

Name

Matr.Nr.

Max. erreichbare Punkte	60
tatsächl. erreicht:	

LÖSUNGEN FÜR DEN TEST (23. Juni 2009)

Erlaubt sind als Hilfsmittel Taschenrechner und Lineal. Nicht erlaubt sind Lehrbücher, Handouts, sonstige schriftliche Unterlagen und Notebooks. **Schreiben Sie möglichst kurze Antworten!**

Fragenliste (Übersicht)

[1]	Grundlagen der Bildverarbeitung (1).....	2
[2]	Grundrechnungsarten in 8-bit Bildern (3).....	2
[3]	Bildaufnahme (1).....	2
[4]	Bildspeicherung (2).....	2
[5]	Grauwertmanipulation (2).....	2
[6]	Bildkompression (2).....	3
[7]	Logische Bildoperationen (2).....	3
[8]	Faltung (1).....	3
[9]	Faltung (2).....	3
[10]	Filterung im Frequenzbereich (1).....	3
[11]	Sampling Theorie (1).....	4
[12]	Geometrische Rektifizierung (1).....	4
[13]	Geometrische Rektifizierung (1).....	4
[14]	Datenstrukturen (1).....	4
[15]	Merkmalsextraktion (2).....	4
[16]	Matching (2).....	4
[17]	Zu schön, um wahr zu sein (5) (RICHTIG oder FALSCH).....	4
[18]	Farbenlehre (3).....	5
[19]	Farbenlehre (2).....	5
[20]	Farbenlehre (2).....	5
[21]	Der spektrale Merkmalsraum (2).....	5
[22]	Datentransformation (1).....	6
[23]	Datentransformation (3).....	6
[24]	Datentransformation (2).....	6
[25]	Bildklassifikation (2).....	6
[26]	Bildklassifikation (4).....	7
[27]	Bildklassifikation (3)	7
[28]	Richtig oder Falsch (Antwort R oder F) (6).....	7

Im Folgenden sind die erwarteten Lösungen in ROT angegeben. Eine eventuell ergänzende Erklärung in BLAU.

[1] Grundlagen der Bildverarbeitung (1)

Nennen Sie ein typisches Beispiel, wo es Sinn macht den Wert eines Pixels als signed-integer-16bit abzuspeichern.

z.B. Digitales Geländemodell. Der Wertetyp signed-integer-16bit läßt sowohl positive wie auch negative ganze Zahlen zu und zwar im Wertebereich von $-(2^{15})$ bis $2^{15}-1$ (-32768 bis +32767). Zwar nicht im offiziellen österreichischen System, aber in einem weltweiten System muss man bei Geländehöhen negative Zahlen zulassen. Ein weltweites DGM in 1m-Auflösung wäre mit dieser Zahlendarstellung auf jeden Fall möglich.

[2] Grundrechnungsarten in 8-bit Bildern (3)

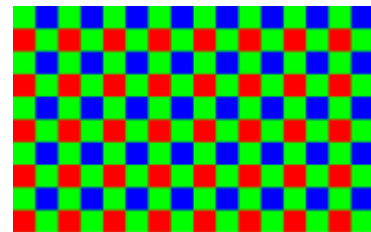
Bild1 soll von *Bild2* subtrahiert werden, wobei der typische *unsigned-integer-8bit* Wertebereich nicht überschritten werden darf. Welches Ergebnis erhält man, wenn in *Bild1* ein Pixel den Grauwert 221 und in *Bild2* das entsprechende Pixel den Grauwert 10 hat?

22. Es geht hier um folgende Subtraktion: (Bild2-Bild1), die lt. Angabe die unsigned-integer-8bit Zahlendarstellung, also ein Wertebereich [0, 255] nicht überschreiten soll. Untersucht man die möglichen Subtraktionsergebnisse so könnten sie zwischen -255 (bei 0-255) und +255 (bei 255-0), also im Wertebereich [-255, +255] liegen. Um einmal den negativen Anteil zu eliminieren addiert man +255, was zu [0, 510] führt. Bei Division durch 2 erhält man das gesuchte Intervall [0, 255]. Die allgemeine Formel für die Errechnung der Differenz bei gleichzeitiger Berücksichtigung des einzuhaltenden Wertebereichs lautet daher: $((\text{Bild2}-\text{Bild1}+255)/2)$, oder konkret: $((10-221+255)/2 = 44/2 = 22$.

[3] Bildaufnahme (1)

Wie nennt man das Filter, das in einer handelsüblichen 1-Chip-Farbkamera vor dem Sensor platziert ist?

Bayer-Filter. Das Bayer-Filter besteht aus 50% grünen, aus 25% roten und aus 25% blauen Filterelementen in einer Filtermatrix, die pixelgenau vor die Sensormatrix platziert wird. Durch ein kamerainternes Interpolationsverfahren wird daraus ein RGB-Farbbild berechnet, welches eine 3-Kanal-Aufnahme vortäuscht.



[4] Bildspeicherung (2)

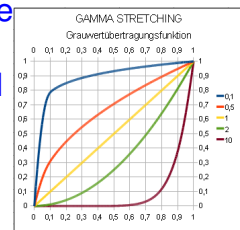
Man kennt 3 prinzipielle Bildspeicherungsmodi: BSQ, BIL, BIP. Welchen dieser drei könnte man verwenden, um das Standard-TIFF-Format für die Abspeicherung eines Hyperspectralbildes zu nutzen?

BSQ. Das Standard-TIFF kann nur bis max. 4 Kanäle abspeichern (z.B. CMYK). Einzelne firmenspezifische Adaptierungen, die aber von den meisten Bildverarbeitungsprogrammen nicht verstanden werden, können auch noch viel mehr Kanäle abspeichern. Daher bleibt für den Standardfall nur die Abspeicherung als Einzelbild pro Kanal übrig, was genau dem BSQ (Band Sequential) entspricht. Damit ist man von der Kanalanzahl vollkommen unabhängig.

[5] Grauwertmanipulation (2)

Was versteht man unter „Gamma Stretching“?

Ist eine exponentielle Grauwertübertragungsfunktion, die vor allem bei Computermonitoren angewandt wird, um eine radiometrisch lineare Darstellung zu erreichen. Dabei wird das Grauwertintervall [0,0, 1,0] der Eingabegrauwerte auf dasselbe Intervall [0,0, 1,0] der Ausgabegrauwerte nicht linear verändert, in dem man den Eingabegrauwert mit $\gamma (\geq 0)$ potenziert. Achtung: vorher muss deshalb der tatsächliche Eingabegrauwertebereich auf das Intervall [0, 1] skaliert werden, und im Anschluss muss der erhaltende Ausgabegrauwertebereich wieder rückskaliert werden. Beispiel: Anzubringen sei ein $\gamma=2,2$. Gegeben seien Eingabegrauwerte im Intervall von [0, 65535] (unsigned integer 16bit), in einem konkreten Beispiel der Grauwert $g(\text{ein})=24880$. 1. SCHRITT: Skalierung auf [0,1] ergibt $24880/65535 = 0.3796445$. 2. SCHRITT: Anbringen von Gamma: $0.379633^{2.2} = 0.1187489$ 3. SCHRITT: Rückskaliern $0.1187489 \cdot 65535 = 7782.2 = 7782$.



[6] Bildkompression (2)

Ein Bild sei mit 16bit per Pixel abgespeichert und benötigt 15 Mbytes an Speicherplatz. Als Entropie dieses Bildes erhält man 5,33. Wieviel Speicherplatz kann man sparen, wenn man das Bild in optimaler Weise verlustfrei abspeichern könnte.

Man kann 10 Mbytes ersparen. Die Entropie gibt den Informationsgehalt in bits/Pixel an, oder in anderen Worten: genau so viele und nicht mehr bits/Pixel sind mindestens nötig, um ein Bild verlustfrei abspeichern zu können. Im konkreten Fall heißt das 5,33 bits/Pixel. Der mögliche (optimale) Kompressionsfaktor errechnet sich aus dem Verhältnis (tatsächliche bits)/Entropie, also in diesem Beispiel $16/5,33 = 3$, somit werden aus 15 Mbytes $15/3=5$ Mbytes. Man kann also 10 Mbytes sparen.

[7] Logische Bildoperationen (2)

Der Grauwert eines Pixels in einem Bild sei 8, der des entsprechenden Pixels im anderen Bild sei 7. Beide Bilder werden mit dem logischen Operator AND verknüpft. Welchen Ergebnisgrauwert erhält man?

0. Der logische Operator AND bezieht sich auf das bit-weise Kombinieren der Grauwerte, wobei bit 0 immer als FALSE und bit 1 immer als TRUE gilt. Im Beispiel ist die bitweise Darstellung von 7 = 0111 und von 8 = 1000. Mit AND verknüpft ergibt das (von links nach rechts) 0 AND 1 = 0, 1 AND 0 = 0, usw. Das Ergebnis ist daher 0000 und somit 0.

[8] Faltung (1)

Wie schaut das Faltungsfilter aus, welches unter dem Namen „Bewegter Mittelwert“ („Moving Average“) bekannt ist. Schreiben Sie das Filter für eine Größe von 5x5 auf.

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

* 1/25

Wie schon der Name sagt, wird der Mittelwert in einem Fenster von 5x5 berechnet. Die Faltungsmatrix (=Filtermatrix) ist voll mit 1/25 gefüllt. Da viele Programme automatisch auf die Summe aller Filterelemente normieren, genügt es die Filtermatrix mit 1 zu füllen. Die Division erfolgt dann nach Errechnen des Faltungswertes.

ist daher gar nicht zulässig und das einzig mögliche Verfahren der Zuordnung ist daher die NN.

[13] Geometrische Rektifizierung (1)

Die 2D-Affintransformation gehört zur Gruppe des unparametrischen Lösungsansätze. Wieviele Parameter hat sie?

6. „Unparametrischer Ansatz“ besagt nicht, dass es gar keine Parameter in diesem Ansatz gibt, sondern, dass in der Aufstellung der geometrischen Umbildfunktion die Parameter, welche für die Verzerrungen des Bildes verantwortlich sind nicht berücksichtigt werden. Im Falle der Photographie wären solche Parameter z.B. die Koordinaten des Projektionszentrums, die 3 Drehwinkel, die Parameter der inneren Orientierung. Der unparametrische Ansatz aber kümmert sich nicht um diese Ursachen, sondern versucht die Verzerrungen durch eine mehr oder weniger geeignete Interpolationsfunktion zu modellieren. Im Falle von senkrecht aufgenommenen, schmalwinkeligen Satellitenbildern, die nur einen verhältnismäßigen kleinen geographischen Bereich abdecken (wie z.B. bei Landsat TM) verwendet man gerne die affine Transformation (Nach der Theorie von Tisseau sind Abbildungen im infinitesimalen Bereich affin zu einander). Die Affintransformation modelliert zwei Maßstäbe in beiden Koordinatenrichtungen, eine 2D-Verschiebung des Koordinatensystems, eine Rotation des Koordinatensystems und eine Scherung der beiden Koordinatenachsen. Das sind also 6 Parameter. (Mit der Affintransformation könnte man z.B. ein gerade liegendes Quadrat zu einem schräg liegenden Parallelogramm transformieren.)

[14] Datenstrukturen (1)

Wie nennt man die Datenstruktur, in welcher ein Bild gleichzeitig in verschiedenen räumlichen Auflösungsstufen abgespeichert wird?

Bildpyramide. Von einem geometrisch hochauflösenden Bild, kann man schlechter auflösende Bilder ableiten. Kommt hier ein Bildungsgesetz zur Anwendung, sodass auf die gleiche Weise verschiedene Auflösungsstufen erzeugt werden, die wiederum in einer Datei zusammengefasst werden, so spricht man von einer Bildpyramide. Die Bildpyramide erlaubt das effiziente Springen zwischen den Niveaus und erleichtert und/oder beschleunigt so in vielen Fällen der Bildinterpretation das Lösen der Aufgabestellung. Die Bildpyramide benötigt selbstverständlich mehr Speicherplatz als das ursprüngliche Bild alleine, aber wie man leicht zeigen kann, ist z.B. eine vollständige Bildpyramide nur um etwa 30% größer, wenn sie nach dem Bildungsgesetz so aufgebaut ist, dass das jeweilige Folgeniveau nur mehr $\frac{1}{4}$ der Pixel des Vorgängerniveaus enthält.

[15] Merkmalsextraktion (2)

Der Förstner-Operator ist ein in der Photogrammetrie häufig verwendeter Operator zur Merkmalsextraktion. Welche Merkmale können mit ihm extrahiert werden?

Kanten und Ecken (bzw. Punkte). Der Förstner-Operator untersucht in einem bewegten Fenster, inwieweit dort markante Grauwerteänderungen ausgeprägt sind, indem ein Stärkemaß und ein Isotropiemaß abgeleitet werden. Das Stärkemaß ist ein Indikator für die Ausgeprägtheit des Merkmals und das Isotropiemaß gibt an, ob das Merkmal richtungsunabhängig oder -abhängig ist. Durch geeignete Schrankenbildung kann man so entweder Ecken bzw. Punkte oder Kanten finden. Ist die eine gewisse Stärke überschritten, dann wird die Bildstelle als potentieller Kandidat vorgemerkt. Ist dann Richtungsunabhängigkeit gegeben, dann handelt es sich um eine Ecke oder einen Punkt. Ist eine deutliche Richtungsabhängigkeit gegeben, dann befindet man sich auf einer Kante.

[16] Matching (2)

Der Kreuzkorrelationskoeffizient liefert Werte zwischen -1 und +1. Wie muss ein Bild im Vergleich mit dem Partnerbild aussehen, damit das Ergebnis -1 wird?

Es handelt sich um ein Negativ des Partnerbildes. Der Korrelationskoeffizient drückt den Grad der linearen Abhängigkeit zwischen zwei Stichproben (Bildern) aus. 1 bedeutet vollständige lineare Abhängigkeit. Die zwei Bilder sind (bis auf Helligkeit und Kontrast) identisch. 0 bedeutet überhaupt keine erkennbare lineare Abhängigkeit. Die zwei Bilder sind komplett verschieden und zeigen keine Ähnlichkeit. -1 bedeutet inverse lineare Abhängigkeit. Die zwei Bilder sind zwar linear abhängig, aber mit umgekehrtem Vorzeichen. Dort wo ein heller Grauwert ist, ist beim Partner ein dunkler und umgekehrt. Es kann sich daher nur um ein Negativ handeln.

[17] Zu schön, um wahr zu sein (5) (RICHTIG oder FALSCH)

- ... **R** Das Least Squares Matching liefert die Position homologer Punkte mit Subpixelgenauigkeit
- ... **R** Das Spektrum eines Bildes kann durch inverse Fouriertransformation ohne Verluste wieder in das Originalbild verwandelt werden.
- ... **R** Hyperspektralbilder können 500 und mehr Spektralbereiche haben.
- ... **F** Als Dirac-Impulse werden jene Bildfehler bezeichnet, die durch Einzelpixel verursacht werden.
- ... **R** Centroiding ist eine Methode, den Mittelpunkt von kreisförmigen oder leicht elliptischen photogrammetrischen Signalen einfach und schnell zu bestimmen.

Das Least Squares Matching ist eine Einpassung, die zwei Fenster eines Bildes in einem iterativen Verfahren übereinander schiebt, bis die Summe der quadratischen Grauwertdifferenzen ein Minimum wird. Als geometrische Transformation wird eine affine angesetzt, die auch Subpixelverschiebungen ermöglicht.

Das Spektrum eines Bildes besteht praktisch aus den Koeffizienten einer Fourierreihe. Es handelt sich daher um die eindeutige Transformation eines Bildes in den Spektralbereich, eine Transformation, die auch genauso eindeutig wieder in der Gegenrichtung arbeitet.

Der Name „Hyperspektral“ soll bereits ausdrücken, dass die Anzahl der Kanäle weit über die von Multispektralsystemen hinausgeht. Mehrere hundert schmalbandige Kanäle sind durchaus gängig.

Der Dirac-Impuls ist ein mathematisch idealer Einzelimpuls von infinitesimaler Weite und dem Flächeninhalt 1. Man kann sich diesen Impuls z.B. vorstellen als Grenzwert der Gausschen Glockenkurve, wenn σ gegen 0 geht. Dieser Impuls wird für theoretische Überlegung der Signalverarbeitung verwendet. Die Faltung eines Dirac-Impulses mit irgend einer anderen Funktion ergibt wieder die Funktion, aber an der Stelle des Dirac-Impulses. Man spricht von einer Kopier-Eigenschaft (sifting property). Der Dirac-Impuls hat absolut nichts mit radiometrischen Fehlern einzelner Pixel zu tun.

Durch Schwerpunktsberechnung (Centroiding) der Pixelpositionen, jener Pixel, die von deutlich sich gegen den Hintergrund abzeichnender (nahe)kreisförmiger Signale stammen, kann man sehr schnell eine recht gute Näherung des Signalmittelpunktes erhalten. Centroiding kann als normale Schwerpunktsberechnung von Pixeln, die eine vorgegebene Mindesthelligkeit überschreiten, erfolgen, oder als gewichtete, wobei die Helligkeit der betroffenen Pixel als Gewichte angesetzt werden. Letztere ist deutlich weniger empfindlich auf das Setzen der Schranke für die Mindesthelligkeit.