

## تعیین رفتار خطی یا غیر خطی سری های زمانی جریان رودخانه با استفاده از آزمون غیر خطی BDS (مطالعه موردی رودخانه نازلوچای)

کیوان خلیلی<sup>۱</sup>، فرشاد احمدی<sup>۲</sup>، حسین رضایی<sup>۳</sup>، جواد بهمنش<sup>۴</sup>

۱ و ۳ - استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه ارومیه

۲ - دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت منابع آب، دانشگاه تبریز

Khalili2006@gmail.com

### خلاصه

در این تحقیق جهت بررسی رفتار خطی و غیرخطی سری های زمانی جریان سالانه، ماهانه و روزانه رودخانه نازلوچای واقع در غرب دریاچه ارومیه از آزمون BDS استفاده شده است. شرط اساسی در این روش ایستا بودن سری های زمانی بوده که بدین منظور آزمون های ADF و KPSS مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج این مطالعه نشان داد که سری های سالانه جریان رودخانه نازلوچای، رفتار خطی داشته، در حالیکه جهت افزایش دقت مدل سازی و پیش بینی سری های ماهانه و روزانه جریان، استفاده از مدل های غیرخطی سری زمانی ضروری است.

واژه های کلیدی: آزمون ADF، آزمون غیرخطی BDS، آزمون KPSS، ایستایی، مدل های سری زمانی.

### ۱- مقدمه

فرآیند جریان رودخانه یکی از سیستم هایی است که می تواند در مقیاس زمانی و مکانی رفتار غیرخطی داشته باشد. در طی نیم قرن گذشته مطالعات و تحقیقاتی در زمینه غیرخطی بودن و کاربرد مدل های غیرخطی جریان های رودخانه آغاز شده است. روگرس و زیا (۱۹۸۲) یک روش ابتکاری جهت تعیین درجه غیرخطی بودن حوزه های زهکشی با استفاده از ارقام بارش - رواناب ارائه نمودند. راثو و یو (۱۹۹۰) با استفاده از آزمون چندطیفی<sup>۱</sup> هینیش (۱۹۸۲) خطی بودن مشخصات سری های سالانه جریان رودخانه، بارش روزانه و درجه حرارت را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج حاصله از تحقیق آنها داده های روزانه هواشناسی غیرخطی بوده ولی سری های سالانه جریان رودخانه ماهیت خطی داشتند. چن و راثو (۲۰۰۳) نیز با استفاده از آزمون هینیش (۱۹۸۲) غیرخطی بودن سری زمانی هیدرولوژیکی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که تمام سری های ماهانه درجه حرارت و بارش که ایستا و استاندارد شده بودند ماهیت خطی داشتند و برخی سری های استاندارد ماهانه جریان رودخانه غیرخطی بودند. موضوع آشفتگی<sup>۲</sup> به عنوان یکی از جنبه های خاص در مساله غیرخطی بودن نیز در نیم قرن اخیر مورد توجه قرار گرفته و مکانیسم آشفتگی در جریان های رودخانه بیشتر مورد توجه محققین هیدرولوژی قرار گرفته است. به عنوان نمونه ویلکوکس و همکاران (۱۹۹۱)، جایاواردنا و لای (۱۹۹۴)، پورپوراتو و ریدولفی (۱۹۹۷)، سیواکومار و همکاران (۱۹۹۹) و الشورباگی و همکاران (۲۰۰۲) مطالعاتی در این زمینه انجام داده اند. در اکثر این مطالعات وجود آشفتگی در سری های زمانی هیدرولوژی مورد تایید قرار گرفته است. وانگ و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از آزمون BDS و روش همبستگی نمایی غیرخطی بودن فرآیند جریان رودخانه را در مقیاس های زمانی مختلف مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که هر چه مقیاس زمانی کوچکتر می شود، غیرخطی بودن افزایش می یابد. بطوری که دبی های روزانه ماهیت غیر خطی بیشتری نسبت به دبی های ماهانه نشان دادند. خلیلی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از آزمون BDS، میزان غیرخطی بودن سری های سالانه، ماهانه، ۱۰ روزه و روزانه رودخانه شهرچای را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصله نشان داد با کوچکتر شدن مقیاس زمانی جریان رودخانه، شدت غیر خطی بودن به شدت افزایش می یابد.

<sup>1</sup> - Bispectrum

<sup>2</sup> -Chaos