Iranian Journal of
Rainwater Catchment Systems

مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران

شاپا الکترونیکی: ۱۵۳۱-۲۷۸۳ شاپا چاپی: ۵۹۷۰-۲۴۲۳

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 سازه‌های آبی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷

صفحات: ۶۵- ۵۷

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 مجاری روباز توجه بسیاری از محققین را به خود معطوف داشته است. ازآنجاکه روش‌های اندازه‌گیری سرعت جریان در مجاری روباز عملاً پرهزینه بوده و به‌ندرت مورداستفاده قرارگرفته، در این تحقیق با طراحی شناورهای Gps ارزان‌قیمت با اندازه‌های مختلف در اشکال استوانه‌ای و کروی، سرعت جریان در مجاری روباز بررسی‌شده 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 قابل‌مشاهده است، برای استفاده در مجاری روباز در بازه‌های زمانی چنددقیقه‌ای تا چندساعته به کار گرفته‌شده‌اند. نتایج حاصل از دو اندازه‌گیری میدانی شناورهای Gps یکی در کانال آب واقع در آقا سید شریف شفت و دیگری نهری طبیعی واقع در ماکلوان فومن مورد تجزیه‌وتحلیل 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 مجاری روباز استفاده کرد.

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

مقدمه

سرعت آب کمیتی است که معمولاً به‌صورت روزانه یا در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت اندازه‌گیری می‌شود. اندازه‌گیری سرعت متوسط آب در یک رودخانه ازاین‌جهت 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 به‌طور غیرمستقیم و سرعت‌سنج اولتراسونیک، جسم شناور و غیره به‌طور مستقیم استفاده می‌شود. هر یک از این ابزارها دقت، محاسن و معایبی دارند که در موقع انتخاب باید موردتوجه قرار گیرد (شاهرخ نیا، ۱۳۹۵).

یکی از ابزارهای اندازه‌گیری جریان ADCP[۲] است که به‌طورمعمول در کف دریا مستقرشده یا در زیر قایق متصل است و سیگنال صوتی را درون ستون آب می‌فرستد. با مشخص شدن فراوانی سیگنال برگشتی، مسافت طی شده و مدت‌زمان لازم برای عبور سیگنال، سرعت و جهت جریان محاسبه می‌شود. در سال‌های اخیر برای اندازه‌گیری سرعت جریان در

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

[2] Acoustic Doppler Current Profiler

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.3.6.2]

دریاها، از یک Drifter شبیه به یک شناور مجهز به فناوری سیستم موقعیت‌یابی جهانی با ارتباطات ماهواره‌ای استفاده‌شده که قادر است داده‌ها و اطلاعات را انتقال دهد. این شناور می‌تواند در مدت‌زمان طولانی برای اندازه‌گیری جریان‌های دریایی تا عمق خاصی به زیرآب 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 تشکیل‌شده 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 تبدیل‌شده 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 عمدتاً در اقیانوس‌های عمیق و دریاچه‌های بزرگ به کار گرفته‌شده‌اند (Johnson & Pattiaratchi, 2004). برخی از آن‌ها در محیط‌های کوچک‌تر مانند مناطق ساحلی مورداستفاده قرارگرفته‌اند. 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 جریان-های 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 قراردادند (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 قرارگرفته است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-03]

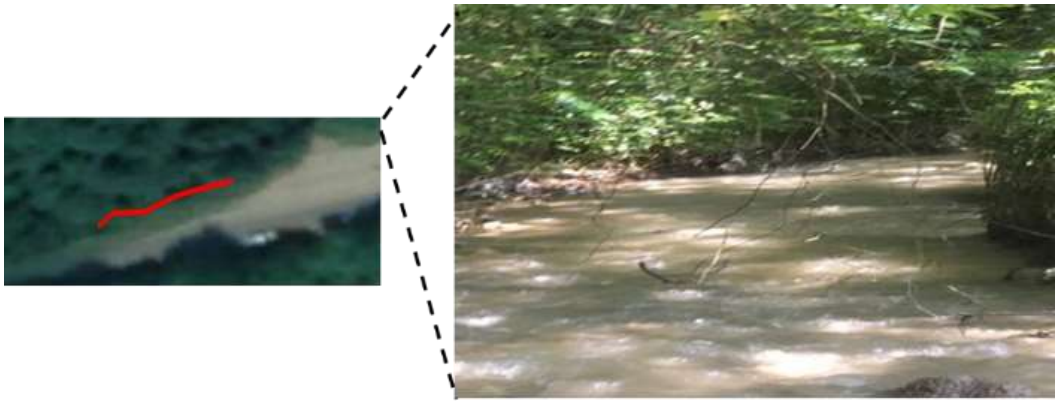
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.3.6.2]

موقعیت منطقه موردبررسی

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 مورداشاره در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده‌شده 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

به‌منظور تعیین سرعت جریان در کانال بتنی و نهر طبیعی به ترتیب یک بازه ۱۰۰ و ۵۰ متری از آن‌ها در نظر گرفته‌شده است. در اندازه‌گیری سرعت از پنج محفظه از جنس پلاستیک با اشکال استوانه و کروی در اندازه‌های مختلف استفاده‌شده است (شکل ۳). در محفظه‌ها گیرنده GPS گارمین مدل S62 و تریکر مدل GT102 کار گذاشته‌شده است (شکل ۴). GPS گارمین مدل S62 با ابعاد ۶/۱×۱۶×۳/۶ سانتی‌متر و وزن ۲۴۸ گرم است باتری این Gps از نوع 2AA بوده که قادر است تا ۲۰ ساعت آماده‌به‌کار باشد و قابلیت ثبت ۱۰۰۰۰ نقطه را دارد. تریکر مدل GT102 یک Gps آنلاین است و با استفاده از سیم‌کارت موقعیت و سرعت را به‌طور 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 آماده‌به‌کار باشد. این محفظه‌ها طوری

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.3.6.2]

طراحی‌شده‌اند 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 داده‌شده است.



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



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

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.3.6.2]

جدول (۱): مشخصات کلی شناورها

شناورهای GPS	ارتفاع (cm)	قطر (cm)	حجم کلی $(m^3)\times10^3$	حجم غوطه‌ور $(m^3)\times10^3$	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 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 کارکرده و زمان طی شده برای رسیدن هر یک از محفظه‌ها به نقطه پایانی محدوده پیمایش به‌وسیله کرنومتر ثبت‌شده است. پس از انجام اندازه‌گیری‌ها، داده‌ها بااتصال GPS به کامپیوتر منتقل‌شده و سرعت جریان برآورد شده است.



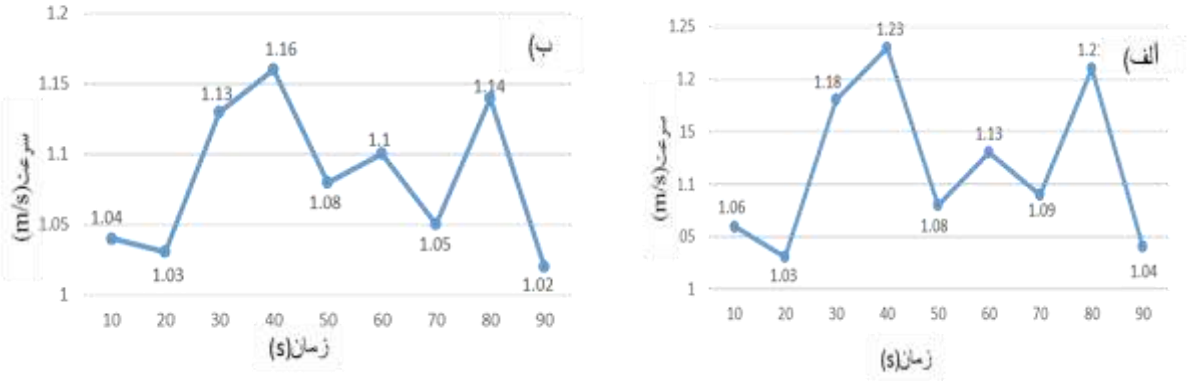
شکل (۵): اهرم رهاسازی مورداستفاده در این تحقیق

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 تجزیه‌وتحلیل 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

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.3.6.2]

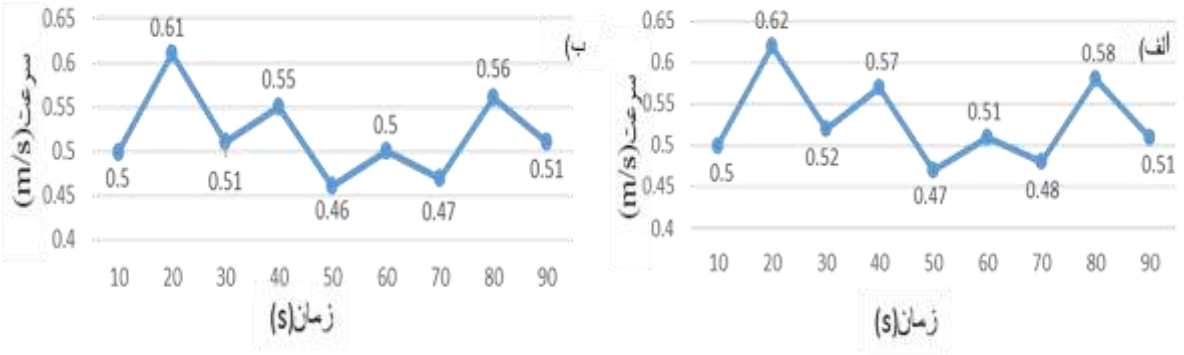
داده‌شده است. حداقل و حداکثر سرعت لحظه‌ای اندازه‌گیری شده به‌وسیله شناور استوانه‌ای نمونه به ترتیب برابر با ۱/۰۳ و ۱/۲۳ متر بر ثانیه و سرعت متوسط برابر با ۱/۱۳ متر بر ثانیه است. حداقل و حداکثر سرعت لحظه‌ای اندازه‌گیری شده به‌وسیله شناور کروی نمونه به ترتیب ۱/۰۲ و ۱/۱۶ متر بر ثانیه و سرعت متوسط برابر با ۱/۰۹ 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 به‌وسیله هر دو شناور ثبت‌شده 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 این‌که 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 به‌وسیله شناور استوانه‌ای متوسط و شناور کروی بزرگ به‌عنوان نمونه اندازه‌گیری شده، نشان داده‌شده است. حداقل و حداکثر مقدار سرعت لحظه‌ای اندازه‌گیری شده به‌وسیله شناور استوانه‌ای نمونه برابر با ۰/۴۷ و ۰/۶۲ متر بر ثانیه و سرعت متوسط برابر با ۰/۵۵ متر بر ثانیه است. حداقل و حداکثر سرعت لحظه‌ای اندازه‌گیری شده به‌وسیله شناور کروی نمونه برابر با ۰/۴۶ و ۰/۶۱ متر بر ثانیه و سرعت متوسط برابر با ۰/۵۴ 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 حاصل‌شده است. علت تغییرات سرعت در طول مسیر را می‌توان به تغییرات مقطع عرضی و رسوب‌گذاری غیریکنواخت در بازه طولی انتخابی نسبت داد.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.3.6.2]



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 ثبت‌شده، در کانال بتنی و نهر طبیعی نشان داده‌شده است. در این جداول مقایسه سرعت جریان بین شناورهای استوانه‌ای و کروی در کانال بتنی و نهر طبیعی نشان داده‌شده 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 قابل‌قبول به نظر می‌رسد. برای برآورد سرعت جریان شناورهای ساخته‌شده مجهز به دستگاه Gps بودند و نتایج سرعت لحظه‌ای جریان به‌وسیله این دستگاه به دست آمد؛ بنابراین برای کنترل صحت نتایج به‌دست‌آمده به‌وسیله Gps، سرعت متوسط جریان نیز به‌وسیله کرنومتر تعیین شد که حداکثر اختلاف سرعت متوسط به‌دست‌آمده به‌وسیله GPs و کرنومتر برابر با ۷ درصد بود و از مزایای Gps نسبت به کرنومتر برآورد سرعت در هرلحظه از حرکت است. به‌طورکلی 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 متوالی در کانال بتنی ((m/s)

شناور	آزمون ۱	آزمون۲	آزمون۳	آزمون۴	آزمون۵
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

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.3.6.2]

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

شناور	آزمون۱	آزمون۲	آزمون۳	آزمون۴	آزمون۵	آزمون۶	آزمون۷	آزمون۸	آزمون۹	آزمون۱۰
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 استفاده‌شده است. اندازه‌گیری‌ها در یک کانال بتنی مستقیم و یک نهر طبیعی دارای انحنای کم جریان انجام‌شده 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 به‌سرعت 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 دستگاه-های 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.*

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.3.6.2]

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

Mahdi Azizian[1], 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

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.3.6.2]

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