



## کاربرد دینامیک سیالات تجربی، تئوری و محاسباتی (CFD) در بررسی جریان‌های ثانویه

مهدی اژدری مقدم<sup>۱</sup>، مهنا تاج‌نسایی<sup>۲</sup>، محمد گیوه‌چی<sup>۳</sup>، احسان جعفری ندوشن<sup>۴</sup>

۱،۳- استادیار دانشگاه سیستان و بلوچستان

۲- کارشناس ارشد عمران-سازه‌های هیدرولیکی، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بيجار

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه سیستان و بلوچستان

[mtajnesaie@yahoo.com](mailto:mtajnesaie@yahoo.com)

### خلاصه

بررسی شرایط جریان در کانال‌ها (به دلیل اهمیت آنها در انتقال آب) از مسائل مورد توجه محققین می‌باشد. از مهمترین موضوعات بررسی جریان در کانال‌ها، اثر مؤلفه‌های عرضی سرعت روی جریان است، که بارزترین این اثرات را می‌توان ایجاد سلول‌های جریان ثانویه دانست. روش‌های کنونی محاسباتی کانال‌ها اثر جریان‌های میانگین عرضی و متعاقباً توزیع نیروهای هیدرودینامیکی موجود روی پیرامون مرطوب را در نظر نمی‌گیرد و این یکی از مهمترین دلایل تغییر شکل مقطع عبوری، کاهش قابلیت اعتماد عملکرد و ظرفیت کانال‌ها است. در این پژوهش به بررسی این نوع جریان‌ها در سه بخش تجربی، تحلیلی و عددی پرداخته خواهد شد.

کلمات کلیدی: سلول‌های جریان ثانویه، روش‌های تجربی، روش‌های تحلیلی، روش‌های عددی یا CFD، نرم‌افزار محاسباتی ANSYS CFX.

### ۱. مقدمه

از آنجایی که کاهش ظرفیت کانال‌های انتقال آب منجر به کاهش منابع آب قابل دسترس استفاده‌کنندگان و در نتیجه افت قابل توجه منابع اقتصادی می‌شوند، میزان توجه به انتخاب شرایط کانال‌های انتقال آب یکی از عوامل مؤثر در اعتبار بخشی به سیستم‌های مدیریت آب محسوب می‌شود. بنابراین بررسی شرایط جریان در کانال‌ها، در این راستا و با این هدف مدنظر بوده و از جمله شرایط و مسائلی که در این بررسی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، اثر سلول‌های جریان ثانویه می‌باشد. O. F. Vasil'ev یکی از مهمترین مسائل هیدرودینامیکی را در کانال‌های بزرگ بدون پوشش، مطالعه‌ی تشکیل جریان‌های ثانویه با توجه به فرسایش بستر، شیب جانبی و انتقال رسوب در مقطع عبوری کانال معرفی می‌کند. روش‌های محاسباتی کانال‌ها در حال حاضر اثر جریان‌های میانگین عرضی و متعاقباً توزیع نیروهای هیدرودینامیکی موجود روی پیرامون مرطوب را در نظر نمی‌گیرد و این یکی از مهمترین دلایل تغییر شکل مقطع عبوری، کاهش قابلیت اعتماد عملکرد کانال‌ها و ظرفیت آنها است [۱]. تومیناگا و همکاران (۱۹۷۹)، بررسی جریان‌های ثانویه در مهندسی هیدرولیک در جریان کانال‌های روباز را به دلیل اثر این جریان‌ها روی میدان جریان میانگین اصلی، قانون اصطکاک، تشکیل اشکال سه‌بعدی بستر از قبیل نوارهای شنی و انتقال رسوب سه‌بعدی با اهمیت می‌دانند [۲]. در ادامه پس از معرفی جریان‌های ثانویه، اثرات آن روی جریان مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت پس از معرفی روش‌های بررسی این نوع جریان، نتایج حاصل از این بررسی‌ها ارائه و با نتایج عددی حاصل از نرم‌افزار ANSYS CFX مقایسه می‌گردد.

### ۲. جریان‌های ثانویه و اثرات آن روی جریان اصلی

جریان‌های ثانویه جریان‌هایی هستند که در صفحه مقطع جریان و یا حول محوری عمود بر صفحه‌ی مقطع جریان به وجود می‌آیند. اینگونه جریان‌ها در انحنا به جریان‌های ثانویه قوی موسوم می‌باشند ولی در کانال‌های بدون انحنا در پلان نیز، به جهت تاثیر زبری جدار و نامنظمی مقطع، جریان‌های ثانویه‌ی ضعیف ایجاد می‌گردند [۳]. علت ایجاد جریان‌های عرضی در جریان طولی یکنواخت ناهمسانی تنش‌های رینولدز و به طور اساسی مؤلفه‌های