

# Nichtlineare Rangfilter

Merlin Brandt

5. Juni 2019

## 1 Einleitung

Filter ermöglichen die Manipulation eines Bildes zum Herbeiführen eines gewünschten Effektes, Eliminieren von störenden Elementen oder Betonen von bestimmten Formen und Eigenschaften des Bildes. Kaum zu vermeiden sind dabei weitere, unerwünschte Nebeneffekte vom selben Filter verursacht. Die Untersuchung und das Studium der verschiedenen Filteralgorithmen sind also wichtig, um den richtigen Filter passend anzuwenden und neue, flexiblere und sauberere Filter zu entwickeln und schlussendlich Bilder besser zu verarbeiten.

Im Rahmen dieser Ausarbeitung für ein Proseminar über Bildverarbeitungs-algorithmen werden die nicht-linearen Rangfilter Median, Min und Max und deren unterschiedliche (Neben-)Effekte auf Grayscale-Bilder vorgestellt. Vor- und Nachteile werden kurz diskutiert und weitere Entwicklungen des Medianfilters gezeigt. Der Text basiert auf die Bücher

- *Digital Image Processing* von R. C. Gonzalez und R. E. Woods [1]
- *Digital Image Processing and Analysis* von B. Chanda und D. D. Majumder [3]
- *Nonlinear Digital Filters: Principles and Applications* von I. Pitas, A. N. Venetsanopoulos [4]
- *Industrial Image Processing* von C. Demant, B. Streicher-Abel, C. Garnica [5]

und dem Artikel "The weighted median filter" von D. R. K. Brownrigg [7].

## 2 Grundlegender Algorithmus

Alle der hier vorgestellten Filter gehen bei der Bearbeitung des Bildes einmal durch jedes Pixel (genannt P), um es nach einer Auswertung durch ein anderes Pixel in der Umgebung (genannt N) von P zu ersetzen. Gewisse Pixel in N werden in einer Liste versammelt, nach ihrer Wertigkeit/Helligkeit sortiert und es wird ein Pixel aus der Liste ausgesucht, um P zu ersetzen. Beim Minfilter wird

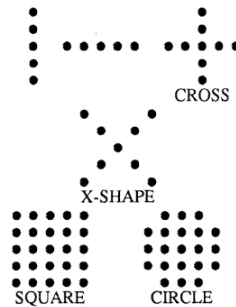


Abbildung 1: Beispiele für Fenster. Schwarze Punkte geben an, dass Pixel an dieser relativen Position Teil der Auswertung des Pixels im Zentrum des Fensters sind. (Abb. aus [4]).

das dunkelste Pixel und beim Maxfilter das hellste Pixel ausgewählt, während beim Medianfilter das Pixel in der Mitte der sortierten Liste  $P$  ersetzt. [4]

Welche Pixel aus  $N$  in die Liste eingefügt werden und welche nicht, wird durch ein Filterfenster definiert (Abb.1). Dabei entspricht  $P$  dem Pixel im Zentrum des Fensters, und ein Pixel in  $N$  wird genau dann in die Auswertung mit einbezogen, wenn die entsprechende Stelle im Fenster mit einem Punkt markiert ist. Somit können also zum Beispiel mit CIRCLE alle Pixel um  $P$  mit einem Maximalabstand betrachtet werden, oder mit SQUARE alle Pixel in einem Quadrat um  $P$ . Außerhalb des Bildrandes können Pixelwerte ergänzt werden, da diese als Umgebung von Randpixeln deren Bearbeitung beeinflussen. [4]

### 3 Effekt

#### 3.1 Min- und Maxfilter

Ist ein Pixel dunkler als dessen Umgebung, werden die Pixel in der Umgebung nach Anwendung des Minfilters auf den Wert des dunklen Pixels gesetzt, nach Anwendung des Maxfilters wird das Pixel durch das hellste Pixel in der Umgebung ersetzt. Ist ein Pixel heller als dessen Umgebung, verhält es sich genau anders herum. Somit verkleinert ein Minfilter helle Flächen und vergrößert dunkle Flächen, während ein Maxfilter helle Flächen vergrößert und dunkle Flächen verkleinert. Damit können zum Beispiel bei eingescannten Diagrammen schwarze Linien betont oder verdünnt werden.

#### 3.2 Medianfilter

Ist ein Pixel  $P$  dunkler oder heller als seine Umgebung, wird es durch den von  $P$  verschiedenen Median der Umgebung ersetzt. Kleine sehr helle oder sehr dunkle

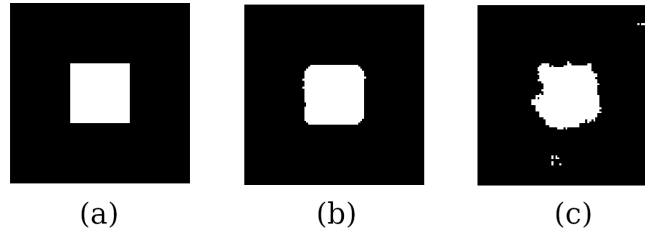


Abbildung 2: (a) Ursprüngliches Bild (b) Medianfilter mit 9x9 Quadratfenster nach Datenkorruption von (a) mit 20% Salt-and-Pepper Rauschen (c) Medianfilter mit 9x9 Quadratfenster nach Datenkorruption von (a) mit 70% Salt-and-Pepper Rauschen (eigene Abbildung).

Flecken werden somit eliminiert, weshalb Medianfilter beliebte Algorithmen gegen Salt-and-pepper-Rauschen sind. Ausserdem hat P (ausser für wenige, unrelevante Fensterformen) keinen Einfluss auf seine Umgebung, da es in der sortierten Liste der anderen Pixel nicht in der Mitte vorkommt, was den Algorithmus robust gegen (kleinflächige) Extremwerte macht. Für Bildrauschen mit Intensitäten bis zu 50% haben Medianfilter den Vorteil, dass Kanten erhalten bleiben (im Gegensatz z. B. zum Average Filter) (Abb.2), bei intensiverem Rauschen werden aber Kanten und andere Details verwischt [2] [5].

Mit der Wahl des Filterfensters lassen sich Feinheiten der Rauschentfernung und der Nebeneffekte des Filterns regulieren. So können mit einer vertikalen Linie als Fenster (siehe Abb.1) horizontale Linien ("Kratzer") mit 1-Pixel-Breite und beliebiger Länge vollständig entfernt werden; vertikale Linien bleiben aber unverändert. Entsprechend andersherum wirken horizontale Linien als Fenster [5]. Standardmässig ist die Fensterform ein Quadrat, welche 1-Pixel-breite Linien in jeglicher Richtung vollständig entfernt, jedoch (wie bei Abb.2 (b) zu erkennen) Ecken abrundet. Eine plusförmige Fensterform (siehe Abb.1) hat diesen Nebeneffekt nicht, kann dafür aber nur Flecken kleiner als das Fenster, aber keine Linien entfernen. [7]

Somit lassen sich die Rauschentfernung und Nebeneffekte mithilfe der Fensterform beschränkt regulieren, doch lassen sich damit unerwünschte Nebeneffekte nicht vermeiden. Deswegen gibt es viele Variationen und Weiterentwicklungen zum Medianfilter.

## 4 Weighted Median Filter

Folgender Abschnitt basiert auf den Artikel von D. R. K. Brownrigg [7]. Eine Weiterentwicklung bzw. Verallgemeinerung zum Medianfilter ist zum Beispiel der Weighted Median Filter (WMF), welcher es ermöglicht, jedem Punkt in der Fensterform ein ganzzahliges Gewicht zuzuweisen. Fenster werden also durch

Matrizen beschrieben wie

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Die Auswertung der Umgebung erfolgt wie bisher definiert, mit dem Unterschied, dass ein Pixel aus der Umgebung mit Gewicht  $k$   $k$ -mal in der zu sortierenden Liste aufgenommen wird. Sei also zum Beispiel  $p$  das aktuell bearbeitete Pixel und  $a$  bis  $h$  dessen Umgebung:

$$\begin{pmatrix} a & b & c \\ d & p & e \\ f & g & h \end{pmatrix} \quad (2)$$

dann wird mit dem gegebenen gewichteten Fenster (1) die Liste  $(a, b, c, d, p, p, p, e, f, g, h)$  gebildet, sortiert und dessen Median als neuen Wert für  $p$  genommen.

Tatsächlich löst diese Matrix (1) das Problem aus Abschnitt 3.2: Dünne, beliebig lange Linien werden nach Anwendung dieses Filters entfernt, während aber keine Ecken von Rechtecken abgerundet werden.

## 5 Zusammenfassung

Es wurde der grundlegende Algorithmus für nicht-lineare Rangfolgenfilter erklärt und die Effekte des Min- und Maxfilters sowie des Medianfilters mit seinen Vor- und Nachteilen gezeigt. Min- und Maxfilter können dunkle oder helle Bereiche betonen, verdünnen oder eliminieren, während Medianfilter sehr gut geeignet für Salt-And-Pepper-Rauschen sind. Mit der Fensterform lässt sich einstellen, welche Arten von Bildverfälschungen entfernt werden, jedoch bringt jedes Fenster auch seine Nebeneffekte. Der Weighted Median Filter erlaubt mit seinen flexibleren Fenstern eine mächtigere Einstellung des Filters mit gleichzeitiger Unterdrückung von Nebeneffekten.

## Literatur

- [1] R. C. Gonzalez, R. E. Woods. *Digital Image Processing*. New York, NY: Pearson, 2018.
- [2] R.H. Chan, C. Ho, M. Nikolova. SSalt-and-pepper noise removal by median-type noise detectors and detail-preserving regularization, IEEE Transactions on Image Processing, vol. 14, no. 10, Oct 2005.
- [3] B. Chanda, D. D. Majumder. *Digital Image Processing and Analysis*. PHI Learning Pvt. Ltd., 2011
- [4] I. Pitas, A. N. Venetsanopoulos. *Nonlinear Digital Filters: Principles and Applications*. Springer Science & Business Media, 2013.

- [5] C. Demant, B. Streicher-Abel, C. Garnica. *Industrial Image Processing*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.
- [6] .
- [7] D. R. K. Brownrigg, "The weighted median filter," CACM, vol. 27, no. 8, Aug 1984.