

Digitale Bildverarbeitung f. Vermessung und Geoinformation VO122.422

Prüfung 22. Oktober 2013

Name: **LÖSUNGEN** (+ Kommentare)

Max. Punkte: 60

Erreichte Punkte:

Frage 1 (2)

Ein Bild eines Spektralkanals des MSS-Instrumentes auf der ersten Generation der Landsat-Satelliten hat einen maximalen Grauwerteumfang von $[0 \dots 63]$. Um mit der in der Computertechnologie verwendeten Byte-Struktur (1 Byte = 8 bits) kompatibel zu sein, werden die Daten auf den Grauwerteumfang von 8 bits gestreckt ausgeliefert. **Schreiben Sie die Formel auf, mit welcher die Original-Daten prozessiert werden müssen, um mit der 8-bit-Struktur kompatibel zu sein?**

8 bits erlauben einen Grauwerteumfang von 0 bis 255. Die Grauwerte müssten also mit dem Faktor $255/63$ multipliziert werden, also mit 4,04... In der Praxis wird man den Faktor 4 verwenden, was in der bit-Darstellung einer Verschiebung des bit-Zeile innerhalb eines Bytes um 2 Positionen in Richtung MSB (most significant bit) entspricht. (siehe Beispiel)

bits	MSB	6	5	4	3	2	1	LSB
Original-Daten	0	0	A	B	C	D	E	F
gestreckte Daten	A	B	C	D	E	F	0	0

Frage 2 (3)

Erklären Sie (eventuell unterstützt durch eine Skizze), was die Akronyme BIP, BIL und BSQ bedeuten und wie sie konkret zu verstehen sind!

BIP steht für Band Interleaved by Pixel

BIL steht für Band Interleaved by Line

BSQ steht für Band Sequential

BIP: pro Pixel werden alle Kanäle hintereinander abgespeichert

BIL: pro Zeile werden alle Kanäle hintereinander abgespeichert

BSQ: Jedes Bild wird für jeden Kanal getrennt abgespeichert

Frage 3 (3)

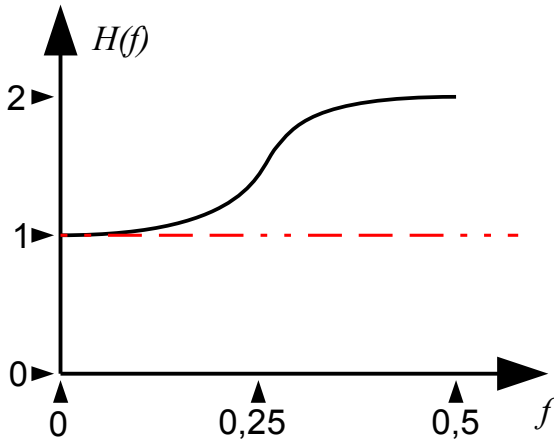
Jemand führt an einem Bild eine Faltung mit einem Binomial-Filter durch und im Anschluss daran, angewandt auf das Ergebnis des ersten Filterprozesses, eine Laplace-Filterung. **Können Sie in dieser Abfolge von Filterungen einen Sinn erkennen? Erklären Sie Ihre Entscheidung!**

Ja, diese Abfolge ist durchaus sinnvoll, vor allem, wenn man es mit Bildern zu tun hat, welche leicht verrauscht sind. Durch die Binomial-Filterung, welche einer gewichteten Mittelwertfilterung entspricht, wird das Rauschen reduziert. Durch die anschließende Laplace-Filterung werden die Kanten detektiert. Da die Laplace-Filterung, als Hochpassfilter, auch das Rauschen verstärken würden, wären damit auch die detektierten Kanten durch das Rauschen gestört. Die vorherige Binomialfilterung bewirkt, dass glattere Kanten erhalten werden können. (Vergleiche LoG Filterung, welche denselben Zweck erfüllt).

Frage 4 (4)

Sie erhalten von einem Kollegen in graphischer Form folgende Übertragungsfunktion $H(f)$, mit welcher ein digitales Bild gefiltert werden soll. **Diskutieren Sie diese Übertragungsfunktion**

und was damit erreicht werden soll!

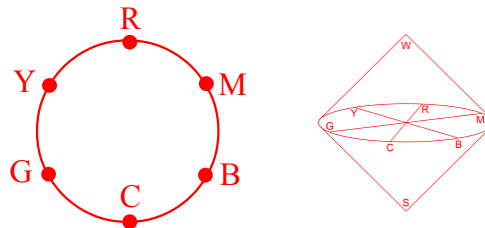


Die Übertragungsfunktion zeigt ein Hochpassfilter, welches aber die niedrigen Frequenzen fast original durchlässt, während die Amplituden der hohen Frequenzen mit dem Faktor 2 verstärkt werden. Man kann sich dieses Filter aus zwei Teilen vorstellen: Aus einem Teil $H(f)=1$ (d.h. das Original bleibt erhalten) und einem daraufgesetzten Teil, welches nur die hohen Frequenzen durchlässt. In der Praxis heißt dies, dass dem Original die Bildkanten überlagert werden. Dieses Filter bewirkt eine Bildschärfung.

Frage 5 (3)

Das Farbwürfel-Modell des kartesischen RGB-Farbraumes ist gedanklich leicht in das Doppelkegel-Modell des IHS-Systems überführbar. So erkennt man sofort, dass die beiden Würfecken $(0\%, 0\%, 0\%)$ und $(100\%, 100\%, 100\%)$ den beiden Kegelspitzen entsprechen. **Wo aber liegen auf dem Doppelkegel die anderen 6 Ecken des Farbwürfels? Zeichnen Sie eine Skizze und tragen Sie dort die Orte der Würfecken ein!**

Die Ecken des Farbwürfels liegen gleichmäßig verteilt (d.h. in 60° Abständen) am Umfang, wo die beiden Kegel zusammenstoßen.



Frage 6 (4)

Sie erhalten ein Bild auf einem digitalen Datenträger und wissen, dass der Grauwerteumfang 0 bis 65535 beträgt. Bei einer ersten Analyse der Bilddaten erhalten Sie eine Entropie von 3,2. **Welche Aussagen können Sie aufgrund dieses Wertes treffen?**

Die Entropie gibt den Informationsgehalt des Bildes wieder, ausgedrückt in der durchschnittlichen Anzahl der bits pro Pixel. Da der Maximalwert von 65535 dem maximalen Wert in einer 16-bit integer Darstellung entspricht, heißt dies, dass im Schnitt nur 3,2 von 16 bits notwendig wären, um den Informationsgehalt des Bildes unterzubringen. Das Bild könnte also im theoretischen Idealfall verlustfrei um den Faktor $16/3,2=5$ komprimiert werden.

Frage 7 (4)

Ein Maß für die Qualitätsbeurteilung einer Klassifizierung ist die *Producer's Accuracy*. **Erklären Sie, was darunter verstanden wird?**

Die *Producer's Accuracy* ist ein Genauigkeitswert, welcher aus der Sicht der Produzenten (also des Klassifizierers) angibt, wie gut die Klassifizierung zu bekannten Referenzflächen passt. Sie gibt also für jede Klasse an, wieviel der Referenzflächen auch von der Klassifizierung richtig erkannt wurden. Alles, was einer Referenzfläche nicht zugeordnet wurde, weil es fälschlicherweise einer anderen Referenzfläche zugeordnet wurde, verursacht den Error of Omission. (Im Gegensatz dazu bezieht sich die *User's Accuracy* auf das Klassifizierungsergebnis, also auf das, was ein Nutzer der Daten vor sich sieht. Sie sagt aus, wieviel der Fläche pro klassifizierter Klasse tatsächlich mit einer

Referenzfläche übereinstimmt. Alles was zuviel einer Klasse zugeordnet wurde, weil es richtigerweise anderen Klassen zugeordnet werden hätte sollen, verursacht den Error of Commission).

Frage 8 (3)

Das theoretisch ideale Signal für einen Impuls an der Stelle x_0 wird als Dirac-Impuls $\delta(x_0)$ bezeichnet. Er ist infinitesimal schmal, aber unendlich hoch. Seine Fläche wird über das Integral von x_0^- bis x_0^+ berechnet. **Wie groß ist die Fläche des Dirac-Impulses?**

Die Fläche ist 1. Den Dirac-Impuls kann man sich auch vorstellen als Grenzwert eines endlichen Impulses mit der Gesamtenergie 1, also der Fläche 1 unter der Impulsfunktion. Nehmen wir an, der endliche Impuls hätte die Form eines Rechteckes der Ausdehnung x_1 bis x_2 , dann hätte die Impulsfunktion die Höhe $1/(x_2 - x_1)$. Der Dirac-Impuls entsteht, indem die Differenz $(x_2 - x_1)$ gegen Null geht.

Frage 9 (2)

Schreiben Sie eine 3x3 Filtermatrix auf, mit welcher man durch Faltung über ein als Bild abgespeichertes digitales Geländemodell den Effekt einer Art Schrägbeleuchtung erzeugen kann!

1	0	0
0	0	0
0	0	-1

0,33	0,33	0
0,33	0	-0,33
0	-0,33	-0,33

1	2	0
2	0	-2
0	-2	-1

Es handelt sich dabei um eine 1. Ableitung. Je nachdem, von welcher Seite man die Beleuchtung simulieren will, und je nachdem, ob man noch eine leichte Tiefpassfilterung anbringen will, um Rauschen zu reduzieren, oder ob man die Schattierung durch Überhöhung mehr zu Geltung bringen will, sieht die Matrix etwas anders aus. Die linke Matrix bewirkt eine 1. Ableitung von links oben nach rechts unten. Man könnte sich auch andere Varianten vorstellen. In der Mitte wird zusätzlich noch ein bewegten Mittelwert realisiert und rechts wird neben dem bewegten Mittelwert gleichzeitig auch eine Überhöhung des Geländes simuliert, indem die Differenzen der Mittelwerte mit dem Faktor 5 multipliziert werden.

Frage 10 (3)

Die Hauptkomponententransformation (HKT) dekorreliert die Kanäle eines Multispektralbild. **Nach welchem Kriterium werden die erhaltenen HKT-Kanäle geordnet?**

Die Kanäle werden nach der Größe der Varianz (Standard-Abweichung) geordnet, beginnend mit dem HKT-Kanal mit der größten Varianz.

Frage 11 (3)

Sowohl Parallel-Epipiped (od. Box-) Klassifizierung als auch Maximum Likelihood Klassifizierung verwenden statistische Werte der Grauwerte-Verteilung im multispektralen Merkmalsraum. **Wo liegt der entscheidende Unterschied zwischen den beiden Klassifizierungsmethoden?**

Der Unterschied liegt in der Behandlung der statistischen Werte. In der Parallel-Epipiped-Klassifizierung werden die Standard-Abweichungen für jeden Kanal getrennt analysiert. Eventuell vorhandene Korrelationen zwischen den Kanälen bleiben unberücksichtigt. Die Maximum-Likelihood Klassifizierung verwendet die k-dimensionale Varianz-Kovarianz-Funktion und berücksichtigt somit die k-dimensionale Normalverteilung im k-dimensionalen Merkmalsraum. Eine Punktwolke im Merkmalsraum wird bei der Parallel-Epipiped-Klassifizierung durch einen k-dimensionalen Quader angenähert, bei der Maximum-Likelihood-Klassifizierung durch k-dimensionale Ellipsoide.

Frage 12 (5)

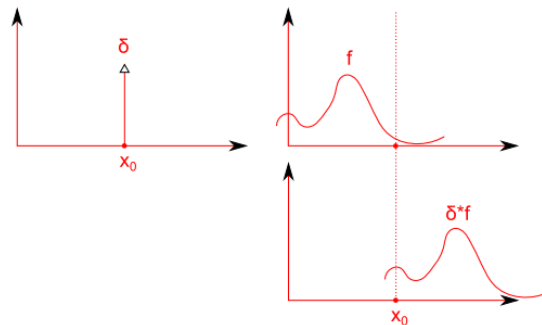
Sie sollen ein lineares Histogramm-Stretching durchführen, und zwar so, dass nach dem Stretching möglichst der Mittelwert 127,5 und die Standard-Abweichung ± 60 erhalten wird. **Schreiben Sie die algebraische Formel an, nach welcher jedes beliebige Bild ohne manuellen Eingriff bearbeitet werden kann!**

Die Aufgabe besteht im Verschieben und Skalieren des aktuellen Mittelwertes bzw. des Bereiches der aktuellen Standard-Abweichung in den gewünschten Mittelwert bzw. auf den Bereich der gewünschten Standard-Abweichung. Sei m der Mittelwert eines gegebenen Bildes (welcher 127,5 werden soll) und s die Standard-Abweichung des gegebenen Bildes (welche 60 werden soll), und sei g ein Grauwert des gegebenen Bildes und G ein Grauwert des gespreizten Bildes. Dann gilt: $G = (g - m) / s * 60 + 127,5$ (Interpretation der Formel: Zuerst erfolgt durch $(g - m)$ eine Verschiebung des Mittelwertes auf 0. Durch $/s$ erfolgt eine Normierung auf die Standard-Abweichung ($s=1$). Danach wird auf die gewünschte Standard-Abweichung mit $*60$ skaliert und schließlich der Mittelwert wieder verschoben, und zwar von 0 auf den gewünschten Mittelwert 127,5. Nehmen wir an, dass das gegebene Bild zufällig ebenfalls $m=127,5$ und $s=60$ hat, dann erhält man mit der Formel richtigerweise $G=g$, also keinerlei Änderung. In der Theorie ist diese Vorgehensweise korrekt. In der Praxis hat man es aber nahezu immer mit einem begrenzten Wertebereich zu tun (z.B. 0 bis 255), wodurch es nach Anbringen der Stretching-Funktion zu Werte-Unter- oder Überläufen kommen kann, welche natürlich dann die aus dem gespreizten Bild errechneten Statistikwerte (Mittelwert und Standard-Abweichung) nicht mit dem gewünschten Werten exakt übereinstimmen lassen.

Frage 13 (6)

In welchem Zusammenhang haben Sie von einer Kopier-Eigenschaft (oder Sifting Property) gehört? Erklären Sie anhand einer einfachen Beispielskizze, was darunter zu verstehen ist!

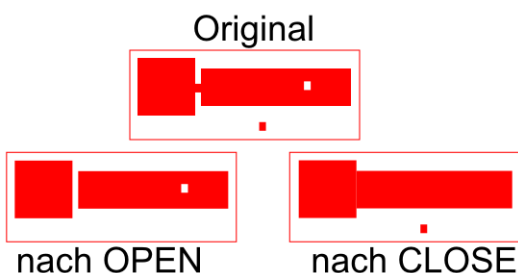
Die Kopier-Eigenschaft ist eine Eigenschaft der Dirac-Funktion. Wird eine beliebige Funktion mit der Dirac-Funktion gefaltet, dann erscheint diese Funktion auf die Position des Dirac-Impulses kopiert worden zu sein.



Frage 14 (6)

Zu den morphologischen Filtern gehören unter anderen *CLOSE* und *OPEN*. Erklären Sie, wie die Filter aufgebaut sind und zeigen Sie anhand eines einfachen Beispiels, was durch die Anwendung von *CLOSE* und durch die Anwendung von *OPEN* erreicht wird!

OPEN und *CLOSE* sind Filterfolgen, d.h. jedes dieser Filter besteht aus 2 aufeinanderfolgenden morphologischen Filtervorgängen; *OPEN* aus der Folge *ERODE* und *DILATE* (manchmal auch *SHRINK* und *BLOW* genannt) und *CLOSE* aus der Folge *DILATE* und *ERODE*. Mit *OPEN* kann man Bildobjekte, welche nur durch einen schmalen Steg miteinander verbunden sind, trennen und somit Einzelobjekte erzeugen. Man kann auch sehr kleine Objekte entfernen. *CLOSE* bewirkt, dass nahe beisammen liegende Einzelobjekte zu einem größeren Objekt verbunden werden. Man kann auch kleine Lücken in Objekten schließen.



Frage 15 (8)

Überprüfen Sie, ob folgende Aussagen richtig (R) oder falsch (F) sind. **Nicht Zutreffendes deutlich und eindeutig durchstreichen!**

- ~~R~~ / F Bei einem Bild mit Grauwerten vom Typ „unsigned integer“ spricht man von einem *Binärbild* im Gegensatz zu Bildern, deren Grauwerte durch Dezimalzahlen dargestellt werden. *Binärbilder sind Bilder, welche nur binäre Information (also die Grauwerte 0 oder 1 enthalten. Man spricht oft auch von logischen Bildern, weil es nur die binäre Entscheidung Richtig oder Falsch gibt.*
- R / ~~F~~ Die Idee der Huffman-Kompression liegt in der Nutzung einer Code-Tabelle, welche häufig vorkommenden Grauwerten kurze Code-Wörter, selten vorkommenden Grauwerten aber lange Code-Wörter zuweist. *Bei der Huffman-Codierung werden zuerst die Häufigkeiten der vorkommenden Grauwerte festgestellt und dann die eigentliche Kodierung über eine Baumstruktur festgelegt. Dabei erhalten häufig vorkommende Grauwerte nur einen sehr kurzen Weg von der Wurzel bis zum Blatt, während selten vorkommenden einen langen Weg durchschreiten müssen. Jeder Knoten in diesem Baum führt zu einer binären Entscheidung (links oder rechts; 0 oder 1). Durch Zusammenreihen der Knotenentscheidung ergibt sich eine binär kodierte Zahl, welche dem Huffman-Codewort entspricht.*
- R / ~~F~~ Für die Faltung als Filter im Ortsbereich gilt das Kommutativ-Gesetz. Die Faltung ist eine lineare Operation. *Es gilt das kommutative, das assoziative und das distributive Gesetz: $a*b=b*a$; $(a*b)*c = a*(b*c) = a*b*c$; $a*(b+c) = a*b+a*c$*
- ~~R~~ / F Einer Faltung zwischen zwei Bildern im Ortsbereich entspricht eine Addition von zwei Spektren im Frequenzbereich. *Es ist dies nicht die Addition, sondern die Multiplikation. Die Übertragungsfunktion (mathematische gesehen ein Spektrum) wird mit dem Bildspektrum multipliziert, wodurch man das gefilterte Spektrum erhält.*
- ~~R~~ / F Für das Pan-Sharpening kann die IHS-Transformation sinnvoll eingesetzt werden, wobei die Farbtonkomponente unverändert bleibt, die Sättigung konstant auf 100% gesetzt wird und die Intensitätskomponente durch den hochauflösenden panchromatischen Kanal ersetzt wird. *Es bleibt auch die Sättigung erhalten. Einzig der Intensitätskanal wird verändert. Würde die Sättigung grundsätzlich auf 100% gesetzt, würden alle Bilder sehr bunt erscheinen. Im Modell des IHS-Doppelkegels würde man sich ausschließlich auf dem Kegelmantel bewegen, das Kegellinnere würde nicht genützt.*
- R / ~~F~~ Ist das Abtasttheorem nicht erfüllt kommt es zu Verflechtungseffekten, welche eine verlässliche Bildinterpretation erschweren oder überhaupt unmöglich machen können. *Kein weiterer Kommentar notwendig.*
- R / ~~F~~ Ein Gauss'scher Faltungsfilter entspricht einem gewichteten bewegten Mittelwertfilter (weighted moving average filter). *Ein Gauss'scher Filter ist ähnlich wie ein Binomialfilter. In Zentrum sind höhere Werte als am Rand der Matrix. Wendet man die Faltungsregeln an, so erkennt man sofort, dass dies einem gewichteten Mittelwert entspricht.*
- ~~R~~ / F Als Ringing-Effekt bezeichnet man störende Artefakte, welche vor allem dann zu erwarten sind, wenn nicht-lineare Filter eingesetzt werden. *Der Ringing-Effekt hat nichts mit linearen oder nicht-linearen Filtern zu tun. Er tritt dann vor allem deutlich auf, wenn die Übertragungsfunktion unstetig ist, also plötzlich Frequenzen ausgeblendet werden, was z.B. im Falles von „idealen Filtern“ geschieht, welche übrigens lineare Filter sind.*

