



طراحی و ساخت شناورهای Gps برای بررسی سرعت جریان سطحی در مجاری روباز

مهدی عزیزیان^۱، بهنام شفیعی ثابت^{۲*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، گرایش سازه های آبی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲. استادیار گروه مهندسی آب، گرایش سازه های هیدرولیکی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷

صفحات: ۶۵-۵۷

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

چکیده

اندازه گیری سرعت جریان در تخمین دیگر پارامترهای هیدرولیکی جریان نظیر دبی و رسوب گذاری اهمیت دارد. در دهه های اخیر، برآورد سرعت جریان در مجاری روباز توجه بسیاری از محققین را به خود معطوف داشته است. از آنجاکه روش های اندازه گیری سرعت جریان در مجاری روباز عملاً پرهزینه بوده و به ندرت مورد استفاده قرار گرفته، در این تحقیق با طراحی شناورهای Gps ارزان قیمت با اندازه های مختلف در اشکال استوانه ای و کروی، سرعت جریان در مجاری روباز بررسی شده است. برای اندازه گیری سرعت از Gps و کرنومتر و متر نواری استفاده شد که مقایسه نتایج حاصل با یکدیگر اختلاف اندک این دو وسیله را در برآورد مقدار سرعت نشان داد. این شناورها که مشخصات حرکت آنها از راه دور قابل مشاهده است، برای استفاده در مجاری روباز در بازه های زمانی چند دقیقه ای تا چند ساعته به کار گرفته شده اند. نتایج حاصل از دو اندازه گیری میدانی شناورهای Gps یکی در کانال آب واقع در آقا سید شریف شفت و دیگری نهی طبیعی واقع در ماکلون فومن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. هزینه ساخت این شناورها نسبت به سایر ابزارهای اندازه گیری سرعت جریان بسیار ارزان تر بوده و از دقت خوبی برخوردار بودند. با توجه به سهولت استفاده از این شناورها، می توان از آنها برای اندازه گیری سرعت جریان سطحی در مجاری روباز استفاده کرد.

کلمات کلیدی: اندازه گیری جریان، شناورهای لاگراژی، سرعت جریان سطحی، سرعت سنجی.

مقدمه

سرعت آب کمیته ای است که معمولاً به صورت روزانه یا در دوره های زمانی کوتاه مدت اندازه گیری می شود. اندازه گیری سرعت متوسط آب در یک رودخانه از این جهت حائز اهمیت است که با معلوم بودن آن و اندازه گیری سطح مقطع رودخانه می توان مقدار دبی را به دست آورد. برای اندازه گیری سرعت آب از ابزارهای مختلفی مانند روزنه، سرریز، دریچه، مولینه به طور غیرمستقیم و سرعت سنج اولتراسونیک، جسم شناور و غیره به طور مستقیم استفاده می شود. هر یک از این ابزارها دقت، محاسن و معایبی دارند که در موقع انتخاب باید مورد توجه قرار گیرد (شاهرخ نیا، ۱۳۹۵).

یکی از ابزارهای اندازه گیری جریان ADCP^۲ است که به طور معمول در کف دریا مستقر شده یا در زیر قایق متصل است و سیگنال صوتی را درون ستون آب می فرستد. با مشخص شدن فراوانی سیگنال برگشتی، مسافت طی شده و مدت زمان لازم برای عبور سیگنال، سرعت و جهت جریان محاسبه می شود. در سال های اخیر برای اندازه گیری سرعت جریان در

* نویسنده مسئول: بهنام شفیعی ثابت Email: shafiei@guilan.ac.ir

^۲ Acoustic Doppler Current Profiler

دریاها، از یک Drifter شبیه به یک شناور مجهز به فناوری سیستم موقعیت‌یابی جهانی با ارتباطات ماهواره‌ای استفاده شده که قادر است داده‌ها و اطلاعات را انتقال دهد. این شناور می‌تواند در مدت‌زمان طولانی برای اندازه‌گیری جریان‌های دریایی تا عمق خاصی به زیر آب فرو رود. سپس این شناور گاه‌به‌گاه به سطح جریان آمده تا سیگنالی را با داده‌ها و موقعیت خود برای ناظران در خشکی بفرستد (Muste et al., 2004).

GPS یک سیستم ناوبری رادیویی در سطح جهانی است که از صورت فلکی ۲۴ ماهواره تشکیل شده است که در هر زمان ۸ عدد از ماهواره‌ها استفاده می‌شود تا موقعیت گیرنده تعیین شود. GPS به ابزاری سریع و کارآمد و مرجع پایه مکان-یابی برای بسیاری از کاربردهای محیطی تبدیل شده است. دقت سیستم موقعیت‌یاب جهانی تحت تأثیر چندین متغیر قرار دارد. همچنین تعداد ماهواره‌های در دسترس برای تعیین موقعیت نقاط حائز اهمیت است. حداقل ۴ ماهواره برای به دست آوردن موقعیت سه‌بعدی نقاط موردنیاز است. به‌علاوه موقعیت هندسی ماهواره‌ها نسبت به هم و موقعیت گیرنده بر کیفیت مثلث‌بندی تأثیر می‌گذارد (Witte & Wilson, 2004).

با توجه به اهمیت برآورد سرعت جریان و سهولت تعیین آن با استفاده از شناورهای GPS، محققین متعددی توجه مطالعات خود را در بررسی این زمینه معطوف نموده‌اند.

Johnson و Pattiaratchi با استفاده از شناوری لاگرانژی که مجهز به موقعیت‌یاب جهانی (GPS) بود، سرعت جریان را اندازه‌گیری کردند. شناورهای ردیاب جریان عمده‌تاً در اقیانوس‌های عمیق و دریاچه‌های بزرگ به کار گرفته شده‌اند (Johnson & Pattiaratchi, 2004). برخی از آن‌ها در محیط‌های کوچک‌تر مانند مناطق ساحلی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. آن‌ها یک سری کلاهک کوچک به شکل چتر را به شناور خود متصل کردند که مانع از غرق شدن شناور در امواج آب شود. این شناورها طرحی ساده داشته و با هزینه کم، دقت مناسبی در مقایسه با سرعت‌سنج ADCP داشتند. Spydell و همکاران برای اندازه‌گیری سرعت جریان سطحی از GPS غیر دیفرانسیلی در شناور خود استفاده کردند (Spydell et al., 2007). نتایج نشان داد که این شناورهای ساده و ارزان‌قیمت، سرعت جریان سطحی را به‌درستی برآورد کرده‌اند. Manning و همکاران سرعت آب‌های ساحلی را با استفاده از پنج شناور لاگرانژی غیر دیفرانسیلی بررسی کردند. نتایج نشان داد که این شناورها دقت قابل قبولی نسبت به دستگاه ADCP دارند (Manning et al., 2008). شفیعی ثابت و بارانی از یک شناور GPS کوچک، ساده و ارزان‌قیمت برای اندازه‌گیری سرعت جریان ساحلی در دریای خزر استفاده کردند. نتایج حاصل از این اندازه‌گیری توانایی مناسب این شناور کوچک را در برابر شناورهای بزرگ و پیچیده‌تر نشان داد (Shafiei Sabet & Barani, 2011). Subbaraya و همکاران با استفاده از شناورهای ردیاب GPS، سرعت انتشار آلودگی را در سواحل لس‌آنجلس آمریکا بررسی کردند. این شناورها معمولاً غیرفعال بوده به این معنی که محرک‌هایی برای شروع حرکت نداشتند و توسط جریان‌های اقیانوسی رانده می‌شدند آن‌ها برای بررسی صحت نتایج اندازه‌گیری، از سرعت عبور آلودگی در یک خط لوله استفاده نموده و الگوهای گردش جریان را موردبررسی قرار دادند (Subbaraya et al., 2016). Lavrova و همکاران برای اندازه‌گیری میدانی جریان‌های ساحلی از شناورهای کوچک لاگرانژی استفاده کردند. این اندازه‌گیری‌ها هم‌زمان با تصویربرداری ماهواره-ای و سنسورهای OLCI انجام شدند (Lavrova et al., 2019).

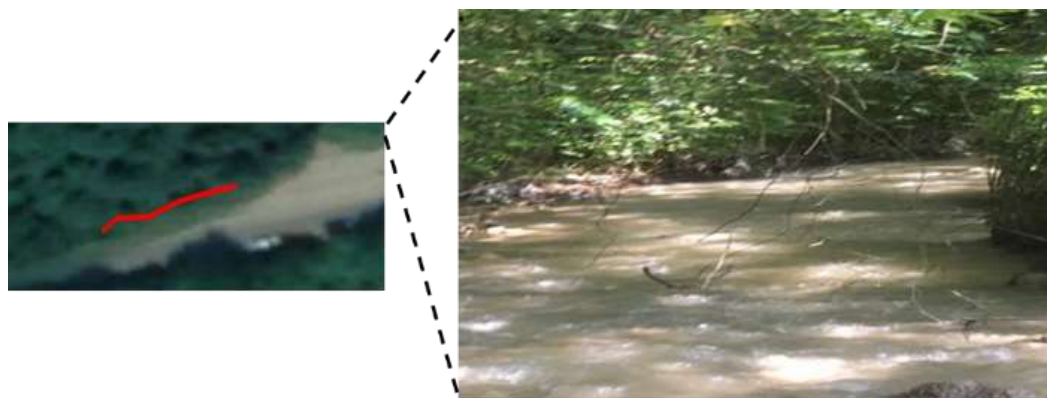
با توجه به اهمیت این موضوع، هدف از تحقیق حاضر اندازه‌گیری سرعت جریان سطحی در مجاری روباز با استفاده از شناورهای GPS می‌باشد. مشخصات جریان به‌صورت لحظه‌ای اندازه‌گیری شده است. همچنین نقش اندازه و شکل شناور-های GPS در برآورد سرعت جریان سطحی در مجاری روباز موردبررسی قرار گرفته است.

موقعیت منطقه مورد بررسی

اندازه‌گیری‌ها در بخشی از کانال روباز بتنی واقع در روستای آقا سید شریف شهرستان شفت با عمق تقریبی جریان برابر با ۱۲۰ سانتی‌متر (مختصات جغرافیایی، ۴۹/۳۱۲۰۳۹ و ۳۷/۱۰۵۱۲۱) و نهر طبیعی واقع در روستای ماکلوان از توابع شهرستان فومن با عمق تقریبی جریان برابر با ۵۰ سانتی‌متر (مختصات جغرافیایی، ۴۹/۰۹۰۶۰۸ و ۳۷/۱۰۴۸۴۰) می‌باشد. مسیر حرکت شناورها در مجاری مورد اشاره در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است.



شکل (۱): مسیر حرکت شناورهای GPS در کانال روباز بتنی واقع در روستای آقا سید شریف



شکل (۲): مسیر حرکت شناورهای GPS در نهر آب واقع در روستای ماکلوان

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین سرعت جریان در کانال بتنی و نهر طبیعی به ترتیب یک بازه ۱۰۰ و ۵۰ متری از آن‌ها در نظر گرفته شده است. در اندازه‌گیری سرعت از پنج محفظه از جنس پلاستیک با اشکال استوانه و کروی در اندازه‌های مختلف استفاده شده است (شکل ۳). در محفظه‌ها گیرنده GPS گارمین مدل S62 و تریکر مدل GT102 کار گذاشته شده است (شکل ۴). GPS گارمین مدل S62 با ابعاد ۱/۶×۱/۶×۳/۶ سانتی‌متر و وزن ۲۴۸ گرم است باتری این Gps از نوع 2AA بوده که قادر است تا ۲۰ ساعت آماده به کار باشد و قابلیت ثبت ۱۰۰۰۰ نقطه را دارد. تریکر مدل GT102 یک Gps آنلاین است و با استفاده از سیم کارت موقعیت و سرعت را به طور لحظه‌ای مخابره می‌کند. این Gps دارای ابعاد ۲×۵×۷ سانتی‌متر، وزن ۶۰ گرم، فرکانس ۱۹۰۰/۱۸۰۰/۹۰۰/۸۵۰ مگاهرتز، دقت مکانی تا ۵ متر و فاصله زمانی ارسال ۱۰ ثانیه است. همچنین باتری این Gps از نوع لیتیومی با ظرفیت ۱۰۰۰ میلی‌آمپر ساعت که قادر است ۲۴ ساعت آماده به کار باشد. این محفظه‌ها طوری

طراحی و ساخت شناورهای Gps برای بررسی سرعت جریان سطحی در مجاری روباز

طراحی شده‌اند که بخش عمده‌ای از حجم آن‌ها در داخل آب به‌صورت غوطه‌ور قرار گیرد. به این منظور برای به وزن رساندن شناورها از مقداری شن و ماسه و وزنه آهنی همگن استفاده شد تا وزن مخصوص شناورها به‌گونه‌ای تنظیم شود که کاملاً در آب فرو نروند و حدود ۲ سانتی‌متر از آن‌ها برای دیده شدن بیرون از آب قرار گیرد. مشخصات کلی این شناورها به‌صورت خلاصه در جدول (۱) نشان داده شده است.



شکل (۳): (الف) شناورهای کروی. (ب) شناورهای استوانه‌ای



شکل (۴): دستگاه‌های Gps مورد استفاده. (الف) تریکر مدل GT102 (ب) گارمین مدل S62

جدول (۱): مشخصات کلی شناورها

وزن کلی شناور (gr)	وزن محفظه (gr)	حجم غوطه‌ور (m ³)×10 ³	حجم کلی (m ³)×10 ³	قطر (cm)	ارتفاع (cm)	شناورهای GPS
۱۱۶۳	۱۰۷	۱/۸۴۶	۲/۱۵۴	۱۴	۱۴	استوانه بزرگ
۶۲۴	۶۵	۱/۱۳۰	۱/۳۵۶	۱۲	۱۲	استوانه متوسط
۳۳۳	۴۳	۰/۶۲۸	۰/۷۸۵	۱۰	۱۰	استوانه کوچک
۱۱۸۰	۶۰	۲/۹۴۶	۳/۰۵۲	۱۸	-	کره بزرگ
۱۸۶	۱۱	۰/۲۲۶	۰/۲۶۸	۸	-	کره کوچک

پس از انتخاب مجاری قسمتی از کانال یا نهر طبیعی که رهاسازی و جمع‌آوری شناورهای GPS امکان‌پذیر باشد، در نظر گرفته‌شد. نقطه رهاسازی علامت‌گذاری شده و طول مسیری که تا نقطه پایان (جمع‌آوری شناورها) توسط شناورها پیموده می‌شود، با متر نواری اندازه‌گیری شده است. بعد از مشخص شدن محدوده پیمایش شناورها، همه محفظه‌ها را روی اهرم رهاسازی (شکل ۵) قرار داده و هم‌زمان کرنومتر شروع به کار کرده و زمان طی شده برای رسیدن هر یک از محفظه‌ها به نقطه پایانی محدوده پیمایش به‌وسیله کرنومتر ثبت‌شده است. پس از انجام اندازه‌گیری‌ها، داده‌ها با اتصال GPS به کامپیوتر منتقل شده و سرعت جریان برآورد شده است.

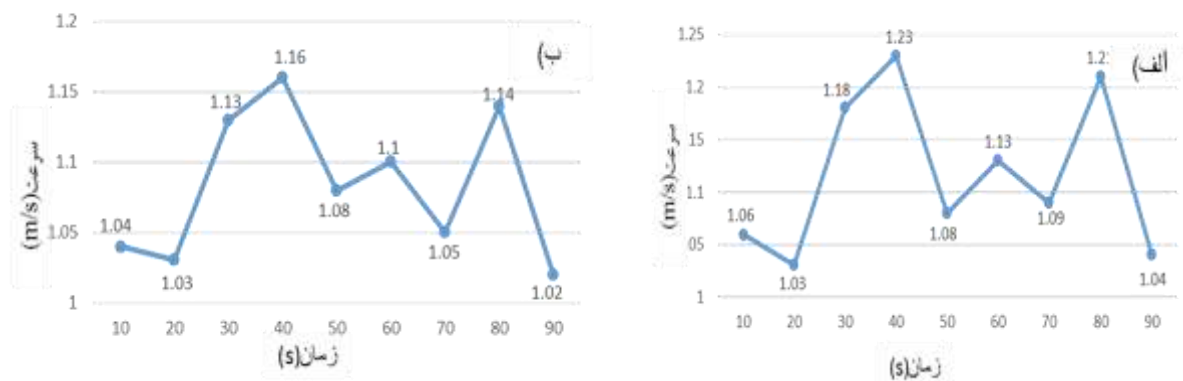


شکل (۵): اهرم رهاسازی مورد استفاده در این تحقیق

نتایج و بحث

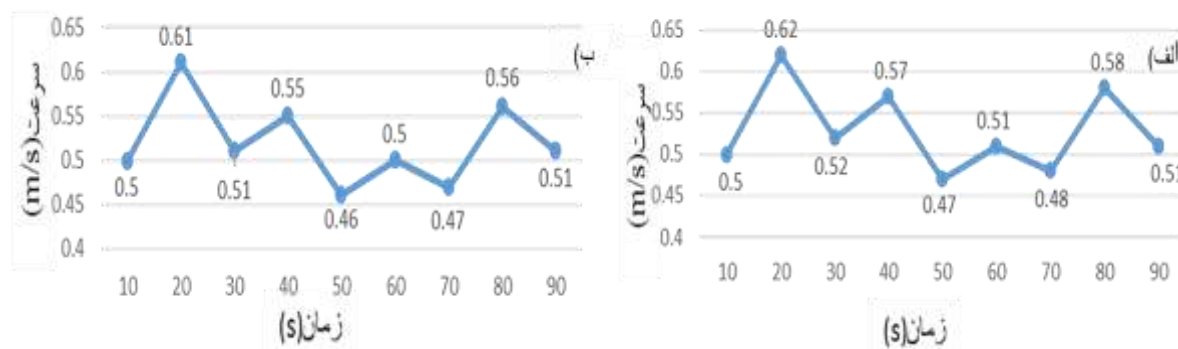
نتایج برآورد سرعت جریان در کلیه شناورها بسیار نزدیک به هم بوده لذا برای مقایسه، نتایج مربوط به شناور استوانه‌ای متوسط و شناور کروی بزرگ به‌عنوان نمونه تجزیه و تحلیل شده است. در نمودارهای شکل‌های ۶-الف و ۶-ب تغییرات سرعت لحظه‌ای جریان در کانال بتنی که به‌وسیله شناور استوانه‌ای متوسط و شناور کروی بزرگ اندازه‌گیری شده، نشان

داده شده است. حداقل و حداکثر سرعت لحظه‌ای اندازه‌گیری شده به وسیله شناور استوانه‌ای نمونه به ترتیب برابر با $1/0.3$ و $1/2.3$ متر بر ثانیه و سرعت متوسط برابر با $1/1.3$ متر بر ثانیه است. حداقل و حداکثر سرعت لحظه‌ای اندازه‌گیری شده به وسیله شناور کروی نمونه به ترتیب $1/0.2$ و $1/1.6$ متر بر ثانیه و سرعت متوسط برابر با $1/0.9$ متر بر ثانیه است. مقایسه سرعت شناورها در کانال بتنی نشان داده است که روند تغییرات سرعت مشابه بوده و بیشترین و کمترین مقادیر سرعت در موقعیت مشخصی در طول کانال به وسیله هر دو شناور ثبت شده است. با توجه به قدمت بنای کانال و ورود جریان‌های ناشی از بارندگی به داخل کانال در فصول پرباران در طول بازه انتخابی، رسوب‌گذاری غیریکنواخت در کف کانال می‌تواند باعث غیریکنواختی تجمع رسوب در طول کانال شده و تغییرات سرعت در طول کانال می‌تواند به غیریکنواختی عمق جریان در طول کانال مربوط باشد. همچنین با توجه به این که مقدار اختلاف سرعت خیلی کم است عوامل هیدرولیکی نظیر سرعت جانبی جریان، می‌تواند زمینه‌ساز این نتایج باشد.



شکل (۶): تغییرات سرعت لحظه‌ای در کانال بتنی، الف) شناور استوانه‌ای نمونه ب) شناور کروی نمونه

در نمودارهای شکل‌های ۷-الف و ۷-ب تغییرات سرعت لحظه‌ای جریان در نهر طبیعی که به وسیله شناور استوانه‌ای متوسط و شناور کروی بزرگ به عنوان نمونه اندازه‌گیری شده، نشان داده شده است. حداقل و حداکثر مقدار سرعت لحظه‌ای اندازه‌گیری شده به وسیله شناور استوانه‌ای نمونه برابر با $0/47$ و $0/62$ متر بر ثانیه و سرعت متوسط برابر با $0/55$ متر بر ثانیه است. حداقل و حداکثر سرعت لحظه‌ای اندازه‌گیری شده به وسیله شناور کروی نمونه برابر با $0/46$ و $0/61$ متر بر ثانیه و سرعت متوسط برابر با $0/54$ متر بر ثانیه است. در نهر طبیعی نیز مقایسه سرعت بین شناورها همانند کانال بتنی بوده و در موقعیتی مشابه بیشترین و کمترین مقدار سرعت حاصل شده است. علت تغییرات سرعت در طول مسیر را می‌توان به تغییرات مقطع عرضی و رسوب‌گذاری غیریکنواخت در بازه طولی انتخابی نسبت داد.



شکل (۷): تغییرات سرعت لحظه‌ای در نهر طبیعی، الف) شناور استوانه‌ای نمونه ب) شناور کروی نمونه

در جداول ۲-الف و ۲-ب سرعت متوسط هر یک از شناورها در آزمون‌های متوالی که به‌وسیله کرنومتر ثبت شده، در کانال بتنی و نهر طبیعی نشان داده شده است. در این جداول مقایسه سرعت جریان بین شناورهای استوانه‌ای و کروی در کانال بتنی و نهر طبیعی نشان داده شده است. حداکثر اختلاف در سرعت متوسط طی آزمون‌های متوالی، مربوط به شناور استوانه‌ای بزرگ و شناور کروی کوچک است به‌طوری‌که در آزمون اول در کانال بتنی این اختلاف ۹ درصد و در نهر طبیعی ۶/۷ درصد می‌باشد. همچنین حداقل اختلاف سرعت متوسط در آزمون‌های متوالی مربوط به شناور استوانه‌ای بزرگ و شناور کروی بزرگ است به‌طوری‌که اختلاف سرعت متوسط در این دو شناور کمتر از ۴ درصد بوده است. در آزمون چهارم در کانال بتنی و آزمون پنجم در نهر طبیعی اختلاف سرعت متوسط بسیار ناچیز و نزدیک به صفر می‌باشد. بررسی نتایج نشان داد سرعت شناورهای با اندازه کوچک غالباً از شناورهای با اندازه بزرگ بیشتر است. علت را می‌توان به توزیع سرعت جریان در عمق نسبت داد؛ با توجه به این‌که قسمت عمده سطح در تماس با جریان شناورهای با اندازه کوچک در لایه فوقانی جریان که سرعت بیشتری دارد قرار می‌گیرد، نتایج حاصل قابل قبول به نظر می‌رسد. برای برآورد سرعت جریان شناورهای ساخته شده مجهز به دستگاه Gps بودند و نتایج سرعت لحظه‌ای جریان به‌وسیله این دستگاه به دست آمد؛ بنابراین برای کنترل صحت نتایج به‌دست آمده به‌وسیله Gps، سرعت متوسط جریان نیز به‌وسیله کرنومتر تعیین شد که حداکثر اختلاف سرعت متوسط به‌دست آمده به‌وسیله Gps و کرنومتر برابر با ۷ درصد بود و از مزایای Gps نسبت به کرنومتر برآورد سرعت در هر لحظه از حرکت است. به‌طور کلی از مزایای این روش می‌توان به ارزان بودن، نحوه کار آسان و همچنین اندازه‌گیری سرعت جریان سطحی در طول مسیر اشاره کرد که نسبت به Adcp حسن بزرگ این روش را نشان می‌دهد و از نقاط ضعف این روش نیز می‌توان به خطایی که ناشی از دقت فاصله زمانی و مکانی Gps است که تأثیر ناچیزی در برآورد سرعت جریان دارد و همچنین عدم اندازه‌گیری سرعت جریان در عمق اشاره کرد.

جدول (۲-الف): سرعت متوسط هر یک از شناورها در آزمون‌های متوالی در کانال بتنی (m/s)

شناور	آزمون ۱	آزمون ۲	آزمون ۳	آزمون ۴	آزمون ۵
استوانه بزرگ	۱/۰۱	۱/۰۱	۱/۰۶	۰/۹۵	۱/۰۲
استوانه متوسط	۱/۰۴	۱/۰۶	۱/۰۴	۰/۹۸	۱/۱
استوانه کوچک	۱/۰۷	۱/۰۷	۱/۱۰	۱/۰۲	۱/۰۷
توپ بزرگ	۰/۹۹	۱/۰۰	۱/۰۲	۰/۹۵	۰/۹۸
توپ کوچک	۱/۱	۱/۰۸	۱/۱۱	۱/۰۵	۱/۱۱

جدول (۲-ب): سرعت متوسط هر یک از شناورها در آزمون‌های متوالی در نهر طبیعی (m/s)

شناور	آزمون ۱	آزمون ۲	آزمون ۳	آزمون ۴	آزمون ۵	آزمون ۶	آزمون ۷	آزمون ۸	آزمون ۹	آزمون ۱۰
استوانه بزرگ	۰/۵۹	۰/۶۱	۰/۶۲	۰/۶۶	۰/۷۱	۰/۶۰	۰/۶۴	۰/۵۸	۰/۶۴	۰/۵۳
استوانه متوسط	۰/۶۱	۰/۶۲	۰/۶۴	۰/۷۱	۰/۷۰	۰/۶۲	۰/۶۷	۰/۶۰	۰/۷۱	۰/۵۵
استوانه کوچک	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۷	۰/۷۴	۰/۷۷	۰/۶۵	۰/۶۸	۰/۶۴	۰/۷۲	۰/۵۸
کره بزرگ	۰/۵۸	۰/۵۹	۰/۶۰	۰/۶۸	۰/۷۱	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۵۵	۰/۶۱	۰/۵۲
کره کوچک	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۹	۰/۷۳	۰/۸۰	۰/۶۵	۰/۷۰	۰/۶۶	۰/۷۱	۰/۵۶

نتیجه‌گیری

در این تحقیق برای برآورد سرعت جریان در مجاری روباز از شناورهای Gps با اشکال استوانه‌ای در سه اندازه و کروی در دو اندازه استفاده شده است. اندازه‌گیری‌ها در یک کانال بتنی مستقیم و یک نهر طبیعی دارای انحنا کم جریان انجام شده است. نتایج نشان داد اندازه و شکل این شناورها تأثیر کمی در اندازه‌گیری سرعت جریان داشته و می‌توان از همه شناورها برای اندازه‌گیری سرعت جریان در مجاری روباز استفاده کرد. اندازه‌گیری‌ها نشان داد سرعت جریان در طول مسیر یکسان نبوده و می‌توان از این شناورها برای اندازه‌گیری سرعت جریان در طول مسیر استفاده کرد؛ هم‌چنین سرعت متوسط به‌دست‌آمده به‌وسیله شناورهای مجهز به GPS بسیار نزدیک به سرعت متوسط به‌دست‌آمده به‌وسیله کرنومتر و متر نواری بوده است. با توجه به هزینه بسیار کمتر استفاده از شناورهای GPS در اندازه‌گیری سرعت جریان نسبت به سایر دستگاه‌های اندازه‌گیری، می‌توان نتایج حاصله را رضایت‌بخش محسوب نمود.

منابع

۱. شاهرخ نیا، م. ع. (۱۳۹۵). معرفی ابزارهای اندازه‌گیری سرعت آب‌های آبیاری، نشریه فنی-شماره ۴۳.
2. Johnson D. and Pattiaratchi C. (2004). *Modelling and validation of surfzone drifters*. Coastal engineering, 51(5-6), 455-471.
3. Lavrova O. Y., Soloviev D. M., Strochkov A. Y., Nazirova K. R., Krayushkin E. V. and Zhuk E. V. (2019). *The use of mini-drifters in coastal current measurements conducted concurrently with satellite imaging*, Issledovanie Zemli iz Kosmosa, (5), 36-49.
4. Manning J. P., McGillicuddy D. J., Pettigrew N., Churchill J. H. and Incze L. (2008). *Drifter observations of Maine coastal current drift*. Continental Shelf Res, 10.
5. Muste M., Yu K. and Spasojevic M. (2004). *Practical aspects of ADCP data use for quantification of mean river flow characteristics Part I: Moving-vessel measurements*. Flow measurement and instrumentation, 15(1), 1-16.
6. Shafiei Sabet B. and Barani G. A. (2011). *Design of small GPS drifters for current measurements in the coastal zone*. Ocean and coastal management, 54(2), 158-163.
7. Spydell M., Feddersen F., Guza R. T. and Schmidt W. E. (2007). *Observing surf-zone dispersion with drifters*. Journal of Physical Oceanography, 37(12), 2920-2939.
8. Subbaraya S., Breitenmoser A., Molchanov A., Muller J., Oberg C., Caron D. A. and Sukhatme G. S. (2016). *Circling the seas. Design of lagrangian drifters for ocean monitoring*. IEEE robotics and automation magazine, 23(4), 42-53.
9. Witte T. and Wilson A. (2004). *Accuracy of non-differential GPS for the determination of speed over ground*. Journal of biomechanics, 37(12), 1891-1898.

Design and construction of GPS vessels to investigate surface flow velocities in open channels

Mahdi Azizian¹, Behnam Shafie Sabet^{*2}

1. M.Sc. student, Water Engineering Department, Gilan University, Rasht, Iran.
2. *Assistant professor, Water Engineering Department, Gilan University, Rasht, Iran.

Received: 2021/08

Accepted: 2021/10

Abstract

Flow rate measurement is important in estimating other hydraulic flow parameters such as discharge and sedimentation. In recent decades, estimating flow velocity in open channels has attracted the attention of many researchers. Since flow velocity measurement methods in open channels are practically expensive and rarely used, in this study, by designing inexpensive GPS vessels with different sizes in cylindrical shapes and Spherical, velocity flow in open channels was investigated. GPS, stopwatch, and tape measure were used to measure the velocity, and comparing the results of these tools with each other showed a slight difference between the devices in estimating the velocity value. These vessels were used for open channels with several minutes to several hours intervals. The results of two field measurements of GPS vessels were analyzed, one in the water channel located in Agha Seyed Sharif Shaft and the other in a natural stream located in Fouman. The cost of construction of these vessels was much cheaper than other flow velocity measuring instruments and they had good accuracy.

Keywords: Flow Measurement, Lagrange Method, Surface flow velocity, Velocity Measurement

* Corresponding Author Email: shafiei@guilan.ac.ir