

Grundlagen der digitalen Bildverarbeitung

Bilder bilden, verbinden, bewegen.

Die Bildverarbeitung ermöglicht Auswertung bildhafter Informationen (viele Informationen in der Welt sind nicht kodiert oder visuelle Eindrücke). Grundzug jeder Bildverarbeitung ist die Verbesserung der Bildinformationen für die Analyse und Interpretation.

Ein Bild ist ein Datenobjekt mit hohem Datenvolumen und geringem Abstraktionsgehalt das vom Betrachter durch Wissen interpretiert wird. Der Computer sieht Bildpunkte lokal und unstrukturiert. Infos über gewisse Umgebung notwendig zum interpretieren („das ganze ist mehr als die Summe seiner Einzelteile“).

Warum DBV?

Informationsdarstellung, Verbesserung der bildhaften Informationen (Pseudo Farben, Fensterung, Kontrastspitzung, 3D Darstellung), Autonome maschinelle Perzeption (Computer Vision). Mensch kann nur etwa 20 Graustufen auflösen, dafür aber zumindest 256 achromatische!

Die Vorteile von DBV liegen in der subjektiv optimalen Darstellung, interaktives Arbeiten, hohe Flexibilität, "Geschwindigkeit", maschinellen Verkettung. Trends gehen Richtung Datenmengen (Regionen, Pyramiden), Dimensionalität, Struktur (Umgebungsinformationen, Hierarchie), schnellere Rechner, Parallelverarbeitung, bessere Ergebnisse, Anwendungsnahe.

Industrielle Bildverarbeitung (Machine Vision)

Interpretation eines Bildes, Objektes, Szene durch berührungslose Sensoren um dadurch erhaltene Infos Maschinen zu steuern oder zu überwachen => dokumentierbar, objektivierbar, reproduzierbar, berührungslos, zerstörungsfrei, ermüdungsfrei, in Prozesse integrierbar.

BV in Medizin

Auge nimmt nur kleines elektromagnetisches Spektrum wahr. Wird also hauptsächlich zur Darstellung und Verbesserung verwendet. BV in der Medizin ist geprägt durch hohe Interdisziplinarität, hohen Kompliziertheitsgrad der Zusammenhänge, enge Zusammenarbeit der verschiedenen Fachbereiche (Physik, Technik, Medizin).

Filmlose Befunde: Bildschirm statt Lichtkasten, Einsparung bei Film und Chemikalien, Bildnachverarbeitung und Visualisierung, Bildsequenzen für "schlagendes Herz" z.B.!

Minimal invasive Medizin: Ziel: Patienten bei Operation möglichst wenig zu belasten. Indem nur kleine Bereiche durch den Eingriff verletzt werden und Navigationsinstrumente verwendet werden (genauerer Positionierung, 3D Rekonstruktion).

Ziele und Aufgaben der Medizinischen Bildgebung/ Verarbeitung: computergestützte Diagnostik (Strukturen sichtbar machen, erkennen und klassifizieren).

Computergestütztes Operieren: Planung, Simulation, Navigation, Robotik.

Trends: augmentierte Realität, Automatisierung und Computerunterstützung, Lehrsimulatoren, Internet ("Tele", Expertenkonsultationen).

Bildverarbeitung

Filterung, Transformation, Restauration, Verbesserung, Bewegungsanalyse,.... Verarbeitet Bild (um relevante Bildaspekte deutlicher darzustellen). Ergebnis quantifiziert und wiederholbare Beschreibung des Bildinhalts. Auswertung in meistens 2 Schritten: Segmentierung (Zerlegung des Bilder in Bereiche aufgrund inhaltlicher Bedeutung) und Analyse.

Mustererkennung

Konturextraktion, Merkmalsextraktion, Klassifizieren. Macht aus Bild Beschreibung.

Graphische Datenverarbeitung

Generiert aus symbolischer Beschreibung (z.B. Punktmenge, Folge von Liniensegmenten, math. Oberflächen) Bild (z.B. CAD, Simulator). Ziel: Modellierung von Objekten bzw. bildhafte Darstellung von Objekten. **Rendering (make a PRETTY picture) vs. Visualization (make a USEFUL picture).**

Bildrestauration (Korrektur systematischer Bildfehler)

Charakteristika unabhängig vom Bildinhalt und nur Abbildungssystem wichtig. Fehler entstehen durch radiometrische Fehler (Atmosphäre, Verschmierung durch das optische System), geometrische Fehler (optische Verzerrungen, Panoramaverzerrungen, Perspektivische Fehler).

Verzerrung bekannt: inverse Transformation. Wenn nicht bekannt dann durch bekannte Punkte der Szene verwenden um Koeffizienten der Transformation zu berechnen.

Bildverbesserung

Bildinhalt wird anders, oft "verfälscht" (z.B. Kontrastanhebung, Pseudofarbbilder) dargestellt um etwas besser erkennbar zu machen. Ist abhängig vom Bildinhalt und Problem orientiert.

Ablauf

Bildanalyse/ Mustererkennung/ Computer Vision: Eingabe Bild, Ausgabe Entscheidung oder Klassifikation oder symbolische Beschreibung durch Merkmalsextraktion, Formdarstellung und Formbeschreibung, Segmentierung.

Vorteile: quantitative Aussagen, reproduzierbar, Erkennt was Auge nicht erkennt, Trennschärfe bestimmbar, Prüfgeschwindigkeit sehr hoch, keine Ermüdung, geringe Fehlerquote, maschinelle Verkettung, Entlastung des Personals.

Ablauf Bildanalyse

Szene> Restauration> Bildverbesserung> Merkmalsextraktion> Symbolisches Bild> Bildbeschreibung, Bilderkennung.

Die Bildvorverarbeitung bringt Bild für Bildanalyse in besser geeignete Form z.B. Bildrestauration, Filterung.

Extraktion von Merkmalen im gesamten Bild das dafür analysiert wird. Sollte frei von Störungen (z.B. Rauschen) sein und die Merkmale sich deutlich vom Hintergrund abheben.

Bildauswertung erfolgt durch Segmentierung, Objektkonturen gewinnen, Muster erkennen und Objekte, Texturanalyse, Szenenanalyse.

Bildpyramide (Bilddatenstruktur)

Computergestütztes Auffinden von Objekten ist oftmals nur geringe Auflösung zweckmäßig=> Beschleunigung. Ist also ein Datenspeicher auf deren unterste Ebene größtmögliche Auflösung ist und darüber immer abnehmende räumliche Auflösungen sind.

Es gibt auch verschiedene Arten wie z.B. Gaußpyramide, Laplace Pyramide, Mallat's Wavelet Pyramide.

Wissensbasierte Systeme

Wissensbasis + Inferenzmaschine = System statt wie bei herkömmlichen BV Systemen (Daten + Algorithmus = Programm).

Texturanalyse

Analyse von Bildmuster. Kann auf statistische ("Textur Diskriminatoren") und strukturelle ("Teilmuster") Aspekte untersucht werden. Dadurch kann man bei der Medizin unterschiedliche Gewebe unterscheiden die fürs Auge nicht unterscheidbar sind, unterschiedlich darstellen bzw. "hervorheben".

Klassifikation

Ziel einer automatisierten Bildinterpretation.

??? Kommerzielle BV Systeme (PDF1, Seite 46 bis 50) nicht zusammen gefasst da es nie kam ???

Multibild

Szene wird mit verschiedenen Sensoren aufgenommen und Einzelbilder werden zur vektorwertigen Funktion zusammengefasst. Multi spektrales Bild (verschiedene Spektralbereichsmessungen) und Multi temporales Bild (verschiedene Zeitpunkte).

Genauigkeit bei Bildern

Gegeben durch räumliche Auflösung, spektrale Auflösung, radiometrische Auflösung, zeitliche Auflösung.

Bildverarbeitungsplatz

Beleuchtung (Röntgen, UV, IR), Optoelektronische Wandler (analoges Signal das quantisiert werden muss), Quantisierer, Bilderverarbeitungssystem.

Beleuchtung

Sehr wichtig und deswegen Ausgangspunkt beim Aufbau eines BV Systems! Spektrale Abstimmung, Beleuchtungsstärke, guter Kontrast, homogene Ausleuchtung.

Durchlicht

Umrissbilder die binär sind. Entweder via Durchleuchtung oder Silhouetten Projektion.

Durchleuchtung: Innere Strukturen visualisieren z.B. Luftpfeifen in Aluminiumfelgen mit Röntgen sichtbar machen. Diffuser unumgänglich!

Silhouetten Projektion: Ränder vermessen bei der nur Umriss des Objektes Interessant sind. Hoher Kontrast, hohe Lichteffizienz und S/W Umrissbilder sind wichtig. Ergebnis ist Grauwertbild aus dem leicht Binärbild gemacht werden kann.

Auflicht

Oberflächenbilder farbig. Lichtquelle in der Achse der Kamera. Grundlegendste Beleuchtungsmethode.

Problem: diagonale Projektion der Schatten.

Abhilfe: Ringlicht (Problem dort: Leuchtfelddurchmesser und Abstand zum Objekt). Ab 2 Lichtquellen kann Ringlicht ersetzt werden.

Diffuses Licht

Vermeidung von Glanzlichtern und Reflexionen. Licht wird die "Richtung" genommen und strahlt damit nicht direkt auf Objekt, verliert dadurch aber auch Helligkeit durch verstreuen in alle Richtungen. Von Fotografen abgeschaut.

Hellfeld/ Dunkelfeld

Struktur sehr gut sichtbar.

Dunkelfeld: Risse, Poren gut sichtbar. Licht strahlt nicht in Kamera, nur Licht von z.B. Rillen wird dorthin abgestrahlt=> Bild dunkel und "Fehler" hell.

Hellfeld: stark absorbierende Materialien. Licht leuchtet auf Objekt das direkt in die Kamera das Licht weiter strahlt. Ergibt helles Bild wobei Kratzer dunkel sind.

Strukturiertes Licht

3D Informationsgewinnung: z.B. bei Löffel, Autokarosserie, Ball. "Lichtlinien" sollten gerade sein=> ansonsten Wölbung auf Objekt.

Diskretisierung

Bild muss für digitale Verarbeitung räumlich ("Abtastung") und bzgl. seiner Funktionswerten ("Quantisierung") diskretisiert werden. Digitale Werte sind quantisierte Werte der Bildfunktion (Grauwerte) an bestimmten diskreten Stellen. Nebenbedingungen die das Bild erfüllen muss, damit diese Art des Diskretisierung adäquat ist.

Bild wird nach orthonormalen (Darstellung des Bildes in einem endlichen (Zahlen) Feld) Funktionen entwickelt und die Koeffizienten dieser Entwicklung stellen die digitalen Werte dar.

Abtastung: kontinuierliche 1D Funktion die durch äquidistante Abtastwerte dargestellt werden soll. Feld mit Abtastimpulsen und Multiplikationen mit Signalfunktionen. Nur Punkte bei Abtastimpulse wird aufgezeichnet.

Signal

Ein (analoges) Signal das sowohl bezüglich der Zeit Koordinate als auch seiner Funktionswerte diskretisiert wurde. Alle Technischen Geräte sind bandbegrenzt da sie nur Frequenz bis zu einer maximalen Frequenz registrieren können.

Abtasttheorem

Das Nyquist-Shannonsche Abtasttheorem, in neuerer Literatur auch WKS-Sampling-Theorem (für Whittaker-Kotelnikow-Shannon) genannt, ist ein grundlegendes [Theorem](#) der [Nachrichtentechnik](#), [Signalverarbeitung](#) und [Informationstheorie](#).

Das Abtasttheorem besagt, dass ein kontinuierliches, bandbegrenzt [Signal](#), mit einer Minimal[frequenz](#) von 0 Hz und einer Maximalfrequenz f_{\max} , mit einer Frequenz größer als $2 \cdot f_{\max}$ [abgetastet](#) werden muss, damit man aus dem so erhaltenen zeit[diskreten](#) Signal das Ursprungssignal ohne Informationsverlust (aber mit unendlich großem Aufwand) rekonstruieren bzw. (mit endlichem Aufwand) beliebig genau approximieren kann.

Für Nicht-[Basisband](#)-Signale, die eine minimale Frequenz f_{\min} größer 0 Hz haben, gilt das Abtasttheorem in einer verallgemeinerten Form; die Abtastfrequenz muss dann größer als zweimal die [Bandbreite](#) (= zweimal die Differenz zwischen oberer und unterer Grenzfrequenz) des Signals sein

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Nyquist-Shannon-Abtasttheorem>

Abtast Gitter

Periodische Anordnung von Punkten in der x-y Ebene, bei der die Punkte durch die Positionsvektoren definiert sind. Darstellen durch Abtastwerte, wobei die Punkte Punkte des Abtastgitters sind. Abtastwerte sind offensichtlich zulässige Darstellung wenn daraus "Ursprung" rekonstruiert werden kann.

Reziprokes Abtast Gitter

Periodische Anordnung von Punkten in der u/v Ebene, deren Position durch die Vektoren definiert sind.

????? Was wichtig PDF2 Seite 39 bis 41 ???

Quantisierung

Wertdiskretisierung. Wertebereich der möglichen Funktionswerte wird in G Intervalle geteilt und alle Werte innerhalb eines Intervalls werden durch einen einzigen Wert dargestellt. Feine Quantisierung wichtig wenn Funktionswert sich nur langsam ändert, ansonsten falsche Konturen durch Sprünge die zu Scheinobjekten führen.

Getaperte Quantisierung: Quantisierungsgenauigkeit erhöhen ohne Zahl der Quantisierungsstufen zu erhöhen. Wenn bestimmte Bildwerte sehr häufig, andere hingegen sehr selten auftreten, dann jene Teilbereiche in denen die meisten Bildwerte liegen sehr eng beisammen sind und in den übrigen Bereichen weiter auseinander.

?? optimale Quantisierung, Entscheidungsstufen, uniforme Quantisierung, analog Digital Konverter ?

Quantisierungsrauschen: Als Quantisierungsrauschen bezeichnet man bestimmte Störungen bei der Digitalisierung von Analogsignalen.

Da bei der digitalen Repräsentation nur diskrete Werte möglich sind, müssen die abweichenden analogen Messwerte gerundet werden. Der dabei auftretende Fehler - also die Differenz von Originalsignal zu Digitalsignal - wird als Quantisierungsfehler bezeichnet. Das analoge Signal wird auf endlich viele Werte abgebildet. Je weniger diskrete Werte zur Verfügung stehen, desto höher ist das resultierende Quantisierungsrauschen; der Signal-Rausch-Abstand sinkt.

Um den Signal-Rausch-Abstand bei einem Informationssignal möglichst hochzuhalten, werden amplitudenmäßig kleinere Signale bei Bedarf feiner und größere Signale gröber aufgelöst, was auch als Kompression bezeichnet wird.

Die statistischen und spektralen Eigenschaften des Quantisierungsrauschens hängen vom Originalsignal ab. In der Theorie geht man oft vereinfachend von einem weißen Rauschen aus.

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Quantisierungsrauschen>

Abtastfehler

Jitter (Delta t ist nicht immer identisch gleich groß) und Aperture (abzutastende Wert nicht dirac'isch genommen sondern über einen endlichen Zeitraum gemittelt). Wurde ein analoges Bild durch Abtastwerte an äquidistanten Stützstellen approximiert die in Form einer NxM Matrix angeordnet sind, und ist jedes Element der Matrix ein diskretisierter Funktionswert des (analogen) Originalbildes an dieser Stelle so heißt die rechte Seite dieser Gleichung digitales Bild.

Bildpunkte: Elemente der (Bild)matrix.

Intensitätsauflösung: Anzahl der Graustufen, sog. Grauwerttiefe.

Auflösung: Grad der unterscheidbaren Details.

Da aber BV interdisziplinäres Feld ist, gibt es viele anwendungsabhängige Arten die räumliche Auflösung zu spezifizieren (Fernerkundung Pixel die es in der realen Welt darstellt, Medical Imaging wie Fernerkundung nur mm, Document Industry Pixel/ Weltdimension (dpi)).

Übertriebene Diskretisierung kostet unnötig Ressourcen (Abtastzeit, Speicherplatz, Verarbeitungsleistung, Visualisierungszeit). Zu geringe Genauigkeit führt zu Verlust der Details, Artefakten (Aliasing Effekt, Moire Effekt).

Qualität ist kein absoluter Begriff, sondern abhängig vom Bildinhalt (und von den Anforderungen/ Anwendungen).

Ungleichmäßiges Abtasten/ Quantisieren

Ungleichmäßiges Abtasten: Feines Abtasten in der Umgebung von vielen Graustufenänderungen und grobes Abtasten bei relativ glatten Regionen.

Ungleichmäßige Quantisierung: wenige Graustufen bei abrupten Übergängen da Auge schlecht dabei schätzt und viele Graustufen wo die Grauwertvariation stetig (glatt) ist, sondern Falschkonturierung.

Nachbarschaft

4 direkte Nachbarn: 2 Pixel horizontal und vertikal die direkt anliegen.

4 Indirekte Nachbarn: Jedes Pixel hat 4 diagonale Nachbarn mit denen es nur einen Eckpunkt gemeinsam hat.

8 Nachbarn: direkte und indirekte Nachbarn zusammen.

Pixel sind zusammenhängend wenn sie benachbart sind und ihre Grauwerte gemeinsames Ähnlichkeitskriterium haben (z.B. gleicher Grauwert).

Zusammenhangskomponente: Das Wort Zusammenhangskomponente bezeichnet ein zusammenhängendes Teilstück.

In verschiedenen Bereichen der [Mathematik](#) hat darüber hinaus das Adjektiv „zusammenhängend“ eine spezielle Bedeutung, und je davon abhängig ist eine Zusammenhangskomponente dann

- in der Topologie eine maximale zusammenhängende Teilmenge eines topologischen Raumes, siehe [Zusammenhang \(Topologie\)](#)
- in der Graphentheorie einen zusammenhängenden Teil eines Graphen, siehe [Zusammenhang von Graphen](#)

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Zusammenhangskomponente>

4- Region: Eine Menge R von Pixeln heißt 4-Zusammenhangskomponente oder 4-Region, wenn es für alle Pixelpaare (p, q) aus R einen 4-Weg $L(p, q)$ gibt, der ganz in R liegt. Analog definiert man 8-Weg und 8-Region. Quelle: http://www.dcg.m.de/004_oditeb/inform/grund/pixel.html

Connected Components Labeling

Verfahren zum Auffinden aller Zusammenhangskomponenten eines Bildes. Binärbild wird durchlaufen und Regionenmarken vergeben. Dann Äquivalenzklassen Klassenlabel zuweisen und noch mal durchlaufen damit Regionsmarken durch entsprechende Klassenlabels ersetzt werden.

Arithmetische Operationen

Sind Punktoperation die pixelweise ausgeführt werden. Normierungen um den Wertebereich des Ergebnisbildes auf den verfügbaren Grauwertumfang abzubilden (Addition 1/2, Clipping (Ergebniswerte auf maximalen Grauwert setzen)).

Digitale Subtraktionsangiographie: Röntgenaufnahme mit Kontrastmittel, und ein Mal ohne voneinander subtrahiert.

Datentyp (Pixel Overflow)

Ergebnis muss nicht immer in den Wertebereich des definierten Datentyps passen=> Konvertierung in anderen Datentyp und dann erst Operation durchführen.

Skalierungsfaktor

Dunkles Bild kann durch die Multiplikation damit im Kontrast gesteigert werden.

Binärbilder

Können als logische Bilder aufgefasst werden (0= true, 1 = false)=> logische Operatoren auf Binärbild anwendbar=> Bildmaske (ausblenden bestimmter Teilbereiche aus einem Bild).

Punktoperatoren

Grauwertabbildungen die jedem Grauwert einen neuen Grauwert zuordnen.

Monoton fallende Zuordnungsfunktion: Bildinversion, Bildnegation. In Medizin um Strukturen mitunter besser beurteilen zu können. Auch gerne verwendet bei Bildern die zum dunklen Bereich hin stark nichtlinear sind=> Kontrast umgedreht.

Lineare Zuordnungen außerhalb der Extrembereiche: Teil der extremen Helligkeitswerte wird auf das Max. bzw. Min. abgebildet z.B. bei Ausreißern, oder wenn wenige Pixel außerhalb des "Hauptbereiches" liegen.

Stückweise lineare Transformation: Kontrast erhöhen indem man Grauwerte eines vorgegebene Intervalls aufspreizt (Grauwertdynamik wird erhöht)=> andere Bereiche werden zusammen gedrückt.

Grauwertfensterung (Gray Level Slicing): Stückweise linearer Punktoperator mit 2 Knickpunkten. Wie Kontrastverstärkung nur dass Randbereiche auf 0 gesetzt werden und Mittelbereich, das Grauwertfenster, komplett aufgespreizt wird.

Hounsfield Fenster: System von Grauwertfenster das Gewebe und anatomiespezifisches gut darstellen kann (Skala von -1023 bis 4319). Normierte Grauwertskala.

Sägezahntransformation: zur kontrastreichen Darstellung innerhalb einzelnen Objekten oder wenn verschiedene Bildelemente disjunkte Funktionswertbereiche belegen. Segmentierung erfolgt über Histogramm (mehrere deutliche Gipfel).

Scheiben Transformation: wenn verschiedene Bildobjekte disjunktive Funktionswertbereiche belegen oder Funktionswert Varianten innerhalb der einzelnen Objekte nicht darstellen möchte. Schwellenwert damit vor Min und nach Max auf 0 z.B. gesetzt wird und dazwischen alles auf 1 ("Bi-Level Bild" beim Textescannen).

Logarithmische Kontrastverbesserung: vor allem bei dunklen Bildern. Dunkle Stellen werden viel heller während Mittelbereich besser sichtbar wird und heller Bereich leicht abgeschwächt wird. Hat Probleme beim Skalieren: Deswegen vorher skalieren, dann logarithmieren, und nicht umgekehrt!

Exponentielle Transformation: bei sehr hellen Bildern mit kaum dunklen Punkten. Min und Mittel Punkte werden viel dunkler gemacht, während leichte Max Punkte auch noch viel dunkler werden und erst Max Punkte hell "bleiben".

Pseudo Farben

Mensch kann nur 20 bis 30 Grautöne unterscheiden, aber hunderte verschiedene Farbwerte differenzieren. Künstliche Farben für bessere Erkennung. Normalerweise 3 Transformationen da für jeden Grauwert RGB getrennt gemacht werden.

Intensity Slicing: Methode bei der disjunkten Intervallen der Grauskala verschiedene Farbwerte zugewiesen werden.

Autocoloring Procedures

Positionsabhängigkeit (Abbildungstabelle sind nur eine Funktion der IndexPosition) und Datenabhängig (Zuordnungswerte werden als Funktion der Werte der Bildpunkte erzeugt).

Umsetzung von Modifikationen in der Bilddarstellung

Bildpunkt einlesen, berechne neuen Wert, eintragen, dann wieder alles von vorne=> Berechnung muss oft gemacht werden, Originaldaten werden zerstört.

=> Übersetzungstabellen: Ergebnisse der Transformation werden in einer Übersetzungstabelle gespeichert. Gleiche Berechnungen müssen nicht erneut durchgeführt werden=> rascher und korrigierbar (reversibel).

Kontrast Manipulation

Führt man bei zu geringem Kontrast durch=> Grauwerte transformieren.

Falsche Konturlinien können auftreten wenn das Ausgabe Bild aus weniger Graustufen als das Eingabe Bild besteht.

Bereichspreizung: kleines Intervall wird auf ein großes übertragen, damit das ganze zur Verfügung stehende Intervall ausgenutzt wird. Dadurch hat man dann z.B. beim Kontrast eine größere Kontrastdynamik.

Lokale Intervallspreizung: Umgebung eines Bildpunktes wird angeschaut, Min und Max genommen. Ist Punkt nahe Max/ Min soll Punkt heller/ dunkler werden=> Differenzen zwischen hellen und dunklen Punkten vergrößert.

Prozentuelle lokale Intervallspreizung: Bei Lokale Intervallspreizung wird oft der Kontrast zu stark angehoben. Deswegen % damit Differenzen zwischen hell und dunkel nicht so stark vergrößert werden. Vor allem anpassbar an aktuelle Anwendung!

Histogramme

Häufigkeitsverteilung mit der jeder Grauwert im Bild vorkommt. Beschreibung wie das Bild erscheint (dunkel, hell,...).

Geringer Dynamikbereich: wenn helle/ dunkle Grauwerte überhaupt nicht vorkommen und es nur einen schmalen Hügel gibt im verfügbaren Grauwertbereich.

Energie: Gesamtanzahl der Paarungen (je grösser das Bild desto mehr Energie), wäre am größten wenn man nur einen Wert im originalbild hat (z.B. lauter 10er).

Kontrast: Gibt an wie intensiv hell-dunkel Wechsel kommen, Schachbrettmuster liefert den Maximalwert.

Homogenität: im Prinzip das Gegenteil von Kontrast, je niedriger die Unterschiede desto höher ist der Wert.

Entropie: Gibt an wie gleichverteilt das Bild ist, bzw. wie sehr alle Pixelpaarungen vorkommen, wenn alle Paare gleich oft vorkommen sollte die Entropie am größten sein.

- homogene Helligkeit: niedrige Entropie
- Kanten, Texturen, Diskontinuitäten: hohe Entropie

Histogramm Einebnung: Ziel: Jeder Grauwert kommt etwa gleich oft im Bild vor. Problem: Diskrete Werte=> Ergebnis nicht gleichverteilt aber annähernd eine gerade Linie (nicht ganz gleich oft, manche Werte fehlen komplett,...). Fehler wird kleiner je höher die Quantisierung ist.

Histogramm Hyperbolisierung: Ziel: Das Histogramm des Ausgangsbildes soll hyperbolisch sein (da menschliches Auge auf Helligkeit nicht linear sind sondern annähernd log. reagiert).

????????? exponentiell geformtes Histogramm

Direkte Histogramm Modifikation: Histogramm hat dann neuen Mittelwert und Streuung. Ergibt gute Ergebnisse wenn das ursprüngliche Histogramm etwa glockenförmig (Normalverteilt) war.

Gültigkeitsmaske

Bestimmt welche Bildpunkte gültige Bildpunkte sind z.B. damit bei Grauwertverteilung bei Ultraschallbild nicht "leere"/ ungültige Sektoren dazu gerechnet werden.

Bilddatentyp- Konversion

Datentyp des Messwertes kann z.B. bei Operationen unpassend sein=> umwandeln. Auf Byte kann man z.B. mit Offset und Scale auch größere Datentypen oft noch recht gut darstellen (z.B. Sinusschwingung).

Bildkombination

$A+B$ => zeigt beide Bilder "zusammen" und gleich stark. Mit einer Gaußschen Gewichtungsfunktion kann man die Bilder besser "verschmelzen" lassen und Teile ganz ausblenden bzw. "abstufen".

Gewichtungsfunktion binäres Schachbrettmuster: Vorteil dass exakt die Originalbildpunkte jeweils eines Bildes dargestellt werden und das Auge dann beide Bilder zu einem verschmilzt.

????????????? MAX (A,B): PDF 3 Seite 50

????????????? A XOR B: PDF 3 Seite 50

Gating Operator: Kombiniert A und B und verwendet dabei C als Selektor.

3D Visualisierung medizinischer Schnittbilder

3D Objekte werden in 2D Scheiben abgebildet. Man kann Schichtstapel aber zusammensetzen zu „3D Objekt“.

Multi- Planar- Reconstructions: kann Schnittbild ohne Informationsverlust in einer anderen Schnittrichtung rekonstruieren.

Maximum Intensity Projection (MIP): hellster Punkt zwischen Betrachter und gedachter Projektionsfläche wird angezeigt=> alle Punkte die vor oder hinter einem helleren Punkt liegen werden nicht dargestellt=> Informationsverlust=> Dichte Info bleibt halbwegs erhalten, Tiefeninformation geht verloren!

Shaded Surface Display: ähnlich MIP nur nicht hellstes, sondern erstes Voxel wird dargestellt (wobei man durch Schwellenwert bestimmte Organe raus filtern kann). Strukturen sind einfach weiß, Tiefeninfo bleibt erhalten.

Volume Rendering: Voxel kann abhängig von seiner Dichte bzw. Signalintensität eine bestimmte Farbe und Opazität (Durchsichtigkeit) zuweisen=> Objekte sind durchsichtig z.B. Blutgefäß in Knochen sichtbar machen. Keine Infos gehen theoretisch verloren! Grundlage für virtuelle Endoskopie.

Darstellungsarten

Raycasting: Berechnen fotorealistischer computergenerierter Bilder.

Splatting: Voxel= kleine Farbkügelchen, die auf die Bildebene geworfen werden und dort zerplatzen.

Shear- Warp: Das Voxelgitter selbst wird geschert und entsprechend der Perspektive verzerrt, anschließend wird für jedes Pixel ein Sehstrahl in das Volumen geschickt. Durch die Scherung und die Verzerrung des Gitters läuft der Sehstrahl innerhalb des Volumens parallel zu den Achsen und kann dadurch sehr einfach berechnet werden.

Texture Mapping: Oberflächen dreidimensionaler Oberflächenmodelle werden mit 2D Bildern („Texturen“) und Oberflächeneigenschaften ausgestattet.

Bildverbesserung

Bildverbessern immer für spezielle Anwendung, da Bildverbesserung problemorientiert ist. Hängt also ab vom Bildtyp und Bildinhalt! Für Mensch Kontrast, spektrale Eigenschaften, Textur, Kontext, für Maschine das weiterverarbeiten richtige Ergebnisse liefert.

Bildauswertung

Bilderfassung, Low Level Verarbeitung (Ikonisches Bild (Bildvorverarbeitung, hervorheben der relevanten Infos im Bild), Segmentierung), Bild Symbol Verarbeitung, High Level Verarbeitung (symbolische Beschreibung, Interpretation, Ergebnis).

Segmentiertes Bild („Maske“): bildliche Darstellung einer Bedeutung, die jedem Bildpunkt zugewiesen worden ist (Punkte zum Objekt gehörend = 0 (schwarz) und alle anderen 255 (weiß)).

Symbolische Beschreibung: Zusammenfassen von Bildpunkten derselben Bedeutung (Primitive), Zuordnung eines symbolischen Namens, Ermittlung der Relationen und Attribute dieser Punktgruppen=> Beschreibungsform ist der relationale attributierte Graph.

Ortsraum

Operationen sind gleich "anschaulich" und alle Manipulationen von Grauwerten der räumlich lokalisierten Pixel. Vorteil bei Veränderungen des Kontrasts und der Helligkeit.

Frequenzraum

Frequenzanteile werden manipuliert, also verändert transformiertes Bild (z.B. FT), und muss dann zur Anschauung zurück transformiert werden.

Ablauf: Bild wird FT, dann mit Transferfunktion multipliziert, und dann via inverser FT in Ortsraum zurücktransformiert.

Vorteile bei starker Glättung eines Bildes (da Aufwand für Unterdrückung hoher Frequenzen unabhängig von der gewünschten Glättungsstärke ist).

Nachteile da nicht alle Filter im Frequenzraum ausführbar sind (z. B.: Mittelwertfilter, Medianfilter)

Definitionen

Bildpunkt: Vektor mit reellen, positiven und beschränkten Werten.

Bild: Matrix von Bildpunkten.

Ikonisches Bild: Matrix von Bildpunkten, bei denen die skalaren Werte der Bildpunkte physikalisch messbare Intensitäten repräsentieren.

Bildfolge: Geordnete Menge von Bildern (räumlich (Stereosehen) oder zeitlich (Bewegung)).

Wissen: Wissen besteht aus verschiedenen Datenbeständen und Verfahren zur Nutzung der Datenbestände.

A- priori Wissen: besteht aus Wissen ohne den (aktuellen) zu interpretierenden Datenbestand.

Segmentiertes Bild: Matrix an Bildpunkten, bei denen die Werte der Bildpunkte Bedeutungen darstellen.

Physikalisches Objekt: Durch einen Begriff repräsentierte abstrakte symbolische Beschreibung eines physikalischen 3D Körpers.

Objektbereich: Gesamtheit der physikalischen Objekte und deren Eigenschaften sowie der Beziehungen zwischen den Objekten einschließlich der beobachtenden Kameras.

Szene: Objektbereiche und Beleuchtung.

Bild: 2D Abbildung einer Szene auf einen Matrix von Bildpunkten unter Berücksichtigung der Lage, Blickrichtung und geometrischen Abbildungseigenschaften einer Kamera.

Szenenbereichshinweis: Symbolische Beschreibung eines Primitivs.

Bildbereichshinweis: Bildliche Ausprägung eines Primitivs.

Synthetisches Bild: Ideale bildliche Ausprägung der Szenenmodells als ikonisches Bild.

Bildskizze: Ideale bildliche Ausprägung des Szenenmodells als segmentiertes Bild.

Szenenskizze: Ideale bildliche Ausprägung des Szenenmodells dargestellt durch eine symbolische Beschreibung unter Verwendung der Primitive.

Punktoperationen

Bildpunkt des Ausgangsbildes ist nur eine Funktion des entsprechenden Bildpunktes des Eingangsbildes oder der Eingangsbildfolge.

Bsp.:

- **Lineare Skalierung:** Dehnung der Grauwertskala um einen Faktor (Kontrast) und Verschiebung um eine Konstante (Helligkeit).
- **Erzeugung von Binärbildern:** Durch Angabe eines Schwellenwertes kann ein Grauwertbild in ein Binärbild umgewandelt werden, indem alle Bildpunkte mit einem Grauwert kleiner dem

Schwellenwert den Grauwert g_{MIN} und alle Bildpunkte mit einem Grauwert größer oder gleich dem Schwellenwert den Grauwert g_{MAX} erhalten.

- **Hintergrundsubtraktion:** Hintergrund wird erkannt und vom Bild abgezogen (z.B. bei Tracking oder um „Action“ im Vordergrund besser sichtbar zu machen)
- **Ermittlung geänderter Gebiete:** Schauen welche Punkte sich ändern

Lokale Operationen

Ein Bildpunkt des Ausgangsbildes ist eine Funktion der Bildpunkte in einer wohldefinierten lokalen Umgebung um den entsprechenden Punkt des Eingangsbildes oder der Eingangsbildfolge.

Bsp.: Lineare Faltung und ihre Anwendungen (Tief/ Hochpass, Gradient, Kantenfilter), Rangfolgeoperationen (Medianfilter, Erosion, Dilatation), Geometrische Operationen (Drehung, Maßstabsänderung).

Globale Operationen

Ein Bildpunkt des Ausgangsbildes ist eine Funktion aller Punkte des Eingangsbildes bzw. der Eingangsbildfolge.

Bsp. Filterung im Frequenzraum (Tiefpass, Hochpass, Bandpass, Notchfilter), Grauwertäqualisierung

Bildwert Modifikationen

Unabhängig von der Position oder abhängig von der Position (z.B. wenn Beleuchtung der Szenen berücksichtigt werden soll).

Homomorphe Filterung: ist wirksame Methode der Bildverbesserung wenn das empfangene Bild einer multiplikativen Inferenz oder Störung unterworfen war.
Logarithmieren, Anwenden konventioneller Filtermethoden zur Bestimmung eines Schätzers für das logarithmierte Originalsignal, Exponent berechnen

Korrektur von systematisch veränderten Bildwerten: Wenn man die Fehler im Punkt ermitteln kann, dann berechnet man den tatsächlichen Bildwert, indem man den gemessene Bildwert punktweise durch die Fehler im Punkt dividiert.

Bildverbesserung mittel Farbe

Grauwertbild=> Pseudofarben, Multibild($P>3$)=> Falschfarben.

Ein Falschfarbbild ist ein Multibild, bei dem die Farben so angeordnet sind, dass man dadurch die Unterschiede, die das Multibild visualisiert, aufzeigen kann, z.B. werden bei einem Multispektralbild den verschiedenen Spektren verschiedene Farben zugeordnet.

Der **Unterschied zum Pseudofarbbild** ist, dass bei diesem die Farben irgendwie vergeben werden können (und dass dieses nicht unbedingt ein Multibild ist)=> Projektion der Funktionswerte (Grauskala) in eine (beliebige) Farbenskala.

Multibilder

Tragen mehr Informationen als monochromatische Bilder. Subjektive Darstellung!

Voraussetzungen: gleich gerasterte Komponenten, guter Kontrast und ähnliche Histogramme der einzelnen Komponenten.

Vorgangsweise: einzelne Bilder verbessern. Lineare/ nichtlineare Kombinationen der Bildkomponenten (Differenzen, Verhältnis, Falschfarbe, Hauptkomponentenanalyse).

Falschfarbbild: Darstellung der spektralen Informationen (verschiedene spektrale Eigenschaften=> andere Farben).

Differenzenbilder: Darstellung spektraler oder temporaler Differenzen (die pos. und neg. sein können=> skalieren damit Ergebnis im dynamischen Bereich des Darstellungsgerätes liegt).
Subjektive Darstellung! Entfernung des Luminance-Bias

Verhältnis Bilder (Quotient aus 2 Bildkomponenten): unterdrückt die Helligkeitsvariation durch das topographische Relief und verstärkt die spektrale (Farb)variation. Eliminiert den Beleuchtungsfaktor, aber verstärkt zufälliges Rauschen und kohärentes Rauschen=> vorher Störungen beseitigen!

Hauptkomponenten Bilder: Hauptachsentransformation um wesentlichen und unabhängigen Bildkomponenten zu bekommen. Hohe Redundanz. Sind unkorreliert (nach abnehmender Wichtigkeit da nach der Größe der Eigenwerte absteigend geordnet).

Erste Hauptachse gibt Richtung der stärksten Ausdehnung der Maske, die 2te Hauptachse steht zur ersten orthogonal.

Karhunen- Loeve- Transformation: Für Falschfarbdarstellung wähle 3 Komponenten, verstärke einzeln die Kontraste, kombiniere sie zu einem Falschfarbbild.

Bildattribute

Man extrahiert bestimmte Merkmale (natürliche Merkmale (durch ihr visuelles Erscheinungsbild im Bild definiert) und künstlich (Ergebnis von Bildoperationen)) z.B. zum Zusammenzählen verbundener Regionen.

Verteilung von Flächen

Binärbild, bei dem jede verbundene Region einen eindeutigen Wert bekommt ("Label").

Lokale Operationen

Die Grauwerte eines kleinen Bildereichs (z.B. 3X3) werden ausgewertet und die Form/ Größe durch Maske bestimmt (mit Gewichtung). Faltungsoperatoren werden im Ortsraum zur Glättung ("Tiefpassfilterung") und Hervorhebung von Grauwertübergängen ("Hochpassfilterung" bzw. Kantenoperator) verwendet.

Glätten

Reduktion von Effekten die durch zufällige Störungen entstanden sind.

Rauschen:

Salz und Pfeffer: isolierte Punkte die falsch sind=> Umgebung ist "richtig" und "anders"=> kann man leicht finden und durch Mittelwertbildung (ohne Zentralwert) entfernen.

Periodische Form: in FT tritt es als Menge von isolierten Spitzen auf=> bestimmen und durch Mittelwertbildung über die Nachbarn entfernen=> IFT=> fertig.

Glätten im Ortsraum

Weißes Rauschen ist über alle Frequenzen gleichverteilt, Bildinformation liegt aber nur in einem Frequenzbereich unterhalb einer max. Frequenz=> Hochfrequenz abschwächen in Hoffnung nur Störung zu erwischen (Tiefpassfilter).

Gewichtung bestimmt Maß der Glättung und Filter Koeffizienten normiert damit keine systematischen Fehler der Helligkeit in das Bild eingeführt werden.

Mittelwertfilter: Mittelungen über Umgebungen. Bildung des arithmetischen Mittelwertes der Grauwerte aus der Umgebung. Beseitigt hochfrequente Störungen, aber Nachteil das echte Grauwertkanten unschärfer werden.

Algorithmus um verschmieren von Kanten zu vermeiden: Jedes Pixel prüfen ob Kante ist. Wenn ja, dann nur entlang der Kante Mitteln und den Mittelwert aus jenen Nachbarn bilden, die auf derselben Seite der Kante liegen.

Selektive Mittelwertbildung: Rauschen oder Übertragungsfehler sind isolierte Pixeländerungen=> unterscheidbar von Umgebung. Bildpunkt wird mit dem Mittelwert seiner Umgebung verglichen und wenn der Betrag der Differenz zwischen dem Bildpunkten und der mittleren Helligkeit seiner Umgebungspunkte größer ist als eine bestimmte Schranke, dann wird dieser Bildpunkt durch den Mittelwert aus seiner Umgebung ohne den Zentralpunkt ersetzt.

Verfahren von Makoto: Objektkanten bei Mittelwertfilterung erhalten z.B. via 5X5 Matrix. Bereich wird um 0, 45, 90,... Grad im Uhrzeigersinn um das Zentralpixel rotiert und von diesen Umgebungen jeweils die Varianz berechnet. Bei der mit kleinster Varianz wird dann der Mittelwert als neuer Bildwert genommen. Dadurch bleiben ausgeprägte Objektkanten erhalten.

Binomialfilter: Nicht wie Mittelwertfilter überall selbe Gewichtung. Koeffizienten entsprechen diskretisierter Gaußglocke (Binomialkoeffizienten).

Median Filter: nicht lineare Verarbeitungsmethode. Berechnet aus Umgebung den Wert der wertmäßig in der "Mitte" liegt. Behandelt dünne Linien und Kurven wie Rauschen und rundet scharfe Ecken ab.

Ein 2D Median Filter unterdrückt mehr Rauschen als 2 sequentiell angewandte 1D Median Filter, kann aber auch mehr Signal unterdrücken!

Modifizierter Medianfilter: bei "Vergrößerung" erhalten Bildpunkte an den Rändern von hellen Bildmustern einen höheren Grauwert und vergrößern damit die Fläche des hellen Musters bzw. bei "Verkleinerung" umgekehrt.

Vergleich Mittelwert Filter und Median Filter:

Median Wert: ist immer Wert des Wertebereichs und der in Umgebung vorkommt. Hat bessere optische Eigenschaften. Unempfindlich gegen Ausreißer. Rechnerisch aufwendiger.

Mittelwert: Wert muss nicht vorkommen im Bild aber transformiert werden (rationale Zahl=> ganze Zahl). Neigt bei Treppen zum Verschmieren. Bessere statistische Eigenschaften. Empfindlich gegen Ausreißer.

Mittel über mehrere Bilder: Jedes Bild setzt sich additiv aus einem Nutzteil und einem stochastischen Rauschteil zusammen. Bildet man Mittelwert so erhält man eine umso bessere Approximation für den Nutzteil je größer die Zahl der Bilder ist (denn umso mehr nähert sich der Mittelwert des stochastischen Anteils dem Wert 0).

Selektives Anheben bzw. Absenken: Für jeden Punkt wird geprüft ob sein Wert größer oder gleich einem gewissen Prozentsatz des Maximums ist. Wenn ja, wird der Wert durch das Maximum ersetzt ansonsten bleibt der Wert unverändert=> hellere Punkte betont (z.B. bei Bildern bei denen sehr helle Bildwerte als Störung empfunden werden und daher unterdrückt werden müssen).

Hysteresis Operator: geht davon aus das sich Funktionswertverlauf eines 1D Musters oder Grauwertverlauf eines 2D Bildes als Linienmuster mit einer Breite von einem Rasterpunkt darstellen lässt. Verfahren das von einem Startwert ausgehend die Abweichungen der Grauwerte innerhalb eines bestimmten Intervalls um den Startwert berücksichtigt und den Startwert schrittweise korrigiert.

Salz und Pfeffer: pixmax und pixmin setzen einen Bildpunkt auf den größten/ kleinsten Wert seiner Umgebung (mit ihm als Mittelpunkt).

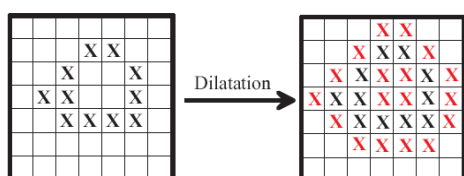
pixmax[pixmin(Bild)]=> Elimination von schmalen Gipfeln.
 pixmin[pixmax(Bild)]=> Elimination von engen Tälern.

Highlight/ Lowlight Enhancement: wie oben nur das Täler vom Originalbild abgezogen werden und die Spitzen zum Originalbild addiert werden zum Kontrastverstärken.

Morphologische Prozesse

Binärbild ist 2D Problem, Graustufenbild 3D Problem.

Dilatation: Die Dilatation fügt einem Bild X ein Strukturelement B zu. Deshalb ist es auch eine Bildverstärkende bzw. Bildverdickende Operation. Es ist möglich Teilchengruppen zu vereinigen, Löcher zu füllen oder Risse zu schließen. Eine sehr einfache Art der Kantendetektion ist $(X+B)\setminus X$.



Diese Operation fügt Bildpunkte an den Rand eines Objektes an und zwar entsprechend der Form und Größe von B. Wenn ein Pixel des Strukturelements mit dem Objekt matcht dann schreibe das Centerpixel im Wert des Objektes, alle anderen Pixel werden als Hintergrund (Grauwert 0) geschrieben.

Durch Dilatation können neue Objekte entstehen, und Löcher sowie konkave Randbereiche werden aufgefüllt. In der Abbildung daneben ist ein Beispiel dargestellt, bei dem die Kontur (schwarze "X" gekennzeichnet) mit der Elementarraute dilatiert wurde. Die so entstandenen neuen Bildpunkte sind andersfarbig (rote "X") dargestellt. Eine Rücktransformation ist nicht möglich. Durch Erosion können kleine Objekte ganz verschwinden. Das kann im Rahmen einer Rauschunterdrückung für pixelgroße Objekte durchaus erwünscht sein. Konvexe Randbereiche sowie Objektteile werden abgetragen. Eine Rücktransformation ist ebenfalls nicht möglich.

Erosion: Die Erosion ist das Gegenstück der Dilatation und entfernt die passenden Bildpunkte. Die Erosion vermindert somit die Bilddaten. Anders gesagt, findet die Erosion Bildpunkte, die mit einem speziellen Muster von Elementen umgeben sind.

Bei der Erosion werden schmale Stellen und kleine Objekte, deren Größe kleiner als die des Strukturelementes B ist, vollständig eliminiert. Die Erosion dient auch zur Kantenfindung. Diese Operation trägt Bildpunkte am Rand eines Objektes ab und zwar entsprechend der Form und Größe von B .

Wenn alle [Pixel](#) des Strukturelements mit dem Objekt matchen dann schreibe das Centerpixel im Wert des Objektes, alle anderen Pixel werden als Hintergrund ([Grauwert 0](#)) geschrieben.

Von Dilatation und Erosion werden das Opening $((X-B)+B)$ und das Closing $((X+B)-B)$ abgeleitet. Dabei bewirkt das Opening eine Eliminierung von im Verhältnis zum Strukturelement B kleinen Teilmengen des Bildes X . D.h. schmale Verbindungen oder auch Alleinstehende Mengenelemente werden gelöscht. Dagegen werden beim Closing kleine Einschnitte und Zwischenräume geschlossen. Durch diese Methode verschwinden kleine Objekte ganz; konvexe Objektränder werden abgetragen.

Opening: Die Operation wird verwendet um:

- äußere Ecken zu glätten
- dünne Brücken zu öffnen
- kleine außenliegende Fransen am Bildrand zu eliminieren
- bestimmte Einzelpixel-Störungen zu entfernen

Aufbau: Beim Opening wird zuerst eine [Erosion](#) gefolgt von einer [Dilatation](#) auf das Basisbild angewandt. Eine Beispielanwendung (Entfernung einzelner störender Pixel) funktioniert wie folgt:

Die Erosion entfernt Alleinstehende Bildpunkte, so dass diese bei der anschließenden Dilatation nicht wiederhergestellt werden. Größere, glatt berandete Bereiche mit zusammenhängenden Pixeln hingegen gehen aus der Operation unverändert hervor: Die Erosion verkleinert zuerst den zusammenhängenden Bereich, danach wird der zusammenhängende Bereich durch die Dilatation wieder auf die gleiche Größe wie vor der Erosion.

Ebenso würde eine dünne Verbindung zwischen zwei größeren zusammenhängenden Bereichen durch passende Parameter entfernt, ohne die Bereiche selbst in ihrer Größe zu verändern. Dadurch können z.B. zusammenhängende Zellen in einem Mikroskopbild separiert werden.

Filter

Ist ein lineares, ortsunabhängiges System das die räumlichen Frequenzen des Bildes verändert.

Filterentwurf im Frequenzbereich

Wirkungsweise im Frequenzbereich oft einfacher darstellbar und das Faltungsintegral durch eine Multiplikation ersetzt wird. Nachteil: DFT und dann IDFT.

Fensterfunktion: Die Fensterfunktion legt fest, mit welcher Gewichtung die bei der [Abtastung](#) eines Signals gewonnenen Abtastwerte innerhalb eines Ausschnittes (Fenster) in nachfolgende Berechnungen eingehen. Fensterfunktionen kommen bei der [Frequenzanalyse](#) (z.B. mittels [diskreter Fourier-Transformation](#)), beim Filterdesign, beim [Beamforming](#) und andere Signalverarbeitungsanwendungen zum Einsatz.

Tiefpass

Tiefe Frequenzen gehen durch, hohe stark reduziert oder eliminiert. Ist Glättend (entspricht Glättungsfilter im Ortsraum)=> verschmieren des Bildes und Abschwächen der Kanteninformation.

Idealer Tiefpassfilter: Alle Frequenzen kleiner/ gleich dem Cut Off werden ohne Abschwächungen übernommen, alle anderen vollkommen unterdrückt.

Trapezoidaler Tiefpassfilter: ringing wegen Unstetigkeitsstelle aber nicht so arg wie beim idealen Tiefpassfilter.

????????? Filter von Seite 61 bis 64)

Hochpass

Senkt niedrige Frequenzen. In hohen Frequenzen liegt Kanteninformation!

Idealer Bandpassfilter

Kombi aus idealen Tiefpass und idealen Hochpass (Mitten können passieren, niedrig und hohe nicht).

Idealer Kerbenfilter

Inverser Idealer Bandpassfilter.

Kantenfindung

Diskrete Differenzenbildung (hohe Werte=> große Veränderung, kleine Werte=> geringe Veränderung).

Pseudokanten entstehen durch Reflexionen, Spiegelung, Schatten, Texturen.

Gradientenfilter: Beruhen auf erster Ableitung (Nachteil: Anisotropie=> Kanten werden abhängig von ihrer Richtung unterschiedlich erkannt). Funktionieren durch Grauwertänderung in beiden Bildachsen.

Lineare Gradienten: Grauwertdifferenz zwischen benachbarten Bildpunkten.

Mittelwert Differenz Operator: berechnet Steigung des Grauwertes.

Prewitt Operator: Beide Filtermasken des Mittelwert-Differenz-Operators für G_x und G_y nennt man zusammen so. Findet gut horizontale und vertikale Kanten, aber nicht gut Diagonale. Erzeugt 2 Bilder und nicht eines das alle Kanten so gut wie möglich zeigt! => damit man ein Bild hat kombiniert man die Approximation des Gradientenvektors und verwendet dessen Betrag als Wert eines Kantenbildes.

Laplace: Entdecken von Kanten ohne Bevorzugung bestimmter Richtungen. Der Laplace Operator berechnet die zweite Ableitung. Die zweite Ableitung ist die Änderung der Steigung im Bild. Das Maximum der Steigung liegt an der 0-Stelle der zweiten Ableitung. Beim Übergang durch diese Maximum (von + nach - oder umgekehrt) wird die Kante angenommen. Anschaulich gesprochen ist dort wo das Vorzeichen positiv ist die hellere Seite von der Kante, und wo das Vorzeichen negativ ist, die dunklere Seite...

Bei einem Übergang zwischen zwei homogenen Regionen (z.B. von hell auf dunkel) wird die zweite Ableitung zuerst negativ, da die Steigung stark negativ wird, dann kommt der Wendepunkt, da ist die

zweite Ableitung 0 und damit die Steigung ein Maximum, danach wird die zweite Ableitung positiv und die Steigung 0.

Praktisch berechnet man das folgendermaßen: man faltet das Bild mit der Laplace Maske. Überall dort, wo jetzt in der Ergebnismatrix ein Pixel mit + Vorzeichen und einer mit - Vorzeichen nebeneinander liegen, also der oben erwähnte vorzeichenwechsel in den werten stattfindet, hat man eine Kante im Bild!

Nachteile: reagiert auf Rauschen ebenso empfindlich wie auf Kanten=> vorher glätten=> man kann es auch einbauen in Laplace=> glättender Kantenoperator. Filterantwort bei Laplace typischerweise recht schwach=> verstärken des Kontrasts damit man besser etwas sieht.

???? 8.1.4??????

Kompass Gradient Masken: 2 dimensionale diskrete Differentiation kann durch Faltung des Originalbildes mit einer der folgenden Kompass Gradienten Masken durchgeführt werden. Erzeugt max. Wert wenn sich die Helligkeit entsprechend des Namens ändert (z.B. bei Ost horizontal von links nach rechts).

Nicht lineare Gradienten

Verwenden nichtlineare Kombination von Bildpunkten zur Kantenlokalisierung.

Robert Cross Gradient: Grauwertdifferenz eines Bildpunktes zu seinem benachbarten Punkten für Kantenextraktion.

Prewitt Operator: Diskrete erste Ableitung in eine Richtung. Mittelung in die Nominalrichtung. Kombination der Ergebnisse in x und y Richtung.

Sobel Operator: wie Prewitt nur mit gewichteten Spaltendifferenz und Zeilendifferenz.

Der Sobel Kantendetektor produziert stark zerfallene Kanten. Selbst eindeutige gerade Kanten gehen oft verloren. Fein strukturierte Gebiete werden zu einem einzigen Rauschen. Gekrümmte Kanten werden meistens nicht bis zum Ende verfolgt. Der Sobel liefert, wenn er eine Ecke richtig erkennt, das korrekteste Ergebnis. Die meisten werden aber eben nicht richtig erkannt, sondern zerfallen.

Beispiel (nicht Prüfungsrelevant aber gut fürs Verständnis):

1	3	10
2	4	11
3	5	12

$$\frac{\partial I}{\partial x} \approx \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\frac{\partial I}{\partial y} \approx \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Dazu müssen wir einmal in x-Richtung mit:

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

falten. Also einfach diese Matrix über die Gegebene legen.

$$-1 \cdot 1 + 0 \cdot 3 + 1 \cdot 10 + 2 \cdot -2 + 0 \cdot 4 + 11 \cdot 2 + 3 \cdot -1 + 5 \cdot 0 + 12 \cdot 1 = 36$$

Dann noch das gleiche in y-Richtung mit:

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

$$1 * -1 + 3 * -2 + 10 * -1 + 2 * 0 + 4 * 0 + 11 * 0 + 3 * 1 + 5 * 2 + 12 * 1 = 8$$

Der Gradient ist also: (36;8) und der Gradientenbetrag ist $\sqrt{36^2+8^2}$.

Kirsch Operator: stellt den maximalen Wert aller Kompass Gradienten Masken (ohne den Mittelpunkt) dar.

Walis Operator: linearer Laplace bei dem die Bildwerte logarithmiert wurden. Kante dann wenn die Größe des log der Helligkeit eines Punktes die Größe der mittleren log. Helligkeit seiner 4 nächsten Bildpunkte überschreitet. Ist unempfindlich gegenüber multiplikativen Veränderungen des Helligkeitsniveaus.

Kanten Plot: Berechnung der Gradienten, erstellen des Histogramm der Gradienten,, Prozentsatz bestimmen und umrechnen auf Schwellenwert. Verstärkt hochfrequentes Rauschen und Artefakte. Bildpunkte mit Gradienten kleiner dem Schwellenwert → minimale Helligkeit, alle anderen maximale Helligkeit

Rauschverminderungsmethoden können mit den Kantenschärfverfahren kombiniert werden, damit die Maskenoperation auf Regionen statt einzelnen Bildpunkten angewandt wird. Dies geschieht durch die Faltung von Kantenverstärkungsmasken mit Glättungsmasken.

Kanten schärfen

Originalbild mit Kantenbild überlagern.

Schärfungsfilter: Überlagerung von Originalbilder und Kantenbilder in einem wählbaren Mischverhältnis z.B. mit Kantenoperator bei dem Gewicht des zentralen Pixels durch einen additive Konstante erweitert wird.

Hochpass Masken: Summe der Gewichte = 1.

Unsharp Masking: Erzeugt ein Kantenbild aus einem Eingabebild indem man das Eingabebild – geglätteter Version nimmt. Durch Subtraktion der Tiefpasskomponente eines „Signals“ erzeugt man Hochpass- „Signal“. Bei Addition der Hochpasskomponente zum Originalsignal kann eine Schärfung erreicht werden. (c-1) steuert die Größe des ringings und wenn c zu groß ist ringing bei scharfen Übergängen. Nachteil: Überschwingen (Artefakt, das bei scharfen Übergängen auftreten kann)=> Zonal filtering und Relayation sind 2 alternative Ansätze, das Überschwingen ("Artefakt") beim "unsharp masking" zu reduzieren.

Statistical Differencing: Mittelwert und Standardabweichung wird aus Umgebung für jeden Bildpunkt berechnet, wobei verlangt wird das Gesamtmittelwert und Gesamtstandardabweichung für das ganze Bild gleich bleiben=> Ergebnisbild entsteht dadurch das jeder Bildpunkt durch seine lokalen Standardabweichungen dividiert wird.

Wallis Filter: Beim Statistical Differencing können die lokalen Standardabweichungen für homogene Umgebungen Null werden. → Verstärkung so wählen, dass er Wertebereich der erlaubten Verstärkungen gesteuert werden kann.

FT Eigenschaften

Faltung, Skalierung, Linearität, Korrelation.

Powerspektrum (spektrale Leistungsdichte): Quadrat des Spektrums.

DFT

Wie FT nur diskret z.B. für digitale Bilder (wobei man sich das Bild über seinen Definitionsbereich hinaus bis ins Unendlich periodisch fortgesetzt denkt).

Anpassungen bei der DFT gegenüber FT

Basisfunktion Sinus und Cosinus ersetzt durch digitalisierte Versionen.

Integrale werden durch Summen ersetzt.

Grenzen werden durch die Indexgrenzen der Bildmatrizen ersetzt.

DFT in der Praxis

Laut dem Faltungstheorem entspricht eine Faltung $I(x,y)*G(u,v)$ einer Multiplikation im Frequenzraum $I(x,y)\cdot G(u,v)$.

Das Bild und der Filter werden vom Ortsraum in den Frequenzraum transformiert. Im Frequenzraum wird die Faltung des Ortsraumes durch eine einfache Multiplikation gelöst. Das kann den Rechenaufwand drastisch reduzieren, vor allem bei großen Filter-Kernen.

Eine Sinnvolle Anwendung findet sich in der Tiefpassfilterung. Das entfernen der hohen Frequenzen, die höher werden umso weiter diese von Mittelpunkt (FFTSHIF) des Fouier-transformierten entfernt sind, entspricht einer Tiefpassfilterung.

Man muss sich den Verlauf der Frequenzen in den Bildern ansehen, z.B. starke Frequenzen in diagonaler Richtung, niedrige Ortsfrequenzen orthogonal dazu. Dann ergeben sich 3 Klassen. Um nun Kanten einer bestimmten Richtung zu erzeugen, müssen dazu Frequenzen in orthogonaler Richtung verwendet werden. Dann kann man die DFTs zuordnen.

Anstatt das Bild im Bildraum zu falten, dies im Fourier Raum stattfinden. Dazu wird sowohl das Bild, als auch der Filter (z.B. Gauss-Filter) Fourier transformiert (vorher den Filter mit Nullen auffüllen, bis er gleich groß, wie das Bild ist), anschließend wird im Fourier Raum das Frequenzbild mit dem Frequenzbild des Filters multipliziert.

Werden Bilder als Folge von Farbwerten dargestellt, spricht man von einer Darstellung im **Zeit-, Impuls-** oder auch **Orts-Raum**. Aus diesem lassen sich Bilder injektiv in den sogenannten **Frequenz-Raum** überführen, in welchem nicht mehr die Farbwerte selbst, sondern die Frequenz- und Phasenanteile der zugrundeliegenden Punktfolge gespeichert werden. Große Sprünge innerhalb der Farbwertsequenz stehen dann für hohe Frequenzen, weiche Farbwertübergänge für niedrige Frequenzen. Die [Fouriertransformierte](#) gibt schließlich an, wie durch alleinige Überlagerung von Sinusfunktionen verschiedener Frequenz und Phasenwinkel, der ursprüngliche Farbwertverlauf rekonstruiert werden kann.

Separable Transformation

Anstelle einer 2 dim. Transformation des Bildes werden zwei 1 dim. Transformationen durchgeführt.

Hauptkomponententransformation (PCA)

Es lassen sich z.B. die Hauptachsen einer Binärmaske berechnen. Die erste Hauptachse gibt die Richtung der stärksten Ausdehnung der Maske an, die zweite Hauptsache steht orthogonal zur ersten.

Informationen

Zusammenfassung: [Martin Tintel](#)

Version: 0.6

Semester: Stoff SS07, PDFs aus WS 05

Vortragender: Ernst Schuster

Universität: Med. Uni Wien