تجزیه و تحلیل عدم‌قطعیت معادلات جریان در محیط متخلخل درشت‌دانه با استفاده از روش احتمالاتی فازی

علی یوسفی[۱]، سید محمود حسینی[۲]

۱- دانشجوی دکترای مهندسی هیدرولیک دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه مهندسی عمران دانشگاه فردوسی مشهد

ali.yousefi@stu-um.ac.ir

خلاصه

در معادلات جریان در محیط متخلخل درشت‌دانه، برخی از پارامترهای فیزیکی به‌صورت دقیق قابل اندازه‌گیری نمی‌باشند و دارای عدم‌قطعیت هستند. با استفاده از تجزیه و تحلیل عدم‌قطعیت می‌توان عدم‌قطعیت در خروجی مدل را که ناشی از عدم‌قطعیت در پارامترهای ورودی می‌باشد، محاسبه کرد. در این تحقیق در بررسی معادلات جریان در محیط متخلخل درشت‌دانه، از روش آماری تخمین مرتبه اول برای تجزیه و تحلیل عدم-قطعیت معادلات Stephenson، Wilkins و Adel و همچنین، از روش ترکیبی که یک روش احتمالاتی فازی می‌باشد، برای معادلات Stephenson و Wilkins استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهند که عدم‌قطعیت معادلات Stephenson و Wilkins با استفاده از روش ترکیبی، که ماهیت واقعی پارامترها را بهتر شناسایی می‌کند، بیشتر از عدم‌قطعیت حاصل از روش آماری تخمین مرتبه اول می‌باشد. از مقایسه‌ی نتایج سه معادله مذکور نیز مشخص می‌شود که معادله Adel کمترین عدم‌قطعیت را دارا می‌باشد.

کلمات کلیدی: تجزیه و تحلیل عدم‌قطعیت، محیط متخلخل درشت‌دانه، روش احتمالاتی فازی، روش تخمین مرتبه اول.

۱- مقدمه

همانطور که نمی‌توان از عدم‌قطعیت‌های موجود در زندگی دوری جست، در پروژه‌های مهندسی نیز نمی‌توان از عدم‌قطعیت‌ها صرفنظر کرد. عدم‌قطعیت خروجی یک مدل ریاضی به‌دلیل عدم‌قطعیت در ساختار ریاضی یک مدل و یا به‌دلیل عدم‌قطعیت موجود در پارامترهای ورودی به آن مدل می‌باشد. هدف از تجزیه و تحلیل عدم‌قطعیت ناشی از پارامترهای ورودی، تعیین عدم‌قطعیت خروجی مدل با اعمال عدم‌قطعیت پارامترهای ورودی به آن مدل می‌باشد. تجزیه و تحلیل عدم‌قطعیت یک چهارچوب منظم و سیستماتیک برای کمی کردن عدم‌قطعیت‌های خروجی یک مدل تهیه می‌کند و با استفاده از آن می‌توان تأثیر پارامترهای ورودی را بر عدم‌قطعیت کلی خروجی مدل تعیین کرد [۱].

برای تجزیه و تحلیل عدم‌قطعیت، روش‌های مختلفی وجود دارد که به نوع عدم‌قطعیت پارامترهای ورودی بستگی دارد. عدم‌قطعیت پارامترها را می‌توان به دو گروه کلی عدم‌قطعیت تصادفی و عدم‌قطعیت غیرتصادفی تقسیم کرد. در عدم‌قطعیت تصادفی، خصوصیات آماری پارامتر مورد نظر با استفاده از نمونه‌برداری متعدد محاسبه شده و از روش‌های آماری برای تجزیه و تحلیل عدم‌قطعیت استفاده می‌شود [۲]. روش‌های آماری در بسیاری از مسایل هیدرولیکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. در زمینه تجزیه و تحلیل عدم‌قطعیت سیستم‌های توزیع آب می‌توان به کارهای Kang و Lansey در سال ۲۰۰۸ [۳]، Kang و همکاران در سال ۲۰۰۹ [۴] و Jankovic و همکاران در سال ۲۰۰۰ [۵] اشاره کرد. همچنین، در زمینه تجزیه و تحلیل عدم‌قطعیت مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی می‌توان به کارهای Crystal و همکاران در سال ۲۰۱۰ [۶]، Ye و همکاران در سال ۲۰۰۹ [۷] و Kunstmann و همکاران در سال ۲۰۰۲ [۸] اشاره کرد. در این تحقیق‌ها، از روش‌های آماری شبیه سازی مونت‌کارلو، شبیه‌سازی مونت‌کارلو با نمونه‌گیری مربع لاتین و تخمین مرتبه اول برای تجزیه و تحلیل عدم‌قطعیت مدل استفاده شده است.

عدم‌قطعیت غیرتصادفی، به‌دلیل کمبود اطلاعات، مبهم بودن اطلاعات، استفاده از عبارات کلامی به‌جای اعداد یا کسب اطلاعات بر اساس نظر افراد باتجربه ایجاد می‌شود [۲]. در این گونه مسایل از روش‌های حساب فازی برای تجزیه و تحلیل عدم‌قطعیت استفاده می‌شود که بر پایه تئوری فازی بنا شده‌اند و پارامترهای ورودی توسط متغیرهای فازی بیان می‌شوند. این روش‌ها نیز در مسایل هیدرولیکی کاربرد دارند که چند نمونه از آن‌ها در ادامه ذکر می‌شوند. Revelli و Ridolfi در سال ۲۰۰۲ [۹]، Branisavljevic و Ivetic در سال ۲۰۰۶ [۱۰] و Gupta و Bhave در سال ۲۰۰۷ [۱۱] به تجزیه