



شماره ۱۱۶، پاییز ۱۳۹۶

# پژوهش‌های آبخیزداری

(پژوهش و سازندگی)

## تأثیر کاربری زمین بر زمین لغزش در منطقه ی توان، قزوین

### جمشید جویباری

کارشناس ارشد آبخیزداری، اداره ی کل منابع طبیعی و آبخیزداری تهران، تهران، ایران

### عطاله کاویان

دانشیار آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

### جمال مصفايي\*

نویسنده ی مسئول)\* استادیار پژوهشکده ی حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش نهایی: فروردین ۱۳۹۴

\* Corresponding Email: jamalmosaffaie@yahoo.com

### چکیده

زمین لغزش، حرکت توده یی مواد دامنه های شیب دار بر اثر نیروی گرانش زمین است که همه ساله زیان های جانی و مالی فراوانی را در مناطق کوهستانی، پرباران و لرزه خیز به همراه دارد. تشخیص زمان و مقدار تغییر شکل توده های لغزشی برای درک دلایل فیزیکی وقوع زمین لغزش و اعلام هشدار خطرهای احتمالی ضروری است. کاربری زمین یکی از عوامل مؤثر بر زمین لغزش ها است و در بعضی از نرم افزارهای پهنه بندی به آن توجه شده است. در این تحقیق، مقدار جابه جایی زمین لغزش توان واقع در شمال شرق استان قزوین با عامل کاربری زمین ارزیابی شد. ابتدا شبکه ای از ۲۰ نقطه ی ثابت در داخل و خارج آن برای پایش میزان جابه جایی کاربری های مختلف توده ی لغزشی ایجاد، و میزان جابه جایی هر نقطه در پنج بازه ی زمانی با استفاده از جی پی اس دو بسامدی اندازه گیری شد. نتایج پایش در مدت ۵۱۱ روز نشان داد که مقدار کل جابه جایی افقی نقطه های حرکت دار در پنج بازه ی زمانی مورد پایش ۱۸۷۶ میلی متر بود، که نرخ حرکت ماهانه ی آن ۱۱۰ میلی متر است. همچنین، مقدار کل جابه جایی عمودی نقطه های حرکت دار در زمان مشابه ۸۹۸ میلی متر با میانگین نرخ حرکت ماهانه ی ۵۳ میلی متر بود. رابطه ی مشخصی نیز میان کاربری توده ی لغزشی و حرکت آن وجود دارد، به طوری که بخش های شمال غربی توده ی لغزشی با کاربری باغی حرکت بسیار بیشتری از نقطه هایی که روی کاربری مرتع هستند، دارند. از مجموع اندازه گیری های نقطه های با کاربری باغی، ۷۰ درصد جابه جایی افقی و ۴۰ درصد جابه جایی عمودی داشته اند، در حالی که این درصدها برای کاربری مرتع به ۲۰ کاهش می یافت. با توجه به قرارگیری روستای توان در همسایگی و پایین دست باغ های منطقه، محدود کردن کاربری باغی در بالادست و تبدیل سامانه ی آبیاری باغ ها از سنتی به تحت فشار می تواند تا حد زیادی از احتمال خطر وقوع لغزش های بعدی جلوگیری نماید.

واژه های کلیدی: بازه ی زمانی، پایش، توده ی لغزشی، جابه جایی، جی پی اس دو بسامدی

## Effect of Land Use on Landslide Movement in the Tavan District, Qazvin

**Jamshid Joybari**

M.Sc. of Watershed Management, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

**Atta Allah Kavian**

Department of Watershed Management, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

**Jamal Mosaffaie\***

\*(Corresponding author) Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

### Abstract

Landslide can be defined as mass movement of steep slopes affected by the force of gravity, which causes numerous life and property damages in the mountainous, high-rainfall and earthquake-prone regions each year. Diagnosis of the time and amount of sliding mass deformation is essential to understand the physical causes of landslide occurrence and to warning announcements for potential hazards. In this research, the relationship between displacements of the Tavan landslide in the north east of Qazvin Province and land use factor was evaluated. A network of 20 fixed points was created on various land uses inside and outside of the sliding mass to monitor the amount of displacement. The displacements of each point were measured using dual frequency GPS for 5 periods. The results of monitoring during 511 days showed that total horizontal displacement of moving points in five monitored periods was 1876 mm, with a mean monthly movement rate of 110 mm. The total vertical displacement of the moving points in the same periods was 898 mm, with a mean monthly movement rate of 53 mm. The results showed that there was a good relationship between the land use and the amount of mass displacement. Northwestern parts of the sliding mass, with the orchard land use, experienced much greater displacements than those placed on the pasture. From the total measurements of the points with orchard land use, 70% had horizontal displacement and 40% had vertical displacement, while these percentages were reduced to 20 for pasture land use. Therefore, considering the location of the Tavan village in the vicinity and downstream of orchards region, limiting the development of orchard land use in the upstream, and conversion of irrigation system from flooding to pressurized can largely prevent the risk of subsequent landslides.

**Keywords:** Displacement, dual frequency GPS, monitoring, sliding mass, time reach

### مقدمه

روی کرد توسعه‌ی پایدار با حفظ و مدیریت منابع سه گانه‌ی آب، خاک و پوشش گیاهی در حوزه‌های آبخیز ممکن می‌شود (مصفايي ۲۰۱۵؛ مصفايي ۲۰۱۶). وجود عوامل طبیعی زمینه‌ساز فرسایش در ایران باعث شده‌است که احتمال برای فرسایش آبی در آن زیاد باشد (مصفايي و همکاران ۲۰۱۵). در این میان، حرکت‌های توده‌یی نقش مؤثری در تخریب جاده‌های ارتباطی، مرتع‌ها، منطقه‌های مسکونی و ایجاد فرسایش و رسوب در حوضه‌های

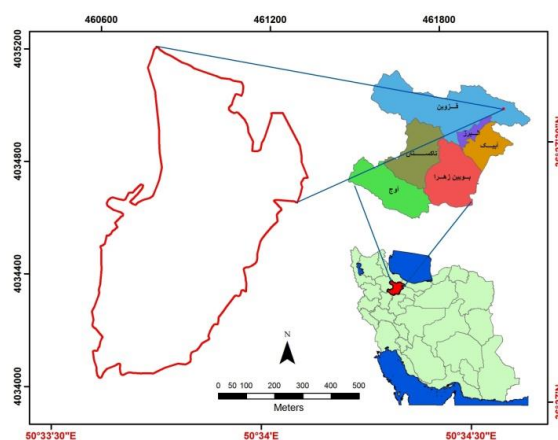
آبخیز دارند. ناپایداری‌های دامنه‌یی و زمین لغزش‌ها دلایل متعددی دارد، که از آن میان نقش تغییر کاربری زمین در شروع لغزش در برخی جاها کلیدی و مهم است. بررسی‌های پرشماری بر اثر کاربری زمین در وقوع زمین لغزش در جهان انجام شده است. مهم‌ترین و ضروری‌ترین گام برای پیش‌گیری از زمین لغزش و کاهش خسارت‌های آن شناخت عوامل مؤثر بر وقوع آن‌ها است (کلارستاقی و همکاران ۲۰۰۸). تغییر کاربری زمین یکی از عوامل اساسی وقوع زمین لغزش دانسته شده است (فیض‌نیا و همکاران ۲۰۰۴؛ مصفايي و

سمت دریاچه‌ی سد با سرعت نسبتاً زیاد است، و این مقدار در قسمت‌های مختلف توده یک‌سان نیست. بنابراین، تعیین رابطه‌ی کاربری زمین و میزان جابه‌جایی توده‌ی لغزشی به‌وسیله‌ی پایش و تعیین جهت حرکت توده‌ی لغزشی با جی‌پی‌اس می‌تواند نقطه‌ی عطفی در مدیریت پایدار این بلای طبیعی باشد. در این تحقیق نقش کاربری زمین در وقوع زمین‌لغزش در روستای توان استان قزوین که در پایان سال ۱۳۸۸ بررسی شده است.

### مواد و روش‌ها منطقه‌ی مورد بررسی

روستای توان در فاصله‌ی حدود ۱۰۰ کیلومتری شمال شرق شهرستان قزوین است، از راه قزوین-معلم‌کلايه با شهرستان قزوین ارتباط می‌یابد (شکل ۱). منطقه‌ی مورد بررسی بخشی از حوضه‌ی آبخیز الموت‌رود در حوضه‌ی آبخیز سفیدرود است. این منطقه به‌طور کلی کوهستانی است، و به دلیل شیب نسبتاً زیاد توان اولیه برای رانش زمین فراهم است. این زمین‌لغزش با وسعت حدود ۲۰ هکتار در مختصات  $33^{\circ} 33' 50''$  تا  $34^{\circ} 33' 50''$  طول شرقی و  $27^{\circ} 36' 27''$  تا  $27^{\circ} 36' 40''$  عرض شمالی در نیمه‌ی دوم ۱۳۸۸ اتفاق افتاد، از فاصله‌ی ۸۰ متری ضلع غربی روستای توان عبور کرد، و جاده‌ی آسفالت، تیرهای برق، بخشی از باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی روستا را خراب کرد. ارتفاع بخش‌های مختلف این زمین‌لغزش از سطح دریا از ۱۹۴۰ تا ۲۳۰۰ متر متغیر است. قسمت عمده‌ی بارش در این محدوده در زمستان به‌صورت برف است که ذوب شدن تدریجی آن در بهار و تابستان منبع اصلی آب رودهای منطقه است. به دلیل وفور آب‌های سطحی در منطقه، در ۱۳۸۸ نهری برای انتقال آب در آن‌جا ساخته شد و کاربری قسمتی از زمین‌های بالادست محدوده‌ی لغزشی از کشاورزی دیم به باغ‌های میوه که سنتی و به‌روش غرق‌آبی آبیاری می‌شود تغییر یافت. در پیشانی این زمین‌لغزش پرتگاهی با ارتفاع بیش از ۶۰ متر به‌وجود آمده، که تا شعاع حدود ۱۰۰ متری آن درز و ترک‌های بزرگی در جاده‌ی آسفالت و زمین‌های کشاورزی در بالادست محدوده‌ی لغزش پدید آمده است.

همکاران ۲۰۰۹؛ مصفايي و اونق ۲۰۱۱). تحلیل‌های آماری زمین‌لغزش‌های مرتبط با کاربری زمین نشان داده که الگوهای مختلف کاربری زمین، از مهم‌ترین عوامل وقوع زمین‌لغزش است (مایاوان و ساندارام ۲۰۱۲). بررسی خطر زمین‌لغزش در باغ‌دشت استان قزوین با نرم افزار وایزی چند متغیره و جی‌آی‌اس نشان‌دهنده‌ی آن است که از میان نه عامل مؤثر، عوامل سنگ‌شناسی و کاربری زمین تأثیر بیش‌تری بر خطر وقوع زمین‌لغزش دارند (بهشتی‌راد و همکاران ۲۰۱۱). تأثیر اختلال‌های انسانی نیز از عوامل اصلی وقوع زمین‌لغزش دانسته شده است (گانس و واناگر ۲۰۱۴). در ارزیابی خطر و خسارت زمین‌لغزش در حوضه‌ی آبخیز چهل‌چای استان گلستان، نشان داده شده که نقش عامل انسانی یا تغییر کاربری پُررنگ‌تر از دیگر عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌ها بوده است (کریمی‌سنگچینی و همکاران ۲۰۱۳). از طرفی، با توجه به اهمیت داده‌های خام جابه‌جایی زمین‌لغزش برای ارزیابی مراحل تغییر شکل و قوانین حرکت لغزش، سامانه‌ی موقعیت‌یاب جهانی و علوم رایانه در سال‌های اخیر ابزاری مناسب برای مشاهده‌ی میزان جابه‌جایی لغزش بوده اند (زو و همکاران ۲۰۱۲). پایش زمین‌لغزش برای اطمینان از ایمنی روستا، کاهش خطر سرمایه‌گذاری و جلوگیری از بلاهای زمین‌شناسی، لازم است (لی و لی ۲۰۱۲). در دهه‌های اخیر، مشاهده‌های سامانه‌ی موقعیت جهانی جای‌گزین اندازه‌گیری‌های متداول نقشه‌برداری شده است و در حال حاضر نقش مهمی در پایش تغییر شکل سطح زمین دارد (زو و همکاران ۲۰۱۰). برای مثال لو و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی فرونشست معدن از مشاهده‌های ایستگاه شبکه‌ی مهار جی‌پی‌اس استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که این مشاهده‌ها دقت بسیار کارآمد و کافی دارد و می‌تواند داده‌های اعتماد‌کردنی را برای تجزیه و تحلیل قانون‌های جابه‌جایی سطح و تغییر شکل ناشی از استخراج معادن فراهم کند (لو و همکاران ۲۰۰۸). محمدمیرزایی و همکاران (۲۰۰۸) نیز، برای بررسی وضعیت و مهار کردن حرکت‌های توده‌ی لغزشی سد لتیان طراحی و ساخت نقطه‌های شبکه‌ی رفتارسنجی این توده را در آبان ۱۳۸۵ آغاز کردند و تا ۸۶/۱/۲۶ شش مرحله‌ی مشاهده‌ی شبکه‌های مسطحاتی و ارتفاعی این توده را انجام دادند. نتایج نشان داد که جابه‌جایی‌های توده با دقت پذیرفتنی نشان‌دهنده‌ی حرکت منطقه به



شکل ۱- نقشه‌ی موقعیت زمین‌لغزش توان استان قزوین در ایران.

به هم نزدیکتر باشد شیب زمین تندتر، و هر چه از هم دورتر باشد شیب کمتر است، به سادگی می توان وضعیت پستی و بلندی ها و مقدار شیب هر دامنه را که از عوامل اصلی وقوع لغزش ها است، روی نقشه ی پستی و بلندی بررسی کرد. به همین دلیل، نقشه ی پستی و بلندی محدوده ی لغزشی با خط های ارتفاعی یک متری تهیه شد.

### تهیه ی نقشه ی کاربری زمین در توده ی لغزشی

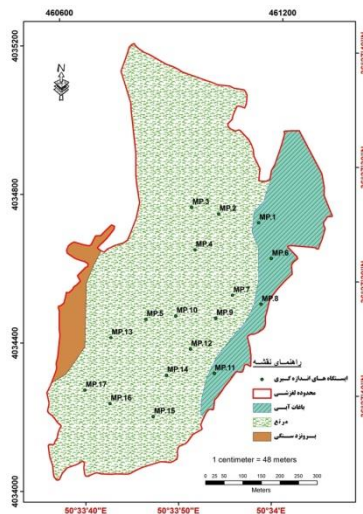
برای اطلاع از کاربری های موجود، نقشه ی کاربری با استفاده از تصاویر های گوگل ارث و باز دیده های صحرایی تهیه شد. در بلندی های بالادست محدوده ی لغزشی باغ های آبی روستا قرار دارد که سنتی و به روش غرقابی آبیاری می شود. برای بررسی رابطه ی کاربری زمین و میزان جابه جایی توده ی لغزشی بررسی شده چهار نقطه از ۱۷ نقطه ی پایشی در کاربری باغی، و بقیه ی نقطه ها در کاربری مرتعی انتخاب شدند (شکل ۲).

### شناسایی پهنه ی لغزشی بررسی شده و تطبیق آن بر تصویر های ماهواره یی گوگل ارث

پس از بازدید میدانی و برداشت محدوده ی لغزشی به وسیله ی دستگاه جی پی اس دستی گارمین، نقطه های برگزیده به تصویر های ماهواره یی گوگل ارث برده و محدوده ی آن در سامانه ی رایانه یی ترسیم شد. در باز دیده های صحرایی مشخص شد که محدوده ی وسیعی از زمین های حاشیه ی زمین لغزش توان درز و ترک های بزرگ برداشته است، که با توجه به پستی و بلندی منطقه احتمال حرکت آن نیز در آینده وجود دارد.

### تهیه ی نقشه ی پستی و بلندی از منطقه ی رانش

نقشه ی پستی و بلندی با مقیاس مناسب برای دریافت دید کلی از منطقه، طراحی شبکه ی نقطه های اصلی و شاهد، رسم بردار های جابه جایی نقطه ها، برنامه ریزی برای مکان یابی و طراحی مهندسی، و اعمال تغییرات در منطقه ی رانش ضروری است. با توجه به این نکته ی اساسی که هر چه منحنی های تراز



شکل ۲- نقشه ی کاربری زمین در توده ی لغزشی.

طبقه های هم شیب روی لایه ی مقاوم و کم نفوذ ماسه سنگ و جوش سنگ، به همراه شیب زیاد و آبیاری شدن باغ های بالادست، زمینه را برای لغزش در این توده ی لغزشی فراهم نموده است. به طور کلی، در منطقه هایی که این واحدهای سنگی در آن هستند، و با فراهم بودن این شرایط که باعث افزایش نیروهای محرک و کاهش نیروهای مقاوم می شوند، امکان لغزیدن واحد سنگی رس قرمز روی ماسه سنگ بسیار زیاد است.

### پایش به کمک سامانه های تعیین موقعیت جهانی

با توسعه ی علوم ماهواره یی و رشد صنایع و تجهیزات مرتبط، و در دسترس بودن سامانه های تعیین موقعیت جهانی، پیشرفت بزرگی در

### مطالعات سنگ شناسی توده ی لغزشی

توده ی لغزشی از جنس رس<sup>۱</sup> و لای سنگ<sup>۲</sup> (مربوط به دور میوسن، دوره ی نوزیستی، دوران سوم) و شامل تناوب هایی از طبقه های رسی است که قرمز رنگ و بسیار دانه ریز اند. از نظر سنگ شناسی، توالی رسوبی به شکلی است که این طبقه ها لایه هایی از ماسه سنگ و جوش سنگ قرمز رنگ (مربوط به دور پلئوسن، دوره ی کهن زیستی، دوران سوم) دارد که در برخی قسمت ها لایه بندی ضخیمی دارد و در برابر فرسایش مقاوم است، مجموعه ی این تشکیلات به علت شکل پذیری زیاد، چین خوردگی های شدیدی را تحمل می کند، و در این منطقه به طور کلی کم تر لایه ی افقی دیده می شود. در واقع قرارگیری رس و لای سنگ، که توان جذب آب زیادی دارند، به صورت

1- mudstone

2- siltstone

### ایجاد شبکه‌های رفتارسنجی رانش زمین

یکی از راه‌های اساسی پایش، برقرار کردن چند ایستگاه جی‌پی‌اس، خارج از منطقه‌ی لغزش برای چارچوب‌بندی یک مرجع، و چند ایستگاه رفتارسنجی در نقطه‌های بحرانی سطح لغزش، برای اندازه‌گیری میزان حرکت زمین لغزش در نقطه‌های گسسته است (شکل ۳).

برداشت سریع، دقیق و مطمئن موقعیت زمینی نقطه‌ها با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای به‌دست آمده است. در روش استفاده از سامانه‌های تعیین موقعیت جهانی دو بسامدی، موقعیت سکوهایی که روی سطح لغزش گذاشته شده است، در سه محور  $X$ ،  $Z$ ،  $Y$  و در فاصله‌های زمانی مشخص محاسبه، و با تجزیه و تحلیل اطلاعات، سازوکار حرکت زمین لغزش ارزیابی می‌شود (شعاعی و همکاران ۲۰۰۶).



شکل ۳- موقعیت ایستگاه‌های مینا و شاهد برای پایش منطقه‌ی لغزشی.

۱۳۹۰/۰۵/۱۴، ۱۳۹۲/۰۷/۲۰، ۱۳۹۲/۱۰/۰۱، ۱۳۹۳/۰۱/۱۶ و ۱۳۹۳/۰۳/۳۱. تمامی اندازه‌گیری‌ها با استفاده از جی‌پی‌اس دو بسامد و نرم افزار افیکس آر ۲<sup>۱</sup> با دقت مسطحاتی ۱۰ میلی‌متر به صورت آر تی کی<sup>۲</sup> و به مدت حدود ۱۵ دقیقه در ساعت‌های ۸ تا ۱۲ صبح انجام شد.

### نتایج

برای تعیین جابه‌جایی نسبی نقطه‌های شبکه، دو گروه مشاهده‌های متوالی نقطه‌های پایش شده با هم مقایسه شد. به‌علاوه، با محاسبه بیضی خطای نسبی جابه‌جایی رخ داده در هر نقطه معنی‌دار بودن این جابه‌جایی‌ها در بعد مسطحات معلوم شد. به‌این ترتیب که اگر بردار جابه‌جایی در داخل این بیضی قرار می‌گرفت جابه‌جانشدن، و غیر از آن جابه‌جاشدن تحلیل می‌شد.

### تعیین جابه‌جایی مسطحاتی و ارتفاعی داده‌های مشاهده‌ی

در این مرحله اختلاف مختصات دو دوره‌ی مشاهده‌ی متوالی با هم مقایسه، و جابه‌جایی مسطحاتی و ارتفاعی ۱۷ نقطه‌ی شاهد در محدوده‌ی لغزشی در محیط اتوکد محاسبه شد (جدول‌های ۱ تا ۵).

### شبکه‌ی نقطه‌های مینا

سه ایستگاه شبکه‌ی نقطه‌های مینا در خارج از محدوده‌ی لغزشی برگزیده شد که استحکام آن‌ها با مشاهده‌های روزانه‌ی ایستگاه ژئودینامیکی تهران بررسی شد.

### شبکه‌ی نقطه‌های شاهد منطقه‌ی زمین لغزش

برای مهار کردن جابه‌جایی ناشی از رانش زمین شبکه‌ی ۱۷ نقطه در نقطه‌های حساس منطقه‌ی زمین لغزش با توجه به محل درزها، شکاف‌ها و توده‌های مشکوک به لغزش ایجاد شد. نقطه‌های شبکه به شیوه‌ی انتخاب شد که ضمن داشتن استحکام نسبی، پوشش کاملی نیز به منطقه‌ی رانش بدهند.

### برداشت نقطه‌ها با کمک جی‌پی‌اس دو بسامدی

تغییرات مکانی ۱۷ نقطه در محدوده‌ی لغزشی نسبت به سه نقطه‌ی مستحکم خارج از این توده در سه مرحله و در دو بازه‌ی زمانی (سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰) و چهار مرحله در سه بازه‌ی زمانی (سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳) برداشت شد. تاریخ‌های برداشت به ترتیب عبارت بود از ۱۳۸۹/۰۹/۰۱، ۱۳۸۹/۰۲/۰۸، ۱۳۹۰/۰۲/۰۸.

1- eFix R2

2- Real Time Kinematic

جدول ۱- اندازه‌های جابه‌جایی شبکه‌ی نقطه‌های منطقه در بازه‌ی ۱۵۷ روزه‌ی مرحله‌ی اول و دوم مشاهده‌ها (سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰).

شماره نقطه‌های	جابه‌جایی در محور X (میلی‌متر)	جابه‌جایی در محور Y (میلی‌متر)	جابه‌جایی افقی (میلی‌متر)	جابه‌جایی عمودی (میلی‌متر)	تحلیل وضعیت جابه‌جایی افقی	تحلیل وضعیت جابه‌جایی عمودی
۱	-۱۶	-۲۹	۳۳	-۲۵	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی دارد
۲	-۱۲۹	۵	۱۳۰	-۴۷	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی دارد
۳	۱	۱	۱	-۱۴	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی دارد
۴	۴	-۳	۵	-۱۲	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی دارد
۵	-۶	۱	۵	-۱۶	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی دارد
۶	-۱۲	-۳۴	۳۶	-۱۸	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی دارد
۷	-۳	-۹	۹	۶	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی ندارد
۸	-۲۳	-۳۱	۳۹	-۲۵	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی دارد
۹	۵	۲	۵	-۱۵	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی دارد
۱۰	-۱۰	۲	۱۰	-۱۰	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی ندارد
۱۱	۰	-۴	۴	-۱۴	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی دارد
۱۲	-۳	-۴	۵	-۲۰	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی دارد
۱۳	-۷	-۷	۱۰	۵	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی ندارد
۱۴	۳	-۱	۴	-۱۴	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی دارد
۱۵	-۲	-۱۰	۱۱	-۸	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی ندارد
۱۶	۸	-۷	۱۰	-۱۳	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی ندارد
۱۷	-۲۱	-۴	۲۱	۹	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی ندارد

جدول ۲- اندازه‌های جابه‌جایی شبکه‌ی نقطه‌های شاهد منطقه در بازه‌ی ۱۰۰ روزه‌ی مرحله‌ی دوم و سوم مشاهده‌ها (سال ۱۳۹۰).

شماره نقطه‌های	جابه‌جایی در محور X (میلی‌متر)	جابه‌جایی در محور Y (میلی‌متر)	جابه‌جایی افقی (میلی‌متر)	جابه‌جایی عمودی (میلی‌متر)	تحلیل وضعیت جابه‌جایی عمودی	تحلیل وضعیت جابه‌جایی افقی
۱	-۷۳	-۱۴۲	۱۶۰	-۲۳	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی دارد
۲	-۱۶۷	۳	۱۶۷	-۱۱۲	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی دارد
۳	-۵	-۴	۶	۱۸	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۴	-۱۴	-۱	۱۵	۵	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی دارد
۵	۴	-۴	۵	۱	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۶	-۳۶	-۱۵۹	۱۶۳	-۳	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی دارد
۷	-۱	-۱	۲	-۲۱	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی ندارد
۸	-۱۱۱	-۲۱۶	۲۴۳	-۸۲	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی دارد
۹	-۵	-۲	۵	۶	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۰	۵	-۴	۵	-۱	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۱	-۱۱	۳	۱۲	۱۴	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی دارد
۱۲	-۳	-۲	۳	۶	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۳	۴	۱۱	۱۱	-۲۴	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی ندارد
۱۴	-۶	-۱	۶	-۱	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۵	-۶	۵	۷	۱	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۶	-۶	۴	۷	-۶	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۷	۷	۶	۹	-۲۴	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی ندارد

جدول ۳- اندازه‌های جابه‌جایی شبکه‌ی نقطه‌های منطقه در بازه‌ی زمانی ۷۱ روزه‌ی مرحله‌ی اول و دوم مشاهده‌ها (سال ۱۳۹۲).

شماره نقطه‌ها	جابه‌جایی در محور X (میلی‌متر)	جابه‌جایی در محور Y (میلی‌متر)	جابه‌جایی افقی (میلی‌متر)	جابه‌جایی عمودی (میلی‌متر)	تحلیل وضعیت جابه‌جایی عمودی	تحلیل وضعیت جابه‌جایی افقی
۱	-۷	-۱۷	۱۹	-۱۱	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۲	-۱۷	-۵	۱۸	-۱۸	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۳	۱	-۸	۸	-۱۶	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۴	-۵	-۱۶	۱۶	۱۰	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۵	۷	-۴	۸	-۱۳	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۶	-۱۰	-۲۰	۲۳	-۱۵	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۷	۱۱	۱	۱۱	-۹	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۸	۵	-۴۵	۴۶	-۲۴	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی دارد
۹	۶	۵	۸	-۱۲	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۰	۶	-۵	۸	-۱۴	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۱	-۱۸	۴	۱۹	۱۲	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۲	-۳	-۵	۶	-۱۵	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۳	-۷	-۱۴	۱۶	-۱۸	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۴	۵	۱	۵	-۶	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۵	-۵	-۷	۹	-۷	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۶	-۳	-۱۴	۱۴	-۱۲	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۷	-۴	-۸	۹	۹	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد

جدول ۴- اندازه‌های جابه‌جایی شبکه‌ی نقطه‌های منطقه در بازه‌ی زمانی ۱۰۵ روزه‌ی مرحله‌ی دوم و سوم مشاهده‌ها (سال ۱۳۹۲).

شماره نقطه‌ها	جابه‌جایی در محور X (میلی‌متر)	جابه‌جایی در محور Y (میلی‌متر)	جابه‌جایی افقی (میلی‌متر)	جابه‌جایی عمودی (میلی‌متر)	تحلیل وضعیت جابه‌جایی افقی	تحلیل وضعیت جابه‌جایی عمودی
۱	-۴	-۷۲	۷۲	-۲۶	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی ندارد
۲	-۱۱۲	-۲۷	۱۱۵	-۵۱	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی دارد
۳	۱۰	-۳	۱۰	۱۴	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۴	-۱۳	-۶	۱۴	-۱۱	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۵	۵	۷	۸	-۵	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۶	-۵	-۶۷	۶۷	۱۱	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی ندارد
۷	۰	-۸	۸	۱۰	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۸	۴	-۵۴	۵۵	-۴۳	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی دارد
۹	-۱۲	-۸	۱۴	۱۲	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۰	-۴	-۶	۷	-۵	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۱	۴	-۹	۹	-۲۲	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۲	۰	-۱۰	۱۰	-۱۳	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۳	۱۳	۸	۱۵	-۱۵	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۴	۴	۱	۴	۷	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۵	۱۱	۱	۱۱	-۱۶	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۶	۱۱	-۷	۱۳	-۱۳	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۷	-۱۲	-۴	۱۳	-۲۷	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد

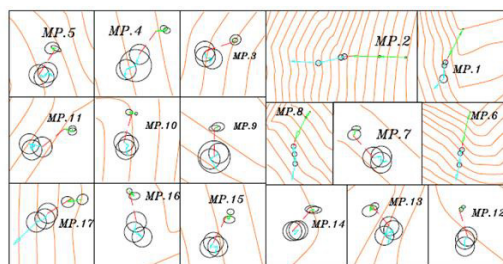
جدول ۵- اندازه‌های جابه‌جایی شبکه‌ی نقطه‌های منطقه در بازه‌ی زمانی ۷۷ روزه‌ی مرحله‌ی سوم و چهارم مشاهده‌ها (سال ۱۳۹۳).

شماره نقطه‌ها	جابه‌جایی در محور X (میلی‌متر)	جابه‌جایی در محور Y (میلی‌متر)	جابه‌جایی افقی (میلی‌متر)	جابه‌جایی عمودی (میلی‌متر)	تحلیل وضعیت جابه‌جایی افقی	تحلیل وضعیت جابه‌جایی عمودی
۱	-۵۲	-۵۶	۷۶	-۲۴	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی ندارد
۲	-۱۳۶	۱۰	۱۳۷	-۸۷	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی دارد
۳	-۵	-۵	۷	-۱۹	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۴	-۳	-۱۲	۱۲	۱۶	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۵	۷	-۵	۹	-۱۰	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۶	-۲۱	-۸۷	۹۰	-۱۷	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی ندارد
۷	۸	۳	۹	-۱۷	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۸	-۲۰	-۹۷	۹۹	-۴۶	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی دارد
۹	۱۰	-۱۴	۱۷	-۱۹	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۰	۳	-۸	۹	-۱۱	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۱	۵	۹	۱۰	۱۲	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۲	-۱	۲	۳	۹	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۳	-۸	-۲۰	۲۱	-۳	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۴	-۷	-۷	۱۰	-۲۹	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۵	-۳	-۹	۱۰	-۱۳	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۶	-۶	۵	۸	۱۴	جابه‌جایی ندارد	جابه‌جایی ندارد
۱۷	-۳۲	-۳۱	۴۵	-۱۶۵	جابه‌جایی دارد	جابه‌جایی دارد



نقطه‌ها با اغراق و در مقیاسی دیگر در جهت‌های محاسبه‌شده به صورت بردارهای جهت‌دار به همراه بیضی خطای آن‌ها ترسیم شد (شکل ۴).

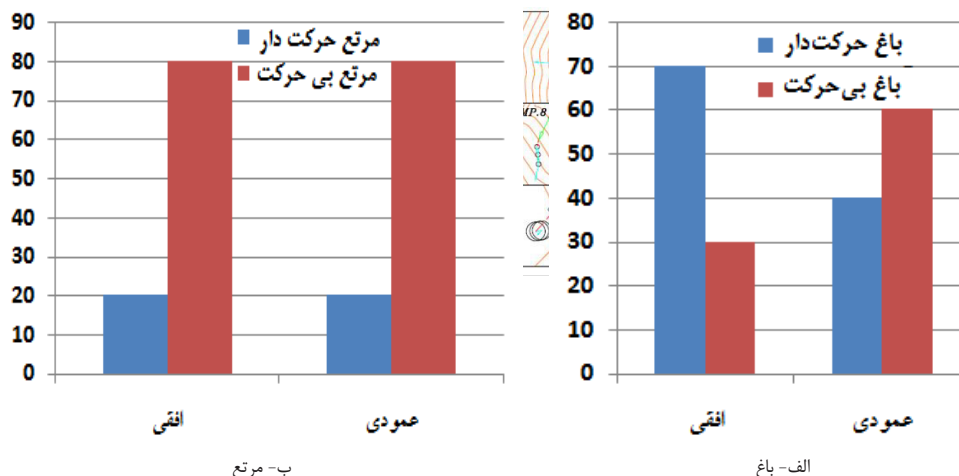
رسم بردارهای جابه‌جایی نقطه‌های روی نقشه‌ی پستی و بلندی منطقه پس از تعیین اندازه‌های جابه‌جایی و جهت حرکت نقطه‌ها، موقعیت نقطه‌های رفتارسنجی روی نقشه‌ی پستی و بلندی منطقه پیاده، و مقدار جابه‌جایی



شکل ۴- نقشه‌ی پستی و بلندی نقطه‌های مبنا و شاهد، بردار جابه‌جایی و بیضی خطا.

۱۱ کاربری باغی، و ۱۳ نقطه‌ی دیگر کاربری مرتعی داشت، تعداد و درصد نقطه‌های حرکت‌دار و بی‌حرکت در هر کاربری (جدول ۷) تعیین و نمودار درصد نقطه‌های دارای حرکت‌دار و بی‌حرکت در کاربری‌های توده‌ی لغزشی نیز رسم شد (شکل ۵).

**بررسی رابطه‌ی میزان جابه‌جایی با کاربری توده‌ی لغزشی**  
نقطه‌های حرکت‌دار و بی‌حرکت در هر بازه‌ی زمانی تعیین شدند (جدول ۶). سپس با توجه به این که از ۱۷ نقطه‌ی پایش‌شده، تنها نقطه‌های ۱، ۶، ۸ و



شکل ۵- نمودار درصد نقطه‌های حرکت‌دار و بی‌حرکت در کاربری‌های توده‌ی لغزشی.

جدول ۶- نقطه‌های حرکت‌دار و بی‌حرکت در هر بازه‌ی زمانی.

بازه	طول بازه (روز)	نقطه‌های حرکت‌دار افقی	نقطه‌های حرکت‌دار عمودی
۱	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲
۲	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲
۳	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲
۴	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲
۵	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲

جدول ۷- تعداد و درصد نقطه‌های حرکت‌دار به تفکیک کاربری زمین.

	مرتع			باغ			کل	
	مجموع	بی‌حرکت	حرکت‌دار	مجموع	بی‌حرکت	حرکت‌دار	بی‌حرکت	مجموع
تعداد	۲۰	۱۳	۵۲	۶۵	۲۷	۵۸	۸۵	۸۵
درصد	۱۰۰	۲۰	۸۰	۱۰۰	۳۲	۶۸	۱۰۰	۱۰۰
تعداد	۱۲	۱۳	۵۲	۶۵	۲۱	۶۴	۸۵	۸۵
درصد	۶۰	۲۰	۸۰	۱۰۰	۲۵	۷۵	۱۰۰	۱۰۰

### بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله رابطه‌ی کاربری زمین و میزان جابه‌جایی زمین لغزش توان در الموت استان قزوین بررسی شد. تحلیل مشاهده‌ها و جابه‌جایی نقطه‌ها در پنج بازه‌ی زمانی نشان داد که جابه‌جایی میان بعضی از نقطه‌های شاهد اندازه‌گیری شده و ایستگاه‌های مینا رخ داده است. با رسم بردارهای جابه‌جایی نقطه‌ها روی نقشه‌ی پستی‌وبلندی منطقه، جهت حرکت توده که در جهت شیب ارتفاعی منطقه است مشخص شد. اگرچه فرایند جابه‌جایی‌های عمودی و افقی میان تمامی نقطه‌های شبکه در محدوده‌ی زمین لغزش کند بود، در حاشیه‌ی نقطه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ کاملاً نمایان است، ولی مقدار کل جابه‌جایی افقی نقطه‌های حرکت‌دار در پنج بازه‌ی زمانی پایش شده (۵۱۱ روز)، ۱۸۷۶ میلی‌متر بود، و میانگین نرخ حرکت ماهانه‌ی آن ۱۱۰ میلی‌متر است. همچونین، مقدار کل جابه‌جایی عمودی نقطه‌های حرکت‌دار در زمان مشابه ۸۹۸ میلی‌متر با میانگین نرخ حرکت ماهانه‌ی ۵۳ میلی‌متر بود. بررسی رابطه‌ی حرکت نقطه‌های پایشی روی توده‌ی لغزشی، با کاربری هر یک از آن‌ها نشان داد که رابطه‌ی قوی میان کاربری توده‌ی لغزشی و حرکت آن‌ها هست، به طوری که بخش‌های شمال غربی توده‌ی لغزشی، که کاربری آن‌ها باغی بود و به‌روشنی غرقابی آبیاری می‌شوند، حرکت بسیار بیشتری از نقطه‌هایی که روی کاربری مرتعی بودند، دارند. از مجموع اندازه‌گیری‌های نقطه‌های کاربری باغی، ۷۰ درصد جابه‌جایی افقی و ۴۰ درصد جابه‌جایی عمودی داشتند، در حالی که این درصدها برای کاربری مرتعی ۲۰ بود. این نتایج در مقایسه با بررسی‌های قبلی (بهشتی‌راد و همکاران ۲۰۱۱؛ فیض‌نیا و

همکاران ۲۰۰۴؛ گانس و واناگر ۲۰۱۴؛ کریمی‌سنگچینی و همکاران ۲۰۱۳؛ کلارستانی و همکاران ۲۰۰۸؛ مایوان و ساندارام ۲۰۱۲) در نقش کاربری زمین و رابطه‌ی میان تغییر کاربری و وقوع زمین لغزش، مشابه اند. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که برآیند تأثیر عوامل مختلفی مانند پستی‌وبلندی، خاک-شناسی، زمین‌شناسی، کاربری و شدت بارش باعث ایجاد شرایط مناسب برای وقوع لغزش توده‌ی لغزشی توان الموت شده است، اما میزان حرکت توده‌ی لغزشی در کاربری باغ‌های آبیاری شده‌ی سنتی بیش از کاربری مرتعی است. با توجه به جای روستای توان (در مجاورت و پایین‌دست باغ‌های منطقه) محدود کردن کاربری باغی در بالادست و تبدیل سامانه‌ی آبیاری باغ‌ها از سنتی به تحت فشار، می‌تواند تا حد زیادی از احتمال خطر وقوع لغزش‌های بعدی بکاهد.

### منابع

- Beheshti Rad M, Feiznia S, Salajegheh A, Ahmadi H. 2011. Landslide hazard zonation with the multivariate regression model using GIS. *Geography Quarterly*. 7: 33–40. (In Persian).
- Feiznia S, Kelarestaghi A, Ahmadi H, Safaei M. 2004. An investigation of effective factors on landslide occurrence and landslide hazard zonation (Case study Shirin Rood Drainage Basin -Tajan

- Mosaffaie J. 2016. Application of artificial neural network, multiple-regression and index-flood techniques in regional flood frequency estimation. *International Journal of Water*. 10 (4): 328–342.
- Mosaffaie J, Ownegh M, Mesdaghi M, Shariatjafari M. 2009. Comparing the efficiency of statistical and empirical landslide hazard zonation models in Alamout Watershed. *J. of Water and Soil Conservation*. 16(4): 43–61 (In Persian).
- Mosaffaie J, Ownegh M. 2011. Landslide hazard zonation by AHP and regression model, Case study: The Alamout Watershed. *Watershed Engineering and Management*. 3 (3): 149–158.
- Mosaffaie J, Ekhtesasi MR, Dastorani MT, Azimzadeh HR, Zare Chahuki MA. 2015. Temporal and spatial variation of the water erosion rate. *Arabian Journal of Geosciences*. 8 (8): 5971–5979. DOI: 10.1007/s12517-014-1628-z.
- Shoaei Z, Emam Jome SR, Shariat Jafari M, Jalali N. 2006. Analysis of movement mechanism and suggestion of the most economical methods for landslide control using the results of monitoring by GPS (Case study: Akha Village - Central Alborz). *Fourth Conference of Engineering Geology and the Environment*. Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. (In Persian).
- Zou X, Deng Z, Ge M, Dick G, Jiang W, Liu J. 2010. GPS data processing of networks with mixed single- and dual-frequency receivers for deformation observation. *Advances in Space Research*. 46: 130–135.
- Zou X, Qiang XU, Zhou J, Deng M. 2012. Remote landslide observation system with differential GPS. *Original Research Article, Procedia Earth and Planetary Science*. 5: 70–75.
- Dam). *Iranian Journal. Natural Res*. 57 (1): 3–22. (In Persian).
- Guns M, Vanacker V. 2014. Shifts in landslide frequency–area distribution after forest conversion in the tropical Andes. *Anthropocene*. 48: 1–11.
- Karimi Sangchini E, Ownegh M, Sadoddin A. 2013. Landslide risk assessment and damage Chehlchay Watershed, Golestan Province. *Watershed Journal*. 98: 74–84. (In Persian).
- Kelarestaghi A, Habybnezhad M, Ahmadi H. 2008. In connection with the change of landslides and road construction (case study Watershed Tajan, Sari). *Journal of Geographical Research*. 62: 81–91. (In Persian).
- Li X P, Li Y A. 2012. Design of GIS-based monitoring and early-warning system of landslide hazard in Diao Zhongba. *Energy Procedia*. 16: 1174–1179.
- Lü Wei-cai, Cheng Shi-guang, Yang Hai-sheng, Liu Da-peng. 2008. Application of GPS technology to build a mine subsidence observation station. *Journal of China University of Mining and Technology*. 18: 377–380.
- Mayavan N, Sundaram A. 2012. Statistical analysis for landslide in relation to landuse, in Sirumalai Hill, Dindigul District, Tami Nadu, India, using GI Technologies. *Research Journal of Recent Sciences*. 1 (12): 36–39.
- Mohamadmyrzaiy A, Esmaili R, Memarzade A. 2008. 6 Step study of landslide dam monitoring Latyan, Second Conference on Disaster Management, Tehran, Center of Excellence in Disaster Management and Surveying Engineering, Faculty of Engineering, Tehran University. (In Persian).
- Mosaffaie J. 2015. Comparison of two methods of regional flood frequency analysis by using L-moments. *Water Resources*. 42 (3): 313–321.