Investigation and Estimation of Hydrological Effects Due to Land use Changes in OjanChai Basin (Eastern Slope of Sahand Mountain, northwest of Iran)

Dr. Maryam Bayati Khatibi[1*], Dr.Behroz Sari Sarraf[2], Dr. Fariba Karami[3]

1- Professor of Geomorphology, Faculty of Planning and Environment Science, University of Tabriz
2- Professor of Climatology, Faculty of Planning and Environment Science, University of Tabriz
3- Professor of Geomorphology, Faculty of Planning and Environment Science, University of Tabriz

Bayati Khatibi, M & Sari Sarraf, B & Karami, F.(2021). [Investigation and Estimation of Hydrological Effects Due to Land use Changes in OjanChai Basin(Eastern slope of Sahand mountain, northwest of Iran)]. *Geography and Development,* 19 (62), 79-102, http://dx.doi.org/10.22111/J10.22111.2021.6004

doi: http://dx.doi.org/10.22111/J10.22111.2021.6004

Received:26/06/2019
Accepted :05/01/2020

ABSTRACT

Type of land use and changes in the type of land use are related to the amount of runoff and changes in it. The type of land use with direct effects on runoff velocity, permeability and flood concentration control is controlled; in this case, a change in type of farming or pasture Urban use has a large impact on reducing water quality and increasing runoff from rainfall. Increased runoff due to user change can be a good indicator of the probability of increasing the flood in a basin. Land use change and land cover, in turn, have hydrological results at local, regional and global scales. The hydrological effects of land use and vegetation management are evident in the form of changes in runoff depth, minimum discharge, maximum discharge, soil moisture and evapotranspiration.Due to the type of soil and topographical and climatic characteristics of the Ojan Tea (from the sub-basins located on the eastern slopes of the Sahand Mountains), changes due to man's loss to slopes and land use changes have been high. Considering the inducements caused by Erosion erosion and general ablation in the range of Ojan tea, it seems that variations in runoff rates are very significant due to changes in the range of the desired range.

Keywords:
Land use change,
Runoff, Erosion,
Flood, L-THIA model.

Extended Abstract

1- Introduction

Land use type with direct effects on runoff speed, permeability and flood concentration time. Meanwhile, the change of use from agricultural or rangeland to urban use, to a large extent affects the reduction of water quality and increase the amount of runoff from rainfall. Runoff increase through land use change can be a good indicator to determine the potential for increased flooding in a basin.Land use change and land cover, on a local, regional and global scale, have hydrological consequences. The hydrological effects of land use and vegetation management are manifested in the form of changes in runoff depth, minimum flow, maximum flow, soil moisture and evapotranspiration.Increasing runoff production in a particular region, in addition to increasing flood potential, has other effects.Due to the type of soil and the characteristics of topography and the prevailing climate, the changes

***Corresponding Author:**
Dr. Maryam Bayati Khatibi
Address: Department of Geomorphology University of Tabriz
Tel: +98(9144159421)
E-mail: M_bayati@tabrizu.ac.ir

use changes have been high in the area of Ojanichai (one of the sub-basins located in the eastern slopes of Sahand Mountain).Considering the excavations due to furrow erosion and generally waterlogging in the slopes of Ojanichai area, it seems that the changes in the amount of runoff due to land use changes in the area are very large . Due to the lack of data on the amount of precipitation and sediment (due to the lack of necessary measuring stations in the basin), it was tried to get help from the surrounding stations, which of course can affect the results.

2- Methods and Materials

Various hydrological models have been proposed to simulate the effects of land use change in a region or watershed. The L-THIA model used in this study is one of them. The L-THIA model is a method for evaluating the long-term effects of hydrology in a basin by which users can make relative changes**.** In this study, in order to prepare land use maps by performing preliminary preprocessions, such as geometric, radiometric and atmospheric corrections, as well as preparing samples, satellite images in remote sensing software were classified using the maximum probability class algorithm**.**In this research, to use the L-THIA model of station precipitation, Landsat satellite images (TM and ETM sensors) and specialized L-THIA software and Arc Map have been used**.**According to the proposed model (Figure 2), Landsat satellite imagery images were used in different periods to prepare the land use layer and soil hydrological groups, which are essential for the implementation of the model.Landsat satellite imagery images were used in different periods to prepare the land use layer and soil hydrological groups, which are necessary for the implementation of the model. According to the purpose of this study, which is to investigate the effect of land use change on runoff production, land use layer was prepared separately for satellite use using satellite imagery for different years to be used in modeling.

In this research, using THIA L-model, soil type according to existing soil maps, prepared samples, soil report, studies of other organizations and also based on field experiences, soil group of the study area was determined as the basis of the model used**.**The range of hydrological group A is observed in the southern and southwestern parts. The area related to hydrological group B is mostly scattered in the northern, northeastern and central parts. Hydrological group C is spread around the floodplains in the central part of the basin, and finally hydrological group D, which covers most of the Ojan basin**.**Considering that the amount of runoff also depends on the type of soils, the type of soils in the study area has been investigated. The results show that the type of soils in the study area are very deep, which are formed in a part without salinity and alkalinity and in a part of lands with relatively high salinity and alkalinity. The soil texture is medium to heavy and its structure is compact**.**This soil in sloping parts provides a suitable substrate for gully erosion. In the dry months of the year, polygonal cracks form on the surface of such soils, and these cracks play a role in the rainy season and the formation of runoffs as the site of waterways and the formation of subsequent grooves on the sloping surfaces of ditches. Examination of the data obtained from soil horizons also indicates that in the surface sections the percentage of silt and clay in the soil texture is high, which makes the soil structure very sensitive to water erosion.

The type of use in the areas of Ojan-e-Chay basin is mainly agriculture and rangeland, and the scope of these two types of use has changed in the two periods of 1988 and 2018. Over the course of 30 years, the range of rangelands has been reduced and the range of agricultural lands has been increased.

This means that the lands that were not very talented for cultivation were out of range and cultivated. In fact, over the past three decades, one-fifth of pasture land has been allocated to agricultural land.

The final drawings based on the L-THIA model for the 1988and 2018 time periods show that significant changes have been made in terms of runoff and maximum location**s.**In 1988, strong runoff with high wear capacity was more concentrated in the southeastern part, and after 30 years, with less intensity, it was concentrated in the central part, mainly due to changes in land use in the central and southeastern parts.

4- Conclusion

The study area is one of the rangelands of the country and unfortunately, land use changes and unprincipled cultivation in the slopes have provided the ground for gully erosio**n.** Based on field visits and considering the presence of evidence of intensified erosion, this area can be introduced as one of the areas under severe erosion due to changes in the amount of runoff due to land use changes.Given climate change and the trend of environmental drought, as well as declining groundwater levels, it seems that in the coming years the slope turbulence will intensify and the amount of runoff will increase and the number of destructive floods will increas**e.** Often, the soil of the slopes is severely eroded by runoff because of the extreme cultivation in the rangeland**s.**In arid and semi-arid regions, soil and water are almost scarce natural resources, and the preservation of these resources and their proper and principled use should be one of the country's priorities.

Unfortunately, in recent years, the idea that it can be easily changed or exploited without considering the potential of the soil has disrupted many natural processes or accelerated their performance. In the past, Ojanichai basin was one of the water basins in the region, and changes in water resources in this basin have also been reflected. In the past, Ojanchay basin was one of the water basins in the region, and changes in water resources in this basin have also been reflected. Lack of attention to changes in climatic conditions has led to civil investment and the creation of several dams in this basin. Locals have also put extra pressure on crops as well as pastures, which in turn have altered the performance of the basin's hydrogeomorphological process. Assessing areas at risk of erosion and runoff can put principled action in the right direction and in line with ecological potential and prevent local disturbances.

Keywords: Land use changes, Ruoff, Erosion, Ojanchay basin, L-THIA model, Flood.

5- Reffrence

- Atahshkhar, Fateme; Samadi, Hossein and Ataollah Ebrahimi (2011). Investigating Land Use Changes in Aghbolagh Basin Using LandsatTM Satellite Images, 3rd National Engineering Conference, Tehran, P.68. https://civillica.com/doc/156131
- Esfandiari, Fariba; Beheshti Javid, Ibrahim and Mohammad Hossein Fathi (2014). Evaluation of Hydrological Effects of Land Use Change on Annual Runoff in Qarahsoo Watershed Using L-THIA Hydrogeomorphology Model, Volume 1, Number 1, Pages 59-73. https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_197_38ae4717e203d607c506d9043261b3a4.pdf
- Khalifi, Bahram; Mahdavi, Mohammad; Saghafian, Bahram (2005). Investigating the effect of land use change on flooding using NRCS model (Case study: Baranduzchay basin of West Azerbaijan), Iranian Journal of Natural Resources. Volume 58. Number 4, PP. 34-52. https://journals.ut.ac.ir/article_25409_cb2c6806bb7f762362e276c3c683fee8.pdf
- Razavizadeh, Samaneh; 'Ali salajeghe; Shahram Khaliqi; Mohammad Jafari (2013). Investigating the Impact of Land Use Changes on Flood Characteristics Using HEC-HMS Model (Case Study: Taleghan Watershed), Rangeland and Watershed Management Journal, Sixty-Sixth Period. No. 3. Pages 386-373. https://jrwm.ut.ac.ir/article_36514_0a24782a5cfa5b396ff0e7332c70f613.pdf
- Salman Mahini, Abdul Rasool; Akram Husseiniya; Seyed Mahmoud Ghasempouri; Ahad Tavassoli; Mahdar Rezaei (2012). Long-term evaluation of hydrological effects (L-THIA) of land use change on annual runoff at the watershed scale. Geography and development. No. 26. Pages 134-125. https://gdij.usb.ac.ir/article_485_369666123c53783e48fb27e447ee6015.pdf

- Ghaffari, Galaleh; Qudusi, Jamal; Ahmadi, Hassan (2009). Investigating the effect of land use on hydrological responses of the watershed (Case study: Zanjan River watershed). Journal of Soil and Water Conservation Research. Volume sixteen. No. 1, 1388, PP. 163-188. http://jwsc.gau.ac.ir/article_585.html
- Ghahrodi Eli, Manijeh (2006). Evaluation of SCS-CN model in runoff estimation (Case study: Amirkabir dam catchment (Karaj)). Journal of Geography and Development, No. 3, PP. 185-198. https://gdij.usb.ac.ir/article_3808_98e9f917c6e7f05032e3f1ce0fa0e908.pdf
- Moazani, Mehdi; Aghayee, Vahed; Badali, Ahad and Homayoun Pari (2015). Investigating land use changes in Parsabad city using satellite images, the first international congress on land, space and clean energy. Ardabil, P.27. https://civilica.com/doc/456660/
- Yarahmadi, Jamshid; Nikjoo, Mohammad Reza (2012). Investigating the effect of land use change on the occurrence of floods in the Sufi-Chai basin, geography and planning. The sixteenth period. No. 39. Spring 2012. PP. 151-169. https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_197_38ae4717e203d607c506d9043261b3a4.pdf
- Ahiablame. Laurent M, Bernard A. Engel & Indrajeet Chaubey (2012). Representation and Evaluation of Low Impact Development Practices with L-THIA-LID: An Example for Site Planning, Environment and Pollution, Vol. 1, No. 2.1-13. https://www.researchgate.net/publication/271324096_Representation_and_Evaluation_of_Low_Impact_Development_Practices_with_L-THIA-ID_An_Example_for_Site_Planning
- Chatchai Jothityangkoon, Chow Hirunteeyakul, Kowit Boonrawd, Murugesu Sivapalan)2013). Assessing the impact of climate and land use changes on extreme floods in a large tropical catchment, Journal of Hydrology, Volume 490, No.20 , 88-105. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002216941300245X
- Jichul Ryu, Won Seok Jang, Jonggun Kim, Gwanjae Lee, Kwangsik Yoon,Yong Seok Kim and Kyoung Jae Lim (2017). Development and evaluation of ArcGIS based watershedscale L-THIA ACN-WQ system for watershed management, Water Science & Technology: Water Supply, No.60, 139-149. https://iwaponline.com/ws/article/18/4/1206/39224/Development-and-evaluation-of-ArcGIS-based
- Oztürk, Melih, Nadim K. Copty, Ali Kerem Saysel, (2013). Modeling the impact of land use change on the hydrology of a rural watershed, Journal of Hydrology, Volume 497, No.8 , 97-109 https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23312041.2015.1115691
- Pandey S, Gunn R, Lim K, Engel B, Harbor J., (2000). Developing a Web-enabled Tool to Assess Long-term Hydrologic impacts of land-use change, information technology issues and a case study. URISA Journal Vol.12, No.4,5-17. file:///D:/Downloads/Developing_a_Web-Enabled_Tool_to_Assess_Long-Term_%20(1).pdf
- Tang Z, Engel B.A, Pijanowski B.C, Lim K.J, (2005). Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale. Environmental impact at a watershed scale. Journal of Environmental Management No.76, 35-45. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15854735/
- Wang Y, Choi W., Deal B.M., (2005). Long-term Impacts of Land Use Change on Non-point Source Pollutant Loads for St.Louis Metropolitan Area, USA. Environmental Management Vol.35,No.35, 194-205. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15902457/
- Wije sekara, G.N.A. Gupta, C. Valeo, J.G. Hasbani, Y. Qiao, P. Delaney, D.J. Marceau, (2012). Assessing the impact of future land-use changes on hydrological processes in the Elbow River watershed in southern Alberta, Canada, Journal of Hydrology, Volumes 412-413, No.4 ,Pages 220-232 https://erwp.org/index.php/data-and-research/61/

بررسی و برآورد اثرات هیدرولوژیک ناشی از تغییرات کاربری در حوضۀ اوجان‌چای (دامنۀ شرقی کوهستان سهند، شمال‌غرب ایران)

دکتر مریم بیاتی‌خطیبی[1]*، دکتر بهروز ساری‌صراف[2]، دکتر فریبا کرمی[3]

جغرافیا و توسعه، شمارۀ ۶۲، بهار ۱۴۰۰
تاریخ دریافت: ۹۸/۰۴/۰۵
تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۱۵
صفحات : ۱۰۲- ۷۹

چکیده

تأثیرات هیدرولوژیکِ کاربری اراضی و نوع مدیریت زمین، در قالب تغییر در عمق رواناب، دبی حداقل، دبی حداکثر، رطوبت خاک و تبخیر و تعرق آشکار می‌شود. افزایش تولید رواناب در یک منطقۀ خاص، علاوه‌بر افزایش پتانسیل سیل‌خیزی، تأثیرات دیگری را نیز به‌دنبال دارد. در محدودۀ اوجان‌چای (از زیرحوضه‌های مهم واقع در دامنه‌های شرقی کوهستان سهند) به‌واسطۀ نوع خاک و ویژگی‌های توپوگرافی و اقلیم حاکم، تغییرات ناشی از دست‌اندازی انسان به شیب‌ها و تغییرات زیاد در کاربری، به تغییرات در حجم و عمق رواناب منجر شده‌است. در محدودۀ مورد مطالعه که از محدوده‌های مرتعی کشور محسوب می‌شود و اغلب به‌دلیل اینکه در محدوده‌های مرتعی کشت و آن هم کشت افراطی صورت می‌گیرد، خاک دامنه‌ها توسط رواناب‌ها تحت فرسایش شدید قرار گرفته‌اند. در این تحقیق با هدف بررسی نقش تغییرات هیدروژئومورفولوژیکِ ناشی از تغییرات کاربری، از مدل L-THIA، برای تخمین رواناب ناشی از تغییر کاربری در حوضۀ اوجان‌چای استفاده شده‌است. مدل L-THIA یک ابزار مناسب برای کمک به سنجش اثرات بالقوۀ تغییر کاربری بر رواناب سطحی و آلودگی آب است. برای به‌کارگیری این مدل، بارش ایستگاه‌ها تهیه و از تصاویر ماهواره‌ای لندست (سنجندۀ TM و ETM) و نرم‌افزار تخصصی L-THIA و Arc Map استفاده شد و نوع کاربری اراضی در محدودۀ مورد مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به دو سال متفاوت (۲۰۱۸ و ۱۹۸۸)تعیین شد. پس از تهیۀ نقشه‌های کاربری اراضی، اقدام به آشکارسازی تغییرات و بررسی تغییرات اتفاق‌افتاده شد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که نوع کاربری در زمین‌های محدودۀ حوضۀ اوجان‌چای عمدتاً کشاورزی و مرتع است که محدودۀ این دو نوع کاربری از سال ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۸ تغییراتی داشته‌است؛ به عبارت دیگر، در طی ۳۰ سال از محدودۀ مراتع کاسته شده و بر محدودۀ زمین‌های کشاورزی افزوده شده‌است. بررسی تغییرات نشان می‌دهد که در طی سه دهه، یک‌پنجم از زمین‌های مرتع در اختیار زمین‌های کشاورزی قرار گرفته‌اند. بررسی برآوردهای صورت‌گرفته با استفاده از مدل نشان می‌دهد که بالاترین میزان حجم رواناب که در سال ۱۹۸۸ در قسمت‌های مرکزی و در اطراف شیب‌های منتهی به دشت‌های سیلابی قرار گرفته بودند، تغییر مکان داده و تمرکز رواناب‌ها در قسمت‌های دیگر حوضه قرار گرفته‌است؛ یعنی در قسمت‌هایی که بیشتر به فرسایش مستعد هستند.

واژه‌های کلیدی:
تغییرات کاربری، رواناب، فرسایش، حوضـۀ اوجان‌چای، مدل L-THIA، سیلاب.

مقدمه

نوع کاربری و تغییرات در نوع کاربری، با میزان رواناب و تغییرات در آن، ارتباط دارد. نوع کاربری با آثار مستقیم در سرعت رواناب، میزان نفوذپذیری و زمان تمرکز سیل را کنترل می‌کند.در این میان تغییر کاربری از نوع کشاورزی یا مرتع به کاربری شهری، تا مقادیر زیادی بر کاهش کیفیت آب و افزایش میزان رواناب حاصل از بارش تأثیر می‌گذارد. افزایش رواناب به‌واسطۀ تغییر کاربری می‌تواند شاخص خوبی برای تعیین احتمال بالقوۀ افزایش سیلاب در یک حوضه باشد. تغییر کاربری و پوشش اراضی،در مقیاس‌های محلی، ناحیه‌ای و جهانی، نتایج هیدرولوژیک به‌همراه دارد. تأثیرات هیدرولوژیک کاربری اراضی و مدیریت پوشش گیاهی در قالب تغییر در عمق رواناب، دبی حداقل، دبی حداکثر، رطوبت خاک و تبخیر و تعرق آشکار می‌شود. افزایش تولید رواناب در یک منطقۀ خاص، علاوه بر افزایش پتانسیل سیل‌خیزی، تأثیرات دیگری را نیز به‌دنبال دارد؛ ازجمله: کاهش میزان نفوذپذیری زمین، درنتیجۀ افت سطح آب‌های زیرزمینی، افزایش قدرت تخریب آب،افزایش قدرت

۱- استاد ژئومورفولوژی،گروه Gis و سنجش از دور، دانشکدۀ برنامه‌ریزی و علوم‌محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران (نویسنده‌مسئول) M_bayati@tabrizu.ac.ir
۲- استاد آب‌وهواشناسی، گروه آب و هواشناسی ،دانشکدۀ برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران sarraf@tabrizu.ac.ir
۳- استاد ژئومورفولوژی، گروه ژئومورفولوژی ،دانشکدۀ برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز تبریز، ایران fkarami@tabrizu.ac.ir

حمل رسوب و خارج‌ازدسترس‌شدن خاک‌های مناسب، افزایش قدرت حمل رسوب و پُرکردن مخزن‌های سدها، کاهش کیفیت آب و... .

با عنایت به تأثیر تغییرات کاربری برروی رواناب‌ها، محققان مختلفی سعی کرده‌اند که از ابعاد مختلف، نحوه و میزان تأثیرات را بررسی‌کنند. وانگ و همکاران (۲۰۰۵) تغییرات در مسیر جریان رودخانه‌ها را در رابطه با مدیریت محیطی مورد مطالعه قرار دادند و با مطالعات آزمایشگاهی اثرات تغییرات در پارامترهای مختلف را بر رفتار رودخانه‌ها به اثبات رساندند *(Wang et al 2005: 196).*

«مالیک و موهانتی» و «مارن» (۲۰۰۷) از دیگر محققانی هستند که بر نقش ویژگی‌های زهکشی و نوع سازندها در تغییر الگوی جریان رودخانه‌ها تأکید کردند *(Malik & Mohanty & Maren, 2007: 99).*

ویجی سکارا و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی آثار تغییرات کاربری برروی فرایندهای هیدرولوژیک را در حوضهٔ رودخانهٔ البو بررسی کردند. مدل هیدرولوژیک به‌کاررفته در پژوهش نشان داد که جریان آب به مقدار ۷ درصد در مناطق بالادست افزایش یافته و یک کاهش ۱، ۱۲ و ۲/۳ درصدی به‌ترتیب در تبخیر و تعرق، جریان پایه و نفوذپذیری رخ داده‌است *(Wije sekara et al, 2012: 222).*

اوزتورک و همکاران (۲۰۱۳)در پژوهشی تأثیر تغییرات کاربری اراضی را در هیدرولوژی حوضه‌های آبخیز روستایی مدل‌سازی کردند.نتایج نشان داد که حجم رواناب تولیدی به‌شدت با تغییرات زمین از نوع جنگل به کشاورزی در ارتباط است و واکنش کمتری را در زمین‌های با کاربری جنگلی دارد. آن‌ها دریافتند که به‌طورکلی، «مدل‌سازی» ابزاری مفید برای ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر هیدرولوژی است *(Oztürk et al et al, 2013: 98).*

چاتچایی و همکاران (۲۰۱۳)، در پژوهشی به بررسی تأثیر تغییرات اقلیم و کاربری اراضی در سیلاب‌های حوضه‌های بزرگ حاره‌ای پرداختند. مدل شبیه‌سازی شده و آنالیزهای حساسیت نشان داد که احتمال عقلی وقوع سیلاب‌های حداکثر در محل سد معادل ۶۳۱۱ مترمکعب در ثانیه است که تنها اندکی از سیلاب‌های درنظر گرفته‌شده (۶۰۰۰ مترمکعب در ثانیه) بیشتر است *(Chatchai et al, 2013: 89)*

سلمان ماهینی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از مدل L-THIA آثار تغییر کاربری را در تولید رواناب در منطقهٔ چالوس و نوشهر بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که در طی ۱۴ سال ۱۷/۳ میلی‌متر به ارتفاع رواناب سالانه افزوده شده‌است که معادل ۷/۷۹ میلیون مترمکعب رواناب می‌شود *(سلمان‌ماهینی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۲۶).*

اسفندیاری و همکاران (۱۳۹۳)، با استفاده از مدل l-thia آثار تغییر کاربری در سیل‌خیزی را در حوضهٔ رودخانهٔ قره سوبرای بارش‌های حداکثر ۲۴ساعته انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که مساحت پهنه‌های پرخطر تا سه‌برابر افزایش نشان می‌دهد *(اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۳: ۷۵).*

آتشخوار و همکاران (۱۳۹۰)، طی تحقیقی با عنوان بررسی تغییرات کاربری اراضی در حوضهٔ آقبلاغ، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM در محدودهٔ مورد مطالعه و به منظور دستیابی به صحت اطلاعات به‌دست‌آمده، طی یک بازدیدِ میدانی، ۵۰ نقطه را به‌عنوان مبنای کنترل زمینی برداشت کردند و کاربری آن‌ها مشخص شد. پس از تجزیه‌وتحلیلی که توسط نرم‌افزار Ilwis انجام شد، اراضی به ۱۰ نوع کاربری مختلف تقسیم شدند.

نتایج به‌دست‌آمده با صحت کلی متوسط ۹۱ ٪ در ابتدا و انتهای دوره نشان داد که طی گذر زمان در حوضهٔ مورد مطالعه به‌ترتیب بیشترین تغییرات کاهشی سال ۱۳۶۹ نسبت‌به سال ۱۳۸۸ مربوط به مراتع خوب، زراعت آبی آیش، باغ و جنگل و درنهایت

مناطق بدون پوشش است که به‌ترتیب برابر با ۱۳/۹۵، ۵۶/۳۷،۷۰/۶۸ و۲۴/۳۴ درصد است و در مقابل زراعت دیم مراتع‌ضعیف و خاک لخت افزایش یافته‌است *(آتشخوار و همکاران،۱۳۹۰: ۶۹)*.

رضوی‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی تأثیر تغییرات کاربری زمین در وقوع سیلاب را مورد ارزیابی قرار دادند. براساس نتایج شبیه‌سازی، به‌علت تغییرات کاربری اراضی، دبی اوج سیل در سال ۱۳۸۱ نسبت‌به ۱۳۶۶ کاهش‌متوسط ۱۶/۱۷ درصدی را نشان می‌دهد و روند تغییرات کاربری اراضی منطقهٔ موردمطالعه به لحاظ سیل‌خیزی مثبت ارزیابی شده‌است *(رضوی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۸۷)*.

مؤذنی و همکاران (۱۳۹۴) در طی تحقیقی با عنوان بررسی تغییرات کاربری اراضی شهر پارس‌آباد مغان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، به‌منظور تحلیل تغییرات در طی دوره‌های مختلف از داده‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای لندست TM سال ۱۳۶۸، لندست +ETM سال ۱۳۸۱، لندست ۸ (OLI) سال ۱۳۹۴ و نقشه‌های کاربری اراضی محدودهٔ مورد مطالعه استفاده شده‌است. فاصلهٔ زمانی بین تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده ۱۳ سال و ابزارهای مورد استفاده نیز نرم‌افزارهای ENVI 5,ARC.GIS 10.1,IDRISI SELVA است. نتایج این مطالعات نشان داد که با توسعهٔ شهر از مساحت کاربری مزارع و اراضی بایر کاسته شده‌است و اراضی پیرامون شهر دچار تغییراتی شده‌اند و اراضی تولیدکنندهٔ محصولات زراعی که دارای شرایط مناسب برای کشت هستند، به اراضی ساخته‌شده و مسکونی تبدیل شده‌اند. *(مؤذنی و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۸)*. از دیگر کارها می‌توان به پژوهش‌های صورت‌گرفته توسط خلیقی و همکاران *(۱۳۸۴: ۳۵)*، قهرودی *(۱۳۸۵: ۱۹۹)*، غفاری و همکاران *(۱۳۸۸: ۱۶۵)*، یاراحمدی و نیکجو *(۱۳۹۱: ۱۷۰)*، تانگ و همکاران *(۲۰۰۵: ۷۵)*، و پاندی و همکاران *(۲۰۰۰: ۷)*، اشاره کرد.

بررسی و جمع‌بندی تحقیقات صورت‌گرفته با مدل فوق، نشان‌دهندهٔ رویکردی جدید در بررسی نحوهٔ تأثیر تغییر کاربری بر مقادیر رواناب و برآورد رواناب سالانه در مقیاس حوضه است؛ به‌گونه‌ای‌که در کشورمان تنها یک مورد با استفاده از این مدل در منطقهٔ چالوس و نوشهر و به‌طور محدود در غرب کشور صورت‌گرفته است و نمونهٔ موردی دیگری وجود ندارد. محدودهٔ مورد مطالعه به‌عنوان مهم‌ترین مراکز دامپروری و کشت بعضی از محصولات و عمدتاً جو، با استناد به شواهد آبکندهای ایجادشده در شیب‌ها بیشتر در معرض تعرض انسان و تبعات ناشی از تغییرات کاربری شده‌است؛ بنابراین در این تحقیق سعی بر این است که با توسل به مدل قابل‌اطمینان تأثیر تغییرات کاربری بر عملکرد فرایندهای هیدروژئومورفولوژیکی مورد بررسی قرار گیرد.

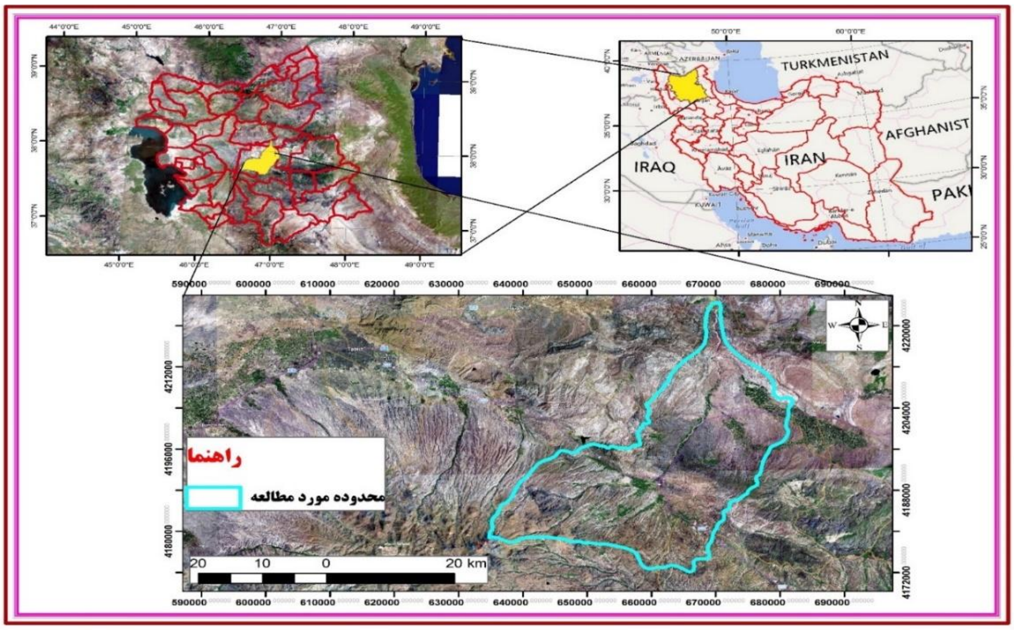
در محدودهٔ اوجان‌چای (از زیرحوضه‌های واقع در دامنه‌های شرقی کوهستان سهند) به‌واسطهٔ نوع خاک و ویژگی‌های توپوگرافی و اقلیم حاکم، تغییرات ناشی از دست‌اندازی انسان به شیب‌ها و تغییرات کاربری زمین زیاد بوده‌است. با توجه کندوکاری‌های ناشی از فرسایش شیاری و به‌طورکلی آبکندی در دامنه‌های محدودهٔ اوجان‌چای، به نظر می‌رسد که تغییرات در میزان رواناب‌ها به‌واسطهٔ تغییرات کاربری در محدودهٔ مورد نظر بسیار زیاد است. به‌دلیل کمبود داده‌ها در زمینهٔ مقدار بارش و رسوب (به‌علت کافی‌نبودن ایستگاه‌های سنجندهٔ لازم در حوضه) سعی شد تا از ایستگاه‌های اطراف کمک گرفته شود که این البته می‌تواند در نتایج تأثیرگذار باشد.

– موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های طبیعی حوضهٔ اوجان‌چای

حوضهٔ اوجان‌چای از زیرحوضه‌های مهم آجی‌چای است که از غرب به زیرحوضهٔ سعیدآباد و از شرق به زیرحوضه‌های دیگری که از رودخانه‌های دامنه‌های شرقی سهند تغذیه می‌شوند، محدود می‌شود. این

حوضه از زیرحوضه‌های دامنه‌های شرقی سهند است که در موقعیت جغرافیایی' ۴۴ ° ۳۷ تا' ۵۴ ° ۳۷ عرض‌شمالی و' ۳۱ ° ۴۶ تا' ۵۰ °۴۶ طول‌شرقی قرار گرفته‌است(شکل۱).حداکثر ارتفاع آن در بخش جنوب-جنوب‌غربی یعنی بزداغ با ارتفاع ۳۵۴۰ متر قرار گرفته و حداقل ارتفاع آن در محل پیوست رودخانهٔ اوجان به آجی‌چای دیده می‌شود.

در زیرحوضهٔ اوجان‌چای، فرسایش خطی در شدیدترین حالت خود و در بخش‌های پایینی سطوح کشت‌شده و در دامنه‌های تندتر بالای بخش‌های تحت کشت تشکیل دیده می‌شود؛ به‌دلیل اینکه آبخیز اوجان‌چای از محدوده‌های مهم کشت انواع محصولات دیمی و آبی کوهستان سهند به‌شمار می‌آید.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضهٔ اوجان‌چای

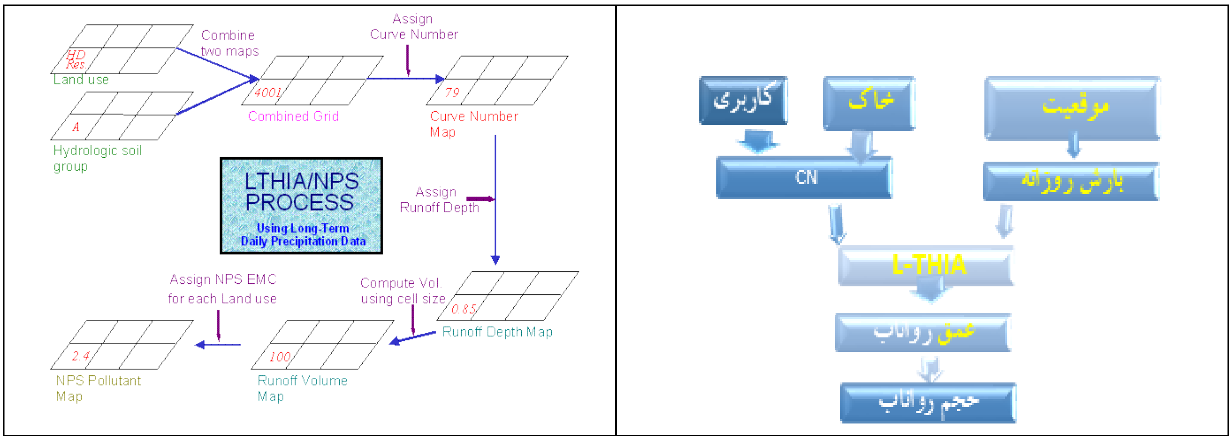
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

زمین‌شناسی و لیتولوژی حوضهٔ اوجان‌چای بسیار متنوع است. سنگ‌های رسوبی و آذرین و خاک‌هایی با ضخامت زیاد بخش‌های مختلف آن را پوشش می‌دهند. تشکیلات ولکانوسدیمانترها بخش وسیعی از حوضهٔ اوجان‌چای را دربرگرفته‌اند. بخش مهمی از حوضه، سنگ‌های رسوبی مربوط به میوسن است که شامل سازندقرمز تحتانی و واحدهای متشکل از مارن ژیپسی و ماسه‌سنگ است. رسوبات کواترنر به شکل تراس‌ها و مخروط‌افکنه‌ها به‌طورعمده در قسمت‌های شمالی حوضه دیده می‌شوند. جنس این آبرفت‌ها از نوع رودخانه‌ای همراه با گل و لای،رس و ماسه‌های تخریب‌شده از سنگ‌های حوضه محسوب می‌شوند.

- داده‌ها و روش‌ها

برای شبیه‌سازی آثار تغییر کاربری یک منطقه یا حوضهٔ آبخیز، مدل‌های هیدرولوژیک مختلفی ارائه شده‌است. مدل L-THIA که در این تحقیق از آن استفاده شده، یکی از آن‌هاست. مدل L-THIA روشی برای ارزیابی آثار درازمدت هیدرولوژیک در یک حوضه است که کاربران می‌توانند توسط آن تغییرات نسبی را

که به‌واسطهٔ تغییر کاربری در رواناب رخ داده، تعیین کنند. هستهٔ اصلی این مدل بر مبنای روش شمارهٔ منحنی (CN) سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) است. مقادیر CN را بین ۱۰۰-۰ بیان می‌کند که در آن مقادیر بالا به کاربری‌های شهری و مقادیر پایین برای مناطقی با نفوذپذیری بالا، مثل تالاب‌ها و مراتع با تراکم پوشش گیاهی بالا تعلق می‌گیرد *(Tang et al, 2005: 43)*. یکی از مزایای L-THIA عدم نیاز به کالیبراسیون مدل با داده‌های واقعی منطقه است. در این سامانه مقادیر CN پیش‌فرض برای کاربری‌ها و ترکیب گروه‌های هیدرولوژیکی خاک آماده شده‌است. همچنین دامنه‌ای از مقادیر CN برای هر کاربری و ترکیب گروه هیدرولوژیکی وجود دارد که وابسته به شرایط رطوبت پیشین خاک، تیپ پوشش و مدیریت سرزمین است. کالیبراسیون مدل به‌صورت خودکار با استفاده از ترکیب‌های مختلف CN پیش‌فرض موجود در L-THIA GIS صورت می‌پذیرد (شکل ۲).



ب)	الف)

شکل۲: الف) داده‌ها و اطلاعات لازم، ب) مراحل اجرایی مدل

مأخذ: Ahiablame2012:3

در این تحقیق به‌منظور تهیهٔ نقشه‌های کاربری اراضی با انجام پیش‌پردازش‌های اولیه، مانند: تصحیح هندسی، رادیومتریک و اتمسفری، همچنین تهیهٔ نمونه‌ها، تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزارهای سنجش از دور،با استفاده از الگوریتم حداکثرِ احتمال، طبقه‌بندی شدند. آشکارسازی تغییرات، فرایند شناسایی تفاوت‌ها در وضعیت یک شیء یا پدیده به‌وسیلهٔ مشاهدهٔ آن در زمان‌های متفاوت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است ؛ بنابراین در این پژوهش به‌منظور آشکارسازی تغییرات با مقایسه پس از طبقه‌بندی، از جدول‌بندی افقی استفاده شده‌است. یکی از رایج‌ترین طبقه‌بندی‌ها، روش حداکثرِ احتمال با نظارت الگوریتم ML است. مبنای طبقه‌بندی تصویر در این روش براساس قوانین احتمال پایه‌ریزی شده‌است؛ بنابراین معیار اختصاص‌دادن یک پیکسل به هر کلاس بر مبنای تابع توزیعِ احتمال است. در این روش واریانس و کوواریانس کلاس‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد؛ برای‌این‌منظور فرض می‌شود که همهٔ مناطق آموزشی از پراکندگی نرمالی برخوردارند. در این روش احتمال قرارگیری یک پیکسل در یک کلاس خاص محاسبه شده، سپس احتمال قرارگیری آن در سایر کلاس‌ها برآورد شده و براساس بیشترین شباهت (حداکثراحتمال) دریکی از کلاس‌ها طبقه‌بندی می‌شود که براساس رابطهٔ (۱) بیان می‌شود .

رابطهٔ ۱:

$$P(w|x) = \frac{p(w)p(\frac{x}{w})}{p(x)}$$

در رابطهٔ (۱)؛ $P(X)$ عبارت است از احتمال حضور کلاس w_i در تصویر، $P(w_i/x)$ احتمال تعلق هر پیکسل با مشخصهٔ طیفی x به کلاس w_i و $p(w_i/x)$ احتمال تعلق هر پیکسل با مشخصهٔ طیفی x که در تصویر ظاهر شده به کلاس w_i و $p(X)$ احتمال حضور پیکسل با مشخصهٔ طیفی *(جمالی و همکاران، ۱۳۹۶: ۳۹)*. برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر، از ماتریس خطا، ضریب کاپا و دقت کلی استفاده شد. دقت کلی از جمع عناصر قُطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل از رابطهٔ (۲) به‌دست می‌آید.

رابطهٔ ۲:
$$OA = \frac{1}{N}\sum P_{ii}$$

در این رابطه OA دقت کلی، N تعداد پیکسل‌های آزمایشی و $\sum Pii$ جمع عناصر قُطر اصلی ماتریس خطا است.

شاخص کاپا پیکسل طبقه‌های نادرست طبقه‌بندی‌شده را مدنظر قرار می‌دهد. ضریب کاپا، صحت یک طبقه‌بندی را نسبت‌به طبقهٔ تصادفی (حالتی که یک تصویر کاملاً به‌صورت تصادفی طبقه‌بندی شده باشد) محاسبه می‌کند. شاخص کاپا از رابطهٔ (۳) محاسبه می‌شود.

رابطهٔ ۳:
$$Kappa = \frac{po - pc}{1 - pc} \times 100$$

که po درستی مشاهده‌شده و pc توافق مورد انتظار است. ماتریس خطا، تداخل یا تبدیل کاربری‌ها به یکدیگر را نشان می‌دهد.

در این تحقیق برای به‌کارگیری مدل L-THIA بارش ایستگاه‌ها تهیه و از تصاویر ماهواره‌ای لندست (سنجنده TM و ETM) و نرم‌افزار تخصصی L-THIA و Arc Map استفاده شده‌است. با توجه به مدل ارائه‌شده (شکل ۲) برای تهیهٔ لایه ۀ کاربری زمین و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک که از موارد ضروری برای اجرای مدل است، در دوره‌های مختلف از تصاویر سنجنده‌های ماهواره لندست استفاده شد. با توجه به هدف پژوهش که بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر تولید رواناب است، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای سال‌های مختلف به‌طور جداگانه لایهٔ کاربری زمین تهیه شد تا در مدل‌سازی مورد استفاده قرار گیرد. برای انجام این کار تصاویر پس از آماده‌سازی وارد محیط نرم‌افزار شده و با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌نشده، لایهٔ کاربری زمین تهیه شد. لایه‌های مربوط شاخص‌های مختلف تهیه و درنهایت لایهٔ ترکیبی به‌دست آمد. تعیین شمارهٔ منحنی CN به‌صورت زیر به‌دست آمده است:

۱- ارتفاع نگهداشت آب برحسب میلی‌متر از رابطهٔ زیر به‌دست آمده‌است:

رابطهٔ ۴:
$$S=(25400/CN)-254$$

۲- محاسبهٔ ارتفاع معادل رواناب سطحی R برحسب mm از رابطهٔ زیر به‌دست آمده‌است:

رابطهٔ ۵:
$$R=(P-0.2S)^2/(P+0.8S)$$

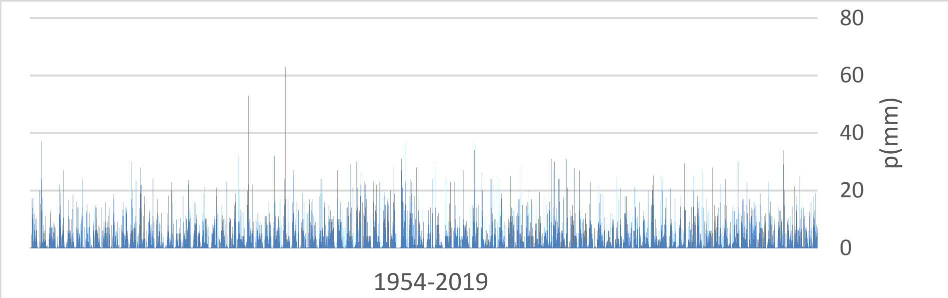
۳- تبدیل واحد R به واحد m، A به واحد m^2 و سپس محاسبهٔ حجم رواناب به m^3 از رابطهٔ زیر محاسبه شده‌است:

رابطهٔ ۶:
$$V=R.A$$

نتایج و بحث

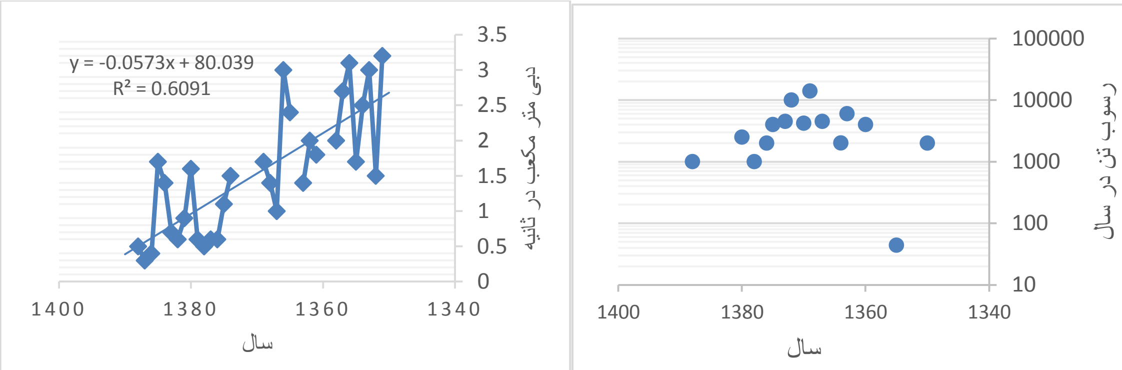
الف- بررسی بارش و دبی در حوضهٔ اوجان‌چای

از عوامل اصلی ایجاد رواناب‌ها، وقوع بارش در یک محدوده و یکی از پایه‌های اصلی مدل L-THIA بررسی میزان بارش در محدودهٔ موردنظر است. براساس آمار ایستگاه‌های موجود، متوسط بارش سالانه در ایستگاه لیقوان، ۳۲۷ میلی‌متر، سعیدآباد ۴۴۴,۳۴ میلی‌متر، ارشتناب ۲۹۹,۲ میلی‌متر و بستان‌آباد ۲۶۷,۳ میلی‌متر است که توزیع آن در طول سال به‌طوریکسان صورت نمی‌گیرد. نتایج حاصل از بررسی روند بارش در ایستگاه‌های موردنظر حاکی از این است که طی ۵۰ سال اخیر، بارش در منطقه به‌طور محسوسی روند کاهشی داشته‌است؛ یعنی تقریباً از متوسط ۳۵۰ میلی‌متر بارش سالانه به ۲۵۰ میلی‌متر رسیده‌است. این کاهش بارش به‌منزلهٔ کاهش درصد پوشش گیاهی و درنتیجه کاهش حفاظ دامنه‌ها و همچنین کاهش رطوبت موجود در خاک دامنه‌ها است که موجب می‌شود دامنه‌ها بیشتر در معرض فرسایش آبی قرار گیرند. نتایج بررسی داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی حاکی از این است که در محدودهٔ مورد مطالعه متوسط بارش روزانه ۶۴ میلی‌متر بوده‌است. هرچند که متوسط بارش سالانه روند کاهشی را نشان می‌دهد، اما بررسی بارش‌های روزانه در همهٔ ایستگاه‌ها حاکی از این است که حداکثرهای بارش‌های روزانه از سال ۲۰۰۰ افزایش یافته‌است. این می‌تواند در تشدید ایجاد رواناب‌ها سهیم باشد(شکل ۳). نتایج بررسی بارندگی‌های ایستگاه‌های سینوپتیک نیز حاکی از این است که حداکثر بارندگی‌های روزانه نسبت‌به سال‌های قبلی بیشتر شده و گاه میزان آن به دو برابر سال‌های قبل از ۲۰۰۰ رسیده‌است (شکل ۳). این بدین معنی است که شدت رواناب در وقوع یک بارش روزانه می‌تواند افزایش یابد و به همان میزان وقوع سیلاب‌ها و میزان فرسایش نیز افزایش یابد. دبی رودخانهٔ اوجان طبق شرایط حاکم بر طول سال و تغییر شرایط در سال‌های متمادی بسیار متفاوت است. اوج دبی در هر دو شاخاب اصلی، از شرایط آب‌وهوایی، به‌ویژه وقوع بارش بر منطقه تبعیت می‌کند. اوج دبی رودخانه در ایستگاه بستان‌آباد و مسیر اوجان‌چای در ماه فروردین به ثبت رسیده‌است؛ این در حالی است که در ماه‌های مرداد و تیر میزان دبی به حداقل خود می‌رسد. درواقع زمانی که بارش‌های محلی شروع می‌شود (ماه‌های اردیبهشت و فروردین)، میزان رسوب در رودخانه نسبت‌به ماه‌های دیگر سال به‌مراتب بیشتر است که دلیل این امر عدم حفاظت دامنه‌ها توسط پوشش گیاهی است. بررسی روند تغییرات دبی و رسوب نشان می‌دهد که از دهۀ ۱۳۵۰ تا سال ۱۳۹۰ از میزان دبی کاسته شده‌است، اما روند رسوب افزایشی بوده‌است که این امر اهمیت توجه به کاهش فرسایش دامنه‌ها را دو چندان می‌کند. بررسی‌ها همچنین حاکی از این است که میزان کاهش اوج‌های دبی در طی چهار دهۀ گذشته بیش از ۶ برابر بوده و در طول رودخانهٔ اوجان افزایش میزان رسوب در دهۀ ۱۳۷۰ بیشتر از سایر دهه‌ها بوده‌است (شکل۴). بررسی تغییرات روند رسوب و دبی نشان می‌دهد که از دهۀ ۱۳۵۰ به این طرف از میزان دبی به میزان قابل‌توجهی کاسته شده (شکل ۴)، اما بر میزان رسوب نسبت‌به میزان دبی افزوده شده‌است. بررسی‌ها همچنین نشان می‌دهد که حداکثر تراکم زهکشی ۳,۸۴ و متوسط تراکم زهکشی در کل حوضه ۱,۴۶ است (شکل ۵).

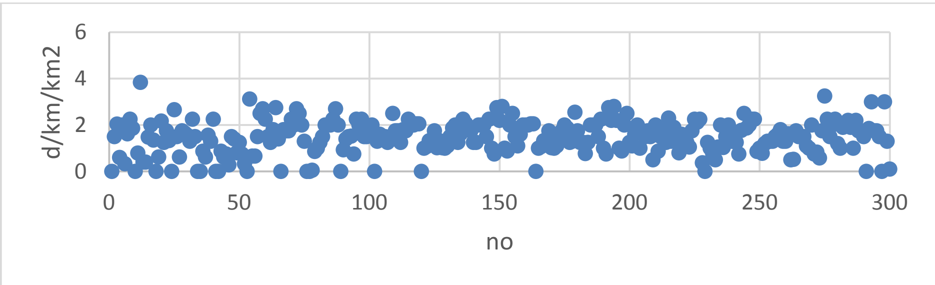


شکل ۳: بارش روزانهٔ کل ایستگاه‌های سینوپتیک درحوضهٔ اوجان‌چای (از سال ۱۹۵۴ تا اوایل سال ۲۰۱۹)

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷



شکل ۴: روند کاهشی دبی در رودخانهٔ اوجان و میزان رسوب در طی سال‌های متمادی در ایستگاه بستان آباد *(تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷)*



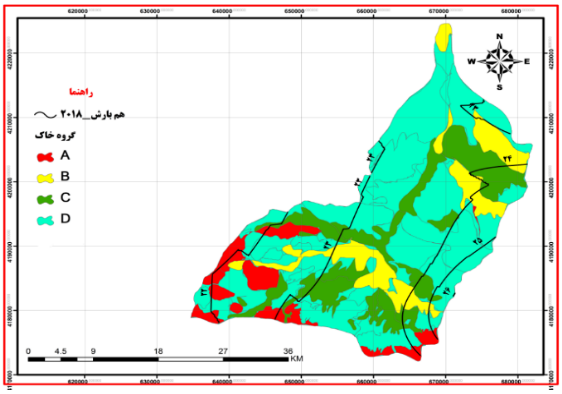
شکل ۵: تراکم زهکشی در کل حوضهٔ اوجان‌چای

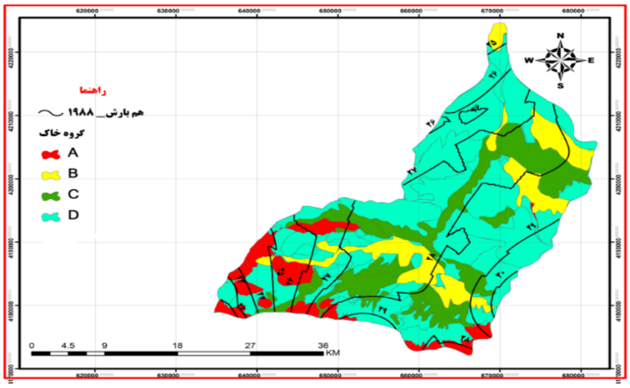
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

ب- ویژگی خاک‌های حوضهٔ اوجان‌چای

در این تحقیق با استفاده از مدل L- THIA، نوع خاک با توجه به نقشه‌های خاک موجود، نمونه‌های تهیه‌شده، گزارش خاک، مطالعات سایر سازمان‌ها و همچنین با تکیه بر تجربیات میدانی، گروه خاک محدودهٔ مورد مطالعه به‌عنوان اساس مدلِ به‌کارگرفته‌شده، تعیین شد (جدول ۱و ۲). همان‌طورکه در نقشهٔ تهیه‌شده مشخص است(شکل ۷)،محدودهٔ گروه هیدرولوژِیک A دربخش‌های جنوبی و جنوب‌غربی مشاهده می‌شود. محدودهٔ مربوط به گروه هیدرولوژیک B بیشتر در بخش‌های شمالی، شمال‌شرقی و مرکزی به‌صورت پراکنده دیده می‌شود. گروه هیدرولوژیک C در حوالی دشت‌های سیلابی که در قسمت مرکزی حوضه قرار گرفته، گسترده شده‌است و درنهایت گروه هیدرولوژیک D که بخش اعظم حوضهٔ

اوجان را دربرگرفته‌است (شکل۶ و جدول ۱). با عنایت به اینکه میزان رواناب‌ها از نوع خاک‌ها نیز تبعیت می‌کنند، نوع خاک‌های محدودهٔ مورد مطالعه بررسی شده‌است. نتایج نشان می‌دهد که نوع خاک‌های محدودهٔ مورد مطالعه از نوع خیلی عمیق هستند که در بخشی بدون شوری و قلیایی و در قسمتی از اراضی با شوری و قلیایت نسبتاً زیاد تشکیل شده‌اند. بافت خاک متوسط تا سنگین و ساختمان آن فشرده است (جدول ۲ و شکل ۶). این خاک در بخش‌های شیب‌دار، بستر مناسبی را برای فرسایش آبکندی فراهم می‌سازد. در ماه‌های خشک سال تَرَک‌های چندضلعی در سطح چنین خاک‌هایی تشکیل می‌شوند و این تَرَک‌ها در فصول بارانی و تشکیل رواناب‌ها به‌عنوان محل ایجاد آبراهه و تشکیل شیارهای بعدی در سطوح شیب‌دار محل تشکیل خندق‌ها نقش ایفا می‌کنند. بررسی داده‌های حاصل از افق‌های خاک نیز حاکی از این است که در بخش‌های سطحی درصد سیلت و رس در بافت خاک زیاد است که این ساختار خاک را در برابر فرسایش آبی بسیار حساس می‌کند.





شکل ۶: گروه هیدرولوژیک خاک (مربوط به ۲۰۱۸ و ۱۹۸۸) در حوضهٔ اوجان‌چای

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

جدول ۱: گروه‌بندی خاک برحسب میزان نفوذپذیری

ردیف	حداقل نفوذپذیری (میلی‌متر در ساعت)	گروه	نوع خاک (ویژگی‌ها)
۱	۷,۵-۱۱,۵	A	خاک‌هایی را شامل می‌شود که نفوذپذیری بالایی دارند. اغلب ترکیب این خاک‌ها شن یا گراول است.
۲	۳,۸-۷,۵	B	خاک‌هایی را شامل می‌شود که نفوذپذیری بالایی دارند. اغلب ترکیب این خاک‌ها شن یا گراول است.
۳	۳,۸-۱,۳	C	این خاک‌ها نفوذپذیری پایینی دارند و زمانی که مرطوب می‌شوند، دارای بافت نسبتاً ریز تا ریز هستند و میزان جابه‌جایی در آن ها کُند است.
۴	۰-۱,۳	D	این گروه خاک‌ها نفوذپذیری خیلی پایینی دارند. این خاک‌ها عمدتاً رس هستند و پتانسیل بالای برای انبساط و انقباض دارند.

مأخذ: Chatchai, 2013

جدول ۲: مقدار CN برای حوضه‌ها با توجه به مقدار نفوذپذیری خاک

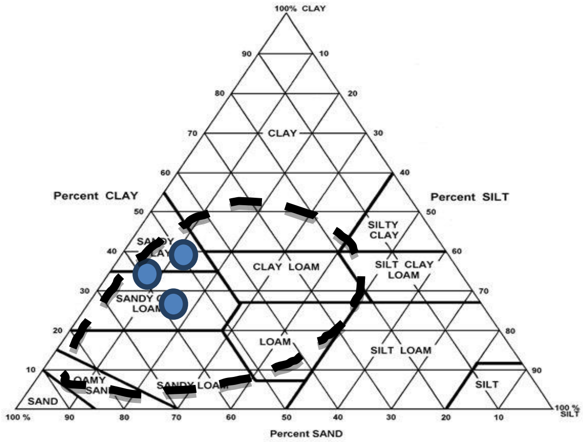
ردیف	خصوصیات پوشش سطح حوضه	A	B	C	D
۱	خصوصیات پوشش سطح حوضه	۳۶	۶۰	۷۳	۷۹
۲	پوشش جنگلی متوسط	۲۵	۵۵	۷۰	۷۷
۳	پوشش جنگلی خوب	۴۹	۶۹	۷۹	۸۴
۴	مراتع طبیعی با پوشش متوسط	۳۹	۶۱	۷۴	۸۰
۵	اراضی کشاورزی				
۶	زیرکشت حبوبات	۵۵	۶۹	۷۸	۸۳
۷	زیرکشت غلات (ردیف‌های مستقیم)	۶۵	۷۶	۸۴	۸۸
۸	زیرکشت غلات (ردیفها به موازات خطوط تراز)	۶۱	۷۳	۸۱	۸۴
۹	زیرکشت گیاهان ردیفی				
۱۰	ردیف‌های مستقیم با پوشش متوسط	۷۲	۸۱	۸۸	۹۱
۱۱	ردیف‌های مستقیم با پوشش خوب	۶۷	۷۸	۸۵	۸۹
۱۲	ردیف‌ها به موازات خطوط تراز				
۱۳	با پوشش متوسط	۷۰	۷۹	۸۴	۸۸
۱۴	با پوشش خوب	۶۵	۷۵	۸۲	۸۶
۱۵	پشت‌بام‌ها، پارکینگ‌ها و دیگر جاهای آسفالتی	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸
۱۶	مناطق مسکونی با ۶۵ درصد آسفالت	۷۷	۸۵	۹۰	۹۲
۱۷	مناطق مسکونی با ۲۰ درصد آسفالت	۵۱	۶۸	۷۹	۸۴
۱۸	خیابان‌ها و جاده‌های آسفالتی	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸
۱۹	جاده‌های خاکی	۷۲	۸۲	۸۷	۸۹
۲۰	جاده‌های شوسه	۷۶	۸۵	۸۹	۹۱

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

جدول ۳: افق خاک در یکی از نمونه‌های برداشت‌شده

افق	عمق (سانتی‌متر)	ماسه	سیلت	رس
AP	۲۵-۰	۴۴,۲۰	۴۱,۰۰	۱۴,۸۰
C1	۷۸-۲۵	۵۰,۲۰	۳۴,۰۰	۱۵,۸۰
C2	۹۵-۷۸	۸۵,۲۰	۱۱,۰۰	۳,۸۰
C3	۱۵۰-۹۵	۴۸,۲۰	۴۲,۰۰	۹,۸۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷



شکل ۷: هرم بافت خاک یک نمونه از خاک در حوضهٔ اوجان‌چای

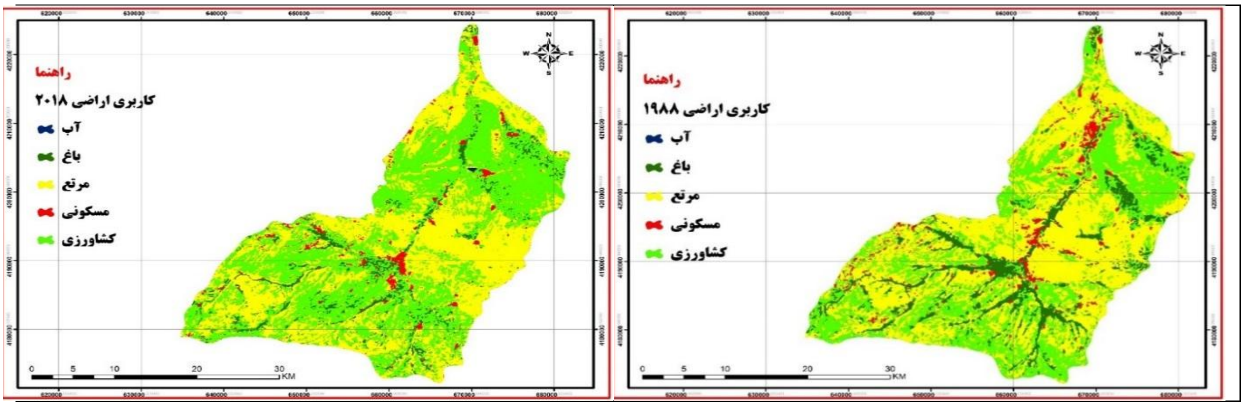
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

پ- بررسی نوع کاربری محدودهٔ مورد مطالعه

در این تحقیق نوع کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به دو سال متفاوت (۲۰۱۸ و ۱۹۸۸) تعیین شده‌است (شکل ۸) پیش از پردازش تصاویر ماهواره‌ای اقدام به طبقه‌بندی تصاویر با روش حداکثرِ احتمال پرداخته شد. نقشه‌های کاربری اراضی برای دو دورهٔ زمانی (سال‌های ۱۹۸۸، ۲۰۱۸) و همچنین نقشهٔ تغییرات کاربری‌ها به یکدیگر در نقشه‌های مربوط آورده شده‌است (شکل ۹). پس از تهیهٔ نقشه‌های کاربری اراضی، اقدام به آشکارسازی تغییرات و بررسی تغییرات اتفاق افتاده در طی دورهٔ زمانی مورد مطالعه شد. این تغییرات شامل کاهش، افزایش و تغییرات برای هر کلاس و انتقال از یک کلاس به کلاس‌های دیگر است که در جدول (۴) و شکل (۸) آورده شده‌است.

شکل (۸-الف) نقشهٔ کاربری اراضی سال ۱۹۸۸ را نشان می‌دهد. در این نقشه بیشترین مساحت مربوط به کاربری مرتع با مساحت ۵۴۴,۶۵۷۵۱۸۱ کیلومتر مربع و کمترین مساحت مربوط به محدودهٔ آب برابر با ۰,۱۸۹۸۹۹۹۷۵کیلومترمربع است.شکل (۸-ب) نقشهٔ کاربری اراضی سال ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد. در این نقشه بیشترین مساحت مربوط به کاربری کشاورزی با مساحت ۵۱۰,۵۸۸۹۵۱۹ کیلومتر مربع و کمترین مساحت مربوط به کاربری راه برابر با ۰,۵۷۱۵ کیلومترمربع است (جدول ۴).

نوع کاربری در زمین‌های محدودهٔ حوضهٔ اوجان‌چای عمدتاً کشاورزی و مرتع است که محدودهٔ این دو نوع کاربری در دو بازهٔ زمانی ۱۹۸۸ و ۲۰۱۸ تغییراتی کرده‌است. در طی ۳۰ سال از محدودهٔ مراتع کاسته شده و بر محدودهٔ زمین‌های کشاورزی افزوده شده‌است. این بدین معنی است که زمین‌هایی که استعداد زیادی برای امر کشت نداشتند، از محدودهٔ زمین‌های مرتع خارج و تحت کشت قرارگرفته‌اند. درواقع در طی سه دهه، یک‌پنجم از زمین‌های مرتع در اختیار زمین‌های کشاورزی قرار گرفته‌اند (شکل ۹ و جدول ۶).



ب الف

شکل ۸: الف) نقشهٔ طبقه‌بندی کاربری اراضی در سال ۱۹۸۸، ب) نقشهٔ طبقه‌بندی کاربری اراضی در سال ۲۰۱۸

تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۳۹۷

برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر برای سال‌های فوق، از ماتریس خطا استفاده شد. ضریب کاپا، دقت کلی و مساحتِ (کیلومترمربع) هریک از کاربری‌ها برای سال‌های فوق طبق جدول (۵) به‌دست آمد. جدول (۵) بیانگر ماتریس تغییرات کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۹۶ است. بیشترین تغییرات در کابری مرتع به مرتع با مساحت ۳۴۴،۲۸۱۷۹۸۱ کیلومترمربع و کمترین تغییرات در کاربری آب به کشاورزی بوده‌است. به‌منظور برآورد میزان عمق یا ارتفاع رواناب‌های درسطح گروه‌های مختلف‌هیدرولوژیک و کاربری‌های مختلف با میزان حداکثر بارش روزانه، تمامی نقشه‌های مربوط به CN، کاربری در دو بازهٔ زمانی مختلف تهیه و محاسبات لازم صورت گرفت و نتایج در جداول (۵ و ۶) درج شد.

جدول ۴: مساحت و ماتریس تغییرات کاربری اراضی برای سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۸

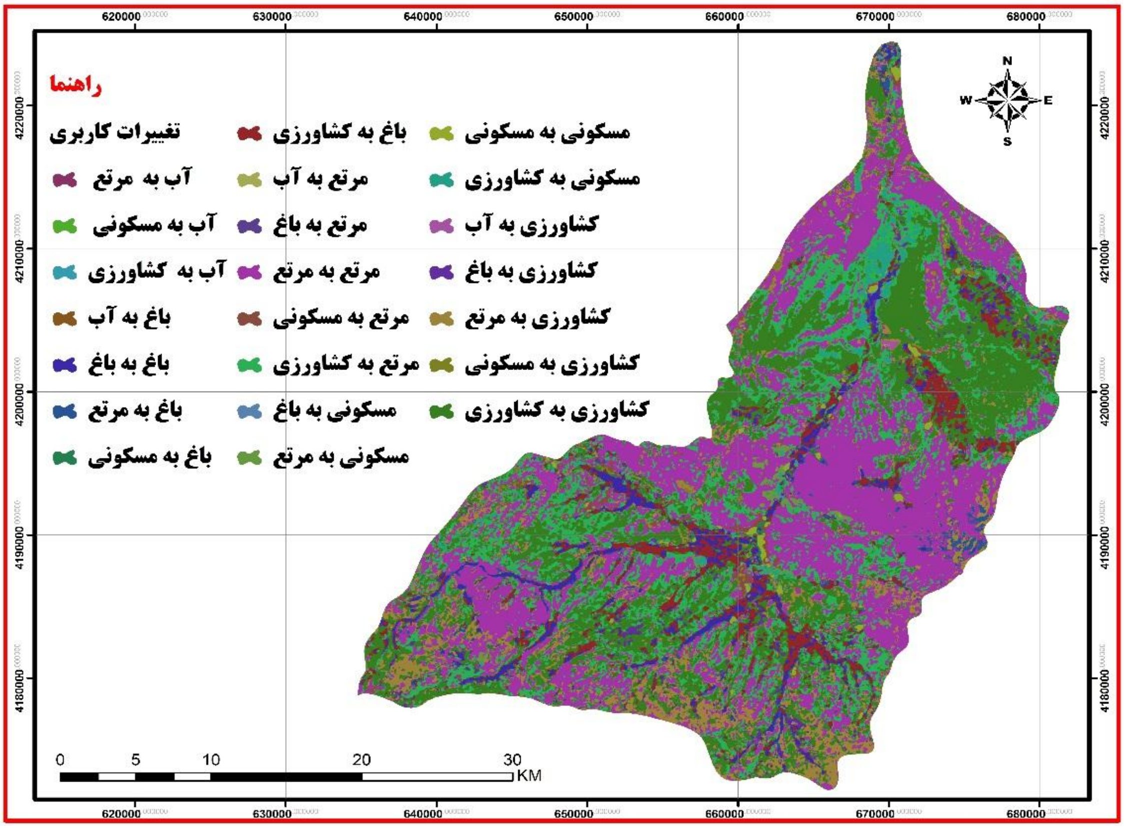
مساحت (KM^2) و ماتریس تغییرات کاربری اراضی ۲۰۱۸- ۱۹۸۸					
کاربری	آب	باغ	کشاورزی	مرتع	مسکونی
آب	–	–	۰,۰۵۰۳۹۹۹۹۳	۰,۰۸۹۱۰۰۰۱۱	۰,۰۶۰۳۹۹۹۸۷
باغ	۰,۰۷۲۸۹۹۹۹۳	۳۲,۱۰۷۴۹۹۳۳	۵۴,۸۵۲۹۳۵۵۱	۱۶,۱۴۷۶۲۶۸۸	۳,۲۷۳۳۰۰۰۰۲
کشاورزی	۰,۴۶۵۲۹۹۹۶۵	۱۷,۹۴۲۰۴۰۴۶	۲۵۳,۶۳۹۰۱۰۶	۹۰,۴۸۷۸۸۱۸۴	۵,۹۵۷۴۰۲۳۸۸
مرتع	۰,۰۸۳۳۰۰۰۰۵	۵,۳۱۴۳۴۲۴۱۳	۱۸۳,۸۳۹۶۲۱	۳۴۴,۲۸۱۷۹۸۱	۱۱,۱۸۸۴۵۹۰۵
مسکونی	–	۰,۷۷۰۴۰۰۰۶	۱۸,۲۰۶۹۶۷۸۹	۱۲,۲۲۳۴۵۰۲۹	۶,۳۲۳۰۵۲۸۲

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

جدول ۵: مساحت کاربری‌ها، ضریب کاپا و دقت کلی کاربری ارضی برای سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۸

الگوریتم	سال	ماهواره	سنجنده	کاربری	مساحت (KM^2)	ضریب کاپا	دقت کلی
حداکثر احتمال	۱۹۸۸	لندست ۵	TM	آب	۰,۱۸۹۸۹۹۹۷۵	۰,۹۳	۹۵,۱
				باغ	۱۰۶,۴۵۴۲۶۱۸		
				کشاورزی	۳۶۸,۴۹۱۷۹۵۷		
				مرتع	۵۴۴,۶۵۷۵۱۸۱		
				مسکونی	۳۴,۵۲۳۸۷۰۷۷		
	۲۰۱۸	لندست ۸	OLI	آب	۰,۵۷۱۵	۰,۹۵	۹۷۷
				باغ	۵۶,۱۳۴۲۸۲۰۹		
				کشاورزی	۵۱۰,۵۸۸۹۵۱۹		
				مرتع	۴۶۳,۲۲۹۸۸۶۱		
				مسکونی	۲۹,۷۹۲۷۲۶۱۸		

مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۷



شکل ۹: تغییرات کاربری در حوضۀ اوجان‌چای

تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۳۹۷

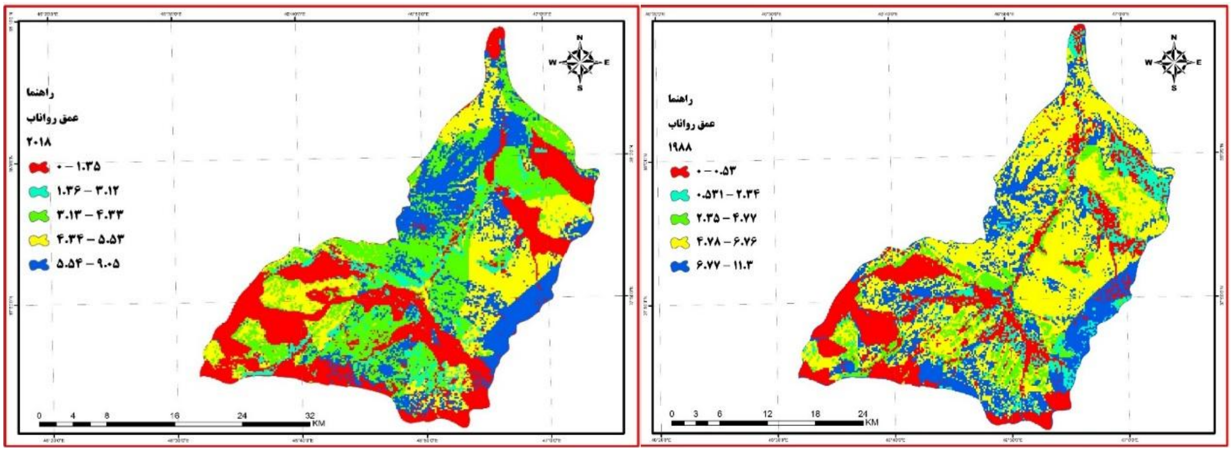
جدول ۶ : تغییرات در مساحت کاربری‌های از سال ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۸

گروه خاک		
خاک	مساحت (km2)	درصد مساحت
A	۱۰۳/۰۲	۸/۹۵
B	۱۳۷/۰۵	۱۱/۹۲
C	۲۱۷/۳۴	۱۸/۹۰
d	۶۹۲/۳۶	۶۰/۱۸
کاربری اراضی ۱۹۸۸		
کاربری	مساحت (km2)	درصد مساحت
آب	۰/۱۸۹	۰/۰۱۸
باغ	۱۰۶/۴۵	۱۰/۰۹
کشاورزی	۳۶۸/۴۹	۳۴/۹۵
مرتع	۵۴۴/۶۵	۵۱/۶۵
مسکونی	۳۴/۵۲	۳/۲۷
کاربری اراضی ۲۰۱۸		
کاربری	مساحت (km2)	درصد مساحت
آب	۰/۵۷۱	۰/۰۵
باغ	۵۶/۱۳۴	۵/۲۹
کشاورزی	۵۱۰/۵۸	۴۸/۱۵
مرتع	۴۶۳/۲۲	۴۳/۶۸
مسکونی	۲۹/۷۹	۲/۸

مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۷

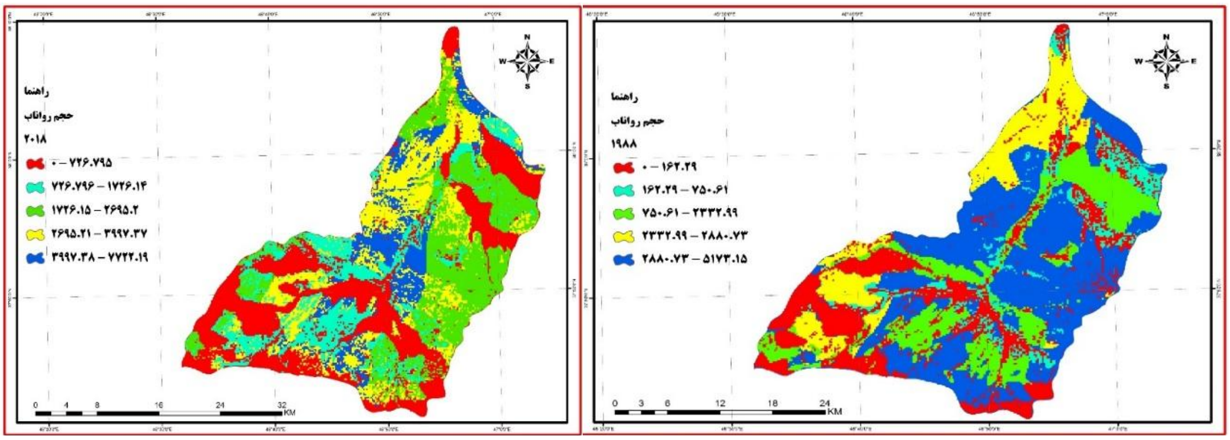
ت- بررسی ویژگی‌های سطوح مختلف حوضه برای ایجاد رواناب

سطوح حوضه در رابطه با ویژگی‌های خاک یا توپوگرافی‌ای که دارند، می‌توانند رواناب‌هایی با دبی متفاوت ایجاد کنند. یکی از روابط معتبر که برای برآورد دبی در سطوح دامنه‌ها به‌منظور بررسی میزان رواناب‌های تولیدشده مورداستفاده قرار می‌گیرد، روش سازمان حفاظت خاک آمریکا است. با توجه به نوع پوشش سطحی و بارش و نوع کاربری، رواناب‌های سطحی را بررسی و برآورد می‌کند. در این روش به نوع خاک و نوع کشت توجه شده‌است. براساس نوع خاک و مقادیر ارائه‌شده، میزان رواناب‌های تولیدشده مورد محاسبه قرار گرفته‌اند. نقشه‌های نهایی که براساس مدل L-THIA برای دو بازهٔ زمانی ۱۹۸۸ و ۲۰۱۸ تهیه شده (شکل ۱۱ و۱۰) نشان می‌دهد که تغییرات قابل ملاحظه‌ای ازنظر مقدار رواناب و مکان‌های حداکثری صورت گرفته‌است.در سال ۱۹۸۸ رواناب‌های قوی با قدرت سایش بالا،بیشتر در قسمت‌های جنوب‌شرقی متمرکز شده بودند و پس از ۳۰ سال و با شدت کمتر در قسمت‌های مرکزی متمرکز شده‌اند که علت آن بیشتر مربوط به تغییرات کاربری‌ها در قسمت‌های مرکزی و قسمت‌های جنوب‌شرقی است (شکل‌های ۱۱ و ۱۰). بررسی اشکال مربوط به حجم رواناب نشان می‌دهد که در سال ۱۹۸۸ محدوده‌هایی با بیشترین رواناب در قسمت‌های مرکزی و در اطراف شیب‌های منتهی به‌دشت‌های سیلابی قرارگرفته بودند (شکل‌های ۱۱ و ۱۰). پس از سه دهه، در محدوده‌های مربوط به بیشترین حجم رواناب تغییرات مکانی دیده می‌شود. در سال‌های اخیر تمرکز حجم بالای رواناب در قسمت‌های مرکزی متمرکز شده‌است .



شکل ۱۰: الف) نقشهٔ عمق رواناب در سال ۱۹۸۸، ب) در سال ۲۰۱۸ بر روی انواع کاربری‌ها

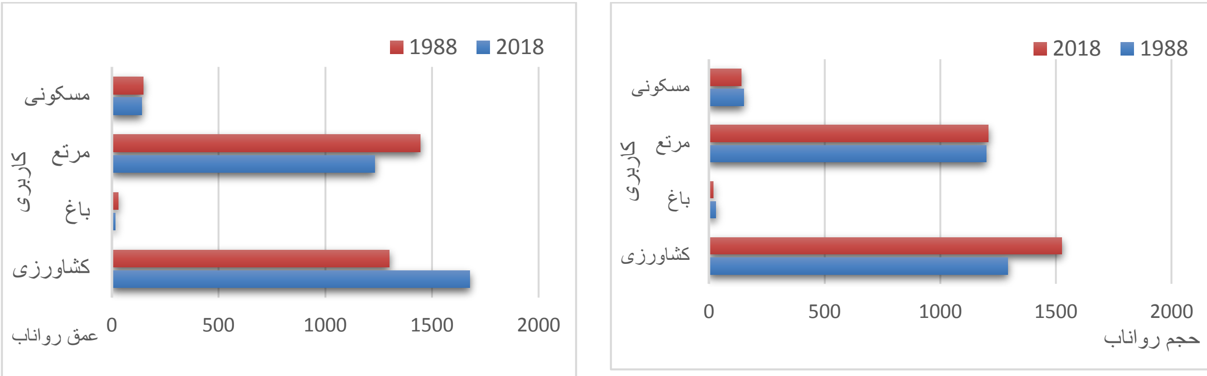
تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۳۹۷



شکل ۱۱: الف) نقشه حجم رواناب در سال ۱۹۸۸، ب) در سال ۲۰۱۸ برروی انواع کاربری‌ها

تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۳۹۷

بررسی نمودارهای ارتفاع رواناب‌ها و مقایسهٔ دو بازهٔ زمانی متفاوت در یک کاربری ویژه (شکل‌های ۱۴ تا ۱۵)در رابطه با تغییر پارامتر بارش نشان می‌دهد که تغییر در پارامتر بارش می‌توانددر محدوده‌های کشاورزی رواناب را به‌صورت قابل‌ملاحظه‌ای افزایش دهد. این وضعیت در رابطه با محدودهٔ باغات متفاوت است. مخصوصاً در سال‌های اخیر وضعیت پیچیده‌ای را نشان می‌دهد (شکل ۱۲). در مراتع بین ۲۰۱۸ و ۱۹۸۸ در میران ارتفاع رواناب، تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای مشاهده نمی‌شود (شکل ۱۳).

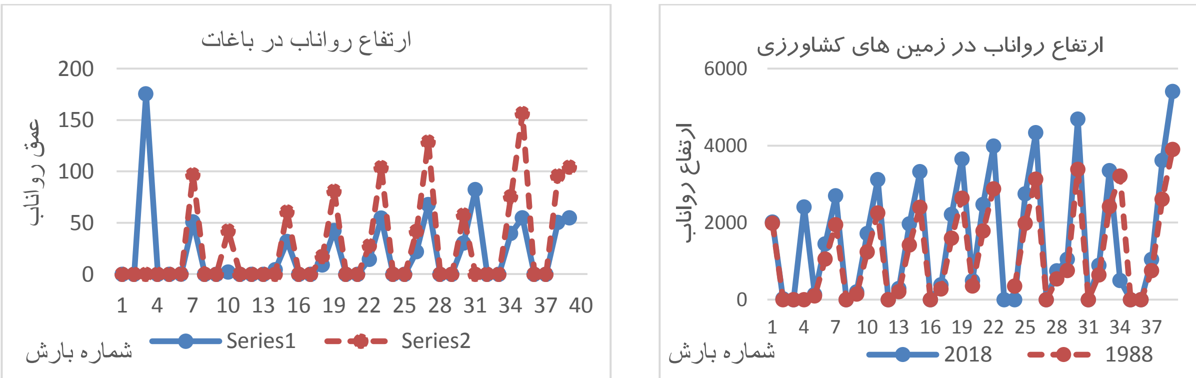


الف

ب

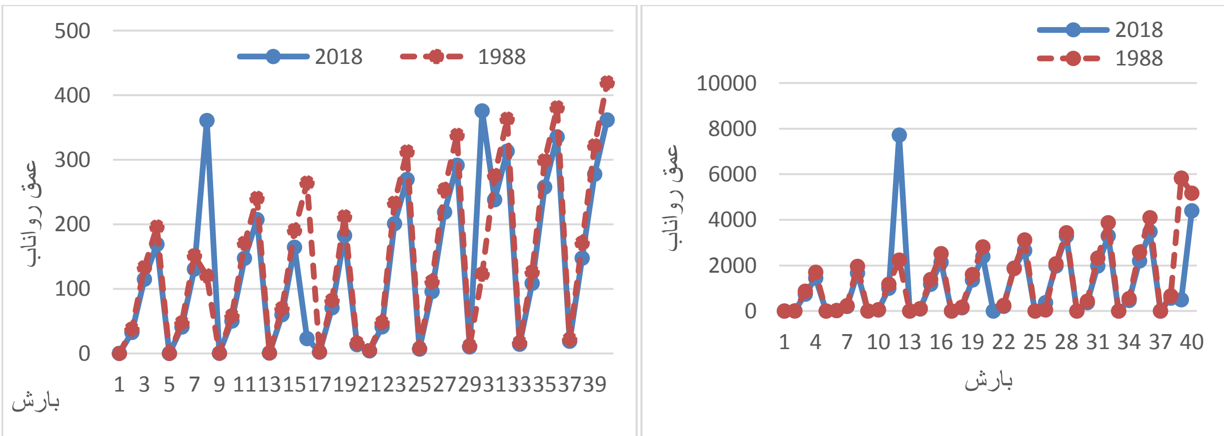
شکل ۱۲: الف) روند تغییرات حجم رواناب، ب) عمق رواناب در نوع کاربری‌ها در دو سال ۲۰۱۸ و ۱۹۸۸

تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۳۹۷



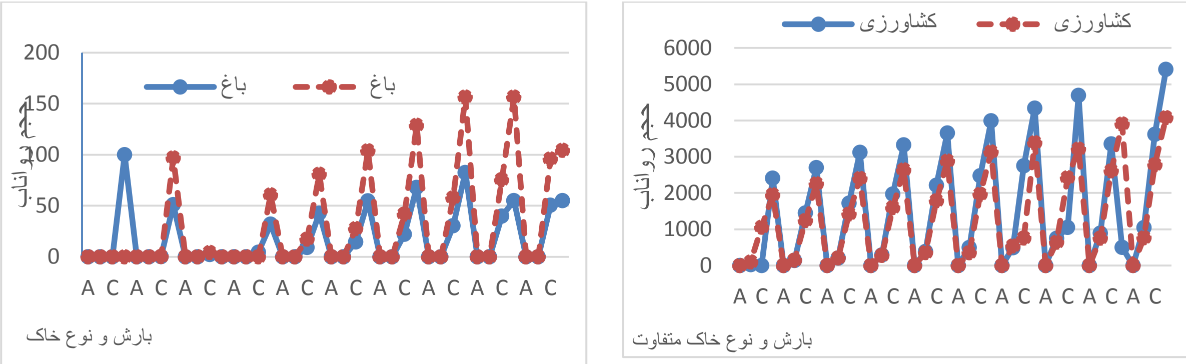
شکل ۱۳: ارتفاع رواناب در زمین‌های کشاورزی (برای بارش‌های ۲۱ تا ۳۰ میلی‌متری) و عمق رواناب در باغات در دو بازهٔ زمانی متفاوت

تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۳۹۷



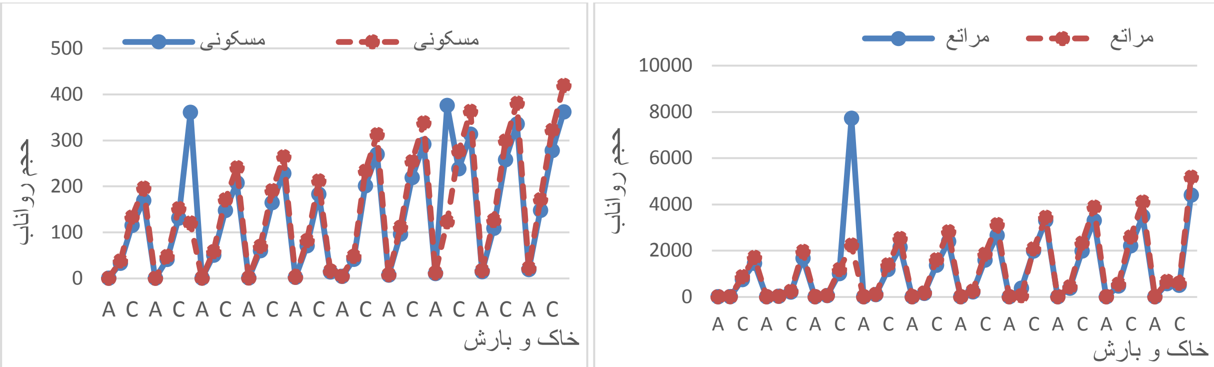
شکل ۱۴: عمق رواناب در مراتع ۲۰۱۸ و عمق رواناب در نواحی مسکونی در سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۱۸

تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۳۹۷



شکل ۱۵: حجم رواناب در کاربری کشاورزی و حجم رواناب در کاربری باغات در سال‌های ۲۰۱۸ و ۱۹۸۸

تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۳۹۷



شکل ۱۶: حجم رواناب در کاربری در مراتع و کاربری مسکونی در سال‌های ۲۰۱۸ و ۱۹۸۸

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

عمق رواناب در انواع کاربری‌ها و بارش‌های متفاوت نشان می‌دهد که در بارش‌های کمتر بیشترین ارتفاع رواناب در زمین‌های تحت کاربری کشاورزی دیده می‌شود. با افزایش بارندگی،مراتع بیشترین رواناب را تولید می‌کنند و دوباره با افزایش بارش بیشترین تولید رواناب مربوط به زمین‌های کشاورزی است. در زمین‌های کشاورزی میزان رواناب در سه دهه افزایش و در مراتع کاهش یافته‌است (شکل ۱۶). موارد مورد ذکر در مورد حجم رواناب نیز صادق است.

نتیجه

محدودهٔ مورد مطالعه از محدوده‌های مرتعی کشور محسوب می‌شود و متأسفانه تغییرات کاربری و کشت غیراصولی در دامنه‌ها زمینه را برای فرسایش آبکندی فراهم ساخته‌است. براساس بازدیدهای میدانی و با عنایت به حضور شواهدی از فرسایش تشدیدشده، می‌توان این محدوده را جزء محدوده‌های تحت فرسایش شدید ناشی از تغییرات در میزان رواناب‌های به سبب تغییرات کاربری معرفی کرد.باعنایت به تغییرات اقلیمی و روند خشکی محیط و همچنین افت سطح آب‌های زیرزمینی، به‌نظر می‌رسد که در سال‌های پیش‌رو آشفتگی دامنه‌ها تشدید شده و میزان رواناب‌ها افزایش یافته و بر تعداد سیلاب‌های مخرب افزوده خواهدشد. اغلب به‌دلیل اینکه در محدوده‌های مرتعی موردنظر کشت و آن هم کشت افراطی صورت می‌گیرد، خاک دامنه‌ها توسط رواناب‌ها تحت فرسایش شدید قرارگرفته‌است.

در این تحقیق که هدف آن بررسی نقش تغییرات هیدروژئومورفولوژیکی ناشی تغییرات کاربری با تأکید بر نقش رواناب‌ها در فرسایش سطحی است، با استفاده از مدل L-THIA نقش تغییرات کاربری در ایجاد رواناب‌ها مورد بررسی قرار گرفت و نتایج بررسی‌ها نشان داد که نوع کاربری در زمین‌های محدودۀ حوضۀ اوجان‌چای عمدتاً کشاورزی و مرتع است. در محدودۀ این دو نوع کاربری در دو بازۀ زمانی ۱۹۸۸ و ۲۰۱۸ تغییراتی رخ داده‌است؛ بدین‌صورت که در طی ۳۰ سال از محدودۀ مراتع کاسته شده و بر محدودۀ زمین‌های کشاورزی افزوده شده‌است. این بدین معنی است که زمین‌هایی که استعداد زیادی برای امر کشت نداشتند، از محدودۀ زمین‌های مرتع خارج و تحت کشت قرار گرفته‌اند. در واقع در طی سه دهه، یک‌پنجم از زمین‌های مرتع در اختیار زمین‌های کشاورزی قرار گرفته‌اند. بیشترین تغییرات در کابری مرتع، به مرتع با مساحت ۳۴۴,۲۸۱۷۹۸۱ کیلومترمربع و کمترین تغییرات در کاربری آب به کشاورزی بوده‌است.

نقشه‌های نهایی که براساس مدل L-THIA برای دو بازۀ زمانی ۱۹۸۸ و ۲۰۱۸ تهیه شده‌است، نشان می‌دهد که تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای ازنظر مقدار رواناب و مکان‌های حداکثری صورت گرفته‌است. در سال ۱۹۸۸ رواناب‌های قوی با قدرت سایش بالا، بیشتر در قسمت‌های جنوب‌شرقی متمرکز شده بودند و بعد از ۳۰ سال و با شدت کمتر در قسمت‌های مرکزی متمرکز شده‌اند که علت آن بیشتر تغییرات کاربری‌ها در قسمت‌های مرکزی و قسمت‌های جنوب‌شرقی است. نتایج بررسی‌ها حاکی از این است که در سال ۱۹۸۸ محدوده‌هایی با بیشترین رواناب در قسمت‌های مرکزی و در اطراف شیب‌های منتهی به دشت‌های سیلابی قرار گرفته بودند. پس از سه دهه در محدوده‌های مربوط به بیشترین حجم رواناب تغییرات مکانی دیده می‌شود. در سال‌های اخیر تمرکز حجم بالای رواناب بر قسمت‌های مرکزی بوده‌است.

نتایج جیخول و همکاران[1] (۲۰۱۷) و سلمان ماهینی و همکاران (۱۳۹۱) تأییدکنندۀ این امر است که با تغییرات کاربری در میزان رواناب‌ها، تغییرات قابل‌ملاحظه ای صورت می‌گیرد.

درنهایت می‌توان گفت که در محدوده‌های خشک و نیمه‌خشک، خاک و آب از منابع طبیعیِ تقریباً کمیاب محسوب می‌شوند و حفظ این منابع و استفادۀ درست و اصولی از آن‌ها باید از اولویت‌های کشور محسوب شود. متأسفانه در سال‌های اخیر با این تصور که می‌توان به‌راحتی تغییر کاربری داد یا بدون درنظر گرفتن توان خاک از آن بهره‌کشی کرد،بسیاری از فرایندهای طبیعی را مختل کرده یا عملکرد آن‌ها را تسریع بخشیده است.

حوضۀ اوجان‌چای در گذشته از حوضه‌های پرآب منطقه محسوب می‌شد که تغییرات در منابع آبی در این حوضه نیز جلوه‌گر شده‌است. عدم توجه به تغییرات در شرایط اقلیمی، موجب سرمایه‌گذاری عمرانی و ایجاد سدهای متعددی در این حوضه شده‌است. مردم محلی نیز بر زمین‌های کشت و همچنین مراتع فشار مضاعفی وارد کرده‌اندکه خود این عوامل عملکرد فرایند هیدروژئومورفولوژیکی حوضه را تغییر داده‌است. ارزیابی محدوده‌ها تحت خطر فرسایش و وقوع رواناب‌ها می‌تواند اقدامات اصولی را در مسیر درست و منطبق با توان اکولوژیک قرار دهد و از آشفتگی‌های محلی جلوگیری کند.

1- Jichul et al

منابع

- آتشخوار، فاطمه؛ حسین صمدی؛ عطاالله ابراهیمی (۱۳۹۰). بررسی تغییرات کاربری اراضی در حوضهٔ آقبلاغ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM، سومین همایش ملی مهندسی. تهران. صفحه ۶۸. https://civillica.com/doc/156131

- اسفندیاری، فریبا؛ ابراهیم بهشتی‌جاوید؛ محمدحسین فتحی (۱۳۹۳). ارزیابی آثار هیدرولوژیک تغییر کاربری بر میزان رواناب سالانه در حوضهٔ آبخیز قرەسو با استفاده از مدل L-THIA هیدروژئومورفولوژی، دورهٔ یکم. شمارهٔ ۱. صفحات ۷۳-۵۹. https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_197_38ae4717e203d607c506d9043261b3a4.pdf

- خلیقی، بهرام؛ محمد مهدوی؛ بهرام ثقفیان (۱۳۸۴). بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر سیل‌خیزی با استفاده از مدل NRCS (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ باراندوزچای آذربایجان غربی)، مجلهٔ منابع طبیعی ایران. جلد ۵۸. شمارهٔ ۴. صفحات ۵۲-۳۴. https://journals.ut.ac.ir/article_25409_cb2c6806bb7f762362e276c3c683fee8.pdf

- رضوی‌زاده، سمانه؛ علی سلاجقه؛ شهرام خلیقی؛ محمد جعفری (۱۳۹۲). بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر خصوصیات سیلاب با استفاده ازمدل HEC-HMS (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبخیز طالقان)،نشریهٔ مرتع و آبخیزداری، دورهٔ شصت و ششم. شمارهٔ ۳. صفحات ۳۸۶-۳۷۳. https://jrwm.ut.ac.ir/article_36514_0a24782a5cfa5b396ff0e7332c70f613.pdf

- سلمان‌ماهینی، عبدالرسول؛ اکرم حسین‌نیا؛ سیدمحمود قاسم‌پوری؛ احد توسلی؛ مهدر رضایی (۱۳۹۱). ارزیابی درازمدت آثار هیدرولوژیک (L-THIA) تغییر کاربری بر رواناب سالانه در مقیاس حوضهٔ آبخیز. جغرافیا و توسعه، شمارهٔ ۲۶. صفحات ۱۳۴-۱۲۵. https://gdij.usb.ac.ir/article_485_369666123c53783e48fb27e447ee6015.pdf

- غفاری، گلاله؛ جمال قدوسی؛ حسن احمدی (۱۳۸۸). بررسی تأثیر کاربری اراضی بر پاسخ‌های هیدرولوژی حوضهٔ آبخیز (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبخیز زنجان رود)، مجلهٔ پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد شانزدهم. شمارهٔ ۱. ۱۳۸۸. صفحات ۱۸۸-۱۶۳. http://jwsc.gau.ac.ir/article_585.html

- قهرودی‌تالی، منیژه (۱۳۸۵). ارزیابی مدل SCS-CN، در تخمین رواناب (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبریز سد امیرکبیر (کرج))، مجلهٔ جغرافیا و توسعه. شمارهٔ ۳. صفحات ۱۹۸- ۱۸۵. https://gdij.usb.ac.ir/article_3808_98e9f917c6e7f05032e3f1ce0fa0e908.pdf

- مؤذنی،مهدی؛ واحد آقایی؛ احد بدلی؛ پری همایون پری (۱۳۹۴). بررسی تغییرات کاربری اراضی شهر پارس‌آباد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، اولین کنگرهٔ بین‌المللی زمین. فضا و انرژی پاک. اردبیل. صفحه ۲۷. https://civilica.com/doc/456660/

- یاراحمدی، جمشید؛ محمدرضا نیکجو (۱۳۹۱). بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر وقوع سیلاب‌ها در حوضهٔ صوفی‌چای،جغرافیا و برنامه‌ریزی. دورهٔ شانزدهم. شمارهٔ ۳۹. بهار ۱۳۹۱. صفحات ۱۶۹-۱۵۱. https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_197_38ae4717e203d607c506d9043261b3a4.pdf

- Ahiablame. Laurent M, Bernard A. Engel & Indrajeet Chaubey (2012). Representation and Evaluation of Low Impact Development Practices with L-THIA-LID: An Example for Site Planning, Environment and Pollution, Vol. 1, No. 2.1-13. https://www.researchgate.net/publication/271324096_Representation_and_Evaluation_of_Low_Impact_Development_Practices_with_L-THIA-ID_An_Example_for_Site_Planning

- Tang Z, Engel B.A, Pijanowski B.C, Lim K.J, (2005). Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale. Environmental impact at a watershed scale. Journal of Environmental Management No.76, 45-35. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15854735/

- Wang Y, Choi W., Deal B.M., (2005). Long-term Impacts of Land Use Change on Non-point Source Pollutant Loads for St.Louis Metropolitan Area, USA. Environmental Management Vol.35, No.35, 194-205. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15902457/

- Wije sekara, G.N.A. Gupta, C. Valeo, J.G. Hasbani, Y. Qiao, P. Delaney, D.J. Marceau, (2012). Assessing the impact of future land-use changes on hydrological processes in the Elbow River watershed in southern Alberta, Canada, Journal of Hydrology, Volumes 412-413, No.4, Pages 220-232. https://erwp.org/index.php/data-and-research/61/

- Chatchai Jothityangkoon, Chow Hirunteeyakul, Kowit Boonrawd, Murugesu Sivapalan (2013). Assessing the impact of climate and land use changes on extreme floods in a large tropical catchment, Journal of Hydrology, Volume 490, No.20 , 88-105. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002216941300245X

- Jichul Ryu, Won Seok Jang, Jonggun Kim, Gwanjae Lee, Kwangsik Yoon,Yong Seok Kim and Kyoung Jae Lim (2017). Development and evaluation of ArcGIS based watershedscale L-THIA ACN-WQ system for watershed management, Water Science & Technology: Water Supply, No.60, 139–149. https://iwaponline.com/ws/article/18/4/1206/39224/Development-and-evaluation-of-ArcGIS-based

- Oztürk, Melih, Nadim K. Copty, Ali Kerem Saysel, (2013). Modeling the impact of land use change on the hydrology of a rural watershed, Journal of Hydrology, Volume 497,No.8,97-109. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23312041.2015.1115691

- Pandey S, Gunn R, Lim K, Engel B, Harbor J., (2000). Developing a Web-enabled Tool to Assess Long-term Hydrologic impacts of land-use change, information technology issues and a case study. URISA Journal Vol.12, No.4,5-17. file:///D:/Downloads/Developing_a_Web-Enabled_Tool_to_Assess_Long-Term_%20(1).pdf