توسعه منحنی های شکنندگی قابهای خمشی بتن آرمه با استفاده از روشهای یادگیری ماشین

زهره جباری سلمی، محمد ایمان خداکرمی، فرهاد بهنام فر، ۱۴۰۳

تخمین منحنیهای شکنندگی لرزه ای به بررسی کمی آسیب پذیری لرزه ای سازه ها کمک زیادی میکند. هدف از به کارگیری روش یادگیری ماشین در تخمین پارامترهای منحنی شکنندگی، کاهش هزینه محاسبات با در نظرگیری دقت قابل قبول است. تاکنون مطالعات مختلفی در خصوص پیاده سازی روش یادگیری ماشین برای استخراج پارامترهای منحنیهای شکنندگی سازه ها انجام شده است لیکن مجموعه داده های انتخاب شده در این پژوهشها فقط شامل مشخصات شتاب نگاشتهای در نظر گرفته شده می باشند درحالیکه توجهی به مشخصات سازه و محل احداث آن در مجموعه داده ها نشده است و تحلیلها فقط برای یک سازه مشخص بکار برده شده اند. در این تحقیقات منحنیهای شکنندگی با استفاده از روشهای یادگیری ماشین برحسب زمان تناوب سازه و همچنین محل احداث سازه توسعه داده می شوند. درحالیکه مطالعات قبلی معمولاً از بردار اندازه گیری شدت ثابت برای آموزش مدل استفاده می کردند، این تحقیق از الگوریتم حذف ویژگی بازگشتی با اعتبارسنجی متقابل (RFECV) برای شناسایی مناسب ترین ویژگیهای لرزه ای هر الگوریتم استفاده می کند. در فاز اول این پژوهش روش یادگیری ماشین برای رسم منحنی های شکنندگی قابهای خمشی بتن آرمه شامل سه گروه ارتفاع کوتاه، متوسط و بلند در سه سطح خسارت کم، متوسط و زیاد بر اساس طبقه بندی HAZUS بر روی یک مجموعه داده بر مبنای شتابنگاشتهای انتخاب شده با روشGCIM به کار گرفته شده است. در ساخت مدل پیش بینی کننده از هفت الگوریتم یادگیری ماشین شامل درخت تصمیم، رگرسیون لجستیک، بیز ساده، ماشین بردار پشتیبان، جنگل تصادفی، تقویت گرادیان و XGBoost استفاده شده است. روش نمونه گیری SMOTE-ENN برای متعادل کردن داده های آموزشی جهت جلوگیری از سوگیری احتمالی نتایج استفاده شده است. در فاز دوم این پژوهش رویکرد انتخاب حرکات زمین به منظور مقابله با چالش هزینه محاسباتی بالا در فرایند آماده سازی داده ها، مورد بازبینی قرار گرفته است. برای این منظور بزرگای زمینلرزه، فاصله از منبع لرزه ای و سرعت موج برشی خاک به عنوان سه پارامتر اصلی مورد توجه قرار گرفته اند. این رویکرد به عنوان روش مبتنی بر آیین نامه شناخته می شود. نتایج بررسی عملکرد مدلهای یادگیری ماشین با به کارگیری الگوریتم SMOTE-ENN نشان دهنده بهبود دقت مدلها تا ۱۴ و ۲۹ درصد به ترتیب در روشGCIM و مبتنی بر آیین نامه است. همچنین مدل تولید شده بر اساس الگوریتم تقویت گرادیان عملکرد بهتری را نسبت به سایر الگوریتمهای مورد استفاده برای داده های این پژوهش دارد؛ به طوریکه در هر دو رویکرد انتخاب شتابنگاشت دقت مدل بالای ۹۰ درصد است. برای اعتبارسنجی منحنی های شکنندگی به دست آمده از روش یادگیری ماشین، منحنی های شکنندگی تحلیلی با استفاده از روش تحلیل نواری چندگانه برای سازه ۵ طبقه در سه سطح آسیب، تعیین شده و با منحنی های استخراج شده از مدل یادگیری ماشین مقایسه شده اند. نتایج نشان می دهند که درصد ناحیه محصور بین منحنی های تحلیلی و منحنی های مبتنی بر روش یادگیری ماشین، نسبت به سطح زیر منحنی تحلیلی، برای روشهای GCIM و مبتنی بر آیین نامه به ترتیب کمتر از ۱۰ و ۶ درصد است. همچنین به منظور ارائه یک ارزیابی جامع، منحنی های شکنندگی برای سازه های منظم ۸ و ۲۰ طبقه، سازه ۸ طبقه نامنظم جرمی در ارتفاع و سازه ۳ طبقه نامنظم جرمی در پلان با استفاده از رویکرد یادگیری ماشین و روش تحلیلی استخراج شده اند. نتایج با استفاده از ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) میانگین خطای مطلق (MAE) و نسبت مساحت محصور مقایسه شده اند. یافته ها نشان می دهند که به جز سازه نامنظم پیچشی، دوره تناوب سازه به عنوان تنها ویژگی سازه ها برای تولید منحنی شکنندگی با استفاده از روش یادگیری ماشین به طور مطلوب عمل می کند. در سازه نامنظم پیچشی نسبت مساحت به بالای ۱۰ درصد رسیده است؛ بنابراین در این نوع از سازه ها علاوه بر زمان تناوب، توجه به ویژگیهای دیگر نظیر میزان خروج از مرکزیت نیز ضروری به نظر می رسد.

کلیدواژه ها: یادگیری ماشین، منحنی شکنندگی لرزه ای، تحلیل نواری چندگانه، روش GCIM، سازه بتن آرمه.