دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

پایان نامه دکتری

گرایش آب

عنوان

مدلسازی پخش نفت ریزشی در ستون آب در دریا

نگارش

حنیفه ایمانیان

استادان راهنما

دکتر مرتضی کلاهدوزان

دکتر امیررضا زراتی

دی ۱۳۹۱

Archive of SID

www.SID.ir

اجرای این پایان نامه مورد حمایت مالی سازمان بنادر و دریانوردی قرار گرفته است و سازمان به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتیرانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی داده مطالعات راهبردی

چکیده

دریا علاوه بر یک زیستگاه مهم برای انواع جانداران، به عنوان یکی از مناطق پر اهمیت تجاری در اقصی نقاط جهان مورد توجه است. یکی از وقایعی که محیط دریا را به شدت تحت تاثیر قرار می دهد، حضور آلاینده های نفتی در این مناطق است. شکستگی لوله های انتقال نفت در کف دریا، تصادم کشتیهای حامل مواد نفتی و ... از جمله مواردی هستند که سبب ورود نفت به آبهای دریایی می شوند. نفت ریزشی در مواجه با امواج و جریانهای دریایی، فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مختلفی را تجربه کرده و در محیط دریا پخش می شود. لازمه کنترل و جمع آوری نفت ریزشی و محافظت از زیستگاه دریایی، درک صحیح از نحوه انتقال و استهلاک نفت در آب است. در پژوهش حاضر، مدلی عددی به منظور بررسی چگونگی انتقال و انتشار نفت در آب توسعه داده شده است. به همین منظور از نگرش لاگرانژی مبتنی بر درنظرگیری ذرات، که برای شبیه سازی مرزها و سطوح آزاد پیچیده مانند موج و همچنین محیط های چند فازی بسیار مناسب است، استفاده شده است. در مدل حاضر، از روش gnivoM elcitraP ticilpmi-imeS (SPM) که یکی از جدیدترین روشهای شبیه سازی لاگرانژی بوده بهره گرفته شده است. در مدل عددی SPM توسعه داده شده، انواع اپراتورهای پیشرفته مدلسازی لاگرانژی به کار رفته و بهترین اپراتور جهت غلبه بر نوسانات فشار انتخاب شده است. مدل عددی ابتدا به صورت تک فاز جهت تخمین میدان جریان در محیط دریایی به کار رفته و صحت مدل در شبیه سازی پیشروی موج در کانال و برخورد به ساحل، تولید موج توسط پدال موجساز و موج ناشی از زمین لغزه و گسترش آن در محیط آبی تایید شده است. با تجهیز مدل عددی توسعه یافته به انواع مدلهای آشفتگی، از مدلهای صفر معادله ای ساده تا مدلهای دو معادله ای پیچیده تر، قابلیت کاربرد آن در انواع جریانها افزایش یافته است. در مرحله بعد، مدل عددی SPM به صورت چند فاز توسعه داده شده و با درنظرگیری همزمان فازهای آب و نفت، برای بررسی نحوه انتقال و استهلاک آلاینده نفتی در آبهای عمیق در محیط دریایی، با تاکید بر پخش نفت ریزشی در ستون آب، به کار رفته است. مدل عددی حاضر جهت مطالعه فرایندهای انتقال افقی نفت در آب، پراکندگی نفت روی سطح آب و پخش نفت در ستون آب بدون درنظرگیری شکست امواج، به کار رفته و توانایی مدل در تخمین نحوه پراکنش نفت در مواجه با جریان و موج تایید گردیده است. با توجه به اینکه یکی از پدیده های مهم در انتشار نفت، ورود نفت به ستون آب می باشد، روند تحقیقات بر روی نحوه پخش نفت در ستون آب متمرکز شده است. در این راستا، ابتدا به کمک مدل عددی چند فازی توسعه داده شده، سناریوهای متعددی ریزش نفت در آب بررسی گردیده و نتایج پخش نفت در ستون آب، در یک پایگاه داده ها جمع آوری شده است. سپس این نتایج مورد تحلیل

Archive of SID

www.SID.ir

آماری قرار گرفته است. با توجه به پارامترهای موثر در پخش نفت در ستون آب، رابطه ریاضی- آماری مناسب جهت پیش بینی نحوه پخش نفت در ستون آب ارائه شده است. پس از صحت سنجی رابطه پیشنهادی با داده های آزمایشگاهی، عملکرد آن به کمک چند سناریوی دیگر و مقایسه با نتایج مدل عددی توسعه داده شده مورد واسنجی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: ریزش نفت، پخش نفت در ستون آب، مدلسازی عددی، روش MPS، محیط دریایی

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست مطالب

چکیده ج
فهرست اشکال ی
فهرست جداول ع
فهرست علائم ر

فصل اول: کلیات **۱**
۱-۱ مقدمه ۱
۱-۲ ضرورت موضوع ۱
۱-۳ قلمرو و اهداف طرح ۲
۱-۴ معرفی نفت ریزشی و پدیده انتشار نفت در دریا ۳
۱-۵ ساختار رساله ۶

فصل دوم: مرور ادبیات فنی **۷**
۲-۱ نفت و مشخصات آن ۸
۲-۱-۱ نفت خام ۸
۲-۱-۲ فراورده‌های نفتی ۹
۲-۱-۳ مشخصات نفت ۹
۲-۱-۳-۱ چگالی ۹
۲-۱-۳-۲ نقطه جوش یا نقطه تقطیر ۱۰
۲-۱-۳-۳ ویسکوزیته ۱۰
۲-۱-۳-۴ نقطه روان شدن ۱۰
۲-۱-۳-۵ نقطه اشتعال ۱۰
۲-۱-۳-۶ انحلال پذیری ۱۰
۲-۱-۳-۷ میزان آسفالتن ۱۰
۲-۲ توزیع آلودگیهای نفتی ۱۱
۲-۲-۱ انتقال ۱۱
۲-۲-۱-۱ انتقال افقی و انتشار آشفته ۱۱

Archive of SID
www.SID.ir

۲-۲-۱-۲ پراکندگی افقی ۱۲
۲-۲-۲ استهلاک ۱۳
۲-۲-۲-۱ تبخیر ۱۵
۲-۲-۲-۲ امولسیون ۱۷
۲-۲-۲-۳ انحلال ۱۹
۲-۲-۲-۴ پخش در ستون آب ۲۰
۲-۲-۲-۵ اکسیداسیون در برابر نور ۲۲
۲-۲-۲-۶ تجزیه بیولوژیکی ۲۲
۲-۲-۳ اندرکنش با ساحل ۲۳
۲-۳ فرایند پخش طبیعی نفت در ستون آب ۲۵
۲-۳-۱ معرفی پدیده پخش قائم نفت در آب ۲۵
۲-۳-۲ روابط تحلیلی- تجربی ۲۶
۲-۳-۲-۱ اثر انرژی آشفتگی ۲۷
۲-۳-۲-۲ اثر اندازه قطرات نفت ۲۹
۲-۳-۳ مدلسازی عددی ۳۰
۲-۳-۴ مدلسازی آزمایشگاهی ۳۳
۲-۳-۴-۱ مشخصات آزمایشها ۳۳
۲-۳-۴-۲ تحلیل نتایج آزمایشگاهی ۳۴
۲-۴ خلاصه فصل ۳۹

فصل سوم: مدلسازی عددی و معادلات حاکم **۴۰**
۳-۱ مدلسازی لاگرانژی ۴۰
۳-۱-۱ تاریخچه روش SPH ۴۳
۳-۱-۲ تاریخچه روش MPS ۴۴
۳-۲ معادلات حاکم ۴۶
۳-۳ منقطع‌سازی مکانی معادلات به روش MPS ۴۷
۳-۳-۱ تابع کرنل ۴۷
۳-۳-۲ چگالی عددی ذره ۵۱
۳-۳-۳ اپراتورهای روش MPS ۵۲

Archive of SID
www.SID.ir

۳-۴ منقطع‌سازی زمانی و الگوریتم حل ۵۴
۳-۵ مدلسازی آشفتگی ۵۸
۳-۵-۱ مدل آشفتگی طول اختلاط ۵۹
۳-۵-۲ مدل آشفتگی k-ε ۶۰
۳-۶ بهبود فشار در مدل MPS ۶۱
۳-۷ شرایط مرزی ۶۴
۳-۷-۱ مرز جامد ۶۴
۳-۷-۲ مرز سطح آزاد ۶۵
۳-۷-۳ مرزهای باز ۶۶
۳-۸ مدلهای لاگرانژی چند فازی ۶۸
۳-۹ الگوریتم حل در حالت دو فازی ۶۹
۳-۱۰ خلاصه فصل ۷۲

فصل چهارم: مدلسازی هیدرودینامیک موج در آبهای دریایی **۷۳**
۴-۱ پیشروی موج در کانال افقی ۷۴
۴-۲ مخزن آب ساکن ۷۸
۴-۳ حرکت موج منفرد و برخورد به دیواره قائم ۸۳
۴-۴ بالاروی موج روی دیواره شیبدار ۸۹
۴-۵ تولید امواج ناشی از زمین لغزه ۹۳
۴-۶ تولید قطار موج توسط پدال موجساز ۱۰۲
۴-۷ توسعه مدل عددی به حالت دو فاز ۱۰۶
۴-۸ خلاصه فصل ۱۰۹

فصل پنجم: مدلسازی انتشار نفت ریزشی در آبهای دریایی **۱۱۱**
۵-۱ انتقال افقی و انتشار آشفته ۱۱۱
۵-۱-۱ انتقال افقی و پخشیدگی آشفته در اثر جریان ۱۱۲
۵-۱-۲ انتقال افقی و پخشیدگی آشفته در اثر امواج ۱۱۸
۵-۲ پراکندگی افقی ۱۲۱
۵-۲-۱ پراکندگی افقی در آب ساکن ۱۲۱

Archive of SID
www.SID.ir

۵-۲-۲ پراکندگی افقی در اثر امواج ۱۲۵
۵-۳ پخش در ستون آب ۱۲۷
۵-۴ خلاصه فصل ۱۳۴

فصل ششم: تحلیل آماری نتایج پخش نفت در ستون آب ۱۳۵
۶-۱ ایجاد پایگاه داده‌ها ۱۳۶
۶-۲ رابطه کلی محاسبه پخش نفت در ستون آب ۱۳۷
۶-۲-۱ رابطه کلی محاسبه پخش نفت در ستون آب در اثر امواج ۱۳۷
۶-۲-۲ رابطه کلی محاسبه پخش نفت در ستون آب در اثر جریان و امواج ۱۴۱
۶-۳ تحلیل آماری پخش نفت در ستون آب در اثر امواج ۱۴۴
۶-۳-۱ پیشنهاد رابطه جهت محاسبه میزان پخش نفت در ستون آب در اثر امواج در مقاطع زمانی ۱۴۴
۶-۳-۱-۱ رگرسیون در زمان 1.5T ۱۴۴
۶-۳-۱-۲ رگرسیون در زمان 2.5T ۱۴۶
۶-۳-۱-۳ رگرسیون در زمان 3T ۱۴۷
۶-۳-۱-۴ رگرسیون در زمان 3.5T ۱۴۹
۶-۳-۱-۵ رگرسیون در زمان 4.5T ۱۵۰
۶-۳-۱-۶ خلاصه روابط پیشنهادی پخش نفت در آب در اثر امواج ۱۵۱
۶-۳-۲ بررسی صحت رابطه پیشنهادی پخش نفت در ستون آب در اثر امواج ۱۵۳
۶-۳-۲-۱ بررسی صحت رگرسیون در زمان 1.5T ۱۵۳
۶-۳-۲-۲ بررسی صحت رگرسیون در زمان 2.5T ۱۵۵
۶-۳-۲-۳ بررسی صحت رگرسیون در زمان 3T ۱۵۷
۶-۳-۲-۴ بررسی صحت رگرسیون در زمان 3.5T ۱۵۸
۶-۳-۲-۵ بررسی صحت رگرسیون در زمان 4.5T ۱۶۰
۶-۴ تحلیل آماری پخش نفت در ستون آب در اثر جریان و امواج ۱۶۱
۶-۴-۱ پیشنهاد رابطه جهت محاسبه میزان پخش نفت در ستون آب در اثر جریان و موج در مقاطع زمانی ۱۶۱
۶-۴-۱-۱ رگرسیون در زمان 1.5T ۱۶۱
۶-۴-۱-۲ رگرسیون در زمان 2.5T ۱۶۴

Archive of SID

www.SID.ir

۶-۴-۱-۳ رگرسیون در زمان 3.5T ۱۶۷
۶-۴-۱-۴ رگرسیون در زمان 4.5T ۱۶۹
۶-۴-۱-۵ خلاصه روابط پیشنهادی پخش نفت در آب در اثر جریان و امواج ۱۷۲
۶-۴-۲ بررسی صحت رابطه پیشنهادی پخش نفت در ستون آب در اثر جریان و موج ۱۷۳
۶-۴-۲-۱ بررسی صحت رگرسیون در زمان 1.5T ۱۷۳
۶-۴-۲-۲ بررسی صحت رگرسیون در زمان 2.5T ۱۷۵
۶-۴-۲-۳ بررسی صحت رگرسیون در زمان 3.5T ۱۷۶
۶-۴-۲-۴ بررسی صحت رگرسیون در زمان 4.5T ۱۷۸
۶-۵ صحت‌سنجی روابط پیشنهادی پخش نفت در ستون آب ۱۷۹
۶-۶ واسنجی روابط پیشنهادی پخش نفت در ستون آب ۱۸۲
۶-۷ خلاصه فصل ۱۸۵

فصل هفتم: نتیجه‌گیری و پیشنهاد ۱۸۶
۷-۱ جمع‌بندی ۱۸۶
۷-۲ نتیجه‌گیری ۱۸۷
۷-۲-۱ مدلسازی جریان و موج ۱۸۷
۷-۲-۲ مدلسازی انتشار نفت در آب ۱۸۷
۷-۳ پیشنهادها ۱۸۹

فهرست منابع ۱۹۱
پیوستها ۲۰۳
چکیده انگلیسی ۲۱۰

Archive of SID

www.SID.ir