مفهوم میانگین گیری دوبل برای جریانهای روزمینی و کانال بازبستر خشن: زمینه نظری

مهندس کاوه استاد علی عسکری، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- مهندسی آب

هدف از این مقاله، بحث مفهوم فضایی در مورد هیدرولیک های محیطی و گسترش بیشتر آن توسط توجه به معادلات انتقال برای گشتاور سیال، مواد انفعالی و رسوبات معلق، می باشد. قضایای میانگین گیری شده و رسوبات دوبل و محدودیت ها و کاربردهای آنها برای مدلسازی جریانهای بستر خشن، طرح آزمایشی و تفسیر اطلاعات و داده ها ارائه و بحث شده اند. معادلات پیشنهاد شده با آئرودینامیک های سایبان زمینی و هیدرودینامیک های سیال های متخلخل بوسیله توجیه حرکت لایه خشن، تغییر در دانسیته لایه خشن در فضا و زمان و اثرات رسوب ذرات برای مورد رسوبات معلق، فرق می کنند. ما نشان می دهیم که شکل معادلات میانگین گیری شده دوبل ممکن است فقط به نوع تجزیه متغیرهای جریان بستگی دارد و اینکه این تفاوت ممکن است مفاهیم مهمی برای مدلسازی داشته باشد. ما همچنین نشان می دهیم که روش پیشنهاد شده، تعاریف بهتر برای ویژگیهای هیدرولیک، متغیرها و پارامترهایی مثل یکنواختی جریان، ابعاد دوتایی جریان و تنش پارگی بستر، ارائه می دهد.

واژه های کلیدی:
هیدوردینامیک ها، هیدرولیک جریان آبرفتی، جریان کانال باز، جریان لایه مرزی؛ جریان روی زمینی: تلاطم، مدل های عددی، آزمایش، ویژگیهای جریان.

مقدمه:

اکثر جریانهای روزمینی و کانال باز طبیعی به طبقه جریانهای بستر هیدرولیکی متعلق هستند. اگر چه هیدرودینامیک های اینگونه جریانها بطور گسترده برای دو دهه گذشته، مطالعه شده اند، اما هنوز بسیاری مسائل حل نشده وجود دارند که باید روشن شوند. در واقع اکثر محققین این جریانها را با استفاده از معادلات Narier –Stokes میانگین گیری شده برای سیال و معادلات پراکندگی – انتقال برای مواد انفعالی (که اغلب به آنها نردبانی شکل می گویند) و رسوبات معلق، مطالعه کرده اند. این معادلات همچنین به عنوان معادلات رینولدز یا معادلات Narier –stokes میانگین گیری شده رینولدز (RANS) شناخته شده اند. و به عنوان ابزاری هم برای مدلسازی و هم برای تفسیر نتایج عددی و آزمایشی، استفاده شده اند. بهر حال در بعضی از موقعیت ها، این معادلات به علت ساختار مقیاس کوچک قویاً ۳ بعدی میانگین جریان و تلاطم قابل حل نیستند بویژه در ناحیه نزدیک. در حقیقت بسترهای خشن نزدیک، جریان میانگین گری شده در زمان، بحد زیادی از نظر فضایی ناهمگون می باشد که اغلب معادلات هیدرودینامیک میانگین گیری شده در زمان را سخت می کند. برای مثال اغلب معادلات هیدرودینامیک میانگین گیری شده در زمان را سخت می کند. برای مثال تقریب ها و فرضیه های ۲ بعدی (2D) بر اساس معادلات رینولدز و همچنین ملاحظات شباهت برای متغیرهای میانگین گیری شده در زمان، برای ناحیه بستر نزدیک در جریانهای بستر خشن، امکان پذیر نیستند. همچنین اکثر کاربردها با پارامترهای لایه خشن میانگین گیری شده فضایی سر و کار دارند که نمی تواند به صراحت با جریانهای محلی (نقطه ای) مرتبط باشد که بوسیله معادلات رینولدز ارائه شده اند. میانگین گیری فضایی متغیرهای هیدرودینامیکی میانگین گیری شده در زمان و معادلات مربوطه در یک محدوده تعیین شده بوسیله مقیاس های طولی، عرضی و عمودی عناصر خشن، است مسئله را رفع می کند. به عبارت دیگر، برای حل کردن مفهومی مسئله، میانگین گیری در زمان معادلات Narier –stokes و معادلات پراکندگی انتقال باید بوسیله میانگین گیری حجم یا سطح در سطح موازی با میانگین سطح بستر (نرم شده) تکمیل شود. معادلات میانگین گیری شده دوبل (هم در زمان و هم در مکان) به معادلات پراکندگی – انتقال و Narier – Stokes برای متغیرهای هیدرودینامیک فوری، مربوط هستند. روش میانگین گیری شده دوبل، گشتاور جدید و معادلات پیوستگی برای جریان می دهد که هم در دامنه های فضا میانگین گیری شده و به صراحت شامل عبارات اضافی مثل تنش های القاء شده بوسیله شکل می باشد و برای ناحیه جریان زیر قسمت های فوقانی خشن، شکل و عبارات کشش ویسکوز بکار می رود. بطور مشابه، معادلات پراکندگی – انتقال میانگین گیری شده دوبل برای مواد منفعل و رسوبات معلق به صراحت حاوی جریانهای القاء شده توسط شکل و همچنین عبارات منبع و رسوب می باشد که انتقال وجه مشترک و واکنش های ناهمگون در ناحیه زیر لایه های فوقانی خشن را شرح می دهد (برای مثال جذب مواد غذایی بوسیله گیاهای رستنی آبی). این عبارات در معالات میانگین گیری شده دوبل، فرضیه های شباهت و فرضیه های ۲ بعدی ممکن است بوجود آید و حتی برای ناحیه جریان زیر لایه های خشن بکار رود که با استفاده از متغیرهای میانگین گیری شده در زمان مرسوم غیر ممکن است. یک مزیت اضافی استفاده کردن از پارامترهای هیدرودینامیک های میانگین گیری شده دویل یک اتصال بهترین جریان آب سطح و جریان زیر سطح درون بستر متخلخل می باشد جائیکه متغیرهای میانگین شده در حجم، بصورت سنتی استفاده می شوند.

بوجود آمدن این روش جدید برای جریانهای بستر خشن آغاز شده است و بوسیله دانشمندان جوی برای شرح و پیش بینی جریانهای متلاطم به او روی سایبان های زمینی مثل جنگل ها یا بوته زارها پیش برده شده است. در هیدرولیکی محیطی، ایده میانگین گیری جریان فضایی در تعدادی از مطالعات استفاده شده است اگر چه اجرای آن در مدلسازی، طراحی آزمایشی و تفسیر اطلاعات فقط شروع شده است. برای کشف این رویکرد بطور مفصل، گروهی از دانشمندان و مهندسین، یک سری کارگاههای غیر رسمی را با هدف پیشبرد و بوجود آوردن روش میانگین گیری دوبل شروع کرده اند. بنظر می رسید اولین پنج کارگاه، مفید و تشویق کننده باشد و این مقاله فعلی تا یک حد معین، اثرات شبیه سازی این کارگاهها را ارائه می دهد. هدف این مقاله، بحث مفهوم میانگین گیری دوبل در هیدرولیک های محیطی و بیشتر توسعه آن توسط توجه به گشتاور سیال، مواد منفعل و رسوبات معلق است. معادلات پیشنهاد شده در این مقاله، با معادلات در نظر گرتفه شده در هیدرودینامیک

های سایبان زمینی و هیدرودینامیک های مواد متخلخل بوسیله توجیه حرکت خشن، تغییر در تراکم خشن در فضا و در زمان و اثرات تشت ذرات در مورد رسوبات معلق فرق می کنند. این مقاله به شرح زیر سازماندهی شده است.
اولاً فضایای میانگین گیری، معادله گشتاور میانگین گیری شده دوبل برای سیال و معادلات پراکندگی – انتقال برای مواد منفعل و رسوبات معلق ارائه و بحث می شوند. سپس ما در نظر می گیریم که چگونه شکل معادلات نهایی به ترتیب میانگین گیری شده (میانگین گیری فضایی – زمان یا میانگین گیری زمان – فضایی) و نوع تجزیه متغیرهای جریان بستگی دارد و چگونه این تفاوت ممکن است روی معنی عبارات متغیر در معادلات و بوجود آمدن مجموعه ها، اثر گذارد. یک بحث معادلات هیدرودینامیکی میانگین گیری شده دوبل به عنوان مبنایی بری طرح آزمایشی، تفسیر ازاطلاعات مدلسازی و تعاریف هیدرولیکی بهتر برای جریانهای بستر خشن، این مقاله را تکمیل می کند.

نظرات زمینه ای

روش میانگین گیری فضایی از هیدرودینامیک های چند فازی و هیدرودینامیک های سیال متخلخل ناشی می شود. از نظر ریشه ای میانگین گیری فضایی برای متغیرهای فوری بدون میانگین گیری پس زمان یا پیش زمان می شود یعنی موقعیکه جریان های عدد پائین رینولدز در نظر گرفته می شدند.
دردهه ۱۹۷۰، روش میانگین گیری فضایی در هیدرودینامیک های جریان ها سایبان ارائه شد جایی که برای یکنواخت کردن میدانهای هیدرودینامیک میانگین گیری شده در زمان استفاده می شد.
اخیراً معادلات میانگین گیری شده دوبل، همچنین در هیدرودینامیک های سیال های متخلخل برای شرح جریانهای عدد رینولدز بالا و برای مدلسازی جریانهای سطوح خشن در حال حرکت استفاده شده اند.
بطور کلی دو گزینه برای بدست آوردن معادلات میانگین گیری شده دوبل وجود دارند. اولین گزینه بکار بردن میانگین گیری فضایی برای معادلات RANS می باشد که از قبل در دامنه زمان میانگین گیری شده است. ما این روش میانگین گیری دوبل را تحت عنوان میانگین گیری فضا ـ زمان، تعریف می کنیم. دومین گزینه بدست آوردن معادلات برای متغیرهای میانگین گیری شده فضایی فوری با بکار بردن میانگین گیری فضایی برای معادلات ابتدا جهت متغیرهای فوری و سپس بکار بردن میانگین گیری در زمان برای بدست آنردن معادلات میانگین گیری شده دوبل می باشد. ما همچنین این روش میانگین گیری دوبل را به عنوان میانگین گیری زمان ـ فضا، تعریف می کنیم. بنظر می رسد اولین گزینه برای شرح هیدرودینامیک های جریان بستر خشن در ترتیب میانگین گری فضا ـ زمان مناسب تر باشد و با سنت ها د رتحقیق در مورد تلاطم سازگار می باشد و همچنین بنظر می رسد از نظر فیزیکی، شفاف تر باشد. در واقع با این روش یا رویکرد، یک نفر ممکن است از ثروت دانش تلاطم استفاده کند که برای ۱۰۰ سال گذشته بوجود آمده است. در مقایسه گزینه میانگین گیری زمان ـ فضا، چنین حمایت آزمایشی قدیمی ندارد و اطلاعات سیستمیک درباره آمار متغیرهای میانگین گیری شده فضایی فوری وجود ندارد.
در نظر گرفتن هر دو گزینه و بررسی این مورد مفید است که چگونه آنها به یکدیگر مربوط هستند و آیا واقعاً منجر به معادلات اساساً متفاوت می گردند. ما این موضوعات را بعد از ارائه معادلات هیدرودینامیک میانگین گیری شده فضا ـ زمان در نظر خواهیم گرفت.
طرح مشتق بریا بدست آوردن معادلات میانگین گیری شده زمان ـ فضا ممکن است شامل دو مرحله باشد: (۱) میانگین گیری معادلات برای متغیرهای فوری در دامنه زمان با استفاده از تجزیه متغیرهای فوری به اجزاء نوسان کننده و میانگین گیری شده در زمان برای بدست آوردن معادلات RANS و (۲) میانگین گیری معادلات میانگین گیری شده رینولدز در فضا با استفاده از تجزیه متغیرهای میانگین گیری شده در زمان به متغیرهای میانگین گیری شده دوبل و نوسانات فضایی و موضعی آنها. برای یکنواخت کردن مشتق، مرحله ۱ و ۲ می توانند به عنوان یک عملیات انفرادی انجام شوند. میانگین گیری در زمان در بالای لایه های خشن فوقانی از

قوانین کلاسیک رینولدز پیروی می کند که به صورت زیر تعریف شده است.

$$\overline{f+g}=\bar{f}+\bar{g},\quad \overline{af}=a\bar{f},\ \bar{a}=a,\ \overline{\frac{\partial f}{\partial s}}=\frac{\partial \bar{f}}{\partial s},\ \overline{\bar{f}\bar{g}}=\bar{f}\bar{g}$$

در اینجا خط رویی دلالت بر میانگین گیری درزمان دارد و f= g , متغیرها، = s مختصات فضایی یا موقتی و = a ثابت می باشند. قوانین معادله (۱) بحد مساوی برای میانگین گیری فضایی برای ناحیه جریان بالایی لایه های فوقانی خشن، قابل کاربرد هستند. بهرحال زیر لایه های فوقانی خشن، میانگین گیری در زمان و فضا و متمایز کردن همیشه رخ نمی دهد. این موضوع در قسمت بعدی بطور مفصل با ارائه قضایای میانگین گیری، مد نظر قرار خواهد گرفت که وقانین رینولدز را برای ناحیه جریان زیر لایه های فوقانی خشن امتداد خواهد داد.

یک نفر باید همچنین توجه کند که اگر چهار قانون اول در معادله ۱ قدرتمند باشد، قانون آخر یعنی $\overline{\bar{f}\bar{g}}=\bar{f}\bar{g}$ برای متغیرهای هیدرودینامیک ثابت و معین دقیق است (پاراگراف زیر را بخوانید). قانون $\overline{\bar{f}\bar{g}}=\bar{f}\bar{g}$ ممکن است همچنین برای شرایط مخصوص موقعیکه مقیاس های تلاطم بخوبی از مقایس های جریان میانگین آرام تغییر کننده جدا شده اند، خیلی دقیق باشد و علاوه بری این موقعیکه دامنه میانگین گیری (موقتی یا فضایی) خیلی بزرگتر از مقیاس های تلاطم است اما خیلی کوچکتر از مقیاس های میانگین جریان می باشد. این شرایط معمولاً در هیدرولیک های محیطی حاصل می شوند و ما فرض را بر این می گذاریم که قانون $\overline{\bar{f}\bar{g}}=\bar{f}\bar{g}$ برای ملاحظات ما، معتبر است.

یک نکته دیگر ما مایل هستیم تا قبل از آنکه پیش برویم، ارتباط عبارات میانگین گیری در زمان و میانگین گیری اجزاء را روشن کنیم. در متن بالا، ما این عبارات را بجای هم استفاده کردیم. بهرحال اجر بخواهیم صریح صحبت کنیم این عبارات همیشه نمی توانند بجای یکدیگر استفاده شوند. Osborne Reynolds، میانگین گیری در زمان در تحقیق تلاطم را بیشتر از ۱۰۰ سال پیش ارائه کرد. بعداً در دهمه ۱۹۳۰، میانگین گیری احتمالی (اجزاء) جای میانگین گیری در زمان را گرفت که کلی تر است و مزیت های زیادی بر میانگین گیری در زمان دارد. بنابراین معادلات RANS امروزه به عنوان میانگین گیری شده اجزاء بجای میانگین گیری شده در زمان، در نظر گرفته می شود. اگر چه میانگین گیری اجزاء برای ملاحظات فیزیکی و ریاضی مناسب تر می باشد اما بندرت انجام می شود بویژه در مورد آزمایشات صحرایی چون به اجرا کردن تعداد زیادی آزمایش برای بدست آوردن یک جزء تشخیص متغیرهای هیدرودینامیک نیاز دارد. در عوض میانگین مقادیر و ویژگیهای آماری دیگر متغیرهای جریان نوعاً از یک آزمایش تکی تحمین زده شده اند. اگر تشخیص ها (یا سوابق) متغیرهای هیدرودینامیک را بتوان به عنوان نمایانگر یک میدان تصادفی ثابت و معین در نظر گرفت، این مورد امکان پذیر است . در اینحالت، ویژگیهای آماری بدست آمده از یک تشخیص تکی بوسیله میانگین گیری کردن در زمان، مساوی و معادل ویژگیهای بدست آمده از میانگین گیری اجزاء هستند. بنابراین میانگین گیری اجزاء ممکن است بجای میانگین گیری زمان برای فقط متغیرهای ثابت و هیدرودینامیکی معین استفاده شوند. موقعیکه ثابت و معین بودن فرضیه های منطقی هستند، موقعیت های زیادی وجود دارند و بنابراین در قسمت باقیمانده این مقاله ما از عبارت میانگین گیری در زمان برای اشاره به میانگین گیری اجزاء استفاده می کنیم.

در طول این مقاله، سیستم مختصات سمت راست یعنی محور x در امتداد جریان اصلی و موازی با بستر میانگین گیری شده (جزء سرعت u) قرار دارد و محور y به قسمت سمت چپ متمایل می باشد (جزء سرعت v) و محور x به سمت سطح آب اشاره می کند (جزء سرعت w) البته با یک ریشه اختیاری. نماد معینی استفاده می شود با قانون اینیشتن که جمع خاصی را بر هر شاخص تکرا ر شده تجویز می کند جایی که i(xi=1 ، 2 و 3) متناسب با جهات x، y و z می باشد و ui(۱و۲و۳) متناسب با اجزاء سرعت u، v و w می باشد.

مرجع :

Journal of Hydraulic Engineering © ASCE / August 2007