

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მ. თუმეშვილი ქ. ავალიშვილი

კომპიუტერული გრაფიკა და ვიზუალიზაცია

(II ნაწილი)

თბილისი – 2013

“კომპიუტერული გრაფიკისა და ვიზუალიზაციის“ მეორე ნაწილში დეტალურად განიხილება რასტრული გრაფიკის მნიშვნელოვანი საკითხები – რასტრული სივრცის განზოგადებული მოდელი, ფერთა არხები და ფენები, რასტრულ გამოსახულებათა გარდაქმნები და სხვ. განხილულია ასევე ვექტორული გრაფიკის რედაქტორებთან მუშაობის ძირითადი პრინციპები, გრაფიკული ფაილების პოპულარული ფორმატები და კომპიუტერული გრაფიკის ტექნიკური საშუალებები როგორცაა ციფრული კამერა, სკანერი, მონიტორი, პრინტერი და სხვ.

სახელმძღვანელოს ერთი თავი დათმობილი აქვს სამგანზომილებიან კომპიუტერულ გრაფიკას, სადაც განხილულია 3D საყაროს ეკრანზე ასახვის ხერხები და 3D გრაფიკულ რედაქტორებთან მუშაობის ძირითადი უნარები. განხილულია ასევე ისეთი აქტუალური საკითხები, როგორცაა ადამიანი –კომპიუტერის ურთიერთქმედება (HCI) და ვირტუალური რეალობა. აღნიშნულია, რომ კომპიუტერული გრაფიკა განიხილება, როგორც ინსტრუმენტი და ძირითადი საკომუნიკაციო საშუალება, რომელიც უზრუნველყოფს ძლიერ ურთიერთკავშირს ადამიანსა და კომპიუტერს შორის. სახელმძღვანელოს ბოლო თავში საუბარია ვირტუალურ რეალობაზე, რომელიც მოდელურ სამგანზომილებიან 3D გარემოს წარმოადგენს, და განხილულია ასევე ვირტუალური რეალობის თანამედროვე ტექნოლოგიები.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტის სტუდენტებისა და ამ დარგში მომუშავე სპეციალისტებისათვის ასევე შეიძლება გამოიყენოს ანალოგიური სპეციალობის სხვა უმაღლესი სასწავლებლების სტუდენტებმაც.

რეცენზენტები: პროფ. მ. ანდლულაძე,

პროფ. თ. კაიშაური

შინაარსი

შესავალი	5
1. რასტრული გრაფიკა	6
1.1. რასტრული მოდელი და პიქსელთა მნიშვნელობები	7
1.2. გამოსახულება ნაცრისფერის ტონებში	8
1.3. სრულფერიანი გამოსახულება	10
1.4. რასტრული სივრცის განზოგადებული მოდელი	11
14.1. ფერთა არხები	12
14.2. ალფა-არხები	13
14.3. მრავალფენიანი გამოსახულება	15
14.4. კორექტირებადი ფენები	16
1.5. რასტრულ გამოსახულებათა გარდაქმნა	17
1.5.1. გამოსახულებათა ციფრული მახასიათებელი – ჰისტოგრამა	17
1.5.2. წერტილოვანი გარდაქმნები	21
1.5.3. ლოკალური გარდაქმნები, ფილტრები	22
1.5.4. გლობალური გარდაქმნები	25
2. გრაფიკული ინფორმაციის ფაილური წარმოდგენა	26
2.1. ციფრულ გამოსახულებათა წარმოდგენის ფორმები და მეთოდები.	27
2.2. ციფრულ გამოსახულებათა დამატებითი გარდაქმნები: კუმშვა და გაშლა	29
2.2.1. გამოსახულებათა კლასიფიკაცია მათი კუმშვადობის მიხედვით	29
2.2.2. კუმშვის ალგორითმების შეფასების კრიტერიუმები კუმშვადობის ხარისხის მიხედვით	30
2.2.3. კუმშვის ალგორითმები დანაკარგის გარეშე (RLE და LZW)	32
2.2.4. კუმშვის ალგორითმი დანაკარგით. JPEG ალგორითმი	35
2.3. გრაფიკული ინფორმაციის წარმოდგენა გრაფიკული ფაილების სახით.	37
2.3.1. რასტრული გრაფიკის ფორმატები	38
2.3.2. ვექტორული გრაფიკის ფორმატები	41
2.3.3. სხვა ფორმატები, რომელიც გრაფიკის ორივე სახეობას ითავსებს.	42

3. ვექტორული გრაფიკა	
3.1. ვექტორული გრაფიკის რედაქტორებთან მუშაობის ძირითადი ცნებები და პრინციპები	46
3.2. ვექტორული გრაფიკის ობიექტებისძირითადი თვისებები.	49
3.3. ვექტორული ილუსტრაციის სტრუქტურა	50
3.4. ვექტორული ილუსტრაციის ელემენტები და მათი ნაირსახეობა	52
4. კომპიუტერული გრაფიკის პროგრამული ინტერფეისი.	57
4.1. ვექტორული გრაფიკის რედაქტორები.	57
4.2. რასტრული გრაფიკის რედაქტორები.	61
5. სამგანზომილებიანი კომპიუტერული გრაფიკა.	63
5.1. რა არის 3D გრაფიკა და ანიმაცია?	63
5.2. სამგანზომილებიანი გრაფიკის დადებითი და უარყოფითი მხარეები.	64
5.3. რას წარმოადგენს სამგანზომილებიანი ობიექტი?	66
5.4. სამგანზომილებიანი სამყაროს ეკრანზე ასახვის ხერხები.	68
5.5. გრაფიკული რედაქტორი 3D Studio MAX -ის ინტერფეისის ძირითადი ობიექტები.	71
6. ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედება (HCI)	75
6.1. ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედების მიზნები და ამოცანები.	75
6.2. რა არის ინტერფეისი?	76
7. კომპიუტერული გრაფიკის ტექნიკური საშუალებები	78
7.1. გრაფიკული ინფორმაციის შეტანის მოწყობილობები	80
7.2. გრაფიკული ინფორმაციის გამოტანის მოწყობილობები	85
8. ვირტუალური რეალობა.	91
8.1. ვირტუალური რეალობის სისტემათა კლასიკური განმარტება	92
8.2. ვირტუალური რეალობის თანამედროვე ტექნოლოგიები	93
ლიტერატურა	100

შესავალი

სახელმძღვანელო „კომპიუტერული გრაფიკა და ვიზუალიზაცია“ პირველ ნაწილში, განხილულია კომპიუტერული გრაფიკისა და ვიზუალიზაციის ძირითადი საკითხები, მისი განვითარების ისტორია და გამოყენების სფერო, კომპიუტერული გრაფიკის ამოცანები და სტრუქტურა. აღწერილია კომპიუტერული გრაფიკის მიმართულებები – ვექტორული, რასტრული და ფრაქტალური გრაფიკა, მათი მუშაობის პრინციპები, ინფორმაციის წარმოდგენის ხერხები, ფრაქტალების აგების რეცეპტი და ამ მიმართულებათა დადებითი და უარყოფითი მხარეები. განხილულია ასევე კომპიუტერული გრაფიკის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი თემა ფერი და სინათლე, ფერთა თეორიის ელემენტები, გრასმანის კანონები, ფერთა მოდელები (*RGB, CMYK, Lab, HSB, Grayscale*), რეჟიმები და სხვ. განხილულია ასევე, სასწავლო კურსის ერთ-ერთი ძირითადი საკითხი – ვიზუალიზაცია, სადაც აღწერილია კომპიუტერული ვიზუალიზაციის სახეები, მოყვანილია სემიოტიკის ზოგიერთი განმარტებები, ვიზუალური ენა, მეტაფორა და კომპიუტერული ვიზუალიზაციის ძირითადი დებულებები. განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო კომპიუტერული გრაფიკის მათემატიკურ აპარატს, რაც გულისხმობს ანალიზური გეომეტრიის ელემენტებს, კოორდინატთა სისტემებს, ბრტყელი მრუდების წარმოდგენას, ბეზიეს მრუდებს, სპლაინებს, აფინურ გარდაქმნებს და სხვ.

სახელმძღვანელოს მეორე ნაწილში, შევეცდებით უფრო დეტალურად განვიხილოთ კომპიუტერული გრაფიკის ძირითადი მიმართულებები, კერძოდ რასტრული სივრცის განზოგადებული მოდელი, რასტრულ გამოსახულებათა გარდაქმნები, ვექტორული გრაფიკის რედაქტორებთან მუშაობის ძირითადი პრინციპები, გრაფიკული ფაილების პოპულარული ფორმატები და კომპიუტერული გრაფიკის ტექნიკური საშუალებები (ციფრული კამერა, სკანერი, მონიტორი, პრინტერი და სხვ.), რაც დაგვეხმარება გრაფიკის ამ სახეობებთან მუშაობაში.

განხილული იქნება ასევე სამგანზომილებიანი კომპიუტერული გრაფიკა – 3D საყაროს ეკრანზე ასახვის ხერხები და 3D გრაფიკულ რედაქტორებში მუშაობის ძირითადი უნარები. დღეისათვის აქტუალური საკითხია ასევე ადამიანი – კომპიუტერის ურთიერთქმედება (HCI) და ვირტუალური რეალობა, რადგან კომპიუტერული გრაფიკა განიხილება, როგორც ინსტრუმენტი და ძირითადი საკომუნიკაციო საშუალება, რომელიც უზრუნველყოფს ძლიერ ურთიერთკავშირს ადამიანსა და კომპიუტერს შორის, სადაც ერთ-ერთ მთავარ კომპონენტს ვირტუალური რეალობის სისტემა წარმოადგენს, რომელიც თავისმხრივ, მოდელურ სამგანზომილებიან 3D გარემოს უკავშირდება და იქმნება ძლიერი კომპიუტერული ტექნიკის და მაღალხარისხიანი 3D ვიზუალიზაციისა და ანიმაციის პროგრამული უზრუნველყოფის ბაზაზე.

1. რასტრული გრაფიკა.

1.1. რასტრული მოდელი და პიქსელთა მნიშვნელობები

თავდაპირველად გავიხსენოთ რასტრული გრაფიკის ძირითადი ცნებები. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გამოსახულების რასტრული წარმოდგენა უკავშირდება დისკრეტულ სიბრტყეს ან სივრცეს, რომელიც კვადრატული (პიქსელები) ან კუბური (ვოქსელები) უჯრებისგან შედგება. ყოველი ასეთი უჯრა შეიცავს ფერს, ხოლო მათი ერთობლიობა კი წარმოადგენს ციფრულ გამოსახულებას, რომელიც კომპიუტერში ინახება ციფრული კოდების ერთობლიობის სახით. ობიექტის კოდირება გულისხმობს ერთიანებით და ნულებით შევსებული ბიტური მატრიცის (bitmap) შექმნას, რომელიც სრულად აღწერს რასტრულ გამოსახულებას.

ჩვენი განხილვის თემა წარმოადგენს რასტრული სივრცის სტრუქტურა, მისი განზოგადოებული მოდელი და ის ძირითადი ოპერაციები, რომელიც მასზე შეიძლება ჩატარდეს. ეს თემა ძალიან მნიშვნელოვანია, რადგან ეს საშუალებას მოგვცემს ადვილად გავერკვეთ რასტრული გრაფიკის თანამედროვე პროგრამების ფუნქციებში და მათი ინსტრუმენტების მუშაობის პრინციპებში. რასტრული სივრცის გარდაქმნათა ძირითადი კლასების რაოდენობა არც ისე ბევრია, მაგრამ ამ გარდაქმნათა სინთეზი და ამავდროულად შესაბამისი პარამეტრებით ვარირება, ბადებს მხატვრული ეფექტების კოლოსალურ რიცხვს. ეს პროცესი არც თუ ისე მარტივია და გარკვეულ ყურადღებას ითხოვს, რადგან რასტრული გარდაქმნების ძირითადი პრინციპების ცოდნა საშუალებას გვაძლევს არა მარტო გავერკვეთ გრაფიკულ პროგრამათა შესაძლებლობებში, არამედ საშუალებას მოგვცემს შევქმნათ ახალი ეფექტები, მითუმეტეს, რომ თანამედროვე გრაფიკული პროგრამები (Photoshop) ამის საშუალებას იძლევა.

ერთი შეხედვით, რასტრი თითქოს მარტივი მოდელია, მაგრამ როგორც აღმოჩნდა მას უზარმაზარი ინფორმაციული ტევადობა გააჩნია. მაგალითად, თუ შევფასებთ იმ გამოსახულებათა რაოდენობას, რომელიც არც თუ ისე დიდი 256x256 რასტრული მატრიცით შეიძლება აღიწეროს, სადაც ყოველ რასტრს შეუძლია მიიღოს მხოლოდ ნაცრისფერი ფერის 32 მნიშვნელობა, აღმოჩნდება, რომ ამ ვარიანტების რიცხვი ასობით ათასი ნულით არის წარმოდგენილი ($32^{256 \cdot 256} = 32^{65536} = 10^{98645}$). იმისათვის რომ აღვიქვათ ამ პატარა რასტრული მატრიცის ტევადობა, წარმოვიდგინოთ ეს რიცხვი “ასი ათასი ნულით” და გავიაზროთ, რომ ეს არის, ამ მატრიცით წარმოდგენილი შესაძლო სურათების რაოდენობა.

გავიხსენოთ, ასევე რომ რასტრული გამოსახულების უმცირესი ელემენტი, ორგანოზომილებიან რასტრულ მატრიცაში, არის პიქსელი, რომელიც ფერით და ფერთა რეზოლუციით ან ფერის სიღრმით ხასიათდება. ერთი მხრივ, რაც მეტი ფერია მით უკეთესია სურათი. მეორე მხრივ – რაც მეტი ფერია მით მეტი მესხიერებაა საჭირო გამოსახულების შესანახად. ასე რომ უნდა ვეძებოთ კომპრომისი.

აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ თუ პიქსელი “ბევრია”, ხოლო სურათის ზომა კი – საკმაოდ “პატარა”, მაშინ გამოსახულება უწყვეტად ჩანს. ეს მახასიათებელი საშუალებას იძლევა მარტივად შევაფასოთ სურათის დამახსოვრებისთვის საჭირო მესხიერების რაოდენობა, მაგრამ გამოსახულების ვიზუალური აღქმის ხარისხის შეფასებისთვის ეს არ გამოდგება. ამიტომ საჭირო ხდება ისეთი მახასიათებლის შემოტანა, რომელიც შეაფასებს პიქსელების რაოდენობას ერთეულოვან ფართობზე, ანუ ციფრული გამოსახულების სივრცული რეზოლუცია.

ბიტური მატრიცა

უმარტივეს შემთხვევაში პიქსელს შეიძლება მიენიჭოს მხოლოდ ორი მნიშვნელობა 1 ან 0. მაგალითად, რასტრული მონიტორის შემთხვევაში 1-ანი განათებულ რასტრს შეესაბამება, ხოლო 0 – ჩაბნელებულს. რასტრული ინფორმაციის გამოტანის მოწყობილობებში, მაგალითად, ლაზერულ ან ჭავლურ პრინტერში, კი პირიქით 1 ნიშნავს დასმულ წერტილს, ხოლო 0 – ცარიელ ადგილს. პროგრამა Photoshop-ში ამ რეჟიმს უწოდებენ “bitmap”-ს. ასეთი ინფორმაციის შესანახად საკმარისია ერთი ბიტი, რის გამოც შემოვიდა “ბიტური მატრიცის” ცნება.

იმისათვის, რომ წარმოვიდგინოთ მესხიერების რა მოცულობაა საჭირო ამა თუ იმ გამოსახულების დასამახსოვრებლად, ჩავატაროთ მარტივი გამოთვლები. ვთქვათ გვაქვს ბიტური მატრიცა რომლის ზომაა 1024 X 768. ასეთი მატრიცის დამახსოვრებას სჭირდება $1024 * 768 = 786\,432$ ბიტი. ყოველ ბაიტში 8 ბიტია ე.ი. $786\,432 / 8 = 98\,304$ ბაიტი, ან $98\,304 / 1024 = 96$ კილობაიტმესხიერება.

1.2. გამოსახულება ნაცრისფერის ტონებში

განვიხილოთ ისეთი შემთხვევა, როდესაც პიქსელთა მნიშვნელობები მთელი რიცხვებია და გარკვეულ დიაპაზონში, 0-დან N-მდე იცვლება. რასტრული მოწყობილობების მუშაობის რეჟიმების შესაბამისად, ამ მნიშვნელობებს სხვადასხვა ინტერპრეტაცია აქვთ. თუ დისპლეი მონოქრომატულ რეჟიმში მუშაობს, მაშინ 0 შავ ფერს (ჩამქრალ პიქსელს) შეესაბამება, ხოლო N – თეთრს (პიქსელის მაქსიმალურ სიკაშკაშეს), შუალედური მნიშვნელობები კი ნაცრისფერის შუალედურ გრადაციებს (შავსა და თეთრს შორის) გულისხმობს. პროგრამა Photoshop –ში ამ რეჟიმს “GrayScale”-ს უწოდებენ და საკმაოდ ფართოდ იყენებენ ნაცრისფერის ტონებში წარმოდგენილი შავ-თეთრი გამოსახულების დამუშავებისას. ყველაზე ხშირად იყენებენ რეჟიმს, სადაც $N = 255$. ამ შემთხვევაში ყოველი პიქსელისთვის საჭიროა მესხიერების ერთი ბაიტი. თუმცა, უფრო კომპაქტური ფაილების მისაღებად, რიგ შემთხვევებში შეიძლება საკმარისი აღმოჩნდეს ნაცრისფერის გრადაციის უფრო ნაკლები რიცხვიც.

ბუნებრივია ისმის კითხვა, ნაცრისფერი ფერის რამდენი გრადაცია უნდა გამოვიყენოთ, რომ მონოქრომატული გამოსახულების ხარისხი მისაღები

აღმოჩნდეს? მაგალითად, ბუნებრივი გამოსახულებისთვის ხშირად საკმარისია ნაცრისფერის 64 ტონი. ნაცრისფერის 32 გრადაციის შემთხვევაში გამოსახულებაზე ოდნავ შესამჩნევი კონტურები ჩნდება გრადაციათა შორის გადასვლის ადგილებში. რაც შეეხება ნაცრისფერის 16 და 8 გრადაციას, აქ უკვე ჩნდება მკაფიო კონტურები და გამოსახულების ხარისხიც არადაამაკმაყოფილებელია. ამგვარად ნაცრისფერის 64 ტონი, უმეტეს შემთხვევაში, საკმარისია ბუნებრივი გამოსახულებისთვის, თუმცა მდოვრე გადასვლების მქონე სინთეზური გამოსახულებისთვის ზოგჯერ არა თუ 64, 128 გრადაციაც არ არის საკმარისი და საჭირო ხდება ნაცრისფერის 256 ტონის გამოყენება.

შევაფასოთ მესხიერების ზომა, რომელიც აუცილებელია ნაცრისფერი ფერის 256 ტონის მქონე გამოსახულების დასამახსოვრებლად. ყოველი პიქსელი 8 ბიტს ანუ 1 ბაიტს საჭიროებს. შესაბამისად ვლებულობთ $1024 * 768 = 786\ 432$ ბაიტს ან $786\ 432 / 1024 = 768$ კილობაიტს. როგორც ხედავთ ეს გაცილებით მეტ (8-ჯერ მეტ) მესხიერებას საჭიროებს, ვიდრე ბიტური მატრიცა.

ფერად გრაფიკულ რეჟიმში მუშაობისას, ვიდეოადაპტერი პიქსელის მთელრიცხვა მნიშვნელობებს განსაზღვრავს, არა როგორც ნაცრისფერის გრადაციას, არამედ როგორც ფერის ნომერს მოცემული პალიტრიდან. გავიხსენოთ ინდექსურ ფერთა რეჟიმი, როცა ვმუშაობთ არა რეალურ ფერებთან არამედ მოცემული პალიტრის ფერთა ნომრებთან (ინდექსთან). პროფესიონალურ გრაფიკაში ამ რეჟიმს ნაკლებად იყენებენ, თუმცა არსებობს ისეთი სიტუაციებიც როდესაც მას წარმატებით იყენებენ. მიზეზი ის არის, რომ ხშირად, 256 ფერის გამოყენებით შეიძლება მივიღოთ ნორმალური ხარისხის ეკრანული გამოსახულება და ამ დროს მესხიერებაში მხოლოდ გამოყენებულ ფერთა ინდექსების დამახსოვრება ხდება, რაც საკმაოდ მოსახერხებელია. ამავე დროს, ასეთი ფერადი გამოსახულების ერთ პიქსელს, მესხიერების მხოლოდ ერთ ბაიტი საჭიროდება. ასეთი წარმოდგენა მნიშვნელოვნად ამცირებს გრაფიკული ფაილების ზომას, რაც ძალიან მნიშვნელოვანია მათი გადაცემისას, მაგალითად ინტერნეტით.

შეფასება: თუ გამოვიყენებთ 256 ფერიან პალიტრას, მაშინ $1024 * 768$ გამოსახულების შესანახად, საჭირო იქნება მესხიერების იგივე ზომა რაც მონოქრომატული გამოსახულების შემთხვევაში – 768 კილობაიტი, თუ არ ჩავთვლით მესხიერების იმ მცირე ნაწილს, რაც პალიტრის შესანახად არის საჭირო.

1.3. სრულფერიანი გამოსახულება

განვიხილოთ “ჭეშმარიტად ფერადი” ანუ “სრულფერიანი” რასტრები. ასეთი გამოსახულების ყოველ პიქსელში ცხადი სახით ინახება ყველა ფერადი კომპონენტი. უფრო ხშირად ეს არის RGB სისტემის ძირითადი ფერების მნიშვნელობები – წითელი, მწვანე და ლურჯი. პოლიგრაფიაში ასევე ხშირად

იყენებენ სუბტრაქტულ სისტემას, როცა ყოველ პიქსელში ინახება CMYK სისტემის ოთხი კომპონენტი – ცისფერი, ალისფერი, ყვითელი და შავი. გავიხსენოთ ფერადი კომპონენტების წარმოდგენის ორი რეჟიმი Hi Color და True Color.

HiColor რეჟიმში, RGB სისტემის სამივე კომპონენტისთვის გამოყოფილია 16 ბიტი: 5 ბიტი წითელი ფერისთვის, 6 ბიტი მწვანე ფერისთვის და 5 ბიტი – ლურჯისთვის. ამრიგად, წითელი ფერის კომპონენტს შეუძლია მიიღოს $2^5 = 32$ მნიშვნელობა, მწვანეს – $2^6 = 64$ და ლურჯს – $2^5 = 32$. აქედან გამომდინარე, Hi Color რეჟიმში შეიძლება მივიღოთ სულ $32 * 64 * 32 = 65\,536$ ფერი. ჩვეულებრივ, ბუნებრივ გამოსახულებათა უმრავლესობისათვის (ციფრული ფოტო), ეს საკმარისია, მაგრამ ხელოვნური გამოსახულებისთვის ეს საკმარისი არ არის, ამ შემთხვევაში იყენებენ True Color რეჟიმს.

True Color რეჟიმში ყოველი ფერადი კომპონენტის წარმოდგენისთვის გამოყოფილია თითო ბაიტი, ე.ი. 8 ბიტი. ეს ნიშნავს, რომ ყოველი ფერის კომპონენტს შეუძლია მიიღოს 256 მნიშვნელობა. სულ ვდებულობთ $256 * 256 * 256 = 16\,777\,216$ ფერს. ეს არის 16 მილიონზე მეტი ფერის ტონი და ეს პრაქტიკულად ყველა რეალური სიტუაციისთვის საკმარისია.

ცხადია ფერადი სურათის ციფრული ინფორმაციის შენახვა Hi Color და True Color რეჟიმში უფრო მეტ მესხიერებას ითხოვს. კერძოდ, პიქსელთა $1024 * 768$ რასტრული მატრიცისთვის Hi Color რეჟიმში უკვე საჭირო ხდება თითქმის 1,5 მეგაბაიტი (1 მგ.ბაიტი – 1024 კილობაიტი, ხოლო 1 კილობაიტი – 1024 ბაიტი) მესხიერება, ხოლო True Color რეჟიმში კი – 2,25 მეგაბაიტი.

დღეს ეს ციფრები არც ისე დრამატულია, რადგან ბოლო წლებში ციფრულ გამოსახულებათა კუმშვის ძლიერი ალგორითმები შეიქმნა (მაგალითად, მეთოდი JPEG), რომელიც ფაილთა ზომის ათჯერ და ზოგჯერ ასჯერ კუმშვის საშუალებასაც იძლევა, რაც გამოსახულების დამახსოვრებისას მნიშვნელოვან შედეგათს გვაძლევს. რაც შეეხება ასეთ გამოსახულებასთან მუშაობას, უნდა აღვნიშნოთ, რომ ოპერატიული მესხიერების მიმართ მოთხოვნები ისევ მკაცრი რჩება, რადგან გრაფიკული რედაქტორები ჩვეულებრივ დაუარქივებელ მონაცემებთან მუშაობენ.

როგორც არა ერთხელ აღვნიშნეთ, ფერთა რეზოლუციით ხასიათდება იმ ფერთა ტონების რაოდენობა, რომელთა წარმოდგენაც არის შესაძლებელი ციფრულ გამოსახულებაში. რაც შეეხება ტერმინს *ფერის სიღრმე* (Color depth), რასაც ზოგჯერ ფერთა გადაცემის ხარისხსაც უწოდებენ, ის იმ მესხიერების ზომას განსაზღვრავს ბიტებში, რაც რასტრული გამოსახულების ან ვიდეოგამოსახულების ერთი პიქსელის ფერის წარმოდგენას და კოდირებას სჭირდება. ეს სიდიდე ხშირად აღიწერება ბიტების ან თანრიგების რაოდენობით ერთ პიქსელზე (*bits per pixel, bpp*).

ცხრილი 1-ში მოყვანილია გამოსახულების წარმოდგენის რეჟიმები, რომელსაც ჩვეულებრივ თანამედროვე კომპიუტერულ გრაფიკაში იყენებენ. ცხრილში მითითებულია აგრეთვე 1024X768 პიქსელი გამოსახულების დამახსოვრებისთვის საჭირო შესაბამისი მეხსიერების ზომა.

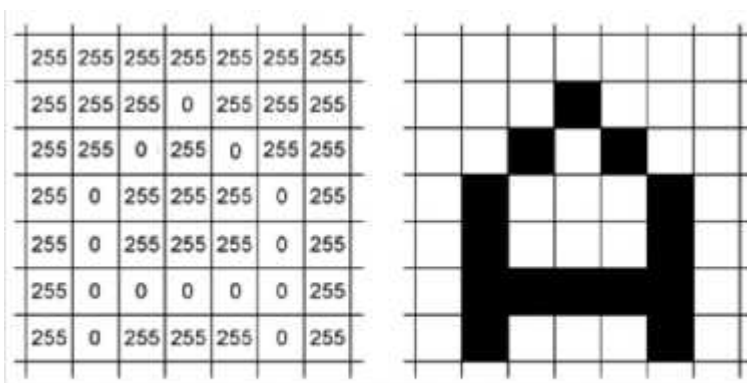
ცხრილი 1.

რეჟიმის დასახელება	ბიტი / პიქსელზე	მეხსიერების ზომა, 1024 X768 პიქს. გამოსახულების დამახსოვრებისთვის
ბიტური მატრიცა	1	96 კბ
გამოსახულება ნაცრისფერის ტონებში	8	768 კბ
ინდექსური ფერები	8	768 კბ
Hi Color რეჟიმი	16	1.5 მბ
True Color რეჟიმი	24	2.25 მბ

1.4. რასტრული სივრცის განზოგადებული მოდელი

საინტერესოა, როგორ არის მოწყობილი ციფრული გამოსახულება. ნაცრისფერის ტონებით წარმოდგენილი გამოსახულების მოდელი, ანუ მისი შინაგანი წარმოდგენა, საკმაოდ მარტივია. მეხსიერებაში ის შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც ბაიტების ორგანზომილებიანი მასივი, სადაც ყოველი ბაიტი შეესაბამება პიქსელს, რომელიც 0-დან 255-მდე მნიშვნელობებს ეფუძნება.

სურ.1 –ზე წარმოდგენილია ასეთი გამოსახულების ეკრანული სახე და მისი მატრიცული წარმოდგენა მეხსიერებაში.

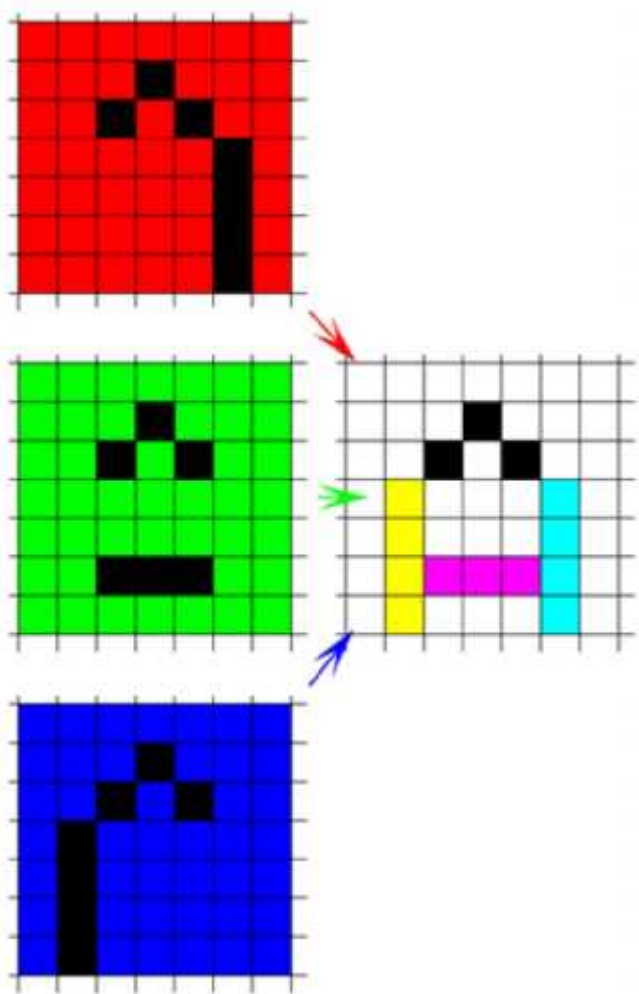


სურ.1. ნაცრისფერის ტონებში წარმოდგენილი გამოსახულების აღწერა მეხსიერებაში და ეკრანზე.

ასეთი სურათის რედაქტირება გულისხმობს მასივის ერთი ელემენტის (ან ჯგუფის, ე.ი. გამოყოფილი უბნის) მნიშვნელობის შეცვლას. ცხადია ამ ცვლილებებს პროგრამულ-აპარატული საშუალებები ავტომატურად ასახავენ ეკრანზე. შესაბამისად, ნაცრისფერის ტონებით წარმოდგენილი გამოსახულება შეგვიძლია აღვიქვათ, როგორც რიცხვითი მასივი, სადაც ეს ელემენტები 0-დან (შავი) 255-მდე (თეთრი) მნიშვნელობებს ღებულობენ.

1.4.1. ფერთა არხები

სრულფერიანი გამოსახულების განხილვა და მასთან მუშაობა გარკვეულსირთულეებს იწვევს. პროგრამა Photoshop-ში ასეთი გამოსახულების ყოველი პიქსელი წარმოდგენილია RGB მოდელის სამი რიცხვით, ან სამგანზომილებიანი ვექტორით ფერთა სივრცეში. ყოველი ფერადი კომპონენტი იცვლება 0-დან (მოცემული კომპონენტა არ არსებობს) 255-მდე (მოცემული კომპონენტის სიკაშკაშე მაქსიმალურია). უნდა აღვნიშნოთ, რომ ვექტორებთან მუშაობა არც ისე მოსახერხებელია, მითუმეტეს, როდესაც გაქვს არა ერთი ვექტორი, არამედ ფაქტობრივად ორგანზომილებიანი ვექტორთა ველი. ამასთან დაკავშირებით, პროგრამა Photoshop-ში საკმაოდ საინტერესო კონცეფცია შეიმუშავეს, რაც ე.წ. ფერადი არხების შემოტანას გულისხმობს. ასეთი მიდგომა ფერადი ციფრული გამოსახულების თვალსაჩინო წარმოდგენის საშუალებას იძლევა. ამ კონცეფციის თანახმად ციფრული გამოსახულება შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც სამფენიანი “ნამცხვარი”, რომლის ყოველი ფენა ბაიტური მატრიცაა. ეს მატრიცები ძალიან წააგავს ნაცრისფერის ტონებში წარმოდგენილი გამოსახულების აღწერას, მხოლოდ ერთი განსხვავებით – ეს ფენები შეესაბამება არა ნაცრისფერის გრადაციებს, არამედ ერთი, წითელი ფერის სიკაშკაშეს, მეორე – მწვანის, ხოლო მესამე – ლურჯი ფერის სიკაშკაშეს (სურ.2).

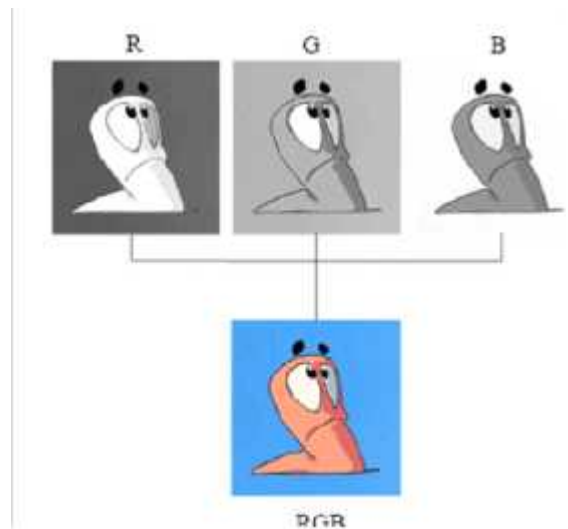


სურ. 2. RGB-ს ფერთა არხები

საბოლოოდ, სამი ასეთი ფერთა არხი, რომელიც თავისი სტრუქტურით ემთხვევა ნაცრისფერის ტონებში წარმოდგენილ გამოსახულებას, სრულიად ექვივალენტურია სრულფეროვანი გამოსახულებისა (სურ.3).

შესაძლოა გაჩნდეს კითხვა: "და რას გვაძლევს ეს?".

როგორც აღმოჩნდა, ეს მიდგომა ძალიან მოსახერხებელია ფერად გამოსახულებასთან პრაქტიკული მუშაობის დროს, განსაკუთრებით ფერთა კორექციის დროს. წარმოდგინეთ, რომ თქვენ შეგიძლიათ ყოველი ფერთა არხის დამოუკიდებლად რედაქტირება. თუ შევცვლით პიქსელის სიკაშკაშეს ერთ რომელიმე არხზე, შეიცვლება რეზულტატური გამოსახულების პიქსელთა ფერიც ე.ი. შესაძლებელია გამოსახულების ნებისმიერ წერტილში ყოველი ფერადი კომპონენტის შეცვლა დამოუკიდებლად.



სურ.3. RGB ფერთა არხები – ნაცრისფერის ტონებში და მათი კომბინაცია

ამგვარად, როგორც ვხედავთ, ნაცრისფერის ტონებში წარმოდგენილი ბაიტური რასტრული მატრიცით შეიძლება ავლწეროთ, როგორც ნაცრისფერი გამოსახულება, ისე ფერადი, მთავარია, რომ ასეთი მატრიცა იყოს სამი, რომლებიც შესაბამის ფერთა კომპონენტების სიკაშკაშეს გამოხატავენ.

1.4.2. ალფა-არხები

საინტერესოა, კიდევ რისი წარმოდგენა შეიძლება ბაიტური მატრიცით?

რასტრული გრაფიკის რედაქტორებში ფართოდ იყენებენ კიდევ ერთ ცნებას ე.წ. ალფა-არხებს (სურ.4), რაც ძალიან წააგავს ნაცრისფერის ტონებში წარმოდგენილ გამოსახულებას. ამ მატრიცის ყოველი ელემენტი ასევე 0-დან 255-მდე იცვლება, მაგრამ ამ

მნიშვნელობებს სხვაგვარი ინტერპრეტაცია აქვთ, ისინი აღნიშნავენ შეესაბამისი პიქსელების გამჭვირვალობის ხარისხს.



სურ.4. ალფა არხები

გრაფიკულ რედაქტორ Photoshop-ში ალფა-არხი განიხილება როგორც ფენა-მასკა. ამ ბაიტურ მატრიცაში მნიშვნელობა 0 შეესაბამება სრულიად გამჭვირვალე პიქსელებს, ხოლო 255 –

არაგამჭვირვალეს, ხოლო შუალედური მნიშვნელობები კი გამჭვირვალობის შუალედურ მნიშვნელობებს შეესაბამება.

მნიშვნელოვანია ის ფაქტიც, რომ ფენა-მასკები (ან ალფა-არხი) ისევე რედაქტირდება, როგორც ჩვეულებრივი ნაცრისფერი გამოსახულება. მაგალითად, შეგვიძლია ვხატოთ, ამოვჭრათ, მოვნიშოთ და სხვ. რაც საშუალებას მოგვცემს შევქმნათ საინტერესო მხატვრული ეფექტები, როგორცაა ერთი გამოსახულების მეორეში მდოვრედ გადასვლა ან ერთი გამოსახულების რაიმე ფრაგმენტის "გადატანა" მეორის ფონზე და სხვ.

1.4.3. მრავალფენიანი გამოსახულება

როდესაც რაიმე სურათს ვუყურებთ, ჩვენი ტვინი მას ანალიზებს და აზრობრივად ყოფს ფრაგმენტებად, გეომეტრიულ ფიგურებად და სხვა გრაფიკულ ობიექტებად. მაგალითად, თუ სურათზე გამოსახულია ადამიანის ფიგურა რაიმე ფონზე, მაშინ ადამიანი მომენტალურად გამოყოფს ამ ფიგურას ფონიდან ე.ი. ადამიანს შეუძლია გონებრივად "იმუშაოს" სურათზე აღბეჭდილი გამოსახულების ცალკეულ ობიექტებთან.

რაც შეეხება კომპიუტერს, მისთვის რასტრული გამოსახულება ერთი მთლიანი ობიექტია, იმის და მიუხედავად, რა არის მასზე გამოსახული. კომპიუტერი ვერ ანსხვავებს ადამიანს ფონისაგან. მისთვის არსებობს მხოლოდ სხვადასხვა ფრად შეღებილი პიქსელთა მასივები, ამიტომ რასტრულ გრაფიკასთან მუშაობისას კომპიუტერს უნდა მიუთითოდ კონკრეტულად რომელ პიქსელებთან გვინდა მუშაობა. რასტრული გრაფიკის ეს თავისებურება ხშირად სერიოზულ პრობლემებს ქმნის. მაგალითად, თუ გვინდა ოდნავ გავზარდოთ ან გადავაადგილოთ ადამიანის ფიგურა სურათზე, საჭირო იქნება ამ ფიგურის "მონიშვნა", ე.ი. პიქსელთა შესაბამისი არის გამოყოფა, და მხოლოდ ამის შემდეგ შევასრულოთ გადაადგილება.

რა დაემართება ფონს იმ ადგილას, სადაც ფიგურა იყო? ან რა მოხდება თუ "მონიშნულ" ფიგურას სხვა სურათზე გადავიტანთ?

პირველ შემთხვევაში ფიგურის ადგილი ცარიელი დარჩება და ფონი დაზიანდება. მეორე შემთხვევაში კი გადატანილი ფრაგმენტი "ჩაწებდება" ახალ სურათზე და მის ქვეშ მოქცეული ნაწილის აღდგენა შეუძლებელი გახდება. ცხადია კარგი იქნება, თუ რასტრულ გრაფიკაში იარსებებს რაიმე შუალედური ობიექტი, რომლის დამოუკიდებლად რედაქტირება იქნება შესაძლებელი. რასტრული გრაფიკის თანამედროვე პროგრამებში ამ პრობლემის გადაჭრა ე.წ. ფენების დამატებით ხდება. სურათის რედაქტირებისას, გამოსახულებაზე ოპერაციების ჩატარება სხვადასხვა ფენებზე ხდება, რის გამოც სურათის ორგინალი არ ზიანდება. ამგვარად,

მრავალფენიანი ციფრული გამოსახულება სურათის სხვადასხვა ფრაგმენტთა დასტას წარმოადგენს, რომელიც გამჭვირვალე ფუძეზეა განლაგებული (სურ.5).



სურ.5. მრავალფენიანი გამოსახულება

პროგრამა Photoshop-ში მრავალფენიანი გამოსახულების შესაქმნელად და მისი რედაქტირებისთვის უამრავი ბრძანება არსებობს (Layer). ყოველი ასეთი ფენა სრულიად დამოუკიდებელი გამოსახულებაა და პროგრამის ყველა ინსტრუმენტით რედაქტირებას ექვემდებარება. გარდა ამისა, ყოველ ფენას შეიძლება მივანიჭოთ გამჭვირვალობის გარკვეული ხარისხი, ან “მივაბათ” ალფა-არხი (ფენა-მასკა). ფენების ურთიერთქმედების ასეთი მოქნილი სქემა, მართლაც ძალიან ეფექტურია და საკმაოდ რთული გამოსახულებების სინთეზის საშუალებას იძლევა (სურ.6).



სურ.6. სინთეზური გამოსახულებები

1.4.4. კორექტირებადი ფენები

რასტრული გრაფიკის რედაქტორებში რეალიზებულია კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ელემენტი ე.წ. კორექტირებადი ფენა, რომელიც ისევ ბაიტურ მატრიცას უკავშირდება. ამ მატრიცის ყოველი ელემენტი ანალოგიურად იცვლება – 0-დან 255-მდე, მაგრამ ამ მნიშვნელობებს სრულიად განსხვავებული ინტერპრეტაცია აქვთ.

დაუშვათ, გვინდა გავზარდოთ გამოსახულების კონტრასტი ან სიკაშკაშე. ცხადია, რასტრული გრაფიკის რედაქტორებში არსებობს შესაბამის ბრძანებები, მაგრამ ხშირად გვხვდება სიტუაცია, როდესაც კონტრასტის შეცვლა მხოლოდ გამოსახულების ნაწილშია სჭიროა და თანაც სხვადასხვა ხარისხით. აღმოჩნდა რომ კორექტირებადი ფენების საშუალებით, შესაძლებელია ამის განხორციელება კორექტირებადი ფენები ფუნქციონირებს გრაფიკული რედაქტორების ოპერაციითა უმრავლესობისათვის. თუ კორექტირებადი ფენის ბაიტურ მატრიცაში პიქსელი 0-ის ტოლია, მაშინ ამ წერტილში ბრძანება არ მოქმედებს, ხოლო თუ 255-ის ტოლია, მაშინ ბრძანება მაქსიმალური ხარისხით სრულდება. პიქსელთა შუალედური მნიშვნელობები კორექტირებადი ფენებში, აღნიშნავს ბრძანების ერთგვარი შუალედური ხარისხით შესრულებას. კორექტირებადი ფენები ისევე რედაქტირდება, როგორც გამოსახულების სხვა ჩვეულებრივი ფენები და მოქმედებს ყველა იმ ფენაზე რომელიც ამ ფენის ქვემოთაა მოთავსებული.

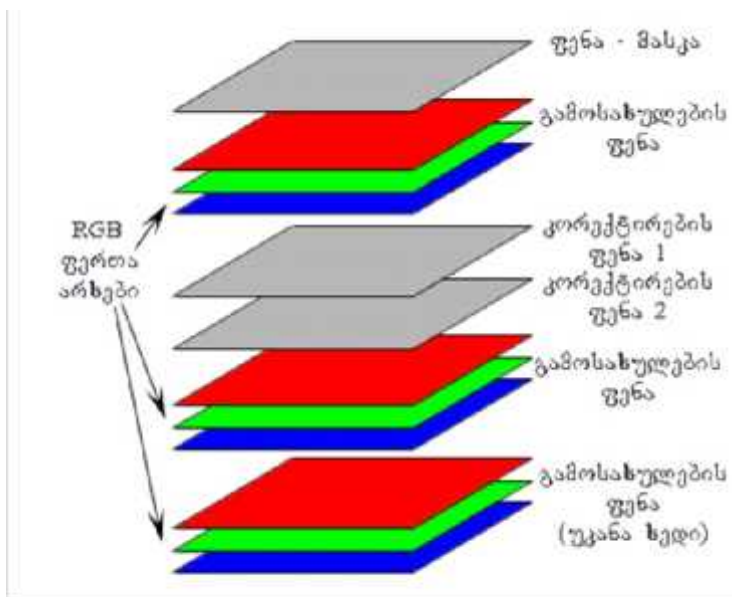
განვიხილოთ მაგალითი. შევქმნათ კორექტირებადი ფენა (სურ.7), რომლის მოქმედებაც დაკავშირებული იქნება სიკაშკაშის ორჯერ გაზრდის ბრძანებასთან. ვთქვათ, გამოსახულების გარკვეულ უბნებში არ გვინდა სიკაშკაშის გაზრდა. შესაბამისად, კორექტირებადი ფენის ამ უბნებში, პიქსელები შავ ფერად უნდა შევვლებოთ (მნიშვნელობა=0). ხოლო იქ სადაც საჭიროა სიკაშკაშის ზუსტად ორჯერ გაზრდა – კორექტირებადი ფენის პიქსელები თეთრად უნდა შევვლებოთ (მნიშვნელობა = 255). თუ რომელიმე წერტილში საჭიროა სიკაშკაშის ნახევრად გაზრდა – ნაცრისფერი ფერით შევვლებათ (მნიშვნელობა=128) და ასე შემდეგ.

რასტრული გრაფიკის თანამედროვე პროგრამებში რეალიზებულია ციფრული გამოსახულების საკმაოდ რთულ მოდელი. ამ მოდელის საფუძველს ბაიტური მატრიცა წარმოადგენს, რომლის ყოველი ელემენტი 0-



სურ.7. კორექტირებადი ფენები

დან 255-მდე მნიშვნელობებს ღებულობს. ციფრული გამოსახულება კი წარმოდგენილია ასეთი მატრიცების “დასტის”- სახით, სადაც თითოეული მათგანი აღიქმება, როგორც გამოსახულების ცალკეული ფენა. ეს ფენებია: ფერადი არხები, ალფა-არხები და კორექტირებადი ფენები (სურ.8).



სურ.8. რთული ციფრული გამოსახულების მაგალითი: სადაც ყოველი სიბრტყე ბაიტური მატრიცაა

1.5. რასტრულ გამოსახულებათა გარდაქმნა

ჩვენ განვიხილეთ რასტრული სივრცის სტრუქტურა, რაც ციფრული გამოსახულების საფუძველს წარმოადგენს. შემდგომი განხილვის თემაა – ციფრულ გამოსახულებათა გარდაქმნები. გარდაქმნები რასტრული გამოსახულების რედაქტირების პროცესის არსს გამოხატავს და საფუძველად უდევს რასტრული გრაფიკის ყველა პროგრამის მუშაობას. ყოველგვარი გადაჭარბების გარეშე შეიძლება ითქვას, რომ თითქმის ყველაფერი, რაც ამ პროგრამებში სრულდება, ციფრულ გამოსახულებათა გარდაქმნებს წარმოადგენს.

თუ ამ გარდაქმნებს გეომეტრიული თვალსაზრისით შევხედავთ ის პირობითად სამ კლასად შეიძლება დავეყთ: წერტილოვანი, ლოკალური და გლობალური. ამ გარდაქმნათა მუშაობის პრინციპების ცოდნა, დაგვეხმარება იმის გარკვევაში, თუ როგორ ხდება გამოსახულების რედაქტირება და როგორ მუშაობენ ის მრავალფეროვანი ფილტრები, რომელიც რასტრული გრაფიკის რედაქტორებშია რეალიზებული.

გამოსახულებათა რედაქტირებისას ასევე დიდი ყურადღება ეთმობა ციფრული გამოსახულების ზოგიერთ რიცხვით მახასიათებელს, კერძოდ ერთ-ერთი ასეთი მნიშვნელოვანი ცნებაა *პისტოგრამა*.

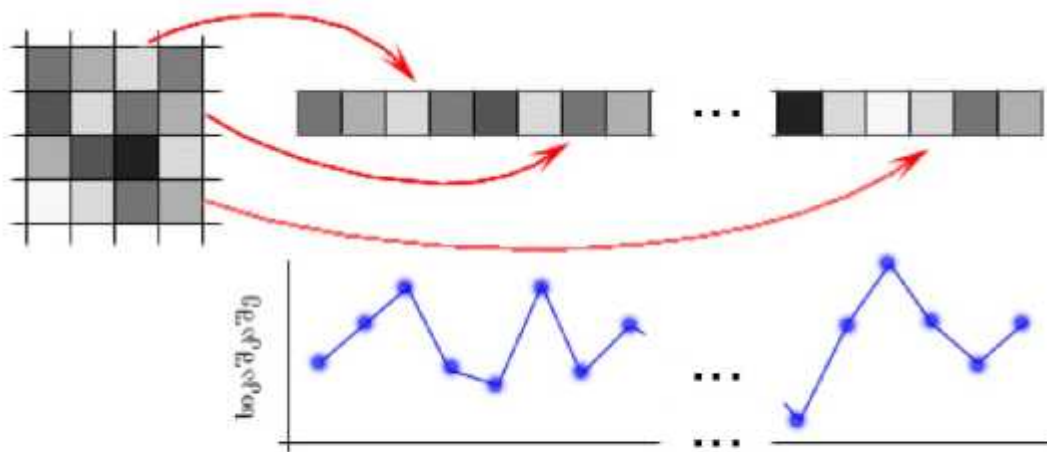
ჰისტოგრამა, გამოსახულების ინტეგრალური მახასიათებელია და საშუალებას იძლევა გამოსახულებათა დამუშავების დროს, შევაფასოთ ჩვენი პირველი ნაბიჯები და მოქმედებებებათა შემდგომი თანმიმდევრობა.

1.5.1. გამოსახულების ციფრული მახასიათებელი – ჰისტოგრამა.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, რთული ფერადი გამოსახულება გამჭვირვალობის ეფექტით და კორექტირებადი ფენებით, ყოველთვის შეიძლება წარმოვიდგინოთ ბაიტური მატრიცების “დასტის” სახით. აქედან გამომდინარე ნებისმიერი გამოსახულება შეიძლება “გავშალოთ” და წარმოვიდგინოთ, როგორც რასტრული მართკუთხა მატრიცების ერთობლიობა, რომლის ყოველი პიქსელი 0-დან 255-მდე მნიშვნელობებს ღებულობს. ამიტომ, შემდგომში ყველა თეორიული საკითხი განიხილება ერთადერთ მოდელზე – მართკუთხა ბაიტურ მატრიცაზე.

პირველ რიგში განვიხილოთ გამოსახულების რიცხვითი მახასიათებელი *ჰისტოგრამა* და გავარკვიოთ რისთვის არის ეს საჭირო?

პასუხი მარტივია – გამოსახულების ობიექტური დახასიათებისთვის, მაგალითად, როგორიცაა მისი ხარისხი, ყველაზე ხშირად იყენებენ ე.წ. სტატისტიკურ მახასიათებლებს. ამ შემთხვევაში გამოსახულება განიხილება როგორც რაიმე შემთხვევითი სიდიდე, რომელიც 0-დან 255-მდე მნიშვნელობებს ღებულობს და რომლისთვისაც შეიძლება გამოვთვალოთ, როგორც საშუალო ისე საშუალო კვადრატული გადახრა და უფრო მაღალი რიგის მომენტებიც (სურ.9).

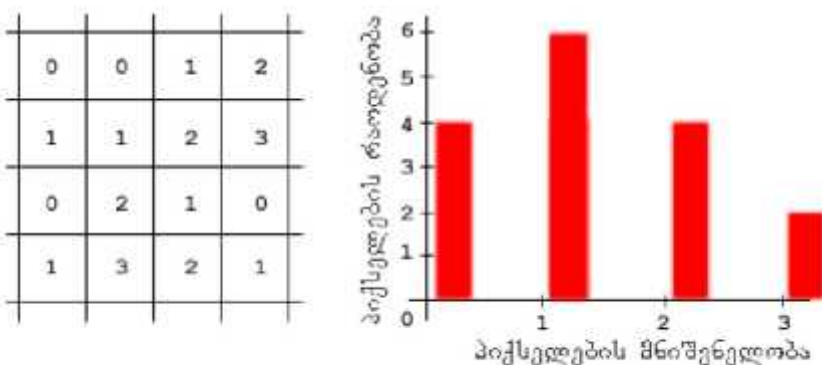


სურ.9. ციფრული გამოსახულება როგორც შემთხვევითი სიდიდის რეალიზაცია

ერთი შეხედვით ეს შეიძლება უცნაურად მოგვეჩვენოს, მაგრამ ეს მხოლოდ ერთი შეხედვით, ვინაიდან ჩვენ ვიხილავთ სრულიად დამოუკიდებელ გამოსახულებას, სადაც ყოველ პიქსელს არაფერი არ უშლის ხელს, მიიღოს ნებისმიერი

მნიშვნელობა 0-დან 255-მდე დიაპაზონში, ამიტომ გამოსახულებათა სტატისტიკური შეფასებები სრულიად გამართლებულია.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ციფრული გამოსახულების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელია **ჰისტოგრამა**. ჰისტოგრამა შეიძლება გამოითვალოს, როგორც მთელი გამოსახულებისთვის, ისე მისი რაღაც ნაწილისთვის. ჰისტოგრამა არის, გამოსახულებაში ნაცრისფერის გარკვეული გრადაციის პიქსელების გამოჩენის **b** სიხშირესა (ან სიკაშკაშის) და თვით სიკაშკაშეს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი. ე.ი. ჰისტოგრამის ყოველი წერტილი $h = h(b)$ წარმოადგენს გამოსახულებაში ან მის ფრაგმენტში, პიქსელების რაოდენობას, რომელთა სიკაშკაშეა **b**. განვიხილოთ სურ.10-ზე წარმოდგენილი ციფრული გამოსახულების (მატრიცის) მაგალითი და ავაგოთ მისი შესაბამისი ჰისტოგრამა.



სურ.10. ციფრული გამოსახულების ჰისტოგრამა

ვთქვათ, გამოსახულების ყოველი პიქსელი დებულობს ოთხ მნიშვნელობას (0-დან 3-მდე). მე-10 სურათზე, მარცხნივ, ნახვენებია ასეთი გამოსახულების მატრიცა. ჰისტოგრამის ჰორიზონტალურ ღერძზე გადადებულება პიქსელის მნიშვნელობები (ამ შემთხვევაში 0-დან 3-მდე). ავიღოთ მნიშვნელობა 0 და დავითვალოთ გამოსახულებაში ასეთი მნიშვნელობის მქონე პიქსელების რაოდენობა. გამოსახულებაში ის 4 ცალია. X ღერძზე, 0 წერტილის გასწვრივ, დავხაზოთ ოთხი ერთეულის სიმაღლის მქონე სვეტი (სურ.10 მარჯვნივ). ანალოგიურად დავითვალოთ და გამოვსახოთ პიქსელების რაოდენობა დანარჩენი მნიშვნელობებისათვის - 1, 2 და 3, რის შედეგადაც მივიღებთ დიაგრამას, რაც ამ ციფრული გამოსახულების ჰისტოგრამას წარმოადგენს. თუ პიქსელების რაოდენობას გამოვთვლით არა მთელი გამოსახულებისთვის, არამედ მხოლოდ ნაწილისთვის, მივიღებთ ამ უბნის ჰისტოგრამას.

რა არის ჰისტოგრამის არსი?

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ჰისტოგრამა ახასიათებს მოცემული სიკაშკაშის მქონე პიქსელების გამოჩენის სიხშირეს გამოსახულებაში. თუ მოვახდენთ ჰისტოგრამის ნორმირებას გამოსახულების პიქსელთა სრულ რაოდენობაზე, მაშინ მივიღებთ **b**

სიკაშკაშის მქონე პიქსელთა გამოჩენის ალბათობის განაწილების შეფასებას $p(b)$, ე.ი. $p(b) = h(b)/\text{sum}$, სადაც, sum არის პიქსელთა სრული რაოდენობა გამოსახულებაში.

რას გვაძლევს გამოსახულების ჰისტოგრამა?

პირველი – ნორმირებული ჰისტოგრამა, რომელიც წარმოადგენს მოცემული სიკაშკაშის მქონე პიქსელების გამოჩენის ალბათობის განაწილებას, საშუალებას გვაძლევს გამოვთვალოთ გამოსახულების ყველა სტატისტიკურ მახასიათებელთა შეფასებები, როგორცაა საშუალო კვადრატული გადახრა, ასიმეტრიულობის კოეფიციენტი, ენტროპია და სხვა. ეს ინფორმაცია აუცილებლობას წარმოადგენს გამოსახულების ოპტიმალური ფილტრაციის, მისი კოდირების და შეკუმშვის დროს.

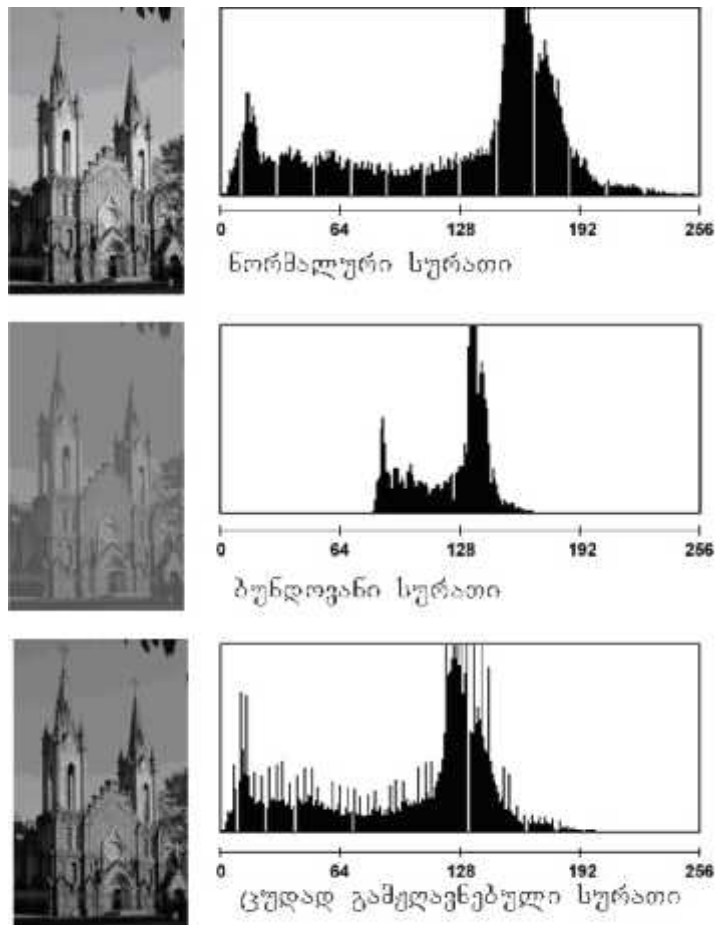
მეორე – ჰისტოგრამის მიხედვით ბევრი რამის თქმა შეიძლება თვით გამოსახულების შესახებ. რასტრული გრაფიკის ამოცანებთან მუშაობისას ეს ყველაზე საინტერესო მიდგომაა. მე-11 სურათზე ნაჩვენებია რამოდენიმე ფოტოსურათი და მათი შესაბამისი ჰისტოგრამები.

მე-11 სურათზე წარმოდგენილი ზედა ფოტო ნორმალურია. მისი ჰისტოგრამა ავსებს მთელ არეს 0-დან 255-მდე.

შუა ფოტო ბუნდოვანია. მის ჰისტოგრამას მთელი დიაპაზონის საკმაოდ ვიწრო უბანი უკავია. თუ ამ ჰისტოგრამას “გავწელავთ” ეს გამოსახულება მკაფიო და ხარისხიანი გახდება – თითქმის ისეთი როგორც პირველ ფოტოზეა.

თუ გამოსახულების ჰისტოგრამა ძირითადად მუქ უბნებზეა თავმოყრილი (პიქსელების უმრავლესობა დაბალი სიკაშკაშით ხასიათდება), ხოლო ნათელი უბნები ნულის ტოლია, მაშინ სურათი ცუდადაა გამჟღავნებული (სურ. 11 ქვემოთ). თუ ამ ჰისტოგრამის ნათელ მხარეს “გავწელავთ” შეიძლება მნიშვნელოვნად გაგაუმჯობესოთ გამოსახულების ხარისხი და ა.შ.

სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ჰისტოგრამა ძალიან ინფორმატიულია და მისი ფორმა ხშირად გვეკარნახობს თუ რა მიმართულებით უნდა გადავდგათ პირველი ნაბიჯები გამოსახულების კომპიუტერული დამუშავებისას. რასტრული გრაფიკის



სურ.11. ჰისტოგრამის მკვლელობები

თანამედროვე პროგრამებში ყოველთვის არის გათვალისწინებული ჰისტოგრამების გამოთვლა და გამოყენება. პროგრამა Photoshop-ში ჰისტოგრამებთან მუშაობა რეალიზებულია ბრძანებით Image/Adjustments/Levels და Filter/Other/Custom. ამ ბრძანებათა შესაბამის დიალოგურ ფანჯრებში პარამეტრების ცვლილებით ვაღწევთ სასურველ შედეგს რასაც თვალნათლივ ვხედავთ კიდევ.

როდესაც ლაპარაკია ჰისტოგრამის “გაწევაზე”, იგულისხმება, რომ ღია ფერის პიქსელები უფრო ღია ხდება, საშუალო – უცვლელი, ხოლო მუქი – უფრო მუქდება. ამ შემთხვევაში ჩვენ ვცვლით კონკრეტულ პიქსელთა მნიშვნელობებს სხვა პიქსელებისგან დამოუკიდებლად, მაგრამ ეს ხდება ამავე პიქსელების მნიშვნელობათა მიხედვით. ეს არის ციფრული გამოსახულების ე.წ. ლოკალური გარდაქმნის უმარტივესი მაგალითი.

დაბოლოს . . .

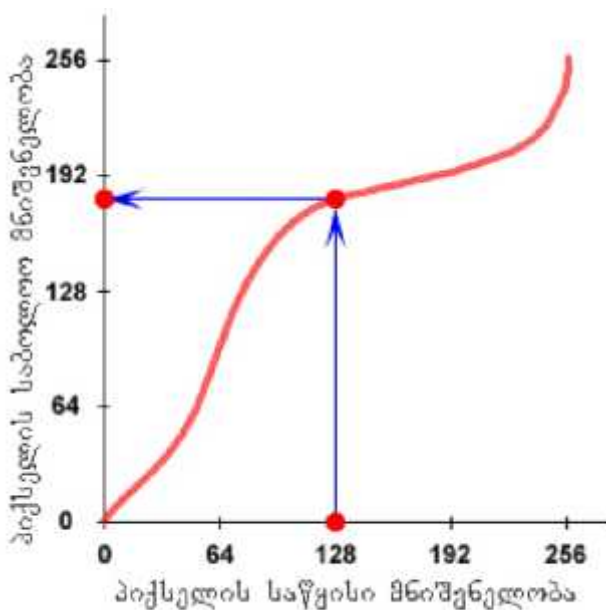
ჰისტოგრამა გამოსახულების მნიშვნელოვანი რიცხვითი მახასიათებელია. ის გვიჩვენებს შესაბამისი სიკაშკაშის პიქსელების გამოჩენის სიხშირეს და ემსახურება ციფრული გამოსახულების დამუშავების დროს მოქმედებათა მიმართულების განსაზღვრას და წინასწარ შეფასებას.

გამოყოფილი – მონიშნული არის ცნება

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, რასტრულ გრაფიკაში არ არსებობს ობიექტის ცნება (აღამიანი, ხე, და ა.შ), არსებობს მხოლოდ პიქსელების მართკუთხა მატრიცა, რომელიც გარკვეულ ნმიშვნელობებს ღებულობს. ამიტომ, რასტრულ გრაფიკაში ობიექტის რედაქტირებისას, ზუსტად უნდა მივუთითოთ თუ რომელ პიქსელებზე უნდა შესრულდეს ესა თუ ის მოქმედება. ამასთან დაკავშირებით შემოტანილია “მონიშნული არის” ცნება, რაც გამოსახულების მონიშნული პიქსელების სიმრავლეს წარმოადგენს. შესაძლებელია ასევე პიქსელების “ნაწილობრივი მონიშვნაც”, ამ დროს გარდაქმნები, მხოლოდ გარკვეულ უბნებზე მოქმედებს. მაგალითად, მონიშნულ პიქსელთა სიმრავლეში რეტუშირების ან ოპერაცია გაღიაების შესრულება, მხოლოდ განაპირა პიქსელებზე, ანუ როდესაც განაპირა პიქსელები ცენტრალურ პიქსელებთან შედარებით უფრო მეტად ღიაგდება. ციფრულ გამოსახულებათა გარდაქმნების განხილვისას, ცხადია საუბარია მთელი გამოსახულების გარდაქმნაზე, მაგრამ ამ დროს უნდა ვიგულისხმოთ, რომ ყველა ეს გარდაქმნა იდენტურად მუშაობს მონიშნულ პიქსელთა ჯგუფებზეც.

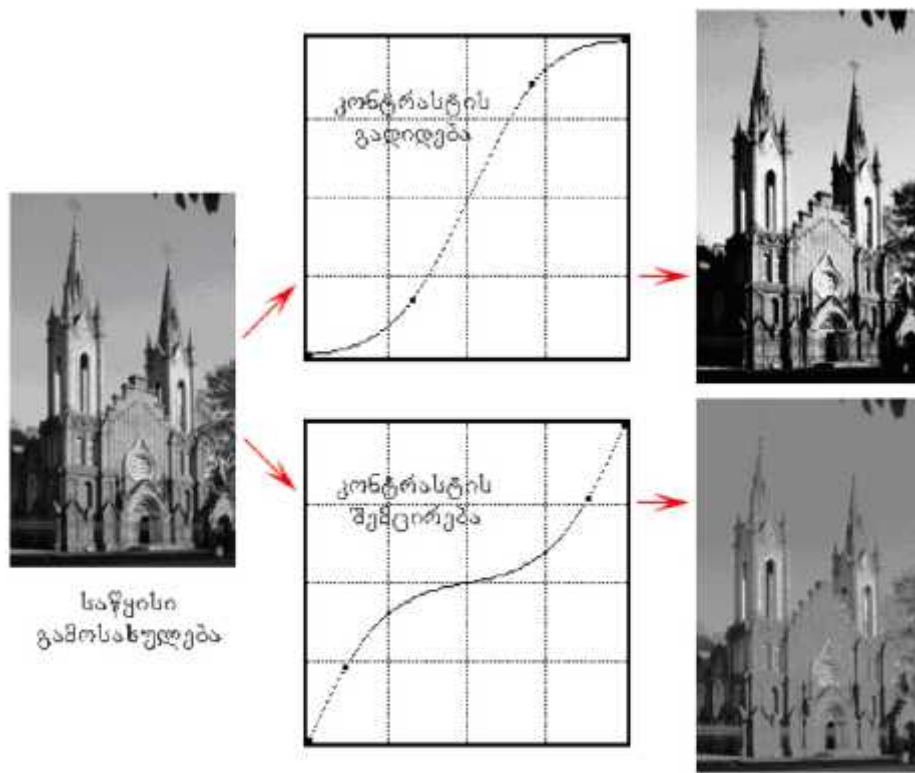
1.5.2. წერტილოვანი გარდაქმნები

წერტილოვანი გარდაქმნები გარდაქმნათა უმარტივეს ტიპს მიეკუთვნება. ასეთი გარდაქმნებისას, ყოველი პიქსელის მნიშვნელობა მეზობელ პიქსელთა მნიშვნელობებისგან დამოუკიდებლად იცვლება, ის დამოკიდებულია მხოლოდ თვით გარდასაქმნელ პიქსელთა მნიშვნელობებზე. წერტილოვანი გარდაქმნები გარდაქმნის მრუდით განისაზღვრება, რომელიც ჩვეულებრივ გრაფიკს წარმოადგენს (სურ.12). ჰორიზონტალურ დერძზე გადაზომილია საწყისი პიქსელთა მნიშვნელობები, ვერტიკალურზე კიპიქსელთა მნიშვნელობები გარდაქმნის შემდეგ. მაგალითად, საწყისი გამოსახულების ყველა პიქსელი, მნიშვნელობით 128 (ნაცრისფერი ფერი), გარდაქმნის შემდეგ ღებულობს მნიშვნელობას 180, ე.ი. შესამჩნევად ღიავდება.



სურ.12. წერტილოვანი გარდაქმნის მრუდის მაგალითი

წერტილოვან გარდაქმნებს ფართოდ იყენებენ რასტრული გამოსახულების ფერთა კორექციისას (ჰისტოგრამების შესწორება, სიკაშკაშის, კონტრასტის და ფერთა ბალანსის შეცვლა). პროგრამა Photoshop-ში წერტილოვანი გარდაქმნების მრუდი ცხადი სახით მოიცემა ბრძანებაში Image/Adjustments/Curves. ასეთი გარდაქმნების მაგალითები წარმოდგენილია მე-13 სურათზე. ეს ბრძანება საშუალებას იძლევა მივიღოთ საინტერესო მხატვრული ეფექტი, განსაკუთრებით როდესაც საქმე გვაქვს ფერად გამოსახულებასთან.



სურ.13. ვერტიკლური გარდაქმნის მაგალითი

დაბოლოს . . .

ვერტიკლური გარდაქმნის დროს ყოველი პიქსელი იცვლება გამოსახულების სხვა პიქსელისაგან დამოუკიდებლად. ვერტიკლური გარდაქმნები ხასიათდება ე.წ. გარდაქმნის მრუდით. ვერტიკლური გარდაქმნათა მაგალითებია – სიკაშკაშის, კონტრასტის, ფერთა ბალანსისა და სხვათა ცვლილება.

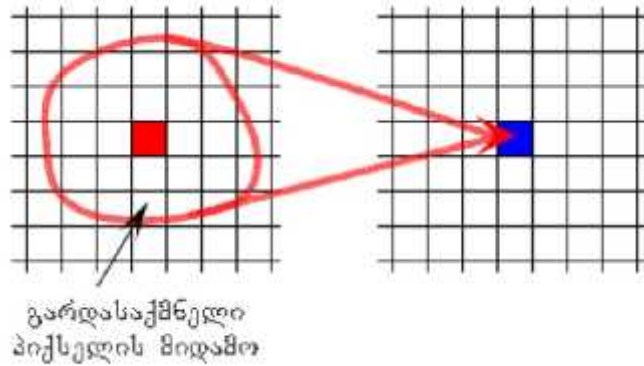
1.5.3. ლოკალური გარდაქმნები, ფილტრები.

ზოგადი სახის ლოკალური გარდაქმნების დროს, პიქსელთა მნიშვნელობები დამოკიდებულია, როგორ ცთვით ამ პიქსელთა საწყის მნიშვნელობაზე, რომელიც მას გარდაქმნამდე ჰქონდა, ისე მის მახლობლად მდებარე სხვა პიქსელთა მნიშვნელობებზე. ასეთი გარდაქმნა ზოგადი სახით ასე ჩაიწერება:

$$b_{\text{ბარ}_i} = f(b_{i-n}, b_{i-n+1}, \dots, b_i, b_{i+1}, \dots, b_{i+m}),$$

სადაც i გარდასაქმნელი პიქსელის ნომერია, ხოლო დანარჩენი პიქსელები $(b_{i-n}, \dots, b_{i-1}, b_{i+1}, \dots, b_{i+m})$

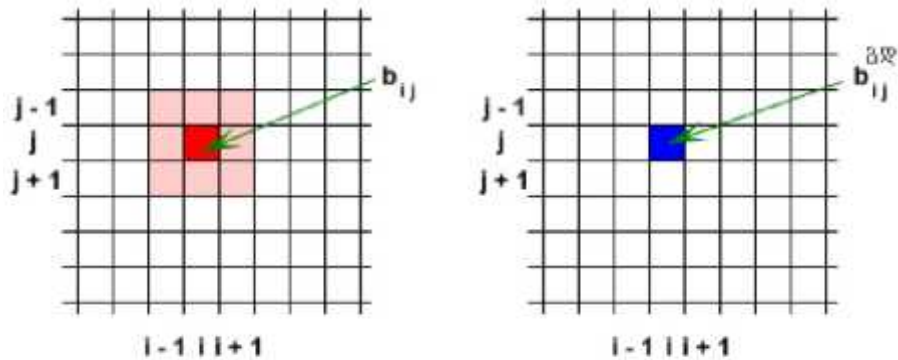
ამოირჩევა i -ური პიქსელის რაღაც მიდამოდან (სურ.14).



სურ.14. ლოკალური გარდაქმნები

რასტრული გარფიკის რედაქტორებში რეალიზებულია ფილტრებისა და ეფექტების მთელი სიმრავლე, რომელიც ამ ტიპის გარდაქმნებზეა აგებული. მათი საშუალებით შეიძლება ფანტასტიკურ მხატვრულ ეფექტებს მივალწიოთ. არსებობს აგრეთვე ათასობით მზა ფილტრი (Plug-Ins), რომელთა მიერთება უპრობლემოდ ხდება პროგრამა Photoshop-ზე.

განვიხილოთ ასეთი ფილტრების ერთი კლასი – წრფივი ფილტრები. ასეთი ტიპის ფილტრებში პიქსელის ახალი მნიშვნელობა მის გარშემო არსებულ პიქსელთა მნიშვნელობების წრფივი კომბინაციაა, ე.ი. ზემოთ მოყვანილი განმარტების თანახმად f ფუნქცია წრფივია. იმ არეს, რომელიც პიქსელის გარემოს განსაზღვრავს, აპერტურა (გახსნილი) ეწოდება. უფრო ხშირად იყენებენ პიქსელების კვადრატულ აპერტურას 3×3 ან 5×5 . მე-15 სურათზე გამოსახულია წრფივი ლოკალური გარდაქმნის სქემა 3×3 აპერტურით.



სურ.15. წრფივი ლოკალური გარდაქმნა

წრფივი ლოკალური გარდაქმნა ზოგადი სახით ასე ჩაიწერება:

$$b_{ij}^{\text{gard}} = \sum_{k=0}^3 \sum_{l=0}^3 a_{kl} b_{i-1+k, j-1+l} + c,$$

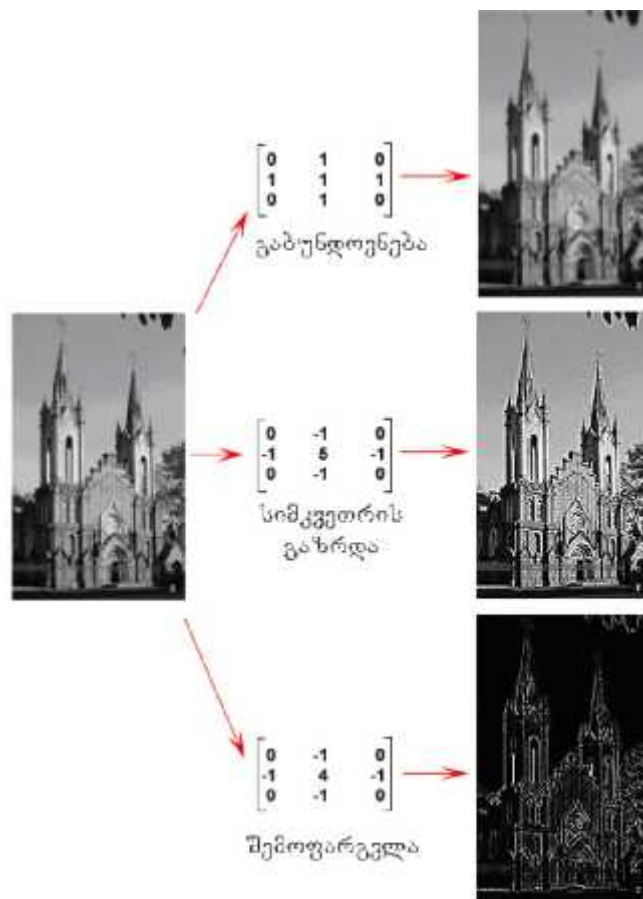
სადაც, b_{ij} საწყისი გამოსახულების (i,j) კოორდინატების მქონე პიქსელის მნიშვნელობაა, ხოლო $b_{i-1+k, j-1+l}$ პიქსელის მნიშვნელობა გარდაქმნის შემდეგ, a_{kl} 3×3 მატრიცაა, c კი – კონსტანტა. ამრიგად, ლოკალური წრფივი გარდაქმნა განისაზღვრება არა როგორც ფუნქცია (როგორც წერტილოვანის დროს), არამედ a_{ij} წონითი კოეფიციენტების მატრიცით და c კონსტანტით. პროგრამა Photoshop-ში სტანდარტული ფილტრების უმრავლესობა რეალიზებულია ასეთი გარდაქმნების საშუალებით. უფრო მეტიც, არსებობს საკუთარი წრფივი ფილტრების შექმნის შესაძლებლობაც, მაგალითად თუ შევექმნით მატრიცას რომლის მაქსიმალური ზომაა 5×5 და გამოვიყენებთ ბრძანებას Filter/Other/Custom. Photoshop-ში ამ მატრიცის კოეფიციენტები მთელი რიცხვებია, ამიტომ შემოდის კიდევ ერთი პარამეტრი – d გამყოფი (ესეც მთელი რიცხვია!), და გარდაქმნის ფორმულა ასეთ სახეს ღებულობს:

$$b_{ij}^{gard} = \frac{1}{d} \sum_{k=0}^3 \sum_{l=0}^3 a_{kl} b_{i-1+k, j-1+l} + c$$

სადაც b , d და c მთელი რიცხვებია, ხოლო a_{ij} კი მთელრიცხვა მატრიცა.

არსებობს a_{ij} მატრიცების დიდი სიმრავლე, რომელთა საშუალებითაც “სასწაულების” მოხდენა შეიძლება (3×3 მატრიცის შემთხვევაშიც კი). ამ პარამეტრების ცვლილებით სრულდება ისეთი გარდაქმნები, როგორიცაა გამოსახულების გადღაბნა, სიმკვეთრის მომატება, კანტის შემოვლება, მოცულობითი ეფექტები და სხვა.

16-ე სურათზე მოცემულია ციფრული გამოსახულების ლოკალური წრფივი გარდაქმნის რამდენიმე მარტივი მაგალითი. გარდაქმნის მატრიცის კოეფიციენტთა მნიშვნელობები უშუალოდ სურათზეა მითითებული. პირველ შემთხვევაში გამყოფი არის 5, ხოლო დანარჩენში -1. წანაცვლება კი ყველგან 0-ის ტოლია.



სურ.16. სხვადასხვა მატრიცით აღწერილი ლოკალური წრფივი გარდაქმნის მაგალითები

როგორც მე-16 სურათიდან ჩანს, მატრიცის კოეფიციენტების მცირედი შეცვლაც კი ზოგჯერ სრულიად განსხვავებულ შედეგებს გვაძლევს. მაგალითად, მეორე და

მესამე სურათი, სადაც მატრიცები მხოლოდ ერთი ელემენტით განსხვავდება, და ეს განსხვავებაც მხოლოდ ერთი ერთეულია. თავდაპირველად ეს უცნაურად გვეჩვენება, მაგრამ თუ გავანალიზებთ ამ წრფივი ფილტრების მუშაობის პრინციპს, ყველაფერი თავის ადგილზე დგება.

დაბოლოს . . .

ლოკალური გარდაქმნების დროს პიქსელთა ახალი მნიშვნელობები დამოკიდებულია მხოლოდ მის მეზობელ პიქსელთა მნიშვნელობებზე.

არსებობს ლოკალური გარდაქმნების მნიშვნელოვანი კლასი – წრფივი ლოკალური გარდაქმნები, რომლებიც გარდაქმნის მატრიცით და წანაცვლებით ხასიათდებიან.

წრფივი ლოკალური გარდაქმნების მაგალითებია – გამოსახულების გადღაბნა, სიმკვეთრის გაზრდა, კონტურების გამოყოფა და სხვა.

1.5.4. გლობალური გარდაქმნები

გლობალურ გარდაქმნებს ვიხილავთ ძალიან მოკლედ. შევჩერდებით მხოლოდ გლობალური გარდაქმნების ერთ კლასზე – გეომეტრიულ გარდაქმნებზე. გეომეტრიული გარდაქმნები გულისხმობს გამოსახულების გადაადგილებას, მობრუნებას და მასშტაბირებას. გლობალური გარდაქმნების ჩატარებისას გამოსახულების პიქსელთა ყოველი ახალი მნიშვნელობა შეიძლება დამოკიდებული იყოს, ზოგადად ყველა დანარჩენ პიქსელზე, და არ არის აუცილებელი რომ ეს იყოს მეზობელი პიქსელები.

პროგრამა Photoshop-ში გლობალური გეომეტრიული გარდაქმნები წარმოდგენილია მენიუში Edit/Transform. ამ ინსტრუმენტებთან მუშაობა საკმაოდ მარტივია.

პროგრამა Photoshop-ში რეალიზებულია ასევე არაწრფივი გლობალური ფილტრების დიდი რაოდენობა. მათი აღწერა არ ხდება ჩვეულებრივი მუდმივ კოეფიციენტებიანი მატრიცებით. არაწრფივი ფილტრების შექმნისთვის, ხშირად, საჭირო ხდება დახვეწილი და ჭკვიანური ალგორითმების დამუშავება, რომელთა მიხედვითაც პიქსელთა ახალი მნიშვნელობების გამოთვლა ხდება. გამოსახულებათა ასეთი რთული გარდაქმნისათვის, ზოგჯერ კომპიუტერული დროის ათეულობით წუთია საჭირო. პროგრამა Photoshop-ში ასეთი არაწრფივი ფილტრები წარმოდგენილია მენიუში Filter/Artistic, Distort, Render, Sketch და სხვა.

2. გრაფიკული ინფორმაციის ფაილური წარმოდგენა

ჩვენ განვიხილეთ ციფრული გამოსახულების შინაგანი სტრუქტურა, ასევე ამ გამოსახულებათა მთელი რიგი მნიშვნელოვანი მახასიათებლები და ის ოპერაციები, რომლებიც რასტრულ მატრიცებზე ხორციელდება გრაფიკულ რედაქტორებში. სახელმძღვანელოს პირველ ნაწილში განხილული იყო ასევე ვექტორული გრაფიკის მათემატიკური აპარატი, ინფორმაციის ვექტორული წარმოდგენა და გეომეტრიული გარდაქმნები. აღსანიშნავია, რომ ყველა ეს პროცესები კომპიუტერის შიგნით სრულდება, ციფრული გამოსახულებები კი კომპიუტერში თავისთავად არ ჩნდება, ცხადია, საჭიროა მათი შეტანა სხვადასხვა მოწყობილობის საშუალებით და უფრო მეტიც, საჭიროა ასევე მათი დამახსოვრება და გარდაქმნების შემდგომ მათი კომპიუტერიდან გამოტანაც. ინფორმაციის შეტანა/გამოტანა და დამახსოვრება უკავშირდება კომპიუტერის ურთიერთქმედებას გარე სამყაროსთან. დღეისათვის გრაფიკული პერიფერიული მოწყობილობების უამრავი სახეობა არსებობს, გარდა ამისა ინფორმაციის გაცვლის პროცესებიც მრავალფეროვანია, რომელიც არსებითად განსხვავდება ერთმანეთისგან და კლასიფიცირდება გრაფიკული ინფორმაციის წარმოდგენის მიხედვით.

გრაფიკული ინფორმაცია ერთ შემთხვევაში, შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ფაილების სახით, რომელიც კომპიუტერის ფაილურ სისტემაში ინახება ან გადაიცემა ქსელის მეშვეობით სხვა კომპიუტერზე. ასეთ დროს, ციფრული გამოსახულება ელექტრონულ ფორმაში რჩება და ადამიანის ვიზუალური აღქმისთვის არ არის განკუთვნილი, ამიტომ სულაც არ არის საინტერესო ამ მონაცემთა ვიზუალიზაციის ხარისხი, საინტერესოა მხოლოდ ამ ინფორმაციისთვის საჭირო მეხსიერების დანახარჯები და მათი მინიმუმაცია, და ასევე მათი ქსელში გადაცემის სისწრაფე.

მეორე შემთხვევაში, ციფრული გამოსახულება გარდაიქმნება ადამიანის მიერ აღქმად ვიზუალურ ფორმაში ან პირიქით, რაც წარმოადგენს ვიზუალური მონაცემების გაციფროვნების შედეგს. მარტივად რომ ვთქვათ, გრაფიკული ინფორმაცია ელექტრონული ფორმიდან გარდაიქმნება ვიზუალურად, და პირიქით. ასეთ დროს, უკვე მნიშვნელოვანია ვიზუალიზაციის ხარისხი და ციფრული გამოსახულების ვიზუალურობის ადეკვატურობა, ფერის ტონების გადაცემის სიზუსტე და სხვა.

გამოსახულების კომპიუტერული რედაქტირებისას, ციფრული გამოსახულება (ან მისი ნაწილი) უშუალოდ ოპერატიულ მეხსიერებაში იმყოფება და წარმოდგენილია ე.წ. შინაგანი ფორმატით. მისი დამახსოვრება, უმრავლეს შემთხვევაში ერთი ან რამდენიმე ორგანზომილებიანი მასივით ხდება. ამ მასივის ყოველი ელემენტი ან უშუალოდ პიქსელია, ან მისი კომპონენტი, ან რომელიმე დამხმარე ელემენტი მაგალითად, გამჭვირვალობის ხარისხი ალფა არხისთვის და სხვა. გარკვეულ სიტუაციებში საჭირო ხდება ამ გამოსახულებათა დამახსოვრება რაიმე გარე

მატარებელზე (მაგალითად, მაგნიტურ დისკზე), ან გადაცემა ქსელში მისი შემდგომი გამოყენებისთვის.

გრაფიკული ინფორმაციის გარე მატარებლებზე დამახსოვრება ან მისი გადაცემა, ჩვეულებრივ, განსხვავდება მისი შინაგანი წარმოდგენისგან, რადგან გრაფიკული ინფორმაციის კოდირება ფაილში, რამდენადაც გასხვავდება კომპიუტერის მესხიერებაში ინფორმაციის კოდირებისგან. უფრო მეტიც, არსებობს ფორმატად წოდებული კოდირების ხერხთა მთელი სიმრავლე, რაც ინფორმაციის ფაილში ორგანიზების სხვადასხვა წესს შეესაბამება. გრაფიკული ინფორმაციის წარმოდგენის ასეთი სახესხვაობები და გრაფიკულ ფორმატთა მრავალფეროვნება გარკვეული მიზეზებითაა გამოწვეული.

პირველი – გრაფიკულ პროგრამებთან მუშაობისას, პროგრამებსა და კომპიუტერებს შორის, ინფორმაციის გაცვლას და შენახვას, განსხვავებული ფორმატის გრაფიკული ფაილები ემსახურება, რადგან სხვადასხვა გრაფიკულ პროგრამაში, გრაფიკის წარმოდგენის ფორმები ერთმანეთისგან მკვეთრად განსხვავდება და ერთი ფორმატის მეორეში გარდაქმნას შეიძლება გარკვეული პრობლემები მოჰყვეს.

მეორე – ინფორმაციის დისკზე დამახსოვრების, ან ქსელში გადაცემის დროს, მონაცემები წინასწარ იკუმშება, ფაილთა ზომის შემცირების მიზნით. ეს საკითხი განსაკუთრებით აქტუალურია თანამედროვე რასტრულ გამოსახულებებთან მუშაობისას, რადგან მათი ზომა შეიძლება ათობით მეგაბაიტს აღწევდეს. ამგვარად, გრაფიკული ინფორმაციის ელექტრონული ფორმით შეტანა/გამოტანის დროს აუცილებელია შევასრულოთ დამატებითი გარდაქმნები, რაც გამოსახულებას გახდის უნივერსალურს და უფრო კომპაქტურს. ასეთი ტიპის გარდაქმნებს მიეკუთვნება გრაფიკულ ფაილთა კუმშვის სხვადასხვა ალგორითმები.

2.1. ციფრულ გამოსახულებათა წარმოდგენის ფორმები და მეთოდები.

გრაფიკული ინფორმაციის წარმოდგენის, ორი პრინციპულად განსხვავებული ხერხი არსებობს: რასტრული და ვექტორული.

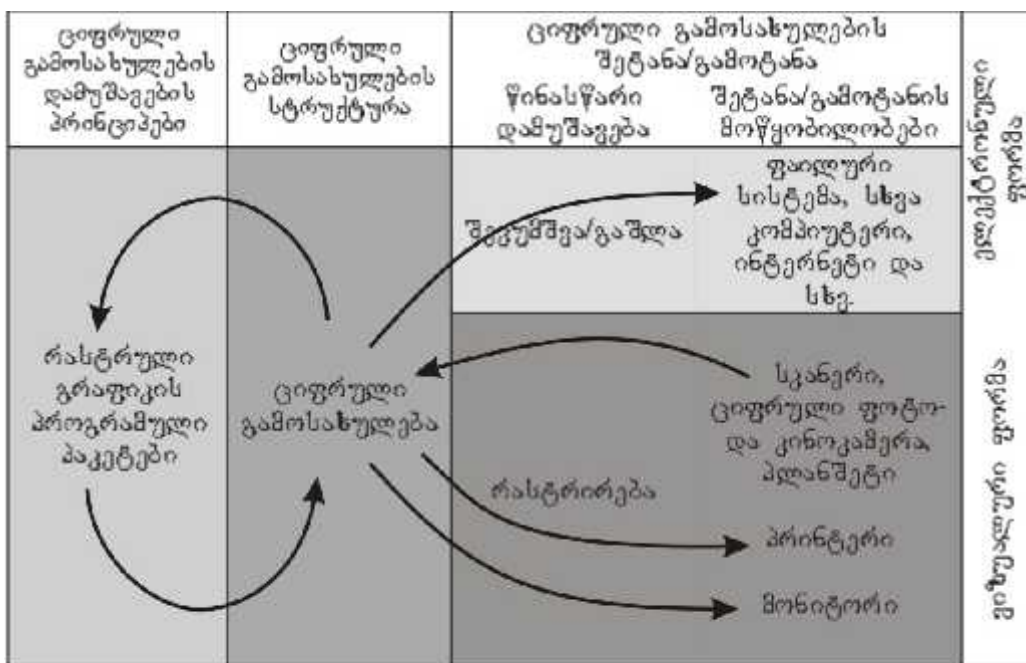
რასტრული ფორმა, ძირითადად გამოყენებულია სკანერების პროგრამულ უზრუნველყოფაში და ასევე ფოტორეალისტურ გამოსახულებათა რედაქტირების პროგრამებში. როგორც უკვე არაერთხელ აღვნიშნეთ, რასტრული ფაილი შესდგება წერტილებისგან, რომელთა რიცხვიც განისაზღვრება რეზოლუციით. ასევე მნიშვნელოვანი ფაქტორია ფერის სიღრმე, რომელიც გამოსახულების ხარისხს უკავშირდება და მისი მაღალი მაჩვენებელი რასტრული ფაილის ზომის გაზრდას გულისხმობს. რაც შეეხება ფაილის ზომას, ის მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული არჩეულ გრაფიკულ ფორმატზე. მაგალითად, თანაბარ პირობებში მყოფი (რეზოლუცია და ფერის სიღრმე) გამოსახულების TIFF ფორმატის ზომა,

EPS ფორმატთან შედარებით შეიძლება ორჯერ ნაკლები აღმოჩნდეს, ან PCX ფორმატზე ორჯერ მეტი.

გამოსახულებათა ვექტორული ფორმატით წარმოდგენა, ძირითადად ავტომატიზებული პროექტირების სისტემებში და გრაფიკული გამოსახულებების აგების პროგრამებში გვხვდება, სადაც გამოსახულება ე.წ. გრაფიკული პრიმიტივებისგან შესდგება.

არსებობს ასევე ტრანსლიაციის უამრავი პროგრამა, რომელიც ვექტორული ინფორმაციის რასტრულში გარდაქმნას ემსახურება. შებრუნებული პროცესი, რასტრიდან ვექტორში გარდაქმნა, საკმაოდ რთულია, თუმცა ასეთი პროგრამებიც არსებობს მაგალითად, პროგრამა CorelDraw-ს ერთ-ერთი მოდული CorelTrace.

მე-17 სურათზე გამოსახულია ციფრული გამოსახულების შეტანა/გამოტანის პროცესი რომელიც დამოკიდებულია, როგორც ციფრული ინფორმაციის დამუშავების პრინციპებზე, ისე მის სტრუქტურაზე და წარმოდგენის ფორმებზე.



სურ.17. ციფრული ინფორმაციის სტრუქტურა

გრაფიკული სისტემის ნებისმიერი მომხმარებელი, გამოსახულების დამუშავების პროცესში, საბოლოო გრაფიკული პროდუქტის მიღებამდე, რამოდენიმე ტიპის გრაფიკულ პროგრამას იყენებს, რაც ცხადია გამოსახულების შუალედური მდგომარეობის დამახსოვრების პრობლემას აჩენს. მაგალითად, საწყის ეტაპზე სრულდება ფოტოსურათის სკანირება, შემდეგ ხდება მისი სიმკვეთრის გაუმჯობესება და ფერების კორექცია პროგრამა Adobe PhotoShop-ში. ამის შემდეგ შესძლებელია მისი ექსპორტირება ვექტორულ პროგრამა CorelDRAW-ში ან Adobe Illustrator-ში. თუ გამოსახულება შექმნილია ჟურნალისთვის ან წიგნისთვის, მაშინ

ის იმპორტირებული უნდა იყოს საგამომცემლო სისტემა QuarkXPress-ში ან Adobe PageMaker-ში. თუ გამოსახულება მულტიმედია-პრეზენტაციაში უნდა გამოჩნდეს, მაშინ საჭიროა Microsoft PowerPoint ან Macromedia Director პროგრამების გამოყენება ან მისი Web-გვერდზე განთავსება.

ციფრული გამოსახულების წარმოდგენის ფორმებში აისახება გრაფიკული გამოსახულების ფუნქციონალური დანიშნულება და ასევე მათი კუმშვის სხვადასხვა ალგორითმი. ამიტომ გრაფიკული ფორმატის არჩევისას, განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მივაქციოთ ამ ფორმატის შეთავსებას სხვადასხვა პროგრამებთან, ჩაწერის კომპაქტურობას და ვიზუალიზაციის ხარისხს.

2.2. ციფრულ გამოსახულებათა დამატებითი გარდაქმნები: კუმშვა და გაშლა.

მოტივაცია. რატომ უნდა ვიცოდეთ, გამოსახულებათა კუმშვის ძირითადი ალგორითმები და მათი მუშაობის პრინციპები?

კუმშვის ხარისხი, როგორც წესი, დამოკიდებულია სურათის ტიპზე, ამიტომ განსხვავებული ტიპის გამოსახულებათა კუმშვის ალგორითმები სხვადასხვაგვარად მუშაობს. ერთი ტიპის გამოსახულება კარგად იკუმშება ერთი ალგორითმით, ხოლო მეორე ტიპის – სხვა ალგორითმით. მაგალითად, კუმშვის ალგორითმის ცუდი არჩევანის შემთხვევაში ფაილის ზომა შეიძლება პირიქით, გაიზარდოს ორგინალ ფაილთან შედარებით.

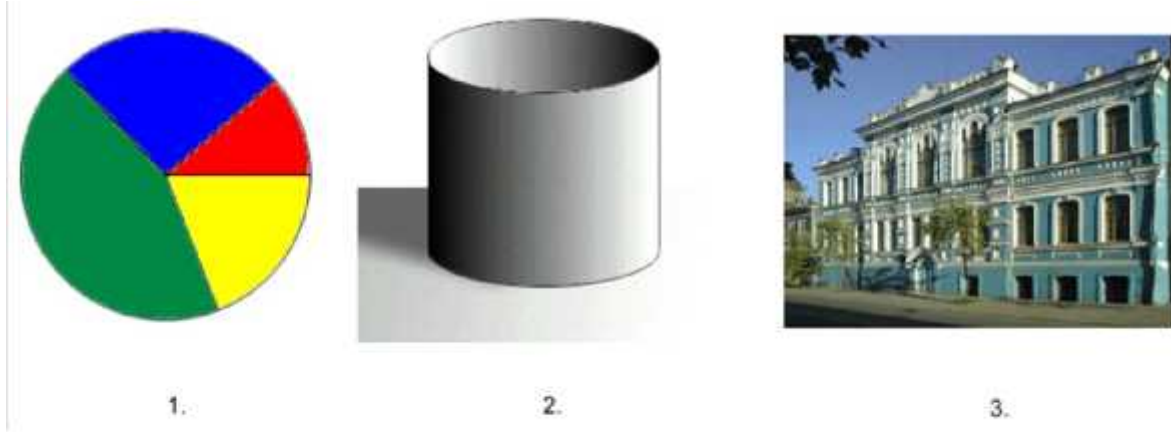
ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, უპირველესი ამოცანაა შევძლოთ გამოსახულებათა კლასიფიცირება მათი კუმშვადობის მიხედვით. ცხადია ეს კლასიფიკაცია საკმაოდ პირობითია და ხშირად უბრალოდ ექსპერიმენტირება გვიწევს, რომ არჩევანი ოპტიმალური აღმოჩნდეს, მაგრამ მიუხედავად ამისა, მაინც არის შესაძლებელი ერთგვარი ზოგადი კრიტერიუმების ჩამოყალიბება.

2.2.1. გამოსახულებათა კლასიფიკაცია მათი კუმშვადობის მიხედვით.

გამოსახულებათა გარკვეული კლასი, რომელთა კუმშვაც ერთი რომელიმე კონკრეტული ალგორითმით დაახლოებით ერთნაირ შედეგს იძლევა, შეიძლება გამოსახულებათა ქვესიმრავლედ ჩავთვალოთ. მაგალითად, გამოსახულებათა ერთი ასეთი კლასისთვის კუმშვის კონკრეტული ალგორითმი შეიძლება ძალიან კარგი აღმოჩნდეს, მეორე კლასისთვის – სუსტი, ხოლო მესამის შემთხვევაში – კუმშვამ შეიძლება ფაილის ზომასაერთოდ გაზარდოს. შეკუმშვის ალგორითმების შეფასებისთვის განვიხილოთ გამოსახულებათა შემდეგი კლასები (სურ.18):

1. გამოსახულებები, სადაც ფერთა რაოდენობა ძალიან ცოტაა (4-16), ხოლო ამ ფერებით შევსებული უბნები საკმაოდ დიდი. მაგალითად, საქმიანი გრაფიკა, დიაგრამა, ნახატი, სტილიზებული მულტფილმების კადრები და სხვა.

- ხელოვნური გამოსახულებები მდოვრე გადასვლებით. მაგალითად, საპრეზენტაციო გრაფიკა, სამგანზომილებიანი სცენები რენდერინგის შემდეგ და სხვა.
- ფოტორეალისტური გამოსახულებები, რომელიც სკანერის ან ციფრული კამერის საშუალებით არის მიღებული.



სურ.18. განსხვავებული კლასის გამოსახულებათა მაგალითები

შეიძლება გამოვეყნოთ გამოსახულებათა სხვა კლასებიც. მაგალითად, რენდერინგის სურათი, რომელიც ხასიათდება მდოვრე გადასვლებით და არ გააჩნია მკვეთრი საზღვრები. განსაკუთრებული თვისებებით ხასიათდება აგრეთვე ტოპოლოგიური რუკები, კოსმოსური და აეროფოტოები, თითის ანაბეჭდები და სხვა. გამოსახულებათა ამ კლასისთვის არსებობს ოპტიმალური ალგორითმი, რომელიც მაღალი ხარისხის კუმშვით ხასიათდება. გამოსახულებათა ასეთი მრავალფეროვანი კლასეფიკაციის მიუხედავად შეფერდეთ მხოლოდ ზემოთ მოყვანილ სამ ძირითად კლასზე და განვიხილოთ, თუ როგორ მუშაობს ზოგიერთი ხშირად გამოყენებადი ალგორითმი ამ ტიპის გამოსახულებებზე.

2.2.2. კუმშვის ალგორითმების შეფასების კრიტერიუმები კუმშვადობის ხარისხის მიხედვით

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, კუმშვის ალგორითმების არჩევა რაიმე კრიტერიუმით უნდა ხდებოდეს, რომლის მიხედვითაც ამ ალგორითმების შედარებას შევძლებთ:

- კუმშვის შედეგად მიღებული ფაილის ზომა კრიტერიუმად არ გამოგვაღებება, რადგან იგი სურათის საწყის ზომაზეა დამოკიდებული. საჭიროა რაიმე ფარდობითი სიდიდე. ასეთი სიდიდეა - *კუმშვის კოეფიციენტი*, რომელიც საწყისი, შეუკუმშავი ფაილის ზომის კუმშვის შედეგად მიღებული ფაილის ზომასთან შეფარდებას წარმოადგენს.

კუმშვადობის კოეფიციენტი ზოგადად გამოსახულების შინაარსზეა დამოკიდებული, ამიტომ კონკრეტული კლასის გამოსახულებათა კუმშვა

კუმშვადობის სამი კოეფიციენტით ხასიათება: საუკეთესო, საშუალო და დაბალი.

- *კუმშვის საუკეთესო კოეფიციენტი* ახასიათებს გამოსახულების რაღაც გარკვეული მოდელის (მაგ. დიდი ზომის აბსოლუტურად შავი გამოსახულება) კუმშვას. ის გვიჩვენებს იმ თეორიულ ზღვარს, რასაც შეიძლება რომ მივაღწიოთ მოცემული ალგორითმის გამოყენებით.
- *კუმშვის საშუალო კოეფიციენტი* ახასიათებს მოცემული კლასის გამოსახულების კუმშვის საშუალო ხარისხს.
- *კუმშვის დაბალი კოეფიციენტი* გამოითვლება ან იზომება ყველაზე ცუდი გამოსახულებისთვის. ამ გამოსახულებებს ხშირად სხვა კლასებიდან იღებენ.

2. მეორე მნიშვნელოვანი კრიტერიუმი, რომელსაც კუმშვის ალგორითმის არჩევისას უნდა ვითვალისწინებდეთ, უკავშირდება კითხვას - იკარგება თუ არა გამოსახულების ხარისხი?

გამოსახულება ხშირად ჭარბ ინფორმაციას შეიცავს, რასაც ადამიანის თვალი ვერ ამჩნევს. ასეთი ინფორმაციის წაშლის ხარჯზე ზოგჯერ სურათი, მნიშვნელოვნად იკუმშება, ვიზუალური ხარისხის შეუმჩნეველი გაუარესებით.

კუმშვის კოეფიციენტისგან (პირველი კრიტერიუმი) განსხვავებით, გამოსახულების ხარისხის განსაზღვრა და ფორმალიზება საკმაოდ რთულია. ჩვეულებრივ ამ დროს იყენებენ ასეთი ტიპის ექსპერტულ შეფასებას:

- *დაარქივება ითვლება წარმატებულად*, თუ საწყის და გარდაქმნის შემდეგ მიღებულ გამოსახულებათა შორის განსხვავება ადამიანის თვალისთვის შეუმჩნეველია.
- *დაარქივება ითვლება რომ კარგია*, თუ საწყის და გარდაქმნის შემდეგ მიღებულ გამოსახულებათა შორის განსხვავებას მხოლოდ მაშინ ვამჩნევთ, როცა მათ ერთად ვუყურებთ, ხოლო თუ ცალ-ცალკე შევხედავთ თვალი ამ განსხვავებას ვერ შეამჩნევს.
- *კუმშვის ხარისხის შემდგომი გაზრდით, როგორც წესი თავს იჩენს ისეთი პროცესები, რომელიც ყველა ალგორითმისთვის დამახასიათებელია და თვალითაც კაგად ჩანს.* ამ შემთხვევაში დაარქივების ხარისხი ან *დამაკმაყოფილებელია ან – ცუდი.*

კუმშვის ალგორითმების ხარისხის შეფასებისთვის სხვა კრიტერიუმებიც არსებობს, როგორცაა ალგორითმის სიმეტრიულობა, არტეფაქტები (არასწორი აღქმა, ხარვეზები) და სხვა.

2.2.3. კუმშვის ალგორითმი დანაკარგის გარეშე (RLE დაLZW)

კუმშვის ალგორითმი დანაკარგის გარეშე, საშუალებას იძლევა აბსოლუტურად ადეკვატურად დავაარქივოთ და გავშალოთ გამოსახულება, ჭარბი (ვიზუალური აღქმის თვალსაზრისით) ინფორმაციის წაშლის გარეშე. მიუხედავად იმისა, რომ გამოსახულებები წარმოდგენილია ორგანზომილებიანი მასივების სახით, საკმაოდ ეფექტური აღმოჩნდა ერთგანზომილებიანი მასივის არქივაციის ზოგიერთი კლასიკური მეთოდის გამოყენება, მაშინაც კი როდესაც დაარქივება სტრიქონ-სტრიქონ ხდება. ეს მეთოდები შეიძლება საკმაოდ უნივერსალურად ჩაითვალოს – ისინი არ ითვალისწინებენ ორგანზომილებიანი გამოსახულების სპეციფიკას, ანუ გამოსახულების პიქსელთა სივრცით კორელაციას, მაგრამ მიუხედავად ამისა, გამოსახულების სტრიქონ-სტრიქონ დამუშავების დროს პიქსელთა კორელაცია მაინც ხდება x ღერძის მიმართ, რაც იმაზე მიგვითითებს, რომ გამოსახულების ფაილის ზომა, ერთგანზომილებიანი მეთოდით კუმშვის დროსაც მცირდება. ამრიგად, გამოსახულების დაარქივება დანაკარგის გარეშე სტრიქონ-სტრიქონ სრულდება.

ჯგუფური კოდირება(Run Length Encoding – RLE).

მონაცემთა კუმშვა ჯგუფური კოდირებით, ერთ-ერთი ყველაზე ძველი და მარტივი მეთოდია. ამ მეთოდის თანახმად, გამეორებადი მონაცემების (ერთნაირი ფერები) მიმდევრობის მაგივრად, იწერება თვით მონაცემი და ამ გამეორებათა რიცხვი. ჩვეულებრივ, პირველ ბაიტში გამეორების რიცხვი იწერება, ხოლო მეორეში – თვით პიქსელის მნიშვნელობა. ვთქვათ გვაქვს გამოსახულება “შავი კვადრატი” მისი აღწერის სტრიქონი ასე გამოიყურება:

255 255 255 255 0 0 0 0 0 0 0 255 255 255 255 255

შეუკუმშავი გამოსახულების სტრიქონი 16 ბაიტს იკავებს. შეკუმშულ მდგომარეობაში კი აღწერის სტრიქონი ასე გამოიყურება (გამეორებათა რიცხვი ჩვეულებრივ ერთით მცირდება, ალგორითმის რეალიზაციიდან გამომდინარე):

3 255 6 0 4 255

როგორც ვხედავთ, სტრიქონი გაცილებით მოკლე გახდა – 6 ბაიტი. თუ გამოვითვლით კუმშვის კოეფიციენტს $K = 16/6 = 2.67$, დავინახავთ, რომ გამოსახულება თითქმის სამჯერ შემცირდა.

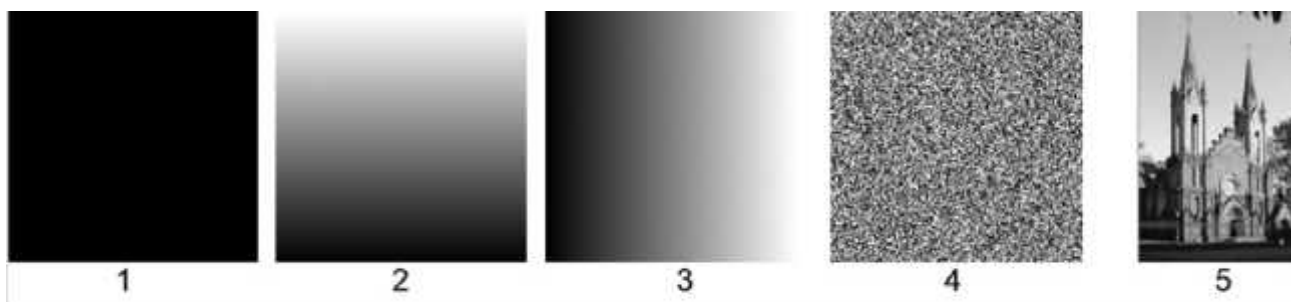
ცხადია, ჯგუფური კოდირების მეთოდით კარგად იკუმშება ისეთი გამოსახულება, რომლის აღწერის სტრიქონიც ერთნაირი პიქსელების გრძელ ჯაჭვს შეიცავს, ე.ი. პირველი და ნაწილობრივ მეორე კლასის გამოსახულებები.

ადვილი მისახვედრია, თუ როგორი გამოსახულებები იკუმშება RLE მეთოდით ყველაზე ცუდად. ეს ისეთი სურათებია, რომელთა აღწერის სტრიქონებშიც პიქსელები არასდროს არ მეორდება. ეს ძირითადად მესამე (მაგალითად, ფერადი

ფოტოები) და ნაწილობრივ მეორე (რომლებიც, მაგალითად, შეიცავენ ჰორიზონტალურ გრადიენტულ შევსებას) კლასის გამოსახულებებია. განვიხილოთ შემთხვევა, როცა პიქსელი სტრიქონში საერთოდ არ მეორდება, მაშინ ამ მეთოდით “კუმშვისას” ყოველ პიქსელზე ორი ბაიტი იხარჯება – ერთი მთველისთვის (სადაც მუდმივად 0 იქნება), ხოლო მეორე – თვით პიქსელისთვის. ე.ი. გამოსახულების ზომა გაორმაგდება ($K = 0.5$). უნდა აღვნიშნოთ, რომ ასეთი სიტუაციები საკმაოდ ხშირად გვხვდება.

RLE შეკუმშვის ალგორითმს ხშირად იყენებენ გამოსახულების PCX, TIFF და BMP გრაფიკულ ფორმატებში დამახსოვრებისას.

მე-19 სურათზე გამოსახულია ხუთი გამოსახულება (ტესტური), რომლებიც BMP ფორმატშია დამახსოვრებული. მათი RLE მეთოდით შეკუმშვის შედეგები კი მოცემულია ცხრილ 2-ში.



სურ.19. ტესტური გამოსახულებები (მარცხენა ოთხი 256x256, მესამე 168x256)

ცხრილი 2

გამოსახულების N	საწყისი ფაილის ზომა (ბაიტი)	RLE მეთოდით შეკუმშული ფაილის ზომა (ბაიტი)	კუმშვის კოეფიციენტი
1	66 616	1 080	61.68
2	66 616	10 932	6.09
3	66 616	68 152	0.98
4	66 616	66 068	1.01
5	44 088	45 080	0.98

ცხრილიდან ჩანს, რომ ალგორითმი კარგად მუშაობს პირველი და მეორე ტიპის გამოსახულებებისთვის (არსებობს ერთნაირად შეღებილი სტრიქონები) და პრაქტიკულად არ მუშაობს დანარჩენ ტესტურ გამოსახულებებზე, როგორცაა

ჰორიზონტალური გრადიენტული შევსება და რეალური ფოტო. ამ უკანასკნელის შემთხვევაში ფაილის ზომის გაზრდაც კი შეიმჩნევა.

გამოსახულების *PCX*, *TIFF* და *BMP* ფორმატებში დამახსოვრებისას აუცილებლად უნდა დაფიქრდეთ, რა შედეგი მოჰყვება ჯგუფური კოდირების მეთოდის (*RLE*) გამოყენებას. იქნებ სჯობდეს დავიმახსოვროთ ფაილი ისე, როგორც არის – შეკუმშვის გარეშე, ან სხვა ალგორითმები მოვსინჯოთ.

LZW (Lempel, Ziv and Welch)

ამ ალგორითმის დასახელება, მისი ავტორების გვარების პირველი ასოებიდან წარმოიქმნა: *Lempel*, *Ziv* და *Welch*. ამ ალგორითმში კუმშვა ხდება არა მნიშვნელობათა გამეორების, არამედ ბაიტების ჯაჭვის გამეორების ხარჯზე.

ამ ალგორითმის მუშაობის პრინციპი გულისხმობს გამოსახულების სტრიქონ-სტრიქონ ანალიზს. გამოსახულების პიქსელთა თანამიმდევრობა სპეციალურ ლექსიკონში შეაქვთ. თუ შემდეგში დაფიქსირდება მსგავსი თანამიმდევრობები, მაშინ აღნიშნული მიმდევრობის მაგივრად ფაილში ჩაიწერება ლექსიკონში შეტანილი, მისი შესაბამისი ინდექსი. *LZW* ალგორითმები ერთმანეთისგან განსხვავდება ზომით და ლექსიკონის მოწყობის წესით, გამეორებადი ჯაჭვების ძიების მეთოდებით და სხვა.

LZW კუმშვის ალგორითმებს იყენებენ ისეთ ცნობილ ფორმატში, როგორცაა *GIF*. მე-3 ცხრილში წარმოდგენილია მე-19 სურათზე გამოსახულ იგივე ტესტურ გამოსახულებებზე ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგები, ამჯერად *GIF* ფორმატისთვის.

ცხრილი 3

გამოსახულების N	საწყისი ფაილის ზომა (ბაიტი)	<i>LZW</i> მეთოდით შეკუმშული ფაილის ზომა (ბაიტი)	კუმშვის კოეფიციენტი
1	66 616	1 219	54.65
2	66 616	12 440	5.35
3	66 616	32 972	2.02
4	66 616	22 990	2.90
5	44 088	39 983	1.10

როგორც ცხრილიდან ჩანს, “კარგი” გამოსახულებისათვის (სურ.19.1 და სურ.19.2) *LZW* ალგორითმი, ჯგუფური კოდირების მეთოდთან შედარებით ოდნავ ცუდად მუშაობს, სამაგიეროდ დანარჩენი სურათების შემთხვევაში ის გაცილებით

უკეთესია. ეს იმაზე მეტყველებს, რომ LZW ალგორითმი საკმაოდ უნივერსალურია, რადგან პრაქტიკულად არ გვხვდება ისეთი სიტუაცია, სადაც კუმშვა ფაილის ზომის გაზრდას იწვევდეს. სწორედ ამიტომ GIF ფორმატს ფართოდ იყენებენ პრაქტიკაში, განსაკუთრებით ინტერნეტ ქსელში.

LZW მეთოდის, და შესაბამისად, GIF ფორმატის, ძირითადი ნაკლი ისაა, რომ ამ მეთოდით იკუმშება მხოლოდ ისეთი გამოსახულება, რომლის პიქსელთა მნიშვნელობები 256-ს არ აღემატება. ეს არის გამოსახულება ნაცრისფერის ტონებში ან ინდექსირებული პალიტრით აღწერილი. ამიტომ, სანამ სრულფეროვან გამოსახულებას GIF ფორმატში დავიმახსოვრებდეთ, აუცილებელია მისი გარდაქმნა ინდექსირებულ გამოსახულებად, მაგრამ ამ დროს ხშირად (განსაკუთრებით მაღალხარისხიანი ფერადი ფოტოების შემთხვევაში) ხდება ხარისხის მნიშვნელოვანი გაუარესება.

2.2.4. კუმშვის ალგორითმი დანაკარგით. JPEG ალგორითმი.

ჩვენ განვიხილეთ კუმშვის კლასიკური მეთოდები, რომლებიც რეალურ გამოსახულებათა კუმშვის შედარებით დაბალ კოეფიციენტებს (2-3 ჯერ) შეესაბამება. თანამედროვე გრაფიკული ფაილებისთვის კი, რომლებიც მეხსიერების ათობით და ასობით მეგაბაიტ მეხსიერებას იკავებენ, ეს ნამდვილად ცოტაა. კუმშვის კლასიკური (ერთგანზომილებიანი) ალგორითმების ასეთი დაბალი კუმშვადობის კოეფიციენტი ძირითადად ორი მიზეზით არის გამოწვეული.

პირველი – ისინი პიქსელის ფერის კორელაციას მხოლოდ ერთ განზომილებაში – სტრიქონში ითვალისწინებენ, თუმცა გამოსახულებისთვის ამ კორელაციას ადგილი აქვს ვერტიკალური მიმართულებითაც, მაშინ ორგანზომილებიანი კორელაციის კუმშვადობის კოეფიციენტი 5-10-მდე გაიზრდება, მაგრამ არც ეს არის საკმარისი.

მეორე – როგორც ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა, ციფრულ გამოსახულებაში ბევრია ჭარბი ინფორმაცია. იგულისხმება, რომ ადამიანის თვალი ხშირად ვერ აღიქვამს მთელ ინფორმაციას, რომელიც ციფრულ გამოსახულებაში ინახება. ეს განსაკუთრებით რეალისტურ გამოსახულებებს ეხება, მაგალითად, ფერად ფოტოებს. აღმოჩნდა, რომ ადამიანის თვალისთვის შეუმჩნეველი (ან თითქმის შეუმჩნეველი) ეს ჭარბი ინფორმაცია იმდენად ბევრია, რომ მისი იგნორირება ფაილის ზომას ათჯერ და ზოგჯერ ასჯერაც შეამცირებს.

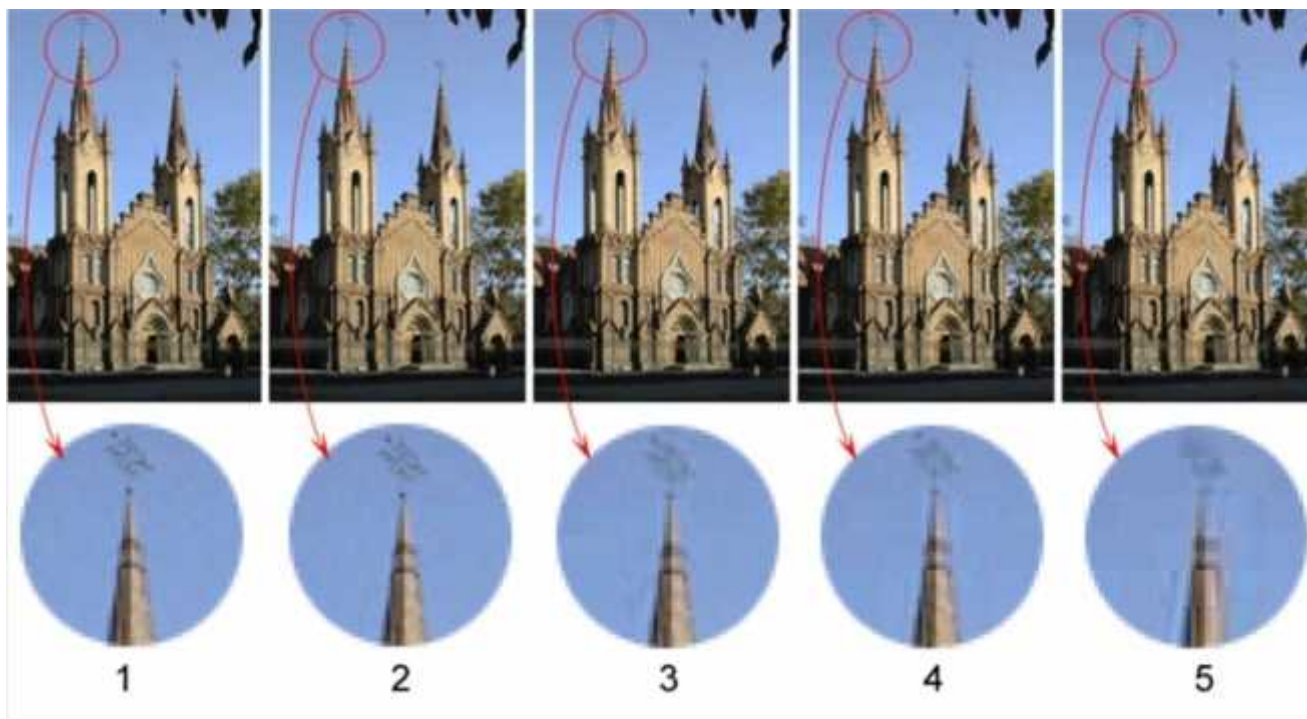
კუმშვის ასეთი პროცედურის დროს ცხადია, ინფორმაციის ნაწილი იკარგება და შემდგომში მისი აღდგენა შეუძლებელი იქნება, ამიტომ ასეთ ალგორითმებს ეწოდათ *კუმშვის ალგორითმები დანაკარგით*.

დანაკარგით კუმშვის ყველაზე ცნობილი ალგორითმია "JPEG". ეს სახელწოდება ამ მეთოდის შემქმნელ ექსპერტთა ჯგუფის დასახელებიდან წარმოიშვა (Joint

Photographic Exerts Group – JPEG). JPEG ალგორითმი განკუთვნილია სრულფეროვან გამოსახულებათა არქივაციისთვის. მისი კუმშვის კოეფიციენტი იცვლება 2-დან 200-მდე. რადგან გამოსახულების ხარისხი დამოკიდებულია კუმშვის ხარისხზე, ცხადია მომხმარებელს საშუალება ეძლევა არეგულიროს კუმშვადობა გარკვეულ საზღვრებში.

ამ ალგორითმის მუშაობა შემდეგ ფაქტს ეყრდნობა: ადამიანის ფერადი მხედველობის, სივრცული და ფერადი რეზოლუცია, მონოქრომატულთან შედარებით ცუდია. ამიტომ, თუ სწორად გარდავქმნით ფერთა მოდელს (RGB-დან ტელევიზიურ ანალოგად), რაც ფერთა არხების სივრცული რეზოლუციის შემცირებას გულისხმობს და შემდეგ ფერადოვნების კომპონენტთა უხემ კვანტირებას გამოვიყენებთ, გამოსახულება შეიძლება ძალიან შეგკუმშოთ. და რაც მთავარია, სურათის ვიზუალური ხარისხი პრაქტიკულად არ შეიცვლება.

მე-20 სურათზე ნაჩვენებია ერთი და იგივე გამოსახულების JPEG ფორმატში დამახსოვრების შედეგები კუმშვადობის სხვადასხვა ხარისხის დროს. მე-4 ცხრილში კი წარმოდგენილია ამ გამოსახულებათა შესაბამისი ფაილის ზომები და კუმშვის კოეფიციენტები. როგორც სურათიდან ჩანს, შესაძლებელია გამოსახულების ძლიერი შეკუმშვა ვიზუალური ხარისხის გაუარესების გარეშე. კერძოდ, გამოსახულების 4-ჯერ შეკუმშვა ვიზუალურ ხარისხზე პრაქტიკულად არ აისახება (სურ. 20.2). მცირედი დეფექტების გამოჩენა იწყება 8-ჯერ კუმშვის დროს (სურ.20.3). უფრო ძლიერი კუმშვისას (კონკრეტული მაგალითისათვის 12-ზე მეტი) კი გამოსახულებაზე სერიოზული დეფექტები ჩნდება (სურ.20.5).



სურ.20. გამოსახულების ვიზუალური ხარისხის ცვლილება JPEG ალგორითმით კუმშვის დროს.

ცხრილი 4

გამოსახულების N	საწყისი ფაილის ზომა (ბაიტი)	Photoshop-ში კუმშვის ფაილის ღონე	JPEG მეთოდით შეკუმშული ფაილის ზომა (ბაიტი)
1	66 616	1 219	54.65
2	66 616	12 440	5.35
3	66 616	32 972	2.02
4	66 616	22 990	2.90
5	44 088	39 983	1.10

JPEG კუმშვის ალგორითმისთვის დამახასიათებელი თავისებურებები, რაც ძლიერი კუმშვისას ვლინდება, კარგად ჩანს 20.5 სურათზე. ეს არის გიფის ეფექტი ("მოძაგბაგე" შარავანდი) მკაფიო საზღვრებთან და ბლოკური სტრუქტურა (8x8 პიქსელი), რომელიც კარგად იკვეთება ცის ფონზე. ეს დეფექტები დამახასიათებელია ამ ალგორითმისთვის და მათი შესუსტება შესაძლებელია მხოლოდ კუმშვის კოეფიციენტის ექსპერიმენტულად შერჩევის ხარჯზე.

2.3. გრაფიკული ინფორმაციის წარმოდგენა გრაფიკული ფაილების სახით

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გრაფიკულ პროგრამებთან მუშაობისას, ინფორმაციის დამახსოვრებას და გაცვლას პროგრამებსა და სხვადასხვა პერიფერიულ მოწყობილობებს შორის, **გრაფიკული ფაილები** ემსახურება.

გრაფიკულ პროგრამათა უმრავლესობას ფაილთა **საკუთარი ფორმატი** გააჩნია. ეს ფორმატები კონკრეტული პროგრამის განსაკუთრებულ შესაძლებლობებს იცავს. აღსანიშნავია, რომ ფაილთა საკუთარი ფორმატები შეიძლება შეუთავსებელი აღმოჩნდეს სხვა პროგრამებისთვის, ზოგჯერ მათი იმპორტირებაც შეუძლებელია, რადგან მათი აღქმა სხვადასხვა გრაფიკული სისტემების მიერ ყოველთვის კორექტული არ არის. ამიტომ გამოსახულების დამახსოვრება ნაკლებად პოპულარულ ფორმატებში და მათი სხვა კომპიუტერზე გადატანა, გარკვეულ პრობლემებს ქმნის.

დღეისათვის კომპიუტერულ გრაფიკაში რამოდენიმე ათეული გრაფიკული ფორმატი არსებობს, რომელიც გრაფიკის კოდირების მიხედვით შეიძლება ასე დავეყოთ:

1. რასტრული გრაფიკის ფორმატები (BMP, WBMP, RLE, GIF, TIF/TIFF, JPG, JPEG, PSD, DjVu, PCX, TGA, PhotoCD და სხვა)
2. ვექტორული გრაფიკის ფორმატები (WMF, CDR, AI, XAR და სხვა)

3. სხვა ფორმატები, რომელიც გრაფიკის ორივე სახეობას ითავსებს (*PS - Adobe PostScript, EPS, PDF* და სხვა).

გრაფიკული ფორმატების უმრავლესობა ორიენტირებულია გამოყენების კონკრეტულ სფეროზე. თუ ფორმატის არჩევას დაუშვებთ შეცდომას, გამოსახულება შეიძლება უვარგისი აღმოჩნდეს შემდგომი გამოყენებისთვის. მაგალითად, გამოსახულების JPEG ფორმატში (კუმშვის დიდი კოეფიციენტით) დამახსოვრება, ხარისხის გაუარესების გამო უვარგისს ხდის მას ბეჭდისთვის. მნიშვნელოვანია ის ფაქტიც, რომ ორიგინალის აღდგენა, ანუ მისი განმეორებითი გახსნა და სხვა ფორმატში დამახსოვრება დაშვებულ შეცდომას ვერ ასწორებს.

2.3.1. რასტრული გრაფიკის ფორმატები.

BMP (Windows Device Independent Bitmap). ფორმატი Windows-ის საკუთარი ფორმატია, მას აღიქვამს ყველა გრაფიკული რედაქტორი, რომელიც Windows-ის გარემოში მუშაობს. ფორმატი სრულფეროვანი რასტრული გამოსახულების დამახსოვრების საშუალებას იძლევა, როგორც RGB მოდელში ისე ინდექსირებულ ფერთა რეჟიმში. გამოსახულებას ფორმატში საკმარისი ხარისხი და ფერის სიღრმე აქვს, მაგრამ მისი გამოყენება არ ხდება ფერთა კორექციისას და გარდა ამისა ვერ იმახსოვრებს გამოსახულების ფენებს და რასტრული გრაფიკის სხვა ელემენტებს.

გამოსახულება ფორმატში შეიძლება შევკუმშოთ RLE ალგორითმით (ასეთ ფაილებს აქვთ .RLE ფორმატი). თუმცა უნდა გვახსოვდეს, რომ ასეთ ფაილებს ბევრი გრაფიკული პროგრამა ვერ აღიქვამს.

ფორმატის გამოყენება არ არის რეკომენდებული საგამომცემლო საქმიანობაში და არც WEB-ში, მაგრამ მას ფართოდ იყენებენ გამოყენებითი პროგრამების გაფორმებისას.

GIF (Graphics Interchange Format). GIF ფორმატი რასტრული გრაფიკის ფორმატია, რომელიც სპეციალურად დამუშავდა CompuServe ფორმის მიერ ქსელში სამუშაოდ. ეს ფორმატი ემსახურება გრაფიკული ინფორმაციის გაცვლას და აღიქმება თითქმის ყველა რასტრული და ვექტორული რედაქტორების მიერ.

GIF ფორმატი გამოსახულებათა კუმშვისთვის იყენებს LZW ალგორითმს. გრაფიკული ინფორმაციის კუმშვადობის ხარისხი GIF-ში დაკავშირებულია ინფორმაციის განმეორების დონეზე და ზოგჯერ სურათის ორიენტაციაზეც, რადგან GIF-ში ინფორმაციის სკანირება სტრიქონების მიხედვით სრულდება.

GIF ფორმატი ემსახურება ასევე მულტიმედიის მონაცემთა გაცვლას, შეუძლია დაიმახსოვროს ერთმანეთის მიყოლებით განლაგებული რამოდენიმე გამოსახულება

(როგორც სლაიდები, GIF-ანიმაცია) და ეს შესაძლებლობა ძირითადად გამოყენებულია WEB-გვერდებზე და WEB-საძიებო სისტემებში. ასეთი ფაილების შექმნისთვის იყენებენ GIF Constraction Set უტილიტას და პროგრამებს Xara და Adobe Image Ready. ამ ფორმატის ფარგლებში შესაძლებელია ასევე შეიქმნას სურათი გამჭვირვალე ფონით.

GIF-ფორმატი შეზღუდულია ფერების რაოდენობით. ის მუშაობს მხოლოდ 256 ფერიან რეჟიმში, რაც განაპირობებს მის გამოყენებას ელექტრონულ პუბლიკაციებში და მიუღებელს ხდის პოლოგრაფიისთვის.

TIFF (Tagged Image File Format). TIFF ფორმატი, ფირმა Aldus-ისა და Microsoft-ის მიერ დამუშავებული აპარატულად დამოუკიდებელი ფორმატია. მისი მოდულური არქიტექტურა გულისხმობს მონაცემების მონიშნულ ველებში (tagged) დამახსოვრებას. ყოველი ასეთი ველი შეიცავს სურათის გარკვეულ დეტალებს, რაც საშუალებას აძლევს, ფაილის წაკითხვისას, გამოტოვოს უცნობი ან არასაჭირო ველები და აუცილებლობის შემთხვევაში შემოიტანოს ახალი ტიპის ველები (tag), რაც უზრუნველყოფს მის უნივერსალობას, მაგრამ ამავედროულად ბადებს შეუთავსებლობას.

TIFF ფორმატი ერთერთი ყველაზე გავრცელებული და ხელსაყრელი ფორმატია. ის გამოირჩევა დიდი საიმედოობით და ფართო შესაძლებლობებით, მაგრამ ამავედროულად ფაილების დიდი ზომით ხასიათდება. მაგალითად, CMYK მოდელში (საკუთარი ფერთა პალიტრა) წარმოდგენილი 300 dpi რეზოლუციის მქონე A4 ფორმატის გრაფიკული ფაილი დაახლოებით 40 მეგაბაიტ მესხიერებას იკავებს, როცა მოყვანილი პარამეტრები ძალიან ბუნებრივია მაღალხარისხიანი პოლოგრაფიისთვის.

TIFF ფორმატი მუშაობს პრაქტიკულად ყველა პროგრამასთან, რომელიც ასე თუ ისე დაკავშირებულია გრაფიკასთან. TIFF ფორმატი, საუკეთესო არჩევანს წარმოადგენს, როცა საქმე ეხება რასტრული გრაფიკის იმპორტირებას ვექტორულ პროგრამებში და საგამომცემლო სისტემებში. მისთვის ხელმისაწვდომია ფერთა მოდელების მთელი დიაპაზონი: მონოქრომატული, RGB, CMYK და Pantone-ის დამატებითი ფერები. TIFF პრაქტიკულად ერთადერთი ფორმატია, რომელიც იმასხოვრებს ოთხზე მეტ არხს, ალფა-არხებს, ფენებს (Layers) და სხვა დამატებით ინფორმაციას.

TIFF ფორმატს საშუალებაა აქვს გამოიყენოს კუმშვის სხვადასხვა მეთოდები JPEG, ZIP, მაგრამ როგორც წესი იყენებს მხოლოდ კუმშვის LZW ალგორითმს.

JPEG, JPG (Joint Photographic Exerts Group). JPEG ფორმატი ფოტოგრაფიული (რასტრული) გამოსახულების საუკეთესო კუმშვის საშუალებას იძლევა. ის აღიქმება მთელი რიგი გრაფიკული რედაქტორების მიერ და წარმოადგენს არა

იმდენად ფორმატს, რამდენადაც კუმშვის მეთოდს რაც ზემოთ საკმაოდ ვრცლად განვიხილეთ, ამიტომ მოვიყვანო მის მოკლე დახასიათებას.

- მონაცემთა მაღალი ხარისხის კუმშვით და ინფორმაციის ნაწილობრივი დანაკარგით ხასიათდება;
- კუმშვის დონის არჩევის საშუალებას იძლევა;
- შეუძლებელია ანიმაციისა და გამჭვირვალობის გამოყენება;
- ძირითადად იყენებენ მაღალხარისხიანი, რეალისტური ფოტოების დამახსოვრებისთვის;
- 16 მილიონამდე ფერის გამოყენების საშუალებას იძლევა.

PSD (Adobe Photoshop Document . PSD ფორმატი, პოპულარული რასტრული პროგრამა Photoshop-ის საკუთარი ფორმატია. ის საშუალებას იძლევა დავიმახსოვროთ მრავალფენიანი გამოსახულება თავისი მასკებით, დამატებითი ალფა-არხებით, მარტივ (spot) ფერთა არხებით, კორექტირებადი, ვექტორული და ტექსტური ფენებით, კონტურებით და სხვა ინფორმაციით, ანუ ჩავწეროთ ყველაფერი რაც Photoshop-ში კეთდება. PSD ფორმატს ყველაზე კარგად აღიქვამს Corel PHOTO-PAINT და Corel Painter პროგრამები. ამ პროგრამებში ფაილი 100%-იანი კორექტულობით იხსნება და დოკუმენტის მრავალფენიანობაც აღიქმება. ეს ფორმატი ძალიან მოსახერხებელია ასევე Adobe-ს სხვა პროგრამულ პროდუქტებთან ურთიერთობისთვის.

DjVu ფორმატი. გრაფიკული ფორმატი DjVu, შეიქმნა ფირმა AT&T-ს მიერ, პირველ რიგში დასკანირებული გრაფიკული ინფორმაციის Internet-ში განთავსებისთვის. მისი უნიკალური თავისებურებაა განსაკუთრებული კომპაქტურობა მაღალი (300 dpi და მეტი) რეზოლუციის მქონე გამოსახულებათა დამახსოვრების დროს. ამგვარად ფორმატი DjVu, უნიკალურ ინსტრუმენტს წარმოადგენს ინტერნეტისთვის.

ინტერნეტ ბიბლიოთეკებთან მუშაობისას შეგვიძლია გამოვიყენოთ Plug in-ბი ბროუზერებისთვის ან ისეთი გრაფიკული პროგრამები, რომელიც აღიქვამს DjVu ფორმატს.

ინფორმაციის კუმშვისას ტექსტის და კონტრასტული სურათების დამახსოვრება 300 dpi რეზოლუციით ხდება, სხვა დანარჩენი ინფორმაცია აღიქმება ფონად და დამახსოვრება ხდება დაბალი რეზოლუციით. ეს მიდგომა ელექტრონული დოკუმენტის კარგად კუმშვის საშუალებას იძლევა. DjVu ფორმატი მუშაობს ჰიპერბმულებთან და მრავალფეროვანი დოკუმენტებთან.

2.3.2. ვექტორული გრაფიკის ფორმატები.

ვექტორული ფორმატის ფაილებში სურათის აღწერა სრულდება ბრძანებებითა ნაკრების სახით, რომელთა მიხედვითაც იგება გრაფიკული ობიექტები. გარდა ამისა ამ ფაილებში ინახება ერთგვარი დამატებითი ინფორმაცია. ვექტორული ფორმატები ერთმანეთისგან განსხვავდებიან ბრძანებათა ნაკრებით და მათი კოდირების წესებით.

CDR (CorelDRAW Document). CDR ფორმატი პროგრამა CorelDRAW-ს საკუთარი ფორმატია. CorelDRAW ვექტორული გრაფიკის პროფესიულ პროგრამად ითვლება. CDR ფაილებში ვექტორისა და რასტრის დაარქივება ცალ-ცალკე ხდება, შესაძლებელია ასევე შრიფტების დანერგვა. CDR ფაილებს აქვთ დიდი სამუშაო ველი (45x45 მეტრი), რაც ძალიან მნიშვნელოვანია პლაკატების და გარე რეკლამის შექმნისას, ხასიათდებიან მრავალფეროვნებით და მისი ფაილების იმპორტირება ბევრ პროგრამას (Free Hand, Illustrator, PageMaker) შეუძლია.

AI (Adobe Illustrator Document). AI ფორმატი ვექტორული რედაქტორის Adobe Illustrator-ის საკუთარი ფორმატია და საშუალებას იძლევა დავიმახსოვროთ მთელი გრაფიკული ინფორმაცია რაც ამ პროგრამის ფარგლებში იქმნება.

Adobe Illustrator-ს ერთ ფაილში მხოლოდ ერთი ფურცლის შენახვა შეუძლია, მისი სამუშაო ველი საკმაოდ პატარაა – სულ 3x3 მეტრი, ასევე მისი ილუსტრაციული საშუალებებიც უფრო სუსტია, პროგრამა CorelDRAW და Free Hand-თან შედარებით, მაგრამ მიუხედავად ამისა, მისი AI ფორმატი გამოირჩევა უდიდესი სტაბილურობით და PostScript-თან შეთავსებადობით.

AI ფორმატი მუშაობს პრაქტიკულად ყველა პროგრამასთან, რომელიც ასე თუ ისე დაკავშირებულია ვექტორულ გრაფიკასთან, ამიტომ ის ყველაზე კარგი შუამავალია, ვექტორულ პროგრამებს შორის ინფორმაციის გაცვლისას. ამ ფორმატის იმპორტირება ხდება ასევე რასტრულ პროგრამა Photoshop-ში, მათ აქვთ ერთნაირად ორგანიზებული ინტერფეისი და Photoshop-ი პირდაპირ აღიქვამს Illustrator -ის ფორმატებს AI და EPS.

XAR (Xara X, Corel Xara, Xara Xtreme). XAR ფორმატი, ვექტორული რედაქტორის Xara X, Corel Xara, Xara Xtreme-ის ფორმატია და ამ პროგრამაში შექმნილი და მოდიფიცირებული გამოსახულების დამახსოვრების საშუალებას იძლევა. მას მხოლოდ შუალედური გამოყენების ფუნქციაა აქვს და მისი ფორმატის სხვა ფორმატში (JPG, GIF, TIF, AI) გადაყვანა მხოლოდ ოპერაცია «Export»-ით შეიძლება.

WMF (Windows Metafile). WMF ვექტორული ფორმატი Windows-ის გრაფიკულ ენას იყენებს და მის საკუთარ ფორმატს წარმოადგენს. ის ვექტორთა ბუფერით (Clipboard) გადაცემას ემსახურება და Windows-ის თითქმის ყველა იმ ვექტორული პროგრამით აღიქმება, რაც გრაფიკასთან არის დაკავშირებული. ამასთანავე, უნდა

აღინიშნოს, რომ მიუხედავად მისი მოჩვენებითი სიმარტივისა და უნივერსალურობისა, მას უკიდურეს შემთხვევებში, მხოლოდ “შიშველი” ვექტორების გადაცემისას იყენებენ, რადგან WMF ამახინჯებს ფერს და ვერ იმასსოვრებს მთელ რიგ პარამეტრებს, რომლებიც სხვადასხვა ვექტორულ რედაქტორში ენიჭება ობიექტს. არსებული გრაფიკული პროგრამებიდან, მხოლოდ CorelDRAW-ს შეუძლია კორექტული WMF ფაილების შექმნა.

2.3.3. სხვა ფორმატები, რომელიც გრაფიკის ორივე სახეობას ითავსებს.

ბაზური გრაფიკა PostScript.

PostScript-ი თავისი არსით პროგრამირების ენას წარმოადგენს. PostScript-ი აღწერს ფურცლებს, რაც ბეჭდვით ფურცელზე განთავსებული ტექსტის, სურათის, გამოსახულების და მათ შორის შრიფტების, აღწერას გულისხმობს. გამოსახულების ტიპი შეიძლება იყოს როგორც ვექტორული ისე რასტრული. აღწერის პროცესი ძალიან დეტალიზებულია და ამიტომ მისი ინტერპრეტატორი მესხიერების დიდ მოცულობას იკავებს. ძალიან მნიშვნელოვანია, ასევე რომ ფურცლის აღწერა PostScript-ში არ არის დამოკიდებული პერიფერიულ მოწყობილობებზე, რაც მნიშვნელოვნად ამარტივებს ინფორმაციის გამოტანის პროსესს.

PostScript-ი ფაქტიურად სტანდარტია საგამომცემლო სისტემებისთვის. მისი შექმნა რამოდენიმე ფაქტორით არის განპირობებული:

- ფურცლის PostScript –აღწერა, გაცილებით მომგებიანია ვიდრე მისი რასტრული წარმოდგენა და გადაცემა, რადგან ის ბევრად უფრო კომპაქტურია, ვიდრე კარგად დაარქივებული გამოსახულება.
- ბეჭდური ფურცლის მომზადება საკმაოდ დროს ითხოვს, PostScript–აღწერა და ბეჭდვისთვის მზადება კი პრინტერს ან დისპლეის პროცესორს ეკისრება, შესაბამისად კომპიუტერის პროცესორი თავისუფლდება და შეუძლია მუშაობა გაგრძელოს სხვა საკითხებზე, რაც ცხადია მისი მწარმოებლობას ზრდის.
- და ბოლოს ყველაზე მნიშვნელოვანი უპირატესობა PostScript–აღწერა არ არის დამოკიდებული გარე მოწყობილობის ტიპზე.

ბაზური გრაფიკა PostScript-ს აქვს 4 ვარიანტი: Level 1, Level 2, Encapsulated PostScript, Display PostScript.

Level 1 – ენის საწყისი ქვესიმრავლეა და იყენებენ ძირითადად შავ-თეთრი გრაფიკისთვის, მაგრამ შეუძლია იმუშაოს RGB და CMYK –ში.

Level 2 – შეიცავს Level 1- ს და მთელ რიგ გაუმჯობესებებს. იყენებს კუმშვის სხვადასხვა მეთოდებს.

Encapsulated PostScript (EPS) აღწერს ერთ ფურცელს, რომელიც მოდიფიკაციის გარეშე ერთდება დიდ PostScript-დოკუმენტებში. მას ძირითადად გაცვლისთვის იყენებენ, რადგან ის აღიქმება საგამომცემლო სისტემების მიერ.

Display PostScript ინტერპრეტატორი კი წარმოადგენს აპარტულად-დამოუკიდებელ ინტერფეისს მონიტორებისათვის რეალური დროის რეჟიმში.

PostScript ენაზე დაფუძნებულია რამოდენიმე ფორმატი როგორცაა: *PS (Adobe PostScript)*, *EPS (Encapsulated PostScript)* და *PDF (Portable Document Format)*.

PS (Adobe PostScript) ფურცლების აღწერის ენას წარმოადგენს, რომელიც ფირმა **Adobe**-ს მიერ შეიქმნა. PS ფორმატის ფაილები, წარმოადგენენ პროგრამას ბრძანებებით, რომელიც გამოტანის მოწყობილობების მიერ სრულდება. ასეთი ფაილები ფაილშივე ინახავენ თვით დოკუმენტს (მხოლოდ იმას რაც ფურცელზეა განთავსებული), ყველა დაკავშირებულ ფაილს (როგორც რასტრულს ისე ვექტორულს), გამოყენებულ შრიფტებს, და ასევე სხვა დანარჩენ დამატებით ინფორმაციას, როგორცაა მაგალითად ფერთა დაყოფა და სხვა მონაცემები რაც გამოტანის მოწყობილობისთვისაა საჭირო. თუ ფაილი სწორად არის შექმნილი, მაშინ მნიშვნელობა არა აქვს რა პროგრამაში ხდებოდა მისი დამუშავება ან რა ტიპის შრიფტები იქნა გამოყენებული True Type თუ Adobe Type1. თუმცა ზოგჯერ მაინც ჩნდება პრობლემები, როცა გამოყენებული გრაფიკული პროგრამიდან PostScript ენაზე არაკორექტული გადასვლა ხდება. შედარებით კორექტულ PS ფაილებს იქმნიან Adobe-ს პროგრამები.

EPS (Encapsulated PostScript) EPS ფორმატი მონაცემთა დამახსოვრების ყველაზე საიმედო და უნივერსალური მეთოდია. ის იყენებს PostScript გამარტივებულ ვერსიას: ერთ ფაილში ერთ ფურცელზე მეტი ვერ თავსდება და ვერ იმახსოვრებს პრინტერის რიგ დაყენებებს. EPS-ში, ისევე როგორც PostScript ბეჭდვის ფაილებში, იწერება სამუშაოს საბოლოო ვარიანტი, თუმცა ზოგიერთი პროგრამა (Adobe Illustrator, Photoshop Macromedia FreeHand) მას სამუშაოდაც იყენებს. EPS ფაილები იქმნება თითქმის ყველა გრაფიკულ პროგრამაში და მას ძირითადად ვექტორებისა და რასტრების საგამომცემლო სისტემაში გადასაცემად იყენებენ. მის გამოყენებას აზრი აქვს მხოლოდ მაშინ, როდესაც მონაცემთა გამოტანა ხორციელდება PostScript – მოწყობილობაზე. EPS ფაილები იმახსოვრებს ბეჭდვისთვის აუცილებელ ყველა ფერთა მოდელს, მათ შორის Duotone-ს და ასევე Clipping Path-ს ვექტორულ კონტურს, გამოყენებულ შრიფტებს და სხვა. ფაილთან ერთად შეიძლება დავიმახსოვროთ ასევე ესკიზიც (Image header, preview). ეს არის დაბალი რეზოლუციის მქონე PICT, TIFF ან WMF ფორმატები, რომელთა დამახსოვრებაც EPS ფაილთან ერთად ხდება. ეს ფაილში ჩახედვის საშუალებას გვაძლევს, რადგან ფაილის გახსნა რედაქტირებისთვის მხოლოდ Photoshop-ს და Illustrator-ს შეუძლია.

ყველაზე საიმედო EPS ფაილები იქმნება Adobe Systems პროგრამებში: Photoshop, Illustrator, InDesign.

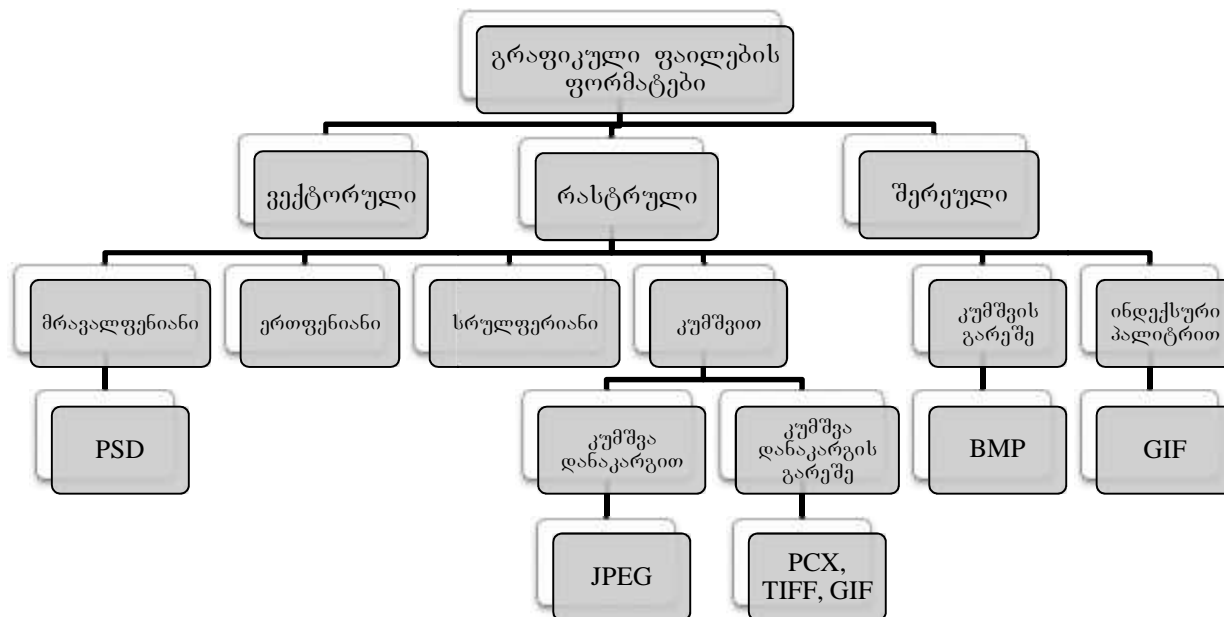
თავდაპირველად EPS დამუშავდა როგორც ვექტორული ფორმატი, მოგვიანებით გამოჩნდა მისი სახესხვაობა – Photoshop EPS, რომელიც იმახსოვრებს ესკიზს და, გარდა ამისა აქვს ძალიან სასარგებლო ფუნქცია Encoding (კოდირება) – მონაცემთა კოდირება ASCII ფორმატში (), ამ დროს მართალია იზრდება ფაილის ზომა, მაგრამ სამაგიეროდ იგი ყველგან იხსნება და მის გამოტანაზეც პრობლემები არ იქმნება.

PDF (Portable Document Format). PDF ფორმატი, ფირმა Adobe Systems-ს მიერ შემოთავაზებული ელექტრონული დოკუმენტების ფორმატია, რომელიც PostScript-ის მთელ რიგ შესაძლებლობებს იყენებს და მის ნაირსახეობას წარმოადგენს. PDF ფორმატი პლატფორმისგან დამოუკიდებელია და იმახსოვრებს ილუსტრაციებს როგორც ვექტორულს ისე რასტრულს, შრიფტებს და ჰიპერტექსტური მიმართვის შემცველ ტექსტებს. დოკუმენტების გაცვლისთვის შექმნილი ფორმატი (Portable Document Format) მცირე ზომის უნდა იყოს, რისთვისაც ცხადია იყენებენ არქივაციის სხვადასხვა ხერხებს.

ფირმა Adobe-მ ამ ფორმატთან სამუშაოდ შექმნა პროგრამული პაკეტი Acrobat-ი. შეიძლება ითქვას, რომ PDF ფაილის შექმნის საშუალება პრაქტიკულად ყველა პროგრამას გაუჩნდა. რაც იმას ნიშნავს, რომ ნებისმიერ პროგრამაში შექმნილი ილუსტრირებული, შრიფტებით და ჰიპერტექსტებით დატვირთული დოკუმენტი PDF ფაილში ექსპორტირდება და შესაძლებელია მისი ელექტრონული ფორმით გადაცემა, როგორც ქსელში, ისე ნებისმიერ პერიფერიულ მოწყობილობაზე. აღსანიშნავია ასევე რომ ამ დროს არ ვზრუნავთ ფერთა დაშლაზე, ბმულებზე და სხვა ბეჭდურ პრობლემებზე.

PDF ფაილების დათვალიერებისთვის შეიძლება გამოვიყენოთ პროგრამა Acrobat Reader-ი, რაც შეეხება PDF დოკუმენტების შექმნას, საჭიროა shareware-პროგრამები Adobe Systems: Acrobat Standard ან Acrobat Professional-ი რომლებიც ამ დოკუმენტებზე უამრავი ოპერაციის ჩატარების საშუალებასაც იძლევა.

21-ე სურათზე გამოსახულია გრაფიკული ფაილების ფორმატთა კლასიფიკაციის ბლოქსქემა.



სურ.21. გრაფიკული ფაილების ფორმატთა კლასიფიკაციის ბლოქსქემა.

3. ვექტორული გრაფიკა

სახელმძღვანელოს პირველ ნაწილში განხილული იყო ვექტორული გრაფიკის ძირითადი ცნებები (ვექტორული გამოსახულების წარმოდგენა, გეომეტრიული პრიმიტივები, ობიექტზე ორიენტირებული მიდგომა და სხვა) და ასევე კომპიუტერული გრაფიკის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი თემა - კომპიუტერული გრაფიკის მათემატიკური აპარატი, რომელიც ძირითადად ვექტორულ გრაფიკას უკავშირდება (ბეზიეს მრუდი, გეომეტრიული გამოსახულებების დამუშავება, გეომეტრიული გარდაქმნები და სხვა).

სახელმძღვანელოს ამ ნაწილში, შევეცდებით განვიხილოთ ვექტორული გრაფიკის რედაქტორებთან მუშაობის ძირითადი ცნებები და პრიციპები და ვექტორული გრაფიკის პოპულარული რედაქტორები, რათა შევძლოთ გრაფიკის ამ სახეობებთან მუშაობა და მათი პრაქტიკაში გამოყენება.

3.1. ვექტორული გრაფიკის რედაქტორებთან მუშაობის ძირითადი ცნებები და პრიციპები

თავდაპირველად გავიხსენოთ, რომ გამოსახულების შექმნა ვექტორულ პროგრამებში მათემატიკურ ფორმულებზეა დაფუძნებული, ამიტომ ვექტორული ფაილები შეიცავენ მხოლოდ ამ გეომეტრიული ობიექტების აგებისთვის საჭირო ინსტრუქციებს. აქედან გამომდინარე ვექტორული გამოსახულების ბაზისს წარმოადგენს სხვადასხვაგვარი პრიმიტიული ობიექტები - ხაზები და მრუდები, რომელთაც ხშირად კონტურებს უწოდებენ. ყოველი კონტური დამოუკიდებლად რედაქტირებად ობიექტს წარმოადგენს, რის გამოც ვექტორულ გრაფიკას ხშირად ობიექტზე ორიენტირებულს უწოდებენ.

გრაფიკული პრიმიტივები წარმოადგენენ მინიმალურ გრაფიკულ ობიექტებს, რომლებიც ვექტორულ სურათს ქმნიან – აგურების მსგავსად, რითიც აშენებენ შენობას. გრაფიკული პრიმიტივების კომბინირებით და მათზე გეომეტრიული გარდაქმნების ჩატარებით უფრო რთულ ობიექტებს ვიღებთ.

ტიპიური პრიმიტიული ობიექტებია: ხაზები და ტეხილები, მრავალკუთხედები, წრეხაზები, ელიფსები, რკალი, სეგმენტი და სექტორი ასევე ბეზიეს მრუდები, სამკანზომილებიანი ობიექტები (კუბი, სფერო, ცილინდრი და სხვა) და ტექსტები (კომპიუტერულ შრიფტებში, როგორცაა TrueType – ყოველი ასო იქმნება ბეზიეს მრუდების მეშვეობით).

თანამედროვე ვექტორული გრაფიკა ასოცირდება მძლავრ გრაფიკულ რედაქტორებთან, რომელიც საშუალებას გვაძლევს შევქმნათ ფოტორეალისტური გამოსახულებები და გადავწყვიტოთ ვექტორული გრაფიკის ურთულესი ამოცანები. ვექტორული გრაფიკის რედაქტორების საშუალებით შესაძლებელია, როგორც

ვექტორული გამოსახულებების შექმნა, ისე რედაქტირება: მობრუნება, გადაადგილება, არეკვლა, წანაცვლება და პრიმიტივების კომბინირებით რთული ობიექტების შექმნა.

ვექტორული გრაფიკა იდეალური საშუალებაა მარტივი ან შედგენილი სურათების შესაქმნელად. ასევე ეფექტურია მისი გამოყენება ისეთ შემთხვევებში, როცა ძირითად მოთხოვნას გამოსახულების ფორმის მაღალი სიზუსტე წარმოადგენს. ასეთ ამოცანებს მიეკუთვნება ლოგოტიპების შექმნა, ტექსტების მხატვრული გაფორმება, სქემების, ნახაზების, დიაგრამების და სხვა უფრო რთული გეომეტრიული ობიექტების აგება.

კომპიუტერული გრაფიკის პროგრამათა ყოველ ტიპს თავისი ტერმინოლოგია, მათემატიკური აპარატი და მისთვის დამახასიათებელი ინსტრუმენტული საშუალებები აქვს. ამავდროულად უნდა აღინიშნოს, რომ ვექტორულ პროგრამათა მრავალფეროვნების მიუხედავად, ყოველი მათგანი ამა თუ იმ დოზით შეიცავს ინსტრუმენტული საშუალებების საერთო ბაზურ ნაკრებს, რომელიც ბაზურ ტერმინებსა და ვექტორული გრაფიკის ცნებებს გულისხმობს, ეს კი თავისმხრივ ნებისმიერი თანამედროვე ვექტორული პროგრამების ბირთვს წარმოადგენს.

ვექტორულ გრაფიკასთან სამუშაოდ არსებობს რამოდენიმე პოპულარული გრაფიკული რედაქტორი: Adobe Illustrator, Macromedia Freehand, CorelXara და CorelDraw. ყველა ეს რედაქტორი ვექტორული გრაფიკის ტიპურ ობიექტებთან მუშაობს, გააჩნიათ მუშაობის მსგავსი პრინციპები და მსგავსი ინსტრუმენტები, ამიტომ ვექტორული გამოსახულებების შექმნის კომპიუტერული მეთოდებიც მსგავსია.

განვიხილოთ ვექტორული გრაფიკის ის ძირითადი ცნებები, რასთანაც გვიწევს შეხება გრაფიკულ რედაქტორებთან პრაქტიკული მუშაობის დროს, მიუხედავად რედაქტორის არჩევანისა.

1. ვექტორული გრაფიკის ძირითად ობიექტს წარმოადგენს – ხაზი (line). ზოგიერთ რედაქტორში მას მრუდს უწოდებენ (curve), ზოგან კი კონტურს (path). როგორც ჩანს კონტური უფრო ადეკვატურად გამოხატავს მის არსს, რადგან კონტური შეიძლება იყოს ხაზიც, მრუდიც, ფიგურაც და ტეხილიც.
2. ყოველ კონტურს შეიძლება ქონდეს ორი ან მეტი საყრდენი წერტილი. ზოგიერთ რედაქტორში მას კვანძებს (nodes) უწოდებენ.
3. კონტურის ელემენტს, რომელიც ორ საყრდენ წერტილს შორის არის მოქცეული, კონტურის სეგმენტს უწოდებენ. თუ კონტურს ორზე მეტი საყრდენი წერტილი აქვს, მაშინ ის რამოდენიმე სეგმენტისგან შედგება. კონტურის ფორმა იცვლება საყრდენი წერტილების გადაადგილებით, მათი თვისებების შეცვლით, ახალი საყრდენი წერტილების დამატებით ან პირიქით, ნაწილის გამოკლებით.

4. კონტური შეიძლება იყოს ჩაკეტილი ან ღია. თუ კონტურის ბოლო საყრდენი წერტილი ერთდროულად მის პირველ წერტილსაც წარმოადგენს, მაშინ კონტური ჩაკეტილად ითვლება. სწინააღმდეგო შემთხვევაში ის ღიაა. ჩაკეტილი და ღია კონტურების თვისებები განსხვავდება.
5. კონტური, ელემენტარული გრაფიკული ობიექტია. კონტურებისგან შეიძლება შეიქმნას ახალი ობიექტები ან მათი ჯგუფები. რამოდენიმე კონტურზე შეიძლება შესრულდეს დაჯგუფების ოპერაცია, კომბინირება და გაერთიანება. ეს ოპერაციები ქმნიან ობიექტთა ჯგუფს, შედგენილ კონტურს ან ახალ კონტურს. დაჯგუფების ოპერაციისას (სურ. 22-1), ჯგუფის ყოველი კონტური ინარჩუნებს თავის საყრდენ წერტილებს და თვისებებს. ოპერაცია კომბინირების დროს (სურ. 22-2), კონტურები ინარჩუნებენ თავის საყრდენ წერტილებს, მაგრამ შედგენილი კონტური ახალ თვისებებს იძენს. გაერთიანების ოპერაციაში (სურ. 22-3) ჩნდება ახალი საყრდენი წერტილები და საწყისი ობიექტების თვისებებიც იცვლება. 22-ე სურათზე გამოსახულია ობიექტების დაჯგუფების, კომბინირების და გაერთიანების მაგალითები. დაჯგუფების უარყოფის შემთხვევაში ობიექტების დამოუკიდებლობა აღდგება, კომბინირების უარყოფის შემთხვევაში კი არ ხდება ობიექტის საწყისი თვისებების აღდგენა, ხოლო გაერთიანების უარყოფის შემთხვევაში არ აღდგება არც საწყისი თვისებები და არც საყრდენი წერტილები.

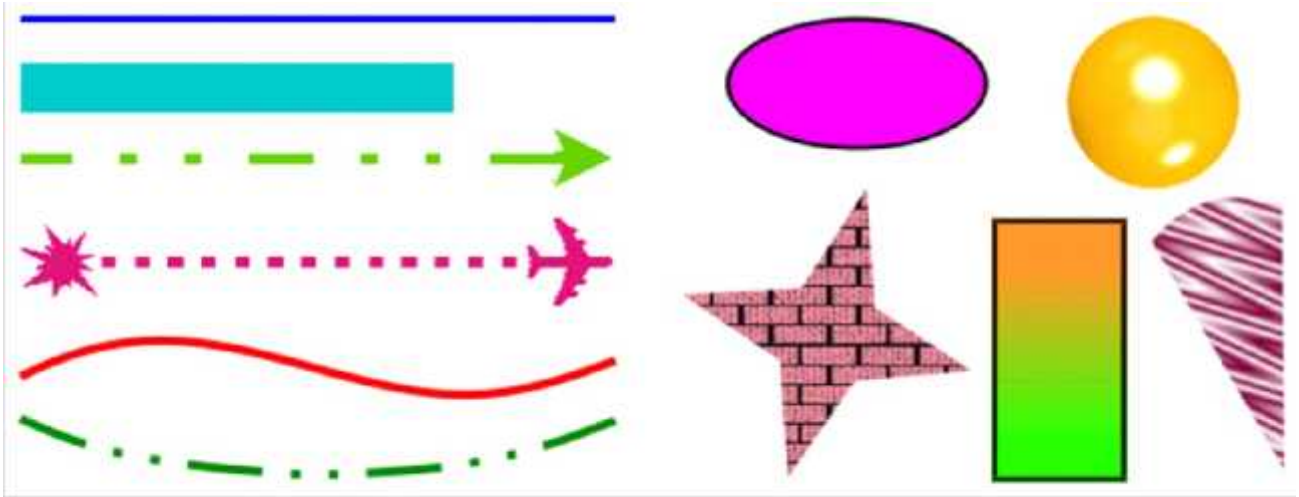


სურ.22. ობიექტების დაჯგუფების, კომბინირების და გაერთიანების მაგალითები.

3.2. ვექტორული გრაფიკის ობიექტების ძირითადი თვისებები

ზოგადად, ყველა ობიექტს მისთვის დამახასიათებელი თვისებები გააჩნიათ, უფრო მეტიც, ეს ობიექტები ამ თვისებებით განსხვავდებიან ერთმანეთისგან, ხოლო მათი ცვლილება ობიექტის ცვლილებას იწვევს.

1. **კონტურის პარამეტრები.** გეომეტრიაში ხაზის სისქეზე არაფერს ამბობენ. ითვლება რომ ხაზს სისქე არა აქვს. ეს სამართლიანი იქნება კონტურის შემთხვევაშიც ვექტორულ გრაფიკაში. კონტურებთან მუშაობისას, ისინი შეგვიძლია ხაზებათ წარმოვიდგინოთ, რომელთაც არც სისქე აქვთ და არც ფერი. თუმცა როდესაც საქმე მზა სურათის მიღებამდე მიდის, ჩვენ შეგვიძლია გავიხსენოთ (იქ სადაც ეს გეჭირდება), რომ ასეთი პარამეტრები მას შეიძლება ჰქონდეს, და მივანიჭოთ ისინი ხაზს. ამავდროულად შეიძლება გავიხსენოთ კიდევ სხვა პარამეტრებიც - ხაზის ტიპი (უწყვეტი, წყვეტილი, წერტილი და წყვეტილი და სხვა) და ხაზის დაბოლოებების ფორმა (სურ.23.). კონტურის თვისებებს მიეკუთვნება ასევე ისრის სახეობა (ან მისი არ არსებობა) რითაც ხაზი შეიძლება დაბოლოვდეს. ყველა ეს პარამეტრები კონტურის პარამეტრებს წარმოადგენს და მათი ცვლილება ანუ მართვა გვაძლევს კონკრეტულ კონტურს.
2. **ფერის ჩასხმის თვისებები.** როგორც უკვე აღვნიშნეთ კონტური შეიძლება იყოს ჩაკეტილი ან ღია. ვექტორული გრაფიკის რედაქტორებში ჩაკეტილი კონტურები ხასიათდებიან ფერის ჩასხმის თვისებით. ჩაკეტილი კონტურის შექმნიდანავე მისი შიგა არე ავტომატურად ივსება ფერით, რაც შევსების შესაბამისი პარამეტრების დაყენებებით განისაზღვრება (სურ.23.).
3. **შევსების პარამეტრები.** კონტურის შევსების ძირითად პარამეტრს წარმოადგენს ინფორმაცია იმის შესახებ თუ რა არის ჩასხმული ჩაკეტილი კონტურში. ეს ინფორმაცია მნიშვნელოვანია, რადგან არსებობს ჩაკეტილი კონტურის შევსების სხვადასხვა ტიპები (სურ.23.):
 - შევსება ძირითადი ფერით (კონტურის შიგა არე ივსება ერთი არჩეული ფერით)
 - გრადიენტული შევსება (შევსების პარამეტრებად ინიშნება ორი ფერი, და ირჩევა ერთი ფერიდან მეორეზე მდოვრედ გადასვლის მეთოდი)
 - შევსება ტექსტურით (კონტურის შიგა არე ივსება რეგულარული სტრუქტურის ერთი უზორით)
 - შევსება გამოსახულებით (პარამეტრად წარმოდგენილია რასტრული გამოსახულების ფაილის მისამართი, რომელიც შემავსებლად არის გამოყენებული). ასეთ რასტრულ გამოსახულებას რუქას უწოდებენ. შევსების ასეთი მეთოდი ყველა რედაქტორში არსებობს.



სურ. 23. ხაზების და ჩაკეტილი კონტურის შევსების სხვადასხვა ტიპები

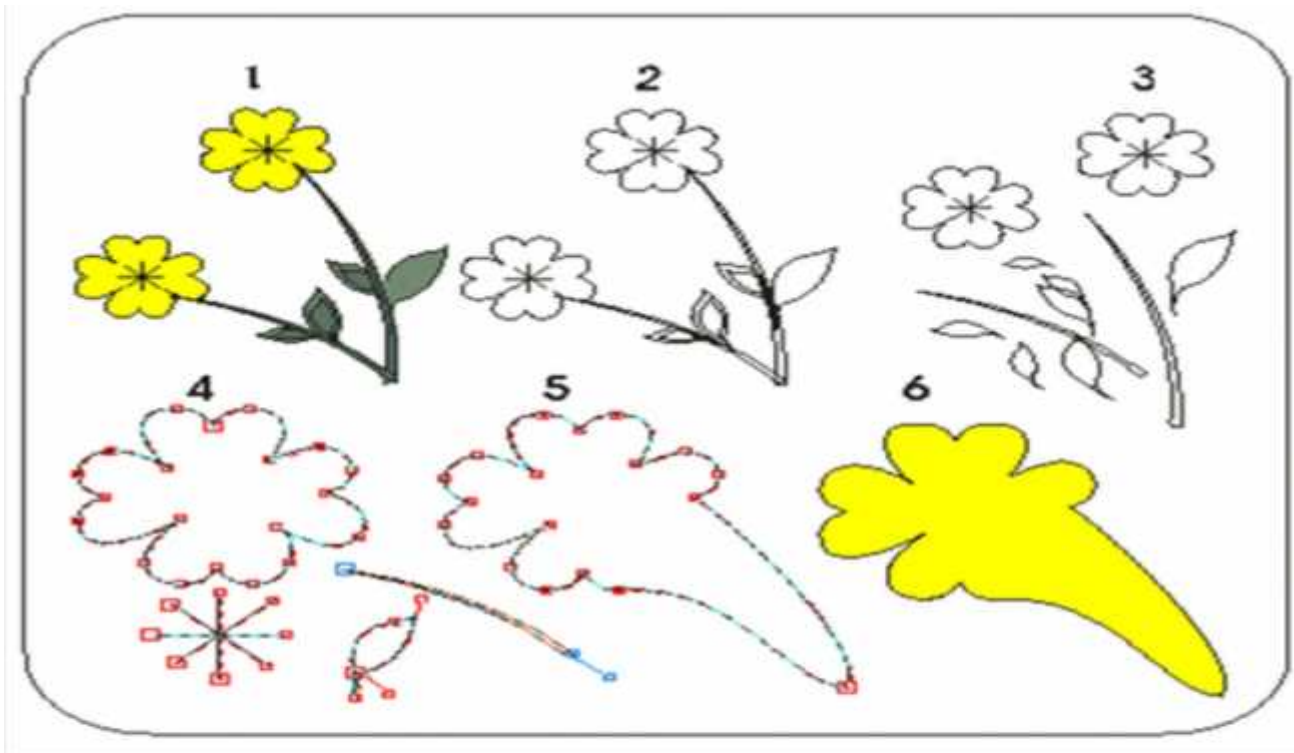
3.3. ვექტორული ილუსტრაციის სტრუქტურა

ნებისმიერი ვექტორული ილუსტრაციის სტრუქტურა შეიძლება იერარქიული ხის სახით წარმოვიდგინოთ. ასეთ იერარქიულ სქემაში თვით ილუსტრაცია იკავებს ზედა დონეს, ხოლო მისი შემადგენელი ნაწილები იერარქიის დაბალ დონეებს. ვექტორული გამოსახულების სტრუქტურის ელემენტების განსაზღვრისთვის განვიხილოთ გამოსახულება რომელიმე კონკრეტულ გრაფიკულ რედაქტორში მაგალითად, CorelDRAW-ში (სურ.24.) და გამოვყოთ მისი შემადგენელი ელემენტები ანუ თანმიმდევრულად ჩამოვიდეთ იერარქიულ ხის სათავიდან მის ქვედა დონეებზე.

1. იერარქიის ყველაზე ზედა დონეს თვით ილუსტრაცია იკავებს, რომელიც თავის შემადგენლობაში აერთიანებს *ობიექტებს + კვანძებს + ხაზებს + შევსებას* (სურ.24.1).
2. იერარქიის შემდეგი დონე ობიექტებია, რომელიც სხვადასხვაგვარ ვექტორულ ფორმებს წარმოადგენენ. მათი ეკრანზე ასახვისთვის რედაქტორებში უნდა ავირჩიოთ დათვალიერების რეჟიმი “კარკასული სახე” (სურ.24.2).
3. ილუსტრაციის ობიექტები შედგებიან ჩაკეტილი და ღია ერთი ან რამოდენიმე კონტურისგან. სურ.24-ზე გამოსახულია ილუსტრაცია, რომელიც შედგება შვიდი ძირითადი ობიექტისგან. ორი მათგანი – ყვავილია, რომელიც თავისმხრივ ობიექტს წარმოადგენს და რამოდენიმე კონტურისგან შედგება: ყვავილის გარსი (ჩაკეტილი კონტური) და ყვავილის გული (ოთხი მონაკვეთი – ღია კონტურები). ჩვეულებრივ ილუსტრაციის ყველა ობიექტი დაჯგუფებულია, ამიტომ ილუსტრაციის ცალკეული ობიექტების რედაქტირებისთვის საჭიროა თავდაპირველად ამ ჯგუფების დაშლა. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, კონტური არის ნებისმიერი გეომეტრიული ფიგურა, რომელიც შექმნილია ვექტორული პროგრამის სახატავი ინსტრუმენტის

საშუალებით და წარმოადგენს ამა თუ იმ გრაფიკული ობიექტის მოხაზულობას.

4. იერარქიის შემდეგ დონეს წარმოადგენენ სეგმენტები, რომლებიც კონტურის აგებისას “აგურების” ფუნქციას ასრულებენ. ყოველი კონტური შეიძლება შედგებოდეს ერთი ან რამოდენიმე სეგმენტისგან. ყოველი სეგმენტის თავი და ბოლო კვანძებია ან საყრდენი წერტილები, რადგან ისინი აფიქსირებენ სეგმენტის მდგომარეობას. როგორც სურათიდან ჩანს, საკვანძო წერტილების გადაადგილებამ კონტურის სეგმენტების მოდიფიკაცია და მისი ფორმის შეცვლა გამოიწვია. რედაქტირების შემდგომ მიღებული ჩაკეტილი კონტური ივსება ფერით, რომელიც შემოსახლრულია მრუდით.
5. იერარქიის ყველაზე დაბალ დონეზე განლაგებულია კვანძები და მონაკვეთები, რომლებიც მეზობელ კვანძებს აერთებს. ისინი ვექტორული გამოსახულების ძირითადი ელემენტების ფუნქციას ასრულებენ.



სურ.24. ვექტორული სურათის ანატომია;

1. საწყისი ვექტორული გამოსახულება (ობიექტები+კვანძები+ხაზები+შეესება);
2. სურათი როგორც კონტურთა ერთობლიობა (ბეზიეს მრუდების ნაკრები);
3. სურათი დაშლილი ჯგუფებით, ცალკეული კონტურების (ობიექტების) ნაკრების სახით;
4. სურათის ზოგიერთი კონტურების წარმოდგენა სეგმენტების სახით, რომელიც შედგება კვანძებისგან და მრუდის მონაკვეთებისგან;
5. კონტურის ფორმის მოდიფიკაცია კვანძური და მმართველი წერტილების მდებარეობის რედაქტირებით – ვექტორული პროგრამის ინსტრუმენტის - Shape (ფორმა) საშუალებით;
6. ყვავილის რედაქტირებული გარსის (კონტურის) შეესება ძირითადი ფერით.

3.4. ვექტორული ილუსტრაციის ელემენტები და მათი ნაირსახეობა

უფრო დაწვრილებით განვიხილოთ ვექტორული ილუსტრაციის სტრუქტურის ძირითადი ელემენტები და მათი სახესხვაობები.

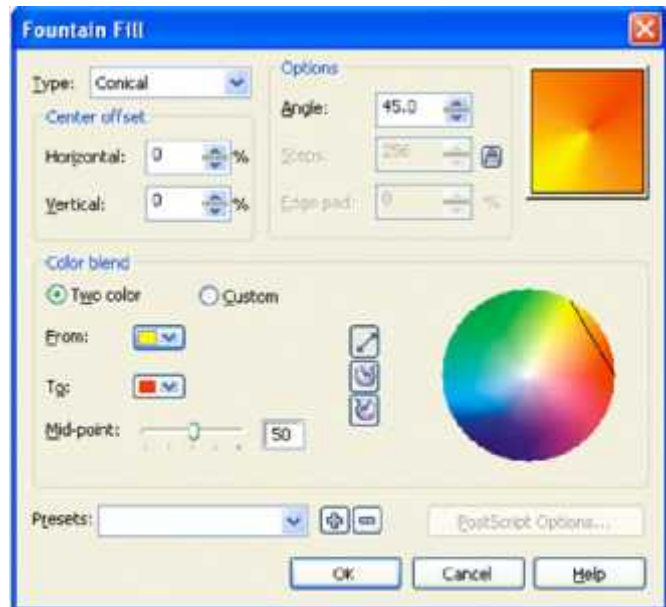
ვექტორული გრაფიკის რედაქტორებში ხატვის პროცესი გულისხმობს საჭირო ფორმის ობიექტების შექმნას, მისთვის კონტურის პარამეტრების მინიჭებას და ფერის ჩასხმას. ეს პრინციპი საფუძვლად უდევს ყველა გრაფიკულ რედაქტორს, ანსხვავებენ მხოლოდ მუშაობის ხერხებს და სპეციალურ ეფექტებს.

ხაზების (ლია კონტური) აგება, გარდა მისი მათემატიკური აღწერისა, გულისხმობს მისი თვისებების ანუ მთელი რიგი დამატებითი ატრიბუტების მინიჭებასაც: ფორმა, სისქე, ფერი და სტილი, რომელთა ამორჩევაც უმეტეს შემთხვევაში სპეციალური ბიბლიოთეკებიდან ხდება. მაგალითად, სურ. 25-ზე მოცემულია პროგრამა CorelDRAW-ს კონტურის ატრიბუტების ამორჩევის დიალოგური ფანჯარა, სადაც ხაზს მინიჭებული აქვს წითელი ფერი, სისქე – 1მმ. სტილი – წყვეტილი, დაბოლოებები – ისრის ფორმა და სხვა.

ჩაკეტილი კონტურის ფერის ჩასხმა ასევე გულისხმობს ფერის შესაბამისი ატრიბუტების მინიჭებას, რომელიც ასევე სპეციალური ბიბლიოთეკებიდან ხდება.



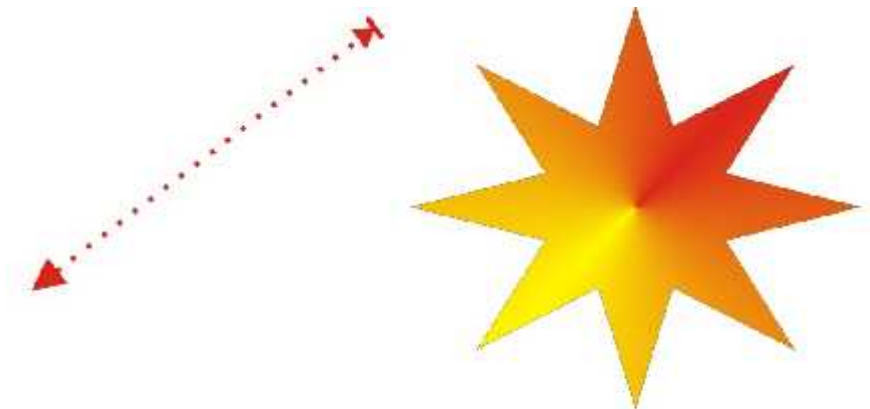
სურ. 25. პროგრამა CorelDRAW –ს კონტურის ატრიბუტების ამორჩევის დიალოგური ფანჯარა.



სურ.26. პროგრამა CorelDRAW –ს გრადიენტული შევსების დიალოგური ფანჯარა

მაგალითად სურ.26-ზე მოცემულია პროგრამა CorelDRAW –ს გრადიენტული შევსების დიალოგური ფანჯარა, სადაც ობიექტს მინიჭებული აქვს ორი ფერის (ყვითელი და წითელი) გრადიენტი, სტილი –კონუსებრი, კუთხე 45 გრადუსი და

სხვა. სურ.27-ზე გამოსახულია აღნიშნულ დიალოგურ ფანჯრებში დაყენებული კონკრეტული პარამეტრების შესაბამისად მიღებული გამოსახულებები.



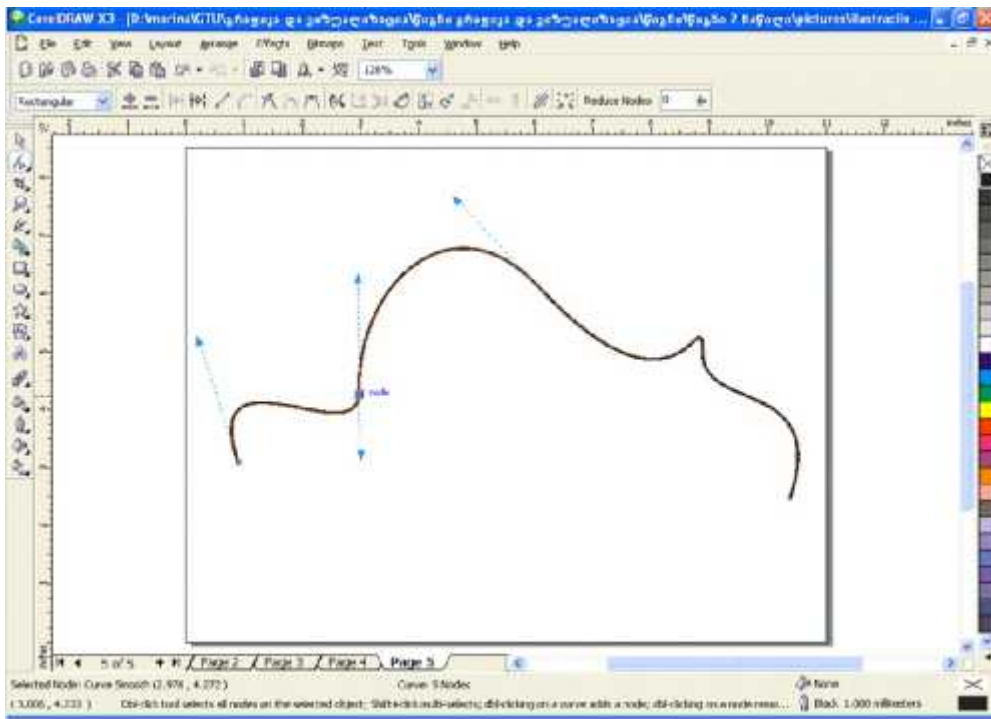
სურ.27. პროგრამა CorelDRAW –ში შექმნილი კონტურისა და გრაფიკული შექცების კონკრეტული დაყენებული პარამეტრების შესაბამისი გამოსახულებები.

ბეზიეს მრუდები განსაკუთრებული სახის მრუდებია, რომელიც თანამედროვე გრაფიკის ყველა პროგრამაში ფიგურირებს. გავისხენოთ ასევე რომ ყველა კომპიუტერული შრიფტები ბეზიეს მრუდებისგან შედგება. გარდა ამისა ისინი რასტრულ გრაფიკაშიც გვხვდება მაგალითად Photoshop-ში ტერმინი კონტური და შესაბამისი ინსტრუმენტი (path) ბეზიეს მრუდებს ემსახურება. ამ მრუდის მონაკვეთებით შეგვიძლია შევქმნათ უამრავი რთული კონტური, როგორც სიბრტყეზე ისე სივრცეში.

ვექტორული გრაფიკის რედაქტორებში ინსტრუმენტს – Bezier Curves, უამრავი ფუნქცია აქვს მრუდებთან სამუშაოდ. მისი ძირითადი ელემენტებია: საყრდენი წერტილები (კვანძები), ამ წერტილებზე გავლებული მხები და მმართველი წერტილები. ყოველ კონტურს რამოდენიმე კვანძი აქვს და მათი მანიპულირებით იცვლება კონტურის ფორმები:

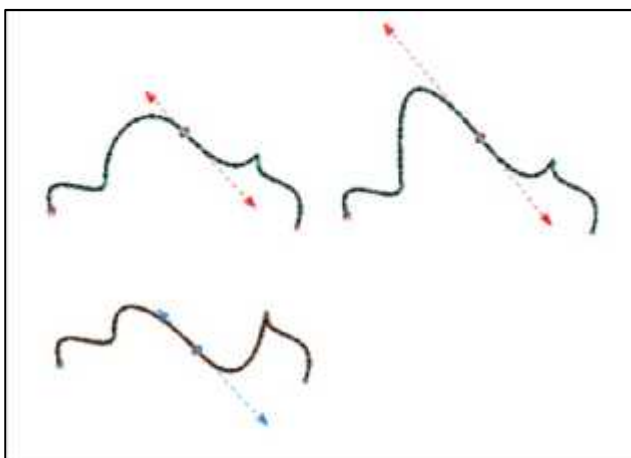
- კვანძების გადაადგილება
- კვანძების თვისებების შეცვლა (მხებისა და მმართველი წერტილების ატრიბუტების შეცვლა)
- კვანძების დამატება და გამოკლება

ამგვარად, ნებისმიერი ტიპის კონტურის რედაქტირების პროცესი უკავშირდება კვანძებთან მუშაობას. სურ.28-ზე გამოსახულია პროგრამა CorelDRAW-ში შექმნილი მრუდი მრავლობითი სეგმენტებით, რაზეც მონიშნულია კვანძური წერტილი (nodes) და მისი შესაბამისი მხები.

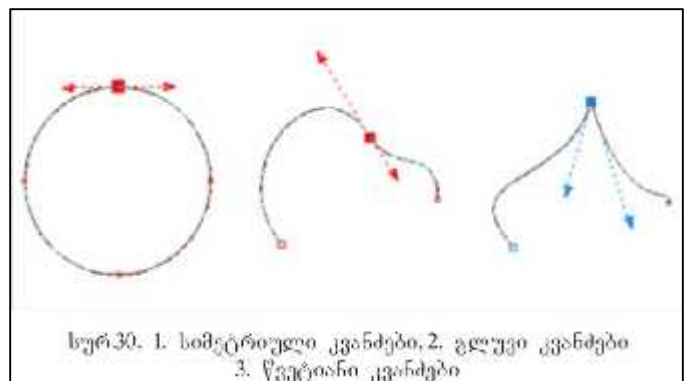


სურ.28. პროგრამა CorelDRAW ში შექმნილი მრუდი მრავალიაბითი სეგმენტებით.

მრუდწირული სეგმენტის კვანძური წერტილების მონიშვნისას, ჩნდება ერთი ან ორი მმართველი წერტილი, რომლებიც კვანძურ წერტილთან მხებით არიან დაკავშირებული. მხებისა და მმართველი წერტილების განლაგება განსაზღვრავს მრუდწირული სეგმენტის ფორმას (სიმრუდეს) და სიგრძეს, ხოლო მათი გადაადგილება იწვევს კონტურის ფორმის შეცვლას (სურ.29).



სურ.29. 1. საწყისი მრუდი 2. მრუდის სიმრუდის შეცვლა მხების სიგრძის გაზრდით, 3. კონტურის ფორმის შეცვლა კვანძის გადაადგილებით.

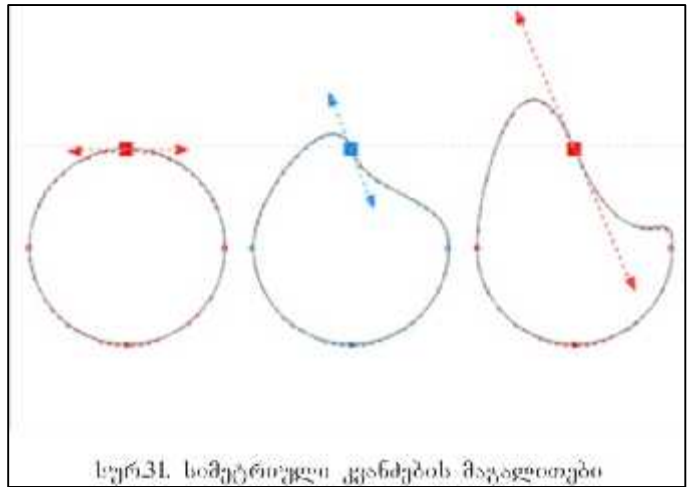


სურ.30. 1. ხიმცირული კვანძები, 2. გლუვი კვანძები 3. წვეტიანი კვანძები

კვანძების სამი ტიპი არსებობს (სურ.30):

- სიმეტრიული კვანძები (symmetrical node);
- გლუვი კვანძები (smooth node);
- წვეტიანი კვანძები (cusp node).

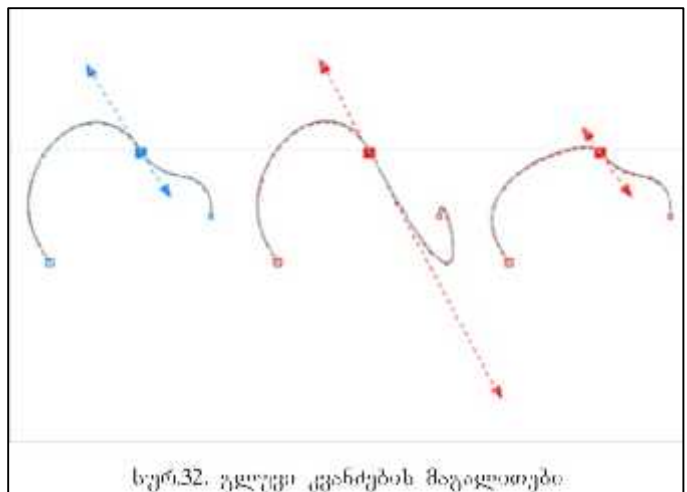
სიმეტრიულ კვანძებს ორივე მხების სიგრძე ტოლი აქვთ და ერთ წრფეზე არიან განლაგებულნი, რომელიც მოცემულ კვანძურ წერტილში მხების მიმართულებას გვიჩვენებს კონტურის მიმართ. როგორც სურ.31. 1. –დან ჩანს პირველ შემთხვევაში სიმრუდე სეგმენტის ორივე მხარეს ერთნაირია. თუ მმართველი წერტილების მდებარეობას შევცვლით შეიცვლება მხების დახრის კუთხე მრუდის მიმართ (სურ.31. 2). მხების სიგრძის შეცვლა კვანძის წერტილის ერთ მხარეს გამოიწვევს მეორე მხების შესაბამის შეცვლას, რაც კვანძურ წერტილში ხაზის სიმრუდის რადიუსის ცვლილებას მოგვცემს (სურ.31. 3).



სურ.31. სიმეტრიული კვანძების მაგალითები

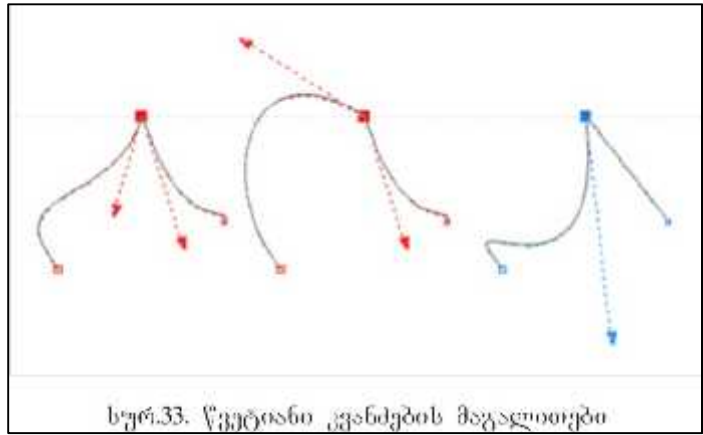
გლუვი კვანძურ წერტილში გადებული მხების ორივე მონაკვეთი ერთ წრფეზეა განლაგებული, რომელიც გვიჩვენებს მხების მიმართულებას კონტურის მიმართ, მაგრამ ამ მმართველი ხაზების სიგრძეები განსხვავებულია. ეს იმაზე მეტყველებს, რომ მრუდწირული უბნების სიმრუდე კვანძური წერტილის სხვადასხვა მხარეს განსხვავებულია (სურ.32.1).

კვანძური წერტილის ერთ მხარეს მხების სიგრძის გაზრდა იწვევს ამ მრუდწირული სეგმენტის სიმრუდის რადიუსის შესაბამის შეცვლას, მაგრამ ამ დროს მხების მეორე მონაკვეთის სიგრძე არ იცვლება და სიმრუდეც უცვლელი რჩება (სურ.32. (2,3)).



სურ.32. გლუვი კვანძების მაგალითები

წვეტიან კვანძურ წერტილში გავლებული მხების მონაკვეთები ერთ წრფეზე არ არიან განლაგებულნი, ამიტომ ორ მრუდწირულ სეგმენტს, რომლებიც ამ კვანძს ემიჯნებიან სხვადასხვა მხრიდან, სხვადასხვა სიმრუდე გააჩნიათ და ამ წერტილში მკვეთრ ტეხილს ქმნიან (სურ.33). ამ შემთხვევაში სიმრუდის რადიუსი და მხების დახრის კუთხე ყოველი მრუდწირული სეგმენტისთვის დამოუკიდებლად რეგულირდება (სურ.33.2). ზოგ შემთხვევაში მხების ერთი მონაკვეთი შეიძლება ნულის ტოლი იყოს, მაშინ მრუდის ეს სეგმენტი რეგულირდება მხების მხოლოდ ერთი მონაკვეთით (სურ.33.3).

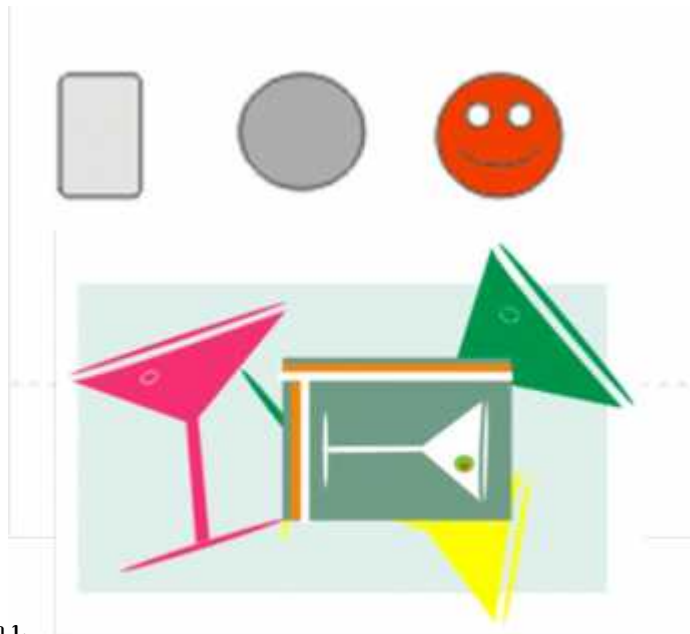


სურ.33. წვეტიანი კვანძების მაგალითები

გრაფიკული პრიმიტივები

რთული გრაფიკული ობიექტების აგებისას, გარდა ზემოთ განხილული მრუდებისა, ფართოდ იყენებენ სპეციალურ ინსტრუმენტულ საშუალებებს - *გრაფიკულ პრიმიტივებს (ფორმებს)*, რაც მნიშვნელოვნად ამარტივებს ამ პროცესს (სურ.34).

გრაფიკულ პრიმიტივებს იყენებენ როგორც მარტივ გამზადებულ ფორმებს, მაგრამ უფრო ხშირად ხდება მათი რედაქტირება, გარდაქმნა, დაჯგუფება, კომბინირება და გაერთიანება, რაც საშუალებას იძლევა მათ ბაზაზე შეექმნათ უფრო რთული ობიექტები (სურ.35).



სურ.35. გრაფიკული პრიმიტივების ბაზაზე აგებული ვექტორული ობიექტი.

ასეთ შემთხვევაში საჭირო ხდება ბეზიეს ინსტრუმენტების გამოყენება, რაც ითვალისწინებს კვანძებთან მუშაობას. ამ პროცედურების განხორციელებისთვის კი ვექტორული რედაქტორების უმეტეს პროგრამაში სპეციალური გარდაქმნების ჩატარებაა საჭირო კერძოდ, პრიმიტივების კონვერტაცია ბეზიეს მრუდებში (Arrange – Convert To Curves), რადგან მათი მათემატიკური აღწერა განსხვავდება იმ ფორმულებიგან რაც საფუძვლად უდევს ბეზიეს მრუდების აგებას.

4. კომპიუტერული გრაფიკის პროგრამული ინტერფეისი

კომპიუტერული გრაფიკა შეიძლება განვიხილოთ ასევე, როგორც მეცნიერება აპარატული და პროგრამული უზრუნველყოფის შესახებ. მისი გამოიყენება ხდება თითქმის ყველა სამეცნიერო და საინჟინრო დისციპლინაში, იქნება ეს მედიცინა, არქიტექტურა, სარეკლამო ბიზნესი, საგამომცემლო სისტემა თუ ანიმაცია. საბოლოო პროდუქტი ყველა შემთხვევაში გამოსახულებაა, რომელიც შეიძლება იყოს, როგორც უბრალო ტექნიკური ნახაზი ისე ილუსტრაცია, შენობის პროექტი ან კონსტრუქცია, მულტფილმის კადრი ან ანიმაცია, ხოლო ამ მოძრავ და უძრავ გამოსახულებათა შექმნა, სპეციალური პროგრამული საშუალებებით ხდება.

კომპიუტერული გრაფიკის პროგრამული ინტერფეისი სხვადასხვა ტიპისა და დანიშნულების უამრავ პროგრამას – გრაფიკულ რედაქტორს მოიცავს, რომელიც მომხმარებლისათვის მარტივ, მაგრამ კომპიუტერული გრაფიკის თვალსაზრისით, განვითარებულ და მძლავრ ინსტრუმენტულ საშუალებას წარმოადგენს რაც ნებისმიერი მასალის, როგორც ბეჭდური ისე ეკრანული სახით, მომზადების საშუალებას იძლევა.

თანამედროვე გრაფიკული პროგრამები დიდი შესაძლებლობებით ხასიათდება და მათი ჩამონათვალი მუდმივად იზრდება. გრაფიკული რედაქტორები, ისევე როგორც ზოგადად გრაფიკა, რასტრული, ვექტორულია ფრაქტალურია. განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს 3D-გრაფიკას – გრაფიკულ რედაქტორებს, რომელთა საშუალებითაც იქმნება სამგანზომილებიანი გამოსახულება.

ვექტორული გრაფიკის რედაქტორებია: Corel Draw, Adobe Illustrator, Macromedia FreeHand, Micrografx Designer, Corel Xara და სხვ.

რასტრული გრაფიკის რედაქტორებია: Adobe PhotoShop, Corel Photo Paint, Microsoft Paint, Microsoft Photo Editor, Microsoft Photo DRAW და სხვ.

3D-გრაფიკის რედაქტორები: Autodesk 3ds Max, 3D Studio Max, AutoCAD, Graphisoft ArchiCAD, Autodesk Maya და სხვ.

კომპიუტერული ანიმაციის და Web-გვერდის შესაქმნელი პროგრამებია: Macromedia Flash და DreamWeaver.

4.1. ვექტორული გრაფიკის რედაქტორები

ვექტორული გრაფიკის პროგრამებს შორის ყველაზე პოპულარულია – **CorelDRAW**, **Adobe Illustrator** და **Macromedia FreeHand**.

Corel Draw

პროგრამა Corel Draw შეიქმნა 90-იანი წლების დასაწყისში ფირმა Corel-ის მიერ, რომელიც ყოველ წელს ანახლებს ძირითად პროგრამულ პროდუქტს. მაგალითად, დღეისათვის შექმნილია CorelDRAW 6 ვერსია, რომელიც მარტივი და გასაგებია

ნებისმიერი პროფესიისა და ასაკის მომხმარებლისთვის და ამავდროულად ძალიან მძლავრი, უნივერსალური და ინტუიციურია. Corel Draw ილუსტრაციული გრაფიკული პროგრამაა, რომელიც ვექტორული დამუშავების პარალელურად რასტრულ დამუშავებასაც უზრუნველყოფს. ის გრაფიკული რედაქტირებისთვის საჭირო პრაქტიკულად ყველა კომპონენტს შეიცავს, როგორცაა გამოსახულების ტრასირება, შრიფტების რედაქტორი, ტექსტურების და შტრიხკოდების შექმნა, გამოსახულებათა გალერეა და სხვ.

CorelDraw-ს ძირითადი შესაძლებლობები:

გრაფიკული გამოსახულების შექმნა და მისი რედაქტირება: გრაფიკული პრიმიტივები და მათი მართვა პარამეტრების საშუალებით, Freehand-ის ჯგუფის ინსტრუმენტები, მრუდების რედაქტირება და სხვ.;

გეომეტრიული ობიექტების რედაქტირება: გეომეტრიული ფორმების შექმნა, ობიექტის მრუდებში გარდაქმნა, ობიექტის დაყოფა და გაერთიანება, რთული გეომეტრიული ობიექტების შექმნა და სხვ.;

მაღალი სიზუსტის უზრუნველყოფა: სახაზავი, ბადე, მიმმართველები, ობიექტთა ზუსტი გარდაქმნები და სხვ.;

გეომეტრიულ ობიექტებთან მუშაობა, ტრანსფორმაცია: კოპირება, დუბლირება, კლონი, მასშტაბირება, მობრუნება, არეკვლა, დაჯგუფება, და სხვ.;

ფერის ჩახხმა, კონტური და სპეცეფექტები: ჩრდილები, პერსპექტივა, დეფორმაცია, ლინზის ეფექტი, გამჭვირვალობა და სხვ.;

ტექსტთან მუშაობა: მარტივი და ფიგურული ტექსტის შექმნა, ფორმატირება, ტექსტის მრუდზე განლაგება, ტექსტის გეომეტრიული ფორმის რედაქტირება, ტექსტურ ბლოკებთან მუშაობა და სხვ.;

ილუსტრაციასთან მუშაობა: რასტრულ და ვექტორულ გამოსახულებათა იმპორტი, ექსპორტი, რედაქტირება, ვექტორის რასტრში გარდაქმნა, რასტრის ტრასირება, Image Adjustment Lab _ რასტრული გამოსახულების კორექცია;

ბეჭდვა და Web-პუბლიკაცია: დიდი ზომის სურათების ბეჭდვა, ფერთადაყოფა, PS და EPS-ფაილების გენერაცია, გრაფიკული ინფორმაციის მომზადება პოლიგრაფიის, ელექტრონული პუბლიკაციისა და Web-ისთვის;

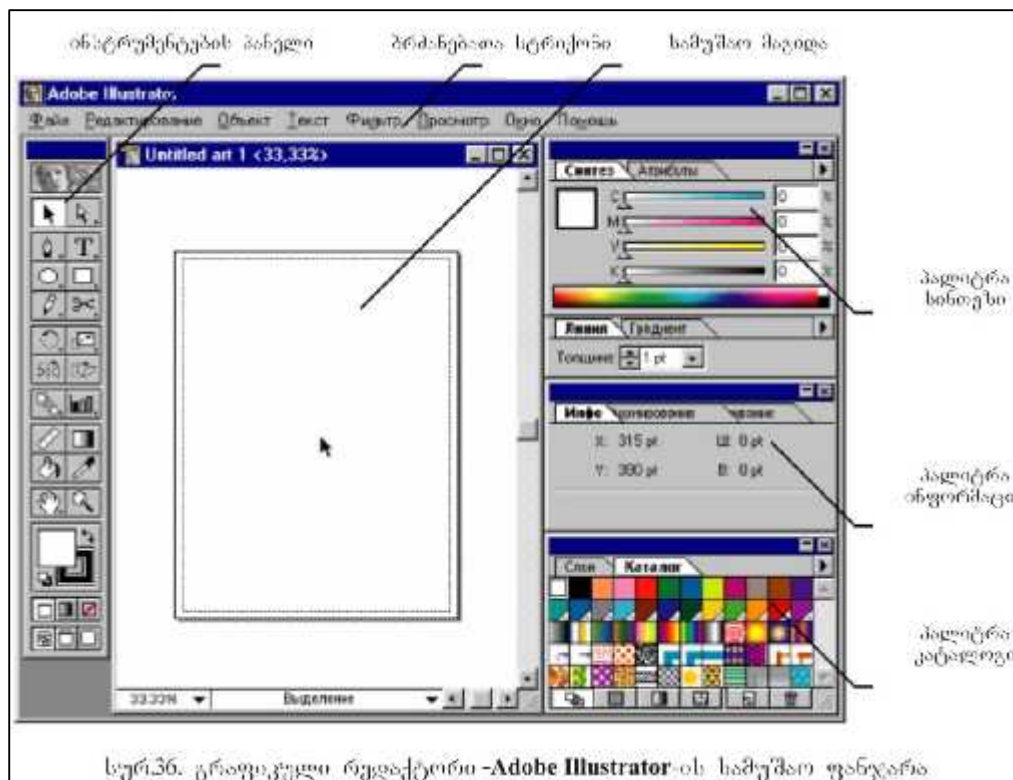
Corel PowerTRACE, რომელიც ინტეგრირებულია CorelDRAW-ში და ემსახურება რასტრული გამოსახულების სწრაფ და მარტივ გარდაქმნას ვექტორში.

Adobe Illustrator

პროგრამა Adobe Illustrator, რომელიც შექმნილია ფირმა Adobe Systems inc.-ის მიერ, ემსახურება გრაფიკული დოკუმენტის მაკეტის შექმნას. სხვა პროგრამებისგან

განსხვავებით მას დოკუმენტის მხატვრული გაფორმების ფართო ფუნქციონალური შესაძლებლობები აქვს. ეს პროგრამა Adobe Creative Suite გრაფიკული პაკეტის შემადგენლობაში შედის.

სურ.36-ზე გამოსახულია პროგრამა Adobe Illustrator-ის სამუშაო ფანჯარა.



Adobe Illustrator-ის ძირითადი შესაძლებლობები:

- ვექტორული ობიექტების შექმნა, ტექსტური ინფორმაციის რედაქტირება, დიაგრამების აგება, ფერი და კონტური (გრადიენტული, შაბლონური და სხვადასხვა ტიპის ფიგურული კონტური), პალიტრის მართვა (Control);
- გრაფიკული და ტექსტური სტილები, გამჭვირვალობა, ფერთა შერევის რეგულირება, Live Paint – ინტერაქტიული გაფერადება, მხატვრული ეფექტები: დამახინჯება, ჩრდილი, მოზაიკა, ბლიკი და სხვ., ობიექტის რასტრიზაცია, რასტრულ გამოსახულებაზე სხვადასხვა ფილტრების გამოყენება;
- ფენეფთან მუშაობა, რაც რთული გამოსახულების შექმნის საშუალებას იძლევა;
- მომხმარებლის სამუშაო უბანი, რომელიც ზრდის მუშაობის ეფექტურობას და ეკრანული გამოსახულების ოპტიმიზაციას ახდენს. ამავდროულად შესაძლებელია ამ სამუშაო უბანის დამახსოვრება, როგორც შაბლონის, და მისი ნებისმიერ დროს გამოყენება;

- ტრასირება (Live Trace) – ფოტოების, დასკანირებული გამოსახულების და სხვა რასტრული გამოსახულების ვექტორულ ფორმატში სწრაფი და კორექტული კონვერტაცია;
- Photoshop-ის ფენათა კომპოზიციის მხარდაჭერა – Illustrator-ი დან Photoshop-ში ექსპორტირებული ან დაკავშირებული ფაილების ფენათა კომპოზიციების მართვა;
- Web-გვერდის ფორმირება საწყისი დოკუმენტიდან, ანიმაციური ეფექტების შექმნა – დოკუმენტის ფენათა ეკრანზე თანმიმდევრული ასახვით.

Macromedia FreeHand

კომპანია Macromedia სპეციალიზირებულია მულტიმედიის მაღალმწარმოებლური ინსტრუმენტების დამუშავებაზე. ამ ფირმის პროგრამული პროდუქტი მოიცავს პრაქტიკულად ყველა თანამედროვე მიმართულებას და რაც მთავარია, ისინი კარგად არიან ინტეგრირებული ერთმანეთთან. ყველაზე ცნობილი პროგრამებია – Macromedia Director, Macromedia Flash, Macromedia Freehand და Macromedia ColdFusion.

Macromedia FreeHand – უნიკალური მრავალფეროვანი გარემოა, რაც საშუალებას იძლევა ვექტორული გრაფიკის გამოყენებით შექმნათ რთული ილუსტრაცია, მაკეტი და პუბლიკაცია, როგორც ბეჭდვისთვის ისე ელექტრონული წარმოდგენისთვის. ეს პროგრამა ეხმარება დიზაინერს განახორციელოს მისი შემოქმედებითი ჩანაფიქრი, ილუსტრირების მრავალფეროვანი ფუნქციები – მაკეტირება და პუბლიკაცია კი უზრუნველყოფს სამუშაო პროცესის მოქნილობას.

Macromedia FreeHand-ის ძირითადი შესაძლებლობები:

- სპეციფიური სამუშაო პროცესები და ინსტრუმენტები – რთული დიზაინური პროექტების შექმნა დამრავალფეროვანი ილუსტრაციების მომზადება;
- ოპტიმიზირებული სამუშაო პროცესი, რაც საშუალებას იძლევა სწრაფად შექმნათ გამოსახულება ბეჭდვისთვის, ინტერნეტისა და Macromedia Flash MX პროექტებისთვის;
- ილუსტრაციის შექმნისა და რედაქტირების დაჩქარება, ფურცლის შაბლონისა და ფონის, მონაცემთა სიმბოლური ბიბლიოთეკის და ასევე რედაქტირების ინსტრუმენტების გამოყენების ხარჯზე;
- რთული ილუსტრაციის და ანიმაციის დამუშავება Macromedia Flash MX-სთვის და ActionScript ბრძანებების გამოყენება;
- ფუნქცია Multiple Attributes, რომელიც ნახატის შექმნისას უზრუნველყოფს შეუზღუდავი რაოდენობის სხვადასხვა სახის დაშტრიხვის, შევსების და სპეცეფიკების გამოყენებას ერთ ვექტორულ ობიექტზე ან ტექსტზე;

- მრავალფერიანი გრადიენტი, ღინზის ეფექტი, გამჭვირვალობა, სამგანზომილებიანი ეფექტები და გარე მოდულების (plug-ins) დამატების შეაძლებლობა;
- მრავალფეროვანი Web-გვერდების და რთული პროექტების მუშაობის ორგანიზება და ინტერაქტიული პრეზენტაციების მომზადება;

4.2. რასტრული გრაფიკის რედაქტორები

რასტრული გრაფიკის უამრავი რედაქტორი არსებობს (Microsoft Paint, Microsoft Photo Editor, Microsoft Photo DRAW), რომელიც რასტრული გამოსახულების დამუშავების საშუალებას იძლევა, მაგრამ პროფესიონალურ მოთხოვნებს მხოლოდ რამოდენიმე მათგანი აკმაყოფილებს, როგორცაა Adobe Photoshop და Corel Photo Paint.

Adobe Photoshop

Adobe Photoshop-ი რასტრული გრაფიკის პროფესიონალური დამუშავების ყველაზე მძლავრი და პოპულარული პროგრამაა. ის ნებისმიერი სირთულის გრაფიკასთან მუშაობის საშუალებას იძლევა. მისი ინსტრუმენტული ნაკრები, გამოსახულების მოდიფიკაციის შესაძლებლობას იძლევა ფილტრების, ეფექტების დიდი არჩევანის და ახალი ინსტრუმენტების მიერთების ხარჯზე. ამ პროგრამის ეფექტურობა განპირობებულია ასევე ხატავის, რეტუშირების და კომპოზიციის ინსტრუმენტების მრავალფეროვნებით, გამზომი ინსტრუმენტების მოქნილობით, ტექსტის დამუშავების ფართო შესაძლებლობებით, როგორცაა დეფორმაცია, მხატვრული ეფექტები, Convert-to-outline ფუნქცია და სხვა.

ამ პროგრამის ბოლო ვერსიებში დამატებულია პროგრამა ImageReady-ი, რომელიც WEB-გრაფიკის დამუშავებას უწყობს ხელს (გამოსახულების ოპტიმიზაცია, ანიმირებული gif-ის შექმნა, სურათების დანაწევრება და სხვა), რაც კიდევ უფრო მოსახერხებელს ხდის მას. პროგრამა PhotoShop-ი, Adobe Illustrator -ის მსგავსად Adobe Creative Suite-ის შემადგენლობაში შედის და უზრუნველყოფს, როგორც ბეჭდვითი გამოცემის, ისე ელექტრონული წიგნის და WEB-პუბლიკაციის მაღალ ხარისხს.

Adobe Creative Suite

განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს პროგრამული პაკეტი Adobe Creative Suite, რომელიც კომპანია Adobe-ს სხვადასხვა ბუნების რამოდენიმე გრაფიკულ რედაქტორს აერთიანებს და ქმნის სრულყოფილ, ერთიან დიზაინერულ ინსტრუმენტს. ამ პაკეტის Standard ვერსია შეიცავს შემდეგ პროგრამებს: Photoshop CS, ImageReady CS, Illustrator CS და InDesign CS. ვერსია Premium-ს კი დამატებული აქვს პროგრამები GoLive CS და Acrobat 7.0 Professional. ეს ორივე ვერსია დამატებით

შეიცავს _ Adobe Version Cue-ს ფაილების მართვისთვის და –Adobe Bridge-ს, რომელიც ყველა ამ პროგრამის დამაკავშირებელია.

Adobe Creative Suite-ის პროგრამათა ერთობლიობა დიზაინის მძლავრ და უნივერსალურ ინსტრუმენტს ქმნის. ორი მათგანი უკვე განვიხილეთ (Adobe Photoshop და Adobe Illustrator), რაც შეეხება – Adobe InDesign-ს, მას წარმატებით იყენებენ დოკუმენტის დასაკაბადონებლად, Adobe GoLive-ს კი Web-გვერდის შესაქმნელად. როგორც ცნობილია, ელექტრონულ დოკუმენტაციასთან მუშაობის ყველაზე მოსახერხებელი ფორმატია PDF-ი, რომელიც სწორედ პროგრამა Adobe Acrobat-ის საშუალებით იქმნება.

დღეისათვის, ამ პროგრამებს შორის ურთიერთქმედება ძლიერდება. დამატებულია საშუალებები, რომელიც უფრო მეტი საერთო ბრძანებების, ინსტრუმენტების და პალიტრების გამოყენების საშუალებას იძლევა, რაც აადვილებს პროგრამებს შორის გადართვას და გაცილებით პროდუქტიულს ხდის სამუშაო პროცესს.

Adobe InDesign CS

პროგრამა Adobe InDesign CS-ი ძირითადად განკუთვნილია ბროშურის, წიგნის, მხატვრული ჟურნალის და დიდი ზომის ტექსტის შემცველი სხვადასხვა დოკუმენტების შესაქმნელად. ასეთი დოკუმენტისთვის საჭირო ელემენტები (ტექსტი, ცხრილი, ვექტორული გამოსახულება, ნახატი, ფოტო და სხვა) ხშირად სხვადასხვა პროგრამებში იქმნება. InDesign-ის საშუალებით შესაძლებელია სწრაფად დავაკაბადონოთ და მოვამზადოთ პუბლიკაციისათვის ნებისმიერი სირთულის ასეთი დოკუმენტი, რადგან პროგრამა InDesign-ი ინტეგრირებულია არა მარტო Adobe Creative Suite პაკეტის პროგრამებთან, არამედ მისი საშუალებით მარტივად შეიძლება Word-ის ფორმატირებული ტექსტების, Excel-ის ცხრილების, PageMaker-ის ან Quark-ის ცალკეული ნაწილების იმპორტირებაც.

InDesign-ის ძირითადი შესაძლებლობები:

- *დოკუმენტის შექმნა* – ფურცლის აწყობა და რედაქტირება, ტექსტური ჩარჩოების შექმნა და რედაქტირება. *ტექსტთან მუშაობა* – ტექსტის შექმნა, იმპორტი, რედაქტირება, ეფექტები, კავშირების (Links) შექმნა, შრიფტების მართვა.
- *ცხრილთან მუშაობა* – ცხრილის შექმნა, ფორმატირება და რედაქტირება, მზა ცხრილების შემოტანა, ფორმულებთან მუშაობა, დიაგრამების ჩასმა და გრაფიკული ბიბლიოთეკები;
- *ფერი* – ფერთა პალიტრა, კონტური, გრადიენტული შევსება, spot-ფერები, ფერადი ტექსტი, მასტერ-შაბლონებთან მუშაობა, Paragraph Style.

- *ვექტორული გამოსახულების შექმნა* – მრუდის ხატვა, ფერი, კონტური, კოპირება, ფორმის შეცვლა, არეკვლა, ეფექტები: გამჭვირვალობა, ჩრდილის შექმნა და სხვ;
- *ინტერაქტიული დოკუმენტის შექმნა* – მზა დოკუმენტის ექსპორტი PDF-ში, სარჩევის შექმნა, პუბლიკაციის მომზადება ბეჭდვისთვის, შრიფტები, PostScript–ფაილის და EPS ფორმატის შექმნა.

5. სამგანზომილებიანი კომპიუტერული გრაფიკა

როგორც უკვე აღვნიშნეთ 3D გრაფიკას განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს კომპიუტერული გრაფიკის სამყაროში. 3D გრაფიკა, როგორც ინსტრუმენტი, ცდილობს ასახოს სამყარო ისე, როგორც ის რეალურად გამოიყურება. სამგანზომილებიანი 3D მოდელი საშუალებას იძლევა შევქმნათ სამგანზომილებიანი პერსონაჟი, ელექტრონული კატალოგი, ინტერაქტიული ელემენტი ან უბრალოდ სამგანზომილებიანი კოპია. ეს ობიექტები შეგვიძლია სხვადასხვა რაკურსით დავინახოთ. მაგალითად, შენობის კომპიუტერული ვიზუალიზაცია, ინტერიერის და ექსტერიერის 3D მოდელირება (სურ.37) და სხვ.



სურ.37. შენობის 3D მოდელირება

3D ანიმაცია მულტფილმების მთელი სერიაა (სურ.38), რამაც მულტიპლიკაციაში ახალ ეპოქა შექმნა. ფანტასტიკური სპეცეფექტები და სანახაობრივი სცენები ძალიან პოპულარულია დღეს მსოფლიო კინოშიც (სურ.39). ამ ყველაფრის უკან კი 3D გრაფიკა დგას.



სურ.38. 3Dანიმაცია – კადრები მულტფილმებიდან

3D ტექნოლოგიები, უამრავ ახალ შესაძლებლობას გვთავაზობს ინტერნეტ ქსელში. ინტერნეტი და ინტერაქტიულობა განუყოფელი ცნებებია. WEB-პროექტებისას, 3D ტექნოლოგიების გამოყენებით იქმნება სამგანზომილებიანი მოძრავი მოდელები და ვირტუალური სამყარო. მაგალითად, ვირტუალური ქაქლქის ქუჩებში გასეირნება, ვირტუალურ მუზეუმში ექსპონატების დათვალიერება, ონ-ლაინ მაღაზიაში საქონლის არჩევა და სხვ.



სურ.39. ანიმაციური ფაქტები

5.1. რა არის 3D გრაფიკა და ანიმაცია?

სამგანზომილებიანი გრაფიკა სამ სივრცით განზომილებას გულისხმობს: სივანეს, სიმაღლეს და სიღრმეს. თუმცა ეს ტერმინი თავისთავად სინამდვილის დამახინჯებაა, რადგან რეალურად საქმე გვაქვს ობიექტის მხოლოდ ორგანზომილებიან პროექციებთან. მაგალითად, ვიდეოთი გადაღებული სცენა, განათების ხარჯზე, ეკრანზე სრულიად ბუნებრივად გამოიყურება, რადგან სწორი განათება ობიექტს უნარჩუნებს ბუნებრივ ფერებს, აჩენს ჩრდილებს, რაც ობიექტს აძლევს სიღრმეს და ხდის ბუნებრივს, თუმცა ის მაინც ორგანზომილებიან ობიექტად რჩება.

ობიექტი, კომპიუტერულ გრაფიკაში, მხოლოდ კომპიუტერის მესხიერებაში არსებობს. მას არა აქვს ფიზიკური ფორმა, ის მხოლოდ მათემატიკურ განტოლებათა ერთობლიობას წარმოადგენს. აღნიშნული ობიექტის ვიზუალიზაცია საჭიროებს მის განათებას და გადამღები კამერის დაყენებას. ეს კი გულისხმობს ამ პროცესების აღწერას დამატებითი მათემატიკური განტოლებებით, რის შედეგადაც მივიღებთ ობიექტის მოდელს, რომელსაც სრულყოფისათვის კიდევ უნდა შევუვრჩიოთ მასალა, ეს შეიძლება იყოს ფერადი ტექსტურა, ხის ფაქტურა, პლასტიკი, ქვის ფაქტურა და სხვ. (სურ.40).



სურ.40. ინტერიერის კომპიუტერული მოდელი

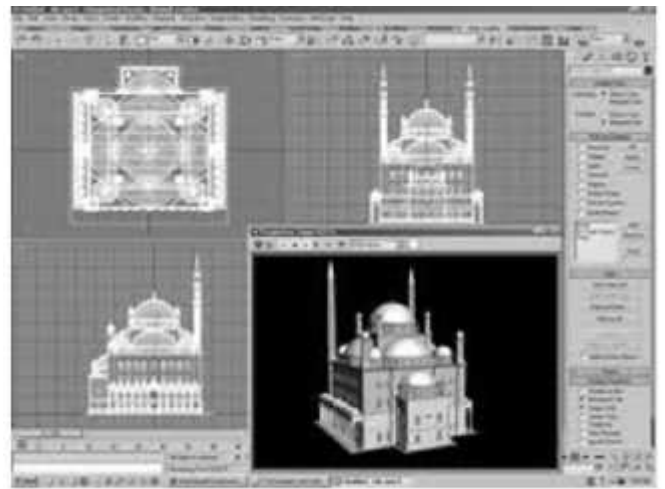
რა არის კომპიუტერული 3D გრაფიკა და რითი განსხვავდება ის ჩვეულებრივი ორგანზომილებიანი გრაფიკისგან?

ორგანზომილებიანი კომპიუტერული გრაფიკა კომპიუტერზე გამოსახულების შექმნისთვის საჭირო საშუალებებისა და ხერხების ერთობლიობაა, რაც შეეხება 3D გრაფიკას ის ობიექტის ფოტოგრაფირებისა და ვიდეოგადაღების იმიტაციის საშუალებას იძლევა. სამგანზომილებიანი ობიექტის შექმნა და შემდეგ მისი სინთეზი სრულდება ალგორითმით, რომელიც ზოგადად შემდეგ ეტაპებს გულისხმობს:

- ობიექტის წინასწარი მომზადება;
- სცენის გეომეტრიული მოდელის შექმნა;
- განათებისა და გადამღები კამერების დაყენება;
- ტექსტურების მომზადება და ობიექტზე მისი მინიჭება;
- სცენის ვიზუალიზაცია.

5.2. სამგანზომილებიანი გრაფიკის დადებითი და უარყოფითი მხარეები

3D გრაფიკა საინტერესო ხდება წარმოსახვითი სცენის რეალურ სამყაროში გადატანისას. ასეთი სიტუაციები ხშირად გვხვდება არქიტექტურული პროექტირებისას (სურ.41). ამ შემთხვევაში 3D გრაფიკა გვანთავისუფლებს მაკეტის შექმნისაგან და უზრუნველყოფს სცენის გამოსახულებათა სინთეზირებას და მათ დანახვას ნებისმიერი კუთხით (სურ.42). არის ისეთი სიტუაციებიც, როცა პირიქით, რეალური ობიექტი უნდა ჩაისვას სამგანზომილებიან სცენაში, როგორც მისი შემადგენელი ნაწილი. მაგალითად, 3D გრაფიკის გამოყენება საჭირო ხდება ვირტუალური გამოფენების ან გალერეების შექმნისას, რომლის კედლებზეც რეალური სურათებია გამოფენილი.



სურ.41. შენობის პროექტი 3D გრაფიკის პროგრამულ რედაქტორში

3D გრაფიკის ერთ-ერთი ყველაზე ფართო გამოყენების სფეროა კომპიუტერული თამაშები. მოდელირება, პროგრამულ საშუალებათა დახვეწა, კომპიუტერული ტექნოლოგიების განვითარება და მექსიერების მნიშვნელოვანი ზრდა, სამგანზომილებიან ვირტუალურ სამყაროს სულ უფრო რთულს და რეალურ სინამდვილესთან მიახლოებულს ხდის.

სამგანზომილებიანი გრაფიკა გვეხმარება მაშინაც, როცა ფოტოგადაღება ძნელია, ან დიდ დანახარჯებთან არის დაკავშირებული. პროგრამული საშუალებების გამოყენებით შესაძლებელია ასევე იმიტაციური სურათის შექმნაც, როცა სამგანზომილებიან ობიექტებზე მოქმედებს ფიზიკური ძალა, სიმძიმე, ხახუნი, ან ინერცია.

მთავარი არგუმენტები 3D გრაფიკის სასრებლოდ ძირითადად მაშინ ჩნდება, როცა საუბარია კომპიუტერულ მულტიპლიკაციაზე. მულტიპლიკაციურ ვიდეოფრაგმენტებზე მუშაობა მნიშვნელოვნად მარტივდება, როცა სამგანზომილებიან სცენებზე ანიმაციურ მეთოდებს ვიყენებთ.



სურ.42. შენობის პროექტი და მისი განთავსება ნაკვეთზე

ცხადია არსებობს ნაკლოვანებებიც, რაც თავს იჩენს პროგრამული და აპარატული საშუალებების არჩევისას და ასევე კონკრეტული გრაფიკული პროექტების დამუშავების დროს. პირობითად მათ შეიძლება მივაკუთვნოთ:

- კომპიუტერის აპარატული უზრუნველყოფისადმი მაღალი მოთხოვნები, კერძოდ ოპერატიული მესიერების დიდი მოცულობა, პროცესორის სწრაფქმედება და ასევე მყარ დისკზე თავისუფალი ადგილი;
- მოსამზადებელი სამუშაოების დიდი მოცულობა და დროის დიდი დანახარჯები. მაგალითად, სცენის ობიექტების მოდელის შექმნა (მაგალითად, ეს შეიძლება იყოს ავტომობილი – სურ.43.) და ობიექტისთვის მასალის მინიჭება, მაგრამ აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ მიღებული შედეგი ამ ნაკლოვანებებს ამართლებს;
- ორგანზომილებიან გრაფიკასთან შედარებით, 3D გამოსახულების პროექტირებისას, ნაკლები თავისუფლება და მეტი ძალისხმევაა საჭირო. იგულისხმება, მხატვრული ჩანაფიქრის განხორციელება, ობიექტის პროპორციების დარღვევა, დამახინჯება, პერსპექტივის წესების დარღვევა და სხვ.
- სამგანზომილებიანი გრაფიკის ობიექტს არ გააჩნია “სხეული”, ამიტომ სცენის შემადგენლობაში შემავალი ობიექტების ურთიერთგანლაგებისას, განსაკუთრებით ანიმაციის დროს, კონტროლი გართულებულია და ადვილად შეიძლება დაუშვათ შეცდომა მაგალითად, ობიექტების მცდარი ურთიერთკვეთა.



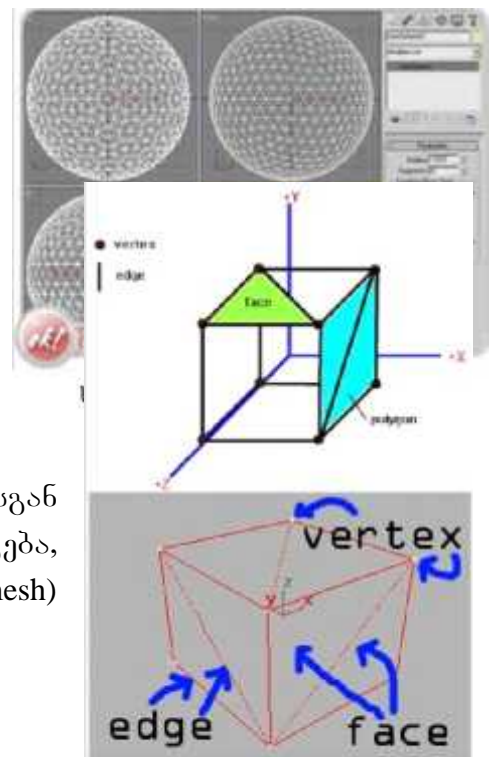
სურ.43. ავტომობილის 3D მოდელი

5.3. რას წარმოადგენს სამგანზომილებიანი ობიექტი?

სამგანზომილებიანი ობიექტი, კომპიუტერული ხედვით, არის ცარიელსხეულიანი გარსი, რომელსაც ფიზიკური სისქე არ გააჩნია. ეს გარსი ხილვადი ხდება მხოლოდ მათი განათებისას (სურ.44.). გრაფიკული პროგრამა ითვლის, თუ როგორ აირეკლება ობიექტის ყოველი წერტილიდან დამკვირვებლის თვალის მიმართულებით წარმოსახვითი სინათლის სხივი, რომელიც სცენის შემადგენლობაში შემავალი სინათლის წყაროდან გამოდის.

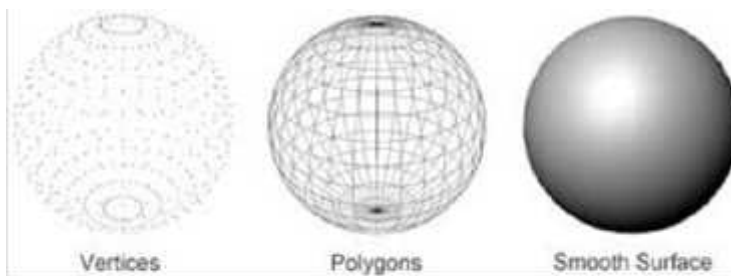
გარსი და წახნავი

ყოველი სამგანზომილებიანი ობიექტის გარსი, ფორმისგან დამოუკიდებლად, სამკუთხა წახნაგებისგან (faces) შედგება, რომელიც სამკუთხა უჯრედებით ქმნის ბადეს (mesh) (სურ.44.).



სურ.45 და 46. სამგანზომილებიანი ობიექტის სტრუქტურა

ყოველ წახნაგს აქვს სამი წვერო (vertices) და სამი წიბო (edges), რომელიც ამ წვეროებს აერთებს (სურ.45). ერთ სიბრტყეში მდებარე ორი მოსაზღვრე წახნაგი, ქმნის ოთხკუთხედს ანუ პოლიგონს (polygon), ამის გამო ამ წახნაგებისგან შექმნილ ბადეს ხშირად პოლიგონურს უწოდებენ. წახნაგებს შორის მდებარე წიბოებს, რომლებიც ერთ სიბრტყეში არ მდებარეობენ, ბადეზე მთლიანი ხაზებით გამოსახავენ, ხოლო ერთ სიბრტყეში მდებარე წიბოებს კი წყვეტილი ხაზებით (სურ.46).



სურ.47. კომპიუტერული 3D სფერო

წახნაგის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ელემენტია – მისი ნორმალი (normal). ნორმალი საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ, მოცემული წახნაგი ხილვადია თუ უხილავი. 47-ე სურათზე გამოსახულია კომპიუტერული 3D სფერო, სადაც პირველ ვარიანტზე მხოლოდ წვეროებია აღნიშნული, მეორეზე – პოლიგონები, რომელიც პოლიგონურ ბადეს ქმნის და მსამეზე – განათებული და მასალით დაფარული სფეროა წარმოდგენილი.

3D ობიექტისყოველი წახნაგი მისი წვეროების კოორდინატებითამოცემული. როგორც ცნობილია, ნებისმიერი წერტილის მდებარეობა სამგანზომილებიან სივრცეში სამი კოორდინატით (X, Y, Z)აღიწერება. ამგვარად, ისეთი მარტივი სამგანზომილებიანი ობიექტისთვისაც კი, როგორიცაა სწორკუთხა პარალელეპიპედი, პროგრამა იმახსოვრებს 8 წვეროს შესაბამის კოორდინატს, ანუ რიცხვთა 8 სამეულს, და დამატებით უთითებს რომელი სამეულები ქმნიან პარალელეპიპედის 12 სამკუთხა წახნაგიდან თვითოეულს.

გაბარიტული კონტეინერები

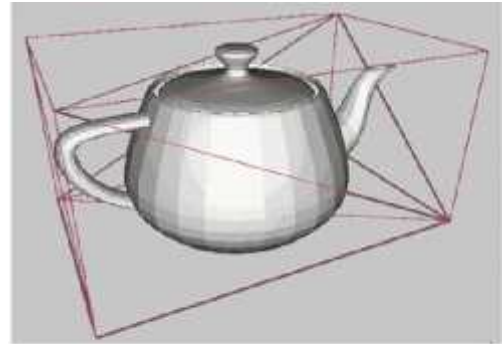
ყოველი ობიექტი, როგორი რთული ფორმაც არ უნდა ქონდეს მას, გაბარიტულ კონტეინერში (bounding box) თავსდება. გაბარიტული კონტეინერი წარმოადგენს ობიექტის გარშემოწერილ სწორკუთხა პარალელეპიპედს (სურ.48). ობიექტის შექმნის მომენტში, გაბარიტული კონტეინერის გვერდები ორიენტირებულია გლობალურ კოორდინატთა სისტემის კოორდინატულ სიბრტყეთა პარალელურად. ობიექტის შემდგომი მობრუნებების დროს კი, გაბარიტული კონტეინერი მასთან ერთად მოძრაობს. სამგანზომილებიან გრაფიკულ პროგრამებში გაბარიტული კონტეინერი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს. შეგვიძლია მოვიყვანოთ ამის



სურ.48. ობიექტი გაბარიტულ კონტეინერში

ამსახველი რამოდენიმე მაგალითი:

- გაბარიტული კონტეინერი ხელს უწყობს პროგრამას განსაზღვროს – ავსებენ თუ არა ობიექტები ერთმანეთს, სცენაზე გარკვეული მიმართულებით დაკვირვებისას;
- სცენებზე მუშაობისას, ეკრანის განახლებაზე დროის ეკონომიის მიზნით, ნაწილი ობიექტები შეიძლება ავსახოთ მხოლოდ გაბარიტული კონტეინერების სახით;
- თუ პროგრამისგან მოითხოვება ობიექტის ფანჯრის ზომაზე ზუსტად მორგება, მორგების ოპერაციას გაბარიტულ კონტეინერზე ასრულებენ – ის მთლიანად უნდა მოთავსდეს ფანჯარაში (სურ.49.);
- რთული ფორმის 3D ობიექტის გეომეტრიული ცენტრი, მისი გაბარიტული კონტეინერის ცენტრს შეესაბამება.



სურ.49. ობიექტის გაბარიტულ კონტეინერზე მორგების ოპერაცია.

5.4. სამგანზომილებიანი სამყაროს ეკრანზე ასახვის ხერხები

სამგანზომილებიანი სამყაროს ეკრანზე ასახვისთვის უამრავი გრაფიკული რედაქტორია შექმნილი (Autodesk 3ds Max, 3D Studio Max, AutoCAD, Graphisoft ArchiCAD, Autodesk Maya და სხვ.). აღსანიშნავია ასევე რომ აპარატული და პროგრამული საშუალებები დღითიდღე უმჯობესდება და სამგანზომილებიანი გრაფიკის გამოყენების სფეროც უფრო მრავალფეროვანი ხდება, მაგრამ მიუხედავად ამისა სამგანზომილებიანი მოდელირების ტექნიკა, რეალისტური სცენების შექმნის გზები და ამ პროგრამულ რედაქტორებში გამოყენებული ბაზური ცნებები, რომელთა განხილვასაც ვაპირებთ, პრაქტიკულად არ იცვლება.

3D გამოსახულების ეკრანული სახის მისაღებად აუცილებელია შევქმნათ მისი გეომეტრიული მოდელი. მაგალითად, სურ.50-ზე გამოსახულია გრაფიკულ რედაქტორ 3D Studio MAX -ში შექმნილი ქოლგის მოდელი. როგორც სურათიდან ჩანს ობიექტი, პროექტირების ოთხ ფანჯარაშია ასახული, რაც ობიექტის გეომეტრიის შესახებ შედარებით სრულ წარმოდგენას იძლევა. გარდა ამისა ასეთი ასახვა საშუალებას გვაძლევს ვცვალოთ



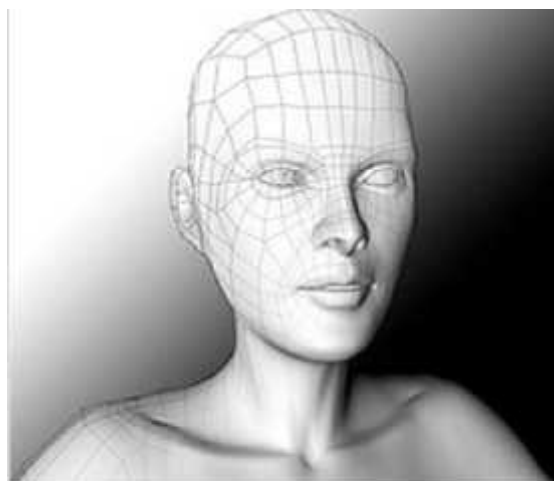
სურ.50. გრაფიკულ რედაქტორ 3D Studio MAX -ში შექმნილი ქოლგის მოდელი

მოდელის ხედები და ვაბრუნოთ ობიექტი ნებისმიერი მიმართულებით, რაც მისი ვირტუალური არის დათვალიერებას და ინერაქტიულ რედაქტირებას გულისხმობს.

ვირტუალურ არეს, რომელშიც მომხმარებელი მუშაობს, *სამგანზომილებიანი სცენა* ეწოდება, ამ სცენის ასახვა კი *პროექტირების ფანჯრებში* (viewports) ხდება. პროექციის ფანჯრების ფორმირების საფუძველს *დაკვირვების წერტილი* (viewports) წარმოადგენს და განსაზღვრავს დამკვირვებლის პოზიციას სამგანზომილებიან სივრცეში. პროექტირების ყოველი ფანჯარა ობიექტის სამგანზომილებიანი სცენის სიბრტყეზე პროექციის დემონსტრირებას ახდენს. *წარმოსახვით სიბრტყეს*, რომელიც დაკვირვების წერტილზე გადის ხედვის ხაზის მართობულად, *ასახვის სიბრტყეს უწოდებენ*, რომელიც დამკვირვებლის მიერ ხილვადი უბნის საზღვრებს განსაზღვრავს.

სამგანზომილებიან გრაფიკაში მუშაობისას გვიწევს აღნიშნული სცენის მოწყობა, რაც გულისხმობს განათების დაყენებას, ვიდეოკამერების სწორად მიმართვას, სამგანზომილებიანი სხეულების ანუ გეომეტრიული მოდელების მართვას და სხვ.

სამგანზომილებიან პროგრამულ რედაქტორებში 3D ობიექტები მრავლობითი მრავაკუთხედებისგან შედგება, რომელთა სპეციფიური განლაგება რეალისტურ გამოსახულებას ქმნის. ერთი ასეთი 3D ობიექტის შესაქმნელად ასი ან ათასი მრავალკუთხედი ანუ *პოლიგონია* საჭირო, რაც მონაცემთა უზარმაზარი მასივების შექმნას და შემდგომ მათ მართვას გულისხმობს. ცხადია რაც უფრო რთულია ობიექტის გეომეტრიული ფორმა მით უფრო მეტი პოლიგონია საჭირო, რომლებიც ე.წ. პოლიგონურ ბადეს ქმნიან (სურ.51).



სურ.51. პოლიგონურ სტრუქტურაზე აგებული გამოსახულება

პოლიგონების სიმრავლე გეომეტრიული ობიექტის სიგლუვეს, ანუ მის ხარისხს განსაზღვრავს.

3D ობიექტის ეკრანზე ასახვა, ანუ *ვიზუალიზაცია*, კომპიუტერისგან სერიოზულ მათემატიკურ გამოთვლებს ითხოვს, რადგან გარდა ელემენტების სიმრავლისა ვიზუალიზაცია დაკავშირებულია – განათებასთან, რომელიც უზრუნველყოფს ობიექტის ხილვადობას და ქმნის გარკვეულ ეფექტებს; – პერსპექტივასთან, რომელიც ობიექტს ანიჭებს მოცულობას და ასევე – ობიექტის ფიზიკურ თვისებებთან, რომელიც თავისმხრივ უკავშირდება მასალას (ტექსტურებს) და განათებას.

ვიზუალიზაცია არის გეომეტრიული ობიექტის ყოველი პიქსელის კოორდინატებისა და ფერის გამოთვლის პროცესი, რის შედეგადაც ვიდეო სამგანზომილებიანი გამოსახულების იმიტაციას მონიტორის ეკრანზე ვიზუალიზაცია გულისხმობს ასევე ობიექტის ზედაპირების (nurbs) აგებას, რომელიც წვეროების (vertices) სიმრავლით არის მოცემული და ასევე გამოსახულების 3D ეფექტის გაძლიერებას სხვადასხვა ხერხების გამოყენებით, როგორცაა განათება, შექნდილები, ბურუსი და სხვ.

ამგვარად, ვიზუალიზაციის პროცესი შეიძლება დაიყოს რამოდენიმე ფუნქციურ ეტაპად: პოლიგონების ვიზუალიზაცია; ტექსტურის დატანა; ატმოსფერული ეფექტები; უხილავი უბნების მოშორება.

პოლიგონების ვიზუალიზაციის ეტაპზე გეომეტრიული პროცესორიდან მიღებული მონაცემები პოლიგონების განლაგებასა და განათებაზე, წარმოდგენას ქმნის სცენის შესახებ. პოლიგონები მრავალი მეთოდით აღიწერება, რისთვისაც უფრო ხშირად სამკუთხედებს იყენებენ, თუმცა ეს შეიძლება იყოს მრავალკუთხედები, ბეზიეს მრუდები და სხვ.

3D ობიექტებზე ტექსტურის დატანა სამგანზომილებიან სცენას მეტრეალისტურობას და დეტალურობას ანიჭებს. ვიზუალიზაციის ეს ეტაპი თავისმხრივ, შეიძლება ცალკეულ ფუნქციურ უბნებად დაყვით: პერსპექტივის კორექცია; ტექსტურირება; განათების დაყენება.

სამგანზომილებიანი სცენის ვიზუალიზაცია, რომელიც პროექციის ერთ-ერთ ფანჯარაშია ასახული, ხდება ან პირდაპირ ამ ფანჯრიდან, ან ვირტუალური კამერის დახმარებით. *ვირტუალური კამერა* ძალიან საჭირო დამხმარე ობიექტია, რომელიც ვიზუალიზაციის პროცესში გადაღების რაკურსს არეგულირებს და სცენაზე გარკვეული სპეციფიკური ეფექტების გამოყენების საშუალებას იძლევა.

გამოსახულების ხარისხი ბევრად არის დამოკიდებული ასევე სამგანზომილებიანი სცენის *ვირტუალურ განათებაზე*, ამიტომ 3D პროგრამულ რედაქტორებში სერიოზული ადგილი უჭირავს სინათლის წყაროებს. სინათლის წყარო ისევე როგორც ვირტუალური კამერა, დამხმარე ობიექტია. მისი საშუალებით შეიძლება ვმართოდ სინათლის ფერი, სიმძლავრე, გაბნევა და ამით მეტი რეალობა მივანიჭოთ 3D ობიექტს.

მას შემდეგ, რაც ყველა ობიექტის მოდელი შეიქმნება და განთავსდება სცენაზე, შეგვიძლია ვიფიქროთ მათ ტექსტურირებაზეც – მასალით დაფარვაზე, რადგან რეალურად ყველა საგანს გააჩნია მისთვის დამახასიათებელი ფაქტურა, იქნება ეს ხაოიანი, გამჭვირვალე სარკისებური თუ სხვ. უნდა აღვნიშნოთ რომ პროექციის ფანჯრებში მხოლოდ ობიექტის გარსი ჩანს, ანუ ცარიელი სხეული თვისებების გარეშე, რაც რეალურ სურათს არ ასახავს, ამიტომ პროგრამულ რედაქტორებში მრავლად არის ბიბლიოთეკები და ინსტრუმენტები (Material Editor) რომელთა

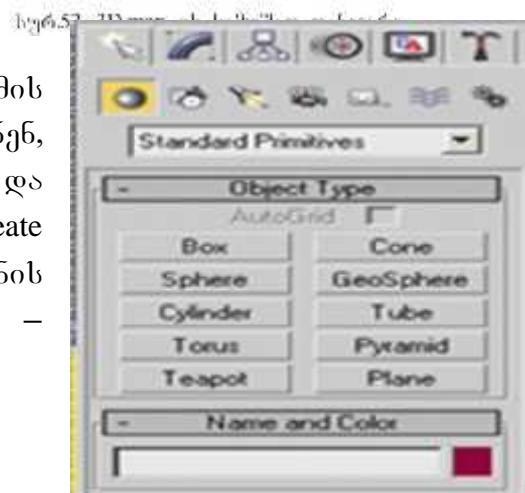
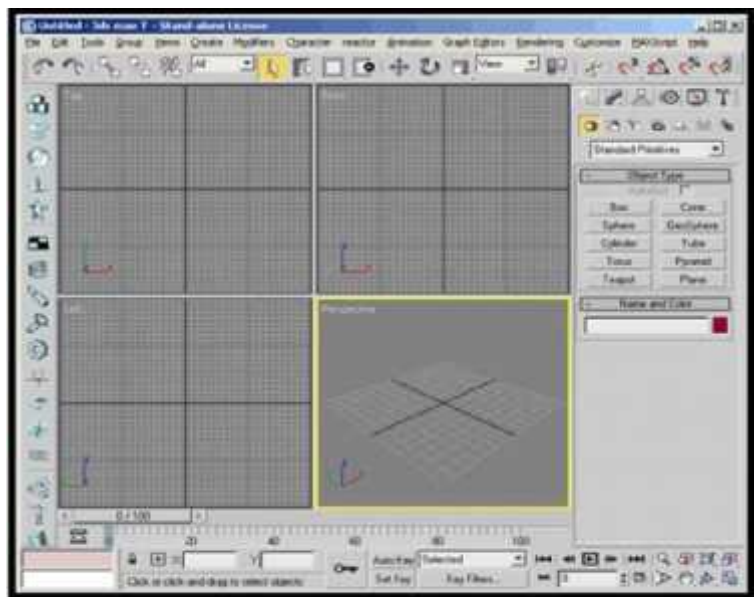
საშუალებითაც შეგვიძლია ვმართოთ ფერი, გამჭვირვალობა, შევქმნათ საკუთარი ტექსტურა და სხვ.

სამგანზომილებიანი გრაფიკის რედაქტორებში (Lightwave 3D, Maya, Softimage, 3ds max) გამოსახულების ან სცენის ვიზუალიზაციის ხარისხი – რეალისტურობა, დამოკიდებულია შემდეგ ფაქტორებზე: 3D მოდელისა და ტექსტურირების ხარისხი, სცენის სწორი განათება და ვირტუალური კამერის სწორად მიმართვა ანუ მისი პარამეტრების შერჩევა, რაც ნამდვილი ფოტო ან ვიდეო კამერის თვისებების ანალოგიურია.

5.5. გრაფიკული რედაქტორი 3D Studio MAX -ის ინტერფეისის ძირითადი ობიექტები

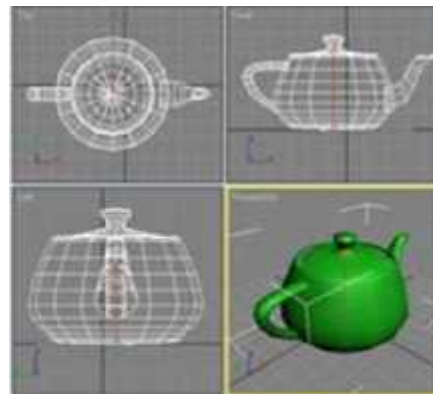
3D Studio MAX სამგანზომილებიანი გრაფიკის ერთ-ერთ საუკეთესო რედაქტორად ითვლება. 3D max-ში ობიექტების რამოდენიმე კატეგორია არსებობს: გეომეტრიული (Geometry), მზა ფიგურები (Shapes), განათება (Lights), კამერები (Cameras), დამხმარე ობიექტები (Helpers), მოცულობითი დეფორმაციები (Space Warps) და დამატებითი ინსტრუმენტები (Systems).

პროგრამის სამუშაო ფანჯარა ოთხად არის გაყოფილი სადაც გეომეტრიული მოდელების პროექტირება ხდება (სურ.52). პროექტირების ფანჯრების თავზე განთავსებულია მთავარი მენიუ და ინსტრუმენტების პანელი Main Toolbar. ფანჯრის მარცხნივ მოთავსებულია ვერტიკალური ინსტრუმენტების პანელი, ხოლო მარჯვნივ კი ბრძანებათა პანელი (Command Panel) (სურ.53), რომელიც შეიცავს ჩანართებს (Create, Modify, Hierarchy, Motion, Display, Utilities). ეს ჩანართები პროგრამის ოპერაციათა კონფიგურაციებს წარმოადგენენ, რაც საშუალებას გვაძლევს შევქმნათ და ვმართოთ ობიექტები. მაგალითად, ჩანართი Create (შექმნა), ემსახურება ობიექტების და სცენის შექმნას, ჩანართი Modify (რედაქტირება) –



სურ.53. ბრძანებათა პანელი Command Panel

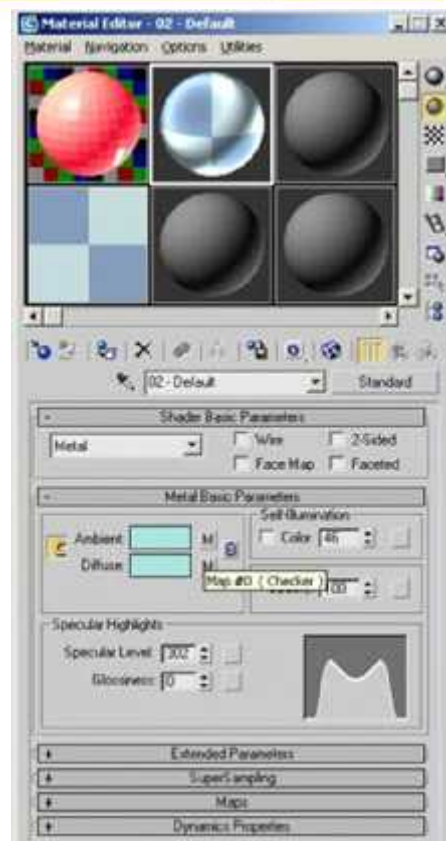
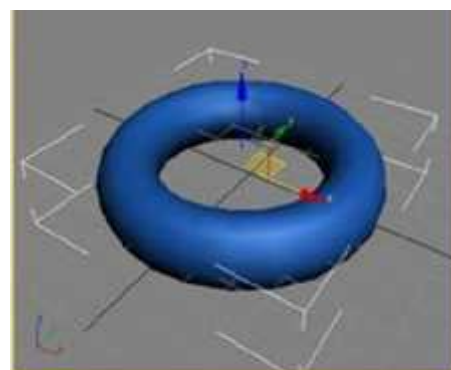
ნებისმიერი ობიექტის პარამეტრების შეცვლას და სხვ. სამგანზომილებიანი ობიექტებისა და სცენის რედაქტირება გულისხმობს: გრაფიკული ობიექტების შექმნას სტანდარტული და რთული პრიმიტივების (კუბი, სფერო, ცილინდრი, კონუსი, პედრა, ჩაიდანის (სურ. 54.) და სხვ.) ბაზაზე; ობიექტების გარდაქმნას (მასშტაბირებას, გადაადგილებას, ბრუნვას – სურ. 55.); დეფორმაციას; გათანასწორებას; დაჯგუფებას; კლონირებას და სხვ.



სურ. 54. როული პრიმიტივების მუდელით - ზაიგანი

პროგრამის სამუშაო ფანჯრის ქვედა მხარეს განთავსებულია გარდაქმნის კოორდინატები, ობიექტის განლაგების და ანაიმაციის მართვის ინსტრუმენტები.

3D max-ში შექმნილი პროექტის ხარისხი, სცენის ობიექტების ვიზუალზე და მათ ბუნებრივობაზეა დამოკიდებული, რაც ობიექტების ტექსტურირებას და სწორად განათებას გულისხმობს. ამიტომ სამგანზომილებიანი ობიექტების მოდელირების დასრულების შემდეგ საჭირო ხდება მათი მასალით დაფარვა. პროგრამა 3D max-ში ტექსტურებთან სამუშაოდ ცალკე მოდულია შექმნილი – მასალების რედაქტორი, რომელიც რეალიზებულია ფანჯარაში Material Editor (სურ.56). მასალათა რედაქტორი საშუალებას იძლევა ჩაშენებული ტექსტურული რუკებიდან ავირჩიოთ მასალა და განსაზღვრული მეთოდით ვცვალოთ მათი თვისებები. ტექსტურული რუკები ორგანზომილებიან სურათებს წარმოადგენენ, რომელთაც საკუთარი პარამეტრები გააჩნიათ. მასალით დაფარული ობიექტის ვიზუალიზაციისას ასევე მნიშვნელოვანია განათების პარამეტრების (სიკაშკაშის, სინათლის დაცემის კუთხის, სინათლის წყაროს ფერის და სხვ.), ვიზუალიზაციის ალგორითმების და ტექსტურის ზომის სწორად შერჩევა და დაყენება. ასევე დიდი მნიშვნელობა აქვს ობიექტზე ტექსტურის სწორად განთავსებას, რადგან წინააღმდეგ შემთხვევაში შეიძლება წარმოიშვას ნაოჭი ან არასწორად განაწილდეს ან განმეორდეს ნახატი.



სურ.56. ფანჯარა Material Editor



სურ.57. რეალიზური ტექსტურირება

მაგალითად, 57-ე სურათზე გამოსახულია ორი ობიექტის რელიეფური ტექსტურირება.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ სცენის ბუნებრივად, რეალისტურად განათება ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი და საკმაოდ რთული პრობლემაა. მაგალითად, სხვადასხვანაირად განათებული ერთი და იგივე სცენა შესაძლოა განსხვავებულად გამოიყურებოდეს, სინათლის წყაროს ადგილის შეცვლით კი, შეიძლება შეიცვალოს ობიექტის ფერი, ჩრდილების ფორმა, გამონდეს მანამდე უხილავი სცენის ობიექტებიც სხვ.

განათების არჩევა დამოკიდებულია ობიექტების რაოდენობაზე, მათ განლაგებაზე, გამოყენებული ტექსტურის თვისებებზე და გეომეტრიულ სცენაზე. 3D Studio MAX-ში სცენის განათებისთვის ოთხი ტიპის სინათლის წყაროს იყენებენ: **Omni lights** – ზოგადი ანუ საერთო განათება, რაც ნათურით განათებას წააგავს, როცა საგნები ყველა მიმართულებიდან ნათდებიან; **Spot lights** – წერტილოვანი სინათლის წყაროები, რომელიც მიმართულია გარკვეული წესით და ასეთი განათებით ობიექტის მხოლოდ რომელიმე ნაწილს გამოყოფენ. მაგალითად, ავტომობილის ფარების, ფანრის სხივის, პროექტორის და სხვათა იმიტაცია; **Ambient light** – განათების ცალკეული წყაროები. მათი გამოყენებით შორეული სინათლის წყაროების იმიტაცია ხდება, მაგალითად როგორცაა მთვარე; სინათლის ლაქები (**Specular Highlight**) – პრიალა ზედაპირიდან არეკლილი მკვეთრი სინათლის იმიტაცია.

სამგანზომილებიანი გრაფიკის მოდელირება ფოტოგრაფირების ან ვიდეოგადაღების პროცესის იმიტაციას წააგავს. სცენის გეომეტრიის დასრულებისა და განათებების განთავსების შემდეგ, საჭირო ხდება მომგებიანი რაკურსის პოვნა და სცენაზე გადამღები კამერების დაყენება. სამგანზომილებიანი სცენების გადასაღებად, ისევე როგორც რეალურ ცხოვრებაში, იშვიათად არის საკმარისი ერთი კამერა. საქმე იმაშია, რომ თუ გადაღების მომგებიან წერტილს “დავაფიქსირებთ”, მაშინ არ ღირს ამ კამერის ხელის ხლება, რადგან პროგრამა არ გვიშლის სცენის სხვა წერტილებში დამატებით რამოდენიმე კამერის დაყენებას.

თუ გადაღების პროცესში კამერის სცენაზე გადაადგილებით ანიმაციას შევქმნით, მაშინ შედეგი დაემსგავსება ვიდეოექსკურსიას ვირტუალურ სამგანზომილებიან სამყაროში.

კამერებთან მუშაობისას ვუთითებთ სცენის დაკვირვების წერტილს, მიმართულებას, კამერის მიმართვის კუთხეს და სხვ. ინტერიერის შექმნისას, როგორც წესი

რამოდენიმე კამერადგება და ყოველი მათგანი მხოლოდ გარკვეულ რაკურსსზეა პასუხისმგებელი.

3D max-ის პროექციის ერთ-ერთი ფანჯარა – პერსპექტივა, სწორედ სცენაში მონაწილე კამერას წარმოადგენს, ამიტომ ამ პროექციის ფანჯრით ოპერირება ფაქტიურად კამერით სივრცეში ოპერირების ანალოგიურია. დამატებითი კამერების შემოტანით კი ამ პერსპექტივის ჩანაცვლება ხდება.

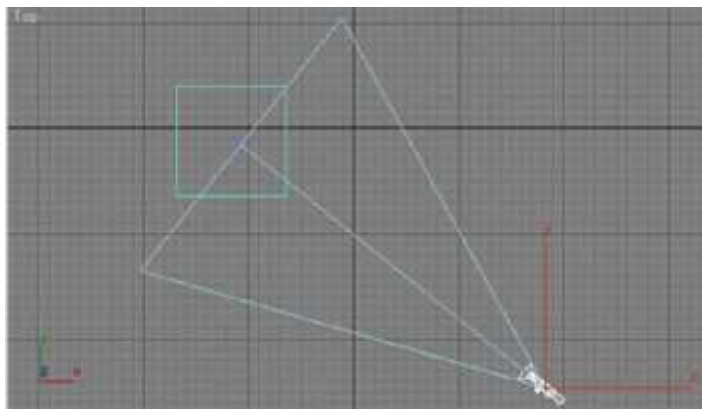
პროგრამა 3D max-ში კამერების დაყენება და პარამეტრების შერჩევა ბრძანებათა პანელის ერთ-ერთ ჩანართში (Cameras) ხდება (სურ.58). როგორც სურათიდან ჩანს პროგრამაში ორი ტიპის გადამღები კამერა მუშაობს: მიმართული (Target) და თავისუფალი (Free). მიმართული კამერა ძალიან წააგავს Target Spot სინათლის წყაროს, მის მსგავსად ისიც ორი ობიექტისგან შედგება: კამერა და მიმართვის წერტილი. თავისუფალი (Free) კამერა კი Free Spot განათებას, როცა განათებას არა აქვს მიზანი.



სურ.58. ქვეყნის Cameras

59-ე სურათზე გამოსახულია 3D max-ის ობიექტზე მიმართული კამერა.

სამგანზომილებიანი პროექტის შექმნის ბოლო და ყველაზე საპასუხისმგებლო ეტაპია ვიზუალიზაცია. ვიზუალიზაცია ეს არის სცენის მაქსიმალურად ხარისხიანი ორგანზომილებიანი გამოსახულების მიღების პროცესი მისი სამგანზომილებიანი მოდელის საფუძველზე. 3D max-ში მისი რეალიზაცია სრულდება დიალოგურ ფანჯარაში Render Scene (სცენის ვიზუალიზაცია).



სურ.59. ობიექტზე მიმართული კამერა

მისი საშუალებით შეგვიძლია დავაყენოთ ვიზუალიზაციის ყველა საჭირო პარამეტრი, როგორც ცალკეული უძრავი კადრისთვის ისე ნებისმიერი ანიმაციური მიმდევრობისთვის, ასევე დავაფიქსიროთ მისაღები გამოსახულების ზომა და ხარისხი და გამოვიყენოთ როგორც პროგრამაში ინტეგრირებული ისე სხვა ალტერნატიული ვიზუალიზატორი, რაც საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ სცენის ხარისხიანი და სრულყოფილი სურათები. რაც უფრო ხარისხიანია 3D სცენა მით მეტი დრო სჭირდება მის დამუშავებას. 3D max-ში ერთი კადრის დამუშავებას შეიძლება რამოდენიმე საათი ან მთელი დღე დასჭირდეს, ეს სცენის სირთულეზეა დამოკიდებული. სამგანზომილებიანი სცენის გათვლის ხანგრძლივობაზე მრავალი

ფაქტორი მოქმედებს, როგორცაა გამოყენებული განათებების რაოდენობა, ჩრდილების ვიზუალიზაციის მეთოდი, ობიექტების პოლიგონური სტრუქტურის სირთულე, გამოყენებული ტექსტურები და სხვ.

პროგრამა 3D max-ს იყენებენ ინტერიერების, პრეზენტაციების, სარეკლამო რგოლების, კომპიუტერული თამაშების, ანიმაციის და ფილმების შესაქმნელად.

6. ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედება (HCI)

სახელმძღვანელოს პირველ ნაწილში განხილული იყო კომპიუტერული გრაფიკის ძირითადი ამოცანები და სტრუქტურა და ასევე მისი გამოყენების სფეროები. რაც გვაძლევს საფუძველს აღვინიშნოთ, რომ დღევანდელ დღეს კომპიუტერული გრაფიკა განიხილება, როგორც ინსტრუმენტი, რომელიც უზრუნველყოფს ძლიერ ურთიერთკავშირს ადამიანსა და კომპიუტერს შორის (**ადამიანი – კომპიუტერის ურთიერთქმედება HCI**), და რომ კომპიუტერული გრაფიკა ძირითად საკომუნიკაციო საშუალებად იქცა ადამიანსა და კომპიუტერს შორის, რაც კიდევ უფრო ზრდის მისი გამოყენების სფეროს (საქმიანი გრაფიკა, კომპიუტერული ვიზუალიზაცია, პროექტირებადი და დიზაინური გრაფიკა, ვირტუალური რეალობა, **Web-დიზაინი, მულტიმედია**, ინტერაქტიული სისტემები და სხვ.).

6.1. ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედების მიზნები და ამოცანები

ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედება (HCI-Human-Computer Interaction) წარმოადგენს დისციპლინას, რომელიც სწავლობს ინტერაქტიულ გამოთვლით სისტემათა დაგეგმარებას და მომხმარებლის მიერ მათ გამოყენებას, აფასებს მათ ეფექტურობას და განიხილავს მათ თანმდევ პროცესებს. ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედების პროცესში მთავარ ფაქტორს მომხმარებლის სამუშაო გარემო წარმოადგენს, ხოლო მთავარ ამოცანას, მისი მოდელირება და პროექტირება, რათა ეს ურთიერთქმედება გახდეს ეფექტური და კომფორტული. ეს ურთიერთქმედება ხორციელდება *მომხმარებლის ინტერფეისის* დონეზე, რომელიც პროგრამულ და აპარატულ უზრუნველყოფას წარმოადგენს. მაგალითად, გამოსახულებებისა და ობიექტების ვიზუალიზაცია, ვიზუალური ინფორმაციის რედაქტირება პროგრამულ ინტერფეისებში, ინფორმაციის გამოტანის მოწყობილობებთან ურთიერთქმედება, მომხმარებელთა ურთიერთობა სხვა მსხვილ ინტერაქტიულ სისტემებთან და სხვ.

ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედებას განიხილავენ როგორც ადამიანის ისე კომპიუტერის მხრიდან, ამიტომ ამ საკითხის შესწავლის დროს ითვალისწინებენ როგორც ადამიანის ფაქტორს ისე კომპიუტერულს, რაც გულისხმობს კომპიუტერული გრაფიკის ტექნოლოგიებს, ოპერაციულ სისტემებს, პროგრამირების ენებს და იმ გარემოს სადაც ხდება ამოცანათა დამუშავება. რაც შეეხება

ადამიანის მხარეს – ეს არის კომუნიკაციის თეორია, გრაფიკული და საწარმოო პროექტირება, ლინგვისტიკა, სოციოლოგია, ფსიქოლოგია და ასევე ადამიანური ფაქტორები.

ამგვარად ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედების პრობლემა რამოდენიმე თემას უკავშირდება:

1. **ადამიანი:** ინფორმაციული არხები, მესხიერება, აზროვნება და გადაწყვეტილების მიღება, ფსიქოლოგია
2. **კომპიუტერული გარემო:** შეტანა-გამოტანის მოწყობილობები, ტექსტური და გრაფიკული რეჟიმები, ჰიპერტექსტი, ბეჭდვა და სკანირება, მესხიერების მართვა, ორ- და სამგანზომილებიანი გრაფიკა, ვიზუალური გარემოს მოდელირება, მულტიმედია და მეტყველებისა და ვიზუალური გამოსახულების ამოცნობა-აღქმა.
3. **ურთიერთქმედება:** ურთიერთქმედების მოდელები, ფრეიმები და ფანჯრები, აბსტრაქციის დონე და ურთიერთქმედების სტილი, კონტექსტი და ურთიერთქმედების პროტოკოლები, ერგონომიკა.

ასევე შეიძლება გამოვეყნოთ ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედების განვითარების პრობლემატიკა და ტენდენციები:

1. **მონაცემთა ვიზუალიზაცია:** ვიზუალური ინტერფეისი, OLAP (*online analytical processing*) – ტექნოლოგიები (მონაცემთა ანალიტიკური დამუშავება დროის რეალურ რეჟიმში)
2. **ჯგუფში მუშაობის მხარდაჭერის სისტემა:** ჯგუფური მუშაობა ლოკალურ და გლობალურ ქსელებში, სემინარული სისტემა, ფრეიმებთან მუშაობა და მრავალმომხმარებელთა დაშვება, ჯგუფური ურთიერთქმედების სინქრონიზაცია.
3. **მულტიმედია გარემო და მულტისენსორული სისტემები:** მეტყველების ინტერფეისი, ხმოვანი სიგნალები, ტექსტების ამოცნობა, ანიმაცია და ვიდეოფრაგმენტები, უესტების ამოცნობა, კომპიუტერული ხედვა.
4. **ვირტუალური რეალობის სისტემები:** ვირტუალური რეალობის ენა (VRML), ბროუზერების ფუნქციები და ქცევა ვირტუალურ გარემოში, ვირტუალური მრავალმომხმარებელიანი გარემო.

ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედების პრობლემით დაკავებულები არიან სპეციალისტები (ინჟინრები და ფსიქოლოგები), რომლებიც სწავლობენ HCI-სთან დაკავშირებულ საკითხებს, რაც ისეთ მეცნიერულ დისციპლინებს უკავშირდება როგორცაა საინჟინრო ფსიქოლოგია, ერგონომიკა, ხელოვნური ინტელექტი, ინფორმატიკა, კომპიუტერული გრაფიკა და ასევე შედარებით ახალი „ინტერფეისების თეორია“.

6.2. რა არის ინტერფეისი?

როგორც უკვე აღვნიშნეთ ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედების ძირითადი ამოცანაა ამ ურთიერთობების გაუმჯობესება და დახვეწა, რაც დაკავშირებულია შემდეგ საკითხებთან:

- ინტერფეისების პროექტირების განვითარება
- ინტერფეისების რეალიზაციის მეთოდები (მაგალითად, პროგრამული, ინსტრუმენტული, ბიბლიოთეკები და რაციონალური ალგორითმები)
- აღნიშნული ინტერფეისების შეფასების და შედარების მეთოდები
- ახლი ინტერფეისების და ურთიერთქმედების მეთოდების დამუშავება
- აღწერითი და პროგნოზირებადი მოდელების განვითარება
- ურთიერთქმედების თეორია

საინჟინრო ფსიქოლოგია სწავლობს ადამიანისა და ტექნიკის ინფორმაციული ურთიერთქმედების პროცესების ობიექტიურ კანონზომიერებებს, მათი პროექტირების პრაქტიკაში გამოყენების მიზნით.

ერგონომიკა არის სისტემურ-ორიენტირებული დისციპლინა, რომელიც სწავლობს “ადამიანი-ტექნიკა-გარემო“ სისტემაში წამოჭრილ პრობლემებს და აღნიშნული სისტემის ფუნქციონირების ოპტიმიზაციის მისაღწევად იყენებს თეორიას, კანონებს, მონაცემებს და კონსტრუირების მეთოდებს.

ხარისხინი *ადამიანი-კომპიუტერის ინტერფეისის* შექმნა, რომელსაც პირობითად შეიძლება დავარქვათ ადამიანისა და კომპიუტერის დამაკავშირებელი რგოლი, HCI-ის კვლევის საბოლოო მიზანია. მაგალითად, მომხმარებელი, როცა რაიმე სამუშაოს ასრულებს არ ფიქრობს იმაზე თუ როგორ არის მოწყობილი კომპიუტერი, როგორია კომპიუტერის პროცესორი ან პროგრამირების რომელ ენაზეა დაწერილი პროგრამა, რომელშიც ის მუშაობს, მისთვის მთავარია კომფორტული გარემო და ეფექტური შედეგი. ხოლო ყველაფერი, რასაც ის ხედავს და იყენებს – ინტერფეისია. ამიტომ მომხმარებლის თვალსაზრისით, სწორედ ინტერფეისია ის საბოლოო პროდუქტი რასთანაც მას აქვს შეხება.

ინტერფეისი (Interface) ეს არის საშუალებებისა და წესების ერთობლიობა, რომელიც უზრუნველყოფს ურთიერთქმედებას კომპიუტერულ მოწყობილობებს, პროგრამებს და მომხმარებელს შორის. ინტერფეისები თანამედროვე ინფორმაციული სისტემების ურთიერთქმედების საფუძველს წარმოადგენს. ასევე აღსანიშნავია, რომ ეს ურთიერთქმედებები სრულდება სამომხმარებლო, პროგრამულ და აპარატულ დონეზე და შესაბამისად ინტერფეისებიც კლასიფიცირდებიან როგორც:

- ფიზიკურ მოწყობილობათა ურთიერთქმედების საშუალებები
- ვირტუალურ მოწყობილობათა ურთიერთქმედების საშუალებები

- ადამიანსა და კომპიუტერის ურთიერთქმედების საშუალებები ანუ *მომხმარებლის ინტერფეისი* (user interface)

მომხმარებლის ინტერფეისი ეს არის გრაფიკული და ვირტუალური ინფორმაციის შეტანისა და გამოტანის მოწყობილობები – *მომხმარებლის გრაფიკული ინტერფეისი* (GUI); სამუშაო მაგიდის ფანჯრები და პარადიგმები; საქმიანი გრაფიკა და ვიზუალური გრაფიკული ინტერფეისი (VUI).

7. კომპიუტერული გრაფიკის ტექნიკური საშუალებები – აპარატული უზრუნველყოფა

კომპიუტერულ სისტემებთან ურთიერთქმედება, ინფორმაციის ვიზუალიზაცია და გრაფიკული ინფორმაციის შეტანა-გამოტანა ძირითადად გარე დიალოგური გრაფიკული მოწყობილობების საშუალებით ხორციელდება. კომპიუტერული გრაფიკის შესწავლა აპარატული უზრუნველყოფის განხილვის გარეშე არ იქნება სრულყოფილი, რადგან გამოსახულებებთან მუშაობის სხვადასხვა ეტაპზე საჭირო ხდება ამ მოწყობილობების გამოყენება, მათი თავისებურებების გათვალისწინება, გარკვეული პარამეტრების დაყენება და მათთან ურთიერთქმედება.

ყველა ეს ტექნიკური საშუალებები შეიძლება დავეოთ რამოდენიმე ჯგუფად:

- *გრაფიკული გამოსახულების შეტანის მოწყობილობები* – სკანერი, დიგიტაიზერები და გრაფიკული პლანშეტები, თაგვი, ჯოისტიკი, ტრეკბლოკი, TouchPad, TrackPoint, ციფრული- და ვიდეოკამერები
- *გრაფიკული გამოსახულების გამოტანის მოწყობილობები* – მონიტორები, ვიდეოადაპტერი, მულტიმედია მოწყობილობები (ინფორმაციის გამოტანა გრაფიკული, ვიდეო-, აუდიო- და მულტიპლიკაციური სახით), პრინტერები, პლოტერი (გრაფოამგები)
- *ვირუალური რეალობის სისტემებთან დიალოგის საშუალებები*
- *გრაფიკული ინფორმაციის დამუშავების მოწყობილობები* – გრაფიკული დამახჩარებლები, კოდერები MPEG (*Moving Picture Experts Group*) და სხვ.

ციფრული ინფორმაციის შეტანა/გამოტანის პროცესი, დაკავშირებულია ინფორმაციის ვიზუალიზაციასთან, რასაც მოწყობილობათა გარკვეული კლასი ემსახურება, მათი საშუალებით ხდება ვიზუალურ ინფორმაციის გარდაქმნა ელექტრონულ (ციფრულ) ფორმაში და პირიქით.

ერთ შემთხვევაში, ვიზუალური ინფორმაციის წყარო შეიძლება იყოს უშუალოდ ბუნება, ან თვით ადამიანი. ასეთი ინფორმაციის ვიზუალიზაციისთვის იყენებენ ციფრულ ფოტო- ან ვიდეოკამერას (სურ.60), პროექციულ სკანერებს, და მთელ რიგ სპეციალიზებულ მოწყობილობებს



სურ.60. ვიდეოკამერა

როგორცაა რენტგენის ან ულტრაბერის აპარატები. ინფორმაცია, უფრო ხშირად ქაღალდის მატარებლებზე, ფოტოზე ან სლაიდებზეა წარმოდგენილი, რისთვისაც შექმნილია მრავალი ტიპის მოწყობილობა ზოგადი დასახელებით “სკანერი”. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა ზემოთ აღნიშნულ შემთხვევაში ინფორმაციის შეტანა ხდება ყოველგვარი შინაარსობრივი დამუშავების გარეშე, ამიტომ მისი ხარისხი, დამოკიდებულია მოწყობილობათა პარამეტრებზე.



სურ.61. ტრებლოკი

მხოლოდ კონკრეტულ

მეორე შემთხვევაში – ადამიანი თვითონ ქმნის გამოსახულებას ან რაიმე ობიექტს, რისთვისაც ისეთ მოწყობილობებს იყენებს, როგორცაა თაგვი, ტრებლოკი (სურ.61.), TouchPad, TrackPoint, ჯოისტიკი და კლავიატურა. ტრებლოკის მუშაობის პრინციპი და ინფორმაციის გადაცემის მეთოდები თაგვის მსგავსია და მას ძირითადად Laptop-სადა Notebook-ში იყენებენ, ისევე როგორც TouchPad და TrackPoint-ს, რომელიც Laptop-ის კლავიატურაზე კლავიშებს შორის არის მოთავსებული და მინიჯოისტიკის როლს ასრულებს (სურ.62.). რაც შეეხება ჯოისტიკს (სურ.63.), რომელიც ინფორმაციის შეტანის კოორდინატულ მოწყობილობას წარმოადგენს, ძირითადად კომპიუტერულ თამაშებსა და კომპიუტერულ ტრენაჟორებში იყენებენ.



სურ.62. TouchPad და TrackPoint, რომელიც Laptop-ის კლავიატურაზე კლავიშებს შორის არის მოთავსებული

ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი მოწყობილობა ხატვისთვის არც ისე მოსახერხებელია, ამიტომ პროფესიონალური გრაფიკული სამუშაოებისთვის შექმნილია ე.წ. დიგითაიზერები და გრაფიკული პლანშეტები, რომელიც სპეციალური კალმით ხატვის საშუალებას იძლევა. არსებობს ორ- და სამკოორდინატიანი გრაფიკული პლანშეტები (სურ.64.), რომელიც სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებით, ადამიანის ხელის მოძრაობას, ანუ მის მიერ შექმნილ გამოსახულებას გარდაქმნის ვექტორული გრაფიკის ფორმატში. მაუსის ტიპის მოწყობილობებისგან განსხვავებით, მას ზუსტად შეუძლია განსაზღვროს აბსოლუტური კოორდინატები. გარდა ამისა არსებობენ



სურ.64. გრაფიკული პლანშეტი

პლანშეტები, რომელთაც კალმის დაჭერაზე მგრძობელობა გააჩნიათ, რაც ხაზის სისქის რეგულირების საშუალებასაც იძლევა, ამიტომ ასეთი გზით მიღებული გამოსახულების ხარისხი მხოლოდ ადამიანის ოსტატობაზეა დამოკიდებული.

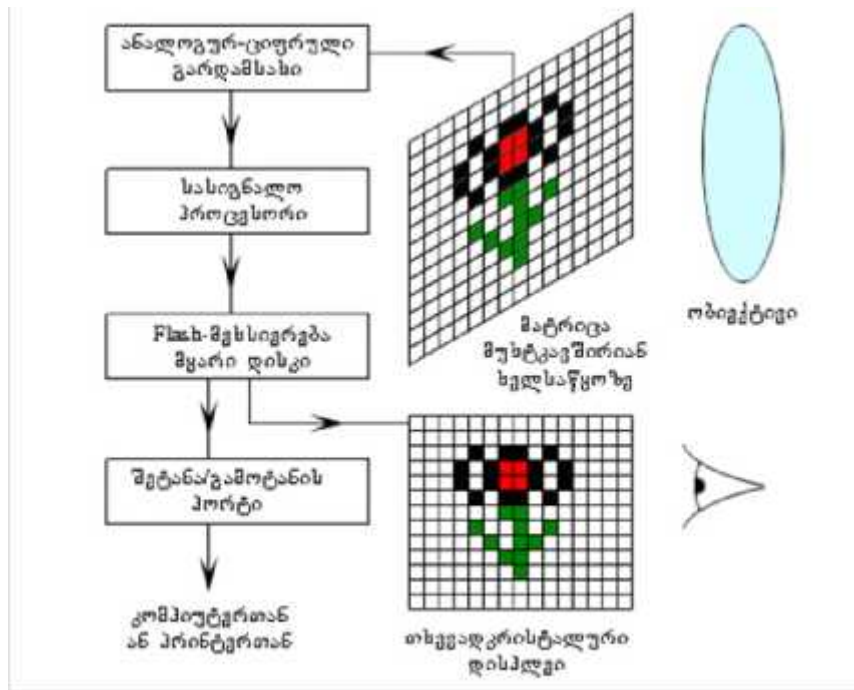
7.1. გრაფიკული ინფორმაციის შეტანის მოწყობილობები

განვიხილოთ გრაფიკული ინფორმაციის შეტანის ზოგიერთი მოწყობილობა და მათი მუშაობის პრინციპი, მაგალითად, როგორცაა ციფრული კამერა და სკანერები.

ციფრული კამერა პერსონალური კომპიუტერის სტანდარტულ პერიფერიულ მოწყობილობათა სიაში შევიდა. მიზეზი მარტივია, მნიშვნელოვნად გაიზარდა მოთხოვნილება საშუალო (ეკრანული) ხარისხის ფოტოებზე, რაც ძირითადად ინტერნეტისა და კომპიუტერული ტექნიკის სწრაფმა განვითარებითამ გამოიწვია. ამიტომ, ციფრული კამერების წარმოებით, გარდა ტრადიციული ფირმებისა (Kodak, Konica, Nikon, Fuji, Agfa, Olympus და სხვ.) დაკავებულია კომპიუტერული ტექნიკის ცნობილი მწარმოებლებიც, როგორცაა Hewlett-Packard, Seiko Epson, Sony, LG Electronics და სხვ.

ციფრული კამერა იღებს გამოსახულებას, ამუშავებს და ინახავს ციფრულ ფორმატში. სურათის შესანახად, ფირის მაგივრად, იყენებს ჩაშენებულ ან ცვლად ნახევარგამტარულ მეხსიერებას. ციფრულ კამერას ისეთივე ძირითადი თვისებები გააჩნია, რაც ჩვეულებრივ ფოტოკამერას, გარდა ამისა მას შეუძლია მიუერთდეს კომპიუტერს, ტელევიზორს ან პრინტერს. კადრების დამუშავება უშუალოდ კამერაში ხდება, ამიტომ მომხმარებელს მომენტალურად შეუძლია მიღებული გამოსახულების ხარისხისა და სისწორის შეფასება, დაბეჭდვა ან ელექტონული პუბლიკაცია.

ციფრული კამერის მუშაობის პრინციპი თითქმის არ განსხვავდება ჩვეულებრივი ფოტოკამერის მუშაობისაგან. სინათლე, ობიექტივის ლინზების გავლით ფოკუსირდება სინათლისადმი მგრძობიარე (სურ.65). სპეციალურ მატრიცაზე CCD (Charged Coupled Device). ამ მატრიცის ელემენტები მგრძობიარეა ძირითადი ფერების (წითელი, მწვანე და ლურჯი) მიმართ. სინათლის სხივი, მგრძობიარე ელემენტზე მოხვედრისას გარდაიქმნება ანალოგურ ელექტრულ სიგნალად. ანალოგური სიგნალი კი გარდაიქმნება ციფრულ ფორმაში, მუშავდება და ჩაიწერება მეხსიერებაში. ანალოგური სიგნალები სტრიქონ-სტრიქონ იკითხება და ანალოგურ-ციფრული გარდამსახის საშუალებით ციფრულ კოდად გარდაიქმნება. ეს კოდი ამ მატრიცის შესაბამის ელემენტზე მოხვედრილი სინათლის (ფერადი კომპონენტის) სიკაშკაშის პროპორციულია.



სურ. 65. ციფრული კამერის მუშაობის პრინციპი

ციფრული კოდის მიღების შემდეგ, ინფორმაცია სასიგნალო პროცესორს მიეწოდება, რომელიც კამერის კონკრეტული ტიპის (კლასის) და პარამეტრების შესაბამისად, სხვადასხვა ოპერაციებს ასრულებს. ეს ოპერაციები დაკავშირებულია ტონისა და ფერის კორექციასთან და მიღებული ციფრული გამოსახულების კუმშვადობასთან. გამოსახულებათა კუმშვა, რაც JPEG კონვერტორის საშუალებით ხორციელდება, ზრდის დამახსოვრებული კადრების რაოდენობას.

პროცესორის მიერ მიღებული ინფორმაციის დამუშავების შემდეგ, გამოსახულება ციფრული კამერის მეხსიერებაში ჩაიწერება. ჩვეულებრივ, ყველა თანამედროვე ციფრულ კამერას პატარა თხევადკრისტალური დისპლეი აქვს, ის კამერის უკანა მხარეს არის განთავსებული, რაც გამოსახულების ხარისხისა და კომპოზიციის რეგულირებისათვის ძალიან მოსახერხებელია.

ციფრული ინფორმაციის შემდგომ დამუშავებას, რაც ინფორმაციის კომპიუტერზე ან უშუალოდ პრინტერზე გადასაცემას გულისხმობს, ციფრული კამერების შეტანა/გამოტანის პორტი უზრუნველყოფს.

დღეისათვის ციფრული კამერების მრავალი სახეობა არსებობს: ეკონომიური, მასობრივი მოხმარების (სამოყვარულო), ნახევრადპროფესიული, პროფესიული და სტუდიური. ცხადია მომხმარებლისთვის მთავარ ფაქტორს მიღებული გამოსახულების ხარისხი წარმოადგენს, რაც ციფრული კამერების ძირითად პარამეტრს, *მატრიცის ზომას* უკავშირდება. თანამედროვე ბიტურ კამერებს უკვე “მეგაპიქსელური მატრიცა” აქვთ, რაც 1280x960, 1600x1200 პიქსელს და მეტ

რეზოლუციას ნიშნავს. ასეთი კამერები, A4 ფორმატის სურათის მაღალი პოლიგრაფიული ხარისხით ბეჭდვის საშუალებას იძლევა.

ციფრული გამოსახულების ხარისხზე აპარატული კუმშვაც მოქმედებს, რაც როგორც აღვნიშნეთ, გამოსახულების დამახსოვრებისას ხდება. თანამედროვე კამერებში შესაძლებელია კუმშვის დონის შეკვეთაც, რაც გამოსახულების ხარისხის რეგულირებას გულისხმობს.

გამოსახულების ხარისხზე ციფრული კამერებში გამოყენებული ოპტიკაც მოქმედებს. ფაქტიურად ყველა ციფრული კამერა მუშაობს ავტოფოკუსირებადი ლინზებით, რომელთა ფოკუსირების მანძილი 8 მმ-ია, რაც ფირებიანი ობიექტივის 35 მმ-ს შეესაბამება. თანამედროვე კამერაში, მოძრავ ლინზას (zoom) იყენებენ, რომელიც ობიექტივის ფოკუსირების ზომის ცვლის საშუალებას იძლევა.

ძალიან მნიშვნელოვანი საკითხია ასევე, *მატრიცის მგრძობელობა*, სტანდარტით ეს შეესაბამება ISO მგრძობელობას – 100-დან 200 ერთეულამდე. თუმცა, ზოგიერთი კამერის მატრიცა 400-ერთეულიანი მგრძობელობით მუშაობს.

ციფრულ კამერაში გამოსახულების დამახსოვრებისთვის ორი ტიპის მეხსიერება არსებობს – ცვლადი Flash-დისკი და მინიატურული მყარი დისკი (ვინჩესტერი).

თანამედროვე Flash-დისკის მოცულობა 4-დან 64-მდე მეგაბაიტია. თუმცა ეს პარამეტრები მუდმივად იზრდება. Flash-დისკს ინფორმაციის შენახვისთვის კვება არ სჭირდება, ამიტომ მარტივად ხდება ფოტო არქივების შექმნა, რაც ძალიან მოსახერხებელია.

მინიატურულ ვინჩესტერს იყენებენ როგორც პროფესიულ, ისე მასობრივი მოხმარების კამერაში. მისი ტევადობა, Flash-დისკთან შედარებით, გაცილებით მეტია, რაც ათობით ათასი სურათის დამახსოვრების საშუალებას იძლევა.

ამავდროულად უნდა აღინიშნოს, რომ კომპიუტერული ტექნიკა ძალიან სწრაფად ვითარდება, ამიტომ მისი პარამეტრების რიცხობრივი დახასიათება პრაქტიკულად აზრს მოკლებულია, რადგან ხვალ ის მნიშვნელოვნად შეიცვლება.

სკანერი. თანამედროვე სკანერებს ყველაზე ხშირად ქაღალდზე არსებული ინფორმაციისა და ფოტოების შესატანად იყენებენ. ბოლო წლებში ფართოდ იყენებენ აგრეთვე სლაიდ-სკანერსაც, რომელიც გამოსახულების სლაიდებიდან ან ნეგატივებიდან შეტანის საშუალებას იძლევა, რაც თავიდან გვაცილებს ბეჭდვისა და შემდგომი დასკანერების პროცესს. არსებობს ისეთი ტიპის სკანერებიც, რომელთა საშუალებითაც არა მარტო ბრტყელი ქაღალდის, არამედ გარკვეული საგნების (მაგალითად, კალმისტარი, ინსტრუმენტები, ქსოვილები, ძვირფასი ქვები და სხვა) დასკანერებაც შეიძლება (სურ.66).

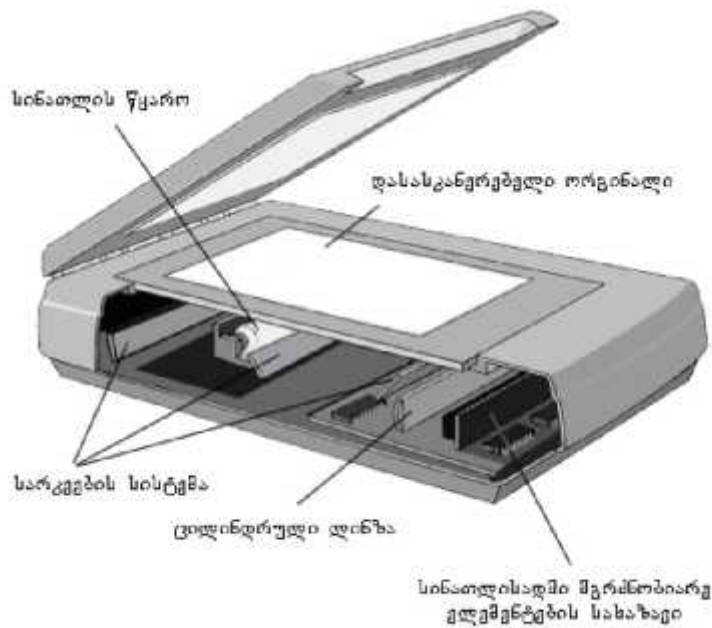


სურ.66. პლანშეტური სკანერი შვიდის საგნების დასკანერებისათვის

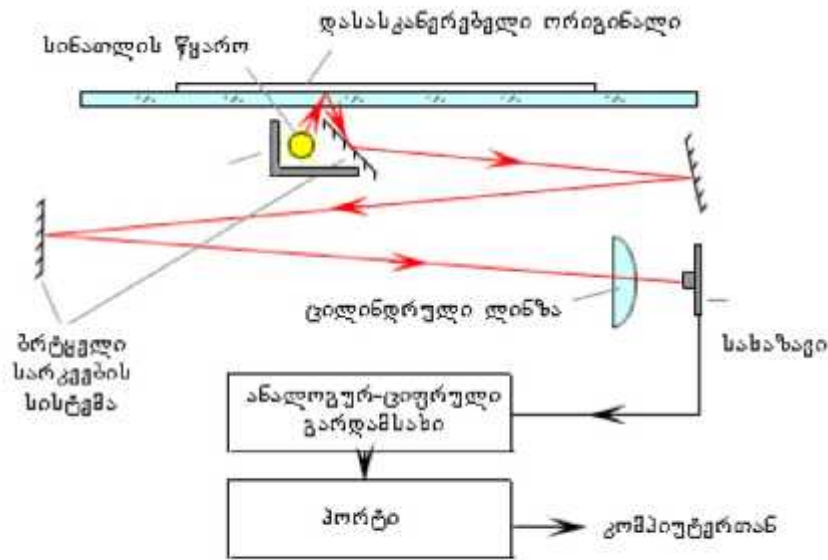
სკანერების მრავალი სახეობა არსებობს: ხელის, პლანშეტური, დოლური და სლაიდ-სკანერები. არსებობს საპროექციო სკანერიც, მაგრამ დღეს მას, ხელის სკანერის მსგავსად, იშვიათად იყენებენ.

გრაფიკული ინფორმაციის შესატანად ყველაზე ხშირად პლანშეტურ სკანერს იყენებენ. დოლური სკანერები, რომელიც განკუთვნილია მაღალი ხარისხითა და რეზოლუციით სკანირებისთვის, მისი ფასისა და მოხმარების სირთულის გამო, ძირითადად მხოლოდ საგამომცემლო სისტემებში გვხვდება.

განვიხილოთ პლანშეტური სკანერის მუშაობის პრინციპი. 67-ე სურათზე გამოსახულია თვით მოწყობილობის სქემა, ხოლო 68-ე სურათზე – მისი მუშაობის პრინციპი.



სურ.67. პლანშეტური სკანერის მოწყობილობა



სურ.68. პლანშეტური სკანერის მუშაობის პრინციპი

როგორც 68-ე სურათიდან ჩანს, სინათლის წყაროდან გამოსული სინათლე აირეკლება გამოსახულების ორიგინალიდან, არეკვლილი სინათლე სარკეების სისტემის გავლით ცილინდრულ ლინზაზე ხვდება, რომელიც სინათლისადმი მგრძობიარე ელემენტების ზოლზე ორიგინალის გამოსახულებას ვიწრო სტრიქონის სახით ქმნის. ამის შემდეგ თითქმის ისეთივე პროცესი მიმდინარეობს, როგორც ციფრული კამერის შემთხვევაში. სიგნალი ანალოგურ-ციფრული გარდამსახის საშუალებით გარდაიქმნება ციფრულ ფორმად, მუშავდება და გადაეცემა კომპიუტერს. ასე ხდება ორიგინალის ერთი სტრიქონის ერთიანად ამოკითხვა და კომპიუტერში გადაცემა.

ურიკა, რომელზეც სინათლის წყარო და პირველი სარკეა დამაგრებული, მაღალი სიზუსტით გადაადგილდება ორიგინალის გასწვრივ. ყოველ ბიჯზე კომპიუტერში მომდევნო სტრიქონი გადაეცემა. საბოლოოდ მთელი გამოსახულება ასე სტრიქონ-სტრიქონ გადაეცემა კომპიუტერს.

პლანშეტური სკანერის მრავალი მოდელი არსებობს, რომელიც ერთმანეთისგან ტექნიკური დეტალებით განსხვავდება, რაც ძირითადად მის ფასს განსაზღვრავს. საშუალო ხარისხის სკანერი უზრუნველყოფს 300-დან 600-მდე რეზოლუციას 24-ბიტის ფერის სიღრმით, რაც ჩვეულებრივი მუშაობისთვის (საშუალო ხარისხის ფოტოსურათის დამუშავება, გრაფიკული ინფორმაციის მომზადება ინტერნეტისთვის და ა.შ.) საკმარისია.

სკანერის პროგრამული უზრუნველყოფა ორიგინალი გამოსახულების რედაქტირების საშუალებას იძლევა, კერძოდ, მოვნიშნოთ და დავასკანეროთ მხოლოდ გამოსახულების ფრაგმენტი, გავზარდოთ სიმკვეთრე და შევქმნათ გამოსახულების არქივები. უფრო დახვეწილი მოდელები კი ტონური და ფერადი ბალანსის დარეგულირებასაც ახერხებს უშუალოდ სკანერების პროცესში.

7.2. გრაფიკული ინფორმაციის გამოტანის მოწყობილობები

გრაფიკული ინფორმაციის ვიზუალიზაციის ანუ გამოტანის მოწყობილობები კონკრეტულად ადამიანისთვისაა განკუთვნილი, რადგან გრაფიკული ინფორმაციის კომპიუტერული დამუშავება, მხოლოდ მაშინ ჩაითვლება დასრულებულად, როდესაც მიღებული ვიზუალიზაციის თვალისთვის მისაღები აღმოჩნდება. სწორედ ამის შემდეგაა საჭირო გამოტანის მოწყობილობები. სხვა კომპიუტერული მოწყობილობების მსგავსად, გამოტანის მოწყობილობებიც ძალიან სწრაფად ვითარდება, რაც ახალი ტექნოლოგიებისა და კომპიუტერული ხედვის განვითარებას უკავშირდება.

მონიტორი. თანამედროვე კომპიუტერის ვიდეოქვესისტემა, მონიტორისა და ვიდეოადაპტერისგან შესდგება, რაც საშუალებას გვაძლევს ვიზუალურად აღვიქვათ ყველაფერი, რაც კომპიუტერის შიგნით ხდება. დღეისათვის მონიტორების მრავალი სახეობა არსებობს, რომელთა კლასიფიკაცია სხვადასხვა ნიშნებით და მახასიათებლებით ხდება:

გამოსახულების ასახვის რეჟიმის მიხედვით ანსხვავებენ: *რასტრულ და ვექტორულ დისპლეის*.

ვექტორულ დისპლეიში, სადაც გამოსახულების რეგენერაცია ელექტრონულ-სხივური მილაკის (CRT)საფუძველზე ხორციელდება, იყენებენ ლუმინაფორს, მერმენათების ძალიან მცირე პერიოდებით, ამიტომ მათ ხშირად თავისუფალი სკანირების დისპლეებსაც უწოდებენ. ლუმინაფორის მერმენათების დროის სიმცირე, გამოსახულების ერთ წამში მრავალჯერადად გადახატვის აუცილებლობით არის გამოწვეული. რეგენერაციის მინიმალური სიჩქარე 30 (1/წმ.) ან უკეთესია თუ 40-50 (1/წმ.) იქნება. გარდა ელექტრონულ-სხივური მილაკისა ვექტორულ დისპლეის სჭირდება ბუფერი – მეხსიერების უწყვეტი უბანი, გამოსახულების ვიზუალიზაციისთვის საჭირო ინფორმაციის შესანახად, და – კონტროლერი, რომელიც ამ ინფორმაციას ციკლურად დაამუშავებს რეგენერაციის მოცემული სიჩქარით. გამოსახულების სირთულე ორი ფაქტორით იზღუდება – ბუფერის ზომით და კონტროლერის სიჩქარით.

რასტრული მოწყობილობა შეიძლება განვიხილოთ, როგორც დისკრეტული უჯრების მატრიცა, სადაც ყოველი უჯრა განათებულია, ამიტომ ის ზუსტი ასახვის მოწყობილობას წარმოადგენს. ელექტრონულ-სხივური მილაკის ბაზაზე შექმნილ რასტრულ მოწყობილობებში იყენებენ *კადრების ბუფერს* – მეხსიერების უბანს, სადაც ყოველი წერტილისთვის ან პიქსელისთვის, გამოყოფილია მეხსიერების მინიმუმ ერთი ბიტი. ამ მეხსიერებას კი ბიტურ სიბრტყეს უწოდებენ.

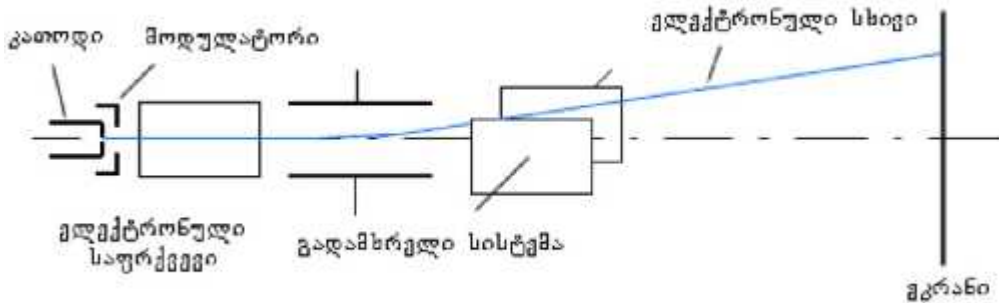
ეკრანის სახეობის მიხედვით ანსხვავებენ მონიტორის შემდეგ ტიპებს:

– ელექტრონულ-სხივური მილაკის (CRT) ბაზაზე შექმნილი მონიტორები

- თხევადკრისტალური მონიტორები (LCD — liquid crystal display)

- პლაზმური მონიტორები

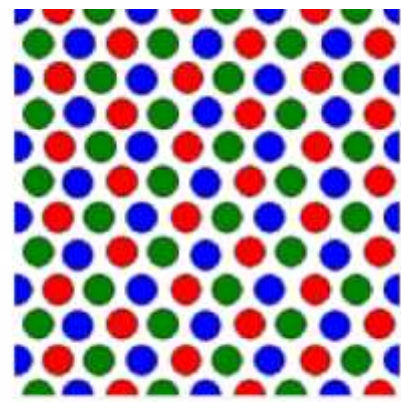
განვიხილოთ პირველი ტიპის მონიტორები. ელექტრონულ-სხივური მილაკის მუშაობის პრინციპი ალბათ ყველასათვის ცნობილია (სურ.69).



სურ.69. ელექტრონულ-სხივური მილაკის მუშაობის პრინციპი

ელექტრონული სხივი (ფერად კინესკოპში – სამი სხივია) ფორმირდება ელექტრონული საურთქვევებით. ეს სხივი, გადამხრევი სისტემის საშუალებით სტრიქონ-სტრიქონ სკანირდება კინესკოპის ეკრანის გასწვრივ. ეკრანი დაფარულია ლუმინოფორით, რომელიც ნათდება ელექტრონული კონის ზემოქმედებით, ნათების სიკაშკაშე, კონის ინტენსივობის პროპორციულია. სკანირების პროცესში, კონის ინტენსივობის ცვლილებით, ეკრანზე შეიძლება გამოვსახოთ ნებისმიერი სურათი. რა თქმა უნდა, ეს ძალიან გამარტივებული სქემაა, მაგრამ ჩვენ გვაინტერესებს მხოლოდ მუშაობის ძირითადი პრინციპი.

ფერად მონიტორში სამ ელექტრონულ კონას (წითელს, მწვანეს და ლურჯს) იყენებენ და შესაბამისად სამი ტიპის ლუმინოფორს, რომლებიც წითლად, მწვანედ და ლურჯად ნათდება ელექტრონული კონის ზემოქმედებით. თუ ჩართული მონიტორის ეკრანს ლუპით შევხედავთ, დავინახავთ სამი ძირითადი ფერის შესაბამის ლუმინოფორულ ლაქებს (სურ.70). მეზობელ ლაქებს შორის მანძილები თვალის სივრცულ გადაწყვეტაზე ნაკლებია, ამიტომ წითელი, მწვანე და ლურჯი ლაქების დამთხვევახდება. რაც შეეხება რეზულტატურ (შემაჯამებელი) ფერს, ის დამოკიდებულია ამ ლაქების განათების ინტენსივობათა თანაფარდობაზე.



სურ.70. ფერადი მონიტორის ეკრანის სრუქტურა (თეთრი ფერის უბანი)

თანამედროვე მონიტორი, რომელსაც ფერადი კინესკოპი აქვს, გამოსახულების საუკეთესო ხარისხით ხასიათდება, კაშკაშა და გაჯერებული ფერებით და მაღალი სიმკვეთრით. ასეთ მონიტორების ნაკლია – დიდი მოცულობა და მასა. ფართო გამოყენება აქვს 14- 15- და 17-დუიმიან მონიტორებს, ხოლო 21- და მეტდუიმიან მონიტორებს ძირითადად პროფესიული თვალსაზრისით იყენებენ – მხატვრულ დიზაინსა და არქიტექტურაში.

თხევადკრისტალური მონიტორები მინის ორი ფირფიტისგან შედგება, რომელთა შორის თხევადი კრისტალების მასაა მოთავსებული. მათი ოპტიკური თვისებების ცვლილება ელექტრული მუხტის მიწოდებაზეა დამოკიდებული. თხევადი კრისტალები არა მნათი სხეულებია, ამიტომ მათ გარე განათება ესაჭიროებათ. მათი მთავარი უპირატესობა მცირე გაბარიტებია (ბრტყელი ეკრანი), ხოლო ნაკლი – არასაკმარისი სწრაფქმედება ეკრანული გამოსახულების ცვლილებისას და გამოსახულების სიკაშკაშისა და ინტენსივობის ხედვის კუთხეზე დამოკიდებულება.

პლაზმური მონიტორებიც ორი ფირფიტისგან შედგება, რომელთა შორის გაზის მასაა მოთავსებული, ის ელექტრული იმპულსების ზემოქმედებით ნათდება. ასეთ მონიტორებს აღარ აქვთ ის *ნაკლოვანებები რაც თხევადკრისტალური მონიტორებისთვის იყო დამახასიათებელი.*

ფერადობის მიხედვით კი ანსხვავებენ *ფერად და მონოქრომულ* მონიტორებს.

მონიტორების ერთ-ერთი კრიტიკული მახასიათებელია კადრების გამოჩენის სიხშირე, რომელიც 50-დან 100 ჰც-მდე იცვლება. სწორედ ეს პარამეტრი განსაზღვრავს, ადამიანის მხედველობის დადლილობის მახასიათებელს, მონიტორთან მუშაობისას. ამ პარამეტრის მიხედვით, თანამედროვე ანალოგური მონიტორები, შეიძლება პირობითად ასე დავეყოთ:

- სკანირების ფიქსირებული სიხშირით
- რამოდენიმე ფიქსირებული სიხშირით
- მრავალსიხშირიანი (Multisync)

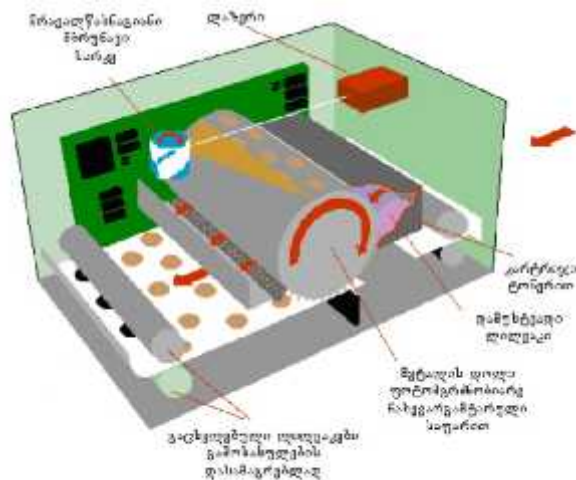
მულტისიხშირიან მონიტორებს საშუალება აქვთ გადაეწეონ სინქრონიზაციის სიხშირის გარკვეულ მნიშვნელობებზე მოცემულ დიაპაზონში.

კომპიუტერის ვიდეოქვესისტემა, მონიტორისა და ვიდეოადაპტერისგან შედგება. ვიდეოადაპტერი სპეციალურ პლატას წარმოადგენს, რომელიც კომპიუტერის დედა პლატაზეა მოთავსებული და მონიტორის მუშაობას ხელმძღვანელობს.

პრინტერი. თანამედროვე პრინტერები ბეჭდვის მაღალი ხარისხითა და სწრაფქმედებით ხასიათდება. არსებობს ბეჭდვის რამოდენიმე პრინციპი: მატრიცული, ჭავლური და ლაზერული.

ლაზერული პრინტერები, მატრიცულ და ჭავლურ პრინტერებთან შედარებით ბეჭდვის უფრო მაღალ ხარისხს უზრუნველყოფენ. მათი მუშაობის პრინციპი

ძალიან წააგავს ქსეროქსის მუშაობას. პრინტერის ძირითად ნაწილს ლითონის მბრუნავი დოლი წარმოადგენს, რომელიც ფოტომგრძობიარე ნახევარგამტარული ფირით არის დაფარული (სურ.71). დოლის ზედაპირზე თანაბრად ნაწილდება სტატიკური მუხტი, რასაც წვრილი მავთული ან ბადე ემსახურება. ამ მავთულზე მიწოდებული მაღალი ძაბვა, მის გარშემო იონიზირებულ მნათ გარემოს ქმნის. მბრუნავ მრავალწახნაგა სარკიდან არეკლილი ლაზერული სხივი გაიბრუნებს ბრუნავი დოლის ზედაპირზე და ცვლის მის ელექტრულ მუხტს დაცემის წერტილში. ეს პროცესი უზრუნველყოფს დოლზე გამოსახულების დაფარული კოპიის შექმნას. ლაზერი მიკროკონტროლერით იმართება, რომელიც ახდენს სხივის გენერაციას დასაბეჭდი გამოსახულების მიხედვით. დოლის ზედაპირის წერტილები, რომლებზეც სინათლე ეცემა, კარგავს ელექტრულ მუხტს, რადგან ნახევარგამტარული საფარი სინათლის შემოქმედებისას იწყებს დენის გატარებას. ამრიგად, დოლის ზედაპირზე ჩნდება დასაბეჭდი სურათი, რომელიც ელექტრული მუხტების არსებობას ან არარსებობას ასახავს.



სურ.71. ლაზერული პრინტერის სქემა

ამის შემდეგ დოლის ზედაპირ იფარება ტონერით – ძალიან წმინდა მღებავი ფხვნილით. ტონერის ნაწილაკებს ისეთივე ელექტრული მუხტი აქვს, როგორც დოლის ზედაპირს ჰქონდა თავდაპირველად. ე.ი. ფხვნილის ნაწილაკები დოლის მხოლოდ იმ წერტილებს ეკვრის, რომელზეც სინათლემ იმოქმედა, ხოლო დოლის ის ნაწილები, რომლებსაც შენარჩუნებული აქვს მუხტი, ტონერს განიზიდავს. შესაბამისად დოლის ზედაპირზე უკვე ვღებულობთ ტონერის ნაწილაკებისაგან შექმნილ რეალურ, ხილვად სურათს.

ამის შემდეგ ქაღალდის ფურცელი მჭიდროდ ეკვრის დოლს, ტონერი ცხელდება და გადადის ქაღალდზე. ახალი ფურცლის დაბეჭდვამდე, დოლი ტონერის ნარჩენებისგან იწმინდება სპეციალური დანით, და ის კვლავ მზად არის შემდგომი მუშაობისთვის.

ჩვენ განვიხილეთ ლაზერული პრინტერების მუშაობის მხოლოდ ზოგადი სქემა. ლაზერული ბეჭდვის უამრავი ვარიანტი არსებობს, მათ შორის ფერადი ბეჭდვა, რაც გაცილებით რთული სქემით მიმდინარეობს, რადგან გამოსახულების ფორმირება ოთხი ძირითადი ფერის გათვალისწინებით ხდება.

ლაზერული პრინტერები ბეჭდვის კარგი ხარისხით გამოირჩევიან, მათ აქვთ მაღალი რეზოლუცია და სიჩქარე, თუმცა საკმაოდ ძვირია, ეს განსაკუთრებით

ფერად პრინტერებს ეხება, ამიტომ ფერადი ბეჭდვისას უფრო სშირად ჭავლურ პრინტერს იყენებენ.

ჭავლური პრინტერის მუშაობის პრინციპი ლაზერული სრულიად განსხვავებულია. აქ გამოსახულება მელნის წვეთებით იქმნება, რომლებიც საბეჭდო თავაკის უწვრილესი საქშენებიდან იფრქვევა. თავაკი გადაადგილდება და ავსებს გამოსახულების ერთ სტრიქონს. თავაკის უკან დაბრუნების შემდეგ ქაღალდი ერთი სტრიქონით იძვრის, და ეს პროცესი მეორდება იქამდე, სანამ მთელ გამოსახულებას არ მივიღებთ. თავაკებს ასხვავებენ მელნის წვეთების ფორმირების წესის მიხედვით. არსებობს ორი მეთოდი – თერმული და პიეზოელექტრული.

თანამედროვე ჭავლური პრინტერი ბეჭდვის კარგი ხარისხით გამოირჩევა. თუმცა მას რამოდენიმე ნაკლიც აქვს – ბეჭდავს შედარებით დაბალი სიჩქარით, ხარისხიანი ბეჭდვის უზრუნველსაყოფად ითხოვს სპეციალურ ქაღალდს და საჭიროებს საბეჭდო თავაკების პერიოდულ შეცვლას, მელნის ჩახმობის გამო.

პლოტერები (plotter) – ეს არის დიაგრამების, სქემების და სხვა რთული ფერადი გამოსახულების ავტომატური აგებისა და გამოტანის მოწყობილობა, რომელიც აღნიშნულ ინფორმაციას დაიტანს როგორც ქაღალდზე, ისე პლასტიკზე, ფოტომგრძობიარე ან სხვა რაიმე მასალაზე ხაზვის, გრავირების (სურ.72), კვეთილობის (ამოჭრის), ფოტორეგისტრაციის (სურ.73.) ან სხვა საშუალებით.



სურ.72. მცდელობითი ობიექტების შესაქმნელად

ცხადია პლოტერების (გრაფომგები) უამრავი სახეობა არსებობს, რომლებიც განსხვავდებიან, როგორც მუშაობის პრინციპით ისე დანიშნულებით.

- *პლანშეტური ტიპის გრაფომგები (flatbed plotter)* 3-2 ფორმატისთვის, ფურცლის ელექტროფიქსაციით და საწერი მოწყობილობით, რომელიც სიბტყეზე ორი მიმართულებით (x და y ღერძების მიმართ) გადაადგილდება.
- *დოლური ტიპის გრაფომგები (roll-feed plotter)* მბრუნავი



სურ.73. დიდი ფორმატის ფერადი ობიექტებისთვის

დოლით, რომელზეც განთავსებულია ინფორმაციის მატარებელი.

- რულონური ტიპის გრაფომგებები (drum plotter) სახაზავი თავაკით, რომელიც ინფორმაციის მატარებელთან (რულონი, რომელიც შეიძლება რამოდენიმე ათეული მეტრი იყოს) ერთად გადაადგილდება (სურ.74). ფორმატის ზომაა 1ან 0.

გამოსახულებათა აგების პრინციპით პლოტერები იყოფიან: *ვექტორულ და რასტრულ გრაფომგებებად.*

რასტრული გრაფომგებები, განსხვავდებიან ბეჭდვის მეთოდითაც, კერძოდ არსებობენ – ელექტროსტატიკური, ჭავლური, ლაზერული, თერმული და ფოტოპლოტერები.

არსებობს ასევე პლოტერის განსაკუთრებული სახეობა, სადაც სახაზავი კალმები საჭრელი ინსტრუმენტით (სურ.75.) არის შეცვლილი. ასეთ ინსტრუმენტს პოლიმერული ფირების ან სპეციალური ქაღალდის დასჭრელად იყენებენ სარეკლამო პროდუქციის შექმნისას.

პლოტერების ძირითადი პარამეტრებია: ინფორმაციის მატარებელი და გამოსახულება, სიზუსტე და ხარისხი, მესხიერების პარამეტრები, მონაცემთა ფორმატები, ხაზვის ფუნქციები.



სურ.74. დოლური ტიპის პლოტერი



სურ.75. პლოტერი ხაჭრული ინსტრუმენტით

8. ვირტუალური რეალობა

ვირტუალური რეალობა (Virtual Reality), მოცულობითი კომპიუტერული სამყაროა, რომელიც თქვენზე სცენარით არის შექმნილი. ეს სამყარო მისივე კანონების საფუძველზე არსებობს და თქვენ შეგიძლიათ მართოდ ისინი რეალურ დროში. ასეთი რთული ვირტუალური სამყაროები, ინდივიდუალური სცენარით იგება და მისი მართვა რამოდენიმე დონეზეა შესაძლებელი. ამ სისტემათა მუშაობა ორ ძირითად პრინციპს ეფუძნება – ურთიერთქმედება რეალურ დროში და მომხმარებლის მოქმედებაზე სისტემის უპირეაქცია.

ვირტუალური რეალობა კომპიუტერის მესხიერებაში, სამგანზომილებიანი გარემოს შექმნას ნიშნავს. ასეთი სისტემების ძირითადი ფუნქციაა, კომპიუტერის მიერ მოდელირებულ გარემოში, მომხმარებლისათვის დისტანციური მონაწილეობის და რეალურობის იმიტაციის შექმნა. იმიტაციური გარემო შეიძლება იყოს ოთახი, გამოქვაბული, საგამოფენო დარბაზი, სავაჭრო ცენტრი და სხვ. ასეთ გარემოში მოხვედრისას ადამიანი ისე იქცევა და ისე აღიქვამს ამ გარემოს, როგორც ეს სინამდვილეში ხდება.

ვირტუალური რეალობის სისტემებს წარმატებით იყენებენ კომპიუტერულ თამაშებში, სამედიცინო გამოკვლევებში, არქიტექტურაში და ბევრ სხვა სფეროში. მაგალითად, ასეთი სისტემების დახმარებით დიზაინერები ქმნიან მომავალი შენობის ან სხვადასხვა ტექნიკურ მოწყობილობათა წარმოსახვით მოდელებს, რაც მათ ამ ობიექტების აგებასა და გამოცდაში ეხმარება.

კომპიუტერული თამაშების სამყაროში, ვირტუალური რეალობის სრულყოფილი აღქმისთვის, სპეციალურ აღჭურვილობას (მუზარადი, სათვალე, ხელთათმანები და სხვ.) იყენებენ. მაგალითად, 76-ე სურათზე გამოსახულია სპეციალური მუზარადი, სათვალე და ხელთათმანი, მოწყობილობათა ეს ნაკრები, გამოსახულებას სივრცულ ეფექტს ანიჭებს. როდესაც ადამიანი თავს აბრუნებს, გამოსახულებაც მასთან ერთად მოძრაობს, რადგან მუზარადში ჩამაგრებული მაგნიტური სენსორები, კომპიუტერს ჩვენი მოძრაობის შესახებ ამცნობს, კომპიუტერი კი გამოსახულებას ამ ინფორმაციის შესაბამისად ცვლის, რაც ისეთ შთაბეჭდილებას ქმნის, თითქოს ჩვენ მართლაც ამ გარემოში ვიმყოფებით. მუზარადში ასევე ჩამონტაჟებულია დინამიკები და მისი საშუალებით ხმა ყველა მხრიდან გვესმის, რაც რეალობის



სურ.76. ვირტუალური რეალობის მოწყობილობათა ნაკრები: სპეციალური მუზარადი, სათვალე და ხელთათმანი

შეგრძნებას კიდევ უფრო ამძაფრებს. სპეციალური ხელთათმანები დამატებითი რეალობაა, მასში ჩამონტაჟებული პაწაწინა ჰაერის ბუშტები, რომელიც შეხებისას იბერება, ზემოქმედების ილუზიას იწვევს, რაც ვირტუალურ რეალობას კიდევ უფრო დამაჯერებელს ხდის.

ვირტუალური რეალობის სისტემა, მოწყობილობათა ნაკრებს წარმოადგენს, რომელიც ჩვეულებრივი კომპიუტერული სისტემებისგან განსხვავებით, უფრო სრულყოფილად ასრულებს ვირტუალურ გარემოსთან ურთიერთქმედების იმიტაციას, ადამიანის ძირითად გრძნობებზე (მხედველობა, სმენა, ყნოსვა, შეხება და სხვ.) ზემოქმედების გზით.

ვირტუალურ რეალობაში შესაძლებელია როგორც ზემოქმედების, ისე ზემოქმედებაზე რეაქციის იმიტირება. ვირტუალური რეალობის რეაქციებისა და თვისებების კომპიუტერული სინთეზი რეალურ დროში ხორციელდება, რათა იმიტირებული რეალობის შეგრძნებათა კომპლექსი უფრო დამაჯერებელი იყოს. ვირტუალური რეალობის ობიექტების ქცევა ძალიან ახლოს არის მატერიალური რეალობის ანალოგიური ობიექტების ქცევასთან.

8.1. ვირტუალური რეალობის სისტემის კლასიკური განმარტება

ვირტუალური რეალობა მოდელური სამგანზომილებიანი 3D გარემოა, რომელიც კომპიუტერული საშუალებების ბაზაზეა შექმნილი და რეალისტურად რეაგირებს მომხმარებელთან ურთიერთქმედებაზე.

ვირტუალური რეალობის სისტემების ტექნიკურ ბაზას წარმოადგენს კომპიუტერული მოდელირებისა და იმიტაციის ტექნოლოგიები, რომელიც თანამედროვე ძლიერი პერსონალური კომპიუტერების, მაღალხარისხიანი სამგანზომილებიანი ვიზუალიზაციისა და ანიმაციის პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებით, რეალისტურად ასახავს მოძრაობას ეკრანზე. ამ სისტემებში ინფორმაციის შეტანა-გამოტანის მოწყობილობებს წარმოადგენს სპეციალური მოწყობილობები: ვირტუალური მუხარადი დისპლეებით (HMD), სტერეოსკოპიული სათვალე, 3D შეტანის მოწყობილობები, მაგალითად, თავი სივრცული მართვის კურსორით ან “ციფრული ხელთათმანები”, რომელიც უზრუნველყოფს შეგრძნებებზე დაფუძნებულ უკუკავშირს მომხმარებელთან.

ვირტუალური გარემო – ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედების თანამედროვე ტექნოლოგიებია, რომელიც უზრუნველყოფს მომხმარებლის სამგანზომილებიან ინტერაქტიულ გარემოსთან კონტაქტს. ამ ტექნოლოგიების გამოყენებით ინფორმაციის წარმოდგენა და ობიექტების, პროცესების და ექსპერიმენტების მოდელირება და პროექტირება ხარისხობრივად უფრო მაღალ დონეზე აღის.

ვირტუალური რეალობის სისტემათა შექმნა ინფორმაციის ასახვის კომპიუტერული სისტემებისა და მართვის ინტერფეისების გაუმჯობესების პროცესის კანონზომიერი შედეგია.

ვირტუალური სამგანზომილებიანი სცენების აღწერისათვის, იყენებენ სპეციალურად შემუშავებულ ენებს, მაგალითად, ვირტუალური რეალობის მოდელირების ენას (VRML), რომელშიც რეალიზებულია ობიექტზე-ორიენტირებული მიდგომა, ამ სცენების წარმოდგენისთვის. VRML შეიქმნა განვიხილოთ როგორც ე.წ. ენა-შუამავალი, რადგან სხვა ენაზე წარმოდგენილი ვირტუალური სცენის აღწერა, ადვილად გარდაიქმნება VRML-ში და პირიქით.

ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგიებს, ფართო გამოყენება აქვს ადამიანის საქმიანობის სხვადასხვა სფეროში: პროექტირება და დიზაინი, სამხედრო ტექნოლოგიები, არქიტექტურა და მშენებლობა, მედიცინა, ტრენაჟორები და სიმულატორები (სურ.77.), მარკეტინგი და რეკლამა, განათლება, თამაშების და გართობის სამყარო (სურ.78.) და სხვ.



სურ.77. ავიადისპეჩერის სასწავლო სიმულატორი



სურ.78. თამაშებისა და გართობის სამყარო

8.2. ვირტუალური რეალობის თანამედროვე ტექნოლოგიები

ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგიები მუდმივ პროგრესს განიცდის. 3D ტექნოლოგიებს წარმატებით იყენებენ, როგორც სპეციალურ მიმართულებებში, როგორცაა ანიმაცია, ისე სპეციალურ ამოცანებში, როგორცაა მედიცინა, ამიტომ გამოყენების სფეროსგან დამოუკიდებლად, ვითარება ყველა სეგმენტი და შესაბამისად ჩნდება 3D მოწყობილობათა განვითარების ახალი ტენდენციები – იქმნება VR ტექნიკური საშუალებები, როგორცაა 3D ინფორმაციის აღქმის და გამოტანის სისტემები – 3D დისპლეები, 3D მუზარადი და სათვალეები, ციფრული ხელთათმანები, 3D პრინტერები, 3D სკანერები, და სხვ.

როგორც უკვე აღნიშნეთ, რეალობის იმიტაცა, ხელოვნურად შექმნილ კომპიუტერულ გარემოს გულისხმობს, რომელიც აღჭურვილია ვირტუალურ სამყაროსთან ურთიერთქმედების უახლესი ტექნიკით.

ელექტრონული ტექნიკის მწარმოებლები ამტკიცებენ, რომ უახლესი ტექნოლოგიებით შექმნილი 3D მონიტორები და ვიდეო- აუდიო- სისტემები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მოცულობითი გამოსახულების შექმნას და ვირტუალურ სამყაროსთან კონტაქტს, გამოსახულებათა ფორმირების სფეროში ახალ ეტაპს წარმოადგენს.

თანამედროვე 3D მოწყობილობებში სტერეოსკოპიული ეფექტის შექმნის ძირითადი არსი, დაკავშირებულია გამოსახულების ორი კადრის (ადამიანის მარცხენა და მარჯვენა თვალისთვის, ცალცალკე) მორიგეობით გენერირებასთან. ადამიანს, ეს სურათები ძალიან მაღალი სიჩქარით მიეწოდება. მომხმარებელი იკეთებს სპეციალურ 3D სათვალეს, რაც უზრუნველყოფს ამ ორი გამოსახულების გაერთიანებას მის გონებაში, რის შედეგადაც იქმნება შთაბეჭდილება, თითქოს გამოსახულების ობიექტები ეკრანის საზღვრებიდან გამოდიან და იძენენ მოცულობით ხასიათს (სურ.79).



სურ.79. 3D მონიტორი – ილუსია

აღნიშნული 3D მოწყობილობა კომპლექსური ტექნოლოგიაა, რომელიც აერთიანებს პროგრამულ უზრუნველყოფას, სპეციალურ სათვალეს, ვიდეოკარტას და ცხადია მონიტორს 3D მხარდაჭერით. მთელი ეს კომპლექსი საშუალებას იძლევა დროის რეალურ მასშტაბში შექმნათ “ამ სივრცეში ყოფნის ეფექტი”. ასეთი 3D სისტემის რამოდენიმე ვარიანტი არსებობს, მაგალითად, როცა მარჯვენა და მარცხენა თვალისთვის მოცულობითი გამოსახულების ფორმირება, პოლარიზაციული ფილტრებით აღჭურვილი განსაკუთრებული სათვალეებით ხდება.

ყურადღებას იმსახურებს ასევე ვირტუალური რეალობის ისეთი სისტემები, რომელიც აკონტროლებს გადაადგილებას და ადამიანის თავის მოძრაობას სივრცეში. ასეთ მოწყობილობებს მიეკუთვნება ვირტუალური რეალობის მუხარადები და ასევე თვალის მოძრაობისა და ადამიანის სხეულის მოძრაობის მაკონტროლირებელი სისტემები.

ვირტუალური რეალობის მუხარადები (სურ.80.) გარკვეული უპირატესობით სარგებლობენ. ეს არის კომპაქტური მოწყობილობა, ჩაშენებული 3D სათვალით და სტერეო- ან კვადროფონური (ოთხი განსხვავებული აუდიო არხი) აკუსტიკური სისტემით, რომელიც მთლიანად ეუფლება მომხმარებლის მხედველობას და სმენას, ახდენს მის იზოლირებას რეალური სამყაროდან და შეყავს ვირტუალურ რეალობაში. ვირტუალურ მუხარადებში გამოყენებულია ორი დისპლეი, მარჯვენა და მარცხენა თვალისთვის ცალცალკე, ეს აუცილებლობა ისევ სტერეოსკოპიული მხედველობას უკავშირდება, ისევე როგორც ეს სპეციალურ სათვალეებში ხდებოდა. გარდა ამისა ზოგიერთი მუხარადი შეიცავს ასევე თავის მდებარეობის განმსაზღვრელ ინფრაწითელ სენსორებს.



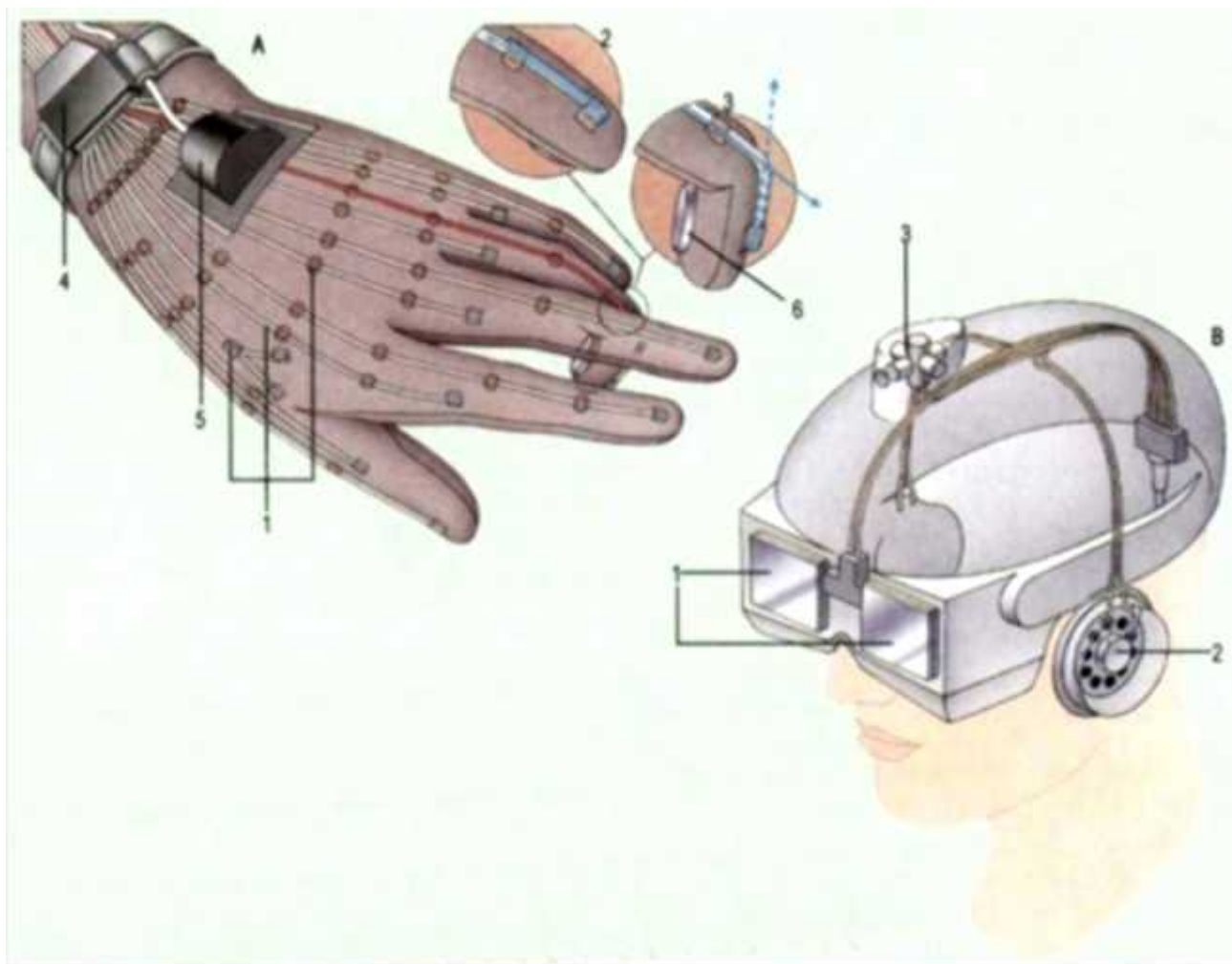
სურ.80. ვირტუალური რეალობის მუხარადი

არსებობს ასევე სხეული მოძრაობის მაკონტროლირებელი სისტემები, რომელიც თვალყურს ადევნებს და აფიქსირებს ადამიანის სხეულის მოძრაობას და აიძულებს ვირტუალური სამყაროს პერსონაჟს გაიმეოროს იგივე მოძრაობები. ამისათვის ადამიანზე მაგრდება სენსორების დიდი რაოდენობა, რისი საშუალებითაც კომპიუტერი აღიქვამს და იმასსოვრებს მის მოძრაობებს სივრცეში. ასეთ ტექნოლოგიებს იყენებენ 3D ფილმების გადაღებისას ან კომპიუტერულ თამაშებში, როდესაც მსახიობი ანსახიერებს სპეციალურ კომპიუტერულ პერსონაჟს.

ადამიანის გარე სამყაროსთან ურთიერთობის ერთ-ერთი მთავარი საშუალებაა ხელები, ამიტომ მნიშვნელოვანია ვირტუალური ხელების – ციფრული ხელთათმანების შექმნის იდეა, რომელიც ხელის მტევნისა და თითების მოძრაობის ნავიგაციის როლს ასრულებს.

81-ე სურათზე გამოსახულია (A) ციფრული ხელთათმანის და (B) მუხარადის სქემა, სადაც (A) ციფრული ხელთათმანის სენსორი აგროვებს ინფორმაციას ხელის მოძრაობის შესახებ და მომხმარებელს, ვირტუალურ სამყაროში ობიექტებით მანიპულირების საშუალებას აძლევს. ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელი (1), თვალყურს ადევნებს ხელის მიხვრა-მოხვრას, რაც შეეხება სინათლეს ის კაბელში ორივე მიმართულებით ვრცელდება (2). კაბელის მოხრის შემთხვევაში (3), ის აღარ გადასცემს არეკლილ სინათლეს უკან, ინტერფეისის პლატას (4). პოზიციის სენსორი (5) თვალყურს ადევნებს ხელთათმანის მოძრაობას სამ განზომილებაში, ხოლო კონტაქტური ბალიშები, რომელიც თითის დაბოლოებებზეა მოთავსებული (6), არწმუნებენ მომხმარებელს, რომ ის რეალურ ობიექტს ეხება.

ვირტუალური რეალობის მუზარადის კომპლექტი (B), იყენებს ოპტიკურ და აუდიო ინფორმაციას და მოძრაობის სენსორებს, იმისათვის რომ მომხმარებელს შეუქმნას ინტერაქტიული ვირტუალური სამყარო. სატელევიზიო ეკრანები (1) ყოველი თვალის წინ, ქმნიან სტერეო გამოსახულებას, ხოლო ყურსასმენები (2) – ხმოვან გარემოს. მოძრაობის სენსორები (3) – აკონტროლებენ მომხმარებლის მოძრაობას და შესაბამისად ცვლიან სურათს და ხმას.



სურ.81. (A) ციფრული ხელთათმანის და (B) მუზარადის სქემა

ძალიან მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ სამგანზომილებიანი კომპიუტერული გრაფიკისგან განსხვავებით, ვირტუალური რეალობა, უახლესი ტექნოლოგიების გამოყენებით, უზრუნველყოფს მომხმარებლის თანდასწრებას და პირადი მონაწილეობის ეფექტს, მიმდინარე ვირტუალურ მოვლენებში.

რეალობის ტრანსფორმაცია ვირტუალურ რეალობაში ორი ხერხით ხორციელდება: ობიექტების მოდელირება სპეციალური პროგრამული რედაქტორებით და ობიექტების 3D საკანირებით.

3D საკანერი არის მოწყობილობა, რომელიც ფიზიკური ობიექტის გაანალიზების საფუძველზე მიღებული მონაცემების მიხედვით, კომპიუტერში ქმნის ამ ობიექტის 3D მოდელს (სურ.82). ასეთი 3D მოდელები ექვემდებარება შემდგომ დამუშავებას, ავტომატიზებული პროექტირების ან სხვა სისტემებით, რაც ამარტივებს საინჟინრო გათვლებს და ხელს უწყობს ახალი ტექნოლოგიური პროსესების განვითარებას (სურ.83).

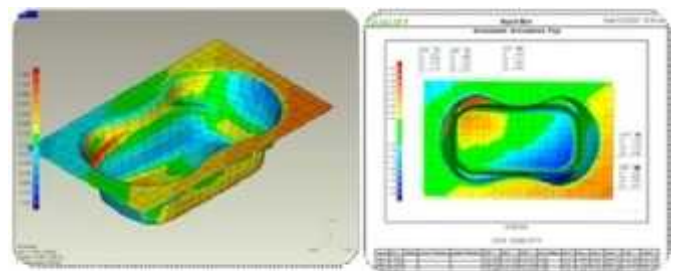


სურ. 82. ფიზიკური ობიექტის სკანირებით შექმნილი კომპიუტერული 3D მოდელი

დღეისათვის სამგანზომილებიანი ობიექტების სკანირების ორი მეთოდი არსებობს: *კონტაქტური და უკონტაქტო*.

კონტაქტური 3D სკანერები

სპეციალური ზონდის საშუალებით, რომელიც ობიექტის ზედაპირს მიჰყვება, აღწერს სამგანზომილებიანი სხეულის მოსახულოებას და კომპიუტერის ეკრანზე ქმნის მის შესაბამის 3D ასლს. კონტაქტური სკანერები ხასიათდებიან სიზუსტით და მოხმარების სიმარტივით. ასეთი



სურ. 83. სკანირებული 3D მოდელი შემდგომი კომპიუტერული დამუშავებისთვის

სკანერები ძალიან მოსახერხებელია მარტივი გეომეტრიული ობიექტების სკანირებისთვის მაგალითად, სამრეწველო დეტალებისთვის.

კონტაქტურ 3D სკანერებს, სირთულეები ექმნებათ რთული ფორმის ობიექტების სკანირებისას, რადგან ამ პროცესს შეიძლება გაუმართლებლად დიდი დრო დასჭირდეს. გარდა ამისა კონტაქტური სკანერები გამოუსადეგარია იმ შემთხვევებშიც, როდესაც ობიექტთან კონტაქტი პრინციპულად შეუძლებელია. მაგალითად, ცოცხალი ობიექტების ან შინაგანი ორგანოების სკანირება სამედიცინო დანიშნულებით. მიუხედავად ამისა კონტაქტურ სკანერებს წარმატებით იყენებენ წარმოებაში.

უკონტაქტო სკანერების (სურ.84) მუშაობის პრინციპი ძალიან წააგავს “ჩვეულებრივი” სკანერების მუშაობას, რადგან ისინიც, ობიექტის ზედაპირიდან სინათლის ტალღების არეკვლის ეფექტს იყენებენ. არეკლილი ტალღები სპეციალური სენსორებით იმართება. ამ გზით მიღებული ინფორმაცია, სხვადასხვა ალგორითმული



სურ.84. უკონტაქტო 3D სკანერი

ანალიზის შემდეგ, გარდაიქმნება ვირტუალურ ფორმაში. ჩვეულებრივი სკანერებისგან განსხვავებით, 3D სკანერებს ბრტყელი ობიექტების მაგივრად მოცულობით სხეულებთან უწევთ მუშაობა, ამიტომ საჭირო ხდება უფრო რთული მექანიზმების გამოყენება.

უკონტაქტო 3D სკანერებს, სკანირების ტიპის მიხედვით, *პასიურ და აქტიურ* სკანერებად ყოფენ. *პასიური 3D სკანერები* – არსებულ გარე განათებას იყენებენ და მისი ანარეკლის ანალიზს აკეთებენ. ის ფაქტიურად, ფოტო- ან ვიდეო კამერას წარმოადგენს (სურ.85), რომელიც აღჭურვილია გადაღებული მასალის ერთიან მოცულობით ფორმაში მოყვანის ალგორითმებით. ამ ალგორითმების მუშაობა დაკავშირებულია გარკვეული რაკურსით გადაღებული კადრების რაოდენობასთან და წრიულ ვიდეოგადაღებებთან, კამერის მოძრაობის განსაზღვრული სიჩქარით.



სურ.85. ვიდეოკამერის მსგავსი უკონტაქტო 3D სკანერი

აქტიური 3D სკანერები, გარდა არსებულ გარე განათებისა, საკუთარ სინათლის ან ლაზერულ ტალღებს გამოიმუშავენ, რომელსაც შეიძლება წინასწარ მოცემული კონფიგურაცია და ფორმა ჰქონდეს. მაგალითად, ზოგიერთი 3D სკანერი ობიექტის ზედაპირზე, თეთრი სინათლის ხაზებით, აგეგმილებს ბადეს ან რაიმე რეგულარულ სტრუქტურას (სურ.86), რაც სკანირების ალგორითმებისთვის დამატებით ინფორმაციას წარმოადგენს.

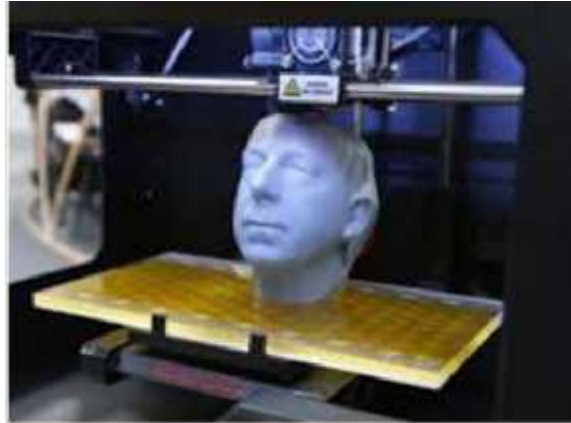


სურ. 86. თეთრი სინათლის ხაზებით შექმნილი ბადე

3D სკანერების გამოყენების სფერო ყოველ წელს იზრდება, რადგან ის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან რგოლს წარმოადგენს სხვადასხვა დარგების განვითარების ციკლში. პირველ რიგში ეს არის თანამედროვე სამრეწველო წარმოება – ახლი, ეფექტური და იაფი ტექნოლოგიების განვითარებისთვის; ასევე ინტერნეტი და ქსელური მარკეტინგი – საქონელის 3D მოდელების შესაქმნელად; მოდა – რეალური ობიექტების, მაქსიმალურად რეალისტური ვირტუალური ასლების შესაქმნელად; მედიცინა, არქიტექტურა, სამრეწველო დიზაინი, კინო და სხვ.

აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ 3D სკანირებას თანსდევს 3D ბეჭდვა, რაც მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს პრინტერების განვითარებას, მათი საშუალებით კი მზადდება უამრავი 3D ობიექტი: სათამაშოები, პროტეზი, მცირე ზომის დეტალები, სხვადასხვა სხეულთა 3D ასლები და სხვ.

3D პრინტერი არის მოწყობილობა, რომელიც უშუალოდ თქვენი კომპიუტერიდან მიღებული ინფორმაციის შესაბამისად, სამგანზომილებიანი ობიექტის დაამზადების საშუალებას იძლევა. ეს აღარ არის მოცულობით გამოსახულების 2D ბეჭდვა ქაღალდზე, ეს არის მოცულობითი საგნის რეალური “ბეჭდვა”, რომელსაც შეგვიძლია შევეხეთ, ხელში ავიღოთ და დავათვალიეროთ (სურ.87). 3D ბეჭდვის რამოდენიმე პოპულარული ტექნოლოგია არსებობს:



სურ. 87. მოცულობითი საგნის 3D ბეჭდვა

- ბეჭდვა მდნარი პლასტიკით
- ბეჭდვა ფხვნილით
- ლაზერული ბეჭდვა
- ბეჭდვა ფოტოპოლიმერით

88-ე სურათზე გამოსახულია ბეჭდვის სხვადასხვა ტექნოლოგიით შექმნილი ობიექტების მაგალითები.



სურ. 88. ბეჭდვის სხვადასხვა ტექნოლოგიით შექმნილი ობიექტები

