



## کاربرد روش‌های با دقت مرتبه‌ی بالا (NVD) در حل معادلات ضربه‌ی قوچ در سیستم‌های آبرسانی

میلاذ لطیفی<sup>۱</sup>، محسن دوازده‌امامی<sup>۲</sup>، محمدرضا چمنی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران-آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- استادیار دانشکده مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

milad.latifi@yahoo.com

### خلاصه

بررسی، مطالعه و کنترل پدیده‌ی ضربه‌ی قوچ یکی از مهمترین دغدغه‌های مهندسين طراح خطوط انتقال آب است. با توجه به نوع معادلات حاکم بر جریان ناماندگار، از سالیان دور تاکنون روش‌های مختلفی برای حل عددی این مسئله ارائه شده است. در سال‌های اخیر، روش‌های مبتنی بر احجام محدود برای حل معادلات ضربه‌ی قوچ توسعه یافته است. روش‌های با دقت مرتبه بالا (مبتنی بر نمودار متغیر نرمال‌شده (NVD)) از جمله روش‌هایی هستند که در سالیان اخیر در حل بسیاری از مسائل مکانیک سیالات بکار رفته‌اند. در پژوهش حاضر این روش برای اولین بار در تحلیل جریان ناماندگار استفاده شده است. نتایج حاصل، نشان‌گر دقت بالای روش و همخوانی آن با مدل‌های عددی پیشین می‌باشد.

کلمات کلیدی: ضربه‌ی قوچ، جریان ناماندگار، روش احجام محدود، روش NVD

### ۱. مقدمه

مطالعه‌ی جریان ناماندگار و پدیده‌ی ضربه‌ی قوچ در مهندسی آب از اهمیت ویژه‌ای در طراحی و تخمین عملکرد سیستم برخوردار است. عوامل عمده‌ی ایجاد جریان ناماندگار عبارتند از: باز کردن و بستن شیرهای قطع و وصل، روشن و یا خاموش کردن پمپ‌ها، بهره‌برداری از شیرهای یک طرفه، خلأ، فشارشکن و غیره، ترکیدن لوله‌ها و غیره. بروز پدیده‌ی ضربه قوچ می‌تواند باعث ایجاد فشارهای اضافی، صدا، کاویتاسیون و لرزش در خطوط انتقال آب شود [۱]. اگرچه این پدیده در شبکه‌های توزیع آب چندان نگران‌کننده نیست، اما بروز آن در خطوط آبرسانی می‌تواند موجب ایجاد خسارت‌های وسیع در خط انتقال و تجهیزات مرتبط با آن شود. میزان این خسارت‌ها بستگی به عوامل متعدد از جمله خصوصیات فیزیکی سیستم و تجهیزات به کار رفته در آن دارد. از این روست که امروزه بررسی پدیده‌ی ضربه قوچ و درنظر گرفتن تمهیدات ویژه برای مهار آن از ضروریات طراحی یک خط انتقال آب است.

مهندسان از سال‌های دور با این پدیده آشنایی داشته‌اند. شاهد این امر تحقیقاتی است که بیش از ۱۵۰ سال پیش بر روی پدیده‌ی ضربه‌ی قوچ انجام گرفته است. به‌طور کلی برای تحلیل هیدرولیکی پدیده‌ی ضربه قوچ دو روش عمده ارائه شده است [۱]. در روش اول که به نام روش نظریه‌ی غیرالاستیک شناخته می‌شود، سیال یک ماده‌ی تراکم‌ناپذیر و جداره‌ی لوله نیز غیرقابل انعطاف در نظر گرفته می‌شود. معادله‌ی بیان‌کننده‌ی این حالت از معادله‌ی اندازه حرکت بدست می‌آید و از نوع دیفرانسیل ساده بوده و به راحتی قابل حل است. در روش دوم موسوم به روش الاستیک، خواص الاستیکی سیال و لوله درنظر گرفته می‌شوند. معادلات بیان‌کننده‌ی این روش عبارتند از: معادله‌ی پیوستگی و معادله‌ی اندازه حرکت، که با درنظر گرفتن اثرات ناماندگاری نوشته می‌شوند. این دو معادله از نوع دیفرانسیلی جزئی بوده و تاکنون حل تحلیلی برای آن‌ها ارائه نشده است. به همین دلیل حل معادلات حاکم بر ضربه‌ی قوچ به روش الاستیک نیازمند به کارگیری روش‌های عددی است.