

# فهرست مطالب

## فهرست شکل‌ها

## فهرست جدول‌ها

# فصل ۱

## ابزارهای ریاضی

### ۱.۱ مقدمه

در این فصل به شرح برخی از ابزارهای ریاضی مورد استفاده در این نوشتار پرداخته‌ایم. از معرفی ابزارهایی که به طور معمول در حوزه‌ی تشخیص الگو به کار می‌روند، به عنوان نمونه SVM<sup>۱</sup>، در اینجا صرف نظر خواهیم کرد و تنها به ابزارهایی که ارتباط بیشتری به مسأله‌ی خاص طبقه‌بندی بین‌سوژه‌ای دارند خواهیم پرداخت. در بخش؟؟ به معرفی روش‌های انتقال یادگیری که ادبیات کامل آن در [؟] آمده است، می‌پردازیم. حوزه موردنظر در این پژوهش، حوزه‌ی انتقال یادگیری transductive است که در بخش؟؟ به معرفی آن و روش‌های مطرح شده در این حوزه پرداخته‌ایم. در بخش؟؟ به معرفی هندسه ریمانی که کارآمدی آن در حوزه طبقه‌بندی بین سوژه‌ای اثبات شده است پرداخته و مفاهیمی از این هندسه را که در این پژوهش از آن استفاده کرده‌ایم، معرفی نموده‌ایم.

### ۲.۱ انتقال یادگیری

به عنوان یکی از شاخه‌های وسیع و پرکاربرد هوش مصنوعی، یادگیری ماشین (Machine Learning) به تنظیم و اکتشاف شیوه‌ها و الگوریتم‌هایی می‌پردازد که بر اساس آنها رایانه‌ها و سامانه‌ها توانایی تعلّم و یادگیری پیدا می‌کنند. هدف یادگیری ماشینی این است که کامپیوتر (در کلی‌ترین مفهوم آن) بتواند به تدریج و با افزایش داده‌ها بازدهی بالاتری در وظیفه مورد نظر، پیدا کند. گستره این وظیفه می‌تواند از تشخیص خودکار چهره با دیدن چند نمونه از چهره مورد نظر تا فراگیری شیوه گام‌برداری برای روبات‌های دوپا با دریافت سیگنال پاداش و تنبیه باشد. حدود ۳۰ سال است که تحقیقات در زمینه ماشین‌های یادگیرنده به طور جدی دنبال می‌شود. تکنولوژی‌های داده‌کاوی (کشف اطلاعات و ساختار جدید از داده‌های موجود) و یادگیری ماشین، در حال حاضر در بسیاری از حوزه‌های مهندسی که شامل طبقه‌بندی، رگرسیون و خوشه‌بندی است به پیشرفت‌های قابل توجهی دست یافته‌اند. با این حال، روش‌های یادگیری

---

<sup>۱</sup> Support Vector Machine

ماشین تحت یک سری فرض‌های رایج به خوبی کار می‌کند که این فرض‌ها عبارتند از: داده‌های آموزش و تست دارای فضای ویژگی و توزیع "یکسان" باشند. هنگامی که توزیع تغییر کند، بسیاری از مدل‌های آماری نیاز به تجدید ساختار با استفاده از داده‌های آموزشی جدید دارند. در بسیاری از کاربردهای عملی، جمع‌آوری دوباره داده‌های آموزشی و تجدید ساختار مدل‌ها غیرممکن و به صرفه نبوده پس کاهش نیاز به این عمل، روشی معقولانه به نظر می‌رسد. در این موارد، انتقال دانش<sup>۲</sup> یا انتقال یادگیری<sup>۳</sup> بین حوزه‌های task می‌تواند مطلوب باشد. مثال‌های بسیاری در مهندسی وجود دارد که در آن‌ها انتقال یادگیری واقعا می‌تواند مفید باشد.

الگوریتم‌های پیشین داده‌کاوی و یادگیری ماشین، با استفاده از مدل‌های آماری که بر روی داده‌های آموزشی برچسب‌دار و بدون برچسب، آموزش داده شده‌اند به پیش‌بینی برچسب داده‌های تست می‌پردازند. مسأله‌ای که در آن تعداد داده برچسب‌دار برای ساخت یک طبقه‌بندی‌کننده خوب کم است، با استفاده از الگوریتم‌های semi-supervised، که در آن‌ها از تعداد کمی داده برچسب‌دار و تعداد زیادی داده بدون برچسب برای ساخت طبقه‌بند استفاده می‌شود، حل شده است. انواع الگوریتم‌های یادگیری باسرپرست و semi-supervised، برای مجموعه داده غیرکامل مورد مطالعه قرار گرفته است، برای مثال Zhu and Wu [۸] به بررسی مسائل مرتبط با برچسب کلاس نویزی پرداخته‌اند. اما بسیاری از آن‌ها توزیع داده برچسب‌دار و داده غیر برچسب‌دار را یکسان فرض می‌کنند. در مقابل، انتقال یادگیری این امکان را فراهم می‌سازد که حوزه‌ها، taskها و توزیع‌ها برای مجموعه داده تست و آموزش متفاوت باشد. در دنیای واقعی، مثال‌های زیادی برای انتقال یادگیری وجود دارد. برای مثال، یادگیری تشخیص سبب می‌تواند به تشخیص گلابی کمک کند. به طور مشابه، یادگیری نواختن ارگ الکتریکی می‌تواند به یادگیری پیانو کمک کند. مطالعه انتقال یادگیری با این حقیقت که انسان می‌تواند به طور هوشمندانه از دانش آموخته شده پیشین خود مسائل جدید را سریع‌تر و بهتر حل کند، مورد توجه قرار گرفته است. پژوهش بر روی انتقال یادگیری از سال ۱۹۹۵ با نام‌های مختلفی از جمله آموختن یادگیری، یادگیری دائمی، انتقال دانش، انتقال استقرا، یادگیری چندین task، تثبیت دانش، یادگیری وابسته به محتوا، یادگیری غیرنمادین، و یادگیری افزایش/تجمعی مورد توجه قرار گرفته است. در واقع انتقال یادگیری، توانایی یک سیستم برای تشخیص و استفاده از دانش و مهارت آموخته شده در taskهای قبلی است. در این تعریف، انتقال یادگیری با هدف استخراج دانش از یک یا چند task منبع و اعمال دانش به یک task هدف، انجام می‌شود. شکل؟؟ تفاوت بین تکنیک‌های پیشین یادگیری ماشین و انتقال یادگیری را نشان می‌دهد. همانطور که می‌بینیم، تکنیک‌های پیشین یادگیری ماشین برای یادگیری هر task از ابتدا شروع می‌کنند در حالی که تکنیک‌های انتقال یادگیری، دانشی را از taskهای پیشین به task هدف، انتقال می‌دهند.

امروزه، روش‌های انتقال یادگیری در چندین حوزه، به ویژه در داده‌کاوی، یادگیری ماشین، و کاربردهایی از یادگیری ماشین و داده‌کاوی پدیدار شده‌اند. قبل از اینکه دسته‌بندی‌هایی از انتقال یادگیری را بیان

<sup>۲</sup>knowledge transfer

<sup>۳</sup>Transfer Learning

کنیم، در ابتدا نمادهای استفاده شده را توضیح می‌دهیم.