

1. Selitä lyhyesti, noin 20–40 sanalla tai matemaattisella määritelmällä, seuraavat käsitteet tai lyhenteet: 6p.

- (i) kuvanlaadun isopreferenssikäyrät
- (ii) suola ja pippuri -kohina
- (iii) ideaalinen suodin ja Butterworth-suodin
- (iv) kromaattisuusdiagrammi
- (v) Wiener-suodatus
- (vi) Lloyd-Max-kvantisoija

2. Tutkitaan spatiaalisuodatuksen esittämistä eri tavoin matriisimuodoissa. (i) Esitä spatiaalinen Sobel-suodatusmaski, jolla voidaan havaita vaakasuuntaisia muutoksia kuvan harmaa-arvoissa. (ii) Osoita, että kyseinen kaksidimensioinen Sobel-operaattori voidaan hajoittaa kahdeksi peräkkäiseksi yksidimensioiseksi suodatusoperaatioksi. (iii) Toteuta alla olevan kuvamatriisin \mathbf{F} Sobel-suodatus matriisimuodossa $\mathbf{G} = \mathbf{V}\mathbf{F}\mathbf{H}$, missä 6×6 -kokoiset sirkulantit matriisit \mathbf{V} ja \mathbf{H} toteuttavat edellisen kohdan yksidimensioiset operaatiot. (Alla näkyvä matriisi \mathbf{C} havainnollistaa sirkulantin matriisin yleistä muotoa tässä tapauksessa.) (iv) Kuvamatriisi \mathbf{F} voidaan myös järjestää 36-dimensioiseksi kuvavektoriksi \mathbf{f} , jolloin vastaava suodatus $\mathbf{g} = \mathbf{M}\mathbf{f}$ tapahtuu 36×36 -kokoisella suodatusmatriisilla \mathbf{M} . Hahmottele \mathbf{M} ja \mathbf{f} . (v) Arvioi molemmissa matriisimuotoisissa suodatusoperaatioissa tarvittavien laskutoimitusten määrää verrattuina kaksi- ja yksidimensioisiin spatiaalisiin maskioperaatioihin yleisessä tapauksessa, jossa kuva on $N \times N$ - ja maski $M \times M$ -kokoinen. (vi) Olettaen, että kuva \mathbf{F} onkin todellisuudessa vain 4×4 -kokoinen, mikä on siihen lisättyjen nollien tarkoitus? Kuinka nollien lisääminen on vaikuttanut? 6p.

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 9 & 13 & 0 & 0 \\ 2 & 6 & 10 & 14 & 0 & 0 \\ 3 & 7 & 11 & 15 & 0 & 0 \\ 4 & 8 & 12 & 16 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{C} = \begin{bmatrix} b & c & 0 & 0 & 0 & a \\ a & b & c & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a & b & c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a & b & c & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a & b & c \\ c & 0 & 0 & 0 & a & b \end{bmatrix}$$

Käännä!

3. Alla on pala 256-harmaatasoisen kuvan vasemmasta ylänurkasta. (i) Kvantisoi kuva katkaisemalla siten, että tulokuva on 16-harmaatasoinen. (ii) Mikä on uuden kuvan kompressiosuhde vanhaan kuvaan nähden? (iii) Tee alkuperäisen kuvan kvantisointi 16 harmaatasoon uudestaan käyttäen nyt katkaisun sijaan vaakasuuntaista IGS-kvantisointia. (iv) Vertaile tuloskuvia kvalitatiivisesti ja selitä, miksi IGS-kvantisoitu kuva on parempi. (v) Mitkä ovat kuvakompressiossa vaikuttavat kolme redundanssin lajia, ja mitä niistä IGS-kvantisointi pyrkii hyödyntämään? (vi) Kuinka harmaasävykuvan bittitasojen juoksunpituuskoodaus suhtautuu harmaatasojen lukumäärää vähentävään kvantisointiin yleensä ja IGS-kvantisointiin erityisesti? 6p.

97	100	103	106	109	112	...
98	102	105	109	111	115	...
100	104	108	111	114	119	...
102	106	110	114	118	122	...
...

4. Oletetaan kuvan koostuvan tummasta taustasta ja pienistä toisiaan peittämättömistä kirkkaista kuplista. Oletetaan kuplien peittävän 20% kuva-alasta. Oletetaan kuplien harmaatasot (μ_1, σ_1) -normaalijakautuneiksi ja taustan harmaatasot vastaavasti (μ_2, σ_2) -normaalijakautuneiksi. (μ, σ) -normaalijakautunut todennäköisyystiheysfunktio on

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(z - \mu)^2}{2\sigma^2}\right].$$

(i) Mikä on kuvassa havaittavan harmaataso z todennäköisyystiheys $p(z)$ mainittujen oletusten mukaan? (ii) Oletetaan harmaatasokynnystys kuplien ja taustan erottamiseksi tehtävän arvolla T . Mikä tällöin on yhden pikselin luokitteluvirheen todennäköisyys $E(T)$? (iii) Johda lauseke, josta virhefunktion minimikohta voidaan analyttisesti ratkaista. (iv) Kuplien keskimääräinen harmaataso on $\mu_1 = 150$ ja varianssi $\sigma_1^2 = 400$, taustalla vastaavasti $\mu_2 = 25$ ja $\sigma_2^2 = 625$. Piirrä kuva, joka havainnollistaa edellä mainittuja jakaumia, muuttujia ja annettuja parametriarvoja. (v) Ratkaise virhefunktion minimikohdan likiarvo. (vi) Arvioi tulosta. Mitä tarkoitetaan optimaalisella kynnyksellä? Kuinka tässä saatua segmentointia vielä voisi parantaa? 6p.