

بسم الله الرحمن الرحيم

روش‌های طبابتی داده‌های سنجش از دور

نوشته‌ی: برنیت آسر و پول ام مادر

ترجمه‌ی: اردوان قربانی و فرنوش اسلمی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۱	سنگفشار
۱۷	مصل ۱: سنجش از دور در محدوده‌ی طیف نوری و میکروموج
۲۲	۱-۱- مقدمه‌ای بر سنجش از دور
۲۳	۱-۱-۱- اثرات اتمسفر
۲۴	۱-۱-۲- قابلیت انعکاس مواد سطحی
۲۷	۱-۱-۳- قدرت تفکیک مکانی و رادیومتریک
۲۹	۲-۱- سیستم‌های سنجش از دور نوری
۳۱	۳-۱- تصحیح اتمسفری
۳۲	۱-۳-۱- کاهش مقادیر یکپارچه‌ها و تیره
۳۳	۲-۳-۱- تکنیک‌های مدل سازی
۳۴	۱-۲-۳-۱- مدل سازی اثر اتمسفری
۳۷	۲-۲-۳-۱- مراحل تصحیح اتمسفری
۴۰	۴-۱- تصحیح اثرات توپوگرافیک
۴۳	۵-۱- سنجش از دور در محدوده‌ی میکروموج
۴۴	۶-۱- مبانی رادار
۴۶	۱-۶-۱- قدرت تفکیک تصویر SLAR
۴۸	۲-۶-۱- اثرات هندسی بر تصویر راداری
۵۲	۳-۶-۱- عوامل مؤثر بر بازپخش رادار
۵۲	۱-۳-۶-۱- ناهمواری سطح
۵۳	۲-۳-۶-۱- هدایت الکتریکی سطح (زمین)
۵۳	۳-۳-۶-۱- پارامترهای معادله‌ی رادار
۵۴	۷-۱- پلاریمتری تصویربرداری راداری
۵۵	۱-۷-۱- پلاریزاسیون رادار
۵۸	۲-۷-۱- ترکیب پلاریزاسیون
۵۹	۳-۷-۱- منحنی پلاریزاسیون
۶۰	۸-۱- حذف نوفه‌ی لکه

۰	۱-۸-۱- پردازش Multilook
۱	۲-۸-۱- فیلترهای حذف نوفه‌ی لکه
۶۵	فصل ۲: مبانی الگوشناسی
۸	۱-۲- کاربرد فضای ویژگی
۷۱	۲-۱-۱- تبدیل Tasseled Cap
۷۳	۲-۱-۲- تنبیه به مؤلفه‌های اصلی
۷۷	۲-۳-۱- لاکت‌رهای حداقل/حداکثر خودهمبستگی (MAF)
۷۸	۲-۴-۱- تبدیل حداکثر کسر نوفه
۸۰	۲-۲- انتخاب ویژگی
۸۱	۳-۲- تکنیک‌های بنیادی الگوشناسی
۸۱	۱-۳-۲- روش‌های نظارت نشده
۸۱	۱-۱-۳-۲- الگوریتم k-means
۸۴	۲-۱-۳-۲- خوشه‌بندی فازی
۸۵	۲-۳-۲- روش‌های نظارت شده
۸۶	۱-۲-۳-۲- روش متوازی‌السطوح
۸۷	۲-۲-۳-۲- طبقه‌بندی کننده‌ی حداقل فاصله
۸۸	۳-۲-۳-۲- طبقه‌بندی کننده‌ی حداکثر احتمال
۹۰	۴-۲- طبقه‌بندی کننده‌های ترکیبی
۹۲	۵-۲- تلفیق اطلاعات کمکی
۹۳	۱-۵-۲- استفاده از بافت و زمینه
۹۴	۲-۵-۲- استفاده از داده‌های کمکی چند منبعی
۹۵	۶-۲- طرح نمونه‌برداری و حجم نمونه
۹۷	۱-۶-۲- طرح نمونه‌برداری
۹۸	۲-۶-۲- حجم، مقیاس و تغییرپذیری مکانی نمونه
۱۰۱	۳-۶-۲- کافی بودن (کفایت) داده‌های تعلیمی
۱۰۲	۷-۲- تخمین صحت طبقه‌بندی
۱۰۷	۸-۲- سخن آخر

۱۰۹	فصل ۳: شبکه‌های عصبی مصنوعی
۱۱۰	۱-۲-۱ پرسپترون چندلایه‌ای
۱۱۱	۱-۲-۱-۱ انتشار بازگشتی
۱۱۴	۱-۲-۲ انتخاب پارامتر، معماری شبکه، و کدگذاری ورودی/خروجی
۱۱۶	۱-۳-۳ مرزهای تصمیم‌گیری در فضای ویژگی
۱۲۰	۱-۳-۴ تعلیم بیش از حد و هرس کردن شبکه
۱۲۱	۲-۳-۲ نقشه ویژگی و دساماندهی کوهونن
۱۲۱	۲-۳-۱-۲ ساختار و تعلیم شبکه‌ی SOM
۱۲۳	۲-۳-۱-۱-۲ تعلیم نظارت نشده
۱۲۵	۲-۳-۲-۲ تعلیم نظارت شده
۱۲۶	۲-۳-۲-۲ نمونه‌هایی از خودساماندهی
۱۲۹	۳-۳-۲ شبکه‌های انتشار روبه‌رو
۱۳۰	۳-۳-۱-۲ تعلیم شبکه‌ی انتشار روبه‌رو
۱۳۱	۳-۳-۲-۲ مسائل مربوط به تعلیم
۱۳۲	۴-۳-۲ شبکه‌های هاپفیلد
۱۳۲	۴-۳-۱-۲ ساختار شبکه هاپفیلد
۱۳۳	۴-۳-۲-۲ دینامیک‌های شبکه‌ی هاپفیلد
۱۳۴	۴-۳-۳ همگرایی شبکه
۱۳۵	۴-۴-۲ موضوعات وابسته به شبکه‌های هاپفیلد
۱۳۶	۴-۵-۲ انرژی و کدگذاری وزنی: یک مثال
۱۳۸	۵-۳-۲ تئوری رزونانس تطبیقی (ART)
۱۳۹	۵-۳-۱ مبانی مدل ART
۱۴۲	۵-۳-۲ انتخاب پارامترها
۱۴۳	۵-۳-۳ ARTMAP فازی
۱۴۶	۶-۳-۲ شبکه‌های عصبی در طبقه‌بندی تصاویر سنجش از دور
۱۴۶	۶-۳-۱ یک مرور کلی
۱۵۰	۶-۳-۲ یک مطالعه‌ی مقایسه‌ای

۱۵۷	فصل ۴: ماشین بردار پشتیبان
۱۵۹	۱-۴- طبقه‌بندی خطی
۱۵۹	۱-۱-۴- موارد تفکیک‌پذیر
۱۶۱	۱-۲-۴- موارد تفکیک‌ناپذیر
۱۶۲	۲-۴- طبقه‌بندی غیرخطی و توابع کرنل
۱۶۳	۱-۲-۴- SVMهای غیر خطی
۱۶۴	۲-۲-۴- توابع کرنل
۱۶۷	۳-۴- تعیین رامنتر
۱۶۸	۱-۳-۴- اعتبارار جی مت قطع t-Fold
۱۶۹	۲-۳-۴- حد خطای leave one-out
۱۷۱	۳-۳-۴- جستجوی شبکه
۱۷۲	۴-۳-۴- روش گرادیان نزولی
۱۷۵	۴-۴- طبقه‌بندی چند طبقه‌ای
۱۷۵	۱-۴-۴- یکی در مقابل یکی، یکی در مقابل دیگران و DAG
۱۷۷	۲-۴-۴- SVMهای چندطبقه‌ای
۱۷۷	۱-۲-۴-۴- روش Vapnik
۱۷۸	۲-۲-۴-۴- روش Crammer و Singer
۱۷۹	۵-۴- انتخاب ویژگی
۱۸۱	۶-۴- طبقه‌بندی SVM داده‌های سنجش از دور
۱۸۴	۷-۴- نتیجه‌گیری
۱۸۵	فصل ۵: روش‌های مبتنی بر تئوری فازی
۱۸۶	۱-۵- مقدمه‌ای بر تئوری مجموعه‌های فازی
۱۸۶	۱-۱-۵- مجموعه‌های فازی: تعریف
۱۸۸	۲-۱-۵- عملکردهای مجموعه‌های فازی
۱۸۹	۲-۵- الگوریتم خوشه‌بندی فازی c-means
۱۹۴	۳-۵- طبقه‌بندی حداکثر احتمال فازی
۱۹۵	۴-۵- قواعد فازی

۱۹۷	۵-۴-۱- فازی سازی
۲۰۱	۵-۴-۲- استنتاج
۲۰۴	۵-۴-۳- غیرفازی سازی
۲۰۵	۵- طبقه‌بندی تصویر با استفاده از قواعد فازی
۲۰۵	۵-۵-۱- روش مقدماتی
۲۱۱	۵-۵-۲- نتایج تجربی
۲۱۵	صل ۶: درخت تصمیم‌گیری
۲۱۸	۱-۱- مقادیر انتخاب وینگی برای ساخت درخت
۲۱۸	۶-۱-۱- Gain اطلاعات
۲۲۱	۶-۱-۲- شاخص ناخالص جین
۲۲۲	۲- درخت‌های تصمیم‌گیری ID3 و C4.5 و SEE5.0
۲۲۲	۶-۲-۱- ID3
۲۲۷	۶-۲-۲- C4.5
۲۳۰	۶-۲-۳- SEE5.0
۲۳۲	۳- CHAID
۲۳۳	۴- CART
۲۳۷	۵- QUEST
۲۳۷	۶-۵-۱- انتخاب نقطه‌ی انشعاب
۲۳۸	۶-۵-۲- انتخاب صفت
۲۴۰	۶-۶- استخراج درخت از شبکه‌های عصبی مصنوعی
۲۴۳	۶-۷- هرس کردن درخت‌های تصمیم‌گیری
۲۴۵	۶-۷-۱- خطای هرس کاهشی (REP)
۲۴۵	۶-۷-۲- خطای هرس بدبینانه (PEP)
۲۴۷	۶-۷-۳- هرس بر پایه خطا (EBP)
۲۴۷	۶-۷-۴- هرس هزینه پیچیدگی (CCP)
۲۵۰	۶-۷-۵- هرس با خطای حداقل (MEP)
۲۵۲	۶-۸- بوستینگ و جنگل تصادفی

۵۲	۶-۸-۱- بوستینگ
۵۵	۶-۸-۲- جنگل تصادفی
۵۵	۶-۹- درخت‌های تصمیم‌گیری در طبقه‌بندی داده‌های سنجش از دور
۶۰	۶-۱۰- نتیجه‌گیری
۶۱	فصل ۷: کمی‌سازی بافت
۶۲	۷-۱- ابعاد فاکتال
۶۴	۷-۱-۱- معرفی فاکتال‌ها
۶۶	۷-۱-۲- ورود بعد فاکتال
۶۶	۷-۱-۲-۱- طایح فرائس (FBM) Brownian
۶۷	۷-۱-۲-۲- روش‌های تجزیه و بعد چندفاکتال
۷۴	۷-۲- فیلترینگ دامنه فرانس
۷۵	۷-۱-۲- طیف قدرت فوریر
۷۸	۷-۲- تبدیل موجک
۸۲	۷-۳- ماتریس هم‌رخداد طیف خاکستری (GLCM)
۸۲	۷-۱-۳- معرفی GLCM
۸۴	۷-۳-۲- به دست آوردن ویژگی‌های بافت از GLCM
۸۶	۷-۴- عرصه‌های تصادفی خودکاهنده (اتورگرسو) افزایش
۸۷	۷-۴-۱- مدل MAR: تعریف
۸۸	۷-۴-۲- برآورد پارامترهای مدل MAR
۸۹	۷-۵- سمی‌وریوگرام (نیم تغییر نما) و تعیین اندازه‌ی پنجره
۹۳	۷-۶- تجزیه و تحلیل تجربی
۹۳	۷-۶-۱- تولید تصویر آزمایشی
۹۴	۷-۶-۲- انتخاب ویژگی‌های بافت
۹۴	۷-۶-۲-۱- بعد چندفاکتال
۹۴	۷-۶-۲-۲- طیف قدرت فوریر
۹۵	۷-۶-۲-۳- تبدیل موجک
۹۵	۷-۶-۲-۴- ماتریس هم‌رخداد طیف خاکستری
۹۵	۷-۶-۲-۵- عرصه‌های تصادفی خودکاهنده (اتورگرسو) افزایش

۲۹۵	۷-۶-۳- نتایج قطعه‌بندی
۲۹۷	۷-۶-۴- اندازه‌گیری بافت در الگوهای سنجش از دور
۲۹۹	فصل ۸: مدل‌سازی زمینه با استفاده از میدان‌های تصادفی مارکف
۳۰۱	۸-۱- میدان‌های تصادفی مارکف و میدان‌های تصادفی گیبس
۳۰۱	۸-۱-۱- میدان‌های تصادفی مارکف
۳۰۲	۸-۱-۲- میدان‌های تصادفی گیبس
۳۰۵	۸-۱-۳- هم‌ارزی MRF-GRF
۳۰۶	۸-۱-۴- شکل ساده شده‌ی MRF
۳۰۸	۸-۱-۵- تولید انبوه‌های بافت با استفاده از MRF
۳۱۰	۸-۲- انرژی پسین برای طبقه‌بندی تصویر
۳۱۳	۸-۳- تخمین پارامتر
۳۱۶	۸-۳-۱- روش حداقل مربعات
۳۱۸	۸-۳-۲- نتایج تخمین‌های پارامتر
۳۲۰	۸-۴- الگوریتم‌های طبقه‌بندی MAP-MRF
۳۲۰	۸-۴-۱- حالت‌های شرطی تکراری
۳۲۲	۸-۴-۲- شبیه‌سازی حرارتی
۳۲۴	۸-۴-۳- حداکثر کننده‌ی حاشیه‌های پسین
۳۲۶	۸-۵- نتایج آزمایش
۳۳۱	فصل ۹: طبقه‌بندی چندمنبعی
۳۳۲	۹-۱- ترکیب تصویر
۳۳۳	۹-۱-۱- روش‌های ترکیب تصویر
۳۳۷	۹-۱-۲- بررسی کیفیت تصویر ترکیب شده در دامنه‌ی طیفی
۳۳۸	۹-۱-۳- مروری بر کارایی روش‌های ترکیبی
۳۳۸	۹-۲- طبقه‌بندی چندمنبعی با استفاده از روش Stacked-vector
۳۴۰	۹-۳- توسعه تئوری طبقه‌بندی پسین
۳۴۱	۹-۳-۱- مرور کلی
۳۴۲	۹-۳-۱-۱- استخراج ویژگی

۳۴۳	۹-۳-۱-۲- تولید مدرک یا احتمال
۳۴۴	۹-۳-۱-۳- اجتماع چند منبعی
۳۴۴	۹-۳-۲- مکانیسم طبقه‌بندی چند منبعی بیسین
۳۴۶	۹-۳-۳- یک مدل اصلاح شده‌ی بیسین چند منبعی
۳۴۷	۹-۳-۴- طبقه‌بندی چندمنبعی با استفاده از میدان تصادفی مارکف
۳۴۸	۹-۳-۵- فرایند عدم همبستگی بین منابع
۳۴۹	۹-۴- استدلال مدرکی
۳۴۹	۹-۴-۱- ترسعه‌ی مفهوم
۳۵۱	۹-۴-۲- تابع اعتماد و فاصله‌ی اعتماد
۳۵۵	۹-۴-۳- ترکیب مدار
۳۵۸	۹-۴-۴- قواعد تصمیم‌گیری رای از استدلال مدرکی
۳۵۹	۹-۵- توجه به اعتبار منابع
۳۵۹	۹-۵-۱- استفاده از صحت طبقه‌بندی
۳۶۰	۹-۵-۲- استفاده از تفکیک‌پذیری طبقات
۳۶۰	۹-۵-۳- ماتریس مرتبط با طبقات اطلاعاتی داده‌ها
۳۶۲	۹-۵-۴- الگوریتم ژنتیک
۳۶۴	۹-۶- نتایج تجربی
۳۷۲	منابع

پیشگفتار

ما اشیاء را برای شناخت بهتر محیط پیرامون طبقه‌بندی می‌کنیم، و این کار را با کاهش تعداد پدیده‌ها به تعداد نسبتاً کمی از طبقات عمومی انجام می‌دهیم. به عنوان مثال، در یک پیاده‌رو ممکن است به گاوها، درختان، تراکتورها یا قوها اشاره کنید. آنچه در واقع انجام می‌دهید تشخیص یک شیء مشاهده شده و اختصاص آن به یک طبقه و یا دادن یک نام به آن شیء است. زمانی که یک پرنده‌ی بزرگ سفید، در حال شنا در یک کانال یا رودخانه، با منقار سیاه یا نارنجی می‌بینید، شما خصوصیات آن را با یک قو مقایسه می‌کنید و بنابراین آن را با همین عنوان شناسایی کرده و نام یا برجسب قو را به آن می‌دهید. باید مراقب باشیم که بین تعریف طبقات اشیاء و شناسایی یا برجسب‌گذاری اشیاء تمایز قائل شده و از سردرگمی بین دو مفهوم واژه‌ی طبقه‌بندی^۱ اجتناب شود. تعریف گروه‌هایی از اشیاء و اختصاص هر یک از اشیاء به این طبقات.

می‌توان از مثال فوق‌الذکر مفهومی دیگر نیز استفاده کرد. اول، شما باید مدلی از ویژگی‌های کلیدی یک قو داشته باشید، قبل از اینکه بتوانید آن را شناسایی کنید. احتمالاً در کودکی نام گروه‌ها و زیرگروه‌هایی از حیوانات، گیاهان و دیگر اشیاء را فرا گرفته‌اید. اکنون شما از این شناخت برای شناسایی و نام‌گذاری چیزهایی که می‌بینید و می‌شنوید استفاده می‌کنید. در ادبیات طبقه‌بندی، این روش تحت عنوان تعلیم نظارت شده^۲ نام‌گذاری شده است. پدیده‌های مورد نظر را به تعدادی از گروه‌های اولیه تقسیم می‌کند. مجموعه‌ی نمونه تحت عنوان داده‌ها^۳ تبیین^۴ شناخته می‌شوند و این روش به عنوان طبقه‌بندی نظارت شده^۴ نام‌گذاری شده است. در حقیقت، این شناسایی، نظارت شده محسوب می‌شود چون فرض بر این است که طبقه‌بندی (تعریف گروه‌ها و مشخصات آن‌ها) قبل از اینکه اشیاء ناشناخته شناسایی شوند تعریف شده‌اند.

روش دیگر، تحت عنوان طبقه‌بندی نظارت نشده یا خوشه‌بندی^۵ نیز به‌طور گسترده استفاده می‌شود. در این روش، فرض بر این است که: (۱) شناخت کمی درباره‌ی خصوصیات داده‌ها دارید، (۲) می‌خواهید هر گروه طبیعی موجود در آن داده‌ها را تعیین کنید، و در این صورت (۳) آن‌ها می‌توانند از طریق پدیده‌های مورد نظر شناسایی شوند. در اصل، این فرآیند به استخراج داده وابسته است (و روش‌های نمایشی می‌توانند به‌طور قابل توجهی به فرایند کمک کنند) در حالی که طبقه‌بندی نظارت شده استنتاجی است.

-
- 1 . Classification
 - 2 . Supervised learning
 - 3 . Training data
 - 4 . Supervised classification
 - 5 . Unsupervised classification or clustering

این کتاب درباره‌ی شناسایی الگو^۱ برای داده‌های سنجش از دوری است. عبارت الگوشناسی را به این دلیل به جای طبقه‌بندی ترجیح می‌دهیم چون عبارت طبقه‌بندی می‌تواند گمراه کننده باشد. همان طور که در بالا نیز اشاره شد. گرچه، دو عبارت در این کتاب مورد استفاده قرار گرفته‌اند. یک الگو مجموعه‌ای از اندازه‌هایی است که یک شیء را می‌سازند و می‌توانند به صورت یک بردار جبری از اندازه‌گیری‌ها توصیف شوند. به عنوان مثال، قد و وزن یک شخص را می‌توان با بردار $[50, 192]$ (به ترتیب، سانتی‌متر و کیلوگرم) نمایش داد. اگر روشی نظارت شده استفاده شود، الگو از طرق مختلف به اعضای این مجموعه‌ها که طبقات مورد نظر را تعریف می‌کنند مقایسه می‌شود، و الگوی مورد نظر به یکی از این طبقات اختصاص می‌یابد. می‌توان این روش را به صورت استنتاجی توصیف کرد. ممکن است نوعی استراری خوشه‌بندی را برای تعیین هر گروه از الگوهای موجود در داده‌ها مورد استفاده قرار داد که بر اساس شواهد بین الگوها باشد.

در مشاهدات زه‌نی صورت گرفته توسط سنجش از دور، اشیای برجسته خورده معمولاً پیکسل‌های منفرد یک تصویر چندبندی^۲ یا ابرطیفی^۳ هستند. هر پیکسل توسط یک بردار الگو حاوی مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌ها، یکی در هر باند تصویر، علاوه بر اندازه‌گیری‌های احتمالی دیگر نظیر بافت نمایش داده می‌شود. اگر هر یک از باندهای ابرطیفی^۴ یک محور فضای چندبعدی (فضای ویژگی^۵) نمایش داده شود، پس پیکسل می‌تواند به عنوان یک نقطه در فضا نشان داده شود. جهت سهولت بیشتر، فرض کنید تعداد ویژگی‌ها برابر با دو، و محور^۶ ویژگی اول و محور^۷ بیانگر دومی باشد. بنابراین، پیکسلی با بردار ویژگی $[5, 1]$ را می‌توان روی یک بردار به صورت یک نقطه با مختصات کارترین $[5, 1]$ نمایش داد. اکنون تصور کنید تمام پیکسل‌ها تصویر ده باندی روی نمودار رسم شده باشند، و آن‌ها نزدیک به گروه‌های تعریف شده واقع شده‌اند. ما می‌توانیم این گروه‌ها را با خطوط یا منحنی‌هایی از هم جدا کنیم. این خطوط یا منحنی‌ها تحت عنوان مرزهای^۸ تمییز می‌شوند، چون مرز هر یک از گروه‌ها را نشان می‌دهند. اگر یک نقطه روی یک سمت مرز قرار بگیرد، برجستگی نظیر A می‌گیرد، در حالی که اگر در سمت دیگر مرز واقع شود برجستگی B خواهد گرفت. در مسائلی با ابعاد بالاتر، خطوط و منحنی‌ها تبدیل به ابرصفحه‌ها^۹ و ابرسطوح^{۱۰} می‌شوند. بنابراین، مسئله‌ی برجستگی‌گذاری می‌تواند به عنوان مسئله‌ای که با تعیین ابرصفحه‌ها و ابرسطوح، یعنی نمایش مرزهای

- 1 . Pattern recognition
- 2 . Multispectral
- 3 . Hyperspectral
- 4 . The feature space
- 5 . Cartesian
- 6 . Decision boundaries
- 7 . Hyperplanes
- 8 . Hypersurfaces

تصمیم‌گیری در یک فضای ویژگی چندبعدی، سروکار دارد به نظر برسد. الگوریتمی که موقعیت پیکسل را با توجه به مرزهای تصمیم‌گیری تعیین می‌کند، و بنابراین یک برجسب ویژه را به آن پیکسل اختصاص می‌دهد، قاعده‌ی تصمیم‌گیری^۱ نامیده می‌شود. واژه‌ی طبقه‌بندی کننده^۲ به‌طور گسترده به عنوان یک کلمه‌ی مترادف برای عبارت قاعده‌ی تصمیم‌گیری استفاده می‌شود.

استفاده از روش‌های الگوشناسی در سنجش از دور تاریخچه‌ای طولانی دارد. شاید مفسران عکس‌های هوایی اولین کاربران روش‌های تعیین اطلاعات موجود در عکس‌های اکتشافی بودند، و این روش‌ها توسعه یافتند و اهمیت روزافزونی، به‌ویژه در جمع‌آوری اطلاعات نظامی، پیدا کردند. چون ترکیب مغز-چشم انسان می‌تواند تصمیم‌گیری و قضاوت در مسائل پیچیده را در چند میلی‌ثانیه، با استفاده از تجربیات قبلی^۳ به عنوان راهنما، انجام دهد. روش‌های اتوماتیک برای پردازش تصاویری که نشان دهنده‌ی اشیاء قابل پیش‌بینی هستند مناسب‌تر می‌باشند. روش‌های بسیاری در زمینه‌های مختلف نظیر شناسایی دسته، خط، مدیریت صنعتی، پزشکی، دارویی و جمع‌آوری اطلاعات نظامی توسعه یافته و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مشخصه‌ی اصلی داده‌های مشاهدات زمینی، حجم آن است. از این رو، روش‌هایی که می‌تواند در کاربردهای دیگر به کار روند برای تجزیه و تحلیل داده‌های سنجش از دوری مناسب نیستند^۴ به دلیل نیازهای محاسباتی می‌باشد. اغلب بین ابعاد داده‌های سنجش از دوری و حجم داده‌های تعلیمی که در دسترس هستند اختلاف وجود دارد. جایی که داده‌های تعلیمی نسبت به ابعاد داده کم هستند، برآورد خصوصیات هر یک از طبقات تعلیمی دشوار می‌شود و ممکن است میزان خطا قابل توجه شود. این پدیده‌ی افزایش خطا با افزایش ابعاد داده را اغلب با نام اثر هیوز^۵ می‌شناسند.

پیشرفت تکنولوژی سبب توسعه‌ی سریع در روش‌های الگوشناسی شده است، که موجب تشکیل انواع تصمیم‌گیری رضایت‌بخش‌تر و جدید گشته است. برخی از این روش‌های جدید در عرصه‌ی سنجش از دور معرفی شده و نتایج دلگرم‌کننده‌ای به همراه داشته‌اند. این روش‌های بیشتر کاربردهای سنجش از دور در سال‌های اخیر، استفاده از ترکیبات داده‌های حاصل از سنسورهای مختلف یا دوره‌های زمانی متفاوت، به‌علاوه‌ی دیگر داده‌های استخراج شده از پایگاه‌های داده‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS⁺) می‌باشد. علاوه بر این، اطلاعات طیفی موجود در تصاویر سنجش از دور اغلب با اندازه‌گیری‌های حاصل از مقادیر بافت یا زمینه تکمیل می‌شوند. در مواردی که با منابع چندداده‌ای سر کار داریم، مسئله‌ی اصلی افزایش قابل توجه هزینه‌ی محاسبات است. مسائل دیگر، نظیر مقیاس داده

-
1. Decision rule
 2. Classifier
 3. Hughes
 4. Geographic information system

و اعتبار داده نیز باید مورد توجه قرار گیرند. امروزه جستجو جهت توسعه‌ی روش‌هایی برای استفاده‌ی کارآمد از داده‌های چندمنبعی جهت افزایش صحت طبقه‌بندی مورد توجه روزافزون قرار گرفته است. همواره باید به خاطر داشت که الگوریتم‌های رضایت‌بخش نمی‌توانند عدم وجود داده‌های تعلیمی یا تعریف کافی مسئله (تعداد و ماهیت طبقات متناسب با مقیاس مطالعه) را جبران کنند.

بافت در واقع تغییر تن در داخل یک منطقه است. نمونه‌ای ساده که مفهوم را به‌خوبی روشن کند الگوی روی یک فرش است. اگر هر یک از الگوها را به‌طور کامل در نظر بگیریم، فرش می‌تواند به راحتی توصیف شود، اما اگر فرش را به صورت مجموعه‌ای از واحدهای منظم مورد توجه قرار دهیم، مسئله‌ی توصیف خصوصیات آن دشوارتر می‌شود. در برخی موارد، جهت شناسایی و توصیف اشیاء، اطلاعات بافت کاربر و مؤثرتر از اطلاعات تن به نظر می‌رسند و می‌توانند ویژگی‌های بافتی متناظر با انواع مختلف الگوها را به‌طور بهیود کارایی طبقه‌بندی کننده توسعه دهند.

اطلاعات زمینه‌ای^۱ نشان می‌دهند چطور شیء مورد نظر ممکن است تحت تأثیر همسایگانش قرار گیرد. در مورد طبقه‌بندی یک منطقه‌ی زراعی، یک پیکسل با برچسب «هویج» احتمالاً با پیکسل‌هایی از همان طبقه محاط شده است تا پیکسل‌هایی نظیر «آب» یا «گندم». توانایی مدل‌سازی چنین رفتار زمینه‌ای می‌تواند سردرگمی در فریند طبقه‌بندی را کاهش دهد.

کتاب روش‌های طبقه‌بندی داده‌های سنجش از دور نوشته‌ی Paul M. Mather و Brandt Tso یکی از بهترین و جدیدترین (۲۰۰۹) منابع معاصر جهانی در زمینه‌ی طبقه‌بندی داده‌های سنجش از دور به شمار می‌رود. تصمیم به ترجمه‌ی این کتاب به دلیل تلاش‌های روزافزون استفاده از روش‌های جدید توصیف و برچسب‌گذاری پیکسل‌ها در یک تصویر سنجش از دوری در ایران و عدم وجود منبعی فارسی زبان در این زمینه بوده است. در حالی که تعدادی از کتاب‌های ارزشمند و البته کلی‌تر برای استفاده‌های دانشجویان دوره‌ی کارشناسی در دسترس است، اما هیچ منبع منسجمی از اطلاعات پیشرفته و راهنمایی در حیطه‌ی الگوشناسی برای محققان و دانش‌آموختگان سنجش از دور وجود ندارد. امیدواریم که این نوشتار بتواند به افزایش شناخت تکنیک‌های الگوشناسی به‌تدریج توسعه یافته کمک کند، و برای خوانندگان پلی ارتباطی بین ادبیات سنجش از دور و آمار، هوش مصنوعی و محاسبات فراهم کند.

در فصل ۱ مفاهیم بنیادین سنجش از دور در ناحیه‌ی نوری^۲ و میکروموج^۳ طیف الکترومغناطیس^۴ معرفی می‌شود. این فصل با هدف معرفی عرصه‌ی سنجش از دور به خوانندگانی که شناخت کمی در این حیطه

1. Contextual information
2. Optical
3. Microwave
4. Electromagnetic spectrum

یاریاند فراهم کرده است و شاید توجه خوانندگانی را که زمینه‌ی شناختی کافی از سنجش از دور دارند جلب نکند. در فصل ۲ اصول الگوشناسی معرفی می‌شود. قواعد تصمیم‌گیری سنتی، شامل طبقه‌بندی کننده‌ی نظارت شده‌ی حداقل فاصله^۱، حداکثر احتمال گوسین^۲ و تکنیک‌های خوشه‌بندی نظارت نشده همراه با روش‌های دیگر نظیر پردازش‌های فازی^۳ و درخت تصمیم‌گیری^۴ توضیح داده می‌شوند. همچنین، این فصل شمار مختصری از روش‌های کاهش بُعد شامل تبدیلات اورتوگونال، ارزیابی صحت طبقه‌بندی، و اصول انتخاب داده‌های تعلیمی را نیز در برمی‌گیرد.

در فصل ۳ مدل‌ها و ساختارهای شبکه‌ی عصبی مصنوعی شامل پرسپترون چندلایه، نقشه ویژگی خودسازمانده‌ی کوهنن^۵، انتشار روبه‌رو^۶، شبکه‌های هاپفیلد و شبکه‌های مبتنی بر تئوری رزونانس تطبیقی (ART^۷) توضیح داده می‌شوند.

در فصل ۴ سیستم‌های بردار پشتیبان یا SVM‌ها^۸ معرفی می‌شوند. SVM‌ها معرف پیشرفت‌های اخیر در جنبه‌های محاسباتی طبقه‌بندی تصویر هستند. تعدادی از این روش‌ها در این فصل ارائه شده‌اند اما لازم است تحقیقات بیشتر صورت گیرد.

فصل ۵ با تکنیک‌های الگوشناسی مبتنی بر سیستم‌های فازی^۹ سروکار دارد. موضوعات اصلی این فصل ساخت قواعد فازی، توابع نقشه‌سازی فازی و فرایندهای تصمیم‌گیری مربوط می‌باشد.

فصل ۶ ارائه دهنده‌ی تعدادی از روش‌های استفاده از درخت‌های تصمیم‌گیری^{۱۰} است. پیشرفت‌هایی نظیر بوستینگ^{۱۱} و تولید جنگل تصادفی^{۱۲}، میره توضیح داده شده‌اند.

فصل ۷ مروری بر روش‌های کمی‌سازی بافت^{۱۳}، سوپر، شامل تئوری فراکتال^{۱۴} و چندفراکتال^{۱۵}، عرصه‌های تصادفی خودکاهنده (اتورگرسیو) ضربی، داتریس هم رخداد سطح خاکستری، فیلترینگ دامنه‌ی فرکانس را ارائه می‌دهد.

- 1 . Minimal distance classifier
- 2 . Gaussian maximum likelihood
- 3 . Fuzzy-based procedures
- 4 . Decision trees
- 5 . Kohonen's self-organized feature map
- 6 . Counterpropagation,
- 7 . Adaptive resonance theory
- 8 . Support Vector Machines
- 9 . Fuzzy Set
- 10 . Decision Trees
- 11 . Boosting
- 12 . Random Forest
- 13 . Texture Quantization
- 14 . Fractal
- 15 . Multifractal

در فصل ۸ تئوری و کاربرد میدان‌های تصادفی مارکف^۱ ارائه می‌شوند. کاربرد اصلی میدان‌های تصادفی مارکف، مدل‌سازی روابط زمینه‌ای است. موضوعات مرتبط دیگر، شامل تشکیل تابع، ترمیم تصویر، برآورد مطمئن^۲ در زمان وجود نوفه غیرمعمول^۳ و استنتاج اندازه‌های بافتی مبتنی بر مارکف^۴ ارائه شده است.

فصل ۹ روش‌های مختلف کار با داده‌های چندمنبعی^۵ را فراهم می‌کند. روش‌های توضیح داده شدن شامل توسعه تئوری طبقه‌بندی بیسین^۶، استدلال مدرکی و میدان‌های تصادفی مارکف می‌باشد. هدف مترجمان بر آن بوده تا متن کتاب تا حد امکان روان و قابل فهم برای خوانندگان محترم باشد. اما انتاب معادل فارسی برای جایگزینی بعضی از واژه‌های انگلیسی، یکی از چالش‌های اصلی پیش روی مترجمان این کتاب بوده است. به دلیل جدید بودن بخشی از مطالب و همچنین سابقه استفاده از رژه‌های معادل در کتاب‌های ترجمه شده و یا تدوین شده در این کتاب، یافتن و نهایتاً کردن معادل فارسی برای بعضی از واژگان انگلیسی، خارج از بضاعت زبان‌شناسی مترجمان بوده است. از این رو در این کتاب واژه‌های انگلیسی که معادلی برای آن‌ها در زبان فارسی وجود نداشته، عیناً آورده شده‌اند تا بتوان در آینده با کمک مترجمان و استفاده از دانش جمعی، معادل‌های فارسی مناسب برای واژه‌های انگلیسی پیشنهاد نمود.

مترجمان این کتاب به‌خوبی می‌دانند که آنچه برگردان شده نه کامل است و نه بی‌عیب، اما اتفاقاً نظر دارند که همواره می‌توان کار را بهتر و دقیق‌تر انجام داد و نمی‌توان ترجمه‌ی این اثر را به امید کاری بدون نقص و کامل، به تأخیر انداخت. مترجمان با ابراز فروتنی در برابر خواننده‌ی فرهیخته گرامی هرگونه انتقاد و پیشنهاد را به‌گرمی استقبال کرد و از نظرات اصلاحی اندیشمندان عزیز، دلبه‌یود برگردان استفاده خواهند کرد.

کتاب حاضر می‌تواند در چهارچوب برنامه‌ی درسی در دانشگاه‌ها برای رشته‌های مختلف به‌خصوص سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در ارتباط با دروسی مانند سنجش از دور و سنجش از دور پیشرفته در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد و ... مورد استفاده قرار گیرد.

اردوان قربانی و فروش اسلمی