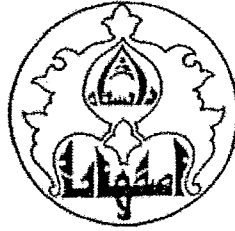


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
السلامة

٩٦٢٨٦



دانشگاه اصفهان
دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی

به کار گیری تکنیک بیلان جمعیت در به دست آوردن توزیع اندازه خوشه‌های
آسفالتین

استاد راهنما:

دکتر علیرضا سلیمانی نظر

پژوهشگر:

حسن رحیمی

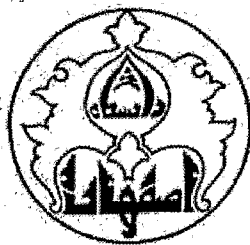
اسفند ماه ۱۳۸۶

انواع خدمات آموزشی
مهندسی مکانیک

۱۳۸۷ / ۱۶ / ۱

۹۶۳۸۶

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات
و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه اصفهان است.



دانشگاه اصفهان
دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی شیمی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی آقای حسن رحیمی
تحت عنوان

به کارگیری تکنیک بیلان جمعیت در به دست آوردن توزیع اندازه خوشه‌های
آسفالتین

در تاریخ ۸۶/۱۲/۲۲ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان نامه

دکتر علیرضا سلیمانی نظر

با مرتبه علمی استادیار

امضا

۲- استاد داور داخل گروه

دکتر امیرحسین نوارچیان

با مرتبه علمی استادیار

امضا

۳- استاد داور خارج از گروه

دکتر علیرضا فضلعلی

با مرتبه علمی استادیار

امضا

حسن رحیمی

تشکر و قدردانی:

پس از ستایش بی‌کران کردگار بی‌مانند گیتی فروز سپاس فراوان دارم از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر علیرضا سلیمانی نظر که با راهنمایی‌های دلسوزانه و تلاش بی‌گیر در جهت هدایت علمی اینجانب و فراهم نمودن تجهیزات آزمایشگاهی این پایان نامه، بنده را یاری بسیار نمودند. پر آشکار است که بدون وجود چنین پشتیبانی هرگز نمی‌توانستم این بار را به سر منزل مقصود برسانم. بی‌شک دانش بالای ایشان پوشاننده کاستی‌های بنده در انجام پژوهش و تدوین پایان نامه بوده است.

تقدیم به همسر مهربانم که بردباری بی‌مانندش بزرگ‌ترین مشوقم بود.

چکیده

استفاده از روش بیلان جمعیت در پیش بینی توزیع اندازه خوشه‌های آسفالتین اخیراً مورد توجه قرار گرفته است. در بین منابع علمی در دسترس تنها مقاله‌ای که در این زمینه دیده می‌شود؛ با انجام ساده سازی‌هایی در زمینه تعیین تخلخل خوشه‌ها و شرایط اولیه حاکم بر معادلات بیلان جمعیت، ارائه شده است. در این پایان نامه مدل بیلان جمعیت با استفاده از یک الگوی تصاعد هندسی در تقسیم دامنه اندازه ذرات به کار رفته است تا با حل دستگاه معادلات بیلان جمعیت گسسته، توزیع اندازه خوشه‌های آسفالتین و سیر تکاملی آن پیش بینی شود. در این مدل طبیعت فرکتال خوشه‌های آسفالتین در گسسته سازی مدل بیلان جمعیت و تعیین کرنل‌های خوشه شدن و شکست مورد توجه قرار گرفته است. در ادامه معادلات بیلان جمعیت با استفاده از روش رانگ کاتای مرتبه چهار و برنامه‌نویسی رایانه‌ای حل شده اند. برای بررسی میزان دقت پیش‌بینی‌های مدل، خوشه شدن آسفالتین سه نمونه نفت خام در مخلوط‌هایی از جنس تولوئن و نرمال هپتان تحت آزمایش قرار گرفته و نتایج مدل با داده‌های تجربی مقایسه شده‌اند. شرایط اولیه و بعد فرکتالی از داده‌های تجربی استخراج شده‌اند. بعد فرکتالی سه نمونه آسفالتین نفت‌های خام بنگستان، مارون و منصوری به ترتیب برابر با $1/6$ ، $1/64$ و $1/7$ بوده است. از روش پردازش تصاویر برای تعیین غلظت آسفالتین جامد استفاده شده است. علاوه بر این، یک مدل ترمودینامیکی با تکیه بر تئوری محلول‌های پلیمری همگن ارائه شده است. مدل ترمودینامیکی با دقتی مناسب میزان رسوب را پیش بینی می‌کند. با توجه به تفاوت اندک میزان رسوب سه نمونه آسفالتین، برای جلوگیری از تأثیر خطاهای مدل ترمودینامیکی بر نتایج مدل بیلان جمعیت، از داده‌های تجربی میزان رسوب برای اجرای مدل بیلان جمعیت استفاده شده است. با این حال به راحتی می‌توان از نتایج مدل ترمودینامیکی نیز برای این منظور استفاده کرد؛ بدون اینکه خطاهای بزرگی در نتایج ایجاد شود. آزمایش‌ها با استفاده از سامانه ویژه‌ای جهت مطالعه خوشه شدن آسفالتین تحت تنش برشی انجام شده است. این سامانه شامل یک وسیله کوئت است که به راحتی امکان اعمال نرخ‌های تنش برشی تنظیم شده‌ای را فراهم می‌کند. در نهایت هم از داده‌های تجربی و هم از نتایج مدل که تطابق بسیار خوبی با هم دارند؛ چنان بر می‌آید که با گذشت زمان در صورتیکه اندازه اولیه خوشه‌ها بیش از حد بزرگ نباشد؛ اندازه متوسط خوشه‌ها در ابتدا بزرگتر شده و پس از رسیدن به یک مقدار بیشینه، برای رسیدن به یک مقدار ثابت حالت پایدار افت پیدا می‌کند. این روند به دلیل برتری نسبی پدیده خوشه شدن بر پدیده شکست در ابتدای فرایند و سپس افزایش اهمیت پدیده شکست در مقابل خوشه شدن و در نهایت بروز تعادل بین این دو می‌باشد. مدل بیلان جمعیت با تکیه بر خاصیت فرکتال خوشه‌های آسفالتین و بدون نیاز به تئوری‌های دیگری نظیر مدل بازسازی ساختمان خوشه‌ها در طول زمان، این پدیده را توجیه می‌کند. با افزایش بعد فرکتالی خوشه‌ها نرخ‌های خوشه شدن و شکست کاهش می‌تابد. با این وجود مدل بیلان جمعیت نشانگر کاهش سرعت رشد خوشه‌ها در ابعاد فرکتالی بالاتر است. افزایش غلظت جامد آسفالتین باعث رشد سریع‌تر اندازه خوشه‌ها می‌گردد ولی تأثیر چندانی بر اندازه متوسط حالت پایدار ندارد. افزایش تنش برشی باعث افت اندازه متوسط خوشه‌ها و جابجایی نمودارهای توزیع اندازه خوشه‌ها به سمت اندازه‌های کوچکتر می‌گردد. افزایش نرخ تنش برشی همچنین اندازه متوسط حالت پایدار را کاهش می‌دهد. ترکیب حلال و نسبت حجمی هپتان به تولوئن تأثیر مستقیمی بر نتایج مدل ندارد و تنها از راه تغییر کسر حجمی رسوب، بر نتایج مدل اثر می‌گذارد. کسر حجمی رسوب آسفالتین با افزایش نسبت هپتان به تولوئن در ابتدا افزایش یافته و پس از رسیدن به یک مقدار بیشینه به دلیل افزایش حجم سوسپانسیون در اثر افزودن هپتان، افت پیدا می‌کند. با افزایش اندازه اولیه خوشه‌ها، روند تغییرات اندازه متوسط خوشه‌ها تسریع می‌گردد و بیشینه‌های بزرگتری در نمودار اندازه متوسط خوشه‌ها مشاهده می‌گردد. البته در صورتیکه اندازه متوسط اولیه بیش از حد بزرگ باشد؛ به دلیل غلبه پدیده شکست بر پدیده خوشه شدن، از همان ابتدا نمودار اندازه متوسط خوشه‌ها در برابر زمان نزولی بوده و بیشینه‌ای در آن مشاهده نمی‌شود. در نهایت مشاهده گردید که نوع نفت تأثیر مشخصی بر روند تغییرات اندازه خوشه‌های آسفالتین ندارد.

در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که این مدل بیلان جمعیت راه‌کاری خوب جهت پیش‌بینی دینامیک توزیع اندازه خوشه‌های آسفالتین است.
واژگان کلیدی: آسفالتین؛ توزیع اندازه خوشه‌ها؛ بیلان جمعیت؛ خوشه شدن؛ فرکتال.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان	پیشگفتار
		س
	فصل اول: آسفالتین و ماهیت آن	
۱	۱-۱- مقدمه.....	
۳	۲-۱- ملکول آسفالتین، استریک کلونید و مایسل آسفالتین.....	
۱۰	۳-۱- روش‌های مقابله با زیان‌های ناشی از تشکیل رسوب آسفالتین.....	
۱۰	۱-۳-۱- روش‌های عملیاتی.....	
۱۱	۲-۳-۱- روش‌های شیمیایی.....	
۱۱	۳-۳-۱- روش‌های حرارتی.....	
۱۲	۴-۳-۱- روش‌های مکانیکی.....	
۱۲	۳-۱- طبیعت ذره‌ای آسفالتین.....	
۱۵	۴-۱- طبیعت فرکتال آسفالتین.....	
۱۵	۱-۴-۱- مفهوم فرکتال.....	
۱۶	۲-۴-۱- ابعاد فرکتالی.....	
۱۷	۳-۴-۱- مدل‌های فرکتال آسفالتین.....	
۲۰	۵-۱- مدل‌های ترمودینامیکی پیش‌بینی میزان حلالیت و رسوب آسفالتین.....	
۲۲	۱-۵-۱- دیدگاه ترمودینامیک مولکولی در رسوب آسفالتین.....	
۲۲	۱-۱-۵-۱- تئوری محلول‌های پلیمری همگن تئوری.....	
۲۷	۲-۱-۵-۱- تئوری محلول‌های پلیمری ناهمگون و مدل تشکیل خوشه‌ها.....	
۳۱	۲-۵-۱- مدل‌های ترمودینامیکی کلونیدی.....	
	فصل دوم: بکارگیری بیلان جمعیت در تشریح فرآیندهای ذره‌ای و روش‌های تجربی اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات	
۳۴	۱-۲- تئوری بیلان جمعیت.....	

۳۴	..... ۱-۱-۲ مبانی اولیه.....
۳۵	..... ۲-۱-۲ فلاکس های ذرات: جابجایی، تولد و مرگ.....
۳۶	..... ۳-۱-۲ بیان ریاضی معادله بیلان جمعیت (معادله پیوستگی تعداد ذرات).....
۳۷	..... ۴-۱-۲ شکل مومنت معادلات بیلان جمعیت.....
۳۸	..... ۵-۱-۲ بسط معادله بیلان جمعیت.....
۳۹	..... ۶-۱-۲ هسته سازی.....
۴۰	..... ۷-۱-۲ رشد.....
۴۰	..... ۸-۱-۲ خوشه شدن.....
۴۷	..... ۹-۱-۲ شکست ذرات.....
۴۹	..... ۲-۲ حل معادلات بیلان جمعیت.....
۵۰	..... ۳-۲ گسسته کردن معادله بیلان جمعیت.....
۵۰	..... ۱-۳-۲ گسسته کردن جمله خوشه شدن.....
۵۳	..... ۲-۳-۲ گسسته سازی جمله رشد.....
۵۴	..... ۳-۳-۲ گسسته سازی جمله هسته سازی.....
۵۴	..... ۴-۳-۲ گسسته سازی جمله شکست.....
۵۵	..... ۴-۲ روش های آزمایشگاهی مطالعه اندازه ذرات.....
۵۶	..... ۱-۴-۲ روش کولتر-کانتر.....
۵۸	..... ۲-۴-۲ روش های پراش.....
۶۰	..... ۳-۴-۲ روش پردازش تصاویر.....

فصل سوم: شرح عملیات تجربی

۶۳	..... ۱-۳ معرفی دستگاه آنالیز ذرات پودری.....
۶۴	..... ۲-۳ مواد و روش ها.....
۶۴	..... ۱-۲-۳ مواد.....
۶۷	..... ۲-۲-۳ روش ها.....
۶۷	..... ۱-۲-۲-۳ نحوه استخراج آسفالتین.....

۷۰	..... ۲-۲-۳ آماده‌سازی نمونه‌ها
۷۱	..... ۳-۲-۳ نحوه انجام آزمایش‌ها با استفاده از دستگاه آنالیز ذرات پودری
۷۱	..... ۴-۲-۳ کالیبراسیون نرم‌افزار
۷۳	..... ۵-۲-۳ نحوه پردازش تصاویر
۷۵	..... ۳-۳ جمع‌بندی

فصل چهارم: معرفی نرم‌افزار و مراحل اجرای مدل بیان جمعیت

۷۷	..... ۱-۴ مقدمه
۷۸	..... ۲-۴ اجرای مدل، انتخاب بعد فرکتالی، محاسبه پارامترهای تنظیم، تعیین شرایط اولیه و کسر حجمی رسوب آسفالتین
۷۸	..... ۱-۲-۴ بیان شکل گسسته معادلات بیان جمعیت در مدل حاضر
۷۹	..... ۲-۲-۴ انتخاب بعد فرکتالی خوشه‌های آسفالتین و محاسبه کسر حجمی رسوب آسفالتین
۷۹	..... ۱-۲-۲-۴ روش تجربی
۸۱	..... ۲-۲-۲-۴ استفاده از مدل ترمودینامیکی
۸۳	..... ۳-۲-۴ تعیین شرایط اولیه
۸۴	..... ۴-۲-۴ محاسبه نرخ تنش برشی
۸۶	..... ۴-۲-۴ اجرای مدل
۸۶	..... ۳-۴ نرم‌افزار اجرای مدل

فصل پنجم: بحث و تفسیر نتایج

۹۰	..... ۱-۵ مقدمه
۹۲	..... ۲-۵ تفسیر نتایج
۹۲	..... ۱-۲-۵ اثر نرخ تنش برشی بر توزیع اندازه خوشه‌ها
۱۰۳	..... ۲-۲-۵ نحوه تاثیر غلظت جامد خوشه‌های آسفالتین در روند رشد خوشه‌ها
۱۰۵	..... ۳-۲-۵ نحوه تاثیر اندازه اولیه خوشه‌ها
۱۰۸	..... ۴-۲-۵ نحوه تاثیر نسبت حجمی تولوئن به هپتان

۱۰۸	..... ۵-۲-۵ تاثیر نوع نفت به کار رفته جهت استخراج آسفالتین
۱۱۴	..... ۳-۵ جمع بندی

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادها

۱۱۷	..... ۱-۶ نتیجه گیری
۱۲۰	..... ۲-۶ پیشنهادها
۱۲۱	..... پیوست الف
۱۲۳	..... پیوست ب
۱۲۴	..... منابع و مأخذ

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان	
	شکل (۱-۱) ساختارهای ملکولی تقریبی ارائه شده برای آسفالتین a: قیر طبیعی. b:	
۵	آسفالتین نفت خام (Suzuki et al., 1982).....	
	شکل (۲-۱) توزیع جرم ملکولی نمونه‌ای از نفت خام در فازهای مایع و جامد که با افزودن	
۶	نرمال هپتان رسوب داده شده است (Yen, 1974).....	
	شکل (۳-۱) نحوه کیفی تأثیر پارامترهای مختلف بر میزان رسوب آسفالتین (Nielsen et	
۶	al., 1994).....	
	شکل (۴-۱) مراحل مختلف خوشه شدن آسفالتین در اثر افزودن مقادیر اضافی پارافین	
۷	(Mansoori, 1995).....	
	شکل (۵-۱) تشکیل استریک کلوئید آسفالتین از آسفالتین‌های کلوخه شده توسط زرین‌ها	
۷	(Mansoori, 1995).....	
	شکل (۶-۱) تغییرات ویسکوزیته نفت خام ایسموس در اثر افزودن رقیق کننده‌های مختلف	
۸	برای مشاهده آستانه تشکیل استریک کلوئید آسفالتین (Esocbedo & Mansoori, 1995).....	
	شکل (۷-۱) تشکیل مایسل آسفالتین در حضور مقادیر اضافی حلال‌های آروماتیکی (Yen,	
۱۰	1994; Storm and Sheu, 1994; Ravey, et al, 1988).....	
۱۷	شکل (۸-۱) نمای جانبی فرکتال مندلبروت (Mandelbrot, 1982).....	
۱۷	شکل (۹-۱) نمای دیگری از فرکتال مندلبروت (Mandelbrot, 1982).....	
۱۸	شکل (۱۰-۱) نمای یک درخت فرکتال (Mandelbrot, 1982).....	
۱۹	شکل (۱۱-۱) شکل کلی یک خوشه DLP (Sahimi et al., 1997).....	
۲۱	شکل (۱۲-۱) مراحل مختلف تشکیل یک خوشه DLCC (Sahimi et al., 1997).....	
۲۷	شکل (۱۳-۱) مقایسه نتایج آزمایشگاهی تشکیل آسفالتین با نتایج حاصل از مدل (Wang & Civan, 2001).....	
۴۶	شکل (۱-۲) نحوه تغییرات تخلخل ذرات بر حسب قطر برخورد ذره بر اساس رابطه (۲-۲۶).	

۵۳	نحوه گسسته کردن دامنه حجم ذرات ($V_{i+1}/V_i=2$).....	شکل (۲-۲)
۵۷	نمای کلی دستگاه کولتر کانتر (Ito et al., 2004).....	شکل (۳-۲)
۶۰	نحوه تابش پرتوها به ذرات و پراش آنها در روش پراش لیزر (Ito et al., 2004).....	شکل (۴-۲)
۶۱	خوشه‌های آسفالتین غوطه‌ور در یک نمونه از مخلوط تولوئن و نرمال هپتان.....	شکل (۵-۲)
۶۵	نمای کلی سامانه تصویر برداری از نمونه‌های حاوی خوشه‌های آسفالتین. ۱- موتور. ۲- جعبه دنده. ۳- استوانه درونی سلول. ۴- میکروسکوپ. ۵- دوربین تصویربرداری CCD. ۶- منبع نور سرد. ۷- استوانه بیرونی سلول. ۸- رایانه.....	شکل (۱-۳)
۶۵	تصویر واقعی سامانه آزمایشگاهی تصویر برداری از نمونه‌ها.....	شکل (۲-۳)
۶۹	سامانه استخراج پسماند نفت خام. (۱) دماسنج. (۲) چوب پنبه. (۳) نمونه نفت. (۴) ظرف تقطیر نمونه. (۵) منبع حرارتی. (۶) کندانسور. (۷) منبع تولید و گردش آب سرد. (۸) ظرف جمع آوری میعانات.....	شکل (۳-۳)
۷۲	سامانه استخراج آسفالتین از پسمان نفت خام. (۱) ظرف نمونه. (۲) نمونه مخلوط پسماند و نرمال هپتان. (۳) منبع گرمایش. (۴) استخراج کننده. (۵) مسیر ورود آب خنک کننده. (۶) مسیر خروج آب خنک کننده. (۷) کندانسور.....	شکل (۴-۳)
۷۳	نمای قطعه استخراج کننده.....	شکل (۵-۳)
۷۴	نمای نرم‌افزار سیگما اسکن پرو در زمان کالیبراسیون.....	شکل (۶-۳)
۷۵	نحوه تنظیم آستانه سختی در نرم‌افزار Sigma Scan Pro.....	شکل (۷-۳)
۷۶	نمای صفحه رایانه پس از پردازش و شمارش خوشه‌های آسفالتین توسط نرم‌افزار Sigma Scan Pro.....	شکل (۸-۳)
۷۶	داده‌های خروجی نرم‌افزار Sigma Scan Pro.....	شکل (۹-۳)
۸۱	کسر حجمی ذرات آسفالتین سه نمونه نفت خام بر حسب نسبت حجمی هپتان به تولوئن.....	شکل (۱-۴)
۸۳	کسر حجمی آسفالتین محلول مربوط به آسفالتین نفت خام بنگستان.....	شکل (۲-۴)
۸۵	کسر حجمی آسفالتین محلول مربوط به آسفالتین نفت خام مارون.....	شکل (۳-۴)

- ۸۵ کسر حجمی آسفالتین محلول مربوط به آسفالتین نفت خام منصوری..... شکل (۴-۴)
- نمای دید از بالای سلول. منطقه خاکستری رنگ نشان دهنده نمونه تحت شکل (۵-۴)
- ۸۶ تنش است.
- ۸۸ فلوجارت حل معادلات بیلان جمعیت. شکل (۶-۴)
- ۸۹ نرم افزار حل معادله بیلان جمعیت قبل و بعد از اجرای آن..... شکل (۷-۴)
- سینتیک رشد خوشه‌های آسفالتین تحت تنش‌های مختلف در $T:H=1:15$ و شکل (۱-۵)
- ۹۱ غلظت ذرات جامد برابر $12/8 \text{ mg/l}$ (Rahmani et al., 2004).....
- روند تغییرات قطر متوسط خوشه‌ها بر حسب زمان در غلظت‌های مختلف شکل (۲-۵)
- جامد آسفالتین، $T:H=1:7$ و نرخ تنش برشی معادل $2/5=(1/s)$ (Rahmani et al., 2004).....
- ۹۲ توزیع اندازه خوشه‌های آسفالتین در مراحل مختلف رشد تحت نرخ تنش شکل (۳-۵)
- برشی معادل $1/4 \text{ (I/s)}$ و $T:H=1:15$ و غلظت جامد آسفالتین برابر با mg/l
- ۹۳ (Rahmani et al., 2004) $12/8$
- تغییرات قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام بنگستان حاصل از شکل (۴-۵)
- ۹۴ مدل بیلان جمعیت تحت تنش‌های برشی مختلف ($T:H=1:4$).....
- نحوه تغییرات نسبت مومنت سوم توزیع اندازه خوشه‌ها نسبت به مقدار اولیه شکل (۵-۵)
- آن حاصل از مدل بیلان جمعیت در نرخ‌های متفاوت تنش برشی برای نفت
- ۹۵ خام بنگستان در $T:H=1:4$
- زمان رسیدن به بیشینه قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام شکل (۶-۵)
- بنگستان حاصل از مدل بیلان جمعیت تحت تنش‌های برشی مختلف
- ۹۶ ($T:H=1:4$).....
- بیشینه قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام بنگستان حاصل از شکل (۷-۵)
- ۹۷ مدل بیلان جمعیت تحت تنش‌های برشی مختلف و $T:H=1:4$
- داده‌های تجربی تغییرات قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام شکل (۸-۵)
- ۹۷ بنگستان تحت نرخ‌های مختلف تنش برشی و $T:H=1:4$

- شکل (۵-۹) قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام بنگستان در $T:H=1:3$ و $G=5/6357 (1/s)$ ۹۸
- شکل (۵-۱۰) قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام بنگستان در $T:H=1:4$ و $G=5/6357 (1/s)$ ۹۸
- شکل (۵-۱۱) قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام بنگستان در $T:H=1:9$ و $G=5/6357 (1/s)$ ۹۹
- شکل (۵-۱۲) نتایج مدل در پیش‌بینی توزیع‌های نسبی قطر ذرات آسفالتین بنگستان در $T:H=1:9$ و $G=5/6357 (1/s)$ در زمان‌های مختلف ۹۹
- شکل (۵-۱۳) نتایج مدل در پیش‌بینی توزیع‌های نسبی تجمعی قطر ذرات آسفالتین بنگستان در $T:H=1:9$ و $G=5/6357 (1/s)$ در زمان‌های مختلف ۱۰۰
- شکل (۵-۱۴) توزیع‌های قطر ذرات آسفالتین بنگستان در $T:H=1:9$ و $G=5/6357 (1/s)$. a. در ۴ دقیقه، b. در ۶ دقیقه، c. در ۸ دقیقه، d. در ۱۰ دقیقه، e. در ۱۵ دقیقه، f. در ۲۰ دقیقه، g. در ۲۵ دقیقه و h. در ۴۰ دقیقه. خطوط پیوسته مربوط به پیش‌بینی مدل و دایره‌های توخالی داده‌های تجربی هستند. ۱۰۱
- شکل (۵-۱۵) توزیع‌های تجمعی قطر ذرات آسفالتین بنگستان در $T:H=1:9$ و $G=5/6357 (1/s)$. a. در ۴ دقیقه، b. در ۶ دقیقه، c. در ۸ دقیقه، d. در ۱۰ دقیقه، e. در ۱۵ دقیقه، f. در ۲۰ دقیقه، g. در ۲۵ دقیقه و h. در ۴۰ دقیقه. خطوط پیوسته مربوط به پیش‌بینی مدل و دایره‌های توخالی داده‌های تجربی هستند. ۱۰۲
- شکل (۵-۱۶) توزیع‌های قطر ذرات آسفالتین بنگستان در $T:H=1:9$ و $G=3/7572 (1/s)$. a. در ۴ دقیقه، b. در ۸ دقیقه، c. در ۲۴ دقیقه، d. در حالت پایدار. خطوط پیوسته مربوط به پیش‌بینی مدل و دایره‌های توخالی داده‌های تجربی هستند. ۱۰۳
- شکل (۵-۱۷) توزیع‌های تجمعی قطر ذرات آسفالتین بنگستان در $T:H=1:9$ و $G=3/7572 (1/s)$. a. در ۴ دقیقه، b. در ۶ دقیقه، c. در ۸ دقیقه، d. در ۱۱ دقیقه، e. در ۱۹ دقیقه و f. در ۲۴ دقیقه. خطوط پیوسته مربوط به پیش‌بینی مدل و دایره‌های توخالی داده‌های تجربی هستند. ۱۰۴

- شکل (۵-۱۸) توزیع‌های تجمعی قطر ذرات آسفالتین منصوری در $T:H=1:9$ و $(1/s)$ در $a.G=3/7572$ در ۳ دقیقه، b در ۹ دقیقه، c در ۱۵ دقیقه، d در ۱۹ دقیقه، e در ۲۴ دقیقه و f در ۲۹ دقیقه. خطوط پیوسته مربوط به پیش‌بینی مدل و دایره‌های توخالی داده‌های تجربی هستند. ۱۰۵
- شکل (۵-۱۹) توزیع‌های تجمعی قطر ذرات آسفالتین مارون در $T:H=1:9$ و $(1/s)$ در $a.G=3/7572$ در ۲ دقیقه، b در ۶ دقیقه، c در ۱۰ دقیقه، d در ۱۵ دقیقه، e در ۲۰ دقیقه و f در ۳۰ دقیقه. خطوط پیوسته مربوط به پیش‌بینی مدل و دایره‌های توخالی داده‌های تجربی هستند. ۱۰۶
- شکل (۵-۲۰) نحوه تغییرات قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام بنگستان در حالت پایدار نسبت به نرخ تنش برشی اعمال شده در $T:H=1:4$. ۱۰۷
- شکل (۵-۲۱) نحوه تغییرات قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام بنگستان در $T:H=1:4$ و $G=5/6357 (1/s)$. ۱۰۷
- شکل (۵-۲۲) نتایج مدل بیلان جمعیت در پیش‌بینی نحوه تغییرات قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام بنگستان در $T:H=1:4$ و $G=5/6357 (1/s)$ در اندازه‌های میانگین اولیه متفاوت. ۱۰۸
- شکل (۵-۲۳) تغییرات قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام بنگستان در $(1/s)$ در $G=3/7572$ در مقادیر مختلف $T:H$. ۱۰۹
- شکل (۵-۲۴) تغییرات قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام منصوری در $(1/s)$ در مقادیر مختلف $T:H$ و $G=5/6357$. ۱۱۰
- شکل (۵-۲۵) تغییرات قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام مارون در $(1/s)$ در مقادیر مختلف $T:H$ و $G=5/6357$. ۱۱۰
- شکل (۵-۲۶) نتایج مدل بیلان جمعیت در پیش‌بینی نحوه تغییرات قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین در $\varphi_s=8/0938 \times 10^{-5}$ و $G=5/6357 (1/s)$ و (μm) در $d_{av,0}=100$ در مقادیر مختلف بعد فرکتالی. ۱۱۱
- شکل (۵-۲۷) زمان رسیدن به اندازه متوسط بیشینه خوشه‌های آسفالتین در مقابل بعد فرکتالی سوم برای حالت فرضی شکل (۵-۲۶). ۱۱۲

	شکل (۵-۲۹)	داده‌های تجربی تغییرات قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام
۱۱۵	.....T:H=۱:۳	منصوری تحت نرخ‌های مختلف تنش برشی و
	شکل (۵-۳۰)	داده‌های تجربی تغییرات قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام
۱۱۵	.....T:H=۱:۴	منصوری تحت نرخ‌های مختلف تنش برشی و
	شکل (۵-۳۱)	داده‌های تجربی تغییرات قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام
۱۱۶	.....T:H=۱:۶	منصوری تحت نرخ‌های مختلف تنش برشی و
	شکل (۵-۳۲)	داده‌های تجربی تغییرات قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام
۱۱۶	.....T:H=۱:۹	منصوری تحت نرخ‌های مختلف تنش برشی و
	شکل (ب-۱)	نحوه تأثیر پارامتر q نتایج مدل در پیش بینی قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام بنگستان در $\nu = 5/6357 (1/s)$ ، و T:H=۱:۹
۱۲۳	.....$d_{av,0}=84/165(\mu m)$	
	شکل (ب-۲)	نحوه تأثیر پارامتر A' نتایج مدل در پیش بینی قطر متوسط عددی خوشه‌های آسفالتین نفت خام بنگستان در $\nu = 5/6357 (1/s)$ ، و T:H=۱:۹
۱۲۳	.....$d_{av,0}=84/165(\mu m)$	

فهرست جدول‌ها

صفحه		عنوان
۵۲	.....(Batterham et al., 1981) ذره دو ذره	جدول (۱-۲)
۶۶	.....	جدول (۱-۳)
۶۷	.....	جدول (۲-۳)
۶۸	.....	جدول (۳-۳)
۶۸	..... (۱۳۸۴). مطالعه شده‌اند (سلیمانی نظر، ۱۳۸۴)	جدول (۴-۳)
۸۰	.....	جدول (۱-۴)
۸۲	..... (Anderson & Speight, 1999; Perry, 2000) ۱ atm	جدول (۲-۴)
۸۲	.....	جدول (۳-۴)
۸۷	.....	جدول (۴-۴)
۹۱	.....	جدول (۱-۵)
۱۱۳	..... (سلیمانی نظر، ۱۳۸۴)	جدول (۲-۵)

پیشگفتار:

رسوب آسفالتین پدیده‌ای است که همه ساله صنعت نفت جهان و کشورمان را دچار هزینه‌های سنگینی می‌کند. تاکنون مبحث آسفالتین موضوع بحث فعالیت‌های علمی بسیاری بوده است. یکی از ظرفیت‌های تحقیقاتی این بخش بررسی امکان پیش بینی توزیع اندازه خوشه‌های آسفالتین است. نتایج چنین تحقیقاتی می‌تواند ارزش بالایی داشته باشد. دانستن توزیع اندازه خوشه‌های آسفالتین برای پیش بینی نحوه انسدادهای روزنه‌های سازند در مخازن هیدروکربوری بسیار ضروری است. همچنین برای پیش بینی نحوه ته‌نشینی ذرات رسوب آسفالتین و رفتار رئولوژیک نفت و مخلوط‌های نفتی در مخازن ذخیره، تأسیسات پالایش و خطوط لوله انتقال، دانستن توزیع اندازه ذرات آسفالتین بسیار ضروری است. بیشتر مطالعاتی که تاکنون بر روی رسوب آسفالتین انجام شده است؛ در جهت پیش بینی شرایط آستانه تشکیل رسوب و یا میزان رسوب بوده است (Nellensteyn, 1938; Yen, 1974; Laux & Rahimian, 1994; Mansoori, 1996; Anderson & Speight, 1999; Evdokimov et al., 2006). موضوع پیش بینی توزیع اندازه خوشه‌های آسفالتین چندی است که مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (Rahmani et al., 2004). یکی از روش‌هایی که می‌تواند در این راستا به کار رود؛ استفاده از تکنیک بیلان جمعیت است. در این پایان نامه از این روش جهت پیش بینی توزیع اندازه خوش‌های آسفالتین سه نمونه نفت خام سنگین ایران استفاده شده است. برخی از نقایص پژوهش‌های پیشین مرتفع گردیده و در مجموع نتایج قابل توجهی به دست آمده است. نتیجه این تحقیق ارائه یک بسته نرم‌افزاری شده است که اندازه خوشه‌ها را تحت تنش برشی پیش بینی می‌کند. نتایج مدل با داده‌های تجربی تطبیق داده شده و نتایج خوبی حاصل شده است.

این پایان نامه شامل هفت فصل است. در این فصول ابتدا بحثی کلی در آسفالتین، ماهیت آن و مدل‌های ترمودینامیکی پیش بینی میزان رسوب آسفالتین، انجام شده است. سپس مبانی تئوری بیلان جمعیت و کاربرد آن در تشریح فرآیندهای ذره‌ای ارائه شده است. در ادامه ضمن انجام مروری بر روش‌های اندازه‌گیری تجربی توزیع اندازه ذرات، نحوه استفاده از روش پردازش تصاویر برای اندازه‌گیری توزیع اندازه خوشه‌های آسفالتین تشریح شده است. سپس یک مدل ترمودینامیکی مبتنی بر تئوری محلول‌های پلیمری همگن طراحی و اجرا شده است. بعد از آن برنامه رایانه‌ای اجرای مدل بیلان جمعیت معرفی شده است. سپس در مرحله بحث و تفسیر نتایج، مدل و داده‌های تجربی با هم مقایسه شده‌اند. برخی از نتایج تحقیقات پیشین نیز ارائه شده است. در پایان نتایج به دست آمده جمع‌بندی شده‌اند و پیشنهادهایی جهت تحقیقات بعدی ارائه شده‌اند.