



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

مهری عزیزان^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: ۵۷-۶۵

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

چکیده

اندازه‌گیری سرعت جریان در تخمین دیگر پارامترهای هیدرولیکی جریان نظیر دبی و رسوب‌گذاری اهمیت دارد. در دهه‌های اخیر، برآورد سرعت جریان در مجاري روباز توجه بسیاری از محققین را به خود معطوف داشته است. از آنجاکه روش‌های اندازه‌گیری سرعت جریان در مجاري روباز عملاً پرهزینه بوده و بهندرت مورداستفاده قرار گرفته، در این تحقیق با طراحی شناورهای Gps ارزان‌قیمت با اندازه‌های مختلف در اسکال استوانه‌ای و کروی، سرعت جریان در مجاري روباز بررسی شده است. برای اندازه‌گیری 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 مجاري روباز در بازه‌های زمانی چنددقیقه‌ای تا چند ساعت به کار گرفته شده‌اند. نتایج حاصل از دو اندازه‌گیری میدانی شناورهای Gps یکی در کanal آب واقع در آقا سید شریف شفت و دیگری نهری طبیعی واقع در ماکلوان فومن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. هزینه ساخت این شناورها نسبت به سایر ابزارهای اندازه‌گیری سرعت جریان بسیار ارزان‌تر بوده و از دقت خوبی برخوردار بودند. با توجه به سهولت استفاده از این شناورها، می‌توان از آن‌ها برای اندازه‌گیری سرعت جریان سطحی در مجاري روباز استفاده کرد.

کلمات کلیدی: اندازه‌گیری جریان، شناورهای لاغرانژی، سرعت جریان سطحی، سرعت سنجی.

مقدمه

سرعت آب کمیتی است که معمولاً به صورت روزانه یا در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت اندازه‌گیری می‌شود. اندازه‌گیری سرعت متوسط آب در یک رودخانه از این جهت حائز اهمیت است که با معلوم بودن آن و اندازه‌گیری سطح مقطع رودخانه می‌توان مقدار دبی را به دست آورد. برای اندازه‌گیری سرعت آب از ابزارهای مختلفی مانند روزنه، سرریز، دریچه، مولینه به طور غیرمستقیم و سرعت‌سنج اولتراسونیک، جسم شناور و غیره به طور مستقیم استفاده می‌شود. هر یک از این ابزارها دقت، محسن و معایبی دارند که در موقع انتخاب باید مورد توجه قرار گیرد (شاھرخ نیا، ۱۳۹۵).

یکی از ابزارهای اندازه‌گیری 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 می‌فرستد. با مشخص شدن فراوانی سیگنال برگشتی، مسافت طی شده و مدت زمان لازم برای عبور سیگنال، سرعت و جهت جریان محاسبه می‌شود. در سال‌های اخیر برای اندازه‌گیری سرعت جریان در

¹*Email: shafiei@guilan.ac.ir

² Acoustic Doppler Current Profiler

دریاها، از یک Drifter شبیه به یک شناور مجهز به فناوری سیستم موقعیت یابی جهانی با ارتباطات ماهواره‌ای استفاده شده که قادر است داده‌ها و اطلاعات را انتقال دهد. این شناور می‌تواند در مدت زمان طولانی برای اندازه‌گیری جریان‌های دریایی تا عمق خاصی به زیرآب فرو رود. سپس این شناور گاه به گاه به سطح جریان آمده تا سیکنالی 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 موقعیت یاب 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 مورد نیاز است. به علاوه 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 لاغرانژی که مجهز به موقعیت یاب جهانی (GPS) بود، سرعت جریان را اندازه‌گیری کردند. شناورهای ردیاب جریان عمده‌ای در اقیانوس‌های عمیق و دریاچه‌های بزرگ به کار گرفته شده‌اند (Johnson & Pattiaratchi, 2004). برخی از آن‌ها در محیط‌های کوچک‌تر مانند مناطق ساحلی مورداستفاده 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 ارزان قیمت، سرعت جریان سطحی را به درستی برآورد کرده‌اند. Manning و همکاران سرعت آبهای ساحلی را با استفاده از پنج شناور لاغرانژی 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 ارزان قیمت 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 لس آنجلس 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 موردنبررسی قرار دادند (Subbaraya et al., 2016). Lavrova و همکاران برای اندازه‌گیری میدانی جریان‌های ساحلی از شناورهای کوچک لاغرانژی استفاده کردند. این اندازه‌گیری‌ها همزمان با تصویربرداری ماهواره‌ای 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 به صورت لحظه‌ای اندازه‌گیری شده است. همچنین نقش اندازه و شکل شناورهای GPS در برآورد سرعت جریان سطحی در مجاری روباز موردنبررسی قرار گرفته است.

موقعیت منطقه مورد بررسی

اندازه‌گیری‌ها در بخشی از کanal روباز بتی 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 مورداشاره در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است.



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



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

مواد و روش‌ها

به‌منظور تعیین سرعت جریان در کanal بتی 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 ۱۶×۶×۳ سانتی‌متر و وزن ۲۴۸ گرم است با تری 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 سیم‌کارت موقعیت و سرعت را به طور لحظه‌ای مخابره می‌کند. این Gps دارای ابعاد ۵×۷×۲ سانتی‌متر، وزن ۶۰ گرم، فرکانس ۸۵۰/۸۰۰/۹۰۰/۱۸۰۰ مگاهرتز، دقت مکانی تا ۵ متر و فاصله زمانی ارسال ۱۰ ثانیه است. همچنین با تری 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 عمداتی از حجم آن‌ها در داخل آب به صورت 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 به صورت خلاصه در جدول (۱) نشان داده شده است.



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



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

جدول (۱): مشخصات کلی شناورها

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

پس از انتخاب مجاری قسمتی از کanal یا نهر طبیعی که رهاسازی و جمع‌آوری شناورهای Gps امکان‌پذیر باشد، در نظر گرفته شد. 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 ثبت شده است. پس از انجام اندازه‌گیری‌ها، داده‌ها با اتصال GPS به کامپیوتر منتقل شده و سرعت جریان برآورد شده است.



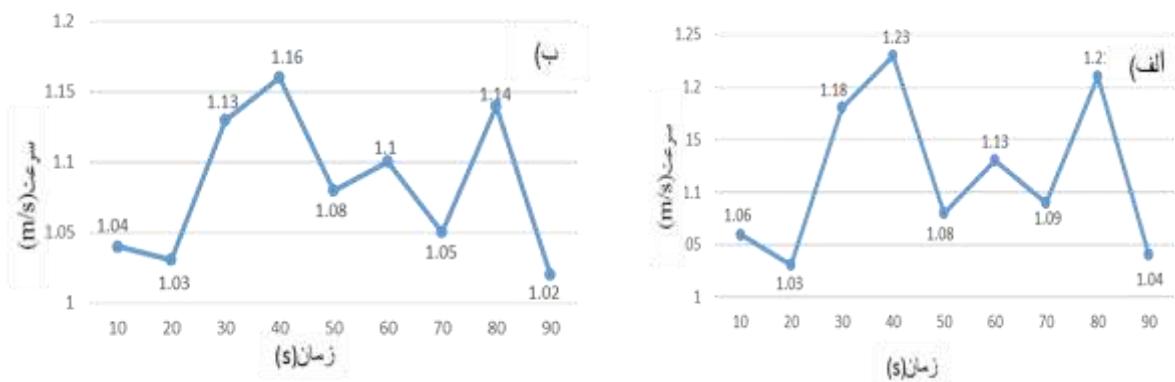
شکل (۵): اهرم رهاسازی مورد استفاده در این تحقیق

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 به عنوان نمونه تجزیه و تحلیل شده است. در نمودارهای شکل‌های ۶-الف و ۶-ب تغییرات سرعت لحظه‌ای جریان در کanal بتنی که بهوسیله شناور استوانه‌ای متوسط و شناور کروی بزرگ اندازه‌گیری شده، نشان

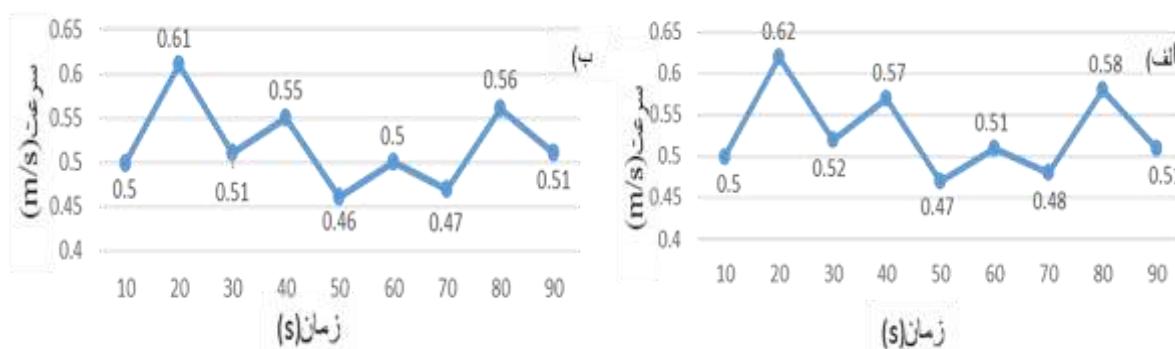
طراحی و ساخت شناورهای Gps برای بررسی سرعت جریان سطحی در مجاوری روباز

داده شده است. حداقل و حداکثر سرعت لحظه‌ای اندازه‌گیری شده بهوسیله شناور استوانه‌ای نمونه به ترتیب برابر با $1/03$ و $1/23$ متر بر ثانیه و سرعت متوسط برابر با $1/13$ متر بر ثانیه است. حداقل و حداکثر سرعت لحظه‌ای اندازه‌گیری شده بهوسیله شناور کروی نمونه به ترتیب $1/02$ و $1/16$ متر بر ثانیه و سرعت متوسط برابر با $1/09$ متر بر ثانیه است. مقایسه سرعت شناورها در کanal بتنی نشان داده است که روند تغییرات سرعت مشابه بوده و بیشترین و کمترین مقادیر سرعت در موقعیت مشخصی در طول کanal بهوسیله هر دو شناور ثبت شده است. با توجه به قدمت بنای کanal و ورود جریان‌های ناشی از بارندگی به داخل کanal در فصول پرباران در طول بازه انتخابی، رسوب‌گذاری غیریکنواخت در کف کanal می‌تواند باعث غیریکنواختی تجمع رسوب در طول کanal شده و تغییرات سرعت در طول کanal می‌تواند به غیریکنواختی عمق جریان در طول کanal 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 کanal 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 بهوسیله شناور استوانه‌ای متوسط و شناور کروی بزرگ به عنوان نمونه اندازه‌گیری شده، نشان داده شده است. حداقل و حداکثر مقدار سرعت لحظه‌ای اندازه‌گیری شده بهوسیله 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 بهوسیله 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 کanal بتنی بوده و در موقعیت 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 متولی که بهوسیله کرنومتر ثبت شده، در کanal بتنی و نهر طبیعی نشان داده شده است. در این جداول مقایسه سرعت جریان بین شناورهای استوانه‌ای و کروی در کanal بتنی و نهر طبیعی نشان داده شده است. حداقل اختلاف در سرعت متوسط طی آزمون‌های متولی، مربوط به شناور استوانه‌ای بزرگ و شناور کروی کوچک است به طوری که در آزمون اول در کanal بتنی این اختلاف ۹ درصد و در نهر طبیعی ۶/۷ درصد می‌باشد. همچنین حداقل اختلاف سرعت متوسط در آزمون‌های متولی مربوط به شناور استوانه‌ای بزرگ و شناور کروی بزرگ است به طوری که اختلاف سرعت متوسط در این دو شناور کمتر از ۴ درصد بوده است. در آزمون چهارم در کanal 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 این که 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 به دست آمده بهوسیله Gps، سرعت متوسط جریان نیز بهوسیله کرنومتر تعیین شد که حداقل اختلاف سرعت متوسط به دست 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. به طور 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 تاثیرناچیزی 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 متولی در کanal 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
توب بزرگ	۰/۹۹	۱/۰۰	۱/۰۲	۰/۹۵	۰/۹۸
توب کوچک	۱/۱	۱/۰۸	۱/۱۱	۱/۰۵	۱/۱۱

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

جدول (۲-ب): سرعت متوسط هر یک از شناورها در آزمون‌های متواالی 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	آزمون ۱۱
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 انحنای 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 به دست آمده به وسیله شناورهای مجهز به GPS بسیار نزدیک به سرعت متوسط به دست آمده به وسیله 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

- شاهرخ نیا، م. ع. (۱۳۹۵). معرفی ابزارهای اندازه‌گیری سرعت آبهای آبیاری، نشریه فنی-شماره ۴۳.
- Johnson D. and Pattiaratchi C. (2004). Modelling and validation of surfzone drifters. Coastal engineering, 51(5-6), 455-471.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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