به نام خدا

Market Code

تحلیل SPhysics : توصیف علمی

توسعه دهندگان:	M.G. Gesteira	دانشگاه ویگو اسپانیا mggesteira@uvigo.es
	B.D. Rogers	دانشگاه منچستر انگلستان benedict.rogers@manchester.ac.uk
	R.A. Dalrymple	دانشگاه جان هاپکینز آمریکا rad@jhu.edu
	A.J.C. Crespo	دانشگاه ویگو اسپانیا alexbexe@uvigo.es
	M. Narayanaswamy	دانشگاه جان هاپکینز آمریکا muthu@jhu.edu
تهیه کننده مستند:	عباس دشتی منش	
تاریخ تنظیم	۹۴/۰۴/۰۵	

MarketCode.ir

چکیده

این برنامه یک نرم افزار منبع باز بوده که برای حل مسائل هیدرودینامیکی مربوط به سطح آزاد آب، از روش ذرات هموار هیدرودینامیکی استفاده نموده و مورد استفاده بسیاری از محققین در سرتاسر دنیا می‌باشد. با این وجود، این نرم افزار در کشور ما کمتر شناخته شده و به دلیل نو بودن روش‌های بدون مش، نسبت به روش‌های با شبکه، نیازمند مطالعات جدی راجع به آن هستیم. این نرم افزار قادر است تا مسائل سطح آزاد را با توابع کرنل مختلف نظیر تابع گاوسی، تابع اسپیلاین مکعبی و تابع وندلند را به صورت گذرا و تراکم پذیر ضعیف حل کند. جهت حل مسائل در بازه زمان امکان استفاده از روش‌های انتگرالگیری زمانی مختلف فراهم شده است. بنا به انتخاب کاربر می‌توان از روش‌های انتگرالگیری سیمپلکتیک، پیش بینی و تصحیح، بیمن و ورلت بهره برد. علاوه بر این، با در نظر گرفتن سیال به صورت تراکم پذیر ضعیف یا کمی تراکم پذیر، از حل معادله پواسون فشار اجتناب می‌گردد. این موضوع باعث کاهش چشم گیری زمان محاسباتی گردیده و برای محاسبه فشار کافی است تا از معادله حالت تایت استفاده شود. البته در صورت استفاده از معادله حالت تایت، مقادیر به دست آمده برای فشار دارای نوسانات شدیدی خواهند شد. از این رو، برای حذف نوسانات فشار استفاده از روش‌های فیلتر چگالی و تصحیح فشار پیش بینی گردیده است. جهت مدل‌سازی اثرات ویسکوزیته سه مدل مختلف در نرم افزار قرار داده شده است که کاربر می‌تواند با توجه به فیزیک مسئله موردنظر یکی از مدل‌ها را انتخاب کند. در حالت اول، مدل ویسکوزیته آرام ارائه گردیده و در مدل دوم، ویسکوزیته به صورت مصنوعی در نظر گرفته خواهد شد. مدل سوم برای جریانات مغشوش قابل استفاده بوده و از ترکیب ویسکوزیته آرام و مدل توربولانسی مقیاس زیر ذره‌ای استفاده می‌کند. علاوه بر این، امکان بکارگیری دو نوع از شرایط مرزی در این نرم افزار وجود دارد که بنام شرایط مرزی موناگان و دالریمپل معروف هستند. **در این مستند، به توصیف علمی مهمترین سابروتینهای (ماژولهای) این نرم افزار پرداخته شده است بگونه‌ای که می‌توان به تغییر و ارتقائ آن اقدام کرد.**

کلمات کلیدی: ذرات هموار هیدرودینامیکی، برنامه منبع باز، سطح آزاد، جریان گذرا، سیالِ تراکم پذیر ضعیف

MarketCode.ir

فهرست مطالب

۱ مقدمه ای بر روش ذرات هموار هیدرودینامیکی ۱۱

۱-۱ مقدمه ۱۱

۱-۲ تاریخچه روش ذرات هموار هیدرودینامیکی ۱۲

۱-۲-۱ بررسی روش های عددی ۱۲

۱-۲-۲ روش ذرات هموار هیدرودینامیکی ۱۵

۱-۳ ارزیابی کلی نرم افزار منبع باز SPHysics ۱۷

۱-۴ جمع بندی و نتیجه گیری ۱۸

۲ روش ذرات هموار هیدرودینامیکی، معادلات حاکم و مستندات کاربری ۱۹

۲-۱ مقدمه ۱۹

۲-۲ درونیاب انتگرالی ۲۰

۲-۳ هسته هموارسازی ۲۳

۲-۴ معادلات حاکم ۲۴

۲-۴-۱ معادله مومنتوم ۲۴

۲-۴-۲ معادله پیوستگی ۲۷

۲-۴-۳ معادله حالت ۲۸

۲-۴-۴ حرکت ذرات ۳۰

۲-۵ انتخاب هسته ۳۰

۲-۶ آغازسازی دوباره چگالی ۳۲

۲-۷ فرایند گام زمانی ۳۳

۲-۷-۱ روش سیمپلکتیک ۳۴

۲-۸ گام زمانی متغیر ۳۵

MarketCode.ir

۲-۹ شرایط مرزی ۳۵
۲-۹-۱ شرایط مرزی دینامیک (DBP) ۳۷
۲-۱۰ وارسیِ مرزهای دامنهٔ محاسباتی ۳۹
۲-۱۱ مستندات کاربری ۳۹
۲-۱۱-۱ معرفی نرم افزار منبع باز *SPHysics* ۴۰
۲-۱۱-۲ چگونگی اجرای برنامه و نرم افزارهای موردنیاز برای آن ۴۳
۲-۱۱-۳ معرفی ورودیها و خروجیهای برنامه ۴۹
۲-۱۱-۴ ارائه چند مثال با قابلیت اجرا توسط خواننده ۵۷
۲-۱۲ جمع بندی ۷۸
۳ مستندات آموزشی ۷۹
۳-۱ مقدمه ۷۹
۳-۲ SPHysics ۸۰
۳-۲-۱ SPHYSICS_2D.f: Main_1 ..... ۸۱
۳-۲-۲ SPHYSICS_2D.f: Main_2 ..... ۸۲
۳-۲-۳ SPHYSICS_2D.f: Main_3 ..... ۸۳
۳-۳ زیر برنامه getdata ۸۴
3-3-1 getdata.f: Part_1 ..... ۸۹
۳-۳-۲ getdata.f: Part_2 ..... ۹۱
۳-۳-۳ getdata.f: Part_3 ..... ۹۱
۳-۳-۴ getdata.f: Part_4 ..... ۹۱
۳-۳-۵ getdata.f: Part_5 ..... ۹۴
۳-۳-۶ getdata.f: Part_6 ..... ۹۵
۳-۳-۷ getdata.f: Part_7 ..... ۹۶

MarketCode.ir

۹۷ ..... getdata.f: Part_8 ۸-۳-۳
۹۸ ..... energy زیربرنامه ۴-۳
۹۸ ..... energy.f: Part_1 ۱-۴-۳
۹۹ ..... energy.f: Part_2 3-4-2
۹۹ ..... ini_divide زیربرنامه ۵-۳
۹۹ ..... ini_divide.f: Part_1 ۱-۵-۳
۹۹ ..... divide زیربرنامه ۶-۳
۱۰۰ ..... divide.f: Part_1 ۱-۶-۳
۱۰۱ ..... keeplist زیربرنامه ۷-۳
۱۰۲ ..... Step زیربرنامه های ۸-۳
۱۰۳ ..... step_symplectic زیربرنامه ۹-۳
۱۰۴ ..... Step_symplectic.f: Part_1 ۱-۹-۳
۱۰۵ ..... Step_symplectic.f: Part_2 ۲-۹-۳
۱۰۶ ..... Step_symplectic.f: Part_3 ۳-۹-۳
۱۰۶ ..... Step_symplectic.f: Part_4 ۴-۹-۳
۱۰۷ ..... step_Verlet زیربرنامه ۱۰-۳
۱۰۸ ..... Step_Verlet.f: Part_1 ۱-۱۰-۳
۱۰۹ ..... Step_Verlet.f: Part_2 ۲-۱۰-۳
۱۱۰ ..... Step_Verlet.f: Part_3 ۳-۱۰-۳
۱۱۰ ..... Step_Verlet.f: Part_4 ۴-۱۰-۳
۱۱۱ ..... Step_Verlet.f: Part_5 ۵-۱۰-۳
۱۱۱ ..... step_predictor_corrector زیربرنامه ۱۱-۳
۱۱۲ ..... Step_predictor_corrector.f: Part_1 ۱-۱۱-۳

MarketCode.ir

۳-۱۱-۲ Step_predictor_corrector.f: Part_2 ..... ۱۱۴
۳-۱۱-۳ Step_predictor_corrector.f: Part_3 ..... ۱۱۵
۳-۱۱-۴ Step_predictor_corrector.f: Part_4 ..... ۱۱۵
۳-۱۱-۵ Step_predictor_corrector.f: Part_5 ..... ۱۱۶
۳-۱۲ زیربرنامه Step_beeman ۱۱۷
۳-۱۲-۱ Step_beeman.f: Part_1 ..... ۱۱۸
۳-۱۲-۲ Step_beeman.f: Part_2 ..... ۱۱۹
۳-۱۲-۳ Step_beeman.f: Part_3 ..... ۱۱۹
۳-۱۲-۴ Step_beeman.f: Part_4 ..... ۱۲۰
۳-۱۲-۵ Step_beeman.f: Part_5 ..... ۱۲۱
۳-۱۳ زیربرنامه check_limit ۱۲۲
۳-۱۳-۱ Check_limit.f: Part_1 ..... ۱۲۴
۳-۱۳-۲ Check_limit.f: Part_2 ..... ۱۲۵
۳-۱۳-۳ Check_limit.f: Part_3 ..... ۱۲۶
۳-۱۳-۴ Check_limit.f: Part_4 ..... ۱۲۷
۳-۱۳-۵ Check_limit.f: Part_5 ..... ۱۲۷
۳-۱۳-۶ Check_limit.f: Part_6 ..... ۱۲۷
۳-۱۴ زیربرنامه variable_time_step ۱۲۸
۳-۱۴-۱ Variable_time_step.f: Part_1 ..... ۱۲۹
۳-۱۴-۲ Variable_time_step.f: Part_2 ..... ۱۲۹
۳-۱۴-۳ Variable_time_step.f: Part_3 ..... ۱۲۹
۳-۱۴-۴ Variable_time_step.f: Part_4 ..... ۱۳۰
۳-۱۴-۵ Variable_time_step.f: Part_5 ..... ۱۳۰
۳-۱۴-۶ Variable_time_step.f: Part_6 ..... ۱۳۰

MarketCode.ir

۱۵-۳ زیربرنامه correct ۱۳۰
۱۶-۳ زیربرنامه recover_list ۱۳۱
۱۷-۳ زیربرنامه ac_none ۱۳۲
۱۸-۳ زیربرنامه ac ۱۳۲
۱-۱۸-۳ ac.f: Part_1 ..... ۱۳۴
۲-۱۸-۳ ac.f: Part_2 ..... ۱۳۴
۳-۱۸-۳ ac.f: Part_3 ..... ۱۳۴
۴-۱۸-۳ ac.f: Part_4 ..... ۱۳۵
۵-۱۸-۳ ac.f: Part_5 ..... ۱۳۹
۱۹-۳ زیربرنامه celij_BC_Monaghan ۱۳۹
۱-۱۹-۳ Celij_BC_Monaghan.f: Part_1 ..... ۱۴۱
۲-۱۹-۳ Celij_BC_Monaghan.f: Part_2 ..... ۱۴۱
۲۰-۳ زیربرنامه self_BC_Monaghan ۱۴۹
۱-۲۰-۳ Self_BC_Monaghan.f: Part_1 ..... ۱۵۰
۲-۲۰-۳ Self_BC_Monaghan.f: Part_2 ..... ۱۵۱
۲۱-۳ زیربرنامه densityFilter_MLS ۱۵۲
۱-۲۱-۳ densityFilter_MLS.f: Part_1 ..... ۱۵۴
۲-۲۱-۳ densityFilter_MLS.f: Part_2 ..... ۱۵۴
۳-۲۱-۳ densityFilter_MLS.f: Part_3 ..... ۱۵۶
۲۲-۳ زیربرنامه ac_MLS ۱۵۶
۱-۲۲-۳ ac_MLS.f: Part_1 ..... ۱۵۷
۲۳-۳ زیربرنامه pre_celij_MLS ۱۶۱
۱-۲۳-۳ pre_celij_MLS.f: Part_1 ..... ۱۶۲

MarketCode.ir

۳-۲۳-۲ pre_celij_MLS.f: Part_2 ..... ۱۶۳
۳-۲۳-۳ pre_celij_MLS.f: Part_3 ..... ۱۶۳
۳-۲۳-۴ pre_celij_MLS.f: Part_4 ..... ۱۶۳
۳-۲۴ زیربرنامه pre_self_MLS ۱۶۵
۳-۲۴-۱ pre_self_MLS.f: Part_1 ..... ۱۶۶
۳-۲۴-۲ pre_self_MLS.f: Part_2 ..... ۱۶۶
۳-۲۴-۳ pre_self_MLS.f: Part_3 ..... ۱۶۷
۳-۲۴-۴ pre_self_MLS.f: Part_4 ..... ۱۶۷
۳-۲۵ زیربرنامه density_filter_none ۱۶۸
۳-۲۶ زیربرنامه gradients_calc_basic ۱۶۸
۳-۲۶-۱ gradients_calc_basic.f: Part_1 ..... ۱۷۰
۳-۲۶-۲ gradients_calc_basic.f: Part_2 ..... ۱۷۱
۳-۲۶-۳ gradients_calc_basic.f: Part_3 ..... ۱۷۱
۳-۲۷ زیربرنامه Kernel_quadratic ۱۷۱
۳-۲۸ زیربرنامه kernel_gaussian ۱۷۲
۳-۲۹ زیربرنامه kernel_cubic ۱۷۳
۳-۳۰ زیربرنامه kernel_wendland5 ..... ۱۷۵
۳-۳۱ زیربرنامه vorticity ۱۷۶
۳-۳۲ زیربرنامه movingobject ۱۷۷
۳-۳۳ زیربرنامه movingGate ۱۷۸
۳-۳۴ زیربرنامه movingwedge ۱۷۹
۳-۳۵ زیربرنامه ac_KC ۱۸۰
۳-۳۶ زیربرنامه kernel_correction_NC ۱۸۰

MarketCode.ir

۳-۳۷ زیربرنامه kernel_correction_KC ۱۸۱
۳-۳۷-۱ kernel_correction_KC.f: Part_1 ..... ۱۸۲
۳-۳۷-۲ kernel_correction_KC.f: Part_2 ..... ۱۸۲
۳-۳۸ زیر برنامه kernel_correction_KGC ۱۸۲
۳-۳۹ زیربرنامه EoS_IdealGas ۱۸۴
۳-۴۰ زیربرنامه EoS_Tait ۱۸۴
۳-۴۱ زیربرنامه EoS_Morris ۱۸۶
۳-۴۲ زیربرنامه viscosity_laminar ۱۸۷
۳-۴۲-۱ viscosity_laminar.f:Part_1 ..... ۱۸۸
۳-۴۳ زیربرنامه viscosity_artificial ۱۸۹
۳-۴۳-۱ viscosity_artificial.f: Part_1 ..... ۱۹۰
۳-۴۳-۲ viscosity_artificial.f: Part_2 ..... ۱۹۱
۳-۴۴ زیربرنامه viscosity_laminar+SPS ۱۹۱
۳-۴۴-۱ Viscosity_laminar+SPS.f: Part_1 ..... ۱۹۳
۳-۴۴-۲ Viscosity_laminar+SPS.f: Part_2 ..... ۱۹۴
۳-۴۵ زیربرنامه densityFilterShepard ۱۹۴
۳-۴۵-۱ densityFilterShepard: Part_1 ..... ۱۹۵
۳-۴۵-۲ densityFilterShepard: Part_2 ..... ۱۹۵
۳-۴۵-۳ densityFilterShepard.f: Part_3 ..... ۱۹۶
۳-۴۶ زیربرنامه monaghanBC ۱۹۶
۳-۴۶-۱ monaghanBC.f: Part_1 ..... ۱۹۹
۳-۴۶-۲ monaghanBC.f: Part_2 ..... ۲۰۰
۳-۴۶-۳ monaghanBC.f: Part_3 ..... ۲۰۰

MarketCode.ir

۴-۴۶-۳ monaghanBC.f: Part_4 ..... ۲۰۰
۴۷-۳ زیربرنامه monaghanBC_FloatingBodies ۲۰۲
۱-۴۷-۳ monaghanBC_FloatingBodies.f: Part_1 ..... ۲۰۳
۲-۴۷-۳ monaghanBC_FloatingBodies.f: Part_2 ..... ۲۰۳
۳-۴۷-۳ monaghanBC_FloatingBodies.f: Part_3 ..... ۲۰۴
۴-۴۷-۳ monaghanBC_FloatingBodies.f: Part_4 ..... ۲۰۴
۵-۴۷-۳ monaghanBC_FloatingBodies.f: Part_5 ..... ۲۰۶

MarketCode.ir

۱ مقدمه‌ای بر روش ذرات هموار هیدرودینامیکی

۱-۱ مقدمه

پیش از آنکه جزئیات نرم افزار SPHysics در اختیار خواننده قرار داده شود، وی باید از موارد مختلفی آگاه باشد تا بتواند به طور بهینه از مستندات آموزشی و کاربری استفاده کند. از این رو، در فصلِ اولِ می‌بایست موارد مختلفی نظیر تاریخچه روش ذرات هموار هیدرودینامیکی مورد بررسی قرار بگیرد.

در واقع، روش ذرات هموار هیدرودینامیکی از یک سو به دلیل جوان بودن و از سوی دیگر به دلیل لاگرانژی بودن روش کمتر شناخته و درک شده است. بسیاری از محققین از روش‌های اویلری دینامیک سیالات محاسباتی نظیر تفاضل محدود و حجم محدود استفاده می‌کنند و زمانی که با یک روش لاگرانژی و ذره‌ای مثل روش ذرات هموار هیدرودینامیکی مواجه می‌شوند، درک درستی نسبت به آن ندارند. حتی در اکثر دانشگاه‌های کشور و درس دینامیک سیالات محاسباتی نیز تاکید اصلی بر روش‌های بر مبنای نگاه اویلری است.

بنابراین، در این فصل تلاش می‌شود تا روش ذرات هموار هیدرودینامیکی در مقایسه با روش‌های عددی دیگر تشریح گردیده و تاریخچه مختصری از آن ارائه شود. در این میان برخی از کاربردهای روش SPH در علوم مختلف نیز مورد توجه خواهد بود و به طورکلی تلاش می‌شود تا تفاوت‌های میان روش‌های اویلری و لاگرانژی و با و بدون شبکه توضیح داده شود. اینها مفاهیمی هستند که پیش نیاز ورود به بحث‌های ریاضیاتی روش می-باشند.

MarketCode.ir

در نهایت نیز، اطلاعات کلی راجع به نرم افزار منبع باز SPHysics، ارائه خواهد شد. با اطلاعات ارائه شده ذهن خواننده جهت ورود به ریاضیات روش ذرات هموار هیدرودینامیکی و استخراج معادلات حاکم در فصل دوم آماده خواهد شد.

۱-۲ تاریخچه روش ذرات هموار هیدرودینامیکی

هدف از این بخش ارزیابی جزئیات مفهومی روش ذرات هموار هیدرودینامیکی خواهد بود. به این منظور، ابتدا روش‌های عددی با و بدون شبکه مورد توجه قرار گرفته و توضیحات مربوط به آنها ارائه می‌گردد. سپس، با معرفی روش‌های ذره‌ای بدون شبکه، مقدمه ورود به توضیحات مربوط به روش ذرات هموار هیدرودینامیکی و تاریخچه روش فراهم می‌گردد.

۱-۲-۱ بررسی روش های عددی

برای درک و طراحی یک سیستم فیزیکی یا مهندسی، می بایست یک فرایند عددی برای مدل نمودن، شبیه سازی و تحلیل بکار گرفته شود. این فرایند معمولاً از دشواری‌های فراوانی برخوردار بوده و اجراهای مختلفی جهت رسیدن به جواب بهینه موردنیاز است.

ایده کلیدی در استفاده از روش‌های عددی آن است که بتوان مسئله فیزیکی را به خوبی به کمک مدل عددی شبیه سازی نمود. بنابراین، روش عددی را می‌توان به جای آزمایشات گران قیمت و پرهزینه بکار گرفت. امروزه نقش روش‌های عددی در مهندسی به عنوان ابزاری برای حل مسائل پیچیده بیش از پیش اهمیت یافته است.

در اینجا براساس منابع موجود که شامل کتاب لیو و لیو (۲۰۰۱) و چندین تز دکترا از جمله کرسپو (۲۰۰۸) می‌باشد، روش‌های عددی مختلف مورد بررسی قرار می گیرد. ایده اصلی روش‌های عددی با شبکه، روش‌های بدون مش و روش‌های ذره‌ای به اختصار مطالعه می‌شود. مزایا و معایب و کاربردهای هر کدام از این روش‌ها نیز مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

MarketCode.ir

روش‌های با شبکه

معادلات حاکم بر انواع پدیده‌های فیزیکی را می‌توان به دو صورت لاگرانژی و اویلری ارزیابی نمود. دیدگاه لاگرانژی در روش المان محدود استفاده می‌شود (زینکویچ و تیلور، ۲۰۰۰). در این روش شبکه یا مش در دامنه محاسباتی و روی جسم ایجاد می‌گردد و مقادیر مختلف در همه نقاط در زمان‌های مختلف محاسبه می‌شود. با تغییرشکل دامنه محاسباتی، مش ایجاد شده نیز دستخوش تغییر می‌شود. با این وجود، دنبال نمودن مرزهای متحرک و سطوح مشترک در این روش چندان دشوار نخواهد بود. بنابراین، روش‌های لاگرانژی برای حل مسائل مکانیک جامدات، که تغییرشکل‌ها نسبت به پدیده‌های سیالاتی کوچکتر است، بسیار مناسب هستند.

دیدگاه اویلری نیز در روشی مانند حجم محدود استفاده شده است (ورستیگ و مالاسکرا، ۱۹۹۵). شبکه و مش ایجاد شده در مکان ثابت است ولی روی جسم که از روی سلول‌ها حرکت می‌کند، ثابت نمی‌باشد. در این فرمولاسیون، به دست آوردن مقادیر در بازه زمان دشوار است زیرا دنبال کردن حرکت مرزها و سطوح مشترک آسان نیست و همچنین، نمی‌توان هندسه‌های نامنظم را به دقت مدل نمود. با این وجود، حل مسائل با تغییرشکل‌های بزرگ آسان است که این موضوع برخلاف روش‌های با شبکه لاگرانژی است که در آنها تغییرشکل‌های بزرگ به دلیل کوچک شدن مقادیرگام زمانی قابل حل نیستند. روش های اویلری معمولاً برای مطالعه انفجار و برخوردهای سرعت بالا بکار گرفته می‌شوند. در جدول ۱-۱ مقایسه‌ای میان روش‌های لاگرانژی و روش‌های اویلری انجام شده است (لیو و لیو، ۲۰۰۳).

روش‌های بدون شبکه

بکارگیری روش‌های با شبکه در بسیاری از زمینه‌ها با دشواری‌های فراوانی همراه است که به این دلیل کاربرد آنها در بسیاری از مسائل پیچیده محدود شده است. یکی از محدودیت‌های اصلی، تولید شبکه محاسباتی می-باشد که همواره یک فرایند مشخص نبوده و می‌تواند هزینه‌های بسیار بالایی را، چه از نظر زمان محاسباتی و چه از نظر پیچیدگی ریاضیاتی تحمیل نماید.

MarketCode.ir

جدول ۱-۱ مقایسه میان روش‌های لاگرانژی و روش‌های اویلری (لیو و لیو، ۲۰۰۳).

روش‌های اویلری	روش‌های لاگرانژی	
ثابت در مکان	متصل به جسم متحرک	شبکه
شار جرم، مومنتوم و انرژی در میان گره‌های شبکه و سلول‌های مرزی	حرکت هر نقطه روی جسم	مسیر[۱]
تعیین تاریخچه زمانی داده‌ها برای نقطه‌ای روی جسم بسیار دشوار است.	تعیین تاریخچه زمانی داده‌ها برای نقطه‌ای روی جسم آسان است.	تاریخچه زمانی
به دشواری دنبال می‌شوند.	به آسانی دنبال می‌شوند.	مرزها و سطوح مشترک متحرک
به آسانی مدل می‌شود.	به دشواری مدل می‌شود.	تغییرشکل‌های بزرگ

با استفاده از روش‌های بدون شبکه می‌توان مسائل مربوط به تغییرشکل‌های بزرگ، مواد پیشرفته، هندسه‌های پیچیده، رفتار غیرخطی مواد، ناپیوستگی‌ها و سینگولاریتی‌ها را به خوبی شبیه سازی نمود. روش‌های بدون مش همانگونه که در دینامیک سیالات استفاده می‌شوند در مکانیک جامدات نیز کاربرد دارند.

روش های ذره ای بدون شبکه

روش‌های ذره‌ای بدون مش به صورت سیستمی از یک دسته از ذره‌ها رفتار می‌کنند که این ذره‌ها نمایانگر اجسام فیزیکی یا بخشی از دامنه می‌باشند. در مسائل دینامیک سیالات محاسباتی، متغیرهایی مثل جرم، مومنتوم، انرژی، موقعیت و غیره در هر ذره محاسبه می‌گردند.

[۱] Track

MarketCode.ir

۱-۲-۲ روش ذرات هموار هیدرودینامیکی

روش ذرات هموار هیدرودینامیکی (SPH)، یکی از روش‌های بدون مش، لاگرانژی و ذره‌ای است که برای مدل سازی جریان سیال بکار می‌رود. روش SPH معادلات هیدرودینامیکی مومنتوم روی همه ذرات را در فرمولاسیون لاگرانژی درنظر می‌گیرد. مقادیر فیزیکی مربوطه، برای هر ذره به عنوان یک درونیابی از مقادیر ذرات همسایه محاسبه شده و سپس ذرات براساس این مقادیر حرکت می‌کنند. قوانین بقای دینامیک سیالات از فرم معادلات دیفرانسیل جزئی به فرم ذره‌ای در می‌آیند. این موضوع با استفاده از معادلات انتگرالی امکان پذیر است. در واقع، این معادلات انتگرالی از یک تابع درونیاب استفاده می‌کنند که تقریب هسته متغیرهای میدان در یک نقطه را می‌دهد. از نقطه نظر محاسباتی، اطلاعات میدان تنها در ذره‌ها معلوم است و انتگرال‌ها به عنوان مجموعی از همه ذره‌های مجاور ارزیابی می‌گردند.

مزایا و معایب روش ذرات هموار هیدرودینامیکی

طبیعت لاگرانژی این روش باعث می‌شود که در مقایسه با روش‌های اویلری و محدودیت‌های آنها دارای مزایای مختلفی باشد. برخی از این مزایا به شرح ذیل است:

الف) چگالی ذرات در نواحی که سیال حضور دارد، افزایش می‌یابد و در نتیجه حجم اصلی محاسبات در همان نواحی متمرکز می‌گردد و زمانی برای محاسبات مربوط به نواحی خالی صرف نمی‌شود.

ب) هیچ گونه محدودیت و مانعی در مورد هندسه سیستم وجود ندارد. ضمن آنکه اعمال شرایط اولیه به آسانی صورت پذیرفته و دشواری‌های مربوط به روش‌های المان محدود را دارا نمی‌باشد.

ج) انواع فرایندهای فیزیکی را می‌توان به طور همزمان بررسی نمود.

با این وجود، روش SPH دارای برخی از محدودیت‌های ذاتی نیز می‌باشد.

الف) اعمال شرایط مرزی امری دشوار بوده و همچنین از نفوذ ذرات سیال به درون مرزها می‌بایست اجتناب گردد.

MarketCode.ir