



یادگیری ارجحیت با استفاده از انتگرال چوکت
رتبه‌بندی چند جزئی

داریوش حسن‌پور آده

۹۳۰۸۱۶۴

در این مقاله [۱] در مورد یک نوع روش یادگیری ارجحیت^۱ برای رتبه‌دادن^۲ (امتیازدهی) بین اقلام^۳ که در واقع ارجحیت دادن بین آنها می‌باشد، ارائه شده است. که وظیفه‌ی این یادگیر، یادگیری یک مدلی امتیازده است که تعدادی ورودی می‌گیرد - که این ورودی‌ها در واقع یک (زیر)مجموعه از پیشنهادات^۴ می‌باشد و خروجی این مدل ارجحیتی است که این مدل بین این پیشنهادات ورودی قائل می‌باشد. برای یادگیری مدل، مشابه آنچه که در طبقه‌بند^۵ها معمول است داده‌های آموزشی به صورت نمونه‌های برچسب^۶ خورده استفاده می‌شود. که این برچسب‌ها در واقع ارجحیت‌های تخصیص داده شده به آن نمونه (که در واقع مجموعه‌ای از اقلام می‌باشد) هستند - در نتیجه این روش یادگیری جز روش‌های یادگیری باناظر^۷ می‌باشد. که به این نوع یادگیری، یادگیری رتبه‌بندی چندجزئی^۸ می‌گویند.

ایده‌ی این مقاله برای رتبه‌بندی چندجزئی این است که با استفاده از انتگرال چوکت^۹ گسسته به عنوان یک زیرلایه مدل به عنوان تابع امتیازدهی استفاده کنیم. با این اوصاف قسمت یادگیری مدل مربوط به پیدا کردن اندازه‌گیری فازی^{۱۰} ای است که انتگرال چوکت بروی آن تعریف و بنا شده است، می‌شود.

این مقاله ادعا می‌کند که برای اولین با روشی برای رتبه‌بندی با استفاده از انتگرال چوکت استفاده کرده است و اینکه در مورد اینکه چرا انتگرال چوکت را به عنوان تابع ارزیاب (امتیازده) مورد استفاده قرار داده است، این است که این انتگرال را می‌توان به صورت حالت عمومی شده‌ی (تامیم داده شده‌ی) میانگین وزنی دید که علاوه بر اینکه اهمیت تک‌تک ویژگی^{۱۱}ها را می‌تواند استخراج کند بلکه اطلاعاتی را راجع به ارتباطات و تعاملات^{۱۲} بین آن ویژگی‌ها را نیز می‌تواند استخراج کند.

این مقاله مقداری در مورد کاربرد انتگرال چوکت در یادگیری ماشین توضیحاتی مختصر داده است که بنا به دلیل اینکه خارج از موضوع این نوشتاراند از توضیح آنها صرف‌نظر می‌کنیم. سپس به شرح اندازه‌گیری‌های غیرافزودنی^{۱۳} و سپس انتگرال چوکت گسسته پرداخته است. در شرح دلیل اینکه چرا به اندازه‌گیری‌های غیرافزودنی روی آورده توضیح مفصل و روانی در مورد معایب اندازه‌گیری‌های افزودنی^{۱۴} پرداخته است. برای ناپایداری موجود اندازه‌گیری‌های غیرافزودنی، مقاله از اندازه‌گیری‌های افزودنی استفاده کرده است.

سپس مقاله به معرفی روش ارائه شده جهت یادگیری ارجحیت با استفاده از انتگرال چوکت پرداخته است؛ و تاکید داشته که نوع ارجحیت مورد بحث در مقاله از نوع رتبه‌بندی چندجزئی می‌باشد. اکثر مسائل یادگیری رتبه‌بندی، مساله‌ی یادگیری تابع رتبه‌بند^{۱۵} می‌باشند. که زیرمجموعه‌ای همانند $O \subset \mathcal{O}$ به عنوان ورودی می‌گیرد که \mathcal{O} به عنوان مجموعه مرجع اشیا (مثل مجموعه تمامی کتاب‌ها یا فیلم‌ها) می‌باشد. و تابع رتبه‌بند، مجموعه

-
- Preference Learning^۱
 - Rank^۲
 - Items^۳
 - Alternatives^۴
 - Classifier^۵
 - Labeled^۶
 - Supervised Learning^۷
 - Multipartite Ranking^۸
 - Choquet Integral^۹
 - Fuzzy Measure^{۱۰}
 - Feature^{۱۱}
 - Interactions^{۱۲}
 - Non-Additive Measures^{۱۳}
 - Additive Measures^{۱۴}
 - Ranking Function^{۱۵}

ای کاملاً مرتب شده \preceq به صورت مجموعه رتبه‌بندی شده از زیرمجموعه O به عنوان خروجی برمی‌گرداند. طبق آنچه که مقاله نوشته، معمولاً تابع رتبه‌بند به صورت میانگین امتیازات به صورت $U: \mathcal{O} \rightarrow \mathbb{R}$ به طوری که

$$o \succeq o' \Leftrightarrow U(o) \geq U(o')$$

که $o, o' \in \mathcal{O}$ ؛ پرواضح است که می‌توان به تابع U به عنوان درجه مطلوبیت^{۱۶} انتصاب شده به $o \in \mathcal{O}$ نگاه کرد. با در نظر گرفتن این دیدگاه، می‌توان هدف یادگیری مورد نظر را به صورت یادگیری تابع مطلوبیت پنهان بر روی مجموعه مرجع \mathcal{O} تعریف کرد. که مقاله به تابع $U(\cdot)$ ، تابع رتبه‌بند می‌گوید؛ و همچنین این تابع دارای خاصیت ترتیب مطلق \prec می‌باشد، یعنی موارد $U(o) = U(o')$ رخ نمی‌دهد. برای بدست آوردن تابع $U(\cdot)$ یک الگوریتم یادگیرنده^{۱۷} همراه با داده‌های آموزشی ارائه می‌شود. به این صورت که هریک از اشیا $o \in \mathcal{O}$ به یکی از کلاس‌های $\mathcal{L} = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k\}$ تعلق دارد، و این کلاس‌ها به گونه‌ای هستند که $\lambda_1 < \lambda_2 < \dots < \lambda_k$. در مورد داده‌های آموزشی، شامل اشیا برچسب‌دار $(o_i, l_i) \in \mathcal{O} \times \mathcal{L}$ که مشابه یک نمونه رگرسیون معمولی می‌باشند. همانطور که قبلاً هم گفته شد هدف یادگیری تابع رتبه‌بند $U(\cdot)$ می‌باشد به طوری که با چیدمان کلاس‌ها سازگار باشد به گونه‌ای که اشیا‌ای که به کلاس‌های بالاتر (در رابطه‌ی ترتیب کلاس‌ها) تعلق داشته باشند دارای رتبه‌ی بالاتری نسبت به اشیا متعلق به کلاس‌های پایین‌تر باشند. - در مورد توضیح مسائل رتبه‌بندی کلاس‌ها بنابه محدودیت موجود در تعداد صفحات این نوشتار، تا به اینجا اکتفا می‌کنم.

در مورد اینکه در این جریان، جایگاه انتگرال چوکت در مساله یادگیری رتبه‌بند در کجاست؟ می‌توان گفت که ایده‌ی این مقاله این است که نمایش تابع مطلوبیت پنهان $U(\cdot)$ از انتگرال چوکت استفاده کرده است. با این فرض که اشیا $o \in \mathcal{O}$ به صورت برداری از ویژگی‌ها نمایش داده می‌شود.

$$f_o = (f_o(x_1), \dots, f_o(x_n)) \quad (1)$$

که رابطه‌ی ۱ را می‌توان به عنوان ارزیابی که از شی o نسبت به معیارهای (کلاس‌ها) x_i دارد، می‌باشد. پس طبق فلسفه‌ی انتگرال‌فازی که ترکیب اطلاعات منابع اطلاعاتی‌مان با توجه به اهمیت آنها می‌باشد می‌توان تابع درجه‌ی مطلوبیت $U(\cdot)$ را به صورت ۲ تعریف کرد.

$$U(o) = \zeta_\mu(f_o) \quad (2)$$

که در رابطه‌ی ۲ نماد ζ_μ ، انتگرال چوکت می‌باشد.

این مقاله [۱] موضوع بسیار جالبی را با نوشتاری بسیار گویا و روان شرح داده که برای موضوع سمینار این درس مناسب می‌باشد؛ که متأسفانه به علت محدودیت صفحاتی این نوشتار بیشتر نمی‌توان توضیح داد.

مرجع

- [1] AliFallah Tehrani, Weiwei Cheng, and Eyke Hullermeier. Preference learning using the choquet integral: The case of multipartite ranking. *IEEE Transactions On Fuzzy Systems*, 20(6), 2012.

^{۱۶}Utility Degree

^{۱۷}یادگیر