دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک

رساله کارشناسی ارشد مهندسی نقشه برداری- سنجش از دور

مطالعه فرونشست سطح زمین ناشی از استخراج آبهای زیر زمینی و چاههای نفتی به کمک تداخل سنجی راداری

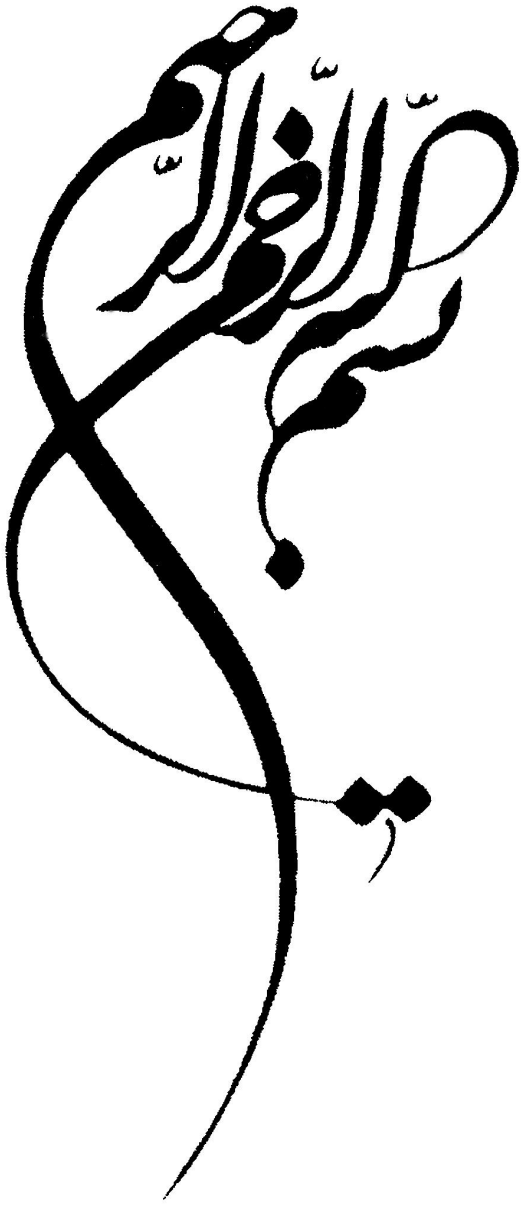
اساتید راهنما:

دکتر محمدجواد ولدان زوج
دکترمحمودرضا صاحبی

دانشجو:

پریسا حقیقت مهر
۸۶۰۱۱۱۴

تابستان ۸۹


بسم الله الرحمن الرحيم

چکیده

پایش سطح زمین در مناطق مشکوک به فرونشست در اثر استخراج سیالات زیر سطحی بسیار حائز اهمیت است. تکنیک تداخل سنجی راداری در میان روشهای زمینی و فضایی به عنوان کاراترین روش دراندازه گیری تغییرات سطح زمین محسوب می گردد. در این پایان نامه، فرونشست ناشی از استخراج آبهای زیر زمینی و نفت با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری مورد مطالعه قرار می گیرد. درابتدا، فرونشست دشت هشتگرد ناشی از استخراج آبهای زیر زمینی با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری اندازه گیری شد. تحلیل سری زمانی فرونشست به کمک الگوریتم خط مبنای کوتاه (SBAS) ، با استفاده از ٤ تصویر راداری ماهواره ENVISAT ASAR در بازه زمانی ٤ ماه در سال ۲۰۰۸ انجام شد. سرعت متوسط فرونشست در این منطقه ٤٧ میلیمتر در ماه برآورد شد. به منظور ارزیابی نتایج حاصل از تداخل سنجی راداری یک شبکه متراکم سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS)در منطقه پیاده سازی شد. ایستگاههای GPS در بازه زمانی مشترک با تصاویر رادار، اقدام به برداشت مشاهدات نمودند. جابجایی قائم و افقی ایستگاهها محاسبه شده و سری زمانی حاصل از دو روش با یکدیگر مقایسه گردید. مقدار خطای مربع برآورد شده میان تداخل سنجی راداری و مشاهدات GPS ۰/۰۰۵ متر می باشد.

سپس، سطح زمین در میدان نفتی مسجد سلیمان با استفاده از تداخل سنجی راداری پایش شد. به دلیل عدم کارایی روش تداخل سنجی راداری متداول در این منطقه، روش تلفیق تداخل سنجی راداری مبتنی بر پراکنش کننده های دائمی و خط مبنای کوتاه مورد استفاده قرار گرفت. برای این منظور، از ۱۹ تصویر راداری ENVISAT ASAR گذر پایین در بازهٔ زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۸ و ١٤ تصویر گذر بالا در بازهٔ زمانی ۲۰۰٤ تا ۲۰۰۸ استفاده گردید. نتایج حاصل از پردازش، سیگنال تغییر شکلی را در داخل محدوده میدان نفتی نشان نداد. دو فرضیه برای عدم مشاهده سیگنال فرونشست در نظر گرفته شد. اول آنکه هیچ فرونشستی در میدان نفتی وجود ندارد. دوم آنکه فرونشست ناچیز در این منطقه به دلایل احتمالی قرارگیری میدان نفتی بر روی ساختار دارای گسل که موجب بالاآمدگی آن بر روی راندگی می شود، همگرایی صفحات اوراسیا و عربستان که موجب بالا آمدگی ناحیه می گردد و استحکام بالای لایه های زمین شناسی در میدان که مانع از بروز نشست لایه

های زیرین بر روی سطح زمین می شود قابل آشکارسازی نمی باشد. اما، یک سیگنال تغییر شکل در غرب مسجد سلیمان شناسایی گردید. پس از قرارگیری سیگنال بر روی نقشه زمین شناسی منطقه، مشخص شد که جابجایی مشاهده شده به زمین لغزش موجود در منطقه مرتبط است. اگرچه عوامل دیگری مانند فروچاله های ایجاد شده در قله ارتفاعات ناشی از نهشته های تحکیم نیافته که در جنوب غربی سیگنال تغییر شکل قرار دارند و نیز پیش آمدگی گسل لهبری در غرب ناحیه جابجا شده، می توانند در تغییر شکل صورت گرفته مؤثر باشند. سپس نتایج به دست آمده از تکنیک تلفیق باز پراکنش کننده های دائمی و خط مبنای کوتاه برای دو مجموعه داده گذر بالا و پایین به منظور تجزیهٔ بردار جابجایی در دو راستای افقی (شرقی-غربی) و قائم با یکدیگر تلفیق شدند. بیشینه مقدار جابجایی افقی و قائم به ترتیب برابر با ۷.۵۵- و ۱۲.٤- میلیمتردر سال می باشد.

کلمات کلیدی: فرونشست، تحلیل سری زمانی، تداخل سنجی راداری، آبهای زیر زمینی، نفت، سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS)، پراکنش کننده های دائمی.

فهرست مطالب

۱) مقدمه..... ۱

۱-۱) کلیات..... ۲

۱-۲) طرح مسأله..... ٤

۱-۳) ضرورت انجام تحقیق..... ٤

۱-۴) اهداف تحقیق..... ٦

۱-۵) ساختار پایان نامه..... ۹

۲) مروری بر تحقیقات انجام گرفته..... ۱۰

۳) تحلیل سری زمانی فرونشست با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری..... ۲۵

۳-۱) تحلیل سری زمانی با استفاده از تداخل سنجی راداری متداول..... ۲٦

۳-۲) تحلیل سری زمانی با استفاده از تکنیک باز پراکنش کننده های دائمی..... ۳۰

۳-۳) تحلیل سری زمانی با استفاده از تلفیق تکنیکهای باز پراکنش کننده های دائمی و خط مبنا کوتاه..... ۵۱

۴) مطالعه موردی ۱: پایش فرونشست دشت هشتگرد..... ۵۹

۴-۱) معرفی منطقه مورد مطالعه..... ٦۰

۴-۲) معرفی داده های راداری..... ٦۳

۴-۳) روشهای مورد استفاده..... ٦٤

٤-۳-۱) تحلیل سری زمانی فرونشست هشتگرد با استفاده ازتکنیک تداخل سنجی راداری٦۵

۴-۳-۲) رفتار سنجی فرونشست با استفاده از شبکهٔ GPS..... ٦۹

۴-۴) نتایج..... ۷۲

۵-٤) بحث و بررسی..... ۷۵

۴-۵) نتیجه گیری..... ۷۸

۵) مطالعه موردی ۲: میدان نفتی مسجد سلیمان..... ۸۰

۵-۱) معرفی منطقه مورد مطالعه..... ۸۰

۵-۲) معرفی داده های راداری..... ۸٤
۵-۳) روشهای مورد استفاده و نتایج..... ۸۵
۵-۳-۱) مطالعه سطح زمین با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری متداول..... ۸٦
۵-۳-۲) پایش سطح زمین با استفاده از تلفیق تکنیکهای باز پراکنش کننده های دائمی و خط مبنای کوتاه..... ۹۱
۵-۳-۳) تلفیق اطلاعات گذر پایین و بالا در منطقه..... ۱۰۵
۵-۴) بحث و بررسی..... ۱۰۹
۶-۴) نتیجه گیری..... ۱۱٤
۶) نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۱۱٦
۶-۱) نتیجه گیری..... ۱۱٦
۶-۲) پیشنهادات..... ۱۱۹

فهرست جداول

جدول ۱-٤: اینترفروگرامهای پردازش شده در دشت هشتگرد.....٦٥
جدول ۲-٤: تاریخ و دوره های برداشت شبکه GPS دشت هشتگرد.....۷۱
جدول ۱-٥: مشخصات مسیرهای گذر بالا و پایین در منطقه مسجد سلیمان.....۸٤
جدول۲-٥: مشخصات اینترفروگرامهای پردازش شده در مسجد سلیمان با استفاده از تداخل سنجی راداری.....۸۷
جدول ۳-٥: مشخصات اینترفروگرامهای پردازش شده گذر پایین در مسجد سلیمان.....۹۲
جدول ٤-٥: مشخصات اینترفروگرامهای پردازش شده گذر بالا در مسجد سلیمان.....۹۳

فهرست اشکال

شکل ۱-۳: شبیه سازی فاز دریافتی از پیکسل با پراکنش کننده های توزیع شده و پیکسل با پراکنش کننده دائمی..... ۳۱
شکل ۲-۳ : مراحل مختلف پردازش پراکنش کننده های دائمی در روش StaMPS..... ۳۳
شکل ۳-۳: هندسه تصویربرداری برای تداخل سنجی راداری ماهواره ای..... ۳۷
شکل ٤-۳: نتایج شبیه سازی عددی شاخص پراکندگی دامنه ٤۱
شکل٥-۳: مثالی از فضای جستجو برای خطای زاویه دید، برای یک پیکسل پراکنش کننده دائمی شبیه سازی شده..... ٤٥
شکل۱-٤: موقعیت هشتگرد در شمال ایران..... ٦۰
شکل۲-٤: نقشه توپوگرافی دشت هشتگرد..... ٦۱
شکل۳-٤: نقشه زمین شناسی دشت هشتگرد..... ٦۱
شکل٤-٤: نقشه موقعیت گسلهای دشت هشتگرد..... ٦۲
شکل٥-٤: هیدروگراف واحد دشت هشتگرد..... ٦۳
شکل٦-٤: اینترفروگرامهای پردازش شده در دشت هشتگرد پس از حذف خطاهای توپوگرافی و مداری ٦۷
شکل۷-٤: فاکتور نرم کنندگی بهینه انتخاب شده در تحلیل سری زمانی هشتگرد..... ٦۹
شکل۸-٤: اینترفروگرام میانگین دشت هشتگرد به همراه ایستگاههای GPS ۷۰
شکل۹-٤: مدل مورد استفاده در پردازش داده های GPS دشت هشتگرد..... ۷۱
شکل۱۰-٤: میزان فرونشست دشت هشتگرد در بازه های زمانی مربوطه..... ۷۳
شکل۱۱-٤: موقعیت ایستگاههای GPS بر روی اینترفروگرام میانگین دشت هشتگرد..... ۷٤
شکل۱۲-٤:متوسط جابجایی افقی نقاط GPS برروی اینترفروگرام میانگین هشتگرد..... ۷٤
شکل۱۳-٤: مقایسه بین سری زمانی حاصل از تکنیک تداخل سنجی راداری و GPS..... ۷٦
شکل ۱٤-٤: هیستوگرام خطای مربع میان نتایج سری زمانی ایستگاهها بدست آمده از تداخل سنجی راداری و مشاهدات GPS..... ۷۸

شکل۱-۵: نقشه زمین شناسی مسجد سلیمان..... ۸۳
شکل۲-۵: مقطع زمین شناسی تاقدیس میدان نفتی مسجد سلیمان..... ۸٤
شکل ۳-۵: هندسه اخذ تصاویر گذر پایین و بالا در مسجد سلیمان..... ۸۵
شکل٤-۵: هندسه اخذ تصاویر مسجد سلیمان بر اساس خط مبنای مکانی به صورت تابعی از خط مبنای زمانی.....۸٦
شکل۵-۵: اینترفروگرامهای پردازش شده منطقه مسجد سلیمان با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری متداول..... ۸۹
شکل٦-۵: اینترفروگرامهای خط مبنای کوتاه پردازش شده در گذر پایین و بالا.....۹٦
شکل۷-۵: سری زمانی تغییر شکل سطح زمین در منطقه مسجد سلیمان در گذر پایین و بالا..... ۱۰۳
شکل۸-۵: نرخ متوسط تغییر شکل مسجد سلیمان برای تصاویر گذر پایین و بالا.....۱۰٤
شکل۹-۵: تابع کواریانس یک بعدی تجربی همراه با فرم تحلیلی برازش داده شده به آن..... ۱۰۸
شکل ۱۰-۵: مؤلفه های جابجایی در جهات افق (شرقی-غربی) و قائم.....۱۰۹
شکل۱۱-۵: موقعیت سیگنال جابجایی بر روی نقشه زمین شناسی مسجد سلیمان.....۱۱۲

۱) مقدمه

یکی از مشکلات اساسی و روزافزون به وجود آمده در بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران، پدیده فرونشست[1] می باشد. فرونشست به فرو افتادگی سطح زمین اشاره دارد و بر اثر عوامل گوناگون طبیعی مانند انحلال، آب شدگی یخها، تراکم نهشته ها و یا فعالیتهای انسانی نظیر معدنکاری، برداشت آبهای زیر زمینی و یا نفت حاصل می گردد. چنانچه سنگهای روباره یک مخزن از مقاومت کافی برخوردار نباشند و بر اثر وزن خود در زمان حفاری یا پس از اتمام عملیات برداشت دچار فرو افتادگی شوند، فرونشست رخ می دهد. نشست[2] سطح زمین در یک میدان نفتی، به مرور زمان به تأسیسات سطحی آسیب رسانده و هزینه های قابل ملاحظه ای را به بخش تولید و بازیافت نفت تحمیل می نماید که لزوم کنترل و نظارت بر سطح زمین در میادین نفتی را نشان می دهد. استخراج بی رویه آبهای زیر زمینی نیز باعث ایجاد فرونشست می شود، بویژه در حوضه هایی که با نهشته های آبرفتی، دریایی کم عمق یا دریاچه ای تحکیم نیافته[3] انباشته گشته اند و شامل میان

[1] Subsidence
[2] Settlement
[3] Unconsolidated

لایه های ریزدانه با تراکم پذیری بالا می باشند (شمشکی و همکاران، ۱۳۸٤). ایران از جمله کشورهای نفت خیز جهان به شمار می آید و پایش سطح زمین در میادین نفتی آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است. از سوی دیگر، به دلیل برداشت بی رویه آبهای زیر زمینی در بسیاری از دشتهای ایران فرونشست به پدیده ای مشکل ساز تبدیل شده است.

۱-۱) کلیات

طبق تعریف ارائه شده توسط یونسکو پدیده فرونشست عبارت است از فرو ریزش یا نشست سطح زمین که در مقیاس بزرگ رخ می دهد. به طور معمول این اصطلاح به حرکات قائم رو به پائین سطح زمین که می تواند با بردار افقی همراه باشد، گفته می شود (Poland, 1984). مهمترین فعالیتهای بشر که منجر به نشست سطح زمین می شوند استخراج مواد معدنی، آبهای زیرزمینی و نفت و گاز می باشند. فرونشست در اثر برداشت آبهای زیر زمینی به طور معمول در دو محیط مختلف امکان پذیر می باشد:

۱- سنگهای انحلال پذیر که توسط نهشته های تحکیم نیافته مدفون شده اند، یا فروچاله های کهن پر شده با نهشته های تحکیم نیافته که فشار هیدرواستاتیکی رو به بالای آب زیر زمینی در نگهداری آنها مؤثر است.

۲- نهشته های جوان تحکیم نیافته و رسوبات آواری نیمه تحکیم یافته با تخلخل بالا که در زیر نهشته های آبرفتی، دریاچه ای و یا نهشته های دریایی کم عمق واقع شده اند (دهقانی، ۸۸).

در ایجاد پدیده فرونشست در اثر برداشت نامناسب آب زیر زمینی، عوامل زمین شناسی و آب زمین شناسی بسیاری مؤثرند. تخلخل مصالح تشکیل دهنده لایه های خاک، تراکم، نوع، جنس و ترکیب لایه ها، نحوه پمپاژ، ساختار زمین شناسی منطقه، هدایت هیدرولیکی لایه های آبدار، بارندگی و دما، همگی از عوامل مؤثر در فرونشست زمین به شمارمی روند. در اثر برداشت آب زیر زمینی، فشار مربوط به سیال کم شده و در نتیجه فشار بین ذره ای افزایش می یابد. این امر منجر به تراکم میان لایه های تراکم پذیری که در سفره آب زیر زمینی قرار دارند، می شود. این میان لایه ها عمدتاً از جنس رسوبات ریزدانه

ای مانند رس و سیلت می باشد. تراکم این رسوبات باعث ایجاد فرونشست در سطح زمین می گردد.

همانطور که در بالا بدان اشاره شد، از دیگر عواملی که می تواند منجر به رخداد پدیده فرونشست گردد، استخراج نفت و گاز می باشد. وجود کانسار می تواند در برابر فشار طبقات بالا مقاومت کند و از نشست جلوگیری نماید. این موضوع هنگامی صادق است که میزان کانسار ثابت بماند. در اثر استخراج نفت و گاز، مقدار کانسار کاهش می یابد و چون وزن طبقات بالا همواره ثابت است، کم شدن مقدار کانسار باعث افزایش فشار از طبقات بالا و در نتیجه فشرده شدن سنگهای مادر خواهد شد. به عبارت دیگر کاهش فشار مخزن باعث انقباض سنگها شده و مخزن متراکم می گردد. تراکم مخزن باعث تغییر شکل سنگهای روباره و در نهایت نشست در سطح زمین می شود. فرونشست میادین نفتی به عوامل متعددی نظیر خواص مکانیکی طبقات فوقانی، ضخامت مخزن و عمق قرارگیری آن، سرعت انجام عملیات، شیب قرارگیری، عامل زمان و غیره بستگی دارد. چنانچه طبقات فوقانی سخت و مقاوم باشند، نشست کمتری در سطح زمین رخ می دهد. منحنیهای تغییر شکل سطح زمین یکنواخت تر بوده و در نهایت نشست تأخیری یا وابسته به زمان بیشتر می شود. به تجربه دیده شده است که در شرایط یکسان، استخراج لایه های ضخیم تر فرونشست بیشتری را در سطح زمین ایجاد می نماید (عطایی، ۱۳۸٦). از سویی با افزایش عمق مخزن، فاکتور نشست کاهش می یابد. به طور کلی سرعت برداشت تاثیر زیادی در روند حرکت نیروها و شکل منحنی نشست دارد. اگر سرعت عملیات زیاد باشد، تخریب در سطح زمین بیشتر خواهد بود. از سوی دیگر اثر شیب بخشی از مخزن که استخراج شده بر روی منحنی فرو نشست این است که گودال نشست را به سمت قسمت عمیق تر جابجا می کند. در این حالت ماکزیمم نشست مستقیماً بالای مرکز قسمت خالی شده قرار نمی گیرد (فولادی مقدم، ۸۸). عامل زمان بیان گر مدتی است که یک نقطه در سطح زمین از شروع برداشت تا نشست ماکزیمم نیاز دارد. عمق و ضخامت مخزن، ضخامت طبقات روباره و قابلیت ریزش آنها، سرعت استخراج و زمین شناسی منطقه در تعیین زمان مزبور مؤثرند.

۱-۲) طرح مسأله

فرونشست زمین ناشی از استخراج سیالات زیر سطحی ممکن است صدمات جبران ناپذیری به تأسیسات زیربنایی سطحی و محیط زیست وارد نماید. میزان فرونشست در حدود چندین دسی متردر سال و نرخ تجمعی آن که به چندین متر نیز رسیده است، در بسیاری از مناطق جهان کاملاً مشهود است. به منظور شناسایی پدیده فرونشست و کاهش پیامدهای ناشی از آن، می بایست سطح زمین در مناطقی که مشکوک به نشست می باشند، مورد مطالعه قرار گیرد. مسأله اصلی در این پایان نامه پایش سطح زمین به منظور بررسی پدیده فرونشست می باشد. روشهای مختلفی برای اندازه گیری جابجایی سطح زمین وجود دارد. استفاده از تکنیکهای سنجش از دور[٤] به دلیل فراهم نمودن مشاهدات گسترده و منظم از سطح زمین می تواند در امر اندازه گیری جابجایی ناشی از پدیده فرونشست، مفید واقع گردد.

۱-۳) ضرورت انجام تحقیق

مخازن نفت و گاز و سفره های آب زیر زمینی از جمله منابع طبیعی بسیار مهم محسوب می شوند. حیات و توسعه اقتصادی جامعه بشری بدون وجود نفت و گاز در حال حاضر ناممکن به نظر می رسد. نفت و گاز ارزان ترین و رایج ترین منابع انرژی تجدید ناپذیر در جهان به شمار می آیند و به عنوان خوراک اولیه بسیاری از صنایع، منشأ تولید محصولات و فرآورده های ارزشمندی هستند. رشد اقتصادی جهان و افزایش تقاضا برای مصرف انرژی، همچنین دست نیافتن به نتایج قابل انتظار برای عرضه انرژیهای نو سبب شد که عرصه بازار انرژی همچنان در تسخیر نفت و گاز باقی بماند. این امر موجب گردید تا کشورهای نفت خیز دنیا مقدار تولید خود را به سرعت افزایش دهند. همچنین مصرف بالای آب در فعالیتهای کشاورزی و صنعتی، باعث استخراج بیش از اندازه آبهای زیر زمینی گردیده است(دهقانی، ۸۸). استخراج بی رویه این ذخایر طبیعی علاوه بر آنکه باعث کاهش این گنجینه های گرانبها می شود، منجر به ایجاد پدیده فرونشست و خطرات زیانبار

[4] Remote Sensing

آن می گردد. این پدیده به بسیاری از سازه ها و زیر ساختارها در مناطق شهری و حومه آن مثل ساختمانها، خیابانها، بزرگراهها، پلها و خطوط انتقال نیرو آسیبهای جبران ناپذیری وارد می نماید و ناهنجاریهای بسیاری را در محیط زیست به دنبال دارد. بنابراین ، اندازه گیری تغییر شکل سطح زمین از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بر این اساس در سالهای اخیر شرکتهای آب، نفت و گاز در اکثر مناطق جهان بر آن شدند تا به اطلاعات فرو نشست یا نوسانات در راستای قائم منطقه جهت تضمین مدیریت صحیح تأسیسات و منابع طبیعی با دقت مکانی بالاتر و هزینه عملیاتی کمتر دست یابند.

با ورود ماهواره های راداری از دهه ۱۹۹۰، تکنیک تداخل سنجی راداری ماهواره ای[۵] به عنوان ابزاری کارآمد در پایش جابجاییهای سطح زمین ناشی از پدیده های مختلف از جمله فرونشست شناخته شد. از جمله مزایای این روش می توان به پوشش مکانی وسیع و پیوسته (۱۰۰×۱۰۰ کیلومتر مربع) با قدرت تفکیک مکانی بالا (۲۰×۲۰ متر)، فراوانی نسبتاً خوب زمانی (مثلاً هر ۳۵ روز ۱ مشاهده)، صرفه جویی در زمان و هزینه در مقایسه با سایر روشها، سهولت برداشت داده و دسترسی به آن با دقتی معادل با دقت اندازه گیریهای سیستم مکان یابی جهانی[۶] و ترازیابی دقیق اشاره نمود.

در ایران نیز در چند سال اخیر از این تکنیک در پایش تغییر شکلهای سطح زمین استفاده شده است. اندازه گیری مقدار فرونشست در بسیاری از دشتهای ایران از جمله دشت مشهد، رفسنجان، ورامین، هشتگرد و نیشابور به کمک این روش انجام شده است. اما تاکنون قابلیت تکنیک تداخل سنجی راداری در مطالعه تغییر شکلهای سطح زمین در مقایسه با مشاهدات سیستم مکان یابی جهانی به طور دقیق و گسترده مورد ارزیابی قرار نگرفته است. یکی از علل آن را می توان محدود بودن تعداد ایستگاههای GPS دائم مربوط به شبکه ژئودینامیک ایران[۷] دانست. بررسی توانایی و دقت این روش در اندازه گیری جابجاییهای سطح زمین ضروری به نظر می رسد.

[5] SAR Interferometry (InSAR)
[6] Global Positioning System (GPS)
[7] Iranian Permanent Network for Geodynamic (IPGN)

ایران کشوری نفت خیز بوده و پدیده فرونشست به وفور در آن اتفاق می افتد. با توجه به عوارض فرونشست، پایش سطح زمین در میادین نفتی ایران نیز بسیار حائز اهمیت است. استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری به منظور کاهش هزینه های میدانی نظیر اعزام متخصصین به محل جهت اندازه گیری، عدم نیاز به منابع خارج از کشور و کارشناسان مرتبط برای پایش وضعیت میدان، امکان نظارت گسترده بر میدان و تعیین میزان تغییرات سطح زمین با دقت بالا، مفید می باشد.

از آنجائی که در اکثر میادین نفتی ایران، مطالعات جامعی در خصوص اندازه گیری تغییر شکلهای سطح زمین صورت نگرفته است، استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری در پایش سطح زمین در میادین نفتی ضروری می نماید. میدان نفتی مسجد سلیمان نخستین میدان نفتی کشف شده در ایران می باشد. با توجه به اینکه این میدان در زیر شهر مسجد سلیمان قرار دارد، هر گونه تغییر شکلی که در سطح زمین رخ دهد صدمات جبران ناپذیری به دنبال خواهد داشت. بنابراین پایش سطح زمین در این میدان به منظور شناسایی جابجاییهای سطح زمین در صورت وجود، بسیار حائز اهمیت است.

۱-۴) اهداف تحقیق

یکی از اهداف اصلی این پایان نامه، مطالعه فرونشست سطح زمین ناشی از استخراج آبهای زیر زمینی با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری است. به منظور استفاده از این روش در مطالعه تغییر شکلهای سطح زمین، می بایست قابلیت آن در مقایسه با سایر روشها از جمله سیستم مکان یابی جهانی مورد ارزیابی قرار گیرد. منطقه وسیعی از دشت هشتگرد به علت استخراج بی رویه آبهای زیر زمینی تحت تأثیر فرونشست می باشد. نخستین سؤالی که در این پایان نامه مطرح می شود، به صورت زیر است:

- چگونه می توان فرونشست دشت هشتگرد را با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری اندازه گیری نمود؟ میزان دقت این تکنیک در اندازه گیری جابجایی سطح زمین چقدر است؟

یکی از روشهای بسیار رایج تداخل سنجی راداری در اندازه گیریهای سطح زمین، تکنیک تداخل سنجی راداری متداول[۸] می باشد. با توجه به آنکه این روش در مقایسه با سایر روشهای تداخل سنجی از قدمت بیشتری برخوردار است، به آن تداخل سنجی سنتی نیز گفته می شود. روش خط مبنای کوتاه[۹] (SBAS) از جمله روشهای مورد استفاده در تکنیک تداخل سنجی راداری متداول است. چنانچه نرخ جابجایی ایجاد شده زیاد بوده (بیشتر از یک سانتیمتر در سال) و مجموعه داده راداری مناسب با طول خط مبنای زمانی و مکانی کوتاه در اختیار باشد، می توان از تداخل سنجی راداری متداول برای پایش سطح زمین استفاده نمود. با توجه به اینکه شرایط مذکور در دشت هشتگرد برقرار می باشد، از تکنیک تداخل سنجی راداری متداول به منظور اندازه گیری فرونشست استفاده می گردد. به منظور ارزیابی دقت این روش در مطالعه تغییر شکلهای سطح زمین، می بایست نتایج حاصل از آن را با نتایج به دست آمده از سیستم مکان یابی جهانی مقایسه نمود.

دومین هدف اصلی این پژوهش، پایش سطح زمین در میدان نفتی با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری می باشد. پس از آنکه دقت تکنیک تداخل سنجی راداری در مطالعه تغییر شکلهای سطح زمین بررسی شد، سؤال دوم بدین گونه مطرح می گردد:

- چگونه می توان با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری تغییرات سطح زمین را در منطقه نفتی مسجد سلیمان پایش نمود؟ آیا سیگنالهایی مربوط به جابجایی در منطقه موجود می باشند؟

به منظور پاسخگویی به این سؤال، سطح زمین در مسجد سلیمان با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری مورد مطالعه قرار می گیرد. تکنیک تداخل سنجی راداری متداول به موازات تواناییهای بالا دارای محدودیتهایی است که استفاده از آن را در برخی موارد ناممکن می سازد. این روش در مناطقی که دچار عدم همبستگی زمانی[۱۰] هستند و یا مجموعه مناسبی از داده های راداری از نقطه نظر طول خط مبنای مکانی در اختیار نباشد، روش مناسبی نیست. کاملترین مجموعه داده راداری در ایران متعلق به ماهواره ENVISAT

[8] Conventional InSAR
[9] Small BAseline Subset
[10] Temporal decorrelation

با قدرت تفکیک زمانی ۳۵ روز می باشد. لیکن در بسیاری از مواقع به دلیل عدم تصویربرداری مرتب، فواصل زمانی داده های راداری از این مقدار بیشتر است. در منطقه مسجد سلیمان نیز توزیع زمانی داده ها مناسب نمی باشد.

از دیگر روشهای تداخل سنجی راداری، تکنیکهای مبتنی بر پراکنش کننده های دائمی[11] می باشد. این روشها به منظور پایش جابجایی تنها از نقاطی که در طول زمان دارای ویژگیهای باز پراکنشی[12] نسبتاً ثابتی هستند، استفاده می کنند (Ferretti *et. al.,* 2000, 2001; Adam *et. al.,* 2003; Crosetto *et al.*, 2003; Werner *et al.*, 2003; Hooper *et. al.*, 2004). ارائه این روشها گامی مؤثر در کاهش محدودیتهای تکنیک تداخل سنجی راداری متداول، بوده است. اگرچه هر یک از روشهای پردازش پراکنش کننده های دائمی دارای معایبی است که استفاده بهینه از آنها را در شرایط مختلف با مشکل مواجه می سازد. یکی از شرایطی که استفاده از این روشها را محدود می کند، وجود نرخ بالای جابجایی در مناطق غیر شهری که عاری از پراکنش کننده های دائمی با میزان باز پراکنش بسیار قوی به سمت رادار هستند، می باشد. این شرایط در منطقه مسجد سلیمان برقرار نیست. زیرا نرخ جابجایی سطح زمین در میدان نفتی در صورت وجود بسیار کوچک بوده و میدان نیز در زیر شهر واقع شده است که دارای باز پراکنش کننده های دائمی زیادی می باشد. بنابراین، استفاده از این تکنیک در این منطقه امکان پذیر است. همچنین به کمک این روش می توان دقت اندازه گیری سیگنال جابجایی را به کمک برآورد مؤلفه های مختلف خطا از جمله خطای اتمسفری و توپوگرافی بهبود بخشید.

روش نوین دیگری که توسط Hooper در سال ۲۰۰۸ ارائه شد، تلفیق دو تکنیک باز پراکنش کننده های دائمی و خط مبنای کوتاه به منظور افزایش دقت نتایج بود. این روش تلفیقی، مزایای هر دو تکنیک متداول و پراکنش کننده های دائمی را به همراه دارد و دقت عملیات بازیابی فاز را افزایش می دهد. به منظور پایش سطح زمین در مسجد سلیمان می

[11] Persistent scatterer (PS)
[12] Back-scatter

بایست از تکنیک تداخل سنجی راداری مناسب با توجه به شرایط حاکم در منطقه استفاده نمود .

۱-۵) ساختار پایان نامه

فصل اول به ارائه کلیاتی در مورد فرونشست، ضرورت انجام تحقیق و اهداف اصلی این پایان نامه اختصاص داده شد.

در فصل دوم تحقیقات انجام گرفته در گذشته درباره مطالعه و بررسی جابجاییهای سطح زمین به کمک تکنیک تداخل سنجی راداری مورد بررسی و ارزیابی قرار خواهد گرفت.

فصل سوم این پایان نامه به معرفی روشهای پایش سطح زمین به کمک تحلیل سری زمانی حاصل از تداخل سنجی راداری اختصاص دارد. در این فصل روشهای تداخل سنجی راداری متداول، باز پراکنش کننده های دائمی و تلفیق باز پراکنش کننده های دائمی و خط مبنای کوتاه به همراه مباحث تئوری مورد نیاز مطرح می گردند.

در فصل چهارم، فرونشست دشت هشتگرد ناشی از استخراج آبهای زیر زمینی مورد بررسی قرار می گیرد. نتایج حاصل از تداخل سنجی راداری و سیستم مکان یابی جهانی با یکدگیر مقایسه می شوند و مورد بحث و بررسی قرار می گیرند.

فصل پنجم، به پایش سطح زمین در میدان نفتی مسجد سلیمان اختصاص دارد. در این فصل ابتدا تکنیک تداخل سنجی راداری متداول مورد استفاده قرار گرفته و نتایج آن ارائه می شود. در ادامه از روش تلفیق باز پراکنش کننده های دائمی و خط مبنای کوتاه به منظور دست یابی به نتایج بهتر، استفاده می شود. نتایج به دست آمده از این روش ارائه شده و مورد بحث و بررسی قرار می گیرد. در ادامه نیز به منظور تجزیه بردار جابجایی در راستای خط دید رادار به مؤلفه های قائم و افقی، نتایج حاصل از دو مجموعه داده گذر بالا و پایین با یکدیگر تلفیق می گردند.

فصل ششم، نیز به نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات جهت بهبود کار در پژوهشهای آتی می پردازد.

۲) مروری بر تحقیقات انجام گرفته

جابجایی سطح زمین، پدیده ای خطر آفرین است که می تواند بر اثر فرآیندهای طبیعی نظیر زلزله، آتشفشان و زمین لغزش یا فعالیتهای انسانی همانند استخراج آب زیرزمینی، نفت و زغال سنگ حاصل گردد. تغییر شکل سطح زمین مشکلات بسیاری از جمله صدمات انسانی و زیانهای اقتصادی را به همراه دارد که اندازه گیری و پهنه بندی آن از اهمیت قابل ملاحظه ای برخوردار است. تاکنون تحقیقات بسیاری در زمینه مطالعه بر روی پدیده فرونشست و نیز استفاده از تداخل سنجی راداری در اندازه گیری سطح زمین صورت گرفته است. با نظر به اینکه تاریخچه مطالعات فرونشست ناشی از برداشت آبهای زیر زمینی در موارد زیادی مطرح شده است (به عنوان نمونه رجوع شود به دهقانی،۸۸ و حسینی، ۸٦) در این فصل، بیشتر بر روی تاریخچه مطالعه تغییر شکل زمین ناشی از استخراج نفت تمرکز شده است. قدیمی ترین فرونشست شناخته شده بر اساس اطلاعات ارائه شده توسط یونسکو، در ایالات آلاباما‌ی متحده در سال ۱۹۰۰ میلادی به وقوع پیوسته است. این مؤسسه نخستین برنامه جهانی خود را برای شناخت چرخه های آبشناختی با عنوان " دهه جهانی آبشناسی" در سال ۱۹٦۵ آغاز نمود و در سالهای بعد به دلیل گستردگی رخداد فرونشست در جهان مطالعه بر روی این پدیده به یکی از موضوعات اصلی آن تبدیل شد. تا به امروز بررسیهای بسیاری در این زمینه در کشورهای پیشرفته به ویژه در ایالات متحده و ژاپن صورت گرفته که نتیجه آن کنترل شدید مصرف آب، تغییر الگوی مصرف و توقف فرونشستها در بسیاری از موارد بوده است. استخراج سیالات هیدروکربوری برای تولید انرژی نیز سبب شکل گیری فرونشست در برخی از مناطق گردیده که بیش از صد سال است توسط شرکتهای نفتی دنیا مورد مطالعه قرار گرفته است (فولادی مقدم، ۸۸). تحقیقات صورت گرفته نشان می دهد که استخراج نفت در بیش از ۲۸ میدان نفتی در سراسر دنیا منجر به بروز پدیده مذکور شده است که ۲۲ نمونه آن در آمریکا، ٤ نمونه در ونزوئلا و چندین مورد در اروپا رخ داده است. یکی از نخستین نمونه های فرونشست ناشی از استخراج سیالات هیدروکربوری مربوط به میدان نفتی Goose

Creak در ساحل خلیج تگزاس در ایالات متحده آمریکا می باشد که در سال ۱۹۱۸ تشخیص داده شد و در سال ۱۹۲٦ توسط Pratt و Johnson تشریح گردید. از آثار این فرونشست می توان به پائین افتادگی جاده و خطوط ساحلی در کنار گسلش سطحی اشاره نمود (Nagel, 2001). بخشهایی از شهر و بندر long Beach در کالیفرنیا، تحت تأثیر فرونشست سطحی بسیار سریع بوده اند که در حوالی شمال و شرق بندر، متوسط مقدار فرونشست به چند دهم فوت طی یک بازه ۲۰ ساله رسید. هنگامی که سطح مذکور با حداکثر فرونشست مطابق با داده های ترازیابی کنتوردهی شد، به طرز قابل ملاحظه ای با سطح برداشت میدان نفتی Wilmington منطبق بود. از سوی دیگر کاملاً مشخص گردید که فرو نشست در سال ۱۹۳۷ در اندک زمانی پس از آغاز برداشت از میدان رؤیت شده است.

در این میان مشکلات ناشی از اشباع شدگی و کرنشهای افقی بر دیواره های گودال فرونشست در مناطقی که در حال استخراج نفت بودند، صدمات جبران ناپذیری به ساختارهای زیربنایی موجود وارد آورده که بسیار هزینه بر بوده است (Van der kooij and Mayer, 2002). سالها بعد Holzer در مقاله ای مطرح نمود که مقاطع عرضی فرونشست در میادین نفت و گاز Housten تگزاس بر اثر کاهش سطح آب زیر زمینی رخ داده و نقش استخراج نفت در فرونشست زمین به طور محلی ناچیز است. با وجود حجم بالای برداشت نفت، فرونشست در بیشتر میادین با استخراج نفت و گاز افزایش نیافت. همچنین گسلها با طول بیش از ۲٤۰ کیلومتر سطح زمین را طی زمان منحرف کرده بودند. تغییر شکلهای طبیعی زمین شناسی، پمپاژ آب زیر زمینی و استخراج نفت همگی می توانستند عامل انحراف عرض گسلها باشند. مقادیر ناچیز فرونشست محلی سطح که با میادین نفت و گاز همراه است، بیان می نماید که استخراج نفت تنها عامل گسل خوردگی به مرور زمان نیست. اگرچه، انطباق زمانی و مکانی در این میدان با توسعه میدان نفتی و این حقیقت که فرونشست پیش از کاهش اصلی سطح آب رخ داده است، ارتباط فرونشست را با استخراج نفت تائید می کند (فولادی مقدم، ۸۸).