

INF 1040

Digital video – digital bildeanalyse

- **Tema i dag :**

1. Fra stillbilder til videosekvenser
2. Digital video
3. Hvorfor kan video komprimeres?
4. Digitale videostandarder, lagring på DVD
5. Digital bildebehandling og bildeanalyse

- **Pensumlitteratur:** Læreboka, kapittel 16 og 17.

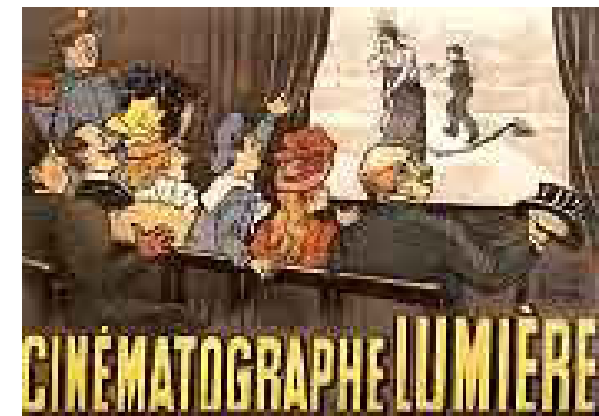
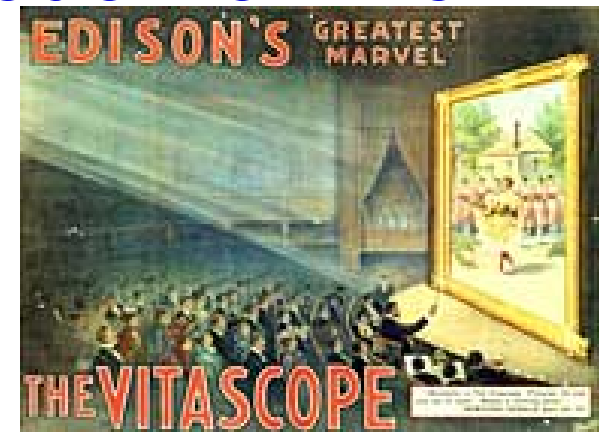
- **Neste gang:** Kompresjon og koding

Fra bilder til video

- ❑ Når vi lukker øynene, tar det litt tid før ”etter - bildet” forsvinner, spesielt hvis intensiteten er høy (i deler av) bildet.
- ❑ Bildet forsvinner gradvis (eksponensielt) fra retina.
- ❑ Det er en kort periode da vi ikke kan ta inn ny informasjon -- selv om øynene er åpne.
- ❑ Dette kan vi teste med periodiske lysblink.
- ❑ ”Critical flicker fusion frequency” øker med økende luminans.
 - 4 Hz for lave lysstyrker (bare stavene er virksomme)
 - ca 60 Hz for kraftig lysstyrke (bare tappene er virksomme)
 - konvergerer mot 80 Hz

Fra Lumiere og Edison til moderne kino

- ❑ Lumiere og Edison laget filmfremvisere med 10 bilder/sekund.
- ❑ Dette var (nesten) tilstrekkelig til å gi en illusjon om "kontinuerlig" bevegelse.
- ❑ Problemet med at tilskuerne ble slitne av flimmer ble løst ved å vise fram hvert bilde 3 ganger, en 30 "flash-per-second" presentasjon.
- ❑ Filmindustrien utviklet dette til 24 bilder/sek. som gir en mye bedre illusjon om kontinuerlig bevegelse.
- ❑ For å fjerne opplevelsen av flimmer blir bildene vist 2 ganger, noe som gir en illusjon om 48 bilder/sekund.



Luminans-integrasjon

- ❑ Når lysblinkene kommer tett nok etter hverandre i tid, vil de oppfattes som et jevnt lys, uten "flicker".
- ❑ Den effektive oppfattede luminans vil være gjennomsnittet over belysnings-sykelen, som jo egentlig består av en lys og en mørk del.
- ❑ Synssystemet vårt integrerer lysintensiteten.
- ❑ Dette betyr at vi kan variere den effektive luminans ved å holde den fysiske intensiteten til lyskilden konstant, og variere lengden av den mørke delen mellom lysblinkene.

DMD – ”Digital Micromirror Device”

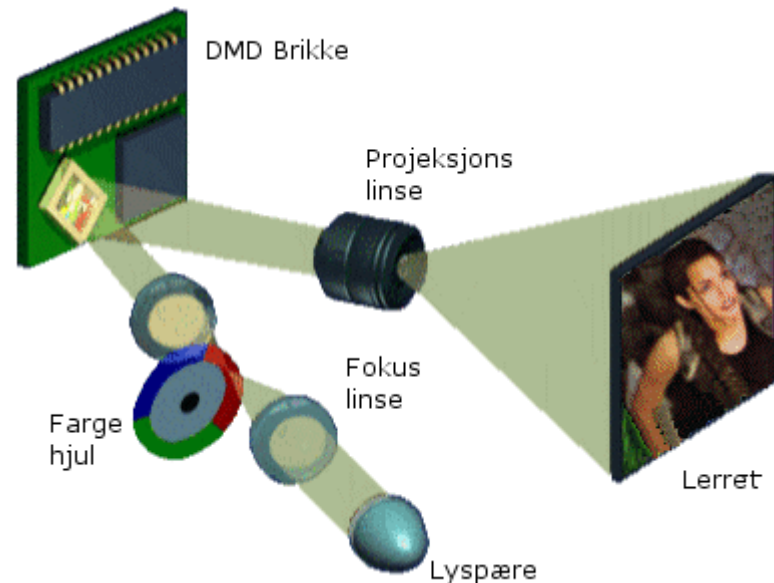


- Et stort antall bittesmå speil på en elektronisk brikke.
 - Hvert speil svarer til en piksel i det bildet vi skal projisere på lerretet.
 - Hvert speil vipres mot prosjektor-linsen (on), eller en ”heat-sink” (off).
 - Forholdet mellom tiden ”on” og tiden ”off” svarer til gråtoneverdien.
 - Dagens DMD brikker kan gi kontrastforhold 4000:1 (12 biter).
- Digital Cinema Initiatives spesifiserer to ”container” kino-formater
 - ”2K”: 2 048 x 1 080 (24 eller 48 Hz); ”4K”: 4 096 x 2 160 (24 Hz)
 - 3 x 12 biter XYZ fargerom.

DLP – ”Digital Light Processing”

□ ”Single-chip” prosjektører:

- Bruker roterende hjul med fargefiltre for rødt, grønt og blått lys.
- Synkronisering: når det røde lyset faller på DMD'en blir vippingen av speilene bestemt av innholdet av R-kanalen i bildet, osv.



□ ”Three-chip” prosjektører:

- Tre adskilte DMD-brikker, en for hver kanal i RGB-bildet
- Lysstrålene fra de tre DMD'ene kombineres gjennom faste fargefiltre eller et prisme, og projiseres til lerretet.

□ Ulike fordeler og ulemper med de to teknikkene.

TV og video

- ❑ TV og video er en sekvens av stillbilder.
- ❑ Et nytt stillbilde sendes så ofte at øyet vårt oppfatter det som et kontinuerlig signal / kontinuerlig film i tid.
 - Vi ser ikke skiftene mellom stillbildene.
- ❑ Hvis neste bilde viser et objekt som har flyttet seg litt, oppfatter øyet det som om vi ser bevegelse.
- ❑ Skal vi se TV-bilder med naturlig bevegelse, må de skifte med en frekvens på minst 50-60 Hz.
- ❑ Sampling av bevegelse kan gi aliasing:
 - F.eks. hjul som roterer baklengs på film / TV

Interlacing

- ❑ Interlacing betyr at hvert bilde deles i to separate "felter"

- Første felt består av linjene 1,3,5,7,9,... (oddetalls linjer)
- Andre felt består av linjene 2,4,6,8,10,... (partalls linjer)



- ❑ 30 ganger i sekundet skifter linje 1, 3, 5,...

og midt mellom hvert av disse skiftene skifter linje 2, 4, 6... .

- ❑ Tilsammen skiftes bildet 60 ganger i sekundet, men man trenger ikke å overføre mer enn 30 bilder pr sekund til TV-skjermen.
- ❑ Dette er en teknikk for flimmerfri framvisning med halv båndbredde.
- ❑ Hvert felt kan splittes i odde- og partalls kolonner ("double interlace").
- ❑ Bruk ikke klær med fiskebeins-mønster på TV !

Analoge videostandarder

❑ **Component video**

- "high-end" video system med tre separate signaler for YPbPr
- krever mer båndbredde, god synkronisering, gir skarpest bilde.

❑ **Composite video**

- mikser farge og intensitet til ett signal.
- alt bortsett fra audio og sync-signalet sendes på én kabel.
- Ulempen er noe interferens mellom luminans og kromatisitet.

❑ **S-Video**

- et kompromiss mellom Component- og Composite video,
- to kabler, en for luminans og en for kromatisitets-signalet.
- mindre "crosstalk" mellom farge og gråtone,
- gir skarpere bilde enn Composite video.

Analog TV og video

- ❑ Øyet har høyere geometrisk oppløsning i intensitet enn i farge.
 - Vi kan ha lavere geometrisk oppløsning i kromatisitet enn i luminans.
 - Vi kan sende mindre detaljert fargeinformasjon.

- ❑ **NTSC** (*National Television System Committee*)
 - 525 scan-linjer per bilde, 30 bilder per sekund.
 - YIQ som fargemodell.

- ❑ **PAL** (*Phase Alternating Line*)
SECAM (*Système Electronique Couleur Avec Mémoire*)
 - 625 scan-linjer per bilde, 25 bilder per sekund
 - YUV som fargemodell.

Digital video

- ❑ Fordelene med digital video er mange.
- ❑ Videosekvensene kan lagres på digitale media.
- ❑ Gjentatte opptak på samme media uten redusert kvalitet.
- ❑ Man kan gjøre bildebehandling og redigering.
- ❑ Videosekvenser integreres i multimedia applikasjoner.
- ❑ Datamengden reduseres ved kompresjon og koding.
- ❑ Det er enklere å beskytte opptakene med kryptering.
 - Beskytte mot uautorisert innsyn
 - Beskytte forretningsinteresser

Optimal digital video

- ❑ Digital video består av en tids-sekvens av digitale still-bilder.
- ❑ Geometrisk oppløsning:
 - Husk Nyquist-teoremet og Rayleigh-kriteriet !
- ❑ Fargekamera: For hvert piksel måles lysintensitet i tre separate bånd i det elektromagnetiske spekteret.
- ❑ For hvert bånd (red, green, blue) skal vi :
 - 1. beregne gjennomsnittsverdien i hver rute
 - 2. skalere slik at den passer innenfor det tall-området vi skal bruke
 - 3. kvantiserer verdiene til nærmeste heltalls verdi i tall-området
- ❑ Bilde-frekvensen må være høy nok (50-60 Hz) til å fange opp all den tids-informasjon som vi er i stand til å oppfatte.

Et overslag over datamengder

- ❑ Gitt en fargeskjerm med 1024 · 768 piksler
- ❑ Vi vil se på en bildesekvens som varer i 90 minutter
- ❑ Vi skal vise fram 60 bilder/sekund, 24 biters RGB pr piksel.

- ❑ **Hvor stor er den filen som vi henter disse bildene fra?**

$$1024 \cdot 768 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 90 / (1024 \cdot 1024 \cdot 1024 \cdot 8) = 712 \text{ GiB}$$

- ❑ Selv med en smart 8 biters LUT, vil denne filmen kreve

$$712 / 3 = 237.3 \text{ GiB}$$

- ❑ Dette er så store datamengder at vi er nødt til å bruke kompresjon og koding.

YCbCr - igjen

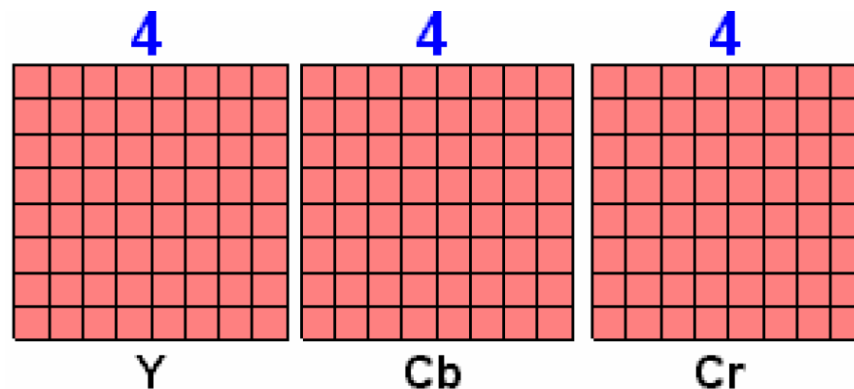
- ❑ YCbCr er det samme som YUV i digital versjon.
- ❑ Vi trenger ikke å sample kromatisiteten (Cb og Cr) med like høy rate som intensitets-komponenten Y.
- ❑ Konsekvensen er en kompresjon, fordi vi ikke samler på data som vi allikevel ikke er i stand til å se.

Chroma 4:4:4, 4:2:2, 4:1:1 eller 4:2:0

- ❑ **Subsamplingen i YCbCr betegnes med talltrippelet 4:n:n**
- ❑ **n angir hvor mange av 4 originale piksler i Cb og Cr som faktisk sendes.**
- ❑ **8 · 8 piksler er en "blokk" i et videobilde.**
- ❑ **En blokk er grunnsteinen i JPEG-kompresjon av digitale bilder.**

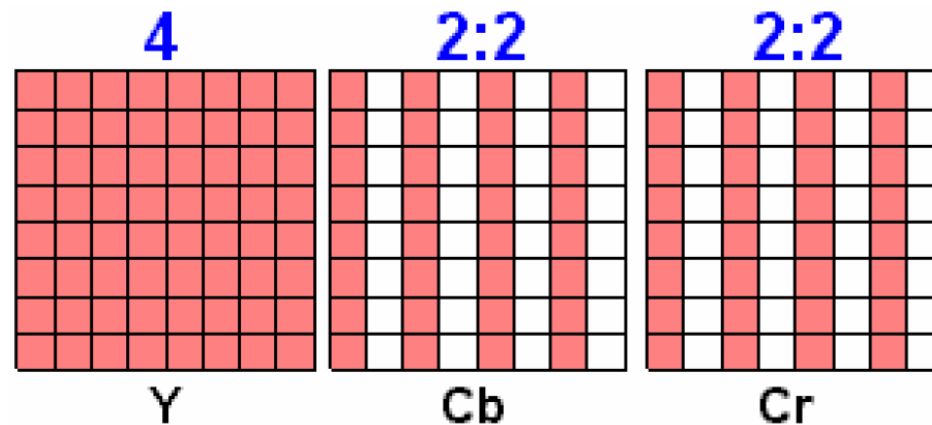
4:4:4

- Her er Cb og Cr samplet med samme rate som Y.
 - ingen chroma subsampling
 - alle 4 piksler i Y, Cb og Cr blir sendt.
 - MPEG-2 støtter 4:4:4 koding.
 - Dette er egentlig en "oversampling" av Cb og Cr
 - Video resamples til 4:4:4 før konvertering mellom fargerom



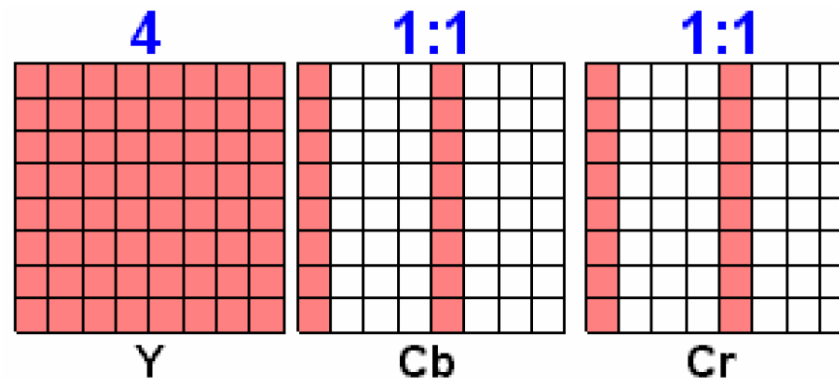
4:2:2

- horisontal subsampling av Cb og Cr med en faktor 2.
 - "Co-sited" betyr at Cb og Cr samples på samme tidspunkt som Y.
 - Alternativet er at to og to piksler midles.
 - 4:2:2 sampling er mye brukt i profesjonell digital video, i DV, Digital Betacam og DVCPRO 50.
 - 4:2:2 er en opsjon i MPEG-2.



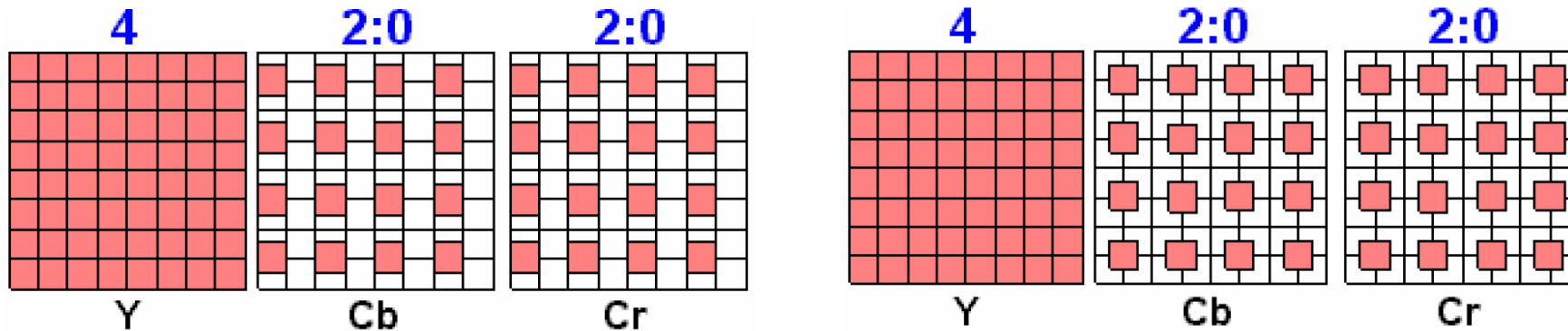
4:1:1

- ❑ Cb og Cr samples med en fjerdedel av den horisontale oppløsningen til Y.
 - "Co-sited" betyr at Cb og Cr samples på samme tid som første sampel i Y.
 - Co-sited 4:1:1 brukes i DV, DVCAM og DVCPRO formatene.



4:2:0

- **Subsampling med faktor 2 både horisontalt og vertikalt**
 - enten en subsampling horisontalt og en midling vertikalt,
 - eller en midling begge veier.
 - **MPEG-1 bruker den første metoden, MPEG-2 den andre.**
 - **JPEG benytter 4:2:0.**

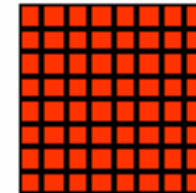
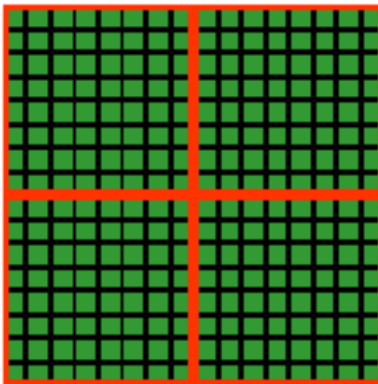


HDTV

- ❑ HDTV's historie
 - Dreier seg mest om 16:9 istedenfor 4:3
- ❑ 1990: full-oppløsnings HDTV – uten interlacing
 - interlacing gir sagtakkede kanter, flimrende horisontale kanter.
- ❑ 1993: Digital HDTV.
- ❑ Mange kombinasjoner av parametre i ATSC-standard.
- ❑ Flere HDTV-systemer er allerede i bruk.
- ❑ Nytt segment: kringkastet digital TV til mobile mottakere.
 - Bedre mobil-skjermer => kamp om markedsandeler og kunder

Makroblokker

- Videostandarden H.261 bruker
 - en "makroblokk" på 16 · 16 piksler i intensitets-komponenten Y, en 8 · 8 blokk i Cb og en 8 · 8 blokk i Cr.
- 6 stk 8 · 8 blokker gir oss all informasjon fra en makroblokk på 16 · 16 piksler i bildet.
 - En makroblokk betegnes med MB
 - Dette har ikke noe med forkortelsen for MegaByte å gjøre.



Enkeltbilder og bildeserier

- ❑ JPEG bruker 8 · 8 blokker for å komprimere enkeltbilder.
- ❑ Vi kunne brukt slik koding av hvert bilde i en bildeserie.
- ❑ Men i en tidssekvens er nabo-bildene som regel svært like.
- ❑ Forandringer fra bilde til bilde skyldes at
 - objekter i bildet har flyttet seg,
 - kamera har beveget seg (pan)
 - vi har endret fokallengden (zoom)
 - - som regel skjer disse forandringene langsomt

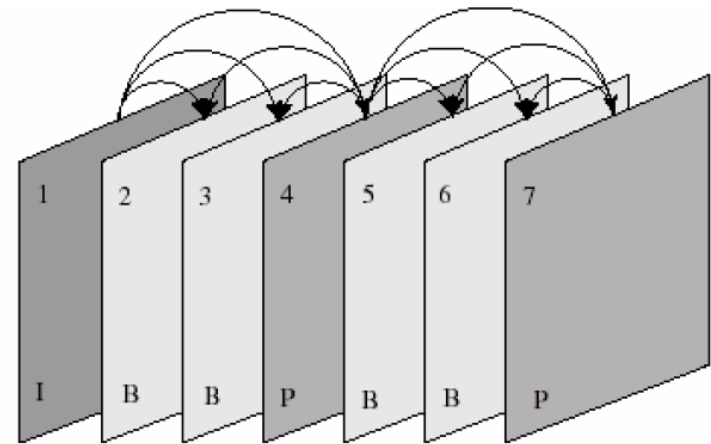
Prediksjon og prediksjonsfeil

- ❑ I alle fall er det en korrelasjon mellom bildene.
- ❑ Vi kan da
 - modellere eller prediktere et bilde fra det forrige bildet,
 - subtrahere det faktiske bildet fra det modellerte,
 - bare ta vare på denne prediksjons-feilen
 - Prediksjons-feil finnes sannsynligvis bare i deler av bildet
 - Der den finnes er den sikkert ikke så stor,
 - så den kan lagres ganske kompakt –
 - med langt færre biter enn selve bildet.
- ❑ Prediksjon kan gjøres både forover og bakover i bildesekvensen.
 - Dette kalles inter mode.

Inter kontra intra

- Men med jevne mellomrom må vi kode virkelige bilder, ikke bare prediksjonsfeil. Det samme gjelder hvis prediksjonsfeilen blir for stor. Dette kalles intra mode.

- Bilde 4 er predikert fra bilde 1,
- Bilde 2 og 3 er predikert både forover og bakover fra bilde 1 og 4

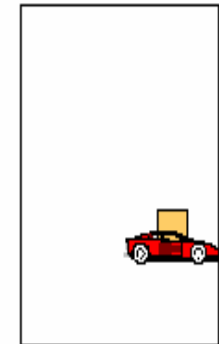
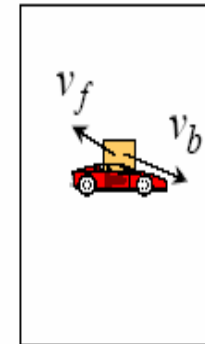
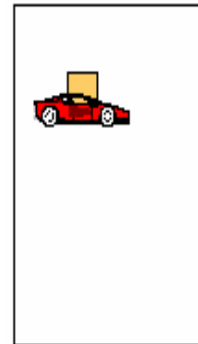


- Kodes her i rekkefølgen 1 4 2 3 7 5 6

- 1 kodes direkte (intra),
- resten kodes som prediksjonsfeil (inter).

Bevegelses-estimering

- ❑ Prediksjonen blir bedre hvis vi kan kompensere for bevegelse.
- ❑ Gjøres for hver makroblokk i det bildet vi skal predikere.
 - Vi søker gjennom et referansebilde både foran og bak i sekvensen
 - til vi finner den makroblokken som ligner mest.
 - Undersøker om makroblokkene må forskyves
 - Maksimum forskyvning er 15 piksler.
- ❑ Estimering for hver makroblokk
 - beskriver forflytning med få vektorer
 - istedenfor feil i mange piksler.
- ❑ Forskjellige video standarder håndterer dette problemet på forskjellige måter.



Digitale video standarder - 1

- ❑ **H.261** var den første standarden for video koding,
 - mest beregnet på video-konferanser på ISDN nettverk
 - fast båndbredde på 64 – 30 · 64 Kbit/s.
 - Bevegelseskompensasjon i heltalls piksler.
- ❑ **H.263**: videokonferanser over normale telefonnett og mobile nettverk,
 - og gir økt kvalitet ved lavere bitrate (under 54 Kbit/s).
 - Bevegelseskompensasjon med presisjon på ½ piksel.
- ❑ **MPEG-1** video er optimert for CD-ROM og video på internett, og
 - gir god kvalitet ved 1.5 Mbit/s.
 - Bevegelseskompensasjon forlengs og baklengs, oppløsning ½ piksel.
- ❑ **MPEG-2** video er beregnet å håndtere TV-sendinger,
 - både i progressiv og interlaced mode.
 - Den skal håndtere både 4:2:2 og 4:4:4 subsampling av YCbCr,
 - og en datarate på opptil 15 Mbits/s.

Digitale video standarder - 2

- ❑ **MPEG-4 åpner for interactive TV og "virtual reality"**
 - ved at objekter kan manipuleres og scener bygges opp i dekoderen.
 - Bygger på objekt-basert video-koding
 - Gir muligheter for blanding av bilder, grafikk og animasjon.
- ❑ **MPEG-7 åpner for søk i multimedia dokumenter,**
 - Innholdsbaserte søk i videosekvenser og bildedatabaser.
- ❑ **H.264 øker kodingseffektiviteten.**
- ❑ **MPEG-21 går videre fra MPEG-7,**
 - og er ment å gi tilgang uavhengig av type nett eller type plattform,

Digital Versatile Disc

- ❑ Ligner på CD-plater, lagrer lyd, video og data i ett digitalt format.
- ❑ Laser med kortere bølgelengde, gir høyere lagringskapasitet
 - bitene kan lagres tettere langs spiralsporet
 - spiralsporet kan vikles tettere.
- ❑ Redusert datamengde til feildeteksjon og korreksjon i forhold til CD.
- ❑ Det meste av kapasitetsøkningen skyldes
 - bruker begge sider av platen,
 - to informasjons-lag per side
 - ett delvis reflekterende og ett reflekterende.
 - Ett lag har en kapasitet på omtrent 4,7 milliarder byte, omtrent 7 ganger det man får inn på en konvensjonell CD.
 - Med to lag per side kommer man opp i 17 milliarder byte.

Objektgjenkjenning i digitale bilder

Motivasjon: det vi egentlig trenger å lagre fra et bilde, er ofte informasjon om akkurat hva det inneholder.

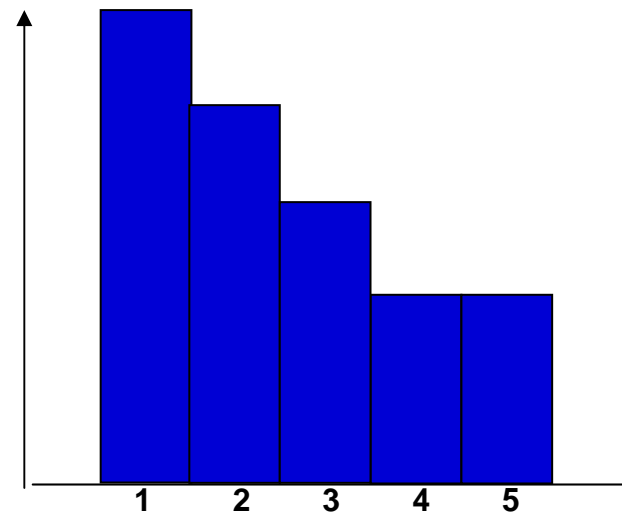
Noen steg i et enkelt system for objektgjenkjenning:

- Kontrastendring**
- Filtering for å fjerne støy**
- Segmentering av objekter og bakgrunn**
 - **Kantdeteksjon**
 - **Terskling**
- Beregne egenskaper fra objektene**
- Klassifisere objektene som ulike typer**

Hva er et histogram?

- Anta at vi har et gråtonebilde med $m \cdot n$ piksler
 - hvert piksel har ordlengde b biter \Rightarrow vi har 2^b mulige gråtoner.
- Ser på gråtonen i hvert piksel, teller opp hvor mange piksler det finnes for hver pikselverdi, får vi et *gråtone-histogram*.
- Histogrammet $h(v)$ er en tabell over antall forekomster av verdien v .

1	3	2	1
5	4	5	3
4	1	1	2
2	3	2	1



Mer om histogrammet

- Summen av $h(v)$ for v fra 0 til $2^b - 1$,
er antall piksler i bildet, $m \cdot n$.
- Dividerer vi alle $h(v)$ med antall piksler i bildet,
får vi et *normalisert histogram*, $p(v)$.
- $p(v)$ er *sannsynligheten* for at vi finner pikselverdien v
hvis vi velger et vilkårlig piksel i bildet.
- Summen av alle $p(v)$ for v fra 0 til $2^b - 1$ er 1.
 - (summen av alle sannsynlighetene
for at vi finner en pikselverdi mellom 0 og $2^b - 1$).

Endring av kontrast

- Vi forandrer på hvor lyst eller mørkt et digitalt bilde er ved å addere en konstant – en bias – til alle pikselverdiene:

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

- Hvis $b > 0$ økes alle pikselverdiene i bildet, slik at et gråtonebilde vil bli lysere.
- Hvis $b < 0$ blir bildet mørkere.

- Vi justerer kontrasten ved å multiplisere hvert piksel med en faktor:

$$g(x, y) = a f(x, y)$$

- Hvis $a > 1$ vil kontrasten øke, mens den minskes hvis $a < 1$.

- Et mer generelt uttrykk for endring av gjennomsnitt og kontrast:

$$g(x, y) = a f(x, y) + b$$

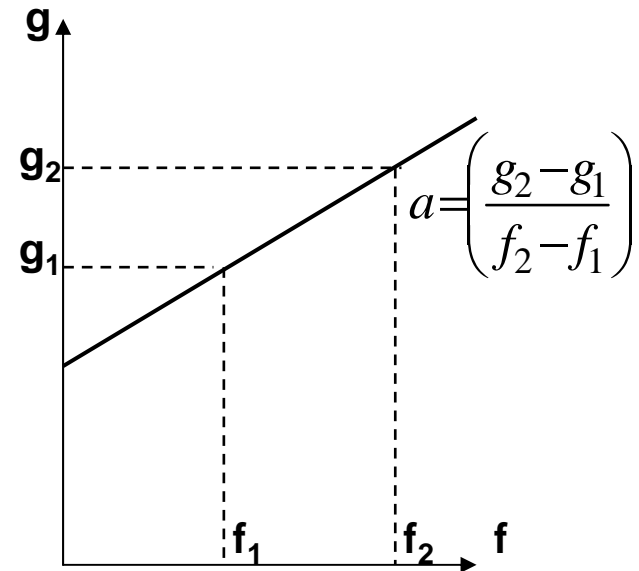
Lineær gråtonemapping

- Vi vil at pikselverdier i området $[f_1, f_2]$ i inn-bildet skal havne i gråtone-området $[g_1, g_2]$ i ut-bildet.
- Dette er en lineær mapping fra f til g

$$g(x, y) = g_1 + \left(\frac{g_2 - g_1}{f_2 - f_1} \right) [f(x, y) - f_1]$$

altså en rett linje med stigningstall

$$a = (g_2 - g_1) / (f_2 - f_1)$$



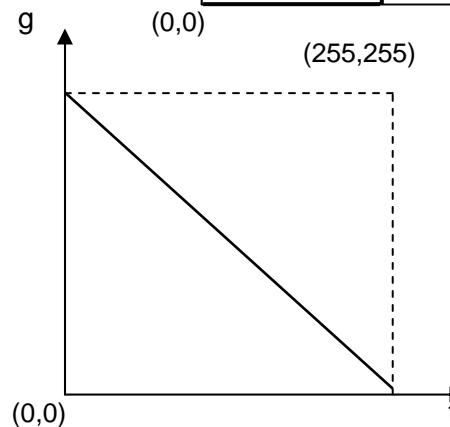
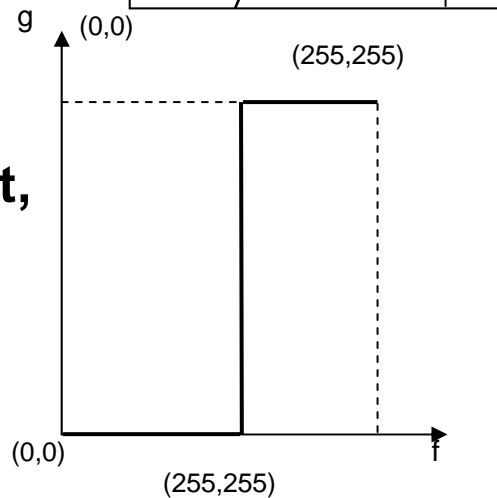
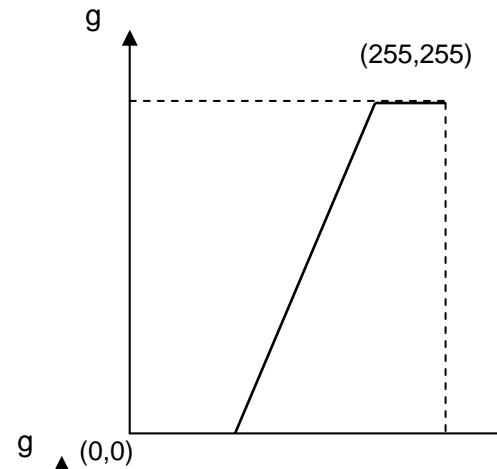
Sjekk at f_1 og f_2 mappes til hhv. g_1 og g_2

Et eksempel-bilde



Spesialtilfeller

- Et lite område av pikselverdier mappes til å bruke hele gråtone-skalaen.
- Hvis den skrå linjen står vertikalt, svarer det til en terskling av gråtoneverdiene.
- Vi kan invertere gråtonene og få et negativt bilde.



Terskling for å finne objektene i bildet

□ Terskling:

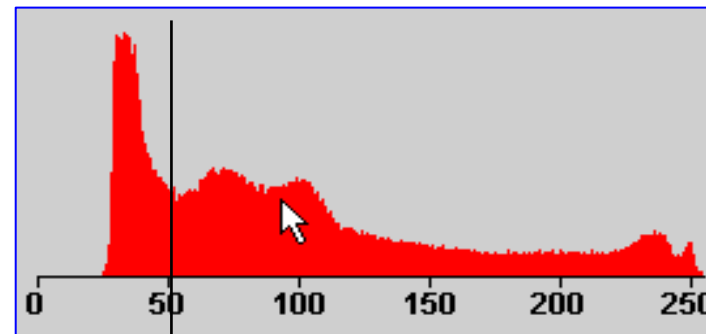
- sett alle piksler med pikselverdi $< T$ til 0,
- og alle piksler med pikselverdi $\geq T$ til 255.

□ Utfordring: bestemme den beste verdien av T automatisk

- Globale metoder bruker samme terskel for hele bildet.
- Lokale metoder bruker en terskel som varierer over bildet.
- I begge tilfeller brukes histogrammet til å finne terskelen T .

Terskelen T settes gjerne i lokale minimumspunkter i histogrammet.

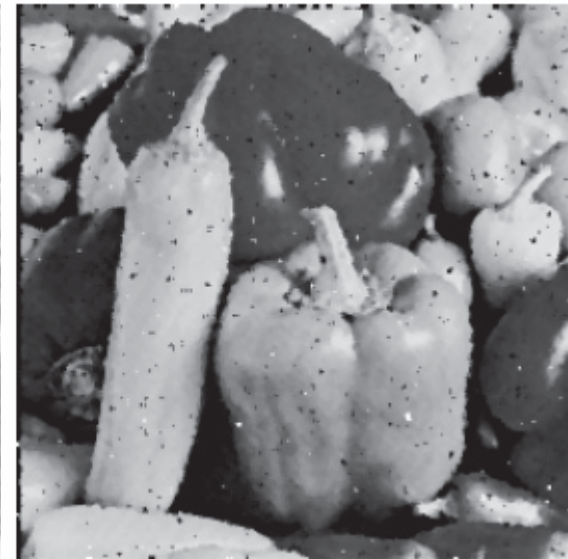
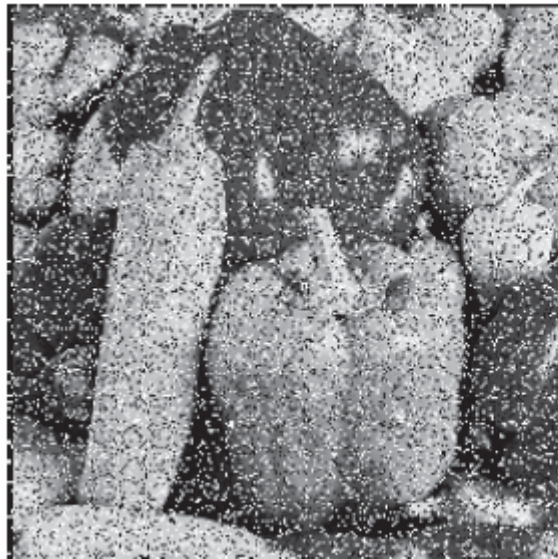
Kan vi finne T automatisk?



Støyfiltrering – middelvei eller median

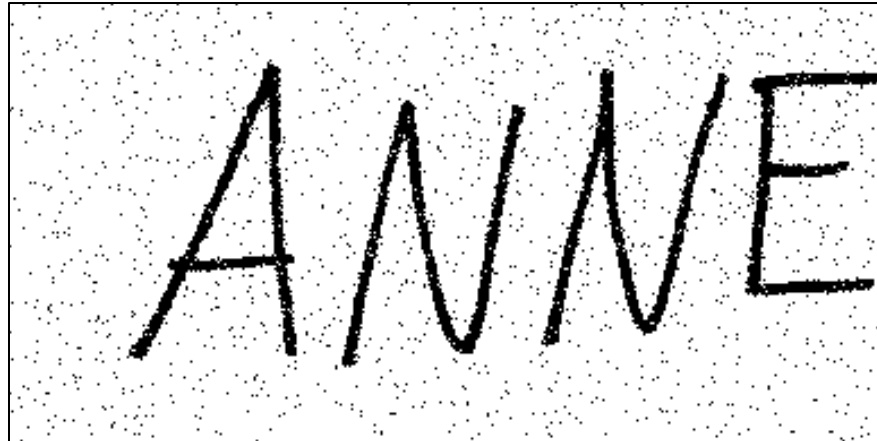
To enkle metoder for å filtrere et bilde:

- ❑ **Middelveidifilter:** erstatt pikselverdien i et punkt med gjennomsnittet av pikselverdiene til nabopikslene.
- ❑ **Medianfilter:** erstatt pikselverdien i et punkt med medianen av pikselverdiene til nabopikslene.
 - **Bevarer kanter i bildet bedre enn middelveidifilteret.**



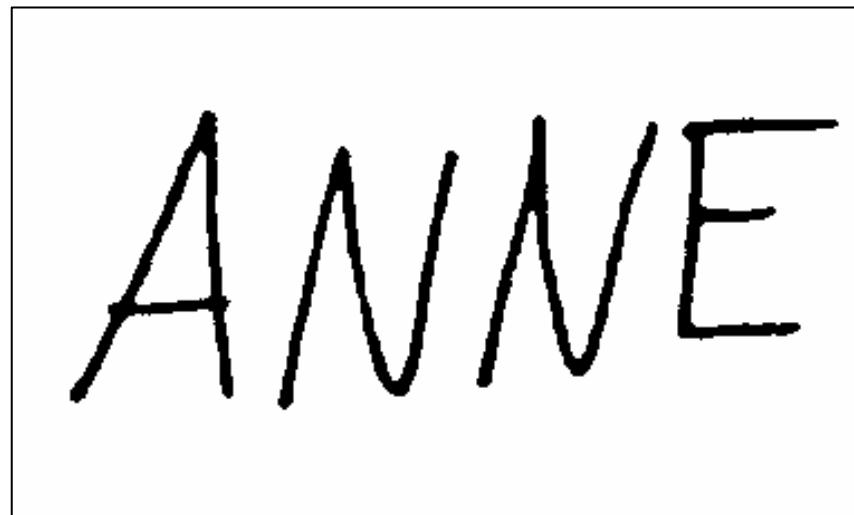
Terskling med og uten støyfjerning

Terskling
uten filtering



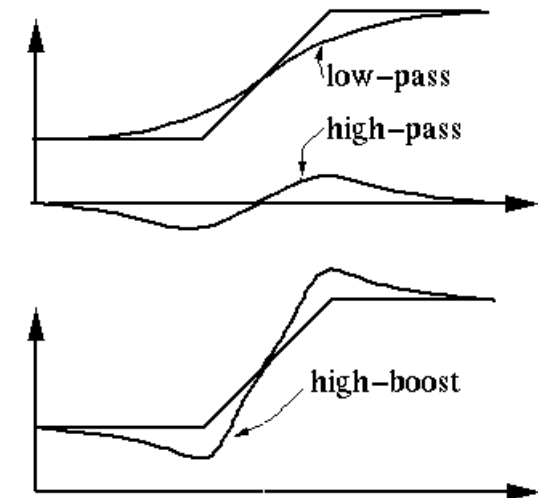
$$v_{out}(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{hvis } v_{in}(x, y) > T \\ 0 & \text{hvis } v_{in}(x, y) \leq T \end{cases}$$

Terskling etter
medianfiltering



Bildeforbedring: "Unsharp masking"

- ❑ Middelverdi-filtrering gjør bildet uskarpt.
- ❑ Vi kan subtrahere det uskarpe bildet fra originalen, og addere differansen til originalen.
- ❑ Resultatbildet vil virke skarpere enn originalen.
- ❑ Alternativ: original + høypass = "high-boost"



Bildeforbedring – hva er realistisk?

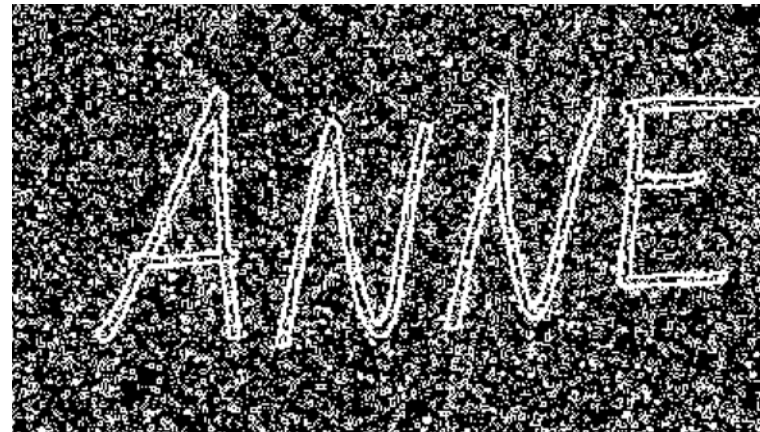
- ❑ **Hvis vi kjenner punktspredningsfunksjonen til kameraoptikken, kan vi i prinsipp regne oss tilbake til et skarpere bilde.**
 - Men hvis det samtidig er støy i bildet, risikerer vi å forsterke denne støyen også.
 - Så dette er slett ikke enkelt!
- ❑ **Det er ikke sant**
 - at man kan gjenkjenne ansikter på skrå fra satellitt.
 - at grumsete bilder med noen få piksler kan gjøres fantastisk skarpe.
 - at et bilde av iris tatt på skrå fra relativt lang avstand kan brukes til identifikasjon og verifikasjon .
- ❑ **Det merkelige er at veldig mange tror at alt dette er mulig.**
- ❑ **Vi blir dynget ned av ”tekno-babbel”.**

Kantdeteksjon i bilder

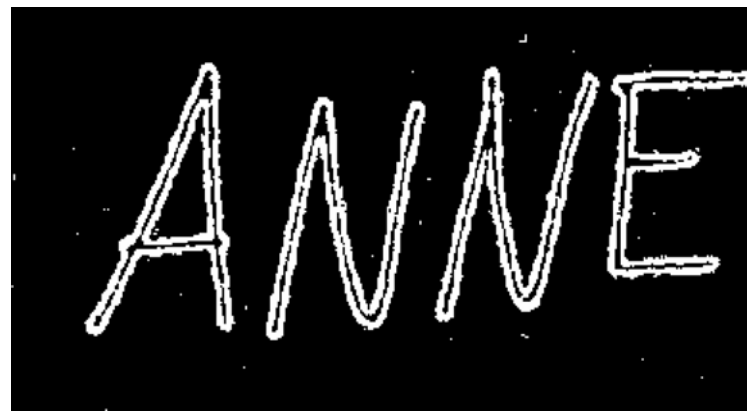
- ❑ Synssystemet er basert på deteksjon av kanter og linjer.
- ❑ Kanter i bildet gir oss ofte overganger mellom objekter.
- ❑ Kanter svarer til høy verdi av den deriverte i x- og y-retningen.
- ❑ Den deriverte approksimeres ved differanser,
f.eks. $\delta f / \delta x = |f(x+1, y) - f(x-1, y)|$ i x-retningen
og $\delta f / \delta y = |f(x, y+1) - f(x, y-1)|$ i y-retningen.
- ❑ Slike enkle operatorer er følsomme for tilfeldig støy i bildet.
- ❑ Medføre at vi finner falske kanter
som ikke har noe med objektene å gjøre.
- ❑ Vi kan fjerne støy før kant-deteksjon.

Kantdeteksjon

Kantdeteksjon uten
støyfjerning først



Kantdeteksjon etter
medianfiltrering



Kantdeteksjon ved konvolusjon

❑ Støyfjerning ”smører ut” detaljer, kanter og linjer i bildet.

❑ Kombinerer de to operasjonene,

- midler i y-retning og deriverer i x-retning, og omvendt.

- Bruker to operatører – eller filtre, for eksempel:

$$h_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad h_y = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

❑ Legger operatormasken oppå det digitale bildet,

- multipliserer hvert underliggende piksel med verdien i masken,

- summerer, og setter svaret i tilsvarende posisjon i ut-bildet.

- Flytter masken til neste piksel i bildet og gjentar prosedyren,

- Dette kalles **konvolusjon**, og skrives gjerne $g(x,y) = f(x,y) * h$

Gradientmagnitudo og retning

- Med to slike filtre får vi to ut-bilder som gir oss hhv.

- **gråtonegradienten i x-retning** $g_x(x, y) = f(x, y) * h_x$
- **gråtonegradienten i y-retning.** $g_y(x, y) = f(x, y) * h_y$
 - symbolet * betegner *konvolusjon*.

- Vi lager et gradient-magnitudo bilde **G(x,y)**

- som viser hvor "bratte" kantene er i bildet :

$$G(x, y) = \sqrt{[g_x(x, y)]^2 + [g_y(x, y)]^2}$$

- **Derivasjoner ikke bare abstrakt matematikk.**

- *VI KAN DERIVERE DIGITALE BILDER,*

- og dermed detektere kanter og linjer i bilder,
- på samme måte som synssystemet vårt gjør.

Fra segmentert bilde til objekter

- ❑ Lag et objekt for hver region i bildet.



- ❑ Vi lager oss en datastruktur som inneholder en liste over objekter.
- ❑ For hvert objekt har vi en liste over alle piksler dette inneholder.
- ❑ Hvis vi vet noe om størrelsen på objektene,
kan vi fjerne små objekter som vi regner med er støy.

Egenskapsuttrekking for objekter

- ❑ For hvert objekt, må vi beregne egenskaper
 - som skiller det fra andre objekter,
 - og som er felles for alle objekter av samme type.
- ❑ Stikkordet er er: hvordan beskriver vi formen til et objekt?
 - F.eks. Hva skiller en B fra en D, eller E fra F?
- ❑ Noen form-egenskaper er basert på alle pikslene i objektet
 - areal, tyngdepunkt, treghets-momenter (fysikk)
- ❑ Andre egenskaper er basert på objektets omriss
 - lengden av objektets omriss
 - "bounding-box" (minste rektangel som inneholder objektet).
 - beskrive omrisset med f.eks. med splines eller Fourier-koeffisienter.

Klassifikasjon av objekter

- ❑ Fra et sett kjente objekter, bygger vi en database med beskrivelse for hver objekttype (en beskrivelse for hver bokstav).
- ❑ Databasen må bygge på tusenvis av objekter av hver klasse.
- ❑ Finner egenskapene for hvert objekt, matcher mot databasen og finner den objektklassen (bokstaven) det ligner mest på.
- ❑ Enkle metoder for å finne den klassen det ligner mest på:
 - Finn de 5 objektene den ligner mest på, velg objektklassen som forekommer oftest blant disse 5.
 - Regn ut korrelasjonen mellom objektet og alle objektene i databasen
 - Tilpass en statistisk sannsynlighetsfordeling (f.eks. normalfordeling) til hver klasse. Velg klassen med størst sannsynlighet.

Tekstgjenkjenning

- ❑ La oss si at vi skal kjenne igjen bokstaver i et bilde.
- ❑ Vi har segmentert bildet i objekter vha. terskling.
- ❑ Små og store bokstaver er forskjellige, vi må bruke en av delene eller trene systemet på begge deler.

A a B b C c

- ❑ Hvordan matcher vi bokstaver med ulik fontstørrelse?
 - Vi kan trene systemet på bokstaver i alle størrelser.
 - Vi kan skalere objektet slik at objektet har en viss størrelse



Skalering av objektet slik at det passer i en boks på 32 · 32 piksler

Tekstgjenkjenning - flere utfordringer

- ❑ Ofte vil en bokstav ikke være helt sammenhengende etter segmentering, men fragmentert i flere delobjekter.
- ❑ To bokstaver kan også henge sammen.
- ❑ Noen bokstaver består av flere objekter, f.eks. å og i

T T E K
M W R N A V

Kontekst

- **Konteksten** kan hjelpe oss i den visuelle tolkningen av symbolet,
 - dette er vanskelig å automatisere.

T/\E C/\T

kan med noe velvilje leses som "THE CAT"

- **Statistikk** over hyppigheten av bokstavene i engelsk tekst:
 - H mest sannsynlige bokstav etter T,
 - H mest sannsynlige bokstav foran E,
 - A mest sannsynlige bokstav foran T.
- **Er ordet sannsynlig?**
 - Sjekk i en digital ordbok (eksempel sms)
 - ordboka må være ganske omfattende for at resultatet skal bli godt.
- **Alternativ: Sjekk sannsynligheten** for at foreslått ord kommer etter de ordene man allerede har (veldig omfattende).

Ord som bilder

- ❑ "Digital representasjon av tekst, tall, lyd, bilder og video" er et interessant krus som inneholder mye rart!
- ❑ Hvis de første og de siste bokstavene i hvert ord er på rett plass, så kan vi blande de øvrige bokstavene og fortsatt lese og forstå teksten – dog noe langsommere!
- ❑ Vi leser ordene som "bilder" og retter feilene.
- ❑ Dette klarer vi fordi vi assosierer med ord vi kjenner.
- ❑ Kan en PC lære å gjøre dette? !KNIHT

Tekstgjenkjenning i praksis

- ❑ **Moralen er: robust tekstgjenkjenning er vanskelig å programmere.**
 - **Maskinen kan ikke konkurrere med øyet / hjernen i fleksibilitet.**
 - **Men mennesker gjør også feil når vi blir trøtte.**
 - **Maskiner er overlegne på store volumer og høy hastighet.**
- ❑ **Dette er et veldig viktig anvendelsesområde.**
- ❑ **Tekst som skal maskinavleses kan erstattes av strek-koder, men må da ofte gis som kombinert strekkode og tekst.**
- ❑ **Automatisk mønstergjenkjenning er vanskelig, men gøy:**
 - **For de som vil gå i dybden:**
 - **INF 2310 Digital bildebehandling**
 - **INF 4300 Digital bildeanalyse**

Viktige punkter

- ❑ Lagringsbehovet for en RGB videosekvens kan reduseres ved
 - interlacing
 - fargeoppslagstabeller (LUT)
 - subsampling i YCbCr-fargerommet
 - koding av differanse mellom predikert bilde og bildet selv
 - bevegelseskompensasjon for hver makroblokk i bildet
- ❑ Det vi trenger å lagre, er en kompakt representasjon av objekter.
- ❑ Bildebehandling kan gi oss et bedre bilde
 - Støyfjerning, filtrering, ...
- ❑ Bildeanalyse kan redusere data til nyttig informasjon
 - Segmentering, egenskapsuttrekking, klassifikasjon, ...