

فصل اول

مقدمه

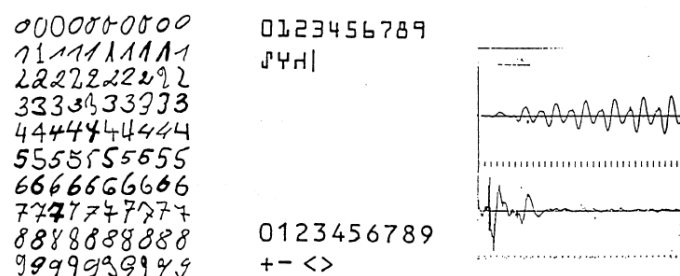
انسان‌ها در زندگی روزمره با استفاده از حواس پنجگانه خود از محیط اطراف نمونه برداری¹ کرده و مشاهدات، شنیده‌ها، مزه و بوی خوراک، لمس سرما، گرما، زبری و نرمی را در قالب الگوهایی در سیستم مدیریت دانش تعبیه شده در سیستم عصبی و مغز، پردازش و نگهداری می‌کنند. با توجه به محل زندگی و ورودی‌های مختلفی که به انسان‌های متفاوت داده می‌شود، این الگوها در سیستم اطلاعاتی انسان‌های مختلف به صورت متفاوت شکل گرفته و به همین دلیل برداشت و فهم انسان‌های مختلف نسبت به الگوهای موجود در محیط، متفاوت است. به عنوان مثال، اشیاء مختلف که در محیط اطراف انسان‌ها وجود دارند ممکن است برای اشخاص مختلف متفاوت باشند. به همین دلیل وقتی یک نوجوان 10 ساله برای اولین بار با وسیله‌ای به نام تلسکوپ برخورد می‌کند هیچ الگویی از شکل، ابعاد و خصوصیات فیزیکی آن در ذهن خود نمی‌یابد و به همین دلیل آن را جزء هیچ دسته‌ای از اشیاء طبقه‌بندی نکرده و برای آن نامی نمی‌یابد. بدین صورت است که آموزش شناسایی الگو برای این نوجوان جهت شناخت شیئی به نام تلسکوپ آغاز می‌شود و با تکرار مشاهده انواع مختلفی از تلسکوپ خصوصیات ظاهری و فیزیکی آن به شخص آموزش داده شده و با پردازش اطلاعات دریافت شده توسط مشاهدات شخص، اندک اندک یک تعریف یا الگو از تلسکوپ در ذهن وی به وجود می‌آید. حال اگر یک تلسکوپ جدید به شخص آموزش دیده نشان دهیم که تاکنون ندیده است، مسلماً با توجه به شباهتی که بین این تلسکوپ نمونه با تلسکوپ‌های دیده شده قبلی وجود دارد، تطبیق الگو در سیستم پردازش اطلاعات شخص انجام شده و این نمونه جدید در دسته تلسکوپ‌ها دسته‌بندی می‌شود. از آنجا که سناریوی توضیح داده شده بر اساس تکرار داده‌های آموزشی و با استفاده از داده‌ها و روش‌های آماری انجام می‌شود، از آن به شناسایی آماری الگو² یاد می‌کنیم.

شناسایی آماری الگو نام درسی در دوره کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر و برق است که به منظور آموزش روش‌های شناسایی الگو مبتنی بر استفاده از داده‌ها و روش‌های آماری تدریس می‌شود. از آنجا که تمامی بخش‌های این درس بر مبانی آمار و احتمالات بنا

¹ Sampling

² Statistical pattern recognition

شده است، در فصل دوم این کتاب با دیدگاه طراحی سیستم‌های تشخیص الگو به مروری بر آمار و احتمالات مهندسی می‌پردازیم. در ادامه ضمن معرفی مبانی ریاضی سیستم‌های شناسایی الگو، روش‌ها، الگوریتم‌ها و ابزاری که به منظور شناسایی الگو با استفاده از داده‌ها و روش‌های آماری به کار می‌روند را معرفی می‌کنیم.



شکل 1-1- سه نمونه از داده‌های شناسایی شونده؛ راست: سیگنال صوتی یا گفتار، وسط: اعداد و کاراکترهای تایپی، چپ: اعداد دستنویس

در فصل سوم، به معرفی انواع روش‌های شناسایی پرداخته و نحوه عملکرد یک شناسایی کننده که از داده‌های آماری استفاده می‌کند تا آموزش دیده در مرحله تست یا آزمایش به شناسایی نمونه‌های جدید بپردازد را توضیح می‌دهیم. شناسایی کننده‌ها را عموماً به دو دسته مبتنی بر مدل و بدون مدل تقسیم می‌کنند. شناسایی کننده‌های مبتنی بر مدل یک مدل پارامتریک را برای عملکرد خود به صورت پیش‌فرض تعریف می‌کنند و با استفاده از داده‌های آموزشی سعی می‌کنند آن پارامترها را تخمین بزنند. با تخمین پارامترهای مجهول، مدل سیستم شناسایی کننده شکل گرفته و می‌تواند برای شناسایی نمونه‌های جدید مورد استفاده قرار بگیرد. در نقطه مقابل، شناسایی کننده‌های بدون مدل، از داده‌های آموزشی به صورت خام استفاده نموده و با دریافت یک نمونه آزمایشی، از اطلاعات خام و بدون مدل داده‌های آموزشی جهت شناسایی آن نمونه جدید بهره می‌گیرند.

در فصل چهارم به عنوان فصل تکمیل کننده مطالب مربوط به شناسایی کننده ها که با عنوان آموزش و ارزیابی شناخته می شود، نحوه به کارگیری الگوریتم های یادگیری و همچنین نحوه محاسبه دقت شناسایی کننده ها را مورد ارزیابی قرار می دهیم.

همانگونه که اشاره شد، سیستم های شناسایی کننده از داده های آماری جهت آموزش سیستم و همچنین شناسایی نمونه های جدید استفاده می کنند. فصل پنجم به معرفی مفهوم پایگاه داده و خصوصیات یک پایگاه داده مناسب برای استفاده در سیستم های شناسایی آماری الگو می پردازد. سیستم های شناسایی الگو معمولاً برای شناسایی سه دسته از نمونه های زیر مورد استفاده قرار می گیرند:

الف- سیگنالها

مانند سیگنالهای صوتی و گفتار، سیگنالهای EEG و ECG، سیگنالهای ماهواره ای و راداری

ب- تصاویر دو بعدی

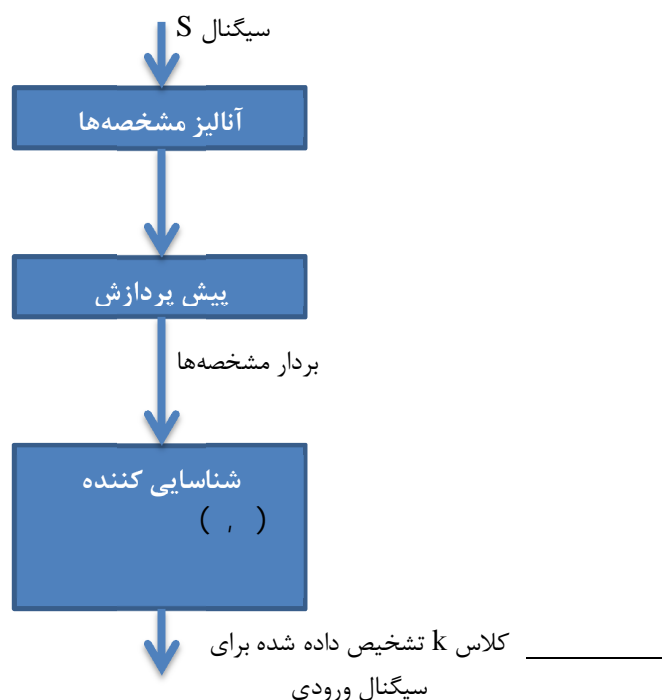
مانند تصویر اشیاء، حروف تایپ شده، چهره انسانها، خودروها و پلاک خودروها، تصاویر پزشکی، برگ درختان، میوه ها و ...

پ- خطوط دستنویس

خطوط دستنویس در دسته تصاویر دوبعدی قرار نگرفته اند زیرا در شناسایی خطوط دستنویس به صورت آنلاین از قلم نوری و ابزارهایی استفاده می شود که علاوه بر تصویر دوبعدی دستنویسته اطلاعات بیشتری مانند سرعت قلم هنگام نوشتن را نیز دریافت می کنند.

همانگونه که در مورد شناسایی یک شیء اشاره شد، یک الگو شامل خصوصیات از آن شیء است که در تمام نمونه های مربوط به یک دسته یا طبقه شبیه به هم هستند. به

عنوان مثال در مورد دسته تلسکوپ‌ها، همه تلسکوپ‌ها دارای یک لوله دراز هستند که در ابتدا و انتهای خود دارای دو عدسی بوده و معمولاً بر روی سه پایه قرار می‌گیرند. این خصوصیات در همه تلسکوپ‌ها با هم شباهت داشته و خصوصیتی مانند رنگ و اندازه در شناختن یک تلسکوپ اثری ندارد. علاوه بر لزوم وجود شباهت برای خصوصیات نمونه‌های قرار گرفته در یک دسته، نیاز به وجود تفاوت نیز در خصوصیتی که برای یک دسته تعریف می‌کنیم با نمونه‌های دسته‌های دیگر به چشم می‌خورد. به عنوان مثال برای دسته تلسکوپ‌ها نمی‌توانیم خصوصیت "دارای وزن فیزیکی بودن" را به عنوان یک خصوصیت مناسب برای شناسایی یک نمونه در نظر بگیریم. خصوصیتی که دارای این دو شرط بوده و در یک سیستم شناسایی الگو از یک نمونه دریافت یا استخراج می‌شوند را به عنوان مشخصه‌های³ آن دسته می‌شناسیم. مشخصه‌های یک نمونه در قالب یک بردار به نام بردار مشخصه‌ها⁴ شناخته می‌شوند. فصل ششم به معرفی مشخصه‌ها، خصوصیات آن‌ها و همچنین ارائه چند نمونه عملی در این زمینه می‌پردازد.



³ Features

⁴ Feature vector

شکل 1-2- سیستم شناسایی الگوی آماری

آنچه مسلم است، همه مشخصه‌هایی که برای یک دسته تعریف می‌شوند دارای ارزش و کارایی یکسان در شناسایی نمونه‌های مربوط به آن دسته نیستند. به همین دلیل به منظور افزایش سرعت اجرای سیستم شناسایی و همچنین بالا بردن میزان دقت و نرخ تشخیص صحیح سیستم، از روش‌هایی استفاده می‌شود که اقدام به انتخاب مشخصه‌های مناسب‌تر کرده و زیرمجموعه‌ای از مشخصه‌های اولیه را به منظور استفاده انتخاب می‌کنند. این روش‌ها در فصل هفتم مورد بررسی قرار می‌گیرند.

پس از آشنایی با روش‌ها و سیستم‌های شناسایی‌کننده الگو که با استفاده از داده‌های آموزشی به صورت با سرپرستی عمل می‌نمایند، در فصل هشتم اقدام به معرفی سیستم‌های دسته‌بندی بدون سرپرستی نموده و الگوریتم‌های خوشه‌بندی را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

با پایان پذیرفتن فصل هشتم، مبانی سیستم‌های شناسایی الگو ارائه شده و در ادامه به معرفی روش‌ها و الگوریتم‌هایی می‌پردازیم که برای مسائل خاص و مشکلاتی که در سیستم‌های شناسایی با آن‌ها روبرو می‌شوید مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال الگوهایی که برای برخی نمونه‌ها مانند صحبت کردن یا حرکت کردن یک شیء تعریف می‌شوند با الگوهایی که برای شناسایی نوع یک خودرو یا پلاک آن مورد استفاده قرار می‌گیرند متفاوت است. این تفاوت در گستردگی نمونه در محور زمان است. کلمه یا جمله‌ای که توسط یک شخص بیان می‌شود در یک بازه زمانی گسترده شده و شامل چندین الگوی ثابت است که با پشت سر هم قرار گرفتن آن‌ها، الگوی مربوط به آن کلمه یا جمله شکل می‌گیرد. در فصل نهم با معرفی مدل مخفی مارکوف⁵ به معرفی روش‌هایی می‌پردازیم که برای شناسایی چنین الگوهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

⁵ HMM (Hidden Markov Model)

حتما تاکنون با نام شبکه‌های عصبی مصنوعی برخورد داشته‌اید. شبکه‌های عصبی مصنوعی، نوعی سیستم شناسایی الگو، الهام گرفته از نحوه عملکرد سیستم عصبی و مغز انسان هستند که در فصل دهم به معرفی آن‌ها می‌پردازیم. اگرچه این نوع سیستم‌های شناسایی الگو از کارایی و دقت مناسبی در شناسایی الگوها برخوردار نیستند، اما آشنایی با نحوه عملکرد و همچنین تفاوت‌های آن‌ها با سیستم‌های شناسایی کلاسیک می‌تواند بینش و نگرش مناسبی را در حل مسائل جدید به وجود آورد.

ماشین بردار پشتیبان⁶ یکی از روش‌های یادگیری با نظارت است که از آن برای طبقه‌بندی و رگرسیون استفاده می‌شود. این روش از جمله روش‌های نسبتا جدیدی است که در سال‌های اخیر کارایی خوبی نسبت به روش‌های قدیمی‌تر از جمله شبکه‌های عصبی پرسپترون از خود نشان داده است. فصل یازدهم با معرفی ماشین بردار پشتیبان، چند نمونه کاربردی از آن را نیز ارائه می‌کند.

یکی از مهم‌ترین مسائل در دنیای کامپیوتر و فناوری اطلاعات جستجو است. تاکنون روش‌های بسیاری برای انجام جستجو بر روی داده‌های دیجیتالی ارائه شده است. روش‌هایی مانند جستجوی سریع⁷ و جستجوی دودویی⁸ و... اما این الگوریتم‌ها، هنگامی که با حجم گسترده‌ای از داده‌ها روبرو شوند، کارایی چندانی ندارند و حتی الگوریتم‌های پیشرفته‌تر مانند جستجوی بازپخت شبیه‌سازی شده⁹ و الگوریتم عمیق‌شونده تکراری¹⁰ نیز در هنگام رویارویی با مسائل ابرفضا¹¹ از یافتن راه‌حل یا ناحیه‌های دلخواه در می‌مانند. در این میان یک روش جادویی وجود دارد که مسائل بزرگ را به سادگی و به گونه‌ای شگفت‌انگیز حل می‌کند و آن «الگوریتم ژنتیک»¹² است که در دسته الگوریتم‌های تکاملی قرار می‌گیرد. در

⁶ SVM (Support Vector Machine)

⁷ Quick search

⁸ Binary search

⁹ Simulated annealing

¹⁰ Iterative deepening

¹¹ Hyper space

¹² GA (Genetic Algorithm)

فصل دوازدهم با چند نمونه از این الگوریتم‌های تکاملی مانند الگوریتم ژنتیک، الگوریتم مورچگان و... آشنا خواهید شد.

از آنجا که داده‌های آماری زمانی می‌توانند با کارایی مناسب در آموزش یک الگو مورد استفاده قرار گیرند که از حجم و تکرار بالایی برخوردار باشند، نحوه به‌کارگیری و استفاده از داده‌هایی با حجم بالا یکی از مشکلاتی است که در سیستم‌های شناسایی الگو با آن سروکار داریم. علاوه بر استفاده از روش‌های هوش مصنوعی مانند الگوریتم‌های تکاملی که در فصل دوازدهم به آن‌ها پرداخته می‌شود، استفاده از تکنیک‌ها و روش‌های نرم‌افزاری نیز می‌تواند سودمند واقع شود که در فصل سیزدهم به معرفی آن‌ها می‌پردازیم.

آزمون‌های آماری و ارزشیابی روش‌ها و الگوریتم‌هایی که برای شناسایی الگوها از آزمون‌های آماری استفاده می‌کنند از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. فصل چهاردهم با معرفی آزمون‌های آماری این کتاب را به پایان می‌رساند.

توصیه می‌شود دانشجویان در حین فراگیری مطالب این کتاب، اقدام به پیاده‌سازی و به‌کارگیری روش‌ها و الگوریتم‌های معرفی شده در کتاب نموده تا با جزئیات عملکرد هر روش در سیستم‌های مهندسی آشنا شوند. در درجه اول برنامه‌نویسی به زبانهای جاوا، C++، C# و دیگر زبان‌های برنامه‌نویسی که قطعا کتابخانه‌های مرتبط با شناسایی الگو را می‌توانید برای آن‌ها بیابید مورد توصیه بوده، و دانشجویانی که از مهارت برنامه‌نویسی ضعیف‌تری برخوردارند، می‌توانند از نرم‌افزار Matlab جهت پیاده‌سازی و استفاده از الگوریتم‌های معرفی شده در کتاب استفاده کنند.