

Identifying the Type of Land use Changes in the River Flood Bed and Affecting the Water Quality of the Dam Reservoir (Case study: Upstream Tributaries of the Kardeh Reservoir)

Mohamadtaqi Dastorani^{1✉}, Mahboobeh Hajibigloo², Hasan Shojaee³

1. Professor of Watershed Management, University Ferdowsi, Mashhad, Iran
✉ E-mail: dastorani@um.ac.ir
2. Ph.D Student in Watershed Management, Gorgan University, Gorgan, Iran
E-mail: hajibigloo@gmail.com
3. Ph.D in Earth Sciences, University of Warsaw, Poland, Lahestan
E-mail: hshojaee@yahoo.com



How to Cite: Dastorani, M; & Hajibigloo, M; & Shojaee, H. (2022). Identifying the Type of Land use Changes in the River Flood Bed and Affecting the Water Quality of the Dam Reservoir (Case study: Upstream Tributaries of the Kardeh Reservoir). *Geography and Development*, 20 (66), 255-282.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22111/J10.22111.2022.6739>

Received:

22 January 2021

Received in revised form:

19 October 2021

Accepted :

1 December 2021

Published online:

15 January 2022

Keywords:

River flooding bed,
Flood estimation,
Hydraulic model,
Land use, Water quality
monitoring.

ABSTRACT

Kardeh reservoir has been constructed with about 38 million m³ to supply a part of Mashhad drinking water as well as irrigation of downstream agricultural lands. A number of 13 villages with total population of 2400 people are located in drainage basin upstream of this reservoir dam, and off course affective on water quality of the reservoir. In present research based on the purposes, direct and indirect methods were used to estimate flood discharges on sub-catchments of the basin. Based on the results of regional frequency analysis, Dicken's method and also field observations, regional Dicken's (scenario II) method was selected and the data of three flow gauging stations named Jung, Kooskabad and Kardeh were used for calibration of Dicken's coefficient. Then, after determination of flood zones, it was realized that the most arrogated orchards have been occurred in reaches of Kharkat, Balghoor, Aal and Sij respectively with the areas of 240.8, 83.6, 50, 22.8 and 18.3 ha., and the most arrogated agricultural lands on river bed have been occurred on Kharkat, Goosh, Balghoor, Sij and Aal respectively with the areas of 132.2, 17.5, 15.1, 5.5 and 0.8 ha. Land use changes in flooding bed along the river from upstream to downstream indicate the increase of chemical fertilizers and agricultural toxics entering the water from agricultural fields and orchards which is a serious risk of pollution and unsuitable effects on drinking water of the Kardeh reservoir. Monitoring of Kardeh river water quality in Aal and Mareshk villages confirms this problem.



© the Author(s).

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

Extended Abstract

1. Introduction

River instability is the result of human activities and active natural and accidental phenomena of the river, and the main reason for the complexity of river engineering is the unknown behavior of the river as a living and changing complex that external factors intensify the process of its changes and variations. The main factor that causes disturbance along the path of a canal or a river is that there is a change in the main flow channel or the water path deviates from the main channel. These factors include floods, erosion, sedimentation and improper

use of bank and bed (construction, harvesting and accumulation of materials). The increasing need for water in order to increase agricultural activities and different aspects of tourism in different parts of Khorasan Razavi province, has led to considerable encroaching to the riverbed and upstream of dam reservoirs. Of course, uncontrolled sand mining from the riverbed, release of construction waste and rubbish as well as rural and tourist wastewater into the rivers along with importing livestock and grazing more than the capacity of the river basin pastures and destruction of vegetation will increase the environmental problems. One of the necessary tools for flood management and river restoration is

land use management. Land use management is a method in which the optimal use of lands based on their potentials and limitations in order to avoid flood losses and the owners' expectations for the development of their land, in areas prone to flood, is considered. Land use management is based on two factors: control of land use and control of development and construction. Each of these factors can be effectively applied to developed lands or new lands that are at risk of flooding. Accordingly, in the present study, an attempt has been made to investigate the environmental and social consequences of human encroachments in the bed and banks of the upstream tributaries of the Kardeh Dam and to provide solutions to the challenges related to this issue.

2. Methods and Materials

Kardeh Dam basin with an area of about 680.5 km² is located in northeastern Iran and north of Mashhad, and is part of the Kashf River basin. The Kardeh River arises from the confluence of the two tributaries of Kushkabad and Aal. Kardeh Reservoir Dam has been constructed to supply part of the drinking water of Mashhad city as well as irrigation of agricultural lands downstream of the basin with a capacity of about 38 million cubic meters and of symmetrical two-arched concrete type with a height of 67 meters. In the watershed of Kardeh Reservoir, there are 13 villages with 2,400 populations that can affect the condition of the dam and its water quality. However, the current condition of Kardeh Dam can cause many environmental problems for citizens. In order to estimate the maximum 24-hour rainfall in the study area, the statistics of the most severe 24-hour rainfall of Bulgur rain gauge station were used. Large and exceptional floods in the basin were estimated and estimated using appropriate and acceptable methods. Direct and indirect methods were used for estimation of flood in each of the study sub-basins. The best statistical distribution according to the data was selected based on Akai and Baysin selection tests and comparing the fit of the distribution on the observational data separately for each station. Then based on this distribution, maximum instantaneous flows with different return periods were determined. According to the results of regional analysis and the closeness of the results of this method to Dicken method and also according to

regional visits, the Dicken second scenario regional method was considered as the selected method. Statistics of three stations of Jung, Kooshakabad and Kardeh were used to calibrate the Dicken coefficient. After determining the river flood discharge, HEC-RAS hydraulic model was used to determine the flood zones with different return periods.

3. Results and Discussion

In different reaches of Kardeh river in the current situation, the river flood zone was determined with a return period of 25 years and by comparing this zone with the river flood-mark line, in most river reaches, bed seizures are quite evident and the reduction of river bed width due to the encroach of orchards and agricultural lands into the riverbed was observed. The higher width of the riverbed in the aerial photos and the decrease in the width of the riverbed on the results of the hydraulic model is due to the intrusion and occupation of the riverbed in the current situation. By comparing the current and the previous conditions of the Kardeh river, the amount of seizures made on the riverbed is quite evident. Changes in the width of the riverbed are in the form of construction of gardens and agricultural lands towards the riverbed. The results of sensitivity analysis of the hydraulic model used in Kardeh River showed that the highest sensitivity of the model is in choosing the slope of the boundary sub-range (up or downstream) for the option of "uniform flow boundary conditions". The results of the model do not show much sensitivity to increasing the number of cross sections. The lowest sensitivity is related to the water level and the highest is related to the bed shear stress. Study of land use conditions in the study period, show that the horticultural methods combined with agriculture is the best cultivation pattern because the trees protect their bed soil against floods by creating a permanent cover. The results of water quality monitoring indicate high levels of nitrate, total suspended solids, iron and water acidity, because of the drains inflow of agricultural and orchard lands along the Kardeh river, which are often associated with fertilizers and chemical toxins. This is due to the

increase in the area of orchard and agricultural lands as a result of capturing the river bed and withdrawing water from the river and re-circulating this water taken from the river into the active riverbed after irrigating the orchards in combination with fertilizers and pesticides. Since the Kardeh reservoir water is planned to supply drinking water to Mashhad in the near future, the results indicate that this water is non-potable, which requires measures to prevent the expansion and development of garden lands in to the riverbed. In addition to environmental problems caused by the entry of agricultural sewage into the Kardeh river as a result of seizures in the riverbed and land use changes, water harvesting by gardeners and farmers in the villages upstream of the Kardeh reservoir, has reduced the volume of runoff into the Kardeh reservoir. Among the land uses along the river, the largest area of land occupied in the riverbed is related to orchards, agriculture, barren and residential use respectively.

4. Conclusion

The largest area of orchards occupied by the flood bed of Kardeh river is in the reaches of Kharkat, Bulgur, Aal, Sich and Gush with areas of 240.8, 83.6, 50, 22.8 and 18.3 hectares respectively. And the largest area of agricultural lands occupied by the floodbed of Kardeh river is in the reaches of Kharkat, Gush, Bulgur, Sich and Aal with areas of 132.2, 17.5, 15.1, 5.5 and 0.8 hectares, respectively. Land use changes in the floodplain from upstream to downstream of Kardeh River indicate an increase in the entry of chemical fertilizers and pesticides in agricultural and garden lands, which is a serious risk for pollution and has adverse effects on drinking water in the reservoir. The relationship between horticultural and agricultural uses and NO₃ concentration in the river and Kardeh reservoir is positive in summer. Release of effluents containing detergents through domestic use causes an increase in the pH level in river water and raising this index above the standard level leading to a decrease in water quality for drinking use and problems such as reduced dissolved oxygen, poisoning and stench of water, etc. The average amount of fertilizer used in arable lands of Kardeh watershed is 208 kg/ha based

on statistics provided by Mashhad Agricultural Jihad, of which 73% is nitrogen fertilizer, 20% phosphate fertilizer and the rest including potash and macro fertilizers. Inefficient use of agricultural inputs and irrigation as well as inappropriate irrigation and drainage networks have caused a large volume of agricultural effluents to enter the dam reservoir through the Kardeh River annually and provide water pollution.

Keywords: River flood bed, Flood estimation, Hydraulic model, Land use, Water quality monitoring.

5. References

- Earles, T.A., R.K. Wright, C. Brown and T.E. Langan. (2004). Los Alamos forest fire impact modeling. *Journal of the American Water Resources Association*, (JAWRA) 40(2): 371-384.
<https://www.semanticscholar.org/paper/LOS-ALAMOS-FOREST-FIRE-IMPACT-MODELING-Earles-Wright/babb274f479b3092822577102b7109809675211f>
- Ferguson, R. (2007). Flow resistance equations for gravel- and boulder-bed streams. *Water Resour. Res.* 43(5):1-12.
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2006WR005422>
- Grecchia, R. C., Beuchlea, R., Shimabukuro, Y.E., Aragão, E.O.C. Arai, E., Simonetti, E., Achara, F. (2017). An integrated remote sensing and GIS approach for monitoring areas affected by selective logging: A case study in northern Mato Grosso, Brazilian Amazon, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 61.70-80.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243417300971>
- Kamanbedast, A. and Y. Esfandiar. (2011). Investigation and study of morphological changing of rivers using HEC-GeoRAS and Mike 11 Software. *World Applied Sciences Journal*, 13(5): 1253-1258.
[https://www.idosi.org/wasj/wasj13\(5\)/42.pdf](https://www.idosi.org/wasj/wasj13(5)/42.pdf)
- Kukkonen, M. & Niina Kayhko. (2014). Spatio-temporal analysis of forest changes in contrasting land use regimes of Zanzibar, Tanzania, *Applied Geography*, 55, 193-202.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Spatio-temporal-analysis-of-forest-changes-in-land-Kukkonen-K%3%A4yhk%C3%B6/7d453b2b308500ba68164b00ceff8bdfbd613057>

- Montoya, L. & Masser, I. (2005). Management of natural hazard risk in Cartago, Costa Rica, *Habitat International*, 29 (3). 493-509.
https://www.researchgate.net/publication/278397675_Management_of_Natural_Hazard_Risk_in_Cartago_Costa_Rica
- Nitsche, M. (2012). Macro-roughness, flow resistance and sediment transport in steep mountain streams. Ph. D. Thesis. University of Leipzig. Zurich. German.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Macro-roughness%2C-flow-resistance-and-sediment-in-Nitsche/2ef1df86b5f84b302fd8485bde7b60b438844858>
- Plate, E. J. (2002). Flood risk and flood management. *Journal of Hydrology*, 297: 2-11.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002216940200135X>
- Prafulkumar, V.T., L.P. Prem and D.P. Prakash. (2011). Calibration of HEC-RAS model on prediction of flood for Lower Tapi River, India. *Journal of Water Resource & Protection*, 3:805-811.
<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=8680>
- Rickenmann, D. and Recking, A. (2011). Evaluation of flow resistance in gravel-bed streams through a large field data set. *Water Resour. Res.* 47(7): 1-22.
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2010WR009793>
- Rostamian R., Jaleha A., Afyunia M., Mousavian SF., Heidarpour M., Jalalian A. and Abbaspour KC. (2010). Application of a SWAT model for estimating runoff and sediment in two mountainous basins in central Iran. *Hydrological Sciences Journal*. 53(5): 977- 988.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1623/hysj.53.5.977>
- Vietz, Geoff J., Ian D. Rutherford, Tim D. Fletcher, and Christopher J. Walsh. (2016). Thinking outside the channel: Challenges and opportunities for protection and restoration of stream morphology in urbanizing catchments. *Landscape and Urban Planning*, 145:34-44.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204615002030>
- Ziaabadi, L., Z. Yousefi, V. Gholami and E. Jokar (2010). Modeling of river hydraulic behavior for site selection the outlets of surface water system (Case Study: Rasht City, Iran). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environ. Science*, 7(2): 149-156.
[https://www.idosi.org/aejaes/jaes7\(2\)/5.pdf](https://www.idosi.org/aejaes/jaes7(2)/5.pdf)
- Zimmermann, A. (2010). Flow resistance in steep streams: an experimental study. *Water Resour. Res.* 46(9):1-18.
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2009WR007913>
- Salmani, H. (2011). Optimization of effective parameters in rainfall-runoff in SWAT semi-distributed model in Ghazaghli basin of Golestan province. M.Sc., Department of Arid and Desert Rehabilitation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. 185.
<http://jwmr.sanru.ac.ir/article-1-490-fa.html>
- Sharafi, S. Shami, A. Yamani, M. (2014). Investigation of morphological changes of Atrak river in a period of 20 years, *Journal of Spatial Planning*, (14) 4, 130-150.
http://gps.gu.ac.ir/article_9542.html
- Shafi'i Motlagh, K.H. Parhamt M J. Sedghi, H. Hosseini, M. (2018). Investigating the effect of land use change on Maroon river runoff at Idnak station using remote sensing data and SWA model. *Water and Soil Resources Protection*, 7 (3), 72-86.
https://wsrj.srbiau.ac.ir/article_12266.html
- Niknam, A. Jafarpour, A. Goodarzi, M. (2017). Determination of river area and bed using HEC RAS model Case study of Kor river between Ab Mahi village to Abbas Abad bridge, 2nd National Conference of Iranian Hydrology, Shahrekord University, Iranian Hydrological Association.
<https://civilica.com/doc/324954/>
- Yousefi, M. Lotfollahzadeh, D. Rahmati, M. Habibi, B (2013). Biosocial and environmental consequences of human encroachment on river area and bed in Gillan province. *Watershed Research*, 98, 126-135.
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=192846>



شناسایی نوع تغییرات کاربری اراضی موجود در بستر سیلاب رودخانه و تأثیر گذار بر روی کیفیت آب مخزن سد، مطالعه موردی: سرشاخه‌های بالادست سد مخزنی کارده

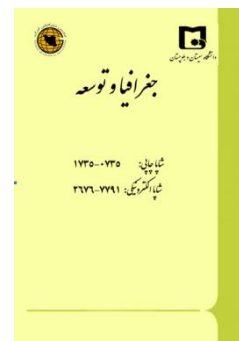
دکتر محمدتقی دستورانی^{۱*}، دکتر محبوبه حاجی بیگلر^۲، دکتر حسن شجاعی^۳

مقاله پژوهشی

چکیده

نیاز روزافزون به آب به منظور فعالیت‌های باغی و کشاورزی و افزایش جنبه‌های توریستی و گردشگری در سطح استان، موجب تصرفات متعددی به حریم و بستر رودخانه‌ها در بالادست مخازن سدها شده است. سد مخزنی کارده به منظور تأمین بخشی از آب شرب شهر مشهد و همچنین آبیاری اراضی کشاورزی پایین دست حوزه با گنجایش حدود ۳۸ میلیون متر مکعب احداث شده است. در حوزه آبخیز سد مخزنی کارده ۱۳ روستا با ۲ هزار و ۴۰۰ نفر سکنه وجود دارد که می‌توانند در وضعیت سد و سلامت آب آن تأثیرگذار باشند. در برآورد سیلاب هر یک از زیرحوزه‌های مطالعاتی از روش‌های مستقیم و غیرمستقیم برآورد سیلاب استفاده شد. با توجه به نتایج تحلیل منطقه‌ای و نزدیکی اعداد این روش به روش دیکن و همچنین با توجه به بازدهی‌های منطقه‌ای، روش دیکن منطقه‌ای سناریو دوم به عنوان روش منتخب در نظر گرفته شد که در این روش از آمار سه ایستگاه جنگ، کوشک آباد و کارده برای کالیبراسیون ضریب دیکن استفاده شده است. بعد از تعیین ضریب زبری مانینگ، عملیات مدلسازی جریان به منظور استخراج پهنه سیلاب رودخانه در مدل هیدرولیکی HEC RAS انجام شد. بیشترین مساحت اراضی باغات متصرف به بستر سیلاب رودخانه کارده به ترتیب در بازه‌های حرکت، بلغور، آل، سیچ و بلغور با مساحت‌های ۲۴۰/۸، ۸۳/۶، ۵۰، ۲۲/۸ و ۱۸/۳ هکتار هستند و بیشترین مساحت اراضی کشاورزی متصرف به بستر سیلاب رودخانه کارده به ترتیب در بازه‌های حرکت، بلغور، آل و سیچ و بلغور با مساحت‌های ۱۳۲/۲، ۱۷/۵، ۱۵/۱، ۵/۵ و ۰/۸ هکتار هستند. تغییرات کاربری موجود در بستر سیلاب از بالادست تا پایین دست رودخانه کارده بیانگر افزایش میزان ورود کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی در اراضی زراعی و باغی است که به عنوان یک خطر جدی در جهت ایجاد آلودگی و اثرات نامطلوب بر آب آشامیدنی در محل مخزن سد کارده محسوب می‌شود. نتایج پایش کیفیت آب رودخانه کارده در روستای آل و مارشک بیانگر پایین بودن میزان آلودگی مدفوعی در نمونه‌های آب سطحی و بالابودن ذرات جامد غیرمحلول در آب است که بیانگر پایین بودن کیفیت آب آشامیدنی است. رابطه میان کاربری‌های باغی و زراعی و تمرکز NO₃ در رودخانه و مخزن سد کارده در تابستان مثبت است. مشخصه اصلی زه آب‌های باغی در منطقه دارابودن EC بالا، وجود عناصر مغذی (N) و (P) در غلظتی قابل توجه و همچنین حضور بقایای سموم و آفت‌کش‌ها و در درجه‌های کمتر عوامل میکروبی است.

جغرافیا و توسعه، شماره ۶۶، بهار ۱۴۰۱
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۳
تاریخ بازنگری داوری: ۱۴۰۰/۰۷/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۰
صفحات: ۲۸۲-۲۵۵



واژه‌های کلیدی:
بستر سیلاب رودخانه، برآورد سیلاب، مدل هیدرولیکی، کاربری اراضی، پایش کیفیت آب.

مقدمه

در واحد زمان و وجود رسوب اشاره کرد که مشکلات یک پردازش دقیق از هیدرولیک جریان و شناخت رفتار رودخانه را چند برابر می‌کند. عمده‌ترین عاملی که باعث ایجاد نابسامانی در طول مسیر یک مسیل یا یک رودخانه می‌شود این است که در مجرای اصلی جریان تغییری ایجاد یا به نحوی مسیر آب از مجرای اصلی منحرف شود (Earles, 2004: 380). نیاز روزافزون به آب به منظور فعالیت‌های کشاورزی و افزایش جنبه‌های توریستی و گردشگری در سطح

نابسامانی رودخانه‌ها حاصل اندرکش فعالیت‌های انسانی و پدیده‌های فعال طبیعی رودخانه است. دلیل اصلی پیچیدگی مهندسی رودخانه نیز رفتار ناشناخته رودخانه به عنوان یک مجموعه زنده و در حال تغییر است که عوامل خارجی، روند دگرگونی و تغییرات آن را تشدید می‌کند (Plate, 2002: 4). از عوامل مهم در ایجاد این رفتارهای ناشناخته می‌توان به نبود هندسه مشخص، مرزهای ثابت جریان، تغییرات زبری محیط

حساسیت بیشتر انتخاب شد و بیان کردند که حساس‌ترین بازه از نظر سیل‌گیر بودن ساحل چپ رودخانه در محدوده پل عباس‌آباد بود.

شهیری پارسا و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC RAS اقدام به شبیه‌سازی پهنه سیلاب رودخانه جهور در منطقه تینجی کردند و سپس به بررسی حساسیت این مدل نسبت به ضریب زبری، بازشدگی و تنگ‌شدگی رودخانه و شیب انرژی پرداختند و نتیجه حاکی از آن بود که مدل، بیشترین حساسیت را نسبت به ضریب زبری دارد و همچنین مرفولوژی رودخانه (تنگ‌شدگی و بازشدگی رودخانه) را به‌عنوان مهم‌ترین عامل در شدت سیل مشخص کردند.

گرکی و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی چندمعیاره برای ارزیابی اثرات گسترش کشاورزی، به بررسی تغییرات کاربری اراضی و پوشش اراضی پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که پوشش گیاهی ۴۲ درصد کاهش یافته و به موازات آن ریسک فرسایش به شکل معنی‌داری افزایش یافته‌است (Grecchi et al, 2017: 300-312).

کوکانن و کی (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور با انجام تحلیل زمانی-مکانی به بررسی تضاد میان تغییرات کاربری اراضی و تغییرات جنگل در تانزانیا پرداختند. نتایج نشان داد که گسترش مهاجرت داخلی، رشد جمعیت، شهرسازی، توریسم و نیاز فزاینده به محصولات کشاورزی و جنگل، اصلی‌ترین عوامل جنگل‌زدایی در منطقه مورد مطالعه محسوب می‌شوند (Kayahk & Kukkonen, 2014: 193-202).

براین‌اساس در پژوهش حاضر سعی بر آن بوده‌است تا پیامدهای زیست‌محیطی و اجتماعی ناشی از دستیابی‌های انسانی در بستر و حریم سرشاخه‌های بالادست سد مخرنی کارده مورد بررسی قرار گرفته‌است و راهکارهای برون‌رفت از چالش‌های مرتبط با این موضوع ارائه شود.

منطقه و استان خراسان رضوی، موجب تعارضات متعددی به حریم و بستر رودخانه‌ها در بالادست مخازن سدها شده‌است. بدیهی است که برداشت بی‌رویه شن و ماسه از بستر و حریم رودخانه‌ها، تخلیه زباله و نخاله‌های ساختمانی و تخلیه فاضلاب‌های روستایی و توریستی به حریم و بستر رودخانه‌ها همراه با واردکردن دام و چرای بیش از ظرفیت مراتع و تخریب پوشش گیاهی موجود در منطقه، موجب افزایش مشکلات زیست‌محیطی موجود در منطقه خواهد شد (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۲۶).

یکی از ابزارهای لازم برای مدیریت سیلاب‌دشت و ساماندهی رودخانه‌ها، مدیریت کاربری اراضی است. مدیریت کاربری اراضی شیوه‌ای است که در آن استفاده بهینه از اراضی با توجه به محدودیت کاربری به‌منظور اجتناب از آثار مخرب سیلاب و انتظارات مالکان برای توسعه اراضی خود، در مناطق مستعد به سیلاب مورد توجه است (Vietz et al, 2016; 307).

مدیریت کاربری اراضی براساس دو عامل کنترل پهنه‌های کاربری و کنترل توسعه و ساخت‌وسازها تعریف شده‌است. هر کدام از این عوامل می‌توانند به‌طور مؤثر برای اراضی توسعه‌یافته یا اراضی جدید که در معرض خطر سیل است، به‌کار گرفته‌شود (Montoya & Masser, 2005: 496).

شرفی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تأثیر فعالیت‌های انسانی بر پایداری ۴۰ کیلومتر از کرانه‌های رودخانه‌ای ترک پرداختند و با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در دوره زمانی ۴۴ سال مشخص کردند که در اثر تغییرات کاربری اراضی اطراف رودخانه، فرسایش کرانه‌های رودخانه افزایش یافته‌است.

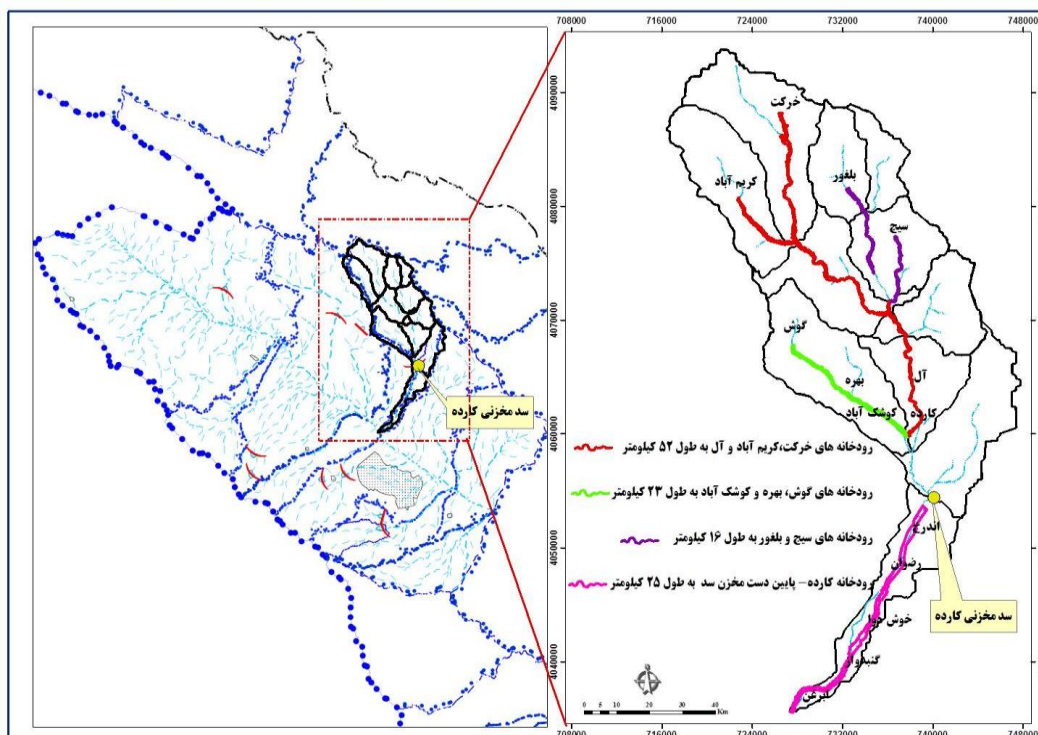
نیکنام و همکاران (۱۳۹۶) رودخانه کر حدفاصل بین روستای آب ماهی تا پل عباس‌آباد را با مدل HEC RAS مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه مشخص شد مقاطع پل فلزی و پل عباس‌آباد به‌دلیل

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه سد کارده با مساحتی حدود ۶۸۰/۵ کیلومتر مربع در شمال شرق ایران و شمال شهرستان مشهد، قرار گرفته است و بخشی از حوزه آبخیز کشف رود مشهد محسوب می‌شود. رودخانه کارده از به هم پیوستن دو شاخه کوشک آباد و آل به وجود می‌آید و این شاخه‌ها نیز از ارتفاعات منطقه (کوه تنگه، صندوق شکن و خواجه) سرچشمه می‌گیرند. سد مخزنی کارده به منظور تأمین بخشی از آب شرب شهر مشهد و همچنین آبیاری اراضی کشاورزی پایین دست حوزه با گنجایش حدود ۳۸ میلیون متر مکعب و از نوع بتنی دو قوسی

متقارن با ارتفاع دیواره ۶۷ متر احداث شده است (شکل ۱). در حوزه آبخیز سد مخزنی کارده ۱۳ روستا با ۲ هزار و ۴۰۰ نفر سکنه وجود دارد که می‌توانند در وضعیت سد و سلامت آب آن تأثیرگذار باشند؛ باین حال، وضعیت موجود سد کارده می‌تواند مشکلات زیست محیطی فراوانی را برای شهروندان در پی داشته باشد. این روستاها از بالادست حوزه به سمت مخزن سد کارده به نام‌های خرکت، کریم آباد، مارشک، جنگ، سیچ، بلغور، آل، کارده، گوش، بهره، کوشک آباد، پنج‌منه و کلاته‌ربها است. طول رودخانه‌های مورد مطالعه در بالادست مخزن سد ۹۱ کیلومتر است.



شکل ۱: موقعیت حوزه آبخیز سد کارده در دشت مشهد

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

مارشک و سد کارده و ایستگاه‌های باران‌سنجی منطقه شامل آل، بلغور، جنگ، خرکت، گوش‌بالا و اندرخ است (جدول ۱).

با بازدیدهای میدانی صورت گرفته و در نظر گرفتن خروجی هر کدام از زیرحوزه‌ها، موقعیت ایستگاه منتخب برای منطقه شناسایی شد. ایستگاه‌های تبخیرسنجی محدوده مطالعاتی شامل دو ایستگاه

- رگبارهای کوتاه مدت حوزه مورد مطالعه

به منظور بررسی حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته در محدوده مورد مطالعه از سری آمار گزارش شده شدیدترین بارش‌های ۲۴ ساعته ایستگاه باران‌سنجی بلغور (به عنوان معرف منطقه مطالعاتی) که از لحاظ موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی و مخصوصاً ارتفاعی مشابه محدوده مطالعاتی است، استفاده شد. این ایستگاه در موقعیت طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه قرار دارد و ارتفاع آن ۱۹۲۰ متر است. ایستگاه کارده نسبت به ایستگاه بلغور دارای دوره آماری کمتری است و ایستگاه مارشک با وجود طول دوره آماری

مناسب از ارتفاع کمتری نسبت به حوزه مورد مطالعه برخوردار است؛ بنابراین ایستگاه بلغور به عنوان ایستگاه معرف حوزه در نظر گرفته شد. علاوه بر این آمار بارش حداکثر دو حوزه سد کارده و مارشک را مورد بررسی قرار گرفت که با توجه به بیشتر بودن حداکثر شدت بارش ۲۴ ساعته در منطقه در ایستگاه بلغور با در نظر گرفتن ضریب اطمینان، این ایستگاه به عنوان معرف منطقه در نظر گرفته شد. به منظور بررسی رگبارهای منطقه مورد مطالعه در فراوانی و تداوم‌های مختلف از رابطه ارائه شده توسط قهرمان - آبخضر (۱۳۸۳) استفاده شد.

جدول ۱: ایستگاه‌های هواشناسی حوزه مورد مطالعه

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	ارتفاع	سال تأسیس	ملاحظات	دوره آماری موجود
خرکت	باران‌سنجی	۱۹۸۲	۱۳۵۵	تعطیل (وزارت نیرو)	۹
اندرخ	باران‌سنجی	۱۱۲۰	۱۳۴۵	فعال (وزارت نیرو)	۴۹
بلغور	باران‌سنجی	۱۹۳۴	۱۳۶۴	فعال (وزارت نیرو)	۳۰
گوش بالا	باران‌سنجی	۱۵۷۰	۱۳۶۸	فعال (وزارت نیرو)	۲۶
آل	باران‌سنجی	۱۴۵۶	۱۳۶۸	فعال (وزارت نیرو)	۲۶
جنگ	باران‌سنجی	۱۶۸۷	۱۳۷۱	فعال (وزارت نیرو)	۲۴
سد کارده	تبخیرسنجی	۱۲۷۵	۱۳۶۳	فعال (وزارت نیرو)	۲۴
مارشک	تبخیرسنجی	۱۸۱۲	۱۳۵۰	فعال - (وزارت نیرو)	۲۵
ارتفاع حوزه مورد مطالعه		۱۸۷۰			
میانگین ارتفاع بالادست سد کارده		۲۰۸۸			

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

رابطه ۱:

$$P_T^t = At^B [\alpha_1 + \alpha_2 \ln(T - \alpha_3)] P_{10}^{60}$$

رابطه ۲:

$$P_{10}^{60} = e^{0.291} \bar{P}_{MAX24}^{-0.694}$$

باران t دقیقه‌ای مورد نظر با دوره بازگشت T سال بر حسب میلی‌متر است. ضرایب $A, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ و B نیز ضرایبی است که تابع تداوم بارش بوده و در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

در فرمول‌های فوق t مدت بازگشتی بر حسب دقیقه. \bar{P}_{max24} متوسط حداکثر بارش ۲۴ ساعته بر حسب میلی‌متر. P_{10}^{60} مقدار باران یک ساعته بر حسب میلی‌متر با دوره بازگشت ۱۰ سال و P_T^t مقدار

جدول ۲: ضرایب ثابت رابطه قهرمان-آبخضر در جهت تعیین باران‌های t دقیقه‌ای با دوره بازگشت T سال

تداوم hr	$t \leq 1$	$t \leq 2$	$2 < t \leq 9$
α_1	۰/۴۶۰۸	۰/۴۶۰۸	۰/۵۵۶۵
α_2	۰/۲۳۴۹	۰/۲۳۴۹	۰/۱۹۴۸
α_3	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۸
A	۰/۱۲۹۹	۰/۱۳۷۲	۰/۲۰۰۹
B	۰/۴۹۵۲	۰/۴۷۷۸	۰/۳۹۳۷

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

جدول ۳: میزان ریزش‌های جوی کوتاه‌مدت حوزه آبریز در دوره بازگشت‌های مختلف (میلی‌متر)

مقدار باران t دقیقه‌ای با دوره بازگشت T سال (میلی‌متر)								
T \ t	۵	۱۰	۱۵	۳۰	۶۰	۱۲۰	۱۸۰	۳۶۰
۲	۳/۴	۴/۵	۵/۳	۶/۸	۸/۶	۱۰/۷	۱۲/۲	۱۵/۱
۵	۵/۲	۷/۰	۸/۱	۱۰/۴	۱۳/۲	۱۶/۵	۱۸/۸	۲۳/۳
۱۰	۶/۵	۸/۶	۱۰/۱	۱۲/۹	۱۶/۴	۲۰/۵	۲۳/۳	۲۸/۹
۲۵	۸/۱	۱۰/۸	۱۲/۶	۱۶/۲	۲۰/۵	۲۵/۶	۲۹/۱	۳۶/۱
۵۰	۹/۳	۱۲/۴	۱۴/۵	۱۸/۶	۲۳/۵	۲۹/۴	۳۳/۵	۴۱/۴
۱۰۰	۱۰/۵	۱۴/۰	۱۶/۳	۲۰/۹	۲۶/۵	۳۳/۲	۳۷/۷	۴۶/۷
۲۰۰	۱۱/۷	۱۵/۶	۱۸/۲	۲۳/۳	۲۹/۵	۳۷/۰	۴۲/۰	۵۲/۰
۵۰۰	۱۳/۳	۱۷/۷	۲۰/۶	۲۶/۴	۳۳/۵	۴۱/۹	۴۷/۷	۵۹/۰
۱۰۰۰	۱۴/۵	۱۹/۲	۲۲/۴	۲۸/۸	۳۶/۵	۴۵/۷	۵۱/۹	۶۴/۳
۱۰۰۰۰	۱۸/۴	۲۴/۵	۲۸/۶	۳۶/۷	۴۶/۴	۵۸/۱	۶۶/۱	۸۱/۸

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

جدول ۴: شدت ریزش‌های جوی کوتاه‌مدت حوزه آبریز در دوره بازگشت‌های مختلف (میلی‌متر بر ساعت)

شدت باران t دقیقه‌ای با دوره بازگشت T سال (میلی‌متر در ساعت)								
T \ t	۵	۱۰	۱۵	۳۰	۶۰	۱۲۰	۱۸۰	۳۶۰
۲	۴۰/۸	۲۷/۱	۲۱/۱	۱۳/۵	۸/۶	۵/۴	۴/۱	۲/۵
۵	۶۲/۹	۴۱/۸	۳۲/۵	۲۰/۸	۱۳/۲	۸/۳	۶/۳	۳/۹
۱۰	۷۸/۲	۵۱/۹	۴۰/۴	۲۵/۹	۱۶/۴	۱۰/۳	۷/۸	۴/۸
۲۵	۹۷/۶	۶۴/۸	۵۰/۴	۳۲/۳	۲۰/۵	۱۲/۸	۹/۷	۶/۰
۵۰	۱۱۲/۰	۷۴/۴	۵۷/۸	۳۷/۱	۲۳/۵	۱۴/۷	۱۱/۲	۶/۹
۱۰۰	۱۲۶/۴	۸۳/۹	۶۵/۳	۴۱/۹	۲۶/۵	۱۶/۶	۱۲/۶	۷/۸
۲۰۰	۱۱۴۰/۷	۹۳/۴	۷۲/۷	۴۶/۶	۲۹/۵	۱۸/۵	۱۴/۰	۸/۷
۵۰۰	۱۵۹/۶	۱۰۵/۹	۸۲/۴	۵۲/۹	۳۳/۵	۲۱/۰	۱۵/۹	۹/۸
۱۰۰۰	۱۷۳/۹	۱۱۵/۴	۸۹/۸	۵۷/۶	۳۶/۵	۲۲/۸	۱۷/۳	۱۰/۷
۱۰۰۰۰	۲۲۱/۳	۱۴۶/۹	۱۱۴/۳	۷۳/۳	۴۶/۴	۲۹/۱	۲۲/۰	۱۳/۶

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

سیلاب حوزه مورد مطالعه

سیلاب‌های بزرگ و استثنایی حوزه بایستی به روش منطقی و قابل قبول تخمین زده شده و برآورد شوند؛ زیرا سیلاب‌های برآورد شده مبنای طراحی بسیاری از سازه‌ها و سامانه‌های بستر رودخانه‌ها و... است (Rostamian et al, 2010; 979). وقوع سیل را نیز مانند بسیاری از رویدادهای طبیعی نمی‌توان از لحاظ زمانی و کمیتی به شکلی دقیق پیش‌بینی کرد؛

از این رو تنها براساس آمار و اطلاعات ثبت شده ایستگاه‌های هیدرومتری، نسبت به تخمین میزان سیل با دوره بازگشت‌های مختلف اقدام می‌شود (سلمانی، ۱۳۹۰؛ ۱۱۲). با در نظر گرفتن موقعیت ایستگاه‌ها، بازدیدهای میدانی صورت گرفته و در نظر گرفتن خروجی هر کدام از زیرحوزه‌ها، موقعیت ایستگاه منتخب برای منطقه شناسایی شد. آمار دریافت شده نشان از وجود ۴ ایستگاه هیدرومتری در حوزه کارده را می‌دهد.

جدول ۵: مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب در منطقه مطالعاتی

ردیف	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	سازمان مربوط	سال تأسیس	مساحت (کیلومتر مربع)	مختصات جغرافیایی		
						طول	عرض	ارتفاع
۱	کارده	هیدرومتری	وزارت نیرو	۱۳۶۳	۴۳۱	59-39-58.2	36-39-35	1315
۲	اندرخ	هیدرومتری	وزارت نیرو	۱۳۶۳	۶۱۱	59-39-46	36-34-50	1090
۳	جنگ	هیدرومتری	وزارت نیرو	۱۳۷۱	۲۱۱	59-35-19	36-46-50	1666
۴	کوشک‌آباد	هیدرومتری	وزارت نیرو	۱۳۶۹	۸۷/۵	59-39-10	36-39-35	۱۳۱۷

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

آزمون تجانس

به منظور انجام آزمون تجانس ابتدا حدود اطمینان ۹۵٪ هر ایستگاه برای دوره بازگشت ۱۰ ساله (Q_{10L}, Q_{10U}) با توجه به توزیع انتخابی آن ایستگاه تعیین شد و دوره بازگشت متناظر با حدود مزبور برای هر ایستگاه (T_{10L}, T_{10U}) با استفاده از رابطه دوره

بازگشت با دبی محاسبه شد. سپس دوره بازگشت ۱۰ ساله اصلاح شده هر ایستگاه که محاسبه شد، با این حدود اطمینان مقایسه شد. در صورتی که دوره بازگشت ۱۰ ساله اصلاح شده خارج از این محدوده واقع شد، به معنی رد ایستگاه در این آزمون تجانس است (شفیعی مطلق و همکاران، ۱۳۹۷؛ ۷۳).

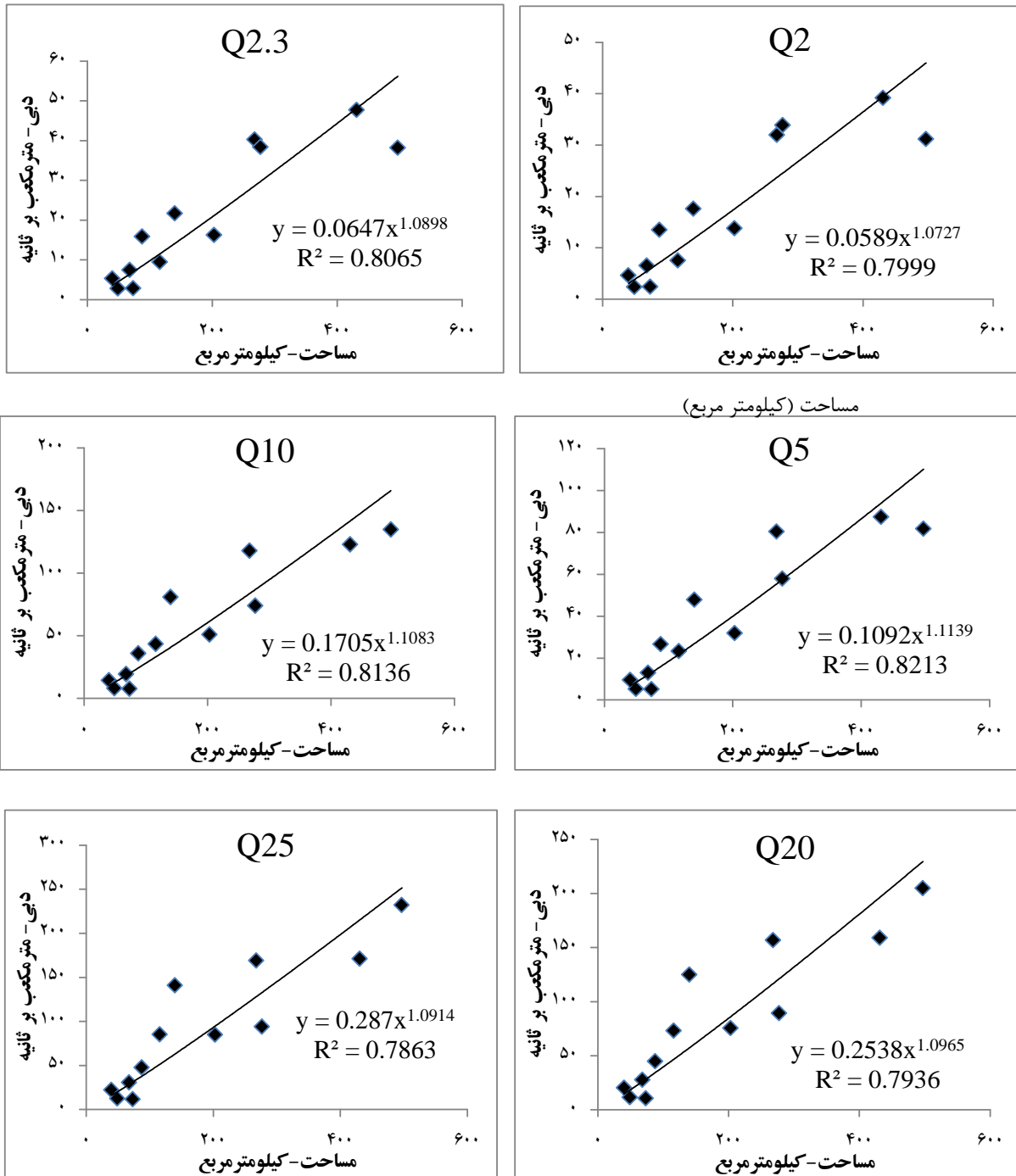
جدول ۶: آزمون تجانس برای بررسی همگنی ایستگاه‌ها

نام ایستگاه	Q_{10} Modified	T_{10} modified	Q_{10L}	Q_{10U}	T_{10U}	T_{10L}
کرتیان	61.27	8.9	40.3	121	4.3	28.7
کارده	97.69	11.3	61.5	158	4.6	29.2
سرآسیاب	49.69	15.6	29.6	66.1	4.9	20.9
ماه نسا	97.41	13.6	70.5	157	6.1	48.5
زشک	21.03	15.3	11.6	27.3	4.2	26.7
دولت‌آباد	16.12	21.6	9.14	18.4	5.0	30.4
گلمکان	8.02	14.1	4.86	11.3	5.1	26.8
موشنگ	108.42	80.4	57.4	90.7	6.1	39.1
بند ساروج	107.86	9.5	69.8	177	4.6	32.1
دهبار	19.20	11.5	19.5	60.2	4.2	29.1
جاغرق	8.05	16.0	4.77	10.6	4.8	30.1
کوشک‌آباد	44.89	38.4	26.1	45.6	6.2	40.5
امامزاده رادکان	74.82	26.15	46.4	87.2	6.16	41.56

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

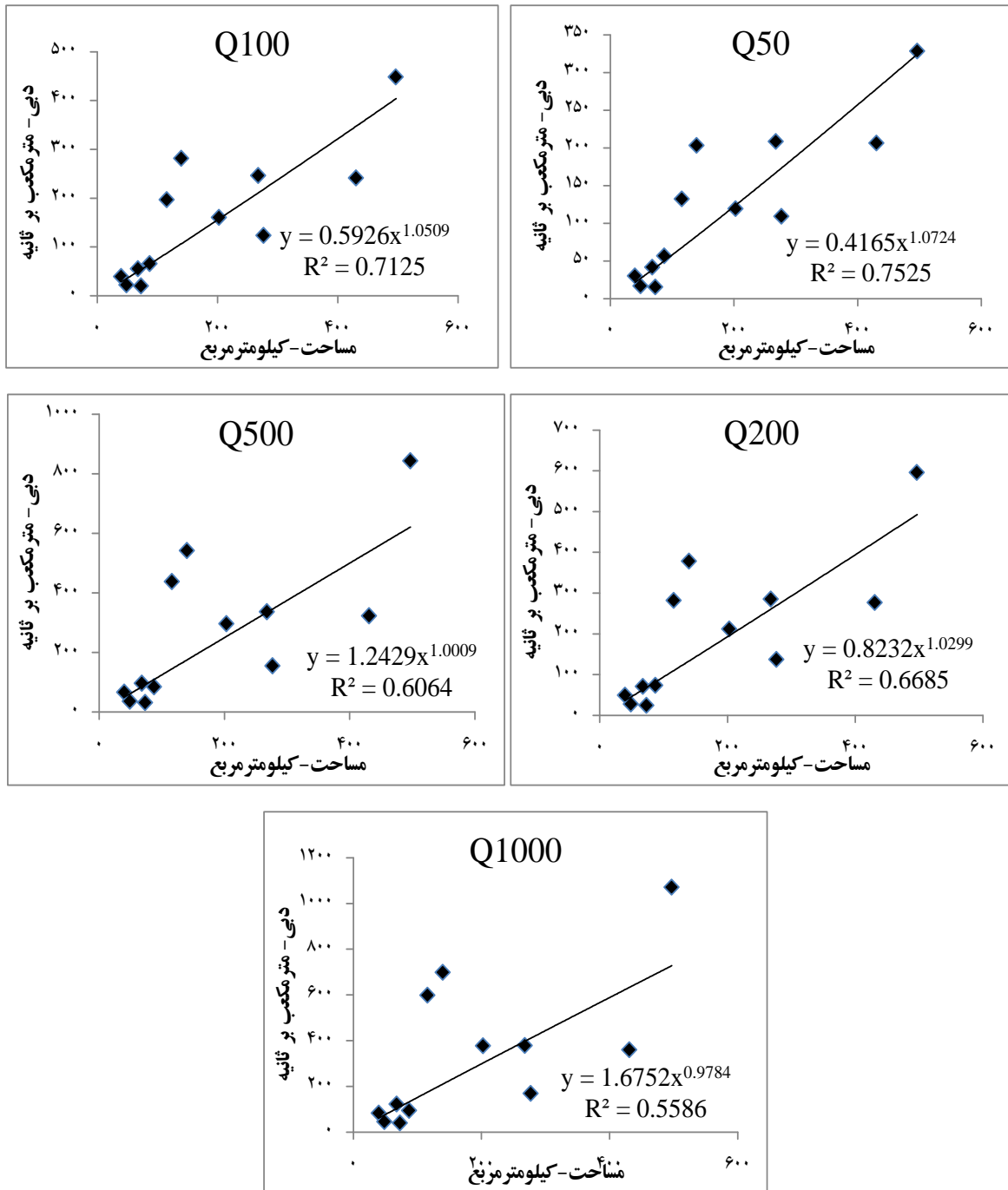
مطالعه، دبی سیلابها در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شده و نتیجه در شکل‌های (۲) و (۳) ارائه شده‌است.

آمار سیلاب این ایستگاه‌ها آنالیز و نتایج آن بررسی شد. رابطه همبستگی نمایی بین سطح حوزه‌ها و دبی سیلابها در دوره بازگشت‌های مختلف نیز به دست آمد. با استفاده از این روابط و سطح حوزه آبخیز مورد



شکل ۲: همبستگی میان دبی با دوره بازگشت‌های مختلف و مساحت براساس روابط تحلیل منطقه‌ای سیلاب

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷



شکل ۳: همبستگی میان دبی با دوره بازگشت‌های مختلف و مساحت بر اساس روابط تحلیل منطقه‌ای سیلاب

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

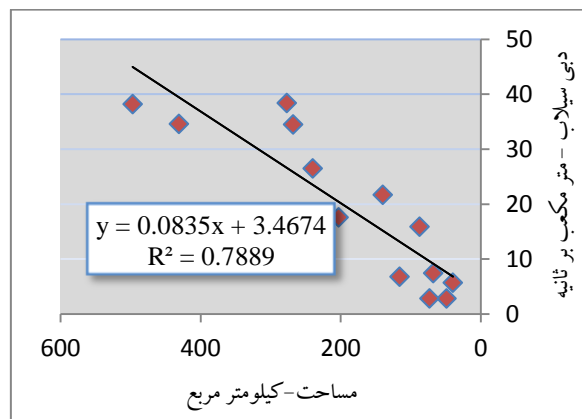
روابط $Q_{2.33}$ با مشخصات فیزیکی حوزه

نوع دیگری از رابطه تحلیل منطقه‌ای به صورت تعیین مقدار دبی متوسط سالانه سیلابی حوزه ($Q_{2.33}$) براساس مشخصات فیزیکی آن محاسبه می‌شود. مشخصات فیزیکی حوزه بسته به شرایط اقلیمی و نحوه تشکیل سیلاب می‌تواند متفاوت باشد.

پس از تعیین روابط $Q_{2.33}$ برحسب مشخصات فیزیکی حوزه، به‌نحوی باید نسبت سیلاب‌ها با دوره‌های

بازگشت مختلف به $Q_{2.33}$ (روابط دوم منطقه‌ای) تعیین شود. برای این منظور در مناطق همگن هیدرولوژیکی، نسبت دبی‌های با دوره‌های بازگشت مختلف به دبی با دوره بازگشت، $2/33$ سال در هر ایستگاه ($QT / Q_{2.33}$) محاسبه شد و سپس میانه سری نسبت‌ها در دوره‌های بازگشت مختلف به‌عنوان رابطه منطقه‌ای دوم منظور شد.

$$Q_{2.33} = 0.0795 A^{1/0.385} \quad R^2 = 0.78$$



شکل ۴: رابطه منطقه‌ای بین دبی ($Q_{2.33}$) و مساحت

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

نظیر دیکن و آنالیز منطقه‌ای درجهت برآورد سیلاب استفاده شد.

در برآورد سیلاب هر یک از زیرحوزه‌های مطالعاتی از روش‌های مستقیم و غیرمستقیم برآورد سیلاب استفاده شد. آمار هر یک از ایستگاه‌ها در طول دوره آماری موجود پس از تکمیل و بررسی صحت آمار دبی‌های حداکثر لحظه‌ای، درجهت تحلیل فراوانی، میزان انطباق توزیع‌های مختلف آماری بر سری داده‌های دبی حداکثر لحظه‌ای با استفاده از نرم‌افزار $HYFA^1$ مورد آزمون قرار گرفت. برای این منظور از توزیع‌های آماری نرمال، لاگ نرمال دو پارامتری، لاگ نرمال سه پارامتری، گامای دو پارامتری، پیرسون تیپ III، لاگ پیرسون تیپ III و گامبل استفاده شد. برای محاسبه پارامترهای توزیع، دو روش Moment (مستقیم

مطمئن‌ترین روش برای بررسی سیلاب یک منطقه، استفاده از آمار ثبت‌شده سیلاب در ایستگاه‌های هیدرومتری است. در حوزه آبخیز مورد مطالعه، ایستگاه هیدرومتری کارده در موقعیت مناسبی بر روی رودخانه اصلی کارده قرار داشته و از این رو برای برآورد سیلاب گزینه مناسبی است. همچنین در خروجی زیرحوزه‌های گوش و کریم‌آباد- کارده دو ایستگاه هیدرومتری کوشک‌آباد و جنگ قرار گرفته‌است که از این دو ایستگاه نیز می‌توان برای بررسی سیلاب زیرحوزه‌های مربوط استفاده کرد.

ایستگاه هیدرومتری اندرخ با توجه به قرارگرفتن در خروجی حوزه برای محاسبه سیلاب پایین‌دست سد مناسب است. با توجه به نبود ایستگاه هیدرومتری در خروجی تمام زیرحوزه‌ها، روش‌های غیرمستقیم نیز

برای کالیبراسیون ضریب دیکن استفاده شد. سپس با بسط روش دیکن مقادیر سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف برای حوزه‌های مطالعاتی برآورد شد. در سناریوی سوم به روش دیکن منطقه‌ای علاوه بر سه ایستگاه سناریو قبل از ایستگاه ارداک بند ساروج که در حوزه مجاور (ارداک) واقع شده و از نظر شرایط تقریباً مشابه منطقه مورد مطالعه است، برای کالیبراسیون ضریب دیکن استفاده شد؛ بنابراین با برآورد ضریب دیکن با استفاده از دبی سیلاب چهار ایستگاه کارده، کوشک‌آباد، جنگ و ارداک مقادیر سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف برای حوزه‌های مطالعاتی برآورد شد. با توجه به نتایج تحلیل منطقه‌ای و نزدیکی اعداد این روش به روش دیکن و همچنین با توجه به بازدهی منطقه‌ای، روش دیکن منطقه‌ای سناریو دوم به‌عنوان روش منتخب در نظر گرفته شد که در این روش از آمار سه ایستگاه جنگ، کوشک‌آباد و کارده برای کالیبراسیون ضریب دیکن استفاده شده است.

و غیرمستقیم) و Maximum Likelihood مورد استفاده قرار گرفت. بهترین توزیع آماری منطبق بر داده‌ها، براساس مبنای انتخاب توزیع برتر تست‌های آکایی و بایسین و مقایسه برازش توزیع بر داده‌های مشاهده‌ای به تفکیک هر ایستگاه انتخاب شد و براساس این توزیع اقدام به تعیین دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با دوره‌های بازگشت مختلف شد. در روش‌های غیرمستقیم تحلیل آمار، روش دیکن در سه سناریو انجام پذیرفت. در سناریوی اول، به روش دیکن نقطه‌ای برای برآورد ضریب دیکن از دبی سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف ایستگاه کوشک‌آباد برای زیرحوزه گوش و ایستگاه جنگ برای زیرحوزه کارده و کریم‌آباد و آمار سیلاب ایستگاه اندرخ برای پایین دست استفاده شد. همچنین با مبنا قراردادن دبی سیلاب ایستگاه کارده در دوره بازگشت‌های مختلف مقادیر سیلاب در حوزه‌های مطالعاتی برآورد شد. در سناریوی دوم به روش دیکن منطقه‌ای با در نظر گرفتن دبی سیلاب سه ایستگاه کارده، جنگ و کوشک‌آباد در دوره بازگشت‌های مختلف

جدول ۸: مقادیر سیلاب حوزه‌های مطالعاتی در دوره بازگشت‌های مختلف با روش دیکن منطقه‌ای - سناریوی دوم (cms)

دوره بازگشت										حوزه
500	200	100	50	25	20	10	5	2.33	2	
5.98	4.46	3.51	2.71	2.04	1.85	1.31	0.87	0.45	0.37	ضریب دیکن
142.60	106.36	83.70	64.63	48.65	44.12	31.24	20.75	10.73	8.82	کریم‌آباد
98.06	73.13	57.56	44.44	33.45	30.34	21.48	14.27	7.38	6.07	آل
182.83	136.36	107.31	82.85	62.37	56.56	40.05	26.60	13.76	11.31	گوش
80.65	60.15	47.34	36.55	27.51	24.95	17.67	11.73	6.07	4.99	سیج
179.52	133.89	105.37	81.35	61.24	55.54	39.33	26.12	13.51	11.11	کارده
171.96	128.25	100.93	77.93	58.66	53.20	37.67	25.02	12.94	10.64	بلغور
277.80	207.19	163.06	125.89	94.77	85.94	60.86	40.42	20.90	17.19	کارده-کریم‌آباد
215.32	160.59	126.38	97.58	73.45	66.61	47.17	31.33	16.20	13.32	سیج-بلغور
482.65	359.97	283.30	218.73	164.65	149.32	105.73	70.22	36.32	29.86	کارده-کریم‌آباد-سیج بلغور
532.76	397.34	312.71	241.43	181.74	164.82	116.71	77.51	40.09	32.96	آل-کارده-کریم‌آباد-سیج-بلغور
671.18	500.58	393.95	304.16	228.96	207.64	147.03	97.65	50.51	41.53	گوش-آل-کارده-کریم‌آباد-سیج-بلغور
753.50	561.98	442.27	341.47	257.05	233.11	165.06	109.62	56.70	46.62	پایین دست سد کارده
796.75	594.23	467.66	361.07	271.80	246.49	174.54	115.92	59.96	49.30	اصلی

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

بحث و نتایج

مدل‌سازی و تعیین بستر سیلاب رودخانه با دوره بازگشت ۲۵ ساله

زبری از پارامترهای عمده افت انرژی در کانال‌ها و رودخانه‌ها محسوب می‌شود و نقش مؤثری در تراز آب و سرعت جریان در هر مقطع دارد، تعیین ضریب زبری مناسب که معرف شرایط واقعی رودخانه باشد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Prafulkumar, 2011; 808). مقدار ضریب زبری ارتباط مستقیم با کاربری اراضی و فیزیک بستر رودخانه دارد و شدت افت انرژی را در یک جریان نشان می‌دهد. با افزایش ضریب مانینگ در دوره بازگشت ثابت میزان پهنه سیلاب افزایش می‌یابد و از طرفی افزایش سطح سیل‌گیر در دوره بازگشت‌های کوچک‌تر مشهودتر است. با افزایش ضریب مانینگ در دوره بازگشت‌های بزرگ‌تر، تغییرات پروفیل سطح آب مشهودتر است (Kamanbedast & Esfandiar, 2011:1254). در تعیین ضریب زبری سه روش ۱- ضریب مانینگ، ۲- ضریب شزی، ۳- ضریب داریسی-ویسباخ استفاده می‌شود (Ferguson, 2007: 3; Zimmermann, 2010:4; Nitsche, 2012: 45). در رودخانه‌ها و کانال‌ها از ضریب مانینگ استفاده می‌شود. از جمله عوامل مؤثر در مقدار ضریب زبری مانینگ، زبری بستر آبراهه، نامنظمی سطح مقطع، پوشش گیاهی (نوع و میزان تراکم آن)، شکل مسیر (مستقیم یا مارپیچی بودن مسیر)، وجود موانع در مسیر جریان، عمق آب، رسوب‌گذاری و کف‌کنی رودخانه، شکل بستر ناشی از بارهای رسوبی و تله ماسه‌ها است (Ziaabadi et al, 2010:151).

به منظور برآورد ضریب زبری مانینگ از سه روش ۱- جداول استاندارد سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۲- استفاده از داده‌های مشاهداتی، ۳- معادلات

تجربی برای تعیین ضریب زبری مانینگ در طول رودخانه کارده و سرشاخه‌ها استفاده شد. بدین‌منظور از ۷۵ نقطه از مسیر رودخانه نمونه‌برداری انجام شد و پس از انجام عملیات صحرایی و نمونه‌برداری، مقادیر ضریب زبری برآورد شد.

۱- رابطه Subramanian

$$n = 0.047 d_{50}^{\frac{1}{5}} \quad \text{رابطه ۳:}$$

که در رابطه بالا d_{50} برحسب متر است.

۲- رابطه Stickler

$$n = \frac{d_{50}^{\frac{1}{6}}}{21.1} \quad \text{رابطه ۴:}$$

که در رابطه فوق d_{50} قطر متوسط ذرات خاک نمونه‌گیری شده برحسب متر است.

۳- رابطه Roudkivi

$$n = 0.013 d_{65}^{\frac{1}{6}} \quad \text{رابطه ۵:}$$

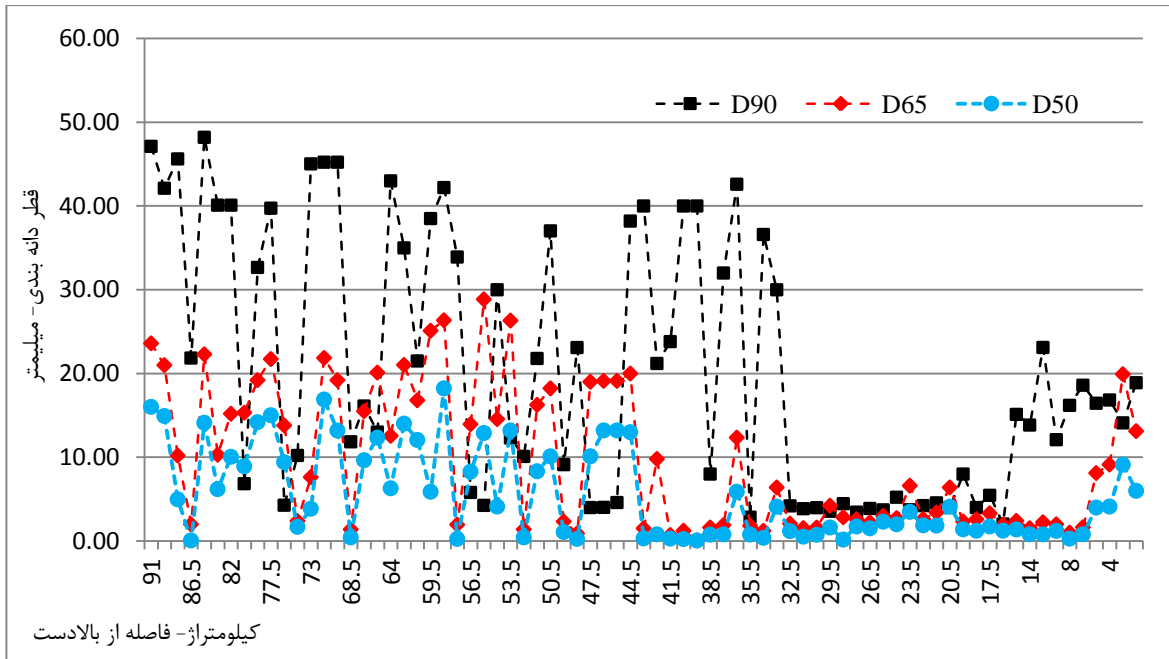
که در این رابطه d_{65} برحسب متر بوده و به‌طور کلی از این رابطه در آبراهه‌ها و کانال‌های طبیعی استفاده می‌شود.

۴- رابطه Meyer – peter and Muller

$$n = 0.038 d_{90}^{\frac{1}{6}} \quad \text{رابطه ۶:}$$

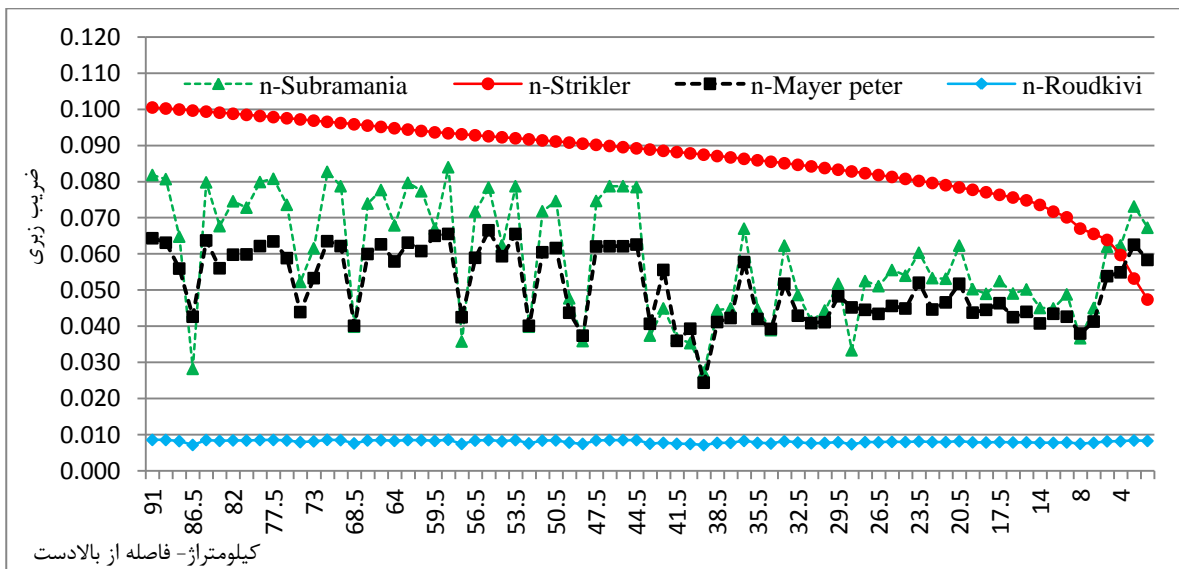
که در این رابطه d_{90} برحسب متر بوده و عبارت از قطری است که ۹۰ درصد وزنی ذرات بستر آبراهه از آن عبور می‌کند. این معادله برای آبراهه‌هایی مناسب است که مواد بستر آن‌ها متشکل از قسمت زیادی از ذرات درشت‌دانه است

(Rickenmann and Recking, 2011;4).



شکل ۵: تغییرات دانه بندی D_{90} , D_{65} , D_{50} از بالادست رودخانه تا مخزن سد کارده

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷



شکل ۶: مقادیر ضریب زبری مانینگ محاسبه شده در طول مسیر رودخانه به چهار روش براساس معادلات تجربی

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

جدول ۳: ضریب زبری مانینگ n برای بازه‌های مورد مطالعه رودخانه کارده

بازه مورد مطالعه	فاصله از پایین دست	سیلاب دشت	مجرای اصلی	بازه مورد مطالعه	فاصله از پایین دست	سیلاب دشت	مجرای اصلی
خرکت	۲۶۸۳۹/۸	۰/۰۷۳	۰/۰۶۰	سیج	۵۸۴۱/۲	۰/۰۷۲	۰/۰۵۲
	۲۴۹۳۲/۱	۰/۰۶۵	۰/۰۵۵		۴۸۵۲/۵	۰/۰۶۱	۰/۰۴۶
	۲۳۳۸۴/۵	۰/۰۶۸	۰/۰۵۳		۴۳۲۶/۴	۰/۰۶۰	۰/۰۵۵
	۲۰۶۶۰/۵	۰/۰۶۰	۰/۰۵۱		۱۷۸۱/۸	۰/۰۷	۰/۰۴۶
فرعی ۱	۱۶۴۱۷/۹	۰/۰۵۵	۰/۰۴۴	آل	۱۵۶۵۴/۴	۰/۰۶۴	۰/۰۵۸
	۱۳۶۴۶/۲	۰/۰۷۴	۰/۰۶۰		۱۲۹۵۴/۸	۰/۰۶	۰/۰۵۳
	۷۹۹۶/۱	۰/۰۶۸	۰/۰۶۵		۱۱۹۸۸/۲	۰/۰۶۲	۰/۰۵۳
	۴۲۵۹/۳	۰/۰۶۵	۰/۰۵۱		۹۹۰۶/۴	۰/۰۵۸	۰/۰۵۳
	۲۰۲۸/۷	۰/۰۵۸	۰/۰۴۵		۸۹۰۲/۵	۰/۰۵۵	۰/۰۳۹
	۸۹۷۳/۵	۰/۰۵۸	۰/۰۵۳		۶۹۶۸/۱	۰/۰۳۹	۰/۰۲۸
	۷۱۳۱/۹	۰/۰۵۵	۰/۰۳۹		۴۹۸۸/۸	۰/۰۳۸	۰/۰۲۵
	۵۰۲۶/۶	۰/۰۳۹	۰/۰۲۸		۲۹۸۱/۳	۰/۰۴	۰/۰۲۳
	۳۱۱۲/۱	۰/۰۳۸	۰/۰۲۵		۱۲۷۶/۷	۰/۰۳۸	۰/۰۲۱
	۱۶۵۲/۵	۰/۰۴۰	۰/۰۲۳		۴۵۲/۸	۰/۰۳۵	۰/۰۲۰
گوش	۷۸۴۳/۲	۰/۰۶۳	۰/۰۴۸	فرعی ۲	۲۳۵۴۷/۱	۰/۰۵۵	۰/۰۶۸
	۵۰۷۵/۵	۰/۰۴۰	۰/۰۳۵		۲۰۵۲/۵	۰/۰۵۳	۰/۰۶۴
	۲۵۵۵/۱	۰/۰۶۱	۰/۰۴۵		۱۹۵۳۷/۶	۰/۰۵۱	۰/۰۶۰
	۱۱۸۰/۲	۰/۰۴۵	۰/۰۳۳		۱۶۶۵۸/۴	۰/۰۵۰	۰/۰۵۸
	۶۵۲۰/۳	۰/۰۴۱	۰/۰۳۱		۱۳۲۴۷/۸	۰/۰۴۹	۰/۰۵۱
	۴۰۱۲/۸	۰/۰۵۶	۰/۰۳۸		۱۰۵۴۷/۳	۰/۰۴۹	۰/۰۵۰
	۱۵۹۸/۶	۰/۰۶۵	۰/۰۴۵		۸۶۷۷/۱	۰/۰۴۵	۰/۰۴۹
	۳۲۵۸/۴	۰/۰۶۹	۰/۰۵۵		۷۷۴۱/۱	۰/۰۴۷	۰/۰۴۹
بلغور	۲۳۰۶/۲	۰/۰۶۰	۰/۰۵۰	۶۱۲۵/۲	۰/۰۵۲	۰/۰۵۵	
	۱۷۰۹/۱	۰/۰۶۴	۰/۰۴۷	۵۱۶۸/۸	۰/۰۵	۰/۰۵۱	
	۷۱۹	۰/۰۵۳	۰/۰۴۸	۳۶۶۸/۷	۰/۰۵۵	۰/۰۵۷	

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

رودخانه تعیین شد و با مقایسه این پهنه با خط داغاب رودخانه در اغلب بازه‌ها تصرفات بستر کاملاً مشهود است و کاهش عرض بستر رودخانه به دلیل پیشروی باغات و اراضی زراعی به داخل بستر رودخانه مشاهده شد. بالا بودن عرض بستر رودخانه در عکس هوایی و کمتر شدن عرض بستر رودخانه در خروجی مدل هیدرولیکی به دلیل دخل و تصرف در بستر رودخانه در وضعیت موجود است.

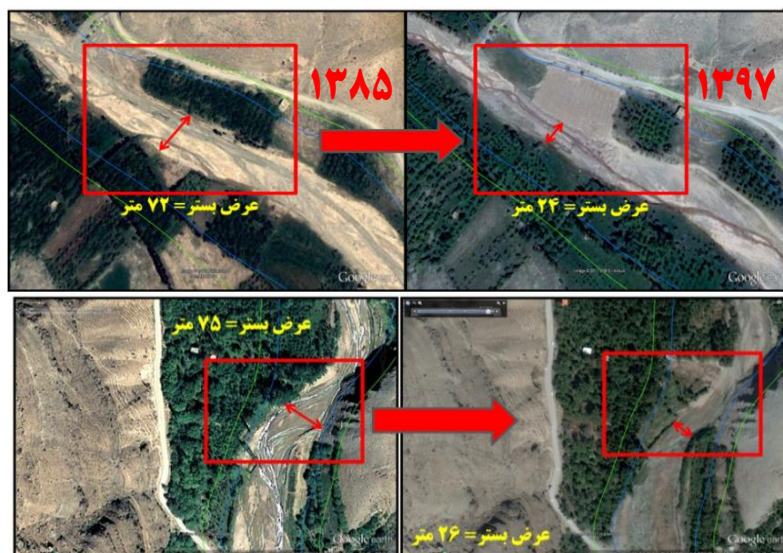
بعد از تعیین ضریب زبری مانینگ، عملیات مدل‌سازی جریان به منظور استخراج پهنه سیلاب رودخانه در مدل هیدرولیکی HEC RAS انجام شد. به منظور تدقیق پهنه سیلاب رودخانه با خط داغاب رودخانه و تعیین بستر سیلاب رودخانه با دوره بازگشت ۲۵ ساله، عکس هوایی منطقه مطالعاتی مربوط به سال ۱۳۴۵ نیز رفرنس شد تا بتوان در نهایت بستر سیلاب نهایی را تعیین کرد. در اغلب بازه‌های رودخانه در وضع موجود، پهنه سیلاب



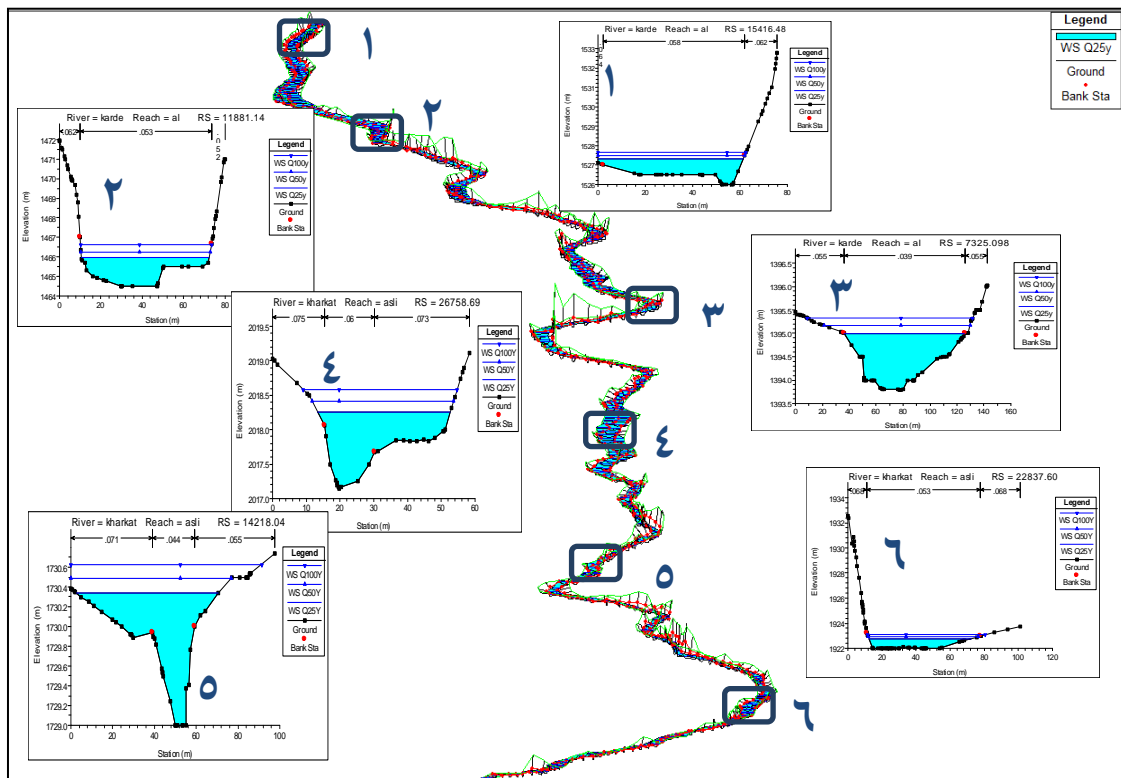
شکل ۷: تدقیق په‌نه سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله رودخانه با خط داغاب رودخانه کارده در رودخانه اصلی و سرشاخه‌ها تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

احداث باغات و اراضی زراعی و پیشروی باغات به سمت بستر رودخانه است.

در بررسی وضعیت موجود و قبل رودخانه کارده میزان تصرفات صورت گرفته به بستر رودخانه کاملاً مشهود است. تغییرات عرض بستر رودخانه به صورت



شکل ۸: مقایسه وضعیت موجود و قبل رودخانه کارده تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷



شکل ۹: پروفیل طولی بخشی از بازه مطالعاتی به همراه مقاطع عرضی رودخانه کارده

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

حساسیت مدل

جریان (شامل: ۱- ارتفاع سطح آب، ۲- عرض متوسط آب، ۳- سرعت متوسط آب، ۴- عدد فرود، ۵- متوسط تنش برشی) برای این بازه در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که، بیشترین حساسیت مدل در انتخاب شیب زیر بازه مرزی (بالا و یا پایین دست) برای گزینه «شرایط مرزی جریان یکنواخت» است. نتایج مدل حساسیت زیادی به افزایش تعداد مقاطع عرضی نشان نمی‌دهد. کمترین حساسیت مربوط به تراز سطح آب و بیشترین آن برای تنش برشی بستر است.

حساسیت مدل HEC RAS به پنج عامل هندسی- هیدرولیکی: ۱- شرایط اولیه جریان پایدار در بالادست، ۲- نوع رژیم جریان، ۳- تراکم مقاطع عرضی، ۴- ضریب زبری، ۵- ضرایب تبدیل جریان، بررسی شد. برای هر یک از پنج عامل، متوسط خطای نسبی برآورد پارامترهای مشترک جریان، نسبت به شرایط مرسوم مدل سازی مقایسه و ارزیابی شده است. برای بده جریان غالب بازه رودخانه کارده (بده مقطع پر ۱۸۵ مترمکعب بر ثانیه) اجرا شد. خلاصه نتایج سنجش پنج پارامتر مهم

جدول ۴: ارزیابی درصد خطای نسبی برآورد پارامترهای جریان از مدل یک‌بعدی HEC RAS، رودخانه کارده

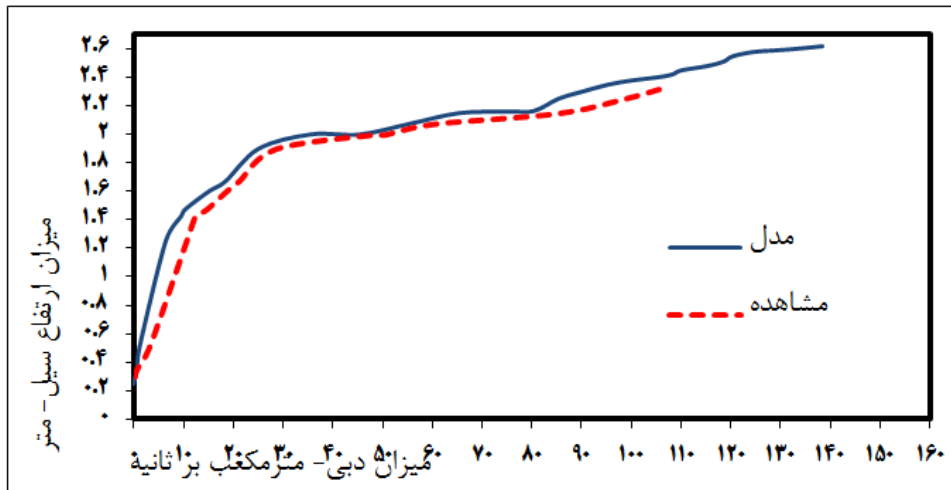
ردیف	عوامل مورد بررسی	درصد خطای پارامترهای مؤثر			
		ارتفاع سطح آب	عرض سطح آب	سرعت متوسط	عدد فرود
۱	تأثیر شرایط اولیه: جریان پایدار	(-۰/۱ : ۱/۱)	(-۲/۱ : ۱۶/۱)	(-۲/۲ : ۱۶/۵)	(۰/۰)
۲	تأثیر شرایط مرزی پایین دست: جریان یکنواخت	(-۲/۸ : ۳/۲)	(-۱۸۶/۵ : ۲۲/۳)	(-۷/۲ : ۴/۹)	(-۱۸/۸ : ۲۳/۵)
۳	تأثیر حذف یا تراکم مقاطع عرضی	(-۰/۲ : ۰/۲)	(-۱/۴ : ۲/۲)	(-۱/۵ : ۲/۶)	(-۳/۶ : ۱/۵)
۴	بررسی حساسیت ضریب زبری n	(-۰/۱۵ : ۰/۱۸)	(-۱۲/۶ : ۱۰/۰)	(-۵/۰ : ۵/۱)	(-۴/۹ : ۸/۱)
۵	تأثیر ضرایب تبدیل هندسه جریان	(۰/۰)	(۰/۰ : ۱/۱)	(-۰/۰۲ : ۰/۰)	(۰/۰)

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

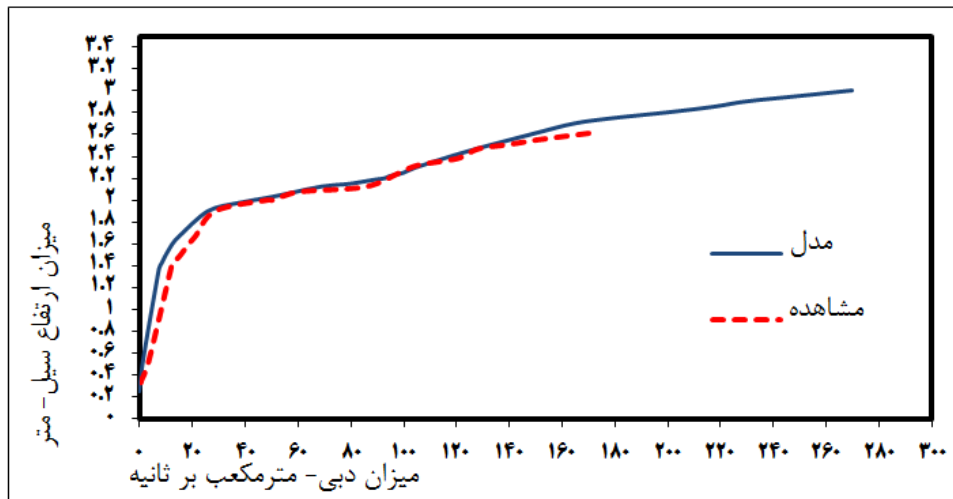
واسنجی مدل

محاسبه را به شرایط واقعی جریان نزدیک کرده و پارامترهای مختلف را کالیبره (واسنجی) کرد. در واسنجی، پارامترهای متغیر واسنجی، ضریب زبری جریان، ضرایب اصلاح رابطه انرژی، رابطه مقدار حرکت، ضرایب انبساط و انقباض رودخانه است. هدف از واسنجی، حداقل کردن تفاوت‌های تراز آب شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده است. مدل با استفاده از رابطه دبی-تراز سطح آب سیلاب‌های سال ۱۳۹۴-۱۳۹۵ در ایستگاه‌های جنگ و کارده واسنجی شد. بدین منظور در ایستگاه جنگ تصحیحات شیب رودخانه در محل این ایستگاه مطابق با مشاهدات محلی انجام شد (اشکال ۱۰ و ۱۱). مقادیر RMSE در ایستگاه جنگ برای مقادیر مدل‌سازی شده ۰/۲۵۳ و برای ایستگاه کارده ۰/۳۳۷ برآورد شد که بیانگر سازگاری خوب مقادیر مدل‌سازی شده با مقادیر مشاهداتی است.

واسنجی مدل در واقع کنترل صحت اطلاعات و نتایج خروجی از مدل شبیه‌سازی هیدرولیکی در رودخانه مورد مطالعه است. جهت واسنجی مدل معمولاً اطلاعات تراز-دبی و داغاب سیلاب‌های بزرگ و مشخص در گذشته در مقاطع مشخصی از مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد و نتایج حاصل از مدل به‌ازای همان شرایط هیدرولیکی با اطلاعات برداشتی از رودخانه مقایسه می‌شود. چنانچه در محدوده مورد مطالعه، ایستگاه آب‌سنجی موجود باشد و اطلاعات مناسبی از تراز سطح آب در مقاطع مختلف رودخانه داشته باشیم، مدل می‌تواند تغییرات سطح آب محاسبه شده و سطح آب مشاهده‌ای را برآورد کرده و با تغییر دادن پارامترهای دخیل در هیدرولیک جریان (مانند ضریب زبری مانینگ و...) می‌توان نتایج حاصل از



شکل ۱۰: منحنی دبی-اشل مشاهداتی و محاسباتی در ایستگاه جنگ (بالادست) با در نظر گرفتن مقادیر ضریب مانینگ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷)



شکل ۱۱: منحنی دبی-اشل مشاهداتی و محاسباتی در ایستگاه کارده (پایین دست) با در نظر گرفتن مقادیر ضریب مانینگ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷)

در اراضی حاشیة رودخانه کارده، الگوی کشت، باغداری توأم با زراعت است و نقش باغداری در تأمین درآمد مردم نسبت به زراعت در اولویت قرار دارد. محصولات باغی از قبیل گلابی، سیب، آلو، گردو و محصولات زراعی مورد کشت عمدتاً گوجه فرنگی، ذرت، لوبیا و ذرت علوفه‌ای است. در بررسی شیوه‌های استفاده از اراضی در بازه مطالعاتی نشان می‌دهد که شیوه باغداری توأم با زراعت بهترین الگوی کشت

تغییرات کاربری اراضی یکی از عوامل مهم در تغییر جریان هیدرولیک، فرسایش حوزه و انهدام تنوع زیستی است؛ از این رو تنظیم کاربری‌های حاشیة رودخانه یکی از عوامل اساسی کنترل سیلاب است که اهمیت ویژه‌ای در مدیریت منابع آب رودخانه دارد. به این منظور تعیین کاربری‌های موجود و تأثیر آن در شرایط هیدرولیکی جریان، ضرورت تعیین کاربری‌های اراضی غیرمجاز را دوچندان می‌سازد.

و (P) در غلظتی قابل توجه و همچنین حضور بقایای سموم و آفت‌کش‌ها و در درجه‌های کمتر عوامل میکروبی است. کودهای شیمیایی و سموم مورد استفاده در این اراضی دارای مقادیر بالای نیتروژن و فسفر است که منجر به ایجاد پدیده یوتریفیکاسیون در این رودخانه و مخزن سد خواهد شد. علاوه بر آن سموم مورد استفاده اغلب دارای مقادیر فلزات سنگین است و مواد سرطان‌زا از قبیل آرسنیک است؛ بنابراین با توجه به موارد ذکر شده اراضی کشاورزی به‌عنوان یکی از منابع غیرنقطه‌ای مهم آلودگی رودخانه کارده به‌شمار می‌آید (جدول ۵، ۶ و ۷).

به‌شمار می‌رود؛ زیرا درختان با ایجاد پوشش دائمی سبب حفظ خاک بستر خود شده و از آن در برابر سیلاب‌ها محافظت می‌کند. مهم‌ترین مشکلی که در پایش کیفی مخزن آب سد کارده مشخص شد. نتایج پایش کیفیت آب رودخانه کارده در روستای آل و مارشک بیانگر بالابودن میزان آلودگی مدفوعی در نمونه‌های آب سطحی (MPN) و بالابودن ذرات جامد غیرمحلول در آب (TSS) است که بیانگر پایین‌بودن کیفیت آب آشامیدنی است. ورود زه آب‌های کشاورزی به درون منابع آب سطحی یکی از عوامل بسیار مهم و اثرگذار بر کیفیت آب است. مشخصه اصلی زه آب‌های کشاورزی دارا بودن EC بالا، وجود عناصر مغذی (N)

جدول ۵: نتایج پایش کیفیت آب رودخانه کارده در محل باغات اراضی روستای مارشک (بالادست بازه مطالعاتی)

ردیف	پارامتر شاخص	واحد	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	استاندارد	استاندارد
			نوبت اول	نوبت دوم	نوبت سوم	نوبت چهارم	حداکثر	حداقل
۱	کل مواد معلق (TSS)	Mg/l	۱۱	۱۲/۵	۱۱/۵	۲۲	۲۵	
۲	آلودگی مدفوعی (MPN)	-	-	۴۶۰	۱۱۰۰	>۱۴۰۰	۳۰۰	
۳	جیوه معدنی	ppb	۲/۷	۱/۳	۰/۱	۲/۳	۱	
۴	سختی کل (TH)	Mg/l	۲۶۷	۲۶۰	۲۲۶	۳۳۶		
۵	نیترات (NH3)	Mg/l	۱/۴۲	۱/۰۵	۱/۰۵	۱/۴۲	۲	
۶	کلیفرم‌کننده	-	۰	۷	۱۷	۳۰۰	۰	
۷	فسفات	Mg/l	۰/۳۲	۰/۵۱	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۰۲	
۸	آهن	ppb	۱۶۹/۷	۱۷۳/۵	۱۸۳/۵	۲۵۸/۴	۳۰۰	
۹	اسیدیته (PH)	-	۸/۱	۸/۲	۸	۷/۷	۹	۶

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

جدول ۶: نتایج پایش کیفیت آب رودخانه کارده در محل باغات اراضی روستای آل (پایین‌دست بازه مطالعاتی)

ردیف	پارامتر شاخص	واحد	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	استاندارد	استاندارد
			نوبت اول	نوبت دوم	نوبت سوم	نوبت چهارم	حداکثر	حداقل
۱	کل مواد معلق (TSS)	Mg/l	۴۷	۵۱/۲	۴۹/۵	۴۹	۲۵	
۲	آلودگی مدفوعی (MPN)	-	-	۴۶۰	۱۱۰۰	>۱۴۰۰	۳۰۰	
۳	جیوه معدنی	ppb	۲/۱	۰/۸	۰/۳	۱/۳	۱	
۴	سختی کل (TH)	Mg/l	۲۷۰	۲۳۶	۲۲۸	۳۲۳		
۵	نیترات (NH3)	Mg/l	۱/۶۷	۱/۲۳	۱/۱۱	۱/۷۸	۲	
۶	کلیفرم‌کننده	-	۰	۵	۱۸	۶۴۰	۰	
۷	فسفات	Mg/l	۰/۱۷	۰/۲	۰/۲	۰/۱۸	۰/۰۲	
۸	آهن	ppb	۵۷/۸	۶۲/۱	۵۸/۵	۵۸/۵	۳۰۰	
۹	اسیدیته (PH)	-	۸/۶۳	۸/۶	۸/۳	۸/۴	۹	۶

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

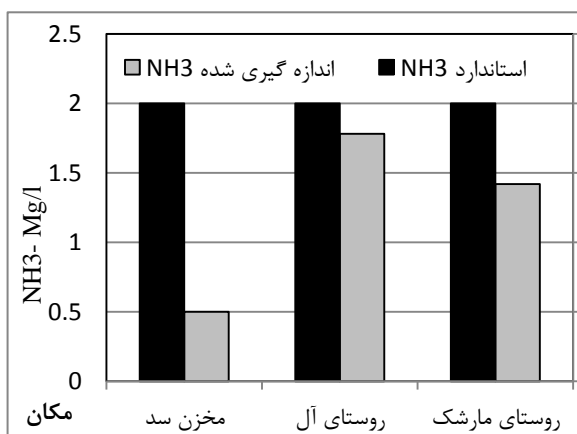
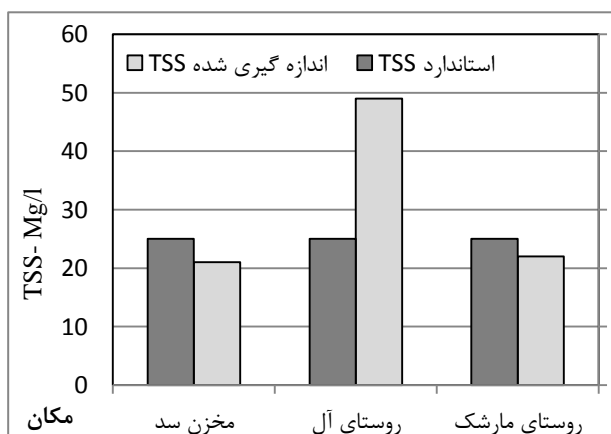
جدول ۷: نتایج پایش کیفیت آب رودخانه کارده در محل مخزن سد کارده (وسط دریاچه عمق ۱ متری)

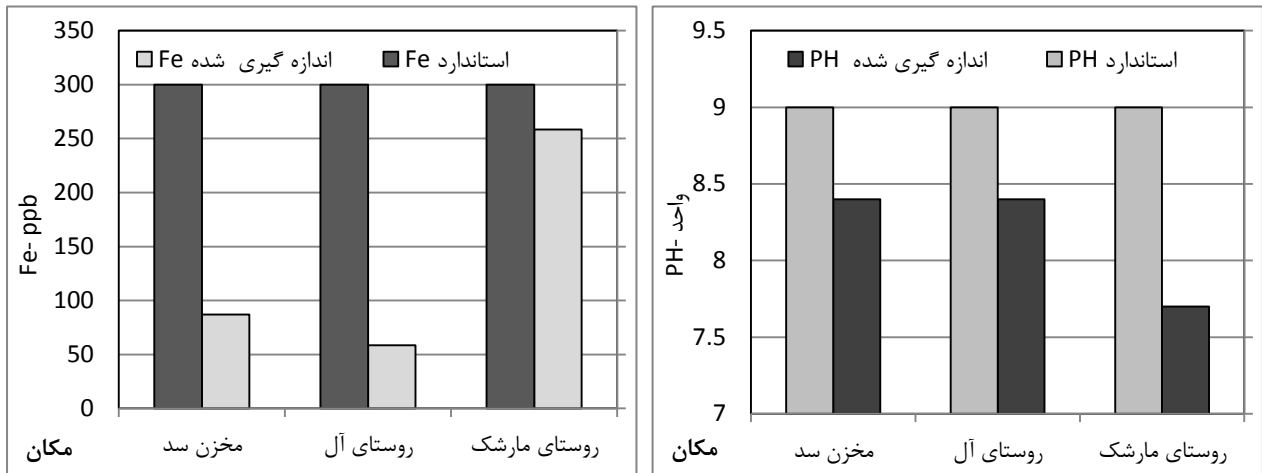
ردیف	پارامتر شاخص	واحد	پاییز نوبت اول	زمستان نوبت دوم	بهار نوبت سوم	تابستان نوبت چهارم	استاندارد حداکثر	استاندارد حداقل
۱	کل مواد معلق (TSS)	Mg/l	۲۱	۲۵/۲	۱۳/۵	۲۱	۲۵	
۲	اسیدیته (PH)	-	۸/۳	۸/۵	۸/۴	۸/۴	۹	۶
۳	سولفات (SO4)	Mg/l	۱۲۸	۹۰	۱۲۷	۱۳۰	۱۰۰	
۴	ازت (TN)	Mg/l	۲۷۲/۹	۲۷۵/۲	۲۷۳/۵	۲۷۵/۹	-	
۵	نیتрат (NH3)	Mg/l	۰/۰۵۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵۳	۲	
۶	کل مواد محلول (TDS)	Mg/l	۳۵۰	۲۹۰	۲۹۰	۲۸۰	-	
۷	آهن	ppb	۸۶/۲	۸۳/۵	۸۶/۵	۸۷	۳۰۰	

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

ترکیب با کود و سموم زراعی است. از آنجاکه آب مخزن سد کارده به منظور تأمین آب شرب مشهد در آینده‌ای نزدیک برنامه‌ریزی شده‌است؛ نتایج حاکی از غیرقابل شرب بودن این آب است که نیاز به تمهیداتی به منظور جلوگیری از گسترش و توسعه اراضی باغی به داخل بستر رودخانه است. در ادامه نوع کاربری‌ها و میزان تصرفات به بستر برای هر یک از آبراهه‌های موجود در بالادست مخزن سد کارده استخراج شده‌است (شکل ۷).

نتایج پایش کیفیت آب با توجه به ورود زه‌آب‌های زراعی و باغی اراضی حاشیة رودخانه کارده که غالباً با کود و سموم شیمیایی همراه است، بیانگر بالابودن میزان نیترات، کل مواد معلق، آهن و میزان اسیدیته آب است (شکل ۶). این امر ناشی از افزایش مساحت باغات و اراضی زراعی در نتیجه تصرفات به بستر و برداشت آب از میزان جریان آب موجود در رودخانه و دوباره بازچرخانی این آب برداشت‌شده از رودخانه به داخل بستر فعال رودخانه پس از آبیاری باغات که در

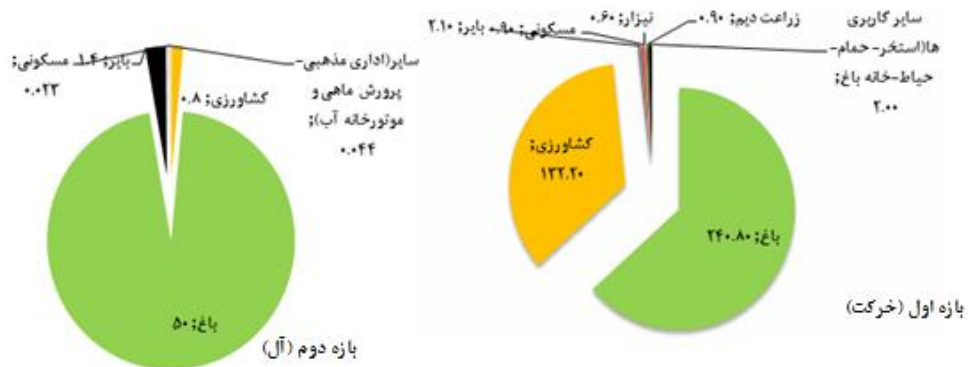


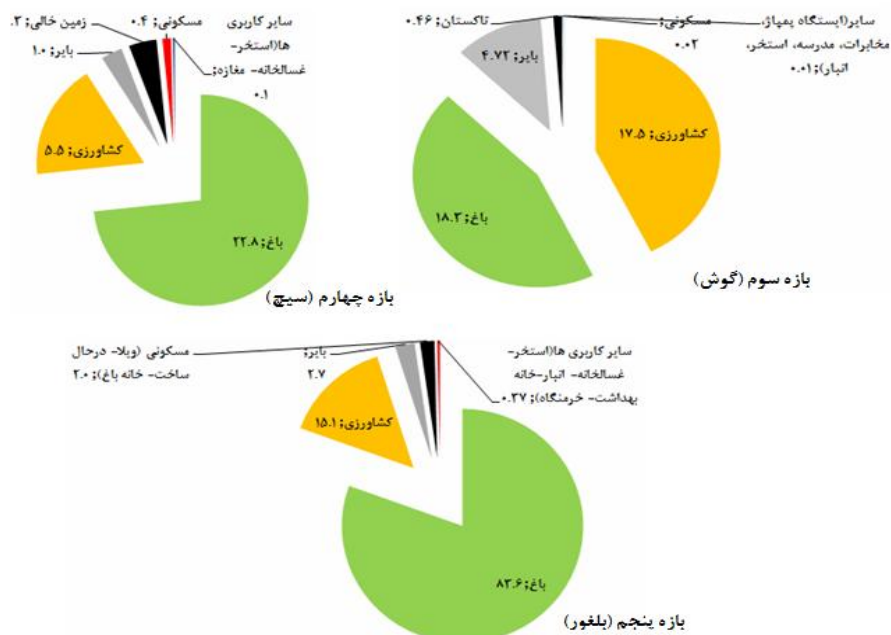


شکل ۱۲: تغییرات پارامتر شاخص کل مواد معلق، نیترات، آهن و اسیدیتنه از بالادست تا مخزن سد کارده تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

کارده شده است. در بین کاربری‌های موجود در حاشیه رودخانه بیشترین وسعت اراضی تصرف شده در بستر رودخانه به ترتیب مربوط به کاربری باغات، کشاورزی، بایر و مسکونی است. در شکل (۷) وضعیت کاربری‌ها نشان داده شده است.

علاوه بر مشکلات زیست‌محیطی ناشی از ورود زه آب کشاورزی به رودخانه کارده در نتیجه تصرفات به بستر رودخانه و تغییرات کاربری اراضی، برداشت آب توسط باغداران و زارعان روستاهای بالادست مخزن سد کارده، منجر به کاهش حجم رواناب ورودی به مخزن سد





شکل ۱۳: تعیین نوع و مساحت (هکتار) هر یک از کاربری‌های متصرف به بستر سیلاب بازه‌های مطالعاتی رودخانه کارده تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

نتیجه

مطابق با تحقیقات گذشته، استفاده از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی نتایج مطلوبی در شبیه‌سازی شرایط رودخانه و اراضی مجاور آن خواهد داشت. رقوم سطح آب از کناره در سواحل چپ و راست متفاوت بوده و این مسئله با در نظر گرفتن ارتفاع آب از هر دو کناره یا ساحل رودخانه مورد ارزیابی قرار گرفته است.

در مقاطع هیدرولیکی رودخانه، عرض مجرا به دلیل پیشروی اراضی باغی به داخل بستر رودخانه، کاهش یافته است. عرض مجرا در محدوده روستای حرکت (بالادست) حدود ۲۰ متر است که نوع کاربری موجود در کرانه چپ و راست رودخانه از نوع باغات است. در مقاطع هیدرولیکی محدوده روستای آل (پایین دست) به دلیل سیلاب‌های رخ داده، عرض مجرا بالا و حدود ۱۵۰ متر است. در سیلاب سال ۱۳۹۲ رودخانه کارده، اراضی باغی و زراعی روستای آل دچار آب‌گرفتگی شده بود. مقاطع موجود در کرانه راست رودخانه در این

بازه از نوع باغات و در کرانه چپ با دیواره دره محصور شده است. در اغلب مقاطع رودخانه، شکل ساخت و ساز و کشاورزی در اطراف رودخانه و تغییر کاربری بستر رودخانه باعث محدود شدن مجرای جریان شده و باعث تسریع در آب‌گرفتگی زمین‌های مجاور و افزایش پدیده آب‌شستگی بستر و کناره‌ها و تغییر رژیم رسوبی و ابعاد مقطع و جابه‌جایی عرضی شده است. براساس نتایج حاصل شده بیشترین میزان تغییرات کاربری اراضی صورت گرفته در بستر سیلاب رودخانه کارده از نوع باغی و زراعی است و از آنجایی که شیوه کاربری اراضی در بخش کاربری اراضی در بخش کشاورزی و باغداری کاملاً سنتی بوده و از این نظر میزان آسیب‌پذیری به قشر خاک روی سنگ کارست شدت یافته است. استفاده از کودهای حیوانی یا شیمیایی در مزارع و باغات، گسترش سموم دفع آفات در بخش باغداری و افزایش دیم‌زارها از جمله مسائلی است که خطر آلودگی آب‌ها را در درازمدت در رودخانه کارده افزایش داده است. تراس‌های آبرفتی در حاشیه

زباله‌های کشاورزی و دامی بخش اعظم زباله‌های این روستاها را تشکیل می‌دهد. این زباله‌ها که حاصل تولیدات باغی و زراعی است به دلیل آب و هوای منطقه مورد مطالعه و وجود باغات و زمین‌های زراعی موجود در حاشیه رودخانه است. مدفوع حیوانی با ۴۲ درصد بیشترین منبع تولید زباله دامی است که این عامل به دلیل چرای دام در رودخانه و در بالادست مخزن سد است. کیفیت آلودگی زباله‌های خانگی بر منابع آب رودخانه از نوع میکروبی است. آلاینده‌های شیره‌ناشی از زباله‌ها منجر به افزایش عناصر سمی و خطرناک همانند فلزات سنگین در آب رودخانه می‌شود. تخلیه پساب‌های حاوی شوینده‌ها از طریق مصارف خانگی باعث بالارفتن میزان PH در آب رودخانه شده و بالارفتن این شاخص از حد استاندارد منجر به کاهش کیفیت آب از نظر شرب می‌شود و مشکلاتی از قبیل کاهش اکسیژن محلول آب، مسمومیت، پیری زودرس رودخانه‌ها و بدبو شدن آب و... را به دنبال خواهد داشت. به‌طور متوسط میزان کود مصرفی در زمین‌های قابل کشت حوزه آبخیز کارده ۲۰۸ کیلوگرم در هکتار براساس آمار ارائه شده از سوی جهاد کشاورزی مشهد برآورد شده است که از این میزان ۷۳ درصد آن کود ازته، ۲۰ درصد کود فسفاته و مابقی شامل کودهای پتاس و ماکرو است. استفاده غیربهبینه از نهاده‌های کشاورزی و آبیاری و زهکشی نامناسب شبکه‌های آبیاری باعث شده است که سالانه حجم انبوهی از پساب‌های کشاورزی از طریق رودخانه کارده وارد مخزن سد شده و زمینه آلودگی آب مصرفی را فراهم کند.

برای رفع یا کاهش پیامدهای منفی ناشی از اقدامات و عملیات غیراصولی عامل انسان (دستیاری‌های انسانی) به شرح بیان شده و به‌منظور ساماندهی روش‌ها و شیوه‌های برداشت آب از رودخانه توجه به

رودخانه کارده به‌شدت تحت کشت واقع شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند؛ از این رو زه‌آب‌های حاصل از سمپاشی محصولات و کوددهی آن‌ها مستقیماً وارد رودخانه کارده می‌شود. مساحت باغات منطقه بسیار افزایش یافته است و مدیریت کشاورزی در سطح حوزه بسیار ضعیف و به‌صورت سنتی است. نظام خرده‌مالکی بر بخش کشاورزی حاکم بوده و از این لحاظ قطعه زمین‌های کوچک و پراکنده و تنوع کشت مشکلات هرزآب را بیشتر کرده است. توسعه اراضی مسکونی و خانه‌باغ‌ها یکی دیگر از تغییرات کاربری اراضی مشاهده شده در حاشیه رودخانه است. بدون تغییرات کاربری اراضی یکپارچه و طراحی زیربنایی، ممکن است تأسیسات بیش‌ازحد ایجاد کرده و به سوی تراکم و ازدحام و ذخایر آبی و سیستم‌های دفع فاضلاب ناکافی رهنمون شوند. این مواد آلاینده توسط شعبات رودخانه کارده به دریاچه سد وارد شده و در موقع کم‌آبی خطر آلوده شدن را افزایش می‌دهد. بیشترین مساحت اراضی باغات متصرف به بستر سیلاب رودخانه کارده به ترتیب در بازه‌های حرکت، بلغور، آل، سیچ و بلغور با مساحت‌های ۲۴۰/۸، ۸۳/۶، ۵۰، ۲۲/۸ و ۱۸/۳ هکتار است و بیشترین مساحت اراضی کشاورزی متصرف به بستر سیلاب رودخانه کارده به ترتیب در بازه‌های حرکت، گوش، بلغور، سیچ و آل با مساحت‌های ۱۳۲/۲، ۱۷/۵، ۱۵/۱، ۵/۵ و ۰/۸ هکتار است. تغییرات کاربری موجود در بستر سیلاب از بالادست تا پایین‌دست رودخانه کارده بیانگر افزایش میزان ورود کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی در اراضی زراعی و باغی است که به‌عنوان یک خطر جدی در جهت ایجاد آلودگی و اثرات نامطلوب بر آب آشامیدنی در محل مخزن سد کارده محسوب می‌شود. رابطه میان کاربری‌های باغی و زراعی و تمرکز NO₃ در رودخانه و مخزن سد کارده در تابستان مثبت است.

منابع

- پیشنهادهای زیر که برگرفته از نتایج به دست آمده از مطالعه و بررسی حاضر است، می‌تواند راهگشا و کاهش خسارت شود:
- ۱- ایجاد زمینه‌های مشارکت بهره‌برداران در نظم و نسق بخشیدن به رودخانه کارده در قالب طرح‌ها و برنامه‌های مشارکت‌مدار؛ به‌طور مثال، در اولویت قراردادن نیازهای بهره‌برداران از طریق تشخیص و رتبه‌بندی آن‌ها با استفاده از روش نظرسنجی مستقیم از آنان در جهت تعیین حریم و بستر و ساماندهی رودخانه‌ها به منظور کاهش خسارات سیلاب.
 - ۲- تنسيق، مشخص کردن و در اولویت قرار دادن حقایق‌های بهره‌برداران بر اساس سکونت و عدم سکونت در حاشیه رودخانه به منظور اولویت‌دادن به لزوم رفع مشکلات باغداران و زراعتان مربوط. بدیهی است این اقدام می‌تواند هم در آبرسانی به موقع به حقایق‌داران محلی و هم در تسریع امور ساماندهی و ترمیم نقاط آسیب‌پذیر تأثیرگذار باشد.
 - ۳- ساماندهی روش‌های انتقال آب از رودخانه به اراضی زراعی و باغات از طریق ایجاد تشکلهای مشارکت‌مدار در جهت رفع نواقص و تجهیز دهانه‌های آبرگیر موجود و احداث دهانه‌های آبرگیر جدید و تأسیسات مرتبط با آن‌ها.
 - ۴- جلوگیری از ورود و تخلیه مستقیم پساب‌ها و روان آب‌های سطحی و زیرسطحی و فاضلاب‌های روستایی به داخل رودخانه و ممانعت از آلودگی آب‌ها.
 - ۵- بهره‌برداری از منابع طبیعی و زیست‌محیطی حوزه و منابع موجود در حریم و بستر رودخانه‌ها با تدوین و اجرای طرح‌ها و برنامه‌های آبخیزداری مشارکت‌محور.
- تقدیر و تشکر**
- تحقیق نویسنده مسئول از حمایت مالی دانشگاه فردوسی مشهد (شماره ۲/۴۷۹۰۴) برخوردار بوده است که از این بابت تقدیر و تشکر می‌گردد.
- سلمانی، حسین؛ محمد رستمی‌خلج؛ حامد روحانی؛ مجتبی محمدی؛ صادق تالی‌خشک (۱۳۹۴). ارزیابی پاسخ هیدرولوژیک حوزه آبخیز قزاقلی استان گلستان طی دوره‌های آتی تحت تأثیر تغییر اقلیم، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. جلد ۶. شماره ۱۱. صفحه ۳۵-۲۴. <http://jwmr.sanru.ac.ir/article-1-490-fa.html>
- شرفی، سیامک؛ ابوالفضل شامی؛ مجتبی یمانی (۱۳۹۳). بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه اترک در بازه زمانی ۲۰ ساله، مجله آمایش جغرافیایی فضا. دوره ۴. شماره ۱۴. ۱۵۰-۱۳۰ صفحه. http://gps.gu.ac.ir/article_9542.html
- شفیعی مطلق، خسرو؛ جهانگیر پرهت؛ حسین صدقی؛ مجید حسینی (۱۳۹۷). بررسی تأثیر تغییر کاربری بر رواناب رودخانه مارون در ایستگاه ایدنک با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و مدل SWA، حفاظت منابع آب و خاک. دوره ۷. شماره ۳. صفحات ۸۶-۷۲. https://wsrj.srbiau.ac.ir/article_12266.html
- نیکنام، ابوزر؛ علی جعفرپور؛ محمد گودرزی (۱۳۹۶). تعیین حریم و بستر رودخانه به کمک مدل HEC RAS مطالعه موردی رودخانه کر حدفاصل بین روستای آب ماهی تا پل عباس‌آباد، دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران. دانشگاه شهرکرد. انجمن هیدرولوژی ایران. <https://civilica.com/doc/324954/>
- یوسفی، مسعود؛ دادور لطف‌الله‌زاده؛ مراحم رحمتی؛ بهرام حبیبی (۱۳۹۲). پیامدهای زیست‌اجتماعی و زیست‌محیطی ناشی از دستیاری‌های انسانی بر حریم و بستر رودخانه‌ها در استان گیلان، پژوهش‌های آبخیزداری. دوره ۹۸. صفحات ۱۳۵-۱۲۶. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=192846>

- Plate, E. J. (2002). Flood risk and flood management. *Journal of Hydrology*, 297: 2-11.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002216940200135X>
- Prafulkumar, V.T., L.P. Prem and D.P. Prakash. (2011). Calibration of HEC-RAS model on prediction of flood for Lower Tapi River, India. *Journal of Water Resource & Protection*, 3:805-811.
<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=8680>
- Rickenmann, D. and Recking, A. (2011). Evaluation of flow resistance in gravel-bed streams through a large field data set. *Water Resour. Res.* 47(7): 1-22.
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2010WR009793>
- Rostamian R., Jaleha A., Afyunia M., Mousavian SF., Heidarpour M., Jalalian A. and Abbaspour KC. (2010). Application of a SWAT model for estimating runoff and sediment in two mountainous basins in central Iran. *Hydrological Sciences Journal*. 53(5): 977- 988.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1623/hysj.53.5.977>
- Vietz, Geoff J., Ian D. Rutherford, Tim D. Fletcher, and Christopher J. Walsh. (2016). Thinking outside the channel: Challenges and opportunities for protection and restoration of stream morphology in urbanizing catchments. *Landscape and Urban Planning*, 145:34-44.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204615002030>
- Ziaabadi, L., Z. Yousefi, V. Gholami and E. Jokar. (2010). Modeling of river hydraulic behavior for site selection the outlets of surface water system (Case Study: Rasht City, Iran). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environ. Science*, 7(2): 149-156.
[https://www.idosi.org/aejaes/jaes7\(2\)/5.pdf](https://www.idosi.org/aejaes/jaes7(2)/5.pdf)
- Zimmermann, A. (2010). Flow resistance in steep streams: an experimental study. *Water Resour. Res.* 46(9):1-18.
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2009WR007913>
- References**
- Earles, T.A., R.K. Wright, C. Brown and T.E. Langan. (2004). Los Alamos forest fire impact modeling. *Journal of the American Water Resources Association*, (JAWRA) 40(2): 371-384.
<https://www.semanticscholar.org/paper/LOS-ALAMOS-FOREST-FIRE-IMPACT-MODELING-Earles-Wright/babb274f479b3092822577102b7109809675211f>
- Ferguson, R. (2007). Flow resistance equations for gravel- and boulder-bed streams. *Water Resour. Res.* 43(5):1-12.
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2006WR005422>
- Grecchia, R. C., Beuchlea, R., Shimabukuro, Y.E., Aragão, E.O.C. Arai, E., Simonetti, E., Acharda, F. (2017). An integrated remote sensing and GIS approach for monitoring areas affected by selective logging: A case study in northern Mato Grosso, Brazilian Amazon, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 61:70-80.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243417300971>
- Kamanbedast, A. and Y. Esfandiar. (2011). Investigation and study of morphological changing of rivers using HEC-GeoRAS and Mike 11 Software. *World Applied Sciences Journal*, 13(5): 1253-1258.
[https://www.idosi.org/wasj/wasj13\(5\)/42.pdf](https://www.idosi.org/wasj/wasj13(5)/42.pdf)
- Kukkonen, M. & Niina Kayhko. (2014). Spatio-temporal analysis of forest changes in contrasting land use regimes of Zanzibar, Tanzania, *Applied Geography*. 55, 193-202.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Spatio-temporal-analysis-of-forest-changes-in-land-Kukkonen-K%2C%20A4yhk%2C%20B67d453b2b308500ba68164b00ceff8bdfbd613057>
- Montoya, L. & Masser, I. (2005). Management of natural hazard risk in Cartago, Costa Rica, *Habitat International*, 29 (3). 493-509.
https://www.researchgate.net/publication/278397675_Management_of_Natural_Hazard_Risk_in_Cartago_Costa_Rica
- Nitsche, M. (2012). Macro-roughness, flow resistance and sediment transport in steep mountain streams. Ph. D. Thesis. University of Leipzig. Zurich. German.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Macro-roughness%2C-flow-resistance-and-sediment-in-Nitsche/2ef1df86b5f84b302fd8485bde7b60b438844858>