

Übung 3: Kantenbasierte Segmentierung

Fachgebiet Industrielle Automatisierungstechnik

Übung 3

Kantenbasierte Objektsegmentierung

Ziel dieser Übung

Das Ziel dieser Übung ist es, den Umgang mit Kantendetektoren zu erlernen. Aufbauend auf der Segmentierung mit Hilfe von Schwellwerten in der letzten Übungseinheit wird die Objektsegmentierung nun durch die Verwendung von Kantenmerkmalen unterstützt.

Inhalte

- Skriptentwicklung mit Matlab
- Objektsegmentierung auf Basis von Kanteninformationen
- Vergleich konventioneller Kantendetektoren mit Canny Algorithmus

Theorie – Bildvorverarbeitung / Objektsegmentierung

In den vorherigen Übungen, haben wir bereits mit der Objektsegmentierung begonnen. Dies erfolgte zunächst auf Basis der Grauwerte. Bereiche mit stark unterschiedlichen Grauwerten konnten problemlos segmentiert werden (Bsp. Muttern zählen). Während bei der Erkennung von Bauteilen auf einer Platine Nachbearbeitungsschritte wie morphologische Operatoren eine saubere Segmentierung ermöglichten, konnte das Pumpengehäuse nur mit Hilfe von Bildarithmetik (Hintergrundsubtraktion, Maskierung) segmentiert werden. Das Vorhandensein derselben Grauwerte im Objekt und im Hintergrund erschwerte an dieser Stelle die Bildverarbeitung. Für die Realisierung der Segmentierung genügt es nun nicht mehr, lediglich die Intensitäten zu verwenden. Stattdessen werden wir gradientenbasiert arbeiten. Dies ist grundsätzlich auch robuster gegenüber Veränderungen in der Helligkeit der Bilder.

In der vergangenen Übung haben wir bereits angefangen uns mit der Objektsegmentierung zu beschäftigen. Dies erfolgte zunächst auf Basis der Grauwerte. Bereiche mit stark unterschiedlichen Grauwerten konnten problemlos segmentiert werden (Bsp. Muttern zählen). Während bei der Erkennung von Bauteilen auf einer Platine Nachbearbeitungsschritte wie morphologische Operatoren eine saubere Segmentierung ermöglichten, konnte das Pumpengehäuse nur mit Hilfe von Bildarithmetik (Hintergrundsubtraktion, Maskierung) segmentiert werden. Das Vorhandensein derselben Grauwerte im Objekt und im Hintergrund erschwerte an dieser Stelle die Bildverarbeitung. Für die Realisierung der Segmentierung genügt es nun nicht mehr, lediglich die Intensitäten zu verwenden. Stattdessen werden wir gradientenbasiert arbeiten. Dies ist grundsätzlich auch robuster gegenüber Veränderungen in der Helligkeit der Bilder.

Im Fokus der Übung liegt die Kantendetektion, deren Operatoren auch Kantenfilter genannt werden. Allen Kantenfiltern ist gemein, dass sie zur **Detektion von Kanten die räumliche Grauwertänderung** verwenden. Eine Kante ist in Abbildung 1 zu sehen. Auf der Ordinate sind die Grauwerte aufgetragen, auf der Abszisse die räumliche Ausdehnung x (beispielsweise entlang eines Linienprofils im Bild). Der Verlauf der Grauwerte sieht in der Abbildung kontinuierlich aus, ist typischerweise jedoch diskret.

Der Fokus der Übung liegt auf der Kantendetektion, deren Operatoren auch Kantenfilter genannt werden. Allen Kantenfiltern ist gemein, dass sie zur Detektion von Kanten die räumliche Grauwertänderung verwenden. Eine Kante ist in Abbildung 1 zu sehen. Auf der Ordinate sind die Grauwerte aufgetragen, auf der Abszisse die räumliche Ausdehnung x (beispielsweise entlang eines Linienprofils im Bild). Der Verlauf der Grauwerte sieht in der Abbildung kontinuierlich aus, ist typischerweise jedoch diskret.

Übung 3: Kantenbasierte Segmentierung

Fachgebiet Industrielle Automatisierungstechnik

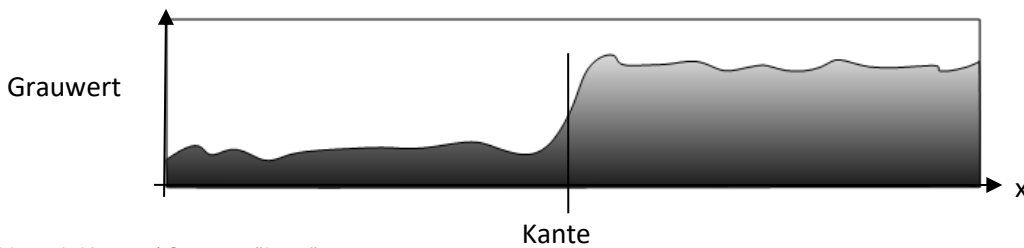


Abbildung 1: Kanten / Grauwertübergänge

Die Kante befindet sich an der Stelle der starken Grauwertänderung, die durch einen Strich markiert ist. Die Aufgabe der Kantenfilter ist es, diese Grauwertänderungen hervorzuheben und die Bereiche die keine bzw. geringe Grauwertänderungen haben zu unterdrücken. In diesem Zusammenhang ist jedoch anwendungsabhängig, wie groß eine Grauwertänderung sein muss, um tatsächlich auch einer Kante zu entsprechen.

Kantenfilter 1. Ordnung basieren auf dem Gradienten und liefern nicht nur den Betrag des Gradienten sondern auch deren Richtung, wie in Abbildung 2 gezeigt. Beim Betragsbild entspricht der Grauwert der Steilheit der Kante und beim Richtungsbild der Richtung mit dem höchsten Gradientenbetrag.

Ein Kantenfilter liefert nicht nur die Richtung der Kante, sondern auch den Betrag des Gradienten. Ein Kantenfilter liefert nicht nur die Richtung der Kante, sondern auch den Betrag des Gradienten. Ein Kantenfilter liefert nicht nur die Richtung der Kante, sondern auch den Betrag des Gradienten.

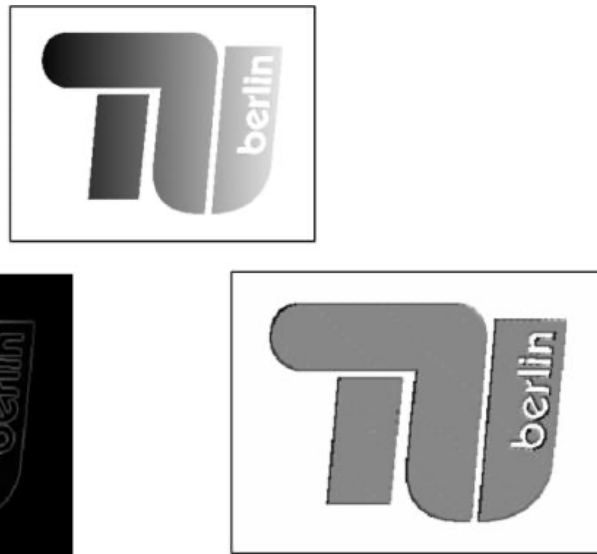


Abbildung 2: Die Funktionsweise des Kantenfilters. Oben das Eingangsbild, unten links das Betragsbild und unten rechts das Richtungsbild. In der Horizontalen sind Hell-Dunkel Übergänge bspw. schwarz dargestellt, wohingegen Dunkel-Hell Übergänge weiß dargestellt sind.

Um eine Grauwertänderung betrachten zu können, muss verständlicherweise der Grauwert des betrachteten Bildpunktes mit mindestens einem Grauwert eines benachbarten Bildpunktes verglichen werden. Das folgende Beispiel stellt die Funktionsweise eines Kantenfilters anhand der Betragsberechnung der Gradienten dar. Die vier vorkommenden Grauwerte [0, 1, 2, 3] werden über die Tabelle [schwarz, dunkelgrau, hellgrau, weiß] visualisiert. Der Gradient berechnet sich durch die Differenz des Grauwertes des betrachteten Bildpunktes und des rechts benachbarten Bildpunktes entsprechend der in Abbildung 3 gezeigten Maske. Der betrachtete Bildpunkt ist gestrichelt umrandet. Die Grauwerte außerhalb des Bildes sind am Bildrand gespiegelt.

Übung 3: Kantenbasierte Segmentierung

Fachgebiet Industrielle Automatisierungstechnik

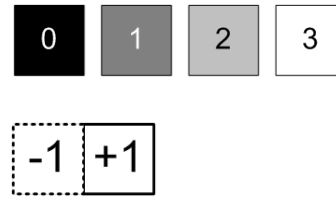
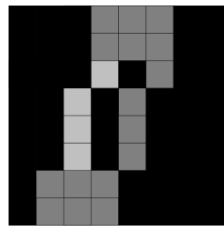
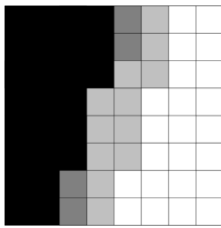


Abbildung 3: Die Funktionsweise eines Kantenfilters. Links das Eingangsbild und rechts das Ausgangsbild mit den Gradientebeträgen des horizontalen Gradienten entsprechend nebenstehender Maske. Der betrachtete Bildpunkt ist gestrichelt umrandet.

只有通过额外的正交梯度，在这种情况下是垂直梯度，才能有意义地确定高亮边缘的方向。在图4中可以看到左边所示的输入图像的垂直梯度。计算时使用了所附面具。

Eine sinnvolle Bestimmung der Richtung der hervorgehobenen Kante kann nur durch einen zusätzlichen orthogonalen Gradienten, in diesem Fall einen vertikalen, ermittelt werden. Der vertikale Gradient des links gezeigten Eingangsbildes ist in Abbildung 4 zu sehen. Zu Berechnung wurde die beigefügte Maske verwendet.

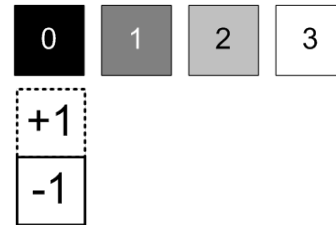
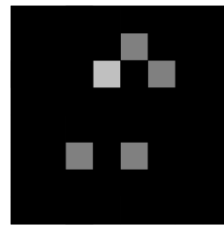
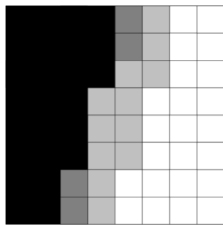


Abbildung 4: Der vertikale Gradient entsprechend nebenstehender Maske. Der betrachtete Bildpunkt ist gestrichelt umrandet.

然后可以从两个正交的绝对图像中生成以下方向性图像。方向用灰色的数值来象征。灰色数值的白色标志着没有方向信息的区域。方向是根据所示的草图绘制的。

Aus den beiden orthogonalen Betragsbildern lässt sich dann folgendes Richtungsbild erzeugen. Die Richtungen werden über Grauwerte symbolisiert. Der Grauwert Weiß markiert Bereiche, die keine Richtungsinformation besitzen. Die Richtung wird entsprechend der dargestellten Skizze aufgetragen.

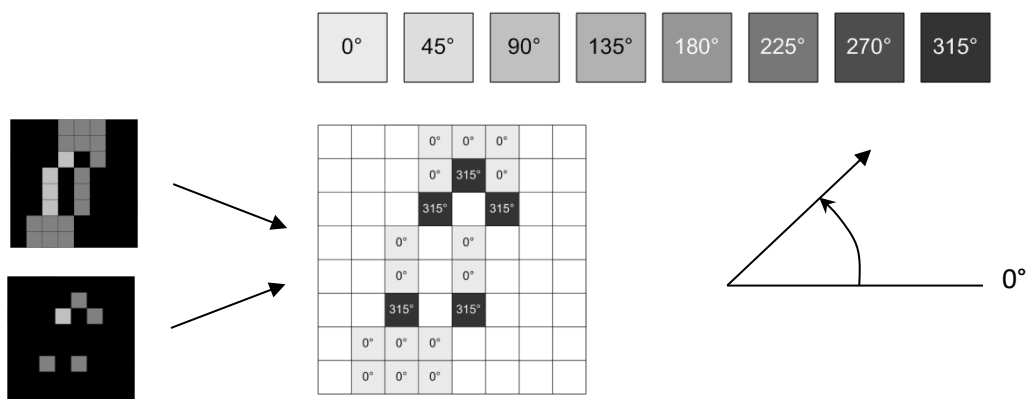


Abbildung 5: Das Richtungsbild

Übung 3: Kantenbasierte Segmentierung

Fachgebiet Industrielle Automatisierungstechnik

Es existieren verschiedene Formen von Kantenfiltern auf Gradientenbasis, wie beispielsweise die Roberts, Prewitt und Sobel Operatoren. Kantenfilter 2. Ordnung bedienen sich statt der 1. Ableitung (Gradient) der 2. Ableitung. In dem Betragsbild entsprechen dann die Nulldurchgänge der Kante. Ein Beispiel hierfür ist der Laplace-Operator.

Im Zusammenhang mit Kantenfiltern besteht häufig der Wunsch ein binäres Bild zu erstellen, in dem ein Pixel entweder als Kantenpixel markiert ist oder nicht. Dies ist beispielsweise eine Voraussetzung für die Verwendung der Hough-Transformation, mit der wir in der nächsten Übungseinheit experimentieren werden. Ein einfacher Schwellwert auf das Betragsbild führt jedoch in der Regel nicht zu einem zufriedenstellenden Ergebnis, weshalb hierfür der Canny-Algorithmus verwendet wird.

Der Canny-Algorithmus besteht aus vier wesentlichen Schritten:

1. Glättung des Bildes durch einen Gaußfilter 用高斯滤波器对图像进行平滑处理
2. Berechnung von Betrag und Richtung der Gradienten mittels Sobel-Operator 通过索贝尔算子来计算梯度的大小和方向
3. Unterdrückung der Nicht-Maxima in Gradientenrichtung 抑制梯度方向上的非峰值
4. Hysterese 滞后
第3步用于准确定位，以及将边缘缩减到刚好一个像素的宽度。滞后是一种对图像进行二值化的2个阈值方法

Schritt 3 dient dabei der genauen Lokalisierung sowie der Verjüngung der Kante auf eine Breite von genau einem Pixel.

Die Hysterese ist ein 2-Schwellwert-Verfahren zur Binarisierung des Bildes.

有各种形式的基于梯度的边缘滤波器，如Roberts、Prewitt和Sobel算子。二阶边缘滤波器使用二阶导数而不是一阶导数（梯度）。在幅值图像中，零点交叉点就对应于边缘。这方面的一个例子是拉普拉斯算子。与边缘过滤器有关的是，人们常常希望创建一个二进制图像，其中一个像素要么被标记为边缘像素，要么不被标记。例如，这是使用Hough变换的先决条件，我们将在下一个练习单元中进行实验。然而，对幅度图像的简单阈值通常不会导致一个令人满意的结果，这就是为什么Canny算法被用于此。

Übung 3: Kantenbasierte Segmentierung

Fachgebiet Industrielle Automatisierungstechnik

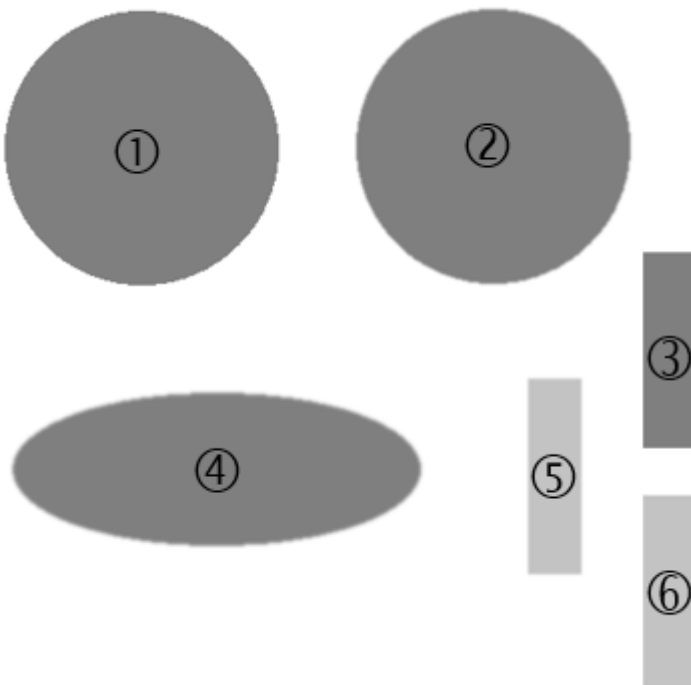
Aufgaben

Die Bearbeitung der Aufgaben soll innerhalb des Matlab Live Scripts „Uebung3-Objektsegmentierung.mlx“ erfolgen.

1. Analyse von Merkmalen, gradientenbasierte Segmentierung (60-90 Min)

- Zu sehen ist ein Bild mit zu segmentierenden Objekten. Notieren Sie zu jedem Objekt mögliche Merkmale die zur Segmentierung verwendet werden können. Welche sind die aus Ihrer Sicht die jeweils herausstechendsten Merkmale? Begründen Sie.

你可以看到一张带有要分割的对象的图片。对于每个物体，写下可用于分割的可能特征。在你看来，每个案例中最突出的特点是什么？说明理由。



- Erstellen Sie mithilfe der Funktion `imbinarize` ein Script, das eine Segmentierung der Objekte 1 und 3 ermöglicht. Warum ist hier eine Segmentierung allein mit einem Schwellwert nicht möglich?

- Verwenden Sie die Funktion `imgradientxy` zur Berechnung der Richtungsgradienten in X- und Y-Richtung. Stellen Sie die berechneten Bilder nebeneinander dar. Berechnen Sie aus diesen Bildern mit `imgradient` das Betrags- und das Richtungsbild und stellen Sie diese ebenfalls nebeneinander dar.

Übung 3: Kantenbasierte Segmentierung

Fachgebiet Industrielle Automatisierungstechnik

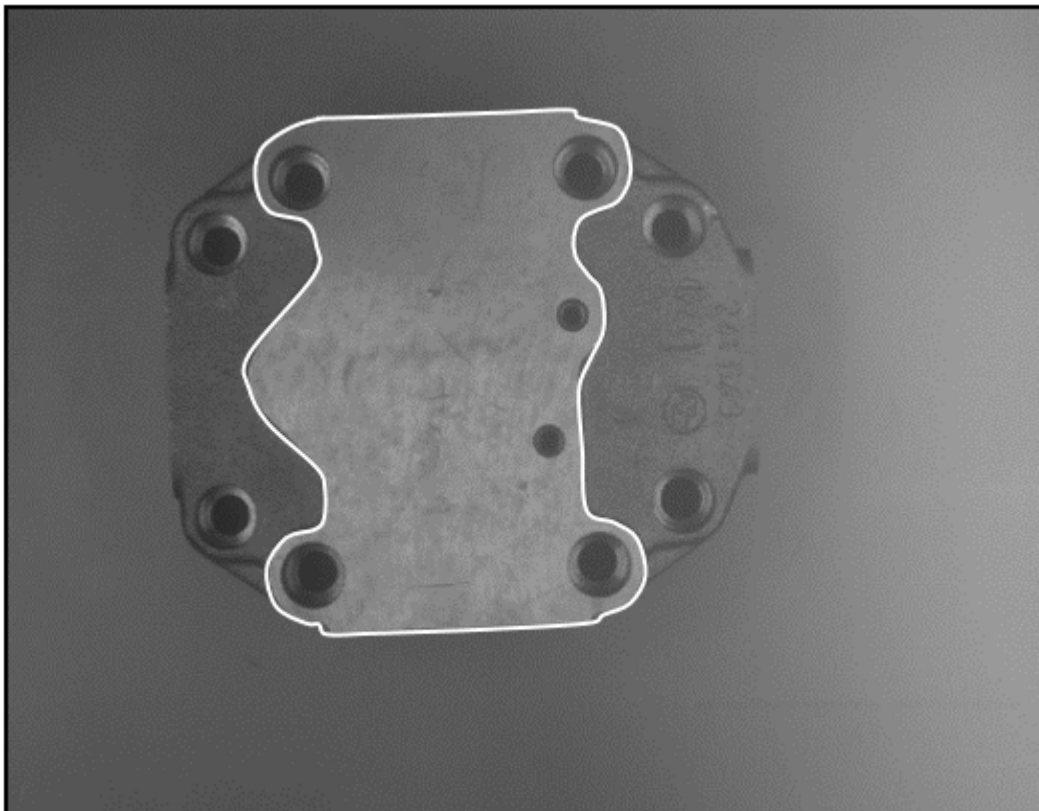
- Segmentieren Sie anhand des Betragsbildes die Objekte 1 und 3. Stellen Sie es als ausgefüllte Kontur dar (imfill)

- Verwenden Sie jetzt die Funktion edge, um die Objekte 1 und 3 zu segmentieren.

- Erstellen Sie ein Skript, das eine Segmentierung des Objektes 2 ermöglicht.

2. Gradientenbasierte Segmentierung des Pumpengehäuses (20-30 Min)

- Versuchen Sie nun mit Hilfe der neu erlernten Methoden die weiß umrandete Fläche des Pumpengehäuses (Bild1.png) zu segmentieren.



Übung 3: Kantenbasierte Segmentierung

Fachgebiet Industrielle Automatisierungstechnik

- Ist es auch möglich, das Pumpengehäuse vollständig zu markieren? Welche Schwierigkeiten treten auf?
- Testen Sie Ihr Skript auch an dem etwas verschobenen Gehäuse in „Bild3“.

3. Vergleich Kantenfilter 1. Ordnung vs. Canny-Algorithmus (30-45 Min)

- Um ein Gefühl für den Unterschied zwischen einem konventionellen Kantenfilter und dem Canny-Algorithmus zu bekommen, soll ein Script erstellt werden, das beide Operationen miteinander vergleicht. Verwenden Sie dazu die Funktion `edge` und wählen Sie als Methode Canny aus. Stellen Sie die Bilder mit dem konventionellen Kantenfilter und dem Canny-Algorithmus nebeneinander dar.

- Wenn Sie das Script nun ausführen, können Sie die beiden Varianten zur Kantendetektion vergleichen. Variieren Sie die Parameter und diskutieren Sie Ihre Beobachtungen. Können Sie die Vorteile des Canny-Algorithmus nachvollziehen?
- Schauen Sie sich auch das Bild „Platte1“ an – für dieses Objekt werden wir in der nächsten Übungseinheit eine Geradenerkennung auf der Basis des Kantenbildes durchführen.