بررسی زمین‌لغزش روستای گلی به روش توموگرافی مقاومت الکتریکی

مجتبی حسین زاده[۱]، عبداله سهرابی بیدار[۲]، سعید محمد صبوری[۳]، مهرنوش تن زده[۴]

[۱]کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تهران، ایران، mojtaba.hosinzade@ut.ac.ir
[۲]عضو هیات علمی و دانشیار پردیس علوم دانشگاه تهران، ایران، asohrabi@ut.ac.ir
[۳]عضو هیات علمی پژوهشکده سوانح طبیعی، تهران، ایران sabouri@ndri.ac.ir
[۴]کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تهران، ایران، mehrnoush.tnz@gmail.com

چکیده

بر اثر بارندگی های شدید اسفند ماه سال ۹۷ زمین لغزشی در محدوده روستای گلی در ۲۱ کیلومتری غرب بجنورد رخ داد. در طی این بارش ها، دو محدوده از این روستا دچار لغزش شد که برای بررسی ساز و کار و عمق گسیختگی این لغزش‌ها از روش توموگرافی مقاومت الکتریکی دو بعدی مورد استفاده قرار گرفت. برای شناسایی زمین لغزش از داده های مقاومت سنجی با آرایه دوقطبی-دوقطبی با فاصله الکترودی ۵ و ۱۰ متر و گمانه های اکتشافی استفاده شد. نتایج و تفاسیر داده‌های برداشت شده در ۴ پروفیل توموگرافی مقاومت الکتریکی و ۵ گمانه حفر شده در منطقه، نشان داد که به نظر می رسد، نفوذ آب حاصل از بارندگی شدید و فاضلاب روستایی به سطوح لغزش مارنی اصلی ترین عامل تحریک این لغزش‌ها می باشد. هم چنین نتایج نشان داد که عمق سطح گسیختگی بین ۳ تا ۱۰ متر می باشد و محدوده های لغزشی منطبق بر سطح گسیختگی یک زمین‌لغزش بزرگ و قدیمی هستند.

واژه‌های کلیدی: توموگرافی مقاومت الکتریکی، زمین‌لغزش، بارندگی شدید، روستای گلی

Investigation of landslide in Goli village by electrical resistance tomography

Mojtaba Hosseinzadeh[1], Abdollah Sohrabi-Bidar[2], Saeed Mohammad-Sabouri[3], Mehrnoush Tanzade[4]

1 Master student of engineering geology, University of Tehran, Iran
2 Associated Professors, College of Sciences, University of Tehran, Iran
3 Natural disasters research institute. Tehran, Iran
4 Master student of engineering geology, University of Tehran, Iran

Abstract

Due to heavy rains in March 2019, a landslide occurred in the area of Goli village, 21 km west of Bojnourd. During these rains, two areas of the village were affected by landslides. Two-dimensional electrical resistivity tomography was used to investigate the mechanism and depth of failures of these landslides. To identify the landslide, electrical resistivity data were used with dipole-dipole array and electrodes spacing of 5 and 10 meters as well as exploratory boreholes. The results and interpretations of the collected data in 4 profiles of electrical resistivity and 5 boreholes drilled in the area showed that it seems that the infiltration of water from heavy rainfall and rural sewage into marl rocks is the main cause of these slips. The results also showed that the depth of the failure surface is between 3 to 10 meters and the new slides correspond to the failure surface of a large and old landslide.

Keywords: Electrical resistivity tomography, Landslide, Heavy rain, Goli village

۱ مقدمه

بررسی علل لغزش و ارائه راهکارهای مناسب جهت پایدارسازی دامنه نیاز به شناسایی دقیق ناپایداری و دلایل رخداد آن دارد. در میان تکنیک های شناسایی زمین لغزش ها، روش های ژئوفیزیکی تا حد زیادی با هدف ارائه یک مدل مفید برای توصیف محیط زمین شناسی زیر سطحی و کمک به تعریف ویژگیهای هندسی بدنه لغزش استفاده شده است (پرونه، ۲۰۲۰). بنا بر

اذعان بسیاری از محققین در دهه های اخیر روش های ژئوفیزیکی مختلف از جمله روش‌های لرزه ای و مقاومت سنجی الکتریکی کاربردهای وسیعی در بررسی زمین لغزش ها داشته است (هک، ۲۰۰۰؛ جانگمنز و گارامبیز، ۲۰۰۷؛ پرونه و همکاران، ۲۰۱۴؛ اوکادا و کونیشی، ۲۰۱۹؛ پازی و همکاران، ۲۰۱۹؛ وایتلی و همکاران، ۲۰۱۹). اخیرا ظهور تکنیک های تصویربرداری ژئوفیزیکی دو بعدی و سه بعدی، استقرار آسان در دامنه ها و بررسی گستره بالای از مناطق به روش غیر تهاجمی، باعث جذابیت بیشتر روش های ژئوفیزیکی برای کاربردهای زمین لغزش شده است. در بین روشهای ژئوفیزیکی، روش توموگرافی مقاومت ویژه الکتریکی به طور وسیعی در بررسی زیر سطحی زمین لغزش ها کاربرد دارد (جانگمنز و گارامبیز، ۲۰۰۷؛ جومارد و همکاران، ۲۰۰۷). اساس کار در این روش تولید تصاویر دو یا سه بعدی از مقاومت الکتریکی ساختار های زیر سطحی می باشد. با توجه به وابستگی مقاومت ویژه الکتریکی به وضعیت سیالات و درجه اشباع محیط، درز و شکاف، محتوی رس و هوازدگی سنگ ها، اغلب برای تخمین سطوح لغزش به کار می رود (قربانی و همکاران، ۱۳۹۳). در این مقاله نتایج بررسی‌های توموگرافی مقاومت الکتریکی برای شناسایی مشخصات محدوده لغزشی روستای گلی در استان خراسان شمالی ارائه شده است.

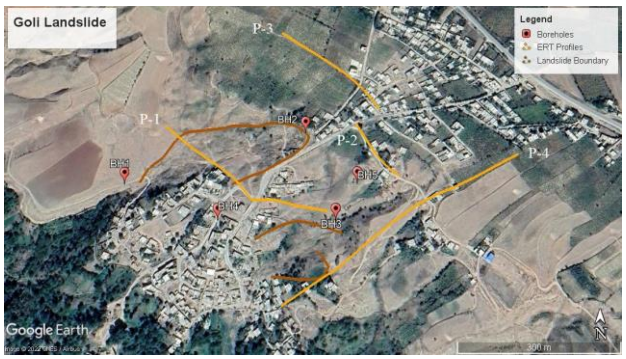
۲ روش تحقیق و نتایج

منطقه مورد مطالعه روستای گلی با مختصات UTM ۴۱۵۱۱۶۹ و ۵۱۱۶۴۶ می باشد که در استان خراسان شمالی در ۲۱ کیلومتری غرب شهر بجنورد قرار دارد و جزئی از دهستان بدرانلو می باشد. بر اثر بارندگی های شدید ۲۶ تا ۲۸ اسفند ۹۷ در این استان، دو محدوده در طرفین روستا (جنوب و جنوب شرقی روستا) دچار لغزش گردید. در سال های ۱۳۵۰، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰ نیز منطقه دچار لغزش‌هایی شده بود که به نظر می رسد، لغزش سال ۹۸ نیز بر آنها منطبق است. سوابق لغزش های متعدد منطقه اهمیت مطالعه زیر سطحی این لغزش را آشکار می سازد.

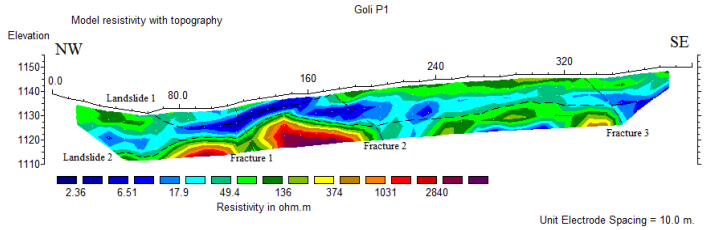
برپایه اطلاعات پایه گردآوری شده از نقشه ها و گزارشهای موجود و پیمایش های صحرایی در منطقه، واحدهای زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی قرار گرفت. قدیمی ترین واحد رسوبی دارای رخنمون سازند تیرگان است. علاوه بر این سازند، سازندهای شوریجه، سرچشمه، سنگانه و ماسه سنگ ها و کنگلومراهای قرمز نئوژن نیز در منطقه رخنمون دارند. نهشته های کواترنری نیز به صورت پراکنده منطقه را فرا گرفته اند، لغزش های صورت گرفته در روستای گلی بر روی نهشته ها کواترنر روی داده است.

برای بررسی ساختارها و ساز و کار زیرسطحی زمین لغزش های جدید و قدیمی چهار پروفیل در محدوده های لغزشی روستای گلی جهت تحلیل توموگرافی مقاومت ویژه الکتریکی دو بعدی با آرایه دوقطبی-دوقطبی برداشت شد. فاصله الکترودی در پروفیل P2، ۵ متر و در سایر پروفیل ها ۱۰ متر می‌باشد. تعداد قرائت الکترودی (n) در همه پروفیل‌ها ۸ می باشد و در مجموع ۱۱۰۴ قرائت انجام شده است (پژوهشکده سوانح طبیعی، ۱۳۹۸). موقعیت پروفیل ها در شکل ۱ نشان داده شده است. همچنین تعداد ۵ گمانه در نقاط مختلف با هدف بررسی موقعیت سنگ کف، سطح آب زیرزمینی، سطوح لغزش و صحت سنجی داده های مقاومت سنجی حفاری گردید که موقعیت آن ها نیز در شکل ۱ نشان داده شده است.

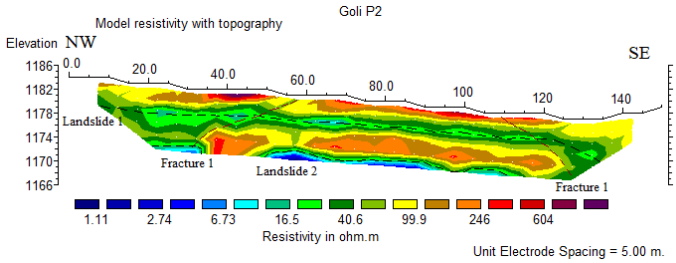
داده های حاصل از مقاومت سنجی مورد پردازش های مقدماتی نظیر حذف نویزهای احتمالی قرار گرفته و پس از مرتب سازی مطابق فرمت نرم‌افزار تحلیل گردیده‌اند. تحلیل داده ها شامل برگردان دو بعدی مقاومت ویژه الکتریکی است و برای این منظور از نرم افزار Res2Dinv استفاده شده است. شکل‌های ۲ تا ۵ نتایج حاصل از برگردان دو بعدی مقاومت الکتریکی چهار پروفیل مورد بررسی را نشان داده است.



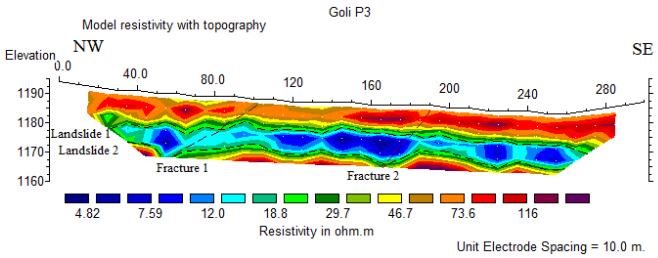
شکل ۳. محدود توده های لغزشی، موقعیت پروفیل های توموگرافی الکتریکی و محل حفر گمانه های اکتشافی.



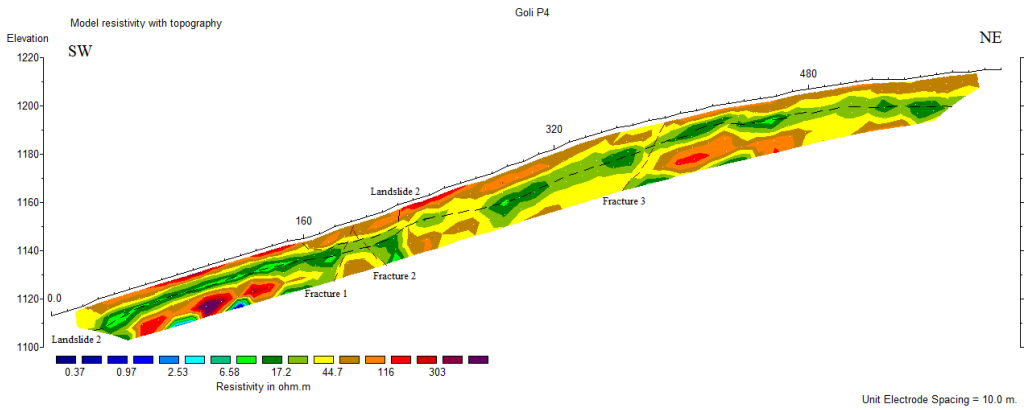
شکل ۴. مقطع مقاومت الکتریکی حقیقی پروفیل P1



شکل ۳. مقطع مقاومت الکتریکی حقیقی پروفیل P2



شکل ۴. مقطع مقاومت الکتریکی حقیقی پروفیل P3



شکل ۵. مقطع مقاومت الکتریکی حقیقی پروفیل P4

با توجه به نتایج برگردان مقاومت الکتریکی در پروفیل‌های مختلف به طور کلی سه بازه مقاومت الکتریکی برای لایه‌های زمین قابل تعریف است. بازه اول مربوط به لایه های سطحی با رطوبت کم می باشد. این لایه با مقاومت حدود ۵۰ تا ۱۰۰ اهم متر از سطح زمین شروع و در بسیاری از نقاط پروفیل‌ها تا اعماق حدود ۷ متر ادامه پیدا می کند. در برخی نقاط این لایه مقاومت های بالاتر یا اندکی بیشتر نیز دیده می شود. در پروفیل P1 و در محل لغزش جدید یک ناهنجاری مقاومت ویژه الکتریکی در این لایه مشهود است و در اثر لغزش رویداده و افزایش درجه رطوبت خاک کاهش قابل توجهی در مقاومت لایه های سطحی دیده

می شود. در زیر لایه سطحی، بازه دوم مقاومت الکتریکی قرار گرفته است که مقاومت الکتریکی ویژه آن از حدود ۲ تا ۲۰ اهم متر می‌باشد. این لایه به طور تقریبی از عمق حدود ۷ تا ۱۲ متر گسترش دارد و در پروفیلها و نقاط مختلف تفاوت اندکی در ضخامت آن قابل مشاهده است. با توجه به اطلاعات زمین شناسی منطقه و داده های بدست آمده از گمانه های حفر شده جنس لایه ها در این محدوده رسی است و از میزان رطوبت بالایی برخوردار است. به نظر می رسد این لایه سطح مستعد لغزش های منطقه بوده و جابجایی های دامنه ای بر روی آن روی داده است. در لایه سوم مقادیر مقاومت الکتریکی مجددا افزایش یافته و از حدود ۷۰ تا بیش از چند ۱۰۰ اهم متر و در برخی نقاط از پروفیل P1 بیش از ۱۰۰۰ اهم متر را شامل می شود. که منطبق بر لایه های نسبتا مقاوم و بعضا سنگ کف می باشد. در پروفیل P2 لایه دیگری با مقاومت الکتریکی کمتر در زیر لایه با مقاومت بالا قابل تشخیص است که می تواند با سطوح لغزش عمیق تر مرتبط باشد.

۳ نتیجه‌گیری

برای بررسی هندسه و ساختار های محدوده های لغزشی روستای گلی از چهار پروفیل مقاومت سنجی استفاده شد که به خوبی وضعیت لایه ها و سطوح ضعف در منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. در محدوده مورد مطالعه یک سطح ضعف از جنس لایه های زسی با رطوبت بالا و با گستردگی زیاد قابل مشاهده است که در عمق ۷ تا ۱۲ متری قرار دارد. زمین لغزش های جدید نیز منطبق بر همین سطح ضعف بوده و به خصوص در پروفیل P1 به صورت یک ناهنجاری مقاومت ویژه الکتریکی در لایه اول ظاهر گردیده است. این ناهنجاری در عمق به سطح ضعف اشاره شده متصل می‌گردد. اشباع شدگی و آب عامل اصلی تحریک این محدوده مستعد لغزش می باشد که می‌تواند توسط بارش‌های سنگین در فصل های پر بارش، فاضلاب روستایی و رواناب شبکه معابر روستا و از طریق نفوذ به عمق زمین از مسیر ناپیوستگیها و شکستگیها رخ دهد.

منابع

قربانی، ا.، بمانی، م.، انصاری، ع.، قاری، ح.، ۱۳۹۳، کاربرد مقاومت ویژه الکتریکی دو بعدی در شناسایی هندسه زمین لغزش نقل، سمیرم: مجله انجمن زمین شناسی مهندسی ایران، پاییز و زمستان ۱۳۹۲، ۶، (۳ و ۴)، ۱۷-۳۲

Hack, R., 2000, Geophysics for slope stability. Surv Geophys 21(4):423–448

Jomard, H., Lebourg, T., Binet, S., Tric, E., and Hernandez, M., 2007, Characterization of an internal slope movement structure by hydro-geophysical surveying. Terra Nova, 19, 48-57.

Jongmans, D., Garambois, S., 2007, Geophysical investigation of landslides: a review. Bull Soc Geol Fr 178(2):101–112

Okada, Y., Konishi, C., 2019, Geophysical features of shallow landslides induced by the 2015 Kanto-Tohoku heavy rain in Kanuma city, Tochigi Prefecture, Japan. Landslides 16:2469–2483

Pazzi, V., Morelli, S., Fanti, R., 2019, A review of the advantages and limitations of geophysical investigations in landslide studies. International Journal of Geophysics vol.2019:27 pages

Perrone, A., Lapenna, V., Piscitelli, S., 2014, Electrical resistivity tomography technique for landslide investigation: a review. Earth Sci Rev 135:65–82

Perrone, A., 2020, Lessons learned by 10 years of geophysical measurement with Civil Protection in Basilicata (Italy) landslide areas. Landslides journal. part of Springer Nature 2020

Whiteley, JS., Chambers, JE., Uhlemann, S., Wilkinson, PB., Kendall, JM., 2019 Geophysical monitoring of moisture-induced landslides: a review. Rev Geophys 57:106–145