

توصیف درس «یادگیری محاسباتی»

تعداد واحد: ۴ واحد
مقطع: کارشناسی ارشد و دکتری

ترم بهار سال تحصیلی ۱۳۹۴-۱۳۹۳
زمان: یکشنبه و سه‌شنبه ۳:۳۰ تا ۵:۳۰

مدرسین: دکتر امید اعتصامی، دکتر محمدهادی فروغمند اعرابی

۱ توصیف درس: جنبه‌های محاسباتی یادگیری ماشین

امروزه با تنوع و حجم بالای داده‌ها از انواع مختلف مواجه هستیم و به استخراج روابط موجود در این داده‌ها علاقه‌مندیم. این بررسی داده‌ها از روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد که از رایج‌ترین آن‌ها، روش‌های یادگیری ماشین است. بسیاری از پژوهش‌ها تنها به اجرای یکی از روش‌های معمول یادگیری ماشین می‌پردازند. درس یادگیری محاسباتی تلاش می‌کند از منظر پیچیدگی محاسبات به تحلیل روش‌های یادگیری ماشین بپردازد.

در این درس بر خلاف درس معمول یادگیری ماشین تلاش می‌کنیم با اثبات قضیه‌های جالب به دنبال حد و مرزهای روش‌های یادگیری ماشین باشیم. این حد و مرزها فقط شامل حد و مرزهای نظریه اطلاعاتی یادگیری ماشین نمی‌شود، بلکه بررسی می‌کنیم که با وجود محدودیت‌های محاسباتی در ماشین‌های محاسباتی حد و مرزهای روش‌های یادگیری چقدر خواهد بود؟

۲ مطالب درس

- مدل یادگیری احتمالا تقریبا درست را که مدلی الگوریتمی و احتمالاتی برای مساله‌ی یادگیری است معرفی کرده و نشان می‌دهیم بعضی مفاهیم تحت این مدل به طور کارا قابل یادگیری هستند و یادگیری بعضی مفاهیم در گونه‌هایی از این مدل از لحاظ پیچیدگی محاسباتی سخت هستند.
- تیغ اوکام: نشان می‌دهیم تیغ اوکام که ساده‌ترین نظریه را برای توضیح داده‌های مشاهده شده برمی‌گزیند در مدل یادگیری احتمالا تقریبا درست نظریه‌ای با قابلیت پیشگویی برمی‌گزیند.^۱
- بعد واپنیک-چرووننکیس نشان می‌دهد که حتی کلاس‌هایی نامتناهی از مفاهیم گاهی می‌توانند با نمونه‌هایی متناهی یادگرفته شوند.
- یادگیری ضعیف و قوی: نشان می‌دهیم که اگر الگوریتمی داشته باشیم که مفهومی را به طور ضعیف یاد می‌گیرد می‌توان آن را تبدیل به الگوریتمی کرد که به طور قوی یاد می‌گیرد.

- یادگیری در حضور نویز: نشان می‌دهیم که برخی الگوریتم‌های یادگیری حتی وقتی در برچسب‌گذاری نمونه‌ها نویز وجود دارد کار می‌کنند.
- غیر قابل پیشگویی بودن ذاتی را برای بعضی مفاهیم نشان می‌دهیم. یعنی نشان می‌دهیم پیچیدگی یادگیری این مفاهیم مستقل از فضای فرضیه‌هاست.
- تحویل‌پذیری در یادگیری احتمالا تقریباً درست بین بعضی مسائل وجود دارد و از طریق آن می‌توان رابطه‌هایی بین سختی یادگیری مفاهیم مختلف پیدا کرد.
- یادگیری اوتوماتای متناهی از طریق آزمون: یادگیری فعالانه در مقابل یادگیری منفعلانه می‌تواند ورودی‌های مورد نظر خود را مورد آزمون قرار دهد و این قابلیت برای یادگیری مفاهیمی هم چون اوتوماتای متناهی مفید است.

۳ پیش‌نیاز

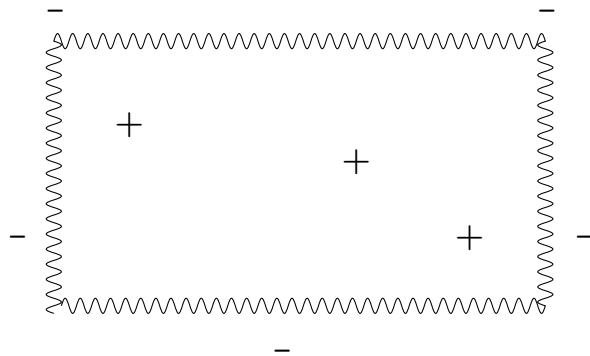
برای گذراندن این درس، دانشجویان نیاز به آشنایی پایه با طراحی و تحلیل الگوریتم‌ها دارند. آشنایی با روش‌های یادگیری ماشین، آمار و احتمال، پیچیدگی محاسباتی، و بهینه‌سازی ترکیبیاتی نیز برای این درس مفید خواهد بود.

مراجع

- [1] Michael Kearns and Umesh Vazirani. *An Introduction to Computational Learning Theory*, MIT Press, 1994.

۴ مسئله اول درس: حدس مکان مستطیل با دانستن برخی نقاط درون و بیرون

بازی انهدام کشتی‌ها^۱ را با کمی تغییر در نظر بگیرید: فرض کنید حریف شما یک کشتی به شکل یک مستطیل با اضلاعی موازی با محورهای مختصات دارد. شما می‌خواهید مکان کشتی را با دانستن تعدادی نقطه درون و بیرون کشتی پیدا کنید. آیا می‌توانید این مسئله را حل یا حتی صورت‌بندی کنید؟!



به صورت رسمی‌تر فرض کنید که مجموعه نقاط نمونه از توزیعی انتخاب شده‌اند که ما آن را نمی‌دانیم. ما می‌خواهیم مستطیلی پیدا کنیم که خیلی نزدیک به کشتی حریف باشد، یعنی اگر نقاط با همان توزیع ناشناخته تولید شوند، تعداد نقاط اختلافی بین مستطیل حدسی ما با کشتی حریف کم باشد.

چه تعداد نمونه نقطه کافی است تا با احتمال زیاد چنین مستطیلی را بتوان یافت؟ و چه الگوریتمی برای یافتن مستطیل خوب است؟

در این درس این گونه پرسش‌ها را بررسی می‌کنیم.

^۱ در بازی انهدام کشتی‌ها دو نفر روی یک کاغذ بازی می‌کنند. در وسط کاغذ طوری یک دفتر قرار می‌دهند که هر بازیکن قسمت مربوط به فرد دیگر را نبیند. سپس هر بازیکن در قسمت خود ۳ کشتی می‌کشد و هر نفر در نوبت خود یک نقطه در قسمت خود انتخاب می‌کند. قرینه نقطه فرد را در طرف مقابل پیدا می‌کنند و اگر روی یکی از کشتی‌های بازیکن حریف باشد، آن کشتی نابود می‌شود. هدف در این بازی نابود کردن تمام کشتی‌های حریف است.