

Übung 6

Texturen

Ziel dieser Übung

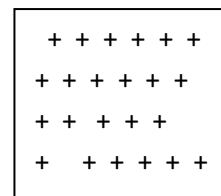
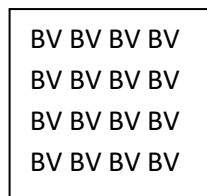
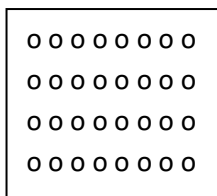
Das Ziel dieser Übung ist es, den Umgang mit wichtigen Kenngrößen zur Beschreibung von Texturen kennen zu lernen und diese Kenngrößen zur Erkennung von Webfehlern anzuwenden.

Inhalte

- Statistische Kenngrößen von Texturen (Mittelwert, Varianz, Entropie)
- Kookkurrenzmatrizen und deren Eigenschaften
- Bilderfassung, Beleuchtung, Verwendung einer Zeilenkamera
- Prüfprogrammentwicklung mit Hilfe von MATLAB

Theorie

Das Konzept von Texturen ist intuitiv, hat aber keine präzise, einheitliche Definition. Texturen werden als Strukturmerkmale von Oberflächen, z.B. von Bäumen, Wiesen und Textilien beobachtet. Der Begriff Textur bezeichnet im Allgemeinen die ^{基本纹理的重复}Wiederholung einer Basistextur, dem Texel. Ein Texel besteht aus mehreren Pixeln. **Die Anordnung kann periodisch, quasi-periodisch oder auch zufällig sein.**



Beispiel von Texturen bestehend aus einfachen Texeln

Übung 6: Texturen

Fachgebiet Industrielle Automatisierungstechnik

Statistische Momente des Grauerthistogramms

Es gibt verschiedene Methoden, um Texturen beschreiben zu können. Es werden beispielsweise statistische Kenngrößen wie Mittelwert, Varianz und Entropie der Grauwerte verwendet. Das sind die sogenannten **statistischen Momente des Grauerthistogramms**. Sie sind wie folgt definiert:

$$\begin{aligned}\text{Mittelwert:} \quad \bar{m} &= \sum_{i=0}^{N-1} g_i \cdot H(g_i) \\ \text{Varianz:} \quad \sigma^2 &= \sum_{i=0}^{N-1} (g_i - \bar{m})^2 \cdot H(g_i) \\ \text{Entropie:} \quad \varepsilon &= - \sum_{i=0}^{N-1} H(g_i) \cdot \log_2(H(g_i))\end{aligned}$$

Dabei ist g_i der Grauwert – typischerweise normiert auf den Wertebereich $[0,1]$ – und $H(g_i)$ die Häufigkeit des Grauwerts im betrachteten Bild oder Bildausschnitt. Da sich diese Kenngrößen auf das Grauerthistogramm beziehen, enthalten sie folglich auch keine ortsbezogenen Informationen. Konkret bedeutet das, dass die Anordnung der einzelnen Pixel irrelevant ist. Haben zwei Bilder das gleiche Histogramm, so haben also auch die Kenngrößen die gleichen Werte. **不相关**

这里，是灰度值--通常一化为[0,1]的数值范围--而 ()是所给的图像或图像部分中灰度值的频率。由于这些参数是指灰度值直方图，因此它们不包含任何与位置有关的信息。具体来说，这意味着单个像素的排列是不相关的。如果两幅图像具有相同的直方图，这些参数也具有相同的值。

Kookkurrenzmatrix

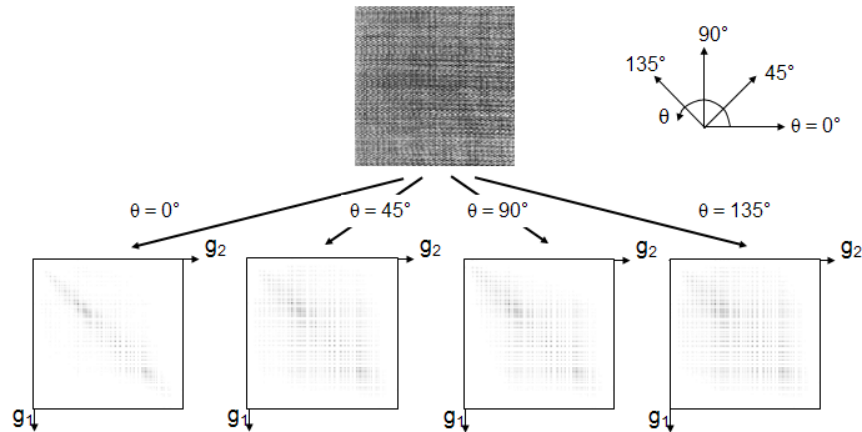
Im Gegensatz dazu ist die Kookkurrenzmatrix ein Werkzeug, mit welchem sich auch **die Anordnung der Pixel analysieren lässt**. Der Begriff Kookkurrenz („co-occurrence“) bezeichnet **das gemeinsame Auftreten zweier Grauwerte**. Zur Erstellung der Matrix werden immer zwei benachbarte Pixel betrachtet und die Häufigkeit von deren Grauwertkombination notiert. Kommt beispielsweise die Kombination (0,255) im Bild insgesamt zehn Mal vor, so steht in der Matrix an der Stelle (0,255) eine 10.

Die Kookkurrenzmatrix kann für unterschiedliche Nachbarschaften konfiguriert werden. Typischerweise wird diese Konfiguration entweder durch den Offset $[\Delta y, \Delta x]$ oder durch den Winkel θ beschrieben. Ein Winkel von 0° betrachtet **die horizontale Richtung**, d.h. jeweils ein Pixel und dessen rechten Nachbar. Das entspricht einem Offset von $[0, 1]$. Analog entspricht ein Winkel von 45° einem Offset von $[1, 1]$.

Die Kookkurrenzmatrix kann die die Struktur einer Textur häufig gut visualisieren, **jedoch ist es schwierig sie direkt maschinell auszuwerten**. Daher wurden wiederum Kenngrößen bestimmt, die sich aus der Kookkurrenzmatrix ableiten. Haralick definierte insgesamt 14 solcher Textureigenschaften. Darunter sind unter anderem Kontrast, Korrelation, Energie und Homogenität.

Übung 6: Texturen

Fachgebiet Industrielle Automatisierungstechnik



Verschiedene Konfigurationen der Kookkurrenzmatrix für eine Beispieltextur.

Aufgaben

1. Statistische Momente des Grauerthistogramms (ca. 45 Minuten)

In dieser Aufgabe werden Sie die statistischen Momente des Grauerthistogramms mit Hilfe von MATLAB implementieren und für verschiedene Bilder anwenden. Sie können dazu das vorbereitete Skript „Textureigenschaften.m“ verwenden.

- Implementieren Sie die Kenngrößen Mittelwert, Varianz und Entropie! Nutzen Sie dazu die MATLAB-Funktionen `mean`, `var` und `entropy`. Testen Sie Ihr Programm mit Hilfe der Bilder 1-4 und interpretieren Sie die Ergebnisse! Warum ist es nicht möglich, die Bilder 1, 2 und 4 mit Hilfe dieser Kenngrößen voneinander zu unterscheiden?

Hinweis: Mit `img(:)` können Sie die Bildmatrix in einen Vektor überführen, um o.g. Funktionen nutzen zu können.

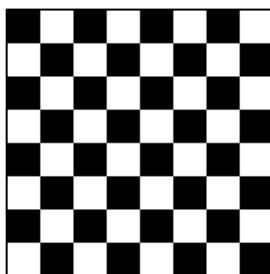


Bild 1

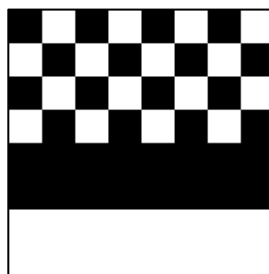


Bild 2

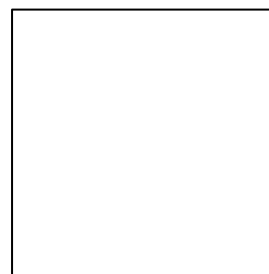


Bild 3

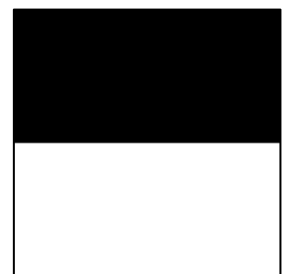


Bild 4

Übung 6: Texturen

Fachgebiet Industrielle Automatisierungstechnik

```
bild_nr = 1;

img_name = ['Bilder/Bild', num2str(bild_nr), '.png']; % bild einlesen
img = imread(img_name);

if (size(img,3)==3) %auf einen kanal reduzieren und auf werte zwischen 0 und 1
normieren
    img = rgb2gray(img);
end
```

- b. Die Bilder 5-10 sind verschiedene Realbeispiele: Steinstrand, Krokodilleder, Gras, Gasbeton, Teppich und Holz. Berechnen Sie für diese Bilder die statistischen Momente und diskutieren Sie, wie Sie die verschiedenen Texturen anhand der Kenngrößen unterscheiden können!



Bild 5

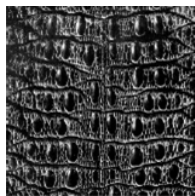


Bild 6



Bild 7

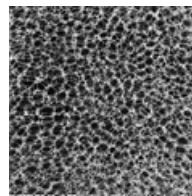


Bild 8

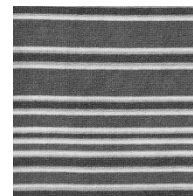


Bild 9



Bild 10

2. Eigenschaften der Kookkurrenzmatrix (ca. 45 Minuten)

In dieser Aufgabe werden Sie sich eingehender mit Kookkurrenzmatrizen und den daraus ableitbaren Kenngrößen beschäftigen.

- a. Berechnen Sie zunächst von Hand die Kookkurrenzmatrix in horizontaler Richtung (Offset [0, 1]) für ein Bild mit einer Bittiefe von 2 Bit! Das Bild setzt sich aus den folgenden Grauwerten zusammen:

1	0	1	3
2	1	0	3
1	3	0	2
1	1	3	2

- b. Erweitern Sie nun Ihr Skript aus Aufgabe 1 um die Berechnung und Anzeige der Kookkurrenzmatrix! Verwenden Sie die Funktion `graycomatrix` für die Berechnung. Mit dem Parameter `Offset` können Sie die Nachbarschaft bestimmen. Testen Sie kurz mit Hilfe der verfügbaren Bilder und variieren Sie zusätzlich den Parameter `NumLevels`. Was macht dieser Parameter und welche Einstellung finden Sie sinnvoll?
- c. Berechnen Sie zusätzlich die Eigenschaften der Kookkurrenzmatrix: Kontrast, Korrelation, Homogenität und Energie! Nutzen Sie dazu die Funktion `graycoprops`. Berechnen Sie die Kenngrößen für die Realbeispiele. Können die Texturen mit Hilfe dieser Kenngrößen nun besser unterschieden werden, als durch die statistischen Momente des Grauwertistogramms?

Übung 6: Texturen

Fachgebiet Industrielle Automatisierungstechnik

3. Gemeinsames Experimentieren am Versuchsstand (ca. 45 Minuten)

Für die Inspektion von Endlosmaterialien werden typischerweise Zeilenkameras benutzt. Die in der Übung verwendete Prosilica GC 1290C ist zwar eine Matrixkamera, kann aber auch als Zeilenkamera konfiguriert werden. Dabei werden Bilder mit einer Höhe von einem Pixel aufgenommen und anschließend für die Verarbeitung zusammengesetzt. Auf das zusammengesetzte Bild können dann die bei den vorherigen Aufgaben getesteten Kenngrößen verwendet werden. Hierzu sollen zunächst theoretische Betrachtungen gemacht werden und diese dann kurz gemeinsam mit dem Übungsleiter am Versuchsstand validiert werden.

- a. Um die Zeilenbilder zu einem unverzerrten Bild zusammensetzen zu können, muss die Framerate der Kamera auf die Laufgeschwindigkeit des Materials abgestimmt werden. Die Framerate hängt im Freerun-Modus der Kamera maßgeblich von der eingestellten Belichtungszeit ab. Das Material bewegt sich bei unserem Aufbau mit 5 mm/s am Umfang des Zylinders. Die Optiken sind so gewählt, dass 640 Pixel im Bild 106 mm am Objekt entsprechen. Berechnen Sie die Framerate mit der die Bilder aufgenommen werden müssen, um eine unverzerrte Darstellung zu erreichen!
- b. Nun sollen Sie den Webfehler in dem schwarz-weiß gemusterten Stoff finden:



Das schräge Webmuster ist an einer Stelle unterbrochen und wird fälschlicherweise gerade fortgeführt. Dieser Fehler soll erkannt werden.

Überlegen und begründen Sie, welche Einstellungen der Kookkurrenzmatrix sinnvoll sein könnten (bzgl. `NumLevels` und `Offset`). Diskutieren Sie, welche Eigenschaft der Kookkurrenzmatrix am besten geeignet sein könnte, um den Webfehler zuverlässig zu detektieren!