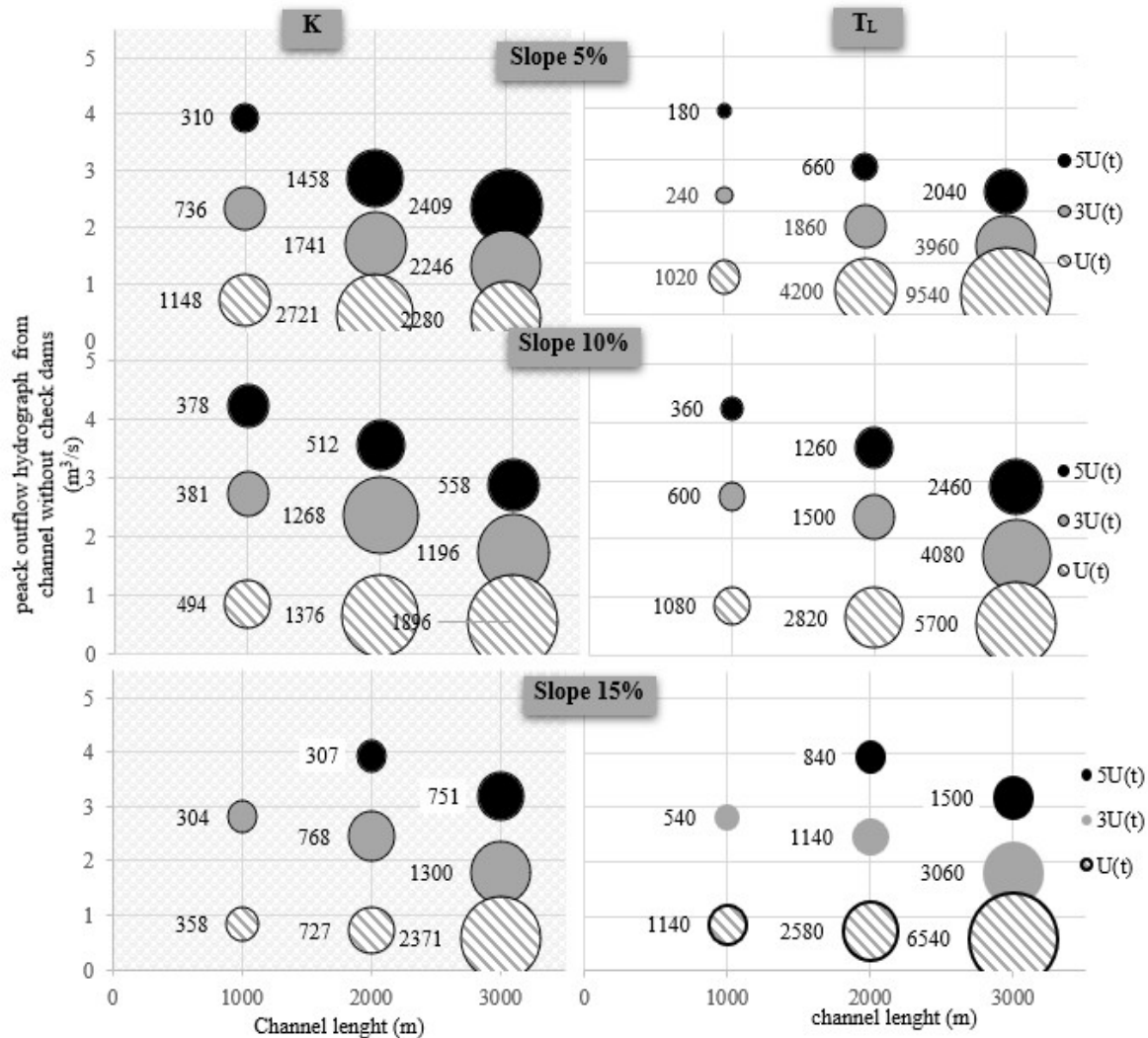


ازای سه شیب و سه طول را نشان می‌دهد. هر چه طول کانال بیشتر، شیب کانال کمتر و دبی ورودی به کانال کمتر باشد، پارامترهای روندیابی مخزن خطی بزرگ‌تر شده و لذا، ضریب تسکین بزرگ‌تر می‌شود.

فرضی با پایه زمانی هیدروگراف با بند اصلاحی $Q_{out-chk}$ تطابق یابد.

شکل ۷، مقادیر ضریب ذخیره و زمان تاخیر برای ارائه اثر بخشی بندهای اصلاحی متوالی در کاهش دبی و افزایش زمان پایه هیدروگراف عبوری از کانال مثلثی به

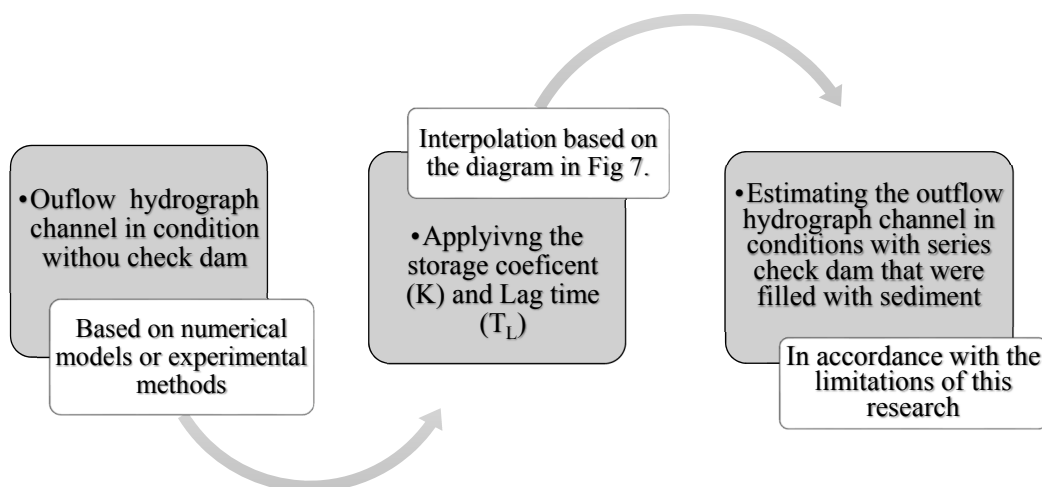


شکل ۷- مقادیر ضریب ذخیره و زمان تاخیر به عنوان ضرایب اصلاحی هیدروگراف خروجی به ازای اجرای بند اصلاحی در کانال با طول، شیب و دبی متغیر (بزرگی دایره‌ها نشان دهنده بزرگی ضریب ذخیره و زمان تاخیر است).

Fig. 7. The value of storage coefficient and lag time as correction coefficients of outflow hydrograph in condition of with series check dam in channel with variable slope, length, and inflow hydrograph (The size of the circles indicates the size of the storage coefficient and the lag time.)

صورت وجود بندهای اصلاحی متوالی پر از رسوب، تخمین زده شود. مراحل فوق به صورت خلاصه در شکل ۸، ارائه شده است. البته باید طول، شیب و دبی ورودی در محدوده اعداد مندرج در نمودارهای شکل ۷، باشند.

به این ترتیب، می‌توان با داشتن هیدروگراف خروجی از یک آبراه بدون بند اصلاحی و بر اساس مقادیر ضریب ذخیره و زمان تاخیر که مطابق با مشخصات آبراه از شکل ۷، درون‌یابی می‌شود، هیدروگراف خروجی از آبراه در



شکل ۸- مراحل تخمین هیدروگراف خروجی از یک آبراهه با وجود بندهای اصلاحی متوالی و پر از رسوب بر اساس هیدروگراف خروجی از کانال بدون بند اصلاحی

Fig. 8. Estimation stages of outflow hydrograph channel with series check dams that are filled by sediment using the outflow hydrograph channel without check dam

داد، اما مشخصه شیب با اجرای بند اصلاحی قابل تعدیل است. بندهای اصلاحی متوالی با ارتفاع ۲/۵ متر در یک کانال با شیب ۱۵ درصد نیز، شیب را تا پنج درصد تقلیل می‌دهد و هم طول مجازی کانال را افزایش می‌دهد (از ۲۰۰۰ به ۳۰۰۰ متر می‌رساند). لذا، اجرای بند اصلاحی، هم شیب و هم طول کانال را در روندیابی هیدروگراف عبوری تغییر خواهد داد. در پژوهشی مشابه، بند اصلاحی با متوسط ارتفاع ۱/۱ متر (بیشینه پنج و کمینه ۰/۵ متر) در آبراهه‌ای با شیب ۱/۳۱ درصد، بالغ بر ۱۷۰۰ متر به طول مسیر حرکت آب اضافه کرده است. بند اصلاحی با متوسط ارتفاعی ۱/۳ متر (بیشینه و کمینه ارتفاع بند به ترتیب سه و ۰/۸۵ متر) در آبراهه‌ای با شیب تقریب یک درصد، ۲۳۰۰ متر به طول مسیر حرکت آب اضافه کرده است (Mozzi et al., 2021).

بر اساس پژوهش Yazdi (2017)، در حوضه کن استان تهران با متوسط شیب بالای ۱۵ درصد، با فرض آبراهه مثلثی شکل و در صورت اجرای بند اصلاحی متوالی به تعداد مختلف، درصد کاهش دبی اوج خروجی حوضه (۹/۸۱ متر مکعب بر ثانیه) گزارش شده است. ۱۰ بند اصلاحی یک درصد، ۲۰ بند اصلاحی شش

نتیجه‌گیری

بند اصلاحی یکی از روش‌های کاربردی در کنترل رسوبات و پایدارسازی آبراهه‌های حوزه آبخیز است که اجرای آن‌ها بر روی خصوصیات هیدرولوژیکی حوضه‌ها مانند زمان تمرکز، حجم و دبی سیلاب تاثیر می‌گذارد. در این پژوهش، بررسی اثربخشی بندهای اصلاحی متوالی در یک کانال با مقطع مثلثی با سه طول ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ متر، در سه شیب طولی پنج، ۱۰ و ۱۵ درصد با مدل MIKE 11 مورد بررسی قرار گرفت.

در سناریوی اول (کانال بدون بند اصلاحی)، درصد تغییرات دبی اوج هیدروگراف روندیابی شده نسبت به دبی ورودی تحت تغییرات طول مسیل، شیب و مقادیر مختلف هیدروگراف ورودی، مورد ارزیابی قرار گرفت. هر چه شیب کانال کمتر باشد، چون ذخیره‌ای گوه‌ای در آن بیشتر رخ می‌دهد، دبی اوج هیدروگراف بیشتر کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، تاثیر روندیابی نمایان‌تر خواهد بود. در یک شیب ثابت، طول بیشتر کانال هم می‌تواند تاثیر روندیابی را نشان دهد.

در مقوله کنترل سیل، هدف کاهش دبی اوج سیلاب است. در طبیعت مشخصه طول آبراهه را نمی‌توان تغییر

هیدرولوژیکی و تجربی قابل استخراج است. برای بیان اثربخشی احداث بند اصلاحی بر روی این آبراهه، مطابق با مشخصات آبراهه و دبی ورودی ضریب ذخیره و تاخیر زمانی، بر اساس نمودار فوق درون‌یابی می‌شود. سپس، هیدروگراف خروجی از آن آبراهه بدون بند اصلاحی با کمک این ضرایب برای حالت آبراهه با بند اصلاحی، تصحیح خواهد شد.

بر اساس نتایج این پژوهش، می‌توان آبراهه‌های مختلف را برای احداث بندها اصلاحی، مورد ارزیابی قرار داد و گزینه مناسب را برای احداث این نوع از عملیات آبخیزداری ارائه کرد. البته مقادیر زمان تاخیر و ضریب ذخیره مدلسازی بند اصلاحی، تنها برای ترکیب‌های مشخصی از طول، شیب و هیدروگراف ورودی این پژوهش صادق است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این پژوهش از سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور برای حمایت‌های آن‌ها در اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌کنند.

تعارض منافع

در این مقاله تضاد منافی وجود ندارد و این مساله مورد تایید همه نویسندگان است.

درصد، ۴۰ بند اصلاحی هشت درصد، ۱۷۰ بند اصلاحی ۲۵ درصد، ۳۸۰ بند اصلاحی ۲۸ درصد، ۶۷۰ بند اصلاحی ۵۲ درصد، دبی اوج خروجی حوضه را کاهش خواهد داد.

۱۱ بند اصلاحی با متوسط ارتفاع دو تا ۳/۵ متر در آبراهه‌ای به طول ۱۸۰ متر و شیب ۱۲ درصد، زمان تاخیر را از ۰۹/۸۴ دقیقه به ۱۱/۶۴ دقیقه افزایش داده (تقریباً ۱۸/۳ درصد) و زمان تمرکز را ۱۶/۴۳ دقیقه با ۱۹/۴۵ دقیقه افزایش (۱۵/۵ درصد افزایش) داده است. همچنین، شیب هشت درصدی آبراهه تا ۲/۳ درصد، تقلیل یافته است (Amini et al., 2014).

در این پژوهش، اثربخشی بندهای اصلاحی بر هیدروگراف سیل بر اساس مولفه‌های هیدرولوژیکی، مخزن خطی و زمان تاخیر، با شبیه‌سازی هیدرودینامیکی این سازه‌های کوچک مقیاس، در مدل MIKE 11 انجام شد. مخزن خطی برای یک هیدروگراف با ضریب ذخیره K اعمال می‌شود. میانگین ضریب ذخیره مخزن خطی برای طول ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ متر و برای سه شیب مورد بررسی به ترتیب ۵۰۰، ۱۱۰۰ و ۱۴۰۰ ثانیه تخمین زده شد. میانگین زمان تاخیر نیز برای سه طول مورد نظر به ترتیب ۵۴۰، ۱۷۵۰ و ۳۷۰۰ ثانیه محاسبه شد. هیدروگراف خروجی از آبراهه مورد بررسی از انواع مدل‌ها همچون هیدرولیکی،

منابع مورد استفاده

- Abbasi, M., Mohseni, S., Kheirkhah, M., Khalighi Sigaroudi, M.M., Rostamizad, S., Hosseini, M., 2010. Assessment of watershed management activities on time of concentration and curve number using HEC-HMS model, case study: Kan Watershed, Tehran. *J. Range Watershed Manag.* 63(3), 375-385 (in Persian).
- Abbasi, N.A., Xiangzhou, X., Borja, M.E.L., Dang, W., Liu, B., 2019. The use of check dams in watershed management projects: examples from around the world. *Sci. Total Environ.* 676, 683-691.
- Amini, A., Ghazvinei, P.T., Javan, M., Saghafian, B., 2014. Evaluating the impacts of watershed management on runoff storage and peak flow in Gav-Darreh Watershed, Kurdistan, Iran. *Arab. J. Geosci.* 7(8), 3271-3279.
- Campbell, B., Sayer, J.A., Frost, P., Vermeulen, S., Ruiz Perez, M., Cunnigam, A., Prabhu, R., 2001. Assessing the performance of natural resource systems. *Conserv. Ecol.* 5(2), 22.
- Cucchiario, S., Cavalli, M., Vericat, D., Crema, S., Llana, M., Beinart, A., Marchi, L., Cazorzi, F., 2019. Geomorphic effectiveness of check dams in a debris-flow catchment using multi-temporal topographic surveys. *Catena* 174, 73-83.
- Danish Hydraulic Institute (DHI). 2008. Mike 11 User's guide. Danish Hydraulic Institute, Hørsholm Denmark.

- Darabi, M., Malekinejad, H., Talebi, A., Heydari, H., 2020. Evaluation of the performance of watershed management projects on the flood situation of Sivand Dam Watershed, Fars Province. *Hydrogeomorphology* 6, 83-105 (in Persian).
- Dillon, P., Stuyfzand, P., Grischek, T., Lluria, M., Pyne, R.D.G., Jain, R.C., Wang, W., Fernandez, E., Zheng, Y., Rossetto, R., 2018. Sixty years of global progress in managed aquifer recharge. *Hydrogeology* 27, 1-30.
- Feng, Z., Li, Z., Shi, P., Li, P., Wang, T., Duan, J., 2021. Impact of sedimentation by check dam on the hydrodynamics in the channel on the loess plateau of China. *Nat. Hazards* 107, 953-969.
- Ghodrati, A., Qudusi, J., Dadashi, M., 2004. Projects in Sepid-rud dams evaluation of watershed management. Proceedings of National Conference on Watershed Management and Soil and Water Management, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran (in Persian).
- Hassanli, A., Beecham, S., 2013. Criteria for optimizing check dam location and maintenance requirements. *Check Dams, Morphological Adjustments and Erosion Control in Torrential Streams*, 11-31.
- Hosseinzadeh, N.P., 2014. An investigation of the hydrological response of flood control structures based on the hydraulic simulation. MSc Thesis, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University Science and Research Branch, Tehran, Iran (in Persian).
- Kaboosi, K., Jelini, J., 2017. The efficiency of detention reservoirs for flood control on the Jafar Abad River in Golestan Province (Iran). *Russ. Meteorol. Hydrol.* 42, 129-134.
- Kim, M.I., Kim, N., 2021. Analysis of debris flow reduction effect of check dam types considering the mountain stream shape: a case study of 2016 debris flow hazard in Ulleung-do Island, South Korea. *Adv. Civ. Eng.* 8899368.
- Mozzi, G., Pavelic, P., Alam, M.F., Stefan, C., Villholth, K.G., 2021. Hydrologic assessment of check dam performances in semi-arid areas: a case study from Gujarat, India. *Front. Water* 3, 628955.
- Safaei, A., Khodshenas, S.R., Davary, K., 2020. Flood control using a combination of delayed dam and coastal dike, case study: Kan River Basin. *Ferdowsi Civ. Eng.* 32(4), 105-117 (in Persian).
- Shiravi, B., Golkarian, A., Aboutalebi, P.N.A., 2016. The effect of construction of check dams on the concentration time and reduction of flood peak discharge, case study: Gash Watershed. *Rangel. Water Manag. (Iran. Nat. Resour.)* 68(2), 307-322 (in Persian).
- Tang, H., Ran, Q., Gao, J., 2019. Physics-based simulation of hydrologic response and sediment transport in a hilly-gully catchment with a check dam system on the loess plateau, China. *Water* 11(6), 1161.
- Vaezi, A.R., Abbasi, M.M., Keesstra, S., Cerdà, A., 2017. Assessment of soil particle erodibility and sediment trapping using check dams in small semi-arid catchments. *Catena* 157, 227-240.
- Verstraeten, G., Rompaey, A.V., Poesen, J., Dost, K.V., 2003. Evaluating the impact of watershed management scenarios on changes in sediment delivery to rivers. *Developments in Hydrobiology*, 169, Springer, Dordrecht.
- Xu, Y., Fu, B., He, C., 2013. Assessing the hydrological effect of the check dams in the loess plateau, China by model simulations. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 17(6), 2185-2193.
- Yazdi, J., 2017. Check dam layout optimization on the stream network for flood mitigation: surrogate modelling with uncertainty handling. *Hydrol. Sci. J.* 62(10), 1669-1682.
- Yuan, S., Li, Z., Li, P., Xu, G., Gao, H., Xiao, L., Wang, T., 2019. Influence of check dams on food and erosion dynamic processes of a small watershed in the loess plateau. *Water* 11(4), 834.
- Zhao, G., Kondolf, G.M., Mu, X., Han, M., He, Z., Rubin, Z., Sun, W., 2017. Sediment yield reduction associated with land use changes and check dams in a catchment of the loess plateau, China. *Catena* 148, 126-137.