

INF2310 – 15. februar 2017 – Ukens temaer (Kap 3.3 i DIP)

- Kjapp repetisjon av gråtonetransformasjon
- Histogramtransformasjoner
 - Histogramutjevning
 - Histogramtilpasning/histogramspesifikasjon
 - Standardisering av histogram for billedserier
- Lokal gråtone-transformasjon

Repetisjon av histogrammer

- Gråtonehistogram:
 $h(i)$ = antall piksler i bildet med pikselverdi i ,
og følgelig er $\sum_{i=0}^{G-1} h(i) = n \times m$

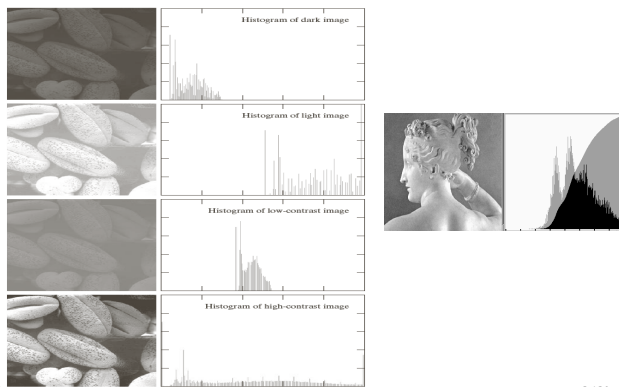
- Det normaliserte histogrammet:

$$p(i) = \frac{h(i)}{n \times m}, \quad \sum_{i=0}^{G-1} p(i) = 1$$

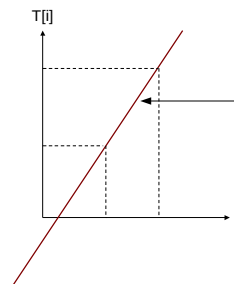
- Det kumulative histogrammet:

$$c(j) = \sum_{i=0}^j h(i)$$

Repetisjon av histogrammer II



Repetisjon av gråtonetransform



Førrige uke: $T[i]$ gitt som en parametrisert funksjon.

Feks en linje i planet:
 $T[i] = ai + b$

I dag: Gitt et bilde, finn $T[i]$ ved å spesifisere ønsket histogram.

Histogramutjevning (*histogram equalization*)

- Mål: *Maksimere kontrasten* og samtidig beholde *gråtonerikheten*

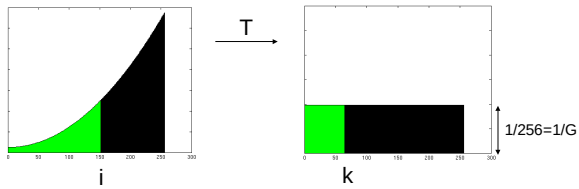
Gjøre histogrammet uniformt (flatt)
↓
Kumulative histogrammet en rett linje

- Middel: Global gråtonetransform; $T[i]$
 - Altså flytte på (hele) histogramssøyler
- Tilnærming ved å spre søylene mest mulig utover det støttede intensitetsintervallet

Tommelfingerløsning

- Vil ha store mellomrom mellom høye histogramssøyler, og lite mellomrom der vi har lave søyer
 - en transform med høyt stigningstall hvor det er mange piksler, og lavt stigningstall hvor det er få piksler
- Det **kumulative histogrammet** har akkurat disse egenskapene
- Histogramutjevningstransformen, $T[i]$, er (faktisk) gitt ved det skalerte kumulative histogrammet til innbildet
 - Se læreboka for mer formell utledning

Tommelfingerløsning++



$$\int_0^i p(x) dx$$

$$= k \frac{1}{G}$$

$$\Downarrow$$

$$k = G \int_0^i p(x) dx$$

Vi får tilnærmet det samme om vi bytter integrasjonen med en summasjon med diskret histogramutjevning

2017.02.15

INF2310

7 / 30

Algoritme for histogramutjevning

- For et $n \times m$ bilde med G gråtoner:
 - Lag array h , p , c og T av lengde G
- Finn bildets normaliserte histogram
 - Gå gjennom bildet piksel for piksel. Hvis piksel har intensitet i , la $h[i]=h[i]+1$
 - Deretter skalér, $p[i] = h[i]/(n*m)$, $i=0,1,\dots,G-1$
- Lag det kumulative histogrammet c
 - $c[0] = p[0]$
 - $c[i] = c[i-1]+p[i]$, $i=1,2,\dots,G-1$
- Sett inn verdier i transformarray T

$$T[i] = \text{Round}((G-1)*c[i]), \quad i=0,1,\dots,G-1$$
- Gå gjennom bildet piksel for piksel, Hvis bildet har intensitet i , sett intensitet i utbildet til $s=T[i]$

2017.02.15

INF2310

8 / 30

Histogramutjevning – eksempel I

- Det resulterende histogrammet ser ikke flatt ut, men det kumulative histogrammet er tilnærmet en rett linje
- Husk at søylene ikke kan splittes for å tilfredstille et flatt histogram ved ren gråtonetransform

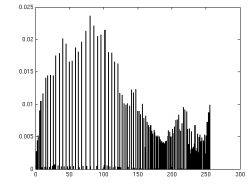
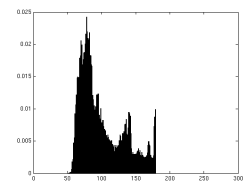
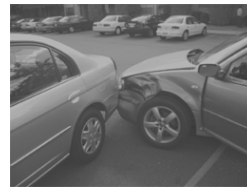


2017.02.15

INF2310

9 / 30

Histogramutjevning – eksempel II

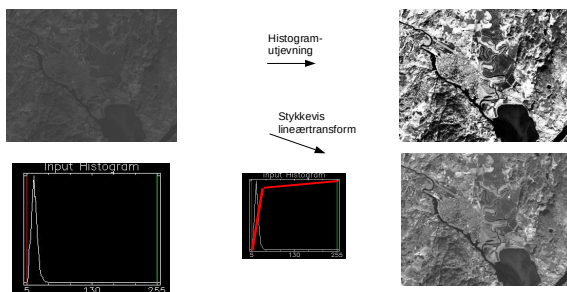


2017.02.15

INF2310

10 / 30

Histogramutjevning – eksempel III



Histogramutjevning gir ikke nødvendigvis det beste visuelle resultatet!

2017.02.15

INF2310

11 / 30

Histogramtilpasning

- Histogramutjevning gir (tilnærmet) flatt histogram
- Kan spesifisere annen form på resultathistogrammet:
 1. Gjør histogramutjevning på innbildet, finn $s=T(i)$
 2. Spesifiser ønsket nytt histogram $g(z)$
 3. Finn den transformen T_g som histogramutjevner $g(z)$ og inverstransformen T_g^{-1}
 4. Inverstransformer det histogramutjevnete bildet fra punkt 1 ved $z=T_g^{-1}(s)$

2017.02.15

INF2310

12 / 30

(Fra http://fourier.eng.hmc.edu/e161/lectures/contrast_transform/node3.html)

2017.02.15 INF2310 13 / 30

Tilpasning til Gauss-profil

2017.02.15 INF2310 14 / 30

Tilpasning til vilkårlig kurve

(Bilder hentet fra DIPNASAS)

2017.02.15 15 / 30

"Histogram matching"

- Histogramtilpasning hvor det ene bildets histogram benyttes som ønsket form

2017.02.15 INF2310 16 / 30

Standardisering av histogram

- Hensikt:
 - Sørge for at alle bildene i en serie har like histogrammer
 - Antar altså at fordelingene av gråtonene bør være nogenlunde lik over bildene
- Metoder:
 - Histogramutjevning
 - Histogramspesifikasjon (f.eks. til oppgitt Gauss-profil eller referansebilde)
- Hvorfor? Fjerne effekten av
 - Døgnvariasjon i belysning
 - Aldringseffekter i lamper og detektorer
 - Akkumulering av støv på linser etc.
- Hvor:
 - Produkt-inspeksjon i industri
 - Ansiktsgjenkjenning
 - Medisinsk avbildning
 - ...

Jfr. forrige uke, da vi standardiserte bilder ved å benytte en lineær strekking til å gi bildene samme middelvei og varians

2017.02.15 INF2310 17 / 30

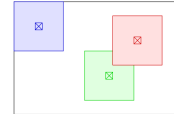
Når bør du IKKE gjøre dette?

- Ikke standardisere histogrammet hvis:
 - Det kan være "reelle" variasjoner i middelvei og varians til bildene i en bildeserie
 - «Formen» på histogrammet kan ha verdi ved videre analyse
- Hva gjør du?
 - Behold originalene, og jobb på kopier (selfølgelig..)
 - Gjør lineære gråtonetransformasjoner på bildene
 - Dette vil bevare strukturene i histogrammet, selv om (μ, σ) endres
- Eksempel:
 - Mikroskopering av kreft-celler (se neste side)

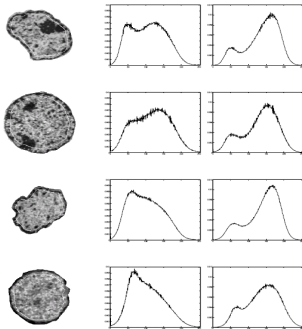
2017.02.15 INF2310 18 / 30

Lokal gråtonetransform (GTT) I/III

- Vil standardisere den **lokale** kontrasten
 - Vil ha samme kontrast over hele bildet
- Transformasjonene vi har sett på kan beregnes ut fra pikselverdiene i en **lokal omegn** (typisk et kvadratisk vindu) omkring punktet (x,y)
 - Kun pikselen (x,y) bestemmes av transformen basert på dette vinduets piksler
 - Altså egen transform for hver piksel i bildet (adaptiv)



INF2310



(Fra B. Nielsen et.al)

Figure 3.21: Three columns: Examples of four cell nuclei from normal, sigmoidal, and linear contrast. The borders between the 20% peripheral and 70% central part are outlined as a thin white line. Second column: The mean gray level histogram from all cell nuclei within each of the four classes, based on the 10% peripheral part of nuclei. Third column: The mean gray level histogram from all cell nuclei within each of the four classes, based on the central 70% of the nuclei.

INF2310

Lokal GTT II/III

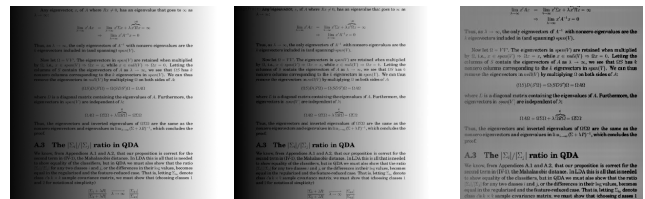
- Utfør lokal GTT som prøver å oppnå samme kontrast over hele bildet
 - Histogramspesifikasjon
 - Beregn det kumulative histogrammet i et vindu sentrert om (x,y)
 - Endre *senterpikselen* ved den resulterende transformen

- Lineær standardisering av σ
 - Beregn μ_{xy} og σ_{xy} i et vindu sentrert om (x,y)
 - Transformer $f(x,y)$ til $g(x,y)$ med en lineær transform som gir nytt standardavvik σ_0 innenfor vinduet

$$g_1(x, y) = \mu_{xy} + [f(x, y) - \mu_{xy}] \frac{\sigma_0}{\sigma_{xy}}$$

(Husk at vi kom frem til dette uttrykket forrige uke)

Lokal GTT – Eksempel I

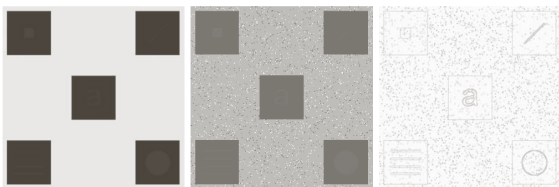


Original

Global histogram-
utjevning

Lokal endring av
middelverdi og kontrast

Lokal GTT – Eksempel II

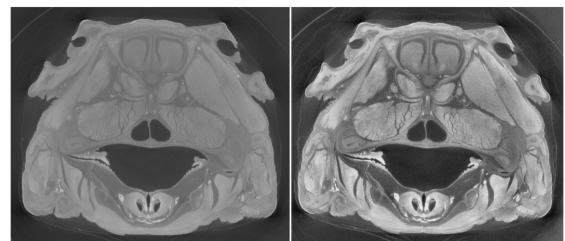


a b c

FIGURE 3.26 (a) Original image. (b) Result of global histogram equalization. (c) Result of local histogram equalization applied to (a), using a neighborhood of size 3 × 3.

(Fra DIP, Gonzales & Woods)

Lokal GTT – Eksempel III



Dicect, two-year old Alligator mississippiensis head in transverse views (left) unmodified, and (right) filtered using CLAHE. (Fra <https://dicect.com/2016/08/11/claher/>)

Lokal GTT III/III

- Vi er ofte nødt til å begrense «endringsviljen» til de lokale kontrastendringstransformene
 - Innføre brukerstyrte parametre



Input

2017.02.15



«Ubegrenset»
lokal histogramutjevning
INF2310



«Ubegrenset»
lokal lineær strekking
25 / 30

Lokal GTT i praksis | lineær strekking I/II

- Ønsker vi også lokal GTT som også gir en ny middelvei μ_0 , så bruker vi transformen

$$g_2(x, y) = \mu_0 + [f(x, y) - \mu_{xy}] \frac{\sigma_0}{\sigma_{xy}}$$

- Men dette vil ofte gi et "flatt" bilde
- Introduserer parameteren β , styrer hvor kraftig vi endrer μ :
 - $\beta = 0 \rightarrow$ uforandret middelvei over hele bildet
 - $\beta = 1 \rightarrow$ lik middelvei over hele bildet

$$g_3(x, y) = \beta\mu_0 + (1 - \beta)\mu_{xy} + [f(x, y) - \mu_{xy}] \frac{\sigma_0}{\sigma_{xy}}$$

2017.02.15

INF2310

26 / 30

Lokal GTT i praksis | lineær strekking II/II

- Hva er karakteristisk for homogene områder i et bilde?
 $\sigma_{xy} = 0$

- Her får vi problemer, fordi

$$g_3(x, y) = \dots + [f(x, y) - \mu_{xy}] \frac{\sigma_0}{\sigma_{xy}}$$

- Innfører parameteren δ :

$$g_4(x, y) = \beta\mu_0 + (1 - \beta)\mu_{xy} + [f(x, y) - \mu_{xy}] \frac{\sigma_0}{\sigma_{xy} + \delta\sigma_0}$$

- Lokal pikselverdi-mapping gir (betydelig) økt regnearbeid

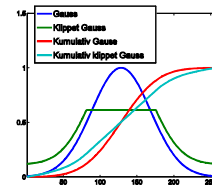
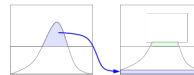
2017.02.15

INF2310

27 / 30

Lokal GTT i praksis | histogramutjevning

- En mye brukt variant: CLAHE (contrast limited adaptive histogram equalization)
- Her «begrenser» vi kontrastendringen ved å klippe histogrammet før vi regner ut det kumulative histogrammet.
- Dette gir en transformasjon med lavere stigningstall, som gir mindre kontrastendring



16.02.2016

INF2310

Lokal GTT - Implementasjon

- Lokal kontrastendring er *regnekrevende*
 - Histogramspesifikasjon: Beregne nytt lokalt kumulativt histogram for hver piksel
 - Lineær transform: Beregne ny μ og σ sigma for hver piksel
- Benytt overlappet mellom vinduene i det man flytter til neste piksel
 - Løpende oppdatere både histogrammet, μ og σ
- Eller, gjør en approksimasjon: Beregn kun transform for hvert n-te piksel, og interpoler mellom transformene

2017.02.15

INF2310

29 / 30

Sentrale temaer i dag

- Histogramtransformasjoner
 - Histogramutjevning
 - Histogramtilpasning
- Standardisering av histogram for billedserier
 - Fjerne effekten av variasjoner i avbildningsforhold (døgnvariasjon, lysforhold, sensorbytte, støv etc)
 - Ikke lurt med histogramtilpasning hvis histogram-formen inneholder informasjon som (senere) skal/kan benyttes
 - Alternativ til standardisering av bilder med lineær transform
- Lokal gråtone-transformasjon
 - Samme kontrast og «lyshet» over hele bildet
 - Beregn og benytt transformene på lokalt vindu rundt hver piksel
 - Kontrastbegrensning (både for lineær strekking og histogramutjevning)
 - Regnekrevende

2017.02.15

INF2310

30 / 30