# به‌کارگیری روش‌های درون‌یابی غیرخطی در روش مشخصه‌ها برای مسائل ضربه قوچ

**زهرا محمدیان[۱]، محمدرضا چمنی[۲]، کیوان اصغری[۳]**

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

**۲- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان**

**۳- استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان.**

z_mohammadian@yahoo.com

**خلاصه**

به‌دلیل شکل معادلات حاکم بر پدیده ضربه قوچ، روش‌های مختلفی برای حل عددی آن ارائه شده که مهم‌ترین آنها روش مشخصه‌هاست. در این روش، در بسیاری از موارد به‌دلیل وجود لوله‌هایی با طول‌های متفاوت و با سرعت‌های موج مختلف، لازم است درون‌یابی انجام گیرد. در این پژوهش برای اولین بار روش پیشنهادی درون‌یابی هرمیت درجه سه روی خط زمانی برای معادلات کامل و تقریبی ضربه‌ی قوچ توسعه یافته است. در مقایسه میان روش‌های درون‌یابی هرمیت مکانی و زمانی مشخص شد که روش هرمیت مکانی از دقت بالاتری برخوردار است و به زمان پردازش کمتری نیاز دارد.

**کلمات کلیدی: ضربه قوچ، روش مشخصه‌ها، درون‌یابی هرمیت.**

## ۱. مقدمه

در جریان‌های ناماندگار[۱]، در اثر تغییرات ایجاد شده در محیط پیرامون، جریان در دوره‌ای کوتاه یا طولانی از حالت ماندگار به وضعیتی دیگر تغییر می‌یابد. اگر جریان ناماندگار در خطوط انتقال سیالات، در اثر تغییرات ناگهانی اندازه حرکت جریان در مجاری باز و بسته روی دهد، ضربه‌ی قوچ[۲] نامیده می‌شود. این تغییرات اندازه حرکت به تغییرات فشاری تبدیل شده و به‌صورت موج‌های فشاری با سرعت زیاد در سیستم انتقال، انعکاس می‌یابد تا زمانی که موج‌های فشاری مستهلک گشته و از بین بروند. بنابراین، می‌توان آن را یک جریان ناماندگار میرا[۳] که بین دو جریان ماندگار روی می‌دهد، نام‌گذاری کرد [۱].

در مطالعه‌ی جریان‌های ناماندگار باید اثر اندازه حرکت سیال و در صورت نیاز الاستیسیته یا تراکم‌پذیری سیال و مجرای جریان لحاظ گردد. معمولاً حل مسائل ضربه‌ی قوچ با استفاده از نظریه الاستیک در حالت یک‌بعدی جریان صورت می‌پذیرد. به کمک این نظریه، روابط کامل اندازه حرکت و پیوستگی به‌صورت زیر به‌دست می‌آید [۱]:

$$\frac{\partial V}{\partial t}+g\frac{\partial H}{\partial x}+V\frac{\partial V}{\partial x}+\frac{f}{2D}V|V|=0 \qquad (۱)$$

$$\frac{\partial H}{\partial t}+\frac{a^2}{g}\frac{\partial V}{\partial x}+V\frac{\partial H}{\partial x}-V\sin\alpha=0 \qquad (۲)$$

که در آن $V$ و $H$ سرعت و هد فشار جریان، $g$ شتاب ثقل، $f$ ضریب اصطکاک دارسی وایسباخ، $D$ قطر لوله، $a$ سرعت انتشار موج و $s$ و $t$ مؤلفه‌های زمانی و مکانی پارامترهای سرعت و هد فشار می‌باشند. این معادلات به‌ندرت به‌صورت تحلیلی قابل حل است، بنابراین، از روش‌های عددی برای حل این معادلات دیفرانسیل پاره‌ای استفاده شده است. یکی از رایج‌ترین روش‌های عددی حل معادلات، روش مشخصه‌ها[۴] (*MOC*) است که

---

[1] Unsteady Flow
[2] Water Hammer
[3] Transient Flow
[4] Method of Characteristics (MOC)