Investigation of environmental and climatic changes in the catchment area of Urmia Lake in the two decades 2019-2000

- Mostafa Karimi [1]
- Sousan Heidari [2]
- Morteza sharif [3]

[1] Assistant Professor of Climatology, Department of Physical Geography, University of Tehran

[2] PhD student of Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran.

[3] Faculty of Geography, University of Tehran

Introduction

Increase temperatures and decrease rainfall can lead to the drying up of wetlands, lakes and rivers, the formation of aerosol centers, which directly and indirectly change the structure of society and the ecological conditions of lakes around the world; As a result, it leads to changes in the distribution of animal and plant species, ecological diversity, changes in the plant phonological cycle, factors, growth and organisms, and ecological metabolism. These changes also severely affect vegetation in arid and semi-arid climates. Finally, changes in surface conditions caused by human activities may also affect various hydrological processes. Thus, the twenty-first century is facing many environmental problems, one of the most important of which is the variability of environmental and climatic parameters. Lake Urmia is one of the most important water areas in Iran and one of the largest salt lakes on earth. The lake plays an important role in the climatic, environmental and economic situation and a national and international natural heritage in the northwest of Iran.

variability of environmental and climatic parameters is one of the most important challenges for human specific in arid and semiarid environment such as Iran. The purpose of this study is to investigate the changes in environmental and climatic parameters in the catchment of Lake Urmia in the last two decades. The purpose of the above was to answer the question of how the changes in environmental and climatic parameters in the basin and the relationship between these changes in the current conditions of the basin Lake Urmia.

Data and methods

Research data includes six categories: 1) TOPEX and Jason 1 to 3 satellites data to study of changes in altitude level of Lake Urmia, 2) Landsat 7 satellite images of 2000 and Landsat 8 of 2019 for extract lake water area changes and 3) Precipitation data from GPM[1] satellite product (IMERG[2]) 4) Vegetation index products of Modis sensor (Mod13A3 v006) to identify vegetation changes, 5) LST Night and daytime of Modis sensor (MOD11A2 v006) and finally 6) gridded reanalysis data (ERA5) to detect of trend air temperature, were used.

First, the changes in the water level of the lake were extracted using the data of TOPEX and Jason 1 to 3 satellites, and in the next step, the trend of changes in its was calculated. Landsat 7 images of 2000 and Landsat 8 of 2019 using the Normalized Differential Water Index (MNDWI) were used to achieve changes in the lake's water area. Then LST (day and night) of MOD11A2 v006 products were converted into monthly data using MATLAB software. Finally, the trend changes in precipitation data, 2 m air temperature, LST (day and night) and vegetation (NDVI) were investigated using Mann-Kendall test (Mann, 1945; Kendall, 1975).

Results

The highest changes in water level in the last two decades are from 2000 to 2010. The decrease in level is evident from the year 2000, from that year to 2010, the water level of the lake decreased by 4 meters and the highest slope of the decrease in it observed in the same period. The change in the area obtained from the MNDWI index is 2740 km2, which has caused the lake to decrease from 5143km2 to 2400km2 in 2019. The decrease of the lake level in its southern and eastern part has been more than the western and northern part. The trend of monthly precipitation changes shows two different temporal and spatial patterns. It is important to note that there is a monthly decreasing trend every three months in January, August and December in the central and southern parts of the basin. In contrast, in May and July, a marked increasing trend is observed in the eastern and southern half of the basin. Spatial displacement of incremental changes in air temperature indicates a clockwise movement from north to east and then south and west from May to August. The trend of day of the LST changes indicates a spatial contrast between the Lake and around it. This behavioral contradiction is more pronounced with the increase of the lake surface temperature and the decreasing trend in the southern and western regions corresponding to the agricultural areas in August, September and October. Changes in LST at the basin level from November to February, in which scattered and small incremental zones are observed, can also be due to reduced vegetation in the cold period of the year. In contrast to the daytime LST, at night what is most noticeable is large zones of temperature rise, especially from June to September throughout the basin. NDVI in the period 2019-2000 has had an increasing trend in all months, but with varying intensity and extent. Three temporal patterns are understandable in the process of basin vegetation change. Increased from January to May, then start decreasing trend from June to August and again increasing trend that continued until December. The lowest increasing trend is observed during the summer months from June to August.

Discussion

Lake Urmia has experienced a continuous decrease in water level since 2000, so that during the last twenty years, the water level has decreased by more than seven meters. The results of the present study also showed that there was a significant increasing trend in the NDVI index at the basin, especially with the southern of the basin. However, at the basin level, the trend of rainfall changes in this period (2000-2000) is not generally significant and also due to the occurrence of numerous droughts in the basin, which has also had an increasing trend and the expansion of irrigated lands, Demand for groundwater has increased. Therefore, this issue indicates various reasons other than changes in climatic parameters, especially precipitation in reducing the water level of Lake Urmia. In addition to the above, daytime and nighttime LST have increased during the warm period of the year as well as the air temperature on the lake. This increase increment evaporation, especially during periods when recharge is reduced due to seasonal dry. Although precipitation has increased at the end of spring, but with increasing temperature, precipitation increases with increasing evapotranspiration and water requirement of plants is neutralized. Therefore, the simultaneous change of environmental and atmospheric parameters can be considered as aggravating the conditions of hazardous events in this basin.

Conclusion

Based on the evaluation done in this study, it can be concluded that the basin of Lake Urmia is vulnerable. Therefore, the three main and significant effects of environmental variability in these areas are increasing ground temperature, vegetation and reducing water resources. The result of these conditions on the one hand and the increase of water needs of plants on the other hand will

increase the stress on water resources, especially groundwater. Decreasing the lake surface and increasing consumption and reducing water resources can lead to the spread of bare surfaces and the occurrence of dust.

Key Words: Vegetation, Precipitation, Air temperature, Surface temperature, Northwest, Iran

Refrences:

احمدیان، محمدعلی، اصغری، سمیرا (1392). عواقب زیست محیطی کاهش سطح آب دریاچه ارومیه و راهکارهای نجات آن، جغرافیایی سرزمین، سال دهم، شماره 40، صص: 96-81.

اسماعیل-نژاد، رضا، زینال-زاده، کامران (1398). ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در زیر حوضه نازلوچای، مدیریت خاک و تولید پایدار. جلد نهم، شماره چهارم، صص: 172-159.

اصغری سراسکانرود، صیاد، جلالی عنصرودی، طاهره، زینالی، بتول (1392). تحلیل تغییرپذیری وضعیت گردشگری شهرهای واقع در اطراف دریاچه ارومیه، برنامه-ریزی منطقه-ای، سال سوم، شماره 11، صص: 114-99.

آل-شیخ، علی-اصغر، علی-محمدی، عباس، قربانعلی، علی (1384). پایش خطوط ساحلی دریاچه ارومیه با استفاده از سنجش از دور، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. دوره 4، شماره 4، صص: 25-9.

بارانی پسیان، وحید، پواکرامی، محمد، فتوحی مهربانی، پوراکرامی، سعید (1396). تحلیل روند خشک شدن دریاچه ارومیه و مهم-ترین تأثیرات آن بر سکونتگاه-های پیرامونی، فصلنامه پژوهش-های روستایی. دوره 8، شماره 3، صص: 453-438.

پروین، نادر (1390). الگوهای سینوپتیکی شدیدترین خشکسالی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه، تحقیقات جغرافیایی، سال 25، شماره 810، صص: 107-89.

جهانبخش اصل، سعید، قویدل رحیمی، یوسف (1383). مدل-سازی روند بارش و پیش-بینی خشکسالی-های حوضه-های آبریز دریاچه ارومیه، علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز. شماره 17، صص: 52-33.

حسنی مهمویی، بهروز، درویش، محمد، فتح-الله زاده، همایون، مسیبی، مهرداد (1390). نقش تغییرات آب-وهوایی و اقلیمی در کاهش تراز سطح آب دریاچه ارومیه، همایش ملی تغییراقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست. تبریز.

حسینی موغاری، سید محمد، عراقی نژاد، شهاب، ابراهیمی، کیومرث (1396). بررسی دقت اطلاعات بارش سبکه-بندی شده جهانی در حوضه دریاچه ارومیه، تحقیقات آب و خاک ایران، دورهٔ 48، شمارهٔ 3، صص: 598-587.

خوش-اخلاق، فرامرز، حیدری، محمدامین، مرادی مقدم، محمدامین، مولایی پارده، اصغر (1392). شبیه-سازی تغییرات رژیم دمای مراغه در اثر خشک شدن دریاچه ارومیه، جغرافیا و مخاطرات محیطی. دوره 2، شماره پیاپی 8، شماره 4، صص: 18-1.

دسترنج، حمیدرضا، توکلی، فرخ، سلطانپور (1397). بررسی تغییرات سطحی و حجمی آب دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره-ای و ارتفاع-سنجی ماهواره-ای، اطلاعات جغرافیایی، دوره 27، شماره 107، صص: 163-149.

دین پژوه، یعقوب، جهانبخش اصل، سعید، موسوی جهانی، لیلا (1400). مدلسازی تبخیروتعرق بالقوه با استفاده از فراسنج-های هواشناسی (مطالعه موردی: حوضه دریاچه ارومیه)، جغرافیا و برنامه-ریزی. سال 25، شماره 75، صص: 127-139.

ذوالجودی، مجتبی، صناعی، بهرام، غفاریان، پروین (1396). بررسی ارتباط بین دوره-های خشکسالی و ترسالی حوضه آبریز دریاچه ارومیه با الگوی پیوند از دور نوسان اطلس شمالی، تحقیقات جغرافیایی، سال سی و دوم، شماره دوم، شماره پیاپی 125، صص: 119-106.

رسولی، علی-اکبر، رستم-زاده، هاشم، ساری صراف، بهروز، امیدفر، محمد (1399)، بررسی کارایی رادار داپلر با استفاده از داده-های بارندگی ایستگاه-های سینوپتیک حوضه دریاچه ارومیه (مطالعه موردی بارش مهرماه 1393)، جغرافیا و برنامه-ریزی، سال 24، شماره 72، صص 266-247.

رسولی، علی-اکبر، رضائی بنفشه، مجید، مساح بوانی، علیرضا، خورشید دوست، علی محمد، قرمزچشمه، باقر (1393). بررسی اثر عوامل مرفو-اقلیمی بر دقت ریزمقیاس گردانی مدلLARS-WG ، آبخیزداری ایران، جلد 8، شماره 24، صص: 9-18.

رسولی، علی-اکبر، شیرزاد، عباسیان، جهانبخش، سعید (1387). پایش نوسان-های سطح آب دریاچه با پردازش تصاویر ماهواره-ای چند سنجنده-ای و چند زمانه، مدرس علوم انسانی. دوره 12، شماره 2، پیاپی 57، صص: 71-54.

زاهدی قره آبادی، مجید، قویدل رحیمی، یوسف (1381). شناخت، طبقه-بندی و پیش-بینی خشکسالی با استفاده از روش سری-های زمانی در حوضه آبریز ارومیه، فضایی جغرافیایی. دوره 2، شماره 6، صص: 48-19.

زاهدی قره آبادی، مجید، قویدل رحیمی، یوسف (1386). تعیین آستانهٔ خشکسالی و محاسبه میزان بارش قابل اعتماد ایستگاه-های حوضه آبریز دریاچه ارومیه، پژوهش-های جغرافیایی، شماره 59، صص: 34-21.

زینالی، بتول، اصغری سراسکانرود، صیاد (1394). بررسی تغییرات خط ساحلی تراز آب دریاچه ارومیه و تأثیر آن بر شهرهای واقع در حوضه آن، پژوهش-های بوم-شناسی شهری، سال سوم، شماره 2، پیاپی 6، صص:103-116.

زینالی، بتول، صفریان زنگیر، وحید (1396). پایش خشکسالی در حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از شاخص فازی، مخاطرات محیط طبیعی، سال ششم، شماره دوازدهم، صص: 62-37.

سعیدآبادی، رشید (1395). بررسی اثر تغییرپوشش سطحی بر تغییرات رژیم دما، بارش و رطوبت در بخش-های شرقی و غربی دریاچه ارومیه، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. دوره ششم، شماره بیستم و سوم، صص: 49-34.

شایان، سیاوش، جنتی، مهدی (1386). شناسایی نوسانات مرز پیرامونی و ترسیم نقشه پراکنش مواد معلق دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره-ای) سنجنده-های(ETM,TM & LISIII ، پژوهش-های جغرافیایی. شماره 62، صص: 39-25.

شیدائیان، مجید، ضیاء تبار احمدی، میرخالق، فضل اولی، رامین (1393). تأثیر تغییراقلیم بر نیاز خالص آبیاری و عملکرد محصول برنج (مطالعه موردی: دشت تجن)، آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد 28، شماره 6، صص: 1297-1284.

صلاحی، برومند، گودرزی، مسعود، حسینی، سیداسعد (1396). پیش-بینی تغییر پارامترهای حوضه آبریز دریاچه ارومیه در دوره 2030-2011، انجمن آبخیزداری ایران. سال یازدهم، شماره 37، صص: 56-47.

عزیزی، قاسم، نظیف، سارا، عباسی، فائزه (1396). ارزیابی سهم تغییراقلیم در کاهش تراز آب دریاچه ارومیه، فصلنامه مطالعات میان رشته-ای در علوم انسانی، 9 (4)، 21-1.

فتحی، محمدحسین، مددی، عقیل، بهشتی، ابراهیم، سرمستی، نادر (1394). ارزیابی نوسان-های سطح آب دریاچه ارومیه و افزایش پهنه-های نمکی در منطقه شمال-غرب ایران، جغرافیایی طبیعی (پژوهش-های جغرافیایی). دوره 47، شماره 2، صص: 285-271.

فتحیان، فرشاد (1391). بررسی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از فن-آوری سنجش از دور و متغیرهای آب-وهواشناسی در حوضه درایچه ارومیه، پایان نامه کارشناسی ارشد. استاد راهنما سعید مرید. دانشگاه تربیت مدرس.

فتحیان، فرشاد، مرید، سعید، ارشد، صالح (1392). ارزیابی روند تغییرات کاربری با استفاده از فن-آوری سنجش از دور و ارتباط آن با روند جریان رودخانه-ها (مطالعه موردی: زیر حوضه-های شرق دریاچه ارومیه، آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد 27، شماره 3، صص: 655-642.

فرخ-نیا، اشکان، مرید، سعید (1393). ارزیابی اثر تغییرات بارش و دما بر روند جریان رودخانه-های حوضه آبریز دریاچه ارومیه، آب و فاضلاب. دوره 25، شماره 3، شماره پیاپی 3، صص: 97-86.

فرخ-نیا، اشکان، مرید، سعید، دلاور، مجید (1397). بررسی تغییرکاربری اراضی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه بر مبنای تصاویر Landsat-TM و تکنیک-های طبقه-بندی پیکسل پایه و شی پایه، آبیاری و زهکشی ایران. جلد 12، شماره4، صص: 839-823.

فنی، زهره، معرفی، ایوب (1396). برسی اثرات خشکی دریاچه ارومیه بر آسیب-پذیری محیط-زیست طبیعی و انسانی ناحیه پیرامون، محیط زیست. دوره 2، شماره 58، صص: 16-1.

قربانی اقدام، مرضیه، دین پژوه، یعقوب، فاخری فرد، احمد، دربندی، صابره (1391). پهنه-بندی حوضه دریاچه ارومیه از نظر خشکسالی با روش تجزیه به عامل-ها، آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد 26، شماره 5، صص:1276-1268.

قلیزاده، محسن، طاهری، مرسده، تجریشی، مسعود (1397). ارزیابی اثر احداث سدهای واقع در حوضه آبریز دریاچه ارومیه بر توسعه کشاورزی در مناطق پایین دست آن-ها، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران. هفتمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران با رویکرد پیوند چرخه آب و اکولوژی در مناطق خشک برای پایداری سرزمین. 5-6 اردیبهشت ماه. دانشگاه یزد.

کریمی، مصطفی، نبی-زاده، عادل (1397). ارزیابی اثرات تغییراقلیم بر پارامترهای اقلیمی حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی سال-های 2040-2011 با استفاده از مدلWG-Lars ، جغرافیا و برنامه-ریزی. سال 22، شماره 65، صص: 285-267.

کریمی، مصطفی، جعفری، مهناز، خوش-اخلاق، فرامرز، بازگیر، سعید (1398). نقش تغییرات رطوبت انتقال یافته در رخداد خشکسالی و ترسالی ایران. جغرافیای طبیعی، دورهٔ 51، شماره 4، صص: 562-545.

گودرزی، مسعود، صلاحی، برومند، حسینی، سیداسعد (1397). بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر تغییرات رواناب سطحی (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه)، اکوهیدرولوژی. دورهٔ 2، شمارهٔ 2، صص:189-175.

لک، راضیه، درویشی خاتونی، جواد، محمدی، علی (1390). مطالعات پالئولیمنولوژی و علل کاهش ناگهانی تراز آب دریاچه ارومیه، زمین-شناسی کاربردی. سال 7، شماره 4، صص: 358-343.

منتصری، مجید، امیرعطایی، بابک، رضایی، حسین (1396). تحلیل منطقه-ای و استخراج منحنی بزرگی-مساحت-فراوانی خشکسالی با استفاده از توابع مفصل در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، آب و خاک (علوم و صنایع کشارزی). دوره 31، شماره 4، صص: 1277-1260.

مهسافر، حمید، مکنون، رضا، ثقفیان، بهرام (1389). اثرات تغییراقلیم بر بیلان آبی دریاچه ارومیه، تحقیقات منابع آب ایران. سال هفتم، شماره 1، صص:58-47.

میرزایی حسنلو، ایوب، عبقری، هیراد، عرفانیان، مهدی (1399). تأثیر الگوهای دورپیوند بر بارش و خشکسالی حوضهٔ دریاچه ارومیه، فیزیک زمین و فضا، دوره 46، شماره 3، صص: 537-559.

واعظی هیر، عبدالرضا، سازی صراف، بهروز، والائی، اکرم (1395). بررسی علل کاهش جریان در رودخانه-های شاخص جنوب-شرق دریاچه ارومیه، فضای جغرافیایی، سال شانزدهم، شمارهٔ 53، صص: 150-123.

یونس-زاده جلیلی، سهیلا، کمالی، میثم، دانش-کار آراسته، پیمان (1395). بررسی تحلیلی کاربری اراضی (اراضی کشت آبی و پهنه-های آبی) در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره لندست، علوم آب و خاک. سال بیستم، شماره هفتاد و هشتم، صص: 28-15.

AghaKouchak, A., Norouzi, H., Madani, K., Mirchi, A., Azarderakhsh, M., Nazemi, A., Nasrollahi, N., Farahmand, A., Mehran, A. and Hasanzadeh, E (2015), Aral Sea syndrome desiccates Lake Urmia: call for action. Journal of Great Lakes Research, 41(1), pp.307-311.

Amarasekare, P. and Savage, V (2012), A framework for elucidating the temperature dependence of fitness. The American Naturalist, 179(2), pp.178-191.

Assessment, M.E (2005), Ecosystems and human well-being(Vol. 5, p. 563). United States of America: Island press.

Barnett, T.P., Adam, J.C. and Lettenmaier, D.P (2005), Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions.Nature, 438(7066), pp.303-309.

Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W. and Courchamp, F (2012), Impacts of climate change on the future of biodiversity. Ecology letters, 15(4), pp.365-377.

Chaharborj, A. J (2014), Evaluation of Iran's performance in relation to the environmental problem of the Urmia lake form the the persective of international environmental law. DAMA. 2319-431, pp. 2319-5037.

Intergovernmental Panel On Climate Change (2007), The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Jelektronnyj resurs] URL: http://www. ipcc. ch.

Daufresne, M., Lengfellner, K. and Sommer, U (2009), Global warming benefits the small in aquatic ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences, 106(31), pp.12788-12793.

Delju, A.H., Ceylan, A., Piguet, E. and Rebetez, M (2013), Observed climate variability and change in Urmia Lake Basin, Iran. Theoretical and applied climatology, 111(1), pp.285-296.

Dou, Y., Chen, X., Bao, A., Luo, G., Jappar, G. and Li, J (2008), July. The Correlation Analysis of Vegetation Variable Process and Climate Variables in Alpine-Cold Wetland in Arid Area. In IGARSS 2008-2008 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium(Vol. 4, pp. IV-878). IEEE.

Gao, H., Li, H., Duan, Z., Ren, Z., Meng, X. and Pan, X (2018), Modelling glacier variation and its impact on water resource in the Urumqi Glacier No. 1 in Central Asia. Science of the total environment, 644, pp.1160-1170.

Ghaheri, M., Baghal-Vayjooee, M.H. and Naziri, J (1999), Lake Urmia, Iran: a summary review. International Journal of Salt Lake Research, 8(1), pp.19-22.

Hassanzadeh, E., Zarghami, M. and Hassanzadeh, Y (2012), Determining the main factors in declining the Urmia Lake level by using system dynamics modeling. Water Resources Management, 26(1), pp.129-145.

Jalili, S., Kirchner, I., Livingstone, D.M. and Morid, S (2012), The influence of large-scale atmospheric circulation weather types on variations in the water level of Lake Urmia, Iran. International Journal of Climatology, 32(13), pp.1990-1996.

Jeppesen, E., Meerhoff, M., Holmgren, K., González-Bergonzoni, I., Teixeira-de Mello, F., Declerck, S.A., De Meester, L., Søndergaard, M., Lauridsen, T.L., Bjerring, R. and Conde-Porcuna, J.M (2010), Impacts of climate warming on lake fish community structure and potential effects on ecosystem function. Hydrobiologia, 646(1), pp.73-90.

Jeppesen, E., Moss, B., Bennion, H., Carvalho, L., DeMeester, L., Feuchtmayr, H., Friberg, N., Gessner, M.O., Hefting, M., Lauridsen, T.L. and Liboriussen, L (2010), Interaction of climate change and eutrophication. Climate change impacts on freshwater ecosystems, pp.119-151.

Kalnay, E. and Cai, M (2003), Impact of urbanization and land-use change on climate. Nature, 423(6939), pp.528-531.

Karami, N (2018), The Drying of Lake Urmia as a Case of the "Aralism" Concept in Totalitarian Systems. International Journal of Geography and Regional Planning, 4(1), pp.043-063.

Kendall, M., 1975. Rank correlation methods (4th edn.) charles griffin. San Francisco, CA, 8.

Kim, H.W., Amatya, D.M., Chescheir, G.M., Skaggs, W.R. and Nettles, J.E (2013), Hydrologic effects of size and location of fields converted from drained pine forest to agricultural cropland. Journal of Hydrologic Engineering, 18(5), pp.552-566.

López-Ballesteros, A., Senent-Aparicio, J., Martínez, C. and Pérez-Sánchez, J (2020), Assessment of future hydrologic alteration due to climate change in the Aracthos River basin (NW Greece). Science of The Total Environment, 733, p.139299.

Mann, H.B (1945), Nonparametric tests against trend. Econometrica. Journal of the econometric society, pp.245-259.

McFeeters, S.K (1996), The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International journal of remote sensing, 17(7), pp.1425-1432.

Mentzafou, A., Wagner, S. and Dimitriou, E (2018), Historical trends and the long-term changes of the hydrological cycle components in a Mediterranean river basin. Science of The Total Environment, 636, pp.558-568.

Nguy-Robertson, A., May, J., Dartevelle, S., Birkett, C., Lucero, E., Russo, T., Griffin, S., Miller, J., Tetrault, R. and Zentner, M (2018), Inferring elevation variation of lakes and reservoirs from

areal extents: Calibrating with altimeter and in situ data. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 9, pp.116-125.

Oyler, J.W., Dobrowski, S.Z., Ballantyne, A.P., Klene, A.E. and Running, S.W (2015), Artificial amplification of warming trends across the mountains of the western United States. Geophysical research letters, 42(1), pp.153-161.

Parmesan, C. and Yohe, G (2003), A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems.Nature, 421(6918), pp.37-42.

Peraza-Castro, M., Ruiz-Romera, E., Meaurio, M., Sauvage, S. and Sánchez-Pérez, J.M (2018), Modelling the impact of climate and land cover change on hydrology and water quality in a forest watershed in the Basque Country (Northern Spain).Ecological Engineering, 122, pp.315-326.

Perkins, D.M., Mckie, B.G., Malmqvist, B., Gilmour, S.G., Reiss, J. and Woodward, G (2010), Environmental warming and biodiversity–ecosystem functioning in freshwater microcosms: partitioning the effects of species identity, richness and metabolism. Advances in Ecological Research, 43, pp.177-209.

Sattari, M.T., Mirabbasi, R., Jarhan, S., Sureh, F.S. and Ahmad, S (2020), Trend and abrupt change analysis in water quality of Urmia Lake in comparison with changes in lake water level. Environmental monitoring and assessment, 192(10), pp.1-16.

Saugier, B (1996), Végétation et atmosphère France Dominos Flammarion. 107.

Sayadi, A., Beydokhti, N.T., Najarchi, M. and Najafizadeh, M.M (2019), Investigation into the effects of climatic change on temperature, rainfall, and runoff of the Doroudzan catchment, Iran, using the ensemble approach of CMIP3 climate models. Advances in meteorology, 2019.

Sorg, A., Bolch, T., Stoffel, M., Solomina, O. and Beniston, M (2012), Climate change impacts on glaciers and runoff in Tien Shan (Central Asia). Nature Climate Change, 2(10), pp.725-731.

Srivastava, P.K., Majumdar, T.J. and Bhattacharya, A. K (2009), Surface temperature estimation in Singhbhum Shear Zone of India using Landsat-7 ETM+ thermal infrared data.Advances in space research, 43(10), pp.1563-1574.

Thackeray, S.J., Sparks, T.H., Frederiksen, M., Burthe, S., Bacon, P.J., Bell, J.R., Botham, M.S., Brereton, T.M., Bright, P.W., Carvalho, L. and Clutton-Brock, T.I.M (2010), Trophic level asynchrony in rates of phenological change for marine, freshwater and terrestrial environments. Global Change Biology, 16(12), pp.3304-3313.

Tourian, M.J., Elmi, O., Chen, Q., Devaraju, B., Roohi, S. and Sneeuw, N (2015), A spaceborne multisensor approach to monitor the desiccation of Lake Urmia in Iran. Remote Sensing of Environment, 156, pp.349-360.

Wang, J., Li, H. and Hao, X (2010), Responses of snowmelt runoff to climatic change in an inland river basin, Northwestern China, over the past 50 years. Hydrology and Earth System Sciences, 14(10), pp.1979-1987.

Woodward, G., Perkins, D.M. and Brown, L.E (2010), Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization.Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 365(1549), pp.2093-2106.

Yvon-Durocher, G., Caffrey, J.M., Cescatti, A., Dossena, M., Del Giorgio, P., Gasol, J.M., Montoya, J.M., Pumpanen, J., Staehr, P.A., Trimmer, M. and Woodward, G (2012), Reconciling the temperature dependence of respiration across timescales and ecosystem types. Nature, 487(7408), pp.472-476.

Zagharmi, M., Ku, K.T., Ying, L., Shabab, S. and Islam, M (2015), Urmia Lake: Policy Analysis for Effective Water Governance.

Zeng, F., Ma, M.G., Di, D.R. and Shi, W.Y (2020), Separating the Impacts of Climate Change and Human Activities on Runoff: A Review of Method and Application. Water, 12(8), p.2201.