



## آشکارسازی فرونشست سطحی زمین در اثر استخراج مواد نفتی با استفاده از روش تداخلسنجی رادار و تراز یابی

نرگس فتح‌الهی\*، مهدی آخوندزاده، عباس بحرودی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئودزی دانشکده مهندسی نقشه برداری دانشگاه تهران

۲- استادیار گرایش سنجش از دور دانشکده مهندسی نقشه برداری دانشگاه تهران

۲- استادیار دانشکده مهندسی معدن دانشگاه تهران

### چکیده:

تولید از مخازن هیدروکربوری، سبب افت فشار منفذی در این مخازن می‌شود. این افت فشار، تنش ناشی از رسوبات روباره‌ی سنگ مخزن را که بیش از عملیات برداشت، توسط فشار سیال درون مخزن و سنگ‌های پوششی کنترل می‌شد افزایش داده و موجب تراکم محیط متخلخل اطراف می‌گردد. در صورتی که میزان تراکم مخزن از حدی فراتر رود، سنگ‌های روباره در اثر وزن خود شروع به فرونشست خواهند کرد. برای بررسی مناطق مستعد فرونشست، روش‌های متعددی از جمله تراز یابی دقیق و همچنین سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد اما به دلیل هزینه‌بر بودن این روش‌ها و عدم دسترسی به مشاهدات در برخی شرایط خاص، به کارگیری یک روش سریع‌تر و ارزان‌تر پیشنهاد می‌شود. در این مطالعه، یکی از میدان‌های بزرگ نفتی ایران، از نظر امکان بروز پدیده‌ی فرونشست توسط تکنیک تداخلسنجی راداری مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور با به کارگیری روش SBAS بر روی تصاویر سنجنده‌ی Envisat به پایش فرونشست در سطح میدان پرداخته شده است. نتایج حاصل از روش تداخلسنجی راداری حاکی از فرونشستی در سطح منطقه می‌باشد. به منظور اعتبارسنجی نتایج حاصل از روش تداخلسنجی، از داده‌های حاصل از تولید میدان و اطلاعات میدانی ژئودتیکی نظیر تراز یابی دقیق استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی: مخازن هیدروکربوری، تراکم مخزن، فرونشست، تداخلسنجی تفاضلی رادار



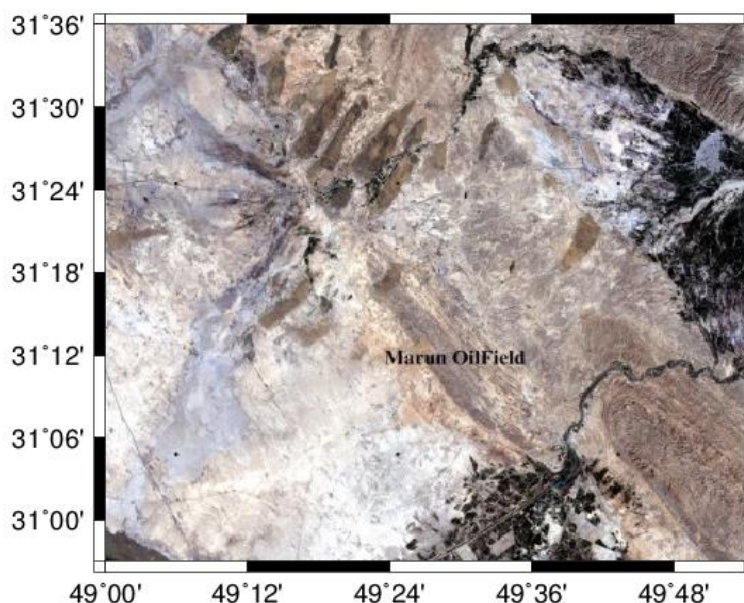
## ۱- مقدمه

فرونشست زمین در سطح میادین نفتی به علت تراکم سنگ‌های پوششی حاصل از استخراج هیدروکربن به وجود می‌آید. برداشت از مخازن هیدروکربوری، فشار منفذی در این مخازن را کاهش می‌دهد و در نتیجه تنش ناشی از رسوبات روباره‌ی سنگ مخزن که بیش از عملیات برداشت، توسط فشار سیال درون مخزن کنترل می‌شد افزایش یافته و موجب تراکم محیط متخلخل اطراف و فرونشست سطح می‌گردد که این امر تأثیرات مخربی از جمله شکستگی چاهها، مجاله شدگی لوله‌های جداری و خسارات سرچاهی را به دنبال داشته و فرآیند تولید از این مخازن را با مشکل مواجه می‌کند [9]. از عوامل اصلی تأثیرگذار بر توسعه‌ی مکانی و زمانی این فرونشست می‌توان به نرخ تولید، میزان فشار سیالات درون مخزن، عمق و ضخامت مخزن، وسعت منطقه‌ی تحت برداشت و خصوصیات فیزیکی سنگ مخزن و محیط اطراف اشاره کرد [12]. به هر حال بررسی فرونشست حاصل، کنترل و مدیریت آن می‌تواند اطلاعات مفیدی را در صنعت نفت پیرامون عملکرد مخازن و چاهها، همچون کنترل عملیات تزریق به منظور بهبود در روند تولید نفت فراهم آورد.

در این میان بروز این پدیده در مناطق جنوب غربی کشورمان که دارای تاریخ طولانی در زمینه تولید و بهره‌برداری از حوضه‌های نفتی می‌باشد، می‌تواند تأثیرات مخربی را بر روی تاسیسات سرچاهی، زیرساخت‌های صنعتی و نیز مراکز جمعیتی موجود پیرامون حوضه‌های نفتی نظیر اهواز، آبادان و غیره داشته و باعث تحمیل هزینه‌های قابل توجهی شود. بنابراین مطالعه پدیده فرونشست ناشی از بهره‌برداری منابع هیدروکربنی حائز اهمیت بوده و نیاز به توجه و بررسی دقیق دارد. برای این منظور روش‌های متعددی همچون ترازیابی دقیق و سیستم اطلاعات جغرافیایی که امکان انجام اندازه‌گیری‌های ارتفاعی را در بازه‌های زمانی مختلف فراهم می‌آورند می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند اما به دلیل هزینه‌بر بودن این روش‌ها و نیز عدم دسترسی به مشاهدات در برخی شرایط خاص، بکارگیری روشی سریع‌تر، ارزان‌تر و با دقتی بالا پیشنهاد می‌گردد. پیشرفت در زمینه‌ی ماهواره و تکنولوژی رادار باعث شده است که قادر به اندازه‌گیری جابجایی‌هایی بسیار کوچک بر روی سطح زمین در نواحی مستعد جابجایی از جمله میدان‌های تحت برداشت سیال‌های زیرسطحی باشیم.

## ۲- منطقه مورد مطالعه

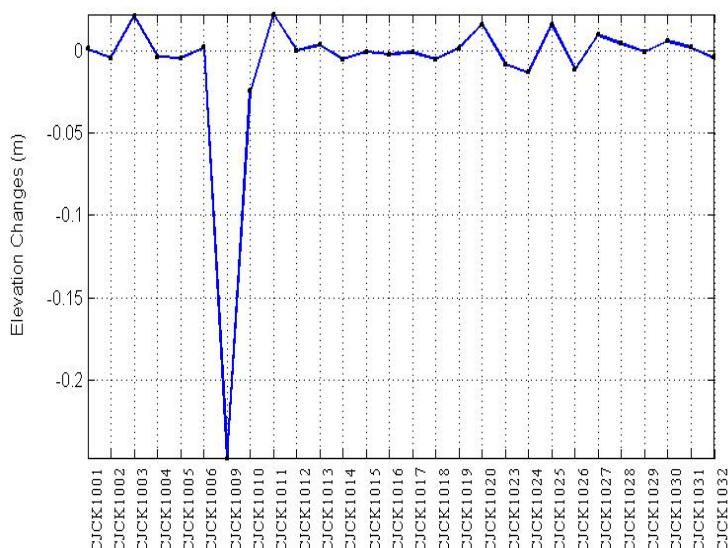
میدان نفتی مارون، دومین میدان بزرگ نفتی ایران و از بزرگترین میادین نفتی جهان به‌شمار می‌آید. این میدان به طول ۶۰ کیلومتر، در ۶۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر اهواز و در استان خوزستان واقع شده است. شکل 1-2 موقعیت جغرافیایی میدان نفتی مارون را نشان می‌دهد. از لحاظ زمین‌شناسی این میدان در قسمت شرقی حوضه‌ی فروافتاده‌ی دزفول شمالی قرار گرفته است. میدان مارون دارای ساختمانی تاقدیسی است که با جهت شمال غرب-جنوب شرق بخصوص در قسمت‌های غربی و مرکزی مشخص می‌شود. این میدان یک تاقدیس تقریباً نامتقارن است که دارای شیب متوسط ۴۵-۶۰ درجه در یال جنوب غربی و ۲۵-۴۵ درجه در یال شمال شرقی می‌باشد. همچنین دارای پیچشی در وسط ساختار است که طی آن روند میدان تقریباً ۲۰ درجه از جهت N45W در شمال غرب به سمت N65W در جنوب غرب تغییر می‌کند. به دلیل وقوع دو رخداد مهم تکتونیکی بصورت چین‌خوردگی (Folding) که آثار اصلی کوهزایی زاگرس می‌باشد و خمش (Bending) که بعدها در اثر حرکت تحت تأثیر نیروهای تراکمی ایجاد شده و ادامه آن تا به امروز تغییر شیب را در یال‌های این مخزن بسیار متنوع نموده در نتیجه میزان شعاع انحنا در طول ساختمان این میدان در مقاطع مختلف با هم متفاوت گردیده است [3].



شکل (۱-۲) موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مارون بر روی تصویر ماهواره‌ی Landsat 8

### ۳- تحلیل سری زمانی فرونشست با داده‌های ترازیبی

به علت نبود مشاهدات GPS به صورت سری زمانی در سطح میدان، از اندازه‌گیری‌های ایستگاه‌های ترازیبی به منظور بررسی جابه‌جایی‌های سطح زمین در منطقه استفاده شده است. سازمان نقشه برداری شبکه‌ی ترازیبی سراسری کشور را در دو مرحله اندازه‌گیری می‌نماید. خط ترازیبی درجه‌ی یک CJCK، از نزدیکی میدان نفتی مارون عبور کرده و تا شهرستان امیدیه ادامه دارد. بازه‌ی زمانی بین مرحله‌ی اول و مرحله‌ی دوم اندازه‌گیری ترازیبی در این خط، ۲۰ سال می‌باشد که مرحله‌ی اول این اندازه‌گیری در سال ۱۳۶۶ شمسی و مرحله‌ی دوم آن در سال ۱۳۸۶ شمسی صورت گرفته است. پروفیل (۱-۳) روند تغییرات ارتفاعی را در بازه‌ی زمانی ۲۰ ساله نشان می‌دهد.



شکل (۱-۳) پروفیل تغییرات ارتفاعی خط ترازیبی درجه یک CJCK در دو اپک زمانی

همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌شود، نرخ فرونشست محاسبه شده توسط اندازه‌گیری‌های ترازیبی در مدت زمان ۲۰ سال، حداکثر برابر با ۲۵ سانتی‌متر است که معادل با متوسط تغییراتی به میزان ۱۳ میلی‌متر جابه‌جایی در هر سال می‌باشد. جدول (۱-۳) نرخ فرونشست ایستگاه‌های ترازیبی خط CJCK را نشان می‌دهد.



جدول (۳-۱) نرخ فرونشست ایستگاه‌های تراز یابی

نام ایستگاه تراز یابی	نرخ فرونشست (متر)	نام ایستگاه تراز یابی	نرخ فرونشست (متر)
CJCK1001	0.00091	CJCK10017	-0.00112
CJCK1002	-0.00469	CJCK10018	-0.00544
CJCK1003	0.02094	CJCK10019	0.00116
CJCK1004	-0.00402	CJCK10020	0.01582
CJCK1005	-0.00468	CJCK10023	-0.00834
CJCK1006	0.00166	CJCK10024	-0.0135
CJCK1009	-0.24695	CJCK10025	0.01548
CJCK10010	-0.0247	CJCK10026	-0.01136
CJCK10011	0.02186	CJCK10027	0.00936
CJCK10012	-3E-05	CJCK10028	0.00407
CJCK10013	0.00329	CJCK10029	-0.00088
CJCK10014	-0.00547	CJCK10030	0.00566
CJCK10015	-0.00106	CJCK10031	0.00188
CJCK10016	-0.00255	CJCK10032	-0.00436

## ۴- تحلیل سری زمانی فرونشست با تکنیک تداخل سنجی راداری

داده‌های راداری Envisat ASAR (باند C دارای طول موج ۵۶ میلی‌متر) مورد استفاده، شامل ۱۸ فریم تصویر در بازه‌ی زمانی آوریل ۲۰۰۳ تا سپتامبر ۲۰۰۹ با وضعیت تصویربرداری پایین‌گذر می‌باشد که از آژانس فضایی (ESA) اروپا تهیه شد. مشخصات این داده‌ها در جدول (۴-۱) نشان داده شده است.

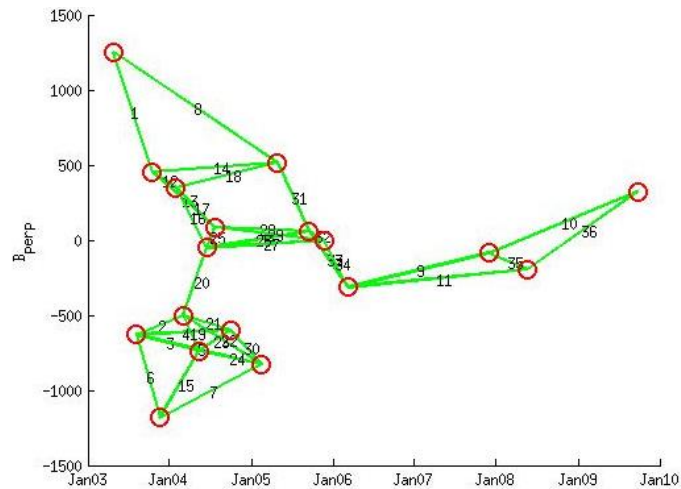
جدول (۴-۱) مشخصات داده‌های راداری منطقه‌ی مارون

No.	Date	Orbit No.	Track No.
۱	20030423	05986	۴۲۱
۲	۲۰۰۳۰۸۰۶	۰۱۱۴۳۸	۴۲۱
۳	۲۰۰۳۱۰۱۵	۲۱۶۳۲	۴۲۱
۴	۲۰۰۳۱۱۱۹	۰۸۹۹۲	۴۲۱
۵	۲۰۰۴۰۱۲۸	۰۹۹۹۴	۴۲۱
۶	۲۰۰۴۰۳۰۳	۱۰۴۹۵	۴۲۱
۷	۲۰۰۴۰۵۱۲	۱۱۴۹۷	۴۲۱
۸	۲۰۰۴۰۶۱۶	۱۱۹۹۸	۴۲۱
۹	۲۰۰۴۰۷۲۱	۱۲۴۹۹	۴۲۱
۱۰	۲۰۰۴۰۹۲۹	۱۳۵۰۱	۴۲۱
۱۱	۲۰۰۵۰۲۱۶	۱۵۵۰۵	۴۲۱
۱۲	۲۰۰۵۰۴۲۷	۱۶۵۰۷	۴۲۱
۱۳	۲۰۰۵۰۹۱۴	۱۸۵۱۱	۴۲۱
۱۴	۲۰۰۵۱۱۲۳	۱۹۵۱۳	۴۲۱
۱۵	۲۰۰۶۰۳۰۸	۲۱۰۱۶	۴۲۱
۱۶	۲۰۰۷۱۱۲۸	۲۰۰۳۴	۴۲۱
۱۷	۲۰۰۸۰۵۲۱	۳۲۵۳۹	۴۲۱
۱۸	۲۰۰۹۰۹۲۳	۳۹۵۵۳	۴۲۱

به منظور پردازش داده‌های راداری، تصویر اخذ شده در تاریخ ۲۰۰۵/۱۱/۲۳ به عنوان تصویر اصلی، براساس بهینه بودن همبستگی مکانی و زمانی انتخاب گردید. اینترفروگرام تصاویر فرعی نسبت به تصویر اصلی تشکیل شد و خط مبنای مکانی عمودی و خط مبنای زمانی تمامی جفت تصاویر محاسبه شد. سری زمانی جابجایی‌های بدست آمده متشکل از ۳۴ اینترفروگرام می‌باشد که اینترفروگرام‌های حاصل دارای کمینه مقدار خطا هستند. شکل (۴-۱) شبکه‌ی تشکیل



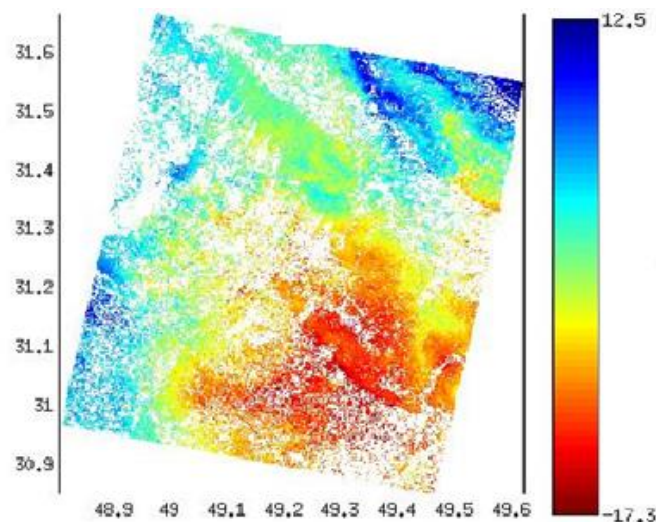
شده از اینترفروگرام‌های بکار رفته در آنالیز سری زمانی را نشان می‌دهد. پردازش‌های روش طول بازهای کوتاه (SBAS)<sup>1</sup> توسط نرم‌افزار<sup>2</sup> (Stamps) انجام شده است. به منظور کاهش اثر مولفه‌ی هندسی، از اطلاعات مداری (ODR) محاسبه شده توسط دانشگاه Delft استفاده گردید، همچنین به منظور کاهش این خطا برای تصاویر سال ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ به علت نبود داده‌های مداری ODR، از اطلاعات مدارهای دقیق (VOR) استفاده شد. جهت به حداقل رساندن اثر مولفه‌ی توپوگرافی فاز، از مدل رقومی ارتفاعی (SRTM) با دقت ۳ ثانیه‌ی کمانی و به منظور کاهش اثرات اتمسفری از فیلترهای بالاگذر و پایین‌گذر موجود در نرم‌افزار استفاده گردید.



شکل (۴-۱) شبکه‌ی SBAS تشکیل شده از اینترفروگرام‌ها (خطوط واصل نشان دهنده‌ی زوج تصاویر انتخابی

و دوایر قرمز نشان دهنده‌ی تصاویر مورد استفاده می‌باشند).

نقشه‌ی نهایی سرعت تغییر شکل سطحی حاصل از سرشکنی کمترین مربعات در شکل (۴-۲) نشان داده شده است. نرخ سرعت تغییر شکل سطح بین  $-17/3$  تا  $12/5$  میلیمتر در سال متغیر است.



شکل (۴-۲) نقشه‌ی سرعت تغییر شکل سطح در راستای LOS

<sup>1</sup> Small Baseline Approach

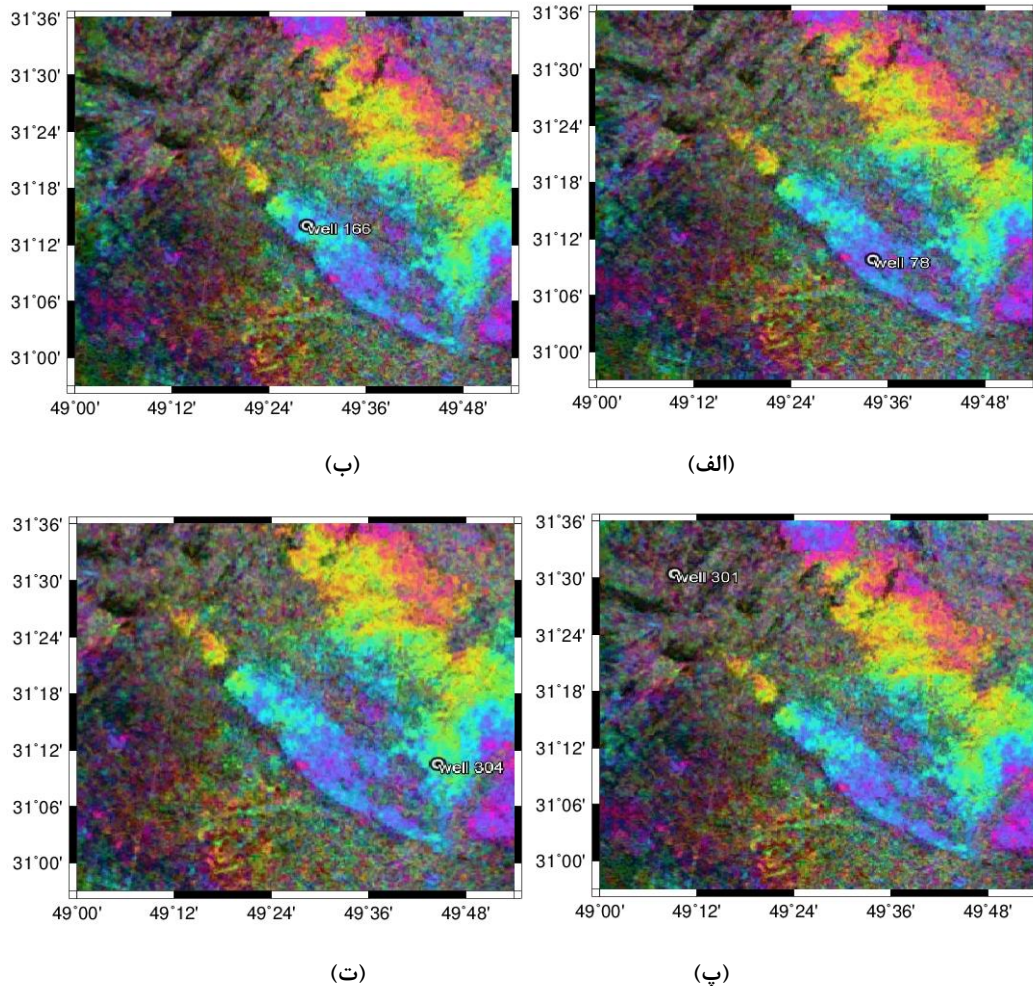
<sup>2</sup> Stanford Method for Persistent Scatterers





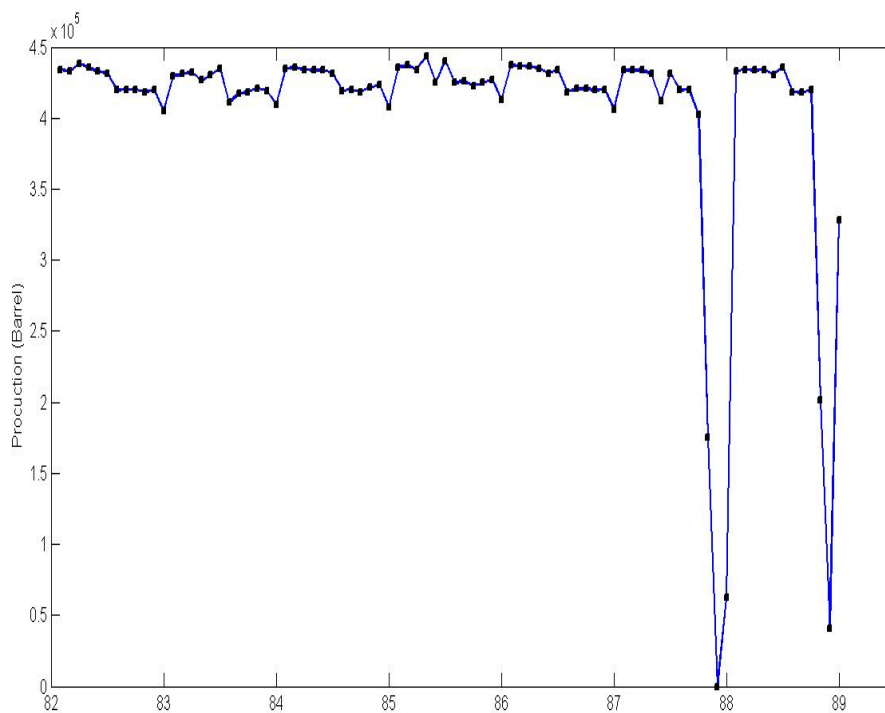
### ۵- تحلیل سری زمانی فرونشست با داده های تولیدی

به منظور بررسی تاثیر تولید از میدان بر پدیده فرونشست سطح، از داده های حاصل از چهار چاه تولیدی در قسمت های شمالی، جنوبی و مرکزی میدان در بازه های زمانی مشابه با تصاویر اینترفروگرام استفاده شده است. موقعیت قرارگیری این چاه ها بر روی میدان مارون در شکل (۵-۱) نشان داده شده است.

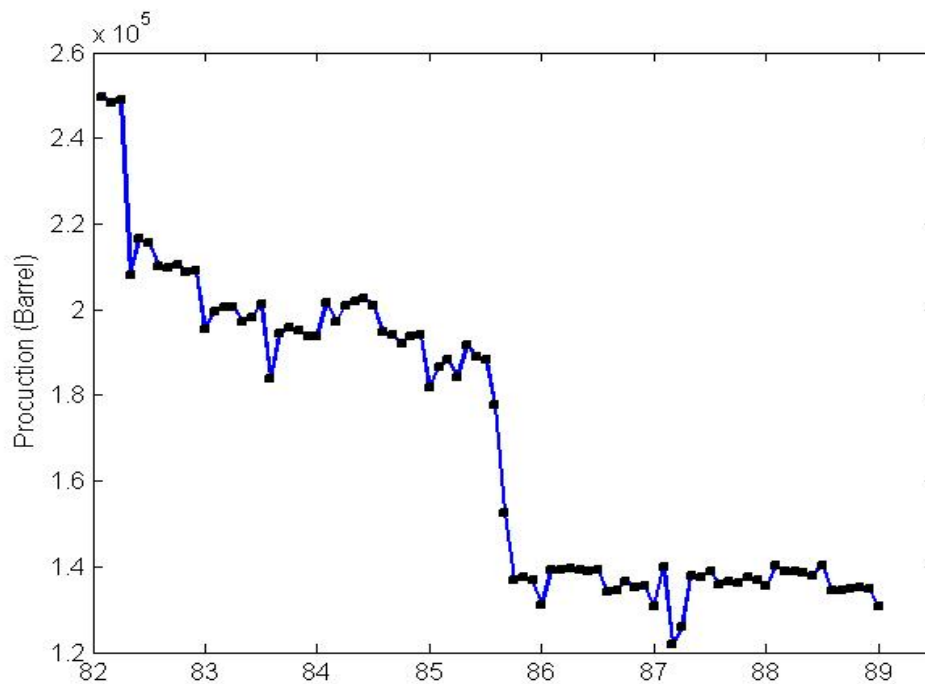


شکل (۵-۱) موقعیت قرارگیری چاه ها بر روی میدان مارون. الف) چاه شماره ۷۸ با مختصات طول جغرافیایی 49/331313 و عرض 31/063854. ب) چاه شماره ۱۶۶ با مختصات 49/276488 و 31/122943. پ) چاه شماره ۳۰۱ با مختصات 49/133642 و 31/300719. ت) چاه شماره ۳۰۴ با مختصات 49/556799 و 30/987898.

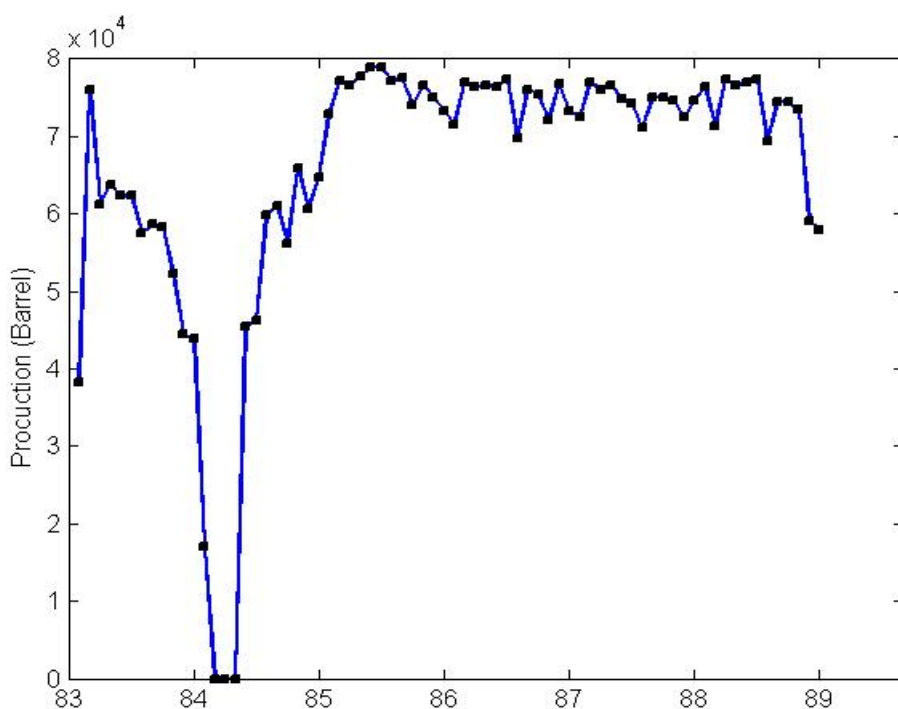
رفتار تولیدی هریک از این چاه ها به صورت ماهانه در شکل (۵-۲) نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود در چاه های شماره ۷۸ و ۱۶۶ واقع در بخش مرکزی میدان، نرخ تولید در سال های اخیر به نسبت کاهش یافته است.



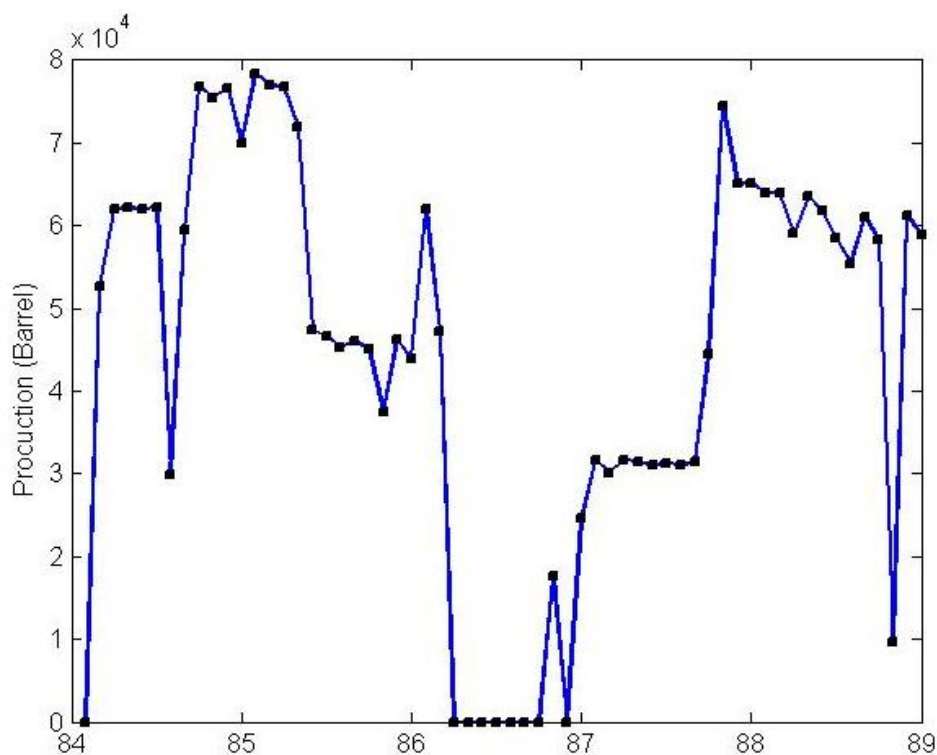
الف) نمودار تولید ماهانه‌ی چاه شماره ۷۸ در بازه‌ی زمانی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰



ب) نمودار تولید ماهانه‌ی چاه شماره ۱۶۶ در بازه‌ی زمانی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰



پ) نمودار تولید ماهانه‌ی چاه شماره ۳۰۱ در بازه‌ی زمانی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۰



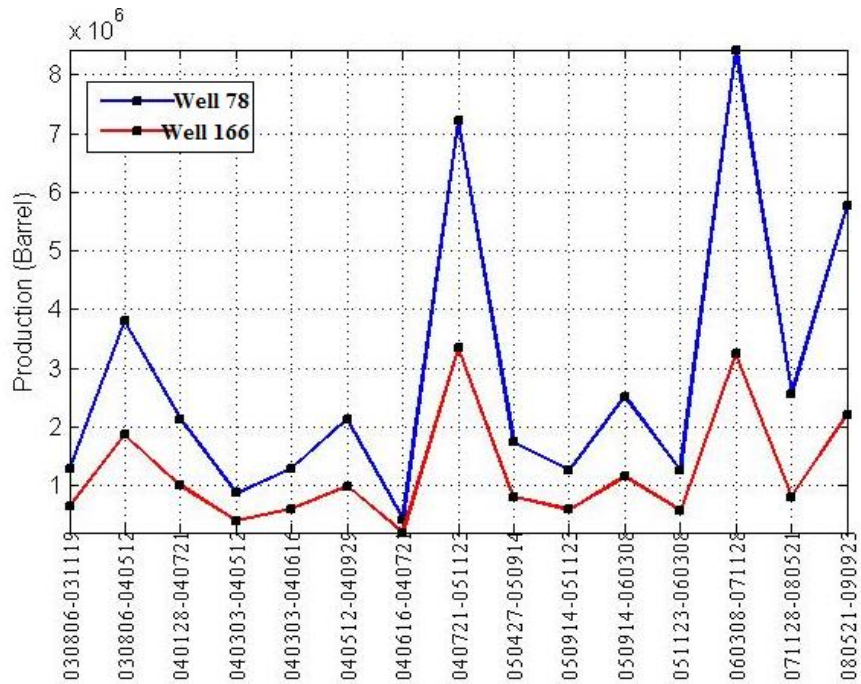
ت) نمودار تولید ماهانه‌ی چاه شماره ۳۰۴ در بازه‌ی زمانی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰

شکل (۲-۵) نمودارهای تولید ماهانه‌ی چاه‌ها در بازه‌ی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۰

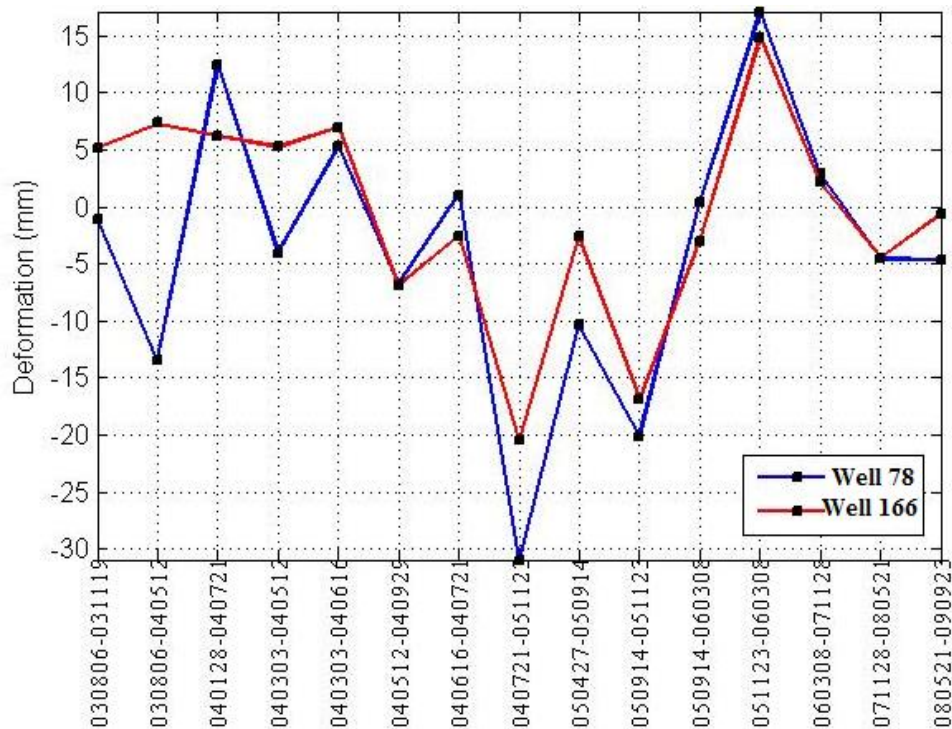




به منظور اعتبارسنجی نتایج حاصل از تکنیک تداخل‌سنجی راداری، داده‌های حاصل از این چهار چاه در بازه‌های زمانی مشابه با تصاویر اینترفروگرام مورد استفاده قرار گرفته است. برای این منظور از بین ۳۴ اینترفروگرام، ۱۵ اینترفروگرام که دارای بیشترین شباهت با مدل بودند، برای تحلیل نتایج به کار گرفته شدند. میزان تغییر در روند تولید و همچنین تغییر شکل سطح مربوط به بخش مرکزی میدان (چاه‌های ۷۸ و ۱۶۶) در شکل (۳-۵) نشان داده شده است.



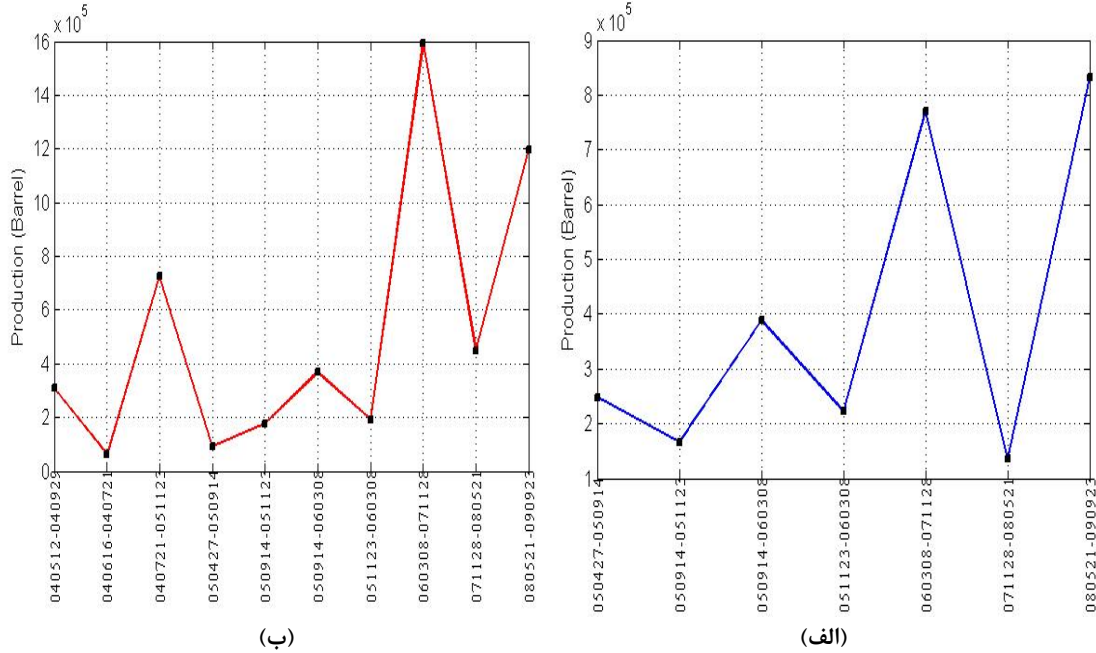
شکل (۳-۵) الف) نمودار تغییرات تولید در بخش مرکزی میدان در محل (چاه‌های شماره ۷۸ و ۱۶۶)



شکل (۳-۵) ب) نمودار تغییرات شکل سطحی در بخش مرکزی میدان در محل (چاه‌های شماره ۷۸ و ۱۶۶)

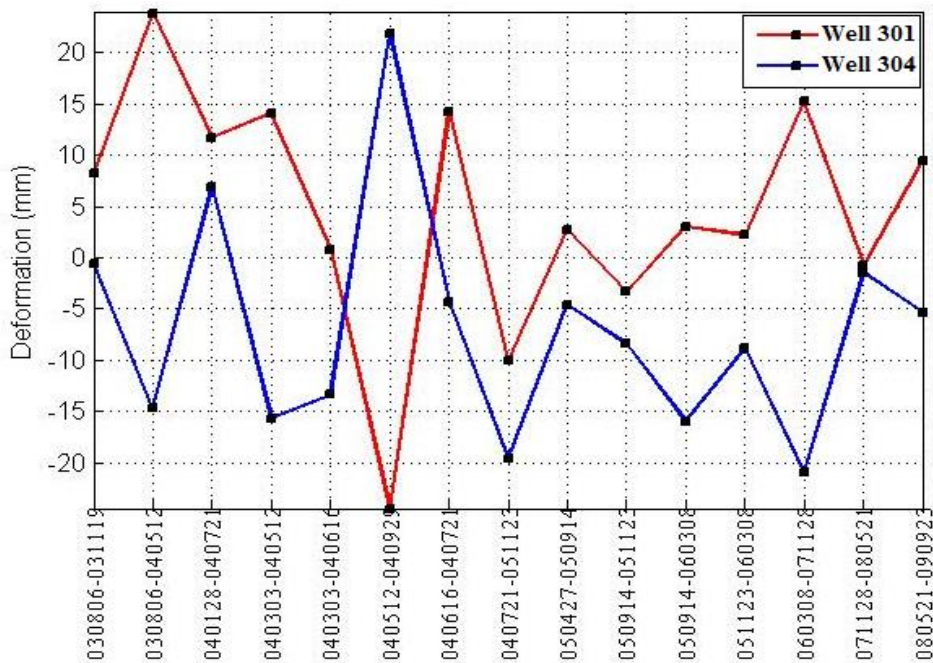


همان طور که در نمودارها مشاهده می شود ضمن یکسان بودن روند تولید در دو چاه مورد مطالعه، می توان چنین بیان نمود که روند تولید و تغییرشکل به صورت هماهنگ عمل می کنند. به عبارت دیگر می توان گفت میزان فرونشست و بالاآمدگی در چاه های بخش مرکزی به میزان تولید از این چاه ها وابسته است و حداکثر میزان فرونشست در اینترفروگرام های مورد بررسی، مربوط به بازه ی زمانی 20040721-20051123 می باشد یعنی زمانی که تولید نسبتاً افزایش یافته است.



شکل (۴-۵) نمودار تغییرات تولید در محل چاه شماره ۳۰۴ واقع در یال جنوبی میدان. ب) نمودار تغییرات تولید

در محل چاه شماره ۳۰۱ واقع در یال شمالی میدان.



شکل (۴-۵) پ) نمودار تغییرات شکل سطحی در یال شمالی و جنوبی میدان در محل چاه های ۳۰۴ و ۳۰۱



با بررسی روند تغییرات تولید در یال جنوبی میدان در محل چاه ۳۰۴ همان‌طور که در نمودارهای شکل (۴-۵) ملاحظه می‌شود میزان تولید در این چاه با نرخ نشست و بالآمدگی سطحی همخوانی دارد، در زمان‌هایی که برداشت افزایش یافته، افزایش در نرخ نشست مشاهده می‌شود و با کاهش تولید، این فروافتادگی جبران شده است. این روند همخوانی در یال شمالی میدان در محل چاه ۳۰۱ تا بازه‌ی زمانی ۲۰۰۵۱۱۲۳-۲۰۰۵۰۹۱۴ مشاهده می‌شود و از این تاریخ به بعد رفتار تغییر شکل سطح نسبت به یال جنوبی میدان به صورت معکوس عمل می‌نماید. به نظر می‌رسد در این بازه‌ی زمانی رخداد پدیده‌ای موجب بروز چنین تغییراتی در یال شمالی میدان شده باشد. در بررسی این پدیده می‌توان به عوامل غیرتکتونیکی نظیر عملیات تزریق و همچنین ایجاد شکستگی‌های هیدرولیکی اشاره کرد که به منظور تولید بیشتر ضمن حفظ و یا کاهش نرخ نشست انجام می‌شود. از سوی دیگر تأثیر عوامل غیر زمین‌ساختی همچون فعالیت گسل‌های پنهان در منطقه را نمی‌توان نادیده گرفت.

## مراجع

1. Adams, T. D., and Burgeois, F., 1967, Asmari Biostratigraphy. Geological and Exploration Div., IOOC report No. 1074.
2. Adams, T. D., 1969, The Asmari Formation of Lorestan and Khuzestan Province.
3. Alavi, M., 2004, Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust Belt of Iran and its proforland evolution, Am. Journal of science, V. 304, pp. 1-20.
4. Groshong, R.H., Epard, J. L., 1994. The role of strain in area constant detachment folding. Journal of Structural Geology 16(5), 613-618.
5. Intera ECL Petroleum Technologies, Ltd. (1992), Marun Field Study.
6. McQuillan, H., 1974, Fracture patterns on Kuh-e Asmari anticline Southwest Iran, AAPG Bull., V. 58, No. 2, pp. 236-246.
7. Stocklin, J., 1968, Structural history and tectonic of Iran, a review, AAPG Bull., 52, 1229-1258.
8. Van der Kooij, M.W.A., Mayer, D. The application of satellite radar Interferometry to subsidence monitoring in the Belridge and Lost Hills fields, California, IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. IGARSS apos, pp. 201-202, 2002.
9. Fielding, E.J., Blom, R.G., Goldstein, R. Rapid subsidence over oil fields measured by SAR Interferometry. Geophys. Res. Lett. 25 (17), 3215-3218, 1998.
10. Mayuga, R.F. Geology and development of California giant; the Wilmington oil field, geology of giant petroleum fields. Am. Assoc. Pet. Geol. Mem. 14, 158-184, 1970.
11. Wegmuller, U., Werner, C., Strozzi, T. SAR interferometric and differential interferometric processing chain, in: Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings, Seattle, U.S.A, pp. 1106-1108, 1998.
12. Stancliffe, R.P.W., Van der Kooij, M.W.A. The use of satellite-based radar interferometry to monitor production activity at the cold lake heavy oil field, Alberta, Canada. AAPG Bull. 85 (5), 781-793, 2001.
13. Ketelaar, V.B.H. Satellite Radar Interferometry, Subsidence Monitoring Techniques. Springer, Netherlands, 2009.
14. G.V. Chilingar B. Endres, Environmental hazards posed by the Los Angeles Basin urban oilfields: an historical perspective of lessons learned, Environmental Geology (2005) 47:302-317



## Monitoring of Land Subsidence Due to Hydrocarbon Production using InSAR and Leveling

Narges Fatholahi, \*<sup>1</sup>, Akhoondzadeh.M <sup>2</sup>, Bahroudi.A <sup>2</sup>

1-Ms.c student of geodesy in Department of Geomatics, College of Engineering, University of Tehran

2- Assistant professor in Department of Geomatics, College of Engineering, University of Tehran

2- Assistant professor in Department of Mining, College of Engineering, University of Tehran

### Abstract

Withdrawal of fluids from hydrocarbon reservoirs causes the pressure to decrease. The pressure reduction increases the stress of reservoir's overburden sediments which was controlled by the pressure of inside fluids before exploitation, and consequently, increases the density of their porous surroundings. If the density of reservoir exceeds a specific threshold, overburden rocks start to subside because of their weight. Therefore pressure drawdown leads to reservoir compaction, movement of the overburden and subsidence over the reservoir. The subsidence can prove costly for production and surface facilities. So study of the subsidence caused by hydrocarbon exploitation is an important task which requires precise considerations. Several methods are available to monitor land subsidence. Classical surveying such as Leveling and global positioning system (GPS) can produce some related data but they are expensive and cannot produce the required map at a particular period of time. Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) is a novel technology for measuring surface deformation. In this paper, one of Iranian oil field which is located in the south west of Iran has been studied. The small baseline approach (SBAS) which is an InSAR algorithm has been used for producing mean deformation velocity map from a dataset of ASAR images. The first results of InSAR analysis show small positive and negative vertical movements over the field due to extraction and geological characteristics. The time series analysis results of InSAR have been also compared with spirit leveling measurements and field production data.

Keywords: SAR Interferometry, Subsidence, Withdrawal of Fluids, Hydrocarbon reservoir

Correspondence Address: Geodesy Group, Department of Geomatics, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

Email: [n.fatholahi@ut.ac.ir](mailto:n.fatholahi@ut.ac.ir)