



جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد
مهندسی عمران - سازه
دانشگاه صنعتی اصفهان | دانشکده مهندسی عمران

بتن فوق توانمند الیافی و کاربرد روش تاگوچی و روش‌های یادگیری ماشین در پیش‌بینی خصوصیات آن

مهدی صدیقی

(ورودی سال ۱۴۰۲)

مکان: سمینار ۳ دانشکده مهندسی عمران

یکشنبه، ۲۶ مهر ۱۴۰۵ - ساعت ۸ الی ۱۰

کمیته دفاع:

دکتر محمدحسین نیلی

دکتر کاظم شربتدار (دانشگاه سمنان)

استاد راهنما:

دکتر کیاچهر بهفرنیا

چکیده:

بتن فوق توانمند الیافی به دلیل مقاومت بسیار بالا، تراکم و دوام چشمگیر، در سال‌های اخیر جایگاه ویژه‌ای در مهندسی عمران پیدا کرده است. با این حال، طراحی طرح مخلوط مناسب برای این بتن، به علت تعداد زیاد پارامترهای مؤثر و روابط پیچیده میان اجزای تشکیل‌دهنده، همواره با دشواری‌هایی همراه بوده است. بر این اساس، در پژوهش حاضر از روش طراحی آزمایش تاگوچی به‌عنوان رویکردی مفید برای بهینه‌سازی طرح مخلوط بتن فوق توانمند الیافی استفاده شد. برای این منظور، پارامترهای مؤثر شامل مقادیر مختلف میکروسیلیس، نانوسیلیس و پودر شیشه، نسبت آب به مواد چسباننده، نسبت ماسه به سیمان، مقدار الیاف و میزان فوق‌روان‌کننده انتخاب شد و بر اساس آرایه متعامد تاگوچی طرح‌های مخلوط مختلف تعریف گردید. نمونه‌های ساخته‌شده پس از قالب‌گیری و عمل‌آوری، از نظر اسلامپ و مقاومت‌های فشاری ۷، ۲۸، ۶۰ و ۹۰ روزه و مقاومت خمشی ۲۸ روزه مورد ارزیابی قرار گرفتند. تحلیل نتایج با استفاده از نسبت سیگنال به نویز انجام شد و ترکیب بهینه طرح مخلوط استخراج گردید. نتایج نشان داد که برخی پارامترها سهمی تعیین‌کننده در بهبود عملکرد مکانیکی بتن دارند و ایجاد تعادل مناسب میان اجزا نقشی کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب ایفا می‌کند. به‌منظور ارزیابی دقت روش تاگوچی، طرح مخلوط بهینه در آزمایشگاه ساخته شد و تحت عمل‌آوری استاندارد مورد بررسی قرار گرفت. تطابق قابل قبول میان نتایج آزمایشگاهی و مقادیر پیش‌بینی‌شده بیانگر کارایی روش تاگوچی در تعیین طرح‌های بهینه بود. همچنین، برای بررسی حساسیت طرح مخلوط نسبت به تغییرات عیار سیمان، مقادیر ۵ و ۱۰ درصد سیمان افزوده شد. یافته‌ها نشان دادند که اگرچه مقاومت خمشی اندکی افزایش یافت، اما مقاومت فشاری در تمامی سنین کاهش پیدا کرد که نشان‌دهنده ایجاد عدم تعادل در ساختار ماتریس بتن است. بررسی نقش الیاف نیز نشان داد که حذف آن‌ها باعث افت قابل توجه مقاومت فشاری و خمشی می‌شود و نقش مهم الیاف در کنترل ریزترک‌ها و بهبود انسجام ماتریس را تأیید می‌کند. در بخش دیگری از پژوهش، تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری شامل حرارتی، بخار و حالت‌های ترکیبی حرارتی _ مرطوب بر عملکرد طرح بهینه بررسی شد. نتایج نشان داد که روش عمل‌آوری ترکیبی شامل ۳ روز عمل‌آوری حرارتی و سپس ۲۵ روز عمل‌آوری مرطوب، بهترین عملکرد را از نظر مقاومت‌های مکانیکی ارائه کرد؛ موضوعی که بیانگر هم‌افزایی میان تسریع واکنش‌های اولیه هیدراسیون و تداوم واکنش‌های پوزولانی در محیط مرطوب است. در گام پایانی، مدل‌هایی از یادگیری ماشین شامل رگرسیون خطی، درخت تصمیم، جنگل تصادفی و نزدیک‌ترین همسایه به‌منظور پیش‌بینی خواص مکانیکی بتن توسعه داده شد. ارزیابی عملکرد مدل‌ها با شاخص‌های ضریب تعیین و خطای میانگین مربعات نشان داد که مدل‌های مبتنی بر درخت، به‌ویژه جنگل تصادفی، قادر به پیش‌بینی دقیق رفتار بتن و مدل‌سازی روابط پیچیده میان متغیرهای طرح مخلوط هستند. در مجموع، نتایج نشان می‌دهد که ترکیب روش تاگوچی با الگوریتم‌های یادگیری ماشین، رویکردی مؤثر برای بهینه‌سازی طرح مخلوط و پیش‌بینی عملکرد بتن فوق توانمند الیافی فراهم می‌کند و می‌تواند به‌عنوان ابزاری کارآمد در طراحی و توسعه این نوع بتن مورد استفاده قرار گیرد.