

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ა. თეორიული

კომპიუტერული გრაფიკა (I ნაწილი)

დამტკიცებულია
სტუ-ს სარედაქციო-საგამომცემლო
საბჭოს მიერ

სახელმძღვანელოში განხილულია კომპიუტერული გრაფიკის ძირითადი მიმართულებები – რასტრული და ვექტორული გრაფიკა, ფერი და ფერთა მოდელები (RGB და CMYK). პირველ ნაწილში უფრო დაწვრილებით განიხილება რასტრული გრაფიკა – ციფრულ გამოსახულებათა პარამეტრები: გადაწყვეტა, ბიტური მატრიცა, ფერთა არხები და სხვა. გამოსახულების ციფრული მახასიათებლები, რასტრული სივრცის გარდაქმნები, ფილტრები, აგრეთვე რასტრული გრაფიკის ფაილთა ფორმატები, მათი დაარქივების ალგორითმები. განიხილება აგრეთვე რასტრული ინფორმაციის შეტანა/გამოტანის მოწყობილობები: ციფრული კამერა, სკანერი. მონიტორი და პრინტერი.

გათვალისწინებულია “კომპიუტერული გრაფიკის” მეორე და მესამე ნაწილის გამოცემაც, სადაც შეტანილი იქნება ვექტორული გრაფიკის მათემატიკური საფუძვლები, სამგანზომილებიანი გრაფიკის საკითხები და კომპიუტერული გრაფიკის პროგრამათა შედარებითი დახასიათება.

აღნიშნული სახელმძღვანელო განკუთვნილია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 22.01. სპეციალობის სტუდენტებისათვის. გარდა ამისა, იგი შეიძლება გამოიყენოს ანალოგიური სპეციალობის სხვა უმაღლესი სასწავლებლის სტუდენტებმაც.

რეცენზენტები: პროფ. ა. ფრანგიშვილი
პროფ. ზ. კიკნაძე

© გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2006
ISBN

სარჩევი

შესავალი	5
1. კომპიუტერული გრაფიკის ძირითადი მიმართულებები.	9
1.1. რასტრული გრაფიკა	11
1.2. ვექტორული გრაფიკა.	16
2. ფერი და ფერთა მოდელები.	
2.1 ფერთა თეორიის ელემენტები.	23
2.2. ფერთა შერევის ხერხები და ფერთა მოდელები.	
2.2.1. ადიტიური მეთოდი. RGB მოდელი.	29
2.2.2. სუბტრაქტული მეთოდი. CMYK მოდელი.	34
3. რასტრული გრაფიკა. ციფრული გამოსახულება.	38
3.1. დისკრეტული სიბრტყე (რასტრი), პიქსელები.	
სივრცული გადაწყვეტა.	38
3.2. პიქსელთა მნიშვნელობები, ფერთა გადაწყვეტა.	42
3.2.1. ბიტური მატრიცა.	43
3.2.2. გამოსახულება ნახევარტონებში.	43
3.2.3. ინდექსირებული ფერი. პალიტრა.	45
3.2.4. სრულფერიანი გამოსახულება	46
3.3. რასტრული სივრცის განზოგადებული მოდელი.	48
3.3.1. ფერთა არხი	49
3.3.2. ალფა-არხი	51
3.3.3. მრავალფენიანი გამოსახულება.	51
3.3.4. კორექტირებადი ფენა	54
4. ციფრული გამოსახულების გარდაქმნა	56
4.1. გამოსახულების ციფრული მახასიათებლები.	
ჰისტოგრამა.	56
4.2. რასტრული სივრცის გარდაქმნა, ფილტრი	
4.2.1. გამოყოფილი - მონიშნული არის ცნება.	62
4.2.2. წერტილოვანი გარდაქმნები.	63
4.2.3. ლოკალური გარდაქმნები.	65
4.2.4. გლობალური გარდაქმნები.	73

5. გამოსახულების შეკუმშვა და რასტრული გრაფიკის ფაილის ფორმატი.	75
5.1. ციფრული გამოსახულების დამატებითი დამუშავება: შეკუმშვა და გაშლა.	78
5.1.1. გამოსახულებათა კლასიფიკაცია შეკუმშვის თვალსაზრისით.	79
5.1.2. შეკუმშვის ალგორითმების ხარისხის შეფასების კრიტერიუმები.	81
5.1.3. შეკუმშვის ალგორითმი დანაკარგის გარეშე.	83
5.1.4. შეკუმშვის ალგორითმი დანაკარგით. JPEG ალგორითმი.	88
5.2. გრაფიკული ფაილების პოპულარული ფორმატები.	92
6. რასტრული ინფორმაციის შეტანა/გამოტანის მოწყობილობები ვიზუალური ინფორმაციის შეტანა/გამოტანა.	98
6.1. ციფრულ გამოსახულებათა შეტანის მოწყობილობები.	99
6.1.1. ციფრული კამერა	100
6.1.2. სკანერი.	104
6.2. რასტრული გრაფიკული ინფორმაციის გამოტანის მოწყობილობა	108
6.2.1. მონიტორი.	108
6.2.2. პრინტერი.	111
ლიტერატურა	116

შესავალი

ინფორმატიკის ერთ-ერთი ყველაზე ლამაზი და საინტერესო ნაწილია **კომპიუტერული გრაფიკა**, რომელიც ბოლო ათი წლის განმავლობაში ძალიან სწრაფი ტემპით განვითარდა. რამ გამოიწვია ასეთი ბუმი? – პროგრესმა პერსონალური კომპიუტერების სფეროში და მაღალი კლასის გრაფიკული მოწყობილობისა და სხვადასხვა ტიპის მეხსიერების მნიშვნელოვნად გაიზარდა.

კომპიუტერული გრაფიკა გრაფიკულ გამოსახულებათა შექმნისა და დამუშავების ტექნოლოგიაა. იგი სწავლობს გამოსახულების მიღების მეთოდებს, როდესაც გამოსახულების მიღება ხდება არაავიზუალური მონაცემების ან უშუალოდ მომხმარებლის მიერ შექმნილი მონაცემების საფუძველზე.

კომპიუტერის საშუალებით თითქმის ყველაფრის ვიზუალიზებაა შესაძლებელი, რასაც კი რაიმე გეომეტრიული აზრი მიესადაგება. ასეთი შესაძლებლობა არ ჰქონია არცერთ ტექნიკურ მოწყობილობას კაცობრიობის გამოგონებათა ისტორიაში.

რატომ არის ეს ვიზუალიზება ასე მნიშვნელოვანი? მიზეზი ადამიანის მიერ ინფორმაციის აღქმის თავისებურებაა. საქმე ისაა, რომ ადამიანი გარე სამყაროდან მიღებული ინფორმაციის უდიდეს ნაწილს, მხედველობის საშუალებით აღიქვამს. სისტემაში თვალი – ტვინი ადამიანს არაჩვეულებრივად აქვს განვითარებული გამოსახულების აღქმის ორ- და სამგანზომილებიანი მექანიზმი. ეს მექანიზმი საშუალებას იძლევა სწრაფად და ეფექტურად მიიღოს და დაამუშაოს

ხილვადი გამოსახულების სხვადასხვა მონაცემი. გავიხსენოთ გამონათქვამი: “ასჯერ გაგონილს ერთხელ ნანახი სჯობიაო”.

კარგი იქნება თუ ადამიანისა და კომპიუტერის ამ არაჩვეულებრივ შესაძლებლობებს შევაჯერებთ და მივიღებთ ხარისხობრივად ახალ და მძლავრ ინტელექტუალურ სისტემას, ადამიანი – კომპიუტერი. ასეთი სისტემის ეფექტური მუშაობისათვის, ადამიანსა და კომპიუტერს შორის ურთიერთობის დასამყარებლად საჭიროა ენა. **კომპიუტერული გრაფიკა** სწორედ ის ენაა, რომელიც აგვარებს ურთიერთობას ადამიანსა და კომპიუტერს შორის, გრაფიკული გამოსახულების დონეზე.

თანამედროვე კომპიუტერული გრაფიკის პროგრამათა გამოყენების სპექტრი საკმაოდ ფართოა: მეცნიერული ვიზუალიზებიდან და ავტომატიზებული დაპროექტების სისტემიდან რეკლამასა და ფანტასტიკურ ფილმებამდე. შესაბამისად, გრაფიკული პროგრამების დიდი სიმრავლე არსებობს, რომელიც ორიენტირებულია გარკვეულ დარგებზე და ამავდროულად ერთმანეთისგან განსხვავდება გრაფიკის ზოგადი პრინციპებით. მაგალითად, არქიტექტურასა და დაპროექტებაში წარმატებით იყენებენ პროგრამებს AutoCAD, ArchiCAD, 3D Studio Max, ინტერიერისა და დიზაინის ელემენტების დამუშავებისას კი – Corel Draw, Adobe Illustrator, Adobe Indesign, Adobe Photoshop და სხვა, წიგნის დაკაბადონებისას მოსახერხებელია Adobe PageMaker, QuarkXPress. გრაფიკის ზოგადი პრინციპების მიხედვით ეს პროგრამები შეიძლება იყოს ვექტორული ან რასტრული

და თავის მხრივ – ორ- ან სამგანზომილებიანი. კომპიუტერული გრაფიკა იმდენად სწრაფად ვითარდება, რომ დღეს ძნელიც კია იმის თქმა, ადამიანის მოღვაწეობის კიდევ რომელი სფერო მოხვდება მისი ინტერესის არეში.

გრაფიკულ პროგრამებთან მუშაობისას საჭირო ხდება ინფორმაციის შენახვა და როგორც პროგრამებს, ისე კომპიუტერებს შორის, ინფორმაციის გაცვლა, რასაც ემსახურება **გრაფიკული ფაილები**. გრაფიკული ინფორმაციის კოდირება ფაილში რამდენადმე გასხვავდება კომპიუტერის მეხსიერებაში ინფორმაციის კოდირებისგან. უფრო მეტიც, არსებობს ფორმატად წოდებული, კოდირების ხერხთა მთელი სიმრავლე. **ფორმატი** ფაილში ინფორმაციის ორგანიზების წესია. გრაფიკული ფაილების ფორმატთა ასეთი სიმრავლე და მათი თანაარსებობა განპირობებულია მათი სპეციფიკურ სფეროებში გამოყენებით.

პროგრამათა უმრავლესობას ფაილთა **საკუთარი ფორმატი** აქვს. ეს ფორმატი კონკრეტული პროგრამის განსაკუთრებულ შესაძლებლობებს იცავს და სხვა პროგრამისთვის შეიძლება შეუთავსებელიც აღმოჩნდეს. ზოგჯერ ასეთი ფორმატის იმპორტირება შეუძლებელია. არის შემთხვევები, როდესაც ილუსტრირების პროგრამებისა და საგამომცემლო სისტემების მიერ ის არაკორექტულად სრულდება. ზოგჯერ ფორმატი აპარატურული უზრუნველყოფისათვის სპეციალურად იქმნებოდა (მაგალითად, ფორმატები Scitex, Targa, Amiga IFF). გამოსახულების ნაკლებად გავრცელებულ ფორმატში დამახსოვრება და

მათი სხვა კომპიუტერზე გადატანა არასასურველია, რადგან ხშირად გარკვეულ პრობლემებს ქმნის.

გრაფიკული ფორმატების უმრავლესობა ორიენტირებულია გამოყენების კონკრეტულ სფეროზე. თუ ფორმატის არჩევისას შეცდომას დაუშვებთ, გამოსახულება შემდგომი გამოყენებისთვის შეიძლება უვარგისი აღმოჩნდეს. მაგალითად, JPEG ფორმატით (შეკუმშვის დიდი კოეფიციენტით) დამახსოვრებული გამოსახულება, ხარისხის გაუარესების გამო, უვარგისია ბეჭდვისთვის. თანაც მისი განმეორებით გახსნა და სხვა ფორმატში დამახსოვრება დაშვებულ შეცდომას ვერ ასწორებს.

1. კომპიუტერული ბრაუზინგის ძირითადი მიმართულებები

კომპიუტერული გრაფიკა საკმაოდ ფართო დისციპლინაა. თავდაპირველად შექვეცადლოთ მის ძირითად კლასიფიკაციასა და განვითარების ტენდენციებში გარკვევას. გრაფიკული ინფორმაციის კომპიუტერში წარმოდგენის ორი პრინციპულად განსხვავებული მეთოდი არსებობს, და ეს ორი მეთოდი განსაზღვრავს კომპიუტერული გრაფიკის ორ მნიშვნელოვან ნაწილს ესენია:

- რასტრული (ციფრული გამოსახულება) – **რასტრული გრაფიკა,**
- ვექტორული (გეომეტრიული მოდელი) – **ვექტორული გრაფიკა,**

კომპიუტერული გრაფიკა **ორ- და სამგანზომილებიანია.**

ორგანზომილებიანი რასტრული გრაფიკის ძირითადი ობიექტია დისკრეტული სიბრტყე, სამგანზომილებიანისა კი – სამგანზომილებიანი დისკრეტული სივრცე. ანალოგიურად, ვექტორული გრაფიკაც ორ- და სამგანზომილებიანია და, ძირითადი ობიექტები შესაბამისად არის ბრტყელი და მოცულობითი გეომეტრიული მოდელები.

- **რასტრული გრაფიკა**
 - ✓ ორგანზომილებიანი გრაფიკა – დისკრეტული სიბრტყე,
 - ✓ სამგანზომილებიანი გრაფიკა – დისკრეტული სივრცე.

- **ვექტორული გრაფიკა**

- ✓ ორგანზომილებიანი გრაფიკა – ბრტყელი გეომეტრიული მოდელი,
- ✓ სამგანზომილებიანი გრაფიკა – მოცულობითი გეომეტრიული მოდელი.

ერთი მნიშვნელოვანი შენიშვნა. რეალურ სამყაროში ობიექტების ნებისმიერი კლასიფიკაცია არაერთმნიშვნელოვანია. ამდენად კომპიუტერული გრაფიკის ოთხ ნაწილად დაყოფაც საკმაოდ პირობითია და მათ შორის არ არსებობს მკაფიო საზღვრები. მაგალითად, კომპიუტერულ გრაფიკაში არსებობს მიდგომები (და პროგრამები), რომლებიც არ შეიძლება მივაკუთნოთ მხოლოდ ვექტორულ ან მხოლოდ რასტრულ გრაფიკას, ვინაიდან ისინი იყენებენ როგორც ერთის, ისე მეორის ელემენტებს. არსებობს ისეთი ამოცანებიც, რომლებზეც ერთმნიშვნელოვნად ვერ ვამბობთ ორგანზომილებიანია იგი, თუ – სამგანზომილებიანი. ამიტომ ზემოთ მოცემული კლასიფიკაცია არ განიხილება როგორც დოგმა, ის მხოლოდ ორიენტირია კომპიუტერული გრაფიკის ვრცელ სამყაროში.

კომპიუტერული გრაფიკა გულისხმობს არა ხატვის, ხაზვისა ან ზოგადად დაპროექტების შესწავლას, არამედ კომპიუტერულ გრაფიკასთან მუშაობის პრინციპებსა და გრაფიკული ინფორმაციის დამუშავების ტექნოლოგიებში (გრაფიკულ პროგრამებში) გარკვევას. გრაფიკაზე მსჯელობისას ვიყენებთ შემდეგ გეომეტრიულ ცნებებს: სივრცე, წერტილი, მრუდი, არე, გამოსახულება და სხვა.

1.1. რასტრული ბრაზიკა

გამოსახულების რასტრული წარმოდგენისას გამოიყენება დისკრეტული სიბრტყე (ან სივრცე), რომელიც კვადრატული (ან კუბური სამგანზომილებიანი გრაფიკისთვის) უჯრედებისაგან შედგება. ყოველი უჯრედი ფერს შეიცავს. შეფერილი უჯრედების ერთობლიობა კი ქმნის *ციფრულ გამოსახულებას* (სურ.1).

შემოვიღოთ რამდენიმე განმარტება:

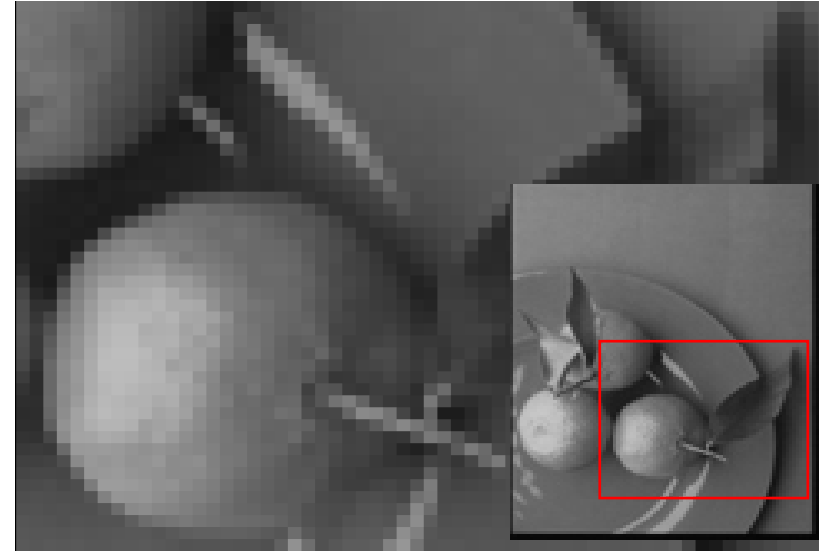
ციფრული გამოსახულება არის რეალური ან სინთეზური გამოსახულების *მოდელი*, რომელიც ინახება მანქანურ მატარებლებზე ციფრული კოდების ერთობლიობის სახით.

მოდელი არის გამოსახულების ელემენტთა ციფრული სახით აღწერის მეთოდი. მაგალითად, Bitmap, Grayscale, Indexed, RGB, HLS, Lab, CMYK.

პიქსელი რასტრული მოდელის განუყოფელი მარტოკუთხა ელემენტია, რომლის პარამეტრებიც აღწერს რეალური ან სინთეზური გამოსახულების შესაბამის უბანს.

თუ დავაკვირდებით პირველ სურათზე გამოსახულ ფრაგმენტს, რომელიც 1000-ჯერ არის გადიდებული, დაინახავთ, რომ სინამდვილეში ციფრული გამოსახულება შედგება შეფერილი კვადრატული უჯრედებისაგან. ორგანზომილებიანი რასტრული გრაფიკის უჯრედს *პიქსელი* ეწოდება, სამგანზომილებიანი რასტრული გრაფიკის სივრცით ელემენტს (კუბური ფორმის) კი – *ვოქსელი*.

თუ პიქსელის ზომა საკმაოდ პატარაა რაოდენობა კი – დიდი, ითვლება, რომ გამოსახულების ხარისხი კარგია.



სურ. 1.

გრაფიკული ინფორმაციის რასტრული წარმოდგენა

სურათი და მისი ფრაგმენტი გადიდებულია 1000-ჯერ

ამრიგად, რასტრული გრაფიკის გამოსახულება შედგება პიქსელებისაგან, რომელთა ერთობლიობაც (მოზაიკის მსგავსად) ქმნის მთლიან სურათს. რასტრული გრაფიკის ტიპობრივი მაგალითებია დასკანერებული ფოტო ან გრაფიკულ რედაქტორ Photoshop-ში შექმნილი სურათი. რასტრული გრაფიკის გამოყენება საშუალებას იძლევა მივიღოთ უმაღლესი ფოტორეალისტური ხარისხის გამოსახულება. მაგრამ ასეთი ფაილი ძალიან დიდია, მისი რედაქტირება კი – ძნელი (ყოველი წერტილი ხელით სწორდება). გამოსახულების ზომის შეცვლით მისი ხარისხი იკლებს – ზომის შემცირებით მცირე

ზომის დეტალები ქრება, ზომის გაზრდით კი სურათი პიქსელების ერთობლიობად (მოზაიკად) გადაიქცევა.

წერტილოვანი გრაფიკის ძირითადი არსი: ობიექტის კოდირებისას მას “ედება” ბადე და იქმნება იმავე ზომის მატრიცა (ცხრილი), რომელიც ივსება ერთიანებით ობიექტთან ზედღების შემთხვევაში და ნულებით, როდესაც ის ობიექტის გარეთ ხვდება. როდესაც ორიგინალი – ობიექტის საზღვრები პარალელურია ბადის უჯრედების საზღვრებისა, ვღებულობთ ერთეულოვანი და ნულოვანი ბიტების იდეალურ მატრიცას (bitmap), რომელიც ობიექტის კოდირებული გამოსახულებაა. იდეალური შემთხვევა, როდესაც ობიექტის საზღვრები და მატრიცის მიმმართველი ხაზები ერთმანეთს ემთხვევა, იშვიათია. ცხადია, თუ გვაქვს სრულად შევსებული ან სრულიად ცარიელი კვადრანტი, გვაქვს 1 ან 0 ბიტი. ხოლო თუ არც სრულად შევსებულია და არც სრულიად ცარიელი, მაშინ საჭიროა საზღვრის დადგენა, დადგენილი ზღვრის ქვემოთ 0-ია, ხოლო ზემოთ –1.

რასტრული გამოსახულების პარამეტრები

გადაწყვეტა – ინფორმაციის რაოდენობა სიგრძის ერთეულზე. გადაწყვეტა იზომება:

ppi (pixel per inch – პიქსელი დუიმზე) - პიქსელების რაოდენობა ერთ დუიმზე,

dpi (dots per inch – წერტილები დუიმზე) – წერტილების რაოდენობა ერთ დუიმზე,

და ამ პარამეტრს აზრი აქვს მხოლოდ მაშინ, როდესაც ცნობილია გამოსახულების ან ანაბეჭდის რეალური ზომა.

ფერთა მოდელები – Bitmap, Grayscale, Indexed, RGB, HLS, Lab, CMYK.

მაგალითად, ფერთა მოდელი RGB სკანერის, მონიტორისა და სხვა ელექტრონული მოწყობილობის ფერთა ბუნებრივი ენაა.

ფერის სიღრმე არის ბიტებით გამოსახული მესხიერების ზომა, რომელიც გამოყოფილია ყოველი პიქსელის ფერის ან ტონის აღწერისთვის ფერთა მოდელთან შესაბამისობაში. მაგალითად, **16 ბიტ/პიქს.** (Bitmap, Halftone), **8 ბიტ/პიქს.** (Grayscale, Indexed), **24 ბიტ/პიქს.**(RGB)

რასტრული გრაფიკის ფორმატები: GIF, BMP, WBMP, PCX, PSD, IFF, PXR, PNG, SCT/PICT, RAW, TIF/TIFF, JPEG, TGA, FPX, GIF, PhotoCD, MNG, JPG, ICO, FLA/SWF

რასტრული გრაფიკის დადებითი თვისებები:

- ყოველი პიქსელი დამოუკიდებელი ელემენტია;
- შესაძლებელია გამოსახულების შესახებ ინფორმაციის ავტომატიზებული შეტანა - ტექნიკური რეალიზება. არსებობს გამოსახულების შეტანის გარე მოწყობილობათა განვითარებული სისტემა (სკანერი, ვიდეოკამერა, ციფრული ფოტოკამერა, გრაფიკული პლანშეტები);
- ფოტორეალისტურობა (შეიძლება მივიღოთ მხატვრული ეფექტი, მაგალითად, ნისლი ან ბურუსი, ფერის დახვეწილი ნიუანსების დამატება, პერსპექტივის სიღრმის შექმნა, კონტრასტის ცვლილება და სხვა);
- წერტილოვანი გამოსახულების, როგორც ფაილის, დამახსოვრების ფორმატი სტანდარტულია, ამიტომ

მნიშვნელობა არა აქვს რომელ გრაფიკულ რელაქტორშია შექმნილი ესა თუ ის გამოსახულება;

– Web-დიზაინში გამოყენების საშუალება.

რასტრული გრაფიკის ნაკლოვანებები

– წერტილოვანი გრაფიკის ფაილის ზომა ერთმნიშვნელოვნად განისაზღვრება გამოსახულების ფართობის, გადაწყვეტისა და ფერის სიღრმის ნამრავლით (თუ ისინი გამოსახულია ერთიანი განზომილებით). ამ დროს არა აქვს მნიშვნელობა რა არის გამოსახული ამა თუ იმ ფოტოსურათზე, თუ სამივე პარამეტრი თანაზომადია, ფაილის ზომაც პრაქტიკულად მათი იდენტური იქნება.

– წერტილოვანი გრაფიკის ნებისმიერი ტრანსფორმაცია: მობრუნება, დახრა, და ა.შ. იწვევს გამოსახულების დამახინჯებას (მაგალითად, გამოსახულების მცირედი კუთხით მობრუნებისას, მკვეთრად ვერტიკალური ხაზები გარდაიქმნება მკვეთრ "საფეხურებად")

– გამოსახულების ზომის გაზრდით მისი დეტალების დათვალიერება შეუძლებელია. ვინაიდან გამოსახულება შედგება წერტილებისაგან, ამიტომ მისი გაზრდით მხოლოდ წერტილები მსხვილდება. რასტრული გამოსახულების გადიდებით არავითარი დამატებითი დეტალი არ გამოჩნდება. უფრო მეტიც, რასტრის წერტილების გადიდება ვიზუალურად ამახინჯებს და აუხეშებს ილუსტრაციას (პიქსელიზაცია).

12. ვექტორული გრაფიკა

ვექტორულ გრაფიკაში გამოსახულების კოდირება დაფუძნებულია გეომეტრიაზე, მაგრამ არა წერტილზე (როგორც რასტრულ გრაფიკაში), არამედ მრუდზე, რაც გულისხმობს გამოსახულების ვექტორულ წარმოდგენას. გამოსახულების გეომეტრიული აღწერა ან, როგორც ამბობენ, გეომეტრიული მოდელი, შედგება გრაფიკული პრიმიტივების ერთობლიობისაგან: რკალი, წრეწირი, მრუდი, ინფორმაცია ფერისა და ფერჩასხმის ხასიათის შესახებ და ა.შ. ასეთ გამოსახულებას ვექტორული გამოსახულება ეწოდება, ხოლო კომპიუტერული გრაფიკის ამ მიმართულებას – **ვექტორული გრაფიკა**.

კომპიუტერულ გრაფიკაში, გლუვი წირის მოდელირებისათვის, ფართოდ იყენებენ ბეზიეს (პიერ ბეზიე – ფრანგი მათემატიკოსი) მრუდს – მრუდის აღწერის მათემატიკური ფორმა.

ბეზიეს მრუდი მარტივად მოიცემა და ფორმებზე მანიპულაციაც მოხერხებულად ხორციელდება. მრუდი სრულად განისაზღვრება საყრდენ წერტილთა ამოზნექილი გარსით, ეს უკანასკნელი კი შეიძლება ავსახოთ და გამოვიყენოთ წირის ფორმის თვალსაჩინოდ მართვისთვის. გარდა ამისა, მრუდის აფინური გარდაქმნა – გადატანა, მასშტაბირება, მობრუნება, ასევე მარტივად შეიძლება განხორციელდეს საყრდენი წერტილების ტრანსფორმაციით.

ბეზიეს მრუდი (Bezier curves) პარამეტრული მრუდია, რომელიც მოცემულია შემდეგი გამოსახულებით

$$\mathbf{B}(t) = \sum_{i=0}^n \mathbf{P}_i \mathbf{b}_{i,n}(t), \quad 0 < t < 1,$$

სადაც \mathbf{P}_i არის საყრდენი წვეროების ვექტორთა კომპონენტ ფუნქცია, ხოლო $\mathbf{b}_{i,n}(t)$ — ბეზიეს მრუდის ბაზური ფუნქცია, რომელსაც ბერნშტეინის პოლინომსაც უწოდებენ.

$$\mathbf{b}_{i,n}(t) = \binom{n}{i} t^i (1-t)^{n-i} \quad \binom{n}{i} = \frac{n!}{i!(n-i)!}$$

სადაც n პოლინომის ხარისხია, i — საყრდენი წვეროს რიგითი ნომერი.

როდესაც $n = 1$, მრუდი წრფის მონაკვეთია. \mathbf{P}_0 და \mathbf{P}_1 საყრდენი წვერტილები განსაზღვრავს მის დასაწყისსა და ბოლოს. მრუდი მოცემულია განტოლებით:

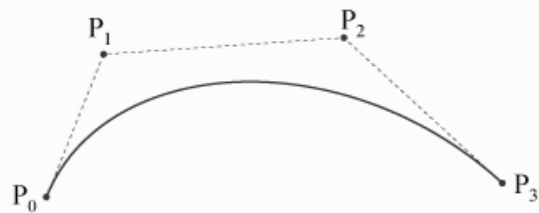
$$\mathbf{B}(t) = (1-t)\mathbf{P}_0 + t\mathbf{P}_1 \quad t \in [0, 1],$$

ბეზიეს კვადრატული მრუდი ($n = 2$) მოცემულია სამი საყრდენი წვერტილით: $\mathbf{P}_0, \mathbf{P}_1$ და \mathbf{P}_2 .

$$\mathbf{B}(t) = (1-t)^2\mathbf{P}_0 + 2t(1-t)\mathbf{P}_1 + t^2\mathbf{P}_2, \quad t \in [0, 1]$$

ბეზიეს კუბური მრუდი ($n = 3$) აღიწერება შემდეგი განტოლებით:

$$\mathbf{B}(t) = (1-t)^3\mathbf{P}_0 + 3t(1-t)^2\mathbf{P}_1 + 3t^2(1-t)\mathbf{P}_2 + t^3\mathbf{P}_3, \quad t \in [0, 1]$$



ბეზიეს კუბური მრუდი

ოთხი საყრდენი წვერტილი $\mathbf{P}_0, \mathbf{P}_1, \mathbf{P}_2$ და \mathbf{P}_3 , რომლებიც მოცემულია ორ- ან სამგანზომილებიან სივრცეში, განსაზღვრავს მრუდის ფორმას.

წირი სათავეს იღებს \mathbf{P}_0 წვერტილში, მიემართება \mathbf{P}_1 წვერტილისკენ, უახლოვდება \mathbf{P}_3 წვერტილს \mathbf{P}_2 წვერტილის მხრიდან და მთავრდება \mathbf{P}_3 წვერტილში. ამდენად მრუდი არ გაივლის \mathbf{P}_1 და \mathbf{P}_2 წვერტილებს, ისინი ასრულებენ მხოლოდ მიმართველის როლს. \mathbf{P}_0 -ს და \mathbf{P}_1 -ს შორის მონაკვეთის სიგრძე კი განსაზღვრავს, როგორ სწრაფად მოუხვევს მრუდი \mathbf{P}_3 წვერტილისკენ.

თანამედროვე გრაფიკულ სისტემაში მრუდწირული ფორმის წარმოდგენისათვის დიდი გამოიყენება აქვს **ბეზიეს სპლაინს** — რთული ფორმის წირის აგებისას ბეზიეს ცალკეული მრუდები თანმიმდევრობით ერთდება ბეზიეს სპლაინად.

სპლაინის არსი. შეიძლება ავაგოთ ნებისმიერი ელემენტარული მრუდი თუ ცნობილია ოთხი კოეფიციენტი $\mathbf{P}_0, \mathbf{P}_1, \mathbf{P}_2$ და \mathbf{P}_3 , რომლებიც შეესაბამება ოთხ წვერტილს სიბრტყეზე. ამ წვერტილთა გადაადგილებით იცვლება მრუდის ფორმა.

სპლაინი (Spline) ვექტორული გრაფიკის ძირითადი ცნებაა. ეს მათემატიკური მრუდია, რომელიც მდოვრედ აერთებს ცალკეულ წვერტილებს. იგულისხმება აგრეგატული ფუნქცია, რომელიც, მის განსაზღვრის არეში, დაყოფის ყოველ ელემენტზე ემთხვევა უფრო მარტივ ფუნქციებს.

ერთი ცვლადის კლასიკური სპლაინი აიგება ასე: განსაზღვრის არე იყოფა სასრული რაოდენობის

მონაკვეთებად, რომელთაგან ყოველზე სპლაინი ემთხვევა რაიმე ალგებრულ პოლინომს. გამოყენებული პოლინომების ხარისხებს შორის მაქსიმალურს სპლაინის ხარისხი ეწოდება. მიღებულ სიგლუვესა და სპლაინის ხარისხს შორის სხვაობას კი – სპლაინის დეფექტი. მაგალითად, უწყვეტი ტეხილი არის სპლაინი რომლის ხარისხი არი 1 და დეფექტიც არის 1.

წრფივი სურათი სპლაინია. სპლაინზეა აგებული აგრეთვე თანამედროვე შრიფტები. მაგალითად, ბეზიეს კვადრატული მრუდი, როგორც სპლაინის შემადგენელი ელემენტი, გამოყენებულია True Type შრიფტების სიმბოლოთა ფორმის აღსაწერად.

უფრო მეტი მნიშვნელობა აქვს ბეზიეს კუბურ მრუდს. რაც შეეხება მაღალი ხარისხის მრუდს, მისი დამუშავებისთვის საჭიროა დიდი გამოთვლები და პრაქტიკაში იშვიათად იყენებენ.

ვექტორული გრაფიკის პროგრამები: CorelDraw, Adobe Illustrator, Adobe Indesign. ვექტორული გამოსახულება რასტრისაგან განსხვავებით შედგება ცალკეული წირი – მიმართველისაგან (ვექტორი), რომელიც ქმნის გამოსახულებას. ფაილში ინფორმაცია ინახება არა ყოველი წერტილის შესახებ, არამედ იმ ელემენტების შესახებ, რომელთაგანაც შედგება გამოსახულება, ე.ი. იმ ვექტორების შესახებ რომელთაგანაც ის არის შექმნილი. ვექტორული გამოსახულება, რასტრულთან შედარებით, გაცილებით ნაკლებ მოცულობას იკავებს და მისი რედაქტირებაც შედარებით ადვილია. სურათის ნებისმიერი ელემენტი დამოუკიდებლად იცვლება.

გამოსახულების ზომაც მარტივად იცვლება, რომლის დროსაც არ იკარგება ხარისხი და კომპოზიციაც (ელემენტების განლაგება) პირვანდელ სახეს ინარჩუნებს.

თუ დავაკვირდებით მე-2 სურათზე გამოსახულ ნახატის ფრაგმენტს, დავინახავთ, რომ სურათის ხარისხი არ შეცვლილა. პირველი სურათისგან განსხვავებით მასზე პიქსელები არ ჩანს.



სურ. 2.

გრაფიკული ინფორმაციის ვექტორული წარმოდგენა სურათი და მისი ფრაგმენტი გადიდებულია 1000-ჯერ

ვექტორი პლასტიკურია, ამიტომ სხვადასხვა **გადწყვეტის** მქონე მოწყობილობაზე მისი ასახვა ერთნაირად

ხარისხიანია. ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ ვექტორული გრაფიკის გამოსახულება, ვიზუალური აღქმის თვალსაზრისით მარტივია და "დახატულს" ჰგავს.

ვექტორული გრაფიკის ფორმატები: .cdr .ai ...

ვექტორული გრაფიკის დადებითი თვისებები

- მეხსიერების მცირე მოცულობა. ვექტორული გამოსახულების კოდირებისას ვიმახსოვრებთ არა გამოსახულებას, არამედ ოთხი წერტილის კოორდინატს და ზოგიერთ ძირითად მონაცემს, რის საფუძველზეც პროგრამა ყოველ ჯერზე თავიდან აწყობს გამოსახულებას, ამიტომ მეხსიერების მოცულობა გაცილებით მცირეა წერტილოვან გრაფიკასთან შედარებით. დასკვნა: ვექტორული გრაფიკა ძალიან ეკონომიური კოდირების მეთოდია. მითუმეტეს თუ გავითვალისწინებთ, რომ ფაილს არც ფერთა მახასიათებლების აღწერა ზრდის ძალიან.
- ტრანსფორმაციის თავისუფლება. ვექტორული გამოსახულება შეიძლება მოვაბრუნოთ, დავხაროთ, ვცვალოთ მისი მასშტაბი და ამით გამოსახულების ხარისხი არ შეიცვლება.
- აპარატული დამოუკიდებლობა. ვექტორული გრაფიკა "მუშაობს" იდეალურ ობიექტებთან, რომლებიც თვითონ ეთანადებიან ცვლილებებს: შეიძლება არც ვიცოდეთ, რომელი ინსტრუმენტებისთვის მზადდება ესა თუ ის დოკუმენტი. ვექტორული გრაფიკა მაქსიმალურად იყენებს ნებისმიერი გარე მოწყობილობის შესაძლებლობებს. გამოსახულება ყოველთვის ისეთი

ხარისხის იქნება, რა შესაძლებლობაც აქვს კონკრეტულ მოწყობილობას.

ვექტორული გრაფიკის ნაკლოვანებები

- პროგრამადამოკიდებულება. ყოველი პროგრამა ბეზიეს მრუდებს აგებს საკუთარი ალგორითმის მიხედვით. (მაგალითად, პროგრამა CorelDraw-ს ფორმატი .cdr არ არის აღწერილი და არასტანდარტულია). სმირად საჭირო ხდება კონვერტირება. ყოველი პროგრამა ინახავს მონაცემებს თავის საკუთარ ფორმატში, ამიტომ ერთ ვექტორულ რედაქტორში შექმნილი გამოსახულება, როგორც წესი, არ კონვერტირდება მეორე პროგრამის ფორმატში ცდომილების გარეშე.
 - გამოსახულების ვექტორული პრინციპით აღწერის სირთულე გრაფიკული ინფორმაციის შეტანის ავტომატიზებისა და სკანერის ტიპის მოწყობილობის კონსტრუირების საშუალებას არ იძლევა.
 - ვექტორული გრაფიკა მართლაც შეზღუდულია წმინდა მხატვრულ საშუალებებში და არ არის განკუთვნილი ფოტორეალისტური გამოსახულების შესაქმნელად.
- კომპიუტერული გრაფიკის ასეთი ზოგადი დახასიათების ფონზე შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ვექტორული და რასტრული გრაფიკის გონივრული შეთანხმებით შეიძლება მივაღწიოთ საუკეთესო რეზულტატებს.

2. შერი და შერთა მოღელები.

2.1. შერთა თეორიის ელემენტები

ვისაუბროთ შერზე. ადამიანის ცხოვრება შერების გარეშე ძალიან მოსაწყენი და, ალბათ წარმოუდგენელიც იქნებოდა. თანამედროვე კომპიუტერული სისტემები საშუალებას იძლევა შევქმნათ შერადი გამოსახულება მკაფიო და ცოცხალი შერებით და გადავცეთ რამდენიმე ათეული მილიონი შერის ტონი. ხელოვანისათვის შერთან მუშაობა კომპიუტერზე დიდი სიამოვნებაა. მითუმეტეს, რომ თანამედროვე გრაფიკულ პროგრამებში მარტივად ხდება შერების სინთეზი და მრავალრიცხოვანი ეფექტის გამოყენება, რაც ქმნის ამოუწურავი შესაძლებლობების შეგრძნებას. თუმცა ეს ყველაფერი არც ისე მარტივია და შერთა შესაძლებლობებიც უსახდგრო არ არის. არსებობს შერთა ტონები რომელთა სინთეზიც, მაგალითად დისკლეის ეკრანზე და შემდგომ შერად პრინტერზე გამობეჭდვა, პრინციპში შეუძლებელია. რასაც ვერ ვიტყვიტ მხატვრის ტილოზე, აქ ყველაფერი შესაძლებელია.

თუ გვინდა კომპიუტერული გრაფიკის შესწავლა, აუცილებლად უნდა ვიცოდეთ თანამედროვე კომპიუტერის შესაძლებლობები და შეზღუდვები შერებთან დაკავშირებით.

შერთა თეორიის ელემენტები

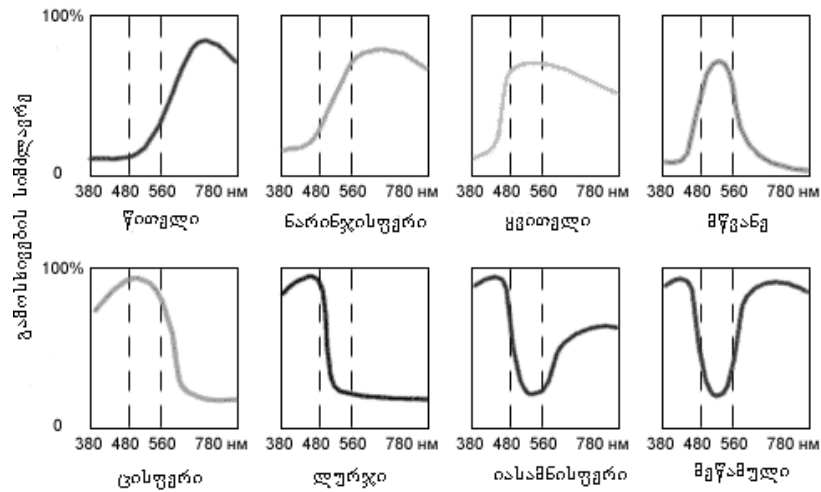
შერთა თეორია ძალიან დიდი და რთული მეცნიერებაა. შერს სწავლობს როგორც ფიზიკოსი, ისე ფსიქოლოგი, ექიმი და ინჟინერი. ჩვენც განვიხილოთ შერი და თანაც

მხოლოდ კომპიუტერული გრაფიკისთვის საინტერესო და მნიშვნელოვანი კუთხით.

ალბათ ყველასათვის ცნობილია, რომ ნებისმიერი შერი შეიძლება წარმოვიდგინოთ სამი ძირითადი (ან დამატებითი) შერის შერევით. მაგალითად, შერად ფოტოგრაფიაში ყველაზე ხშირად იყენებენ სამფენა ფოტოემულსიას (ცისფერი, მეწამული და ყვითელი). შერად ტელევიზორში კი სამი ტიპის ლუმინოფორს - წითელს, მწვანესა და ლურჯს. ისმის კითხვა: სამყაროში არსებულ შერთა წარმოდგენისთვის რატომ არის საკმარისი სამი ძირითადი შერი? ეს კითხვა კიდევ უფრო საინტერესო ხდება, თუ გავიხსენებთ ფიზიკის იმ ნაწილს, რომელსაც ოპტიკა ჰქვია. ფიზიკა ხილულ შერს განიხილავს როგორც ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას, ეგრეთ წოდებულ ხილვად დიაპაზონში – ტალღის სიგრძე 380-დან 780 ნმ-მდე. თუ ათვლას დავიწყებთ ამ დიაპაზონის ბოლოდან, შერები ისე განაწილდება, როგორც ცისარტყელაში წითელი, ნარინჯისფერი, ყვითელი, მწვანე, ცისფერი, ლურჯი და იასამნისფერი.

რეალური სინათლის წყარო იშვიათად ასხივებს მხოლოდ ერთი რომელიმე სიგრძის ტალღის სინათლეს (ასეთი სინათლის წყაროს “მონოქრომატული” სინათლის წყარო ეწოდება). ჩვეულებრივ წყაროს გამოსხივება შეიცავს სხვადასხვა სიგრძის ტალღებს. ასეთი წყაროს გამოსხივება ხასიათდება, ეგრეთ წოდებული **სპექტრული განაწილებით**, რაც გვიჩვენებს, თუ კონკრეტული სიგრძის მქონე ტალღის, რამდენი გამოსხივება მონაწილეობს მოცემული წყაროს გამოსხივებაში. მე-3 სურათზე

ნაჩვენებია ფერადი სინათლის წყაროს ზოგიერთი ტიპობრივი სპექტრული განაწილება.



სურ.3.

სხვადასხვა ფერის მნათი სხეულის გამოსხივების სპექტრული განაწილება

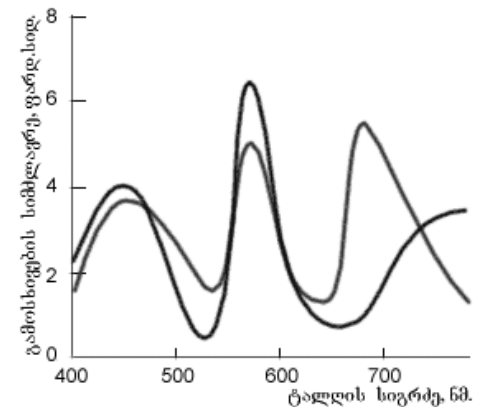
ნებისმიერი სინათლის წყარო ხასიათდება საკმაოდ რთული სპექტრული შედგენილობით, რაც აღიწერება ფუნქციით – სპექტრული განაწილება. რადგან გვაქვს ფუნქცია, ცხადია, რომ წყაროს აღწერისთვის ზოგადად მოცემული უნდა იყოს ურიცხვი რაოდენობის პარამეტრი, როგორცაა გამოსხივების სიმძლავრე ტალღის ყოველი სიგრძისთვის. როგორ მოვიქცეთ?

სინამდვილეში, თუ პრობლემას განვიხილავთ არა ზოგადად ფიზიკის თვალსაზრისით, არამედ როგორც ადამიანის მიერ წყაროს ფერის აღქმის ფაქტს, მაშინ სიტუაცია არცთუ მძიმე აღმოჩნდება. ფერის აღქმასთან

დაკავშირებით ჩატარდა ფიზიკური და ფსიქოფიზიოლოგიური გამოკვლევები, რის შედეგადაც აღმოჩნდა ორი ძალზე მნიშვნელოვანი ექსპერიმენტული ფაქტი:

1. თუ წყაროები სხვადასხვა ფერის სინათლეს ასხივებს, მაშინ მათი სპექტრული შედგენილობა უეჭველად სხვადასხვაა.
2. მეორე მხრივ, სულაც არ არის აუცილებელი რომ ერთი ფერის სინათლის გამომსხივებელ წყაროებს, ერთნაირი სპექტრული შედგენილობა ქონდეთ.

მაგალითად, მე-4 სურათზე გამოსახულია ორი წყაროს სპექტრი. როგორც ვხედავთ, მათი სპექტრული შედგენილობა სხვადასხვაა. თუმცა, თუ მათ ერთად მოვათავსებთ, ერთნაირ ფერს დავინახავთ. ამავე დროს, ფიზიკური ხელსაწყო, რომელიც ზომავს სპექტრულ შედგენილობას, ერთმნიშვნელოვნად აჩვენებს, რომ შედგენილობები განსხვავდება.



სურ. 4.

ორი წყაროს სპექტრული შედგენილობა, რომელსაც თვალი ერთ ფერად აღიქვამს

აქედან გამომდინარე, ადამიანის თვალის ვერ აღიქვამს სინათლის წყაროს სპექტრული შედგენილობის ყველა ნიუანსს. ის როგორღაც ასაშუალოებს ფერებს. ეს იძლევა იმედს, რომ ადამიანის მიერ აღქმულ ფერთა აღწერისთვის, შეიძლება ნაკლები რაოდენობის პარამეტრების გამოყენება.

სინამდვილეში, ჯერ კიდევ გასულ საუკუნეში გერმანელმა მათემატიკოსმა გრასმანმა ფერთა შერევისას ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე ჩამოაყალიბა სამი კანონი.

1. ნებისმიერი ოთხი ფერი წრფივ დამოკიდებულებაშია. ე.ი. ნებისმიერი ფერი შეიძლება გამოვსახოთ სამი წრფივად დამოუკიდებელი ფერის წრფივი კომბინაციით (შერევით). წრფივად დამოუკიდებელი ფერების რიცხვს მიეკუთვნება მაგალითად, წითელი, მწვანე და ლურჯი ან ყვითელი, ცისფერი და მეწამული. არსებობს წრფივად დამოუკიდებელი ფერების მთელი სიმრავლე. გრასმანის პირველი კანონიდან გამომდინარეობს, რომ **ფერთა სივრცე სამგანზომილებიანია.**
2. თუ სამი ფერის შერევისას ერთი-ერთი (ან მეტი) უწყვეტად იცვლება, მაშინ მიღებული ნარევის ფერიც უწყვეტად ცვლადი იქნება. ე.ი. არ არსებობს რაიმე იზოლირებული ფერი, რომელიც არ შეერევა სხვა შესარევ ფერებს. მეორე კანონიდან გამომდინარეობს, რომ **ფერთა სივრცე უწყვეტია.**
3. შერევის შედეგად მიღებული ფერი დამოკიდებულია მხოლოდ შესარევი კომპონენტების ფერზე, და არა მათ სპექტრულ შედგენილობაზე. ამ კანონიდან

გამომდინარეობს, რომ თუ არსებობს ორი, ვიზუალურად ერთნაირი, მაგრამ სხვადასხვა სპექტრული შედგენილობის ფერი, მაშინ მათი მესამე ფერთან შერევის რეზულტატი ორივე შემთხვევაში ერთნაირი იქნება. ე.ი. **ფერების შერევისას მნიშვნელოვანია თვითონ ფერი, და არა წყაროს სპექტრული შედგენილობა.**

ამრიგად, გრასმანის კანონებიდან გამომდინარეობს, რომ ნებისმიერი ფერი შეიძლება აღვწეროთ სულ სამი პარამეტრით. ამ ფაქტზე არის დამყარებული თანამედროვე ტექნოლოგიების – ტელევიზიის, კომპიუტერის დისპლეის, ფერადი ბეჭდვისა და სხვათა მუშაობა.

რა არის ამ არაჩვეულებრივი ექსპერიმენტული ფაქტის მიზეზი? მიზეზი ადამიანის თვალის ბადურის აგებულებაშია. ბიოლოგიიდან ცნობილია, რომ ბადურის ფოტომგრძობიარე ელემენტებია ჩხირები და კოლბები. ჩხირებს არ ახასიათებს ფერზე მგრძობიარობა და უზრუნველყოფს მხოლოდ ბინდის მონოქრომატულ მხედველობას. კოლბები კი ფერისადმი მგრძობიარეა და თავის მხრივ სამი ტიპისაა: კოლბები წითელ, მწვანე და ლურჯ არეში მაქსიმალური მგრძობიარობით. ერთი ტიპის კოლბების ამორჩევითი აღზნებისას წარმოიშობა გაჯერებული ფერების შეგრძნება, შესაბამისად წითლის, მწვანისა ან ლურჯის. თუ სხვადასხვა ტიპის კოლბების აღზნება ხდება თითქმის ერთნაირი სინათლის დაცემით, მაშინ თვალი ხედავს აქრომატულ (ე.ი. შეუღებავ, ნაცრისფერ) ფერს, ხოლო თუ

სხვადასხვანაირი სინათლის დაცემა ხდება, მაშინ ჩნდება ფერის შეგრძნება.

ვინაიდან ადამიანს სამივე ტიპის რეცეპტორები აქვს, ამიტომ ნებისმიერი ფერადონების შეგრძნება განპირობებულია მხოლოდ შესაბამისი რეცეპტორების სიგნალთა თანაფარდობით. ე.ი. რეცეპტორები (კოლებები) გამოსხივების სპექტრული მახასიათებლების ერთგვარ გასაშუალოებას ახდენენ. ფერთა სივრცის სამგანზომილებიანობა კი სუბიექტური ფაქტია და განპირობებულია ადამიანის თვალის თავისებურებებით. როგორც ჩანს, რეალური სამყარო გაცილებით უფრო რთული და ფერადოვანია, ვიდრე ჩვენ მას ვხედავთ!

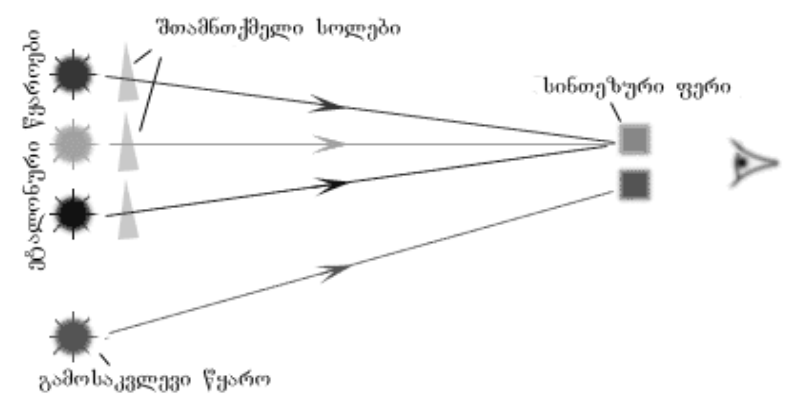
ნებისმიერი ფერი, რომელსაც ადამიანის თვალი არჩევს, შეიძლება განვიხილოთ როგორც სამი დამოუკიდებელი (ე.ი. რომელიც არ არის სხვა ორის ჯამი) ფერის ჯამი, ვინაიდან ადამიანის თვალის რეცეპტორები სამ ფერზეა მგრძობიარე და “ასაშუალოებს” სინათლის წყაროს სპექტრულ მახასიათებელთა ნიუანსებს.

2.2. ფერთა შერევის ხარხები და ფერთა მოღეუბი

2.2.1. ადიტიური მეთოდი. RGB მოღეუბი

ახლა უკვე გასაგებია, თუ როგორ შეიძლება სამი ძირითადი ფერით სხვადასხვა ფერის მიღება. ავიღოთ სამი ფერის (წითელი, მწვანე და ლურჯი) სინათლის წყარო რომელთა სიკაშკაშეც შეიძლება ვარგეულირით, მაგალითად, შთამნთქმელი სოლებით (სურ.5). შევურიოთ ამ წყაროთა გამოსხივებები და მივმართოთ თვალისკენ. წითელი ფერის წყარო იმოქმედებს წითელ ფერზე მგრძობიარე კოლბაზე, მწვანისა – მწვანე ფერზე

მგრძობიარეზე, ხოლო ლურჯის – ლურჯზე. თვალისათვის არავითარი მნიშვნელობა არა აქვს რეალური სინათლის წყაროს ვხედავთ თუ სამი ეტალონის ჯამურ გამოსხივებას. მთავარია, ეტალონური წყაროები შესაბამის რეცეპტორებს ზუსტად ისე ადაგზნებდნენ, როგორც რეალური წყაროს შემთხვევაში, რომ მივიღოთ ანალოგიური ფერადონების შეგრძნება.

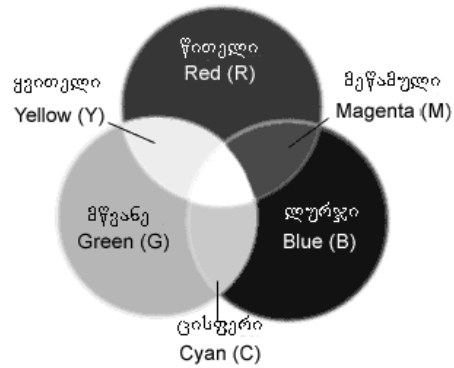


სურ. 5. ფერთა გათანაბრების სქემა

აღსანიშნავია, რომ ჩვენ ვსაუბრობთ ფერის მიღების შესახებ მნათი წყაროების გამოსხივებით. მათი გამოსხივებები იკრიბება. ამიტომ, ფერთა შერევის (სინთეზის) ასეთ სისტემას ფერთა შერევის ადიტიური სისტემა ეწოდება.

რომელი ფერი შეიძლება მივიჩნიოთ ძირითად ფერად? ეს შეიძლება იყოს ნებისმიერი დამოუკიდებელი ფერი. პრაქტიკაში ჩვეულებრივ იყენებენ სამ, ერთმანეთისგან საკმაოდ “დაშორებულ” ფერს – წითელს (Red), მწვანესა

(Green) და ლურჯს (Blue). ფერთა ასეთ მოდელს ეწოდება RGB და წარმოდგენილია მე-6 სურათზე.

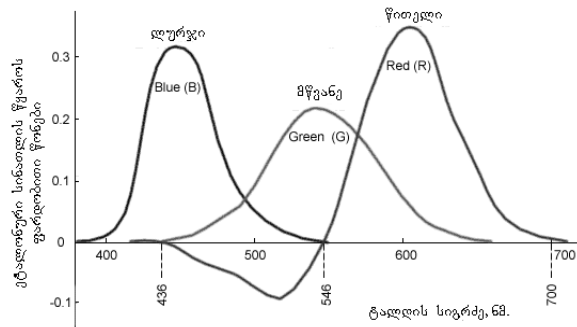


სურ. 6. ფერთა შერევის ადიტიური სისტემა. RGB ფერთა მოდელი

უკვე აღვნიშნეთ, რომ ადიტიური RGB მოდელი გამოიყენება ისეთი ობიექტისთვის, რომელიც სინათლეს ასხივებს, ე.ი. მნათი ობიექტისთვის. თანამედროვე კომპიუტერის მონიტორების უმრავლესობა ასხივებს სინათლეს, ამიტომ მათ მუშაობას საფუძვლად უდევს ადიტიური RGB სისტემა. თუ ავიღებთ ლუპას (10-ჯერადი გადიდებით) და შევხედავთ მონიტორის ეკრანს (გამოსახულების თეთრ უბნებზე), დავინახავთ ერთმანეთთან ახლოს განლაგებულ პატარა წითელ, მწვანე და ლურჯ წერტილებს. ადამიანის თვალს აქვს სივრცითი ინტეგრირების თვისება. ამის გამო (ლუპის გარეშე) ჩვენ ვხედავთ არა წითელი, მწვანე და ლურჯი წერტილების ერთობლიობას, არამედ განსაზღვრულ ფერს, რომლის მნიშვნელობაც დამოკიდებულია ამ წერტილების სიკაშკაშეთა თანაფარდობაზე.

განვიხილოთ ფერთა ადიტიური ხერხით შერევის ერთი თავისებურება. გრასმანის პირველი კანონიდან გამომდინარე, ნებისმიერი ოთხი ფერი დამოკიდებულია, ე.ი. ნებისმიერი ფერი შეიძლება გამოისახოს სამი დამოუკიდებელი ფერის საშუალებით. გამომდინარეობს თუ არა აქედან რომ ნებისმიერი ფერი, რომელსაც ადამიანის თვალი არჩევს, შეიძლება გამოისახოს RGB მოდელის ძირითადი ფერების ჯამით? – თურმე არა! დაეუბრუნდეთ მე-5 სურათზე გამოსახულ ფერთა გათანაბრების სქემას. ჩატარებული იყო ექსპერიმენტი სპექტრულად სუფთა ფერების გათანაბრებაზე. გამოსაკვლევი წყაროს სახით აღებული იყო განსაზღვრული ტალღის სიგრძის მონოქრომატული გამოსხივება. შემდეგ ექსპერიმენტატორი, ეტალონური წყაროების ფარდობითი ინტენსივობის შეცვლით, ცდილობს დაამთხვიოს სინთეზური გამოსხივების ხილვადი ფერი გამოსაკვლევი წყაროს ფერს, ე.ი. გაათანაბროს ფერები. აღმოჩნდა, რომ სპექტრის რომელიღაც უბნებისთვის ეს შეუძლებელია! ე.ი. გამოდის, რომ გრასმანის კანონები არასწორია. მაგრამ არა, აქ ყველაფერი რიგზეა. თუ გამოსაკვლევი წყაროს გამოსხივებას შევურევთ ერთ-ერთ ეტალონურ წყაროს, მაშინ ფერთა გათანაბრება შეიძლება. ამ შემთხვევაში თითქოს ვაკლებთ ერთ-ერთ ეტალონურ წყაროს სინთეზირებულ ფერს. მე-7 სურათზე გამოსახულია ამ ექსპერიმენტის შედეგი, სადაც ეტალონურ წყაროებად აღებულია მონოქრომატული წყაროები: ლურჯი - 434 ნმ, მწვანე - 546 ნმ და წითელი - 700 ნმ. გამოსაკვლევი წყაროს გათანაბრების სქემაზე ვხედავთ - ვერტიკალზე გადაზომილი ეტალონური წყაროების წილს,

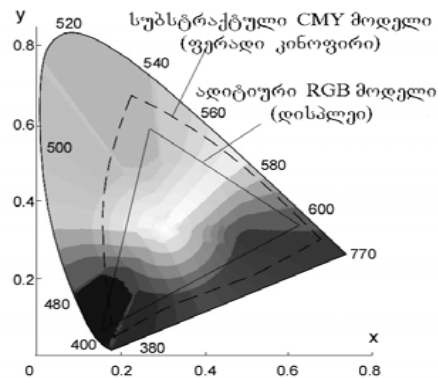
ჰორიზონტალურ დერძზე გადაზომილი ტალღის სიგრძის მიხედვით.



სურ.7.

ექსპერიმენტის შედეგები სპექტრულად სუფთა ფერების გათანაბრებისას

კერძოდ, ფერთა გათანაბრებისას ლურჯ-მწვანე ზონაში აუცილებელია გამოვავლოთ წითელი კომპონენტი! ეს იმაზე მეტყველებს, რომ თვალით აღქმული ყველა ფერი არ შეიძლება წარმოვიდგინოთ ადიტიურ RGB მოდელში.



სურ.8. განათების საერთაშორისო კომიტეტის მიერ მიღებული ფერთა დიაგრამა და RGB და CMY მოდელების მიერ წარმოდგენილი არეები

მე-8 სურათზე გამოსახულია განათების საერთაშორისო კომიტეტის მიერ მიღებული ფერთა დიაგრამა, რომელზეც მოცემულია ყველა ის ფერი, რომელსაც ადამიანის თვალი არჩევს. ამ დიაგრამაზე სამკუთხედით გამოსახულია ფერთა არე, რომელიც შეიძლება ავსახოთ მონიტორის ეკრანზე RGB მოდელით.

როგორც ჩანს, ეკრანული ფერების სიმრავლე საკმაოდ ღარიბია იმასთან შედარებით, რისი აღქმაც ადამიანის თვალს, გამოსახვა კი მხატვრის ფუნჯს შეუძლია (განსაკუთრებით ლურჯ-მწვანე არეში). ამიტომ ძალიან ძნელია (აღბათ პრაქტიკულად შეუძლებელიც) დისპლეის ეკრანზე ზუსტად ავსახოთ ზოგიერთი მხატვრული ნიმუში.

მნათ სხეულთა ფერის წარმოდგენისათვის (კერძოდ, მონიტორებისთვის) გამოიყენება ადიტიური მოდელი, რომელშიც იკრიბება RGB -ს ძირითადი ფერები. მაგრამ, ადამიანის თვალით აღქმული ყველა ფერის წარმოდგენა ამ მოდელში ვერ ხერხდება.

2.2.2. სუბტრაქტული მეთოდი. CMYK მოდელი

მონიტორის ეკრანიდან ფერადი გამოსახულების გადატანა ხშირად ქაღალდზე გვიწევს. ფერადი სურათის მიღებაც მხოლოდ სამი ფერის გამოყენებით შეიძლება. მაგრამ რომელია ეს ფერები? ერთი შეხედვით შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ აქაც მართებული იქნებოდა იმავე ძირითადი ფერების (წითელი, მწვანე, ლურჯი) გამოყენება. თუმცა საქმე ასე მარტივად როდია. თუ ქაღალდს წითელი საღებავით შევვლავთ და მას

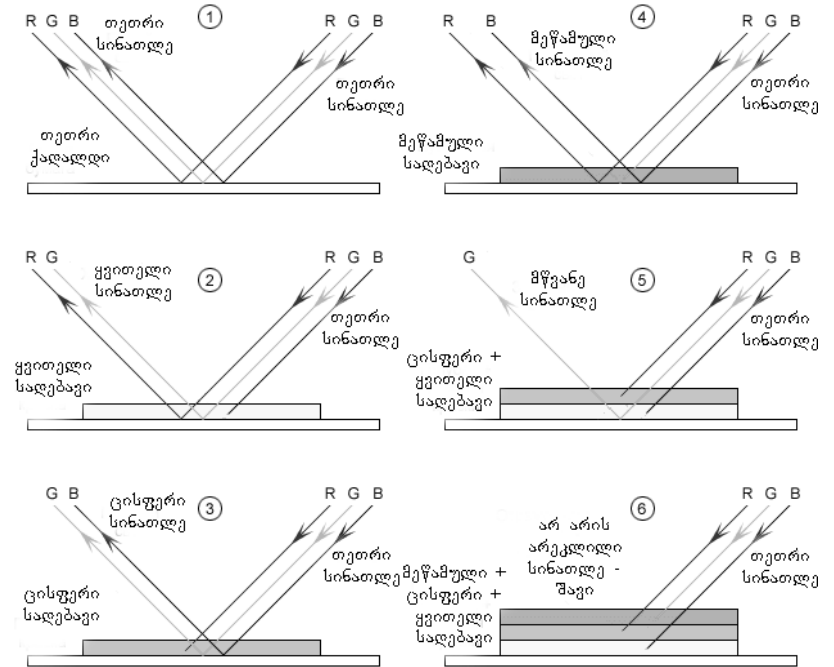
გადაუხვამთ მწვანეს, ბუნებრივი განათებისას ფერი იქნება არა ყვითელი, არამედ შავი (უფრო სწორად – მუქი ნაცრისფერი). რა არის ამის მიზეზი?

საქმე ისაა, რომ ამ შემთხვევაში ვხედავთ არა ორი წყაროს (წითლისა და მწვანის) ჯამურ გამოსხივებას, არამედ სინათლეს, რომელიც აირეკლება თეთრი ქაღალდის ზედაპირიდან და გაივლის ორ ფენა საღებავში. ვინაიდან წითელი საღებავი ატარებს თეთრი სინათლის სპექტრის მხოლოდ წითელ ნაწილს (ლურჯსა და მწვანეს შთანთქავს), ხოლო მწვანე - ანალოგიურად მხოლოდ მწვანე ნაწილს ატარებს, ამიტომ დავინახავთ შავ ფერს.

როგორ მოვიქცეთ? კიდევ ერთხელ დავაკვირდეთ მე-3 და მე-9 სურათებს. ჩვენ ვხედავთ, რომ ყვითელი ფერი შედგება წითლისა და მწვანისაგან, ე.ი. ყვითელი საღებავი უნდა ატარებდეს თეთრი ფერის წითელ და მწვანე კომპონენტებს, ხოლო შთანთქავდეს ლურჯს (სურ.9.2). ანალოგიურად, ცისფერი საღებავი ატარებს ლურჯსა და მწვანე კომპონენტებს (სურ.9.3), ხოლო მეწამული – წითელსა და ლურჯს (სურ.9.4).

თუ ქაღალდზე ერთნაირი პროპორციით დავიტანთ ცისფერ და ყვითელ საღებავებს (სურ.9.5), მივიღებთ მწვანე ფერს, რადგან ცისფერი საღებავი გაატარებს ლურჯსა და მწვანე სინათლეს, ხოლო ყვითელი – მხოლოდ მწვანეს, ლურჯს კი შთანთქავს. შედეგად გაივლის სპექტრის მხოლოდ მწვანე კომპონენტი.

ახლა თუ ქაღალდზე დავიტანთ სამ ფენა საღებავს – ყვითელს, ცისფერსა და მეწამულს (სურ.9.6), მაშინ თეთრი ფერის ყველა კომპონენტი შთანთქმება შესაბამის ფენებში და ჩვენ საერთოდ ვერ დავინახავთ არეკლილ სინათლეს, ე.ი. დავინახავთ შავ ფერს.



სურ. 9.

ფერთა შერევის სუბტრაქტული სისტემა

ამრიგად, ქაღალდზე ფერადი გამოსახულების მისაღებად სინათლის წყაროთა გამოსხივება არ იკრიბება, პირიქით – იგი შთანთქმება ფერადი საღებავის ფენაში. ამიტომ ფერთა შერევის ამ სისტემას **სუბტრაქტული სისტემა**

ეწოდება. ამ სისტემისთვის უკვე იყენებენ არა RGB მოდელის ძირითად ფერებს, არამედ ე.წ. დამატებით ფერებს – ცისფერს, მეწამულსა და ყვითელს.

სინამდვილეში, თანამედროვე ფერად პრინტერებსა და პლოტერებში, როგორც წესი იყენებენ მინიმუმ ოთხ ფერს: ემატება სუფთა შავი ფერი. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ იდეალური საღებავი (ე.ი. სინათლის მოცემული სპექტრული დიაპაზონის სრული შთანთქმა) არ არსებობს. ამიტომ, სამი რეალური საღებავის (ცისფერი, მეწამული და ყვითელი) შერევისას ვღებულობთ არა შავს, არამედ ჭუჭყიან ნაცრისფერს, მწვანე ან ყავისფერი შეფერილობით. რის გამოც გამოსახულების მუქი ნაწილების ბეჭდვისას ემატება შავი საღებავი.

პრინტერისთვის (პოლიგრაფია, კინო) იყენებენ ფერთა სინთეზის სრულიად განსხვავებულ პრინციპს – სუბტრაქტულს. ამ შემთხვევაში თეთრ ფერს “აკლდება” ფერები. ძირითად ფერებად ამ სისტემაში იგულისხმება – ცისფერი, მეწამული და ყვითელი (CMY). პრინტერში ხშირად უმატებენ კიდევ მეოთხე ფერს – შავს. ამიტომ მას CMYK სისტემა ეწოდება.

3. რასტრული ბრაზიკა. ციფრული გამოსახულება

განვიხილოთ რასტრული გრაფიკის ძირითადი ცნებები: დისკრეტული რასტრული სივრცის სტრუქტურა, მისი განზოგადება და ძირითადი ოპერაციები, რომელიც მასზე შეიძლება ჩატარდეს. ეს თემა ძალიან მნიშვნელოვანია – იგი საშუალებას იძლევა ადვილად გავერკვეთ რასტრული გრაფიკის თანამედროვე პროგრამების მრავალ ფუნქციაში. რასტრული სივრცის გარდაქმნათა ძირითადი კლასები არც ისე ბევრია, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, მათი პარამეტრების შერწყმა და ვარირება ბადებს მხატვრული ეფექტების კოლოსალურ რიცხვს, მათში გარკვევა კი არც ისე მარტივია.

რასტრის სტრუქტურის და მისი გარდაქმნის პრინციპების ცოდნა საშუალებას გვაძლევს არა მარტო გავერკვეთ გრაფიკულ პროგრამათა შესაძლებლობებში, არამედ შევქმნათ ახალი ეფექტები, მითუმეტეს, რომ თანამედროვე გრაფიკული პროგრამები ამის საშუალებას იძლევა.

3.1. დისკრეტული სიბრტყე (რასტრი), პიქსელები. სივრცული გადაწყვეტა

პირველი ცნება, რომელიც უნდა განვიხილოთ, არის **რასტრი**, რასტრის თავისებურება მისი დისკრეტული ბუნებაა. თუ ქაღალდის ფურცელი შეგვიძლია უწყვეტ სივრცედ ჩავთვალოთ, რასტრული დისკრეტის ეკრანზე ამას ვერ ვიტყვით. დისკრეტულობა, საფუძვლად უდევს მის მუშაობას – რასტრული გამოსახულება ერთნაირი უჯრედებისაგან შედგენილი ორგანიზმივითიანი მატრიცაა. ყოველ უჯრედს თავისი ფერი აქვს. თუ უჯრედები ბევრია, ზომა კი – საკმაოდ მცირე, მაშინ

თვალი დისკრეტულ რასტრულ გამოსახულებას აღიქვამს როგორც უწყვეტს.

ერთი შეხედვით რასტრი ძალიან უბრალო მოდელია, მაგრამ, მას უზარმაზარი ინფორმაციული ტევადობა აქვს. შევაფასოთ ეს თვისება – განვსაზღვროთ იმ გამოსახულებათა რაოდენობა, რომლებიც შესაძლოა წარმოვიდგინოთ არცთუ ისე დიდი რასტრით – მატრიცა 256X256 უჯრედით. დაუშვათ რასტრის ყოველ უჯრედს შეუძლია მიიღოს მხოლოდ 32 ნაცრისფერი გრადაციის ფერი (შავიდან თეთრამდე). ეს საკმარისია იმისათვის, რომ წარმოვიდგინოთ საშუალო ხარისხის გამოსახულება ნახევარტონებში, მაშინ ამ მატრიცით აღწერილი შესაძლოა სურათების რაოდენობა ტოლი იქნება $32^{256 \times 256} = 32^{65536} \approx 10^{98645}$ ვარიანტისა.

თუ გავიაზრებთ, რომ ეს არის რიცხვი, რომელშიც თითქმის ასი ათასი ნულია, მივხვდებით, რომ პატარა რასტრული მატრიცა მართლაც საოცარი ტევადობისაა და დიდ პატივისცემას იმსახურებს.

გავიხსენოთ, რომ რასტრული გამოსახულების უმცირესი ელემენტი ორგანზომილებიან რასტრულ მატრიცაში არის პიქსელი, რომელიც ღებულობს სხვადასხვა ფერს, გამჭვირვალობას და სხვა. ასევე აღვნიშნეთ, რომ “თუ პიქსელი ბევრია, მათი ზომა კი – საკმაოდ პატარა”, მაშინ გამოსახულება უწყვეტი ჩანს. გავერკვეთ, რას ნიშნავს “ბევრი” და “საკმაოდ პატარა”.

ციფრული გამოსახულების ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი მახასიათებელია მისი ზომა პიქსელობით. ის შეიძლება ნებისმიერი იყოს, მაგრამ თანამედროვე

დისპლეიში მიღებულია შემდეგი თანაფარდობები: 640x480, 800x600, 1024x768, 1152x864, 1280x1024, 1600x1200 და მეტი. პირველი ციფრი სიგანეა, მეორე – სიმაღლე. ეს მახასიათებელი საშუალებას იძლევა მარტივად შევაფასოთ სურათის დამახსოვრებისთვის საჭირო მეხსიერების რაოდენობა, მაგრამ გამოსახულების ვიზუალური აღქმის ხარისხის შეფასებისთვის არ გამოდგება. მართლაც, თუ სურათს 800x600 შევხედავთ 14" მონიტორზე, ის ნორმალურად მოგვეჩვენება, ხოლო თუ 21" მონიტორზე შევხედავთ სურათის ხარისხი აშკარად გაფუჭდება. ამიტომ საჭიროა მახასიათებელი, რომელიც შეაფასებს პიქსელების რაოდენობას ერთეულოვან სიგრძეზე – ციფრული გამოსახულების სივრცითი გადაწყვეტა ან უბრალოდ **გადაწყვეტა**. მონიტორისთვის ძირითადად იყენებენ ერთეულს – პიქსელი/დუიმზე (ppi - pixel per inch), ხოლო პრინტერისთვის წერტილი/დუიმზე (dpi - dots per inch).

რასტრული მოწყობილობის გადაწყვეტა მისი უმნიშვნელოვანესი მახასიათებელია, ამიტომ საჭიროა კარგად წარმოვიდგინოთ ეს საზომი ერთეული, რათა კონკრეტული სამუშაოს დროს შევძლოთ საჭირო გადაწყვეტის ამორჩევა.

რასტრული გამოსახულების მოჩვენებითი უწყვეტობა აიხსნება ადამიანის თვალის სივრცითი ინტეგრაციით – აერთიანებს მცირე ღებულებებს და აფიქსირებს მცირე უბნების მხოლოდ ჯამურ ინტენსივობას. მაგალითად, ნორმალური მანძილის დროს, უბანი, სადაც თვალი ასრულებს სივრცით ინტეგრაციას, 0.5x0.5 მმ² რიგისაა. ერთი შეხედვით შეიძლება მოგვეჩვენოს, რომ გადაწყვეტა

2 პიქსელი მილიმეტრზე ანუ 51 dpi საკმარისია, მაგრამ სინამდვილეში ეს ხარისხი მხოლოდ გაზეთის დასაბეჭდად გამოდგება. მაგალითად, წიგნის ბეჭდვისას იყენებენ 75 dpi რიგის გადაწყვეტას, ხოლო მხატვრული ჟურნალის მაღალხარისხიანი ბეჭდვისას 150-200 dpi და ზოგჯერ მეტსაც.

კომპიუტერის მეხსიერებაში არსებული რასტრული გამოსახულების გადაწყვეტა გაცილებით მაღალი უნდა იყოს ნაბეჭდი სურათის გადაწყვეტაზე, რადგან მათ სხვადასხვა მოთხოვნა წაეყენებათ. სურათის სკანერება და დამუშავება მაღალი გადაწყვეტით უნდა სრულდებოდეს. მართლაც, პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ თუ დასკანერებულ სურათს იგივე გადაწყვეტით დავბეჭდავთ, სურათები ბუნდოვანი გამოვა, ამიტომ პოლიგრაფიაში იყენებენ კიდევ ერთ პარამეტრს, ე.წ. მასშტაბურ კოეფიციენტს SF (Sampling Factor), რომელიც გვიჩვენებს რამდენჯერ მეტია დასკანერებული სურათის გადაწყვეტა (გრაფიკული გადაწყვეტა) საბეჭდი მოწყობილობის გადაწყვეტაზე. მაგალითად, თუ ვბეჭდავთ 300 dpi სურათს მოწყობილობაზე, რომლის გადაწყვეტაა 150 lpi, მაშინ SF=2. პრაქტიკაში სრულიად დასაშვებია ხარისხი მიიღება როდესაც SF=1.5 და მეტს. ამრიგად, საშუალო ხარისხის მისაღებად, გრაფიკული გადაწყვეტა უნდა იყოს 100-150 dpi, ხოლო მაღალი ხარისხის გამოსახულების მისაღებად 200-300 dpi.

ყოველთვის გვგონია, რომ უნდა ავიღოთ რაც შეიძლება მაღალი გადაწყვეტა. ზოგადად ეს ასეა, მაგრამ თანამედროვე ძლიერი კომპიუტერული სისტემების რეალური შესაძლებლობებიც კი ზღუდავს ასეთ

მოქმედებებს. იმისათვის, რომ ვიგრძნოთ ეს შეზღუდვები, განვიხილოთ ერთი ტიპობრივი მაგალითი. ვთქვათ, ვამუშავებთ ჟურნალის ერთ გვერდს, რომლის ზომაა 10X12 დუიმი. გადაწყვეტა კი – 300 dpi ე.ი. რასტრის ზომაა 3000X3600 = 10 800 000 პიქსელი. ყოველი პიქსელი იკავებს მეხსიერების 3 ბაიტს, ფერთა დაშლის შემდეგ კი – 4 ბაიტს. ამიტომ, სურათის დამახსოვრებისთვის საჭიროა 30-40 მგბ. ამასთან, უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ისეთი გრაფიკული პროგრამების მუშაობისას, როგორცაა Photoshop-ი, აუცილებელია როგორც წესი, ხუთმაგი გრაფიკული ბუფერი, რადგან ბევრი ოპერაცია ითხოვს დროებითი მონაცემების შენახვას. ცხადია, ასეთ შემთხვევებში ყოველთვის უნდა ვეძებოთ გონივრული კომპრომისი გამოსახულების ხარისხსა და აპარატურის შესაძლებლობებს შორის.

ციფრული გამოსახულების მნიშვნელოვანი მახასიათებელია გადაწყვეტა. ის იზომება ppi და dpi ერთეულებით. ჩვეულებრივი ბეჭდვისას ვიყენებთ 75 dpi, მაღალი ხარისხისას -150 dpi. გადაწყვეტის ამორჩევა განისაზღვრება კონკრეტული ამოცანით და ხშირად გონივრული კომპრომისია სასურველ ხარისხსა და მოწყობილობათა შესაძლებლობებს შორის.

3.2. პიქსელთა მნიშვნელობები, ფერთა გადაწყვეტა

განვიხილოთ რასტრული მატრიცის ფერთა გადაწყვეტა. ციფრული გამოსახულების ყოველ პიქსელს აქვს რაღაც ფერი. ფერთა რაოდენობა, რომელიც შეიძლება პიქსელმა მიიღოს, ხასიათდება ე.წ. ფერთა გადაწყვეტით. ერთის

მხრივ რაც მეტია შესაძლო ფერები, მით უკეთესია. მეორე მხრივ რაც მეტია ფერი, მით მეტი მეხსიერებაა საჭირო გამოსახულების შესანახად. კვლავ უნდა ვეძებოთ კომპრომისი.

3.2.1. ბიტური მატრიცა

უმარტივეს შემთხვევაში პიქსელს შეიძლება მიენიჭოს მხოლოდ ორი მნიშვნელობა 1 ან 0. პიქსელის ამ ინფორმაციის შესანახად საკმარისია ერთი ბიტი, ამიტომ გაჩნდა ცნება “ბიტური მატრიცა”. რასტრული ეკრანის შემთხვევაში 1 განათებულ რასტრს შეესაბამება, ხოლო 0 – ჩაბნელებულს. რასტრულ მოწყობილობებში, მაგალითად, ლაზერული ან ჭავლური პრინტერი, კი პირიქით, 1 ნიშნავს დასმულ წერტილს, ხოლო 0 – ცარიელ ადგილს. პროგრამა Photoshop–ში ამ რეჟიმს “bitmap”-ი ეწოდება.

იმისათვის, რომ წარმოვიდგინოთ მეხსიერების რა მოცულობაა საჭირო ამა თუ იმ გამოსახულების დამახსოვრებისათვის, ჩავატაროთ მარტივი გამოთვლები. ვთქვათ, გვაქვს ბიტური მატრიცა რომლის ზომაა 1024x768. ასეთი მატრიცის დამახსოვრებას სჭირდება: $1024 * 768 = 786\ 432$ ბიტი. ყოველ ბაიტში 8 ბიტია, ე.ი. $786\ 432 / 8 = 98\ 304$ ბაიტი. ან $98\ 304 / 1024 = 96$ კილობაიტი მეხსიერება.

3.2.2. გამოსახულება ნახევარტონებში

ახლა განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც პიქსელის მნიშვნელობა შეიძლება იყოს მთელი რიცხვი, რომელიც იცვლება გარკვეულ დიაპაზონში - 0-დან N-მდე.

რასტრული მოწყობილობის მუშაობის რეჟიმის მიხედვით ეს მნიშვნელობები სხვადასხვა ინტერპრეტაციას ღებულობენ.

თუ დისპლეი მუშაობს მონოქრომულ რეჟიმში, 0 შავი ფერია, N – თეთრი, ხოლო შუალედური მნიშვნელობები – ნაცრისფერის შუალედური გრადაციები შავსა და თეთრს შორის. პროგრამა Photoshop–ში ამ რეჟიმს უწოდებენ “GrayScale” და საკმაოდ ფართოდ იყენებენ შავ-თეთრ ნახევარტონებში სურათის დამუშავებისას. ყველაზე ხშირად იყენებენ რეჟიმს, როდესაც $N = 255$. ამ შემთხვევაში ყოველი პიქსელისთვის საჭიროა მეხსიერების ერთი ბაიტი. მაგრამ, რიგ შემთხვევებში, უფრო კომპაქტური ფაილების მისაღებად, შეიძლება საკმარისი აღმოჩნდეს ნაცრისფერის გრადაციის უფრო ნაკლები რიცხვიც.

ისმის კითხვა, ნაცრისფერი ფერის რამდენი გრადაცია უნდა გამოვიყენოთ, რომ მონოქრომატული გამოსახულების ხარისხი მისაღები აღმოჩნდეს. ბუნებრივი გამოსახულებისთვის ხშირად საკმარისია ნაცრისფერი ფერის 64 გრადაცია. 32 გრადაციის შემთხვევაში გამოსახულებაზე ჩნდება ოდნავ შესამჩნევი კონტურები – ნაცრისფერის გრადაციათა შორის გადასვლის ადგილებში. 16 და 8 გრადაციის შემთხვევაში ჩნდება მკაფიო კონტურები და გამოსახულების ხარისხიც არაღამაკმაყოფილებელია. სინთეზირებული

გამოსახულებისათვის ზოგჯერ არა თუ 64, 128 გრადაციაც არ არის საკმარისი. ამ დროს იყენებენ 256 გრადაციას.

შევაფასოთ მეხსიერების ზომა, რომელიც აუცილებელია ნაცრისფერი ფერის 256 - ტონიანი გამოსახულების დასამახსოვრებლად. ყოველი პიქსელი (256 მნიშვნელობა) – 8 ბიტი ანუ 1 ბაიტია. იმავე მატრიცის შემთხვევაში (1024x768) მივიღებთ, რომ $1024 * 768 = 786\ 432$ ბაიტი ან $786\ 432 / 1024 = 768$ კილობაიტი მეხსიერებაა საჭირო. ეს გაცილებით მეტია, ვიდრე ბიტური მატრიცა.

3.2.3. ინდექსირებული ფერი. პალიტრა

განვიხილოთ ვიდეოადაპტერის მუშაობის ფერადი გრაფიკული რეჟიმი, როდესაც პიქსელის მთელი ცხვა მნიშვნელობა განისაზღვრება არა როგორც ნაცრისფერის გრადაცია, არამედ როგორც ფერის ნომერი მოცემული პალიტრიდან. სულ ცოტა ხნის წინ, როდესაც ჯერ არ არსებობდა SVGA ადაპტერი, ეს რეჟიმი ერთადერთი იყო დისპლეის ეკრანზე ფერადი გამოსახულების მისაღებად. მას ეწოდება ინდექსირებული ფერის რეჟიმი, როდესაც ვმუშაობთ არა რეალურ ფერთან, არამედ მოცემული პალიტრის ფერის ნომერთან (ინდექსთან). პროფესიულ გრაფიკაში ეს რეჟიმი პრაქტიკულად არ გამოიყენება, თუმცა არსებობს სფეროები, სადაც მას ფართოდ იყენებენ. მიზეზი ის არის, რომ ხშირად, 256 ფერის გამოყენებით შეიძლება მივიღოთ ნორმალური ხარისხის ეკრანული გამოსახულება. ამ შემთხვევაში მოსახერხებელია ამ ფერების “ინდექსირება” და მეხსიერებაში მხოლოდ ინდექსების დამახსოვრება. ამავე დროს, ასეთი ფერადი გამოსახულების ერთი პიქსელი საჭიროებს მეხსიერების მხოლოდ ერთ ბაიტს. ასეთი წარმოდგენა მნიშვნელოვნად ამცირებს გრაფიკული

ფაილების ზომას, რაც ძალიან მნიშვნელოვანია მათი გადაცემის დროს მაგალითად ინტერნეტით.

შეფასება: თუ გამოვიყენებთ 256-ფერიან პალიტრას, მაშინ გამოსახულების (1024x768) შესანახად საჭიროა მეხსიერების იგივე ზომა რაც მონოქრომატული გამოსახულების შემთხვევაში - 768 კილობაიტი, თუ არ ჩავთვლით მეხსიერების იმ მცირე ნაწილს, რაც პალიტრის შესანახად არის საჭირო.

3.2.4. სრულფერიანი გამოსახულება

განვიხილოთ “ჭეშმარიტად ფერადი” ან “სრულფერიანი” რასტრები. ასეთი რასტრების ყოველ პიქსელში ცხადი სახით ინახება ყველა ფერადი კომპონენტი. უფრო ხშირად ეს არის RGB სისტემის ძირითადი ფერების მნიშვნელობები – წითელი, მწვანე და ლურჯი. პოლიგრაფიაში ხშირად იყენებენ სუბტრაქტულ სისტემას და ამ დროს ყოველ პიქსელში ინახება CMYK სისტემის ოთხი კომპონენტი – ცისფერი, მეწამული, ყვითელი და შავი. დაწვრილებით განვიხილოთ RGB სისტემა.

RGB სისტემის ფერადი კომპონენტების წარმოდგენისას უფრო ხშირად იყენებენ ორ რეჟიმს HiColor და TrueColor. 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 $32 * 64 * 32 = 65536$ ფერი. ჩვეულებრივ,

ბუნებრივ გამოსახულებათა უმრავლესობისათვის (ელ. ფოტო) ეს საკმარისია, მაგრამ ხელოვნური გამოსახულებისათვის არ არის საკმარისი, ამ შემთხვევაში იყენებენ TrueColor რეჟიმს.

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

შეფასება: HiColor და TrueColor რეჟიმში გამოსახულების შენახვა უფრო მეტ მესხიერებას ითხოვს. კერძოდ, 1024×768 რასტრული მატრიცისთვის HiColor რეჟიმში უკვე საჭიროა 1.5 მეგაბაიტი მესხიერება, TrueColor რეჟიმში კი – 2,25 მეგაბაიტი. დღეს ეს ციფრები არც ისე საშიშია, რადგან ბოლო წლებში დამუშავდა ციფრულ გამოსახულებათა შეკუმშვის ძლიერი ალგორითმები (მაგალითად, მეთოდი JPEG), რომელიც ფაილთა ზომის ათჯერ და ასჯერ შეკუმშვის საშუალებას იძლევა.

ციფრული გამოსახულებით მოცემული ფერთა ტონების რაოდენობა ხასიათდება ფერთა გადაწყვეტით. თანამედროვე კომპიუტერულ გრაფიკაში ჩვეულებრივ იყენებენ სხვადასხვა ტიპის რეჟიმს (ცხრილი 1).

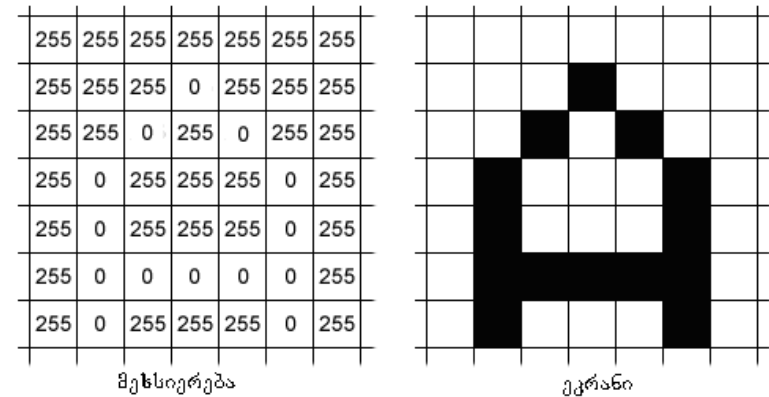
ცხრილი 1

რეჟიმის დასახელება	ბიტი/პიქსელი	მესხიერების ზომა 1024×768 პიქს. გამოსახულებისთვის
ბიტური მატრიცა	1	96K

ნახევარტონური (ნაცრისფერი) გამოსახულება	8	768K
ინდექსირებული ფერები	8	768K
HiColor რეჟიმი	16	1.5M
TrueColor რეჟიმი	24	2.25M

3.3. რასტრული სივრცის განზოგადებული მოდელი.

ენახოთ როგორ არის მოწყობილი ციფრული გამოსახულება. ნახევარტონებით გამოსახულების შინაგანი წარმოდგენა საკმაოდ მარტივია. მესხიერებაში ის შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც ბაიტების ორგანიზაციის მასივი. ყოველი ბაიტი შეესაბამება პიქსელს რომელიც ღებულობს 0-დან 255-მდე მნიშვნელობებს (სურ.10).



სურ.10.

ნახევარტონური გამოსახულების წარმოდგენა მესხიერებასა და ეკრანზე

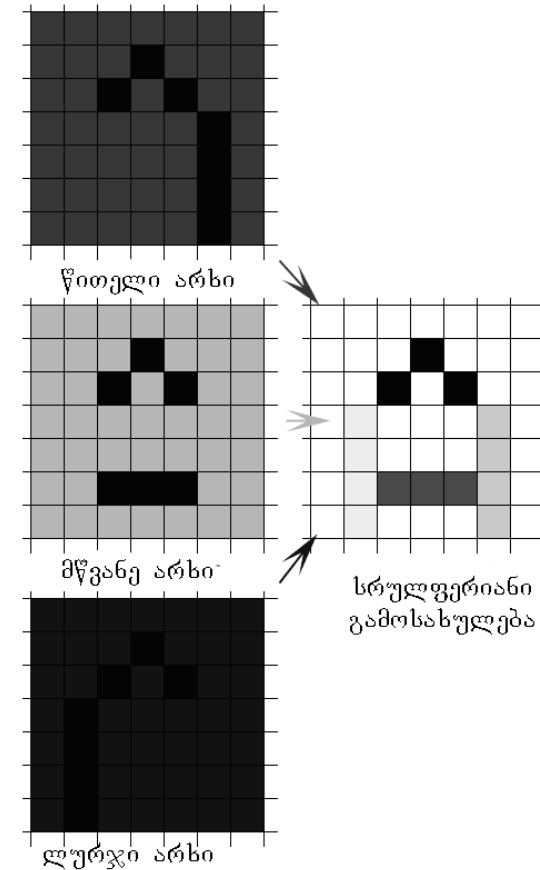
ასეთი სურათის რედაქტირებისას ვცვლით მასივის ერთი ელემენტის (ან ჯგუფის, ე.ი. გამოყოფილი უბნის) მნიშვნელობას, ხოლო პროგრამულ-აპარატული საშუალებები ამ ცვლილებას ეკრანზე ასახავენ.

3.3.1. ფერთა არხი

სირთულე იწევა სრულფერიან გამოსახულებაზე გადასვლისას. პროგრამა Photoshop-ში ასეთი გამოსახულების ყოველი პიქსელი წარმოდგენილია RGB-ს სამი რიცხვით ანუ ფერთა სივრცის სამგანზომილებიანი ვექტორით. ყოველი ფერადი კომპონენტი იცვლება 0-დან 255-მდე. ვექტორებთან მუშაობა არც ისე მოსახერხებელია, მითუმეტეს, როდესაც გაქვს არა ერთი ვექტორი, არამედ ორგანზომილებიანი ვექტორთა ველი. პროგრამა Photoshop-ში რეალიზებულია საკმაოდ მოხდენილი კონცეფცია, რომელიც ფერადი არხების შემოტანით, ფერადი ციფრული გამოსახულების თვალსაჩინო წარმოდგენის საშუალებას იძლევა. წარმოვიდგინოთ ციფრული გამოსახულება, როგორც სამფენიანი “ნამცხვარი”, რომლის ყოველი ფენა ბაიტური მატრიცაა. ყველა ეს მატრიცა ძალიან ჰგავს ნახევარტონურ გამოსახულებას. განსხვავება მხოლოდ ისაა, რომ ერთი ფენა შეესაბამება არა ნაცრისფერის გრადაციებს, არამედ წითელი ფერის სიკაშკაშეს, მეორე – მწვანისას, ხოლო მესამე – ლურჯისას (სურ. 11).

შესაძლოა გაჩნდეს კითხვა: "რას გვაძლევს ეს?". ეს ძალიან მოსახერხებელია ფერად გამოსახულებებთან პრაქტიკული მუშაობისას, განსაკუთრებით ფერთა კორექციისთვის. წარმოვიდგინოთ, რომ შესაძლებელია ყოველი ფერის არხის დამოუკიდებლად რედაქტირება.

შესაბამისი პიქსელის სიკაშკაშის ცვლილებისას შეიცვლება რეზულტატური გამოსახულების პიქსელთა ფერი. ე.ი. შესაძლებელია ფერთა ყოველი კომპონენტის



სურ. 11.
RGB-ს ფერთა არხები

დამოუკიდებლად შეცვლა გამოსახულების ნებისმიერ წერტილში.

3.3.2. ალფა-არხი

საინტერესოა კიდევ რისი წარმოდგენა შეიძლება ბაიტური მატრიცით. რასტრულ გრაფიკაში ფართოდ იყენებენ კიდევ ერთ ცნებას – ალფა-არხი, რაც ძალიან ჰგავს ნახევარტონურ გამოსახულებას. ამ მატრიცის ყოველი ელემენტი იცვლება 0-დან 255-მდე. ამ მნიშვნელობებს ასეთი ინტერპრეტაცია აქვს – შესაბამისი პიქსელების გამჭვირვალობის ხარისხი. Photoshop-ში ალფა-არხი რეალიზებულია ფენა-მასკის სახით. მნიშვნელობა 0 შეესაბამება სრულიად გამჭვირვალე პიქსელებს, ხოლო 255 – არაგამჭვირვალეს. შუალედური მნიშვნელობები შეესაბამება გამჭვირვალობის შუალედურ მნიშვნელობებს.

ყველაზე საინტერესო ის არის, რომ ფენა-მასკები (ან ალფა-არხი) ისევე რედაქტირდება, როგორც ჩვეულებრივი ნახევარტონური გამოსახულება. ხატვა, გაფერადება, მონიშვნა და სხვა. ეს საშუალებას იძლევა მივაღწიოთ საინტერესო მხატვრულ ეფექტებს, როგორცაა ერთი გამოსახულების მეორეში მდოვრედ გადასვლა ან ერთი გამოსახულების ფრაგმენტთა "გამოჩენა" მეორის ფონზე და სხვა.

3.3.3. მრავალფენიანი გამოსახულება

როდესაც ადამიანი უყურებს სურათს, მისი ტვინი აანალიზებს მას და ყოფს გააზრებულ ფრაგმენტებად, გეომეტრიულ ფიგურებად და სხვა გრაფიკულ ობიექტებად. მაგალითად, ის ადამიანის ფიგურას მომენტალურად გამოყოფს იმ ფონიდან, რომელზეც ის არის გამოსახული. ე.ი. ადამიანს შეუძლია გონებრივად

"იმუშაოს" სურათზე ალბეჯდელი გამოსახულების ცალკეულ ობიექტებთან.

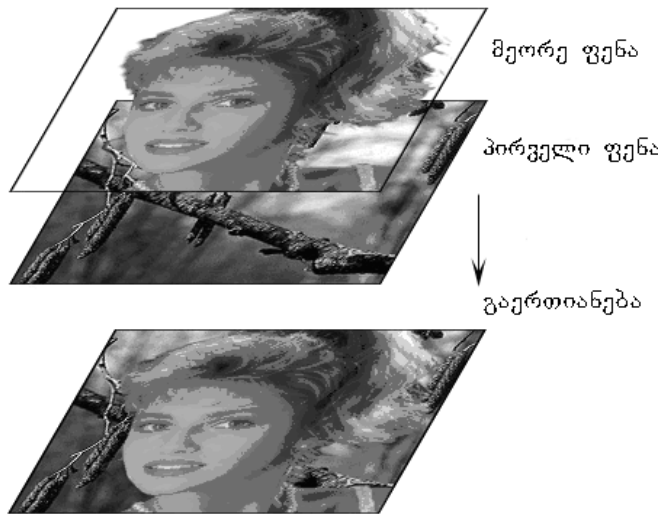
რაც შეეხება კომპიუტერს, მისთვის რასტრული გამოსახულება ერთი მთლიანი ობიექტია, იმის მიუხედავად, რა არის მასზე გამოსახული. კომპიუტერი ვერ ასხვავებს ადამიანს ფონისაგან. მისთვის არსებობს მხოლოდ სხვადასხვა ფერად შეღებილი პიქსელთა მასივი. ამიტომ რასტრულ გრაფიკასთან მუშაობისას კომპიუტერს უნდა მივუთითოთ კონკრეტულად რომელ პიქსელებთან გვინდა მუშაობა.

რასტრული გრაფიკის ეს თავისებურება ხშირად სერიოზულ პრობლემებს ქმნის. მაგალითად, ვთქვათ, გვინდა ოდნავ გავზარდოთ ან გადავაადგილოთ ადამიანის ფიგურა სურათის ფონის მიმართ. ამისათვის საჭიროა "მონიშნოთ", ე.ი. გამოვყოთ პიქსელების შესაბამისი არე და მხოლოდ ამის შემდეგ გადავაადგილოთ.

რა დაემართება ფონს იმ ადგილას, სადაც ფიგურა იყო? ან რა მოხდება თუ "მონიშნულ" ფიგურას სხვა სურათს დავადებთ? პირველ შემთხვევაში ფონის იმ ადგილზე არაფერი იქნება. მეორე შემთხვევაში კი გადატანილი ფრაგმენტი "ჩაწებდება" ახალ სურათზე და მის ქვეშ მოქცეული ნაწილის აღდგენა შეუძლებელი გახდება.

ძალიან მოსახერხებელი იქნება, თუ რასტრულ გრაფიკაში იარსებებს რაღაც, ობიექტის მსგავსი, რომელიც დამოუკიდებლად გადაადგილდება ან მასშტაბირდება. რასტრული გრაფიკის თანამედროვე პროგრამებში ეს რეალიზებულია ე.წ. ფენების საშუალებით. მრავალფენიანი ციფრული გამოსახულებები

წარმოადგენს სხვადასხვა სურათის ფრაგმენტთა დასტას, რომელიც გამჭვირვალე ფუძეზეა განლაგებული (სურ.12).



სურ.12

მრავალფენიანი ციფრული გამოსახულება

პროგრამა Photoshop-ში ფართოდ გამოიყენება მრავალფენიანი გამოსახულებები. ყოველი ფენა სრულიად დამოუკიდებელი გამოსახულებაა, და შესაბამისად რედაქტირდება პროგრამის ყველა შესაძლებელი ხერხით. დამატებით, ყოველ ფენას შეიძლება მივაწეროთ გამჭვირვალობის გარკვეული ხარისხი, ან “მივაბათ” ალფა-არხი (ფენა-მასკა) თუ გამოსახულების გარკვეული უბნების გამჭვირვალობის ხარისხი ცვალებადია. ფენების ურთიერთქმედების ასეთი მოქნილი სქემა ძალიან რთული გამოსახულებების სინთეზის ამოუწურავ საშუალებებს იძლევა.

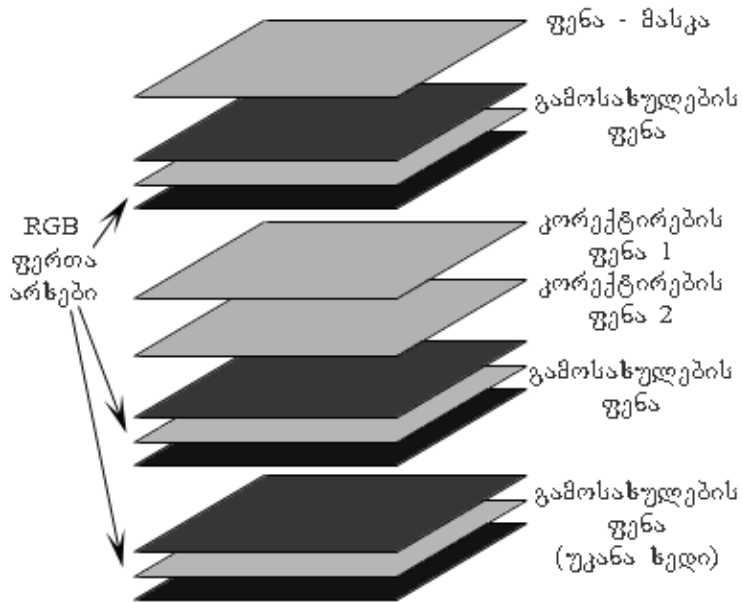
3.3.4. კორექტირებადი ფენა

კორექტირებადი ფენა ასევე ბაიტური მატრიცაა, რომლის ელემენტებიც იცვლება 0-დან 255-მდე. ამ მნიშვნელობებს ასეთი ინტერპრეტაცია აქვს – ღაფუშვით, გვინდა გავზარდოთ გამოსახულების კონტრასტი ან სიკაშკაშე. ამისთვის არსებობს შესაბამის ბრძანებათა მენიუ, მაგრამ ხშირად გვხვდება სიტუაციები, როდესაც კონტრასტი უნდა შეიცვალოს მხოლოდ გამოსახულების ნაწილში და თანაც სხვადასხვა ხარისხით. კორექტირებადი ფენების საშუალებით ამის განხორციელება შესაძლებელია. თუ შესაბამისი პიქსელი კორექტირებად ფენაში 0-ის ტოლია, მაშინ ამ წერტილში ბრძანება არ სრულდება, ხოლო თუ 255-ის ტოლია, მაშინ ბრძანება მახსიმალურად სრულდება. შუალედური მნიშვნელობები კი ნიშნავს ბრძანების შესრულების გარკვეულ შუალედურ ხარისხს.

კორექტირებადი ფენები ისევე რედაქტირდება, როგორც გამოსახულების ჩვეულებრივი ფენები და მოქმედებს ყველა იმ ფენაზე რომელიც მის ქვემოთაა მოთავსებული.

განვიხილოთ კორექტირებადი ფენის მაგალითი, რომლის შექმნაც დაკავშირებულია სიკაშკაშის ორჯერ გაზრდის ბრძანებასთან. კორექტირებადი ფენის იმ უბნებში, სადაც საერთოდ არ არის საჭირო სიკაშკაშის გაზრდა, პიქსელები შავ ფერად იღებება (მნიშვნელობა=0). იქ, სადაც საჭიროა სიკაშკაშის ზუსტად ორჯერ გაზრდა - კორექტირებადი ფენის პიქსელები თეთრ ფერად იღებება (მნიშვნელობა=255). თუ რომელიმე წერტილში საჭიროა ნახევარჯერ გაიზარდოს სიკაშკაშე – ნაცრისფერი ფერით შეიღებება (მნიშვნელობა=128) და ა.შ.

ამრიგად, რასტრული გრაფიკის თანამედროვე პროგრამებში იყენებენ ციფრული გამოსახულების საკმაოდ რთულ მოდელს. ამ მოდელს საფუძვლად უდევს ბაიტური მატრიცა, რომლის ყოველი ელემენტი დებულობს 0-დან 255-მდე მნიშვნელობებს. ციფრული გამოსახულება არის ასეთი მატრიცების “დასტა” და თითოეული მათგანი აღიქმება როგორც გამოსახულების ცალკეული ფენა. ეს ფენებია ფერადი არხები, ალფა-არხები და კორექტირებადი ფენები (სურ.13).



სურ.13.
რთული ციფრული გამოსახულების მაგალითი
ყოველი სიბრტყე ბაიტური მატრიცაა

4. ციფრული გამოსახულების ბარდაქმნა

ჩვენ განვიხილეთ რასტრული სივრცის სტრუქტურა, რაც ციფრული გამოსახულების საფუძველია. ახლა განვიხილოთ ციფრული გამოსახულების ზოგიერთი რიცხვითი მახასიათებელი, კერძოდ ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ცნება – ჰისტოგრამა. ჰისტოგრამა, გამოსახულების ინტეგრალური მახასიათებელია და საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ საწყის მოქმედებათა მიმართულება გამოსახულების დამუშავების დროს.

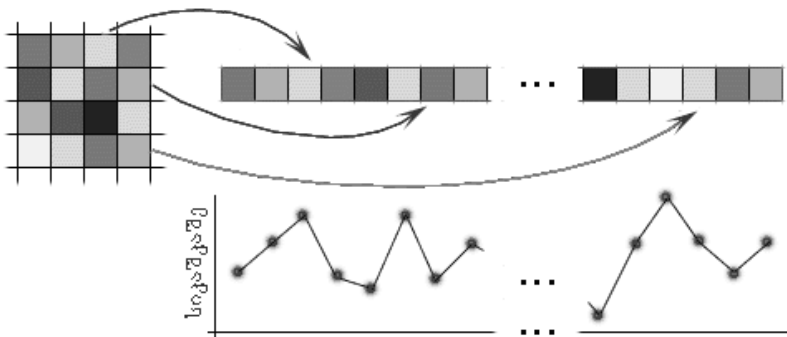
განვიხილოთ ასევე ციფრულ გამოსახულებათა გარდაქმნები. გარდაქმნები არის რასტრული გამოსახულების დამუშავების პროცესის არსი და საფუძვლად უდევს რასტრული გრაფიკის ყველა პროგრამის მუშაობას. შეიძლება ითქვას, რომ თითქმის ყველაფერი, რაც ამ პროგრამებში სრულდება, ციფრულ გამოსახულებათა გარდაქმნებია. გეომეტრიული თვალსაზრისით გარდაქმნები შეიძლება დაგვით (გარკვეული პირობითობით) სამ კლასად – წერტილოვანი, ლოკალური და გლობალური. იმის ცოდნა თუ როგორ მუშაობს გარდაქმნა, გვეხმარება იმის გარკვევაში, თუ როგორ მუშაობს გამოსახულებისა და ფილტრის დამუშავების მეთოდები.

4.1. გამოსახულების ციფრული მახასიათებლები. ჰისტოგრამა

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, რთული ფერადი გამოსახულება გამჭვირვალობის ეფექტით და კორექტირებადი ფენებით, ყოველთვის შეიძლება წარმოვიდგინოთ ბაიტური მატრიცების “დასტის” სახით. აქედან გამომდინარე ნებისმიერი გამოსახულება

შეიძლება “გაგზავლოთ” როგორც რასტრული მატრიცების ერთობლიობა, რომლის ყოველი პიქსელი ღებულობს მნიშვნელობებს 0-დან 255-მდე. ამიტომ, შემდგომში ყველა თეორიული საკითხი განიხილება ერთადერთ მოდელზე – მართკუთხა ბაიტურ მატრიცაზე.

ახლა გადავიდეთ გამოსახულების რიცხვითი მახასიათებლების განხილვაზე. პირველ რიგში გავარკვეოთ რისთვის არის ეს საჭირო. პასუხი მარტივია – გამოსახულების ობიექტური დახასიათებისთვის, მაგალითად, როგორია მისი ხარისხი. ყველაზე ხშირად იყენებენ ე.წ. სტატისტიკურ მახასიათებლებს. ასეთ შემთხვევაში გამოსახულება განიხილება როგორც რაიმე შემთხვევითი სიდიდე, რომელიც ღებულობს 0-დან 255-მდე მნიშვნელობებს და რომლისთვისაც შეიძლება გამოვთვალოთ საშუალო, საშუალოკვადრატული გადახრა, უფრო მაღალი რიგის მომენტები და სხვა (სურ.14).

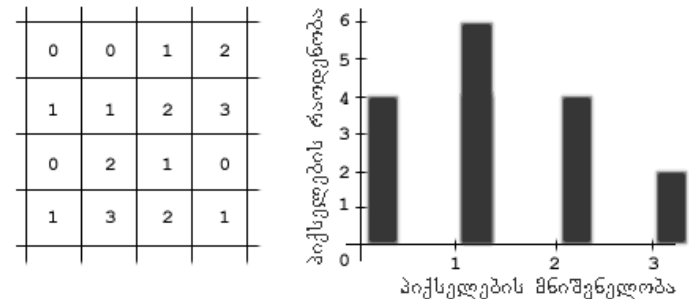


სურ.14.

ციფრული გამოსახულება როგორც შემთხვევითი სიდიდის რეალიზაცია

ერთი შეხედვით ეს შეიძლება უცნაურად მოგვეჩვენოს, მაგრამ ეს მხოლოდ ერთი შეხედვით, ვინაიდან ჩვენ ვიხილავთ სრულიად თავისუფალ გამოსახულებას და მის ყოველ პიქსელს არაფერი უშლის ხელს, მიიღოს ნებისმიერი მნიშვნელობა 0-დან 255-მდე დიაპაზონში. ამიტომ ასეთი სტატისტიკური შეფასებები სრულიად გამართლებულია.

ციფრული გამოსახულების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მახასიათებელია ჰისტოგრამა. ჰისტოგრამა შეიძლება გამოითვალოს როგორც მთელი გამოსახულებისთვის, ისე მისი რაღაც ნაწილისთვის. ჰისტოგრამა არის, გამოსახულებაში რომელიც გრადაციის ნაცრისფერი პიქსელების გამომჩენის სიხშირის, მათი სიკაშკაშის ხ მნიშვნელობაზე დამოკიდებულების გრაფიკი. ე.ი. ჰისტოგრამის ყოველი წერტილი $h = h(b)$ არის გამოსახულებაში ან მის ფრაგმენტში პიქსელების რაოდენობა, რომელთა სიკაშკაშეა b . გამოვთვალოთ ჰისტოგრამა ციფრული გამოსახულების მაგალითზე (სურ.15).



სურ.15.

ციფრული გამოსახულების ჰისტოგრამა

ვთქვათ, გამოსახულების ყოველი პიქსელი დებულობს ოთხ მნიშვნელობას (0-დან 3-მდე). მე-15 სურათზე, მარცხნივ, ნაჩვენებია ასეთი გამოსახულების მატრიცა. ჰისტოგრამის ჰორიზონტალურ ღერძზე გადადებულია 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.15 მარჯვნივ). ანალოგიურად დავითვალოთ და გამოვსახოთ პიქსელების რაოდენობა დანარჩენი - 1, 2 და 3 მნიშვნელობებისათვის. რის შედეგადაც მივიღებთ დიაგრამას, რაც ამ ციფრული გამოსახულების ჰისტოგრამაა. თუ პიქსელების რაოდენობას გამოვთვლით არა მთელი გამოსახულებისთვის, არამედ მხოლოდ ნაწილისთვის, მივიღებთ ამ უბნის ჰისტოგრამას.

რა არის ჰისტოგრამის არსი? უკვე ცხადია, რომ ჰისტოგრამა ახასიათებს გამოსახულებაში მოცემული სიკაშკაშის მქონე პიქსელების გამოჩენის სიხშირეს. თუ შევქმნით ჰისტოგრამას გამოსახულების პიქსელთა სრული რაოდენობისთვის, მაშინ მივიღებთ პიქსელთა გამოჩენის ალბათობის განაწილების შეფასებას $p(b)$ შესაბამისი b სიკაშკაშის დროს, ე.ი. $p(b) = h(b)/\text{sum}$, სადაც, sum არის პიქსელების სრული რაოდენობა გამოსახულებაში.

რას გვაძლევს გამოსახულების ჰისტოგრამის ცოდნა? პირველ რიგში ეს გვაძლევს საშუალებას გამოვთვალოთ გამოსახულების ყველა სტატისტიკური მახასიათებელი

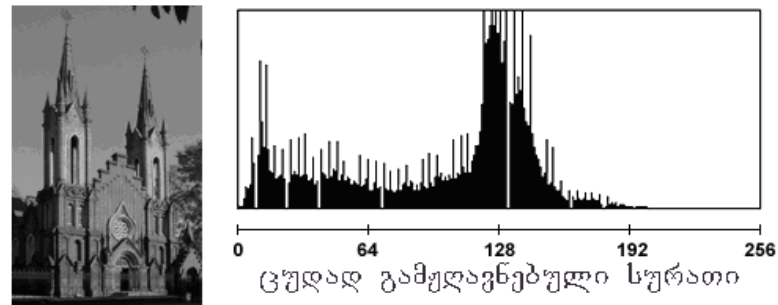
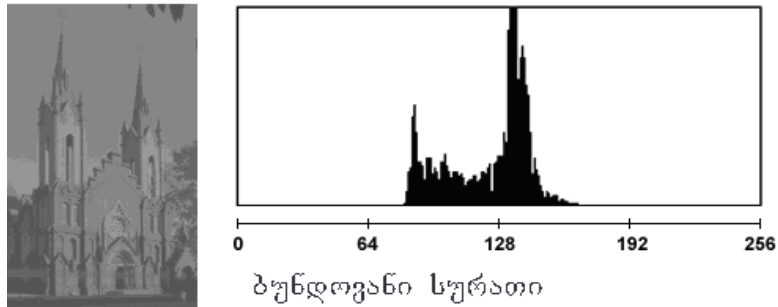
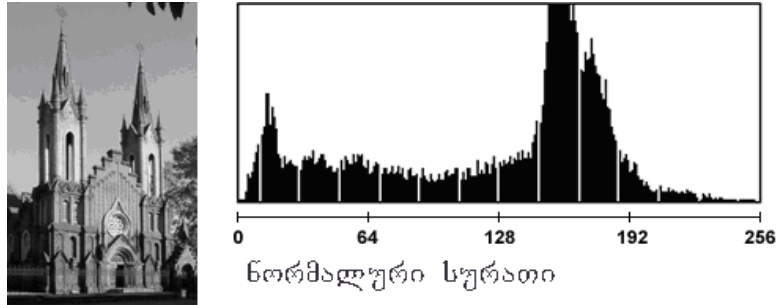
მომენტები, საშუალო კვადრატული გადახრა, ასიმეტრიულობის კოეფიციენტი, ენტროპია და სხვა. ეს ინფორმაცია აუცილებელია გამოსახულების ოპტიმალური ფილტრაციისათვის, მისი კოდირებისა და შეკუმშვისათვის.

მეორე, ჰისტოგრამის გრაფიკი მეტყველებს თვით გამოსახულების შესახებ. რასტრული კომპიუტერული გრაფიკის ამოცანებისათვის ეს ყველაზე საინტერესო მიდგომაა. მე-16 სურათზე ნაჩვენებია ფოტოები და მათი შესაბამისი ჰისტოგრამები.

ზედა სურათი ნორმალურია. მისი ჰისტოგრამა ავსებს მთელ არეს 0-დან 255-მდე. შუაში ბუნდოვანი სურათია. მის ჰისტოგრამას უკავია მთელი დიაპაზონის საკმაოდ ვიწრო უბანი. თუ “გავწელავთ” ჰისტოგრამას ეს გამოსახულება მკაფიო და ხარისხიანი გახდება (თითქმის ისეთი როგორც პირველ სურათზეა). თუ ჰისტოგრამა თავმოყრილია ძირითადად მუქ უბნებზე (პიქსელების უმრავლესობა დაბალი სიკაშკაშით ხასიათდება) ხოლო ნათელი უბნები ნულის ტოლი ხდება – სურათი ცუდადაა გამჟღავნებული (სურ.16 ქვემოთ). ამ ჰისტოგრამის ნათელი მხარის “გაწელვითაც” შეიძლება მნიშვნელოვნად გავაუმჯობესოთ გამოსახულების ხარისხი და ა.შ.

სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ჰისტოგრამის სახე ხშირად გვკარნახობს გამოსახულების კომპიუტერული დამუშავების პირველი ნაბიჯების მიმართულებას. ამიტომ რასტრული გრაფიკის თანამედროვე პროგრამებში ყოველთვის არის გათვალისწინებული ჰისტოგრამების გამოთვლა და გამოყენება. პროგრამა Photoshop-ში ჰისტოგრამებთან მუშაობა რეალიზებულია ბრძანებით

Image/Adjustments/Levels, Image/Histogram. დიალოგურ ფანჯრებში შესაძლებელია შევცვალოთ პარამეტრები და ვნახოთ შედეგიც.



სურ.16.
ჰისტოგრამის მაგალითები

როდესაც ლაპარაკია ჰისტოგრამის “გაწევაზე”, იგულისხმება, რომ ღია ფერის პიქსელები უფრო ღია ხდება, საშუალო – უცვლელად რჩება, ხოლო მუქი – უფრო მუქდება. ამ შემთხვევაში ჩვენ ვცვლით პიქსელის მნიშვნელობას სხვა პიქსელებისგან დამოუკიდებლად, მაგრამ ამავე პიქსელის მნიშვნელობის მიხედვით. ეს არის უმარტივესი შემთხვევა – ციფრული გამოსახულების ე.წ. ლოკალური გარდაქმნა.

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

4.2. რასტრული სივრცის ბარდაქმნა, ფილტრი

4.2.1. ბამოყოფილი - მონიშნული არის ცნება

კიდევ ერთხელ გავიხსენოთ რასტრული გრაფიკის მნიშვნელოვანი თავისებურება, რომ რასტრულ გრაფიკაში არ არსებობს ობიექტის ცნება (ადამიანი, ხე, და ა.შ), არსებობს მხოლოდ პიქსელების მართკუთხა მატრიცა, რომელიც იღებს გარკვეულ ნმიშვნელობებს. ამიტომ რასტრულ გრაფიკასთან მუშაობისას ზუსტად უნდა მივუთითოთ თუ რომელ პიქსელებზე გვინდა შევასრულოთ ესა თუ ის მოქმედება. ამისათვის არსებობს “მონიშნული არის” ცნება. მონიშნული არე არის გამოსახულების მონიშნული პიქსელების სიმრავლე. პიქსელები შეიძლება “ნაწილობრივ მონიშნულიც” იყოს, ე.ი. გარდაქმნები მხოლოდ ნაწილობრივ იმოქმედებს

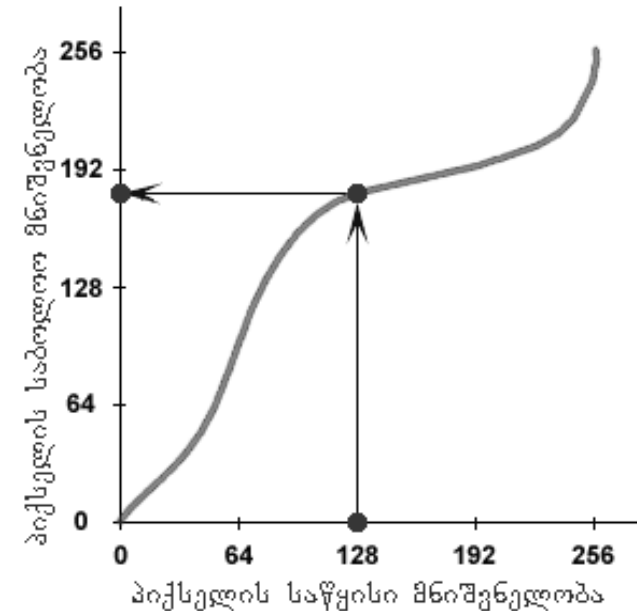
მათზე. მაგალითად, მონიშნულ არეს შეიძლება მხოლოდ ნაპირებზე შემოვავლოთ ან მონიშნული პიქსელების გაღიაებისას, განაპირა პიქსელები ნაწილობრივ გავაღიავოთ ცენტრალურთან შედარებით.

ციფრული გამოსახულების გარდაქმნათა განხილვისას საუბარი იქნება მთელი გამოსახულების გარდაქმნაზე. ამ დროს უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ყველა ეს გარდაქმნა იდენტურად მუშაობს მონიშნულ პიქსელთა ჯგუფისთვისაც.

4.2.2. წერტილოვანი ბარდაქმნები

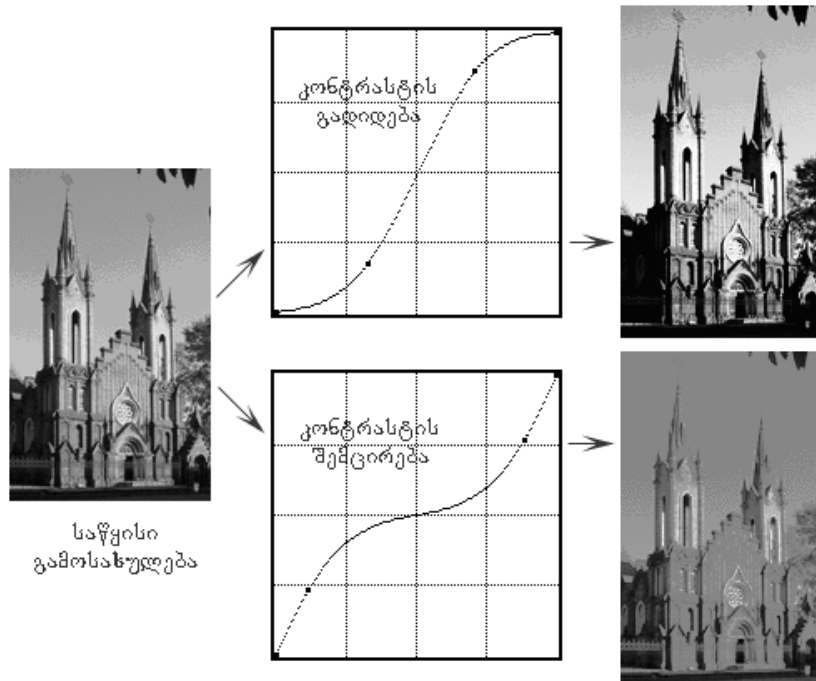
წერტილოვანი გარდაქმნები გარდაქმნათა უმარტივესი ტიპია. წერტილოვანი გარდაქმნებში ყოველი პიქსელის მნიშვნელობა იცვლება მეზობელი პიქსელების მნიშვნელობებისგან დამოუკიდებლად, ის დამოკიდებულია მხოლოდ თვით გარდასაქმნელი პიქსელის მნიშვნელობაზე.

წერტილოვანი გარდაქმნები განისაზღვრება გარდაქმნის მრუდით, რომელიც ჩვეულებრივი გრაფიკია. ჰორიზონტალურ ღერძზე – საწყისი პიქსელის მნიშვნელობა, ვერტიკალურზე – პიქსელის მნიშვნელობა გარდაქმნის შემდეგ (სურ.17). მაგალითად, საწყისი გამოსახულების ყველა პიქსელი რომელთა მნიშვნელობაა 128 (ნაცრისფერი), გარდაქმნის შემდეგ ღებულობს მნიშვნელობას 180, ე.ი. შესამჩნევად გაღიავდება.



სურ.17.
წერტილოვანი გარდაქმნის მრუდის მაგალითი

წერტილოვანი გარდაქმნებს ფართოდ იყენებენ რასტრული გამოსახულების კორექციისთვის (ჰისტოგრამების გასწორება, სიკაშკაშის, კონტრასტის და ფერთა ბალანსის შეცვლა). პროგრამა Photoshop-ში წერტილოვანი გარდაქმნების მრუდი ცხადი სახით მოიცემა ბრძანებაში Image/Adjustments/Curves. ასეთი გარდაქმნების მაგალითები წარმოდგენილია მე-18 სურათზე. ეს ბრძანება საშუალებას იძლევა მივიღოთ საინტერესო მხატვრული ეფექტი, განსაკუთრებით როდესაც საქმე გვაქვს ფერად გამოსახულებასთან.



სურ.18.

წერტილოვანი გარდაქმნის მაგალითი

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

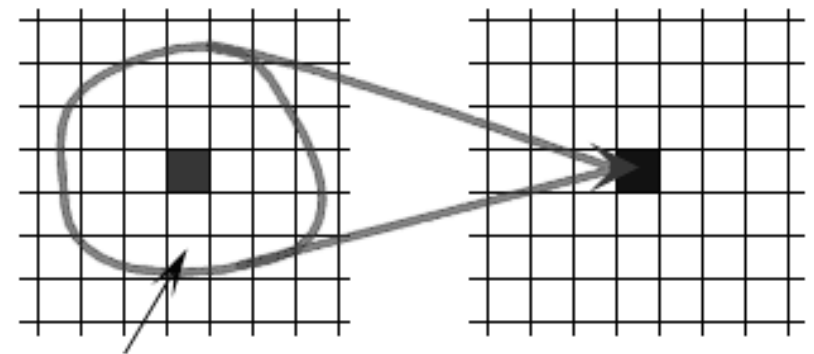
4.2.3. ლოკალური ბარდაქმნები

ზოგადი სახის ლოკალური გარდაქმნისას პიქსელის მნიშვნელობა გარდაქმნის შემდეგ დამოკიდებულია თვით ამ პიქსელის მნიშვნელობაზე გარდაქმნამდე და მის

მახლობლად მდებარე სხვა პიქსელების მნიშვნელობებზეც. ასეთი გარდაქმნა ზოგადი სახით მოიცემა შემდეგი ფუნქციით:

$$b^{pp}_i = f(b_{i-n}, b_{i-n+1}, \dots, b_i, b_{i+1}, \dots, b_{i+m}),$$

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.19).



გარდასაქმნელი პიქსელის მიდამო

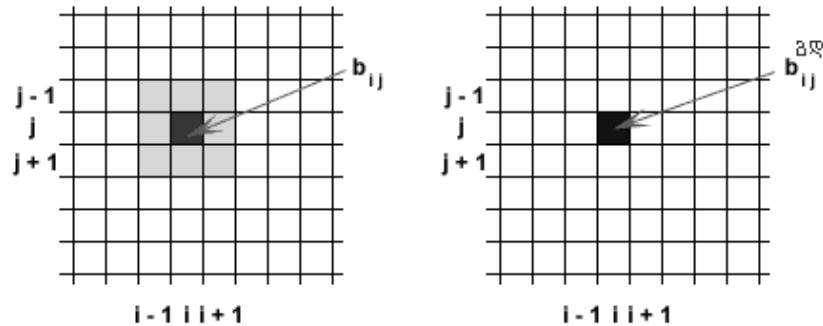
სურ.19.

ლოკალური გარდაქმნები

რასტრული გარფიკის პროგრამებში ფილტრებისა და ეფექტების ურიცხვი რაოდენობა ამ ტიპის გარდაქმნებს ემყარება. მათი საშუალებით შეიძლება მივაღწიოთ გასაოცარ მხატვრულ ეფექტს, როგორც არის მხატვრის რეალური ინსტრუმენტების იმიტაცია, ფანტასტიკური, არამიწიერი ეფექტები და სხვა. არსებობს ათასობით მზა

ფილტრი, რომლებიც შეიძლება მიუყვართ პროგრამა Photoshop-ს.

განვიხილოთ ფილტრების ერთი კლასი – წრფივი ფილტრები. ასეთ ფილტრებში პიქსელის ახალი მნიშვნელობა არის მის გარშემო არსებულ პიქსელთა მნიშვნელობების წრფივი კომბინაცია, ე.ი. ზემოთ მოყვანილი განმარტების თანახმად f ფუნქცია წრფივია. არეს, რომელიც განსაზღვრავს პიქსელის გარემოს, აპერტურა (გახსნილი) ეწოდება. უფრო ხშირად იყენებენ პიქსელების კვადრატულ აპერტურას 3×3 ან 5×5 . მე-20 სურათზე გამოსახულია წრფივი ლოკალური გარდაქმნის მუშაობის სქემა 3×3 აპერტურით.



სურ.20.

წრფივი ლოკალური გარდაქმნა

წრფივი ლოკალური გარდაქმნა ზოგადი სახით ასე ჩაიწერება:

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

სადაც, b_{ij} საწყისი გამოსახულების (i, j) კოორდინატების მქონე პიქსელის მნიშვნელობაა, ხოლო b_{ij}^{np} – 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 კოეფიციენტით.

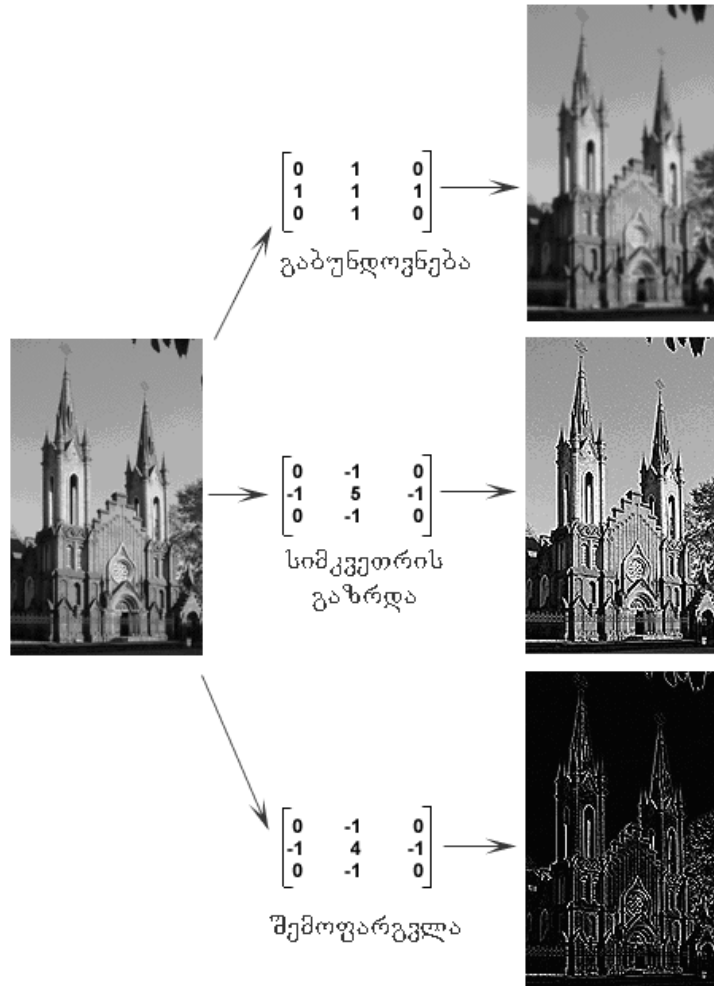
პროგრამა Photoshop-ში ბევრი სტანდარტული ფილტრი რეალიზებულია ასეთი გარდაქმნების საშუალებით. უფრო მეტიც, არსებობს საშუალება შევქნათ საკუთარი წრფივი ფილტრებიც, თუ მივაწოდებთ მატრიცას რომლის მაქსიმალური ზომაა 5×5 (ბრძანება Filter/Other/Custom). ამ მატრიცის კოეფიციენტები მთელი რიცხვებია, ამიტომ შემოდის კიდევ ერთი პარამეტრი – d გამყოფი (ესეც მთელი რიცხვია), ე.ი. გარდაქმნის ფორმულა ასეთი იქნება:

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

სადაც b , d და c მთელი რიცხვებია, a_{ij} კი – მთელი რიცხვი მატრიცა.

არსებობს a_{ij} მატრიცების დიდი მრავალფეროვნება, რომელთა საშუალებითაც “ვახდენთ სასწაულებს”. ამ პარამეტრების მიხედვით სრულდება გარდაქმნები – გამოსახულების გასწორება-გაშლა, სიმკვეთრის მომატება, კანტის შემოვლება, მოცულობითი ეფექტები და სხვა. 21-ე სურათზე მოცემულია ციფრული გამოსახულების ლოკალური წრფივი გარდაქმნის რამდენიმე მარტივი მაგალითი. გარდაქმნის მატრიცის კოეფიციენტები

უშუალოდ ნახაზზე ნაჩვენები. გამყოფი პირველ შემთხვევაში არის 5, ხოლო დანარჩენში -1. წანაცვლება ყველგან 0-ის ტოლია.



სურ.21.

სხვადასხვა მატრიცით აღწერილი ლოკალური წრფივი გარდაქმნის მაგალითები

ნახაზიდან ჩანს, რომ მატრიცის კოეფიციენტების მცირედი შეცვლაც კი ზოგჯერ სრულიად განსხვავებულ შედეგებს გვაძლევს (მეორე და მესამე მაგალითი, სადაც მატრიცები განსხვავდება მხოლოდ 1 ელემენტით და ისიც ერთი ერთეულით).

ფილტრების მუშაობაში გარკვევა აუცილებელია თუნდაც იმიტომ, რომ შევძლოთ საკუთარი ფილტრების კონსტრუირება. ამისათვის განვიხილოთ “ხელით” ფილტრაცია ორი უმარტივესი მაგალითით. განვიხილოთ გამოსახულების მხოლოდ ერთი სტრიქონის ფილტრაცია. ამ დროს მატრიცაც ერთ სტრიქონად გამოისახება. გამოსახულების სტრიქონად ავიღოთ თეთრი ზოლი (პიქსელების მნიშვნელობებია - 255) შავ ფონზე (მნიშვნელობა - 0). მატრიცის სახით ავიღოთ სტრიქონი $[1 \ 1 \ 1]$ და $[-1 \ -2 \ -1]$. პირველი მაგალითი - გამასწორებელი ფილტრი, მეორე - გამოსახულებაზე კიდების გამოყოფის ფილტრი.

გარდაქმნილი გამოსახულების სტრიქონის გამოთვლის ალგორითმი ასეთია: ვირჩევთ პიქსელს, რომლისთვისაც უნდა გამოვთვალოთ მისი ახალი მნიშვნელობა. ვიღებთ მეზობელი (მარცხნივ) პიქსელის მნიშვნელობას და ვამრავლებთ მატრიცა-სტრიქონის პირველ კოეფიციენტზე. ცენტრალური პიქსელის (ეს ის პიქსელია რომლისთვისაც ახალ მნიშვნელობას ვითვლით) მნიშვნელობას ვამრავლებთ მატრიცის მეორე კოეფიციენტზე. მიღებულ ორივე შედეგს ვკრიბავთ. მარჯვენა მეზობელ პიქსელს ვამრავლებთ მატრიცის მესამე კოეფიციენტზე და ვუმატებთ მიღებულ ჯამს. ამის შემდეგ მთელ ჯამს ვყოფთ გამყოფზე და ვუმატებთ გადანაცვლებას - ძერას.

ამრიგად, მივიღეთ განხილული პიქსელის ახალი მნიშვნელობა. შედეგი ჩაწეროთ ახალ სტრიქონში (გამოსახულების გარდაქმნის სტრიქონი). ახლა გადავდივართ შემდეგ პიქსელზე და იმავე ლოგიკით ვიპოვიოთ შემდეგ ახალ მნიშვნელობას და ა.შ., მანამ, სანამ არ გამოვთვლით სტრიქონის ყველა პიქსელის ახალ მნიშვნელობას. ამ მაგალითების კონკრეტული გამოთვლები ქვემოთ არის მოყვანილი.

პირველი მაგალითი. გამასწორებელი ფილტრი - მატრიცა $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$, გამყოფი -3, გადანაცვლება (ც-კოეფიციენტი) -0.

საწყისი სტრიქონი: 0 0 0 0 255 255 255 255 255 0 0 0 0

საბოლოო სტრიქონი: 0 0 0 85170 255 255 255 170 85 0 0 0

მეორე მაგალითი. კიდების გამოყოფის ფილტრი მატრიცა $\begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \end{bmatrix}$, გამყოფი -1, გადანაცვლება (ც-კოეფიციენტი) - 0.

საწყისი სტრიქ: 0 0 0 0 255 255 255 255 255 0 0 0 0

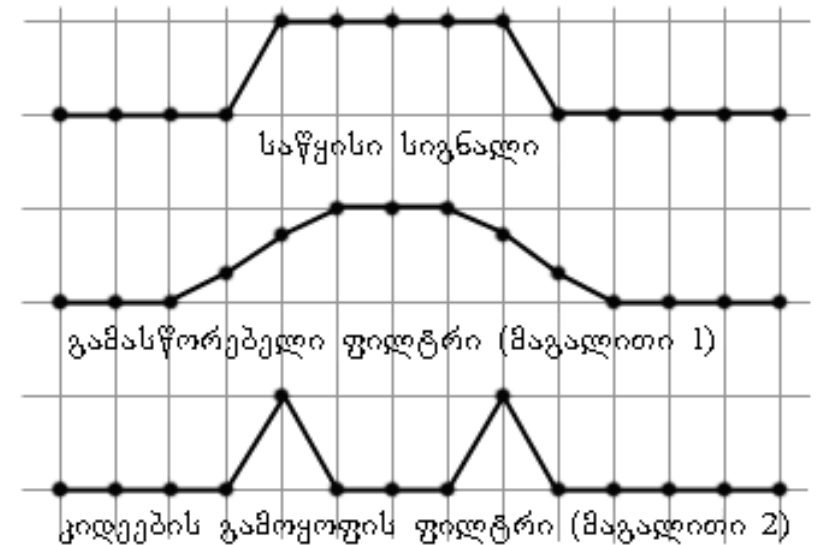
შუალედური სტრიქ: 0 0 0 -255 255 0 0 0 255 -255 0 0 0

საბოლოო სტრიქ: 0 0 0 0 255 0 0 0 255 0 0 0 0

მეორე მაგალითში დაემატა შუალედური სტრიქონი, რათა უფრო გასაგები ყოფილიყო ფილტრაციის ალგორითმის მუშაობა. კერძოდ, რადგან პიქსელებს უარყოფითი მნიშვნელობები არ შეიძლება ჰქონდეს, ამიტომ კომპიუტერი მათ ამრგვალებს უახლოეს არაუარყოფით მთელ რიცხვამდე (კონკრეტულ შემთხვევაში -0).

თუ დავხაზავთ ამ ფუნქციის გრაფიკებს (სურ.22), დავინახავთ, რომ პირველ შემთხვევაში ფილტრი გადღაბნის კიბის წინა მხარეს, ანუ სიგნალი ინტეგრირდება. მეორე შემთხვევაში კი პირიქით,

გვაძლევს ნულებს მუდმივ უბნებზე და მაქსიმუმს იმ უბნებში, სადაც ფუნქცია იცვლება.



სურ.22
ერთგანზომილებიანი ფილტრების გამოყენების შედეგები (მაგ.1 და2)

ქვემოთ მოყვანილია ზოგიერთი საინტერესო ფილტრის მატრიცები, ეს არის ფილტრები რომლებიც გამოსახულების მოცულობითი ეფექტის იმიტაციას ასდენენ:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 1 & -1 \\ 2 & 1 & -2 \\ 1 & -1 & -3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -2 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -3 & -1 & 1 \\ -2 & 1 & 2 \\ -1 & 1 & 3 \end{bmatrix}$$

დავალება: სცადეთ შექმნათ თქვენი საკუთარი ფილტრები.

ლოკალური გარდაქმნების დროს პიქსელის ახალი მნიშვნელობები დამოკიდებულია მხოლოდ მისი მეზობელი პიქსელების მნიშვნელობებზე. არსებობს ლოკალური გარდაქმნების მნიშვნელოვანი კლასი – წრფივი ლოკალური გარდაქმნები. ისინი ხასიათდებიან გარდაქმნის მატრიცით და გადანაცვლებით. წრფივი ლოკალური გარდაქმნების მაგალითებია – გამოსახულების გადღაბნა, სიმკვეთრის გაზრდა, კონტურების გამოყოფა და სხვა.

4.2.4. გლობალური გარდაქმნები

გლობალურ გარდაქმნებს განვიხილავთ ძალიან მოკლედ. შევჩერდებით გლობალური გარდაქმნების მხოლოდ ერთ კლასზე – გეომეტრიულ გარდაქმნებზე. გეომეტრიული გარდაქმნები გულისხმობს გამოსახულების გადაადგილებას, მობრუნებას, მასშტაბის შეცვლას. გლობალურ გარდაქმნებში გამოსახულების ყოველი პიქსელის ახალი მნიშვნელობა შეიძლება დამოკიდებული იყოს ზოგად შემთხვევაში ყველა დანარჩენ პიქსელზე, და არ არის აუცილებელი რომ ეს იყოს მეზობელი პიქსელები.

პროგრამა Photoshop-ში გლობალური გეომეტრიული გარდაქმნები დაჯგუფებულია მენიუში Edit/Transform მათთან მუშაობა საკმაოდ მარტივია. პროგრამა Photoshop-ში რეალიზებულია დიდი რაოდენობა არაწრფივი გლობალური ფილტრებისა. მათი აღწერა უკვე აღარ შეიძლება ჩვეულებრივი მუდმივკოეფიციენტებისანი მატრიცებით. შედარებით რთული არაწრფივი ფილტრების დამუშავებისათვის ხშირად საჭიროა დახვეწილი და ჭკვიანი ალგორითმების დამუშავება, რომელთა მიხედვითაც გამოითვლება პიქსელების ახალი მნიშვნელობები. ზოგჯერ ეს ალგორითმები ამა თუ იმ გამოსახულების გარდასაქმნელად საჭიროებს კომპიუტერული დროის ათეულობით წუთს.

პროგრამა Photoshop-ში არაწრფივი ფილტრების მთელი მენიუა Filter/Artistic, Distort, Render, Sketch და სხვა.

5. გამოსახულების შეკუმშვა და რასტრული ბრაზის ფაილის ფორმატი

ჩვენ განვიხილეთ ციფრული გამოსახულების შინაგანი სტრუქტურა, გამოსახულებათა მთელი რიგი მნიშვნელოვანი მახასიათებლები და იმ ოპერაციათა ძირითადი კლასები, რომლებიც სრულდება რასტრული გრაფიკის პროგრამებში რასტრულ მატრიცებზე. ეს ყველაფერი ხდება კომპიუტერის შიგნით. ცხადია, ციფრული გამოსახულებები კომპიუტერში თავისით არ ჩნდება. საჭიროა მათი შეტანა კომპიუტერში რაიმე მოწყობილობის საშუალებით. უფრო მეტიც, საჭიროა მათი დამახსოვრება და დამუშავების შემდეგ მათი კომპიუტერიდან გამოტანაც. შესაბამისად უნდა განვიხილოთ კომპიუტერის გარე სამყაროსთან ურთიერთობა. ცხადია კომპიუტერული გრაფიკისთვის საინტერესოა გრაფიკული ინფორმაციის გაცვლის საკითხები და იგულისხმება, რომ შეტანა/გამოტანა ხორციელდება რომელიმე გრაფიკული გარე მოწყობილობით ანუ კომპიუტერული პერიფერიით. არსებობს მოწყობილობათა უამრავი რაოდენობა განკუთვნილი გრაფიკული ინფორმაციის შენახვისა და შეტანა/გამოტანისთვის. არსებითად განსხვავდება ერთმანეთისგან აგრეთვე ამ მოწყობილობებთან გაცვლის პროცესებიც.

პირველ რიგში უნდა აღვნიშნოთ, რომ შეტანა/გამოტანის პროცესი კლასიფიცირდება გრაფიკული ინფორმაციის წარმოდგენის მიხედვით.

ერთ შემთხვევაში გრაფიკული ინფორმაცია შეიძლება იყოს დამახსოვრებული ფაილის სახით, რომელიც

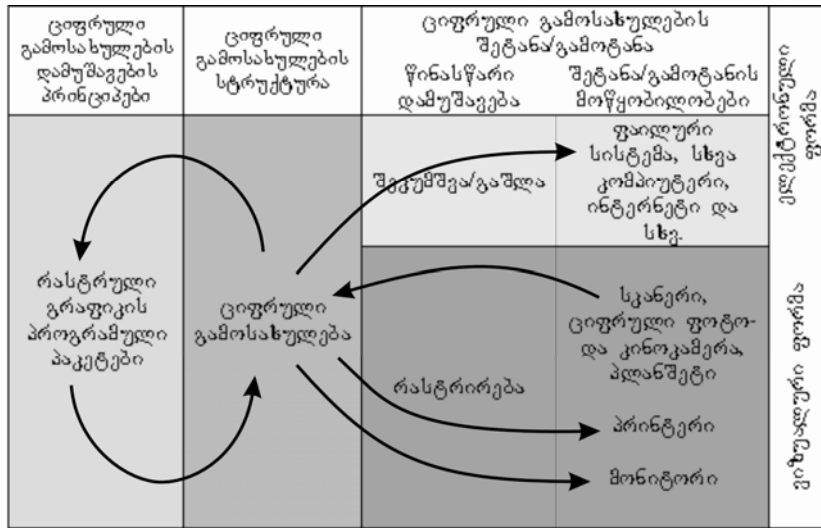
შეიძლება ინახებოდეს კომპიუტერის ფაილურ სისტემაში ან გადაცემული იყოს ქსელის საშუალებით სხვა კომპიუტერზე. ამ შემთხვევაში ციფრული გამოსახულება რჩება ელექტრონულ ფორმაში და ადამიანის მიერ უშუალოდ აღქმისთვის არ არის განკუთვნილი. ამ დროს სულ არ არის საინტერესო მონაცემთა ვიზუალიზების ხარისხის საკითხი. საინტერესოა ინფორმაციის დამახსოვრებისას მეხსიერების დანახარჯების მინიმიზაცია და ქსელში გადაცემის სისწრაფე.

მეორე შემთხვევაში ციფრული გამოსახულება ან გარდაიქმნება ვიზუალურ ფორმად იმისთვის, რომ ადამიანმა აღიქვას, ან პირიქით ვიზუალური მონაცემების ციფრულად გარდაქმნის შედეგია. ე.ი. გრაფიკული ინფორმაცია ელექტრონული ფორმიდან გარდაიქმნება ვიზუალურად და პირიქით. ამ შემთხვევაში მნიშვნელოვანია: ხარისხი და ციფრული გამოსახულების ვიზუალიზაციის ადეკვატურობა, ფერის ტონების გადაცემის სიზუსტე და ა.შ.

23-ე სურათზე გამოსახულია რასტრული გრაფიკის სტრუქტურა. მარცხენა მხარე – ციფრული გამოსახულების სტრუქტურა და მისი გარდაქმნის მეთოდები, მარჯვენა მხარე – რასტრული გრაფიკული ინფორმაციის შეტანა/გამოტანა.

განვიხილოთ ციფრული გამოსახულების ელექტრონული ფორმით შეტანა/გამოტანა. როდესაც სურათს კომპიუტერზე ვამუშავებთ, ციფრული გამოსახულება (ან მისი ნაწილი) უშუალოდ ოპერატიულ მეხსიერებაში თავსდება, რაიმე შინაგან ფორმატში. ყველაზე ხშირად მისი დამახსოვრება ხდება ერთი ან რამდენიმე

ორგანზომილებიანი მასივის სახით, სადაც მასივის ყოველი ელემენტი ან უშუალოდ პიქსელი, ან მისი კომპონენტი, ან რომელიმე დამხმარე ელემენტი (მაგალითად, გამჭვირვალობის ხარისხი ალფა-არხისთვის). ხშირად არის ისეთი სიტუაცია, როდესაც საჭიროა გამოსახულების დამახსოვრება რომელიმე გარე მატარებელზე (მაგალითად, ფლეშზე) ან ქსელში გადაცემა შემდგომი გამოყენებისთვის.



სურ.23.

რასტრული გრაფიკის სტრუქტურა

გრაფიკული ინფორმაციის წარმოდგენის ფორმა მისი დისკზე დამახსოვრების ან ქსელში გადაცემისას ჩვეულებრივ განსხვავდება შინაგანი წარმოდგენისაგან. ეს რამდენიმე მიზეზითაა გამოწვეული. პირველი – გრაფიკის წარმოდგენის ფორმა, სხვადასხვა გრაფიკულ პროგრამაში, ერთმანეთისგან განსხვავდება და შეიძლება

გაჩნდეს პრობლემები გამოსახულების ერთი ფორმატიდან მეორედ გარდაქმნისას. მეორე – როგორც დისკზე დამახსოვრებისას, ისე ქსელში გადაცემისას, მონაცემები წინასწარ იკუმშება ფაილთა ზომის შემცირების მიზნით. ეს აქტუალურია თანამედროვე რასტრული გამოსახულებისთვის, რომლის ზომაც ათობით მეგაბაიტია.

ამრიგად, გრაფიკული ინფორმაციის ელექტრონული ფორმით შეტანა/გამოტანისას აუცილებელია შევასრულოთ დამატებითი გარდაქმნები, რათა გამოსახულება უფრო უნივერსალური და კომპაქტური იყოს. ასეთი გარდაქმნებისათვის არსებობს ალგორითმების დიდი რაოდენობა. განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანი.

5.1. ციფრული გამოსახულების დამატებითი დამუშავება: შეკუმშვა და გაშლა

მოტივაცია. რატომ უნდა ვიცოდეთ, როგორ მუშაობს გამოსახულების შეკუმშვის ძირითადი ალგორითმები? იმიტომ, რომ შეკუმშვის ხარისხი, როგორც წესი, დამოკიდებულია სურათის ტიპზე. შეკუმშვის სხვადასხვა ალგორითმი განსხვავებული კლასის გამოსახულებებზე სხვადასხვანაირად მუშაობს. ერთი ტიპის გამოსახულება კარგად იკუმშება ერთი ალგორითმით, მეორე ტიპისა კი – სხვა ალგორითმით. ალგორითმის ცუდად შერჩევის შემთხვევაში ფაილის ზომა შეიძლება, პირიქით, გაიზარდოს შეუკუმშავ ფაილთან შედარებით.

პირველი ამოცანაა ვისწავლოთ გამოსახულებათა კლასიფიკაცია მათი შეკუმშვის თვალსაზრისით. ეს კლასიფიკაცია საკმაოდ პირობითია და ხშირად გვიწევს უბრალოდ ექსპერიმენტირება, რომ შევარჩიოთ შეკუმშვის ოპტიმალური ვარიანტი. მაგრამ, მიუხედავად ამისა, მაინც შეიძლება ზოგადი კრიტერიუმების ფორმულირება.

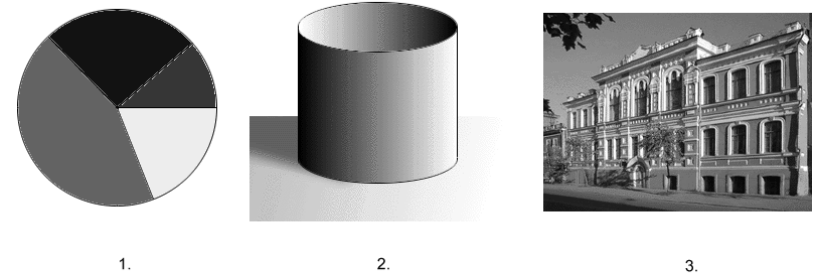
5.1.1. გამოსახულებათა კლასიფიკაცია შეკუმშვის თვალსაზრისით

გამოსახულებათა კლასი არის გამოსახულებათა ქვესიმრავლე, რომელთა ერთი კონკრეტული ალგორითმით შეკუმშვა დაახლოებით ერთნაირ შედეგს იძლევა. მაგალითად, ერთი კლასის გამოსახულებისათვის ალგორითმი შეიძლება ძალიან კარგ შედეგს იძლეოდეს, მეორისათვის – არც ისე კარგს, ხოლო მესამისათვის, შეიძლება საერთოდ გაზარდოს ფაილის ზომა.

ალგორითმების ხარისხის შეფასებისთვის განვიხილოთ გამოსახულებათა შემდეგი კლასები (სურ.24):

1. გამოსახულება ფერთა მცირე რაოდენობით (4-16) და დიდი არეებით რომლებიც შევსებულია ერთი და იმავე ფერით. მაგალითად, საქმიანი გრაფიკა, დიაგრამა. ნახატი, სტილიზებული მულტიფილმების კადრები და სხვა.
2. ხელოვნური გამოსახულებები მდოვრე გადასვლებით. მაგალითად, საპრეზენტაციო გრაფიკა, სამგანზომილებიანი სცენები რენდერინგის შემდეგ და სხვა.

3. ფოტორეალისტური გამოსახულებები, რომლებიც მიღებულია სკანერის ან ციფრული კამერის საშუალებით.



სურ.24. განსხვავებული კლასის გამოსახულებათა მაგალითები

შეიძლება გამოვყოთ გამოსახულებათა სხვა კლასებიც. მაგალითად, რენტგენის სურათი, რომელიც ხასიათდება მდოვრე გადასვლებით და არ გააჩნია მკვეთრი საზღვრები. განსაკუთრებული თვისებებით ხასიათდება აგრეთვე ტოპოლოგიური რუკები, კოსმოსური და აეროფოტოები, თითის ანაბეჭდები და სხვა. ამ კლასისთვის არსებობს ოპტიმალური ალგორითმი, რომელიც მაღალი ხარისხის კუმშვას იძლევა.

მიუხედავად კლასების ასეთი სიმრავლისა, შევჩერდეთ ზემოთ მოყვანილ სამ ძირითად კლასზე და განვიხილოთ როგორ მუშაობს ზოგიერთი ხშირად გამოყენებადი ალგორითმი ასეთ გამოსახულებებზე.

5.1.2. შეკუმშვის ალგორითმების ხარისხის შეფასების კრიტერიუმები

შეკუმშვის ალგორითმის არჩევისას უნდა გვქონდეს რაიმე კრიტერიუმი, რომლის მიხედვითაც შევადარებთ ალგორითმებს:

1. შეკუმშული ფაილის ზომა ცუდი კრიტერიუმი, რადგან იგი დამოკიდებულია საწყის ზომაზე. საჭიროა რაიმე ფარდობითი სიდიდე. ეს არის *შეკუმშვის კოეფიციენტი*, რომელიც წარმოადგენს საწყისი, შეუკუმშავი ფაილის ზომის შეფარდებას შეკუმშული ფაილის ზომასთან.

რადგან შეკუმშვის კოეფიციენტი ზოგად შემთხვევაში დამოკიდებულია გამოსახულების შინაარსზე, ამიტომ კონკრეტული კლასის გამოსახულებისათვის კუმშვას ახასიათებენ სამი კოეფიციენტით: მაღალი, საშუალო და დაბალი.

კუმშვის მაღალი კოეფიციენტი ახასიათებს რაღაც მოდელური გამოსახულების (მაგ. დიდი ზომის აბსოლუტურად შავი გამოსახულება) შეკუმშვას. ის გვიჩვენებს იმ თეორიულ საზღვარს, რასაც შეიძლება 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, რომელიც უნდა გავითვალისწინოთ შეკუმშვის ალგორითმის არჩევისას, არის შემდეგი: *იკარგება თუ არა გამოსახულების ხარისხი*. საქმე ისაა, რომ გამოსახულება ხშირად

შეიცავს ბევრ ჭარბ ინფორმაციას, რომელსაც ადამიანის თვალი ვერ ამჩნევს. ზოგჯერ, ასეთი ინფორმაციის წაშლის ხარჯზე სურათი შეიძლება ძალიან შეიკუმშოს, თანაც ვიზუალური ხარისხის გაუარესება შეუძნეველი დარჩეს.

შეკუმშვის კოეფიციენტისგან განსხვავებით, გამოსახულების ხარისხის განსაზღვრა და ფორმალიზება საკმაოდ რთულია. ჩვეულებრივ იყენებენ, დაახლოებით ასეთი ტიპის ექსპერტულ შეფასებას. დაარქივება ითვლება *წარმატებულად*, თუ საწყისი და კოდირება/განკოდირების გაფლის შემდეგ მიღებული გამოსახულებების ერთმანეთისგან გარჩევა თვალთ შეუძლებელია.

ითვლება, რომ დაარქივება *კარგია*, თუ დაარქივება/განარქივების შემდეგ მიღებული გამოსახულება საწყისთან შედარებით მხოლოდ მაშინ განსხვავდება როდესაც მათ ერთად ვუყურებთ, ხოლო როდესაც ცალ-ცალკე ვხედავთ თვალი ამ განსხვავებას ვერ ამჩნევს.

შეკუმშვის ხარისხის შემდგომი გაზრდით, როგორც წესი, ჩნდება ყველა ალგორითმისთვის დამახასიათებელი თავისებურებები, რომელიც თვალთ კაგად ჩანს. ამ შემთხვევაში დაარქივების ხარისხი ან *დამაკმაყოფილებელია ან – ცუდი*.

არსებობს შეკუმშვის ალგორითმების ხარისხის შეფასების კიდევ სხვა კრიტერიუმები – ალგორითმის სიმეტრიულობა, მახასიათებელი თავისებურებანი და სხვა.

5.1.3. შეკუმშვის ალგორითმი დანაკარგის ბარეში

დანაკარგის ბარეში შეკუმშვის ალგორითმი საშუალებას იძლევა აბსოლუტურად ზუსტად დავაარქივოთ და განვარქივოთ გამოსახულება, ყოველგვარი ზედმეტი ინფორმაციის (ვიზუალური თვალსაზრისით) წაშლის გარეშე. მიუხედავად იმისა, რომ გამოსახულება წარმოდგენილია ორგანზომილებიანი მასივის სახით, საკმაოდ ეფექტური აღმოჩნდა ერთგანზომილებიანი მასივის დაარქივების ბევრი კლასიკური მეთოდი გამოსახულების სტრიქონობით დაარქივების დროსაც. ამ თვალსაზრისით ისინი შეიძლება ჩაითვალოს საკმაოდ უნივერსალურ მეთოდებად, ისინი არ ითვალისწინებენ ორგანზომილებიანი გამოსახულების სპეციფიკას – გამოსახულების პიქსელთა სივრცით კორელაციას. მიუხედავად ამისა, გამოსახულების სტრიქონობით დამუშავების დროს არსებობს პიქსელთა კორელაცია x ღერძის მიმართ. ეს მიგვითითებს, რომ გამოსახულების ფაილის ზომა, შეკუმშვის ერთგანზომილებიანი მეთოდითაც კი მცირდება.

ამრიგად, *გამოსახულება მუშავდება სტრიქონ-სტრიქონ*.

I. ჯგუფური კოდირება (Run Length Encoding – RLE).

ეს მონაცემთა შეკუმშვის ერთ-ერთი ყველაზე ძველი და მარტივი მეთოდია. მისი არსი ისაა, რომ გამეორებადი მონაცემების მიმდევრობის მაგივრად იწერება თვით მონაცემი და გამეორების რიცხვი. ჩვეულებრივ, პირველ ბაიტში იწერება გამეორების რიცხვი, ხოლო მეორეში - თვით პიქსელის მნიშვნელობა. მაგალითად, ვთქვათ

გვაქვს “შავი კვადრატის” გამოსახულების აღმწერი სტრიქონი:

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

შეკუმშვის გარეშე ეს სტრიქონი იკავებს 16 ბაიტს. შეკუმშულ მდგომარეობაში კი ასეთია:

3 255 6 0 4 255

როგორც ვხედავთ, სტრიქონი გაცილებით მოკლე გახდა – 6 ბაიტი. შეკუმშვის კოეფიციენტი $K = 16/6 = 2.67$. ე.ი გამოსახულება თითქმის სამჯერ შემცირდა.

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

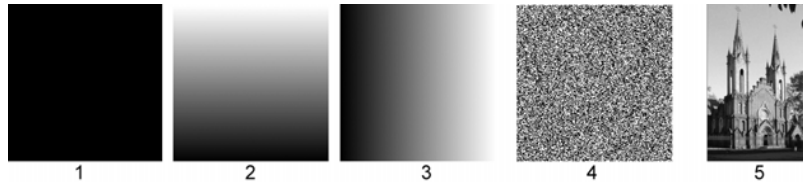
იდეალური შემთხვევაა ერთტონური გამოსახულება, რომლის სიგანეც 256-ის ჯერადია (მაგალითად, 256×256 , $512 \times \dots$ და ა.შ.). ამ შემთხვევაში ერთნაირი პიქსელების ჯაჭვების (სიგრძით 256) მაგივრად, შეგვიძლია ჩავწეროთ ამ პიქსელების რაოდენობა (1 ბაიტი) და პიქსელის მნიშვნელობა (1 ბაიტი), ე.ი. სულ 2 ბაიტი. ამრიგად, თეორიულად ასეთი გამოსახულების შეკუმშვის საუკეთესო კოეფიციენტი $K = 256/2 = 128$. ე.ი. სურათი 100-ჯერ შეგვიძლია შეკუმშოთ.

ადვილი მისახვედრია, როგორი გამოსახულებები იკუმშება ყველაზე ცუდად RLE მეთოდით, ესაა სურათები, რომელთა სტრიქონებშიც პიქსელები არც ერთ წერტილში არ მეორდება. ეს მესამე კლასის გამოსახულებებია (მაგალითად, ფერადი ფოტოები) და

ნაწილობრივ მეორისა ც (რომლებიც, მაგალითად, შეიცავენ ჰორიზონტალურ გრადაციებს). თუ პიქსელი სტრიქონში საერთოდ არ მეორდება, მაშინ “შეკუმშვისას” ყოველ პიქსელზე იხარჯება ორი ბაიტი – ერთი მთვლელისთვის (სადაც მუდმივად 0 იქნება), და მეორე – თვით პიქსელისთვის. ე.ი. გამოსახულების ზომა გაორმაგდება ($K = 0.5$). უნდა აღვნიშნოთ, რომ ასეთი სიტუაციები ხშირად გვხვდება.

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

25-ე სურათზე გამოსახულია ხუთი ტესტური სურათი, რომლებიც დამახსოვრებულია BMP ფორმატში შეკუმშვით (LRE მეთოდით) და შეკუმშვის გარეშე შედეგები მოცემულია მეორე ცხრილში.



სურ.25.

ტესტური გამოსახულებები (მარცხენა ოთხი 256x256, მესამე 168x256)

ცხრილი 2

გამოს. 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 კლასის გამოსახულებებისათვის (არსებობს ერთნაირად შედეგილი სტრიქონები) და პრაქტიკულად არ მუშაობს დანარჩენ კლასებზე. ჰორიზონტალური გრადიენტისათვის და რეალური ფოტოს შემთხვევაში კი ფაილის გაზრდაც შეიმჩნევა.

გამოსახულების PCX, TIFF და BMP ფორმატებში შენახვისას აუცილებლად დაფიქრდით, რა შედეგი მოჰყვება ჯგუფური კოდირების მეთოდის (RLE) გამოყენებას. იქნებ სჯობდეს დაიმახსოვროთ ფაილი ისე, როგორც არის – შეკუმშვის გარეშე, ან სხვა ალგორითმები მოხინჯოთ.

II. LZW (Lempel, Ziv and Welch)

ამ ალგორითმის დასახელება, მისი ავტორების გვარების პირველი ასოებიდან წარმოიქმნა: Lempel, Ziv და Welch. ამ ალგორითმში შეკუმშვა ხდება არა მნიშვნელობათა გამეორების, არამედ ბაიტების ჯაჭვის გამეორების ხარჯზე. ალგორითმის მუშაობის პრინციპი შემდეგია. გამოსახულების ანალიზი ხდება სტრიქონ-სტრიქონ. გამოსახულების პიქსელთა თანამიმდევრობა შეაქვთ სპეციალურ ლექსიკონში. თუ მსგავსი თანამიმდევრობა კიდევ გვხვდება, მაშინ ფაილში ამ მიმდევრობის მაგივრად იწერება ლექსიკონში დაფიქსირებული მისი ინდექსი. LZW ალგორითმის კლასები განსხვავდება ზომით და ლექსიკონის აწყობის წესით, გამეორებადი ჯაჭვების ძიების მეთოდებით და სხვა.

LZW ალგორითმით შეკუმშვის მეთოდებს იყენებენ ისეთ ცნობილ ფორმატში, როგორცაა GIF. ქვემოთ, მე-3 ცხრილში მოცემულია იმავე ტესტურ გამოსახულებებზე (სურ.25) ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგები, ამჯერად GIF ფორმატისთვის.

ცხრილი 3

გამოს. N	საწყისი ფაილის ზომა (ბაიტი)	LZW 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.25.1 და სურ.25.2) ალგორითმი, ჯგუფური კოდირების მეთოდთან შედარებით ოდნავ ცუდად მუშაობს, სამაგიეროდ დანარჩენი სურათების შემთხვევაში ის გაცილებით უკეთესია. ე.ი. ეს მეთოდი საკმაოდ უნივერსალურია პირველი და მეორე კლასის გამოსახულებებისათვის. პრაქტიკულად არ გვხვდება ისეთი სიტუაცია, სადაც შეკუმშვის შემდეგ ფაილის ზომა იზრდება. სწორედ ამიტომ GIF ფორმატს იყენებენ, რომელსაც საფუძვლად უდევს LZW მეთოდით შეკუმშვა, ძალიან ფართოდ პრაქტიკაში (განსაკუთრებით ინტერნეტის ქსელში).

LZW ალგორითმისთვის შეკუმშვის მაღალი, საშუალო და დაბალი კოეფიციენტები, შესაბამისად არის 10000, 4 და 0.71.

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 ნახევარტონური ან ინდექსირებული გამოსახულებები პალიტრით. ამიტომ, სანამ სრულფეროვან გამოსახულებას GIF ფორმატში დავიმახსოვრებდეთ, აუცილებელია მისი გარდაქმნა ინდექსირებულ გამოსახულებად. ამ დროს ხშირად (განსაკუთრებით მაღალხარისხიანი ფერადი ფოტოების შემთხვევაში) ხდება ხარისხის მნიშვნელოვნად გაუარესება.

5.14. შეკუმშვის ალგორითმი დანაკარბით. JPEG ალგორითმი

ჩვენ განვიხილეთ შეკუმშვის კლასიკური მეთოდები, რომლებიც რეალურ გამოსახულებათა შეკუმშვის შედარებით დაბალ კოეფიციენტებს (2-3 ჯერ) იძლევა. თანამედროვე გრაფიკული ფაილებისთვის, რომლებიც იკავებენ მეხსიერების ათობით და ასობით მეგაბაიტს ეს ნამდვილად ცოტაა.

ძირითადი მიზეზი, რის გამოც შეკუმშვის კლასიკური (ერთგანზომილებიანი) ალგორითმები ასეთ მცირე კოეფიციენტებს იძლევა, ორია.

პირველი – ისინი ითვალისწინებენ პიქსელის ფერის კორელაციას მხოლოდ ერთ განზომილებაში – სტრიქონში, თუმცა გამოსახულებისთვის ეს კორელაცია ხდება ვერტიკალური მიმართულებითაც. ორგანზომილებიანი კორელაცია შეკუმშვის კოეფიციენტის 5 – 10-მდე გაზრდის საშუალებას იძლევა. მაგრამ არც ეს არის საკმარისი.

მეორე მიზეზი – როგორც ექსპერიმენტებმა გვაჩვენა, ციფრულ გამოსახულებაში ბევრი ჭარბი ინფორმაციაა. აქ იგულისხმება, რომ ადამიანის თვალი ხშირად ვერ აღიქვამს მთელ ინფორმაციას, რომელიც ციფრულ გამოსახულებაში ინახება. განსაკუთრებით ეს ეხება რეალურ გამოსახულებას, მაგალითად, ფერად ფოტოებს. აღმოჩნდა, რომ გამოსახულებაში, ადამიანის თვალისთვის შეუმჩნეველი (ან თითქმის შეუმჩნეველი) ეს ჭარბი ინფორმაცია იმდენად დიდია, რომ მისი მოცილებით ფაილის ზომა შეიძლება ათჯერ და ზოგჯერ ასჯერაც შევამციროთ.

ცხადია, შეკუმშვის ასეთი პროცედურის დროს ინფორმაციის ნაწილი იკარგება და შემდგომში მისი აღდგენა შეუძლებელია. ამიტომ ასეთ ალგორითმებს ეწოდება *შეკუმშვის ალგორითმები დანაკარგით*.

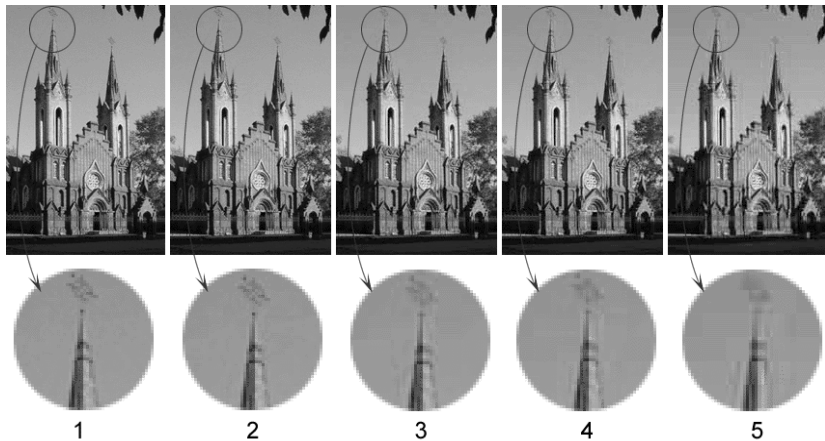
დღეისათვის, დანაკარგით შეკუმშვის ყველაზე ცნობილი ალგორითმია "JPEG". ეს სახელწოდება ამ მეთოდის შემქმნელ ექსპერტთა ჯგუფის დასახელებიდან წარმოიშვა (Joint Photographic Exerts Group – JPEG). JPEG ალგორითმი განკუთვნილია სრულფეროვანი გამოსახულებათა არქივაციისთვის. მისი შეკუმშვის კოეფიციენტი შეიძლება იცვლებოდეს 2-დან 200-მდე. ბუნებრივია, რადგან

დამახსოვრებული გამოსახულების ხარისხი დამოკიდებულია შეკუმშვის დონეზე (ხარისხზე). ამიტომ მომხმარებელს საშუალება ეძლევა რაღაც საზღვრებში არეგულიროს კუმშვის დონე.

ალგორითმის არსი დაფუძნებულია იმ ფაქტზე, რომ ადამიანის ფერადი მხედველობის, როგორც სივრცითი ისე ფერადი გადაწყვეტა, მონოქრომატულთან შედარებით გაცილებით უარესია. ამიტომ, თუ სწორად გარდავქმნით ფერთა მოდელს (RGB-დან ტელევიზიურ ანალოგად), თუ შევამცირებთ ფერთა არხების სივრცულ გადაწყვეტას სიკაშკაშის არხებთან შედარებით და შემდეგ გამოვიყენებთ ფერადობის კომპონენტის უხეშ კვანტირებას, გამოსახულება შეიძლება ძალიან შეკუმშვით და, რაც მთავარია, სურათის ხარისხი ვიზუალურად პრაქტიკულად არ შეიცვლება.

26-ე სურათზე ნაჩვენებია გამოსახულების JPEG ფორმატში დამახსოვრების შედეგები შეკუმშვის სხვადასხვა ხარისხის დროს. მე-4 ცხრილში კი მოცემულია ფაილის ზომები და შეკუმშვის კოეფიციენტები. როგორც ვხედავთ, შესაძლებელია გამოსახულების ძლიერად შეკუმშვა ხილვადი ვიზუალური ხარისხის გაუარესების გარეშე.

სურათიდან ჩანს, რომ 4-ჯერ შეკუმშვა გამოსახულების ვიზუალურ ხარისხზე პრაქტიკულად არ აისახება (სურ. 26.2). მცირედი დეფექტები გამოჩენას იწყებს მაშინ, როდესაც შეკუმშვის კოეფიციენტი 8-ის ფარგლებშია (სურ.26.3). უფრო ძლიერი შეკუმშვისას (კონკრეტული მაგალითისათვის 12-ზე მეტი) გამოსახულებაზე სერიოზული დეფექტები ჩნდება (სურ.26.5).



სურ.26.

გამოსახულების ვიზუალური ხარისხის ცვლილება JPEG შეკუმშვის ხარისხისთან მიმართებით

ცხრილი 4

გამოს. N	საწყისი ფაილის ზომა (ბაიტი)	Photoshop-ში კუმშვის ფაილის ღონე	JPEG მეთოდით შეკუმშული ფაილის ზომა (ბაიტი)
1	129 024	-	129 024
2	129 024	8	28 956
3	129 024	5	16 079
4	129 024	3	14 379
5	129 024	0	10 190

JPEG შეკუმშვის ალგორითმის დამახასიათებელი თავისებურებები, რომლებიც ძლიერი შეკუმშვისას ვლინდება, კარგად ჩანს 26.5 სურათზე:

- გიფის ეფექტი ("მოძაგძაგე" შარავანდი) მკაფიო საზღვრებთან.
- ბლოკური სტრუქტურა (8x8 პიქსელი), რომელიც კარგად გამოიკვეთა ცის გამოსახულებაზე.

ეს დეფექტები ამ ალგორითმის დამახასიათებელია და საფუძვლად უდევს თვით ალგორითმს. მათი შესუსტება შესაძლებელია მხოლოდ შეკუმშვის კოეფიციენტის ექსპერიმენტულად შერჩევის ხარჯზე.

5.2. ბრაზიკული ფაილების პოპულარული ფორმატები

BMP (Windows Device Independent Bitmap). BMP ფორმატი Windows-ის საკუთარი ფორმატია, მას აღიქვამს ყველა გრაფიკული რედაქტორი, რომელიც Windows-ის გარემოში მუშაობს. მას იყენებენ რასტრული გამოსახულების, როგორც ინდექსირებული (256 ფერამდე) ისე RGB ფერის (16.700.00 ტონი) დამახსოვრებისას. შესაძლებელია RLE პრინციპით შეკუმშვის გამოყენება, თუმცა იგი არ არის რეკომენდებული, რადგან ბევრი პროგრამა ასეთ ფაილებს ვერ აღიქვამს.

WMF (Windows Metafile) Windows-ის კიდევ ერთი საკუთარი ფორმატია, რომელიც ემსახურება ვექტორთა ბუფერით (Clipboard) გადაცემას. ის Windows-ის თითქმის ყველა პროგრამით აღიქმება, რომელიც ასე თუ ისე დაკავშირებულია ვექტორულ გრაფიკასთან. ამასთანავე, უნდა აღვნიშნოთ, 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.

GIF (Graphics Interchange Format). ეს გრაფიკული გაცვლის ფორმატი სპეციალურად დამუშავდა CompuServe ფირმის მიერ ქსელში სამუშაოდ, როგორც რასტრული გამოსახულების არქივად დამახსოვრების ფორმატი. დაარქივება, როგორც უკვე ვიცით, ხდება LZW მეთოდით. მიუხედავად მისი კომპაქტურობისა, როგორც ნებისმიერ სხვა ფორმატს, GIF-საც აქვს გარკვეული ნაკლოვანებები. ის მუშაობს მხოლოდ 256 ფერთან, ამიტომ სრულიად მიუღებელია პოლიგრაფიისათვის და გამოსახულების მაღალი ხარისხით გადასაცემად. GIF-ის ძველი ვერსია ვერ მუშაობს ალფა-არხებთან, გაუმჯობესებული ვერსია მუშაობს, მაგრამ მხოლოდ ერთ გამჭვირვალე ფერთან.

TIFF (Tagged Image File Format) ფირმა Aldus-ის მიერ დამუშავებული, აპარატურად დამოუკიდებელი ფორმატია. ის მუშაობს პრაქტიკულად ყველა პროგრამასთან, რომელიც დაკავშირებულია გრაფიკასთან და დღეისათვის ერთ-ერთია სხვებზე მეტად გავრცელებულ და საიმედოთა შორის. TIFF საუკეთესო არჩევანია რასტრული გრაფიკის, ვექტორულ პროგრამებში და საგამომცემლო სისტემებში იმპორტირებისას. ის მუშაობს ფერთა მოდელების მთელ დიაპაზონზე: მონოქრომატული, RGB, CMYK და Pantone-ის დამატებით ფერებთან. TIFF იყენებს შეკუმშვის LZW მეთოდს და პრაქტიკულად ერთადერთი ფორმატია, რომელიც იმასსოვრებს ოთხზე მეტ არხს, ალფა-არხებს და უამრავ სხვა დამატებით ინფორმაციას.

PS (Adobe PostScript) PostScript არის სხვადასხვა ტიპის დოკუმენტთა ფურცლებზე განლაგებული ტექსტისა და გრაფიკის აღწერის ენა (ლაზერული პრინტერების მართვის ენა), რომელიც ფირმა Adobe-ს მიერაა დამუშავებული. ამ ფორმატის ფაილები, ფაილშივე ინახავს თვით დოკუმენტს, ყველა დაკავშირებულ ფაილს, გამოყენებულ შრიფტებს, და ასევე სხვა დანარჩენ დამატებით ინფორმაციას: ფერთა დაყოფა, დამატებითი პლატები, ნახევარტონური რასტრი ყოველი პლატისთვის და გამოტანის მოწყობილობისთვის საჭირო სხვა მონაცემები. თუ ფაილი სწორად არის დახურული, მაშინ მნიშვნელობა არა აქვს თუ რა პლათფორმაზეა (პროგრამაშია) ის გაკეთებული. უნდა გავითვალისწინოთ მხოლოდ ენის ვერსია. ენა PostScript, საკმაოდ დიდი თემაა. ჩვენ შევეხებით უშუალოდ მასთან დაკავშირებულ ფორმატს.

EPS (Encapsulated PostScript) EPS - გამარტივებული PostScript. ერთ ფაილში ვერ თავსდება ერთ ფურცელზე მეტი და ვერ იმასსოვრებს პრინტერის რიგ დაყენებებს. EPS-ში, ისევე როგორც PostScript ბეჭდვის ფაილებში, იწერება სამუშაოს საბოლოო ვარიანტი, თუმცა ზოგიერთი პროგრამა (Adobe Illustrator, Photoshop ი Macromedia FreeHand) მას სამუშაოდაც იყენებს. EPS იქმნება თითქმის ყველა გრაფიკულ პროგრამაში და მას ძირითადად იყენებენ ვექტორებისა და რასტრების საგამომცემლო სისტემაში გადასაცემად. მის გამოყენებას აზრი აქვს მხოლოდ მაშინ, როდესაც მონაცემთა გამოტანა ხორციელდება PostScript - მოწყობილობაზე. EPS იმასსოვრებს ბეჭდვისთვის აუცილებელ ყველა

ფერის მოდელს, მათ შორის Duotone, და ასევე Clipping Path-ს ვექტორული კონტური. ფაილთან ერთად შეიძლება დავიმახსოვროთ ესკიზი (Image header). ეს არის პირი PICT, TIFF ან WMF ფორმატში, რომელიც EPS-თან ერთადაა დამახსოვრებული და ფაილში ჩახედვის საშუალებას იძლევა, რადგან რედაქტირებისას მისი გახსნა მხოლოდ Photoshop-ს და Illustrator-ს შეუძლია. თავდაპირველად EPS დამუშავდა როგორც ვექტორული ფორმატი, მოგვიანებით გამოჩნდა მისი სახესხვაობა – Photoshop EPS. ისიც იმასსოვრებს ესკიზს და, გარდა ამისა, Photoshop-ის EPS ფილტრს აქვს ძალიან სასარგებლო ფუნქცია Encoding (კოდირება) – მონაცემთა კოდირება ASCII ფორმატში (PC), ამ დროს მართალია იზრდება ფაილის ზომა, მაგრამ სამაგიეროდ იგი ყველგან იხსნება და მის გამოტანაზეც პრობლემები არ იქმნება.

JPEG, JPG (Joint Photographic Exerts Group). ამ ფორმატის თავისებურებები უკვე საკმაოდ ვრცლად განვიხილეთ, ამიტომ მოვიყვანო მის მოკლე დახასიათებას.

- იყენებს ძლიერი შეკუმშვის ალგორითმს. ინფორმაციის ნაწილი იკარგება;
- იძლევა შეკუმშვის დონის არჩევის საშუალებას;
- არ იძლევა ანიმაციისა და გამჭვირვალობის გამოყენების საშუალებას;
- იყენებენ მაღალხარისხიანი, რეალისტური ფოტოების დამახსოვრებისთვის;

– იძლევა 16 მილიონამდე ფერის გამოყენების საშუალებას.

PDF (Portable Document Format) ფორმა Adobe-ს მიერ შემოთავაზებული ეს ფორმატი PostScript-ის ნაირსახეობაა. ის პლატფორმისგან დამოუკიდებელია და იმასსოვრებს ილუსტრაციასა (ვექტორულსა და რასტრულს) და მრავალგვარი შრიფტისა და ჰიპერტექსტური მიმართვის შემცველ ტექსტს. დოკუმენტის გადასატანი ფორმატის (Portable Document Format) ზომა მცირე უნდა იყოს, ამიტომ იყენებენ დაარქივებას და თანაც ყოველი ტიპის ობიექტისთვის – შესაბამის ხერხს. ამ ფორმატთან სამუშაოდ ფორმა Adobe-მ შექმნა პროგრამული პაკეტი Acrobat-ი. პრაქტიკულად ყველა პროგრამა იძლევა PDF ფაილის შექმნის საშუალებას. ე.ი. ნებისმიერ პროგრამაში შექმნილი ილუსტრირებული, მრავალრიცხოვანი შრიფტებით და ჰიპერტექსტებით დატვირთული დოკუმენტი PDF ფაილში ექსპორტირდება და შესაძლებელია მისი ელექტრონული ფორმით გადაცემა, როგორც ქსელში, ისე ნებისმიერ პერიფერიულ მოწყობილობაზე, ისე რომ არ ვიზრუნოთ ფერთა დაშლაზე, კავშირებსა და სხვა ბეჭდურ პრობლემებზე. შესაბამისად PDF ფაილი იხსნება პროგრამა Acrobat –ში და მისი თანამედროვე ვერსიები (Adobe Acrobat 6.0 Professional) ამ დოკუმენტზე უამრავი ოპერაციის ჩატარების საშუალებას იძლევა.

PSD (Adobe Photoshop Document) PSD პოპულარული რასტრული პროგრამის - Photoshop-ის საკუთარი ფორმატია. ის საშუალებას იძლევა დავიმახსოვროთ

მრავალფენიანი გამოსახულება თავისი მასკებით, დამატებითი არხებით, კონტურებით და სხვა ინფორმაციით – ყველაფერი რაც Photoshop-ში კოდდება. PSD გაფართოებას ყველაზე კარგად აღიქვამს Corel PHOTO-PAINT პროგრამა იგი გეზულობს მის მრავალფენიანობას და ფაილს 100%-იანი კორექტულობით ხსნის.

AI (Adobe Illustrator Document) პროგრამა Adobe Illustrator-ის საკუთარი ფორმატია. ერთ ფაილში შეუძლია მხოლოდ ერთი ფურცლის შენახვა, აქვს პატარა სამუშაო ველი – სულ 3x3 მეტრი. თავისი ილუსტრირების საშუალებებით უფრო სუსტია, ვიდრე პროგრამა CorelDRAW, მაგრამ მიუხედავად ამისა, მისი AI ფორმატი გამოირჩევა უდიდესი სტაბილურობით და შეთავსებადობით PostScript –თან. AI შეთავსებადია ვექტორული გრაფიკის თითქმის ყველა პროგრამასთან, ამიტომ ის ყველაზე კარგი შუამავალია, ვექტორთა ერთი პროგრამიდან მეორეში გადაცემისას.

CDR (CorelDRAW Document) პროგრამა CorelDRAW –ს საკუთარი ფორმატია. CorelDRAW ვექტორული გრაფიკის პროფესიულ პროგრამად ითვლება. CDR ფაილებში ვექტორისა და რასტრის დაარქივება ცალ-ცალკე ხდება, შესაძლებელია შრიფტების დანერგვა, ამ ფაილებს აქვთ დიდი სამუშაო ველი 45x45 მეტრი, CDR ხასიათდება მრავალფურცლიანობით და მისი ფაილების იმპორტირებაც ბევრ პროგრამას შეუძლია.

6. რასტრული ინფორმაციის შეტანა/გამოტანის მოწყობილობები

ვიზუალური ინფორმაციის შეტანა/გამოტანა

ჩვენ განვიხილეთ ციფრული ინფორმაციის შეტანა/გამოტანის პროცესი, და ეს არ იყო დაკავშირებული ინფორმაციის ვიზუალიზაციასთან. მთავარი კრიტერიუმი იყო ხარისხი და გამოსახულებათა შეკუმშვის ალგორითმების ეფექტურობა. ეს მნიშვნელოვანია ციფრული ინფორმაციის გარე მატარებლებზე დამახსოვრებისა და ქსელის არხებით გადაცემისას. რადგან ინფორმაციის გაცვლა ელექტრონულ მოწყობილობებს შორის ხდება, ამიტომ ადამიანის მხედველობითი აღქმის თავისებურებები გათვალისწინებულია მხოლოდ ერთ საკითხში – ინფორმაციის დაკარგვის დასაშვები დონის შეფასება შეკუმშვის ზოგიერთ ალგორითმში.

ამ თავში შეტანა/გამოტანის მოწყობილობათა იმ კლასს განვიხილავთ, რომელიც ემსახურება უშუალოდ ვიზუალური ინფორმაციის გარდაქმნას ელექტრონულ ფორმად და პირიქით. ციფრული ინფორმაციის შეტანის მოწყობილობებს მიეკუთვნება: ციფრული ფოტო- და კინოკამერები, სკანერი, გრაფიკული პლანშეტი და სხვა. გამოტანის მოწყობილობებს კი – მონიტორი, პრინტერი, პლოტერი და სხვა.

6.1. ციფრულ გამოსახულებათა შეტანის მოწყობილობები

შეტანის მოწყობილობა ემსახურება ვიზუალური ინფორმაციის გარდაქმნას ელექტრონულ (ციფრულ) ფორმად და მის შეტანას კომპიუტერში. ვიზუალური ინფორმაციის წყარო შეიძლება იყოს უშუალოდ ბუნება, მისი ვიზუალური პირები (სურათი, ფოტო) და თვით ადამიანი. *პირველ შემთხვევაში* შეტანის მოწყობილობის სახით იყენებენ ციფრულ კამერას, სკანერს, რენტგენის ან ულტრაბგერის აპარატებს და სხვა. უფრო ხშირად ინფორმაცია ქაღალდის მატარებლებზე და სლაიდებზეა მოცემული, რისთვისაც არსებობს უამრავი სხვადასხვა ტიპის მოწყობილობა საერთო დასახელებით “სკანერი”. ვიზუალური ინფორმაციის შეტანისას, ინფორმაცია გადადის ყოველგვარი შინაარსობრივი დამუშავების გარეშე, ამიტომ დამახინჯება შეიძლება მოხდეს მხოლოდ მოწყობილობათა თავისებურებიდან გამომდინარე.

მეორე შემთხვევაში – ადამიანი თვითონ ქმნის გამოსახულებას. შეტანის ერთ-ერთი გრაფიკული მოწყობილობა, რომელსაც მუდმივად ვიყენებთ, მაუსია, რომელიც ხატვისთვის არც ისე მოსახერხებელია. უფრო პროფესიული სამუშაოებისთვის იყენებენ ე.წ. გრაფიკულ პლანშეტს, რომელიც სპეციალურ პლანშეტზე კალმით ხატვის საშუალებას იძლევა. ამ შემთხვევაში შექმნილი გამოსახულების ხარისხი ადამიანის ხელზეა დამოკიდებული, რადგან ჯერ არ არსებობს მოწყობილობა, რომელიც ადამიანის მიერ წარმოდგენილ გამოსახულებას უშუალოდ კომპიუტერში გადაიტანს.

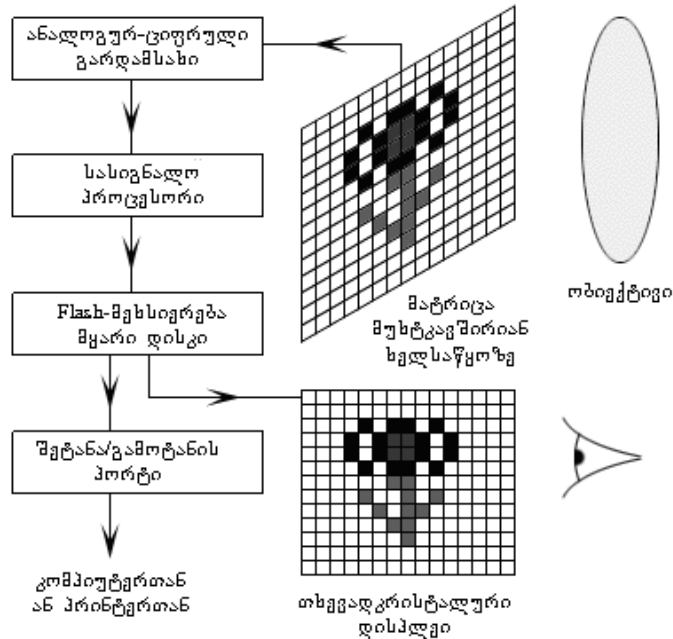
6.1.1. ციფრული კამერა

ბოლო წლებში ციფრული კამერის წარმოება ნამდვილ ბუმს განიცდის, რაც გამოწვეულია პირველ რიგში ინტერნეტის სწრაფი განვითარებით, სადაც ძალიან გაიზარდა მოთხოვნილება საშუალო (ეკრანული) ხარისხის ფოტოებზე. მეორე ფაქტორი არის ის, რომ მაღალხარისხიანი პერსონალური კომპიუტერები და ფერადი პრინტერები ყველასთვის ხელმისაწვდომი გახდა, რის გამოც ციფრული კამერა პერსონალური კომპიუტერის სტანდარტული პერიფერიული მოწყობილობა გახდა.

ციფრული კამერის მუშაობა თითქმის არ განსხვავდება ჩვეულებრივი ფოტოკამერის მუშაობისაგან. სინათლე, ობიექტივის გავლის შემდეგ ფოკუსირდება სინათლისადმი მგრძნობიარე ფირზე (სურ.27). თუმცა, ფოტოფირის მაგივრად აქ გამოყენებულია სპეციალური მატრიცა ე.წ. მატრიცა მუხტკავშირიან ხელსაწყოზე. ამ მატრიცის ელემენტები მგრძნობიარეა ძირითადი ფერების (წითელი, მწვანე და ლურჯი) მიმართ. მატრიცის ყოველ ელემენტში, მასზე დაცემული სინათლის რაოდენობის პროპორციულად ფორმირდება ელექტრული მუხტი.

ექსპოზიციის შემდეგ, მატრიცის ყოველი ელემენტის მუხტი სტრიქონ-სტრიქონ იკითხება და ანალოგურ-ციფრული გარდამსახის საშუალებით ციფრულ კოდად გარდაიქმნება. ეს კოდი ამ მატრიცის შესაბამის ელემენტზე მოხვედრილი სინათლის (უფრო სწორედ, ფერადი კომპონენტის) სიკაშკაშის პროპორციულია.

ციფრული კოდის მიღების შემდეგ, ინფორმაცია მიეწოდება სასიგნალო პროცესორს, რომელიც კამერის დონის მიხედვით სხვადასხვა ოპერაციას ასრულებს. ეს ოპერაციები დაკავშირებულია ტონისა და ფერის კორექციასთან და მიღებული ციფრული გამოსახულების შეკუმშვასთან.



სურ. 27.

ციფრული კამერის მუშაობის პრინციპი

პროცესორის მიერ ინფორმაციის წინასწარი დამუშავების შემდეგ, გამოსახულება ციფრული კამერის მეხსიერებაში ჩაიწერება. ჩვეულებრივ, ყველა თანამედროვე ციფრულ კამერას აქვს პატარა თხევადკრისტალური დისპლეი,

რომელიც კამერის უკანა მხარეს არის განთავსებული და ძალიან მოსახერხებელია ფოტოს ხარისხისა და კომპოზიციის რეგულირებისათვის.

ციფრული ინფორმაციის შემდგომი დამუშავებისათვის ციფრული კამერების უმრავლესობას ინფორმაციის კომპიუტერზე გადასაცემად და უშუალოდ პრინტერზე დასაბეჭდად აქვს შეტანა/გამოტანის პორტი.

მომხმარებლის თვალსაზრისით მთავარი საკითხი არის **მიღებული გამოსახულების ხარისხი.**

არსებობს პროფესიული და სტუდიური კამერები, რომლებიც უმაღლესი ხარისხის გამოსახულებას იძლევა, მაგრამ მათი ფასი რამდენიმე ათეულ ათას დოლარს და მეტსაც აღწევს. არსებობს ასევე მასობრივი მომხმარებლისთვის გათვალისწინებული ციფრული კამერა, რომლის ფასიც მისაღებია და, რაც მთავარია, მისი შესაძლებლობები ყოველდღიურად უმჯობესდება. ერთ-ერთი ძირითადი პარამეტრია *მატრიცის ზომა*. თანამედროვე ბიტურ კამერას უკვე “მეგაპიქსელური მატრიცა” აქვს, მისი ზომაა 1280x960, 1600x1200 და მეტიც. ასეთი კამერები, A4 ფორმატის სურათის მაღალი პოლიგრაფიული ხარისხით ბეჭდვის საშუალებას იძლევა.

ზოგიერთი კამერის პროცესორი დამატებითი ხაზებისა და კონტურების გენერაციისა და ინტერპოლაციის ხარჯზე სპეციალურ მატრიცაზე უფრო კარგ გადაწყვეტას გვაძლევს. მიუხედავად ამისა, გადაწყვეტის თვალსაზრისით ციფრული კამერა მაინც ჩამორჩება ფირიან კამერას და, როდესაც ძალიან მაღალი ხარისხის საჭირო დღეს მის გამოყენებას არ გვირჩევენ. ციფრული

კამერის დადებითი მხარეა ჩრდილის კარგი დამუშავება, უარყოფითი – მცირე დინამიკური დიაპაზონი სპექტრის წითელ უბანზე.

ციფრული გამოსახულების ხარისხზე აპარატული შეკუმშვა მოქმედებს, რაც მისი დამახსოვრებისას ხდება. თანამედროვე კამერებში შესაძლებელია შეკუმშვის დონის შეკვეთა, და, შესაბამისად, გამოსახულების ხარისხიც რეგულირებადია. ყველაზე ხშირად იყენებენ შეკუმშვის JPEG ალგორითმს.

ცხადია, გამოსახულების ხარისხზე გამოყენებული ობიექტივები მოქმედებს. ფაქტიურად ყველა ციფრული კამერა მუშაობს ავტოფოკუსირებადი ლინზებით, რომელთა ფოკუსირების მანძილი 8 მმ-ია, რაც ფირებიანი ობიექტივის 35 მმ-ს შეესაბამება, მატრიცის ზომა გაცილებით მცირეა, 35 მმ-იანი ფირის კადრის ზომასთან შედარებით. თანამედროვე კამერაში, ჩვეულებრივ, მოძრავ ლინზას (zoom) იყენებენ, რომელიც ობიექტივის ფოკუსირების ზომის ცვლის საშუალებას იძლევა.

ძალიან მნიშვნელოვანი საკითხია *მატრიცის მგრძობიარობა*, რაც შეესაბამება ISO მგრძობიარობას 100-დან 200 ერთეულამდე. ზოგიერთი კამერის მატრიცა მუშაობს 400-ერთეულიანი მგრძობიარობით, მაგრამ ხარისხის მკვეთრად გაუარესებით. კამერების უმრავლესობისთვის ექსპოზიციის დრო იცვლება 1/4-დან 1/500 წამამდე.

ციფრული გამოსახულების კამერაში დამახსოვრებისათვის იყენებენ ორი ტიპის მესხიერებას –

ცვლად Flash-დისკ და მინიატურულ მყარ დისკს (ვინჩესტერს).

თანამედროვე Flash-დისკის მოცულობა 4-დან 64-მდე მეგაბაიტია. 4მგბ-ით ინახება 50-მდე დაბალი ხარისხის (640x480) ან 20-მდე საშუალო ხარისხის (1024x768) ფოტოსურათი. Flash-დისკს არ სჭირდება კვება ინფორმაციის შენახვისთვის, ამიტომ ძალიან მოსახერხებელია ფოტო არქივის შექმნა.

მინიატურულ ვინჩესტერს იყენებენ როგორც პროფესიულ, ისე მასობრივი მოხმარების კამერაში. მისი ტევადობა გაცილებით დიდია Flash-დისკთან შედარებით, რაც საშუალებას იძლევა დავიმახსოვროთ ათობით ათასი სურათი.

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

6.12. სკანერო

თანამედროვე სკანერს ყველაზე ხშირად ქაღალდზე არსებული ინფორმაციისა და ფოტოების შესატანად იყენებენ. ბოლო წლებში ფართო გამოყენება აქვს სლაიდ-სკანერსაც, რომელიც საშუალებას იძლევა პირდაპირ სლაიდებიდან ან ნეგატივებიდან შევიტანოთ გამოსახულება. ეს გაცილებით მოსახერხებელია, რადგან თავიდან ვიცილებთ 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.28).



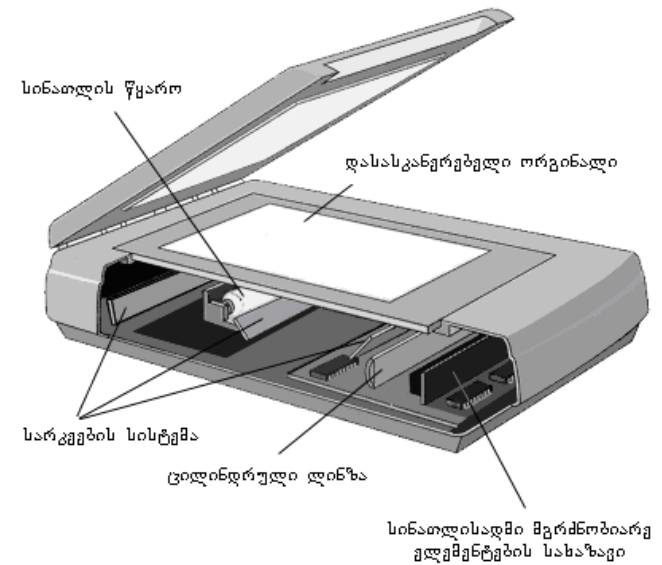
სურ.28.

პლანშეტის სკანერი მცირე ზომის საგნების დასკანერებისათვის

ძირითადად არსებობს: ხელის, პლანშეტის, დოლიანი და სლაიდ-სკანერები. არსებობს საპროექციო სკანერიც, მაგრამ დღეს მას, ხელის სკანერის მსგავსად, იშვიათად იყენებენ.

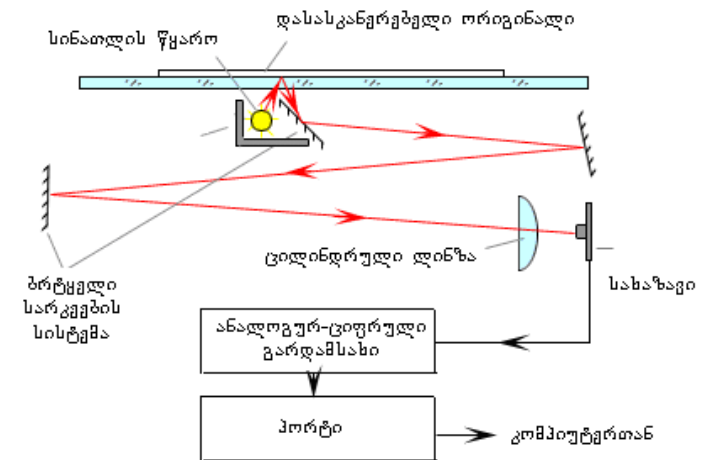
გრაფიკული ინფორმაციის შეტანისთვის ყველაზე პოპულარულია პლანშეტის სკანერი. დოლიან სკანერს, რომელიც განკუთვნილია მაღალი ხარისხითა და გადაწყვეტით დასკანერებისათვის, მისი ფასისა და მოხმარების სირთულის გამო, ძირითადად საგამომცემლო სისტემაში იყენებენ.

მოკლედ განვიხილოთ პლანშეტის სკანერის მუშაობის პრინციპი. 28-ე სურათზე სქემატურად გამოსახულია თვით მოწყობილობა, ხოლო 29-ე სურათზე – მისი მუშაობის პრინციპი.



სურ.29.

პლანშეტის სკანერის მოწყობილობა



სურ.30.

პლანშეტის სკანერის მუშაობის პრინციპი

როგორც 30-ე სურათიდან ჩანს, დასასკანერებელი ორიგინალიდან აირეკლება სინათლის წყაროდან გამოსული სინათლე, არეკვლილი სინათლე სარკეების სისტემის გავლით ხვდება ცილინდრულ ლინზაზე, რომელიც სინათლისადმი მგრძობიარე ელემენტების ზოლზე ქმნის ორიგინალის გამოსახულებას ვიწრო სტრიქონის სახით. 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 სარკვა დამაგრებული, პრეციზიულად გადაადგილდება ორიგინალის გასწვრივ. ყოველ ბიჯზე კომპიუტერში გადაეცემა მომდევნო სტრიქონი. ბოლოს და ბოლოს მთელი გამოსახულება ასე სტრიქონ-სტრიქონ გადაეცემა კომპიუტერს.

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

სკანერის პროგრამული უზრუნველყოფა საშუალებას იძლევა წინასწარ შევხედოთ დასასკანერებელ გამოსახულებას, მოვნიშნოთ და დავასკანეროთ მხოლოდ გამოსახულების ფრაგმენტი, გავზარდოთ სიმკვეთრე და შევქმნათ გამოსახულების არქივები. უფრო რთული მოდელი ტონური და ფერადი ბალანსის დარეგულირებასაც ახერხებს პირდაპირ დასკანერების დროს.

6.2. რასტრული გრაფიკული ინფორმაციის გამოტანის მოწყობილობა

გრაფიკული ინფორმაციის ვიზუალური ფორმით გამოტანის მოწყობილობა კონკრეტულად ადამიანისთვისაა განკუთვნილი. გრაფიკული ინფორმაციის კომპიუტერული დამუშავების პროცესი მაშინ დასრულდება, როდესაც ის ადამიანის თვალისთვის მისაღები გახდება. სწორედ ამას ემსახურება ეს მოწყობილობა. სხვა კომპიუტერული მოწყობილობების მსგავსად, გამოტანის მოწყობილობაც სწრაფად ვითარდება. ესაა სხვადასხვა ხარისხისა და ტექნოლოგიის მონიტორები და პრინტერთა უამრავი მოდელი.

6.2.1. მონიტორი

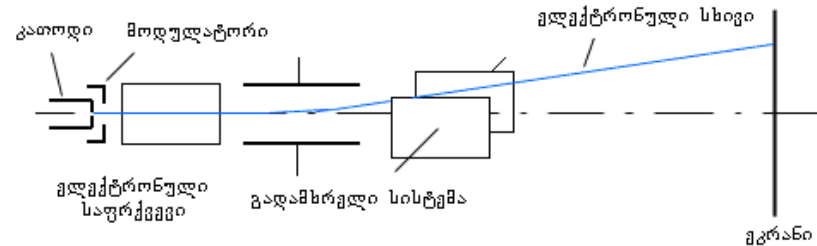
აღბათ ძნელი წარმოსადგენია თანამედროვე კომპიუტერი გრაფიკული მონიტორის გარეშე, თუმცა ოცდაათი წლის წინ ეს ჩვეულებრივი მოვლენა იყო. გრაფიკული მონიტორის საშუალებით ყველაფრის ვიზუალიზება შესაძლებელია, რაც კომპიუტერის შიგნით ხდება.

მონიტორის მუშაობა დაფუძნებულია ოთხ ძირითად პრინციპზე, რის მიხედვითაც ასხვავებენ მონიტორის შემდეგ ტიპებს:

- ელექტრონულ-სხივური მილაკი
- თხევადკრისტალური დისპლეი
- დისპლეი ავტოელექტრონული ემისიით
- პლაზმური დისპლეი

განვიხილოთ პირველი ტიპის მონიტორი, რომელიც ყველაზე გავრცელებულია და საკმაოდ ფართოდ იყენებენ.

ელექტრონულ-სხივური მილაკის მუშაობის პრინციპი ალბათ ყველასათვის ცნობილია (სურ.31).



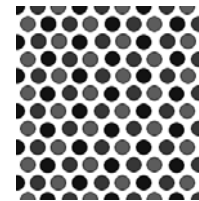
სურ.31.

ელექტრონულ-სხივური მილაკის მუშაობის პრინციპი

ელექტრონული სხივი (ფერად კინესკოპში – სამი სხივია) ფორმირდება ელექტრონული საფარქვევებით. გადამხრველი სისტემის საშუალებით ეს სხივი შეიძლება დასკანერდეს სტრიქონ-სტრიქონ კინესკოპის ეკრანის გასწვრივ. ეკრანი დაფარულია ლუმინოფორით, რომელიც ნათდება ელექტრონული კონის ზემოქმედებით, თანაც ნათების

სიკაშკაშე, კონის ინტენსივობის პროპორციულია. ეკრანზე სკანერების პროცესში, კონის ინტენსივობის ცვლილებით, შეიძლება გამოვსახოთ ნებისმიერი სურათი. რა თქმა უნდა, ეს ძალიან გამარტივებული სქემაა, მაგრამ ჩვენ გვინტერესებს მხოლოდ მუშაობის ძირითადი პრინციპი.

ფერად მონიტორში იყენებენ სამ ელექტრონულ კონას (თითო-თითოს წითელ, მწვანე და ლურჯ ფერთა კომპონენტებზე) და სამი ტიპის ლუმინოფორს, რომლებიც ნათდება წითლად, მწვანედ და ლურჯად, შესაბამისი ელექტრონული კონის ზემოქმედებით. თუ ჩართული მონიტორის ეკრანს ლუპით შევხედავთ, დავინახავთ სამი ძირითადი ფერის ლუმინოფორის ლაქებს (სურ.32). მეზობელ ლაქებს შორის მანძილები თვალის სივრცულ გადაწყვეტაზე ნაკლებია, ამიტომ ხდება წითელი, მწვანე და ლურჯი ლაქების დამთხვევა. რეზულტატური (მაჯამებელი) ფერი დამოკიდებულია ამ ლაქების ნათების ინტენსივობათა თანაფარდობაზე.



სურ.32.

ფერადი მონიტორის ეკრანის სრუქტურა (თეთრი ფერის უბანი)

თანამედროვე მონიტორი, რომელსაც ფერადი კინესკოპი აქვს, ხასიათდება გამოსახულების საუკეთესო ხარისხით, კაშკაშა და გაჯერებული ფერებით და მაღალი სიმკვეთრით. ასეთ მონიტორს მხოლოდ ორი ნაკლი აქვს – დიდი სიგრძე და, შესაბამისად დიდი მასა. საქმე ისაა, რომ რაც უფრო განიერი ეკრანი აქვს მონიტორს, მით

მეტია მისი სიგრძე. ყოველ ერთ ღუიმ სიგანეზე ემატება ერთი ღუიმი სიგრძე.

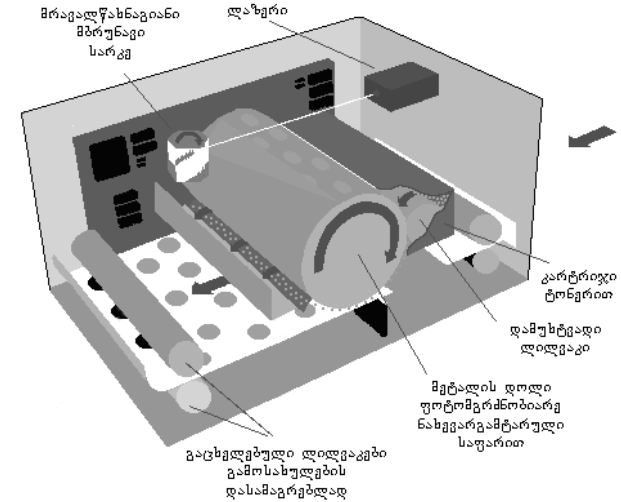
ფართო გამოყენება აქვს 14-15-და 17-ღუიმიან მონიტორებს. 21-ღუიმიანი მონიტორები ძირითადად პროფესიული თვალსაზრისით გამოიყენება მხატვრულ დიზაინსა და არქიტექტურაში.

6.2.2. პრინტერი

თანამედროვე პრინტერი ხასიათდება ბეჭდვის მაღალი ხარისხითა და სწრაფქმედებით. მისი ფასიც შედარებით დაბალია. არსებობს ბეჭდვის მრავალი პრინციპი, მაგრამ ჩვენ განვიხილავთ მხოლოდ ორი ტიპის პრინტერს – ლაზერულსა და ჭავლეურს. მათი სწორად გამოყენებისათვის აუცილებელია, ზოგადად მაინც ვიცოდეთ მათი მუშაობის პრინციპები.

ლაზერული პრინტერის მუშაობის პრინციპი ძალიან ჰგავს ქსეროქსის მუშაობის პრინციპს. პრინტერის ძირითადი ნაწილია ლითონის დოლი, რომელსაც აქვს ფოტომგრძობიარე ნახევარგამტარული საფარი (სურ.33). თავდაპირველად დოლის ზედაპირი თანაბრად იმუხტება. სიბნელეში ეს მუხტი ისე ინახება, როგორც კონდენსატორში. დოლი ნელა ბრუნავს. ამ დროს ლაზერის სხივი გაირბენს დოლის ზედაპირზე. გაშლა ხორციელდება მბრუნავი მრავალწახნაგიანი სარკის მეშვეობით. ლაზერის სხივი პერიოდულად წყდება დასაბეჭდი ნახატის 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.33.

ლაზერული პრინტერის სქემა

ამის შემდეგ ტონერის (მღებავის) ფხვნილის შემცველი სპეციალური მოწყობილობა დოლს დაფარავს ფხვნილით. ტონერის ნაწილაკებს ისეთივე ელექტრული მუხტი აქვს როგორც დოლის ზედაპირს ჰქონდა თავდაპირველად. ე.ი. ფხვნილის ნაწილაკები დოლს მხოლოდ იმ წერტილებში ეკვრის, რომლებზეც იმოქმედა სინათლემ, რადგან დოლის ის ნაწილები, რომლებსაც შენარჩუნებული აქვს მუხტი ტონერს (ერთსახელიანი მუხტები განიზიდება) განიზიდავს. ახლა უკვე დოლის ზედაპირზე არის

ტონერის ნაწილაკებისაგან შექმნილი რეალური, ხილვადი სურათი.

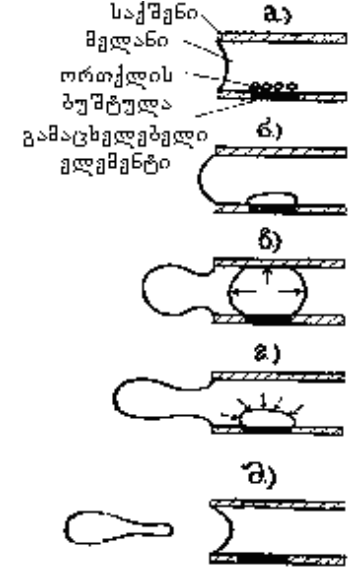
ამის შემდეგ ქაღალდის ფურცელი მჭიდროდ ეკერის დოლს, ტონერი ცხელდება და გადადის ქაღალდზე. ახალი ფურცლის დაბეჭდვამდე, დოლი ტონერის ნარჩენებისგან იწმინდება სპეციალური დანით, და ის კვლავ მზად არის შემდგომი მუშაობისთვის.

ცხადია, ჩვენ განვიხილეთ მხოლოდ სქემა. რეალურად ყველაფერი გაცილებით რთულია. არსებობს ლაზერული ბეჭდვის უამრავი ვარიაცია, რაც მის მახასიათებლებს და ფასს განსაზღვრავს.

ლაზერულ პრინტერს ბევრი დადებითი თვისება აქვს: ბეჭდვის კარგი ხარისხი, მაღალი გადაწყვეტა და სიჩქარე, მაგრამ იგი შედარებით ძვირია, ეს განსაკუთრებით ფერად პრინტერს ეხება, ამიტომ ფერადი ბეჭდვისას უფრო ხშირად ჭავლურ პრინტერს იყენებენ.

ჭავლური პრინტერის მუშაობის პრინციპი ლაზერულისგან სრულიად განსხვავებულია. აქ გამოსახულება ფორმირდება მელნის წვეთებისგან, რომლებიც იფრქვევა საბეჭდი თავაკის უწვრილესი საქშენებიდან. თავაკი გადაადგილდება და შეავსებს გამოსახულების ერთ სტრიქონს. თავაკის უკან დაბრუნების შემდეგ ქაღალდი დაიძვრება ერთი სტრიქონით, და ეს პროცესი გამეორდება მანამ, სანამ მიიღება მთელი გამოსახულება. ჩვეულებრივ თავაკს ბევრი საქშენი აქვს. მაგალითად Epson-ის ფირმის ბოლო მოდელებში მათი რიცხვი 128-ს უდრის.

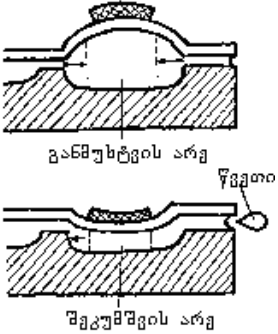
თავაკებს ასხვავებენ მელნის წვეთების ფორმირების წესის მიხედვით. არსებობს ორი მეთოდი – თერმული (სურ.34) და პიეზოელექტრული (სურ.35).



სურ.34. წვეთის ჩამოყალიბების თერმული მეთოდი

თერმული წესის დროს იყენებენ აფსკური რეზისტორის სწრაფი გახურების ეფექტს. აფსკური რეზისტორი ან უშუალოდ საქშენთან თავსდება, ან – საქშენის შესასვლელ არხთან. დენის იმპულსის გატარებისას თხელაფსკიანი რეზისტორი ძალიან სწრაფად ცხელდება (500 გრადუსამდე) და აცხელებს მის გარემომცველ მელანს. ამ დროს იქმნება ორთქლის ბუშტულა, რომელიც ფართოვდება და საქშენიდან გამოდევნის მელნის წვეთს. დენის გამორთვის შემდეგ, რეზისტორი უმაღვე ცივდება, ორთქლის ბუშტულა იკუმშება და იწოვს მელნის ახალ ულუფას. ეს პროცესი სქემატურად გამოსახულია 34-ე სურათზე.

მეორე მეთოდი პიეზოელექტრულია. არსებობს სპეციალური მასალა – პიეზოელექტრიკი, რომელიც ძაბვის ზემოქმედებით ფართოვდება და თანაც ძალიან სწრაფად. პიეზოელემენტი ისე კონსტრუირდება, რომ ძაბვის მიწოდებისას ის იღუნება. ასეთი პიეზოელემენტი თავსდება კამერის კედელში საფრქვევთან (სურ.35). ძაბვის მიწოდებისას კამერის შიგნით არე იკუმშება და ქმნის საფრქვევიდან მელნის გამოღვევის პირობას.



სურ.35. წვეთის ჩამოყალიბების პიეზოელექტრული მეთოდი

თანამედროვე ჭავლური პრინტერი გამოირჩევა ბეჭდვის კარგი ხარისხით. თუმცა მას ორი მნიშვნელოვანი ნაკლი აქვს – ბეჭდავს დაბალი სიჩქარით და ბეჭდვის კარგი ხარისხის უზრუნველსაყოფად ითხოვს სპეციალურ ქაღალდს.

1. Петров М.Н., Полочков В.П., Компьютерная графика. 2-ое издание. Питер, 2006.
2. Гонсалес Р., Вудс Р., Цифровая обработка изображений. Техносфера, 2006, 1072с.
3. Роджерс Д., Адамс Дж., Математические основы машинной графики. М.: Мир, 2001. — 604 с. ISBN 5-03-002143-4
4. Дик Мак-Клелланд, Photoshop для Windows. Диалектика, 2000, 830с.

რედაქტორი მ. ბაზაძე
ტექნიკური რედაქტორი ნ. ცირეკიძე
კორექტორი ნ. დოლიძე
კომპიუტერული უზრუნველყოფა
გადაეცა წარმოებას 13.XI.2006წ. ხელმოწერილია
დასაბეჭდად 19.XII.2006წ. ქაღალდის ზომა 60X84