

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

فصلنامه پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست

دوره اول، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲

صاحب امتیاز: دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

فهرست

- طراحی سیستم معیشتی سازگار و پایدار با محیط زیست تالاب شادگان با رویکرد توسعه میدان نفتی ۱-۱۱
محمد سعیدی فرد، آزاده نکوئی اصفهانی، مهدی نظری صارم
- استفاده از روش IPSS در توصیه کمی کود نیتروژن جهت کاهش آلودگی محیط زیست ۱۲-۲۴
عبدالکریم اجرایی، رخشان حکیم الهی
- بررسی وضعیت موجود پسماندهای چوبی و سرشاخه درختان در شهر تهران ۲۵-۳۹
کاظم روغنی، شهرزاد خرم نژادیان، سمیرا قیاسی، علی دهقان بنادکی
- مطالعه آزمایشگاهی خصوصیات هیدرولیکی جریان چگال با تحلیل تئوری فضای فاز ۴۰-۵۵
محمد حسینی، محمد شعبانی
- مکان یابی مناطق مستعد اکوتوریسم در استان فارس با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان ارسنجان) ۵۶-۶۶
سعید محتشم نیا، حسین قره داغی
- ارزیابی ریسک حریق مناطق مسکونی با استفاده از روش مهندسی ۶۷-۷۷
الهام حسنی، سید علی جوزی، سحر رضایان



طراحی سیستم معیشتی سازگار و پایدار با محیط زیست تالاب شادگان با رویکرد توسعه میدان نفتی

محمد سعیدی فرد

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی محیط زیست و صنایع غذایی، دانشکده عمران و منابع زمین، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

آزاده نکوئی اصفهانی*

استادیار گروه مهندسی محیط زیست و صنایع غذایی، دانشکده عمران و منابع زمین، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

مهدی نظری صارم

استادیار گروه مهندسی نفت، معدن و مواد، دانشکده عمران و منابع زمین، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده مبسوط

مقدمه: محیط زیست بی بدیل تالاب‌ها سبب تجمع ساکنین در اطراف آن‌ها، افزایش گردشگری و همچنین منبع کار و روزی مردم منطقه بوده است. تالاب شادگان یکی از مهمترین تالاب‌های کشور است که با توسعه میدان نفتی در اطراف آن تغییراتی در محیط زیست، گردشگری و حتی زندگی مردم این منطقه پدید آمد. هدف از این تحقیق طراحی سیستم معیشتی سازگار و پایدار با محیط زیست تالاب شادگان با رویکرد توسعه میدان نفتی می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۶

مواد و روش‌ها: این تحقیق یک تحقیق کاربردی می‌باشد، نحوه گردآوری داده‌ها به صورت توصیفی-غیرآزمایشی است و در میان انواع روش‌های تحقیق توصیفی در زمره مطالعه موردی قرار گرفته است. جامعه آماری ۱۰ نفر از خبرگان شرکت بهره‌برداری نفت و گاز مارون را شامل شده است که پرسشنامه خبرگان در میان آن‌ها توزیع گردید. بر اساس مطالعات صورت گرفته معیارهای اصلی تحقیق شامل عوامل اجتماعی، زیست محیطی، قانونی و اقتصادی می‌باشد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از رویکرد ANP-DEMATEL صورت گرفته است.

نتایج و بحث: بر اساس نتایج تحقیق اثبات شد، معیار "عوامل زیست محیطی" با وزن نهائی ۰/۵۷۴ در اولویت اول میان معیارها بوده و بیشترین تعامل با سایر معیارها را دارا می‌باشد. عوامل قانونی با تأثیرگذاری ۶/۷۱۹ تأثیرگذارترین و عوامل اجتماعی با تأثیرپذیری ۷/۰۹۹ تأثیرپذیرترین معیار می‌باشد. زیرمعیار "فقدان برنامه اجرایی و دستورالعمل تخصصی مدیریت محیط زیست در میداین نفتی" با وزن نهائی ۰/۱۶۰۵ در اولویت اول میان زیرمعیارها می‌باشد.

نتیجه‌گیری: با مد نظر قرار دادن توسعه میدان نفتی در محدوده تالاب شادگان، با هدف دستیابی به محیط زیستی پایدار، می‌توان از وارد شدن لطمه به سیستم معیشتی بومیان جلوگیری کرد. در این خصوص توجه به داشتن برنامه اجرایی و دستورالعمل تخصصی مدیریت محیط زیست در میداین نفتی و وجود ضمانت اجرایی برای آن از اهمیت فراوان برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: تالاب

شادگان، توسعه میدان نفتی، سیستم معیشتی، تصمیم‌گیری چند معیاره هیبریدی

نویسنده مسئول: آزاده نکوئی اصفهانی

نشانی: گروه مهندسی محیط زیست و صنایع غذایی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران. تلفن: ۰۹۱۲۸۱۷۹۳۶۲

پست الکترونیکی: azadehnekouciesfahani@gmail.com

استناد: سعیدی فرد محمد، نکوئی اصفهانی آزاده، نظری صارم مهدی. طراحی سیستم معیشتی سازگار و پایدار با محیط زیست تالاب شادگان با رویکرد توسعه میدان نفتی.

پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست، ۱۴۰۲؛ (۴) ۱-۱۱.

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

آبزی پروری، تولید محصولات کشاورزی، تولید چوب، تأمین انرژی، تولید مواد لجنی و گیاهی، حمل و نقل و کاربردهای تفریحی و گردشگری ارزش اقتصادی بالایی پیدا می‌کنند (موسی زاده، ۱۳۹۷؛ محمدی و نجفی، ۱۳۹۶ و لمسال و همکاران، ۲۰۱۶). نابودی تالاب‌ها در جهان به شدت در حال افزایش است (مریمن و موراتا ۲۰۱۶) که این تخریب سبب اثرات زیان بار و تحمیل هزینه‌های اقتصادی خواهد شد (تورس و هنلی ۲۰۱۷). یکی از عوامل عمده تخریب و انهدام تالاب‌ها عوامل انسانی است (اکبری و همکاران ۱۴۰۰).

اگر جامعه محلی دانش و مهارت‌های لازم را برای استفاده پایدار از محیط زیست تالاب را به کار گیرند به حفظ آن کمک خواهد کرد (دو و همکاران ۲۰۱۵). در واقع، مشارکت سهیم شدن مردم در تصمیم گیری است و فرآیندی است که از طریق آن اعضای گروه، کنترل خود را بر روند برنامه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و محیط‌زیستی و با برنامه با هم شراکت می‌کنند (صادقی و شمس ۲۰۱۷). مشارکت جامعه در حفاظت از منابع تالاب‌ها از این طریق، می‌تواند یک استراتژی اساسی در جهت کاهش آسیب به محیط زیست در نظر گرفته شود (کلاهی و همکاران ۱۴۰۱).

تولید انواع آلاینده‌های صنعتی پیامدهای بسیاری بر پایداری محیط‌زیست و همچنین کیفیت زندگی انسان در جوامع شهری پیرامون به همراه داشته است (محتشم نیا ۱۴۰۲). تمامی عواملی که به طریقی سبب ورود مواد آلاینده به آب می‌شوند، می‌توانند موجبات آلودگی آب را فراهم نمایند، برخی از این عوامل طبیعی و برخی غیرطبیعی می‌باشند (خواجوی و نعمتی ۱۴۰۱) که توسعه نفتی در اطراف تالاب هم از عوامل غیر طبیعی آلودگی آب در اطراف تالاب محسوب می‌شود (دهمرده و همکاران ۱۳۹۸).

تالاب شادگان بزرگترین تالاب ایران می‌باشد که مکان زندگی انواع پرندگان، ماهی‌ها و گیاهان آبزی به شمار می‌رود. موقعیت قرارگیری این تالاب به سبب نزدیکی به منابع آلاینده‌ای نظیر خطوط انتقال نفت، پالایشگاه‌ها و صنایع نیشکر موجب گردیده تا طیف وسیعی از مخاطرات سلامت این اکوسیستم را مورد تهدید قرار دهند. علاوه بر اهمیت زیست‌محیطی تالاب شادگان، این تالاب در حفاظت از اراضی منطقه در برابر سیلاب‌ها و .. بوده و تمامی این تحولات غیر طبیعی منجر به آسیب به سلامت، معیشت ساکنین منطقه و نیز تخریب محیط زیست گردیده است، بررسی اثرات اقدامات صنعتی همچون توسعه میدان نفتی در این منطقه بر این موضوعات ضروری به نظر می‌رسد (خوشنود و خوشنود ۱۳۸۷). شکل ۱، تصویری از رد پای نفت در تالاب بین المللی شادگان را نشان می‌دهد.

تالاب‌ها به عنوان یکی از عرصه‌های طبیعی که تقریباً شش درصد از مساحت کره زمین را تشکیل می‌دهند، از اکوسیستم‌های با ارزش جهان هستند (میرزایی و زیبایی ۱۳۹۸). همچنین در تنظیم چرخه آب، کنترل سیلاب‌های منطقه‌ای، کنترل فرسایش خاک، امکان بازتولید مواد مغذی شده و تأمین مکان امنی برای گونه‌های در معرض خطر نقش مؤثر دارند (کلاهی و همکاران ۱۴۰۱). با این وجود چنین سیستم‌های طبیعی با ارزش همواره تحت تأثیر پیامدهای فزاینده‌ای از جمله فشارهای انسانی، توسعه سکونتگاه‌های انسانی، صنعتی شدن، کشاورزی ناپایدار، گردشگری نابخردانه و بهره برداری بیش از حد منابع قرار دارند (رافعی و دانه کار ۱۴۰۰). چنین اقدامات انسانی و صنعتی در مناطق تالابی می‌تواند عوارضی همچون کاهش تعداد ماهیان و ماکیان، تغییر کیفیت آب به دلیل ورود آلاینده‌های صنعتی و کشاورزی و نابودی معیشت ساکنین اطراف خود را به همراه داشته باشد (قرنی آرانی و همکاران ۱۳۹۶؛ کریمی سنگچینی و اسلامی ۱۳۹۹). لذا هر گونه ایجاد تغییر و یا طرح توسعه‌ای در حوزه تالاب‌ها باید با کارشناسی همراه باشد و ارزیابی‌های لازم در خصوص تأثیرات ناشی از اقدامات صورت گرفته بر روی حیات تالاب صورت گیرد.

توسعه میداین نفتی از جمله مواردی است که بر محیط زیست مناطق اطراف تأثیر زیادی می‌گذارد (حسینی ۱۴۰۲؛ پوردبانی ۱۳۹۵). لذا با به کارگیری سیستم مدیریت محیط زیست، از طریق اتخاذ، تصویب و رعایت سیاست‌های درست در کنترل آلاینده‌ها در حاشیه‌ی میداین نفتی امری ضروری به نظر می‌رسد (شوشتری اخوان و قلهکی ۱۴۰۰) و مزایا و اهمیت سیستم مدیریت محیط زیست در طرح‌های توسعه میداین نفتی شامل تبیین سیاست‌های سازمان بر اساس اهداف کلان مشخص شده، افزایش سطح همکاری و هماهنگی بین بخشی سازمان‌های دولتی کشور، استفاده از دیدگاه‌ها و نظرات عموم جامعه، شناسایی گزینه‌های بهینه‌ی مدیریت محیط زیستی از لحاظ مطلوبیت فنی، اقتصادی- اجتماعی، فرهنگی و محیط زیستی طرح‌های توسعه‌ای میداین نفتی و ... می‌باشد (پوردبانی ۱۳۹۵ و منوری ۱۴۰۱).

همچنین توسعه بر اساس اصول پایداری، هم زمان، هم سیاست و فرهنگ را مورد توجه قرار می‌دهد و هم به اقتصاد و تجارت و صنعت نظر دارد (بسطامی نیا و همکاران ۱۳۹۳).

تالاب اهمیت بالایی در ایجاد اقتصاد جوامع محلی و ایجاد گردشگری دارند (مظلومی و زرکامی ۱۴۰۱ و مرادجانی ۱۴۰۱)، تالاب‌ها به خاطر حفظ ذخایر ژنی گیاهی و جانوری، تأمین آب،



شکل ۱- تالاب شادگان، منبع (چنگیزی و همکاران، ۱۴۰۰)

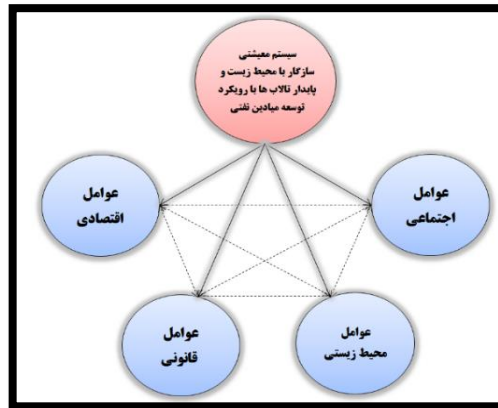
دولتی و غیردولتی امکان پذیر خواهد بود. قانیان و همکاران (۲۰۲۳) بیان نمودند روش‌هایی برای تعامل بیشتر میان اقلیم تالاب‌ها و با گسترش شهری و بهره‌وری کشاورزی به منظور حفاظت بلندمدت از اکوسیستم آنها ارائه گردید. کینگسفورد و والبرن (۲۰۲۲) دریافتند که ارزیابی زیست محیطی مناسبی برای حفاظت از دریاچه و رودخانه‌های منتهی به آن در محدوده فرآیندهای توسعه نفت و گاز در اطراف دریاچه صورت نگرفته است و ضروری است قوانین و سیاست‌های محافظتی سخت‌گیرانه‌تری از سوی ایالت مذکور و ایالات مشترک المنافع برای کنترل عوارض زیست محیطی در نظر گرفته شود. کاکوبا و کانیا موروا (۲۰۲۱) بیانگر رابطه‌ای مثبت میان نحوه‌ی عملکرد برنامه‌ریزی در زمینه‌ی حفاظت تالاب‌ها با حفظ فرصت‌های معیشت پایدار بودند. ولیک و همکاران (۲۰۲۰) بیان نمودند که فرآیند توسعه طرح‌های استخراج ماسه‌های نفتی (ساخت زیرساخت، استخراج شن و پاک‌سازی زمین) در منطقه آتاباسکا در دهه‌های اخیر سرعت گرفته و باعث تغییر در اکوسیستم‌های طبیعی از جمله تالاب‌هایی گردیده است که برخی از عملکردهای حیاتی اکوسیستم را تهدید نموده است. هوق و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که معیشت اکثر خانوارها به فعالیت‌های مختلف مبتنی بر خدمات اکوسیستم تالاب‌ها همچون کشاورزی وابسته بوده و افراد ساکن در اطراف تالاب‌ها در برخی از فصول سال، مزایای مالی بیشتری برای آنها به ارمغان می‌آورد و خانواده‌های مستقر در این قسمت‌ها ممکن است در فصول قبل از موسمی با خطرات معیشت و فقر طولانی فصلی روبرو شوند. اریقا و سام (۲۰۲۰) دریافتند اثرات مخرب نشت نفت در نیجریه در سطوح مختلف بر ساختارهای معیشتی پایدار محلی که به طور سنتی از طریق کشاورزی و ماهیگیری تأمین گردیده، که تأثیر منفی در بر داشته و به شدت سبب فقیر شدن بومیان گردیده است. رچوولانینگسیه و هکاران (۲۰۲۰) بیان نمودند روند گسترش کاربری تالاب دو

لیکن وجود میدان نفتی شادگان در حوزه‌ی این تالاب نگرانی‌هایی در خصوص آسیب به معیشت مردم منطقه و نیز محیط زیست این اکوسیستم پدید آورده است که برای داشتن مدیریتی در خور و شایسته در این خصوص لازم است باید علاوه بر شناخت آسیب‌های فرآیند توسعه میداین نفتی این منطقه، درک درستی از اوضاع و احوال اجتماعی، محیط زیستی، سیاسی و اقتصادی‌اش نیز ایجاد شود. در همین خصوص در این پژوهش سعی بر آن است که با در نظر داشتن روند توسعه میدان نفتی این منطقه، سیستم معیشتی سازگار و پایدار با محیط زیست منطقه شادگان و هم راستا با اصول پایداری طراحی گردد. به عنوان پیشینه تحقیق می‌توان گفت؛ رافعی اسماء دانه کار و همکاران (۱۴۰۱)، نشان دادند فعالیت‌های کشاورزی، تأثیر چشمگیری بر روند تخریب و نابودی اراضی اطراف تالاب نداشته‌اند و در نتیجه نمی‌تواند به عنوان یک عامل بحران زا تلقی شود و با توجه به روند اراضی لخت بدون پوشش و اراضی شور اگر حقایق تالاب تأمین شود شوره زارها به اراضی طبیعی خواهند شد. شوشتری اخوان و قلهکی (۱۴۰۰)، دریافتند که استقرار سیستم مدیریت محیط زیست با توجه به تولید آلاینده‌ی در صنعت نفت کشور، علاوه بر کنترل، کاهش و حذف آلودگی‌ها، عامل مؤثری در کاهش بحران‌های محیط زیستی طرح‌های توسعه میداین نفتی در سطح کشور محسوب می‌گردد. طالبی و همکاران (۱۳۹۹) دریافتند توسعه زمین‌های کشاورزی باعث افزایش پدیده یوتروفیکاسیون در تالاب و در نهایت باعث افت کیفیت شاخص‌های آب می‌شد و در همین راستا جلوگیری از ورود انواع آلودگی‌ها و تضمین کیفیت آب تالاب شادگان از طریق کنترل و نظارت‌های مکرر، پیشنهاد گردید.

اسومادو و همکاران (۲۰۲۳) به این نتیجه رسیدند که حفاظت و صیانت از محیط زیست تالاب‌ها تنها از طریق تصویب و اجرای سیستماتیک مقررات حفاظت از محیط زیست توسط نهادهای

سم و زبی (۲۰۱۸) می‌باشد که به صورت شکل ۲ ارائه می‌گردد که طبق آن، معیارهای اصلی تأثیرگذار بر سیستم‌های معیشتی سازگار و پایدار با محیط زیست تالاب‌ها، شامل «عوامل اجتماعی»، «عوامل محیط زیستی»، «عوامل قانونی» و «عوامل اقتصادی» می‌باشد.

مشکل اساسی در مدیریت زیست محیطی ایجاد می‌کند، یکی حجم زیاد پساب راکد و دیگری بالا رفتن اسیدیته آب تالاب‌ها. مدل مفهومی محقق ساخته‌ی تحقیق برگرفته از مقالات قرنی آرانی و همکاران (۱۳۹۷)، کلاهی و همکاران (۱۴۰۱)، شوشتری اخوان و همکاران (۱۴۰۰)، رچوولانینگسیه و هکاران (۲۰۲۰) و



شکل ۲- مدل مفهومی تحقیق

میدانی میان خبرگان توزیع گردید و پس از آن داده‌های مستخرج از پرسشنامه‌ها مستندسازی شدند. در بخش تحلیل، از تکنیک تلفیقی دلفی و تحلیل شبکه و دیمتل برای ارزیابی استفاده شده است. در این راستا، ابتدا یک مدل سه سطحی از هدف، معیارها، زیر معیارها ارائه گردید. لازم به ذکر است جهت تعیین معیارها و زیر معیارهای موجود در مدل، از مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای استفاده شده است. بر این اساس با مرور عمیق مطالعات پیشین معیارها و زیرمعیارها، در جدول ۱ استخراج شد.

مواد و روش‌ها

از آنجا که در راستای عمل و نیازهای ساکنین و شاغلین محدوده تالاب شادگان بوده، پژوهش از نظر هدف کاربردی می‌باشد. روش گردآوری اطلاعات مبتنی بر روشهای اسنادی (کتابخانه‌ای) استفاده شده بدین منظور برای استخراج پیشینه و پرسشنامه از پژوهش‌های پیشین بهره گرفته و در مرحله دوم از روش مشاهده (مطالعات میدانی) استفاده گردیده است، به این معنی که پرسشنامه‌های طراحی شده به صورت

جدول ۱- معیارها و زیرمعیارهای تحقیق

شماره	معیار	زیرمعیار	منبع
۱		سطح نگرش و آگاهی عمومی نسبت به اهمیت تالاب‌ها	
۲	عوامل اجتماعی	آموزش افراد در رابطه با حفاظت از تالاب	کلاهی و همکاران (۱۴۰۱)
۳		میزان مشارکت و همکاری در حفظ تالاب‌ها	
۴		بهره برداری مناسب و اصولی از منابع معیشتی موجود در تالاب‌ها	
۵		ورود آلاینده‌های صنعتی به حوزه‌ی تالاب‌ها و از بین رفتن آبزیان	
۶	عوامل زیست	آلودگی صوتی ناشی از طرح توسعه‌ای و فرار پرندگان و گونه‌های جانوری	رچوولانینگسیه و هکاران (۲۰۲۰)؛ قرنی آرانی و همکاران (۱۳۹۶)
۷	محیطی	تجمع پسماند و ضایعات جامد در اطراف تالاب	
۸		آلودگی آب به دلیل ورود رسوبات حاصل از حفاری و خاک برداری به تالاب	
۹	عوامل قانونی	فقدان برنامه اجرایی و دستورالعمل تخصصی مدیریت محیط زیست در میادین نفتی	شوشتری اخوان و همکاران (۱۴۰۰)

شماره	معیار	زیرمعیار	منبع
۱۰		نبود نظارت کافی از سوی ارگان‌های مسئول حفظ محیط زیست تالاب‌ها	
۱۱		عدم وجود ضمانت اجرایی مناسب قوانین حفاظت از تالاب‌ها	
۱۲	عوامل اقتصادی	خشک کردن تالاب‌ها برای انجام طرح‌های توسعه‌ای و عدم تأمین حق آبه	سم و زبی (۲۰۱۸)
۱۳		ترجیح منافع اقتصادی به حفظ محیط زیست تالاب‌ها	

-ادغام دو روش ANP-DEMATEL: وارد کردن اعداد بدست آمده از وزن نسبی تکنیک‌های ANP و ماتریس روابط درونی دیمتل و محاسبه وزن و اولویت بندی نهایی زیرمعیارها.

نتایج و بحث

در این مرحله ابتدا معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با سیستم معیشتی سازگار و پایدار با محیط زیست تالاب شادگان با رویکرد توسعه میدان نفتی با مطالعه‌ی مبانی نظری و بررسی سوابق موضوع، تعیین و میان هر یک از این عوامل توسط گروهی از متخصصین مشخص شد. مدل شبکه‌ای ارائه شده این پژوهش در سطح اول هدف پژوهش، در سطح دوم بر اساس مطالعات پیشین ۳ معیار در نظر گرفته شد و در سطح سوم با حذف زیرمعیار عدم وجود ضمانت اجرایی مناسب قوانین حفاظت از تالاب‌ها، ۱۲ زیرمعیار از ۱۳ زیرمعیار معیارهای باقی مانده در دلفی، معیارها با استفاده از تکنیک دلفی زیرمعیارها با در نظر گرفتن نظر خبرگان باقی ماندند و برای مراحل بعدی تجزیه و تحلیل در نظر گرفته شدند. در مرحله دوم به تعیین وزن هر یک از معیارها و زیر معیارها نسبت به یکدیگر پرداخته شد. با توجه به ارتباط میان شاخص‌ها، مقایسات زوجی معیارها نسبت به یکدیگر بر اساس مقیاس ۹ کمیتی ساعتی توسط متخصصین انجام شد. پس از تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارهای هر معیار نسبت به یکدیگر، ماتریس‌های مقایسات زوجی در نرم افزار Super Decisions وارد شدند. در مرحله سوم، تحلیل یافته‌های حاصل از مدل بدست آمد که در جدول ۲ نمایش داده شد.

سپس به منظور انجام مقایسات زوجی و تعیین وابستگی‌های بین معیارها و زیرمعیارها، پرسشنامه‌های طراحی شده به روش غیراحتمالی گلوله برفی میان افراد خبره شرکت بهره برداری نفت و گاز مارون واقع در منطقه تالاب شادگان توزیع شد. بدین صورت که سرپرست واحد HSE شرکت بهره‌برداری نفت و گاز مارون واقع در منطقه تالاب شادگان به عنوان مطلع‌ترین فرد در حوزه‌ی فوق پرسشنامه را تکمیل نموده و سپس از وی خواسته شده یک نفر به عنوان مطلع‌ترین فرد بعد از خودش در حوزه‌ی مورد مطالعه را معرفی کند، این روند تا آنجا ادامه پیدا نمود که به اشباع نظری دست یافته شد. در ادامه جهت تحلیل داده‌ها (اطلاعات به دست آمده از پرسش نامه‌ها) و اولویت بندی معیارها و زیرمعیارها، از نرم افزار Super Decisions استفاده شده است.

برای انجام تحقیق حاضر از چند روش استفاده شد که به صورت خلاصه دلیل استفاده از هر یک نوشته می‌شود (سرافرازی و همکاران، ۱۳۹۳):

-تکنیک دلفی: برای غربال زیرمعیارهای مستخرج از مرور ادبیات و دستیابی به معیارها و زیرمعیارهای نهایی مرتبط با سیستم معیشتی سازگار و پایدار با محیط زیست تالاب شادگان با رویکرد توسعه میدان نفتی.

-تکنیک مقایسات زوجی و تحلیل شبکه (ANP): مقایسه دو به دو معیارها و زیرمعیارهای هر معیار برای تعیین بردار ویژه و وزن نسبی معیارها و زیرمعیارهای هر معیار.

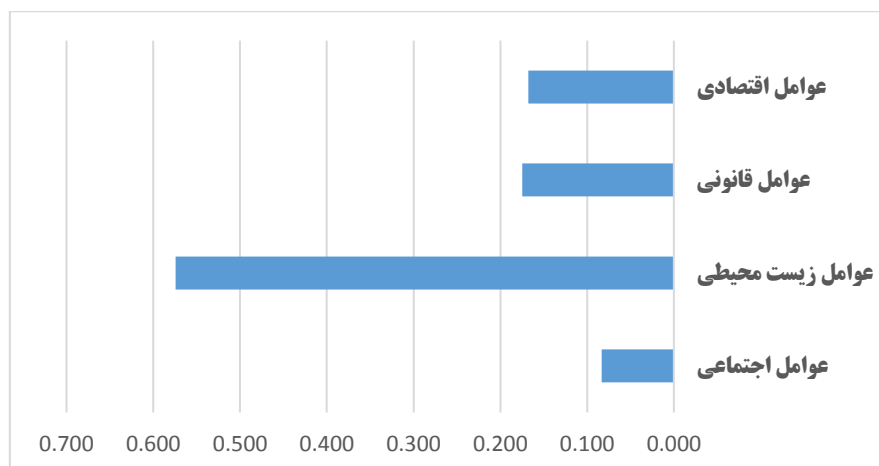
-تکنیک دیمتل (DEMATEL): تعیین روابط درونی میان چهار معیار تحقیق شامل عوامل اجتماعی، زیست محیطی، قانونی و اقتصادی.

جدول ۲- ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی پژوهش

عوامل اجتماعی	عوامل زیست محیطی	عوامل قانونی	عوامل اقتصادی	میانگین هندسی	بردار ویژه
۱	۰/۱۷۴	۰/۵۳۹	۰/۳۶۵	۰/۴۳۰	۰/۰۸۳
۵/۷۶۲	۱	۳/۵۶۷	۳/۷۸۶	۲/۹۷۰	۰/۵۷۴
۱/۸۵۶	۰/۲۸۰	۱	۱/۲۷۸	۰/۹۰۳	۰/۱۷۵
۲/۷۳۸	۰/۲۶۴	۰/۷۸۲	۱	۰/۸۶۷	۰/۱۶۸

در اولویت سوم و معیار "عوامل اجتماعی" با وزن نرمال شده $0/083$ در اولویت آخر قرار دارد، بدین صورت اولویت بندی ارائه شده در شکل برگرفته از نرم افزار سوپردسیژن در شکل ۳ نمایش داده شده است

که معیار "عوامل زیست محیطی" با وزن نرمال شده $0/574$ در اولویت اول، معیار "عوامل قانونی" با وزن نرمال شده $0/175$ در اولویت دوم، معیار "عوامل اقتصادی" با وزن نرمال شده $0/168$



شکل ۳- اولویت معیارهای اصلی بر اساس هدف

در ماتریس معکوس تفاضل ماتریس همانی از ماتریس نرمال به محاسبه ماتریس ارتباط کامل پرداخته و ماتریس کامل مطابق جدول ۳ حاصل گردید.

به همین ترتیب زیرمعیارهای هر معیار نیز بر اساس نظر خبرگان رتبه بندی شده و وزن نسبی آن‌ها بدست می‌آید. در گام بعدی این تحقیق در تکنیک دیمتل با محاسبه میانگین نظرات خبرگان، نرمال کردن نظرات آنها و محاسبه ضرب آن

جدول ۳- ماتریس ارتباط کامل (T)

عوامل اجتماعی	عوامل زیست محیطی	عوامل قانونی	عوامل اقتصادی
1/424	1/499	1/445	1/299
1/927	1/490	1/628	1/498
1/927	1/778	1/452	1/562
1/821	1/681	1/586	1/262

با توجه به الگوی روابط می‌توان نمودار علی بر اساس جدول ۴ ترسیم شد:

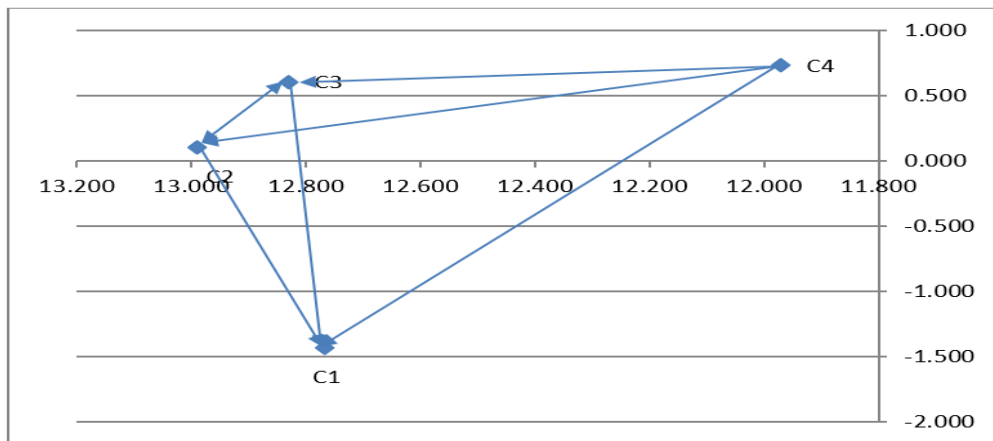
جدول ۴- الگوی روابط علت و معلول معیارهای اصلی

D-R	D+R	R	D
علی و معلول بودن	تعامل	تأثیرپذیری	تأثیرگذاری
-1/432	12/767	7/099	5/667
0/097	12/991	6/447	6/544
0/607	12/831	6/112	6/719
0/728	11/972	5/622	6/350

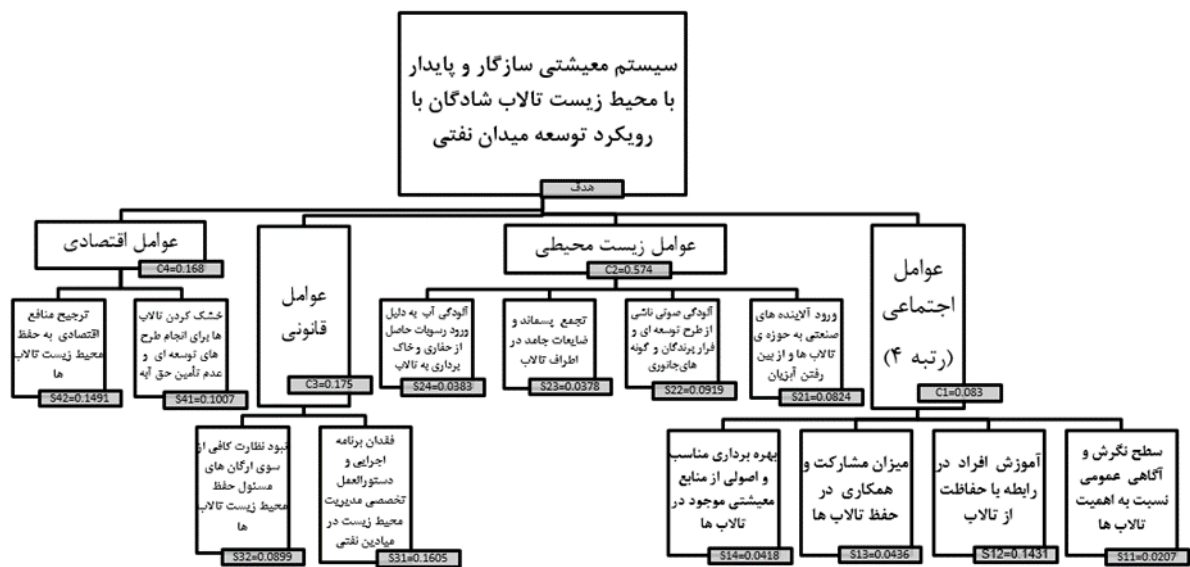
معلول هستند. شکل ۴ مختصات دکارتی و رابطه میان معیارها را نشان می‌دهد. همچنین شکل ۵ جدول نهایی تحقیق را نشان می‌دهد.

شکل ۵ نشان می‌دهد که شبکه در نظر گرفته شده در این تحقیق شامل سه سطح هدف، معیارها و زیرمعیارها بوده و در سطح معیارها روابط درونی در نظر گرفته شده است.

همانطور که در جدول ۴ نمایش داده شده، معیار عوامل قانونی با میزان تأثیر گذاری ۶/۷۱۹ از بیشترین تأثیرگذاری، معیار عوامل اجتماعی با تأثیرپذیری ۷/۰۹۹ از بیشترین میزان تأثیرپذیری، معیار عوامل زیست محیطی با تعامل ۱۲/۹۹۱ بیشترین تعامل را با سایر معیارهای مورد مطالعه دارند معیار عوامل زیست محیطی، عوامل قانونی، عوامل اقتصادی متغیر علت و عوامل اجتماعی



شکل ۴- مختصات دکارتی و رابطه میان معیارها برون داد روش دیمتل



شکل ۵- مدل نهایی تحقیق

زیستی، باید اقدامات سریع و یکپارچه‌ای از جانب مدیریت محیط زیست تالاب شادگان را انتظار داشت، البته ایجاد و به کارگیری یک نظام مدیریت محیط زیستی به خودی خود، الزاما موجب کاهش فوری پیامدهای نامطلوب محیط زیستی نمی‌شود. مراحل پیشنهادی یک سیستم مدیریت محیط زیست برای طرح‌های توسعه‌ای میادین نفتی بدین صورت است که ابتدا برای تعیین خط مشی زیست محیطی، باید

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف از انجام این طراحی سیستم معیشتی سازگار و پایدار با محیط زیست تالاب شادگان با رویکرد توسعه میدان نفتی می‌باشد. معیار "عوامل زیست محیطی" در اولویت اول میان معیارها قرار دارد و بیشترین تعامل را دارا می‌باشد. برای پیاده سازی یک رویه‌ی نظام یافته در تالاب شادگان، در راستای هدف ایجاد بهبودهایی در عملکرد محیط

زیست در میادین نفتی " در اولویت اول میان زیرمعیارها قرار دارد. برای بهبود این موضوع باید به مستند سازی و ارزیابی ریسک پرداخته شود، سپس با بررسی دقیق گزارش معضلات، بازبینی مدیریتی به بازنگری مدیریتی و بهبود پرداخته شود تا مشکلات موجود جهت اجرای برنامه‌ها رفع گردیده و با بهبود وجهه شرکت‌های فعال در تالاب شادگان، صرفه جویی در هزینه‌ها و بهبود در فرآیند سبب به وجود آمدن و بهبود فرصت‌های محیط زیستی شوند.

در مقایسه با تحقیقات پیشین، رافی و دانه کار (۱۴۰۱)، همانند تحقیق حاضر ورود آلاینده‌های صنعتی به حوزه‌ی تالاب‌ها و از بین رفتن آبزیان و تجمع پسماند و ضایعات جامد در اطراف تالاب را به عنوان عوامل زیست محیطی تالاب شادگان معرفی کردند. شوشتری اخوان و قلهکی (۱۴۰۰)، همانند تحقیق حاضر زیرمعیارهایی چون فقدان برنامه اجرایی و دستورالعمل تخصصی مدیریت محیط زیست در میادین نفتی، نبود نظارت کافی از سوی ارگان‌های مسئول حفظ محیط زیست تالاب‌ها و عدم وجود ضمانت اجرایی مناسب قوانین حفاظت از تالاب‌ها را از جمله عوامل قانونی مرتبط با سیستم تالاب‌ها دانستند. طالبی و همکاران (۱۳۹۹)، طی آن آلودگی آب به دلیل ورود رسوبات حاصل از حفاری و خاک برداری به تالاب را به عنوان عوامل زیست محیطی تالاب شادگان معرفی کردند. آسومادو و همکاران (۲۰۲۳) همانند تحقیق حاضر عوامل قانونی و زیست محیطی را به عنوان عوامل اصلی مرتبط با سیستم معیشتی تالاب‌ها معرفی کردند. قانیان و همکاران (۲۰۲۳) همانند تحقیق حاضر عوامل زیست محیطی را مهمترین معیار موجود در سیستم‌های در ارتباط با تالاب معرفی کردند.

در تحقیقات آتی می‌توان عوامل مؤثر بر محیط زیست و وضعیت معیشتی در سایر تالاب‌های کشور که وضعیت صنعتی کمتری داشته یا حفاظت از محیط زیست در آنها تأکید بیشتری می‌شود. مورد بررسی قرار گیرد. از طرفی در نظر گرفتن عدم قطعیت نظرات خبرگان و بهره گیری از تحلیل‌های فازی یا خاکستری و مقایسه نظرات با تحلیل پیش رو می‌تواند نتایج روشن تری در اختیار قرار دهد.

تشکر و قدردانی

از گروه مهندسی محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز و همچنین گروه مهندسی نفت آن دانشگاه محترم کمال تشکر و امتنان را دارم.

به بررسی کمبودها، الزامات ملی و بین‌المللی، تعریف اهداف خرد و کلان و برنامه‌ها پرداخته شود تا بر اساس آن به طرح ریزی برنامه‌ی پایش محیط زیست در یک محیط فنس کشی نشده و باز پردازند. معیار "عوامل قانونی" در اولویت دوم میان معیارها قرار داشته و از بیشترین تأثیرگذاری برخوردار است. بر اساس قوانین باید هرگونه بهره‌برداری و اقدامی که منجر به تخریب و آلودگی غیرقابل جبران تالاب‌ها گردیده ممنوع شود تا هم از محیط زیست تالاب شادگان حفاظت شده و هم منبع معیشت مردم به خطر نیفتد. مرجع تشخیص تخریب و آلودگی غیرقابل جبران، باید سازمان حفاظت محیط زیست اعلام شود و نمایندگان آن حضور فعال تری در محدوده تالاب شادگان داشته باشند تا به صورت مناسبی بر منطقه نظارت نمایند. سازمان حفاظت از محیط زیست می‌بایست نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب‌ها را تعیین و وزارت نیرو نیز در این زمینه مکلف است ضمن تدوین و اجرای برنامه مدون نسبت به تخصیص و تأمین آن اقدام نماید. معیار "عوامل اجتماعی" از بیشترین تأثیرپذیری برخوردار است. با آگاه سازی جوامع محلی برنامه ریزی‌های دقیق در راستای شناسایی فرصت‌ها و به فعل در آوردن آن علی‌الخصوص ایجاد اشتغال برای جوامع محلی می‌توان شاهد رشد سطح اجتماعی مردمان محلی و در همین راستا شاهد شکوفایی اجتماعی تالاب شادگان بود. معیار "عوامل اقتصادی" در اولویت سوم میان معیارها قرار دارد. خشکی تالاب بین‌المللی شادگان به این علت است که حقایق آن در چندسال اخیر به دلیل برداشت‌های مکرر آب از سرشاخه‌ها و ساخت سدهای متعدد بر منابع آبی خوزستان تأمین نشده است. عبور لوله‌های نفتی، ورود زه‌آب‌های نیشکر و صنایع جانبی آن مانند شرکت الکل‌سازی و شرکت نئوپان‌سازی، عرصه را بر ادامه حیات این تالاب تنگ کرده است. در کنار ورود فاضلاب‌های صنعتی، شهری و کشاورزی به تالاب بین‌المللی شادگان، اخیراً احداث کارخانه فولاد در نزدیکی تالاب، حیات آن را مورد تهدید قرار داده است. نابودی تالاب بین‌المللی شادگان نه تنها به اکوسیستم جانوری و گیاهی آن ضربه می‌زند بلکه زندگی روستاهای اطراف و حتی شهرستان شادگان را مورد تهدید جدی قرار می‌دهد. درحال حاضر بهره‌برداری اقتصادی مستقیم و غیرمستقیم حاصل از این تالاب معیشت روستاییان اطراف و نیازهای غذایی مردم شهرهای اطراف به مشکل برخورده است که مسئولان این استان می‌توانند با توجه بیشتر به منطقه، محیط زیست، گردشگری و ... به بومیان این منطقه برای تأمین زندگی و اقتصادشان یاری رسانند. زیرمعیار "فقدان برنامه اجرایی و دستورالعمل تخصصی مدیریت محیط

References

1. Akbari R, Mirdamadi M, Hosainy SFA H, Lashgarara F. Designing a model of participatory management in the sustainability of saline wetlands in Mesileh plain of Qom province. *Journal of Agricultural Extension and Education Research*. 2021; 14(1): 1-13. [In Persian].
2. Asumadu, G, Quagrains, R, Owusu-Manu D, Edwards D J, Oduro-Ofori E, Kukah A S K, Nsafoah S K. Analysis of risks factors associated with construction projects in urban wetlands ecosystem. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 2023; 30(2): 198-210. doi: 10.1080/13504509.2022.2130465.

3. Bastaminia A, Safaipour M, Tazesh Yu, Dasturpour M J. Environment and sustainable development, The first national conference on urban planning, *urban management and sustainable development*. 2013 [In Persian]. <https://civilica.com/doc/15174/>
4. Changiri M, Sawari A, Dashti S, Orc N, Karimi Organi F. Natural land use changes in Shadgan wetland before and after the flood using satellite images and geographic information system. *Journal of Wetland Ecology*. 2022; 13 (50): 19-52. [In Persian]. <https://old.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=655567>
5. Dahmardeh M, Shahraki J, Akbari A. Economic evaluation of the environmental damage caused by the drying up of the Hamon wetland on the ecosystem of the Sistan region. *Journal of Natural Environment Hazards*. 2018; 8(19): 209-228. [In Persian] <https://www.sid.ir/paper/510038/fa>
6. Do Y, Kim JY, Lineman M, Kim D.K, Joo GJ. Using internet search behavior to assess public awareness of protected wetlands. *Conservation Biology*. 2015; 29(1): 271-279. Doi: 10.1111/cobi.12419.
7. Eriegha O J, Sam K. Characterization of Crude Oil Impacts and Loss of Livelihood in the Niger Delta, Nigeria: A Fisheries Perspective. *International Journal of Interdisciplinary Research*. 2020; 1: 255-273. Doi: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/89236790/>.
8. Ghanian M, Ghoochani O M, Mohammadzadeh L, Cotton M, Özerol G, Tiefenbacher JP. Interactions Between Changing Climates and Land Uses: The Case of Urmia Lake, Iran. *Indigenous and Local Water Knowledge, Values and Practices* 2023; 139-159. Doi: 10.1007/978-981-19-9406-7_9
9. Hosseini M. Environmental impact assessment consecutive rubber dams in the Karzin river Fars province. *Journal of Modern Research in Environmental Engineering*. 2023; 1(1): 1-12. [in persian]. Doi: 10.1007/978-981-19-9406-7_9
10. Huq N, Pedroso R, Bruns A, Ribbe L, Huq S. Changing dynamics of livelihood dependence on ecosystem services at temporal and spatial scales: an assessment in the southern wetland areas of Bangladesh. *Ecological Indicators*. 2020; 110(105855). Doi: 10.1016/j.ecolind.2019.105855.
11. Kakuba S J, Kanyamurwa JM. Management of wetlands and livelihood opportunities in Kinawataka wetland, Kampala-Uganda. *Environmental challenges*. 2021; 2(100021). Doi: 10.1016/j.envc.2020.100021.
12. Karimi Sangchini I, Islami I. Comprehensive evaluation and ranking of factors threatening biodiversity in the watershed of Chaghakhor International Wetland, Pasture and Watershed, *Journal of Natural Resources of Iran*. 2019; 73(3): 571-585. [In Persian] Doi: 10.22059/jrwm.2020.298812.1473
13. Khajawi P, Nemati F. Detection of oil slicks in the Persian Gulf using MODIS sensor images, *Land Ecology Quarterly*. 2022; 1(1): 50-78. [In Persian]. <https://civilica.com/doc/1534417/>
14. Khosnoud, Z.; Khosnoud, R. (2007) Investigation of the most important polluting factors of Shadgan Wetland, *2nd Conference and Specialized Exhibition of Environmental Engineering*. (in persian) Available on: <https://civilica.com/doc/37518/>
15. Kingsford R T, Walburn A J D. Oil and gas exploration and development in the Lake Eyre Basin: distribution and consequences for rivers and wetlands, including the Coongie Lakes Ramsar Site. *Marine and Freshwater Research*. 2022; 74(3). Doi: 10.1071/MF22063
16. Kolahi M, Azimi Saqin Sara R, Hatami Yazd A. Management of Bezengan wetland through capacity building and social participation, *Human and Environment Quarterly*. 2022; 63: 73-86. [In Persian] Doi: 20.1001.1.15625532.1401.20.4.6.1.
17. Lamsal P, Atreya K, Pant KP, Kumar L. February. Tourism and wetland conservation: application of travel cost and willingness to pay an entry fee at Ghodaghodi Lake Complex, Nepal. *In Natural Resources Forum*. 2016; 40(1-2): 51-61. Doi: 10.1111/1477-8947.12089.
18. Manouri M. Environmental Effects of Development Projects, Publications: *Islamic Azad University, Science and Research Unit*. 2022. [In Persian].
19. Mazloumi A, Zarkami R. Characteristics and importance of wetlands as the most productive ecosystems *availablem 7th International Congress on Agricultural Development and Environment with emphasis on the United Nations Development Program*. 2022. [In Persian]. <https://civilica.com/doc/1492762/>
20. Mehmadi Kartlai H, Nohagar A. Investigation of the destruction factors of Horul Azim wetland and its protection strategies. *Second International Conference on Urban Planning, Architecture, Civil Engineering, Environment*. 2021. [In Persian] <https://civilica.com/doc/798164/>
21. Merriman J C., Murata N. Guide for Rapid Economic Valuation of Wetland Ecosystem Services. BirdLife International Tokyo, Japan. *Ministry of the Environment Japan*. 2016. Doi: 20.500.12592/frg48b.

22. Mirzaei A, Sabeti M. Estimating the economic benefits of Jazmurian wetland restoration and preservation programs. *Agricultural Economics Research*. 2018; 11(1): 53-80. [In Persian]. Doi: 20.1001.1.20086407.1398.11.41.4.9.
23. Mohammadi M, Najafi V. Protection of wetlands in international law, in the light of the Ramsar Convention. *Legal Research*. 2016;16(31): 231-250. [In Persian]. https://jlr.sdil.ac.ir/article_49860.
24. Mohtsham Nia S. Investigating environmental sustainability using ecological footprint index (case study: Abadan city, Khuzestan province). *Journal of Modern Research in Environmental Engineering*. 2023; 1(1): 55-66. [In Persian]. <https://civilica.com/doc/1831998/>
25. Mouszadeh R. Estimating the economic value of market goods in the coastal ecosystem of the Anzali Lagoon. *Environmental Promotional Scientific Quarterly*. 2017; 59: 47-62. [In Persian] Doi: 20.1001.1.29809088.1397.3.59.4.0.
26. Muradjani S. Investigating the effect of climate change on the future tourism of Lorestan province using the TCI index and radiation forcing scenarios. *Land Ecology Quarterly*. 2022; 1(1): 27-37. [in persian]. Doi: <https://doi.org/10.22034/el.2022.156059>.
27. Pordbani R. Systemic thinking approach in environmental management. *The first competition of the comprehensive international conference of engineering sciences in Iran*. 2016. [In Persian]. <https://civilica.com/doc/545029/>
28. Qarani Arani B, Sharifi Yar J, Ghaffari S R. Analysis of the effects of high water scarcity on the social and economic aspects of villagers' lives. *Rural Research Quarterly*. 2016; 8 (3): 422-437. [in persian]. <https://www.sid.ir/paper/359421/fa>
29. Rafei A, Danekar A. Natural appearance and environmental features of Shadgan wetland. *Nature of Iran*, 2021; 6(4): 135-146. [in persian]. https://irannature.areeo.ac.ir/article_124834.
30. Rafei A, Danekar A, Zandbasiri M, Bagherzadeh Karimi M. An analysis of land use/land cover changes in Shadgan International Wetland in recent years, Remote Sensing and Geographical Information System in Natural Resources (*Application of Remote Sensing and GIS in Natural Resources Sciences*). 2022;13 (2):1-5. [In Persian]. <https://www.sid.ir/paper/1032891/fa>
31. Rochwulaningsih Y, Masruroh N N, Sholihah F, Widodo S K, Budiyanto S. Managing socio-economic problems of the wetland environment in South Kalimantan. *In E3S Web of Conferences*. 2020; 202. EDP Sciences. Doi: 10.1051/e3sconf/202020203025 .
32. Sadeghi A. R, Shams F. Role Analysis of the Sense of Security in Enhancement of the Citizens' Social Participation Case Study: Shiraz, Iran. *Strategic Research on Social Problems in Iran*, 2017;6 (4): 91-104. Doi: 10.22108/ssoss.2017.103253.1056.
33. Sam K, Zabbey N. Contaminated land and wetland remediation in Nigeria : opportunities for sustainable livelihood creation. *Science of the Total Environment*. 2018;639: 1560-1573. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.05.266.
34. Serafraz A, Izdiyar P, Habibi A. Fuzzy multi-criteria decision making; *Gil Inscription Publications*: Tehran. 2014.
35. Shushtri Akhan K, Qalehaki R R. Introduction of a comprehensive environmental management system in oil field development plans (case study: Azar oil field development plan, Ilam province). *Oil and Gas Exploration and Production*. 2021; 186:57-62. [In Persian]. <https://civilica.com/doc/1639581/>
36. Talebi A, Talaiyan M, Abbasi Guderzi F, Freeman B. Evaluation of possible effects of land use changes on water quality of Shadgan lagoon using remote sensing data. *Spatial Analysis of Environmental Hazards*. 2019; 7 (2): 33-48. [In Persian]. <http://ensani.ir/fa/article/440205>
37. Torres C, Hanley N. Communicating research on the economic valuation of coastal and marine ecosystem services. *Marine Policy*.2017; 75: 99–107. Doi: 10.1016/j.marpol.2016.10.017
38. Volik O, Elmes M, Petrone R, Kessel E, Green A, Cobbaert D, Price J. Wetlands in the Athabasca Oil Sands Region: the nexus between wetland hydrological function and resource extraction. *Environmental Reviews*. 2020; 28(3): 246-261. Doi: 10.1139/er-2019-0040



Designing a Livelihood System Compatible with the Environment and Sustainable in the Shadgan Wetland with the Approach of Oil Field Development

Mohammad Saeidifard	M.Sc. student, Department of Environmental Engineering and Food Industry, Faculty of Civil and Earth Resources Engineering, Centre Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Azadeh Nekooei Esfahani*	Assistant Professor, Department of Environmental Engineering and Food Industry, Faculty of Civil and Earth Resources Engineering, Centre Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Mahdi Nazari Saram	Assistant Professor, Department of Petroleum, Mining and Materials Engineering, Faculty of Civil and Earth Resources Engineering, Centre Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Extended Abstract

Received: 19 Nov 2023

Accepted: 16 Mar 2024

Keywords: Shadgan Wetland, Oil field Development, Livelihood System, Hybrid Multi-Criteria Decision Making.

Introduction: Since ancient times, the wetlands had an alternative environment that caused residents to gather around them, and these wetlands were a source of work and livelihood for the people of the region, and this led to an increase in tourism. Shadgan Wetland is one of the most important wetlands in the country, and with the development of the oil field around it, changes in the environment, tourism and even the life of the people of this region emerged.

Materials and Methods: This research was conducted with the aim of designing a livelihood system compatible and sustainable with Shadgan wetland environment with the approach of oil field development. In terms of research classification according to the purpose, it is an applied research, the method of data collection is descriptive-non-experimental, and among the types of descriptive research methods, it is classified as a case study. The statistical population includes 10 experts of Maron Oil and Gas Exploitation Company, among whom the expert questionnaire was distributed. Based on the studies, the main research criteria include social, environmental, legal and economic factors.

Results and Discussion: Data analysis has been done using ANP-DEMATEL approach. Based on the results of the research, it was proven that the "environmental factors" criterion with a final weight of 0.574 is the first priority among the criteria and has the most interaction with other criteria, legal factors with an influence of 6.719 are the most influential and social factors with an influence of 0.99. 7/ is the most effective criterion, the sub-criterion "lack of executive plan and specialized guidelines for environmental management in oil fields" with a final weight of 0.1605 is the first priority among the sub-criteria.

Conclusion: considering the development of the oil field in the area of Shadgan wetland, with the aim of achieving a sustainable environment so as not to harm the livelihood system of the natives of the area, attention should be paid to having an executive plan and specialized instructions for environmental management in oil fields and the existence Executive guarantee is very important for it

Corresponding author: Azadeh Nekooei Esfahani

Address: Faculty of Civil and Earth Resources Engineering, Centre Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Tel: +989128179362

Email: azadehnekoeiesfahani@gmail.com

Citation: Saeidifard M, Nekooei Esfahani A, Nazari Saram, M. Designing a Livelihood System Compatible with the Environment and Sustainable in the Shadgan Wetland with the Approach of Oil Field Development. 2024; 1(4): 1-11.



© 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.



استفاده از روش IPSS در توصیه کمی کود نیتروژن جهت کاهش آلودگی محیط زیست

عبدالکریم اجرائی*

عضو هیئت علمی گروه کشاورزی واحد جهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، جهرم، ایران

رخشان حکیم الهی

عضو هیئت علمی گروه شیمی واحد جهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، جهرم، ایران

چکیده مبسوط

مقدمه: کودهای شیمیایی یکی از مهم ترین عوامل آلوده کننده محیط زیست بوده که می توانند باعث آلودگی هوا، خاک، آب های سطحی و زیرزمینی شده و آسیب های جبران ناپذیری به محیط زیست وارد کنند. در بین کودهای شیمیایی، کودهای نیتروژنه بیشترین میزان مصرف را دارند و می توانند تحت تأثیر فرآیند اکسیداسیون و احیا قرار گیرند و بیشترین تأثیر را بر محیط زیست بگذارند. تاکنون روش های زیادی برای توصیه کودهای شیمیایی ارائه شده است، اما همه این روش ها کیفی هستند و نمی توان مقدار کود مورد نیاز گیاه را محاسبه کرد. سیستم یکپارچه گیاه و خاک (IPSS) برای اولین بار در سال ۲۰۱۹ ارائه شد. در این روش مقدار عناصر مورد نیاز گیاهان به صورت کمی محاسبه می شود.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۸

مواد و روش ها: در این تحقیق ۳۹ باغ مرکبات در جهرم انتخاب و بر اساس میزان تولید به دو گروه پرتولید، و تولید متوسط تا کم دسته بندی شدند. در هر باغ سه درخت انتخاب و به مدت دو سال متوالی و هر سال دو بار از اندام های گیاهان و خاک اطراف ریشه نمونه برداری و غلظت نیتروژن آنها اندازه گیری شد.

نتایج و بحث: بین میزان نیتروژن عصاره اشباع خاک و نیتروژن اندام های گیاهی همبستگی معنی داری وجود داشت و بیشترین همبستگی بین نیتروژن برگ های جوان و نیتروژن عصاره اشباع خاک مشاهده شد. همچنین بین نیتروژن اندام های گیاهی همبستگی مثبت و معنی داری وجود داشت و بیشترین همبستگی بین نیتروژن برگ های جوان و سایر اندام های گیاهی مشاهده شد. معادلات بین نیتروژن اندام های گیاهان و نیتروژن عصاره اشباع خاک تعیین شد. با ساده سازی آن معادلات دو معادله با دو متغیر به دست آمد که با توجه به آنها می توان مقدار کود مورد نیاز را به صورت کمی محاسبه کرد.

واژه های کلیدی: توصیه کودی، آلودگی محیط زیست، همبستگی نیتروژن خاک و اندام های گیاهی، مدل رگرسیون.

نتیجه گیری: نتایج این تحقیق دو معادله رگرسیون دو متغیره است که بر اساس آن می توان مقدار کود مورد نیاز گیاهان را به صورت کمی و دقیق محاسبه کرد و محیط زیست را از خطر آلودگی کودهای شیمیایی محافظت کرد. این روش برای تمامی عناصر و گیاهان در سیستم های کشت هیدروپونیک و خاکی قابل استفاده است.

نویسنده مسئول: عبدالکریم اجرائی

نشانی: گروه کشاورزی واحد جهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، جهرم. تلفن: ۰۹۱۷۷۱۰۹۱۹۶ | پست الکترونیکی: soiliran@yahoo.com

استاد: اجرائی عبدالکریم، حکیم الهی رخشان. استفاده از روش IPSS در توصیه کمی کود نیتروژن جهت کاهش آلودگی محیط زیست. پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست.

۱۴۰۲؛ (۴) ۱: ۲۴-۱۲

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 غیرتجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.



مقدمه

اتمسفر توسط اکسیدهای نیتروژن و نیز آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود که بیشتر در نتیجه شستشوی نترات می‌باشد (لوا و همکاران ۲۰۰۳؛ داویز ۱۹۹۶؛ امبلتون و همکاران ۱۹۸۶؛ هی و همکاران ۲۰۰۰؛ راموس و همکاران ۲۰۰۲؛ وین بائوم و همکاران ۲۰۰۲). برای کاهش مصرف کودهای نیتروژن و دیگر کودهای شیمیایی و حفاظت از محیط زیست روش‌های متعددی ارائه شده است می‌توان به روش‌هایی مانند علائم ظاهری (شول ۱۹۴۱؛ اسپراگو ۱۹۶۴؛ تیسدل و همکاران ۲۰۰۳)، آزمایش خاک (براون ۱۹۸۷؛ ون یان ۲۰۰۱؛ پتی پاس ۲۰۰۶) و تجزیه و تحلیل گیاهی (پارک و همکاران ۲۰۰۴؛ گاریا ۲۰۰۴؛ بروس چت ۱۹۸۰؛ رجبناطو و همکاران ۲۰۱۷) اشاره کرد. برخی از روش‌های توصیه کود بر اساس تجزیه و تحلیل خاک و یا گیاه عبارتند از: غلظت بحرانی مواد مغذی (آلبریا و همکاران ۲۰۰۹؛ روبرتز ۱۹۸۲). روش کیت و نلسون (۱۹۶۵)، محدودیت‌های مواد مغذی (آگوستو و همکاران ۲۰۱۷؛ هاگ ۱۹۷۴)، سیستم یکپارچه تشخیص و توصیه (DRIS) (بافیلز ۱۹۷۳) و انحراف از درصد بهینه (DOP) (مونتاز و همکاران ۱۹۹۳). هر کدام از این روش‌ها مزایایی دارند، اما همگی کیفی هستند و نمی‌توانند میزان کود مورد نیاز گیاهان را به صورت کمی بیان کنند. در بین این روش‌ها، روش‌های DOP و DRIS برای محققان کشاورزی جذابیت بیشتری دارند. از روش DOP برای تخمین کیفیت غذایی گیاهان استفاده می‌شود و از شاخص‌هایی مانند شاخص منفی برای بیان کمبود، شاخص مثبت برای بیان بیش از حد و شاخص صفر برای بیان تعادل غلظت عناصر غذایی در گیاه استفاده می‌شود (مونتاز و همکاران ۱۹۹۳؛ مونژ و همکاران ۱۹۹۵؛ بنیتو و همکاران ۲۰۱۵). در روش DRIS برای تعیین وضعیت عناصر در گیاه از نسبت بین عناصر موجود در برگ استفاده می‌شود. با توجه به این نسبت‌ها، مقدار عناصر موجود در گیاه به صورت کمبود، بیش از حد و کافی بیان می‌شود و مقدار کود مورد نیاز به صورت کمی بیان نمی‌شود (بیلی و همکاران ۲۰۰۰؛ بافیلز ۱۹۷۳؛ جونز ۱۹۸۱؛ راقوپاتی و سرینویاس ۲۰۱۴؛ رونی و همکاران ۲۰۱۷). در سیستم یکپارچه گیاه و خاک^۱ (IPSS) که اولین بار در سال ۲۰۱۹ بیان شد (اجرائی و همکاران ۲۰۱۹)، توصیه هر عنصر بر اساس رابطه همبستگی بین مقدار عنصر در آن اندامی از گیاه می‌باشد که بیشترین همبستگی را با غلظت همان عنصر در خاک دارد. با این روش می‌توان مقدار کود مورد نیاز گیاه را به صورت کمی محاسبه نمود که خود علاوه بر تأمین نیتروژن گیاه باعث جلوگیری از آلودگی محیط زیست و عواقب زیان‌بار آن می‌شود.

با افزایش روزافزون جمعیت نیاز به تأمین غذای کافی امری ضروری است. این امر به دو صورت انجام می‌گیرد. یکی افزایش سطح زیر کشت و دیگری افزایش میزان تولید در واحد سطح. از آنجایی که تاکنون زمین‌هایی که فاقد مسأله بوده و قابلیت کشت و کار داشته‌اند تحت کشت قرار گرفته‌اند بنابراین افزایش سطح کشت و کار مقدور نمی‌باشد. پس برای تأمین غذا باید مقدار تولید در واحد سطح را افزایش داد. از مهم‌ترین، ساده‌ترین و ارزانه‌ترین راه‌های افزایش مقدار تولید در واحد سطح تأمین عناصر غذایی ضروری مورد نیاز گیاهان با استفاده از کودهای شیمیایی می‌باشد. نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی مؤثر در رشد گیاه می‌باشد که افزایش محصولات کشاورزی بدون توجه به مقدار این عنصر در خاک و گیاه امکان‌پذیر نخواهد بود (وانی خائوت و همکاران ۲۰۱۳). استفاده از کود نیتروژن یکی از ساده‌ترین و مناسب‌ترین راه‌ها برای بهبود وضعیت این عنصر در خاک است. استفاده بیش از حد از کودهای نیتروژن می‌تواند به روش‌های مختلفی مانند فرسایش خاک، آلی شدن، شستشو، نترات زدایی و تصعید زیان‌های جبران‌ناپذیری به محیط زیست وارد سازد (فرناندز و همکاران ۲۰۰۴). در یک کشاورزی پایدار، استفاده از هر کود و ترکیبی نه تنها باید عملکرد را افزایش دهد بلکه در راستای حفظ ثبات و پایداری محیط زیست باشد. استفاده بیش از حد و روز افزون از کودهای شیمیایی بخصوص کودهای نیتروژن سبب آلودگی آب‌های سطحی و تحت الارضی، آلودگی خاک و هوا، سبب انباشته شدن آلاینده‌ها در بافت‌های گیاهی و نیز ایجاد بیماری‌های فراوانی در حیوانات و انسان‌ها شده است (بوجنوووسکی و همکاران ۲۰۱۶؛ سو و همکاران ۲۰۱۷). گیاهان همیشه سبزی مانند مرکبات نسبت به دیگر گیاهان به مقدار زیادتری آب و مواد مغذی نیاز دارند و از آنجایی که نیتروژن مهم‌ترین ماده مغذی برای رشد مرکبات است، استفاده روز افزون و مستمر از کودهای نیتروژنه باعث صدمات جبران‌ناپذیری به منابع آب، خاک و هوا می‌شود. از طرفی چون این عنصر باعث افزایش عملکرد و بهبود کیفیت میوه می‌شود، بنابراین عدم استفاده از آن باعث کاهش تولید محصولات و قحطی خواهد شد (آلوا و تاگر ۱۹۹۹؛ داسبرگ و همکاران ۱۹۸۴؛ امبلتون و جونز ۱۹۷۸). بنابراین، باید دنبال راهکارهایی بود که علاوه بر تأمین غذا محیط زیست نیز دچار بحران نگردد. کشاورزان جهت افزایش عملکرد و کیفیت محصول، کشاورزان بیشتر از حد مجاز از این کودها استفاده می‌کنند که عدم مدیریت صحیح منجر به آلودگی

¹- Integrated Plant and Soil System

مواد و روش‌ها

شد. آب و هوایی عمدتاً نیمه خشک دارد و متوسط میزان بارش سالانه آن حدود ۳۵۰ میلی‌متر در سال، و میانگین دمای سالانه آن حدود ۲۱-۲۲ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۱).

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در جهرم از شهرهای استان فارس با مختصات جغرافیائی " ۰۰ ' ۳۰ ° ۲۸ شمالی و " ۳۸ ' ۳۳ ° ۵۳ شرقی انجام



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

شاخه)، میوه‌ها و خاک ناحیه ریشه از هر چهار طرف درختان نمونه‌برداری شد. نمونه‌گیری در زمان‌های مختلف در دو سال متوالی تکرار شد تا دقت نتایج افزایش یابد (استفان وهمکاران ۲۰۱۳). پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، نمونه‌های خاک در دمای حدود صفر درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند تا فعالیت میکروارگانیسم‌ها تا حد امکان متوقف یا کاهش یابد و سپس عصاره اشباع خاک تهیه شد (استفان وهمکاران ۲۰۱۳). همچنین اندام‌های گیاهی نمونه‌برداری شده با آب مقطر شسته و به مدت ۴۸ ساعت در هوا خشک شدند (جونز ۱۹۹۸؛ کمبل و پلانک ۱۹۹۸). سپس در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک و آسیاب شدند (فاجریا وهمکاران ۱۹۹۱). مقدار نیتروژن نمونه‌های خاک و اندام‌های گیاه با روش کج‌لدال (۱۸۸۳) اندازه‌گیری شد. خواص فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک مانند هدایت الکتریکی (دسوتر وهمکاران ۲۰۱۲)، pH (ریان ۲۰۰۰؛ ریان وهمکاران ۱۹۷۷)، ماده آلی (والکی ۱۴۷) اندازه‌گیری که مقادیر آنها در جدول ۱ آورده شده است.

روش انجام پژوهش

نمونه‌گیری و آزمون‌های تجربی

۳۹ باغ پرتقال واشنگتن ناول در نقاط مختلف جهرم انتخاب شد که مساحت هر باغ حدود ۸ تا ۱۰ هکتار و سن درخت حدود ۸ تا ۱۲ سال بود. بر اساس عملکرد و کودهای مصرفی نیتروژن و سایر کودها در سال‌های گذشته، باغات به دو گروه کم و پر عملکرد طبقه‌بندی شدند. از این تعداد، ۲۱ باغ به عنوان کم تولید (کم تا متوسط) و کود مصرفی (کمتر از ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در سال سولفات آمونیوم) طبقه‌بندی شدند و عملکرد ۱۰ تا ۴۰ تن در هکتار در سال داشتند و ۱۸ باغ در گروه پرمحصول (باغ‌هایی که ۲۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم استفاده کردند و عملکرد بالایی بین ۶۰ تا ۷۰ تن در هکتار در سال داشتند) طبقه‌بندی شدند. در دو سال متوالی در ماه‌های اسفند و اواخر اردیبهشت از هر باغ سه درخت انتخاب و از ریشه، ساقه، برگ‌های جوان (به جوان‌ترین برگ‌های بالغ، برگ‌های جوان گفته می‌شود)، برگ‌های پیر (برگ‌های پایین‌تر از چهار برگ بالغ از نوک آن

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک باغ‌های جهرم

بافت خاک	pH	EC _e (dSm ⁻¹)	CaCO ₃ %	OM%	CEC (mol ⁺ kg ⁻¹)
سیلتی رسی	۷/۴۵ - ۸/۱۵	۷۵۰-۱۴۰۰	۴۲-۳۶	۱/۲-۲/۵۶	۱۵/۶-۲۸/۷

تحلیل داده‌ها

داده‌های چهار مرحله نمونه‌برداری به دو گروه تقسیم شدند، گروه اول شامل ۲۱۶ درخت از ۱۸ باغ پرمحصول (۶۰ تا ۷۰ تن در هکتار) و گروه دیگر شامل ۴۶۸ درخت که شامل تمامی ۳۹ باغ بود. ماتریس همبستگی بین خواص خاک و نیتروژن هر اندام گیاهی با نیتروژن عصاره اشباع خاک برای ۴۶۸ نمونه انجام شد و آن دسته از متغیرهایی که همبستگی معنی داری با نیتروژن خاک داشتند انتخاب شدند. سپس با کمک نرم‌افزار SPSS-24، بین آن متغیرها و نیتروژن عصاره اشباع خاک معادله رگرسیون چند متغیره تعیین شد (لندن و اوریت ۲۰۰۴؛ ویور و همکاران ۲۰۱۷). همچنین، همین روش برای باغ‌های پرمحصول (n=۲۱۶) اعمال و معادله رگرسیونی مشابهی بین نیتروژن عصاره اشباع خاک و سایر متغیرها به دست آمد. با توجه به دو مدل رگرسیونی، مقدار کود نیتروژن مورد نیاز در هر باغ دست آمد.

نتایج و بحث

مدل رگرسیون در همه باغات

همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است، بین غلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک و نیتروژن در ریشه، ساقه، برگهای پیر، برگهای جوان، میوه و مواد آلی خاک همبستگی معنی داری وجود دارد. بنابراین، یک معادله رگرسیون چند متغیره بین این متغیرها انجام شد ($R^2_{adj}=0.995$ ، $n=468$ ، $P<0.001$) با توجه به ضرایب رگرسیون غیر استاندارد (B) در جدول ۳، معادله رگرسیونی برای تخمین غلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک به صورت معادله ۱ حاصل شد.

$$Y = 0.000370 + 0.11190 X_1 + 0.01094 X_2 - 0.00473 X_3 - 0.01176 X_4 - 0.00092 X_5 - 0.02655 X_6 \quad (1)$$

که: Y غلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک، X_1 نیتروژن برگهای جوان، X_2 نیتروژن ریشه، X_3 نیتروژن میوه، X_4 نیتروژن ساقه، X_5 نیتروژن برگهای پیر، X_6 درصد مواد آلی خاک می‌باشد.

جدول ۲- ضرایب همبستگی عوامل خاک، نیتروژن اندام‌های گیاهی و نیتروژن عصاره اشباع خاک در چهار مرحله نمونه‌برداری در تمامی باغات

	NSSE ¹	OM	EC	pH	CEC	N root	N stem	N old Leaf	N young Leaf	N fruit
NSSE*	۱	۰.۹۸**	۰.۱۲۵ ^{ns}	۰.۰۹۵ ^{ns}	۰.۰۷۰ ^{ns}	۰.۸۰۰**	۰.۸۰۲**	۰.۸۳۸**	۰.۹۸۹**	۰.۹۷۰**
OM	۰.۹۸**	۱	۰.۴۰*	۰.۳۳۳*	۰.۷۵۹**	۰.۸۸۸**	۰.۸۰۰**	۰.۸۸۱**	۰.۹۹۰**	۰.۹۷۰**
EC	۰.۱۲۵ ^{ns}	۰.۴۰*	۱	۰.۱۱۳ ^{ns}	۰.۰۳۰ ^{ns}	۰.۱۰۰ ^{ns}	۰.۰۹۷ ^{ns}	۰.۱۰۸ ^{ns}	۰.۱۸۵*	۰.۰۶۰ ^{ns}
pH	۰.۰۹۵ ^{ns}	۰.۳۳۳*	۰.۱۱۳ ^{ns}	۱	۰.۷۸۸**	۰.۰۶۵ ^{ns}	۰.۱۰۰ ^{ns}	۰.۰۷۰ ^{ns}	۰.۰۹۱ ^{ns}	۰.۰۸۱ ^{ns}
CEC	۰.۰۷۰ ^{ns}	۰.۷۵۹**	۰.۰۳۰ ^{ns}	۰.۷۸۸**	۱	۰.۰۳۵ ^{ns}	۰.۰۴۳ ^{ns}	۰.۰۸۸ ^{ns}	۰.۰۶۰ ^{ns}	۰.۰۵۹ ^{ns}
N root	۰.۸۰۰**	۰.۸۸۸**	۰.۱۰۰ ^{ns}	۰.۰۶۵ ^{ns}	۰.۰۳۵ ^{ns}	۱	۰.۸۸۲**	۰.۸۳۰**	۰.۹۳۳**	۰.۸۷۵**
N stem	۰.۸۰۲**	۰.۸۰۰**	۰.۰۹۷ ^{ns}	۰.۱۰۰ ^{ns}	۰.۰۴۳ ^{ns}	۰.۸۸۲**	۱	۰.۸۵۶**	۰.۹۲۱**	۰.۸۵۰**
N old Leaf	۰.۸۳۸**	۰.۸۸۱**	۰.۱۰۸ ^{ns}	۰.۰۷۰ ^{ns}	۰.۰۸۸ ^{ns}	۰.۸۳۰**	۰.۸۵۶**	۱	۰.۹۲۰**	۰.۸۲۸**
N young Leaf	۰.۹۸۹**	۰.۹۹۰**	۰.۱۸۵*	۰.۰۹۱ ^{ns}	۰.۰۶۰ ^{ns}	۰.۹۳۳**	۰.۹۲۱**	۰.۹۲۰*	۱	۰.۹۳۷**
N fruit	۰.۹۷۰**	۰.۹۰۶**	۰.۰۶۰ ^{ns}	۰.۰۸۱ ^{ns}	۰.۰۵۹ ^{ns}	۰.۸۷۵**	۰.۸۵۰**	۰.۸۲۸**	۰.۹۳۷**	۱

ns معنی دار نمی‌باشد، * ** * به ترتیب در سطح ۵٪ و ۱٪ اختلاف معنی داری دارند.

NSSE*: نیتروژن عصاره اشباع خاک، OM: ماده آلی، EC: هدایت الکتریکی، pH: اسیدیته خاک، CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، N root: نیتروژن ریشه، N Stem: نیتروژن ساقه، N old leaf: نیتروژن برگ پیر، N young leaf: نیتروژن برگ جوان، N fruit: نیتروژن میوه.

نیتروژن در برگ‌های جوان (جدول ۴) نسبت نیتروژن بین هر یک از اندام‌های گیاه و برگ‌های جوان به دست می‌آید. با قرار دادن این نسبت‌ها در معادله ۱، تمام X_1 به X_1 تبدیل می‌شود (غلظت نیتروژن در برگ جوان) و معادله چند متغیره به معادله دو متغیره بین غلظت نیتروژن برگ جوان و میزان نیتروژن عصاره اشباع خاک به معادله ۲ تبدیل می‌شود.

همان‌طور که در معادله ۱ نشان داده شده است، نیتروژن عصاره اشباع خاک با شش متغیر همبستگی معناداری دارد و از آنجایی که اندازه‌گیری همه این متغیرها برای کشاورزان پرهزینه و گران است، این فرمول باید تا حد امکان ساده شود. از آنجایی که نیتروژن برگ‌های جوان بیشترین همبستگی را با نیتروژن سایر اندام‌ها و نیتروژن عصاره اشباع خاک دارد (جدول ۲) با تقسیم مقدار میانگین غلظت نیتروژن هر اندام گیاهی به میانگین غلظت

جدول ۳- ضرایب رگرسیون متغیرهای خاک و گیاه با نیتروژن عصاره اشباع خاک در کلیه باغ‌ها

مدل	ضرایب غیر استاندارد		ضرایب استاندارد شده		
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
ضریب ثابت	۰/۰۰۰۳۷۰	۰/۰۰۰۱۲۶		۲/۹۳۸	۰/۰۰۳
نیتروژن میوه	-۰/۰۰۰۴۷۳	۰/۰۰۰۱۳۲	-۰/۰۴۳۷۷۵	-۳/۵۸۸	۰/۰۰۰
ماده آلی	-۰/۰۰۰۲۶۵۵	۰/۰۰۰۳۳۵	-۰/۱۸۸۵۴۳	-۷/۹۳۶	۰/۰۰۰
نیتروژن ریشه	۰/۰۰۱۰۹۴	۰/۰۰۰۱۷۷	۰/۰۶۵۵۱۲	۶/۱۹۰	۰/۰۰۰
نیتروژن ساقه	-۰/۰۰۱۱۷۶	۰/۰۰۰۱۸۰	-۰/۰۶۰۹۰۰	-۶/۵۱۵	۰/۰۰۰
نیتروژن برگ پیر	-۰/۰۰۰۰۹۰۲	۰/۰۰۰۰۸۳	-۰/۰۷۴۱۶۱	-۱۰/۸۱۵	۰/۰۰۰
نیتروژن برگ جوان	۰/۰۱۱۱۹۰	۰/۰۰۰۲۴۸	۱/۲۸۳۲۲۰	۴۵/۰۷۳	۰/۰۰۰

جدول ۴- میانگین نیتروژن اندام‌های گیاهی در چهار مرحله نمونه‌برداری در کلیه باغ‌ها

ماده آلی %	نیتروژن ریشه %	نیتروژن ساقه %	نیتروژن برگ پیر %	نیتروژن برگ جوان %	نیتروژن میوه %
۱/۳۴۱۴	۱/۸۳۹۸	۱/۷۱۷۰	۱/۵۰۴۶	۲/۱۳۹۵	۱/۸۱۶۶

$$\frac{\text{متوسط مواد آلی}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.626969$$

$$\frac{\text{متوسط نیتروژن برگ پیر}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.703248$$

$$\frac{\text{متوسط نیتروژن ریشه}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.859920$$

$$\frac{\text{متوسط نیتروژن میوه}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.849077$$

$$\frac{\text{متوسط نیتروژن ساقه}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.802524$$

$$Y_1 = 0/000370 + 0/11190X_1 + (0/001094)(0/859920)X_1 - (0/000473)(0/849077)X_1 - (0/001176)(0/802524)X_1 - (0/0000902)(0/703248)X_1 - (0/002655)(0/626969)X_1$$

مدل رگرسیون در باغات پرمحصول:

همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده شده است، برای باغات پرمحصول ($n=216$)، بین غلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک و ریشه، ساقه، برگ‌های پیر، برگ‌های جوان، میوه و مواد آلی خاک همبستگی معنی داری وجود دارد.

با جمع جبری X_1 معادله فوق ساده و به معادله ۲ تبدیل می‌شود.

$$Y_1 = 0/00037 + 0/08486X_1 \quad (2)$$

که: Y_1 نیتروژن عصاره اشباع خاک ($g L^{-1}$) و X_1 غلظت نیتروژن در برگ‌های جوان می‌باشد.

جدول ۵- ضرایب همبستگی عوامل خاک، نیتروژن اندام‌های گیاهی و نیتروژن اشباع خاک

	NSSE ¹	EC	pH	CEC	OM	N root	N stem	N old Leaf	N young Leaf	N fruit
NSSE	۱	۰/۱۱۳ ^{ns}	۰/۰۸۹ ^{ns}	۰/۰۹۹ ^{ns}	۰/۶۰۰ ^{**}	۰/۱۵۳ [*]	-۰/۳۴۷ [*]	-۰/۲۶۱ [*]	۰/۸۷۹ ^{**}	۰/۳۵۹ ^{**}
EC	۰/۱۱۳ ^{ns}	۱	۰/۱۰۶ ^{ns}	۰/۱۱۱ ^{ns}	۰/۱۳۶ [*]	۰/۰۷۷ ^{ns}	۰/۰۷۱ ^{ns}	۰/۱۰۰ ^{ns}	۰/۰۹۸ ^{ns}	۰/۰۸۱ ^{ns}
pH	۰/۰۸۹ ^{ns}	۰/۱۰۶ ^{ns}	۱	۰/۵۶۸ ^{**}	۰/۲۱۳ [*]	۰/۰۳۲ ^{ns}	۰/۰۶۵ ^{ns}	۰/۰۹۱ ^{ns}	۰/۱۰۸ ^{ns}	۰/۰۷۷ ^{ns}
CEC	۰/۰۹۹ ^{ns}	۰/۱۱۱ ^{ns}	۰/۵۶۸ ^{**}	۱	۰/۶۲۹ ^{**}	۰/۰۶۶ ^{ns}	۰/۱۰۸ ^{ns}	۰/۰۷۹ ^{ns}	۰/۰۴۷ ^{ns}	۰/۰۶۳ ^{ns}
OM	۰/۶۰۰ ^{**}	۰/۱۳۶ [*]	۰/۲۱۳ [*]	۰/۶۲۹ ^{**}	۱	۰/۷۲۳ ^{**}	-۰/۶۸۱ ^{**}	۰/۷۳۴ ^{**}	۰/۸۱۲ ^{**}	۰/۴۲۱ ^{**}
N root	۰/۱۵۳ [*]	۰/۰۷۷ ^{ns}	۰/۰۳۲ ^{ns}	۰/۰۶۶ ^{ns}	۰/۷۲۳ ^{**}	۱	۰/۷۳۳ ^{**}	۰/۷۲۵ ^{**}	۰/۸۱۹ ^{**}	۰/۸۰۹ ^{**}
N stem	-۰/۳۴۷ [*]	۰/۰۷۱ ^{ns}	۰/۰۶۵ ^{ns}	۰/۱۰۸ ^{ns}	-۰/۶۸۱ ^{**}	۰/۷۳۳ ^{**}	۱	۰/۷۹۳ ^{**}	۰/۹۷۶ ^{**}	۰/۸۳۲ ^{**}
N old Leaf	-۰/۲۶۱ [*]	۰/۱۰۰ ^{ns}	۰/۰۹۱ ^{ns}	۰/۰۷۹ ^{ns}	۰/۷۳۴ ^{**}	۰/۷۲۵ ^{**}	۰/۷۹۳ ^{**}	۱	۰/۹۳۱ ^{**}	۰/۷۵۳ ^{**}
N young Leaf	۰/۸۷۹ ^{**}	۰/۰۹۸ ^{ns}	۰/۱۰۸ ^{ns}	۰/۰۴۷ ^{ns}	۰/۸۱۲ ^{**}	۰/۸۱۹ ^{**}	۰/۹۷۶ ^{**}	۰/۹۳۱ ^{**}	۱	۰/۹۶۹ ^{**}
N fruit	۰/۳۵۹ ^{**}	۰/۰۸۱ ^{ns}	۰/۰۷۷ ^{ns}	۰/۰۶۳ ^{ns}	۰/۴۲۱ ^{**}	۰/۸۰۹ ^{**}	۰/۸۳۲ ^{**}	۰/۷۵۳ ^{**}	۰/۹۶۹ ^{**}	۱

ns: معنی دار نمی‌باشد، * ** به ترتیب در سطح ۵٪ و ۱٪ اختلاف معنی داری دارند.

*NSSE: نیتروژن عصاره اشباع خاک، OM: ماده آلی، EC: هدایت الکتریکی، pH: اسیدیته خاک، CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، N root: نیتروژن ریشه، N Stem: نیتروژن ساقه، N old leaf: نیتروژن برگ پیر، N young leaf: نیتروژن برگ جوان، N fruit: نیتروژن میوه.

جدول ۶- ضرایب رگرسیون متغیرهای خاک و گیاه با نیتروژن عصاره اشباع خاک در باغ‌های با تولید بالا

مدل	ضرایب استاندارد شده		ضرایب غیر استاندارد		
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
ضریب ثابت	-۰/۰۲۴۶۵	۰/۰۰۱		-۲/۳۴۵	۰/۰۲۰
نیتروژن میوه	-۰/۰۰۵۴۰	۰/۰۰۰۲۱	-۰/۰۶۴	-۲/۵۶۷	۰/۰۱۱
ماده آلی	-۰/۰۰۴۰۰	۰/۰۰۰۰۵	-۰/۳۲۴	-۸/۳۵۴	۰/۰۰۰
نیتروژن ریشه	۰/۰۰۱۰۰	۰/۰۰۰۳۵	۰/۰۴۰	۱/۵۷۴	۰/۱۱۷
نیتروژن ساقه	-۰/۰۰۱۰۲	۰/۰۰۰۲۹	-۰/۱۳۸	-۴/۶۱۶	۰/۰۰۰
نیتروژن برگ پیر	۰/۰۰۱۰۰۰	۰/۰۰۰۱۵	-۰/۱۹۸	-۷/۱۹۴	۰/۰۰۰
نیتروژن برگ جوان	۰/۰۱۴۰۱	۰/۰۰۰۴۷	۱/۱۶۸	۲۸/۶۰۸	۰/۰۰۰

(جدول ۴). روش Enter متغیرهایی را که همبستگی پایینی دارند حذف می‌کند و متغیرهای با همبستگی بالا را نگه می‌دارد و از آنجایی که همبستگی بین نیتروژن ریشه و نیتروژن خاک کم است از بین معادله حذف می‌شود. معادله برای ضرایب رگرسیون (B) در جدول ۶، یک معادله رگرسیونی برای تخمین غلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک به شرح معادله ۳ به دست آمد.

$$Y_2 = -0.02465 + 0.1401 X_1 - 0.00054 X_2 - 0.10 X_3 - 0.0102 X_4 - 0.0040 X_5$$

(۳)

بنابراین با استفاده از جدول ۶ یک رابطه رگرسیون چند متغیره بین این متغیرها اجرا شد ($R^2_{adj} = 0.898$ ، $n = 216$ ، $n = 216$ ، $P < 0.001$). اگرچه غلظت نیتروژن ریشه با غلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک در معادلات رگرسیون دو متغیره رابطه معنی‌داری داشت، اما در معادله رگرسیون چند متغیره، همبستگی معنی‌داری بین نیتروژن ریشه و غلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک وجود نداشت

(جدول ۵ و ۶). بنابراین، با تقسیم میانگین نیتروژن در هر اندام گیاهی بر میانگین نیتروژن در برگ‌های جوان (جدول ۷) به روشی که بیان شد نسبت نیتروژن بین هر اندام گیاه و برگ‌های جوان به دست می‌آید. با قرار دادن این نسبت‌ها در معادله ۳، تمام X_i ها به X_1 (نیتروژن برگ جوان) تبدیل می‌شود و معادله چند متغیره به یک معادله دو متغیره بین نیتروژن در برگ جوان و نیتروژن در عصاره اشباع خاک تبدیل می‌شود (معادله ۴).

که: Y_2 نیتروژن عصاره اشباع خاک، X_1 نیتروژن برگ‌های جوان، X_2 نیتروژن میوه، X_3 نیتروژن ساقه، X_4 برگ‌های پیر و X_5 درصد مواد آلی خاک می‌باشد. همانطور که در معادله ۳ نشان داده شده است، غلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک با پنج عامل همبستگی معنی داری داشت. نیتروژن برگ‌های جوان بیشترین همبستگی را با غلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک و نیتروژن در سایر اندام‌های گیاهی داشت

جدول ۷- میانگین نیتروژن اندام‌های گیاهی در چهار مرحله نمونه‌برداری در باغ‌های با عملکرد بالا

نیتروژن میوه %	نیتروژن برگ جوان %	نیتروژن برگ پیر %	نیتروژن ساقه %	نیتروژن ریشه %	ماده آلی %
۲/۷۳۳۶	۳/۳۰۹۱	۲/۲۴۰۴	۲/۱۶۴۵	۲/۳۶۷۷	۲/۰۵۶۱

$$\frac{\text{متوسط مواد آلی}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.621347$$

$$\frac{\text{متوسط نیتروژن برگ پیر}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.677042$$

$$\frac{\text{متوسط نیتروژن ساقه}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.654105$$

$$\frac{\text{متوسط نیتروژن میوه}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.826086$$

$$Y_2 = -0.002465 + 0.01401X_1 - (0.00054) (0.826086)X_1 - (0.00102) (0.654105)X_1 - (0.0010) (0.677042)X_1 - (0.0040) (0.621347)X_1$$

معادلات ۲ و ۴ و مثال زیر می‌توان مقدار N مورد نیاز را با روش سیستم یکپارچه گیاه و خاک (IPSS) محاسبه کرد. با فرض اینکه مقدار نیتروژن در برگ جوان یک درصد ماده خشک باشد، میانگین عمق ریشه ۸۰ سانتی‌متر و شعاع متوسط گسترش ریشه‌ها ۱/۵۰ متر از تنه درخت باشد. چه مقدار نترات آمونیوم (۳۳ درصد نیتروژن) با راندمان ۷۰ درصد برای افزایش عملکرد این باغ به باغ‌های پرمحصول برای هر درخت لازم است. (بافت خاک لوم و درصد اشباع ۳۰ درصد). با توجه به اینکه میانگین نیتروژن در برگ‌های جوان در باغ‌های پرمحصول ۳/۳۰۹۱ درصد است، با جایگزینی این مقدار به جای X_2 در رابطه ۴، غلظت نیتروژن در عصاره اشباع خاک در باغ‌های پرمحصول (Y_2) برابر ۰/۰۲۹۷۵ گرم در لیتر خواهد بود. (این شاخص غلظت نیتروژن در خاک‌های تحت کشت پرتقال در این منطقه است). همچنین در این مثال مقدار نیتروژن برگ‌های جوان دارای کمبود ۱ درصد می‌باشد، با جایگزینی آن به جای X_1 در معادله ۲، غلظت نیتروژن در عصاره اشباع خاک (Y_1) برابر ۰/۰۸۸۵۶ گرم در لیتر می‌شود. با کم کردن نیتروژن خاک این باغ (Y_1) از باغات پرمحصول (Y_2)، مقدار N مورد نیاز ۰/۰۲۰۸۹۴ گرم در لیتر خواهد بود.

$$Y_2 - Y_1 = 0.02975 - 0.08856 = 0.020894 \text{ gL}^{-1}$$

با جمع جبری X_1 معادله فوق ساده و به معادله ۴ تبدیل می‌شود.

$$Y_2 = -0.002465 + (4) \cdot 0.097343X_1$$

که: Y_2 نیتروژن عصاره اشباع خاک (gL^{-1})، X_1 و نیتروژن در برگ‌های جوان (درصد) می‌باشد.

نتیجه حاصل از این تحقیق، معادلات ۲ و ۴ می‌باشد. معادله ۲ برای همه باغ‌ها (باغ‌های با هر میزان عملکرد) و معادله ۴ برای باغ‌های پرتقال و اشنگتن ناول پرمحصول. برای توصیه کود نیتروژن، نمونه‌ای از برگ‌های جوان باغات پرمحصول و نمونه‌ای از باغی که احتمالاً دارای کمبود نیتروژن است انتخاب شده و میزان نیتروژن آنها اندازه‌گیری می‌شود. با قرار دادن مقدار نیتروژن برگ‌های جوان باغ پرمحصول به جای X_2 در رابطه ۴، غلظت نیتروژن خاک در باغ پرمحصول (Y_2) به دست می‌آید و این غلظت شاخص نیتروژن خاک برای پرتقال و اشنگتن ناول در این منطقه است. همچنین با قرار دادن مقدار نیتروژن برگ‌های جوان باغ دیگری که کمبود نیتروژن دارد، به جای X_1 در رابطه ۲، مقدار نیتروژن خاک آن باغ (Y_1) به دست می‌آید. با کم کردن Y_1 از Y_2 ، مقدار نیتروژن مورد نیاز برای افزایش عملکرد آن باغ کم محصول به باغی پرمحصول به دست می‌آید. با استفاده از

از آنجایی که اشباع خاک ۳۲ درصد است، مقدار نیتروژن مورد نیاز عبارت است از:

$$1 \text{ kg-}^{-1} \times 10 - 3 = 6/686 \times 0/32 = 0/20894$$

میانگین نیترات آمونیوم با ۳۳ درصد نیتروژن و راندمان ۷۰ درصد به ازای هر کیلوگرم خاک برابر است با:

$$1 \text{ soil-kg} \times (100 \div 33) \times (100 \div 70) = 6/686 \times 10 - 3 = 0/2894$$

(۵) $W = BD * h * A$
که: W وزن خاک (kg)، BD وزن مخصوص ظاهری (3-kgm)،
 h عمق متوسط ریشه (m)، A سطح گسترش ریشه (m²)
می‌باشد.
با توجه به اینکه میانگین وزن مخصوص ظاهری (BD) ۱۳۵۰
کیلوگرم خاک در مترمکعب است:

$$A = \pi r^2 \Rightarrow 3/14 \times (1/50)^2 = 7/065$$

مساحت گسترش ریشه برای یک درخت (m²)

$$W = 1350 \times 0/8 \times 7/065 = 7630/2$$

وزن خاک اطراف ریشه یک درخت (kg)

سایر عناصر برای جذب توسط ریشه و حلالیت کم عنصر در محلول خاک، ممکن است غلظت آن در گیاه کافی نباشد. از سوی دیگر، اگرچه برگ جزء مهمی از گیاه است، اما به دلیل اینکه کلروفیل و برخی مواد دیگر در آن تولید می‌شود، توصیه همه عناصر بر اساس غلظت آنها صرفاً در برگ، صحیح نمی‌باشد، زیرا خواص شیمیایی هر عنصر با عناصر دیگر متفاوت بوده و نیز روش جذب توسط ریشه، مکانیسم انتقال در گیاه و نقش هر عنصر در گیاه با عناصر دیگر متفاوت است (شارات ۲۰۱۵؛ کورالت و همکاران ۲۰۰۵، واتانابی ۲۰۰۷، ویر ۱۹۶۹، الکس ۲۰۱۰).

به همین دلیل است که غلظت هر عنصر از یک اندام به اندام دیگر متفاوت است. غلظت یک عنصر در برگ ممکن است کافی باشد، اما غلظت آن در میوه یا سایر اندامها ممکن است کم یا بسیار زیاد باشد. در اکثر درختان میوه‌ها به صورت کروی بوده و سطح ویژه آنها نسبت به سطح برگ همان گیاه بسیار کمتر بوده که این امر موجب می‌شود گرچه ظاهراً مقدار عنصر در برگ کافی است ولی میوه دچار کمبود آن عنصر خواهد بود. در سیستم IPSS با استفاده از همبستگی بین غلظت نیتروژن در خاک و اندامهای گیاه می‌توان مقدار نیتروژن و دیگر عناصر مورد نیاز گیاه را به صورت کمی دقیقاً محاسبه نمود (اجرائی و همکاران ۲۰۱۹؛ جین و همکاران ۲۰۱۶، آندری و همکاران ۲۰۱۸؛ کیو و همکاران ۲۰۱۷). این امر سبب می‌شود مقدار عناصر ضروری در حد بهینه در اختیار گیاهان قرار گیرد و در نتیجه عملکرد در واحد سطح مزارع و باغها افزایش یابد و از طرفی مقدار مصرف کودها بخصوص کودهای نیتروژنه تحت کنترل باشد و محیط زیست از خطر آلودگی مصون بماند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نیتروژن در اندامهای گیاهی وجود دارد و در بین اندامهای گیاهی، نیتروژن برگ بیشترین

بنابراین مقدار نیترات آمونیوم برحسب گرم برای هر درخت در این باغ:

$$1 \text{ g} \times 220/81 = 7630/2 \times 0/2894$$

پس برای افزایش تولید این باغ به باغات پرمحصول (۶۰-۷۰ تن در هکتار)، برای هر درخت به ۲۲۰/۸۱ گرم کود نیترات آمونیوم نیاز است. اگر در هر هکتار ۲۵۰ اصله درخت به طور متوسط وجود داشته باشد، مقدار کود نیترات آمونیوم مورد نیاز (۵۵/۲۰۲ کیلوگرم در هکتار) می‌باشد.

کیلو گرم در هکتار ۵۵/۲۰۲ => گرم در هکتار ۵۵۲۰۲ = ۲۲۰/۸۱ × ۲۵۰
نتایج نشان داد که بین مقدار نیتروژن عصاره اشباع خاک و نیتروژن اندامهای گیاه همبستگی معنی‌داری وجود دارد و بیشترین همبستگی بین نیتروژن برگ‌های جوان و نیتروژن عصاره اشباع خاک و کمترین همبستگی بین نیتروژن ریشه و نیتروژن عصاره اشباع خاک مشاهده شد. همچنین بین نیتروژن اندامهای گیاه همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت و بیشترین همبستگی بین نیتروژن برگ‌های جوان و نیتروژن سایر اندامهای گیاهی به ویژه نیتروژن میوه مشاهده شد. به نظر می‌رسد برای توصیه نیتروژن غلظت نیتروژن در برگ‌های جوان مناسب‌تر از سایر اندامهای پرتقال و اشنگن ناول باشد که احتمالاً به دلیل وجود نیتروژن در ساختار کلروفیل و نقش گسترده آن در فعالیت ریشی گیاه است (هالیک و همکاران ۲۰۰۹؛ گوک و همکاران ۲۰۱۲). همان طوری که بیان شد در تمامی روش‌ها، توصیه کود به صورت کمی و بر اساس غلظت عنصر در خاک و یا گیاه می‌باشد و در هیچ یک از روش‌های متداول توصیه به صورت همبستگی بین غلظت عنصر در خاک و گیاه و به صورت کمی و دقیقاً براساس نیاز گیاه نمی‌باشد (میرابدولباقی ۲۰۱۵؛ مونتاز و همکاران ۱۹۹۳؛ راقوپاتی و سرینویاس ۲۰۱۴؛ سینگ و همکاران ۲۰۱۲). غلظت یک عنصر در خاک، صرف نظر از حالتی که در گیاه دارد، نمی‌تواند روش مناسبی برای توصیه کود باشد، زیرا اگرچه ممکن است کافی باشد، اما به دلایلی مانند تهویه نامناسب، سردی خاک، رقابت با

آبهای شرب سطحی و زیر زمینی به نیترات و نیتريت نیتريت گردد که خود سبب بیماری متهموگلوبینمیا یا سندرم چشم آبی کودکان می شود که در آن نیترات جایگزین اکسیژن روی سطح هموگلوبین شده و ایجاد اختلال در تنفس می کند و چهره برافروخته و متمایل به نیلی، سفیدی چشم آبی رنگ و دهان کودک به دلیل نقصان اکسیژن باز می ماند. از طرفی نیترات موجود در آب آلوده در سیستم گوارش به نیتروزامین تبدیل شده زیرا حدود ۵ درصد از نیترات ورودی به بدن ما در دستگاه گوارش و به کمک آنزیم ردوکتاز به نیتريت تبدیل می گردد. نیتريت نیز با قرار گرفتن در معرض اسید آمینه های تجزیه شده از فرآورده های گوشتی در معده، و تحت اثر محیط اسیدی می تواند به راحتی نیتروزامین را تشکیل دهد که ترکیبی سرطان زاست. با توجه به موارد فوق کنترل و مصرف کمی کودهای نیتروژن و سایر کودهای شیمیائی راهی مؤثر در کاهش آلودگی محیط زیست و امنیت سلامت جامعه می باشد.

اگرچه در این مطالعه از روش IPSS برای توصیه نیتروژن برای WNO استفاده شد، اما این روش می تواند باعث جلوگیری از مصرف بیش از حد نه تنها کود نیتروژن بلکه سایر کودها برای تمامی گیاهان در سیستم های کشت هیدروپونیک و خاکی مورد استفاده قرار گیرد. و باعث شود علاوه بر تأمین غذا محیط زیست نیز از آلودگی مصون بماند.

قدردانی

از دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم به دلیل استفاده از آزمایشگاه های آن کمال تشکر را داریم

همبستگی را با نیتروژن عصاره اشباع خاک دارد. بنابراین، منطقی تر است که توصیه هر عنصر بر اساس همبستگی بین غلظت آن عنصر در خاک (به ویژه در عصاره اشباع خاک) و اندام های گیاه باشد، نه بر اساس غلظت عنصر در خاک یا برگ های گیاه. کلیه روشهای توصیه کود کیفی بوده و قادر به بیان مقدار کود مورد نیاز گیاهان نیستند. در برخی از آنها مانند DRIS به جای تعیین غلظت عناصر در گیاه، نسبت بین آنها تعیین می شود. در روش CNC و CNR مقدار عناصر غذایی در خاک یا گیاه به صورت کم، زیاد، متوسط بیان می شود و یا در روش DOP غلظت عناصر در گیاه با کلمات مثبت و منفی نشان داده می شود. برخلاف روش های دیگر، IPSS یک روش کمی بسیار دقیق است و توصیه کوددهی بر اساس همبستگی بین مقدار عنصر در خاک و اندام های گیاهی است. از طرفی در اکثر روشهای توصیه کودی، برگ شاخصی برای تعیین وضعیت تغذیه عناصر است. در حالی که در IPSS برای هر عنصر، از اندامی که بیشترین همبستگی را با همان عنصر در خاک دارد، نمونه برداری می شود. همبستگی بین غلظت نیتروژن در خاک و اندام های گیاه می توان مقدار نیتروژن و دیگر عناصر مورد نیاز گیاه را به صورت کمی دقیقاً محاسبه نمود. این امر سبب می شود مقدار عناصر ضروری در حد بهینه در اختیار گیاهان قرار گیرد و در نتیجه عملکرد در واحد سطح مزارع و باغ ها افزایش یابد و از طرفی مقدار مصرف کودها بخصوص کودهای نیتروژنه به مقدار زیادی کاهش و تحت کنترل باشد و سبب آلودگی اتمسفر به جهت تخریب نیترات (دنیتریفیکاسیون) و تولید گازهای N_2O ، NO ، NO_2 نشود. همچنین باعث آلودگی

References

1. Abira B, Chattopadhyay GN, Boyd CE. Determination of critical limits of soil nutrients for use in optimizing fertilizer rates for fish ponds in red, lateritic soil zones. *Aqu. Cul. Eng.* 2009; 40(3): 144-148. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2009.02.003
2. Alva, A. K. and Tucker, D. P. H. Soils and Citrus Nutrition', in L. W. Timmer and L. W. Duncan (eds), Citrus Health Management, APS Press, St. Paul, Minnesota, 1999; pp. 59-71. DOI: 10.1023/a:1008764300753
3. Alva A K, Paramasivam S, Graham WD, Wheaton TA. Best irrigation and nitrogen management practices for citrus production in sandy soils. *WAT. AIR AND SOIL POLL.* 2003; 143, 139-154. DOI: 10.1023/a:1022883311070
4. Andre B, Djimasbé N, Sansan Y, Francois L, Opoku J. Improving the Profitability, Sustainability and Efficiency of Nutrients Through Site Specific Fertilizer Recommendations in West Africa Agro-Ecosystems, Soil Organic Carbon and Proper Fertilizer Recommendation, Springer-Verlag, 2018; 10, chapter 1, 1-10. DOI: 10.1007/978-3-319-58789-9_18
5. Augusto L, Achat DL, Jonard M, Vidal D, Ringeval B. Soil parent material-A major driver of plant nutrient limitations in terrestrial ecosystems. *Glob. Change Biol.* 2017,23(9), 3808- 3824. DOI: 10.1111/gcb.13691 # #
6. Bailey JS, Dils RA, Foy RH, Patterson D. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards: III Practical applications. *Plant Soil.* 2000; 222(2): 255-262. DOI: 10.1023/a:1004827206618
7. Benito A, Garcia-Escudero E, Romero I, Ominguez N, Martin I. Sufficiency ranges (sr) and deviation from optimum percentage (DOP) references for leaf blade and petiole analysis in

- 'Red Grenache' grapevines. *J INT SCI VIGNE VIN*. 2015; 49(1): 143-151. doi.org/10.20870/oeno-one.2015.49.1.94
8. Beufls ER. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Soil Sci. Bull.* No. 1, Univ. Natal, South Africa. 1973; DOI:10.31018/jans.v8i4.1134
 9. Broschat Timothy K. Relationships among soil and foliar nutrient levels and plant quality variables in field-grown *Salvia splendens* Sello. cv. Red Pillar: Canonical correlation analysis. *Commun Soil Sci Plant*. 1980; 11(1): 25-42. DOI: 10.1080/00103628009367013
 10. Brown J R, Hergert GW. Status of Residual Nitrate-Nitrogen Soil Tests in the United States of America. *Soil Testing: Sampling, Correlation, Calibration, and Interpretation*. 1987; doi:10.2136/sssaspecpub21.c810.2136/sssaspec pub21.c8
 11. Bujnovský R, Malík P, Švasta J. Evaluation of the risk of diffuse pollution of groundwater by nitrogen substances from agricultural land use as background for allocation of effective measures, *J. Ecol*. 2016; 35(1): 66-77. DOI: 10.1515/eko-2016-0005
 12. Campbell CR, Plank CO. Preparation of plant tissue for laboratory analysis, P. 37-52. In: Kalra, Yash eds.), Handbook of Reference Methods for Plant Analysis || Determination Of Total Nitrogen In Plant Tissue. 1998; DOI: 10.1201/9781420049398.ch9
 13. Cate, Jr., Nelson LA. A rapid method for correlation of soil test analysis with crop response data. In: International Soil Testing Series Technical Bulletin No. 1, North Carolina State University Agricultural Experiment Station, Raleigh, North Carolina, USA. 1965. 14. Dasberg S, Erner Y, Bielora H. Nitrogen balance in a citrus orchard. *J. Environ. Qual*, 1984; 13: 353-356. <https://doi.org/10.2134/jeq1984.00472425001300030006x>
 14. Desutter T, Prunty L, Hopkins D, Jia X, Wysocki D. Evaluation of 1:5 soil to water extract electrical conductivity methods. *Geoderma. J*, 2012; 185: 1-17. DOI: 10.1016/j.geoderma.2012.03.022
 15. Dow, A., Roberts, S. "proposal: Critical Nutrient Ranges for crop diagnosis", *J. Agron.*, 1982; 74:40. <https://doi.org/10.2134/agronj1982.00021962007400020033x>
 16. Ejraei A, Mohammadi Ghehsareh A, Hodaji M, Besalatpor AA. Regression-based phosphorus recommendation model for Washington Navel. *J. Plant Nutr.*, 2019; 42(18), 2189-2198. doi:10.1080/01904167.2019.1643364
 17. Elekes CC, Dumitriu I, Busuioc G, Iliescu N. The appreciation of mineral element accumulation level in some herbaceous plants species by ICP-AES method, *J. env. sci. pollut. res*. 2010; 17(6): 1230-1236. DOI: 10.1007/s11356-010-0299-x
 18. Embleton, TW, Matsumura M, Stolzy LH. Citrus nitrogen fertilizer management, groundwater pollution, soil salinity, and nitrogen balance. *J. Appl. Agric. Res*. 1986; 1: 57-64. ISSN:0179-0374
 19. Embleton, TW, Jones WW. Nitrogen fertilizer management programs, nitrate pollution potential and orange productivity. In: Nielsen DR, MacDonald TG (eds) Nitrogen in the environment, vol 11. Academic, New York, 1978; pp. 275-297. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-518401-4.50022-5Get>
 20. Estefan G, Sommer R, Ryan J. Method of soil, plant and water analysis a manual for the West Asia and North Africa region, ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas), third edition, Box114/5055, Beirut, Lebanon, 2013; ICARDA@cgiar.org www.icarda.org. DOI: 10.4271/902153
 21. Fageria NK, Baligar VC, Jones CA. Growth and mineral nutrition of field crop, Marcel Dekker, New York. 1991. <https://doi.org/10.1002/jpln.19931560420>
 22. Fernandez-Escobar R, Benlloch M, Herrera E, Garcia-Novelo JM. Effect of traditional and slow-release N fertilizers on growth of olive nursery plants and N losses by leaching, *Sci. Hortic*. 101: 39-492004. DOI: 10.1016/j.scienta.2003.09.008
 23. 2Gareau Stephen E. Analysis of plant nutrient management strategies: Conventional and alternative approaches. *Agric. Human. Values*. 2004; 21(4): 347-353. DOI: 10.1016/j.scienta.2003.09.008 2
 24. Gough L, Gross KL, Cleland EE, Clark CM, Collins SC, Fargione JE, Pennings SC, Suding KN. Incorporating clonal growth form clarifies the role of plant height in response to nitrogen addition, *J. Ecol*. 2012; 169(4): 1053-1062. DOI: 10.1007/s00442-012-2264-5
 25. Haag Richard W. Nutrient limitations to plant production in two tundra communities. *Can. J. Bot.*, 1974; 52(1): 103- 116. DOI: 10.1139/b74-014 26.
 26. Hallik L, Kull O, Niinemets UA. Contrasting correlation networks between leaf structure, nitrogen and chlorophyll in herbaceous and woody canopies, *Basic Appl. Ecol*. 2009; 10(4): 309-118. DOI: 10.1016/j.baae.2008.08.001 26. 27. He ZL,
 27. Alva AK, Yan P, Li YC, Calvert DV, Stoffella PJ, Banks DJ. Nitrogen mineralization and transformation from compost and biosolids during field incubation in a sandy soil. *Soil Sci*.

- 2000; 165: 161–169. DOI:[10.1097/00010694-200002000-00007](https://doi.org/10.1097/00010694-200002000-00007)
28. Jin, Z, Prasad R, Shriver J, Zhuang Q. Crop model- and satellite imagery-based recommendation tool for variable rate N fertilizer application for the US Corn system. *Precision Agriculture*, 2016; 18(5), 779–800. doi:[10.1007/s11119-016-9488-z](https://doi.org/10.1007/s11119-016-9488-z)
29. Jones CA. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 1981; 12: 785-794. <https://doi.org/10.1080/00103628109367194>
30. Jones B Jr. Field sampling procedures for conducting plant analysis, P. 25-35. In: Y. P. Kalra (eds.), *Handbook of Methods for Plant Analysis*, Soil and Plant Analysis Council, Inc. 1998. DOI: [10.1002/\(sici\)10970126\(199709\)44:1<113:aid-pi825>3.0.co;2-o](https://doi.org/10.1002/(sici)10970126(199709)44:1<113:aid-pi825>3.0.co;2-o)
31. Kjeldahl, J. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern, *Z. Anal. Chem*, 1883; 22,366-382. DOI: [10.1007/bf01338151](https://doi.org/10.1007/bf01338151)
32. S, Everitt BS. *A Handbook of Statistical Analyses using SPSS*. New York Washington, D.C. Chapman and Hall/CRC Press LLC. 2004. DOI: [10.1201/9780203009765](https://doi.org/10.1201/9780203009765). www.academia.dk/BiologiskAntropologi/.../SPSS_Statistical_Analyses_using_SPSS.pdf.
33. Mirabdulbaghi M. Investigations on Determination of Nutritional Status of Pear Trees According to a New Index - Deviation From Optimum Percentage (DOP), *Cercetari Agronomice in Moldova*. 2015; 47(4): 83-98. DOI: [10.1515/cerce-2015-0007](https://doi.org/10.1515/cerce-2015-0007)
34. Monge E, Montañés L, Val J, Sanz M. A comparative study of the DOP and the DRIS methods, for evaluating the nutritional status of peach trees, *Acta Horti*. 1995. 383: 191-199. DOI: [10.17660/ActaHortic.1995.383.19](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.383.19)
35. Montañés L, Heras, L, Abadía J, Sanz M. Plant analysis interpretation based on a new index: Deviation from optimum percentage (DOP), *J. Plant Nutr.* 1993; 16(7): 1289-1308. DOI:[10.1080/01904169309364613](https://doi.org/10.1080/01904169309364613)
36. Park BB, Barter, DH, Park K, Banderis AD, Bae K. Diagnosis of plant nutrient and growth responses on fertilization with vector analysis and morphological index. *For. Sci. Technol.* 2015; 11(1): 1-10. DOI: [10.1080/21580103.2014.931257](https://doi.org/10.1080/21580103.2014.931257).
37. Pettipas FC, Lada RR, Caldwell CD, Miller C. Leaf Tissue Testing and Soil and Plant Tissue Relationships for Nitrogen Management in Carrots. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2006; 37(12): 1597-1609. DOI: [10.1080/00103620600710199](https://doi.org/10.1080/00103620600710199)
38. Queralt I, Ovejero M, Carvalho ML, Marques JM, Llabrés AF. Quantitative determination of essential and trace element content of medicinal plants and their infusions by XRF and ICP techniques, *X-Ray Spectrometry*. 2005; 34(3): 214-217. DOI: [10.1002/xrs.795](https://doi.org/10.1002/xrs.795)
39. Raghupathi HB, Srinivas S. Spatial Variability Studies in Banana for Identification of Nutrient Imbalance Using Diagnosis and Recommendation Integrated System, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2014; 45(12): 1667-1686. DOI: [10.1080/00103624.2014.907914](https://doi.org/10.1080/00103624.2014.907914)
40. Ramos, C., Agut, A., Lidón, AL. Nitrate leaching in important crops of the Valencian community region (Spain). *Environ Pollut.* 2002; 118: 215–223. DOI: [10.1016/s0269-7491\(01\)00314-1](https://doi.org/10.1016/s0269-7491(01)00314-1)
41. Reginato JC, Blengino JL, Tarzia DA. Analysis and Use of Cumulative Nutrient Uptake Formulas in Plant Nutrition and the Temporal Weight Averaged Influx. *J. Plant Nutr.* Accepted Manuscript. 2017; DOI: [10.1080/01904167.2017.1346664](https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1346664)
42. Roney Mendes G, Leonardo Angelo A, Junia Maria C, Luiz Paulo Dornelas Dos S, Mundstock Xavier C, Xavier A, Oliveira F. Foliar Diagnosis Indexes for Corn by the Methods Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) and Nutritional Composition (CND). *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2017; 48(1):11-19. DOI: [10.1080/00103624.2016.1253714](https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1253714)
43. Ryan J, Estefan G, Rashid A. *Soil and Plant Analysis Laboratory Manual*. 1977.
44. Ryan, J. Soil and plant analysis in the Mediterranean region: Limitations and potential. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2000; 31(11 – 14): 2147 – 2154. [# #](https://doi.org/10.1080/00103620009370571)
45. Sharath AA, Ghosh SN. Effect of organic and inorganic nutrition on plant and soil of karonda orchard (Carissa Carandas), a semi-wild fruit in India, *Acta Horti*. 2015; 1074: 73-76. DOI: [10.17660/ActaHortic.2015.1074.10](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1074.10)
46. Shull CA. Hunger Signs in Crops. *A Symposium. Botanical Gazette.* 1941; 102(4): 819-820. DOI: [10.2307/2471974](https://doi.org/10.2307/2471974)
47. Singh D, Singh K, Hundal HS, Sekhon KS. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for evaluating nutrient status of Cotton (*Gossypium Hirsutum*), *J. Plant Nutr.*, 2012; 35(2), 192-202. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.636122>
48. Sprague HB. *Hunger Signs in crops, a symposium*, 3th ed. David Mckay Co., Inc. USA. 1964.
49. Su H, Kang W, Xu Y, Wang J. Assessing Groundwater Quality and Health Risks of Nitrogen Pollution in the Shenfu Mining Area of Shaanxi Province, Northwest China, *Exposure*

- and Health, Online. 2017. DOI: 10.1007/s12403-017-0247-9
50. Vaneckhaute C, Meers E, Michels E, Buysse J, Tack FMG. Ecological and economic benefits of the application of bio-based mineral fertilizers in modern agriculture, *Biomass Bioenergy*. 2013; 49: 239-248. DOI: 10.1016/j.biombioe.2012.12.036
51. Walkley A. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of organic soil constituents, *Soil Sci*, 1947; 63: 251 – 263. DOI: 10.1097/00010694-194704000-00001
52. Watanabe T, Broadley MR, Jansen S, White PJ, Takada J, Satake K, Takamatsu T, Tuah SJ, Osaki M. Evolutionary control of leaf element composition in plants, *New Phytol*, 2007; 174(3): 516-523. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2007.02078.x
53. Weaver Kathleen F, Morales Vanessa D, Sarah L, Godde K, Weaver Pablo F. An Introduction to Statistical Analysis in Research (With Applications in the Biological and Life Sciences) || Basics in SPSS. Wiley Blackwell (John Wiley & Sons).539-559. 2017. doi:10.1002/9781119454205.ch13
54. Weinbaum SA, Brown PH, Johnson RS. Application of selected Macronutrient (N, K) in deciduous orchards: physiological and Agro technical perspectives. *Acta Hort*. 2002; 594: 59-64. Doi: [10.17660/ActaHortic.2002.594.3](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.594.3)
55. Weir, CC. Nutrient element balance in citrus nutrition, *Plant Soil*. 1969; 30(3): 405-414 DOI: 10.1007/bf01881966.
56. Wen-yuan H, Yao-chi L, Noel D. Uri. An assessment of soil nitrogen testing considering the carry-over effect. *Appl. Math. Model*. 2001; 25(10): 843-860. DOI: 10.1016/s0307-904x(98)10001-x
57. Xu, X, He P, Yang F, Ma J, Pampolino MF, Johnston AM, Zhou W. Methodology of fertilizer recommendation based on yield response and agronomic efficiency for rice in China, *Field Crops Res*. 2017; 206: 33-42. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.02.011



Using the IPSS Method in the Quantitative Recommendation of Nitrogen Fertilizer to Reduce Environmental Pollution

Abdolkarim Ejraei*

Assistant professor, Department of soil science, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran

Rakhshan HakimElahi

Assistant professor, Department of chemistry, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran

Extended Abstract

Received: 19 Nov 2023

Accepted: 17 Feb 2024

Keywords: Fertilizer recommendation, Environmental pollution, Correlation of soil nitrogen and plant organs, Regression model.

Introduction: Chemical fertilizers are one of the most important factors that pollute the environment. Chemical fertilizers can cause air, soil, surface and underground water pollution and cause irreparable damage to the environment. Among the chemical fertilizers, nitrogenous fertilizers have the largest amount of consumption and can be affected by the oxidation and reduction process and affect the environment the most. So far, many methods have been presented to recommend chemical fertilizers, but all these methods are qualitative and cannot calculate the quantity of fertilizer required by the plant. The Integrated Plant and Soil System (IPSS) was first described in 2019. In this method, the amount of elements needed by plants is calculated quantitatively.

Materials and Methods: There was a significant correlation between nitrogen of saturated soil extract and nitrogen of plant organs, and the highest correlation was observed between the nitrogen of young leaves and the nitrogen of saturated soil extract. Also, the highest correlation was between the nitrogen of young leaves and other plant organs. Organs of plants whose nitrogen had a significant correlation with soil nitrogen were selected and multivariate regression equations were determined between them and soil saturated extract nitrogen. By simplifying them, two equations with two variables were obtained, according to which the required fertilizer can be calculated.

Results and Discussion: There was a significant correlation between nitrogen of saturated soil extract and nitrogen of plant organs, and the highest correlation was observed between the nitrogen of young leaves and the nitrogen of saturated soil extract. Also, the highest correlation was between the nitrogen of young leaves and other plant organs. Organs of plants whose nitrogen had a significant correlation with soil nitrogen were selected and multivariate regression equations were determined between them and soil saturated extract nitrogen. By simplifying them, two equations with two variables were obtained, according to which the required fertilizer can be calculated.

Conclusion: The results of this research are two bivariate regression equations, based on which the amount of fertilizer required by plants can be calculated quantitatively and accurately, and the environment can be protected from the risk of chemical fertilizer contamination. This method can be used for all elements and plants in hydroponic and soil cultivation systems.

Corresponding author: Abdolkarim Ejraei

Address: Department of soil science, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom. **Tel:** +989177109196

Email: soiliran@yahoo.com

Citation: Ejraei A K, HakimElahi R. Using the IPSS Method in the Quantitative Recommendation of Nitrogen Fertilizer to Reduce Environmental Pollution. Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2024; 1(4): 12-24.



© 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.



بررسی وضعیت موجود پسماندهای چوبی و سرشاخه درختان در شهر تهران

گروه محیط زیست، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران
گروه محیط زیست، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران
گروه محیط زیست، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
گروه عمران، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران

کاظم روغنی
شهرزاد خرم نژادیان*
سمیرا قیاسی
علی دهقان بنادکی

چکیده مبسوط

مقدمه: بخش‌های مختلف اکوسیستم شهری تولید کننده پسماند حاوی لیگنین بوده است. این نوع پسماند یا سوزانده می‌شود و یا به مراکز دفن انتقال می‌یابد. در این تحقیق میزان پسماند چوبی که در شهر تهران در بخشهای مختلف تولید می‌گردد بررسی شده است. بخشهای فضای سبز، هرس درختان، صندوق‌های میوه در میادین میوه و تره بار و مبلمان چوبی مستعمل منابع اصلی تولید پسماند با پایه چوب می‌باشند. هدف این پژوهش برآورد میزان پسماندهای چوبی در شهر تهران و تعیین سهم منابع آن بوده است.

مواد و روش‌ها: به این منظور میزان پسماند چوبی وارده از مناطق ۲۲ گانه، میادین تره بار در سال ۱۴۰۰ مورد بررسی قرار گرفته است. اطلاعات مورد نظر با بازدید میدانی، تکمیل ۱۰۰ پرسشنامه در هر منطقه و نمونه برداری از پسماندهای رها شده در مناطق مختلف و ایستگاه‌های پردازش پسماند بدست آمده است. پرسشنامه در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران تقسیم شد. نتایج حاصل از پرسشنامه و آنالیز فیزیکی پسماند چوبی به‌عنوان اطلاعات اولیه برای تحلیل وضعیت پسماند چوبی شهر تهران بکار گرفته شد.

نتایج و بحث: ۷۹٪ حجم پسماند چوبی در شهر تهران اختصاص به هرس درختان و سرشاخه‌ها داشته است. میزان تولید پسماند چوبی به فصل وابسته بوده است. بیشترین میزان تولید پسماند چوبی به سرشاخه، هرس و پسماند حجیم مربوط به اسفند ماه اختصاص داشته است. مناطق ۴ و ۵ بیشترین میزان پسماند هرس خانگی و منطقه ۹ کمترین میزان هرس خانگی را دارا بوده است. میزان پسماندهای حجیم مانند مبلمان و کابینت و... حدود (۲۹٪) می‌باشد و (۱٪) به پسماند فضای سبز اختصاص یافته است.

نتیجه‌گیری: بررسی‌های انجام شده نشان داد که پسماندهای چوبی، حجم عمده‌ای از پسماندهای شهر تهران را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج حاصل نشان می‌دهد که بیشترین میزان پسماند چوبی توسط مبل سازان تولید گردیده است. پسماندهای هرس سرشاخه فصلی می‌باشند و در تمامی فصول میزان آنها بالا نبوده است. پیشنهاد می‌گردد که راهکارهایی در زمینه ساماندهی این پسماندها و بازیابی آنها ارائه گردد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۲

واژه‌های کلیدی: پسماندهای چوبی، آنالیز فیزیکی، شهر تهران، فضای سبز

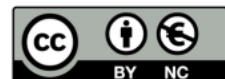
نویسنده مسئول: شهرزاد خرم نژادیان

نشانی: گروه محیط زیست، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران. تلفن: ۰۹۱۲۳۷۵۹۸۲۲. پست الکترونیکی: khoramnezhadian@yahoo.com

استاد: روغنی کاظم، خرم‌نژادیان شهرزاد، قیاسی سمیرا، دهقان بنادکی علی. بررسی وضعیت موجود پسماندهای چوبی و سرشاخه درختان در شهر تهران. پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست. ۱۴۰۲؛ ۱(۴): ۳۹-۲۵.

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

به جای دفن آن در حال حاضر مورد توجه می‌باشد (براتکویچ و همکاران ۲۰۰۸؛ فتائی و سید صفویان ۲۰۱۷). پسماندهای فضای سبز باید به دلایل زیبایی شناسی سریع جمع آوری شوند و باید به محل دفن انتقال یابند. قسمت زیادی از مواد زاید شهری مربوط به مواد آلی می‌باشد که می‌بایست ساماندهی شده و از آنها در تولید کود کمپوست استفاده گردد (کریمیان و همکاران ۱۴۰۱؛ فتائی و هاشمی مجد ۲۰۱۲). تولید میلمان بصورت سنتی سبب تولید پسماند چوبی می‌گردد (هارتینی و همکاران ۲۰۲۱).

پسماند چوبی شهری شامل حجم قابل توجهی از دور ریز وسایل و اجرام چوبی از بخشهای خانگی، تجاری، صنعتی و خدماتی می‌باشد که به محل دفن پسماند منتقل می‌گردند (امیر فضلی و همکاران ۲۰۱۹). زباله‌های چوب شهری شامل پالت‌های چوبی و جعبه‌های حمل و نقل، مواد چوبی موجود در زباله‌های ساختمانی و تخریب، اتصالات راه آهن دور ریخته شده، شاخه‌های درختان، دور ریز نجاری‌ها، پوشال کولر آبی، ضایعات فضای سبز، میلمان مستعمل، و هر گونه مواد چوبی دیگر که با زباله‌های جامد ترکیب شده‌اند می‌باشند. پسماندهای چوبی و حجیم، حجم قابل توجهی از پسماند شهری را به خود اختصاص داده‌اند (همتی و همکاران ۲۰۱۹). لان و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی اعلام کردند که در مجموع ۷۰/۶ میلیون تن زباله چوب شهری در سال ۲۰۱۰ در سراسر ایالات متحده تولید شده است. اگر افراد به این نتیجه برسند که تبدیل سرشاخه‌های هرس شده درختان شهری به محصولات ارزشمندتر می‌تواند راهی برای کاهش اثرات تغییر اقلیم و غنی شدن محیط‌های آبی باشد، باز یافت این پسماندها پیشرفت قابل توجهی خواهد داشت.

دراستای سیاست‌های کاهش میزان پسماندهای تولیدی شهر تهران (طرح کاپ) و به طبع آن کاهش هزینه‌های حمل و نقل و کاهش اثرات سوء زیست محیطی پسماندها، پروژه مدیریت پسماندهای حجیم و سرشاخه‌ها در دستور کار حوزه معاونت خدمات شهرداری تهران قرار گرفته است. هرساله حجم قابل توجهی از پسماندهای حجیم سر شاخه‌ها و ضایعات فضای سبز تولید شده در شهر تهران با صرف هزینه سنگین‌های سنگین جمع آوری و توسط کامیون به مرکز دفن مجتمع آرادکوه منتقل و سپس دفن می‌گردند. از سوی دیگر براساس آمار موجود روزانه در حدود ۱۰۰ تن ضایعات میوه و تره بار میادین سطح شهر تهران به صورت مخلوط با زباله‌های خانگی جمع آوری و به مرکز دفن زباله مجتمع آرادکوه منتقل می‌شود. یکی از منابع پسماندهای چوبی و سرشاخه در شهر تهران پسماندهای مخلوط سطح شهر ورودی به آرادکوه است. متأسفانه چند ویژگی بررسی و تحلیل این پسماند را دشوار نموده است. ویژگی اول مخلوط بودن پسماندهای مختلفی نظیر لجن، لاستیک، خاکروبه و حتی نخاله ساختمانی با پسماندهای

رشد شهرها و افزایش نرخ شهر نشینی سبب نیاز بیشتر به فضای سبز و به تبع آن افزایش پسماند ناشی از فضای سبز شده است (جهان و همکاران ۲۰۲۲؛ نینمنت و پنولا ۲۰۲۲ و کونستانینوس ۲۰۲۳) با افزایش جمعیت انسانی میزان تولید پسماند افزایش یافته است و به تبع آن نیاز به زمین برای دفن زباله افزایش یافته است (ضرابی و همکاران ۱۳۹۱؛ اجاقی و همکاران ۲۰۲۱). مسئولیت جمع آوری، انتقال، پردازش و دفن زباله در اختیار شهرداری‌ها می‌باشد که این امر نیاز به هزینه، تجهیزات و نیروی انسانی دارد (شریف زاده ۱۳۸۹؛ اولیائی و فتائی ۲۰۱۶). مواد زاید جامد شهری شامل ضایعات آلی و غیر آلی مانند بسته بندی محصول، شیشه، پلاستیک، غذا، بطری و مواد چوبی است که از منابع خانگی، تجاری، موسسات اداری، نخاله و پسماند ساختمانی، فضای سبز شهری و تصفیه فاضلاب در شهرها تولید می‌گردند. مواد زاید شهری طیف وسیعی را تشکیل می‌دهند که از نظر منبع و خواص فیزیکی و شیمیایی بسیار متنوع هستند (حسین و همکاران ۲۰۲۲؛ زاودسکا ۲۰۰۰).

فضای سبز شهری اکوسیستمی است که سبب طراوت محیط شهری می‌گردد و امکاناتی را برای تفریح و سلامت روحی شهروندان فراهم می‌آورد (میسل و تیله ۲۰۱۴). ارتباط شهرنشینان با محیط طبیعی از طریق فضای سبز شهری است که طبیعت را در قالب پارک، دیوار سبز، پرچین و درختان معابر به شهر آورده است (آنگولوری و نارایانا ۲۰۱۷). این مناطق تأثیرات محیط شهری بر انسان و محیط زیست را کاهش می‌دهند (هدبولم و آندرسون ۲۰۱۷). فضاهای سبز ابزاری اجرایی برای اتصال و ارتباط مناطق شهری با محیط‌های طبیعی آن‌ها هستند (وردواکز و همکاران ۲۰۲۱). فضای سبز شهری به عنوان یک مؤلفه حیاتی در اکوسیستم شهر عمل می‌کنند که فواید زیادی از جمله تلطیف دما و بهبود میکروکلیم، کاهش آلودگی، کاهش آلودگی صوت، حفظ تنوع زیستی و ایجاد زیستگاه و مکانهای تفریحی را برای محیط شهری دارند (نواک و همکاران ۲۰۰۷).

حفظ و نگهداری فضای سبز تولید پسماند فضای سبز می‌نماید. فضاهای سبز معمولاً در سراسر شهر پراکنده‌اند، این امر نیاز به سیستم جمع آوری و دفع زباله‌های سبز دارد. آنها همچنین با توجه به اندازه و پوشش گیاهی آنها بسیار ناهمگن هستند که بر میزان و نوع زیست توده مشتق شده تأثیر می‌گذارد (میسل و تیله ۲۰۱۴). فضاهای سبز در طول سال نیاز به نگهداری مداوم دارند اما میزان تولید پسماند در یک ماه از نوسانات فصلی قوی تأثیرپذیر است. استفاده از زیست توده به دست آمده از پسماند فضای سبز

حل جایگزین سوخت فسیلی برای کاهش انتشار آلاینده‌های هیدروکربنی باشد (پوتمان و لیپکه ۲۰۱۳). در این تحقیق، میزان پسماند چوبی و سلولزی که دارای قابلیت بازیافت و تبدیل به محصولات دیگر می‌باشد، مورد بررسی قرار خواهد گرفت. هدف اصلی این تحقیق، شناسایی مقدار و منابع پسماندهای چوبی است.

مواد و روش‌ها

پرسشنامه از منازل مسکونی (جمع‌آوری اطلاعات پسماند هرس خانگی) و نمونه برداری بدست آمد. براساس اطلاعات موجود در سامانه داده نمای شهر تهران، ۳۷۲ هزار منزل مسکونی ویلایی و غیر آپارتمانی وجود دارد که پتانسیل تولید هرس خانگی را دارند. به این منظور پرسشنامه‌ای طراحی گردید (جدول ۱) که در اختیار ساکنین این منازل قرار داده شد. این پرسشنامه بیشتر بر نوع درختان و تعداد آنها تاکید داشت. تنوع تولید پسماند هرس خانگی با توجه به نوع درخت و درختچه‌ها قابل پیش بینی بود.

چوبی و سرشاخه است. بررسی‌ها نشان داده است که تولید کمپوست یا بازیابی این قبیل پسماندها هم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است و هم حجم کمتری به دفن بهداشتی اختصاص داده می‌شود.

هرس گرم قابل تقسیم به هرس سبز و خشکه زنی است. هرس سبز به طور معمول و براساس دستورالعمل هرس سبز سازمان بوستان در فصل بهار و تابستان و بیشتر با هدف زیباسازی و رفع سد معبر صورت می‌گیرد. سرشاخه هرس سرد هر ساله در سه ماه آذر، دی و بهمن و مطابق دستورالعمل هرس سرد سازمان بوستانها در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران انجام می‌گیرد. یکی از هرس‌هایی که در فصل گرم سال صورت می‌گیرد قطع تنه و شاخه‌های خشک درختان است. شاخه‌های تاج درختان بلند نظیر چنار و تنه‌های خشکیده یا منحرف شده درختان که خطرانی را برای شهروندان ایجاد می‌کند در این دسته جای می‌گیرند. استفاده از شاخه‌های هرس شده و پسماندهای چوبی می‌تواند پایه گزار اقتصاد چرخشی باشد (هارتینی و همکاران ۲۰۲۲). استفاده از ضایعات چوب برای گرمایش در محیط‌های شهری می‌تواند راه

جدول ۱- نمونه پرسشنامه هرس خانگی از مناطق ۲۲ گانه شهر تهران

ردیف	پرسش‌ها
۱	مساحت فضای سبز منزل شما چقدر می‌باشد؟
۲	بیشترین حجم فضای سبز منزل شما را درخت و درختچه تشکیل می‌دهد و یا گلکاری می‌باشد؟
۳	چه نوع درختانی در باغچه منزل شما وجود دارند؟
۴	سن درختان منزل خود را بصورت تقریبی بیان بفرمایید.
۵	چه زمانی درختان منزل خود را هرس می‌نمایید؟
۶	پسماند حاصل از هرس درختان را در کجا تخلیه می‌نمایید؟

هرس شده در هر بارگیری سرویس‌های حمل در دسترس‌ترین مبنای تحلیل کمی میزان هرس تولید شده به ازای هر درخت در نظر گرفته شد. جهت نمونه برداری از این پسماندها بصورت تصادفی یک روز در سه ماه آذر، دی و بهمن انتخاب شد. سپس براساس تعداد سرویس‌های ورودی همان روز حداقل ۱۰٪ تعداد سرویس‌های ورودی از مناطق مختلف انتخاب شد. پس از توزین، بار ماشین‌ها تخلیه شده و پسماندهای حجیم چوبی و سرشاخه جدا شد. در این نمونه برداری درصد چوب‌های سوزنی برگ و درصد پسماند چوبی و سرشاخه در پسماند بررسی شد. جهت شناخت بهتر از پسماندهای چوبی حجیم؛ از مبدأ تولید نیز نمونه‌برداری صورت گرفت. در این راستا در بازه زمانی خانه‌تکانی عید، فصل گرم و فصل سرد به طور تصادفی مناطقی جهت گشت‌زنی انتخاب شد.

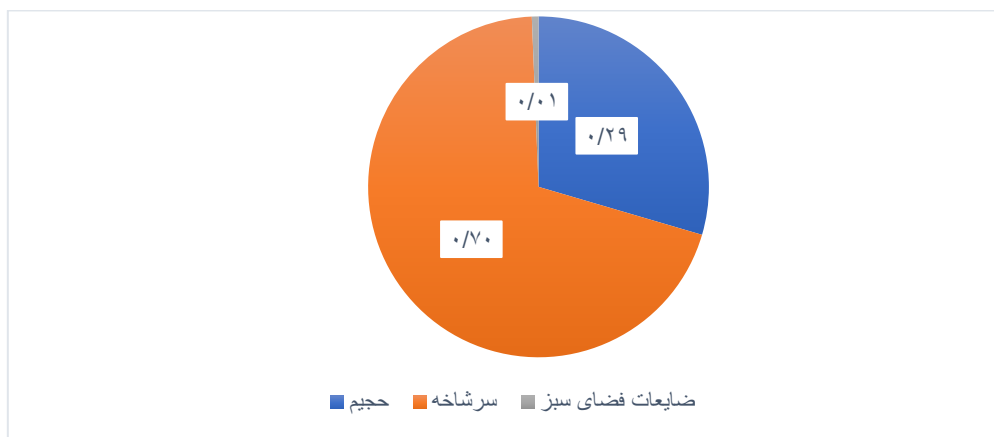
در این بخش از نمونه برداری جهت شناخت بهتر از فرایند هرس سرد سعی گردید که از سرشاخه‌ها چین و پس از هرس شدن در مبدأ نمونه برداری صورت پذیرفت. در این راستا در بازه هرس سرد، به طور تصادفی مناطقی جهت گشت زنی ماهانه انتخاب شد. در مناطق ۲۲ گانه از پسماندهای چوبی رها شده در کناره سطه‌های زباله شهری نمونه برداری به عمل آمد و همین‌طور از ایستگاه‌های پردازش پسماند که در نواحی مختلف مناطق ۲۲ گانه تهران وجود دارند اطلاعات مربوط به نوع پسماند چوبی و وزن آنها اخذ شد.

در متغیرهای بررسی شده در این نمونه برداری شامل گونه‌های مختلف هرس شده در شهر تهران، میزان زمان صرف شده برای هرس هر درخت توسط کارگران، درصد شاخه‌های ضخیم با قطر بیش از ۵ سانتیمتر و میزان هرس تولید شده هر درخت بود. نظر به اینکه توزین در مبدأ سرشاخه کار دشواری بود تعداد درختان

نتایج و بحث

پسماندهای فضای سبز، پسماندهای پاکسازی زمین و هرس درختان، بقایای درختان افتاده شده پس از طوفان حجم قابل توجهی از پسماندهای شهری را تشکیل می‌دهند (پرلاک، ۲۰۰۵). در تحقیقی که در ایالات متحده انجام شده است حدود ۴۱ میلیون و ۰/۴ میلیون تن مواد چوبی خشک به ترتیب در کمربندهای سبز شهری از فعالیت‌های قطع درختان و پاکسازی زمین، و از طرح‌های پیشگیری از آتش‌سوزی در سطح محلی تولید می‌شود (تیمیلنا و همکاران ۲۰۱۴). در برخی کشورها از چوب‌های بریده و تراشه‌ها برای سوخت استفاده می‌گردد (لیون و همکاران ۲۰۱۴).

شکل ۲ نمودار درصد پسماندهای حجیم وارده به ایستگاه پردازش را نشان می‌دهد. بیشترین میزان (۷۰٪) مربوط به سرشاخه و هرس درختان می‌باشد. ۲۹٪ مربوط به پسماندهای حجیم شهری (لوازم چوبی) و ۱٪ مربوط به ضایعات فضای سبز می‌باشد. تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی پسماند برای اجرای طرح‌های مدیریت پسماند و انتخاب پتانسیل‌های بازیابی منابع و انرژی اهمیت دارد (یوسف و رحمان ۲۰۰۷). بیشترین حجم پسماندهای حجیم چوبی مربوط به سرشاخه و هرس درختان می‌باشد.

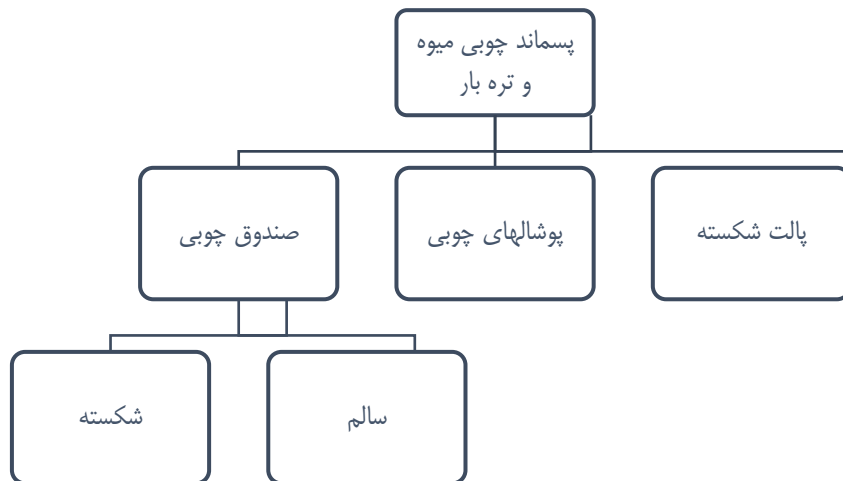


شکل ۲- درصد پسماندهای حجیم ورودی به ایستگاه پردازش در سال ۱۴۰۰

سالم برای کاربردهای مشابه مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرند. همچنین صندوق‌های ناسالم برای کاربردهایی نظیر تولید زغال به فروش می‌رود. از دیگر پسماندهای چوبی تولیدی در میدان‌ها میوه و تره‌بار می‌توان به پالت‌های چوبی و پوشال‌ها اشاره نمود. پوشال‌های چوبی طی سالیان اخیر در بسیاری از محصولات حذف شده است و یا با پوشال‌های کاغذی جایگزین شده است. پسماندهای پالت چوبی نیز در مقایسه پسماندهای تولیدی دیگر مقدار بسیار اندکی است. در حال حاضر در بیشتر میادین تره‌بار از صندوق‌های پلاستیکی برای برخی محصولات استفاده می‌شود که این امر سبب کمتر شدن استفاده از صندوق‌های چوبی شده است. پسماند تر میادین میوه و تره‌بار تهران روزانه حداقل حدود ۲۰۰ تن می‌باشد (عباسی و همکاران ۲۰۱۳). در اتحادیه اروپا سالانه بین ۱۰۰ تا ۱۲۰ میلیون تن پسماند تر در بازارهای مواد غذایی و منازل تولید می‌گردد (جارسامانیجو و همکاران ۲۰۱۷).

پسماند میوه و تره‌بار

بخش غالب پسماندهای تولیدی در میدان‌ها میوه و تره‌بار مربوط به پسماندهای آلی نظیر میوه‌های فاسد شده و پسماندهای میوه و سبزی است. پسماندهای چوبی تولیدی در میدان‌ها میوه و تره‌بار شامل پالت‌های چوبی، پوشال‌ها و صندوق‌های چوبی میوه است. در وضعیت حاضر به علت کثرت استفاده از سبدهای پلاستیکی و همچنین تغییر الگوهای عرضه محصول میزان مصرف صندوق‌های چوبی در میدان‌ها میوه و تره‌بار نسبت به گذشته به‌طور محسوسی کاهش یافته است اما همچنان برای برخی میوه‌ها نظیر مرکبات از این صندوق‌ها استفاده می‌شود لذا بخش اصلی صندوق‌های چوبی میوه در فصل سرد سال تولید می‌شود. شکل ۱- دسته‌بندی پسماندهای چوبی تولیدی در میدان مرکزی میوه و تره‌بار در تهران را نشان می‌دهد که به سه دسته عمده تقسیم می‌شوند. صندوق‌های چوبی براساس کیفیت به دو دسته سالم و غیرسالم تقسیم می‌شوند که معمولاً صندوق‌های چوبی



شکل ۱- دسته بندی پسماندهای چوبی تولیدی در میدان مرکزی میوه و تره بار

پوشال کولر

براساس بازرسی‌هایی که به‌طور مستمر در فصل بهار از مناطق مختلف شهر تهران صورت گرفت پسماند پوشال کولر مستعمل یکی از پسماندهای متداولی بود که به‌ویژه در ماه اردیبهشت و اوایل خرداد دیده می‌شود. این پسماندها در برخی موارد در سطل‌های ۱۱۰۰ شهری قرار داده شده بود، در برخی موارد نیز در مجاورت سطل‌ها گذاشته بود. همچنین در پاره‌ای از موارد پسماندهای پوشال کولر در مجاورت جوی‌ها یا خیابان رهاسازی شده بود. جدول ۲ تخمینی از پسماند پوشال کولر تولیدی سالیانه در مناطق تهران ارائه نموده است. در این جدول اطلاعات خانوارهای مناطق تهران از گزارش آمارنامه سال ۱۳۹۸ شهرداری تهران برداشت شده است. برای محاسبه وزنی پوشال مستعمل

فرض گردیده است که ۶۸٪ خانوارهای تهرانی از کولر آبی استفاده می‌کنند. براساس وزن کشی مشخص شد که پوشال‌های مستعمل یک کولر ۴۰۰۰، به طور میانگین ۲.۲ کیلوگرم وزن دارند. لذا با توجه به اینکه کولرهای شهروندان تهرانی معمولاً ظرفیتی بالاتر از ۴۰۰۰ دارند میتوان وزن هر پوشال را به‌طور متوسط ۲.۵ کیلوگرم در نظر گرفت. این درحالی است که پوشال نو با همین از ۵۰۰ گرم دارد که نشان می‌دهد وزن مفید چوبی در حدود ۲۳٪ است و مابقی وزن مربوطه به رسوبات و آلاینده‌های هوا و آب است. علاوه بر این فرض گردیده است که هر شهروند تهرانی هر دو سال یک‌بار پوشال خود را تعویض می‌کند. درمجموع پوشال کولر مستعمل شهروندان تهرانی بیش از ۷/۹۳۸ تن است که در بازه‌ای ۴۵ روزه تولید می‌شود و وزن مفید چوبی آن در حدود ۶۵ تن است.

جدول ۲- تخمین وزنی پسماند کولر مستعمل در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران

منطقه	خانوار	برآورد وزنی پوشال کولر مستعمل سالیانه (تن)	برآورد وزن مفید چوبی پوشال کولر مستعمل سالیانه (تن)
۱	۱۸۸۵۲۳	۴۸۰	۱۱۰
۲	۲۵۷۸۷۰	۶۵۷	۱۵۱
۳	۱۲۷۱۷۹	۳۲۴	۷۵
۴	۳۲۵۲۷۴	۸۲۹	۱۹۱
۵	۳۱۵۹۰۱	۸۰۵	۱۸۵
۶	۹۲۷۸۳	۲۳۶	۵۴
۷	۱۲۰۳۹۵	۳۰۷	۷۱
۸	۱۶۴۱۳۷	۴۱۸	۹۶
۹	۶۲۳۴۶	۱۵۹	۳۷
۱۰	۱۲۵۶۰۵	۳۲۰	۷۴
۱۱	۱۱۳۶۸۸	۲۹۰	۶۷
۱۲	۸۰۶۲۹	۲۰۶	۴۷
۱۳	۸۲۵۷۰	۲۱۰	۴۸
۱۴	۱۷۰۴۱۶	۴۳۴	۱۰۰

منطقه	خانوار	برآورد وزنی پوشال کولر مستعمل سالیانه (تن)	برآورد وزن مفید چوبی پوشال کولر مستعمل سالیانه (تن)
۱۵	۲۱۹۷۳۳	۵۵۳	۱۲۷
۱۶	۸۶۰۱۸	۲۱۹	۵۰
۱۷	۹۹۷۶۷	۲۵۴	۵۸
۱۸	۱۴۰۵۱۱	۳۵۸	۸۲
۱۹	۸۲۵۸۳	۲۱۰	۴۸
۲۰	۱۲۰۴۹۹	۳۱۷	۷۳
۲۱	۶۷۴۰۱	۱۷۲	۳۹
۲۲	۶۸۲۶۱	۱۷۴	۴۰
مجموع		۷۹۳۸	۱۸۲۶

در جدول ۳ تعداد درختان هرس شده در سه دسته (کمتر از ۵، بین ۵ تا ۱۰ و بیش از ۱۰)، گونه درخت هرس شده و همچنین درصد شاخه ضخیم در چهار دسته (صفر، کمتر از ۵٪، بین ۵ تا ۱۰٪ و بیش از ۱۰٪) ارائه شده است. مطابق نتایج ارائه شده میزان درصد شاخه‌های ضخیم با قطر بیش از ۵ سانتیمتر در بیش از ۷۰٪ موارد

کمتر از ۵٪ یا صفر بوده است. علاوه بر این در قریب به اتفاق موارد بازدیدی سرشاخه تولیدی بیشتر از ۲۰٪ سرشاخه ضخیم ندارد. قطع درختان نیز پسماندهای چوبی برجای می‌گذارد (مک کیور ۲۰۰۴).

جدول ۳- نمونه برداری در مبدأ سرشاخه هرس سرد

ردیف	منطقه	زمان نمونه‌برداری	تعداد درختان هرس شده	گونه	درصد شاخه ضخیم
۱	۲۰	اسفند ۹۸	کمتر از ۵	سرو	صفر
۲	۱۲	اسفند ۹۸	بین ۵ تا ۱۰	زبان گنجشک	صفر
۳	۱۵	بهمن ۹۸	کمتر از ۵	نارون	صفر
۴	۲۲	اسفند ۹۸	بین ۵ تا ۱۰	زیتون	صفر
۵	۱۶	بهمن ۹۸	بیش از ۱۰	توت	کمتر از ۵
۶	۲	بهمن ۹۸	کمتر از ۵	کاج	صفر
۷	۴	اسفند ۹۸	بیش از ۱۰	توت	کمتر از ۵
۸	۱۱	بهمن ۹۸	کمتر از ۵	توت	کمتر از ۵
۹	۲	بهمن ۹۸	کمتر از ۵	توت	صفر
۱۰	۱۹	بهمن ۹۸	بین ۵ تا ۱۰	توت	بیش از ۱۰
۱۱	۶	اسفند ۹۸	بیش از ۱۰	توت	صفر
۱۲	۹	بهمن ۹۸	بین ۵ تا ۱۰	توت	بین ۵ تا ۱۰
۱۳	۹	بهمن ۹۸	بین ۵ تا ۱۰	توت	کمتر از ۵
۱۴	۱۰	بهمن ۹۸	کمتر از ۵	توت	۵ تا ۱۰
۱۵	۲	بهمن ۹۸	کمتر از ۵	توت	صفر
۱۶	۱۶	آذر ۹۹	بین ۵ تا ۱۰	توت	بیش از ۱۰
۱۷	۱۶	دی ۹۹	بین ۵ تا ۱۰	توت	بین ۵ تا ۱۰
۱۸	۴	آذر ۹۹	بیش از ۱۰	توت	کمتر از ۵
۱۹	۴	دی ۹۹	بین ۵ تا ۱۰	توت	کمتر از ۵
۲۰	۵	آذر ۹۹	بین ۵ تا ۱۰	زیتون	بیش از ۱۰

ردیف	منطقه	زمان نمونه برداری	تعداد درختان هرس شده	گونه	درصد شاخه ضخیم
۲۱	۲	دی ۹۹	بین ۵ تا ۱۰	توت	کمتر از ۵
۲۲	۹	دی ۹۹	بیش از ۱۰	توت	بین ۵ تا ۱۰
۲۳	۳	بهمن ۹۹	بین ۵ تا ۱۰	کاج	کمتر از ۵
۲۴	۲	بهمن ۹۹	بیش از ۱۰	توت	صفر

همکاران (۲۰۱۴). به ارزش اقتصادی پسماند فضای سبز کمتر پرداخته شده است و عموماً این نوع پسماندها یا به محل دفن انتقال می‌یابند و یا سوزانده می‌شوند (هینن و همکاران ۲۰۱۲). لازم به ذکر است که نمونه برداری در تمامی مناطق امکان پذیر نبوده است زیرا برخی مناطق فاقد حجم بالای پسماند سرشاخه طبق طبقه بندی مد نظر بوده‌اند. در تحقیق که در برزیل انجام شد ضایعات چوبی ۷ گونه جنگلی رایج شهری در ایالت سائوپائولو در شهر پیراسیکابا جمع‌آوری شد، مشخصه‌های (رطوبت، چگالی پایه و چگالی ظاهری)، شیمیایی (محتوای عصاره، مواد فرار، محتوای کربن ثابت و خاکستر) و انرژی (توان حرارتی بیشتر، کمتر، انرژی مفید، انرژی چگالی و تجزیه و تحلیل گرما وزنی) در نظر گرفته شد. هدف از این تحقیق، ارزیابی پتانسیل تولید انرژی از پسماند هرس چوب از هفت گونه در جنگل‌های شهری بوده است. که به این نتیجه رسیدند که تولید انرژی و استفاده از این پسماندهای هرس راهکار مناسب و جایگزین دفن است که در کشورهای در حال توسعه انجام می‌گردد (کینگلبرگ و همکاران، ۲۰۲۰).

جدول ۴ نمونه برداری در مبدأ سرشاخه هرس گرم را نشان می‌دهد. جهت تخمین کمی هرس سبز تولیدی، با هماهنگی فضای سبز منطقه ۴، ۱۰ درخت توت در خیابان افشاری در مردادماه مورد هرس قرار گرفتند که هرس تولیدی سبز از این درختان بیش از ۱۰ کیلوگرم وزن داشت که نشان دهنده وزن حداقل ۱ کیلوگرمی هرس سبز برای درختان توت است. البته هرس سبز دیگر درختان سطح شهر همچون زیتون، نارون، درختچه‌ها و حتی خود درخت کاملاً وابسته به میزان رشد درختان در فصل گرم است که قطعاً موجب نوسانات بسیاری می‌شود. تولید سرشاخه در فرایند خشکه زنی دارای نوسانات کمی بسیار زیادی است و کاملاً وابسته به نوع درخت، میزان خشکی ساقه، شاخه و تنه است. در برخی موارد صرفاً شاخه‌های تاج درخت هرس می‌شود، در برخی موارد دیگر نیز بخشی از تنه درخت که اضافی است حذف می‌گردد. همچنین در مورد درختانی که تنه منحرف شده حجم قابل توجهی از درخت هرس می‌شود. پسماند ناشی از نگهداری فضای سبز دارای میزان لیگنوسلولوز بالایی است، که به طور متوسط شامل ۲۷٪ - ۵۷٪ سلولز، ۱۱٪ - ۵۵٪ همی سلولز و ۳٪ - ۲۲٪ لیگنین بر اساس ماده خشک است (لیون و

جدول ۴- نمونه برداری در مبدأ سرشاخه هرس گرم

ردیف	منطقه	تعداد درختان هرس شده	گونه	درصد شاخه ضخیم (%)
هرس سبز				
۱	۱	-	شمشاد	صفر
۲	۳	۱	تبریزی	صفر
۳	۳	بیش از ۱۰	افاقیا	صفر
۴	۳	۵ تا ۱۰	توت	کمتر از ۱
۵	۴	۵ تا ۱۰	توت	صفر
۶	۵	بیش از ۱۰	زیتون	کمتر از ۵
۷	۶	کمتر از ۵	زیتون	کمتر از ۱
۸	۶	کمتر از ۵	توت	صفر
۹	۹	بیش از ۱۰	توت	صفر
۱۰	۱۶	-	تروان	صفر

ردیف	منطقه	تعداد درختان هرس شده	گونه	درصد شاخه ضخیم (%)
۱۱	۱۹	بیش از ۱۰	افاقیا	کمتر از ۱
خشکه‌زنی				
۱	۶	کمتر از ۵	چنار	صفر
۲	۶	۵ تا ۱۰	گونه‌های مختلف	بیشتر از ۱۰
۳	۹	۱	چنار	بیشتر ۱۰
۴	۶	کمتر از ۵	چنار	کمتر از ۵
۵	۱۱	کمتر از ۵	چنار	بیشتر از ۱۰
۶	۷	۵ تا ۱۰	چنار	بیشتر از ۱۰
۷	۲۰	۱	نارون	۵ تا ۱۰

هرس خانگی

براساس اطلاعات موجود در سامانه داده‌نمای شهر تهران، ۳۷۲ هزار منزل مسکونی ویلایی و غیر آپارتمانی وجود دارد که پتانسیل تولید هرس خانگی را دارند. بررسی‌های میدانی طی ایام سال نشان می‌دهد گونه‌های تولیدی هرس خانگی دارای تنوع بسیار بالایی است. براساس بررسی‌های میدانی این گونه‌ها شامل درخت مو، انجیر، پیچک، زبان گنجشک، تبریزی، زیتون، نخل و بید بوده است. از آن جهت که شهرداری نظارت خاصی بر روند کاشت درختان در منازل مسکونی ندارد و شهروندان در کاشت درختان خود آزاد هستند تنوع تولید پسماند هرس خانگی قابل پیش‌بینی است. هرس خانگی در ایام سال تولید می‌شود هرچند در فصل پاییز و زمستان دارای حجم بیشتری است. هرس‌های خانگی معمولاً در داخل سطل‌های زباله شهری یا در مجاورت آنها رهاسازی می‌شوند و موجب سد معبر یا پرشدن زوددهنگام

سطل‌های زباله شهری می‌شود. جدول ۵ نمونه‌برداری هرس خانگی در برخی مناطق را در بازه‌های زمانی مختلف ارائه کرده است. همان‌طور که مشخص است در بیشتر موارد درصد شاخه ضخیم (قطر بیش از ۵ سانتیمتر) صفر است. همچنین در بیشتر موارد هرس خانگی در مجاورت یا درون سطل آشغال رها می‌شود. در تحقیق که در جورجیا، کارولینای شمالی و ویرجینیا انجام شد بالاترین درصد پسماند چوب شهری برای بخش دولتی (۴۴-۴۴٪) و پس از آن هرس درختان (۳۱-۲۳٪) و قطع درخت (۲۲-۲۲٪) ایجاد کرد. ۳۲٪ توسط شهرداریها بود. در مورد بخش خصوصی و خانگی بیشترین پسماندها چوبی، هرس درخت در منازل (۴۴-۵۲٪) و قطع درخت (۴۳-۴۳٪) بود (استای و همکاران ۲۰۱۷).

جدول ۵- نمونه‌برداری در مبدأ هرس خانگی

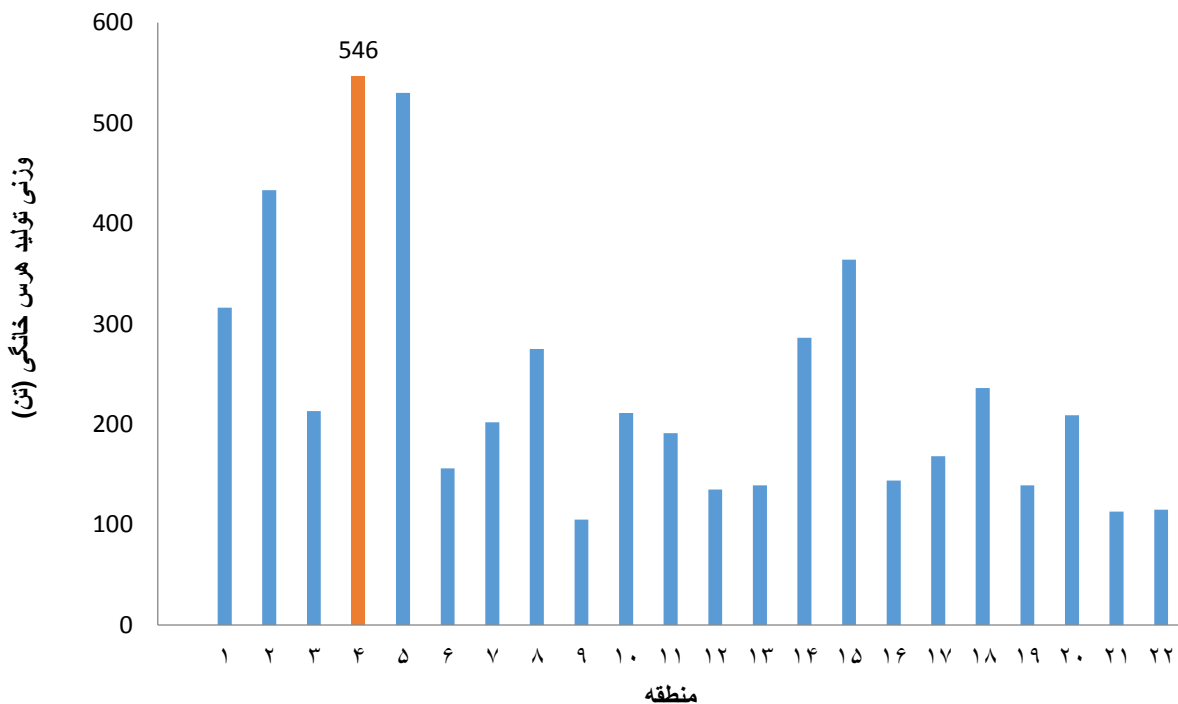
ردیف	منطقه	گونه	برآورد وزنی (کیلوگرم)	درصد شاخه ضخیم (%)	مکان رهاسازی
۱	۳	زیتون	کمتر از ۵	صفر	مجاور سطل آشغال
۲	۶	مو	۵ تا ۲۰	صفر	مجاور سطل آشغال
۳	۹	مو	۵ تا ۲۰	صفر	درون سطل آشغال
۴	۹	انجیر	۵ تا ۲۰	صفر	مجاور سطل آشغال
۵	۹	نخل	۵ تا ۲۰	صفر	مجاور سطل آشغال
۶	۱۳	خرزهره	۵ تا ۲۰	صفر	کنار خیابان
۷	۱۳	پیچک خشک	۵ تا ۲۰	صفر	درون و مجاور سطل آشغال
۸	۲۰	زبان گنجشک	۲۰ تا ۵۰	کمتر از ۵	مجاور سطل آشغال

سطل‌های عمومی و ۱۷٪ استفاده مجدد یا بازیافت را انتخاب کرده‌اند. لذا نتایج بیان می‌دارد عمده شهروندان تهرانی پسماند هرس سرشاخه خود را در سطل‌های عمومی شهری رهاسازی می‌کنند.

شکل ۲ تولید سالیانه هرس خانگی شهروندان تهرانی در مناطق مختلف را نشان می‌دهد. مناطق ۴ و ۵ بیشترین میزان پسماند هرس خانگی و منطقه ۹ کمترین میزان هرس خانگی را دارد. وجود باغات در منطقه ۵ و ۴ و ویلایی بودن منازل دلیل این افزایش میزان پسماند هرس است. زباله‌های هرس خانگی یا پسماند حیاط منازل به دو دسته تقسیم می‌شوند: (۱) ضایعات چوب از پسماند پاکسازی زمین و (۲) زباله‌های حیاط و هرس. زباله‌های پاکسازی زمین شامل درختان و سایر پوشش‌های گیاهی است که در حین ساخت خانه‌ها، تأسیسات و سایر ساختمان‌ها برداشت می‌شوند. پسماندهای حیاط شامل برگ‌های خشک، شاخه‌های درختان و درختچه‌ها، کنده‌ها، چوب‌های محوطه‌سازی و پسماندهای ناشی از باد و طوفان است (هوو و همکاران ۲۰۱۴).

براساس پرسشنامه انجام شده در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران نتایج زیر در مورد هرس خانگی حاصل شده است:

- در مورد تولید هرس خانگی توسط شهروندان، ۱۴٪ پاسخ دهندگان گفته‌اند که پسماند هرس خانگی تولید می‌کنند. و از این تعداد ۷۱٪ اعلام کرده‌اند که پسماند هرس خانگی خود را از پسماند خانگی تفکیک می‌کنند.
- تولیدکنندگان در پاسخ به این که سالانه چه میزان پسماند هرس سرشاخه تولید می‌کنند ۴۳٪ گزینه ۱ تا ۵ کیلوگرم و ۳۵٪ گزینه ۵ تا ۲۰ کیلوگرم را انتخاب کرده‌اند و فقط ۲۲٪ گزینه بیش از ۲۰ کیلوگرم را برگزیده‌اند. این نتایج بیان می‌دارد که مقدار کمی از شهروندان (حدود ۹٪) تولیدکننده پسماند سرشاخه بیش از ۲۰ کیلوگرم هستند. با احتساب وزن ۳۰ کیلوگرم برای گروه سوم، تولیدکنندگان سالیانه به طور میانگین ۱۲/۰۵ کیلوگرم پسماند هرس خانگی تولید می‌کنند. با احتساب ضریب ۱۴٪ به طور میانگین خانوارهای تهرانی ۱/۶۸ کیلوگرم هرس خانگی تولید می‌کنند.
- پاسخگویان در پاسخ به این پرسش که پسماند هرس سرشاخه خود را چگونه مدیریت می‌کنند ۷۴٪ گزینه رهاسازی در



شکل ۲- تولید سالیانه هرس خانگی شهروندان تهرانی در مناطق مختلف

و ۸٪ نیز دارای وزنی بیشتر از ۵۰ کیلوگرم بوده‌اند. این نمونه برداری در مناطق ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ صورت گرفت که در آنها پسماند میلمان گزارش شده بود. علاوه بر تنوع

جدول ۶ نمونه برداری در مبدأ پسماندهای حجیم چوبی (میلمان) در بازه زمانی فصل گرم، فصل سرد و خانه تکانی عید را نشان می‌دهد. فقط ۲۲٪ از موارد دارای وزنی کمتر از ۵ کیلوگرم بوده‌اند

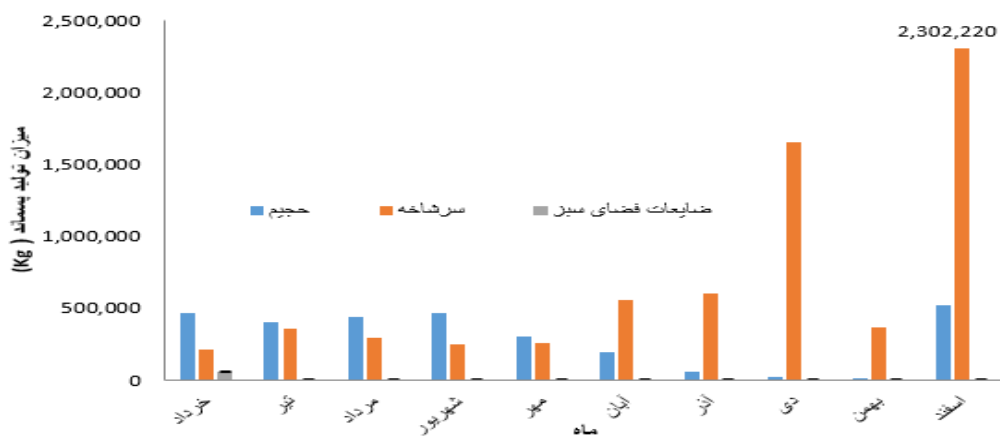
فرسوده در مناطق شهری به میزان فزاینده حجم ضایعات چوبی که به محل‌های دفن زباله ارسال می‌شوند را افزایش داده است. این نوع پسماندها در ایالات متحده آمریکا حدود ۷۰ میلیون تن تخمین زده شده‌اند (بوچارد و همکاران ۲۰۲۳). شکل ۳ میزان تولید پسماند چوبی در ماههای مختلف سال را نشان می‌دهد. بیشترین میزان پسماند سرشاخه و هرس مربوط به اسفند ماه می‌باشد. در اسفند ماه شاهد بیشترین مقدار پسماند حجیم نیز می‌باشیم. این افزایش حجم بدلیل برنامه‌های استقبال از بهار و خانه‌تکانی می‌باشد.

شکلی پسماندهای حجیم چوبی، این پسماندها دارای تنوع وزنی بسیار بالایی نیز هستند. در برخی موارد، کل مبلمان با وزن و حجم بالا در خیابان رهاسازی می‌شود. همچنین تنوع در ابعاد پسماندهای تولیدی نیز بسیار دیده می‌شود. تخته‌های چوبی یا کمد‌های چوبی بسیار بزرگ نیز در بازدیدهای میدانی رؤیت شده است. پژوهشگران پسماند چوب شهری از تعاریف متفاوتی برای توصیف زباله‌های چوبی یک محیط شهری استفاده می‌کنند. EPA ضایعات چوب را به دو بخش: چوب (چوب ضایعات، کابینت و مبلمان چوبی) و تزیینات حیاط (سرشاخه، پالت و...) تقسیم می‌کند (یوسف و رحمان ۲۰۰۷). محصولات چوبی آسیب دیده یا

جدول ۶- نمونه برداری در مبدأ پسماندهای حجیم چوبی (مبلمان)

ردیف	منطقه	نوع پسماند چوبی	برآورد وزنی (کیلوگرم)	مکان رهاسازی
فصل گرم				
۱	۲	تخته MDF	۲۰ تا ۵۰	وسط پیاده رو
۲	۲	در مستعمل	۵ تا ۲۰	مجاورت سطل اشغال
۳	۳	در مستعمل	۵ تا ۲۰	مجاورت سطل اشغال
۴	۵	تخته چوبی رنگ شده	۵ تا ۲۰	کنار خیابان
۵	۶	قطعات نئوپان	۵ تا ۲۰	وسط پیاده رو
۶	۱۱	پالت شکسته	۲۰ تا ۵۰	مجاورت سطل اشغال
۷	۱۱	چوب پلاست	۵ تا ۲۰	مجاورت سطل اشغال
۸	۱۲	تخته MDF	کمتر از ۵	کنار پیاده رو
۹	۱۲	کمد چوبی	۵ تا ۲۰	کنار پیاده رو
۱۰	۱۳	ویتترین چوبی	۲۰ تا ۵۰	مجاورت سطل اشغال
خانه‌تکانی عید (اسفند ۹۸)				
۱	۱	کنسول	۲۰ تا ۵۰	کنار خیابان
۲	۱	در مستعمل	بیشتر از ۵۰	مجاور خانه در حال تخریب
۳	۵	تاج گل	کمتر از ۵	کنار خیابان
۴	۱۰	چوب پلاست	کمتر از ۵	مجاورت سطل اشغال
۵	۱۰	در	۵ تا ۲۰	مجاورت سطل اشغال
۶	۱۰	مبلمان	۲۰ تا ۵۰	مجاورت سطل اشغال
۷	۱۰	چوب پلاست	کمتر از ۵	مجاورت سطل اشغال
۸	۱۰	صندلی	۵ تا ۲۰	مجاورت سطل اشغال
۹	۱۱	تخته چوب	۵ تا ۲۰	مجاورت سطل اشغال
۱۰	۱۵	مبلمان	۵ تا ۲۰	مجاورت سطل اشغال
۱۱	۱۵	قطعات چوبی رنگ شده	کمتر از ۵	مجاورت سطل اشغال
۱۲	۱۹	پالت	۵ تا ۲۰	کنار خیابان
۱۳	۱۹	مبلمان	۲۰ تا ۵۰	مجاورت سطل اشغال
فصل سرد				
۱	۲	تاج گل	کمتر از ۵	مجاور سطل اشغال
۲	۳	تخته چوب	۲۰ تا ۵۰	مجاور سطل اشغال
۳	۶	میز چوبی	۲۰ تا ۵۰	کنار خیابان
۴	۶	مبلمان	بیشتر از ۵۰	مجاور سطل اشغال

ردیف	منطقه	نوع پسماند چوبی	برآورد وزنی (کیلوگرم)	مکان رهاسازی
۵	۶	کابینت چوبی	کمتر از ۵	مجاور سطل اشغال
۶	۸	کابینت چوبی	۲۰ تا ۵	مجاور سطل اشغال
۷	۸	میلمان	۲۰ تا ۵	درون سطل اشغال
۸	۹	ویتترین چوبی	۵۰ تا ۲۰	مجاور سطل اشغال
۹	۹	میلمان	بیشتر از ۵۰	کنار خیابان
۱۰	۹	کابینت چوبی	کمتر از ۵	مجاور سطل اشغال
۱۱	۱۱	خرده چوب	۲۰ تا ۵	کنار خیابان
۱۲	۱۱	تخته چوب نئوپان	۵۰ تا ۲۰	مجاور سطل اشغال



شکل ۳- میزان تولید پسماند چوبی در ماه‌های مختلف سال

صنعت مبلمان‌سازی، نیاز به برنامه‌ریزی دقیق‌تر برای مدیریت پسماند چوبی در اسفند ماه، و نیاز به تدابیر سازمان‌دهی برای بازیابی بهینه این پسماندها برای حفظ محیط زیست و استفاده موثر از منابع چوبی است. با توجه به تیج به دست آمده پیشنهاد می‌شود پسماندهای سرشاخه و فضای سبز برای تولید کمپوست استفاده گردند و پسماندهای میلمان‌های حجیم، بازیابی شده و به نحوی در تولید نئوپان مصرف گردد.

تقدیر و سپاسگزاری

از کارکنان محترم شرکت مدیریت پسماند شهرداری تهران که در انجام این تحقیق و ارائه اطلاعات همکاری نمودند کمال تقدیر و تشکر را داریم.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که پسماندهای چوبی به عنوان یک بخش بسیار مهم از پسماندهای شهر تهران تلقی می‌شوند. با توجه به یافته‌ها، بیشترین حجم این پسماندها ۷۹٪ مربوط به هرس درختان و سرشاخه‌ها است که به طور عمده توسط صنعت مبلمان‌سازی تولید می‌شوند. علاوه بر این، مشخص شده است که تولید پسماند چوبی فصلی بوده و بیشترین حجم آن به سرشاخه‌ها، هرس، و پسماند حجیم مربوط به اسفند ماه اختصاص دارد. مناطق ۴ و ۵ بالاترین میزان پسماند هرس خانگی را تولید کرده‌اند، در حالی که منطقه ۹ کمترین میزان هرس خانگی را داراست. اطلاعات حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که حدود ۲۹٪ از پسماندها به عنوان حجیم شناخته می‌شوند و به میلمان و کابینت مربوط می‌شوند، در حالی که تنها ۱٪ به پسماند فضای سبز اختصاص یافته است. این نتایج نشان‌دهنده اهمیت اقتصادی

References

- Abbasi A, Timuranjad N, Zahedifar M, Abbasi P. Managing the Conversion of Fruit and Vegetable Waste Into Animal Feed, *National Conference on Passive Defense Agriculture*, Qeshm. 2013. [In Persian] . <https://civilica.com/doc/322444> (HTML).
- Amirfazli M, Safarzadeh S, Samadi Khadem R. Identification, Classification and Management of Industrial Hazardous Waste in Ardabil Province. *Anthropog. Pollut.* 2019; 3(2): 29-36. doi: 10.22034/ap.2019.668484.
- Anguluri R, Narayanan P S. Role of Green Space in Urban Planning: Outlook towards Smart Cities. *urb. forest. & urb. green.* 2017; 25: 58-65. DOI:10.1016/j.ufug.2017.04.007.
- Bratkovich S, Bowyer J, Fernholz, K, Lindburg A. Urban Tree Utilization and Why it Matters. *Dovetail Partners, Inc.* 2008. <http://www.dovetailinc.org/files/DovetailUrban0108ig.pdf>.
- Buchard M V, Christensen T B. Business Models for the Reuse of Construction and Demolition Waste. *Waste management & research.* 2023. <https://doi.org/10.1177/0734242X231188023>.
- Fataei E, Seied Safavian S T. Comparative Study on Efficiency of ANP and PROMETHEE Methods in Locating MSW landfill sites. *Anthropog. Pollut.* 2017; 1(1): 40-45. Doi: 10.22034/apj.2017.1.1.4045
- Fataei E, Hashemimajd K. Assessment of Chemical Quality and Manure Value of Vermicompost Prepared from Mushroom Wastes. *Asian. J. of Chem.* 2012; 24: 1051-1054.
- Hartini S, Rumita R, Al Huda M H. Upcycle Strategy on Tree Branches to Improve Eco-efficiency Towards a Circular Economy Using Life Cycle Assessment. *In IOP Conference Series: Earth and Envi. Sci.* 2022; 1098 (1): 012024. DOI:10.1088/1755-1315/1098/1/012024.
- Hartini S, Wicaksono P A, Rizal A M D, Hamdi M. Integration Lean Manufacturing and 6R to Reduce Wood Waste in Furniture Company Toward Circular Economy. *IOP Conference Series Mater. Sci. and Engi.* 2021; 1072(1): 012067. DOI:10.1088/1757-899X/1072/1/012067.
- Hedblom M, Andersson E. Flexible Land-use and Undefined Governance: From Threats to Potentials in Peri-urban Landscape Planning. *Land Use Policy.* 2017; 63: 523-527. DOI:10.1016/j.landusepol.2017.02.022
- Heinen K, Lawler M, McHale M R, Peterson M N. Urban Wood Waste: A Guide to Managing your Community's Resource. North Carolina Cooperative Extension Service. 2012.
- Hemmati S, Fataei E, Iman, AA. Effects of Source Separation Education on Solid Waste Reduction in Developing Countries (a case study: Ardabil, Iran). *J. of Solid Was. Tech. and Management.* 2019; 45: 267-272. DOI:10.5276/JSWTM/2019.267.
- Hossain R, Islam MT, Shanker R, Khan D, Locock K E S, Ghose A, Schandl H, Dhodapkar R, Sahajwalla V. Plastic Waste Management in India: Challenges, Opportunities, and Roadmap for Circular Economy. *Sustainability.* 2022; 14: 4425. <https://doi.org/10.3390/su14084425>.
- Howe J, Bratkovich S, Bowyer J, Frank M, Fernholz K. The Current State of Wood Reuse and Recycling in North America and Recommendations for Improvements. *Dovetail Partners, Inc., Minneapolis, Minnesota.* 2014.
- Jahan I, Zhang G, Bhuiyan M, Navaratnam S. Circular Economy of Construction and Demolition Wood Waste—A Theo. Fram. Approach. *Sus.* 2022; 14 (10478). <https://doi.org/10.3390/su141710478>.
- Jara-Samaniego J, Pérez-Murcia MD, Bustamante MA, Paredes C, Pérez-Espinosa A, Gavilanes-Terán I, López M, Marhuenda-Egea FC, Brito H, Moral R. Development of Organic Fertilizers From Food Market Waste and Urban Gardening by Composting in Ecuador. *PLoS One.* 2017; 12 (7): 0181621. Doi: 10.1371/journal.pone.0181621. PMID: 28727757; PMCID: PMC5519165.
- Karimian A, Nadaf Fard L, Norouzi, M, Bagheripoor Monfared I, Mohseni S S. Comparison of physical, Chemical and Microbial Properties of Municipal Waste Compost Fertilizer with Bio compost Obtained from Green Squares in Tehran. *J.*

- of Env. Sci. Stu.* 2022; 7(2): 4844-4855. [In Persian]. Doi: 10.22034/jess.2022.312305.1674.
18. Klingenberg D, Nolasco A M, Júnior A F D, Candaten L, Cavalcante A K L, de Souza E C. Energy Potential of Wood Waste From a Tropical Urban Forest. *J. of Res., Soc. and Dev.* 2020; 9 (9): e451997478-e451997478.
 19. Konstantinidis F K, Sifnaios S, Arvanitakis G, Tsimiklis G, Mouroutsos S G, Amditis A, Gasteratos A. Multi-modal Sorting in Plastic and Wood Waste Streams. *research. conserve. and recy.* 2023; 199: 107244. Doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107244.
 20. Lan K, Zhang B, Yao Y. Circular Utilization of Urban Tree Waste Contributes to the Mitigation of Climate Change and Eutrophication. *One Earth.* 2022; 5(8): 944-957. Doi.org/10.1016/j.oneear.2022.07.001.
 21. Lyon S, Bond B. What is "Urban Wood Waste"? *Forest Prod. J.* 2014; 64(5-6): 166-170. DOI:10.13073/FPJ-D-14-00023.
 22. McKeever D B. Inventories of Woody Residues and Solid Wood Waste in the United States, 2002. In the Ninth International Conference on Inorganic-Bonded Composite Materials Conference, 2004; 10-13, 2004. Vancouver, British Columbia, Canada [CD-ROM]. [Moscow, ID]: University of Idaho, C2004: 12 Pages. <https://doi.org/10.33915/etd.3718>.
 23. Meisel Frank, Thiele Nicole Where to Dispose of Urban Green Waste? Transportation Planning for the Maintenance of Public Green Spaces, *Transport. Research Part A: Pol. and Practice.* 2014; 64: 147-162. DOI: 10.1016/j.tra.2014.03.012.
 24. Nowak D J, Dwyer J F. Understanding the Benefits and Costs of Urban Forest Ecosystems. In: Kuser, J.E. (eds) *Urban and Community Forestry in the Northeast.* Springer, Dordrecht. 2007. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4289-8_2.
 25. Ojaghi A, Fataei E, Gharibi Asl S, Imani AA. Construction, Design and Testing of Infectious Waste Decontamination Device by Mechanical and Chemical Methods, Imam Khomeini Hospital, Sarab, Iran: A Case Study. *J. of Health Sci. and Survei. Sys.* 2021; 9(3): 184-190. Doi: 10.30476/jhsss.2021.90162.1187.
 26. Oliaei AS B, Fataei, E. Breakdown of Urban Waste Repository Location Using GIS (Case study District 3 Region 1 Tabriz), Iran. *Eco., Env. and Conser.* 2016; 22: 2115-2120.
 27. Perlack R D. Biomass as Feedstock for a Bioenergy and Bioproducts Industry: The Technical Feasibility of a Billion-ton Annual Supply. Oak Ridge National Laboratory. U.S. Department of Energy. 2005; <http://www.osti.gov/bridge>.
 28. Puettmann M E, Lippke B. Using Life-cycle Assessments to Demonstrate the Impact of Using Wood Waste as a Renewable Fuel in Urban Settings for District Heating. *Forest Prod. J.* 2013; 63 (1-2): 24-27. DOI:10.13073/FPJ-D-12-00093.
 29. Sharifzadeh F. Analyzing Factors that Influence Productivity Management Improvement in Urban Solid Waste Material. *Management Study. in Dev. and Evol.* 2010; 20(60): 89-114. [In persian]. DOR :20.1001.1.22518037.1389.20.60.6.0.
 30. Stai E, Reyes-Chamorro L, Sossan F, Le Boudec J Y, Paolone M. Dispatching Stochastic Heterogeneous Resources Accounting for Grid and Battery Losses. *IEEE Transactions on Smart Grid.* 2017; 9 (6): 6522-6539. DOI:10.1109/TSG.2017.2715162.
 31. Timilsina N, Staudhammer C L, Escobedo F J, Lawrence A. Tree Biomass, Wood Waste Yield, and Carbon Storage Changes in an Urban Forest. *Landscape and Urban Planning.* 2014; 127: 18-27. DOI:10.1016/j.landurbplan.2014.04.003.
 32. Timilsina N, Staudhammer C L, Escobedo F J, Lawrence A. Tree biomass, wood waste yield, and carbon storage changes in an urban forest. *Landsc. and Urban Plan.* 2014: 127:18-27.
 33. Verdú-Vázquez A, Fernández-Pablos E, Lozano-Diez RV. Green Space Networks as Natural Infrastructures in PERI-URBAN areas. *Urban Ecosyst.* 2021; 24. DOI: 10.1007/s11252-020-01019-w.
 34. Yousuf T B, Rahman M. Monitoring Quantity and Characteristics of Municipal Solid Waste in Dhaka City. *Env. Moni. and assess.* 2007; 135: 3-11. DOI: 10.1007/s10661-007-9710-6.
 35. Zarrabi A, Mohammadi J, Ahangari S. An Analysis of Municipal Solid Waste Management Emphasizing on the Recovering of Waste (Case study: Boukan).

- Geography and Environmental Planning*. 2013; 23(4): 91-108. [In Persian]. DOR: 20.1001.1.20085362.1391.23.4.6.0.
36. Zavodska A A. Study of Residential Solid Waste Composition and Management in a Selected Developing Country – Guyana. *J. of Solid Was. Tech. and Management*. 2000; 29 (1): 1-7.



Investigating the Current Situation of Wood Waste and Tree Branches in Tehran

Kazem Roghani	Department of Environment, Damavand branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran
Shahrzad Khoramnejadian*	Department of Environment, Damavand branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran
Samira Ghiasi	Department of environment, central Tehran branch, Islamic azad university, Tehran, Iran.
Ali Dehghanbanadaki	Department of Civil Engineering, Damavand Branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran.

Extended Abstract

Received: 22 Nov 2023

Accepted: 11 Feb 2024

Keywords: Wooden waste, physical analysis, Tehran city, green space.

Introduction: Various sections of the urban ecosystem in Tehran produce waste containing lignin. This type of waste is either incinerated or transferred to landfill sites. This research examines the amount of wooden waste generated in different sectors of Tehran. Green spaces, tree pruning, fruit crates in fruit markets, and used wooden furniture are the primary sources of waste production based on wood. The objective of this study is to estimate the amount of wooden waste in Tehran and determine its resource allocation.

Materials and Methods: For this purpose, the amount of wooden waste entering 22 districts and the hay markets in the year 1400 has been investigated. The relevant information was obtained through field visits, 100 questionnaires in each region, and sampling of abandoned waste and waste processing stations. Questionnaires were distributed in the 22 districts of Tehran city. The results from the questionnaires and the physical analysis of wooden waste were utilized as primary data for analyzing the status of wooden waste in Tehran.

Results and Discussion: The results show that 79% of the volume of wooden waste in Tehran is attributed to tree pruning and branches. The production of wooden waste is seasonal, with the highest amount produced in late winter, particularly in February. The majority of wooden waste production is related to branches, tree pruning, and bulky waste in the month of Esfand (February/March). Districts 4 and 5 have the highest amount of household pruning waste, while District 9 has the lowest. About 29% of the wooden waste consists of bulky items such as furniture and cabinets, and only 1% is allocated to green space waste.

Conclusion: The conducted investigations have revealed that wooden wastes constitute a significant portion of Tehran's municipal waste. Result shown that the highest amount of wooden waste is generated by furniture manufacturers. Pruning waste is seasonal, with consistently moderate levels in all seasons. It is recommended that solutions for organizing and recovering these wastes be proposed to better manage the substantial volume of wooden waste in Tehran.

Corresponding author: Shahrzad Khoramnejadian

Address: Department of Environment, Damavand branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran. **Tel:** +989123759822

Email: Shahrzad Khoramnejadian

Citation: Roghani K, Khoramnejadian Sh, Ghiasi S, Dehghanbanadaki, A. Investigating the Current Situation of Wood Waste and Tree Branches in Tehran. Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2024; 1(4): 25-39.



© 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.



مطالعه آزمایشگاهی خصوصیات هیدرولیکی جریان چگال با تحلیل تئوری فضای فاز

گروه مهندسی عمران، مرکز میمند، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران.

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

محمد حسینی*

محمد شعبانی

چکیده مبسوط

مقدمه: جریان های چگال یا دانسیه به علت ورود یک سیال سنگین تر تحت اثر شتاب ثقل زمین به درون یک سیال سبک تر ایجاد می شوند. جریان چگال ماهیت غیرخطی دارد و نسبت به شرایط اولیه حساس می باشد. تکامل زمانی جریان چگال با استفاده از خطوط تراژکتوری در فضای فاز بیان می شود. هدف از این پژوهش، استخراج اطلاعات نهفته درون سیستم با استفاده از تئوری فضای فاز در خصوص تکامل جریان چگال با تغییر در پارامترهای هیدرولیکی ورودی جریان چگال که بتوان ماهیت سیستم و الگوی شکل گرفته جریان چگال در بستر زمان را بیان کرد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۶

مواد و روش ها: جریان چگال طی ۲۸ آزمایش مختلف در یک فلوم آزمایشگاهی با طول ۸m عرض ۳۵cm و ارتفاع ۶۰cm با تغییر شیب، غلظت و دبی ورودی صورت گرفت. جهت تشریح سیستم، با استفاده از تئوری فضای فاز، سیگنال زمانی بصورت شبئی در فضا منتقل شد و آنالیز در فضا جایگزین آنالیز در زمان شد.

نتایج و بحث: با افزایش شیب، تمرکز داده ها روی نیم ساز ترسیم شده و از بالا به سمت پایین حرکت می کند و به عبارتی تراژکتوری ها در نمودار فضای فاز باز تر شده و سیستم جهت تعادل به زمان بیشتری نیاز دارد. زمانی که دبی ورودی ۵۰ l/min باشد تمرکز داده های سرعت در بازه ۲ cm/s تا ۴/۵ cm/s می باشد و حالت جاذب به خود گرفته است و آشوب بیشتری در آن دیده می شود. با تغییر چگالی از ۱۰۰۵ kg/m³ به ۱۰۱۰ kg/m³، از جاذب بودن خطوط سیر کاسته شده و تراژکتوری ها در نمودار فضای فاز باز تر و ماکزیمم های بیشتری به خود گرفته است.

واژه های کلیدی: جریان چگال،

فضای فاز، تراژکتوری، جاذب، بعد محاط

نتیجه گیری: با افزایش شیب از ۱٪ به ۳٪ زمانیکه فلوم بدون تنگ شدگی هست از جاذب آن کاسته شده و در حقیقت زمان بیشتری برای به تعادل و تکامل رسیدن پدیده لازم دارد. اما در اثر تنگ شدگی ممتد یا موضعی باعث شد که نمودار فضای فاز متمرکزتر و جاذب بیشتر شود. به طور کلی با افزایش شیب، ماهیت آشوبناکی سیستم افزایش یافته و تکامل جریان زودتر رخ می دهد. سیستم در بعد محاط ۱۳/۸ سیستم شروع به اشباع شدن می نماید.

نویسنده مسئول: محمد حسینی

نشانی: گروه مهندسی عمران، مرکز میمند، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران. تلفن: ۰۹۱۷۷۰۲۳۳۴۸. پست الکترونیکی: m.h.8894@gmail.com

استاد: حسینی محمد، شعبانی محمد. مطالعه آزمایشگاهی خصوصیات هیدرولیکی جریان چگال با تحلیل تئوری فضای فاز. پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست. ۱۴۰۲؛

(۴) ۵۵-۴۰

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

گرمسیری یا سردسیری، افت آب رودخانه ناشی از افت طولی مسیر و همچنین تعداد بارندگی‌های شدید که در منطقه اتفاق می‌افتند را تفسیر نمود. فتاحی و تراهی (۱۳۹۵) به رفتارنگاری آشوبی رودخانه به کمک روش توسعه فضای فاز پرداختند. روش توسعه فضای فاز به روش تأخیر زمانی به جهت شناسایی آشوب مورد بررسی قرار دادند. هدف از این مطالعه بررسی روش توسعه فضای فاز و تفسیر آنچه که در دیاگرام فضای فاز ترسیم می‌شود، می‌باشد. نتایج نشان داد که داده‌های ماهانه آشوبی تر از داده‌های هفتگی و روزانه می‌باشد که نشان می‌دهد زمان بهینه به یک ماه نزدیکتر است. محل قرار گیری بارندگی‌های شدید قابل تشخیص است. جریان ثابت رودخانه بصورت روزانه بین دبی ۰ تا ۱۴۰، هفتگی بین دبی ۱/۵ تا ۶۰ و ماهانه بین دبی ۱ تا ۲۳ متر مکعب بر ثانیه قرار گرفته است. نوع جریان رودخانه، ثابت یا فصلی، قابل شناسایی است. پدیده‌های هیدرولوژیکی به صورت تصادفی اتفاق می‌افتند و هیچ‌گونه نظمی در آن‌ها دیده نمی‌شود. ولی با کشف آشوب و پیشرفت تکنولوژی، مشاهده شد که بسیاری از این پدیده‌ها آشوبی هستند و می‌توان نظمی را از دل بی‌نظمی ظاهری آن‌ها خارج کرد (اویانگ و همکاران ۲۰۱۶؛ سیواکومار و همکاران ۲۰۲۲).

فرزین و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از داده‌های سری زمانی بارش دریاچه ارومیه به تحلیل توسعه فضای فاز پدیده پرداختند. با استفاده از روش میانگین اطلاعات متقابل و بعد محاط با استفاده از الگوریتم نزدیک ترین همسایگی کاذب فضای فاز ترسیم گردیده است نمودارهای فضای فاز نشان دهنده تکامل یک گروه زمانی می‌باشند. بنابراین رفتار سیستم غیرتصادفی است و به عبارتی جزو فرایندهای استوکاستیکی و نویز دار مطرح نمی‌شود. هونگ و همکاران (۲۰۱۶) به پیش بینی دوره متوسط و دراز مدت رواناب با استفاده از مدل بازسازی توسعه فضای فاز پرداختند. استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌تواند ساختار فضای فاز را بهبود بخشد. که در اینجا از یک مدل غیر خطی ماهانه رواناب استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که رواناب متوسط و دراز مدت پیش بینی رضایت بخشی را از ایستگاه‌های هیدرولوژی بجا می‌گذارند. که پیش بینی‌های خوبی با ۱۵ درصد خطا در تر سالی و خشکسالی بیان می‌کنند. با مقایسه با برخی روشهای مفهومی و تجربی قابل اطمینان، مدل رواناب در طولانی مدت با استفاده از

جریان‌های چگال، جزء جریان‌هایی محسوب می‌شوند که به دلیل نفوذ یا ورود یک سیال با دانسیته سنگین‌تر به داخل یک سیال سبک‌تر تشکیل می‌شوند. تفاوت وزن مخصوص که در اثر ورود مواد معلق، مواد محلول یا ترکیبی از آن‌ها می‌باشد. تاثیرات شتاب ثقل زمین بر روی اختلاف جرم مخصوص موجب ایجاد این‌گونه جریان‌ها می‌باشند که جزء جریان‌های ثقلی محسوب می‌شوند و اگر این اختلاف چگالی در اثر مواد معلق صورت گیرد می‌تواند آنها را جزء جریان‌های گل آلود بیان کرد. عمدتاً الگوی شکل گرفته جریان چگال از سه ناحیه دماغه، بدنه و دنباله تشکیل شده است جریان چگال در قسمت دماغه یا پیشانی غیر دائمی بوده و نیروی محرک آن گرادیان فشار ناشی از اختلاف دانسیته بین دماغه و سیال پیرامون می‌باشد ولی جریان در بدنه تقریباً دائمی است و نیروی ثقل موثر بر سیال سنگین‌تر باعث نیروی محرکه بدنه می‌باشد.

در برخی از پدیده‌های ژئوفیزیکی همچون جریان چگال، نمودارهای بر اساس زمان نگرش دقیق و کاملی از رفتار پدیده مورد نظر نشان نمی‌دهد. به همین امر، پوانکاره سعی نمود که یک سیگنال زمانی را به صورت شی ای در فضا منتقل کند. به عبارتی می‌توان آنالیز در فضا را جانشین آنالیز در زمان کرد. به چنین فضایی، فضای فاز یا فضای حالت و شی درون فضای حالت را تنظیمات فضای حالت یا فضای فاز بیان نمودند و به انجام انتقال سیگنال زمانی به فضای فاز نهشتن می‌گویند. حالت کلی سیستم به وسیله یک نقطه در فضای فاز نمایش می‌دهند که انحراف این نقطه در فضای فاز نشان دهنده تغییرات حالت در زمان می‌باشد و به مسیر یا خط‌های این نقطه در فضای فاز آن را تراژکتوری (خط سیر) می‌نامند. خط سیر شاخص سرعت تغییرات در زمان نمی‌باشد بلکه فقط جهت حرکت را نشان می‌دهد.

فهمیم فرد و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی وجود الگوی آشوبی در سری زمانی دبی رودخانه به روش توسعه فضای فاز (مطالعه موردی رودخانه قره آغاج) پرداختند. با استفاده از توسعه فضای فاز به بررسی سری زمانی دبی روزانه، هفتگی و ماهانه ایستگاه‌های هیدرومتری پرداختند. خطوط تراژکتوری نشان داد که می‌توان نوع رودهای فرعی و اصلی، جریان‌های برفی و بارانی، مناطق

(۲۰۱۴) تحلیل و پیش‌بینی جریان رودخانه با استفاده از روش پیش‌بینی غیرخطی مبتنی بر تئوری آشوب با روش فضای فاز پرداختند. بازسازی فضای فاز به وسیله بازسازی یک متغیر واحد در فضای فاز چند بعدی صورت گرفته و از روش تقریب خطی محلی، پیش‌بینی صورت گرفته است. در کل، نتایج پیش‌بینی برای همه ایستگاه‌های با ضریب همبستگی خوب به وقوع نمی‌رسند. نتایج نشان داد که رفتار آشوبی بر سیستم و همچنین بیش از شش متغیر بر پویایی رودخانه پاهانگ، رودخانه مودا و رودخانه کینتا تأثیر گذاشته است. حسینی و ذاکرمشفق (۱۳۹۳) مقایسه مدل‌های محلی آشوبناکی مبتنی بر فضای فاز در پیش‌بینی جریان رودخانه مورد بررسی قرار دادند. معادلات حاکم بر جریان رودخانه کشکان از الگوی رفتار آشوبی پیروی می‌کند و هر چه داده‌ها بیشتر و به روز تر باشد، فضای فاز بازسازی شده از دقت بالاتری برخوردار بوده است. بوستانی و همکاران (۱۳۹۶) بررسی ماهیت آشوبناکی جریان در بالادست و پایین دست مخزن سد زاینده رود با روش فضای فاز مورد تحلیل قرار دادند. هوشمند زاده و همکاران (۱۴۰۰) بررسی آشوبناکی و بازسازی فضای فاز دینامیک تبخیر با استفاده از نظریه آشوب در ایستگاه سینوپتیک سمنان مورد مطالعه قرار دادند. برآورد بعد همبستگی در ایستگاه سینوپتیک سمنان در دو مقیاس روزانه و ماهانه به ترتیب ۸.۸ و ۸.۹ بدست آمدند که مقادیر غیر صحیح این پارامتر گویای آشوبی بودن تبخیر در این ایستگاه است. برخلاف اکثر روش‌های پیچیده، تمامی نتایج با مشاهده و در حداقل زمان حاصل می‌شود. ذونعمت و امیرخانی (۱۳۹۴) به منظور بازسازی فضای فاز سری زمانی روش تاکنز مبتنی بر محاسبه زمان تأخیر مناسب و بعد محاط مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از پیش‌بینی‌های رخ داد در مقیاس‌های روزانه و هفتگی بر مبنای توسعه فضای فاز نسبت به تحلیل با شبکه عصبی مصنوعی برتر بوده است و این امر خود دلیلی بر آشوب بودن ماهیت پدیده دارد. ادب و همکاران (۱۳۹۶) تحلیل جریان رودخانه کارون در سه مقیاس روزانه، ماهانه و فصلی با استفاده از تئوری فضای فاز مورد بررسی قرار دادند. در مقیاس فصلی، روند تغییرات بعد همبستگی در برابر بعد محاط نشان داد که رفتار جریان تصادفی است و بنابراین جریان رودخانه پیش‌بینی نشدنی است. پساب‌های خروجی صنایع مختلف در رودخانه یا دریا، به علت تفاوت در غلظت، چگالی، دما و غیره نسبت به سیال محیطی، می‌تواند آثار سوئی بر محیط زیست منطقه بگذارد و باعث تغییر و از بین رفتن اکوسیستم آبی منطقه می‌شود به عنوان نمونه بابایی نژاد و خرسندی (۱۳۹۹) مهمترین خسارت ناشی از کارخانه‌های آب شیرین کن، آسیب رساندن به اکوسیستم و آبیان در هنگام آبیگری از دریا، رودخانه و یا هنگام تخلیه پساب با غلظت و دمای بالا به محیط‌های آبی است. پساب کارخانه‌های

توسعه فضای فاز مطابقت و بهبود سازی بیشتری را برقرار می‌کند که می‌توان مدل رواناب ماهانه‌ای دقیقی را مطرح کرد (دل افروز و همکاران ۱۳۹۶؛ جانگ و همکاران ۲۰۲۰).

جین و همکاران (۲۰۱۷) به ارائه یک مدل ریاضی جریان سیال در محیط متخلخل ریز بر اساس فرضیات آشوبی فراکتال پرداختند. خطیبی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی آشوب در رودخانه و تاثیر آن بر دبی سری زمانی در ایستگاه هیدرومتری سقوتلخان ترکیه پرداختند. که در این تحقیق پنج روش دینامیک غیرخطی باسازی فضای فاز، آگوریتیم نزدیکترین همسایه، روش بعد همبستگی، ضرایب لیاپانوف و روش تقریب محلی استفاده کردند. نتایج از سیگانال‌های آشوبی نشان می‌دهد که وجود آشوب کم بعدی از دو سری زمانی به چشم می‌خورد که می‌تواند تاثیرات زیادی بر تولید الگوی رفتاری آنها بگذارد. پیچیدگی داده‌ها و اطلاعات هیدرولوژیکی جهت مدل‌سازی و پیش‌بینی کارآمد نیاز به درک و فهم تکامل مکانی و زمانی آن دارد. با افزایش مقیاس زمانی، بعد مورد نیاز برای اکثر ایستگاه‌ها کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده تغییر در پویایی متغیرها است. جهت جریانهای رودخانه، پیش‌بینی‌های بلند مدت بی اثر می‌باشد (رولپیم و سوزافیلو ۲۰۲۳؛ تانو و همکاران ۲۰۱۸)

رضایی و همکاران (۱۳۹۹) تحلیل جریان ماهانه رودخانه سفید رود با استفاده تئوری آشوب فضای فاز مورد بررسی قرار دادند. زمان تأخیرهای به دست آمده برای سری‌های روزانه، هفتگی و ماهانه حاکی از وجود وابستگی بیش تر بین داده‌های روزانه نسبت به داده‌های هفتگی و ماهانه است. که این موضوع در تحلیل جریان‌های سیلابی و استخراج مشخصه‌های آن از اهمیت به سزایی برخوردار است. فهیم فرد و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از بازسازی فضای فاز و بعد همبستگی به بررسی تاثیر سد بر الگوی آشوبی انتقال بار معلق رود در سد کرج پرداختند. نتایج نشان داد که گروه زمانی رسوب دارای الگوی آشوبی کم دامنه است، و در بازه‌ی زمانی کوتاه مدت ده روزه، سد بر پویایی آن موثر بوده و آن را از پدیده‌ای آشوبی به تصادفی تبدیل می‌کند، اما اگر در بازه زمانی بلند مدت تر مانند ماهانه به دلیل خلق اطلاعات و قطع ارتباط با شرایط اولیه که در سامانه‌های آشوبی رخ میدهند، این تاثیر از بین رفته و گروه زمانی دوباره رفتار آشوبی را به خود می‌گیرند. به کارگیری از روش‌های پیش‌بینی بر پایه توسعه فضای فاز در سری‌های جریانات رودخانه، کمک شایانی به تحلیل خشکسالی‌ها، جریان‌های سیلابی و تحلیل حجم مخازن ذخیره سدها با روش‌های مختلف بر مبنای سری‌های زمانی می‌نماید (جانگ و همکاران ۲۰۲۱؛ قربانی و همکاران ۱۳۹۹).

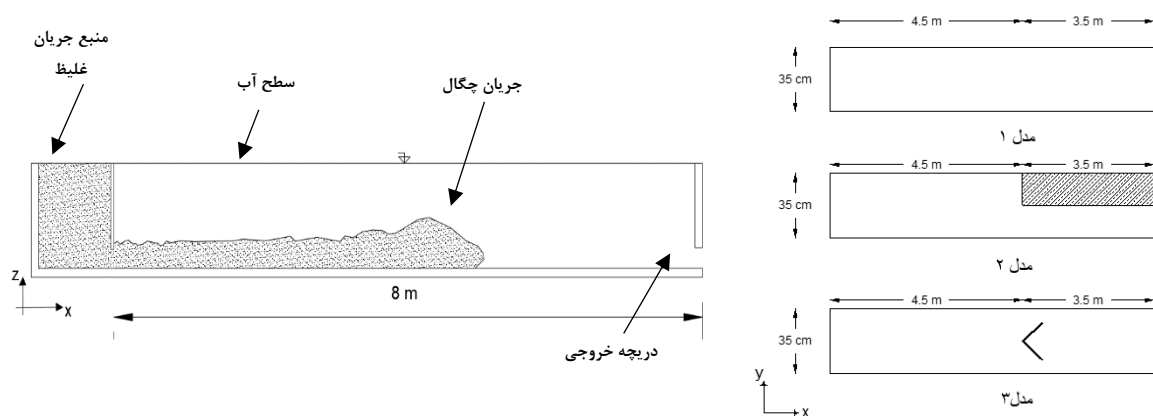
ماژور و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از تئوری فضای فاز به بررسی و تکامل مورفولوژی رودخانه انتقال آب پرداختند. آدان و نورانی

Earth شرایط آزمایشگاهی

جهت برر سی تکامل جریان چگال از یک فلوم آزمایشگاهی در بخش هیدرولیک دانشگاه شیراز استفاده شد. فلوم مربوطه دارای ابعادی با طول ۸m، عرض ۳۵cm و ارتفاع ۶۰cm می‌باشد. از یک منبع جریان غلیظ که حاوی پودر سنگ الک شده عبوری از نمره ۸۰ استفاده شده است حجم مخزن ۶۰۰ لیتر می‌باشد که توسط یک همزن به‌طور پیوسته جریان در حال گردش می‌باشد. توسط یک پمپ کف‌کش جریان غلیظ از منبع وارد فلوم می‌گردد در این مسیر از یک فلومتر برای کنترل دبی ورودی به مخزن با حداکثر دبی ۲۰۰l/min انتخاب شده است. به دلیل شرایط یک سان، ارتفاع باز شدگی در پیچه ورودی جریان چگال ۱cm در نظر گرفته شده است. جهت برداشت داده‌های سرعت جریان چگال از دستگاه سرعت سنج ۲ بعدی الکترومغناطیسی ولپورت ساخت کشور انگلستان استفاده شده است که دقت آن ۵ mm/s می‌باشد همچنین با توجه به محدودیت‌های آزمایشگاهی جهت برداشت غلظت جریان چگال از یک سری سیفون که بصورت عمقی در کانال قرار گرفته است، داده‌ها برداشت شده است. وزن مخصوص پودر سنگ $2/65 \text{ t/m}^3$ و سرعت ته‌نشینی مواد $0/01 \text{ mm/s}$ و دانسیته آب $998/7 \text{ kg/m}^3$ در نظر گرفته شده است. از ۳ شیب کف کانال ۱، ۲ و ۳ در صد و دو دبی ورودی جریان چگال ۵۰l/min و ۱۰۰l/min به کار گرفته شده است. از ۲ چگالی ورودی جریان غلیظ 1005 kg/m^3 و 1010 kg/m^3 استفاده شده است. در موقعیت ۴/۵ m از پیچه، کانال دارای تنگ شدگی‌های ممتد و موضعی قرار می‌گیرد و در ۳ حالت سری زمانی جریان چگال مورد بررسی قرار می‌گیرد در شکل ۱ و جدول ۱ نمای شماتیکی فلوم جریان چگال و شرایط اولیه ورودی جریان چگال طی ۲۸ آزمایش مختلف نشان می‌دهد. با تغییر در پارامترهای هیدرولیکی ورودی جریان چگال، تکامل جریان چگال با توسعه فضای فاز مورد تحلیل قرار گرفت.

آب شیرین کن به دلیل شوری بالا نسبت به محیط پذیرنده، پس از تخلیه به سمت بستر محیط آبی حرکت می‌کند که این امر باعث افزایش غلظت محیط در نزدیکی محل تخلیه و همچنین باعث مرگ و میر آبزیان، مهاجرت آنها و باعث تغییر اکوسیستم منطقه می‌شود. همچنین در طبیعت جریان چگال یا گل آلود ثقیلی که در اثر سیلاب ایجاد می‌شود منجر به ایجاد رسوب گذاری یا فرسایش بستر رودخانه یا کانال می‌شود و محیط زیست منطقه را تغییر یا از بین می‌برد. از این رو شناخت کلی اینگونه جریان‌ها می‌تواند در جهت کنترل و مهار آنها و آسیب حداقلی به محیط زیست منطقه موثر باشد.

در اینجا فرضیاتی مطرح می‌شود که جریان چگال مانند بسیاری از پدیده‌های ژئوفیزیکی ماهیت غیرخطی دارند و اینگونه سیستم‌های غیرخطی، پدیده‌هایی پیچیده و حساس نسبت به شرایط اولیه هستند که تغییرات جزئی در سیستم باعث اثر قابل توجهی در رفتار و الگوی دینامیکی سیستم منجر می‌شود. جریان چگال ماهیتا الگوی آشوبی دارد و تغییرات خصوصیات هیدرولیکی جریان با الگوی تشکیل جریان چگال ارتباط معنا داری دارد. هنگامیکه جریان چگال به مسیر خود در کانال یا رودخانه ادامه می‌دهد در حقیقت در هر زمان به تکامل شکل و الگوی تشکیل شده خود منجر می‌شود که برای درک بهتر می‌توان تکامل زمانی یک پدیده همچون جریان چگال با استفاده از خطوط تراژکتوری یا خطوط سیر در فضای فاز بیان نمود و از آنجایی که تاکنون رفتار جریان چگال با تحلیل تئوری فضای فاز که بتوان ماهیت درونی جریان چگال تشریح شود، مطالعه‌ای صورت نگرفته است به همین امر، هدف از انجام این تحقیق استخراج اطلاعات نهفته درون سیستم با استفاده از تئوری فضای فاز در خصوص تکامل جریان چگال با تغییر در پارامترهای هیدرولیکی ورودی جریان چگال می‌باشد که ماهیت سیستم و الگوی شکل گرفته جریان چگال در بستر زمان را بیان کرد.



شکل ۱- شکل کلی فلوم جریان چگال و تغییرات مدل‌های مختلف

جدول ۱- مقادیر ورودی جریان چگال به فلوم آزمایشگاهی

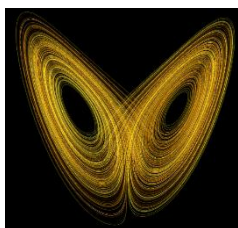
مدل کانال	شماره آزمایش	شیب کانال (%)	چگالی غلیظ (kg/m^3)	دبی ورودی (L/min)
۱	۱	۱	۱۰۰۵	۵۰
۱	۲	۲	۱۰۰۵	۵۰
۱	۳	۳	۱۰۰۵	۵۰
۱	۴	۱	۱۰۱۰	۵۰
۱	۵	۲	۱۰۱۰	۵۰
۱	۶	۳	۱۰۱۰	۵۰
۱	۷	۱	۱۰۰۵	۱۰۰
۱	۸	۲	۱۰۰۵	۱۰۰
۱	۹	۳	۱۰۰۵	۱۰۰
۱	۱۰	۱	۱۰۱۰	۱۰۰
۱	۱۱	۲	۱۰۱۰	۱۰۰
۱	۱۲	۳	۱۰۱۰	۱۰۰
۲	۱۳	۱	۱۰۰۵	۵۰
۲	۱۴	۳	۱۰۰۵	۵۰
۲	۱۵	۱	۱۰۱۰	۵۰
۲	۱۶	۳	۱۰۱۰	۵۰
۲	۱۷	۱	۱۰۰۵	۱۰۰
۲	۱۸	۳	۱۰۰۵	۱۰۰
۲	۱۹	۱	۱۰۱۰	۱۰۰
۲	۲۰	۳	۱۰۱۰	۱۰۰
۳	۲۱	۱	۱۰۰۵	۵۰
۳	۲۲	۳	۱۰۰۵	۵۰
۳	۲۳	۱	۱۰۱۰	۵۰
۳	۲۴	۳	۱۰۱۰	۵۰
۳	۲۵	۱	۱۰۰۵	۱۰۰
۳	۲۶	۳	۱۰۰۵	۱۰۰

۳	۲۷	۱	۱۰۱۰	۱۰۰
۳	۲۸	۳	۱۰۱۰	۱۰۰

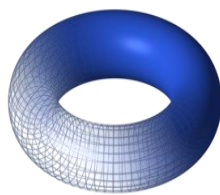
فضای فاز

در برخی از پدیده‌ها ژئوفیزیکی همچون جریان چگال، نمودارهای بر اساس زمان نگرش دقیق و کاملی را از رفتار پدیده‌ی مورد نظر، به ما نمی‌دهد. به همین علت، پوانکاره تلاش نمود که یک سیگنال زمانی را به صورت شی ای در فضا منتقل کند. در تئوری سیستم‌های دینامیکی تعداد درجه‌ی آزادی به عنوان تعداد متغیرهای مستقل مورد نیاز برای تعیین حالت پویای سیستم تعریف می‌شوند. تعداد متغیرهای لازم برای انتخاب حالت پویای سیستم، در واقع بعد فضای فاز را مشخص می‌نمایند. فضای فاز و شرایطی که تکامل شروع خط تراژکتوری‌ها را در حالت‌های گوناگون اولیه دنبال می‌کند، سیستم دینامیکی می‌نامند. جهت رفتار خط تراژکتوری در نزدیکی نقاط ثابت در ابتدا نوع نقطه را انتخاب نمود. در فضای فاز سه نقطه جاذب، دافع با زینی وجود دارد. جاذب‌ها الگوهای خود متشابه تولید می‌کنند و همچنین یک وابستگی شدیدی به شرایط اولیه از خود نشان می‌دهند یعنی آن که هر دو شرایط اولیه‌ی کاملاً نزدیک به هم می‌تواند عامل مسیریایی که به سرعت واگرا می‌باشند شود که معروف ترین مثال برای این موضوع، اثر پروانه‌ای لورنز (۱۹۸۴) می‌باشد. در حالت جاذب تمامی تراژکتوری‌های نزدیک خود را جذب می‌کند و در دافع تمامی تراژکتوری‌های اطراف خود را دفع می‌کند و در حالت زینی از یک طرف جذب و از طرف دیگر دفع می‌نماید. در سیستم آشوبی بطور کلی چهار نوع جاذب از نوع جاذب نقطه‌ای، جاذب چرخه‌ای، جاذب چنبره‌ای و جاذب عجیب وجود دارد. شایان ذکر است که این جاذب‌ها مخالف یک دیگر هستند. در حقیقت این‌ها جاذب‌های کیهان می‌باشند که آشوب را به سمت یک تعادل هدایت می‌نمایند. از آشوبی که در این چهار جاذب وجود دارد یک نظم استخراج می‌شود. کیهان یک الگوی چهار گانه‌ای در تمام مقیاس‌ها دارد که زمانی که در طبیعت رخ می‌دهد، قانون چهارم

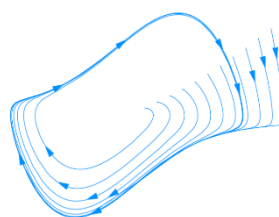
خود را به صورت چهار جاذب به نمایش می‌گذارد. این جاذب‌ها وظیفه‌ی متعادل نگه داشتن آنتروپی‌ها را به عهده دارند و آن‌ها را از حالت آشوب خارج می‌کنند. زمانی که در مقیاس بسیار کوچک وارد شویم، این چهار جاذب خود را به شکل چهار نیرو یا انرژی اساسی نشان می‌دهند که آن نیروها شامل: الکترومغناطیس، گرانش، نیروهای ضعیف و نیروهای قوی می‌باشند. در شکل ۲ نمای کلی از جاذب‌ها را نشان می‌دهد. جاذب نقطه‌ای است که برای خارج کردن نظم از دل آشوب موجود می‌باشد. در واقع بعد آن، بعد اول خط است و شامل مجموعه‌ای از تعداد بی‌نهایتی از نقطه می‌باشد. به عنوان نمونه می‌توان ذکر کرد که با استفاده از جاذب نقطه‌ای شخص همواره به یک فعالیت خاص متمایل می‌شود و یا از دیگری فاصله می‌گیرد. جاذب چرخه‌ای به این صورت عمل می‌نماید که ابتدا به سمت یک چیز کشیده می‌شود و پس از آن دوباره به یک سمت دیگر کشیده می‌شود به عنوان نمونه مثل آهنربای گردان عمل می‌کند. یکی از پیچیده ترین جاذب‌ها، جاذب چنبره‌ای است بصورتیکه که این جاذب به سمت جلو حرکت می‌کند و زمانی که خودش را تکرار می‌کند متفاوت می‌باشد. بعد آن، بعد سوم جسم است و سه بعدی می‌باشد که از مجموعه‌ای از تعداد نامحدود صفحات تشکیل شده است. این جاذب به نظر می‌رسد که هیچ نظم خاصی در آن وجود ندارد این جاذب در سطح آشوب خالص به نظر می‌رسد که نظمی به طور نامحسوس که تنها در یک طول زمان که چشم انداز واقعی پدیدار می‌شود، وجود دارد که این نظم از نوع فراکتالی می‌باشد. بعد مورد نیاز جهت توسعه فضای حالت از طریق کمترین درجه آزادی انتخاب می‌شود. تعداد درجه آزادی یک سامانه دینامیک به وسیله تعداد متغیرهای مستقل مورد نیاز جهت توصیف حالات لحظه‌ای سامانه تعریف می‌گردند. به عبارتی تعداد درجات آزادی با تعداد شرایط اولیه که برای تعیین کردن سامانه دینامیکی مورد نیاز است برابر است.



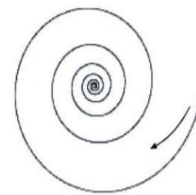
الف) جاذب عجیب



الف) جاذب چنبره‌ای



الف) جاذب چرخه‌ای



الف) جاذب نقطه‌ای

شکل ۲- انواع جاذب‌های یک سیستم آشوبناک در فضای فاز

بطوریکه هر چه تراژکتوری‌ها بازر باشد یعنی زمان بیشتری نیاز بوده که سیستم به تعادل برسد و به عبارتی آشوبناکی پدیده کاهش می‌یابد و به عبارتی در جریانهای چگالی که تکامل دیرتر اتفاق می‌افتد فضای فازش ماکزیمم‌های بالاتری از خود نشان می‌دهد. هنگامیکه زمان زیادی طول بکشد که فرآیند به تعادل برسد این نشان دهنده مولفه‌های تصادفی در فضای فاز می‌باشد. هر نقطه بر روی جاذب سیستم، رابطه‌ای نظیر به نظیر با اندازه گیرهای صورت گرفته از متغیر پویا سیستم دارد و به دلیل اینکه این نقاط نشان دهنده وضعیت سیستم در هر لحظه می‌باشند اطلاعات سیستم پویا را به شکل نمودار فاز بیان کند. فضای فاز سری‌های زمانی به روش تیکن ترسیم می‌شوند که سری زمانی اسکالر آن می‌باشد که فضای فاز آن با استفاده از تاخیرها صورت می‌گیرد. از روش تاخیر جهت نگاشتن یک سری زمانی واحد در یک فضای n بعدی استفاده نمود که شبکه‌ای به طول n از روی سری زمانی عبور داده می‌شود که یک ماتریس به تعداد سطریهای n تشکیل می‌شود. که جهت سری زمانی معادله (۱) ماتریس باسازی مطابق معادله (۲) بیان می‌گردد.

$$x(t) = (x_0, x_1, x_2, \dots, x_i) \quad (1)$$

$$X = \begin{bmatrix} X_0 & X_1 & X_2 & \dots & X_{m-1} \\ X_0 & X_1 & X_2 & \dots & X_m \\ X_0 & X_1 & X_2 & \dots & X_{m+1} \\ \dots & & & & \end{bmatrix} \quad (2)$$

(۳) بیان می‌شود

$$Y_j = (X_j, X_{j+\tau}, X_{j+2\tau}, \dots, X_{j+(m-1)\tau}) \quad (3)$$

گیری بخشی از خروجی‌های گروه زمانی تحلیل نمود. به عبارتی می‌توان مدار تناوبی پایدار را در فضای نهشتن تشکیل داد هر زمان که بعد نهشتن مناسب $m \geq d+1$ که در آن d بعد سامانه آشوبی است، مشخص نمود جهت داشتن یک سامانه دینامیک واقعی، بعد نهشتن باید به میزان کافی بزرگ باشد. در نهایت باسازی زمان تاخیر در فضای m بعدی بردارهای $u_i(x)$ به شکل معادله (۴) می‌باشند. که دقت τ و m بطور مستقیم به دقت ویژگی‌های توصیف شده ثابت جاذب‌های عجیب در باسازی فضای فاز وابسته است.

$$u_i(x) = \{u_i(x), u_i(x+\tau), \dots, u_i(x+(q-1)\tau)\} \quad (4)$$

بررسی وجود یا عدم وجود آشوب در سری‌های زمانی بکار گرفته می‌شود. برای فضای فاز m بعدی تابع همبستگی $C(r)$ بصورت زیر تعریف می‌گردد (گراسبرگر و پروکاسیا ۱۹۸۳).

فضای فاز در واقع فضایی هست که می‌توان حالت ممکن یک پدیده در آن، در یک جا و هم زمان به تصویر کشید و در حقیقت وابستگی سیستم به زمان را از بین برد. در برخی از پدیده‌ها، نمودارهای بر حسب زمان، دید کامل و مشخصی از رفتار پدیده را به ما نمی‌دهند. از این رو می‌توان یک سیگنال زمانی را بصورت شیئی در فضا منتقل کند. در پدیده‌های طبیعی مانند جریان چگال، فضای فاز معمولاً به حالت پایدار می‌رسد که معمولاً تعادل در فضای فاز به طرق مختلف خودش را نشان می‌دهد. گاهی اوقات این تعادل حول محور X ها و بعضی مواقع حول محور Y ها و گاهی اوقات روی نیمساز خطوط تراژکتوری ترسیم می‌شود بر حسب شرایط اولیه سیستم در یک جایی به تعادل می‌رسد. که در اصطلاح جاذب می‌شود. یعنی در واقع نزدیک شدن تراژکتوری‌ها در شرایطی که تابع تاخیر با هم نزدیک می‌شوند روی هم اتفاق می‌افتد که به این جاذب می‌گویند و حالت جاذب خود نشان دهنده تعادل سیستم می‌باشد و نشان می‌دهد که پدیده مورد نظر یک فرایند پیوسته‌ای می‌باشد و تکامل در آن حادث می‌شود. در فضای فاز نقاط ماکزیمم تراژکتوری‌ها تعیین کننده می‌باشند

که چنین ماتریسی تمامی خصوصیات هندسی سیستم پویا اولیه را نشان می‌دهد. بنابراین جاذب باسازی شده Y_j به فرم معادله

که m بعد برداری Y_j می‌باشد و τ زمان تاخیر و $j=1,2,\dots,N$ $(m-1)\tau$ می‌باشد. زمان تاخیر در مقایسه با مقیاس زمانی مربوط به ذات سیستم کوچک انتخاب شود، $x(t)$ و $x(t+\tau)$ به هم نزدیک و وابسته می‌باشند به همین دلیل تمامی بردارهای تاخیر در نزدیکی محور قطری فضا متمرکز می‌گردند و اگر زمان تاخیر بزرگ انتخاب شوند، $x(t)$ و $x(t+\tau)$ مستقل از یکدیگرند.

بعد نهشتن

خصوصیات جاذب یک سامانه آشوبناک را می‌توان به وسیله نمونه

بعد همبستگی

روش آنالیزتابع همبستگی، که روش بعد همبستگی نیز عنوان می‌شود یکی از معمول‌ترین روشهایی است که بطور گسترده برای

$$C(r) = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{2}{n(n-1)} \right) \sum_{1 \leq i < j \leq n} H(r - |Y_i - Y_j|) \quad (5)$$

و فاصله بین بردار تاخیر m بعدی به دست آمده می‌باشد. هنگامیکه سری زمانی به صورت یک جاذب توصیف شود. انتگرال همبستگی $C(r)$ با شعاع r به فرم زیر تعیین می‌شود.

$$C(r)_{r \rightarrow 0, n \rightarrow \infty} \approx \alpha r^v \quad (6)$$

محاط به مقدار اشباع برسد، بطور کلی سیستم دارای دینامیک آشوبناک است و مقدار اشباع از توان همبستگی به عنوان بعد همبستگی k بیان می‌شود (گراسبرگر و پروکاسیا ۱۹۸۳).

$$k = \lim_{r \rightarrow 0, n \rightarrow \infty} \frac{\log C(r)}{\log(r)}$$

که در آن H تابع هویساید پله‌ای با $H(z)=1$ برای مقادیر $z>0$ و $H(z)=0$ برای مقادیر $z \leq 0$ و $z = r - |Y_i - Y_j|$ می‌باشد. N تعداد نقاط در فضای فاز و r شعاع کره به مرکز Y_i یا Y_j می‌باشد

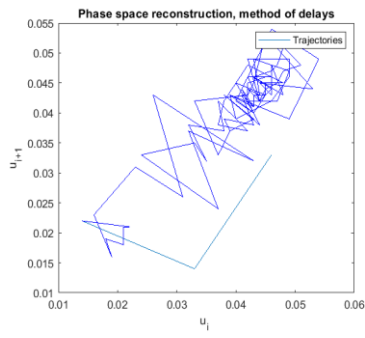
که در آن α یک میزان ثابت بوده و k توان همبستگی یا شیب منحنی $\log C(r)$ در مقابل $\log(r)$ می‌باشد که نشان دهنده میزان انحراف یک سری زمانی از حالت تصادفی است و به صورت رابطه زیر بیان می‌گردد. هنگامیکه توان همبستگی با افزایش بعد

نتایج و بحث

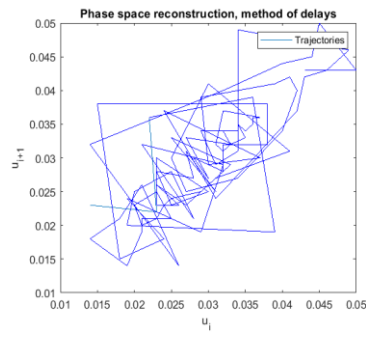
شده و این تراژکتوری‌ها در نمودار فضای فاز بازتر شده و جاذب آن کاهش یافته و در حقیقت نیاز به زمان بیشتری برای تعادل دارد و در نتیجه آشوبناکی کمتر شده. همچنین خطوط سیر با افزایش شیب کانال از ۱٪ به ۳٪ زمانی که دبی در 50 l/min قرار دارد، جاذب هستند اما با افزایش دبی جاذب بودن داده‌ها در اثر تغییر شیب کاهش یافته و به عبارتی تغییر قابل ملموسی مشاهده نمی‌شود. بطور کلی با افزایش شیب، تمرکز داده‌ها روی نیم ساز ترسیم شده و از بالا به سمت پایین حرکت می‌کند و به عبارتی تراژکتوری‌ها در نمودار فضای فاز باز تر شده یعنی در زمان بیشتری نیاز بوده که سیستم به تعادل برسد و تراژکتوری‌ها ماکزیمم‌های بالاتری را ترسیم کرده است که نشان می‌دهد تکامل جریان چگال دیرتر اتفاق می‌افتد و دقیقاً در آزمایشات ۳، ۶، ۹ و ۱۲ که شیب فلوم افزایش یافته تراژکتوری‌ها بازتر شده و تکامل دیرتر اتفاق می‌افتد و هنگامیکه که شیب فلوم کم می‌باشد، نمودار حالت جاذب قوی تری به خود گرفته و نشان از به تعادل رسیدن سیستم می‌باشد و هنگامی که تعادل برسد نشان دهنده این است که پدیده جریان چگال یک فرآیند پیوسته می‌باشد. همچنین خطوط سیر با افزایش چگالی ورودی از 1005 kg/m^3 به 1010 kg/m^3 ، جاذب آن کاهش یافته و از آشوبی بودن آن کاسته شده به عبارتی نسبت به تغییرات کوچک اولیه حساس نمی‌باشد که در آزمایشات ۴، ۵، ۶، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده است. تراژکتوری‌ها در آن بازتر شده و نیاز به زمان بیشتری دارد که به تعادل برسد و به همین خاطر تکامل جریان چگال با افزایش چگالی دیرتر اتفاق می‌افتد.

بنابراین در جریان چگال پس از اندازه گیری بعد تعبیه یا نهشتن توسط روش تاخیر زمانی، این مقدار برابر با ۴ بدست می‌آید. پس برای رسم فضای فاز مقدار m برابر با ۴ در نظر گرفته می‌شود. در مرحله رسم فضای فاز، معادله فضای فاز نشان می‌دهد که خطوط سیر در صفحه و یا فضای سه بعدی واقع می‌شوند که پس از رسم فضای فاز می‌توان نتیجه گرفت که صفحه $\{X_i, X_{i+1}\}$ می‌تواند تمام خصوصیات جاذب، دافع و تصادفی و خطوط سیر را بصورت نسبتاً کاملی نمایان سازد. در حقیقت خطوط سیر ترسیم شده وابستگی داده‌ها به زمان را از بین می‌برد. پس فضای فاز در صفحه مطابق شکل ۳ الی ۴ برای ۲۸ آزمایش رسم می‌شود. لازم به ذکر است به دلیل محدودیت‌های آزمایشگاهی فقط سری‌های زمانی سرعت در فاصله $m \text{ } 4/5$ از دریچه ورودی برداشت شده است.

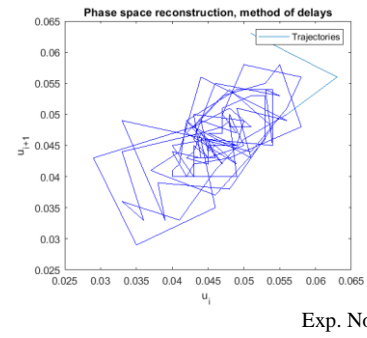
خطوط سیر در مدل شماره ۱ (بدون تنگ شدگی) زمانی که دبی ورودی 50 l/min باشد تمرکز داده‌های سرعت در بازه $3/5 \text{ cm/s}$ تا $5/5 \text{ cm/s}$ می‌باشد حالت جاذب به خود گرفته است و آشوب در آن دیده می‌شود البته هر چه داده‌ها بیشتر باشد ترسیم فضای فاز بهتری بدست می‌آید اما به دلیل محدودیت‌های آزمایشگاهی تعداد داده‌های مورد نیاز کم می‌باشد با افزایش دبی به 100 l/min تمرکز داده‌ها سرعت در بازه 4 cm/s الی 12 cm/s می‌باشد و خطوط سیر بصورت پراکنده می‌باشد و جاذب آن کاهش یافته و نظم خاصی در آن دیده نمی‌شود با افزایش دبی جریان به عنوان نمونه در آزمایشات ۷ الی ۱۲ مشاهده می‌شود که تمرکز داده‌ها کمتر شده و همچنین تراژکتوری‌ها بر روی نیم ساز نمودار تشکیل



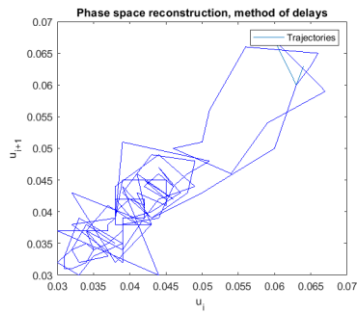
Exp. No 1



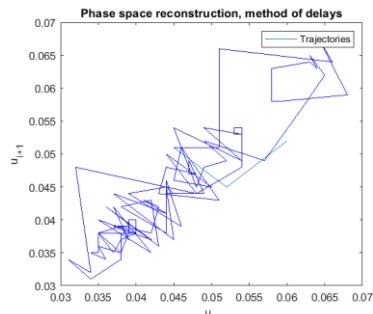
Exp. No 2



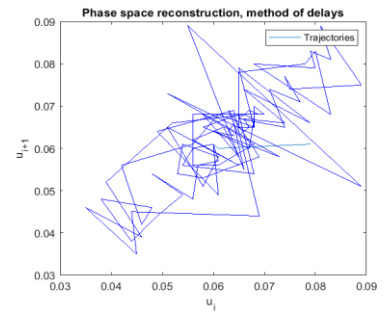
Exp. No 3



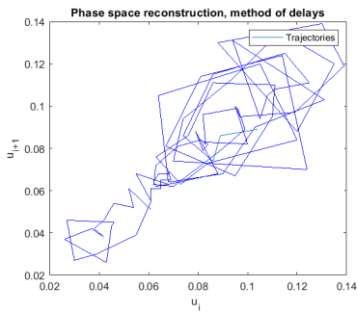
Exp. No 4



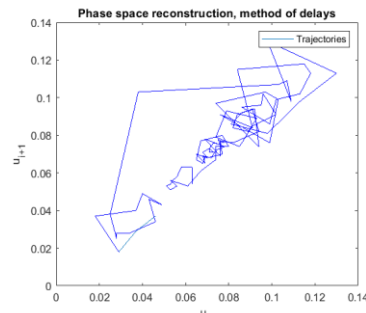
Exp. No 5



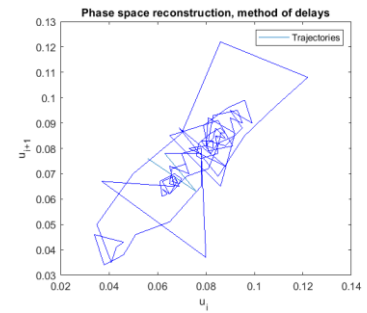
Exp. No 6



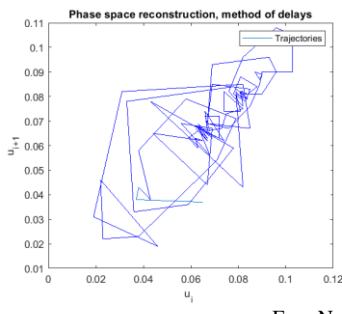
Exp. No 7



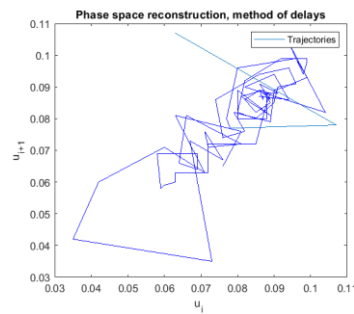
Exp. No 8



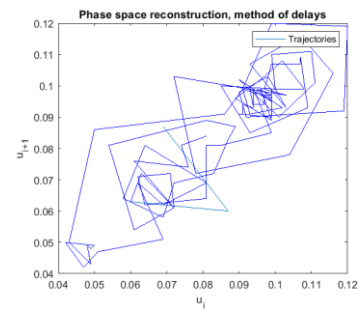
Exp. No 9



Exp. No 10

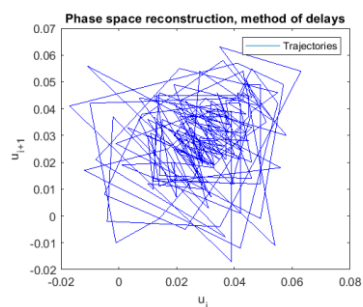


Exp. No 11

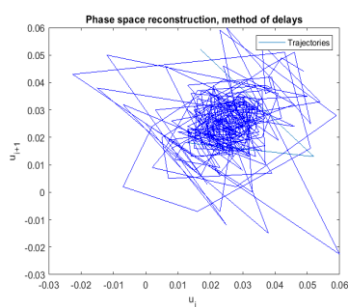


Exp. No 12

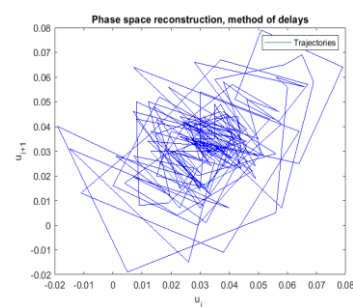
شکل ۳- فضای فاز بازسازی شده برای داده‌های سرعت در مدل شماره ۱



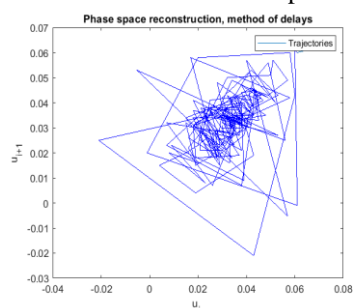
Exp. No 13



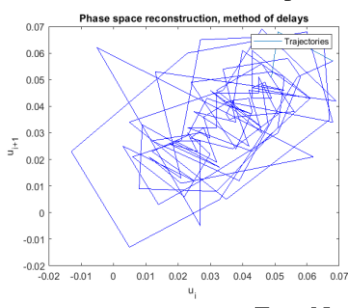
Exp. No 14



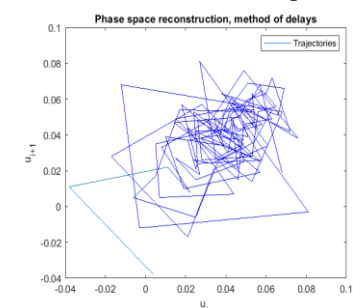
Exp. No 15



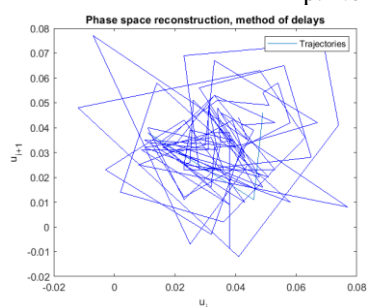
Exp. No 16



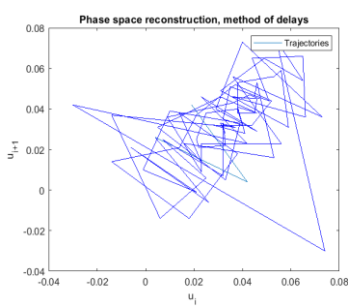
Exp. No 17



Exp. No 18



Exp. No 19

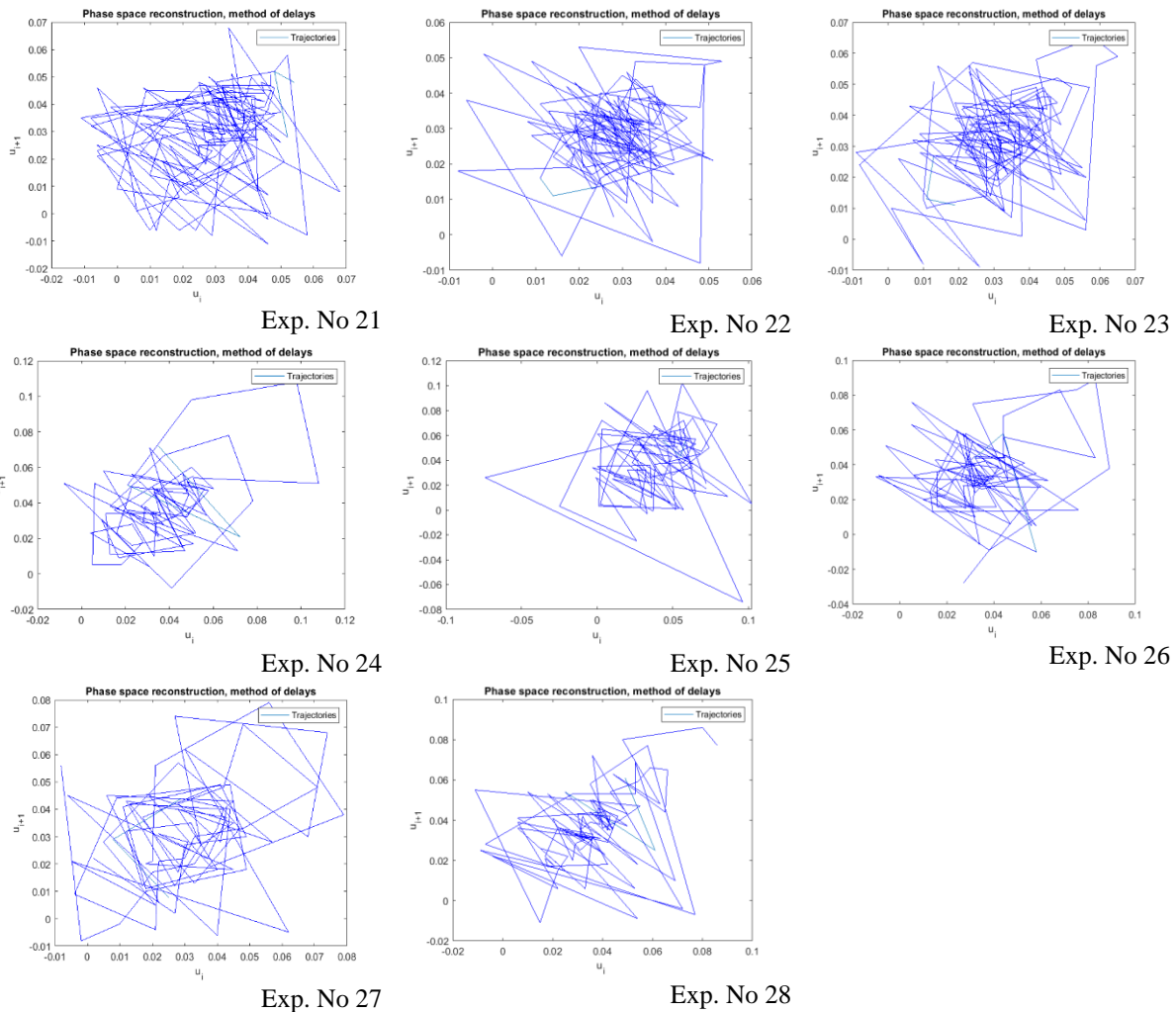


Exp. No 20

شکل ۴- فضای فاز بازسازی شده برای داده‌های سرعت در مدل شماره ۲

مشاهده است. همچنین خطوط سیر با افزایش شیب کانال از ۱٪ به ۳٪ تمرکز داده‌ها بیشتر می‌شود و حالت آشوبی تری به خود می‌گیرد و نسبت به تغییرات کوچک شیب حساسیت نشان می‌دهد، و زمانی که تراژکتوری‌ها در فضا جمع‌تر شود به عبارتی زودتر به تعادل رسیده و تکامل جریان چگال زودتر اتفاق می‌افتد همچنین خطوط سیر با افزایش چگالی ورودی از 1005 kg/m^3 به 1010 kg/m^3 ، جاذب آن کاهش یافته و از آشوبی بودن آن کاسته شده به عبارتی نسبت به تغییرات کوچک اولیه حساس نمی‌باشد در آزمایشات ۱۵، ۱۶، ۱۸ و ۲۰ نشان می‌دهد که با افزایش چگالی تراژکتوری‌ها در نمودار فضای فاز بیشتر باز شده و به مراتب زمان بیشتری لازم دارد که جریان چگال به تکامل برسد.

خطوط سیر در مدل شماره ۲ (تنگ‌شدگی ممتد) زمانی که دبی ورودی 50 l/min باشد تمرکز داده‌های سرعت در بازه 2 cm/s تا $4/5 \text{ cm/s}$ می‌باشد و حالت جاذب به خود گرفته است و آشوب بیشتری در آن دیده می‌شود و نسبت به تغییرات محلی کوچک حساس می‌باشد اما با افزایش دبی به 100 l/min تمرکز داده‌ها سرعت در بازه $2/5 \text{ cm/s}$ الی 8 cm/s می‌باشد و جاذب آن کاسته شده و کم‌کم خطوط سیر بصورت پراکنده مشاهده می‌شود و نظم خاصی در آن دیده نمی‌شود با افزایش دبی، تمرکز داده‌ها بیشتر حول مرکز نیم‌ساز نمودار قرار می‌گیرد و زمان بیشتری لازم دارد که به تعادل برسد و تراژکتوری‌های آن ماکزیمم‌های بالاتری را نشان می‌دهد و در حقیقت با تنگ‌شدگی ممتد در اثر افزایش دبی، آشوبناکی سیستم را کاهش می‌دهد و این امر تکامل جریان چگال را به تاخیر می‌اندازد که نمودار آن در آزمایشات ۱۷ الی ۲۰ قابل



شکل ۵- فضای فاز بازسازی شده برای داده‌های سرعت در مدل شماره ۳

جمع‌تر شده و زمان کمتری لازم دارد که سیستم به تعادل برسد و پایدار گردد و تکامل جریان چگال زودتر اتفاق افتاد که در آزمایشات ۲۲، ۲۴، ۲۶ و ۲۸ قابل مشاهده می‌باشد، همچنین خطوط سیر با افزایش چگالی ورودی از 1005 kg/m^3 به 100 kg/m^3 ، تراژکتوری‌ها بازر شده و ماکزیمم‌های بیشتری از خود نشان می‌دهد و به مراتب از جاذب آن کاسته شده و نسبت به تغییرات کوچک چگالی حساسیت نشان نداده است و در حقیقت زمان بیشتری لازم دارد که به تعادل برسد و تکامل جریان چگال دیرتر اتفاق می‌افتد و و آشوبناکی سیستم کاهش پیدا می‌کند. با بررسی رفتار آشوبی فضای فاز برای همه آزمایشات، هنگامیکه دبی ورودی از 50 l/min به 100 l/min افزایش یابد تراژکتوری‌های در نمودار فضای فاز بازر شده و ماکزیمم‌های بالاتری به خود گرفته است و به عبارتی با افزایش دبی، زمان بیشتری لازم است که سیستم به تعادل برسد و تکامل جریان چگال دیرتر اتفاق می‌افتد اما ماهیت کلی تراژکتوری‌ها (خطوط سیر) جاذب بوده ولی با افزایش دبی از جاذب آن کاسته شده و آشوبناکی آن کمتر شده و نسبت به تغییرات کوچک اولیه جریان

خطوط سیر در مدل شماره ۳ (تنگ‌شدگی موضعی) زمانی که دبی ورودی 50 l/min باشد تمرکز داده‌های سرعت در بازه 1 cm/s تا 5 cm/s می‌باشد و جاذب شکل گرفته است و حساسیت آن نسبت به تغییرات کوچک زیاد شده اما با افزایش دبی به 100 l/min تمرکز داده‌ها سرعت در بازه 2 cm/s الی $6/5 \text{ cm/s}$ می‌باشد و جاذب آن کاسته شده و کم کم خطوط سیر بصورت پراکنده مشاهده می‌شود به عبارتی هنگامی که دبی جریان چگال افزایش می‌یابد، تراژکتوری‌ها بیشتر حول مرکز نیم‌ساز قرار گرفته و نمودار فضای فاز آن ماکزیمم‌های بالاتری از خود نشان می‌دهد و زمان بیشتری لازم دارد که سیستم به تعادل برسد و در حقیقت با افزایش دبی تکامل جریان چگال دیرتر اتفاق می‌افتد که نمودار آن در آزمایشات ۲۵ الی ۲۸ قابل مشاهده هست و به مراتب آشوبناکی سیستم کاهش می‌یابد. همچنین خطوط سیر با افزایش شیب کانال از 1% به 3% تمرکز داده‌ها بیشتر می‌شود و از بازه 1 cm/s تا 6 cm/s به بازه 2 cm/s تا $4/5 \text{ cm/s}$ متمرکزتر می‌شود و حالت آشوبی‌تری به خود می‌گیرد و نسبت به تغییرات کوچک شیب حساسیت نشان می‌دهد و تراژکتوری‌ها در آن

کاهش یافته و از آشوبی بودن آن کاسته شده و تکامل دیرتر رخ می‌دهد به عبارتی نسبت به تغییرات کوچک اولیه حساس نمی‌باشد.

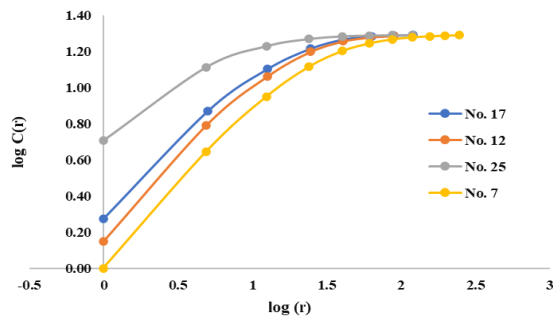
با بررسی رفتار آشوبی فضای فاز در مدل شماره ۳ (فلوم با تنگ‌شدگی موضعی)، زمانیکه دبی ورودی 50 l/min باشد تمرکز داده‌های سرعت در بازه 1 cm/s تا 5 cm/s می‌باشد و جاذب بیشتری به خود گرفته است و آشوب در آن دیده می‌شود اما با افزایش دبی تراژکتوری‌ها بازتر شده و زمان به تعادل رسیدن فرآیندها افزایش یافته و تکامل جریان چگال دیرتر رخ می‌دهد، همچنین خطوط سیر با افزایش شیب کانال از 1% به 3% تمرکز داده‌ها بیشتر می‌شود و از بازه 1 cm/s تا 6 cm/s به بازه 2 تا $4/5 \text{ cm/s}$ متمرکزتر می‌شود و حالت آشوبی‌تری به خود می‌گیرد و نسبت به تغییرات کوچک شیب حساسیت نشان می‌دهد و تراژکتوری‌ها جمع‌تر شده و تکامل زوتر رخ می‌دهد، همچنین خطوط سیر با افزایش چگالی ورودی از 1005 kg/m^3 به 1010 kg/m^3 ، تراژکتوری‌ها بازتر شده و ماکزیم‌های بیشتری از خود نشان می‌دهد و به مراتب از جاذب آن کاسته شده و نسبت به تغییرات کوچک چگالی حساسیت نشان نداده است و در حقیقت زمان بیشتری لازم دارد که به تعادل برسد و تکامل جریان چگال دیرتر اتفاق می‌افتد و و آشوبناکی سیستم کاهش پیدا می‌کند.

از آنجایی که بعد همبستگی مقدار بی‌نظمی و پیچیدگی پنهان یک سامانه را تشریح می‌نماید. جهت محاسبه این بعد از مجموع همبستگی $C(\tau)$ بر حسب τ که شعاع همبستگی می‌باشد ترسیم و در شکل ۶ نشان داده شده است. قسمتی از نمودار دارای شیب تند و قسمتی دیگر دارای شیب یکنواخت می‌باشد که هر چه میزان شیب یکنواخت تر باشد و به عبارتی طول این ناحیه بیشتر باشد، سیستم آشوبی‌تر می‌باشد و نسبت به شرایط اولیه حساس‌تر می‌باشد و هر چه قدر طول این ناحیه کم باشد سیستم از حالت آشوبی به تصادفی میل می‌نماید. به عنوان نمونه در اثر افزایش دبی جریان از 50 l/min به 100 l/min در تمامی آزمایشات طول ناحیه با شیب یکنواخت کمتر می‌باشد بطوریکه با افزایش دبی ورودی جریان چگال، حدود ۲۷ درصد طول ناحیه با شیب یکنواخت کمتر شده است و سیستم رفتار آشوبناکی کمتری از خود نشان می‌دهد اما نسبت به تغییرات شرایط اولیه حساس می‌باشد. همچنین انتخاب دامنه آشوبی سیستم، بعد همبستگی در برابر بعد نهشتن، نمودار آن رسم می‌شود و که اگر بعد همبستگی بعد از یک میزان مشخص بعد نهشتن به اشباع برسد و میزان آن افزایش نیابد. این میزان به عنوان بعد همبستگی جاذب تعریف می‌گردد که در شکل ۷ مشاهده می‌شود. بعد نهشتن حاصل شده و حداقل تعداد میزان متغیرهای لازم را برای شبیه سازی دینامیکی جاذب مشخص می‌نماید. بعد همبستگی برای مقادیر دبی بعد از یک

حساس نمی‌باشند همچنین با افزایش شیب از 1% به 3% زمانیکه فلوم بدون تنگ‌شدگی هست از جاذب آن کاسته شده و در حقیقت زمان بیشتری برای به تعادل و تکامل رسیدن پدیده لازم دارد اما در عامل تنگ‌شدگی (ممتد یا موضعی) باعث گردیده که نمودار فضای فاز متمرکز تر شده و جاذب بیشتر گردد و به عبارتی تکامل جریان چگال زودتر شده و تراژکتوری‌ها بسته تر شده و در اثر تنگ‌شدگی با افزایش شیب فلوم، ماهیت آشوبناکی جریان بیشتر شده و نسبت به تغییرات کوچک شیب حساس‌تر می‌باشد اما با تغییر چگالی از 1005 kg/m^3 به 1010 kg/m^3 ، از جاذب بودن خطوط سیر کاسته شده و تراژکتوری‌ها در نمودار فضای فاز بازتر و ماکزیم‌های بیشتری به خود گرفته است و زمان بیشتری برای به تعادل رسیدن نیاز دارد و ماهیت آشوبی جریان کمتر شده و تکامل جریان چگال دیرتر اتفاق می‌افتد و به عبارتی نسبت به تغییرات کوچک چگالی ورودی حساس نمی‌باشند.

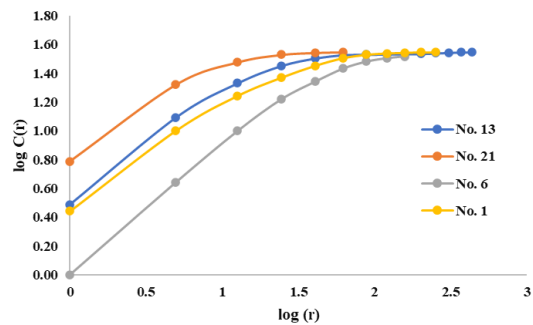
با بررسی رفتار آشوبی فضای فاز در مدل شماره ۱ (فلوم بدون تنگ‌شدگی)، زمانیکه دبی ورودی 50 l/min باشد تمرکز داده‌های سرعت در بازه $3/5 \text{ cm/s}$ تا $5/5 \text{ cm/s}$ می‌باشد حالت جاذب به خود گرفته است و آشوب در آن دیده می‌شود و افزایش دبی ورودی، تراژکتوری‌ها بازتر شده و زمان بیشتری برای به تعادل رسیدن سیستم نیاز دارد و از جاذب آن کاسته شده و تکامل جریان چگال دیرتر اتفاق می‌افتد افزایش شیب کانال از 1% به 3% زمانیکه دبی در 50 l/min قرار دارد، جاذب هستند اما با افزایش دبی جاذب بودن داده‌ها در اثر تغییر شیب کاهش یافته و به عبارتی و زمان بیشتری برای رسیدن به تکامل نیاز دارد همچنین خطوط سیر با افزایش چگالی ورودی از 1005 kg/m^3 به 1010 kg/m^3 ، تراژکتوری‌ها در نمودار فضای فاز، بازتر شده و از جاذب آن کاسته شده و در نتیجه آشوبناکی سیستم کاهش یافته و تکامل دیرتر رخ می‌دهد به عبارتی نسبت به تغییرات کوچک اولیه حساس نمی‌باشد. با بررسی رفتار آشوبی فضای فاز در مدل شماره ۲ (فلوم با تنگ‌شدگی ممتد)، زمانیکه دبی ورودی 50 l/min باشد تمرکز داده‌های سرعت در بازه 2 cm/s تا $4/5 \text{ cm/s}$ می‌باشد و حالت جاذب به خود گرفته است و آشوب بیشتری در آن دیده می‌شود و نسبت به تغییرات محلی کوچک حساس می‌باشد که با افزایش دبی، تراژکتوری‌ها در نمودار فضای فاز بازتر شده و به عبارتی زمان به تعادل رسیدن الگوی جریان چگال بیشتر شده و تکامل دیرتر رخ می‌دهد. همچنین خطوط سیر با افزایش شیب کانال از 1% به 3% تمرکز داده‌ها بیشتر می‌شود و حالت آشوبی‌تری به خود می‌گیرد و نسبت به تغییرات کوچک شیب حساسیت نشان می‌دهد و تراژکتوری‌ها جمع‌تر شده و تکامل زودتر رخ می‌دهد همچنین با افزایش چگالی ورودی از 1005 kg/m^3 به 1010 kg/m^3 ، خطوط سیر در نمودار فضای فاز بازتر شده و جاذب آن

به اشباع شدن می‌کند و این مقدار از ۱/۴۷ بالاتر نمی‌رود. آشوبناکی سیستم در حالتی که دبی افزایش یابد کمتر است و تقریباً ۲۰ درصد دیرتر به اشباع می‌رسد و از رفتار آشوب‌پذیر بودن سیستم می‌کاهد.



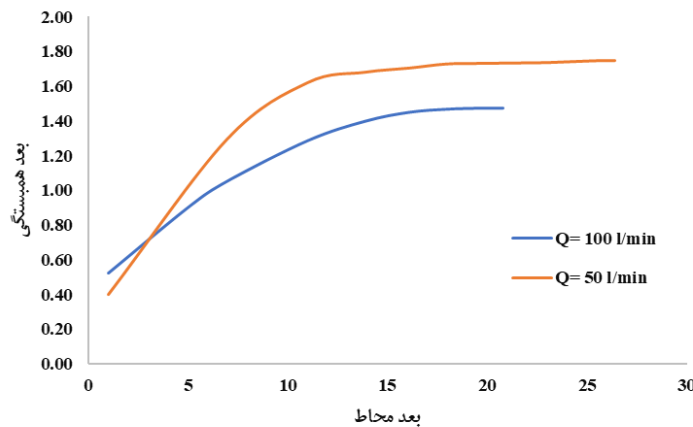
ب) دبی ورودی ۱۰۰ l/min

میزان مشخص به حالت اشباع می‌رسند که این میزان برابر بعد همبستگی است که برای دبی ورودی ۵۰ l/min در بعد محاط ۱۳/۸ شروع به اشباع شدن می‌کند و این مقدار از ۱/۷۵ بالاتر نمی‌رود و برای دبی ورودی ۱۰۰ l/min در بعد محاط ۱۶/۱ شروع



الف) دبی ورودی ۵۰ l/min

شکل ۶- نمودار در مقابل تابع همبستگی برای مقادیر دبی ورودی به فلوم



شکل ۷- نمودار بعد همبستگی به ازای بعد محاط برای دبی‌های مختلف ورودی جریان چگال

جریان چگال زودتر شده و تراژکتوری‌ها بسته‌تر شده و در اثر تنگ‌شدگی با افزایش شیب فلوم، ماهیت آشوبناکی جریان بیشتر شده و نسبت به تغییرات کوچک شیب حساس‌تر می‌باشد. برای همه آزمایش‌ها، با تغییر چگالی از 1005 kg/m^3 به 100 kg/m^3 ، از جاذب بودن خطوط سیر کاسته شده و تراژکتوری‌ها در نمودار فضای فاز بازتر و ماکزیم‌های بیشتری به خود گرفته است و زمان بیشتری برای به تعادل رسیدن نیاز دارد و ماهیت آشوبی جریان کمتر شده و تکامل جریان چگال دیرتر اتفاق می‌افتد و به عبارتی نسبت به تغییرات کوچک چگالی ورودی حساس نمی‌باشند.

بطور کلی با افزایش دبی و چگالی ورودی، از ماهیت آشوبناکی سیستم کاسته شده که نشان‌دهنده مولفه‌های تصادفی در فضای فاز می‌باشد و تکامل جریان چگال دیرتر رخ می‌دهد و با افزایش شیب، ماهیت آشوبناکی سیستم افزایش یافته و جاذب در نمودار فضای فاز بیشتر شده و تکامل جریان زودتر رخ می‌دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با بررسی رفتار آشوبی فضای فاز برای همه آزمایش‌ها، هنگامی که دبی ورودی از ۵۰ l/min به ۱۰۰ l/min افزایش یابد تراژکتوری‌های در نمودار فضای فاز بازتر شده و ماکزیم‌های بالاتری به خود گرفته است و به عبارتی با افزایش دبی، زمان بیشتری لازم است که سیستم به تعادل برسد و تکامل جریان چگال دیرتر اتفاق می‌افتد اما ماهیت کلی تراژکتوری‌ها (خطوط سیر) جاذب بوده ولی با افزایش دبی از جاذب آن کاسته شده و آشوبناکی آن کمتر شده و نسبت به تغییرات کوچک اولیه جریان حساس نمی‌باشند.

برای همه آزمایش‌ها، با افزایش شیب از ۱٪ به ۳٪ زمانی که فلوم بدون تنگ‌شدگی هست از جاذب آن کاسته شده و در حقیقت زمان بیشتری برای به تعادل و تکامل رسیدن پدیده لازم دارد اما در عامل تنگ‌شدگی (ممتد یا موضعی) باعث گردیده که نمودار فضای فاز متمرکزتر شده و جاذب بیشتر گردد و به عبارتی تکامل

هیدرولیکی جریان مانند عدد ریچاردسون و عدد فرود در جریان های نمکی بررسی گردد. همچنین اثر پرش هیدرولیکی جریان‌های چگال با استفاده توسعه فضای فاز مورد بررسی قرار گیرد.

در نمودارهای توزیع بعد همبستگی با افزایش دبی جریان ۲۷ درصد طول ناحیه‌ای با شیب یکنواخت کمتر شده است. بطورکلی در دبی‌های کم، سیستم آشوبناک‌تر شده و تقریباً در بعد محاط ۱۳/۸ سیستم شروع به اشباع شدن می‌نماید. پیشنهاد می‌شود جهت درک بهتر و مقایسه تکامل جریان چگال، پارامترهای

References

- Adab F. Karami H. Mousavi SF. Farzin S. Application of Chaos Theory in Modeling and Analysis of River Discharge under Different Time Scales (Case Study: Karun River). *JPHGR*. 2018; 50(3): 443-457. [In Persian]. <https://doi.org/10.22059/JPHGR.2018.234491.1007061>
- Adenan N. Noorani M. Nonlinear Prediction of River Flow in Different Watershed Acreage. *KSCE*. 2014; 18(7): 2268-2274. <https://doi.org/10.1007/s12205-014-0646-4>
- Babaiynejad V. Khorsandi B. Influence of ambient flow on the behavior of dense effluent discharged into the water environment. *AJCE*. 2021; 53(9): 4081-4102. <https://doi.org/10.22060/CEEJ.2020.18190.6798>
- Delafrouz H. Ghaehri A. Ghorbani M. A novel hybrid neural network based on phase space reconstruction technique for daily river flow prediction. *SJR*. 2018; 22(1): 2205-2215. [In Persian]. <https://doi.org/10.1007/s00500-016-2480-8>
- Fahimfard S. Fattahi Mh. Shamsai A. Farzin S. Application of the Chaos Theory, the Reconstructed Phase Space and Correlation Dimensions in the Suspended Load Transport Patterns as Affected by a Dam: The Case of the Karaj River. *Water Res Eng*. 2016; 8(26): 89-100. [In Persian]. [https://doi.org/20.1001.1.20086377.1394.8.26.7.7](https://doi.org/10.1007/s12205-014-0646-4)
- Fahimfard S. Shamsai A. Fattahi MH. Farzin S. 2015. The effect of the dam on the dynamics of sediment transfer of river suspended load from the perspective of chaos theory" *10th International Congress of Civil Eng*, Faculty of Civil Engineering, Tabriz. [In Persian].
- Farzin S. Sheikholeslami SR. Hasanzadeh Y. 2010. Analyzing the volatility of time series using phase space drawing and correlation dimension method of a case study of monthly rainfall in Lake ormia. *The 4th Iran Water Resources Manage Conf*. Amir Kabir University of Technology. Tehran. [In Persian].
- Fattahi MH. Tarahi M. chaotic monitoring of river flow using phase space reconstruction method. *Iran- Water Res*. 2017; 13(2): 221-225. [In Persian]. https://www.iwrr.ir/article_34197.html?lang=fa
- Ghorbani MA. Karimi V. Ruskeepaa H. Sivakumar B. Pham Q. Mohammadi F. Yasamin N. Application of complex networks for monthly rainfall dynamics over central Vietnam. *SERRA*. 2021; 35(1): 535-548. [In Persian]. <https://doi.org/10.1007/s00477-020-01962-2>
- Grassberger P. Procaccia I. Characterization of Strange Attractors. *Phys. Review Letters*. 1983; 50(1): 3460- 3490. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.50.346>
- Hong M. Wang D. Wang Y. Zeng X. Ge S. Yan H. Singh N. Mid- and long-term runoff predictions by animproved phase-space reconstruction model. *Environmental Res*. 2016; 148(1): 560–573. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.11.024>
- Hooshmandzade F. Yazdani M. Mousavi F. Chaotic Study and Reconstruction of the Dynamic Phase Space of Evaporation Using Chaos Theory (Case Study: Semnan Synoptic Station). *JWSS*. 2022; 26(1): 117-129. [In Persian]. <https://doi.org/10.47176/jwss.26.1.4393>
- Hosseini M. Zakemoshfegh M. Comparison between phase space-based local chaotic models for riverflow forecasting. *TMUJS*. 2015; 15(3): 13-24. [In Persian]. <http://mcej.modares.ac.ir/article-16-4895-en.html>
- Jiang J. Tang S. Liu R. Sivakumar B. Wu X. Tianrui P. A hybrid wavelet-Lyapunov exponent model for river water quality forecast. *Journal of Hydro*. 2021; 23(4): 864-878. <https://10.2166/hydro.2021.023>
- Jiang Y. Bao X. Hao S. Zhao H. Li X. Wu X. Monthly Streamflow Forecasting Using ELM-IPSO Based on Phase Space Reconstruction. *Water Res Manag*. 2020; 34(1): 3515-3531. <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02631-3>
- Jin Y. Li X. Zhao M. Liu X. Li H. A mathematical model of fluid flow in tight porous media based on fractal assumptions. *JHMT*. 2017; 108(1): 1078–1088. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.12.096>
- Khatibi R. Sivakumar B. Ghorbani M.A. Kisi O. Kocak K. Farsadizadeh D. Investigating chaos in river stage and discharge time series. *Journal of*

- Hydro.* 2012; 414(1): 108–117. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.10.026>
18. Lorenz E. The Local Structure of Chaotic Attractor in Four Dimensions. *Physica D: Non Phenomena.* 1984; 13(1): 90-104. [https://doi.org/10.1016/0167-2789\(84\)90272-0](https://doi.org/10.1016/0167-2789(84)90272-0)
19. Major J. Zheng S. Mosbrucker A. Spicer K. Christianson T. Thorne C. Multidecadal Geomorphic Evolution of a Profoundly Disturbed Gravel Bed River System—A Complex, Nonlinear Response and Its Impact on Sediment Delivery. *Journal of Geo Res.* 2019; 124(5): 1281-1309. <https://doi.org/10.1029/2018JF004843>
20. Rezaei H. Garebahi P. Khani Z. Mirabbasi R. Monthly flow analysis of Sefidrood River using Chaos theory. *WSMM.* 2021; 2(1): 27-41. [In Persian]. <https://doi.org/10.22098/MMWS.2021.9431.1043>
21. Rolim LZ. Souzafilho F. Exploring spatiotemporal chaos in hydrological data: evidence from Ceará, Brazil. *SERRES.* 2023; 37(1): 4513-4537. <https://doi.org/10.1007/s00477-023-02501-5>
22. Sivakumar B. Jayawardena AW. Fernando T. River flow forecasting: use of phase-space reconstruction and artificial neural networks approaches. *Journal of Hydro.* 2022; 265(1): 225-245. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00112-9](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00112-9)
23. Tao H. Sulaiman S. Yaseen Z. Asadi H. Mehran S. Ghorbani M. What Is the Potential of Integrating Phase Space Reconstruction with SVM-FFA Data-Intelligence Model? Application of Rainfall Forecasting over Regional Scale. *Water Res Manag.* 2018; 32(1): 3935-3959. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-2028-z>
24. Uuyang Q. Lu W. Xin X. Zhang Y. Cheng W. Yu T. Monthly Rainfall Forecasting Using EEMD-SVR Based on Phase-Space Reconstruction. *Water Res Manag.* 2016; 30(1): 2311-2325. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1288-8>
25. Zounemat M. Amirkhani Kh. Efficiency Assessment of Local Prediction Method Considering Reconstruction of Phase Space and Artificial Neural Network Model for Prediction of Runoff (Case Study: Pole-Kohne Station, Kermanshah). *Ferdowsi Civil Eng.* 2016; 28(2): 91-108. [In Persian]. <https://doi.org/10.22067/CIVIL.V28I2.41135>



Laboratory Study of Hydraulic Characteristics of Density Current with Phase Space Theory Analysis

Mohammad Hosseini*

Department of Civil Engineering, Meymand Center, Firoozabad Branch, Islamic Azad University, Firoozabad, Iran.

Mohammad Shabani

Department of Water Engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

Extended Abstract

Received: 24 Jan 2024

Accepted: 16 Mar 2024

Keywords: Density current, Phase space, Trajectory, Absorber, Surrounding Dimension.

Introduction: Density currents are created due to the entry of a heavier fluid into a lighter fluid due to the acceleration of the earth's gravity. Density current is non-linear in nature and is sensitive to initial conditions. The time evolution of the dense flow is expressed using trajectory lines in the phase space. The purpose of this research is to extract information hidden inside the system using the phase space theory regarding the evolution of the dense flow with changes in the hydraulic parameters of the dense flow input, so that the nature of the system and the formed pattern of the dense flow can be expressed in the bed of time.

Materials and Methods: Density current was conducted with 28 different tests in a laboratory flume with a length of 8 m, a width of 35 cm and a height of 60 cm by changing the slope, concentration and inlet flow rate. In order to describe the system, using the phase space theory, the time signal was transmitted as an object in space, and the analysis in space replaced the analysis in time.

Results and Discussion: With the increase of the slope, the data concentration is drawn on the semi-conductor and moves from top to bottom. When the inlet flow rate is 50 l/min, the concentration of the speed data is in the range of 2 cm/s to 4.5 cm/s, and it has taken on an absorbing state, and more chaos is seen in it. By changing the density from 1005 kg/m³ to 1010 kg/m³, the absorption of flow lines is reduced and the trajectories in the phase space diagram are more open and have more maxima.

Conclusion: By increasing the slope from 1% to 3%, when the flume is without narrowing, its absorber is reduced and in fact it takes more time to reach the equilibrium and evolution of the phenomenon, but due to continuous or local narrowing, becomes more absorbent. In general, with the increase of the slope, the evolution of the flow occurs earlier. The system begins to saturate in the surrounding dimension of 13.8.

Corresponding author: Mohammad Hosseini

Address: Meymand Center, Firoozabad Branch, Islamic Azad University, Firoozabad. **Tel:** +989177023348

Email: m.h.8894@gmail.com

Citation: Hosseini M, Shabani M. Laboratory Study of Hydraulic Characteristics of Density Current with Phase Space Theory Analysis. Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2024; 1(4): 40-55.



© 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.



مکان یابی مناطق مستعد اکوتوریسم در استان فارس با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان ارسنجان)

استادیار، گروه منابع طبیعی، واحد ارسنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، ارسنجان، ایران
استادیار، گروه منابع طبیعی، واحد ارسنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، ارسنجان، ایران

سعید محتشم نیا*
حسین قره داغی

چکیده مبسوط

مقدمه: یکی از مهمترین شکل های صنعت گردشگری، گردشگری طبیعی است. استان فارس به دلیل برخورداری از پتانسیل بالای گردشگری همواره مورد توجه گردشگران داخلی و خارجی بوده است. شهرستان ارسنجان با برخورداری از جنبه های گردشگری طبیعی و تاریخی از این امر مستثنی نبوده و هدف تحقیق حاضر تعیین پهنه های مناسب فعالیت های گردشگری در سطح شهرستان با تلفیق مدل اکولوژیکی مخدوم (۱۳۸۴) و سامانه اطلاعات جغرافیایی می باشد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۳

مواد و روش ها: منطقه مورد مطالعه محدوده شهرستان ارسنجان در شمال شرقی استان فارس به مساحت ۱۴۳۹ هکتار و تحقیق حاضر براساس مدل اکولوژیکی توسعه کاربری اکوتوریسم پیشنهادی مخدوم در قالب ارزیابی توان اکولوژیک شامل سه بخش شناسایی منابع اکولوژیکی، تجزیه و تحلیل و جمع بندی منابع و در نهایت ارزیابی توان اکولوژیکی با استفاده از GIS انجام شد.

نتایج و بحث: نتایج تحقیق نشان داد با توجه به متغیرهای پیشنهادی در مدل مخدوم و اعمال تغییرات مورد نیاز، سه متغیر شیب، تراکم و درصد پوشش گیاهی در طبقه بندی شهرستان ارسنجان به سه طبقه مستعد (طبقه یک)، نیمه مستعد (طبقه دو) و طبقه نامناسب تاثیر گذار بوده اند.

نتیجه گیری: با توجه به محدودیت های شهرستان در بخش شیب و پوشش گیاهی نتایج تحقیق نشان داد تفرج گسترده یک بالاترین و تفرج متمرکز طبقه یک کمترین میزان مساحت را در شهرستان به خود اختصاص داده است. وجود رخساره های توده و برون زدگی سنگی در محدوده شهرستان مانع بزرگی برای توسعه گردشگری است و کوهستان های منطقه تنها برای گردشگران ورزشی قابل استفاده است. گستردگی جنگل های ایران تورانی در محدوده شهرستان که آخرین لکه های جنگل های خشک خارج شمال و وجود رشته قنات های جاری در آن موجب شده تا تفرج متمرکز کمترین میزان مساحت و تفرج گسترده بیشترین سهم خود از گردشگری را به خود اختصاص دهد. بر این اساس با توجه به موقعیت شهرستان در جاده مواصلاتی به شرق کشور و نزدیکی به جاده شیراز - تهران و مجاورت با آثار تاریخی نظیر پاسارگاد، نقش رستم و تخت جمشید در کنار آثار پراکنده تاریخی در محدوده شهرستان پیشنهاد می شود با اعمال مدیریت صحیح و استقرار مراکز رفاهی در عرصه های بکر منابع طبیعی و حمایت بخش خصوصی در راستای توسعه اقامتگاه های بوم گردی و تلاش در راستای توسعه گردشگری ورزشی بخصوص ورزش های آبی در سال های ترسالی در تالاب طشک اقدام گردد.

واژه های کلیدی: مکان یابی، اکوتوریسم، سامانه اطلاعات جغرافیایی، ارسنجان.

نویسنده مسئول: سعید محتشم نیا

نشانی: فارس، ارسنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، گروه منابع طبیعی. تلفن: ۰۹۱۷۱۱۳۲۳۳۴. پست الکترونیکی: Sa.mohtashamia@iau.ac.ir

استاد: محتشم نیا سعید، قره داغی حسین. مکان یابی مناطق مستعد اکوتوریسم در استان فارس با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان ارسنجان). پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست، ۱۴۰۲، (۴): ۶۶-۵۶.

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

دارند. رضایی (۱۳۹۷)، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل تاپسیس اقدام به مکان‌یابی سایت‌های گردشگری استان چهارمحال و بختیاری کردند. نتایج تحقیق آن‌ها منجر به شناسایی نه سایت گردشگری در استان مذکور گردید. اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیقی در جهت مقایسه مدل‌های مکان‌یابی و توسعه گردشگری در جنگل‌های زاگرس شهرستان جوانرود نشان دادند فاصله از جاده، فاصله از شهر و فاصله از معیار امنیت ماندپاسگاه و ایستگاه امداد و نجات بیشترین تأثیر را بر روی استقرار گردشگر داشته‌اند. بهمن پور و همکاران (۱۳۹۹)، در مکان‌یابی گردشگری در شهرستان لاهیجان با رویکرد گردشگری ورزشی نشان دادند منطقه مورد مطالعه شامل دو بخش جنوبی و شمالی با سه زون واجد شرایط گردشگری متمرکز می‌باشد که دوچرخه سواری، خورگشت، موتورسواری، گلف، رالی موتور، رالی اتومبیل، رالی دوچرخه، گلایدر و هواپیماهای سبک می‌باشد. سلاطی و همکاران (۱۳۹۹)، در تحقیقی در راستای مکان‌یابی گردشگری سه رودخانه دز، کرخه و شاوور شهرستان شوش با استفاده از مدل تصمیم‌گیری تاپسیس نشان داد با توجه به هسته‌های زیستی، فاصله از شهر و تأسیسات شهری میزان ظرفیت محل در جهت انجام فعالیت‌های تفریحی رودخانه‌ای، محدوده ناچیان در ساحل غربی رود کرخه در بهترین وضعیت برای احداث مجموعه گردشگری بوده است، به گونه‌ای که کمترین آسیب را به محیط زیست وارد کرده و از تاب‌آوری محیط نگاهد. شکور و همکاران (۱۴۰۰)، در نتیجه پهنه‌بندی توان اکوتوریسم شهر شیراز نشان دادند کلان شهر شیراز از پتانسیل‌های خوب اکوتوریسمی برخوردار بوده و تطابق قابل قبولی را با واقعیات زمینی به نمایش گذاشت. به طوریکه تمرکز پهنه‌هایی با توان بالا در جنوب و شرق شهرستان ضمن تأکید بر اهمیت این پهنه‌ها، اولییتی را به جهت توسعه اکوتوریسم برای دهستان‌های منطقه مشخص ساخت. عمرزاده و همکاران (۱۴۰۱)، در راستای مطالعه توسعه گردشگری طبیعی در استان آذربایجان غربی براساس تحلیل‌های مکانی نشان دادند مناطق برجسته مانند دریاچه ارومیه و مناطق حفاظت شده به دلیل محدودیت در بهره‌برداری وزن کمتری را نشان داده و تراکم مناطق صنعتی و شهری در اطراف دریاچه نیز در رتبه پایینی برای توسعه اکوتوریسم قرار دارد و مناطق شناسایی شده برای توسعه اکوتوریسم نیز دارای سطوح متفاوتی از تناسب بوده که این مناطق عمدتاً مناطق مسکونی، کشاورزی و همچنین اراضی ناشی از عقب نشینی دریاچه ارومیه معرفی شدند. حافظی و همکاران (۱۴۰۲)، در بررسی موضوع اکوتوریسم مبتنی بر جامعه با دادن فرصتی برای تأثیرگذاری و مشارکت در توسعه گردشگری برای اعضای

اکوتوریسم نوعی فعالیت گردشگری است که به طبیعت مرتبط بوده به طوری که انگیزه اصلی در آن بهره‌جستن از جذابیت‌های طبیعی یک منطقه، ویژگی‌های فیزیکی و فرهنگ بومی است و گردشگر پس از مشاهده جذابیت‌ها بدون اینکه خللی در آن وارد یا آن را تخریب کند، محل را ترک می‌گوید (اسماعیلی نیا ۱۳۸۲). بدین ترتیب ضمن بهره‌گیری از جنبه‌های فرهنگ، تاریخی و طبیعی، حفظ و احترام اکوسیستم، فرصت‌های اقتصادی و درآمدزایی نیز برای مردم محلی ایجاد و زمینه حفظ و حمایت جدی‌تر از جذابیت‌ها، با منابع مالی تازه‌تر فراهم می‌آید (فرج‌زاده و کریم پناه ۱۳۸۵). برای تعیین تناسب اراضی برای کاربری گردشگری مدل‌های اکولوژیک خاصی تدوین شده که با استفاده از آن‌ها ارزیابی قابلیت سرزمین برای توسعه فعالیت‌های گردشگری ممکن می‌گردد. در این گونه مدل‌ها فعالیت‌های گردشگری در دو حالت متمرکز (بسته) و یا به شکل گسترده (باز) در نظر گرفته و متناسب با مقتضیات هر یک، برای ارزیابی توان از عوامل مختلف استفاده می‌شود (سلطانی ۱۳۸۹). بنا به تعریف، به آن دسته از تفرج‌ها نظیر شنا، اسکی، اردو زدن، دوچرخه‌رانی و بازدید آثار فرهنگی که نیاز به توسعه دارند تفرج متمرکز و به آن دسته از تفرج‌ها نظیر کوه‌نوردی، شکار، ماهیگیری، صحراگردی، اسب سواری و تماشای جانوران در طبیعت که فاقد توسعه بوده یا به توسعه اندک نیاز دارند، تفرج گسترده می‌گویند (مخدوم ۱۳۸۷). به منظور ارزیابی دقیق منابع اکولوژیک با توجه به حجم و پیچیدگی بسیار زیاد این عوامل، مکان‌یابی جز لاینفک و این گونه تحقیقات می‌باشد و کاربرد سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی به منظور تلفیق لایه‌ها و اطلاعات پایه و اعمال ضرائب و وزن دهی به مهم‌ترین لایه‌ها در این خصوص ضروری است. شهرستان ارسنجان به عنوان یکی از قطب‌های گردشگری استان فارس از نظر ویژگی‌های طبیعی و برخورداری از آب و هوای معتدل ملاک‌های مناسبی در جهت جذب گردشگر دارد. اما متأسفانه تاکنون در راستای معرفی، شناسایی و تبلیغات در زمینه توسعه گردشگری و جذب گردشگر فعالیت زیادی صورت نگرفته است. بنابراین تحقیق حاضر با هدف تعیین و شناسایی پهنه‌های مناسب جهت توسعه اکوتوریسم در شهرستان ارسنجان با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل مخدوم انجام شده است. تحقیقات متعددی در خصوص امر مکان‌یابی در داخل و خارج کشور انجام شده است. الماسی و همکاران (۱۳۹۷)، در مکان‌یابی مجتمع‌های گردشگری با استفاده از الگوی راهبردی و تحلیل سلسله مراتبی نشان دادند کاربرد دو روش الگوی راهبردی و تحلیل سلسله مراتبی در انتخاب سایت‌های مطالعاتی کارایی

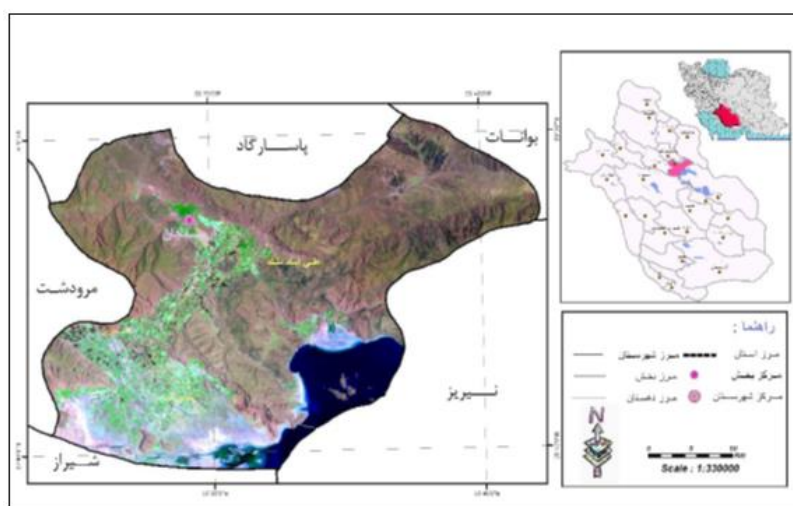
و جنوب غربی بخصوص در منطقه باتیکالوا پراکنده شده است. به گونه‌ای که ۱۲/۵۳ درصد از مساحت منطقه در منطقه "بسیار مناسب تا فوق‌العاده مناسب" برای توسعه اکوتوریسم قرار دارد که یافته‌های این مطالعه می‌تواند به برنامه ریزان گردشگری و دولت در انتخاب دقیق مکان برای توسعه اکوتوریسم و کاهش فشارها بر منطقه کمک کند. پاتل و انوراکی (۲۰۲۳)، در شناسایی مکان‌های بالقوه اکوتوریسم با استفاده از AHP و تحلیل همپوشانی وزنی در منطقه بوندلکند در مرکز هند اقدام به شناسایی دو مکان بالقوه بر اساس ۸ معیار اکوتوریسمی شد. کوشیم و همکاران (۲۰۲۳)، در مطالعه توسعه اکوتوریسم در پارک ملی آلتینمل کشور آذربایجان نشان دادند با توجه به شرایط پارک توسعه پایدار دور از دسترس می‌باشد و تأثیر مثبت اقتصادی و سیاسی توسعه گردشگری هنوز در آن آشکار نشده است. هدف از انجام تحقیق حاضر شناسایی مکان‌های مناسب گردشگری در شهرستان ارسنجان با بهره‌گیری از مدل اکولوژیکی مخدوم و سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه محدوده شهرستان ارسنجان به مساحت ۱۴۳۹ هکتار و با مختصات "۳۰°۴۳'۳۰" طول جغرافیایی و "۳۰°۴۳'۲" عرض شمالی در شمال شرقی استان فارس و در فاصله ۱۳۰ کیلومتری شمال شرقی کلانشهر شیراز واقع شده است (شکل ۱).

جامعه، به ویژه در مورد محیط زیست در استان لرستان نشان داد اکوتوریسم مبتنی بر جامعه با مشارکت محققان، اکوتوریست‌ها، سیاست‌گذاران و مردم محلی می‌تواند برای سیاست‌گذاران برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی در زمینه اکوتوریسم مبتنی بر جامعه پایدار مفید باشد. گوئرو و همکاران (۲۰۲۰)، در تهیه نقشه مکان‌یابی اکوتوریسم جهت افزایش سطح پایداری اکوسیستم‌های شهری در کشور برزیل نشان دادند با توجه به پتانسیل اکوتوریسمی این کشور نه تنها تاب‌آوری سرزمین در بحث توسعه پایدار تقویت می‌شود، بلکه ضرورت دارد تا توسعه اکوتوریسم در برنامه‌ریزی شهرداری‌های مناطق دارای پتانسیل اکوتوریسمی لحاظ شود. نتایج تحقیق آنگرا (۲۰۲۲)، در مناطق مرکزی کشور اتیوپی منجر به مکان‌یابی اقامتگاه‌های بوم‌گردی بالقوه و ۹ مکان کمپ بوم‌گردی گردید که برای حفظ و تداوم پایداری محیط زیست محلی و شرایط زندگی ساکنان، هر شرکت مجری برنامه‌های اکوتوریسمی باید بر اساس پتانسیل سایت‌های مکان‌یابی شده برنامه‌ریزی کند. تانگ و همکاران (۲۰۲۲)، در ارزیابی ریسک اجرا و توسعه برنامه‌های اکوتوریسمی در منطقه حفاظت شده طبیعی یائولوپینگ کشور چین نشان دادند مناطق پرخطر اکوتوریسم در ذخیره گاه و عمدتاً در اطراف رودخانه‌ها و جاده‌ها قرار داشته که به صورت نواری توزیع می‌شوند و سطح خطر اکوتوریسم در شمال منطقه تحت مطالعه نزدیک به ۹۰ درصد از خطر اکوتوریسم منطقه‌ای در سطح متوسط یا پایین بوده است. کومار و همکاران (۲۰۲۳)، در پهنه‌بندی مناطق اکوتوریسمی کشور سریلانکا نشان دادند مناطق بسیار مناسبی برای توسعه اکوتوریسم تا حد زیادی در بخش‌های شمالی، غربی



شکل ۱ - موقعیت شهرستان ارسنجان در استان فارس

شهرستان دارای جنگل‌های کم تراکم و تنک تنگ اشکن، بناب و خلیل بیگ به وسعت ۳۳ هزار هکتار است. فلور منطقه عمدتاً

حدود ۴۵ درصد از مساحت کل شهرستان را اراضی کوهستانی و ۵۵ درصد اراضی کم شیب و مسطح تشکیل می‌دهد. این

جغرافیایی، نقشه یگان‌های زیست محیطی حوزه‌های آبخیز واحدها تهیه و پس از تلفیق نقشه‌های لازم و بهنگام شدن آن‌ها با استفاده از مقایسه مدل‌های ریاضی، کاربری‌های کشاورزی، مرتعداری، جنگلداری، توسعه شهری و روستایی، تفرج متمرکز، تفرج گسترده، آبی‌پروری و حفاظت با یگان‌های زیست محیطی، توان اکولوژیکی واحدهای مزبور ارزیابی و طبقه‌بندی می‌شوند. پس از ارزیابی توان اکولوژیکی کاربری‌ها، برای انتخاب بهترین گزینه‌ها در واحد سرزمین و ساماندهی کاربری‌ها، تعیین اولویت کاربری‌ها انجام و نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری مختلف تهیه می‌گردد. فرآیند ارزیابی توان اکولوژیک شامل سه بخش شناسایی منابع اکولوژیکی، تجزیه و تحلیل و جمع‌بندی منابع و درنهایت ارزیابی توان اکولوژیکی است. به منظور شناسایی منابع اکولوژیکی اقدام به استخراج نقشه‌های پایه شیب در پنج طبقه ۰-۵، ۵-۲۵، ۲۵-۵۰، ۵۰-۷۵، ۷۵-۱۰۰ و بیش از ۱۰۰ درصد، نقشه طبقات ارتفاعی در شش طبقه با اختلاف ۴۰۰ متر از ۱۰۰۰ تا ۳۴۰۰ متر و نقشه جهات جغرافیایی به روش ۴+۱ از مدل رقومی زمین^۱ (DEM) و تلفیق نقشه‌های شیب، طبقات ارتفاعی و جهات جغرافیایی به روش دو ترکیبی در نهایت ساخت نقشه‌های واحدهای شکل زمین اقدام گردید. تهیه نقشه‌های بافت، عمق و میزان حاصلخیزی خاک نیز با استفاده از نقشه خاک استان فارس در محدوده شهرستان تهیه و نقشه پوشش گیاهی منطقه نیز بر اساس نقشه پوشش گیاهی استان فارس برای محدوده شهرستان ارسنجان بر اساس متغیر درصد تراکم پوشش جنگلی و مرتعی اقدام گردید که با بهره‌گیری از تصویر ماهواره‌ای منطقه و استخراج نقشه شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)، اقدام به واسنجی نقشه پوشش گیاهی تهیه شده با واقعیت زمینی در محیط ArcGIS گردید. ساخت یگان‌های زیست محیطی^۲ براساس تلفیق نقشه واحدهای شکل زمین ۲ با نقشه تیپ خاک و تلفیق نقشه‌های مذکور با نقشه تیپ‌های گیاهی جهت ساخت نقشه واحدهای زیست محیطی پایه دو مطابق شکل ۲ صورت گرفت و در نهایت با تلفیق نقشه واحد شکل زمین ۲ با نقشه تراکم پوشش گیاهی، نقشه نهایی واحدهای زیست محیطی منطقه تحت مطالعه تهیه گردید که در شکل ۳ آورده شده است.

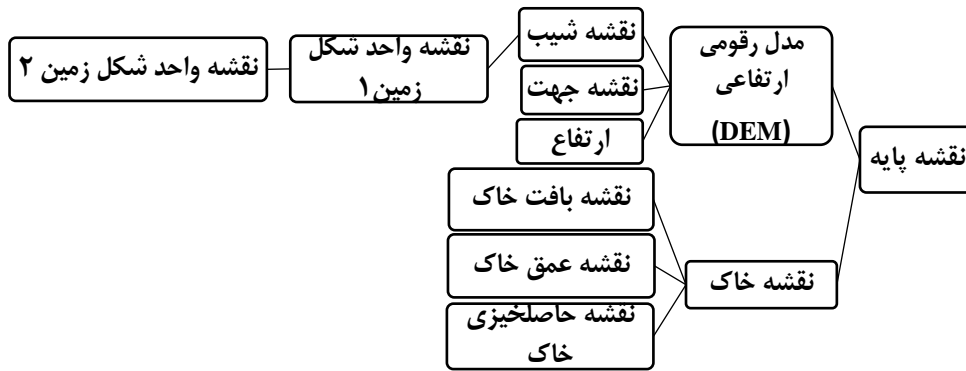
شامل درختان و درختچه‌های جنگلی بنه، بادام کوهی، کیکم (کهکیم)، ول (ارس)، تنگرس ودافنه می‌باشد. این محدوده از لحاظ مرتعی نیز بسیار متنوع بوده و در زیر اشکوب درختان و درختچه‌ها، گونه‌های مرتعی بسیاری خانواده‌های گیاهی در آن وجود دارد. جاذبه‌های طبیعت‌گردی چون دریاچه طشک، چشمه‌های گمبان، ارتفاعات کوه سیاه و کوه خم نیز علاوه بر جنگل‌های مذکور منجر به افزایش پتانسیل گردشگری شهرستان ارسنجان شده است. شایان ذکر است منطقه کوه سیاه با وسعت ۳۰ هزار هکتار از سال ۱۳۸۰ در لیست مناطق شکار ممنوع قرار گرفته و شامل گونه‌های جانوری نظیر خرس قهوه‌ای، گربه جنگلی، تشی و تعداد اندکی از گونه‌های بز و پازن است. جنگل بناب با وسعت ۱۲۰۰۰ هکتار با پوشش غالب بنه و بادام کوهی در شمال غرب شهر ارسنجان واقع گردیده که ضلع شمالی آن به وسعت ۵۰ هکتار توسط اداره منابع طبیعی به پارک جنگلی تبدیل شده است. سایت گوزن زرد با مساحت ۳۰۰ هکتار در جنوب شرقی شهرستان از بهمن ماه سال ۹۱ پذیرای گونه در معرض خطر انقراض گوزن زرد است. دریاچه طشک در جنوب شرقی شهرستان سالانه پذیرای تعداد بیشمار گونه‌های آبی و کنار آبیچر مهاجر می‌باشد و می‌تواند به عنوان یکی از مهمترین جاذبه‌های اکوتوریسمی شهرستان به شمار آید. در قسمت شمال غربی دریاچه طشک چشمه طبیعی گمبان واقع شده که بر جذابیت این منطقه افزوده است (زارعی ۱۳۹۱).

روش کار

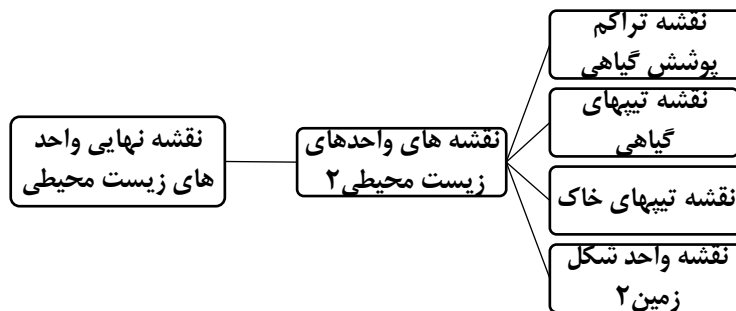
این تحقیق با استفاده از روش ارزیابی توان اکولوژیکی به روش مخدوم (۱۳۸۱) و کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی براساس مدل اکولوژیکی توسعه کاربری اکوتوریسم که برای کشور ایران ارائه شده و بر مبنای روش تجزیه و تحلیل سیستمی و ارزیابی چند معیاره انجام شده است. ارزیابی توان اکولوژیکی به روش مخدوم یکی از روش‌های تعیین کاربری‌های بهینه اراضی است که در آن ابتدا با تهیه نقشه یگان‌های زیست محیطی که از تلفیق نقشه‌های طبقات ارتفاعی، شیب، جهت شیب، خاک و پوشش گیاهی بدست می‌آید و سپس با تجزیه و تحلیل سیستمی عوامل پایدار و ناپایدار اکولوژیکی سرزمین، توان انواع کاربری‌ها، ارزیابی می‌گردد. براین اساس با استفاده از سامانه‌های اطلاعات

1. Digital Elevation Model (DEM)

۲- یگان اکولوژیکی پهنه ای همگن است که از نظر خصوصیات اکولوژیکی در شرایط یکسانی باشد.



شکل ۱ - دیاگرام ساخت نقشه‌های پایه



شکل ۲ - دیاگرام ساخت نقشه نهایی واحدهای زیست محیطی

دارای شرایط متفاوتی به شرح جدول ۱ می‌باشند.

در این مدل سرزمین به سه طبقه مستعد (طبقه یک)، نیمه مستعد (طبقه دو) و نامناسب تقسیم‌بندی می‌گردد که هر کدام

جدول ۱ - شرایط سرزمین از منظر مدل اکولوژیکی تفرج متمرکز

متغیرهای مدل	مستعد (طبقه یک)	نیمه مستعد (طبقه دو)	نامناسب
دما (°C)	۲۱-۲۵	۲۱-۳۰	
میزان آب مورد نیاز برای هر نفر (lit.)	۴۰-۱۵۰	۴۰-۱۲۰	کمتر از ۵ لیتر برای هر نفر
درصد شیب	۰-۵٪	۵-۱۵٪	>۱۵٪
جهت جغرافیایی	شرقی - جنوبی	شمالی - غربی	جنوبی و غربی شرقی و شمالی
بافت خاک	لومی	شنی، شنی لومی، رسی، رسی لومی، رسی سنگین	رسی سنگین ناقص
زهکشی خاک	کامل	فقیر تا متوسط	خیلی فقیر
حاصلخیزی خاک	متوسط تا خوب	متوسط	دانه‌بندی خیلی ریز
ساختمان خاک	نیمه تحول یافته تا تحول یافته با دانه‌بندی متوسط	نیمه تحول یافته با دانه‌بندی نیمه متوسط تا درشت	
عمق خاک	عمیق	متوسط تا عمیق	کم تا زیاد
درصد تراکم درختان	۴۰-۸۰٪	۲۰-۴۰٪	>۸۰٪
ترکیب گونه‌ای		درصد بیشتر دو لپه‌ای‌ها یا گیاهان خشبی یا بوته‌ای چوبی و خاردار یا گیاهان کند رشد	

جدول ۲ - شرایط سرزمین از منظر مدل اکولوژیکی تفرج گسترده

متغیرهای مدل	مستعد (طبقه یک)	نیمه مستعد (طبقه دو)	نامناسب
دما (°C)	۲۱-۲۵	۲۱-۳۰	
میزان آب مورد نیاز برای هر نفر (lit)	۵-۱۲	۵	کمتر از ۵ لیتر برای هر نفر
درصد شیب	۰-۲۵٪	۲۵-۵۰٪	>۵۰٪
جهت جغرافیایی	شرقی - جنوبی	شمالی - غربی	جنوبی و غربی شرقی و شمالی
بافت خاک	لومی	شنی، شنی لومی، رسی، رسی لومی، لومی رسی	رسی سنگین
زهکشی خاک	کامل	فقیر تا متوسط	ناقص
حاصلخیزی خاک	متوسط تا خوب	متوسط	خیلی فقیر
ساختمان خاک	نیمه تحول یافته تا تحول یافته با دانه‌بندی متوسط	نیمه تحول یافته با دانه‌بندی نیمه متوسط تا درشت	دانه‌بندی خیلی ریز
عمق خاک	عمیق	متوسط تا عمیق	کم تا زیاد
درصد تراکم درختان	۴۰-۸۰٪	۲۰-۴۰٪	>۸۰٪
ترکیب گونه‌ای		درصد بیشتر دو لپه‌ای‌ها یا گیاهان خشبی یا بوته‌ای چوبی و خاردار یا گیاهان کند رشد	

سازگارتر گردد که در جدول ۳ آورده شده است.

با توجه به شرایط منطقه و محدودیت‌های آن، تغییراتی در مدل مخدوم و شرایط آن اعمال گردیده تا نتایج با واقعیت‌های موجود

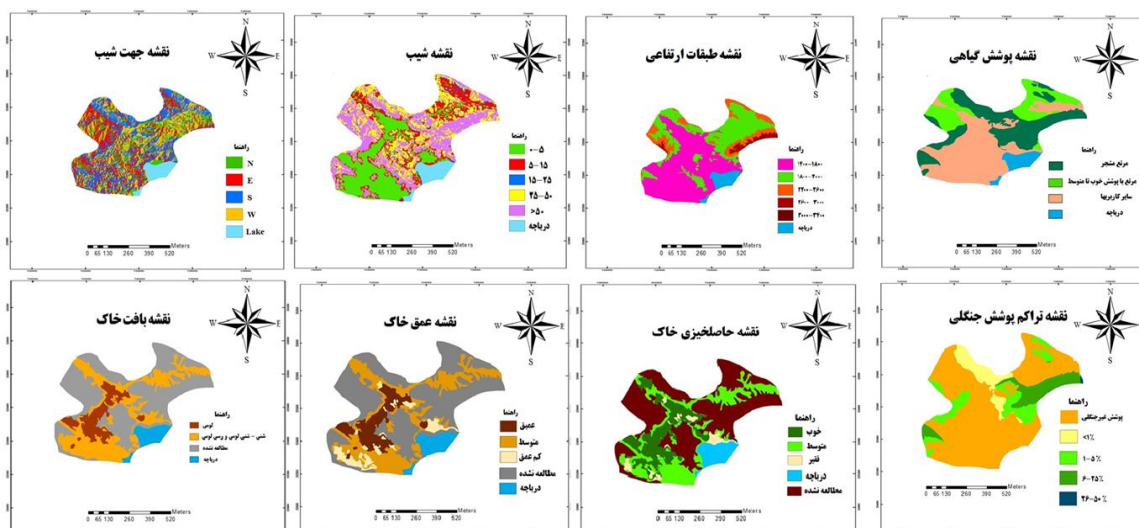
جدول ۳ - تغییرات در مدل مخدوم جهت سازگاری با شرایط شهرستان

تفرج متمرکز طبقه یک	تفرج متمرکز طبقه دو	تفرج گسترده طبقه یک	تفرج گسترده طبقه دو	مدل مخدوم	درصد شیب
۰-۵	۵-۱۵	۰-۲۵	۲۵-۵۰	مدل ویژه	درصد شیب
۰-۱۵	۱۵-۲۵	۲۵-۵۰	۵۰-۶۵	مدل مخدوم	درصد پوشش گیاهی
تراکم درختان ۴۰-۸۰	تراکم درختان ۲۰-۴۰	—	—	مدل ویژه	درصد پوشش گیاهی
جنگل یا تاج و پوشش کم یا مراتع مشجر	مراتع یا تاج و پوشش خوب و متوسط				

حاصلخیزی خاک، تراکم و نوع پوشش گیاهی و جداول وابسته در شکل ۳ آورده شده است.

نتایج و بحث

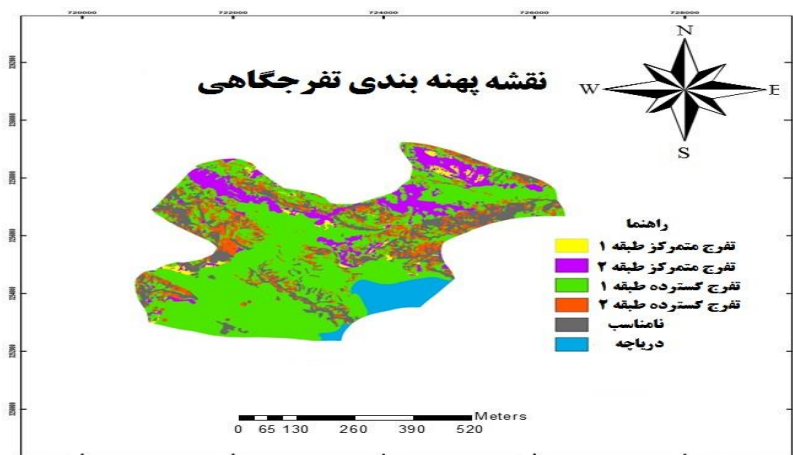
نتایج ساخت نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع، بافت، عمق،



شکل ۳ - نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع، پوشش گیاهی، بافت، عمق، حاصلخیزی خاک، تراکم پوشش جنگلی

جداول ۱ تا ۳ استفاده شد که منجر به ساخت نقشه‌های پهنه‌بندی اکوتوریسم به شرح شکل ۴ و جدول ۴ گردید.

به منظور دستیابی به نقشه پهنه‌بندی مناطق تفرجگاهی در محدوده شهرستان ارسنجان از تلفیق نقشه‌های پایه و کاربرد ابزارهای تحلیلی در محیط ArcGIS با محوریت متغیرهای



شکل ۴ - مساحت و درصد نقشه پهنه‌بندی اکوتوریسم شهرستان ارسنجان

جدول ۴ - توان اکوتوریسم منطقه مورد مطالعه

توان اکوتوریسم	مساحت(هکتار)	درصد
تفرج متمرکز طبقه یک	۲۱۸۳	۱/۵۱
تفرج متمرکز طبقه دو	۱۶۰۲۴	۱۱/۰۸
تفرج گسترده طبقه یک	۸۰۷۵۹	۵۵/۸۴
تفرج گسترده طبقه دو	۱۵۹۴۵	۱۱/۰۲
نامناسب	۲۲۰۸۷	۱۵/۲۷
دریاچه	۷۶۴۰	۵/۲۸
جمع	۱۴۴۶۲۹	۱۰۰

عمدتاً از نظر ژئومورفولوژی به عنوان رخساره‌های توده سنگی و برون زدگی سنگی و نزدیکی دو تالاب بین‌المللی طشک و بختگان که در سال‌های پرباران می‌تواند میزبان پرندگان مهاجر و توسعه ورزش‌های آبی گردد در کوتاه، میان و بلند مدت در جلب گردشگران ورزشی و غیر ورزشی مفید واقع شود که تحقیقات انگزا (۲۰۲۲) و پاتل و انوراک (۲۰۲۳) نیز بر محوریت توجهات لازم بر شناسایی منابع بالقوه گردشگری و گسترش نگرش مسئولان منطقه‌ای دست اندرکار توسعه گردشگری تأکید داشته‌اند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج بررسی نقشه پهنه‌بندی مناطق تفرجگاهی در محدوده شهرستان ارسنجان براساس مدل اکولوژیکی مخدوم نشان داد شهرستان ارسنجان فاقد پتانسیل لازم جهت تفرج متمرکز طبقه یک می‌باشد و در بخش تفرج متمرکز طبقه دو نیز تنها ۱۱ درصد شهرستان دارای توان مذکور می‌باشد. اما از نظر تفرج گسترده یک و دو به ترتیب ۵۵/۸۴ و ۱۱ درصد از مساحت شهرستان دارای پتانسیل لازم جهت تفرج گسترده طبقه یک و دو می‌باشد و ۱۵/۲۷ درصد نیز فاقد پتانسیل گردشگری است که دلایل عمده این امر به خصوصیات مورفولوژیکی و ژئومورفولوژی منطقه و امکانات ضعیف شهرستان در سرمایه‌گذاری و جذب سرمایه‌گذار و از همه مهمتر دوری از جاده اصلی است که منجر به کاهش قدرت جذب گردشگر شده است. بنابراین پیشنهاد می‌گردد مسئولان شهرستان در امر معرفی جاذبه‌ها و پتانسیل‌های تاریخی، گردشگری و ورزشی شهرستان اهتمام بیشتری به خرج داده و با جذب سرمایه‌گذاران بومی و انجام تبلیغات گسترده از طریق بنگاه‌های گردشگری در سراسر کشور توانمندی‌های شهرستان را به گردشگران استان فارس معرفی کرده تا در بازدید از امکانات و پتانسیل‌های استان با ویژگی‌های شهرستان ارسنجان نیز آشنا شوند. هرچند جشنواره انار که همه ساله در فصل پاییز برگزار می‌شود توانسته تا حدی در جذب گردشگر موفق باشد، اما این مسأله جای کار زیادی دارد. ضمناً تیم آفرود شهرستان نیز در سال‌های گذشته بسیار خوب عمل کرده و حتی توانست در اسفند ۱۳۹۵ میزبان جوانان و علاقه‌مندان مسابقات آفرود استان فارس شود که خود در جذب گردشگران ورزشی توانست نقطه عطفی در جذب گردشگران ورزشی شود.

محدودیت‌های تفرجگاهی و گردشگری متمرکز در شهرستان ارسنجان اغلب ذاتی بوده و بدون دخالت انسان نیز کم و بیش وجود دارند. شیب یکی از علل عمده کاهش توان اکوتوریسم در بخش تفرج متمرکز می‌باشد. به طوری که ۵۵/۳ درصد از مساحت شهرستان دارای شیب بیش از ۱۵ درصد می‌باشد که در مدل اکوتوریسمی مخدوم جهت تفرج متمرکز نامناسب است که مشابه با مطالعه بهمن پور و همکاران (۱۳۹۸) است که جهت توسعه اکوتوریسم ورزشی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. براساس مدل اکولوژیکی مخدوم مناطقی که دارای تراکم درختی بین ۸۰-۲۰ درصد باشند واجد شرایط جهت تفرج متمرکز قلمداد می‌گردند، اما تنها ۰/۱۲ درصد از اکوسیستم‌های جنگلی محدوده شهرستان دارای تراکم درختی بین ۲۶ تا ۵۰ درصد است. هرچند بخش اعظم شهرستان ارسنجان جزء مراتع مشجر طبقه‌بندی شده یا جزء جنگل‌های با پوشش گیاهی کم می‌باشند، اما از نظر شرایط تفرجگاهی طبق مدل مخدوم جز مدل متمرکز طبقه یک و مناطقی که دارای پوشش مرتعی متوسط و خوب می‌باشند محسوب می‌شوند که که همخوان با مطالعه الماسی و همکاران و رضایی (۱۳۹۷) است. عوامل اجتماعی اقتصادی منطقه نیز از عوامل مهم و تأثیرگذار در بخش ارزیابی توان اکوتوریسم منطقه می‌باشند که تعداد روستاها، جمعیت، میزان سواد و درآمد ساکنان از عوامل تأثیرگذار در ارتقا توان منطقه در بخش گردشگری است که همخوان با تحقیقات شکور و همکاران (۱۴۰۰) و اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۸) است. جلوگیری از تخریب پوشش جنگلی و مرتعی، عدم واگذاری و جلوگیری از تغییر کاربری و برنامه‌ریزی در راستای اصلاح و احیاء پوشش گیاهی اراضی تخریب شده با استفاده از گونه‌های بومی، احداث تأسیسات زیربنایی و امکانات گردشگری نظیر امکانات اقامتی، بهداشتی می‌تواند در فراهم کردن زمینه حضور گردشگران در تفرجگاه‌های منطقه مؤثر باشد که حافظی و همکاران (۱۴۰۲)، گوئرو و همکاران (۲۰۲۰) و تانگ و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیقات خود به اهمیت جلب مشارکت‌های مردمی و ایجاد زیرساخت‌ها و بسترهای مناسب جهت جلب گردشگر اشاره کرده‌اند. استفاده از پتانسیل جمعیت بومی منطقه همگان با توسعه برنامه‌های گردشگری به موازات برگزاری همایش‌ها و سمینارها و تبلیغات مؤثر در جهت معرفی پتانسیل‌های طبیعی منطقه ارسنجان در راستای جذب سرمایه‌گذار و مشارکت بخش خصوصی و بخصوص توسعه گردشگری ورزشی با توجه به گستردگی کوهستان‌های منطقه که

References

1. Akbari A, Almasi A. Comparative-deductive analysis of location of construction of health

tourism complex based on SOWT strategic model and AHP analytic hierarchy process(

- a case study: Qom city). *Urban*. 2019;17(53):327-350. [InPersian].
2. Bahmanpour H, Zaeimdar M, Zareian A, Amani Shalamzari GR, Nourbakhsh P. Sport Tourism Site Selection Model by environmental capability evaluation: Lahijan County. *Strate Stud Youth Sports*. 2020; 22;19(48):151-74. [InPersian].
 3. Erfani M, Ehsanzadeh N. Recreation suitability zoning in part of the Oman sea coast. *Journal of RS and GIS for natural resources. J. RS GIS natu resour.* 2021;12(42):107-123. [InPersian]. Doi:20.1001.1.26767082.1400.12.1.6.7.
 4. Esmaili M, Karami P, Mirsanjari M. Comparison of tourism placement and development models from land use planning perspective in Zagros forests (a case Study: Javanrud county.) *J. plant ecosys conservat*. 2020;7(15):253-273. [InPersian].
 5. Esmailinia N. Seven climates in one border. *J wo aviat tour magaz*.2004, 55. [InPersian].
 6. Hadizadeh Zargar S. Tourism environmental zoning powers of Mazandaran province to develop ecotourism. *J. ur econom managem*. 2017;5 (17):31-47. [InPersian]. Doi: 20.1001.1.23452870.1395.5.17.2.4.
 7. Hafezi F, Bijani M, Gholamrezai S, Savari M, Panzer-Krause S. Towards sustainable community-based ecotourism: A qualitative content analysis. *Scie total environm*. 2023;164411. [InPersian]. Doi:10.1016/j.scitotenv.2023.164411.
 8. Hajeforoshnia Sh, Karam A. Evaluation and zoning of geo-ecotourism potential of Semirom city. *J. RS GIS natu resour*. 2022;13(2 (47)):23-26. [InPersian]. Doi:10.22034/GP.2020.10839.
 9. Hejazi SA, Rajabi M., Sharbafbehtash A. Assessment of ecotourism potentials on the northern slopes of Bozghoush Mountains. *J. geogra plann*. 2020;24(72):129-150. [InPersian]. Doi:10.22034/gp.2020.10839.
 10. Heydarzadeh H, Baist J, Malek MB. Ecotourism potential evaluation and zoning modelling by fuzzy logic, FAHP and TOPSIS (a case study: The Shaheed county). [InPersian]. *Environm resea*. 2017;8(15):17-30.
 11. Kianisadr M, Melhosseini Darani K, Golkarian H. Quantitative zoning of ecotourism potential in Oshtorankouh protected area using Delphi method, analytic hierarchy process, and weighted overlay methods. *Ecopersia*. 2019; 7(2):115-23. Doi:20.1001.1.23222700.2019.7.2.3.7.
 12. Koshim A, Sergeyeva A, Kakimzhanov Y, Aktymbayeva A, Sakypbek M, Sapiyeva A. Sustainable development of ecotourism in "Altynemel" national park, Kazakhstan: Assessment through the perception of residents. *Sustainability*. 2023;15(11):8496. Doi:10.3390/su15118496.
 13. Mahdi A, Karimi D, Farshchi P, Panahi M. Presentation of a model of site assessment and ecotourism planning in protected areas with an ecological carrying capacity approach. *Geographi resea*. 2020;35(1):43-54. [InPersian]. Doi: 10.29252/geores.35.1.43.
 14. Makhdoum M. Land use planning fundamental. 13th ed. Tehran university press;2012.
 15. Mohammadi Torkamani H. Ecological capacity assessment for ecotourism development using GIS: a case Study: Mianeh county. *J geographi scie*. 2020;19(55):215-232. [InPersian]. Doi: 10.29252/jgs.19.55.215.
 16. Omarzadeh D, Pourmoradian S, Valizadeh Kamran Kh, Feizizadeh B, Khalaghi H. Nature based susceptibility assessment using GIS spatial decision-making systems in West Azerbaijan Provinces. *J geogra plann*.2022; 26(79): 256-243. [InPersian]. Doi: 10.22034/GP.2020.41782.2711.
 17. Patel JK, Anuragi RB. Identifying the ecotourism potential locations using AHP and weighted overlay analysis: a Case of Bundelkhand region in central India. *Appl Geogra*. 2023; 4:1-7. doi:10.1080/23754931.2023.225478.
 18. Pathmanandakumar V, Goh HC, Chenoli SN. Identifying potential zones for ecotourism development in Batticaloa district of Srilanka using the GIS-based AHP spatial analysis. *Geojournal of tourism and geosites*. 2023;46(1):252-61. doi: 10.30892/gtg.46128-1022.
 19. Pourtaheri M, Fatahi A, Nemati R, Adinehvand E. Explanation of the Advantages of Using WASPAS technique on the positioning of tourism-target villages: case study of tourism targeted villages of Lorestan province). *The Journal of Spatial Planning*. 2016;20(2):114-301. [InPersian].
 20. Rezai P. Locating nomadic tourism sites using GIS and Topsis: a case study Chaharmahal and Bakhtiari province.

- Geographical landscape. 2017; 45(4): 951-969. [InPersian].
- 21.**Roque Guerrero JV, Teixeira Gomes AA, de Lollo JA, Moschini LE. Mapping potential zones for ecotourism ecosystem services as a tool to promote landscape resilience and development in a Brazilian Municipality. Sustainability. 2020;12(24):10345.doi: 10.3390/su122410345.
- 22.**Shakur A, Shujaiefard A, Taqvithani H. Ecotourism potential zoning of Shiraz city based on fuzzy multi-criteria analysis(GIS). Scientific and research quarterly of new attitudes in human geography.2022;13(2):710-726. [InPersian].
- 23.**Tang X, Wu Y, Ye J, Lv H, Sun F, Huang Q. Ecotourism risk assessment in Yaoluoping nature reserve, Anhui, China based on GIS. Environmen ea scien.2022;81(7):204. Doi: 10.1007/s12665-022-10331-x.
- 24.**Zarei MM.Arsanjan Tourism landscape.1st ed.Navid press;2012.



Locating Areas Prone to Ecotourism in Fars Province Using Geographic Information System (Case Study: Arsanjan City)

Saeed Mohtashamnia* Assistant professor, Department, of Natural Resources, Arsanjan Branch, Islamic Azad University, Arsanjan, Iran

Hossein Gharehdaghi Assistant professor, Department, of Natural Resources, Arsanjan Branch, Islamic Azad University, Arsanjan, Iran

Extended Abstract

Received: 9 Jan 2024

Accepted: 12 Feb 2024

Keywords: Locating, Ecotourism, Geographic Information System, Arsanjan.

Introduction: One of the most important forms of the tourism industry is natural tourism. Fars province has always been the focus of domestic and foreign tourists due to its high tourism potential. Arsanjan with its natural and historical tourism aspects, is the aim of the current research to determine the suitable areas for tourism activities by integrating the Makhdoom ecological model(2006) and GIS.

Materials and Methods: Arsanjan is located in the northeast of Fars province with an area of 1439 ha and the present research is based on the ecological model of ecotourism development proposed by Makhdoom in the form of evaluation of ecological power, it includes three parts: identification of ecological resources, analysis and summarization of resources, and finally evaluation of ecological power was done using GIS.

Results and Discussion: The results showed according to the variables in the Makhdoom model and applying the required changes, slope, density and vegetation percentage were the most factors affected classifying of Arsanjan county into three susceptible classes(first class), semi-susceptible(second class) and unsuitable class.

Conclusion: So, according to the location of the county on the communication road to the east of the country and the proximity to the Shiraz-Tehran highway and to historical monuments such as Passargad, Nagsh-e- Rostam and the Persepolis, along with scattered historical monuments in the county, it is recommended to use proper management and the establishment of welfare centers in the natural resources area and supporting the private sector in developing ecotourism residences and sport tourism in Tashk wetland.

Corresponding author: Saeed Mohtashamnia

Address: Natural Resources Department, Islamic Azad University, Arsanjan, Fars. **Tel:** +989171132234

Email: Sa.Mohtashamnia@iau.ac.ir

Citation: Mohtashamnia S, Gharehdaghi H. Locating Areas Prone to Ecotourism in Fars Province Using Geographic Information System (Case Study: Arsanjan City). Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2024; 1(4): 56-66.



© 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.



ارزیابی ریسک حریق مناطق مسکونی با استفاده از روش مهندسی FRAME (مطالعه موردی: پروژه مجتمع سکونتگاهی ۲۵۷ واحدی سرو اراک)

الهام حسنی

دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE)، واحد الکترونیک، دانشگاه آزاد اسلامی، ایران.

سید علی جوزی*

استاد گروه محیط زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

سحر رضایان

دانشیار گروه محیط زیست، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران.

چکیده مبسوط

مقدمه: با افزایش ساختمان های بلندمرتبه مسائل ایمنی بیشتر مورد توجه قرار می گیرند و حریق یکی از عوامل خطر آفرین در ساختمان های بلندمرتبه به شمار می آید. وقوع حریق در ساختمان های بلند مرتبه و مجتمع های سکونتگاهی به دلیل بار زیاد مواد سوختی، جمعیت زیاد و آموزش ندیده، ارزش بالای ساختمان و تجهیزات درون آن و پیچیده بودن تخلیه اضطراری و عملیات اطفای حریق بسیار اهمیت دارد. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی ریسک حریق در مجتمع سکونتگاهی ۲۵۷ واحدی سرو اراک به روش مهندسی ارزیابی ریسک حریق (FRAME) می باشد.

مواد و روش ها: روش FRAME جامع ترین و شفاف ترین و علمی ترین روش ارزیابی ریسک حریق می باشد که به طور همزمان سطح ریسک حریق را برای سه پارامتر ساختمان و محتویات، افراد و فعالیت ها محاسبه می کند. ابتدا جهت کسب نتیجه با حداکثر دقت، کلیه فرمول های محاسباتی در روش FRAME در نرم افزار Excel نوشته شد. سپس ریسک حریق برای ۸ قسمت از مجتمع سکونتگاهی سرو اراک با استفاده از چک لیست های ارزیابی و فرمول های مربوطه محاسبه گردید. به دلیل پیچیدگی در فرمول ها کلیه محاسبات با استفاده از نرم افزار محاسباتی Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث: به طور میانگین ریسک حریق به ترتیب برای ساختمان و محتویات ۰/۰۴ تا ۲/۲، برای افراد ۰/۰۴ تا ۰/۲ و برای فعالیت ها ۰/۱ تا ۲/۷ بود. حد قابل قبول ریسک حریق در روش FRAME، ۱/۶ در نظر گرفته شده است. با در نظر گرفتن عدد قابل قبول، ریسک حریق برای افراد در همه سطوح قابل قبول و ریسک حریق در ساختمان و محتویات و فعالیت های طبقات چهارم و هفتم در هر دو بلوک غیر قابل قبول و نیازمند اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه است. ارتفاع ساختمان، محدودیت در دسترسی، عدم خروج به موقع برای ساکنین و احتمال جمع شدن محصولات حریق به عنوان عوامل موثر در افزایش ریسک شناخته شدند.

نتیجه گیری: در مجتمع سکونتگاهی سرو با در نظر گرفتن نتایج واحدهای انتخاب شده (۴ واحد از ۲ بلوک) حدود ۳۷٪ از واحدها دارای ریسک حریق قابل قبول ($P < 1/6$) بودند. ریسک حریق غیر قابل قبول ($P > 1/6$) در مجتمع، شامل ۶۳٪ از واحدها و در طبقات چهارم و هفتم از هر دو بلوک شناسایی شده اند. با بررسی های دقیق تر عوامل مؤثر در کاهش سطح حفاظت، از جمله فقدان منبع آب کافی، سیستم اطفای حریق دستی و عوامل مؤثر در بالا بودن ریسک بالقوه در ساختمان شامل کمبود راه های خروجی، ارتفاع و سطح دسترسی مشخص شد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۷

واژه های کلیدی: ارزیابی

ریسک حریق، ریسک حریق، روش FRAME، مجتمع سرو اراک

نویسنده مسئول: سید علی جوزی

نشانی: واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران. تلفن: ۰۹۱۲۶۱۹۴۶۷۶. پست الکترونیکی: sajozi@yahoo.com

استناد: حسنی الهام، جوزی سید علی، رضایان سحر. ارزیابی ریسک حریق مناطق مسکونی با استفاده از روش مهندسی FRAME (مطالعه موردی: پروژه مجتمع سکونتگاهی ۲۵۷ واحدی سرو اراک). پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست. ۱۴۰۲؛ (۴): ۶۷-۷۷.

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 غیر تجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.



مقدمه

آتش‌سوزی به کار رود. آنان ایده‌هایی برای توسعه و کاربرد فناوری BIM ارائه دادند. کیم و همکاران (۲۰۲۰) به ارزیابی خطر آتش‌سوزی پل‌های کابلی برای نصب تأسیسات آتش‌نشانی پرداختند. در این تحقیق یک روش ارزیابی خطر آتش‌سوزی برای نصب هیدرانت‌های آتش‌نشانی و سیستم‌های پایه بر روی پل‌های کابلی پیشنهاد شد. کاوه (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای به ارزیابی ریسک حریق در یکی از هتل‌های شهر اصفهان پرداخت. مطالعه توصیفی - پیمایشی در ارتباط با هتل کوثر اصفهان با داشتن ۲۲۵ اتاق ۱۳۵ پارکینگ ۴ رستوران در ۸ طبقه با استفاده از روش آنالیزحالات و اثرات خرابی (SAW-FMEA^۲) صورت گرفت. نتایج نشان داد که در بین عوامل مؤثر حریق در هتل مذکور، مهم‌ترین عامل برق و گاز موجود بود. بر اساس مطالعات افروخته (۱۴۰۰) با موضوع ارزیابی ریسک حریق با استفاده از روش FRAME^۳ و ارائه راهکارهای کنترلی مؤثر در کارخانه مهرداد طوس مشهد، وضعیت کارخانه با استفاده از روش FRAME بررسی شد. اطلاعات لازم از طریق مصاحبه با افراد خبره در سه حالت افراد، ساختمان و فعالیت‌های هر واحد بررسی شد. نتایج ارزیابی ریسک نشان داد که در اکثر واحدها بیشترین ریسک مربوط به ساکنین است. در ادامه با توجه به وضعیت ریسک واحدها راهکارهایی برای کنترل سطح ریسک آنها و افزایش ایمنی ارائه شد که مؤثر واقع شده و قادر به کاهش ریسک مورد نظر می‌باشند. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی ریسک حریق در مجتمع سکونتگاهی ۲۵۷ واحدی سرو اراک به روش FRAME می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حریق از جمله خطرات مهم در ساختمان‌ها به شمار می‌رود و پیشگیری در این امر مهم و ضروری تلقی می‌شود و هدف این تحقیق پاسخ به یک مسئله زیست‌محیطی و ایمنی از نگاه مدیریتی است، لذا این تحقیق کاربردی است (تقی‌اکبری و همکاران ۱۳۹۹). مجتمع سکونتگاهی سرو اراک در مرکز استان مرکزی، در شهرک الهیه و دارای ۲۵۷ واحد می‌باشد (شکل ۱). مجتمع مذکور در ۷ طبقه روی سطح زمین و ۲ طبقه زیر سطح زمین با زیربنای خالص ۲۵۸۱۰ مترمربع است، که کل واحدهای طراحی شده از ۹۱ مترمربع تا ۱۲۰ مترمربع با ۲۳ واحد یک‌خوابه،

گسترش ساختمان‌ها به صورت عمودی با در نظر گرفتن افزایش جمعیت در سطح جهان رو به افزایش بوده و همواره ساختمان‌های بلندمرتبه در بافت شهرسازی به شدت مورد توجه جوامع قرار دارد. از این رو تأمین وضعیت ایمنی ساختمان‌ها حائز اهمیت است. یکی از مخاطرات روبرو با ساختمان‌های بلندمرتبه، مبحث حریق است که سالانه خسارت‌های جانی و مالی و زیست‌محیطی فراوانی به همراه دارد (هانسن و همکاران ۲۰۱۸). اگر چه وجود آتش موجب تحولات عظیم در زندگی بشر شد، ولی استفاده نایمن و خارج از کنترل از آن سبب بروز حوادث ناگوار برای افراد جامعه و محیط‌زیست می‌شود و همین مسئله اهمیت بکارگیری اصول ایمنی حریق را در ساختمان‌ها پررنگ‌تر می‌کند. با وجود اینکه از دیدگاه ایمنی، حریق در ساختمان‌های متفاوت بسته به ابعاد ساختمان است و در دسته بندی ساختمان‌های کم‌خطر و پرخطر قرار می‌گیرند، ولی استفاده روزافزون از مواد قابل‌اشتعال در مواد و مصالح ساختمان و همچنین لوازم خانه در محیط، این امر را از نظر ریسک حریق پراهمیت‌تر می‌کند و لزوم ایمنی از حریق را بیش از پیش مطرح می‌سازد (کامیاراد و همکاران ۱۴۰۱). تاکنون در ایران آمار دقیقی از حوادث ساختمان، مبنی بر حریق منتشر نشده است. با نگاهی اجمالی نرخ بالای حوادث در ساختمان‌های بلند مرتبه و مجتمع‌های سکونتگاهی و تجاری مبنی بر حریق در سال‌های اخیر قابل توجه است. آتش‌سوزی پلاسکو با ۲۲ کشته و ده‌ها مصدوم، جز مهم‌ترین حوادث آتش‌سوزی در ساختمان‌های تجاری در سال‌های اخیر است (دائزی و همکاران ۲۰۲۱). بر اساس تحقیق ژانگ و همکاران (۲۰۲۲) که به ارزیابی و کنترل خطر آتش‌سوزی مبتنی بر شبیه‌سازی (CFD^۱) در پل‌های بادوباران تاریخی دونگ در منطقه هونان غربی پرداختند. این مطالعه خطر آتش‌سوزی پل‌های بادوباران را از نظر مصالح ساختمانی، اشکال سازه‌ای، عادات آتش‌سوزی و بار آتش بررسی کرد. نتایج بررسی نشان داد پس از آتش‌سوزی، غرفه مرکزی در ۲۰۰ ثانیه دچار فلاش شد. در ۶۰۰ ثانیه، حداکثر دمای پل ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد بود و کل پل در شرایط فلاش اور قرار داشت. استفاده از تجهیزات اطفای حریق خودکار و پوشش‌های نسوز پیشنهاد شد.

در مطالعه‌ای دیگر وانگ و همکاران (۲۰۲۱) به ارزیابی خطر آتش‌سوزی در بهره‌برداری و نگهداری ساختمان‌ها بر اساس فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM^۲) پرداختند. نتایج نشان داد که فناوری BIM می‌تواند به طور مؤثر برای ایمنی

^۱ Computational Fluid Dynamics

^۲ Building Information Modeling

^۳ Failure Mode and Effects Analysis

قبل از اجراى طرح با همكارى و مشورت مهندسين طراح و مجرى طرح مورد مطالعه، مصاحبه هاى لازم صورت و نظرات كارشناسى آنان دربارهٔ مصالح استفاده شده و امتيازدهى هاى مربوط با روش دلفى انجام شد. بعد از مشخص شدن موقعيت جغرافيايى پروژه سعى در شناسايى كامل ساختمان از جنبه هاى ساخت ساختمان، صورت گرفت. به منظور ارزيابى ريسك حريق از روش FRAME كه كامل ترين و جامع ترين روش ارزيابى مهندسى است و به طور هم زمان ريسك حريق براى ساختمان و محتويات، افراد و فعاليتها را مشخص مى كند، استفاده شد (شكل ۲). براى استفاده از روش FRAME در ابتدا ساختمان از جنبهٔ سازه مورد بررسى قرار گرفت. سازهٔ مورد استفاده در اين مجتمع سازهٔ بتنى است كه يكى از متداول ترين انواع سازه هاى ساختمانى است. سپس نوع ديوارهاى داخلى و خارجى مشخص و شناسايى گرديد. ديوارهاى مورد استفاده با عرض ۲۰ سانتى متر و از جنس بتن با مشاهدات و مستندات موجود در پروژه تعيين گرديد.

۲۲۷ واحد دو خوابه و ۷ واحد سه خوابه تقسيم بندي گرديده است. اين مجتمع داراى ۱۳۸ انبارى و فضايى با ۲۵۷ پاركينگ، بتنى و با اسكلت فلزى ساخته شده است. اتاق ها داراى يك پنجره و پذيرايى و آشپزخانه نيز در طراحى ساختمان داراى دو پنجره هستند. در راه پله ها يك پنجره با شيشهٔ دوجداره در نظر گرفته شده است. شكل كلّى هر واحد به صورت مربعى طراحى شده است. ديوارپوش ها از جنس بلوك هاى بتنى و آجرى و سيستم گرمائى هر واحد پكيچ و رادياتور مى باشد. سيستم سرمايى موجود در ساختمان كولر آبي به صورت مستقل در هر واحد مى باشد. ساختمان داراى يك آسانسور در هر بلوك است. به منظور شناسايى و محاسبات بهتر و دقيق تر، منطقه مورد مطالعه به واحدهاى كوچك تر تقسيم بندي گرديد. براى محاسبه در چهار موقعيت متفاوت، دو بلوك مورد مطالعه قرار گرفت.

روش كار



شكل ۱- مجتمع سكونتگاهى سرو اراك واقع در شهر ك الهيبه



شكل ۲- مراحل ارزيابى ريسك حريق به روش FRAME

در فاکتور سطح ریسک، از فرمول‌های سطح ریسک بالقوه (P) استفاده شد و پارامترهایی که عدد بالای ۱ کسب کرده باشند به‌عنوان عامل مؤثر شناسایی می‌شوند (کوچرانه و همکاران ۲۰۱۲). برای شناسایی عامل مؤثر فاکتور سطح ریسک با استفاده از فرمول‌های مربوطه و با در نظر گرفتن این امر که هر یک از مقادیر به‌دست‌آمده اگر کمتر از ۱/۶ باشد، سیستم در معرض خطر قرار می‌گیرد. پس باید مجموع پارامترهای a، t، c و d در فرمول مربوط به A کمتر از ۰/۶ باشد. از این رو اگر مقادیر به‌دست‌آمده برابر یا بزرگ‌تر از ۱ باشند به‌عنوان عامل مؤثر شناخته می‌شود (وانگ ۲۰۱۵، امیدواری و همکاران ۲۰۱۵، چو و سان ۲۰۰۸، ژانگ و همکاران ۲۰۱۳).

به‌منظور محاسبه ریسک بالقوه برای مجتمع سکونتگاهی موردنظر، با در نظر گرفتن بار حریق، گسترش حریق، ارتفاع، تهویه، دسترسی برای هر ۸ موقعیت انتخاب شده با استفاده از فرمول اصلی ریسک بالقوه (معادلات ۱-۱۲)، محاسبات صورت گرفت. در نتایج حاصل شده اگر اعداد به‌دست‌آمده کمتر از ۱ باشند، یعنی سطح حفاظت پایین بوده و هر یک از عوامل مؤثر در این سطح اگر امتیاز کمتر از ۱ کسب کنند، به‌عنوان عامل مؤثر در کمبود سطح حفاظت شناخته می‌شوند (حبیبی و اصلانی ۱۳۹۷، رضایی و همکاران ۱۳۹۶).

$$R = \frac{P}{A \times D} \quad (1)$$

که:

R ریسک حریق برای ساختمان و محتویات، P ریسک بالقوه برای ساختمان و محتویات، A سطح پذیرش ریسک برای ساختمان و محتویات و D سطح حفاظتی برای ساختمان و محتویات می‌باشد.

$$R_1 = \frac{P_1}{A_1 \times D_1} \quad (2)$$

که:

R₁ ریسک حریق برای افراد و ساکنین، P₁ ریسک بالقوه برای افراد و ساکنین، A₁ سطح پذیرش ریسک برای افراد و ساکنین و D₁ سطح حفاظتی برای افراد و ساکنین است.

$$R_2 = \frac{P_2}{A_2 \times D_2} \quad (3)$$

که: R₂ ریسک حریق برای فعالیت‌ها، P₂ ریسک بالقوه برای فعالیت‌ها، A₂ سطح پذیرش ریسک برای فعالیت‌ها، D₂ سطح حفاظتی برای فعالیت‌ها می‌باشد.

$$P = q \times I \times g \times e \times v \times z \quad (4)$$

که:

P ریسک بالقوه برای ساختمان و محتویات، q فاکتور بار حریق، I فاکتور گسترش حریق، g فاکتور سطح، e فاکتور ارتفاع، v فاکتور تهویه و z فاکتور دسترسی می‌باشد.

نوع پنجره‌ها، نمای داخلی که شامل لوازم مورد استفاده از جمله نوع کابینت، کاغذدیواری و سایر لوازم زینتی مورد استفاده در ساختمان و همچنین نمای خارجی به جهت مؤثر بودن در ارزیابی ریسک حریق نیز مورد بررسی قرار گرفت. همچنین کلیه تأسیسات مکانیکی و الکترونیکی بررسی و ثبت گردید.

از مزایای استفاده از روش FRAME می‌توان به ارزیابی کمی ریسک، هزینه کم، صرفه‌جویی در زمان و تخمین میزان خطر اشاره کرد. مزیت اصلی این روش این است که ریسک حریق را در سه حالت مختلف یعنی برای ساختمان و محتویات آن، افراد و فعالیت‌های داخل ساختمان به طور جداگانه محاسبه می‌کند (سپهر و همکاران ۱۳۹۹، وانگ ۲۰۱۵). در این روش سطح ریسک حریق به‌صورت مجزا برای ساختمان و محتویات (R)، ساکنان و افراد (R₁) و نوع فعالیت‌های انجام شده (R₂) بر اساس ریسک بالقوه برای ساختمان و محتویات (P)، ریسک بالقوه برای ساکنین و افراد (P₁) و ریسک بالقوه برای فعالیت‌ها (P₂) محاسبه می‌شود (امیدواری و همکاران ۲۰۱۵، هانسن و همکاران ۲۰۱۸).

سطح پذیرش برای ساختمان و محتویات (A)، ساکنان و افراد (A₁) و نوع فعالیت‌های انجام شده در ساختمان (A₂) سطح حفاظت برای ساختمان و محتویات (D)، ساکنین و افراد (D₁) و فعالیت‌ها (D₂) اندازه‌گیری می‌شود و این محاسبات شدت ریسک حریق را مشخص می‌کنند (حبیبی و اصلانی ۱۳۹۷، افروخته ۱۴۰۰، هانسن و همکاران ۲۰۱۸). پس از آشنایی با ساختمان مورد مطالعه با استفاده از روش FRAME و معادلات ۱-۱۲، ریسک حریق برای ساختمان و محتویات، افراد و فعالیت‌ها به طور جداگانه ارزیابی گردید. برای انجام محاسبات فرمول‌های فرعی و اصلی در Excel پیاده‌سازی و محاسبه لازم انجام شد، در نهایت یک عدد بدون واحد برای ایمنی به دست می‌آید. برای تصمیم‌گیری برای ریسک، اگر عدد R کوچک‌تر از ۱/۶ باشد، یعنی صورت کسر یا همان سطح پذیرش و سطح حفاظتی عدد بالاتر از سطح ریسک بالقوه بوده، در نتیجه ریسک قابل قبول است. به بیان ساده‌تر ساختمان مورد مطالعه از نظر ایمنی در سطح قابل قبولی قرار دارد. هر چه این عدد به سمت صفر میل کند شرایط ایمنی مطلوب‌تر است (وانگ و همکاران ۲۰۱۵، هانسن و همکاران ۲۰۱۸).

در حالت دوم اگر عدد R بزرگ‌تر از ۱/۶ باشد، یعنی سطح ریسک بالقوه عددی بالاتر از سطح پذیرش و سطح حفاظتی است، در نتیجه ریسک قابل قبول نمی‌باشد و اقدامات ایمنی در سطح ضعیفی قرار دارند. منطقی است که هر چه عدد بالاتر از ۱ باشد میزان سطح ایمنی ساختمان مورد مطالعه در شرایط بدتری بوده و نیاز به اقدامات ایمنی است (افروخته ۱۴۰۰). در مرحله بعد به‌منظور شناسایی زیر پارامترهای مؤثر در کسب نمره به‌دست‌آمده

جدول ۱ نتایج محاسبات صورت گرفته برای سطح ریسک بالقوه رانشان می‌دهد. با استفاده از نتایج حاصل شده می‌توان به سطح ریسک بالقوه برای ساختمان رسید. جدول ۲ ریسک بالقوه را به تفکیک برای ۴ واحد مورد مطالعه در دو بلوک نشان می‌دهد. نتایج حاصل شده از این بخش مربوط به عواملی همچون گسترش حریق، فاکتور سطح، ارتفاع، تهویه و دسترسی است. در مطالعه انجام شده در این بخش میزان ریسک بالقوه برای موقعیت‌های متفاوت بین ۰/۱۱ تا ۰/۸۸ می‌باشد. باتوجه به اینکه ریسک بالقوه کمتر از ۱ (P<1) بوده به معنای مطلوب بودن سطح ریسک بالقوه برای کلیه واحدهای مورد مطالعه است. در مطالعه صورت گرفته سطح ریسک بالقوه در برخی از طبقات نظیر طبقات اول و چهارم نزدیک به یک است که در نهایت بر روی سطح ریسک تأثیرگذار بوده‌اند. جدول ۳ نتایج محاسبات سطح پذیرش با استفاده از روابط و فرمول‌های مربوط به روش FRAME را نشان می‌دهد. جدول ۴ نتایج حاصل از محاسبات صورت گرفته برای سطح پذیرش در سه پارامتر ساختمان و محتویات، افراد و فعالیت‌ها را نشان می‌دهد که طبق نتایج به دست آمده میانگین اکثر اعداد کمتر از ۱ می‌باشد که با در نظر گرفتن رابطه $A < 1$ یعنی سطح قابل قبولی برای سطح پذیرش است. نتایج محاسبات برای به دست آوردن سطح حفاظت با استفاده از روابط و فرمول‌های مربوط به روش FRAME در جدول ۵ آورده شده است. با استفاده از این نتایج سطح حفاظت برای هر سه وجه ساختمان و محتویات، افراد و ساکنین و فعالیت‌ها مشخص گردید. جدول ۶ نتایج حاصل از سطح حفاظت برای ساختمان، افراد و فعالیت‌ها را بیان می‌کند. سطح حفاظت با در نظر گرفتن نتایج، تنها ۳۰٪ قابل قبول است و این نشان دهنده سطح پایین حفاظت در مجتمع سکونتگاهی مورد مطالعه است. با در نظر گرفتن اینکه سطح حفاظت کوچکتر از ۱، قابل قبول نیست می‌توان به کمبود سطح ایمنی در ساختمان اشاره داشت. جدول ۷ سطح ریسک برای ساختمان و محتویات، افراد، فعالیت‌ها را نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن رابطه ۱، نتایج فوق حاصل شده است. ۴۲٪ از نتایج حاصل شده در موقعیت‌های متفاوت بیش از ۱ بوده و سطح ایمنی غیرقابل قبول را نشان می‌دهند و با بررسی‌های مجدد در عوامل مؤثر، مشخص می‌شود چه عواملی باعث کاهش سطح ایمنی شده است.

نمودار سطح ریسک برای ساختمان و محتویات در شکل ۳ آورده شده است. سطح ریسک از مجموع ۸ واحد مورد مطالعه، برای ۴ واحد که طبقات چهارم و هفتم از بلوک اول و دوم بالاتر از ۱ (نامطلوب) است. در طبقات مذکور سطح ریسک بالقوه بیشتر از حاصل ضرب سطح حفاظت و سطح پذیرش است. در بلوک دوم اعداد ریسک نسبت به بلوک اول بیشتر نشان داده شده است که این تفاوت‌ها نشان دهنده بالابودن سطح ریسک بالقوه در بلوک

$$P_1 = q_1 \times I_1 \times g_1 \times e_1 \times v_1 \times z_1 \quad (5)$$

که:

P_1 ریسک بالقوه برای افراد و ساکنین، q_1 فاکتور بار حریق، I_1 فاکتور گسترش حریق، g_1 فاکتور سطح، e_1 فاکتور ارتفاع، v_1 فاکتور تهویه و z_1 فاکتور دسترسی می‌باشد.

$$P_2 = q_2 \times I_2 \times g_2 \times e_2 \times v_2 \times z_2 \quad (6)$$

که: P_2 ریسک بالقوه برای فعالیت‌ها، q_2 فاکتور بار حریق، I_2 فاکتور گسترش حریق، g_2 فاکتور سطح، e_2 فاکتور ارتفاع، v_2 فاکتور تهویه و z_2 فاکتور دسترسی است.

$$A = (1/6 - a - t - c) \quad (7)$$

که:

A سطح پذیرش ریسک برای ساختمان و محتویات، a فاکتور فعالیت، t فاکتور زمان تخلیه و c فاکتور ارزش می‌باشد.

$$A_1 = (1/6 - a - t - r) \quad (8)$$

که:

A_1 سطح پذیرش ریسک برای افراد و ساکنین، a فاکتور فعالیت، t فاکتور زمان تخلیه و r فاکتور فراگیری است.

$$A_2 = (1/6 - a - c - d) \quad (9)$$

که:

A_2 سطح پذیرش ریسک برای فعالیت‌ها، a فاکتور فعالیت، c فاکتور ارزش و d فاکتور بستگی می‌باشد.

$$D = (W \times N \times S \times F) \quad (10)$$

که:

D سطح حفاظت برای ساختمان و محتویات، W فاکتور تأمین آب، N فاکتور حفاظت نرمال، S فاکتور حفاظت ویژه و F فاکتور مقاومت در برابر حریق است.

$$D_1 = (N \times U) \quad (11)$$

که:

D_1 سطح حفاظت برای افراد و ساکنین، N فاکتور حفاظت نرمال، U فاکتور رهایی است.

$$D_2 = (W \times N \times S \times Y) \quad (12)$$

که:

D_2 سطح حفاظت برای فعالیت‌ها، W فاکتور تأمین آب، N فاکتور حفاظت نرمال، S فاکتور حفاظت ویژه و Y فاکتور رهایی محتویات ساختمان می‌باشد.

نتایج و بحث

هفتم از هر دو بلوک بیش از ۱ (نامطلوب) است. مقایسه هر دو بلوک در این شکل نشان داده شده است. سطح ریسک فعالیت در طبقاتی که نامطلوب بوده‌اند تا حدی برابر هستند و عواملی همچون سطح دسترسی، ارتفاع، تهویه نامناسب در ساختمان به یک اندازه در هر دو بلوک، جز عوامل مؤثر در این محاسبات می‌باشند.

دوم نسبت به بلوک اول و عوامل مؤثری همچون سطح دسترسی کمتر بلوک دوم است. شکل ۴، نمودار سطح ریسک برای افراد را نشان می‌دهد. سطح ریسک افراد در کلیه واحدها کمتر از ۱ و در شرایط مطلوب قرار دارند. علاوه بر این نمودار سطح ریسک فعالیت‌ها در شکل ۵ آورده شده است. سطح ریسک فعالیت‌ها از مجموع ۸ واحد مورد مطالعه در ۴ واحد شامل طبقات چهارم و

جدول ۱- نتایج محاسبات مؤثر در ریسک بالقوه

پارامترهای مؤثر در ریسک بالقوه		Q	I	g	e	v	z
نام بخش							
بلوک اول	پارکینگ	۱	۰/۳	۰/۲	۱/۷	۰	۱/۲
	طبقه اول	۱/۵	۰/۴	۰/۱۴	۱/۷	۰/۳	۱/۶
	طبقه چهارم	۱/۲	۰/۴	۰/۱۵	۱/۵	۱/۰۷	۳/۱
	طبقه هفتم	۱/۳	۰/۴	۰/۱۴	۱/۶	۰/۳	۴/۷
بلوک دوم	پارکینگ	۱	۰/۳	۰/۲	۱/۷	۰	۱/۵
	طبقه اول	۱/۵	۰/۴	۰/۱	۱/۷	۰/۳	۱/۲
	طبقه چهارم	۱/۲	۰/۴	۰/۱۵	۱/۶	۱/۰۷	۴/۲
	طبقه هفتم	۱/۳	۰/۴	۰/۱۴	۱/۵	۰/۳	۵/۱

جدول ۲- ریسک بالقوه برای ساختمان، افراد و فعالیت‌ها

ریسک بالقوه		ساختمان و محتویات P	افراد P1	فعالیت‌ها P2
نام بخش				
بلوک اول	پارکینگ	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵
	طبقه اول	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۸
	طبقه چهارم	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱
	طبقه هفتم	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
بلوک دوم	پارکینگ	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸
	طبقه اول	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱
	طبقه چهارم	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵
	طبقه هفتم	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷

جدول ۳- نتایج محاسبات مؤثر در سطح پذیرش

پارامترهای مؤثر در سطح پذیرش		R	C	a	d	T
نام بخش						
بلوک اول	پارکینگ	۰/۶	۱/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۴
	طبقه اول	۰/۵	۱/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۰۱
	طبقه چهارم	۰/۵	۱/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۰۱
	طبقه هفتم	۰/۵	۱/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۰۲
بلوک دوم	پارکینگ	۰/۶	۱/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۴
	طبقه اول	۰/۵	۱/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۰۱
	طبقه چهارم	۰/۵	۱/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۰۱
	طبقه هفتم	۰/۵	۱/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۰۲

جدول ۴- سطح پذيرش براى ساختمان، افراد و فعاليتها

سطح پذيرش			
نام بخش	ساختمان و محتويات	افراد	فعاليتها
		A1	A2
بلوك اول	پاركينگ	۰/۱۹	۰/۶
	طبقه اول	۰/۶۹	۰/۶
	طبقه چهارم	۰/۶۸	۰/۶
	طبقه هفتم	۰/۶۸	۰/۶
بلوك دوم	پاركينگ	۰/۱۹	۰/۶
	طبقه اول	۰/۶۹	۰/۶
	طبقه چهارم	۰/۶۸	۰/۶
	طبقه هفتم	۰/۶۸	۰/۶

جدول ۵- نتايج محاسبات پارامترهاى مؤثر در سطح حفاظت

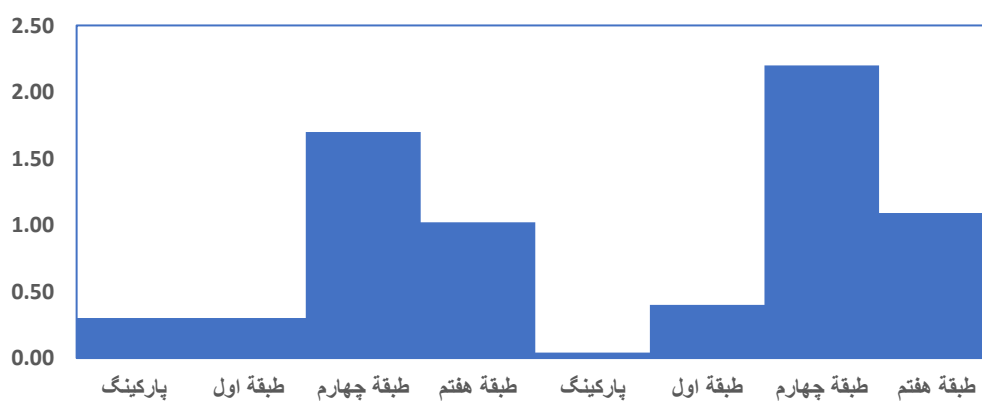
پارامترهاى مؤثر در سطح حفاظت							
نام بخش	S	N	w	y	u	F	
بلوك اول	پاركينگ	۳/۲	۰/۸	۰/۱	۱/۲	۲/۹	۲/۳
	طبقه اول	۳/۲	۰/۸	۰/۱	۱/۳	۱/۴	۳/۰۱
	طبقه چهارم	۳/۲	۰/۸	۰/۱	۱/۳	۱/۴	۳/۰۱
	طبقه هفتم	۳/۲	۰/۸	۰/۱	۱/۳	۱/۴	۳/۰۱
بلوك دوم	پاركينگ	۳/۲	۰/۸	۰/۱	۱/۲	۲/۹	۲/۳
	طبقه اول	۳/۲	۰/۸	۰/۱	۱/۳	۱/۴	۳/۰۱
	طبقه چهارم	۳/۲	۰/۸	۰/۱	۱/۳	۱/۴	۳/۰۱
	طبقه هفتم	۳/۲	۰/۸	۰/۱	۱/۳	۱/۴	۳/۰۱

جدول ۶- سطح حفاظت براى ساختمان، افراد و فعاليتها

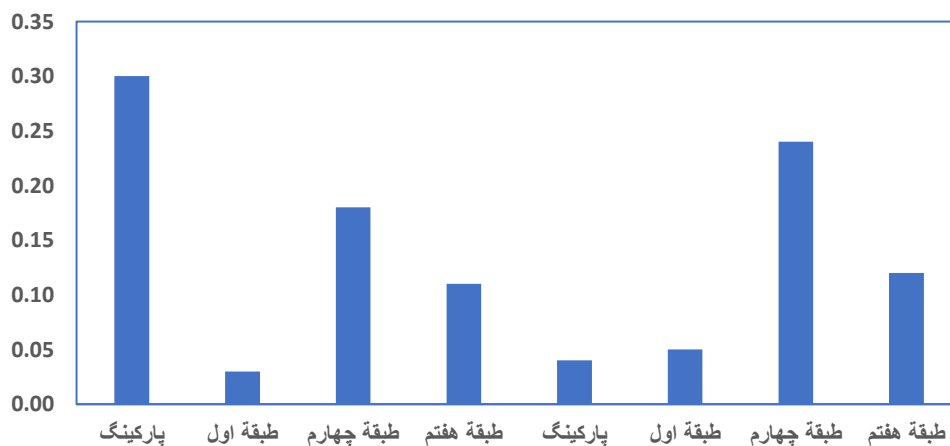
سطح حفاظت			
نام بخش	ساختمان و محتويات	افراد	فعاليتها
		D1	D2
بلوك اول	پاركينگ	۲/۳	۰/۳
	طبقه اول	۳/۲۸	۰/۳۳
	طبقه چهارم	۳/۲۸	۰/۳۳
	طبقه هفتم	۳/۲۸	۰/۳۳
بلوك دوم	پاركينگ	۲/۳	۰/۳
	طبقه اول	۳/۲۸	۰/۳۳
	طبقه چهارم	۳/۲۸	۰/۳۳
	طبقه هفتم	۳/۲۸	۰/۳۳

جدول ۷- سطح ریسک ساختمان‌ها، افراد، فعالیت

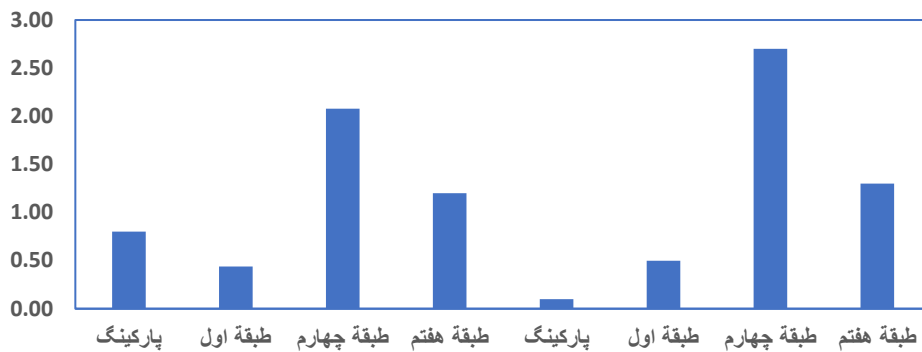
سطح ریسک			
نام بخش	ساختمان و محتویات R	افراد R1	فعالیت‌ها R2
بلوک اول	پارکینگ	۰/۳	۰/۸
	طبقه اول	۰/۳	۰/۴۴
	طبقه چهارم	۱/۷	۲/۰۸
	طبقه هفتم	۱/۰۲	۱/۲
بلوک دوم	پارکینگ	۰/۰۴	۰/۱
	طبقه اول	۰/۴	۰/۵
	طبقه چهارم	۲/۲	۲/۷
	طبقه هفتم	۱/۰۹	۱/۳



شکل ۳- نمودار سطح ریسک ساختمان و محتویات



شکل ۴- نمودار سطح ریسک افراد



شکل ۵- نمودار سطح ریسک فعالیت‌ها

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

همواره پیش‌بینی و داشتن یک برنامه برای جلوگیری از وقوع حادثه، بهتر و کاربردی‌تر از زمانی است که حادثه رخ دهد. از این رو دستورالعمل‌ها و بازرسی‌های منظم و مستندسازی شده و انجام اقدامات مناسب جهت رفع نقص‌ها و رعایت استانداردها باید در اولویت قرار گیرد (خاک‌کار و همکاران ۲۰۲۰؛ کاوه ۱۳۹۸؛ مقصودلو کمالی ۱۳۹۹). با توجه به وضعیت نامطلوب ایمنی در ساختمان‌های مسکونی، تجاری و اداری و حوادث غیر قابل جبرانی مانند حادثه پلاسکو پیشنهاد می‌شود کلیه ساختمان‌ها قبل از ساخت ارزیابی ریسک حریق انجام داده و میزان ریسک قابل قبول مشخص شود. در پژوهش حاضر با بررسی نتایج ارزیابی به دست آمده سطح ریسک در طبقات اولیه قابل قبول ($P < 1.6$) بوده ولی در برخی از طبقات مانند طبقات چهارم و هفتم قابل قبول نمی‌باشد ($P > 1.6$). با بررسی‌های صورت گرفته علت سطح حفاظت پایین و ریسک بالقوه بالا در این طبقات کمبود تهویه تا ۱۰ درصد، راه‌های خروجی تا ۳۰ درصد و فقدان منبع آب و سیستم اطفاء حریق خودکار تا ۶۰ درصد در این نتایج مؤثر هستند. اجرای یک سیستم تهویه مکانیکی از تجمع محصول حریق در طبقات جلوگیری می‌کند علاوه بر این داشتن یک سیستم اطفاء حریق خودکار در جایگزین با سایر سیستم‌های دستی در سطح حفاظت مؤثر است. همچنین در نظر گرفتن یک مخزن آب با سیستم خودکار تأمین آب برای زمان‌های اضطراری پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست (HSE) است. بدین وسیله از کلیه استادان و شرکت سازنده مجتمع سکونتگاهی سرو اراک که در این پژوهش ما را یاری نموده‌اند، کمال تشکر را داریم.

در مطالعات افروخته (۱۴۰۰) نتایج ارزیابی ریسک نشان داد که در اکثر واحدها بیشترین ریسک برای ساکنین است وی با ارائه راهکارهای کنترلی، سطح ریسک را کاهش و سطح ایمنی را افزایش داد. در مطالعه حاضر نتایج نشان داد سطح ریسک غیر قابل قبول برای ساکنین در طبقات چهارم و هفتم از هر دو بلوک به لحاظ ارتفاع از سطح زمین و دسترسی نامطلوب است. میزان ریسک قابل قبول برای واحدهای پارکینگ و طبقات اول به علت دسترسی راحت‌تر و مقاومت نسبی ساختمان است. عوامل مؤثر در بالا بودن سطح ریسک حریق برای افراد بی‌توجهی و کمبود راه‌های خروج اضطراری، نبود سیستم اطفاء حریق خودکار شناخته شد. در مطالعه دیگر از رجیبی و همکاران (۱۳۹۸) به ارزیابی ریسک حریق در یک مجتمع تجاری چندطبقه پرداختند. نتایج نشان داد در ریسک بالقوه، پارامتر سازه، بهترین وضعیت و پارامترهای کنترل دود و آب‌فشان، بدترین وضعیت را داشتند. نتایج نهایی ارزیابی ریسک حریق حاکی از آن بود که ۹ درصد از ساختمان‌ها در بعد کنترل حریق، ۱۳ درصد در بعد راه‌های خروجی و ۵۰/۰ درصد در بعد ایمنی کلی حریق، ریسک غیرقابل قبولی داشتند. در مطالعه حاضر، پارامتر سازه که یکی از مهمترین و مؤثرترین پارامترهای ریسک بالقوه شناخته شده است دارای سطح ریسک قابل قبول است و نتایج نشان داد پارامتر تهویه نیاز به راهکارهای کنترلی و پیشگیرانه دارد.

نتایج مطالعات کاوه (۱۳۹۸) درباره یک هتل در اصفهان نشان داد که عامل مؤثر در افزایش ریسک حریق، برق و گاز بوده است. در مقایسه با پژوهش حاضر می‌توان گفت که عواملی مثل برق و گاز که در ایجاد حریق مؤثر هستند در این ساختمان با شرایط ایمن طراحی و اجرا شده‌اند و با بررسی‌های منظم از وقوع حریق جلوگیری می‌شود. ژانگ و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که استفاده از سازه‌های مقاوم در برابر حریق می‌تواند تا حد قابل قبولی از خسارات ناشی از حریق جلوگیری کرد. در مقایسه با پژوهش حاضر، سازه مقاوم در برابر حریق در ساختمان مورد مطالعه به کار رفته است.

References

1. Taghiakbati L, Bakhtiary S, Drodyani Z. Reaction to Fire Classification of Flexible Elastomeric Foams (FEF). *Building Engineering and Housing Science*. 2020; 13(2): 25-29. [In Persian].
2. Afrookhteh Sh. 2021. Assessing the risk of fire using FRAME method and providing effective control strategies (case study of Mahrad factory of mashhad). M. Sc. Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian]
3. Chu G, Sun J. Decision analysis on fire safety design based on evaluating building fire risk to life', *Safety science*. 2008; 46 (7): 1125-1136. Doi:10.1016/j.ssci.2007.06.011
4. Cochrane M A, Moran C J, Wimberly M C, Baer A D, Finney M A, Beckendorf K L, Eidenshink J, Zhu Z. Estimation of wildfire size and risk changes due to fuels treatments. *International Journal of Wildland Fire*. 2012; 21(4): 357-367. Doi:10.1071/WF11079
5. Danzi E, Fiorentini L, Marmo L. FLAME: a parametric fire risk assessment method supporting performance based approaches. *Fire Technology*. 2021; 57:721-765. <https://doi.org/10.1007/s10694-020-01014-9>
6. Habibi E, Aslani A M. Evaluation of fire risk by FRAME method and studying the effect of trained crisis management team of fire risk level in Hazrat Rasoul-e Akram hospital of Fereydunshahr in 2016. *JoRaR*. 2017; 9 (1) :46-55. [In Persian]. <http://jorar.ir/article-1-343-en.html>
7. Hansen N D, Steffensen F B, Valkvist M, Jomaas G, Van Coile R. A fire risk assessment model for residential high-rises with a single stairwell', *Fire safety journal*. 2018; 95: 160-169. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.11.006>
8. Maghsoudlo Kamali b, Jafari Nodoushan R, Nouri M. Strategic Decision Making in Fire Risk Management in Aftab Gorgan Commercial Complex using Artificial Intelligence Model. *OHP* 2020; 4 (3):196-209. [In Persian]. URL: <http://ohhp.ssu.ac.ir/article-1-255-en.html>
9. Kamyar Rad S, Kamyar G H, Kamyar Rad S A. Right to the Safe City in Human Rights and Iranian law. *Journal of Legal Research*. 2022; 21 (51): 177-202. [In Persian]. Doi: 10.48300/jlr.2022.160775
10. Khakkar S, Ranjbarian M, Khodakarim S, Poyakian M. Assessment of fire risk in commercial complexes of 12th district of Tehran and its relationship with their structural features and use. *JHSWork*. 2020;10(3): 31-34.
11. Kave, A. H. 2019. Fire risk assessment in one of the hotels in Isfahan city. M. Sc. Naghshejahan University. [In Persian]
12. Kim M O, Kim K, Yun J H, Kim M K. Fire risk assessment of cable bridges for installation of firefighting facilities. *Fire Safety Journal*. 2020; 115:103146. Doi:10.1016/j.firesaf.2020.103146
13. Omidvari M, Mansouri N, Nouri J. A pattern of fire risk assessment and emergency management in educational center laboratories. *Safety science*. 2015; 73: 34-42. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.11.003>.
14. Rajabi F, Jahangiri M, Tavana Sholi F, Rastkar SH. Fire risk Assessment in Multi-story Commercial Buildings Using Computerized Fire Safety Evaluation System: A Case Study in Shiraz. *Health System Research Journal*. 2019; 15(1): 74-82. [In Persian]. <http://hsr.mui.ac.ir/article-1-1065-en.html>
15. Rezaee M, Givehchi S, Nasrabadi M. Fire Risk Assessment in Hotels and Resorts Using FRAME (A case study of four-star hotels in Mashhad). *OHP*. 2017; 1 (2) :80-93 URL: <http://ohhp.ssu.ac.ir/article-1-47-fa.html>
16. Sepehr P, Azarian H, Porchengiz A, ESHAGHI M. Fire Risk Assessment in an Educational Environment using the Fire Risk Assessment Method for Engineers (FRAME). *Occupational Hygiene and Health Promotion*. 2020; 4(2): 130-142. [In Persian]. Doi: <https://doi.org/10.18502/ohhp.v4i2.3988>
17. Wang L, Li W, Feng W, Yang R. Fire risk assessment for building operation and maintenance based on BIM technology. *Building and Environment*. 2021; 205: 108188. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108188>
18. Wang Y F, Li Y, Zhang B, Yan P N, Zhang L. Quantitative risk analysis of offshore fire and explosion based on the analysis of human and organizational factors. *Mathematical Problems in Engineering*. 2015; 2015(2): 1-10. <https://doi.org/10.1155/2015/537362>
19. Zhang, Y. Analysis on comprehensive risk assessment for urban fire: The case of Haikou City. *Procedia Engineering*. 2013; 52: 618-623. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.02.195>.
20. Zhang F, Shi L, Liu S, Shi J, Shi C, Xiang T. CFD-Based Fire Risk Assessment and Control at the Historic Dong Wind and Rain Bridges in the Western Hunan Region: The Case of Huilong Bridge. *Sustainability*. 2022; 14(19): 12271. Doi:10.3390/su141912271



Fire Risk Assessment of Residential Areas by Using FRAME Engineering Method (Case Study: 257-Unit Residential Complex Project of Sarv in Arak)

Elham Hasani M.Sc. student, Safety, Health and Environmental Engineering (HSE), Electronics Branch, Islamic Azad University, Iran.
Seyed Ali Jozi * Professor, Department of Environment, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Iran.
Sahar Rezayan Associate Professor, Department of Environment, Shahrood Branch, Islamic Azad University, Iran.

Extended Abstract

Received: 29 Jan 2024

Accepted: 17 Mar 2024

Keywords: Fire Risk Assessment, Fire Risk, FRAME, Sarv Complex Arak

Introduction: A fire within a building constitutes one of the most fundamental hazards, annually resulting in extensive human, financial, and environmental damage. Prevention of such an incident is perceived as both critical and necessary. In this regard, this research aims to provide a solution to an environmental safety issue from a management perspective, thereby designating this study as applied in nature.

Materials and Methods: Frame is the most comprehensive, transparent and scientific fire risk assessment method that simultaneously calculates the fire risk level for three parameters of the building and its contents, people, and activities. First, in order to obtain results and achieve maximum accuracy, all calculation formulas were performed in FRAME method in Excel software. In the present research, the Fire Risk Assessment Method for Engineers (FRAME) was initially utilized to calculate fire risk for eight sections of the Sarv residential complex in Arak using assessment checklists and formulas of the FRAME method. Due to the complexity of the formulas, all calculations were carried out using the computational software Excel.

Results and Discussion: The fire risk for the building and its contents averaged between 0.04 and 2.2, whereas for individuals, it ranged from 0.04 to 0.2, and for activities, it fluctuated between 0.1 and 2.7. As per the acceptable threshold in FRAME, the fire risk to individuals was within acceptable levels across all floors. However, the fire risk pertaining to the building, its contents, and activities was found to exceed acceptable limits on both blocks' fourth and seventh floors, suggesting an immediate requirement for remedial and preventive actions.

Conclusion: In the residential complex under investigation, considering the selected units (four units from two blocks) for more precise calculations, approximately 37% of the units had an acceptable fire risk ($P < 1$). The unacceptable fire risk ($P > 1$) in the complex involved 63% of the units identified on the fourth and seventh floors of both blocks. Further analysis identified significant factors contributing to the reduced level of protection, including insufficient water supply, manual fire extinguishing systems, and egress. Factors contributing to the potential increase in risk in the building included a lack of exit routes, building height, and level of access.

Corresponding author: Seyed Ali Jozi

Address: Department of Environment, North Tehran Branch, Islamic Azad University. **Tel:** +989126194676 **Email:** sajozi@yahoo.com

Citation: Hasani E, Jozi S A, Rezayan S . Fire Risk Assessment of Residential Areas by Using FRAME Engineering Method (Case Study: 257-Unit Residential Complex Project of Sarv in Arak) .Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2024; 1(4): 67-77.



© 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.