

läufigkeit. Während kausale – oder besser Daten- – Abhängigkeiten eine (per definitionem) transitive Ordnung fordern und das technische Erfordernis der Synchronisierung klar herausstellen, hält sich der Pas-

sus damit auf, dass das Komplement dieser Ordnung natürlicherweise nicht transitiv ist.

Es scheint mir auch zweifelhaft, ob für ‚Information‘ ein Erhaltungssatz gelten kann. Sie kann durch

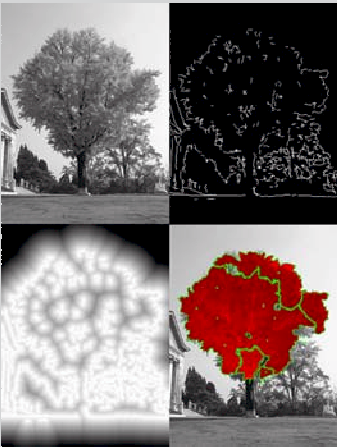
fan-out und Kopieren vervielfältigt werden und andererseits durch bloßes Altern weniger werden.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Wolfgang Everling

i

Zum Titelbild



Höhenbildbasierte Segmentierung

Unter Segmentierung versteht man die Partitionierung eines Bildes in zusammenhängende Bereiche. In der Regel möchte man Objekte, wie etwa in diesem Beispiel (o.l.) den Baum im Vordergrund, von anderen Bildbereichen wie z.B. dem Hintergrund trennen. Die Herausforderung besteht darin, dass semantisch zusammengehörende Bereiche nicht unbedingt auch eine ähnliche Struktur im Bild aufweisen. Umgekehrt können auch nicht zusammengehörende

Bereiche eine ähnliche Erscheinung haben, wie z.B. hier der Baum rechts im Hintergrund.

Das Titelbild zeigt als Lösungsansatz die einzelnen Schritte eines kantenbasierten Segmentierungsverfahrens. Im ersten Schritt wird aus dem Ausgangsbild (o.l.) ein binäres Kantenbild (o.r.) generiert. Der verwendete Kantenfilter basiert auf einem erweiterten Kantenoperator, der zunächst separat für horizontale und vertikale Hell/Dunkel- bzw. Dunkel/Hell-Übergänge angewandt wird. Die auf diese Weise erzeugten Kantenbilder werden anschließend Tiefpass gefiltert, potenziert und mit einem Schwellwert in binäre Kantenbilder gewandelt, so dass nur die dominantesten Kanten übrig bleiben. In einem weiteren Schritt werden die so entstandenen Kanten noch weiter ausgedünnt. Anschließend werden die resultierenden Kantenbilder zu einem einzigen Kantenbild zusammengefügt.

Basierend auf diesem Bild wird nun ein Höhenbild (u.l.) erzeugt, indem für jeden Pixel der Abstand zur nächstliegenden Kante bestimmt wird. Je größer

der Abstand ist, desto dunkler sind die Pixel im Höhenbild. Mit Hilfe eines Watershed-Algorithmus können schließlich Segmente aus dem Höhenbild berechnet werden. Die Grundidee des Watershed-Algorithmus läßt sich mit folgender Analogie beschreiben: Man stelle sich eine Landschaft dem Höhenbild entsprechend vor. Im Laufe der Zeit steigt der Grundwasserspiegel immer weiter an und beginnt, die tiefsten Täler mit Wasser zu füllen. Immer dann, wenn das Wasser droht, von einem Tal in ein benachbartes Tal überzulaufen, wird an der entsprechenden Stelle ein Damm errichtet, um das Überlaufen zu verhindern. Ist die komplette Landmasse mit Wasser bedeckt und ragen nur noch die Dämme aus dem Wasser, terminiert der Algorithmus und die Dämme bilden die Segmentierung des Bildes. Jedes Segment hat dabei seinen Ursprung in einem lokalen Minimum des Höhenbildes. Dies kann u.U. zu einer Übersegmentierung des Bildes führen. Ein geeignetes Mittel, eine solche Übersegmentierung zu verhindern, liegt darin, sogenannte „Marker“ zu verwenden. Im übertragenen Sinne

beschreiben Marker die Stellen, an denen Grundwasser zu Tage treten kann, und beschränken so im Vorhinein die Anzahl der Segmente. Täler, also lokale Minima, die keinen Marker erhalten, werden nicht durch Dämme geschützt. Sie werden irgendwann von einem der benachbarten Täler aus geflutet und dem entsprechenden Segment des Nachbartales zugeordnet. Wo die Marker zu platzieren sind, hängt vom konkreten Anwendungsfall ab. Dadurch bieten die Marker die Möglichkeit, entsprechend anwendungsbezogenes

Spezialwissen in den Algorithmus einfließen zu lassen. Jedoch kann der Einsatz von Markern eine Übersegmentierung des Bildes nicht in jedem Fall verhindern. Aus diesem Grund werden in einem Nachbearbeitungsschritt ähnliche benachbarte Segmente miteinander verschmolzen.

Das Bild unten rechts zeigt beispielhaft einen Teil der erzeugten Segmente. Der beschriebene Algorithmus zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass er die Fähigkeit besitzt, auch große Lücken in der Kontur der jeweiligen Objekte zu tolerieren. In

diesem Fall ist eine große Lücke in der oberen Kontur der Baumkrone zu erkennen (o.r.) und dennoch bilden die an dieser Stelle erzeugten Segmente die Form der Baumkrone nach. Der vorgestellte Algorithmus wurde im Rahmen einer Diplomarbeit an der Universität Dortmund entwickelt.

*Jochen Kerdels,
Deutsches Forschungszentrum
für Künstliche Intelligenz,
Labor Bremen*

*Gabriele Peters,
Universität Dortmund*