

کاربرد یادگیری ماشینی برای پیش بینی راه حل های پیچیده تو در تو در برنامه ریزی سلسله مراتبی

مهدی بهرامی^۱، یعقوب علوی متین^۲، سلیمان ایران زاده^۳

چکیده

امروزه با توجه به لزوم کاهش هزینه ها و افزایش بهره وری همواره شاهد ظهور روشهای جدیدی در زمینه مدیریت تولید و عملیات هستیم، برنامه ریزی تولید سلسله مراتبی نیز به عنوان یکی از این روشها مطرح است که در طی چند دهه گذشته تحقیقات قابل توجهی در رابطه با آن صورت گرفته است. بنابراین تحقیق حاضر به دنبال کاربرد یادگیری ماشینی برای پیش بینی راه حل های پیچیده تو در تو در برنامه ریزی سلسله مراتبی می باشد، این پژوهش از لحاظ هدف، پژوهشی کاربردی است و از نظر روش، از نوع همبستگی و نحوه گردآوری داده ها، این پژوهش توصیفی-تحلیلی است و از مطالعات کتابخانه ای جهت جمع آوری اطلاعات استفاده شده است. پژوهش های توصیفی به بررسی شرایط موجود جهت شناخت بیشتر به منظور کمک به فرآیند تصمیم گیری مورد استفاده قرار می گیرند. جامعه آماری تحقیق حاضر شرکت فولاد مبارکه اصفهان می باشد. با توجه به اینکه داده های تحقیق کمی است. استخراج داده ها از اسناد و مدارک موجود صورت می گیرد. در نتیجه نمونه مورد مطالعه داده های مربوط به عملکرد تولید، هزینه و مالی در سال های ۱۳۹۵-۱۳۹۹ می باشد. نمونه گیری در این پژوهش هدفمند می باشد. جهت جمع آوری اطلاعات در این تحقیق از روش های کتابخانه ای و میدانی استفاده گردید. از مطالعات کتابخانه ای به عنوان شالوده ای جهت تدوین چارچوب نظری تحقیق استفاده شد و از روش میدانی نیز جهت دریافت اطلاعات شرکت فولاد مبارکه بهره گرفته شد.

واژه های کلیدی: یادگیری ماشینی، پیش بینی راه حل ها، برنامه ریزی، سلسله مراتبی.

^۱ دانشجوی دکتری گروه مدیریت ، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
Mahdibahramei2024@gmail.com

^۲ استاد یار گروه مدیریت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. (نویسنده مسئول)
alavimatin_48@yahoo.com

^۳ استاد گروه مدیریت ، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران iranzadeh@iaut.ac.ir

۱. مقدمه

در سال های اخیر رقابت بین شرکت های تولیدی در رابطه با ارائه کالاها و محصولات موردنیاز مشتریان در حال افزایش است، در زمان حاضر مشتریان تمایل به دریافت کالاهای موردنیاز خود در حداقل زمان و با کمترین هزینه ممکن را دارند. در این میان شرکت هایی که بتوانند هزینه های خود را کاهش دهند و درعین حال کالاها را در زمان کمتر و بدون تأخیر به مشتریان خود تحویل دهند از توانایی جذب تعداد بیشتری از مشتریان برخوردار هستند، از این رو می توان گفت برنامه ریزی و زمانبندی تولید نسبت به گذشته اهمیت روزافزونی یافته است و امروزه تأثیر بسزایی در کسب مزیت رقابتی برای شرکت ها دارد. این پژوهش در سه محور برنامه ریزی تولید سلسه مراتبی، برنامه ریزی مالی و شرایط عدم قطعیت مورد بحث قرار می گیرد که در ادامه به آن پرداخته می شود (لطفی، ۱۳۹۰). در برنامه ریزی تولید و زمان بندی باید با توجه به هماهنگی بخش های مختلف تولید مانند بخش تولید، بخش مالی و حسابداری، بخش بازاریابی و فروش، بخش انبار و تدارکات و غیره تصمیماتی به منظور حل مسائل مختلف گرفته شود (شباهنگ، ۱۳۸۶). این هماهنگی اغلب در برنامه های ایجاد شده وجود ندارد که باعث می شود برنامه های تهیه شده هنگام اجرا با مشکلاتی روبرو شوند. از این رو با توجه به ساختار سازمانی که در شرکت ها وجود دارد، در هر یک از سطوح سازمان تصمیماتی در رابطه با برنامه تولید شرکت گرفته می شود به صورتی که تصمیمات کلی تر در مورد میزان تولید، میزان فروش، سطوح اضافه کاری و غیره در طول یک سال بر مبنای خط مشی بلندمدت و سیاست های سازمان توسط مدیران ارشد گرفته می شود. حالآنکه در هر دوره ماهانه، هفتگی و درنهایت روزانه برنامه تولید به چه صورت باشد تا هزینه ها حداقل گردد و بتوان حداکثر تقاضای بازار را پاسخگو بود، در سطوح بعدی ساختار سازمانی گرفته می شود به نحوی که برنامه های جزئی تر توسط مدیران تولید و سرپرست ها تهیه می شود. بنابراین تهیه برنامه هایی که نظرات مدیران در سطوح مختلف در آن لحاظ شده باشد و ساختار سلسله مراتبی آن از انعطاف پذیری لازم برخوردار باشد اهمیت دارد (ینزادی و پیلمانوتورن، ۲۰۱۱).

مسئله ای که گاهی موجب ایجاد مشکل می شود، عدم هماهنگی در تصمیمات گرفته شده بین بخش مالی و حسابداری و بخش برنامه ریزی می باشد به عبارت دیگر واحد برنامه ریزی تولید با تهیه برنامه ادغامی به تعیین میزان تولید محصولات در هر دوره، میزان خرید مواد اولیه در هر دوره، تعیین تعداد نیروی کار و میزان اضافه کاری و غیره باهدف کاهش هزینه ها می پردازد اما با توجه به اینکه سازمان دارای سرمایه و بودجه تولید محدودی است لذا ممکن است تصمیماتی که از طرف واحد برنامه ریزی گرفته می شود در عمل بدلیل محدودیت های مالی شرکت قابل پیاده سازی نباشند به عنوان مثال با توجه به برنامه ادغامی واحد برنامه ریزی تولید، در دوره ای تصمیم به بکارگیری نیروی انسانی، خرید مواد اولیه برای دوره های بعدی و غیره با هدف حداقل نمودن هزینه ها را دارد اما از طرفی ممکن است هزینه اجرایی نمودن این تصمیمات حتی با تأمین مالی از طریق وام و به رهن گذاشتن حسابهای دریافتی در آن زمان از میزان بودجه بخش تولید بیشتر بوده و قابلیت اجرایی نداشته باشد. با توجه به این موضوع هدف ما این است که مدل برنامه ریزی ادغامی تولیدی را به نحوی توسعه دهیم تا ضمن حداکثر نمودن ارزش فعلی نقدینگی شرکت در هر دوره که در واقع به نحوی سود شرکت را حداکثر می کند، محدودیت بودجه شرکت را نیز در اخذ تصمیمات خود لحاظ نماییم (سایتومبول و آقازاف، ۲۰۱۱). در بازدهی های به عمل آمده از تعدادی از شرکت های تولیدی مشاهده گردید که به دلیل تغییراتی که در عمل در تقاضای محصولات و ظرفیت

تولید در دسترس در دوره های مختلف اتفاق می افتد، موجب تغییرات پی در پی در برنامه تولید می گردد که این امر باعث ایجاد عدم هماهنگی بین تصمیمات گرفته شده در سطوح مختلف و آشفتگی کل سیستم می گردد. با توجه به آنچه در واقعیت رخ می دهد، تقاضای محصول در دوره های مختلف را نمی توان به طور قطعی و دقیق تعیین نمود به همین دلیل با توجه به ماهیت آن به صورت احتمالی در نظر می گیریم و از طرف دیگر منابع در دسترس شامل نیروی انسانی یا تجهیزات به دلایل مختلفی مثل غیبت نیروی انسانی، خرابی ماشین آلات و دستگاه ها، خرابی ابزار آلات و غیره دارای ماهیت غیر قطعی است و دارای کارایی و کاربری کامل نمی باشند، بنابراین با استفاده از سوابق و داده های گذشته که در مورد کارایی و کاربری منابع تولید در دسترس است می توان با توجه به ماهیت تصادفی آنها، میزان منابع تولیدی در دسترس در هر دوره را با استفاده از یک توزیع احتمال شناخته شده مشخص نمود تا موجب افزایش ثبات و یکنواختی برنامه ها گردد و در عمل قابلیت پیاده سازی داشته باشد. از طرف دیگر، با توجه به تحقیقات انجام شده در این زمینه، بیشتر مدل های سلسله مراتبی ارائه شده تصمیمات گرفته شده در سطوح بالاتر به صورت محدودیت های قطعی به سطوح پایین تر اعمال می شوند، فرض کردن این پارامترها به صورت دقیق باعث می شود که نتیجه بدست آمده موجه نبوده و در عمل قابل پیاده سازی نباشد. به منظور افزایش انعطاف پذیری در مدل و همچنین تعیین تصمیمات بهینه با توجه به خط مشی مدیران در رابطه با سطح خدمت دهی به مشتریان می توان از برنامه ریزی شانس استفاده نمود. به همین منظور در این پایان نامه هدف ما ایجاد یک مدل برنامه ریزی سلسله مراتبی دو سطحی با استفاده از برنامه ریزی احتمالی است تا بتوان علاوه بر تهیه ی برنامه هایی با ثبات و هماهنگ نمودن تصمیمات در سطوح مختلف، سودآوری شرکت را حداکثر نموده و از طرف دیگر بتوان رضایت مشتریان را با تأمین به موقع تقاضای آنان برآورد (ترابی و همکاران، ۲۰۱۰).

با توجه به اینکه داده های بدست آمده از تحقیق حاضر داده های شرکت فولاد مبارکه اصفهان می باشد. نتایج تحقیق حاضر می تواند برای فولاد مبارکه اصفهان حائز اهمیت باشد. شرکت فولاد مبارکه اصفهان، بزرگترین واحد صنعتی خصوصی در ایران و بزرگترین مجتمع تولید فولاد در کشور ایران است، که در جنوب شهر کرکوند و جنوب غربی شهر مبارکه قرار دارد. فولاد مبارکه هم اکنون محرک بسیاری از صنایع بالادستی و پایین دستی است. در همین جهت تحقیق حاضر به خاطر توجه به یک شرکت مهم می تواند به صورت مستقیم و غیر مستقیم بر عملکرد صنعت فولاد تاثیر داشته باشد، در همین جهت به خاطر توجه ویژه ای این تحقیق به یک صنعت بزرگ حائز اهمیت و ضرورت است.

مطالعات مختلفی در این زمینه انجام شده که به چند مورد آن اشاره می کنیم:

- رحمانی و همکاران (۲۰۱۳)، در پژوهش یک مدل استوار برای مسئله برنامه ریزی تولید با در نظر گرفتن ظرفیت در یک محیط چند محصولی، چند دوره ای و با سیستم تولید دومرحله ای ارائه می شود. در این مدل هزینه های مرتبط با تولید و نیز تقاضای مشتریان احتمالی در نظر گرفته می شود و از یک مدل استوار برنامه ریزی عدد صحیح مختلط به منظور برنامه ریزی استفاده شده است و هدف حداقل نمودن مقدار متوسط و واریانس کل هزینه های مؤثر بر برنامه است.

- سایتمیول و آقا زائف (۲۰۱۱)، در پژوهش یک مدل برنامه ریزی تولید سلسله مراتبی دو سطحی به منظور مدل سازی یکپارچه برنامه ریزی تولید و تعمیرات و نگهداری ارائه می گردد، در سطح اول برای خانواده محصولات در طول یک افق سالانه با دوره های ماهانه برنامه تولید ادغامی تهیه می شود، در این سطح ماشین آلات به عنوان یک خط تولید واحد ادغام

می‌شوند که به صورت پیشگیرانه تعمیر و نگهداری می‌گردند و هدف حداقل نمودن هزینه‌های تولید، نگهداری موجودی، راهاندازی و هزینه تعمیرات و نگهداری می‌باشد. در سطح دوم (برنامه جزئی) میزان تولید محصولات نهایی مرتبط با هر خانواده محصول تعیین می‌شود، در این سطح تابع هدف حداقل نمودن تقاضای برآورد نشده و متوسط انحراف مطلق میزان تولید محصولات نهایی مربوط به یک خانواده و مقادیر تعیین شده توسط برنامه ادغامی است. همچنین می‌توان مدلی یکپارچه به منظور برنامه ریزی تولید با در نظر گرفتن برنامه‌های واحد بازاریابی و فروش با هدف حداکثر نمودن سود انجام داد.

- بنگ و کیم (۲۰۱۰)، در تحقیقی یک مدل برنامه‌ریزی تولید سلسله مراتبی برای استفاده در صنایع تولید بردهای مجتمع نیمه هادی، در دو سطح ارائه می‌شود. در سطح اول یک مدل خطی برای برنامه ریزی تولید ادغامی و در سطح دوم (سطح شکست) یک مدل جزئی تر با هدف گرفتن تصمیمات عملیاتی با استفاده از روش‌های زمان بندی مبتنی بر قواعد اولویت‌بندی معرفی می‌شود و با استفاده از شبیه سازی به ارزیابی برنامه ارائه شده پرداخته می‌شود و در نهایت از یک رویکرد تکرارشونده برای رسیدن به برنامه موجه استفاده می‌گردد. در این مقاله تابع هدف مدل شامل حداقل نمودن هزینه های نگهداری موجودی، هزینه تولید و هزینه سفارش های معوق می‌باشد و تقاضا و ظرفیت قطعی در نظر گرفته می‌شوند که در شرایط واقعی بدلیل وقوع اتفاقات غیرمنتظره باعث تغییر برنامه‌ها می‌گردد که اگر این تغییرات زیاد رخ دهند باعث تغییر مکرر برنامه‌ریزی می‌شود.

- وو و ایراپرتیتو (۲۰۰۷)، در تحقیقی به منظور برنامه ریزی سلسله مراتبی در حالت تولید پیوسته، مدلی دو سطحی با استفاده برنامه ریزی احتمالی چند مرحله ای ارائه شده است. در سطح ادغامی برای تقاضا سناریوهایی را در هر مرحله با استفاده از توزیع گسسته تهیه می‌شوند و هدف مدل حداقل نمودن هزینه‌های عملیاتی، هزینه نگهداری موجودی، هزینه کمبود و هزینه مواد اولیه می‌باشد و در سطح دوم یک مدل توالی عملیات با هدف حداقل نمودن هزینه‌های عملیاتی، هزینه موجودی، کمبود، مواد اولیه و جریمه انحراف از مقادیر تولید تعیین شده توسط مدل سطح ادغامی ارائه می‌شود. در این مقاله محدودیت ظرفیت نیز در نظر گرفته می‌شود اما راهکاری برای عدم قطعیت در ظرفیت تولید که ناشی از خرابی یا توقف‌های ناگهانی ماشین‌آلات یا غیبت نیروی انسانی است، در نظر گرفته نمی‌شود. به‌منظور ارتباط دوره های مختلف از سیاست افق غلطان استفاده می‌شود و با استفاده از یک رویکرد بازگشتی سطوح به یکدیگر مرتبط می‌شوند.

۲. اهداف پژوهش:

- هدف اصلی

بکارگیری یادگیری ماشینی در برنامه ریزی سلسله مراتبی بمنظور بهبود عملکرد سیستم تولید

- اهداف فرعی

۱. تعیین تأثیر محدودیت‌های مالی و هزینه در تهیه برنامه تولید شرکت بمنظور بهبود عملکرد سیستم تولید.
۲. تعیین میزان سطح اطمینان موردنظر مدیران و کارشناسان در ارتباط با تصمیمات اتخاذ شده بمنظور بهبود عملکرد سیستم تولید.

۳. تعیین ساختار سلسله مراتبی در تهیه برنامه‌های کاربردی بمنظور بهبود عملکرد سیستم تولید.

۳. روش شناسی تحقیق

این پژوهش از لحاظ هدف، پژوهشی کاربردی است و از نظر روش، از نوع همبستگی و نحوه گردآوری داده‌ها، این پژوهش توصیفی-تحلیلی است و از مطالعات کتابخانه‌ای جهت جمع‌آوری اطلاعات استفاده شده است. پژوهش‌های توصیفی به بررسی شرایط موجود جهت شناخت بیشتر به منظور کمک به فرآیند تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرند. جامعه آماری تحقیق حاضر شرکت فولاد مبارکه اصفهان می‌باشد. با توجه به اینکه داده‌های تحقیق کمی است. استخراج داده‌ها از اسناد و مدارک موجود صورت می‌گیرد. در نتیجه نمونه مورد مطالعه داده‌های مربوط به عملکرد تولید، هزینه و مالی در سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۹ می‌باشد. نمونه‌گیری در این پژوهش هدفمند می‌باشد. جهت جمع‌آوری اطلاعات در این تحقیق از روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی استفاده گردید. از مطالعات کتابخانه‌ای به عنوان شالوده‌ای جهت تدوین چارچوب نظری تحقیق استفاده شد و از روش میدانی نیز جهت دریافت اطلاعات شرکت فولاد مبارکه بهره گرفته شد.

۴. نتایج و تجزیه و تحلیل یافته‌ها

مراحل اجرای الگوریتم C4.5 در این تحقیق:

- **پیش‌پردازش داده‌ها:** در ابتدا، داده‌های ورودی پیش‌پردازش می‌شوند. این داده‌ها شامل تقویم کارخانه، برنامه تولید سالانه، موجودی خطوط، پیش‌بینی سفارشات، حداقل تولید ماهانه هر خانواده محصول در هر خط، توان تولید هر خط، سطح بهینه هر انبار، قسمت محصولات، هزینه‌های مواد اولیه و تولید و خرید محصولات، و سیکل‌های تولید محصولات می‌باشند. پس از پیش‌پردازش، داده‌ها به صورت یک مجموعه داده یکپارچه آماده استفاده در الگوریتم می‌شوند.

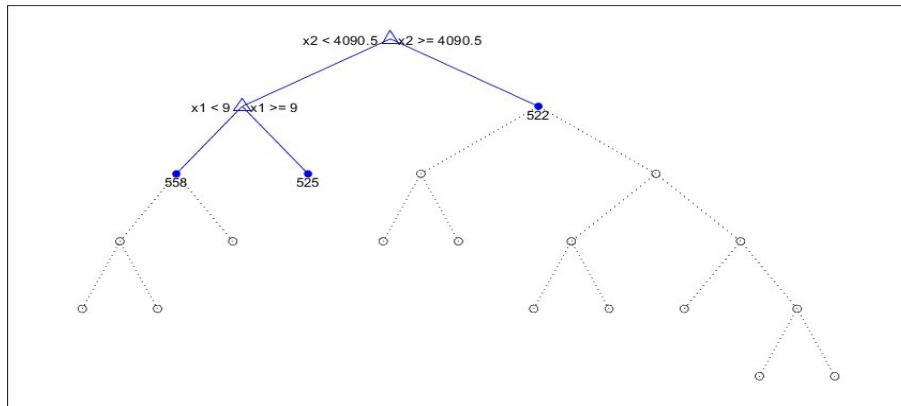
- **محاسبه شاخص اطلاعات:** برای هر ویژگی در مجموعه داده‌ها، شاخص اطلاعات بر اساس فرمول محاسبه می‌شود تا بهترین ویژگی برای تقسیم داده‌ها مشخص شود.

- **ساخت درخت تصمیم:** با استفاده از شاخص اطلاعات، ویژگی با بیشترین شاخص انتخاب شده و داده‌ها بر اساس آن تقسیم می‌شوند. این فرآیند تا زمانی ادامه می‌یابد که تمام ویژگی‌ها استفاده شوند یا معیار توقف برآورده شود..

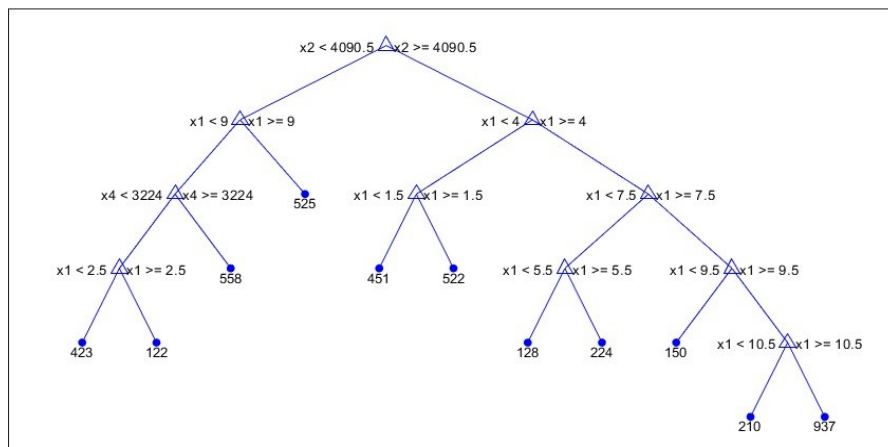
- **برنامه‌ریزی تولید:** بر اساس درخت تصمیم ایجاد شده، برنامه تولید به تفکیک ماه برای هر محصول و مقدار خرید مواد اولیه تعیین می‌شود. این مرحله شامل استفاده از درخت تصمیم برای پیش‌بینی مقادیر خروجی بر اساس داده‌های ورودی است.

۵- نتایج شبیه‌سازی

در این بخش، نتایج حاصل از اجرای الگوریتم درخت تصمیم C4.5 بر روی داده‌های جمع‌آوری شده برای بهبود عملکرد سیستم تولید شرکت فولاد مبارکه ارائه می‌شود. نتایج شبیه‌سازی شامل ارزیابی دقت مدل، تحلیل متغیرهای ورودی و خروجی، و بررسی تأثیر هر یک از متغیرها بر خروجی‌های مدل است. همچنین، جدول‌های مختلفی برای نمایش نتایج خروجی ارائه شده است:



نمودار ۱: خروجی شبیه‌سازی درخت تصمیم برای ۱۰۰ نمونه اول با هرس اولیه منبع داده‌های پژوهش.



نمودار ۲: خروجی نهایی شبیه‌سازی درخت تصمیم برای ۱۰۰ نمونه اول منبع داده‌های پژوهش.

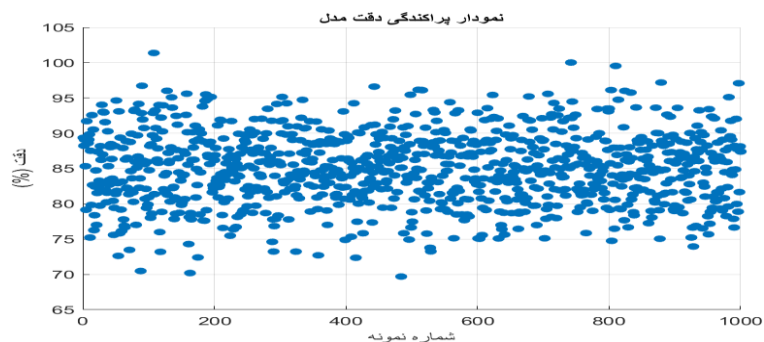
-دقت مدل:

. مدل درخت تصمیم C4.5 با استفاده از مجموعه داده‌های آموزشی و آزمایشی آموزش داده شد و دقت آن ارزیابی شد. دقت مدل با استفاده از معیار درصد پیش‌بینی‌های صحیح محاسبه شد. جدول ۱ نتایج دقت مدل را نشان می‌دهد:

جدول ۱: اعتبارسنجی مدل پژوهش با روش درخت تصمیم

مقدار	معیار
۱۰۰۰	تعداد نمونه‌ها
۷۰٪	درصد داده‌های آموزشی
۳۰٪	درصد داده‌های آزمایشی
۸۵٪	دقت مدل

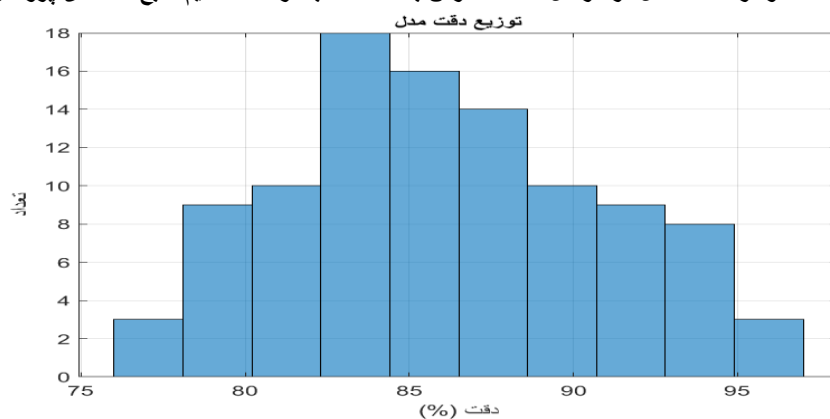
این نتایج نشان می‌دهند که مدل توانسته است با دقت ۸۵٪ پیش‌بینی‌های صحیح را انجام دهد که نشان‌دهنده عملکرد قابل قبول مدل است.



نمودار ۳: نمودار پراکندگی دقت مدل بدست آمده با درخت تصمیم منبع داده‌های پژوهش.



نمودار ۴: دقت مدل در مراحل مختلف هرس بدست آمده با درخت تصمیم منبع داده‌های پژوهش.



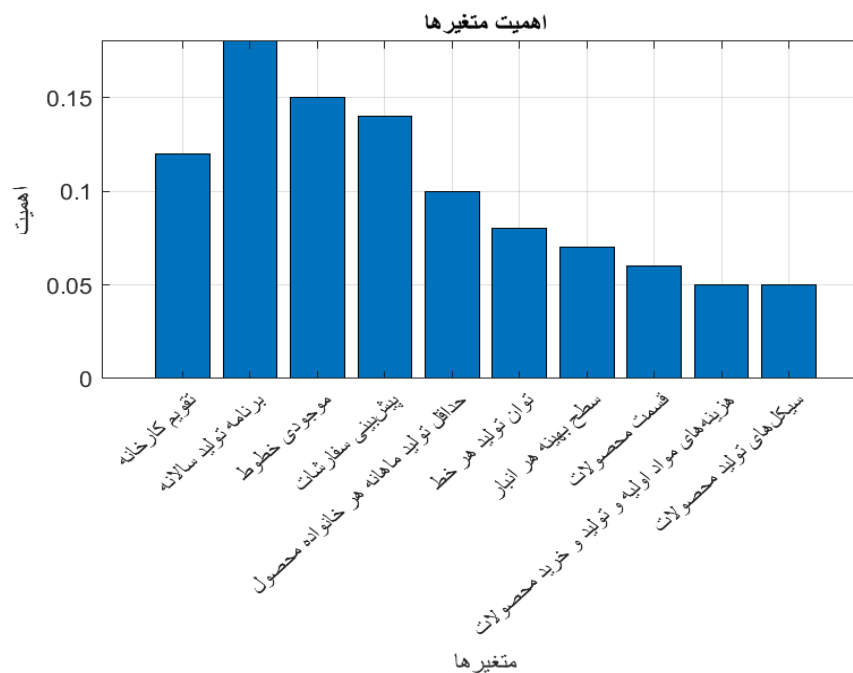
نمودار ۵: توزیع دقت مدل بدست آمده با درخت تصمیم منبع داده‌های پژوهش.

-تحلیل متغیرهای ورودی

برای بررسی تأثیر هر یک از متغیرهای ورودی بر خروجی‌های مدل، اهمیت هر متغیر با استفاده از شاخص اطلاعات محاسبه شد. جدول ۴-۳ اهمیت هر متغیر ورودی را نشان می‌دهد:

جدول ۲: اهمیت متغیرهای ورودی برنامه‌ریزی تولید با روش درخت تصمیم منبع داده‌های پژوهش

اهمیت	متغیر ورودی
۰,۱۲	C_f : تقویم کارخانه
۰,۱۸	P_y : برنامه تولید سالانه
۰,۱۵	I_l : موجودی خطوط
۰,۱۴	O_f : پیش‌بینی سفارشات
۰,۱۰	M_m : حداقل تولید ماهانه هر خانواده محصول در هر خط
۰,۰۸	C_l : توان تولید هر خط
۰,۰۷	S_o : سطح بهینه هر انبار
۰,۰۶	P_s : قسمت محصولات
۰,۰۵	C_m : هزینه‌های مواد اولیه و تولید و خرید محصولات
۰,۰۵	P_c : سیکل‌های تولید محصولات



نمودار ۶: اهمیت متغیرها بر اساس درخت تصمیم C4.5

این جدول نشان می‌دهد که برنامه تولید سالانه (P_y) و موجودی خطوط (I_l) بیشترین اهمیت را در مدل دارند و بیشترین تأثیر را بر خروجی‌ها می‌گذارند.

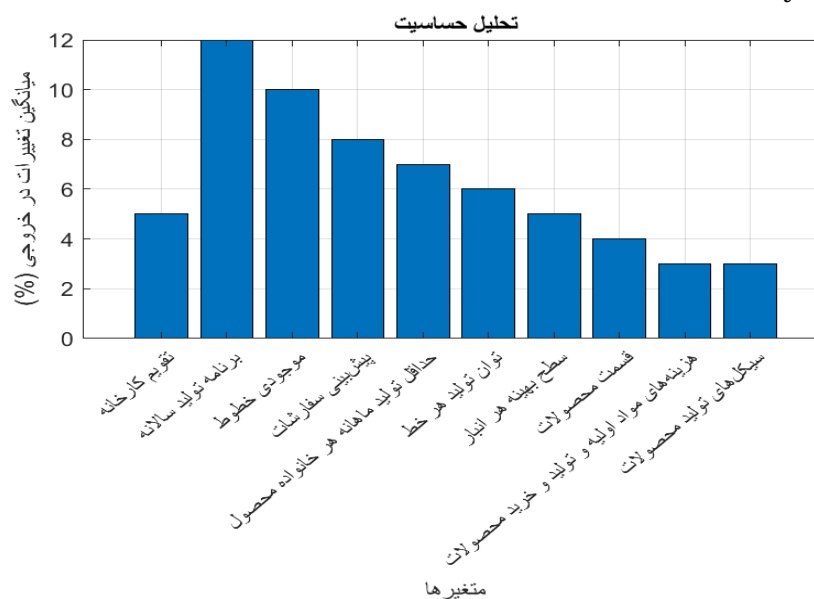
-بررسی تأثیر متغیرها بر خروجی‌ها

برای بررسی تأثیر هر یک از متغیرها بر خروجی‌های مدل، تحلیل حساسیت انجام شد. نتایج این تحلیل در جدول ۴-۴ آمده است:

متغیر ورودی

میانگین تغییرات در خروجی
(برنامه تولید ماهانه)

۵٪	C_f : تقویم کارخانه
۱۲٪	P_y : برنامه تولید سالانه
۱۰٪	I_l : موجودی خطوط
۸٪	O_f : پیش‌بینی سفارشات
۷٪	M_m : حداقل تولید ماهانه هر خانواده محصول در هر خط
۶٪	C_l : توان تولید هر خط
۵٪	S_o : سطح بهینه هر انبار
۴٪	P_s : قسمت محصولات
۳٪	C_m : هزینه‌های مواد اولیه و تولید و خرید محصولات
۳٪	P_c : سیکل‌های تولید محصولات



نمودار ۷: تحلیل حساسیت مدل پژوهش بر اساس درخت تصمیم C4.5

جدول ۳: اهمیت متغیرهای ورودی بر متغیرهای خروجی برنامه‌ریزی تولید بر اساس درخت تصمیم در مدل پژوهش

این جدول نشان می‌دهد که برنامه تولید سالانه (P_y) و موجودی خطوط (I_l) بیشترین اهمیت را در مدل دارند و بیشترین تأثیر را بر خروجی‌ها می‌گذارند.

۶. جمع بندی و نتیجه گیری

پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از الگوریتم درخت تصمیم C4.5 می‌تواند به طور موثری به بهبود عملکرد سیستم تولید شرکت فولاد مبارکه کمک کند. این الگوریتم با تحلیل داده‌های تولید، سفارشات و موجودی، قادر به ارائه برنامه‌ریزی دقیق‌تر و بهینه‌تر است. نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر این است که استفاده از روش‌های یادگیری ماشین می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های بهتر و مدیریت بهینه‌تر منابع تولید منجر شود.

- کارایی الگوریتم درخت تصمیم C4.5 :

دقت بالا: دقت مدل درخت تصمیم C4.5 که برابر با ۸۵٪ بود، نشان‌دهنده توانایی بالای این الگوریتم در پیش‌بینی دقیق برنامه تولید است. این دقت بالا به مدیران امکان می‌دهد تا برنامه‌ریزی تولید را با اطمینان بیشتری انجام دهند و از پیش‌بینی‌های مدل به عنوان یک راهنمای قابل اعتماد استفاده کنند.

تحلیل جامع داده‌ها: الگوریتم C4.5 توانست داده‌های تولید، سفارشات و موجودی را به طور جامع تحلیل کند و الگوهای پیچیده موجود در داده‌ها را شناسایی نماید. این امر به ارائه برنامه‌ریزی دقیق‌تر و بهینه‌تر کمک می‌کند.

- بهبود برنامه‌ریزی و مدیریت منابع:

برنامه‌ریزی دقیق‌تر: استفاده از الگوریتم درخت تصمیم به شرکت کمک کرد تا برنامه تولید سالانه و ماهانه خود را با دقت بیشتری تنظیم کند. این امر منجر به بهبود هماهنگی بین تولید و تقاضای بازار شد.

مدیریت بهینه موجودی‌ها: با تحلیل دقیق موجودی خطوط و سفارشات، الگوریتم C4.5 توانست به بهینه‌سازی مدیریت موجودی‌ها کمک کند. این بهینه‌سازی شامل کاهش هزینه‌های نگهداری و جلوگیری از کمبود مواد اولیه در فرآیند تولید بود.

- بهبود عملکرد کلی سیستم تولید:

افزایش بهره‌وری: الگوریتم درخت تصمیم با بهینه‌سازی فرآیندهای تولید و مدیریت منابع، به افزایش بهره‌وری سیستم تولید کمک کرد. این بهبود بهره‌وری شامل کاهش زمان‌های توقف تولید، افزایش نرخ تولید و بهبود کیفیت محصولات بود.

کاهش هزینه‌ها: با بهینه‌سازی مدیریت موجودی‌ها و برنامه‌ریزی دقیق‌تر، هزینه‌های مرتبط با نگهداری مواد اولیه و تولید کاهش یافت. این کاهش هزینه‌ها به بهبود سودآوری شرکت کمک کرد.

پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از الگوریتم درخت تصمیم C4.5 می‌تواند به طور موثری به بهبود عملکرد سیستم تولید شرکت فولاد مبارکه کمک کند. این الگوریتم با ارائه برنامه‌ریزی دقیق‌تر و بهینه‌تر، به مدیران امکان می‌دهد تا تصمیمات بهتری بگیرند و منابع تولید را بهینه‌تر مدیریت کنند. نتایج این پژوهش بیانگر این است که روش‌های یادگیری ماشین، به ویژه الگوریتم درخت تصمیم C4.5، ابزارهای قدرتمندی برای بهبود برنامه‌ریزی تولید و مدیریت منابع در شرکت‌های تولیدی هستند.

۶-۱- پیشنهادات پژوهشی در راستای نتایج تحقیق:

۱- گسترش مدل برای مواجهه با سناریوهای مختلف بازار: پیشنهاد می‌شود مدل فعلی به گونه‌ای توسعه یابد که بتواند با سناریوهای مختلفی مانند افزایش تقاضای بازار، تغییرات

اقتصادی و کاهش بودجه تولید سازگار شود. به‌طور خاص، استفاده از الگوریتم‌های تطبیقی یا یادگیری تقویتی می‌تواند به مدل کمک کند تا در شرایط پویای بازار بهینه‌ترین تصمیمات را اتخاذ نماید.

۲- استفاده از شبیه‌سازی پیشرفته برای تحلیل سناریوها: پیشنهاد می‌شود از ابزارهای شبیه‌سازی پیشرفته مانند سیستم‌های دینامیکی یا شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای تحلیل عمیق‌تر سناریوها استفاده شود. این شبیه‌سازی‌ها می‌توانند تأثیرات متغیرهای تصادفی و پیچیدگی‌های واقعی سیستم تولید را بهتر مدل‌سازی کنند و به بهبود دقت نتایج کمک نمایند.

۳- بررسی تأثیرات تغییرات سیاست‌های موجودی و مدیریت انبار: با توجه به تأثیرات سیاست‌های موجودی بر تولید و هزینه‌ها، پیشنهاد می‌شود که تحقیقات آینده به تحلیل دقیق‌تر تأثیرات تغییرات سیاست‌های موجودی بر عملکرد کل زنجیره تأمین بپردازند. استفاده از مدل‌های بهینه‌سازی موجودی و مدیریت زنجیره تأمین پیشرفته می‌تواند به شرکت‌ها کمک کند تا تعادل بین هزینه‌ها و عملکرد را بهبود بخشند.

۴- بررسی تأثیرات تکنولوژی‌های جدید بر توان تولید خطوط: با توجه به اهمیت افزایش توان تولید هر خط در سناریوها، پیشنهاد می‌شود که تحقیقات آینده به بررسی تأثیر تکنولوژی‌های جدید و پیشرفته مانند اتوماسیون و رباتیک بر بهبود بهره‌وری خطوط تولید بپردازند. همچنین، استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی عملکرد تجهیزات جدید و ارزیابی اثرات آن‌ها می‌تواند به بهبود تصمیم‌گیری‌ها کمک کند.

۵. منابع و مآخذ

- ر. شباهنگ، مدیریت مالی، چاپ یازدهم. تهران: سازمان حسابرسی، مرکز تحقیقات تخصصی حسابداری و حسابرسی، ۱۳۸۶.

-س. ثرابی، م. عبادیان، م. رضائی و حسن. شمسی، "ارائه یک سیستم برنامه ریزی تولید سلسله مراتبی برای محیط‌های ترکیبی MTO/MTS با یک مطالعه موردی"، "چهارمین کنفرانس ملی مهندسی صنایع، تهران، انجمن مهندسی صنایع ایران، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۴.

-م. م. لطفی، "برنامه‌ریزی تولید مبتنی بر بازار در شرایط عدم قطعیت برای یک تولید کننده انرژی الکتریکی"، استاد راهنما: سید فرید قادری، استاد مشاور: محمد علی آزاده - رضا توکلی مقدم، دانشگاه تهران، ۱۳۹۰.

-س. قادری، ا. گرئی، و م. شخص نیایی، "برنامه ریزی تولید نیروگاه های کشور با استفاده از روش سلسله مراتبی"، بیستمین کنفرانس بین المللی برق، تهران، شرکت توانیر، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۸۴.

- A. Mehra, I. Minis, and J. M. Proth, "Hierarchical production planning for complex manufacturing systems," *Advances in Engineering Software*, vol. 26, pp. 209–218, 1996.

[3] A. C. Hax and H. C. M. May, "Hierarchical integration of production planning and scheduling," *Massachusetts inst of tech cambridge operations research center*, vol. 3, pp. 656–73, 1973.

- G. H. Saad, "Hierarchical production-planning systems: extensions and modifications," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 41, pp. 609–624, 1990.

- C. Sitompul and E.-H. Aghezzaf, "An integrated hierarchical production and maintenance-planning model," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 17, pp. 299–314, 2011.
- P. Yenradee and K. Piyamanothorn, "Integrated aggregate production planning and marketing promotion: model and case study," *International Journal of Management Science and Engineering Management*, vol. 6, pp. 145–152, 2011.
- A. Mehra, "Hierarchical production planning for Job Shops," A thesis submitted to the graduated university of maryland, in practical fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy in industrial engineering, 1995.
- R. Tanha Aminloei and S. F. Ghaderi, "Generation planning in Iranian power plants with fuzzy hierarchical production planning," *Energy Conversion and Management*, vol. 51, pp. 1230–1241, 2010.
- A. Cameron, "Production scheduling and inventory management for an ice cream manufacturer using hierarchical planning models," A thesis submitted to the graduated of Dalhousie University, in practical fulfillment of the requirements for the degree of master of applied science in industrial engineering, 2009.
- J.Y. J. Bang and Y.-D. Y. Kim, "Hierarchical production planning for semiconductor wafer fabrication based on linear programming and discrete-event simulation," *Automation Science and Engineering, IEEE Transactions on*, vol. 7, , pp. 326–336, 2010.
- J. Lasserre and C. Mercé, "Robust hierarchical production planning under uncertainty," *Annals of Operations Research*, vol. 26, pp. 73–87, 1990.
- H. Yan, "Hierarchical stochastic production planning for flexible automation workshops," *Computers & industrial engineering*, vol. 38, 2000.
- D. Wu and M. Ierapetritou, "Hierarchical approach for production planning and scheduling under uncertainty," *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, vol. 46, pp. 1129–1140, 2007.
- H.S. Yan, X.-D. Zhang, and M. Jiang, "Hierarchical production planning with demand constraints," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 46, pp. 533–551, 2004.
- S. a. Torabi, M. Ebadian, and R. Tanha, "Fuzzy hierarchical production planning (with a case study)," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 161, pp. 1511–1529, 2010.
- D. Rahmani, R. Ramezani, P. Fattahi, and M. Heydari, "A robust optimization model for multi-product two-stage capacitated production planning under uncertainty," *Applied Mathematical Modelling*, vol. 37, pp. 8957–8971, 2013.

- E.H. Aghezzaf, C. Sitompul, and F. Van den Broecke, "A robust hierarchical production planning for a capacitated two-stage production system," Computers & Industrial Engineering, vol. 60, pp. 361–372, 2011.

Application of machine learning to predict complex nested solutions in hierarchical programming

Abstract

Nowadays, due to the need to reduce costs and increase productivity, we are always witnessing the emergence of new methods in the field of production and operation management, hierarchical production planning is also considered as one of these methods, which has been the subject of considerable research in the past few decades. has been done., therefore, the present research is looking for the application of machine learning to predict complex nested solutions in hierarchical planning. Data collection, this research is descriptive-analytical and library studies were used to collect information. Descriptive researches are used to investigate the existing conditions in order to know more in order to help the decision-making process. The statistical population of the current research is the Mobarake Steel Company of Isfahan. Considering that the research data is few. Data extraction is done from existing documents. As a result, the studied sample is data related to production, cost and financial performance in the years 2015-2019. Sampling in this research is purposeful. Library and field methods were used to collect information in this research. Library studies were used as a foundation to formulate the theoretical framework of the research, and the field method was also used to obtain information about Mobarake Steel Company.

Keywords: Machine learning, predictive solutions, planning, hierarch