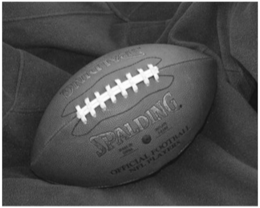
INF2310 - Gråtonemapping

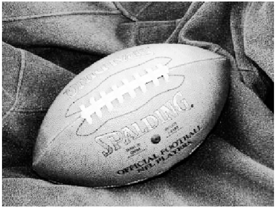
5. februar 2020

- Histogrammer
- Lineære gråtone transformasjoner
- Standardisering av bilder med lineær transformasjon
- Ikke-lineære parametriske transformasjoner

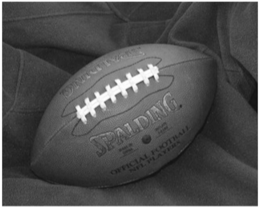
Hvordan endre kontrast i et bilde?



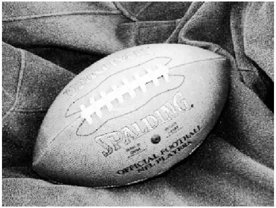
$\xrightarrow{?}$

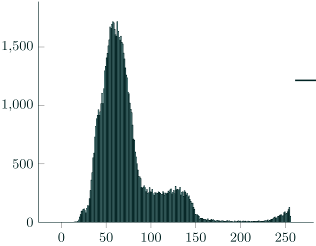


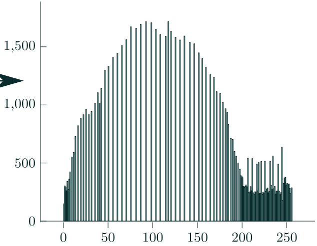
Hvordan endre kontrast i et bilde?



?



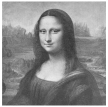


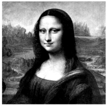


Endre bildets histogram!

Hva menes med kontrast?

- Sier noe om forskjell i farge, lysstyrke eller andre fysiske egenskaper på objekter
- Ser kun på kontrast i **lysstyrke**:





- Typiske metrikker på kontrast:

Weber-kontrast ("Weber fraction"): $\dfrac{f_{\mathsf{OBJ}} - f_{\mathsf{BAK}}}{f_{\mathsf{BAK}}}$

Michelson-kontrast ("Visibility"): $\dfrac{f_{\max} - f_{\min}}{f_{\max} + f_{\min}}$

RMS-kontrast (standardavvik): $\sqrt{\dfrac{1}{MN}\displaystyle\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{M-1}(f(x,y)-\mu)^2}$

Histogrammer

- Når vi jobber med bilder, har vi oftest
    - Et bilde som datasett
    - Pikselintensiteter som målinger

Histogrammer

- Når vi jobber med bilder, har vi oftest
  - Et bilde som datasett
  - Pikselintensiteter som målinger
- Et histogram er en diskret funksjon som viser antall målinger innenfor intervaller i et datasett (ofte uniforme intervaller)

Histogrammer

- Når vi jobber med bilder, har vi oftest
  - Et bilde som datasett
  - Pikselintensiteter som målinger
- Et histogram er en diskret funksjon som viser antall målinger innenfor intervaller i et datasett (ofte uniforme intervaller)

  $\rightarrow$ Gir oss en oversikt over forekomsten til intensitetsverdiene i bildet

Histogrammer

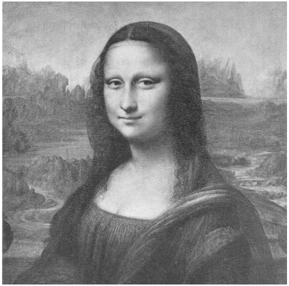
- Når vi jobber med bilder, har vi oftest
  - Et bilde som datasett
  - Pikselintensiteter som målinger
- Et histogram er en diskret funksjon som viser antall målinger innenfor intervaller i et datasett (ofte uniforme intervaller)

  $\rightarrow$ Gir oss en oversikt over forekomsten til intensitetsverdiene i bildet
- Kan også ha histogrammer over egenskaper til objektene i bildet

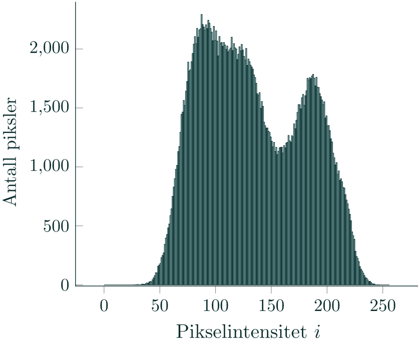
Gråtonehistogrammer

- Et histogram: $h(i)$ = antall piksler i bildet med verdi i
- Dannes ved å telle pikselverdiene i bildet
- $\sum_{i=0}^{G-1} h(i) = N \times M$ for et $N \times M$ bilde med G gråtoner

Bilde



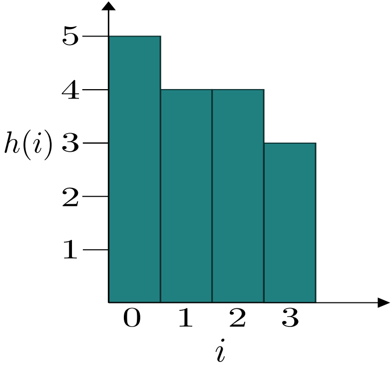
Gråtonehistogram



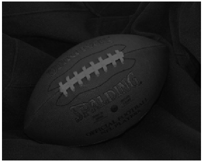
Bilde:

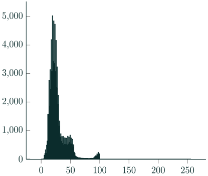
0	2	1	0
1	3	3	2
3	0	0	2
1	2	1	0

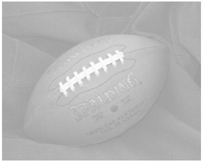
Histogram:

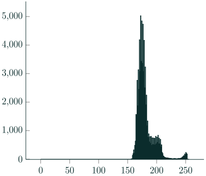


Lite/mye lyshet



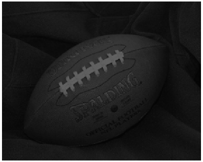


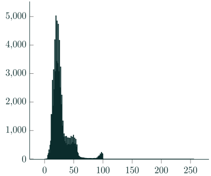


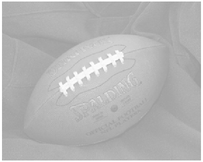


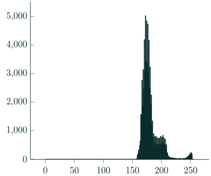
Eksempel: Histogram til bilder med ulik belysning og kontrast

Lite/mye lyshet

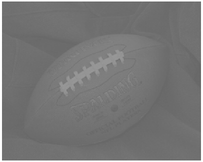


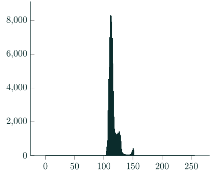


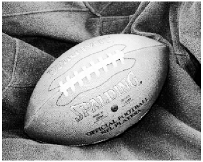


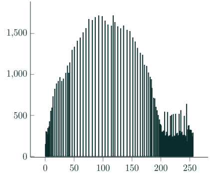


Lite/mye kontrast









Hva fanges opp av et histogram?

Bilde 1:

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

Bilde 2:

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

Hva fanges opp av et histogram?

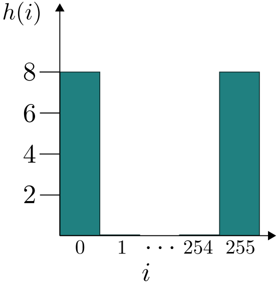
Bilde 1:

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

Bilde 2:

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

Histogram:



Hva fanges opp av et histogram?

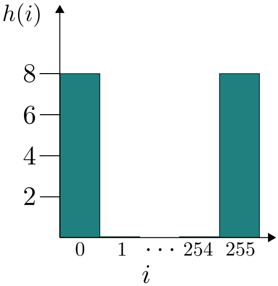
Bilde 1:

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

Bilde 2:

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

Histogram:



Bildene har
samme histogram!

All romlig informasjon
er borte i histogrammene

Normalisert histogram

- $\sum_{i=0}^{G-1} h(i) = N \times M$
- Normaliserte histogrammet:

$$p(i) = \frac{h(i)}{N \times M} \qquad \sum_{i=0}^{G-1} p(i) = 1$$

- $p(i)$ "uavhengig" av størrelsen på bildet
- $p(i)$ som estimat på sannsynlighetsfordeling til pikselintensiteter

Kumulativt histogram

- Kumulativt histogram:

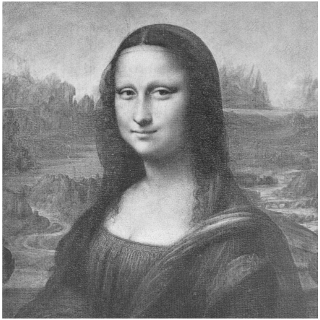
$$\begin{aligned} c(j) &= \text{antall gråtoner mindre eller lik gråtone } j \\ &= \sum_{i=0}^{j} h(i) \end{aligned}$$

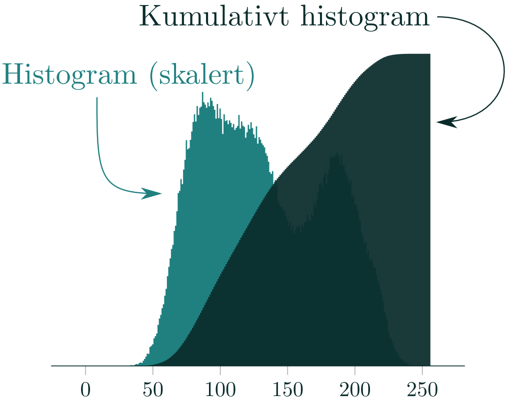
- Normalisert kumulativt histogram:

$$\frac{c(j)}{N \times M}$$

(Estimat på hvor sannsynlig en tilfeldig piksel har gråtone mindre eller lik j)

Bilde:




Kumulativt histogram
Histogram (skalert)
0
50
100
150
200
250

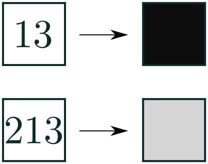
Histogrammer av objektegenskaper

Histogrammer vil også være nyttig i digital bildeanalyse!

- Kan også lage histogrammer over egenskaper, f.eks:
  - Objekt-størrelse
    Fordeling av størrelser på objekter
  - Objekt-momenter
    Et mål på formen til objektene. Kan danne grunnlagg for gruppering av objekter

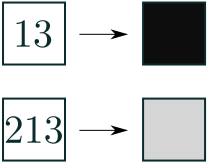
Gråtonetransformasjon

- Pikselintensitet på skjerm er bestemt av tilhørende verdi i bildematrise:



Gråtonetransformasjon

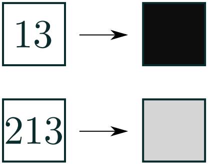
- Pikselintensitet på skjerm er bestemt av tilhørende verdi i bildematrise:



- Bruke avbildningsfunksjon $T[i]$ til:
  - Vise pikselintensiter annerledes på skjerm
  - Endre verdier i bildematrise

Gråtonetransformasjon

- Pikselintensitet på skjerm er bestemt av tilhørende verdi i bildematrise:



- Bruke avbildningsfunksjon $T[i]$ til:
  - Vise pikselintensiter annerledes på skjerm
  - Endre verdier i bildematrise
- Vi ser kun på transformasjon på pikselverdier til ett og ett piksel $\rightarrow$ en **global** transformasjon

Lineær kontrastendring

Lineær transformasjon:

$$T[i] = ai + b$$

$$g(x, y) = af(x, y) + b$$

a regulerer kontrast og b regulerer lysheten

- $|a| > 1$: Mer kontrast
- $|a| < 1$: Mindre kontrast
- b flytter alle gråtoner b nivåer

Negativer: $a = -1$, $b =$ største mulige pikselverdi til bildet

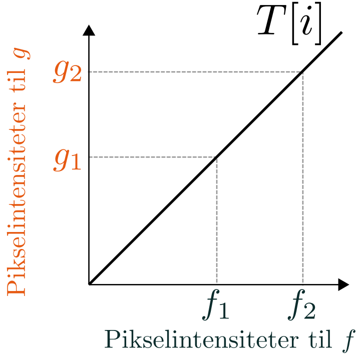
Identitetstransformasjon

- Identitet: $T[i] = i$

  $\rightarrow g(x, y) = f(x, y)$

Identitetstransformasjon

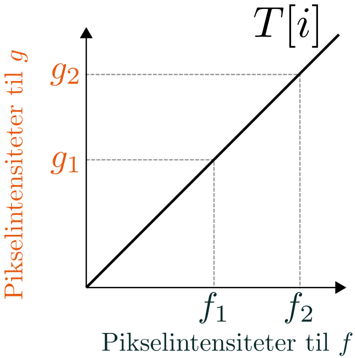
- Identitet: $T[i] = i$
  $\rightarrow g(x, y) = f(x, y)$



Identitetstransformasjon

- Identitet: $T[i] = i$

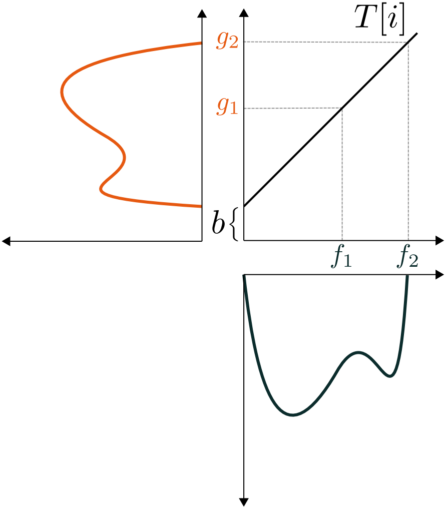
  $\rightarrow g(x, y) = f(x, y)$



Tegn sammenhengen mellom pikselverdiene til innbile $f(x, y)$ og pikselverdiene til utbilde $g(x, y)$ etter transformasjonen!

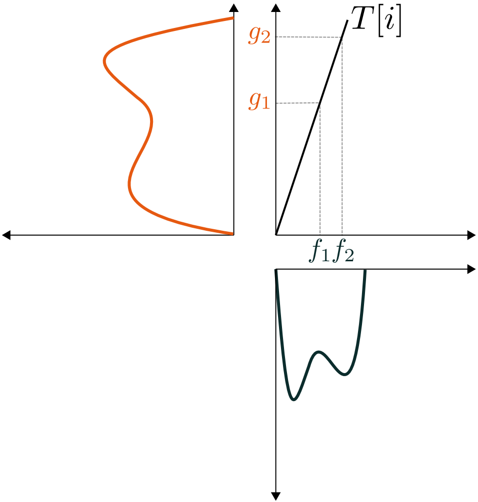
Endre lysheten (brightness)

- Endre lyshet: $T[i] = i + b$
  $\rightarrow g(x, y) = f(x, y) + b$
- b bestemmer hvor ”lyst” bildet blir
- $b > 0$ flytter histogrammet mot høyre
- $b < 0$ flytter histogrammet mot venstre



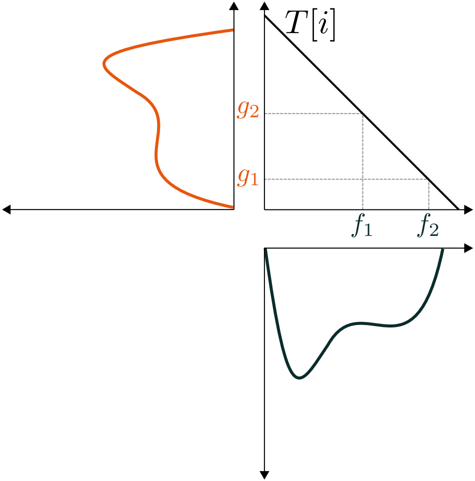
Endre kontrasten

- Endre kontrast: $T[i] = ai$
  $\rightarrow g(x, y) = af(x, y)$
- a bestemmer hvor "spredt" histogrammet blir
- $|a| > 1$ øker kontrast
- $|a| < 1$ minker kontrast



Invertert gråtonebilde

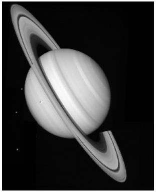
- Negativ: $T[i] = -i + b$,
  $b = \max\limits_{(x,y)} (f(x,y))$
  $\rightarrow g(x,y) = -f(x,y) + b$



Klipping etter transformasjon

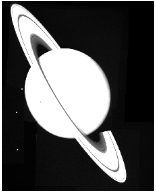
- Hvis utbildet $g(x, y)$ får verdier utenfor støttet intervall, kan vi klippe verdiene

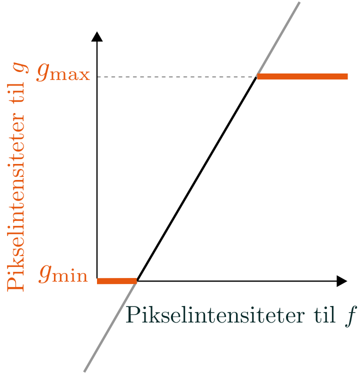
Bilde:



$T[i] = 3i$

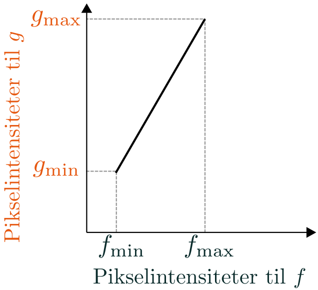
Transformert og klippet bilde:





Fra gråtonenivå $[f_{\min}, f_{\max}]$ til $[g_{\min}, g_{\max}]$

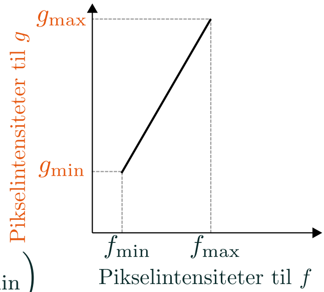
- Endre intensiteter i intervallet $[f_{\min}, f_{\max}]$ til å ligge i $[g_{\min}, g_{\max}]$



Fra gråtonenivå $[f_{\min}, f_{\max}]$ til $[g_{\min}, g_{\max}]$

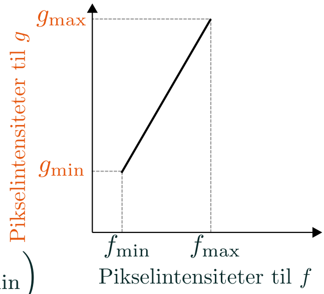
- Endre intensiteter i intervallet $[f_{\min}, f_{\max}]$ til å ligge i $[g_{\min}, g_{\max}]$
- En lineær gråtone transformasjon fra f til g:

$$g(x, y) = g_{\min} + \frac{g_{\max} - g_{\min}}{f_{\max} - f_{\min}} \left(f(x, y) - f_{\min} \right)$$



Fra gråtonenivå $[f_{\min}, f_{\max}]$ til $[g_{\min}, g_{\max}]$

- Endre intensiteter i intervallet $[f_{\min}, f_{\max}]$ til å ligge i $[g_{\min}, g_{\max}]$
- En lineær gråtone transformasjon fra f til g:



$$g(x,y) = g_{\min} + \frac{g_{\max} - g_{\min}}{f_{\max} - f_{\min}} \Big(f(x,y) - f_{\min} \Big)$$

- Rett linje med

stigningstall: $a = \dfrac{g_{\max} - g_{\min}}{f_{\max} - f_{\min}}$

konstantledd: $b = g_{\min} - a f_{\min}$

Standardisering av bilder

- Hensikt:
  - Fjerne variasjoner i lyshet og kontrast i en serie bilder

Standardisering av bilder

- Hensikt:
  - Fjerne variasjoner i lyshet og kontrast i en serie bilder
- Hvorfor? Fjerne effekt av:
  - Døgnvariasjon i belysning
  - Aldringseffekter i lamper og detektorer
  - Samling av støv på linjer o.l

Standardisering av bilder

- Hensikt:
  - Fjerne variasjoner i lyshet og kontrast i en serie bilder
- Hvorfor? Fjerne effekt av:
  - Døgnvariasjon i belysning
  - Aldringseffekter i lamper og detektorer
  - Samling av støv på linjer o.l
- Metode:
  - Lineær transformasjon til å endre **middelverdi** og **standardavvik**

Standardisering av bilder

- Hensikt:
  - Fjerne variasjoner i lyshet og kontrast i en serie bilder
- Hvorfor? Fjerne effekt av:
  - Døgnvariasjon i belysning
  - Aldringseffekter i lamper og detektorer
  - Samling av støv på linjer o.l
- Metode:
  - Lineær transformasjon til å endre **middelverdi** og **standardavvik**
- Hvor:
  - Produkt-inspeksjon i industri
  - Medisinsk avbildning
  - Mikroskopering av celler
  - …

Middelverdien av gråtonene

Middelverdien av pikselverdiene i et $N \times M$ bilde med G gråtoner kan finnes ved

- Direkte fra pikselverdiene
- Indirekte fra bildets histogram $h(i)$ eller normaliserte histogram $p(i)$

$$\mu = \frac{1}{N \times M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} f(x, y)$$

Middelverdien av gråtonene

Middelverdien av pikselverdiene i et $N \times M$ bilde med G gråtoner kan finnes ved

- Direkte fra pikselverdiene
- Indirekte fra bildets histogram $h(i)$ eller normaliserte histogram $p(i)$

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{N \times M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} f(x, y) \\ &= \frac{1}{N \times M} (0 \times h(0) + 1 \times h(1) + \cdots + (G-1) \times h(G-1))\end{aligned}$$

Middelverdien av gråtonene

Middelverdien av pikselverdiene i et $N \times M$ bilde med G gråtoner kan finnes ved

- Direkte fra pikselverdiene
- Indirekte fra bildets histogram $h(i)$ eller normaliserte histogram $p(i)$

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{N \times M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} f(x, y) \\ &= \frac{1}{N \times M} (0 \times h(0) + 1 \times h(1) + \cdots + (G-1) \times h(G-1)) \\ &= \frac{1}{N \times M} \sum_{i=0}^{G-1} ih(i)\end{aligned}$$

Middelverdien av gråtonene

Middelverdien av pikselverdiene i et $N \times M$ bilde med G gråtoner kan finnes ved

- Direkte fra pikselverdiene
- Indirekte fra bildets histogram $h(i)$ eller normaliserte histogram $p(i)$

$$
\begin{aligned}
\mu &= \frac{1}{N \times M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} f(x, y) \\
&= \frac{1}{N \times M}(0 \times h(0) + 1 \times h(1) + \cdots + (G-1) \times h(G-1)) \\
&= \frac{1}{N \times M} \sum_{i=0}^{G-1} ih(i) \\
&= \sum_{i=0}^{G-1} ip(i), \qquad\qquad p(i) = \frac{1}{N \times M} h(i)
\end{aligned}
$$

Varians av gråtonene

Varians av pikselverdiene i et $N \times M$ bilde med G gråtoner kan også finnes ved bildets histogram

$$\sigma^2 = \frac{1}{N \times M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} \big(f(x, y) - \mu\big)^2$$

Varians av gråtonene

Varians av pikselverdiene i et $N \times M$ bilde med G gråtoner kan også finnes ved bildets histogram

$$\sigma^2 = \frac{1}{N \times M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} \left(f(x,y) - \mu\right)^2$$

$$= \frac{1}{N \times M} \sum_{i=0}^{G-1} h(i)(i-\mu)^2$$

Varians av gråtonene

Varians av pikselverdiene i et $N \times M$ bilde med G gråtoner kan også finnes ved bildets histogram

$$\begin{aligned}
\sigma^2 &= \frac{1}{N \times M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} \big(f(x, y) - \mu\big)^2 \\
&= \frac{1}{N \times M} \sum_{i=0}^{G-1} h(i)(i - \mu)^2 \\
&= \sum_{i=0}^{G-1} p(i)(i - \mu)^2
\end{aligned}$$

Varians av gråtonene

Varians av pikselverdiene i et $N \times M$ bilde med G gråtoner kan også finnes ved bildets histogram

$$\begin{aligned}
\sigma^2 &= \frac{1}{N \times M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} \big(f(x,y) - \mu\big)^2 \\
&= \frac{1}{N \times M} \sum_{i=0}^{G-1} h(i)(i-\mu)^2 \\
&= \sum_{i=0}^{G-1} p(i)(i-\mu)^2 \\
&= \sum_{i=0}^{G-1} i^2 p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} i p(i) \right)^2
\end{aligned}$$

Varians av gråtonene

Varians av pikselverdiene i et $N \times M$ bilde med G gråtoner kan også finnes ved bildets histogram

$$\sigma^2 = \frac{1}{N \times M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} \left(f(x, y) - \mu\right)^2$$

$$= \frac{1}{N \times M} \sum_{i=0}^{G-1} h(i)(i - \mu)^2$$

$$= \sum_{i=0}^{G-1} p(i)(i - \mu)^2$$

$$= \sum_{i=0}^{G-1} i^2 p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} ip(i) \right)^2$$

Varians: σ^2
Standardavvik: σ

Varians/standard-avvik sier noe om kontrasten i bildet

Justering av μ og σ^2

$$\mu = \sum_{i=0}^{G-1} ip(i) \qquad \sigma^2 = \sum_{i=0}^{G-1} i^2 p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} ip(i) \right)^2$$

- Lineær transformasjon $T[i] = ai + b$

Ny middelverdi μ_T:

$$\mu_T = \sum_{i=0}^{G-1} T[i]p(i)$$

Justering av μ og σ^2

$$\mu = \sum_{i=0}^{G-1} ip(i) \qquad\qquad \sigma^2 = \sum_{i=0}^{G-1} i^2 p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} ip(i)\right)^2$$

- Lineær transformasjon $T[i] = ai + b$

Ny middelverdi μ_T:

$$\begin{aligned} \mu_T &= \sum_{i=0}^{G-1} T[i]p(i) \\ &= a\mu + b \end{aligned}$$

Justering av μ og σ^2

$$\mu = \sum_{i=0}^{G-1} ip(i) \qquad \sigma^2 = \sum_{i=0}^{G-1} i^2 p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} ip(i) \right)^2$$

- Lineær transformasjon $T[i] = ai + b$

Ny middelverdi μ_T:

$$\begin{aligned} \mu_T &= \sum_{i=0}^{G-1} T[i]p(i) \\ &= a\mu + b \end{aligned}$$

Ny varians σ_T^2:

$$\sigma_T^2 = \sum_{i=0}^{G-1} T[i]^2 p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} T[i]p(i) \right)^2$$

Justering av μ og σ^2

$$\mu = \sum_{i=0}^{G-1} ip(i) \qquad \sigma^2 = \sum_{i=0}^{G-1} i^2 p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} ip(i) \right)^2$$

- Lineær transformasjon $T[i] = ai + b$

Ny middelverdi μ_T:

$$\begin{aligned} \mu_T &= \sum_{i=0}^{G-1} T[i]p(i) \\ &= a\mu + b \end{aligned}$$

Ny varians σ_T^2:

$$\begin{aligned} \sigma_T^2 &= \sum_{i=0}^{G-1} T[i]^2 p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} T[i]p(i) \right)^2 \\ &= \sum_{i=0}^{G-1} \left(a^2 i^2 + 2aib + b^2 \right) p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} (ai + b)p(i) \right)^2 \end{aligned}$$

Justering av μ og σ^2

$$\mu = \sum_{i=0}^{G-1} ip(i) \qquad \sigma^2 = \sum_{i=0}^{G-1} i^2 p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} ip(i) \right)^2$$

- Lineær transformasjon $T[i] = ai + b$

Ny middelverdi μ_T:

$$\begin{aligned} \mu_T &= \sum_{i=0}^{G-1} T[i]p(i) \\ &= a\mu + b \end{aligned}$$

Ny varians σ_T^2:

$$\begin{aligned} \sigma_T^2 &= \sum_{i=0}^{G-1} T[i]^2 p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} T[i]p(i) \right)^2 \\ &= \sum_{i=0}^{G-1} \left(a^2 i^2 + 2aib + b^2 \right) p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} (ai+b)p(i) \right)^2 \\ &= a^2 \left(\sum_{i=0}^{G-1} i^2 p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} (ip(i))^2 \right) \right) \end{aligned}$$

Justering av μ og σ^2

$$\mu = \sum_{i=0}^{G-1} ip(i) \qquad\qquad \sigma^2 = \sum_{i=0}^{G-1} i^2 p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} ip(i)\right)^2$$

- Lineær transformasjon $T[i] = ai + b$

Ny middelverdi μ_T:

$$\mu_T = \sum_{i=0}^{G-1} T[i]p(i) = a\mu + b$$

Ny varians σ_T^2:

$$\begin{aligned}
\sigma_T^2 &= \sum_{i=0}^{G-1} T[i]^2 p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} T[i]p(i)\right)^2 \\
&= \sum_{i=0}^{G-1} \left(a^2 i^2 + 2aib + b^2\right)p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} (ai+b)p(i)\right)^2 \\
&= a^2\left(\sum_{i=0}^{G-1} i^2 p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} (ip(i))^2\right)\right) \\
&= a^2\sigma^2
\end{aligned}$$

Justering av μ og σ^2

$$T[i] = ai + b$$

Etter transform: $\mu_T = a\mu + b \qquad \sigma_T^2 = a^2\sigma^2$

Justering av μ og σ^2

$$T[i] = ai + b$$

Etter transform: $\mu_T = a\mu + b \qquad \sigma_T^2 = a^2\sigma^2$

- Kan velge nye μ_T og σ_T^2

Justering av μ og σ^2

$$T[i] = ai + b$$

Etter transform: $\mu_T = a\mu + b \qquad \sigma_T^2 = a^2\sigma^2$

- Kan velge nye μ_T og σ_T^2
- Kan finne a og $b \rightarrow$ får $T[i]$

Justering av μ og σ^2

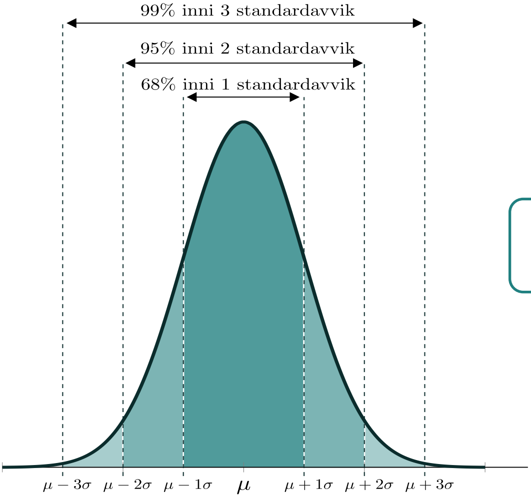
$$T[i] = ai + b$$

Etter transform: $\mu_T = a\mu + b \qquad \sigma_T^2 = a^2\sigma^2$

- Kan velge nye μ_T og σ_T^2
- Kan finne a og $b \rightarrow$ får $T[i]$
- Bruke $T[i]$ på innbilde og få utbilde med ønsket μ_T og σ_T^2

Valg av standardavvik

Hvis histogram til bildet er normalfordelt $\mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$,
kan vi bl.a kontrollere hvor stor del av piksler som blir klipt



Kjent som
"68–95–99.7 rule"

Ikke-lineær transformasjon

- Logaritmisk skalering: $T[i] = c \log(i + r)$
- Eksponentiell skalering: $T[i] = \exp(i)$
- Gamma-skalering: $T[i] = ci^{\gamma}$
- Stykkevis-lineær skalering

Ulik endring i mørke og lyse delene av bildet!

Innbilde:

$T[i] = \log(i + 1)$

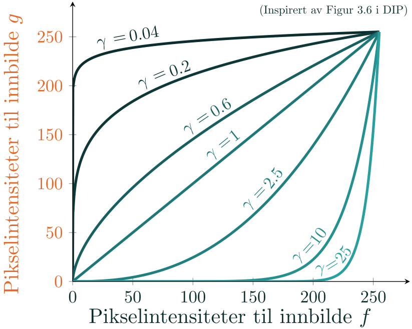
Innbilde:

$T[i] = \exp(i)$

Power-law (gamma) transformasjoner

$$T[i] = ci^{\gamma}$$

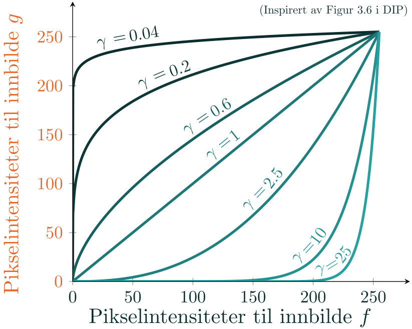
- $\gamma < 1$: Mørke del av skalaen strekkes ut
- $\gamma = 1$: Identitets-transformasjon
- $\gamma > 1$: Lyse del av skalaen strekkes ut



Power-law (gamma) transformasjoner

$$T[i] = ci^{\gamma}$$

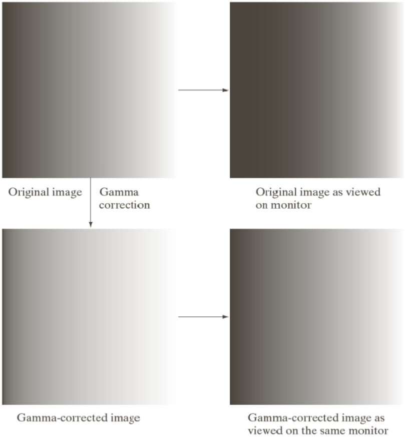
- $\gamma < 1$: Mørke del av skalaen strekkes ut
- $\gamma = 1$: Identitets-transformasjon
- $\gamma > 1$: Lyse del av skalaen strekkes ut



- Generell manipulasjon av kontrast
- Kun èn parameter

Gamma-korreksjon før fremvisning

- Anta intensiteten til et bilde $f(x, y)$ vises på skjerm som $f(x, y)^{2.5}$
- For $\gamma > 1$, vil lyse deler av bildet bli mørke
- Vi kan korrigere dette ved å bruke $T[i] = i^{1/2.5} = i^{0.4}$ på bildet før det sendes til fremvisning
- Tilsvarende gjelder for scannere og printere

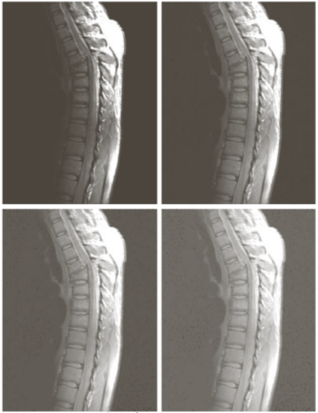


(Figur 3.7 fra DIP)

Gamma-styrt bildeforbedring

$$T[i] = i^{\gamma}$$

$\gamma = 1$ $\gamma = 0.6$



$\gamma = 0.4$ $\gamma = 0.3$

(Figur 3.8 fra DIP)

$\gamma = 1$ $\gamma = 3$

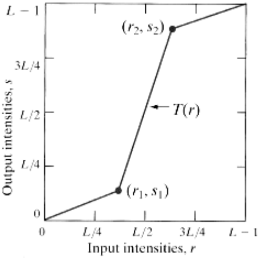
$\gamma = 4$ $\gamma = 5$

(Figur 3.9 fra DIP)

Stykkevis lineær transformasjon

(Figur 3.10 i DIP)

Stykkevis lineær transformasjon for å fremheve visse intervaller av gråtoneskalaen



Innbilde:

Utbilde:

Bit-plan oppdeling

- Binære bilder basert på pikslenes n-te bitplassering
- Hvis et 8-bit piksel har verdi 42, er

$$
\begin{aligned}
42 &= \mathbf{0} \times 2^7 + \mathbf{0} \times 2^6 + \mathbf{1} \times 2^5 + \mathbf{0} \times 2^4 + \mathbf{1} \times 2^3 + \mathbf{0} \times 2^2 + \mathbf{1} \times 2^1 + \mathbf{0} \times 2^0 \\
&= \mathbf{00101010}_2
\end{aligned}
$$

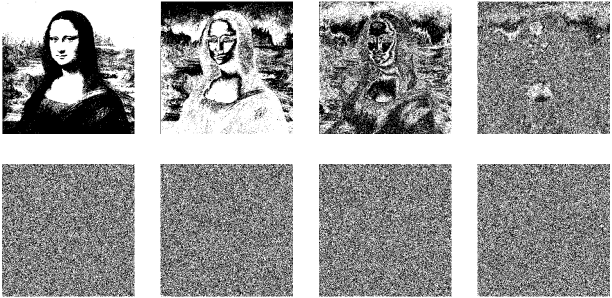
Bit-plan oppdeling

- Binære bilder basert på pikslenes n-te bitplassering
- Hvis et 8-bit piksel har verdi 42, er

$$42 = \mathbf{0} \times 2^7 + \mathbf{0} \times 2^6 + \mathbf{1} \times 2^5 + \mathbf{0} \times 2^4 + \mathbf{1} \times 2^3 + \mathbf{0} \times 2^2 + \mathbf{1} \times 2^1 + \mathbf{0} \times 2^0$$
$$= \mathbf{00101010}_2$$

- Bitplanene til Mona:

2^7 2^6 2^5 2^4

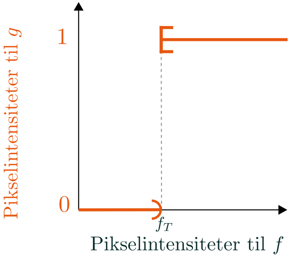


2^3 2^2 2^1 2^0

Terskling

- Grense-tilfelle av lineær transformasjon
- Ett intervall av innbildets verdier settes lik 0, og de resterende verdiene lik 1
- Gir et binært (to-nivå) bilde:

$$T[i] = \begin{cases} 0, i < f_T \\ 1, i \geq f_T \end{cases}$$



Implementasjon: Look Up Table (LUT)

- Mål: Effektivisere implementasjonen
- Avbildningsfunksjonen utføres på alle mulige intensiteter og resultatene lagres in en tabell, en look up table (LUT)
- Gråtone-avbildningen utføres så som oppslag i en tabell

Implementasjon av gråtonetransformasjoner

Eksempel: $T[i] = c\log(i+r)$

Direkte implementasjon

for $x = 0, \ldots, N-1$ **do**
  for $y = 0, \ldots, M-1$ **do**
    $g(x,y) = c\log\left(f(x,y)+r\right)$

Fyll inn en LUT ...

for $i = 0, \ldots, G-1$ **do**
  $T[i] = c\log\left(i+r\right)$

... så endre pikselverdiene

for $x = 0, \ldots, N-1$ **do**
  for $y = 0, \ldots, M-1$ **do**
    $g(x,y) = T[f(x,y)]$

Implementasjon av gråtonetransformasjoner

Eksempel: $T[i] = c\log(i+r)$

Direkte implementasjon

$$
\begin{aligned}
&\textsf{for}\ \ x = 0, \dots, N-1\ \ \textsf{do}\\
&\quad \textsf{for}\ \ y = 0, \dots, M-1\ \ \textsf{do}\\
&\qquad g(x,y) = c\log\left(f(x,y)+r\right)
\end{aligned}
$$

Fyll inn en LUT ...

$$
\begin{aligned}
&\textsf{for}\ \ i = 0, \dots, G-1\ \ \textsf{do}\\
&\quad T[i] = c\log\left(i+r\right)
\end{aligned}
$$

... så endre pikselverdiene

$$
\begin{aligned}
&\textsf{for}\ \ x = 0, \dots, N-1\ \ \textsf{do}\\
&\quad \textsf{for}\ \ y = 0, \dots, M-1\ \ \textsf{do}\\
&\qquad g(x,y) = T[f(x,y)]
\end{aligned}
$$

Implementasjon av gråtonetransformasjoner

Eksempel: $T[i] = c\log(i + r)$

Direkte implementasjon

$$\begin{array}{l} \textsf{for}\ \ x = 0, \ldots, N-1\ \ \textsf{do} \\ \quad \textsf{for}\ \ y = 0, \ldots, M-1\ \ \textsf{do} \\ \quad\quad g(x,y) = c\log\left(f(x,y) + r\right) \end{array}$$

Fyll inn en LUT …

$$\begin{array}{l} \textsf{for}\ \ i = 0, \ldots, G-1\ \ \textsf{do} \\ \quad T[i] = c\log\left(i + r\right) \end{array}$$

… så endre pikselverdiene

$$\begin{array}{l} \textsf{for}\ \ x = 0, \ldots, N-1\ \ \textsf{do} \\ \quad \textsf{for}\ \ y = 0, \ldots, M-1\ \ \textsf{do} \\ \quad\quad g(x,y) = T[f(x,y)] \end{array}$$

Oppsummering

- Gråtonehistogrammer
- Lineær transformasjon
  - Forstå hva a og b gjør med bildet
  - Bestemme a og b
    - Eksplisitt
    - Gå fra ett intensitetsintervall til et annet
    - Bestemme ønsket middelverdi μ_T og standardavvik σ_T
- Ikke-lineære, parametriske transformasjoner:
  - Logaritmisk
  - Eksponentiell
  - Power-law (gamma) transformasjon
  - Stykkevis lineær
  - Hvordan kontrasten endres i mørke og lyse deler av bildet
  - Skisse av funksjonene