



RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Arhitektūras un pilsētplānošanas fakultāte
Arhitektūras un pilsētbūvniecības katedra

Arne Riekstiņš

Arhitektūras doktora studiju programmas doktorants

DIGITĀLĀS SISTĒMAS MŪSDIENU ARHITEKTŪRĀ

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskais vadītājs

Dr. arch., prof.

Jānis Briņķis

Rīga 2011

Riekstiņš A. Digitālās sistēmas mūsdienu arhitektūrā.
Promocijas darba kopsavilkums. –
Rīga: RTU, 2011. – 50 lpp.

Iespiests saskaņā ar APF Arhitektūras un
pilsēt būvniecības katedras 2011. gada 12. maija
lēmumu, protokols Nr. 12.



Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā
“Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai”.

This work has been supported by the European Social Fund within the project
“Support for the implementation of doctoral studies at Riga Technical University”.

ISBN 978-9934-10-219-6

PROMOCIJAS DARBS
IZVIRZĪTS RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ
ARHITEKTŪRAS DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI

Promocijas darbs arhitektūras doktora grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2011. gada 16. novembrī plkst. 10:00 Rīgas Tehniskās universitātes Arhitektūras un pilsētplānošanas fakultātē, Āzenes ielā 16, Rīgā, 406. auditorijā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Dr. habil. arch., prof. Jānis Krastiņš
Rīgas Tehniskā universitāte

Dr. ing., prof. Modris Dobelis
Rīgas Tehniskā universitāte

Dr. arch., Prof. Alberto T. Estévez
Katalonijas Starptautiskā universitāte (*Universitat Internacional de Catalunya*)

APSTIPRINĀJUMS

Es, Arne Riekstiņš, apstiprinu, ka esmu izstrādājis šo promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē arhitektūras doktora grāda iegūšanai. Promocijas darbs nav iesniegts nevienā citā universitātē zinātniskā grāda iegūšanai.

Arne Riekstiņš
21.06.2011.



DARBA VISPĀRĒJS RAKSTUROJUMS

Promocijas darbā ir ievads, 3 daļas ar 12 nodaļām (2–6 katrā), secinājumi un pielikumi. Promocijas darba saturs:

Ievads

1. Digitālā arhitektūra

- 1.1. Datorizētās projektēšanas priekšvēsture un lietojums mūsdienās
- 1.2. Teorētiskās atziņas digitālajā arhitektūrā
- 1.3. Klasiskie digitālās arhitektūras projektēšanas instrumenti
- 1.4. Arhitektūras projektēšanā izmantojamās inovatīvās un netradicionālās digitālās sistēmas
 - 1.4.1. Programmatūra
 - 1.4.2. Datorizētās ražošanas aparatūra

2. Digitālo sistēmu vieta arhitektu radošajā procesā

- 2.1. Nozīmīgākie arhitektūras projekti pasaulē
- 2.2. Digitālo sistēmu tendences reģionālajā kontekstā, Latvijas un Baltijas piemēri

3. Teorētisko un praktisko arhitektūras atziņu

potenciālās izmantošanas iespējas arhitektūras projektēšanā

- 3.1. Ģenētiskās arhitektūras projektēšana
- 3.2. Parametriskās arhitektūras projektēšana
- 3.3. Evolucionārās skaitļošanas projektēšana
- 3.4. Topoloģiskā modelēšana arhitektūrā
- 3.5. Integrētā pilsētplānošana un arhitektūras animēšana
- 3.6. Algoritmiskā arhitektūra, skriptings un ģeneratīvās projektēšanas metodes

Secinājumi

Pielikumi

Izmantotie informācijas avoti

IEVADS

Tēmas aktualitāte

Pasaulē daudzu mūsdienīgo arhitektūras tendenču risinājumu realizācija ir bijusi iespējama tikai pateicoties digitālajiem arhitektūras projektēšanas instrumentiem. Datorizēto projektēšanas sistēmu aizsākums datējams ar 20. gadsimta sešdesmitajiem gadiem un ir pazīstamas ar nosaukumu *CAD (Computer Aided Design)*. Lai ražošanu padarītu efektīgāku, ātrāku un precīzāku, tās īpaši tika attīstītas militārās industrijas vajadzībām, kurai paralēli tika attīstīta datorizētā ražošana *CAM (Computer Aided Manufacturing)*. Pasaulē šī projektēšanas un ražošanas saikne pazīstama kā *CAD/CAM* paradigma. Arhitektūras projektēšanā specializētos digitālos instrumentus sāka veidot pirms nepilniem trīsdesmit gadiem. Sākotnēji tos balstīja uz citiem inženierzinātņu datorizētās projektēšanas instrumentiem. Pēdējo divdesmit gadu laikā ir notikusi specializēšanās arhitektūras nozarē un šobrīd jau tiek izstrādāti daudzi unikāli digitālie instrumenti, kas pārņemti no industriālā dizaina, aviācijas, kuģubūves u.c. ar arhitektūru nesaistītām nozarēm. Izveidojušies arī daudzi jauni hibrīdas arhitektūras novirzieni – biodigitālā arhitektūra, ģenētiskā arhitektūra, parametriskā arhitektūra, evolucionārās skaitļošanas projektēšana, morfodinamika, biomimētika utt. (terminu izcelsme un skaidrojumi apkopoti promocijas darba 1. pielikumā). Šis datortehnikas izmantošanas mehānisma kopums ir plašs izpētes lauks. Regulāri notiek starptautiski simpoziji un konferences, kas katru reizi pulcē arvien pieaugošu interesentu loku. Jaunu digitālo sistēmu izstrādātāji rīko darbseminārus un lekciju kursus, kurus plaši apmeklē jauno arhitektu paaudze un saista arī arhitektu ar ievērojamu darba pieredzi, piemēram, Norman Foster, Frank Gehry, Zaha Hadid, Toyo Ito u.c. interesi. Ar arvien lielāku vērienu šie instrumenti ieiet plašākā aprītē, tie kļūst pieejamāki, ar tiem iespējams projektēt vieglāk un izmantot datorizētajā projektēšanā iepriekš nedeterminētus intuitīvus paņēmienus. Tas nodrošina formu valodā un tehniskā ziņā sarežģītāku ēku projektēšanu, vienlaikus optimizējot būvizmaksas. Pašreizējie priekšstati par arhitektūras projektēšanu profesionālā vidē galvenokārt saistās ar vienas vai otras konkrētas datorprogrammas izmantošanu. Bet pilnvērtīga arhitektūras projektēšana prasa plašāku pieeju un sintētisku skatījumu. Viens no aktuālākajiem faktoriem, kas var nodrošināt arhitektūras kvalitatīvāku nākotnes tālāku attīstību, ir digitālo sistēmu kā radošu darba instrumentu apgūšana un izmantošana profesionālajā vidē. Latvijā tas pagaidām nav guvis pasaules pieredzei adekvātu izmantošanu, kas nosaka pētījuma aktualitātes lokālos aspektus.

Līdzšinējais tēmas izpētes līmenis

Pasaulē šobrīd ir pietiekami daudz publikāciju par pētījuma tēmu, taču Baltijas mērogā būtisku nozari ietekmējošu pētījumu nav. Migayrou Frédéric [111.] un Лебедев Юрий Сергеевич [186.] savās grāmatās ir apkopojuši nestandarta arhitektūras aizsākumus 20. gadsimta mākslā, kā arī bionisma agrīnās teorētiskās atziņas un eksperimentālos projektus. Datorizētās projektēšanas aizsākumu arhitektūras laukā daļēji sistematizējis Bozdoc Marian [203.], Reyes Jonathan [265.] u.c. autori [205.]. Militāro tehnoloģiju pārnese civilajā inženierijā tiek pieminēta ASV armijas arhīvu materiālos [189.]. Arhitektūras hibridizāciju pētījis Wolff-Plottegg Manfred [175.], viņa pētījums ir bagātīgi ilustratīvs manifests bez izvērsta teorijas.

Digitālo tehnoloģiju un arhitektūras mijiedarbības faktori sīkāk analizēti Bermudez Julio un Klinger Kevin [201.], Kozak Paul [239.], Laiserin Jerry [94.], Langer Fred [96.], Mitchell William J. [112.], Winograd Terry un Flores Fernando [172.], Nesbitt Kate [116.], Ouroussoff Nicolai [124.], Cook Peter, Spiller Neil un Allen Laura [36.], Di Cristina Giuseppa [45.] publikācijās. Zellner Peter [182.] ir devis interesantu apkopojumu par digitālā laikmeta hibridās arhitektūras pamatlicējiem, bet tā nepārsniedz populāras ilustrācijas līmeni, pietrūkst detalizēts teorētisko nostādņu izvērsums. Līdzīga satura ir arī Liu Yu-Tung [103.], Constantinopoulos Vivian [35.], Aymonino Aldo un Mosco Valerio Paolo [10.], Brayer Marie-Ange, Migayrou Frédéric un Nanjo Fumio [21.], Jodidio Philip [80., 81.], Wells Matthew [171.], Nordenson Guy [117.], Dimster Frank [46.], Leach Neil, Turnbull David un Williams Chris [98.] darbi.

Arhitektūras digitalizācijas aspektus no filozofiska skatupunkta vai saistībā ar skaitļošanas tehnoloģijām analizējuši Chu Karl [209., 210., 33., 34.], Deleuze Gilles [43.], Corcó Josep [37.], Chaitin Gregory [208.], De Landa Manuel [41.], Chomsky Noam [32.], Latour Bruno [97.], Kolarevic Branko [91.], Rowe Colin [140.], Popper Karl [131.], Penrose Roger [128.], Rodych Victor [138.], Zeilinger Anton [293.], Lloyd Seth [104.], Lorde Audre [106.], Wittgenstein Ludwig [173., 174.], Wolfram Stephen [176.], Tschumi Bernard un Cheng Irene [163.], Spiller Neil [154.], Doesinger Stephan [47.], Fitelson Branden [59.], Flachbart Georg, Weibel Peter [60.], Freiherr Von Leibniz Gottfried Wilhelm [63.], Johnson Steven [82.]. Akadēmiskus pētījumus un darbsemināru rezultātus analizē Estévez Alberto [53., 55., 56.], Dollens Dennis [49., 50.], Hensel Michael, Menges Achim un Weinstock Michael [73., 74., 72., 170.], Cuff Dana [38.], Van der Veen Henk [165.], Yessios Chris I. [180.], kā arī virkne citu autoru [225., 57.]. Šajos pētījumos var atrast vispārinājumus tēmas kontekstā, kā arī tajos atrodami akadēmiska rakstura eksperimenti, kas iegūti ar digitālajiem arhitektūras projektēšanas instrumentiem.

Prakses un teorijas mijiedarbību savos zinātniskajos darbos (t.sk. maģistra darbos) apskata Keulemans Guy [86.], Wolski Jan [177.], Karsikas Antti [84.]. Vairāku

arhitektu darbu veikumu starptautiskās arhitektūras izstādēs un tematiski pēc reģiona vai stila klasificēti projekti aprakstīti Bullivant Lucy, Gadanho Pedro [25., 26.], Buurman Marlies, Kloos Maarten [29.] u.c. autoru darbos. Daudzi autori [211., 280., 291.] aprakstījuši konkrētus inovatīvus un unikālus projektus, to būtiskākos risinājumus un idejiskās novitātes: Neergaard Claus [252.], Somlyódy Nora [277.], Moreno Shonquis [114.], Giordano Carlos [66.]. Savukārt Alonso Hernan Diaz [192.], Rahim Ali [133.], Pisca Nick, Mah Jayson, Knight Hunter [261.], Fairs Marcus [226.] un More Thomas [113.] darbos izpaužas futūristiskas iezīmes. Vairāki autori aprakstījuši ģenētiskos algoritmus un programmēšanu: Poli Riccardo, Langdon William, McPhee Nicholas Freitag [129., 95.], Goldberg David [67.], Lev Sara [244.], Хайман Эдуард [294.]. Padziļināti par evolucionāro skaitļošanu pētījumus veikuši Hemberg Martin [71.], Eiben Agoston [51.], De Jong Kenneth [40.], Rozenberg Grzegorz un Salomaa Arto [141.], Kauffman Stuart [85.]. Virknē publikāciju ir atspoguļota kādas konkrētas projektēšanas metodes gnozeoloģija (piemēram, ģenētiskā un algoritmiskā arhitektūra): Oosterhuis Kas [122.], Del Campo Matias [42.], Bueno Ernesto [23.], Österlund Toni un Lundén Eero [123.], Mayne Thom [249.], Kolatan Sulan [236.], Zaera-Polo Alejandro un Moussavi Farshid [181., 115.]. Ir autori, kas šos programmatūru iekodētos algoritmus salīdzina ar dzīvās dabas izpausmēm, piemēram, apspalvojuma tonālie raksti dzīvniekiem un augu dzīslajums, vai arī pētījuši dabas formu un arhitektūras saikni: Menin Sarah un Samuel Flora [110.], Bahamón Alejandro [11., 12.], Pearce Peter [127.], Nouvian Claire [118.], Aldhous Peter [4.], Benyus Janine M. [14.], Botterweg Ilona [19.], Gánti Tibor [64.], Ingraham Catherine [76.].

Konkrēti formveides paņēmieni, pieejas un metodes sīkāk analizēti Lynn Greg [107., 108.], Vyzoviti Sophia [167.], Reiser Jesse [135.], Gruzdys Sophia [70.], McCullough Malcolm [109.], Waters John K. [168.], Taylor Mark [160.], Aranda Benjamin un Lasch Chris [7.], Fear Bob [58.] grāmatās, neskarot kompleksus arhitektūras telpveides paņēmienus. Digitālās arhitektūras ekonomiskos aspektus piemin Appelbaum Alec [6.], jo ar mūsdienīgu programmatūru un iepriekšēju analīzi iespējams ietaupīt būvniecībai atvēlētos līdzekļus. Arhitektūras un inženierzinātņu saistību savos darbos apraksta: Sasaki Mutsuro [145.], Schittich Christian [147.], Addington Michelle un Schodek Daniel L. [1.], Beukers Adriaan [16.], Kieran Stephen un Timberlake James [89.] un citi autori [276., 215.]. Liela daļa ārvalstu publikāciju veltītas vienas vai otras konkrētās projektēšanas programmatūras izmantošanas iespējām [2., 193., 196., 197., 206., 219., 220., 69., 232., 248., 250., 253., 254., 264., 266., 275., 284.], kā arī konkrētu mērķu sasniegšanai: Rutten David [142.], Schliep Jan Walter [148.], Tedeschi Arturo [161.], Payne Andrew [258.], Akleman Ergun [3.], Issa Rajaa [77.]. Arhitektūra, kā kompleksa vides veidošanas māksla ir ievērojami

sarežģītāka, nekā jebkura cita vizuālā māksla, tāpēc nepieciešams vispārināts apkopojums par dažādo programmatūru sintētiskas izmantošanas iespējām. Līdz ar to esošajā pētījumā klāstā dominē vairāk didaktiska materiāla apkopojums, taču kopsakarības un galvenās iezīmes nav pietiekami sistematizētas.

Pētījuma priekšmets ir inovatīvo un netradicionālo digitālo arhitektūras projektēšanas instrumentu izmantošana, kā arī līdzšinējo teorētisko nostādņu un projektēšanas prakses mijiedarbība. Šajā pētījumā jēdziens „digitālās sistēmas“ tiek definēts kā uz datoru resursiem balstīti digitālās arhitektūras projektēšanas un ražošanas instrumenti, kas paredzēti arhitektiem vai kurus arhitekti aizguvuši no citām inženierzinātnēm, lai atvieglotu un paātrinātu visu projektēšanas posmu gaitu no skicēm līdz tehniskajiem rasējumiem, nodrošinot precīzas informācijas apmaiņas iespējas starp procesā iesaistītajiem, kā arī, lai radītu visa mēroga maketus un gatavas konstruktīvās vai dekoratīvās ēku daļas, vizualizācijas un citus virtuālās realitātes atainošanas veidus. Šādu digitālo sistēmu kā arhitekta darba instrumentu lietošana padara iespējamu mūsdienu arhitektūras tendenču un ideju īstenojamību, kas nebija agrāk iespējama vai arī aizņēma nesamērojami ilgas darba stundas ar klasiskiem arhitektūras projektēšanas instrumentiem, kā arī ar tēlotājas ģeometrijas sarežģītām metodēm. Pastāvīga eksperimentēšana, apgūstot jaunu digitālo sistēmu izmantošanu, ir galvenais virzītājspēks arhitektūras tālākai evolūcijai un attīstībai, sniedzot sabiedrībai arvien labākus vai oriģinālākus risinājumus, arvien vairāk ietverot ilgtspējības faktoros un jaunus formālās izpausmes veidus.

Pētījuma mērķis un uzdevumi

Promocijas darba mērķis ir izpētīt digitālās sistēmas arhitektūrā, lai konstatētu to lietošanas priekšrocības salīdzinājumā ar klasiskajiem projektēšanas instrumentiem un to izmantošanas robežas reālā arhitektūras projektēšanā, definējot šo sistēmu galvenās priekšrocības un salīdzinot to inovatīvās iespējas.

Mērķa sasniegšanai izvirzīti uzdevumi:

- digitālo sistēmu mērķtiecīgas izmantojamības robežu noteikšana arhitektūras projektēšanas procesā;
- apkopot Eiropas un pasaules pieredzi arhitektūras projektu realizācijā un novērtēt digitālo sistēmu izmantošanas priekšrocības formveides radošajā procesā;
- precizēt un papildināt ar digitālo arhitektūru saistītos un starptautiskajā saziņā lietotus specifiskos terminus un definīcijas, un ieviest tos latviešu valodas aprītē;
- izstrādāt sistēmas kompleksu par digitālo sistēmu lietojumu arhitektūras projektēšanas kvalitātes uzlabošanai un radošuma daudzveidības veicināšanai.

Pētījumā izmantotās metodes

- digitālās arhitektūras nozares vēsturisko, teorētisko un projektēšanas instrumentu publikāciju un starptautisko konferenču materiālu, kā arī līdzšinējo iestrādņu referatīvi salīdzinoša analīze;
- digitālo projektēšanas sistēmu parametru salīdzinoša analīze;
- ar digitālo sistēmu lietojumu saistīto realizēto un konceptuālo projektu analīze;
- eksperimentālu priekšlikumu un esošās pieredzes salīdzinošā analīze, un uz dažādu mūsdienu arhitektūras novirzienu fomālo un telpisko ekspresiju studijām balstīta teorētiska eksperimentāla modelēšana, radoša procesa determinēšanai un konkrētu instrumentu argumentētai izvēlei konkrētu rezultātu iegūšanai;
- ekspertu intervijas ar arhitektiem, kas savā darbā izmanto klasiskos digitālās arhitektūras projektēšanas instrumentus;
- praktizējošo arhitektu un Latvijas arhitektūras skolas studentu un docētāju aptaujas rezultātu statistiskā apstrāde.

Promocijas darba zinātniskās novitātes

- pirmo reizi veikta vispusīga uz starptautiskiem pētījumiem balstīta analīze par mūsdienu arhitektūras projektēšanā izmantojamām inovatīvajām un netradicionālajām digitālajām sistēmām, to attīstību un progresu;
- izstrādāts analītiskais materiāls par digitālo sistēmu vietu radošajā procesā, kā arī par to lietojuma principiem arhitektūras projektēšanā;
- eksperimentālās modelēšanas rezultātā radīts metodoloģisku ieteikumu kopums konkrētu programmatūru sintētiskai izmantošanai arhitektūras projektēšanā;
- prognozētas iespējas un ceļi pasaules sasniegumu lokalizācijas paņēmieni īstenošanai Latvijā.

Darba praktiskā nozīme

Pētījumā iegūtos rezultātus var izmantot praktiskajā arhitektūras projektēšanā, kā arī pilsēt būvnieciskā mērogā plānošanas institūciju darbā, realizējot pilsēt būvniecisko risinājumu grafiskā izpildījuma nodrošinājumu vai jaunu formu meklējumos. Pētījumā akcentēta digitālo arhitektūras projektēšanas instrumentu sintēze. Daļa rezultātu iestrādāti teorētiskosursos un izmantojami arhitekta studiju programmās, arhitektu diplomprojektu vadīšanā, kā arī atsevišķos specializētajos teorētiskajosursos. Ar pētījuma rezultātiem iepazīnušies zinātnieki, arhitekti un pilsētplānotāji Latvijā, Lietuvā, Somijā, Zviedrijā, Norvēģijā, Spānijā un Jaunzēlandē. Par pētījumu rezultātiem ir ziņots vairākās starptautiskās konferencēs. Promocijas darba izstrādes gaitā sastādīta 38 jaunu terminu un definīciju vārdnīca par digitālo arhitektūru, kas ieteicama ieviešanai latviešu valodas apritē.

Darba aprobācija

Pētījumu gaita un rezultāti regulāri atspoguļoti publikācijās un zinātniskajās konferencēs. Autors ir sagatavojis 10 publikācijas par dažādām digitālām sistēmām arhitektūras projektēšanā, kā arī uzstājies 11 starptautiskās zinātniskās konferencēs Latvijā un ārvalstīs.

Publikācijas:

1. **Riekstiņš, A.** Ģenētiskās arhitektūras neierobežotās iespējas. *RTU Zinātniskie raksti : 10. sērija : Arhitektūra un Pilsētplānošana*. Rīga: RTU, 2008, 2. sēj., 194.–203. lpp.
2. **Riekstiņš, A., Briņķis, J.** Parametriskā pieeja lielmēroga pilsēt būvniecisko arhitektūras objektu projektēšanā. *RTU zinātniskie raksti : 10. sērija : Arhitektūra un pilsētplānošana*. Rīga: RTU, 2009, 3. sēj., 40.–51. lpp.
3. **Riekstiņš, A.** The Aspects of Parametric Design for Urban Architecture in the Age of Multi-Disciplinarity. *The Proceedings of Architectural Research 2009 : Architectural Research and Architectural Criticism Conference 23rd–25th of April 2009*. Trondheim: NTNU, 2009, p. 19–24.
4. **Riekstiņš, A.** Parametric Approach in Designing Large-Scale Urban Architectural Objects. *Science – Future of Lithuania : K. Šešelgis' Readings 2009*. Vilnius: VGTU, Faculty of Architecture, 2009, p. 22–26.
5. **Riekstiņš, A.** The Canvas of Fluid Urbanism and Liquid Architecture. *SLSA Textures 2010 : The 6th European Meeting of the Society for Literature, Science, and the Arts*. Rīga: SLSA, 2010, p. 11.
6. **Риекстиньш, А.** Преодолевая третье измерение. *Проект Балтия = Project Baltia*, 04/09–01/10, 2010, стр. 50–52.
7. **Riekstiņš, A.** Fluid Urbanism = Integrētā pilsētplānošana. *Scientific Journal of Riga Technical University : Series 10 : Architecture and Urban Planning = RTU Zinātniskie raksti : 10. sērija : Arhitektūra un Pilsētplānošana*. Rīga: RTU, 2010., Vol. 4 = 4. sēj., p. 90–94, 150.–152. lpp.
8. **Riekstiņš, A.** Animation Methods in Urban Planning. *International Conference of Biodigital Architecture & Genetics* [ed. Alberto T. Estévez]. Barcelona: ESARQ, 2011, p. 108–111.
9. **Riekstiņš, A.** Evolutionary Computation = Evolucionārā skaitļošana. *Scientific Journal of Riga Technical University : Series 10 : Architecture and Urban Planning = RTU Zinātniskie raksti : 10. sērija : Arhitektūra un Pilsētplānošana*. Rīga: RTU, 2011., Vol. 5 = 5. sēj., 7 lpp. (pieņemts publicēšanai)
10. **Riekstiņš, A.** Steps Towards Genetic Architecture. *International Scientific Conference Ecological Architecture 2011*. Kaunas: KUT, 2011, 6 p. (pieņemts publicēšanai)

Referāti konferencēs:

1. „The Aspects of Parametric Design for Urban Architecture in the Age of Multi-Disciplinarity“. Starptautiskā konference „Architectural Research and Architectural Criticism“ Tronheimā, Norvēģijā, 24.04.2009.
2. „Parametrinis požiūris stambiu urbanistiniu architektriniu objektu projektavimo srityje“. Starptautiskā konference „The Scientific Readings of K. Šešelgis“ Viļņā, Lietuvā, 08.05.2009.
3. „Parametriskā pieeja lielmēroga pilsēt būvniecisko arhitektūras objektu projektēšanā“. RTU 50. starptautiskā zinātniskā konference „Identitāte un attīstība“ Rīgā, 13.10.2009.
4. „Digitaalinen arkkitehtuuri käytännössä“. Starptautiskā konference „Generate – Algorithmic Architecture“ Oulu, Somijā, 29.10.2009.
5. „Parametriskā pieeja pilsēt būvniecisko struktūru veidošanā“. Latvijas Universitātes 68. zinātniskā konference „Telpiskā plānošana un attīstība“ Rīgā, 05.02.2010.
6. „A Vision for Digital Media in Interdisciplinary Architectural Design Education“. Victoria University of Wellington Jaunzēlandē, 19.05.2010.
7. „The Canvas of Fluid Urbanism and Liquid Architecture“. Starptautiskā konference „SLSA Textures 2010 – The 6th European Meeting of the Society for Literature, Science, and the Arts, Architectures“ Rīgā, 16.06.2010.
8. „About Research of New Digital Systems in Contemporary Architecture and Possible Futures“. Baltijas Arhitektu savienību asociācijas (BAUA) 20. gadadienai veltītā starptautiskā zinātniskā konference Rīgā, 01.10.2010.
9. „Fluid Urbanism“. RTU 51. starptautiskā zinātniskā konference „Pilsētvides globālā un lokālā identitāte“ Rīgā, 08.10.2010.
10. „Towards which urban planning architecture should we be heading in future?“ Starptautiskā konference „Yearly seminar for the heads of Finnish urban planners of all the main Finnish cities“ Helsinkos, Somijā, 07.04.2011.
11. „Animation Methods in Urban Planning“. Starptautiskā konference „International Conference of Biodigital Architecture & Genetics“ Barselonā, Spānijā, 03.06.2011.

Pētījuma apjoms

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā un tā kopējais apjoms ir 296 datorsalikuma lappuses. Tajā ir 180 attēli un 5 tabulas, kas ilustrē pētījuma tekstuālo daļu. Darbam ir 4 pielikumi, kā arī izmantoto informācijas avotu saraksts, kurā ir 294 nosaukumi.

PĒTĪJUMA ANALĪTISKĀS DAĻAS SATURS

Promocijas darba **pirmajā daļā** pētītas teorētiskās nostādnes digitālajā arhitektūrā un digitālo projektēšanas instrumentu iespējas. Izpētīti gan klasiskie, gan inovatīvie un netradicionālie digitālie instrumenti. Arhitekta darba rezultātu būtiski var ietekmēt viņa darbarīki un prasme ar tiem apieties.

Pirmās daļas pirmajā nodaļā ir pētīta datorizētās projektēšanas priekšvērture. Aizsākums datorizētajā projektēšanā meklējams ASV, kur militāristi 20. gs. piecdesmitajos gados veicināja ciparvadības (NC) ieviešanu, lai automatizētu metālapstrādes iekārtu darbu un pārsniegtu tālaika masveida ražošanas ierobežojumus. Nākamo dekāžu laikā līdz ar attīstību datoru nozarē tika ieviestas datorizētas ciparvadības sistēmas (CNC), kas tika izmantotas dažādu materiālu apstrādei un dažāda mēroga ražošanai. Savukārt, datorizētā ražošana (CAM) kļuva plašāk pieejama tikai astoņdesmitajos gados, kad arī personālie datori kļuva pieejamāki un arvien plašāk jau tika izmantotas datorizētās projektēšanas (CAD) programmatūras.

Pirmās daļas otrajā nodaļā ir apkopotas un analizētas digitālās arhitektūras teorētiskās atziņas. Arhitektūras jēdziens pašlaik iegūst jaunas definīcijas, jo ir izmainījusies tās būtība un koncepcija. Arhitektūra pārveidojas līdz ar izmaiņām sabiedrībā, zinātnē un politikā. Šobrīd pasaulē valda daudz dažādu viedokļu un priekšstatu, kuros neiedziļinoties ir grūti saprast, kas ir pamatā t.s. jaunajām izpausmēm. Jaunā digitālā arhitektūra, kas tiek veidota ar datorizētiem grafiskiem līdzekļiem, ir attīstījusies līdz tādām mērogam, ka var droši apgalvot – *digitālais organicisms* ir agrīnā 21. gs. arhitektūras avangards. Šajā laukā tiek veikti nopietni un inovatīvi pētījumi vadošajās arhitektūras skolās, piemēram, Masačūsetsas tehnoloģijas institūtā (*Massachusetts Institute of Technology, MIT*), Kalifornijas Universitātē Losandželosā (*University of California, Los Angeles, UCLA*), Dienvidkalifornijas arhitektūras institūtā (*Southern California Institute of Architecture, SCI-Arc*), Karaliskajā Melburnas tehnoloģijas institūtā (*The Royal Melbourne Institute of Technology, RMIT University*), Barselonas Starptautiskajā Katalonijas Universitātē (*Barcelona Universitat Internacional de Catalunya, UIC*), Delftas tehnoloģijas Universitātē (*Delft University of Technology, TU Delft*), Londonas Universitātes

koledžā (*University College London, UCL*), Londonas Arhitektūras asociācijas arhitektūras fakultātē (*London Architectural Association School of Architecture, AA*) u.c.

Pirmās daļas trešajā nodaļā ir analizēti izplatītākie klasiskie digitālās arhitektūras projektēšanas instrumenti. Par klasiskajiem digitālās arhitektūras instrumentiem uzskatāmas programmatūras, kuras vēsturiski veidotas un attīstītas, lai atvieglotu rasēšanu pārejas procesā no rokas zīmētiem uz digitāliem rasējumiem. Sākotnēji šīs programmatūras bija universālas un aprīkotas ar galvenajiem tēlotājas ģeometrijas rasēšanas elementiem, tādējādi noderot visām inženierzinātnēm, kurām nepieciešama rasēšana. Speciāli arhitektūras nozarei šādas programmatūras uz jau esošas programmatūru platformas bāzes sāka veidoties līdz ar agrīno *ArchiCAD* rašanās laiku 1982.–1985. gadā. Tās galvenās atšķirības ietvēra specializētu, arhitektūrai vairāk pielāgotu darbarīku klāstu. Vairums no klasiskajiem digitālās projektēšanas instrumentiem ir labi un pārdomāti izstrādājumi, lai radītu darba rasējumus un citu ikdienas projektēšanā nepieciešamo vizuālo materiālu. *AutoCAD* ir visplašāk izmantotā datorizētās projektēšanas programmatūra un vienlaikus arī tirgus līderis šajā segmentā. *ArchiCAD* ir izstrādāts un pieslīpēts tieši arhitektiem kopš tās pirmās versijas. Vadošajos arhitektūras projektēšanas instrumentos pietrūkst *CAD/CAM* saiknes trīsdimensiju datorizētās ražošanas izmantošanai arhitektūrā.

Pirmās daļas ceturtajā nodaļā ir analizētas arhitektūras projektēšanā izmantojamās inovatīvās un netradicionālās digitālās sistēmas – programmatūras, to papildinājumi un datorizētās ražošanas aparatūra. Šajās sistēmās ir iestrādāta būtiska *CAD/CAM* funkcionalitāte, kas nodrošina ļoti unikālu projektu realizāciju. Turklāt šī funkcionalitāte padara iespējamu tādu ideju realizāciju, par kurām ir teoretizēts un daudz pētīts gandrīz piecdesmit gadus. Kombinējot šo instrumentu iespējas ar radošo izdomu, daudzi progresīvu arhitektūru praktizējoši arhitekti pasaulē spējuši radīt neaptveramas sarežģītības ēkas un citus objektus, kas nereti savā vienkāršumā un oriģinalitātē spēj ne tikai pārsteigt, bet arī norāda uz arhitektūras kā zinātnes pastāvīgu evolucionēšanu. Būtiskākais pavērsiens – parametriskā arhitektūra, skriptings un ģeneratīvās projektēšanas metodes. Datoriem sasniedzot nopietnus jaudas parametrus, šīs metodes kļuvušas daudz pieejamākas. Šāda veida instrumenti ir jau sākuši pārveidot arhitektūras procesus – radot jaunus novirzienus un globālas tendences. Analizējot datorizētās ražošanas un projektēšanas palīgīdzekļus, jāsecina, ka tie visi ir sākotnēji bijuši izmantoti militārajā industrijā un industriālajā dizainā (ātrā prototipēšana, datorizētā ciparvadības ražošana, lāzergriešana, trīsdimensiju lāzera skeneri, fotogrammetrijas metodes u.c.). Tomēr arī šiem palīgīdzekļiem nepieciešamas labas prasmes to izmantošanā, jo darbā ar šiem instrumentiem jāievēro dažādas smalkas

nianses, piemēram, kā optimāli uzmērīt sarežģītas konfigurācijas objektus un kā iegūtos datus apstrādāt tālākai izmantošanai projektēšanā. Arhitektu darbs ar šiem instrumentiem ir tehniski vēl precīzāks un vienlaikus arī atbildīgāks.

Otrajā daļā analizēti projekti, kuru veidošanai bijis nepieciešams izmantot digitālās arhitektūras projektēšanas instrumentus. Analizētie objekti sakārtoti divās apakšnodaļās – pasaules un Baltijas valstu kontekstā. Pētījumā veikta faktu un informācijas konstatācija, kuru analizējot tiek norādīts, cik dziļi ir izmantotas dažādas digitālo sistēmu metodes, lai tās dotu lietderību, vai arī – ar kādiem līdzekļiem būtu bijis jāstrādā, lai projektēšanas vai ražošanas procesus padarītu efektīvākus laika un izpildes kvalitātes ziņā.

Otrās daļas pirmajā nodaļā analizēti nozīmīgākie arhitektūras projekti pasaulē, kuru realizēšanai izmantotas inovatīvās digitālās sistēmas. Analīzei atlasīti projekti, kuru realizēšanai bijusi nepieciešamība izmantot kādu no inovatīvajiem vai netradicionālajiem digitālās projektēšanas vai ražošanas instrumentiem. Šajā nodaļā apskatītie projekti ir vieni no izteiksmīgākajiem objektiem pasaulē, kurus analizējot iespējams secināt, ar kādām metodēm tie ir bijuši atrisināti.

Otrās daļas otrajā nodaļā analizētas digitālo sistēmu tendences reģionālajā kontekstā. Lielākais uzsvars likts uz projektiem Latvijā, kā arī uz izteiksmīgiem piemēriem Igaunijā un Lietuvā. *Pro Inno Europe* publicētajā statistikā par inovativitātes veiktspējas analīzes rezultātiem 27 Eiropas valstīs pašos svarīgākajos rādītājos, kas ietelmē arī arhitektūras nozari, piemēram, Latvija no Igaunijas atpaliek 7,2 reizes ar savu zinātnes sistēmu, 5,4 reizes ar finanšu un atbalsta sistēmām, 14,5 reizes ar zinātnes un uzņēmējdarbības saikni, kā arī 19,3 reizes ar uzņēmumu inovativitāti. Igaunija ir 10 Eiropas vadošo inovāciju valstu sekojošās grupas pulkā, taču Latvijas atrašanās šīs statistikas pašās beigās liecina par samilzušām problēmām valstī un vienlaikus arī par potenciālām izaugsmes iespējām. Promocijas darba pētījuma ietvaros tika arī veikta anketēšana, lai noskaidrotu Latvijas arhitektu viedokli par viņu darbu, izglītību, iedvesmas avotiem, stilu, un citos ar digitālajām sistēmām saistītos jautājumos. Aptaujas rezultātā tika noskaidrotas svarīgas atbildes par Latvijas arhitektūras praktisko pusi, kas palīdz izprast vispārējo situāciju, un orientēt promocijas pētījuma rezultātus digitālo sistēmu izmantojamībai Latvijas arhitektūras praksē. Reģionālā konteksta atlasītajos piemēros izvērtēts digitālās projektēšanas pienesums un sniegti ieteikumi, ko būtu iespējams izdarīt efektīvāk, vairāk izmantojot un ieviešot inovatīvās un netradicionālās sistēmas.

Trešā daļa veltīta teorētisko un praktisko arhitektūras atziņu potenciālās izmantošanas iespējām arhitektūras projektēšanā. Šajā daļā apskatīto autora promocijas darba gaitā veikto eksperimentu kopums ir daļa no praktiskā pētījuma par

digitālajām sistēmām arhitektūrā un to neierobežotām iespējām, piemērojot jaunas un nestandarta projektēšanas metodikas no mūsdienu arhitektūras inovatīvajām teorijām. Visu dažādo projektēšanas metodiku pamatā ir zinātniski balstītas idejas, kas iepriekš maz pētītas, taču to pienesums mūsdienu arhitektūras nozari bagātina, piedāvājot pilnībā citu skatījuma plašumu nestandarta projektēšanas situācijās. Eksperimentu ietvaros autors piedāvā jaunu metodiku – sistēmas kompleksu par digitālo sistēmu lietojumu arhitektūras projektēšanas kvalitātes, estētisko vērtību, tehnisko iespēju u.c. faktoru uzlabošanai.

Trešās daļas pirmajā nodaļā pētītas ģenētiskās arhitektūras projektēšanas iespējas un detalizēti aprakstīts autora veiktais eksperiments ar šo metodi. Ģenētikas procesi un DNS skaitļošanas principi hibrīdā veidā tiek krustoti ar arhitektūras veidošanas procesiem, radot šo jauno arhitektūras evolūcijas stadiju. Eksperimenta gaitā izmēģināts process, kura gaitā tiek veiktas algoritmiskas darbības un beigās iegūtais rezultāts tiek interpretēts trīsdimensionālā objektā. Būdamā viena no jaunākajām projektēšanas pieejām, ģenētiskā arhitektūra sniedz bezgalīgi daudz iespēju jaunu arhitektūras formu meklējumos.

Trešās daļas otrajā nodaļā analizēta parametriskās arhitektūras projektēšana un autora eksperiments, piedāvājot sistēmas kompleksu instrumentu lielmēroga pilsētībūvniecisku objektu projektēšanai. Eksperimentā izstrādātais instruments ir ar ļoti lielu lietojamības kapacitāti, to var pārprogrammēt un nākotnē papildināt, lai tas kalpotu par reālu lietojuma instrumentu un būtu ieviešams projektēšanas praksē. Parametriskajā arhitektūrā tiek izmantotas programmatūras, kas sākotnēji bija veidotas lidmašīnu projektēšanai un progresīvajai inženierijai, kur vairākas vienlaicīgas izmaiņas projektā var tikt izlabotas, iepriekš uzstādot attiecības starp objektiem, būtiski ietaupot izmaiņu veikšanai nepieciešamo laiku.

Trešās daļas trešajā nodaļā analizēta evolucionārās skaitļošanas projektēšana un autora eksperiments ar trīsdimensiju modelēšanas programmatūras *Maya* programmatūras papildinājumu *Genr(8)*. Autora veiktajos eksperimentos tika apgūts *Genr(8)* programmatūras papildinājums un veikta izpēte par šī instrumenta morfoģenēzes iespējām, „audzējot“ digitālus evolucionāros algoritmus. Eksperimenta gaitā izmantojot *Genr(8)* tika pētīta ģenētiska audzēšana, meklējot atbilstošu konceptuālu arhitektoniski telpisko konfigurāciju starp divām virsmām. Dizaina koncepcijas pamatā bija izsmeltoša dažādo evolucionāro vienību testēšana, kamēr tika atrasts apmierinošs un derīgs rezultāts ar arhitekturālām īpašībām. Šis eksperiments pierādīja, ka evolucionārās skaitļošanas projektēšanai ir milzu potenciāls jaunu datorā „izaudzētu“ formu radīšanai.

Trešās daļas ceturtajā nodaļā analizēts autora pētījumu ietvaros veiktais eksperiments ar topoloģiskās modelēšanas programmatūru un datorizētās ciparvadības ražošanas aparatūru. Eksperimentā tika pētītas modelēšanas programmatūras iespējas, lai realizētu nelielu konceptuālu projektu – puķu paviljonu. Vienlaikus tas bija arī mēģinājums apskatīt biomorfiskas arhitektūras projektēšanas īpatnības, imitējot vizuālās un konstruktīvās sistēmas dabā, tikai ar mūsdienu tehnoloģijām un materiāliem. Eksperimenta gaitā tika atklāti dažādi svarīgi aspekti arī par trīsdimensionālu objektu rasējumu sagatavošanu un vizualizācijas iespējām. Šis eksperiments ietvēra darbu ar jauna veida materiāliem un tehnoloģiskajiem ražošanas risinājumiem. Vienlaikus tika pārbaudītas iespējas saglabāt ģeometriskas formas tīrību ar minimālu detalizācijas pakāpi. Tāpat arī autors pārlicinājās, ka atveidojot dabā sastopamas struktūras, topoloģiju un vizuālās īpašības, iegūstams ornamentāli bagāts koptēls.

Trešās daļas piektajā nodaļā pētīta integrētā pilsētplānošanas metode un arhitektūras animēšana uz reālas plānojuma struktūras pamata. Autora eksperiments sniedz plašāku skatījumu un iespējas atrisināt telpiskas kvalitātes jautājumus, izmantojot trīsdimensiju modelēšanas priekšrocības kontrolēt formu un reālā laikā modelēt izmaiņas ģeometrijā. Arhitektūras animēšanas metodes kombinācijā ar skriptingu sniedz vēl vairāk iespēju risināt pilsētplānošanas jautājumus no cita redzespunkta.

Trešās daļas sestajā nodaļā analizēta algoritmiskā arhitektūra, skriptings un ģeneratīvās projektēšanas metodes, kā arī oriģināls autora eksperiments. Algoritmiskā projektēšana saistīta ar datoru programmatūrām, ar kurām tiek radīta telpa un forma no uz noteikumiem balstītas loģikas par arhitektūras programmu, tipoloģijām, būvnormatīviem un pašu programmēšanas valodu. Lai šāda pieeja būtu vieglāk izmantojama, ar nodomu ir izveidotas speciālas skriptinga valodas, kas ir pieejamas trīsdimensiju modelēšanas programmatūrās. Algoritmiskā arhitektūra nav tikai jaunas programmēšanas valodas vai sistēmas apgūšana, bet arī vienlaikus jauns domāšanas veids projektēšanā.

Pielikumos apkopota autora promocijas darbā pieminētā terminoloģija un to definīcijas skaidrotas ar nolūku tieši un vienkārši saprast nianšes starp dažādiem Latvijā, arhitektūrā iepriekš reti sastopamiem vai nemaz nelietotiem jēdzieniem. Papildus pielikumos ievietota pētījumu ietvaros veiktā profesionāļu aptauja, intervijas ar arhitektiem, kā arī inovativitātes veiktspējas salīdzinošās analīzes tabula par 2010. gadu 27 Eiropas valstīs.

SECINĀJUMI

1. Inovatīvās projektēšanas programmatūras izmaiņa klasiskos uzskatus par arhitektūras veidošanu un dod iespēju projektēt radikāli atšķirīgā veidā no ierastajiem.
2. Unikālu un modernizētu projektu realizēšanai ir nepieciešams attīstīt un izmantot jauna veida stratēģijas projektēšanā.
3. Radošuma daudzveidību veicina inovatīvo un netradicionālo digitālo sistēmu priekšrocības. Jaunie digitālie instrumenti ir neaizvietoājams potenciāls unikālu formu radīšanā.
4. Mūsdienu tehnoloģiju lietojums nodrošina iespēju izzināt daudzveidīgo dabas formu paleti un padara iespējamu tās izmantošanu par projektu iedvesmas avotu. Dabā sastopamas ļoti daudzveidīgas formas, kurām piemīt izteiktas mūsdienu arhitektūras pazīmes. Sarežģītu formu modelēšanā ir nepieciešamas augstākās matemātikas zināšanas.
5. Sarežģītas konfigurācijas būvelementu izgatavošanai nepieciešams nodrošināt precīzu dažādu lietoto digitālo sistēmu pēctecīgu saderību (piemēram, precīzus soļus starp parametrisku projektēšanu, trīsdimensiju modeli, punktu mākonī utt.).
6. Vissarežģītākās mūsdienu arhitektūras formveides īstenošanas procesā dators ar speciālām programmatūrām ir neaizvietoājams instruments telpiska objekta daudzdimensiju analīzei un fiksētas projektu dokumentācijas iegūšanai.
7. Arhitektūras pilnvērtīgas sociālās lomas nodrošināšanai ir nepieciešama harmoniska mijiedarbība starp modernām datortehnoloģijām arhitektūras projektēšanā, mūsdienu inženierzinātnēm un būvmateriālu ražošanu.
8. Eksperimentālu projektēšanas metožu un instrumentu kompleksi ir izmantojami ilgtspējīgu projektu radīšanā, piedāvājot racionālākus risinājumus vai projektēšanas un ražošanas izmaksu samazināšanu, kā arī ievērojot mūsdienu arhitektūras formveides tendences.
9. Arhitektoniski telpiskās vides attīstībai reģionālajā kontekstā līdz šim valsts līmenī nav tikusi pievērsta pienācīga vērība, neveicinot arī inovatīvo un moderno tehnoloģiju ieviešanu atbilstoši pasaules līmenim.
10. Inovatīvo un produktīvo projektēšanas tehnoloģiju (specializētas *CAD/CAM* sistēmas, programmatūra un datorizētās ražošanas tehnoloģijas izmantošanas metodoloģija u.c.) apguvi nepieciešams ieviest Latvijas nacionālās arhitektūras skolas studiju programmās. Apmācībā izmantojami intensīvi darbsemināri un teorētiski lekciju cikli par jaunām tendencēm un metodēm projektēšanā; veicināma sadarbība akadēmiskā līmenī ar vadošajām arhitektūras skolām pasaulē un attīstāmi starpnozaru kontakti ar arhitektūru saistītajās jomās.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

Publicētie darbi

1. **Addington Michelle, Schodek Daniel L.**, *Smart Materials and Technologies for the architecture and design professions*. Oxford: Architectural Press, 2005, 256 p.
2. Addressing the Needs of AEC Industry with Digital Project. *Contact mag Dassault Systèmes*, 2007, pp. 10–11.
3. **Akleman Ergun**, *Topological Mesh Modeling*. Texas: Texas A&M University, 2006, 297 p.
4. **Aldhous Peter**, Redesigning Life. *New Scientist*, London, 2006, May 20, pp. 43–47.
5. **Antonelli Paola**, *Design and the Elastic Mind*. New York: The Museum of Modern Art, 2008, 192 p.
6. **Appelbaum Alec**, Digital Project Software Keeps Buildings on Budget. *NY Times*, 2009, 10 Feb.
7. **Aranda Benjamin, Lasch Chris**, *Tooling*. New York: Princeton Architectural Press, 1999, 93 p.
8. Arup – Developing world-leading buildings and sports facilities with Dassault Systèmes and Microsoft technology. *Dassault Systèmes PLM Success Story*, 2011, p. 2.
9. **Ashley Steven**, Rapid Prototyping is Coming of Age. *Mechanical Engineering*, 1995, July, pp. 63–64.
10. **Aymonino Aldo, Mosco Valerio Paolo**, *Contemporary Public Space Un-volumetric Architecture*. Milano: Skira Editore, 2006, 393 p.
11. **Bahamón Alejandro**, *Arquitectura animal: analogías entre el mundo animal y la arquitectura contemporánea*, Barcelona: Parramón, 2007, 191 p.
12. **Bahamón Alejandro**, *Arquitectura vegetal: analogías entre el mundo vegetal y la arquitectura contemporánea*, Barcelona: Parramón, 2006, 191 p.
13. **Baldunčiks Juris**, *Svešvārdu vārdnīca*. Rīga: Jumava, 1999, 880 lpp.
14. **Benyus Janine M.**, *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: Harper Perennial, 2002, 320 p.
15. **Betsky Aaron**, *Zaha Hadid: Complete Works*. New York: Rizzoli, 2009, 256 p.
16. **Beukers Adriaan**, *Flying Lightness*. Rotterdam: 010 Publishers, 2005, 136 p.
17. **Bhabha Homi K.**, *The Location of Culture*. London / New York: Routledge, 1994, 105 p.
18. **Bohm David**, *Wholeness and the Implicate Order*. London: Routledge, 1980, 224 p.
19. **Botterweg Ilona**, *Organic Architecture*. Amsterdam: Iona Stichting, 1992, 78 p.
20. **Bourzac Katherine**, Arhitektuuri ümberehitamine. *Eesti Innovatsiooniajakiri HEI*, 2011, Märts, lk. 26–28.

21. **Brayer Marie-Ange, Migayrou Frédéric, Nanjo Fumio**, *Archilab's urban experiments*. London: Thames & Hudson Ltd, 2005, 368 p.
22. **Brīņķis Jānis, Strautmanis Ivars, Bērziņš Egons**, Baltijas jūras piekrastes zonas attīstība kā viens no būtiskiem faktoriem vietējās ainaviskās savdabības saglabāšanā. *RTU Zinātniskie raksti. Arhitektūra un pilsētplānošana*. Rīga: RTU, 2009, 10. sērija, 3. sējums, 161.–169. lpp.
23. **Bueno Ernesto**, Algorithmic Form Generation of a Radiolarian Pavilion. *International Journal of Architectural Computing*. Liverpool: University of Liverpool, 2010, Issue 04, Volume 07, pp. 677–688.
24. **Bueno Ernesto**, Consideraciones y recursos para la concepción de la forma en la arquitectura de la era digital. *Pesquisa em Arquitetura e Construção*, 2008, No. 1(3).
25. **Bullivant Lucy**, *4dspace: Interactive Architecture*. London: Academy Press, 2005, 128 p.
26. **Bullivant Lucy, Gadanho Pedro**, *Space Invaders*. London: The British Council, 2001, 120 p.
27. **Burmanje W. J. F.**, Liberating architecture. *ArchIdea*, 2003, No. 28, pp. 1–9.
28. **Burry Mark**, *Scripting Cultures: Architectural Design and Programming*. London: John Wiley & Sons, 2011, 272 p.
29. **Buurman Marlies, Kloos Maarten**, Dutch Architects in Booming China. Amsterdam: ARCAM / Architectura & Natura Press, 2005, 366 p.
30. **Canguilhem Georges**, *The Normal and the Pathological*. New York: Zone Books, 1991, 144 p.
31. **Chaves Norberto**, *El diseño invisible: Siete lecciones sobre la intervención culta en el habitat humano*, Buenos Aires; Barcelona; México: Paidós, 2005, 133 p.
32. **Chomsky Noam**, *The Logical Structure of Linguistic Theory*. Berlin: Springer, 1975, 604 p.
33. **Chu Karl**, The Cone of Immanescendence..., *Any 23*. Diagram Work, 1998.
34. **Chu Karl**, The Turing Dimension. *Archilab*, 2001, pp. 490–494.
35. **Constantinopoulos Vivian**, *10x10*. New York: Phaidon Press, 2000, 468 p.
36. **Cook Peter, Spiller Neil, Allen Laura**, *The paradox of contemporary architecture*. London: Academy Press, 2001, 128 p.
37. **Corcó Josep**, The Emergent Character of Life. *Karl Popper: A Centenary Assessment Volume III*, Hampshire: Ashgate, 2006, pp. 123–129.
38. **Cuff Dana**, Digital Pedagogy: An Essay. *Architectural Record*, 2001, September, p. 200.
39. **Curtis William J.**, *Modern Architecture Since 1900*. London: Phaidon, 1996, 736 p.
40. **De Jong Kenneth**, *Evolutionary Computation: A Unified Approach*. Cambridge: MIT Press, 2006, 272 p.
41. **De Landa Manuel**, The Machinic Phylum, *TechnoMorphica*. Rotterdam: V2 Organization, 1997.

42. **Del Campo Matias**, *Random Files 2005 – 2007*. Wien: SPAN, 2007, 101 p.
43. **Deleuze Gilles**, *Bergsonism*. New York: Zone Books, 1988, 144 p.
44. **Deutsch David**, *The Fabric of Reality*. London: Penguin, 1998, 400 p.
45. **Di Cristina Giuseppa**, The Topological Tendency in Architecture. *Architecture and Science*. London: Wiley-Academy, 2001, pp. 6–13.
46. **Dimster Frank**, *Die neue Österreichische architektur*. Köln: Kohlhammer, 1995, 224 S.
47. **Doesinger Stephan**, *Space Between People*. USA: Prestel, 2008, 176 p.
48. **Dollens Dennis**, *DBA: Digital-Botanic-Architecture*. Santa Fe: SITES Books, 2005, 98 p.
49. **Dollens Dennis**, *The Pangolin's Guide to Biomimetics & Digital Architecture*. Santa Fe: SITES Books, 2006, 28 p.
50. **Dollens Dennis**, *The Pangolin's Guide to Digital Nature*. Santa Fe: SITES Books, 2008, 24 p.
51. **Eiben Agoston**, *Introduction to Evolutionary Computing*. Dordrecht: Springer, 2008, 316 p.
52. **Eisenman Peter**, *Diagram Diaries*. New York: Universe Publishing, 1999, pp. 26–41.
53. **Estévez Alberto**, *Arquitecturas Genéticas II: Medios digitales y formas orgánicas*. Barcelona: SITES Books, 2005, pp. 77–78.
54. **Estévez Alberto**, *Arquitecturas Genéticas III: Nuevas técnicas biológicas y digitales*. Barcelona: SITES Books, 2009, 204 p.
55. **Estévez Alberto**, *Genetic Architectures. Poster for UIA XXI World Congress of Architecture*. Berlin: International Union of Architects, 2002.
56. **Estévez Alberto**, Genetic Barcelona Project, *Leonardo*. Massachusetts: MIT Press, 2007, No 4.
57. *Faculty of Architecture and Design Handbook. Te Wāhanga Waiganga – Hoahoa*. Wellington: Victoria University of Wellington, 2011, 122. p.
58. **Fear Bob**, *Architecture + Animation*. London: Academy Press, 2001, 112 p.
59. **Fitelson Branden**, Steps Toward a Computational Metaphysics. *Journal of Philosophical Logic*, Dordrecht: Springer, 2007.
60. **Flachbart Georg, Weibel Peter**, *Disappearing Architecture: From Real to Virtual to Quantum*. Basel: Birkhäuser, 2005, 272 p.
61. **Frampton Kenneth**, *Modern Architecture: a Critical History*. London: Thames and Hudson, 1980, p. 9.
62. **Frazer John**, *An Evolutionary Architecture*. London: Architectural Association, 1995, 127 p.
63. **Freiherr Von Leibniz Gottfried Wilhelm**, *Monadology*. Prentice Hall College Div, 1965.
64. **Gánti Tibor**, *The Principles of Life*. New York: Oxford University Press, 2003, 224 p.

65. **Garcia Mark**, *The Diagrams of Architecture: AD Reader*. London: Wiley, 2010, 320 p.
66. **Giordano Carlos**, *Casa Batlló*. Barcelona: Dos De Arte Ediciones, 2008, 112 p.
67. **Goldberg David**, *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. New Jersey: Addison-Wesley Professional, 1989, 432 p.
68. **Goldberger Paul**, Digital Dreams. *The New Yorker*, 2001, March 12, p. 96.
69. Graphisoft ArchiCAD, *The World Language of Architecture*. [commercial booklet], 2000, 4 p.
70. **Gruzdys Sophia**, Drawing; The Creative Link. *Architectural Record*, 2002, January, p. 64.
71. **Hemberg Martin**, *GENR8 – A Design Tool for Surface Generation*. Massachusetts: MIT, 2001, 90 p.
72. **Hensel Michael**, *Morpho-Ecologies*. London: AA Publications, 2006, 376 p.
73. **Hensel Michael, Menges Achim, Weinstock Michael**, *Emergence: Morphogenetic Design Strategies*. London: Academy Press, 2004, 128 p.
74. **Hensel Michael, Menges Achim, Weinstock Michael**, *Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*. London: Academy Press, 2006, 128 p.
75. **Holmes Bob**, Alive! *New Scientist*, London, 2005, February 12, p. 28–33.
76. **Ingraham Catherine**, *Architecture, Animal, Human: The Asymmetrical Condition*. London: Routledge, 2006, 368 p.
77. **Issa Rajaa**, *Essential Mathematics for computational design*. Miami: Robert McNeel & Associates, 2010, 42 p.
78. **Jameson Fredric**, *Architecture and the Critique of Ideology*. London: Routledge, 1988, p. 39.
79. **Jenkins Keith**, *Re-thinking History*. London: Routledge, 1991, p. 69.
80. **Jodidio Philip**, *Architecture Now!* Cologne: Benedikt Taschen Verlag, 2005, 353 p.
81. **Jodidio Philip**, *Construire un Nouveau Millénaire*. Cologne: Benedikt Taschen Verlag, 1999, 556 pages.
82. **Johnson Steven**, *Emergence*. New York: Penguin Books, 2001, 278 p.
83. **Joutsiniemi Anssi**, *Becoming Metapolis – A Configurational Approach, Doctoral dissertation*. Tampere: Tampere University of Technology, 2010, 349 p.
84. **Karsikas Antti**, *Contemporary Architecture from Oulu – Diploma Works 2003 – 2006*. Oulu: University of Oulu, 2006, 64 p.
85. **Kauffman Stuart**, *The Origins of Order. Self-Organization and Selection in Evolution*. New York: Oxford University Press, 1993, 734 p.
86. **Keulemans Guy**, *Strategies for generative designers and the development and use of generative software tools*, Bachelor of Design Honors Thesis. New South Wales: The University of New South Wales, 2002, 56 p.
87. **Khabazi Zubin Mohamad**, *Algorithmic modelling with Grasshopper*. London: Morphogenesisism.com, 2009, 174 p.

88. **Khabazi Zubin Mohamad**, *Generative Algorithms, Concepts and Experiments: Weaving*. London: Morphogenesisism.com, 2010, 56 p.
89. **Kieran Stephen, Timberlake James**, *Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction*. New York: McGraw-Hill Professional, 2003, 175 p.
90. **Kohler Matthias**, Gantenbein Vineyard Facade. *Forward*, 2009, Issue 209, pp. 6–9.
91. **Kolarevic Branko**, Digital Architecture, *IT Proceedings of Acadia '2000*. Washington DC, 2000, October.
92. **Kostas Terzidis**, *Algorithms For Visual Design Using The Processing Language*. London: Wiley Publishing, 2009, 384 p.
93. **Kostas Terzidis**, *Expressive Form: A Conceptual Approach To Computational Design*. London: Spon Press, 2003, 90 p.
94. **Laiserin Jerry**, Challenge for the Digital Generation. *Architectural Record*, 2000, December, p. 166.
95. **Langdon William, Poli Riccardo**, *Foundations of Genetic Programming*. Dordrecht: Springer, 2002, 260 p.
96. **Langers Freds**, Izziņas māksla. *GEO*, 2009, Jūn., 94.–107. lpp.
97. **Latour Bruno**, *We have never been modern*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1993, 168 p.
98. **Leach Neil, Turnbull David, Williams Chris**, *Digital Tectonics*. London: John Wiley & Sons, 2004, 191 p.
99. **Legault Réjean**, Architecture and Historical Representation. *Journal of Architectural Education*, 1991, No. 44, pp. 200–205.
100. **Legendre George**, In Conversation: George L. Legendre and Bernard Cache. *AA files*. London, 2007, No. 56, 88 p.
101. **Lewis Roger K.**, Computers are great tools for architects, but don't let CAD go wild, *The Washington Post*. Washington, 2011, February 11.
102. **Leyton Michael**, *Shape as Memory – A Geometric Theory of Architecture*. Basel: Birkhäuser, 2006, 93 p.
103. **Liu Yu-Tung**, *Distinguishing Digital Architecture*. Basel: Birkhäuser, 2007, 228 p.
104. **Lloyd Seth**, *Programming the Universe: A Quantum Computer Scientist Takes on the Cosmos*. London: Vintage, 2007, 256 p.
105. **Lonsway Bruce**, The Mistaken Dimensionality of CAD. *Journal of Architectural Education*. 2002, November, Issue 2, Volume 56, pp. 22–25.
106. **Lorde Audre**, *The Master's Tools Will Never Dismantle the Master's House*. London: Pandora, 1996, p. 160.
107. **Lynn Greg**, *Animate form*. New York: Princeton Architectural Press, 1999, 204 p.
108. **Lynn Greg, Gage Mark Foster**, *Composites, Surfaces, and Software: High Performance Architecture*. Yale: Yale School of Architecture, 2011, 210 p.

109. **McCullough Malcolm**, *Abstracting Craft*. Cambridge: The MIT Press, 1996, 329 p.
110. **Menin Sarah, Samuel Flora**, *Nature and Space: Aalto and Le Corbusier*. New York: Routledge, 2003. 181 p.
111. **Migayrou Frédéric**, *Architectures non Standard*. Paris: Éditions du Centre Pompidou, 2003, 223 p.
112. **Mitchell William J.**, A computational view of design creativity. *Modeling Creativity and Knowledge-Based Creative Design*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1993, pp. 25–44.
113. **More Thomas**, *Utopia*. London: Penguin Classics, 2003, 176 p.
114. **Moreno Shonquis**, Space Invader. *FRAME*. Amsterdam: FRAME Publishers, 2006, Issue 52, pp. 208–210.
115. **Moussavi Farshid**, *The Function of Form*. Barcelona: Actar, 2009, 384 p.
116. **Nesbitt Kate**, *Theorizing a New Agenda for Architecture: An Anthology of Architectural Theory 1965-1995*. New York: Princeton Architectural Press, 1997, 384 p.
117. **Nordenson Guy**, *Tall Buildings*. New York: The Museum of Modern Art, 2003, 191 p.
118. **Nouvian Claire**, *The Deep: The Extraordinary Creatures of the Abyss*. Chicago: University of Chicago Press, 2007, 256 p.
119. **Novak Marcos**, Alien Space: The Shock of the View. *Art + Technology*. Dublin: CIRCA Art Magazine, 1999, Issue 90, pp. 12–13.
120. **Novak Marcos**, Transarchitectures and Hypersurfaces. *Architecture and Science*. London: Wiley-Academy, 2001, pp. 153–157.
121. **Oltmans Liesbeth**, The Way We Work. *FRAME*. Amsterdam: FRAME Publishers, 2008, Issue 64, p. 272.
122. **Oosterhuis Kas**, *BCN Speed and Friction: the Catalunya Circuit City*. Barcelona: SITES Books / ESARQ (UIC), 2004, 224 p.
123. **Österlund Toni, Lundén Eero**, *Generate, from algorithm to structure*. Oulu: University of Oulu, 2009, 186 p.
124. **Ouroussoff Nicolai**, Buildings Shown as Art, and Art as Buildings. *Architecture Review*, 2005, October 25, p. 50.
125. **Ouroussoff Nicolai**, Olympic Stadium With a Design to Remember, *The New York Times*. New York, 2008, August 8, p. 12.
126. **Parcerisa Josep**, Plaça Lesseps. *Quaderns 249*. Barcelona: COAC, 2006, pp. 67–73.
127. **Pearce Peter**, *Structure in Nature Is a Strategy for Design*, Mohawk: Murray Printing Company, 1990, 243 p.
128. **Penrose Roger**, *The Emperor's new mind: Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics*. London: Penguin Books, 1991, 466 p.
129. **Poli Riccardo, Langdon William, McPhee Nicholas Freitag**, *A Field Guide to Genetic Programming*. Barking: Lulu Enterprises, 2008, 252 p.

130. **Pollack Andrew**, Scientists Take New Step Toward Man-Made Life, *The New York Times*. New York, 2008, January 24, p. 24.
131. **Popper Karl**, *The Self and Its Brain*. Berlin: Springer International, 1977, 613 p.
132. **Prusinkiewicz Przemyslaw, Lindenmayer Aristid**, *The Algorithmic Beauty of Plants (The Virtual Laboratory)*. Berlin: Springer, 1996, 228 p.
133. **Rahim Ali**, Introduction, *Architectural Design*. London: Wiley Academy, 2002, Volume 72 Issue 1 – Contemporary techniques in architecture, p. 5.
134. **Rashid Hani**, Guggenheim Virtual Museum. *Domus*, 2000, January, Issue 822, pp. 26–31.
135. **Reiser Jesse**, *Atlas of Novel Tectonics*. New York: Princeton Architectural Press, 2006, 255 p.
136. **Reas Casey, McWilliams Chandler**, *Form+Code in Design, Art, and Architecture. A Guide to Computational Aesthetics*. New York: Princeton Architectural Press, 2010, 176 p.
137. **Riekstiņš Arne**, *Arquitectura Aberrante*. Madona: Hybrid Space publishing, 2008, 151 p.
138. **Rodych Victor**, Wittgenstein on Mathematical Meaningfulness, Decidability, and Application, *Notre Dame Journal of Formal Logic*. North York (Ontario), 1997, Volume 38 Nr. 2, pp. 195–224.
139. **Roh Jeremy**, *Computerizing an Architectural Design Process: Toward the Development of Unique Variations for the American Home, Masters Thesis in Architecture*. Charlotte: University of North Carolina, 2007, 200 p.
140. **Rowe Colin**, *The Mathematics of the Ideal Villa and Other Essays*. Massachusetts: MIT Press, 1982, 233 p.
141. **Rozenberg Grzegorz, Salomaa Arto**. *The mathematical theory of L systems*. New York: Academic Press, 1980, 378 p.
142. **Rutten David**, *Rhinoscript 101 for Rhinoceros 4.0*. Miami: Robert McNeel & Associates, 2007, 114 p.
143. **Sandercock Leonie**, *Making the Invisible Visible: Insurgent Planning Histories*. Berkley: University of California Press, 1998, pp. 135–149.
144. **Sandercock Leonie**, *Towards Cosmopolis: Planning for Multicultural Cities*. Chichester: Wiley, 1998, pp. 85–104.
145. **Sasaki Mutsuro**, *Flux structure*. Tokyo: TOTO Shuppan, 2005, 224 p.
146. **Saunders Peter**, Nonlinearity: What it is and why it matters. *Architecture and Science*. London: Wiley-Academy, 2001, pp. 110–115.
147. **Schittich Christian**, *Building skins*. München: Birkhäuser, 2006, 198 p.
148. **Schliep Jan Walter**, *Xfrog 4 for Maya Reference Manual*. Berlin: Greenworks, 2005, 57 p.
149. **Schumacher Patrik S.**, *Digital Hadid*. Basel: Birkhäuser, 2000, 96 p.
150. **Schumacher Patrik S.**, *The Autopoiesis of Architecture: A New Framework for Architecture*. London: Wiley, 2011, 478 p.

151. **Segaran Toby, Hammerbacher Jeff**, *Beautiful Data, The Stories Behind Elegant Data Solutions*. Sebastopol, California: O'Reilly Media, 2009, 384 p.
152. **Silva Camile A.**, *Liquid Architectures: Marcos Novak's Territory of Information, Master's Thesis in Arts*. Louisiana: Louisiana State University, 2005, 60 p.
153. **Smilġe Solvita**, Galvenais – nepārēsties šokolādi. *Diena*, 2005, 5. maijs.
154. **Spiller Neil**, *Lost Architectures*. London: Academy Press, 2001, 128 p.
155. **Spiller Neil**, *Digital Architecture Now, A Global Survey of Emerging Talent*. London: Thames & Hudson, 2008, 400 p.
156. **Steele James**, *arquitectura y revolución digital*. México, Barcelona: Gili, 2001, 239 p.
157. **Stiny George, Gips James**, *Algorithmic Aesthetics, Computer Models for Criticism and Design in the Arts*. Berkley: University of California Press, 1978, 220 p.
158. **Sullivan Louis Henri**, The Tall Office Building Artistically Considered. *Lippincott's Magazine*, 1896.
159. **Summerson John**, *Heavenly Mansions*. New York: W. W. Norton, 1963, p. 217.
160. **Taylor Mark**, *Surface Consciousness*. London: Academy Press, 2003, 128 p.
161. **Tedeschi Arturo**, *Parametric Architecture with Grasshopper*. Brienza: Edizioni Le Penseur, 2011, 208 p.
162. **Thomsen Mette Ramsgaard**, *Computing the Real: Time, Scale and Material*. Copenhagen: The Royal Danish Academy of Arts, School of Architecture, 2011, 69 p.
163. **Tschumi Bernard, Cheng Irene**, *The State of Architecture at the Beginning of the 21st Century*. New York: The Monacelli Press / Columbia Books of Architecture, 2003, 136 p.
164. **Van Der Ryn Sim**, *Design For Life*. Layton, Utah: Gibbs Smith, 2005, 192 p.
165. **Van der Veen Henk**, *Archiprix International 2007*. Rotterdam: Archiprix Foundation / 010 Publishers, 2007, 144 p.
166. **Van Wezel Rudolf**, *Skins for buildings*. Amsterdam: BIS Publishers, 2004, 509 p.
167. **Vyzoviti Sophia**, *Supersurfaces*. Amsterdam: BIS Publishers, 2006, 144 p.
168. **Waters John K.**, *Blobitecture: Waveform Architecture and Digital Design*. California: Rockport Publishers, 2003, 192 p.
169. **Watson James D.**, *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*. New York: Touchstone, 2001, 256 p.
170. **Weinstock Michael**, Advanced Simulation in Design. *Architectural Design*, 2006, Volume 76, Issue 2, pp. 54–59.
171. **Wells Matthew**, *Skyscrapers – Structure and design*. London: Laurence King Publishing, 2005, 192 p.

172. **Winograd Terry, Flores Fernando**, *Understanding Computers and Computers: a new foundation for design*. Norwood, New Jersey: Addison-Wesley Professional, 1987, 224 p.
173. **Wittgenstein Ludwig**, *Philosophical Grammar*. Oxford: Basil Blackwell, 1974, 496 p.
174. **Wittgenstein Ludwig**, *Tractatus Logico-Philosophicus*. London: Routledge and Kegan Paul, 1921, 80 p.
175. **Wolff-Plottegg Manfred**, *Hybrid Architecture & Hyperfunctions – architecture after the end of traditional algorithms*. Wien: Passagen Verlag, 2007, 248 p.
176. **Wolfram Stephen**, *A new kind of science*. Champaign, Illinois: Wolfram Media, 2002, 1192 p.
177. **Wolski Jan**, *Genetic Urbanism – Evolutionary Methods in Urban Design, Master's Thesis in Architecture*. Helsinki: Aalto University School of Science and Technology, 2010, 65 p.
178. **Yessios Chris I.**, Digital Intentions Explorations and Accidents, Form Z Joint Study Journal. Columbus, Ohio: AutoDesSys, 2007, 153 p.
179. **Yessios Chris I.**, Digital Media and the Creative Process, Form Z Joint Study Journal. Columbus, Ohio: AutoDesSys, 2008, 125 p.
180. **Yessios Chris I.**, *Form Z Joint Study Program Report*. Columbus, Ohio: AutoDesSys, 2005, 144 p.
181. **Zaera-Polo Alejandro, Moussavi Farshid**, *Phylogenesis, foa's ark*. Barcelona: Actar, 2004, 656 p.
182. **Zellner Peter**, *Hybrid Space – new forms in digital architecture*. London: Thames & Hudson, 1999, 191 p.
183. **Zībārte Ieva**, Tievi un veselīgi ar labu arhitektūru. *Diena*, 2008, 13. jūnijs.
184. **Zirnask Villu**, Euroopa innovatsioonikaart 2010: Eesti kuulub liidreid jätitavasse gruppi. *Eesti Innovatsioonijakiri HEI*, 2011, Märts, lk. 12–13.
185. **Zvirgzdiņš Artis**, Arhitektūra kā māksla. *Latvijas Arhitektūra*, 2007, Nr. 6.
186. **Лебедев Юрий Сергеевич**, *Архитектурная бионика*. Москва: Стройиздат, 1971, 120 стр.

Interneta materiāli

187. 3D Laser Scanning. *TIS-Ltd*. [Online 17.05.2011.] <http://www.tis-ltd.co.uk/3dscanning.html>
188. 3D Laser Scanning – Examples, Architecture and Buildings & Historic Monuments Heritage. *ArcTron Engineering Services for 3D Surveying and Archaeology*. [Online 17.05.2011.] http://www.arctron.com/3D_Surveying/3D_Laser_Scanning/Examples/Architecture_Buildings_Historic_Monuments_Heritage.php
189. *Aeragon – Military Technology Transfer*. [Online 10.11.2010.] <http://www.aeragon.com>

190. *Ainaviski ekoloģisko un arhitektoniski telpisko faktoru integrācija Baltijas jūras piekrastes zonas attīstībā Latvijā*. [Tiešsaiste 28.05.2011.]
http://galerija.rtu.lv/index.php/inovaciju_un_jauno_tehnologiju_konference_09/Egons-B_rzi_____0601
191. Aizkulises. *R.Evolution Real Estate Development*. [Tiešsaiste 27.01.2011.]
<http://www.rvl.lv/lat/projects/>
192. **Alonso Hernan Diaz**, *Chlorofilia 2106*. [Online 30.05.2007.]
<http://www.pantopicon.be/blog/2007/02/04/chlorofilia-2106/>
193. ArchiCAD. *Wikipedia*. [Online 02.03.2011.]
<http://en.wikipedia.org/wiki/Archicad>
194. *Arhitektu birojs "Arhitektonika"*. [Tiešsaiste 27.01.2011.]
<http://www.arhitektonika.lv/?lang=lv>
195. Arhitektūra un iecere. *LNBAB*. [Tiešsaiste 01.02.2011.]
<http://gaisma.lv/lat/lightpalace/architecture/>
196. AutoCAD. *Wikipedia*. [Online 28.02.2011.]
<http://en.wikipedia.org/wiki/Autocad>
197. *Autodesk 3ds Max 2012, Unleash Your Creativity*. [Online 08.03.2011.]
http://images.autodesk.com/adsk/files/3ds_max_2012_whats_new_brochure_us.pdf
198. **Bajārs Pēteris**, Pārventas bibliotēka – gada ievērojamākā ēka Latvijā. *Portāls A4D*. [Tiešsaiste 27.01.2011.] <http://a4d.lv/lv/projekti/parventas-biblioteka-gada-ieverojamaka-eka-latvija/>
199. **Basulto David**, In Progress: Z Towers / NRJA. *ArchDaily*. [Online 27.01.2011.]
<http://www.archdaily.com/14345/in-progress-z-towers-nrja/>
200. Benjamin Lee Whorf. *Wikipedia*. [Online 19.03.2011.]
http://en.wikipedia.org/wiki/Benjamin_Lee_Whorf
201. **Bermudez Julio, Klinger Kevin**, *Digital Technology & Architecture*. [Online 22.01.2011.] http://www.acadia.org/ACADIA_whitepaper.pdf
202. Blobitecture. *Wikipedia*. [Online 14.05.2011.]
<http://en.wikipedia.org/wiki/Blobitecture>
203. **Bozdoc Marian**, *The History of CAD*. [Online 03.02.2010.]
<http://mbinfo.mbdesign.net/CAD-History.htm>
204. **Burger Shane**, SmartGeometry 2011 Copenhagen. *Grasshopper 3D*. [Online 15.05.2011.] <http://www.grasshopper3d.com/forum/topics/smartgeometry-2011-copenhagen?commentId=2985220%3AComment%3A137451>
205. CAD/CAM pioneer Donald Welbourn dies. *Delcam*. [Online 11.11.2010.]
http://www.delcam.com/news/press_article.asp?releaseId=675
206. CATIA. *Wikipedia*. [Online 16.04.2011.] <http://en.wikipedia.org/wiki/CATIA>
207. *Centra Nams*. [Tiešsaiste 18.06.2011.]
<http://www.senbergs.lv/lat/projects/index.php?1132&text>
208. **Chaitin Gregory**, *Leibniz, Information, Math and Physics*. [Online 30.10.2008.]
www.cs.auckland.ac.nz/CDMTCS/chaitin/kirchberg.pdf

209. **Chu Karl**, *Genetic Space*. [12.04.2008.]
www.azw.at/otherprojects/soft_structures/allgemein/genetic.htm
210. **Chu Karl**, *Modal Space*. [Online 12.04.2008.] www.azw.at/otherprojects/soft_structures/allgemein/modal_space.htm
211. Citroën showroom, Paris. *Wallpaper Magazine*. [Online 13.04.2011.]
<http://www.wallpaper.com/architecture/citron-showroom-paris/1849>
212. Ciutat de les Arts i les Ciències. *Wikipedia*. [Online 19.06.2011.]
http://en.wikipedia.org/wiki/Ciutat_de_les_Arts_i_les_Ciències
213. *cloud9*. [Online 19.06.2011.] <http://e-cloud9.com/>
214. **Coenders Jeroen L.**, Interfacing between parametric associative and structural software. [Online 15.01.2009.] http://www.jlcoenders.nl/joomla/images/publications/20070418_paper_jlcoenders.pdf
215. CoSA Solutions. *Buro Happold*. [Online 16.03.2011.]
http://www.burohappold.com/BH/SRV_BLD_SC_cosasolutions.aspx
216. *CV Curve*. [Online 15.04.2011.]
http://www.kxcad.net/autodesk/3ds_max/Autodesk_3ds_Max_9_Reference/cv_curve.html
217. Datortermiņi. *Lielā terminu vārdnīca*. [Tiešsaiste 03.02.2011.]
www.termiņi.lv/index.php
218. *Design process at architecture office Kosmos*. [Online 18.06.2011.]
<http://www.kosmoses.ee/>
219. Digital Project. *Wikipedia*. [Online 16.04.2011.]
http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Project
220. Digital Project – Frank Gehry's Vision. *arcspace.com* [Online 07.09.2009.]
<http://www.arcspace.com/architects/gehry/dp/dp.html>
221. Dodekaedrs. *Vikipēdija*. [Tiešsaiste 23.05.2011.]
<http://lv.wikipedia.org/wiki/Dodekaedrs>
222. Double Edge Lecture Series: Mutsurou Sasaki. *UCLA Paul I. and Hisako Terasaki Center for Japanese Studies*. [Online 20.05.2011.]
<http://www.international.ucla.edu/japan/events/showevent.asp?eventid=6435>
223. Enric Ruiz Geli: Villa NURBS, Empuriabrava. *Designboom*. [Online 13.11.2009.]
<http://www.designboom.com/weblog/cat/9/view/8210/enric-ruiz-geli-villa-nurbs-empuriabrava.html>
224. Evolutionary computation. *Wikipedia*. [Online 01.04.2011.]
http://en.wikipedia.org/wiki/Evolutionary_computation
225. *Experiments in Associative Urbanism*. [Online 15.04.2010.]
<http://shiftboston.blogspot.com/2009/07/experiments-in-associative-urbanism.html>
226. **Fairs Marcus**, *Thames Gateway – the Movie by Zaha Hadid Architects*. [Online 10.06.2009.] <http://zahahadidblog.com/movies/2007/06/22/121>
227. **Fraser Matthew**, *Inflexible Machines: Parametric Models and Early Stage Design Constraints*. [Online 29.03.2010.]
http://caadria2010.org/papers/pgsc/matt_frazer.pdf

228. **Halabi Maruan**, *Technology and Architecture: The Digital in the service of the Material*. [Online 24.10.2009.] <http://www.rethinking-academic.org/scientificpapers/TechnologyandArchitecture-MH.pdf>
229. **Hanlon Mike**, How Renault F1 uses Advanced Digital Manufacturing to enhance competitiveness. *gizmag*. [Online 22.05.2011.] <http://www.gizmag.com/go/4221/>
230. **Howell Ian, Batcheler Bob**, *Building Information Modeling Two Years Later – Huge Potential, Some Success and Several Limitations*. [Online 02.03.2011.] http://www.laiserin.com/features/bim/newforma_bim.pdf
231. Inglise kolledži spordihoone trügib kanajalgel tänavale. *Eesti Päevaleht*. [Online 18.06.2011.] <http://www.epl.ee/artikkel/371755>
232. *Introducing AutoCAD 2004*. [Online 28.02.2011.] http://media.wiley.com/product_data/excerpt/59/07645404/0764540459.pdf
233. **Jarz Hank**, AirBaltic terminal Competition finalists announced. *ArchDaily*. [Online 18.06.2011.] <http://www.archdaily.com/89020/airbaltic-terminal-competition-finalists-announced/>
234. **Kawaguchi Keith**, *Okino Ships Revised .3dm Rhinoceros, OpenNURBS v5 Import/Export Converters*. [Online 20.03.2011.] http://www.okino.com/press/press_release_rhino_march2011.pdf
235. **Kodres Mari**, Rotermanni laudsepatöökoda rändab näitusele. *Eesti Päevaleht*. [Online 18.06.2011.] <http://www.epl.ee/artikkel/467662>
236. **Kolatan Sulan**, *Kolatan / Mac Donald Studio*. [Online 12.03.2005.] <http://www.archilab.org/public/2000/catalog/kolata/kolataen.htm>
237. **Kõresaar Andrus, Kotov Raivo**, Rotermanni laudsepatöökoda. *Ajakiri MAJA*. [Online 18.06.2011.] <http://www.solness.ee/maja/?mid=112&id=442>
238. **Kotnik Toni**, *Algorithmic Architecture, Introduction to the MAS Colloquia 2006/07*. [Online 19.04.2010.] <http://wiki.arch.ethz.ch/asterix/pub/MAS0607/MasColloquia/Lecture01.pdf>
239. **Kozak Paul**, *Does the new architecture, as represented at ArchiLab 2004 and Venice Biennale, offer solutions to some of the challenges of our contemporary built environment?* [Online 29.05.2010.] http://www.wkozak.com/paulkozak/architecture_files/essay_files/essay.doc
240. **Kudless Andrew**, Honeycomb algorithm, MATSYS. [Online 03.12.2008.] http://www.materialsystems.org/?page_id=384
241. Kunsthaus Graz. *Urbarama*. [Online 19.06.2011.] <http://en.urbarama.com/project/kunsthaus-graz>
242. **Kycia Agata**, *Concept of Adaptability in Parametric / Associative Design*. [Online 15.01.2009.] <http://workshopsfactory.com/2008/08/17/concept-of-adaptability-in-parametric-associative-design/>
243. **Lentz Linda C.**, Asymptote Architecture and RealU craft a crystalline hybrid. *Architectural Record*. [Online 22.05.2011.] http://archrecord.construction.com/projects/lighting/archives/2010/05yas_hotel/yas_hotel-1.asp

244. **Lev Sara**, *Computing Buildings: Architecture at the Crossroads*. [Online 06.01.2009.] http://www.stanford.edu/group/STS/techne/Fall2002/lev_files/Article_Computing_buildings/lev.html
245. **Loukissas Yanni Alexander**, *RULEBUILDING: A Generative Approach to Modeling Architectural Designs Using a 3-D Printer*. [Online 16.12.2007.] <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.119.3984&rep=rep1&type=pdf>
246. **Love Tim**, *Between Mission Statement and Parametric Model*. [Online 11.11.2009.] <http://places.designobserver.com/entry.html?entry=10757>
247. Math. *Rhino3DE*. [Online 27.05.2011.] http://www.rhino3d.de/_develop/_v3_plugins/math/
248. Maya. *Wikipedia*. [Online 11.04.2011.] http://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Maya
249. **Mayne Thom**, NYC2012 Olympic Village. *The Pritzker Architecture Prize*. [Online 17.03.2006.] http://www.pritzkerprize.com/164/pritzker2005/nyc_olympic.htm
250. Modeling tools for designers. *Rhinoceros NURBS modeling for Windows*. [Online 13.04.2011.] <http://www.rhino3d.com/>
251. **Mork Knut**, *Interview with Marcos Novak 1995*. [Online 29.05.2010.] <http://www.altx.com/int2/marcos.novak.html>
252. **Neergaard Claus**, *Urban Agency / Roland Snooks (kokkugia)*. [Online 16.03.2011.] http://clausneergaard.files.wordpress.com/2009/02/kokkugiaurbanagency_claus3289.pdf
253. Okino's 3D Studio .3ds Exporter. *Okino Computer Graphics*. [Online 08.03.2011.] http://www.okino.com/conv/exp_3ds.htm
254. *openNURBS Initiative*. [Online 13.04.2011.] <http://opennurbs.org/>
255. Pakalpojumi fotogrammetrijā. *Metrum*. [Tiešsaiste 17.05.2011.] <http://www.metrum.lv/lat/services/photo/21-fotogrammetrija>
256. Pamatinformācija par BJT. *Baltic Juice Terminal*. [Tiešsaiste 04.04.2011.] http://bjt.lv/terminal_lv.html
257. **Payne Andrew**, *Smart Geometry - Follow Up*. *LIFT architects*. [Online 17.04.2011.] <http://www.liftarchitects.com/journal/2011/4/12/smart-geometry-follow-up.html>
258. **Payne Andrew**, *Waffle Structural System: Using Grasshopper to Output Structural Ribs to a Laser Cutter or CNC Mill*. *LIFT architects*. [Online 06.02.2009.] <http://www.liftarchitects.com/journal/2008/10/27/waffle-structural-system-using-grasshopper-to-output-structu.html>
259. Photogrammetry. *ARCHLine.XP Modules*. [Online 17.05.2011.] <http://www.archlinexp.com/products/modules/85>
260. **Pilloton Emily**, *Beijing's Olympic Stadium by Herzog and DeMeuron*. *Inhabitat - Green Design Will Save the World*. [Online 21.05.2011.] <http://inhabitat.com/beijings-olympic-stadium-by-herzog-and-demeuron/>

261. **Pisca Nick, Mah Jayson, Knight Hunter**, Fleshology Studio Final Animation 2005. *YouTube*. [Online 15.02.2011.] <http://www.youtube.com/watch?v=TaFEU1x2tH0>
262. Prizes for Austria's Expo Project in Shanghai Keep Flooding In. *AdvantageAustria.org* [Online 20.05.2011.] <http://www.advantageaustria.org/is/news/local/20110322-Auszeichnung-fuer-oesterreichs-EXPO-Auftritt.en.jsp>
263. Ray and Maria Stata Center. *Wikipedia*. [Online 19.06.2011.] http://en.wikipedia.org/wiki/Stata_Center
264. Revit. *Wikipedia*. [Online 01.03.2011.] <http://en.wikipedia.org/wiki/Revit>
265. **Reyes Jonathan**, La Historia de AutoCAD. *Lo que necesita saber sobre AutoCAD*. [En la red 28.02.2011.] <http://helpautocad.blogspot.com/p/historia-de-autocad.html>
266. Rhinoceros 3D. *Wikipedia*. [Online 12.04.2011.] http://en.wikipedia.org/wiki/Rhinoceros_3D
267. *Rotermanni kvartal*. [Online 18.06.2011.] <http://www.rotermannikvartal.ee/index2.html>
268. **Rowe Jeff**, *Parametric 5-Axis Machining*. [Online 15.01.2009.] http://www10.mcadcafe.com/nbc/articles/view_weekly.php?section=Magazine&articleid=323699
269. **Ryall Chris, Wimpenny David**, Rapid Prototypes For Rapid Castings. [Online 13.05.2011.] <http://www.jharper.demon.co.uk/rptc01.htm>
270. **Sarrió Juanma**, *Nunchuck conected to Arduino and Grasshopper (Firefly 1.002)*. [Online 15.05.2011.] <http://vimeo.com/13892860>
271. Scan&Solve Version 1.0 is released. *Scan-and-Solve for Rhino, In Situ Analysis for Rhino*. [Online 05.03.2011.] http://www.scan-and-solve.com/notes/index/show?noteKey=Version_1.0_of_Scan%26Solve_is_released
272. **Sevaldson Birger**, *Ways of Working, Systematising Creative Computer Use*. [Online 07.02.2008.] <http://www.birger-sevaldson.no/phd/Ways%20of%20Working.pdf>
273. *Sheet metal laser cutting, CNC*. [Online 15.05.2011.] <http://www.guanes.eu/services/laser-cutting.html>
274. *XIII SIGraDi Workshops*. [Online 24.10.2009.] <http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/FAU/SIGRADI/WS1.pdf>
275. SketchUp. *Wikipedia*. [Online 04.03.2011.] <http://en.wikipedia.org/wiki/Sketchup>
276. SMART solutions. *Buro Happold*. [Online 16.03.2011.] http://www.burohappold.com/BH/SRV_BLD_Smart_Solutions.aspx
277. **Somlyódy Nora**, Zaha's „blob” in Budapest. *hg.hu Blog*. [Online 11.06.2007.] http://www.hg.hu/?hg3=cikk_reszletes&cikk_id=1832&pageIdx=1
278. **Stangl Gernot**, *A museum for contemporary art in Graz*. [Online 19.06.2011.] http://gernot.xarch.at/kunsthau_gra
279. *Starwood Hotels & Resorts un Z Towers paziņo par pirmo “Sheraton” viesnīcu Latvijā*. [Tiešsaiste 27.01.2011.] <http://www.z-towers.lv/lat/news/index.php?695>

280. Swiss Re Headquarters. *Foster and Partners*. [Online 02.05.2008.] <http://www.fosterandpartners.com/internetsite/html/Projec.asp?JobNo=1004>
281. Šokolāde. *Jaunie Projekti*. [Tiešsaiste 27.01.2011.] <http://www.jaunieprojekti.lv/lv/newspaper/11/konkurss/9.html>
282. The Austrian pavilion at EXPO Shanghai 2010. *SPAN Blog*. [Online 05.03.2010.] <http://blog.span-arch.com/projects/the-austrian-pavilion-at-expo-shanghai-2010/>
283. Tirdzniecības un izklaides centrs „Rīga Plaza“ Rīgā, Mūkusalas ielā 71. *Projektēšanas birojs Arhis*. [Tiešsaiste 17.06.2011.] http://www.arhis.lv/index.php?action=product&cat_id=22&id=229#
284. TopSolid. *Wikipedia*. [Online 17.04.2011.] <http://en.wikipedia.org/wiki/Topsolid>
285. **Vermeij Peter**, *Parametric Associative Design for Free Form Architecture*. [Online 15.01.2009.] www.tudelft.nl/live/pagina.jsp?id=05275463-7ef5-432c-b274-53094e0a85f1&lang=en&binary=/doc/Vermeij.pdf
286. **Vītols Marisa**, *Architecturally Futuristic Museum Planned for Vilnius*. Future of Gadgets. [Online 24.04.2008.] <http://www.futureofgadgets.com/futureblogger/show/374-architecturally-futuristic-museum-planned-for-vilnius-lithuania>
287. Vivienda unifamiliar Villa Nurbs, Gerona – Enric Ruiz Geli. *Youtube*. [Online 13.11.2009.] <http://www.youtube.com/watch?v=aeCSpMXfA1U>
288. **Welch Adrian, Lomholt Isabelle**, Asymptote's Iconic Yas Hotel Opens in Abu Dhabi. *e-architect*. [Online 03.17.2010.] http://www.e-architect.co.uk/dubai/yas_hotel_abu_dhabi.htm
289. WordStar - The First Word Processor. *About.com Inventors*. [Online 23.03.2011.] <http://inventors.about.com/od/wstartinventions/a/WordStar.htm>
290. Yeosu Oceanic Pavillion. *suckerPUNCH*. [Online 14.06.2010.] <http://www.suckerpunchdaily.com/2010/06/13/yeosu-oceanic-pavilion/>
291. *Zaha Hadid Architects, Kartal – Pendik Masterplan*. [Online 15.04.2010.] http://www.arcspace.com/architects/hadid/kartal_pendik/kp.html
292. Zaragoza Bridge Pavilion. *Urbarama*. [Online 16.06.2011.] <http://de.urbarama.com/project/zaragoza-bridge-pavilion>
293. **Zeilinger Anton**, *Why the Quantum? It from Bit? A Participatory Universe? Three Far-reaching, Visionary Questions from John Archibald Wheeler and How They Inspired a Quantum Experimentalist*. [Online 30.10.2008.] www.metanexus.net/ultimate_reality/zeilinger.pdf
294. **Хайман Эдуард**, Скрипт в Архитектуре. Архитектор как Режиссер-Программист. *Архитектурный журнал*. [Онлайн 06.02.2009.] <http://www.myarchipress.com/archives/2008/02/03/324>