

کتاب پردازش تصویر دیجیتال گونزالس
[برای دانلود کتاب کامل اینجا کلیک کنید](#)

پردازش تصویر دیجیتال

ویرایش چهارم

نویسنده:

Rafael C. Gonzalez • Richard E. Woods

مترجم:

مهسا تکیه نژاد



فهرست

۳	مقدمه
۵	سپاسگزاری
۶	وب سایت کتاب
۷	درباره نویسندگان
۹	فصل اول : معرفی
۴۲	فصل دوم : اصول و مبانی تصویر دیجیتال
۱۲۷	فصل سوم : تحولات شدید و فیلترینگ مکانی
۲۲۳	فصل چهارم : فیلترینگ در دامنه فرکانس
۳۴۸	فصل پنجم : بازیابی و بازسازی تصویر
۴۳۳	فصل ششم : پردازش تصویر رنگی
۵۰۰	فصل هفتم : موجک و سایر تبدیلات تصویر
۵۸۱	فصل هشتم : فشرده سازی تصویر و برچسب گذاری
۶۸۹	فصل نهم : فرآیند شکل شناسی
۷۶۱	فصل دهم : قطعه بندی تصویر
۹۲۱	فصل یازدهم : استخراج ویژگی
۱۰۴۹	فصل دوازدهم : طبقه بندی الگوی تصویر

هر گونه کپی و تکثیر از همه یا بخشی از کتاب غیرقانونی بوده و پیگرد قانونی دارد .

مقدمه

این نسخه از پردازش تصویر دیجیتال تجدید نظر عمده ای در این کتاب است. همانطور که در نسخه های ۱۹۷۷ و ۱۹۸۷ توسط گونزالز و وینتر ، و نسخه های ۱۹۹۲ ، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۸ توسط گونزالس و وودز ، این نسخه نسل ششم با در نظر گرفتن دانش آموزان و مربیان تهیه شد. اهداف اصلی کتاب ارائه مقدمه ای بر مفاهیم و روشهای کاربردی در پردازش تصویر دیجیتال و ایجاد پایه ای است که می تواند به عنوان پایه ای برای مطالعه و تحقیقات بیشتر در این زمینه مورد استفاده قرار گیرد. برای دستیابی به این اهداف ، ما دوباره روی مطالبی تمرکز کردیم که معتقدیم اساسی هستند و دامنه کاربرد آنها محدود به حل مشکلات تخصصی نیست. پیچیدگی ریاضی کتاب در سطحی مناسب از نظر دانش آموزان ارشد و دانشجویان سال اول تحصیلات تکمیلی است که آمادگی مقدماتی در تجزیه و تحلیل ریاضی ، بردارها ، ماتریس ها ، احتمالات ، آمار ، سیستم های خطی و برنامه نویسی رایانه ای دارند. وب سایت کتاب آموزشی ارائه می دهد تا از خوانندگان نیازمند بررسی این مطالب پیشین باشد. یکی از مهمترین دلایلی که این کتاب در زمینه آن پیشرو جهان بوده است

۴۰ سال میزان توجه ما به تغییر نیازهای آموزشی خوانندگان است. نسخه حاضر بر اساس یک نظرسنجی گسترده است که اساتید ، دانشجویان و خوانندگان مستقل کتاب را در ۱۵۰ موسسه از ۳۰ کشور درگیر کرده اند. این نظرسنجی نیاز به پوشش مطالب جدیدی را نشان می دهد که از آخرین چاپ کتاب بالغ شده است. یافته های اصلی نظرسنجی نیاز به موارد زیر را نشان می دهد:

- پوشش گسترده اصول اولیه فیلترینگ مکانی.
 - پوشش جامع تر و منسجم تر تبدیل تصاویر.
 - ارائه کاملتر تفاوت های متناهی ، با تمرکز بر تشخیص لبه.
 - بحث خوشه بندی ، ابر پیکسل ها و استفاده از آنها در تقسیم بندی منطقه.
 - پوشش مناطق اکثریت با حداکثر ثبات.
 - پوشش گسترده استخراج ویژگی شامل تغییر ویژگی تغییر اندازه (SIFT).
 - پوشش گسترده شبکه های عصبی شامل شبکه های عصبی عمیق ، انتشار مجدد ، یادگیری عمیق و به ویژه شبکه های عصبی پیچیده عمیق.
 - تمرینات تکالیف بیشتر در انتهای فصل ها.
- مطالب جدید و سازماندهی شده که منجر به ویرایش حاضر شد ، تلاش ما برای ایجاد تعادل منطقی بین دقت ، وضوح ارائه و یافته های نظرسنجی است. علاوه بر مطالب جدید ، قسمت های قبلی متن به روز شده و توضیح داده شد. این نسخه شامل ۲۴۱ تصویر جدید ، ۷۲ نقاشی جدید و ۱۳۵ تمرین جدید است.

سپاسگزاری

ما مدیون تعدادی از افراد در محافل دانشگاهی، صنعت و دولت هستیم که در چاپ این کتاب مشارکت داشته اند. به طور خاص، ما می‌خواهیم قدردانی خود را از Hairong Qi و شاگردانش، Zhifei Zhang و Chengcheng Li، به دلیل بررسی ارزشمند آنها در مورد مواد در شبکه‌های عصبی و کمک آنها در ایجاد مثال برای آن مطالب، تقدیر کنیم. ما همچنین می‌خواهیم از Ernesto Bribiesca Correa برای ارائه و بررسی مطالب مربوط به کدهای زنجیره‌ای شیب، و Dirk Padfield برای پیشنهادات فراوان و بررسی چندین فصل در کتاب تشکر کنیم. ما از نظرات و پیشنهادات بسیار متفکرانه میشل کوچر در طول سالها در مورد نحوه بهبود کتاب قدردانی می‌کنیم. همچنین از استیو ادینز برای پیشنهاداتش در مورد MATLAB و مسائل مربوط به نرم افزار تشکر می‌کنیم.

افراد زیادی در تهیه مطالبی که از نسخه قبلی تا نسخه فعلی کتاب منتقل شده‌اند مشارکت داشته‌اند. مشارکت آنها از جهات مختلف بسیار مهم بوده است به طوری که تشخیص آنها به هر نحوی غیر از حروف الفبا مشکل است. ما از Ali M. Reza، rew Oldroyd، Bryan Morse، Yongmin Kim، Mongi A. Abidi و Jose Ruiz Shulcloper، Edgardo Felipe Riveron و کامرون تشکر می‌کنیم.

H.G. Wright برای پیشنهادات فراوان خود در مورد نحوه بهبود ارائه و/یا محدوده پوشش کتاب. ما همچنین نائومی فرناندز را در MathWorks مدیون هستیم که نرم افزار و پشتیبانی MATLAB را در اختیار ما قرار داده است که در توانایی ما در ایجاد بسیاری از نمونه‌ها و نتایج تجربی موجود در این نسخه از کتاب مهم بوده است. درصد قابل توجهی از تصاویر جدید استفاده شده در این نسخه (و در برخی موارد هیستوگرام و تفسیر آنها) با تلاش افرادی که از مشارکت آنها صادقانه قدردانی شده است به دست آمده است. به طور خاص، ما مایل هستیم از تلاش‌های سرژ بیچر، اووه بوس، مایکل ای کیسی، مایکل قدردانی کنیم.

Zhong He، Daniel A. Hammer، Thomas R. Gest، Susan L. Forsburg، W. Davidson، Roger Heady، Chris J. Johannsen، Michael Hurwitz، John M. Hudak، Juan A. Herrera، Don P. Mitchell، Rhonda Knighton، Curtis C. Ober، A. Morris، David، Curtis C. Ober، آر پیکنز، مایکل

راینسون، مایکل شفر، پیت سایتز، سالی استوو، کریگ واتسون، دیوید K. Wehe و Robert A. West. ما همچنین مایلیم از سایر افراد و سازمانهای ذکر شده در زیرنویس‌های بسیاری از کتابها در مجوز استفاده از آن مطالب تقدیر کنیم.

ما همچنین از اسکات دیسانو، میشل بایمن، رز کرنان و جولی بای به خاطر حمایت و حوصله قابل توجه آنها در طول تولید کتاب تشکر می‌کنیم.

وب سایت کتاب

www.ImageProcessingPlace.com

پردازش تصویر دیجیتال یک کتاب کاملاً مستقل است. با این حال ، وب سایت همراه در تعدادی از زمینه های مهم پشتیبانی بیشتری ارائه می دهد.

برای دانشجو یا خواننده مستقل ، سایت شامل می شود

- بررسی در زمینه هایی مانند احتمال ، آمار ، بردارها و ماتریس ها.
 - یک بخش آموزشی شامل ده ها آموزش در مورد موضوعات مرتبط با مواد موجود در کتاب.
 - پایگاه داده تصویری شامل تمام تصاویر موجود در کتاب ، و همچنین بسیاری از پایگاه های داده تصویر دیگر.
- برای مربی سایت شامل می شود

- راهنمای مربی با راه حل های کامل برای همه مشکلات.
 - مطالب ارائه شده در کلاس درس در قالب پاورپوینت قابل تغییر.
 - مطالب حذف شده از نسخه های قبلی ، قابل بارگیری در قالب PDF مناسب.
 - پیوندهای متعدد به سایر منابع آموزشی.
- برای پزشک ، سایت شامل موضوعات تخصصی اضافی مانند است
- پیوند به سایت های تجاری.
 - منابع جدید انتخاب شده است.
 - پیوندها به پایگاه های اطلاعات تجاری تجاری.

این وب سایت یک ابزار ایده آل برای حفظ کتاب در بین نسخه ها با درج موضوعات جدید ، تصاویر دیجیتالی و سایر مطالب مرتبط است که پس از انتشار کتاب ظاهر شده است. اگرچه در تولید کتاب دقت زیادی صورت گرفته است ، اما وب سایت همچنین یک مخزن مناسب برای هر گونه خطایی است که بین چاپها کشف می شود.

بسته های پشتیبانی DIP&E

در این نسخه ، ما بسته های حمایتی را برای دانشجویان و اساتید ایجاد کردیم تا همه مطالب حمایتی کلاس درس موجود برای نسخه جدید کتاب را در یک بارگیری آسان سازماندهی کنند. بسته پشتیبانی دانشجویی شامل بسیاری از تصاویر اصلی کتاب و پاسخ به تمرینات منتخب است ، بسته پشتیبانی دانشکده شامل راه حل هایی برای همه تمرین ها ، پیشنهادات آموزشی و تمام هنرهای موجود در کتاب در اسلایدهای پاورپوینت قابل تغییر است. با هر کتاب جدید ، یک بسته پشتیبانی رایگان در دسترس است. برنامه های مربوط به بسته های پشتیبانی در وب سایت کتاب ارائه می شود.

درباره نویسندگان

رافائل سی. گونزالز

R. C. Gonzalez مدرک B.S.E.E را دریافت کرد دارای مدرک از دانشگاه میامی در سال ۱۹۶۵ و کارشناسی ارشد و دکتری مدرک مهندسی برق از دانشگاه فلوریدا ، گینزویل ، به ترتیب در سال ۱۹۶۷ و ۱۹۷۰. او در سال ۱۹۷۰ به بخش برق و علوم کامپیوتر در دانشگاه تنسی ، ناکسویل (UTK) پیوست ، جایی که در سال ۱۹۷۳ دانشیار ، در ۱۹۷۸ پروفیسور و در سال ۱۹۸۴ استاد خدمات ممتاز شد. او بعنوان رئیس بخش از ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۷. او در حال حاضر استاد بازنشسته در UTK است.

گونزالس بنیانگذار آزمایشگاه تجزیه و تحلیل تصویر و الگو و آزمایشگاه رباتیک و بینایی رایانه ای در دانشگاه تنسی است. او همچنین در سال ۱۹۸۲ شرکت Perceptics را تأسیس کرد و تا سال ۱۹۹۲ رئیس آن بود. سه سال آخر این دوره تحت یک قرارداد کاری تمام وقت با شرکت وستینگهاوس ، که این شرکت را در ۱۹۸۹ خریداری کرد ، سپری شد.

تحت هدایت او ، Perceptics در پردازش تصویر ، بینایی رایانه و فناوری ذخیره سازی دیسک لیزری بسیار موفق شد. در ده سال اولیه خود ، Perceptics مجموعه ای از محصولات خلاقانه را معرفی کرد ، از جمله: اولین سیستم بینایی رایانه ای موجود در جهان برای خواندن خودکار پلاک در وسایل نقلیه در حال حرکت. مجموعه ای از سیستم های پردازش و بایگانی تصویر در مقیاس بزرگ که توسط نیروی دریایی ایالات متحده در شش سایت تولیدی مختلف در سراسر کشور برای بررسی موتورهای موشکی موشک ها در برنامه زیردریایی Trident II ؛ خانواده پیشرو در بازار تابلوهای تصویربرداری برای رایانه های پیشرفته مکینتاش ؛ و یک خط از محصولات دیسک لیزری تریلیون بایت.

او مشاور مکرر صنعت و دولت در زمینه های تشخیص الگو ، پردازش تصویر و یادگیری ماشین است. افتخارات آکادمیک وی برای کار در این زمینه ها عبارتند از جایزه دستاورد دانشکده مهندسی UTK ۱۹۷۷ ؛ جایزه محقق پژوهشی صدراعظم UTK ۱۹۷۸ ؛ جایزه استاد مهندسی Magnavox ۱۹۸۰ ؛ و جایزه پروفیسور برجسته ۱۹۸۰ M.E. Brooks. در سال ۱۹۸۱ او استاد IBM در دانشگاه تنسی شد و در سال ۱۹۸۴ به عنوان استاد خدمات برجسته در آنجا معرفی شد. وی در سال ۱۹۸۵ جایزه ممتاز فارغ التحصیلان را از طرف دانشگاه میامی ، جایزه Pho Kappa Phi Scholar در سال ۱۹۸۶ و جایزه ناتان د. داگری از دانشگاه تنسی را در زمینه مهندسی در سال ۱۹۹۲ دریافت کرد.

از جمله افتخارات دستاورد صنعتی می توان به جایزه مهندس برجسته IEEE ۱۹۸۷ برای توسعه تجاری در تنسی اشاره کرد. جایزه ملی آلبرت رز ۱۹۸۸ برای برتری در پردازش تصویر تجاری ؛ جایزه B. Otto Wheeley در سال ۱۹۸۹ برای تعالی در انتقال فناوری ؛ جایزه کارآفرین سال کوپرز و لیبرند ۱۹۸۹ ؛ جایزه مهندس برجسته منطقه ۳ IEEE منطقه ۱۹۹۲ ؛ و ۱۹۹۳ انجمن تصویربرداری خودکار جایزه ملی توسعه فناوری. گونزالس نویسنده یا نویسنده بیش از ۱۰۰ مقاله فنی ، دو کتاب ویرایش شده و چهار کتاب درسی در زمینه های تشخیص الگو ، پردازش تصویر و رباتیک است. کتابهای او در بیش از ۱۰۰۰ دانشگاه و موسسه تحقیقاتی در سراسر جهان استفاده می شود. او در معتبر Marquis Who's Who در آمریکا ، Marquis Who's Who در مهندسی ، Marquis Who's Who در جهان و در ۱۰ نقل قول دیگر بیوگرافی ملی و بین المللی ذکر شده است. او دارنده دو اختراع ثبت شده در ایالات متحده است و ویراستار مشترک IEEE Transactions on Information Systems، Cyber-ics، Man and International Journal of Computer Sciences بوده است. او عضو بسیاری از انجمن های حرفه ای و افتخاری است ، از جمله تاو بتا پی ، فی کاپا فی ، اتا کاپا نو و سیگما شی. او یکی از اعضای IEEE است.

RICHARD E. WOODS

R. E. Woods مدرک M.S., B.S. و Ph.D. دارای مدرک مهندسی برق از دانشگاه تنسی ، ناکس ویل به ترتیب در ۱۹۷۵ ، ۱۹۷۷ و ۱۹۸۰. او در سال ۱۹۸۱ استادیار مهندسی برق و علوم کامپیوتر شد و در سال ۱۹۸۶ به عنوان فارغ التحصیل برجسته مهندسی شناخته شد. دکتر وودز ، توسعه دهنده سخت افزار و نرم افزار ، در تأسیس چندین استارتاپ با تکنولوژی بالا ، از جمله Perceptics Corporation ، که در آن توسعه توسعه تجزیه و تحلیل کمی تصویر شرکت و محصولات تصمیم گیری مستقل ، مشارکت داشته است. MedData Interactive ، یک شرکت با تکنولوژی بالا و متخصص در توسعه سیستم های کامپیوتری دستی برای کاربردهای پزشکی ؛ و Interapptics ، یک شرکت مبتنی بر اینترنت که برنامه های کاربردی رایانه رومیزی و دستی را طراحی می کند. دکتر وودز در حال حاضر در چندین هیئت آموزشی و غیر مرتبط با رسانه ها از جمله دانشگاه جانسون خدمت می کند و اخیراً مدرس تابستانی زبان انگلیسی در موسسه فناوری پکن بوده است. او دارنده ثبت اختراع ایالات متحده در زمینه پردازش تصویر دیجیتال است و دو کتاب درسی و همچنین مقالات متعدد مربوط به پردازش سیگنال دیجیتال را منتشر کرده است. دکتر وودز عضو چندین انجمن حرفه ای از جمله تاو بتا پی ، فی کاپا فی و IEEE است.

فصل اول : معرفی

ارزش یک تصویر بیش از ده هزار کلمه است.

ناشناس

پیشگفتار

علاقه به روش های پردازش تصویر دیجیتالی از دو حوزه کاربرد اصلی ناشی می شود: بهبود اطلاعات تصویری برای تفسیر انسان و پردازش داده های تصویر برای کارهایی مانند ذخیره ، انتقال و استخراج اطلاعات تصویری. این فصل چندین هدف دارد: (۱) تعیین حوزه ای که ما آن را پردازش تصویر می نامیم. (۲) ارائه دیدگاه هیستوگرامی از ریشه های این حوزه ؛ (۳) ارائه نمای کلی از وضعیت هنر در پردازش تصویر با بررسی برخی از زمینه های اصلی که در آن استفاده می شود. (۴) برای بحث در مورد روشهای اصلی مورد استفاده در پردازش تصویر دیجیتال ؛ (۵) ارائه اجمالی از اجزای موجود در یک سیستم پردازش تصویر معمولی و عمومی. و (۶) جهت ارائه ادبیاتی که

کار پردازش تصویر در آن گزارش شده است. مطالب این فصل به طور گسترده با طیف وسیعی از تصاویر نشان داده شده است که نمایانگر تصاویری است که در طول کتاب استفاده خواهیم کرد.

پس از اتمام این فصل ، خوانندگان باید:

درک مفهوم تصویر دیجیتال

مروری گسترده بر زیر بناهای هیستوگرام ی حوزه پردازش تصویر دیجیتال داشته باشید.

تعریف و دامنه پردازش تصویر دیجیتالی را درک کنید.

آشنایی با اصول طیف الکترومغناطیس و ارتباط آن با تولید تصویر.

از زمینه های مختلف که در آنها روشهای پردازش تصویر دیجیتالی استفاده می شود آگاه باشید.

با فرایندهای اساسی در پردازش تصویر آشنا باشید.

با اجزایی که یک سیستم پردازش تصویر دیجیتال چند منظوره را تشکیل می دهند ، آشنا باشید.

با محدوده ادبیاتی که در آن کار پردازش تصویر گزارش شده است ، آشنا باشید.

۱.۱ پردازش تصویر دیجیتالی چیست؟

یک تصویر ممکن است به عنوان یک تابع دو بعدی $f(x,y)$ تعریف شود ، جایی که x و y مختصات مکانی (صفحه) هستند و دامنه f در هر جفت مختصات (x,y) شدت یا سطح خاکستری تصویر در آن نقطه وقتی x ، y و مقادیر شدت f همه مقادیر محدود و گسسته باشند ، ما تصویر را تصویر دیجیتالی می نامیم. حوزه پردازش تصویر دیجیتال به پردازش تصاویر دیجیتال با استفاده از یک رایانه دیجیتال اشاره دارد. توجه داشته باشید که یک تصویر دیجیتالی از تعداد محدودی از عناصر تشکیل شده است که هر کدام دارای مکان و مقدار خاصی هستند. این عناصر تصویر ، پیکسل ها نامیده می شوند. پیکسل اصطلاحی است که بیشتر برای نشان دادن عناصر یک تصویر دیجیتال استفاده می شود. ما در فصل ۲ این تعاریف را به صورت رسمی تر در نظر خواهیم گرفت.

بینایی پیشرفته ترین حس ما است ، بنابراین تعجب آور نیست که تصاویر مهمترین نقش را در درک انسان ایفا کنند. با این حال ، بر خلاف انسانها ، که محدود به باند بصری طیف الکترومغناطیسی (EM) هستند ، دستگاههای تصویربرداری تقریباً کل طیف EM را از گاما تا امواج رادیویی را پوشش می دهند. آنها می توانند بر روی تصاویری که توسط منابع ایجاد شده توسط انسان ایجاد شده است ، عمل کنند. اینها شامل سونوگرافی ، میکروسکوپ

الکترونی و تصاویر تولید شده توسط کامپیوتر است. بنابراین، پردازش تصویر دیجیتال دامنه وسیعی از برنامه‌ها را در بر می‌گیرد.

هیچ توافق کلی بین نویسندگان در مورد اینکه کجا پردازش تصویر متوقف می‌شود و سایر زمینه‌های مرتبط، مانند تجزیه و تحلیل تصویر و بینایی رایانه، در کجا شروع می‌شود، وجود ندارد. گاهی اوقات، با تعریف پردازش تصویر به عنوان رشته‌ای که در آن ورودی و خروجی یک فرایند، تصاویر هستند، تمایز ایجاد می‌شود. ما معتقدیم که این مرز محدود کننده و تا حدی هنری است. به عنوان مثال، بر اساس این تعریف، حتی کار بی‌اهمیت محاسبه شدت متوسط تصویر (که یک عدد واحد را نشان می‌دهد) یک عملیات پردازش تصویر محسوب نمی‌شود. از سوی دیگر، زمینه‌هایی مانند بینایی رایانه‌ای وجود دارد که هدف نهایی آنها استفاده از محاسبات برای شبیه‌سازی بینایی انسان است، از جمله یادگیری و توانایی استنباط و انجام اقدامات بر اساس ورودی‌های بصری. این منطقه خود شاخه‌ای از هوش هنری (AI) است که هدف آن شبیه‌سازی هوش انسان است. حوزه هوش مصنوعی از نظر رشد در مراحل اولیه کودکی خود قرار دارد و پیشرفت آن بسیار کندتر از آنچه پیش‌بینی می‌شد، بوده است. حوزه تجزیه و تحلیل تصویر (که به آن درک تصویر نیز گفته می‌شود) بین پردازش تصویر و بینایی رایانه است. هیچ مرز مشخصی در پیوستار از پردازش تصویر در یک سر تا بینایی رایانه در طرف دیگر وجود ندارد. با این حال، یک پارادایم مفید این است که سه نوع فرایند کامپیوتری را در این پیوست در نظر بگیریم: فرایندهای سطح پایین، متوسط و بالا. فرایندهای سطح پایین شامل عملیات اولیه مانند پیش‌پردازش تصویر برای کاهش نویز، افزایش کنتراست و وضوح تصویر است. یک فرایند سطح پایین با این واقعیت مشخص می‌شود که هر دو ورودی و خروجی آن تصویر هستند. پردازش سطح متوسط تصاویر شامل وظایفی مانند تقسیم بندی (تقسیم تصویر به مناطق یا اشیاء)، شرح آن اشیاء برای تبدیل آنها به فرم مناسب برای پردازش رایانه، و طبقه بندی (تشخیص) اشیاء منفرد است. یک فرایند سطح متوسط با این واقعیت مشخص می‌شود که ورودی‌های آن عموماً تصاویر هستند، اما خروجی‌های آن ویژگی‌هایی است که از آن تصاویر استخراج شده است (به عنوان مثال، لبه‌ها، خطوط و هویت هر یک از اشیاء). سرانجام، پردازش در سطوح بالاتر شامل "ایجاد حس" از مجموعه‌ای از اشیاء شناخته شده، مانند تجزیه و تحلیل تصویر، و در انتهای پیوستار، انجام عملکردهای شناختی است که معمولاً با بینایی انسان مرتبط است.

بر اساس نظرات قبلی، می‌بینیم که یک محل منطقی همپوشانی بین پردازش تصویر و تجزیه و تحلیل تصویر، منطقه تشخیص مناطق یا اشیاء جداگانه در یک تصویر است. بنابراین، آنچه ما در این کتاب به آن می‌گوییم پردازش تصویر دیجیتالی شامل فرایندهایی است که ورودی و خروجی آنها تصویر است و علاوه بر این، شامل فرایندهایی است که ویژگی‌ها را از تصاویر تا تشخیص اشیاء جداگانه استخراج می‌کند. برای توضیح این مفاهیم، حوزه تجزیه و تحلیل خودکار متن را در نظر بگیرید. فرایندهای به دست آوردن تصویری از ناحیه حاوی متن، پیش‌پردازش آن تصویر، استخراج (تقسیم بندی) تک تک کاراکترها، توصیف شخصیت‌ها در فرمی مناسب برای

پردازش رایانه ای و تشخیص آن شخصیت های فردی در محدوده مواردی است که ما انجام می دهیم. در این کتاب با پردازش تصویر دیجیتالی تماس بگیرید.

بسته به میزان پیچیدگی ناشی از عبارت "معنی دار کردن" ، ممکن است منطقی بودن محتوای صفحه در حوزه تجزیه و تحلیل تصویر و حتی بینایی رایانه دیده شود. همانطور که به زودی آشکار می شود ، پردازش تصویر دیجیتال ، همانطور که ما آن را تعریف کرده ایم ، به طور معمول در طیف وسیعی از مناطق با ارزش اجتماعی و اقتصادی استثنایی مورد استفاده قرار می گیرد. مفاهیم تدوین شده در فصلهای زیر ، پایه و اساس روشهای مورد استفاده در آن زمینه های کاربردی است.

۱.۲ مبانی پردازش تصویر دیجیتال

یکی از اولین کاربردهای تصاویر دیجیتال در صنعت روزنامه ها بود ، هنگامی که تصاویر برای اولین بار با کابل زبردربایی بین لندن و نیویورک ارسال شد. معرفی سیستم انتقال تصویر کابل بارتلن در اوایل دهه ۱۹۲۰ ، زمان مورد نیاز برای انتقال تصویر را از طریق اقیانوس اطلس از بیش از یک هفته به کمتر از سه ساعت کاهش داد. تجهیزات چاپ تخصصی تصاویر را برای انتقال کابل کدگذاری کرده و سپس در انتهای دریافت آنها را بازسازی کردند. شکل ۱.۱ به این طریق منتقل شد و روی چاپگر تلگراف مجهز به حروف تایپ شبیه سازی الگوی نیم تنه تکثیر شد.

برخی از مشکلات اولیه در بهبود کیفیت بصری این تصاویر اولیه دیجیتالی مربوط به انتخاب روش چاپ و توزیع سطوح شدت بود. روش چاپ مورد استفاده برای به دست آوردن شکل ۱.۱ در اواخر سال ۱۹۲۱ به نفع یک تکنیک مبتنی بر تولید مثل عکاسی از نوارهای سوراخ شده در پایانه دریافت تلگراف کنار گذاشته شد. شکل ۱.۲ تصویری را که با این روش به دست آمده نشان می دهد. بهبودها نسبت به شکل ۱.۱ ، هم از نظر کیفیت تنال و هم از نظر وضوح مشهود است.

سیستمهای اولیه بارتلن قادر به کدگذاری تصاویر در پنج سطح متمایز خاکستری بودند. این قابلیت در سال ۱۹۲۹ به ۱۵ سطح افزایش یافت. شکل ۱.۳ معمولی مربوط به نوع تصویری است که می توان با استفاده از تجهیزات ۱۵ تن به دست آورد. در این دوره ، معرفی یک سیستم برای توسعه یک صفحه فیلم از طریق پرتوهای نوری که توسط نوار تصویر کدگذاری شده تنظیم شده بود ، روند تولید مثل را به طور قابل توجهی بهبود بخشید.

اگرچه مثالهایی که ذکر شد شامل تصاویر دیجیتالی است ، اما در زمینه تعریف ما نتایج پردازش تصویر دیجیتالی محسوب نمی شوند ، زیرا از رایانه های دیجیتال در ایجاد آنها استفاده نشده است. بنابراین ، هیستوگرام چه پردازش تصویر دیجیتال با توسعه رایانه دیجیتال ارتباط تنگاتنگی دارد. در حقیقت ، تصاویر دیجیتالی به ذخیره سازی و قدرت محاسباتی زیادی نیاز دارند به طوری که پیشرفت در زمینه پردازش تصویر دیجیتالی به توسعه رایانه های دیجیتالی و فناوری های پشتیبانی کننده شامل ذخیره سازی ، نمایش و انتقال داده ها بستگی دارد.



شکل ۱.۱ تصویر دیجیتالی که در سال ۱۹۲۱ از نوار کدگذاری شده توسط چاپگر تلگراف با حروف چاپی ویژه تهیه شد. (مک فارلین.) [منابع کتابشناسی در انتهای کتاب به ترتیب حروف الفبا و نام خانوادگی نویسندگان فهرست شده است.]



شکل ۱.۲ تصویری دیجیتالی که در سال ۱۹۲۲ از نواری که پس از دو بار عبور سیگنال ها از اقیانوس اطلس عبور کرده بود ، ایجاد شد. (مک فارلین.)



شکل ۱.۳ تصویر کابلی بدون روتال ژنرال پرشینگ (راست) و فوخ ، که در سال ۱۹۲۹ از لندن به نیویورک با تجهیزات ۱۵ تن منتقل شد. (مک فارلین.)
مفهوم کامپیوتر به اختراع چرتکه در آسیای صغیر ، بیش از ۵۰۰۰ سال پیش باز می گردد. اخیراً ، تحولاتی در دو قرن گذشته ایجاد شده است که پایه و اساس چیزی است که ما امروزه به آن رایانه می گوییم. با این حال ، اساس

آنچه ما یک رایانه دیجیتالی مدرن می نامیم تنها به دهه ۱۹۴۰ برمی گردد ، با معرفی جان فون نویمان دو مفهوم اصلی: (۱) حافظه برای نگهداری برنامه و داده های ذخیره شده ، و (۲) انشعاب مشروط به این دو ایده پایه و اساس یک واحد پردازش مرکزی (CPU) است که امروزه در قلب رایانه ها قرار دارد. با شروع از فون نویمان ، یک سری پیشرفتهای کلیدی وجود داشت که منجر به قدرتمند شدن رایانه ها برای پردازش تصویر دیجیتالی شد. به طور خلاصه ، این پیشرفتهای را می توان در موارد زیر خلاصه کرد: (۱) اختراع ترانزیستور در آزمایشگاههای بل در سال ۱۹۴۸ ؛ (۲) توسعه در دهه های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ زبانهای برنامه نویسی سطح بالا (COBOL زبان مشاغل مشترک) و (FORTRAN مترجم فرمول) ؛ (۳) اختراع مدار مجتمع (IC) در Texas Instruments در سال ۱۹۵۸ ؛ (۴) توسعه سیستم عامل ها در اوایل دهه ۱۹۶۰ ؛ (۵) توسعه ریزپردازنده (یک تراشه واحد شامل CPU ، حافظه و کنترل های ورودی و خروجی) توسط اینتل در اوایل دهه ۱۹۷۰ ؛

(۶) معرفی کامپیوتر شخصی توسط IBM در سال ۱۹۸۱ ؛ و (۷) کوچک سازی پیشرونده اجزاء ، با ادغام در مقیاس بزرگ (LI در اواخر دهه ۱۹۷۰ ، سپس ادغام در مقیاس بسیار بزرگ (VLSI) در دهه ۱۹۸۰ ، تا امروزه از ادغام در مقیاس فوق العاده بزرگ (ULSI شروع می شود.) و فناوری های غیر تجربی همزمان با این پیشرفتهای ، پیشرفتهایی در زمینه ذخیره سازی انبوه و سیستمهای نمایش رخ داد که هر دو مورد نیازهای اساسی برای پردازش تصویر دیجیتال هستند. اولین رایانه هایی که به اندازه کافی قدرتمند برای انجام وظایف معنی دار پردازش تصویر هستند در اوایل دهه ۱۹۶۰ ظاهر شدند. تولد آنچه ما امروزه پردازش تصویر دیجیتال می نامیم را می توان در دسترس بودن آن ماشین ها و شروع برنامه مکانی در آن دوره جستجو کرد. ترکیبی از این دو توسعه لازم بود تا پتانسیل پردازش تصویر دیجیتال را برای حل مشکلات معنادار متمرکز کند.

کار بر روی استفاده از تکنیک های رایانه ای برای بهبود تصاویر از یک کاوشگر مکانی در آزمایشگاه پیشرانس جت (پاسادنا ، کالیفرنیا) در سال ۱۹۶۴ آغاز شد ، هنگامی که تصاویر ماه منتقل شده توسط رنجر ۷ توسط رایانه پردازش شد تا انواع مختلف اعوجاج تصویر ذاتی را اصلاح کند. در دوربین تلویزیون روی صفحه شکل ۱.۴ اولین تصویر از ماه را که توسط رنجر ۷ در ۳۱ ژوئیه ۱۹۶۴ در ساعت ۹:۰۹ صبح گرفته شده است نشان می دهد. زمان روشنایی شرقی (EDT) ، حدود ۱۷ دقیقه قبل از برخورد با سطح ماه (نشانگرها ، به نام علائم رسو ، برای اصلاح هندسی مورد استفاده قرار می گیرند ، همانطور که در فصل ۲ مورد بحث قرار گرفته است). این نیز اولین تصویر از ماه است که توسط یک فضایی آمریکایی گرفته شده است. به درسهای تصویربرداری آموخته شده با Ranger ۷ به عنوان پایه ای برای روشهای بهبود یافته برای بهبود و بازگرداندن تصاویر از مأموریت های Surveyor به ماه ، سری مأموریت های Mariner در مریخ ، هواپیماهای سرنشین دار آپولو به ماه و سایر موارد استفاده شد.

به موازات کاربردهای مکانی ، تکنیک های پردازش تصویر دیجیتال در اواخر دهه ۱۹۶۰ و اوایل دهه ۱۹۷۰ آغاز شد تا در تصویربرداری پزشکی ، مشاهدات منابع زمین از راه دور و نجوم مورد استفاده قرار گیرد. اختراع در اوایل

دهه ۱۹۷۰ توموگرافی محوری کامپیوتری (CAT)، که به اختصار توموگرافی کامپیوتری نیز نامیده می شود ، یکی از مهمترین رویدادها در کاربرد پردازش تصویر در تشخیص پزشکی است. توموگرافی محوری کامپیوتری فرایندی است که در آن حلقه ای از آشکارسازها یک شی (یا بیمار) را احاطه کرده و یک منبع اشعه ایکس ، هم مرکز با حلقه آشکارساز ، در اطراف جسم می چرخد. اشعه ایکس از جسم عبور کرده و در انتهای مخالف توسط آشکارسازهای مربوطه در حلقه جمع آوری می شود. این روش تکرار می شود و منبع می چرخد. توموگرافی متشکل از الگوریتم هایی است که از داده های حس شده برای ساختن تصویری که نشان دهنده یک "برش" از طریق شی است ، استفاده می کند. حرکت جسم در جهت عمود بر حلقه آشکارسازها مجموعه ای از این برش ها را ایجاد می کند که تصویری سه بعدی (سه بعدی) از داخل جسم را تشکیل می دهد. توموگرافی به طور مستقل توسط سر گادفری هونز و پروفیسور آلن ام کورماک ، که در اختراع خود جایزه نوبل پزشکی ۱۹۷۹ را به دست آوردند ، اختراع شد. جالب است بدانید که اشعه ایکس در سال ۱۸۹۵ توسط ویلهلم کنراد رونتگن کشف شد ، که برای آن در سال ۱۹۰۱ جایزه نوبل فیزیک را دریافت کرد. این دو اختراع ، با فاصله تقریباً ۱۰۰ سال ، به برخی از مهمترین کاربردهای پردازش تصویر امروز منجر شد.



شکل ۱.۴ اولین عکس ماه از فضاپیمای آمریکایی Ranger ۷ این تصویر را در ۳۱ ژوئیه ۱۹۶۴ در ساعت ۹:۰۹ صبح EDT ، حدود ۱۷ دقیقه قبل از برخورد با سطح ماه. (با اجازه ناسا). از دهه ۱۹۶۰ تا به امروز ، حوزه پردازش تصویر به شدت افزایش یافته است. علاوه بر کاربردهای پزشکی و برنامه مکانی ، تکنیک های پردازش تصویر دیجیتال در حال حاضر در طیف وسیعی از برنامه ها استفاده می شود. از روشهای رایانه ای برای افزایش کنتراست یا کدگذاری سطوح شدت به رنگ برای تفسیر راحت تر اشعه ایکس و سایر تصاویر مورد استفاده در صنعت ، پزشکی و علوم زیستی استفاده می شود. جغرافی دانان از تکنیک های مشابه یا مشابه برای مطالعه الگوهای آلودگی تصاویر هوایی و ماهواره ای استفاده می کنند. روشهای تقویت و ترمیم تصویر برای پردازش تصاویر تخریب شده از اجسام غیرقابل بازیابی یا نتایج تجربی بسیار گرانبه برای تکرار استفاده می شود.

در باستان شناسی ، روشهای پردازش تصویر با موفقیت تصاویر تار را بازگردانده اند که تنها پرونده های موجود در مورد آثار نادر گم شده یا آسیب دیده پس از عکاسی بوده است. در فیزیک و زمینه های مرتبط ، تکنیک های رایانه ای به طور معمول تصاویر آزمایشات را در زمینه هایی مانند پلاسمای پرنرژژی و میکروسکوپ الکترونی افزایش می دهند. کاربردهای موفق مفاهیم پردازش تصویر را می توان در نجوم ، زیست شناسی ، پزشکی هسته ای ، اجرای قانون ، دفاع و صنعت یافت.

این مثالها نتایج پردازش در نظر گرفته شده برای تفسیر انسان را نشان می دهند. دومین زمینه اصلی کاربرد تکنیک های پردازش تصویر دیجیتالی که در ابتدای این فصل ذکر شد ، در حل مشکلات مربوط به ادراک ماشین است. در این مورد ، توجه به روشهای استخراج اطلاعات از یک تصویر ، به شکلی مناسب برای پردازش رایانه است. اغلب ، این اطلاعات شباهت چندانی به ویژگی های بصری که انسان در تفسیر محتوای یک تصویر استفاده می کند ، ندارد.

نمونه هایی از نوع اطلاعات مورد استفاده در درک ماشین عبارتند از: لحظه های آماری ، ضرایب تبدیل فوریه و اندازه گیری فاصله چند بعدی. مشکلات معمول در درک ماشین که به طور معمول از تکنیک های پردازش تصویر استفاده می کند عبارتند از: تشخیص خودکار شخصیت ، دید ماشین صنعتی برای مونتاژ و بازرسی محصول ، تشخیص نظامی ، پردازش خودکار اثر انگشت ، غربالگری اشعه ایکس و نمونه خون و پردازش ماشین از طریق هوا. تصاویر ماهواره ای برای پیش بینی آب و هوا و ارزیابی محیط زیست کاهش مداوم نسبت قیمت کامپیوتر به عملکرد و گسترش پهنای باند شبکه و ارتباطات از طریق اینترنت ، فرصت های بی سابقه ای را برای رشد مداوم پردازش تصویر دیجیتال ایجاد کرده است. برخی از این زمینه های کاربردی در قسمت زیر نشان داده می شود.

۱.۳ نمونه هایی از زمینه هایی که از پردازش تصویر دیجیتالی استفاده می کنند

امروزه تقریباً هیچ حوزه ای از تلاش فنی وجود ندارد که به نحوی تحت تأثیر پردازش تصویر دیجیتالی قرار نگیرد. ما می توانیم تنها چند مورد از این کاربردها را در زمینه و فضای بحث فعلی پوشش دهیم. با این حال ، هر چقدر هم که باشد ، مطالبی که در این بخش ارائه شده است هیچ شکی در مورد وسعت و اهمیت پردازش تصویر دیجیتال در ذهن شما باقی نمی گذارد. ما در این بخش زمینه های کاربردی متعددی را نشان می دهیم ، که هر کدام به طور معمول از تکنیک های پردازش تصویر دیجیتالی استفاده شده در فصل های زیر استفاده می کنند. بسیاری از تصاویر نشان داده شده در این بخش بعداً در یک یا چند مثال ارائه شده در کتاب استفاده می شود. اکثر تصاویر نشان داده شده ، تصاویر دیجیتالی هستند.

زمینه های کاربرد پردازش تصویر دیجیتالی بسیار متنوع است به گونه ای که سازماندهی در تلاش برای به دست آوردن وسعت این حوزه مطلوب است. یکی از ساده ترین راهها برای درک اساسی از میزان کاربردهای پردازش تصویر ، دسته بندی تصاویر بر اساس منبع آنها (به عنوان مثال ، اشعه ایکس ، دیداری ، مادون قرمز و غیره) است.

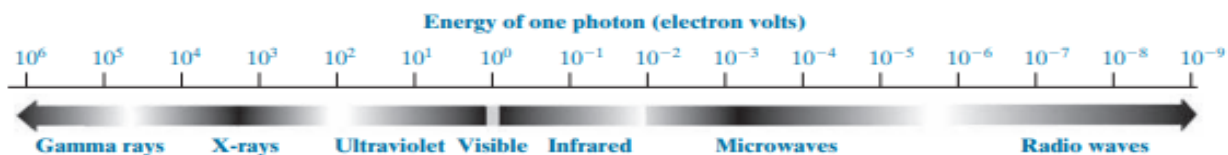
منبع اصلی انرژی برای تصاویر در امروزه از طیف انرژی الکترومغناطیسی استفاده می شود. سایر منابع مهم انرژی شامل آکوستیک ، اولتراسونیک و الکترونیکی (به شکل پرتوهای الکترونی مورد استفاده در میکروسکوپ الکترونی) است. تصاویر مصنوعی ، که برای مدل سازی و تجسم استفاده می شود ، توسط کامپیوتر ایجاد می شود. در این بخش ما در مورد چگونگی ایجاد تصاویر در این دسته بندی های مختلف و مناطقی که در آنها اعمال می شود بحث خواهیم کرد. روشهای تبدیل تصاویر به شکل دیجیتال در فصل بعدی مورد بحث قرار می گیرد.

تصاویر مبتنی بر تشعشع طیف EM آشنا ترین و به ویژه تصاویر در اشعه ایکس و نوارهای بصری طیف هستند. امواج الکترومغناطیسی را می توان به عنوان امواج سینوسی با طول موج های مختلف تصور کرد ، یا می توان آنها را جریانی از ذرات بدون جرم در نظر گرفت که هرکدام به صورت موجی حرکت می کنند و با سرعت نور حرکت می کنند. هر ذره بدون جرم حاوی مقدار مشخصی (یا یک بسته) انرژی است. هر دسته از انرژی را فوتون می نامند. اگر نوارهای طیفی بر اساس انرژی در هر فوتون گروه بندی شوند ، طیف نشان داده شده در شکل ۱.۵ را بدست می آوریم ، از اشعه گاما (بیشترین انرژی) در یک سر تا امواج رادیویی (کمترین انرژی) در طرف دیگر. نوارها با سایه نشان داده می شوند تا این واقعیت را بیان کنند که باندهای طیف EM متمایز نیستند ، بلکه به آرامی از یکی به دیگری منتقل می شوند.

تصویربرداری اشعه گاما

کاربردهای اصلی تصویربرداری بر اساس اشعه گاما شامل پزشکی هسته ای و مشاهدات نجومی است. در پزشکی هسته ای ، رویکرد تزریق ایزوتوپ رادیواکتیو به بیمار است که با پوسیدگی اشعه گاما از خود ساطع می کند. تصاویر از انتشارات جمع آوری شده توسط آشکارسازهای اشعه گاما تولید می شود. شکل ۱.۶ (الف) تصویری از اسکن کامل استخوان را که با استفاده از تصویربرداری اشعه گاما به دست آمده نشان می دهد. تصویری از این دست برای تعیین محل آسیب شناسی استخوان مانند عفونت یا تومور استفاده می شود. شکل ۱.۶ (ب) روش عمده دیگری از تصویربرداری هسته ای به نام توموگرافی انتشار پوزیترون (PET) را نشان می دهد. این اصل همانند توموگرافی اشعه ایکس است که به طور خلاصه در بخش ۱.۲ ذکر شده است.

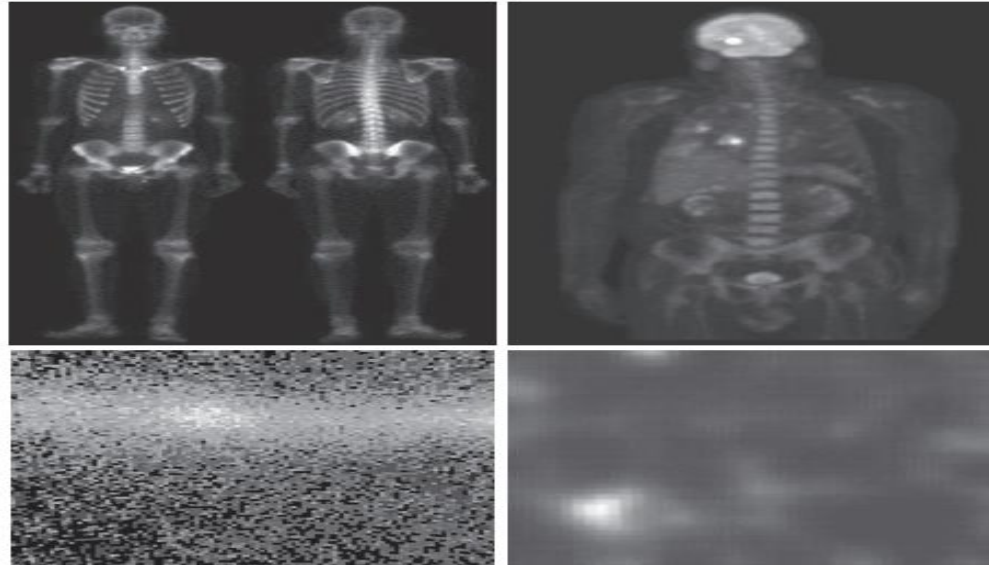
با این حال ، به جای استفاده از منبع خارجی انرژی اشعه ایکس ، به بیمار یک ایزوتوپ رادیواکتیو داده می شود که در هنگام پوسیدگی پوزیترون ساطع می کند. هنگامی که یک پوزیترون با یک الکترون برخورد می کند ، هر دو از بین می روند و دو پرتو گاما خارج می شود. اینها شناسایی شده و با استفاده از اصول اولیه توموگرافی تصویر توموگرافی ایجاد می شود. تصویر نشان داده شده در شکل ۱.۶ (ب) نمونه ای از دنباله ای است که شامل تصویر سه بعدی بیمار است. این تصویر یک تومور در مغز و دیگری در ریه را نشان می دهد که به راحتی به صورت توده های کوچک سفید دیده می شود.



شکل ۱.۵ طیف الکترومغناطیسی با توجه به انرژی در هر فوتون مرتب شده است. ستاره ای در صورت فلکی Cygnus در حدود ۱۵۰۰۰ سال پیش منفجر شد و یک ابر گازی داغ و ثابت معروف به حلقه Cygnus ایجاد کرد که در طیف وسیعی از رنگ ها می درخشد. شکل ۱.۶ تصویر از حلقه Cygnus در نوار اشعه گاما را نشان می دهد. برخلاف دو مثال موجود در شکل ۱.۶ (الف) و (ب)، این تصویر با استفاده از تابش طبیعی جسم در حال تصویربرداری به دست آمده است. سرانجام، شکل ۱.۶ d تصویر از تابش گاما از دریچه در راکتور هسته ای را نشان می دهد. ناحیه ای از تابش قوی در سمت چپ پایین تصویر دیده می شود.

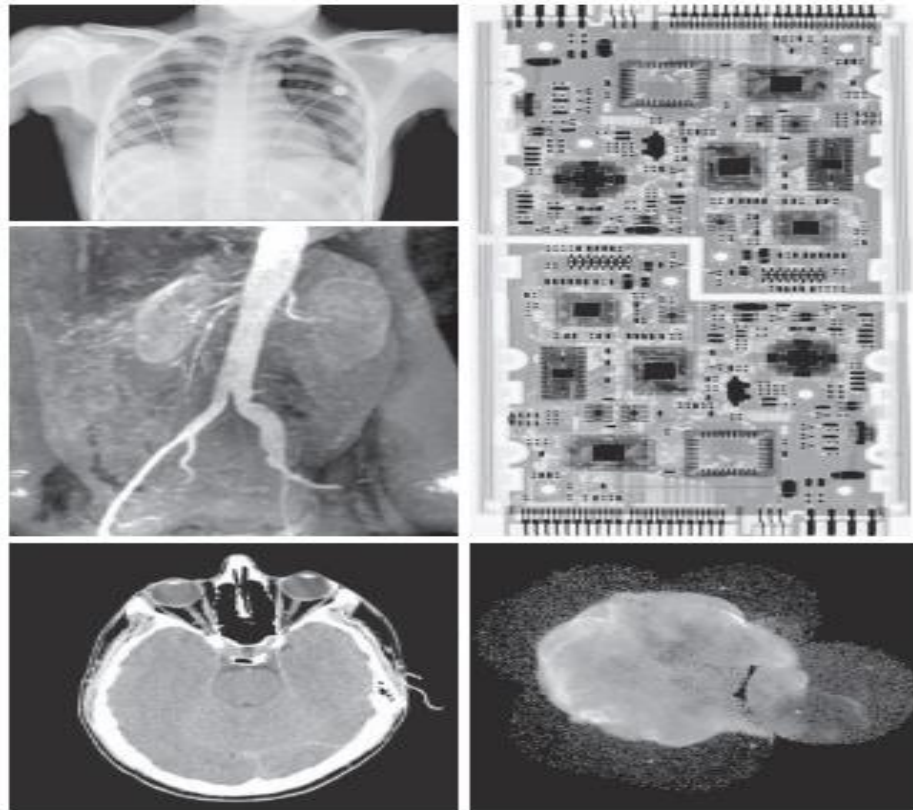
تصویربرداری با اشعه ایکس

اشعه ایکس یکی از قدیمی ترین منابع تابش EM است که برای تصویربرداری استفاده می شود. شناخته شده ترین استفاده از اشعه ایکس تشخیص پزشکی است، اما از آنها در صنایع و سایر مناطق مانند نجوم نیز استفاده می شود. اشعه ایکس برای تصویربرداری پزشکی و صنعتی با استفاده از یک لوله اشعه ایکس تولید می شود که یک لوله خلاء با کاتد و آند است. کاتد گرم می شود و باعث آزاد شدن الکترون های آزاد می شود. این الکترونها با سرعت زیاد به سمت آند با بار مثبت جریان می یابند. هنگامی که الکترونها به هسته ای برخورد می کنند، انرژی به شکل تابش اشعه ایکس آزاد می شود. انرژی (قدرت نفوذ) اشعه ایکس توسط ولتاژ اعمال شده در آند و جریان اعمال شده به رشته در کاتد کنترل می شود. شکل ۱.۷ (الف) اشعه ایکس قفسه سینه آشنا را نشان می دهد که به سادگی با قرار دادن بیمار بین منبع اشعه ایکس و فیلم حساس به انرژی اشعه ایکس ایجاد شده است. شدت اشعه ایکس با جذب از طریق بیمار تغییر می کند و انرژی حاصله بر روی فیلم آن را توسعه می دهد، درست همانطور که نور فیلم عکاسی را ایجاد می کند. در رادیوگرافی دیجیتال، تصاویر دیجیتال با یکی از دو روش به دست می آیند: (۱) با دیجیتالی کردن فیلم های اشعه ایکس. یا؛ (۲) با قرار گرفتن اشعه ایکس که از بیمار عبور می کند مستقیماً روی دستگاه هایی (مانند صفحه فسفر) قرار می گیرد که اشعه ایکس را به نور تبدیل می کند. سیگنال نوری به نوبه خود توسط یک سیستم دیجیتالی حساس به نور ضبط می شود. در مورد دیجیتالی شدن در فصل های ۲ و ۴ بیشتر بحث خواهیم کرد.



a b
c d

شکل ۱.۶ نمونه هایی از تصویربرداری با اشعه گاما الف) اسکن استخوان (ب) تصویر PET. (ج) حلقه Cygnus. (د) تابش گاما (نقطه روشن) از دریچه راکتور. (تصاویر برگرفته از (سن. سیستم های پزشکی ؛ (ب) دکتر مایکل ای کیسی ، CTI PET Systems ؛ (ج) ناسا ؛ (د) استادان Zhong He و David K. Wehe ، دانشگاه میشیگان).



a d
c b
b e

شکل ۱.۷ نمونه هایی از تصویربرداری با اشعه ایکس. الف) اشعه ایکس قفسه سینه ب) آنژیوگرافی آئورت. ج) سی تی سر د) تخته مدار. ه) حلقه Cygnus تصاویر از الف) و ج) دکتر دیوید آر پیکنز ، گروه رادیولوژی و علوم رادیولوژی ، مرکز پزشکی دانشگاه وندربیلت ؛ ب) دکتر توماس R. Gest ، بخش علوم تشریحی ، دانشگاه. دانشکده پزشکی میشیگان ؛ د) آقای جوزف E. Pascente ، Lixi ، شرکت ؛ و ه) ناسا.

آنژیوگرافی یکی دیگر از کاربردهای مهم در ناحیه ای به نام رادیوگرافی افزایش کنتراست است. این روش برای به دست آوردن تصاویری از رگ های خونی به نام آنژیوگرام استفاده می شود. به عنوان مثال ، یک کاتتر (یک لوله توخالی کوچک ، قابل انعطاف) در شریان یا ورید کشاله ران قرار می گیرد. سوند به داخل رگ خونی پیچیده می شود و به منطقه مورد مطالعه هدایت می شود. هنگامی که کاتتر به محل مورد بررسی می رسد ، یک ماده حاجب اشعه ایکس از طریق لوله تزریق می شود. این باعث افزایش کنتراست عروق خونی می شود و رادیولوژیست را قادر می سازد تا هرگونه بی نظمی یا انسداد را مشاهده کند. شکل ۱.۷ ب) نمونه ای از آنژیوگرافی آئورت را نشان می دهد. مشاهده می شود که کاتتر در رگ خونی بزرگ در سمت چپ پایین تصویر وارد شده است. به کنتراست بالای عروق بزرگ توجه کنید زیرا ماده حاجب در جهت کلیه ها ، که در تصویر نیز قابل مشاهده است ، بالا می رود. همانطور که در فصل ۲ بیشتر بحث خواهیم کرد ، آنژیوگرافی یک منطقه اصلی پردازش تصویر دیجیتال است ، جایی که از تفریق تصویر برای تقویت بیشتر رگ های خونی مورد مطالعه استفاده می شود.

یکی دیگر از موارد مهم استفاده از اشعه ایکس در تصویربرداری پزشکی ، توموگرافی محوری کامپیوتری (CAT) است. با توجه به وضوح و قابلیت های سه بعدی ، CAT پزشکی را از همان ابتدا که در اوایل دهه ۱۹۷۰ در دسترس قرار گرفت ، انقلاب کرد. همانطور که در بخش ۱.۲ ذکر شد ، هر تصویر CAT یک "برش" است که عمود بر بیمار گرفته شده است. با حرکت بیمار در جهت طولی ، برش های متعددی ایجاد می شود. مجموعه چنین تصاویری یک نمای سه بعدی از داخل بدن را تشکیل می دهد ، با وضوح طولی متناسب با تعداد تصاویر برش گرفته شده. شکل ۱.۷ ج) یک تصویر معمولی از برش CAT از سر انسان را نشان می دهد. تکنیک های مشابه روشهای مورد بحث ، اما عموماً شامل اشعه ایکس با انرژی بیشتر است ، در فرایندهای صنعتی قابل استفاده است. شکل ۱.۷ د) تصویر اشعه ایکس از برد مدار الکترونیکی را نشان می دهد.

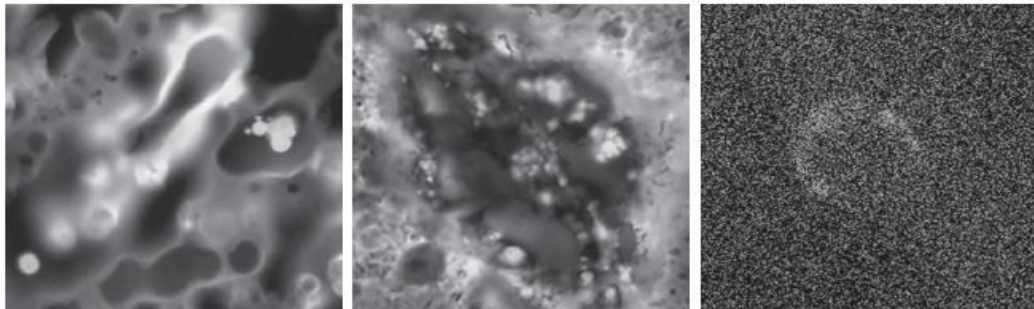
چنین تصاویری ، نمایانگر صدها کاربرد صنعتی اشعه ایکس ، برای بررسی تابلوهای مدار از نظر وجود آتش در تولید ، مانند قطعات مفقود شده یا آثار شکسته استفاده می شود. اسکن های صنعتی CAT زمانی مفید هستند که قطعات توسط اشعه ایکس مانند قطعات پلاستیکی و حتی بدنه های بزرگ مانند موتورهای موشکی جامد هل نفوذ کنند. شکل ۱.۷ e) نمونه ای از تصویربرداری با اشعه ایکس در نجوم را نشان می دهد. این تصویر حلقه Cygnus شکل ۱.۶ c) است ، اما در نوار اشعه ایکس تصویر شده است.

تصویربرداری در باند فرابنفش

کاربردهای "نور" ماوراء بنفش متفاوت است. آنها شامل لیتوگرافی ، بازرسی صنعتی ، میکروسکوپ ، لیزر ، تصویربرداری بیولوژیکی و مشاهدات نجومی هستند. ما تصویربرداری را در این گروه با نمونه هایی از میکروسکوپ و نجوم نشان می دهیم.

از اشعه ماوراء بنفش در میکروسکوپ فلورسور ، یکی از سریعترین مناطق میکروسکوپی ، استفاده می شود. فلورسانس پدیده ای است که در اواسط قرن نوزدهم کشف شد ، هنگامی که برای اولین بار مشاهده شد که هنگامی که اشعه ماوراء بنفش به آن هدایت می شود ، فلز معدنی سوزش می کند. نور ماوراء بنفش به خودی خود قابل مشاهده نیست ، اما هنگامی که یک فوتون از اشعه ماوراء بنفش با الکترون در اتمی از یک ماده روان آب برخورد می کند ، الکترون را به سطح انرژی بالاتری می رساند. متعاقباً ، الکترون برانگیخته به سطح پایین تری شل می شود و در منطقه نور مرئی (قرمز) نور را به شکل فوتونی با انرژی پایین تر منتشر می کند. وظایف مهمی که با میکروسکوپ جریان هوا انجام می شود عبارتند از: استفاده از نور تحریک برای تاباندن نمونه آماده شده ، و سپس جداسازی نور مادون قرمز ضعیف تر از نور تحریک روشن تر. بنابراین ، فقط نور انتشار به چشم یا دیگر آشکارسازها می رسد. مناطق آبرسانی حاصله در پس زمینه تیره با کنتراست کافی برای تشخیص امکان پذیر است. هرچه زمینه مواد غیرقابل نفوذ تیره تر باشد ، این ابزار کارآمدتر است.

میکروسکوپ فلورسانس یک روش عالی برای مطالعه موادی است که می توانند به صورت طبیعی در حالت طبیعی خود (uorecence اولیه) یا زمانی که با مواد شیمیایی قادر به تخلیه (uorecence ثانویه) تصفیه شوند ، آبگیری کنند. شکل ۱.۸ (الف) و (ب) نتایج معمولی مربوط به قابلیت میکروسکوپ فلورسانس را نشان می دهد. شکل ۱.۸ (الف) تصویر میکروسکوپ فلور ذرت معمولی را نشان می دهد ، و شکل ۱.۸ (ب) ذرت آلوده به "گند" را نشان می دهد ، بیماری غلات ، ذرت ، علف ، پیاز و سورگوم که می تواند توسط هر یک از آنها ایجاد شود. بیش از ۷۰۰ گونه قارچ انگلی دانه ذرت به ویژه مضر است زیرا ذرت یکی از منابع اصلی غذایی در جهان است. به عنوان یک تصویر دیگر ، شکل ۱.۸ (c) حلقه Cygnus را نشان می دهد که در منطقه با انرژی زیاد نوار ماوراء بنفش تصویر شده است.

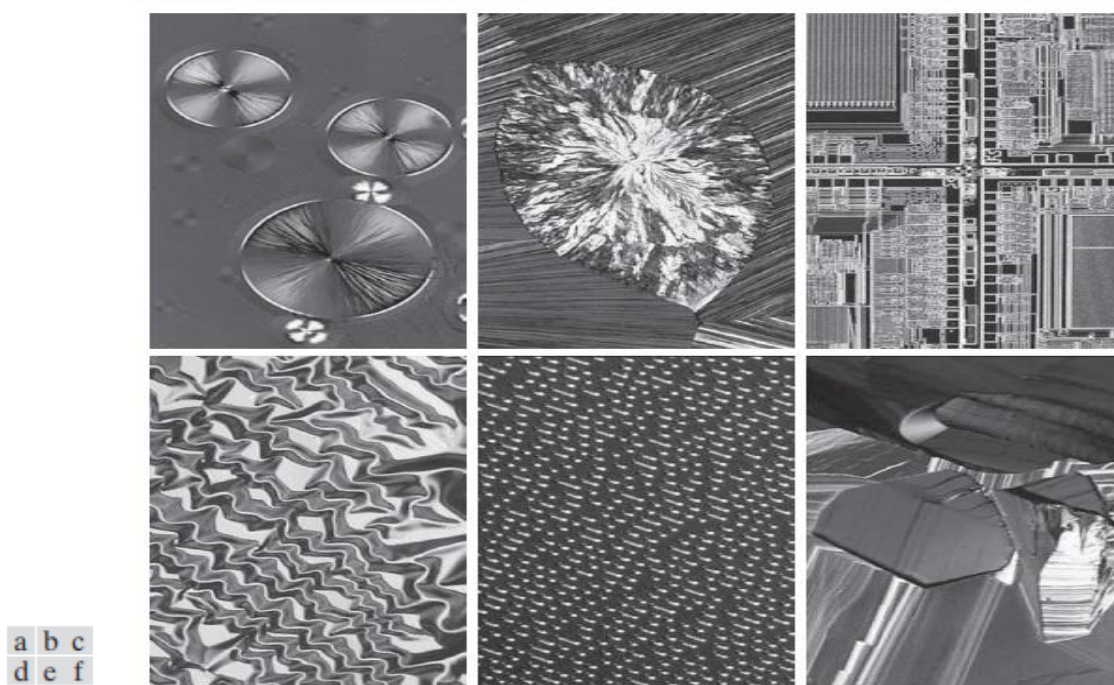


a b c

شکل ۱.۸ نمونه هایی از تصویربرداری ماوراء بنفش. الف) ذرت معمولی. ب) ذرت آلوده به لکه. ج) حلقه Cygnus. تصاویر (الف) و (ب) برگرفته دکتر مایکل د. دیویدسون ، دانشگاه ایالت فلوریدا ، (ج) ناسا.

تصویربرداری در نوارهای دیدنی و مبهم

با توجه به اینکه باند تصویری طیف الکترومغناطیسی در همه فعالیت های ما بیشترین خانواده را دارد ، جای تعجب نیست که تصویربرداری در این باند از نظر وسعت کاربرد بسیار بیشتر از بقیه باشد. باند مادون قرمز اغلب همراه با تصویربرداری بصری مورد استفاده قرار می گیرد ، بنابراین ما به منظور تصویرسازی ، نوارهای قابل مشاهده و مادون قرمز را در این قسمت گروه بندی کرده ایم. ما در بحث های زیر کاربردهای میکروسکوپ نوری ، نجوم ، سنجش از دور ، صنعت و اجرای قانون را در نظر می گیریم. شکل ۱.۹ چندین نمونه از تصاویر به دست آمده با میکروسکوپ نوری را نشان می دهد. مثالها از داروسازی و بازرسی خرد تا مشخصه سازی مواد متفاوت است. حتی در میکروسکوپ به تنهایی ، مناطق کاربرد بسیار زیاد است که نمی توان در اینجا به آن اشاره کرد. تصور انواع فرآیندهایی که ممکن است برای این تصاویر اعمال شود ، از افزایش تا اندازه گیری ، دشوار نیست.



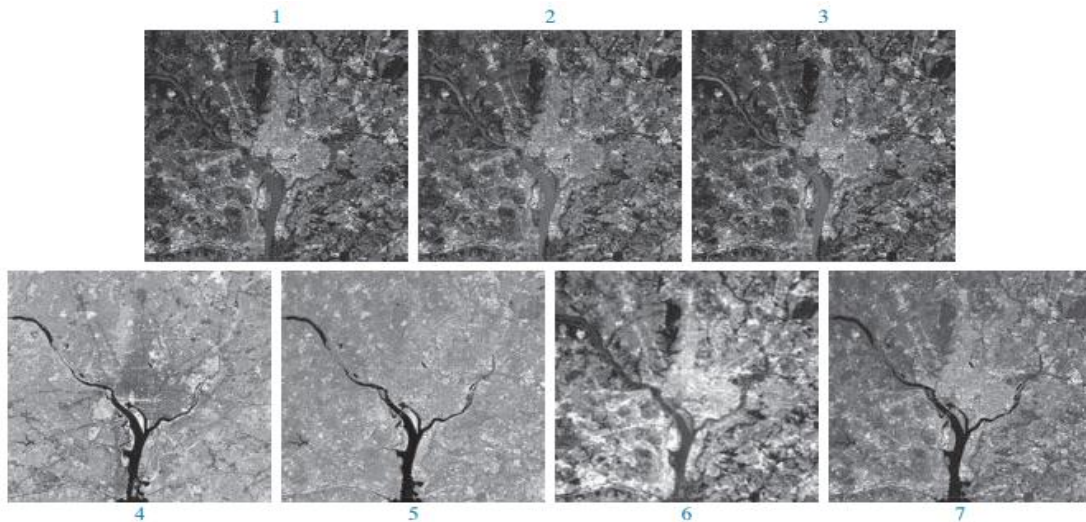
شکل ۱.۹ نمونه هایی از تصاویر میکروسکوپ نوری. الف) تاکسول (عامل ضد سرطان) ، بزرگنمایی شده ۲۵۰. ب) کلاسترول - ۴۰. ج) ریزپردازنده - ۶۰. د) اکسید نیکل ۶۰۰ - thin lm (ه) سطح سی دی صوتی - ۱۷۵۰. و) ابر رسانای آلی - ۴۵۰. (تصاویر برگرفته دکتر مایکل د. دیویدسون ، دانشگاه ایالت فلوریدا.) یکی دیگر از زمینه های اصلی پردازش بصری ، سنجش از دور است که معمولاً چندین نوار را در مناطق دیداری و مادون قرمز طیف شامل می شود. جدول ۱.۱ نوارهای به اصطلاح موضوعی را در ماهواره های L و SAT ناسا نشان می دهد.

وظیفه اصلی L و SAT بدست آوردن و ارسال تصاویر زمین از فضا، به منظور نظارت بر شرایط محیطی روی کره زمین است. نوارها بر حسب طول موج بیان می شوند و ۱ میلی متر برابر با ۱۰-۶ متر است (در طول فصل ۲ در مورد طول موج طیف الکترومغناطیسی بیشتر بحث خواهیم کرد). در جدول ۱.۱ به ویژگی ها و کاربردهای هر نوار توجه کنید.

برای درک بیشتر قدرت این نوع تصویربرداری چند قسمتی، شکل ۱.۱۰ را در نظر بگیرید، که برای هر یک از نوارهای طیفی در جدول ۱.۱ یک تصویر نشان می دهد. منطقه تصویری واشنگتن دی سی است که شامل ویژگی هایی مانند ساختمان ها، جاده ها، پوشش گیاهی و رودخانه ای بزرگ (پوتومک) است که در شهر می گذرد. تصاویر مراکز جمعیتی در طول زمان برای ارزیابی رشد جمعیت و تغییر الگوها، آلودگی و سایر عوامل مثر بر محیط زیست استفاده می شود. تفاوت بین ویژگی های تصویر بصری و مادون قرمز در این تصاویر کاملاً محسوس است. برای مثال توجه کنید که رودخانه در نوارهای ۴ و ۵ چقدر از محیط اطراف خود تعریف شده است. مشاهده و پیش بینی آب و هوا نیز کاربردهای اصلی تصویربرداری چند طیفی از ماهواره ها است. به عنوان مثال، شکل ۱.۱۱ تصویری از توفان کاترینا است، یکی از مخرب ترین طوفان های موجود در نیمکره غربی. این تصویر توسط ماهواره ملی اقیانوس شناسی و جوی (NOAA) با استفاده از حسگرهایی در نوارهای قابل مشاهده و مادون قرمز گرفته شده است. چشم طوفان در این تصویر به وضوح قابل مشاهده است.

جدول ۱.۱ نوارهای موضوعی L و SAT ناسا ماهواره

شماره باند	نام	طول موج (μm)	ویژگی ها و موارد استفاده
1	آبی مرئی	0.45–0.52	حداکثر نفوذ آب
2	سبز مرئی	0.53–0.61	اندازه گیری قدرت گیاه
3	قرمز مرئی	0.63–0.69	تبعیض رویشی
4	نزدیک مادون قرمز	0.78–0.90	زیست توده و نقشه برداری از ساحل
5	مادون قرمز میانی	1.55–1.75	رطوبت: خاک/پوشش گیاهی
6	مادون قرمز حرارتی	10.4–12.5	رطوبت خاک؛ نقشه برداری حرارتی
7	موج کوتاه مادون قرمز	2.09–2.35	نقشه برداری مواد معدنی



تصویر ۱.۱۰ تصاویر ماهواره ای L و SAT از منطقه واشنگتن دی سی. اعداد مربوط به نوارهای موضوعی در جدول ۱.۱ است. (تصاویر از ناسا گرفته شده است.)



شکل ۱.۱۱ تصویر ماهواره ای از طوفان کاترینا در ۲۹ آگوست ۲۰۰۵ گرفته شده است. برگرفته NOAA شکل ۱.۱۲ و ۱.۱۳ کاربرد تصویربرداری مادون قرمز را نشان می دهد. این تصاویر بخشی از مجموعه داده های Nightlight of the World است که فهرست جهانی سکونتگاه های انسانی را ارائه می دهد. این تصاویر توسط یک سیستم تصویربرداری مادون قرمز نصب شده بر روی ماهواره NOAA/DMSP برنامه ماهواره هواشناسی دفاعی تهیه شده است. سیستم مادون قرمز در باند ۱۰.۰ تا ۱۳.۴ میلی متر عمل می کند و دارای توانایی منحصر به فرد برای مشاهده منابع ضعیف از انتشارات قابل مشاهده ، نزدیک به مادون قرمز موجود در سطح زمین ، از جمله شهرها ، شهرک ها ، روستاها ، گازهای گاز و آتش است. حتی بدون آموزش رسمی در پردازش تصویر ، تصور نوشتن یک برنامه کامپیوتری که از این تصاویر برای تخمین درصد نسبی کل انرژی الکتریکی مورد استفاده در مناطق مختلف جهان استفاده کند ، دشوار نیست.

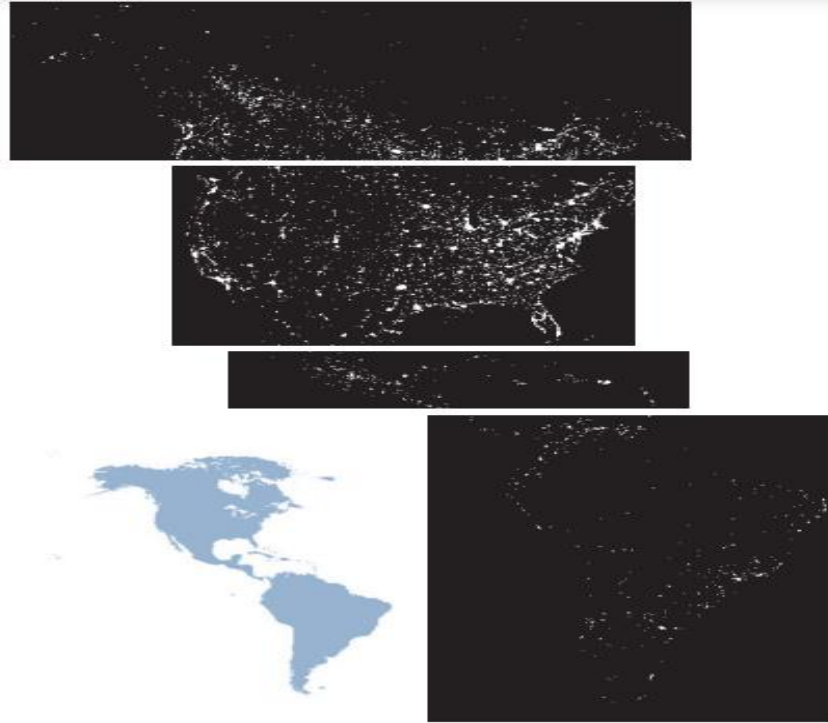
بخش عمده ای از تصویربرداری در طیف مرئی بازرسی خودکار کالاهای تولیدی است. شکل ۱.۱۴ چند نمونه را نشان می دهد. شکل ۱.۱۴ (a) یک برد کنترل کننده برای درایو CD-ROM است. یک وظیفه معمول پردازش تصویر با محصولاتی مانند این ، بررسی آنها برای قطعات گم شده است (مربع سیاه در بالا ، چهار ضلع راست تصویر نمونه ای از یک جزء گم شده است).

شکل ۱.۱۴ (ب) یک ظرف قرص تصویری است. هدف در اینجا این است که دستگاهی به دنبال قرص های مفقود ، ناقص یا تغییر شکل یافته باشد. شکل ۱.۱۴ (ج) برنامه ای را نشان می دهد که در آن از پردازش تصویر برای جستجوی بطری هایی استفاده می شود که تا سطح قابل قبولی پر نشده اند. شکل ۱.۱۴ (d) یک قسمت پلاستیکی شفاف را نشان می دهد که تعداد جیب های هوا در آن غیرقابل قبول است.

تشخیص ناهنجاری هایی از این قبیل موضوع اصلی بازرسی صنعتی است که محصولات دیگر مانند چوب و پارچه را شامل می شود. شکل ۱.۱۴ (e) دسته ای از غلات را در حین بازرسی از نظر رنگ و وجود ناهنجاری هایی مانند سوزانده شده نشان می دهد. در نهایت ، شکل ۱.۱۴ (f) تصویری از ایمپلنت داخل چشم (لنز جایگزین برای چشم انسان) را نشان می دهد. از روش روشنائی "نور ساختار یافته" برای برجسته سازی تغییر شکل ها به سمت مرکز عدسی و سایر نواقص استفاده شد. به عنوان مثال ، علامت گذاری در ساعت ۱ و ۵ ساعت به موجین آسیب می رساند. بیشتر جزئیات خال کوچک دیگر آوار هستند. هدف در این نوع بازرسی این است که قبل از بسته بندی ایمپلنت های آسیب دیده یا اشتباه تولید شده را پیدا کنید.

شکل ۱.۱۵ چند نمونه اضافی از پردازش تصویر در طیف مرئی را نشان می دهد. شکل ۱.۱۵ (الف) چاپ انگشت شست را نشان می دهد. تصاویر انگشت نگاره ها به طور مرتب توسط رایانه پردازش می شوند ، یا برای تقویت آنها یا برای یافتن ویژگی هایی که به جستجوی خودکار پایگاه داده برای مطابقت احتمالی کمک می کند. شکل ۱.۱۵ (ب) تصویری از واحد پول کاغذ را نشان می دهد. برنامه های پردازش تصویر دیجیتال در این زمینه شامل شمارش خودکار و در اجرای قانون ، خواندن شماره سریال به منظور ردیابی و شناسایی صورتحساب های ارزی است. دو تصویر خودرو در شکل نشان داده شده است. ۱.۱۵ (ج) و (د) نمونه هایی از خواندن خودکار پلاک است.

مستطیل های نوری منطقه ای را نشان می دهند که سیستم تصویربرداری صفحه را تشخیص داده است. مستطیل های سیاه نتایج خواندن خودکار محتوای صفحه توسط سیستم را نشان می دهد. پلاک و سایر کاربردهای تشخیص شخصیت به طور گسترده برای نظارت و نظارت بر تردد استفاده می شود.



شکل ۱.۱۲ مادون قرمز تصاویر ماهواره ای از قاره آمریکا نقشه کوچک سایه دار برای مرجع ارائه شده است.
(بااحترام NOAA)

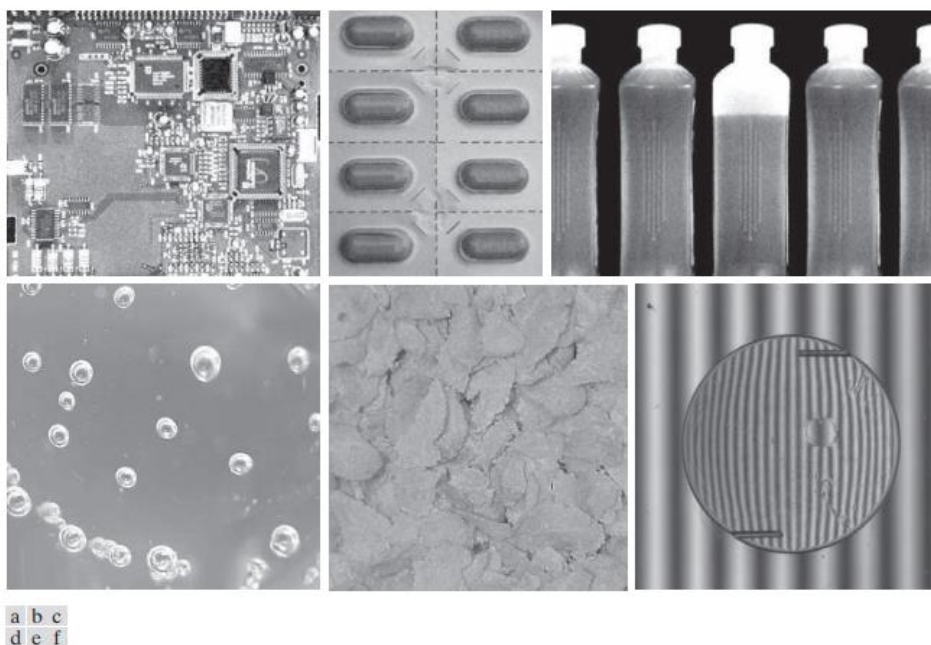


شکل ۱.۱۳ تصاویر ماهواره ای مادون قرمز از قسمت های باقیمانده جمعیت از جهان. نقشه کوچک سایه دار برای مرجع ارائه شده است. (بااحترام NOAA)

تصویربرداری در باند مایکروویو

کاربرد اصلی تصویربرداری در نوار مایکروویو رادار است. ویژگی منحصر به فرد رادار تصویربرداری توانایی آن در جمع آوری داده ها تقریباً در هر منطقه در هر زمان ، صرف نظر از آب و هوا یا شرایط روشنایی محیط است. برخی از امواج راداری می توانند در ابرها نفوذ کنند و در شرایط خاص ، از طریق پوشش گیاهی ، یخ و ماسه خشک نیز مشاهده می شوند. در بسیاری از موارد ، رادار تنها راه کشف مناطق غیرقابل دسترسی سطح زمین است. یک رادار تصویربرداری مانند یک دوربین فلش عمل می کند زیرا نور خود (پالس های مایکروویو) خود را برای روشن کردن منطقه ای روی زمین و گرفتن یک عکس فوری فراهم می کند. به جای لنز دوربین ، رادار از آنتن و پردازش رایانه دیجیتال برای ضبط تصاویر خود استفاده می کند. در تصویر رادار ، فقط می توان انرژی مایکروویو را مشاهده کرد که به سمت آنتن رادار بازتاب شده است.

شکل ۱.۱۶ تصویری از رادار مکانی را نشان می دهد که منطقه کوهستانی ناهموار جنوب شرقی تبت ، در حدود ۹۰ کیلومتری شرق شهر لهایسا را پوشش می دهد. در گوشه سمت راست پایین ، دره وسیعی از رودخانه لهایسا قرار دارد که توسط کشاورزان تبتی و دامداران یک جمعیت دارد و شامل روستای منبا می شود. کوههای این منطقه از سطح دریا به ۵۸۰۰ متر (۱۹۰۰۰ فوت) می رسند ، در حالی که کفهای دره در حدود ۴۳۰۰ متر (۱۴۰۰۰ فوت) بالاتر از سطح دریا واقع شده است. به وضوح و جزئیات تصویر ، بدون ابر یا سایر شرایط جوی که معمولاً با تصاویر در نوار بصری تداخل دارند ، توجه کنید.



شکل ۱.۱۴ چند نمونه از کالاهای تولیدی که با استفاده از پردازش تصویر دیجیتال بررسی شده اند. الف) کنترل کننده مدار ب) قرص های بسته بندی شده ج) بطری ها. د) حباب هوا در یک محصول پلاستیکی شفاف. ه) غلات. و) تصویر ایمپلنت داخل چشم. (شکل و) برگرفته از آقای پیت سایتز ، شرکت (Perceptics.)

تصویربرداری در نوار رادیویی

همانطور که در مورد تصویربرداری در انتهای دیگر طیف (اشعه گاما) ، کاربردهای اصلی تصویربرداری در گروه رادیویی در پزشکی و نجوم است. در پزشکی ، امواج رادیویی در تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI) استفاده می شود. این تکنیک یک بیمار را در یک آهنربای قوی قرار می دهد و امواج رادیویی را در پالس های کوتاه از بدن فرد عبور می دهد.

هر نبض باعث می شود که یک پالس پاسخ دهنده از امواج رادیویی توسط بافت های بیمار منتشر شود. مکانی که این سیگنال ها از آنجا سرچشمه می گیرند و قدرت آنها توسط رایانه ای تعیین می شود که تصویر دو بعدی از قسمتی از بیمار را تولید می کند. MRI می تواند تصاویر را در هر صفحه ای تولید کند. شکل ۱.۱۷ تصاویر MRI از زانو و ستون فقرات انسان را نشان می دهد.

راست ترین تصویر در شکل ۱.۱۸ تصویری از خرچنگ پولسار در گروه رادیویی است. همچنین برای مقایسه جالب تصاویری از همان منطقه نشان داده شده است ، اما در بیشتر گروه هایی که قبلاً بحث شد گرفته شده است. توجه داشته باشید که هر تصویر "نمای" کاملاً متفاوتی از تپ اختر را نشان می دهد.



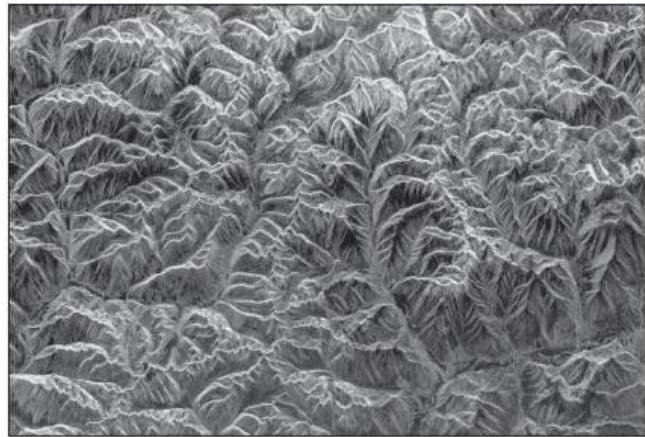
شکل ۱.۱۵ چند نمونه اضافی از تصویربرداری در طیف مرئی. (الف) چاپ انگشت شست. (ب) ارز کاغذی. (ج) و (د) خواندن پلاک اتوماتیک. (شکل (الف) از موسسه ملی استاندارد و فناوری استفاده شده است. شکل (ج) و (د) برگرفته از دکتر خوان هررا، شرکت (Perceptics.)

سایر روشهای تصویرسازی

اگرچه تصویربرداری در طیف الکترومغناطیسی تا کنون غالب است، اما تعدادی از روشهای تصویربرداری دیگر نیز وجود دارد که مهم هستند. به طور خاص، ما در این بخش تصویربرداری صوتی، میکروسکوپ الکترونی و تصویربرداری مصنوعی (تولید شده توسط کامپیوتر) را مورد بحث قرار می دهیم.

تصویربرداری با استفاده از "صدا" کاربردی در اکتشافات زمین شناسی، صنعت و پزشکی پیدا می کند. کاربردهای زمین شناسی از صدا در قسمت پایینی طیف صدا (صدها هرتز) استفاده می کنند در حالی که تصویربرداری در مناطق دیگر از سونوگرافی (میلیون ها هرتز) استفاده می کند. مهمترین کاربردهای تجاری پردازش تصویر در زمین شناسی در اکتشافات معدنی و نفت است.

برای دستیابی به تصویر در زمین ، یکی از روشهای اصلی استفاده از یک کامیون بزرگ و یک صفحه فولادی بزرگ است. صفحه توسط کامیون روی زمین فشار داده می شود و کامیون از طیف فرکانسی تا ۱۰۰ هرتز ارتعاش می کند. قدرت و سرعت امواج صوتی بازگشتی با ترکیب زمین در زیر سطح تعیین می شود. اینها توسط کامپیوتر تجزیه و تحلیل می شوند و تصاویر از تجزیه و تحلیل حاصله ایجاد می شوند. برای به دست آوردن تصویر دریایی ، منبع انرژی معمولاً شامل دو تفنگ بادی است که پشت یک کشتی کشیده شده اند. امواج صوتی برگشتی توسط هیدروفون هایی که در کابل هایی که در پشت کشتی کشیده شده اند ، در کف اقیانوس قرار گرفته یا از شناورها (کابل های عمودی) آویزان شده اند ، تشخیص داده می شود. دو تفنگ بادی متناوب تا ۲۰۰۰ psi تحت فشار قرار گرفته و سپس راه اندازی می شوند. حرکت ثابت کشتی یک جهت عرضی از حرکت را فراهم می کند که همراه با امواج صوتی در حال بازگشت ، برای تهیه نقشه سه بعدی از ترکیب زمین در زیر کف اقیانوس استفاده می شود.

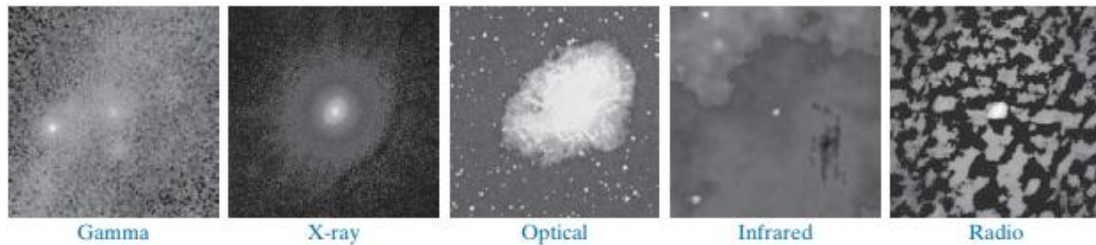


شکل ۱.۱۶ تصویر راداری مکانی از منطقه کوهستانی در جنوب شرقی تبت. (با اجازه ناسا).



a b

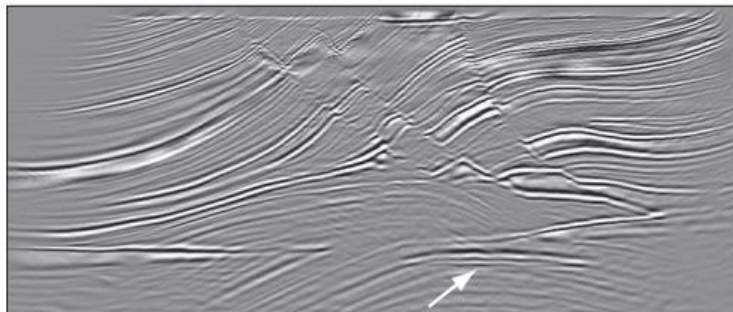
شکل ۱.۱۷ تصاویر MRI از یک انسان (الف) زانو ، و (ب) ستون فقرات. (شکل (الف) برگرفته دکتر Thom- as R. Gest ، بخش علوم تشریحی ، دانشکده پزشکی دانشگاه میشیگان ، و (ب) برگرفته دکتر دیوید آر پیکنز ، گروه رادیولوژی و علوم رادیولوژی ، مرکز پزشکی دانشگاه وندربیلت.)



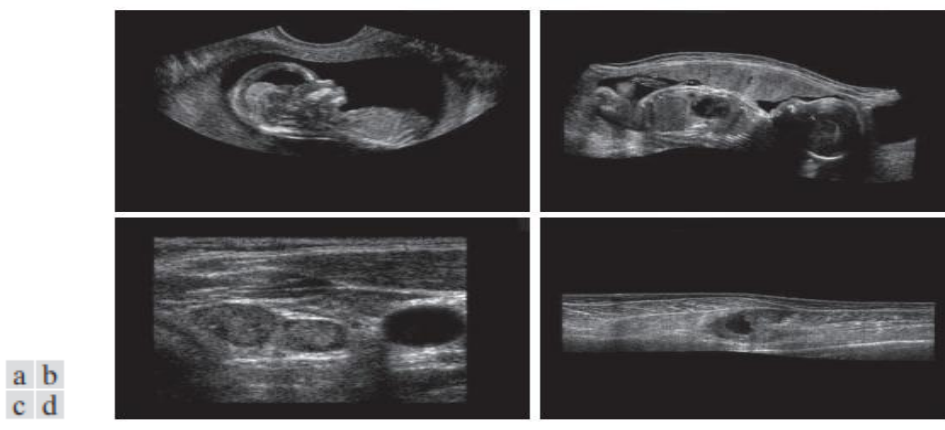
شکل ۱.۱۸ تصاویری از خرچنگ (در مرکز هر تصویر) که طیف الکترومغناطیسی را پوشانده است. (منطقه ناسا)
 شکل ۱.۱۹ یک تصویر مقطعی از یک مدل سه بعدی مشهور را نشان می دهد که در آن عملکرد الگوریتم های تصویربرداری لرزه ای مورد آزمایش قرار گرفته است. فلش به دام هیدروکربن (نفت و/یا گاز) اشاره می کند. این هدف از لایه های اطراف روشن تر است زیرا تغییر چگالی در ناحیه مورد نظر بیشتر است. متبديل لرزه نگاری به دنبال این "نقاط روشن" برای یافتن نفت و گاز هستند. لایه های بالا نیز روشن هستند ، اما روشنایی آنها به شدت در لایه ها متفاوت نیست. بسیاری از الگوریتم های بازسازی لرزه ای به دلیل گسل های بالای آن در تصویربرداری از این مشکل مشکل دارند.

اگرچه از تصویربرداری اولتراسوند به طور معمول در تولید استفاده می شود ، اما شناخته شده ترین کاربردهای این تکنیک در پزشکی ، به ویژه در زنان و زایمان است ، جایی که از جنین برای تعیین سلامت رشد آنها تصویربرداری می شود. یک محصول جانبی این معاینه تعیین جنسیت نوزاد است. تصاویر سونوگرافی با استفاده از روش اساسی زیر ایجاد می شوند:

۱. سیستم اولتراسوند (کامپیوتر ، کاوشگر اولتراسوند متشکل از منبع ، گیرنده و صفحه نمایش) پالس های فرکانس بالا (۱ تا ۵ مگاهرتز) را به بدن منتقل می کند.
۲. امواج صوتی به بدن می روند و به مرز بین بافتها (به عنوان مثال ، بین مایع و بافت نرم ، بافت نرم و استخوان) برخورد می کنند. برخی از امواج صوتی به کاوشگر باز می گردند ، در حالی که برخی دیگر تا زمانی که به مرز دیگری نرسیده و بازتابیده می شوند ، بیشتر حرکت می کنند.
۳. امواج منعکس شده توسط کاوشگر برداشته شده و به کامپیوتر منتقل می شوند.
- ۴- دستگاه با استفاده از سرعت صوت در بافت (۱۵۴۰ متر بر ثانیه) و زمان بازگشت هر اکو ، فاصله کاوشگر تا محدوده بافت یا اندام را محاسبه می کند.
۵. این سیستم فاصله ها و شدت پژواک های روی صفحه را نمایش می دهد و تصویری دو بعدی را تشکیل می دهد.



شکل ۱.۱۹ تصویر مقطعی از یک مدل لرزه ای فلش به دام هیدروکربن (نفت و/یا گاز) اشاره می کند. (با اجازه دکتر کورتیس اوبر ، آزمایشگاه های ملی سانديا.)

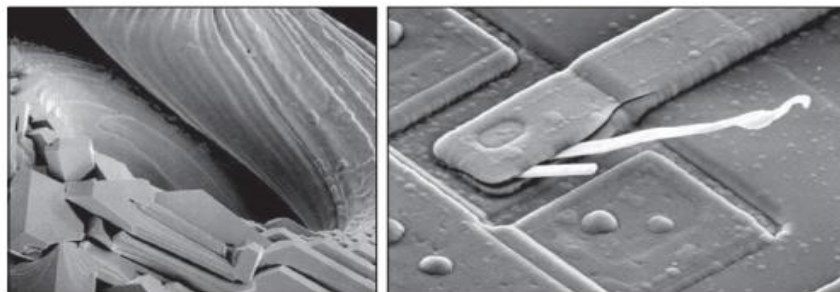


شکل ۱.۲۰ نمونه هایی از تصویربرداری سونوگرافی. الف) یک جنین ب) نمایی دیگر از جنین ج) تیروئیدها. د) لایه های عضلانی که ضایعه را نشان می دهند. (با اجازه زمینس سیستم های دارویی ، Inc.، گروه سونوگرافی.) در یک تصویر معمولی سونوگرافی ، میلیون ها پالس و پژواک در هر ثانیه ارسال و دریافت می شود. کاوشگر را می توان در امتداد سطح بدن حرکت داد و زاویه ای برای بدست آوردن نماهای مختلف ایجاد کرد. شکل ۱.۲۰ چندین نمونه از کاربردهای پزشکی فراصوت را نشان می دهد.

ما بحث در مورد روش های تصویربرداری را با نمونه هایی از میکروسکوپ الکترونی ادامه می دهیم. میکروسکوپ های الکترونیکی به عنوان همتایان نوری خود عمل می کنند ، با این تفاوت که از یک پرتو متمرکز الکترون به جای نور برای تصویربرداری از نمونه استفاده می کنند. عملکرد میکروسکوپ های الکترونی شامل مراحل اساسی زیر است: یک جریان الکترون توسط یک منبع الکترون تولید می شود و با استفاده از یک پتانسیل الکتریکی مثبت به سمت نمونه ها شتاب می گیرد. این جریان با استفاده از دیافراگم های فلزی و لنزهای مغناطیسی در یک پرتو نازک و تک رنگ ثابت و متمرکز شده است. این پرتو با استفاده از لنز مغناطیسی بر روی نمونه متمرکز می شود. برهم کنش ها در داخل نمونه تابش شده روی پرتوی الکترون تأثیر می گذارد. این فعل و انفعالات و تأثیرات تشخیص داده می شوند و به یک تصویر تبدیل می شوند ، تقریباً به همان شیوه ای که نور از اجسام یک صحنه بازتاب می یابد یا جذب می شود. این مراحل اساسی در تمام میکروسکوپ های الکترونی انجام می شود.

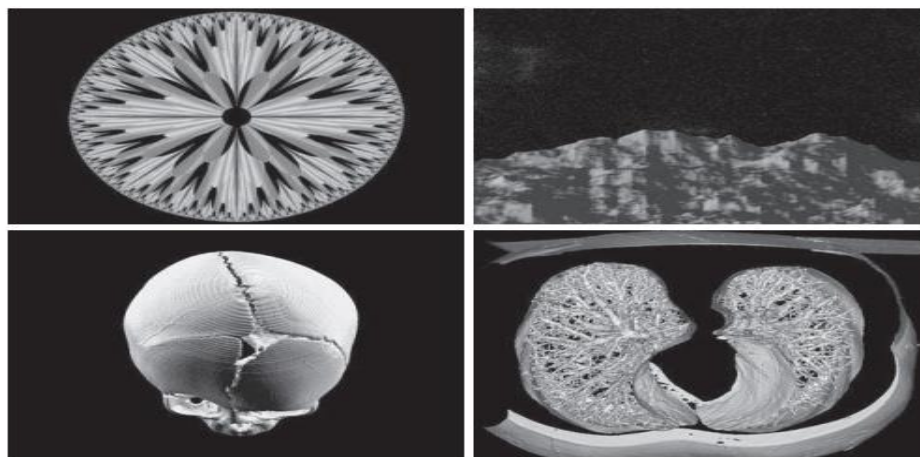
میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) بسیار شبیه پروژکتور اسلاید عمل می کند. یک پروژکتور یک پرتو نور را از طریق یک اسلاید منتقل می کند. با عبور نور از سرسره ، با محتویات اسلاید تعدیل می شود. سپس این پرتو منتقل شده بر روی صفحه نمایش نمایش داده می شود و یک تصویر بزرگتر از اسلاید را تشکیل می دهد. TEM ها به همان شیوه کار می کنند ، با این تفاوت که یک پرتو الکترون را از طریق یک نمونه (مشابه اسلاید) می تابانند. کسری از پرتوی منتقل شده از طریق نمونه بر روی صفحه نمایش فوسفور قرار می گیرد. برهم کنش الکترونها با فوسفور نور و در نتیجه تصویری قابل مشاهده ایجاد می کند. از سوی دیگر ، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) در واقع پرتو الکترونی را اسکن می کند و برهمکنش پرتو و نمونه را در هر مکان ثبت می کند. این یک نقطه روی صفحه فوسفور تولید می کند. یک تصویر کامل با اسکن رستری پرتو از طریق نمونه درست می شود ، درست مانند دوربین تلویزیون. الکترونها با صفحه فوسفور برهمکنش کرده و نور تولید می کنند. SEM ها برای نمونه های "حجیم" مناسب هستند ، در حالی که TEM ها به نمونه های بسیار نازک نیاز دارند. میکروسکوپ های الکترونی قادر به بزرگنمایی بسیار زیاد هستند. در حالی که میکروسکوپ نوری به بزرگنمایی به میزان ۱۰۰۰ محدود می شود ، میکروسکوپ های الکترونی می توانند به بزرگنمایی ۱۰،۰۰۰ یا بیشتر برسند. شکل ۱.۲۱ دو تصویر SEM از خرابی نمونه به دلیل اضافه بار حرارتی را نشان می دهد.

ما بحث روشهای تصویربرداری را با نگاه کوتاه به تصاویری که از اجسام فیزیکی به دست نیامده است ، به پایان می بریم. در عوض ، آنها توسط کامپیوتر تولید می شوند. فراکتال ها نمونه های قابل توجهی از تصاویر کامپیوتری هستند. اساساً یک فراکتال چیزی نیست جز یک بازتولید تکراری از یک الگوی اصلی طبق برخی قوانین ریاضی. به عنوان مثال ، کاشی کاری یکی از ساده ترین روش ها برای ایجاد یک تصویر تکه تکه است. یک مربع را می توان به چهار ناحیه مربعی تقسیم کرد که هر یک را می توان بیشتر به چهار ناحیه مربع کوچکتر تقسیم کرد و غیره. بسته به پیچیدگی قوانین برای پر کردن هر زیرمجموعه ، برخی از تصاویر کاشی زیبا را می توان با استفاده از این روش ایجاد کرد. البته ، هندسه می تواند دلخواه باشد. به عنوان مثال ، تصویر فراکتال می تواند به صورت شعاعی خارج از نقطه مرکزی رشد کند. شکل ۱.۲۲ (الف) فرکتالی را نشان می دهد که به این روش رشد کرده است. شکل ۱.۲۲ (ب) فراکتال دیگری ("منظره ماه") را نشان می دهد که قیاس جالبی با تصاویر فضا که به عنوان تصویر در برخی از بخشهای قبلی استفاده می شود ، ارائه می دهد. یک رویکرد ساختارمندتر برای ایجاد تصویر توسط رایانه در مدل سازی سه بعدی نهفته است. این ناحیه ای است که تقاطع مهمی بین پردازش تصویر و گرافیک رایانه ای ایجاد می کند و پایه و اساس بسیاری از سیستم های تجسم سه بعدی (به عنوان مثال ، شبیه سازی های فضا) است. شکل ۱.۲۲ (ج) و (د) نمونه هایی از تصاویر ایجاد شده توسط کامپیوتر را نشان می دهد. از آنجا که شیء اصلی به صورت سه بعدی ایجاد می شود ، تصاویر را می توان در هر منظری از پیش بینی های سطح حجم سه بعدی ایجاد کرد. تصاویری از این نوع را می توان برای آموزش پزشکی و بسیاری از کاربردهای دیگر مانند پزشکی قانونی جنایی و جلوه های ویژه استفاده کرد.



a b

شکل ۱.۲۱ (الف) تصویر SEM ۲۵۰ از تنگستن به دنبال خرابی حرارتی (به قطعات خرد شده در سمت چپ پایین توجه کنید). (ب) تصویر SEM ۲۵۰۰ of از یک مدار مجتمع آسیب دیده. تارهای سفید اکسیدهای ناشی از تخریب حرارتی هستند. (شکل (الف) برگرفته آقای مایکل شفر ، گروه علوم زمین شناسی ، دانشگاه اورگان ، یوجین ؛ (ب) شورای دکتر J. M. Hudak ، دانشگاه مک مستر ، همیلتون ، انتاریو ، کانادا).



a b
c d

شکل ۱.۲۲ (الف) و (ب) تصاویر فراکتال. (ج) و (د) تصاویر ایجاد شده از مدل های کامپیوتری سه بعدی از اشیاء نشان داده شده. (شکل (الف) و (ب) برگرفته از خانم ملیسا .بینده ، کالج Swarthmore ؛ (ج) و (د) برگرفته از ناسا).

۱.۴ گام های اساسی در پردازش تصویر دیجیتال

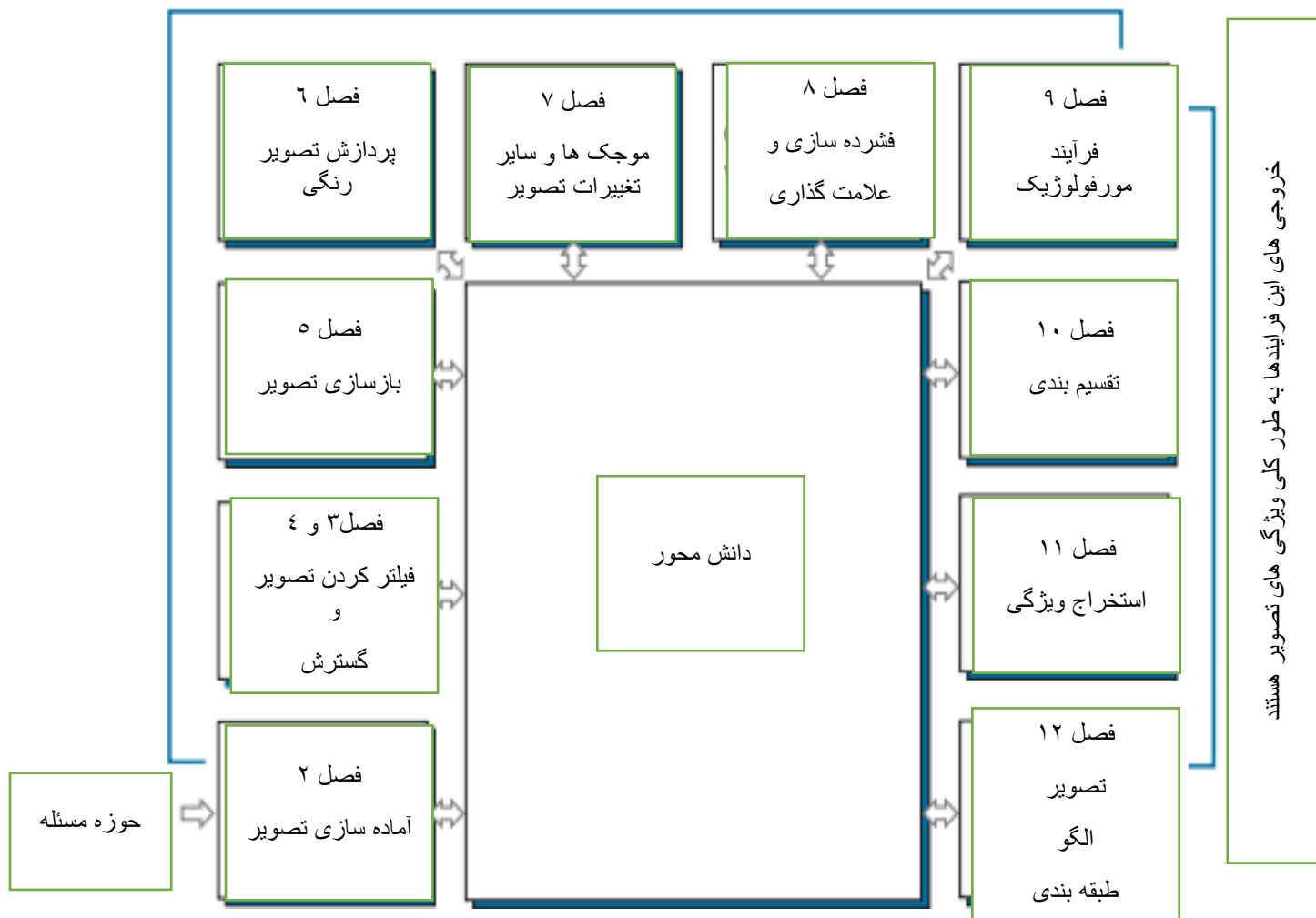
مفید است که مطالبی که در فصل های زیر آمده است را به دو دسته وسیع تعریف شده در بخش ۱.۱ تقسیم کنیم: روش هایی که ورودی و خروجی آنها تصاویر هستند و روش هایی که ورودی آنها ممکن است تصاویر باشد ، اما خروجی های آنها ویژگی هایی است که از آن تصاویر استخراج شده است. این سازمان در شکل ۱.۲۳ خلاصه شده است. نمودار به این معنا نیست که هر فرایندی روی یک تصویر اعمال می شود. در عوض ، هدف این است که ایده ای از همه روش هایی که می توانند برای اهداف مختلف و احتمالاً با اهداف مختلف روی تصاویر اعمال شوند ، منتقل شود. بحث در این بخش ممکن است به عنوان یک مرور کوتاه از مطالب باقی مانده کتاب در نظر گرفته شود. بدست آوردن تصویر اولین فرایند در شکل ۱.۲۳ است. بحث در بخش ۱.۳ نکاتی را در مورد منشاء

تصاویر دیجیتال ارائه کرد. این مبحث در فصل ۲ بسیار مفصل تر مورد بررسی قرار می گیرد ، جایی که ما تعدادی از مفاهیم اولیه تصویر دیجیتال را که در سراسر کتاب استفاده می شود ، معرفی می کنیم. تصاحب می تواند به سادگی ارائه تصویری باشد که در حال حاضر به شکل دیجیتالی است. به طور کلی ، مرحله تصویربرداری شامل پیش پردازش ، مانند مقیاس بندی است. بهبود تصویر فرایند دستکاری تصویر است ، بنابراین نتیجه مناسب تر از نسخه اصلی برای یک برنامه خاص است. کلمه **specific** در اینجا مهم است ، زیرا در ابتدا ثابت می کند که تکنیک های تقویت مسئله محور هستند. بنابراین ، برای مثال ، روشی که برای افزایش تصاویر اشعه ایکس بسیار مفید است ، ممکن است بهترین رویکرد برای افزایش تصاویر ماهواره ای که در باند مادون قرمز طیف الکترومغناطیسی گرفته می شوند نباشد. هیچ "نظریه" کلی در مورد بهبود تصویر وجود ندارد. وقتی تصویری برای تفسیر بصری پردازش می شود ، بیننده داور نهایی نحوه عملکرد یک روش خاص است. تکنیک های تقویت بسیار متنوع هستند و از رویکردهای مختلف پردازش تصویر استفاده می کنند ، به طوری که جمع آوری مجموعه ای معنادار از تکنیک های مناسب برای تقویت در یک فصل بدون توسعه زمینه گسترده ، دشوار است. به همین دلیل ، و همچنین به دلیل اینکه مبتدیان در زمینه پردازش تصویر به طور کلی برنامه های کاربردی تقویت کننده را از نظر بصری جذاب ، جالب و نسبتاً ساده می دانند ، هنگام معرفی مفاهیم جدید در بخشهایی از فصل ۲ و فصل ۳ و ۴ ، از افزایش تصویر به عنوان مثال استفاده می کنیم. ماده در دو فصل اخیر شامل بسیاری از روشهایی است که به طور سنتی برای افزایش تصویر استفاده می شود. بنابراین ، استفاده از مثالهایی برای افزایش تصویر برای معرفی روشهای جدید پردازش تصویر که در این فصلهای اولیه توسعه یافته اند ، نه تنها باعث صرفه جویی در داشتن یک فصل اضافی در کتاب مربوط به افزایش تصویر می شود ، بلکه مهمتر از همه ، یک رویکرد موثر برای معرفی تازه واردان با جزئیات فناوری پردازش است. - نیک در ابتدای کتاب با این حال ، همانطور که در ادامه کتاب مشاهده خواهید کرد ، مطالبی که در فصل های ۳ و ۴ ارائه شده است برای مشکلات بسیار وسیع تری از افزایش تصویر کاربرد دارد. بازسازی تصویر ناحیه ای است که با بهبود ظاهر تصویر نیز سروکار دارد. با این حال ، برخلاف تقویت ، که ذهنی است ، ترمیم تصویر عینی است ، به این معنا که تکنیک های ترمیم بر اساس مدل های ریاضی یا احتمالی تخریب تصویر است. از سوی دیگر ، پیشرفت بر اساس ترجیحات ذهنی انسان در مورد آنچه نتیجه "خوب" افزایش است ، استوار است. پردازش تصویر رنگی منطقه ای است که به دلیل افزایش چشمگیر استفاده از تصاویر دیجیتالی در اینترنت اهمیت خود را از دست داده است.

فصل ۶ تعدادی از مفاهیم اساسی در مدل های رنگی و پردازش اساسی رنگ در یک حوزه دیجیتال را پوشش می دهد. رنگ همچنین به عنوان پایه ای برای استخراج ویژگی های مورد علاقه در یک تصویر استفاده می شود. موج ها پایه ای برای نمایش تصاویر در درجات مختلف آفتاب هستند. به طور خاص ، این ماده در کتاب برای فشرده سازی داده های تصویر و نمایش هرمی استفاده می شود ، که در آن تصاویر به طور متوالی به مناطق کوچکتر تقسیم می شوند. مطالب فصل های ۴ و ۵ بیشتر بر مبنای تبدیل فوریه است. علاوه بر موجهها ، در فصل ۷

تعدادی از تغییرات دیگر را که بطور معمول در پردازش تصویر استفاده می شود ، مورد بحث قرار می دهیم. فشرده سازی ، همانطور که از نامش پیداست ، به تکنیک هایی برای کاهش ذخیره سازی مورد نیاز برای ذخیره تصویر یا پهنای باند مورد نیاز برای ارسال آن می پردازد. اگرچه فناوری ذخیره سازی در یک دهه گذشته به طور قابل توجهی بهبود یافته است ، اما در مورد ظرفیت انتقال نمی توان همین را گفت. این امر به ویژه در مورد استفاده از اینترنت صادق است ، که با محتوای تصویری قابل توجه مشخص می شود. فشرده سازی تصویر (شاید ناخواسته) برای اکثر کاربران رایانه ها در قالب افزونه های تصویری ، مانند پسوند jpg که در استاندارد فشرده سازی JPEG گروه متخصصان عکاسی مشترک) استفاده می شود ، آشنا است. پردازش ریخت شناسی به ابزارهایی برای استخراج اجزای تصویر می پردازد که در نمایش و توصیف شکل مفید هستند. همانطور که در بخش ۱.۱ نشان داده شده است ، مواد موجود در این فصل از فرآیندهای خروجی تصاویر به فرآیندهایی که ویژگی های تصویر را خروجی می دهند ، شروع می کند.

Outputs of these processes generally are images



شکل ۱.۲۳ مراحل اساسی در پردازش تصویر دیجیتال فصل (های) مشخص شده در جعبه ها جایی است که مطالبی که در جعبه توضیح داده شده است مورد بحث قرار می گیرد.

تقسیم بندی یک تصویر را به اجزای تشکیل دهنده یا اشیاء تقسیم می کند. به طور کلی ، تقسیم بندی خودکار یکی از دشوارترین وظایف در پردازش تصویر دیجیتال است. یک روش تقسیم بندی ناهموار ، این فرآیند را تا رسیدن به راه حل موفقیت آمیز مشکلات تصویربرداری که نیاز به شناسایی اشیاء به صورت جداگانه دارد ، پیش می برد. از سوی دیگر ، الگوریتم های تقسیم بندی ضعیف یا نامنظم تقریباً همیشه شکست نهایی را تضمین می کنند. به طور کلی ، هر چه تقسیم بندی دقیق تر باشد ، احتمال طبقه بندی خودکار اجسام بیشتر می شود. استخراج ویژگی تقریباً همیشه خروجی یک مرحله تقسیم بندی را که معمولاً داده های پیکسلی خام است دنبال می کند ، که یا مرز یک ناحیه (یعنی مجموعه ای از پیکسل ها را که یک ناحیه تصویر را از منطقه دیگر جدا می کند) یا تمام نقاط خود ناحیه را تشکیل می دهد. استخراج ویژگی شامل تشخیص ویژگی و شرح ویژگی است. منظور از تشخیص ویژگی ها ، یافتن ویژگی ها در یک تصویر ، منطقه یا مرز است. شرح ویژگی ویژگی های کمی را به ویژگی های شناسایی شده اختصاص می دهد.

به عنوان مثال ، ممکن است گوشه های یک منطقه را تشخیص دهیم و آن گوشه ها را بر اساس جهت و موقعیت آنها توصیف کنیم. هر دوی این توصیف کننده ها ویژگی های کمی هستند.

روشهای پردازش ویژگیهایی که در این فصل مورد بحث قرار گرفته است ، بسته به اینکه در محدوده ها ، مناطق یا کل تصاویر قابل اجرا هستند ، به سه دسته اصلی تقسیم می شوند. برخی از ویژگی ها برای بیش از یک دسته قابل اجرا هستند. توصیف کننده های ویژگی باید تا حد ممکن نسبت به تغییرات پارامترهایی مانند مقیاس ، انتقال ، چرخش ، روشنایی و دیدگاه حساس نباشند.

طبقه بندی الگوی تصویر فرایندی است که برچسب (به عنوان مثال ، "وسیله نقلیه") به یک شیء بر اساس توصیف کننده های ویژگی آن اختصاص می دهد. در فصل آخر کتاب ، ما روشهای طبقه بندی الگوی تصویر را از رویکردهای "کلاسیک" مانند حداقل فاصله ، همبستگی و طبقه بندی بیز ، تا رویکردهای مدرن تر که با استفاده از شبکه های عصبی عمیق اجرا می شوند ، مورد بحث قرار خواهیم داد. به طور خاص ، ما به تفصیل در مورد شبکه های عصبی پیچشی عمیق بحث خواهیم کرد ، که به طور ایده آل برای کارهای پردازش تصویر مناسب هستند.

تا کنون ، در مورد نیاز به دانش قبلی یا در مورد تعامل بین پایگاه دانش و ماژول های پردازشی در شکل ۱.۲۳ چیزی نگفته ایم.

دانش در مورد یک حوزه مشکل در قالب یک پایگاه داده دانش در یک سیستم پردازش تصویر کدگذاری می شود. این دانش ممکن است به سادگی جزئیات ناحیه ای از تصویر باشد که اطلاعات مورد علاقه در آن قرار دارد ، بنابراین جستجوی لازم برای جستجوی آن اطلاعات را محدود می کند. پایگاه دانش همچنین می تواند بسیار

پیچیده باشد ، مانند فهرستی از همه نقایص احتمالی عمده در یک مشکل بازرسی مواد ، یا پایگاه داده تصاویر حاوی تصاویر ماهواره ای با وضوح بالا از یک منطقه در ارتباط با برنامه های تشخیص تغییر. پایگاه دانش علاوه بر هدایت عملکرد هر یک از ماژول های پردازش ، تعامل بین ماژول ها را نیز کنترل می کند. این تمایز در شکل ۱.۲۳ با استفاده از فلش های دو سر بین ماژول های پردازش و پایه دانش ، برعکس فلش های تک سر که ماژول های پردازش را به هم متصل می کنند ، ایجاد می شود.

اگرچه ما در مورد نمایش تصویر به صراحت در این مرحله بحث نمی کنیم ، مهم است که به خاطر داشته باشیم که مشاهده نتایج پردازش تصویر می تواند در خارج از هر مرحله در شکل ۱.۲۳ انجام شود. ما همچنین توجه داریم که همه برنامه های پردازش تصویر به پیچیدگی فعل و انفعالات دلالت شده در شکل ۱.۲۳ نیاز ندارند. در حقیقت ، حتی بسیاری از این ماژول ها در بسیاری موارد مورد نیاز نیستند. برای مثال ، افزایش تصویر برای تفسیر بصری انسان به ندرت مستلزم استفاده از مراحل دیگر در شکل ۱.۲۳ است. اما به طور کلی ، با افزایش پیچیدگی یک کار پردازش تصویر ، تعداد فرآیندهای مورد نیاز برای حل مشکل نیز افزایش می یابد.

۱.۵ مولفه های یک سیستم پردازش تصویر

در اواسط دهه ۱۹۸۰ ، مدل‌های متعددی از سیستم‌های پردازش تصویر در سراسر جهان به فروش می رسیدند و دستگاه‌های جانبی قابل توجهی بودند که به رایانه های میزبان قابل توجهی متصل بودند. در اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ ، بازار به سخت افزارهای پردازش تصویر در قالب تخته های تک جهت طراحی شده برای سازگاری با اتوبوس های استاندارد صنعت و ورود به کابینت های مهندسی ایستگاه های کار و رایانه های شخصی روی آورد. در اواخر دهه ۱۹۹۰ و اوایل دهه ۲۰۰۰ ، کلاس جدیدی از بردهای اضافی به نام واحدهای پردازش گرافیکی (GPU) برای کار بر روی برنامه های سه بعدی مانند بازی ها و سایر برنامه های گرافیکی سه بعدی معرفی شد. دیری نگذشت که پردازنده های گرافیکی راه خود را در برنامه های پردازش تصویر شامل اجرای ماتریس در مقیاس بزرگ ، مانند آموزش شبکه های پیچیده عمیق پیدا کردند. علاوه بر کاهش هزینه ها ، تغییر بازار از دستگاه های جانبی قابل توجه به صفحات پردازش اضافی نیز به عنوان یک کاتالیزور برای تعداد قابل توجهی از شرکت های جدید متخصص در توسعه نرم افزارهایی که به طور خاص برای پردازش تصویر نوشته شده اند ، عمل کرد.

این روند به سمت کوچک سازی و ترکیب رایانه های کوچک چند منظوره با سخت افزار و نرم افزار تخصصی پردازش تصویر ادامه می یابد. شکل ۱.۲۴ مولفه های اصلی شامل یک سیستم معمولی با کاربرد عمومی که برای پردازش تصویر دیجیتال استفاده می شود را نشان می دهد. عملکرد هر جزء در پاراگراف های زیر مورد بحث قرار می گیرد و با تشخیص تصویر شروع می شود.

برای به دست آوردن تصاویر دیجیتال به دو زیر سیستم نیاز است. اولین سنسور فیزیکی است که به انرژی تابیده شده از جسم مورد نظر ما پاسخ می دهد. دومی که دیجیتایزر نامیده می شود ، وسیله ای برای تبدیل خروجی دستگاه سنجش فیزیکی به شکل دیجیتالی است.

به عنوان مثال ، در دوربین فیلمبرداری دیجیتال ، سنسورها تراشه های (CCD خروجی الکتریکی متناسب با شدت نور تولید می کنند. دیجیتایزر این خروجی ها را به داده های دیجیتال تبدیل می کند. این مباحث در فصل ۲ پوشش داده خواهد شد.

سخت افزارهای تخصصی پردازش تصویر معمولاً شامل دیجیتالیزوری است که ذکر شد ، به علاوه سخت افزاری که عملیات اولیه دیگری را انجام می دهد ، مانند واحد منطق حسابداری (ALU)، که عملیات حسابی و منطقی را به طور موازی روی کل تصاویر انجام می دهد. یک مثال از نحوه استفاده از ALU این است که به منظور کاهش نویز ، میانگین گیری تصاویر را به همان سرعت که دیجیتالی می شوند. این نوع سخت افزارها گاهی اوقات زیرسیستم جلویی نامیده می شوند و متمایزترین ویژگی آن سرعت است. به عبارت دیگر ، این واحد عملکردهایی را انجام می دهد که نیاز به داده های سریع (به عنوان مثال ، دیجیتالی سازی و متوسط تصاویر ویدئویی با سرعت ۳۰ فریم بر ثانیه) دارد که رایانه اصلی معمولی قادر به انجام آنها نیست. یک یا چند پردازنده گرافیکی (در بالا ببینید) همچنین در سیستم های پردازش تصویر که عملیات ماتریس فشرده را انجام می دهند رایج است.

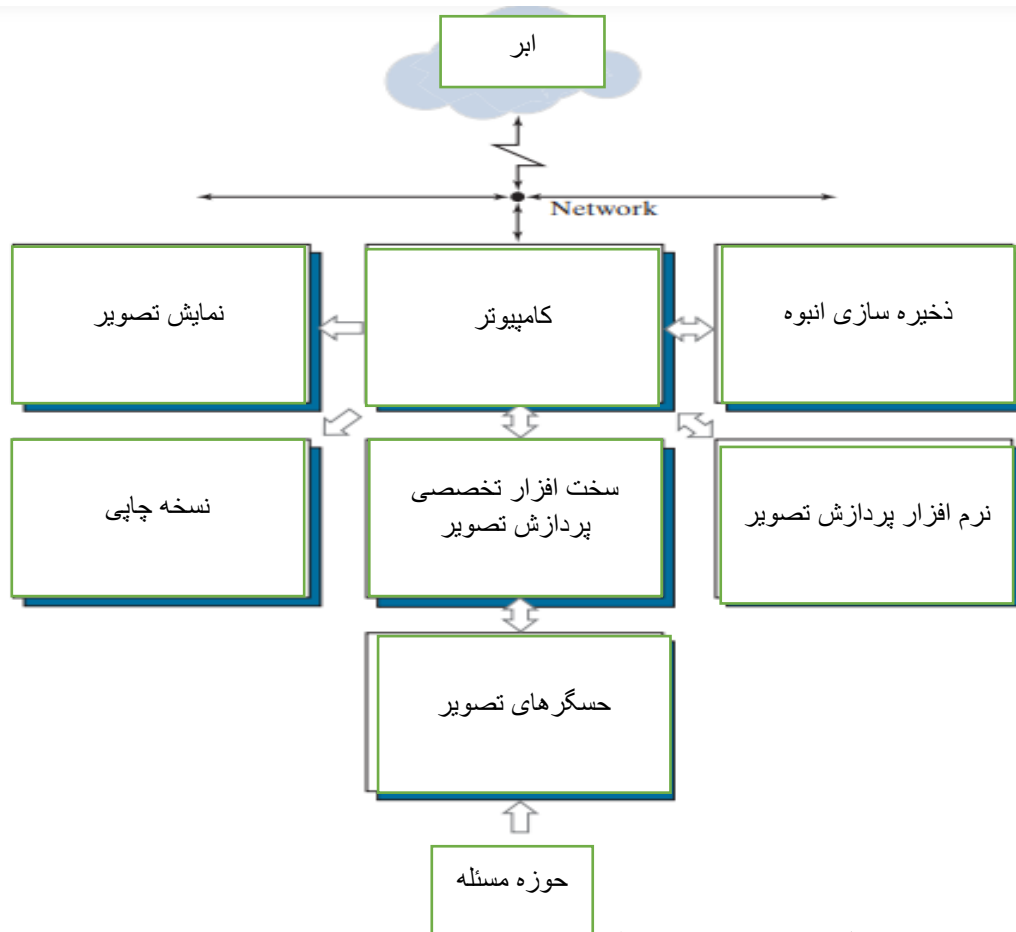
رایانه در یک سیستم پردازش تصویر ، یک رایانه همه منظوره است و می تواند از رایانه تا ابررایانه متغیر باشد. در برنامه های اختصاصی ، گاهی اوقات از رایانه های معمولی برای دستیابی به سطح مورد نیاز عملکرد استفاده می شود ، اما علاقه ما در اینجا به سیستم های پردازش تصویر عمومی است. در این سیستم ها ، تقریباً هر دستگاه مجهز از نوع PC برای کارهای خارج از خط پردازش تصویر مناسب است.

نرم افزار پردازش تصویر شامل ماژول های تخصصی است که وظایف خاصی را انجام می دهند. یک بسته خوب طراحی شده همچنین شامل قابلیت نوشتن کد برای کاربر است که حداقل از ماژول های تخصصی استفاده می کند.

بسته های نرم افزاری پیچیده تر امکان ادغام این ماژول ها و دستورات نرم افزاری عمومی را از حداقل یک زبان کامپیوتر فراهم می کند. نرم افزارهای پردازش تصویر تجاری موجود ، مانند جعبه ابزار معروف پردازش تصویر [®]MATLAB، نیز در یک سیستم پردازش تصویر مجهز رایج است.

ذخیره سازی انبوه در برنامه های پردازش تصویر ضروری است. یک تصویر با اندازه ۱۰۲۴ * ۱۰۲۴ پیکسل ، که در آن شدت هر پیکسل یک مقدار ۸ بیتی است ، در صورت فشرده نشدن تصویر به یک مگابایت فضای ذخیره سازی نیاز دارد. هنگام برخورد با پایگاه داده های تصویری که حاوی هزاران یا حتی میلیون ها تصویر هستند ، ارائه ذخیره سازی کافی در یک سیستم پردازش تصویر می تواند یک چالش باشد. ذخیره سازی دیجیتالی برای برنامه های پردازش تصویر به سه دسته اصلی تقسیم می شود: (۱) ذخیره کوتاه مدت برای استفاده در طول

پردازش. (۲) ذخیره سازی آنلاین برای فراخوانی نسبتاً سریع ؛ و (۳) ذخیره سازی بایگانی ، با دسترسی نادر مشخص می شود. ذخیره سازی بر حسب بایت (هشت بیت) ، کیلوبایت (۱۰۳ بایت) ، مگابایت (۱۰۶ بایت) ، گیگابایت (۱۰۹ بایت) و (۱۰۱۲ Tbytes بایت) اندازه گیری می شود.



شکل ۱.۲۴ اجزای سیستم پردازش تصویر چند منظوره.

یکی از روش های ذخیره سازی کوتاه مدت ، حافظه کامپیوتر است. مورد دیگر بوسیله بردهای تخصصی موسوم به بافر فریم است که یک یا چند تصویر را ذخیره می کند و معمولاً با سرعت فیلمبرداری (به عنوان مثال ، با ۳۰ تصویر کامل در ثانیه) به سرعت قابل دسترسی است. روش اخیر امکان بزرگنمایی لحظه ای تصویر ، و همچنین حرکت (جابجایی عمودی) و پان (شیفت افقی) را می دهد. بافرهای فریم معمولاً در واحد سخت افزاری ویژه پردازش تصویر در شکل ۱.۲۴ قرار دارند. ذخیره سازی آنلاین به طور کلی به شکل دیسک های مغناطیسی یا ذخیره سازی رسانه های نوری صورت می گیرد. فاکتور اصلی ذخیره سازی آنلاین دسترسی مکرر به داده های ذخیره شده است. سرانجام ، ذخیره سازی بایگانی با الزامات ذخیره سازی عظیم ، اما نیاز نادر برای دسترسی مشخص می شود. نوارهای مغناطیسی و دیسک های نوری که در "jukeboxes" قرار دارند ، رسانه های معمول برای برنامه های بایگانی هستند.

نمایشگرهای تصویری که امروزه استفاده می شوند عمدتاً رنگی هستند ، در نمایشگرهای صفحه نمایش. مانیتورها توسط خروجی کارت های نمایش تصویر و گرافیک که بخشی جدایی ناپذیر از سیستم رایانه هستند هدایت می شوند. به ندرت الزاماتی برای برنامه های نمایش تصویر وجود دارد که نمی تواند با کارت های نمایش و GPU هایی که به عنوان بخشی از سیستم رایانه به صورت تجاری در دسترس هستند ، برآورده شود. در برخی موارد ، داشتن نمایشگرهای استریو ضروری است ، و اینها به صورت سرپوش شامل دو نمایشگر کوچک تعبیه شده در عینک های محافظ کاربر است.

دستگاههای چاپ شده برای ضبط تصاویر شامل چاپگرهای لیزری ، دوربینهای فیلمبرداری ، دستگاههای حساس به حرارت ، دستگاههای جوهر افشان و واحدهای دیجیتالی ، مانند دیسکهای نوری و CD-ROM می باشد. فیلم بالاترین رزولوشن ممکن را ارائه می دهد ، اما کاغذ بهترین گزینه برای نوشتن است. در صورت استفاده از تجهیزات پیشگفتار تصویر ، برای ارائه ، تصاویر بر روی مبادله فیلم یا در یک رسانه دیجیتالی نمایش داده می شوند. رویکرد اخیر به عنوان استاندارد برای ارائه تصاویر مورد استقبال قرار گرفته است.

شبکه و ارتباط ابری تقریباً عملکردهای پیش فرض در هر سیستم رایانه ای است که امروزه استفاده می شود. به دلیل حجم زیاد داده های ذاتی در برنامه های پردازش تصویر ، مهمترین نکته در انتقال تصویر پهنای باند است. در شبکه های اختصاصی ، این معمولاً مشکلی ایجاد نمی کند ، اما ارتباط با سایت های از راه دور از طریق اینترنت همیشه به همان اندازه مثر نیست. خوشبختانه ، پهنای باند انتقال در نتیجه فیبر نوری و سایر فناوری های پهن باند به سرعت در حال بهبود است. فشرده سازی داده های تصویر همچنان نقش اصلی را در انتقال حجم زیادی از داده های تصویر ایفا می کند.

خلاصه ، منابع ، و مطالعه بیشتر

هدف اصلی مطالبی که در این فصل ارائه شده است ارائه دیدگاهی در مورد ریشه های پردازش تصویر دیجیتال و مهمتر از همه ، در زمینه های فعلی و آینده کاربرد این فناوری است. اگرچه پوشش این موضوعات در این فصل به دلیل محدودیت فضا لزوماً ناقص بود ، اما باید تصویری واضح از وسعت و دامنه عملی پردازش تصویر دیجیتال برای شما به ارمغان می آورد. همانطور که در فصل های زیر با توسعه نظریه پردازش تصویر و برنامه های کاربردی پیش می رویم ، مثال های متعددی برای تمرکز واضح بر کاربرد و وعده این تکنیک ها ارائه شده است. پس از پایان مطالعه فصل پایانی ، خواننده این کتاب به سطحی از درک رسیده است که پایه و اساس بسیاری از کارهایی است که در حال حاضر در این زمینه در حال انجام است.

در نسخه های گذشته ، ما فهرستی طولانی از مجلات و کتاب ها ارائه کرده ایم تا به خوانندگان در مورد وسعت ادبیات پردازش تصویر و جایی که این ادبیات گزارش شده است ، ایده بدهیم. این لیست به روز شده است و آنقدر

گسترده شده است که قرار دادن آن در وب سایت کتاب: www.ImageProcessingPlace.com ، در بخشی تحت عنوان انتشارات ، عملی تر است.

فصل دوم : اصول و مبانی تصویر دیجیتال

کسانی که مایل به موفقیت هستند باید سوالات اولیه درست را بپرسند.
ارسطو

پیشگفتار

این فصل مقدمه ای بر تعدادی از مفاهیم اساسی در پردازش تصویر دیجیتال است که در سراسر کتاب استفاده شده است. بخش ۲.۱ برخی از جنبه های مهم سیستم بینایی انسان را خلاصه می کند ، از جمله تشکیل تصویر در چشم و قابلیت های آن برای سازگاری با روشنایی و تشخیص. بخش ۲.۲ در مورد نور ، سایر اجزای طیف الکترومغناطیسی و ویژگی های تصویربرداری آنها بحث می کند. بخش ۲.۳ در مورد سنسورهای تصویربرداری و

نحوه استفاده از آنها برای تولید تصاویر دیجیتال بحث می کند. بخش ۲.۴ مفاهیم نمونه برداری یکنواخت تصویر و کمی سازی شدت را معرفی می کند. موضوعات اضافی مورد بحث در آن بخش شامل نمایش تصویر دیجیتالی، اثرات تغییر تعداد نمونه ها و سطوح شدت در یک تصویر، مفاهیم وضوح مکانی و شدت و اصول درون یابی تصویر است. بخش ۲.۵ به انواع مختلف روابط بین پیکسل ها می پردازد. در نهایت، بخش ۲.۶ مقدمه ای بر ابزارهای اصلی ریاضی است که در طول کتاب استفاده می کنیم. هدف دوم آن بخش این است که به شما کمک کند احساس "نحوه" استفاده از این ابزارها در انواع وظایف اصلی پردازش تصویر را شروع کنید.

پس از اتمام این فصل، خوانندگان باید:

درک برخی از عملکردها و محدودیت های بینایی انسان را داشته باشید.
با طیف انرژی الکترومغناطیسی، از جمله خواص اساسی نور آشنا باشید.
بدانید که چگونه تصاویر دیجیتال تولید و نمایش داده می شوند.
آشنایی با اصول نمونه برداری و کمی سازی تصویر.
با وضوح مکانی و شدت و تأثیرات آنها بر ظاهر تصویر آشنا باشید.
درک درستی از روابط هندسی اساسی بین پیکسل های تصویر داشته باشید.
با ابزارهای ریاضی اصلی مورد استفاده در پردازش تصویر دیجیتال آشنا باشید.
بتوانید انواع تکنیک های مقدماتی پردازش تصویر را اعمال کنید.

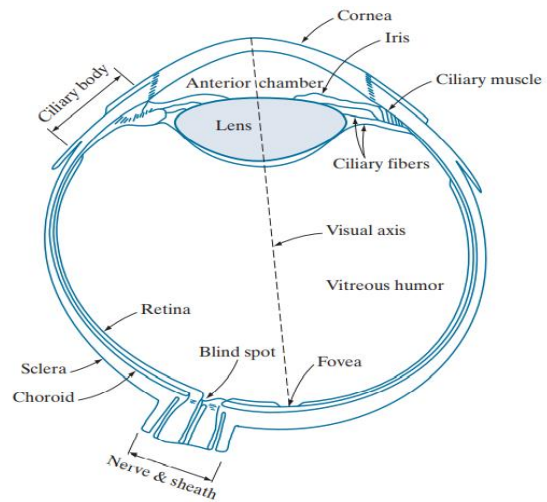
۲.۱ عناصر درک بصری

اگرچه زمینه پردازش تصویر دیجیتال بر اساس ریاضیات بنا شده است، اما شهود و تجزیه و تحلیل انسان اغلب در انتخاب یک تکنیک در مقابل تکنیک دیگر نقش دارد و این انتخاب اغلب بر اساس قضاوت های بصری و ذهنی صورت می گیرد. بنابراین، توسعه درک ویژگیهای اساسی ادراک بصری انسان به عنوان اولین قدم در سفر ما از طریق این کتاب مناسب است. به طور خاص، علاقه ما به مکانیک ابتدایی نحوه شکل گیری و درک تصاویر توسط انسان است. ما علاقه مندیم محدودیت های فیزیکی بینایی انسان را از نظر عواملی که در کار ما با تصاویر دیجیتال استفاده می شود، بیاموزیم. عواملی مانند مقایسه دستگاه های تصویربرداری انسانی و الکترونیکی از نظر وضوح و توانایی سازگاری با تغییرات روشنایی نه تنها جالب نیستند، بلکه از نظر عملی نیز مهم هستند.

ساختار چشم انسان

شکل ۲.۱ یک سطح مقطع ساده از چشم انسان را نشان می دهد. چشم تقریباً یک کره (با قطر حدود ۲۰ میلی متر) است که توسط سه غشا احاطه شده است: پوشش بیرونی قرنیه و صلبیه. کوروئید؛ و شبکیه چشم قرنیه یک

بافت محکم و شفاف است که سطح جلویی چشم را می پوشاند. اسکلرا بصورت پیوسته با قرنیه یک غشای مات است که بقیه کره نوری را در بر می گیرد.



شکل ۲.۱ نمودار ساده شده از سطح مقطع چشم انسان.

کوروئید مستقیماً در زیر صلیبه قرار دارد. این غشا شامل شبکه ای از رگ های خونی است که به عنوان منبع اصلی تغذیه چشم عمل می کند. حتی آسیب شدید کوروئید می تواند منجر به آسیب شدید چشم در اثر التهابی شود که خون را محدود می کند. پوشش کوروئید دارای رنگدانه های زیادی است که به کاهش میزان نور اضافی وارد چشم و پراکندگی پشتی در کره بینایی کمک می کند. در انتهای قدامی خود، کوروئید به بدن مژگانی و عنبیه تقسیم می شود. دومی منقبض یا منبسط می شود تا میزان نوری که وارد چشم می شود را کنترل کند. قطر دهانه مرکزی عنبیه (مردمک) از حدود ۲ تا ۸ میلی متر متغیر است. قسمت جلوی عنبیه شامل رنگدانه قابل مشاهده چشم است، در حالی که در پشت یک رنگدانه سیاه وجود دارد.

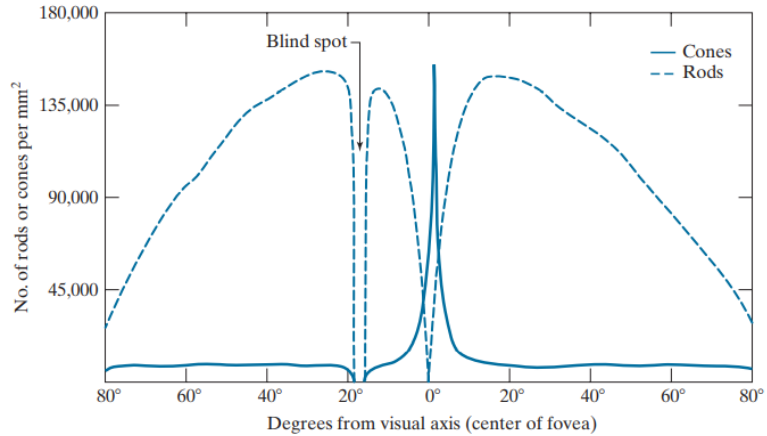
عدسی از لایه های متحدالمرکز از سلولهای برف تشکیل شده و توسط تارهایی که به بدن مژک دار متصل می شوند معلق است. این ماده از ۶۰ تا ۷۰ درصد آب، حدود ۶ درصد چربی و پروتئین بیشتر از هر بافت دیگری در چشم تشکیل شده است. لنز با رنگدانه کمی زرد رنگ شده که با افزایش سن افزایش می یابد. در موارد شدید، کدر شدن بیش از حد عدسی، که به آن آب مروارید گفته می شود، می تواند منجر به تمایز ضعیف رنگ و از دست دادن دید واضح شود. این لنز تقریباً ۸ از طیف نور مرئی را جذب می کند و جذب آن در طول موج های کوتاه تر است. هر دو نور مادون قرمز و فرابنفش توسط پروتئین های داخل عدسی جذب می شوند و در مقادیر بیش از حد، می توانند به چشم آسیب برسانند. درونی ترین غشای چشم شبکیه است که قسمت داخلی کل قسمت خلفی دیوار را ترسیم می کند.

هنگامی که چشم متمرکز می شود، نور یک جسم بر روی شبکیه تصویر می شود. بینایی الگو توسط گیرنده های نور گسسته ای که در سطح شبکیه پخش شده اند فراهم می شود. دو نوع گیرنده وجود دارد: مخروط و میله. در

هر چشم بین ۶ تا ۷ میلیون مخروط وجود دارد. آنها عمدتاً در قسمت مرکزی شبکیه قرار دارند که به آن fovea گفته می شود و به رنگ بسیار حساس هستند. انسان می تواند جزئیات را حل کند زیرا هر مخروط به انتهای عصبی خود متصل است.

ماهیچه ها چشم را می چرخانند تا تصویر منطقه مورد نظر روی حفره بیفتد. بینایی مخروطی بینایی فتوپیک یا نور روشن نامیده می شود. تعداد میله ها بسیار بیشتر است: حدود ۷۵ تا ۱۵۰ میلیون در شبکیه پخش می شود. مساحت بزرگتر توزیع و این واقعیت که چندین میله به یک انتهای عصبی متصل شده اند ، میزان جزئیات قابل تشخیص توسط این گیرنده ها را کاهش می دهد. میله ها یک تصویر کلی از میدان دید را ثبت می کنند. آنها در بینایی رنگ دخیل نیستند و به میزان کم نور حساس هستند. به عنوان مثال ، اجسامی که در نور روز رنگ روشن دارند در نور ماه به شکل بی رنگ ظاهر می شوند زیرا فقط میله ها تحریک می شوند. این پدیده به عنوان دید اسکوتوپیی یا کم نور شناخته می شود.

شکل ۲.۲ چگالی میله ها و مخروط ها را برای مقطع عرضی چشم راست نشان می دهد و از ناحیه ای عبور می کند که عصب بینایی از چشم خارج می شود. عدم وجود گیرنده در این ناحیه باعث ایجاد نقطه کور می شود (شکل ۲.۱ را ببینید). به غیر از این ناحیه ، توزیع گیرنده ها از نظر شعاع در مورد حفره گاز متقارن است. چگالی گیرنده بر حسب درجه از محور بصری اندازه گیری می شود. در شکل ۲.۲ توجه داشته باشید که مخروط ها در ناحیه مرکزی حفره چگالی بیشتری دارند و چگالی میله ها از مرکز به ۲۰ درجه خارج از محور افزایش می یابد. سپس ، چگالی آنها تا حومه شبکیه کاهش می یابد. حفره خود یک دندان دایره ای در شبکیه به قطر حدود ۱.۵ میلی متر است ، بنابراین مساحت آن تقریباً ۱.۷۷ میلی متر مربع است. همانطور که در شکل ۲.۲ نشان داده شده است ، چگالی مخروط ها در آن ناحیه از شبکیه چشم به ترتیب ۱۵۰۰۰۰ عنصر در میلی متر مربع است. بر اساس این تصاویر ، تعداد مخروط ها در حفره ، که منطقه ای با بیشترین حدت در چشم است ، حدود ۲۶۵۰۰۰ عنصر است. تراشه های تصویربرداری الکترونیکی مدرن تا حد زیادی از این عدد فراتر می روند. در حالی که توانایی انسان ها برای ادغام هوش و تجربه با بینایی ، مقایسه های کمی را تا حدی فوق العاده می کند ، در بحث های آینده به خاطر داشته باشید که سنسورهای تصویربرداری الکترونیکی می توانند به راحتی از توانایی چشم در حل جزئیات تصویر فراتر روند.

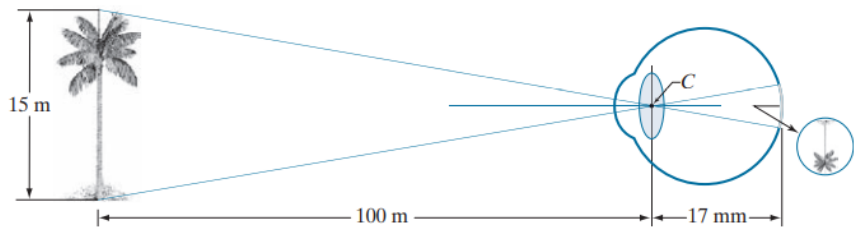


شکل ۲.۲ توزیع میله ها و مخروط ها در شبکیه چشم

شکل تصویر در چشم

در یک دوربین عکاسی معمولی، لنز دارای فاصله کانونی ثابتی است. تمرکز در فواصل مختلف با تغییر فاصله بین لنز و صفحه تصویربرداری، جایی که فیلم (یا تراشه تصویربرداری در مورد دوربین دیجیتال) در آن قرار دارد، حاصل می شود. در نگاه انسان، عکس آن صادق است. فاصله بین مرکز لنز و سنسور تصویر (شبکیه) ثابت است و فاصله کانونی مورد نیاز برای رسیدن به تمرکز مناسب با تغییر شکل لنز به دست می آید.

الیاف موجود در بدن مژگانی این کار را با صاف یا ضخیم شدن عدسی برای اجسام دور یا نزدیک انجام می دهند. فاصله بین مرکز عدسی و شبکیه در امتداد محور بینایی تقریباً ۱۷ میلی متر است. محدوده فاصله های کانونی تقریباً ۱۴ میلی متر تا ۱۷ میلی متر است، دومی زمانی رخ می دهد که چشم آرام است و در فاصله های بیشتر از ۳ متر تمرکز می کند. هندسه شکل ۲.۳ نحوه بدست آوردن ابعاد یک تصویر ایجاد شده بر روی شبکیه را نشان می دهد. برای مثال، فرض کنید شخصی به درختی با ارتفاع ۱۵ متر در فاصله ۱۰۰ متری نگاه می کند. اگر h نشان دهنده ارتفاع آن جسم در تصویر شبکیه باشد، هندسه شکل ۲.۳ $h = 100$ یا $h = 2.5$ میلی متر را نشان می دهد. همانطور که قبلاً در این بخش نشان داده شد، تصویر شبکیه ابتدا بر روی ناحیه حفره فوکوس متمرکز شده است. سپس ادراک با تحریک نسبی گیرنده های نور صورت می گیرد، که انرژی تابشی را به تکانه های الکتریکی تبدیل می کند که در نهایت توسط مغز رمزگشایی می شود.



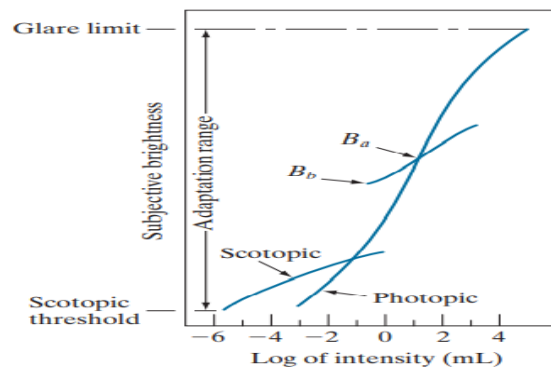
شکل ۲.۳ نمایش گرافیکی چشم که به درخت نخل نگاه می کند. نقطه C مرکز کانونی عدسی است.

انطباق و تبعیض روشنایی

از آنجا که تصاویر دیجیتالی به صورت مجموعه ای از شدت های گسسته نمایش داده می شوند ، توانایی چشم در تمایز بین سطوح مختلف شدت ، ملاحظه مهمی در ارائه نتایج پردازش تصویر است. محدوده سطوح شدت نور که سیستم بینایی انسان می تواند با آن سازگار شود بسیار زیاد است - به ترتیب ۱۰^{۱۰} - از آستانه اسکوپوپیک تا حد تابش خیره کننده. شواهد تجربی نشان می دهد که روشنایی زیربنایی (شدت که توسط سیستم بینایی انسان درک می شود) یک عملکرد لگاریتمی از شدت نور است که روی چشم رخ می دهد. شکل ۲.۴ ، نمودار شدت نور در مقابل روشنایی ذهنی ، این ویژگی را نشان می دهد. منحنی جامد طولانی نشان دهنده دامنه شدتهایی است که سیستم بینایی می تواند با آن سازگار شود. تنها در بینایی فتوپیک ، محدوده حدود ۱۰^۶ است. گذار از بینایی اسکوتوپیک به فتوپیک در محدوده تقریبی از ۰.۰۰۱ تا ۰.۱ میلی آمپر (scale^۳ تا ۱- میلی لیتر در مقیاس log) ، به عنوان شاخه های دوگانه منحنی سازگاری ، تدریجی است. در این نمایش محدوده نکته کلیدی در تفسیر محدوده دینامیکی چشمگیر نشان داده شده در شکل ۲.۴ این است که سیستم بصری نمی تواند به طور همزمان در چنین محدوده ای عمل کند. در عوض ، این تنوع بزرگ را با تغییر حساسیت کلی آن انجام می دهد ، پدیده ای که به عنوان سازگاری روشنایی شناخته می شود. دامنه کل سطوح شدت مجزا که چشم می تواند به طور همزمان تشخیص دهد ، در مقایسه با محدوده تطبیق کل ، نسبتاً کوچک است. برای مجموعه ای از شرایط ، سطح حساسیت فعلی سیستم بینایی را سطح سازگاری روشنایی می نامند که ممکن است برای مثال با روشنایی Ba در شکل ۲.۴ مطابقت داشته باشد. منحنی متقاطع کوتاه نشان دهنده محدوده روشنایی موضعی است که چشم هنگام تطبیق با این سطح می تواند درک کند. این محدوده نسبتاً محدود است ، دارای سطح Bb است و در زیر آن ، همه محرکها به عنوان سیاهان غیرقابل تشخیص درک می شوند. بخش فوقانی منحنی در واقع محدود نشده است ، اما اگر بیش از حد طولانی شود ، معنای خود را از دست می دهد زیرا شدت های بسیار بالاتر به سادگی سطح سازگاری را بالاتر از Ba افزایش می دهد.

حد تابش نور

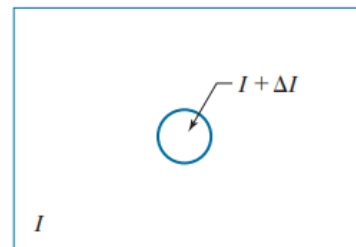
آستانه اسکوپوپیک



شکل ۲.۴ طیف وسیعی از احساسات روشنایی زیربنایی که سطح سازگاری خاصی را نشان می دهد ، Ba.

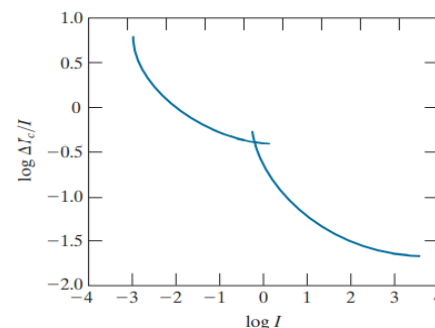
توانایی چشم در تمایز بین تغییرات شدت نور در هر زمان

سطح سازگاری خاص مورد توجه زیادی است. یک آزمایش کلاسیک که برای تعیین قابلیت سیستم بینایی انسان در تشخیص میزان روشنایی استفاده می شود، شامل این است که یک موضوع را در یک منطقه روشن و یکنواخت روشن به اندازه کافی بزرگ برای اشغال کل میدان دید مشاهده کنید. این ناحیه به طور معمول یک دیفیوزر است، مانند شیشه مات، که از پشت توسط منبع نوری I با شدت متغیر روشن می شود. به این حوزه است همانطور که در شکل ۲.۵ نشان داده شده است، افزایش میزان روشنایی، ΔI ، به شکل خاکستر کوتاه مدت که به صورت یک دایره در مرکز میدان یکنواخت ظاهر می شود. اگر ΔI به اندازه کافی روشن نباشد، سوژه می گوید "نه"، که نشان دهنده هیچ تغییر محسوسی نیست.



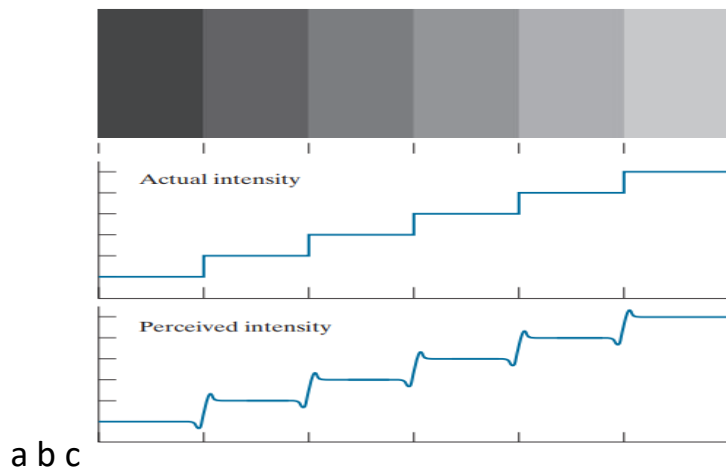
شکل ۲.۵ تنظیم تجربی اساسی برای توصیف تمایز روشنایی استفاده می شود. با قوی شدن ΔI ، ممکن است سوژه پاسخ مثبت "بله" بدهد، که نشان دهنده تغییر درک شده است. سرانجام، وقتی ΔI به اندازه کافی قوی باشد، فرد پاسخ می دهد همیشه "بله" مقدار ΔI ، جایی که ΔI افزایش روشنایی است در ۵۰٪ موارد با نور پس زمینه I ، و بر نامیده می شود. نسبت مقدار کمی از ΔI بدین معناست که درصد کمی تغییر در شدت است قابل تبعیض این نشان دهنده تبعیض روشنایی "خوب" است. برعکس، بزرگ مقدار ΔI به این معنی است که درصد زیادی از شدت برای آن لازم است. چشم برای تشخیص تغییر این نشان دهنده تبعیض روشنایی "ضعیف" است.

نمودار ΔI به عنوان تابعی از $\log I$ دارای شکل مشخصی است که در شکل ۲.۶ نشان داده شده است.



شکل ۲.۶ نمودار معمولی نسبت و بر به عنوان تابعی از شدت.

این منحنی نشان می دهد که تبعیض روشنایی در سطوح پایین روشنایی ضعیف است (نسبت و بر زیاد است) و با افزایش روشنایی پس زمینه به طور قابل توجهی بهبود می یابد (نسبت و بر کاهش می یابد). دو شاخه در منحنی این واقعیت را منعکس می کند که در سطوح پایین نور بینایی توسط میله ها انجام می شود ، در حالی که در سطوح بالا ، بینایی تابع مخروط ها است. اگر روشنایی پس زمینه ثابت نگه داشته شود و شدت منبع دیگر ، بجای خاکستر کردن ، اجازه داده شود که به طور تدریجی از هرگز درک نشود تا همیشه درک شود ، ناظر معمولی می تواند در مجموع یک تا دوجین تغییر شدت متفاوت را تشخیص دهد. تقریباً ، این نتیجه به تعداد شدت های مختلف مربوط می شود که شخص می تواند در هر نقطه یا ناحیه کوچک در یک تصویر تک رنگ مشاهده کند. این بدان معنا نیست که یک تصویر را می توان با تعداد کمی از مقادیر شدت نشان داد ، زیرا با چرخش چشم در تصویر ، میانگین پس زمینه تغییر می کند ، بنابراین اجازه می دهد مجموعه ای متفاوت از تغییرات افزایشی در هر سازگاری جدید تشخیص داده شود. مرحله. نتیجه خالص این است که چشم قادر به طیف وسیع تری از تبعیض شدت کلی است. در واقع ، همانطور که در بخش ۲.۴ نشان خواهیم داد ، چشم قادر به تشخیص اثرات نامطلوب در تصاویر تک رنگ است که شدت کلی آنها کمتر از دوجین سطح است. دو پدیده نشان می دهد که روشنایی درک شده عملکرد ساده ای از شدت نیست. اولین مورد بر این واقعیت استوار است که سیستم بینایی تمایل دارد در محدوده مناطق با شدت های مختلف ، کم تیراندازی یا فرار کند. شکل ۲.۷ (الف) نمونه بارزی از این پدیده را نشان می دهد. اگرچه شدت نوارها ثابت است [شکل ۲.۷ (ب) را ببینید] ، اما در واقع یک الگوی روشنایی را درک می کنیم که به شدت در نزدیکی مرزها پهن شده است ، همانطور که در شکل ۲.۷ (ج) نشان داده شده است. این نوارهای پهن شده به نام ارنست ماخ ، نوارهای ماخ نامیده می شوند ، که اولین بار این پدیده را در سال ۱۸۶۵ توصیف کرد. دومین پدیده ، که کنتراست همزمان نامیده می شود ، این است که روشنایی درک شده یک منطقه تنها به شدت آن بستگی ندارد ، همانطور که در شکل ۲.۸ نشان داده شده است. شدت تمام مربع های مرکز دقیقاً یکسان است ، اما با روشن شدن پس زمینه روشن تر می شود. یک مثال آشنا تر ، یک تکه کاغذ است که هنگام خوابیدن روی میز سفید به نظر می رسد ، اما هنگام استفاده کاملاً سیاه به نظر می رسد



شکل ۲.۷ تصویری از اثر باند ماخ. شدت درک شده عملکرد ساده ای از شدت واقعی نیست. برای محافظت از چشم ها در حالی که مستقیماً به آسمان روشن نگاه می کنید. دومین پدیده که کنتراست همزمان نامیده می شود این است که روشنایی درک شده یک منطقه تنها به شدت آن بستگی ندارد ، همانطور که در شکل ۲.۸ نشان داده شده است. شدت تمام مربع های مرکز دقیقاً یکسان است ، اما با روشن شدن پس زمینه روشن تر می شود. یک مثال آشنا تر ، یک تکه کاغذ است که هنگام خوابیدن روی میز سفید به نظر می رسد ، اما هنگام استفاده کاملاً سیاه به نظر می رسد.

مثال های دیگر از پدیده های ادراک انسان توهمات نوری است که در آنها چشم ها در جزئیات موجود یا به اشتباه خواص هندسی اجسام را درک می کنند. شکل ۲.۹ چند نمونه را نشان می دهد. در شکل ۲.۹ (الف) ، طرح کلی یک مربع به وضوح دیده می شود ، علیرغم این واقعیت که هیچ خطی که چنین تصویری را تعریف می کند بخشی از تصویر نیست. همین اثر ، این بار با یک دایره ، در شکل ۲.۹ (ب) قابل مشاهده است. توجه کنید که فقط چند خط برای ایجاد توهم یک دایره کامل کافی است. دو بخش خط افقی در شکل ۲.۹ (ج) دارای یک طول هستند ، اما یکی کوتاهتر از دیگری به نظر می رسد. در نهایت ، همه خطوط طولانی در شکل ۲.۹ (د) با فاصله مساوی و موازی هستند. با این حال ، متقاطع این توهم را ایجاد می کند که این خطوط از موازی بودن فاصله دارند.



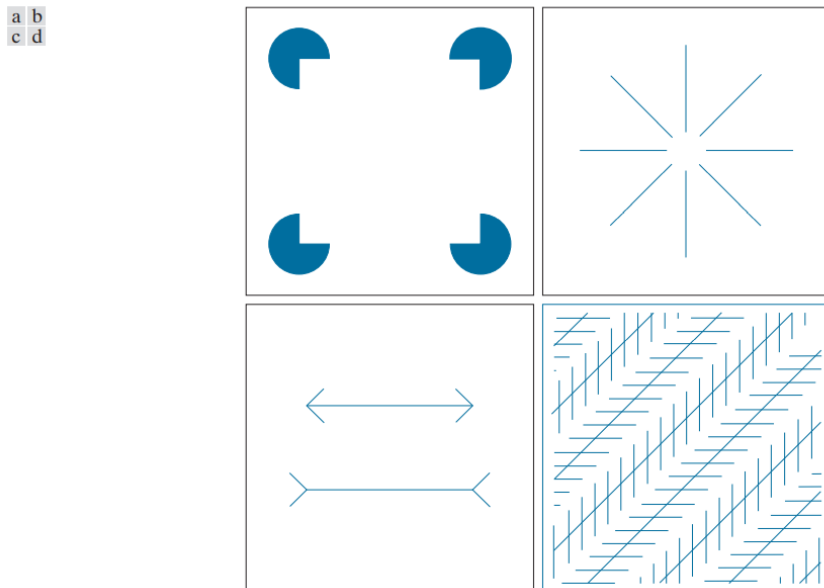
a b c

شکل ۲.۸ نمونه هایی از کنتراست همزمان. همه مربع های داخلی دارای شدت یکسانی هستند ، اما با روشن تر شدن پس زمینه به تدریج تیره تر به نظر می رسند.

۲.۲ نور و طیف الکترومغناطیسی

طیف الکترومغناطیسی در بخش ۱.۳ معرفی شد. اکنون ما این موضوع را با جزئیات بیشتری در نظر می گیریم. در سال ۱۶۶۶ ، سر اسحاق نیوتن کشف کرد که وقتی یک پرتو نور خورشید از یک منشور شیشه ای عبور می کند ، پرتو در حال ظهور نور سفید نیست ، بلکه به جای طیفی پیوسته از رنگ ها از بنفش در یک سر تا قرمز در طرف دیگر متشکل است. همانطور که در شکل ۲.۱۰ نشان داده شده است ، محدوده رنگهایی که در نور مرئی درک می کنیم ، بخش کوچکی از طیف الکترومغناطیسی است. در یک سر طیف امواج رادیویی با طول موج

میلیاردها برابر طولانی تر از امواج نور مرئی قرار دارند. در سوی دیگر طیف ، اشعه های گاما با طول موج میلیون ها بار کوچکتر از تابش نور مرئی قرار دارند. ما نمونه هایی را در بخش ۱.۳ تصاویر در اکثر نوارهای طیف EM نشان دادیم.



شکل ۲.۹ برخی توهمات نوری معروف

طیف الکترومغناطیسی را می توان بر حسب طول موج ، فرکانس یا انرژی بیان کرد. طول موج (λ) و فرکانس (ν) با عبارت مرتبط هستند

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (2-1)$$

جایی که c سرعت نور است ($2.998 * 10^8$ متر بر ثانیه). شکل ۲.۱۱ نمای کلی از یک طول موج را نشان می دهد.

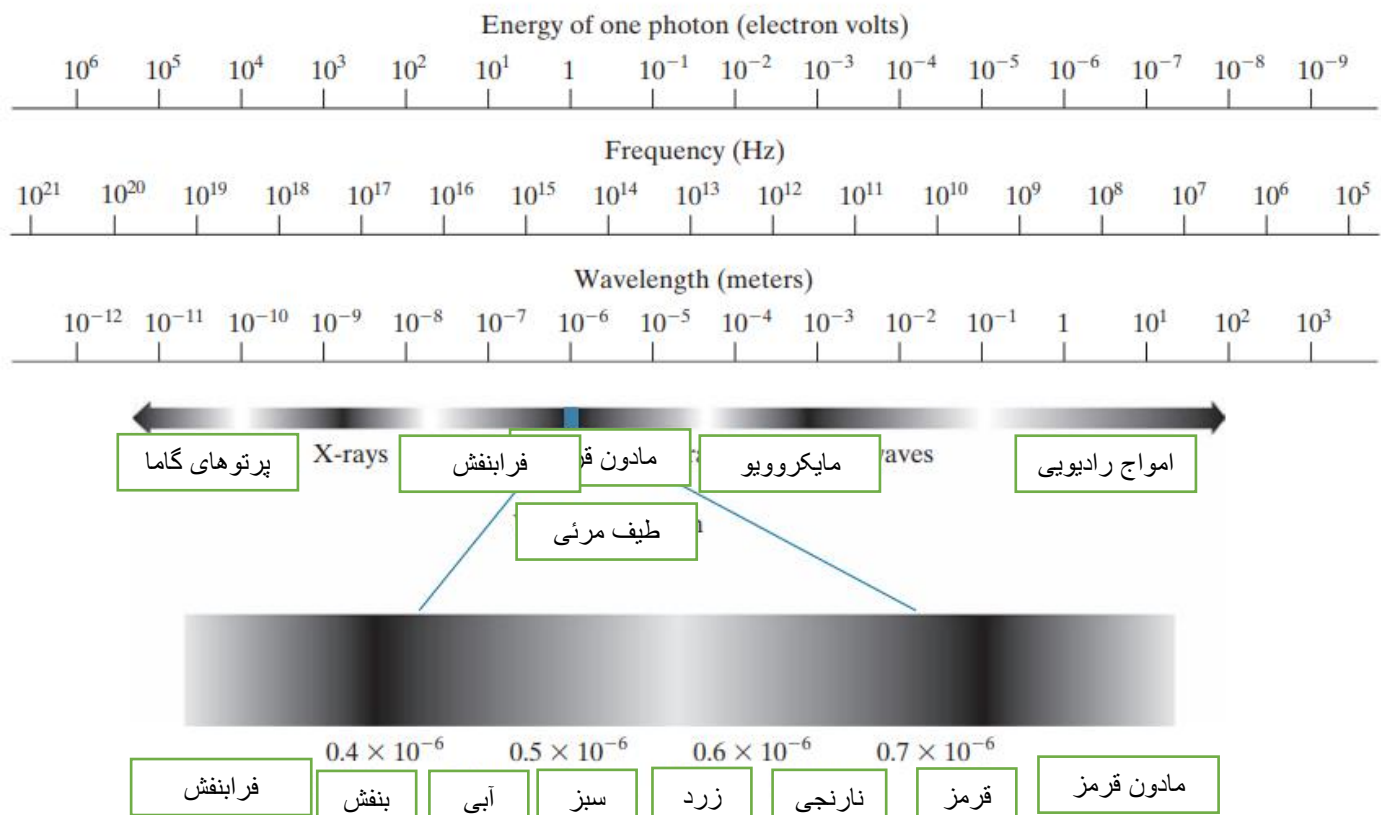
انرژی اجزای مختلف طیف الکترومغناطیسی توسط عبارت داده می شود

$$E = h\nu \quad (2-2)$$

جایی که h ثابت پلانک است. واحدهای طول موج متر هستند ، واژه های میکرون (نشان دهنده میلی متر و برابر ۱۰-۶ متر) و نانومتر (نشان دهنده نانومتر و برابر ۱۰-۹ متر) نیز به همان اندازه استفاده می شوند. فرکانس بر حسب هرتز (هرتز) اندازه گیری می شود و یک هرتز برابر با یک چرخه موج سینوسی در ثانیه است. واحد متداول انرژی ، الکترون ولت است.

امواج الکترومغناطیسی را می توان به عنوان انتشار امواج سینوسی با طول موج λ تجسم کرد (شکل ۲.۱۱) ، یا می توان آنها را جریانی از ذرات بدون جرم در نظر گرفت که هر کدام به صورت موجی حرکت می کنند و با سرعت نور حرکت می کنند.

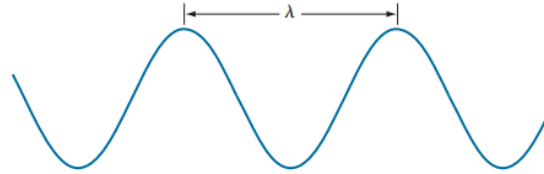
هر ذره بدون جرم حاوی مقدار مشخصی (یا یک بسته) انرژی است که فوتون نامیده می شود. ما از معادله می بینیم (۲-۲) که انرژی متناسب با فرکانس است ، بنابراین پدیده های الکترومغناطیسی با فرکانس بالاتر (طول موج کوتاه) انرژی بیشتری در هر فوتون حمل می کنند.



شکل ۲.۱۰ طیف الکترومغناطیسی. طیف مرئی برای تسهیل توضیحات بزرگنمایی شده است ، اما توجه داشته باشید که طیف بسیار محدودی از کل طیف EM را شامل می شود.

بنابراین ، امواج رادیویی دارای فوتون هایی با انرژی کم هستند ، میکروویو دارای انرژی بیشتری نسبت به امواج رادیویی ، مادون قرمز هنوز بیشتر ، سپس قابل مشاهده ، اشعه ماوراء بنفش ، اشعه ایکس و در نهایت اشعه گاما ، پرنرژی ترین از همه است. تابش الکترومغناطیسی با انرژی بالا ، به ویژه در نوارهای اشعه ایکس و اشعه گاما ، به ویژه برای موجودات زنده مضر است. نور نوعی تابش الکترومغناطیسی است که توسط چشم قابل تشخیص است. طیف مرئی (رنگی) به منظور بحث در شکل ۲.۱۰ نشان داده شده است (ما در فصل ۶ رنگ را به تفصیل بحث خواهیم کرد). محدوده قابل مشاهده طیف الکترومغناطیسی محدوده تقریباً 0.43 میلی متر (بنفش) تا حدود 0.79 میلی متر (قرمز) است.

میلی متر (قرمز) را شامل می شود. برای راحتی ، طیف رنگی به شش منطقه وسیع تقسیم می شود: بنفش ، آبی ، سبز ، زرد ، نارنجی و قرمز. هیچ رنگی (یا جزء دیگر طیف الکترومغناطیسی) ناگهان تمام نمی شود. بلکه ، همانطور که در شکل ۲.۱۰ نشان داده شده است ، هر محدوده به آرامی با محدوده بعدی ترکیب می شود.



شکل ۲.۱۱ نمایش گرافیکی یک طول موج.

رنگهای درک شده در یک شی با توجه به ماهیت نوری که توسط جسم منعکس می شود تعیین می شود. جسمی که نسبتاً متعادل نور را در تمام طول موج های قابل مشاهده بازتاب می دهد ، برای ناظر سفید به نظر می رسد. با این حال ، بدنه ای که از بازتاب در محدوده محدودی از طیف مرئی حمایت می کند ، برخی از سایه های رنگ را نشان می دهد. به عنوان مثال ، اجسام سبز نور را با طول موج در محدوده ۵۰۰ تا ۵۷۰ نانومتر منعکس می کنند ، در حالی که بیشتر انرژی را در طول موج های دیگر جذب می کنند.

به نوری که رنگ ندارد ، نور تک رنگ (یا رنگی) می گویند. تنها ویژگی نور تک رنگ شدت آن است. از آنجا که تصور می شود شدت نور تک رنگ از سیاه تا خاکستری و در نهایت به سفید متغیر است ، اصطلاح سطح خاکستری معمولاً برای نشان دادن شدت تک رنگ استفاده می شود (ما در بحث های بعدی از اصطلاحات شدت و سطح خاکستری به طور متناوب استفاده می کنیم). محدوده مقادیر نور تک رنگ از سیاه تا سفید معمولاً مقیاس خاکستری نامیده می شود و تصاویر تک رنگ اغلب تصاویر مقیاس خاکستری نامیده می شوند.

نور رنگی (طیف رنگی) طیف انرژی الکترومغناطیسی را تقریباً از ۰.۴۳ تا ۰.۷۹ میلی متر گسترش می دهد ، همانطور که قبلاً ذکر شد. علاوه بر فرکانس ، سه مقدار دیگر برای توصیف منبع نور رنگی استفاده می شود: درخشندگی ، روشنایی و روشنایی. تابش مقدار کل انرژی است که از منبع نور می گیرد و معمولاً بر حسب وات (W) اندازه گیری می شود. روشنایی ، اندازه گیری شده در لومن (lm) ، میزان انرژی دریافتی توسط یک ناظر از منبع نور را نشان می دهد. برای مثال ، نور ساطع شده از منبعی که در ناحیه مادون قرمز دور طیف ساطع می شود ، می تواند دارای انرژی قابل توجهی باشد (درخشندگی) ، اما ناظری به سختی آن را درک می کند. روشنایی آن تقریباً صفر خواهد بود. در نهایت ، همانطور که در بخش ۲.۱ مورد بحث قرار گرفت ، روشنایی توصیفی ذهنی از درک نور است که اندازه گیری آن عملاً غیرممکن است. این مفهوم رنگی از شدت را در بر می گیرد و یکی از عوامل کلیدی در توصیف حس رنگ است.

در اصل ، اگر بتوان حسگری را ایجاد کرد که بتواند انرژی تابیده شده در یک باند از طیف الکترومغناطیسی را تشخیص دهد ، ما می توانیم وقایع مورد علاقه را در آن باند تصویر کنیم. با این حال ، توجه داشته باشید که طول

موج یک موج الکترومغناطیسی مورد نیاز برای "دیدن" یک جسم باید دارای همان اندازه یا کوچکتر از جسم باشد. به عنوان مثال ، یک مولکول آب دارای قطر ۱۰ تا ۱۰ متر است. بنابراین ، برای مطالعه این مولکولها ، به منبعی نیاز داریم که بتواند در باند ماورای بنفش دور (پرانرژی) یا نوارهای اشعه ایکس نرم (کم انرژی) ساطع انرژی کند. اگرچه تصویربرداری عمدتاً بر اساس انرژی ناشی از تابش امواج الکترومغناطیسی است ، اما این تنها روش تولید تصاویر نیست. به عنوان مثال ، ما در بخش ۱.۳ دیدیم که از صدای بازتاب شده از اجسام می توان برای ایجاد تصاویر اولتراسونیک استفاده کرد. منابع دیگر تصاویر دیجیتال پرتوهای الکترون برای میکروسکوپ الکترونی و نرم افزار تولید تصاویر مصنوعی است که در گرافیک و تجسم استفاده می شود.

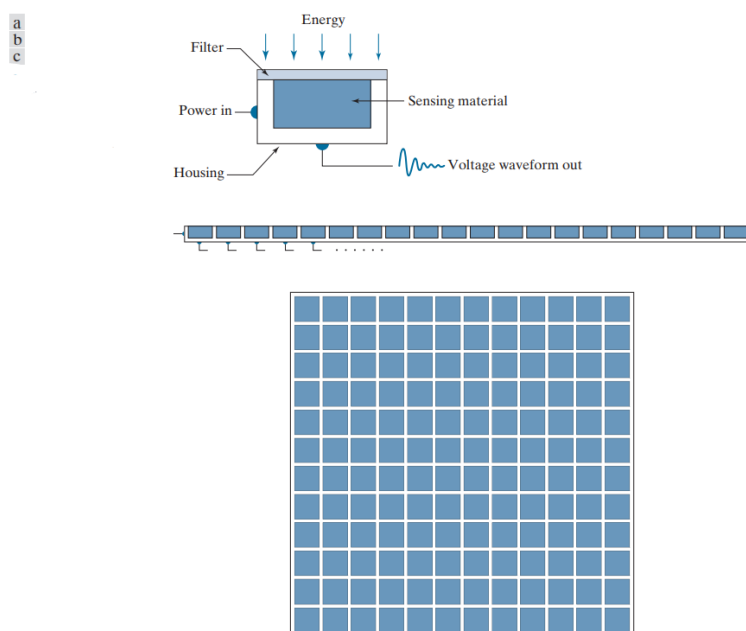
۲.۳ حس و به دست آوردن تصویر

بیشتر تصاویری که ما به آنها علاقه داریم با ترکیب یک منبع "روشنایی" و بازتاب یا جذب انرژی از آن منبع توسط عناصر "صحنه" در حال تصویربرداری ایجاد می شود. ما روشنایی و صحنه را در نقل قول ها قرار می دهیم تا بر این واقعیت تأکید کنیم که آنها بطور قابل ملاحظه ای کلی تر از وضعیت آشنا هستند که در آن یک منبع نور مرئی یک صحنه سه بعدی آشنا را روشن می کند. به عنوان مثال ، روشنایی ممکن است از منبع انرژی الکترومغناطیسی مانند رادار ، مادون قرمز یا سیستم اشعه ایکس سرچشمه بگیرد. اما ، همانطور که قبلاً اشاره شد ، می تواند از منابع کمتر سنتی ، مانند سونوگرافی یا حتی الگوی روشنایی تولید شده توسط رایانه ، سرچشمه بگیرد. به طور مشابه ، عناصر صحنه می توانند اجسام آشنا باشند ، اما می توانند به آسانی مولکول ، سنگ های مدفون یا مغز انسان باشند. بسته به ماهیت منبع ، انرژی نور از اجسام منعکس شده یا از طریق آنها منتقل می شود. یک مثال در دسته اول ، نور منعکس شده از سطح مسطح است. نمونه ای در دسته دوم زمانی است که اشعه ایکس به منظور ایجاد تصویر تشخیصی اشعه ایکس از بدن بیمار عبور می کند. در برخی از کاربردها ، انرژی منعکس شده یا منتقل شده بر روی مبدل عکس (به عنوان مثال ، صفحه فسفر) متمرکز است که انرژی را به نور مرئی تبدیل می کند. میکروسکوپ الکترونی و برخی از کاربردهای تصویربرداری گاما از این روش استفاده می کنند. شکل ۲.۱۲ سه آرایش اصلی سنسور را برای تبدیل انرژی اولیه به تصاویر دیجیتال نشان می دهد. ایده ساده است: انرژی ورودی با ترکیبی از توان الکتریکی ورودی و مواد حسگر که به نوع انرژی تشخیص داده شده پاسخ می دهد ، به ولتاژ تبدیل می شود.

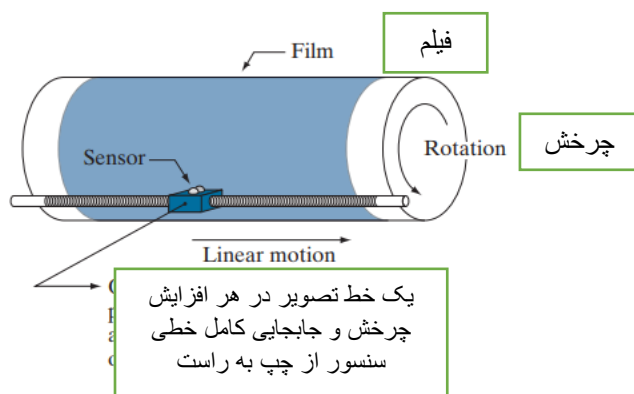
شکل موج ولتاژ خروجی پاسخ سنسور است و با دیجیتالی شدن این پاسخ مقدار دیجیتالی به دست می آید. در این بخش ، ما روشهای اصلی برای تشخیص و ایجاد تصویر را بررسی می کنیم. در مورد دیجیتالی شدن تصویر در بخش ۲.۴ بحث خواهیم کرد.

دستیابی به تصویر با استفاده از یک عنصر حس واحد

شکل ۲.۱۲ (الف) اجزای یک عنصر سنجش واحد را نشان می دهد. یک سنسور آشنا از این نوع فوتودیود است که از مواد سیلیکون ساخته شده و خروجی آن ولتاژ متناسب با شدت نور است. استفاده از فیلتر در مقابل سنسور انتخاب پذیری آن را افزایش می دهد. به عنوان مثال ، یک فیلتر نوری انتقال سبز از نور در نوار سبز طیف رنگی استفاده می کند. در نتیجه ، خروجی سنسور برای نور سبز قوی تر از سایر اجزای نور مرئی است.



شکل ۲.۱۲ (الف) یک عنصر سنجش واحد. (ب) سنسور خط (ج) سنسور آرایه.



شکل ۲.۱۳ ترکیب یک عنصر حس واحد با حرکت مکانیکی برای ایجاد یک تصویر دو بعدی.

به منظور ایجاد یک تصویر دو بعدی با استفاده از یک عنصر سنجش ، باید جابجایی نسبی در دو جهت X و Y بین سنسور و ناحیه ای که باید تصویربرداری شود وجود داشته باشد. شکل ۲.۱۳ آرایش مورد استفاده در اسکن با دقت بالا را نشان می دهد ، جایی که یک میلیمتر منفی بر روی یک درام نصب می شود که چرخش مکانیکی آن باعث تغییر مکان در یک بعد می شود.

سنسور روی پیچ سربی نصب شده است که حرکت را در جهت عمود بر هم ایجاد می کند. یک منبع نوری در داخل درام وجود دارد. با عبور نور از فیلم ، شدت آن قبل از گرفتن توسط سنسور با چگالی فیلم تغییر می کند. این "تعدیل" شدت نور باعث تغییرات متناظر در ولتاژ حسگر می شود که در نهایت با دیجیتالی شدن به سطح شدت تصویر تبدیل می شود.

این روش یک روش ارزان برای به دست آوردن تصاویر با وضوح بالا است زیرا حرکت مکانیکی را می توان با دقت بالا کنترل کرد. از معایب اصلی این روش می توان به کندی و عدم قابلیت حمل آسان اشاره کرد. سایر آرایشهای مکانیکی مشابه از تخت تصویربرداری با سنسور در دو جهت خطی استفاده می کنند. این نوع دیجیتالیزورهای مکانیکی گاهی اوقات به عنوان ریزحساسیت سنج های انتقال نامیده می شوند. به سیستم هایی که در آنها نور به جای عبور از محیط ، از محیط منعکس می شود ، میکرو دانسیتومترهای بازتاب نامیده می شود. مثال دیگری از تصویربرداری با یک عنصر حسگر ، منبع لیزر را همزمان با سنسور قرار می دهد. از آینه های متحرک برای کنترل پرتو خروجی در یک الگوی اسکن و جهت هدایت سیگنال منعکس شده لیزر بر روی سنسور استفاده می شود.

دستیابی به تصویر با استفاده از نوارهای سنسور

هندسی که بیشتر از سنسورهای تک استفاده می شود ، نوار سنسور خطی است ، مانند شکل ۲.۱۲ (ب). این نوار عناصر تصویربرداری را در یک جهت ارائه می دهد. همانطور که در شکل ۲.۱۴ (الف) نشان داده شده است ، حرکت به دور نوار تصویربرداری را در جهت دیگر فراهم می کند. این چیدمان در بیشتر اسکنرهای تخت خواب استفاده می شود. دستگاه های حسگر با ۴۰۰۰ یا بیشتر سنسور خطی امکان پذیر است. سنسورهای خطی به طور معمول در برنامه های تصویربرداری هوایی مورد استفاده قرار می گیرند ، که در آنها سیستم تصویربرداری بر روی هواپیمایی نصب می شود که در ارتفاع و سرعت ثابت در منطقه جغرافیایی مورد نظر پرواز می کند. نوارهای سنسور تصویربرداری یک بعدی که به نوارهای مختلف طیف الکترومغناطیس پاسخ می دهند عمود بر جهت پرواز نصب شده اند. یک نوار تصویربرداری یک خط از تصویر را در یک زمان ارائه می دهد و حرکت نوار نسبت به صحنه بعد دیگر یک تصویر دو بعدی را تکمیل می کند. از لنزها یا سایر طرح های فوکوس برای نمایش منطقه ای که باید روی سنسورها اسکن شود استفاده می شود.

همانطور که در شکل ۲.۱۴ (ب) نشان داده شده است ، نوارهای حسگر در ترکیب حلقه در تصویربرداری پزشکی و صنعتی برای به دست آوردن تصاویر مقطعی ("برش") از اجسام سه بعدی استفاده می شود. یک منبع اشعه ایکس دوار روشنایی را فراهم می کند و حسگرهای حساس به اشعه ایکس در مقابل منبع انرژی منتقل شده از جسم را جمع آوری می کنند. این اساس تصویربرداری توموگرافی محوری کامپیوتری پزشکی و صنعتی (CAT) است ، همانطور که در بخشهای ۱.۲ و ۱.۳ نشان داده شده است. خروجی سنسورها توسط الگوریتم های بازسازی پردازش می شود که هدف آنها تبدیل داده های حس شده به تصاویر مقطعی معنی دار است (بخش ۵.۱۱ را

بینید). به عبارت دیگر ، تصاویر مستقیماً از طریق سنسورها تنها با حرکت به دست نمی آیند. آنها همچنین نیاز به پردازش گسترده کامپیوتر دارند. با حرکت جسم در جهت عمود بر حلقه حسگر ، حجم دیجیتالی سه بعدی متشکل از تصاویر انباشته ایجاد می شود. سایر روش های تصویربرداری بر اساس اصل CAT شامل تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI) و توموگرافی گسیل پوزیترون (PET) است. منابع روشنایی ، سنسورها و انواع تصاویر متفاوت است ، اما از نظر مفهومی کاربردهای آنها بسیار شبیه به روش تصویربرداری اساسی است که در شکل ۲.۱۴ (ب) نشان داده شده است.

دستیابی به تصویر با استفاده از آرایه های سنسور

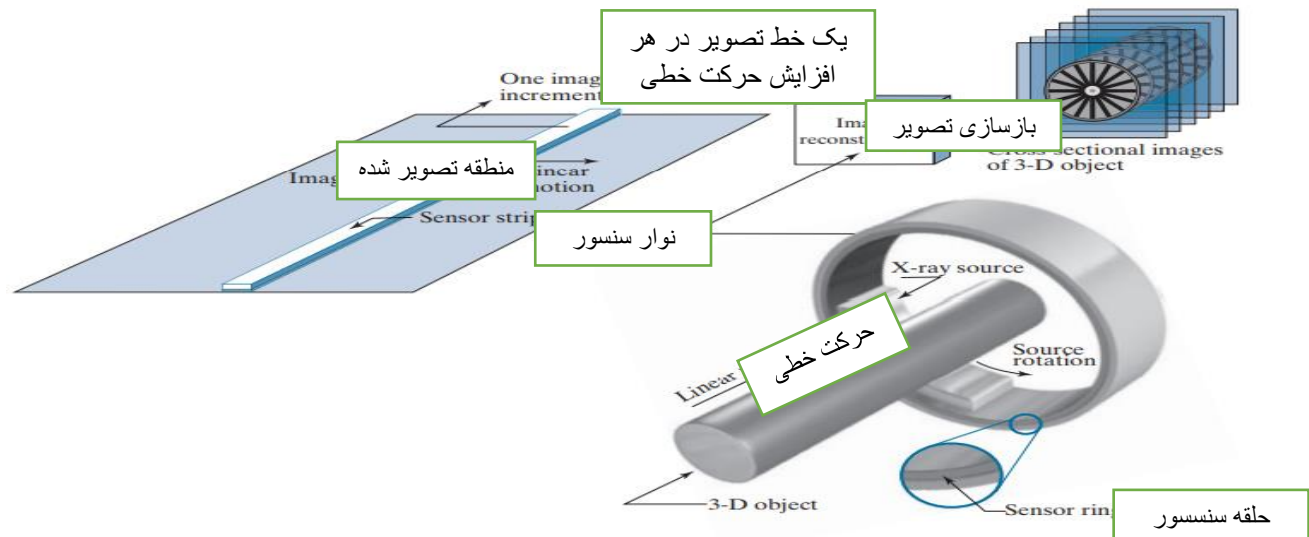
شکل ۲.۱۲ (ج) عناصر سنجش فردی را نشان می دهد که به شکل یک آرایه دو بعدی مرتب شده اند. دستگاههای سنجش الکترومغناطیسی و فراصوت به طور مرتب در این روش مرتب شده اند. این همچنین آرایش غالب در دوربین های دیجیتال است.

یک سنسور معمولی برای این دوربین ها یک آرایه CCD (دستگاه متصل به شارژ) است که می تواند با طیف وسیعی از ویژگی های حسگر تولید شود و می تواند در آرایه های مقاوم از $4000 * 4000$ عنصر یا بیشتر بسته بندی شود. حسگرهای CCD به طور گسترده ای در دوربین های دیجیتال و سایر ابزارهای حسگر نور استفاده می شوند.

پاسخ هر سنسور متناسب با انتگرال انرژی نوری است که بر روی سطح سنسور نمایش داده می شود ، این ویژگی در موارد نجومی و سایر کاربردها مورد استفاده قرار می گیرد و نیاز به تصاویر با نویز کم دارد. کاهش صدا با اجازه دادن به سنسور برای ادغام سیگنال نور ورودی در عرض چند دقیقه یا حتی چند ساعت به دست می آید. از آنجا که آرایه سنسور در شکل ۲.۱۲ (ج) دو بعدی است ، مزیت اصلی آن این است که می توان با تمرکز الگوی انرژی بر روی سطح آرایه ، تصویری کامل به دست آورد. بدیهی است حرکت لازم نیست ، همانطور که در مورد تنظیمات سنسور مورد بحث در دو بخش قبل لازم است.

شکل ۲.۱۵ روش اصلی استفاده از حسگرهای آرایه را نشان می دهد. این تصویر انرژی یک منبع روشنایی را نشان می دهد که از یک صحنه منعکس می شود (همانطور که در ابتدای این بخش ذکر شد ، انرژی نیز می تواند از طریق صحنه منتقل شود). اولین عملکردی که توسط سیستم تصویربرداری در شکل ۲.۱۵ (C) انجام می شود ، جمع آوری انرژی ورودی و تمرکز آن بر روی صفحه تصویر است. اگر تصویر روشن باشد ، قسمت جلویی سیستم تصویربرداری یک لنز نوری است که همانطور که در شکل ۲.۱۵ (d) نشان داده شده است ، صحنه مشاهده شده را بر روی سطح کانونی لنز قرار می دهد. آرایه سنسور که همزمان با صفحه کانونی است ، خروجی هایی متناسب با انتگرال نور دریافتی در هر سنسور تولید می کند. مدارهای دیجیتال و آنالوگ این خروجی ها را جارو کرده و به یک سیگنال آنالوگ تبدیل می کنند ، که سپس توسط بخش دیگری از سیستم تصویربرداری دیجیتالی می شود.

خروجی یک تصویر دیجیتالی است ، همانطور که در شکل ۲.۱۵ (e) به صورت نمودار نشان داده شده است. تبدیل تصاویر به فرم دیجیتال موضوع بخش ۲.۴ است.

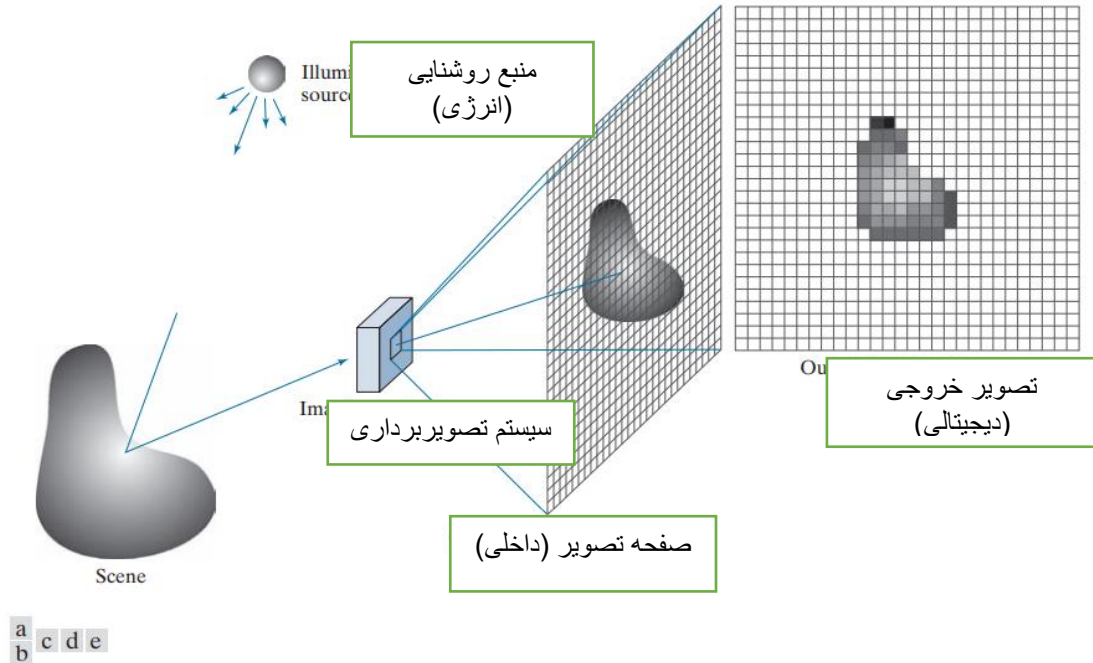


شکل ۲.۱۴ (الف) کسب تصویر با استفاده از نوار سنسور خطی. (ب) گرفتن تصویر با استفاده از نوار سنسور دایره ای.

در برخی موارد ، منبع مستقیماً تصویر می شود ، به عنوان در به دست آوردن تصاویر از خورشید

یک مدل شکل دهی ساده تصویر

همانطور که در بخش ۱.۱ معرفی شد ، ما تصاویر را با توابع دو بعدی شکل (x,y) نشان می دهیم. مقدار f در مختصات مکانی (x,y) یک مقدار مقیاس پذیر است که معنای فیزیکی آن توسط منبع تصویر تعیین می شود و مقادیر آن متناسب با انرژی تابیده شده از یک منبع فیزیکی (به عنوان مثال ، امواج الکترومغناطیسی) است.



شکل ۲.۱۵ نمونه ای از کسب تصویر دیجیتال. الف) منبع روشنایی (انرژی). ب) یک صحنه ج) سیستم تصویربرداری (د) نمایش صحنه بر روی صفحه تصویر. ه) تصویر دیجیتالی شده

در نتیجه $f(x,y)$ باید g منفی و محدود باشد. یعنی عملکرد $f(x,y)$ با دو جزء مشخص می شود: (۱) میزان روشنایی منبع حادثه در صحنه در حال مشاهده، و (۲) میزان روشنایی منعکس شده توسط اجسام در صحنه. به طور مناسب، این اجزای روشنایی و بازتاب^۱ نامیده می شوند و به ترتیب با (x,y) و (x,y) نشان داده می شوند. این دو تابع به عنوان یک محصول ترکیب می شوند و (x,y) را تشکیل می دهند:

$$0 \leq f(x,y) < \infty \quad (2-3)$$

$$f(x,y) = i(x,y)r(x,y) \quad (2-4)$$

$$0 \leq i(x,y) < \infty \quad (2-5)$$

$$0 \leq r(x,y) \leq 1 \quad (2-6)$$

بنابراین، بازتاب با ۰ (جذب کل) و ۱ (بازتاب کل) محدود می شود. ماهیت (x,y) اتوسط منبع روشنایی و $r(x,y)$ با ویژگی های اجسام تصویربرداری تعیین می شود. این عبارات همچنین برای تصاویری که از طریق انتقال

^۱ شدت تصویر می تواند در حین پردازش یا در نتیجه تفسیر منفی شود. به عنوان مثال، در تصاویر راداری، اجسامی که به سمت رادار حرکت می کنند اغلب دارای سرعت منفی و اجسام در حال حرکت به عنوان سرعت مثبت تفسیر می شوند. بنابراین، یک تصویر سرعت ممکن است دارای مقادیر مثبت و منفی باشد. هنگام ذخیره و نمایش تصاویر، ما معمولاً شدت ها را مقیاس می کنیم تا کوچکترین مقدار منفی ۰ شود (به بخش ۲.۶ در مورد مقیاس شدت مراجعه کنید).

نور از طریق یک رسانه مانند اشعه ایکس قفسه سینه ایجاد می شوند ، قابل استفاده است. در این مورد ، ما به جای یک تابع بازتابی ، با یک انتقال پذیری برخورد می کنیم ، اما محدودیت ها همانند معادله (۲-۶) ، است. و تابع تصویر تشکیل شده به عنوان محصول در معادله (۲-۴) مدل می شود..

مثال ۲.۱: برخی از مقادیر معمولی روشنایی و بازتاب.

مقادیر عددی زیر مقادیر معمولی روشنایی و بازتاب نور مرئی را نشان می دهد. در یک روز روشن ، خورشید ممکن است بیش از $90,000 \text{ lm/m}^2$ نور در سطح زمین تولید کند. این مقدار در روز ابری به کمتر از $10,000 \text{ lm/m}^2$ کاهش می یابد. در یک عصر روشن ، یک ماه کامل حدود 0.1 lm/m^2 روشنایی می دهد. سطح روشنایی معمولی در یک دفتر تجاری حدود $1,000 \text{ lm/m}^2$ است. به طور مشابه ، مقادیر زیر (x,y) عبارتند از: 0.1 برای مخمل مشکی ، 0.65 برای فولاد ضد زنگ ، 0.80 برای رنگ دیوار سفید ، 0.90 برای فلز با روکش نقره و 0.93 برای برف.

اجازه دهید شدت (سطح خاکستری) یک تصویر تک رنگ در هر مختصات (x,y) با علامت مشخص شود

$$\ell = f(x,y) \quad (2-7)$$

از معادله (۲-۴) تا (۲-۶) مشخص است که ℓ در محدوده قرار دارد

$$L_{\min} \leq \ell \leq L_{\max} \quad (2-8)$$

از نظر تئوری ، الزام L_{\min} این است که آن را منفی نکند و L_{\max} آن را محدود کند. در عمل ، $L_{\min} = i_{\min} r_{\min}$ and $L_{\max} = i_{\max} r_{\max}$ از مثال ۲.۱ ، با استفاده از میانگین روشنایی و بازتاب دفتر ، به عنوان دستورالعمل ، ممکن است انتظار داشته باشیم که $L_{\min} \approx 10$ and $L_{\max} \approx 1000$ در غیاب روشنایی اضافی ، مقادیر معمولی داخلی باشند. واحدهای این مقادیر lum/m^2 است. با این حال ، واحدهای واقعی مورد توجه هستند ، مگر در مواردی که اندازه گیری های نور سنجی انجام می شود.

فاصله $[L_{\max}, L_{\min}]$ را مقیاس شدت (یا خاکستری) می نامند. روش معمول این است که این فاصله را به صورت عددی به فاصله $[0, 1]$ یا $[0, C]$ تغییر دهید ، جایی که 0 سیاه و 1 (یا C) سفید در مقیاس در نظر گرفته می شود. همه مقادیر متوسط سایه های خاکستری هستند که از سیاه تا سفید متغیر است.

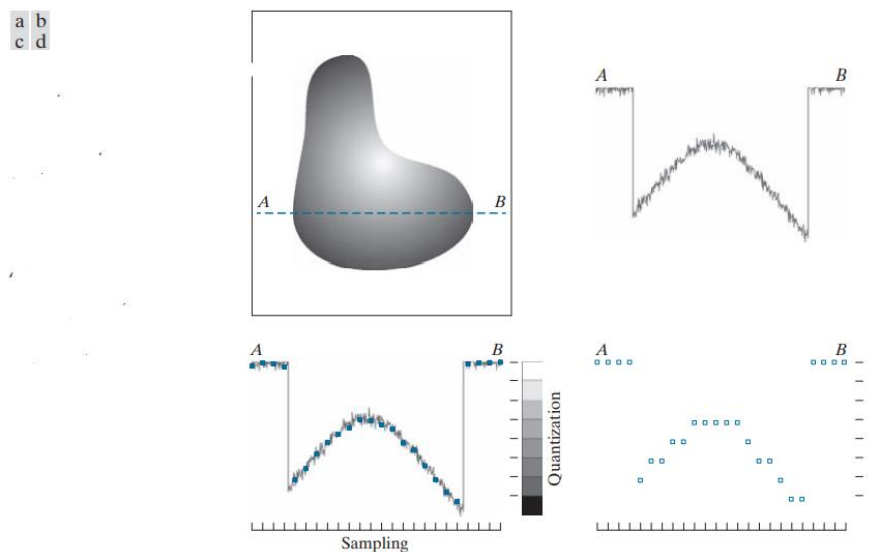
۲.۴ نمونه برداری و میزان تصویر

همانطور که در بخش قبل مورد بحث قرار گرفت ، روشهای متعددی برای به دست آوردن تصاویر وجود دارد ، اما هدف ما در همه موارد یکسان است: تولید تصاویر دیجیتالی از داده های حس شده. خروجی اکثر سنسورها یک شکل موج ولتاژ پیوسته است که دامنه و رفتار مکانی مربوط به پدیده فیزیکی است. برای ایجاد یک تصویر دیجیتالی ، ما باید داده های پیوسته را به فرمت دیجیتال تبدیل کنیم. این امر به دو فرایند نیاز دارد: نمونه برداری و کمی سازی.

بحث نمونه گیری در این بخش ماهیتی شهودی دارد. ما در فصل ۴ به طور عمیق در مورد این موضوع بحث خواهیم کرد.

مفاهیم اساسی در نمونه گیری و کمیت

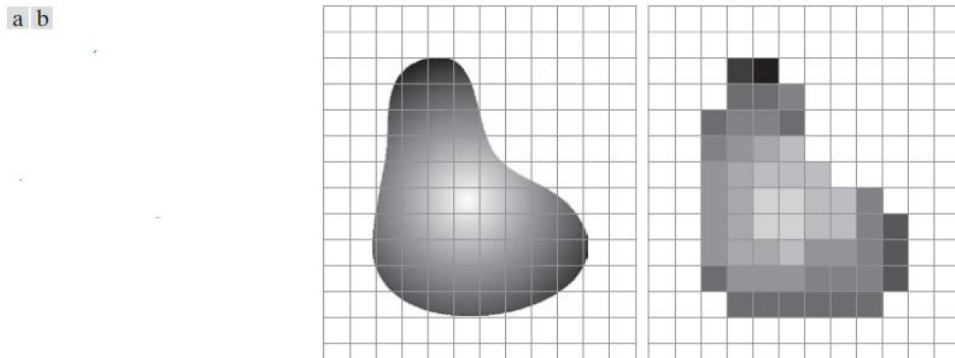
شکل ۲.۱۶ (a) یک تصویر پیوسته f را نشان می دهد که می خواهیم به شکل دیجیتال تبدیل شود. یک تصویر ممکن است از نظر مختصات X و Y و همچنین از نظر دامنه پیوسته باشد. برای دیجیتالی شدن آن ، باید تابع را در هر دو مختصات و همچنین در دامنه نمونه برداری کنیم. دیجیتالی شدن مقادیر مختصات را نمونه گیری می گویند. دیجیتالی شدن مقادیر دامنه را کوانتیزاسیون می نامند.



شکل ۲.۱۶ (الف) تصویر پیوسته (ب) خط اسکن تغییرات شدت را در امتداد خط AB در نشان می دهد تصویر پیوسته (ج) نمونه برداری و کمی سازی. (د) خط اسکن دیجیتال. (حاشیه سیاه در (a) برای وضوح گنجانده شده است. بخشی از تصویر نیست).

تابع یک بعدی در شکل ۲.۱۶ (ب) یک نمودار از مقادیر دامنه (سطح شدت) تصویر پیوسته در امتداد بخش خط AB در شکل ۲.۱۶ (الف) است. تغییرات تصادفی به دلیل نویز تصویر است. برای نمونه برداری از این تابع ، همانطور که در شکل ۲.۱۶ (c) نشان داده شده است ، در طول خط AB نمونه هایی با فاصله یکسان می گیریم. نمونه ها به صورت مربع های تیره کوچک روی هم قرار داده شده اند و موقعیت مکانی (گسسته) آنها با علامت های تیک مربوطه در پایین تصویر نشان داده شده است. مجموعه مربع های تیره عملکرد نمونه را تشکیل می دهند. با این حال ، مقادیر نمونه ها هنوز (به طور عمودی) دامنه پیوسته ای از مقادیر شدت را شامل می شوند. به منظور ایجاد یک عملکرد دیجیتالی ، مقادیر شدت نیز باید به مقادیر گسسته تبدیل (کوانتیزه) شوند. نوار خاکستری عمودی در شکل ۲.۱۶ (ج) مقیاس شدت را نشان می دهد که به هشت فاصله مجزا تقسیم شده است ، از سیاه تا سفید. علامت های تیک عمودی نشان دهنده مقدار ویژه اختصاص داده شده به هر یک از هشت فواصل شدت است.

سطوح شدت مداوم با اختصاص یکی از هشت مقدار به هر نمونه بسته به مجاورت عمودی نمونه به علامت نیک عمودی تعیین می شود. نمونه های دیجیتالی حاصل از نمونه برداری و کوانتیزاسیون به صورت مربع سفید در شکل ۲.۱۶ (d) نشان داده شده است. با شروع از بالای تصویر پیوسته و انجام این روش به سمت پایین ، خط به خط ، یک تصویر دیجیتالی دو بعدی تولید می شود. در شکل ۲.۱۶ دلالت دارد که علاوه بر تعداد سطوح گسسته مورد استفاده ، دقت به دست آمده در کمی سازی بستگی زیادی به میزان نویز سیگنال نمونه دارد.



شکل ۲.۱۷ (الف) تصویر پیوسته بر روی یک آرایه حسگر نمایش داده می شود. (ب) نتیجه نمونه برداری و کمی سازی تصویر.

در عمل ، روش نمونه گیری با چیدمان حسگر مورد استفاده برای تولید تصویر تعیین می شود. هنگامی که تصویری توسط یک عنصر سنجش واحد با حرکت مکانیکی ایجاد می شود ، مانند شکل ۲.۱۳ ، خروجی سنسور به روش توصیف شده در بالا کوانتزه می شود. با این حال ، نمونه گیری مکانی با انتخاب تعداد افزایش مکانیکی فردی انجام می شود که در آن سنسور را برای جمع آوری داده ها فعال می کنیم. حرکت مکانیکی می تواند بسیار دقیق باشد ، بنابراین ، در اصل ، هیچ محدودیتی در مورد نحوه نمونه برداری از یک تصویر با استفاده از این روش وجود ندارد. در عمل ، محدودیت در دقت نمونه برداری توسط عوامل دیگری مانند کیفیت اجزای نوری مورد استفاده در سیستم تعیین می شود.

هنگامی که یک نوار سنجش برای تصویربرداری استفاده می شود ، تعداد سنسورهای موجود در نوار نمونه ها را در تصویر حاصله در یک جهت و حرکت مکانیکی تعداد نمونه ها را در جهت دیگر ثابت می کند. کمی کردن خروجی های سنسور فرایند تولید یک تصویر دیجیتالی را تکمیل می کند.

وقتی از یک آرایه سنجش برای گرفتن تصویر استفاده می شود ، هیچ حرکتی لازم نیست. تعداد سنسورهای موجود در آرایه محدوده نمونه برداری را در هر دو جهت تعیین می کند. مقدار خروجی های سنسور همانطور که در بالا توضیح داده شده است. شکل ۲.۱۷ این مفهوم را نشان می دهد. شکل ۲.۱۷ (الف) یک تصویر پیوسته را نشان می دهد که بر روی سطح یک سنسور ۲ بعدی نمایش داده شده است. شکل ۲.۱۷ (ب) تصویر را پس از نمونه برداری و کمی سازی نشان می دهد. کیفیت یک تصویر دیجیتال تا حد زیادی با تعداد نمونه ها و میزان

شدت مشخص در نمونه برداری و کمی سازی تعیین می شود. با این حال ، همانطور که بعداً در این بخش نشان خواهیم داد ، محتوای تصویر نیز در انتخاب این پارامترها نقش دارد.

نمایندگی تصاویر دیجیتالی

اجازه دهید $f(x, y)$ یک تابع تصویر پیوسته از دو متغیر پیوسته x و y همانطور که در قسمت قبل توضیح داده شد ، ما این نمونه را با نمونه گیری و کمی سازی به تصویر دیجیتالی تبدیل می کنیم. فرض کنید که ما تصویر پیوسته را در یک تصویر دیجیتال $f(x, y)$ حاوی سطرهای M و ستون های N نمونه برداری کنیم ، جایی که (x, y) مختصات گسسته ای هستند. برای وضوح و راحتی نمادین ، از مقادیر صحیح استفاده می کنیم

برای این مختصات گسسته: $x = 0, 1, 2, \dots, M - 1$ و $y = 0, 1, 2, \dots, N - 1$ بدین ترتیب، به عنوان مثال ، مقدار تصویر دیجیتال در مبدا $f(0, 0)$ است ، و مقدار آن در مختصات بعدی در امتداد سطر اول $f(0, 1)$ است. در اینجا ، نماد $(0, 1)$ برای نشان دادن نمونه دوم در امتداد ردیف اول استفاده می شود. این بدان معنا نیست که این مقادیر مختصات فیزیکی هنگام نمونه برداری از تصویر هستند. به طور کلی ، مقدار یک تصویر دیجیتال در هر مختصات (x, y) با $f(x, y)$ نشان داده می شود ، جایی که x و y عدد صحیح هستند. هنگامی که نیاز به اشاره به مختصات خاص (i, j) داریم ، از علامت $f(i, j)$ استفاده می کنیم ، جایی که آرگومان ها اعداد صحیح هستند. قسمتی از صفحه واقعی که توسط مختصات یک تصویر گسترده شده است ، حوزه مکانی نامیده می شود و x و y به عنوان متغیرهای مکانی یا مختصات مکانی نامیده می شوند.

شکل ۲.۱۸ سه روش نمایش $f(x, y)$ را نشان می دهد. شکل ۲.۱۸ (a) یک نمودار از تابع است که دو محور موقعیت مکانی را تعیین می کنند و محور سوم مقادیر f را به عنوان تابعی از x و y نشان می دهد. این نمایش در هنگام کار با مجموعه های مقیاس خاکستری که عناصر آنها به صورت سه گانه فرم (x, y, z) بیان می شود مفید است ، جایی که x و y مختصات مکانی و z مقدار f در مختصات (x, y) است. ما با این شرح نمایندگی در بخش ۲.۶ کار خواهیم کرد.

بازنمایی در شکل ۲.۱۸ (ب) رایج تر است و $f(x, y)$ را همانطور که در صفحه یا عکس کامپیوتر نشان داده می شود نشان می دهد. در اینجا ، شدت هر نقطه در صفحه نمایش متناسب با مقدار f در آن نقطه است. در این تصویر ، تنها سه مقدار شدت به طور مساوی وجود دارد. اگر شدت به فاصله $[0, 1]$ عادی شود ، هر نقطه در تصویر دارای مقدار 0 ، 0.5 ، یا 1 . یک مانیتور یا چاپگر به ترتیب این سه مقدار را به سیاه ، خاکستری یا سفید تبدیل می کند ، مانند شکل ۲.۱۸ (ب). این نوع نمایش شامل تصاویر رنگی است و به ما اجازه می دهد نتایج را در یک نگاه مشاهده کنیم.

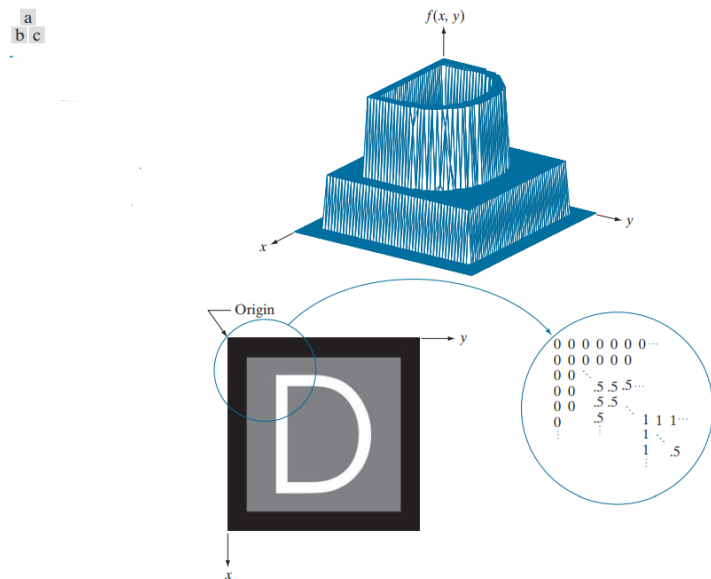
همانطور که شکل ۲.۱۸ (C) نشان می دهد ، نمای سوم یک آرایه (ماتریس) است که از مقادیر عددی $f(x,y)$ تشکیل شده است. این نمایشی است که برای پردازش رایانه استفاده می شود- وارد شدن در فرم معادله ، نمایش یک آرایه عددی $M * N$ را به صورت زیر می نویسیم

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (2-9)$$

سمت راست این معادله یک تصویر دیجیتالی است که به صورت آرایه ای از اعداد واقعی نشان داده شده است. هر عنصر این آرایه را عنصر تصویر ، عنصر تصویر ، پیکسل یا pel می نامند. ما از اصطلاحات تصویر و پیکسل در سراسر کتاب برای نشان دادن یک تصویر دیجیتالی و عناصر آن استفاده می کنیم. شکل ۲.۱۹ یک نمایش گرافیکی از یک آرایه تصویر را نشان می دهد ، جایی که محور x و y برای نشان دادن سطرها و ستون های آرایه استفاده می شود. پیکسل های ویژه مقادیر آرایه در یک جفت مختصات تعیین شده هستند. همانطور که قبلاً ذکر شد ، ما به طور کلی از (i,j) آهنگام اشاره به پیکسل با مختصات (i, j) استفاده می کنیم. ما همچنین می توانیم یک تصویر دیجیتال را در قالب ماتریس سنتی نشان دهیم:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & \dots & a_{0,N-1} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & \dots & a_{1,N-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{M-1,0} & a_{M-1,1} & \dots & a_{M-1,N-1} \end{bmatrix} \quad (2-10)$$

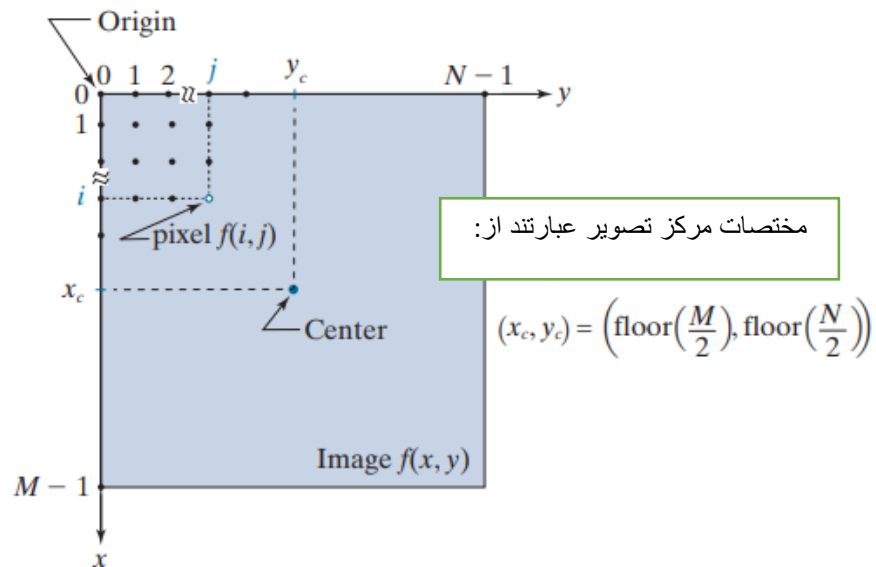
به وضوح ، $a_{ij} = f(i, j)$ ، بنابراین معادله (۲-۹) و (۲-۱۰) آرایه های یکسان را نشان می دهد.



شکل ۲.۱۸ الف) تصویر به صورت سطح ترسیم شده است. (ب) تصویر به عنوان یک آرایه شدت بصری نمایش داده می شود. (ج) تصویر به صورت یک آرایه دو بعدی مواد نمایان می شود. (اعداد ۰، ۵، و ۱ به ترتیب سیاه، خاکستری و سفید را نشان می دهد).

همانطور که شکل ۲.۱۹ نشان می دهد، ما منبع تصویر را در گوشه بالا سمت چپ مشخص می کنیم. این یک قرارداد مبتنی بر این واقعیت است که بسیاری از نمایشگرهای تصویر (به عنوان مثال، مانیتورهای تلویزیون) تصویری را که از بالا سمت چپ شروع شده و به سمت راست حرکت می کند، یک ردیف در یک زمان جارو می کنند. مهمتر این واقعیت است که اولین عنصر یک ماتریس طبق قرارداد در بالا سمت چپ آرایه قرار دارد. انتخاب مبدأ (x, y) در آن نقطه از نظر ریاضی منطقی است زیرا تصاویر دیجیتالی در واقعیت یک ماتریس هستند. در واقع، همانطور که ملاحظه می کنید، گاهی اوقات از x و y در معادلات ردیف (r) و ستون (c) ماتریس به جای یکدیگر استفاده می کنیم.

توجه به این نکته ضروری است که بازنمایی در شکل ۲.۱۹، که در آن محور x مثبت به سمت پایین و محور y مثبت به سمت راست امتداد می یابد، دقیقاً سیستم مختصات دکارتی راست دست است که با آن آشنا^۲ هستید، اما نشان داده شده است که ۹۰ درجه چرخیده است به طوری که مبدأ در بالا، سمت چپ ظاهر می شود.



^۲ به یاد بیاورید که یک سیستم مختصات راست دست به گونه ای است که وقتی شاخص دست راست در جهت محور x مثبت و نقاط مرکزی وسط در جهت عمود بر y مثبت باشد، انگشت شست به بالا همانطور که در شکل ۲.۱۸ و ۲.۱۹ نشان می دهد، این واقعاً در سیستم مختصات تصویر ما وجود دارد. در عمل، شما همچنین پیاده سازی هایی را بر اساس یک سیستم چپ دست خواهید یافت، که در آن محور x و y با نحوه نمایش آنها در شکل ها تغییر می کند. ۲.۱۸ و ۲.۱۹ به عنوان مثال، MATLAB از یک سیستم چپ دست برای پردازش تصویر استفاده می کند. هر دو سیستم کاملاً معتبر هستند، مشروط بر اینکه به طور مداوم مورد استفاده قرار گیرند.

شکل ۲.۱۹ قرارداد مختصات برای نشان دادن تصاویر دیجیتال استفاده می شود. از آنجا که مقادیر مختصات اعداد صحیح هستند، بین X و Y و سطرهای (Z) و ستون های (C) یک ماتریس تناسب یک به یک وجود دارد. مرکز یک تصویر دیجیتالی $N * M$ با مبدأ $(0, 0)$ و محدوده تا $(M-1, N-1)$ با تقسیم M و N بر ۲ و گرد شدن به نزدیکترین عدد صحیح بدست می آید. این عمل گاهی با استفاده از اپراتور زمین $K \bullet L$ نشان داده می شود، همانطور که در شکل ۲.۱۹ نشان داده شده است.

این امر برای M و N زوج یا فرد صادق است. به عنوان مثال، مرکز تصویر اندازه 1023×1024 در [۵۱۱]، (۵۱۲) است. برخی از زبان های برنامه نویسی (به عنوان مثال، MATLAB) نمایه سازی را از ۱ به جای ۰ شروع می کنند. مرکز تصویر در این مورد در $(x_c, y_c) = (\text{floor}(M/2) + 1, \text{floor}(N/2) + 1)$

برای بیان نمونه برداری و کمی سازی با اصطلاحات ریاضی رسمی تر، اجازه دهید Z و R به ترتیب مجموعه اعداد صحیح و مجموعه اعداد حقیقی را نشان دهند. فرآیند نمونه گیری را می توان به عنوان تقسیم بندی صفحه XY به یک شبکه در نظر گرفت، مختصات مرکز هر سلول در شبکه یک جفت عنصر از محصول دکارتی Z^2 (که Z^* نیز نشان داده می شود) است که، همانطور که ممکن است فراخوانی، مجموعه ای از همه جفت عناصر مرتب شده (Z_i, Z_j) است که Z_i و Z_j از مجموعه Z صحیح هستند. بنابراین $f(x, y)$ یک تصویر دیجیتال است اگر (y, x) اعداد صحیح از Z^2 و f یک تابع است که اختصاص می دهد.

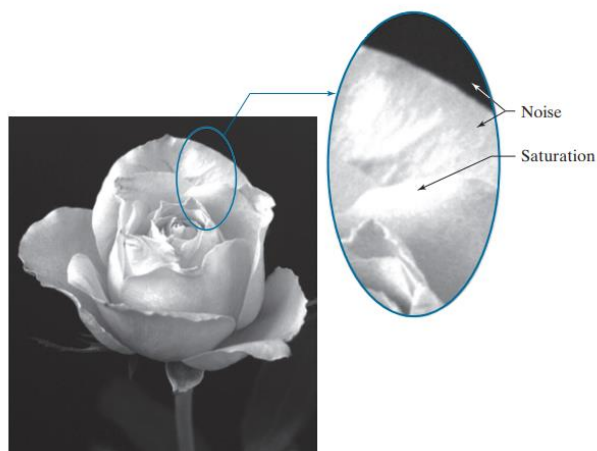
یک مقدار شدت (یعنی یک عدد واقعی از مجموعه اعداد واقعی، R) به هر جفت مختصات مختصر (x, y) . این تکلیف عملکردی فرایند کمی سازی است که قبلاً توضیح داده شد. اگر سطوح شدت نیز عدد صحیح باشند، $R = Z$ و یک تصویر دیجیتالی به یک تابع دو بعدی تبدیل می شود که مختصات و مقادیر دامنه آن صحیح است. این نمایشی است که ما در کتاب استفاده می کنیم.

دیجیتالی شدن تصویر مستلزم تصمیم گیری در مورد مقادیر M, N ، و برای تعداد، L سطوح شدت گسسته است. هیچ محدودیتی برای M و N وجود ندارد، مگر اینکه آنها باید اعداد صحیح مثبت باشند. با این حال، ذخیره سازی دیجیتالی و کمی سازی ملاحظات سخت افزاری معمولاً منجر به این می شود که تعداد سطوح شدت، L ، یک عدد صحیح دو باشد. به این معنا که

کف Z ، که گاهی اوقات JZK نیز نشان داده می شود، بزرگترین عددی است که کمتر از Z یا مساوی Z است. سقف Z ، نشان دهنده LZM ، کوچکترین عدد صحیح است که بزرگتر یا مساوی Z باشد.

$$L = 2^k \quad (2-11)$$

جایی که k یک عدد صحیح است ما فرض می کنیم که سطوح گسسته به طور مساوی از هم فاصله دارند و در محدوده $[0, L-1]$ عدد صحیح هستند.



شکل ۲.۲۰ تصویری که اشباع و نویز را نشان می دهد. اشباع بالاترین ارزشی است که فراتر از آن همه مقادیر شدت برش داده می شود (توجه داشته باشید که چگونه کل سطح اشباع دارای سطح شدت بالا و ثابت است). سر و صدای قابل مشاهده در این مورد به عنوان یک الگوی بافت دانه ای ظاهر می شود. پس زمینه تیره پر نویز است ، اما نویزدشوار است دیدن. گاهی اوقات ، محدوده مقادیری که توسط مقیاس خاکستری پوشانده می شود ، محدوده پویا نامیده می شود ، اصطلاحی که در زمینه های مختلف به روش های مختلف استفاده می شود. در اینجا ، ما محدوده دینامیکی یک سیستم تصویربرداری را به عنوان نسبت حداکثر شدت قابل اندازه گیری به حداقل میزان شدت قابل تشخیص در سیستم تعریف می کنیم.

به عنوان یک قاعده ، حد بالایی با اشباع و حد پایینی با نویز تعیین می شود ، اگرچه نویز می تواند در شدت های کمتری نیز وجود داشته باشد. شکل ۲.۲۰ نمونه هایی از اشباع و سر و صدای ناچیز قابل مشاهده را نشان می دهد. از آنجا که مناطق تیره تر عمدتاً از پیکسل هایی با حداقل شدت قابل تشخیص تشکیل شده اند ، پس زمینه در شکل ۲.۲۰ پر نویزترین قسمت تصویر است. با این حال ، نویز پس زمینه تیره معمولاً بسیار سخت تر دیده می شود. محدوده دینامیکی کمترین و بالاترین سطوح شدت را ایجاد می کند که یک سیستم می تواند نشان دهد و در نتیجه ، یک تصویر می تواند داشته باشد. کنتراست تصویر با این مفهوم ارتباط تنگاتنگی دارد که ما آن را به عنوان تفاوت شدت بین بالاترین و پایین ترین سطوح شدت در یک تصویر تعریف می کنیم.

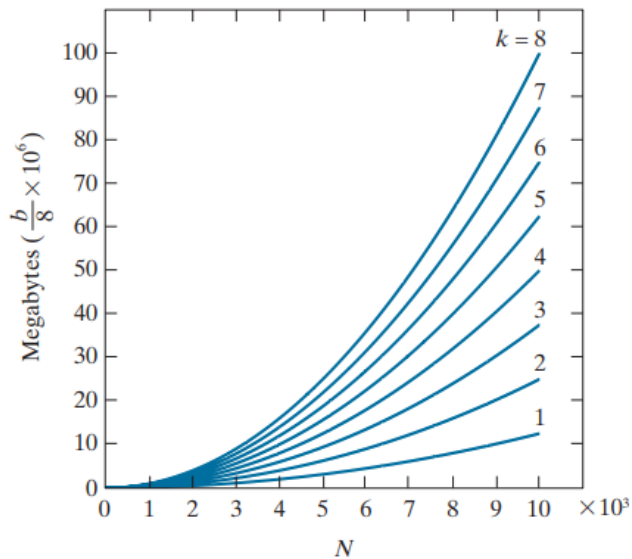
نسبت کنتراست نسبت این دو مقدار است. وقتی تعداد پیکسل های قابل ملاحظه ای در تصویر دارای محدوده دینامیکی بالایی هستند ، می توان انتظار داشت که تصویر دارای کنتراست بالایی باشد. برعکس ، تصویری با محدوده دینامیکی پایین معمولاً ظاهری خاکستری کسل کننده و شسته شده دارد. ما در فصل ۳ مفاهیم بیشتری را در مورد این مفاهیم بحث خواهیم کرد.

تعداد ، b ، بیت های مورد نیاز برای ذخیره یک تصویر دیجیتال است

$$b = M \times N \times k \quad (2-12)$$

وقتی $M = N$ ، این معادله تبدیل می شود

$$b = N^2 k \quad (2-13)$$



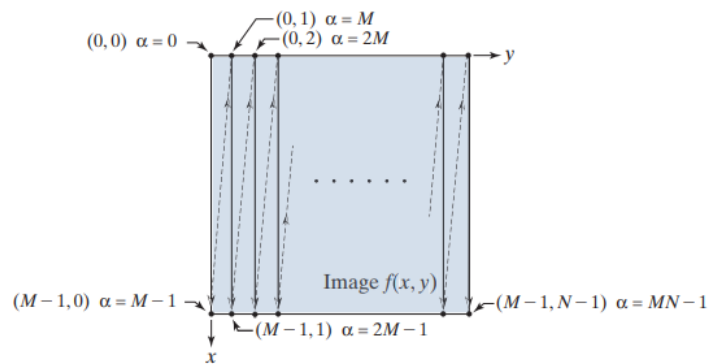
شکل ۲.۲۱ تعداد مگابایت مورد نیاز برای ذخیره تصاویر برای مقادیر مختلف N و k .
 شکل ۲.۲۱ تعداد مگابایت های مورد نیاز برای ذخیره تصاویر مربعی برای مقادیر مختلف N و k را نشان می دهد (طبق معمول ، یک بایت معادل ۸ بیت و یک مگابایت معادل ۱۰۶ بایت است).
 هنگامی که یک تصویر می تواند $k \times k$ سطح شدت ممکن داشته باشد ، معمول است که از آن به عنوان "تصویر k -bit" یاد می شود (به عنوان مثال ، یک تصویر در سطح ۲۵۶ را یک تصویر ۸ بیتی می نامند). توجه داشته باشید که الزامات ذخیره سازی برای تصاویر بزرگ ۸ بیتی (به عنوان مثال ، ۱۰ ، ۱۰۰ ، ۱۰۰۰ پیکسل) ناچیز نیست.

خطی در مقابل شاخص بندی هماهنگ

به قراردادی که در قسمت قبل مورد بحث قرار گرفت ، که در آن محل پیکسل با مختصات دو بعدی آن داده می شود ، نمایه سازی مختصات یا نمایه سازی زیرنویس گفته می شود. نوع دیگری از نمایه سازی که به طور گسترده در برنامه نویسی الگوریتم های پردازش تصویر استفاده می شود ، نمایه سازی خطی است که شامل یک رشته یک بعدی از اعداد صحیح غیر منفی بر اساس محاسبه جبران مختصات (x, y) است.
 دو نوع اصلی نمایه سازی خطی وجود دارد ، یکی بر اساس اسکن ردیف یک تصویر و دیگری بر اساس اسکن ستون است. شکل ۲.۲۲ اصل نمایه سازی خطی را بر اساس اسکن ستون نشان می دهد.
 ایده این است که یک تصویر را ستون به ستون اسکن کنید ، از مبدا شروع کرده و به سمت پایین و سپس به راست حرکت کنید. شاخص خطی بر اساس شمارش پیکسل ها است ، زیرا ما تصویر را به روشی که در شکل

۲.۲۲ نشان داده شده اسکن می کنیم. بنابراین ، اسکن ستون اول (سمت چپ) شاخص های خطی ۰ تا $M - 1$ را نشان می دهد. اسکن ستون دوم شاخص های M را تا $M - 1$ و به همین ترتیب تا آخرین پیکسل در ستون آخر به صورت خطی اختصاص می دهد. مقدار شاخص $MN - 1$. بنابراین ، یک شاخص خطی ، که با a نشان داده می شود ، دارای یکی از مقادیر ممکن MN است: $0, 1, 2, \dots, MN - 1$ ، همانطور که در شکل ۲.۲۲ نشان داده شده است. نکته مهمی که باید در اینجا به آن توجه شود این است که به هر پیکسل یک مقدار شاخص خطی اختصاص داده شده است که آن را به طور منحصر به فرد مشخص می کند. فرمول ایجاد شاخص های خطی بر اساس اسکن ستون ساده است و با بازرسی قابل تعیین است. برای هر جفت مختصات (X, Y) ، مقدار شاخص خطی مربوطه برابر است

$$\alpha = My + x \quad (2-14)$$



شکل ۲.۲۲ تصویر اسکن ستون برای تولید شاخص های خطی. چندین مختصات دو بعدی (داخل پرانتز) و شاخص های خطی مربوطه نشان داده شده است.

برعکس ، شاخصهای مختصات برای مقدار شاخص خطی معین a با معادلات^۳ داده می شوند

$$x = \alpha \bmod M \quad (2-15)$$

$$y = (\alpha - x) / M \quad (2-16)$$

به یاد بیاورید که $\bmod M$ به معنی "باقی مانده تقسیم a به M " است. این یک روش رسمی برای بیان این است که اعداد سطر در ابتدای هر ستون تکرار می شوند. بنابراین ، وقتی $a = 0$ ، باقیمانده تقسیم 0 بر M است ، بنابراین $x = 0$. وقتی $a = 1$ ، باقی مانده 1 است ، و بنابراین $x = 1$. شما می توانید ببینید که x همچنان مساوی است به a تا $a = M - 1$. وقتی $a = M$ (که در ابتدای ستون دوم است) ، باقیمانده 0 و در نتیجه دوباره $x = 0$

^۳ هنگام کار با سیستم های اعداد مدولار ، دقیق تر است $x \bmod M * a$ را بنویسید ، جایی که نماد $*$ به معنای همخوانی است. با این حال ، علاقه ما در اینجا فقط تبدیل از نمایه سازی خطی به مختصات است ، بنابراین ما از علامت برابر آشنا تر استفاده می کنیم.

است و تا رسیدن به ستون بعدی ، زمانی ۱ افزایش می یابد که الگو خودش را تکرار می کند نظرات مشابه برای معادله (۲-۱۶) اعمال می شود. برای استخراج دو معادله قبلی به مسئله ۲.۱۱ مراجعه کنید.

مصوبه مکانی و شدت

از نظر بصری ، وضوح مکانی اندازه گیری کوچکترین جزئیات قابل تشخیص در یک تصویر است. از نظر کمی ، وضوح مکانی را می توان به روش های مختلف بیان کرد ، با جفت خط در واحد فاصله ، و نقاط (پیکسل) در واحد فاصله معیارهای متداول هستند. فرض کنید ما یک نمودار با خطوط عمودی سیاه و سفید متناوب ، هر کدام از واحدهای عرض W (W می تواند کمتر از ۱ باشد) بسازیم. بنابراین عرض یک جفت خط W_2 است و W_2 جفت خط در واحد فاصله وجود دارد. به عنوان مثال ، اگر عرض خط ۰.۱ میلی متر باشد ، ۵ جفت خط در واحد فاصله (یعنی در میلی متر) وجود دارد. یک تعریف پرکاربرد از وضوح تصویر ، بیشترین تعداد جفت خط قابل تشخیص در واحد فاصله (به عنوان مثال ، ۱۰۰ جفت خط در میلی متر) است. نقطه در واحد فاصله اندازه گیری وضوح تصویر مورد استفاده در صنعت چاپ و انتشار است. در ایالات متحده ، این اندازه معمولاً به صورت نقطه در اینچ (dpi) بیان می شود. برای درک بهتر کیفیت ، روزنامه ها با وضوح ۷۵ dpi ، مجلات با ۱۳۳ dpi ، بروشورهای براق با ۱۷۵ dpi چاپ می شوند و صفحه کتابی که در حال حاضر به آن نگاه می کنید با ۲۴۰۰ dpi چاپ شده است.

برای معنادار بودن ، معیارهای حل مکانی باید با توجه به واحدهای مکانی بیان شود. اندازه تصویر به خودی خود داستان کامل را نشان نمی دهد. به عنوان مثال ، گفتن این که تصویر دارای وضوح ۱۰۲۴ * ۱۰۲۴ پیکسل است ، بدون بیان ابعاد مکانی که توسط تصویر احاطه شده است ، یک جمله معنی دار نیست. اندازه به تنهایی تنها در مقایسه بین قابلیت های تصویربرداری مفید است. به عنوان مثال ، می توان انتظار داشت که یک دوربین دیجیتال با یک تراشه تصویربرداری ۲۰ CCD مگاپیکسلی نسبت به یک دوربین ۸ مگاپیکسلی از قابلیت بالاتری برای حل جزئیات برخوردار باشد ، با این فرض که هر دو دوربین مجهز به لنزهای قابل مقایسه هستند و تصاویر مقایسه با هم گرفته می شوند. فاصله

وضوح شدت به طور مشابه به کوچکترین تغییر قابل تشخیص در سطح شدت اشاره دارد. ما در مورد تعداد نمونه های مکانی (پیکسل) مورد استفاده برای تولید یک تصویر دیجیتالی اختیارات قابل توجهی داریم ، اما این در مورد تعداد سطوح شدت صحیح نیست. بر اساس ملاحظات سخت افزاری ، تعداد سطوح شدت معمولاً یک عدد صحیح دو است ، همانطور که در بحث معادله (۲-۱۱) ذکر کردیم. رایج ترین عدد ۸ بیت است که ۱۶ بیت در برخی از برنامه ها استفاده می شود که در آنها افزایش محدوده شدت خاص ضروری است. کمی سازی شدت با استفاده از

۳۲ بیت نادر است. گاهی اوقات سیستم هایی پیدا می شود که می توانند شدت تصویر را با استفاده از ۱۰ یا ۱۲ بیت دیجیتالی کنند ، اما اینها چندان رایج نیستند.

بر خلاف تفکیک مکانی که برای معنی دار بودن باید بر مبنای واحد در فاصله باشد ، معمول است که از تعداد بیت های مورد استفاده برای اندازه گیری شدت به عنوان "وضوح شدت" استفاده شود. به عنوان مثال ، متداول است که بگوییم تصویری که شدت آن در ۲۵۶ سطح اندازه گیری می شود دارای ۸ بیت وضوح شدت است. با این حال ، به خاطر داشته باشید که تغییرات قابل ملاحظه در شدت نیز تحت تأثیر نویز و ارزش اشباع و توانایی ادراک انسان برای تجزیه و تحلیل و تفسیر جزئیات در چارچوب یک صحنه کامل است (بخش ۲.۱ را ببینید). دو مثال زیر تأثیر وضوح مکانی و شدت را بر جزئیات قابل تشخیص نشان می دهد. بعداً در این بخش ، ما نحوه تعامل این دو پارامتر در تعیین کیفیت تصویر درک شده را مورد بحث قرار خواهیم داد.

مثال ۲.۲: اثرات کاهش وضوح مکانی یک تصویر دیجیتالی.

شکل ۲.۲۳ اثرات کاهش وضوح مکانی یک تصویر را نشان می دهد. تصاویر در شکل ها. ۲.۲۳ (a) تا (d) به ترتیب دارای وضوح ۹۳۰ ، ۳۰۰ ، ۱۵۰ و ۷۲ dpi هستند. به طور طبیعی ، تصاویر با وضوح کمتر از تصویر اصلی در (a) کوچکتر هستند.

به عنوان مثال ، تصویر اصلی دارای اندازه ۲۱۳۶ * ۲۱۴۰ پیکسل است ، اما تصویر ۷۲ dpi یک آرایه تنها ۱۶۵ * ۱۶۶ پیکسل است. به منظور سهولت در مقایسه ، همه تصاویر کوچکتر به اندازه اصلی بزرگنمایی شدند (روش مورد استفاده برای بزرگنمایی بعداً در این بخش مورد بحث قرار می گیرد). این تا حدی معادل "نزدیک شدن" به تصاویر کوچکتر است تا بتوانیم در مورد جزئیات قابل مشاهده اظهارات قابل مقایسه ای ارائه دهیم.

a b
c d



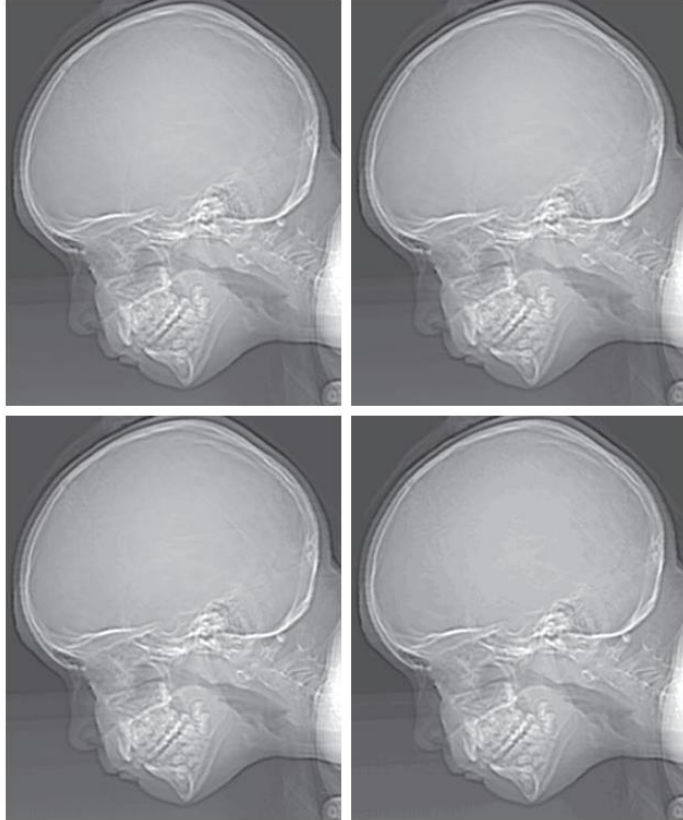
شکل ۲.۲۳ اثرات کاهش وضوح مکانی تصاویر نشان داده شده در: (a) ۹۳۰ dpi ، (ب) ۳۰۰ نقطه در اینچ ، (ج) ۱۵۰ نقطه در اینچ ، و (د) ۷۲ نقطه در اینچ

تفاوت‌های بصری کوچکی بین شکل ۲.۲۳ (a) و (b)، وجود دارد. که قابل توجه ترین آن یک اعوجاج جزئی در نشانگر ثانیه است که به ۶۰ در سمت راست کرونومتر اشاره می کند. در بیشتر موارد ، شکل ۲.۲۳ (ب) کاملاً قابل قبول است. در حقیقت ، ۳۰۰ dpi معمولی ترین وضوح مکانی تصویر برای چاپ کتاب است ، بنابراین نمی توان انتظار داشت تفاوت زیادی بین این دو تصویر مشاهده شود. شکل ۲.۲۳ (ج) شروع به نشان دادن تخریب قابل مشاهده می کند (برای مثال ، لبه های بیرونی کرونومتر را ببینید و نشانگر ثانیه را با دو تصویر قبلی مقایسه کنید). اعداد همچنین تخریب قابل مشاهده را نشان می دهند. شکل ۲.۲۳ (d) تخریب را نشان می دهد که در اکثر ویژگی های تصویر قابل مشاهده است. هنگام چاپ با وضوح پایین ، صنعت چاپ و نشر از تعدادی تکنیک (مانند تغییر اندازه پیکسل محلی) برای تولید نتایج بسیار بهتر از شکل ۲.۲۳ (d) استفاده می کند. همچنین ، همانطور که بعداً در این بخش نشان خواهیم داد ، می توان با انتخاب روش درون یابی استفاده شده ، نتایج شکل ۲.۲۳ را بهبود بخشید.

مثال ۲.۳: اثرات تغییر تعداد سطوح شدت در یک تصویر دیجیتال.

شکل ۲.۲۴ (a) یک تصویر ۶۴۰ * ۷۷۴ CT است ، با استفاده از ۲۵۶ سطح شدت نمایش داده می شود (در مورد تصاویر CT به فصل ۱ مراجعه کنید). هدف این مثال کاهش تعداد شدت تصویر از ۲۵۶ به ۲ در قدرتهای صحیح ۲ است ، در حالی که وضوح مکانی را ثابت نگه می دارد. شکلهای ۲.۲۴ (ب) تا (د) با کاهش تعداد سطوح شدت به ترتیب به ۱۲۸ ، ۶۴ و ۳۲ بدست آمد (در فصل ۳ نحوه کاهش تعداد سطوح را مورد بحث قرار خواهیم داد).

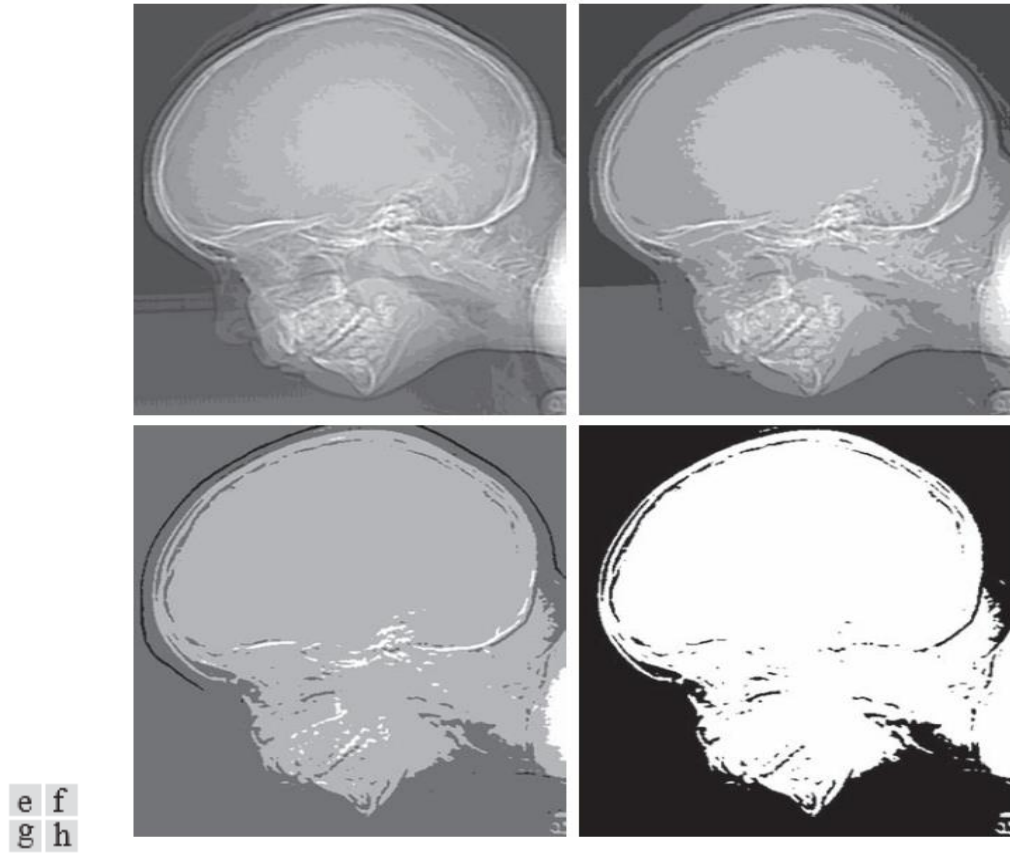
a b
c d



شکل ۲.۲۴ (الف) ۷۷۴* ۶۴۰ ، تصویر سطح ۲۵۶ (ب)-(د) تصویر نمایش داده شده در ۱۲۸ ، ۶۴ ، و ۳۲ سطح شدت ، در حالی که وضوح مکانی را ثابت نگه می دارد. (تصویر اصلی از دکتر دیوید آر پیکنز ، گروه رادیولوژی و علوم رادیولوژی ، مرکز پزشکی دانشگاه وندربیلت گرفته شده است.)

تصاویر سطح ۱۲۸ و ۶۴ از نظر بصری برای همه اهداف عملی یکسان هستند. با این حال ، تصویر ۳۲ سطحی در شکل ۲.۲۴ (د) دارای مجموعه ای از ساختارهای تقریباً نامحسوس و بسیار صخره مانند در مناطق با شدت ثابت است. این ساختارها به وضوح در تصویر سطح ۱۶ در شکل ۲.۲۴ (e) قابل مشاهده هستند. این اثر ، ناشی از استفاده از ناکافی از سطوح شدت در مناطق صاف یک تصویر دیجیتال ، کانتورینگ کاذب نامیده می شود ، زیرا به این دلیل نامیده می شود که برجستگی ها به خطوط توپوگرافی در نقشه شباهت دارند. به طور کلی در تصاویر نمایش داده شده با استفاده از ۱۶ یا کمتر از سطوح شدت یکنواخت ، کانتورهای کاذب کاملاً قابل اعتراض است ، همانطور که در تصاویر نشان داده شده است. ۲.۲۴ (h)-(e) نشان می دهد.

به عنوان یک دستورالعمل بسیار خشن و با در نظر گرفتن قدرتهای صحیح ۲ برای راحتی ، تصاویر با اندازه ۲۵۶ * ۲۵۶ پیکسل با شدت ۶۴ ، و چاپ شده در قالب اندازه ۵ * ۵ سانتی متر ، کمترین وضوح مکانی و شدت را دارند. تصاویری که می توان انتظار داشت به طور معقولی عاری از تحریف های نمونه برداری و خطوط نادرست باشند.



شکل ۲.۲۴ (ادامه) (ه)-(ح) تصویر نمایش داده شده در ۱۶، ۸، ۴ و ۲ سطح شدت

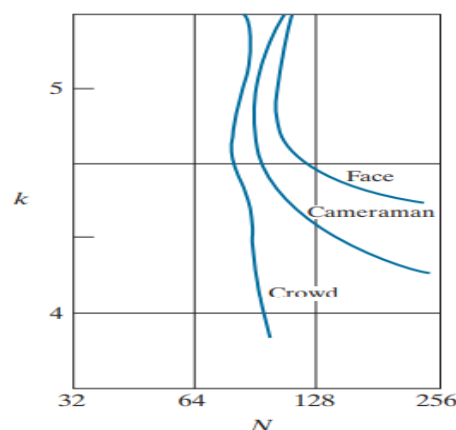
نتایج در مثالهای ۲.۲ و ۲.۳ با تغییر وضوح مکانی و شدت به طور مستقل، اثرات تولید شده بر کیفیت تصویر را نشان می دهد. با این حال، این نتایج هیچ رابطه ای را که ممکن است بین این دو پارامتر وجود داشته باشد، در نظر نگرفته اند. یک مطالعه اولیه توسط هوانگ [۱۹۶۵] تلاش کرد تا به طور تجربی اثرات بر کیفیت تصویر ناشی از برهم کنش این دو متغیر را تعیین کند. این آزمایش شامل مجموعه ای از آزمون های ذهنی بود. از تصاویر مشابه تصاویر نشان داده شده در شکل ۲.۲۵ استفاده شده است. چهره زن تصویری با جزئیات نسبتاً اندک را نشان می دهد. تصویر فیلمبردار شامل مقدار متوسط جزئیات است. و تصویر جمعیت، در مقایسه، حاوی مقدار زیادی جزئیات است.



a b c

شکل ۲.۲۵ (الف) تصویر با سطح جزئیات پایین. (ب) تصویر با جزئیات متوسط. (ج) تصویری با جزئیات نسبتاً زیاد. (تصویر (ب) از موسسه فناوری ماساچوست تهیه شده است.)

مجموعه ای از این سه نوع تصویر با اندازه ها و وضوح شدت مختلف با تغییر N و k ایجاد شده است [به معادله مراجعه کنید. (۲-۱۳)]. سپس از ناظران خواسته شد تا آنها را با توجه به کیفیت ذهنی آنها رتبه بندی کنند. نتایج در قالب منحنی های اصطلاحاً ایزو ترجیحی در سطح Nk خلاصه شد. (شکل ۲.۲۶ میانگین منحنی های انعطاف پذیری نمایانگر انواع تصاویر در شکل ۲.۲۵ را نشان می دهد.) هر نقطه در صفحه Nk تصویری با مقادیر N و k برابر مختصات آن نقطه را نشان می دهد. نقاطی که روی منحنی ترجیحی قرار دارند مربوط به تصاویری با کیفیت ذهنی برابر است. در طول آزمایشات مشخص شد که منحنی های ایزو ترجیح تمایل به حرکت به سمت راست و بالا دارند، اما شکل آنها در هر یک از سه دسته تصویر مشابه شکل ۲.۲۶ است. این نتایج غیرقابل پیش بینی نبودند، زیرا جابجایی به سمت بالا و راست در منحنی ها به معنای مقادیر بزرگتر برای N و k است که به معنی کیفیت بهتر تصویر است.



شکل ۲.۲۶ نماینده در اولویت است منحنی برای سه نوع تصویر در شکل ۲.۲۵. توجه داشته باشید که با افزایش جزئیات در تصویر، منحنی های ترجیح عمودی عمودی تر می شوند. این نتیجه نشان می دهد که برای تصاویری با حجم زیاد جزئیات تنها به چند سطح شدت نیاز است. به عنوان مثال، منحنی

ترجیح در شکل ۲.۲۶ مربوط به جمعیت تقریباً عمودی است. این نشان می دهد که برای مقدار ثابت N ، کیفیت درک شده برای این نوع تصویر تقریباً مستقل از تعداد سطوح شدت استفاده شده است (برای محدوده سطوح شدت نشان داده شده در شکل ۲.۲۶). کیفیت درک شده در دو دسته تصویر دیگر در برخی فواصل زمانی که تعداد نمونه ها افزایش یافته بود، یکسان باقی ماند، اما تعداد سطوح شدت در واقع کاهش یافت. محتمل ترین دلیل برای این نتیجه این است که کاهش k تمایل به افزایش کنتراست ظاهری دارد، یک جلوه بصری که اغلب به عنوان بهبود کیفیت تصویر تلقی می شود.

تصویر اینترپلاتین

درون یابی در کارهایی مانند بزرگنمایی، کوچک شدن، چرخش و تصحیح هندسی تصاویر دیجیتال استفاده می شود. هدف اصلی ما در این بخش معرفی واسطه و اعمال آن برای تغییر اندازه تصویر (کوچک شدن و بزرگنمایی) است که اساساً روشهای نمونه گیری مجدد تصویر هستند. استفاده از درون یابی در کاربردهایی مانند چرخش و اصلاحات هندسی در بخش ۲.۶ مورد بحث قرار می گیرد.

درون یابی فرایند استفاده از داده های شناخته شده برای تخمین مقادیر در مکان های ناشناخته است. بحث این موضوع را با یک مثال کوتاه آغاز می کنیم. فرض کنید تصویری با اندازه $۵۰۰ * ۵۰۰$ پیکسل باید ۱.۵ برابر در $۷۵۰ * ۷۵۰$ پیکسل بزرگ شود. یک راه ساده برای تجسم زوم این است که یک شبکه خیالی $۷۵۰ * ۷۵۰$ با فاصله پیکسل های مشابه تصویر اصلی ایجاد کنید، سپس آن را کوچک کنید تا دقیقاً روی تصویر اصلی همپوشانی داشته باشد. بدیهی است که فاصله پیکسل ها در شبکه کوچک شده $۷۵۰ * ۷۵۰$ کمتر از فاصله پیکسل در تصویر اصلی خواهد بود. برای تعیین مقدار شدت به هر نقطه در پوشش، ما به دنبال نزدیکترین پیکسل آن در تصویر اصلی زیرین هستیم و شدت آن پیکسل را به پیکسل جدید در شبکه $۷۵۰ * ۷۵۰$ اختصاص می دهیم. هنگامی که شدت به تمام نقاط شبکه همپوشانی اختصاص داده شد، آن را به اندازه مشخص شده باز می گردانیم تا تصویر تغییر اندازه به دست آید.

روشی که اخیراً مورد بحث قرار گرفته است، درون یابی نزدیکترین همسایه نامیده می شود زیرا به هر مکان جدید شدت نزدیکترین همسایه خود را در تصویر اصلی اختصاص می دهد (بخش ۲.۵ در مورد محله ها را ببینید). این رویکرد ساده است، اما تمایل به تولید مصنوعات نامطلوب، مانند اعوجاج شدید لبه های مستقیم دارد. یک رویکرد مناسب تر، درون یابی دو خطی است که در آن از چهار نزدیکترین همسایه برای برآورد شدت در یک مکان مشخص استفاده می کنیم. اجازه دهید (X, Y) مختصات مکانی را که می خواهیم یک مقدار شدت به آن اختصاص دهیم (به عنوان نقطه ای از شبکه که قبلاً توضیح داده شد) در نظر بگیریم، و اجازه دهید (X, Y) آن مقدار شدت را نشان دهد. برای درون یابی دو خطی، مقدار اختصاص داده شده با استفاده از معادله بدست می آید

برخلاف آنچه از نامش پیداست ، درون یابی دو خطی یک عملیات خطی نیست زیرا شامل ضرب مختصات (که یک عملیات خطی نیست) است. به معادله (۲-۱۷) مراجعه کنید.

$$v(x, y) = ax + by + cxy + d \quad (2-17)$$

جایی که چهار ضریب از چهار معادله در چهار مجهول تعیین می شوند که می توانند با استفاده از چهار نزدیکترین همسایه نقطه (X, Y) نوشته شوند. درون یابی دو خطی نتایج بسیار بهتری نسبت به درون یابی نزدیکترین همسایه ، با افزایش اندک بار محاسباتی می دهد. سطح بعدی پیچیدگی درون یابی دوطرفه است که شامل شانزده نزدیکترین همسایه یک نقطه است. مقدار شدت اختصاص داده شده به نقطه (X, Y) با استفاده از معادله بدست می آید

$$v(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} x^i y^j \quad (2-18)$$

شانزده ضریب از شانزده معادله با مجهولات شش نوجوان تعیین می شود که می توان با استفاده از شانزده نزدیکترین همسایه نقطه (X, Y) نوشت. رعایت کنید که معادله (۲-۱۸) از نظر شکل به معادله (۲-۱۷) کاهش می یابد. اگر محدودیت های هر دو جمع بندی در معادله قبلی ۰ تا ۱ باشد. به طور کلی ، درون یابی دو طرفه نسبت به نمونه دو خطی خود ، در حفظ جزئیات بسیار بهتر عمل می کند. درون یابی Bicubic استاندارد است که در برنامه های تجاری ویرایش تصویر مانند Adobe Photoshop و Corel Photopaint استفاده می شود. اگرچه تصاویر با مختصات صحیح نمایش داده می شوند ، اما در حین پردازش می توان با افزایش اندازه تصویر با استفاده از درون یابی برای "پر کردن شکاف" بین پیکسل های تصویر اصلی ، با دقت زیر پیکسل کار کرد.

مثال ۲.۴: مقایسه روشهای درون یابی برای کوچک شدن و بزرگنمایی تصویر.

شکل ۲.۲۷ (a) همان شکل ۲.۲۳ (d) است که با کاهش وضوح تصویر ۹۳۰ dpi در شکل ۲.۲۳ (a) به ۷۲ dpi بدست آمد (اندازه از ۲۱۳۶ * ۲۱۴۰ به ۱۶۵ * ۱۶۶ کوچک شد پیکسل) و سپس بزرگنمایی تصویر کاهش یافته را به اندازه اصلی خود بازگردانید. برای ایجاد شکل ۲.۲۳ (d) ما از نزدیکترین همسایگی برای کوچک کردن و بزرگنمایی تصویر استفاده کردیم. همانطور که قبلاً ذکر شد ، نتیجه در شکل ۲.۲۷ (a) نسبتاً ضعیف است. شکل‌های ۲.۲۷ (b) و (c) نتایج تکرار یک روش هستند ، اما به ترتیب از درون یابی دو خطی و دو طرفه برای کوچک شدن و بزرگنمایی استفاده شده است. نتیجه به دست آمده با استفاده از درون یابی دو خطی ، بهبود چشمگیری نسبت به درون یابی نزدیکترین همسایه دارد ، اما تصویر حاصله کمی تار شده است. نتایج بسیار واضح تری را می توان با استفاده از درون یابی دو مکعبی به دست آورد ، همانطور که در شکل ۲.۲۷ (ج) نشان داده شده است.



a b c

شکل ۲.۲۷ (الف) تصویر به ۷۲ نقطه در اینچ کاهش یافته و با استفاده از درون یابی نزدیکترین همسایه به حالت اصلی ۹۳۰ نقطه در اینچ بزرگنمایی می شود. این تصویر همان شکل ۲.۲۳ (d) است. (ب) تصویر به ۷۲ نقطه در اینچ کاهش یافته و با استفاده از درون یابی دو خطی بزرگنمایی می شود. (ج) مشابه (ب) اما با استفاده از درون یابی دو مکعبی.

ممکن است از همسایگان بیشتری در درون یابی استفاده شود و تکنیک های پیچیده تری مانند استفاده از اسپلین یا موجک وجود دارد که در برخی موارد می تواند نتایج بهتری نسبت به روش هایی که در حال حاضر مورد بحث قرار گرفته است ، به همراه داشته باشد. در حالی که حفظ جزئیات در تولید تصویر برای گرافیک های سه بعدی بسیار مهم است (به عنوان مثال ، Hughes و ries [۲۰۱۳] را ببینید) ، بار محاسباتی اضافی به ندرت برای پردازش تصویر دیجیتالی چند منظوره ، جایی که دو خطی یا معمولاً روش های انتخابی درون یابی دو قطبی هستند.

۲.۵ برخی از روابط اساسی بین پیکسل ها

در این بخش ، ما چندین رابطه مهم بین پیکسل ها در یک تصویر دیجیتال را مورد بحث قرار می دهیم. وقتی در بحث زیر به پیکسل های خاصی اشاره می کنیم ، از حروف کوچک مانند p و q استفاده می کنیم.

همسایه های پیکسل

پیکسل p در مختصات (x, y) دارای دو همسایه افقی و دو عمودی با مختصات است

$$(x+1, y), (x-1, y), (x, y+1), (x, y-1)$$

این مجموعه پیکسل ها ، که ۴ همسایه p نامیده می شوند ، $N_4(p)$ را نشان می دهند.

چهار همسایه مورب p دارای مختصات هستند

$$(x+1, y+1), (x+1, y-1), (x-1, y+1), (x-1, y-1)$$

و با $ND(p)$ مشخص می شوند. این همسایگان ، همراه با ۴ همسایه ، ۸ همسایه p نامیده می شوند که با $N\lambda$ (p) نشان داده می شود. مجموعه مکان های تصویری همسایگان یک نقطه p را همسایگی p می نامند. گفته می شود که محله اگر دارای p باشد بسته می شود. در غیر این صورت گفته می شود محله باز است.

وابستگی ، پیوستگی ، مناطق و مرزها

اجازه دهید V مجموعه مقادیر شدت باشد که برای تعریف مجاورت استفاده می شود. در یک تصویر باینری ، اگر به مجاورت پیکسل ها با مقدار ۱ اشاره می کنیم $V = \{1\}$ در تصویر مقیاس خاکستری ، ایده یکسان است ، اما مجموعه V معمولاً شامل عناصر بیشتری است.

به عنوان مثال ، اگر ما با مجاورت پیکسل هایی که مقادیر آنها در محدوده ۰ تا ۲۵۵ است ، سر و کار داشته باشیم ، مجموعه V می تواند زیر مجموعه ای از این مقدار باشد. ما سه نوع مجاورت را در نظر می گیریم:

۱. ۴-مجاورت. اگر q در مجموعه $N\epsilon(p)$ باشد ، دو پیکسل p و q با مقادیر ϵ مجاور هستند.

۲. ۸-مجاورت. اگر q در مجموعه $N\lambda(p)$ باشد ، دو پیکسل p و q با مقادیر λ مجاور هستند.

۳. m -adjacency (که مجاورت مختلط نیز نامیده می شود). دو پیکسل p و q با مقادیر از V m مجاور هستند اگر (الف) q در $N\epsilon(p)$ است ، یا

(ب) q در $ND(p)$ است و مجموعه $N\epsilon(q)$ $N\epsilon(p)$ پیکسلی ندارد که مقادیر آن از V باشد.

مجاورت ترکیبی یک اصلاح از ۸ مجاورت است و برای از بین بردن ابهاماتی که ممکن است در نتیجه استفاده از ۸ مجاورت ایجاد شود ، معرفی می شود. به عنوان مثال ، پیکسل را در نظر بگیرید

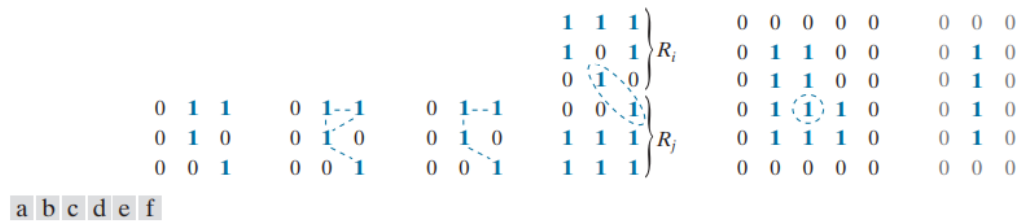
در شکل ۲.۲۸ (a) ترتیب دهید و اجازه دهید $V = \{1\}$ سه پیکسل در بالای شکل ۲.۲۸ (ب) همانطور که توسط خطوط تیره نشان داده شده است ، مجاورت چندگانه (مبهم) λ را نشان می دهد. این دوستی با استفاده از m -adjacency ، مانند شکل ۲.۲۸ (ج) حذف می شود. به عبارت دیگر ، پیکسل های مورب مرکز و بالا سمت راست m نیستند ، زیرا شرایط (b) را برآورده نمی کنند.

مسیر دیجیتال (یا منحنی) از پیکسل p با مختصات (x_0, y_0) تا پیکسل q با مختصات (x_n, y_n) دنباله ای از پیکسل های مجزا با مختصات است

ما از نمادها استفاده می کنیم U و V به ترتیب نشان دهنده تقاطع و اتحاد مجموعه هستند. با توجه به مجموعه A و B ، به یاد بیاورید که تقاطع آنها مجموعه ای از عناصر است که اعضای A و B هستند. اتحاد این دو مجموعه مجموعه عناصری است که اعضای A ، B یا هر دو هستند. ما در بخش ۲.۶ مجموعه ها را با جزئیات بیشتری بحث خواهیم کرد.

$$(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$$

جایی که نقاط (y_i, x_i) و (x_{i-1}, y_{i-1}) برای $1 \leq i \leq n$ مجاور هستند. در این حالت، n طول مسیر است. اگر $(x_0, y_0) = (x_n, y_n)$ مسیر یک مسیر بسته است. بسته به نوع مجاورت مشخص شده، می توانیم مسیرهای ۴-، ۸- یا m را تعریف کنیم. به عنوان مثال، مسیرهای شکل ۲.۲۸ (b) بین نقاط بالا سمت راست و پایین سمت راست ۸ مسیر هستند و مسیر شکل ۲.۲۸ (c) مسیر m است. اجازه دهید S زیر مجموعه ای از پیکسل ها را در یک تصویر نشان دهد. گفته می شود که دو پیکسل p و q در S به هم متصل می شوند اگر مسیری بین آنها وجود داشته باشد که کاملاً از پیکسل در S تشکیل شده است. برای هر پیکسل p در S ، مجموعه پیکسل هایی که در S به آن متصل هستند را جزء متصل می نامند. S اگر فقط یک جزء داشته باشد و آن جزء متصل باشد، S را مجموعه متصل می نامند.



شکل ۲.۲۸ (الف) ترتیب پیکسل ها. (ب) پیکسل هایی که ۸ مجاور هستند (مجاورت با خطوط تیره نشان داده می شود).

(ج) مجاورت m (د) دو منطقه (از ۱) که ۸-مجاور هستند. (ه) نقطه دایره ای در مرز پیکسل های ۱ ارزش تنها در صورت استفاده از مجاورت ۸ بین منطقه و پس زمینه قرار دارد. (و) مرز داخلی ناحیه با ارزش ۱ یک مسیر بسته را تشکیل نمی دهد، اما مرز بیرونی آن چنین است.

اجازه دهید R زیر مجموعه ای از پیکسل ها را در یک تصویر نشان دهد. اگر R یک مجموعه متصل باشد R را ناحیه ای از تصویر می نامیم. گفته می شود که دو منطقه، R_i و R_j مجاور هستند اگر اتحاد آنها مجموعه ای متصل به هم تشکیل دهد. گفته می شود مناطقی که مجاور هم نیستند از هم جدا هستند. هنگام مراجعه به مناطق، مجاورت ۴ و ۸ را در نظر می گیریم. برای این که تعریف ما منطقی باشد، نوع مجاورت مورد استفاده باید مشخص شود. به عنوان مثال، دو ناحیه ۱ در شکل ۲.۲۸ (d) تنها در صورتی مجاور هستند که از مجاورت ۸ استفاده شود (طبق تعریف پاراگراف قبلی، ۴ مسیر بین دو منطقه وجود ندارد، بنابراین اتحاد آنها مجموعه ای متصل نیست).

فرض کنید تصویری حاوی K مناطق جدا از هم ، $R_k, k = 1, 2, \dots, K$ باشد که هیچ کدام مرز تصویر را لمس^۴ می کند. اجازه دهید RU نشان دهنده اتحاد همه مناطق K باشد و اجازه دهید $(R_u)^c$ مکمل آن را نشان می دهد (به یاد بیاورید که مکمل مجموعه A مجموعه ای از نقاطی که در الف نیستند). ما تمام نقاط موجود در RU را پیش زمینه می نامیم و تمام نقاط موجود در $(R_u)^c$ را پس زمینه تصویر می نامیم.

مرز (که به آن مرز یا کانتور نیز گفته می شود) مجموعه ای از پیکسل ها در R است که در مکمل R پیکسل ها مجاور هستند. به صورت دیگر بیان شده است ، مرز یک منطقه مجموعه ای از پیکسل ها در منطقه ای است که حداقل یک همسایه سابقه داشته باشید در اینجا ، ما باید اتصال مورد استفاده برای تعریف مجاورت را مشخص کنیم. به عنوان مثال ، نقطه ای که در شکل ۲.۲۸ (e) احاطه شده است ، اگر از اتصال ۴ بین منطقه و زمینه آن استفاده شود ، عضوی از مرز ناحیه ۱ ارزشی نیست ، زیرا تنها اتصال ممکن بین آن نقطه و پس زمینه مورب است به عنوان یک قاعده ، مجاورت بین نقاط یک منطقه و پیشینه آن با استفاده از اتصال ۸ برای رسیدگی به شرایطی مانند این تعریف می شود.

گاهی اوقات از تعریف قبلی به عنوان مرز داخلی منطقه یاد می شود تا آن را از مرز بیرونی خود ، که همان مرز مربوط در پس زمینه است ، متمایز کند. این تمایز در توسعه الگوریتم های پیروی از مرز مهم است. چنین الگوریتم هایی معمولاً برای پیروی از مرز خارجی فرموله می شوند تا اطمینان حاصل شود که نتیجه یک مسیر بسته را تشکیل می دهد. به عنوان مثال ، مرز داخلی ناحیه با ارزش ۱ در شکل ۲.۲۸ (f) خود ناحیه است. این مرز تعریف یک مسیر بسته را برآورده نمی کند. از سوی دیگر ، مرز بیرونی منطقه یک مسیر بسته در اطراف منطقه ایجاد می کند.

اگر R یک تصویر کامل باشد ، مرز (یا حاشیه) آن به عنوان مجموعه ای از پیکسل ها در سطرها و ستون های اول و آخر تصویر تعریف می شود. این تعریف اضافی مورد نیاز است زیرا یک تصویر همسایه ای فراتر از مرز خود ندارد. به طور معمول ، هنگامی که ما به یک منطقه اشاره می کنیم ، به زیر مجموعه ای از تصویر اشاره می کنیم و هر پیکسلی در مرز منطقه که اتفاقاً با مرز تصویر منطبق می شود ، به طور ضمنی به عنوان بخشی از مرز منطقه گنجانده می شود.

مفهوم لبه اغلب در بحث های مربوط به مناطق و مرزها یافت می شود. با این حال ، تفاوت اساسی بین این دو مفهوم وجود دارد. مرز یک منطقه نامحدود یک مسیر بسته را تشکیل می دهد و بنابراین یک مفهوم "جهانی" است. همانطور که در فصل ۱۰ به تفصیل بحث خواهیم کرد ، لبه ها از پیکسل هایی با مقادیر مشتق که از آستانه از پیش تعیین شده فراتر می روند ، تشکیل می شوند. بنابراین ، لبه یک مفهوم "محلی" است که بر اساس اندازه

^۴ ما این فرض را برای اجتناب از برخورد با موارد خاص انجام می دهیم. این کار را می توان بدون از دست دادن عمومیت انجام داد زیرا اگر یک یا چند ناحیه مرز یک تصویر را لمس کنند ، می توانیم به سادگی تصویر را با یک مرز ۱ پیکسل با مقادیر پس زمینه قرار دهیم.

گیری ناپیوستگی سطح شدت در یک نقطه است. ممکن است نقاط لبه را به بخشهای لبه پیوند دهید، و گاهی اوقات این بخشها به گونه ای به هم وصل می شوند که با مرزها مطابقت دارند، اما همیشه اینطور نیست. یک استثنا که در آن لبه ها و مرزها با هم مطابقت دارند، تصاویر باینری است. بسته به نوع اتصال و عملگرهای لبه مورد استفاده (ما در فصل ۱۰ در مورد آنها بحث خواهیم کرد)، لبه استخراج شده از یک منطقه دوتایی همان مرز منطقه خواهد بود. این بصری است. از نظر مفهومی، تا رسیدن به فصل ۱۰، مفید است که لبه ها را ناپیوستگی های شدید و مرزها را مسیرهای بسته بدانیم.

اقدامات فاصله

برای پیکسل های p, q, s ، با مختصات $(x, y), (u, v)$ ، و (z, w) ، به ترتیب، D یک تابع فاصله یا متریک است اگر

- (a) $D(p, q) \geq 0$ ($D(p, q) = 0$ iff $p = q$),
- (b) $D(p, q) = D(q, p)$, and
- (c) $D(p, s) \leq D(p, q) + D(q, s)$.

فاصله اقلیدسی بین p و q به صورت تعریف شده است

$$D_e(p, q) = \left[(x - u)^2 + (y - v)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2-19)$$

برای اندازه گیری فاصله، پیکسل هایی که فاصله آنها کمتر یا مساوی مقدار r از (x, y) است، نقاطی هستند که در یک دیسک با شعاع r در مرکز (x, y) قرار دارند. فاصله D_e (که فاصله شهر-بلوک نامیده می شود) بین p و q به صورت تعریف شده است

$$D_4(p, q) = |x - u| + |y - v| \quad (2-20)$$

در این حالت، پیکسل های دارای فاصله D_e از (x, y) که کمتر یا مساوی مقداری از مقدار d هستند، یک الماس با مرکزیت (x, y) را تشکیل می دهند. به عنوان مثال، پیکسل هایی با فاصله D_e (از (x, y) (نقطه مرکزی) خطوط زیر از فاصله ثابت را تشکیل می دهند:

$$\begin{array}{ccccccc} & & & & 2 & & \\ & & & & 2 & 1 & 2 \\ & & & & 2 & 1 & 0 & 1 & 2 \\ & & & & 2 & 1 & 2 & & \\ & & & & 2 & & & & \end{array}$$

پیکسل های 1×1 D_e چهار همسایه (x, y) هستند. فاصله D_8 (که فاصله صفحه شطرنج نامیده می شود) بین p و q به صورت تعریف شده است

$$D_8(p, q) = \max(|x - u|, |y - v|) \quad (2-21)$$

پیکسل های ۱ \square $D\epsilon$ چهار همسایه (x,y) هستند. فاصله $D\lambda$ (که فاصله صفحه شطرنج نامیده می شود) بین p و q به صورت تعریف شده است

$$\begin{matrix} 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 0 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \end{matrix}$$

پیکسل های با λ \square $D\lambda$ همسایه پیکسل در (x,y) هستند.

توجه داشته باشید که فاصله $D\epsilon$ و $D\lambda$ بین p و q مستقل از هر مسیری است که ممکن است بین این نقاط وجود داشته باشد زیرا این فاصله ها فقط مختصات نقاط را شامل می شود. در مورد مجاورت m ، فاصله Dm بین دو نقطه به عنوان کوتاهترین مسیر m بین نقاط تعریف می شود. در این حالت، فاصله بین دو پیکسل به مقادیر پیکسل های موجود در مسیر و همچنین مقادیر همسایگان آنها بستگی دارد. به عنوان مثال، ترتیب پیکسل های زیر را در نظر بگیرید و فرض کنید که p ، p_2 و p_4 دارای مقدار ۱ و p_1 و p_3 می توانند ۰ یا ۱ باشند:

$$\begin{matrix} & & P_3 & P_4 \\ & P_1 & & P_2 \\ P & & & \end{matrix}$$

فرض کنید مجاورت پیکسل ها را با مقدار ۱ در نظر می گیریم (یعنی $V = \{1\}$). اگر p_1 و p_3 صفر باشند، طول کوتاهترین مسیر m (فاصله Dm) بین p و p_2 است. اگر p_1 است، p_2 و p دیگر m -مجاور نخواهند بود (به تعریف m -مراجعه کنید. مجاورت قبلاً داده شد) و طول کوتاهترین مسیر m می شود (مسیر از نقاط $PP_1P_2P_3P_4$ می گذرد). اگر p_3 است (و p_1 است)، نظرات مشابه اعمال می شود. در این مورد، طول کوتاهترین مسیر m نیز ۳ است. در نهایت، اگر هر دو p_1 و p_3 باشند، طول کوتاهترین مسیر m بین p و p_4 است. در این حالت، مسیر از طریق دنباله نقاط $PP_1P_2P_3P_4$

۲.۶ مقدمه ای بر ابزارهای اصلی ریاضی مورد استفاده در پردازش تصویر دیجیتال

این بخش دو هدف اصلی دارد: (۱) معرفی ابزارهای مختلف ریاضی که در طول کتاب استفاده می کنیم. و (۲) برای کمک به شما در ایجاد "احساس" نحوه استفاده از این ابزارها با استفاده از آنها در انواع وظایف اصلی پردازش تصویر، که برخی از آنها بارها در بحثهای بعدی مورد استفاده قرار می گیرد. ممکن است بارگیری و مطالعه مطالب مروری مربوط به احتمال، بردارها، جبر خطی و سیستم های خطی مفید واقع شود. این بررسی در بخش آموزشهای وب سایت کتاب موجود است.

ELEMENTWISE در مقابل عملیات ماتریس

یک عملیات عنصری شامل یک یا چند تصویر بر اساس پیکسل به پیکسل انجام می شود. قبلاً در این فصل اشاره کردیم که تصاویر را می توان به طور مساوی به عنوان ماتریس مشاهده کرد. در واقع ، همانطور که بعداً در این بخش خواهید دید ، موقعیتهای زیادی وجود دارد که در آنها عملیات بین تصاویر با استفاده از نظریه ماتریس انجام می شود. به همین دلیل است که باید بین عملیات عنصری و ماتریسی تمایز واضحی قائل شد. برای مثال ، تصاویر ۲ * ۲ زیر (ماتریس) را در نظر بگیرید:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \quad \text{and} \quad \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix}$$

محصول عنصری دو ماتریس نیز محصول هادامارد ماتریس ها نامیده می شود. محصول عنصری (اغلب با استفاده از نماد \odot یا Z نشان داده می شود) این دو تصاویر است

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \odot \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} & a_{12}b_{12} \\ a_{21}b_{21} & a_{22}b_{22} \end{bmatrix}$$

نماد | اغلب برای نشان دادن تقسیم عنصر استفاده می شود

یعنی محصول عنصری با ضرب جفت پیکسل های مربوط به دست می آید. از سوی دیگر ، محصول ماتریس تصاویر با استفاده از قوانین ضرب ماتریس شکل می گیرد:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} + a_{12}b_{21} & a_{11}b_{12} + a_{12}b_{22} \\ a_{21}b_{11} + a_{22}b_{21} & a_{21}b_{12} + a_{22}b_{22} \end{bmatrix}$$

ما عملیات اجرایی را در سراسر کتاب فرض می کنیم ، مگر اینکه خلاف آن بیان شده باشد. به عنوان مثال ، هنگامی که ما به بالا بردن یک تصویر به یک قدرت اشاره می کنیم ، منظور ما این است که هر پیکسل فردی به آن قدرت افزایش می یابد. وقتی به تقسیم تصویر بر تصویر دیگر اشاره می کنیم ، منظور ما این است که تقسیم بین جفت پیکسل های متناظر و غیره است. اصطلاحات جمع و تفریق عنصری دو تصویر مازاد بر این است که اینها به صورت تعریف شده عناصری هستند. با این حال ، ممکن است گاهی اوقات از آنها برای روشن شدن ابهامات نشانه ای استفاده کنید.

عملیات خطی در مقابل عملیات غیر خطی

یکی از مهمترین طبقه بندی روش های پردازش تصویر خطی یا غیر خطی بودن آن است. یک اپراتور کلی ، \mathcal{H} را در نظر بگیرید که یک تصویر خروجی ، $g(x,y)$ از یک تصویر ورودی داده شده $f(x,y)$ تولید می کند:

$$\mathcal{H}[f(x,y)] = g(x,y) \quad (2-22)$$

با توجه به دو ثابت دلخواه ، a و b و دو تصویر دلخواه $f_1(x,y)$ و $f_2(x,y)$ ، گفته می شود اگر عملگر خطی باشد

$$\begin{aligned}\mathcal{H}[af_1(x,y) + bf_2(x,y)] &= a\mathcal{H}[f_1(x,y)] + b\mathcal{H}[f_2(x,y)] \\ &= ag_1(x,y) + bg_2(x,y)\end{aligned}\quad (2-23)$$

این معادله نشان می دهد که خروجی یک عملیات خطی که روی مجموع دو ورودی اعمال می شود ، همانند انجام عملیات به صورت جداگانه بر روی ورودی ها و سپس جمع آوری نتایج است. علاوه بر این ، خروجی یک عملیات خطی روی یک ثابت ضرب در یک ورودی ، همان خروجی عمل است که به دلیل ضرب ورودی اصلی در آن ثابت است. ویژگی اول را ویژگی افزودنی و دومی را ویژگی همگنی می نامند. طبق تعریف ، اپراتوری که نمی تواند معادله را برآورده کند. (۲۳-۲) گفته می شود غیر خطی است.

به عنوان مثال ، فرض کنید \$ عملگر جمع است ، \mathcal{H} . عملکردی که توسط این اپراتور انجام می شود جمع آوری ورودی های آن است. برای آزمایش خطی بودن ، از سمت چپ معادله شروع می کنیم. (۲۳-۲) و سعی کنید ثابت کنید که برابر با سمت راست است:

اینها جمع تصویر هستند ، نه مجموع همه عناصر یک تصویر.

$$\begin{aligned}\sum[af_1(x,y) + bf_2(x,y)] &= \sum af_1(x,y) + \sum bf_2(x,y) \\ &= a\sum f_1(x,y) + b\sum f_2(x,y) \\ &= ag_1(x,y) + bg_2(x,y)\end{aligned}$$

جایی که اولین مرحله از این واقعیت ناشی می شود که جمع توزیعی است. بنابراین ، گسترش سمت چپ برابر با سمت راست معادله است. (۲۳-۲) ، و نتیجه می گیریم که عملگر جمع خطی است. از طرف دیگر ، فرض کنید ما در حال کار با عملیات max هستیم که عملکرد آن پیدا کردن حداکثر مقدار پیکسل در یک تصویر است. برای اهداف ما در اینجا ، ساده ترین راه برای اثبات غیر خطی بودن این عملگر یافتن مثالی است که در معادله با شکست مواجه می شود. (۲۳-۲). دو تصویر زیر را در نظر بگیرید

$$f_1 = \begin{bmatrix} 0 & 2 \\ 2 & 3 \end{bmatrix} \quad \text{and} \quad f_2 = \begin{bmatrix} 6 & 5 \\ 4 & 7 \end{bmatrix}$$

و فرض کنید که اجازه می دهیم $a = 1$ و $b = -1$. برای آزمایش خطی بودن ، دوباره از سمت چپ معادله (۲-۲) شروع می کنیم:

$$\begin{aligned}\max \left\{ (1) \begin{bmatrix} 0 & 2 \\ 2 & 3 \end{bmatrix} + (-1) \begin{bmatrix} 6 & 5 \\ 4 & 7 \end{bmatrix} \right\} &= \max \left\{ \begin{bmatrix} -6 & -3 \\ -2 & -4 \end{bmatrix} \right\} \\ &= -2\end{aligned}$$

کار بعدی با سمت راست ، ما بدست می آوریم

$$(1)\max\left\{\begin{bmatrix} 0 & 2 \\ 2 & 3 \end{bmatrix}\right\} + (-1)\max\left\{\begin{bmatrix} 6 & 5 \\ 4 & 7 \end{bmatrix}\right\} = 3 + (-1)7 = -4$$

سمت چپ و راست معادله (۲-۲۳) در این مورد برابر نیستند ، بنابراین ما ثابت کردیم که حداکثر عملگر غیر خطی است.

همانطور که در سه فصل بعدی خواهید دید ، عملیات خطی فوق العاده مهم است زیرا شامل مجموعه ای از نتایج نظری و عملی است که برای پردازش تصویر قابل استفاده است. دامنه عملیات غیر خطی بسیار محدودتر است. با این حال ، در فصلهای بعد با چندین عملیات پردازش تصویر بدون گوش مواجه خواهید شد که عملکرد آنها بسیار فراتر از آنچه که توسط خطوط مشابه قابل دستیابی است ، می باشد.

عملیات های حسابی

عملیات حسابی بین دو تصویر $f(x,y)$ و $g(x,y)$ به صورت علامت گذاری می شوند

$$\begin{aligned} s(x,y) &= f(x,y) + g(x,y) \\ d(x,y) &= f(x,y) - g(x,y) \\ p(x,y) &= f(x,y) \times g(x,y) \\ v(x,y) &= f(x,y) \div g(x,y) \end{aligned} \tag{2-24}$$

اینها عملکردهای عنصری هستند که همانطور که قبلاً در این بخش ذکر شد ، بدین معنی است که بین جفت پیکسل های مربوطه در f و g برای $x = 0, 1, 2, \dots, M - 1$ and $y = 0, 1, 2, \dots, N - 1$ طبق معمول ، M و N اندازه سطر و ستون تصاویر هستند. واضح است که s ، d ، p و v تصاویری با اندازه $M * N$ نیز هستند. توجه داشته باشید که حساب تصویر به روشی که تازه تعریف شده است شامل تصاویری با همان اندازه است. مثالهای زیر نقش مهم عملیات محاسباتی را در پردازش تصویر دیجیتال نشان می دهد.

مثال ۲.۵: استفاده از افزودن تصویر (به طور متوسط) برای کاهش نویز.

فرض کنید $g(x,y)$ یک تصویر خراب است که با افزودن نویز ، $h(x,y)$ به یک تصویر بی نویزشکل می گیرد. $f(x,y)$ ؛ به این معنا که،

$$g(x,y) = f(x,y) + \eta(x,y) \tag{2-25}$$

که در آن فرض بر این است که در هر جفت مختصات (X, Y) نویزی ارتباط^۵ است و دارای مقدار متوسط صفر است. ما همچنین فرض می‌کنیم که مقدار نویز و تصویر ارتباطی ندارند (این یک فرض معمولی برای نویز افزودنی است). هدف از روش زیر کاهش محتوای نویز است

تصویر خروجی با افزودن مجموعه‌ای از تصاویر ورودی پر نویز $\{g_i(x, y)\}$ این تکنیکی است که اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرد

برای افزایش تصویر

اگر نویز محدودیت‌های ذکر شده را برآورده کند، می‌توان نشان داد (مسئله ۲.۲۶) که اگر یک تصویر $g(x, y)$ با میانگین K تصاویر پر نویز مختلف ایجاد شود،

$$\bar{g}(x, y) = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K g_i(x, y) \quad (2-26)$$

$$E\{\bar{g}(x, y)\} = f(x, y) \quad (2-27)$$

$$\sigma_{\bar{g}(x, y)}^2 = \frac{1}{K} \sigma_{\eta(x, y)}^2 \quad (2-28)$$

جایی که $E\{\bar{g}(x, y)\}$ مقدار مورد انتظار است و $\sigma_{\eta(x, y)}^2$ و $\sigma_{\bar{g}(x, y)}^2$ واریانس $g(x, y)$ و $h(x, y)$ به ترتیب، همه در مختصات (x, y) . این واریانس‌ها آرایه‌هایی با اندازه تصویر ورودی هستند و برای هر مکان پیکسل مقدار واریانس مقیاس وجود دارد. انحراف استاندارد (ریشه مربع واریانس) در هر نقطه (x, y) در تصویر متوسط برابر است

$$\sigma_{\bar{g}(x, y)} = \frac{1}{\sqrt{K}} \sigma_{\eta(x, y)} \quad (2-29)$$

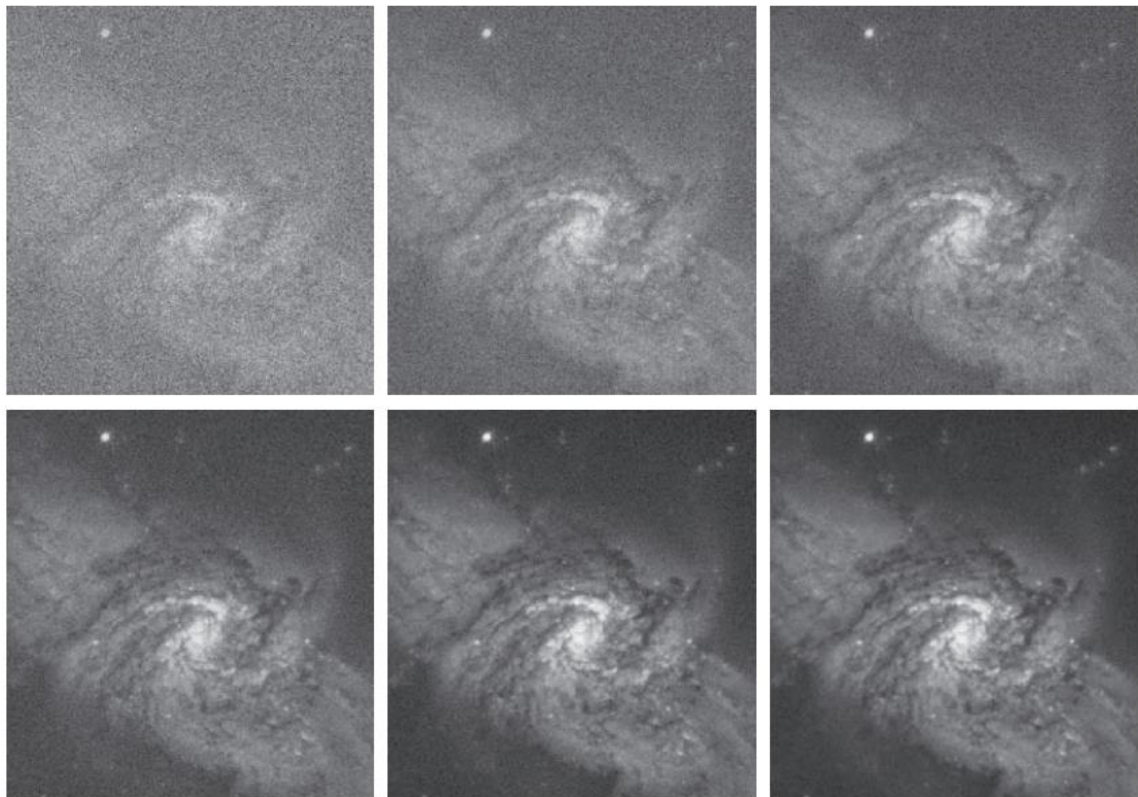
با افزایش K ، معادل $(2-28)$ و $(2-29)$ نشان می‌دهد که تنوع (اندازه گیری شده توسط واریانس یا انحراف استاندارد) مقادیر پیکسل در هر مکان (x, y) کاهش می‌یابد. زیرا $E\{\bar{g}(x, y)\} = f(x, y)$ ، این بدان معناست که $g(x, y)$ به تصویر بی نویز $f(x, y)$ نزدیک می‌شود زیرا تعداد تصاویر پر نویز مورد استفاده در فرایند میانگین‌گیری افزایش می‌یابد. برای جلوگیری از تار شدن و دیگر مصنوعات در تصویر خروجی (متوسط)، لازم است تصاویر $g_i(x, y)$ ثابت شوند (یعنی تراز مکانی).

کاربرد مهم میانگین‌گیری تصویر در حوزه نجوم است، جایی که تصویربرداری در آن انجام می‌شود. سطح بسیار کم نور غالباً باعث می‌شود که نویز سنسور به تنهایی تصاویر را برای تجزیه و تحلیل بی‌فایده کند (کاهش دمای

^۵ واریانس یک متغیر تصادفی Z با میانگین Z به عنوان $E\{(Z - Z)^2\}$ تعریف می‌شود، جایی که $E\{\bullet\}$ مقدار مورد انتظار آرگومان است. کواریانس دو متغیر تصادفی Z_1 و Z_2 به عنوان $E\{(Z_1 - z_1)(Z_2 - z_2)\}$ تعریف می‌شود. اگر متغیرها بدون همبستگی باشند، کواریانس آنها ۰ است و برعکس. (همبستگی و استقلال آماری را اشتباه نگیرید. اگر دو متغیر تصادفی از نظر آماری مستقل هستند، همبستگی آنها صفر است. با این حال، عکس آن به طور کلی صادق نیست).

سنسور به کاهش نویز کمک می کند). شکل ۲.۲۹ (a) تصویری ۸ بیتی از Galaxy Pair NGC ۳۳۱۴ را نشان می دهد، که در آن با افزودن نویز گوسی با میانگین صفر و انحراف استاندارد ۶۴ سطح شدت، تخریب نویز شبیه سازی شده است. این تصویر، که نمایانگر تصاویر نجومی پر نویز است که در شرایط کم نور گرفته شده است، برای همه اهداف کاربردی بی فایده است. شکل‌های ۲.۲۹ (ب) تا (و) به ترتیب میانگین ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ تصویر را نشان می دهد. از شکل ۲.۲۹ (ب) می بینیم که به طور متوسط تنها ۱۰ تصویر باعث بهبود قابل ملاحظه ای شده است.

با توجه به معادله (۲-۲۹)، انحراف استاندارد نویز در شکل ۲.۲۹ (b) کمتر از نصف (۱ ۵ ۱) ۴۵) انحراف استاندارد نویز در شکل ۲.۲۹ (a)، یا (۰.۴۵) (۶۴) است ۲۹ سطح شدت به طور مشابه، انحرافات استاندارد نویز در شکل ۱ نشان داده شده است. ۲.۲۹ (c) تا (f) (۰.۳۲، ۰.۲۲، ۰.۱۴، و ۰.۱۰ اصل است که به ترتیب به ترتیب به ۲۰، ۱۴، ۹ و ۶ سطح شدت انتقال می شود. در این تصاویر با کاهش انحراف استاندارد نویز، پیشرفت جزئیات بیشتر مشاهده می شود. دو تصویر آخر از نظر بصری برای همه اهداف عملی یکسان هستند. این غیرمنتظره نیست، زیرا تفاوت بین انحرافات استاندارد سطح نویز آنها تنها در حدود ۳ سطح شدت است. با توجه به بحث مربوط به شکل ۲.۵، این تفاوت کمتر از چیزی است که بطور کلی انسان قادر به تشخیص آن است.

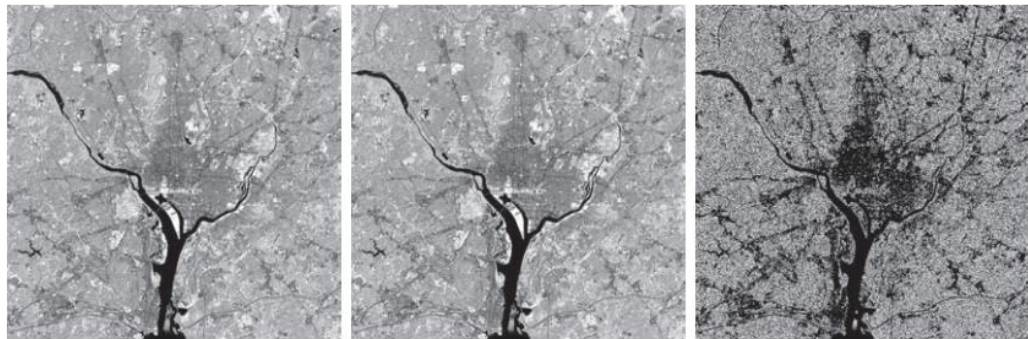


a	b	c
d	e	f

شکل ۲.۲۹ (الف) تصویر Galaxy Pair NGC ۳۳۱۴ با سر و صدای اضافی گوسی خراب شده است. (ب)-(و) نتیجه میانگین ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ تصویر پر نویز به ترتیب. اندازه همه تصاویر ۵۶۶ ۵۹۸ پیکسل است و همه آنها مقیاس بندی شده اند تا شدت آنها در مقیاس شدت کامل [۰، ۲۵۵] باشد. (تصویر اصلی از ناسا گرفته شده است).

مثال ۲.۶: مقایسه تصاویر با استفاده از تفریق.

از تفریق تصویر به طور معمول برای افزایش تفاوت بین تصاویر استفاده می شود. به عنوان مثال، تصویر شکل ۲.۳۰ (ب) با تنظیم صفر کوچکترین مقدار بیت از هر پیکسل در شکل ۲.۳۰ (الف) به دست آمد. از نظر بصری، این تصاویر قابل تشخیص نیستند. با این حال، همانطور که شکل ۲.۳۰ (ج) نشان می دهد، یک تصویر را از آن کم کنید



a b c

تصویر ۲.۳۰ (الف) تصویر مادون قرمز منطقه واشنگتن دی سی. (ب) تصویر حاصل از صفر کردن مقدار کمترین مقدار بیت از هر پیکسل در (a). (ج) تفاوت دو تصویر، برای وضوح در محدوده [۰، ۲۵۵] مقیاس بندی شده است. (تصویر اصلی از ناسا گرفته شده است).

دیگری به وضوح تفاوت های آنها را نشان می دهد. مقادیر سیاه (۰) در تصویر تفاوت مکانهایی را نشان می دهد که هیچ تفاوتی بین تصاویر موجود در شکل ها وجود ندارد. ۲.۳۰ (الف) و (ب).

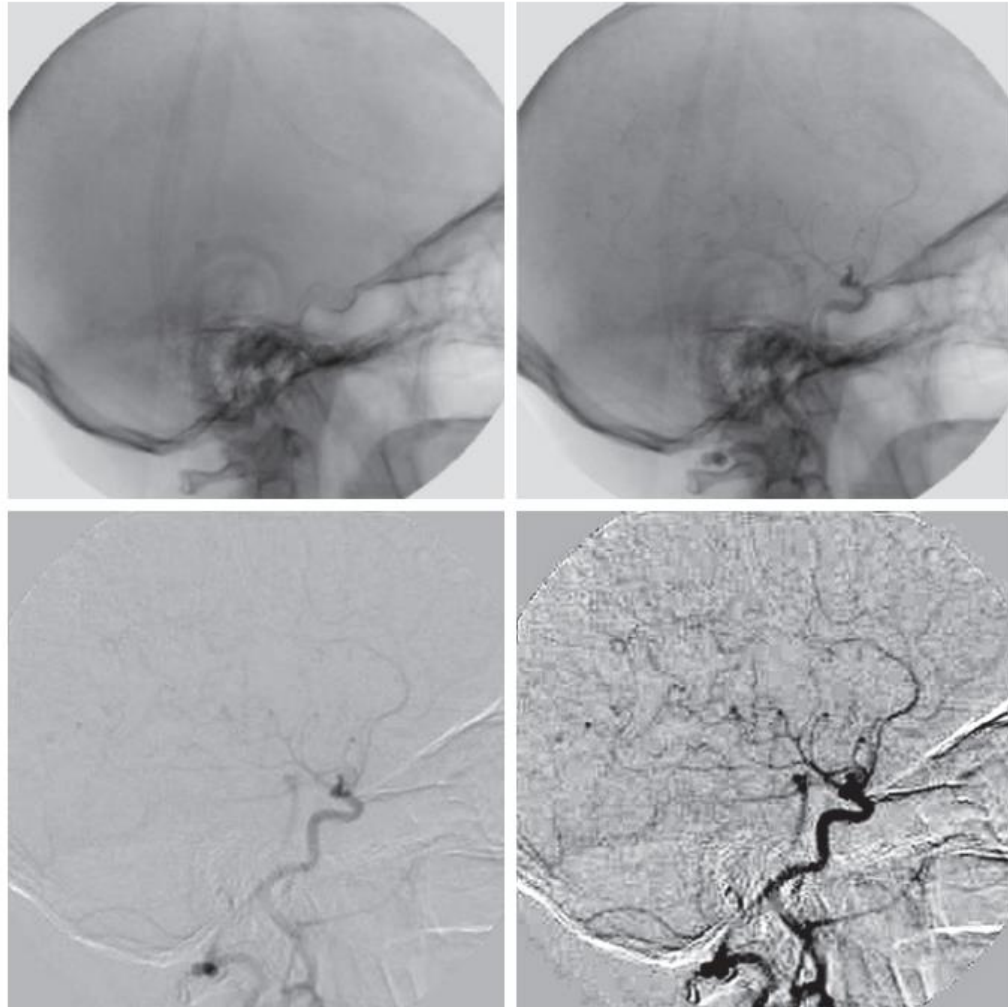
در شکل ۲.۲۳ مشاهده کردیم که با کاهش وضوح تصویر کرونومتر نشان داده شده در شکل ۲.۲۳ (a)، جزئیات از بین می روند. می توان با نمایش تفاوت بین تصویر اصلی و همتایان مختلف با وضوح پایین، نشانه ای واضح از تغییر تصویر به عنوان تابعی از وضوح تصویر بدست آورد. شکل ۲.۳۱ (a) تفاوت بین تصاویر ۹۳۰ dpi و ۷۲ dpi را نشان می دهد. همانطور که می بینید، تفاوت ها کاملاً محسوس است. شدت در هر نقطه از تصویر تفاوت متناسب با اندازه تفاوت عددی بین دو تصویر در آن نقطه است. بنابراین، ما می توانیم تجزیه و تحلیل کنیم که کدام ناحیه از تصویر اصلی با کاهش وضوح بیشتر تحت تأثیر قرار می گیرد. دو تصویر بعدی در شکل ۲.۳۱ شدت کلی نسبتاً کمتری را نشان می دهد و تفاوت کوچکتر بین تصویر ۹۳۰ dpi و تصاویر ۱۵۰ dpi و ۳۰۰ dpi را همانطور که انتظار می رفت نشان می دهد.



شکل ۲.۳۱ (الف) تفاوت بین تصاویر ۹۳۰ dpi و ۷۲ dpi در شکل ۲.۲۳. (ب) تفاوت بین تصاویر ۹۳۰ dpi و ۱۵۰ dpi. (ج) تفاوت بین تصاویر ۹۳۰ dpi و ۳۰۰ dpi.

به عنوان یک تصویر نهایی ، ما در مورد مختصری از تصویربرداری پزشکی به نام رادیوگرافی حالت ماسک ، که از نظر تجاری از موفقیت آمیز و بسیار مفید از تفریق تصویر استفاده می کنیم ، بحث می کنیم. تفاوت های تصویری فرم را در نظر بگیرید در این حالت $h(x,y)$ ماسک ، یک تصویر اشعه ایکس از ناحیه ای از بدن بیمار است که توسط یک دوربین تلویزیونی تشدید شده (به جای فیلم سنتی اشعه ایکس) که در مقابل منبع اشعه ایکس قرار دارد ، گرفته شده است.

این روش شامل تزریق یک ماده حاجب اشعه ایکس به جریان خون بیمار ، گرفتن مجموعه ای از تصاویر به نام تصاویر زنده [نمونه های آنها با $f(x)$ ، y] از همان ناحیه آناتومیکی $h(x,y)$ نشان داده می شود. ، و جدا کردن ماسک از مجموعه تصاویر زنده دریافتی پس از تزریق ماده حاجب. خالص کاهش ماسک از هر نمونه زنده تصویر این است که مناطق متفاوت بین $f(x,y)$ و $h(x,y)$ در تصویر خروجی ، $g(x,y)$ به عنوان جزئیات بیشتر ظاهر می شود. از آنجا که می توان تصاویر را با نرخ تلویزیون ثبت کرد ، این روش یک ویدیو را نشان می دهد که نحوه انتشار محیط کنتراست را در شریان های مختلف در منطقه مشاهده شده نشان می دهد.



a	b
c	d

شکل ۲.۳۲ آنژیوگرافی تفریق دیجیتال الف) تصویر ماسک (ب) یک تصویر زنده. (ج) تفاوت بین (الف) و (ب). (د) تصویر تفاوت افزایش یافته. (شکل (الف) و

(ب) از موسسه علوم تصویر، مرکز پزشکی دانشگاه، اوترخت، هلند استفاده می شود.

شکل ۲.۳۲ الف) یک عکس اشعه ایکس از بالای سر بیمار قبل از تزریق محیط ید در جریان خون نشان می دهد و شکل ۲.۳۲ ب) نمونه ای از یک تصویر زنده است که پس از تزریق محیط گرفته شده است. شکل ۲.۳۲ ج) تفاوت بین (الف) و (ب) است. برخی از ساختارهای عروق خونی در این تصویر قابل مشاهده است. تفاوت در شکل ۲.۳۲ د) مشخص است که با وضوح تصویر و افزایش کنتراست آن به دست آمده است (در فصل بعد در مورد این تکنیک ها بحث خواهیم کرد). شکل ۲.۳۲ د) یک تصویر فوری از نحوه انتشار محیط در رگهای خونی مغز فرد است.

مثال ۲.۷: استفاده از ضرب و تقسیم تصویر برای اصلاح سایه و ماسک زدن.

کاربرد مهم ضرب (و تقسیم) تصحیح سایه است. فرض کنید که یک سنسور تصویر تصاویری را تولید می کند که می توانند به عنوان محصول یک "تصویر کامل" مدل سازی شوند، که با $f(x,y)$ نشان داده می شود، و زمان تابع سایه زنی، $h(x,y)$ ؛ یعنی $f(x,y) = g(x,y) \cdot h(x,y)$ (اگر $h(x,y)$ شناخته شده یا قابل تخمین است، می توانیم $f(x,y)$ (یا برآوردی از آن) را با ضرب تصویر حس شده بر عکس $h(x,y)$ بدست آوریم (یعنی تقسیم g با h با استفاده از تقسیم عنصری). اگر دسترسی به سیستم تصویربرداری امکان پذیر است، می توانیم با تصویربرداری از یک هدف با شدت ثابت، تقریب خوبی را برای عملکرد سایه به دست آوریم. هنگامی که سنسور در دسترس نیست، اغلب می توانیم الگوی سایه را مستقیماً از طریق یک تصویر سایه دار با استفاده از روشهای مورد بحث در بخشهای ۳.۵ و ۹.۸ برآورد کنیم.

شکل ۲.۳۳ نمونه ای از اصلاح سایه را با استفاده از برآورد الگوی سایه نشان می دهد. تصویر تصحیح شده به دلیل خطاهایی در الگوی سایه سازی کامل نیست (این معمولی است)، اما نتیجه قطعاً بهبود نسبت به تصویر سایه دار در شکل است.

۲.۳۳ (الف) برای بحث در مورد نحوه تخمین شکل ۲.۳۳ (ب) به بخش ۳.۵ مراجعه کنید. یکی دیگر از کاربردهای ضرب تصویر در عملیات ماسک زدن است، که منطقه مورد نظر (ROI) نیز نامیده می شود. همانطور که در شکل ۲.۳۴ نشان داده می شود، این فرآیند شامل ضرب یک تصویر معین با یک تصویر ماسک است که دارای ۱ در ROI و ۰ در جاهای دیگر است. ممکن است بیش از یک ROI در تصویر ماسک وجود داشته باشد و شکل ROI می تواند دلخواه باشد. قبل از خروج از این بخش، چند نظر در مورد پیاده سازی عملیات حسابی تصویری وجود دارد. در عمل، اکثر تصاویر با استفاده از ۸ بیت نمایش داده می شوند (حتی تصاویر رنگی ۲۴ بیتی از سه کانال جداگانه ۸ بیتی تشکیل شده است). بنابراین، ما انتظار داریم که مقادیر تصویر در محدوده ۰ تا ۲۵۵ باشد. هنگامی که تصاویر در قالب تصویر استاندارد مانند TIFF یا JPEG ذخیره می شوند، تبدیل به این محدوده به صورت خودکار انجام می شود. وقتی مقادیر تصویر از محدوده مجاز فراتر رود، برش یا مقیاس بندی ضروری می شود. به عنوان مثال، مقادیر تفاوت دو تصویر ۸ بیتی می تواند از حداقل ۲۵۵ range متغیر باشد



a b c

شکل ۲.۳۳ اصلاح سایه. الف) الگوی تست سایه دار. (ب) برآورد الگوی سایه زنی. (ج) محصول (الف) با متقابل (ب). (برای بحث در مورد نحوه برآورد (ب) به بخش ۳.۵ مراجعه کنید).



a b c

شکل ۲.۳۴ الف) تصویر اشعه ایکس دیجیتال دندان. (ب) ماسک ROI برای جداسازی دندانها با فنجان (سفید مربوط به ۱ و رنگ سیاه مربوط به ۰). (ج) محصول (الف) و (ب). حداکثر تا ۲۵۵، و مقدار مجموع دو تصویر از این جمله می تواند از ۰ تا ۵۱۰ متغیر باشد. هنگام تبدیل تصاویر به هشت بیت، بسیاری از برنامه های کاربردی نرم افزار به سادگی همه مقادیر منفی را روی ۰ تنظیم می کنند و ۲۵۵ را که بیش از این حد است، روی ۲۵۵ تنظیم می کنند. به با توجه به تصویر دیجیتالی g ناشی از یک یا چند عملیات حسابی (یا دیگر)، رویکردی که تضمین می کند که طیف وسیعی از مقادیر در تعداد ثابت بیت "ثبت" می شوند، به شرح زیر است. ابتدا عملیات را انجام می دهیم

$$g_m = g - \min(g) \quad (2-31)$$

که تصویری ایجاد می کند که حداقل مقدار آن ۰ است. سپس، عملیات را انجام می دهیم
اینها تفریق و تقسیم عنصری هستند

$$g_s = K [g_m / \max(g_m)] \quad (2-32)$$

که یک تصویر مقیاس شده ایجاد می کند، g_s ، مقادیر آن در محدوده $[K, 0]$ است. هنگام کار با تصاویر ۸ بیتی، تنظیم $K = 255$ یک تصویر مقیاس شده به ما می دهد که شدت آن در مقیاس کامل ۸ بیتی از ۰ تا ۲۵۵ است. نظرات مشابه در مورد تصاویر ۱۶ بیتی یا بالاتر اعمال می شود. این رویکرد را می توان برای همه عملیات حساب استفاده کرد. هنگام انجام تقسیم، ما نیاز اضافی داریم که باید تعداد کمی به پیکسل های تصویر مقسومه اضافه شود تا از تقسیم بر ۰ جلوگیری شود.

تنظیمات و عملیات منطقی

در این بخش، مبانی نظریه مجموعه ها را مورد بحث قرار می دهیم. ما همچنین برخی از مجموعه های مهم و عملیات منطقی را معرفی و نشان می دهیم.

عملیات مجموعه اولیه

مجموعه مجموعه ای از اشیاء مجزا است. اگر a یک عنصر از مجموعه A باشد، ما می نویسیم

$$a \in A \quad (2-33)$$

به طور مشابه، اگر a عنصر A نباشد ما می نویسیم

$$a \notin A \quad (2-34)$$

مجموعه ای که هیچ عنصری ندارد، مجموعه تهی یا خالی نامیده می شود و با \emptyset نشان داده می شود. یک مجموعه با محتویات دو مهارباند نشان داده می شود: $\{\bullet\}$. به عنوان مثال، عبارت

$$C = \{c \mid c = -d, d \in D\}$$

به این معنی که C مجموعه ای از عناصر است، c ، به طوری که C با ضرب هر یک از عناصر مجموعه D در -1 تشکیل می شود. اگر هر عنصر از مجموعه A نیز یک عنصر از مجموعه B باشد، آنگاه A را a می نامند زیر مجموعه B ، نشان داده شده به عنوان

$$A \subseteq B \quad (2-35)$$

اتحاد دو مجموعه A و B ، نشان داده شده به عنوان

$$C = A \cup B \quad (2-36)$$

مجموعه C است که از عناصر متعلق به A ، B یا هر دو تشکیل شده است. به طور مشابه، تقاطع دو مجموعه A و B ، نشان داده شده با

$$D = A \cap B \quad (2-37)$$

مجموعه D است که از عناصر متعلق به A و B تشکیل شده است. مجموعه A و B در صورتی که هیچ عنصر مشترکی نداشته باشند جدا یا متقابلاً متقابل هستند، در این صورت،

$$A \cap B = \emptyset \quad (2-38)$$

فضای نمونه، E ، (همچنین مجموعه مجموعه نامیده می شود) مجموعه همه عناصر مجموعه ممکن در یک برنامه معین است. طبق تعریف، این عناصر مجموعه اعضای فضای نمونه آن برنامه هستند. به عنوان مثال، اگر با مجموعه اعداد واقعی کار می کنید، فضای نمونه خط واقعی است که شامل تمام اعداد واقعی است. در پردازش تصویر، ما معمولاً مستطیل حاوی تمام پیکسل های یک تصویر را تعریف می کنیم.

مکمل مجموعه A مجموعه عناصری است که در A وجود ندارد:

$$A^c = \{w | w \notin A\} \quad (2-39)$$

تفاوت دو مجموعه A و B ، که A - B نشان داده شده است ، به صورت زیر تعریف شده است

$$A - B = \{w | w \in A, w \notin B\} = A \cap B^c \quad (2-40)$$

این مجموعه ای از عناصر است که متعلق به A است ، اما نه B. ما می توانیم AC را بر حسب AE و عملکرد تفاوت مجموعه تعریف کنیم. یعنی $A^c = \Omega - A$. جدول ۲.۱ چندین ویژگی و روابط مهم را نشان می دهد. شکل ۲.۳۵ به صورت نمودار (در اصطلاحاً نمودارهای ون) برخی از روابط تنظیم شده در جدول ۲.۱ را نشان می دهد. مناطق سایه دار در شکل های مختلف مربوط به عملکرد مجموعه ای است که در بالا یا زیر شکل نشان داده شده است. شکل ۲.۳۵ (الف) مجموعه نمونه ، shows را نشان می دهد. مانند گذشته ، این مجموعه همه عناصر ممکن در یک برنامه معین است. شکل ۲.۳۵ (b) نشان می دهد که مکمل مجموعه A مجموعه ای از همه عناصر موجود در AE است که در A نیستند ، که با تعریف قبلی ما موافق است. توجه کنید که شکل ها. ۲.۳۵ (e) و (g) یکسان هستند ، که اعتبار معادله را ثابت می کند. (۲-۴۰) با استفاده از نمودارهای ون. این

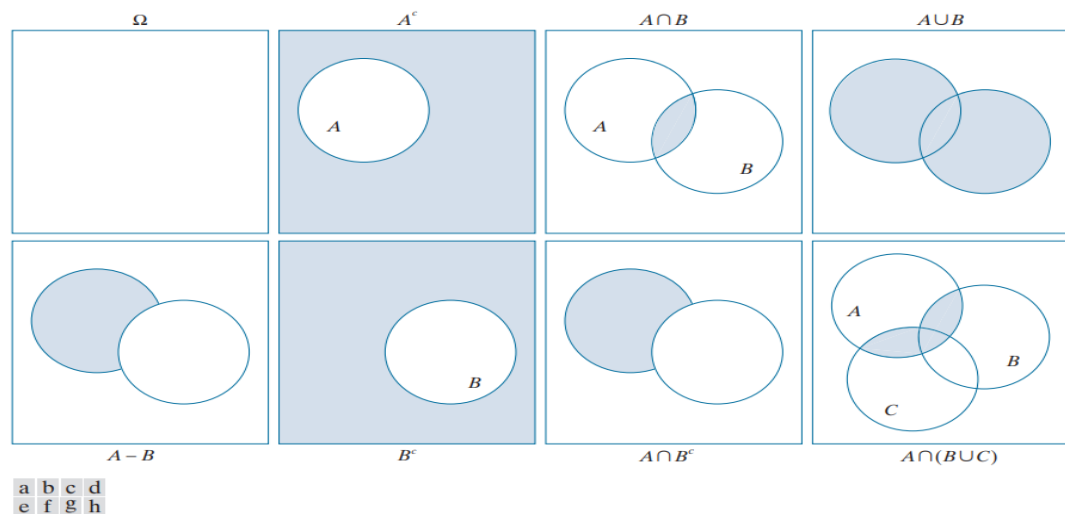
جدول ۲.۱ برخی از عملیات و روابط مهم.

	اصطلاحات	شرح
O sa	$\Omega^c = \emptyset; \emptyset^c = \Omega; \Omega \cup \emptyset = \Omega; \Omega \cap \emptyset = \emptyset$	عملیات بین نمونه نمونه و مجموعه های null
Un the	$A \cup \emptyset = A; A \cap \emptyset = \emptyset; A \cup \Omega = \Omega; A \cap \Omega = A$	اتحاد و تقاطع با مجموعه فضاهای خالی و نمونه
Un set	$A \cup A = A; A \cap A = A$	اتحاد و تقاطع مجموعه با خودش
Un set	$A \cup A^c = \Omega; A \cap A^c = \emptyset$	اتحاد و تقاطع مجموعه با مکمل آن
Co	$A \cup B = B \cup A$ $A \cap B = B \cap A$	قوانین رفت و آمد
As	$(A \cup B) \cup C = A \cup (B \cup C)$ $(A \cap B) \cap C = A \cap (B \cap C)$	قوانین مرتبط
D	$(A \cup B) \cap C = (A \cap C) \cup (B \cap C)$ $(A \cap B) \cup C = (A \cup C) \cap (B \cup C)$	قوانین توزیع
D	$(A \cup B)^c = A^c \cap B^c$ $(A \cap B)^c = A^c \cup B^c$	قوانین DeMorgan

یک مثال از مفید بودن نمودارهای ون برای اثبات معادلات بین روابط مجموعه است. هنگام استفاده از مفاهیمی که در پردازش تصویر مورد بحث قرار گرفته است، اجازه می دهیم مجموعه اشیاء (مناطق) نمایان شده در یک تصویر باینری، و عناصر مجموعه مختصات (X, Y) آن اشیاء هستند. به عنوان مثال، اگر بخواهیم بدانیم آیا دو شی A و B یک تصویر دوتایی با هم همپوشانی دارند یا خیر، تنها کاری که باید انجام دهیم این است که $A \cap B$ را محاسبه کنیم. اگر نتیجه مجموعه خالی نباشد، می دانیم که برخی از عناصر این دو شی با هم همپوشانی دارند به خاطر داشته باشید که تنها راهی که عملیات نشان داده شده در شکل ۲.۳۵ می تواند در زمینه پردازش تصویر معنا پیدا کند این است که تصاویر حاوی مجموعه ها باینری باشند، در این صورت می توان در مورد عضویت مجموعه بر اساس مختصات صحبت کرد. که همه اعضای مجموعه دارای مقدار شدت یکسانی هستند (به طور معمول با ۱ نشان داده می شود). ما در قسمت زیر و در فصل ۹ در مورد عملیات مجموعه ای که شامل تصاویر دوتایی است به تفصیل صحبت خواهیم کرد.

مفاهیم قبلی هنگام برخورد با تصاویر مقیاس خاکستری قابل استفاده نیستند، زیرا هنوز مکانیزمی برای تعیین مقادیر شدت به پیکسل های حاصل از یک مجموعه مجموعه تعریف نکرده ایم. در بخشهای ۳.۸ و ۹.۶ ما به ترتیب عملیات اتحاد و تقاطع را برای مقادیر خاکستری به عنوان حداکثر و حداقل جفت پیکسل مربوطه تعریف می کنیم. ما مکمل تصویر مقیاس خاکستری را به عنوان تفاوت های جفتی بین ثابت و شدت هر پیکسل در تصویر تعریف می کنیم.

این واقعیت که ما با جفت پیکسل های متناظر سروکار داریم به ما می گوید که عملیات مجموعه مقیاس خاکستری همانطور که قبلاً تعریف شده است، عملیات عنصری هستند. مثال زیر تصویری مختصر از مجموعه عملیات شامل تصاویر مقیاس خاکستری است. این مفاهیم را در دو قسمتی که به آن اشاره شد، بیشتر مورد بحث قرار می دهیم.



شکل ۲.۳۵ نمودارهای ون مربوط به برخی از عملیات مجموعه در جدول ۲.۱. نتایج عملیات، مانند AC ، با سایه نشان داده می شود. شکل های (e) و (g) یکسان هستند و از طریق نمودارهای Venn ثابت می کنند که $A - B = A \cap B^c$ [به معادله (۲-۴۰) مراجعه کنید].

مثال ۲.۸: تصویری از مجموعه عملیات شامل تصاویر در مقیاس خاکستری.

اجازه دهید عناصر یک تصویر در مقیاس خاکستری توسط یک مجموعه A نشان داده شود که عناصر آن سه گانه فرم (x, y, z) هستند، جایی که x و y مختصات مکانی هستند و z نشان دهنده مقادیر شدت است. ما مکمل A را به عنوان مجموعه تعریف می کنیم

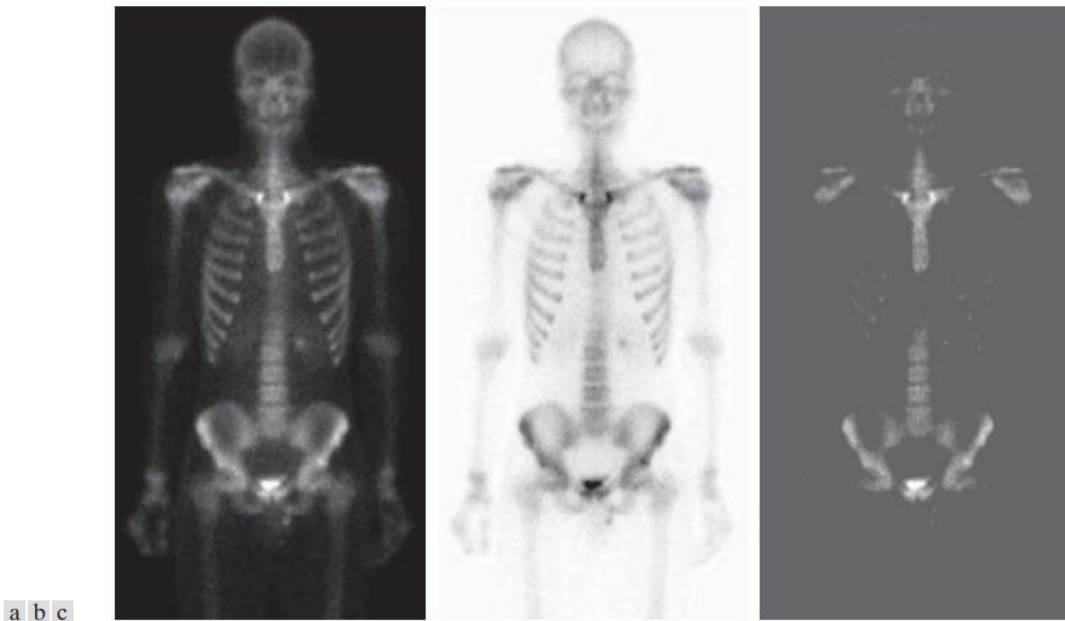
$$A^c = \{(x, y, K - z) \mid (x, y, z) \in A\}$$

که مجموعه ای از پیکسل های A است که شدت آنها از ثابت K کم شده است. این ثابت برابر است با حداکثر مقدار شدت در تصویر، $127 \leq k$ ، که در آن k تعداد بیت هایی است که برای نشان دادن Z استفاده می شود. اجازه دهید A تصویر مقیاس خاکستری ۸ بیتی را در شکل ۲.۳۶ (a) نشان دهد و فرض کنید که می خواهیم

منفی A را با استفاده از عملیات مجموعه مقیاس خاکستری تشکیل دهیم. منفی مکمل مجموعه است و این یک تصویر ۸ بیتی است، بنابراین تنها کاری که باید انجام دهیم این است که اجازه دهید $K = 255$ در مجموعه تعریف شده در بالا قرار گیرد:

$$A^c = \{(x, y, 255 - z) | (x, y, z) \in A\}$$

شکل ۲.۳۶ (ب) نتیجه را نشان می دهد. ما این را فقط برای اهداف گویا نشان می دهیم. منفی های تصویر به طور کلی با استفاده از یک تابع تبدیل شدت محاسبه می شوند، همانطور که بعداً در این بخش مورد بحث قرار گرفت.



شکل ۲.۳۶ تنظیم عملیات شامل تصاویر در مقیاس خاکستری. الف) تصویر اصلی (ب) تصویر منفی با استفاده از مکمل مجموعه خاکستری بدست آمده است. (ج) اتحاد تصویر (الف) و یک تصویر ثابت. (تصویر اصلی از G.E. سیستم های دارویی گرفته شده است.)

اتحاد دو مجموعه مقیاس خاکستری A و B با تعداد عناصر یکسان به عنوان مجموعه تعریف می شود

$$A \cup B = \left\{ \max_z(a, b) \mid a \in A, b \in B \right\}$$

جایی که قابل درک است که حداکثر عمل به جفت عناصر مربوطه اعمال می شود. اگر A و B تصاویر مقیاس خاکستری با اندازه یکسان باشند، می بینیم که اتحاد آنها آرایه ای است که از حداکثر شدت بین جفت عناصر مکانی متناظر تشکیل شده است.

به عنوان مثال، فرض کنید که A دوباره تصویر را در شکل ۲.۳۶ (a) نشان می دهد، و اجازه دهید B یک آرایه مستطیلی با اندازه A نشان دهد، اما در آن همه مقادیر Z برابر ۳ برابر شدت متوسط، Z باشد، از عناصر A . شکل

۲.۳۶ (ج) نتیجه انجام اتحاد مجموعه را نشان می دهد ، که در آن همه مقادیر بیش از Z^3 به عنوان مقادیر A و همه پیکسل های دیگر دارای مقدار Z^3 هستند که یک مقدار خاکستری متوسط است. قبل از خروج از بحث مجموعه ها ، برخی مفاهیم اضافی را معرفی می کنیم که بعداً در کتاب مورد استفاده قرار می گیرد. محصول دکارتی دو مجموعه X و Y ، مشخص شده $X * Y$ ، مجموعه ای از همه جفت های مرتب شده احتمالی است که اولین جزء آنها عضوی از X و جزء دوم آنها عضوی از Y است. به عبارت دیگر ،

$$X \times Y = \{(x, y) | x \in X \text{ and } y \in Y\} \quad (2-41)$$

به عنوان مثال ، اگر X مجموعه ای از مقادیر M به طور مساوی در محور X باشد و Y مجموعه ای از N باشد مقادیر مساوی در محور Y ، می بینیم که محصول دکارتی این دو مجموعه مختصات یک آرایه مستطیلی M -by- N (یعنی مختصات یک تصویر) را مشخص می کند. به عنوان مثال دیگر ، اگر X و Y مختصات X و Y خاصی از گروهی از پیکسل های ۸ متصل و دارای ۱ ارزش را در یک تصویر باینری نشان دهند ، سپس مجموعه $X * Y$ نمایانگر ناحیه (شی) متشکل از آن موارد است.

ما برای نشان دادن محصول دکارتی از علامت vention پیروی می کنیم. این را نباید با استفاده از همان نماد در طول کتاب اشتباه گرفت.

برای نشان دادن اندازه یک تصویر M -by- N (یعنی $M * N$).

یک رابطه (یا دقیقتر یک رابطه دوتایی) در مجموعه A مجموعه ای از جفت مرتب عناصر از A است ، یعنی یک رابطه دودویی زیرمجموعه ای از محصول دکارتی $A * A$. یک رابطه دودویی بین دو مجموعه A و B زیرمجموعه $A * B$ است.

یک نظم جزئی در مجموعه S یک رابطه $*$ در S است به طوری که $*$ عبارت است از:

(الف) تجدید می شود: برای هر $a \in S, aRa$ ؛

(ب) گذرا: برای هر $a, b, c \in S, aRb$ و bRc دلالت دارد که aRc ؛

(ج) ضد متقارن: برای هر $a, b \in S, aRb$ دلالت دارد که $a = b$.

جایی که ، برای مثال ، $a * b$ می نویسد " a مربوط به b است ". این بدان معناست که a و b در مجموعه قرار دارند

$*$ ، که خود زیر مجموعه ای از $S * S$ با توجه به تعریف قبلی یک رابطه است. مجموعه ای با نظم نسبی را مجموعه ای تا حدی مرتب می نامند.

اجازه دهید نماد U نشان دهنده یک رابطه مرتب سازی باشد. بیان فرم

$$a_1 \preceq a_2 \preceq a_3 \preceq \dots \preceq a_n$$

می خواند: a_1 قبل از a_2 یا همان a_2 است ، a_2 قبل از a_3 یا همان a_3 است و غیره. هنگام کار با اعداد ، نماد U معمولاً با نمادهای سنتی جایگزین می شود. به عنوان مثال ، مجموعه اعداد حقیقی مرتب شده بر اساس رابطه "کمتر یا مساوی" (با \leq نشان داده می شود) یک مجموعه تا حدی مرتب شده است (به مسئله ۲.۳۳ مراجعه کنید). به طور مشابه ، مجموعه اعداد طبیعی ، که با رابطه "بخش پذیر بر" (نشان داده شده با \leq_1) ، یک مجموعه تا حدی مرتب شده است.

سفارشات دقیق در کتاب مورد توجه ماست. یک دستور دقیق در مجموعه S یک رابطه $*$ با S است ، به طوری که $*$ عبارت است از:

$$(الف) \text{ برای هر } a \in S, \neg aRa$$

$$(ب) \text{ گذرا: برای هر } a, b, c \in S, aRb \text{ و } bRc \text{ دلالت دارد که } aRc.$$

جایی که $a * a$ به این معنی است که a به a مربوط نمی شود. اجازه دهید نماد E نشان دهنده یک سخت گیر باشد

رابطه سفارش بیان فرم

$$a_1 < a_2 < a_3 < \dots < a_n$$

a_1 قبل از a_2 ، a_2 قبل از a_3 و غیره را می خواند. به مجموعه ای با نظم دقیق ، مجموعه ای با سفارش دقیق می گویند. به عنوان مثال ، مجموعه ای را که از الفبای انگلیسی حروف کوچک ، $S = \{a, b, c, \dots, z\}$ تشکیل شده است ، در نظر بگیرید. بر اساس تعریف قبلی ، ترتیب

$$a < b < c < \dots < z$$

بسیار سخت است زیرا هیچ عضوی از مجموعه نمی تواند بر خود مقدم باشد (انعطاف پذیری) و در صورت وجود سه حرف در S ، اگر حرف اول بر دوم و دوم بر سوم ، و سپس اول بر سوم (گذرا) قرار می گیرد. به طور مشابه ، مجموعه اعداد صحیح مرتبط با رابطه "کمتر از" ($>$) یک مجموعه دقیق است.

عملیات منطقی

عملیات منطقی با متغیرها و عبارات TRUE (که معمولاً با ۱ نشان داده می شود) و FALSE (که معمولاً با ۰ نشان داده می شود) سروکار دارد. برای اهداف ما ، این به معنای تصاویر دوتایی است که از پیکسل های پیش زمینه (۱) ارزش) و یک پس زمینه متشکل از پیکسل های ۰ ارزشی تشکیل شده است.

ما با عملگرهای مجموعه ای و منطقی بر روی تصاویر باینری با استفاده از یکی از دو رویکرد اصلی کار می کنیم: (۱) می توانیم از مختصات مناطق جداگانه پیکسل های پیش زمینه در یک تصویر واحد به عنوان مجموعه استفاده