

გენერაციული დიზაინი

ქეთევან ჯვასელაშვილი
ია ირემბაძე
ლიანა თედეშვილი

ირაკლი ბოჭორიშვილი
ზურაბ სამხარაძე
ლევან ჭიქია

2025

ქეთევან კვესელავა,
ია ირემაძე,
ლიანა თედეშვილი,

ირაკლი ბოჭორიშვილი,
ზურაბ სამხარაძე
ლევან ჯიქიძე

გენერაციული დიზაინი

თბილისი,
2025

წინასიტყვაობა

ნაშრომი ეძღვნება გენერაციული დიზაინის მეთოდების შესწავლას. გენერაციული დიზაინი 21-ე საუკუნის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ინოვაციური ტექნოლოგიაა. დღესდღეობით მრავალ საპროექტო ორგანიზაციაში არის მოთხოვნა, რომ მოძველებული დიზაინის მოდელების განახლება მოხდეს გენერაციული დიზაინით, რაც შესაძლებელს ხდის დიზაინის გადაწყვეტილებების ხარისხის გაუმჯობესებას და დახარჯული რესურსების შემცირებას. ამრიგად, მიმოხილვა განსაზღვრავს CAD სისტემების გამოყენების გამოცდილებას ადამიანის დიზაინის საქმიანობაში და ავლენს გენერაციული დიზაინის კონცეფციას და მის შესაძლებლობებს.

ნაშრომში ყურადღება გამახვილებულია გენერაციული დიზაინის თანამედროვე მეთოდებზე, სადაც ინჟინერი დიზაინის პროექტირების პროცესის ნაწილს გადასცემს გამომთვლელ პლატფორმას, რომელიც პარამეტრების და შეზღუდვების გათვალისწინებით ქმნის გადაწყვეტილებების სხვადასხვა ვარიანტებს და გვამღევს საბოლოო პროდუქტს.

ნაშრომში აღნიშნულია, რომ ამჟამად გენერაციული სისტემები ეფუძნება მნიშვნელოვან თეორიულ და პრაქტიკულ გამოცდილებას.

რედაქტორი - ზურაბ სამხარაძე, სამხედრო მეცნიერებების დოქტორი

რეცენზენტი - გივი სანაძე, ინჟინერიის მეცნიერებათა დოქტორი.

ISBN 978-9941-8-7481-9

ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც-ერთი ნაწილი (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური), არ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

სარჩევი

თავი I.....	5
1.1 დიზაინის ისტორია; დიზაინი, როგორც ხელოვნება; დიზაინის კონცეფცია და მისი როლი.....	5
1.2 დიზაინის ცნება და როლი.....	25
1.3 დიზაინის განვითარების პერსპექტივები.....	35
 თავი II.....	41
2.1 გენერაციული დიზაინის თანამედროვე იტორია.....	41
2.2 გენერაციული დიზაინის ცნება.....	51
2.3 გენერაციული სისტემების მუშაობის ზოგადი პრინციპები	53
2.4 გენერაციული დიზაინის გამოყენებისა და განვითარების პერსპექტივები.....	70
2.5 გენერაციული შემოქმედების მაგალითები კომპიუტერამდელ ეპოქაში.....	90
2.6 გენერაციული დიზაინის ტიპები და მათი ფიზიკური მახასიათებლები.....	93
 თავი III გენერაციული დიზაინის თეორია და მეთოდოლოგია	98
3.1 თეორიული საფუძვლები.....	98
3.2 გენერაციული დიზაინის მეთოდები.....	107
3.3 გენერაციული დიზაინის მეთოდოლოგია.....	112
3.4 ანაწყოების თვითორგანიზაცია.....	118
3.5 გენერაციული ლინგვისტიკა (ბიბლიოთეკა).....	120
 თავი IV.....	122
4.1 ევროპის ქვეყნებში და ამერიკის შეერთებული შტატებში გამოყენებული თანამედროვე დიზაინის მიმოხილვა.....	122
გამოყენებული ლიტერატურა.....	125

თავი I

1.1 დიზაინის ისტორია; დიზაინი, როგორც ხელოვნება; დიზაინის კონცეფცია და მისი როლი

მრავალი საუკუნის მანძილზე ადამიანმა შექმნა სუბიექტურ-სივრცითი გარემო. ყველა საგანი, რომელიც ადამიანის გარშემოა, არის შრომისმოყვარე ხელოსანთა ხანგრძლივი მუშაობის შედეგი. ნებისმიერი საგანის დამზადების პროცესი იყო არა მხოლოდ მარტივი ტექნოლოგიური სქემის დაცვა, არამედ წმინდა ცერემონია. ხელოსანი სულს დებდა თავის ნაშრომში სამყაროს წარმოდგენის შესახებ, საიდანაც თავად ნივთი ივსებოდა სიცოცხლით.

მეცხრამეტე საუკუნის ბოლოს ეს ყველაფერი შეიცვალა, როდესაც საჭირო გახდა სამრეწველო წესით წარმოებული მასობრივი მოხმარების ნივთებით „სიცოცხლის შევსება.“ გამოჩნდა სამომხმარებლო საქონელი, ობიექტურ-სივრცულმა გარემომ, როგორც ადამიანის მიერ შექმნილმა, შეწყვიტა არსებობა. ახლა თითქმის ყველაფერი მანქანებით იქმნება. მანქანური შრომა პროდუქტიულობის თვალსაზრისით ბევრჯერ აღემატება ხელოსნის მუშაობას, მაგრამ, ამავდროულად, გამოიკვეთა ახალი პრობლემა - „ის, რითაც“ საგულდაგულოდ ივსებოდა საგანი ხელოსნების სახელოსნოში, არ შეიძლება „მოთავსდეს“ მანქანით წარმოებულ ათას საგანში.

ხელნაკეთი წარმოება - ხელით შრომა პრიმიტიული იარაღებით შრომაა, პრიმიტიული ტექნოლოგიაა; მცირე წარმოებაში პროდუქტის შესაქმნელად გათვალისწინებული იყო ადამიანის ყველა საჭიროება: სარგებლობა, ფუნქციონალური სრულყოფილება, მოხერხებულობა, სილამაზე, ეკონომიკური მიზანშეწონილობა (სიძვირე).

ოსტატები ოდითგანვე დაკავებული იყვნენ საყოფაცხოვრებო ნივთების წარმოებით. გასაგებია, რომ ოსტატი არ არის დიზაინერი. იგი ერთი და იმავე მასალისგან აკეთებს იგივე ნივთს. ნივ-

თეზი გამოდიოდა ინდივიდუალური, ექსკლუზიური, მცირი (ხარისხიანი) და წარმოებული მცირე რაოდენობით (რამდენიც ერთ ადამიანს შეუძლია). არსებობს ხელნაკეთი დიზაინერის მუშაობის 6 პრინციპი: სოციოლოგიური, საინჟინრო, ერგონომიული, ესთეტიკური, ეკონომიკური, ეკოლოგიური.

სამრეწველო წარმოება - ინდუსტრიალიზაციის ეპოქის დადგომასთან ერთად, დიზაინერმა დაიწყო პროდუქციის პროტოტიპების შექმნა, რომლებსაც სხვა ადამიანები აწარმოებდნენ მანქანების გამოყენებით. ადრეული დიზაინის პრაქტიკა საკმაოდ პრიმიტიული იყო. ინჟინრები პასუხისმგებელნი იყვნენ წარმოებული პროდუქციის ფუნქციონალურობასა და ხარჯების ეფექტურობაზე, ხოლო დიზაინერები პასუხისმგებელნი იყვნენ მხოლოდ მათ ესთეტიკურ გარეგნობაზე. აღმოჩნდა, რომ თავდაპირველად დიზაინერებს უნდა შეესწავლათ თანამედროვე წარმოების ტექნოლოგია, მასალების თვისებები და შემდეგ შექმნათ მასობრივი მანქანების წარმოების პროტოტიპები. პროდუქციის დანიშნულებას და მათი დამუშავების სიმარტივეს ისეთივე მნიშვნელობა ენიჭებოდა, როგორც მათ გარეგნობას.

დიზაინის ისტორია

ახლო მომავალში სხვადასხვა სადიზაინერო კომპანიებმა დაიწყეს ისეთი კადრების მიღება, როგორიცაა: მხატვრები, მოდელიერები, ინჟინრები, არქიტექტორები და ბაზრის მკვლევარები.

1785 წელს ინგლისში დაიწყო ინდუსტრიული მანქანების წარმოება - ვიწრო პროფესიული მიდგომა, შრომის დანაწილება.

დიზაინის ამ ეტაპებმა გააერთიანა ზემოთ აღნიშნული ორი ფაზა. კერძოდ, დიზაინერი მუშაობს სამრეწველო წარმოებაში, იყენებს სხვადასხვა მასალებს და ტექნოლოგიებს; დიზაინერი დაკავშირებულია მასობრივ წარმოებასთან და მის შესაძლებლობებთან.

დიზაინი, როგორც პროფესია, წარმოიშვა და ჩამოყალიბდა მე-20 საუკუნეში. მისი ესა თუ ის თვისება და დამახასიათებელი გამოვლინებები გვხვდება საზოგადოების განვითარების დასაწყისშიც. დიზაინის დაბადების ზუსტი თარიღის მოძიება შეუძლებელია, მაგრამ როგორც პროფესია, ის წარმოიშვა ზუსტად მაშინ, როდესაც მისი საფუძვლების სწავლება დაიწყო სასწავლებლებში და საზოგადოების მიერ აღიარებული შესაბამისი დიპლომების გაცემამ, დიზაინის სპეციალისტები გაათანაბრა საზოგადოებისთვის საჭირო სხვა პროფესიების წარმომადგენლებთან.

მსოფლიოში მიღებულია დიზაინის შემუშავების ორი ძირითადი მიმართულება: რუსული (**VKhUTEMAS**)¹ და გერმანული (**Bauhaus**)². მთელ მსოფლიოში დიზაინის სკოლა დაფუძნებულია **VKHUTEMAS-Bauhaus**-ის საგანმანათლებლო კონცეფციების გამოცდილებებზე.

ინდუსტრიულმა აღმავლობამ გამოიწვია ადამიანის სუბიექტურ-სივრცითი გარემოს განვითარების აუჩქარებელი მრავალსაუკუნოვანი რიტმის დარღვევა.

გაჩნდა ახალი ნივთები, რომლებიც ჯერ კიდევ არ იყო დამკვიდრებული კულტურაში, რამაც წარმოშვა მათი ადაპტაციის პრობლემა მომხმარებელთა გემოვნებასთან და გაჩნდა ინტერესი მყიდველის ფსიქოლოგიის მიმართ. გარდა ამისა, სუბიექტურ-სივრცულ გარემოში სწრაფმა ცვლილებებმა აუცილებელი გახადა არა მხოლოდ მომხმარებლის გემოვნებასთან ადაპტაცია, არამედ ამ გემოვნების წინასწარმეტყველებაც. ხელოსნობიდან სამრეწველო წარმოებაზე გადასვლით გამოწვეული ამ და სხვა პრობლემების რეალიზებამ გამოიწვია აქამდე უცნობი დიზაინის პროფესიის გაჩენა.

¹ "უმაღლესი სამხატვრო და ტექნიკური სტუდიები" სასწავლო დაწესებულება, რომელიც დაარსდა 1920 წელს მოსკოვში.

² „სამშენებლო და ფორმირების სახელმწიფო უმაღლესი სკოლა“, სასწავლო დაწესებულება, გერმანიაში არსებობდა 1919 წლიდან 1933 წლამდე.

ყველაზე განზოგადებული ფორმით, დიზაინის განმარტება შეიძლება ჩამოყალიბდეს შემდეგნაირად: დიზაინი არის მხატვრულ-ტექნიკური საქმიანობა მაღალი სამომხმარებლო და ესთეტიკური თვისებების მქონე სამრეწველო პროდუქციის განვითარებისთვის, ადამიანისთვის საყოფაცხოვრებო, სამრეწველო და სოციალურ-კულტურული სფეროებში ჰარმონიული საგნობრივი გარემოს ფორმირების მიზნით.

სამრეწველო დიზაინის ობიექტებია სამრეწველო პროდუქტები (საწარმოო აღჭურვილობა, საყოფაცხოვრებო ტექნიკა, ავეჯი, ჭურჭელი, ტანსაცმელი და ა.შ.).

დიზაინის პიონერები იყვნენ არქიტექტორები და მხატვრები, მათ გააცნობიერეს ახალი შესაძლებლობები, რომლებიც მათ წინაშე გაიხსნა მასობრივი მანქანების წარმოების განვითარებით. ისინი მოხიბლული იყვნენ ამოცანების მასშტაბის სიდიდით და სირთულით, რომელიც შეუდარებელი იყო იმასთან, რაც მხატვრის წინაშე იქამდე იდგა - ძირითადად საზოგადოების ცხოვრების გაფორმებასთან.

დიზაინის პიონერად შეიძლება ჩაითვალოს ინგლისელი მხატვარი ჰენრი კოული (1808-1882), რომელმაც 1845 წ. გამოიგონა ტერმინი "ხელოვნების ინდუსტრია", რაც მისივე სიტყვებით ნიშნავს "სახვითი ხელოვნება ან სილამაზე, რომელიც დაკავშირებულია მექანიკურ წარმოებასთან". 1849 წლიდან 1852 წლამდე ჰენრი კოული გამოსცემდა ჟურნალს "**დიზაინის ჟურნალი**", სადაც მან ყურადღება გაამახვილა პროექტების მომგებიანობასა და კომერციულ ღირებულებაზე. თუმცა, უფრო ადრე, 1832 წელს, ინგლისელი მრეწველი და პოლიტიკოსი რობერტ პილი გამოდიოდა მოწოდებით, ხელოვნება გამოყენებული ყოფილიყო ინგლისური საქონლის კონკურენტუნარიანობის ასამაღლებლად. დიზაინის ისტორიის დასაწყისს ბევრი მკვლევარი საკმაოდ გონივრულად უკავშირებს მხატვრის, არქიტექტორის და დიზაინერის პიტერ ბერენსის მიერ 1907 წელს მუშაობის დაწყებას **გენერალურ ელექტრო კომპანიაში AEG (Allgemeine Elektrizitäts-**

Gesellschaft). წინა ათწლეულში (Ruskin, Morris) საკითხის ასეთი სახით ფორმულირება, წარმოადგენდა მხოლოდ დროებით თეორიული მომზადებას მომავალი პრაქტიკული დიზაინისთვის.

თუ დიზაინს განვიხილავთ, როგორც ობიექტური სამყაროს მთლიანობის შექმნისა და ტექნიკური ცივილიზაციის ჰუმანიზაციის საშუალებას, მაშინ მისი ისტორიის დასაწყისი შეიძლება მივაწეროთ 1919 წელს, როდესაც ვალტერ გროპიუსმა დააარსა ბაუჰაუსი.³



სურ.1 ტურბინების სამშენებლო ქარხანა

მიუხედავად იმისა, რომ დიზაინზე უკვე ბევრი ითქვა და დაიწერა, დიზაინის არსზე ერთი თვალსაზრისი ჯერ კიდევ არ არის შემუშავებული. ფაქტია, რომ საკმაოდ ხშირად დიზაინი

³ ბაუჰაუსი — სახელოვნებო სკოლა გერმანიაში, რომელიც აერთიანებდა ხელობას და დახვეწილ ხელოვნებას. სკოლა მოქმედებდა 1919 წლიდან 1933 წლამდე. ტერმინი გერმანულად ნიშნავდა „კონსტრუქციული სახლი“ და მისი მნიშვნელობა იყო „მშენებლობის სკოლა“.

ნიშნავს მხატვრების ფაქტობრივ საქმიანობას ინდუსტრიაში, უფრო ხშირად - ამ საქმიანობის პროდუქტს (ნივთს ან საგანთა სისტემას), ზოგჯერ კი - საქმიანობის ორგანიზაციის არეალს, მთლიანად აღებულს. ზოგიერთ შემთხვევაში, "დიზაინი" ძალიან ფართოდ არის განმარტებული და სცილდება მხატვრის საქმიანობის აღნიშვნას სამრეწველო წარმოების პრობლემების გადაჭრაში.

დიზაინის, როგორც ფუნდამენტურად ახალი ტიპის თეორიულად გაგების პირველი მცდელობები განხორციელდა სამრეწველო წარმოების გავრცელების კონტექსტში. ამ პროცესს ჰყავდა თავისი მომხრეებიც და მხურვალე მოწინააღმდეგეებიც. ბევრი მკვლევარი აღნიშნავს XIX საუკუნის შუა პერიოდის პარადოქსს. - ტექნოლოგიების სწრაფ განვითარებას და არანაკლებ პროტესტს მის წინააღმდეგ. კამათი იმის შესახებ, შეუძლია თუ არა მანქანას ხელოვნების ნიმუშების შექმნა, შეიძლება თუ არა ის თავად იყოს ხელოვნების ნიმუში; დავა გამოყენებითი ხელოვნების საზღვრებზე და მხატვრის ადგილზე თანამედროვე წარმოების პროცესში - ეს მხოლოდ კითხვების მცირე წრეა, რომელიც აწუხებდათ იმდროინდელ მოწინავე მეცნიერებს. თეორიული თვალსაზრისით, უპირველეს ყოვლისა, საჭირო იყო ისეთი ცნებების გადახედვა, როგორიცაა „ადამიანი“, „გარემო“, „მხატვრული“, „ტექნიკური“ და ა.შ. ეს პერიოდი შეიძლება დახასიათდეს, როგორც შუალედური: იგი წარმოადგენდა გადასვლას ხელოსნობის მსოფლმხედველობიდან დიზაინის მსოფლმხედველობის საფუძვლების ჩამოყალიბებამდე.

საყოფაცხოვრებო ნივთების სამრეწველო წარმოების განვითარება ბევრმა ხელოვანმა და ხელოვნების თეორეტიკოსმა აღიქვა, როგორც კარგი გემოვნებისთვის პირდაპირი საფრთხე. მასობრივი სამრეწველო პროდუქციის მხატვრული ხარისხის დაქვეითებამ ხელსაქმის ნიმუშებთან შედარებით, შეაშფოთა ხელოვნებისა და მრეწველობის პრობლემებით დაკავებული მრავალი

სპეციალისტი. პროტესტი ავეჯის, ჭურჭლის, კერამიკის, დეკორატიული ქსოვილების ქარხნული წარმოების წინააღმდეგ, რომლებიც ტრადიციულად შედიოდა ხელოვნებისა და ხელოსნობის სფეროში, პირველად გაჩნდა ინგლისში, იმდროინდელ ყველაზე განვითარებულ ინდუსტრიულ ქვეყანაში.

დიზაინი თავისი არსებობის დაწყებიდან ამტკიცებდა, რომ შეეძლო საქმიანობის ყველაზე ფართო სფეროს დაფარვა და უნდა ვაღიაროთ, რომ მან შეძლო მნიშვნელოვანი წარმატების მიღწევა. 1960-იან წლებში ამბობდნენ, მთელი მატერიალური გარემო ახლა მოქმედებს როგორც დიზაინის შემოქმედების ობიექტი - ნებისიდან თვითმფრინავამდე. ფაქტობრივად, დიზაინის პროდუქტებით გარშემორტყმულია თანამედროვე ადამიანი ყველგან, ყოველდღიურ ცხოვრებაში. დიზაინის ზოგიერთი ნამუშევარი ჩვენთვის იმდენად ნაცნობი გახდა, რომ ალბათ არავის მოსდის აზრად, რომ კოკა-კოლას ბოთლს ჩვეულებრივ ჰყავს თავისი ავტორი – ბრწყინვალე **რეიმონდ ლოვი**.

მრავალი დიზაინერის შემოქმედება გამოფენილია თანამედროვე ხელოვნების მსოფლიოს მუზეუმებში, თანამედროვე ხელოვნების ისეთ მკაფიო ტენდენციასაც კი, როგორსაც პოპ-არტი⁴ წარმოადგენს, აშკარა ფესვები აქვს მე-20 საუკუნის დიზაინში. დიზაინის შემოქმედებითი და პრაქტიკული მიღწევები უდავოა, მაგრამ მისი თეორიული საფუძველი ჯერ არ არის შემუშავებული. დასაწყისისთვის უნდა ითქვას, რომ დიზაინის საქმიანობის მკაფიო საზღვრებიც კი არ არის დადგენილი. ამჟამად, ინდუსტრიული დიზაინის გარდა, ჩვენ ვსაუბრობთ ინტერიერის დიზაინსა და ლანდშაფტის დიზაინზე, გრაფიკულ დიზაინსა და საგამოფენო დიზაინზე, ყველაზე პოპულარული და ამაღლებული ნამდვილი შოუბიზნესის დონეზე არის მოდის დიზაინი (ინგლისური ან ფრანგული).

⁴ (ინგლ. pop art, შემოკლ. ფორმა popular art) — XX საუკუნის ვიზუალური ხელოვნების მიმდინარეობა.

დიზაინის სხვადასხვა სტილი:

ანტიკურობა

ჩვენ ყველამ ვიცით ძველი საბერძნეთისა და რომის შესანიშნავი ძეგლები, არქიტექტურის ძეგლები, ქანდაკებები. აქამდე ისინი ჩვენში აღფრთოვანებას იწვევენ თავიანთი განუმეორებელი და სრული სილამაზით. კოლიზეუმი, ტრიუმფალური თაღები, სვეტები, ცილინდრული კამარები, კეთილშობილი ადამიანების ულამაზესი ქანდაკებები, ღმერთები, ქალღმერთები, საოცარი მხატვრული ფერწერა გვიზიდავენ თავისი ჰარმონიით და ბევრისთვის მისაბამი მაგალითია.



სურ.2

არტ დეკო

ეგვიპტური ხელოვნების, ამერიკელი ინდიელების ეგზოტიკისა და აფრიკული პრიმიტიული ხელოვნების ელემენტების ნაზავი. სტილის სტანდარტი არის ოკეანის ლაინერების და ძვირადღირებული სასტუმროების ელეგანტური მდიდრული ინტერიერი. ავეჯის სტილებს ახასიათებს დეკორატიული ელემენტების გამოყენება ზიგზაგების, წრეების, სამკუთხედების,

მზის სახით. ფერადი სქემა იყენებს მდიდარ ყავისფერ ტონებს, სპილოს ძვლისფერს, ოქროს ყველა ჩრდილს.



სურ.3



სურ. 4. 319 მეტრის (1048 ფუტი)
სიმაღლის არტ-დეკოს სტილის ცათამბჯენი,
რომელიც მდებარეობს ისტ-საიდ მანჰეტენზე,

ბაროკო

იგი ცნობილია სტილის ფორმირების ელემენტით - კედლის პლასტიურობით, რომლის წყალობითაც კედელი თითქოს კარგავს თავის მთავარ თვისებას - საიმედოობასა და მონუმენტურობას, იძენს უპრეცედენტო დინამიკას. მიქელანჯელო ითვლება რენესანსის ბოლო ოსტატად, ასევე ბაროკოს სტილის შემქმნელად, რადგან სწორედ მან გააცნობიერა მისი მთავარი სტილის ფორმირების ელემენტი - კედლის პლასტიურობა. ინტერიერში

ჩნდება მიზანმიმართული სირთულე, მომრგვალებული კუთხეები, მრავალი სარკე, ჭერის ნახატები "ტრანსცენდენტურ სიმაღლეში" სივრცის "გადინების" ეფექტის გამოყენებით. სტილს ახასიათებს ბრწყინვალება, სიდიადე, მასშტაბები. ფასადი და ინტერიერი უხვად არის მორთული ისეთი დეკორატიული ელემენტებით, როგორიცაა ბარელიეფები, სკულპტურული ჯგუფები, ვაზები და ა.შ.



სურ. 5. ბაროკოს სტილი ინტერიერში



სურ. 6. ტრევის შადრევანი ბაროკოს სტილი

როკოკო

ამ სტილის ძირითადი მახასიათებლებია დინამიური ასიმეტრიული ფორმები (მოლუსკების ჭურვი, როგორიცაა ასკალოპი), სხვადასხვა ფორმის ხვეულები (S და C ფორმის), ნატურალისტური ყვავილების ყლორტები და ტალღოვანი ყვავილების ორნამენტები. არსებობს ეგზოტიკური ჩინური მოტივები, სიუჟეტური ორნამენტები: სტიქიური და სეზური ელემენტები. ფერთა გამა - ოქროსფერი, თეთრი, სპილოს ძვლისფერი, კრემისფერი, ასევე ლურჯი, მწვანე, ვარდისფერი და ყვითელი პასტელი ფერებში. ფრანგული როკოკო არის ერთგვარი უფსკრული მძიმე ბაროკოსგან და დამახასიათებელია კედლის სარკეების სიმრავლე (ტექნიკა გამოიყენება ვერსალში, რომლის მშენებლობის ბოლოს უკვე გამოჩნდა როკოკოს ელემენტები), რომელიც ინტერიერს ანიჭებდა ჰაეროვან სიმსუბუქეს. როკოკოს სტილი უფრო მეტად ეხება ინტერიერის გაფორმებას, ვიდრე არქიტექტურულ შენობებს. ასევე მისი სულისკვეთებით მზადდებოდა ავეჯი, ჭურჭელი, ფარდები, ლითონის ჭურჭელი. ეგზოტიკური ნიმუშები "ჩინურ სტილში" იყო როკოკოს მნიშვნელოვანი ელემენტები, რომლებიც ხშირად შერწყმულია წმინდა ევროპულ ყვავილოვან ორნამენტებთან. ტილოების ჩინური მოტივები, ავეჯის ფონები და ტრაფარეტული კედლები, ყველგან ოქროს ფერის არსებობა, რომელიც გამოიყენებოდა მნიშვნელოვანი ელემენტებისა და დეტალების ხაზგასასმელად: იგივე გრაგნილები, ხვეულები, პანელის ჩარჩოები. ინტერიერის ფონი ხასიათდებოდა პასტელის ფერებით: ლურჯი, მწვანე, ვარდისფერი, ყვითელი, კრემისფერი, მოთეთრო, სპილოს ძვლისფერი და ხის პრიალა ყავისფერი ტონები კარგად იყო ჰარმონიული მათთან.



სურ. 7. ავეჯი როკოკოს სტილში



სურ. 8. ჟერმან ბოფრანი. პრინცესას სალონი, ოტელ დე სუბისი, პარიზი, 1732 წლიდან

ინდუსტრიული სტილი

ინტერიერის დიზაინში ინდუსტრიული სტილი ხასიათდება ღია კომუნიკაციების არსებობით (მილები, სარქველები, მავთულები), ინტერიერში ჩანს შენობის ფორმები. ხშირად გამოიყენებენ ლითონის მაგიდებს, თუჯის ფირფიტებს იატაკზე. ბევრისთვის ეს სტილი "არაადამიანური", ველური, არასაცხოვრებელი ჩანს, მაგრამ ზოგჯერ მას იყენებენ არა მხოლოდ საოფისე ფართებში, არამედ საცხოვრებელ ადგილებშიც. ეს სტილი არის ერთგვარი თამაში ინდუსტრიაში, ხაზგასმული უგულებელყოფა „ყოველდღიური ცხოვრებისადმი“.



სურ. 9. ინდუსტრიული სტილის შენობა

კლასიციზმი

აქ მთავარი მახასიათებელია სიმეტრია და სიმარტივე. გლუვი კედლის ზედაპირები, შეზღუდული გამჭვირვალე მოცულობები,

რომლებიც არ მალავს სტრუქტურებს; თეთრი და ლურჯი ფერების სირბილე, პერსპექტიული ეფექტები ფერწერის მინიმალიზმში, იდეალური პეიზაჟი, რომელიც განასახიერებს ოქროს ხანის ოცნებას. კლასიციზმი ხასიათდება ლამაზი გეომეტრიული ფორმებით, თავშეკავებული დეკორით და ძვირადღირებული მასალებით. ხშირად ოთახები მორთულია ქანდაკებებითა და სტიქებით. ფრანგულ კლასიციზმს ახასიათებს შთამბეჭდავობის, ბრწყინვალეობის, ინტერიერის დეკორატიული ბრწყინვალეობის სურვილი და ამავე დროს არქიტექტურაში მკაცრი გეომეტრიული დაგეგმარება, მოწესრიგება და კომპოზიციური ჰარმონია. ძველი არქიტექტურის ელემენტების გამოყენება შენობებისა და ფასადების დიზაინში, დეკორის ეგრეთ წოდებული "წესრიგის" ორგანიზაცია - მისი მთავარი მახასიათებელია. ფრანგული კლასიციზმი გამოირჩეოდა ამ სტილისთვის ტრადიციული სუსტი და სიმეტრიული საერთო კომპოზიციის კომბინაციით, შთამბეჭდავობისა და ინტერიერის გარეგანი ბრწყინვალეობის სურვილით. კლასიკურმა სტილმა გაამართლა თავისი ორიგინალური სახელი - "სწორი მისაბადი მოდელი."



სურ. 10. ვარშავის დიდი თეატრი

მინიმალიზმი

ფორმების ლაკონურობა, მათი დაყვანა ძირითადად გეომეტრიულ ფორმებამდე. ზედმეტი არაფერი. დიზაინში კულტივირებულია ღია სივრცეები, ხაზგასმულია სიმარტივის და სიზუსტის ესთეტიკა, საგულდაგულოდ არის დაფარული ყოველდღიური ცხოვრების ყველა ელემენტი. ნივთებს მსუბუქი სილუეტი აქვთ და ისინი არ არიან მრავალრიცხოვანი. დეკორის, ორნამენტების და კომპოზიციის სრული არარსებობა. კედლებისა და იატაკების გრაფიკული დიაპაზონი შეიძლება გაერთიანდეს ნათელ ინტერიერის ნივთებთან.



სურ. 11. მინიმალიზმი ვებ-დისაინში



სურ. 12. სკანდინავიური მინიმალიზმი



სურ. 13. მინიმალიზმი არქიტექტურაში

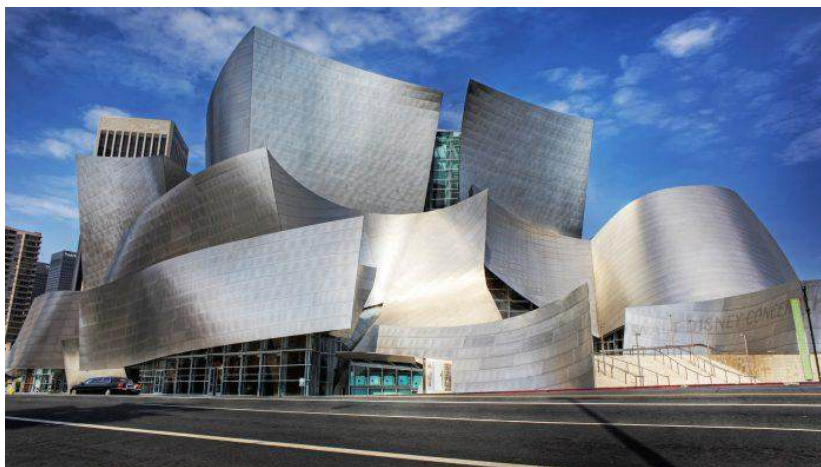
თანამედროვე სტილი

სტილს აქვს სიმბოლო - ეს არის ციკლომენის ყვავილის დაბვეწილი ფორმა. მე-19 და მე-20 საუკუნეების მიჯნაზე დაბადებული თანამედროვე „ახალი“ სტილისთვის, როგორც მოძრაობა თავისი ეპოქის სტილის შესაქმნელად, გამოიყენება ძველი სტილისტური ფორმების უარყოფა, ახალი მასალების მიება: რკინა, მინა, რკინაბეტონი.... თავისუფალი განლაგება, იატაკის სხვადასხვა დონეები, დიდი ფანჯრების გახსნილი სივრცეები. დიზაინერი ინტერიერზე მუშაობისას არჩეულ თემაზე იმპროვიზაციას იყენებს. კედლებზე ვხედავთ უცნაურ ახირებულ ხაზებს აშკარა ასიმეტრიისკენ მიდრეკილებით. ოთახის კედლები ფერადია, ხშირად მორთული ბრტყელი რელიეფური თაბაშირის პლასტმასით. ავეჯს ამშვენებს სტილიზებული ყვავილოვანი ორნამენტები, მასში დომინირებს მოღუმული, დახატული, ტალღოვანი კონტურები. არქიტექტორებმა ერთ ნამუშევარში გააერთიანეს არქიტექტურა, პლასტიკა, ფერწერა, დეკორატიული და გამოყენებითი ხელოვნება ჯადოსნურ ერთობაში. დაინერგა ფუნქციური ზონირება.



სურ. 14. თანამედროვე არქიტექტურა

ინტერიერის დეკორატიული დიზაინი წარმოდგენელ დახვეწილობას აღწევს. ფანჯრების, კარების, კიბეების ფორმა უსაზღვროდ მრავალფეროვანია. გამოირჩევა რიტმების, ფერების და ტექსტურების სიგლუვე და აღწევს დიდ ექსპრესიულობას. ხშირად გამოიყენება კერამიკული მოპირკეთება, ჭედური რკინა, ფანჯრისა და კარის ყვავილოვანი ვიტრაჟი.



სურ. 15. 21-ე საუკუნის თანამედროვე
არქიტექტურა

ნეომოდერნი

არტ ნუვოს პლასტმასის ფორმების გამოყენება შენობების არქიტექტურული დიზაინისთვის თანამედროვე ტექნოლოგიურ საფუძველზე. ორნამენტების თითქმის სრული არარსებობა.

⁵ არტ ნუვო ერთ-ერთი სახელია. ის მომდინარეობს პარიზის გალერეის სახელწოდებიდან- ახალი ხელოვნების სახლი (La maison de l'**art** nouveau).



სურ. 16. ეროვნული ბანკის შენობა, ქართული არტ-ნუვო არქიტექტურაში



სურ. 17. თი-ბი-სი ბანკის შენობა - ყოფილი ცენტრალური უნივერზალი, 1910-იან წლებში აგებული არტ-ნუვო სტილის ერთ-ერთი შენობა

მაღალი ტექნოლოგია

მინა, მეტალი და პლასტმასი. დიზაინის სიმტკიცე და სიმარტივე. მაღალი ტექნოლოგია ორიენტირებულია ლითონის კონსტრუქციების და შუშის სტილის გამოყენებაზე. აუცილებელია ხაზგასმით აღვნიშნოთ, მნიშვნელობა ნათურების, განათების, და ა.შ. ყველაფერი პრაქტიკული და ფუნქციონალურია. საყვარელი ფერები: მეტალიკი, ვერცხლისფერი, თეთრი, შავი; მასალები: ლითონი, მინა, მიწები... სწორი ხაზები. არც ხე, არც რთული და არც ფანტასტიკური მოპირკეთება.



სურ. 18.

1.2 დიზაინის ცნება და როლი

დიზაინის ცნება გულისხმობს მასობრივ კომუნიკაციას საზოგადოებაში, რომელიც აერთიანებს ადამიანებს საერთო სამრეწველო და ესთეტიკურ სამომხმარებლო პროდუქტებთან, სტილ-

თან, ცხოვრების წესთან. დიზაინის პრობლემების ანალიზი მოიცავს მხატვრული დიზაინის პროცესს, რომელიც მისი მთავარი ტექნიკაა.

დიზაინის ცნების არსი არის ინტერიერის დიზაინის ყველა ელემენტის ვიზუალური და სემანტიკური ერთიანობა, რომლებიც გამოიყენება მომსახურების მიწოდებისას. ეს წარმოადგენს მთავარ ელემენტს უნიკალური და ფუნქციონალური გარემოს შესაქმნელად და საშუალებას იძლევა შევქმნათ ყველა ელემენტის ჰარმონიული კომბინაცია.

ინგლისურ ზმნას „დიზაინი“ (**design**) აქვს მრავალფეროვანი მნიშვნელობები, მათ შორის "დაპროექტება, აშენება, ჩანაფიქრის შემუშავება, წარმოსახვა".

უცხო სიტყვების თანამედროვე ლექსიკონში შეიძლება მოიძებნოს შემდეგი განმარტება: „დიზაინი არის საგნების, ინტერიერის მხატვრული დიზაინი; ობიექტური გარემოს ესთეტიკური იერსახის შემუშავება“.

ზოგადად, ისეთი ცნება, როგორიცაა "დიზაინი", ფართოდ გავრცელდა გასული საუკუნის დასაწყისში, სამრეწველო წარმოების ზრდასთან ერთად. ამ დრომდე ყველა ინტერიერი ინდივიდუალურად იყო დაპროექტებული, თითოეული ნივთიც ინდივიდუალურად იქმნებოდა ხელით. მრეწველობის განვითარებასთან ერთად შესაძლებელი გახდა აბსოლუტურად იდენტური ნივთების მასობრივი წარმოება, მათ შორის სახლისთვის: ავეჯი, აქსესუარები და ა.შ. სწორედ მაშინ გაჩნდა პროფესია „დიზაინერი“ ადამიანი, რომელსაც შეუძლია შექმნას მზა მასიური კომპონენტებისგან რაღაც უნიკალური, ინდივიდუალური, მათ შორის ინტერიერი.

როგორც წესი, ადამიანების უმეტესობა ფიქრობს, რომ დიზაინი შექმნილია მხოლოდ ლამაზი გამოსახულებების შესაქმნელად, მაგრამ სინამდვილეში ეს არ შეესაბამება სიმართლეს.

დიზაინი, უპირველეს ყოვლისა, გამიზნულია ნებისმიერი ნივთის გამოყენების მოხერხებულობის შესაქმნელად, როგორცაა მანქანა, მტვერსასრუტი, ბინა, ვებსაიტი და ა.შ. ლანდშაფტზე ბილიკები უბრალოდ არ უნდა იყოს, არამედ მიგვიყვანოს კონკრეტულ მიზნამდე და გამოიწვიოს გარკვეული შეგრძნებები (მაგალითად, სივრცე ან ცნობისმოყვარეობა). ინტერიერში ცხოვრება პირველ რიგში კომფორტული უნდა იყოს და მხოლოდ ამის შემდეგ ლამაზი. ტექსტი უნდა იყოს ადვილად კითხვადი და გამოიწვიოს ის ემოციები, რისთვისაც ის შეიქმნა. არსებობს მთელი რიგი პრობლემები, რომლებიც დიზაინმა უნდა გადაჭრას. თუ ინტერიერზეა საუბარი, მაშინ პირველ რიგში უნდა გადაწყვიტოთ რატომ ვქმნით ინტერიერს, ე.ი. განსაზღვრეთ მისი ფუნქცია:

წარმომადგენლობითი ფუნქცია მოითხოვს მოთხოვნების ერთ კომპლექტს; საჯარო სივრცეების ინტერიერი - საკუთარ მოთხოვნებს, ხოლო პირადი ბინების ინტერიერი - განსაკუთრებულ დავალებებს.

ეს ამოცანები მოიცავს არა მხოლოდ ესთეტიკურ ცნებებს, არამედ სპეციფიკურ ფუნქციურ და ეკონომიკურ ამოცანებს.

დიზაინი ხელოვნებაა? დიახ აუცილებლად. მაგრამ არა მარტო ხელოვნებაა. ყველა პრაქტიკოსმა დიზაინერმა იცის, რომ რეალურად ლამაზი ნახატები დიზაინის პროექტის 10-30%-ს შეადგენს. დანარჩენი რთული ხატვის, ხაზვის სამუშაოა.

დიზაინერი აერთიანებს ხელოვნებას მეცნიერებასთან. კარგი იქნება დიზაინერს ფსიქოლოგია რომ ესმოდეს; და რა თქმა უნდა, მას უნდა ჰქონდეს ერგონომიკისა და მასალათმცოდნეობის კარგი ცოდნა. მხატვარი რაღაცას აკეთებს ინდივიდუალურად, ხშირად თავისთვის, მას შეუძლია იყოს არაღიარებული ღარიბი გენიოსი სამყაროს საკუთარი ხედვით.

დიზაინერი ქმნის კონკრეტულ პრაქტიკულ სარგებელს, რისთვისაც რეალურად იღებს ხელფასს.

დიზაინის შედეგი არის ნებისმიერი ობიექტის ან სივრცის ფუნქციის გაუმჯობესება და არა მხოლოდ გარეგნობა. დიზაინერი საკუთარ თავს უსახავს მიზნს, მოახდინოს თვითრეალიზება არა მომხმარებლების ხარჯზე, არამედ გააუმჯობესოს მათი ცხოვრების ხარისხი, გახდეს მოთხოვნის კვალიფიციური სპეციალისტი.

დიზაინსა და ხელოვნებას შორის კომპლექსური ურთიერთობის წყალობით, ჩვენ შეგვიძლია მნიშვნელოვნად დავხვეწოთ თანამედროვე დიზაინის ცნება, დიზაინში უფრო ღრმად შეღწევის გზით, ვიდრე ეს შესაძლებელი იყო მაშინ, როდესაც ჩვენი ამოცანა იყო დიზაინის განზოგადებული პროდუქტის, როგორც პროფესიონალების ორგანიზებული საქმიანობის გარკვევა. შემთხვევითი არ არის, რომ ჩვენ მხოლოდ ახლა ვსვამთ თანამედროვე დიზაინსა და თანამედროვე ხელოვნებას შორის ურთიერთობის საკითხს, უფრო სწორად, მათი კავშირების სისტემის შესახებ: მიუხედავად იმისა, რომ ხელოვნების პირდაპირი შედარება დიზაინთან ყოველთვის მიმზიდველია, იგი ნაკლებად ეფექტურია დიზაინის განისაზღვრის გარეშე. ასეთი მცდელობები არაერთხელ გაკეთებულა, უფრო მეტიც ავტორები ხელოვნებას ცალსახად ცნობადად მიიჩნევენ და ასეთი შედარებების შედეგად მიიღეს სამი პარალელური და თანაბრად დაუმტკიცებელი განსაზღვრება. თუ გამოვიყენებთ, თეორიულ კონცეფციებს, მაშინ ეს არის „დიზაინი-აბსტრაქტული ხელოვნება“ (**Herbert Read**); „დიზაინი არ არის ხელოვნება“ (**გლოგი, ეშვორდი და სხვები**); „დიზაინი შეიცავს ხელოვნების ელემენტებს, მაგრამ არ ემთხვევა ხელოვნებას“ (**მალდონადო**). ამავდროულად, ეხლა უკვე შეგვიძლია გავითვალისწინოთ, რომ ავტორებს მხედველობაში ჰქონდათ, პირველ რიგში, არა იდენტური წარმოდგენა ხელოვნების შესახებ (შეიძლება ცალკე გამოვყოთ ჯიო პონტი თავისი სუპერ-ხელოვნებით, რომელიც მოიცავს ყველაფერს და ყველას) და მეორეც, მნიშვნელოვნად განსხვავებული "დიზაინები".

სანამ დიზაინის პროდუქტი გაგებული იყო, როგორც ნივთი ან გარკვეული თვისებები, რომლებიც თან ახლავს ნივთს, უკიდურესად რთული იყო მისი ხელოვნებასთან კორელაცია; სამომხმარებლო ღირებულება, უდავოდ, არის სულიერი ღირებულების გარკვეული ტიპი, რომელიც შედის საგანში, როგორც ადამიანის მთელი მატერიალური გარემოს ელემენტი (სხვა საკითხია, რა სახის სულიერი ღირებულებაა ეს), და ეს გარკვეულწილად აადვილებს ჩვენს ამოცანას. თუმცა, ჩვენ არაერთხელ აღვნიშნეთ, რომ დიზაინის პროდუქტი ჩვენს განმარტებაში ვლინდება ექსკლუზიურად მოხმარების მასობრივი ხასიათის მეშვეობით და ეს მასობრივი ხასიათი არ არის წმინდა რაოდენობრივი დარწმუნება. მასობრივი ხასიათი დიზაინის პროდუქტთან მიმართებაში უდავოდ მოიცავს მომხმარებლის რეაქციების აღქმის გარკვეულ ტიპიზაციას, სტანდარტიზაციას (თუმცა შეიძლება ბევრი სტანდარტი იყოს). აქამდე ჩვენ არ გვქონია მიზეზი, რომ მოხმარებაში ვიგულისხმოთ, სამომხმარებლო ღირებულების ვიზუალური გამოხატულება, ის აუცილებელი თანამონაწილეობა, თანაშემოქმედება, რომელიც აკავშირებს ხელოვნების ნაწარმოების შემქმნელს მის თითოეულ მომხმარებელთან (თუ კი აქ შეიძლება ვისაუბროთ მოხმარებაზე მისი სუფთა სახით) ინდივიდუალურად. ეს ინდივიდუალობა, წარმოადგენს დიალოგის კომუნიკაციის ღრმა ვალდებულებას, რომელიც დამყარებულია ადამიან-შემოქმედსა და ადამიან-მაყურებელს შორის (თუნდაც ბევრი იყოს) ხელოვნებაში. რაც შეეხება დიზაინს, ჩვენ გვიჭირს პირდაპირი კომუნიკაციის ასეთი მაგალითების პოვნა ინდივიდუალურ აღქმაში - სადაც ასეთი კავშირის დანახვა შესაძლებელია.

დიზაინი დღეს წარმოადგენს ადამიანის საქმიანობის ყველაზე განვითარებულ და თეორიულად მნიშვნელოვან სფეროს, რომელიც დაკავშირებულია სილამაზის კანონებთან, თუმცა გასცდა ხელოვნებას. იგი მოიცავს ინდუსტრიის მიერ წარმოებული ნივ-

თების დიზაინის, წარმოებისა და არსებობის სფეროს, მათი სარგებლიანობის, მოხერხებულობისა და სილამაზის გათვალისწინებით. „დიზაინი არის შემოქმედებითი საქმიანობა, რომლის მიზანია სამრეწველო პროდუქციის ფორმალური თვისებების დადგენა. ეს თვისებები მოიცავს პროდუქციის გარე მახასიათებლებს, მაგრამ ძირითადად სტრუქტურულ და ფუნქციურ ურთიერთობებს, რომლებიც აქცევს პროდუქტებს ერთ მთლიანობად, როგორც მომხმარებლის, ასევე მწარმოებლის თვალსაზრისით“.

დიზაინი არის ობიექტური სამყარო, რომელიც შექმნილია ადამიანის მიერ ინდუსტრიული ტექნოლოგიების საშუალებით სილამაზისა და ფუნქციონალურობის კანონების შესაბამისად. ეს არის ესთეტიკური საქმიანობის ახალი, ინდუსტრიული სახეობა. დიზაინი წარმოიქმნება მასობრივი წარმოებისა და მოხმარების საჭიროებიდან.

იგი ქმნის „ვიზუალურ ენას“ - ფორმის სპეციალურ ენას, რომელიც აძლევს იდეებს ვიზუალურ გამოხატულებას. დიზაინის ვიზუალურ ენაში პროპორციების ნიშნებს წარმოადგენს: ოპტიკური ილუზია, ფერი, სინათლისა და ჩრდილის ურთიერთობა, სხეულების სიცარიელე და მოცულობები, ფერი და მასშტაბი. დიზაინის ფორმა არის-მასალის, ტექნოლოგიის და წარმოების ხარისხის ნიშანი, იგი გამოხატავს მის დანიშნულებას (ფუნქციას) და მის სოციალურ არსებობას კულტურულ სისტემაში.

მრეწველობის განვითარებამ გაანადგურა ხელოსნის შრომა, როცა ერთი ადამიანი იწყებდა და ასრულებდა წარმოების პროცესს. დღეს ნებისმიერი ნივთი მრავალი ადამიანის, სხვადასხვა პროფილის სპეციალისტების: მუშების, ტექნოლოგების, ინჟინრების, დიზაინერების და ა.შ. შრომის პროდუქტია. აქედან გამომდინარეობს ნივთების შექმნის ინდუსტრიულ პროცესში თითოეული მონაწილის ვიწრო სპეციალიზაცია. ეს ემუქრება, ერთი მხრივ, პიროვნების შემოქმედებით, სულიერი ძალების უნივერსალურობის განადგურებას და, მეორე მხრივ, წარმოებული ობ-

იექტის ესთეტიკური ღირებულების დაკარგვას. ეს საფრთხე შეამჩნია "პრაქტიკული ესთეტიკის" ფუძემდებელმა გერმანელმა არქიტექტორმა და თეორეტიკოსმა **გ. სემპერმა** ინდუსტრიული გამოფენის გამოცდილების შეჯამებით (ლონდონი, 1851 წ.). მან ყურადღება გაამახვილა იმ ფაქტზე, რომ მიუხედავად მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარებისა, ცივილიზაციის წარმატებები ხელოვნებასა და ხელნაკეთობებში ჩამოუვარდება გასული საუკუნეების საყოველთაოდ აღიარებულ მიღწევებს. „იგივე სამარცხვინო აღიარება თავს იჩენს თანამედროვე პროდუქციის ჩვენი წინაპრების პროდუქტებთან შედარებისას. მთელი ტექნიკური პროგრესის მიუხედავად, ჩვენი პროდუქცია ჩამოუვარდება მათ ფორმით და პრაქტიკული ვარგისიანობითა და მიზანშეწონილობითაც კი“.

ინდუსტრიამ დააჩქარა ნივთების დამზადების პროცესი და უზრუნველყო მათი მასობრივი წარმოება, მაგრამ ხელოსანის უნიკალური პროდუქტი ჩაანაცვლა სტანდარტული პროდუქციით. ფუფუნების საგანად მიღებულმა ხელნაკეთამ პროდუქციამ დაკარგა თავისი მნიშვნელობა, წარმოების პროდუქტმაც, ამავდროულად, შეწყვიტა ფუფუნების საგანად ყოფნა, რადგან ის აღარ ატარებს მისი შემქმნელის ინდივიდუალურობის კვალს. ამის შემდეგ კი მხატვარი დაეხმარა დიზაინერს - შეიმუშავა ობიექტის უტილიტარული მიზანი და მისი ესთეტიკური ექსპრესიულობა. იდეალურ შემთხვევაში, მხატვარი და დიზაინერი გაერთიანებულია ერთ ადამიანში - დიზაინერის სახით, ახალი პროფესიის წარმომადგენლის, ესთეტიკური მომზადების მქონე დიზაინერ-ინჟინრის პიროვნებაში.

ესთეტიკური პრინციპის წარმოებაში შეჭრა თანდათან მოიცავს მის ყველა სფეროს, მათ შორის ისეთებს, როგორიცაა საავტომობილო მანქანების წარმოება, რადიო მიმღებები, წარმოების ხელსაწყოები და ჩარხებიც კი. მრეწველობის სფეროში შეიმჩნევა უტილიტარული და ესთეტიკური პრინციპების მშფოთვარე და

ძლიერი კომბინაცია. ფორმის სარგებლობისა და მოხერხებულობის მიება ერწყმის მისი ექსპრესიულობისა და სილამაზის მიებას. დღეს არცერთ ინდუსტრიას არ შეუძლია მხატვრული დიზაინის გარეშე.

თანამედროვე ტექნოლოგიების სამყარო ცვლის ადამიანების წარმოდგენებს სილამაზის შესახებ. საცდელმა პილოტმა მ. გალაიმ საინტერესო დაკვირვება გააკეთა თვითმფრინავების სილამაზის ბუნებაზე: „შემხვედრია ისეთი, რომელსაც საკმაოდ უხერხული გარეგნობა აქვს, ასევე შემხვედრია ძალიან ლამაზიც. სხვათა შორის, შევამჩნიე, რომ მშვენიერი მანქანა, რომელიც თავისი პროპორციებით თვალს ჭრის, როგორც წესი, კარგად დაფრინავს. ეს, ერთი შეხედვით, თითქოს მისტიკური კანონზომიერებაა. მე ვფიქრობ, ამას აქვს თავისი სრულიად რაციონალური ახსნა: სიტუაცია, როგორც ჩანს, საპირისპიროა - კარგად მფრინავი მანქანა ჩვენ გვეჩვენება, ლამაზად“.

ნებისმიერი ნივთის წარმოება მოიცავს გამოგონებას, დიზაინს, განლაგებას და წარმოების ტექნოლოგიას. შემოქმედებითი პროცესების ამ ჯაჭვში, დიზაინის ადგილია განლაგება, ახალი კავშირების დიზაინი ნივთის დეტალებს შორის. ამავდროულად დიზაინერი განჭვრეტს მომავალს და ესთეტიკურ ხედვაში იგი ყურადღებას აქცევს არა მხოლოდ მის სარგებლობასა და სილამაზეს, არამედ მის კონსტრუქციულ მიზანშეწონილობას და ტექნოლოგიურ მომგებიანობას.

მხატვრული დიზაინის პროცესი მოიცავს ობიექტების გადაკეთებას, ასევე იძლევა ობიექტების აღების შესაძლებლობას სხვადასხვა სფეროდან - "ველური ბუნების ხელსაყრელი ფორმების გამოყენება ტექნოლოგიაში (რასაც აკეთებს ბიონიკა), ტენდენციების იდენტიფიცირებამდე და მათი პროგნოზირება მომავლისთვის“. ამავდროულად, ბიონიკისგან განსხვავებით, რომელიც პირდაპირ სესხულობს ველური ბუნების ფორმებს, მათი დიზაინი, თითქოსდა, გადის კულტურის პრიზმაში, ანუ იღებს კულტურულად დამუშავებულ ფორმას. დიზაინის ფორმების

ნამდვილი არსენალი არის კულტურა, რომელშიც ყოფიერების ყველა შთაბეჭდილება გადამუშავებულია ადამიანის გამოცდილების ფონზე.

დიზაინი, გარკვეული გაგებით, არის გამოყენებითი ხელოვნების სფეროს უსაზღვრო გაფართოებისა და მისი ინდუსტრიულ საფუძველზე განვითარების შედეგი, ასევე ესთეტიკის ტექნოლოგიაში შეღწევის და მხატვრის წარმოებაში შეჭრის შედეგი.

"მრეწველობისა და ხელოვნების განუყოფელი გაერთიანების" აუცილებლობის შესახებ წერდა ა. ვ. ლუნაჩარსკი: „ინდუსტრიის ამოცანაა შეცვალოს სამყარო ისე, რომ ადამიანმა მასში საუკეთესოდ დააკმაყოფილოს თავისი მოთხოვნილებები. მაგრამ ადამიანს აქვს მოთხოვნილება იცხოვროს ხალისიანად, მხიარულად, იცხოვროს ინტენსიურად... თუ ადამიანს არ აქვს შემოქმედებითი თავისუფლება, არ აქვს მხატვრული სიამოვნება, მაშინ მისი ცხოვრება არ არის ბედნიერი... მნიშვნელოვანია, რომ საკმელი იყოს არა მხოლოდ დამაკმაყოფილებელი, არამედ გემრიელიც, მაგრამ ათასჯერ უფრო მნიშვნელოვანია, რომ სასარგებლო საყოფაცხოვრებო ნივთი იყოს არა მხოლოდ სასარგებლო და მიზანშეწონილი, არამედ გაბედნიერებდეს კიდევაც.“

დიზაინი პროდუქტის ფორმას ხდის არა მხოლოდ მიზანშეწონილს და კონსტრუქციულად შინაარსობრივს, არამედ ემოციურად გამოხატულს, ესთეტიკურად მნიშვნელოვანს. მხატვარი-დიზაინერი ქმნის ისეთ პროდუქტებსა და ხელსაწყოებს, რომლებიც იძენენ „ადამიანისადმი ადამიანურად მოპყრობის“ უნარს, ანუ აქვთ ესთეტიკური ღირებულებაც. დიზაინი უზრუნველყოფს ადამიანურ ურთიერთობას ნივთსა და მის მომხმარებელს - ადამიანს შორის. ყოველი ნივთის უკან დგას სხვა ადამიანი - მისი შემქმნელი და ნივთი ჩნდება ერთგვარი შუამავლის როლში, დამაკავშირებელი მის შემქმნელსა და მომხმარებელს შორის. დიზაინი მოქმედებს როგორც ადამიანური ურთიერთობების „ჰუმანიზაციის“ ფაქტორი. მხატვრულად შემუშავებული ნივთების გამოყენებით, ადამიანი, თითქოსდა, ხედავს საკუთარ

თავს მის მიერ შექმნილ სამყაროში, რაც მას ღრმა ესთეტიკურ სიამოვნებას ანიჭებს. დიზაინი ახორციელებს მასობრივ კულტურულ და ესთეტიკურ კომუნიკაციას, გარკვეული ტიპის მხატვრული გემოვნების გადმოცემას თანამედროვე ინდუსტრიის მიერ შექმნილი საყოფაცხოვრებო ნივთების, ხელსაწყოების, ყოველდღიური ნივთების საშუალებით.

დიზაინი აღწევს ადამიანების ცხოვრებისა და საქმიანობის ყველა სფეროში, აქვს ყოვლისმომცველი გავლენა ზოგად მოსახლეობაზე. მასობრივი ხასიათისა და მისი ესთეტიკური ზემოქმედების სიძლიერის თვალსაზრისით, ის არამარტო შეიძლება შედარდეს კინოსა და ტელევიზიასთან, არამედ გარკვეული გაგებით აჭარბებს კიდევ მათ. ბოლოს და ბოლოს, კინოში წასასვლელად საჭიროა გამონახოთ დრო და იყიდოთ ბილეთი, რომ გახდეთ ტელემაყურებელი, უნდა იყიდოთ ტელევიზორი და მონახოთ დრო დასასვენებლად. დიზაინის ესთეტიკური ზემოქმედების გამოვლენისთვის, საკმარისია იყოთ თანამედროვე. შეუძლებელია დიზაინის გავლენისგან თავის დაღწევა, ან თუნდაც ასეთი მიზანის დასახვა, რადგან არავის ძალუძს ეპოქის კულტურული რუტინიდან ამოვარდნა მისი ატრიბუტების: ავეჯის, ჭურჭლის, წიგნების, სატრანსპორტო საშუალებების და ა.შ.გარეშე. ეს ყველაფერი კი შექმნა დიზაინმა, მათზე დასმულია კონკრეტული სტილის ბეჭედი. განსაკუთრებით ღრმა და პირდაპირია სტილის გავლენა ადამიანის ცნობიერებაზე. კოვზის, ჩაქუჩის, მანქანის, ტელევიზორის ესა თუ ის ფორმა არა მხოლოდ მოხერხებულობისა და პრაგმატიზმის, არამედ ესთეტიკური გავლენის მიზნებსაც ემსახურება. ეს უკანასკნელები სამომხმარებლო პროდუქტებში, რომლებიც შექმნილია დიზაინის პრინციპების მიხედვით, ასოცირდება მოცემული საზოგადოების ცხოვრების წესთან, მოცემული ეპოქის აზროვნებასა და საქმიანობასთან.

დიზაინი აკავშირებს სულიერ და მატერიალურ კულტურას ერთ კვანძში. ის არის მათი შეხვედრის ადგილი, მათი გადაკ-

ვეთის ფოკუსი. გარდა ამისა, მხატვრული, სამეცნიერო-ტექნიკური და სამრეწველო-ტექნოლოგიური კულტურა ასევე შერწყმულია დიზაინში. ამრიგად, ის უზრუნველყოფს თანამედროვე ცივილიზაციის კულტურულ მთლიანობას. იგი არის მხატვრული ტრადიციისა და გემოვნების გაგრძელება საყოფაცხოვრებო ნივთებისა და უტილიტარული მოხმარების სფეროში. დიზაინი არის მოცემული საზოგადოების სამეცნიერო და ტექნოლოგიური დონე, რომელიც გამოსახულია კონკრეტულ სამომხმარებლო საქონელში, საყოფაცხოვრებო ნივთებსა და ხელსაწყოებში, სატრანსპორტო საშუალებებში და კულტურულ პროდუქტებში. დიზაინი არის მოცემული პროდუქტის მასიური, ესთეტიურად სრულყოფილი და პრაქტიკულად მოსახერხებელი ფორმით წარმოების (შექმნის ტექნოლოგია) საიდუმლოებები. იგი არის დიზაინერისა და ხელოვანის, მწარმოებლისა და მომხმარებლის შეხვედრა, შრომის ესთეტიზებული პროდუქტის უტილიტარულ და ესთეტიკურ მოხმარების პროდუქტად გარდაქმნის გზით. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, დიზაინი არის მასობრივი კომუნიკაცია საზოგადოებაში, რომელიც აერთიანებს ადამიანებს საერთო სამრეწველო და ესთეტიკურ სამომხმარებლო პროდუქტებთან, სტილთან და ცხოვრების წესთან. ამავდროულად, დიზაინი აერთიანებს კულტურის სულიერ და მატერიალურ, ჰუმანიტარულ და სამეცნიერო-ტექნიკურ, მხატვრულ და ინდუსტრიულ სფეროებს.

1.3 დიზაინის განვითარების პერსპექტივები

ევროპული დიზაინის განვითარება

ბაუჰაუსი

პირველად, დიზაინის საფუძვლების სწავლებას დამოუკიდებელი მნიშვნელობა მიენიჭა პირველი მსოფლიო ინდუსტრიული გამოფენის შედეგების განხილვისას, რომელიც გაიმართა

ლონდონში 1851 წელს. ეს გააკეთა სპეციალურმა კომისიამ, რომელიც ეხებოდა სამხატვრო განათლების რეფორმას და ხელოვნების ინდუსტრიის განვითარებას, რომელსაც ხელმძღვანელობდა სერ ჰენრი კოლი.

ხელოვნების სკოლებში განათლების სისტემის რეფორმების შესახებ გოტფრიდ სემპერის წიგნში "მეცნიერება, ინდუსტრია და ხელოვნება", რომელიც გამოქვეყნდა ამავე წელს, განხილული იყო დიზაინის საქმიანობის ძირითად ტიპებში კონკრეტული განსახორციელებელი წინადადებები. განათლების ეს პრინციპი 1850-იან წლებში დაარსებული სამხრეთ კენსინგსტონის კოლეჯის სასწავლო გეგმაში ჩამოყალიბდა, რომელშიც სწავლება ეფუძნებოდა არა კლასიკის აბსტრაქტულ შესწავლას, არამედ სამუზეუმო კოლექციებისა და მასალების სპეციფიკურ შესწავლასა და თანამედროვე ხელოვნების გამოფენებს.

1837 წელს დაარსებულმა დიზაინის სკოლამ დაიწყო ახალ პირობებთან ადაპტაცია, რომელიც რეორგანიზაციის შემდეგ იქცა წამყვან სახელმწიფო საგანმანათლებლო დაწესებულებად ხელოვნების დარგში და ცნობილი გახდა, როგორც ხელოვნების სამეფო კოლეჯი.

1854 წელს ციურიხში გაიხსნა უმაღლესი ტექნიკური სასწავლებელი. მასში არქიტექტურული განყოფილებას ხელმძღვანელობდა გ.სემპერსი. აქ მან დაწერა თავისი ცნობილი ნაშრომი "სტილი ტექნიკურ და ტექტონიკურ ხელოვნებაში, ან "პრაქტიკული ესთეტიკა", რომელმაც გავლენა მოახდინა ხელოვნების ფორმის თეორიის ჩამოყალიბებაზე XIX საუკუნის ბოლოს. ფრანგული სამხატვრო სკოლები მე-19 საუკუნეში, რომლებიც ამზადებდნენ ხელოსნებს მანუფაქტურებისთვის, გარკვეულწილად იყო დაკავშირებული ინდუსტრიულ პროგრესთან და ზოგადი პროფესიული სკოლებიდან გადაიქცნენ ხელოვნებისა და ხელოსნობის სპეციალიზებულ სკოლებამდე. ხელოვნებისა და წარმოების ეროვნული სკოლა, რომელიც გაიხსნა პარიზში 1829 წელს, საუკუნის შუა ხანებისთვის, სასწავლო კურსში მოიცავდა

ხელოვნების ხელოსნობის ტრადიციულ საფუძვლებს, მექანიკის, ფიზიკის, ქიმიის საფუძვლებს და ამზადებდა სპეციალისტებს, რომლებიც აერთიანებდნენ მხატვარს , ინჟინერს და არქიტექტორს ერთ ადამიანში.

ევროპული დიზაინის განათლების განვითარების ახალი ეტაპი ასოცირებული იყო კონცეფციასა და შესრულებას შორის უფსკრულის გადალახვასთან. უილიამ მორისის გავლენით ინგლისში დაიწყო სხვადასხვა საზოგადოებებისა და ხელოსნობის სკოლების შექმნა. მათ შორის იყო Arts and Crafts Exhib Society, Arts and Crafts Association, Royal School of Artistic Sewing. მე-19 საუკუნის ინგლისის მხატვრული კულტურის ყველაზე ცნობილი პიროვნებებიდან, რომლებმაც გავლენა მოახდინეს დიზაინის განათლების მეთოდოლოგიის ჩამოყალიბებაზე, უნდა დავასახელოთ ოუენ ჯონსი, ჩარლზ რენი მაკინტოში და უოლტერ კრეინი.

ინდუსტრიის მხატვრებისთვის 1899 წელს ხელოვნების სამეფო კოლეჯში გაიხსნა სპეციალიზებული განყოფილება „ხელოვნების პირდაპირი გამოყენება ინდუსტრიაში“. განყოფილებაში სწავლების დროს დიდი ყურადღება ეთმობოდა ყველაფრის საკუთარი ხელით შექმნის უნარის განვითარებას. ეს სასარგებლოდ ითვლებოდა მხატვრებისთვის, რომლებიც ქმნიდნენ მანქანური პროდუქტების დიზაინს.

1913 წელს ინგლისში შემუშავდა სპეციალური დიპლომები დიზაინის განყოფილებების კურსდამთავრებულებისთვის, რომლებიც ადასტურებდნენ დამოუკიდებელი შემოქმედების უნარს ფერწერის, მოდელირების, გამოყენებითი გრაფიკისა და სამრეწველო დიზაინის სფეროში. იმ წლების ერთ-ერთი მთავარი საგანმანათლებლო დაწესებულება იყო ჰელსინკის ინდუსტრიული ხელოვნების სკოლა, რომელიც დაკავშირებულია ფინეთის გამოყენებითი ხელოვნების საზოგადოების საქმიანობასთან.

XIX საუკუნის ბოლოს იაპონიაში ჩნდება სამხატვრო-ინდუსტრიული სკოლები. ევროპაში მოგზაურობის შემდეგ, იაპონური

ტრადიციული ხელოვნების რეწვის ერთ-ერთმა რეფორმატორმა, კაიჯირო ნოტომიმ, 1887 წელს ქალაქ კანაზავაში დააარსა სკოლა სამი განყოფილებით: ხელოვნებისა და ობიექტების დიზაინი, ტრადიციული ხელოვნების ხელნაკეთობები, ნახატი და გრაფიკული ნამუშევრები. ერთი წლის შემდეგ ტოკიოში იხსნება ინდუსტრიული ხელოვნების უმაღლესი სკოლა.

1907 წელს მიუნხენში შეიქმნა ორგანიზაცია, რომელმაც მიიღო სახელწოდება *der Werkbund* - "საწარმოო კავშირი". ამ ქალაქში მისი სათაო ოფისი 5 წლის განმავლობაში მდებარეობდა. 1912 წელს კი ის ბერლინში გადაიტანეს; *das Bauhaus* - ინდუსტრიული ხელოვნების უმაღლესი სკოლა. *BAUHAUS* (გერმანული *Bauhaus* - "მშენებლობის სახლი") - სამშენებლო და მხატვრული დიზაინის უმაღლესი სკოლა - ხელოვნების საგანმანათლებლო დაწესებულება და ხელოვნების ასოციაცია მოქმედებდა 1919-1933 წლებში. ის დაარსდა 1919 წელს ვაიმარში (გერმანია), რომელმაც მეოცე საუკუნის ხელოვნებას მისცა ბევრი შესანიშნავი იდეა და არაერთი გამორჩეული ფიგურა. 1925 წელს ასოციაცია გადაიტანეს ქალაქ დესაუში, რომელიც შემდეგ გააუქმეს ნაცისტებმა 1933 წელს. ლიდერებმა (W. Gropius, H. Meyer, L. Mies van der Rohe) განავითარეს ფუნქციონალიზმის ესთეტიკის პრინციპები თანამედროვე ფორმირების არქიტექტურასა და დიზაინში, მატერიალური და ყოველდღიური გარემოს ფორმირება პლასტიკური ხელოვნების საშუალებით.

ბაუჰაუსის დევიზია: „ხელოვნებისა და ტექნოლოგიების ახალი ერთიანობა“. ბაუჰაუსის იდეების გავლენა ყველაზე მეტად შესამჩნევია თანამედროვე ოფისებში, ქარხნებში და ა.შ. ბაუჰაუსის რწმენამ მხატვარი, ხელოსანი და ტექნოლოგი ერთმანეთში გააერთიანა - ღრმა გავლენა მოახდინა გამოყენებით და ვიზუალურ ხელოვნებაზე, წიგნის ილუსტრაციიდან და რეკლამიდან დამთავრებული ავეჯით და სამზარეულოს ჭურჭლით.

ბაუჰაუსი 1919 წელს დააარსა არქიტექტორმა ვალტერ გროპიუსმა, რომელმაც გააერთიანა ხელოვნების უმაღლესი სკოლა და

ვაიმარის გამოყენებითი ხელოვნების სკოლა. სკოლის სასწავლო პროგრამა ითვალისწინებდა ხელოვნების კომბინაციას სამშენებლო ტექნოლოგიასთან - როგორც შუა საუკუნეების ხელოსნობის გილდიებში,⁶ მაგრამ თანამედროვე საფუძველზე.

გროპიუსი არჩევდა მასწავლებლებს იმ ადამიანებისგან, რომლებიც იზიარებდნენ მის რწმენას ხელოვნების, ხელოსნობისა და ტექნოლოგიების ერთიანობის შესახებ. მისი აზრით, მხატვრებმა, როგორც თავიანთ პროექტებზე მომუშავე არქიტექტორებმა, ნახატები უნდა ააშენონ. მანქანები არ აღიქმებოდა აუცილებელ ბოროტებად, არამედ ითვლებოდა დადებით ძალად და ხელოსნის იარაღებიდან ყველაზე სრულყოფილად. როგორც მასწავლებლებმა, გროპიუსმა მოიწვია ნიჟიერი, შემოქმედებითად გაბედული ადამიანები, რომლებიც შეპყრობილნი იყვნენ ხელოვნების სკოლის განვითარების ახალი გზების მოძიებით. ერთ-ერთი მათგანია არქიტექტორი ბრუნო ტაუტი. „ამიერიდან არ იქნება საზღვრები ხელოსნობას, ქანდაკებასა და ფერწერას შორის“, წერდა ის, „ყველაფერი იქნება ერთიანი არქიტექტურა“. ეს იყო მისი იდეის არსი "მთლიანი ხელოვნების ნაწარმოების" შესახებ (deutsch Gesamtkunstwerk). ყველა სასწავლო დისციპლინას უნდა შეეტანა წვლილი ასეთი ნაწარმოების შექმნაში. ამ იდეის შემდეგ გროპიუსმა აირჩია სხვადასხვა შემოქმედებითი ინტერესების მხატვრები, სხვადასხვა ქვეყნიდან.

ცნობილი რუსი უნივერსალური მხატვარი ვასილი კანდინსკი (რომელიც მუშაობდა ფერწერაში, გრაფიკაში, ავეჯისა და სამკაულების დიზაინში) შეუერთდა ბაუჰაუსს 1922 წელს. იგი ასწავლიდა რუსეთში სახელმწიფო უფასო ხელოვნების სახელოსნოებში და იზიარებდა გროპიუსის შეხედულებებს ყველა ხელოვნების სინთეზის აუცილებლობის შესახებ. უფრო მეტიც, მისი დიდი ხნის ოცნება იყო „არქიტექტურასთან ერთად“ მუშაობა.

⁶ გილდია (კორპორაცია, გაერთიანება)

თავის სახლში კანდინსკი ცდილობდა შეექმნა ეს განსაკუთრებული, სინთეზირებული გარემო შიდა კიბეების მოხატვით, კედლის რელიეფების შეფერვით, ავეჯის დამზადებით და მოხატვით. ინტერიერის კაშკაშა დეკორატიულობამ მას მსგავსება მისცა გლეხურ ხელოვნებასთან. კანდინსკიმ ასევე შეიმუშავა თეორიულად ადამიანის გარემოში ხელოვნების სხვადასხვა ტიპების შერწყმის იდეა. მისი ფერწერული აბსტრაქციები, გროპიუსის მიხედვით, ხელს უნდა უწყობდეს სტუდენტებში კომპოზიციური აზროვნების განვითარებას. შედეგად, ბაუჰაუსის დამფუძნებელმა მხატვარს მიანდო კურსი ფორმის შექმნის საფუძვლებში, სემინარები ფერთა მეცნიერებაში და ანალიტიკურ ნახატში, ასევე კედლის მხატვრობის სახელოსნოში. ამრიგად, კანდინსკის ხელში ეჭირა ბაუჰაუსის ესთეტიკის გასაღები. გროპიუსი აკონტროლებდა სასწავლო გეგმას, მაგრამ ამავე დროს მასწავლებლებს საკმაო თავისუფლებას აძლევდა. მოსამზადებელ კურსზე, რომელიც 6 თვეს გრძელდებოდა და ყველასთვის სავალდებულო იყო, სტუდენტები სწავლობდნენ მასალების თვისებებს და ხელოსნობის საფუძვლებს, ასევე ფორმისა და დიზაინის თეორიას. თანდათან კლასები უფრო რთული და სპეციალიზირებული გახდა და საბოლოოდ სტუდენტები კონცენტრირდნენ მუშაობაზე ერთ სფეროში: არქიტექტურა, სამრეწველო დიზაინი, ტექსტილი, კერამიკა, ფოტოგრაფია თუ ფერწერა.

თავი II

2.1 გენერაციული დიზაინის თანამედროვე იტორია

გენერაციული დიზაინის ისტორია სათავეს იღებს მე-20 საუკუნის შუა წლებში პირველი კომპიუტერების გამოჩენით, რომლებიც სურათებს ქმნიდნენ.

ბოლო წლებში, საკუთარი პროექტების შექმნისთვის ბევრმა მხატვარმა და დიზაინერმა მიმართა გენერაციულ სისტემებს. Dextro-მ (www.dextro.org) შეიმუშავა ინტერაქტიული ხატვის სისტემების ფართო სპექტრი, რომლებშიც მარტივი დიზაინის ელემენტები, როგორიცაა წერტილები და ხაზები თვითორგანიზებულია ილუსტრაციებისა და ანიმაციების შესაქმნელად.

კომპიუტერული დიზაინის Meta აპლიკაცია იყენებს გენერაციულ პროცესებს აბსტრაქტული ვიდეო ნაკადების შესაქმნელად (www.meta.am), რომლებიც იყენებს მიმდინარე მრავალფენიან, ელექტრონული სივრცის ცვალებად ბუნებას. ჯარედ ტარბელმა (www.levitated.net), ექსპერიმენტულ ვებ დიზაინის პროექტებში, ჩაატარა გენერაციულ სისტემებზე ექსპერიმენტები, როგორიცაა ტიპოგრაფიისა და გრაფიკული შაბლონების თავსებადობასა და თვისობრივ თანხვედრაზე. ისეთი პროგრამული უზრუნველყოფები, როგორიცაა Auto-Illustrator (www.auto-illustrator.com) და Autoshop (www.signwave.co.uk) აერთიანებს გენერაციულ სისტემებს, რომლებსა გააჩნიათ კომპიუტერული გრაფიკის პოპულარული პროგრამების კომპოზიციისა და გამოსახულების რედაქტირების ფუნქციები, იმისთვის რომ „ავტომატურად“ შეიქმნას გამოყენებადი ახალი დიზაინი. Groboto (groboto.com) პროგრამა იძლევა საშუალებას მომხმარებელმა შექმნას საკუთარი სისტემა 3D-ფორმების შესაქმნელად, თანაც ხდის ამ სისტემებს ხელმისაწვდომს ფართო აუდიტორიისთვის და ამავდროულად გენერაციულ სისტემებთან მუშაობისთვის, კოდის

სტრიქონების წინ ახდენს გრაფიკული ინტერფეისის განთავსებას.

1960-იან წლებში **Bell Labs**-მა დაიწყო კომპიუტერების გამოყენება სხვადასხვა შემოქმედებითი ამოცანების გადასაჭრელად, როგორიცაა გრაფიკის, ანიმაციების და ესთეტიკური ობიექტების შექმნა.⁷

1980-იან წლებში კომპიუტერული შემოქმედების სფეროში სერიოზული კვლევები განვითარდა და სამეცნიერო მიმართულების სახე და სტატუსი შეიძინა. უპირველეს ყოვლისა, შესწავლილი იქნა კომპიუტერული შემოქმედების შესაძლებლობები კომპიუტერულ მეცნიერებაში, არქიტექტურასა და დიზაინში. კერძოდ, 1982 წელს **Autodesk**-მა შეიმუშავა **AutoCAD**-ის პროგრამის პირველი ვერსია, რომლის სხვადასხვა აპლიკაცია გამოიყენება მანქანათმშენებლობაში, მშენებლობასა და არქიტექტურაში. 1984 წელს შეიქმნა **ArchiCAD (Radar CH)** პროგრამის პირველი ვერსია, რომელიც ფართოდ გავრცელდა შენობების დიზაინში. მოგვიანებით, **CAD**-პროგრამები გენერაციული მექანიზმების დანერგვის ერთ-ერთ გახშირებულ შემთხვევად იქცევა.

აღსაღნიშნავია 2004 წელს ჟურნალ „ბიზნეს კვირის“ (**Business Week**) მიმომხილველმა **ბრიუს ნუსბაუმმა (Bruce Nussbaum)** გამოაქვეყნა სტატიები "დიზაინის ძალა" („**The Power of Design**“), „ბიზნესის რედიზაინი ამერიკაში“ (**Redesigning American Business**“), სადაც ნათქვამია: „დიზაინის პროფესიამ შეცვალა თავისი არსი, გადავიდა ნახატის სფეროდან აზროვნების სფეროში, სტილიზაციიდან ინოვაციამდე, საგნების ჩამოყალიბებიდან

⁷ Лаборатории Белла (Bell Laboratories известна также как Bell Labs, прежние названия — AT&T Bell Laboratories, Bell Telephone Laboratories) — бывшая американская, а ныне финско-американская корпорация, крупный исследовательский центр в области телекоммуникаций, электронных и компьютерных систем. Штаб-квартира Bell Labs расположена в Мюррей Хилл (Нью-Джерси, США).

ახლის ვიზუალიზაციამდე“.⁸ ამოქმედდა ახალი ბიზნეს ფილოსოფია, რომელშიც სულ უფრო მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვს გენერაციულ დიზაინს (გენერაციულ კრეატიულობას).⁹

2010-იან წლებში გენერაციული სისტემების სასწავლო ტექნოლოგიები სწრაფად იხვეწება. ასე რომ, 2014 წელს, **იან გუდფელოუ (Ian Goodfellow)**¹⁰ გამოიგონებს გენერაციულ საპირისპირო ქსელს (**Generative Adversarial Network GAN**),¹¹ რომელიც წარმატებით გამოიყენება ტანსაცმლის, ჩანთების, კომპიუტერული თამაშების სცენების, ინტერიერისა და სამრეწველო დიზაინის ობიექტების ფოტორეალისტური გამოსახულების მისაღებად. მსხვილი ინფორმაციული ტექნოლოგიების კომპანიები - **Google, Microsoft, Oracle, Symantec, Hewlett Packard, Adobe, Yandex, uKit Group, Mail.ru Group** - და ინდუსტრიული კონცერნები, როგორიცაა **Siemens**, უერთდებიან კვლევებს გენერაციული კრეატიულობისა და გენერაციული ტექნოლოგიების განვითარების სფეროში.

2014 წელს „**Google**“-მა შეიძინა კომპანია „**DeepMind Technologies Limited**“ - დღესდღეობით ეს პროექტი შეისწავლის ხელოვნური ინტელექტის პრობლემების ფართო სპექტრს: ბუნებრივი ენების „გაგება“ მანქანების საშუალებით, სურათების გენერირება ნეინორული ქსელებით, სისტემების შემუშავება, რომლებსაც შეუძლიათ სხვადასხვა თამაშების თამაში და ა.შ.

⁸ Храмова Е. Дизайн: от создания вещей к проектированию будущего (20 марта 2011). Дата обращения: 12 сентября 2017. Архивировано 23 января 2022 года.

⁹ Роэлоф Питерс, Самим Винигер Перевод: АИС. ТворческийИИ. CMS Magazine (12 января 2017). Дата обращения: 12 сентября 2017. Архивировано 12 сентября 2017 года.

¹⁰ **Ян Гудфеллоу (Ian Goodfellow)**, исследователь, работающий в компании OpenAI. Изобрел различные алгоритмы машинного **обучения**, в т.ч. порождающие

¹¹<https://library.kre.dp>.

პარალელურად იწყება გამოყენებითი კვლევები ციფრულ დიზაინში გენერაციული მიდგომების გამოყენებაზე. 2014 წელს „Google“-ის განმახორციელებლმა გამოაცხადეს „Grid“ სისტემა, როგორც ონლაინ ვებსაიტის შემქმნელი, რომელიც იყენებს „Molly“ ალგორითმს გვერდის ფერების შესარჩევად (პროექტის პირველი ვერსია ხელმისაწვდომი გახდა 2016 წელს).^{12,13} 2015 წელს ტორონტოს უნივერსიტეტმა და Adobe-ემ შექმნეს DesignScape-ის პროტოტიპი-ინსტრუმენტი, რომელიც გთავაზობთ სხვადასხვა ტექსტისა და გრაფიკის კომბინაციებს, სლაიდებზე განლაგებისათვის: კვლევის შედეგები წარმოდგენილია სამეცნიერო კონფერენციაზე CHI'15.¹⁴

2016 წელს გენერაციული დიზაინი ხელმისაწვდომი და გასაგები გახდა მასობრივი მომხმარებლისთვის: რუსი დეველოპერების ჯგუფი (ა. მოისენკოვი, ო. პოიაგანოვი, ი. ფროლოვი და ა. უსოლცევი) ქმნის „Prisma“ აპლიკაციას, რომელიც საშუალებას იძლევა სურათების დამუშავებას ცნობილი მხატვრების სტილში. პროექტი დაფუძნებულია ნეირონულ ქსელზე, რომელიც არჩევს ფოტოების სტილის მრავალ ვარიანტს. იმავე წელს „Google“ იწყებს ღია პროექტს „სწრაფი ხატვა“ (Quick, Draw!) - ნეირონული ქსელის სწავლება გამოსახულების ვარიანტების გენერირებისთვის, მომხმარებლის უხეში ჩანახატების საფუძველზე: 2017 წლის მაისის მდგომარეობით, ექსპერიმენტში მონაწილეობა მიიღო 15 მილიონზე მეტმა ადამიანმა.

საყურადღებოა, რომ თანამედროვე სამყაროში კომპიუტერული ტექნოლოგია საფუძვლად უდევს პროფესიონალურ საქმიანობას, მათ შორის შემოქმედებითს, როგორცაა დიზაინი და

¹² Margaret Rhodes. A Publishing tool that builds websites powered by AI. 2017 года.

¹³ Kaya Ismail. The Grid Is Finally Here. CMS Critic 2016.

¹⁴ Peter O'Donovan, Aseem Agarwala, Aaron Hertzmann. Conference on Human Factors in Computing Systems DesignScape: Design with Interactive Layout Suggestions. 2017.

არქიტექტურა. ასევე აღსადინიშნავია, რომ ბოლო წლებში თანამედროვე ტექნოლოგიური განვითარების სწრაფმა წინსვლამ, ხელი შეუწყო ციფრული ხელსაწყოების მზარდ გამოყენებას, რომელიც დანერგილია სამშენებლო ინდუსტრიაში.

კომპიუტერული ტექნოლოგიების დანერგვა თანამედროვე არქიტექტორის ყოველდღიურ ცხოვრებაში აუმჯობესებს პროექტების ტექნიკური შესწავლის ხარისხს, მიღებული საპროექტო გადაწყვეტილებების ობიექტურობასა და მართებულობას, აჩქარებს დიზაინის პროცესებს. არაწრფივი პროგრამირების ტექნიკური შესაძლებლობები პროექტის მსვლელობისას სხვადასხვა ეტაპზე შუალედური გადაწყვეტილებების მიღების საშუალებას იძლევა. ამავდროულად, მოიცავს ის ტექნოლოგიის შესაძლებლობებს არქიტექტორის შემოქმედებით პროცესში, აგრეთვე უფრო სრულად და სრულყოფილად შეუძლია გაითვალისწინოს ფორმირების ბუნებრივი გეომეტრიული და სტრუქტურულ-ტოპოლოგიური შეზღუდვები.

დღესდღეობით მიმდინარეობს არქიტექტურული საქმიანობის ტრანსფორმაციის პროცესები. კომპიუტერული ტექნოლოგიები აქტიურად აღწევს მის ყველა სფეროში.

ტრადიციული პროფესიული ინსტრუმენტებისა და მეთოდების ჩანაცვლების პროცესების სიჩქარე და ფართო მასშტაბები, ემუქრება წინა თაობების მიერ დაგროვილი გამოცდილების დაკარგვას და მის ჩანაცვლებას უნივერსალური ტექნოკრატიული კულტურით, რომელიც დღეს ემსახურება ინჟინერიისა და საინფორმაციო ტექნოლოგიების დიზაინის სფეროებს. ძირითადი დიზაინის პროგრამები, რომლებიც ამჟამად გამოიყენება, თავდაპირველად შეიქმნა საინჟინრო პრობლემების გადასაჭრელად და ამან განსაზღვრა მათი ინტერფეისების ბუნება.

არქიტექტურული საქმიანობის სფეროში კომპიუტერული ტექნოლოგიების ინტეგრაციის მთავარი პირობაა არქიტექტურის შესახებ ჰუმანიტარულ და საბუნებისმეტყველო ცოდნის უფსკ-

რულის შემცირება, არქიტექტურის თვისებების საბუნებისმეტყველო მეცნიერების შესწავლის გაფართოება. არქიტექტორებს და დიზაინერებს შეუძლიათ გამოიყენონ გენერაციული დიზაინის ალგორითმები რთული და ინოვაციური დიზაინის შესაქმნელად, რომლებიც ითვალისწინებენ ისეთ ფაქტორებს, როგორიცაა მდგრადობა, ენერგოეფექტურობა და მომხმარებლის გამოცდილება. ამ დიზაინის შემდგომი ტესტირება და დახვეწა შესაძლებელია სიმულაციური ინსტრუმენტების გამოყენებით, რაც საბოლოო ჯამში ამცირებს ამ ნაგებობების აშენებამდე არსებულ შესაძლო ძვირადღირებულ შეცდომებსა და შეფერხებების რისკს.

გენერაციული დიზაინი ასევე გამოიყენება ხელოვნებასა და მუსიკაში. მხატვრებს შეუძლიათ გამოიყენონ გენერაციული დიზაინის ალგორითმები, რათა შექმნან რთული შაბლონები, ფორმები და ტექსტურები, რომელთა ხელით შექმნა რთული ან შეუძლებელი იქნება. მუსიკოსებს შეუძლიათ გამოიყენონ გენერაციული დიზაინის ალგორითმები ახალი და ინოვაციური კომპოზიციების შესაქმნელად, რომლებიც დროთა განმავლობაში ვითარდება.

გენერაციულ დიზაინში, ინჟინერი ან სხვა სპეციალისტი პირდაპირ არ ეძებს პრობლემის გადაწყვეტას, არამედ აღწერს პრობლემის პარამეტრებს და მის შეზღუდვებს პროგრამისთვის. ამის შემდეგ, სისტემა წარმოქმნის გადაწყვეტილებების ვარიანტებს, რომლებიც ახდენენ პროდუქტის აღქმის ფორმირებებს. ტრადიციული დიზაინისა და საინჟინრო ინსტრუმენტებისგან განსხვავებით, გენერაციული სისტემები ქმნიან და თავდაპირველად ირჩევენ გადაწყვეტილებებს ნახევრად ავტონომიურად, რაც ცვლის სისტემასთან ადამიანის ურთიერთქმედების ბუნებას:

პროგრამა აღიქმება არა როგორც ინსტრუმენტი, არამედ როგორც სრულფასოვანი მონაწილე რაიმე ახალი და უნუკალურის შექმნის პროცესში.^{15,16}

ზოგიერთი გენერაციული სისტემა საშუალებას აძლევს მომხმარებელს არსებული გამოასწოროს ან თავიდან გაუკეთოს ფორმულირება, შეასრულოს რედაქტირება, კორექტირება და დახვეწის მოცემულობა შუალედური შედეგების საფუძველზე, ასევე დამოუკიდებლად შეძლოს გადაწყვეტილებების პოვნა მუშაობის პროცესში.¹⁷

„გენერაციული დიზაინის“ მიმართულება, ძირითადად, გულისხმობს პროცესების „კოდირების“ გზებს, ხოლო მათ დამუშავებას და შეფასებას ახორციელებს სისტემა (კომპიუტერი).

სპეციალისტი ადგენს პარამეტრებს, შეიმუშავებს ალგორითმებს, რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას პროცესის ცვალებადობისა და მისი გაანგარიშების მიზნით. ამ პარამეტრების შეცვლისას შესაძლებელია ახალი ელემენტების და ფორმების შექმნა, რომლებიც იქმნება პროცესის დროს, მაგრამ თავად გენერირების პროცესი არის „შავი ყუთის“ ტიპის და მომხმარებელი მასში პირდაპირ ვერ ჩაერევა.

1977 წელს **უილიამ მიტჩელმა** თავის წიგნში **„კომპიუტერული დიზაინი“** იწინასწარმეტყველა, რომ კომპიუტერული ტექნოლოგია რადიკალურად გარდაქმნის არქიტექტურულ პრაქტიკას. იმ დროს წიგნის ავტორი დიზაინს მოიხსენიებდა, როგორც მონაცემთა დამუშავების ამოცანას, ხაზს უსვამდა მონაცემთა მართვის მექანიზმის გაგების აუცილებლობას. დღეს კი თანდათან მივდივართ დასკვნამდე, რომ თანამედროვე სამყაროში, მხოლოდ

¹⁵ ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГЕНЕРАТИВНОГО ДИЗАЙНА В ПРОЕКТИРОВАНИИ, Кошман В.Д., 58-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов.

¹⁶ Юрий Ветров. Алгоритмический дизайн. 2017 года.

¹⁷ Ирина Черепанова. Сервисы на нейросетях в помощь дизайнеру. Cossa (27 июля 2017).

ხატვის უნარი საკმარისი არ არის დიზაინში ჩართვისთვის. აუცილებელია კომპიუტერული ტექნოლოგიების შესაძლებლობებისა და პერსპექტივების შესწავლა მათი დანერგვისა და პროექტის აქტივობებში მონაწილეობის მისაღებად, რათა მივაღწიოთ კრეატიული პროდუქტების ახალ ხარისხობრივ დონეს.

დიზაინერების მუშაობა დროთა განმავლობაში უკვე შეიცვალა კალმისა და ქაღალდის ჩანაცვლებით კომპიუტერული დამხმარე დიზაინის ხელსაწყოებით (CAD) და შენობის საინფორმაციო მოდელირებით (BIM).

დიზაინის თანამედროვე მეთოდები მოიცავენ გენერაციული დიზაინის მეთოდებს, რომლებშიც ინჟინერები ასრულებენ დიზაინის პროცესების ნაწილს გამოთვლითი პლატფორმების საშუალებით. ისინი პარამეტრების და შეზღუდვების დაყენებით ქმნიან გადაწყვეტილებების ვარიანტებს, რომელთა საშუალებით სრულდება საბოლოო პროდუქტის ჩამოყალიბება.¹⁸

გენერაციული დიზაინის, მთავარი იდეაა დიზაინერისა და კომპიუტერს/ალგორითმს შორის თანამშრომლობა, რომელსაც აქვს დამატებითი შესაძლებლობები. ესენია, ერთი მხრივ, დიდი მონაცემების დახარისხება, შედეგების გენერირება და ანალიზი; ოპტიმალური გადაწყვეტილებების მოძიება და ამოცანების ამოხსნის განმეორებითი გაუმჯობესება. მეორეს მხრივ, რეალურ სამყაროში გამოცდილება, ღრმა ცოდნა, გაგება და ამ სფეროში მუშაობის ისტორია.

გენერაციული დიზაინი არის პროცესი, რომლის დროსაც ალგორითმები გამოიყენება წესების ან პარამეტრების ერთობლიობის საფუძველზე დიზაინის შესაქმნელად. ეს წესები შეიძლება იყოს მარტივი ან რთული, რაც დამოკიდებულია სასურველ შედეგზე. გენერაციულ დიზაინში გამოყენებული ალგორითმები

¹⁸ Артём Викторович Селезов, Сергей Иванович Кашайкин, Гриша Арумугам, ГЕНЕРАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ПРИМЕНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

შეიძლება დაპროგრამდეს, რათა მოერგოს ცვალებად პირობებს, შექმნას დიზაინი, რომელიც მორგებადი და ადაპტირებადია. ამ პროცესში ყურადღება გამახვილებულია დიზაინის გადაწყვეტის შექმნიდან დიზაინის პრობლემის განსაზღვრაზე, მისი შეზღუდვებითა და კრიტერიუმებით, სადაც კარგად არის განსაზღვრული პრობლემა. შემდეგ კი დიზაინის ანალიზი კეთდება სხვადასხვა ალგორითმით, რათა გამოიმუშაოს შედეგების დიდი ნაკრები, საიდანაც დიზაინერს შეუძლია საუკეთესო გამოსავალის პოვნა.

თანამედროვე გენერაციული დიზაინის ადრეული კონცეფციები შეისწავლა ჯ. ფრეზერმა (Frazer, J) და, ფილიპ გალანტერმა (Philip Galanter) ხოლო 2002 წელს კი დაინერგა გამოყენების შემთხვევები ინჟინერიაში. ამ შემთხვევაში შეისწავლეს შენობის თერმული და მსუბუქი მოქმედება გენეტიკური ალგორითმების გამოყენებით, რომლებიც აკონტროლებდნენ ფანჯრების ზომას და წარმოქმნიდნენ მრავალ შესაძლო გადაწყვეტილებებს. შემდეგ ისინი გადამოწმებული იქნა დეტალური თერმული ანალიზის პროგრამაში. ვარაუდობდნენ, რომ იგივე პროცედურა შეიძლება გამოყენებულ იქნას შენობის დიზაინის დროს სხვადასხვა ნაწილების პროექტირებისას. ამჟამად ზემოთ აღნიშნულმა ავტორებმა გააფართოვეს ადრინდელი ნამუშევარი გენერაციული დიზაინის სისტემის პროექტირების შემუშავებით. მას შეუძლია შექმნას სხვადასხვა არქიტექტურული გადაწყვეტილებები, შეაფასოს მათი შესრულება შენობის ენერგიის სიმულაციური პროგრამული უზრუნველყოფით და ემეზოს ახალი გადაწყვეტილებები გენეტიკური ალგორითმით ერთ გამეორებაში. ავტორებმა აღნიშნეს გამოთვლითი მოდელების შეზღუდვები დიზაინის წარმოდგენისთვის და ასევე ეჭვქვეშ დააყენეს დიზაინის ავტორობა ინტელექტუალურ პროგრამასა და არქიტექტორს შორის. ასევე ზემოთ აღნიშნული ავტორების ადრეული ნაშრომები იკვლევდა გენერაციული დიზაინის გამოყენებას კონსტრუქციის პროექტირებისათვის. მათ გამოიყენეს ფორმის კომპონენტები პარამეტრული ურთიერთობებით და შეზღუდვებით, რომლებიც

გამოიყენებოდა გენეტიკური ალგორითმებით, რათა შეექმნათ სხვადასხვა კონსოლური სისტემები. ისინი გაანალიზებული და შეფასებული იყო მასის საფუძველზე, ოპტიმალური დიზაინის მოსაძებნად.

ფორმის გენერირება არქიტექტურულ განათლებასა და პრაქტიკაში ერთ-ერთ ფუნდამენტურ კითხვას წამოჭრის. არქიტექტურულ წარმოებას ხშირად თან ახლავს დებატები მისი დიზაინის მიდგომის ლეგიტიმურობის შესახებ, კითხვის ნიშნის ქვეშ დგება ურთიერთობა ფუნქციონირებასა და ფორმას, ესთეტიკასა და კონსტრუქციულ სისტემებს, კონტექსტსა და სტრუქტურას, მომხმარებლის საჭიროებებსა და მშენებლობის ხარჯებს შორის ყველა შესაძლო კონფიგურაციაში. ბოლო წლებში გამოთვლითმა ინსტრუმენტებმა დანერგეს ფორმის პოვნის ინოვაციური მეთოდები, რომელმაც რევოლუცია მოახდინა არქიტექტურულ დიზაინსა და წარმოებაში.

ეს მეთოდები ხშირად აღწერილია ისეთი ტერმინებით, როგორიცაა "გენერაციული დიზაინი", "პარამეტრული დიზაინი" ან "ალგორითმული დიზაინი". მოყვანილი ტერმინებიდან მხოლოდ რამდენიმეა მეთოდებს შორის. ისინი სთავაზობენ დიზაინერებს ახალ გზებს, არღვევენ პროგნოზირებად ურთიერთობას ფორმასა და წარმოდგენას შორის კომპიუტერის მიერ გამოთვლითი გენერირებული სირთულის სასარგებლოდ, რის საშუალებასაც იძლევა ახალი ტოპოლოგიები. ისინი ყურადღებას ამახვილებენ „ფორმის შექმნიდან“ „ფორმის პოვნაზე“. ასეთი დიზაინის მიდგომების კრიტიკოსები ამტკიცებენ, რომ ეს გზები გამოყოფენ არქიტექტურულ შედეგს მის კონტექსტისა და მომხმარებლებისაგან, ასევე ეს იწვევს სივრცის ხარისხის დაქვეითებას და შენობის ურბანულ გარემოში ინტეგრაციას. გარდა ამისა, ზოგიერთი ამტკიცებს, რომ სრულიად კომპიუტიზირებული მიდგომა იწვევს ფიზიკური მოდელირებისა და შედგენის მეთოდების გათიშვას, რომლებიც ოდესღაც არქიტექტურული განათლების აუცილებელი საფუძვლები იყო. მათი მიხედვით, დიდი რისკია

მატერიალური თვისებების, ეფექტებისა და ხარისხის დაკარგვის. მიუხედავად ამისა, სხვადასხვა გენერაციული ფორმის პოვნის ტექნიკა არსებობდა არქიტექტურაში ციფრულ რევოლუციამდე დიდი ხნით ადრე. მეოცე საუკუნის დასაწყისში, ბევრი შორსმხედველი არქიტექტორი, ინჟინერი და დიზაინერი, როგორცაა **ფრედერიკ კისლერი** და **ფრეი ოტო**, იყენებდა დიზაინის მეთოდებს, რომლებიც ძალიან ჰგავდა დღევანდელ გამოთვლით მიდგომას. როგორც ჩანს, გამოთვლითი დიზაინის დღევანდელი ახალი მეთოდები არც ისეთი ახალია, როგორც ჩანს და მათი პრაქტიკაში გამოყენება შეუძლებელია გამოთვლითი ინსტრუმენტების გარეშე.

ასევე აღსაღნიშნავია, რომ ბოლო ათწლეულის განმავლობაში შეინიშნება მიღწევები დანამატების წარმოების სფეროებში, ხელოვნური ინტელექტის ალგორითმებში და ღრუბლოვანი გამოთვლის მნიშვნელოვან შესაძლებლობებში. ეს საშუალებას აძლევს პრაქტიკულად ყველას შექმნან ასობით ან თუნდაც ათასობით გადაწყვეტა ნაკლებ დროში, რაც შეუძლებელია დიზაინის ტრადიციული მეთოდებით. გენერაციული მეთოდები იძლევიან, ისეთი ნაწილების შექმნის საშუალებას, რომლებიც უფრო ძლიერი და მსუბუქია. იგი ასევე ზოგავს მასალას და აკმაყოფილებს ესთეტიკურ თვისებებს. დღეს-დღეობით სამყარო ვითარდება და სულ უფრო მოთხოვნილი ხდება ობიექტების პროექტირება, გენერაციული მეთოდები კი საშუალებას იძლევიან გადაჭრან ისეთი დიდი და რთული პრობლემები, რომლებიც აშშ-მად სცილდება ადამიანის შესაძლებლობებს.

2.2 გენერაციული დიზაინის ცნება

რა არის გენერაციული დიზაინი და როგორ მუშაობს იგი?

გენერაციული დიზაინი (ინგ. **Generative Design**), ან გენერირებადი დიზაინი, ეს არის ციფრული დიზაინით მიდგომა პროექტირებასთან და დიზაინთან, (საიტი, სურათი, მელოდია, არქიტექტურული მოდელი, დეტალები, ანიმაცია და ა.) რომელშიც

ადამიანი თავისი სამუშაოს ნაწილის დელეგირებას¹⁹ ახდენს, ანუ სამუშაოს ნაწილს გადასცემს კომპიუტერულ ტექნოლოგიებს და პლატფორმებს.²⁰ გენერაციული დიზაინი არის განმეორებითი დიზაინის პროცესი, რომელიც აგენერირებს შედეგებს და აკმაყოფილებს განსაზღვრულ შეზღუდვებს სხვადასხვა ხარისხით.

პრობლემის გადასაჭრელად, თქვენ უნდა გესმოდეთ, რა არის გენერაციული დიზაინი და როგორ მუშაობს იგი.

გენერაციულ დიზაინში, ინჟინერი ან სხვა სპეციალისტი პირდაპირ არ ეძებს პრობლემის გადაწყვეტას, არამედ აღწერს პრობლემის პარამეტრებს და მის შეზღუდვებს პროგრამისთვის, რის შემდეგაც სისტემა წარმოქმნის გადაწყვეტილებების ვარიანტებს, რომლებიც ახდენენ პროდუქტის აღქმის ფორმირებებს. ტრადიციული დიზაინისა და საინჟინრო ინსტრუმენტებისგან განსხვავებით, გენერაციული სისტემები ქმნიან და თავდაპირველად ირჩევენ გადაწყვეტილებებს ნახევრად ავტონომიურად, რაც ცვლის სისტემასთან ადამიანის ურთიერთქმედების ბუნებას:

პროგრამა აღიქმება არა როგორც ინსტრუმენტი, არამედ როგორც სრულფასოვანი მონაწილე რაიმე ახალი და უნიკალურის შექმნის პროცესში.

სხვადასხვა გენერაციული სისტემა საშუალებას აძლევს მომხმარებელს არსებული გამოასწოროს ან თავიდან გაუკეთოს ფორმულირება, შეასრულოს რედაქტირება, კორექტირება და დახვეწოს მოცემულობა შუალედური შედეგების საფუძველზე, ასევე დამოუკიდებლად შეძლოს გადაწყვეტილებების პოვნა მუშაობის პროცესში.

¹⁹ ამოცანებისა და უფლებების გადაცემა შემსრულებლისათვის, რომელიც კისრულობს პასუხისმგებლობას მათი განხორციელებისათვის. იგი გამოიყენება როგორც მართვის დეცენტრალიზაციის საშუალება

²⁰ В.Н. Канягин. Промышленный дизайн Российской Федерации: возможность преодоления дизайн-барьера. — Издательство Политехнического университета, 2012. — С. 37.

„გენერაციული დიზაინის“ მიმართულება, ძირითადად, გულისხმობს პროცესების „კოდირების“ გზებს, ხოლო მათ დამუშავებას და შეფასებას ახორციელებს სისტემა (კომპიუტერი).

სპეციალისტი ადგენს პარამეტრებს, შეიმუშავებს ალგორითმებს, რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას პროცესის ცვალებადობისა და მისი გაანგარიშების მიზნით. ამ პარამეტრების შეცვლისას შესაძლებელია ახალი ელემენტების და ფორმების შექმნა, რომლებიც იქმნება პროცესის დროს, მაგრამ თავად გენერირების პროცესი არის „შავი ყუთის“ ტიპის და მომხმარებელი მასში პირდაპირ ვერ ჩაერევა.

2.3 გენერაციული სისტემების მუშაობის ზოგადი პრინციპები

გენერაციული დიზაინი წარმოადგენს პარადიგმის ცვლილებას ნივთების დიზაინის კუთხით, მანქანური სწავლებით და ღრუბლოვანი გამოთვლებით, რომლებიც გვევლინებიან დიზაინის შექმნისას პარტნიორებად. საუბარია დიზაინის შესწავლაზე, ინოვაციებზე და მოწინავე გამოთვლებზე.

გენერაციული სისტემები ხელს უწყობენ უფრო ინტეგრირებული მუშაობის პროცესს ინჟინერსა და კომპიუტერს შორის, სადაც კომპიუტერი აღიქმება არა როგორც ინსტრუმენტი, არამედ როგორც „პარტნიორი“ გადაწყვეტილებების ძიებაში.

იგი არის ხელოვნური ინტელექტის ფორმა, რომელიც აგვარებს სპეციფიკურ საინჟინრო პრობლემებს და უზრუნველყოფს შესაფერისი გადაწყვეტილებების არჩევანს, რომელთა შემდგომი დახვეწა შესაძლებელია საჭიროებების შესაბამისად. პროდუქტის, ნაწილის ან ხელსაწყოს შექმნისას შეზღუდვებისა და პარამეტრების გათვალისწინების ნაცვლად, დიზაინერები ატყობინებენ

პროგრამულ უზრუნველყოფას, რა შეზღუდვები და შესაძლებლობები აქვთ მათ მიერ განსაზღვრულ საბოლოო გამოყენების კრიტერიუმებს.²¹

შეზღუდვების ტიპები მოიცავს:

- ✓ მასალები;
- ✓ მდგრადობა;
- ✓ ძალა;
- ✓ ფასი;
- ✓ შესრულება.

არსებითად, ჩვენ ვეუბნებით გენერაციული დიზაინის ალგორითმს, რომ ჩვენ არ ვიცით გამოსავალი, მაგრამ ვიცით მოთხოვნები.

თანამედროვე ღრუბლოვანი გამოთვლების სისწრაფით, თვითმართვადი გენერაციული დიზაინის პროცესს, რომელიც განსაზღვრავს შესაძლო კომბინაციებს მომხმარებლის მოთხოვნილებებზე დაყრდნობით, შეუძლია წარმოადგინოს ერთიდაიგივე შემოწმებული მზა დიზაინის მრავალი ვარიანტი, საჭიროების შემთხვევაში - ათასობითაც კი. პროცესი წარმოვიდგინოთ, როგორც პროექტირების გარედან შიგნით შემუშავება: დიზაინის სხვადასხვა ატრიბუტის ჩამოყალიბება, რომლებიც ხელს უწყობენ საუკეთესო შედეგის მიღწევას; ვიდრე პროტოტიპების გამოყენების ტრადიციული მეთოდი, შესრულების კრიტერიუმების შემდგომი დახვეწისთვის. ეს არის დიზაინის დისციპლინა, რომელიც შეიძლება გამოყენებული იქნას სხვადასხვა სახის ამოცანების გადასაჭრელად, მარტივი რუტინული დიზაინის პრობლემებიდან ძალიან მაღალი სიზუსტის დიზაინამდე.

გენერაციული დიზაინი შეიძლება გამოყენებულ იქნას წარმოების ინდუსტრიების ფართო სპექტრში, მათ შორის:

- ✓ სამომხმარებლო საქონელი;

²¹ https://vk.com/@bim_hr-cto-takoe-generativnyi-dizain-i-kak-ego-mozhno-ispolzovat-v

- ✓ საავტომობილო ინდუსტრია;
- ✓ საჰაერო კოსმოსური ინდუსტრია;
- ✓ სამრეწველო აღჭურვილობა;
- ✓ სამშენებლო პროდუქტები.

როგორ შეიძლება გენერაციული დიზაინის გამოყენება წარმოებაში?

წარმოებაში გენერაციული დიზაინის გამოყენების ძირითადი მეთოდია დიზაინის ვარიანტების ავტომატურად გაშვება, რომლებიც წინასწარ შემოწმებული იყო თქვენ მიერ მითითებული მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად. ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ეფექტური წარმოებისთვის. ზოგჯერ ნაწილი ან ხელსაწყო უნდა შეესაბამებოდეს დადგენილ სამუშაო პროცესს - მეთოდოლოგიურად თუ ფიზიკურად - როგორც უფრო დიდი მოწყობილობის ან პროცესის ნაწილი.

ახალი ნაწილისთვის მთელი სამუშაო პროცესის გადამუშავება შეიძლება იყოს დამანგრეველი და ძვირი. მიუხედავად იმისა, რომ დიზაინერს აქვს გამოცდილება მკაცრი შეზღუდვების ფარგლებში ექსპერიმენტების ჩასატარებლად, არსებობს მრავალი ვარიანტი, რომელიც შეიძლება გამოიკვლიოს გენერაციული დიზაინის პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებით. ასეთია, Autodesk Fusion 360, წონის ან მასალის ხარჯების შესამცირებლად ან მუშაობის მაქსიმალურად გაზრდის მიზნით. მრავალი არსებული პროცესი, მათ შორის დანამატების წარმოება, კომპიუტერული რიცხობრივი კონტროლი (CNC - computer numerical control), დამუშავება და ჩამოსხმა, უკეთესად მუშაობს გენერაციული დიზაინის დანერგვისას. მისი გამოყენება შესაძლებელია პროდუქტის მუშაობის გასაუმჯობესებლად, ხარჯების შესამცირებლად და დიზაინის ინოვაციური კონცეფციების შესასწავლად.

წარმოებაში არსებობს გენერაციული დიზაინის 3 ძირითადი უპირატესობა.

წარმოების პროცესებში გენერაციული დიზაინის გამოყენებას მნიშვნელოვანი სარგებელი აქვს. გენერაციული დიზაინი აადვილებს ნაწილების წონის შემცირებას ფუნქციების დანაკარგის გარეშე, რაც უზრუნველყოფს სარგებელს მდგრადი განვითარების სფეროში, ნედლეულის გამოყენების და გარემოზე ზემოქმედების შემცირებით. ის ერთდროულად ზრდის პროდუქტიულობას და ამცირებს ხარჯებს.

1. პროდუქტის ეფექტურობის გაუმჯობესება

მასალები და დიზაინი წარმოებაში არიან პარტნიორები, ამავდროულად სხვადასხვა ნივთიერებებით და განსხვავებული თვისებებით. განსხვავებული მასალის გამოყენებამ შეიძლება მთლიანად შეცვალოს დიზაინი. როდესაც ახალი მასალა შემოდის ბაზარზე ან ეკონომიკური ფაქტორები ზღუდავს წვდომას ტიპურ მასალაზე, მას შეუძლია დიზაინერები დააბრუნოს სახაზავ დაფასონ, რაც ძალიან ძვირი პროცესია მთელი სამუშაო ნაკადის ხელახალი გადამუშავებისთვის. გენერაციულ დიზაინს შეუძლია დააბრუნოს ისინი თავის ადგილზე უფრო სწრაფად, პროექტისთვის ხელმისაწვდომი ყველა მასალის გათვალისწინებით. მიუხედავად იმისა, ისინი ირჩევენ თუ არა სპეციფიკურ მასალებს ან პარამეტრებს, რომლებიც დაკავშირებულია მოქნილობასთან, სიმტკიცესთან, წონასთან ან რეაგირება გარემო ფაქტორებზე, გენერაციული დიზაინის ალგორითმს აქვს მონაცემთა გლობალური ნაკრები - ღრუბელი - საიდანაც მას შეუძლია პრაქტიკულად შეამოწმოს ალტერნატივები ბევრად უფრო სწრაფად, ვიდრე დიზაინერ ინჟინრების გუნდს.

რელიეფი

ეს მარტივი ფიზიკაა: თუ რამე უფრო მძიმეა, უფრო რთულია აწევა ან სხვაგვარად გადაადგილება. როდესაც საქმე ეხება ისეთ

სფეროებს, როგორიცაა საზოგადოებრივი ტრანსპორტი, წიაღისეული საწვავის გამოყენების შემცირების ერთ-ერთი ყველაზე აშკარა გზაა მანქანების, ავტობუსების ან თვითმფრინავების წონის შემცირება ისე, რომ მათ ნაკლები საწვავი მოითხოვონ გადაადგილებისთვის.

უფრო მსუბუქმა წონამ გამოიწვია ინტერესი ფუტურისტული მასალების მიმართ, როგორიცაა გრაფენი ან ნახშირბადის ბოჭკოვანი, რათა შეცვალოს უფრო მძიმე ინდუსტრიული ეპოქის მასალები, როგორიცაა რკინა და ფოლადი.

მასალის მასის შემცირება ეკონომიკურად მომგებიანია, მაგალითად:

- ✓ **ლოგისტიკა:** მსუბუქი საქონლის მიწოდება ზრდის მოცულობას გამოყენებული სიმძლავრის ერთეულზე.
- ✓ **წარმოება:** იქნება ეს საწარმოში თუ თქვენი მისაღები ოთახის მაგიდაზე, ნივთების შექმნა უფრო სწრაფად და მარტივად იქნება.

გენერაციული დიზაინის გამოყენება საზოგადოებაში გლობალური მასშტაბით მასალების რაოდენობის შესამცირებლად შეიძლება ნიშნავდეს მხოლოდდამხოლოდ უფრო მეტი უნარის წარმოქმნას. ის რაც საჭიროა მზარდი მოსახლეობის მხარდასაჭერად ნაკლები ნედლეულის გამოყენებით. სხვადასხვა მეცნიერების და ინჟინრების მიერ ჩატარებული კვლევა აჩვენებს, რომ შესაძლებელია გამოყენებული მასალის 40%-მდე შემცირება.

ეკოლოგია-სიმსუბუქის მთავარი უპირატესობაა: გენერაციული დიზაინი მომხმარებლებს საშუალებას აძლევს შეისწავლონ სხვადასხვა დიზაინი სხვადასხვა მასალებზე დაყრდნობით. და ამავე დროს არის შესაძლებლობა გამოიყენოს უფრო ეკოლოგიურად სუფთა მასალა.

მაგალითად, გენერაციული დიზაინის გამოყენებით, საჰაერო კოსმოსურმა კომპანიამ **Airbus**-მა შექმნა **A320**-ის თვითმფრინავი-

ვისთვის სალონის ტიხრები, რომელიც ამორებს მგზავრებს სამ-ზარეულოს ზონიდან, რაც კონცეფციის მტკიცე დადასტურებაა წარმოუდგენელი შედეგებით. A320 ბორტზე დაზოგილი ყოველი კილოგრამი ზოგავს 106 კგ საწვავს, ხოლო თითოეული ტიხარი იწონის დაახლოებით 30 კგ. **Airbus**-ის შეფასებით, თუ სალონის ყველა ტიხარი ერთნაირად აშენდება, ეს დაზოგავს 1000 ფუნტზე მეტ წონას თითო თვითმფრინავზე, რაც შეამცირებს **CO2**-ის გამოყოფას წელიწადში 166 ტონა თვითმფრინავზე.

მუშაობის გაუმჯობესებისა და წონის შემცირების მიზნით, იაპონურმა ავტონაწილების მწარმოებელმა **DENSO**-მ გადახედა ძრავის მართვის განყოფილებას (**engine control unit-ECU**), რომელიც აკონტროლებს საწვავის მიწოდების რაოდენობას და დროს მანქანის საწვავის ელექტრონული ინექციის სისტემის მეშვეობით. გენერაციული დიზაინის გამოყენებით, **DENSO**-მ შექმნა ოპტიმალური ფორმა, რათა **ECU** 12%-ით უფრო მსუბუქი ყოფილიყო, ხოლო ორიგინალური **ECU** -ის სიბოის გაფრქვევის უნარის შენარჩუნებით.

რელიეფის კიდევ ერთი მაგალითია კანადური მოტოციკლის ნაწილების მომწოდებლისგან „**MJK Performance**“. კომპანიამ გამოავლინა განსაკუთრებული ნიშა **Harley-Davidson** მოტოციკლეტის მოყვარულთა შორის, რომლებსაც სურდათ თავიანთი მოტოციკლების რესტაილირება ევროპულ სარბოლო მოტოციკლებთან შესატყვისად. მასობრივი დიზაინისა და წარმოების მეთოდებით, ასეთი ვიწრო მომხმარებელთა ბაზის მომსახურების ღირებულება, როგორც წესი, მიუწვდომელი იქნება. გენერაციული დიზაინის გამოყენებით **MJK**-ამ შეძლო ტრადიციულად მოცულობითი ნაწილის - სამმაგი დამჭერის გადაქცევა მსუბუქ და უნიკალურ დიზაინად, რომელიც იმდენად წარმატებული იყო, რომ კომპანიამ ნაწილი წარმოებაში იმავე კვირის ბოლოს გამოუშვა.

დანამატის პროტოტიპების დემოკრატიზაციამ და ერთჯერადა წარმოებამ **MJK**-ს მისცა საშუალება გასულიყო მზარდ ბაზარზე; მან აღმოაჩინა, რომ გენერაციული დიზაინი იყო იდეალური

პარტნიორი საჭირო ინდიკატორების უზრუნველსაყოფად და შესასრულებლად, ხოლო გამორჩეული ვიზუალური ესთეტიკა ქმნიდა საკუთარ რეკლამას.

გენერაციული დიზაინი-ასევე არის მასალების მეცნიერება. თუ არსებობს კომპონენტი, რომელიც შექმნილია გარკვეული მასალისგან, მაგრამ არსებობს უფრო მდგრადი ალტერნატივა, საკმარისია მისი ჩასმა ციფრულ მოდელში; დარჩენილი გეომეტრია ისე იქნება მორგებული, რომ დარჩეს ტექნიკური მახასიათებლების ფარგლებში.

ინსტრუმენტებისა და მოწყობილობების სამშენებლო ბლოკები ასევე ვითარდება და ღრუბლოვანი გამოთვლის ძალა გენერაციული დიზაინის ასამაღლებლად ხსნის უახლესი კვლევისა და ექსპერტიზის სამყაროს. ინოვაციები, რომლებიც ჩვეულებრივ დიდ ყურადღებას არ იპყრობს თქვენს სივრცეში, შეიძლება გავრცელდეს. მაგალითად, თუ მწარმოებელი წლების განმავლობაში იყენებს ალუმინს, შესაძლოა ვულკანიზებულმა რეზინამ გააუმჯობესოს ელასტიურობა. შესაძლოა, პოლიმერული კავშირი შთანთქავდეს მეტ დატვირთვას და საშუალებას მისცემს იაფი და მსუბუქი მასალები გამოიყენოს დანარჩენი სტრუქტურისთვის.

2. ხარჯების შემცირება

ხარჯების შემცირება ერთ-ერთი ყველაზე მიმზიდველი უპირატესობაა წარმოების სექტორისთვის, რომელიც ნერგავს გენერაციულ დიზაინს. გეომეტრიაში შენახული მოცულობის ყოველი კვადრატული მილიმეტრი წარმოადგენს ხარჯების დაზოგვას და როდესაც ეს დანაზოგი ვრცელდება გლობალურ წარმოებასა და ლოჯისტიკურ მილსადენზე, თანხა შეიძლება იყოს განსაცვიფრებელი. გენერაციულ დიზაინს, როგორც წესი, მიაკუთვნებენ მასალების 20-40%-ით შემცირებას.

მაგრამ ეს არ არის მხოლოდ რადიკალური ცვლილებების შეტანა ან პროცესის საბოლოო წერტილის შეცვლა.

გავიხსენოთ მაგალითი, როდესაც **Airbus**-მა შეცვალა ერთი სალონის ტიხარი, როგორც კონცეფციის დადასტურება. დაბალფასიანი მეთოდების განვითარების წყალობით, როგორიცაა 3D ბეჭდვის პროტოტიპები, საწარმოო ხაზზე ერთი ხელსაწყო ან მოწყობილობის გადახედვამ შეიძლება გამოიწვიოს დადგენილ სამუშაო ნაკადის დამატებითი გაუმჯობესება. თუ მიიღებთ ამას სწორად, მას შეუძლია მოტივაცია გაუწიოს დიზაინერებს და გადავიდნენ შემდეგ, ოდნავ უფრო რთულ ამოცანაზე. ამან შესაძლოა მთელი ბიზნესი შეცვალოს. ხოლო ინსტრუმენტები, რომლებიც ხელს უწყობენ ხარჯებზე გადაწყვეტილების მიღებას, აგებულია გენერაციული დიზაინის პროცესის დასაწყისში. Fusion 360 მოიცავს საანგარიშო ინსტრუმენტს, რომელიც აფასებს გომეტრიის ხარჯებს სხვადასხვა მასალის საფუძველზე, ასახავს მათ გრაფიკზე, ასე რომ თქვენ შეგიძლიათ მარტივად ნახოთ, თუ როგორ იცვლება ისინი რაოდენობაზე დაყრდნობით. მაგრამ როგორ შეუძლია გენერაციულმა დიზაინმა ხელი შეუწყოს ხარჯების შემცირებას არსებულ ტექნოლოგიებში, როგორიცაა დანამატების წარმოება, ნაწილების კონსოლიდაცია, ჩამოსხმა და **კომპიუტერული რიცხობრივი კონტროლი (CNC computer numerical control)** ჩაღრმავებული დაფქვა?

გენერაციული დიზაინი და დანამატების წარმოება

გენერაციული დიზაინი და დანამატის წარმოება ერთმანეთს ერწყმის, როგორც არაქისის კარაქი და ჟელე. უკიდურესად რთული ფორმების დამზადება შესაძლებელია მინიმალური დამატებითი ხარჯებით. ამ მიზეზით, დანამატების წარმოება ზუსტად არის შესაფერისი, გენერაციული დიზაინის მქონე ნაწილების წარმოებისთვის.

სინამდვილეში, დანამატის წარმოებიდან მაქსიმალური სარგებლის მიღების გზა არის გენერაციული დიზაინის გამოყენება, რომელსაც შეუძლია შექმნას რთული, მაღალი ხარისხის ფორმები. ეს ჩვეულებრივ ყველაზე მსუბუქი და ძლიერი ფორმებია.

ასეთი გეომეტრიული ფორმების წარმოქმნის ერთადერთი გზა არის დანამატის წარმოება.

ტრადიციული სახარატო დანადგარები და CNC პროცესები ხშირად ვერ აკავშირებენ ნაწილებს უმცირეს დონეზე, რაც მოითხოვს ისეთ სტრუქტურებს, რაც დანამატების წარმოებას იდეალურს ხდის გენერაციული დიზაინისთვის. ანალოგიურად, დიზაინები, რომლებიც მოდელირებულია კლასიკურ CAD გარემოში, არ იყენებს იმ დახვეწილ დეტალებს, რასაც დანამატის წარმოება გვთავაზობს. მაგალითად, 3D პრინტერს შეუძლია შექმნას ციფრული მოდელი ნებისმიერი რაოდენობის, იაფი მასალისგან პროტოტიპისთვის ან პრეზენტაციისთვის. შესაძლებელია მისი დახვეწა და ხელახლა დაბეჭდვა რამდენჯერაც საჭიროა, და როდესაც პროდუქტი მზად იქნება წარმოებისთვის, იგივე ციფრული აქტივები შეიძლება ადვილად გადავიდეს რეალურ დროში წარმოების სამუშაო პროცესზე.

გენერაციული დიზაინი ნაწილების გაერთიანებისთვის

ორსაუკუნოვანმა სამრეწველო დიზაინმა და წარმოებამ წარმოების სექტორს მისცა ბიტების, ნაწილების, ხელსაწყოების, მოწყობილობების, ნაჭრებისა და ნაწილების კოლექცია, რომლებიც გამოიყენება სხვადასხვა ნივთების დასამზადებლად. ამ ნაკრებში დიდი ინტელექტუალური გამოცდილებაა; საუკეთესო ნაწილების ასაწყობად ნიმუშის აღება, ვიდრე თითოეული პროექტისთვის ახალი გეომეტრიის შემუშავება - წინსვლის ყველაზე სწრაფი და იაფი გზა იყო. თუმცა, იაფი პროტოტიპების და წარმოების მეთოდების გამოყენებით, როგორიცაა 3D ბეჭდვა, მცირდება ახალი სტრუქტურის დანერგვის ღირებულება, ვიდრე არსებული დიზაინის გაერთიანება, და შედეგი შეიძლება მნიშვნელოვნად აღემატებოდეს ტრადიციულ "თავსატეხების" მიდგომებს.

მაგალითად, Fusion 360-ში გენერაციული დიზაინის ტექნოლოგიის გამოყენებით, General Motors-ის ინჟინრებმა სტანდარტული საავტომობილო ნაწილის - მოკრძალებული სავარძლის სამაგრის ხელახალი დიზაინის შექმნით, რვა ნაწილისგან

ერთ უჟანგავი ფოლადის ნაწილად გადაქცევა შეძლეს. ზემოთ ხსენებულმა პროგრამულმა უზრუნველყოფამ შექმნა 150-ზე მეტი დიზაინი სავარძლის სამაგრისთვის, რომელიც იცავს ღვედის ბა-
ლთებს სავარძლებზე და სავარძლების იატაკზე. ახლად დაპროექტებული ნაწილი 40%-ით მსუბუქია და 20%-ით უფრო ძლიერია, ვიდრე წინა სამაგრი. წინასწარ გააზრებული წარმოდგენების გარეშე, რაც უკვე არსებობს, გენერაციული დიზაინი შეიძლება გახდეს ისეთივე კრეატიული, როგორც საჭიროა. თქვენ შეგიძლიათ მიიღოთ ერთი ნაწილისგან დამზადებული ნაწილი, მაშინ როდესაც წინა მეთოდებში ინჟინერებს შეეძლოთ მისი აშენება მრავალი სხვადასხვა ნაწილებისგან.

გენერაციული დიზაინი და ლითონის ჩამოსხმა

კიდევ ერთი სფერო, სადაც გენერაციული დიზაინი არ არის საკმარისად მომწიფებული, რათა ჩაანაცვლოს ტრადიციული მეთოდები, არის ლითონის ჩამოსხმა (ცხელი ლითონის ჩამოსხმა ნეგატიურ სივრცეში კონკრეტული ფორმის შესაქმნელად), განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც ჩართულია შენადნობის დიდი და/ან მძიმე ნაჭრები. დანამატების წარმოებამ ფაქტობრივად იპოვა გზა ლითონის ჩამოსხმის პროცესში, მაგრამ ამჟამად იგი გამოიყენება მხოლოდ პროტოტიპებისთვის და არა წარმოებისთვის. გენერაციულ დიზაინს შეუძლია დიდი სარგებელი მისცეს ლითონის ჩამოსხმას ხარჯების შემცირებისა და წონის შემცირების თვალსაზრისით. ნედლეულის დაზოგვა საკვანძოა ჩამოსხმაში, რადგან მწარმოებლები, როგორც წესი, აწარმოებენ მაღალი მოცულობის ნაწილებს, სადაც დანაზოგი შეიძლება გაიზარდოს ან ნედლეული იყოს ძვირი.

მაგალითად, Autodesk-ი გაერთიანდა მიჩიგანში, კომპანია Aristo Cast-თან, რათა შეექმნათ თვითმფრინავის სავარძლების ულტრა მსუბუქი ჩარჩო. გუნდმა გამოიყენა გენერაციული დიზაინი, 3D ბეჭდვა, გისოსების ოპტიმიზაცია და დაკარგული ცვილის ჩამოსხმა, რათა საბოლოოდ შეექმნათ სავარძლის ჩარჩო,

რომელიც იწონის 56%-ით ნაკლებს, ვიდრე ჩვეულებრივი თანამედროვე მოდელები. 615 ადგილიანი Airbus A380-ისთვის ეს ნიშნავს 100,000 აშშ დოლარის საწვავის დაზოგვას წელიწადში, ასევე 140,000 ტონაზე მეტ ნახშირბადს ატმოსფეროში.

დანამატის წარმოებას ასევე შეუძლია წარმოქმნას ლითონის ჩამოსხმის ფორმები, რაც გამოიწვევს ბევრად უფრო რთულ გეომეტრიას, ვიდრე ჩამოსხმა გაზრდილი გადამუშავების დროის ან დამატებითი ხარჯების გარეშე.

გენერაციული დიზაინი და CNC-ით დამუშავება

ბოლო ათწლეულის განმავლობაში გაიზარდა ინტერესი დესკტოპის 3D პრინტერების მიმართ. განსაცვიფრებელი ინტერესის მიუხედავად, დანამატების წარმოება, არც ისე ანგრევს, მძიმე წარმოებაში დამუშავების მეთოდებს, რომლებსაც ფართოდ აქვთ ფესვი გადგმული განვითარებულ ინფრასტრუქტურაში. ახალ პრინციპებს შორის, რომლებსაც გენერაციულ დიზაინს მოაქვს წარმოებაში, არის დეტალიზაციის უფრო ღრმა დონე უფრო რთულ კონსტრუქციებში, ვიდრე ინჟინრებს აქამდე ჰქონიათ. რა ხდება, როდესაც ტრადიციული წარმოება არ იძლევა CNC -თან ერთად ამის საშუალებას?

ამ სახის შეზღუდვა არის გენერაციული დიზაინის პური და კარაქი. სამუშაო მეთოდი არის პროგრამულ უზრუნველყოფაში, შევიყვანოთ ყველა დიზაინის პარამეტრი როგორიცაა: პროდუქტიულობა, წონა, მასალა და წარმოება, რათა შეიქმნას დიზაინის იდეების საუკეთესო შესაძლო ნაკრებების გენერირება, ისევე როგორც შეზღუდვები ან ბარიერები, რომლებსაც სამრეწველო სუბტრაქტიული დამუშავება და ფრეზი აკისრებს წარმოებას (მაგ. ხელსაწყოების დიამეტრი ან სიგრძე).

თუ 3-დერმიანი კომპიუტერული რიცხობრივი კონტროლის მანქანა იყენებს ჩვეულებრივ ხელსაწყოებს, ის ნაკლებად შესაფერისია იმ ვიწრო ღრუებისთვის, რომლებშიც შეუძლია იმუშაოს 5-მა ღერძიანმა მანქანამ. მიუხედავად იმისა, რომ 5 ღერძიანი მოწყობილობა უფრო ზუსტია, მის პარამეტრების დაყენებას უფრო

მეტი დრო სჭირდება. როგორც ნებისმიერ ბიზნეს პროცესში, არსებობს კომპრომისები, ასევე შეიძლება სხვა გზების მოძიება მუშაობის პროცესში მაგალითად დიზაინის პროცესის დასასრულს, თქვენ შეგიძლიათ უბრალოდ სთხოვოთ გენერაციული დიზაინის ალგორითმს, ოპტიმიზაცია გაუწიოს მის მიერ წარმოდგენილ დიზაინებს წარმოების პროცესისთვის, რომელსაც იყენებთ. თუ თქვენ გაქვთ 3 დერმიანი მოწყობილობა CNC -ით, ის არ მოგცემთ ზედმეტად მოხრილ, გისოსებს ან უფრო პატარა ხვრელებს, რომლებიც შეესაბამება 5 დერმიან დანადგარებს.

მაგალითად, ბრიტანეთში დაფუძნებულ კომპანიას „**Evolve MH Development Engineering**“ სურდა შეექმნა თავისი ელექტრო ჰიპერმანქანისთვის, მსუბუქი და საწვავის ეკონომიური კომპონენტი. ელექტრო მანქანებისთვის წონის დაკლება მნიშვნელოვანია წარმოებისა და დიაპაზონის თვალსაზრისით. Evolve-ის გუნდმა ასევე მოითხოვა, რომ ნაწილი იყოს ვარგისი 2.5 დერმიანი ფრეზირებისათვის CNC-ერთად.

საინჟინრო გუნდმა გამოიყენა პროგრამული უზრუნველყოფა **Fusion 360** ნაწილების მოთხოვნებისა და პარამეტრების შესატანად: ისეთი რამ, როგორიცაა სიმტკიცე, სიმკვეთრე და შესრულება. საბოლოო ჯამში, კომპონენტი, რომელიც გუნდმა შექმნა ელექტრო ჰიპერმანქანისათვის, 40%-ით მსუბუქია, ვიდრე მათი ორიგინალური დიზაინი, და მისი დიზაინის შესრულება დასრულდა რეკორდულ დროში.

3. გააფართოვეთ თქვენი ინოვაციური შესაძლებლობები ახალი დიზაინის კონცეფციების შესწავლით

გენერაციული დიზაინის ყველა პოტენციურ სარგებელს შორის, ალბათ, ყველაზე გავრცელებული და შეუსწავლელი არის ინოვაციის კულტურის დანერგვა მთლიანად წარმოების სექტორში. მრავალი საწარმოს ტექნიკური დირექტორები, ინჟინრები ან დიზაინერები, რომლებიც სკეპტიკურად უყურებენ გენერაციული დიზაინის სარგებელს, საბოლოოდ ყველაზე მეტად ხდებიან გენერაციული დიზაინის და მისი შესაძლებლობების

აშკარა გამავრცელებლები. რადგანაც გენერაციული დიზაინი მუშაობს ღრუბლოვან სისტემაში, ის აცნობს დიზაინერებს და ინჟინრებს სხვადასხვა იდეებსა და ტექნიკას, რომლებსაც ტრადიციული მეთოდები ვერასოდეს გამოავლენდა. სამრეწველო ინჟინრებს შეუძლიათ მეტი თანამშრომლობა ციფრულ დიზაინერებთან. ტექნიკურ დირექტორებს შეუძლიათ დაიწყონ იმის გაგება, თუ როგორ მოქმედებს ძალა მასალაზე. ცეხების მწარმოებელ მენეჯერებს შეუძლიათ დაინახონ, თუ როგორ შეუძლია კომპიუტერს უკეთესი პირველი ნაბიჯის უზრუნველყოფა (ან 10 ან 100 ვარიანტი), ვიდრე ადამიანს. ინოვაცია და თანამშრომლობა ხელჩაკიდებული მიდის. გენერაციული დიზაინის წყალობით, შესაძლებლობების სამყარო მნიშვნელოვნად ფართოვდება.

ჩიკაგოში დაფუძნებული ველოსიპედის ნაწილების მწარმოებელი და ინოვაციური ლაბორატორია **SRAM** აწარმოებს ნაწილებს ერთგული მომხმარებლების ბაზისათვის, - ამ შემთხვევაში ველოსიპედისტებისთვის, **რომლებიც უგზოდ** დადიან. კომპანიამ შექმნა რთული ველოსიპედის დამაკავშირებელი ღეროს ფორმის პროტოტიპი, რომლის წარმოება მხოლოდ დანამატების წარმოებისა და გენერაციული დიზაინის პროცესების გამოყენებით არის შესაძლებელი. ეს იყო შესანიშნავი მაგალითი იმის შესამოწმებლად, თუ რა შეიძლება გააკეთოს გენერაციულმა დიზაინმა ველოსიპედის სხვა ნაწილებისთვის. ამ გამოცდილებამ შთააგონა კომპანია გამოიკვლიოს ახალი შესაძლებლობები და ინოვაციები დიზაინში, მასალებსა და ღირებულებაში. SRAM ამბობს, რომ გენერაციული დიზაინი მნიშვნელოვან როლს თამაშობს იმაში, თუ როგორ კონცეპტუალიზებს კომპანია თავის ბიზნესს.

კიდევ ერთი მაგალითია **Honda Elevate**, ერთობლივი საწარმო **Hyundai-ს CRADLE** განყოფილებასა და დიზაინის სტუდია **Sundberg-Ferar-ს** შორის. **Honda Elevate** ჰგავს მეგობრულ მწერს სამეცნიერო ფანტასტიკურ ფილმში, ის არის მანქანა ბორბლებით, რომლებიც განთავსებული არიან ოთხი არტიკულირებული "ფეხის"

ბოლოებზე, მას შეუძლია გადაადგილება ნებისმიერი ოთხი რეჟიმის კომბინაციით - ორი მართვის სტილი და ორი სიარულის სტილი - თეორიულად. შეიძლება წაიყვანოთ სადაც გინდათ, საზოგადოებრივი ტრანსპორტისათვის, დახმარების გასაწევად კატასტროფების დროს და სხვა.



სურ. 19.



სურ. 20

გენერაციული დიზაინის წყალობით, რა თქმა უნდა, Elevate-ის უამრავი ნაწილი თავიდანვე შექმნილია უკიდურესად მსუბუქი თვისებებით, მაგრამ კოსმიური სივრცე შეიძლება იყოს საბოლოო გამოცდა მასალათშემსწავლელი მეცნიერებისთვის, რომლებიც იბრძვიან სიცხესთან, სიცივესთან, რადიაციასთან, მაღალსიჩქარიანი ნაწილაკების შეტევასთან, თავბრუდამხვევი აჩქარების ინერციასთან და სხვა გარემოსთან, რომელიც დედამიწაზე არ არსებობს. ნაწარმიდან სულ რამდენიმე გრამის ამოღება პოტენციურად ზოგავს ასიათასობით დოლარს. კოსმოსური გამოკვლევა არის შესანიშნავი ცეკვა, წარმოების შესანარჩუნებლად მასის მინიმუმამდე შემცირების დროს. რამდენიმე ორგანიზაცია მუშაობს ასეთ მკაცრ შეზღუდვებში NASA-ს რეაქტიული ძრავის ლაბორატორიაზე მეტად, რომელმაც გენერაციული დიზაინი იდეალურ პარტნიორად აქცია კონცეპტუალური ექსტრაპლანეტარული ლანდერის შემუშავებისთვის, დაბალი მასით და გაუმჯობესებული მაჩვენებლებით.

როგორ სცილდება გენერაციული დიზაინი ტოპოლოგიის ოპტიმიზაციას

გენერაციული დიზაინი შეიძლება ადვილად აგვერიოს დიზაინის ოპტიმიზაციის სხვა მიდგომებთან, როგორიცაა ტოპოლოგიის ოპტიმიზაცია, მაგრამ არსებობს მნიშვნელოვანი განსხვავება. ტრადიციული გზით შესრულებული ნებისმიერი დიზაინი უბრალოდ ინჟინრის საუკეთესო მიხვედრაა პრობლემის გადაჭრის შესახებ. ტოპოლოგიის ოპტიმიზაციას მხოლოდ შეუძლია გავლენა მოახდინოს პროცესზე, იმ მომენტში მიიღოს ის, რაც ადამიანმა გააკეთა და თანდათან გაუმჯობესოს იგი.

გენერაციული დიზაინი კი უფრო ადრე იწყება. ეს არის თანადიზაინერი, რომელიც წარმოგიდგენთ იდეებს იმ შეზღუდვებზე დაყრდნობით, რაც გჭირდებათ დიზაინში, და არა იმის მიხედვით, რაც თქვენი აზრით იმუშავებს (რაც არ უნდა გამოცდილი იყოს). მარტივად რომ ვთქვათ, ტოპოლოგიის ოპტიმიზაცია

შლის ნივთებს გადაწყვეტილებიდან, სადაც გენერაციული დიზაინი არ საჭიროებს ორიგინალურ გადაწყვეტას - ის ასრულებს საძიებო სამუშაოს, რათა დაგეხმაროთ მის პოვნაში.

ოპტიმიზაციის გზა არ უნდა იყოს მიზნული ერთ საწყის წერტილთან; შეგიძლიათ დაუბრუნდეთ ნებისმიერ სხვა საწყის წერტილს და შექმნათ უამრავი სხვა ვარიანტი.

რა არის გენერაციული დიზაინის მომავალი წარმოებაში?

გენერაციული დიზაინის ტექნოლოგია აგრძელებს განვითარებას - კვლევის, სტარტაპების და ინოვაციებისკენ მიმავალი სხვა გზების მეშვეობით. ეს მიღწევები ასევე შეცვლის ადამიანთა ერთმანეთთან და ტექნოლოგიასთან ურთიერთქმედებას. იქმნება მეტი თანამშრომლობა სხვადასხვა დისციპლინას შორის როგორცაა: საწარმოო ინჟინრები, მენეჯერები და დიზაინერები, ასევე ინოვაცია წარმოების ინდუსტრიაში.

უფრო სწრაფი და ჰკვიანი ტექნოლოგია

კვლევები, რომელიც მოიცავს საავტომობილო, კოსმოსურ და სპორტულ საქონელს გენერაციული დიზაინის გამოყენებით, აჩვენებს ღირებულების ხარჯების შემცირებას მეხუთამდე და სამუშაო დროს შემცირებას ნახევარამდე. ხარჯების, მასალების, დროის გაუმჯობესებისა და გარემოზე ზემოქმედების შემცირების გარდა გლობალური წარმოების ინდუსტრიაში, ლაბორატორიები, სპეციალიზებული სტარტაპები და კვლევითი ცენტრები განიცდიან გარკვეულ პროგრესს. ერთერთი მაგალითია გენერაციული დიზაინი, რომელშიც გათვალისწინებულია გაუმჯობესებული ჰიდროდინამიკა. არსებობს მრავალი სამრეწველო ნაწილი, რომელიც უნდა მუშაობდეს ისეთ გარემოში, სადაც სითხის ან აირის მოძრაობამ შეიძლება მნიშვნელოვნად იმოქმედოს მის მუშაობაზე. როდესაც პროდუქტიულობის ტესტები და დიზაინის პარამეტრები შედიან გენერაციული დიზაინის ალგორითმში, ამათგან მომავალში ერთ-ერთი პარამეტრი შეიძლება იყოს გარემოს ქცევა ისეთი თვისებების გამოყენებით, როგორიცაა:

- გამოიწვევს თუ არა ჰაერის წნევის მატება ტემპერატურის მატებას?
- ის სწრაფად გახდება ჰიპოთერმული?
- ზემოქმედებას გაუწევს თუ არა ჰაერის მოძრაობა ერთ კონკრეტულ ზედაპირს მეორესთან შედარებით?

გარდა ჰიდროდინამიკისა, ისეთი ტექნოლოგიები, როგორიცაა მცირე ზომის დანამატის ბეჭდვა და 3D ბეჭდვა, მკვეთრად შეამცირებს ბარიერს ახალი მოთამაშეებისთვის, რომლებიც შევლენ მოედანზე ახალი იდეებით შეიარაღებული და წინასწარ გააზრებული წარმოდგენების გარეშე, თუ რა არის და რა არ არის შეუძლებელი. სანამ ტექნოლოგია აგრძელებს წინსვლას, ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ცვლილება, რომელსაც გენერაციული დიზაინი მოიტანს, იქნება მისი გავლენა ადამიანებზე. გენერაციული დიზაინი რევოლუციას მოახდენს წარმოების პერსონალის წინაშე მდგარი გამოწვევების უკეთესობისკენ. განვითარების დროის შემცირებით, დიზაინერებსა და ინჟინერებს აქვთ დრო, გააფართოვონ თავიანთი პროფესიული და შემოქმედებითი ჰორიზონტები.²²

ამჟამად გენერაციული სისტემები ეფუძნება მნიშვნელოვან თეორიულ და პრაქტიკულ გამოცდილებას. შეუძლებელია არ აღინიშნოს ევოლუციური ალგორითმები, რომლებიც დაფუძნებულია ბუნებრივი გადარჩევის პროცესებზე და სხვა საკმაოდ მნიშვნელოვან მეთოდებზე - ფიჭური ავტომატები, ნეირონული ქსელები, ლინდენმაიერის სისტემები, ფრაქტალები, „მათემატიკური ქაოსი“, „პერლინის ხმაური“, „ხელოვნური ცხოვრება“, რანდომიზაცია და მრავალი სხვა.

²² What Is Generative Design, and How Can It Be Used in Manufacturing?-chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ciptasatria.com/wp-content/uploads/DM-Whitepaper-Manufacturing-Generative-Design.pdf

გადაწყვეტილებისადმი განსხვავებული მიდგომების მიუხედავად, მათ შორის შეიძლება გამოირჩეს მომხმარებელსა და გენერაციულ სისტემასთან ურთიერთქმედების ძირითადი ეტაპები.

- ინჟინერს მოეთხოვება შეიყვანოს დიზაინის პარამეტრები და პროექტის მიზნები, მაგალითად, მოქმედი დატვირთვების სიდიდე და მიმართულება, მასალა და მისი თვისებები, შეზღუდვები და ა.შ.;
- პროგრამული ალგორითმების გამოყენებით კომპიუტერს შეუძლია 1000-მდე გადაწყვეტის წარმოება, თითოეული მათგანის ეფექტურობის ანალიზის ჩატარება. გამოთვლა შეიძლება მოხდეს ადგილობრივ კომპიუტერზე ან ღრუბლოვანი სერვისების გამოყენებით;
- საწყისი შედეგების მიღების შემდეგ ინჟინერი სწავლობს მათ, არეგულირებს საწყის პარამეტრებს (საჭიროების შემთხვევაში) შესაბამისი გადაწყვეტის მისაღებად;
- შემდგომი მუშაობა ნაპოვნ გადაწყვეტილებასთან, მისი მომზადება თვითწარმოებისა და წარმოების მიზნებისათვის. როგორც წესი, კომპლექსური სტრუქტურებისთვის გამოიყენება დანამატების წარმოების ტექნოლოგია.

2.4 გენერაციული დიზაინის გამოყენებისა და განვითარების პერსპექტივები

გენერაციული დიზაინი არის ზოგადი ცნება, რომელიც მოიცავს მრავალ ავტომატიზებულ (CAD) სისტემას, რომლებიც გამოიყენება წარმოების ოპტიმიზაციისთვის, პროდუქტის წონის შესამცირებლად და მასალის ეკონომიურად გამოყენებისათვის.

ციფრული ტექნოლოგიების სწრაფი განვითარება გვკარნახობს საკუთარ წესებს: არც ისე დიდი ხნის წინ, სამშენებლო ინდუსტრიაში შემოვიდა სამშენებლო პროექტების საინფორმაციო მოდელირება (BIM *Building information modeling*), როგორც ამჟამად, BIM ტექნოლოგიის გამოყენების გათვალისწინება შენობის სასიცოცხლო ციკლის ყველა ეტაპზე, ტექნოლოგიების განვითარების

მაღალი ტემპი შეიძლება მივაწეროთ გლობალური საკომუნიკაციო შესაძლებლობების ზრდას.²³ ეს გულისხმობს ინფორმაციის სხვადასხვა წყაროების ხელმისაწვდომობას, გამოცდილების გაცვლას კოლეგებთან სხვა რეგიონებიდან/ქვეყნებიდან, ნაციონალურ სტრატეგიებს დიზაინის სფეროში. ასევე, სამშენებლო პროექტების საინფორმაციო მოდელირების ტექნოლოგიაზე გავლენას ახდენს სწრაფად განვითარებადი ციფრული ტექნოლოგიები, მათ შორის ნეიროტექნოლოგიები, ხელოვნური ინტელექტი, დიდი მონაცემები, დანამატების წარმოება, გაძლიერებული და ვირტუალური რეალობა.

ინფორმაციის მოდელირების განვითარების შემდეგი ეტაპი არის გენერაციული დიზაინის გამოყენება. აუცილებელია ტექნოლოგიის შესაძლებლობების გაანალიზება, ასევე ინფორმაციული მოდელირებისა და გენერაციული დიზაინის საფუძველზე, მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პრობლემების გადაჭრის მიდგომების შეთავაზება.²⁴

უცხოელი ექსპერტების კვლევებში მოცემულია გენერაციული დიზაინის შემდეგი მიმართულებები.²⁵

უდიდეს წარმატებას მომხმარებელთა ფართო სპექტრისთვის მიაღწია კომპანია „Autodesk“-მა, რომელიც გთავაზობთ ბევრ გადაწყვეტილებას. მათ შორისაა შემდეგი სფეროები:

➤ ტოპოლოგიური ოპტიმიზაცია

ტოპოლოგიური ოპტიმიზაცია არის გენერაციული დიზაინის პირველი სფერო, რომელსაც ჩვენ განვიხილავთ. ბოლო დროს ეს

²³ Вергунова Н. С. Прикладные исследования в науке и их влияние на инновационные процессы в архитектуре и дизайне // Scientific Journal «ScienceRise» №3(44). – 2018. – С. 15-18.

²⁴ Елена Валентиновна Игнатова, СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГЕНЕРАТИВНОГО ДИЗАЙНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ, УДК 69 : 004.942

²⁵ The New Age of Highly Efficient Products Made with Generative Design. Engineering.com

კონცეფცია საკმაოდ მოდური გახდა. ეს გამოწვეულია დანამატების წარმოების მზარდი პოპულარობით, რამაც საშუალება მისცა გაცილებით რთული პროდუქტის გეომეტრიის შექმნას. სინამდვილეში, ტოპოლოგიური ოპტიმიზაცია დაახლოებით 20 წელია არსებობს, მაგრამ ბევრი ტექნიკური სფეროს მსგავსად, ბოლო დრომდე იგი იმალეობდა უნივერსიტეტებისა და მაღალტექნოლოგიური კომპანიების კვლევით ლაბორატორიებში. 3D ბეჭდვის გაზრდილმა მნიშვნელობამ ეს თემა საზოგადოების ცნობიერებამდე მიიყვანა. უფრო და უფრო მეტმა პროგრამული უზრუნველყოფის მომწოდებელმა დაიწყო ფართო საზოგადოებისთვის ტოპოლოგიური ოპტიმიზაციის ინსტრუმენტების შეთავაზება. ერთ-ერთი ასეთი ინსტრუმენტია Autodesk Fusion 360. ტოპოლოგიური ოპტიმიზაციის გადაწყვეტილებების უმეტესობა (თუ არა ყველა) იყენებს 3D მოდელს და სასრულ ელემენტების ანალიზის მეთოდს, რათა დაადგინოს დატვირთვის განაწილება მოცემულ გეომეტრიაზე, მიმაგრების წერტილებზე, შეზღუდვის პირობებზე და პროდუქტის მოცულობაზე. მისი მოქმედების პრინციპი ასეთია: არაოპტიმიზებული 3D მოდელი იტვირთება შერჩეულ პროგრამულ უზრუნველყოფაში, სადაც საჭირო პარამეტრების და შეზღუდვების შეყვანის შემდეგ, იწყება სასრული ელემენტების ანალიზის მეთოდი მოდელის ოპტიმიზაციისთვის. გამოთვლების მსვლელობისას, პროგრამა შლის მასალის ჭარბ მოცულობას, რომელიც არ ატარებს სტრუქტურულ სიმტკიცეს და მისი ამოღება შესაძლებელია ყოველგვარი უკუშედეგების გარეშე.

ტოპოლოგიური ოპტიმიზაცია იძლევა ფორმების გენერირების საშუალებას, იგი მიზნად ისახავს მასალის ოპტიმალური განაწილების პოვნას მოცემულ საპროექტო სივრცეში, გარკვეული სტრუქტურული შეზღუდვების გათვალისწინებით. იგი ფართოდ ვრცელდება მრეწველობაში დანამატების წარმოების

მზარდი გამოყენების გამო, რაც იძლევა ბევრად უფრო რთული გეომეტრიული ნაწილების შექმნის საშუალებას.

სურათი 21. სამაგრი ტოპოლოგიურ ოპტიმიზაციამდე და შემდეგ.



სურ. 21 ტოპოლოგიურად ოპტიმიზებული სამაგრი

- **სტრუქტურისა და ზედაპირის ოპტიმიზაცია.** წინა მეთოდისგან განსხვავებით, ეს საშუალებას იძლევა არა მხოლოდ ზედაპირის ოპტიმიზაცია მოახდინოს „ზედმეტი“ მასალის მოცილებით, არამედ შეცვალოს მასალის თავად სტრუქტურა, ე.ი. შეავსოს პროდუქტის ელემენტები მკვრივი სტრუქტურით.
- სურ. 22



სურ.22. სკეიტბორდის ურიკის ოპტიმიზებული სტრუქტურა

➤ ტრაბეკულური სტრუქტურების შექმნა.

ეს მეთოდი შეიძლება აქტიურად იქნას გამოყენებული მედიცინაში, კერძოდ, იმპლანტების შექმნაში. მეთოდის სახელწოდება მომდინარეობს სიტყვიდან "ტრაბეკულა" (ქსოვილის ელემენტი, რომელიც ასრულებს მექანიკურ ფუნქციებს). გენერაციულ დიზაინში, ეს ელემენტი გამოიყენება როგორც ინსტრუმენტი მყარ მასალებში უმცირესი ფორების გასანაწილებლად და გასადიდებლად, მაგალითად, უხეში ზედაპირის სტრუქტურის შესაქმნელად.

ტრაბეკულა არის პატარა ტილოს ქსოვილის მიკროსკოპული ნაჭერი, საყრდენის ან ჯოხის სახით, რომელიც ასრულებს რაიმე სახის მექანიკურ ფუნქციას. ჩვენი სხეული შედგება მრავალი ასეთი სტრუქტურისგან. მათი გამოყენება გენერაციულ დიზაინში საშუალებას იძლევა ზუსტ სკალირებას და წვრილი ფორების განაწილებას ყველა მყარ მასალაზე, ისევე როგორც ზედაპირის უხეში ძვლის იმიტაციისთვის სამედიცინო იმპლანტებში. ეს არა მხოლოდ ხელს უწყობს პაციენტების გამოჯანმრთელების დაჩქარებას, არამედ იმპლანტს გაცილებით მსუბუქს ხდის, ვიდრე ტრადიციული მეთოდებით მიღებულს.

როგორც წესი, ადამიანის ორგანიზმი იტანჯება, თუ მასში სტანდარტული დიზაინები დაინერგება. გენერირებული ტრაბეკულური სტრუქტურებით უზრუნველყოფილი დიზაინის თავისუფლება საშუალებას იძლევა შეკვეთით დამზადდეს ელემენტების იმპლანტაცია, რომელიც თითოეული ინდივიდუალური პაციენტის სხეულის სტრუქტურული მახასიათებლების გათვალისწინებით იქნება შექმნილი. ეს, თავის მხრივ, ზრდის პაციენტის კომფორტს, ასევე ამცირებს დაზიანებების შეხორცების დროს და იმპლანტის ღირებულებას. სურ. 23. **Autodesk Within Medical** საშუალებას გაძლევთ შექმნათ ფოროვანი და მაღალი ხარისხის სტრუქტურა, რომელიც ეფუძნება დიზაინერის მოთხოვნებს. ეს კრანიალური იმპლანტი წონაში ოპტიმიზირებულია და თავსებადია არსებულ ძვლის სტრუქტურასთან:



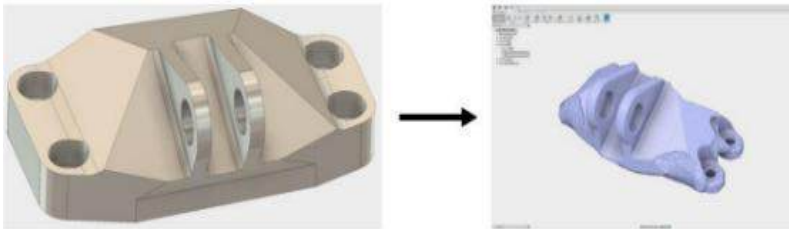
სურ. 23 თავის ქალას შემცვლელი იმპლანტი

➤ **ფორმის სინთეზი-(Shape Synthesis)-** ტოპოლოგიური ოპტიმიზაცია არის წინა დიზაინის მეთოდი, სადაც უკვე ცნობილია პროდუქტის პარამეტრები და ფორმები, ხოლო ოპტიმიზაცია ხდება ამ მონაცემების საფუძველზე. **ფორმების სინთეზი** საშუალებას გაძლევთ შექმნათ სრულიად ახალი, არაპროგნოზირებადი გადაწყვეტილებები და შესთავაზოთ ალტერნატიული ვარიანტები. მაგალითად იგი არის Toyota-სა და Materialize-ს ერთობლივი პროგრამა, მათ შექმნეს სუპერ მსუბუქი მანქანის სავარძელი უჩვეულო სტრუქტურით.²⁶ ეს მეთოდი დიზაინერს საშუალებას აძლევს შეიტანოს მოთხოვნები ელემენტის ფორმის შესახებ და მიიღოს რამდენიმე გადაწყვეტა, რომელსაც პროგრამა მიაწვდის მას.

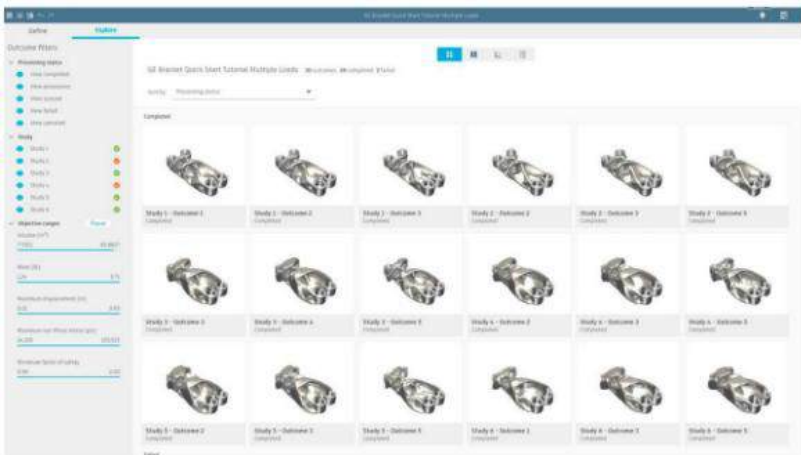
²⁶ TYLER KOSLOW. TOYOTA & MATERIALISE TEAM TO 3D PRINT LIGHTWEIGHT CAR SEAT. 3D Printing Industry, 17 сентября 2015.

მიღებულ ფორმებს აქვთ ნატურალური, ბუნებრივი დიზაინი, რომელიც შეიძლება გასცდეს ინჟინრის ფანტაზიას, რაც საშუალებას გაძლევთ ფოკუსირება მოახდინოთ მიზნის ძიებაზე.

პროგრამული უზრუნველყოფის ტიპიური მაგალითი, რომელიც ახორციელებს ასეთ ამოცანებს, არის Autodesk Generative Design. შედარებისთვის, სურათი 24 გვიჩვენებს რაკეტის ძრავის სამაგრს ტოპოლოგიური ოპტიმიზაციის გამოყენებით, ხოლო სურათი 25-ზე ნაჩვენებია ფორმის სინთეზის გამოყენებით.



სურ. 24 რაკეტის ძრავის სამაგრის ტოპოლოგიური ოპტიმიზაცია



სურ. 25 რაკეტის ძრავის სამაგრის ფორმის სინთეზი

ბოლო სურათზე ნაჩვენებია სამაგრის 18 ვერსია, სადაც არ არის მიკერძოებული ორიგინალური გეომეტრიის მიმართ, როგორც საწყისი წერტილი, განსხვავებით ერთი ტოპოლოგიურად ოპტიმიზებული ნაწილისგან.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ გენერაციული დიზაინი კიდევ უფრო განვითარდება უახლოეს მომავალში. ის საშუალებას აძლევს მწარმოებლებს პროდუქტები უფრო მსუბუქი და ძლიერი გახადოს, დააკმაყოფილოს საუკეთესო ესთეტიკური თვისებები, შექმნას ტრადიციული სტრუქტურები სამედიცინო მოწყობილობებისთვის მოცემული ფორიანობითა და უხეშობით, რაც ამცირებს იმპლანტების შეხორცების დროს და მრავალი სხვა.²⁷

ამავდროულად, არ შეიძლება არ აღინიშნოს დანამატის წარმოების მაღალი ღირებულება, ასეთი პროდუქციის გასაყიდად გავრცელებული, წარმოების ტრადიციულ მეთოდებთან შედარებით. თუმცა, რიგ სფეროებში ეს მინუსი გათანაბრებულია, მაგალითად, მედიცინაში, იმპლანტანტების წარმოებისას დაზოგილია ძვირადღირებული მასალა და მისი სტრუქტურა ამცირებს ორგანიზმის მიერ უარყოფის ალბათობას. თვითმფრინავის ინდუსტრიაში, თვითმფრინავიდან ამოღებულ ყოველ კილოგრამ მასალაზე, წელიწადში 106 კგ საწვავი იზოგება. მექანიკურ ინჟინერიაში, ავტომობილის წონის 10%-ით შემცირება იწვევს საწვავის 3%-იან დაზოგვას.²⁸ შეერთებულ შტატებში ასევე არსებობს რეგულაციები, რომლებიც არეგულირებენ წონის დაკლების ძალისხმევას, როგორცაა კორპორატიული საწვავის საშუალო ეკონომიის (CAFE) სტანდარტები, რომლებიც მოითხოვს საწვავის ეფექტურობის წლიურ ზრდას მანქანებისა და მსუბუქი სატვირთოებისთვის.²⁹

²⁷ Phillip Keane. „The New Age of Highly Efficient Products Made with Generative Design“, 2017. – URL: <https://www.engineering.com>

²⁸ How to Build a Car that Gets 54.5 MPG. <https://www.forbes.com>.

²⁹ Corporate Average Fuel Economy.

საყურადღებოა, რომ დანამატის წარმოშობის საშუალებით მსუბუქი მასის პროდუქტები, რომლებიც ამომრავებენ ძრავებს და დისკებს, უფრო სწრაფად იმუშავენ, რაც გამოიწვევს დროის ციკლის შემცირებას და დამატებით პროდუქტიულობას. ეს პირდაპირ ახდენს გავლენას ექსპლუატაციაზე. ამგვარად, სამგზავრო მანქანები უფრო სწრაფები იქნებიან და უკეთ შეძლებენ მანევრირებას, გაიზრდება გარბენი და დატვირთვის მოცულობა, ხოლო ცვეთა კი შემცირდება; 20-30%-ით წონის შემცირებით, ქარის ტურბინის პირები თითქმის 3-ჯერ მეტი ენერგიის გამოიმუშავების საშუალებას იძლევა.³⁰

რაც შეეხება შენობის დიზაინს, იგი უფრო ყოვლისმომცველი, ურთიერთდაკავშირებული და კოორდინირებული ხდება, მაგრამ ის მაინც მოიცავს უამრავ ხელით სამუშაოს და განსაკუთრებულ გადამუშავებას. ტრადიციული დიზაინერი გადაწყვეტილებებს გვთავაზობს თავისი გამოცდილებიდან, წინა პროექტებიდან და შემოქმედებითობაზე დაყრდნობით. კომპიუტერები მას ეხმარებიან პრეზენტაციის წარდგენაში, საჭირო დოკუმენტაციის შექმნაში და ანალიზის გაკეთებაში, მაგრამ შეიძლება ჩაითვალოს სხვა ალტერნატივებიც დიზაინის განვითარებაში დასახმარებლად.

საინფორმაციო მოდელირების ტექნოლოგიები დღეს არავის აღარ აკვირვებს. მიუხედავად იმისა, რომ ბევრი ფიქრობს მასზე რომ ეს მომავალია, არსებობს იმისთქმის საფუძველი, რომ ეს უკვე წარსულია. უძრავი ქონების დიზაინის სფეროში სამომავლო ტენდენციაა გენერაციული დიზაინი, რომელსაც აქვს მთელი რიგი უპირატესობები, პირველ რიგში, მომხმარებლისთვის.

<https://www.nhtsa.gov/lawsregulations/corporate-average-fuel-economy>
05.01.2019.

³⁰ Wind turbine blades: Glass vs. carbon fiber. – URL:

<https://www.compositesworld.com/articles/wind-turbine-blades-glass-vs-carbon-fiber>.

ზოგიერთი ექსპერტი შეიძლება ფიქრობდეს, რომ გენერაციული დიზაინი მსგავსია ობიექტების ტოპოლოგიური ოპტიმიზაციისა, რაც მართალია, მაგრამ ამ ორ მიმართულებას აქვს როგორც მსგავსება, ასევე განსხვავებები. გენერაციული დიზაინი იყენებს ტოპოლოგიის ოპტიმიზაციას, მაგრამ ტოპოლოგიის ოპტიმიზაციის გათვალისწინებით შექმნილი ყველა დიზაინი არ არის გენერაციული დიზაინის მაგალითი.

ტოპოლოგიური ოპტიმიზაციის მიზანია განსაზღვროს მასალის ოპტიმალური განაწილება საპროექტო ზონაში მოცემულ დატვირთვაზე ოპტიმიზაციის კრიტერიუმების დაკმაყოფილებისას.³¹

³¹В. В. Сысоева, В. В. Чедрик, Алгоритмы оптимизации топологии силовых конструкций // Учёные записки ЦАГИ. 2011. Т. 42, №2. С. 91-102



სურ. 26. სხვადასხვა სფეროში წარმოებული გენერაციული დიზაინის პრაქტიკული ნიმუშები

სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ოპტიმიზებული ობიექტის ან სტრუქტურისთვის მასალის საუკეთესო გამოყენების განსაზღვრა, რათა მასალის განაწილების პარამეტრის ობიექტურ ფუნქციას, ჰქონდეს მინიმალური მნიშვნელობა შესაბამისი შეზღუდვების არსებობის შემთხვევაში. ტოპოლოგიური ოპტიმიზაცია გთავაზობთ მხოლოდ ერთ ვარიანტს მოდელის ოპტიმიზაციისთვის, ხოლო გენერაციული დიზაინი გთავაზობთ რამდენიმე ვარიანტს. გარდა ამისა, ტოპოლოგიური ოპტიმიზაცია მოითხოვს მზა 3D მოდელს, ხოლო გენერაციული დიზაინის გამოყენებისას პროგრამა ქმნის საწყის პროტოტიპს მომხმარებლის მიერ დადგენილი შეზღუდვების მიხედვით. გენერაციული დიზაინის გამოყენებით მიღებული ახალი ფორმებისა და გადაწყვეტილებების ზოგიერთი ვარიანტი ნაჩვენებია სურათი 26-ში.

ამავდროულად, აუცილებელია გამოვყოთ მნიშვნელოვანი პრობლემა, რომელიც პირდაპირ გავლენას ახდენს გენერაციული

დიზაინის ტექნოლოგიის გამოყენების მასშტაბებზე სხვადასხვა სამეცნიერო და ტექნიკურ დარგში. ეს არის ამ პროფილის კვალიფიციური სპეციალისტების ნაკლებობა შრომის ბაზარზე. დიზაინის გენერაციული მიდგომა შორს არის სიახლისგან, მაგრამ ინსტრუმენტები და ინოვაციური ტექნოლოგიების დანერგვა, რომლებიც მას ხარისხობრივად ახორციელებენ, შედარებით ცოტა ხნის წინ გამოჩნდა. ამ დარგის სპეციალისტი თავისუფლად უნდა ფლობდეს ცოდნას რამდენიმე დაკავშირებული სფეროდან, შეეძლოს სწრაფად და ეფექტურად დაეუფლოს ახალ სფეროებს, შეძლოს პროგრამებიდან მიღებული ინფორმაციის სტრუქტურირება და ანალიზი. ინჟინრები და/ან დიზაინერები, რომლებსაც არ აქვთ გამოცდილება პრობლემის პარამეტრთა ერთობლიობის სახით წარმოჩენაში, შეიძლება წააწყდნენ არასწორად განსაზღვრულ დიზაინის შეზღუდვებს ან დატვირთვას, რაც საბოლოოდ გამოიწვევს მოდელის ან ობიექტის უზუსტობებს. ეს პრობლემა ხელს შეუწყობს თანამედროვე ტექნოლოგიების ფართო გამოყენებას და ახალგაზრდა პროფესიონალების ჩართვას მატერიალური ან/და არამატერიალური მოტივაციის საშუალებით.

გენერაციული დიზაინი იძლევა ახალი იდეების, ოპტიმალური გადაწყვეტილებების არჩევის შესაძლებლობას. ღრუბლოვანი ტექნოლოგიებისა და ნეირონული ქსელების წყალობით, ინჟინრის, კონსტრუქტორის და დიზაინერის პროფესიები ინტეგრირებულია ერთმანეთთან: ინჟინრები უფრო კრეატიულები ხდებიან, დიზაინერები კი ახალ შესაძლებლობებსა და იდეებს იღებენ. ამ ტექნოლოგიის მნიშვნელოვანი უპირატესობაა ნაწილების ან მთლიანი სტრუქტურების რამდენიმე ერთეულის გაერთიანების შესაძლებლობა, მათი ძირითადი ფუნქციების შენარჩუნებით, აგრეთვე ობიექტებისა და ნაწილების ორიგინალური ფორმის მოდერნიზაცია და გაუმჯობესება.

გენერაციული დიზაინის აქტიური გამოყენება არქიტექტურასა და მშენებლობაში დაიწყო 2017 წელს, როდესაც დაიწყო პრო-

გრამული ინსტრუმენტების შესწავლა, რამაც შესაძლებელი გახადა ალგორითმების შექმნა ობიექტების ფორმისა თუ მდებარეობის საპოვნელად. 2018 წელს Autodesk-მა დაასახელა ტექნოლოგიური ტენდენციები, რომლებიც შეცვლის მშენებლობას და ინდუსტრიას 20 წლის განმავლობაში. გენერაციულ დიზაინს ეწოდა „რევოლუციური ტექნოლოგია“, რომელიც იყენებს ხელოვნური ინტელექტის ალგორითმებს პროდუქტის შესაქმნელად”.³² 2019 წელს Autodesk-ის გენერაციული დიზაინის ექსპერტმა **დიტერ ვერმეულენმა** გამოთქვა აზრი, რომ გენერაციული დიზაინის მთავარი უპირატესობა არის დროის დაზოგვა ოპტიმალური გადაწყვეტის პოვნაში.³³ „ტექნოლოგია საშუალებას გაძლევთ ფოკუსირება მოახდინოთ პროექტის ხარისხზე, გარემოსდაცვით კეთილგანწყობაზე, „არქიტექტურული იდეა – ფუნქციონალურობის“ ოპტიმალური თანაფარდობის ძიებაზე. ასევე აღინიშნა, რომ გენერაციული დიზაინის გამოყენება აისახება არა მხოლოდ დიზაინის ეტაპზე - მას შეუძლია გავლენა მოახდინოს მთლიანად შენობის სასიცოცხლო ციკლზე“. არსებობს მოსაზრება, რომ არქიტექტურული სივრცე ცოცხალ ორგანიზმს ჰგავს - ის იცვლება სხვადასხვა გარეგანი გავლენისგან. ამ კონცეფციას ადასტურებს ისეთი კონცეფციის არსებობა, როგორიცაა შენობის სასიცოცხლო ციკლი, რაც გულისხმობს, რომ შენობა არ არის მხოლოდ შენობა, რომელიც იარსებებს განუსაზღვრელი ვადით, არამედ ეს არის მთელი ორგანიზმი, რომელიც მოითხოვს გარკვეულ მოქმედებებს სხვადასხვა ეტაპზე.

ტრადიციულ დიზაინში, დიზაინერის როლი არის ძალზედ მინიშვნელოვანი. დამპროექტებელმა, წინასწარ უნდა შეისწავლოს გადაწყვეტის მიღების სივრცე. გადაწყვეტილებები შეიძლე-

³² Autodesk открывает лабораторию генеративного дизайна в Чикаго [Электронный ресурс]:// AUTODESK. Новости. <https://sapr.ru/article/25681>

³³ АНСБ – Агентство новостей «Строительного бизнес», <http://www.ancb.ru/publication/read/8575>.

ბა იყოს ესთეტიკური, სემიოტიკური (სემიოლოგია - დისციპლინა, რომელიც იკვლევს ნიშანთა სისტემების ფუნქციონირების ზოგად კანონზომიერებას), კულტურული, დინამიური, ინდუსტრიული, კორპორაციული, პოლიტიკური ან, ამ და სხვა იმპერატივების ნებისმიერი კომბინაცია. საკვანძო კავშირი დიზაინერსა და არტეფაქტს შორის არის პირდაპირი (თუნდაც ეს იყოს მესამე მხარის ან შუამავლის მეშვეობით). არსებობს უშუალო კავშირი დიზაინერის ჩანაფიქრებსა და შექმნილ არტეფაქტს შორის. დაპროექტებისათვის, გენერაციული მეთოდების გამოყენებით მოიაზრება წესების ან სისტემების შექმნა და მოდიფიცირება, რომლებიც ურთიერთქმედებენ მზა პროდუქციის წარმოებისთვის. ამრიგად, დიზაინერი უშუალოდ არ მანიპულირებს შექმნილ არტეფაქტზე, არამედ ხელმძღვანელობს მხოლოდ ანაწყობის შესაქმნელი კომპონენტებისთვის დაწესებული წესებითა და სისტემებით. დაპროექტების პროცესი წარმოგვიდგება, როგორც მეტა-დაპროექტების სახეობა, სადაც უკვე დასრულებული პროექტი წარმოადგენს ინტერაქციულ სისტემაში ჩაშენებული წესების ერთობლიობის შედეგს-პროდუქტს.

ამ რეჟიმში დაპროექტების მთელი „მიმართულება“ ეფუძნება არტეფაქტების სივრცისა და შექმნის სპეციფიკაციების პროცესებს შორის ურთიერთკავშირების გათავისებას. იმის გამო, რომ ეს არის შემოქმედებითი საქმიანობა, არ არსებობს ფორმალიზებული ან სასწავლო მეთოდოლოგია, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას აღნიშნული ინტერაქციის მართვისთვის. ადამიანი-დიზაინერის წვლილი, დაპროექტების პროცესში, ისე როგორც ტრადიციულ, ასევე არატრადიციულ დიზაინში იყო და არის ცენტრალური და მნიშვნელოვანი.

დიზაინერი, რომელიც მუშაობს გენერაციულ დიზაინში, აქვს შესაძლებლობა დატოვოს „საკუთარი კვალი-ხელწერა“. ხშირად, დამპროექტებლის როლი შესაძლებელია განსაზღვრული იყოს მხოლოდ დინამიური პროცესების ქცევის

განსაზღვრის შეზღუდვით. დიზაინერს, არტეფაქტებში შეუძლია მოიძიოს ქცევის ისეთი ფორმები, რომლებიც წარმოადგენენ ნამდვილ სიახლეებს - თუნდაც მხოლოდ მისთვის, როგორც დამპროექტებელისთვის. სხვა შემთხვევებში, შესაძლებელია დიზაინერი მიისწრაფვოდეს მიიღოს წინასწარ ნავარაუდები, კონტროლირებადი შედეგები. არსებობს აგრეთვე მორალური ვალდებულებები, რომელიც დაკავშირებულია შექმნილ არტეფაქტებზე შეზღუდვების დაწესების სურვილთან. დიზაინერმა, სისტემის ფიზიკური ან/და ქცევითი მოდიფიცირების მიუხედავად, მთელი სამუშაო ციკლის არსებობის მანძილზე, როგორც დამატებითი და მნიშვნელოვანი ასპექტი, უნდა გაითვალისწინოს ის, რომ - პროექტი უნდა იყოს შეთანხმებული! დიზაინერმა, რომელიც მუშაობს გენერაციულ პროცესებზე, შეიძლება მაინც მოისურვოს ცნობადი კვალი დატოვოს საკუთარი შემოქმედების პროდუქტზე. ამის მიღწევა შესაძლებელია სტატიკურად, სავაჭრო ნიშნის სტილის მქონე ფიქსირებული კომპონენტების გამოყენებით. ამგვარი მიზნის მიღწევის უზრუნველსაყოფად უფრო საინტერესო გზაა არტეფაქტის ორგანიზაციას ჰქონდეს კონკრეტული დიზაინერული ბეჭედი-დამლა, ან სისტემის ქცევა შეესაბამებოდეს დიზაინერის ჩვეულებულ ხელწერას. რა თქმა უნდა, დიზაინერი შეიძლება არ იყოს დაინტერესებული საავტორო სტილის დაწესებით, თუმცა სამომავლოდ გენერაციული ტექნიკის გამოყენება არ გამორიცხავს ამ ვარიანტსაც. ამ თვალსაზრისით, გენერაციული დიზაინი მაინც მოითხოვს კრეატიულობასა და შემოქმედებითობას, რომელსაც მოიცავს დაპროექტების პროცესის ნებისმიერი ეტაპი.

თუმცა, არქიტექტურისა და მშენებლობის სფეროში ყველა ექსპერტი არ უყურებს გენერაციული დიზაინის ფენომენს ასე დადებითად. არქიტექტორს, დოქტორ დენიელ დევისს არ სჯერა გენერაციული დიზაინის მომავლის. თავის სტატიაში „გენერაციული

დიზაინი განწირულია წარუმატებლად“ აღნიშნავს,³⁴ რომ ზოგადად გენერაციული დიზაინი სამი ეტაპისგან შედგება:

- დიზაინერების მიერ პროექტის მიზნების განსაზღვრა;
- ალგორითმების გამოყენებით რიგი ამოცანების ამოხსნა;
- საუკეთესო გადაწყვეტილების შერჩევა დიზაინერების მიერ.

შემდეგ ავტორი ასახელებს მიზეზებს, თუ რატომ არის შეუძლებელი ამ ტექნოლოგიის განვითარება.

1. მეორე ეტაპზე ალგორითმს ქმნიან დიზაინერები, მაგრამ არც თუ ისე ბევრი სპეციალისტია მზად ასეთი მოცულობითი სამუშაოს შესასრულებლად.
2. ასევე აღნიშნულია, რომ ვარიანტების რაოდენობა არ უნდა უტოლდებოდეს ხარისხს, და ყველა ვარიანტის სწორად შეფასებას დიდი დრო და ძალისხმევა დასჭირდება.
3. არქიტექტურული გადაწყვეტილებების ვარიანტებიდან, ძალიან რთულია „კარგისა“ და „ცუდის“ კრიტერიუმების პოვნა, ამიტომ რეალურ ცხოვრებაში გენერაციული დიზაინის იდეები ყოველთვის ვერ პოულობენ გამოყენებას.
4. ავტორი ასევე აღნიშნავს, რომ ყველა გლობალური კორპორაცია არ უწყობს ხელს გენერაციული დიზაინის იდეებს თავიანთ განვითარებაში.

არა მხოლოდ არქიტექტორები უყურებენ გენერაციული დიზაინის გამოყენების იდეებს გარკვეული სკეპტიციზმით: **რუპინდერ ტარა, ENGINEERING.com-ის კონტენტის დირექტორი**, სტატიაში **„როდესაც გენერაციული დიზაინი უკუშედეგს განიცდის - VW-ს ახალი ბორბლები“** აკრიტიკებს გამოშვებული ბორბლების მოდელს,³⁵ რომელიც შექმნილია Volkswagen-ის მიერ, გენერაციული დიზაინის ალგორითმების გამოყენებით.

³⁴ Danieldavis.com: Generative Design is Doomed to Fail.

<https://www.danieldavis.com/generative-design-doomed-to-fail/>

³⁵ Engineering.com: When Generative Design Backfires – VW’s New Wheels.

დიზაინი Autodesk Fusion 360-ში ამბობს, რომ ჩვეულებრივი ბორბლის ფორმა ბევრად უფრო მარტივი ჩანს და სქელი სტრუქტურული ელემენტების მკვეთრი მოხრა არის სტრესის კონცენტრაციის ფაქტორი.

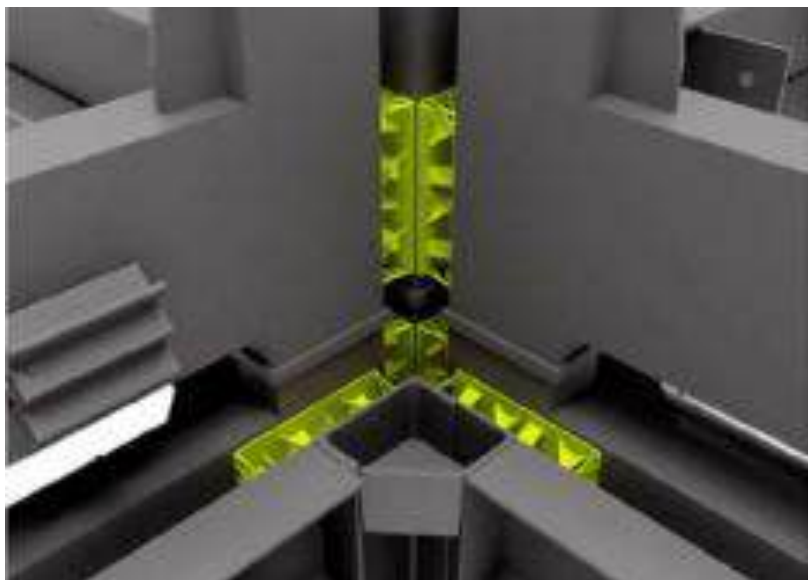
შეიძლება ისიც დავამატოთ, რომ პროდუქტის სტრუქტურისა და ზედაპირის ოპტიმიზაცია იწვევს ისეთი ფორმების შექმნას, რომელთა დამზადებაც შეუძლებელია ტრადიციულ წარმოებაში, მაგალითად, დაფქვით ან ყალიბებში ჩამოსხმით. რთული ფორმის ნაწილების დამზადების შესაძლებლობა გაჩნდა მხოლოდ დანამატის ტექნოლოგიების გამოყენებისას.³⁶ ამასთან, გასათვალისწინებელია, რომ ერთგვაროვანი ჩამოსხმული ნაწილების სიძლიერის მახასიათებლები შეიძლება განსხვავდებოდეს 3D პრინტერზე დაბეჭდილი ფენიანი ნაწილების მახასიათებლებისგან. მაგრამ მაინც, არ უნდა დავასკვნათ, რომ გენერაციული დიზაინი მხოლოდ პროგრამული უზრუნველყოფის დეველოპერებისთვის რეკლამირებაა. „მანქანური სწავლებისა და მოწინავე საინჟინრო ანალიზზე დაფუძნებული ინტელექტუალური ალგორითმების გამოყენებით, გენერაციული დიზაინის ტექნოლოგია გთავაზობთ ჭეშმარიტად ელეგანტურ დიზაინსა და საინჟინრო გადაწყვეტილებებს, რომელთა დაპროექტება ხშირად რთულია სტანდარტული ხელსაწყოებით“.³⁷ 2019 წლის 22 თებერვალს Autodesk-მა და კომპანია ModulTechStroy-იმ ერთად გამართეს კონკურსი, „გენერაციული დიზაინი მომავლის ინდუსტრიისთვის“, „Generative design for the industry of the future.“ კონკურსის მიზანია შექმნას ინოვაციური სამაგრი მოწყობილობა გენერაციული დიზაინის გამოყენებით - ტექნოლოგიით, რომელიც დაფუძ-

³⁶ А. С. Вехов, С. А. Титаренко, Применение аддитивных технологий в современном производстве // Решетневские чтения. – 2018. – Том 1. – С. 90-92.

³⁷ Грэг Феллон, Что делает Autodesk Netfabb 2018 инструментом для супергероев//САПР и графика №9,

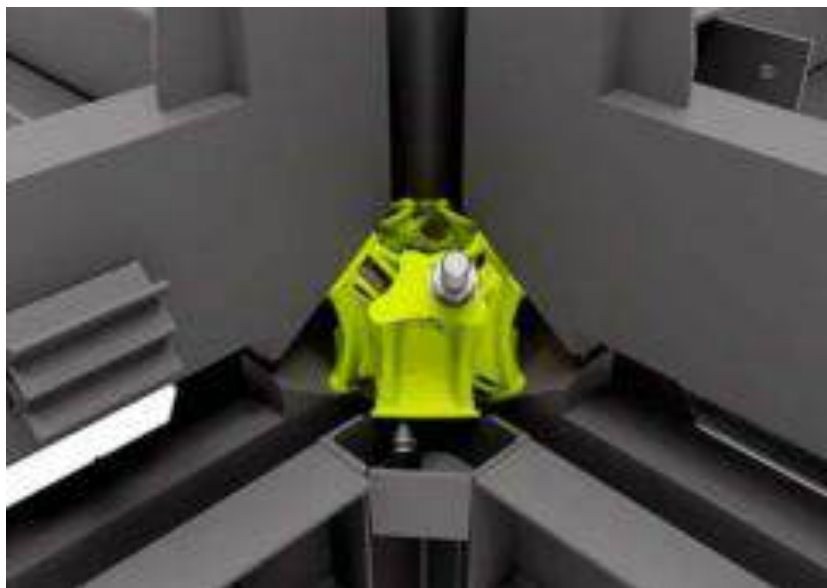
ნებულია ხელოვნურ ინტელექტზე. კონკურსის ფინალისტებს შეასწავლიან ამ ტექნოლოგიასთან მუშაობას და პროექტზე მუშაობისას დროს მასზე წვდომის საშუალება მიეცემათ. კონკურსის შედეგად აღინიშნა შემდეგი განვითარება გენერაციული დიზაინის გამოყენებით:

1. ნეოდიმის მაგნიტები (იხ. სურ. 27). დამაკავშირებელი კუთხე შედგება მხოლოდ ერთი ნაწილისგან, რომელიც ახორციელებს კავშირს მაგნიტური შენადნობის გამოყენების წყალობით. ეს გამოსავალი ყველაზე ოპტიმალურია მასალის მოხმარების, მრავალფეროვნების და ასევე მრავალჯერადი გამოყენების თვალსაზრისით.



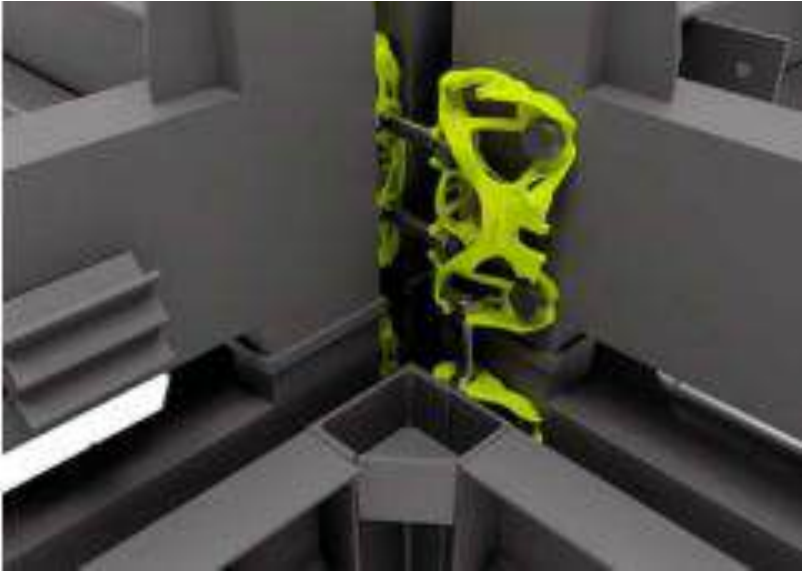
სურათი. 27. ნეოდიმის მაგნიტები

2. სფერული კვანძი (იხ. სურ. 28). ერთ ელემენტს შეუძლია ერთდროულად დააკავშიროს ოთხი ბლოკის მოდული. გათვალისწინებულია კომპრესიული, გრეხილი და გამწევი დატვირთვები.



სურათი. 28 სფერული კვანძი

3. გადაფარვის დაფა Накладная (იხ. სურათი 29). ეს არის ჩამოსხმული ფირფიტა ერთი ელემენტის სახით. მსგავსი გადაწყვეტილებები გარე ფირფიტების სახით დღეს უკვე გამოიყენება.



სურ. 29. გადაფარვის დაფა

რაც შეეხება ტექნოლოგიის პრაქტიკულ გამოყენებას მშენებლობაში, შეცდომაა ვივარაუდოთ, რომ გენერაციული დიზაინი შეიძლება გამოყენებულ იქნას ამოცანების დიდ უმრავლესობაში დიზაინის ეტაპზე. პროექტის არქიტექტურულ მონაკვეთზე საუბრისას, შეგიძლიათ იპოვოთ რამდენიმე მაგალითი, როდესაც ეს ტექნოლოგია წყვეტს შენობის ორიენტაციის პოვნის პრობლემას შენობის უკეთესი იზოლაციისთვის, შენობის სახურავის ფორმის შექმნაზე, კედლის პანელების 3D ზედაპირების ფორმირებაზე, კარების განლაგებას მათი გახსნის ვარიაციით, ინტერიერის დიზაინის და ავეჯის განლაგებას. მაგალითები აჩვენებს, რომ ამოცანის პარამეტრებისა და შეზღუდვების სწორად დაყენებით, შესაძლებელია არქიტექტორების მუშაობის მნიშვნელოვანი ოპტიმიზაცია. არქიტექტორები გენერაციული

დიზაინის ტექნოლოგიებისათვის, ხშირად იყენებენ **ArchiCAD**-ს და **Grasshopper**-ს პროგრამას.³⁸

Additive Manufacturing-მა (AM) მოიტანა რადიკალური ინოვაციები ტექნოლოგიურ სფეროში პროდუქციის წარმოებისთვის და, ამავე დროს, წარმოადგენს რევოლუციას სამრეწველო დიზაინისა და პროდუქტის განვითარების სფეროებში, რადგან მას რადიკალურად მართავენ ინჟინრები. გადახედეთ დიზაინის მიდგომას და, კერძოდ, კომპიუტერის დამხმარე დიზაინის (CAD) სისტემებით განხორციელებულ სამოდელო აქტივობებს. ფაქტობრივად, CAD სისტემები შემუშავებულია და მუდმივად იხვეწება, რათა უზრუნველყვით პროდუქციის დამზადების შესაძლებლობა ჩვეულებრივი გამოკლების ტექნიკის საშუალებით, რაც გულისხმობს მასალის თანდათანობით ამოღებას საწყისი მოცულობიდან სასურველი საბოლოო ფორმის მისაღებად.

გრაფიკული დიზაინის ახალი ტიპების გაჩენა, დავალებების სპექტრის გაფართოება დამსაქმებლის მოთხოვნილებების დასაკმაყოფილებლად, ინდივიდუალური სტილის ძიება, ზრდის მოთხოვნებს და აიძულებს დიზაინერს მოიძიოს განვითარების ახალი მეთოდოლოგიური მიდგომები.

2.5 გენერაციული შემოქმედების მაგალითები კომპიუტერამდელ ეპოქაში

გენერაციული კრეატიულობის ტექნიკა გამოიყენებოდა კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოგონებამდე დიდი ხნით ადრე. ბევრისთვის ცნობილია ბავშვობიდანვე, ელემენტარული გენერაციული მოწყობილობა კალეიდოსკოპი. კომპიუტერის გამოყენებამდე კიდევ უფრო რთული მოწყობილობის მაგალითია მარჩიელის ბარათები და მკითხავი, რომელიც წარმოქმნის პროგ-

³⁸ Елена Валентиновна Игнатова, СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГЕНЕРАТИВНОГО ДИЗАЙНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ, УДК 69 : 004.942;

ნოზებს. **Philip Galanter**-ის აზრით, გენერირების მოწყობილობების გამოყენება, „ისეთი ძველია, როგორც თავად ხელოვნება“. მისი აზრით, გენერაციული მოდელები არ არის მიბმული რაიმე ტექნოლოგიასთან, ხოლო შემოქმედებით საქმიანობაში გენერაციული მოწყობილობები შეიძლება არ იყოს მაღალტექნოლოგიური და იგი გვხვდება ძველ კულტურებშიც კი. პარამეტრებისა და წესების განსაზღვრით, გენერაციულ მიდგომას შეუძლია უზრუნველყოს ოპტიმიზირებული გადაწყვეტა როგორც სტრუქტურული სტაბილურობისთვის, ასევე ესთეტიკისთვის. გენერირებული მოწყობილობები და ალგორითმები (მაგალითად, კამათლის სროლა, ცხოველების კოჭების სროლა) მრავალი თამაშის „მექანიზმია“ – მაგალითად, ძველ ინდოეთში არსებობდა „კოჭების“ თამაში, რომელიც იყო სამყაროს შექმნის „შემოქმედებითი პრინციპის“ პერსონიფიკაცია. შესაძლო დიზაინის ალგორითმები მოიცავს ფიჭურ ავტომატებს, ფორმის გრამატიკას, გენეტიკურ ალგორითმს, სივრცის სინტაქსს და ბოლო დროს ხელოვნურ ნეირონულ ქსელს. გენერირებული ამოხსნის მაღალი სირთულის გამო, წესებზე დაფუძნებული გამოთვლითი ინსტრუმენტები, როგორიცაა სასრული ელემენტების მეთოდი და ტოპოლოგიის ოპტიმიზაცია, უფრო სასურველია გენერირებული გადაწყვეტის შეფასებისა და ოპტიმიზაციისთვის.³⁹ კომპიუტერული პროგრამული უზრუნველყოფის მიერ მოწოდებული განმეორებითი პროცესი იძლევა ცდისა და შეცდომის საშუალებას დიზაინში და მოიცავს არქიტექტორების ჩარევას ოპტიმიზაციის პროცესში.

მუშაობის პროცესში პროგრამული უზრუნველყოფა ახორციელებს გამეორებებს, ცვლის ობიექტებს ნელ-ნელა, ისევე როგორც შემთხვევითი მუტაციები ცდის ცხოველის დნმ-ის ახალ კომბინაციებს და ამოწმებს მათ საჭირო სამიზნეების წინააღმდეგ,

³⁹Charles Dapogny, "Geometric constraints for shape and topology optimization in architectural design" (PDF). Computational Mechanics. 59 (6): 933–965. Bibcode:2017CompM..59..933D. doi:10.1007/s00466-017-1383-6. S2CID 41570887.

ისევე როგორც სიცოცხლე ამოწმებს საკუთარ დნმ მუტაციებს. მილიონობით თაობის განმავლობაში, პროგრამული უზრუნველყოფა თანდათანობით ამატებს და აშორებს ცოტა მეტალს, ბოლოს ამოწმებს, არის თუ არა ნაწილი უფრო ძლიერი ან სუსტი, მსუბუქია თუ მძიმე, ვიდრე მისი წინამორბედები.

საოცრად მოკლე დროში (რამდენიმე საათში, თუ წვდომა იქნება ძლიერი ღრუბლოვანი დამუშავებით), ობიექტი სრულდება ისეთი ფორმებით, რომლებსაც ადამიანები ვერასოდეს შექმნიდნენ პირდაპირ.

შუა საუკუნეებში **Raimond Lull**-მა შექმნა მექანიკური გენერირების მოწყობილობა (**Arts**), რომელის მოწოდებაა ყველა კითხვაზე პასუხის გასაცემა: ითვლება, რომ მექანიზმი დაფუძნებული იყო კაბალას (**Kabbalah**) იდეაზე, რომლის მიხედვითაც სამყაროს შესახებ ყველა შესაძლო ცოდნა ამოიწურება ებრაული ანბანის ასოების გადანაცვლებით, კომბინაციებითა და განლაგებით - **Arts** -ის მოწოდება იყო გენერირება მოეხდინა ყველა „გაზრებული“ კომბინაციების, ცოდნის ძირითადი ელემენტების დახმარებით.

1751 წელს **William Hayes** -მა გამოიგონა გენერაციული მეთოდი მუსიკის შესაქმნელად „ყველაზე საზიზღარი ნიჭისთვის“.

გენერაციული დიზაინი არის ფორმების პოვნის პროცესი მოქმედებების მოცემული ალგორითმის გამოყენებით. ალგორითმი არის გენერაციული დიზაინის მთავარი ელემენტი, რადგან ის ასრულებს მოცემულ დავალებებს. გენერაციული დიზაინის კონცეფცია შედარებით ცოტა ხნის წინ გავრცელდა და ხშირად ეხება კომპიუტერული გაანგარიშების მეთოდს, მაგრამ დიზაინის ეს მეთოდი კომპიუტერების გამოჩენამდე დიდი ხნით ადრე გამოჩნდა. **ბენ ლაპოსკი** სამართლიანად არის თანამედროვე გენერაციული დიზაინის წინამორბედი, რომელმაც გამოიყენა ეს მეთოდი ოსილოსკოპის გამოყენებით "ელექტრონული აბსტრაქციების" შესაქმნელად.

სინამდვილეში, **ლაპოსკიმ** გამოიგონა "პრეფიქსი", რომელიც ასახავს ელექტრული სიგნალების ამპლიტუდისა და დროის პარამეტრებს. ლაპოსკის ექსპერიმენტები საინტერესოა, რადგან ის იყო ერთ-ერთი პირველი, ვინც წარმოაჩინა გენერაციული შემოქმედების პროცესები და შედეგები - ვიზუალიზაციის პრინციპი ერთ-ერთი ფუნდამენტური პრინციპია გენერაციულ დიზაინში.

2.6 გენერაციული დიზაინის ტიპები და მათი ფიზიკური მახასიათებლები

გენერაციული დიზაინი გულისხმობს ალგორითმების და გამოთვლითი ტექნიკის გამოყენებას დიზაინის გადაწყვეტილებების შესაქმნელად ან გენერირებისთვის. იგი მოიცავს პროგრამული ინსტრუმენტების გამოყენებას, რომლებსაც შეუძლიათ გამოიკვლიონ დიზაინის შესაძლო ვარიაციების ფართო სპექტრი განსაზღვრულ შეზღუდვებზე და მიზნებზე დაყრდნობით. არსებობს რამდენიმე სახის გენერაციული დიზაინის მიდგომა, თითოეულს აქვს საკუთარი მახასიათებლები და აპლიკაციები.

პარამეტრული დიზაინი - პარამეტრული დიზაინი მოიცავს პარამეტრების და შეზღუდვების ერთობლიობის განსაზღვრას, რომლებიც განაპირობებს დიზაინის პროცესს. ამ პარამეტრების შეცვლით, დიზაინს შეუძლია ავტომატურად მოერგოს და შექმნას ახალი ვარიაციები. ეს მიდგომა დიზაინერებს საშუალებას აძლევს სწრაფად და ეფექტურად შეისწავლონ დიზაინის სხვადასხვა ვარიანტები. იგი ფართოდ გამოიყენება არქიტექტურაში, სამრეწველო დიზაინში და პროდუქტის დიზაინში.

ევოლუციური დიზაინი - ევოლუციური დიზაინი მთაგონებულია ბიოლოგიური ევოლუციის პრინციპებით. იგი მოიცავს გენეტიკური ალგორითმების და სხვა ევოლუციური ტექნიკის გამოყენებას საპროექტო გადაწყვეტილებების გენერირებისა და განვითარებისთვის მრავალჯერადი გამეორებით. ალგორითმები ახდენენ ბუნებრივი გადარჩევის პროცესის სიმულაციას, სადაც

შეირჩევა საუკეთესო შედეგიანი დიზაინები და კომბინირებული დიზაინის ახალი თაობის შესაქმნელად. ეს მიდგომა ხშირად გამოიყენება ოპტიმიზაციის პრობლემებში, სადაც ბევრი შესაძლო გამოსავალია.

ლატის სტრუქტურები - გისოსების სტრუქტურები მოიცავს დიზაინის შექმნას, რომელიც შედგება გეომეტრიული ნიმუშების გამოვლისგან. ეს შაბლონები შეიძლება შეიქმნას ალგორითმებისა და გამოთვლითი მეთოდების გამოყენებით. გისოსების სტრუქტურები გთავაზობთ მსუბუქ, ძლიერ და კონფიგურირებადი დიზაინის გადაწყვეტილებებს. ისინი პოულობენ აპლიკაციებს სხვადასხვა სფეროში, როგორიცაა არქიტექტურა, აერონავტიკა და ბიოსამედიცინო ინჟინერია.

პროცედურული მოდელირება - პროცედურული მოდელირება გულისხმობს წესებისა და ალგორითმების ნაკრების განსაზღვრას რთული დიზაინის ავტომატურად გენერირებისთვის. ის ჩვეულებრივ გამოიყენება კომპიუტერულ გრაფიკასა და ანიმაციაში რეალისტური და დეტალური ვირტუალური გარემოს შესაქმნელად. პროცედურული მოდელირება იძლევა ფართომასშტაბიანი და მრავალფეროვანი დიზაინის ეფექტური გენერირების საშუალებას.

დიზაინის სინთეზი - დიზაინის სინთეზის მიდგომები გულისხმობს ახალი დიზაინის გადაწყვეტილებების გენერირებას არსებული დიზაინის ელემენტების კომბინაციით და ხელახალი კომბინაციით. ეს შეიძლება გაკეთდეს ხელით ან გამოთვლითი ალგორითმების საშუალებით. სხვადასხვა კომბინაციებისა და ვარიაციების შესწავლით, დიზაინერებს შეუძლიათ აღმოაჩინონ ახალი და ინოვაციური დიზაინის გადაწყვეტილებები.

Swarm Intelligence - **Swarm Intelligence** შთაგონებულია სოციალური მწერების კოლექტიური ქცევით, როგორიცაა ჭიანჭველები ან ფუტკრები. იგი მოიცავს აგენტების ჯგუფის ქცევის სიმულაციას დიზაინის რთული პრობლემების გადასაჭრელად. თითოეული

აგენტი წარმოადგენს დიზაინის ვარიანტს და ურთიერთქმედებებისა და კომუნიკაციის საშუალებით, ჯგუფი ერთობლივად იკვლევს დიზაინის სივრცეს და ხვდება ოპტიმალურ გადაწყვეტილებებს.

რთული და ორგანული ფორმები:

გენერაციული დიზაინის ერთ-ერთი ძირითადი ფიზიკური მახასიათებელია რთული და ორგანული ფორმების შექმნა. ალგორითმების გამოყენებით, რომლებიც ახდენენ დიზაინის პარამეტრების ოპტიმიზაციას, გენერაციული დიზაინი ქმნის რთულ შაბლონებს, მოსახვევებსა და გეომეტრიებს. ეს დიზაინები ხშირად ავლენენ სირთულის დონეს, რომელიც აღმატება იმას, რაც მიიღწევა მხოლოდ ხელით დიზაინის პროცესებით. შედეგად მიღებული ფორმები შეიძლება იყოს ვიზუალურად გასაოცარი, მიიპყროს ყურადღება და გადალახოს ჩვეულებრივი დიზაინის ესთეტიკის საზღვრები.

მსუბუქი მასალის ეფექტურობა:

გენერაციული დიზაინის ტექნიკა, როგორიცაა ტოპოლოგიის ოპტიმიზაცია და გისოსების სტრუქტურები, პრიორიტეტს ანიჭებს მასალის ეფექტურობას და მსუბუქ დიზაინებს. სტრუქტურული მოთხოვნების ანალიზით და ოპტიმიზაციის ალგორითმების გამოყენებით, გენერაციული დიზაინი აღწევს წონასწორობას ძალასა და წონას შორის. დიზაინები ოპტიმიზებულია მასალების უფრო ეფექტურად გამოყენებისთვის, რაც იწვევს მასალის ნარჩენების შემცირებას და მთლიანი წონის შემცირებას. ეს მახასიათებელი განსაკუთრებით ღირებულია ისეთ ინდუსტრიებში, როგორიცაა აერონავტიკა და ავტომობილები, სადაც მსუბუქი, მაგრამ გამძლე დიზაინი აუცილებელია.

ფუნქციური მოთხოვნების ინტეგრაცია:

გენერაციული დიზაინი ეხება არა მხოლოდ ესთეტიკას, არამედ ფუნქციონალური მოთხოვნების დაკმაყოფილებას.

სხვადასხვა შეზღუდვებისა და კრიტერიუმების გათვალისწინებით, როგორიცაა სტრუქტურული სიმტკიცე, ენერგოეფექტურობა ან ერგონომიკა, გენერაციული დიზაინი ქმნის დიზაინებს, რომლებიც ეფექტურად პასუხობენ ამ საჭიროებებს. იქნება ეს სტრუქტურის ტვირთამწეობის ოპტიმიზაცია თუ ჰაერის სათანადო ნაკადის უზრუნველყოფა სავენტილაციო სისტემაში, გენერაციული დიზაინი შეუფერხებლად აერთიანებს ფუნქციურ მოთხოვნებს საბოლოო ფიზიკურ ფორმაში.

მორგება და ცვალებადობა:

გენერაციული დიზაინი იძლევა გენერირებული დიზაინის პერსონალიზაციას და ცვალებადობას. დიზაინერებს შეუძლიათ შეეყვანოს პარამეტრების ან შეზღუდვების მანიპულირება, რათა შექმნან დიზაინის ვარიანტების ფართო სპექტრი. ეს მოქნილობა იძლევა დიზაინს, რომელიც შეიძლება მორგებული იყოს კონკრეტულ პრეფერენციებზე, საჭიროებებზე ან კონტექსტზე. გენერირებული დიზაინის ადვილად მორგება შესაძლებელია სხვადასხვა სცენარების ან მომხმარებლის მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად, რის შედეგადაც დიზაინები ადაპტირებადი და პერსონალიზებულია.

წარმოების მოსაზრებების ინტეგრაცია:

გენერაციული დიზაინი ითვალისწინებს წარმოების შეზღუდვებსა და შესაძლებლობებს. კონკრეტული წარმოების პროცესების გათვალისწინებით, როგორიცაა დანამატების წარმოება (3D ბეჭდვა), CNC დამუშავება ან ჩამოსხმა, გენერაციული დიზაინი ოპტიმიზებას უკეთებს დიზაინებს ეფექტური წარმოებისა და აწყობისთვის. შედეგად მიღებული დიზაინები არა მხოლოდ ესთეტიურად მიმზიდველი და ფუნქციონალურია, არამედ პრაქტიკული წარმოებისთვისაც, რაც ამცირებს წარმოების ხარჯებს და დროს.

დიზაინის სივრცის შესწავლა:

გენერაციული დიზაინის მნიშვნელოვანი უპირატესობა არის უზარმაზარი დიზაინის სივრცის შესწავლის უნარი. ალგორითმებისა და გამოთვლითი სიმძლავრის გამოყენებით, გენერაციული დიზაინი წარმოქმნის დიზაინის მრავალ ვარიანტს. ეს კვლევა ახალი და ინოვაციური გადაწყვეტილებების აღმოჩენის საშუალებას იძლევა, რომლებიც შესაძლოა არ ყოფილიყო გათვალისწინებული დიზაინის ტრადიციული მეთოდებით. გენერირებული დიზაინები შეიძლება მერყეობდეს ჩვეულებრივი დიზაინისნ დამატებითი გაუმჯობესებიდან დაწყებული რადიკალურ გადახრებამდე, რომელიც აძლიერებს კრეატიულობას და სცილდება შესაძლებლობის საზღვრებს.

ესთეტიკისა და ფუნქციის ჰარმონიზაცია:

გენერაციული დიზაინი ჰარმონიზებას ახდენს ესთეტიკას და ფუნქციურობას შორის. როგორც შესრულების, ისე ვიზუალური თვისებების საფუძველზე დიზაინის ოპტიმიზაციის გზით, გენერაციული დიზაინი აღწევს ბალანსს ეფექტურობასა და სილამაზეს შორის. შედეგად მიღებული დიზაინი არა მხოლოდ ეფექტური და ფუნქციონალურია, არამედ ვიზუალურად მიმზიდველი და ესთეტიურად სასიამოვნო. ეს მახასიათებელი აძლიერებს მომხმარებლის გამოცდილებას და ქმნის დიზაინებს, რომლებიც რეზონანსდება როგორც ფორმასთან, ასევე ფუნქციასთან.

თავი III გენერაციული დიზაინის თეორია და მეთოდოლოგია

3.1 თეორიული საფუძვლები

გენერაციული ხელოვნების დაკავშირება, ან უფრო ზოგადად: გენერაციული დიზაინის რაიმე სახის პროგრამირებასთან დაკავშირება, როგორც ჩანს, საკმაოდ გავრცელებული სტრატეგიაა თანამედროვე კომპიუტერული ხელოვნების თეორიაში.

უფრო მეტიც, თუ მივყვებით **ჯონ უორნოკს** (John Warnock), პროგრამისტს და Adobe Systems-ის თანადამფუძნებელს, რომელმაც პროგრამული უზრუნველყოფის პროგრამირება, შეადარა სიზმარში თამაშს; ეს საკმაოდ ოპტიმისტური, მაგრამ ჩვენთვის მაინც მოკლე და მიმზიდველი დიზაინის განმარტებაა.

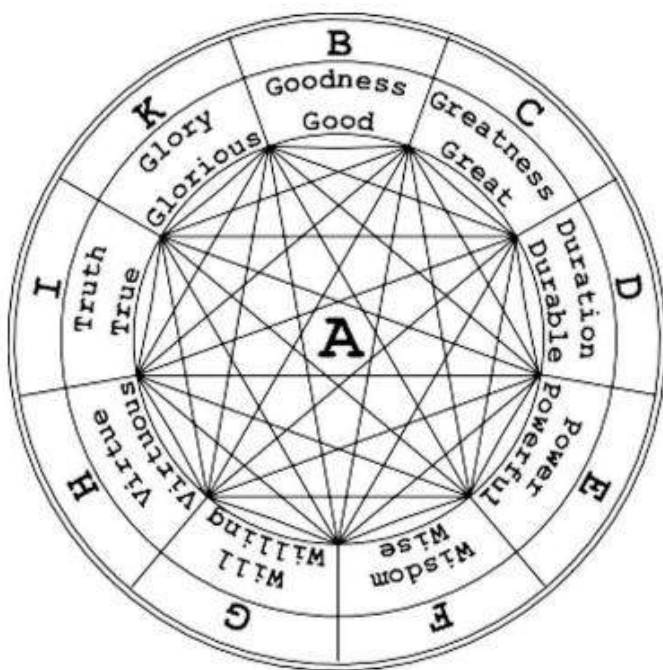
ჩვენ გვსურს შევხვით გენერაციული დიზაინის თეორიას, რომელიც რეალურად შეიძლება შეფასდეს, როგორც **უორნოკის** დიზაინის იდეის პოსტმოდერნული ვერსია: განსხვავებით კლასიკურად თანამედროვე და აშკარად გამორეული მხატვრისგან, რომელსაც უნდა მიეღო სუვერენული და სუბიექტური გადაწყვეტილება სრულიად ახალი ხელოვნების ნიმუშების შესაქმნელად. იგი მოქმედებდა ტრადიციებზე უარის თქმისა და უარყოფის სულისკვეთებით, ფაქტობრივად ახორციელებდა თავის ოცნებებს; ამ კლასიკური თანამედროვე პოზიციისგან განსხვავებით, გენერაციული ხელოვნების თეორია განისაზღვრება პოსტმოდერნული ან პოსტრევოლუციური მიდგომით. არსებითად, იგი ითვალისწინებს სტრუქტურალისტური და კიბერნეტიკური თეორიების შემდგომ შედეგებს, რადგან ის ყურადღებას ამახვილებს ხელოვნების სისტემაზე, მის ელემენტებზე, ურთიერთობებსა და ფუნქციებზე - მხატვრული სუბიექტის ხარჯზე: ოდესღაც შემოქმედებითი ცენტრი, რომელიც მოქმედებდა ქვეცნობიერი ან პოლიტიკური და სოციალური მისიების დახმარებით, ახლა უკვე დეგრადირებულია და, რა თქმა უნდა, თავისუფალია ამ კუთხით

ან, გენერაციული ხელოვნების ცნებების ბოლომდე წარმოდგენით, სადაც მხოლოდ წესები უნდა იყოს დადგენილი. ეს ძირითადი წესები ან ალგორითმები მიუთითებენ ავტონომიური გენერაციული პროცესის საზღვრების საწყისს, რომლის შედეგადაც წარმოიქმნება არაპროგნოზირებადი ნიმუში. ის შექმნილი ან აგებულია ისეთი გზის სისტემების გამოყენებით, რომელიც განისაზღვრება კომპიუტერული პროგრამული ალგორითმებით ან მსგავსი მათემატიკური ან მექანიკური რანდომიზირებული ავტონომიური პროცესებით, მიღებული ხელოვნების ნიმუში ხდება ხელოვანისა და ოპერაციული სისტემის ერთობლივი ქმნილება; ეს უკანასკნელი იმდენად რთულია, რომ მოქმედებების პროგნოზირება ძნელია ან თუნდაც შეუძლებელია. ამრიგად, დიზაინერი აპროგრამებს ხელოვნების ნიმუშს, ადგენს წესების ერთობლიობას, რომელიც შემდეგ იწყებს პროცესს.

1. რამონ ლულა

გენერაციული დიზაინის მეთოდის ჩამოყალიბების საწყისი თარიღები უკავშირდება მე-13 საუკუნის კატალონიელ ფილოსოფოსს, ლოგიკოსს და ღვთისმეტყველს **რამონ ლულს Ramon Llull**-ს. რომელიც ცნობილი გახდა 1305–08 წლებში "**დიდი ხელოვნების**" სწავლებით „*Ars magna*“. ლულის მიერ გამოგონილ მექანიზმს შეიძლება ვუწოდოთ ერთგვარი აპარატურის პროგრამა: მან შექმნა მექანიკური აპარატი ჭეშმარიტი წინადადებების კომბინაციური ფორმირებისთვის. ამრიგად, მთელი კოსმოლოგიური ცოდნის ფუნდამენტური ტერმინები და პრინციპები მდებარეობდა წრიული რგოლის კიდეზე. მეორე პატარა რგოლი, რომელიც იმეორებდა პირველს და ამატებდა რამდენიმე ტერმინს, დამაგრებულ იყო დიდ რგოლზე. ამ რგოლების უზრალოდ შემობრუნებით ავტომატურად იქმნებოდა ახალი პოზიციები და კომბინაციები, ახალი ჭეშმარიტებები, როგორც მათ უწოდებდა ლული. სულ 14 რგოლით, ლულს შეეძლო შეექმნა ნებისმიერი რთული სემანტიკური კომბინაცია, რომელიც ემსახურებოდა

როგორც ხელოვნების, ასევე მეცნიერების ლოგიკურ საფუძველს. სინამდვილეში, ამგვარად ბრწყინვალე ლულმა, შეძლო ღმერთის ყველა პოტენციური ატრიბუტის თანმიმდევრულად წაკითხვა - შესაძლებლობების გარკვეული ნაკრებიდან. ეს საინტერესოა, რადგან ლულის რგოლების ფორმალური ასპექტი, რომელიც ლოგიკას გამოგონების ხელოვნებად გარდაქმნის, არის მექანიზმი, რომელიც აერთიანებს ელემენტებს ყოველგვარი შინაარსის გარეშე.



სურ. 30. პირველი კომბინირებული
ფიგურა (რამონ ლული)

2. ჯონ ფონ ნოიმანი

ჩვენი თეორიისთვის საკმარისია ისტორიაში მოგზაურობა მანამ, სანამ პროგრამირება არ გახდა ელექტრონული მოწყობილობების პროგრამული უზრუნველყოფა. მიუხედავად იმისა, რომ არ გამოიყენებოდა ტერმინი "პროგრამირება", სწორედ მათემატიკოსმა **ჯონ ფონ ნოიმანმა** განავითარა პროგრამული უზრუნველყოფის პროგრამირების იდეა. ის ჯერ კიდევ ვითარდება, მით უმეტეს. თანამედროვე კომპიუტერებში. ამიტომ მან შემოიტანა ე.წ. ფონ ნეუმანის არქიტექტურა - სისტემის არქიტექტურაში შენახული პროგრამის კონცეფცია, რომლებშიც პროგრამები და მონაცემები მდებარეობდა ერთსა და იმავე ხელმისაწვდომ საცავში.

მისი გავლენიანი ტექსტები, რომელიც დაწერა 1947 წლიდან მის გარდაცვალებამდე 1957 წლამდე, უზრუნველყოფს პროგრამირების კონტექსტს მათემატიკასთან, ინჟინერიასთან, ნეირომეცნიერებასთან და გენეტიკასთან მიმართებით. მას ასევე შეუძლია გარკვეული წარმოდგენა მოგვცეს იმის შესახებ, თუ რა შეიძლება იყოს გაგებული გენერაციული დიზაინით. ეს ყველაფერი ფონ ნეიმანმა "ულტრა სწრაფი ავტომატური ციფრული გამოთვლითი სისტემის" განმარტებებში აღნიშნა.

გენერაციული დიზაინი არის ინოვაციური მიდგომა, რომელსაც აქვს პოტენციალი მოახდინოს რევოლუცია პროდუქციის, შენობების და სხვა სტრუქტურების შექმნის გზაზე. იგი აერთიანებს გამოთვლით ალგორითმებს, დიზაინის პრინციპებს და ადამიანი მიჰყავს რთული და უნიკალური გადაწყვეტილებების შექმნის საშუალებამდე. ის იყენებს ავტომატიზაციისა და ხელოვნური ინტელექტის დიდ ძალას დიზაინის სივრცის შესასწავლად, რაც საშუალებას აძლევს დიზაინერებს წინასწარ განსაზღვრულ მიზნებსა და შეზღუდვებზე დაყრდნობით, აღმოაჩინონ ახალი შესაძლებლობები და შეასრულონ დიზაინის ოპტიმიზაცია.

გენერაციული დიზაინის თეორიული საფუძვლები დაფუძნებულია კომპიუტერული მეცნიერების, მათემატიკის და ხელოვნ-

ნური ინტელექტის სფეროებში. ეს თეორიული საფუძვლები აუცილებელია იმის გასაგებად, თუ როგორ მუშაობს გენერაციული დიზაინი და როგორ შეიძლება მისი გამოყენება დიზაინის შესაქმნელად.

გენერაციული დიზაინი არის პრაქტიკაზე დაფუძნებული სფერო, თუმცა მისი ფუნქციონირება ეყრდნობა გარკვეულ თეორიულ ჩარჩოებს:

კომპლექსურობის თეორია (Complexity theory) - ის იკვლევს რთული სისტემების ქცევას, რომლებიც შედგენილია ურთიერთდაკავშირებული ელემენტებისაგან. გენერაციული დიზაინი ხშირად ეხება დიზაინის კომპლექსურ სივრცეებსა და სისტემებს, სადაც მცირე ცვლილებებმა შეიძლება გამოიწვიოს არაპროგნოზირებადი შედეგები. კომპლექსურობის გაგება და გააზრება ეხმარება დიზაინერებს მართონ ეს დინამიკური სისტემები და შექმნან ინოვაციური დიზაინები.

სისტემების თეორია (Systems Theory) - იკვლევს კავშირებსა და ურთიერთქმედებებს სისტემის კომპონენტებს შორის. გენერაციული დიზაინი განიხილავს დიზაინებს, როგორც სისტემებს, რომლებიც შედგებიან ურთიერთდაკავშირებული ელემენტებისაგან, რომელთაგან თითოეული გავლენას ახდენს ერთმანეთზე. სისტემური პერსპექტივის დანერგვით, დიზაინერებს შეუძლიათ უკეთ გაიგონ როგორ ახდენს გავლენას დიზაინის ერთი ნაწილის ცვლილება მთლიან სისტემაზე, რაც ეხმარება მათ დიზაინის ოპტიმიზაციისათვის.

ალგორითმული მიდგომა (Algorithmic Approach) - ალგორითმული მიდგომა გულისხმობს პრობლემების დაშლას უფრო მცირე, ალგორითმულად ამოხსნად კომპონენტებად. გენერაციული დიზაინი ეყრდნობა ალგორითმებს დიზაინის გენერირებისთვის და მანიპულირებისთვის წინასწარ განსაზღვრულ წესებსა და პარამეტრებზე დაყრდნობით. ალგორითმული მიდგომა საშუა-

ლებას აძლევს დიზაინერებს, რომ სწორი ფორმულირება გაუკეთონ დიზაინთან დაკავშირებულ პრობლემებს, ისე რომ შესაძლებელი იყოს კომპიუტერულად მათი მარტივი წვდომა.

ევოლუციური ბიოლოგია (Evolutionary Biology) - ევოლუციური ბიოლოგიის თეორია საშუალებას იძლევა ჩავწვდეთ ადაპტაციისა და ევოლუციის პროცესს ბუნებრივი სელექციის პროცესში. ევოლუციური ალგორითმები, წარმოადგენენ გენერაციული დიზაინის გულს რომლებიც შთაგონებულია ბიოლოგიური ევოლუციით და ფართოდ გამოიყენება გენერაციულ დიზაინში. ის იყენებს ევოლუციის პრინციპს დიზაინების შექმნისა და მათი გაუმჯობესების პროცესში, რასაც საბოლოო ჯამში მივყავართ დიზაინის საუკეთესო და ჩვენს გარემოსთან ყველაზე კარგად ადაპტირებულ ვარიანტთან. გენერაციული დიზაინი იყენებს ოპტიმიზაციის ტექნიკას დიზაინის შესაძლებლობების შესასწავლად და დახვეწისთვის. ევოლუციური ალგორითმების განმეორებითი გამოყენებით, დიზაინერებს შეუძლიათ აღმოაჩინონ არატრადიციული, არაინტუიციური გადაწყვეტილებები, რომლებიც შეიძლება შეუმჩნეველი იყოს ტრადიციული დიზაინის პროცესებში. ეს მიდგომა იძლევა უზარმაზარი დიზაინის სივრცის შესწავლის საშუალებას, რაც იწვევს მაღალეფექტურ, ესთეტიურად სასიამოვნო და ფუნქციონალურ დიზაინს. ეს მიდგომა ეფუძნება ბუნებრივი გადარჩევის პრინციპებს, სადაც საუკეთესო გადაწყვეტილებები ინახება და უმჯობესდება დროთა განმავლობაში. თითოეული დიზაინის ვარგისიანობა ფასდება წინასწარ განსაზღვრული მიზნებისა და შეზღუდვების საფუძველზე, რაც საშუალებას აძლევს ალგორითმს გადავიდეს ოპტიმალურ ან თითქმის ოპტიმალური გადაწყვეტილებებისკენ.

ეს მიდგომა განსაკუთრებით გამოსადეგია კომპლექსური დიზაინის პრობლემებისთვის, სადაც შეიძლება იყოს დიდი რაოდენობით გადაწყვეტილებების საშუალებები.

ბუნებრივი გადარჩევის ევოლუციური სისტემების მაგალითი წარმოადგენს აღნიშნული პროცესის კომპიუტერულ სიმულაციას. ამ მიდგომებმა ფართო გამოყენება ჰპოვა კომპიუტერულ ანიმაციასა და დიზაინში, აგრეთვე არქიტექტურაში, ინდუსტრიულ და საინჟინრო დაპროექტების ტექნოლოგიებში. მეთოდოლოგია დაფუძნებულია განზოგადებულ პარამეტრიზებულ მოდელების სპეციფიკაზე, რათა შესაძლებელი იყოს დიზაინერისთვის საინტერესო, შესაძლო შედეგების ფართო სპექტრით წარმოდგენა, რომელთა არჩევითობის რაოდენობის არსებობა წარმოადგენს დამპირიექტებლის ინტერესს. იმ შემთხვევაში, როდესაც არსებობს განსაზღვრული მიზანი, პარამეტრების სივრცეც უნდა მოიცავდეს საკმაოდ ფართო სპექტრს, რათა შევითხვა მოიაზრებდეს პროექტის განსაზღვრული შეზღუდვების შესაბამისი გადაწყვეტის გზების ალტერნატიულ პასუხებს. პირველ რიგში ფორმირდება „პოპულაციის“ პარამეტრების შემთხვევითი ნაკრები. შემთხვევითი პოპულაცია, შესაძლებელია ვიზუალურად წარმოედგინოს დამპროექტებელ-დიზაინერს. ამის შემდეგ, წარმოდგენილი ვარიანტებიდან დიზაინერის ესთეტიკური ხედვის და გემოვნების გათვალისწინებით შეირჩევა „ყველაზე უპრიანი“ პროექტის ვარიანტი, ისინი შეერწყმებიან ერთმანეთს, რომელიც წარმოქმნის პროექტის ახალ პოპულაციას, რომელიც მემკვიდრეობით მიიღეს წარმატებული „მშობლების“ თვისებები. ეს პროცესი ძალიან ჰგავს ფერით და გემოვნური თვისებების გათვალისწინებით ვაშლის სელექციას, თუმცა ორივე თვისება სუბიექტურია და შეფასებულია ადამიანის მიერ.

არსებობს ამ ევოლუციური პროცესის გამოყენების ალტერნატიული გზაც, რომლის დროსაც „შეგუების“ ფუნქცია ცალსახად, შეიძლება იყოს კოდირებული დიზაინერ-დამპროექტებლის მიერ. მაგალითად, კონსტრუქტორი ეძებს ყველაზე მსუბუქ და იაფფასიან ავტომობილის საბურავების კომპლექტს. აღნიშნული „შეგუების“ ფუნქცია დაკოდირებულია

ევოლუციურ სისტემაში, კომპიუტერი ავითარებს საბურავების პოპულაციის წარმატებულ სტრუქტურირებას, ადამიანის შემდგომი ჩართულობისგან დამოუკიდებლად. იქ სადაც, მოთხოვნადია განსაზღვრული ესთეტიკური ღირებულებების მატარებელი კრეატიული პროექტები, მეტად პრაქტიკულია ინტერაქციული ევოლუციის წინამდებარე მეთოდი. კომპიუტერმა რომ იმუშაოს, მოითხოვება მუდმივად ადამიანის ჩართულობა, რაც აუცილებელი დაბრკოლებაა, რადგან ძნელია ისეთი სუბიექტური თვისებების აღქმას, როგორიცაა „სილამაზე“, „სიმახინჯე“ და ა.შ.

კომპლექსური ადაპტაციური სისტემები (Complex Adaptive Systems (CAS)) - კომპლექსური ადაპტაციური სისტემების თეორია იკვლევს თუ როგორ ადაპტირდებიან და აორგანიზებენ საკუთარ თავს მრავალი ინტერაქციული ნაწილისგან შემდგარი სისტემები, რათა უპასუხონ გარემოში არსებულ ცვლილებებს. გენერაციული დიზაინი დიზაინის შექმნის პროცესს განიხილავს, როგორც კომპლექსურ ადაპტაციურ სისტემას, სადაც დიზაინერები, ალგორითმები და სხვა კომპონენტები ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან და ვითარდებიან დროთა განმავლობაში. CAS - ის პრინციპების გაგება ეხმარება დიზაინერებს, რომ შექმნან ადაპტური და გამძლე გენერაციული დიზაინის სისტემები.

გენერაციული დიზაინის ერთ-ერთი მთავარი თეორიული საფუძველია გამოთვლითი **კრეატიულობის** კონცეფცია. ეს გულისხმობს კომპიუტერების გამოყენებას ახალი და კრეატიული შედეგების შესაქმნელად, როგორიცაა დიზაინის გადაწყვეტილებები. გამოთვლითი კრეატიულობა ემყარება იდეას, რომ კომპიუტერები შეიძლება დაპროგრამდეს ადამიანის შემოქმედების სიმულაციისთვის, ალგორითმების გამოყენებით, რომლებიც შექმნილია ახალი და მოულოდნელი შედეგების შესაქმნელად.

და ბოლოს, გენერაციული დიზაინის თეორიული საფუძვლები ასევე ეფუძნება **რთული სისტემების** თეორიის პრინციპებს. ეს თეორია ემყარება იმ აზრს, რომ რთული სისტემები, როგორცაა ეკოსისტემები ან ეკონომიკა, შედგება მრავალი ურთიერთდაკავშირებული ნაწილისგან, რომელთა პროგნოზირება ან კონტროლი რთულია. გენერაციული დიზაინის კონტექსტში, ეს თეორია ვარაუდობს, რომ დიზაინის პროცესი არის რთული სისტემა, რომლის ოპტიმიზაცია შესაძლებელია ალგორითმების გამოყენებით, რომლებიც სიმულაციას უკეთებენ დიზაინის სხვადასხვა ელემენტებს შორის ურთიერთქმედებას.

ამგვარად გენერაციული დიზაინის თეორიული საფუძვლები აუცილებელია იმის გასაგებად, თუ როგორ მუშაობს დიზაინის ეს მიდგომა და როგორ შეიძლება მისი გამოყენება დიზაინის ვარიანტების შესაქმნელად და შესაფასებლად. როგორც აღვნიშნეთ ეს საფუძვლები ეყრდნობა გამოთვლითი კრეატიულობის, ევოლუციური ალგორითმების, მანქანათსწავლების, პარამეტრული დიზაინისა და რთული სისტემების თეორიის პრინციპებს. ამ პრინციპების გაგებით, დიზაინერებს შეუძლიათ შექმნან უფრო ინოვაციური და ოპტიმიზებული დიზაინი, რაც გამოიწვევს უკეთეს პროდუქტებს, შენობებს და სხვა სტრუქტურებს.

ეს თეორიული ჩარჩოები ხსნის გენერაციული დიზაინის ძირეულ პრინციპებსა და დინამიკას. მათი კონცეფციების ინტეგრირება გენერაციულ დიზაინის პრაქტიკაში საშუალებას აძლევს დიზაინერებს შეიმუშავონ და დახვეწონ დიზაინის შექმნის მეთოდოლოგიები.

გენერაციულ დიზაინზე საუბრისას ასევე მხედველობიდან არ უნდა გამოგვრჩეს კომპანიები, რომლებმაც ყველაზე დიდი წვლილი შეიტანეს მისი შექმნის პროცესში. ერთ-ერთი ასეთი არის Autodesk-ი, რომელიც გახლავთ ინჟინერიისა და დიზაინის სოფტის ერთ-ერთი მთავარი მწარმოებელი და მათ შორისაა გენერაციული დიზაინის ხელსაწყო: Autodesk Fusion 360, სწორედ ის გამოიყენეს ზემოთ მოყვანილი WHILL - ის ეტლის ბატარეის ქეისის

შესაქმნელად. მათ მიერ შექმნილი სოფტი საშუალებას აძლევს ინჟინრებსა და დიზაინერებს, რომ აღმოაჩინონ დიზაინის ალტერნატივები და გენერაციული ალგორითმების გამოყენებით ავტომატიზება გაუკეთონ დიზაინის შექმნის პროცესს. ამ სფეროში კიდევ ერთი წამყვანი კომპანიაა Dassault Systèmes, რომელიც მომხმარებლებს სთავაზობს პროგრამულ გადაწყვეტილებებს პროდუქტის დიზაინის, სიმულაციისა და წარმოებისთვის, ესენია CATIA და SOLIDWORKS-ის პლატფორმები.

რომ შევაჯამოთ, გენერაციულ დიზაინს აქვს დიდი შესაძლებლობები და პოტენციალი, რადგან მან გარდაქმნა და კვლავაც გარდაქმნის სპეციალისტების მიდგომებს დიზაინის, ინჟინერიისა და წარმოების მიმართ. გენერაციული დიზაინის მომავალი მოიცავს მოწინავე ტექნოლოგიებთან ინტეგრაციას, რათა დაიხვეწოს და შეიქმნას მდგრადობასა და თანამშრომლობაზე ორიენტირებული მიდგომები. ამ ტენდენციების განვითარებით, მოსალოდნელია, რომ გენერაციულმა დიზაინმა მოახდინოს რევოლუცია დიზაინის პრაქტიკაში და გზა გაუხსნას ინოვაციებს სხვადასხვა ინდუსტრიაში.

3.2 გენერაციული დიზაინის მეთოდები

გენერაციული დიზაინი არის დიზაინების შექმნის ინოვაციური მეთოდი, რომელიც იყენებს ალგორითმებსა და ხელოვნურ ინტელექტს, რათა ავტომატურად დააგენერიროს კონკრეტული დიზაინის მრავალი ვარიანტი მომხმარებლის მოთხოვნების გათვალისწინებით. მან ჩაანაცვლა დიზაინის შექმნის ტრადიციული მეთოდები, სადაც დიზაინერები თავიანთი ხელით და საკუთარი ინტუიციით ქმნიდნენ ახალ ან უკვე არსებული დიზაინის ვარიანტებს. დიზაინერებსა და ინჟინერებს გენერაციული დიზაინის პროგრამულ უზრუნველყოფაში შეყავთ დიზაინთან დაკავშირებული ინფორმაცია, ასევე ისეთი პარამეტრები, როგორიცაა შესრულების ან სივრცითი მოთხოვნები, მასალები, წარმოების მეთოდები და ხარჯების შეზღუდვები, გენერაციული

დიზაინი კი ამ ინფორმაციაზე დაყრდნობით სწრაფად აგენერირებს დიზაინის ალტერნატივებს. ეს პროცესი ინტერაქციულია, რაც გულისხმობს შექმნილი დიზაინის განმეორებით გადახედვას, ანალიზსა და შესწორებას, მანამ სანამ ავტორი არ მივა საბოლოო სასურველ შედეგამდე. მაშინ როდესაც ტრადიციული დიზაინის შექმნის პროცესი საჭიროებს ბევრ გადახედვას, უკუკავშირს, ინტერაქციას და ხანდახან ყველაფრის თავიდან დაწყებას, გენერაციული დიზაინი კი დასაწყისშივე სთავაზობს დიზაინერებს ათასობით ვარიანტს და საშუალებას აძლევს მათ აირჩიონ სასურველი შაბლონი.

სწრაფად მზარდ და ცვალებად სამყაროში, სადაც ყოველდღიურად მრავალი სხვადასხვა პროდუქტი იქმნება, გენერაციულ დიზაინს დიდი როლი აკისრია, ვინაიდან ის საგრძნობლად ამარტივებს დიზაინის შექმნის პროცესს. გენერაციული დიზაინი საშუალებას აძლევს დიზაინერებს აღმოაჩინონ დიზაინის მრავალფეროვანი სივრცეები, ასევე სწრაფი ინტერაქციის პროცესის წყალობით განავითარონ და გააუმჯობესონ თავიანთი იდეები. იგი იყენებს ალგორითმებსა და გამოთვლით მოდელებს, მითითებულ კრიტერიუმებზე დაყრდნობით გადაწყვეტილებების ოპტიმიზაციისთვის. ასევე საგრძნობლად ამცირებს მასალების გამოყენებას, ნარჩენების წარმოქმნას და ზოგავს ენერგიისა და რესურსების მოხმარებას. ის საშუალებას აძლევს დიზაინერებს მიაღწიონ საუკეთესო შედეგს, მინიმალური დანახარჯით და გარემოსთვის მინიმალური ზიანის მიყენებით. გენერაციული დიზაინი ასევე კონკრეტული მოთხოვნებისა და შეზღუდვების მითითებით, ხელს უწყობს და ამარტივებს პერსონალიზებული დიზაინების შექმნას, რომლებიც აკმაყოფილებს ინდივიდუალური მომხმარებლების უნიკალურ საჭიროებებსა და მოთხოვნებს. კიდევ ერთი დადებითი მხარე, რომელიც გენერაციულ დიზაინს გააჩნია არის ის, რომ იგი იძლევა სხვადასხვა დისციპლინებს შორის თანამშრომლობის საშუალებას. მათ შორის არიან დიზაინერები, ინჟინრები, პროგრამისტები, რომლებიც მუშაობენ

ერთად და კოლექტიურად, ჰოლისტურად წყვეტენ პრობლემებს, რაც პროცესს ძალიან ეფექტურსა და ნაყოფიერს ხდის.

რაც შეეხება გენერაციული დიზაინის მეთოდებს, ის იყენებს სხვადასხვა ინოვაციურ მიდგომასა და საშუალებას. ასეთია მაგალითად **ალგორითმული დიზაინი**, რაც გულისხმობს დიზაინერების მიერ ისეთი **ალგორითმების** შექმნას, რომლებიც წინასწარ მიყვებიან განსაზღვრულ წესებსა და პარამეტრებს დიზაინების დასაგენერირებლად. ეს ალგორითმები ქმნიან დიზაინის მრავალ ალტერნატივას.

კიდევ ერთი მეთოდი, **პარამეტრული მოდელირება**, გულისხმობს გეომეტრიული ობიექტებისა და მათი მიმართებების განსაზღვრას პარამეტრების გამოყენებით. დიზაინერებს შეუძლიათ დაარეგულირონ ეს პარამეტრები, რათა სწრაფად შექმნან დიზაინის სხვადასხვა ვარიანტები. მისი საშუალებით ასევე შესაძლებელია ინტეგრაციის პროცესის სწრაფად განხორციელება.

გენერაციული დიზაინი, დიზაინის სივრცის სისტემატურად შესასწავლად ასევე იყენებს პარამეტრულ მოდელირებას. პარამეტრებისა და შეზღუდვების დიაპაზონის განსაზღვრით, დიზაინერებს შეუძლიათ სწრაფად შექმნან მრავალი დიზაინის გამოცდები. ეს პროცესი მათ ეხმარებათ გამოავლინონ მოულოდნელი დიზაინის გადაწყვეტილებები და პარამეტრებს შორის ურთიერთობების უფრო ღრმა გაგების უზრუნველყოფა, რაც იწვევს დიზაინის ოპტიმიზაციას.

გენერაციულ დიზაინში ასევე გამოიყენება **გამოთვლითი მოდელირება** (Computational Modeling), რომელიც დიზაინის ალტერნატივების შესაფასებლად იყენებს სიმულაციისა და ანალიზის ტექნიკებს შესრულების კრიტერიუმებზე დაყრდნობით, როგორცაა სტრუქტურის მთლიანობა, თერმული ეფექტურობა ან აეროდინამიკური მახასიათებლები. ეს მიდგომა დიზაინერებს საშუალებას აძლევს ოპტიმიზაცია გაუკეთონ დიზაინს და მიიღონ ინფორმირებული გადაწყვეტილებები.

გენერაციული დიზაინი ასევე ეყრდნობა **მანქანური სწავლე-**ბის პრინციპებს, იგი შეიძლება გამოყენებულ იქნას დიზაინის ვარიანტების შესაქმნელად და შესაფასებლად კონკრეტული კრიტერიუმების საფუძველზე, როგორცაა ღირებულება ან მასალის გამოყენება. ეს მიდგომა დიზაინერებს საშუალებას აძლევს სწრაფად და ეფექტურად გამოიკვლიონ შესაძლებლობების ფართო სპექტრი, რაც განაპირობებს უკეთეს დიზაინს და უფრო ინოვაციურ გადაწყვეტილებებს. ასევე აქტიურად ხდება **მანქანური სწავლე-ბისა და ხელოვნური ინტელექტის** ინტეგრირება. ამ ტექნოლოგიებს შეუძლიათ ისწავლონ არსებული დიზაინებიდან და მომხმარებლის გამოხმაურებიდან, რათა დამოუკიდებლად მიიღონ გადაწყვეტილებები ახალი დიზაინის შექმნის შესახებ. მათ შეუძლიათ ოპტიმიზაცია გაუკეთონ დიზაინს შესწავლილ შაბლონებზე დაყრდნობით. დიზაინის სივრცის გამოკვლევით გენერაციული დიზაინი ასევე დიზაინერებს საშუალებას აძლევს აღმოაჩინონ პრობლემის გადაჭრისა და დიზაინის შექმნის განსხვავებული, არატრადიციული მეთოდები და გადალახონ შესაძლებლობის საზღვრები. დიზაინის ალტერნატივების დიდი რაოდენობის შექმნით და შეფასებით, დიზაინერებს შეუძლიათ გამოავლინონ ინოვაციური იდეები და გააუმჯობესონ დიზაინის შესრულების პროცესი. მთლიანობაში შეიძლება ითქვას, რომ გენერაციული დიზაინის მეთოდებმა რევოლუცია მოახდინეს დიზაინის შექმნის პროცესში. ის აძლიერებს ადამიანის კრეატიულობას და ინტუიციას გამოთვლითი ხელსაწყოებითა და ალგორითმებით. ეს მეთოდები დიზაინერებს საშუალებას აძლევს დანერგონ ინოვაციები და შექმნან სასურველი პროდუქტი სხვადასხვა ინდუსტრიისთვის სწრაფად და ეფექტურად, რაც ტრადიციული გზებით რთულად წარმოსადგენი იყო.

გენერაციული დიზაინი მჭიდროდ თანამშრომლობს 3D ბეჭდვასთანაც. მისი ალგორითმები ხშირად ქმნიან ისეთ ფორმებს რომელთა დამზადება ძვირი ან თუნდაც შეუძლებელია წარმოების ჩვეულებრივი ტექნოლოგიებით. წარმოების გაუმჯობესებული

ხელსაწყოები კი როგორიცაა 3D ბეჭდვა, ასეთ დროს ეფექტური მეთოდია. ის წარმოადგენს მოქნილ, სწრაფ საშუალებას, სამგანზომილებიანი, მაღალი გარჩევადობის დიზაინის მოდელის შესაქმნელად და მნიშვნელოვნად ზოგავს ფულად რესურსებს. რამდენადაც 3D ბეჭდვის ღირებულება მცირდება და იზრდება მასალების მრავალფეროვნება, ის სულ უფრო პრაქტიკული ხდება მცირე და საშუალო მოცულობის ნაწილების შესაქმნელად. მაგალითად ელექტრომობილების მწარმოებელმა იაპონურმა კომპანია Whill - მა განიზრახა უფრო პორტატული მოტორიზებული ინვალიდის ეტლის შექმნა მისი ყველაზე მძიმე ნაწილის, ბატარეის ქეისის, წონის შემცირებით. გენერაციული დიზაინის დახმარებით WHILL-ის ინჟინრებმა შექმნეს ახალი დიზაინი, რომელმაც ბატარეის ქეისის ზომა 40%-ით შეამცირა. პროდუქტის შექმნაზე მომუშავე ჯგუფმა გამოიყენა წარმოების ახალი პროცესი, რათა დიზაინი გაეცოცხლებინათ. მათ დიზაინი დაყვეს ოთხ ნაწილად, რათა მარტივად შეძლებოდათ მისი მოთავსება 3D პრინტერში და დაბეჭდეს ეს ნაწილები Castable Wax Resin მასალით. ბოლოს კი მათი დახმარებით შექმნეს ყალიბები, რომლის საშუალებითაც ჩამოასხეს უკვე მეტალის ნაწილები. საბოლოო ჯამში, გუნდმა მიაღწია მნიშვნელოვან შედეგს შიდა 3D ბეჭდვისა და გენერაციული დიზაინის კომბინირებით, რითიც WHILL - მა შეამცირა ინვალიდის ეტლის წარმოების საბოლოო ღირებულება პროდუქტში ნაწილების მთლიანი რაოდენობის შემცირებით. პრაქტიკიდან, გენერაციული დიზაინისა და 3D ბეჭდვის თანამშრომლობის ამსახველი კიდევ მრავალი მაგალითის მოყვანა შესაძლებელია.

გენერაციული დიზაინი აყალიბებს მნიშვნელოვან ეთიკურ მოსაზრებებს, რომლებიც დიზაინერებმა უნდა გაითვალისწინონ. როდესაც ალგორითმები ქმნიან და აფასებენ დიზაინის ალტერნატივებს ავტონომიურად, ჩნდება კითხვები დიზაინერის როლის შესახებ შემოქმედებით პროცესში. ეთიკური საზრუნავი მოიცავს

ალგორითმებში ჩადებულ მიკერძოებებს, ანგარიშვალდებულებას დიზაინის შედეგებზე.

დიზაინერებმა უნდა უზრუნველყონ, რომ გენერაციული დიზაინის პროცესები იყოს გამჭვირვალე, გახსნილი და თავისუფალი მიკერძოებისგან, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს სოციალური უთანასწორობა. ისინი აქტიურად უნდა ჩაერთონ ალგორითმებთან, კრიტიკულად შეაფასონ გენერირებული დიზაინი და შეინარჩუნონ კრეატიული აზროვნება მთელი პროცესის განმავლობაში. დიზაინერის როლი მხოლოდ შექმნის შემდგომ გადადის ალგორითმული სისტემის თანამშრომლად.

3.3 გენერაციული დიზაინის მეთოდოლოგია

გენერაციული დიზაინის მეთოდოლოგია მოიცავს პარამეტრების ან შეზღუდვების კომპლექტის დაყენებას, რომლებსაც პროგრამული უზრუნველყოფა იყენებს პოტენციური დიზაინის სპექტრის გენერირებისთვის და შესაფასებლად. პროცესი, როგორც წესი, მოიცავს ოთხ ძირითად ნაბიჯს:

1. პრობლემის განსაზღვრა: ეს გულისხმობს კონკრეტული დიზაინის პრობლემის იდენტიფიცირებას, რომელიც უნდა გადაიჭრას და პარამეტრების და შეზღუდვების დაყენებას, რომლებსაც პროგრამული უზრუნველყოფა გამოიყენებს პოტენციური გადაწყვეტილებების გენერირებისა და შესაფასებლად.
2. დიზაინის ვარიანტების გენერირება: პრობლემისა და პარამეტრების განსაზღვრის შემდეგ, პროგრამული უზრუნველყოფა წარმოქმნის დიზაინის ვარიანტების სპექტრს ამ პარამეტრებზე დაყრდნობით. ეს ჩვეულებრივ კეთდება ალგორითმების გამოყენებით, რომლებიც ქმნიან და აფასებენ დიზაინებს კონკრეტული კრიტერიუმების საფუძველზე, როგორიცაა წონა, სიძლიერე ან ღირებულება.
3. დიზაინის ვარიანტების შეფასება: შემდეგ პროგრამული უზრუნველყოფა შეაფასებს დიზაინის თითოეულ ვარიანტს პრ-

ობლემის განსაზღვრაში მოცემულ კონკრეტულ კრიტერიუმებზე დაყრდნობით. ეს შეიძლება მოიცავდეს სიმულაციების გაშვებას ან სხვა ტესტებს იმის დასადგენად, თუ რამდენად აკმაყოფილებს თითოეული დიზაინი სასურველ მიზნებს.

4. დიზაინის დახვეწა: შეფასების შედეგების საფუძველზე, დიზაინერს შეუძლია დახვეწოს დიზაინი, რათა მივიდეს ოპტიმალურ გადაწყვეტამდე.

გენერაციული დიზაინის გამოყენების პრაქტიკა დანერგილია ფართო სპექტრში, მათ შორის **არქიტექტურაში, ინჟინერიაში, პროდუქტის დიზაინსა და წარმოებაში**. თითოეულ ამ სფეროში, გენერაციული დიზაინი გამოიყენება პოტენციური დიზაინის გადაწყვეტილებების სწრაფად და ეფექტურად შესაქმნელად და შესაფასებლად.

არქიტექტურაში გენერაციული დიზაინი გამოიყენება რთული შენობების დიზაინის შესაქმნელად, რომლებიც ოპტიმიზირებულია ენერგოეფექტურობის, მასალის გამოყენებისა და სხვა ფაქტორებისთვის.

ინჟინერიაში: გენერაციული დიზაინი შეიძლება გამოყენებულ იქნას მსუბუქი, მაღალი წარმადობის სტრუქტურების დასაპროექტებლად, როგორცაა თვითმფრინავები და ავტომობილების ნაწილები, ან მექანიკური სისტემების მუშაობის ოპტიმიზაციისთვის, როგორცაა ტუმბოები და ტურბინები.

პროდუქტის დიზაინში გენერაციული დიზაინი გამოიყენება მსუბუქი და ეფექტური პროდუქტების შესაქმნელად, რომლებიც აკმაყოფილებენ შესრულების სპეციფიკურ კრიტერიუმებს. ის შეიძლება გამოყენებულ იქნას სამომხმარებლო პროდუქტების შესაქმნელად, როგორცაა ავეჯი და სახლის ავეჯი, ისეთი ფაქტორების ოპტიმიზაციისთვის, როგორცაა ერგონომიკა, მასალები და წარმოების პროცესები.

წარმოებაში, გენერაციული დიზაინი გამოიყენება წარმოების პროცესების ოპტიმიზაციისა და ნარჩენების შესამცირებლად.

თითოეულ ამ სფეროში, გენერაციული დიზაინის გამოყენებას აქვს პოტენციალი მნიშვნელოვნად დააჩქაროს დიზაინის პროცესი და შექმნას უფრო ინოვაციური და ოპტიმიზირებული გადაწყვეტილებები.

სამრეწველო დიზაინში: გენერაციული დიზაინს შეუძლია შექმნას რთული, მაღალი ხარისხის პროდუქტები, როგორცაა სამედიცინო აღჭურვილობა და სამრეწველო აღჭურვილობა.

რობოტიკაში: გენერაციული დიზაინი შეიძლება გამოყენებულ იქნას რობოტიკაში რობოტების და სხვა ავტომატიზირებული სისტემების დიზაინისა და მუშაობის ოპტიმიზაციისთვის.

მაგალითად, მანქანათმშენებლობაში გენერაციული დიზაინისთვის, პირველ რიგში, აუცილებელია პროგრამული უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური მოთხოვნების ანალიზი და სისტემაში შეტანა. შემდეგი, უნდა მიეთითოს ობიექტის საწყისი ზოგადი სტრუქტურა მისი პარამეტრების შემზღუდველი მნიშვნელობებით. შემდეგ, ობიექტის ტოპოლოგიის ოპტიმიზაციის პროგრამული უზრუნველყოფა აფასებს საწყის სტრუქტურას, მითითებულ მოთხოვნებს და ითვლის დატვირთვას თითოეული ობიექტის ვარიაციისთვის. სისტემა პირობითად არღვევს საწყის მოდელს მრავალ უჯრედად, ათავსებს ამ მოდელზე სხვადასხვა მასალის ტექნოლოგიურ მახასიათებლებს და ამის გათვალისწინებით გამოთვლის დატვირთვას, რომელსაც ობიექტი იღებს; გარკვეულ შემთხვევებში აშორებს არაფუნქციურ უჯრედებს. შემდეგად, ავტორმა რათა აირჩიოს ყველაზე შესაფერისი ვარიანტი, ვიზუალურად უნდა შეადაროს ისინი ერთმანეთს ესთეტიკისა და გამოყენების სიმარტივის თვალსაზრისით. ამავდროულად, მომავალი დიზაინის ტექნიკური მახასიათებლები დაუყოვნებლივ გამოჩნდება ეკრანზე და ასევე არის შესაძლებლობა შედარდეს პროდუქტების გარეგნობა სხვადასხვა პროექციებში. ოპტიმიზაცია მანქანათმშენებლობის გენერაციულ დიზაინში ითვლის მრავალი დიზაინის ვარიანტს ერთდროულად.

გენერაციულ დიზაინს აქვს მრავალი უპირატესობა დიზაინის ტრადიციულ მეთოდებთან შედარებით, მათ შორის:

გაუმჯობესებული კრეატიულობა და ინოვაციურობა: გენერაციულის დიზაინი დიზაინერებს საშუალებას აძლევს გამოიკვლიონ დიზაინის მრავალი ვარიანტი, რაც გამოიწვევს უფრო კრეატიულ და ინოვაციურ გადაწყვეტილებებს.

გაუმჯობესებული ეფექტურობა და სიჩქარე: გენერაციული დიზაინი ავტომატიზირებს მრავალ განმეორებით დავალებებს, რომლებიც დაკავშირებულია დიზაინის პროცესთან, ზოგავს დროს და ზრდის ეფექტურობას.

უკეთესი ოპტიმიზაცია და შესრულება: გენერაციული დიზაინი იყენებს ალგორითმებს დიზაინის გადაწყვეტილებების ოპტიმიზაციისთვის, რომელიც ეფუძნება კონკრეტულ კრიტერიუმებს, როგორიცაა წარმადობა, მასალები და წარმოების პროცესები, რაც იწვევს მთლიანი წარმადობის და ფუნქციონირების ზრდას.

თანამშრომლობის გაფართოება. გენერაციული დიზაინი საშუალებას იძლევა გაუმჯობესებული თანამშრომლობა დიზაინერებს, ინჟინრებს და სხვა დაინტერესებულ მხარეებს შორის, რაც უზრუნველყოფს უფრო ინტეგრირებულ და ეფექტურ დიზაინის პროცესს.

გაუმჯობესებული მრავალფეროვნება და ინკლუზიურობა: გენერაციული დიზაინი უფრო მეტი დიზაინის ვარიანტების შესწავლის საშუალებას იძლევა, რაც გამოიწვევს უფრო მრავალფეროვან და ინკლუზიურ დიზაინის პროცესს, რომელიც უკეთ დააკმაყოფილებს მომხმარებელთა ფართო სპექტრს.

გაუმჯობესებული მასშტაბურობა: მას შეუძლია სხვადასხვა მასშტაბის პროდუქტებისა და სისტემების ოპტიმიზაცია, მცირე სამომხმარებლო პროდუქტებიდან ფართომასშტაბიან ინფრასტრუქტურულ პროექტებამდე.

მდგრადობის გაუმჯობესება: იგი ასრულებს პროექტების ოპტიმიზაციას, რათა ხელი შეუწყოს მდგრადობას, შეამციროს

ნარჩენები, გააუმჯობესოს ენერგოეფექტურობა და შეამციროს გარემოზე ზემოქმედება.

გენერაციული დიზაინი არის ძლიერი ინსტრუმენტი, რომელსაც შეუძლია რეგულაცია მოახდინოს დიზაინის პროცესში და გამოიწვიოს უკეთესი, უფრო ეფექტური და ინოვაციური დიზაინის გადაწყვეტილებები. დიზაინის პროცესის ავტომატიზაციისა და გამარტივების უნარი მას იდეალურ ინსტრუმენტად აქცევს დიზაინერების, ინჟინრებისა და მწარმოებლებისთვის, რომლებიც ცდილობენ გააუმჯობესონ მიღებული დიზაინის შედეგები.

გენერაციულ დიზაინს ბევრი უპირატესობას გააჩნია, მაგრამ ასევე გასათვალისწინებელია რამდენიმე პოტენციური უარყოფითი მხარე, მათ შორის:

ტექნოლოგიებზე დამოკიდებულება: გენერაციული დიზაინი დიდწილად ეყრდნობა ტექნოლოგიებს, მათ შორის ალგორითმებს და პროგრამულ უზრუნველყოფას და, შესაბამისად, დაუცველია ტექნიკური პრობლემების მიმართ, როგორცაა პროგრამული შეცდომები ან თავსებადობის პრობლემები.

შეზღუდული კონტროლი: გენერაციული დიზაინი ხშირად გულისხმობს დიზაინის პროცესზე გარკვეული კონტროლის პროგრამულ უზრუნველყოფაზე გადაცემას, რაც იწვევს დიზაინს, რომელიც სცილდება დიზაინერის ხედვას ან მიზნებს.

მაღალი ღირებულება: პროგრამული უზრუნველყოფა შეიძლება იყოს ძვირი და მოითხოვს სპეციალიზებულ უნარებსა და ცოდნას, რაც მას მიუწვდომელს ხდის მრავალი დიზაინერისთვის და ინჟინრისთვის.

შეზღუდული გაგება: გენერაციული დიზაინი შედარებით ახალი სფეროა. ბევრ დიზაინერს და ინჟინერს შეიძლება დასჭირდეს ალგორითმებისა და პროცესების უფრო ღრმა გაგება, რაც გამოიწვევს შეზღუდვებს დიზაინის კონფიგურაციისა და ოპტიმიზაციისას.

ტექტილური უკუკავშირის ნაკლებობა: გენერაციული დიზაინი, როგორც წესი, ეყრდნობა კომპიუტერულ მოდელირებას, რომელიც შეიძლება შეზღუდული იყოს დიზაინერისთვის შეხების, მოძრაობის ან სხვა ფიზიკური უკუკავშირის მიწოდებით.

ადამიანის ჩარევის საჭიროება: მიუხედავად იმისა, რომ გენერაციული დიზაინი ავტომატიზირებს დიზაინის პროცესის ბევრ ასპექტს, ის მაინც მოითხოვს ადამიანის ჩარევას დიზაინის შეფასებისთვის და დაზუსტებისთვის.

მიუხედავად პოტენციური ნაკლოვანებებისა, გენერაციული დიზაინი მაინც ღირებული ინსტრუმენტია დიზაინერებისა და ინჟინრებისთვის, სთავაზობს ბევრ სარგებელს, რომელსაც შეუძლია გააუმჯობესოს დიზაინის პროცესი და გამოიწვიოს უკეთესი შედეგები.

გენერაციული დიზაინის ტექნოლოგიის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ინდუსტრიული დიზაინერი ან ინჟინერი იტვირთავს ტექნიკურ მოთხოვნებს და პროექტის პარამეტრებს პროგრამაში, ხოლო კომპიუტერი ამუშავებს მიღებულ ინფორმაციას და წარმოქმნის ასობით გადაწყვეტას. ადამიანს, თავისი ფიზიკური შესაძლებლობებიდან გამომდინარე, უბრალოდ არ ძალუძს ასეთი რამ. ამავდროულად, ალგორითმი არ მუშაობს ფუნდამენტურად ახალი იდეებით. ის გთავაზობთ საუკეთესო ვარიანტებს იმის საფუძველზე, რაც უკვე გამოიგონა ადამიანმა. მათგან დიზაინერმა ან ინჟინერმა უნდა აირჩიოს საუკეთესო.

"გენერაციული დიზაინის დახმარებით ჩვენ შეგვიძლია ვუთხრათ "არა" რუტინას", - ხაზს უსვამს მაქსიმ ჩაშჩინი, 2050.LAB დიზაინის სტუდიის დირექტორი. მას ეთანხმება მთავარი დიზაინერი ალექსეი შარშაკოვი. მისი თქმით, ახალი ტექნოლოგიების გამოყენება მუშაობაში აქცენტს ცვლის. დიზაინერის ან ინჟინრის როლი იცვლება: ის სულ უფრო და უფრო ფიქრობს არა თავად დავალებაზე, არამედ იმაზე, თუ როგორ დააყენოს იგი აპარატის წინ.

შარშაკოვის თქმით, ტექნოლოგია ვერ ჩაანაცვლებს ადამიანის შრომას ან ინტელექტს. კომპიუტერი მხოლოდ საშუალებას გაძლევთ დაალაგოთ მრავალი ვარიანტი "ნაპირზე". არ არის საჭირო ნაწილის დამზადება, ჩატვირთვა, მასზე ბევრი მასალის, ძალისხმევისა და დროის დახარჯვა. „შემოქმედების ელემენტი ადამიანის მხარეზე რჩება“, დასძენს ჩაშჩინი.

3.4 ანაწყოების თვითორგანიზაცია

თვითორგანიზებადი სისტემები შედგება დიდი რაოდენობის, შედარებით მარტივი ავტონომიურ-დამოუკიდებელი კომპონენტებისაგან, რომლებიც ერთიანდებიან მასშტაბური არტეფაქტების შექმნისთვის ან ერთმანეთთან ურთიერთქმედებით ახდენენ დასმული ამოცანის კოლექტიურ გადაწყვეტას. თვითანაწყოების სიმულაციის ერთ-ერთ შესაძლებლობას წარმოადგენს ქცევის იმიტაცია. მოდელირებისა და კონსტრუირების უტირიზებული მაგალითისთვის განვიხილოთ ქიმიური ელემენტების ურთიერთქმედება, რომელიც გულისხმობს დიდი რაოდენობის მარტივი ქიმიური ელემენტების სხვადასხვაგვარ ურთიერთკავშირს - ბმას, რომლებიც ზედაპირების მიზმის წერტილების ადგილმდებარეობის მიხედვით, ებმიან ერთმანეთს სხვადასხვა კონფიგურაციით მიზიდულობის და განზიდვის კანონების შესაბამისად. თუ კი ბმის ყველა წესი და ელემენტის ფორმა კარგად არის გააზრებული დამპროექტებლების მიერ, ელემენტების ურთიერთქმედების წესების გათვალისწინებით სახეაზეა თვითანაწყოების, განსხვავებული სტრუქტურის მატარებელი ანაწყოების შექმნის პროცესი. ამგვარი მოდელები წარმოადგენენ სუპერმოდელულური ქიმიის და ნანოტექნოლოგიების საფუძველს. პრაქტიკაში, დამპროექტებლისათვის საკმოდ რთულია ვირტუალური ელემენტების თვითანაწყოებისთვის, საჭირო ეფექტური წესების გამოყენება. გარდა ამისა, ამგვარი სისტემების მოდელირებისათვის საჭირო პროგრამული უზრუნველყოფა შესაძლებელია იყოს

საკმაოდ რთული და უზარმაზარი. იმ დროს, როდესაც ბიოლოგიურ დიზაინში თვითაწყობა წარმოადგენს ბუნებრივ მოვლენას (ფაქტიურად ეს თვისება არის ბიოლოგიური ორგანიზმების სიცოცხლიუნარიანობის განმსაზღვრელი მახასიათებელი), ადამიანის დიზაინერულ საქმიანობაში ჯერ კიდევ მოგვიწევს მოვაქციოთ და მოვირგოთ სისტემები ჩვენს სასარგებლოდ. არტეფაქტების შექმნისთვის თუ კი, დიზაინიერი წარმატებით დაეუფლება გენერაციული დიზაინის და პროექტირების ხერხებს, მაშინ პარალელური დაპროექტების და წარმოების ყველაზე მძლავრი და წარმოუდგენელი შესაძლებლობების ინსტრუმენტი შეიქმნება.

არსებობს ზემოთ აღწერილი თვითორგანიზებადი სისტემებისგან განსხვავებული სისტემები, რომლებიც თანამედროვე ტოქნოლოგიებში შესაძლებელია მეტად წარმატებულად იყოს გამოყენებული. ეს სისტემები, როგორც წესი შედგება მარტივი და სუსტად დაკავშირებული ელემენტებისაგან, რომლებსაც ხშირად მოიხსენიებენ როგორც აგენტებს. მათ გააჩნიათ თავისუფალი კავშირის (შეკავშირება-ბმის) თვისებები გარემო პირობებიდან გამომდინარე (სხვა, აგენტის ელემენტების მსგავსად). თუ განვიხილავთ ან გავიხსენებთ ჭიანჭველების ქმედებაზე დაკვირვებით შექმნილ გენეტიკურ ალგორითმს, უშუალოდ ბუდის მშენებლობის ასპექტში, მათ მცდელობას საკვების ძებნისას, გაასუფთავონ ნაგვისგან ბუდე, რომელიც კონკრეტულად დაკავშირებულია საცხოვრისის მშენებლობასთან ან მტაცებლების დაფრთხობასთან, ეს ასპექტები წარმოადგენენ „პრობლემის განაწილებული გადაწყვეტილების“ საინტერესო მაგალითს. ამ სისტემაში, არც ერთ, ცალკე აღებული ჭიანჭველას არ გააჩნია სრული ინფორმაცია ბუდეზე, მის აგებულებასა და მომსახურებაზე. ამის მაგივრად, თითოეული ჭიანჭველა დაკავებულია საკუთარი ყოველდღიური საქმიანობით და მხოლოდ ერთიანი კოლონია წყვეტს

იმ პრობლემებს, რომლებსაც ისინი აწყდებიან საკუთარი თავის გადასარჩენად.

სხვა ბიოლოგიური პრობლემები, რომელიც ბუნებამ ამგვარად გასაწყვიტა, მოიცავს ჯოგებად დიდი რაოდენობის ცხოველების კოორდინირებულ გადაადგილებას, ჯოგის ჩამორჩენლი ცხოველების მტაცებლის ხელში ჩაგდებას, ფუტკრების კოლონიების მიერ ნექტრის ძიებას, ციცინათელების მოციმციმე ქცევის სინქრონიზაციას.

3.5 გენერაციული ლინგვისტიკა (ბიბლიოთეკა)

გენერაციული ლინგვისტიკის მიდგომები დაფუძნებულია ბიბლიოთეკაზე, რომელიც მოიაზრებს სიმბოლოების სტრიქონებისა და პროექტირების პროცესში მყოფ არტეფაქტის ან მის შემადგენელ კომპონენტებს შორის შესაბამისობას. სტრიქონში, სიმბოლოები შეირჩევა შესაძლო სიმბოლოების „ბიბლიოთეკიდან“. ეს სიმბოლოები წარმოადგენენ დასაპროექტებელი არტეფაქტის უშუალო ელემენტებს. ალტერნატიული გადაწყვეტის ჭრილში, ისინი შეიძლება მოიცავდნენ არტეფაქტის შექმნისთვის საჭირო ინსტრუქციებს, რომელიც შემდგომში უნდა შესრულდეს ფიზიკური მანქანის ან კომპიუტერის მეშვეობით. სისტემა სათავეს იღებს სიმბოლოების საწყისი სტრიქონიდან - აქსიომებიდან. ასევე აუცილებელია წესების ნაკრების შემუშავება. წესები, დისკრეტულ დროით ინტერვალში, განსაზღვრავენ, თუ როგორ უნდა ჩანაცვლდეს ინდივიდუალურად თითოეული ბიბლიოთეკის სიმბოლო სხვა სიმბოლოების ნაკრებით. სისტემა იწყებს აქსიომით და წესების შესაბამისი დაცვით ცვლის მის თითოეულ სიმბოლოს, იმისთვის რომ შეიქმნას ახალი სიმბოლოების სტრიქონი. შემდეგ, ახალ სტრიქონში თითოეული სიმბოლო ჩანაცვლდება მომდევნოთი - წესების შესაბამისად და ა.შ. სტრიქონების ერთმანეთზე გადაწერის ამგვარი პროცესი მიმდინარეობს მანამ,

სანამ, მისი აგებისათვის არ მოიძებნება სტრიქონი, რომელიც იქნება ე.წ. დამასრულებელი სტრუქტურა ან ინსტრუქცია.

აგრეთვე, შემუშავებულია სიმბოლოებზე დაფუძნებული ალტერნატიული ბიბლიოთეკის სისტემები, რომელიც არსებული წესების დაცვით, ახდენს სტრუქტურაში ფიგურების ჩანაცვლებას დამატებით ფიგურების ნაკრებით. ფორმების ბიბლიოთეკამ გამოყენება ჰპოვა არქიტექტურასა და დიზაინში, აგრეთვე მათ ანალიზში.

თავი IV

4.1 ევროპის ქვეყნებში და ამერიკის შეერთებული შტატებში გამოყენებული თანამედროვე დიზაინის მიმოხილვა

გენერაციული დიზაინი არის ახალი მიდგომა, რომელიც იყენებს ალგორითმებს და მანქანათმცოდნეობას ოპტიმიზებული და ეფექტური მოდელის შესაქმნელად. ეს არის დიზაინის რევოლუციური მიდგომა, რომელმაც პოპულარობა მოიპოვა ბოლო წლებში, განსაკუთრებით ევროპის ქვეყნებში და აშშ-ში.

დიზაინის ამ მიდგომას აქვს მნიშვნელოვანი პოტენციალი, მოახდინოს რევოლუცია არქიტექტურისა და ინჟინერიის სფეროში. მისი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი უპირატესობა არის უნარი იმისა, რომ შექმნას ეფექტური და მდგრადი შენობების დიზაინი. ევროპაში, სადაც მდგრადობა და ენერგოეფექტურობა მოსახლეობისთვის მნიშვნელოვანია, ეს მიდგომა პოპულარობას იძენს არქიტექტორებს შორის, რომლებიც იყენებენ მას სხვადასხვა არსებული ნახაზების ვარიანტების შესასწავლად და შენობის ოპტიმიზებული დიზაინის შესაქმნელად. მაგალითად, ლონდონში ერთ-ერთმა არქიტექტურულმა ფირმამ „Foster+Partners“, გამოიყენა გენერაციული დიზაინის მეთოდები, ლონდონში კომპანია „Bloomberg“-ის შტაბ-ბინის სტრუქტურული სისტემის შესაქმნელად. ეს პროექტი ითვალისწინებს მინიმალური რაოდენობის მასალის გამოყენებას და სტრუქტურული მთლიანობის შენარჩუნებას, ნახშირბადის გამონაბოლქვის და დაბინძურების 73%-ის შემცირებით. ანალოგიურად, გერმანულმა არქიტექტურულმა ფირმამ „Bollinger + Grohmann“-მა გამოიყენა გენერაციული დიზაინი შენობის სტრუქტურული სისტემის შესაქმნელად. თანამედროვე სისტემამ არქიტექტორებს საშუალება მისცა შეემცირებინათ საჭირო მასალის რაოდენობა 20%-ით და შეექმნათ შენობა, რომელიც ქმნის ისეთ ილუზიას თითქოს ის მიწის ზემოთ ცურავს. გენერაციული დიზაინი ასევე გამოიყენება

შენობების ინოვაციური და უნიკალური ფასადების შესაქმნელად. მაგალითად, ავსტრიულმა არქიტექტურულმა ფირმამ, „Coop Himmelbau“-ამ, მიუნხენში BMW Welt-ისთვის გამოიყენა ფასადის შესაქმნელად, რომელიც ბამავს ბუნებაში არსებულ ფორმებს. ფასადი აძლიერებს მზის სხივების მიერ შექმნილ სინათლეს და ამცირებს სითბოს მიღებას, რის შედეგადაც შენობა არის ენერგოეფექტური და ვიზუალურად თვალშისაცემი. არქიტექტურაში გამოყენების გარდა, გენერაციული დიზაინი ასევე იძენს პოპულარობას ინჟინერიაში. ევროპის ინდუსტრიები, რომლებიც აწარმოებენ აერონავტიკას,⁴⁰ ავტომობილებებს და სამომხმარებლო საქონელს, იყენებენ გენერაციულ დიზაინს ოპტიმიზებული პროდუქტების შესაქმნელად. მაგალითად, „Airbus“-მა გამოიყენა ეს მიდგომა, რათა შეექმნა საჰაერო ხომალდის გამყოფი კედელი, რომელიც 45%-ით მსუბუქია, ვიდრე ტრადიციული დიზაინით შექმნილი და ამავდროს ინარჩუნებს იგივე სიმტკიცეს. ანალოგიურად, „BMW“ გამოიყენა გენერაციული დიზაინი თავისი i3⁴¹ ელექტრომობილისთვის მსუბუქი, ოპტიმიზირებული ბორბლის რგოლის შესაქმნელად.

აღსანიშნავია, რომ თანამედროვე გენერაციულმა დიზაინმა ასევე პოპულარულობა მოიპოვა ამერიკის შეერთებულ შტატებში. ერთ-ერთი სფერო, სადაც აქტიურად გამოიყენება ეს მიდგომა შეერთებულ შტატებში, არის არქიტექტურა. მაგალითად, ნიუ-იორკში არქიტექტურულმა ფირმამ, „Kohn Pedersen Fox Associates (KPF)“, გამოიყენა გენერაციული დიზაინი მანჰეტენში ჰადსონ ეარდის განვითარების სტრუქტურული სისტემის შესაქმნელად. სისტემა ოპტიმიზებულია ეფექტურობისა და მოქნილობისთვის, რაც იძლევა სამომავლოდ ცვლილებების შეტანის საშუალებას და ამცირებს პროექტის დროსა და ხარჯს. წარმოების ინდუსტრიაში,

⁴⁰ ჰაერზე მსუბუქი აპარატებით ფრენის თეორია და პრაქტიკა.

⁴¹ BMW i3 არის ელექტრომობილი, რომელიც წარმოებულია გერმანული ბრენდის BMW-ს მიერ 2013 წლიდან 2022 წლამდე.

გენერაციული დიზაინი გამოიყენება მსუბუქი და ოპტიმიზირებული ნედლეულის შესაქმნელად. მრავალეროვნულმა კონგლომერატმა, „General Electric (GE)“, გამოიყენა გენერაციული დიზაინი რეაქტიული ძრავის კომპონენტების შესაქმნელად. მისი ნაწილები იყო 25%-ით მსუბუქი და ჰქონდათ 5-ჯერ მეტი ვარგისიანობის ვადა, არსებულ დიზაინებთან შეარებით, რის გამოც კომპანიამ დაზოგა მილიონობით დოლარი წარმოების დროს. ასევე, საავტომობილო კომპანიები, როგორიცაა „General Motors“ და „Ford“, იყენებენ გენერაციულ დიზაინს თავიანთი მანქანებისთვის ოპტიმიზებული კომპონენტების შესაქმნელად. მაგალითად, ფორდმა გამოიყენა გენერაციული დიზაინი მანქანის ბატარეის ლითონის სამაგრის პროტოტიპის შესაქმნელად. სამაგრი 50%-ით მსუბუქია და 30%-ით იაფია მისი წარმოება არსებულ დიზაინთან შედარებით, რომელიც საჭიროებდა მრავალი ნაწილის ერთად შედუღებას. გენერაციული დიზაინი ასევე გამოიყენება ჯანდაცვის ინდუსტრიაში სპეციფიური სამედიცინო მოწყობილობების შესაქმნელად. მაგალითად, აშშ-ში დაფუძნებულმა კომპანიამ Continuum გამოიყენა გენერაციული დიზაინი სქოლიოზით დაავადებული ბავშვისთვის ხეხემალზე მოსარგები ბრეკეტის შესაქმნელად. ბრეკეტი დამზადებულია იმისთვის, რომ უზრუნველყოს ბავშვის ხერხემლის მაქსიმალური გამყარება თანაც იყოს კომფორტული და იძლეოდეს მოძრაობის შესაძლებლობას.

გამოყენებული ლიტერატურა

- Ross W. Ashby, An Introduction to Cybernetics, London 1956
- Gregory Bateson: Steps of an Ecology of Mind, Chicago 1972
- Wolfgang Ernst: Barocke Kombinatorik als Theorie-Maschine, www.medienwissenschaft.hu-berlin.de 2003
- Boris Groys: Über das Neue, Frankfurt/ Main 1999
- John Holland: Games and Numbers, in: Emergence, John Holland, Cambridge/Massachusetts 1998
- W. Künzel/ Peter Bexte, Allwissen und Absturz. Der Ursprung des Computers, Frankfurt/Main 1993
- Stanislaw Lem: Die Philosophie des Zufalls (Polish original 1975), Frankfurt/Main 1983
- John von Neumann/ Oscar Morgenstern: Theory of Games and Economic Behavior (1953), Princeton 1970
- Jasia Reichardt (ed.): Cybernetics, Art and Ideas, Greenwich 1997
- Willian J. Mitchell Computer-Aided Architectural Design/ Petrocelli / Charter, New York, 1977.
- Дё Ю.С. Тектоника и генеративный дизайн / Дё Ю.С., Кремлёв А.Ю. // Молодёжь и современные информационные технологии: сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Томск, 2016. т. 2. с. 203–204.
- Generative Design: Visualize, Program, and Create with Processing / Bohnacker Hartmut, Gross Benedikt, Abrams, 2012.
- Абрагин А.В. Генетический алгоритм обучения искусственных нейронных сетей // Потенциал современной науки. Липецк, 2015. № 8 (16). С. 8–11.
- Creo Generative Design Extension [Электронный ресурс]. URL:<https://www.ptc.com/fr/technologies/cad/generative-design>.
- GenoTyp [Электронный ресурс]. URL: https://interaktivegestaltung.net/genotyp/flashdetect_content.html.
- Platonic solids in the modern era [Электронный ресурс]. URL: <https://trendland.com/platonic-solids-in-the-modern-era/>.

