

REKO - Programm zur Bildrekonstruktion mittels informationserhaltender Filterung



Stand: 23. Juni 1994

*Diese Kurzinformation beschreibt die Handhabung des Programmes **reko**. Weitergehende Informationen können aus WEIDNER(1991) entnommen werden.*

Programmaufruf: `reko [Steuer-File]`

1 Prinzip

Die Grundidee, auf der das informationserhaltende Filter basiert, ist die Extraktion von Signal- und Rauscheigenschaften des beobachteten Signals und die Nutzung dieser Information für die durchzuführende Filterung. Bei der Filterung handelt es sich um eine Ausgleichung im Gauß-Markoff-Modell, bei der die Hauptkrümmungen mit Erwartungswert Null als zusätzliche fiktive Beobachtungen eingeführt werden.

Die Signal- und Rauscheigenschaften, d. h. ihre Varianzen, werden über die zweiten Ableitungen der Intensitätsfunktion (Hesse-Matrix) unter der Modellannahme, daß $E(\text{Hauptkrümmungen}) = 0$, geschätzt. Diese Varianzen werden für die Bestimmung der Gewichte in der Ausgleichung genutzt. Aus der Hesse-Matrix wird ebenso die Glättungsrichtung geschätzt, so daß die Koeffizientenmatrix bzw. die Normalgleichungsmatrix aufgestellt werden kann. Die Lösung des resultierenden Normalgleichungssystems erfolgt mittels SOR.

2 Handhabung

Der nun folgende Text beschreibt die Handhabung des Programms **reko**. Zu Beginn werden die Steuerdaten und ihre Eingabe dargestellt. Anschließend werden die Ausgabedaten, mögliche Fehler bei der Eingabe, sowie deren Behandlung durch das Programm beschrieben.

Abbildung 1: Steuerdatei

```

*****
*
* # Steuerdatei fuer reko #
*
* test.img # Bilddatei
* 1 # Art der Filterung
* 1 # Filter
* 3 # Umgebung fuer HQM Startwert
* 3 # Umgebung fuer HQM Endwert
* 3 # Mittelungsbox fuer Vorglaettung
* 0 # a: Rauschvarianz Startwert
* 0 # b: signalabh. Anteil gemaess var=a + b*g
* 1 # Faktor (Kruemmungsgewichte)
* varfile # Varianzen (Daten)
* hk1file # Hauptkruemmungen 1
* hk1file # Hauptkruemmungen 2
* orifile # Orientierungen
* 3 # Anzahl der Berechnungen
* 3 # Anzahl der SOR-Iterationen
* 1.5 # SOR-Parameter
* 0.1 # SOR-Grenzwert
* 0 # Ausgabeformat fuer rekonstruiertes Bild
* rek.img # Ergebnisdatei (Bild)
* kr.img # Ergebnisdatei (Kruemmungen)
* prt.prt # Protokolldatei
*
*****

```

Die Eingabe der Dateinamen und der Steuerdaten kann interaktiv oder über eine Steuerdatei erfolgen. Die Eingabe geschieht durch Einlesen einer Steuerdatei, wenn deren Name in der Kommandozeile angegeben wird. Wird kein Dateiname eingegeben, werden die Steuerdaten interaktiv abgefragt und diese Daten in die Steuerdatei *reko.ini* geschrieben.

Ein Beispiel einer Steuerdatei ist in Abb.1 angegeben. Bei der interaktiven Eingabe werden die oben angegebenen Daten in gleicher Reihenfolge abgefragt. Die einzelnen Steuerdaten sollen nun im weiteren erläutert werden.

Abbildung 2: Arten der Filterung

Steuergröße	Art der Filterung
1	Gewichte der Daten und der Hauptkrümmungen, sowie die Orientierungen werden aus den Original-Daten geschätzt.
2	Gewichte der Daten werden aus den Original-Daten, die Gewichte der Hauptkrümmungen und die Orientierungen werden aus vorgeglätteten Daten berechnet.
3	Gewichte der Daten und der Krümmungen in ROW/COL werden aus den Original-Daten geschätzt.
4	Gewichte der Daten werden aus den Original-Daten, Gewichte der Krümmungen ROW/COL aus vorgeglätteten Daten bestimmt.
5	Gewichte der Daten und der Hauptkrümmungen werden aus den Original-Daten geschätzt, die Orientierungen aus den vorgeglätteten Daten bestimmt.
6	Gewichte der Daten sind a priori bekannt (Varianzen der Daten \mathbf{d} liegen als Matrix vor) und die Gewichte der Hauptkrümmungen werden aus den Daten bestimmt.
7	Gewichte der Daten sind a priori bekannt (Varianzen der Daten \mathbf{d} liegen als Matrix vor) und die Gewichte der Hauptkrümmungen werden aus vorgeglätteten Daten bestimmt.

2.1 Erläuterung der Eingabeparameter

Bilddatei: Der hier abgefragte Name bezieht sich auf das zu rekonstruierende Bild. Die Formate ¹ ² können sein:

Format ³	Bemerkungen	Format	Bemerkungen	Format	Bemerkungen
ITEX [0] oder IPB [50] [51]	UCHAR FLOAT	ASCII [1]	Anzahl der Zeilen Anzahl der Spalten Werte ...	GNU [4]	# Anzahl der Zeilen # Anzahl der Spalten g(0,0) ... g(r,0) <i>Leerzeile</i> g(1,0) ... g(r,c)

Art der Filterung: Bei der jetzigen Implementierung sind verschiedene Arten der Filterung innerhalb des Programmes **reko** verwirklicht. Welche Filterungsart angewendet wird, wird durch die Eingabe der entsprechenden Steuergröße festgelegt. Im-

¹Konvertierungsprogramme **makeitex**, **makeasc**, **makegnu** und **makeipb** stehen zur Verfügung.

²Dateien im Format GNU können mittels GNUPLOT angezeigt werden.

plementiert sind die in Abb.2 dargestellten Arten der Filterung. Der Eingabewert muß zwischen 1 und 7 sein.

Beispiele für die verschiedenen Arten der Filterung sind:

Steuergröße	Anwendung
1	Standardanwendung
2	Anwendung bei sehr stark verrauschten Bildern zur Verbesserung der Schätzungen der Orientierung. Diese Filterung sollte jedoch nicht bei überwiegend kleinen Strukturen innerhalb des Signals verwendet werden.
6	Anwendung bei empirisch bestimmter Rauschvarianz, z. B. bei nicht linearer Signalabhängigkeit (\rightarrow LUT)

Filter: Bei dieser Eingabe wird zwischen den zur Verfügung stehenden Krümmungsfiltren gewählt. Bei der aktuellen Realisierung ist nur ein Krümmungsfiter implementiert. Hierbei handelt es sich um folgende Operatoren:

$$\nabla_{rr} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ -2 & -4 & -2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \nabla_{rc} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ 2 & -4 & 2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \quad \nabla_{rc} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Der Eingabewert ist 1.

Umgebung HQM: Die Gewichtung und die Berechnung des Orientierungswinkels des Filters basiert auf der gemittelten quadrierten Hesse-Matrix für jede Bildposition. Die Breite der Umgebung, über die gemittelt werden soll, kann hier festgelegt werden. Mit *Startwert* ist die bei der ersten Berechnung zu benutzende Umgebungsgröße, mit *Endwert* die Umgebungsgröße der letzten Berechnung bezeichnet. Für die anderen Berechnungen wird die Umgebungsgröße interpoliert. Die Eingabewerte für die Umgebung sind 1,3,5,7,9,... . Bei der Eingabe 1 erfolgt keine Mittelung. Standardwert ist 3.

Umgebung Vorglättung: In Abhängigkeit der gewählten Art der Filterung (2,4,5) findet eine Vorglättung der Daten statt. Zu diesem Zweck wird ein Box-Filter eingesetzt. Die Eingabe legt hierbei die Größe m des verwendeten $m \times m$ Fensters fest. Diese Eingabe ist nur von Bedeutung, falls für die Art der Filterung 2, 4 oder 7 eingegeben wurde. Die Eingabewerte für die Umgebung sind 1,3,5,7,9,... . Bei der Eingabe 1 erfolgt keine Mittelung.

Rauschvarianz: Für die Rauschvarianz wird von

$$\sigma^2 = a + b \cdot g$$

ausgegangen. Die beiden Eingaben sind nur von Bedeutung, falls für die Art der Filterung 1,2,3,4 oder 5 eingegeben wurde.

Wert a : Falls ein Wert für die Rauschvarianz innerhalb des zu rekonstruierenden Bildes bekannt ist, so kann dieser Wert hier eingegeben werden und legt somit das Gewicht der Grauwerte \mathbf{d} fest. Ist die Rauschvarianz nicht bekannt, so kann hierfür Null eingegeben werden. Die Rauschvarianz des zu rekonstruierenden Bildes wird dann geschätzt. Der Eingabewert für den Wert a Rauschvarianz muß größer oder gleich Null sein.

Wert b : Dieser Wert beschreibt den signalabhängigen Anteil der Rauschvarianz. Wird dieser Wert zu Null gesetzt, erfolgt keine Schätzung dieses Anteils. Der Eingabewert für den Wert b Rauschvarianz muß größer oder gleich Null sein.

Faktor (Krümmungsgewichte): Dieser Faktor ermöglicht es dem Operateur den Filterungsvorgang zu beeinflussen. Wird diesem Faktor ein kleiner Wert zugewiesen, so erhalten die Hauptkrümmungsbeobachtungen proportional zu diesem Faktor kleinere Gewichte und beeinflussen die Filterung somit weniger stark. Der Eingabewert für diesen Faktor muß größer Null sein. Standardwert ist 0.5.

Datei-Namen: In Abhängigkeit der gewählten Filterungsart wird verschiedene Vorinformation benötigt. Diese Vorinformation betrifft die

- Varianzen der Daten
- Hauptkrümmungen 1
- Hauptkrümmungen 2
- Orientierungen

die in den jeweiligen Dateien angegeben sind.

Varianzen der Daten: Diese Eingabe wird interaktiv abgefragt, falls für die Art der Filterung 6 oder 7 eingegeben wurde. In der Steuerdatei muß ein Dummy-Dateiname angegeben werden, auch wenn dieser für die ausgewählte Art der Filterung nicht von Bedeutung ist.

Die angegebene Datei enthält die Varianzen der Daten \mathbf{d} als Matrix. Alle Elemente dieser Matrix müssen > 0 sein.

Hauptkrümmungen und Orientierungen: Momentan sind die entsprechenden Arten der Filterung noch nicht installiert und werden bei der interaktiven Eingabe noch nicht abgefragt. In der Steuerdatei müssen Dummy-Dateinamen angegeben werden.

Anzahl der Berechnungen: Über die Berechnungsanzahl wird festgelegt, wie oft die gesamte Berechnung, d.h. Gewichtung und Ausgleichung durchgeführt wird. Standardwert ist 3.

Anzahl der SOR-Iterationen: Die Ausgleichung basiert auf der Lösung des linearen Normalgleichungssystems durch das iterative Verfahren der Überrelaxation (SOR). Über die Anzahl der SOR-Iterationen wird festgelegt, wieviele Iterationen maximal durchgeführt werden sollen. Bei dem letzten Berechnungsdurchgang wird diese maximale Iterationszahl auf MAX_SOR heraufgesetzt. Standardwert ist 5.

SOR-Parameter: Der SOR-Parameter, der die Konvergenz des Lösungsverfahrens beeinflußt, wird durch den Operator eingegeben und bleibt während der gesamten Berechnung fest. Der Eingabewert für den SOR-Parameter muß größer Null und kleiner gleich 2 sein. Standardwert ist 1.5.

SOR-Grenzwert: Ist die Differenz der Grauwerte an einer Position (*row, col*) zwischen zwei Iterationen kleiner als der SOR-Grenzwert, so wird das entsprechende Pixel gekennzeichnet. Sind alle Pixel der Achter-Nachbarschaft und das aktuell zu bearbeitende Pixel gekennzeichnet, so erfolgt in dieser Iteration keine Berechnung zur Aktualisierung des Grauwertes. Der Eingabewert muß größer oder gleich Null sein.

Ausgabeformat: Hier können verschieden Ausgabeformate gewählt werden:

Steuergröße	Ausgabeformat
0	ITEX
1	ASCII
2	DHM(Helfrich)
3	n.n. → DEFAULT: GNU
4	GNU
50	IPB (UCHAR)
51	IPB (FLOAT)

Ergebnisdatei (Bild): Bei dieser Abfrage ist der Dateiname des rekonstruierten Bildes einzugeben.

Ergebnisdatei (Krümmungsbild): Diese Eingabe betrifft den Dateinamen des aus dem rekonstruierten Bild berechneten Krümmungsbildes. Das Krümmungsbild wird im ITEX-PC-Format abgespeichert.

Protokolldatei: Diese Eingabe legt die Datei für das zu schreibende Protokoll fest. Ist noch keine Protokolldatei des angegebenen Namens vorhanden, wird sie angelegt, ansonsten fortgeführt. In dieser Datei werden die Eingabewerte und einige Ergebnisse protokolliert.

2.2 Fehlerbehandlung

Im folgenden soll nun die Fehlerbehandlung bei Eingabefehlern beschrieben werden. Die Fehlerbehandlung ist abhängig von der gewählten Eingabeart, d.h. abhängig davon, ob die Eingabe interaktiv oder durch Einlesen der Steuerdatei erfolgt.

Bei der interaktiven Eingabe wird für die jeweilige Steuergröße geprüft, ob der eingegebene Wert definiert bzw. plausibel ist. Falls dies für eine Steuergröße nicht zutrifft, wird sie nochmals abgefragt und die möglichen Eingabewerte angezeigt. Für die eingegebenen Dateinamen der Dateien mit Vorinformation wird geprüft, ob sie vorhanden sind. Bei den eingegebenen Dateinamen der Ergebnisdateien wird geprüft, ob Dateien mit diesem Namen bereits vorhanden sind, so daß ein unbeabsichtigtes Überschreiben dieser Dateien ausgeschlossen wird.

Erfolgt das Einlesen der Steuergrößen über eine Steuerdatei, so werden die eingelesenen Daten ebenfalls überprüft. Treten bei dieser Überprüfung Unstimmigkeiten auf oder kann die Steuerdatei nicht gelesen werden, so wird eine Fehlermeldung ausgegeben und das Programm beendet.

Eine Überprüfung auf Plausibilität erfolgt auch für die Varianzen der Daten bei Art der Filterung gleich 6 oder 7. Ist ein Element der Matrix ≤ 0 erfolgt eine Fehlermeldung und das Programm wird beendet.

Wurde das gesamte Programm durchlaufen und die beiden Ergebnisdateien geschrieben, werden anschließend die gesamten Steuerdaten in die angegebene Protokoll-datei geschrieben.

3 Literatur

WEIDNER U. (1991): Informationserhaltende Filterung und ihre Bewertung, in RADIG B. (Ed. 1991): Mustererkennung 1991, Springer, Berlin, 1991