



Technical Report

Effect of Elevation, Slope and Aspect on Snow Depth at Samsami Basin

M. R. Sharifi¹, A. M. Akhoond-Ali²,
J. Porhemmat³ and J. Mohammadi⁴

Abstract

Spatial distribution of snow depth is affected by topographic parameters. To estimate the snow depth, parameters like elevation, slope and aspect were evaluated in relation to snow depth. To this, 258 points located inside the area under study (Samsami Basin) of 5.2 Km² with a range of elevation from 2287 to 2933m were selected and the depth of snow packs were measured for them late February 2006. For the evaluation of the effect of these parameters on snow depth, correlation analysis method was used. The result of analyzing the correlation of snow depth with elevation was positive and significant at 5% level for up to 2780m. However, for elevation more than 2780m, this relation was inverse with no significance at 5% level. The correlation of snow depth with the degree of slope which ranged between 3.8 to 14.85 did not show a meaningful relation at 5% level, but showed an inverse relation. For the degree of slope more than 14.85, the correlation relation was positive, but with no significance at 5% level. Finally, the relation of snow depth with the aspect from 0 to 166 degrees (Azimuth), showed a good and significant correlation at 5% level. However, significant correlation was not obtained for the aspect ranging between 172 to 204 and 206 to 359 degrees at 5% level.

Keywords: Correlation, Spatial Distribution, Snow Depth, Topographic Parameters, Elevation, Aspect, Slope

گزارش فنی

بررسی تأثیر ارتفاع، جهت و تندی شیب بر عمق برف در حوضه صمصامی

محمد رضا شریفی^۱، علی محمد آخوند علی^۲،
جهانگیر پرهمت^۳ و جهانگرد محمدی^۴

چکیده

برای دستیابی به توزیع مکانی برف، عملکرد برخی از عوامل توپوگرافی شامل ارتفاع، زاویه و جهت شیب بعنوان پارامترهای موثر بر عمق برف مورد بررسی قرار گرفتند. به این منظور، عملیات برف سنجی در اوایل اسفند ماه ۱۳۸۴ در ۲۵۸ نقطه واقع در محدوده‌ای به مساحت ۵/۲ کیلومتر مربع و دامنه ارتفاعی از ۲۲۸۷ متر تا ۲۹۳۳ متر در حوضه صمصامی انجام شد. برای بررسی تأثیر پارامترهای مذکور بر عمق برف از روش تحلیل همبستگی استفاده گردید. نتایج نشان داد که همبستگی عمق برف با ارتفاع تا ۲۷۸۰ متر، مستقیم و در سطح ۵ درصد معنی دار می باشد. حال آنکه در ارتفاعات بالاتر این ارتباط معکوس و بی معنی بدست آمد. همبستگی عمق برف با زاویه شیب، در بازه ۳/۸ تا ۱۴/۸۵ درجه معکوس و لیکن در سطح ۵ درصد معنی دار نگردید. این ارتباط برای زوایای بیشتر از ۱۴/۸۵ درجه دارای همبستگی مستقیم ولی بی معنی بود. عمق برف انباشته با جهت شیب صفر تا ۱۶۶ درجه (آزیموت)، در سطح ۵ درصد همبستگی نسبتاً خوب و معنی داری از خود نشان داد. این در حالی است که با جهت‌های ۱۷۲ تا ۲۰۴ و ۲۰۶ تا ۳۵۹ درجه، همبستگی معنی داری در سطح مذکور بدست نداد.

کلمات کلیدی: همبستگی، توزیع مکانی برف، عمق برف، عوامل توپوگرافی، ارتفاع، جهت شیب، زاویه شیب.

1- Assistant Prof. and Academic Member of Department of Civil Eng. of Jundi-Shapur University of Technology sharifi@jsu.ac.ir
2- Assistant Prof. and Academic Member of the Faculty of Eng. Water Sciences, University of Chamran, Ahwaz
3- Research Assistant Prof. of Soil Conservation and Water Management Research Institute jahanpor@yahoo.com
4- Associate Prof. and Academic Member of the Faculty of Agriculture, University of Shahrekord drj_mohammadi@yahoo.com

۱- دانشجوی دکتری هیدرولوژی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- استادیار و عضو هیات علمی دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری
۴- دانشیار و عضو هیات علمی گروه خاکشناسی، دانشگاه شهرکرد

شمالی با دامنه ارتفاعی ۲۲۸۰ تا ۲۹۱۳ متر از سطح دریا و مساحت ۵/۲ کیلومتر مربع، انتخاب شده است. از ویژگی‌های این محدوده، دامنه نسبتاً وسیع از مقادیر عوامل توپوگرافی می‌باشد. تعداد نقاط اندازه‌گیری شده عمق برف ۲۵۸ نقطه بوده که موقعیت آنها از طریق مدل رقومی ارتفاع^۲ و به کمک دستگاه موقعیت‌یاب جهانی^۳، مشخص گردید. اندازه‌گیری‌ها در روزهای ۷ الی ۹ اسفند سال ۱۳۸۴، مصادف با زمان حداکثر انباشت و در مدت کوتاهی انجام شده است که فرض همزمانی در اندازه‌گیری عمق برف در نقاط مختلف صادق باشد. طی روزهای مذکور هوا صاف و هیچگونه بارشی صورت نگرفت. میانگین دمای روزانه در روزهای اندازه‌گیری منفی و نزدیک به صفر گزارش شده است. لذا در طی روزهای مزبور ذوب قابل ملاحظه‌ای که موجب برهم زدن فرض یکنواختی برف در زمان برف‌سنجی بشود، صورت نگرفت.

بمنظور بررسی چگونگی تأثیر هر یک از عوامل ارتفاع، زاویه و جهت شیب بر عمق برف، تحلیل اطلاعات مربوط به هر متغیر، در سه مرحله صورت گرفته است. در مرحله اول، تحلیل همبستگی بین عامل مورد نظر با عمق برف، در کل داده‌ها (۲۵۸ نقطه) انجام شد. با انجام این مرحله ضرورت بررسی رابطه عمق برف با عامل مستقل، به‌ازاء بازه‌های مختلفی از آن، فراهم گردید. در مرحله دوم اقدام به طبقه‌بندی دامنه تغییرات عامل مورد نظر، براساس قضاوت کارشناسی مبتنی بر تغییرات مقادیر باقیمانده‌های بدست آمده از مرحله اول و نیز با توجه به مقادیر چارک‌های متغیر مورد نظر و در نهایت با کمک بسته نرم افزار آماری SPSS، کلاس‌بندی متغیر مستقل، بر حسب عمق برف، صورت گرفت. در این مرحله، با انجام آنالیز واریانس یکطرفه، ابتدا آزمون همگنی واریانسها، انجام شد. در صورت رد فرض تساوی واریانس گروه‌ها در سطح ۵ درصد، از آزمون مقایسه میانگین دانست‌تی تری^۴ استفاده شد. در غیر اینصورت، آزمون دانکن^۵، بعنوان یکی از آزمون‌های معتبر در این حالت، بکار گرفته شد. در مرحله سوم بمنظور بررسی تغییرات عمق برف بازاء مقادیر مختلف متغیر مورد نظر، در هر یک از کلاس‌های تعیین شده، اقدام به تحلیل همبستگی گردید.

۴- خلاصه نتایج

آماره‌های مربوط به مقادیر اندازه‌گیری شده عمق برف و نیز متغیرهای مستقل در جدول (۱)، آورده شده است.

تحلیل همبستگی عمق برف با ارتفاع، نشان می‌دهد که این رابطه با ضریب همبستگی مثبت در سطح ۵ درصد معنی‌دار است.

یکی از راه‌حل‌های ممکن برآورد توزیع مکانی برف انباشته^۱، نسبت دادن تغییرات خصوصیت آن از قبیل آب معادل برف یا عمق برف، به عوامل موثر بر آن می‌باشد (Elder and Dozier, 1990; Cline et al., 1998). از عوامل موثر می‌توان به خصوصیات توپوگرافی شامل ارتفاع، زاویه شیب و جهت آن اشاره کرد. در زمینه بررسی چگونگی وابستگی هر یک از متغیرها با عمق برف، مطالعاتی صورت گرفته است که تحت شرایط منطقه‌ای مختلف، نتایج متفاوتی بدست داده است. مثلاً رابطه عمق برف با ارتفاع، گاهی خطی (Bloschl et al., 1991) و در برخی موارد غیرخطی (Elder et al., 1995; Balk and Elder, 2000) ارائه شده است. در موارد دیگر، همبستگی مثبت عمق برف با ارتفاع (Shaban et al., 2004) به رابطه‌ای معکوس تبدیل شده است (Erickson et al., 2005). چگونگی تأثیر زاویه شیب و رابطه آن با عمق برف، در بازه‌های مختلفی از مقادیر زاویه، متفاوت است (Bloschl et al., 1991). همچنین در مطالعات مختلف، بازه‌های مزبور، با یکدیگر فرق می‌کند (Marchand and Killingtveit, 2001). در بررسی ارتباط عمق برف با عوامل توپوگرافی، وحدت نظر کامل وجود ندارد و نتایج متفاوتی توسط افراد مختلف ارائه شده است بطوریکه اقلیم نیز بعنوان یک عامل تأثیرگذار مورد توجه قرار گرفته است.

۲- هدف

برای دستیابی به توزیع مکانی برف، لازم است تا ابتدا عملکرد برخی از عوامل توپوگرافی شامل ارتفاع، زاویه و جهت شیب بعنوان پارامترهای موثر بر عمق برف مورد بررسی قرار گیرند. از طرفی چگونگی روابط عمق برف با عوامل توپوگرافی تحت تأثیر شرایط اقلیمی و جغرافیایی مختلف در مطالعات، با یکدیگر تفاوت دارد (Gray and Male, 1981). لذا هدف از این تحقیق بررسی عملکرد هر یک از سه عامل مذکور بر عمق برف، بعنوان مقدمه‌ای برای دستیابی به توزیع مکانی در یک منطقه معرف برفی در کشور می‌باشد.

۳- روش تحقیق

اطلاعات مشاهده‌ای مورد بررسی در این تحقیق برای ارزیابی روابط عمق برف با عوامل توپوگرافی عبارت از اندازه‌گیری نقطه‌ای متراکم عمق برف، در یک محدوده معرف برفی می‌باشد. محدوده مزبور واقع در گردنه چری از حوضه صمصامی در سرشاخه‌های کارون شمالی، با طول ۵۰ درجه و ۱۱ دقیقه شرقی و عرض ۳۲ درجه و ۱۰ دقیقه

جدول ۱- آماره‌های توصیفی عوامل توپوگرافی در ۲۵۸ نقطه برف‌سنجی شده واقع در گردنه چری در حوضه صمصامی

متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین	ضریب تغییرات
عمق برف (سانتیمتر)	۰	۴۱۷	۱۹۹	۰/۴۱
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۲۲۸۷	۲۹۳۳	۲۵۸۹	۰/۰۷
زاویه شیب (درجه)	۳/۷۸	۴۷/۸۶	۱۹	۰/۴۰
جهت شیب (آزیموت)	۰	۳۵۹/۷	۱۲۱	۰/۵۹

لیکن رفتار ارتفاع در بازه‌های مختلف آن، با عمق برف متفاوت می‌باشد. بطوریکه همبستگی بهتری در کلاس ۱ با دامنه ارتفاعی ۲۲۸۷ تا ۲۴۳۹ متر، بدست آمد. در کلاس ۲ یعنی ارتفاع ۲۴۴۰ تا ۲۵۶۰ متر، همبستگی معنی دار، لیکن ضریب همبستگی کمتر از ضریب مشابه در کلاس ۱ بود. در کلاس ۳، تا ارتفاع ۲۷۸۰ متری، رابطه خطی همواره معنی دار، لیکن در ارتفاعات بلندتر، همبستگی معنی داری در سطح ۵ درصد بدست نیامد. هر چند رابطه ارتفاع و عمق برف در ارتفاعات پایین تر، معنی دار بدست آمد، لیکن ارتفاع به تنهایی نتوانست درصد قابل توجهی از واریانس مشاهدات را مدل نماید. مضافاً در ارتفاعات بیش از ۲۷۸۰ متر، به نظر رسید که رابطه عمق برف با ارتفاع، تحت تأثیر فرایند پیچیده غیر خطی قرار داشت.

تحلیل همبستگی بین داده‌های عمق برف و زاویه شیب متناظر با آنها نشان داد که رابطه مزبور در سطح ۵ درصد معنی دار و رابطه آن مثبت است. نتیجه دسته بندی مقادیر زاویه شیب، منجر به دو کلاس زاویه‌ای گردید. در کلاس اول با دامنه تغییرات ۳/۸ تا ۱۴/۸۵ درجه، همبستگی معنی داری در سطح ۵ درصد مشاهده نشد. لیکن ارتباط آنها معکوس بدست آمد. در کلاس ۲، با دامنه تغییرات ۱۴/۸۵ تا ۴۷/۸۶ درجه نیز همبستگی معنی داری مشاهده نشد ولی ارتباط عمق برف با زاویه شیب، مثبت بود.

نتیجه بررسی همبستگی عمق برف با جهت شیب، بیانگر معنی دار بودن آن در سطح ۵ درصد بود. شیب‌های با جهت صفر تا ۱۶۶ درجه (آزیموت)، در سطح ۵ درصد همبستگی نسبتاً خوب و معنی داری با عمق برف از خود نشان دادند. این در حالی است که در جهت‌های ۱۷۲ تا ۲۰۴ و ۲۰۶ تا ۳۵۹ درجه، همبستگی معنی داری در سطح مذکور بدست نیامد.

۵- بحث و نتیجه گیری

چگونگی رابطه عمق برف با ارتفاع در محدوده مورد مطالعه، تحت تأثیر ترازهای ارتفاعی است. بطوریکه تا ارتفاع ۲۷۸۰ متری، رابطه معنی داری بین این دو متغیر بدست آمد. لیکن در ارتفاعات بالاتر، رابطه خطی معنی داری بدست نیامد که احتمالاً رابطه مذکور، تحت تأثیر فرایند پیچیده غیرخطی، قرار داشت. این نتیجه از آن جهت مورد اهمیت است که در مطالعاتی نظیر (Bloschl et al., 1991) یا (Marchand and Killingtveit, 2001) نتایج مربوط به معنی دار بودن رابطه خطی عمق برف با ارتفاع، بدون قید طبقات ارتفاعی، منتشر گردیده است. در خصوص مستقیم یا معکوس بودن ارتباط بین عمق برف و ارتفاع، نیز نتایج بدون قید طبقات ارتفاعی ارائه گردیده است. بطوریکه برخی آن را کلاً مستقیم (Shaban et al., 2004)، و برخی معکوس (Erickson et al., 2005) ارائه کرده اند. آنچه در این تحقیق بدست آمده عبارت است از اینکه در ارتفاعات بیش از ۲۷۸۰ متر با حداکثر مقدار ۲۹۳۳ متر، رابطه همبستگی عمق برف با ارتفاع، معکوس بوده ولی در ارتفاعات پایین تر، این رابطه مستقیم (مثبت) می‌باشد. به نظر می‌رسد که علت معکوس شدن رابطه مذکور، تحت تأثیر عامل باد باشد که این موضوع نیاز به تحقیق بیشتری جهت اثبات دارد.

با توجه به معنی دار نبودن همبستگی عمق برف با زاویه شیب، در هیچ یک از دو بازه آن در این تحقیق و مقایسه با نتیجه برخی از محققین، نظیر (Bloschl et al., 1991) و (Shaban et al., 2004)، که رابطه معنی داری بین عمق برف با زاویه شیب بدست آورده‌اند، می‌توان گفت که رابطه عمق برف با زاویه، تحت تأثیر شرایط منطقه‌ای قرار دارد. همچنین ملاحظه شد که ارتباط عمق برف با زاویه در زاویه‌های کمتر از ۱۵ درجه، معکوس و در زوایای بیشتر، مستقیم بدست آمد. این در حالی است که برخی از محققین، بدون تأکید بر دامنه تغییرات زاویه شیب، این رابطه را معکوس (Shaban et al., 1991; et al., 2004)، و برخی دیگر مثبت (Marchand and Killingtveit, 2001; Erickson et al., 2005) ارائه کرده‌اند. بنابراین، از این نظر نیز می‌توان گفت رابطه عمق برف با زاویه، تحت تأثیر شرایط منطقه‌ای قرار دارد. به نظر می‌رسد، برف در محدوده مورد مطالعه، بگونه‌ای است که تحت تأثیر ذوب^۷ برف قرار گرفته و دچار تغییر شکل شده است. در نتیجه، خاصیت چسبندگی آن به سطح، تأثیر زاویه شیب بر روی تغییرات عمق برف انباشته را خنثی نموده است. چرا که زاویه شیب از دو طریق اثر پوسته‌ای^۸ و بهمن‌زایی^۹، در تغییرات عمق برف انباشته موثر می‌باشد

۶- مراجع

- Balk, B. and Elder, K. (2000), "Combining binary decision tree and geostatistical methods to estimate snow distribution in a mountain watershed," *Water Resources Research*, Vol. 36(1), pp.13-26.
- Bloschl, G., Kirnbauer, R. and Gutknecht, D. (1991), "Distributed Snowmelt Simulations in an Alpine Catchment: 1. Model Evaluation on the Basis of Snow Cover Patterns," *Water Resources Research*, Vol. 27(12), pp. 3171-179.
- Cline, D. W., Bales, R. C. and Dozier, J. (1998), "Estimating the spatial distribution of snow in mountain basins using remote sensing and energy balance modeling," *Water Resources Research*, Vol. 34(5), pp. 1275-1285.
- Elder, K. and Dozier, J. (1990), "Improving methods for measurement and estimation of snow storage in alpine watersheds," *Hydrology in Mountainous Regions. I- Hydrological Measurements; the Water Cycle*, IAHS Publ. no. 193, pp. 147-156.
- Elder, K., Michaelsen, J. and Dozier, J. (1995), "Small basin modeling of snow water equivalence using binary regression tree methods," *IAHS Publ. no. 228*, pp.129-139.
- Elder, K., Dozier, G. and Michaelsen, J. (1991), "Snow Accumulation and Distribution in an Alpine Watershed," *Water Resources Research*, Vol. 27(7), pp. 1541-1552.
- Erickson, T. A., Williams, M. W. and Winstral, A. (2005), "Persistence of topographic controls on the spatial distribution of snow in rugged mountain, Colorado, United States," *Water Resources Research*, Vol. 41(w04014), pp. 1-17.
- Gray, D. M. and Male, D. H., (1981), *Handbook of snow*, Pergamon, New York, 765p.
- Marchand, W. D. and Killingtveit, A. (2001), "Analyses of the Relation Between Spatial Snow Distribution and Terrain Characteristics," 58th Estern Snow Conference Ottawa, Ontario, Canada.
- Shaban, A., Faour, G., Khawlie, M. and Abdallah, C. (2004), "Remote sensing application to estimate the volume of water in the form of snow on Mount Lebanon," *Hydrological Sciences Journal*, 49(4), pp. 643-653.

(Elder et al., 1991). همچنین شاید یکی از دلایل بی معنی بودن رابطه عمق برف با زاویه شیب، بادپناه بودن محدوده مورد مطالعه باشد. زیرا محدوده مزبور در یال شمال شرقی کوه چری واقع بوده که با توجه به بادهایی که عموماً از جهتهای غربی می وزند، محدوده مزبور در موقعیت بادپناهی قرار دارد.

تأثیر جهت شیب روی عمق برف به ازاها بازه‌های مختلف جهت شیب، متفاوت بود. بر اساس نتایج حاصل، صرفاً جهتهایی از شیب با عمق برف رابطه معنی‌داری نشان دادند، که از موقعیت بادپناهی بیشتری برخوردار بودند. زیرا جهتهای واقع در کلاس ۱ که دارای همبستگی معنی‌داری با عمق برف بودند، با تغییر جهت از شمال به جنوب، در جهت عقربه‌های ساعت، جهتهایی بودند که با توجه به جهت باد منطقه که عموماً از طرف جهتهای غربی می‌وزد، عمدتاً از موقعیت بادپناهی برخوردار هستند. در مقابل، جهتهای واقع در کلاس ۳، با آزیومت ۲۰۶ تا ۳۵۹ درجه، اگر چه مجدداً دارای تغییرات از جنوب به شمال هستند لیکن جزء شیبهای رو به جنوب غرب، غرب و شمال غرب، که عموماً در معرض بادروبی قرار دارند، محسوب می‌شوند که فاقد رابطه معنی‌دار بین عمق برف و جهت شیب بودند. این نتیجه عکس نتیجه‌ای می‌باشد که (Marchand and Killingtveit 2001) در منطقه مورد مطالعه خود واقع در نروژ، منتشر نموده‌اند. آنها ذکر نموده‌اند که "در شیبهای رو به باد، همبستگی بیشتری بین عمق برف و جهت شیب برقرار است" حال آنکه نتایج مشاهدات در این تحقیق خلاف این را نشان داد. اینگونه اختلافها در نتایج تحقیقات در زمینه برف، که در مورد زاویه و ارتفاع نیز مشاهده شد، همانند آنچه در بالا ذکر شد، این فرضیه را قوت می‌بخشد که تأثیر عوامل توپوگرافی، به عنوان بخشی از عواملی که قابلیت توصیف تغییرات مکانی خصوصیات برف را دارند، بر تغییرات برف انباشته، تابع شرایط اقلیمی و جغرافیایی بوده و در مناطق مختلف، متفاوت است. لذا بررسی روابط مزبور در شرایط مختلف آب و هوایی، که مقدمه مبحث توزیع مکانی برف در هر منطقه به شمار می آید، ضروری است.

پی‌نوشت‌ها

- 1-Snowpack
- 2-Digital Elevation Model (DEM)
- 3-Global Positioning System (GPS)
- 4-Dunnet's T3 Test
- 5-Duncan Test
- 6-Correlation

تاریخ دریافت گزارش فنی: ۹ آبان ۱۳۸۵

تاریخ اصلاح گزارش فنی: ۱۷ اردیبهشت ۱۳۸۶

تاریخ پذیرش گزارش فنی: ۱ آبان ۱۳۸۶