



ارزیابی اثرات زیست‌محیطی راه‌اندازی خط تولید نورد گرم کارخانه ذوب آهن پاسارگارد با روش ماتریس ارزیابی سریع

گروه مهندسی عمران، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران

گروه مهندسی آب، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

گروه حسابداری، دانشگاه جامع علمی کاربردی شیراز، شیراز، ایران

محمد حسینی*

محمد شعبانی

مهرداد کرمی

چکیده مبسوط

مقدمه: نیاز کشور به صنعت فولاد و ساختمان باعث شده است که با وجود منابع معدنی فراوان در کشور به منظور خودکفایی و ایجاد رفاه و اشتغال به کار جوانان اقدام به احداث کارخانجات ذوب آهن و فولاد بیانجامد. به منظور انجام این گونه فعالیت‌ها در راستای توسعه پایدار ارزیابی اثرات زیست‌محیطی برای پروژه‌های بزرگ در دستور کار سازمان‌ها قرار می‌گیرد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۰

مواد و روش‌ها: ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در چهار محیط فیزیکی-شیمیایی، بیولوژیکی-اکولوژیکی، اجتماعی-فرهنگی و اقتصادی - فنی مطرح گردید. جهت این ارزیابی از طریق پرسش‌نامه به صورت کاربردی از افراد متخصص، شاغل و آشنا به محیط کمک گرفته شد و به جهت تحلیل و امتیازبندی از روش ماتریس ارزیابی اثرات سریع در دو فاز ساختمانی و بهره‌برداری استفاده شد.

نتایج و بحث: فعالیت‌های زیست‌محیطی در محیط فیزیکی-شیمیایی در فاز ساختمانی بیش‌ترین اثر منفی مربوط به کیفیت هوا با امتیاز ۴۸- و همچنین کم‌اثرترین پدیده منفی مربوط به فشردگی خاک با میزان ۳- می‌باشد. در محیط بیولوژیکی-اکولوژیکی نشان می‌دهد که در فاز ساختمانی بیش‌ترین اثر منفی مربوط به تغییرات پوشش گیاهی با امتیاز ۲۸- و همچنین کم‌اثرترین پدیده منفی مربوط به اکوسیستم منطقه با میزان ۱۰- می‌باشد. در فاز بهره‌برداری کم‌اثرترین پدیده مربوط به تغییر در افزایش قیمت زمین منطقه با میزان امتیاز ۳۶- می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: صنعت فولاد،

اثرات زیست‌محیطی، ماتریس

ارزیابی اثرات سریع، ساختمانی و

بهره‌برداری

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد موثرترین فاکتور در بین همه فعالیت‌ها در بخش ساختمانی مربوط به اشتغال و کارآفرینی و الگوی جوامع اجتماعی با امتیاز مشترک ۳۲ و کم‌ترین آن مربوط به کیفیت هوا با امتیاز ۵۴- می‌باشد. از مجموع امتیازات در تمامی محیط‌ها در فاز ساختمانی امتیاز ۱۰۷- با اثرات و تغییرات منفی زیاد بر طرح و در فاز بهره‌برداری با امتیاز ۱۳ دارای اثرات و تغییرات مثبت بر طرح را شامل می‌شود. از لحاظ زیست‌محیطی عواملی که موجب تخریب محیط‌زیست و همچنین غیر بازگشت بودن چرخه حیات می‌شوند اجرای طرح با شرایط موجود منطقه توصیه نمی‌شود.

نویسنده مسئول: محمد حسینی

نشانی: گروه مهندسی عمران، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران

تلفن: ۰۹۱۷۷۰۲۳۳۴۸

پست الکترونیکی: Mohammad.Hosseini@iau.ac.ir

استاد: حسینی محمد، شعبانی محمد، کرمی مهرداد. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی راه‌اندازی خط تولید نورد گرم کارخانه ذوب آهن پاسارگارد با روش ماتریس ارزیابی سریع. پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست. ۱۴۰۳؛ ۲(۸): ۱-۱۴.

حقوق نویسندگان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد و تحت مجوز مالکیت خلاقانه <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0> در فصلنامه پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست منتشر شده است. هرگونه استفاده غیرتجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.



مقدمه

با پیشرفت تکنولوژی و توسعه صنایع، خسارت‌های چشم‌گیری بر محیط‌زیست کشورها از جمله ایران وارد شده است. بنابراین تصمیمات راهبردی موثر و کارآمد می‌تواند بر اثرات سوء فعالیت‌های صنعتی و کاهش اثرات مخرب آن بر محیط‌زیست تاثیرگذار باشد. ایجاد برنامه‌های اقتصادی باید بر اساس برنامه‌ریزی توسعه پایدار و حفاظت از محیط‌زیست و به حداقل رساندن اثرات سوء آن منجر شود. احداث و بهره‌برداری از کارخانجات فولاد و ذوب‌آهن عمدتاً پیامدهای ناسازگاری با محیط‌زیست نشان می‌دهند اما اگر برنامه‌ریزی به‌صورت جامع، کلی و هدفمند صورت گیرد می‌توان پیامدهای زیست‌محیطی را کاهش داد. از آنجایی که صنعت ساختمان نیازمند مواد اولیه فولاد و میلگرد می‌باشد، لذا احداث و راه‌اندازی کارخانجات فولاد امری اجتناب‌ناپذیر است. به همین جهت درخصوص راه‌اندازی این گونه فعالیت‌های اقتصادی-اجتماعی باید اثرات زیست‌محیطی منطقه درنظر گرفته شود تا منجر به نابودی منطقه نگردد. مدنی و همکاران (۲۰۱۷) ارزیابی اثرات زیست‌محیطی کارخانجات فولاد تیم با روش ماتریس ارزیابی سریع اثرات (RIAM)^۱ بررسی نمودند. در مرحله ساخت در محیط فیزیکی-شیمیایی بیش‌ترین تاثیر منفی ناشی از فعالیت‌های احداث و برچیدن کارگاه، فرسایش خاک و آلودگی منابع آب سطحی می‌باشد. از مهم‌ترین آثار فعالیت‌های اقتصادی-اجتماعی در دوران ساخت و بهره‌برداری، ایجاد فرصت‌های شغلی، رونق کسب و کار و رونق توسعه ملی می‌باشد. پهلوانی و واعظی (۲۰۲۴) به بررسی ارزیابی اثرات محیط‌زیستی توسعه و ساخت فاز فولادسازی در شهرستان جوبین سبزوار با روش ماتریس ارزیابی سریع پرداختند. در محیط‌های فیزیکی و شیمیایی تاثیرات منفی ناچیز در قسمت فرسایش خاک و اثرات صوتی و همچنین تاثیرات منفی قابل توجه در قسمت لرزش زمین، تغییرات اقلیمی، کیفیت هوا مشاهده گردید و در محیط بیولوژیکی-اکولوژیکی تغییرات ناچیز مربوط به تغییر کاربری اراضی و باغی و تاثیرات منفی قابل توجه مربوط به تغییرات پوشش گیاهی می‌باشد اما در محیط فرهنگی-اجتماعی-اقتصادی دارای تاثیرات مثبت می‌باشد. میربلوکی و همکاران (۲۰۱۸) با روش RIAM به‌طور کلی به ارزیابی اثرات زیست‌محیطی احداث کارخانه فولاد پرداختند. از ۹۶ اثر شناسایی شده آن‌ها ۵۵ درصد اثرات مفی و ۴۵ درصد اثرات مثبت اعلام شد که در صورت اقدامات اصلاحی قبل و بعد از اجرای طرح، اثرات منفی آن به حداقل خواهد رسید. آن‌ها پیشنهاد کردند که

هر سه ماه یکبار جهت کنترل خروجی کارخانه نسبت به پالایش دوره‌ای آلاینده‌ها اقدام گردد. خوش یمن و همکاران (۲۰۱۸) ارزیابی زیست‌محیطی چرخه حیات تولید فولاد از آهن قراضه را مورد مطالعه قرار دادند. ارزیابی زیست‌محیطی با روش ReCiPe صورت گرفت که تاثیرات زیست‌محیطی موثر بر انسان و مصرف منابع را کمی می‌کند که با این روش نتایج موجود در چرخه حیات را به تعداد محدودی از نمرات شاخص‌بندی شده تبدیل می‌کند که در آن میزان شدت تاثیرگذاری‌های زیست‌محیطی نشان داده می‌شود. نتایج آن‌ها نشان داد که از بین گروه‌های موثر، سمیت برای اکوسیستم خشکی با میزان 1.4-DCB eq/ton kg $5289 \text{ eq/tonkg CO}_2$ فولاد و گرمایش جهانی با میزان $5289 \text{ eq/tonkg CO}_2$ فولاد به ترتیب بزرگ‌ترین تاثیرات زیست‌محیطی این فرآیند هستند و کم‌ترین پیامد زیست‌محیطی این فرآیند برای گروه‌های تاثیر سمیت سرطان‌زایی برای انسان و سمیت برای آب‌های شیرین به‌دست آمد. رضانی موزیرجی و همکاران (۲۰۲۳) ارزیابی چرخه حیات تولید فولاد و اثرات زیست‌محیطی آن با روش ارزیابی IMPACT2002^+ پرداختند. در میان اثرات زیست‌محیطی انرژی غیر تجدید شونده، گرمایش جهانی و تنفس ذرات معدنی به‌ترتیب بیش‌ترین اثر با میزان ۸۶ درصد از کل اثرات زیست‌محیطی داشتند. نیک پیشه کوه جهری و همکاران (۲۰۲۰) ارزیابی و مدیریت ریسک زیست‌محیطی صنایع فولاد اردکان به روش تحلیل حالات بالقوه خرابی و اثرات زیست‌محیطی (EFMEA)^۲ را مورد مطالعه قرار دادند که از ۳۱۶ جنبه ریسک زیست‌محیطی، مقدار ۳۹ ریسک در سطح پایین و ۱۳۹ ریسک در سطح متوسط و ۱۳۸ ریسک در سطح بالا شناسایی شدند. همچنین مقایسه میانگین‌های حاصل از دو ارزیابی نشان داد که میانگین داده‌های اولیه از ۱۴۶۶ به ۱۲۴۸ در داده‌های ثانویه کاهش یافته است. نیاکان لاهیجی و خضری (۲۰۱۱) به ارزیابی زیست‌محیطی مجتمع فولاد گیلان با تطبیق شاخص‌ها و استانداردهای زیست‌محیطی و ارائه برنامه جدید پایش زیست‌محیطی برای آن پرداختند. هدف آن‌ها ارزیابی کلی فاکتورهای زیست‌محیطی در مرحله بهره‌برداری بوده و اینکه این فاکتورها چه مقدار با استانداردها فاصله دارد. آن‌ها با روش ماتریس اثرات متقابل به وزن‌دهی پارامترها پرداختند. در مجموع با رفع برخی از تعارضات محیط‌زیستی در مرحله بهره‌برداری و انجام برخی از اقدامات اصلاحی در زمینه‌های آلودگی هوا، پساب‌ها شده، مصرف انرژی، سلامت و امنیت شغلی، آلودگی صوتی،

۱- Rapid Impact Assessment Matrix

۲- Environmental Failure Mode and Effects Analysis

می‌تواند به صنایع سنگین کمک کند تا از انتشار مستقیم CO₂ به جو جلوگیری کنند. این روش منجر به کاهش آثار منفی زیست‌محیطی می‌شود. باکس و همکاران (۲۰۲۱) به آثار زیست‌محیطی ناشی از تولیدات کارخانه فولاد آلمان پرداختند. با افزایش تولیدات فولاد، گازهای گلخانه‌ای افزایش یافته و پیامدهای زیست‌محیطی به آلودگی هوا، گرمایش جهانی زمین و فرسایش خاک و نابودی اکوسیستم منجر می‌شود. به‌طوری‌که از هر ۱ تن فولاد تولید شده حدود ۲۲ درصد از کل تولید منجر به گرمایش جهانی زمین می‌شود. لیو و همکاران (۲۰۲۰) ارزیابی چرخه حیات تأثیرات زیست‌محیطی فرآیند تولید فولاد را بررسی کردند. آن‌ها خطرات را به ۴ دسته سلامت انسان، تغییرات آب و هوا، کیفیت اکوسیستم و منابع تقسیم کردند. نتایج نشان داد که ذوب‌آهن بیشترین تأثیرات بر سلامت انسان و دنبال آن بیشترین تأثیر بر منابع دارد. متأسفانه برنامه‌های اقتصادی و سودسازی‌های دولت‌ها منجر به نابودی محیط‌زیست پایدار می‌گردد به‌طوری‌که در تصمیمات کلان، منافع اقتصادی اولویت بر سایر دسته‌ها دارند. سان و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی چالش‌ها و دیدگاه‌های زیست‌محیطی موجود در صنعت آهن و فولاد پرداختند. جهت کاهش پیامدهای مخرب زیست‌محیطی موارد زیر از جمله درک اساسی مکانیسم‌های جریان، برنامه‌ریزی و بهینه‌سازی جریان مواد و انرژی پویا، هم‌افزایی بین جریان مواد و انرژی، فرآیندهای تولید انعطاف‌پذیر و سیستم‌های انرژی انعطاف‌پذیر، تولید فولاد هوشمند و سیستم‌های انرژی هوشمند و مسیرها و فناوری‌های انقلابی فولادسازی در نظر گرفته شود. پس از بخش شیمیایی، صنایع و کاخانات تولید فولاد و ذوب‌آهن دومین مصرف‌کننده انرژی در سطح جهان است و در رتبه اول انتشار CO₂ قرار دارد که تقریباً ۱۵ درصد از انتشارات صنعتی مربوط به این حوزه فولاد و ذغال‌سنگ می‌باشد (موریانی ۲۰۲۰، ربریک و همکاران ۲۰۱۸، چیسالیتا و همکاران ۲۰۱۹). ارزیابی اثرات زیست‌محیطی را می‌توان به‌عنوان ارزیابی و شناسایی منظم اثرات بالقوه برنامه‌ها، طرح‌ها، پروژه‌ها یا فعالیت‌های مرتبط با محیط‌های فیزیکی-شیمیایی، بیولوژیکی-اکولوژیکی، اقتصادی-فنی و اجتماعی-فرهنگی بیان نمود. هدف اصلی از این پژوهش این است که با کمک ابزارهای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، امکان‌سنجی و پتانسیل ایجاد و راه‌اندازی خط نورد گرم کارخانه ذوب‌آهن پاسارگاد با در نظر گرفتن شرایط زیست‌محیطی مشخص نمود و با ایجاد برنامه‌ریزی‌های منظم آثار و پیامدهای منفی بر محیط‌زیست منطقه غالب می‌شود را کاهش داد.

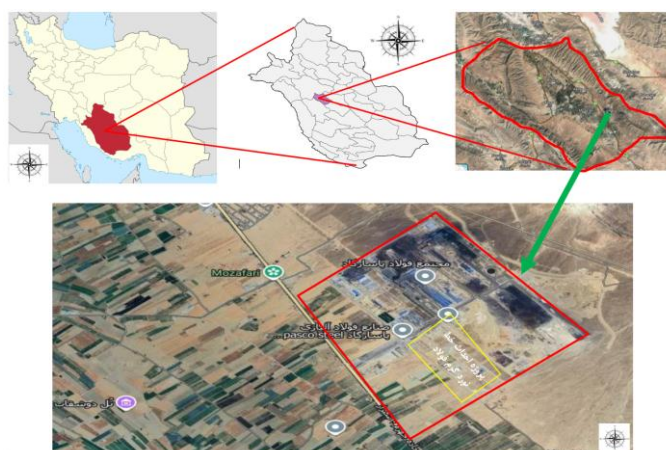
آلودگی آب و خاک، مواد زائد جامد و فاضلاب‌ها مجتمع فولاد گیلان می‌تواند به فعالیت ادامه دهد. علی‌اکبری و همکاران (۲۰۱۸) ارزیابی اثرات زیست‌محیطی معدن زغال سنگ در شمال ایران به روش ماتریس لئوپلد مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که تجزیه تحلیل اطلاعات معدن زغال سنگ در محیط اقتصادی-اجتماعی اثر مثبت ناچیز و در محیط بیولوژیکی پیامدهای منفی و مخرب داشت به‌طوری‌که اثرات منفی در محیط بیولوژیکی با فراوانی ۳۱۰ اثر بیشتر از سایر محیط‌ها می‌باشد. عمده اثرات منفی در محیط فیزیکی مربوط به آلودگی و فرسایش خاک، آلودگی هوا و عمده اثرات منفی در بخش بیولوژیکی مربوط به تراکم گونه‌های گیاهی و جانوری و کیفیت زیستگاه می‌باشد. از آنجایی که حذف کامل اثرات منفی معدن زغال‌سنگ غیرممکن است، می‌توان با اقدام اصلاحی در قالب برنامه‌ریزی مدیریت زیست‌محیطی از اثرات منفی آن کاست. داودیان (۲۰۱۳) به ارزیابی اثرات مجتمع فولاد قائنات با روش فازی پرداخت. نتایج نشان داد که در صورت عدم اعمال عامل جبران بیش‌ترین اثرات در طبقه متوسط و زیاد قرار می‌گیرند و در صورت اعمال عامل جبران ۰/۷۳ اثرات در طبقه متوسط قرار می‌گیرند و طبقه خیلی زیاد سهم ناچیزی را شامل می‌شود. وانگ و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی ارزیابی زیست‌محیطی تولید جهانی فولاد بر مبنای عرضه و تقاضا پرداختند. تقاضای بیش از حد و افزایش بی‌رویه تولیدات فولاد با شدت کربن بالا آثار زیاد منفی روی محیط بیولوژیکی و فیزیکی دارد و به مرور زمان احداث بی‌رویه معادن زغال‌سنگ و فولاد منجر به نابودی اکوسیستم می‌گردد. الیارهما و همکاران (۲۰۲۳) به ارزیابی زیست‌محیطی تولید فولاد در اندونزی پرداختند. بررسی آن‌ها نشان داد از تولید هر ۱ تن فولاد معادل ۳۹ درصد از کل CO₂ انتشار می‌یابد که منجر به آلودگی هوا و گرمایش جهانی زمین می‌شود. فنته و تسیگاو (۲۰۲۴) به ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید میلگردهای فولادی از ذوب‌آهن آلات قراضه در صنایع فلزی اتیوپی پرداختند. ذوب آهن از لحاظ تأثیرات اقلیمی منجر به گرمایش زمین و افزایش آلودگی CO₂ می‌گردد. آلودگی منابع آب، آلودگی هوا، فرسایش خاک، نابودی گیاهان و گونه‌های جانوری از مهم‌ترین آثار مخرب تولید میلگرد از آهن بازیافتی می‌باشد. یو و همکاران (۲۰۲۴) به ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و چرخه بازگشت طرح‌های فناوری CCU در کارخانه‌های تولید فولاد پرداختند. فناوری CCU یکی از مؤثرترین راه‌حل‌ها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. این فناوری با جذب، ذخیره‌سازی و استفاده از کربن دی‌اکسید

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه:

محدوده مطالعاتی پروژه راهاندازی خط نورد گرم فولاد کارخانه ذوب‌آهن پاسارگاد واقع در ۲۵ کیلومتری شهرستان کوار استان فارس با مختصات جغرافیایی طول $52^{\circ} 50' 52''$ و عرض $29^{\circ} 11'$ در ارتفاع ۱۵۶۷ متری از سطح دریا قرار دارد. شهرستان کوار با مساحت ۱۶۵۰ کیلومتر مربع در مرکز استان فارس قرار دارد. جمعیت شهرستان کوار طبق سرشماری سال ۱۳۹۵ تقریباً ۸۴۰۰۰ نفر می‌باشد. میانگین دمای سالانه منطقه ۲۲ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارش سالانه ۴۲۴ میلی‌متر و روزهای یخبندان سالانه ۴۵ روز می‌باشد. شهرستان کوار از شمال با کلان‌شهر شیراز، از غرب با شهرستان فیروزآباد، از جنوب با شهرستان خفر و از شرق با شهرستان سروستان همجوار است. مردم شهرستان کوار در سه دسته فارس، لر و قشقایی تقسیم‌بندی می‌شوند. از مهم‌ترین اماکن و آثار باستانی، بند بهمن مربوط به دوره هخامنشیان و امام‌زاده شاهزاده ابوالقاسم می‌باشد. دشت کوار به دلیل خاک بسیار مرغوب و حاصل‌خیز و همچنین برخورداری از آب دائمی رودخانه قره‌آغاج از مراکز مهم کشاورزی کشور می‌باشد که در تولید بسیاری از محصولات زراعی و باغی در رده‌های بالای تولیدی در فارس و کشور ایران قرار دارد. محصولاتی چون گندم، جو، ذرت، هندوانه، انگور، انار، هلو، انجیر و غیره می‌باشد. بخش عمده‌ای از محصولات و زمین‌های کشاورزی از نوع زراعی می‌باشد. کوار جزء مراکز مهم تولید شیر و گوشت کشور است و

بزرگ‌ترین صنعت ذوب‌آهن منطقه با مساحت تقریبی ۴۵۰ هکتار با ۲۰۰۰ نفر پرسنل به‌طور مستقیم مشغول به فعالیت می‌باشند. فاز اولیه شامل واحدهای ذوب و ریخته‌گری به‌صورت باز و بسته و واحد گاززدایی و کربن‌زدایی در خلاء (VD/VOD) در اوایل پاییز سال ۱۳۹۸ به بهره‌برداری رسیده‌اند. فاز دوم در اواخر سال ۱۳۹۸ واحد مگا مدول تولید آهن اسفنجی به ظرفیت ۱/۸ میلیون تن در سال به بهره‌برداری رسیده است. واحدهای آهن اسفنجی از فناوری میدرکس استفاده می‌کنند و با اعمال تغییرات تکنولوژیک، توانایی شارژ گرم آهن اسفنجی به کوره ذوب را دارا می‌باشند. این تغییرات تکنولوژیک باعث صرفه‌جویی در انرژی برق و افزایش سرعت ذوب‌گیری آهن اسفنجی شده‌اند. فاز سوم شامل واحد آهک‌سازی با ظرفیت سالانه ۷۰ هزار تن و واحد گندله‌سازی با ظرفیت سالانه ۳/۴ میلیون تن از اواسط سال ۱۳۹۹ وارد مدار تولید شده‌اند. فاز چهارم قصد راهاندازی واحدهای تولید نورد گرم شامل تولید مقاطع فولادهای کیفی (SBQ) و مفتول فولادی ظرفیت ۴۵۰۰۰۰ تن در سال، تولید کلاف فولادی به ظرفیت ۴۵۰۰۰۰ تن در سال، تولید لوله‌های بدون درز به ظرفیت ۱۰۰۰۰۰ تن در سال، با مساحتی تقریبی ۸۰ هکتار زمین وارد مدار تولید می‌کند. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و مکان قرارگیری پروژه راهاندازی خط نورد گرم فولاد را نشان می‌دهد.



شکل ۱ - موقعیت محدوده مورد مطالعه و مکان واقع شدن پروژه

روش انجام پژوهش:

پژوهش حاضر از لحاظ روش تحلیلی کمی و کیفی و از لحاظ نوع کاربردی می‌باشد که هدف اصلی این پژوهش ارزیابی زیست‌محیطی پروژه احداث خط نورد گرم فولاد بر تنوع گوناگون

زیستی و جوامع محلی است. در این ارزیابی معیارهای زیست‌محیطی طبیعی و غیرطبیعی بر اساس جنبه‌های فیزیکی، بیولوژیکی، اجتماعی-فرهنگی و اقتصادی مورد تحلیل، بررسی و

امتیازگذاری قرار داده شد. در این خصوص، ۲۵۰ پرسش نامه به صورت تصادفی در بین کارشناسان خبره سازمان حفاظت از محیط زیست، منابع طبیعی، جهاد کشاورزی، کارکنان شرکت ذوب آهن پاسارگاد و اهالی محل قرار گرفت تا نظرات آنها جمع آوری و با روش های ارزیابی مورد تحلیل، امتیازدهی و جمع بندی قرار گیرد. یکی از روش های ارزیابی استفاده و به کارگیری از ماتریس ارزیابی اثرات سریع RIAM که توسط پاستاکیا و جنسن (۱۹۹۸) مطرح شد که ابزاری برای سازماندهی، تجزیه و تحلیل و ارائه نتایج یک ارزیابی جامع می توان به کار برد. ساختار و شکل ساده این ماتریس امکان تجزیه و تحلیل داده ها از پارامتر کیفی به کمی به صورت سریع در کمترین زمان می توان به جمع بندی دست یافت و در دو مرحله ساختمانی و بهره برداری امکان آنالیز و ارزیابی آن وجود دارد. معیارهای قابل توجه این

ارزیابی در ماتریس ارزیابی اثرات سریع به دو دسته تقسیم بندی می شوند که گروه اول معیارهایی که برای شرایط اهمیت دارند که به صورت جداگانه می توانند امتیاز کسب شده را تغییر دهند و گروه دوم معیارهایی که برای موقعیت ارزش دارند، اما نباید به طور جداگانه قادر به تغییر امتیاز کسب شده باشند. مقادیر نسبت داده شده با کمک فرمول هایی ساده تعریف می شود که امتیازدهی آن محیط مشخص می گردد. در گروه اول M اهمیت اثر و دامنه اثر مطرح می باشد که با هم ضرب می شوند و در گروه دوم N بحث مدت اثر، برگشت پذیری آن و تجمعی بودن اثر مطرح است که با هم جمع می شوند. سپس از ضرب گروه اول در گروه دوم امتیاز نهایی ES حاصل می شود. در رابطه ۱ تا ۳ فرآیند امتیازدهی در ماتریس ارزیابی اثرات سریع تعیین می گردد.

$$M_1 \times M_2 = MT \quad (۱)$$

$$N_1 + N_2 + N_3 = NT \quad (۲)$$

$$MT \times NT = ES \quad (۳)$$

که در آن M_1 اهمیت اثر، M_2 دامنه اثر، N_1 مدت اثر، N_2 برگشت پذیری و N_3 تجمعی بودن اثر است. در گروه اول M نمره گذاری با مرکزیت عدد صفر آغاز می شود که موضوع بدون

اهمیت و بدون تغییر است و در امتیاز نهایی ES تاثیری ندارد و حاصل را صفر می نماید. در جدول ۱ معیارهای ارزیابی ماتریس ارزیابی اثرات سریع تعریف شده است.

جدول ۱- معیار های ارزیابی ماتریس ارزیابی اثرات سریع

معیار	توضیحات	نمره
	بدون اهمیت	۰
	فقط با اهمیت برای شرایط محلی	۱
M_1 : اهمیت اثر	دارای اهمیت برای مناطقی که در مجاورت خارج از شرایط محلی قرار دارند	۲
	دارای اهمیت منطقه ای یا ملی	۳
	دارای اهمیت ملی یا بین المللی	۴
	با اثر و تغییرات مفید و مثبت زیاد	+۳
M_2 : دامنه اثر	با ایجاد بهبود مشخص در محل	+۲
	با ایجاد بهبود در محل	+۱
	بدون تغییر در محل	۰
	با اثر منفی در محل	-۱
	با تغییرات منفی مشخص	-۲
	با تغییرات و خسارات منفی زیاد	-۳
N_1 : مدت اثر	بدون ایجاد تغییرات	۱
	اثر موقت	۲
	اثر دائمی	۳
N_2 : برگشت پذیری	بدون ایجاد تغییرات	۱
	برگشت پذیر	۲
	برگشت ناپذیر	۳
N_3 : تجمعی بودن اثر	بدون ایجاد تغییرات - امکان ناپذیر	۱
	بدون اثر تجمعی	۲
	با اثر تجمعی	۳

جهت به‌کارگیری از سیستم ارزیابی برای هر گزینه از پروژه ماتریسی تولید شد که شامل سلول‌هایی با معیارهای مختلف می‌باشد که از حاصل ضرب گزینه اول در گزینه دوم ارزش نهایی اثرات زیست‌محیطی ES حاصل می‌شود که این اعداد در یک دامنه عددی ± 5 تقسیم‌بندی می‌شود. که خلاصه آن در جدول ۲ نشان داده شده است. همانطور که قبلاً عنوان شد فاز پروژه در دو مرحله ساختمانی و بهره‌برداری مورد ارزیابی قرار گرفت که عوامل موثر بر فعالیت‌های زیست‌محیطی در محیط فیزیکی-شیمیایی شامل فرسایش خاک، فشردگی خاک، لرزش زمین، زهکشی، کیفیت آب سطحی و زیرزمینی، کیفیت هوا، تغییرات اقلیمی و

اثرات صوتی دسته‌بندی شده است. همچنین در محیط بیولوژیکی-اکولوژیکی این اثر بر اکوسیستم منطقه، تغییرات پوشش گیاهی، الگوی رفتاری جانوران، تغییر کاربری اراضی کشاورزی و باغی دسته‌بندی شده است. اثر فعالیت بر عوامل محیطی اجتماعی-فرهنگی شامل تغییر در زیبایی‌شناختی منطقه، تغییر در الگوی فرهنگی جوامع محلی، و الگوی اجتماعی جوامع محلی تعیین شده است. همچنین عامل مهم تأثیرگذار بر عوامل محیطی اقتصادی-فنی شامل اشتغال، رفاه عمومی، افزایش قیمت زمین در این گروه قرار دارد که البته عوامل اقتصادی به‌دلیل فشارهای سیاسی و مردمی بر منطقه گاه‌ها موجب تسریع یا تعویق پروژه می‌گردد.

جدول ۲- تبدیل امتیازهای محیطی به شاخص‌های دامنه و اثر تغییرات آن‌ها

توضیحات	ارزش نهایی اثرات زیست محیطی	دامنه عددی
ES		
اثرات و تغییرات مفید و مثبت	+۷۲ تا +۱۰۸	+۵
اثرات و تغییرات مثبت قابل توجه	+۳۶ تا +۷۱	+۴
اثرات و تغییرات متوسط	+۱۹ تا +۳۵	+۳
اثرات و تغییرات مثبت	+۱۰ تا +۱۸	+۲
اثرات و تغییرات مثبت ناچیز	+۱ تا +۹	+۱
بدون اثر و تغییر در محل و یا امکان‌ناپذیر	۰	۰
اثرات و تغییرات منفی ناچیز	-۱ تا -۹	-۱
اثرات و تغییرات منفی	-۱۰ تا -۱۸	-۲
اثرات و تغییرات منفی متوسط	-۱۹ تا -۳۵	-۳
اثرات و تغییرات منفی قابل توجه	-۳۶ تا -۷۱	-۴
اثرات و تغییرات منفی زیاد	-۷۲ تا -۱۰۸	-۵

نتایج و بحث

اثرات زیست‌محیطی از جهتی درخصوص تغییرات گوناگونی که در اثر فعالیت‌ها در محیط فیزیکی-شیمیایی، بیولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی از نظر زمانی و مکانی روی می‌دهد پدید می‌آیند که از منظر زمان می‌توان به مرحله آماده‌سازی زمین یا فاز ساختمانی، مرحله بهره‌برداری و در نهایت خاتمه عمر مفید پروژه دسته‌بندی نمود. ارزیابی جامع از طریق پرسش‌نامه بر طبق نظرات کارشناسان خبره، کارکنان ذوب‌آهن و در نهایت نظرات نویسندگان جمع‌بندی شده است. جامعه آماری حدود ۲۰۱۰ نفر می‌باشد و براساس حجم نمونه مطابق با جدول مورگان تعداد ۳۲۵ پرسش‌نامه تهیه شد و در اختیار آن‌ها قرار گرفت. حدود ۷۰ درصد از پرسش‌نامه‌ها اجرای طرح را دارای اثرات مثبت اعلام می‌نمودند و بیشتر به خاطر مسائل اقتصادی و رونق منطقه بیان می‌نمودند. اثرات منفی که با اجرای طرح به‌وجود می‌آید می‌توان به فرسایش

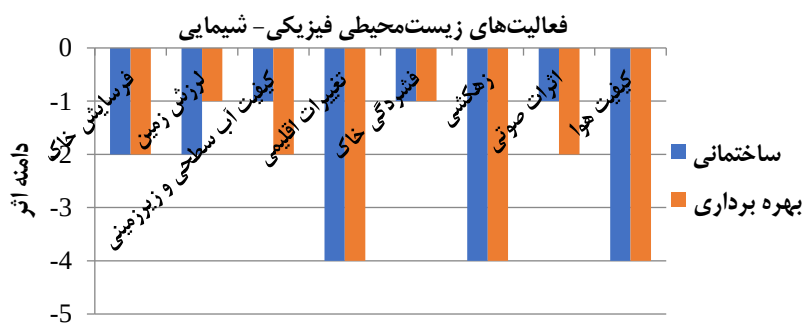
خاک، از بین رفتن محصولات کشاورزی، آلوده شدن خاک و سمی شدن آن، تخریب جاده‌ها به‌دلیل رفت‌وآمد خودروهای سنگین، کاهش سطح آب زیرزمینی اشاره کرد اما جنبه‌های مثبت طرح بیشتر بر مبنای اشتغال جوانان منطقه و محرومیت‌زدایی بیان کرد. در اینجا هر چهار محیط بر اساس پرسشنامه‌ها ارزیابی شد. در جدول ۳ فعالیت‌ها پروژه راه‌اندازی خط فولاد گرم بر عوامل محیطی فیزیکی و شیمیایی در مرحله ساختمانی و بهره‌برداری پراخته شد. فعالیت‌های زیست‌محیطی در محیط فیزیکی-شیمیایی نشان می‌دهد که در فاز ساختمانی بیش‌ترین اثر منفی مربوط به کیفیت هوا با امتیاز -۴۸- و همچنین کم‌اثرترین پدیده منفی مربوط به فشردگی خاک با میزان -۳- می‌باشد. همچنین در فاز بهره‌برداری بیش‌ترین اثر منفی مربوط به کیفیت هوا و تغییرات اقلیمی می‌باشد با امتیاز -۵۴- و کم‌اثرترین آن با میزان -۴- مربوط

و تغییرات منفی در منطقه ایجاد می نماید. با بررسی های کلی به دلیل پوشش گیاهی کم و غالب منطقه به صورت اراضی کشاورزی می باشد بر آلودگی هوا، آب و خاک افزایش یافته و به مراتب موجب برهم زدن اکوسیستم منطقه می گردد. لذا در محیط فیزیکی-شیمیایی دارای امتیاز منفی می باشد که جهت امتیازبندی کلی نیاز به بررسی در محیط های دیگر می باشد.

به لرزش زمین می باشد. در محیط فیزیکی-شیمیایی امتیازبندی ها نشان می دهد که در فاز ساختمانی و در فاز بهره برداری اجرای پروژه همراه با آثار و پیامدهای منفی می باشد. بر اساس نمودار شکل ۲ در فاز ساختمانی و بهره برداری تغییرات اقلیمی، زهکشی و کیفیت هوا با امتیاز دامنه ۴- اثرات و تغییرات قابل توجهی را در منطقه ایجاد می نماید و فشرده گی خاک با امتیاز دامنه ۲- اثرات

جدول ۳ - اثر فعالیت راه اندازی خط نورد گرم فولاد در محیط فیزیکی-شیمیایی

اثر فعالیت بر عوامل زیست محیطی	فاز	معیار ارزیابی					
		M ₁	M ₂	N ₁	N ₂	N ₃	ES دامنه
فرسایش خاک	ساختمانی	۱	-۲	۲	۲	۱	-۱۰
	بهره برداری	۱	-۲	۳	۲	۲	-۱۴
لرزش زمین	ساختمانی	۱	-۲	۳	۲	۲	-۱۴
	بهره برداری	۱	-۱	۱	۲	۱	-۴
کیفیت آب سطحی و زیرزمینی	ساختمانی	۲	-۱	۱	۲	۱	-۸
	بهره برداری	۲	-۱	۳	۳	۲	-۱۶
تغییرات اقلیمی	ساختمانی	۳	-۲	۳	۳	۲	-۴۸
	بهره برداری	۳	-۲	۳	۳	۳	-۵۴
فشرده گی خاک	ساختمانی	۱	-۱	۱	۱	۱	-۳
	بهره برداری	۱	-۱	۲	۳	۱	-۶
زهکشی	ساختمانی	۲	-۲	۳	۳	۳	-۳۶
	بهره برداری	۲	-۲	۳	۳	۳	-۳۶
اثرات صوتی	ساختمانی	۱	-۱	۲	۲	۱	-۵
	بهره برداری	۲	-۱	۳	۲	۲	-۱۴
کیفیت هوا	ساختمانی	۳	-۲	۳	۳	۳	-۵۴
	بهره برداری	۳	-۲	۳	۳	۳	-۵۴



شکل ۲ - نمودار فعالیت های زیست محیطی در محیط فیزیکی-شیمیایی

اکوسیستم منطقه می باشد. در محیط بیولوژیکی-اکولوژیکی امتیازبندی ها نشان می دهد که در فاز ساختمانی و در فاز بهره برداری اجرای پروژه همراه با آثار و پیامدهای منفی می باشد. بر اساس نمودار شکل ۳ در فاز ساختمانی و بهره برداری تغییرات پوشش گیاهی با امتیاز دامنه ۴- اثرات و تغییرات قابل توجهی را در منطقه ایجاد می نماید و اکوسیستم منطقه و تغییر کاربری

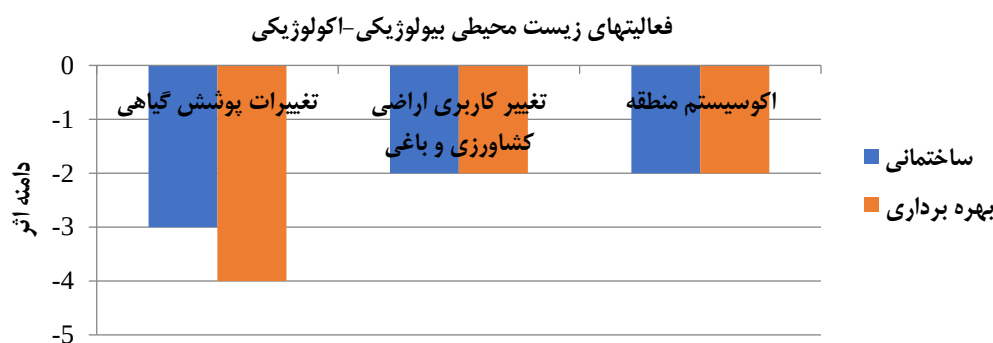
فعالیت های زیست محیطی در محیط بیولوژیکی-اکولوژیکی نشان می دهد که در فاز ساختمانی بیشترین اثر منفی مربوط به تغییرات پوشش گیاهی با امتیاز ۲۸- و همچنین کمترین اثر منفی پدیده منفی مربوط به اکوسیستم منطقه با میزان ۱۰- می باشد. همچنین در فاز بهره برداری بیشترین اثر منفی مربوط به تغییرات پوشش گیاهی با امتیاز ۴۸- و کمترین آن با امتیاز ۱۰- مربوط به

اراضی کشاورزی و باغی با امتیاز دامنه ۲- اثرات و تغییرات منفی در منطقه ایجاد می‌نماید. با بررسی‌های کلی به دلیل تغییرات پوشش گیاهی و تغییر کاربری‌ها بر آلودگی منابع طبیعی افزایش یافته و موجب کاهش کیفیت محصولات کشاورزی و افزایش سموم در منطقه شده است. با شرایط موجود اطراف کارخانه که

هیچ پوشش جنگلی وجود ندارد و اکثراً زمین‌های کشاورزی می‌باشد لذا در محیط بیولوژیکی- اکولوژیکی دارای امتیاز منفی می‌باشد که جهت امتیازبندی کلی نیاز به بررسی در محیط‌های دیگر می‌باشد.

جدول ۴ - اثر فعالیت راه‌اندازی خط نورد گرم فولاد در محیط بیولوژیکی-اکولوژیکی

معیار ارزیابی							فاز	اثر فعالیت بر عوامل زیست محیطی
دامنه	ES	N ₃	N ₂	N ₁	M ₂	M ₁		
-۳	-۲۸	۲	۲	۳	-۲	۲	ساختمانی	تغییرات پوشش گیاهی
-۴	-۴۸	۳	۲	۳	-۳	۲	بهره برداری	
-۲	-۱۶	۲	۳	۳	-۲	۱	ساختمانی	تغییر کاربری اراضی کشاورزی و باغی
-۲	-۱۶	۲	۳	۳	-۲	۱	بهره برداری	
-۲	-۱۰	۲	۲	۱	-۱	۲	ساختمانی	اکوسیستم منطقه
-۲	-۱۰	۲	۲	۱	-۱	۲	بهره برداری	



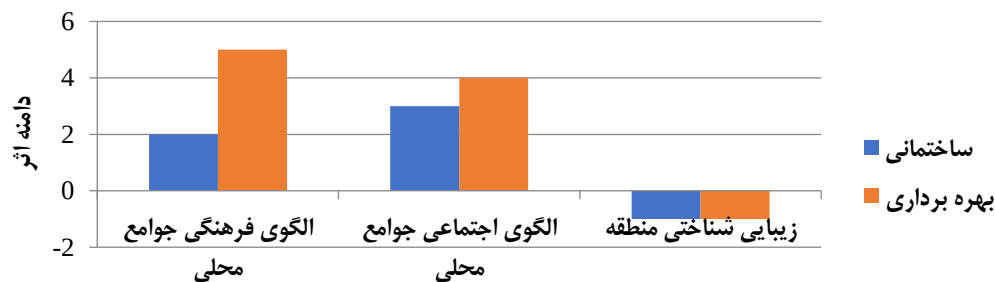
شکل ۳ - نمودار فعالیت‌های زیست محیطی در محیط بیولوژیکی-اکولوژیکی

فعالیت‌های زیست محیطی در محیط اجتماعی-فرهنگی نشان می‌دهد که در فاز ساختمانی بیش‌ترین اثر مثبت مربوط به تغییر در الگوی فرهنگی جوامع محلی با امتیاز ۱۶ و همچنین کم‌اثرترین پدیده منفی مربوط به تغییر در زیبایی شناختی منطقه با میزان ۳- می‌باشد. همچنین در فاز بهره‌برداری بیش‌ترین اثر مثبت مربوط به تغییر در الگوی فرهنگی جوامع محلی می‌باشد با امتیاز ۸۱ و کم‌اثرترین آن با میزان ۶- مربوط به زیبایی شناختی منطقه می‌باشد. در محیط اجتماعی-فرهنگی امتیازبندی‌ها نشان می‌دهد که در فاز ساختمانی و در فاز بهره‌برداری اجرای پروژه همراه با آثار و پیامدهای مثبت می‌باشد. بر اساس شکل ۴ در فاز بهره‌برداری تغییرات الگوی فرهنگی جوامع محلی با امتیاز دامنه ۵ اثرات و تغییرات مفید و مثبت را در منطقه ایجاد می‌نماید و

تغییر در زیبایی شناختی منطقه با امتیاز دامنه ۱- اثرات و تغییرات منفی ناچیز در منطقه ایجاد می‌نماید. با بررسی‌های کلی به دلیل ایجاد منابع اقتصادی و مهاجرت افراد از سطح شهرها به مراکز صنعتی موجب افزایش سطح علم و فرهنگ می‌شود به‌طوری‌که آمارها نشان می‌دهد افراد شاغل به کار در شرکت فولاد جهت ارتقای شغلی به ادامه تحصیل و ارتقاء علم و دانش و فرهنگ روی آورده‌اند که موجب افزایش سطح فرهنگ در جامعه می‌گردد و از جهتی ورود افراد جدید به منطقه باعث رونق توریسم در منطقه می‌گردد. لذا در محیط اجتماعی-فرهنگی دارای امتیاز مثبت می‌باشد که جهت امتیازبندی کلی نیاز به بررسی در محیط‌های دیگر می‌باشد.

جدول ۵ - اثر فعالیت راه اندازی خط نورد گرم فولاد در محیط اجتماعی - فرهنگی

معیار ارزیابی							فاز	اثر فعالیت بر عوامل زیست محیطی
دامنه	ES	N ₃	N ₂	N ₁	M ₂	M ₁		
۲	۱۶	۲	۳	۳	۲	۱	ساختمانی	تغییر در الگوی فرهنگی جوامع محلی
۵	۸۱	۳	۳	۳	۳	۳	بهره برداری	
۳	۳۲	۲	۳	۳	۲	۲	ساختمانی	تغییر در الگوی اجتماعی جوامع محلی
۴	۴۸	۳	۲	۳	۳	۲	بهره برداری	
-۱	-۳	۱	۱	۱	-۱	۱	ساختمانی	تغییر در زیبایی شناختی منطقه
-۱	-۶	۲	۲	۲	-۱	۱	بهره برداری	



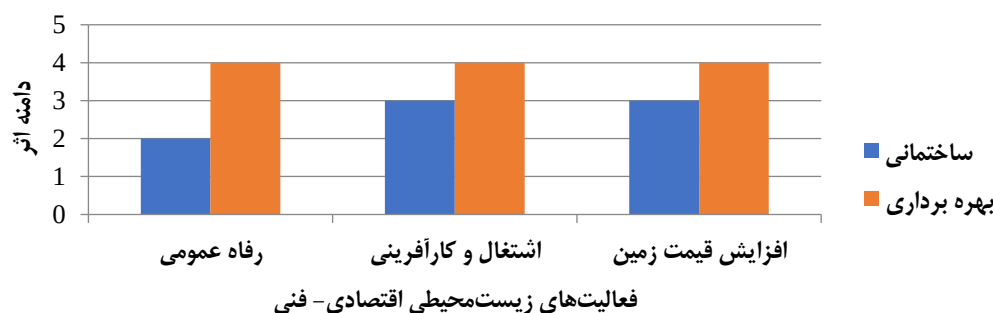
شکل ۴ - نمودار فعالیت های زیست محیطی در محیط اجتماعی-فرهنگی

۴ اثرات و تغییرات مثبت قابل توجه را در منطقه ایجاد نموده و رفاه عمومی با امتیاز دامنه ۲ اثرات و تغییرات مثبت در منطقه ایجاد می نماید. با بررسی های کلی به دلیل ایجاد منابع اقتصادی و فرصت های شغلی باعث شده است که اکثر جوانان منطقه به طور مستقیم و غیرمستقیم مشغول به کار شده، از آنجایی که شرکت ذوب آهن پاسارگاد وابسته به بخش خصوصی می باشد، لذا در جهت جذب پرسنل از افراد بومی استفاده شده است. همچنین ایجاد هنرستان ها و دانشکده در محیط ذوب آهن باعث شده است که افراد با آشنایی کامل بعد از گذراندن دوره کارآموزی وارد کار شوند. و مسئولین شهر امروز بیشتر به مسائل اقتصادی و رفاه منطقه تلاش می نمایند.

فعالیت های زیست محیطی در محیط اقتصادی-فنی نشان می دهد که در فاز بهره برداری بیشترین اثر مثبت مربوط به اشتغال و کارآفرینی و رفاه عمومی با امتیاز ۶۳ و همچنین کم اثرترین پدیده مربوط به تغییر در افزایش قیمت زمین منطقه با میزان ۳۶ می باشد. همچنین در فاز ساختمانی بیشترین اثر مثبت مربوط به اشتغال و کارآفرینی با امتیاز ۳۲ و کم اثرترین آن با میزان ۲۰ مربوط به رفاه عمومی منطقه می باشد. در محیط اقتصادی-فنی امتیازبندی ها نشان می دهد که در فاز ساختمانی و در فاز بهره برداری اجرای پروژه همراه با آثار و پیامدهای مثبت می باشد. بر اساس شکل ۵ در فاز بهره برداری تمامی فعالیت ها شامل رفاه عمومی، اشتغال و کارآفرینی و افزایش قیمت زمین با امتیاز دامنه

جدول ۶ - اثر فعالیت راه اندازی خط نورد گرم فولاد در محیط اقتصادی-فنی

معیار ارزیابی							فاز	اثر فعالیت بر عوامل زیست محیطی
دامنه	ES	N ₃	N ₂	N ₁	M ₂	M ₁		
۲	۲۰	۱	۲	۲	۲	۲	ساختمانی	رفاه عمومی
۴	۶۳	۲	۲	۳	۳	۳	بهره برداری	
۳	۳۲	۲	۳	۳	۲	۲	ساختمانی	اشتغال و کارآفرینی
۴	۶۳	۲	۲	۳	۳	۳	بهره برداری	
۳	۲۸	۲	۳	۲	۲	۲	ساختمانی	افزایش قیمت زمین
۴	۳۶	۲	۲	۲	۳	۲	بهره برداری	



شکل ۵ - نمودار فعالیت‌های زیست‌محیطی در محیط اقتصادی-فنی

اکثر با وجود تجهیزات و امکانات کارخانه‌ای پیشرو پیامد را منفی اعلام نمودند در محیط بیولوژیکی-اکولوژیکی تمامی آثار منفی می‌باشد که این به دلیل تغییرات در پوشش گیاهی و اکوسیستم منطقه می‌باشد. در این بررسی‌های تمامی محققین در محیط اقتصادی-فنی آثار و پیامد مثبت به دلیل بحث ایجاد اشتغال و کسب و کار را مطرح نمودند. در تحقیق حاضر آثار و پیامد در محیط‌های فیزیکی-شیمیایی و بیولوژیکی-اکولوژیکی در بلندمدت منفی و در محیط‌های اجتماعی-فرهنگی و اقتصادی-فنی مثبت در بلندمدت و کوتاه‌مدت مثبت می‌باشد.

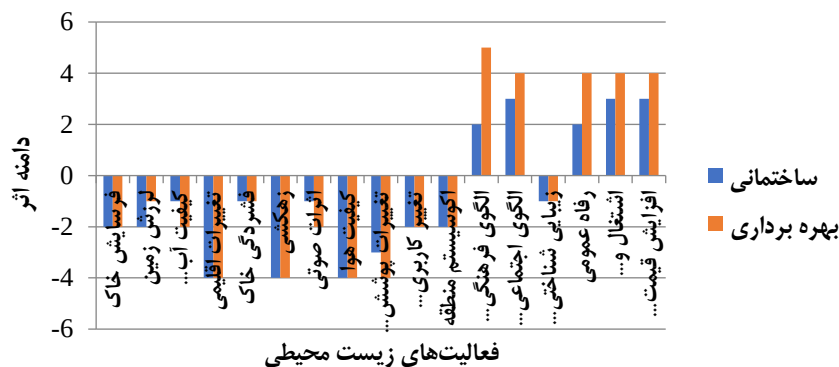
با بررسی‌های بیشتر با سوابق تحقیق طبق جدول ۷ می‌توان به این نکته اشاره کرد که هرگونه احداث فعالیت‌های صنعتی در بلندمدت می‌تواند پیامد مثبت یا منفی در محیط‌های زیست‌محیطی ایجاد نماید. سوابق تحقیق در محیط فیزیکی-شیمیایی نشان می‌دهد که تعدادی از آن‌ها آثار بلندمدت زیست‌محیطی را مثبت اعلام شده است که نشان می‌دهد در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت حفظ خاک، بحث کیفیت و کمیت آب، کیفیت هوا، فرسایش خاک مورد توجه قرار گرفته و می‌تواند از آثار منفی آن‌ها بکاهد که این نشان از تجهیزات بروز کارخانه و فیلتراسیون قوی می‌باشد. اما در فعالیت‌های انجام شده در ایران

جدول ۷ - بررسی و مقایسه سوابق تحقیق با تحقیق حاضر در تمامی فعالیت‌های زیست‌محیطی

سوابق تحقیق	فیزیکی-شیمیایی	بیولوژیکی-اکولوژیکی	اجتماعی-فرهنگی	اقتصادی-فنی
یو و همکاران (۲۰۲۴)	+	-	-	+
باکس و همکاران (۲۰۲۱)	+	-	+	+
رضانی و همکاران (۲۰۲۳)	-	-	+	+
خوش‌یمین و همکاران (۲۰۱۸)	-	-	+	+
میربلوکی و همکاران (۲۰۱۸)	-	-	-	+
پهلوانی و واعظی (۲۰۲۴)	-	-	-	+
علی اکبر و همکاران (۲۰۱۸)	-	-	+	+
فنته و تسیگاو (۲۰۲۴)	+	-	+	+
تحقیق حاضر	-	-	+	+

تغییرات قابل توجهی بر منطقه دارند. همچنین فعالیت‌های اشتغال و کارآفرینی، رفاه عمومی، افزایش قیمت زمین، الگوی اجتماعی جوامع محلی و الگوی فرهنگی جوامع محلی با امتیاز +۴ دارای اثرات و تغییرات مثبت قابل توجه و همچنین تغییرات مفید بر منطقه دارند.

با بررسی کلی همه فعالیت‌ها در محیط‌های فیزیکی-شیمیایی، بیولوژیکی-اکولوژیکی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی - فنی امتیازدهی کلی آن در جدول ۸ نشان داده شده است. بر اساس شکل ۶ فعالیت‌های منفی شامل تغییرات اقلیمی، زهکشی، کیفیت هوا و تغییرات اقلیمی با دامنه مشترک -۴ دارای اثرات و



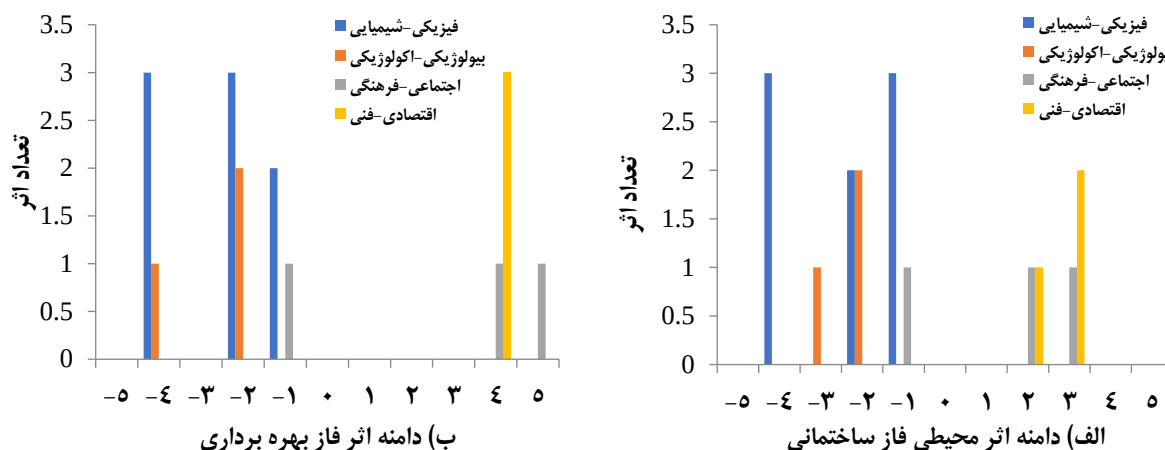
شکل ۶- نمودار فعالیت‌های زیست محیطی

جدول ۸- اثر فعالیت راه اندازی خط نورد گرم فولاد در تمامی محیط‌ها

دامنه تغییرات												فاز	محیط
۵	۴	۳	۲	۱	۰	۱	۲	۳	۴	۵			
۰	۳	۰	۲	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	ساختمانی	فیزیکی - شیمیایی	
۰	۳	۰	۳	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	بهره برداری		
۰	۰	۱	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	ساختمانی	بیولوژیکی - اکولوژیکی	
۰	۱	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	بهره برداری		
۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	ساختمانی	اجتماعی - فرهنگی	
۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	بهره برداری		
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۲	۰	۰	ساختمانی	اقتصادی - فنی	
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۰	بهره برداری		
۰	۳	۱	۴	۴	۰	۰	۲	۳	۰	۰	ساختمانی	جمع امتیاز	
۰	۴	۰	۵	۳	۰	۰	۰	۰	۴	۱	بهره برداری		

همچنین از دیدگاه فعالیت‌های زیست محیطی مطابق شکل ۷ و جدول ۸ می‌توان اشاره کرد که در فاز ساختمانی با ۵ فعالیت دارای اثر مثبت بر طرح می‌باشند که در محیط اقتصادی-فنی تعداد ۱ اثر با دامنه اثرات و تغییرات مثبت متوسط و تعداد ۲ اثر در محیط اجتماعی-فرهنگی با دامنه اثرات مثبت ناچیز قرار دارند. همچنین ۱۲ فعالیت دارای اثر منفی بر طرح هستند که ۸ اثر در محیط فیزیکی-شیمیایی با دامنه اثرات و تغییرات منفی ناچیز، منفی و منفی قابل توجه و ۳ اثر در محیط بیولوژیکی با دامنه اثرات و تغییرات منفی و منفی قابل توجه و ۱ اثر در محیط اجتماعی-فرهنگی با دامنه اثرات منفی ناچیز قرار دارند.

همچنین از دیدگاه فعالیت‌های زیست محیطی مطابق شکل ۷ و جدول ۸ می‌توان اشاره کرد که در فاز ساختمانی با ۵ فعالیت دارای اثر مثبت بر طرح می‌باشند که در محیط اقتصادی-فنی تعداد ۳ اثر با دامنه اثرات و تغییرات مثبت و متوسط و تعداد ۲ اثر در محیط اجتماعی-فرهنگی با دامنه اثرات مثبت و متوسط قرار دارند. همچنین ۱۲ فعالیت دارای اثر منفی بر طرح هستند که ۸ اثر در محیط فیزیکی-شیمیایی با دامنه اثرات و تغییرات منفی ناچیز، منفی و منفی قابل توجه و ۳ اثر در محیط بیولوژیکی با دامنه اثرات و تغییرات منفی و منفی متوسط و ۱ اثر در محیط اجتماعی-فرهنگی با دامنه اثرات منفی ناچیز قرار دارند. همچنین در فاز



شکل ۷ - نمودار دامنه اثر نسبت به تعداد اثر در فازهای ساختمانی و بهره‌برداری

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

می‌شود لذا اجرای طرح با توجه به اینکه حداقل ۳ سال به‌طول می‌انجامد با شرایط موجود حتی در صورت مثبت بودن در فاز بهره‌برداری توصیه نمی‌شود. لذا از لحاظ زیست‌محیطی عواملی که موجب تخریب محیط‌زیست و همچنین غیر بازگشت بودن چرخه حیات می‌شوند اجرای طرح با شرایط موجود منطقه توصیه نمی‌شود. لذا از آنجایی که خط ذوب‌آهن در منطقه فعال بوده و فاقد جنگل‌کاری در محدوده کارخانه می‌باشد و همچنین زمین‌ها تغییر کاربری داده‌اند، اجرای طرح با شرایط فعلی به صلاح نمی‌باشد. جهت کاهش مشکلات اقتصادی خانواده‌ها، ایجاد و راه‌اندازی کارخانجات می‌تواند کمک شایانی به معیشت مردم و افزایش رفاه اجتماعی و فرهنگی نماید. بنابراین پیشنهاد می‌گردد در صورت مصمم شدن به اجرای طرح ابتدا با راهکارهایی از جمله توسعه جنگل‌کاری، تامین آب مورد نیاز کارخانه از طریق تصفیه‌خانه فاضلاب، ایجاد دریاچه‌های مصنوعی به جهت تغییر در اکوسیستم، بکارگیری از فیلترهای مدرن در خروجی دودکش‌های کارخانه باعث کاهش اثرات منفی بر طرح گردند تا مجدداً ارزیابی زیست‌محیطی بتواند امتیاز کافی به اجرای طرح بدهد.

این تحقیق به بررسی ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ساخت و راه‌اندازی خط نورد گرم فولاد کارخانه ذوب‌آهن پاسارگاد پیش از اجرای طرح می‌پردازد. در حال حاضر بخش فعال کارخانه ذوب‌آهن پاسارگاد تولید آهن اسفنجی، و شمش خام فولاد بوده و نتایج این تحقیق می‌تواند به‌عنوان راهنمای مناسبی در تصمیم‌گیری‌های آینده مدیران مجموعه و سازمان‌های محیط‌زیست قرار گیرد. موثرترین فاکتور در بین همه فعالیت‌ها در بخش ساختمانی مربوط به اشتغال و کارآفرینی و الگوی جوامع اجتماعی با امتیاز مشترک ۳۲ و کم‌ترین آن مربوط به کیفیت هوا با امتیاز ۵۴- می‌باشد. همچنین در فاز بهره‌برداری بیش‌ترین امتیاز زیست‌محیطی مربوط به الگوی فرهنگی جوامع محلی و کمترین امتیاز با میزان مشترک ۵۴- مربوط به کیفیت هوا و تغییرات اقلیمی می‌باشد. با جمع‌بندی کلی از جدول ۷ می‌توان اشاره کرد که از مجموع امتیازات در تمامی محیط‌ها در فاز ساختمانی امتیاز ۱۰۷- با اثرات و تغییرات منفی زیاد بر طرح و در فاز بهره‌برداری با امتیاز ۱۳ دارای اثرات و تغییرات مثبت بر طرح را شامل می‌شود. از آنجایی که در فاز ساختمانی دارای اثرات منفی زیادی می‌باشد و باعث تخریب محیط‌زیست و فرسایش و نابودی خاک، گیاهان و جانوران

References

- 1- Ali Akbari Z. Zarei A. Aghalori Z. Assessment of the environmental impacts of coal mining in northern Iran using the Iranian Leopold method. *ZANK*. 2018; 19(61): 9-20. [In Persian]. <http://zanko.muk.ac.ir/article-1-365-fa.html>
- 2- Alyarahma S. Permata sari I. Kurniawan W. Environmental Impact Assessment of Steel Production in Indonesia: A Case Study. *EES*. 2023. 1203(1): 45-61. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1203/1/012044>
- 3- Backes J. Suer J. Pauliks N. Neugebauer S. Traverso M. Life Cycle Assessment of an Integrated Steel Mill Using Primary Manufacturing Data: Actual Environmental Profile. *MDPI*. 2021; 13(6): 1-18. <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/6/3443>
- 4- Chisalita DA., Petrescu L., Cobden ,P. van Dijk H. Cormos, A. Cormos C. Assessing the environmental impact of an integrated steel mill with post-combustion CO2 capture and storage using the LCA methodology. *JCP*, 2019; 211(1): 1015-1025. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.256>
- 5- Davodian J. (2013). Environmental Impact assessment of Qayen steel complex using Fuzzy Logic and Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM). MSc, Faculty of Natural Resource and Environment, The University of Birjand. [In Persian].
- 6- Fente T. Asmare Tsegaw A. Environmental impact assessment of steel reinforcing bar manufacturing process from scrap materials using life cycle assessment method: a case study on the Ethiopian metal industries. *DAS*. 2024; 6(53): 20-41. <https://doi.org/10.1007/s42452-024-05709-4>
- 7- Khoshyomn S. Hedari A. Hedari AR. Life cycle assessment of steel production from iron scrap: a case study at a steel plant. *IJHE*. 2018; 12(1): 63-74. [In Persian]. <https://ijhe.tums.ac.ir/article-1-6167-en.html>
- 8- Liu H. Li Q. Li G. Ding R. Life Cycle Assessment of Environmental Impact of Steelmaking Process. *HINDAWI*. 2020; 16(1): 115-124. <https://doi.org/10.1155/2020/8863941>
- 9- Madani S. Malmasi S. Nezakati Esmailzadeh S. Environmental Impact Assessment of Steel Plants Using Modified RIAM Method (Case Study: Tiam Steel Plant in Guilan Province). *JEST*. 2017; 19(4): 412-420. [In Persian]. <https://doi.org/10.22034/jest.2017.10741>
- 10- Mirbolouki H. Abeinzadeh N. Ghanbari F. Environmental Impact Assessment of Steel Plant Construction. *JERT*. 2018; 3(4): 49-57. [In Persian]. <https://www.sid.ir/paper/267644/fa>
- 11- Muryani, M. Produksi bersih dan model kerjasama sebagai upaya mitigasi emisi gas rumah kaca pada sektor industri. *JSD*, 2020; 13(1): 48-65. <https://doi.org/10.20473/jsd.v13i1.2018.48-65>
- 12- Neyakan Lahiji R. Khezri M. Environmental assessment of the "Gilan Steel Community" by applying environmental indicators and standards and presenting a new environmental monitoring program for it. *JBSL*. 2011; 5(4): 143-155. [In Persian]. <https://www.sid.ir/paper/164259/fa>
- 13- Nikpishe Kohjari F. Morovati M. Sadeghinia M. Amanat yazdi L. Assessment and Management of Environmental Risks of Steel Industries by EFMEA Method (Case Study: Ardakan Steel and Melting factory). *JEHE*. 2020; 1(1): 76-88. <https://doi.org/10.29252/jehe.0.76>
- 14- Pahlavani A. Vaezi I. Environmental Impact Assessment of the Development and Construction of the Steel Project with the Rapid Assessment Matrix Method (Case Study: Joveyn Sabzevar Steel Project). *ARGS*. 2024; 56(15): 105-122. [In Persian]. <https://doi.org/10.22034/jargs.2024.427321.1073>
- 15- Pastakia C.M.R. Jensen A. The rapid impact assessment matrix (Riam). *EIAR*, 1998; 18(5): 461-482. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(98\)00018-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0195-9255(98)00018-3)
- 16- Ramezani Moozirjani M. Sabour M. Dezvareh Gh. Ehteshami M. Life Cycle Assessment of Steel Production and Its Environmental Impacts. *JHSR*. 2023; 19(1): 86-94. [In Persian]. <https://doi.org/10.48305/jhsr.v19i1.1490>
- 17- Ryberg M. Wang P. Kara S. Hauschild M. Prospective Assessment of Steel Manufacturing Relative to Planetary Boundaries: Calling for Life Cycle Solution. *CIRP*, 2018; 69(1):451-456. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.021>
- 18- Sun W. Wang Q. Zhou Y. Wu J. Material and energy flows of the iron and steel industry: Status quo, challenges and perspectives. *AE*. 2020; 268(1): 15-29. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114946>
- 19- Yu C. Li Y. Wang L. Jiang Y. Wang S. Du T. Wang Y. Life Cycle Assessment and Environmental Impact Evaluation of CCU Technology Schemes in Steel Plants. *MDPI*. 2024; 16(23): 1-17. <https://doi.org/10.3390/su162310207>



Environmental Impact Assessment of the Launch of the Hot Rolling Production Line of the Pasargard Iron and Steel Plant Using the Rapid Assessment Matrix Method

Mohammad Hosseini*

Mohammad Shabani

Mehrdad Karami

Department of Civil Engineering, Fir. C., Islamic Azad University, Firoozabad, Iran

Department of Water Engineering, Shi. C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Accounting department, Shiraz University of Applied Science and Technology, Shiraz, Iran

Extended Abstract

Received: 9 Jan 2025

Accepted: 28 Feb 2025

Keywords: Steel industry, environmental impacts, rapid impact assessment matrix, construction and operation

Introduction: The country's need for the steel and construction industry has led to the construction of iron and steel factories, despite the country's abundant mineral resources, in order to achieve self-sufficiency, create welfare, and employ young people. In order to carry out such activities in line with sustainable development, environmental impact assessments for large projects are on the agenda of organizations.

Materials and Methods: Environmental impact assessment was proposed in four environments: physical-chemical, biological-ecological, socio-cultural, and economic-technical. For this assessment, assistance was sought from experts, professionals, and those familiar with the environment through a questionnaire. The rapid impact assessment matrix method was used for analysis and scoring in the two construction and operation phases.

Results and Discussion: Environmental activities in the physical-chemical environment in the construction phase have the highest negative impact on air quality with a score of -48, and the least negative impact is related to soil compaction with a score of -3. In the biological-ecological environment, it shows that in the construction phase, the highest negative impact is related to changes in vegetation cover with a score of -28, and the least negative impact is related to the ecosystem of the region with a score of -10. In the exploitation phase, the least negative impact is related to changes in the increase in land prices in the region with a score of 36.

Conclusion: The results showed that the most effective factor among all activities in the construction sector is related to employment and entrepreneurship and the pattern of social communities with a combined score of 32 and the lowest is related to air quality with a score of -54. Of the total scores in all environments, the construction phase has a score of -107 with high negative impacts and changes on the project and the operation phase has a score of 13 with positive impacts and changes on the project. In terms of environment, factors that cause environmental degradation and also the irreversibility of the life cycle are not recommended for implementation of the project with the existing conditions of the region.

Corresponding author: Mohammad Hosseini

Address: Department of Civil Engineering, Fir. C., Islamic Azad University, Firoozabad, Iran **Tel:** +989177023348

Email: Mohammad.Hosseini@iau.ac.ir

Citation: Hosseini M, Shabani M, Karami M. Environmental Impact Assessment of the Launch of the Hot Rolling Production Line of the Pasargard Iron and Steel Plant Using the Rapid Assessment Matrix Method. Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2025; 2(8): 1-14



© 2024, This article published in Journal of New Researches in Environmental Engineering (JNREE) as an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>). Non-commercial use, distribution and reproduction of this article is permitted in any medium, provided the original work is properly cited.



بهینه‌سازی عملکرد نیروگاه‌های بخار با استفاده از شبکه عصبی دو بعدی CNN با تاکید بر کنترل آلاینده‌گی و تاثیرات زیست‌محیطی

گوهر ورامینی*

یاسر نعمتی

گروه مهندسی برق، واحد بیضا، دانشگاه آزاد اسلامی، بیضا، ایران
گروه مهندسی کامپیوتر، واحد بیضا، دانشگاه آزاد اسلامی، بیضا، ایران

چکیده مبسوط

مقدمه: در این مقاله در ابتدا تجهیزات نیروگاه بخار مورد بررسی قرار گرفته است و در مرحله بعد اثرات مخرب ناشی از شرایط محیطی مانند دما، حرارت و شرایط جوی بر عملکرد نیروگاه‌ها و کنترل آلاینده‌گی به صورت تخصصی نیروگاه بخار مطرح و ارائه شده است و در نهایت ارائه یک مدل پیشنهادی با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق به منظور کاهش اثرات مخرب، کنترل آلاینده‌گی و بهینه‌سازی عملکرد نیروگاه‌ها با استفاده از شبکه عصبی کانولوشنی دوبعدی و راه‌حلی جهت کاهش مصارف داخلی نیروگاه با توجه به فاکتور شرایط محیطی و کنترل آلاینده‌گی پرداخته شده است.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۸

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، داده‌ها پردازش و به سه دسته آموزش، اعتبارسنجی و تست تقسیم می‌شوند. سپس روش هوش مصنوعی با داده‌های یادگیری مورد آموزش قرار گرفته تا دقت مطلوب و در نهایت بهینه‌سازی صورت گیرد.

نتایج و بحث: در این پژوهش شرایط جغرافیایی، کنترل آلاینده‌گی و آب‌وهوایی در ایران، درصد مصارف داخلی و واحدهای صنعتی بهره‌برداری شده و میزان بار مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. اقدامات نیروگاه جهت کاهش مصارف داخلی و کاهش تلفات حرارتی و الکتریکی به صورت برنامه‌ریزی جهت خارج نمودن فن‌های برج با توجه به دمای آب خنک‌کن و تغییرات دمای هوای محیط و کاهش نسبی مصارف الکتریکی با استفاده از یادگیری عمیق و به صورت هوشمند با به کارگیری داده‌های آموزشی و شبکه عصبی کانولوشنی دو بعدی ارائه شده است. معیارهای ارزیابی شامل ضریب تعیین، میانگین قدر مطلق خطا و جذر میانگین مربعات خطا که ضریب اطمینان بالایی را پوشش می‌دهند تشکیل و مورد بررسی است. نتایج نشان می‌دهند که روش هوش مصنوعی ترکیبی پیشنهادی با ضریب تعیین ۰/۹۶، میانگین قدرمطلق خطا برابر ۰/۰۶۳ و جذر میانگین مربعات خطا برابر ۰/۰۹۶، و همچنین روش رگرسیون فرآیند گوسی با ضریب تعیین ۰/۹۴، میانگین قدرمطلق خطا برابر ۰/۰۹۳، عملکرد بسیار مطلوب و با ضریب اطمینان بالایی در کاهش اثرات مخرب و کارایی بهتر سیستم را ایجاد و تامین خواهد کرد.

واژه‌های کلیدی: نیروگاه‌های

بخار، شبکه عصبی دوبعدی، کنترل آلاینده‌گی، هوش مصنوعی، تاثیرات زیست‌محیطی

نتیجه‌گیری: در این پژوهش، میزان تاثیر مخرب محیطی و اثرات آلاینده‌گی با استفاده از یادگیری عمیق و هوش مصنوعی تا حد بسیار زیادی کاهش یافته است و این امر باعث افزایش ضریب اطمینان سیستم و بهبود عملکرد قابل قبول نیروگاه‌ها در زمان زیر بار است و نتایج بیانگر آن است که روش هوش مصنوعی ترکیبی پیشنهادی دقت بیش‌تری در تخمین و بهینه‌سازی سیستم‌ها برعهده دارد و دارای ضریب اطمینان بالاتری است.

نویسنده مسئول: گوهر ورامینی

نشانی: گروه مهندسی برق، واحد بیضا، دانشگاه آزاد اسلامی، بیضا، ایران | تلفن: ۰۹۱۷۷۰۰۱۰۴۴ | پست الکترونیکی: Gohar.Varamini@iau.ac.ir

استناد: ورامینی گوهر، نعمتی یاسر. بهینه‌سازی عملکرد نیروگاه‌های بخار با استفاده از شبکه عصبی دو بعدی CNN با تاکید بر کنترل آلاینده‌گی و تاثیرات زیست‌محیطی. پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست. ۱۴۰۳؛ ۸(۲): ۲۶-۱۵.

حقوق نویسندگان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد و تحت مجوز مالکیت خلاقانه <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0> در فصلنامه پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست منتشر شده است. هرگونه استفاده غیرتجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.



مقدمه

به‌طور کلی نیروگاه‌های بخاری جزء مهم‌ترین نیروگاه‌های حرارتی در اکثر کشورها به‌شمار می‌آیند و ایران سهم بسیار زیادی را در تولید انرژی الکتریکی بر عهده دارد به‌طوری‌که سهم تولید این نیروگاه‌ها بیش از ۷۰٪ کل تولید انرژی کشور است. در این نیروگاه‌ها از منابع انرژی فسیلی از قبیل نفت، گاز طبیعی، مازوت و غیره استفاده می‌شود. به این ترتیب که از این سوخت‌ها جهت تبدیل به انرژی حرارتی استفاده شده و این انرژی به انرژی مکانیکی و در مرحله بعد به انرژی الکتریکی تبدیل می‌گردد. به‌عبارت دیگر در این نیروگاه‌ها سه نوع تبدیل انرژی صورت می‌گیرد. اولین نوع تبدیل انرژی شیمیایی (انرژی نهفته در سوخت) به انرژی حرارتی است که این تحول در وسیله‌ای به‌نام دیگ بخار صورت می‌گیرد این تبدیل انرژی باعث می‌شود که آب ورودی تبدیل به بخار با دمای زیاد شود. در مرحله دوم، تبدیل انرژی حرارتی به انرژی مکانیکی که این تحول در توربین نیروگاه صورت می‌گیرد. آخرین مرحله از تبدیل انرژی در نیروگاه‌های بخاری، تبدیل انرژی مکانیکی موتور به انرژی الکتریکی می‌باشد که این تحول در ژنراتور نیروگاه‌ها صورت می‌گیرد. در نهایت انرژی الکتریکی توسط خطوط انتقال به مصرف‌کنندگان منتقل می‌شود. یکی از مهم‌ترین تجهیزات در این نیروگاه‌ها، دیگ بخار است که در آن، آب تغذیه شده توسط پمپ تغذیه با جذب حرارت، به بخار پس تافته تبدیل می‌گردد. گازهای کوره قسمتی از حرارت خود را به لوله‌های آب و سوپرهیترها می‌دهد و هنوز دارای مقدار زیادی حرارت می‌باشد که این حرارت همراه گازهایی اگر بدون استفاده از دودکش خارج شود از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نبوده و راندمان دستگاه پایین خواهد بود لذا با استفاده از یک اکونومایزر از این حرارت باقی‌مانده استفاده می‌نمایند. اکونومایزر شامل تعدادی لوله‌های سری است که در آخرین مرحله مسیر گازهای حاصله از احتراق قرار گرفته و آب درون لوله‌ها گرم می‌شود. اطراف محفظه احتراق دیگ‌های بخار، تعداد زیادی لوله‌های موازی نزدیک به هم که به لوله‌های اوپراتور موسوم هستند پوشیده شده است. رافعی و همکاران (۲۰۲۱) به‌کارگیری مدل‌های عددی برای تحلیل نیروهای امواج و تأثیرات آن‌ها را مورد بررسی قرار دادند. میسرا و همکاران (۲۰۲۲) به محدودیت‌های روش‌های سنتی تحلیل و نیاز به استفاده از داده‌های بزرگ و پیشرفته تأکید کرده‌اند. چانگ و همکاران (۲۰۲۱) تأثیرات دما و حرارت بر ویژگی‌های عملکرد نیروگاه‌ها و تحلیل‌های داده‌ای را مورد بررسی قرار داده‌اند. در

زمینه هوش مصنوعی، چن و همکاران (۲۰۱۹) به کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی ویژگی‌های خروجی سیستم پرداخته‌اند و نتایج نشان‌دهنده دقت بالاتر این روش‌ها نسبت به مدل‌های سنتی است. لی و همکاران (۲۰۲۱) نیز به بررسی استفاده از یادگیری عمیق برای مدل‌سازی تأثیرات زیست‌محیطی بر شاخص و تحلیل نیروهای وارد بر سیستم و تأثیرات مخرب آن‌ها پرداخته و نتایج این تحقیق نشان‌دهنده توانمندی بالای تکنیک‌های یادگیری عمیق در این زمینه است. وظیفه این لوله‌ها آن است که بخشی از حرارت حاصل از احتراق را از طریق تشعشعی و جابه‌جایی جذب نماید. در کوره، هر سه نوع انتقال حرارت انجام می‌گیرد. حاصل این تبادل حرارت جذب حرارت توسط داخل آب لوله‌ها و تبدیل آن به بخار است. به‌عبارت دیگر کلیه بخار تولیدی دیگ بخار در این لوله‌ها ایجاد می‌شود. آب دیگ بخار از درام دیگ بخار سرازیر شده و دور بدنه دی‌سوپر هیتر جریان پیدا می‌کند و بخاری را که از لوله‌های تعبیه شده در بدنه دی‌سوپر هیتر عبور می‌کند خنک می‌سازد. برای کنترل درجه حرارت نهایی بخار از سوپاپ‌هایی استفاده می‌نمایند که به‌وسیله موتور کار می‌کنند. این سوپاپ‌ها توسط ترموستاتی که در لوله خروجی سوپرهیتر ثانویه نصب شده کنترل می‌شوند. بدین ترتیب که جریان بخار را با توجه به درجه حرارت مورد لزوم به دی‌سوپر هیتر یا مستقیماً به سوپرهیتر ثانویه هدایت می‌نمایند، این سوپاپ‌ها طوری طراحی شده‌اند که به‌طور دستی نیز می‌توان از آن‌ها استفاده کرد و از این مورد در مواقع اضطراری استفاده می‌شود. این نوع دی‌سوپر هیتر به‌نام دی‌سوپر هیتر غیر تماسی موسوم است چون سیال خنک‌کننده تماس واقعی با بخار ندارد. این نوع روش‌های دستی که جزء روش‌های سنتی به‌شمار می‌آیند و دارای سرعت عملکرد و دقت پایین هستند و در محیط‌های صنعتی پیشرفته چندان مقبول و قابل اعتماد به‌شمار نمی‌آیند از طرفی دارای ضریب اطمینان بسیار کمی نیز هستند. هم‌چنین روش‌های عددی معمولاً علی‌رغم دقت نسبتاً قابل‌قبول جهت تخمین شاخص‌های عملکرد، زمان و هزینه مقرون‌به‌صرفه نیستند. با توجه به این موارد، در سالیان اخیر استفاده از روش‌های یادگیری عمیق، هوش مصنوعی و محاسبات نرم بسیار فراگیر بوده است و قابلیت اطمینان بالاتری را دارا می‌باشند (بهار کامران ۲۰۱۱). سیستم‌های انتقال حرارتی و بخار، در نیروگاه‌ها به‌دلیل قرارگیری در محیط‌های پویا و چالش‌برانگیز، نیازمند تحلیل دقیق و بهینه‌سازی مناسب هستند. با پیشرفت‌های اخیر در زمینه هوش مصنوعی^۱ (AI)، امکانات جدیدی برای بهبود کارایی تحلیل‌های مربوط به این پارامترها فراهم شده است. تحلیل دقیق

۱- Artificial intelligence

شبکه عصبی^۵ (NNR) استفاده شده است و از داده‌های ارتفاع سنج حالت SAR کالبره شده توسط داده‌های شناور درجا برای آموزش و ارزیابی مدل‌های SWAT استفاده شده است. یافته‌های این مقاله برتری شبکه یادگیری عمیق رمزگذار خودکار پیشنهادی را در تولید ویژگی‌های نهفته نشان می‌دهد که به بهبود عملکرد پیش‌بینی مدل‌های SWAT نسبت به روش‌های استخراج ویژگی سنتی کمک می‌کند. با توجه به مطالب ذکر شده هدف از پژوهش حاضر بهبود کارایی تحلیل نیروهای وارد بر عملکرد نیروگاه‌ها و حذف اثرات مخرب توسط تخمین و مفاهیم داده‌های هوش مصنوعی می‌باشد. در این مقاله برای حل مسئله پخش بار اقتصادی از الگوریتم بهینه‌سازی یادگیری ردیابی بازگشتی^۶ (LBSA) استفاده شد. ابتدا به بیان مسئله پخش بار اقتصادی و فرمول‌بندی آن پرداخته و در ادامه، الگوریتم بهینه‌سازی یادگیری ردیابی بازگشتی (LBSA) و شیوه کار آن بررسی شده است. سپس با استفاده از این الگوریتم مسئله پخش بار اقتصادی، برای سیستم‌های آزمایشی ذکر شده، حل شده است و نتایج حاصل، تحلیل و بررسی و با نتایج حاصل از سایر الگوریتم‌ها، مقایسه و نتیجه‌گیری شده‌اند.

روش‌های سنتی دارای خطای آموزش و کارایی ناکافی تخمین می‌باشد. جهت حل این مسئله، تلاش شده است تا با بهره‌گیری از سایر روش‌های هوش مصنوعی و ترکیب آن‌ها با یکدیگر، روشی نوین ارائه تا ضمن بهبود فرآیند یادگیری منجر به هم‌پوشانی خطای آموزش و بهبود کارایی تحلیل نیروهای وارد و تخمین دقیق‌تری از اثرات مخرب گردد. بنا بر مطالعات و تحلیل‌های به انجام رسیده، استفاده انحصاری از روش‌های مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی (ساده و عمیق) همانند (دیوس و همکاران (۲۰۱۴)، چن و همکاران (۲۰۱۹) و بریمن (۱۹۹۶)) رافعی و همکاران (۲۰۲۱) می‌شرا و همکاران (۲۰۲۲) و چانگ و همکاران (۲۰۲۱)، جهت تحلیل نیروهای وارد موجب خطای آموزش و کارایی ناکافی در این روش‌ها شده است. جهت حل این چالش، در این پژوهش ایده استفاده و ترکیب سایر روش‌های هوش مصنوعی جهت هم‌پوشانی خطای آموزش و افزایش کارایی تحلیل، به‌عنوان نوآوری و جنبه جدید بودن پژوهش مطرح شده است.

نیروهای وارد بر نیروگاه‌ها با روش‌ها و مدل‌های عددی و آزمایش‌های آزمایشگاهی که انجام می‌گیرد به دلیل پیچیدگی و تنوع شرایط محیطی، نتایج دقیقی ارائه ندهند (ساترلند و همکاران ۲۰۱۶). پارامترهای زیست‌محیطی نظیر دما، حرارت و شرایط محیطی شرایط مخربی را بر روی خروجی سیستم‌ها خواهند داشت و باعث تغییر در الگوی رفتار خطی سیستم و توزیع انرژی می‌گردد، که این مسئله بر تحلیل نیروهای وارد بر نیروگاه‌ها تأثیرگذار است (هریسون و مک دونالد ۲۰۱۵). مدل‌های آماری و عددی مختلفی به منظور پیش‌بینی شاخص‌های تأثیرگذار وجود دارد. این مدل‌ها معمولاً نیاز به داده‌های اولیه و شرایط محیطی برای به‌دست آوردن پیش‌بینی‌های دقیق دارند (یونگ و ورلان ۲۰۱۲). هوش مصنوعی می‌تواند به ویژه در ترکیب با داده‌های زیست‌محیطی بهبود یافته و تحلیل‌های جامع‌تر با ضریب اطمینان بالاتری را ارائه دهد. مطالعات اخیر نشان‌دهنده پیشرفت‌های قابل توجه در تحلیل نیروهای وارد بر نحوه عملکرد نیروگاه‌ها و کاربرد هوش مصنوعی در این زمینه است. ساترلند و همکاران (۲۰۲۱) به محدودیت‌های روش‌های سنتی تحلیل و نیاز به استفاده از داده‌های بزرگ و پیشرفته تأکید بسیار داشته‌اند. دیویس و همکاران (۲۰۱۴) تأثیرات دما و بخار بر ویژگی‌های امواج الکترومغناطیسی را مورد بررسی قرار داده‌اند. در زمینه هوش مصنوعی، چن و همکاران (۲۰۱۹) به کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی ویژگی‌های امواج پرداخته‌اند و نتایج نشان‌دهنده دقت بالاتر این روش‌ها نسبت به مدل‌های سنتی است. لی و همکاران (۲۰۲۱) نیز به بررسی استفاده از یادگیری عمیق برای مدل‌سازی تأثیرات مخرب زیست‌محیطی و تحلیل نیروهای وارد بر سازه‌ها پرداخته و نتایج این تحقیق نشان‌دهنده توانمندی بالای تکنیک‌های یادگیری عمیق در این زمینه است. گسترش رویکرد معرفی شده در این مقاله، قدرت شبکه‌های عصبی عمیق رمزگذار خودکار را در نگاشت ویژگی‌های ورودی به ویژگی‌های فضای پنهان با قدرت انتخاب ویژگی الگوریتم تحلیل مؤلفه اصلی^۲ (PCA) ادغام نموده است تا ویژگی‌های قابل توجهی از مشاهدات رفتار سیستم ایجاد نماید. در این مقاله چندین مجموعه ویژگی ترکیبی با استفاده از رویکرد پیشنهادی تولید شده و برای مدل‌سازی ارزیابی آب و خاک^۳ (SWAT) از رگرسیون فرآیند گاوسی^۴ (GPR) و رگرسیون

۲- Principal Component Analysis

۳- Soil and Water Assessment Tool

۴- Gaussian Process Regression

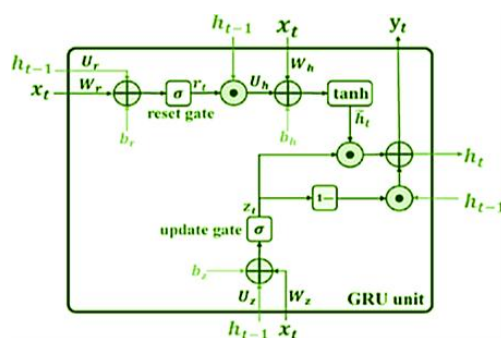
۵- Neural Network Regression

۶- Learning Backtracking Search Algorithm

مواد و روش‌ها

هزینه سوخت برای مشخص کردن توان تولیدی نیروگاه به منظور یک تقریب مناسب، با تابع درجه دوم مشخص می‌شود. بر همین اساس است که در نتیجه، برای تولید انرژی الکتریکی در نیروگاه، هزینه‌ای به دست می‌آید. هزینه کل سیستم، برابر با مجموع هزینه‌های همه واحدها است. مجموع هزینه تولید معمولاً با همان تابع درجه دوم از توان خروجی واحد تولیدی تقریب زده می‌شود. از طرفی معمولاً در پخش بار اقتصادی تابع هزینه دارای نقاط مشتق‌ناپذیر است. که به دلیل در نظر گرفتن بارگذاری نقطه درجه (تخلیه) و یا در نظر گرفتن اثرات موقعیت شیر ورودی تابع هزینه نیروگاه را به صورت حاصل جمع تابع هزینه درجه دوم و قدر مطلق تابع سینوسی در نظر می‌گیرند.

پخش بار اقتصادی و حذف اثرات مخرب حاصل از شرایط محیطی و اثرات مخرب آن‌ها در مراکز کنترل انرژی و به منظور تعیین توان بهینه، از مسائل مهم بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت است. براساس بازه زمانی، دو نوع پخش بار معرفی می‌شود: استاتیکی، که در آن برای یک میزان بار مشخص و در یک بازه زمانی، مسئله را به صورت بهینه حل می‌کند و پخش بار اقتصادی دینامیکی که مسئله را برای میزان بارهای مختلف و در چندین بازه زمانی بررسی می‌کند. بدیهی است فرآیند محاسبات در پخش بار دینامیکی، پیچیده‌تر از حالت استاتیکی است. عامل اصلی در توزیع اقتصادی بار، تابع هزینه ژنراتورها است و هزینه‌های دیگر به صورت درصد ثابتی از هزینه سوخت در نظر گرفته می‌شوند. تابع هزینه، تنها برای نیروگاه‌های حرارتی مفهوم دارد. معمولاً تابع



شکل ۱ - الگوریتم تابع هزینه نیروگاه به صورت حاصل جمع تابع هزینه درجه دوم و قدر مطلق تابع سینوسی

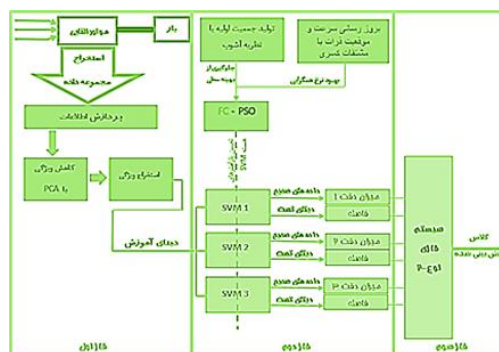
تشخیص خطا استفاده شده است. فرآیند کلی روش پیشنهادی تشخیص خطا با استفاده از جمع‌آوری داده‌ها، پردازش اطلاعات، سپس طبقه‌بندی و تشخیص خطا با استفاده از ماشین‌های بردار پشتیبان با استفاده از یادگیری عمیق و الگوریتم کانولوشن دو بعدی است. فاز اول: ابتدا سیگنال‌ها در دو حالت سالم و معیوب در پایگاه داده ذخیره می‌شوند. فرکانس نمونه‌برداری سیگنال و تعداد داده‌های نمونه‌ها ۱۰۰۰۰۰ عدد در هر فاز و برای هر حالت سالم و خطا در شرایط مختلف بار است. مجموعه داده‌های آموزشی و تست (که شامل ۱۰۰۰۰۰ نمونه است) به ۱۰۰ بخش تقسیم می‌شوند. فاز دوم: در این فاز هر یک از ماشین‌های بردارهای پشتیبانی^۷ (SVM) با استفاده از مجموعه داده‌های آموزشی، آموزش می‌بینند و در نتیجه، در این مرحله سه SVM انتخابی آموزش می‌بینند. انتخاب تعداد SVM‌ها منتج به تعداد ورودی‌ها و رول‌ها در مرحله فازی سازی می‌شود.

در این مقاله، مدل الگوریتم دو بعدی کانولوشنی که شامل یک معادله درجه دوم است استفاده می‌شود. بنابراین، تابع هزینه اصلاح و تابع سینوسی تصحیح شده در تابع درجه دوم گنجانده می‌شوند. با توجه به این اثر، تابع هدف توزیع اقتصادی به عنوان یک مسئله بهینه‌سازی محدود به صورت رابطه ریاضی توصیف می‌شود. در روند حل مسئله پژوهش ابتدا داده‌های پژوهش پردازش شده و در سه دسته داده‌های آموزش، اعتبارسنجی و تست (آزمون) جداسازی خواهند شد. در ادامه توسط مجموعه داده‌های آموزش، روش هوش مصنوعی پژوهش را توسط نرم‌افزار آموزش داده و در ادامه یادگیری این روش توسط داده‌های اعتبارسنجی و تست تا زمان دستیابی به کارایی مناسب جهت تخمین مناسب و بهینه ادامه خواهد یافت.

الگوریتم پیشنهادی

با توجه به این که خطای اتصال کوتاه داخلی تأثیر مستقیم بر مشخصه‌های جریان دارد، این ویژگی‌ها به عنوان الگو در جهت

^۷- Support vector machines



شکل ۲ - الگوریتم تشخیص خطا به کمک منطق فازی

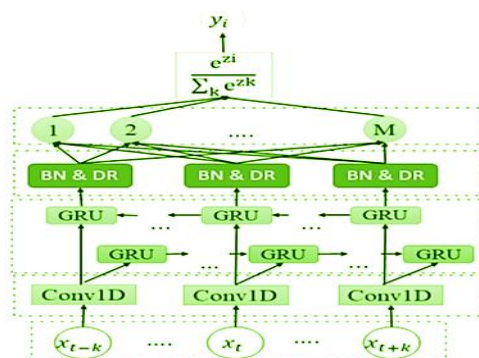
کسب می‌کند. معماری ConvNet مشابه با الگوی اتصال «نورون‌ها»^{۱۰} در مغز انسان است و از سازمان‌دهی «قشر بصری»^{۱۱} در مغز الهام گرفته شده است. هر نورون به محرک‌ها تنها در منطقه محدودی از میدان بصری که تحت عنوان «میدان تاثیر»^{۱۲} شناخته شده است پاسخ می‌دهد. یک مجموعه از این میدان‌ها برای پوشش دادن کل ناحیه بصری با یکدیگر هم‌پوشانی دارند.

شبکه عصبی پیچشی-کانولوشن

الگوریتم یادگیری عمیق است که تصویر ورودی را دریافت می‌کند و به هر یک از اشیا/جنبه‌های موجود در تصویر میزان اهمیت (وزن‌های قابل یادگیری و بایاس) تخصیص می‌دهد و قادر به متمایزسازی آن‌ها از یکدیگر است. در الگوریتم شبکه عصبی پیچشی^۸ (ConvNet) در مقایسه با دیگر الگوریتم‌های دسته‌بندی به پیش‌پردازش^۹ کم‌تری نیاز است. پیچشی، با آموزش دیدن به اندازه کافی، توانایی فراگیری این فیلترها/مشخصات را



شکل ۳ - الگوریتم ساختار شبکه کانولوشن چند بعدی



شکل ۴ - الگوریتم ساختار شبکه کانولوشن چند بعدی و یادگیری عمیق

۸- Convolutional Neural Network

۹- PreProcessing

۱۰- Neurons

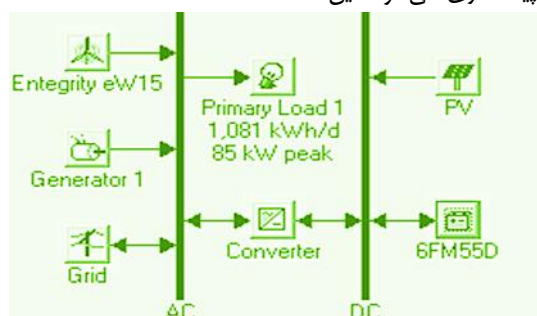
۱۱- Visual Cortex

۱۲- ReceptiveField

پیاده‌سازی بهره‌برداری بهینه از ریزشبه اصلی و تخمین توسط روش رگرسیون فرآیند گوسی

به‌منظور دستیابی به اطلاعات اولیه و بهره‌برداری بهینه میزان قدرت خروجی توربین بادی و سلول‌های خورشیدی به‌صورت روزانه در ریزشبه مدنظر به‌صورت شکل ۵ توسط شبکه عصبی کانولوشنی و نرم‌افزار Homer مدل و پیاده‌سازی می‌شود. این

ریزشبه شامل توربین بادی، دیزل ژنراتور، کانورتر و باتری است. روش رگرسیون فرآیند گوسی مورد مقایسه پژوهش به‌منظور تخمین، در ابتدا توسط ۷۸٪ درصد از جامعه داده‌ای سیستم داده‌های اولیه مورد آموزش قرار گرفته و فرآیند اعتبارسنجی روش توسط ۲۵٪ از نمونه‌های موجود در این داده‌ها به انجام رسیده است.



شکل ۵ - مدل پیاده‌سازی زیر شبکه

جدول ۱- بررسی پارامترهای تخمین توسط روش رگرسیون فرآیند گوسی

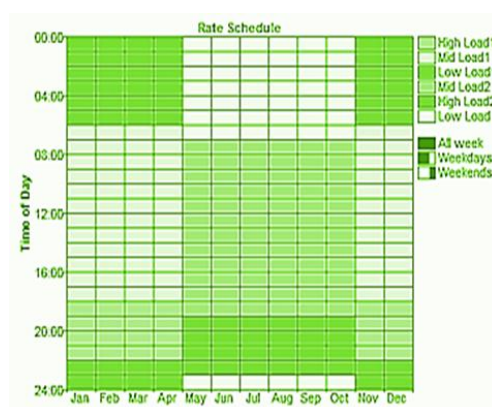
سرعت تخمین (مشاهده/ثانیه)	زمان آموزش (ثانیه)
۷۳۵	۳۹۶۴

جدول ۲ - بررسی پارامترهای تخمین توسط روش رگرسیون فرآیند گوسی

PV	WT
25	50

ریزشبه در حالت متصل به شبکه اصلی مدل شده است. به‌منظور محاسبه قدرت خروجی توربین بادی و سلول‌های خورشیدی نیاز به اطلاعات آب‌وهوایی و مشخصات جغرافیایی روش رگرسیون

فرآیند گوسی مورد مقایسه پژوهش در مدت زمان مشخص جهت تخمین آموزش یافته است.



شکل ۶ - مدل خروجی پیاده‌سازی زیر شبکه

همان‌گونه که در شکل ۶ مشاهده می‌گردد، نمودار پراکنش روش رگرسیون فرآیند گوسی مورد مقایسه پژوهش جهت تخمین ارتفاع موج شاخص دریا ضریب تعیین یا امتیاز R^2 برابر با ۰/۹۴ می‌باشد.

به بیانی دیگر، مقدار پراکنش (نسبت به خط برازش) مقادیر واقعی ارتفاع موج شاخص دریا در جامعه داده‌ای پژوهش نسبت به مقدار تخمینی توسط روش رگرسیون فرآیند گوسی برابر ۰/۹۴ می‌باشد.

نتایج و بحث

جامعه داده‌ای پژوهش

جهت آموزش، یک الگوریتم یادگیری عمیق است که براساس شبکه عصبی کانولوشنی دو بعدی داده‌های اولیه را آموزش می‌دهد و داده‌های ورودی را دریافت می‌کند و به هر یک از اشیا/جنبه‌های موجود در تصویر میزان اهمیت (وزن‌های قابل یادگیری و بایاس) تخصیص می‌دهد و قادر به متمایزسازی آن‌ها

از یکدیگر است. در الگوریتم ConvNet در مقایسه با دیگر الگوریتم‌های دسته‌بندی به پیش‌پردازش کم‌تری نیاز است که این مسئله خود به‌عنوان توانایی بالای سیستم و کاهش پیچیدگی سیستم می‌گردد. در ادامه میزان توان در حالت خروجی معمولی و بهینه شده با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری قابل محاسبه و تحلیل است (معادله ۱).

$$\begin{aligned} 0 \leq p_{Gin}(t) &\leq X_{Gin} \times P_{Gin.max} \\ 0 \leq p_{Gout}(t) &\leq X_{Gout} \times P_{Gout.max} \end{aligned} \quad (1)$$

در این بخش، معیارهای ارزیابی مورد استفاده در پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش جهت تحلیل نیروهای

وارد بر تخمین، ابتدا از معیار ضریب تعیین یا امتیاز R^2 مطابق با معادله ۲ استفاده خواهد شد.

$$R^2(Y, \hat{Y}) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} = 1 - \frac{MSE(Y, \hat{Y})}{\sigma^2(Y)} \quad (2)$$

مطابق معادله ۱ افزایش معیار ضریب تعیین در روش‌های مورد مقایسه پژوهش، نشان‌دهنده بهبود کارایی تخمین و تحلیل نیروهای وارد بر نیروگاه خواهد بود. معیار دیگر مورد استفاده در

ارزیابی پژوهش میانگین قدر مطلق خطا^{۱۳} (MAE) مطابق با معادله ۳ می‌باشد.

$$MAE(Y, \hat{Y}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i| = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i| \quad (3)$$

کاهش معیار میانگین قدر مطلق خطا، بیان‌کننده کاهش میانگین قدر مطلق خطای تخمین نیروی وارد تاثیرات مخرب شرایط محیطی خواهد بود. معیار دیگر مورد استفاده در ارزیابی پژوهش

جزر میانگین مربعات خطا^{۱۴} (RMSE) مطابق با معادله ۴ می‌باشد.

$$RMSE(Y, \hat{Y}) = \sqrt{MSE(Y, \hat{Y})} \quad (4)$$

کاهش معیار جزر میانگین مربعات خطا در روش‌های مورد مقایسه پژوهش، نشان‌دهنده کاهش میانگین مربعات خطای تخمین شاخص داده‌ها و تحلیل نیروهای وارد بر رفتار خروجی خواهد بود. تجزیه و تحلیل تخمین توسط روش هوش مصنوعی ترکیبی پیشنهادی پس از انجام فرآیند طراحی، توسعه و اعتبارسنجی روش هوش مصنوعی ترکیبی پیشنهادی توسط نرم‌افزار متلب، در

این بخش نتایج تجزیه و تحلیل میزان کارایی و دقت این روش جهت تخمین ارتفاع موج شاخص دریا توسط معیارهای ارزیابی پژوهش مطابق با معادلات ۲، ۳ و ۴ استخراج و مورد تحلیل قرار گرفته است. در جدول ۳ مقایسه روش پیشنهادی ترکیبی با دو روش متداول دیگر از نظر شاخص معیار مورد مقایسه قرار گرفته است که مشخص می‌گردد روش پیشنهادی از نظر میزان دقت و

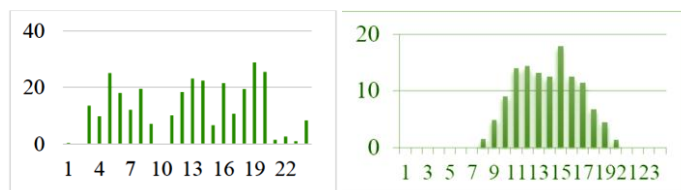
۱۳- Mean Absolute Error

۱۴- Root Mean Squared Error

کارایی در جایگاه بالاتری قرار گرفته و میزان دقت هم‌بستگی بالاتری را دارا می‌باشد. شکل ۷ نمودار نتایج ارزیابی کارایی تخمین توسط روش هوش مصنوعی ترکیبی پیشنهادی را نشان می‌دهد.

جدول ۳ - نتایج ارزیابی کارایی تخمین توسط روش هوش مصنوعی ترکیبی پیشنهادی

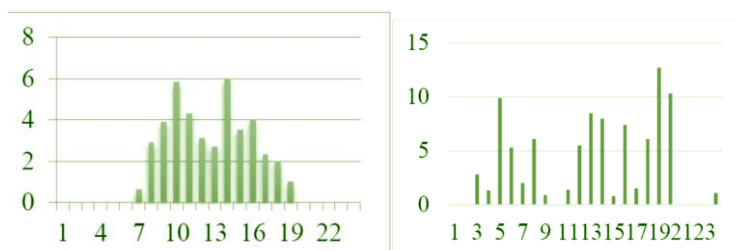
معیار روش	R^2	MAE	RMSE
روش هوش مصنوعی ترکیبی پیشنهادی	۰/۹۴	۰/۰۶۲۸	۰/۰۳۳۶۸



شکل ۷ - نتایج ارزیابی کارایی تخمین توسط روش هوش مصنوعی ترکیبی پیشنهادی

تخمین توسط روش هوش مصنوعی ترکیبی پیشنهادی را نشان می‌دهد. همچنین در شکل ۹ می‌توان نتایج ارزیابی روش‌های مورد مقایسه با معیار میانگین قدر مطلق خطا (MAE) را مشاهده کرد.

همان‌گونه که در جدول ۳ ملاحظه می‌گردد، روش هوش مصنوعی ترکیبی پیشنهادی دارای ۰/۹۴ قدرت توضیح دهنده (معیار R^2) یا میزان احتمال هم‌بستگی بین نتایج تخمینی و واقعی در جامعه داده‌ای پژوهش می‌باشد. شکل ۸ نمودار نتایج ارزیابی کارایی



شکل ۸ - نتایج ارزیابی کارایی تخمین توسط روش هوش مصنوعی ترکیبی پیشنهادی



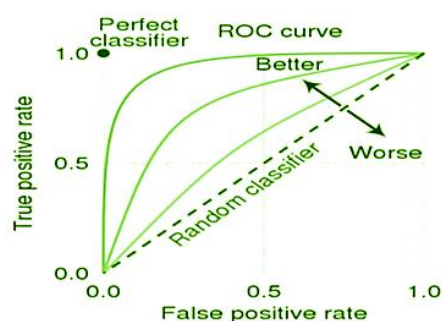
شکل ۹ - نتایج ارزیابی روش‌های مورد مقایسه با معیار میانگین قدر مطلق خطا (MAE)

ترکیبی پیشنهادی و رگرسیون فرآیند گوسی جهت تخمین ارائه شده است. شکل ۱۰ و ۱۱ نتایج ارزیابی روش‌های مورد مقایسه تخمین توسط معیار جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) را نشان می‌دهد.

مطابق نتایج ارائه شده معیار میانگین قدر مطلق خطا (MAE) در روش پیشنهادی پژوهش برابر با ۰/۰۷۹۸ می‌باشد که نسبت به روش مورد مقایسه رگرسیون فرآیند گوسی به میزان ۰/۰۳۶۲۸ جهت تخمین کم‌تر می‌باشد. نتایج معیار جذر میانگین مربعات خطای (RMSE) در روش مورد مقایسه روش هوش مصنوعی



شکل ۱۰- نتایج ارزیابی روش‌های مورد مقایسه تخمین توسط معیار جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)



شکل ۱۱- نتایج ارزیابی روش‌های مورد مقایسه تخمین توسط معیار جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)

میانگین قدر مطلق خطا (MAE) و جذر میانگین مربعات خطای تخمین ارتفاع موج شاخص دریا توسط روش رگرسیون فرآیند گوسی مورد مقایسه پژوهش به ترتیب برابر با ۰/۰۸۳۴۵۵ و ۰/۱۱۲۹۶ می‌باشد.

روش رگرسیون فرآیند گوسی مورد مقایسه پژوهش دارای ۰/۹۴ قدرت توضیح‌دهندگی (معیار R^2) یا میزان احتمال هم‌بستگی بین نتایج تخمینی و واقعی ارتفاع موج شاخص دریا در جامعه داده‌ای پژوهش می‌باشد. همچنین مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۴

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مختلف آب‌وهوایی دارد. همچنین بر اساس نتایج حاصل‌شده مشاهده گردید روش ترکیبی هوش مصنوعی، یادگیری عمیق و الگوریتم شبکه عصبی کانولوشنی پیشنهادی تخمین شاخص داده‌ها به دلیل ترکیب غیرانحصاری روش‌های هوش مصنوعی و هم‌پوشانی خطای آموزش توانسته است در معیارهای MAE ، R^2 و $RMSE$ نسبت به روش مورد مقایسه فرآیند گوسی کارایی بهتری داشته باشد. بهبود کارایی تخمین داده‌ها توسط روش ترکیبی هوش مصنوعی پیشنهادی، بهبود کارایی تحلیل نیروهای وارد بر سیستم را به دنبال خواهد داشت که هدف و فرضیه اصلی پژوهش را اثبات می‌نماید.

با توجه به این‌که وابسته بودن میزان تولید انرژی به تاثیرات شرایط مخربی محیطی در این مقاله تبعات مالی کاهش سرعت باد و تابش خورشید در بهره‌برداری بهینه یک شبکه متصل به شبکه اصلی براساس الگوریتم‌های یادگیری عمیق و شبکه عصبی کانولوشنی، تحلیل و بررسی شده است. همچنین، به منظور بررسی عملکرد اقتصادی و بهینه ریزش‌بکه، تفکیک بارهای مصرفی و مدیریت تقاضای مصرف‌کنندگان نیز در مدل‌سازی لحاظ شده است. سپس با بهره‌برداری بهینه از مدل‌سازی و یادگیری داده‌ها انجام می‌گردد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهند پیاده‌سازی مناسب مدیریت تقاضا و زمان در شبکه نقش اساسی و در صرفه‌جویی مصرف انرژی الکتریکی، کاهش هزینه عملکرد و کاهش هزینه خرید انرژی الکتریکی از شبکه اصلی در شرایط

References

1. H. R. E.-H. M. S. Y. AbubakarShaabana;, "Decomposition based multiobjective evolutionary algorithm for PV/Wind/Diesel Hybrid Microgrid System design considering load uncertainty," *Energy Reports*, vol. 7, pp. 52-69, 2021.
2. N. Eghtedarpour and E. Farjah, "Power control and management in a hybrid AC/DC microgrid," *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 5, pp. 1494-1505, 2014.
3. Y. B. A Rafiee, H Bevrani, T Kato, "Robust MIMO Controller Design for VSC-based Microgrids: Sequential Loop Closing Concept and Quantitative Feedback Theory," *IEEE Transactions on Smart Grid*, 2021.
4. X. Zhang, C. Huang, and J. Shen, "Energy Optimal Management of Microgrid with High Photovoltaic Penetration," *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2022.
5. L. Zhang, Y. Yang, Q. Li, W. Gao, F. Qian, and L. Song, "Economic optimization of microgrids based on peak shaving and CO2 reduction effect: A case study in Japan," *Journal of Cleaner Production*, vol. 321, p. 128973, 2021.
6. A. H. V.-H. B. H.-M. Kim, "Resilience-Oriented Optimal Operation of Networked Hybrid Microgrids," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 10, 2019
7. K. R. C. C. C. R. Zhang, "Energy Cooperation Optimization in Microgrids With Renewable Energy Integration," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 9, 2018.
8. C. J. Dongfeng Yang, Guowei Cai, Deyou Yang, Xiaojun Liu,, "Interval method based optimal planning of multi-energy microgrid with uncertain renewable generation and demand," *Applied Energy*, vol. 277, 2020.
9. Z. X. Xiaohong Guan, and Qing-Shan Jia, "Energy-Efficient Buildings Facilitated by Microgrid," *IEEE Transaction on Smart Grid*, vol. 1, 2010.
10. S. M. M. Liaqat Ali, Hamed Bizhani, Arindam Ghosh,, "Optimal planning of clustered microgrid using a technique of cooperative game theory,," *Electric Power Systems Research*, vol. 183, 2020.
11. P. L. Mansour Alramlawi, "Design Optimization of a Residential PV-Battery Microgrid With a Detailed Battery Lifetime Estimation Model," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 46, 2020. *Industry Applications*, vol. 46, 2020. *Battery Lifetime Estimation Model*, *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 46, 2020.
12. Atteia G, Collins MJ, Algarni AD, Samee NA. Deep-learning-based feature extraction approach for significant wave height prediction in SAR mode altimeter data. *Remote Sens.* 2022; 14(21):5569. <https://doi.org/10.3390/rs14215569>
13. Behar Kamran Z, Amir Etemad S, Mohsen H. Determination of effective parameters in forecasting significant wave height in Neka. In: 4th International Conference on Offshore Industries; 2011. [In Persian]
14. Breiman L. Bagging predictors. *Mach Learn.* 1996;24(2):123-40. <https://doi.org/10.1007/BF00058655>
15. bualigah L, Diabat A, Mirjalili S, Abd Elaziz M, Gandomi AH. The arithmetic optimization algorithm. *Comput Methods Appl Mech Eng.* 2021; 376:113609. <https://doi.org/10.1016/j.cma.2020.113609>
16. Cox DR, van der Meer JW. Wave forces on marine structures. CRC Press; 2010.
17. Davis RE, Collins DC, Wu L. Effects of temperature and salinity on wave properties and their impact on coastal infrastructure. *J Coast Res.* 2014;30(3):578-88. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-13-00048.1>
18. Dhodhi J, Sharma K, Hassanin A. Safety of offshore platforms. In: *Encyclopedia of Maritime and Offshore Engineering*. Wiley; 2017. p. 1-10. https://doi.org/10.1002/9781118476406.e_moe0021
19. Feng Z, Hu P, Li S, Mo D. Prediction of significant wave height in offshore China based on the machine learning method. *J Mar Sci Eng.* 2022;10(6):836. <https://doi.org/10.3390/jmse10060836>
20. Han L, Ji Q, Jia X, Liu Y, Han G, Lin X. Significant wave height prediction in the South China Sea based on the ConvLSTM algorithm. *J Mar Sci Eng.* 2022;10(11):1683. <https://doi.org/10.3390/jmse10111683>
21. Harrison S, MacDonald A. Influence of seabed sediment composition on wave propagation and sediment transport. *Coast Eng.* 2015; 102:1-12. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2015.04.001>
22. Li Z, Zhang M, Wang X. Deep learning for predicting wave height and its implications for coastal engineering. *Eng Appl Artif Intell.* 2021;98:104064.

- <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2021.104064>
23. Lotfollahi Yeganeh M, Lashtah Neshayi M, Ghorbani M, Larian MB. Modeling and forecasting of significant wave height in the Caspian Sea using chaos theory. Amirkabir J Civ Eng. 2013; 45:97-105. [In Persian]
 24. Mishra JP, Singh K, Chaudhary H. Intelligent Ocean wave height prediction system using light GBM model. Int J Syst Innov. 2022;7(2):64-77
 25. A. Ajami and M. Daneshvar, "Data driven approach for fault detection and diagnosis of turbine in thermal power plant using Independent Component Analysis (ICA)" International journal of Electrical Power and Energy Systems , Vol.43, pp. 728–735, 2012.
 26. M. Berahman, A.A. Safavi, M.R. Shahrabaki, "Fault detection in Kerman combined cycle power plant boilers by means of support vector machine classifier algorithms and PCA" Control, Instrumentation, and Automation (ICCIA), 3rd International Conference. pp. 290 – 295, 2013
 27. Hassani H, Zarei J, Razavi-Far R, Saif M. "Robust Interval Type-2 Fuzzy Observer for Fault Detection of Networked Control Systems Subject to Immeasurable Premise Variables", IEEE Systems Journal, 2019



Performance Optimization of Steam Power Plants Using 2D CNN Neural Network with Emphasis on Pollution Control and Environmental Impacts

Gohar Varamini*
Yaser Nemati

Department of Electrical Engineering, Bey. C., Islamic Azad University, Beyza, Iran
Department of Computer Engineering, Bey. C., Islamic Azad University, Beyza, Iran

Received: 22 Dec 2024

Accepted: 16 Feb 2025

Keywords: Steam Power Plants, 2D Neural Network, Pollution Control, Artificial Intelligence, Environmental Impact.

Extended Abstract

Introduction: In this paper, at first, the equipment of the steam power plant has been investigated, and in the next step, the destructive effects of environmental conditions such as temperature, heat, and atmospheric conditions on the performance of power plants and pollution control have been presented in a specialized way of steam power plant, and finally, a proposed model using deep learning algorithms is presented in order to reduce the destructive effects, control pollution and optimize the performance of power plants using the network. Two-dimensional convolutional neuroconvolution and solutions to reduce the internal consumption of power plants according to the factor of environmental conditions and emission control have been done.

Materials and Methods: In this study, data are processed and divided into three categories: education, validation, and testing. Then, the artificial intelligence method is trained with learning data to achieve optimal accuracy and finally optimization.

Results and Discussion: In this study, geographical conditions, pollution and climatic control in Iran, the percentage of domestic consumption and industrial units exploited, and the amount of load have been investigated and analyzed. The measures of the power plant to reduce internal consumption and reduce thermal and electrical losses have been presented in the form of planning to remove the tower fans according to the cooling water temperature and changes in the ambient air temperature and the relative reduction of electrical consumption using deep learning and in an intelligent way using educational data and two-dimensional convolutional neural network. The absolute error and the root mean square of the error that cover a high confidence factor are formed and investigated. The results show that the proposed hybrid artificial intelligence method with a coefficient of determination of 0.96, an average absolute error of 0.063 and a root mean square error of 0.0096, as well as the Gaussian process regression method with a coefficient of determination of 0.94, an average absolute error of 0.093, will create and provide a very desirable performance and a high reliability factor in reducing the destructive effects and better efficiency of the system.

Conclusion: In this study, the amount of destructive environmental impact and pollution effects has been greatly reduced by using deep learning and artificial intelligence, and this increases the reliability factor of the system and improves the acceptable performance of power plants in times of load, and the results indicate that the proposed hybrid artificial intelligence method is more accurate in estimating and optimizing systems and has a higher reliability factor.

Corresponding author: Gohar Varamini

Address: Department of Electrical Engineering, Bey. C., Islamic Azad University, Beyza, Iran. **Tel:** +989177001044

Email: Gohar.Varamini@iau.ac.ir

Citation: Varamini G, Nemati Y. Performance Optimization of Steam Power Plants Using 2D CNN Neural Network with Emphasis on Pollution Control and Environmental Impacts. Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2025; 2(8): 15-26



© 2024, This article published in Journal of New Researches in Environmental Engineering (JNREE) as an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>). Non-commercial use, distribution and reproduction of this article is permitted in any medium, provided the original work is properly cited.



مدل‌سازی جابجایی آلاینده‌های آب بر مبنای الگو فرارفت - انتشار - واکنش با کد پایتون

رامین زارع*

گروه بهداشت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

چکیده مبسوط

مقدمه: امنیت آب به طور فزاینده‌ای در سراسر جهان در خطر است. اثربخشی در مدیریت منابع آب، مقابله با آلودگی‌های زیست‌محیطی، و آماده‌سازی برای تغییرات آب‌وهوایی، به توانایی در پایش، مدل‌سازی و کاهش انواع مخاطرات آب بستگی دارد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در بخش آب و محیط‌زیست، اکتشاف علمی، استفاده از فناوری و در نظر گرفتن پدیده‌های طبیعی را یکپارچه می‌کند. با این حال، تجزیه و تحلیل داده‌ها در بخش آب و محیط‌زیست بدون چالش نیست. این چالش‌ها مستلزم اصلاح مداوم روش‌ها و تکنیک‌ها، با تأکید بر ماهیت پویا و در حال تحول این رشته است.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۸

مواد و روش‌ها: ابتدا پایتون به عنوان یکی از محبوب‌ترین زبان‌ها برای کاربرد در هیدرولوژی و محیط‌زیست توصیف می‌شود. سپس انواع داده‌های هیدرولوژیکی شامل داده مکانی، زمانی، ویژگی‌ها و داده نهایی یا خروجی مدل ارائه می‌شوند. در ادامه به مدل‌سازی داده‌های هیدرولوژیکی با استفاده از پایتون پرداخته می‌شود و مدل جابجایی آلاینده‌ها - مدل دو بعدی فرارفت - انتشار - واکنش به عنوان نمونه برنامه‌نویسی و اجرا می‌شود.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد مدل واکنش - انتشار، افزایش مداوم مقدار غلظت را نشان می‌دهد که مقدار میانگین دارای شیب مثبت است و به سرعت تا حدود ۰/۳ افزایش می‌یابد. بزرگی‌ها در مدل فرارفت - واکنش، به وضوح بالاتر از مدل فرارفت تعمیم‌یافته - انتشار - واکنش است.

واژه‌های کلیدی: هیدرولوژی، پایتون، مدل‌سازی فرارفت، انتشار، واکنش، آلاینده‌ها

نتیجه‌گیری: در این مطالعه، یک مدل انتشار، فرارفت آلاینده نشان داده شد که در آن آلاینده‌ها تحت فرارفت، انتشار و واکنش قرار گرفتند. کدهای مدل فرارفت - انتشار - واکنش قابل اجرا می‌باشد. این فایل‌ها فرمت‌های فایل منبع باز هستند که می‌توانند بارگذاری شوند. این مدل با تغییراتی در سایر محیط‌های آبی در مکان‌ها، زمان‌ها و ویژگی‌های مختلف نیز قابل اجرا می‌باشد.

نویسنده مسئول: رامین زارع

نشانی: گروه بهداشت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران | تلفن: ۰۹۱۸۳۶۱۸۲۹۷ | پست الکترونیکی: ramin1zare@gmail.com

استناد: زارع رامین. مدل‌سازی جابجایی آلاینده‌های آب بر مبنای الگو فرارفت - انتشار - واکنش با کد پایتون. پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست. ۱۴۰۳؛ ۲(۸): ۴۳-۲۷.
حقوق نویسندگان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد و تحت مجوز مالکیت خلاقانه <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0> در فصلنامه پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست منتشر شده است. هرگونه استفاده غیرتجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.



مقدمه

امنیت آب به طور فزاینده‌ای در سراسر جهان در خطر است. آب زیاد سیلاب‌ها را ایجاد می‌کند، کم‌آبی باعث خشکسالی می‌شود یا کیفیت پایین آب که بر سلامتی تأثیر می‌گذارد و غیره، می‌تواند زندگی، اقتصاد و اکوسیستم‌ها را به خطر بیندازد. به منظور شناسایی، نظارت و کاهش این مشکلات متنوع در آب و محیط‌زیست، به اطلاعات قابل اجرا بر اساس داده‌ها نیاز است. تجزیه و تحلیل داده‌ها بخش مهمی از درک روابط پیچیده و چند بعدی بین سیستم‌های آبی و محیط‌های اطراف آن‌ها است. این روابط از طریق ترکیبی از علم، مهندسی و فناوری بررسی می‌شود که به کشف اطلاعات جدید مرتبط با تأثیر آب و محیط‌زیست بر زندگی انسان کمک می‌کند. اثربخشی در مدیریت منابع آب، مقابله با آلودگی‌های زیست‌محیطی و آماده‌سازی برای تغییرات آب‌وهوایی، به توانایی در نظارت، مدل‌سازی و کاهش انواع مخاطرات آب بستگی دارد.

آب، حیات را حفظ می‌کند و یکی از ارزش‌ترین منابع کره زمین است. این به‌عنوان یک حلقه جدایی‌ناپذیر در زنجیره وسیع اکوسیستم عمل می‌کند که به زندگی امکان تداوم، رشد و بالندگی می‌دهد. عوامل محیطی مختلف، مانند سازندهای زمین‌شناسی و فعالیت‌های انسانی، بر کیفیت در دسترس بودن و توزیع آب تأثیر می‌گذارند. این تبادلات منجر به یک اکوسیستم دائماً در حال تکامل می‌شود که نظارت مداوم بر این رابط آب و محیط را ضروری می‌سازد. درک الگوها، روندها و روابط در داده‌ها می‌تواند در استنتاج وضعیت و عملکرد سیستم‌های آب و محیط‌زیست، تعاملات آن‌ها و اثرات بالقوه تغییرات در یک سیستم بر سیستم دیگر کمک کند. تجزیه و تحلیل داده‌ها کمک می‌کند اثرات نشت نفت بر روی آب‌های ساحلی ارزیابی شوند، تغییرات فصلی در جریان رودخانه مورد مطالعه قرار گیرند، یا سناریوهای آینده افزایش سطح دریا را به‌دلیل گرمایش جهانی مدل‌سازی شوند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها در بخش آب و محیط‌زیست شامل ترکیبی از روش‌ها و فن‌آوری‌ها، از تکنیک‌های آماری سنتی تا الگوریتم‌های پیشرفته یادگیری ماشین است. کاوش و تفسیر پدیده‌های پیچیده مرتبط با آب و محیط‌زیست، به داده‌های به‌دست آمده از منابع مختلف، مانند تصاویر ماهواره‌ای، ایستگاه‌های هواشناسی، شبکه‌های حسگر و پایگاه‌های داده‌های اجتماعی-اقتصادی وابسته است. با استفاده از قدرت محاسباتی و الگوریتم‌ها، می‌توان حجم وسیعی از داده‌ها را پردازش و تجزیه و تحلیل کرد که منجر به بینش‌های عملی برای دانشمندان،

سیاست‌گذاران و ذی‌نفعان می‌شود. تجزیه و تحلیل داده‌ها کمک می‌کند تا تأثیر فعالیت‌های انسانی مانند آلودگی صنعتی، جنگل‌زدایی، صید بی‌رویه و شهرنشینی کنترل نشده بر آب و محیط‌زیست را درک کرد. چنین بینش‌هایی به تدوین سیاست‌های بهتر و استراتژی‌های موثر برای توسعه پایدار، مدیریت آب و حفاظت از محیط‌زیست کمک می‌کند. تجزیه و تحلیل داده‌ها به بهینه‌سازی منابع و مدل‌سازی پیش‌بینی برای سناریوهای آینده کمک می‌کند. بنابراین تجزیه و تحلیل داده‌ها باعث می‌شوند توانایی پیش‌بینی و کاهش خطرات فراهم شود، از فرصت‌ها برای رشد پایدار استفاده کرد و تعادل بهتری بین نیازهای انسانی و حفظ محیط‌زیست ایجاد نمود. با این حال، تجزیه و تحلیل داده‌ها در بخش آب و محیط‌زیست بدون چالش نیست. کیفیت و یکپارچگی داده‌ها، پیچیدگی سیستم‌های محیطی، عدم قطعیت ذاتی در بسیاری از انواع داده‌های زیست‌محیطی و نیاز به رویکردهای چند رشته‌ای از جمله بسیاری از مسائلی است که تحلیل‌گران باید با آن دست و پنجه نرم کنند. این چالش‌ها مستلزم اصلاح مداوم روش‌ها و تکنیک‌ها، با تأکید بر ماهیت پویا و در حال تحول این رشته است. با توجه به قابلیت‌های پایتون در محاسبات آماری، انتظار می‌رود طراحی و اجرای مدل‌های هیدرولوژیکی و حمل‌ونقل آلاینده‌های آبی با کدهای پایتون روند روزافزونی داشته باشند، هرچند تاکنون تحقیقات اندکی در این مورد صورت گرفته است. در یک مطالعه، حمدی ا. (۲۰۰۷)، یک طرح عددی مبتنی بر ترکیب چند جمله‌ای لوکاس و فیبوناچی برای معادلات فرارفت - انتشار - واکنش غیرخطی یک‌بعدی و دو بعدی ارائه کردند. در ابتدا، معادله دیفرانسیل جزئی داده شده (PDE)^۱ با استفاده از روش تفاضل محدود و طرح وزنی به‌شکل گسسته کاهش می‌یابد. پس از آن، توابع مجهول با چند جمله‌ای لوکاس تقریب و مشتقات آن‌ها با چند جمله‌ای فیبوناچی تقریب شده‌اند. با کمک این تقریب‌ها، PDE غیرخطی به سیستمی از معادلات جبری تبدیل می‌شود که به راحتی قابل حل است. همگرایی روش به‌صورت تئوری و همچنین عددی بررسی شد. عملکرد روش پیشنهادی با کمک برخی از مشکلات تست تایید شد. کارایی تکنیک از نظر ریشه میانگین مربع (RMS)^۲ و هنجارهای خطا مورد تایید قرار گرفت. در مطالعه دیگر علی آ. و همکاران (۲۰۲۱) مشکل تعیین منابع آلودگی در یک رودخانه را با استفاده از اندازه‌گیری‌های مرزی مورد بررسی قرار دادند. مدل ریاضی یک معادله فرارفت - انتشار

۱- Partial Differential Equations

۲- Root Mean Square

نتایج نشان داد که هرچه تعداد تقسیم بندی های رودخانه بیشتر باشد، دقت حل بالاتر می رود و دو حل تحلیلی و عددی دارای انطباق خوبی با یکدیگر هستند. تجزیه و تحلیل داده ها در بخش آب و محیط زیست، اکتشاف علمی، استفاده از فناوری و در نظر گرفتن پدیده های طبیعی را یکپارچه می کند. این فرآیند شامل ورود به مجموعه داده های چالش برانگیز و کشف جزئیات فرآیندهای محیطی است. این یک سفر اکتشافی، حل مشکل و ایجاد تأثیر است که در عصری که با تغییرات محیطی، تغییرات آب و هوایی، کاهش منابع و افزایش نیازهای انسانی مشخص شده، حیاتی است.

- واکنش دو بعدی در حالت ثابت است. قابلیت شناسایی و نتایج پایداری محلی Lipschitz ایجاد شد. یک تابع هزینه که مسئله معکوس را به یک بهینه سازی تبدیل می کند، پیشنهاد شد. این تابع هزینه نشان دهنده تفاوت بین دو راه حل محاسبه شده از داده های تجویز شده و اندازه گیری شده است. نتایج عددی برای یک دامنه مستطیلی انجام شد و با نتایج به دست آمده با استفاده از روش کلاسیک منظم شده حداقل مربعات مقایسه گردید. در داخل کشور نیز فردادی و همکاران (۱۴۰۰) مطالعه ای با هدف انتقال آلودگی در رودخانه ها توسط معادله دیفرانسیل جزئی جابجایی - پراکندگی - واکنش (ADRE)^۲ انجام داد. در این مطالعه با حل دستگاه معادلات، مقدار غلظت آلاینده محاسبه شد.

مواد و روش ها

پایتون

پایتون به عنوان یکی از محبوب ترین زبان ها برای کاربرد در هیدرولوژی، محیط زیست و آب و هوا ظاهر شده است. در این تحقیق، ابتدا اصول پایتون، مزایای آن، اهمیت محیط های برنامه نویسی یکپارچه مانند ژوپیتر^۴، توزیع آناکوندا پایتون^۵ و قوانین نوشتاری درون یک زبان برنامه نویسی یا سینتکس^۶ اصلی برنامه نویسی مرتبط با قابلیت های عملکردی پایتون و آمادگی آن برای مدیریت چندین ساختار داده بیان می شود. همچنین به قابلیت های دستکاری داده های ارائه شده توسط کتابخانه همه کاره پایتون - پانداس^۷ به همراه تصویری از کتابخانه قدرتمند و جامع گرافیکی مت پلات لایب^۸ اشاره می گردد. در ادامه فرآیند مدل سازی آماری در محیط زیست ارائه می گردد. در این مورد می توان از کتابخانه هایی مانند اسکاپی^۹، استاتس مدلز^{۱۰} و سایکیت لرن^{۱۱} برای انجام برازش منحنی، تحلیل رگرسیون و برازش مدل های سری زمانی استفاده نمود. پایتون محبوب ترین زبان برنامه نویسی در دنیای تجزیه و تحلیل داده است و اهمیت روزافزون داده ها، تسلط بر پایتون را به مهارتی مهم تبدیل کرده

است. به دلیل سادگی و خوانایی کد، پایتون یک انتخاب محبوب در بین مبتدیان و حرفه ای ها است. مجموعه گسترده ای از کتابخانه ها آن را به ابزاری عالی برای کارهایی از تجزیه و تحلیل داده ها و یادگیری ماشینی گرفته تا تجسم و توسعه وب تبدیل می کند. شروع کار با پایتون مستلزم راه اندازی یک محیط مناسب است. مبتدیان ممکن است آناکوندا^{۱۲} را ترجیح دهند، پلتفرمی که به راحتی پایتون را با بسیاری از کتابخانه های علوم داده ترکیب می کند. منابع آنلاین، مانند اسناد رسمی پایتون، دانش زیادی را برای خودآموزان ارائه می دهد. برای یک تجربه یادگیری ساختاریافته، چندین دوره آنلاین در پلتفرم هایی مانند کورسرا^{۱۳} و ایدکس^{۱۴} در دسترس هستند. تمرین های کدنویسی عملی در وبسایت هایی مانند هکر رنک^{۱۵} و کدکیمای^{۱۶} نیز می تواند مفید باشد. خوانایی پایتون و پشتیبانی گسترده از جامعه، مسیر یادگیری را قابل مدیریت و ارزشمند می کند. ناگفته نماند که تمرین مداوم همراه با پروژه های عملی برای تسلط بر پایتون بسیار مهم است. آماده سازی یک محیط پایتون مستلزم نصب پایتون، انتخاب یک محیط توسعه یکپارچه^{۱۷} (IDE) و نظارت بر مدیریت بسته است. پایتون را می توان از طریق پلتفرم آناکوندا و وبسایت رسمی آن

۳- Advection - Dispersion - Reaction

۴- Jupyter

۵- Anaconda Python

۶- Syntax

۷- Python - Pandas

۸- Matplotlib

۹- SciPy

۱۰- Statsmodels

۱۱- Scikit-Learn

۱۲- Anaconda

۱۳- Coursera

۱۴- edX

۱۵- HackerRank

۱۶- Codecademy

۱۷- Integrated Development Environment

نصب کرد. محیط‌های توسعه یکپارچه پای چرم^{۱۸} یا ژوپیتِر نوت‌بوک^{۱۹} غنی از ویژگی‌هایی هستند که عملکردهای قوی برای توسعه نرم‌افزار ارائه می‌دهند. ابزارهای مدیریت بسته، مانند پایپ^{۲۰} و کوند^{۲۱}، به مدیریت وابستگی‌ها^{۲۲} در سراسر کتابخانه‌ها کمک می‌کنند. محیط‌های مجازی پایتون برای حفظ وابستگی‌های خاص، ایزوله‌سازی در سطح پروژه را فراهم می‌کنند و عملکرد بدون خطا را تضمین می‌کنند. قدرت پایتون در مدل‌سازی عددی در سناریوهای مختلف مشخص شده است. شبیه‌سازی جریان تراوش و شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی نمونه‌هایی هستند که می‌توان با استفاده از کتابخانه‌های محدود^{۲۳} فرمول مسئله عددی را ساده کرد. همچنین کتابخانه نام پای^{۲۴} در انجام شبیه‌سازی جریان کانال و حل معادلات آب کم‌عمق دوبعدی کارآمد است. کتابخانه‌های گرافیکی مانند پای ویستا^{۲۵} و مت پلات لایب^{۲۶} در ترسیم نتایج و ایجاد تجسم‌های سه‌بعدی در مراحل مختلف کارآمد و مفید هستند. کتابخانه‌های محدود، تطبیق‌پذیری خود را در حل مشکلات حمل‌ونقل آلاینده‌ها نشان داده است. در فرمول‌بندی مسائل جابجایی دوبعدی آلاینده‌های زیست‌محیطی شامل فرارفت، انتشار و واکنش و ترکیب آن‌ها تحقیقاتی صورت گرفته است. تطبیق‌پذیری مولد شبکه‌های محدود سه‌بعدی خودکار GMSH^{۲۷} نیز هنگام ایجاد حوزه‌های محاسباتی برای شبیه‌سازی‌های مختلف تایید شده است. این بسته می‌تواند شبکه‌های محاسباتی بدون خطا و آماده برای استفاده توسط یک برنامه‌اف‌ای ام^{۲۸} ایجاد کند. ترکیبی از مستندات عمیق و طبیعت منبع باز، پایتون را به انتخابی بی‌نظیر برای مقابله با چالش‌های پیچیده در علوم محیط‌زیست تبدیل می‌کند. تمرکز بر مدیریت پایدار محیط‌زیست در سطح جهانی برجسته‌تر می‌شود.

محیط توسعه یکپارچه (IDE)

محیط توسعه یکپارچه (IDE) و محیط‌های مجازی دو جزء حیاتی برنامه‌نویسی پایتون هستند. آن‌ها ابزارهای کلیدی در جعبه ابزار توسعه‌دهنده پایتون هستند که به ساده‌سازی فرآیند توسعه، افزایش بهره‌وری و اطمینان از قابلیت اطمینان و تکرارپذیری کد

کمک می‌کنند. محیط توسعه یکپارچه یک نرم‌افزار کاربردی است که امکانات جامعی را برای برنامه‌نویسان برای توسعه نرم‌افزار فراهم می‌کند. برای توسعه‌دهندگان پایتون، استفاده از یک محیط توسعه یکپارچه مانند پای چرم، ژوپیتِر نوت بوک یا ویژوال استودیو کد مزایای بی‌شماری دارد. یکی از مزایای کلیدی این است که چندین ابزار و ویژگی‌های مورد نیاز برای کدگذاری را در یک رابط واحد ترکیب می‌کند. این شامل ویرایش‌گرهای متن برای نوشتن و ویرایش کد، اشکال‌زدا برای یافتن و رفع خطاها، استفاده از قواعد جمله‌سازی برای خوانایی بهتر و ویژگی‌های تکمیل خودکار است که با پیشنهاد تکمیل نام توابع، کلمات کلیدی و متغیرها در زمان صرفه‌جویی می‌کند. علاوه بر این، بسیاری از محیط‌های توسعه یکپارچه پشتیبانی داخلی برای سیستم‌های کنترل نسخه مانند گیت^{۲۹} ارائه می‌دهند که به توسعه‌دهندگان اجازه می‌دهد تغییرات را ردیابی کنند، به نسخه‌های قبلی کد بازگردند و به‌طور موثر با توسعه‌دهندگان دیگر همکاری کنند. محیط‌های توسعه یکپارچه با توابعی برای بازسازی کد، آزمایش و پروفایل‌سازی ساخته شده‌اند که برای نوشتن کدهای تمیز، بدون خطا و کارآمد ضروری هستند.

محیط‌های واقعیت مجازی^{۳۰}

محیط‌های واقعیت مجازی، محیط‌های ایزوله‌ای هستند که بسته‌های پایتون را می‌توان بدون تداخل با پروژه‌ها و تاسیسات دیگر نصب کرد. این به توسعه‌دهنده اجازه می‌دهد تا محیط‌های مجزا برای پروژه‌های مختلف ایجاد کند که می‌تواند با توسعه‌دهندگان دیگری که می‌توانند محیط توسعه دقیق آن پروژه‌ها را بازسازی کنند، ارتباط برقرار کند. بدون محیط‌های واقعیت مجازی، نصب نسخه‌های مختلف یک بسته برای پروژه‌های مختلف می‌تواند منجر به تضاد و ناسازگاری شود و اشتراک‌گذاری یا استقرار کد را دشوار کند. محیط‌های مجازی ایجاد فضاهای ایزوله برای هر پروژه که می‌توان وابستگی‌های لازم را بدون خطر تداخل در آن نصب کرد، این مشکل را حل می‌کند.

۱۸- PyCharm

۱۹- Jupyter Notebook

۲۰- Pip

۲۱- Conda

۲۲- Dependency

۲۳- FEniCS

۲۴- Numpy

۲۵- PyVista

۲۶- Matplotlib

۲۷- Finite-Element Mesh Generator

۲۸- FEM

۲۹- Git

۳۰- Virtual Environments

هیدرولوژی، نمونه هایی از داده های زمانی شامل دما، ضخامت برف، سطح آب های زیرزمینی، میزان بارش و تبخیر هستند. تجهیزات زمینی، ایستگاه های هواشناسی و ماهواره ها می توانند این اندازه گیری های هیدرولوژیکی را جمع آوری کنند. داده های سری زمانی برای شناسایی الگوهای سالانه و فصلی، درک تأثیر تغییرات آب و هوا و پیش بینی سناریوهای هیدرولوژیکی در آینده بسیار مهم هستند.

- داده ویژگی^{۳۲}: از سوی دیگر، داده های GIS دو بخش دارند که شامل عارضه ها و ویژگی ها هستند. ویژگی ها، داده های سازمان یافته درباره هر عارضه هستند. ویژگی به عنوان یک داده، توصیف کیفی است که زمینه اضافی را در مورد داده های مکانی و زمانی فراهم می کند. به عنوان مثال، ممکن است شامل داده هایی در مورد تراکم جمعیت و شاخص های اجتماعی-اقتصادی در منطقه مورد مطالعه باشد که می تواند بینش هایی در مورد تأثیرات انسانی بر سیستم هیدرولوژیکی ارائه دهد. به طور معمول، ویژگی ها با استفاده از اندازه گیری های میدانی، تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی، پایگاه های داده عمومی و بررسی های مستقیم جمع آوری می شوند. این داده های مکانی، زمانی و ویژگی ها اغلب با یکدیگر هم پوشانی دارند و به مجموعه داده های غنی و چند لایه ای منجر می شوند که می توانند از دیدگاه های مختلف مورد بررسی قرار گیرند. برای مثال، پارامترهای کیفیت آب (داده های ویژگی) ممکن است در طول زمان (داده های زمانی) و در مکان های مختلف (داده های مکانی) در یک حوضه اندازه گیری شوند. چنین مجموعه داده ای را می توان برای درک چگونگی تغییر کیفیت آب در یک منطقه به صورت مکانی و همچنین زمانی بررسی کرد. به طور فزاینده ای، در هیدرولوژی، مشکلات به اندازه ای پیچیده شده اند که نیاز به استفاده از داده های بزرگ و یادگیری ماشینی برای ایجاد بینش عمیق تر در مجموعه داده های بزرگ، پیچیده و چند بعدی دارد. با ادغام داده ها از منابع مختلف، هیدرولوژیست ها می توانند پویایی پیچیده آب در محیط را کشف کنند و به تدوین استراتژی های مدیریت آب مؤثر و شیوه های پایدار کمک کنند.

- داده نهایی - خروجی مدل هیدرولوژیکی: این ها داده های تولید شده از مدل های هیدرولوژیکی محاسباتی را تشکیل می دهند که جنبه های مختلف چرخه آب، از دینامیک بارندگی - رواناب و تبخیر و تعرق تا مهاجرت آب خاک، و الگوهای رودخانه را شبیه سازی می کنند. مدل ها از ورودی های داده های مکانی و

محیط های واقعیت مجازی نیز به تکرارپذیری کد پایتون کمک می کنند. حفظ یک رکورد از نسخه های دقیق بسته های مورد استفاده در یک پروژه، به برنامه نویسان و سیستم های دیگر اجازه می دهد تا محیط را بازسازی کنند و کد را در شرایط یکسان اجرا کنند. این امر به ویژه در محاسبات علمی و تجزیه و تحلیل داده ها، که در آن وابستگی بسته یک نیاز اساسی است، مهم است. هم محیط های توسعه یکپارچه (IDE) و هم محیط های واقعیت مجازی نقش مهمی در برنامه نویسی پایتون دارند. در حالی که این محیط ها کارایی و کیفیت کد را با ادغام ابزارها و ویژگی ها در یک رابط یکپارچه افزایش می دهند، محیط های واقعیت مجازی با اطمینان از وابستگی ها و جداسازی پروژه، قابلیت اطمینان و تکرارپذیری کد پایتون را تضمین می کنند. آن ها با هم فرآیند کدنویسی را با ارائه یک چارچوب همه کاره برای برنامه نویسی پایتون ساده می کنند و آن را لذت بخش تر می کنند.

انواع داده های هیدرولوژیکی

هیدرولوژیست ها توزیع، حرکت و ذخیره آب در محیط را مطالعه می کنند که به مقادیر زیادی داده در رشته های مختلف علمی و مهندسی نیاز دارد. داده های جمع آوری شده در هیدرولوژی به طور کلی شامل داده مکانی، زمانی، ویژگی ها و داده نهایی یا خروجی مدل است.

- داده های مکانی: داده هایی هستند که اطلاعاتی درباره اشیاء، رویدادها، ناهمواری ها و پدیده های مرتبط با سطح زمین به صورت سه بعدی ارائه می دهند. این ها شامل توپوگرافی، کاربری زمین، نوع خاک، پوشش گیاهی، و غیره است. به عنوان مثال، یک مدل رقمی ارتفاع^{۳۱} (DEM)، داده های توپوگرافی را ارائه می دهد که برای درک ویژگی های حوضه آبریز، جهت جریان، و تجمع جریان در مدل سازی هیدرولوژیکی ضروری است. داده های کاربری اراضی و نوع خاک، نرخ نفوذ، تبخیر و تولید رواناب را مشخص می کند. داده های پوشش گیاهی می تواند به تعیین میزان تعرق کمک کند. این داده ها به طور کلی به صورت فرمت های شطرنجی یا برداری در سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای تحلیل و مدل سازی هیدرولوژیکی نشان داده می شوند.

- داده های زمانی: هنگامی که داده های عددی در طول زمان ردیابی می شوند، داده های زمانی نامیده می شوند. استخراج بینش های ارزشمند در مورد روندها، الگوها و تغییرات در ویژگی های زمانی به عنوان داده کاوی زمانی شناخته می شود. در

^{۳۱}- Digital Elevation Model

^{۳۲}- Attribute Data

این رابطه مفید است. یک مثال می‌تواند مقایسه میزان بارندگی با نرخ جریان رودخانه برای درک تغییرات رواناب با بارش باشد. تحلیل دو متغیره می‌تواند از تکنیک‌های تحلیل رگرسیون برای تعیین کمیت قدرت و ماهیت رابطه بین دو متغیر استفاده کند.

۳- مجموعه داده‌های چند متغیره در هیدرولوژی: مجموعه داده‌های چند متغیره از مشاهدات بیش از دو متغیر تشکیل شده است. در هیدرولوژی، چنین مجموعه داده‌هایی بسیار رایج هستند، زیرا فرآیندهای آب تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارند. به عنوان مثال، یک مجموعه داده ممکن است شامل بارش، دما، تبخیر، رواناب و رطوبت خاک باشد که همه در طول زمان در یک مکان خاص ثبت می‌شوند. تجزیه و تحلیل چند متغیره امکان کاوش تعاملات و روابط بین چندین متغیر را به طور همزمان فراهم می‌کند. این می‌تواند در درک فرآیندها و سیستم‌های هیدرولوژیکی پیچیده بسیار مهم باشد. تکنیک‌های مورد استفاده می‌تواند شامل رگرسیون چندگانه، تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای و غیره باشد. انتخاب تجزیه و تحلیل تک‌متغیره، دو متغیره یا چندمتغیره در هیدرولوژی تا حد زیادی به سوال تحقیق و داده‌های موجود بستگی دارد. صرف نظر از رویکرد، هر یک بینش‌های ارزشمندی را در مورد ویژگی‌ها و رفتار متغیرهای هیدرولوژیکی ارائه می‌کنند، بنابراین به درک و مدیریت منابع آب کمک می‌کنند.

- موارد درونی و پرت در داده‌های هیدرولوژیکی
ناهنجاری‌ها در داده‌ها یا مقادیر پرت، مقداری هستند که به طور قابل توجهی از سایر مشاهدات موجود در یک مجموعه داده منحرف می‌شوند. ناهنجاری‌های داده می‌تواند به دلایل زیادی مانند خطاهای اندازه‌گیری، رویدادهای هیدرولوژیکی نادر و نقاط داده از دست رفته ایجاد شود. ناهنجاری‌ها می‌تواند در مجموعه داده‌های تک‌متغیره و چندمتغیره رخ دهند. اگرچه آن‌ها گاهی اوقات می‌تواند بینش عمیق‌تری در مورد رویدادهای مهم به دست آورند، اما همچنین می‌تواند تحلیل‌ها را تحریف کنند که منجر به مدل‌های اشتباه و نتیجه‌گیری‌های گمراه کننده شود. بنابراین، پیش پردازش داده‌ها ضروری می‌شود. اکنون، مجموعه‌ای از تکنیک‌های آماری را برای رسیدگی به ناهنجاری‌ها در داده‌ها ارائه می‌کنیم. در زمینه داده‌های هیدرولوژی، نقاط داده را می‌توان به صورت درونی یا پرت طبقه‌بندی کرد. درونی‌ها به عنوان خطاهایی در مشاهدات تعریف می‌شوند که بر اساس یک مدل آماری فرضی در محدوده مورد انتظار قرار دارند. از سوی دیگر، نقاط پرت نقاط داده‌ای هستند که انحرافات قابل توجهی را از بقیه مشاهدات نشان می‌دهند. به عنوان مثال، نقاط پرت آن نقاط

زمانی و خروجی‌های عملکرد مانند جریان، رواناب، شاخص‌های رطوبت خاک و سطوح آب زیرزمینی استفاده می‌کنند. این داده‌ها اغلب برای یادگیری درمورد فرآیندهای هیدرولوژیکی مرتبط، پیش‌بینی رویدادهای مرتبط با آب در آینده و تصمیم‌گیری عاقلانه در مورد مدیریت آب استفاده می‌شوند. در ادامه به مدل‌سازی داده‌های هیدرولوژیکی با استفاده از پایتون پرداخته می‌شود. تجزیه و تحلیل سری زمانی و مدل‌سازی عددی متغیرهای آب مانند جریان، سطح آب و فشار اتمسفر را بررسی می‌شود و نشان داده می‌شود که چگونه می‌توان از کتابخانه‌های قدرتمند پایتون برای مدل‌سازی تصادفی و قطعی و تشخیص روند استفاده کرد. همچنین استفاده از پایتون برای حل معادلات دیفرانسیل جزئی در زمینه جریان آب زیرزمینی و مدل‌سازی انتقال املاح نشان داده می‌شود و یک نمونه میدانی از فرآیند توصیف شده ارائه می‌گردد. درحالی‌که این نوع داده‌ها معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرند، مهم است که تشخیص دهیم هیدرولوژی یک زمینه چند وجهی و بین رشته‌ای است. اغلب نیاز به ترکیب داده‌ها از حوزه‌های مختلف دیگر مانند هواشناسی، زمین‌شناسی و اکولوژی دارد. این مجموعه فرصت‌هایی را برای توسعه رویکردهای جدید برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، مدل‌سازی داده‌ها و تفسیر ارائه می‌کند. با توجه به اهمیت آب در حفظ حیات و سیستم‌های زیستی، مطالعه و درک این نوع داده‌ها برای مقابله با چالش‌های مختلف مرتبط با آب که جهان امروز با آن مواجه است، بسیار مهم است. بسته به تعداد متغیرهایی که دارند، مجموعه داده‌ها را می‌توان به تک متغیره، دو متغیره یا چند متغیره نیز طبقه‌بندی کرد. هر یک از این دسته‌بندی‌ها، بینش‌ها و رویکردهای تحلیلی مجزایی را ارائه می‌دهند.

۱- مجموعه داده‌های تک‌متغیره در هیدرولوژی: مجموعه داده‌های تک‌متغیره در هیدرولوژی شامل مشاهدات یک متغیر منفرد در طول زمان یا مکان است. نمونه‌های معمولی اندازه‌گیری بارش روزانه در یک مکان خاص، اندازه‌گیری دبی رودخانه در طول زمان در یک نقطه مشخص در امتداد رودخانه، یا سطوح رطوبت خاک در اعماق مختلف در یک مکان خاص اندازه‌گیری می‌شوند. تجزیه و تحلیل تک متغیره امکان کمی سازی گرایش مرکزی، گسترش و توزیع متغیر ثبت شده را فراهم می‌کند و اغلب برای شناسایی روندها، الگوها و ناهنجاری‌ها در یک متغیر واحد استفاده می‌شود.

۲- مجموعه داده‌های دو متغیره در هیدرولوژی: مجموعه داده‌های دو متغیره از مشاهدات دو متغیر مجزا تشکیل شده است. اغلب برای درک این‌که آیا دو متغیر با هم مرتبط هستند و ماهیت

است. با استفاده از تقریب های موج سینماتیکی، محققان و مهندسان می توانند تعادلی بین کارایی محاسباتی و دقت مدل ایجاد کنند و از ارائه راه حل های قابل اعتماد برای چالش های مدیریت آب اطمینان حاصل کنند.

تجزیه و تحلیل سری زمانی هیدرولوژیکی:

پیش بینی یک سری زمانی در آینده یکی از رایج ترین کاربردهای مدل سازی آماری در هیدرولوژی است. به طور معمول، هیدرولوژیست ها علاقه مند به پیش بینی جریان و سیل هستند، که خود یک پدیده غیر خطی پیچیده است که توسط عوامل هواشناسی و ژئومورفولوژیکی کنترل می شود. جدای از جریان، هیدرولوژیست ها معمولاً سعی می کنند رطوبت خاک، سطح آب زیرزمینی و پارامترهای کیفیت آب را نیز پیش بینی کنند. روش های آماری سری های زمانی مختلف را می توان برای یک رکورد طولانی از مشاهدات به منظور کشف روندها، الگوها و چرخه ها به کار برد. آگاهی از این الگوهای زمانی به دو دلیل ضروری است. اول، درک مکانیسم های اساسی حاکم بر روابط بین متغیرهای مختلف هیدرولوژیکی، و دوم، پیش بینی شرایط هیدرولوژیکی آینده بر اساس درک از الگوهای گذشته. به عنوان مثال، می توان از سوابق تاریخی بارش، دما و داده های جریان برای مدیریت منابع آب، پیش بینی سیل و برنامه ریزی برای خشکسالی استفاده کرد. در این دوره از تغییرات آب و هوایی، چنین مدل های پیش بینی کننده ورودی مهمی برای ارزیابی اثرات بالقوه بر در دسترس بودن آب و استراتژی های سازگاری است. یکی از این تکنیک ها، میانگین مدل سازی یکپارچه خودکار رگرسیون^{۳۳} است، یک روش استاندارد که برای تجزیه و تحلیل سری های زمانی هیدرولوژیکی استفاده می شود. توانایی آن ها در ضبط فصلی، همبستگی خودکار، و روند در داده های سری زمانی، آن ها را برای کاربردهای متنوع مناسب می کند. به عنوان مثال، می توان با استفاده از مشاهدات گذشته، بارندگی ماهانه را با مدل میانگین مدل سازی یکپارچه خودکار رگرسیون پیش بینی کرد، در حالی که پارامترهای مدل آن میزان فصلی بودن یا تداوم را نشان می دهد. حوزه دیگری که در آن تحلیل سری های زمانی اهمیت فزاینده ای دارد، تأثیر فعالیت های انسانی بر سیستم های هیدرولوژیکی است. مقایسه داده های سری زمانی قبل و بعد از یک رویداد خاص یا مداخله انسانی (مانند تغییر کاربری زمین یا ساخت سد) نیز می تواند تأثیر آن را بر سطح آب های زیرزمینی، جریان رودخانه یا کیفیت آب نشان دهد.

داده ای هستند که با رویدادهای سیل شدید در یک رکورد جریان رودخانه مطابقت دارند، زیرا به طور محسوسی با مقادیر جریان معمولی متفاوت هستند. رسیدگی به موارد پرت بسیار مهم است زیرا آن ها می توانند تأثیر قابل توجهی بر ویژگی های آماری مجموعه داده مانند میانگین و انحراف استاندارد داشته باشند. عدم رسیدگی به آن ها می تواند تأثیر مخربی بر عملکرد مدل های داده محور داشته باشد. با این حال، تعیین این که آیا یک نقطه پرت نشان دهنده یک خطا است یا یک مشاهده واقعی اما شدید ضروری است. نقاط دور افتاده واقعی می توانند بینش های ارزشمندی در مورد رفتار سیستم های هیدرولوژیکی در شرایط شدید ارائه دهند و باید در تحلیل به دقت مورد توجه قرار گیرند. مهم است که به یاد داشته باشید که طبقه بندی نقاط داده به عنوان درونی یا پرت اغلب به زمینه و سوال مورد بررسی بستگی دارد. درک ویژگی های اساسی داده های هیدرولوژیکی کلید انجام تجزیه و تحلیل داده های مناسب و معنی دار است. در انتخاب تکنیک های آماری مناسب، تفسیر نتایج، و در نهایت، ایجاد بینش قابل اعتماد در مورد پدیده های هیدرولوژیکی کمک می کند. هر کسی که در حال توسعه یک مدل پیش بینی برای رویدادهای سیل، مطالعه تأثیرات تغییر اقلیم بر منابع آب، آلودگی های آب و نحوه گسترش آن یا برنامه ریزی برای مدیریت پایدار آب باشد، درک دقیق این ویژگی های داده ضروری است. در این تحقیق مجموعه داده های چند متغیره در هیدرولوژی شامل فرارفت، انتشار و واکنش در نظر گرفته می شوند.

- مدل های جریان سطحی

مدل های جریان سطحی نقشی محوری در درک و پیش بینی فرآیندهای هیدرولوژیکی ایفا می کنند، به طور قابل توجهی بر مدیریت منابع آب، ارزیابی خطر سیل و طراحی سیستم های زه کشی شهری تأثیر می گذارند. این مدل ها درک الگوهای مکانی و زمانی جریان آب را تسهیل می کنند و به تعاملات پیچیده بین جو، سطح زمین و زیرسطح می پردازند. در سال های اخیر، اهمیت مدل های جریان سطحی به دلیل افزایش شهرنشینی، اثرات تغییرات آب و هوا و نیاز به مدیریت پایدار منابع آب افزایش یافته است. با ورود به دنیای مدل های جریان سطحی، تقریب های موج سینماتیکی به عنوان یک ابزار ضروری برای ساده سازی مدل سازی فرآیندهای جریان ظاهر می شوند. این رویکرد امکان شبیه سازی کارآمد و دقیق را فراهم می کند، به ویژه در موقعیت های جریان کانال باز، جایی که درک حرکت و ذخیره سازی آب برای برنامه ریزی زیرساخت موثر و حفاظت از محیط زیست ضروری

مدل جابجایی آلاینده‌ها - مدل دو بعدی فرارفت^{۳۴} - انتشار - واکنش

در این تحقیق، یک مدل فرارفت - انتشار - واکنش تعمیم یافته برنامه‌نویسی و اجرا می‌شود. در این مورد به‌طور مشخص سناریویی مدل‌سازی می‌شود که در آن یک آلاینده واکنشی تحت

فرارفت و انتشار قرار می‌گیرد درحالی‌که با سرعتی متناسب با غلظت تجزیه می‌شود. [u] به این معنی که سرعت واکنش از یک سینتیک مرتبه اول پیروی می‌کند. شکل قوی معادلات حاکم برای این مدل عبارت‌است از:

$$\frac{\partial [u]}{\partial t} + w \times \nabla [u] + \nabla (D \nabla [u]) = f - R[u] \quad (۱)$$

که در آن [u] غلظت آلاینده، w سرعت جریان، D ضریب انتشار، و R سرعت واکنش است.

شکل ضعیف مربوط به معادله ۱، عبارت است از:

$$\int_{\Omega} \frac{1}{dt} (u - u_n, v) dx + \int_{\Omega} (w \cdot \nabla u, v) dx + \int_{\Omega} D (\nabla u, \nabla v) dx = \int_{\Omega} (fv - Ru v) dx \quad (۲)$$

فرمول متغیر یک شرط مرزی همگن نویمان را در کل دامنه

اعمال می‌کند و بنابراین، در کدهای برنامه‌نویسی، هیچ اشاره‌ای به شرایط مرزی نشده است.

نتایج و بحث

برنامه نویسی مدل با کد پایتون

جدول ۱، برنامه‌نویسی و کدگذاری کامل مدل فرارفت - انتشار - واکنش را نشان می‌دهد. این برنامه پس از نصب تمام کتابخانه‌های لازم در یک محیط مشخص شده کوندا^{۳۵}، آماده اجرا است. در اینجا بخش‌هایی از برنامه که بسیار مهم تلقی می‌شوند، توضیح داده می‌شوند.

در ردیف ۱، کتابخانه‌های لازم برای برنامه بارگذاری می‌شود. در ردیف ۲، نام شبیه‌سازی، مسیر فایل مش خارجی، مسیر فایل داده سرعت، و مسیری به پوشه نتایج که فایل‌های راه‌حل ذخیره می‌شوند تعیین می‌کنیم. این می‌تواند توسط کاربر به مکان‌های مناسب، به‌صورت محلی اصلاح شود.

از ردیف ۳، مشی که با استفاده از نرم‌افزار جی‌مش^{۳۶} تولید و ذخیره شده بود بارگذاری می‌شود. در همین ردیف و زیر ردیف ۳-۱، فایل مش، تگ‌های سلولی و اشیاء تگ‌فاست را بارگذاری می‌کنند. در مش هیچ برچسب سلولی وجود ندارد. فقط تگ‌های وجهی هستند و باید مرزها را برای تنظیم شرایط مرزی شناسایی کرد. بنابراین ابعاد وجوه باید ۱ کمتر از بعد مش باشد، زیر ردیف ۳-۲ در ردیف ۴، پارامترهای گسسته‌سازی زمانی مانند اولیه و نهایی و مراحل محاسبه راه‌حل تعریف می‌شود. مشخص می‌شود که ۱۵۰۰ محاسبه در بازه زمانی ۰ تا ۳ ثانیه انجام شده است.

۳۴- Advection

۳۵- Conda

۳۶- GMSH

جدول ۱ - برنامه پایتون - کدگذاری کامل مدل فرارفت - انتشار - واکنش

ردیف	کد پایتون	زیرردیف	زیرردیف
	<pre> """ Program to solve advection, diffusion, reaction equations for modeling the contaminant transport problem. Given the location and strength (concentration) of the source function, we study the spread concentration of the reactant as a function of space and time. To make the visualizations appealing we load the velocity data from the Navier- Stokes simulation output. """ # We first load the necessary libraries import h5py import numpy as np from mpi4py import MPI from petsc4py import PETSC import ufl from dolfinx import fem, nls, io from ufl import (dot, dx, grad) from dolfinx.io import XDMFFile from dolfinx.io.gmshio import read_from_msh import tqdm.autonotebook </pre>		
	<pre> """ File handling block """ simulationName = "Adv_Diff_React-2D" meshName = "aquifer2D" meshPath = "./meshes_gmsh/" + meshName + ".msh" velocityDataPath = "./result/" \ "Stream_NS-2D/velocity_timeseries.h5" resultPath = "./result/" + simulationName + "/" </pre>		
	<pre> """ We load the same mesh, generated externally using GMSH which was also used for the Navier-Stokes simulation. """ </pre>		
	<pre> domain, cell_tags, ft io.gmshio.read_from_msh (filename=meshPath, comm=MPI.COMM_WORLD, rank=0, gdim=2) </pre>	۳۱	۳
	<pre> gdim = domain.topology.dim # domain dimension fdim=gdim-1 # facet dimension </pre>	۳۲	
	<pre> """ We define the start and stop time of the simulation. The values are same as that used in the Navier-Stokes because we want to read the velocity data it. """ </pre>		
	<pre> t_start = 0.0 t_stop = 3.0 delta_t = 1 / 1500 n_steps = int((t_stop - t_start) / delta_t) # N steps </pre>		۴

ردیف	کد پایتون	زیرردیف	زیرردیف
	<pre> """ These constants are defined as they are to be used in the weak form of the PDE. """ dt_inv = fem.Constant (domain=domain, c=PETSc.ScalarType (1 / delta_t)) Rate = fem.Constant (domain=domain, c=PETSc.ScalarType (0.9)(D_coeff = fem.Constant) domain=domain, c=PETSc.ScalarType(0.03)) </pre>		۵
	<pre> """ Here, we define the element type and the function space to solve for the concentration of the reactant. """ P1 = ufl. FiniteElement (family="Lagrange", cell-domain.ufl_cell(), degree=1) V = fem. FunctionSpace (mesh=domain, element=P1) v1 = ufl.TestFunction(function_space=V) u1 fem.Function (V=V) u1n fem. Function (V=V) u1.name = "concentration" u1n.name = "concentration" </pre>		۶
	<pre> """ Here, we define a vector element and a corresponding function space, function for loading the velocity (a vector) data from the NS simulation. """ Pvec = ufl. VectorElement (family="Lagrange", cell-domain.ufl_cell(), degree=2) W = fem.FunctionSpace (mesh=domain, element=Pvec) w = fem. Function (V=W) </pre>		۷
	<pre> class SourceExpression: """ We define the source location and its magnitude that would go into the weak form. The (x, y) location is specified using 'ptSrc_xy' argument. The magnitude is specified as 10.0. """ def __init__(self, t, ptSrc_xy): self.t = t_ self.ptSrc_xy = ptSrc_xy def eval(self, x): values = np.full(x.shape[1], 0.0) idx = ((x[0] - self.ptSrc_xy[0])** 2) + \ (x[1] - self.ptSrc_xy[1])** 2) < 0.05 ** 2 values [idx] = 100.0 #Strength of the source return values print("Done!") </pre>	۸	۸

زیرردیف	زیرردیف	کد پایتون	ردیف
		<pre> # Inheriting from the source function class definition source = SourceExpression(t_=0.0, ptSrc_xy=[0.25, 0.75]) # Interpolating into a function f = fem. Function (V=V) f.interpolate (u=source.eval) </pre>	۹
۹۱		<pre> """ Here, we define the weak formulation of the partial differential equation. 'w' is a function defined on a vector function space 'W' that holds the value of the velocity field. This velocity is taken from a previous Navier-Stokes simulation. """ F = ((ul - uln) * dt_inv) * v1 * dx F = F + dot (w, grad(u1)) * v1 * dx F = F + D_coeff* dot (grad (ul), grad(v1)) * dx F = F + Rate ul * v1 * dx F = F - f * v1 * dx </pre>	۱۰
	۱۱	<pre> The current advection reaction equation, although solvable by a linear solver, we deliberately do away with a nonlinear solver because one may wish to model a case where the rate of decomposition of the contaminant may at times be proportional to a nonlinear expression of the concentrations of the reactants. Newton solver is good with them. """ </pre>	
		<pre> problem = fem.petsc.Nonlinear Problem (F=F, u=u1) solver = nls.petsc.NewtonSolver (comm=MPI.COMM_WORLD, problem=problem) solver.rtol = 1e-6 solver.report = True </pre>	۱۱
		<pre> """ We use the open file format '.xdmf' to store the results of the simulation. We first write the mesh followed by the function. The mesh is written just once; in the time loop we only write the function values as the mesh gets shared during visualization. """ xdmfu = XDMFFile (comm-domain.comm, filename=resultPath + simulationName + ".xdmf" , file_mode="w" , encoding=XDMFFile.Encoding.HDF5) xdmfu.write_mesh(mesh=domain) xdmfu.write_function (</pre>	۱۲
	۱۲۱	<pre> u=u1 , </pre>	
۱۲۱۱		<pre> t=t_start) """ </pre>	

ردیف	کد پایتون	زیرردیف	زیرردیف
	We load the velocity data file from the Navier-Stokes simulation. The velocity vector (u_i, u_j) is used to realize the advection part of the equation. Because the data was stored in HDF5 format, we employ h5py library to load the data. This is done just before 'solving' the equation.		
	"""		
	with h5py. File (	۱۳۱	
	name=velocityDataPath, mode='r') as fr:		
	print("Name of the velocity variable is {}".format (		
	list(fr.keys ())))		
	# Time stepping and solving	۱۳۲	
	progress = tqdm.autonotebook.tqdm (		
	desc="Solving nonlinear system", total=n_steps		
	)		
	t = t_start		۱۳
	for n in range (n_steps):		
	print("Doing {}/{} step".format(n, n_steps))		
	t = t + delta_t		
	u_data = fr['u'] [n]	۱۳۳	
	w.vector.array = u_data	۱۳۴	
	r = solver.solve(u=u1)	۱۳۵	
	u1n.x.array[:]= u1.x.array		
	xdmfu.write_function (		
	u=u1,		
	t=t)		
	xdmfu.close()		
	fr.close()		
	print("Done!")		

هستند. همچنین یک نام مناسب "غلظت" به این توابع داده می‌شود.

در ردیف ۷، انواع المان محدود و خانواده برای مش بارگذاری شده تعریف می‌شود. مش بارگذاری شده قبلاً حاوی عناصر "مثلثی" است و به‌طور مناسب توسط "domain.ufl_cell" به آن اشاره می‌شود. توابع شکل پایه لاگرانژ درجه ۲ مشخص شده است. درجه بالاتر به معنای دقت بالاتر به قیمت محاسبات اضافی است. "W" و "w" "فضای تابع" و "تابع" را در دامنه تعریف می‌کنند. "V" در اینجا یک آرگومان است که انتظار یک فایل "FunctionSpace" را دارد. کد "Pvec" به‌عنوان یک بردار تعریف شده است زیرا هدف این است که داده‌های سرعت (بردار) از پیش ذخیره شده از شبیه‌سازی Navier-Stokes در آن بارگذاری شوند.

در ردیف ۸، یک کلاس برای تابع منبع تعریف می‌شود. یک کلاس تعریف منبع وابسته به زمان را تسهیل می‌کند. روش "__init__" برای تعیین مقدار اولیه زمان و مختصات مکان منبع استفاده می‌شود. روش "__eval__" برای ارزیابی ارزش منبع استفاده می‌شود. اگر شعاع کمتر از ۰/۰۵ باشد، زیر ردیف ۸-۱،

در ردیف ۵، ثابت‌هایی تعریف می‌شود که بعداً در برنامه استفاده شوند. در اینجا، "fem" نام مستعار برای کتابخانه "dolfinx" است که در آن کلمه کلیدی "Constant" یک ثابت را برای "دامنه" یا مش بارگذاری شده تعریف می‌کند. "c" مقدار ثابت را مشخص می‌کند و یک نوع "PETSc.ScalarType" دارد. این نوع داده، بومی کتابخانه PETSc است که به‌صورت داخلی توسط "dolfinx" برای حل مسئله غیرخطی استفاده می‌شود. در ردیف ۶، انواع المان محدود و خانواده برای مش بارگذاری شده تعریف می‌شود. مش بارگذاری شده قبلاً حاوی عناصر "مثلثی" است و به‌طور مناسب توسط "domain.ufl_cell" به آن اشاره می‌شود. توابع شکل پایه لاگرانژ^{۳۷} درجه ۱ مشخص شده است، مناسب برای کار با داده‌های نوع اسکالر متغیر غلظت هستند.

فایل "V" برای ذخیره "FunctionSpace" استفاده می‌شود که در آن عناصر P1 از نوع "لاگرانژ" تعریف شده است. فضاهای تابع، در مدل‌های المان محدود، راهی برای ارتباط سلول‌های مش با نوع عنصر است (در اینجا لاگرانژ). " v_1, u_1, u_{1n} " یک تابع آزمایشی، تابع و تابعی که در فضای تابع "V" تعریف شده است،

"حل" برای حل "u1" فراخوانی می شود. که راه حل آن در مرحله بعدی در "u1n" ذخیره می شود. سپس این "u1n" برای ارائه مقدار غلظت برای مرحله بعدی در حلقه عمل می کند. در نهایت، اشیاء فایل بسته می شوند تا داده ها در هارد دیسک ذخیره شوند.

پس پردازش

تمامی مراحل پس از پردازش در نرم افزار پاراوو^{۳۸} اجرا شده است. برنامه پاراوو نتایج را در قالب "xdmf" ذخیره می کند. این فایل ها فرمت های فایل منبع باز هستند که می توانند به راحتی توسط پاراوو بارگذاری شوند. این فایل حاوی داده های شبیه سازی شده برای هر مرحله زمانی از t برابر صفر تا t برابر ۳ در ۱۵۰۰ گام زمانی است. این مشابه شبیه سازی ناویر-استوکس است. شکل ۱ با انتخاب نمایش نوع سطح و رنگ آمیزی شده بر حسب بزرگی متغیر در مش بارگذاری شده، ترسیم شده است. شکل ۱ (a-f) با انتخاب مقادیر زمان مناسب از منوی کشویی "Time" در نرم افزار ایجاد شده است. برنامه پاراوو به طور پیش فرض از نقشه رنگی "Cool to Warm" استفاده می کند. یک جایگزین بهتر، نقشه رنگی "Turbo" است. می توان انتشار آلاینده را حتی در مقادیر پایانی مشاهده کرد. شکل ۲ با انتخاب نمایش "Surface With Edges" و تنظیم گزینه "Coloring" روی "Solid Color" ترسیم شد.

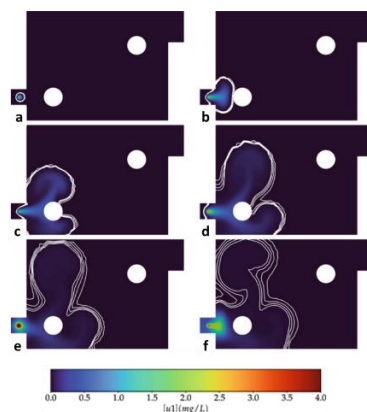
گره های صورتی رنگ در پنجره پردازش تصویری شده برای مش تولید می شوند. این گره ها کرانه سمت چپ بالای آبخوان را نشان می دهند و برای استخراج مقادیر غلظت برای تمام مراحل زمانی استفاده می شوند. بنابراین داده های هر یک از این گره ها یک سری زمانی هستند که محاسبات بیشتر را ممکن می سازد. شکل ۳ با انجام نتایج محاسبات آماری شامل چارک اول و سوم، میانگین، حداکثر و حداقل را نشان می دهد.

مختصات را به عنوان «درست» مشخص می کند که به تعیین منبع دایره ای بزرگ تر کمک می کند. اگر شاخص هایی که منبع درست است، مقدار ۱۰۰ تخصیص داده می شود. در ردیف ۹، کلاس منبع با مقدار زمانی اولیه ۰/۰ و مختصات مکان پراکنش چپ ۰/۲۵ کاما ۰/۷۵ راست (۰/۲۵، ۰/۷۵) فراخوانی می شود.

در ردیف ۹-۱، یک تابع در فضای تابع "V" تعریف می شود و از روش interpolate برای اختصاص مقدار ۱۰۰ در مختصات تعیین شده (شاخص = True) استفاده می شود. در ردیف ۱۰، فرمول تغییری برای مسئله فرارفت، انتشار، واکنش تعریف می شود. در ردیف ۱۱، فایل حل کننده تنظیم می شود. زیرردیف ۱۱-۱، نوع مشکل را مشخص می کند، "NonlinearProblem". شکل متغیر، F F بالایی و متغیر وابسته ای که برای حل آن استفاده می شود، u Baseline u1.

ردیف ۱۲، عملیات خروجی فایل را با مشخص کردن گزینه "w" عملیات نوشتن تعریف می کنند. "domain.comm" مربوط به پردازش موازی است (در حال حاضر برای عملیات سریال تنظیم شده است). رمزگذاری فرمت فایل را برای ذخیره داده های متغیر فیلد مشخص می کند (در این جا، فرمت داده سلسله مراتبی باینری یا HDF5). ابتدا فایل مش به دنبال مقدار تابع و مرحله زمانی مرتبط در زیرردیف ۱۲-۱، نوشته می شود. از ردیف ۱۳، حلقه زمانی برای حل مسئله به صورت متوالی مشخص می شود. در زیرردیف ۱۳-۱، از مدیر زمینه "with" برای خواندن (r) فایل داده سرعت در فایل "fr" استفاده می شود.

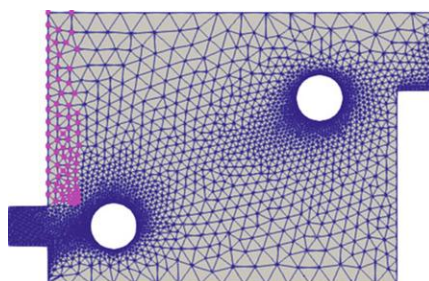
زیرردیف ۱۳-۲، برای نمایش نوار پیشرفت استفاده می شود. در خط، زمان با مقدار "delta_t" افزایش داده می شود زیرا تابع مربوط به "t_initial" قبلاً در زیرردیف ۱۲-۱ نوشته شده است. در زیرردیف ۱۳-۳، مقدار را در n عادی t h n ام استخراج می شود. از یک فایل از نوع دیکشنری با کلید "u" گام بردارید. این مقدار به تابع "w" در زیرردیف ۱۳-۴، نسبت داده می شود. هنگامی که بردار سرعت بارگذاری شد، در زیرردیف ۱۳-۵، روش



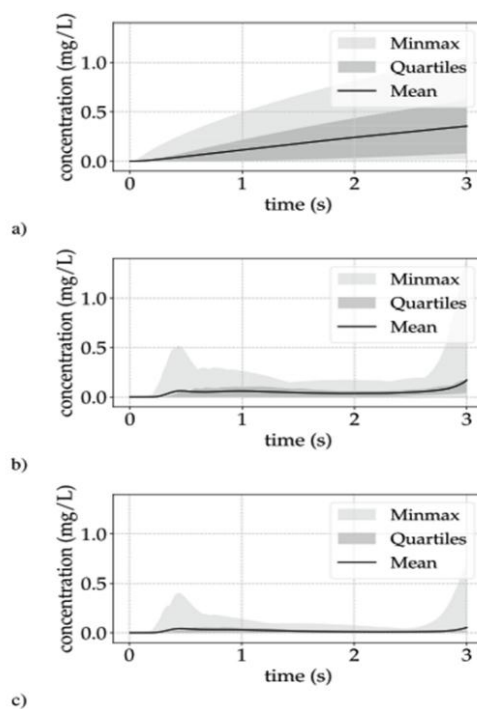
شکل ۱ - محدوده غلظت در ۶ زمان مختلف، شامل ۰/۰۳، ۰/۳۳، ۱، ۱/۶۶، ۲/۳۳ و ۳ ثانیه

اطراف تحمیل می‌کنند. گره های انتخاب شده برای انجام محاسبات آماری به رنگ صورتی نشان داده شده‌اند.

می‌توان الگوهای ویژه ناشی از وجود دو جزیره دایره‌ای شکل را مشاهده کرد که شرایط مرز بدون لغزش را به همراه مرزهای



شکل ۲ - نتایج ثبت داده‌های غلظت آلودگی در کرانه سمت چپ بالای دامنه در طول زمان



شکل ۳ - آمار داده‌های غلظت برای سه مدل انتقال آلاینده

حداکثر غلظت ثبت شده در گره ها را نشان می دهد. گره های انتخاب شده در شکل ۲ نشان داده شده است.

a: واکنش-انتشار، b: انتشار - فرارفت، و c: واکنش - فرارفت-انتشار. نوارهای رنگی داخلی (خاکستری تیره) نشان دهنده چارک ۱ و ۳ است. نوارهای رنگی بیرونی (خاکستری روشن) حداقل و

نتیجه گیری و پیشنهادها

همراه دارد و بالعکس. به همین ترتیب، منابع متعدد با نقاط قوت متفاوت را می توان در دامنه مشخص کرد.

پایش روند تغییرات غلظت آلاینده به عنوان تابعی از زمان اغلب مورد توجه است. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود، روند تغییرات غلظت آلاینده در گره های محاسباتی ارائه شده است. همچنین در شکل ۳، آمار مقادیر غلظت ثبت شده با توجه به سه مدل نشان داده شده است.

در شکل ۳(a)، مدل واکنش - انتشار، افزایش مداوم مقدار غلظت را نشان می دهد. مقدار میانگین دارای شیب مثبت است و به سرعت تا حدود ۰/۳ افزایش می یابد. بخش های (b) و (c) به دلیل مقدار متوسط نرخ واکنش، الگوی مشابهی را در آمار خود نشان می دهند، اگرچه هنوز می توان متوجه شد که بزرگی ها در مدل فرارفت - واکنش در بخش (b)، به وضوح بالاتر از مدل فرارفت - تعمیم یافته - انتشار - واکنش (c) است.

در این مطالعه، یک مدل انتشار، فرارفت آلاینده نشان داده شد که در آن آلاینده ها تحت فرارفت، انتشار و واکنش قرار گرفتند. نتیجه در شکل ۱ (a-f) نشان داده شده است. در هر نمودار غلظت u در یک صفحه دوبعدی نشان داده شده است. منبع آلودگی در قسمت (۰/۲۵، ۰/۷۵) قرار داده شده است (به کد ردیف های ۱۳۱ و ۱۳۰ در برنامه پایتون مراجعه شود). این برنامه انتقال آلاینده را به قسمت های دیگر دامنه از این محل منبع شبیه سازی می کند. می توان مشاهده کرد که با گذشت زمان خطوط ثبت شده منطقه بزرگ تری را پوشش می دهند که شکل آن ها توسط بردار سرعت کنترل می شود. این سرعت به جزء فرارفتی فرآیند حمل و نقل ترکیبی آلاینده کمک می کند.

علاوه بر محل منبع، بزرگی منبع نیز مشخص شده است (به ردیف ۸ در برنامه پایتون مراجعه شود). این مسئول مقدار آلاینده اضافه شده در محل است. یک مقدار بالاتر افزایش غلظت آلاینده را به

References

1. Guerrini F, Mari L, Casagrandi R. The dynamics of microplastics and associated contaminants: data-driven Lagrangian and Eulerian modelling approaches in the Mediterranean Sea. *Science of the Total Environment*. 2021 Jul 10;777:145944.
2. Radha R, Singh RK, Singh MK. Pollutant dispersion with an intermediate source in a semi-infinite aquifer. *Modeling Earth Systems and Environment*. 2024 Feb;10(1):1077-93.
3. Fardadi Shilsar, Mohammad Javad, Mazaheri, Mehdi, Mohammad Vali Samani, Jamal. (1400). 'Analytical solution of the pollution transfer equation with variable coefficients in a river using Laplace transform', *Water and Irrigation Management*, 11(4), pp. 683-698. doi: 10.22059/jwim.2021.329149.911
4. Hamdi, A. (2007). Identification of point sources in two-dimensional advection-diffusion-reaction equation: application to pollution sources in a river. Stationary case. *Inverse Problems in Science and Engineering*, 15(8), 855-870.
5. Ali, I., Haq, S., Nisar, K. S., & Arifeen, S. U. (2021). Numerical study of 1D and 2D advection-diffusion-reaction equations using Lucas and Fibonacci polynomials. *Arabian Journal of Mathematics*, 10(3), 513-526.
6. Fardadi Shilsar MJ, Mazaheri M, Mohammad Vali Samani J. Analytical solution of the pollution transport equation with variable coefficients in river using the Laplace Transform. *Water and Irrigation Management*. 2022 Jan 21;11(4):683-98.
7. Shaffer T, Chard K, Thain D. An empirical study of package dependencies and lifetimes in binder Python containers. In 2021 IEEE 17th International Conference on eScience (eScience) 2021 Sep 20 (pp. 215-224). IEEE.
8. Maji AK, Gorenstein L, Lentner G. Demystifying Python Package Installation with conda-env-mod. In 2020 IEEE/ACM International Workshop on HPC User Support Tools (HUST) and Workshop on Programming and Performance Visualization Tools (ProTools) 2020 Nov 18 (pp. 27-37). IEEE.
9. Kumar A, Saharia M. *Python for Water and Environment*. Springer; 2024.
10. Rasquin M, Bauer A, Hillewaert K. Scientific post hoc and in situ visualisation of high-order polynomial solutions from massively parallel simulations. *International Journal of Computational Fluid Dynamics*. 2019 Apr 21.



Modeling the transport of water pollutants based on the advection-diffusion-reaction model with Python code

Ramin Zare*

Department of Health, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

Received: 31 Jan 2025

Accepted: 18 Mar 2025

Keywords: Hydrology, Python, advection, diffusion, reaction modeling, pollutants

Extended Abstract

Introduction: Water security is increasingly at risk worldwide. Effectiveness in managing water resources, combating environmental pollution, and preparing for climate change depends on the ability to monitor, model, and mitigate a variety of water hazards. Data analysis in the water and environmental sector integrates scientific discovery, the use of technology, and consideration of natural phenomena. However, data analysis in the water and environmental sector is not without challenges. These challenges require continuous refinement of methods and techniques, emphasizing the dynamic and evolving nature of the field.

Materials and Methods: First, Python is described as one of the most popular languages for use in hydrology, environment, and climate. Then, types of hydrological data are presented, including spatial, temporal, attribute, and final or model output data. Next, hydrological data modeling is discussed using Python, and the pollutant transport model - two-dimensional advection - diffusion - reaction model is programmed and implemented as an example.

Results and Discussion: The results showed that the reaction-diffusion model shows a continuous increase in the concentration value, which has a positive slope and increases rapidly to about 0.3. The magnitudes in the advection-reaction model are clearly higher than those in the generalized advection-diffusion-reaction model.

Conclusion: In this study, a pollutant diffusion-advection model was demonstrated in which pollutants underwent advection, diffusion, and reaction. The advection-diffusion-reaction model codes are executable. These files are open source file formats that can be downloaded. This model can also be applied with modifications to other aquatic environments at different locations, times, and characteristics.

Corresponding author: Ramin Zare

Address: Department of Health, Islamic Azad University, Arak Branch **Tel:** +989183618297 **Email:** Ramin1zare@gmail.com

Citation: Zare R. Modeling the transport of water pollutants based on the advection-diffusion-reaction model with Python code. Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2025; 2(8): 27-43



© 2024, This article published in Journal of New Researches in Environmental Engineering (JNREE) as an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>). Non-commercial use, distribution and reproduction of this article is permitted in any medium, provided the original work is properly cited.



سنجش عملکرد سیستم مدیریت HSE با رویکرد کارت متوازن به منظور بهبود عملکرد ایمنی کارکنان (مطالعه موردی: پتروشیمی هنگام)

استادیار گروه آمار، واحد لامرد، دانشگاه آزاد اسلامی، لامرد، ایران
استادیار گروه شیمی، واحد لامرد، دانشگاه آزاد اسلامی، لامرد، ایران

ابوذر همتی*
قاسم راهیما

چکیده مبسوط

مقدمه: مدل های ارزیابی عملکرد، مبنای سنجش و بهبود سیستم های مدیریتی هستند. کارت امتیازی متوازن امروزه توجه زیادی را در مدیریت عملکرد سازمان به خود جلب کرده است. این مقیاس نه تنها یک ابزار اندازه گیری عملکرد فراگیر و یکپارچه است بلکه یک سیستم مدیریتی با رویکرد جدید مدیریت استراتژیک می باشد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۶

مواد و روش ها: این تحقیق بصورت توصیفی-پیمایشی با مطالعه استانداردها و مدل های موجود در زمینه عملکرد سیستم مدیریت HSE، مدل ارزیابی عملکرد این پتروشیمی در قالب چارچوب کارت متوازن طراحی شد. هدف از این پژوهش سنجش عملکرد سیستم مدیریت HSE به منظور بهبود عملکرد ایمنی کارکنان پتروشیمی هنگام بوده است. جامعه آماری پژوهش شامل تمامی کارکنان پتروشیمی هنگام در سال ۱۴۰۲ می باشد که با توجه به محدود و در دسترس بودن، نمونه گیری صورت گرفته و با استفاده از سرشماری، تمام ۱۲۰ نفر مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای جمع آوری داده ها از پرسشنامه رفتار ایمنی مهدی نیا و همکاران (۱۳۹۶) استفاده شد، که شامل ۲۳ سوال با ساختار واحد از پرسش هایی در دو حیطه رعایت ایمنی و مشارکت ایمنی بود. برای تعیین پایایی پرسشنامه از ضریب آلفای کرونباخ استفاده گردید که مقدار ضریب آن در مطالعه پیش آهنگ برابر با ۰/۷۶۶ و در مطالعه اصلی برابر با ۰/۹۰۲ بدست آمد.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۸

نتایج و بحث: تجزیه و تحلیل آن با نرم افزار SPSS انجام شد. نتایج نشان داد که استراتژی فرآیند داخلی با میانگین امتیاز ۷۲/۱٪ عملکرد خوبی از کارکنان برای بهبود برنامه های مدیریتی HSE دارد و شاخص های سازماندهی و تامین منابع جهت مدیریت HSE، مدیریت ریسک در حوزه HSE، برنامه ریزی و طراحی سیستم های لازم جهت استقرار اصول HSE در سازمان، اجرا و پایش سیستم های طراحی شده HSE و ممیزی و بهبود معیارهای عملکرد HSE از مهم ترین نقاط قوت سیستم مدیریت HSE در پتروشیمی مورد مطالعه می باشد. در بین ابعاد رفتار ایمنی نیروهای عملیاتی، بُعد تمایل کارکنان به رعایت قوانین و الزامات HSE دیگر دارای بالاترین میانگین بوده است.

واژه های کلیدی: کارت متوازن، ارزیابی عملکرد، مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست

نتیجه گیری: با توجه به نتایج حاصل خاطر نشان می سازد که پتروشیمی هنگام علاوه بر انجام کامل فرآیندهای مرتبط با مدیریت HSE، می بایست نسبت به خلق ارزش برای ذینفعان خود و همچنین فراهم ساختن بستری برای رشد و یادگیری اهتمام بیشتری ورزد. به عبارت دیگر، مدیران ارشد و مدیریت HES سازمان مورد مطالعه باید در پیشبرد اهداف استراتژیکی چون ارتقای برند سازمان در حوزه HSE، افزایش ایمنی و کیفیت محصولات، مشارکت کارکنان در ارتقای عملکرد HSE و آموزش افراد در حفظ، ارتقای سلامتی و محیط زیست حساس تر و جدی تر باشند.

نویسنده مسئول: ابوذر همتی

نشانی: استادیار گروه آمار، واحد لامرد، دانشگاه آزاد اسلامی، لامرد، ایران | تلفن: ۰۹۱۷۷۸۲۲۱۷۹ | پست الکترونیکی: ahemmati@iau.ac.ir

استاد: همتی ابوذر، راهیما قاسم، سنجش عملکرد سیستم مدیریت HSE با رویکرد کارت متوازن به منظور بهبود عملکرد ایمنی کارکنان (مطالعه موردی: پتروشیمی هنگام). پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست، ۱۴۰۳؛ ۸(۲): ۵۲-۴۴.

حقوق نویسندگان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد و تحت مجوز مالکیت خلاقانه <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

در فصلنامه پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست منتشر شده است. هرگونه استفاده غیرتجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.



مقدمه

یکی از سطوح ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست^۱ (HSE)، سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت کار می‌باشد که با رویکرد ایمنی و بهداشت شغلی در جهت بهبود شرایط محیط‌های کاری و پیشگیری از بیماری‌های شغلی و حوادث فعالیت می‌کند. یکی از مهم‌ترین موضوعات برای مدیران ارشد در سازمان‌ها و وزارتخانه‌ها، شرکت‌ها و کارخانه‌ها، کاهش آمار حوادث شغلی و افزایش بازدهی نیروی کار است (علیایی و همکاران ۱۴۰۰). یک سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست هر چند برای هر سازمانی مورد نیاز است ولی تضمینی در کیفیت عملکرد آن وجود ندارد بنابراین وجود یک سیستم ارزیابی عملکرد جامع جهت نظارت، ارزیابی و بهبود مستمر این سیستم‌ها امری ضروری است. بنابراین پیاده‌سازی استراتژی کارت امتیازی متوازن می‌تواند اجرایی شدن تصمیمات نهایی را تضمین کند. کارفرمایان با مدیریت صحیح خطرات احتمالی ناشی از کار می‌توانند بهره‌وری را تقویت نموده و از اقتصاد کشور حمایت کنند (گلبابایی و همکاران ۱۳۹۳). آمارها نشان می‌دهد حدود ۱۶۰ میلیون نفر به بیماری‌های ناشی از کار مبتلا می‌شوند. سهم کشورهای جهان سوم از این حوادث ۳ تا ۴ برابر کشورهای توسعه‌یافته است که هزینه‌های درمانی و همچنین مرخصی‌های استعلاجی زیادی را به سازمان‌ها تحمیل می‌کند (محمدفام و همکاران ۲۰۰۹). لذا پیشگیری از بروز حوادث و بیماری‌های ناشی از کار و معضلات زیست‌محیطی و افزایش بهره‌وری با در نظر گرفتن سلامت و ایمنی کارگران مستلزم استقرار و به‌کارگیری سیستم مدیریت بهداشت ایمنی و محیط‌زیست و نهادینه کردن آن در مدیریت پروژه‌ها است. اگر سازمان‌ها بخواهند جایگاه خود را در جامعه حفظ کرده و به نحوی عمل کنند که باعث بقاء توسعه و موفقیت‌شان شود لازم است در عملکرد خود تجدیدنظر کرده و تعهدات خود را نسبت به شهروندان (ارباب‌رجوع) به‌درستی ایفا کنند. برخی پژوهش‌گران بیان نمودند که عملکرد سازمان از مجموعه عوامل سازمانی تأثیرپذیر است. عملکرد سازمانی پدیده‌ای پیچیده است که شاید ساده‌ترین تعبیر برای آن بتوان مجموعه فعالیت‌های معطوف به دستیابی بر اهداف سازمانی دانست (قهرمانی و همکاران ۱۳۹۴). عملکرد ایمنی بخشی از فعالیت‌های ایمنی است که توصیف‌کننده جنبه رفتاری کارکنان در سیستم مدیریت ایمنی کارکنان می‌باشد. متخصصین ایمنی باید بتوانند نشان دهند که آیا برنامه‌هایشان تأثیر مثبتی بر سازمان می‌گذارد، آیا آن‌ها اهداف ایمنی سازمان را برآورده کرده‌اند، و باید قادر باشند وضعیت عملکرد ایمنی سازمان را مشخص کنند.

به‌منظور تأیید بهبود ایمنی محیط کار، متخصصین ایمنی بر اندازه‌گیری‌هایی که نشان‌دهنده عملکرد است تکیه می‌کنند. تفاوت‌های وسیعی در چگونگی به‌کارگیری این اندازه‌گیری‌ها و نحوه مرتبط کردن آن با فعالیت‌های ایمنی سازمان، و چگونگی استفاده از آن‌ها برای تغییر در سازمان وجود دارد. متخصصین ایمنی اغلب اندازه‌گیری‌های بی‌اثر، نامناسب و نامعتبر را انتخاب می‌کنند. برخی از این روش‌های قدیمی و کم‌ارزش برای اندازه‌گیری عملکرد ایمنی شامل تعداد روزهای کاری ازدست‌رفته، تعداد حوادث و صدمات و میزان خسارت‌های مالی است (شهسواری و همکاران ۱۴۰۰). ارزیابی عملکرد عبارت است از اندازه‌گیری عملکرد از طریق مقایسه وضع موجود با وضع مطلوب یا ایده‌آل بر اساس شاخص‌های از پیش تعیین شده که خود واجد ویژگی‌های معین باشد. به‌طور کلی نظام ارزیابی عملکرد را می‌توان فرآیند سنجش و اندازه‌گیری و مقایسه میزان و نحوه دستیابی به وضعیت مطلوب با معیارها و نگرش معین در دامنه و حوزه تحت پوشش معین با شاخص‌های معین و در دوره زمانی معین با هدف بازنگری، اصلاح و بهبود مستمر آن می‌باشد (عربیون و همکاران ۱۳۹۸). امروزه در صنعت و در پالایشگاه‌ها با استفاده از سنجش عملکرد سیستم مدیریت HSE با بررسی مخاطرات شغلی و زیست‌محیطی سعی در ایجاد محیط کار ایمن و ایجاد رضایت شغلی در میان کارکنان شده است (وسداک ۲۰۱۴). همچنین آموزش بهداشت صنعتی و عمومی، نظارت بر رعایت اصول بهداشت صنعتی در تعمیرات اساسی، بازدید و بازرسی از واحدهای مختلف شرکت و شناسایی و ارزیابی بهداشتی ریسک‌های ناشی از فعالیت‌های شرکت، از دیگر فعالیت‌های انجام شده در این زمینه است (ویتر ۲۰۱۴). با توجه به اهمیت موضوع HSE در پالایشگاه، این تحقیق به بررسی سنجش عملکرد سیستم مدیریت HSE با رویکرد کارت متوازن به‌منظور بهبود عملکرد ایمنی کارکنان پتروشیمی هنگام پرداخته و به سؤالات زیر پاسخ می‌دهد:

- میزان تطابق فعالیت پتروشیمی هنگام با برنامه مدیریتی HSE چقدر است؟
- ابعاد رفتار ایمنی نیروهای عملیاتی پتروشیمی هنگام کدام‌اند؟
- وضعیت رفتار ایمنی نیروهای عملیاتی پتروشیمی هنگام چگونه می‌باشد؟

کارت امتیازی متوازن^۲ (BSC)، نظامی برای مدیریت عملکرد است که ایده اولیه آن سال ۱۹۹۲، در خلال تحقیقات رابرت کاپلان و دیوید نورتون، در زمینه روش‌های نوین سنجش عملکرد سازمان‌ها شکل گرفت. این ایده در طول زمان توسعه و تکامل فراوان یافت تا جایی که از یک ابزار سنجش و اندازه‌گیری عملکرد، اکنون به یک نظام مدیریت استراتژیک تبدیل شده است (مادسن ۲۰۲۵). کارت امتیازی متوازن (BSC) امروزه توجه زیادی را در مدیریت عملکرد سازمان به خود جلب کرده است. این مقیاس نه تنها یک ابزار اندازه‌گیری عملکرد فراگیر و یکپارچه است بلکه یک سیستم مدیریتی با رویکرد جدید مدیریت استراتژیک می‌باشد که در دهه نود معرفی شد. از زمانی که BSC معرفی شده است، خیلی از شرکت‌ها آن را به عنوان یک زیر بنا برای سیستم مدیریت استراتژیک‌شان پذیرفته‌اند. این امر به مدیران کمک می‌کند که کسب و کارشان را با استراتژی سازمان در راستای بهره‌گیری از فرصت‌های رشد همسو نمایند. همچنین از این ابزار می‌توان برای انعطاف‌پذیری بیشتر، ارزش افزوده محصولات و خدمات، کاهش هزینه‌ها و ارزیابی عملکرد سازمانی استفاده کرد (هاشمی‌نژاد و همکاران ۱۳۹۰).

عظیمی و همکارانش (۱۳۹۶) در مطالعه خود به بررسی تاثیر کاربرد مدل BSC بر عملکرد سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست (HSE-MS) پرداختند که نوع توصیفی-تحلیلی است که به لحاظ ماهیت، کاربردی و به لحاظ روش اجرا پیمایشی می‌باشد که طی آن عملکرد سیستم مدیریت HSE، قبل و بعد از پیاده‌سازی BSC مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت. بعد از پیاده‌سازی BSC، سیستم مدیریت HSE از میان ۶۷ شاخص عملکردی مورد بررسی، در ۴۳ شاخص (۶۴/۲ درصد) پیشرفت داشته است، بخش اعظم این پیشرفت در حیطه فرآیندهای داخلی و مشتریان بود. در بخش رشد و یادگیری عملکرد سازمان مورد

مواد و روش‌ها

این تحقیق از نوع هدف کاربردی بوده و از نظر ماهیت از روش توصیفی - پیمایشی است. در مرحله توصیفی از مطالعات کتابخانه‌ای و در مرحله پیمایشی از پرسش‌نامه جهت گردآوری داده‌ها استفاده شد. جامعه آماری پژوهش شامل تمامی کارکنان پتروشیمی هنگام در سال ۱۴۰۲ می‌باشد که با توجه به محدود و در دسترس بودن، نمونه‌گیری صورت نگرفته و با استفاده از سرشماری، تمامی ۱۲۰ نفر مورد ارزیابی قرار گرفتند.

بررسی ضعیف‌تر بود، این مطالعه نشان داد که پیاده‌سازی BSC می‌تواند منجر به بهبود عملکرد سیستم مدیریت HSE گردد و هم اینکه سازمان باید برنامه‌ریزی‌هایی برای آموزش پرسنل و رشد و یادگیری در حوزه HSE داشته باشد. نتایج تحقیق دیویس آلبرایت در چهار شعبه یک بانک نیز وجود رابطه معناداری میان به کارگیری ارزیابی متوازن و بهبود عملکرد را نشان داد (داویس و همکاران ۲۰۰۴). در تحقیق هوک و جیمز و تحقیق مالینا و سلتو نیز رابطه میان به کارگیری رویکرد BSC و بهبود عملکرد سازمان تایید شده است (هوک و همکاران ۲۰۰۰، مالینا و همکاران ۲۰۰۱). همچنین، ابن‌الرسول (۲۰۰۶) در مطالعه خود نشان داد که با توجه به روش‌های مقایسه‌ای، مناسب‌ترین مدل برای ارزیابی عملکرد در سازمان‌های ایرانی رویکرد کارت امتیازی متوازن است. نتایج به دست آمده از مطالعات فرهنگ HSE در صنایع نفت و گاز انگلیس نیز نشان می‌دهد اجرای یک برنامه آموزشی مدون در سازمان باعث افزایش آگاهی و نگرش پرسنل شده و این بهبود نگرش باعث افزایش سطح عملکرد فرهنگ HSE و ارتقاء سطح این شاخص‌ها در بسیاری از سازمان‌ها گردیده و در نتیجه باعث کاهش نرخ حوادث و رفتارهای نایمن شده است (استرانکس ۱۹۸۳). که این نتیجه با مطالعه سپهر و همکاران (۲۰۱۴، ۲۰۱۹) جهت ارتقاء سطح عملکرد فرهنگ HSE مبتنی بر اجرای مداخلات مهندسی و مدیریتی در کارگران کارخانه فولاد شهر همدان به اثبات رسیده است. نتایج مطالعه آسیوندزاده و همکاران (۲۰۲۰) نشان‌دهنده تاثیر مثبت آموزش و اقدامات فنی بر فرهنگ HSE کارکنان عملیاتی می‌باشد به طوری که با توجه به نتایج حاصل، میانگین شاخص‌های عملکرد فرهنگ HSE با مداخلات آموزشی و فنی افزایشی معنی‌داری داشتند.

برای بررسی میزان تطابق فعالیت پتروشیمی هنگام با برنامه مدیریتی HSE با رویکرد کارت امتیازی متوازن از استراتژی فرآیندهای داخلی استفاده شد. جهت ارزیابی طبق معیارهای مطالعه، نمره کمتر از ۲/۵ نشان‌دهنده وضعیت نامطلوب با برنامه‌های مدیریتی HSE و نمره بیشتر از ۲/۵ نشان‌دهنده وضعیت مطلوب مدیریت HSE می‌باشد.

برای جمع‌آوری داده‌ها از پرسش‌نامه رفتار ایمنی مهدی‌نیا و همکاران (۱۳۹۶) استفاده شد که شامل ۲۳ سوال با ساختار واحد

از پرسش‌هایی در دو حیطه رعایت ایمنی و مشارکت ایمنی بود. جهت بررسی روایی و پایایی پرسش‌نامه از نرم‌افزار SPSS26 استفاده شد. شاخص نسبت روایی در تمامی سؤالات بزرگ‌تر از ۰/۶۲ بدست آمد. میانگین نسبت توافق در ارتباط با ساده بودن،

واضح بودن و مربوط بودن کل سؤالات پرسش‌نامه برابر با ۰/۹۱ و در ارتباط با ضرورت برابر با ۰/۹۵ بود. همچنین نتایج پایایی با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ در مطالعه پیش‌آهنگ برابر با ۰/۷۶۶ و در مطالعه اصلی برابر با ۰/۹۰۲ بدست آمد.

نتایج و بحث

اطلاعات حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های این تحقیق برای توصیف عملکرد مدیریت HSE و سنجش آن در پتروشیمی هنگام در جدول ۱ نشان داده شده است. به‌طور کلی در میان شاخص‌های مدیریتی HSE بیش‌ترین نمره میانگین به ترتیب عمده‌تاً مربوط به شاخص‌های مدیریت ریسک در حوزه HSE با نمره میانگین

۴/۴۴، برنامه‌ریزی و طراحی سیستم‌های لازم جهت استقرار اصول HSE در سازمان با نمره ۴/۲۶، اجرا و پایش سیستم‌های طراحی شده HSE با نمره ۴/۱۲ و ممیزی و بهبود معیارهای عملکرد HSE با نمره ۴/۰۱ در پتروشیمی هنگام می‌باشد.

جدول ۱- نتایج ارزیابی شاخص‌های برنامه مدیریتی HSE در پتروشیمی هنگام

شاخص‌های مدیریتی HSE	میانگین	انحراف معیار
توسعه خط مشی و اهداف استراتژیک	۳/۴۲	۰/۴۲
سازماندهی و تامین منابع جهت مدیریت HSE	۳/۷۹	۰/۸۱
مدیریت ریسک در حوزه HSE	۴/۴۴	۰/۸۹
مدیریت پیمانکاران اصلی و فرعی در حوزه HSE	۳/۱۸	۰/۲۳
برنامه‌ریزی و طراحی سیستم‌های لازم جهت استقرار اصول HSE در سازمان	۴/۲۶	۰/۲۱
اجرا و پایش سیستم‌های طراحی شده HSE	۴/۱۲	۰/۵۵
ممیزی و بهبود معیارهای عملکرد HSE	۴/۰۱	۰/۶۳

اطلاعات حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های این تحقیق برای مقایسه هر یک از شاخص‌های برنامه مدیریتی HSE با فعالیت کارکنان در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج تحلیل واریانس نشان که در بین شاخص‌های برنامه مدیریتی HSE پتروشیمی هنگام، شاخص مدیریت ریسک دارای بالاترین امتیاز و شاخص مدیریت پیمانکاران اصلی و فرعی، پایین‌ترین امتیاز را داشته‌اند. با توجه به معنی‌دار شدن آزمون در تمام موارد، امتیازات بالای ۶۰ امتیازات نسبتاً بالایی به‌شمار رفته و می‌توان معیارهایی با این

امتیازات را جزء نقاط قوت سیستم مدیریت HSE کارخانه مورد مطالعه قلمداد کرد. میانگین کلی امتیازات کسب شده توسط پتروشیمی هنگام (۷۲/۱٪) نیز بیان‌گر این است که سازمان مذکور در مدیریت استراتژیک سیستم HSE نقاط قوت قابل توجهی دارد. همچنین بین شاخص‌های برنامه مدیریتی HSE پتروشیمی هنگام با فعالیت این پتروشیمی اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P\text{-Value} < 0.05$).

جدول ۲- بررسی برنامه مدیریتی HSE و فعالیت در پتروشیمی هنگام با رویکرد کارت متوازن

شاخص‌های مدیریتی HSE	امتیاز پتروشیمی از ۱۰۰	P-value
توسعه خط مشی و اهداف استراتژیک	۶۵	۰/۰۰۱
سازماندهی و تامین منابع جهت مدیریت HSE	۶۵	۰/۰۰۴
مدیریت ریسک در حوزه HSE	۸۵	۰/۰۰۰
مدیریت پیمانکاران اصلی و فرعی در حوزه HSE	۶۰	۰/۰۰۱
برنامه‌ریزی و طراحی سیستم‌های لازم جهت استقرار اصول HSE در سازمان	۸۰	۰/۰۰۷
اجرا و پایش سیستم‌های طراحی شده HSE	۷۵	۰/۰۰۲
ممیزی و بهبود معیارهای عملکرد HSE	۷۵	۰/۰۰۰

جلسات در خصوص موضوعات HSE از طرف مدیران ارشد، مشارکت پرسنل در شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک‌ها و گزارش تخلفات ایمنی و حوادث توسط کارکنان نسبت به شاخص‌های دیگر دارای میانگین بالایی بودند.

جدول ۳ به تحلیل و بررسی ابعاد رفتار ایمنی نیروهای عملیاتی با استفاده از استراتژی رشد و یادگیری (رویکرد کارت متوازن) و تاثیر آن بر برنامه‌های مدیریتی HSE در پتروشیمی هنگام پرداخته است. در میان این ابعاد، بعدهای تمایل کارکنان به رعایت قوانین و الزامات HSE، ایجاد برنامه‌هایی برای ایجاد ارتباطات و برگزاری

جدول ۳ - میانگین و انحراف معیار ابعاد رفتار ایمنی در سطح مدیریت HSE در پتروشیمی هنگام

انحراف معیار	میانگین	ابعاد رفتار ایمنی
۶/۳۲	۳۲/۸۰	ایجاد برنامه‌هایی برای ایجاد ارتباطات و برگزاری جلسات در خصوص موضوعات HSE از طرف مدیران ارشد
۷/۱۴	۳۵/۱۳	تمایل کارکنان به رعایت قوانین و الزامات HSE
۵/۱۹	۲۶/۴۱	گزارش تخلفات ایمنی و حوادث توسط کارکنان
۴/۶۹	۲۴/۸۴	ترجیح ایمنی نسبت به سرعت کار از نظر کارکنان
۶/۱۳	۳۰/۹۶	وجود رویه‌ای جهت شناسایی نیازهای آموزشی کارکنان در حوزه HSE
۴/۶۹	۱۹/۴۷	اجرای برنامه‌های آموزشی HSE جهت تامین نیازهای تعیین شده
۵/۵۱	۲۵/۴۰	سرانه آموزش‌های HSE
۴/۳۳	۱۸/۳۳	وجود رویه‌ای جهت ارزیابی اثربخشی دوره‌های آموزشی
۵/۱۴	۲۰/۶۵	وجود انگیزه‌های لازم از قبیل نظام تشویق کارکنان در خصوص رعایت موضوعات HSE
۶/۳۱	۲۱/۱۷	میزان پیشنهادات و طرح‌های نو ارائه شده توسط کارکنان در حوزه HSE
۶/۳۷	۲۸/۲۹	مشارکت پرسنل در شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک‌ها

ابعاد رفتاری از نظر عملکرد مدیریتی HSE بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. همچنین همه ابعاد رفتاری کارکنان عملیاتی به جز بعدهای وجود رویه‌ای جهت شناسایی نیازهای آموزشی کارکنان و وجود رویه‌ای جهت ارزیابی اثربخشی دوره‌های آموزشی ارتباط معنی‌داری با مدیریت HSE داشتند ($P\text{-Value} < 0/05$).

بر اساس جدول ۴ شاخص‌های ایجاد برنامه‌هایی برای ایجاد ارتباطات و برگزاری جلسات در خصوص موضوعات HSE از طرف مدیران ارشد، تمایل کارکنان به رعایت قوانین و الزامات HSE، گزارش تخلفات ایمنی و حوادث توسط کارکنان، میزان پیشنهادات و طرح‌های نو ارائه شده توسط کارکنان در حوزه HSE و مشارکت پرسنل در شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک‌ها دارای امتیازات نسبتاً بالایی هستند. یعنی در پتروشیمی مورد مطالعه این

جدول ۴ - بررسی امتیاز بین ابعاد رفتار ایمنی و سطح مدیریت HSE در پتروشیمی هنگام

P-value	امتیاز	ابعاد رفتار ایمنی
۰/۰۰۱	۷۰	ایجاد برنامه‌هایی برای ایجاد ارتباطات و برگزاری جلسات در خصوص موضوعات HSE از طرف مدیران ارشد
۰/۰۰۱	۶۵	تمایل کارکنان به رعایت قوانین و الزامات HSE
۰/۰۰۱	۶۵	گزارش تخلفات ایمنی و حوادث توسط کارکنان
۰/۰۰۰	۶۰	ترجیح ایمنی نسبت به سرعت کار از نظر کارکنان
۰/۰۶۷	۵۰	وجود رویه‌ای جهت شناسایی نیازهای آموزشی کارکنان در حوزه HSE
۰/۰۰۱	۵۵	اجرای برنامه‌های آموزشی HSE جهت تامین نیازهای تعیین شده
۰/۰۰۱	۶۰	سرانه آموزش‌های HSE
۰/۰۸۳	۵۵	وجود رویه‌ای جهت ارزیابی اثربخشی دوره‌های آموزشی
۰/۰۰۱	۶۰	وجود انگیزه‌های لازم از قبیل نظام تشویق کارکنان در خصوص رعایت موضوعات HSE
۰/۰۰۱	۶۵	میزان پیشنهادات و طرح‌های نو ارائه شده توسط کارکنان در حوزه HSE
۰/۰۰۱	۷۰	مشارکت پرسنل در شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک‌ها

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به این‌که رویکرد کارت متوازن به‌عنوان ابزاری مناسب جهت ارزیابی عملکرد سیستم مدیریت HSE است، استفاده از این روش در پژوهش حاضر نشان داد شاخص‌های پیشنهادی در بخش فرآیندهای داخلی و رشد و یادگیری، امتیازاتی بین ۵۰ تا ۸۵ را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین این پالایشگاه با توجه به کسب میانگین بالای ۷۰، عملکرد خوبی داشته و شاخص‌های آن یعنی سازماندهی و تامین منابع جهت مدیریت HSE، مدیریت ریسک در حوزه HSE، برنامه‌ریزی و طراحی سیستم‌های لازم جهت استقرار اصول HSE در سازمان، اجرا و پایش سیستم‌های طراحی شده HSE و ممیزی و بهبود معیارهای عملکرد HSE از مهم‌ترین نقاط قوت سیستم مدیریت HSE در پتروشیمی مورد مطالعه است. همچنین نتایج نشان داد که در بین ابعاد رفتار ایمنی نیروهای عملیاتی، بُعد تمایل کارکنان به رعایت قوانین و الزامات HSE دیگر دارای بالاترین میانگین بوده است. نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج تحقیقات عظیمی و همکاران (۱۳۹۶)، داویس

و همکاران (۲۰۰۴) و آسیوندزاده و همکاران (۲۰۲۰) همسو می‌باشد اما با نتایج تحقیق سپهر و همکاران (۲۰۱۴) همخوانی ندارد. لذا می‌توان گفت که سیستم مدیریت HSE در پالایشگاه مورد مطالعه با پیاده‌سازی رویکرد کارت متوازن موجب بهبود عملکرد خود می‌شود. در این راستا پتروشیمی هنگام علاوه بر انجام کامل فرآیندهای مرتبط با مدیریت HSE، می‌بایست نسبت به خلق ارزش برای ذینفعان خود (به‌ویژه در قسمت جامعه و دولت) و همچنین فراهم ساختن بستری برای رشد و یادگیری اهتمام بیشتری ورزد. به بیان دقیق‌تر، مدیران ارشد و مدیریت HSE سازمان مورد مطالعه باید در پیش‌برد اهداف استراتژیکی چون ارتقای برند سازمان در حوزه HSE، افزایش ایمنی و کیفیت محصولات، مشارکت کارکنان در ارتقای عملکرد HSE و آموزش افراد در حفظ، ارتقای سلامتی و محیط‌زیست حساس‌تر و جدی‌تر باشند.

References

1. HashemiNejad N, Helvani G, Moghadasi M, ZolAli F, ShafieZadeh Bafghi M. Risk assessment and determination of safety performance indicators in the design and construction phase of an agglomeration project. *Specialized Scientific Quarterly Journal of Occupational Medicine*. 1390;4(4):74-63
2. Oliaei M, Radan S. A review of the history of the establishment of the Health, Safety and Environment (HSE) system in the research centers of the country emphasizing the laboratories and workshops of the Ministry of Science, Research and Technology (ATF). *Journal of New Approaches in Iranian Scientific Laboratories*. 2021;5(3):5-13
3. Golbabaie F, Heidari L, Ghazi s, Jabari K. Evaluation of safety management in an Appliances manufacturing company. *Journal of Health and Safety at Work*. 2015; 4(4): 49-58
4. Shahsavari Goqeri E, kourki A, Rashidi S. Presenting an Interpretive Structural Model to Improve Employee Safety Performance (Case Study: One of Sirjan Mining Companies). *Journal of Excellence of human resources*. 2022; 2(4):81-66
5. Arabiun A, AbdiJamayran A, Bahadori Kosjirad j, Abolhasani s. Review key performance indicators in the process of production with entrepreneurial approach. *Proceedings of the International Conference on Management and Social Sciences*. 1394
6. Azimi M, Vosoughi SH, Lavasani M. Evaluating the effect of balanced scorecard model on performance of health, safety and environment management system: A case study. *Journal of Iran Occupational Health*. 2017
7. Asivandzadeh E, Jamalizadeh Z, Safari Variani A, Mohebi A, Khoshnavaz H. Evaluating the impact of training and technical interventions on improving safety culture and understanding the risk of dangerous situations at height among construction workers. *J Health*. 2020;11(1):109-22.
8. Shamaii A, Omidvari M, Hossein Zadeh F. Presenting a pattern of HSE unit performance assessment in the steel industries. *Iran Occup Health*. 2017;14(3).
9. Sepehr P, Mohammad Fam I, Ketabi D, Sepehr N. Effect of engineering and management interventions on promoting safety culture indicators among workers of the Iranian pipe rolling factory. *Yazd Health Schol*. 2014.
10. Sepehr P, Eshaghi M. Investigation of the relationship between safety culture and unsafe behavior among the workers of the Profiling Industry Ekbatan. *JNKUMS*. 2019;10(4):16-22.
11. Stranks J. Human factors and behavioral safety. New York: Elsevier Ltd; 1983.
12. Ebnerasoul S, Tarhani F, Lotfi E. Developing and implementing Balanced Scorecard in industrial organizations. In: *Proceedings of the Third National Conference of the Performance Management*; 2006.
13. Madsen DØ. Balanced Scorecard: history, implementation, and impact. *Encyclopedia*. 2025;5:39. doi:10.3390/encyclopedia5010039.
14. Malina M, Selto F. Communicating and controlling strategy: an empirical study of the effectiveness of the Balanced Scorecard. *J Manag Account Res*. 2001;26:100-13.
15. Hoque Z, James W. Linking Balanced Scorecard measures to size and market factors: impact on organizational performance. *J Manag Account Res*. 2000.
16. Davis S, Alberight T. An investigation of the effect of Balanced Scorecard implementation on financial performance. *J Manag Account Res*. 2004:92-103.
17. Mohammadfam I, Mahmoodi SH. Assessment and management of unsafe behaviors in Mapna. In: *Proceedings of the First Termal Power Industry*

- Conference; Technical Schools of Tehran University; 2009.
18. Wesdock JC, Arnold IM. Occupational and environmental health in the aluminum industry: key points for health practitioners. J Occup Environ Med. 2014;56(5 Suppl):S5-S11.
19. Witter RZ, Tenney L, Clark S, Newman LS. Occupational exposures in the oil and gas extraction industry: state of the science and research recommendations. Am J Ind Med. 2014;57(7):847-56.



Measuring the performance of HSE management system with balanced scorecard approach to improve the safety performance (Case Study: Hengam petrochemical employees)

Abozar Hemmati*

Assistant Professor, Department of Statistics, Lamerd Branch, Islamic Azad University, Lamerd, Iran

Ghasem Rahpeyma

Assistant Professor, Department of Chemistry, Lamerd Branch, Islamic Azad University, Lamerd, Iran

Extended Abstract

Received: 25 Jan 2025**Accepted:** 18 Mar 2025**Keywords:** Balanced Scorecard, performance evaluation, safety management, health and environment

Introduction: Performance evaluation models serve as a foundation for assessing and enhancing management systems. The Balanced Scorecard has garnered significant attention in organizational performance management in recent years. This framework is not only a comprehensive and integrated performance measurement tool but also a management system with an innovative approach to strategic management.

Materials and Methods: This research was conducted descriptively and through a survey, examining existing standards and models in the field of HSE management system performance. The performance evaluation model for the petrochemical company was designed within the Balanced Scorecard framework. The aim of this study was to assess the HSE management system's performance to improve the safety performance of the employees at the petrochemical company "Hengam." The target population of this study consisted of all employees of Hengam Petrochemical in the year 2023. Given the limited and accessible nature of the population, no sampling was conducted, and all 120 individuals were evaluated through a census. Data collection utilized the safety behavior questionnaire developed by Mahdiania et al. (2017), which contains 23 structured questions in two areas: safety compliance and safety participation. The reliability of the questionnaire was determined using Cronbach's alpha, yielding a coefficient of 0.766 in the pilot study and 0.902 in the main study.

Results and Discussion: The analysis was conducted using SPSS software. The findings indicated that the internal process strategy, with an average score of 72.1%, has a good performance from the employees for improving HSE management programs. The indicators for organizing and securing resources for HSE management, risk management in the HSE domain, planning and designing the necessary systems for implementing HSE principles in the organization, executing and monitoring the designed HSE systems, and auditing and improving HSE performance criteria are among the most important strengths of the HSE management system in the studied petrochemical company. Among the dimensions of the safety behavior of operational personnel, the dimension of employees' willingness to adhere to HSE laws and requirements had the highest average.

Conclusion: Based on the results, it is highlighted that Hengam Petrochemical, in addition to fully executing HSE management processes, should emphasize creating value for its stakeholders while providing an environment conducive to growth and learning. In other words, senior management and HSE management of the organization under study should be more committed and serious in advancing strategic objectives such as enhancing the organization's brand in the HSE field, improving product safety and quality, increasing employee participation in HSE performance enhancement, and training individuals to maintain and promote health and the environment.

Corresponding author: Abozar Hemmati**Address:** Assistant Professor, Department of Statistics, Lamerd Branch, Islamic Azad University, Lamerd, Iran **Tel:** +989177822179**Email:** ahemmati@iau.ac.ir**Citation:** Hemmati A, Rahpeyma GH. Measuring the performance of HSE management system with balanced scorecard approach to improve the safety performance (Case Study: Hengam petrochemical employees). Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2025; 2(8): 44-52.

© 2024, This article published in Journal of New Researches in Environmental Engineering (JNREE) as an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>). Non-commercial use, distribution and reproduction of this article is permitted in any medium, provided the original work is properly cited.



روش های ارزیابی چرخه عمر مصالح ساختمانی با استفاده از چارچوب ارزیابی دایره ای و جایگزین های تجدیدپذیر

کارشناسی ارشد مهندسی عمران واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
استادیار گروه عمران واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
دانشیار گروه عمران واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

محمد بهرامی کیا
محمد امیر شرافتی*
علیرضا والی پور

چکیده مبسوط

مقدمه: به دلیل افزایش نگرانی های زیست محیطی، کاهش نرخ مصرف انرژی و تأثیرات مخرب محیط زیستی در صنعت ساخت، به یکی از اولویت های طراحی و اجرا در صنعت معماری، مهندسی و ساخت تبدیل شده است. ارزیابی چرخه عمر منابع انرژی های تجدیدپذیر یک عامل کلیدی در توسعه پایدار کشورها به شمار می رود. انجام ارزیابی چرخه عمر سیستم های انرژی تجدیدپذیر مبتنی بر شرایط محلی این منابع است. بنابراین یک منبع انرژی به علت تغییرات منابع در دسترس، آب و هوا، محیط زیست، شرایط اقتصادی و اجتماعی، سیاست و غیره نمی تواند گزینه توسعه پایدار برای تمام مناطق جغرافیایی باشد. بنابراین ارزیابی چرخه عمر را می توان به عنوان ابزار تشخیص امکان توسعه پایدار منابع انرژی های مختلف و موقعیت های مختلف استفاده کرد.

مواد و روش ها: در این تحقیق چرخه عمر مصالح ساختمانی با استفاده از چارچوب ارزیابی دایره ای و جایگزین های تجدیدپذیر بررسی شد. این تحقیق با هدف بررسی فاکتورهای اثرگذار در چرخه عمر ساختمان انجام گردید. با بررسی ادبیات موضوع عوامل تاثیرگذار بر چرخه عمر مصالح به چهار دسته عوامل زیست محیطی، عوامل اقتصادی، عوامل فنی و اجتماعی تقسیم شد. برای بررسی عوامل مد نظر در تحلیل چرخه عمر مصالح از نمونه آماری شامل ۱۰۰ نفر استفاده و به کمک پرسشنامه این عوامل مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفت. به کمک تحلیل آماری نرمال بودن توزیع داده ها بررسی شد و به وسیله آزمون t فرضیات تحقیق بررسی شد.

نتایج و بحث: نتایج این تحقیق نشان داد به کارگیری مصالح مناسب سبب کاهش مصرف انرژی در ساختمان می گردد و جایگزین های تجدیدپذیر به میزان قابل توجهی از اتلاف انرژی جلوگیری می کند اما نقش اطلاعات استاندارد در خصوص مصالح قابل بازیافت در چرخه عمر آن ها به اثبات نرسید. از بین عوامل مورد بررسی، عامل زیست محیطی با وزن ۰/۳۹۸ از بیش ترین اهمیت برخوردار بوده و عوامل اقتصادی، فنی و اجتماعی، به ترتیب با اوزان ۰/۲۶۴، ۰/۲۰۳ و ۰/۱۳۵ در درجه اهمیت های بعدی قرار گرفته اند.

نتیجه گیری: با توجه به اولویت های پایداری در ایران، ارائه رویکردی به منظور بهینه سازی مصرف آب در مراحل مختلف چرخه عمر ساختمان و بخصوص مرحله عملیاتی برای رسیدن به یک راه حل پایداری در طراحی ساختمان، کمک بسیاری خواهد کرد. ارزیابی اثرات زیست محیطی و اقتصادی چرخه عمر پروژه و ادغام ارزیابی چرخه عمر با مدل سازی اطلاعات ساختمان نیز از دیگر راهکارهایی است که می تواند به بهبود چرخه عمر مصالح کمک کند. تدوین سند و استاندارد جامع ارزیابی ساختمان با توجه به ابزارهای بین المللی ارزیابی ساختمان های پایدار، با در نظر گرفتن چرخه عمر و مسائل مربوط به پایداری اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی در مورد ساختمان های مسکونی ایران نیز از دیگر مواردی است که سبب ارتقاء وضعیت چرخه عمر مصالح و بهبود وضعیت زیست محیطی آن می شود.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۳

واژه های کلیدی: چرخه عمر مصالح ساختمانی، چارچوب ارزیابی دایره ای، جایگزین های تجدیدپذیر

نویسنده مسئول: محمد امیر شرافتی

نشانی: استاد یار گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز تلفن: ۰۹۱۷۳۸۷۰۰۱۴ پست الکترونیکی: MA.Sherafati@iau.ac.ir

استاد: بهرامی کیا محمد، شرافتی محمد امیر، والی پور علیرضا. روش های ارزیابی چرخه عمر مصالح ساختمانی با استفاده از چارچوب ارزیابی دایره ای و جایگزین های تجدیدپذیر.

پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست. ۱۴۰۳؛ ۲(۸): ۶۳-۵۳.

حقوق نویسندگان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد و تحت مجوز مالکیت خلاقانه <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

در فصلنامه پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست منتشر شده است. هرگونه استفاده غیرتجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.



مقدمه

تخیله تصاعدی از سوخت‌های فسیلی معمولی با افزایش مصرف و تولید گازهای گلخانه‌ای منجر به حرکت به سمت منابع انرژی تجدیدپذیر و توسعه پایدار شده است. تولید انرژی پایدار مبتنی بر منابع تجدیدپذیر یک کار چالش برانگیز برای جایگزین کردن سوخت‌های فسیلی، به‌دست آوردن محیط‌زیست پاک، کاهش وابستگی به دیگر کشورها و همچنین چالش عدم اطمینان از قیمت سوخت است (زوکوفسکی ۲۰۲۱). همه این نگرانی‌های جدی مربوط به امنیت انرژی، محیط‌زیست و توسعه پایدار است که منجر به حرکت به‌سوی جایگزینی تجدیدپذیر، کارآمد و مقرون به صرفه منابع انرژی با کمترین انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد (بیلگیلی ۲۰۲۲). ارزیابی چرخه عمر (LCA)^۱ منابع انرژی‌های تجدیدپذیر یک عامل کلیدی در توسعه پایدار کشورها به‌شمار می‌رود. انجام ارزیابی چرخه عمر سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر مبتنی بر شرایط محلی این منابع است (باربهویا ۲۰۲۳). بنابراین یک منبع انرژی به‌علت تغییرات منابع در دسترس، آب و هوا، محیط زیست، شرایط اقتصادی و اجتماعی، سیاست و غیره نمی‌تواند گزینه توسعه پایدار برای تمام مناطق جغرافیایی باشد. بنابراین ارزیابی چرخه عمر را می‌توان به‌عنوان ابزار تشخیص امکان توسعه پایدار منابع انرژی‌های مختلف و موقعیت‌های مختلف استفاده کرد (فتح الهی و کاپ ۲۰۲۱). تکنیک ارزیابی چرخه عمر اجازه تجزیه تحلیل دقیق از مواد و شار انرژی در مقیاس جهانی و ناحیه ای را می‌دهد. این تحلیل شامل ورودی غیرمستقیم به فرآیند تولید و ارتباط زیاله و گازهای گلخانه‌ای و سرنوشت محصولات تولیدی در آینده است. مطالعات ارزیابی چرخه عمر در تعریف خود در معیارهای مختلف ازجمله دامنه، هدف، مرزهای سیستم، سیستم مرجع و روش تخصیص متفاوت است. مطالعات ارزیابی چرخه عمر محاسبه اثرات زیست‌محیطی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر است و می‌تواند مربوط به نتیجه برابر با معیارهای توسعه پایدار باشد (یونس و دودو ۲۰۲۲).

تاریخچه ارزیابی چرخه عمر:

مشکلات زیست‌محیطی در ۲۵ سال گذشته از دید کلی، بزرگتر شده، اهمیت بیشتری پیدا کرده و مورد بررسی قانونی قرار گرفته‌اند. عموم مردم نسبت به این مسئله آگاه‌تر شده و به مصرف کالا و خدمات و اثرات آن‌ها بر منابع طبیعی و کیفیت محیط‌زیست علاقه‌مند شده‌اند. در سال‌های اخیر بسیاری از واحدهای اقتصادی تمرکز خود را از رفع آلاینده‌ها بر جلوگیری از ایجاد آلودگی تغییر

داده‌اند. صنایع درک کرده‌اند که اثر محصولات آن‌ها بر محیط‌زیست با ساخت محصول به پایان نمی‌رسد. اثر محصول بر محیط‌زیست با طراحی محصول شروع شده و با دفع نهایی محصول پس از عمر مفید آن به پایان می‌رسد. ملاحظات مرحله طراحی بر کل چرخه عمر آن اثرگذار است. بنابراین به منظور کاهش اثرات زیست‌محیطی محصول، توجه به اثرات زیست‌محیطی محصول در طول مرحله برنامه‌ریزی و طراحی چرخه عمر محصول می‌تواند مؤثر باشد. ارزیابی چرخه عمر برای اولین بار در دهه ۱۹۶۰ مطرح شد. یکی از اولین انتشارات در این زمینه در کنفرانس جهانی انرژی در سال ۱۹۶۳ توسط هارولد اسمیت ارائه شد. وی محاسبات تقاضای تجمعی انرژی را برای کالاهای شیمیایی گزارش کرد (زیکوفسکی ۲۰۲۲). سپس در دهه ۱۹۶۰ مطالعات مدل‌سازی جهانی در گزارشات "محدودیت‌های رشد" (میداوز و همکاران ۱۹۷۲) و "برنامه کار برای زنده ماندن" (باشگاه رم) منتشر شد. این مطالعات شامل تقاضا برای منابع محدود مواد خام و انرژی می‌شد (کرکسner، ۲۰۲۵). در سال ۱۹۶۹، محققان مطالعه‌ای برای شرکت کوکاکولا انجام دادند که پایه‌ای برای روش‌های کنونی ارزیابی چرخه عمر محسوب می‌شود (کایز ۲۰۲۱). فرآیند تعیین کیفیت استفاده از منابع و رها کردن محصولات به محیط‌زیست در آمریکا تحت عنوان تحلیل پروفایل زیست‌محیطی و منابع (REPA)^۲ شناخته می‌شود. در اروپا نیز توازن اکولوژیکی نامیده می‌شود. حرکت سبز به‌ویژه تشکیل حزب‌های سیاسی سبز در اروپا، دوباره علاقه به این موضوع را برانگیخته کرد. وقتی مواد زائد جامد تبدیل به یک مسئله جهانی در اواخر دهه ۱۹۸۰ شد، روش ارزیابی چرخه عمر دوباره به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی مشکلات زیست‌محیطی مطرح شد (هانت ۱۹۹۲). در سال ۱۹۹۱، نگرانی‌ها درباره استفاده نادرست از ارزیابی چرخه عمر در بازاریابی‌ها توسط سازندگان کالا موجب صدور بیانیه‌ای در آمریکا شد، مبنی بر عدم استفاده از نتایج ارزیابی چرخه عمر برای ترویج کالا تا زمانی که روش‌های یکسانی برای انجام چنین ارزیابی‌هایی توسعه داده شده و نتیجه گرفته شود که این مقایسات زیست‌محیطی به طرز غیر فریبنده در تبلیغات کالا مورد استفاده قرار بگیرد. این عمل، با فشار ناشی از سایر سازمان‌های زیست‌محیطی برای استانداردسازی روش ارزیابی چرخه عمر منجر به توسعه استانداردهای ارزیابی چرخه عمر در سازمان بین‌المللی استاندارد ایزو تحت استانداردهای سری ۱۴۰۰۰ گردید (فینک بینر ۲۰۱۴). در سال ۲۰۰۲، برنامه

۱- Life-Cycle Assessment

۲- Resource and environmental profile analysis

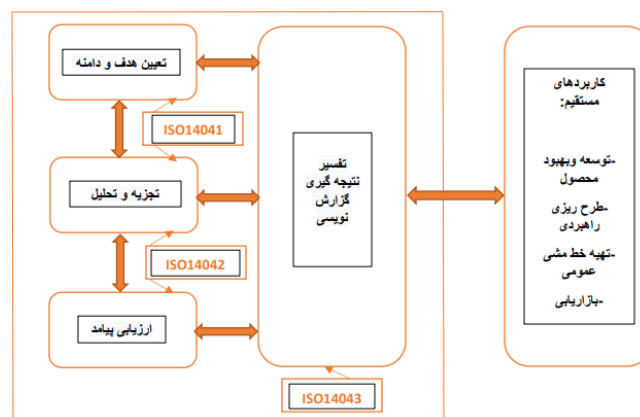
مشخص می‌کند. این قابلیت پیگیری انتقال اثرات زیست‌محیطی می‌تواند به تصمیم‌گیران و مدیران در شناخت ویژگی‌های زیست‌محیطی گزینه‌های محصول یا فرآیند کمک کند (گیبون ۲۰۱۷).

روش ارزیابی چرخه عمر

ارزیابی چرخه عمر یک تکنیک جهت ارزیابی تمام ورودی‌ها و خروجی‌های یک محصول، فرآیند یا خدمات است که شامل داده‌ها و استانداردهای مربوط به فهرست موجودی چرخه عمر، ارزیابی زائدات، اثرات بر بهداشت انسان و اثرات اکولوژیکی (ارزیابی اثر) و تفسیر نتایج ارزیابی (تفسیر چرخه عمر) در طول کل چرخه عمر مورد مطالعه قرار می‌گیرد. دو سازمان بین‌المللی ISO و SETAC ارزیابی چرخه عمر را به‌عنوان یک ابزار مدیریت زیست‌محیطی توسعه داده‌اند. استانداردهای ایزو ۱۴۰۴۰ و ایزو ۱۴۰۴۴، ارزیابی چرخه عمر را در چهار مرحله زیر انجام می‌دهند (کلافر ۲۰۱۲):

- ۱- تعیین هدف و دامنه کاربرد
- ۲- تجزیه و تحلیل لیست موجودی
- ۳- ارزیابی پیامد
- ۴- تفسیر

این فرآیندها به منظور بهبود تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر شواهد علمی و کاهش تأثیرات زیست‌محیطی در سراسر صنایع و خدمات، به کار می‌رود و در تدوین استراتژی‌ها و سیاست‌های مدیریت زیست‌محیطی تأثیر چشم‌گیری دارد. در شکل ۱ مراحل این فرآیند نشان داده شده است (فینکنبر ۲۰۲۴):



شکل ۱- مراحل ارزیابی چرخه عمر

محیط‌زیست سازمان ملل متحد (UNEP)^۳ همراه با جامعه سم‌شناسی و شیمی زیست‌محیطی (SETAC)^۴ اقدام به ایجاد Life Cycle Initiative به‌عنوان مشارکت بین‌المللی نمود. سه برنامه از این مشارکت بین‌المللی به ایجاد تفکر چرخه عمر به‌صورت عملی و بهبود ابزارهای پشتیبان از طریق داده‌های بهتر کمک کرد. برنامه مدیریت چرخه عمر^۵ از طریق تولید اطلاعات، ایجاد بازارهای تبادل تجربیات و اجرای برنامه‌های آموزشی در سراسر جهان موجب افزایش آگاهی و بهبود مهارت‌ها در تصمیم‌گیران شد. برنامه فهرست موجودی چرخه عمر دسترسی جهانی به داده‌های چرخه عمر را از طریق میزبانی و تسهیل گروه‌های کارشناسی بهبود داد. برنامه ارزیابی اثر چرخه عمر کیفیت و دسترسی جهانی به شاخص‌های چرخه عمر را از طریق ترویج تبادل دیدگاه‌ها بین کارشناسان افزایش داد (ورونز ۲۰۱۷).

کاربردهای ارزیابی چرخه عمر

کاربردهای اصلی ارزیابی چرخه عمر شامل موارد زیر می‌باشند (فنایس ۲۰۲۲):

- تجزیه و تحلیل منشأ مشکلات مرتبط با یک محصول خاص
- مقایسه پیشرفت متغیرهای یک محصول
- طراحی محصولات جدید
- انتخاب بین چند محصول قابل مقایسه

فواید ارزیابی چرخه عمر

فرآیند ارزیابی چرخه عمر می‌تواند به تصمیم‌گیران در انتخاب محصول یا فرآیند با کمترین اثرات زیست‌محیطی کمک کند. این اطلاعات می‌تواند همراه با سایر فاکتورها نظیر هزینه و عملکرد برای انتخاب محصول یا فرآیند استفاده شود. داده‌های ارزیابی چرخه عمر انتقال اثرات زیست‌محیطی را از یک محیط به محیط دیگر و از یک مرحله چرخه عمر به مرحله دیگر

^۳- United Nations Environment Programme

^۴- Society of Environmental Toxicology and Chemistry

^۵- Life Cycle Management

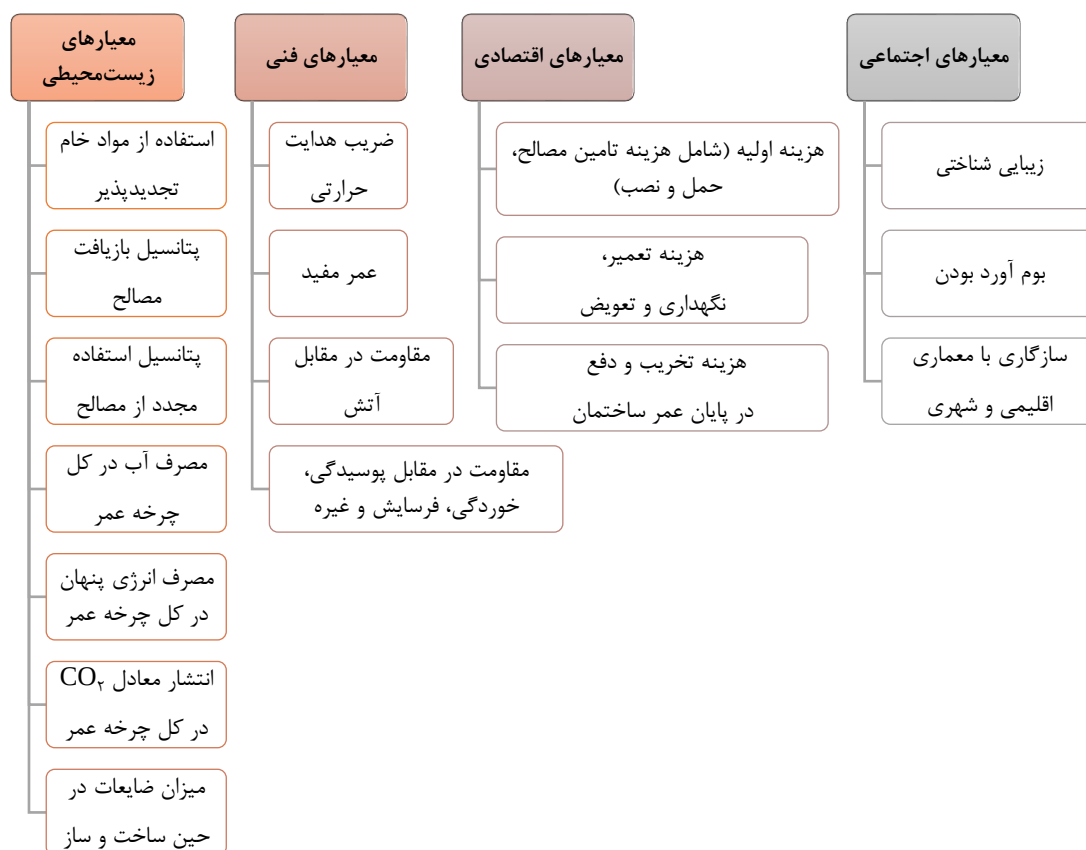
مواد و روش‌ها

در این پژوهش از روش تحقیق تلفیقی شامل فرآیند کیفی و کمی استفاده شد. فرآیند کیفی، به منظور دسته‌بندی و آماده‌سازی اطلاعات و داده‌ها و فرایند کمی، جهت محاسبه و آنالیز انرژی چرخه عمر ساختمان مورد استفاده قرار گرفت. جهت گردآوری اطلاعات از روش ترکیبی استفاده شد. برای آشنایی نسبی با چرخه عمر ساختمان و الزامات آن و مزایا و مشکلات موجود از روش کتابخانه‌ای استفاده شد و همچنین با روش میدانی و با هم‌فکری خبرگان صاحب‌نظران در این رشته، پرسش‌نامه‌ای تنظیم و به اشخاص حقیقی و حقوقی مورد نظر ارسال و پس از دریافت جوابیه پرسشنامه، آنالیز و بررسی بر روی پاسخ‌ها صورت گرفت.

معیارهای ارزیابی پایداری مصالح

با انجام مطالعات به‌صورت کتابخانه‌ای و مرور تحقیقات پیشین، معیارهای ارزیابی مصالح در چهار بعد اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و فنی، در این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرند. به منظور محاسبه میزان اهمیت هر یک از معیارها در انتخاب

مصالح برای عناصر ساختمان‌های مسکونی، یک پرسشنامه تهیه و در اختیار خبرگان صنعت ساختمان قرار می‌گیرد. خبرگان از میان دانشگاهیان، طراحان و متخصصان صنعت ساختمان، بر اساس تجربه آنها نسبت به ساختمان‌های مسکونی و ساخت‌وساز پایدار انتخاب می‌شوند. از پاسخ‌دهندگان خواسته شد درجه اهمیت نسبی هر یک از معیارها را جهت انتخاب مصالح برای عناصر یک ساختمان مسکونی با توجه به شرایط اقلیمی و اولویت‌های پایداری شهر شیراز و بر اساس طیف لیکرت در مقیاس ۱ تا ۵ امتیاز دهند. در پایان برای رتبه‌بندی معیارها و محاسبه وزن آنها از تحلیل شاخص نسبی^۶ (RI) استفاده می‌شود که به‌عنوان یک رویکرد مطلوب برای ادغام امتیازات متغیرهایی که توسط پاسخ‌دهندگان در یک مقیاس ترتیبی رتبه‌بندی شده‌اند، شناخته شده است. در شکل ۲، معیارهای ارزیابی پایداری مصالح در این پژوهش نشان داده شده است.



شکل ۲ - معیارهای ارزیابی پایداری مصالح

نتایج و بحث

برای بررسی عوامل مد نظر در تحلیل چرخه عمر مصالح از نمونه آماری شامل ۱۰۰ نفر استفاده شده خلاصه نتایج مربوط به آمار توصیفی مسئله در جدول ۱ آورده شده است:

جدول ۱ - آمار توصیفی مسئله تحقیق

جنسیت	فراوانی	درصد	تحصیلات	فراوانی	درصد	سن (سال)	فراوانی	درصد	سنوات (سال)	فراوانی	درصد
مرد	۸۹	۸۹٪	کارشناسی	۳۶	۳۶٪	۲۵ الی ۳۵	۱۹	۱۹٪	کمتر از ۳	۹	۹٪
زن	۱۱	۱۱٪	کارشناسی ارشد	۴۸	۴۸٪	۳۵ الی ۴۵	۳۲	۳۲٪	۳ الی ۵	۲۶	۲۶٪
			دکتری و بالاتر	۱۶	۱۶٪	۴۵ الی ۵۵	۴۱	۴۱٪	۵ الی ۱۰	۴۷	۴۷٪
کل	۱۰۰	۱۰۰٪				بیش از ۵۵ سال	۸	۸٪	بیشتر از ۱۰ سال	۱۸	۱۸٪
			کل	۱۰۰	۱۰۰٪	کل	۱۰۰	۱۰۰٪	کل	۱۰۰	۱۰۰٪

بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها

برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها در این تحقیق از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف^۲ استفاده شد. این آزمون، یک آزمون آماری ناپارامتریک است که برای بررسی توزیع داده‌ها استفاده می‌شود. به بیان آماری، آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نوعی آزمون نیکوئی برازش برای مقایسه یک توزیع نظری با توزیع مشاهده شده است. هنگام بررسی نرمال بودن داده‌ها ما فرض صفر مبتنی بر اینکه توزیع داده‌ها نرمال است را در سطح

خطای ۵٪ تست شد. بنابراین اگر آماره آزمون بزرگتر مساوی ۰/۰۵ بدست آید، در این صورت دلیلی برای رد فرض صفر مبتنی بر اینکه داده نرمال است، وجود نخواهد داشت. به عبارت دیگر توزیع داده‌ها نرمال خواهد بود. برای آزمون نرمالیت فرض‌های آماری به صورت زیر تنظیم می‌شود:

H0: داده‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کنند.

H1: داده‌ها از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند.

در جدول ۲ خلاصه نتایج مربوط به این آزمون آورده شده است:

جدول ۱ - نتایج مربوط به آزمون کولموگروف اسمیرنوف

متغیر مورد بررسی	آماره آزمون	معناداری آزمون	نتیجه آزمون
معیارهای زیست محیطی	۰/۴۱۴	۰/۲۶	توزیع نرمال داده‌ها
معیارهای فنی	۰/۲۹۷	۰/۰۹۸	توزیع نرمال داده‌ها
معیارهای اقتصادی	۰/۱۱۶	۰/۱۱	توزیع نرمال داده‌ها
معیارهای اجتماعی	۰/۲۹۷	۰/۰۹۸	توزیع نرمال داده‌ها

بررسی فرضیات تحقیق

با توجه به تایید نرمال بودن توزیع داده‌ها امکان استفاده از آزمون‌های پارامتریک برای مسئله فراهم شد در نتیجه به کمک

آزمون t فرضیات مسئله بررسی شد که نتایج آن برای فرضیات تحقیق در جدول ۳ الی ۵ آورده شده است:
فرضیه اول: بخش عمده ای از اتلاف بیش از حد انرژی در بخش ساختمان به دلیل کاربرد نامتناسب مصالح می‌باشد.

جدول ۲ - نتیجه آزمون لون (Levenes Test) و t برای فرضیه اول

معیارها	فرض واریانس	F	Sig (سطح معناداری)	t	آزمون تی (t) برای برابری میانگین‌ها
زیست محیطی	با فرض برابری واریانس‌ها	۳۰/۸۴۶	۰/۰۰	۵/۱۲۶	۰/۰۰۱
فنی	با فرض برابری واریانس‌ها	۸/۷۴۳	۰/۰۲۴	۱/۹۶۵	۰/۰۰۲
اقتصادی	با فرض برابری واریانس‌ها	۵/۶۷۸	۰/۰۰۵	۳/۶۷۴	۰/۰۰
اجتماعی	با فرض برابری واریانس‌ها	۳/۴۱۵	۰/۰۱۳	۱/۸۱۹	۰/۰۴۱

بر اساس جدول ۳ چون Sig مربوط به آزمون لون^۸ در تمامی معیارها با فرض برابری واریانس‌ها، کمتر از ۵٪ می‌باشد، بنابراین فرض برابری واریانس‌ها پذیرفته می‌شود و فرض تحقیق تأیید می‌گردد.

به عبارت دیگر به کارگیری مصالح مناسب سبب کاهش مصرف انرژی در ساختمان می‌گردد.

فرضیه دوم: استفاده از اطلاعات استاندارد در خصوص مصالح قابل بازیافت نقش کلیدی در چرخه عمر آن‌ها ایفا می‌کند.

جدول ۳ - نتیجه آزمون لون و t برای فرضیه دوم

معیارها	فرض واریانس	F	Sig (سطح معناداری)	t	آزمون تی (t) برای برابری میانگین‌ها
زیست محیطی	با فرض برابری واریانس‌ها	۲/۵۸۷	۰/۴۴۱	۱/۴۶۱	۰/۰۵۷
فنی	با فرض برابری واریانس‌ها	۱/۰۹۸	۰/۷۶۵	۲/۲۳۸	۰/۲۰۱
اقتصادی	با فرض برابری واریانس‌ها	۱/۴۲۳	۰/۶۵۸	۲/۷۳۱	۰/۱۱۶
اجتماعی	با فرض برابری واریانس‌ها	۰/۸۹۱	۰/۶۰۹	۱/۶۳۷	۰/۱۰۹

بر اساس جدول ۴ چون Sig مربوط به آزمون لون در تمامی معیارها با فرض برابری واریانس‌ها، بیشتر از ۵٪ می‌باشد، بنابراین فرض برابری واریانس‌ها پذیرفته می‌شود و فرض تحقیق رد می‌گردد. به عبارت دیگر استفاده از اطلاعات استاندارد در خصوص مصالح قابل بازیافت نقش چندانی در چرخه عمر آنها ایفا نمی‌کند.

فرضیه سوم: جایگزین‌های تجدیدپذیر به میزان قابل توجهی از اتلاف انرژی جلوگیری کرده و از نظر زیست‌محیطی وضعیت مطلوب‌تری نسبت به سوخت‌های فسیلی دارند.

جدول ۵ - نتیجه آزمون لون و t برای فرضیه سوم

معیارها	فرض واریانس	F	Sig سطح معناداری	t	آزمون تی (t) برای برابری میانگین‌ها
زیست محیطی	با فرض برابری واریانس‌ها	۳/۴۳۶	۰/۰۱۷	۳/۶۷۱	۰/۰۰۳
فنی	با فرض برابری واریانس‌ها	۲/۸۹۱	۰/۰۰۹	۲/۴۶۹	۰/۰۰۱
اقتصادی	با فرض برابری واریانس‌ها	۲/۱۱۲	۰/۰۰۳	۴/۰۱۲	۰/۰۰۳
اجتماعی	با فرض برابری واریانس‌ها	۱/۰۱۹	۰/۰۳۴	۱/۶۸۱	۰/۰۱۳

بر اساس جدول ۵ چون Sig مربوط به آزمون لون در تمامی معیارها با فرض برابری واریانس‌ها، کمتر از ۵٪ می‌باشد، بنابراین فرض برابری واریانس‌ها پذیرفته می‌شود و فرض تحقیق تأیید می‌گردد. به عبارت دیگر جایگزین‌های تجدیدپذیر به میزان قابل توجهی از اتلاف انرژی جلوگیری کرده و از نظر زیست‌محیطی وضعیت مطلوب‌تری نسبت به سوخت‌های فسیلی دارند.

۸- Levene's Test

تعیین اولویت معیارهای اصلی بر اساس هدف

برای انجام تحلیل سلسله‌مراتبی نخست معیارهای اصلی بر اساس هدف به صورت زوجی مقایسه شده‌اند. تکنیک AHP، یک تکنیک رتبه‌بندی است و رتبه‌بندی در این تکنیک براساس مقایسه‌های زوجی صورت می‌گیرد.

در این پژوهش ۴ معیار اصلی وجود دارد که شامل موارد زیر است:

۱- معیارهای زیست‌محیطی

۲- معیارهای فنی

۳- معیارهای اقتصادی

۴- معیارهای اجتماعی

ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فوق در جدول ۶ نشان داده شده است. برای تشکیل ماتریس زوجی معیارها، داده‌های حاصل از پرسش‌نامه را در نرم افزار Expert Choice وارد نموده و اوزان معیارهای اصلی را تعیین نموده و پس از تعیین معیارهای اصلی به رتبه‌بندی زیر معیارهای موجود پرداخته شد (شکل ۳).

جدول ۴ - ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی

معیارها	زیست محیطی	فنی	اقتصادی	اجتماعی
زیست محیطی	۱	۱/۳۴۵	۱/۶۳۱	۱/۸۸۷
فنی	۰/۸۱۶	۱	۴/۲۳۰	۱/۲۴۶
اقتصادی	۰/۷۴۵	۲/۱۰۲	۱	۰/۸۸۸
اجتماعی	۰/۵۳۰	۱/۲۱۷	۳/۲۱۴	۱

Priorities with respect to:
Goal: Life cycle of building materials



Inconsistency = 0.05
with 0 missing judgments.

شکل ۱ - اوزان معیارهای اصلی

آمد که چون کوچکتر از ۰/۱ می‌باشد، بنابراین می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اطمینان کرد.

رتبه‌بندی معیارها و زیرمعیارهای و تعیین اوزان نهایی آنها
مراحل محاسبات و تعیین وزن معیارها و زیرمعیارها، اوزان نهایی زیرمعیارها با ضرب وزن نسبی آن زیرمعیار در همان خوشه حاصل می‌گردد. نتایج حاصل از رتبه‌بندی معیارها و زیرمعیارهای پژوهش در جدول ۷ ارائه شده است.

پس از ورود داده‌ها در نرم‌افزار Expert Choice، معیار زیست‌محیطی با وزن نرمال شده ۰/۳۹۸ در اولویت اول، معیار اقتصادی با وزن نرمال شده ۰/۲۶۴ در اولویت دوم، معیار فنی با وزن نرمال شده ۰/۲۰۳ در اولویت سوم و در نهایت معیار اجتماعی با وزن نرمال شده ۰/۱۳۵ در اولویت آخر قرار می‌گیرد. همچنین نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده نیز برابر ۰/۰۵ به دست

جدول ۵ - رتبه بندی معیارها و زیرمعیارها و تعیین اوزان نهایی آنها

رتبه	وزن نهایی زیر معیار	وزن زیرمعیار در خوشه	زیرمعیار	وزن معیار	معیار
۳	۰/۰۸۹	۰/۲۲۳	پتانسیل بازیافت مصالح		
۴	۰/۰۸۳	۰/۲۰۹	استفاده از مواد خام تجدیدپذیر		
۵	۰/۰۷۱	۰/۱۷۸	پتانسیل استفاده مجدد از مصالح		
۹	۰/۰۵۶	۰/۱۴۱	میزان ضایعات در حین ساخت و ساز	۰/۳۹۸	زیست محیطی
۱۴	۰/۰۴۰	۰/۱۰۲	مصرف انرژی پنهان در کل چرخه عمر		
۱۵	۰/۰۳۴	۰/۰۸۶	مصرف آب در کل چرخه عمر		
۱۶	۰/۰۲۴	۰/۰۶۱	انتشار معادل CO ₂ در کل چرخه عمر		
۱	۰/۱۱۰	۰/۴۱۶	هزینه اولیه (شامل هزینه تامین مصالح، حمل و نصب)		
۲	۰/۰۹۰	۰/۳۴۴	هزینه تعمیر، نگهداری و تعویض	۰/۲۶۴	اقتصادی
۸	۰/۰۶۳	۰/۲۴۰	هزینه تخریب و دفع در پایان عمر ساختمان		
۷	۰/۰۶۳	۰/۲۹۸	عمر مفید		
۱۰	۰/۰۵۰	۰/۲۴۴	مقاومت در برابر پوسیدگی، خوردگی، فرسایش و غیره	۰/۲۰۳	فنی
۱۱	۰/۰۴۷	۰/۲۳۲	ضریب هدایت حرارتی		
۱۲	۰/۰۴۶	۰/۲۲۷	مقاومت در برابر آتش		
۶	۰/۰۷۰	۰/۵۱۷	سازگاری با معماری اقلیمی و شهری		
۱۳	۰/۰۴۴	۰/۳۳۱	بوم آورد بودن	۰/۱۳۵	اجتماعی
۱۷	۰/۰۲۰	۰/۱۵۲	زیبا شناختی		

با توجه به جدول ۷ اوزان نهایی زیر معیارها و هم‌چنین رتبه‌بندی آن‌ها به‌صورت زیر تعیین گردید. زیرمعیار هزینه اولیه (شامل هزینه تامین مصالح، حمل و نصب) با وزن نهایی ۰/۱۱ در رتبه اول، زیرمعیار هزینه تعمیر، نگهداری و تعویض با وزن نهایی ۰/۰۹ در رتبه دوم، زیرمعیار پتانسیل بازیافت مصالح با وزن نهایی ۰/۰۸۹ در رتبه سوم، زیرمعیار استفاده از مواد خام تجدیدپذیر با وزن نهایی ۰/۰۸۳ در رتبه چهارم، زیرمعیار پتانسیل استفاده مجدد از مصالح با وزن نهایی ۰/۰۷۱ در رتبه پنجم، زیرمعیار سازگاری با معماری اقلیمی و شهری با وزن نهایی ۰/۰۷ در رتبه ششم، زیرمعیار عمر مفید با وزن نهایی ۰/۰۶۳ در رتبه هفتم، زیرمعیار هزینه تخریب و دفع در پایان عمر ساختمان با وزن نهایی ۰/۰۶۳ در رتبه هشتم، زیرمعیار میزان ضایعات در حین ساخت و ساز با وزن نهایی ۰/۰۵۶

در رتبه نهم، زیرمعیار مقاومت در برابر پوسیدگی، خوردگی، فرسایش و غیره با وزن نهایی ۰/۰۵ در رتبه دهم، زیرمعیار ضریب هدایت حرارتی با وزن نهایی ۰/۰۴۷ در رتبه یازدهم، زیرمعیار مقاومت در برابر آتش با وزن نهایی ۰/۰۴۶ در رتبه دوازدهم، زیرمعیار بوم آورد بودن با وزن نهایی ۰/۰۴۴ در رتبه سیزدهم، زیرمعیار مصرف انرژی پنهان در کل چرخه عمر با وزن نهایی ۰/۰۴ در رتبه چهاردهم، زیرمعیار مصرف آب در کل چرخه عمر با وزن نهایی ۰/۰۳۴ در رتبه پانزدهم، زیرمعیار انتشار معادل CO₂ در کل چرخه عمر با وزن نهایی ۰/۰۲۴ در رتبه شانزدهم و زیرمعیار زیباشناختی با وزن نهایی ۰/۰۲ در رتبه هفدهم می‌باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

همانطور که ملاحظه می‌شود، معیار زیست‌محیطی به‌عنوان مهم‌ترین عامل از نظر کارشناسان انتخاب شده است. تولید مصالح و احداث ساختمان در سال‌های اخیر، انرژی بسیار زیادی را به خود

اختصاص داده و به آلودگی‌های زیست‌محیطی فراوانی نیز منجر شده است. انتشار گرد و غبار ناشی از عملیات ساختمانی در مناطق مختلف، پخش آلودگی‌های شیمیایی ناشی از تولید مصالح

انتخاب مناسب‌ترین مصالح ساختمانی در طرح‌های مختلف ساخت مسکن، باید مقایسه‌ای توسط کارشناسان مربوط بین خواص مصالح انجام شود. لذا سازمان‌هایی مانند نظام مهندسی و معاونت‌های فنی و مهندسی شهرداری می‌بایست با برگزاری سمینارها و کلاس‌های آموزشی، تلاش نمایند نحوه به‌کارگیری این نوع مصالح را در ساختمان در جامعه مهندسی ترویج دهند.

در بخش اجتماعی نیز می‌توان دریافت که استفاده از مصالح بومی هر منطقه در امر ساختمان‌سازی موجب کاهش خطرات زیست‌محیطی ساخت‌وساز می‌شود. توجه به شرایط و معماری بومی و استفاده از مصالح بومی می‌تواند راهکاری کارآمد برای طراحی ساختمان‌هایی با کارایی بالا و حداقل آسیب زیست‌محیطی باشد. احیای دانش بومی و ترکیب آن با فناوری‌های مدرن، نه تنها به حفظ هویت فرهنگی کمک می‌کند، بلکه تأثیرات زیست‌محیطی معماری را نیز کاهش می‌دهد. سیاست‌گذاران، معماران، و جامعه باید با همکاری یکدیگر به سمت توسعه معماری بومی و استفاده از مصالح پایدار حرکت کنند تا به‌طور هم‌زمان به اهداف اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی دست یابند.

با توجه به اولویت‌های پایداری در ایران، ارائه رویکردی به منظور بهینه‌سازی مصرف آب در مراحل مختلف چرخه عمر ساختمان و به‌خصوص مرحله عملیاتی برای رسیدن به یک راه‌حل پایداری در طراحی ساختمان، کمک بسیاری خواهد کرد. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و اقتصادی چرخه عمر پروژه و ادغام ارزیابی چرخه عمر با مدل‌سازی اطلاعات ساختمان نیز از دیگر راهکارهایی است که می‌تواند به بهبود چرخه عمر مصالح کمک کند. تدوین سند و استاندارد جامع ارزیابی ساختمان با توجه به ابزارهای بین‌المللی ارزیابی ساختمان‌های پایدار، با در نظر گرفتن چرخه عمر و مسائل مربوط به پایداری اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی در مورد ساختمان‌های مسکونی ایران نیز از دیگر مواردی است که سبب ارتقاء وضعیت چرخه عمر مصالح و بهبود وضعیت زیست‌محیطی آن می‌شود.

ساختمانی، آلودگی‌های گازی و ذرات معلق پخش شده در هوا که ناشی از حمل‌ونقل مصالح ساختمانی به محل‌های مورد نظر است و نیز تولید زباله‌های ساختمانی از جمله موارد عمده آلودگی‌های زیست‌محیطی تحت تأثیر صنعت ساختمان می‌باشد. مصالح ساختمانی سازگار با محیط‌زیست یکی از مواردی است که باعث افزایش بهره‌وری انرژی مصرفی شده و تأثیرگذاری کم‌تری بر رفاه انسان و محیط‌زیست دارد. درخصوص معیارهای اقتصادی استفاده از مصالح نوین ساختمانی به‌عنوان یک راهکار کلیدی مطرح می‌شود که می‌تواند به‌طور قابل توجهی هزینه‌های پروژه‌های ساختمانی را کاهش دهد. با پیشرفت تکنولوژی، مصالح نوین با ویژگی‌های منحصر به فردی مانند وزن سبک‌تر، مقاومت بیشتر، عایق‌بندی بهتر و سرعت نصب بالاتر به بازار عرضه شده‌اند. استفاده از مصالح نوین نه تنها به کاهش هزینه‌های مستقیم ساخت‌وساز کمک می‌کند، بلکه مزایای دیگری نیز به همراه دارد. این مزایا شامل کاهش زمان ساخت، کاهش مصرف انرژی در طول عمر ساختمان، کاهش ضایعات مصالح و افزایش کیفیت و دوام ساختمان می‌شود. به همین دلیل، شناخت و استفاده از مصالح نوین برای فعالان صنعت ساختمان امری ضروری به نظر می‌رسد. استفاده از مصالح نوین در ساخت‌وساز، اگرچه مزایای بسیاری به همراه دارد، نیازمند توجه به نکات مهمی است تا بتوان از این مزایا به‌طور کامل بهره‌مند شد. این نکات شامل مواردی از قبیل بررسی دقیق مشخصات و ویژگی‌های مصالح نوین، مطابقت با استانداردهای ملی و بین‌المللی، آموزش و تربیت نیروی کار متخصص جهت استفاده صحیح از این مصالح، بررسی سازگاری مصالح نوین با سایر مصالح ساختمانی برنامه‌ریزی دقیق و مدیریت پروژه، توجه به شرایط آب‌وهوایی و محیطی، بررسی هزینه‌های چرخه عمر مصالح و در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی می‌باشد.

در بخش معیار فنی، مقاومت ساختمان ساخته شده با مصالح تجدیدپذیر در برابر زلزله، خوردگی و دوام مصالح و نیاز به دانش و تجربه کافی درخصوص آشنایی با مصالح نوین و همچنین نحوه به‌کارگیری آن‌ها در ساختمان دارد. برای تصمیم‌گیری در مورد

Reference

1. Zhukovskiy, Y. L., Batueva, D. E., Buldysko, A. D., Gil, B., & Starshaia, V. V. (2021). Fossil energy in the framework of sustainable development: analysis of prospects and development of forecast scenarios. *Energies*, 14(17), 5268.
2. Bilgili, F., & Bağıltaş, H. H. (2022). The dynamic analysis of renewable energy's contribution to the dimensions of sustainable development and energy security. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(50), 75730-75743.
3. Barbhuiya, S., & Das, B. B. (2023). Life Cycle Assessment of construction materials: Methodologies, applications and future directions for sustainable decision-making. *Case Studies in Construction Materials*, 19, e02326.
4. Fathollahi, A., & Coupe, S. J. (2021). Life cycle assessment (LCA) and life cycle costing (LCC) of road drainage systems for sustainability evaluation: Quantifying the contribution of different life cycle phases. *Science of the Total Environment*, 776, 145937.
5. Younis, A., & Doodoo, A. (2022). Cross-laminated timber for building construction: A life-cycle-assessment overview. *Journal of Building Engineering*, 52, 104482.
6. Idzikowski, A., & Walichnowska, P. (2022). The management of the technological process of a product on the example a shrink film in the aspect life cycle assessment. *System Safety: Human-Technical Facility-Environment*, 4(1), 1-9.
7. Krexner, T., Obriejetan, M., Bauer, A., & Kral, I. (2025). Comparative environmental life cycle assessment of urban green spaces and design elements—A case study in Vienna. *Landscape and Urban Planning*, 259, 105363.
8. Cays, J., & Cays, J. (2021). life cycle assessment. *An Environmental Life Cycle Approach to Design: LCA for Designers and the Design Market*, 79-101.
9. Hunt, R. G., Sellers, J. D., & Franklin, W. E. (1992). Resource and environmental profile analysis: A life cycle environmental assessment for products and procedures. *Environmental Impact Assessment Review*, 12(3), 245-269.
10. Finkbeiner, M. (2014). The international standards as the constitution of life cycle assessment: the ISO 14040 series and its offspring. *Background and future prospects in life cycle assessment*, 85-106.
11. Verones, F., Bare, J., Bulle, C., Frischknecht, R., Hauschild, M., Hellweg, S., ... & Fantke, P. (2017). LCIA framework and cross-cutting issues guidance within the UNEP-SETAC Life Cycle Initiative. *Journal of cleaner production*, 161, 957-967.
12. Fnais, A., Rezgui, Y., Petri, I., Beach, T., Yeung, J., Ghoroghi, A., & Kubicki, S. (2022). The application of life cycle assessment in buildings: challenges, and directions for future research. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 27(5), 627-654.
13. Gibon, T., Arvesen, A., & Hertwich, E. G. (2017). Life cycle assessment demonstrates environmental co-benefits and trade-offs of low-carbon electricity supply options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 1283-1290.
14. Klöpffer, W. (2012). The critical review of life cycle assessment studies according to ISO 14040 and 14044: origin, purpose and practical performance. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17, 1087-1093.
15. Finkbeiner, M. (2014). The international standards as the constitution of life cycle assessment: the ISO 14040 series and its offspring. *Background and future prospects in life cycle assessment*, 85-106.



Life Cycle Assessment Methods for Building Materials Using the Circular Assessment Framework and Renewable Alternatives

Mohammad Bahrami Kia

Master of Science in Civil Engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Mohammad Amir Sherafati*

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Alireza Vali Poor

Associate Professor, Department of Civil Engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Extended Abstract

Received: 28 Jan 2025

Accepted: 13 Mar 2025

Keywords: Life cycle of building materials, Circular Assessment Framework, Renewable alternatives

Introduction: Due to increasing environmental concerns, reducing energy consumption rates and the destructive environmental impacts in the construction industry, it has become one of the design and implementation priorities in the architecture, engineering and construction industries. Life cycle assessment of renewable energy sources is a key factor in the sustainable development of countries. Conducting life cycle assessment of renewable energy systems is based on the local conditions of these sources, therefore, an energy source cannot be a sustainable development option for all geographical areas due to changes in available resources, climate, environment, economic and social conditions, politics, etc. Therefore, life cycle assessment can be used as a tool to identify the possibility of sustainable development of different energy sources and different situations.

Materials and Methods: In this study, the life cycle of building materials was examined using a circular assessment framework and renewable alternatives. This study was conducted with the aim of investigating the factors affecting the life cycle of buildings. By reviewing the literature on the subject, the factors affecting the life cycle of materials were divided into four categories: environmental factors, economic factors, technical factors, and social factors. To investigate the factors considered in the life cycle analysis of materials, a statistical sample of 100 people was used and these factors were evaluated and measured using a questionnaire. The normality of the data distribution was examined using statistical analysis and the research hypotheses were examined using a t-test.

Results and Discussion: The results of this study showed that using appropriate materials reduces energy consumption in buildings and renewable alternatives significantly prevent energy waste, but the role of standard information about recyclable materials in their life cycle was not proven. Among the factors studied, the environmental factor with a weight of 0.398 was the most important, and the economic, technical and social factors were ranked next with weights of 0.264, 0.203 and 0.135, respectively.

Conclusion: Considering the sustainability priorities in Iran, presenting an approach to optimize water consumption in different stages of the building life cycle, especially the operational stage, will be of great help in achieving a sustainable solution in building design. Assessing the environmental and economic impacts of the project life cycle and integrating life cycle assessment with building information modeling are other solutions that can help improve the life cycle of materials. Developing a comprehensive building assessment document and standard, based on international sustainable building assessment tools, taking into account the life cycle and issues related to economic, environmental, and social sustainability in the case of residential buildings in Iran, are also other measures that will improve the life cycle of materials and improve their environmental status.

Corresponding author: Mohammad Amir Sherafati

Address: Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Shiraz

Tel: +989173870014

Email: MA.Sherafati@iau.ac.ir

Citation: Bahrami Kia M, Sherafati MA, Vali Poor A. Life Cycle Assessment Methods for Building Materials Using the Circular Assessment Framework and Renewable Alternatives. Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2025; 2(8): 53-63.



© 2024, This article published in Journal of New Researches in Environmental Engineering (JNREE) as an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>). Non-commercial use, distribution and reproduction of this article is permitted in any medium, provided the original work is properly cited.



آشکارسازی و سنجش از راه دور اهداف زمینی و زیست محیطی با استفاده از رادار روزنه ای مصنوعی (SAR) و یادگیری عمیق

گوهر ورامینی*

امین اسکندری

امین طوسی

گروه مهندسی برق، واحد بیضا، دانشگاه آزاد اسلامی، بیضا، ایران

گروه مهندسی کامپیوتر، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

گروه مهندسی کامپیوتر، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

چکیده مبسوط

مقدمه: فناوری تشخیص، شناسایی و آشکارسازی اشیا و محیط زیست یکی از پارامترهای بسیار مهم در علوم مهندسی و زیست محیطی به شمار می آید. هم چنین در زمینه یادگیری عمیق و حوزه های هوش مصنوعی دارای کاربرد بسیار گسترده ای است و نقش به سزایی در تشخیص، شناسایی و بازسازی تصاویر را بر عهده دارد. این فن آوری مقدمه ای برای بسیاری از پروژه ها و الگوریتم های این حوزه می باشد که در آن اشیا در تصاویر ماهواره ای و رادار شناسایی و از اطلاعات و داده های مزاد تفکیک شده و در مراحل بعد کلاس بندی و در نهایت مورد سنجش قرار می گیرند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۵

مواد و روش ها: روش شناسایی اهداف زمینی توسط رادار SAR با استفاده از یادگیری عمیق و شبکه های عصبی مصنوعی می باشد. در مرحله پیش پردازش، به منظور کاهش اثرات مخرب نویز و حفظ داده های اصلی، از فیلتر Lee به دلیل کارایی بهتر در بهبود کیفیت تصویر و حفظ بهتر لبه ها مورد استفاده قرار گرفته است و جداسازی داده های مزاد از تصاویر اصلی با استفاده از الگوریتم جداسازی کور سیگنال بهره گرفته است.

نتایج و بحث: در این پژوهش شرایط زیست محیطی گستره جغرافیایی از طریق سنجش از راه دور مورد بررسی قرار گرفته است و روش پیشنهادی به منظور طبقه بندی داده ها از شبکه ترکیبی یادگیری عمیق که نتایج آن با روش های مطرح شده در زمینه طبقه بندی اهداف مورد مقایسه قرار گرفته و در نهایت مشخص می گردد شبکه پیشنهادی از نظر دقت طبقه بندی با ۸۶/۳۱ درصد نسبت به دیگر شبکه های بررسی شده با دقت و ضریب اطمینان بالاتری قابل بررسی و پیاده سازی است. در نهایت با استفاده از الگوریتم های YOLO و RCNN به بررسی نتایج حاصل از تشخیص و شناسایی اهداف زمینی پرداخته شده که الگوریتم RCNN با دقت بالاتری در تشخیص و شناسایی تصاویر نویز دایی شده است.

واژه های کلیدی: رادار روزنه ای

مصنوعی (SAR)، یادگیری

عمیق، هوش مصنوعی، سنجش از راه دور

نتیجه گیری: در نهایت عملکرد و ضریب اطمینان بهتر مدل پیشنهادی نسبت به الگوریتم YOLO و بهینه سازی تصاویر با دقت بیشتر و خطای بسیار کمی قابل پیاده سازی است. عملکرد بسیار مطلوب و با ضریب اطمینان بالایی در کاهش اثرات مخرب و کارایی بهتر سیستم را ایجاد و تامین خواهد کرد.

نویسنده مسئول: گوهر ورامینی

نشانی: گروه مهندسی برق، واحد بیضا، دانشگاه آزاد اسلامی، بیضا، ایران | تلفن: ۰۹۱۷۷۰۰۱۰۴۴ | پست الکترونیکی: Gohar.Varamini@iau.ac.ir

استاد: ورامینی گوهر، اسکندری امین، طوسی امین. آشکارسازی و سنجش از راه دور اهداف زمینی و زیست محیطی با استفاده از رادار روزنه ای مصنوعی (SAR) و یادگیری عمیق.

پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست، ۱۴۰۳؛ ۲(۸): ۶۴-۷۴

حقوق نویسندگان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد و تحت مجوز مالکیت خلاقانه 4.0 http://creativecommons.org/licenses/by/4.0 در فصلنامه پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست منتشر شده است. هرگونه استفاده غیر تجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.



مقدمه

رادارهای روزنه مصنوعی^۱ (SAR) که برای امور نقشه‌برداری و تصویربرداری از سطح زمین و در موارد سنجش از راه دور مورد استفاده و بسیار کاربردی می‌باشد و در شناسایی، آشکارسازی و تشخیص اهداف نظامی و غیرنظامی کاربرد دارد. امواج رادیویی رادار در تعداد دفعات بالا با سرعت اسکن زیاد به سطح موردنظر تابیده شده و پس از بازگشت تصویری دوبعدی از سطح مورد نظر را ارسال می‌کنند. کاربرد اصلی این فن‌آوری در امور نظامی و صنعتی به‌منظور تهیه نقشه از مناطق مختلف است، به‌گونه‌ای که در جدیدترین مدل‌های موجود SAR قابلیت تهیه تصاویری با قدرت تفکیک ۱۰ سانتی‌متر وجود دارد. سیگنال‌هایی که توسط سیستم‌های ماهواره‌ای SAR منتشر می‌شود، یک‌سری از پالس‌های میکروویو می‌باشد که کسری از این پالس‌های ارسالی به سمت هدف زمینی، به سمت سنجنده برگشته و به‌صورت یک‌سری تاخیرات زمانی ذخیره می‌شود. متعاقب آن داده‌های مربوط به تاخیرات زمانی، پردازش شده و تبدیل به تصاویر با قابلیت پردازش، آشکارسازی و پردازش می‌باشند. این پردازش‌ها شامل پردازش‌های سیگنال، تصحیحات هندسی و تصحیحات رادیومتریک می‌باشد. تصویربرداری SAR می‌تواند در سه مد مختلف صورت گیرد. این مدهای تصویربرداری به سه دسته اصلی Map Strip، Spotlight و SAR Scan تقسیم می‌شوند. در چند دهه گذشته، رشد فراوان هوش مصنوعی به‌عنوان یک ابزار نیرومند و کارآمد ارتباطی بین انسان و ماشین به‌شمار می‌آید. یادگیری عمیق^۲، زیر مجموعه‌ای از مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی^۳ در حوزه یادگیری ماشین^۴ محسوب می‌شود. بنابراین، مدل‌های یادگیری عمیق که از لایه‌های متعدد و چندگانه برای استخراج تدریجی (ویژگی‌های سطح بالا^۵) از داده‌های خام ورودی استفاده و بهره‌برداری قرار می‌گیرند. یادگیری عمیق به‌دلیل توانایی مدیریت زیاد داده‌ها ثابت شده است که ابزاری بسیار قدرتمند است و یکی از محبوب‌ترین شبکه‌های عصبی عمیق^۶، شبکه‌های عصبی کانولوشن^۷ (CNN) است که

کلاس خاصی از شبکه‌های عصبی مصنوعی در هوش مصنوعی است. این شبکه‌ها مشابه شبکه‌های عصبی سنتی، دارای لایه ورودی، لایه پنهان و لایه خروجی هستند. تعداد لایه‌های این شبکه را می‌توان افزایش داد و بر چالش‌های ناشی از افزایش لایه‌ها غلبه کرد. رافعی و همکاران (۲۰۲۱) به‌کارگیری مدل‌های عددی برای تحلیل نیروهای امواج و تأثیرات آن‌ها را مورد بررسی قرار دادند. میشر و همکاران (۲۰۲۲) به محدودیت‌های روش‌های سنتی تحلیل و نیاز به استفاده از داده‌های بزرگ و پیشرفته تأکید کرده‌اند. چانگ و همکاران (۲۰۲۱) تأثیرات دما و حرارت بر ویژگی‌های عملکرد و تحلیل‌های داده‌ای را مورد بررسی قرار داده‌اند. در زمینه هوش مصنوعی، چن و همکاران (۲۰۱۹) به کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی ویژگی‌های خروجی سیستم پرداخته‌اند و نتایج نشان‌دهنده دقت بالاتر این روش‌ها نسبت به مدل‌های سنتی است. لی و همکاران (۲۰۲۱) نیز به بررسی استفاده از یادگیری عمیق برای مدل‌سازی آن‌ها پرداخته و نتایج این تحقیق نشان‌دهنده توانمندی بالای تکنیک‌های یادگیری عمیق در این زمینه است. فناوری تشخیص و شناسایی اشیاء^۸ یکی از حوزه‌های هوش مصنوعی است که به تشخیص و شناسایی اشیاء در تصاویر می‌پردازد. در این پژوهش در ادامه مبانی نظری و روش انجام پژوهش مورد بررسی قرار خواهد گرفت. سپس عملکرد رادارهای تصویربرداری SAR و معرفی داده‌های^۹ MSTAR، در خصوص کاهش اثر نویز نقطه‌ای^{۱۰} با استفاده از برخی از مهم‌ترین فیلترهای متداول حوزه مکان و ساختار شبکه عصبی CNN و الگوریتم ژنتیک و نحوه عملکرد آن‌ها، روش‌های تشخیص و شناسایی اهداف از قبیل YOLO^{۱۱} و RCNN^{۱۲} و ساختار آن‌ها مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در نهایت پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج حاصل از اعمال فیلترها بر روی تصاویر نویزی MSTAR به بررسی نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از یادگیری عمیق و الگوریتم‌های تشخیص و شناسایی اهداف YOLO و RCNN بر

۱- Synthetic Aperture Radar

۲- Deep Learning

۳- Artificial Neural Networks

۴- Machine Learning

۵- High-Level Features

۶- Deep Neural Network

۷- Convolutional Neural Network

۸- Object Detection

۹- Moving and Stationary Target Acquisition Recognition

۱۰- Speckle Noise

۱۱- You Only Look Once

۱۲- Region-based Convolutional Neural Network

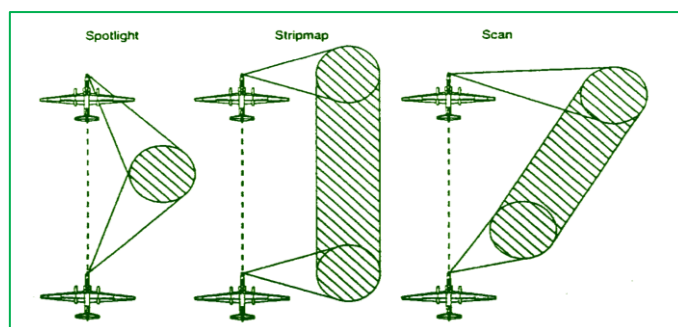
بهینه‌سازی و کاهش خطا و در نهایت افزایش دقت و ضریب اطمینان مطرح و مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

روی داده‌های استخراج شده از پایگاه داده‌های حاصل از رادار و سنجش از راه دور مورد بررسی و تحلیل قرار خواهد گرفت و توانایی مدل پیشنهادی نسبت به الگوریتم‌های مشابه در زمینه

مواد و روش‌ها

رادار SAR یک سامانه رادیویی است که به منظور آشکارسازی، تشخیص و تعیین موقعیت هدف یا شناسایی اجسام و اندازه‌گیری ویژگی آن‌ها به کمک امواج رادیویی به کار می‌رود (یو و همکاران ۲۰۱۸). رادارها به طور کلی به دو دسته روزنه واقعی و روزنه مصنوعی تقسیم می‌شوند. یک رادار روزنه واقعی به تفکیک‌پذیری ارائه شده توسط پرتو آنتن در جهت ردیابی مسیر تصویربرداری وابسته است (توا و همکاران ۲۰۱۴). قدرت تفکیک یک رادار روزنه واقعی در مسیر طولی، با اندازه آنتن و برد آن تعیین می‌شود. در فن‌آوری روزنه مصنوعی، قدرت تفکیک رادار، مستقل از ابعاد آنتن است.

رادار SAR یک سامانه تصویربرداری سنجش از راه دور می‌باشد که با نصب بر روی هواپیما، ماهواره و یا هواپیمای بدون سرنشین اقدام به تصویربرداری با کیفیت بالا از صحنه موردنظر می‌کند. این سامانه به دلیل استفاده از امواج مایکروویو، بدون در نظر گرفتن شرایط آب‌وهوایی و نور محیط قادر به تصویربرداری می‌باشد که این کارایی مزیت اصلی این سامانه تصویربرداری نسبت به سامانه‌های تصویربرداری نوری می‌باشد (بولیان و همکاران ۲۰۱۹).



شکل ۱ - سه حالت کاری رادارهای SAR

سطح زمین و سطح دریاها با استفاده از تصاویر اخذ شده از فراز آنها، با استفاده از بخش‌هایی از طیف الکترومغناطیس که از سطح زمین تابیده یا بازتابیده شده‌اند. همان‌طور که در بالا نیز شرح داده شد، سنجش از دور از انرژی الکترومغناطیسی بهره می‌گیرد. قوی‌ترین منبع تولیدکننده این انرژی، خورشید است که انرژی الکترومغناطیس را در تمام طول موج‌ها تابش می‌کند. سهم بازتاب شده و سهم جذب شده انرژی الکترومغناطیس برای مواد گوناگون متفاوت است. با اندازه‌گیری مقدار انرژی الکترومغناطیس بازتابی یا تابش شده و مقایسه آن با منحنی‌های بازتاب طیفی موادی معین، می‌توان اطلاعاتی را از سطح خشکی‌ها و سطح دریاها به دست آورد. یادگیری عمیق زیرشاخه‌ای از یادگیری ماشین است که از لایه‌های متعدد تبدیلات خطی به منظور پردازش سیگنال‌های حسی مانند صدا و تصویر استفاده می‌کند. ماشین در این روش هر مفهوم پیچیده را به مفاهیم ساده‌تری تقسیم می‌کند، و با ادامه این روند به مفاهیم پایه‌ای می‌رسد که

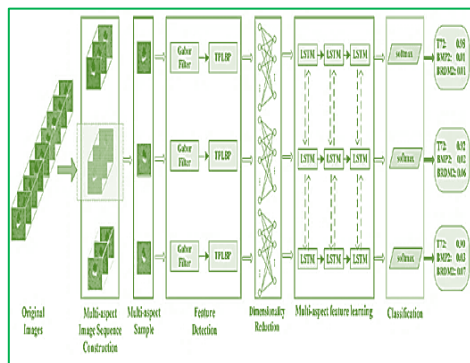
قابلیت ایجاد تصویر از منطقه تحت پایش در تمام ساعات شبانه‌روز و تمام شرایط جوی حتی از پشت ابر و گرد و خاک از ویژگی‌های این رادار است. همچنین امکان شناسایی اشیای فلزی از پشت پوشش‌های استتار نیز برای این رادارها مقدور است درحالی‌که دوربین‌های تصویربرداری مرسوم در سامانه‌های شناسایی به صورت ذاتی فاقد قابلیت‌های مذکور هستند. میزان تفکیک‌پذیری در رادارهای سار در صورت استفاده از منبع توان با قدرت کافی از ارتفاع استقرار رادار مستقل می‌شود.

سنجش از دور شامل اندازه‌گیری و ثبت انرژی بازتابی از سطح زمین و جو پیرامون آن از یک نقطه مناسب بالاتر از سطح زمین است. پرتوهای بازتابی که از نوع امواج الکترومغناطیس هستند، می‌توانند دارای منابع گوناگونی همانند پرتوهای خورشیدی، پرتوهای حرارتی اجسام یا حتی پرتوهای مصنوعی باشند. کمپیل با سعی در بیان کلی از سنجش از دور، این مقوله را چنین تعریف می‌کند: سنجش از دور عبارت است از به دست آوردن اطلاعات از

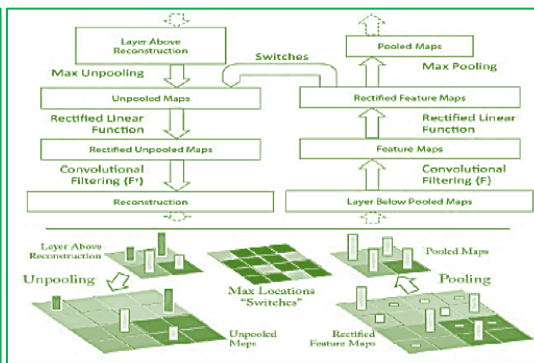
باشند. درست مانند روش‌های یادگیری عمیق بر مبنای DNN که روش‌های بسیار پیشرفته قبلی در تشخیص گفتار را در یک‌سری از کارهای معیار از جمله تشخیص آوا، تشخیص گفتار با واژگان بزرگ، تشخیص گفتار با نویز قوی و تشخیص گفتار چندزبانه انجام داده‌اند، روش‌های یادگیری عمیق مبتنی بر CNN همین قابلیت را در یک مجموعه از کارهای معیار بینایی رایانه‌ای از جمله تشخیص دسته و سطح شی، تشخیص جسم و تقسیم‌بندی معنایی نشان داده‌اند. مدل‌های عمیق با ساختار کانولوشن از جمله CNN‌ها در بینایی رایانه‌ای و تشخیص تصویر از دهه ۹۰ کاربرد موثری داشته‌اند. از شبکه عصبی به‌منظور بازسازی و استخراج ویژگی با استفاده از چند روش آماری در جهت کلاس‌بندی و طبقه‌بندی استفاده شده است. از روش پنهان مارکوف نیز در جهت ایجاد مدل مطلوب بهره گرفته شده است. بخش طبقه‌بندی دارای دو مرحله است: در مرحله اول که بر اساس مدل مارکوف امتیاز تطابق احتمالاتی لگاریتمی محاسبه می‌شود. (زیلر و فرگوس ۲۰۲۰) تحقیقی را برای بررسی این موضوع انجام و روش تجسم جدیدی در سنجش از راه دور ارایه داده‌اند که درباره عملکرد لایه‌های ویژگی میانی CNN عمیق آگاهی می‌دهد. این روش هم‌چنین بر عملکرد شبکه کامل که به‌عنوان یک طبقه‌بند عمل می‌کند، سایه می‌افکند. روش تجسم بر اساس یک شبکه کانولوشن است که فعالیت‌های عصبی را در لایه‌های میانی شبکه کانولوشن اصلی در پشت فضای پیکسل ورودی نقشه‌برداری می‌کند. این امر به محققان امکان بررسی این موضوع را می‌دهد که کدام الگوی ورودی در واقع باعث یک فعالیت معین در نقشه‌های خصیصه می‌شود. در ادامه شکل مورد نظر نحوه اتصال یک شبکه کانولوشن به هریک از لایه‌هایش و در نتیجه ایجاد یک حلقه بسته پشت پیکسل‌های تصویر به‌عنوان ورودی به CNN اصلی را نمایش می‌دهد.

قادر به تصمیم‌گیری برای آن‌ها است و بدین ترتیب نیازی به نظارت کامل انسان برای مشخص کردن اطلاعات لازم ماشین در هر لحظه نیست. موضوعی که در یادگیری عمیق اهمیت زیادی دارد، نحوه ارائه اطلاعات است. ارائه دادن اطلاعات به ماشین باید به شیوه‌ای باشد که ماشین در کم‌ترین زمان اطلاعات کلیدی را که می‌تواند به استناد به آن‌ها تصمیم بگیرد را دریافت کند. هنگام طراحی الگوریتم‌های یادگیری عمیق می‌بایست به عوامل دگرگونی که اطلاعات مشاهده شده را توضیح می‌دهند توجه کنیم، این عوامل معمولاً عوامل قابل مشاهده‌ای نیستند بلکه عواملی هستند که بر روی دسته قابل مشاهده تأثیرگذار بوده یا زاده ساختارهای ذهنی انسان برای ساده‌تر کردن مسائل هستند. برای مثال در هنگام پردازش گفتار عوامل دگرگونی می‌توانند لهجه گوینده، سن یا جنسیت او باشند. در هنگام پردازش تصویر یک ماشین، میزان درخشش خورشید یک عامل دگرگونی است. یکی از مشکلات هوش مصنوعی تأثیر زیاد عوامل دگرگونی بر روی اطلاعات دریافتی است. برای مثال بسیاری از پیکسل‌های دریافتی از یک ماشین قرمز در شب ممکن است سیاه دیده بشوند. برای حل این مشکلات بعضاً به درک بالای اطلاعات (در حدود انسان) نیازمندیم و در واقع گاهی یافتن نحوه مناسب نمایش اطلاعات به اندازه خود مسئله سخت و زمان‌بر است.

منشاء برنامه‌های کاربردی یادگیری عمیق برای کارهای تشخیص شی را می‌توان تا شبکه‌های عصبی کانولوشن (CNNs) در اوایل قرن ۹۱ دنبال کرد. از اکتبر ۲۰۱۲ کمی بعد از منتشر شدن نتایج رقابت ImageNet، معماری‌های مبتنی بر CNN در روش یادگیری تحت نظارت توجه زیادی را به بینایی رایانه‌ای معطوف کرده‌اند. این امر عمدتاً به دلیل دقت تشخیص بالاتر از روش‌های رقیب به هنگامی است که مقادیر زیادی از داده‌های برچسب زده شده برای آموزش بهتر و موثرتر CNN‌های بزرگ با استفاده از سیستم‌های عامل محاسب CPU مانند با عملکرد بالا در دسترس



(ب)



(الف)

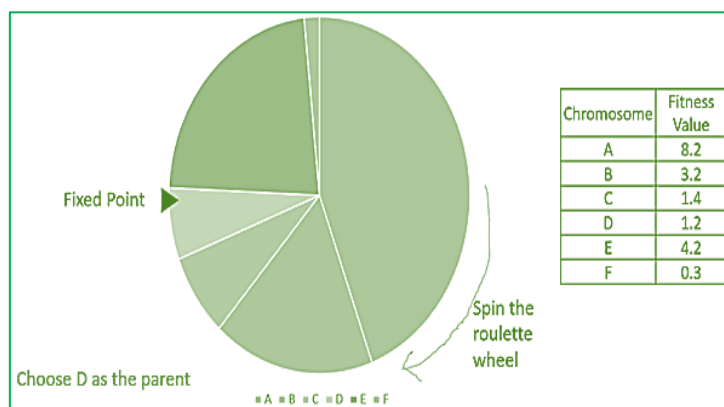
شکل ۲ - (الف) شبکه مربوط به لایه کانولوشن (ب) نمودار جریان رویکرد دوجته آگاه از چند وجهه برای SAR

می‌رود. در شکل ۳ فرآیند تشخیص اشیاء تک‌مرحله‌ای نمایش داده شده است. در اصل روش‌های تک‌مرحله‌ای تشخیص شی را مشابه با طبقه‌بندی حل می‌کنند. چون در طبقه‌بندی هم تنها براساس فیچر مپ خروجی عمل طبقه‌بندی اشیاء انجام می‌شود. الگوریتم معروف YOLO از جمله روش‌های تک مرحله‌ای می‌باشد که در ادامه توضیح داده می‌شود. شبکه عصبی کانولوشنال مبتنی بر منطقه که دارای کاربرد بسیار گسترده‌ای در مفهوم کلیدی RCNN پیشنهادات منطقه‌ای است. پیشنهادات منطقه‌ای برای بومی‌سازی اشیاء در یک تصویر استفاده می‌شود. شبکه پیشنهادات منطقه‌ای را تولید می‌کند که در آن شی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و منطقه شبکه از این پیشنهادات برای شناسایی اشیاء در یک تصویر استفاده می‌کند. در این الگوریتم از مفهوم Region proposals استفاده شده که به معنی بخش‌های کوچکی از تصویر هستند که می‌توانند شامل اشیایی باشند که دنبال آن‌ها هستیم. الگوریتم RCNN از سه مازول اصلی تشکیل شده است. بهترین مازول حدود ۲۰۰۰ پیشنهاد ناحیه را با استفاده از یک الگوریتم تقسیم‌بندی به نام جستجوی انتخابی استخراج می‌کند تا مشخص شود کدام قسمت از یک تصویر بیش‌ترین احتمال را برای داشتن یک شی دارد. مازول دوم یک شبکه عصبی کانولوشنی بزرگ است که یک بردار ویژگی با طول ثابت را از هر پیشنهاد که از جستجوی انتخابی برگردانده می‌شود، استخراج می‌کند. بعد از استخراج بردار ویژگی هر بخش انتخابی، مرحله طبقه‌بندی بردارها می‌باشد. طبقه مورد استفاده در این الگوریتم طبقه‌بند، ماشین بردار پشتیبان^{۱۴} (SVM) می‌باشد.

در این مقاله، مدل الگوریتم دو بعدی کانولوشنی که شامل یک معادله درجه دوم است استفاده می‌شود. بنابراین، تابع هزینه اصلاح و تابع سینوسی تصحیح‌شده در تابع درجه دوم گنجانده می‌شوند. با توجه به این اثر، تابع هدف توزیع اقتصادی به‌عنوان یک مسئله بهینه‌سازی محدود به صورت رابطه ریاضی توصیف می‌شود. در روند حل مسئله پژوهش ابتدا داده‌های پژوهش پردازش شده و در سه دسته داده‌های آموزش، اعتبارسنجی و تست (آزمون) جداسازی خواهند شد.

الگوریتم پیشنهادی

تقریباً در تمامی کاربردهای پردازش تصویر به دلیل عدم وجود شرایط ایده‌آل برای داده‌برداری و وجود نویزهای ناخواسته‌ای که در تصاویر وجود دارد، بیش از انجام پردازش‌های اصلی بر روی داده‌ها، نیازمند کاهش نویز در داده‌ها و بهبود کیفیت تصویر است که این مرحله، را پیش‌پردازش می‌نامند. ساده‌ترین تاثیر نویز نقطه‌ای در تصاویر رادار را می‌توان به صورت بافت دانه‌دانه یا لکه‌های سفید و سیاه در یک تصویر راداری که از یک منطقه با پوشش کاملاً یکنواخت اخذ شده، به وضوح دید (چن و همکاران ۲۰۲۱). روش‌های تک مرحله‌ای، با هدف حل چالش سرعت پایین در روش‌های دومرحله‌ای پیشنهاد شده‌اند و روش‌های تک‌مرحله‌ای مانند بلوک شماره اولویت ریسک^{۱۳} (RPN) در روش‌های دومرحله‌ای هستند با این تفاوت که بخش کادر مورد نظر حذف شده است. بنابراین در این دسته، بخش RPN وجود ندارد و فیچر مپ خروجی CNN مستقیماً به Detection Head



شکل ۳ - انتخاب داده‌های ثابت و متغیر در طبقه‌بندی اطلاعات آموزش دیده براساس ماشین بردار

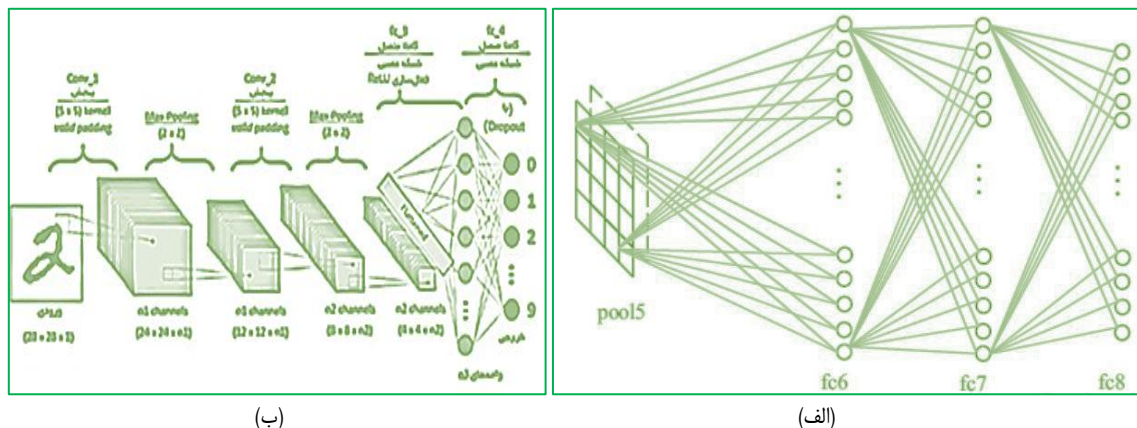
^{۱۳}- Risk Priority Number

^{۱۴}- Support Vector Machines

شبکه عصبی پیچشی-کانولوشن

الگوریتم یادگیری عمیق است که تصویر ورودی را دریافت می کند و به هر یک از اشیا/جنبه های موجود در تصویر میزان اهمیت (وزن های قابل یادگیری و بایاس) تخصیص می دهد و قادر به متمایزسازی آن ها از یکدیگر است. در الگوریتم ConvNet در مقایسه با دیگر الگوریتم های دسته بندی به پیش پردازش کمتری نیاز است. پیچشی (ConvNets)، با آموزش دیدن به اندازه کافی،

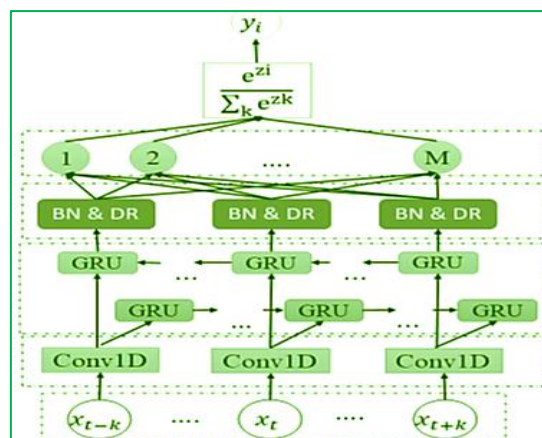
توانایی فراگیری این فیلترها/مشخصات را کسب می کند. معماری Conv Net مشابه با الگوی اتصال «نورون ها»^{۱۵} در مغز انسان است و از سازمان دهی «قشر بصری»^{۱۶} در مغز الهام گرفته شده است. هر نورون به محرک ها تنها در منطقه محدودی از میدان بصری که تحت عنوان «میدان تاثیر»^{۱۷} شناخته شده است پاسخ می دهد. یک مجموعه از این میدان ها برای پوشش دادن کل ناحیه بصری با یکدیگر هم پوشانی دارند.



(ب)

(الف)

شکل ۴ - (الف) و (ب) الگوریتم ساختار شبکه کانولوشن چند بعدی



شکل ۵ - الگوریتم ساختار شبکه کانولوشن چند بعدی و یادگیری عمیق

^{۱۵}- Neurons

^{۱۶}-Visual Cortex

^{۱۷}-ReceptiveField

نتایج و بحث

جامعه داده‌ای پژوهش

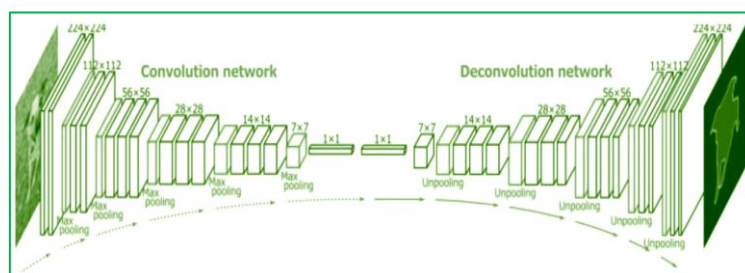
فیلتر Lee از توزیع‌های آماری مقادیر پیکسل‌های درون کرنل متحرک، برای تخمین مقدار پیکسل موردنظر استفاده می‌کند. فیلتر Lee بر اساس این فرض است که میانگین و واریانس پیکسل موردنظر برابر میانگین و واریانس محلی تمام پیکسل‌های درون کرنل متحرکی که توسط کاربر انتخاب می‌شود، می‌باشد. همچنین این فیلتر به صورت افقی عمل نموده به طوری که اگر واریانس در یک ناحیه کم یا ثابت باشد، هموارسازی انجام خواهد

شد. در غیر این صورت اگر واریانس زیاد باشد (مثلاً لبه‌ها)، هموارسازی انجام نخواهد شد. این فیلتر از تخمین LLMMSE برای کاهش نویز Speckle استفاده می‌کند که نتیجه آن به صورت رابطه ۱ می‌باشد. که C_{xy} و C_y به ترتیب ماتریس کواریانس y و ماتریس کواریانس متقابل x و y است. با به کارگیری رابطه ۱ برای فیلتر Lee خواهیم داشت: (μ میانگین پیکسل‌ها در پنجره متحرک است و ضریب w به صورت زیر بدست می‌آید):

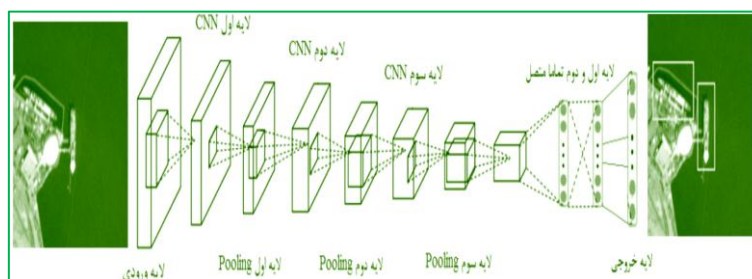
$$\begin{aligned}\hat{x}_{LMMSE} &= \mu + C_{xy}C_y^{-1}(y - \mu) \\ \hat{x}(k, 1) &= \mu + w[y(k, 1) - \mu] \\ C_u &= \sqrt{\frac{1}{ENL}} \quad , \quad C_i = \frac{\sigma}{\mu}\end{aligned}\quad (۱)$$

جدول ۱ - نتایج ارزیابی کارایی توسط روش ترکیبی پیشنهادی و هوش مصنوعی

حالت تصویربرداری	معایب	مزایا
Strip map	کمترین میزان دقت	رایج‌ترین حالت، ساده‌ترین سیستم
Spotlight	محدودترین محدوده تصویربرداری	بهترین رزولوشن
Scan SAR	پیچیدگی بالای سیستم	وسیع‌ترین محدوده تصویربرداری

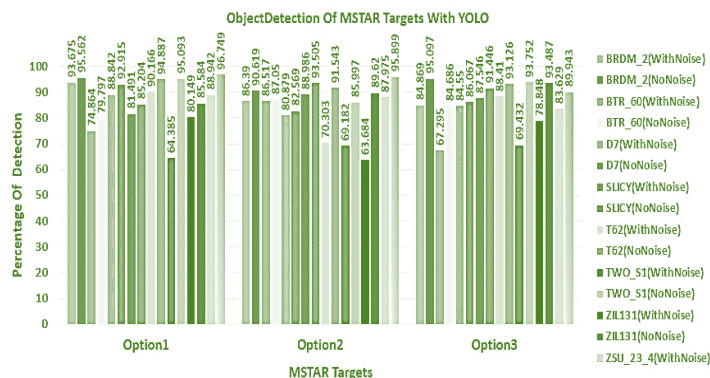


(الف)



(ب)

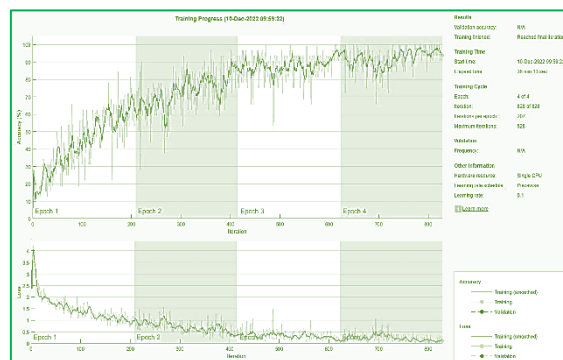
شکل ۶ - (الف) و (ب) نحوه عملکرد روش ترکیبی پیشنهادی



شکل ۷ - نتایج ارزیابی روش‌های مورد مقایسه با معیار میانگین قدر مطلق خطا (MAE)

طبقه‌بندی تصاویر نويززدایی شده MSTAR با روش پیشنهادی شبکه CNN-GA با بیش‌ترین دقت و کم‌ترین خطای ممکن است.

نمودارهای میله‌ای و خطی مقایسه بین طبقه‌بندی تصاویر نويزی و نويززدایی شده با استفاده از شبکه CNN و روش پیشنهادی شبکه CNN-GA نشان‌دهنده شده است. همان‌طور که در شکل‌های مذکور مشخص است، بهترین دقت شبکه مربوط به



شکل ۸ - نتایج شبیه‌سازی مدل پیشنهادی و فرآیند آموزش شبکه برای تصاویر نويزی

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نويززدایی بهتری از تصاویر دارد و لبه‌های تصاویر با ضریب اطمینان بهتر و خطای کم‌تری ارسال می‌گردد. در مرحله پیش‌پردازش از فیلتر Lee به دلیل بهبود کیفیت تصویر و در نهایت تشخیص اشیاء مورد بررسی قرار گرفته است. و در نهایت براساس الگوریتم‌های ترکیبی RCNN و YOLO نتایج با عملکرد و ضریب اطمینان بالاتری رفتار کرده و در نهایت یک سیستم با عملکرد پایدار را نتیجه می‌دهد. در این پژوهش شرایط زیست محیطی گستره جغرافیایی از طریق سنجش از راه دور مورد بررسی قرار گرفته و روش پیشنهادی به منظور طبقه‌بندی داده‌ها از شبکه ترکیبی یادگیری عمیق که نتایج آن با روش‌های مطرح شده در زمینه طبقه‌بندی اهداف مورد مقایسه قرار گرفته که شبکه پیشنهادی از نظر دقت طبقه‌بندی با ۸۶/۳۱ درصد نسبت به دیگر شبکه‌های بررسی شده با دقت و ضریب اطمینان بالاتری قابل بررسی و پیاده‌سازی است.

رادار SAR دارای کاربرد بسیار مناسب و حرفه‌ای در سنجش از راه دور، امور نقشه‌برداری و تصویربرداری از سطح زمین و همچنین در شناسایی و آشکارسازی اهداف نظامی و غیرنظامی می‌باشد. در این مقاله، یک مدل پیشنهادی به همراه الگوریتم ترکیبی به منظور طبقه‌بندی با ضریب اطمینان و دقت بالا از داده‌های اهداف زمینی ارائه شده است. وجود نويز لبه در تصاویر رادار SAR به عنوان یک چالش بسیار مهم و یک بی‌نظمی در رفتار خروجی سیستم و افزایش خطا و در نهایت رفتار غیرخطی سیستم می‌باشد. این نوع نويز و اعوجاج به عنوان نويز مشتق‌گیر بر روی تصاویر تاثیر داشته و باعث ایجاد رفتار غیرخطی و ناپایداری در سیستم می‌گردد که در این مقاله با استفاده از روش پیشنهادی و الگوریتم ترکیبی تا حد بسیار زیادی این مشکل کم‌رنگ و باعث بهینه‌سازی سیستم شده است. با بررسی نتایج مشاهده گردید که فیلتر Lee به نسبت سایر فیلترهای حوزه مکان

Reference

1. H. R. E.-H. M. S. Y. AbubakarShaabana;, "Decomposition based multiobjective evolutionary algorithm for PV/Wind/Diesel Hybrid Microgrid System design considering load uncertainty," *Energy Reports*, vol. 7, pp. 52-69, 2021.
2. N. Eghtedarpour and E. Farjah, "Power control and management in a hybrid AC/DC microgrid," *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 5, pp. 1494-1505, 2014.
3. Y. B. A Rafiee, H Bevrani, T Kato, "Robust MIMO Controller Design for VSC-based Microgrids: Sequential Loop Closing Concept and Quantitative Feedback Theory," *IEEE Transactions on Smart Grid*, 2021.
4. X. Zhang, C. Huang, and J. Shen, "Energy Optimal Management of Microgrid with High Photovoltaic Penetration," *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2022.
5. L. Zhang, Y. Yang, Q. Li, W. Gao, F. Qian, and L. Song, "Economic optimization of microgrids based on peak shaving and CO2 reduction effect: A case study in Japan," *Journal of Cleaner Production*, vol. 321, p. 128973, 2021.
6. A. H. V.-H. B. H.-M. Kim, "Resilience-Oriented Optimal Operation of Networked Hybrid Microgrids," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 10, 2019
7. K. R. C. C. R. Zhang, "Energy Cooperation Optimization in Microgrids With Renewable Energy Integration," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 9, 2018.
8. C. J. Dongfeng Yang, Guowei Cai, Deyou Yang, Xiaojun Liu,, "Interval method based optimal planning of multi-energy microgrid with uncertain renewable generation and demand," *Applied Energy*, vol. 277, 2020.
9. Z. X. Xiaohong Guan, and Qing-Shan Jia, "Energy-Efficient Buildings Facilitated by Microgrid," *IEEE Transaction on Smart Grid*, vol. 1, 2010.
10. S. M. M. Liaqat Ali, Hamed Bizhani, Arindam Ghosh,, "Optimal planning of clustered microgrid using a technique of cooperative game theory,," *Electric Power Systems Research*, vol. 183, 2020.
11. P. L. Mansour Alramlawi, "Design Optimization of a Residential PV-Battery Microgrid With a Detailed Battery Lifetime Estimation Model," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 46, 2020. *Battery Lifetime Estimation Model*, " *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 46, 2020.
12. Atteia G, Collins MJ, Algarni AD, Samee NA. Deep-learning-based feature extraction approach for significant wave height prediction in SAR mode altimeter data. *Remote Sens.* 2022; 14(21):5569. <https://doi.org/10.3390/rs14215569>
13. Behar Kamran Z, Amir Etemad S, Mohsen H. Determination of effective parameters in forecasting significant wave height in Neka. In: 4th International Conference on Offshore Industries; 2011. [In Persian]
14. Breiman L. Bagging predictors. *Mach Learn.* 1996;24(2):123-40. <https://doi.org/10.1007/BF00058655>
15. bualigah L, Diabat A, Mirjalili S, Abd Elaziz M, Gandomi AH. The arithmetic optimization algorithm. *Comput Methods Appl Mech Eng.* 2021; 376:113609. <https://doi.org/10.1016/j.cma.2020.113609>
16. Cox DR, van der Meer JW. Wave forces on marine structures. CRC Press; 2010.
17. Davis RE, Collins DC, Wu L. Effects of temperature and salinity on wave properties and their impact on coastal infrastructure. *J Coast Res.* 2014;30(3):578-88. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-13-00048.1>
18. Dhodhi J, Sharma K, Hassanin A. Safety of offshore platforms. In: *Encyclopedia of Maritime and Offshore Engineering*. Wiley; 2017. p. 1-10. https://doi.org/10.1002/9781118476406.emo_e0021
19. Feng Z, Hu P, Li S, Mo D. Prediction of significant wave height in offshore China based on the machine learning method. *J Mar Sci Eng.* 2022;10(6):836. <https://doi.org/10.3390/jmse10060836>
20. Han L, Ji Q, Jia X, Liu Y, Han G, Lin X. Significant wave height prediction in the South China Sea based on the ConvLSTM algorithm. *J Mar Sci Eng.* 2022;10(11):1683. <https://doi.org/10.3390/jmse10111683>
21. Harrison S, MacDonald A. Influence of seabed sediment composition on wave propagation and sediment transport. *Coast Eng.* 2015; 102:1-12. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2015.04.001>
22. Li Z, Zhang M, Wang X. Deep learning for predicting wave height and its implications for coastal engineering. *Eng Appl Artif Intell.* 2021;98:104064. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2021.104064>
23. Lotfollahi Yeganeh M, Lashtah Neshayi M, Ghorbani M, Larian MB. Modeling and forecasting of significant wave height in the Caspian Sea using chaos theory. *Amirkabir J*

- Civ Eng. 2013; 45:97-105. [In Persian]
24. Mishra JP, Singh K, Chaudhary H. Intelligent Ocean wave height prediction system using light GBM model. Int J Syst Innov. 2022;7(2):64-77
25. A. Ajami and M. Daneshvar, "Data driven approach for fault detection and diagnosis of turbine in thermal power plant using Independent Component Analysis (ICA)" International journal of Electrical Power and Energy Systems , Vol.43, pp. 728–735, 2012.



Remote detection and sensing of ground and environmental targets using artificial orifice radar (SAR) and deep learning

Gohar Varamini *

Amin Eskandari

Amin Tousi

Department of Electrical Engineering, Bey. C., Islamic Azad University, Beyza, Iran

Department of Computer Engineering, Shi. C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Department of Computer Engineering, Shi. C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Extended Abstract

Received: 22 Dec 2024

Accepted: 23 Feb 2025

Keywords: Artificial Window Radar (SAR), Deep Learning, Artificial Intelligence, Remote Sensing

Introduction: The technology of detection, identification and detection of objects and the environment is one of the most important parameters in engineering and environmental sciences. It is also widely used in the field of deep learning and artificial intelligence domains and plays a significant role in recognizing, identifying, and reconstructing images. This technology is a prelude to many projects and algorithms in this field, in which objects are identified in satellite and radar images and separated from surplus information and data, and in the next stages, they are classified and finally measured.

Materials and Methods: The method of identifying ground targets by SAR radar is using deep learning and artificial neural networks. In the pre-processing stage, in order to reduce the destructive effects of noise and preserve the original data, the Lee filter has been used due to its better efficiency in improving image quality and better preservation of edges, and the separation of excess data from the original images has been used using the blind signal separation algorithm.

Results and Discussion: In this study, the environmental conditions of the geographical area have been investigated through remote sensing and the proposed method in order to classify the data from the combined deep learning network, the results of which have been compared with the methods proposed in the field of goal classification, and finally it is determined that the proposed network in terms of classification accuracy with 86.31% compared to other studied networks with accuracy and coefficient. Higher reliability can be checked and implemented. Finally, using YOLO and RCNN algorithms to investigate the results of the detection and identification of ground targets. It has been discussed that the RCNN algorithm has been denoised with higher accuracy in detecting and identifying images.

Conclusion: Finally, the performance and reliability of the proposed model can be implemented with more accuracy and very little error. It will create and provide a very desirable performance with a high reliability factor in reducing the destructive effects and better efficiency of the system.

Corresponding author: Gohar Varamini

Address: Department of Electrical Engineering, Bey. C., Islamic Azad University, Beyza, Iran **Tel:** +989177001044

Email: Gohar.Varamini@iau.ac.ir

Citation: Varamini, G, Eskandari A, Tousi A. Remote detection and sensing of ground and environmental targets using artificial orifice radar (SAR) and deep learning. Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2025; 2(8): 64-74



© 2024, This article published in Journal of New Researches in Environmental Engineering (JNREE) as an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>). Non-commercial use, distribution and reproduction of this article is permitted in any medium, provided the original work is properly cited.