



برآورد پروفیل سرعت در کانالهای روباز با جریان آشفته

محمد سعید احدی¹، حسین بنکداری²، احمد طاهر شمسی³

1- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های هیدرولیکی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

2- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه رازی، کرمانشاه

3- دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

msaeed_ahadi@yahoo.com

bonakdari@razi.ac.ir

tshamsi@aut.ac.ir

خلاصه

با توجه به اهمیت توزیع سرعت در کانالها و ارتباط آن با پارامترهای مهم هیدرولیکی مثل دبی و تنش برشی و انتقال رسوب، ارائه مدلی ریاضی برای برآورد پروفیل سرعت ضروری می باشد. در این مقاله با ارائه یک مدل ریاضی با اقتباس از اصول آنتروپی و احتمال و معتبر سازی آن با داده های آزمایشگاهی به بررسی توزیع سرعت در کانالهای تنگ و پدیده دیپ (Dip phenomenon) که بیان کننده گرادیان منفی سرعت در نزدیکی سطح آزاد آب است پرداخته می شود.

کلمات کلیدی: توزیع سرعت، آنتروپی، جریان با سطح آزاد، کانال تنگ، پدیده دیپ.

1. مقدمه

توزیع سرعت تقریباً مهمترین بحث در تمام مطالعات جریانهای کانالهای روباز بوده به دلیل اینکه برای سرعت متوسط و ماکزیمم و برآورد دبی و ارزیابی تنش برشی روی کناره ها مورد نیاز می باشد. لذا پروفیل سرعت طولی جریان، درون مقطع عرضی از یک کانال سالها مورد تحقیق پژوهشگران مختلف بوده است. استیرنز (Stearns) در سال 1883 [1]، متوجه شد در شرایطی که نسبت عرض آبراهه به عمق جریان ($A_F = b/h$) از 5 کمتر باشد، سرعت حداکثر زیر سطح آزاد آب بر خلاف وضعیت معمولاً قابل قبول برای جریانهای رودخانه، رخ می دهد. پранتل (Prandtl) از سال 1914 [2]، تحقیقاتی تئوری خود بر روی توزیع سرعت را آغاز کرد و وان کارمن (Von Karman) در سال 1921 [3]، مطالعات آزمایشگاهی خود را انجام داد و منجر به ارائه روابطی برای توزیع سرعت و مقاومت هیدرولیکی برای جریان های آشفته بر روی سطوح صاف و در لوله ها مدور گردید. نیکورادز (Nikuradse) در سال 1933 [4]، قانون توزیع سرعت لگاریتمی را برای پروفیل سرعت طولی جریان پیشنهاد کرد. این روابط توسط کلوزن (Keulegan) در سال 1938 [5]، توسعه یافت. پرستون (Preston) در سال 1954 [6]، روشی غیر مستقیم برای محاسبه توزیع تنش برش روی محیط مرطوب کانال و ارتباط آن با توزیع سرعت را ارائه داد و پس از آن بگنولد (Bagnold) در سال 1955 [7] و کولز (Coles) در سال 1956 [8]، سعی در بهبود این قانون داشتند و محققین دیگر چون چاو (Chow) در سال 1959 [9]، هندرسون (Henderson) در سال 1966 [10]، به بررسی بیشتر توزیع سرعت پرداختند. طی دهه 1980 با پیشرفت تکنولوژی اشعه لیزر امکان اندازه گیری دقیقتر مولفه های سرعت جریان حاصل گردید. محققینی چون نزو و رودی (Nezu & Rodi) در سال 1986 [11]، وقوع سرعت ماکزیمم در پایینتر از سطح آزاد آب را در کانالهای تنگ با نسبت عرض به عمق کمتر از 5 ($A_F < 5$) اثبات کردند و این گرادیان منفی سرعت در مجاورت سطح آزاد آب را پدیده دیپ (Dip phenomenon) نامیدند. لاکشینارایان و همکاران (Lakshinarayana et al.) در سال 1986 [12]، با به کارگیری نسبت A_F (نسبت عرض به عمق) و Z (فاصله از دیوارهای جانبی کانال) و عدد فرود F_r ، مدلی برای نشان دادن گرادیان منفی سرعت در نزدیکی سطح آب (پدیده Dip) ارائه دادند. مطالعات بعدی منجر به این شد که پدیده Dip تنها به نسبت A_F و Z حساس است و اثر عدد فرود احتمالاً قابل اغماض است [13]. چو و همکاران (Chiu et al.) در سال 1986 [14, 15, 16, 17]، با بکار بردن مفاهیم احتمالاتی و اصل بیشینه سازی آنتروپی معادله توزیع سرعتی را ارائه کردند که این معادله قابلیت تعیین توزیع سرعت در هر دو جهت قائم و عرضی را دارا می باشد. همچنین این معادله در نزدیکی سطح هم به خوبی عمل کرده و موقعیت سرعت حداکثر و پدیده Dip را به خوبی پیش بینی می کند. سارما و همکاران (Sarma et al.) در سال 1991 [18]، قوانین دیگری را با تقسیم مقطع جریان به چهار منطقه و تعیین معادلات توزیع سرعت برای هر منطقه برای بیان پروفیل سرعت طولی ارائه کرده اند. نزو و ناکاگاوا و همکاران (Nezu & Nakagawa, et al.) در سال 1993 [19, 20]، نشان دادند پدیده Dip با هر سرعت میدانی در سطح مقطعی با نسبت عرض به عمق برابر 2/5