



## مروری بر انواع مدل‌های ریاضی شبیه سازی تغییر پذیری مکانی پارامترهای مقاومتی خاکهای ناهمگن

خلیل عفتی داریانی<sup>۱</sup>، محمدباقر عفتی داریانی<sup>۲</sup>

۱- دکترای مهندسی عمران، دانشگاه UTM مالزی، edkhalil2@live.utm.my

۲- دانشجوی دکترای مهندسی عمران، دانشگاه ارومیه، mohammad.d1344@gmail.com

### چکیده

در این مقاله انواع مدل‌های ریاضی برای شبیه سازی پارامترهای متغیر در تحلیل احتمالاتی سازه های ژئوتکنیکی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. در تحلیل مسائل ژئوتکنیک نامعینی هایی وجود دارد که غالبا بدلیل تغییرپذیری ذاتی خصوصیات خاک، محدودیت داده ها و نمونه ها، خطاهای ناشی از آزمایشات در تخمین پارامترهای طراحی، کمبود دانش فنی، و بعضا بدلیل مفروضات مدلسازی و ساده سازی روشهای تحلیل بوجود می آیند. از آنجا که میزان نامعینی موجود در مصالح خاکی، در مقایسه با مصالح شناخته شده ای نظیر فولاد و بتن بالا است لذا استفاده از روشهای طراحی معین مرسوم به فاکتور اطمینان گاه غیر قابل اطمینان و یا غیر اقتصادی میشود. در آنالیز عدم قطعیت (Reliability Analysis) پارامترهای مساله بر اساس مشخصات آماری و درجه تغییرپذیری شان شبیه سازی می گردد بطوریکه ساختار این تغییرپذیری از توابع همبستگی هر پارامتر تبعیت می کند. این مدل در تحلیل عدم قطعیت منجر به تخمین واقع بینانه تری از احتمال گسیختگی و همچنین نحوه توزیع آماری پاسخ سازه می گردد که بر اساس مقدار ریسک هدف، حاشیه ایمنی سازه قابل برآورد می باشد. هدف از این مقاله، معرفی روشهای مدلسازی پارامترهای متغیر در تحلیل احتمالاتی خاکهای ناهمگن می باشد. در ادامه، نمونه ای از یک مدل خاک دانه ای با زاویه اصطکاک داخلی متغیر ارائه شده است.

**واژگان کلیدی:** تغییر پذیری مصالح خاکی، آنالیز عدم قطعیت، احتمال گسیختگی، فاکتور اطمینان

### ۱. مقدمه

اگر چه اخیرا استفاده از روشهای تحلیل ریاضی پیشرفته نظیر روش اجزای محدود و همچنین مدل‌های رفتاری مختلف برای حل مسائل پیچیده پیشرفت چشمگیری داشته است، با اینحال دقت اکثر روشها و مدل‌های موجود به تخمین پارامترهای ورودی مساله بستگی دارد. بدیهی است که در اکثر مسائل مهندسی عمران، بویژه سازه های ژئوتکنیکی پراکندگی و نامعینی (uncertainty) در تخمین پارامترها نظیر مشخصات فیزیکی و مقاومتی مصالح، بارگذاری (باد، زلزله، ...) و پارامترهای مدل طوری است که استفاده از مقادیر تخمینی میانگین، نمایانگر دقیقی از مدل واقعی نمیباشد.

منابع نامعینی در تخمین پارامترهای طراحی مسائل ژئوتکنیکی به دو دسته تقسیم بندی شده است: (۱) خطاهای ناشی از پراکندگی داده ها نظیر تغییر پذیری ذاتی مصالح خاکی و یا خطاهای ناشی از نمونه برداری، آزمایش، اندازه گیری و روابط همبستگی، (۲) خطاهای سیستماتیک نظیر خطاهای آماری، فرضیات و ساده سازی های روشهای تحلیلی و مدل‌های رفتاری (Phoon 2008). شکل (۱) انواع منابع نامعینی در مهندسی ژئوتکنیک را نشان می دهد. بنابراین مقدار نامعینی کل مساله ترکیبی از میزان نامعینی هر یک منابع فوق الذکر بوده و بصورت رابطه ریاضی زیر بیان می شود:

$$V(x) \approx V_{spatial}(x) + V_{noise}(x) + V_{statistical}(x) + V_{model}(x) \quad (1)$$

که در آن  $V(x)$  = واریانس نامعینی کل در پارامتر  $x$ ،  $V_{spatial}(x)$  = واریانس نامعینی ناشی از ناهمگونی در پارامتر  $x$ ،  $V_{noise}(x)$  = واریانس نامعینی ناشی از اندازه گیری در پارامتر  $x$ ،  $V_{statistical}(x)$  = واریانس ناشی از خطاهای آماری و برآزش در تخمین پارامتر  $x$  و  $V_{model}(x)$  = واریانس ناشی از خطاهای موجود در مدل برآورد پارامتر  $x$  میباشد.