مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره پانزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۱، صفحات ۷۶۹ تا ۷۸۲

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

بررسی عملکرد سیستم استنتاج فازی_عصبی تطبیقی در پیش‌بینی تولید پسماند خانگی شهر تبریز

سمیرا باقری[۱]، فرهاد نژادکورکی[۱،*]، سیدعلیرضا افشانی[۲]، وحید موسوی[۳]

۱- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۲- دانشکده علوم اجتماعی-بخش تعاون و رفاه اجتماعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۳- گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۶
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۲/۲۴

واژگان کلیدی: سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی، تولید پسماند خانگی، خوشه‌بندی فازی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
f.nejadkoorki@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: از مشکلات مهم زیست‌محیطی، تولید انبوه پسماندهای شهری است که با رشد روزافزون جمعیت، سرانه تولید پسماند خانگی افزایش یافته است؛ ازاین‌رو امروزه استفاده از سامانه‌های هوشمند به‌عنوان راهکاری نوین در تحلیل مسائل محیط‌زیستی گسترش یافته است. تخمین پسماند خانگی از طریق مدلسازی، از جمله استفاده از شبکه فازی- عصبی، موجب مدیریت بهتر آن می‌شود. بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی عوامل اجتماعی-اقتصادی بر روی تولید پسماند خانگی با استفاده از سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS) ارائه یک روش مناسب و قابل اطمینان برای مدلسازی تولید پسماند خانگی در شهر تبریز انجام گرفت.

روش بررسی: در این پژوهش با بهره‌گیری از سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (AFNIS) با روش خوشه‌بندی فازی (FCM) اقدام به پیش‌بینی تولید پسماند خانگی شهر تبریز شده است. با توجه به ماهیت موضوع و شاخص‌های مورد بررسی، اطلاعات گردآوری شده در این پژوهش توصیفی بوده و با استفاده از فرم جمع آوری داده از دانش‌آموزان مدارس شهر تبریز جمع‌آوری گردید. همچنین عوامل اقتصادی-اجتماعی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ مورد آنالیز آماری قرار گرفت و پارامترهای موثر بر تولید پسماند خانگی شهر تبریز برای مدلسازی در نرم افزار متلب مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج مطالعه نشان داد که سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی با روش خوشه‌بندی فازی دارای عملکرد قابل قبولی R (۰/۷۵)، برای تولید پسماند خانگی شهر تبریز است.

نتیجه‌گیری: طبق نتایج بدست آمده براساس شاخص آماری، مدل پیش‌بینی شده در تولید پسماند خانگی در روش خوشه بندی فازی با بیشترین R (۰/۷۵) و کمترین خطا، مدل عملکرد قابل قبولی در پیش‌بینی تولید پسماند خشک خانگی منطقه مطالعه شده را دارد.

Please cite this article as: Bagheri S, Nejadkoorki F, Afshani SA, Mousavi V. Performance of adaptive neural-fuzzy inference system in predicting household waste production in Tabriz, Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2023;15(4):769-82.

Copyright © 2023 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-19]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.12.7]

مقدمه

مشکل زباله به دلیل جمعیت رو به رشد جهانی، مصرف گرایی و صنعتی شدن، تبدیل به یک مسئله چالش برانگیز در قرن ۲۱ شده است (۱، ۲). افزایش شهرنشینی و پیشرفت تکنولوژی در جهان موجب تولید حجم زیادی از پسماند و در انواع گوناگون گردیده است (۳). در این راستا با افزایش روزافزون جمعیت روند صعودی تولید پسماندهای خانگی در سراسر جهان رشد چشمگیری داشته است، به طوری‌که تولید سالانه این نوع پسماند در مناطق شهری در سال ۲۰۱۲ حدود ۱/۳ میلیون تن و افزایش دوبرابری این میزان تا پایان سال ۲۰۲۵ تخمین زده شده است (۴). مقدار پسماندهای جامد شهری (Municipal solid waste) تا حد زیادی به ساختار کلی اجتماعی و اقتصادی کشورها بستگی دارد. در شهرهای مختلف یک کشور نیز، ویژگی و ترکیب پسماند تولیدی به سبک زندگی، عادات مصرف، وضعیت اجتماعی-اقتصادی و سنت‌های مردم بستگی داشته و متفاوت است (۵). در سال‌های گذشته، موضوعات محیط زیستی مرتبط با توسعه اقتصادی به شدت مورد توجه کشورهای مختلف قرار گرفته است. همچنین با توجه به افزایش آگاهی مردم نسبت به اهمیت محیط‌زیست و توسعه اقتصادی، توجه دولت‌ها به پیش‌بینی دقیق تولید پسماند که یکی از چالش‌های مدیریت شهری است؛ افزایش پیدا کرده است. پیش‌بینی تولید پسماند در آینده نقش مهمی در مدیریت این مواد ایفا می‌کند (۶). از مهمترین عوامل موثر در انتخاب روش پیش‌بینی تولید پسماند، دقت روش مورد نظر است. برنامه‌ریزی خوب و استراتژی مدیریت پسماند برای جوامع، به ویژه در مناطق شهری و پرجمعیت، حیاتی است. عناصر مدیریت یکپارچه پسماند جامد همه سطوح از تولید پسماند تا دفع نهایی را پوشش می‌دهد و روابط متقابل آنها باید به خوبی تعریف شود، زیرا تولید پسماند جامد تأثیر قابل توجهی بر پایداری محیط‌زیست دارد.

تا به حال روش‌های بسیاری برای تخمین کمیت پسماند ارائه شده است که از مهمترین آنها می‌توان به رگرسیون خطی چند متغیره و شبکه عصبی مصنوعی و فازی اشاره کرد. در تحقیق Tavanaii و همکاران (۷) به بررسی عوامل موثر بر میزان مشارکت مردمی در مدیریت پسماند در سه منطقه از شهر تهران پرداخته شد، نتایج نشان داد که از میان عوامل تأثیرگذار، جنسیت، سن، تحصیلات، تعداد افراد خانوار، درآمد و آموزش ارتباط معنی‌داری با میزان مشارکت مردم در مدیریت پسماند دارد. در مطالعه دیگر Buenrostro و همکاران (۸) به پیش‌بینی تولید پسماند جامد شهری در مکزیک پرداختند. براساس متغیرهای اقتصادی و ترکیب پسماندهای جامد شهری در مکزیک توانستند نرخ تولید پسماند را تخمین بزنند. در این پژوهش، درآمد ماهانه، تعداد افراد خانواده، سن و سطح تحصیلات سرپرستان خانوار به‌عنوان متغیرهای مستقل و میزان پسماند تولیدی به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از رگرسیون خطی چند متغیره استفاده شد. نتایج نشان داد که میزان درآمد و تعداد افراد خانوار، متغیرهای تاثیرگذار در تولید پسماند هستند. Younes و همکاران (۹) به پیش‌بینی مواد زائد جامد با استفاده از مدلسازی اصلاح شده ANFIS پرداختند. برای پیش‌بینی پسماند عوامل اجتماعی و اقتصادی را بکار بردند و با استفاده از سیستم استنتاج تطبیقی فازی عصبی (Adaptive neural fuzzy inference system) مدلسازی را انجام دادند و با استفاده از خطای میانگین مربعات، ضریب تعیین، مدل را ارزیابی کردند. درنهایت مقادیر قابل قبولی برای مدلسازی با ضریب تعیین ۰/۹۸ به دست آمد. به نظر می‌آید مدل‌های هوشمند یکی از پیشرفت‌های اخیر باشد گرچه هنوز مطالعات بیشتری لازم است تا عملکرد مدل‌های هوشمند را در پیش‌بینی تولید پسماند ارزیابی نمود. بر این اساس تاکنون مطالعه‌ای درخصوص استفاده از روش سیستم استنتاج فازی_عصبی تطبیقی برای سناریوهای مختلف تولید پسماند خانگی در شهر تبریز انجام نیافته است. در این پژوهش تلاش شده تأثیر عوامل اجتماعی و اقتصادی بر روی تولید پسماند خانوار شهر تبریز بررسی گردد و یک روش مناسب و

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-19]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.12.7]

قابل اطمینان برای مدلسازی تولید پسماند خانگی ارائه شود.

مواد و روش‌ها

_ منطقه مورد مطالعه

شهر تبریز مرکز استان آذربایجان شرقی، در ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه در ازای خاوری و ۳۸ درجه و ۵ دقیقه پهنای شمالی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است. شهر تبریز با جمعیت ۱۷۷۳۰۳۳ نفر در سال ۱۳۹۵ بر گوشه شمال شرقی دشتی به وسعت ۳۰۰۰ km^2 به ارتفاع تقریبی ۱۳۵۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. این دشت محصور در میان کوه‌ها و تپه‌ها با شیب ملایمی تا دریاچه ارومیه در مغرب غربی ادامه می‌یابد (۱۰). تبریز به عنوان بزرگ‌ترین شهر شمال‌غرب کشور، پنجمین شهر از نظر جمعیت بعد از شهرهای تهران، مشهد، اصفهان و کرج است. شکل ۱، نقشه موقعیت مکانی شهر تبریز را نشان می‌دهد.

شکل ۱- نقشه موقعیت مکانی شهر تبریز

_ روش تحقیق

پارامترهای مورد استفاده در این پژوهش، عوامل اجتماعی و اقتصادی استفاده شد. اطلاعات با روش پیمایشی و با استفاده از ابزار فرم جمع آوری داده (ضمائم) گردآوری شد. متغیرهای اجتماعی_اقتصادی و متغیرهای دیگر موثر در کمیت تولید پسماند در قالب سوالات فرم جمع آوری داده در آمد. این پژوهش در بعد مکانی در شهر تبریز و در بعد زمانی در مقیاس شبانه‌روزی مورد بررسی قرار گرفت. ابزار مورد استفاده در پژوهش، فرم جمع آوری داده محقق ساخته بود و در پنج منطقه آموزش پرورش در مدارس مناطق ده‌گانه تبریز به‌صورت الکترونیکی توزیع شد. جامعه آماری دانش‌آموزان پایه هفتم، هشتم، نهم بود. حجم نمونه آماری ۸۱۱ فرم جمع آوری داده بود. با توجه به بزرگ بودن جامعه آماری از فرمول کوکران ویژه جامعه بزرگ استفاده شد و حجم نمونه ۳۸۴ نفر برآورد گردید ولی با توجه به غیراحتمالی بودن شیوه نمونه‌گیری به دلیل شرایط خاص کووید-۱۹، حجم به بیش از دو برابر (Effect Size=۲) افزایش یافت تا خطای نمونه‌گیری به حداقل برسد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ در قالب طیف لیکرت کدگذاری شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. اخلاق پژوهش و محرمانه بودن پاسخ‌ها در فرم جمع آوری داده آورده شد. برای ترسیم نقشه مناطق از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بهره

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.12.7]

گرفته شد. به منظور سنجش رابطه متغیرهای تحقیق، از آزمون آماری Pearson استفاده شده است.

جهت ساخت سیستم‌های فازی مبتنی بر ANFIS راه‌های مختلفی وجود دارد. در این پژوهش، با استفاده از دستور genfis3 در نرم افزار MATLAB جهت مدلسازی تولید پسماند خانگی مورد بررسی قرار گرفت.

ـ رگرسیون خطی

در این تحقیق، برای کشف مدل رابطه خطی بین متغیرها از رگرسیون (Regression) استفاده شد. همچنین برای رابطه بین متغیر وابسته و مستقل از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. یکی از معیارهایی که در تحقیق همبستگی مورد استفاده قرار می‌گیرد، ضریب همبستگی پیرسون است. با استفاده از آزمون همبستگی جزئی، به بررسی وجود یا عدم وجود ارتباط بین متغیرها با استفاده از رگرسیون خطی ساده بین متغیرهای مستقل و وابسته پرداخته شد. در مدل‌های آماری، تحلیل رگرسیون یک فرآیند آماری برای تخمین روابط بین متغیرها است و برای پیش‌بینی استفاده می‌شود. همچنین در این مطالعه برای شناخت ارتباط میان متغیر مستقل و وابسته، پس از ورود داده‌ها به نرم افزار SPSS نسخه ۲۶، یک مدل رگرسیون خطی ساده بین پارامترهای مورد مطالعه ایجاد گردید و همبستگی داده‌های بدست آمده با روش رگرسیونی، وارد مدل شدند. سپس با استفاده از شبکه هوشمند استنتاج فازی - عصبی تطبیقی (ANFIS) با روش FCM به پیش‌بینی تولید پسماند با استفاده از عوامل اقتصادی و اجتماعی پرداخته شد.

ـ سامانه استنتاج فازی - عصبی تطبیقی (ANFIS)

ترکیب سامانه‌های فازی که مبتنی بر قواعد منطقی بوده و روش شبکه‌های عصبی مصنوعی چندلایه که توان استخراج دانش از اطلاعات عددی را دارند، منجر به ارائه سامانه استنتاج تطبیقی فازی - عصبی شده است. یکی از متداول‌ترین سیستم‌های فازی عصبی است که یک سیستم فازی سوگنو را در یک ساختار عصبی اجرا می‌کند. الگوریتم ANFIS همچنین می‌تواند سیستم استنتاج فازی را بهینه کند و آن را قادر می‌سازد پاسخ‌های قابل حصول را در یک مسئله پیچیده دنیای واقعی پیش‌بینی کند (۱۱).

الگوریتم سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی (ANFIS) استدلال منطق فازی و یک شبکه عصبی چند لایه را برای پیش‌بینی خروجی داده‌های تجربی از طریق یک رابطه ورودی - خروجی اجرا می‌کند (۱۲). این سیستم برای فرآیند آموزش از ترکیبی از روش‌های آموزش پس انتشار خطا و کمینه مربعات خطا بهره‌گیری می‌کند. لایه اول که لایه ورودی نامیده می‌شود هر گره یک تابع تعلق را نمایش می‌دهد و تعداد و نوع تابع عضویت مشخص می‌شود. لایه دوم که لایه قوانین است از ضرب میزان تعلق هر ورودی به توابع تعلق مربوطه در یکدیگر به دست می‌آید. لایه سوم لایه نرمالیزاسیون است که در این لایه وزن هر قانون با توجه به وزن قوانین دیگر نرمالیزه می‌شود به این صورت که وزن هر قانون بر مجموع کل وزن‌های تمام قوانین تقسیم می‌شود. لایه چهارم لایه غیر فازی ساز است که لایه خروجی هرکدام از قوانین به دست می‌آید و تابع خطي از ورودی‌ها در وزن نرمالیزه شده ضرب می‌شود. لایه پنجم لایه خروجی نامیده می‌شود که خروجی‌های شبکه در این لایه از مجموع خروجی‌های لایه پنجم حاصل می‌شود. رگرسیون فازی یک مدل رگرسیون تعمیم یافته که بیانگر ارتباط بین متغیر مستقل و متغیر وابسته در محیط فازی است. تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی فازی تعمیم مدل‌های رگرسیونی است که با استفاده از تمامی داده‌ها براساس یک معیار خاص مناسب باشد. برای پیش‌بینی از سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی با الگوریتم چند ورودی و یک خروجی استفاده شد. ورودی مدل عوامل اقتصادی و اجتماعی است. بر این اساس مدل با استخراج پارامترهای مختلف آماری عوامل اقتصادی و اجتماعی، تولید پسماند را پیش‌بینی می‌کند. برای این

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.12.7]

منظور، ابتدا مناسب‌ترین متغیرهای مستقل شامل سه متغیر استخراج شده از تحلیل همبستگی و مدل رگرسیونی خطی ساده برای اجرای مدل سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی انتخاب شدند و با متغیر وابسته شامل پسماند تولیدی تر و خشک وارد مدل گردید. این متغیرها به‌صورت سری زمانی شبانه‌روز است. در مدل با استفاده از دستور genfis3 در نرم افزار متلب مورد بررسی قرار گرفت. genfis3 دستوری است که در آن روشی با نام FCM جهت خوشه‌بندی داده‌ها استفاده شد. در این روش هر داده با استفاده از نوعی تابع عضویت به خوشه‌های مختلف نسبت داده می‌شود. این نوع نسبت دادن حالتی کاملاً فازی داشته و با درجه‌ای از عضویت تعیین می‌گردد. توسط دستور genfis3 سیستم‌های نوع ممدانی و نوع TSK قابلیت مدل شدن را خواهند داشت. برای بررسی سه پارامتر انتخاب شده، از ۷۰ درصد از داده‌ها به عنوان داده آموزش و ۳۰ درصد از داده‌ها به عنوان داده‌های آزمایش استفاده شد. درنهایت از خروجی مدل در این بخش به تحلیل رگرسیون خطی فازی و جذر میانگین مجموع مربع خطا بین دو متغیرهای مستقل و وابسته پرداخته می‌شود.

ـ ارزیابی عملکرد مدل

معیارهای مختلفی برای ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی وجود دارد که به طور عمده براساس اختلاف بین خروجی‌های پیش‌بینی شده و خروجی‌های مطلوب و واقعی استوارند. برای ارزیابی عملکرد مدل از پارامترهای مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تبیین (R^2) مطابق معادلات ۱ و ۲ استفاده شد. در این معادلات Pj و Aj به ترتیب مربوط به مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی در طول شبانه روزی j ام و n تعداد کل داده‌های خام است.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(P_j - A_j)^2} \quad (۱)$$

$$R^2 = 1 - \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{(P_j - A_j)^2}{\sum_{j=1}^{n} A_j^2}\right)} \quad (۲)$$

یافته‌ها

از میان عوامل اجتماعی و اقتصادی در میزان تولید پسماند مورد بررسی، طبق یافته‌های توصیفی مورد مطالعه، از کل حجم نمونه بیشترین فراوانی داده متراژ مسکن، ۳۸ درصد مربوط به متراژ پنجاه الی صد مترمربع و بیشترین فراوانی داده قیمت ملک در حال سکونت شامل ۹۰۱ میلیون الی ۲۰۰۰۰۰۰۰۰ میلیارد تومان ۲۵/۴ درصد، درآمد خانوار ۲ میلیون الی ۴۰۰۰۰۰۰ تومان ۲۵/۶ درصد، نوع مسکن مربوط به مجتمع آپارتمانی ۲۳/۶ درصد، شغل مادر دانش آموز ۳۰ درصد، شغل پدر دانش آموز ۴۵ درصد، دارای بیشترین فراوانی داده است.

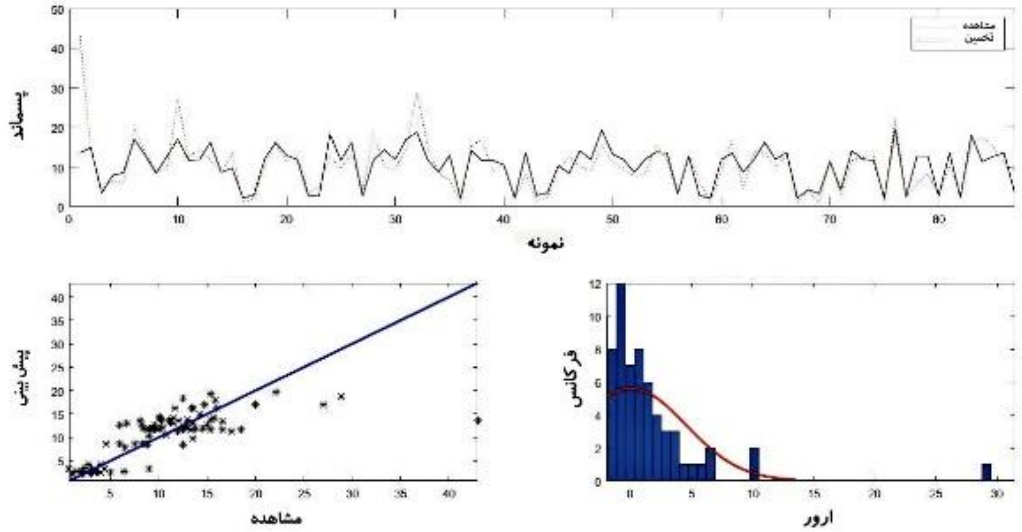
نتایج حاصل از آزمون همبستگی جزئی، به بررسی وجود ارتباط بین متغیرها با استفاده از رگرسیون خطی ساده بین متغیرهای مستقل و وابسته در جدول ۱ آورده شده است. هدف از انجام این کار شناسایی مهمترین و اثرگذارترین متغیرهایی است که مدلسازی تولید پسماند خانگی را تحت تأثیر قرار داده است. ضریب تبیین می‌تواند نسبت تغییرات متغیر وابسته به متغیر مستقل را اندازه‌گیری کند. برای پیش‌بینی پسماند خانگی با استفاده از روش FCM در محیط متلب برای مدلسازی منطقه مورد مطالعه استفاده شد. برای مدل از حالت هیبریدی برای پیش‌بینی تولید پسماند خانگی استفاده شد تا حالت بهینه برای مدل انتخاب شود. genfis3 یک ساختار سیستم استنتاج فازی از نوع سوگنو با استفاده از خوشه بندی فازی C-mean برای استخراج یک مجموعه از قوانین که رفتار داده‌ها را مدل می‌کنند، ایجاد می‌کند که در این مطالعه، شامل ۳ ورودی و ۱ خروجی است. فضای ورودی با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی FCM تقسیم‌بندی می‌شود و پارامترها با استفاده از حداقل مربع بهینه می‌شوند. در جدول ۱ نتایج معیارهای میانگین مربع خطا و ضریب تبیین نشان داده شده است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.12.7]

جدول ۱- نتایج سامانه استنتاج فازی – عصبی تطبیقی با روش FCM

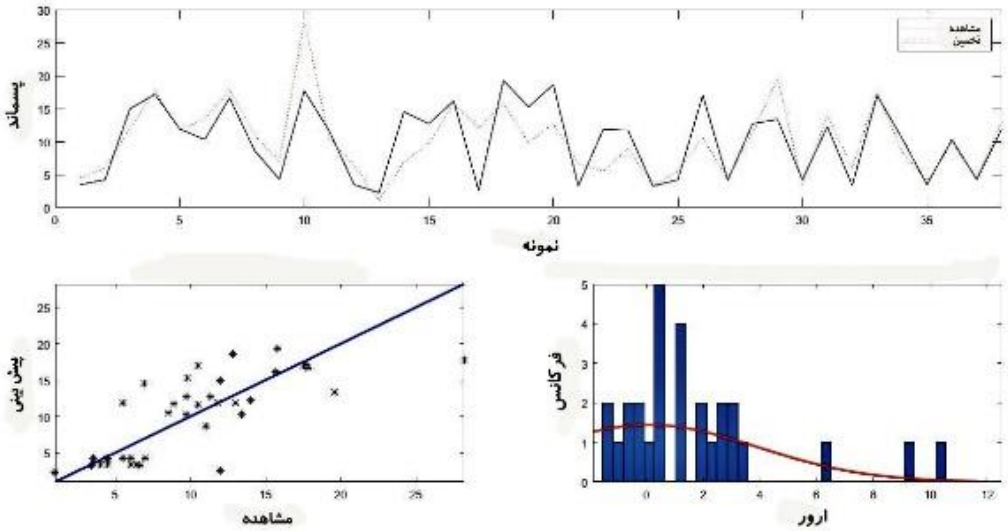
روش بهینه‌سازی	کلاس	مدل	متغیر	میزان خطای آزمون (تست)		میزان خطای آموزش	
				ضریب تبیین	میانگین مربع خطا	ضریب تبیین	میانگین مربع خطا
FCM	۳	هیبرید	پسماند تر	۰/۵۷	۳/۸۱	۰/۵۵	٤/٤٧
FCM	۳	هیبرید	پسماند خشک	۰/۷۷	۱۰/۱۲	۰/۷۵	۲/٤۲

الگوریتم استنتاج سوگنو بیشتر در سیستم‌های کنترلی و سیستم‌هایی که احتیاج به محاسبات ریاضی دارند استفاده شده که دارای خروجی خطی است. برای تعیین عملکرد مدل در پیش‌بینی پسماند خانگی از مقادیر ضریب تبیین و میانگین مربعات خطا استفاده شد. همچنین با در نظر گرفتن مجموع تعداد افراد به عنوان ورودی یک، مجتمع آپارتمانی به عنوان ورودی دوم، شغل دولتی مادر به عنوان ورودی سوم، پسماند تر و خشک به عنوان خروجی مدل در نمودارهای ۱ الی ۴ نشان داده شده است. با توجه به نمودار ۱ در روش FCM مدل هیبریدی برای ۳ کلاس، پسماند خشک خطای کمتری در آموزش و صحت سنجی داده‌ها نسبت به پسماند تر دارد. با توجه به نتایج مشخص می‌شود که از مدل پیش‌بینی پسماند تولیدی، پسماند خشک در مدل هیبریدی در روش FCM با بیشترین R (۰/۷۵) و کمترین خطا، بیشترین دقت نسبت به پسماند تر را دارد.

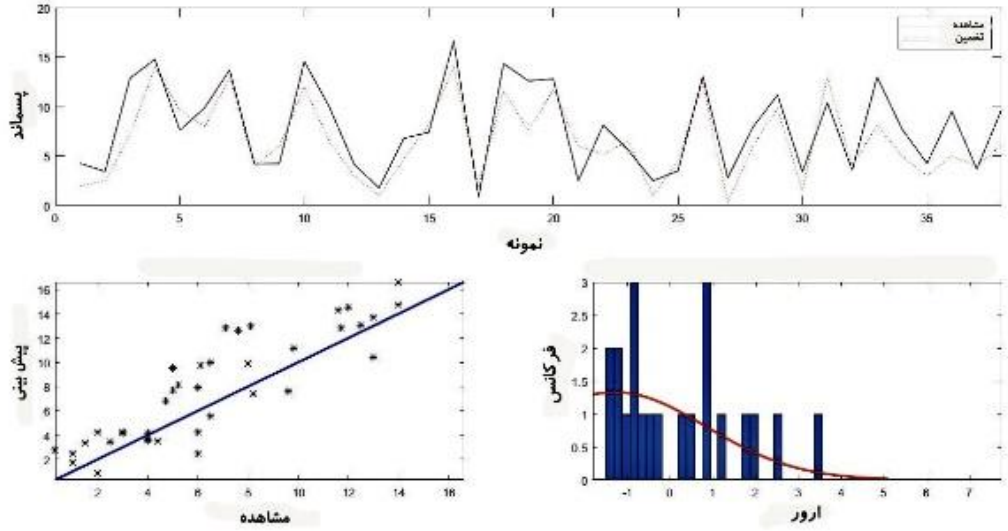


نمودار ۱- نمودار خروجی و هدف سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی براساس genfis3 مرحله آموزش پسماند تر

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.12.7]

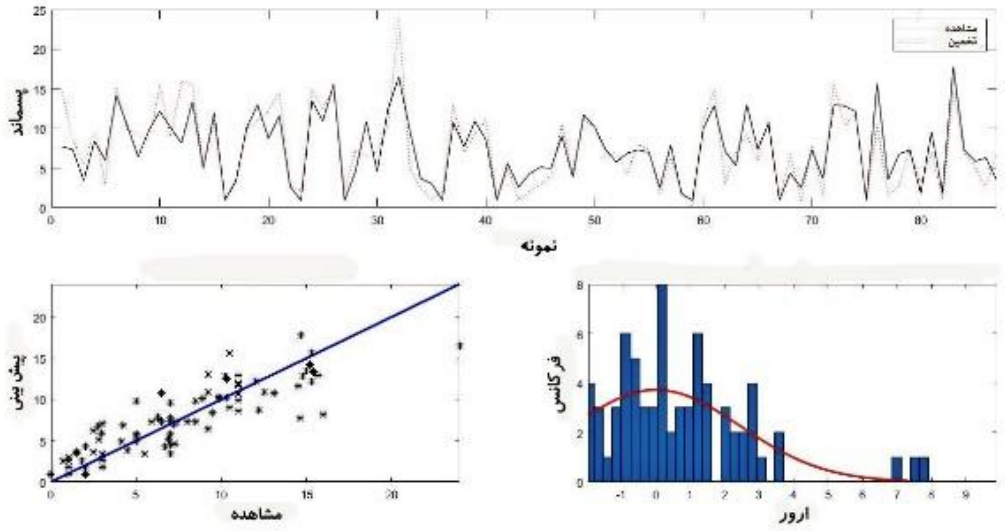


نمودار ۲- نمودار خروجی و هدف سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی براساس genfis3 مرحله صحت‌سنجی پسماند تر



نمودار ۳- نمودار خروجی و هدف سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی براساس genfis3 مرحله آموزش پسماند خشک

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.12.7]



نمودار ۴- نمودار خروجی و هدف سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی براساس genfis3 مرحله صحت‌سنجی پسماند خشک

بحث

در صورت عدم مدیریت صحیح پسماند شهری، با آلودگی محیط زیستی روبرو خواهیم شد. لذا داشتن یک مدل و الگوی مناسب جهت تخمین میزان پسماند تولیدی می‌تواند نقش موثری در مدیریت پسماندها ایفا کند. در این مطالعه از روش ANFIS در مدل FCM در محیط متلب، جهت پیش‌بینی میزان تولید پسماند خانگی در شهر تبریز استفاده گردید. برای این منظور از متغیرهای اجتماعی-اقتصادی پس از تحلیل آماری وارد مدل شدند و در سیستم استنتاج فازی genfis3 با ۳ ورودی و ۱ خروجی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد مدل هیبرید در روش FCM با بیشترین R (۰/۷۵) و کمترین خطا، بیشترین دقت را نسبت به پسماند تر دارد، همچنین با بکارگیری متغیرهای حاصل از تحلیل آماری به‌عنوان ورودی داده به سامانه هوشمند ANFIS نشان داد با استفاده از پارامترهای بعد خانوار، مجتمع آپارتمانی، شغل دولتی مادر خانواده و کل پسماند تولید شده تر و خشک بر حسب کیلوگرم در مقیاس زمانی شبانه‌روزی از عملکرد قابل قبولی برخوردار است. طبق نتایج بدست آمده چنین استنباط می‌شود که متغیرهای بعد خانوار، تعداد مجتمع آپارتمانی و شغل دولتی مادر دانش آموز در میزان تولید پسماند تر و خشک تأثیر مثبت داشته است. همچنین نتایج نشان داد پسماند خشک دقت بیشتری نسبت به پسماند تر دارد.

برای بهبود عملکرد سیستم جاری و همچنین گسترش مدل پیشنهادی کارهای مختلفی را می‌توان پیشنهاد داد. برای کارهای آینده می‌توان از سیستم استنتاج فازی بر مبنای ترکیب دیگر الگوریتم‌های فراابتکاری استفاده کرد. استفاده از الگوریتم فراابتکاری برای انتخاب بهتر

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.12.7]

ویژگی‌ها است.

تاکنون مطالعه‌ای درخصوص استفاده از روش سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی برای سناریوهای مختلف تولید پسماند خانگی شهر تبریز انجام نیافته اما مطالعاتی با روش‌های مختلفی صورت گرفته از جمله Baganam و همکاران (۱۳) به پیش‌بینی تولید پسماند شهر تبریز با روش هوش مصنوعی (ANN, SVM) برای افق طولانی با کاربرد رویکرد تغییر اقلیم پرداختند. از داده‌های آماری مربوط به جمعیت، درآمد، هزینه خانوار، دما به‌عنوان پارامتر هواشناسی و داده‌های مربوط به میزان تولید پسماند به صورت ماهانه برای سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ از سازمان‌های مربوط اخذ کردند. نتایج نشان داد از بین دو مدل مبتنی بر هوش مصنوعی (ANN)، عملکرد بهتری نسبت به ماشین بردار پشتیبانی حداقل مربعات (LSSVM) نشان داد.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد مدل ANFIS به خاطر استفاده از قوانین فازی دارای قابلیت بیشتری برای پیش‌بینی میزان تولید پسماند خانگی است و برای موقعیت‌هایی مانند سامانه‌های تولید و پردازش به‌ویژه سامانه تولید پسماند شهری که داده‌ها مبهم و ناپایدار هستند، از دقت بیشتری برای مدلسازی برخوردار است. با توجه به اینکه تمامی مطالعات نواقصی دارد این مقاله نیز از این قاعده مثتثنی نیست. از جمله در مطالعه حاضر می‌توان به علت وجود شرایط همه گیری کرونا، جمع آوری داده جهت توزیع فرم جمع آوری داده از طریق مدارس دچار محدودیت بود و احتمال ناآگاهی دانش آموزان نسبت به اهمیت مسائل تولید پسماند و محیط زیستی در پاسخگویی فرم جمع آوری داده وجود داشت. همچنین باتوجه به اینکه نوشتن قوانین فازی به طور دقیق ممکن نیست، لذا می‌توان آن را به عنوان یک محدودیت و عیب به شمار آورد.

نتیجه‌گیری

با توجه به تحلیل‌های رگرسیونی ساده ، بهترین نتایج عملکردی مدل برای دو متغیرهای پسماند شامل تولید پسماند تر و خشک در نظر گرفته شد. با درنظر گرفتن عملکرد پیش‌بینی مدل، شاخص‌های آماری نشان می‌دهد که مدل ANFIS نتایجی با عملکرد قابل قبولی ارائه می‌دهد. با انتخاب نوع و تعداد عوامل موثر در ورودی‌های مدل و استفاده از شبکه فازی-عصبی تطبیقی می‌توان از این تکنیک به‌عنوان ابزاری مفید و کارا برای تخمین تولید پسماند خانگی استفاده کرد. در بکارگیری مدلسازی ANFIS برای تولید پسماند خانگی شهر تبریز، پارامترهای بعد خانوار و تعداد مجتمع آپارتمانی، شغل دولتی مادر دانش‌آموز، بنا به نتایج شاخص‌های آماری در میزان تولید پسماند تر و خشک اثر گذارند. مطالعات انجام شده در این تحقیق به‌عنوان گامی در بکارگیری تصمیمات مدیریتی به منظور کنترل تولید پسماند خانگی است. پیشنهاد می‌شود که از نتایج این مدل برای مدیریت تولید پسماند خانگی استفاده شود. نهایتاً با توجه به نتایج بدست آمده و همچنین قابلیت تعمیم آن برای شرایط مدیریت پسماند شهرهای دیگر به نظر می‌رسد مطالعه حاضر می‌تواند راهنمای مناسبی برای شهرداری‌ها در امر تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی برای آینده باشد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل رضایت آگاهانه، عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه با عنوان "مدلسازی تولید پسماند خانگی شهر تبریز با روش سیستم استنتاج فازی _عصبی تطبیقی" در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۴۰۱ با حمایت دانشگاه یزد اجرا شده است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.12.7]

ضمائم

فرم جمع آوری داده

شهروند گرامی شهر تبریز

این پرسشنامه مربوط به یک پروژه دانشگاهی درباره پسماندهای محیط زیستی خانگی شهر تبریز است، پاسخ‌های شما ما را یاری می‌کند تا این پژوهش را با حداکثر دقت و صحت به پایان برسانیم. لازم به ذکر است اطلاعات این پرسشنامه فقط برای اجرای این پژوهش بوده و محرمانه بودن آن رعایت خواهد شد. لطفاً به همه سوالات با دقت پاسخ دهید. قبلا از همکاری صمیمانه شما، سپاسگزاری می‌کنیم.

منظور از زباله خشک: موادی که پوسیده نمی شوند شامل فلزات، کاغذها، شیشه‌ها، مقواها، پلاستیک‌ها، پارچه‌ها و ...

منظور از زباله تر: هر چیزی مثل نان خشک، باقیمانده ی غذا، دستمال کاغذی کثیف، پوست میوه، سبزی، مو، ناخن و...

جنسیت تکمیل کننده پرسشنامه: مرد☐ زن☐ **سن:** .....

منطقه شهری: یک☐ دو☐ سه☐ چهار☐ پنج☐ شش☐ هفت☐ هشت☐ نه☐ ده☐

۱) در چه مقطعی تحصیل می‌کنید؟ ۱) کلاس هفتم ☐ ۲) کلاس هشتم ☐ ۳) کلاس نهم

۲) میزان تحصیلات مادر: ۱) زیردیپلم ☐ ۲) دیپلم ☐ ۳) فوق دیپلم و لیسانس ☐ ٤) فوق لیسانس ☐ ٥) دکتری ☐

۳) میزان تحصیلات پدر: ۱) زیردیپلم ☐ ۲) دیپلم ☐ ۳) فوق دیپلم و لیسانس ☐ ٤) فوق لیسانس ☐ ٥) دکتری ☐

٤) سن پدر:۱) ۲۵-۳۰ سال ☐ ۲)۳۰-۳۵ سال ☐ ۳) ۳۵-٤۰ سال ☐ ٤) ٤۰-٤٥ سال ☐ ٥) ٤٥-٥۰ سال ☐ ٦) بیشتر از ٥۰ سال ☐

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-19]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.12.7]

۵) سن مادر:۱) ۲۵-۳۰ سال ☐ ۲)۳۰-۳۵ سال ☐ ۳) ۳۵-۴۰ سال ☐ ٤) ٤۰-٤۵ سال ☐ ۵) ٤۵-۵۰ سال ☐

٦) بیشتر از ۵۰ سال ☐

٦) جنسیت سرپرست خانواده: ۱) زن ☐ ۲) مرد ☐

۷) وضعیت اشتغال پدر: ۱) شاغل بخش دولتی ☐ ۲) شاغل بخش خصوصی ☐ ۳) دانشجو ☐ ٤) بازنشسته ☐ ۵)بیکار ☐

٦) سایر(نام ببرید).....

۸) وضعیت اشتغال مادر: ۱) خانه دار ☐ ۲) شاغل بخش دولتی ☐ ۳) شاغل بخش خصوصی ☐ ٤) دانشجو ☐

۵) بازنشسته ٦)بیکار ☐

۷)سایر(نام ببرید).....

۹) تعداد افراد خانواده: .....

۱۰) میزان درآمد ماهیانه خانواده (تومان):

.....

۱۱) متراژ مسکن در حال سکونت:

۱)کمتر از ۵۰ متر ☐ ۲) ۵۰-۱۰۰ متر ☐ ۳) ۱۰۰-۱۵۰ متر☐ ٤)۱۵۰-۲۰۰ متر ☐ ۵)بیشتر از۲۰۰ متر ☐

۱۲) قیمت تقریبی ملک در حال سکونت(تومان):

۱)کمتراز ۳۰۰ میلیون ☐ ۲) ۳۰۰-٦۰۰ میلیون ☐ ۳) ٦۰۰-۹۰۰میلیون ☐ ٤)۹۰۰میلیون-۲میلیارد ☐ ۵)بیشتر از۲میلیارد ☐

۱۳) مسکن شما از چه نوعی است؟ ۱) ویلایی ☐ ۲) آپارتمانی ☐ ۳) مجتمع آپارتمانی ☐ ٤) خانه باغ ☐

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.12.7]

۱٤) وضعیت ملک در حال سکونت: ۱) سازمانی☐ ۲) رهن و اجاره ☐ ۲) شخصی یا پدری☐

۱۵) چند سال است که در همین محله زندگی می‌کنید؟ ..... سال

۱٦) کیسه مربوط به زباله تر در منزل شما ظرف چند روز پر می‌شود (فرض کنید ماشین حمل زباله نباشد و نخواهید آن را دم درب بگذارید)؟ ..... روز

۱۷) کیسه مربوط به زباله خشک در منزل شما ظرف چند روز پر می‌شود (فرض کنید ماشین حمل زباله نباشد و نخواهید آن را دم درب بگذارید)؟ ..... روز

۱۸) پاسخگوی گرامی، در جدول پایین، تعدادی سوال در مورد تولید انواع زباله مطرح شده است که برخی از این سوالات در مورد تولید زباله در یک شبانه‌روز و برخی در مورد تولید زباله در طول یک هفته است. لطفاً ضمن دقت به این نکته مهم، میزان تولید هر یک از زباله‌های زیر را مشخص کنید. (لطفاً در صورت امکان، با ترازو وزن کنید و وزن دقیق را بفرمایید)

نوع زباله	مدت زمان	متوسط تولید (کیلوگرم)
زباله تر	در طول یک شبانه روز	
زباله خشک	در طول یک شبانه روز	
کاغذ و مقوا	در طول یک هفته	
پلاستیک	در طول یک هفته	
شیشه	در طول یک هفته	
فلزات	در طول یک هفته	

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-19]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.12.7]

References

1. Minelgaitė, A. and G. Liobikienė, Waste problem in European Union and its influence on waste management behaviours. Science of The Total Environment, 2019. 667: p. 86-93.
2. Stoeva, K. and S. Alriksson, Influence of recycling programmes on waste separation behaviour. Waste Management, 2017. 68: p. 732-741.
3. Ansari, M., T. Dehdari, and M. Farzadkia, Design and psychometry a questionnaire to assess the knowledge, attitude and judgment of people about waste management by municipalities. Iranian Journal of Health and Environment, 2018. 11(3): p. 307-320. (in Persian)
4. Perinaz B-T, Hoornweg DA. What a waste? : a global review of solid waste management. World Bank Group; 2012.
5. okkacha, Y., Y. Abderrahmane, and B. Hassiba, Municipal Waste Management in the Algerian High Plateaus. Energy Procedia, 2014. 50: p. 662-669.
6. Karpušenkaitė, A., T. Ruzgas, and G. Denafas, Time-series-based hybrid mathematical modelling method adapted to forecast automotive and medical waste generation: Case study of Lithuania. Waste Management & Research, 2018. 36(5): p. 454-462.
7. Tavanayi, H., M.H. Behzadi, and M.R. Khani, Offering Conceptual model for public participation in solid waste management in Tehran (Case study: 3, 6 and 21 Districts). Human & Environment, 2016. 14(3): p. 37-46. (in Persian)
8. Buenrostro, O., G. Bocco, and J. Vence, Forecasting generation of urban solid waste in developing countries—a case study in Mexico. Journal of the Air & Waste Management Association, 2001. 51(1): p. 86-93.
9. Younes, M.K., et al., Solid waste forecasting using modified ANFIS modeling. Journal of the Air & Waste Management Association, 2015. 65(10): p. 1229-1238.
10. Moshfeghifar S, Ezatpanah B, Mousavi M. Evaluation of urban services in ten areas of Tabriz metropolis. Journal of Geography and Environmental Studies. 2021;10(37):79-98. (in Persian)
11. Janardhana, K., et al., ANFIS modeling of biodiesels' physical and engine characteristics: A review. Heat Transfer, 2021. 50(8): p. 8052-8079.
12. Soroush, E., et al., ANFIS modeling for prediction of CO2 solubility in potassium and sodium based amino acid Salt solutions. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2019. 7(1): p. 102925.
13. Baghanam AH, Nourani V, Shakoori K. Long-Term Solid Waste Quantity Prediction Using AI-Based Models, Considering Climate Change Impact—A Case Study. In: Karri RR, Ravindran G, Dehghani MH, editors. Soft Computing Techniques in Solid Waste and Wastewater Management: Elsevier; 2021. p. 337-48.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-19]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.12.7]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Performance of adaptive neural-fuzzy inference system in predicting household waste production in Tabriz, Iran

Samira Bagheri[1], Farhad Nejadkoorki[1,*], Seyed Alireza Afshani[2], Vahid Mousavi[3]

1- Department of Environmental Science, School of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran
2- Department of Cooperation and Social Welfare, Faculty of Social Sciences, Yazd University, Yazd, Iran
3- Department of Watershed Engineering, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modarres University, Noor, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 17 December 2022
Revised: 05 March 2023
Accepted: 12 March 2023
Published: 15 March 2023

Keywords: Adaptive neuro-fuzzy inference system, Household waste production, Fuzzy C-Means

***Corresponding Author:**
f.nejadkoorki@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objective: One of the important environmental problems is the mass production of urban waste, which has increased per capita household waste production with the ever-increasing population growth; Therefore, nowadays, the use of intelligent systems has been expanded as a new solution in the analysis of environmental issues. Estimation of household waste through modeling, including the use of the fuzzy-neural network, leads to its better management. Therefore, the current research was conducted to investigate the socioeconomic factors on household waste production using the Adaptive Neural Fuzzy Inference System (ANFIS) in Tabriz city.

Materials and Method: In this research, by using the adaptive neuro-fuzzy inference system (AFNIS) with the Fuzzy C-Means (FCM) method, domestic waste generation in Tabriz city has been predicted. According to the nature of the subject and the investigated indicators, the information collected in descriptive research was collected from the students of schools in Tabriz using a questionnaire. Also, socio-economic factors were statistically analyzed using SPSS version 26 software, and parameters affecting domestic waste production in Tabriz city were used for modeling in MATLAB software.

Results: The results of the study showed that the adaptive neuro-fuzzy inference system with the Fuzzy C-Means method has acceptable performance for domestic waste production in Tabriz city.

Conclusion: According to the results obtained based on the statistical index, the forecasted model in domestic waste production in the Fuzzy C-Means method with the highest R (0.75) and the lowest error has an acceptable performance model in predicting the production of dry domestic waste in the studied area.

Please cite this article as: Bagheri S, Nejadkoorki F, Afshani SA, Mousavi V. Performance of adaptive neural-fuzzy inference system in predicting household waste production in Tabriz, Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2023;15(4):769-82.

Copyright © 2023 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-19]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.12.7]