جغرافیا و برنامهریازی محیطی سال ۲۱، پیاپی ۵۷، شماره ۱، بهار ۱۳۹٤



مدلسازی فرونشست دشت نیشابور با استفاده از سری های زمانی و تکنیک DINSAR

ن یما حشیمی: کارشناسی ارشد RS&CIS، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یزد، ییزد، ایران سیدعلی المدرسی: استادیسار ژئومورفولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یزد، ییزد، ایران * وصول: ۱۳۹۱/٦/۲۹ پذیرش: ۱۳۹۲/٤/۲۲، صص ۸٤-٦٧

چکیدہ

فرونشست حرکت سطح زمین به سمت پایین نسبت به یک دیتوم مانند سطح دریا است. این تغییرات ارتفاع میتواند در اشر فعالیتهای انسانی مانند تونل سازی، معدن کاوی، استخراج آبهای زیرزمینی، استخراج نفت و گازهای طبیعی و همچنین فعالیتهای گسل ها به وجود آید (عباسی سلمان پور، مجله گسترش صنعت). این پدیده در صورت عدم مدیریت صحیح میتواند خسارات جبران ناپذیری را برای مناطق دچار این پدیده ایجاد کند. شناسایی مناطق فرونشست و بر آورد نرخ آن مسلماً نقش بسزایی در مدیریت کنترل این پدیده خواهد داشت. یکی از مناسب ترین روشهای شناسایی پدیده فرونشست استفاده از تکنیک تداخل سنجی تفاضلی رادارای (RSAR) است. در این تحقیق، منطقه دشت نیشابور در بازهی زمانی بین سال های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ مورد بررسی قرار گرفته است. برای بررسی نرخ فرونشست از داده های RSAR مربوط به سنجنده محتصات ایستگاه نیشابور با استفاده شده است. مقدار جابه جایی با استفاده از داده های GPS در ایستگاه نیشابور با مقدار مختصات ایستگاه نیشابور با استفاده از داده های ASAR مورد مقایسه قرار گرفت و تفاوت معاداری ندارند. مقدار ۷–سانتی متر مختصات ایستگاه نیشابور با استفاده از داده های ASAR در سال های 2007-00 به مقدار ۷–سانتی متر ، عمتصات ایستگاه نیشابور با استفاده از داده های ASAR در سال های 202-100 به مقدار ۸۰ سانتی مقدار ۷– سانتی متر ، عمتصات ایستگاه نیشابور با استفاده از داده های ASAR در سال های 200-100 به مقدار ۸۰ سند. 2004-02-01 2005-100 به مقدار ٤ – سانتی متر، ASAR در سال های 2007-100 به مقدار ۸۰ – سانتی متر، 00-100 تا 2004-02-01 2005-100 به مقدار ٤ – سانتی متر، ASAR در سال های 2007-100 به مقدار ۸۰ – سانتی متر، 10-100-200 تا 2005-100-200 به مقدار ه معدار ٤ – سانتی متر، 2008-2005 تا 10-1000 به مقدار ۸۰ – سانتی متر، 2008-2000 تا 2005-100-200 تا 2005-100-200 تا 2005-100 تا 2005-100-200 تا 2005-100 تا 2005-100 تا 2005-100 تا 2005-100 تا 2005-200 تا 2005-200 تا 2005-200 تا 2005-200 تا 2005-200 تا 200-200 تا 2005-200 تا 2005-200 تا 2005-200 تا 2005-200 تا 2005-200 تا عدر تغییر را سطح جاه پیزومتری زیرزمینی نشان می دهد که به ازای هر ۳ سانتی متر رافت سطح جاه پیزومتری ۲۰/۰ سانتی متر فرونشست خواهیم داشت. وریززمینی) نشان می دهد که به ازای هر ۳ سانتی متر افت سطح جاه پیزومتری ۲۰/۰ سانتی متر فرونشست خواهیم داشت.

۸. مقدمه
 ۸. مقدمه
 ۲. مقدمه
 ۲. مقدمه
 ۲. مقدمه
 ۲. ماز خطرهای شایع در سراسر دنیا پدیده
 ۲. ماز خطرهای شهری و روستایی به دلیل
 ۲. مناطق شهری و روستایی و روستایی و مناطق مناطق مناطق شهری و روستایی و روستایی و مناطق مناطق

می تواند موجب تخریب سیستمهای آبیاری و خاکهای کشاورزی (با پایین آوردن تخلخل آنها)، تغییر هیدرولوژی منطقه و ایجاد سیلاب و آسیب به ساختمانها، خیابانها، پلها، بزرگراهها، خطوط راهآهن، سدهای خاکی، تصفیه خانهها و اختلال در

*نويسنده مسؤول:

ويسنده مسوون.

E-mail: almodaresi@yahoo.com

خطوط آبرسانی، گاز و فاضلاب و ... شوند (عباس سلمان پور، مجله گسترش صنعت). براساس تعریف انستیتو زمین شناسی ایالت متحده، پدیده ی فرونشست زمین شامل فروریزش یا نشست روبه پایین سطح زمین است که این حرکت دارای جابه جایی در جهت قائم از چند میلی متر تا چند متر است و میزان جابه جایی افقی آن کم و ناچیز است (USGS, 2011).

وقتی آب از بافته ی نازک رسوبات تراکم پذیر مانند خاک رس و بسترهای داخلی گل و لای در یک آب خیز جدا شد، این رسوبات فشرده می شوند و نشست زمین اتفاق می افتد. (,Hoffmann et al

نتایج محیطی نشست زمین اساساً شامل آسیب به ساختارهای مهندسی (مانند ساختمان سازیها، سواره روها، خطوط لوله و روکش های چاه)، درزه ها و ناپدید شدن ناگهانی سطح (Hoffmann et al., 2003) می شود. پدیده مورفولوژیک بیان کننده هر نوع شکل قابل تشخیص با ترکیب داخلی مشخص است، که به وسیله عامل طبیعی و یا انسانی و یا ترکیبی از این به وسیله عامل طبیعی و یا انسانی و یا ترکیبی از این زمین به دلیل تأثیری که بر روی سطح زمین و لایه های آن می گذارد جزو پدیده های مورفولوژیک تقسیم بندی می شود. (Schoeneberger et al., 1997) که با نشست تدریجی یا دفعی مواد سطحی زمین که با نشست تدریجی یا دفعی مواد سطحی زمین است و می تواند باعث آسیب به پی ساختمان ها، باند فرودگاه ها (clanton & Amsbury, 1975)، پل ها،

تونل ها، خیابان ها، خطوط حمل و نقل ریلی و جادهها (chen et al., 2010)، تأسيسات كشاورزى (تأسيسات منصوب در چاههای بهرهبرداری و شبکه آبیاری)، تغيير در مسير و جهت حركت رودخانهها و كانالها، از بین رفتن حاصلخیزی زمین های کشاورزی (با فشرده شدن، از بين رفتن تخلخل موجود در خاک)، اختلال در الگوی جریان هیدرولوژی (Barends et al., 1995) كجشدگي و انحراف دكل هاي برق بهطور کلی باعث آسیب به تمامی تأسیسات در منطقهای که تحت تأثير فرونشست واقع شده است، مي شود. امروزه فرونشست زمین در اثر برداشت بیش از حد آب از منابع زیرزمینی بهعنوان یک معضل و مخـاطره ٔ مطرح است که جوامع انسانی ساکن در منطقه فرونشست را به شدت مورد تهدید قرار میدهد. براساس برآورد کارشناسان تعداد بیش از ۱۵۰ شـهر از مجموعه شهرهای کشورهای توسعه یافته و کشورهای در حال توسعه در معرض خطر این پدیده قرار دارنـد. (Huanyin et al, 2005; Hau, 2004)

خطر نشست زمین براثر افت سطح آبهای زیرزمینی یک خطر جهانی است و در مقیاس جهانی مورد توجه قرار گرفته است. این پدیده در گذشته در بسیاری از نقاط دنیا مانند مکزیکویستی، نقاطی از چین، تایلند، ژاپن، آمریکا (Zhuand Esaki, 2003)، جنوب غرب تایوان (Hou, 2005) و شهر کلکته هندوستان (Latterjee et al, 2001) و شانگهای چین (Ruilin, 2006) گزارش شده است.

¹. Hazard.

در ایران نیز در هجده دشت پژوهشهایی انجام شده از جمله دشتهای رفسنجان، کرمان، زنگی آباد و رزند در استان کرمان (Sharifikia, 2009, Esmaile et al, 2008) در استان کرمان (2009; Motagh et al, 2008) یزد (آمیغ پی، ۱۳۸۸؛ کمک پناه، ۱۳۸۲؛ عالمی، ۱۳۸۱) مشهد، نیشابور و کاشمر – بردسکن در استان خراسان رضوی (لشکریپور، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۷؛ زامتان خراسان 2006 که نخستین بررسی های علمی برای تعیین میزان فرونشست از حدود دودهه قبل در دشت رفسنجان که دارای بالاترین سابقه و میزان فرونشست بود آغاز شد

در سالهای بعد با گسترش این مسئله روشهای دیگری نیز ارائه شد روشهایی که پایش سنجش از دوری دارنـد (D-InsAR& GPS) که GPS با اینکه از لحـاظ دقـت مورد قبول و تائید بود اما به لحاظ مسائلی مانند هزینه زیاد و استقرار ایستگاههای دائم، آسان نبودن تعیین دامنه و گسترده فرونشست و نابسامانی در دوره زمانی پایش به واسطه تغییر در بودجـه و اعتبارات سالیانه توفیق آمیز نبوده و از حد چند مورد در دشت تهران، رفسنجان و مشهد و برای تعداد محـدودی از سالها برنگذشت (Motagh et al, 2006; Hosseini et al,

.(Toufigh et al; 1995)

حال این پدیده در صورت عدم مدیریت صحیح می تواند خسارات جبران ناپذیری را برای مناطق دچار این پدیده ایجاد کند. شناسایی مناطق فرونشست و برآورد نرخ آن مسلماً نقش بسزایی در مدیریت کنترل این پدیده خواهد داشت.

(2007; Amighpey et al 2006; Mousavi, 2001

تکنیکهای مختلفی همچون تداخلسنجی راداری، GPS و ترازیابی دقیق برای شناسایی و تشخیص مناطق نشستخیز استفاده می شود.

امروزه تکنیک تداخلسنجی راداری به عنوان یک تکنیک متداول برای اندازه گیری تغییر شکل سطحی پوسته زمین شده است. پوشش سراسری و رزولیشن خوب تصاویر راداری و دقت قابل قبول این روش، این تکنیک را به عنوان ابزاری نیرومند برای مطالعه پدیده های مختلف زمین شناسی همچون زلزله، نشست، زمین لغزش و ... مطرح کرده است. تداخل سنجی راداری تفاضلی ' جابه جایی سطح زمین را با دقت ارتفاعی سانتی متر و رزولیشن مکانی چند ده ۱۰۰۰ کیلومتر مربع اندازه گیری می کند. (آمیغ پی،

هدف ما در این پژوهش مدلسازی فرونشست دشت نیشابور با استفاده از نتایج به دست آمده از تداخل سنجی راداری است و همچنین بررسی ارتباط بین افت سطح آب زیرزمینی و نشست زمین و در نهایت ایجاد شکاف در قسمتهای از دشت نیشابور است.

۲. مواد و روشها

این پژوهش با تکیه بر روش آزمایشگاهی، پیمایشی است. ابتدا روش آزمایشگاهی به منظور پردازش دادهها و تصاویر انجام میگیرد سپس با تکیه بر یافتههای به دست آمده از مرحله آزمایشگاهی، دادههای میدانی و ثبتی گردآوری میشود و در مرحله

¹. DInSAR (Differential Interferometric SAR).

بعد نیز صحت سنجی نتایج پردازشهای آزمایشگاهی با استفاده از دادههای میدانی و ثبتی انجام می گیرد. و در پایان نتیجه به دست آمده از پردازش آزمایشگاهی را مــدل خــواهيم كــرد. در مرحلــه پــردازشهــاي آزمایشگاهی از سری زمانی دادههای ماهواره ارویایی Environmental Satellite.) ENVISAT سينجنده در باند (Advanced Sythetic Aperture Radar) ASAR C استفاده خواهیم کرد بعداز پردازش کامپیوتری از طریق نرمافزار اختصاصی SARSCAPE در پلات فرم ENVI و به کارگیری روش تداخل سنجی، مناطق در معرض نشست تعيين خواهيد شد. سپس با انجام عملیات پیمایشی و میدانی و با استفاده از ابزار GPS، برای شناخت و پیجویی عوارض ناشی از پدیدهی نشست، نـواحي و منـاطق معرفـي شـده در مرحلـه آزمایشگاهی در سطح زمین نیـز مـورد شناسـایی و برداشت میدانی قرار خواهد گرفت. یافتههای این مرحله به تعیین صحت نتایج در مرحله نخست بسیار کمک می کند. همچنین در این پژوهش، یافته های

روش تداخل سنجی راداری برای میزان و دامنه ی فرونشست با ارقام حاصل از تغييرات سطح ايستايي آب زیرزمینی که به وسیله چاههای مشاهدهای (پیزومتری) تولید شده بود، مورد مقایسه و تحلیل آماری قرار خواهد گرفت. و در مرحله آخر یافته های به دست آمده از روش تداخلسنجی راداری برای میزان و دامنهی فرونشست، مدلسازی خواهیم کرد. دادههای مورد استفاده در این تحقیق به دو دسته کلی دادههای زمینی و ماهوارهای تقسیم میشود که دادههای زمینی شامل GPS و دادههای سطح چاه ییزومتری است و دادههای ماهوارهای مورد استفاده در این پژوهش مربوط به سنجنده ASAR که بر روی ماهواره ENVISAT نصب شده با طول موج C BAND است در زیر جدول تصاویر سنجنده BAND مورد استفاده در این پژوهش با فواصل زمانی و خط مبنای مکانی آورده شده است.

مد تصوير	تاريخ	فاصله زمانی (روز)		فاصله مکانی (متر)			
ASA_IMS	۲۰۰۳	619		\			
ASA_IMS	72						
ASA_IMS	72	188		٥. /٩٣٣			
ASA_IMS	۲٥						
ASA_IMS	۲٥	٨٧٥		09/779			
ASA_IMS	7V	,	722		۲٧/•٩٣		
ASA_IMS	۲۰۰۸						
ASA_IMS	79	۳۸٥	57.	221/242	292/75V		
ASA_IMS	۲۰۱۰				1 1 1 1 12 1		

(جدول ۱) تصاویر ASAR مورد استفاده در نیشابور به همراه جزئیات



۳. محدودهی مورد مطالعه

نیشابور یکی از مهمترین دشتهای خراسان رضوی از نظر حاصلخیزی کشاورزی و تراکم جمعیتی است. دشت نیشابور در طول جغرافیایی 17 58 تا20 59 شرقی و عرض جغرافیایی 40 55 تا 39 40 43 شمالی و در محدود ۲۲۸۰۰۰ - ۲۰۰۸۰۰ متر و شده است این دشت از زیر حوضههای آبریز کویر مرکزی و ایران است. این حوضه از نظر موقعیت جغرافیایی از شمال به حوض آبریز دشت مشهد ،از شرق به حوضه آبریز سنگ بست ،از جنوب به حوضه آبریز رخ، از جنوب غرب به حوضه آبریز عطائیه، از

غرب به حوضه آبرینز سبزوار و از شمال غرب به حوضه آبریز جوین – سلطان آباد و ینگجه متصل است. حداکثر ارتفاع دشت نیشابور در ارتفاعات بینالود در ۳۲۰۰ متری از سطح دریا و پستترین نقطه در خروجی دشت با ارتفاع ۱۰۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. ارتفاع متوسط دشت از سطح دریا ۱۹۰۰ متر است. وسعت دشت برابر ۲۰۰۰ کیلومتر مربع بوده که معادل ۵۲ درصد از وسعت ۱۷۳۰ کیلومتر مربعی حوضه آبریز را شامل می شود. این حوضه ۷/۵ درصد وسعت استان خراسان رضوی را پوشش می دهد.

راستای باختری _جنوب خاوری و دارازی ٥٢

کیلومتری شمال باختری نیشابور می گذرد. این گسل دارای شیب به سوی شمال خاوری بوده و در بخش میانی و شمال باختری آن سنگهای آتشفشانی و رسوبی ائوسن (از شمال باختری) بر روی بادزنهای آبرفتی و رسوبات آبرفتی کواترنر دشت (در جنوب باختری) رانده شدهاند. گسل معکوس نیشابور در ادامه خاوری کمربند کوهزایی البرز و در مرز پهنه ساختاری بینالود و کمان ماگمایی نیشابور واقع است.



(شکل۲) موقعیت حوضه آبریز نیشابور نسبت به حوضههای آبریز مجاور و حوضههای آبریز در استان خراسان رضوی

۳–۱ وضعیت مصرف منابع آبهای زیرزمینی دشت نیشابور

به منظور بررسی اهمیت منابع آب زیرزمینی شامل چاه، چشمه و قنات از نظر مصرف در دشت نیشابور، از آمار منابع آب موجود در این دشت استفاده شده است. با توجه به نتایج، تعداد ۲۵۸۹ حلقه چاه عمیق و کم عمق (۵۷ چاه پیزومتری)، ۹۱۶ دهنه چشمه و ۹۳۰ رشته قنات در محدوده مورد بررسی وجود دارند که مجموعاً حدود ۲۸/۱۱۷ میلیون متر مکعب از آبهای زیرزمینی را تخلیه میکنند. بخش اعظم آبهای به دست آمده از چاهها و چشمه ها صرف آبیاری زمین های کشاورزی می شود.

با توجه به شکل ۳ (ب) حدود ۹۳ درصد از آب برداشت شده توسط چاهها، بیشتر از ۲ درصد از آب تخلیه شده توسط چشمهها و ۱ درصد توسط قنوات تخلیه می شود و در مجموع بیش از ۹۶ درصد از آب حاصله از این منابع آب زیرزمینی، صرف آبیاری مزارع کشاورزی می شود. (شکل ۳ (الف)) بنابراین کاملاً واضح است که بیشترین آب مصرفی در منطقه مربوط به کشاورزی بوده که در این بین، چاهها مهمترین نقش را در تأمین آب مورد نیاز کشاورزی ایفا می کنند.



(شکل ۳) الف) نوع و میزان و مصرف منابع آب در دشت نیشابور(میلیون مترمکعب)ب) نوع و میزان تخلیهی منابع آب از آبخوان

دشت نیشابور (میلیون مترمکعب)

٧۲

٤. تكنيك تداخل سنجى رادارى تكنيك تداخل سنجى راداري روشي است كه با مقايسه فازهای دو تصویر راداری که از یک منطقه در دو زمان مختلف اخذ شدهاند قادر به تعیین تغییرات سطح زمین در آن بازه زمانی است. فاز اخذ شده از یک عارضه بر روی سطح زمین متناسب با فاصله آن با سنجنده راداری است بنابراین ایجاد تغییر در این فاصله بر روی فاز اندازه گیری شده اثر می گذارد. به کم ک تا داخل سنجی راداری تصویری به نام اينترفروگرام ساخته مےشود. يك اينترفروگرام تصویری است که حاوی اختلاف فاز دو تصویر راداری که به دقت نسبت به هم ثبت هندسی شدهاند مقدار تغييرات مربوط به فاصله عارضه تا سنجنده راداری در اینترفروگرم موجـود اسـت ایـن تغییـرات مربوط به خطای مداری ماهواره، اثر توپوگرافی، جابه جایی عارضه، اثرات اتمسفری است. جهت استخراج ميزان تغييرات سطح مىبايست تمام اثرات دیگر از اینترفروگرام حذف گردد. در این پـژوهش بـه کمک مدل رقومی زمین (DEMSRTM) و تبدیل ارتفاع به فاز، یک تداخل نگار مصنوعی تولید می شود و از اینراه به کمک معکوس اطلاعات DEM، اثر فاز ناشی از توپوگرافی محاسبه و از مقادیر اختلاف فاز حذف می شود و همچنین با استفاده از اطلاعات مداری دقیق و نرم افزار SARSCAPE خطای معروف به مدار ماهواره حذف می شود و اختلاف فاز باقیمانده به اثر جابهجایی سطح و اتمسفر تعلق دارد. در نهایت چون پژوهش ما در منطقه خشک و نیمه خشک انجام می شود با نادیده انگاشتن اثر اتمسفر، اختلاف فاز دو تداخلنگار (يعني تداخلنگار اصلي و مصنوعي) فقط بيان كننده مقادير جابه جايي سطح

دشت خواهد بود.

٥. تحليل دادهها و يافتههاى تحقيق

در ایسن پژوهش با روش تداخل سنجی دادههای راداری، میزان و دامنه فرونشست را در دشت نیشابور تبیین کردیم. به منظور تولید نقشه های معرف الگوی فضایی میزان و دامنه فرونشست از زوج تصویر منجنده ASAR به کار گرفته در بازه های زمانی DEMSARTM به کار گرفته در بازه های زمانی متفاوت به همراه مدل رقومی زمین DEMSARTM (با دقت ۹۰ متر) جهت انجام عملیاتی تداخل سنجی استفاده شد. در زیر نقشه های جابه جایی به دست آمده از تصاویر سنجنده ASAR با استفاده از نرمافزار SARSCAPE آورده شده است.



(شکل ٦) نقشه نرخ فرونشست در بازه زمانی 2004-Oct-16 2005- Jul- 23



(شکل ۸) نقشه نرخ فرونشست در بازه زمانی 007- Nov - 10 2008-Jul - 12



(شکل ۹) نقشه نرخ فرونشست در بازه زمانی 2008- Jul -12 2009-Aug -01



(شکل ۱۰) نقشه نرخ فرونشست در بازه زمانی 2009-Aug-01 2010-Sep -25

حال برای ادامه پژوهش باید دادههای تغییرات سطح چاه پیزومتری را درونیابی کرده تا در نهایت بتوانیم یافتههای حاصل از تغییرات سطح زمین و تغییرات سطح چاه پیزومتری را مدل کنیم برای درونیابی تغییرات سطح چاه پیزومتری از روش کریجینگ استفاده کردهایم. در شکلهای زیر عددهای مثبت نشان دهنده ی کاهش سطح آب چاه پیزومتری و عددهای منفی نشان دهنده افزایش سطح آب چاه پیزومتری است.



(شکل ۱۰) نقشه درونیابی تغییرات سطح چاه پیزومتری 2005- Jun -18 2007- Nov -10



2009-Aug-01 2010-Sep -25

Vertical Displacement Based on IPGN Stations in neyshbour						
Start	End	diff (day)	Nish			
18-Jun-2005	10-nov-2007	875	-0.2367			
10-nov-2007	12-Jul-2008	244	-0.0559			
12-Jul-2008	1-Aug-2009	385	-0.08931			
1- Aug-2009	25-Sep-2010	420	-0.10725			

جدول ۲: مقادیر جابهجایی قائم (m) به دست آمده از IPGN در نیشابور

Vertical Displacement Based on DInSAR Method (ASAR) Stations in Neyshabur							
Start End Baseline(m) diff (day) Nish							
18-Jun-2005	10-nov-2007	59/229	875	-0.1768			
10-nov-2007	12-Jul-2008	27/093	244	-0.0456			
12-Jul-2008	1-Aug-2009	261/797	385	-0.06721			
1- Aug-2009	25-Sep-2010	292/647	420	-0.06915			

جدول ۳: مقادیر جابجایی قائم (m) بدست آمده از DInSAR در نیشابور

در اینجا نیز مقادیر منفی مربوط به فرونشست و مقادیر مثبت مربوط به بالا آمدگی است. حال جابهجایی های به دست آمده IPGN و تکنیک DINSAR را مورد مقایسه قرار داده و همبستگی بین آنها بررسی خواهیم کرد. آیا تفاوت معناداری بین اعداد قرائت شده و اعداد آیا تفاوت معناداری بین اعداد قرائت شده و اعداد دریافتی از تصویر وجود دارد؟ به منظور آزمون فرض فوق ابتدا میانگین و انحراف معیار هر یک از متغیرها را محاسبه مینماییم. **جدول ٤: شاخصهای آماری IPGN و IPGN**

تعداد	انحراف معيار	میانگین	
٤	•.•٧٩٢	-•.1778	متغير اول IPGN
٤	۰.۰٥٩	-•.•A9V	متغیر دوم DINSAR

در گام بعدی نرمال بودن دادهها را با استفاده از آزمون

شاپيرو-ويلک بررسي مينماييم.

جدول ٥: آزمون نرمال بودن شاپيرو-ويلک

Ì	سطح معناداري	درجه آزادی	آماره آزمون	
Í	• . ٢٦٣	٤	• \71	متغير اول IPGN
	• .٣٦٤	٤	• ٨٨٦	متغیر دوم DINISAR

با توجه به سطح معناداری های حاصل در جدول ٥ که

بزرگتر از ۰.۰۵ میباشند. فرض نرمال بودن توزیع داده ها پذیرفته می شود. بنابراین برای تحلیل فرض آزمون از آزمون تی جفتی استفاده می نماییم. نتایج این آزمون به شرح جدول زیر است. جدول ۲: آزمون تی جفتی

سطح	درجه	آماره	انحراف	. 5:1	
معناداري	آزادی	آزمون	معيار	ميالحين	
•.•07	٣	-۳.•۳۷	•.•1•٧	-•.•٣٣٦	IPGN- DINISAR

همان طور که در جدول ۲ مشاهده می شود، آماره آزمون و سطح معناداری به ترتیب ۲۰۰۴ و ۲۰۰۹ است. این سطح معناداری بزرگتر از ۲۰۰۰ سبب می شود که فرض آزمون پذیرفته شود. به عبارت دیگر تفاوت معناداری بین اعداد قرائت شده و اعداد دریافت شده از تصویر وجود ندارد. حال که صحت نتیجه به دست آمده تأیید شد به مدلسازی فرونشست می پردازیم. **۵–۱ مدلسازی فرونشست** به منظور به دست آوردن مدل بین نشست زمین و

تغییرات سطح چاه پیزومتری در این پژوهش از روش

رگرسیون گام به گام استفاده شده است. ٥-۱-۱ توصیف آماری مشخصات واحدهای پژوهش ٥-۱-۱-۱ متغیر تغییرات سطح چاه پیزومتری نمودار فراوانی متغیر تغییرات سطح چاه پیزومتری به طور کلی و بدون در نظر گرفتن سال اندازه گیری به صورت زیر است. به قسمی که بر اساس این نمودار بیشترین میزان برداشت آب مربوط به بازه ۸۸ متا ۱ (متر) است.



نمودار ۱: فراوانی متغیر تغییرات سطح چاه پیزومتری (میزان برداشت آب زیر زمینی) همچنین بر اساس جدول ۷ میانگین و انحراف متغیر این متغیر به ترتیب ۲.۱ و ۳.۱ است و تعداد نمونههای مورد مطالعه در این پژوهش ۱۲۹۲۳۶ است. جدول ۷: توصیف متغیر تغییرات سطح چاه

پیزومتری(میزان برداشت آب زیر زمینی برحسب متر)

تعداد	بيشترين	كمترين	انحراف معيار	ميانگين	
177778	1.77	۰.۰٤	• . ٣• ٥٧	•.7•79	برداشت آب زیرزمینی

۵–۱–۱–۲ متغیر فرونشست سطح زمین نمودار فراوانی متغیر میزان فرونشست سطح زمین به طور کلی و بدون در نظر گرفتن سال اندازه گیری به صورت زیر است. به قسمی که بر اساس این نمودار بیشترین میزان فرونشست زمین مربوط به مقادیری در

بازه ۲۰.۰۳ تا ۱ (متر) است.

نمودار ۲: فراوانی متغیر میزان فرونشست زمین

همچنین بر اساس جدول ۸ میانگین و انحراف متغیر این متغیر به ترتیب ۲۰۰۶ و ۲۰.۰ است و تعداد نمونههای مورد مطالعه در این پژوهش ۱۲٦۲۳٤ است.

جدول۸: توصيف متغير ميزان فرونشست زمين برحسب

			مىر	(
تعداد	بيشترين	كمترين	انحراف معيار	ميانگين			
12222	•.•1	-•.10	• .• ٤٣	-•.• 220	فرونشست زمين		
همچنین نمودار میانگین دو متغیر تغییرات سطح چـاه							
نشست) و فرو	ر زمینی	ىت آب زي	زان برداش	پيزومتري(ميز		
1	م ای ۳			("			

زمین (برحسب متر) به تفکیک سال های ۲۰۰۴ ت ۲۰۰۹ به صورت زیر است.

فراوانه

رگرسیون با استفاده از نرم افزار SPSS و روش ورود متغیرها گام به گام انتخاب شده است. متغیر میزان فرونشست زمين به عنوان متغير وابسته و متغير ميـزان برداشت آب زیر زمینی(تغییرات سطح چاه پیزومتری) از سطح زمین متغیر مستقل تعریف میشوند. نتایج حاصل در جداول زیر مشاهده می شود.

جدول ۹: متغیرهای وارد شده

مدل	متغيرهاي وارد شده	روش
1	برداشت آب زیرزمینی	گام به گام
_	ت	تغير وابسته: فرونشست

جدول ۹ بیانگر شیوه مورد استفاده در رگرسیون (گام به گام) و ورود متغیرهـایی اسـت کـه بـر متغیـر وابسته بیشترین تاثیر را دارند . همان طور که مشاهده میشود متغیر تأثیر گذار متغیر برداشت آب زیر زمینی(تغییرات سطح چاه پیزومتری) بوده است.

جدول ۱۰: خلاصه مدل

مدل	ضريب همبستگي	ضريب تعيين	ضريب تعيين تعديل يافته
1	.272 ^a	.074	0.074
-	-		

aپیش بینی کننده (ثابت): برداشت آب جدول ۱۰ ضریب همیستگی، ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل یافته را برای مدل متناسب با متغیر پیش بینی كننده، نشان مىدهد.

و اد بانسه '	تحليا	٩	تح: به	:11	ر ا
واريانس	عميل	"	عجريه	• • •	0.90

	مدل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره فيشر	سطح معناداري.
	ر گرسيون	17.705	1	17.702	10707	a • • • .
1	باقى مانده	217.789	177777	• • • • *		
	کل	233.903	126233			

a.پیش بینی کننده (ثابت): برداشت آب زیرزمینی .b.متغیر وابسته: فرونشست

مطابق جدول ۱۱ (تجزیه و تحلیل واریانس) مقدار آماره آزمون و سطح معناداری مدل محاسبه شده است. با توجه به سطح معناداری حاصل شده (کمتر

از ۰.۰۵) می توان استنباط نمود که مدل معنادار است. و متغیر وارد شده با متغیر مستقل رابطه معناداری دارد.

نمودار۳: میانگین متغیرهای میزان برداشت آب زیرزمینی

میران برداشت اب مران فرونشست زمین

بر اساس نمودار ۳، بیشترین میزان برداشت آب زیرزمینی (تغییرات سطح چاہ پیزومتـری) مربـوط بـه سال ۲۰۰۸تا ۲۰۰۹ با میانگین ۹.۹ و کمترین میزان آن مربوط به سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۸با میانگین ۳. است. همچنین بیشترین فرونشست زمین در سال ۲۰۰۵تا ۲۰۰۷ با میانگین ۰.۱- رخ داده است. آمار استنباطی(آزمون فرض) فرضیه پژوهش به قرار زیر است:

بین برداشت آب زیر زمینی(تغییرات سطح چاه پیزومتری) و فرونشست سطح زمین رابطه وجود دارد. به منظور تجزیه و تحلیل فرض اصلی آزمون از تحلیل

و فرونشست زمین به تفکیک سال

F n

	مدل	ضرايب استاندارد نشده		ضرايب استاندارد شده		سطح	هم خطي بودن	
		В	Std. Error	Beta	امارہ تی	معناداري	تلرانس	عامل تورم واريانس
1	(ثابت)	-0.021	0.000		-82.092	.000		
	برداشت أب	-0.038	0.000	-0.272	-100.265	0.000	١	١

جدول ۱۲ ضرایب^{*}

a.متغير وابسته: فرونشست

جدول ۱۲، خروجی اصلی آزمون تحلیل رگرسیون از جمله : مقدار ثابت، ضرایب استاندارد نشده، ضرایب استاندارد شده، آزمون تی، سطح معناداری و هم خطی بودن را برای متغیرهای مستقل محاسبه نموده است. میدانیم اگر هم خطی بودن در یک معادل و رگرسیون وجود داشته باشد معادله از اعتبار بالایی نمی تواند برخوردار باشد چون تلرانس یک است پس معادله به نرونشست زمین به تفکیک سالهای ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ به صورت زیر است. – آزمون تی (1) : مطابق با آزمون تی انجام شده در جدول ۱۲ مقدار آماره آزمون تی و سطح معناداری مربوط به متغیرهای مستقل بدین شرح است .

سطح معناداری , P-value	آمارہ آزمون تی	متغيرهاي مستقل
• • • •	-^141	مقدار ثابت
• • • •	-1	برداشت آب زیرزمینی

با توجه به نتایج حاصل می توان معادل ه رگرسیونی استاندارد را چنین نوشت : برداشت آب زیرزمینی * ۲۷۲. - = فرونشست زمین ارقام مندرج در معادله به این معناست که با افزایش یک واحد انحراف استاندارد هر متغیر میزان

فرونشست به میزان ضریب آن متغیر افزایش پیدا میکند . حال برای اینکه مدل پیشنهادی را ارزیابی کرده و مقدار خطای آن را به دست آوریم دادههای سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۰ را نیز برای ارزیابی مدل دخیل میکنیم. نمودار میانگین دو متغیر میزان برداشت آب زیرزمینی

(تغییرات سطح چاه پیزومتری) و فرونشست زمین (برحسب متر) به تفکیک سالهای ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ به صورت زیر است.



نمودار ٤: میانگین متغیرهای میزان برداشت آب زیرزمینی

و فرونشست زمین به تفکیک سال

بر اساس نمودار ٤، بیشترین میزان برداشت آب

زیرزمینی مربوط به سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۰ با میانگین ۹. و کمترین میزان آن مربوط به سال ۲۰۰۷ تا۲۰۰۸با میانگین ۲۰ است. همچنین بیشترین فرونشست زمین در سال ۲۰۰۵ تا۲۰۰۷با میانگین ۱.۱۰ رخ داده است. با افزودن دادههای سال ۲۰۱۰ تا۲۰۰۹به مجموعه ی دادهها، روند افزایشی میانگین برداشت آب زیرزمینی (به جز در سال ۲۰۰۸تا۲۰۰۷) ادامه داشته است و با توجه به میانگین های حاصل، میزان برداشت آب زیرزمینی (تغییرات سطح چاه پیزومتری) در این سال تقریباً با سال گذشته(۲۰۰۹تا۲۰۰۸) برابری می کند. حال با توجه به دادههای جدید، ضریب همبستگی بین دو متغیر میزان برداشت آب زیرزمینی و میزان فرونشست زمین را محاسبه مینماییم. در واقع این ضریب، همان ضریب متغیر مستقل در معادله مریب و است.

جدول۱٤: ضریب همبستگی برداشت آب زیرزمینی و میزان فرونشست زمین

سال	تعداد	سطح معناداری	ضریب همبستگی	متغير
۲۰۰۳ الی ۲۰۱۰	1E.E TO	•.••	-•.190	برداشت آب
۲۰۰۹ الی ۲۰۱۰	۱٤۳۰ ۸	• • • •	-•.191	ویورمینی و میران فرونشست زمین

بر اساس جدول ۱۶، معادله خط رگرسیون بعد از افزودن دادههای سال ۲۰۱۰تا۲۰۰۹، به صورت زیر خواهد بود: برداشت آب زیرزمینی * ۱۹۵.۰- = فرونشست زمین

این در حالی است که مقدار ضریب همبستگی در سال ۲۰۱۰ تا۲۰۰۹، معادل ۱۹۱.۰ – است. بنابراین مقدار خطای پیش بینی تنها ۲۰۰۰ است. حال می توان گفت مقدار تفاوت ضریب همبستگی مدل پیش بینی شده با مدلی که سال ۲۰۱۰ – ۲۰۰۹ نیز در آن دخیل است ۸۰/۰ است و این خطا مقدار زیادی نیست پس می توان نتیجه گرفت مدل پیش بینی شده برای فرونشست مدل نسبتاً مناسبی است.

۷. نتیجهگیری

با توجه به مباحثی مطرح شد، نشان داده می شود که بهکارگیری روش تداخل سنجی راداری در این تحقیق، ظرفیت مناسبی از قابلیت، ای آن در تعیین میزان و دامنه فرونشست در سطح محدودهی مورد مطالعـه را معرفی کرد. خشکی محیط ناحیه، اثر تغییر فاز ناشی از تركيبات اتمسفري بهويژه مسئله رطوبت را تعديل كرد و دقبت مناسبی از سنجش اختلاف فاز ناشبی از جابه جایی سطح را فراهم آورد. همچنین، فقدان پوشش گیاهی چالش ناهمدوستی در فاز تصاویر راداری را به حداقل رساند و امکان سنجش تغییرات فاز در بازههای زمانی سالیانه برای دادههای C BAND را میسر کرد. این یافته تأکید بـر کـارایی ایـن روش و دادههای مورد بحث برای مطالعه تغییرات سطحی يوسته زمين در اغلب نواحي كشور است. يافته هاي حاصل از بهکارگیری این روش نشان داد که تغییرات سطح چاههای پیزومتری یا در واقع برداشت آب زیرزمینی ارتباط تنگاتنگی با فرونشست زمین دارد. مهمترین علت فرونشست منطقهای سطح زمین در

شریفی کیا، محمد، (۱۳۹۰)، «بررسی پیامد ناشی از پدیدهی فرونشست در اراضی و دشتهای مسکون کشور»، مجلهی علمی و پژوهشی زمین شناسی مهندسی، ج۳، ش۳ و ٤، صص ۶۳-۸۵. مالی مهندسی، (۱۳۸۱)، «بررسی علل نشست در دشت یزد _اردکان» در مجموعه مقالات سومین همایش بین المللی ژئو تکنیک و مکانیک خاک ایران، تهران، صص ۲۹-۲۲-۲۳٤.

کمک پناه، علی، (۱۳۸۹)، «مطالعهی علل گسیختگی

- زمین در دشت یزد _اردکان»، پژوهشنامهی حمل و نقل، س٤، ش٢، تابستان.
- لشکری پور، غلامرضا، حمیدرضا رستمی بارانی، اصفر کهندل و حسین ترشیذی، (۱۳۸۵)، «افت سطح آب زیرزمینی و نشست زمین در دشت کاشمر» در دهمین همایش انجمن زمین شناسی ابران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- Amelung, F., Galloway, D.L., Bell, J.W., Zebker, H.A. &Laczniak, R.J., (1999). Sensing the ups and downs of Las Vegas—InSAR reveals structuralcontrol of land subsidence and aquifer-system deformation, Geology, 27(6), 483–486.
- Amighpey, M., Arabi, S., Talebi, A.
 &Djamour, (2006). Elevation changes of the precise leveling tracks in the Iran leveling network, Scientificreportpublished in National Cartographic Center (NCC) of Iran, Tehran, Iran.
- Ashrafianfar, N., W. Busch, M. Dehghani& P. Haghighatmehr, (March 2010) "Differential SAR Interferometric

حوضه های رسوبی مناطق خشک و نیمه خشک، تراکم سفرههای آب و زیرزمینی در اثر استخراج بیرویه از این منابع است. در ایس مناطق برای رفع نیاز آبی فعالیتهای کشاورزی، شرب و صنعتی به استخراج از منابع زیرزمینی روی می آورند. با کاهش سطح ایستابی آب و به طبع آن کاهش میـزان فشـار منفـذی در اثـر نیروی وزن لایههای رویی شاهد کاهش ضخامت در لايههاي آبدار هستيم و خلل و فرج موجـود در آنهـا ارایش و چیدمان جدیدی پیدا میکنند اگر این خلج و فرج بر اثر آب که حاصل از بارندگی یا رودخانه های موقتی پر شود نتیجه آن کاهش سرعت فرونشست در منطقه است. در حالی که در منطقه نیشابور در سال های اخیر نزولات جوی به حـدی نبـوده اسـت کـه بتوانـد خلل و فرج ناشی از برداشت آب زیرزمینی را پر کند و در نتیجه ما شاهد فرونشست در دشت بودهایم. همچنین یافتههای تحقیق در این دشت با استفاده از رابطهای که بین مقدار جابهجایی و تغییرات سطح چاه ییزومتری به دست آوردیم نشان میدهـد کـه بـه ازای هر سه سانتیمتر افت سطح چاه پیزومتری ۱۲/۸۱۹ سانتي متر فرونشست در دشت خواهيم داشت.

منابع آمیغ پی، معصومه، سیاوش عربی، علی طالبی و یحیی جمور، (۱۳۸۸)، «کاربرد تکنیک تـداخل سـنجی راداری در مطالعـات منـاطق فرونشسـت»، ژنومانیک ۸۸ سازمان نقشهبرداری کل کشور.

"Radar Interferometry Time Series Analysis of Mashhad Subsidence", Journal of Indian Society of Remote Sensing (JISRS), Vol. 37, Pp. 191-200,.

- Esmaili, M. & M. Motagh,(2009). "Remote Sensing Measurements of Land Subsidence in Kerman Valley, Iran, 2003-2009", American Geophysical Union, Fall Meeting 2009, Abstract, NH43C-1348.
- Farr, T. &Kobrick, M., (2000). Shuttle Radar Topography Mission produces a wealth of data, Eos Trans. Am. geophys. Un., 81, 583–585.
- Galloway, D.L., Hudnut, K.W., Ingebritsen, S.E., Phillips, S.P., Peltzer, G., Rogez, F. & Rosen, P.A., (1998). Detection of aquifer system compaction and land subsidence using interferometric synthetic aperture radar, Antelope valley, Mojave Desert, California, Water Resour. Res., 34, 2573–2585.
- Hosseini, K. & Ghaemi, F., (2002). "Report of Neyshabour geology map with the scale of 1:100, 000", No. 7762, Geological Survey of Iran.
- Hoffmann, J., Galloway, D.L., Zebker, H.A. &Amelung, F., (2001). Seasonal subsidence and rebound in Las Vegas Valley, Nevada, observed by synthetic aperture radar interferometry, Water Resour. Res., 37(6), 1551–1566.
- Hoffmann, J., Leaks, S.A., Galloway, D.L. & Wilson, A.M., (2003). MODELOW
- Hou Chin-Shyong., Hu Jyr-Ching., Shen Li-Chung., Wang Jing-Suei., Chen Chien-Liang, Lai Tien-Chang, Huang Chung, Yang Yi-Rong, Chen Rou-Fei Chen, Yue-Gau, Angelier Jacques., (2005). Estimation of subsidence using GPS measurements, and related hazard: the Pingtung Plain, southwestern Taiwan, Geoscience. 337. pp, 1184–1193.
- Hua, R. L., Z. Q. Yueb, L. C. Wanga& S. J.

Technique for Land Subsidence Monitoring due to Ground Water Exploitation in the Hasthgerd", Proc. 'Fringe 2009 Workshop', Frascati, Italy, 30 November- 4 December 2009, ESA SP-677.

- Barends F.B. J., Frits J. J., Brouwer, H., Frans. Schroder ., (1995)., Proceedings of the Fifth International Symposium onLand Subsidence, held at The Hague, TheNetherlands, No 234, pp,16-20 October
- Berardino, P., Fornaro, G., Lanari, R. &Sansosti, E., (2002). A New algorithmfor surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 40, 2375– 2383.
- Chatterjee, R.S. et al., (2006). Subsidence of Kolkata (Calcutta) City, India during the 1990s as observed from space by Differential Synthetic Aperture Radar Interferometry (D-InSAR) technique, Remote Sens. Environ.,102, 176–185
- Chen Chieh-Hung., Wang Chung-Ho., Hsu Ya-Ju., Yu Shui-Beih., Kuo Long- Chen., (2010). Correlation between groundwater level and altitude variations in land subsidence area of the Choshuichi Alluvial Fan, Taiwan, Engineering Geology,115, pp 122-131.
- Clanton, U.S., and Amsbury, D.L., (1975). Active faults in southeastern Harris County, Texas: Environmental Geology, v. 1, p. 149–154.
- Dehghani, M., M. J. ValadanZoej, I. Entezam, S. Saatchi & A. Shemshaki, "Interferometric Measurements of Ground Surface Subsidence Induced by Overexploitation of Groundwater", Journal of Applied Remote Sensing, Vol. 4, doi: 10.1117/1.3527999, 2010.
- Dehghani, M., M. J. ValadanZouj, S. Saatchi, J. Biggs, B. Parsons & T. Wright, (2008).

of Landsubsidence in the City of Toos, Northeast Iran, Using Theintegration of InSAR, Continuous GPS and Preciseleveling, Geophysical Research Abstracts, Vol. 8, 07881.

- Mousavi, S. M., A. Shamsai, M. H. E. Naggar& M. Khamehchian, (2001). A GPS-based Monitoring Program of Land Subsidence dueTogroundwater Withdrawal in Iran, Can. J. Civ. Eng., 28(3), Pp. 452- 464.
- Schoeneberger, P.J. and Wysocki, D.A., (1997). Glossary of geology, American Geological Institute, Alexandria, National Soil Survey Center, 4th Ed, p 769. ISBN 0-922152-34-9
- Sharifikia, M., (2006). DEM Generation & Morphology Feature Extraction -Using InSAR, PGD Project Submitted to CSSTEAP,.
- Sharifikia, M., (2009). D-InSAR Data Processing and Analysis for Mapping Land Subsidence Phenomenon in Rafsanjan Area, Iran M.Tech Thesis, Submitted to Andra University -India.
- Shemshaki, A., Blourchi, M.J. & Ansari, F., (2005). Preliminary report on Tehran subsidence, Engineering Geology Scientific report on Geological Survey of Iran, available at www.gsi.ir
- Stephen, Subsidence: Dissolution & Human Related Causes., (2011). Natural Disasters, Tulane University,pp 1-10.
- Toufigh, M. M. & B. (1995). Shafbeisabet, Prediction of Future Land Subsidence in Kerman, Iran, due to Groundwater Withdrawal, Proceedings of the Fifth International Symposium on Land Subsidence, The Hague, October 1995, IAHS Publ, No. 234,.
- USGS (United States Geological Survey), (2011). Research and Review Information Located, Assess on

Wang, (2004). "Review on Current Status and Challenging Issues of Land Subsidence in China,"Elsevier Science-

Engineering Geology, Vol. 76, Pp. 65-77,

- Huanyin, Y., R. Hanssen, F. Leijen & P. Marinkovicand, (2005) Land Subsidence Monitoring in City Area by Time Series Interferometric SAR Data, National Natural Science Foundation of China (40301032), KGW Project Report.
- Lanari, R., Lundgren, P., Manzo, M. &Casu, F., (2004).Satellite radar interferometry time series analysis of surface deformation for Los Angeles, California, Geophys.Rese.Lett., 31, doi:10.1029/2004GL021
- Molaienea, M. R., (2009). Modeling Land Subsidence due to Ground Water Abstraction, Ph.D Thesis Summated to Department of CivilEngineering, IIT Delhi –India.
- Motagh, M., Djamour, Y.,Walter, T.R.,Wetzel, H.U., Zschau, J. &Arabi, S., (2006). Land subsidence in Mashhad Valley, northeast Iran: results from InSAR, levelling and GPS, Geophys. J. Int., 168, doi: 10.1111/j.1365– 246X.2006.03246.x.
- Motagh, M., T. R. Walter, M. A. Sharifi, E. Fielding, A. Schenk, J. Anderssohn& J. Zschau, (2008). "Land Subsidence in Iran Caused by Widespread Water Reservoir Overexploitation", Geophysical Research Letters, Vol. 35, L 16403, doi: 10.1029/2008GL033814.
- Motagh, M., Y. Djamour, T. R. Walter, H. U. Wetzel, J. Zschau& S. Arabi, (2007).Land Subsidence in Mashhad Valley, Northeast Iran; resultsfromInSAR, Levelling and GPS, Geophys. J. Int., 168(2), Pp. 518-526.
- Motagh, M., Y. Djamour, T. Walter, Z. Moosavi, S. Arabi& J. Zschau, (2006) Mapping the Spatial and Temporal Pattern

Derivation of Coseismic Displacement Fields Using Differential Radar Interferometry: The Landers Earthquake", Journal of Geophysical Research, 99 (B10), Pp. 19617-19634

September:http://water.usgs.gov/ogw/pubs

/fs00165.

Zebker, H. A., P. A. Rosen, R. M. Goldstein, A. Gabriel & C. L. Werner, (1994). "On the