

## دوالیتی<sup>۱</sup> در ژئومورفولوژی

محسن پورخسروانی\* - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان  
محمدحسین رامشت - استاد دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان  
سید علی المدرسی - استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۰۱/۲۲      تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۰۶/۲۸

### چکیده

در طبیعت پدیده‌های مختلف و به نسبت جدایی وجود دارند که می‌توانند با یکدیگر در ارتباط باشند. در بسیاری از موارد، ارتباط این پدیده‌ها با عنوان همبستگی بیان می‌شود و با روش‌های ریاضی نیز میزان این روابط سنجش می‌شود. از میان آنها، زوج پدیده‌هایی یافت می‌شوند که روابط خاصی با یکدیگر دارند، ولی نمی‌توان این روابط را با عنوان همبستگی مطرح کرد، بلکه ویژگی ارتباط آنها باهم سبب شده با عنوان دوال مطرح شوند. دوالیتی به تشریح چنین ارتباطی می‌پردازد که قرینگی، عکس هم عمل کردن و بیان پاره‌ای از نسبت‌ها را می‌توان از جمله ویژگی‌های آن تلقی کرد. به‌طور کلی دوالیتی بیانگر تباین دو پدیده یا به معنی هماهنگی منظمی از دو قسمت متضاد یا مکمل از یک کل است که با یکدیگر در ارتباطی خاص هستند. منظور از دوالیتی (زوجیت) در ژئومورفولوژی پدیده‌ی خاصی است که با پدیده‌ای ثانوی زوج شده و اگرچه می‌توان ماهیتی مستقل و جدا برای آنها منظور داشت، ولی پیوندی خاص بین آنها برقرار است، به‌طوری که رفتار یکی را باید در ارتباط با پدیده‌ی دیگر بیان کرد. این مقاله که برگرفته از یک طرح پژوهشی در دانشگاه اصفهان است، تلاش دارد با استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری و با بررسی پدیده‌ی فرونشست زمین در چند دشت ایران، مفهوم دوالیتی را بیان کند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، اول اینکه برداشت مازاد از آبهای زیرزمینی، دلیل تأمه‌ی پدیده‌ی فرونشست نیست و دوم، پدیده‌ی فرونشست در دشت‌های ایران، معلول دوالیتی در تحرکات پوسته‌ای بین دشت‌ها و کوهستان‌های مجاور آنهاست.

کلیدواژه‌ها: حرکات پوسته‌ای، دشت، دوالیتی، ژئومورفولوژی، فرونشست.

### مقدمه

دوال را شاید بتوان دوگانه و دوالیتی را دوگانگی معنا کرد. واژه‌ای که ضمن دربرداشتن مفهوم تباین ضمنی، تزویج و همراهی دو پدیده را نیز بیان می‌دارد. به‌گونه‌ای که بدون یکی، دیگری نمی‌تواند مفهوم دوالیتی را مجسم دارد. در

1. Duality

E-mail: mohsen\_pourkhosravani\_2007@yahoo.com

\* نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۳۴۷۰۷۲۹

طبیعت پدیده‌های مختلف و به نسبت مجزایی داریم که این پدیده‌ها می‌توانند با یکدیگر در ارتباط باشند؛ ولی از بین آنها بعضی پدیده‌ها روابط خاصی دارند که این روابط را نمی‌توان با عنوان همبستگی مطرح کرد، بلکه با عنوان دوال مطرح می‌شوند. دوالیتی، قرینه‌بودن دو پدیده، عکس هم عمل کردن و پاره‌ای از نسبت‌ها را برای ما مشخص می‌کند.

به‌طور کلی حرکات پوسته‌ای دارای الگوها و فرم‌های متعددی است که از آن جمله، حرکات بال‌آمدگی<sup>۱</sup> و فرونشست<sup>۲</sup> را می‌توان بیان کرد و به این مجموعه می‌توان حرکات همگرا و واگرا را نیز افزود. حرکت در این حوزه از دانش، اگرچه دارای مقیاس‌های خاصی است؛ ولی پاره‌ای از این حرکات در زمین‌شناسی با عنوان حرکات زمین جنباً<sup>۳</sup> قلمداد می‌شود که مهم‌ترین ویژگی آن تدریجی بودن و استمرار آن در زمان کنونی است. به‌طور معمول، حرکات پوسته‌ای در حوزه‌ی دانش زمین‌شناسی به ادوار گذشته نسبت داده می‌شوند و حرکات بسیار جدید را به نئوتکتونیک نسبت می‌دهند؛ ولی حرکات مستمر، تدریجی و آرام که در زمان حاضر بشر با آن روبه‌روست، مقوله دیگری است که با مفهوم زوجیت در مقیاس خرد، از نظر اندازه و در مقطع زمانی بلند و مستمر بین دو حرکت صورت می‌گیرد که از نظر ماهیت یکی، ولی از نظر جهت، متضاد و در عین حال نوعی تزویج بین آنها انجام گرفته است. در طبیعت پدیده‌های مختلف و به نسبت مجزایی داریم که این پدیده‌ها می‌توانند با یکدیگر در ارتباط باشند؛ ولی از بین آنها بعضی پدیده‌ها روابط خاصی دارند که این روابط با عنوان دوال مطرح می‌شود. دوالیتی ابتدا در ریاضیات (مجموعه اعداد) و در فیزیک مطرح شد. در ریاضیات دوالیتی معانی مختلفی دارد، با این حال مفهومی فراگیر و مهم را در ریاضیات نوین ایفا می‌کند و موضوع عمومی و با اهمیت است که کمابیش در هر حوزه از ریاضیات، جلوه‌ی خاص خودش را دارد. به‌طور کلی، یک دوالیتی، مفاهیم، قضایا یا ساختارها را به دیگر مفاهیم، قضایا یا ساختارها، به صورت یک‌به‌یک تبدیل می‌کند که این تبدیل، اغلب همانند یک عملگر پیچشی است؛ یعنی اگر  $A$  دوگان  $B$  باشد، آنگاه  $B$  نیز دوگان  $A$  است. یا برای مثال، اگر  $X$  یک مجموعه باشد و  $A$  یک زیرمجموعه‌ی  $X$  باشد، متمم  $A$  را در  $X$  با  $(A)$  نمایش می‌دهیم که مجموعه‌ای از عناصر  $X$  است که در  $A$  قرار ندارند. متمم  $A$  به‌وضوح خود  $A$  است، بنابراین یک نوع زوجیت یا دوالیتی بین یک مجموعه و متمم‌هایشان وجود دارد (Yang Gao, 1991: 1). بلوم گزارش می‌دهد که در تحلیل‌های اقتصاد خرد، دوالیتی به وابستگی بین تابع سود و هزینه برمی‌گردد. این دو مفهوم به صورت مکمل و در ارتباط با هم عمل می‌کنند. مفهوم دوالیتی در اقتصاد خرد، به‌عنوان یک نتیجه‌ی منطقی از فرضیه‌ی غیرخطی است (Blume, 1995: 1).

منظور از دوالیتی (زوجیت) در ژئومورفولوژی، پدیده‌ای خاص است که با پدیده‌ای دیگری زوج شده و اگرچه می‌توان ماهیتی مستقل و جدا برای آنها منظور داشت؛ ولی پیوندی خاص بین آنها برقرار است، به‌گونه‌ای که رفتار یکی را باید در ارتباط با پدیده‌ی دیگر بیان کرد. در این پژوهش برای تبیین مفهوم دوالیتی، از پدیده‌ی فرونشست و بال‌آمدگی استفاده شده است. اینکه چگونه برداشت منابع آب زیرزمینی، سبب نشست آرام و تدریجی در بسیاری از دشت‌های ایران شده، سؤال این پژوهش است و در تبیین این مطلب با روش جدیدی که به نام تداخل‌سنجی راداری شهرت دارد،

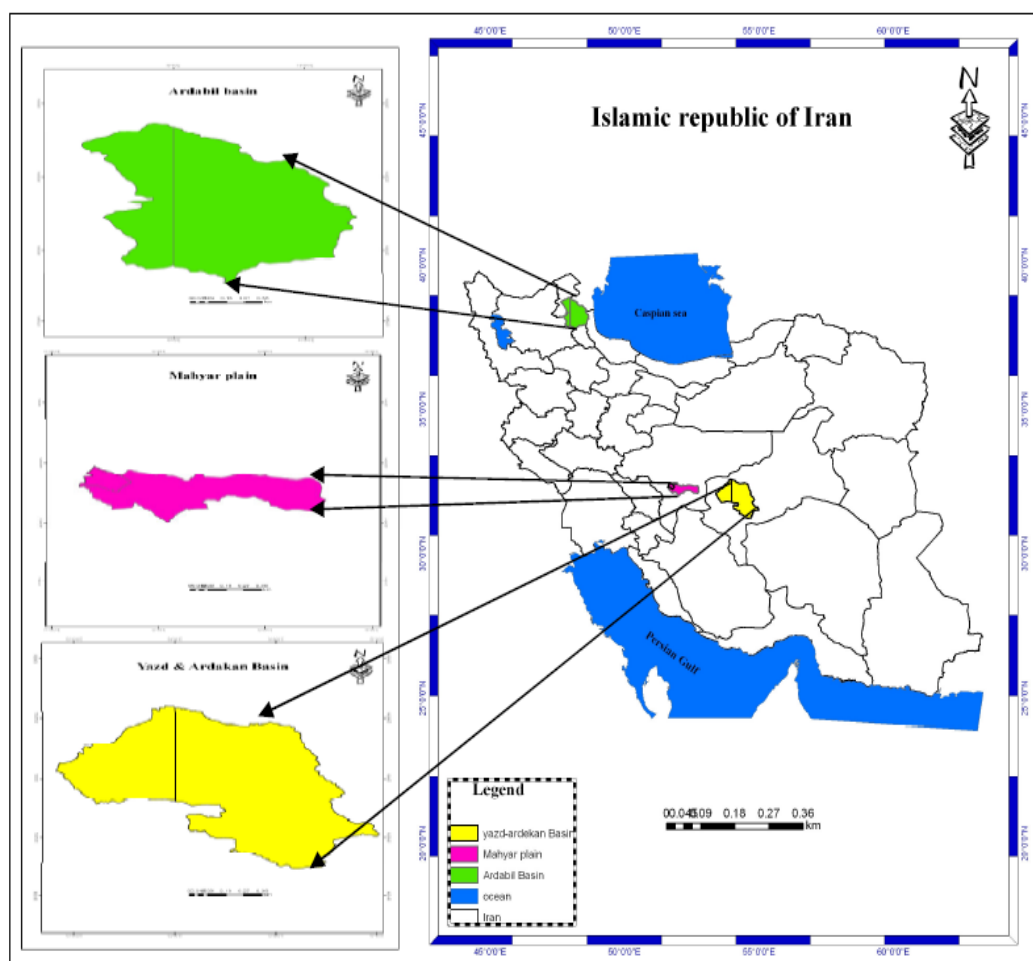
1. Up lift  
2. Subsidence  
3. Active tectonic

رهنمون شد. این روش ما را قادر می‌کند که بتوانیم تغییرات ارتفاعی زمین را در اندازه‌ی سانتی‌متر (حتی میلی‌متر) در سال ارزیابی و پایش کنیم. کمابیش همه‌ی موارد گزارش شده، حکایت از فرونشست بستر دشت‌های ایران دارند. شمشکی و انتظام سلطانی (۱۳۸۳: ۳) در بررسی علت وقوع فرونشست در جنوب غرب دشت تهران، اجل لوئیان و همکاران (۱۳۸۵) در مطالعه‌ی تأثیر چینه‌شناسی روی شکاف‌های زمین در دشت مهبیار شمالی، لشکری پور و همکاران (۱۳۸۷: ۹۵) در رابطه با علل تشکیل شکاف‌ها و فرونشست زمین در غرب دشت کاشمر، آمیغ پی و همکاران (۱۳۸۸: ۱) ضمن بررسی فرونشست زمین در دشت یزد - اردکان با استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری، غفوری و موسوی مداح (۱۳۸۹: ۱) در مطالعه‌ی آثار نشست زمین بر گسیختگی لوله‌های جدار چاه‌های آب در دشت مشهد، اسلامی‌زاده و همکاران در بررسی علت شق‌های دشت یزد - اردکان و همچنین قاضی فرد و همکاران در بررسی دلایل ایجاد شکاف در دشت مهبیار، همه اتفاق نظر داشته‌اند. ولی در مورد علت این پدیده، اغلب بر اساس شنیده‌ها و گزارش‌ها، این پدیده به برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی نسبت داده شده است. اگرچه آمار برداشت از آب‌های زیرزمینی در ایران رو به افزایش است و این امر منجر به این شده بود که بدون بررسی دقیق چنین دلیلی را بپذیرند. مطالعات بعدی نشان داد که کمابیش غالب دشت‌های ایران، حتی آنها که با کاهش ورودی آب روبه‌رو نیستند (دشت اردبیل)، دچار چنین فرونشست‌هایی هستند. نکته‌ی جالب آنکه حتی بسیاری از پژوهش‌هایی که در زمینه‌ی فرونشست با روش جدید تداخل‌سنجی راداری انجام گرفته بود، محدوده‌ی دشت‌ها را مطالعه کرده و هرگز نواحی مجاور دشت‌ها ارزیابی نشده است. در مطالعاتی که در چند حوضه مانند، یزد - اردکان، مهبیار و اردبیل انجام گرفت، ضمن تأیید نظریه‌های پیشین که همگی حکایت از فرونشست داشتند، به این نکته نیز دقت شد که در حاشیه‌ی دشت‌های مربوطه با نوعی بالآآمدگی اراضی نیز روبه‌رو هستیم. این پژوهش تلاش می‌کند، ضمن بررسی علت فرونشست دشت‌های ایران، نظریه‌ی دوالتی را در ژئومورفولوژی بیان کند.

### مناطق مورد مطالعه

دشت مهبیار شمالی در ۲۵ کیلومتری جنوب اصفهان واقع شده است. این دشت در بین طول‌های جغرافیایی  $20^{\circ}$ ،  $41^{\circ}$ ،  $51^{\circ}$  تا  $53^{\circ}$ ،  $51^{\circ}$  گسترده شده است و عرض جغرافیایی  $20^{\circ}$ ،  $15'$ ،  $32^{\circ}$  تا  $26'$ ،  $32^{\circ}$  دشت را محدود کرده است. ارتفاعات حاشیه‌ی دشت از سنگ‌های آهکی کرتاسه تشکیل شده‌اند. این ارتفاعات به‌صورت صخره‌های مرتفع و دیوارهایی با شیب توپوگرافی تند دیده می‌شوند. پهنه‌ی دشت با رسوبات حاصل از فرسایش ارتفاعات پوشیده شده است و جریان‌های سیلابی نیز که از بخش جنوبی دشت وارد منطقه می‌شوند، سبب پُرشدن کاسه‌ی دشت از رسوبات آبرفتی شده است. چند گسل عمده که امتداد کلی آنها با تقادیس‌ها و ناودیس‌های منطقه موازی هستند، ارتفاعات ایرانکوه کلاه‌قازی را تحت تأثیر قرار داده‌اند. این گسل‌ها شیب تندی دارند و در شرق منطقه ساختارهای هورست و گرابن را تشکیل داده‌اند. همچنین دشت یزد - اردکان در محدوده‌ی جغرافیایی  $15'$ ،  $53^{\circ}$  تا  $55^{\circ}$  طول شرقی و  $31^{\circ}$  تا  $45'$ ،  $32^{\circ}$  عرض شمالی و در بخش مرکزی استان یزد قرار دارد. گسل‌های مهمی چون گسل مهریز - پوزه دمه، گسل طرزجان تفت و گسل پیشکوه تفت، منطقه را تحت تأثیر قرار داده‌اند. به نظر می‌رسد که دشت یزد - اردکان یک ناودیس بزرگ

باشد که قسمتی از آن به‌وسیله‌ی تشکیلات نتوژن و قسمت عمده‌ی دیگر به‌وسیله‌ی آبرفت‌های متوسط‌دانه تا درشت‌دانه با ضخامت‌های متفاوت پُر شده است. همچنین چاله‌ی اردبیل که در استان اردبیل قرار گرفته و شهر اردبیل را در خود جای داده است. این چاله کمابیش نیمی از حوضه‌ی رودخانه‌ی قره‌سو را به‌خود اختصاص داده است. چاله‌ی اردبیل در واقع قسمت آبرگیر حوضه‌ی رودخانه‌ی قره‌سو را تشکیل می‌دهد. علاوه‌بر قره‌سو، دو رود دیگر به نام‌های بالخلی‌چای و قوری‌چای در چاله جریان دارند که به رود قره‌سو ختم می‌شوند و جزء زیرحوضه‌های آن به‌شمار می‌روند.



شکل ۱. موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

## مواد و روش‌ها

پژوهش پیش رو با استفاده از مطالعات میدانی و تحقیقات کتابخانه‌ای و بررسی نتایج تحقیقات پیشین در منطقه‌ی مورد مطالعه و استفاده از روش تداخل‌سنجی داده‌های راداری انجام گرفته است. روش تداخل‌سنجی راداری، اندازه‌گیری‌های تغییرات سطح زمین را در امتداد خط دید ماهواره انجام می‌دهد. به‌دلیل اینکه عمده تغییرات سطح زمین در فرونشست به‌صورت تغییرات ارتفاعی است، می‌توان جابه‌جایی‌های استخراج شده به‌روش تداخل‌سنجی راداری را با صرف‌نظر کردن

از تغییرات افقی سطح زمین، به سادگی به تغییرات ارتفاعی تبدیل کرد. برای این کار، داده‌های راداری ASAR از ماهواره‌ی Envisat، برای دشت مهیار، دشت اردبیل و دشت یزد - اردکان در قالب یک طرح پژوهشی از مرکز فضایی اروپا دریافت شد. سپس داده‌های به دست آمده با نرم افزار SAR Scape مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میزان بالا آمدگی و فرو نشست در منطقه‌ی مورد مطالعه اندازه‌گیری شد. برای حذف اثر توپوگرافی از SRTM DEM استفاده شده است.

برای بررسی تجزیه و تحلیل پذیر بودن داده‌ها، در نخستین مرحله باید دو سین داده را در مقابل هم قرار داده و اندازه‌ی Base line و Doppler را ارزیابی کرد. جدول شماره‌ی ۱ ارزیابی این متغیرها را برای داده‌های مورخ ۱۴ اکتبر ۲۰۰۸ و ۱۷ اکتبر ۲۰۰۹ و همچنین داده‌های مورخ ۱۷ اکتبر ۲۰۰۹ و ۱۷ ژوئن ۲۰۱۰ دشت مهیار، داده‌های مورخ ۳ سپتامبر ۲۰۰۹ و ۱۱ سپتامبر ۲۰۱۰ دشت اردبیل و داده‌های مورخ ۲۹ ژانویه ۲۰۰۷ و ۱۴ دسامبر ۲۰۰۹ دشت یزد - اردکان نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات داده‌های راداری مناطق مورد مطالعه

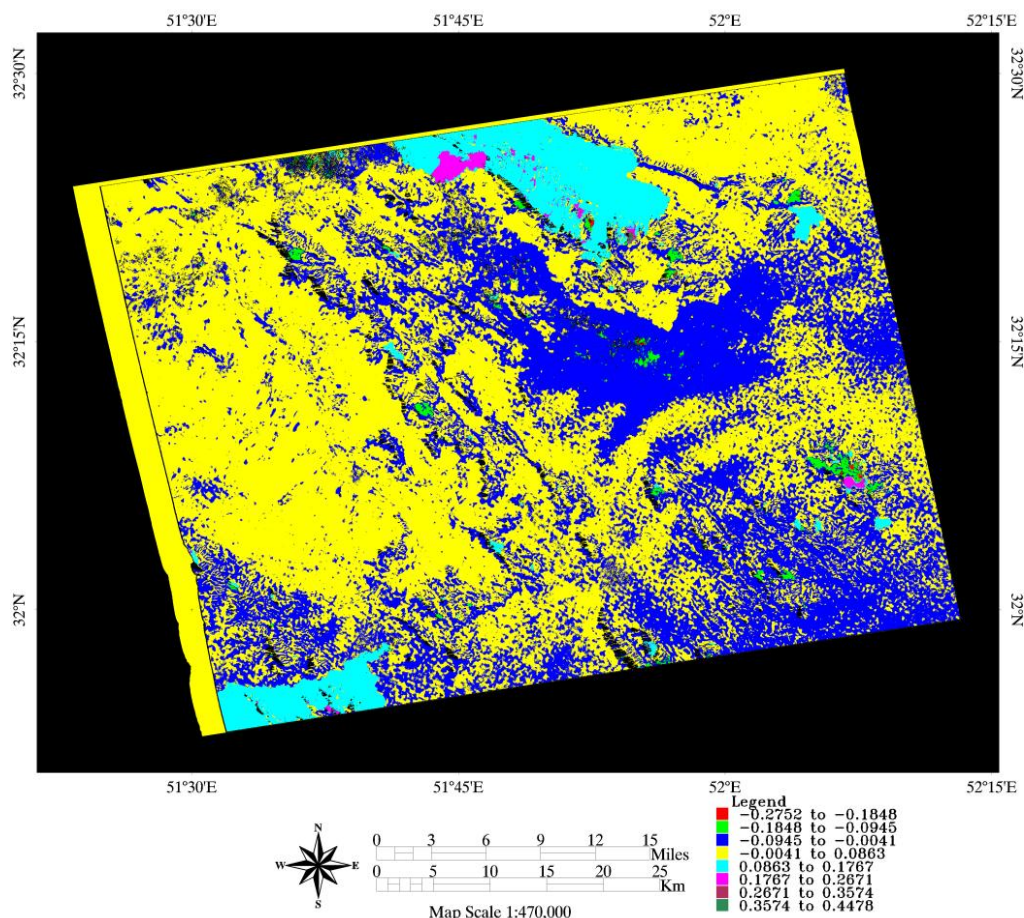
تاریخ	پارامتر	مقدار
2008.10.14 And 2009.10.17 Mahyar plain	Normal Base line (m)	2074.449
	Critical Base line (m)	6529.615
	Ambiguity height (m)	30.869
	Range shift (pixels)	151.983
	Azimuth shift (pixels)	-127.420
	Doppler centroid	0.054
	Critical doppler	2159.827
2009.10.17 And 2010.6.17 Mahyar plain	Normal Base line (m)	417.779
	Critical Base line (m)	6530.124
	Ambiguity height (m)	153.424
	Range shift (pixels)	-2247.647
	Azimuth shift (pixels)	-67.746
	Doppler centroid	10.123
	Critical doppler	2157.827
2009.9.3 And 2010.9.11 Ardabil plain	Normal Base line (m)	1269.604
	Critical Base line (m)	6534.096
	Ambiguity height (m)	50.531
	Range shift (pixels)	-87.495
	Azimuth shift (pixels)	73.042
	Doppler centroid	-0.839
	Critical doppler	2159.827
2007.1.29 And 2009.12.14 Yazd-Ardakan plain	Normal Base line (m)	7.434
	Critical Base line (m)	2158.297
	Ambiguity height (m)	2483.937
	Range shift (pixels)	-4.961
	Azimuth shift (pixels)	-13.702
	Doppler centroid	5.494
	Critical doppler	1705.227

همان‌گونه که نتایج این جدول نشان می‌دهد با توجه به مقادیر Normal Base line و Critical Base line و همچنین مقادیر Doppler centroid و Critical Doppler این داده‌ها قابلیت بسیار خوبی برای تجزیه و تحلیل و ارزیابی تغییرات سطح زمین را در مناطق مورد مطالعه دارند.

### یافته‌های تحقیق

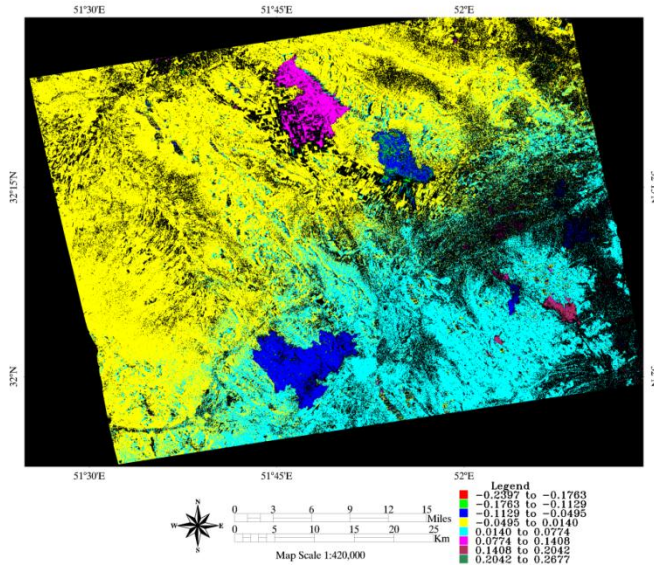
تجزیه و تحلیل داده‌های راداری ASAR از ماهواره Envisat، دشت مهبیار در تاریخ‌های ۱۴ اکتبر ۲۰۰۸ و ۱۷ اکتبر ۲۰۰۹ و همچنین ۱۷ اکتبر ۲۰۰۹ و ۱۷ ژوئن ۲۰۱۰، نشان می‌دهد که بیشترین بالآمدگی در ارتفاعات کلاه قاضی رخ داده است و بیشترین میزان فرونشست در جوار آن، یعنی در کف دشت مهبیار اتفاق افتاده است. اشکال شماره‌ی ۲ و ۳، میزان فرونشست و بالآمدگی را در دشت مهبیار نشان می‌دهند.

## Land subsidence and uplift in Mahyar



شکل ۲. نقشه‌ی میزان فرونشست و بالآمدگی دشت مهبیار (۲۰۰۹-۲۰۰۸)

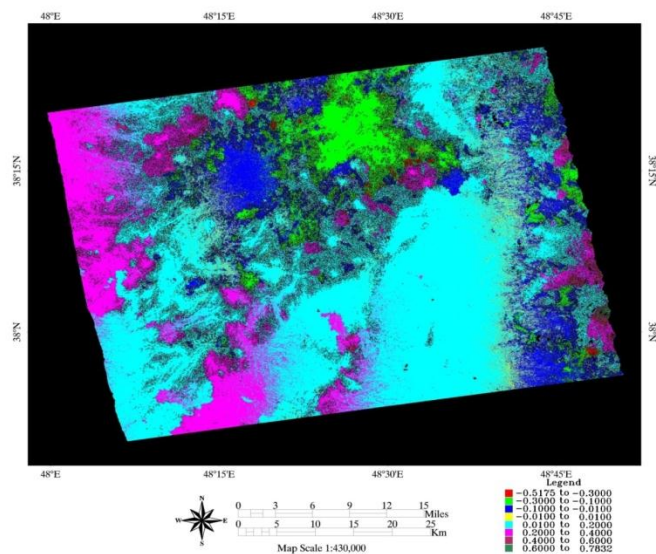
## Land subsidence and uplift in Mahyar plain



شکل ۳. نقشه‌ی میزان فرونشست و بالآمدگی دشت مهیار (۲۰۰۹-۲۰۱۰)

هرچند نمی‌توان اثر برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی را در افزایش نرخ میزان فرونشست دشت‌ها نادیده گرفت؛ اما نتایج پژوهش نشان داد که کمابیش غالب دشت‌های ایران، حتی آنها که با کاهش ورودی آب روبه‌رو نیستند (دشت اردبیل)، دچار چنین فرونشست‌هایی شده‌اند. شکل شماره‌ی ۴، تجزیه و تحلیل داده‌های راداری دشت اردبیل را در تاریخ ۳ سپتامبر ۲۰۰۹ و ۱۱ سپتامبر ۲۰۱۰ نشان می‌دهد. براساس این نقشه، نواحی فرونشست منطبق بر کف دشت هستند. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین میزان فرونشست در حوالی فرودگاه اردبیل است. همچنین در این نقشه، نواحی بالآمده در ارتفاعات شرقی و غربی دشت هستند.

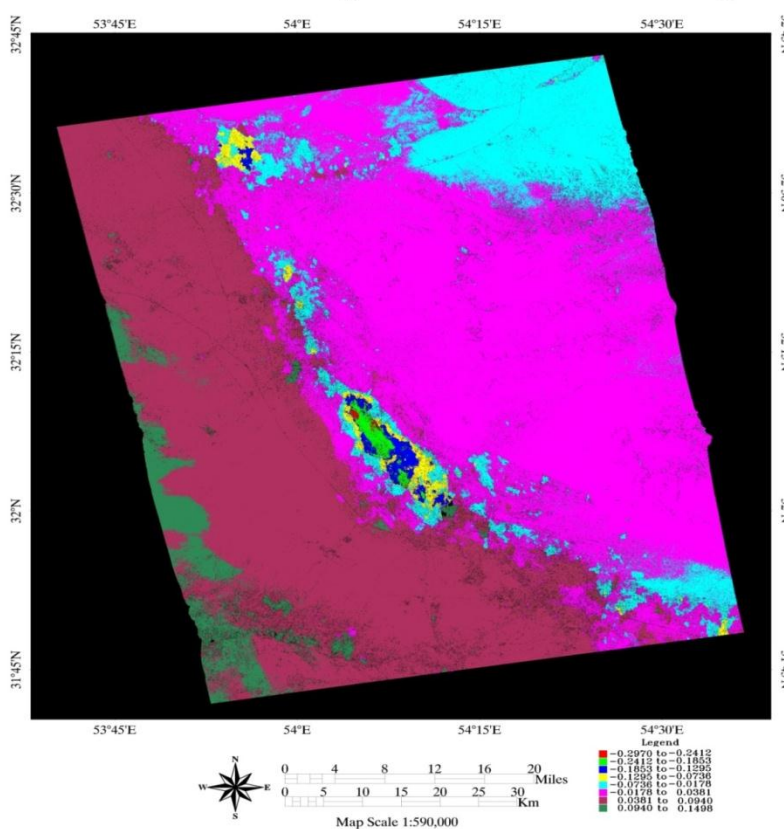
## Land subsidence and uplift in Ardabil plain



شکل ۴. نقشه‌ی میزان فرونشست و بالآمدگی دشت اردبیل (۲۰۰۹-۲۰۱۰)

تجزیه و تحلیل داده‌های راداری ASAR از ماهواره‌ی Envisat، تغییرات سطح زمین در دشت یزد - اردکان را در شکل شماره‌ی ۵ نشان داده است. در این نقشه، مناطق فرونشست در مرکز دشت نشان داده شده‌اند. محدوده‌ی کوچکی در مرکز دشت دارای بیشترین میزان فرونشست است. این منطقه در مجتمع کاشی میبد در ۱۴ کیلومتری جاده‌ی یزد میبد قرار دارد. بیشترین میزان بالا آمدگی در ارتفاعات حاشیه دشت مربوط به ارتفاعات اشترکوه، کبوتردان و چاه‌نظر در شمال‌شرق تا شرق حوضه‌ی یزد - اردکان است.

### Land subsidence and up lift in Yazd- Ardakan plain



شکل ۵. نقشه‌ی میزان فرونشست و بالا آمدگی دشت یزد- اردکان (۲۰۰۷-۲۰۰۹)

### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این پژوهش به خوبی نشان می‌دهد که مفهوم دوالیتی در ژئومورفولوژی با ویژگی‌های خاص خود قابل تبیین و تفسیر است. به گونه‌ای که این مفهوم می‌تواند بسیاری از یافته‌های پیشین را مورد شک و تردید قرار دهد. با تبیین مفهوم دوالیتی، علت فرونشست دشت‌های ایران که تا کنون به برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و مدیریت منابع آب زیرزمینی نسبت داده می‌شد، رد می‌شود. به طوری که برداشت مازاد از منابع آب زیرزمینی را نمی‌توان به عنوان علت تامه‌ی چنین نشست‌هایی قلمداد کرد. با توجه به بررسی‌های حسینی (۱۳۹۰: ۳۹) و استدلال‌های وی در مورد علت و سابقه‌ی شق‌ها در دشت یزد اردکان که بیان می‌کند، "بر اساس پژوهش‌های محلی سابقه‌ی شق‌ها در آن منطقه، بیش از ۷۰ سال است، در صورتی که سابقه‌ی مکنده‌های دیزلی کمتر از ۴۰ سال است" و همچنین مطالعات اسلامی زاده و



همکاران (۲۰۱۰: ۸۱) در مورد "علت شق‌های دشت یزد - اردکان" و پژوهش قاضی فرد و همکاران (۱۳۸۵: ۲۸۷) در مورد "ایجاد شکاف‌های دشت مهیار" که به صورت ضمنی نسبت به علت چنین نشست‌هایی ابراز شک و تردید کرده بودند، مفهوم دوالبیتی به خوبی قادر به تبیین این نشست‌ها در مقابل بالآمدگی‌ها در مناطق مجاور است. همان‌گونه که از نتایج مطالعات تداخل‌سنجی راداری در سه دشت مهیار، یزد - اردکان و اردبیل به دست آمد، همه‌ی این حرکات فرو رو، چه در دشت‌های نواحی خشک که با برداشت بی‌رویه‌ی آب زیرزمینی روبه‌رو بوده‌اند و چه در دشت‌هایی که با مسئله‌ی مدیریت منابع آب و برداشت بی‌رویه‌ی روبه‌رو نبودند با بالآمدگی نواحی مجاور همراه بوده است. پس به خوبی می‌توان نتیجه گرفت که این فرونشست‌ها نخست، به واسطه‌ی حرکات پوسته‌ای است و دوم، این حرکات به صورت زوجی با حرکات بالآمدگی همراه است. در نتیجه می‌توان گفت که دوالبیتی، نه تنها مفهومی است که در ژئومورفولوژی قابل تبیین است، بلکه این مفهوم می‌تواند نتایج پیشین مطالعات در مورد بسیاری از قضایا را تغییر و تبیین جدیدی در مورد علت آنها ارائه دهد.

## منابع

- آمیخ پی، معصومه؛ عربی، سیاوش؛ طالبی، علی و جمور، یحیی (۱۳۸۸)، کاربرد تکنیک تداخل‌سنجی راداری در مطالعات مناطق فرونشست، همایش ژئوماتیک ۸۸، سازمان نقشه‌برداری کل کشور، تهران.
- حسینی ابراهیم‌آبادی، سید ابراهیم (۱۳۹۰)، بررسی دلایل فرونشست دشت یزد اردکان، پایان‌نامه‌ی دوره‌ی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی و هیدرولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف‌آباد.
- شمشکی، امیر؛ انتظام سلطانی، ایمان (۱۳۸۳)، بررسی اجمالی علت وقوع فرونشست جنوب‌غرب تهران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران، تهران.
- غفوری، محمد؛ موسوی مداح، سید محمد (۱۳۸۹)، بررسی اثرات نشست زمین بر گسیختگی لوله‌های جدار چاه‌های آب در دشت مشهد و ارائه‌ی راهکارهای مناسب، پنجمین کنگره‌ی ملی مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد.
- قاضی فرد، اکبر؛ اجل لوثیان، رسول و کامیاب، الهام (۱۳۸۵)، بررسی دلایل ایجاد شکاف در دشت مهیار شمالی و تأثیر آن بر جاده‌ی اصفهان - شیراز، چهارمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- لشکری پور، غلامرضا؛ غفوری، محمد و رستمی بارانی، حمیدرضا (۱۳۸۷)، بررسی علل تشکیل شکاف‌ها و فرونشست زمین در غرب دشت کاشمر، فصلنامه‌ی مطالعات زمین‌شناسی، شماره‌ی ۱، صص. ۹۵-۱۱۱.
- Ajalloeian, R., Ghazifard, A., Hashemi, M., & Kamyab, E., 2006, **Effect of Stratigraphy on Earth Fissuring in the Northern Mahyar Plain, Iran**, The Geological Society of London, IAEG. London.
- Amighepy, M., Arabi, S., Talebi, A., and Jamour, Y., 2009, **Application of Radar Interferometric, Techniques in the Areas of Subsidence**, Geomatics 88, Surveying Organization of Iran Country, Tehran.

- Blume, L., E., 1995, **Duality, for the New Palgrave Dictionary of Economics**, 2nd Ed, Blacksburg , USA.
- Eslamizadeh, A., Samanirad, SH., 2010, **Studied Land Subsidence and Fissuring due to Ground Water Withdrawal in Yazd- Ardakan Basin Central Iran**, International Journal of Environmental and Earth Sciences, No 71, PP 535-538.
- Ghafoori, M., Mousavi, S.M., 2010, **The Effects of Land Fragmentation on the Wall of Tube Wells in Mashhad Plain and Provide Appropriate Solutions**, the Fifth National Congress of Civil Engineering, Ferdosi University of Mashhad.
- Ghazifard, A., Hashemi, M., Ajalloeian, R., and Kamyab, E., 2006, **Review the Reasons for the Gap Created in the Northern Plains Mahyar and Its Impact on the Road to Isfahan - Shiraz**, Fourth Conference Earth of Engineering and Environment Biology, Iran, Tarbiat Modarres University, Tehran.
- Hosseini Ebrahim Abadi, S.E., 2011, **The Subsidence and It Effect on Aquifers in Yazd Plain (Rostagh Region)**, Faculty of Literature & Humanities- Department of Geography M.A. Thesis on Geography Physical – Geomorphology- Hydrology, Islamic Azad University, Najaf Abad Branch.
- Lashkari Pour, GH., Ghafouri, M., and Rostami barani, H., 2008, **Causes the Formation of Cracks and Ground Subsidence in the Kashmar West Plains**, Journal of Geology, No.1, PP 95-111.
- Shemshaki, A. and Entezam soltani, I., 2004, **Overview of the Sinking of the South West of Tehran**, Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, Tehran.
- Yang Gao, D., 1999, **Duality – Mathematics**, John Wiley & Sons, Inc., Vol. 6, PP.68-77.

## *Duality in Geomorphology*

**Pourkhosravani M.\***

Ph.D. Candidate in Geomorphology, College of Geographical Science and Planning, University of Isfahan

**Ramesht M.H.**

Prof. in Geomorphology, Dep. of Geography and Planning, The University of Isfahan

**Almodaresi S.A.**

Assistant Prof., Dep. of Civil Engineering, Islamic Azad University of Yazd

Received: 10/04/2012

Accepted: 18/09/2012

### **Extended Abstract**

#### **Introduction**

Some of phenomena have certain relationships which cannot be raised as correlation, but they considered as duality. Concept of duality is regarded when a phenomenon with another phenomenon is dual. Although each of these phenomena are independent in nature, there is a relationship between them. So, we will analyze the behavior of phenomena in relation to other phenomena.

Earth subsidence has been one of the important issues jeopardizing environment and there are many studies, which blame shortage of underground water resources for having uplift and subsidence. However, many argue such conclusion and believe that earth subsidence has been studied in the past without considering the changes in the hill over a long period. In this study, we use SAR interferometry study to investigate earth subsidence in many plains of Iran and explain duality theory in the geomorphology. Concept of duality in geomorphology is mostly rely on the land subsidence and the uplift in the adjacent hills.

Mahyar plain is located 25 kilometers south of city of Isfahan, Iran. The region is covered with calcareous rocks of cretaceous and there are many rocky mountains. Many sediment erosions cover the areas of desert and there are various faults. Yazd- Ardakan region is located in central part of Yazd and it contains many well-known faults. Ardabil plain is located in west northern part of Iran.

#### **Methodology**

In order to achieve the aims of research in this paper, the following stages and procedures are to be considered:

- Studying and examining of the documents relevant to the plains in Iran and the amount of their subsidence,
- Selecting, three plain (Mahyar with Yazd – Ardakan and Ardabil) in different formation

system for research,

- Analysis of acquired data using SAR Scape software,
- Providing and processing the radar data from the study area and applying the method of radar wave's interference measuring in two certain time frames.

Radar interference measuring can help us explain this issue. This method enables us to assess height changes of the earth in centimeter scale per year. The processing of SAR interferometric data is a complex procedure. Based on the quality of the datasets, the performance of each processing step is crucial. To summarise, the interferometric processing consists of the following steps:

- (1) image registration,
- (2) calculation of modulate phase difference,
- (3) phaseunwrapping and geocoding.

### **Results and Discussion**

Data analysis of Envisat Satellite (Alospalsar) in Mahyar plain shows the land subsidence of plain has been synchronized with uplift occurred in the mountains of adjacent plains. The results show that most uplift is in the Kolah Ghazi Mountain and the rate of subsidence is increasing towards the center of plain. The results indicate that the maximum subsidence in Yazd-Ardakan belongs to a Tile producer located 14 kilometers from the road of Yazd-Meibod. In addition, the maximum uplift is North-East to east part of desert of Yazd-Ardakan.

The analysis of radar data into the Ardebil plain on 3 September 2009 and 11 September 2010 shows the highest rate of subsidence in Ardabil airport and the highest uplift in the adjacent hills.

### **Conclusion**

Although the effect of irregular exploitation of water resource can be linked to an increase in land subsidence, the main cause of land subsidence in the plains of Iran is the simultaneousness raising the subsidence in the floor of plains and adjacent mountains. These processes, as a series, act together and coordinate in reverse order. This is called duality in geomorphology. Although each of these phenomena is independent in nature, there is a relationship between them.

**Keywords:** *Duality, Geomorphology, Plain, Subsidence, Uplift, Iran.*