بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه بیرجند

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق - الکترونیک

اثرات روشهای خطی و غیر خطی کاهش ابعاد ویژگی بر بازشناسی ارقام فارسی

استاد راهنما:

دکتر سید محمّد رضوی

استاد مشاور:

مهندس مهران تقی پور گرجی کلایی

نگارش:

محمد امین گیلاسی طرقبه

شهریورماه ۱۳۹۲

حمد و ستایش خدای را آنگونه که ستایشگران و ثناگویان او را حمد و ستایش می کنند. پروردگارا، ای هستی بخش وجود، مرا بر نعمات بیکرانت توان شکر نیست. بارخدایا، مرا به علمی که آموخته ای سودمند گردان و مرا به علمی رهنمون ساز که مرا سودمند افتد.

الهی، مرا مدد کن تا دانش اندکم نه نردبانی باشد برای فزونی تکبر و غرور، نه حلقه ای برای اسارت و نه دست مایه ای برای تجارت، . . .
بلکه گامی برای تجلیل از تو و متعالی ساختن زندگی خود و دیگران.

تقدیم به پدر و مادرم:

گوهرهای گرانبهای آفرینش و حیات بخش من، که در راه تربیت و تحصیل فرزندانشان از هیچ فداکاری و کوششی دریغ نکردند. امروز هر آنچه هستم و هر آنچه دارم از آنهاست. سپاس به خاطر از خودگذشتگیها و محبت های بی دریغشان در زندگیم.

تقدیم به همسرم:

که همیشه آرامش من است و تکیه گاهی برای خستگی هایم.

تقدیم به استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر سید محمد رضوی:

که نه تنها آموزگاری شایسته می باشد بلکه همواره اسوه اخلاق برای شاگردان خویش نیز بوده است.

تقدیم به خواهران و برادرم:

واژه های قشنگ و پر معنای زندگی ام.

و تقدیم به همه انسانهایی که:

خوب متولد می شوند، خوب رشد می کنند، خوب می بینند، خوب می شنوند، خوب می خوانند، خوب فکر می کنند، خوب ثمر می دهند و سرانجام خوب می روند.

سپاسگزاری

کمال سپاس را از تو دارم خدای من، که تا این لحظه، لحظه ای مرا به خود وانگذاشتی و امید دارم که نخواهی گذاشت، باشد که بنده ای باشم که رحمت تو را داشته باشد.

از خانواده دلسوز و همسر مهربانم کمال تشکر و قدردانی را دارم که همواره پشت و پناهی برای من بوده اند و در کوره راه زندگیم،

همچون خورشیدی درخشیده اند تا در چاله های این راه مه گرفته سقوط نکنم.

از استاد گرامی و گرانقدرم جناب دکتر سید محمد رضوی، صمیمانه سپاسگذارم که نه تنها معلمی بزرگ علم و عمل بودند بلکه تعالی بخش اخلاقیات زندگی من نیز هستند.

از تمام اساتید و دوستانی که در این راه من را همراهی و حمایت کردند متشکرم؛ به لطف تمامی آنهاست که من در اینجا ایستاده ام. هرگز گرد فراموشی خاطر آنها را برای من نخواهد

پوشاند.

محمد امین گیلاسی

شهریور ماه ۱۳۹۲

اثرات روشهای خطی و غیر خطی کاهش ابعاد ویژگی بر بازشناسی ارقام فارسی

به وسیله ی:

محمد امین گیلاسی طرقبه

چکیده:

امروزه با پیشرفت روز افزون علم ،حجم اطلاعات بسیار افزایش پیدا کرده است و تحلیل اطلاعات هزینه محاسباتی بالایی دارد. این مشکل در کار کردن با اطلاعات ابعاد بالا بوجود می آید و به آن نفرین ابعادی می گویند. در اکثر مسایل مربوط به بازشناسی، متغیر های کلیدی وجود دارند که به آن ها متغیرهای ذاتی گفته می شود و می توان با استخراج این متغیر ها ابعاد فضای مسئله را به طرز قابل ملاحظه ای کاهش داد. در این پایان نامه تمرکز اصلی برروی روشهای خطی و غیر خطی کاهش ابعاد ویژگی خواهد بود، بدین منظور، دو روش خطی (PCA,LDA) و سه روش غیرخطی (LE, Isomap, LLE) مورد بررسی قرار می گیرند. این روش ها فرآیند استخراج ویژگی و کاهش ابعاد ویژگی را با هم انجام می دهند تا بتوان ارزیابی کرد که کدام روش می تواند در بازشناسی ارقام دستنویس فارسی دارای نرخ بالاتر و در استخراج متغیر های ذاتی موفق تر باشد. همچنین روش (LLE) را که روشی بدون نظارت است به صورت روشی همراه با نظارت (SLLE) پیشنهاد می کنیم تا نرخ بازشناسی بهبود یابد. در این تحقیق از دو طبقه بند k نزدیکترین همسایه و شبکه عصبی برای طبقه بندی استفاده شده است. این بررسی ها بر روی مجموعه ارقام هدی انجام خواهد شد که دارای ۶۰،۰۰۰ نمونه آموزشی و ۲۰،۰۰۰ نمونه آزمایشی است.

واژگان کلیدی: کاهش ابعاد ویژگی، کاهش خطی ابعاد ، کاهش غیر خطی ابعاد ، بازشناسی ، بازشناسی ارقام دستنویس فارسی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... د

فهرست شکل‌ها ..... ه

فصل ۱- مقدمه ۱

۱-۱- بازشناسی الگو ۱

۱-۲- روشهای بازشناسی الگو ۵

۱-۲-۱- روش های حسی – تجربی ۵

۱-۲-۲- روش های ساختاری یا نحوی ۵

۱-۲-۳- روش های ریاضی ۶

۱-۲-۳-۱- روش های آماری ۷

۱-۲-۳-۲- روش های غیر آماری ۷

۱-۳- ارزیابی یک طبقه بند ۸

۱-۳-۱- دقت طبقه بند برای کلاس **ωi** ۹

۱-۳-۲- فراخوانی طبقه بند روی کلاس **ωi** ۱۰

۱-۳-۳- معیار F ۱۰

۱-۳-۴- نرخ بازشناسی کلی یا دقت طبقه بند یا قابلیت اعتماد بازشناسی ۱۱

۱-۴- هدف پایان نامه و ساختار آن ۱۱

۱-۵- جمع بندی ۱۱

فصل ۲- مروری بر کارهای گذشته و روش های استخراج ویژگی ۱۲

۲-۱- باز شناسی شناسه های(حروف و ارقام)دستنویس ۱۲
۲-۱-۱- پیش پردازش ۱۳
۲-۱-۱-۱- کاهش نویز ۱۳
۲-۱-۱-۲- نرمالیزه کردن داده ها ۱۴
۲-۱-۱-۳- نرمالیزه کردن اندازه ۱۴
۲-۱-۱-۴- هموارسازی کانتور ۱۴
۲-۱-۱-۵- فشرده سازی ۱۵
۲-۱-۲- روش های استخراج ویژگی ۱۵
۲-۱-۲-۱- تبدیل سراسری (بسط سری) ۱۶
۲-۱-۲-۲- ویژگی های آماری ۲۳
۲-۱-۲-۳- ویژگی های هندسی و توپولوژیکی ۲۸
۲-۱-۳- فرایند آموزش ۳۰
۲-۱-۴- فرایند بازشناسی ۳۰
۲-۲- مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه بازشناسی ارقام دستنویس ۳۰
۲-۳- کاهش ابعاد ویژگی در بازشناسی الگو ۳۷
۲-۳-۱- نفرین ابعادی ۳۷
۲-۳-۲- متغیر ذاتی ۳۷
۲-۳-۳- تعریف مسئله ۳۸
۲-۳-۴- دسته بندی روش ها ۳۸
۲-۴- جمع بندی ۳۸
فصل ۳- روش های کاهش ابعاد و روش پیشنهادی ۳۹
۳-۱- مقدمه ۳۹
۳-۲- طبقه بندی ۳۹
۳-۲-۱- طبقه بند شبکه ی عصبی ۴۰
۳-۲-۱-۱- شبکه های عصبی پرسپترون چند لایه ۴۲
۳-۲-۱-۲- شبکه عصبی احتمالاتی ۴۴
۳-۲-۲- طبقه بند K همسایه نزدیکتر ۴۷
۳-۲-۲-۱- قانون نزدیکترین همسایه ۴۷
۳-۳- روش های کاهش ابعاد ۴۹
۳-۳-۱- یادگیری مانیفولد ۵۰

۳-۳-۲- آنالیز مولفه اصلی ۵۲
۳-۳-۲-۱- مفاهیم مقدماتی مورد نیاز در PCA ۵۳
۳-۳-۲-۲- الگوریتم PCA ۵۵
۳-۳-۳- تحلیل تفکیک کننده خطی ۶۰
۳-۳-۴- جایگذاری محلی خطی ۶۱
۳-۳-۴-۱- انگیزه ابداع LLE ۶۲
۳-۳-۴-۲- تئوری LLE ۶۲
۳-۳-۴-۳- الگوریتم LLE ۶۲
۳-۳-۴-۴- LLE همراه با نظارت ۶۵
۳-۳-۵- لاپلاسین نگاشت ویژه ۶۶
۳-۳-۵-۱- لاپلاسین یک گراف ۶۷
۳-۳-۵-۲- الگوریتم LE ۶۷
۳-۳-۶- ایزومپ ۷۱
۳-۳-۶-۱- مقیاس گذاری چند بعدی ۷۱
۳-۳-۶-۲- الگوریتم Isomap ۷۲
۳-۳-۷- جایگذاری نقاط جدید ۷۵
۳-۳-۸- پیش پردازش ۷۵
۳-۴- جمع بندی ۷۶

فصل ۴- نتایج و آزمایشات ۷۷

۴-۱- جمع بندی ۹۷

فصل ۵- نتیجه گیری و پیشنهادات ۹۸

مراجع و منابع: ۹۹

واژه نامه انگلیسی به فارسی ۱۰۴

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۱: نرخ بازشناسی روش LDA ۷۸
جدول ۴-۲: نتایج روش های مختلف در زمینه بازشناسی ارقام دست نویس ۹۵

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: مراحل سیستم بازشناسی الگو[۱] ۲
شکل ۱-۲: روش های غیرآماری، آماری و ساختاری برای بازشناسی حرف A [۷] ۸
شکل ۲-۱: ماسک مورفولوژی برای هموارسازی کانتور ۱۴
شکل ۲-۲: عملیات نازک سازی، (الف) تصویر رقم قبل از نازک سازی، (ب) تصویررقم نازک شده ۱۵
شکل ۲-۳: طریقه استخراج ویژگی از تصویر به روش DWT ۱۹
شکل ۲-۴: اضافه کردن فضای سفید جهت قرار گرفتن رقم در داخل دایره واحد ۲۲
شکل ۲-۵: ماسک کریش ۲۳
شکل ۲-۶: ویژگی های جهتی کانتور و ویژگی های نقاط خمش ۲۴
شکل ۲-۷: استخراج ویژگی زونینگ[۱۶] ۲۵
شکل ۲-۸: نحوه محاسبه ویژگی مکان مشخصه برای یک نقطه از تصویر[۱۹] ۲۵
شکل ۲-۹: نحوه محاسبه ویژگی شمارش تلاقی از تصویر[۲۰] ۲۷
شکل ۲-۱۰ نحوه محاسبه ویژگی فاصله از تصویر[۲۰] ۲۷
شکل ۲-۱۱: برخی از ویژگی های توپولوژی در حروف لاتین[۲۱] ۲۸
شکل ۲-۱۲: ماسک های استفاده شده برای ویژگی پایه گرادیان در تصاویر ارقام[۲۲] ۲۹
شکل ۲-۱۳: مراحل استخراج ویژگی پایه گرادیان [۲۲] ۳۰
شکل ۲-۱۴: مقایسه ارقام عربی، فارسی و هندی ۳۳
شکل ۳-۱: ساختار نرون طبیعی انسان ۴۰
شکل ۳-۲: ساختار یک نرون مصنوعی ۴۱

شکل ۳-۳: یک نمونه شبکه عصبی ۶×۸×۴ ..... ۴۲
شکل ۳-۴: یک نمونه ساختار از شبکه عصبی احتمالاتی ۴۵
شکل ۳-۵: یک نمونه شبکه عصبی احتمالاتی ۴۶
شکل ۳-۶: تعلق الگوی ورودی x به کلاس سیاه با طبقه بند ۵ همسایه نزدیکتر ۴۷
شکل ۳-۷: مجموعه ایجاد شده توسط چرخش و تغییر اندازه حرف "A" ۵۰
شکل ۳-۸: نمایش دو بعدی مجموعه شکل ۳-۷ با استفاده از روش غیرخطی ۵۱
شکل ۳-۹: نمایش دوبعدی مجموعه شکل ۳-۷ با استفاده از روش خطی ۵۱
شکل ۳-۱۰: انتخاب محورهای جدید برای داده های دو بعدی ۵۲
شکل ۳-۱۱: داده های دوبعدی اولیه که قرار است PCA برروی آنها اعمال شود ۵۵
شکل ۳-۱۲: داده های نرمال سازی شده (با کم شدن میانگین) به همراه بردارهای ویژگی ماتریس کواریانس ۵۷
شکل ۳-۱۳: داده های بدست آمده از تبدیل PCA با انتخاب مهمترین بردار ویژگی ۵۸
شکل ۳-۱۴: داده های بازیابی شده از تبدیل PCA با انتخاب مهمترین بردار ویژگی ۵۹
شکل ۳-۱۵: خلاصه ی الگوریتم LLE [۶۵] ۶۵
شکل ۳-۱۶: نمونه ای از مجموعه نقاط در فضای D بعدی ۶۶
شکل ۳-۱۷: نحوه ی محاسبه لاپلاسین یک گراف ۶۷
شکل ۳-۱۸: نحوه ایجاد گراف و لاپلاسین گراف برای مجموعه نقاط شکل ۳-۱۱ ..... ۶۹
شکل ۳-۱۹: خلاصه الگوریتم LE ۷۰
شکل ۳-۲۰: مجموعه نقاط Swiss roll ، نمایش فاصله هندسی و اقلیدسی رو مانیفولد اطلاعات[۷۰]. ۷۳
شکل ۳-۲۱: ایجاد گراف و تقریب کوتاه ترین مسیر بین هر جفت نقطه[۷۰] ۷۳
شکل ۳-۲۲: نگاشت ۲ بعدی مجموعه نقاط Swiss roll توسط Isomap [۷۰] ۷۴
شکل ۴-۱: نرخ بازشناسی روش PCA با تغییرات ابعاد فضای جایگذاری ۷۸
شکل ۴-۲: نرخ بازشناسی روش LLE با تغییرات ابعاد فضای جایگذاری ۷۹
شکل ۴-۳: نرخ بازشناسی روش LE با تغییرات ابعاد فضای جایگذاری ۷۹
شکل ۴-۴: نرخ بازشناسی روش Isomap با تغییرات ابعاد فضای جایگذاری ۸۰
شکل ۴-۵: نرخ بازشناسی روش SLLE با تغییرات ابعاد فضای جایگذاری ۸۰
شکل ۴-۶: مقایسه نرخ باز شناسی همه ی روش ها با تغییرات ابعاد فضای جایگذاری ۸۱

شکل ۴-۷: نرخ بازشناسی روش LLE با تغییرات تعداد همسایه ها در فضای جایگذاری شده ی ۱۰ بعدی ۸۱
شکل ۴-۸: نرخ بازشناسی روش LLE با تغییرات تعداد همسایه ها در فضای جایگذاری شده ی ۱۰ بعدی ۸۲
شکل ۴-۹: نرخ بازشناسی روش Isomap با تغییرات تعداد همسایه ها در فضای جایگذاری شده ی ۱۰ بعدی ۸۲
شکل ۴-۱۰: نرخ بازشناسی روش SLLE با تغییرات تعداد همسایه ها در فضای جایگذاری شده ی ۱۰ بعدی ۸۳
شکل ۴-۱۱: میانگین نرخ بازشناسی روش های غیر خطی با تغییرات تعداد همسایه ها در فضای جایگذاری شده ی ۱۰ بعدی ۸۳
شکل ۴-۱۲: ماتریس سردگمی روش PCA با طبقه بند k نزدیکترین همسایه ۸۴
شکل ۴-۱۳: ماتریس سردگمی روش LDA با طبقه بند k نزدیکترین همسایه ۸۵
شکل ۴-۱۴: ماتریس سردگمی روش LLE با طبقه بند k نزدیکترین همسایه ۸۶
شکل ۴-۱۵: ماتریس سردگمی روش LE با طبقه بند k نزدیکترین همسایه ۸۷
شکل ۴-۱۶: ماتریس سردگمی روش Isomap با طبقه بند k نزدیکترین همسایه ۸۸
شکل ۴-۱۷: ماتریس سردگمی روش SLLE با طبقه بند k نزدیکترین همسایه ۸۹
شکل ۴-۱۸: ماتریس سردگمی روش PCA با طبقه بند شبکه عصبی ۹۰
شکل ۴-۱۹: ماتریس سردگمی روش LDA با طبقه بند شبکه عصبی ۹۱
شکل ۴-۲۰: ماتریس سردگمی روش LLE با طبقه بند شبکه عصبی ۹۲
شکل ۴-۲۱: ماتریس سردگمی روش Isomap با طبقه بند شبکه عصبی ۹۳
شکل ۴-۲۲: ماتریس سردگمی روش SLLE با طبقه بند شبکه عصبی ۹۴
شکل ۴-۲۳: نمونه های از مجموعه ارقام دست نویس هدی ۹۶

فصل ۱– مقدمه

۱–۱– بازشناسی الگو

یادگیری ماشینی یک شاخه مهم از گرایش هوش مصنوعی است که هدف آن تعلیم یک ماشین است به طوری که بتواند تجربیات و نمونه های موجود را یاد بگیرد. حاصل این یادگیری ایجاد یک مدل طبقه بندی است که بر اساس آن ماشین می تواند نمونه هایی را که در آینده می بیند و مشابه نمونه های موجود هستند در کلاس مناسب خود قرار دهد. امروزه روش های بازشناسی الگو، به عنوان یک شاخه از یادگیری ماشینی، کاربردهای فراوانی در زمینه های مختلف علمی و صنعتی پیدا کرده اند[۱].

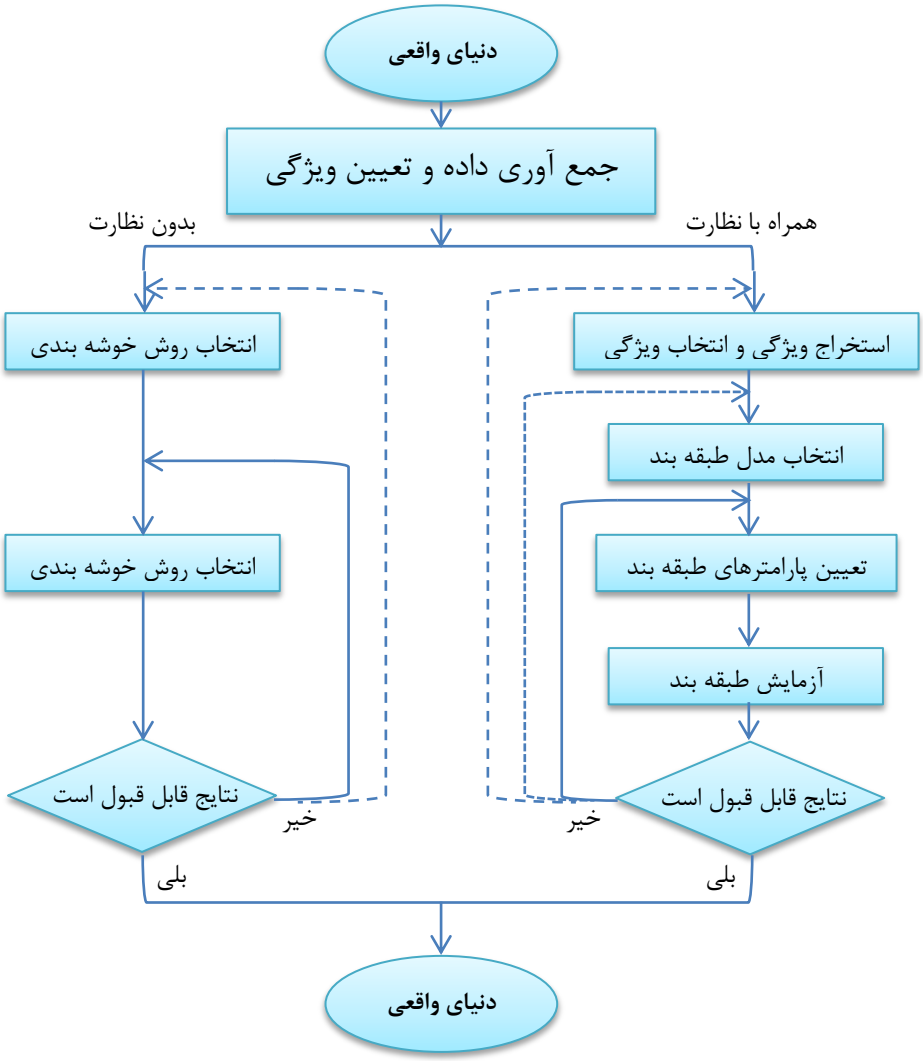
بازشناسی الگو امری است که در زندگی روزمره ما به وفور رخ می دهد. مانند بازشناسی و تشخیص صدای افراد مختلف، بازشناسی چهره افرادی که با آنها روبرو می شویم و یا تشخیص نوع دستخط افراد مختلف. در واقع بازشناسی الگو امری پیچیده است که بدلیل قابلیت های بالای مغز انسان به آسانی و در حداقل زمان انجام می شود و ما به دلیل آنکه همواره و به طور ناخودآگاه انواع مختلفی از این بازشناسی را انجام می دهیم، از پیچیده بودن این فرایند بی خبریم. اما اهمیت توانایی انسان در بازشناسی الگو هنگامی مشخص می شود که انسان سعی می کند که ساده ترین نوع های بازشناسی را که براحتی توسط مغز انسان انجام می شود، توسط رایانه انجام دهد[۲].

در حالت کلی هر توصیف کیفی یا کمی از یک موضوع را می توان یک الگو نامید [3]. الگو می تواند خود یک شیء باشد و یا ساختار اجزاء یک شیء و روابط بین آنها را توصیف کند. هدف از بازشناسی الگو می تواند شناسایی منطقه ای خاص در تصویر، تشخیص آوا یا کلمه در صدا یا تشخیص هویت باشد. در حال حاضر از تکنیک های بازشناسی الگو در بسیاری از کاربردهای صنعتی، پردازش مستندات، تشخیص هویت و بسیاری از زمینه های دیگر استفاده می شود[۱].

در فرآیند بازشناسی الگو، الگوهای ورودی در کلاس ها و دسته های از پیش تعیین شده ای طبقه بندی می شوند[4]. مراحل بازشناسی الگو، در شکل ۱-۱ نشان داده شده است.

چنانچه شکل ۱-۱ نشان می دهد، اولین گام در بازشناسی الگو، جمع آوری تعداد مناسبی نمونه از الگوهای مورد نظر است. این بخش زمان زیادی از فرآیند طراحی سیستم بازشناسی الگو را به خود اختصاص می دهد و گاهی اوقات با مشکلاتی همراه است. پس از جمع آوری نمونه های لازم، باید اقدام به انتخاب نوع ویژگی کرد. انتخاب نوع ویژگی ها نیازمند دانش اولیه در مورد الگوهاست. انتخاب باید به

گونه ای باشد که ویژگی ها، وجه اشتراک الگوهای متعلق به یک کلاس و وجه تمایز الگوهای کلاس های مختلف باشند. توانمندی ویژگی برای جداسازی نمونه های کلاس های مختلف، معیار انتخاب آن است[۱].



شکل ۱-۱: مراحل سیستم بازشناسی الگو[۱]

پس از تعیین نوع ویژگی، باید روش یادگیری را انتخاب کرد. روش یادگیری می تواند از نوع بدون نظارت، همراه با نظارت و یا ترکیبی باشد. در روش یادگیری همراه با نظارت، هر الگو از مجموعه داده با یک برچسب کلاسی همراه است. هدف این است که بر اساس نمونه های موجود، مدل طبقه بندی را طوری بسازیم که بتواند نمونه های را که تاکنون ندیده است با کمترین خطا در کلاس مربوط به خودشان

دسته بندی کند. در یادگیری بدون نظارت، الگوها بر چسب کلاسی ندارند و بر اساس شباهتشان در دسته های یکسان قرار می گیرند[۱].

مرحله بعدی، استخراج ویژگی است. استخراج ویژگی به معنی به دست آوردن خصوصیات الگو ها به نحوی است که این خصوصیات وجه اشتراک الگوهای متعلق به یک کلاس و وجه تمایز الگوهای کلاس های مختلف باشند. استخراج ویژگی یک نگاشت از فضای الگوها به فضای ویژگی ها است که نتیجه آن پیدایش یک بردار ویژگی X است که خصوصیات الگو به صورت معنی دارتر و مناسب تری برای مرحله طبقه بندی آماده می کند. ویژگی های استخراج شده از الگوها ممکن است کیفی[۱] (توصیفی) یا کمی[۲] (مقداری) باشند. ویژگی های کیفی تعداد محدودی حالت دارند و برای معرفی کیفی الگو استفاده می شوند. به عنوان مثال آفتابی، برفی، بارانی ویژگی های کیفی برای توصیف هوا هستند[۱]. ویژگی های کمی، معمولاً یک مقدار پیوسته (تعداد حالات نامحدود) دارند و الگوها را به صورت مقادیر عددی (کمی) توصیف می کنند. به عنوان مثال، مقدار گاز دی اکسیدکربن موجود در یک لیتر هوا، یک ویژگی کمی برای معرفی وضعیت هواست. تبدیل ویژگی های کیفی به کمی نیازمند یک روش یا متدولوژی است[۱]. به عنوان مثال برگزاری یک امتحان روشی است برای کمی کردن میزان یادگیری. در مورد ویژگی های کمی، مؤلفه های بردار ویژگی با اندازه گیری به دست می آیند. هر کمیت اندازه گیری شده، یک ویژگی از شیء مورد نظر را بیان می کند. این کار عملا یک فرآیند کدگذاری است چرا که از نظر هندسی، هر شیء را می توان به عنوان یک نقطه در فضای اقلیدسی در نظر گرفت. انتخاب روش استخراج ویژگی یک عامل مهم در کارایی سیستم های بازشناسی الگو است [5]. در کاربردهای عملی بازشناسی الگو، معمولا از داده های خام ویژگی های متفاوتی استخراج می شوند و مجموعه آنها برای بازشناسی الگو استفاده می شوند[6].

ویژگی هایی که از الگوها استخراج می شوند دارای اهمیت یکسان نیستند و برخی از آنها نسبت به بقیه مهمترند. در مرحله انتخاب ویژگی، با انتخاب ویژگی هایی که بیشترین اهمیت را در جداسازی کلاس های الگو دارند، هم بعد بردار ویژگی کاهش داده می شود و هم کیفیت توصیف الگو توسط ویژگی ها بهتر می شود.

انتخاب روش استخراج ویژگی به عنوان مهمترین فاکتور در کارایی سیستم بازشناسی الگو مطرح است. برای شناسایی حروف و ارقام ویژگیهای ناحیه ای، گشتاورهای هندسی، گشتاورهای زرنیکی،

[1] Qualitative Features
[2] Quantative Features

توصیفگرهای فوریه، ثابت های گشتاوری، هیستوگرام نما و توصیف گراف، پیشنهاد شده اند. معمولا با یک ارزیابی تجربی از داده های مورد نظر، ویژگیهای مناسب تر مشخص می شوند.

مرحله بعدی در بازشناسی الگو، انتخاب نوع مدل طبقه بندی است. طبقه بندی به عنوان هسته اصلی یک سامانه بازشناسی الگو مطرح است [4]. مدل طبقه بندی، هر الگوی ناشناخته را بر اساس ویژگی های آن، به یکی از کلاس های شناخته شده نسبت می دهد. به بیان ریاضی، به هر نگاشتی از فضای n بعدی ویژگی ها، به فضای k بعدی برچسب های کلاسی، یک طبقه بندی گفته می شود.

$$D: R^n \to \Omega \qquad (۱-۱)$$

که در آن $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, ..., \omega_k\}$ مجموعه برچسب های کلاسی الگوهاست. یک طبقه بند، میزان تعلق بردار ویژگی $x \in R^n$ به هر یک از کلاس های الگو را به صورت یک عدد حقیقی بیان می کند. مدل های طبقه بندی متعددی برای بازشناسی الگو پیشنهاد شده اند که می توان به طبقه بند بیز، شبکه های عصبی، k همسایه نزدیکتر، ماشین بردار پشتیبان[1] و طبقه بند کمترین فاصله[2] اشاره کرد. پس از انتخاب مدل طبقه بندی، باید پارامترهای آن را مشخص کرد. روش های مختلفی برای تعیین این پارامترها ارائه شده اند. گروهی از این روش ها بر اساس خواص آماری، مانند بردار میانگین و ماتریس کوواریانس نمونه های آموزشی هر کلاس در طبقه بند بیز، پارامترهای طبقه بندی را تعیین می کنند. گروه دیگری از روش ها وجود دارند که با استفاده از الگوریتم های یادگیری تکراری، مانند آموزش یک طبقه بند شبکه عصبی بر روی نمونه های یادگیری، پارامترهای طبقه بندی را تعیین می کنند. در روش های گروه دوم، پارامترهای طبقه بندی در طول فرآیند یادگیری، تعیین می شوند. پس از آنکه مدل طبقه بندی کامل شد، با استفاده از نمونه های آزمایشی، سامانه بازشناسی الگو اعتبارسنجی می شود. اگر نرخ بازشناسی مورد نیاز بدست نیامد، می توان یک یا چند تا از کارهای زیر را انجام داد[۱].

۱. ویژگی های استخراج شده از الگو یا ویژگی های انتخاب شده از بین ویژگی های قبلی را بهبود داد.
۲. مدل طبقه بندی را عوض کرد یا پارامترهای آن را تغییر داد.
۳. یادگیری (تعلیم) طبقه بند را کامل تر کرد.

کارهای فوق آنقدر تکرار می شوند تا تضمین کافی جهت یک تعمیم معتبر حاصل شود.

[1] Support Vector Machine (SVM)
[2] Minimum Distance Classifier

در یادگیری بدون نظارت، پس از جمع آوری داده های کافی از الگوهای مورد نظر، یک روش خوشه بندی انتخاب می شود(به عنوان مثال روش K میانگین[1]) و بر اساس آن، داده ها خوشه بندی می شوند. اگر نتیجه خوشه بندی قابل قبول نباشد، با تغییر روش خوشه بندی یا تغییر پارامترهای خوشه بندی، روند کار ادامه پیدا می کند تا نتیجه مورد نظر حاصل شود.

۱-۲- روشهای بازشناسی الگو

تکنیک های بازشناسی الگو، یک شیء یا یک رخداد فیزیکی را به یک یا چند کلاس الگوی از قبل معلوم نسبت می دهند. بنابراین یک سامانه بازشناسی الگو می تواند به عنوان یک قاعده تصمیم گیری خودکار در نظر گرفته شود که با اندازه گیری های انجام شده روی الگو آن را به یک کلاس نسبت می دهد. روش های انتساب الگو به یکی از کلاس ها، به سه گروه عمده تقسیم می شوند. روش های حسی تجربی[2]، روش های نحوی یا ساختاری[3] و روش های ریاضی[4][۱].

۱-۲-۱- روش های حسی - تجربی

این روش ها بر مبنای تجربیات طراح استوار هستند و یک سامانه مبتنی بر این روش ها شامل مجموعه ای از قواعد تجربی است که با توجه به خصوصیات الگوها حاصل شده اند. به عنوان مثال سامانه بازشناسی دست نوشته های فارسی (مبتنی بر روش های حسی- تجربی) شامل قواعدی حسّی است که مخصوص الگوهای دست نویس است و ممکن است برای بازشناسی دست نوشته های لاتین مناسب نباشد. این قواعد به عنوان مثال بر مبنای تعداد و توالی حرکات قلم، تعداد و موقعیت نقاط و علائم و تعداد زیر کلمات هستند که به صورت تجربی به دست می آیند. به عنوان مثال، در زبان فارسی، اگر توالی نقاط یک کلمه به صورت سه نقطه در بالا، یک نقطه در بالا و یک نقطه در پایین باشد این کلمه "شنبه" است. کارایی یک سامانه بازشناسی الگو مبتنی بر روش های حسی - تجربی بستگی به گستره تجربیات طراح دارد[3].

۱-۲-۲- روش های ساختاری یا نحوی

در خیلی از مسائل پیچیده، تعداد ویژگی های مورد نیاز ممکن است بسیار زیاد باشند. در چنین شرایطی می توان یک الگو را مجموعه ای از چند الگوی ساده تر در نظر گرفت. هر الگوی ساده می تواند

---

[1] K-Means
[2] Heuristic Methods
[3] Syntactic (Structural) Methods
[4] Mathematical Methods

از چندین زیر الگوی ساده تر تشکیل شده باشد. ساده ترین زیر الگوها را عناصر پایه[1] می گویند. بیان الگو بر حسب عناصر پایه، اساس شناسایی ساختاری الگو را تشکیل می دهد. ویژگی های ساختاری می توانند به صورت صریح با روابط ریاضی یا به صورت ضمنی با یک گرامر زبان بیان شوند. الگوها جملاتی از یک زبان هستند که عناصر پایه، الفبای آن هستند. این جملات با توجه به گرامر زبان شناخته می شوند. با استفاده از الفبای زبان و گرامر آن می توان مجموعه پیچیده ای از الگوها را با مجموعه ی کوچکی از عناصر پایه و قواعد گرامری زبان بیان کرد. گرامرهای هر کلاس با توجه به نمونههای آموزشی همان کلاس ساخته می شوند. روش های ساختاری، زمانی مفید هستند که الگوها، ساختارهای قابل تعریفی به وسیلهٔ مجموعه ای از قواعد داشته باشند. به دلیل وجود الگوهای نویزی در شناسایی عناصر پایه و قواعد گرامری، پیاده سازی ساختاری دارای مشکلات زیادی است[3].

۱-۲-۳- روش های ریاضی

در روش های ریاضی بازشناسی الگو، هر الگوی $x=\{x_1, x_2, ..., x_n\}$ به صورت نقطه ای در فضا n بعدی مدل شده و با توجه به مقدار ویژگی هایش به یکی از کلاس ها نسبت داده می شود. ویژگی ها به گونه ای انتخاب می شوند که بردارهای نمونه های مربوط به کلاس های مختلف، ناحیه های متفاوتی از فضا را اشغال می کنند. روش های ریاضی، بر مبنای توابع تصمیم[2] (جداساز) برای کلاس های الگو بنا شده اند. برای یک مسأله طبقه بندی K کلاسه نیاز به پیدا کردن K تابع تصمیم $d_1(x), d_2(x), ..., d_k(x)$ با خاصیت زیر است.

$$if \quad x \in \omega_i \quad then \quad d_i(x) > d_j(x) \quad for \quad j = 1,2,...,k \quad , j \neq i \qquad (۲-۱)$$

به عبارت دیگر الگوی ناشناخته x به کلاس ω_i متعلق است اگر با جایگزینی x در توابع تصمیم فوق، مقدار عددی $d_i(x)$ بزرگتر از بقیه باشد. در این صورت، مرز تصمیم جدا کننده کلاس ω_i از ω_j به صورت زیر خواهد بود.

$$d_{ij}(x) = d_i(x) - d_j(x) = 0 \qquad (۳-۱)$$

برای الگوهای متعلق به کلاس ω_i مقدار $d_{ij}(x)$ مثبت و برای الگوهای متعلق به کلاس ω_j منفی است. برای تعیین تابع تصمیم هر کلاس معمولاً از نمونه های آموزشی آن کلاس استفاده می شود.

---

[1] Primitive Elements

[2] Decision(Discriminant)Functions

روش های ریاضی شامل دو گروه آماری[1] و غیر آماری[2] هستند. از این دو گروه با عنوان پارامتریک (غیر آموزش پذیر[3]) و غیر پارامتریک (آموزش پذیر[4]) نیز یاد می شود[4]. در روش های پارامتریک، پارامترهای تابع تصمیم مستقیما از خصوصیات آماری نمونه های آموزشی تعیین می شوند و در روش های غیر پارامتریک، پارامترهای تابع تصمیم معمولا در یک فرآیند یادگیری تعیین می شوند. بسیاری از تکنیک های ارائه شده در روش های پارامتریک مبتنی بر فرض نرمال بودن توابع توزیع الگوها هستند. در صورتی که تعداد نمونه های موجود در هر کلاس کم باشد، معمولا روش های غیر پارامتریک بهتر عمل می کنند[7].

۱-۲-۳-۱- روش های آماری

روش های آماری بر مبنای قواعد طبقه بندی ریاضی با بهره گیری از خصوصیات آماری الگوها استوار هستند. در این روش ها، مرزهای تصمیم گیری به وسیله توزیع های آماری نمونه ها تعیین می شوند. طبقه بندی های الگو برای روش های آماری عموما بر مبنای قاعده تصمیم بیز[5] کار می کنند. با به کار گیری این قاعده، اگر تابع چگالی احتمال هر یک از کلاس های الگو و همچنین احتمال پیشین هر کلاس مشخص باشد، سطح تصمیم بهینه پیدا می شود[۱].

۱-۲-۳-۲- روش های غیر آماری

روش های غیر آماری بر مبنای یک چارچوب ریاضی بدون استفاده صریح از خصوصیات آماری الگوها استوار هستند. در این روش ها، ابتدا فرم کلی مرز جدا کننده (مانند توابع خطی یا درجه دوم) مشخص شده و سپس پارامترهای آن با استفاده از نمونه های آموزشی تعیین می شود. الگوریتم های یادگیری تکراری، نمونه ای از روش های غیر آماری هستند که در آنها توابع تصمیم از الگوهای آموزشی و در یک فرآیند تکرار تولید می شوند. یعنی پس از انتخاب نوع تابع تصمیم، ضرایب مربوط به آن در یک فرآیند تکراری، با استفاده از نمونه های آموزشی، تعیین می شوند. شبکه های عصبی پرسپترون چند لایه از متداولترین روش های غیر آماری برای بازشناسی الگو هستند. برخی مراجع روش های غیر آماری را با عنوان روش های عصبی نیز معرفی کرده اند[7]. در شکل ۱-۲ روش های غیر آماری، آماری و ساختاری

---

[1] Statistical
[2] Deterministic
[3] Non Trainable
[4] Trainable
[5] Bayes Decision