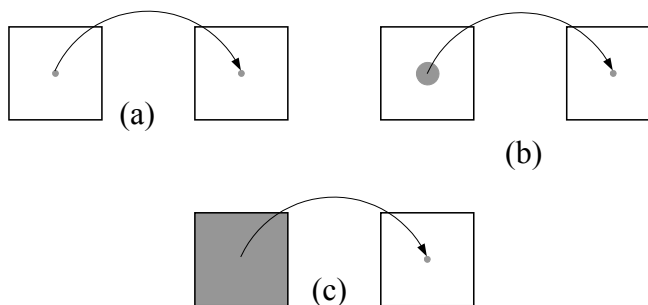


ALGORITMI ZA OBRADU SLIKE

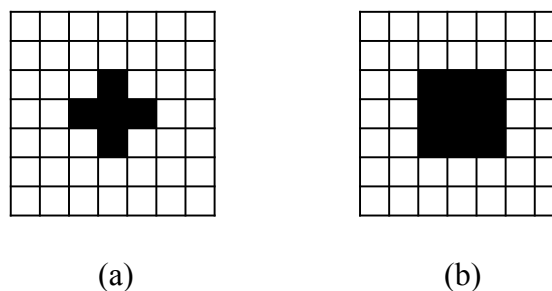
Operacije za obrade slike se mogu podijeliti u sedam kategorija:

- operacije zasnovane na histogramu,
- operacije zasnovane na jednostavnoj matematici,
- operacije zasnovane na konvoluciji,
- operacije zasnovane na diferenciranju,
- geometrijske operacije,
- operacije zasnovane na matematičkoj morfologiji.

Pored toga, operacije se mogu posmatrati kao operacije u tački, lokalne ili globalne, Slika 32. Operacije u tački određuju vrijednost piksela izlazne slike na specificiranoj koordinati $b[m = m_0, n = n_0]$ samo na osnovu ulazne vrijednosti iste koordinate $a[m = m_0, n = n_0]$. Kod lokalnih operacija vrijednost izlaza na specificiranoj koordinati zavisi od ulazne vrijednosti iste koordinate i vrijednosti njoj *susjednih* elemenata. Tipičan izbor susjednih elemenata su *4-povezani* i *8-povezani* susjedni elementi u slučaju pravougaonog odmjeravanja, Slika 33.



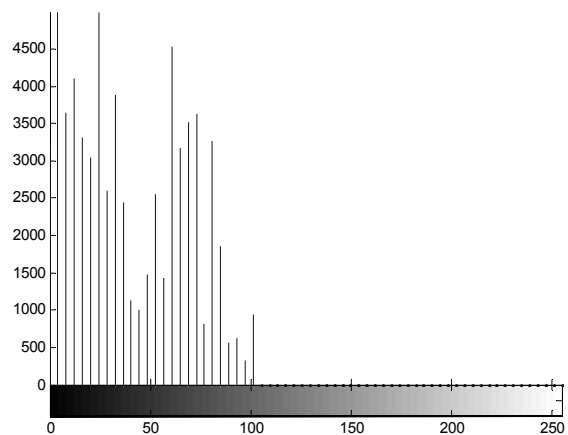
Slika 32. Tipovi operacija (a) u tački, (b) lokalne i (c) globalne



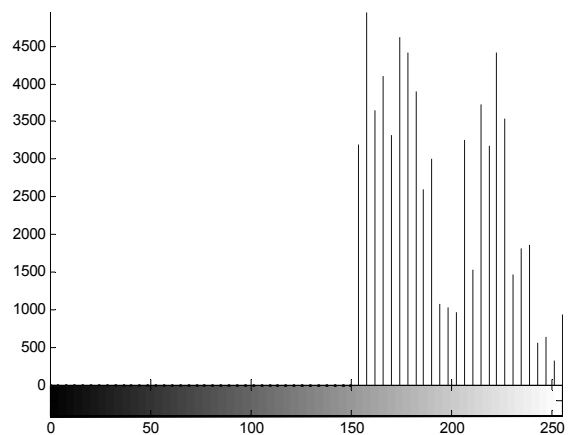
Slika 33. Susjedni elementi (a) 4-povezani, (b) 8-povezani

OPERACIJE NAD HISTOGRAMOM

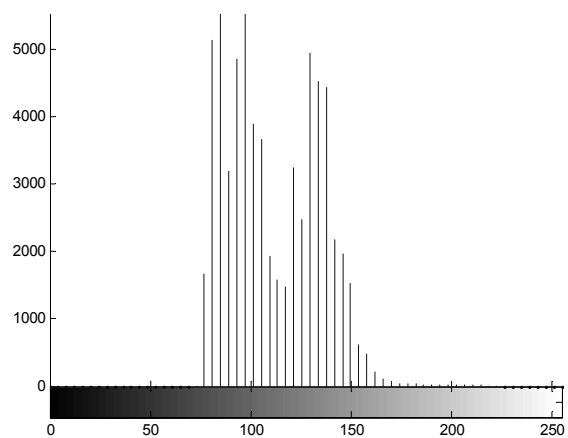
Na Slici 34 su su dati primjeri histograma slika.



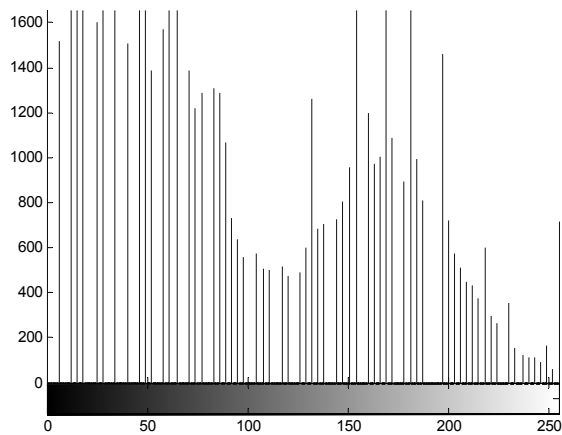
(a)



(b)



(c)

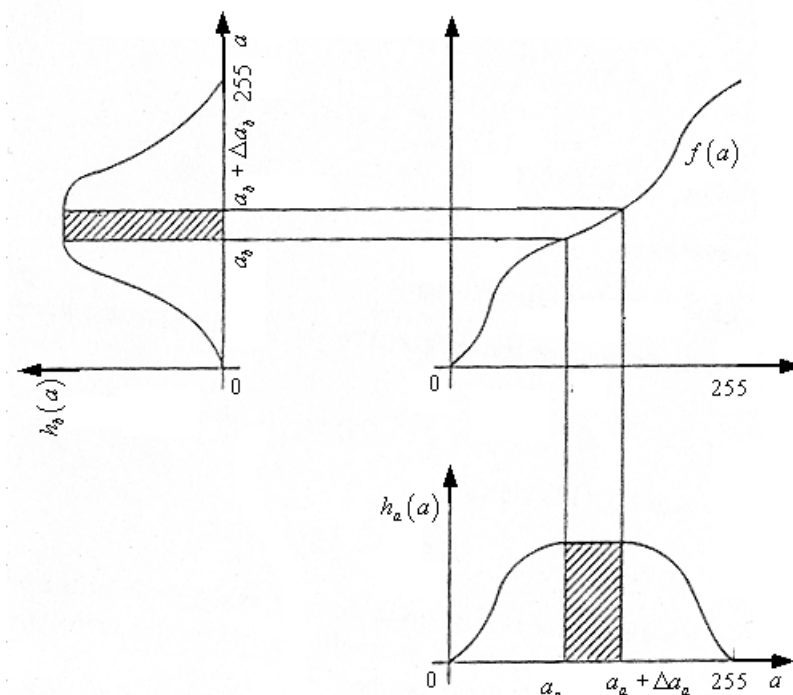


(d)

Slika 34 Histogram slike: (a) suviše tamne, (b) suviše svijetle, (c) sa lošim kontrastom, (d) sa dobrim kontrastom

Važna klasa point operacija se zasniva na manipulaciji nad histogramom slike ili regiona. Slika 35 prikazuje relacije između ulaznog histograma, transformacione funkcije i izlaznog histograma. Mora da vrijedi:

$$\int_{a_b}^{a_b + \Delta a_b} h_b(a) da = \int_{a_a}^{a_a + \Delta a_a} h_a(a) da$$



Slika 35. Transformacija histograma

Promjena kontrasta

Često je slika skenirana na takav način da se rezultujuće vrijednosti svjetline ne protežu preko cijelog raspoloživog dinamičkog opsega. U ovakvim slučajevima, slika se koriguje razvlačenjem histograma preko cijelog raspoloživog dinamičkog opsega. Na taj način se pojačava kontrast. Ako nivoi svjetline na slici treba da se kreću u granicama od 0 do $2^B - 1$, tada se, u opštem slučaju, 0% svjetlini (odnosno, minimumu) pridružuje vrijednost 0, a 100% svjetlini (maksimumu) vrijednost $2^B - 1$. Odgovarajuća transformacija je data sa:

$$b[m, n] = (2^B - 1) \cdot \left(\frac{a[m, n] - \text{minimum}}{\text{maksimum} - \text{minimum}} \right)^\gamma$$

Ako je razvlačenje histograma linearno γ je jednako 1. Druge vrijednosti γ daju nelinearno razvlačenje histograma.

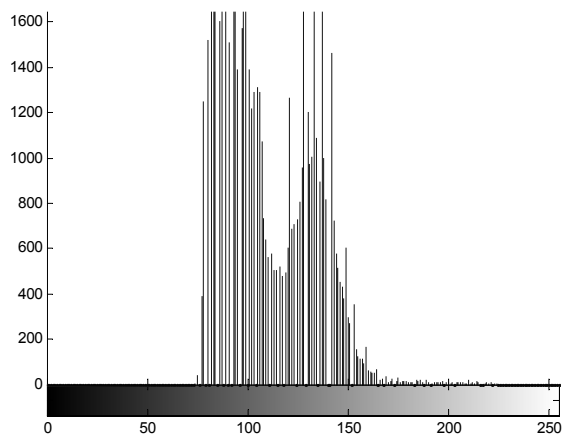
Data formula je ponekad neosjetljiva, a ponekad preosjetljiva, za jako niske i jako visoke nivoe svjetline, te je bolje koristiti opštiju formulu datu sa:

$$b[m,n] = \begin{cases} 0 & a[m,n] \leq p_{low} \\ (2^B - 1) \cdot \left(\frac{a[m,n] - p_{low}}{p_{high} - p_{low}} \right)^\gamma & p_{low} < a[m,n] < p_{high} \\ (2^B - 1) & a[m,n] \geq p_{high} \end{cases}$$

Na Slici 36 je ilustrovana transformacija histograma, razvlačenjem histograma slike sa lošim kontrastom preko cijelog opsega svjetlina da bi se dobila slika sa boljim kontrastom.



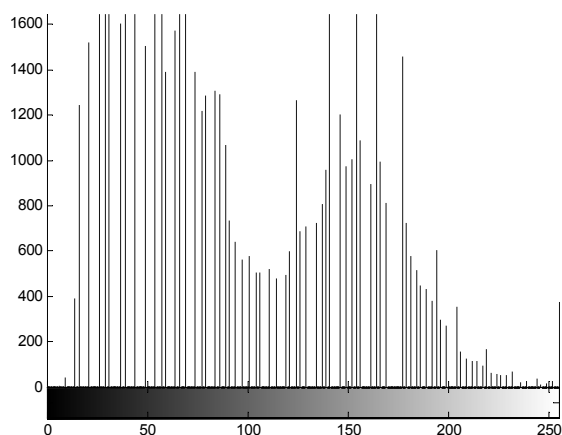
(a)



(b)



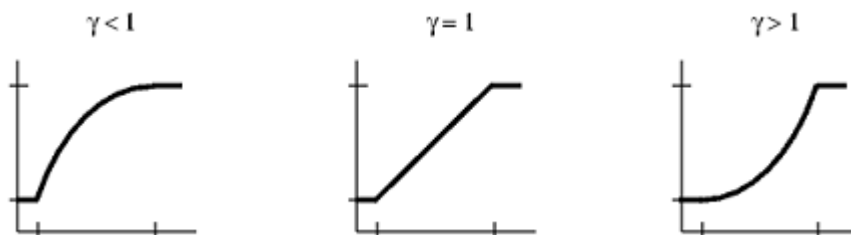
(c)



(d)

Slika 36. (a) Slika sa lošim kontrastom, (b) histogram slike sa lošim kontrastom, (c) slika sa poboljšanim kontrastom, (d) histogram slike sa poboljšanim kontrastom

Za različite vrijednosti γ krive transformacije histograma imaju oblik dat na Slici 37. Za $\gamma = 1$ transformacija je linearna, dok su ostale dvije transformacije nelinearne. Kada je $\gamma < 1$ dolazi do razvlačenja histograma u području nižih vrijednosti svjetlina, a područje histograma viših vrijednosti svjetlina se sabija, dok je za $\gamma > 1$ situacija obrnuta.

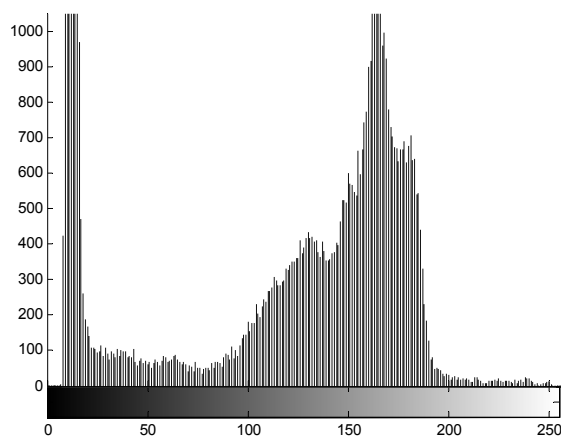


Slika 37. Krive transformacije histograma

Na Slici 38 je prikazan primjer nelinearnog razvlačenja histograma sa $\gamma = 0.5$ koje razvlači histogram u području tamnijih nijansi, te one postaju bolje vidljive.



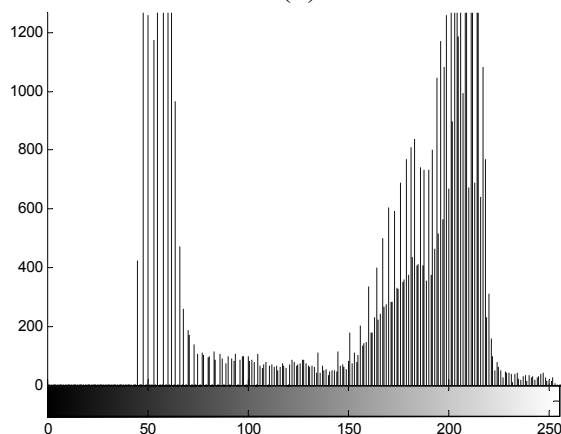
(a)



(b)



(c)

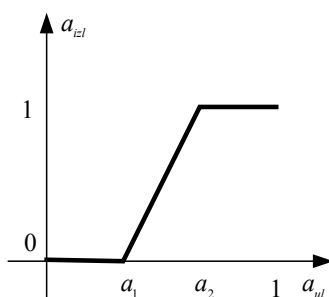


(d)

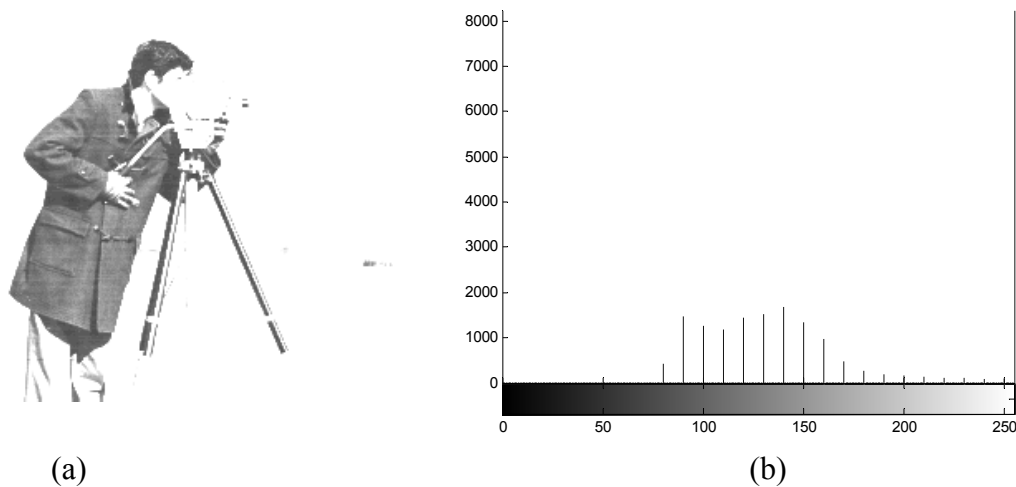
Slika 38 (a) Originalna slika i (b) njen histogram, (c) slika nakon nelinearne transformacije i (d) njen histogram

Isticanje detalja u opsegu

Isticanje detalja na slici može se izvesti selektivnim promjenama histograma. Na primjer, da bi istakli detalje samo jednog opsega cijele skale sivila, taj opseg histograma se razvuče, dok vrijednosti ispod donjeg praga sivila postaju crne, a iznad gornjeg praga bijele, Slika 39. Na Slici 40 je samo 10% najnižih svjetlina izdvojeno i razvučeno preko cijelog opsega svjetlina, što je dovelo do isticanja tamnih detalja.



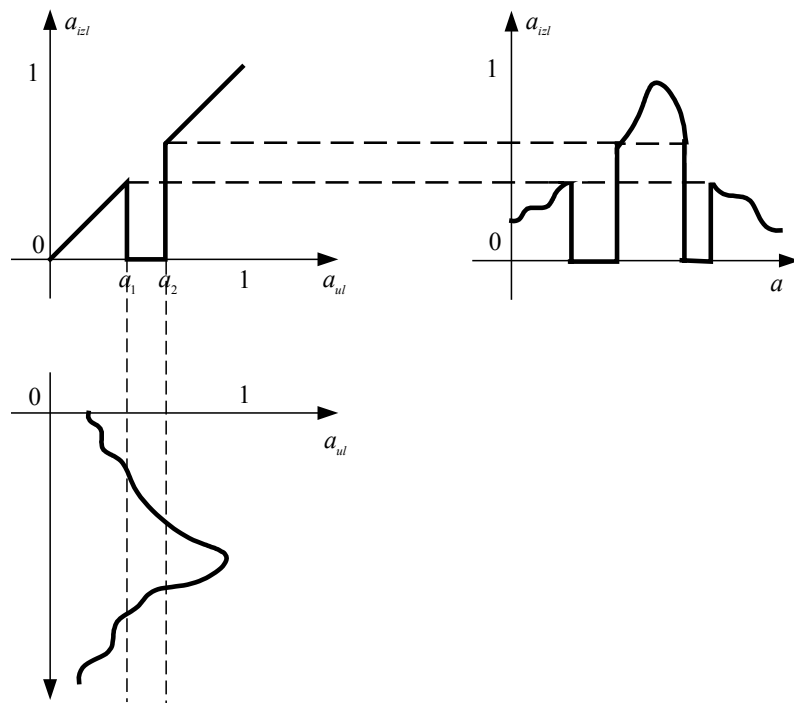
Slika 39. Isticanje detalja u opsegu



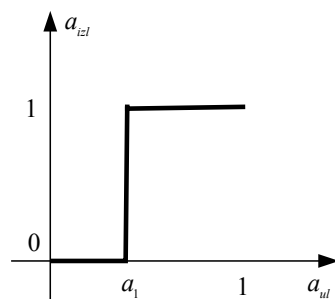
Slika 40. (a) Slika 38(a) nakon isticanja tamnih detalja i (b) njen histogram

Izdvajanje opsega iz skale sivila

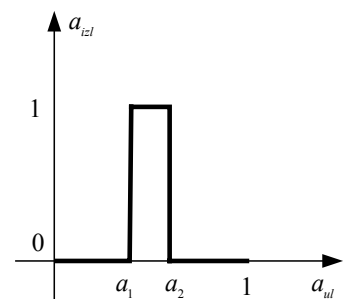
Određene opsege iz skale sivila je moguće zamijeniti crnim, bijelim, ili konstantnim sivim nivoom, Slika 41. Takođe je moguće cijelu sliku mapirati u binarnu, Slika 42, ili izdvojiti samo piksele čiji nivo sivila pripada zadatom opsegu, Slika 43.



Slika 41. Zamjena opsega iz skale sivila konstantnim nivoom



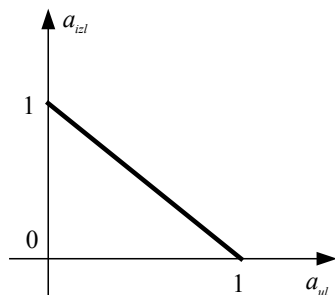
Slika 42. Formiranje binarne slike



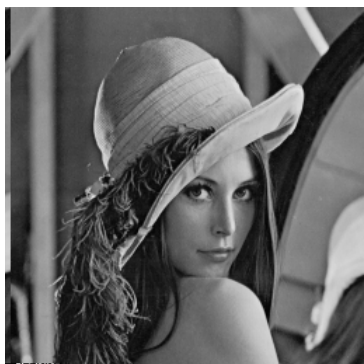
Slika 43. Izdvajanje piksela zadate svjetline

Negativ

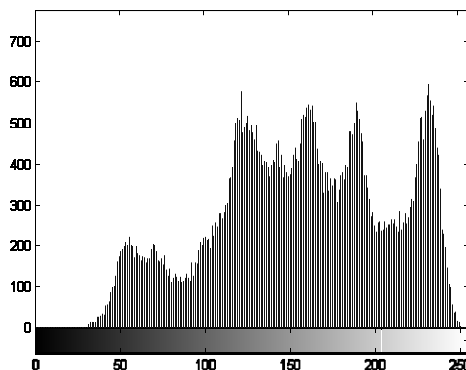
Negativ slike se dobije obrtanjem histograma, Slika 44. Interesantno je primijetiti da se na negativu mogu uočiti detalji koji nisu vidljivi na originalnoj slici. Negativ slike "Lena" sa odgovarajućim histogramom je prikazan na Slici 45.



Slika 44. Obrtanje histograma



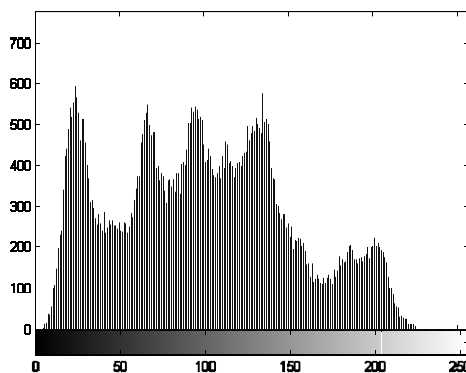
(a)



(b)



(c)



(d)

Slika 45. (a) Originalna slika i (b) njen histogram,
(c) negativ date slike i (d) histogram negativa

Ekvalizacija histograma

Kada želimo da uporedimo dvije ili više slika po nekoj osnovi, uobičajeno je da se prvo uradi normalizacija histograma na “standardni” histogram. To je posebno korisno kad se slike prikupljaju pod različitim okolnostima. Najčešće korištena tehnika normalizacije histograma je *ekvalizacija* histograma, gdje se koristi funkcija $b = f(a)$ u cilju postizanja “ravnog” histograma po svim nivoima svjetline. To odgovara distribuciji svjetline gdje su sve vrijednosti jednako vjerovatne. Nažalost, za proizvoljnu sliku, moguće je samo aproksimirati željeni rezultat.

Za “podobnu” funkciju $f(\bullet)$, relacija između ulazne funkcije gustoće, izlazne funkcije gustoće i funkcije $f(\bullet)$ je data sa:

$$p_b(b)\Delta b = p_a(a)\Delta a \Rightarrow df = \lim_{\Delta b \rightarrow 0} \Delta b = \lim_{\Delta a \rightarrow 0} \frac{p_a(a)}{p_b(b)} \Delta a = \frac{p_a(a)}{p_b(b)} da.$$

Iz poslednje jednačine je vidljivo da “podobna” znači da je $f(\bullet)$ diferencijabilna i da je $df/da \geq 0$. Pri ekvalizaciji histograma mi želimo da bude $p_b(b) = \text{const} = \frac{1}{2^B - 1}$, ako se nivoi svjetline na slici kreću u granicama od 0 do $2^B - 1$, što znači da je:

$$f(a) = (2^B - 1) \cdot \int_0^a p_a(\tau) d\tau = (2^B - 1) \cdot P(a),$$

gdje je $P(a)$ funkcija distribucije.

Bolji rezultat (ravniji histogram) se postiže ako je broj nivoa svjetline u histogramu rezultujuće slike mnogo manji od broja nivoa svjetline originalne slike.

Algoritmi za ekvalizaciju histograma

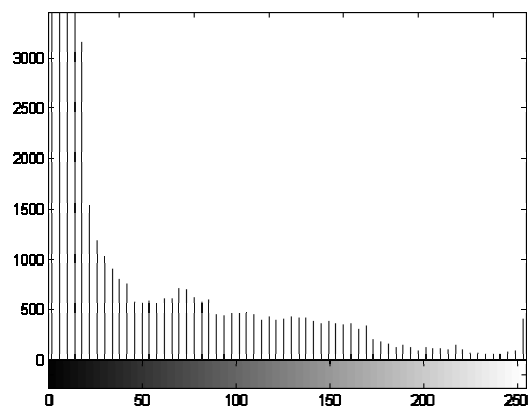
Jedan od algoritama za ekvalizaciju histograma se zasniva na tome da se, nakon određivanja srednje vrijednosti svjetline, pođe od najnižeg nivoa svjetline, on se poredi sa srednjom vrijednošću, te ako je manji, doda mu se sljedeći i ponovo poredi sa srednjim. Postupak se nastavlja dok se ne odredi najbliža vrijednost srednjoj vrijednosti. Tada se svi ti nivoi svjetline grupišu u jedan nivo. Na ovaj način se dobije približno ujednačavanje histograma.

Ako se želi ravan histogram, postupak je sličan. Broj piksela na susjednim nivoima svjetline se sabira, pa kad dostigne srednju vrijednost, sve te svjetline se zamjenjuju jednim nivoom svjetline. Iznos preko srednje vrijednosti se prebacuje i sabira sa vrijednostima narednih nivoa svjetline.

Primjer ekvalizacije histograma prikazan je na Slici 46.



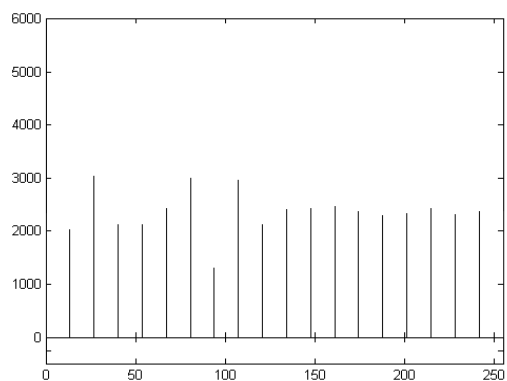
(a)



(b)



(c)



(d)

Slika 46. (a) Originalna slika i (b) njen histogram, (c) slika nakon ekvalizacije histograma u 20 tačaka i (d) histogram slike nakon ekvalizacije

Postizanje specificiranog histograma

Neka je $p_a(a)$ funkcija gustoće originalne slike i $p_z(z)$ funkcija gustoće željene slike. Ekvalizacija originalne i željene slike daje slike b i c :

$$b = f_1(a) = (2^B - 1) \cdot \int_0^a p_a(\tau) d\tau,$$

$$c = f_2(z) = (2^B - 1) \cdot \int_0^z p_z(\tau) d\tau,$$

gdje su $p_b(b)$ i $p_c(c)$ su uniformne funkcije gustoće.

Da bi se postigao željeni histogram, neophodno je uraditi sljedeće:

- ekvalizaciju histograma originalne slike,
- specificirati željenu funkciju gustoće i odrediti transformacionu funkciju $c = f_2(z)$,
- primijeniti inverznu transformaciju $z = f_2^{-1}(b)$.

Ostale operacije zasnovane na histogramu

Lokalne operacije zasnovane na histogramu uključuju i *minimum*, *median* i *maksimum* filtre, o kojima će više riječi biti kasnije.