

امکان‌سنجی احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر بادی و خورشیدی متصل به شبکه توسط الگوریتم درخت تصمیم بهبود یافته بر اساس شرایط محیطی و غیر فنی منطقه

فرید فتح نیا^۱، فروغ فتح نیا^۲ و محمدحسین جاویدی دشت بیاض^۳

^۱گروه برق دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، Farid.fathnia@mail.um.ac.ir

^۲گروه برق دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، Froogh.fathnia@mail.um.ac.ir

^۳گروه برق دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، H-javidi@um.ac.ir

چکیده - با توجه به تقاضای روبه رشد مصرف‌کنندگان در سطح جهانی، نیاز به تولید برق افزایش پیدا کرده است. در عین حال، افزایش جهانی گاز طبیعی و تأکید مقررات بر محدود کردن انتشار گازهای گلخانه‌ای، هزینه تولید برق با استفاده از سوخت‌های فسیلی را افزایش داده است. به همین دلیل، رویکرد به استفاده از سایر منابع انرژی برای تولید برق، از جمله انرژی خورشیدی و انرژی بادی افزایش یافته است. از همین رو در راستای توسعه هرچه گسترده‌تر از انرژی‌های تجدیدپذیر و ایجاد فضای فرهنگی لازم، خرید تضمینی برق تولیدی این انرژی‌های پاک در دستور کار دولت قرار گرفته شده است. در این مقاله به سبب اهمیت موضوع، بحث احداث نیروگاه‌های خورشیدی و بادی متصل به شبکه با توجه به قیود مختلف مسئله، مورد نظر می‌باشد. احداث یک نیروگاه تجدیدپذیر علاوه بر مسائل فنی به مسائل غیرفنی از جمله قیمت زمین و مساحت زمین مورد نظر نیز، وابسته است. لذا رویکرد اصلی پژوهش پیش‌رو استفاده از روش داده‌کاوی درخت تصمیم *ID3*، به منظور اینکه شرایط احداث نیروگاه بادی و خورشیدی را با توجه به ویژگی‌ها و شرایطی که موجود است، در نظر گرفته و طراحان سیستم را جهت اتخاذ تصمیم درست مبنی بر انتخاب نوع نیروگاه راهنمایی کند. همچنین در این روش از معیار واگرایی کولبک-لیبر جهت بهبود کارایی درخت تصمیم نیز استفاده می‌گردد. نتایج مقایسه این دو روش بر روی امکان‌سنجی احداث در مکان‌های انتخابی از نقشه تقسیم‌بندی ایران بر اساس چهار رژیم آب و هوایی، نشان داده شده است.

کلید واژه - انرژی تجدیدپذیر؛ نیروگاه خورشیدی؛ نیروگاه بادی؛ امکان‌سنجی؛ درخت تصمیم؛ معیار کولبک-لیبر

۱- مقدمه

سال ۲۰۰۵ میلادی، در رتبه ۳۱ جهانی کشورهای تولیدکننده بادی با مجموع ظرفیت ۳۱٫۶ مگاوات، قرار گرفته است [۳]. یکی از مهم‌ترین مسائل در استفاده از انرژی خورشیدی و بادی، تعیین محل استفاده از آن می‌باشد که تأثیر زیادی بر کارایی تجهیزات و وسایل تولید برق از این منابع تجدیدپذیر دارد. لذا بهره‌گیری از پتانسیل‌های آب و هوایی می‌تواند اثرات مثبتی در صرفه‌جویی منابع انرژی داشته باشد. در این خصوص شناسایی نواحی مستعد و مناسب که در آن انرژی خورشید و باد در حد مناسبی بوده و بتواند جایگزین انرژی‌های فعلی شود، از اهمیت زیادی برخوردار خواهد بود [۴].

تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه مکان‌گزینی احداث نیروگاه‌های خورشیدی و بادی در داخل و خارج از ایران صورت گرفته است: در [۵] تحت عنوان پتانسیل‌سنجی احداث نیروگاه‌های خورشیدی؛ شهرهای بهبهان، رامهرمز و باغ ملک در استان خوزستان، مستعد احداث این تأسیسات در نظر گرفته شده است. در [۶] به معرفی روش‌های بهره‌مندی از انرژی خورشید در نیروگاه‌های خورشیدی در کشور هند، پرداخته شده و در [۷] با توجه به پارامترهای اقلیمی، استان اصفهان را جهت تأسیس نیروگاه خورشیدی،

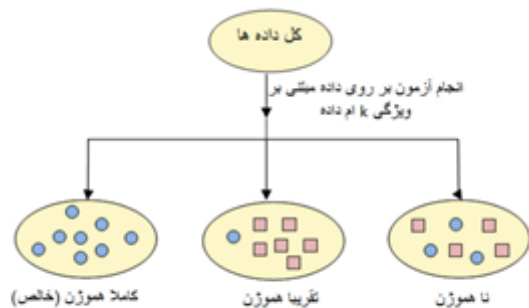
در سالیان اخیر، نوسانات قیمت سوخت‌های فسیلی و پایان‌پذیر بودن آن‌ها، ازدیاد گازهای گلخانه‌ای موجود در اتمسفر و همچنین اهدافی همچون رسیدن به برنامه‌ریزی‌های توسعه پایدار در بخش انرژی، بالا بردن قابلیت اطمینان و امنیت شبکه، ایجاد مشاغل جدید و رشد اقتصادی، تنوع در سبد کالای انرژی و پدافند غیرعامل از جمله مواردی است که منجر به استفاده گسترده انرژی‌های تجدیدپذیر در جوامع مختلف شده است [۱]. در میان انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی باد و خورشید به دلیل آسانی استفاده و فراوانی و همچنین توانایی تبدیل به انواع دیگر انرژی‌ها، توجه بیشتری را به سمت خود معطوف کرده‌اند [۲]. کشور ایران به دلیل قرارگیری در عرض‌های جغرافیایی پایین، پتانسیل بالایی از لحاظ جذب انرژی خورشیدی دارد و همچنین انرژی باد و به‌کارگیری آن جهت تولید برق، روز به روز، گسترده‌تر در سطر اول مطالعات متخصصین صنعت برق، خودنمایی می‌کند، به‌طوری‌که ایران تا پایان

۲- درخت تصمیم گیر

هر درخت تصمیم از چندین گره داخلی (غیربرگ) و گره خارجی (برگ)، تشکیل شده است. هر گره داخلی مشخص کننده یکی از ویژگی‌های داده است که بایستی مد نظر قرار بگیرد. این ویژگی، سوالی را در رابطه با داده ورودی، مطرح می‌کند. به تعداد جواب‌های ممکن برای این سوال، شاخه وجود دارد که از گره مربوطه خارج می‌شوند. هر برگ درخت نیز، برچسب یک کلاس را نگهداری می‌کند. در ضمن، بالاترین گره درخت تصمیم، گره ریشه نامیده می‌شود و هرچه از گره ریشه به سمت گره‌های خارجی فراتر می‌رویم، مرتبه گره (عمق گره) افزایش می‌یابد. مطلوب آن است که تا حد امکان عمق و اندازه درخت، که در غالب تعداد قوانین استخراج شده نمود می‌یابد، کم باشد تا استنتاج راحت‌تری صورت گیرد. بنابراین هدف، بازسازی درختی است که در پی کمینه‌سازی یک تابع هزینه مناسب، چنان آموزش ببیند که با به‌کارگیری کمترین تعداد قوانین تصمیم‌گیری، به طبقه‌بندی داده‌ها بپردازد. معیاری که به‌طور ضمنی پیش‌روی تمامی درخت‌های طبقه‌بندی قرار دارد، آن است که رویه اتخاذی درخت چنان باشد که درجه خلوص (هموژنیته)، زیربخش‌هایی که در نتیجه افزایش داده بر اساس آزمون اعمال شده، روی یکی از ویژگی‌ها، به دست می‌آید، حداکثر باشد. به بیان دیگر، چنانچه داده‌های محتوی هر یک از زیرشاخه‌ها، تماماً به یک کلاس تعلق داشته باشند، هدف غایی طبقه‌بندی داده‌ها، برآورده می‌گردد

۲-۱- درخت تصمیم ID3

همانطور که پیش‌تر بدان اشاره شد، پایه‌ریزی درخت‌های طبقه‌بندی بر این اساس شکل می‌گیرد که چنانچه مبتنی بر یک ویژگی، مجموعه داده‌ها به چند زیربخش مجزا افزایش شدند (مطابق شکل ۱-۲)، درجه همگونی هر یک از زیربخش‌ها تا حد امکان بیشینه باشد تا قابلیت برچسب‌گذاری هر زیربخش تنها با یک کلاس وجود داشته باشد. از این‌رو، در هر مرحله از مراحل گسترش عمقی درخت، از میان ویژگی‌های موجود برای مجموعه داده‌ها، آن ویژگی‌ای باید مورد آزمون قرار بگیرد که درجه هموژنیته زیرشاخه‌های منتجه از آن، در قیاس با سایر ویژگی‌ها، بیشتر باشد.



شکل ۱- افزایش مجموعه داده‌ها در روش درخت تصمیم

مناسب دانسته‌اند. در این سه پژوهش و تحقیقاتی مشابه از جمله در [۱۰-۸]، عمدتاً با توجه به محاسبات فیزیکی تابش خورشیدی به پتانسیل‌سنجی مناطق مبادرت ورزیده‌اند. از جمله تحقیقاتی که با تکیه بر بر عوامل اقلیمی به شناسایی مناطق مستعد پرداخته است، می‌توان به [۴] اشاره کرد که در آن از طریق مدل همپوشانی وزنی و تکیه بر فراسنج‌های اقلیمی، لایه پهنه‌های مناسب جهت استقرار پنل‌های خورشیدی در استان سیستان و بلوچستان، ارائه گردیده است. در خصوص انرژی باد، در [۱۱] پتانسیل انرژی باد در ایستگاه اردبیل با استفاده از تابع توزیع چگالی ویبول انجام داده شده و در [۱۲] نیز ارزیابی پتانسیل انرژی باد و امکان‌سنجی احداث نیروگاه بادی در سبزوهر در دستور کار بوده و محققین در [۱۳] از لحاظ اقتصادی و با کمک نرم‌افزار Visual Basic، احداث نیروگاه‌های بادی را تجزیه و تحلیل کرده‌اند.

در این مقاله، هدف امکان‌سنجی نیروگاه‌های خورشیدی و بادی با عنایت به ویژگی‌های محیطی و شرایط اقلیمی است که مسیر انتخاب احداث نوع نیروگاه، با توجه به درخت تصمیم‌گیری، ارائه گردیده است. همانطور که می‌دانیم داده‌کاوی و استخراج دانش در پایگاه داده‌ها، یکی از رو به‌شدت‌ترین و پرکاربردترین زمینه‌های علمی علوم مختلفی از قبیل شناسایی الگو، یادگیری ماشین، هوش مصنوعی، محاسبات موازی، آمار و غیره می‌باشد. در این میان، درخت تصمیم یکی از پرکاربردترین روش‌هایی است که برای استنتاج استقرایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که نیازمند دانش و تنظیم اولیه از داده‌ها و پارامترها نمی‌باشد. در این روش، مبتنی بر داده‌های آموزشی برچسب‌گذاری شده، درختی بنا می‌شود که حاوی اطلاعاتی از تصمیم‌گیری‌های سلسله‌واری است که بایستی برای تعیین کلاس هر داده، بر روی ویژگی‌های متناظر آن داده انجام گیرد. انتخاب ترتیب ویژگی‌هایی که در پروسه تصمیم‌گیری وارد می‌شوند، به رویه اتخاذی در تشکیل یک درخت به‌خصوص مرتبط می‌باشد. تکیه اصلی این مقاله بر روی درخت تصمیم ID3 می‌باشد که از معیار آنتروپی و بهره اطلاعات برای تشکیل ساختار درختی و فراهم آوردن زیرشاخه‌هایی با درجه هموژنیته بالا بهره می‌گیرد. در این مقاله بنا داریم که با وارد نمودن مفهوم هتروژنیته زیرشاخه‌ها از طریق معیار واگرایی کولبک-لیبر، به ارتقاء عملکرد درخت تصمیم ID3 مبادرت ورزیم. از این‌رو در پژوهش پیش‌رو، در نظر گرفتن امکان‌سنجی احداث نیروگاه خورشیدی و بادی در کنار یکدیگر و استفاده از مفهوم درخت تصمیم و ارائه روشی مبتنی بر بهبود کارایی آن از جمله نوآوری‌های این تحقیق، محسوب می‌شود. جهت تحلیل و شبیه‌سازی از اطلاعات نقشه تقسیم‌بندی ایران بر اساس چهار منطقه آب و هوایی که بر اساس استاندارد NESG می‌باشد، استفاده شده است. در این گزارش در بخش ۲، با جزئیات و مفاهیم بیشتر درخت تصمیم گیر ID3 و معیار کولبک-لیبر جهت بهبود عملکرد آن، آشنا خواهیم شد. در قسمت ۳، روش‌های پیشنهادی ارائه می‌شود که در ۴ این روش‌ها مورد شبیه‌سازی قرار گرفته و نتایج آن، نمایش داده خواهد شد و در انتها در بخش ۵، جمع‌بندی بر کل مطالب ارائه شده، خواهیم داشت.



چنانچه مبتنی بر ویژگی k ام، مجموعه داده‌ها به n_k دسته $\{b_i\}_{i=1}^{n_k}$ افراز شوند. آنتروپی باقیمانده در دسته‌ها مطابق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$I_{res}(a_k) = \sum_{i=1}^{n_k} p(b_i) I(b_i) \quad (4)$$

در رابطه فوق، $p(b_i)$ معرف احتمال دسته b_i بوده که به صورت نسبت تعداد اعضای مجموعه b_i به مجموعه S تعریف می‌شود و نیز حاکی از آنتروپی آن دسته می‌باشد. ویژگی a^* که بیشترین بهره اطلاعاتی را به خود اختصاص می‌دهد، تحت عنوان ویژگی جداساز خطاب می‌شود که مبتنی بر آن درخت در راستای عمق گسترش یافته و زیربخش‌های مرتبه اول شکل می‌گیرند. هر یک از این زیربخش‌ها چنانچه کاملاً هموزن بوده و دارای آنتروپی صفر باشند، به صورت یک برگ درخت نمود می‌یابند و در غیر اینصورت مجدداً تحت آزمون ویژگی جداساز مناسب و افزاز به زیربخش‌های مرتبه دوم قرار می‌گیرند و این روند سلسله مراتبی تا پدیدار شدن تمامی برگ‌های درخت ادامه می‌یابد.

۲-۲- معیار واگرایی کولبک-لیبر

همانطور که در بخش پیشین عنوان شد، در پروسه تشکیل درخت تصمیم ID3، تمرکز اصلی بر هموزنیته زیربخش‌های حاصله از افراز مجموعه داده‌ها، معطوف بود؛ حال آنکه به نظر می‌رسد وارد ساختن مفهوم هتروژنیته مابین زیربخش‌های منتجه از فرآیند افراز، در کنار مفهوم هموزنیته هر دسته، نه تنها با هدف طبقه‌بندی داده‌ها به دسته‌جات مجزا سازگار است بلکه سبب تسریع پروسه تشکیل درخت و کاهش تعداد قوانین تصمیم‌گیری موردنیاز برای تصمیم‌گیری می‌گردد. برای مثال در شکل ۲ مجموعه داده‌ها بر اساس دو ویژگی دسته‌بندی شده‌اند. در هر دو حالت میزان آنتروپی باقیمانده در داده‌ها برابر بوده و در نتیجه بهره اطلاعاتی دو ویژگی یکسان است، از اینرو درخت ID3 تمایزی بین این دو حالت قایل نمی‌شود. در حالیکه چنانچه مفهوم هتروژنیته مابین دسته‌ها نیز در نظر گرفته شود، دیگر امتیاز دو ویژگی در گزینش به عنوان ویژگی جداساز، برابر نخواهد بود، بدین ترتیب که ویژگی دوم که علاوه بر فراهم آوردن دسته‌های هموزن، هتروژنیته مابین آنها را نیز برآورده نموده، ارجحیت دارد زیرا که در حالت دوم بر مبتنی بر دو قانون تصمیم‌گیری، داده‌ها در دو کلاس مجزا دسته‌بندی می‌شوند حال آنکه در حالت اول، دو قانون تصمیم‌گیری برای طبقه‌بندی داده‌ها در یک دسته به کارگرفته شده است و به نظر می‌رسد که تعداد قوانین تصمیم‌گیری فراتر از نیاز می‌باشد.

برای سنجش درجه هتروژنیته مابین دو دسته از معیار واگرایی کولبک-لیبر (kullback-liebler divergence) بهره می‌جویم. چنانچه b_1 و b_2 معرف دو مجموعه داده باشند که هر یک از اعضای آنها به یکی از کلاس C موجود منتسب باشد و تابع جرم احتمال متناظر با این دو دسته به ترتیب با p_1 و p_2 نشان داده شود، آنگاه معیار واگرایی کولبک-لیبر مابین دو دسته مذکور مطابق رابطه δ تعریف می‌شود.

$$div_{kl}(b_1, b_2) = \sum_{k=1}^{\ell} p_1(k) \log_2 \left(\frac{p_1(k)}{p_2(k)} \right) \quad (5)$$

روش پیشنهادی این مقاله سعی دارد که با در نظر داشت مفهوم هتروژنیته،

در درخت تصمیم ID3، معیار آنتروپی برای سنجش درجه همگنی زیربخش‌ها به کار گرفته می‌شود. هرچه درجه یکنواختی و هموزنیته داده‌های محتوی یک دسته بیشتر باشد، ابهام و عدم قطعیت ما راجع به توزیع آماری آن مجموعه داده کمتر بوده و در نتیجه میزان متوسط اطلاعاتی که آن دسته در اختیارمان می‌گذارد کمتر است؛ بالعکس هرچه داده‌های موجود در یک دسته ناهمگون‌تر و بی‌نظمی بیشتری بر توزیع آن حاکم باشد، عدم قطعیت بالاتری به همراه خواهد داشت و حاوی متوسط اطلاعات بیشتری خواهد بود. چنانچه یک دسته کاملاً خالص باشد (تمام اعضای آن به یک کلاس تعلق داشته باشند)، آنتروپی متناظر آن صفر خواهد بود و در نقطه مقابل چنانچه داده‌های مربوط به کلاس‌های مختلف به تعداد برابر در یک دسته به خصوص پراکنده شده باشند، بالاترین درجه ناهمگونی داده‌ها و در پی آن، حد بالای آنتروپی را شاهد خواهیم بود.

مجموعه S را در نظر بگیرید که N داده از C کلاس مختلف را در بر دارد که در آن احتمال حضور کلاس k ام، برابر $p(k)$ می‌باشد. بنا به تعریف ارائه شده در تئوری اطلاعات، آنتروپی مجموعه S با نماد $I(S)$ نشان داده شده و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$I(S) = - \sum_{k=1}^{\ell} p(k) \log_2(p(k)) \quad (1)$$

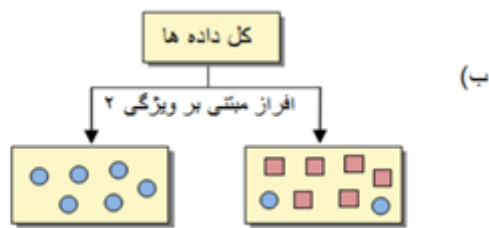
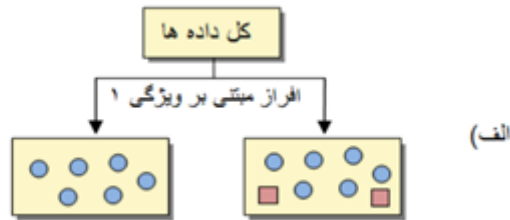
درخت تصمیم ID3، از مفهوم آنتروپی بهره گرفته و به تشکیل ساختار سلسله مراتبی درخت همت می‌گمارد. شروع از گره ریشه و حرکت در جهت گسترش عمق درخت، نیازمند گزینش یک ویژگی مناسب و اعمال آزمون بر روی مجموعه داده‌ها بر اساس آن ویژگی و به دنبال آن افراز داده‌ها به چندین زیرشاخه با توجه به نتیجه حاصله از آزمون مذکور می‌باشد. این پروسه افراز هر زیرشاخه به بخش‌های کوچک‌تر و در نتیجه افزایش عمق درخت، آنقدر ادامه می‌یابد که به دسته‌ای با خلوص کامل (آنتروپی صفر) منتهی گردد. گره آغازین درخت (گره ریشه) را در نظر بگیرید که در آن کلیه داده‌های آموزشی مجموعه S مفروض‌اند. در ضمن هر داده $s \in S$ که منتسب به یک کلاس است، با m ویژگی $\{a_i\}_{i=1}^m$ مشخص می‌شود:

$$s = [a_1, a_2, \dots, a_m] \quad (2)$$

تشکیل گره‌های داخلی مرتبه اول درخت (که عمقی برابر یک دارند) در گرو انتخاب یک ویژگی مناسب از میان این m ویژگی است. ویژگی‌ای مناسب تلقی می‌گردد که چنانچه مجموعه S را بر مبنای آن افراز نماییم، زیربخش‌های حاصل بالاترین درجه هموزنیته و یا بطور معادل کمترین میزان بی‌نظمی (آنتروپی) را به همراه داشته باشند. به بیان دیگر، از میان ویژگی‌های موجود، آن ویژگی را گزینش می‌کنیم که بیشترین افت را در تابع هزینه که همان آنتروپی می‌باشد، ایجاد نماید و یا به عبارتی بیشترین بهره اطلاعاتی را به خود اختصاص دهد.

$$a^* = \underset{k}{\operatorname{argmax}} (\operatorname{Gain}(a_k)) \\ = \underset{k}{\operatorname{argmax}} (I(S) - I_{res}(a_k)) \quad (3)$$

بهره اطلاعاتی متناظر با هر ویژگی عبارتست از تفاضل آنتروپی مجموعه داده S و آنتروپی باقیمانده در دسته‌ها به واسطه استفاده از ویژگی ماخوذه.



شکل ۲- افزاز مجموعه داده بر طبق دو ویژگی

تغییراتی را در روند تشکیل درخت طبقه بند ID3 ایجاد نماید که در بهبود عملکرد آن متمرکز خواهد بود. در این روش، بنای اصلی بر دستیابی به دسته جاتی است که نه تنها درجه یکنواختی بالایی را به خود اختصاص دهد بلکه همزمان تا حد امکان از دسته های هم رده خود، از نظر آماری دور باشد. بر این اساس، تابع هزینه اتخاذی به صورت ترکیبی از دو معیار هموزنیته (آنتروپی درون دسته ای) و هتروژنیته (واگرایی کولیک لیبر برون دسته ای) مطابق رابطه ۶ تعریف می شود.

$$G(b) = \frac{\alpha I(b) + \beta D_{kl}(b)}{\alpha + \beta} \quad (6)$$

در رابطه فوق، $I(b)$ همان آنتروپی دسته b بوده و $D_{kl}(b)$ نیز معرف متوسط واگرایی کولیک لیبر مجموعه b از سایر دسته های هم رده اش می باشد. ضرایب α و β نیز که ضرایب وزن دهنده به دو معیار هموزنیته و هتروژنیته وارد در مساله تلقی می شوند، توسط کاربر و بسته به درجه اهمیت دو معیار فوق، گزیده می شوند. در هر مرحله از مراحل سلسله مراتبی گسترش عمقی درخت، ویژگی ای به عنوان ویژگی جداساز گزیده می شود که بیشترین افت را در تابع هزینه مذکور به همراه آورد. چنانچه مجموعه داده S مبتنی بر ویژگی a_k به n_k دسته $\{b_i\}_{i=1}^{n_k}$ افزاز شود، آنگاه خواهیم داشت:

(۷)

$$a^* = \underset{k}{\operatorname{argmax}} (Gain(a_k)) = \underset{k}{\operatorname{argmax}} (G(S) - G_{res}(a_k))$$

a^* همان ویژگی جداساز می باشد که سبب ساز بیشترین کاهش در تابع هزینه G خواهد بود. $G_{res}(a_k)$ نیز بر اساس میزان احتمال هر کدام از دسته جات حاصل از افزاز و درجه همگنی درون دسته ای و هتروژنیته بین دسته ای به صورت رابطه ۸ به دست می آید.

$$G_{res}(a_k) = \sum_{i=1}^{n_k} p(b_i) G(b_i) \quad (8)$$

$p(b_i)$ بیانگر نسبت تعداد اعضای مجموعه b_i به کل اعضای مجموعه S بوده و $G(b_i)$ نیز میزان تابع هزینه ماخوذه را در محل گره داخلی b_i نشان می دهد.

$$G(b_i) = \frac{\alpha I(b_i) + \beta D(b_i)}{\alpha + \beta} \quad (9)$$

که در آن $I(b_i)$ ، آنتروپی دسته b_i را مشخص می کند.

۳- الگوریتم حل مسئله

در این بخش مراحل گام به گام لازم برای پیاده سازی الگوریتم درخت تصمیم ID3 و همچنین الگوریتم بهبود یافته با استفاده از معیار کولیک لیبر به نمایش درآمده است.

الگوریتم ۱: درخت تصمیم ID3

ورودی: داده های آموزشی (برچسب داده ها و ویژگی های متناظر با آنها)

خروجی: ساختار درخت تصمیم (قواعد تصمیم گیری)

گام ۱: ذخیره سازی اندیس ویژگی ها در مجموعه A و داده های آموزشی در مجموعه S

گام ۲: محاسبه بهره اطلاعاتی هر یک از ویژگی های موجود در مجموعه A

گام ۳: انتخاب ویژگی جداساز a^* و حذف اندیس متناظر با آن از مجموعه A

گام ۴: افزاز مجموعه داده S به چندین زیر بخش مبتنی بر ویژگی جداساز a^*

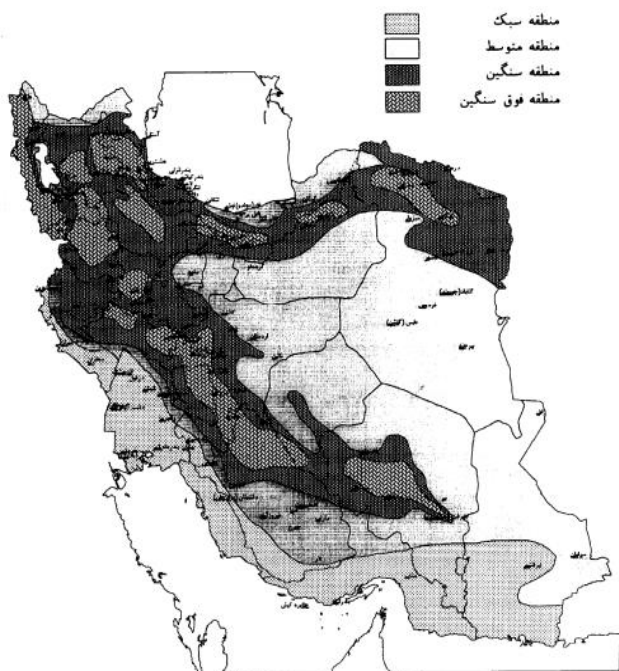
گام ۵: بررسی تک تک زیر بخش های حاصله در گام ۴

۱-۵- اگر آنتروپی زیر بخش مورد بررسی برابر صفر بود: انگاشت آن زیربخش به عنوان گره خارجی (برگ)، انتساب کلاس اعضا به عنوان برچسب برگ

۲-۵- اگر آنتروپی زیر بخش مورد بررسی صفر نباشد: ذخیره زیربخش مربوطه در غالب مجموعه S و بازگشت به گام ۲

۴- نتایج شبیه سازی

آزمون‌های شبیه‌سازی با انتخاب مجموعه نقاط داده از نقشه پهنه‌بندی مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور، انجام گرفته‌است (شکل ۳). با استفاده از این نقشه می‌توان مناطق مختلف آب و هوایی احداث نیروگاه را برای کسب شرایط انواع رژیم‌های آب و هوایی، از جدول‌های موجود در پایگاه آب و هواشناسی، تعیین نموده و برای امکان‌سنجی مورد استفاده قرار داد.



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور

در جدول ۱، توصیفاتی که درخت تصمیم بر پایه آن شکل می‌گیرد، آورده شده‌است. درخت تصمیم مذکور، بهره‌بردار سیستم را کمک شایانی در انتخاب نوع نیروگاه بادی و یا خورشیدی جهت احداث، در هر نقطه‌ای از منطقه در دسترس، می‌کند. در این جدول همانگونه که مشاهده می‌شود از ویژگی‌های گسسته استفاده شده چرا که اساس درخت تصمیم ID3 بر پایه مفهوم گسسته‌سازی استوار است. در این جدول، دمای هوا بالای ۴۰ درجه سانتیگراد با ویژگی گرم، در بازه [۲۰-۴۰] درجه سانتیگراد با نام معتدل و کوچکتر از این بازه با نام سرد، برچسب‌گذاری شده‌است. سرعت باد بالای ۲۵ کیلومتر بر ساعت با نام قوی، در بازه [۱۵-۲۵] با نام متوسط و مابقی حالات با نام ضعیف آمده‌است. انرژی تابش بالای ۳۵۰۰ وات ساعت بر مترمربع نیز با عنوان زیاد و فاصله تا پست فشار قوی زیر ۵ کیلومتر با برچسب نزدیک و قیمت زمین با هزینه متری بیش از ۲ میلیون تومان با عنوان گران شناخته می‌شود. دو ستون بعدی نیز با توجه به ظرفیت در نظر گرفته شده برای نیروگاه خورشیدی و بادی با دو حالت متمایز نشان داده شده‌است. همانطور که مشخص است، بهره‌بردار شبکه آزادی عمل در انتخاب جدول چه بر اساس

الگوریتم ۲: درخت تصمیم پیشنهادی

ورودی: داده‌های آموزشی (برچسب داده‌ها و ویژگی‌های متناظر با آنها)، ضرایب α و β ، مقدار آستانه برای هرس داخلی دسته‌ها
خروجی: ساختار درخت تصمیم (قواعد تصمیم‌گیری)

گام ۱: ذخیره‌سازی اندیس ویژگی‌ها در مجموعه A و داده‌های آموزشی در مجموعه S

گام ۲: محاسبه آنتروپی مجموعه داده S و ذخیره آن تحت عنوان G

گام ۳: محاسبه آنتروپی دسته‌های حاصله از افزایش S مبتنی بر هر یک از ویژگی‌های موجود در مجموعه A

گام ۴: در نظر داشت دسته‌های حاصله از افزایش S مبتنی بر هر یک از ویژگی‌های موجود در مجموعه A و محاسبه واگرایی کولبک لیبر هر دسته با مابقی دسته‌های هم رده خود

گام ۵: محاسبه بهره اطلاعاتی هر یک از ویژگی‌های موجود در مجموعه A

گام ۶: انتخاب ویژگی جداساز a^* و حذف اندیس متناظر با آن از مجموعه A

گام ۷: افزایش مجموعه داده S به چندین زیربخش مبتنی بر ویژگی جداساز a^*

گام ۸: بررسی تک تک زیربخش‌های حاصله در گام ۷

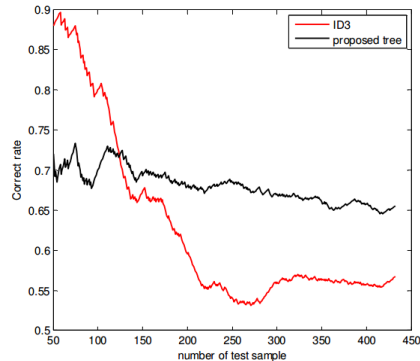
۱-۸ اگر آنتروپی زیربخش مورد بررسی برابر صفر بود: انگاشت آن زیربخش به عنوان گره خارجی (برگ)، انتساب کلاس اعضا به عنوان برچسب برگ

۲-۸ اگر آنتروپی زیربخش مورد بررسی صفر نبود اما میزان واگرایی کولبک لیبر مابین توزیع کلاس‌های محتوی آن زیربخش از آستانه پیش فرض بیشتر باشد: انگاشت آن زیربخش به عنوان گره خارجی (برگ)، انتساب کلاس اعضا به عنوان برچسب برگ

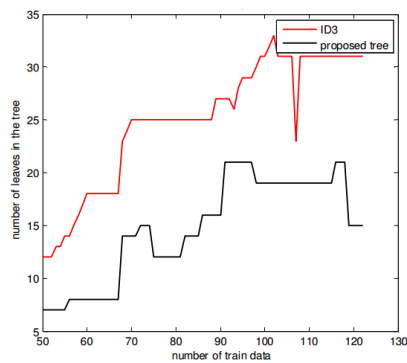
۳-۸ چنانچه هیچ کدام از دو حالت فوق برقرار نباشد: ذخیره زیربخش مربوطه در غالب مجموعه S و بازگشت به گام ۳ به منظور انتخاب مجدد ویژگی جداساز و افزایش دگرباره آن زیربخش در جهت افزایش عمق درخت

جدول ۱- توصیف مجموعه داده انتخابی جهت برپایی درخت تصمیم

تصمیم نهایی	ظرفیت خالی ترانسفورماتور	مساحت زمین	قیمت زمین	فاصله تا پست	انرژی تابش	شدت باد	دمای محیط
خورشیدی	دارد	مناسب	گران	نزدیک	زیاد	ضعیف	گرم
هیچکدام	ندارد	مناسب	گران	دور	زیاد	متوسط	گرم
بادی	دارد	نامناسب	ارزان	نزدیک	کم	قوی	معتدل
هیچکدام	ندارد	مناسب	ارزان	نزدیک	کم	قوی	سرد
بادی	دارد	مناسب	ارزان	نزدیک	کم	قوی	سرد
هر دو	دارد	مناسب	ارزان	نزدیک	زیاد	قوی	معتدل
خورشیدی	دارد	نامناسب	ارزان	نزدیک	زیاد	ضعیف	معتدل
خورشیدی	دارد	مناسب	گران	دور	زیاد	ضعیف	معتدل
هیچکدام	ندارد	مناسب	گران	دور	کم	متوسط	گرم
هیچکدام	ندارد	مناسب	گران	نزدیک	زیاد	متوسط	سرد
بادی	دارد	مناسب	گران	دور	کم	متوسط	گرم
هر دو	دارد	مناسب	گران	نزدیک	زیاد	متوسط	سرد
بادی	دارد	نامناسب	ارزان	دور	زیاد	قوی	معتدل
هیچکدام	دارد	نامناسب	گران	دور	کم	ضعیف	گرم
خورشیدی	دارد	مناسب	ارزان	نزدیک	زیاد	متوسط	معتدل
هر دو	دارد	مناسب	ارزان	نزدیک	زیاد	متوسط	گرم
هیچکدام	دارد	نامناسب	ارزان	دور	کم	ضعیف	گرم

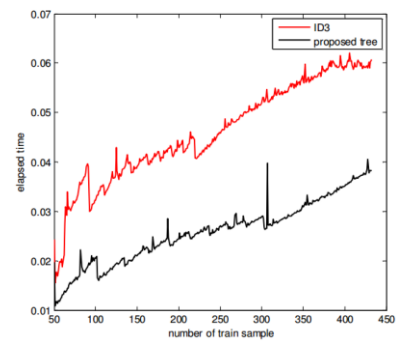


شکل ۵- نرخ گزینش درست با مقایسه درخت تصمیم و حالت بهبودیافته



شکل ۶- تعداد برگ نهایی با مقایسه درخت تصمیم و حالت بهبودیافته

ویژگی‌های گسسته مطرح شده و جه بازه گسسته‌سازی مدنظر بر اساس شرایط موجود را دارد.



شکل ۴- زمان حل مسئله با مقایسه درخت تصمیم و حالت بهبودیافته

مراجع

- [8] حیدری، م (۱۳۸۳)، مکان‌یابی ساخت نیروگاه خورشیدی در ایران، نشریه بین‌المللی نفت و انرژی، صفحات ۲۸-۴۹.
- [9] Fang, Y. W., "Solar Energy Storage Using Phase Change Materials", *Renewable Energy Focus*, pp. 508-518. 2012.
- [10] F. Fazelpoor, M. Shariatzadeh, N. Soltani, "Techno-economic feasibility of grid-connected photovoltaic power plant in Qeshm Island, Iran", 16th Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2016.
- [11] جهانگیری و همکاران (۱۳۸۴)، محاسبه انرژی باد با استفاده از توزیع ویبولی دو پارامتره، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۷۶.
- [12] انتظاری، علیرضا، امیر احمدی، ابوالقاسم، عرفانی، عاطفه، برزویی، اکرم (۱۳۹۱)، ارزیابی پتانسیل انرژی باد و امکان‌سنجی احداث نیروگاه بادی در سیوار، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال سوم، شماره نهم و دهم، صفحات ۳۳-۴۶.
- [13] حسینی، محمدحسن، فروزبخش، فرشید (۱۳۸۲)، تجزیه و تحلیل اقتصادی احداث نیروگاه‌های بادی، نوزدهمین کنفرانس بین‌المللی برق (PSC2004).
- [14] تارنمای سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر ایران. www.satba.gov.org
- [1] H. Shahinzadeh, H. Fathi, A. Gheiratmand, and J. Morad, "Optimal Design and Management of Isolated Hybrid Renewable Energy System (WT/PV)" 21st Electrical Power Distribution Conference, May 2016.
- [2] S. Diaf, D. Diaf, M. Belhamel, M. Haddadi, and A. Louche, "A Methodology for Optimal Sizing of Autonomous Hybrid PV/WIND System" *ELSEVIER Energy Policy*, pp.5708-5718, Aug. 2007.
- [3] گندمکار، امیر (۱۳۸۸)، ارزیابی انرژی باد در کشور ایران، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۰، شماره ۴، ص ۸۵.
- [4] موقری، علیرضا، طاوسی، تقی (۱۳۹۲)، امکان‌سنجی و پهنه‌بندی مکان‌های مستعد جهت استقرار پنل‌های خورشیدی با تکیه بر فراسنج‌های اقلیمی در استان سیستان و بلوچستان، مجله پژوهش‌های برنامه‌ریزی و سیاستگذاری انرژی، سال یکم، شماره ۱، صفحات ۹۹-۱۱۴.
- [5] اسفندیاری، ع (۱۳۹۰)، پتانسیل‌سنجی احداث نیروگاه‌های خورشیدی با بررسی پارامترهای اقلیمی در استان خوزستان با استفاده از GIS، همایش ملی ژئوماتیک، تهران.
- [6] Milller, A. L., *Utiliti Scale Solar Power Plants*, NEW Delhi: IFC, 2012.
- [7] خوش اخلاق، ف (۱۳۸۶)، مکان‌یابی نیروگاه خورشیدی با توجه به پارامترهای اقلیمی، نشریه سپهر، صفحات ۷۵-۸۰.



کنفرانس شبکه‌های هوشمند ۹۶

تهران - ۳۰۲۹ و آذر و ۱۳۹۶

دانشگاه شهید رجائی



دانشگاه تربیت مدرس شهید رجائی

کنفرانس شبکه‌های هوشمند ۹۶

Smart Grids Conference 2017

کتابچه مقالات

ضمن تشکر از ارائه مقاله با عنوان:

امکان‌سنجی احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر بادی و خورشیدی متصل به شبکه توسط الگوریتم درخت تصمیم بهبود یافته بر اساس شرایط محیطی و غیر فنی منطقه

در کنفرانس شبکه‌های هوشمند انرژی که در تاریخ ۲۹ و ۳۰ آذر ۹۶ در دانشگاه شهید رجائی برگزار گردید، این گواهی به نویسندگان مقاله

فرید فتح نیا، فروغ فتح نیا، محمد حسین جاویدی دشت بیاض

اعطا می‌گردد. موفقیت روزافزون شما را در پیشبرد علم و فناوری از خداوند متعال خواستاریم.

دکتر محمد حسین رفان
دبیر کنفرانس

دکتر علی بذری
دبیر علمی کنفرانس