

## کاربرد تکنیک های داده کاوی در پیش بینی زمان مساعد برداشت محصول زراعی

زهرا زیران<sup>۱</sup> و شیرین حسینیان<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات (تجارت الکترونیک)، دانشگاه گیلان، naghme\_ziran@yahoo.com

<sup>۲</sup> کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات (تجارت الکترونیک)، دانشگاه گیلان، shirin.hosseiniyan@yahoo.com

چکیده - نظر به اینکه تولید مواد غذایی بهتر و بیشتر یکی از مسائل مهم دنیای کنونی بشمار می رود و با توجه به اینکه تولید محصول و قابلیت های کشاورزی هر منطقه به هوا و مشخصات اقلیمی آن بستگی دارد لذا مطالعه در زمینه پیش بینی عوامل جوی موثر بر کشاورزی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. برداشت غلات باید به موقع صورت گیرد. برداشت زودتر یا دیرتر از موقع محصول، موجب کاسته شدن کیفیت آن می شود. تأخیر در برداشت غلات دانه ریز، سبب ریزش دانه، خوابیدگی یا شکستن بوته ها در کشتزار و بالاخره کاهش میزان ماده خشک می گردد. برداشت زود هنگام محصول هم موجب پایین آمدن کیفیت غلات می گردد. . از اینرو در این تحقیق به اطلاع رسانی به موقع در خصوص زمان کاشت و برداشت محصول با توجه به داده های هواشناسی و دستورالعمل فنی در این خصوص اشاره شده است. منطقه ی مطالعاتی این تحقیق استان گیلان است. در ابتدا داده های ۱۵ سال اخیر مورد تحلیل قرار گرفته و پارامترهای تاثیرگذار استخراج شده است. تکنیک های مورد استفاده در این بحث شامل الگوریتم های رده بندی در داده کاوی می باشد. در انتها بین تکنیک های استفاده شده مقایسه ای انجام شده و بهترین روش برای پیش بینی زمان مناسب برداشت برنج انتخاب گردیده است. این تحقیق می تواند هزینه های ناشی از برداشت بدهنگام برنج را کاهش دهد.

کلمات کلیدی: پیش بینی، درخت تصمیم، داده کاوی، شبکه عصبی و طبقه بندی

اما هواشناسی بعنوان خدمات و حرفه، شاخه ای است از علوم فنی و مهندسی که با اندازه گیری، جمع آوری داده و پردازش داده با هدف تجزیه و تحلیل اتمسفر زمین سرو کار دارد و با فن آوری های جدید همواره ارتباط داشته است [۱]. کنجکاوی انسان برای فهم علت تغییرات هوا سابقه ای تاریخی دارد. تغییرات هوا انسان را همواره شگفت زده می کرد و هنوز هم مایه اعجاب انسان است. هیچ نیرویی در طبیعت به اندازه نیروهای اتمسفر زمین که گاهی لجام گسیخته رها می شوند قوی و قدرتمند نیستند. طوفان های شدید با وزش باد شدید و بارندگی های سیل آسا و ایجاد سیل های مهیب انسان را همواره مرعوب و مجبور به پناه گیری و فرار نموده است و امروزه هم به نحوی این ماجرا ادامه دارد. بدلیل پیشرفت در شناخت تغییرات اقلیمی گاهی به سؤالات اقلیمی در گذشته پاسخ های درست داده می شد. مثلاً اگر سؤال می شد که آب و هوای منطقه ای چگونه است، جواب کیفی نسبتاً نزدیکی به این سؤال داده می شد. اما این پرسش در گذشته پاسخ کمی دریافت نمی کرد. زیرا هیچ عامل جوی در گذشته شناخته شده نبود و اندازه گیری نمی شد [۲]. و این سوال

۱- مقدمه

علیرغم توسعه های زیاد در فناوریهای کشاورزی در چند دهه اخیر، تولیدات کشاورزی هنوز هم به وضعیت جوی و اقلیمی منطقه بستگی دارد شناخت شرایط جوی و در نظر گرفتن اوضاع اقلیم در منطقه مورد نظر در برنامه های توسعه اقتصادی و اجتماعی از شرایط لازم است. چرا که دانش هواشناسی در تمام مراحل برنامه ریزی، اجرا و مرحله بازدهی تمام فعالیتهای کشاورزی نقش مؤثری را ایفا می کند و بدون استثناء با استفاده از خدمات هواشناسی و اطلاعات اقلیمی در تمام بخشهای کشاورزی، می توان هزینه تولید را کاهش و بهره وری را افزایش داد.

۲- سرگذشت علم هواشناسی

هواشناسی به عنوان علم شاخه ای از علم فیزیک است در گروه علوم زمین یعنی علمی که کره زمین را مطالعه و بررسی می نمایند.

در جو (رطوبت)، میزان ابر و نوع آن، میزان بارندگی، نوع پدیده جوی و سمت و سرعت باد و..... در گذشته بخوبی شناخته شده نبودند. هوا توضیحات کیفی مانند سردی و گرمی، خشکی و رطوبت و بادخیزی داشتند که همه جملات کیفی بودند که حد و مرز مشخص نداشتند [4]. هواشناسی در کشاورزی در بخش های مختلف علوم زیست محیطی (کشاورزی، جنگلداری، منابع طبیعی و محیط زیست) اهمیت دارد در این مقاله برخی از تواناییهای این دانش معرفی شده که عبارتند از:

پیش بینی تاریخهای کشت مراحل نمو گیاهی و عملکرد محصول. پیش بینی شرایط حرارتی در طی فصل رشد تعیین درجه حرارت حداقل کاشت و تعیین درجه حرارت بحرانی نقطه انجماد گیاه جهت پیش بینی یخ زدن محصول- توانایی در بکارگیری پیش بینی های بلندمدت برای کشاورزان جهت مراحل کاشت، داشت و برداشت برنج، تشریح و کاربرد مدل های پیش بینی عملکرد محصول [5].

پیش بینی شرایط حرارتی در فصل رشد گیاهان گرما پسند مانند برنج و اطلاع رسانی به هنگام و به موقع که برای کشاورزان، از اهمیت فراوانی برخوردار است. به طور مثال هنگام برداشت برنج بایستی از وضعیت هوا اطلاعات کافی بدست آورده و آنگاه به برداشت محصول برنج اقدام کنیم. مثلاً اگر برنج درو نشود و در زمین باقی مانده و آنگاه باران ببارد، محصول برنج آسیب چندانی نخواهد دید، اما به محض اینکه این محصول درو شود و باران ببارد، برنج مرغوبیت خود را از دست داده و غیر قابل عرضه به بازار مصرف می گردد. حال پیش بینی هواشناسی با استفاده از علم داده کاوی در حجم انبوهی از داده ها می تواند مشکلات ناشی از این قبیل نا آگاهی را تا حدودی برطرف نماید.

#### ۲-۲- کاربرد علم داده کاوی در پیش بینی هواشناسی

امروزه با پیشرفت علم و تکنولوژی در صنایع گوناگون حجم داده ها روز به روز افزایش می یابد به طوری که توانایی های ما در تحلیل این داده ها با چالش جدی روبرو شده است. همین مسئله موجب شده است تا نیاز به رویکردهای نوین در این زمینه به منظور تولید، جمع آوری و تحلیل داده ها بیش از پیش احساس شود. داده کاوی در واقع ابزاری است برای تحلیل داده ها که شامل رویکرد های جدید است، ابزاری که به طور بالقوه به منظور آشکارسازی اطلاعات نهان در داده ها بسیار مفید است [7,6]. داده کاوی تحلیل مجموعه داده های مشاهده ای (اغلب بزرگ)، به منظور پیدا کردن روابط و خلاصه کردن داده ها به بهترین نوع است به طوری که برای دارنده اطلاعات قابل فهم و مفید باشد. روابط و خلاصه های بدست آمده از طریق داده کاوی معمولاً به عنوان مدل یا الگو در نظر گرفته می شوند. هر ساله

مطرح است که اگر سازوکار آب و هوا را درک کنیم آیا این امکان وجود دارد تا شرایط آب و هوایی آینده کره ی زمین را کنترل نماییم؟ خوشبختانه با وجود فراهم بودن اطلاعات بهتری نسبت به گذشته و پیشرفت ها در علم که اخیراً اتفاق افتاده است، پیش بینی های آب و هوایی به صورت مساله ای کاملاً با اهمیت در آمده است. کاربرد عملی این دانش با قابلیت دسترسی و صحت پیش بینی های وضعیت جوی یا الگوهای جوی مورد انتظار بسته به مقیاس زمانی، در ارتباط می باشد. محدوده نیازهای پیش بینی هوا برای کشاورزی از پیش بینی کوتاه مدت دقیق تفصیلی هوا (یک الی سه روزه) تا پیش گویی های فصلی الگوهای هوایی تغییر می کند [3].

#### ۲-۱- اهمیت اقتصادی و اجتماعی خدمات هواشناسی

با توجه به اهمیت و اثراتی که آب و هوا در زندگی و نحوه فعالیت جوامع بشری دارد، انسان ها از زمانهای خیلی دور بدان توجه داشته اند، بنابراین بر حسب تجارب، پیشینیان نسبت به ثبت پدیده های جوی به سبک زمان خود اقدام نموده اند، که با توجه به اقلیم هر منطقه، اقوام پدیده های مهمتر را مد نظر قرار داده اند، این نوع فعالیت ها در حقیقت پایه گذار دانش هواشناسی در میان نسل بشر بوده است. در این میان با پیشرفت علم و فن آوری و بکارگیری نیروهای متخصص، هواشناسی به جایگاه واقعی خود نزدیک می شود و با ارائه پیش بینی ها و پیش آگاهی ها نقش واقعی خود را به معرض ظهور می رساند. از زمان آغاز شکل گیری جو تاکنون، آب و هوا در مقیاس های زمانی و به دلایل فراوان دایماً در حال تغییر و تحول بوده است. به موازات تغییرات آب و هوایی، واکنش ها در برابر اثرات متقابل همراه با آنها دایماً الگوهای حیات را دستخوش تحول نموده اند. در کوتاه زمانی از قرن، استفاده گسترده از امکانات هواشناسی جایگزین حافظه بشری و فهرست رویدادهای کیفی به همراه منابع اطلاعات کمی در زمینه آب و هوا تغییر یافته است و چگونه تغییرات آب و هوایی گذشته که فرهنگ های کره زمین را آراسته اند و آنها تحت تاثیر قرار داده اند جایگزین شده است. اکنون مساله این است که مفهوم تاریخ غنی طبیعی را به منظور پیش بینی حوادث آب و هوایی آینده و آینده نگری برای آنها کاملاً درک کنیم. این مساله امری بسیار مهم برای بشریت است اگر تصمیم به بقا در میان عصر یخچالی آینده بدون از دست دادن ثمرات عظیم تمدن خود داشته باشد. چنانچه بخواهیم نتایجی درباره سیر تمایلات آب و هوا در زمینه تغییر یافتن آن ترسیم کنیم باید جریانهای دیگری را نیز که از اهمیت برخوردار است به خاطر داشته باشیم. عوامل جوی یعنی دما، فشار، میزان بخار آب موجود

## ۲-۳- متدلوژی داده کاوی

متدلوژی مورد استفاده در این مقاله، مدل *CRISP* می باشد، این مدل، فعالیت های داده کاوی به شش مرحله، شناخت سیستم، شناخت داده، آماده سازی داده ها، مدل سازی و ارزیابی و توسعه ی سیستم تشکیل شده است. هرکدام از این گامها به زیر بخش هایی تقسیم می شوند. شکل (۱) روند اجرای مراحل مختلف در مدل فرایندی *CRISP* را نمایش می دهد [10].

## 1. Cross Industry Standard Process for Data Mining

شکل(۱): روند اجرای مراحل داده کاوی در مدل فرایندی *CRISP*

## ۲-۴- داده های جمع آوری شده

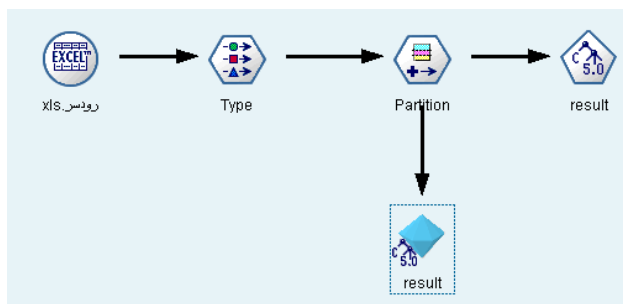
داده های جمع آوری شده ۲ ویژگی را شامل می شوند، که با استفاده از این ویژگی ها میانگین دما به دست آمده است. این داده ها از ۲۱۹۰ رکورد تشکیل شده اند که مربوط به سال های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۰ می باشند. در جدول (۱) داده ها معرفی شده اند.

جدول (۱) مشخصات فیلهای پایگاه داده مورد استفاده

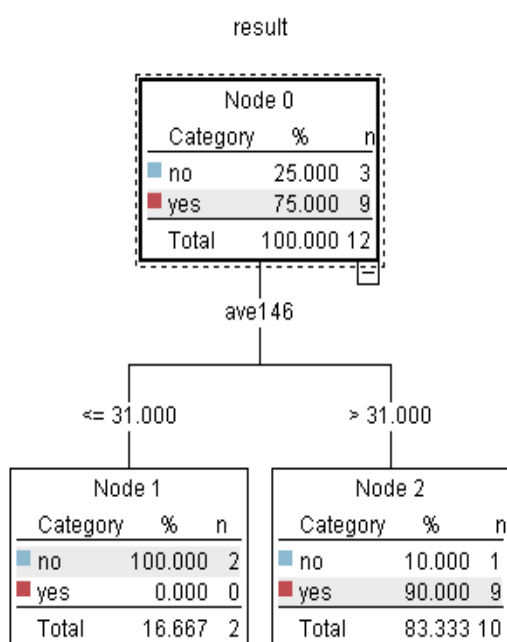
عنوان فیلد	مقادیر
سال	از ۱۵ تا ۱۳۷۶-۱۳۹۰)

رخدادهای در هم گسیخته آب و هوایی ویرانگری رخ می دهد که حمل و نقل و در نتیجه از دست دادن زندگی و دارایی مردم را سبب می شود. با این وجود تحقیقات اندکی در زمینه وضعیت آب و هوایی مناطق گزارش شده است. دانش داده کاوی یکی از علم برتر قرن اخیر است. این دانش با بهره گیری از علوم مختلف همچون آمار، ریاضیات و هوش مصنوعی پاسخ گوی نیازهای جدیدی از جمله پیش بینی و کشف الگوهای پنهان در داده های هواشناسی است و به عنوان پل ارتباطی میان علم آمار، هوش مصنوعی، الگو شناسی، فراگیری ماشین و بازنمایی بصری شناخته می شود. کاربردهای این علم در زمینه های مختلف مورد توجه دانشمندان قرار گرفته و نتایج بدست آمده از آن باعث تشویق پژوهش گران به استفاده گسترده تر از علم داده کاوی شده است. روش های پیش بینی کننده می توانند ممکن ترین حادثه را برای نزدیک ترین بازه زمانی پیش بینی کنند به عنوان مثال می توان در یک مجموعه داده در یک یا چندسال، میزان اثرگذاری تک تک پارامترها را بر وقوع حوادث بررسی کرد و از آنها برای پیش بینی و جلوگیری از وقوع رخدادها در آینده استفاده نمود [8]. تکنیک های داده کاوی به طور تاریخی به گونه ای گسترش یافته اند که به سادگی می توان آنها را بر ابزارهای نرم افزاری امروزی تطبیق داده و از اطلاعات جمع آوری شده بهترین بهره را برد. در صورتی که سیستم های داده کاوی بر روی سکوهایی سرور قوی نصب شده باشد و دسترسی به بانک های اطلاعاتی بزرگ فراهم باشد، می توان به سولاتی از قبیل در کدام منطقه دمای هوا کمتر است و چرا، در کدام مقطع زمانی و بسیاری از موارد مشابه پاسخ داد [9].

امر کاشت، داشت و برداشت محصولات کشاورزی بدون در نظر گرفتن پارامترهای هواشناسی دارای بازده اندک و همراه با خسارت احتمالی زیاد است. هواشناسی علاوه بر تحقیقات در مورد سازگاری گونه های مختلف گیاهی با آب و هوا در تعیین مناسب ترین زمان کاشت، داشت و برداشت محصول، سمپاشی، کوددهی و آبیاری و کاهش خسارت جوی بویژه سرمازدگی و پیش بینی آفات گیاهی می تواند مسؤولان و کشاورزان را یاری دهد. حال پیش بینی کوتاه مدت هواشناسی گاه نمی تواند برای کشاورزان مفید واقع شود و برای تصمیم گیری نیاز به پیشینه هواشناسی بلند مدت دارند که در این پژوهش جهت رفع مشکلات فوق الذکر و برای تسهیل روند برنامه ریزی بهنگام کاشت برنج در استان گیلان و برای پیش بینی احتمال سرمای دیررس در فصل کاشت، یک مدل داده کاوی مبتنی بر درختان تصمیم گیری توسعه داده شده است.



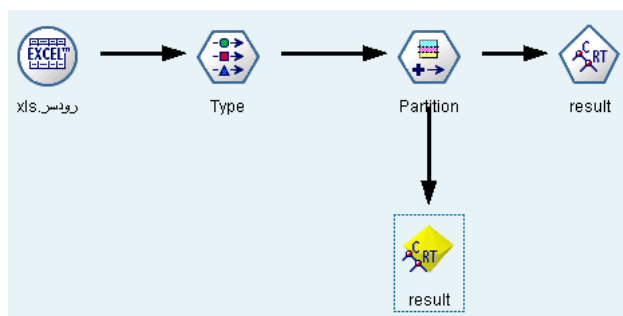
شکل(۲): مراحل داده کاوی در مدل C5.0



شکل(۳): نتیجه اجرای الگوریتم C5.0 بر روی داده های آزمون

۳-۳- پیش بینی براساس روش *C&R Tree*

۴-۳



از ۱ تا ۳۱ روز در هرماه از اوایل سال(فروردین الی مرداد)	AVE دمای هوا
بله / خیر	شرایط مساعد برداشت

## ۳- پیش بینی بر اساس درخت تصمیم

درخت تصمیم یکی از تکنیک های داده کاوی است، که ابزاری قوی و متداول برای دسته بندی و پیش بینی می باشد. روش درخت تصمیم در تقسیم بندی داده ها به گروه های مختلف به گونه ای است که هیچ داده ای حذف نمی شود. دسته بندی که توسط درخت تصمیم انجام می شوند، از روی شباهت داده های ذخیره شده در پارامترهای پیش بینی کننده، قابل انجام می باشد. خروجی درخت تصمیم می تواند کمی یا وصفی باشد که در اینجا مقداری کمی است. مهمترین هدف از دسته بندی به دست آوردن مدلی برای پیش بینی می باشد. بدین منظور از مجموعه ای به نام داده های آموزشی که مجموعه متغیرهای دماست، استفاده می کنیم. هدف از این مدل پیش بینی شرایط حرارتی در فصل رشد برنج و به تبع آن ارزیابی زمان مناسب برداشت محصول برای کشاورزان می باشد [11].

در بخش های بعدی، فرایند آماده سازی داده ها و سپس نحوه ی اجرای عملیات داده کاوی و تولید درختان تصمیم توضیح داده شده است و در ادامه نتایج به دست آمده مورد بررسی، مقایسه و تحلیل قرار گرفته اند.

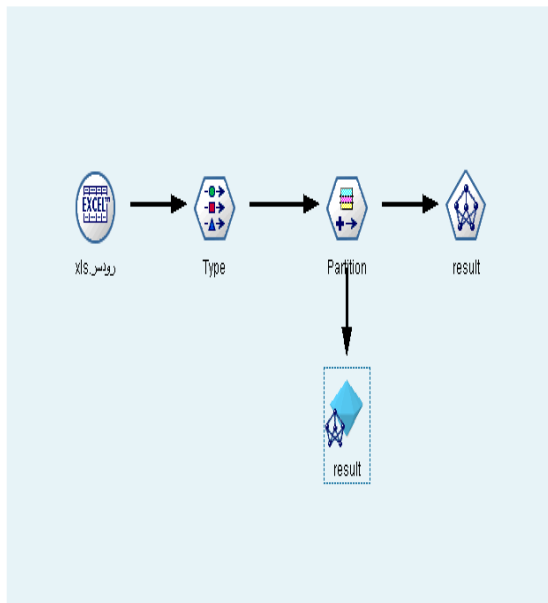
## ۳-۱- آماده سازی داده ها

در این فاز داده ها جهت اعمال تکنیک های داده کاوی بر آنه پالایش و آماده سازی شده اند. تبدیل فرمت، گسسته سازی و نرمال سازی داده ها و غیره از جمله فعالیت های این فاز می باشد.

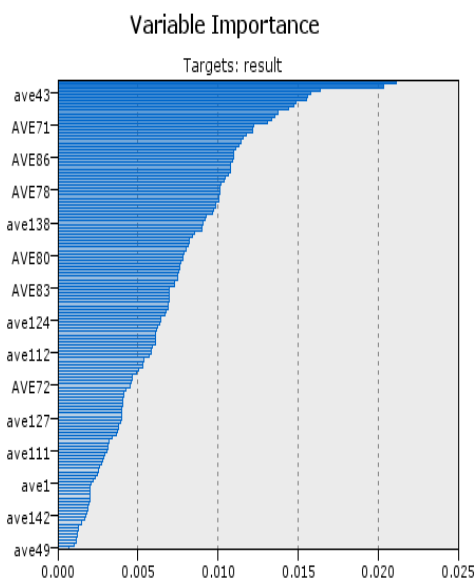
## ۳-۲- پیش بینی براساس روش C5.0

ایجاد درختان تصمیم با روش ها و الگوهای مختلفی از جمله C5.0، CHAID، C&R Tree، QUEST، امکان پذیر می باشد با توجه به لزوم ارائه قوانین به صورت ساده و قابل فهم در این مقاله الگوریتم رادرنظر گرفته ایم، در این تحقیق از نرم افزار SPSS Clementine از دسته بندی برای ساخت درختان تصمیم گیری استفاده شده است.

پس از مطالعات انجام شده شاخص های تاثیرگذار بر روی زمان مناسب برداشت محصول در این منطقه شناسایی شده که با توجه به کارگیری الگوریتم های متفاوت این شاخص ها متغیر میباشند.



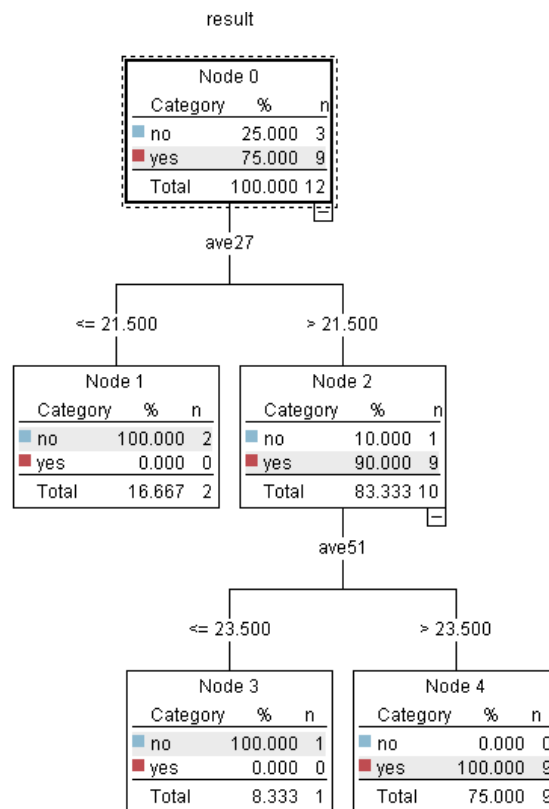
شکل(۶): مراحل داده کاوی براساس شبکه عصبی



شکل(۷): نتیجه اجرای الگوریتم Neural net بر روی داده های

آزمون

شکل(۴): مراحل داده کاوی در مدل C&R Tree



شکل(۵): نتیجه اجرای الگوریتم C&R Tree بر روی داده های آزمون

۳-۵- پیش بینی بر اساس شبکه عصبی

شبکه عصبی یکی از تکنیک های داده کاوی است، شبکه های عصبی مصنوعی در برخی از عملیات مانند پیش بینی و دسته بندی در مقایسه با سایر روش ها دارای مزایای نسبی بوده و معمولاً در کارهای اجرایی ترجیح داده می شوند [12,13]. به دلیل ساختار و معماری خاص و الگوریتم های شبکه های مصنوعی، کلیه ویژگی های ارزشی در مدل این شبکه ها می بایست به صورت استاندارد تبدیل شوند. برای متغیرهای کمی پیوسته از روش های مناسب نرمال سازی داده ها به صورت زیر استفاده می شود:

$$x^* = \frac{x - \min(x)}{\text{range}(x)} \quad \text{معادله (۱)}$$

برای متغیرهای کیفی و دسته ای معمولاً از متغیرهای شاخصی استفاده می شود که در این تحقیق متغیرهای ورودی از نوع کمی می باشند.

- [4] G. Grell, A. Baklanov, "Integrated modeling for forecasting weather and air quality", *Atmospheric Environment* 45, pp6845e6851, 2011, journalhomepage: [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv)
- [5] Shaomin Cai, Hangjie Yu, "Analysis of different weather research and forecasting radiations schemes impact on the numerical simulation of a typical mesoscale convective weather in China", *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 80, pp 68-72, Available at [www.elsevier.com/locate/jastp](http://www.elsevier.com/locate/jastp), 2012
- [6] Jiawei, H. and Kamber, M. "Data Mining: Concepts and Techniques", Morgan Kaufmann, San Francisco, 2001. Ho T.B Dam H.C, "Introduction to Knowledge Discovery and Data Mining", Available from <URL: <http://www.jaist.ac.jp>>, 2005
- [7] Ho T.B Dam H.C, "Introduction to Knowledge Discovery and Data Mining", Available from <URL: <http://www.jaist.ac.jp>>, 2005
- [8] Lee, S.J. and Siau, K "A Review of Data Mining Techniques", *Industrial Management and Data Systems* 101/1, MCB University Press, pp41-46, (2001)
- [9] Mark S. Roulston, Jerome Ellepola, Jost von Hardenberg, Leonard A. Smith, "Forecasting wave height probabilities with numerical weather prediction models", *Ocean Engineering* 32, pp 1841-1863, Available at [www.elsevier.com/locate/oceaneng](http://www.elsevier.com/locate/oceaneng), 2011
- [10] Shearer C. "The CRISP-DM Model: The New Blueprint for Data Mining". *Journal of Data Warehousing* 1000; 1: 1 48-11
- [11] Gürbüz, Feyza., Özbakir, Lale., and Yapici, Hüseyin, "Classification rule discovery for the aviation incidents resulted in fatality", *Knowledge-Based Systems, Volume 22, Issue 8, Pages 622-632*, 2009
- [12]
- [13] [12] Changsong Chen, Shanxu Duan, Tao Cai, Bangyin Liu, "Online 24-h solar power forecasting based on weather type classification using artificial neural network", *Solar Energy* 85, pp 2856-2870, Available at [www.elsevier.com/locate/solener](http://www.elsevier.com/locate/solener), 2011
- [14] [13] Ghosh, Nag, Biswas, Singh, Sarkar, "Weather Data Mining Using Artificial Neural Network", *Intelligent Computational System RAICS, Trivandrum*, 2011

۳-۶- مقایسه ی دقت پیش بینی مدل درخت تصمیم با مدل شبکه عصبی

با توجه به نتایج به دست آمده از خروجی درخت تصمیم با استفاده از الگوریتم های متفاوت به این نتیجه رسیدیم که الگوریتم *C&R Tree* بر اساس داده های موجود روابط شاخص های تاثیرگذار را تا حدود قابل قبولی تشخیص می دهد و نیز شبکه عصبی با متدلوژی *Neural net* نتیجه قابل قبولی را بر اساس درجه ی تاثیرگذاری شاخص ها نشان می دهد.

۴- نتیجه گیری

برنج یکی از گیاهانی است که در مناطق مرطوب استوایی و مناطق نسبتاً گرم و یا معتدل خوب رشد می کنند. دمای محیط کشت در طول دوره ی رشد همواره باید متناسب با مراحل رشد گیاه باشد، دمای مذکور بویژه در زمان گل دادن باید مناسب و کافی باشد، زیرا در این دوره گیاه به حداکثر درجه ی حرارت نیاز دارد. متوسط دمای مورد نیاز برنج حدود ۳۳ درجه سانتی گراد است. چنانچه در این مرحله از رشد برنج دمای محیط پیرامون بعللی پایین آمده باشد و رطوبت هوا نیز بیش از اندازه ی طبیعی یعنی بالاتر از ۸۰ درصد باشد تلقیح به خوبی انجام نشده و دانه تشکیل نخواهد شد. به عبارت دیگر برنج پوک شده و در نتیجه میزان تولید محصول به اندازه ی قابل ملاحظه ای پایین خواهد بود در چه حرارت داخل خوشه ها نیز در رشد برنج اهمیت بسزایی دارد، لکن اهمیت درجه حرارت هوا بیش از حرارت آب می باشد. نتایج حاصل از پیاده سازی نشان می دهد درخت تصمیم می تواند به عنوان ابزاری مناسب جهت مدل سازی اطلاعات به منظور پیش بینی میانگین دمای محیط کشت برنج و زمان مناسب برداشت برنج در استان گیلان جهت بهبود کاشت و داشت برنج برای کشاورزان مورد استفاده قرار گیرد لذا با توجه به نتایج به دست آمده از درخت تصمیم ما می توانیم در پایان بهار هر سال احتمال وجود سال زراعی مطلوب را در سال جاری پیش بینی نماییم.

مراجع

[1] غمچ لوی، ت ل، آب ( ای لران ) رشت ( ج غرقلی ) دقن گلی پوام و رت ران. 1331

[2] کای لوی، محموض، س ازمان مطلع ( تد ی هکتة غی م یسوی دقن گلی )، مژلی آب ( نرهللی )، 1331

[3] Louise Bodri and Vladimir Cermak. "new method how to reconstruct climate", *International Geophysics*, 2007