دانشگاه هرمزگان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی عمران

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته سازه‌های دریایی

عنوان پایان‌نامه:

مدل سازی عددی جریان‌های کانال قشم با استفاده از مدل سه بعدی

استاد راهنما:

دکتر مسعود منتظری نمین

استادان مشاور:

دکتر وحید چگینی

مهندس علی خوش‌خلق

دانشجو:

مسعود محموداف

اسفندماه ۱۳۸۶

بسمه تعالی

مسعود محموداف*، مسعود منتظری نمین، وحید چگینی، علی خوش خلق

چکیده

به دلیل اهمیت راهبردی کانال قشم به لحاظ اقتصادی، نظامی و حمل ونقل، همچنین قرار گرفتن بزرگترین محیط زیست آبی کشور ایران در کانال قشم و ارتباط تنگاتنگ صنایع منطقه با آب این کانال و از سوی دیگر وقوع فجایع زیست محیطی به دلیل نشت مواد نفتی از مخازن نزدیک ساحل و یا نفتکش‌ها و ورود آب توازن کشتی‌ها به این منطقه، لزوم شناخت جریان‌های آبی منطقه به دلیل پیش-بینی نحوه‌ی توزیع آلودگی‌ها و انتقال رسوب‌های منطقه، ضروری به نظر می‌رسد. در این مطالعه از مدل سه بعدی (COHERENS) در ۲۰ لایه از بستر تا سطح، به مدت ۳۱ روز اجرا، استفاده شده است. در این مدل اثرات باد، تغییرات شوری، دمای آب و ۴ مولفه جریان‌های جزر و مدی در نظر گرفته شده و اثر هر کدام از این پدیده‌ها با هم مقایسه شده‌اند. همچنین به ارتباط بین جهت جریان و جریان‌های جزر و مدی و اندازه متوسط جریان در طول کانال پرداخته شده است. اندازه‌گیری‌های میدانی متغیرهای فیزیکی آب کانال و جریان‌سنجی‌های بعمل آمده اعتبار و دقت بالای مدل را اثبات می‌کنند. بر اساس مقایسه به طور متوسط، ضریب همبستگی بین نتایج مدل و جریان سنجی‌ها در حدود ۰/۹ و میزان خطای متوسط در حدود ۸ درصد به دست می‌آید.

کلیدواژه‌ها: مدل‌سازی سه بعدی جریان، کانال قشم، تنگه خوران، جزر و مد، باد، شوری، دما

پست الکترونیکی: m-mahmoudov@yahoo.com

پیشگفتار

همانطور که می‌دانید مهمترین زیستگاه آبی کشور در جنوب کشور در منطقه تنگه خوران میان کانال قشم واقع شده است. وجود گونه‌های نادر از انواع حیوانات و پرندگان مهاجر در این منطقه لزوم توجه ویژه به این ناحیه را بیش از پیش مشخص می‌کند. از سوی دیگر قرار گرفتن مهمترین صنایع جنوب کشور در استان هرمزگان و همچنین وجود دو مجتمع بندری بین‌المللی شهید رجایی و باهنر در کنار کانال قشم و تردد کشتی‌های غول پیکر کانتینربر و نفتکش در این منطقه اهمیت اقتصادی و راهبردی این ناحیه را اثبات می‌کنند. تمامی آلودگی‌های صنعتی و فاضلاب‌های شهرهای ساحلی این منطقه که به کانال قشم وارد می‌شود، تهدید جدی و مهمی برای محیط زیست ارزشمند منطقه محسوب می‌شوند، به طوری که در سال‌های اخیر شاهد تخریب بیش از حد پوشش گیاهی و تنوع جانوری منطقه بوده‌ایم. شایان ذکر است این کانال مسیر دسترسی آبی به جزیره قشم، بزرگترین جزیره خلیج فارس است. با توجه به نکات یاد شده، شناخت رفتار جریان‌های آبی این منطقه که منشاء اصلی تغییرات خواص آب ناحیه و پدیده‌های زیست محیطی است، به لحاظ مدیریت منابع موجود در منطقه بسیار حائز اهمیت است. با شناخت رفتار و نحوه شکل گیری جریان‌ها می‌توان توزیع آلودگی‌های مختلف و تأثیر آنها بر محیط زیست منطقه، همچنین حرکت رسوب‌ها و نرخ انتقال رسوب را که به لحاظ کشتیرانی منطقه بسیار اهمیت دارد، پیش بینی کرد.

در این مطالعه سعی بر آن شده است که مدل جریان‌های این منطقه تهیه شود تا به وسیله این مدل تحلیل مناسبی بر رفتار، جهت و بزرگی جریان‌های ایجاد شده به عمل آید. در فصل اول این رساله در مورد ویژگی‌های کلی منطقه، شرایط آب و هوایی و شرایط فیزیکی آب بحث شده است. سپس در فصل دوم به معرفی روش‌ها و توانایی‌های مدل پرداخته شده است. در فصل سوم، به نحوه آماده کردن اطلاعات منطقه برای مدل، اشاره و نتایج و مشاهداتی که از خروجی مدل حاصل می‌شود، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته‌اند. در فصل چهارم نیز درستی سنجی نتایج مدل با مقایسه اندازه‌گیری‌های به عمل آمده در منطقه، انجام شده است. در نهایت در فصل آخر به نتایج و ارائه پیشنهادهایی به منظور تکمیل و بهره‌برداری از نتایج این مطالعه پرداخته شده است.

مقدمه

در سال‌های اخیر نگرانی پیرامون آلودگی سواحل اروپا منجر به گسترش و نفوذ مدل‌های عددی و کامپیوتری فیزیکی و بیولوژیکی به منظور روشن شدن و شناخت ارتباط این فرآیندها و همچنین تاثیر فعالیت انسان بر روی شرایط اکولوژیکی مناطق ساحلی شده است. هدف پیش بینی تاثیر تغییرات محیط بر روی جانداران و همچنین شبیه سازی ورود و انتشار آلودگی های مختلف می باشد. این کار مهم و بزرگ و همچنین چند بعدی نیازمند همکاری مختصصان مختلف و صرف سال های زیادی بابت انجام پروسه‌های علمی و طراحی ، برنامه ریزی و امتحان کدهای مدل و همچنین کالیبره کردن مدل در برابر اطلاعات میدانی به دست آمده می باشد.

در طول دهه اخیر تعدادی از مدل‌های هیدرودینامیکی سه بعدی برای سواحل و دریا در موسسات مختلف ابداع و طراحی شده‌اند. در سال‌های اخیر این مدل‌ها با مدول‌های بیولوژیکی و یا انتقال رسوب و آلودگی همراه شده‌اند. از زمانی که بعضی از مدل‌ها و روش‌های عددی به کار رفته در حل معادلات، توسط معادلات شناخته شده‌ای همانند معادلات ناویر استوکس و غیره استاندارد شده‌اند، شناخت متغیرهایی که در مدل‌سازی پروسه‌های مختلف همانند آشفتگی، امواج سطحی، برهمکنش بیولوژیکی و ... به کار می‌روند، آسانتر شده است. برای مثال مدل‌های زیادی مربوط به آشفتگی از قبل در دسترس هستند. در هر صورت بازهم پیشرفت‌های بیشتری در سالیان آینده مورد انتظار می‌باشد. به کارگیری

همزمان مدول‌های فیزیکی و بیولوژیکی در صورتی که دارای متغیرها و معادلات زیادی باشند، باعث ایجاد محدودیت در حافظه و توان CPU کامپیوتر می‌شود. پس توجه به این امر ضروری است که در حین مدل‌سازی فرآیندهای بیولوژیکی، عملیات متغیرسازی به نحوی انجام شود که به لحاظ تجمع معادلات بهترین حالت ممکن ایجاد شود.

۱– معرفی مدل

۱–۱ – کلیات

COHERENS یک مدل هیدرودینامیکی سه بعدی، چند منظوره و مناسب برای نواحی ساحلی و فلات قاره دریایی است که با مدول‌های بیولوژیکی، انتقال رسوب و رسوبگذاری و آلودگی همراه شده و با اشل‌های مقیاس کوتاه و متوسط زمانی و فصلی مطابقت دارد. این برنامه در سالیان بین ۱۹۹۰ الی ۱۹۹۸ توسط یک گروه اروپایی چند ملیتی طراحی شده است. این مدل در ابتدا برای مدل‌سازی دریای شمال و نواحی ساحلی به کار گرفته شده است.

مدل COHERENS هم اکنون در دسترس کمیته‌های علمی و تحقیقاتی است و یک وسیله مناسب برای شناخت فرآیندهای فیزیکی و بیولوژیکی، پیش بینی و نظارت بر توزیع مواد زاید و فاضلاب در ناحیه فلات قاره دریاها و نواحی ساحلی به شمار می‌رود. مزیت این مدل آسانی به کار بردن متغیرهای مختلف در مقایسه با مدل‌های پیچیده است. در ابتدا شاید به نظر برسد که کاربرد این مدل یک فرآیند طولانی و پیچیده باشد، ولی باید توجه داشت که این مدل برای کارهای تحقیقاتی و پژوهشی به صورت کدهای اصلی برنامه در دسترس پژوهشگران قرار گرفته است. این ویژگی دو مزیت دارد، یکی اینکه بر حسب نیاز تغییر در کدهای برنامه با حفظ مسئولیت پژوهشگر امکان پذیر است و دیگری اینکه امکان سوءاستفاده تجاری از این مدل را به حداقل می‌رساند. مزایای مهم این مدل شفافیت مربوط به ساختار مجزا و منظم آن و همچنین انعطاف پذیری آن به دلیل امکان انتخاب فرآیندهای مختلف، طرح‌های خاص وروش‌های مختلف برای یک مورد خاص است. این عوامل استفاده

از این مدل را برای امر مطالعه و پژوهش و یا اهداف کاربردی، بدون داشتن دانشی قبلی در مورد جزئیات ساختار آن امکان‌پذیر ساخته است.

۱-۲- پیش زمینه علمی

یکی از مزایای مهم مدل COHERENS این است که انتخاب وضوح مکانی[۱] افقی، عمودی و همچنین گام‌های زمانی بر عهده کابر است، همانطور که می‌دانید این عوامل در تأثیر شرایط مختلف بسیار تعیین کننده هستند. از جمله این تأثیرات می‌توان به تأثیر بر روی اثرات فیزیکی همچون باد، جزرومد، نوسانات داخلی، تأثیرات فصلی، بلوم پلانکتونی و تغییرات آب و هوایی اشاره کرد. زمان مدل‌سازی متناظر با مقیاس‌ها می‌تواند به میزان چندین ساعت، یک هفته، چندین ماه و یا چندین سال باشد. معمولا مدت زمان لازم برای مدل‌های بیولوژیکی که وابسته به تغییرات فصلی هستند طولانی‌تر از مدل‌های فیزیکی است. محدودیت اصلی در مورد مسائلی که همزمان هم مدل فیزیکی و هم مدل بیولوژیکی را حل می‌کنند، یکی بودن گام زمانی است، مخصوصاً اگر در مدل فیزیکی مورد فرارفت[۲] یا انتشار[۳] داشته باشیم این اضطرار شدیدتر می‌شود.

همانطور که می‌دانید معمولاً بیشترین تغییر در خواص آب در ناحیه فلات قاره اتفاق می‌افتد، برای مثال در مورد پلوم ناشی از یک رودخانه که به این ناحیه می‌ریزد، به دلیل ورود آب تازه، یک ناحیه‌ی دو لایه‌ای ایجاد می‌شود. همچنین نواحی که تغییر عمق از منطقه کم عمق به ناحیه عمیق اتفاق می‌افتد، به لحاظ تغییرات گرمایی در فصل تابستان مورد توجه و مهم است. نواحی مذکور باید با دقت کافی از طرف مدل تحلیل شوند، چرا که این نواحی مهمترین محل‌های تمرکز کلروفیل در فصل تابستان است.

تغییرات پارامترهای فیزیکی در عمق، خواص بیولوژیکی و همچنین تمرکز آلودگی به شدت تحت تأثیر آشفتگی قرار می‌گیرند. انواع مختلفی از طرح‌های آشفتگی در مدل COHERENS در دسترس است. همچنین رسوبات معدنی و آلی در لایه‌ای سست[۴] در کف ته نشین شده، تحت تأثیر تنش کف

۱- Resolution
۲- Advection
۳- Diffusion
٤- Fluff

قرار گرفته و چرخه‌ی رسوب‌گذاری و تعلیق انجام می‌شود. همچنین انتشار ناشی از آشفتگی منجر به رژیم گرمایی و جابجایی مواد نیتراتی می‌شود. از طرف دیگر برهم‌کنش جریان‌های جزرومدی و امواج باعث ایجاد نیروهای بزرگی در سطح آب و بستر می‌شود. باد و پارامترهای آب و هوایی بیشتر باعث تغییر در خواص سطحی می‌شوند. همه فرآیندهای فوق‌الذکر توسط مدل به دقت در تمام فصول سال کنترل می‌شود.

یکی از مزایای مدل‌های مختلف توانایی مدل کردن همزمان پدیده‌ی فرارفت و انتشار مواد زاید، نفتی، روغنی و نامحلول در آب است. روش عددی به کار رفته در این موارد بستگی به حجم مواد آلاینده دارد. معمولا آلودگی‌های با وسعت کم را با روش معادلات لاگرانژی و آلودگی‌های وسیع را با روش عددی اویلری مدل می‌کنند. نکته قابل توجه درباره مدلCOHERENS این است که هر دو این روش عددی با توجه به تشخیص کاربر قابل استفاده هستند.

۱–۳– توضیحات مدل

برنامه به زبان FORTRAN۷۷ نوشته شده است و دارای ۴ بخش اصلی است.

۱- بخش فیزیکی که دارای مدول عمومی برای حل معادلات همرفت-انتشار است.

۲- مدول میکروبیولوژی که با دینامیک میکروپلانکتون‌ها و مواد ناشی از فساد مواد نامحلول غیرآلی سروکار دارد.

۳- مدول اویلری رسوب که در مورد ته نشینی وتعلیق مواد آلی و غیرآلی کاربرد دارد.

٤- مدول اویلری-لاگرانژی که برای مدل کردن انتشار آلودگی‌ها کاربرد دارد.

ساختار برنامه شامل یک هسته مرکزی و یک سری از مدول‌های مختلف است. این ساختار مدولار برنامه، بروزرسانی یک فرآیند خاص و یا انتخاب روش‌های متعدد حل و همچنین اضافه کردن یک فرآیند را در حین حل امکان پذیر می‌کند. هسته مرکزی حوزه جریان را با حل معادلات ناویر-استوکس بروزرسانی[۱] می‌کند و همچنین تحلیل مدول همرفت-انتشار را شامل می‌شود. یک سری

۱- Update

از سوئیچ‌هایی که در برنامه مهیا شده است به کاربر این اجازه را می‌دهد تا هر پروسه لازم را بر حسب مدلسازی عددی انتخاب کند.

خصوصیات مختلف برنامه مطابق ذیل قابل طبقه بندی است:

۱-۳-۱- ویژگی‌های عمومی

- انتخاب مختصات کارتزین و یا استوانه‌ای که به عهده کاربر است.
- امکان اجرای برنامه به عنوان یک نقطه یک بعدی در راستای قائم.
- امکان استفاده از مختصات σ در قائم که مختصات بندی غیر یکنواخت را امکان پذیر می‌کند.
- وجود یک نوع گام زمانی که بروزرسانی کلیه مقادیر سه بعدی امکان پذیر می‌کند.
- وجود روش‌های مختلف برای همرفت، مقادیر اسکالر و مومنتوم و انتشار افقی که با نسخه‌های مختلف بروز رسانی می‌شوند.
- امکان انجام آنالیز هارمونیک بر روی بعضی از متغیرهایی که کاربر تعیین کرده باشد.
- ورود حالت‌های مختلفی از اطلاعات و امکان استفاده از گام‌های مختلف زمانی برای اجزاء مختلف برنامه مانند بخش‌های فیزیکی، بیولوژیکی و رسوب.
- امکان گرفتن انواع خروجی‌ها برحسب زمان، مکان، سری زمانی، متوسط زمانی، سری هارمونیک و ...
- امکان ارتباط برنامه با سایر برنامه‌ها و یا زبان‌های برنامه‌ریزی به منظور سهولت کار با نتایج توسط کاربر. مهمترین این برنامه‌ها شامل: FERRET, MATLAB TECPLOT, IDL و ... هستند.

۱-۳-۲- ویژگی‌های مدول فیزیکی

- امکان حل ۲ بعدی و ۳ بعدی معادلات مومنتوم و پیوستگی جریان.
- در مدل می‌توان متغیرهای شوری، دما و یا به صورت همزمان هر دو این متغیرها را در نظر گرفت.
- با استفاده از مدول اپتیکال جذب انرژی تابشی خورشید در لایه‌های فوقانی آب امکان پذیر شده است.
- امکان استفاده از روش‌های مختلف مربوط به آشفتگی. این روش‌ها از روش‌های ساده خطی مانند ملر-یامادا[۱] تا روش‌های چند متغیره مانند روش رودی، لیتون[۲] در دسترس هستند.
- حالات مختلف گرادیان‌های فیزیکی (شوری، دما، جریان و ...) در مرزهای باز دریا و رودخانه‌ها قابل استفاده هستند.
- با استفاده از معادلات استاندارد اثر برهم‌کنش موج و جریان در بستر، تنش‌های ایجاد شده محاسبه می‌شوند.
- معادلات مختلفی برای محاسبه تنش ناشی از باد و تبادل گرمایی در سطح موجود است.

۱-۳-۳- ویژگی‌های مدول بیولوژی

- چرخه مواد مغذی و نیتراتی با استفاده از مدول تجزیه میکروپلانکتون‌ها به همراه حل معادلاتی که میزان جذب نور توسط مواد آلی و غیرآلی را تعیین می‌کنند.
- مدول مربوط به چرخه کربن و نیتروژن تغییرات مواد نیتراته، آمونیومی و اکسیژنی را در بین میکروپلانکتون‌ها و مواد فرسایشی اندازه‌گیری می‌کند.
- توانایی مدل کردن فرآیندهای اتوتروفیک[۱] و هتروتروفیک[۲] با در نظر گرفتن چرخه میکروبیولوژیکال.

۱- Mellor-Yamada
۲- Rodi-Luyten

- دینامیک میکروپلانکتون‌ها با در نظر گرفتن تئوری " دروپ"[3] حل می‌شوند.

۱-۳-۴- ویژگی‌های مدول رسوب

- در این مدل این امکان وجود دارد که تمام ذرات بیولوژیکی به صورت تک ذره با یک سرعت خاص سقوط کرده و بر روی لایه نرم کف رسوب کنند.
- مدل رسوب می‌تواند تعلیق و تمرکز ذرات غیرآلی را به عنوان تابع یک یا دو پارامتر بیان نماید و همچنین کاهش اثر نور را در اثر رسوب معلق مدل نماید.
- عمل رسوب گذاری و تعلیق در لایه نرم بستر با ظرفیت محدودی انجام می‌شود و ذرات آلی در این لایه تجزیه شده و یا توسط موجودات بستر به درون رسوب‌ها کشیده می‌شوند.

۱-۳-۵- ویژگی‌های مدول آلودگی

- دو مدل برای انتشار آلودگی در برنامه وجود دارد.
- روش اول با استفاده از مدل تقریب اویلری و حل معادلات همرفت-انتشار برای تعدادی از مواد نامحلول که توسط کاربر تعریف شده‌اند، اجرا می‌شود.
- روش دوم با استفاده از روش لاگرانژی و با استفاده از معادلات انتشار مسیر مواد معلق شناسایی می‌شود.
- در هر دو مدل امکان تعریف حجم جدیدی از مواد معلق که از طریق دبی رودخانه‌ها و یا مرزهای باز وارد می‌شوند، توسط کاربر وجود دارد.

در پایان لازم به ذکر است که برای کمک به کاربران کم تجربه در این برنامه به تعدادی از سوئیچ‌ها، پارامترها و آرایه‌های مربوط به هیدرودینامیک و روش‌های آشفتگی و ...مقادیر پیش فرضی داده شده است. در ادامه، کاربر با کسب مهارت به مرور زمان می‌تواند این مقادیر را در محدوده‌های مجاز تغییر دهد.

۱- Autotrophic
۲- Heterotrophic

۳- Droop (۱۹۸۳)

همانطور که ذکر شد در مورد کاربران کم تجربه برنامه با مقادیر پیش فرض خود اجرا می‌شود و فقط تعداد محدودی از متغیرها نیاز دارند توسط کاربر تعیین شوند. این متغیرها شامل متغیرهای مربوط به شبکه‌بندی، هیدروگرافی، مرزهای باز و شرایط اولیه است. اما در مورد کاربران باتجربه‌تر ساختار منظم برنامه این اجازه را به آنها می‌دهد تا یک مدول طراحی شده توسط کاربر جایگزین مدول هسته برنامه شود. کاملا واضح است که این عمل بدون خطا و اشتباه نیست، چرا که این مدول می‌تواند با دیگر واحدهای برنامه ارتباط پیدا کند و عملیات آنها را دچار اختلال نماید. پس علی رغم اینکه تغییر مدول‌های برنامه به سادگی امکان پذیر است اما همیشه بدون مشکل نیست.

تنظیمات پیش فرض این امکان را به کاربر می‌دهد تا با داشتن یک دانش کلی درباره زمینه‌های علمی، با تعیین بعضی از مقادیر مربوط به شبکه‌بندی، هیدروگرافی، مرزهای باز و شرایط اولیه، برنامه را اجرا کند و نتایج آن را مورد بررسی قرار دهد. قطعاً برای تغییر مدول‌های برنامه، علاوه بر داشتن اطلاعات کافی از نحوه برنامه‌نویسی به زبان FORTRAN تمرین و ممارست مدیدی را درباره جزئیات برنامه ریزی و زمینه‌های علمی برنامه طلب می‌نماید.

۲– ساختار برنامه COHERENS

این برنامه به صورت کد اصلی به زبان FORTRAN و با فرض سیستم عامل LINUX یا UNIX نوشته شده است. البته با اعمال تغییراتی مختصر در نحوه‌ی اجرای برنامه قابلیت اجرای در محیط WINDOWS هم وجود دارد.

برنامه دارای منبع فایلی شامل ۴۸ فایل به زبان FORTRAN است، که به صورت f.* مشخص شده‌اند و همچنین دارای ۳۱ فایل Notepad است که به صورت inc.* مشخص شده‌اند. البته این ۳۱ فایل هم با فرمت دستورات FORTRAN نوشته شده‌اند، چرا که با اضافه شدن این فایل‌ها به فایل‌های اصلی تحت کامپایل زبان FORTRAN قرار می‌گیرند. به منظور اجرای برنامه در این ۷۹ فایل تغییری اعمال نمی‌شود. فایل‌هایی که برای اجرای برنامه با فرض محیط LINUX توسط کاربر تغییر داده می‌شوند دو دسته اصلی هستند:

❖ فایل‌هایی که اطلاعات ورودی مدل را آماده و ویرایش می‌کنند، عبارتند از: param.inc, defmod.f

❖ فایل‌هایی که اطلاعات و نتایج مدل را ویرایش می‌کنند، عبارتند از: defout.f defanal.f, defavar.f, defpar.f, print.f ,defmod.par,

لازم به ذکر است که در نسخه تحت WINDOWS فقط فایل‌های , param.inc print.f ,defmod.par, defmod.f با توجه به مدول مورد استفاده و نحوه شکل اطلاعات خروجی مورد ویرایش قرار می‌گیرند.

۲-۱- فایل param.inc :

در این فایل اطلاعات مربوط به محیط مسئله، شبکه‌بندی، تعداد مرزهای باز، تعداد پروفیل‌های فیزیکی اعمال شده، تعداد فرکانس‌های مربوط به جزرومد و آنالیز هارمونیک و چند متغیر دیگر داده می‌شود. اهم این متغیرها و پارامترهای مربوطه به شرح ذیل است:

NC : تعداد شبکه‌های ایجاد شده در راستای x را مشخص می‌کند.

NR : تعداد شبکه‌های ایجاد شده در راستای y را مشخص می‌کند.

NZ : تعداد شبکه‌های ایجاد شده در راستای قائم را مشخص می‌کند.

NOBU : تعداد شبکه‌های مرز باز در سطح و منظر U [۱] مشخص می‌کند.

NOBV : تعداد شبکه‌های مرز باز در سطح و منظر V مشخص می‌کند.

NVPROF : تعداد پروفیل‌های فیزیکی قائم (شوری، دما، جریان،...) اعمال شده در مرزهای باز را مشخص می‌کند.

NCON : تعداد مولفه‌های جزرومدی اعمال شده در مسئله را معین می‌کند.

NCONTO : تعداد فرکانس‌های آنالیز هارمونیک را مشخص می‌کند که حداقل مقدار آن ۱ است.

۱- Face

در اینجا از پرداختن به تعداد باقیمانده متغیرها به دلیل عدم کاربرد آنها در آنالیز سری زمانی تحت WINDOWS صرف نظر می‌کنیم.

۲-۲- فایل defmod.f :

در این فایل کلیه مشخصات جزیی فیزیکی شامل سوئیچ‌ها، سوئیچ‌ها، پارامترها، آرایه‌ها کنتورهای زمانی، هیدروگرافی مسئله، شرایط اولیه و مرزی و پارامترهای وابسته به زمان مشخص می‌شوند.

تمام زیرشاخه‌های این فایل توسط فایل preproc.f که در واقع پیش پردازنده برنامه است فراخوانی می‌شوند. ۷ زیر روال این فایل و اهداف آنها به شرح ذیل است:

:DEFCON

مقادیر تمام سوئیچ‌ها، پارامترهای زمان، کنتورها، پارامترهای فایل و پارامترهای ویژه مدول‌های مختلف در این زیر روال تعریف می‌شوند.

: DEFGRID

در این زیر روال مقادیر مربوط به مش بندی، هیدروگرافی، آرایه‌های مربوط به سلول‌های شبکه، شاخص‌های مرزهای باز و زبری کف تعریف می‌شوند.

:DEFOB2D

در این زیر روال انواع ویژگی‌های مرزهای باز (دریا، رودخانه،...) و همچنین ارتفاع و فرکانس مربوط به جریان‌های جزرومدی وارد شده به مرزهای باز تعیین می‌شوند.

:DEFOB3D

مقادیر و پارامترهای مختلف فیزیکی، بیولوژیکی و غیره مانند شوری، دما، جریان و سایر متغیرهای بیولوژیکی و کلیه مقادیر سه بعدی مستقل از زمان که از مرزهای باز به محیط طراحی شده وارد می‌شوند در این زیر روال تعیین می‌شوند.

: DEFICS

کلیه مقادیر اولیه محیط مورد نظر در این زیر روال مشخص می‌شوند.

:WRFCDAT

مشخصات هواشناسی و موج در این زیر روال به برنامه وارد می‌شوند.

: WROBDAT

مشخصات متغیرها و پارامترهای ورودی از مرزهای باز که تابع زمان هستند، در این زیر روال برای برنامه تعریف می‌شوند.

در ادامه به شرحی مختصر در خصوص بعضی از پارامترها و کنتورهای عمومی و مخصوص شاخه فیزیک خواهیم پرداخت.

۲–۳– فایل defmod.par :

در نسخه اصلی برنامه که تحت LINUX می باشد، در این فایل علاوه بر نام برنامه شبیه سازی شده، تعداد و نوع فایل‌های خروجی همچنین فرمت فایل‌های خروجی و دوره زمانی برای آنالیزهای هارمونیک و متوسط زمانی تعیین می‌شوند.

۲–۴– فایل‌های تنظیم کننده نتایج برنامه:

این فایل‌ها شامل print.f,defmod.par defout.f, ,defanal.f, defavar.f, defpar.f هستند که نحوه عملکرد ۴ فایل اول در فایل defmod.par مشخص می‌شوند و طبق دستورات کاربر ممکن است یکی یا همه این فایل‌ها به کار گرفته شوند. نکته قابل ذکر این است که کاربر خود باید اقدام به نوشتن دستورات این فایل‌ها نماید، حتی ممکن است بر طبق خواست کاربر همه این فایل‌ها حذف شوند و فقط فایلprint.f مورد استفاده برنامه قرار گیرد.

۳- معرفی فایل defmod.f :

در بین تمام فایل‌هایی که در قبل توضیح داده شده فایل defmod.f از همه مهمتر و شاید ایجاد و ساختن آن مشکل‌تر از بقیه باشد.

در این فایل همانطور که قبلاً ذکر شد تمام مقادیر سوئیچ‌ها، زمان شروع و خاتمه مدل‌سازی، گام زمانی، کنتورها، پارامترهای مدل، هیدروگرافی، آرایه‌های مربوط به مش بندی، نوع مرزهای باز، شرایط اولیه، اطلاعات ورودی در مورد سطح آب و پروفیل‌های ورودی از مرزهای باز و همچنین اطلاعات مترولوژی به برنامه داده می‌شود. در ادامه با ذکر نام زیر روال مربوطه و نماد مشخصه به توضیح بیشتر می‌پردازیم.

۳-۱- سوئیچ‌ها (DEFCON):

تنظیم سوئیچ‌های مختلف در برنامه به منظور فعال کردن و یا غیر فعال کردن مدولی خاص و یا انتخاب روش حل و پردازشی معین توسط کاربر است. در مورد سوئیچ‌ها توجه به این نکته ضروری است که مقدار صفر باعث غیر فعال شدن مدول مربوطه می‌شود و مقادیر منفی هم مجاز نهستند. بعضی از سوئیچ‌ها دو حالتی (۰/۱) هستند در حالی که بعضی دیگر مقادیر بیشتری هم می‌گیرند. در اینجا به اهم این سوئیچ‌ها می‌پردازیم:

- IGRDIM : انتخاب ابعاد مسئله (سه بعدی یا یک بعدی)
- IGTRH : انتخاب سیستم مختصات مسئله (کارتزین و یا استوانه‌ای)
- مسئله دارای یک مدول مرکزی فیزیکی، مدول بیولوژی، مدول رسوب، مدول آلودگی اویلری و مدول ذرات لاگرانژی است. مدول مرکزی فیزیک که مستقیما با سایر اجزاء برنامه ارتباط پیدا می‌کند و غیرفعال کردن آن غیر ممکن است ولی سایر مدول‌ها به ترتیب با خاموش کردن سوئیچ‌های IOPTB، IOPTS، IOPTC و IOPTP غیرفعال می‌شوند.
- روش‌های عددی مختلفی برای معادلات همرفت و انتشار در برنامه در دسترس کاربر گذاشته شده است. IADVC برای همرفت مومنتوم، IADVS برای همرفت

مقادیر اسکالر، IODIF برای انتشار افقی و IOPTK برای انتخاب روش عمومی انتشار قائم پیش بینی شده‌اند.

- بخش فیزیکی برنامه شامل دو مدول برای شوری و دما می باشد که در کنار مدول‌های دوبعدی و سه بعدی مومنتوم فعال می‌شوند. سوئیچ‌های معادلات مومنتوم دو و سه بعدی به ترتیب IOPT2و IOPT3 هستند. این سوئیچ‌ها به طور پیش فرض روشن هستند، چرا که اجرای مدول مرکزی فیزیکی برنامه در گرو حل معادلات مومنتوم است. همچنین مدول‌های شوری و دما با سوئیچ‌های IOPTSA و IOPTHE فعال می‌شوند.
- معادله حالت جریان توسط سوئیچ IOPTD انتخاب می‌شود. باید توجه داشت که این سوئیچ در هیچ حالتی صفر نشود مگر در حالتی که۰=IOPTHE=IOPTSA که در واقع تمام مدول‌های آشفتگی و مومنتوم غیرفعال هستند.
- تعدادی سوئیچ برای انتخاب شرایط مرزهای بستر و سطح آب پیش بینی شده‌اند. معادله تنش بستر توسط سوئیچ IBSTR تعیین می‌شود. همچنین ضرایب درگ سطح توسط IDRAG و نحوه تبادل‌های سطحی توسط ITDIF تعیین می‌شوند. نحوه گردش و تبادل گرمایی، شوری و مومنتوم توسط سوئیچ IOPTM مشخص می‌شوند.
- برنامه دارای یک مدول برای محاسبه اندرکنش موج سطحی بر روی تنش کف است. این مدول توسط سوئیچIOPTW فعال می‌شود.
- همچنین دو سوئیچ IFLUFF و IADVWB برای فعال کردن تعلیق و ته نشینی میکروپلانکتون‌ها در بستر و معادله همرفت نشست آنها پیش بینی شده‌اند.
- چهار سوئیچ برای تعیین نحوه خروجی گرفتن برنامه تعیین شده‌اند. این چهار سوئیچ عبارتند از: IOUTS، IOUTT، IOUTF، IOUTP.
- همچنین ۵ سوئیچ دیگر برای تعیین طرح آشفتگی پیش بینی شده‌اند.

۳-۲- پارامترهای زمان و شمارنده‌ها[1] (DEFCON):

- مدت زمان شبیه سازی توسط ۴ پارامتر مشخص می‌شوند که به ترتیب IBDATE و IBYEAR زمان به ماه، روز، ساعت و دقیقه و سوئیچ دوم سال شروع مدل سازی را مشخص می‌کنند و پایان زمان مدل‌سازی با IEDATE و IEYEAR مشخص می‌شود.
- برنامه دارای چندین گام زمانی است که کوچکترین آنها DELT است که گام زمانی شبیه‌سازی دوبعدی در طول مدل‌سازی است و سایر شمارنده‌ها ضریب صحیحی از آن هستند.
- شمارنده‌ی $IC3D$ گام زمانی معادلات ۳ بعدی شبیه‌سازی و مدول ذرات است.
- سایر شمارنده‌ها ICMET مربوط به اطلاعات هواشناسی، ICWAV مربوط به موج‌های سطحی و بقیه ICHBC, ICBBC,ICPBC,ICCBC,IC2BC هستند که با توجه به فعال بودن مدول‌های مربوطه مقداردهی می‌شوند.

۳-۳- پارامترهای مدل (DEFCON):

بعد از مشخص شدن مقادیر سوئیچ‌ها، تمامی پارامترها، کنتورها، آرایه‌ها و سایر مقادیر با توجه به سوئیچ‌ها مقداردهی می‌شوند. بعضی از پارامترهای این زیرروال به شرح ذیل هستند:

- DLAREF و DLOREF که به ترتیب مقادیر طول و عرض جغرافیایی حوزه شبیه سازی را در دستگاه مختصات کارتزین مشخص می‌کنند.
- DEPUN مشخص کننده مقدار عمق متوسط در مدل ۱ بعدی است.
- R۰REF، SREF و TREF به ترتیب تعین کننده مقادیر چگالی، شوری و دمای مبنای حوزه مدل‌سازی هستند.
- SBETUN و TBETUN به ترتیب ضرایب انبساط شوری و دما هستند.

۱- Counters

- CDLIN و CDZ۰UN ضرایب مربوط به روابط خطی و درجه ۲ اصطکاک کف هستند.

با توجه به اینکه سایر پارامترها مربوط به مدول فیزیک نهستند از پرداختن به آنها صرف نظر می‌کنیم.

۳-۴- آرایه‌های شبکه (DEFGRID):

- GX۰ و GY۰ مختصات چهار گوشه سلول‌های در نظر گرفته شده برای شبکه مش بندی هستند که در مختصات کارتزین بر حسب متر و در مختصات کروی بر حسب درجه بیان می‌شوند.
- GZ۰ هم مختصات قائم در دستگاه σ است که به طور پیش فرض یکنواخت در نظر گرفته می‌شود.
- DEP یک آرایه افقی و دو بعدی است که بیان کننده عمق متوسط در مرکز سلول‌ها است.
- NWD و NPIX و NPIY سه آرایه دو بعدی افقی مربوط به سلول‌ها هستند. مقادیر پیش فرض NWD نباید تغییر کند و مشخص کننده سلول‌ها خشک (۰) و تر(۱) است. NPIX و NPIY مشخص کننده وضعیت مرزهای هر سلول در صورت تر بودن آن شامل مرز تر و خشک، داخلی، مرز باز دریا و مرز باز رودخانه هستند.
- آرایه‌های IOBU، JOBU، IOBV و JOBV سلول‌های مرز باز را در حوزه مدل جانمایی می‌کند.
- آرایه CDZ۰ مشخص کننده طول زبری در مرکز سلول‌ها که تعیین کننده ضریب زبری در قانون معادله درجه ۲ زبری می‌شود.

۳–۵– انواع شرایط مرز باز (DEFOB3D وDEFOB2D):

در این برنامه امکان انتخاب انواع شرایط مرز باز در مسئله و ورود جریان‌های جزر و مدی و پروفیل‌های قائم فیزیکی وجود دارد.

- آرایه‌های ITYPOBU و ITYPOBV تعیین کننده شرایط مرزهای باز در دو راستا بر حسب جریان و سطح دریا هستند.
- SIGMA و PHASE۰ دو آرایه مشخص کننده فرکانس و فاز اولیه جریان‌های جزرومدی هستند.
- اگر با سوئیچ مربوطه در قبل، آنالیز هارمونیک فعال شده باشد، فرکانس آنالیز با سوئیچ ANALSIG مشخص می‌شود.
- قبلاً ذکر شد که برای هر مرز باز می‌توان یک و یا چند پروفیل قائم اعمال شود. شماره این پروفیل‌ها در هر مرز باز با آرایه‌های IVPOBU و IVPOBV مشخص می‌شود.
- شماره ذرات معلق که در مدول لاگرانژی از مرزهای باز وارد حوزه مدل می‌شوند، با آرایه‌های LSTOBU و LSTOBV مشخص می‌شوند.

۳–۶– شرایط اولیه (DEFICS):

برای اعمال شرایط اولیه در هر مدول می‌توان به آرایه‌های زیر اشاره کرد:

- فیزیک: شوری و دما.

قبلاً اشاره شده که مقادیر شوری و دمای مبنا با پارامترهای SREF و TREF مشخص می‌شوند.

- بیولوژی.

شرایط اولیه تمرکز متغیرهایی مانند: کربن، نیتروژن، کربن و نیتروژن تجزیه شده، آمونیوم، نیترات و اکسیژن نامحلول و غیره را می‌توان به عنوان شرایط اولیه مدل نام برد.

- رسوب:

تمرکز رسوب‌های غیرآلی جز شرایط اولیه مدول رسوب است.

- آلودگی:

تمرکز کلیه مواد آلاینده جزء شرایط اولیه این مدول محسوب می‌شوند.

- مدول ذرات:

موقعیت اولیه ذرات، شماره آنها و مقادیرشان جز شرایط اولیه این مدول محسوب می‌شوند.

۳-۷- شرایط سطح آب (WRFCDAT):

این شرایط شامل دو نوع تبادلات مرزی شوری، دما، مومنتوم و تشعشع تابشی از خورشید و داده‌های مربوط به موج هستند. این زیر روال وقتی فعال می‌شود که سوئیچ‌های مربوطه بزرگتر از ۱ و شمارنده‌های مربوطه غیر صفر باشند. آنگاه با توجه به کنتور زمانی مربوطه شروع به خواندن اطلاعات می‌کند. در این حالت غالباً اطلاعات مربوطه به شکل یک فایل خارجی توسط مدل خوانده می‌شوند.

۳-۸- اطلاعات مربوط به مرزهای باز(DEFOB2D،DEFOB3D، WROBDAT):

سه نوع مختلف اطلاعات مرز باز وجود دارد. اول آنهایی که مربوط به جریان‌های جزرومدی و سطح آب می‌شوند. AMPOBU و AMPOBV دامنه جزرومد و حجم دبی رودخانه را مشخص می‌کنند. دو آرایه PHAOBU و PHAOBV فازهای اولیه سلول‌های مرزهای باز را تعیین می‌کنند.

نوع دوم مربوط به پروفیل‌های ۳ بعدی فیزیکی هستند که در مرزهای باز اعمال می‌شوند. این آرایه‌ها که مفهوم ۳ بعدی ولی ظاهری دوبعدی دارند را می‌توان با پسوند ''VP'' شناسایی کرد.