

Bildverarbeitung als Anwendungsgebiet

Anja Felgenhauer

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
anja.felgenhauer@st.ovgu.de

Zusammenfassung. In dieser Arbeit werden verschiedene Aspekte der Bildverarbeitung beleuchtet. Nach einem Überblick beziehen sich die Kapitel auf die Unterbereiche Analyse, Segmentierung und Klassifikation. Es werden verschiedene Meilensteine der Wissenschaft benannt und auf die Methoden eingegangen.

1 Einleitung

Der Aufgabenbereich der Bildverarbeitung ist in den 60er Jahren des 19. Jahrhunderts entstanden. Durch den technischen Fortschritt und das Entstehen des Computerzeitalters eröffneten sich völlig neue Möglichkeiten der Analyse und Weiterverarbeitung entstandener Bilder. Unter Bildverarbeitung versteht man die rechnergestützte Grundlage zur automatischen Verarbeitung von Bildern. Das Ziel der Bildverarbeitung ist es, Prozesse zu automatisieren, die sehr zeit- und arbeitsaufwendig sind, aber den selben Ablauf haben. Dies ist ein wichtiger Aspekt für die Wirtschaft, die Medizin, die Technik und die Industrie.

Durch die Entwicklung von immer leistungsfähigeren Rechnern ist es möglich, immer breiter und vielseitiger werdende Anwendungsbereiche der Bildverarbeitung zu entwickeln. Dadurch wird oft eine kostengünstigere Produktion oder Behandlung möglich, was wiederum sehr profitabel für die Wirtschaft ist. Die Bildverarbeitung hilft uns Entscheidungen, zum Beispiel über die Qualität von Produkten oder die Diagnose von Krankheiten, aufgrund von Bildern zu treffen. In früherer Zeit wurde diese Aufgabe von Menschen übernommen. Allerdings können Maschinen diese Aufgabe präziser und schneller ausführen.

Menschen nehmen die Welt über ihre Sinne wahr. Einer dieser Sinne ist der optische Sinn, welcher die aufgenommenen Bilder ans Gehirn weiter leitet, wo sie dann in Informationen umgewandelt werden. Bei der Bildverarbeitung wird die Umwandlung des Bildes in eine Information und die Analyse dieser Information von einem Computer übernommen.

Die Bildverarbeitung sollte nicht mit der Bildbearbeitung verwechselt werden. Der Unterschied zwischen Bildverarbeitung und Bildbearbeitung besteht in der Art, wie sie mit den Bildern umgehen. Unter Bildverarbeitung versteht man das Beschreiben von Bildinformationen durch Algorithmen. Diese Algorithmen sind validierbar, das heißt, sie wurden

auf ihre Einsetzbarkeit in diesem Bereich geprüft. Deshalb werden die Algorithmen zur Extraktion der Bildinformationen genutzt. Im Bereich der Bildverarbeitung gibt es eine exakte Definition der Bildinformation, welche für den Umgang mit diesem Begriff, wichtig ist.

Bei der Bildbearbeitung hingegen geht es um die Verbesserung eines Bildes. Dabei ist zu beachten, dass die Entscheidung, was man unter einer Verbesserung versteht, immer eine subjektive Entscheidung ist. Das gleiche gilt auch für den Methodeneinsatz zur Bildbearbeitung. Welche Methode der Einzelne für besser erachtet, ist ebenfalls eine subjektive Entscheidung.

Ein wichtiges Problem ist, die Informationen in Bildern zu finden. Hierfür haben sich verschiedene Möglichkeiten und Ansätze ergeben ([5],[12]).

2 Teilgebiete der Bildverarbeitung

Im Bereich der Bildverarbeitung, haben sich im Laufe der Jahre mehrere Teilgebiete herauskristallisiert. In dieser Arbeit wird auf folgende Aspekte eingegangen:

- Bildanalyse
- Bildsegmentierung
- Bildklassifikation

Im folgenden sollen die Bereiche der Bildverarbeitung zueinander in Beziehung gesetzt werden, veranschaulicht durch Figur 1. Wie in der Einleitung erklärt, werden die Bilder erst bearbeitet, bevor mit der Bildverarbeitung angefangen wird. Man kann jedoch die Bildbearbeitung und die Bildverarbeitung, je nach Bedarf, auch unabhängig voneinander durchführen.

steht die Bildbearbeitung vor der Bildverarbeitung, beziehungsweise einzeln. Dies dient der Verbesserung der Bildqualität aus ästhetischen Gründen. Die Bildverarbeitung legt einen höheren Wert darauf, Informationen aus Bildern zu gewinnen. Dafür kann auch auf Verfahren der Bildbearbeitung, wie Kantenglättung und Filterung, zurückgegriffen werden.

Die Bildverarbeitung selbst, kann nun in die Analyse der Bilddaten durch mathematische Methoden, die Segmentierung des Bildes in einzelne Teilgebiete, oder die Klassifikation von Bildern in bestimmte Kategorien unterteilt werden.

Wie jedoch der Figur 1 zu entnehmen, können die einzelnen Aspekte der Bildverarbeitung in einem Projekt nacheinander erfolgen, müssen jedoch nicht. So kann durch eine Merkmalsextraktion (Analyse von Grauwerten beispielsweise), direkt nach der mathematischen Analyse über Vektorrechnungen zu einer Klassifikation gelangt werden.

Segmentierung kann unter Umständen auch vor der Analyse erfolgen. So wäre es möglich, dass interaktiv eine Segmentierung erfolgt. Das Bild ist somit in Regionen unterteilt, welche dann analysiert werden.

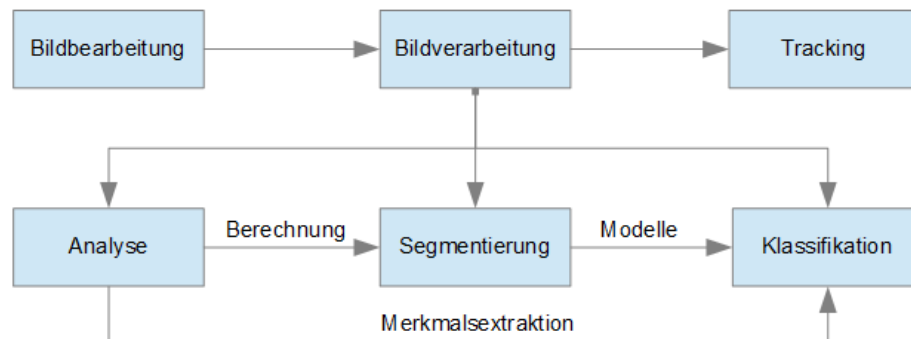


Abb. 1. Beziehung der Teilgebiete

2.1 Bildanalyse

Die Bildanalyse beschäftigt sich meist mit grundlegenden mathematisch basierten Methoden. Ziel ist es, Informationen aus dem Bild zu gewinnen. Diese können dann für weitere Verarbeitungen genutzt werden, beispielsweise um das Bild zu segmentieren (siehe folgender Abschnitt). Alternativ können die berechneten quantitativen Informationen aus den Bildern genutzt werden, um Bilder im weiteren Verlauf klassifizieren zu können, das heißt, sie in bestimmte Kategorien einzuordnen.

Grundlegend können Bilder für Berechnungszwecke als Matrizen repräsentiert werden. Auf diesen Matrizen können dann Operationen durchgeführt werden, etwa um die Grauwerte im Bild zu analysieren, die Intensität des Bildes zu manipulieren, oder bestimmte Frequenzbereiche im Bild (Kanten oder Rauschen) hervorzuheben.

2.2 Bildsegmentierung

Die Segmentierung dient dazu, Bilder anhand von subjektiven Kriterien in einzelne Bereiche zu unterteilen. Dabei werden Pixel oder *Voxel*, welche als 3D-Pixel verstanden werden können, nach bestimmten Homogenitätskriterien in Regionen zusammengefasst. Diese nach Informationen zusammengefassten Regionen werden wiederum als Segmente bezeichnet. Wenn diese Segmente zusammen ein Gebiet bilden, werden diese als zusammenhängend bezeichnet. Zu beachten ist, dass jedes Segment seine eigene Bedeutung hat, wohingegen die verschiedenen Pixel in einem Segment alle die gleiche Bedeutung haben.

Zu beachten sind auch die Fälle, in denen es eine vollständige oder eine überdeckungsfreie Segmentierung gibt. Unter vollständig versteht man, dass jedes Pixel einem Segment zugeordnet ist. Überdeckungsfrei hingegen heißt, dass jedes Pixel höchstens einem Segment zugeordnet ist. Die Zielsetzung der Segmentierung ist allerdings, dass jedes Pixel genau einem Segment zugeordnet wird.

2.3 Bildklassifikation

Die Klassifizierung ist eine Form, um Objekte zu Gruppen oder auch Klassen genannt zusammenzufassen. Dabei werden komplexe Objekte entweder in mehrschichtige Strukturen eingeteilt oder aber abstrahiert. Anhand von einheitlichen, objektorientierten Kriterien werden die Daten über eine genaue Betrachtung in eine vorher ausgearbeitete Ordnung gebracht. Dadurch werden reale Informationen geplant strukturiert. Die Mustererkennung basiert, zum Beispiel, auf einer automatisierten Klassifikation.

Bei der Klassifikation muss man allerdings aufpassen, denn ein Fehler bei der Vorgehensweise oder bei der Einordnung von Objekten kann zu falschen Ergebnissen führen.

3 Ausgewählte Methoden der Bildverarbeitung

3.1 Bildanalyse

Insbesondere im Bereich der medizinischen Bildanalyse ist die Intensität des Bildes, also die Grauwerte im Bild, relevant. Um Auskunft über die Texturen von Objekten zu bekommen, welche im Bild zu analysieren sind, kann die Position einzelner Pixel zueinander hilfreich sein. Hierfür kann entweder eine Grauwertanalyse erfolgen, oder eine direkte Anpassung der Grauwerte.

Die **Grauwertanalyse** dient der Texturanalyse von Bilddaten. Sie wurde von Robert M. Haralick 1973 ins Leben gerufen, die Arbeit ([2]) dient noch heute als wichtige Orientierung. Hierbei werden die Intensitätswerte von Pixeln ausgelesen. Die Nachbarschaften der Grauwerte werden daraufhin in die von Haralick entworfene Matrix (GLCM, *Gray-Level-Cooccurrence-Matrix*) gespeichert und können anschließend analysiert werden.

Texturmerkmale basieren auf der räumlichen Abhängigkeit zwischen Grauwerten einzelner Pixel. Im Prinzip wird untersucht, wie oft welcher Grauwert neben welchem Grauwert vorzufinden ist. Die Analyse dessen kann in alle 8 Richtungen erfolgen. Analysen der Haralick'schen Matrix ergeben dann etwa die Informationsdichte oder die Kontrastarmut des Bildes.

Die **Histogrammäqualisierung** ist eine andere Methode, die Verteilung der Grauwerte im Bild zu analysieren. Hierbei wird der Kontrast angepasst, um Abnormalitäten im Bild entdecken zu können. Der Ansatz wurde 1987 von Pizer et al. ([9]) verfolgt. Durch die Anpassung der Grauwertbalken, können für den Menschen nicht differenzierbare Farbunterschiede analysiert werden. Eingesetzt werden kann dies in der Qualitätsprüfung in der Werkstofftechnik, oder der Medizin, wenn ein Großteil des Bildes für den Menschen einheitlich grau wirkt, wohl aber Unterschiede aufweisen kann. Alternativ können auch grundlegend verschieden hell- oder dunkle Objekte, des gleichen Typs, somit besser auf

ihre Grauwerte analysiert werden. Ein Beispiel hierfür ist in Figur 2 zu sehen. Hier sind zwei Lymphknoten, die mit verschiedenen Ultraschallgeräten aufgenommen, und durch Äqualisierung angepasst wurden. So können ihre Texturen besser verglichen werden.

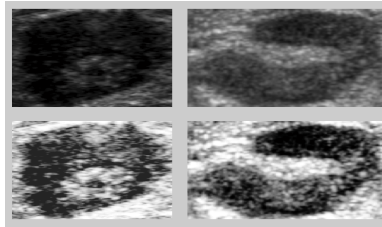


Abb. 2. Anpassung verschiedener Grauwerte [7]

3.2 Bildsegmentierung

Ziel der Bildsegmentierung ist es, das Bild in verschiedene Regionen zu unterteilen. Hierzu müssen Segmentgrenzen gefunden werden. Dies kann entweder auf Basis von Kanten oder Ähnlichkeitskriterien passieren, meist wird ein Startpunkt für die Segmentwahl vom Nutzer gesetzt ([6],[3]).

Bei **kantenbasierten** Verfahren, wie LiveWire, wird versucht, mit möglichst wenig Kostenaufwand das Bild entlangzuwandern. Hierbei ist relevant, dass die Kanten gleichzusetzen sind mit einer starken Änderung der Intensitäten oder Farben. Dies führt zu einem Gradientenanstieg, der mit hohen Überbrückungskosten verbunden ist. Betrachtet man diese Kosten als Graph, kann der Dijkstra-Algorithmus verwendet werden. Kantenbasierte Verfahren werden durch die Kosten der Kanten beschränkt. Das heißt, Pixel die von dem Startpunkt durch eine Kante getrennt sind, gehören nicht zum gleichen Segment ([8],[11],[10]).

Bei **regionenorientierten** Verfahren hingegen, wird nicht auf die Segmentkanten fokussiert, sondern auf die Inhalte innerhalb eines Segments. Es ist anzunehmen, dass Segmente relativ homogene Flächen sind. Es können daher, wie beim RegionGrowing, Homogenitätskriterien angewendet werden. Diese bestehen beispielsweise daraus, dass alle Pixel eines Segments einen ähnlichen Grau- oder Farbwert besitzen. Hierbei wird eine bestimmte Toleranz definiert. Wird der Mittelwert \pm Toleranz überschritten, gilt das Pixel nicht mehr als dem Segment zugehörig ([8],[11],[10]).

3.3 Bildklassifikation

Bei Klassifikationsaufgaben wird ein unbekanntes Objekt mit Objekten verglichen, deren Klassenzugehörigkeit bereits bekannt ist. Hierbei

kommen Abstandsmaße zum Tragen. Entweder vergleicht man den zu klassifizierenden Datensatz, mit einer bestimmten Anzahl vorhandener Datensätze mit ähnlichen Attributen, oder es wird für jede Kategorie ein Mittelmaß gefunden, basierend auf bekannten Objekten. Dort wird dann nur noch überprüft, wie der Abstand des zu untersuchenden Objekts zu den beiden "Klassenobjekten" ist.

Bei dem ziemlich bekannten Verfahren, der **k-Nearest-Neighbor-Algorithmus** ([1]), wird eine klassische Mehrheitsentscheidung getroffen. Hierbei gibt es Objekte, mit bestimmten Merkmalen, die bereits Klassen zugeordnet sind. Im übertragenen Sinne können diese Merkmalsausprägungen als Punkte im Raum definiert werden. Von dem zu untersuchenden Objekt wird nun die Nachbarschaft betrachtet. Die Anzahl der nächsten Nachbarn wird meist vom Nutzer festgelegt. Am besten geeignet ist dieses Verfahren für die Unterscheidung zwischen zwei Klassen, da hier mit einer ungeraden Anzahl Nachbarn direkt eine Entscheidung getroffen wird ([1]).

Problematisch ist der kNN-Algorithmus jedoch, wenn es eine stark unterschiedliche Anzahl von Bildern in jeder Kategorie gibt, da die eine Kategorie dann in der Nachbarschaft überdimensional vertreten ist. Anstelle dessen, bietet sich die **nearest Mean** - Methode zur Klassifizierung an ([4]). Diese arbeitet mit einer durchschnittlichen Merkmalsausprägung pro Klasse. Das heißt, aus allen Bildern oder Objekten einer Klasse, wird ein "Oberobjekt" mit einer bestimmten Merkmalsausprägung erstellt, die sich aus dem Durchschnitt aller Klassenzugehörigen errechnet. Das zu untersuchende Objekt oder Bild wird dann nur noch auf die Distanz zu den zusammengeführten Klassen-Werten analysiert, sprich eine Abstandsberechnung pro Klasse ([4]).

4 Auswertung und Ausblick

Eines der Probleme in der Bildverarbeitung ist die Einteilung in Untergebiete. In dieser Arbeit wurde eine Einteilung gewählt.

Die Bildanalyse wird teils mit Bildverarbeitung gleichgesetzt, und Segmentierung und Klassifikation werde als Teilgebiete selbiger bezeichnet ([5]). Es ist also nicht immer eindeutig, welche Methoden der Bildverarbeitung welchem Gebiet zugeordnet werden können. Grund hierfür ist die Komplexität des Themengebietes.

Des Weiteren überschneiden sich die Themengebiete. So kann Analyse entweder als die mathematische Operation auf dem gesamten Bild, oder auf einen bereits vorher segmentierten Bereichen erfolgen.

Die Bildverarbeitung hat sich in den letzten Jahren als Unterstützung im Bereich der medizinischen Daten etabliert. Für die Zukunft wird jedoch das *Tracking* immer mehr in den Fokus rücken. Dies ist eine dynamische Form der Bildverarbeitung, und beschäftigt sich mit der zeitlichen Verfolgung von Objekten. Das Tracking wird zur Zeit meist zur Personen-

und Fahrzeugüberwachung benutzt, allerdings ist dieses Teilgebiet noch ausbaufähig.

Zu beachten ist allerdings, dass sich in ferner Zukunft die Bildverarbeitung ändern wird, da die ursprünglichen Teilgebiete an ihre, derzeit erreichbaren, Grenzen stoßen werden. Spätestens, wenn zu den bisherigen 4 Dimensionen die 5. Dimension, mit beachtet werden muss.

Literatur

1. Clark, P.J., Evans, F.C.: Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology* pp. 445–453 (1954)
2. Haralick, R.M., Shanmugam, K., Dinstein, I.H.: Textural features for image classification. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on* (6), 610–621 (1973)
3. Haralick, R.M., Shapiro, L.G.: Image segmentation techniques. In: 1985 Technical Symposium East. pp. 2–9. International Society for Optics and Photonics (1985)
4. Hartigan, J.A., Wong, M.A.: Algorithm as 136: A k-means clustering algorithm. *Applied statistics* pp. 100–108 (1979)
5. Jähne, B.: *Digitale Bildverarbeitung*, vol. 3. Springer (1989)
6. Leukert, K.: Übertragbarkeit der objektbasierten Analyse bei der Gewinnung von GIS-Daten aus Satellitenbildern mittlerer Auflösung. Doktorarbeit, Universität der Bundeswehr München (2005)
7. Osten, L.: Texturbasierte klassifizierung von ultraschalldaten zur differenzierung benigner und maligner lymphknoten (2013)
8. Pal, N.R., Pal, S.K.: A review on image segmentation techniques. *Pattern recognition* 26(9), 1277–1294 (1993)
9. Pizer, S.M., Amburn, E.P., Austin, J.D., Cromartie, R., Geselowitz, A., Greer, T., ter Haar Romeny, B., Zimmerman, J.B., Zuiderveld, K.: Adaptive histogram equalization and its variations. *Computer vision, graphics, and image processing* 39(3), 355–368 (1987)
10. Rosenfeld, A., Kak, A.C.: *Digital picture processing*, vol. 1. Elsevier (2014)
11. Steinbrecher, R.: *Bildverarbeitung in der Praxis* (2005)
12. Tönnies, K.: *Grundlagen der Bildverarbeitung*. Pearson Studium (2005)