نهمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه
بهمن ماه ۱۳۹۱ ،اهواز، دانشگاه شهید چمران

تحلیل آشوبناکی سری زمانی دبی رودخانه به‌روش توان لیاپانوف

مسعود انیس حسینی[۱] محمد ذاکرمشفق[۲]
۱ – دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی رودخانه– دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول
۲ – استادیار گروه مهندسی عمران– دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول
moshfegh@jsu.ac.ir

چکیده

یکی از دیدگاه‌هایی که در تحلیل فرآیندهای هیدرولوژی در دهه‌های اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است؛ دیدگاه غیرخطی و تعیین‌پذیری رفتار تصادف‌گونه آن‌هاست. در این پژوهش با توجه به رفتار فرآیند بارش- رواناب حوضه رودخانه کشکان، از روش‌های تئوری آشوب برای تحلیل آن استفاده شده است. به این منظور حساسیت به شرایط اولیه که یکی از مشخصه‌های اصلی یک سیستم آشوبناک است؛ با استفاده از روش توان لیاپانوف آزموده شد. در همین حال، به عنوان پیش‌زمینه محاسبه توان لیاپانوف، بازسازی فضای فاز برای سری زمانی انجام گرفته و بُعد تعبیه و زمان تأخیر بهینه برای فضای فاز به ترتیب از طریق روش‌های نزدیک‌ترین همسایگی نادرست و تابع میانگین اطلاعات متقابل بدست آمدند. روش تابع میانگین اطلاعات متقابل، ضمن نشان دادن عدم استقلال کامل غیرخطی و در نتیجه تمایز نسبت به رفتار تصادفی، زمان تأخیر ۱۵ روز را به عنوان تأخیر بهینه نتیجه داد. بعد بهینه ۳ نیز با استفاده از روش همسایگی نادرست برای بازسازی بهینه جاذب سیستم بدست آمد. به این ترتیب نمودار رفتار سیستم در فضای فاز رسم شد که نشان‌دهنده جاذبی محو و پراکنده و به معنای پیچیدگی رفتار سیستم بود. این موضوع به صورت کمّی با استفاده از روش بزرگترین توان لیاپانوف نیز بررسی شد. توان مثبت بدست آمده، نشان‌دهنده رفتار آشوبی این سری زمانی بود؛ اما در عین‌حال با مقایسه بین این مقدار و مقادیر بدست آمده در تحقیقات قبلی انجام شده، توان لیاپانوف نسبتاً بالایی است و به‌طور نسبی، نشان از تعیین‌پذیری کم در چارچوب مدل‌های پیش‌بینی آشوبی دارد.

واژه‌های کلیدی : نظریه آشوب ، توان لیاپانوف، میانگین اطلاعات متقابل، نزدیکترین همسایگی نادرست، تحلیل غیرخطی، رودخانه کشکان.

مقدمه

نیاز به شناخت پدیده‌ها در هیدرولوژی همواره برای مواردی چون احداث سازه‌های آبی و دریافت زمان احتمالی وقوع خشکسالی و سیلاب وجود داشته است. شناخت پدیده‌های هیدرولوژیک تاکنون از دیدگاه‌های مختلفی صورت گرفته است. این دیدگاه‌ها، گاه در نقطه مقابل یکدیگر قرار گرفته اند. از جمله دیدگاه خطی در برابر غیرخطی و دیدگاه تصادفی در برابر تعیین پذیری. در طی دهه‌های گذشته مطالعات بر روی کاربرد مفهوم دینامیک غیرخطی و آشوب در سیستم ها و فرآیندهای هیدرولوژیک افزایش یافته است. رفتار فرآیندهایی مانند بارش – رواناب در ظاهر تصادفی است و تغییرات در شرایط مختلف بسیار زیاد است. این گونه رفتار، محققان بسیاری را بر آن داشته است تا با استفاده از روش‌هایی تحت عنوان تئوری آشوب به بررسی این فرآیند بپردازند. تئوری آشوب از روزی که ادوارد لورنز، هواشناس انستیتوی تکنولوژی ماساچوست در امریکا، حساسیت به شرایط اولیه را در یک مدل پیش بینی هواشناسی مشاهده کرد، وارد مباحث آنالیز سیستم‌های طبیعی شد.[1] سپس در طی سالیان بعد روش‌های کاربردی آن برای موارد مختلف بسط داده شدند و پیشرفت‌هایی از کاربرد آن در زمینه‌های مختف حاصل شد.

تئوری آشوب در آنالیز فرآیندهای هیدرولوژی برای اولین بار توسط هنس (۱۹۸۷) برای آنالیز داده‌های بارش به کار گرفته شد[2] و [3]. سپس در دهه‌های بعد محققان دیگری چون سیواکومارو جایاواردنا پژوهش‌های زیادی را در ارتباط با آشوب در هیدرولوژی به انجام رساندند. مطالعات اولیه بیشتر بر شناسایی آشوب در سری‌های زمانی بارش و دبی متمرکز بوده اند و در سال‌های بعدی پیشرفت‌های دیگری در کاربرد آشوب در هیدرولوژی به‌دست آمد.