

H3 Beeldverbetering: Fisiese ruimte

- (1) Jy moet die formules vir die standaard grysskaaltransformasies $s = T(r)$ ken, weet waar om dit toe te pas en weet wat die verwagte effek daarvan op 'n beeld en sy histogram sal wees.
- (2) Laat "bit-plane slicing" en rekenkundige/logiese operatore uit.
- (3) Jy moet weet hoe beeld-aftrekking sinvol gebruik kan word.
- (4) Jy moet kan aantoon dat, wanneer die kumulatiewe distribusie-funksie (CDF) op *kontinue* grysskaalwaardes toegepas word, die waarskynlikheidsdigtheids-funksie (PDF) van die getransformeerde grysskaalwaardes *altyd* uniform sal wees. Jy moet dit vir 'n generiese geval of vir 'n spesifieke voorbeeld kan aantoon. Jy moet ook weet waarom ons die teiken-PDF uniform kies.
- (5) Jy moet weet hoe die *diskrete* weergawe van die CDF in (4) daar uitsien en wat die verwagte effek van die gevolglike *histogram-effening* sal wees.
- (6) Jy moet histogram-effening vir 'n klein voorbeeld met die hand kan uitvoer.
- (7) Laat histogram-spesifikasie uit.
- (8) Jy moet die beginsels van lokale histogram-effening en beeldverbetering met lokale statistieke ken en weet waar om dit toe te pas.
- (9) Jy moet die beginsels van diskrete konvolusie en korrelasie ken en weet hoe dit met die toepassing van 'n lineêre filter (masker) in die fisiese ruimte verband hou.
- (10) Jy moet weet hoe 'n tipiese lineêre vergladdingsfilter en mediaanfilter daar uitsien en waar dit sinvol toegepas kan word.

C3 Image enhancement: Spatial domain

- (1) You must know the formulas for the standard gray scale transformations $s = T(r)$, know where to apply them, and know what their expected effect on an image and its histogram will be.
- (2) Leave out bit-plane slicing and arithmetic/logic operations.
- (3) You must know how image subtraction can be sensibly used.
- (4) You must be able to show that, when the cumulative distribution function (CDF) is applied to *continuous* gray scale values, the probability density function (PDF) of the transformed gray scale values will *always* be uniform. You must be able to show this for a generic case or for a specific example. You must also know why we choose the target PDF to be uniform.
- (5) You must know what the *discrete* version of the CDF in (4) looks like and what the expected effect of the subsequent *histogram equalization* will be.
- (6) You must be able to implement histogram equalization manually for a small example.
- (7) Leave out histogram specification.
- (8) You must know the principles of local histogram equalization and image enhancement with local statistics and know where to apply them.
- (9) You must know the principles of discrete convolution and correlation and how they relate to the application of a linear filter (mask) in the spatial domain.
- (10) You must know what a typical linear smoothing filter and median filter look like and where they can be applied sensibly.

- (11) Jy moet die grondbeginsels vir lineêre verskerpingsfilters kan bespreek deur na benaderings vir die eerste en tweede afgeleides van diskrete eendimensionele seine te verwys.
 - (12) Jy moet die diskrete weergawe van die Laplace-operator in twee dimensies kan herlei en weet hoe dit (of variasies hiervan) vir beeldverskerping aangewend kan word.
 - (13) Jy moet die beginsels van “unsharp masking” en “highboost filtering” kan verduidelik en weet waar hierdie filters toegepas kan word.
 - (14) Jy moet die diskrete weergawe van die gradiënt-operator in twee dimensies kan herlei en weet hoe dit (of variasies hiervan) vir randherkenning aangewend kan word.
 - (15) Daar kan van u verwag word om Matlab-kode (of Python-kode) vir enige van die algoritmes hierbo te verskaf, sonder om van Matlab se beeldverwerkings-“toolbox” (of nie-standaard Python-biblioteke) gebruik te maak.
- (11) You must be able to discuss the fundamental principles of linear sharpening filters by referring to approximations of the first and second derivatives of discrete one-dimensional signals.
 - (12) You must be able to derive the discrete version of the Laplace operator in two dimensions and know how it (or variations of it) can be utilized for image sharpening.
 - (13) You must be able to explain the principles of unsharp masking and highboost filtering and know where to apply these filters.
 - (14) You must be able to derive the discrete version of the gradient operator in two dimensions and know how it (or variations of it) can be utilized for edge detection.
 - (15) It can be expected of you to provide Matlab code (or Python code) for any of the above algorithms, without making use of Matlab’s image processing toolbox (or non-standard Python libraries).

H4 Beeldverbetering: Fourier-ruimte

- (1) Daar sal nie van jou verwag word om die koëffisiënte van ’n Fourier-reeks, wat die periodiese voortsetting van ’n funksie oor ’n sekere interval benader, te vind nie. Jy moet egter weet wat die verband tussen die kontinuïteit van bogenoemde periodiese voortsetting en die spoed van konvergensie van die Fourier-reeks is. Daar sal ook nie van jou verwag word om formules vir die eendimensionele kontinue Fourier-transform (en inverse Fourier-transform) vanuit die formules vir Fourier-reekse te herlei nie. Jy moet egter weet watter tekortkominge van Fourier-reekse deur Fourier-transforms aangespreek word en wat ’n Fourier transform verteenwoordig.

C4 Image enhancement: Frequency domain

- (1) It will not be expected of you to find the coefficients of a Fourier series that approximates the periodic continuation of a function over a certain interval. However, you must know the relationship between the continuity of the above-mentioned periodic continuation and the speed of convergence of the Fourier series. It will also not be expected of you to derive formulas for the one-dimensional continuous Fourier transform (and inverse Fourier transform) from the formulas for Fourier series. You must however know which deficiencies of Fourier series are addressed by Fourier transforms and what is represented by a Fourier transform.

- (2) Jy moet die eendimensionele kontinue Fourier-transform en Fourier-spektrum van 'n eenvoudige boks-funksie kan bereken en die effek van 'n vernouing of verbreding van die boks-funksie op sy Fourier-spektrum kan verklaar deur na die aard van 'n Fourier-transform te verwys.
- (3) Jy moet die diskrete eendimensionele Fourier transform en inverse Fourier transform vanuit die definisie van 'n Fourier-reeks kan herlei.
- (4) Jy kan kennis neem van die matriksnotasie vir die berekening van die diskrete eendimensionele Fourier transform en inverse Fourier transform, maar geen eksplisiete vrae sal hieroor gestel word nie.
- (5) Jy moet kan aantoon dat die diskrete tweedimensionele Fourier transform van 'n beeld bereken kan word deur (1) diskrete eendimensionele Fourier transforms van die rye (of kolomme) van die oorspronklike beeld te neem, gevolg deur (2) diskrete eendimensionele Fourier transforms van die kolomme (of rye) van die resultaat in (1).
- (6) Jy moet kan aantoon dat
- $$f(x, y)(-1)^{x+y} \Leftrightarrow F(u - M/2, v - N/2)$$
- en weet waar dit relevant is.
- (7) Jy moet kan aantoon dat
- $$|\text{FT}\{f(x - x_0, y - y_0)\}| = |F(u, v)|$$
- en weet waar dit relevant is.
- (8) Jy moet weet dat diskrete funksies en hulle Fourier-transforms periodies is en ook weet wat die doel van die `fftshift`-instruksie is. Jy moet bewus wees van die simmetrie-eienskappe van Fourier-spektra.
- (9) Jy moet weet wat die effek van rotasie, distributiwiteit en skaling van 'n beeld op sy Fourier-transform is, maar dit is nie nodig om dit te bewys nie.
- (10) Jy moet die konvolusie tussen twee eenvoudige kontinue eendimensionele funksies kan bereken en interpreteer.
- (2) You must be able to calculate the one-dimensional Fourier transform and Fourier spectrum of a simple box function and explain the effect of narrowing or widening the box function on its Fourier spectrum by referring to the nature of a Fourier transform.
- (3) You must be able to derive the discrete one-dimensional Fourier transform and inverse Fourier transform from the definition of a Fourier series.
- (4) You may take note of the matrix notation for calculating the discrete one-dimensional Fourier transform and inverse Fourier transform, but no explicit questions will be put on this.
- (5) You must be able to show that the discrete two-dimensional Fourier transform of an image can be calculated by (1) calculating the one-dimensional Fourier transforms of the rows (or columns) of the original image, followed by (2) calculating the one-dimensional Fourier transforms of the columns (or rows) of the result in (1).
- (6) You must be able to show that
- $$f(x, y)(-1)^{x+y} \Leftrightarrow F(u - M/2, v - N/2)$$
- and know where this is relevant.
- (7) You must be able to show that
- $$|\text{FT}\{f(x - x_0, y - y_0)\}| = |F(u, v)|$$
- and know where this is relevant.
- (8) You must know that discrete functions and their Fourier transforms are periodic and also know what the purpose of the `fftshift` instruction is. You must be aware of the symmetry properties of Fourier spectra.
- (9) You must know what the effect of rotation, distributivity and scaling of an image is on its Fourier transform, but it is not necessary to prove it.
- (10) You must be able to calculate and interpret the convolution between two simple continuous one-dimensional functions.

- (11) Jy moet die aftakeling van 'n eendimensionele kontinue voorwerp $f(x)$, wat met 'n eenvoudige kamera (sonder 'n lens) afgeneem word, kan verduidelik deur na konvolusie met 'n oordragsfunksie $g(x)$ te verwys.
- (12) Jy moet weet hoe om die oordragsfunksie $g(x)$ te verkry deur na die Dirac-deltafunksie $\delta(x)$ te verwys.
- (13) Jy moet die konvolusiestelling vir die eendimensionele kontinue geval kan bewys en weet hoe dit gebruik kan word om die onafgetakelde voorwerp $f(x)$ 'n 'n mate te rekonstrueer.
- (14) Jy moet die konvolusie tussen twee diskrete eendimensionele funksies kan bereken en kan aantoon dat die toepassing van 'n vergladdingsfilter (verskerpingsfilter) in die fisiese ruimte ekwivalent aan die toepassing van 'n laagdeurlaatfilter (hoogdeurlaatfilter) in die frekwensieruimte is.
- (15) Jy moet daarvan bewus wees dat (13) en (14) ook vir die tweedimensionele geval geld, maar jy hoef dit nie te kan bewys nie.
- (16) Jy moet weet hoe korrelasie vir templaatoepassing aangewend kan word.
- (17) Jy moet weet watter stappe gevolg moet word ten einde filters in die frekwensieruimte toe te pas (met en sonder "zero padding"). Jy moet ook kan verduidelik waarom "zero padding" soms nodig is.
- (18) Jy moet die ideale, Butterworth en Gaussiese laagdeurlaatfilters ken, in detail kan verduidelik wanneer en waarom ringvorming voorkom en moontlike toepassings vir hierdie filters kan gee.
- (19) Jy moet die ideale, Butterworth en Gaussiese hoogdeurlaatfilters ken, in detail kan verduidelik wanneer en waarom ringvorming voorkom en moontlike toepassings vir hierdie filters kan gee.
- (11) You must be able to explain the degradation of an one-dimensional continuous object $f(x)$, that is captured with a simple camera (without a lens), by referring to convolution with a transfer function $g(x)$.
- (12) You must know how to obtain the transfer function $g(x)$ by referring to the Dirac delta function $\delta(x)$.
- (13) You must be able to prove the convolution theorem for the one-dimensional continuous case and know how it can be used to partially reconstruct the undegraded object $f(x)$.
- (14) You must be able to calculate the convolution between two discrete one-dimensional functions and be able to show that the application of a smoothing (sharpening) filter in the spatial domain is equivalent to the application of a lowpass (highpass) filter in the frequency domain.
- (15) You must be aware of the fact that (13) and (14) are also applicable to the two-dimensional case, but you do not need to prove this.
- (16) You must know how correlation can be used for template matching.
- (17) You must know which steps have to be followed in order to implement filters in the frequency space (with and without zero padding). You must also be able to explain why zero padding is sometimes required.
- (18) You must know the ideal, Butterworth and Gaussian lowpass filters, be able to explain in detail when and why ringing occurs, and give possible applications for these filters.
- (19) You must know the ideal, Butterworth and Gaussian highpass filters, be able to explain in detail when and why ringing occurs, and give possible applications for these filters.

- (20) Jy moet die ooreenstemmende filters in die frekwensie-ruimte vanuit die volgende ruimtelike filters kan herlei: (a) die Laplace-operator, (b) “unsharp masking”, (c) “highboost filtering” en “high frequency emphasis filtering”. Jy moet ook moontlike toepassings vir hierdie filters kan gee.
- (21) Jy moet die beginsels waarop die homomorfiese filter gebaseer is kan verduidelik en weet waar dit toepaslik is.
- (22) Jy moet weer waar “bandreject”- en “bandpass”-filters sinvol aangewend kan word.
- (23) Jy moet weer waar “notch”-filters sinvol aangewend kan word en byvoorbeeld in detail kan verduidelik waarom ’n spesifieke filter aangewend moet word om van spesifieke periodiese ruis ontslae te raak.
- (24) Daar kan van u verwag word om Matlab-kode (of Python-kode) vir enige van die algoritmes hierbo te verskaf, sonder om van Matlab se beeldverwerkings-“toolbox” (of nie-standaard Python-biblioteke) gebruik te maak.
- (20) You must be able to derive the equivalent filters in frequency space from the following spatial filters: (a) the Laplace operator, (b) unsharp masking, (c) highboost filtering, and high frequency emphasis filtering. You must also be able to give possible applications for these filters.
- (21) You must be able to explain the principles on which the homomorphic filter is based and know where it is applicable.
- (22) You must know where bandreject and bandpass filters can be sensibly applied.
- (23) You must know where notch filters can be sensibly applied and, for example, be able to explain in detail why a specific filter should be applied to remove specific periodic noise.
- (24) It can be expected of you to provide Matlab code (or Python code) for any of the above algorithms, without making use of Matlab’s image processing toolbox (or non-standard Python libraries).

H5 Beeldherstel

- (1) Jy moet weet hoe om vas te stel watter tipe ruis in ’n beeld teenwoordig is en watter filter die beste resultate vir ruisverwydering behoort te lewer. Dit is nie nodig om die formules vir die verskillende digtheidsfunksies te memoriseer nie.
- (2) Jy moet die beginsels waarop die aanpasbare, lokale ruisverminderingfilter en die aanpasbare mediaanfilter gebaseer is kan verduidelik en ook kan verduidelik waar hierdie filters sinvol aangewend kan word.
- (3) Verwydering van periodiese ruis: sien riglyne in (22) en (23) vir Hoofstuk 4.

C5 Image restoration

- (1) You must know how to determine which type of noise is present in an image and which filter is likely to produce the best results for noise removal. It is not necessary to memorize the formulas for the different density functions.
- (2) You must be able to explain the principles on which the adaptive local, noise reduction filter and the adaptive median filter are based and also be able to explain where these filters can be sensibly applied.
- (3) Removal of periodic noise: see guidelines in (22) and (23) for Chapter 4.

- (4) Jy moet die beginsels waarop “optimum notch filtering” gebaseer is kan verduidelik en ook kan verduidelik waar hierdie filter sinvol aangewend kan word.
- (5) Jy moet kan verduidelik hoe die aftakelingsfunksie $H(u, v)$ met behulp van (a) waarneming en (b) eksperimentering afgeskat kan word.
- (6) Afskating van $H(u, v)$ deur modellering. Jy moet bewus wees van hoe atmosferiese turbulensie tipies gemodelleer word. Jy moet bewus wees van hoe uniforme lineêre beweging tipies gemodelleer word en $H(u, y)$ kan herlei vir die eenvoudige voorbeeld wat in die handboek bespreek word.
- (7) Jy moet kan verduidelik hoe ’n inverse filter gebruik kan word om die aftakelingsproses (in ’n mate) ongedaan te maak. Jy moet weet wat die beperkinge van die inverse filter is en hoe hierdie beperkinge (in ’n mate) aangespreek kan word.
- (8) Jy moet die beginsels waarop die Wiener-filter gebaseer is ken.
- (9) Jy kan die “constrained least square filter” en die “geometric mean filter” uitleat.
- (10) Daar kan van u verwag word om Matlab-kode (of Python-kode) vir enige van die algoritmes hierbo te verskaf, sonder om van Matlab se beeldverwerkings-“toolbox” (of nie-standaard Python-biblioteke) gebruik te maak.
- (4) You must be able to explain the principles on which optimum notch filtering is based and also be able to explain where this filter can be sensibly applied.
- (5) You must be able to explain how the degradation function $H(u, v)$ can be estimated through (a) observation and (b) experimentation.
- (6) Estimation of $H(u, v)$ by modelling. You must be aware of how atmospheric turbulence is typically modelled. You must be aware of how uniform linear motion is typically modelled and be able to derive $H(u, y)$ for the simple example discussed in the textbook.
- (7) You must be able to explain how inverse filtering can be used to reverse the degradation process (to a certain extent). You must know what the limitations of inverse filtering are and how these limitations can be addressed (to a certain extent).
- (8) You must know the principles on which the Wiener filter is based.
- (9) You may leave out the constrained least square filter and the geometric mean filter.
- (10) It can be expected of you to provide Matlab code (or Python code) for any of the above algorithms, without making use of Matlab’s image processing toolbox (or non-standard Python libraries).
-