Research Paper

Investigating the Price and Non-price Scenarios Impacts of Irrigation Water for Adaptation of Climate Change: Using Hydro-economic Model (Case Study: Sarab County)

Fatemeh Sani[1], Ghader Dashti[2*], Abolfazl Majnooni Heris[3], Javad Hosseinzad[4]

[1] PhD, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran, fateme.sani69@yahoo.com
[2] Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran,
([*]Corresponding Author: ghdashti@yahoo.com)
[3]Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran, majnooni1979@yahoo.com
[4]Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran, j.hosseinzad@tabrizu.ac.ir

10.22125/IWE.2022.162675

Received:
February 3, 2021
Accepted:
June 1, 2021
Available online:
December 11, 2022

Keywords:
Climate Change, Hydro-Economic Model, QRP, WEAP-MABIA

Abstract

Climate change is one of the main issues in the 21st century and has been felt in many regions of world. The greatest impact of climate change is on the water resource sector. Ajichay, as one of the main agricultural areas and a source of water consumption around the Lake Urmia, has lost its efficiency as the supplier of water and is considered as the center of crisis due to changes in the climate, lack of precipitation, and human factors. Therefore, the current study aims to investigate the impacts of water resources management scenarios for adaptation of climate change on water resources, cropping patterns and profits of farmers using a hydro-economic model. The HadCM3 model and LARS-WG downscaling were used to generate daily climatic data under the emissions of A2 scenario. The results showed that the average rainfall decreased in 38% under A2 emission scenario during 2018-2050 period. In the next period of 2018-2050, the average annual temperature will also increase by 2.5 °C compared to the baseline period. Changes in the cropping area due to climate change show that among the studied crops, bean had the highest reduction in cultivation, which stemmed from its high-water requirement. Results showed the profit in all the sub-bases had a rise after increasing irrigation efficiency scenario. Thus, applying increasing efficiency scenario, in addition to more useful and efficient use of allocated water, will also increase farmers' profits which offer a better situation than the other scenarios. Overall, the findings of the current study revealed that without changing the management strategies there would be a considerable reduction in water resource in near future. The analysis of scenarios revealed that policies alone cannot compensate for water problems and there is a need for plenty of scenario for optimum results.

1. Introduction

Climate change is one of the main issues in the 21st century and has been felt in many regions of world. The greatest impact of climate change is on the water resource sector. Projected change in precipitation, temperature and river runoff will largely affect the water cycle and hydrological systems with important results for economic sector. Ajichay, as one of the main agricultural areas and a source of water consumption around the Lake Urmia, has lost its efficiency as the supplier of water and is considered as the center of crisis due to changes in the climate, lack of precipitation, and human factors. Having the main branches of Ajichay, Sarab has a more influential role in producing horticultural and agronomy products and thus, more water consumption. Thus, managing water consumption in Sarab County is suggested to resolve the decreased quality and quantity of water in the Ajichay basin. Managing water resources requires a thorough consideration of all the elements and the interactions among human activities, economy, earth, and water resources; in other words, it requires taking into account the economic, social, and environmental factors. methods, such as the hydro-economic model, are appropriate for policymakers to evaluate water resources. Therefore, the current study aims to investigate the impacts of water resources management scenarios for adaptation of climate change on water resources, cropping patterns and profits of farmers using a hydro-economic model.

2. Materials and Methods

To achieve the aims, the hydro-economic model was used. In the economic section, quadratic risk programming model and in the hydrological section, the WEAP-MABIA model was used. The purpose in quadratic risk programming model is to maximize the expected farmers' utility to some technical and structural restrictions. maximum expected utility of farmers which is calculated by subtracting the risk element from the net income for each crop. MABIA uses a two-part crop coefficient. In the dual crop coefficient approach, the effects of crop transpiration and soil evaporation are determined separately. Two coefficients are used: the basal crop coefficient (Kcb) to describe plant transpiration, and the soil water evaporation coefficient (Ke) to describe evaporation from the soil surface. The hydrological and economic models run independently; however, the output of one model is used as an input for the other one. The hydro-economic model starts with the economic model, and optimal cropping pattern is obtained through maximizing expected utilities of farmers in Quadratic risk programming. The estimated cropping pattern is used as the input for WEAP model and MABIA estimates the water requirement, water allocation, and crop yield. The economic model is run again and determines the optimal cropping patterns based on the outcome of WEAP model for the new conditions. The adjusted cropping pattern is then used as an input for WEAP model to determine water allocation, demand supply, and water requirements under the new conditions. The process frequently continues to find a cropping pattern by which the hydrologic system is able to supply the water requirement of crops. The period between 1987-2018 was used as the base and the future period was between 2018-2050. The necessary data were collected from questionnaires completed by 210 farmers selected by stratified random sampling during 2018. The HadCM3 model and LARS-WG downscaling were used to generate daily climatic data under the emissions of A2 scenario. The water resource management scenarios include Price scenarios (a 20 and 40 % increase in water price) and non-price scenarios (a 25 and 35% increase in the irrigation efficiency and a 20, 30 and 40% reduction in agricultural water consumption).

3. Results

The results showed that the average rainfall decreased in 38% under A2 emission scenario during 2018-2050 period. In the next period of 2018-2050, the average annual temperature will also increase by 2.5 °C compared to the baseline period. Changes in the cropping area due to climate change show that among the studied crops, bean had the highest reduction in cultivation, which stemmed from its high-water requirement. However, potato also had a highwater requirement compared to bean but maintained a high cropping area due to higher gross profits. Findings of the current study revealed that wheat and barley had more resistance against the effects of climate change and that shifting the patterns of cropping was an adaptive strategy for coping with the effects of climate change. by applying the scenario of agricultural water reduction and increasing water price, the profit in each region will decrease compared to the baseline year. The highest reduction rate in agricultural water reduction belongs to Asbforushan 2 area with 58.1% compared to the baseline year. results showed the profit in all the sub-bases had a rise after increasing irrigation efficiency scenario. Thus, applying increasing

efficiency scenario, in addition to more useful and efficient use of allocated water, will also increase farmers' profits which offer a better situation than the other scenarios. Climate change reduces the labor employment. Implementing A2 scenario results in a 15.4% decrease in the average of agricultural employment in the area. Applying a 40% reduction in agricultural water consumption, a 40 % increase in water price and 35% increase in the irrigation efficiency reduces the employment by 28.6, 15.2 and 27.3%, respectively in the region by reducing the area under cultivation of crops that require a lot of labor. The increasing irrigation efficiency along with climate change scenario also results in a 20.9% reduction in labor employment.

4. Discussion and Conclusion

Additionally, the limited cultivation of crops (e.g. potatoes and beans) that require more labor leads to a decline in engaging agricultural labor. Overall, the findings of the current study revealed that without changing the management strategies there would be a considerable reduction in water resource in near future. Optimizing management methods, selection of right time for crop cultivation, optimized harvest, studying the feasibility of cultivating crops with shorter growth period and using cultivars with higher yield are the effective ways to confront the effects of climate change. The analysis of scenarios revealed that policies alone cannot compensate for water problems and there is a need for plenty of scenario for optimum results. application of these scenarios will reduce employment in the agricultural sector and will also have social consequences; thus, employment creation in alternative industries, it should be in agendum of policymakers

5. Six important references

1) Blanco- Gutiérrez, I., C. Varela-Ortega and D. Purkey. 2013. Integrated Assessment of Policy Interventions for Promoting Sustainable Irrigation in Semi-Arid Environments: A Hydro-Economic Modeling Approach. Journal of Environmental Management, 128:144–160.
2) Borrego-Marín María, M., A. Expósito and J. Berbel. 2020. A Simplified Hydro-Economic Model of Guadalquivir River Basin for Analysis of Water-Pricing Scenarios. Water, 12(7): 1879.
3) Esteve, P., C. Varela-Ortega, I. Gutierrez and T.E. Downing. 2015. A Hydro-Economic Model for the Assessment of Climate Change Impacts and Adaptation in Irrigated Agriculture. Ecological Economics, 120: 49-58
4) Kahil, M.T., A. Dinar and J. Albic. 2015. Modeling Water Scarcity and Droughts for Policy Adaptation to Climate Change in Arid and Semiarid Regions. Journal of Hydrology, 522: 95-102.
5) Amin, A., J. Iqbal, A. Asghar and L. Ribbe. 2018. Analysis of Current and Future Water Demands in The Upper Indus Basin Under IPCC Climate and Socio-Economic Scenarios Using A Hydro-Economic WEAP Model. Water, 10(5): 1-20.
6) Mainuddin, M., M. Kirby and M.E. Qureshi. 2007. Integrated Hydrologic-Economic Modelling for Analyzing Water Acquisition Strategies in The Murray River Basin. Agricultural Water Management, 93: 123-135.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال سیزدهم. شماره پنجاه. زمستان ۱۴۰۱

تحلیل اثربخشی سناریوهای قیمتی و غیرقیمتی آب آبیاری جهت سازگاری با تغییر اقلیم: کاربرد مدل هیدرو- اقتصادی (مطالعه موردی: شهرستان سراب)

فاطمه ثانی[۱]، قادر دشتی[۲]، ابوالفضل مجنونی هریس[۳]، جواد حسین‌زاد[۴]

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۱۱/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۱

مقاله پژوهشی

چکیده

افزایش تقاضا و عرضه‌ی محدود آب در اثر تغییر اقلیم، عدم تعادل منابع را در بسیاری از دشت‌های کشور به دنبال داشته و ضرورت استفاده از سیاست‌های کارآمد مدیریت آب را مطرح ساخته است. مدیریت منابع آب نیازمند در نظر گرفتن تمامی عناصر و اثرات متقابلی که بین فعالیت‌های انسانی و اقتصادی و منابع آب و زمین وجود دارد، می‌باشد. لذا مطالعه حاضر به معرفی و کاربرد مدل هیدرو-اقتصادی مبتنی بر ریسک در ارزیابی اثر سناریوهای قیمتی و غیرقیمتی آب آبیاری به منظور سازگاری با تغییر اقلیم می‌پردازد. در بخش اقتصادی مدل از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی درجه دوم توأم با ریسک (QRP) و در بخش هیدرولوژیکی از مدل WEAP-MABIA استفاده گردید. داده‌های مورد نیاز از طریق تکمیل ۲۱۰ پرسشنامه از کشاورزان شهرستان سراب به عنوان یک از مناطق مهم کشاورزی حوضه آجی‌چای، در سال ۱۳۹۷ جمع‌آوری گردید. برای تولید داده‌های روزانه اقلیمی از مدل HadCM3 و ریزمقیاس‌سازی LARS-WG تحت سناریوی انتشار A2 استفاده شد. نتایج نشان داد که با وقوع تغییر اقلیم میزان آب در دسترس به صورت میانگین ۱۸/۲ درصد کاهش یافته و موجب کاهش سطح زیرکشت محصولات با نیاز آبی بالاتر (یونجه، سیب‌زمینی و لوبیا) می‌گردد. سناریو افزایش ۲۰ و ۴۰ درصدی قیمت آب آبیاری به ترتیب سبب افزایش ۵/۹ و ۷/۳ درصدی میزان آب در دسترس شده و با اعمال این سناریو سود کشاورزان به ترتیب ۸/۴ و ۱۰/۳ درصد کاهش می‌یابد. اجرای سناریو کاهش ۲۰، ۳۰ و ۴۰ سهم آب بخش کشاورزی به ترتیب موجب کاهش سود کشاورزان به اندازه ۱۹/۳، ۲۴/۳ و ۳۷/۳ درصد می‌گردد که نشان دهنده تغییرات محسوس سود کشاورزان می‌شود. با بهبود راندمان آبیاری به میزان ۲۵ و ۳۵ درصد، سود کشاورزان منطقه به ترتیب ۵/۲ و ۷/۵ درصد و همچنین میزان آب در دسترس ۱۱/۱ و ۱۴/۴ درصد افزایش خواهند یافت. از این‌رو پیشنهاد می‌شود با بالا بردن راندمان آبیاری که با تغییر تکنولوژی آبیاری همراه می‌باشد، محصولاتی که دارای صرفه‌های اقتصادی بالا و مصرف آب زیاد می‌باشند را به الگوی کشت اضافه نموده و سود کشاورزان در حوضه را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، مدل هیدرو- اقتصادی، QRP، WEAP-MABIA

[۱] دکتری گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تبریز، ۰۹۳۷۴۳۷۷۱۳۶، fateme.sani69@yahoo.com
[۲] استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تبریز، ۰۹۱۴۴۱۰۲۷۱۶، ghdashti@yahoo.com (نویسنده مسئول)
[۳] دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ۰۹۱۴۴۳۱۹۰۴۰، majnooni1979@yahoo.com
[۴] دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تبریز، ۰۹۱۴۴۱۰۵۶۷۵، j.hosseinzad@tabrizu.ac.ir

مقدمه

بخش کشاورزی به عنوان بزرگترین مصرف‌کننده آب (بیش از ۹۰ درصد) تامین‌کننده غذا و الیاف در جهان می‌باشد، بنابراین امنیت غذایی جوامع به طور مستقیم تحت تاثیر منابع آبی است (IWMI, 2011). توسعه ناپایدار و عدم توازن بین عرضه و تقاضای آب و تشدید آن در شرایط تغییر اقلیم از جمله مسائل مهم در مدیریت منابع آب کشور محسوب می‌گردد. این موضوع لزوم توجه به اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب تجدیدپذیر و مصارف آبی را آشکار می‌سازد (Qureshi et al., 2014).

سیاست‌های مدیریت منابع آب باید به‌گونه‌ای طراحی شود که نه تنها بر تولیدات کشاورزی و درآمد زارعین اثر منفی نگذارد که حتی‌الامکان با افزایش بهره‌وری آب، تولیدات بخش کشاورزی و درآمد زارعین افزایش یابد و مصرف آب تا رسیدن به تعادل منطقی، تعدیل شود (بخشوده و باغستانی، ۱۳۸۷). لذا لازم است قبل از اتخاذ سیاست مناسب جهت مدیریت منابع آب، اثرات احتمالی آن‌ها بر مقادیر مصرفی نهاده‌ها، الگوی کشت و سود زارعین پیش-بینی شود تا این بخش را در اتخاذ سیاست مطلوب راهنمایی کند (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۹).

در نظر گرفتن جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست-محیطی در مدیریت منابع مهم قلمداد می‌شود (GWP, 2000). از این‌رو روش‌هایی که توانایی لحاظ کردن این جنبه‌های مختلف را داشته باشد، از جمله مدل هیدرو-اقتصادی، یک ابزار مناسب برای سیاست‌گذاران در ارزیابی سیستم‌های منابع آب می‌باشد (Blanco- Gutiérrez et al., 2013).

امروزه با توجه به تأثیر تغییر اقلیم در بخش کشاورزی و مدیریت منابع آب در کشورهای مختلف، مطالعات گوناگونی در این زمینه انجام شده است. طرازکار و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل هیدرو-اقتصادی به تعیین الگوی بهره‌برداری بهینه از مخزن سد درودزن و نیز الگوی بهینه کشت پرداختند. سناریوهای مختلفی شامل اعمال کم‌آبیاری، استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری، سیاست کاهش مصرف آب‌های زیرزمینی، ذخیره آب شرب، استفاده از رقم‌های جدید و اصلاح شده، رهاسازی و عدم رهاسازی حقابه زیست‌محیطی در مدل اعمال شدند. نتایج مدل بهینه نشان داد که در صورت اعمال کلیه سناریوهای فوق، بهره‌وری آب ۶۲ درصد افزایش و ۱۵ درصد آب مصرفی در بخش کشاورزی کاهش می‌یابد. دو محصول گندم رقم سیروان و ذرت سینگل کراس به عنوان الگوی کشت پیشنهاد شد. الهی و همکاران (۱۳۹۷) اثر سیاست‌های مختلف بخش کشارزی در راستای مدیریت منابع آب زیرزمینی در دشت کبودرآهنگ با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی اثباتی (PMP) و رهیافت حداکثر آنتروپی (ME) بررسی نمودند. نتایج بیانگر آن بود که اعمال سناریوهای افزایش قیمت و سهمیه‌بندی آب زیرزمینی موجب کاهش سطح زیرکشت، کاهش سود ناخالص کشاورزان و کاهش آب مصرفی می-شود. مردانی نجف‌آبادی و میرزایی (۱۳۹۸) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی اثباتی اثر سیاست‌های مدیریت منابع آب در سطح مزارع دشت قزوین را مطالعه نمودند. نتایج بررسی حاکی از آن بود که اعمال سیاست کاهش ۱۰ درصدی آب آبیاری برای مزارع کوچک‌تر از ۲۵ هکتار، کشاورزان را به مدیریت صحیح منابع آب تشویق می‌کند و منجر به کاهش مصرف آب حدود ۱۰ تا ۱۶ درصد برای مزارع کوچک و متوسط می‌شد. دهقانی و همکاران (۱۳۹۹) اثرات سیاست‌های قیمتی و غیرقیمتی آب آبیاری بر الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان بخش شهداد شهرستان کرمان را بررسی نمودند. بدین منظور از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت با تابع هزینه درجه دوم و تابع تولید با کشش جانشینی ثابت استفاده شد. مطابق یافته-های تحقیق با اتخاذ سیاست قیمتی آب آبیاری، سطح زیرکشت محصولاتی که مصرف آب کمتری دارند، افزایش و سطح زیرکشت سایر محصولات منتخب کاهش یافته و با اعمال این سناریو، سود ناخالص ۴۸ درصد کاهش می‌یابد. (Kahil et al., 2015) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل هیدرو-اقتصادی، به بررسی سیاست‌های مدیریت آب کارا برای تطبیق با تغییر اقلیم در حوضه رودخانه جوکار[1] در اسپانیا پرداختند. یافته‌های تحقیق نشان داد که

[1] Jucar

خشکسالی از طریق تاثیرگذاری بر فعالیت‌های کشاورزی و زیست‌محیطی، اثرات نامطلوبی بر رفاه اجتماعی داشته و باعث کاهش آن بین ۶۳ تا ۱۳۸ میلیون یورو گردیده است. (Alamanos et al., 2016) مدیریت منابع آب در دریاچه کارلای[1] یونان تحت سیاست‌های مختلف مدیریتی را بررسی نمودند. آن‌ها شش سناریوی مدیریتی و پنج سناریوی اقلیمی را در قالب مدل هیدرو-اقتصادی مورد ارزیابی قرار دادند. یافته‌های پژوهش بیانگر آن بود که در تمامی سناریوهای مدیریتی اجرا شده، آب ذخیره شده افزایش و هزینه‌های آبیاری کاهش می‌یابد. در میان سناریوهای مدیریتی سناریو تغییر الگوی کشت با جایگزینی ۲۵ درصد از محصول پنبه به جای گندم زمستانه و سناریوی جایگزینی ۲۰ درصد از کشت پنبه با ۱۰ درصد از گندم زمستانه و ذرت، مناسب‌ترین سناریوی مدیریتی شناخته گردید. (Rafiei Darani et al., 2017) با بکارگیری مدل هیدرو-اقتصادی، اثر سیاست اصلاح شبکه‌های بازاریابی بر تولیدات کشاورزی در دشت نیشابور را مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور در بخش اقتصادی از مدل برنامه‌ریزی مثبت منطقه‌ای و در بخش هیدرولوژیکی از مدل WEAP استفاده نمودند. نتایج نشان داد که اصلاح شبکه‌های بازاریابی باعث تغییر الگوی کشت می‌گردد، به طوری که باعث افزایش سطح زیرکشت محصولات با حاشیه بازاریابی زیاد می‌گردد. از این‌رو تغییر الگوی کشت باعث افزایش مصرف آب و افزایش فشار بر آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور می‌گردد. (Amin et al., 2018) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات تغییر اقلیم و سناریوهای اقتصادی–اجتماعی بر تقاضای آب در زمان حال و آینده در حوضه رود سند پاکستان با استفاده از مدل هیدرو-اقتصادی پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که ادامه وضع موجود بدون دخالت در آن باعث افزایش تقاضای آب گردیده و تقاضای برآورد نشده به ۱۳۴ میلیون مترمکعب خواهد رسید. همچنین تکمیل سدهای درحال ساخت باعث مقابله با کم‌آبی شده، به طوری که ساخت سدها تا سال ۲۰۲۵ تقاضای برآورد نشده را تا ۶۰ درصد کاهش خواهد داد. (Borrego-Marín María et al., 2020) با استفاده از مدل هیدرو-اقتصادی اثرات سناریوهای قیمتی مدیریت منابع آب در حوضه آبریز گوادالکویر[2] در اسپانیا را ارزیابی نمودند. برابر نتایج حاصله سناریو قیمت‌گذاری بر سطح زیرکشت آبی محصولات تاثیر چندانی نداشته، ولی برداشت آب را ۴۷ درصد نسبت به سال پایه و تولید ناخالص داخلی را به اندازه یک درصد کاهش می‌دهد.

(Touseef et al., 2021) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر میزان آب سطحی رودخانه هونگشوی[3] چین با استفاده از مدل SWAT-WEAP پرداختند. نتایج شبیه‌سازی شده نشان می‌دهد که بارش و جریان به احتمال زیاد دچار یک افزایش جزئی می‌شوند و منابع آب موجود برای تأمین نیازهای موجود تا سال ۲۰۵۰ کافی خواهد بود. همچنین یافته‌ها حاکی از آن بود که تحت سناریوهای اقتصادی-اجتماعی کمبود آب وجود نخواهد داشت ولی حوضه تحت سناریوی تغییر اقلیم شدید کمبود آب را تجربه خواهد کرد.

حوضه آجی‌چای یکی از بزرگترین مناطق کشاورزی و مصرف آب در حوضه دریاچه ارومیه است. وسعت اراضی کشاورزی در حوضه آبریز آجی چای بیش از ۱۴۰ هزار هکتار است که تقریبا ۳۰ درصد کل اراضی کشاورزی آبی حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد. دشت سراب یکی از بزرگ-ترین مصرف‌کنندگان آب حوضه آبریز آجی‌چای در فعالیت کشاورزی بوده به طوریکه در سال ۱۳۹۶ حدودا دارای ۴۸۱۰۰ هکتار اراضی زراعی آبی (حدود ۳۸ درصد اراضی آبی حوضه آجی چای) و ۶۲۲۰۰ هکتار اراضی دیم (حدود ۳۲ درصد از اراضی دیم حوضه آجی‌چای) می‌باشد. مجموع کشت آبی از سال ۱۳۶۵ تا سال ۱۳۹۶ در حدود ۷۸۲۵ هکتار افزایش یافته است (سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی، ۱۳۹۷). همچنین پیش‌بینی می-شود که در این دشت تحت تاثیر تغییر اقلیم طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۱، دما بین ۰/۳ تا ۰/۵ درجه سیلسیوس افزایش یافته و بارش‌های تابستانه بین ۳ تا ۱۶ درصد کاهش یابد (احمدی‌فر و همکاران، ۱۳۹۹). افزایش تقاضا

[1] Karla

[2] Guadalquivir
[3] Hongshui

برای آب آبیاری از طریق افزایش کشت آبی از یک‌سو و کاهش عرضه آن بدلیل تغییر اقلیم، باعث عدم عادل بین عرضه و تقاضای این نهاده در شهرستان سراب گردیده است. لذا اتخاذ سیاست‌های مدیریتی مناسب در جهت سازگاری بیش‌تر بخش کشاورزی با شرایط جدید اقلیمی و کم‌آبی ضروری به نظر می‌رسد.

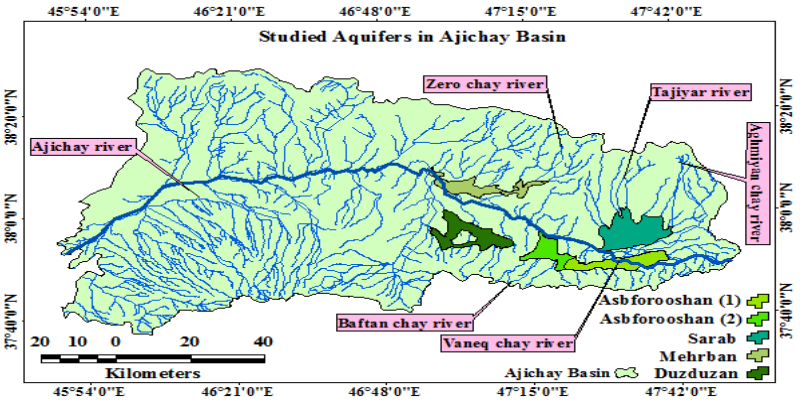
واکنش بهره‌برداران نسبت به یک سیاست و اثرگذاری آن تا حد زیادی وابسته به شرایط مزرعه، نگرش به ریسک و ویژگی‌های فردی آن‌ها است. استفاده از الگوهای مبتنی بر ریسک در بخش کشاورزی کمک می‌کند تا سیاست‌گذاران بتوانند با اطمینان بالایی از نتایج اجرای سیاست‌های مورد نظر آگاه شود. در مطالعات داخلی مشابه از نظر مدل مورد استفاده (مدل هیدرو-اقتصادی)، رفتار ریسک‌گریزی کشاوزان نادیده گرفته شده و ریسک را در مدل هیدرو-اقتصادی وارد ننموده‌اند. مطالعه حاضر با وارد کردن ریسک در مدل هیدرو-اقتصادی در نوع خود اقدامی جدید به شمار می‌آید. لذا در تحقیق حاضر با استفاده از مدل هیدرو-اقتصادی مبتنی بر ریسک، به بررسی اثر سناریوهای قیمتی (افزایش قیمت آب آبیاری) و سناریوهای غیر قیمتی آب آبیاری (کاهش سهم آب بخش کشاورزی و افزایش راندمان آب آبیاری) به منظور سازگاری با تغییر اقلیم در شهرستان سراب پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر حوضه آبریز آجی‌چای است. این حوضه با مساحتی بالغ بر ۱۲۶۰۰ کیلومتر مربع بعد از حوضه زرینه‌رود بزرگترین زیرحوضه دریاچه ارومیه بشمار می‌آید. این حوضه در شمال‌غرب ایران (استان آذربایجان شرقی) و شرق دریاچه بین طول‌های جغرافیایی '۴۶°۴۵ و '۵۰°۴۷ شرقی و عرض‌های جغرافیایی '۳۹°۳۷ و '۲۸°۳۸ شمالی واقع شده است. شهرهای تبریز، آذرشهر، سراب، بستان آباد، هریس و اسکو نقاط مهم شهری حوضه آبریز آجی‌چای بشمار می‌آیند. شهرستان سراب در شمال غربی ایران در حوضه آبریز ارومیه با وسعتی حدود ۴۲۰ کیلومتر مربع در فاصله ۱۳۰ کیلومتری شرق شهرستان تبریز واقع شده است. این محدوده امتداد شرقی-غربی دارد که از شمال به ارتفاعات کوه سبلان و از جنوب به ارتفاعات بزقوش محدود می‌گردد. سراب یکی از قطب‌های کشاورزی و دامداری استان آذربایجان شرقی می‌باشد. متوسط بارش سالانه دشت سراب در یک دوره ۳۴ ساله ۳۴۰ میلی‌متر و جزو مناطق نیمه خشک سرد محسوب می‌شود. منابع آب سطحی دشت را بیوک‌چای، تاجیارچای، رازلیق‌چای و وانق‌چای تشکیل می‌دهد که از ارتفاعات اطراف سرچشمه می‌گیرد و بعد از روستای اندراب بهم پیوسته و با نام آجی‌چای از شرق به غرب جریان یافته و در نهایت به دریاچه ارومیه می‌ریزد.

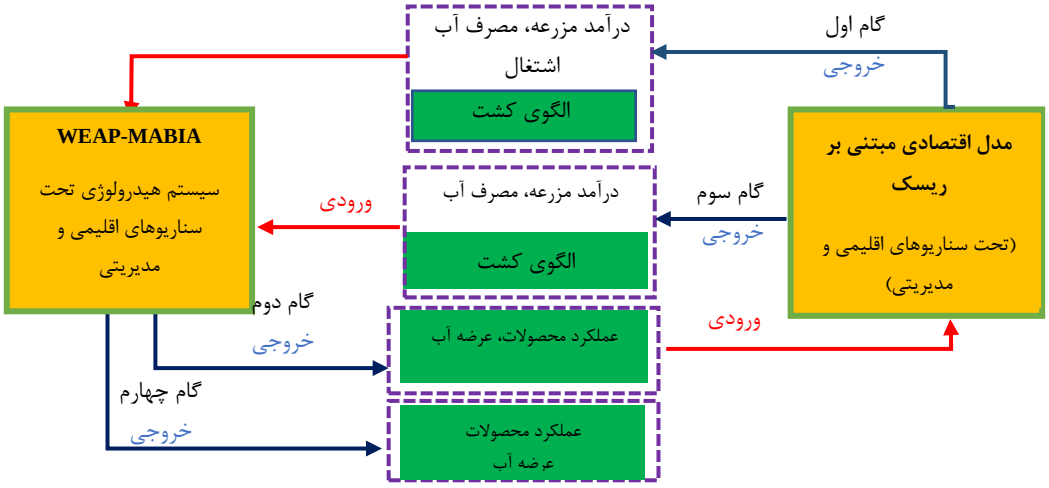
طبق مطالعات انجام شده توسط سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی، ده آبخوان اصلی در حوضه آبریز آجی‌چای شناسایی شده است (شکل ۱) که از این تعداد آبخوان‌های سراب، اسب‌فروشان، دوزدوزان و بخشی از آبخوان مهربان در شهرستان سراب واقع هستند. مرز اولیه مناطق کشاورزی و دشت‌ها براساس آمار و اطلاعات کشاورزی، مرز آبخوان‌ها و محیط Google Earth تعیین گردید. این کار دو مزیت اصلی دارد: اول اینکه موجب می‌شود مدل‌سازی هیدرولوژیکی مناطق کوهستانی و برآورد متغیرهای مدنظر در آنها بصورت جدا از مناطق کشاورزی و دشت‌ها (مناطق دامنه‌ای رشته کوه‌ها) صورت گیرد و این امر افزایش دقت مدل‌سازی و برآورد متغیرها (بویژه رواناب و تبخیر و تعرق واقعی) را بدنبال دارد. ثانیا باعث می‌شود بتوان میزان جریان‌های ورودی به هر دشت و مناطق کشاورزی را از طریق مدل‌سازی تعیین کرد. در شکل ۱ محدوده حوضه آجی‌چای و موقعیت آبخوان‌های مورد مطالعه آورده شده است.



شکل (۱): شمائی از حوضه آجی‌چای و آبخوان‌های مورد مطالعه

مدل هیدرو-اقتصادی

مدل هیدرو-اقتصادی از دو مدل اقتصادی و مدل هیدرولوژیکی تشکیل شده که هر یک از آن‌ها به صورت مستقل اجرا شده ولی خروجی یک مدل به عنوان ورودی در مدل دیگر به‌کار گرفته می‌شود (Mainuddin et al., 2007 ; Maneta et al., 2009). مدل هیدرو-اقتصادی نخست با مدل اقتصادی آغاز می‌گردد. با حداکثرسازی مطلوبیت کشاورزان، الگوی کشت بهینه (X_{jr}) بدست آمده و به عنوان ورودی در مدل WEAP بکار رفته و با استفاده از روش MABIA در مدل WEAP نیاز آبی، تخصیص آب به مناطق براساس میزان آب در دسترس و اولویت‌بندی محاسبه کرده و عملکرد محصولات را تخمین می‌زند. در گام دوم مدل اقتصادی با استفاده از نتایج مدل WEAP مرحله اول، الگوی کشت بهینه کشاورزان نسبت به شرایط جدید را تعیین می‌کند. سپس این الگوی کشت تعدیل شده دوباره به عنوان ورودی در مدل WEAP بکار رفته تا تخصیص آب، تامین تقاضا و نیاز آبی را تحت شرایط جدید برآورد نماید. این پروسه به طور مرتب تکرار شده تا یک الگوی کشتی تعیین گردد که با استفاده از آن سیستم هیدرولوژیکی قادر به تامین نیاز آبی محصولات بهینه باشد. گام‌های صورت گرفته در اجرای مدل هیدرو-اقتصادی در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل (۲): چارچوب مدل هیدرو- اقتصادی (H-E)

مدل برآوردی

عدم قطعیت از جمله جوانب اجتناب‌ناپذیر در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های زراعی است، بنابراین مدلی باید مورد استفاده قرار گیرد که قابلیت دخالت دادن عدم قطعیت موجود را به شیوه‌ای واقعی در تحلیل‌ها داشته باشد. مطالعات متفاوتی (Binswanger, 1980; Chavas, 2004; Von Neuman & Morgenstern, 1944) نشان داده‌اند که اغلب کشاورزان به طور معمول ریسک‌گریز بوده و به جای حداکثر کردن سود به دنبال حداکثر نمودن مطلوبیت می‌باشند. نادیده گرفتن رفتار ریسک‌گریزی کشاورزان، نتایج غیرواقعی و غیرقابل قبولی از برنامه‌های مدیریتی کشاورزان را موجب می‌شود (Hazell & Norton, 1986). اصول تصمیم‌گیری برنولی یا مدل مطلوبیت انتظاری به عنوان روشی مناسب و عملی برای تصمیم‌گیری در وضعیت‌های ریسکی به طور وسیعی در ادبیات این رشته مورد استفاده قرار گرفته است.

مدل برنامه‌ریزی درجه دوم توأم با ریسک[1] (QRP) یک مدل منطقه‌ای بهینه‌سازی می‌باشد که رفتار کشاورزان را شبیه‌سازی و پاسخشان را به تغییرات سیاسی و زیست‌محیطی پیش‌بینی می‌کند. QRP بر این اساس قرار دارد که تابع مطلوبیت را می‌توان بر مبنای میانگین یا ارزش انتظاری (E) و واریانس (V) بیان کرد. تابع هدف در این مدل که شامل حداکثرسازی مطلوبیت انتظاری درآمد خالص کشاورزان است بصورت رابطه (۱) است:

$$\text{MAX } U = \sum_f U_f = \sum_f (Z_f - \phi_f . \sigma_f) \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، U مطلوبیت انتظاری منطقه، U_f مطلوبیت انتظاری کشاورزان، Z_f متوسط درآمد خالص در هر نوع کشت، ϕ_f ضریب ریسک‌گریزی و σ_f انحراف معیار ایجاد شده در درآمد به وسیله‌ی متغیرهای اقلیمی (عملکرد) و قیمتی می‌باشد. همچنین درآمد مزرعه به‌صورت رابطه (۲) نشان داده می‌شود:

$$Z = \sum_j \sum_r gm_{jr} . \mathrm{X}_{jr} - fco \sum_p flab_p - hlw . \sum_p hlab_p - wpm^3 . \mathrm{WC} \qquad (۲)$$

در این رابطه X_{jr} سطح زیرکشت محصول j تحت تکنیک آبیاری r بوده و gm_{jr} بازده برنامه‌ای فعالیت‌های تولیدی مختلف است که از تفاضل درآمد و هزینه‌های تولید بدست می‌آید. fco هزینه فرصت نیروی‌کار خانوادگی، $flab_p$ تعداد نیروی‌کار خانوادگی در هر دوره از سال، hlw دستمزد نیروی‌کار استخدام شده، $hlab_p$ تعداد نیروی‌کار استخدام شده، wpm^3 قیمت حجمی آب، WC میزان مصرف آب مزرعه، wpha هزینه آبیاری پرداخت شده به ازای هر هکتار، sirrg سطح زیرکشت آبی مزرعه را نشان می‌دهد (Esteve et al., 2015). انحراف‌معیار توزیع درآمد عبارتست از:

$$\sigma_f = \left[(\sum_{sn} \sum_{sm} Z_{sn,sm,f} - Z_f)^2 / n \right]^{0.5} \qquad (۳)$$

که $Z_{sn,sm,f}$ درآمد تصادفی، Z_f متوسط درآمد خالص، sn شرایط طبیعت، sm شرایط بازار و n تلفیق شرایط مختلف طبیعت است و درآمد مزرعه بصورت نرمال توزیع شده است. محدودیت‌ها نیز شامل زمین، نیروی‌کار، آب و سموم و کودهای شیمیایی می‌باشند که در روابط ۴ تا ۹ نشان داده شده‌اند:

$$\sum_{j=1}^{J} \frac{w_{ji}}{eff_i} x_j \le W \qquad (۴)$$

$$\sum_{j=1}^{J} l_j x_j \le L \qquad \forall s \qquad (۵)$$

$$\sum_{j=1}^{J} m_j x_j \le M \qquad (۶)$$

$$\sum_{j=1}^{J} f_{tj} x_j \le F_t \qquad \forall \mathrm{t} \qquad (۷)$$

$$\sum_{j=1}^{J} pe_{zj} x_j \le PE_z \qquad \forall \mathrm{z} \qquad (۸)$$

$$\sum_{j=1}^{J} \sum_{s=1}^{S} Sch_j x_j \le A \qquad (۹)$$

در معادلات مذکور W_{jr} نیاز ناخالص آبی هر هکتار محصول j در منطقه i، eff_i راندمان آبیاری در منطقه i، W میزان کل آب در دسترس، l_j مقدار نیروی کار مورد

[1] Quadratic Risk Programming

نیاز برای کشت هر هکتار محصول، L کل مقدار نیروی‌کار در دسترس، m_j تعداد ساعات استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی هر هکتار محصول، M مقدار ساعات کار ماشین‌آلات کشاورزی در دسترس، F_t شاخص مقدار کل کود در دسترس از نوع t، PEz مقدار کل آفت‌کش در دسترس از نوع z، A مقدار زمین در دسترس برای کلیه محصولات مورد مطالعه بوده و نماد Schj نشان‌دهنده سطح زیرکشت هر کدام از محصولات می‌باشد.

مدل هیدرولوژیکی

WEAP یک نرم‌افزار جامع و پیشرفته‌ساز منابع آب است که در مدیریت حوضه آبریز کاربرد گسترده‌ای دارد. این مدل یک ابزار سودمند برای تحلیل سیاست‌ها و برنامه-ریزی منابع آب می‌باشد که براساس معادلات پایه بیلان آبی عمل کرده و و قابلیت شبیه‌سازی و بهینه‌سازی حقابه‌ها با در نظر گرفتن اولویت‌های تخصیص را دارا می-باشد (Allen et al., 1998). برای مدل‌سازی از یکی از چهار روش موجود در نرم‌افزار شامل روش رطوبت خاک، روش MABIA، روش بارش-رواناب FAO و روش ساده استفاده می‌شود که در این مطالعه روش MABIA بکار گرفته شد.

فضای MABIA که یک نرم‌افزار مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری است، بسیار وسیع می‌باشد. محاسبات روش اجرا در داخل MABIA بر پایه توسعه اخیر ضریب گیاهی دوگانه در روش فائو ۵۶ می‌باشد (Allen et al., 1998)، که با جداسازی محاسبات تبخیر و تعرق از لایه‌های خاک انجام می‌گیرد.

مقادیر پارامترهای هیدرولوژیک شامل ضریب گیاهی[۱]، ظرفیت مؤثر نگه‌داشت آب[۲]، ظرفیت نگه‌داشت آب در لایه‌های پایینی خاک[۳]، فاکتور مقاومت جریان[۴]، نرخ هدایت هیدرولیکی منطقه توسعه ریشه[۵]، هدایت هیدرولیکی عمیق[۶] و جهت جریان ترجیحی[۷] و مقادیر پارامترهای هواشناسی منطقه برای کاربرد در روش MABIA تعیین گردید. این مدل از فرمول پنمن-مونتیث FAO و ضریب گیاهی برای محاسبه نرخ تبخیر- تعرق محصولات استفاده می‌کند. MABIA برای شبیه‌سازی عملکرد محصولات گیاهان، از رابطه (۱۰) استفاده می‌کند:

$$1-\frac{Y_a}{Y_m}=K_y\left(1-\frac{ET_a}{ET_c}\right) \quad (۱۰)$$

در این رابطه Y_a عملکرد واقعی محصول، Y_m عملکرد حداکثر، K_y فاکتور واکنش-عملکرد، ET_a تبخیر و تعرق واقعی و ET_c تبخیر و تعرق در شرایط مشابه واقعی ولی بدون محدودیت آبی می‌باشد (Cetinkaya and Gunacti, 2018). فاکتور واکنش-عملکرد در مدل MABIA برای مراحل رشد محصولات مختلف ارائه شده است.

مدل هیدرولوژیکی نسبت به مقادیر اولیه اختصاص داده شده به پارامترهای هیدرولوژیک حساس (پارامترهای ضریب گیاهی، ظرفیت رطوبتی خاک، هدایت هیدرولیکی عمیق و جهت جریان توجیهی) برای بهبود شبیه‌سازی هیدرولوژیک حوضه واسنجی می‌گردد. برای ارزیابی کمی نتایج بدست آمده از واسنجی و اعتبارسنجی مدل از شاخص‌های ضریب نش-ساتکلیف[۸] (Nash) و خطای اریب (BIAS) استفاده شد (Blanco- Gutiérrez et al., 2013). ضریب نش-ساتکلیف اختلاف نسبی مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد. روابط ضریب نش-ساتکلیف و خطای اریب به ترتیب در معادلات (۱۱) و (۱۲) آمده است:

$$Nash=1-\left[\frac{\sum_{t=1}^{n}\left(Q_t^{obs}-Q_t^{sim}\right)^2}{\sum_{t=1}^{n}\left(Q_t^{obs}-Q_{obs}^{mean}\right)^2}\right] \quad (۱۱)$$

$$BIAS=100\times\frac{Q_{sim}^{mean}-Q_{obs}^{mean}}{Q_{obs}^{mean}} \quad (۱۲)$$

که در آن Q_t^{obs} و Q_t^{sim} به ترتیب برابر مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی در زمان t، n تعداد مشاهدات،

[۱] Crop Coefficient
[۲] Soil Water Capacity
[۳] Deep Water Capacity
[۴] Runoff Resistance Factor
[۵] Root Zone Conductivity
[۶] Deep Conductivity
[۷] Preferred Flow Direction
[۸] Nash Sutcliffe

Q_{obs}^{mean} و Q_{sim}^{mean} به ترتیب میانگین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی می‌باشد. واسنجی مناسب زمانی صورت می‌گیرد که مقدار BIAS به صفر و مقدار Nash به یک متمایل گردد.

در حال حاضر مطالعه اثرات تغییر اقلیم بر تولید محصولات زراعی در مقیاس منطقه‌ای به برآورد وضعیت اقلیمی آینده بستگی دارد. این برآوردها توسط مدل‌های اقلیمی و بیش از همه به وسیله مدل‌های گردش عمومی[1] (GCM) انجام می‌گیرد. در مطالعه حاضر از مدل گردش عمومی HadCM3 استفاده شد. برای ریزمقیاس‌سازی مولد آب و هوایی مبتنی بر احتمال، LARS-WG بکار گرفته شد که برای تولید بارندگی، تابش، دماهای کمینه و بیشینه در یک ایستگاه تحت شرایط اقلیم حاضر و آینده در مقیاس زمانی روزانه به کار می‌رود. برای شبیه‌سازی میزان تغییر اقلیم، دوره زمانی سال‌های ۲۰۱۸-۱۹۸۷ میلادی به عنوان دوره پایه و دوره زمانی ۲۰۵۰-۲۰۱۸ به عنوان دوره آتی انتخاب و برای تولید داده‌های روزانه و ریزمقیاس شده از مدل LARS-WG تحت سناریوی انتشار A2 استفاده گردید. کلیه متغیرهای مورد نیاز از جمله اطلاعات مقادیر نهاده‌ها و مقادیر تولید و اطلاعات اقتصادی (از قبیل قیمت محصول، کود، سم، نیروی‌کار و ...) از طریق تکمیل پرسشنامه از ۲۱۰ کشاورز در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ برای محصولات گندم آبی و دیم، جو آبی و دیم، سیب‌زمینی، یونجه و لوبیا استخراج گردید. لازم به ذکر است که داده‌ها و اطلاعات مربوط به وضعیت موجود منطقه و اطلاعات جانبی دیگر از سوی مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان سراب جمع‌آوری شد. فرایند حل مدل برنامه‌ریزی درجه دوم توأم با ریسک (QRP) در نرم‌افزار GAMS انجام شد. بخشی از اطلاعات هیدرولوژیکی مورد نیاز تحقیق یعنی داده‌های ۳۰ ساله فاکتورهای اقلیمی به صورت سری زمانی از سازمان هواشناسی استان آذربایجان شرقی دریافت گردید.

نتایج و بحث

با بکارگیری مقادیر سری زمانی روزانه‌ی حداکثر و حداقل دما، ساعت تابش خورشیدی و بارندگی برای سال‌های ۲۰۱۸-۱۹۸۷، سناریوهای تغییر اقلیم با استفاده از مدل ریزمقیاس‌سازی LARS-WG و با سناریوی انتشار A2 در دوره آتی ۲۰۵۰-۲۰۱۸ شبیه‌سازی گردید. در مورد تغییرات بارش در دوره آتی ۲۰۵۰-۲۰۱۸ نسبت به سال پایه[2]، می‌توان گفت که مقدار بارش تحت سناریوی انتشار A2 به اندازه ۳۸ درصد کاهش خواهد یافت. همچنین در دوره آتی ۲۰۵۰-۲۰۱۸ مقدار متوسط دمای سالانه ۲/۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره پایه ۲۰۱۸-۱۹۸۷ افزایش خواهد یافت. در این راستا نتایج تحقیق کاظم‌زاده و همکاران (۱۳۹۸) در حوضه آجی‌چای نشان داد که طی دوره ۲۰۹۱-۲۰۱۰ دمای حداقل و دمای حداکثر تحت دو سناریوی A2 افزایشی خواهد بود. همچنین نتایج تحقیقات ساری صراف و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی اثرات تغییر اقلیم در شهرهای واقع در حوضه دریاچه ارومیه، نشان داد دمای متوسط منطقه به میزان ۰/۰۶ درجه سانتی‌گراد در سال افزایش داشته و بارندگی در حدود ۴ میلی‌متر در سال کاهش را نشان می‌دهد.

پس از برآورد مدل هیدرو-اقتصادی و لحاظ کردن سناریوهای اقلیمی در آن، تحلیل سیاست به منظور بررسی اثرات سناریوهای مدیریت منابع آب جهت سازگاری با تغییر اقلیم صورت گرفت. جدول ۱، درصد تغییرات سطح زیرکشت محصولات عمده زراعی منطقه را در اثر تغییر اقلیم و همین‌طور سناریو کاهش ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصدی آب آبیاری در مقایسه با سال پایه نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که با وقوع تغییر اقلیم سطح زیرکشت محصولات با نیاز آبی بالا مانند سیب‌زمینی، یونجه و لوبیا نسبت به شرایط سال پایه کاهش می‌یابد، در حالی که سطح زیرکشت غلات یعنی گندم و جو آبی که نیاز آبی کمتری در واحد سطح دارند، نسبت به سال پایه

[1] General Circulation Models

[2] Baseline

افزایش پیدا می‌کند. بدین ترتیب که در دشت سراب تحت سناریو تغییر اقلیم سطح زیرکشت سیب‌زمینی ۳۸/۳ درصد، یونجه ۵۲/۸ درصد و لوبیا ۳۸/۱ درصد کاهش و سطح زیرکشت گندم آبی و دیم، جو آبی و دیم به ترتیب ۴۸/۵، ۵۲/۱، ۱۳۱/۵ و ۳۴/۲ درصد افزایش می‌یابد. یافته‌ها بیانگر آن است که لوبیا در بین کلیه محصولات مورد مطالعه، بیشترین تغییرات کاهشی به دلیل نیاز آبی بالا در شرایط تغییر اقلیم دارد. سیب‌زمینی با اینکه نیاز آبی بالاتری نسبت به لوبیا دارد ولی به دلیل بازده درآمدی بالا، سطح زیرکشت آن نسبت به لوبیا کمتر کاهش یافته است. به طور کلی نتایج جدول ۱ حاکی از آن است که کاهش سطح زیرکشت محصولات با نیاز آبی بالا و افزایش تمایل کشاورزان برای کشت غلات با نیاز آبی پایین از جمله مهم‌ترین پیامدهای وقوع تغییر اقلیم در شهرستان سراب است. بدین معنی که کشاورزان با وقوع تغییر اقلیم و کم‌آبی از سطح زیرکشت محصولات آب‌بر در الگوی کشت کاسته و تمایل خود را به سمت توسعه سطح زیرکشت محصولات گندم و جو آبی و دیم سوق می‌دهند.

همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود با کاهش ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصدی کاهش سهم آب بخش کشاورزی سطح زیرکشت محصولات دیم نسبت به سال پایه افزایش و این مقدار در سناریوی کاهش ۴۰ درصدی نسبت به سناریوی کاهش ۲۰ درصدی آب بخش کشاورزی بیشتر است، به عبارتی کشاورزان پس از کاهش ۴۰ درصدی آب در دسترس عکس‌العمل شدیدتری جهت تغییر الگوی کشت نشان می‌دهند. در آبخوان اسبفروشان ۲ جو دیم، بیش‌ترین سطح زیرکشت را پس از اعمال سناریوی کاهش سهم آب بخش کشاورزی داراست، به گونه‌ای که سطح زیرکشت آن از هکتار ۱۱۶۷ در سال پایه به ۱۳۴۹ هکتار (۱۵/۶ درصد افزایش) در سناریو کاهش ۴۰ درصدی آب بخش کشاورزی رسیده است. در این سناریو نیز بیشترین تغییرات سطح زیرکشت مربوط به محصول لوبیا بوده و در همه مناطق با کاهش ۴۰ درصدی سهم آب بخش کشاورزی از الگوی کشت کشاورزان حذف گردیده است.

جدول (۱): درصد تغییرات سطح زیرکشت در سناریوهای کاهش سهم آب بخش کشاورزی

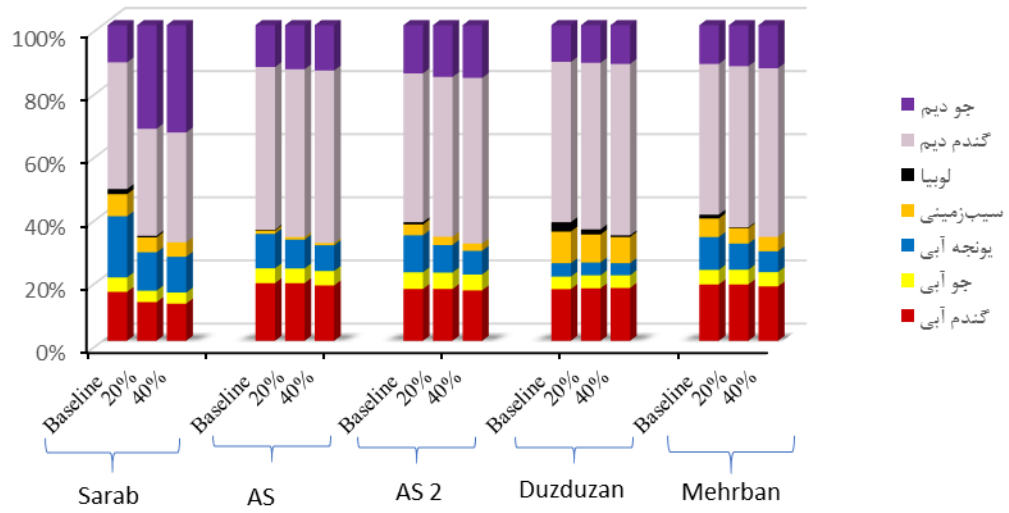
آبخوان	محصول	گندم آبی	گندم دیم	جو آبی	جو دیم	سیب‌زمینی	یونجه آبی	لوبیا
سراب	سال پایه (هکتار)	۵۲۰۹	۱۳۴۶۹	۱۵۳۵	۳۹۶۷	۲۳۵۶	۶۵۰۹	۵۴۸
	تغییر اقلیم	+۴۸/۵	+۵۲/۱	+۱۳۱/۵	+۳۴/۲	-۳۸/۳	-۵۲/۸	-۳۸/۱
	۲۰٪	+۱۵/۳	+۱۸/۹	+۶۷/۵	+۱۶/۵	-۴۴/۹	-۵۸/۲	-۷۸/۱
	۳۰٪	+۱۲/۷	+۲۵/۱	+۴۹/۲	+۲۰/۱	-۴۸/۳	-۶۰/۵	-۱۰۰
	۴۰٪	+۸/۹	+۳۱/۵	+۲۰/۴	+۲۵/۳	-۵۸/۱	-۶۶/۱	-۱۰۰
اسبفروشان ۱	سال پایه (هکتار)	۴۵۸۸	۱۲۹۵۱	۱۱۸۳	۳۳۳۹	۲۶۹	۲۷۴۷	۶۲
	تغییر اقلیم	+۱۳	+۳/۲	+۳۴	+۱/۵	-۱۹/۱	-۳۵/۶	-۲۲/۹
	۲۰٪	+۳/۳	+۷/۳	+۴/۱	+۴/۱	-۲۷/۱	-۳۹/۹	-۶۱/۲
	۳۰٪	۰	۱۰	-۱	+۷/۲	-۳۲/۵	-۴۴/۷	-۷۸/۳
	۴۰٪	-۵/۸	+۱۳/۵	-۹/۳	+۱۱/۵	-۳۸/۹	-۴۸/۸	-۱۰۰
اسبفروشان ۲	سال پایه (هکتار)	۱۲۵۴	۳۶۰۴	۴۰۶	۱۱۶۷	۲۶۲	۸۹۵	۵۵
	تغییر اقلیم	+۹/۹	+۲/۸	+۴۳/۶	+۱/۹	-۲۷/۷	-۲۴/۶	-۴۴/۱
	۲۰٪	+۲	+۱۱/۲	+۱/۱	+۸/۱	-۳۶/۴	-۲۹/۶	-۷۰/۳
	۳۰٪	+۰/۵	+۱۵/۵	۰	+۱۲/۱	-۴۰/۳	-۳۶/۲	-۸۸/۵
	۴۰٪	-۲/۳	+۱۸/۱	-۳/۱	+۱۵/۶	-۴۶/۷	-۴۴/۳	-۱۰۰
دوزدوزان	سال پایه (هکتار)	۲۶۲۹	۸۱۵۳	۶۳۹	۱۸۷۱	۱۶۱۲	۶۸۳	۴۸۰
	تغییر اقلیم	+۱/۱	+۲/۱۲	+۶۱/۴	+۱/۴	-۲۰/۶	+۳۷/۱	-۷۱/۱
	۲۰٪	+۰/۹	+۹/۷	+۳/۶	+۶/۴	-۲۵/۶	+۴/۴	-۱۰۰
	۳۰٪	۰	+۱۳/۱	+۰/۲	+۸/۹	-۲۹/۱	-۱/۹	-۱۰۰
	۴۰٪	-۴/۱	+۱۶/۲	-۳/۷	+۱۰/۳	-۳۶/۹	-۸/۸	-۱۰۰
مهربان	سال پایه (هکتار)	۱۷۲۱	۴۶۰۳	۴۴۴	۱۱۸۷	۵۶۷	۱۰۰۲	۱۱۸
	تغییر اقلیم	+۷/۴	+۱/۱	+۴۷/۵	+۳/۸	-۲۵/۳	-۹/۳	-۸۶/۹
	۲۰٪	+۴/۱	+۶/۷	+۳/۳	+۹/۸	-۳۳/۴	-۱۶/۹	-۱۰۰
	۳۰٪	+۱/۱	+۱۱/۳	۰	+۱۲/۹	-۳۹/۸	-۲۹/۳	-۱۰۰
	۴۰٪	-۵/۱	+۱۴/۷	-۲/۹	+۱۵/۶	-۴۰/۸	-۳۵/۷	-۱۰۰

از طریق شبیه‌سازی حوضه آبریز آجی‌چای در شهرستان سراب و پیاده‌سازی مدل هیدرولوژیکی منطقه، مقادیر آب تخصیصی به بخش کشاورزی با اعمال سناریو افزایش قیمت آب آبیاری بدست آمد. نتایج خروجی مقدار آب تخصیصی بخش کشاورزی با سناریو اعمال شده در مدل WEAP به عنوان ورودی در مدل QRP وارد شد و در محدودیت مربوط به آب در مدل مورد استفاده قرار گرفت و واکنش کشاورزان در تعیین الگوی کشت منطقه بدست آمد. در شکل ۳ نتایج تجربی حاصل از شبیه‌سازی مدل هیدرو-اقتصادی در خصوص افزایش قیمت آب تحت دو سناریوی ۲۰ و ۴۰ درصدی افزایش قیمت آب ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، سطح زیرکشت محصولات گندم و جو آبی (به جز آبخوان اسبفروشان ۲) با اتخاذ سیاست افزایش قیمت ۲۰ درصدی آب آبیاری افزایش می‌یابد ولی با ادامه افزایش قیمت آب آبیاری تحت سناریوی افزایش ۴۰ درصدی آب آبیاری، این روند افزایش متوقف می‌شود. هر چند که این سیاست منجر به افزایش هزینه‌ها می‌گردد، ولی با توجه به نیاز آبی کمتر محصولات گندم و جو آبی نسبت به دیگر محصولات منتخب منطقه، سطح زیرکشت آنها با اتخاذ این سیاست افزایش می‌یابد.

همچنین اعمال این سیاست باعث افزایش سطح زیرکشت محصولات دیم می‌گردد، چراکه با افزایش قیمت آب آبیاری و افزایش هرینه‌ها، تولید محصولات پرآب‌بر به لحاظ اقتصادی برای کشاورز به صرفه نبوده و کشاورزان الگوی کشت خود را به سمت محصولات با نیاز آبی کم تغییر می‌دهند.

سیاست قیمتی آب آبیاری تحت سناریوهای ذکر شده، موجب کاهش سطح زیرکشت محصولات سیب‌زمینی، یونجه و لوبیا می‌گردد. سطح زیرکشت سیب‌زمینی در آبخوان مهربان از مقدار ۵۶۷ هکتار در سال پایه، تحت سناریوهای افزایش ۲۰ و ۴۰ درصدی به ترتیب به ۴۷۵/۱ و ۴۳۸/۹ هکتار، کاهش می‌یابد. بیشترین کاهش سطح زیرکشت مربوط به محصول لوبیا با توجه به صرفه اقتصادی کمتر آن به ازای مصرف هر مترمکعب آب آبیاری می‌باشد.

با افزایش قیمت آب آبیاری، کشاورزان با ایجاد تغییرات کاهشی در سطح زیرکشت محصولات از تقاضای خود برای نهاده آب آبیاری می‌کاهند و یا اینکه با ثابت نگه‌داشتن میزان تقاضای خود برای نهاده آب در جهت حفظ محصولات کم‌آب‌برتر مانند گندم و جو آبی و کاهش سطح زیرکشت محصولات آب‌بری چون سیب‌زمینی، لوبیا و یونجه متمایل می‌شوند. نتایج مطالعه دهقانی و همکاران (۱۳۹۹) همسو با یافته‌های پژوهش نشان داد که اتخاذ سیاست قیمتی باعث کاهش سطح زیرکشت محصولات پرآب‌بر و افزایش سطح زیرکشت محصولات با نیاز آبی کم می‌گردد.

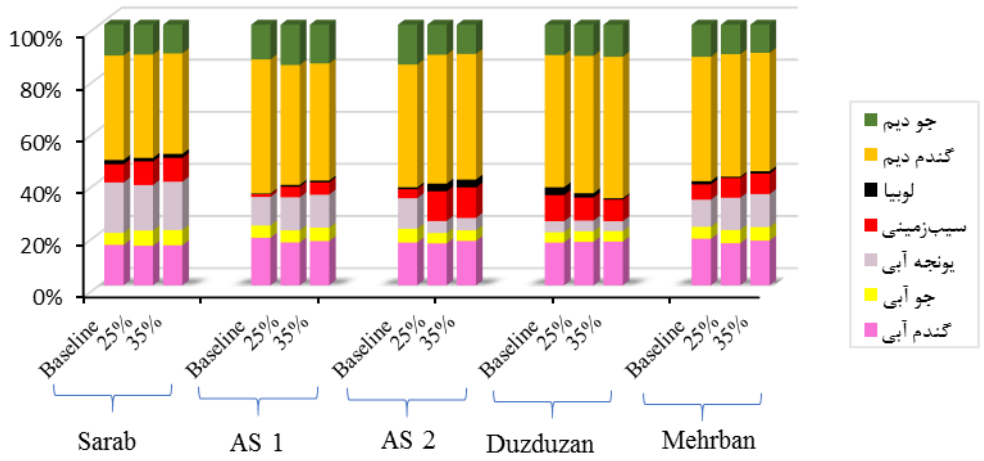


شکل (۳): سهم هریک از محصولات در الگوی کشت منطقه در سناریو افزایش قیمت آب آبیاری

سناریوی افزایش راندمان آبیاری با فرض ثبات سطح زیرکشت بر پایه سناریو مرجع بنا شده است و تنها تفاوت آن با سناریو مرجع در تغییر پارامتر راندمان آبیاری می‌باشد. در این سناریو فرض می‌شود راندمان آبیاری در اراضی کشاورزی منطقه در طول سال‌های شبیه‌سازی به کمک اقداماتی از قبیل توسعه روش‌های آبیاری تحت فشار، پوشش کانال‌های انتقال آب، تسطیح اراضی تحت پوشش آبیاری سطحی و غیره افزایش پیدا می‌کنند، اما سطح زیر کشت تغییری نخواهد کرد.

شکل ۴ سهم هر کدام از محصولات در الگوی کشت هر یک از مناطق مورد مطالعه در سال پایه و همچنین تغییر اقلیم همراه با سناریوهای افزایش ۲۵ و ۳۵ درصدی راندمان آبیاری را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش راندمان آب آبیاری سطح زیرکشت محصولات آب‌بر و بازده اقتصادی بالاتر نیز افزایش یافته است. بیشترین درصد افزایش سطح زیرکشت در سناریوی افزایش ۲۵ درصدی راندمان آب آبیاری مربوط به سیب-

زمینی در منطقه اسبفروشان ۱ بوده که حدود ۴۸ درصد نسبت به سال پایه افزایش یافته است.



شکل (۴): سهم هریک از محصولات در الگوی کشت منطقه در سناریو افزایش راندمان آب آبیاری

درصد تغییرات سود حاصل از کشت محصولات زراعی نسبت به سال پایه در هر منطقه در هر یک از سناریوهای مدیریتی در جدول ۲ ارائه شده است. بیشترین تغییر در سود کشاورزان مربوط به منطقه اسب‌فروشان ۲ و در سناریوی کاهش سهم آب بخش کشاورزی بوده که طی آن سود کشاورزان منطقه ۴۱/۵ درصد کاهش می‌یابد. کمترین کاهش سود کشاورزان با ۷/۵ درصد متعلق به آبخوان سراب و در سناریوی کاهش قیمت آب آبیاری است.

با اعمال سناریوهای کاهش سهم آب بخش کشاورزی و افزایش قیمت آب، سود کشاورزان نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد. اعمال سناریوهای افزایش قیمت در منطقه مورد مطالعه هزینه تولید را افزایش و سود کشاورزان را کاهش می‌دهد. مقادیر کاهش سود کشاورزان در سناریوهای قیمتی ۲۰ و ۴۰ درصدی به ترتیب معادل ۸/۴ و ۱۰/۰۳ درصد نسبت به سال پایه است، اما مقدار کاهش سود کشاورزان در سناریوی کاهش سهم آب بخش کشاورزی (کاهش ۴۰ درصدی)، معادل ۳۷/۳ درصد نسبت به سال پایه می‌باشد که به مراتب بیشتر از اثر سناریوهای قیمتی است. همچنین علت کاهش سود کشاورزان در سناریوهای کاهش سهم آب بخش کشاورزی، کاهش سطح زیرکشت محصولات با صرفه اقتصادی بالا (مانند سیب‌زمینی و یونجه) در شرایط وقوع کم‌آبی و جایگزینی این سطح با محصولات کم‌بازده‌تر مانند گندم و جو در الگوی کشت است. مظفری (۱۳۹۴)، پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۴) و مردانی نجف آبادی و میرزایی (۱۳۹۹) نیز نتایج مشابهی از کاهش سود کشاورزان و تغییر الگوی کشت در اثر کاهش آب در دسترس به دست آورده‌اند.

با افزایش راندمان آبیاری، علاوه بر استفاده مفید و موثر از آب تخصیصی به کشاورزی، رفاه کشاورزان هر زیرحوضه با توجه به سود مناسب‌تر حفظ خواهد شد. در این سناریو، سود کشاورزان افزایش یافته به گونه‌ای که در سناریوهای افزایش ۲۵ و ۳۵ درصدی راندمان آبیاری به ترتیب ۵/۲ و ۷/۵ درصد نسبت به سال پایه افزایش یافته که در مقایسه با دو سناریوی دیگر وضعیت بهتری دارد. نتایج مطالعات نیک‌مهر و زیبایی (۱۳۹۹)، Tanaka et al (2006) و Esteve et al (2015) همسو با یافته‌های پژوهش نشان داد که سناریو افزایش راندمان آبیاری یک سیاست مناسب جهت سازگاری با تغییر اقلیم می‌باشد.

جدول (۲): درصد تغییرات سود کشاورزان منطقه در سناریوهای قیمتی و غیرقیمتی آب آبیاری

	کاهش سهم آب بخش کشاورزی			افزایش قیمت آب آبیاری		افزایش راندمان آبیاری	
آبخوان	۲۰٪	۳۰٪	۴۰٪	۲۰٪	٪۴۰	۲۵٪	۳۵٪
سراب	-۲۲	-۲۵/۸	-۳۱/۲	-۷/۵	-۸/۳	+۹	+۹/۸
اسبفروشان ۱	-۲۰	-۲۶/۶	-۴۵/۴	-۱۱/۲	-۱۳/۶	+۶/۱	+۸/۱
اسبفروشان ۲	-۲۸	-۴۱/۵	-۵۸/۱	-۱۷/۱	-۱۸/۵	+۱/۴	+۱/۸
دوزدوزان	-۱۸	-۲۶/۱	-۴۲/۵	-۸/۱	-۹/۸	+۳/۸	+۵/۳
مهربان ۱	-۱۵	-۱۹/۵	-۲۵/۸	-۵/۷	-۷/۱	+۱۰/۳	+۱۴/۱
کل منطقه	-۱۹/۳	-۲۴/۳	-۳۷/۳	-۸/۴	-۱۰/۰۳	+۵/۲	+۷/۵

آگاهی از میزان آب مصرف شده در سیاست‌های متفاوت مدیریت منابع آب از ابزار مهم مدیریتی در بخش تنظیم بازار نهاده‌های کشاورزی به‌شمار می‌رود. جدول ۳ تغییرات مجموع منابع آب مصرفی را تحت سناریو تغییر اقلیم و همین‌طور سناریوهای مدیریت منابع آب نشان می‌دهد. نتایج این جدول گویای آن است که در اثر تغییر اقلیم تحت سناریوی A2 و بدون راهکارهای مدیریتی برای کنترل اتلاف آب در بخش کشارزی، میزان منابع آب در دسترس کشاورزان نسبت به میانگین مقدار آب در دسترس در سال پایه ۱۸/۲ درصد کاهش یافته و از ۳۰۱/۱ به ۲۴۶/۴ میلیون مترمکعب خواهد رسید. اثر تغییر اقلیم بر میزان آب در دسترس مناطق کشاورزی متفاوت می‌باشد. مقدار آب در دسترس منطقه اسبفروشان ۲ به میزان ۳۱/۰۱ درصد کاهش می‌یابد، این در حالی است که در منطقه سراب میزان کاهش به ۱۲/۲۹ درصد می‌رسد. در واقع قرار گرفتن ناحیه کشاورزی اسبفروشان ۲ در پایین‌دست حوضه آبریز آجی‌چای، موجب تشدید اثرات تغییر اقلیم بر میزان آب در دسترس شده است.

جدول ۳ نشان می‌دهد که با اعمال تمامی سناریوهای مدیریتی، مصرف آب نسبت به سال پایه کاهش یافته است، به گونه‌ای که مقادیر کاهش مصرف آب در سناریوهای قیمتی به ترتیب معادل ۵/۹ و ۷/۳ درصد نسبت به سال پایه می‌باشد. یافته‌های مطالعات مردانی نجف‌آبادی و میرزایی (۱۳۹۸)، الهی و همکاران (۱۳۹۷) و ورزیری و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد که افزایش قیمت آب باعث کاهش مصرف آب و از طرفی باعث کاهش بازده ناخالص محصولات می‌گردد. مقادیر کاهش مصرف آب در سناریوهای افزایش ۲۵ و ۳۵ درصدی راندمان آبیاری به ترتیب برابر با ۱۱/۱ و ۱۴/۴ درصد نسبت به سال پایه می‌باشد که به مراتب بیشتر از اثر سناریوهای قیمتی است. نتایج بررسی‌های زیبایی (۱۳۸۶)، نیکویی و زیبایی (۱۳۹۱)، (Brinegar, & Ward, 2009) و (Ward, 2014) نیز این امر را تایید می‌کند که توسعه سیستم‌های آبیاری و افزایش راندمان آن یکی از روش‌های مدیریت منابع آب جهت مصرف بهینه این منابع می‌باشد. بیشترین میزان کاهش مصرف آب مربوط به سناریوهای کاهش سهم آب بخش کشاورزی است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود با کاهش ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصدی آب کشاورزی، میزان آب در دسترس به ترتیب به میزان ۱۴/۹، ۲۲/۱ و ۲۹/۱ درصد نسبت به سال پایه افزایش یافته است. علت آن را می‌توان به تغییر الگوی کشت کشاورزان به سمت کشت محصولات کم‌آب‌بر و کاهش سطح زیرکشت محصولات پرآب‌بر اشاره کرد که همه‌ی این عوامل باعث افزایش میزان آب در دسترس در سناریوی‌های مدیریتی کاهش سهم آب بخش کشاورزی می‌گردد. نتایج پژوهش‌های دهقانی و همکاران (۱۳۹۹) با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد، زیرا آنان نیز دریافتند که اتخاذ سیاست کاهش سهم آب بخش کشاورزی باعث افزایش منابع آبی در دسترس شده، ولی سود کشاورزان نیز به طور محسوسی کاهش می‌یابد.

جدول (۳): درصد تغییرات میزان آب در دسترس در سناریوهای قیمتی و غیرقیمتی آب آبیاری

آبخوان	میزان آب در دسترس در سال پایه (MCM)	سناریو تغییر اقلیم (A2)	کاهش سهم آب بخش کشاورزی ۲۰٪	۳۰٪	۴۰٪	افزایش قیمت آب آبیاری ۲۰٪	٪۴۰	افزایش راندمان آبیاری ۲۵٪	۳۵٪
سراب	۱۳۲/۵۷	-۱۲/۳	+۱۶/۳	+۲۴/۲	+۳۲/۱	+۴/۱	+۵/۶	+۱۱/۳	+۱۵/۱
اسبفروشان ۱	۶۶/۶	-۱۸/۲	+۱۵/۱	+۲۰/۵	+۲۷/۵	+۷/۳	+۸/۲	+۹/۹	+۱۴/۸
اسبفروشان ۲	۲۱/۹	-۳۱/۰۱	+۸/۶	+۱۷/۲	+۲۴/۱	+۱۱/۱	+۱۳/۴	+۱۴/۳	+۱۶/۵
دوزدوزان	۴۵/۶	-۲۵/۸	+۱۱/۲	+۱۹/۸	+۲۵/۴	+۴/۴	+۵/۱	+۱۲/۳	+۱۳/۷
مهربان ۱	۳۴/۴۳	-۲۲/۳	+۱۸/۲	+۲۳/۷	+۲۸/۵	+۸/۶	+۱۱/۳	+۸/۸	+۱۰/۱
مجموع	۳۰۱/۱	-۱۸/۲	+۱۴/۹	+۲۲/۱	+۲۹/۱	+۵/۹	+۷/۳	+۱۱/۱	+۱۴/۴

براساس جدول ۴ نیروی‌کار شاغل در بخش کشاورزی منطقه برابر با ۱/۵ میلیون نفر روز در سال پایه بوده که در اثر تغییر اقلیم این میزان به ۱/۲ میلیون نفر روز می‌رسد که کاهشی معادل ۱۵/۴ درصدی را به همراه دارد. علت این امر کاهش سطح زیرکشت محصولات با نیاز به نیروی کار زیاد (از جمله لوبیا، سیب‌زمینی و یونجه) در اثر سناریوهای تغییر اقلیم و مدیریت منابع آب می‌باشد. بهبود راندمان آبیاری از طریق توسعه روش‌های نوین آبیاری از جمله آبیاری قطره‌ای و بارانی صورت می‌گیرد. بدیهی است بکارگیری این روش‌ها موجب کاهش نیروی-کار موردنیاز در مرحله آبیاری محصولات می‌گردد. به عنوان مثال در منطقه موردمطالعه برای تولید سیب‌زمینی در سیستم آبیاری بارانی به طور متوسط ۸ نفر روز در هکتار لازم بوده، در حالی که در سیستم آبیاری سنتی این میزان به ۱۵ نفر روز در هکتار می‌رسد. از این‌رو در سناریو افزایش راندمان آبیاری، اشتغال کاهش بیشتری را نشان می‌دهد

جدول (۴): درصد تغییرات میزان اشتغال در سناریوهای در سناریوهای قیمتی و غیرقیمتی آب آبیاری

آبخوان	سال پایه	تغییر اقلیم	کاهش سهم آب بخش کشاورزی ۲۰٪	۳۰٪	۴۰٪	افزایش قیمت آب آبیاری ۲۰٪	٪۴۰	افزایش راندمان آبیاری ۲۵٪	۳۵٪
سراب	۶۶۰۳۴۳	-۱۸	-۲۳	-۲۸	-۳۴	-۱۲	-۱۸	-۲۸	-۳۱
اسبفروشان ۱	۳۱۵۶۱۳	-۱۱	-۱۲	-۱۵	-۲۱	-۹	-۱۱	-۱۶	-۲۳
اسبفروشان ۲	۱۱۱۹۶۱	-۹/۹	-۱۴	-۱۸	-۲۷	-۱۳	-۲۱	-۱۴/۵	-۱۸
دوزدوزان	۳۰۱۲۰۶	-۱۴/۵	-۱۶	-۱۸	-۲۳	-۷	-۱۰/۵	-۲۰	-۲۶
مهربان	۱۵۸۶۵۷	-۱۹	-۲۱	-۲۶	-۳۳	-۱۳	-۱۷	-۲۶	-۲۹
مجموع	۱۵۴۷۷۸۰	-۱۵/۴	-۱۸/۵	-۲۲/۵	-۲۸/۶	-۱۰/۶	-۱۵/۲	-۲۲/۸	-۲۷/۳

نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که با وقوع تغییر اقلیم تحت سناریو انتشار A2 میزان آب در دسترس در مناطق مختلف شهرستان سراب طی دوره شبیه‌سازی به صورت میانگین ۱۸/۲ درصد کاهش می‌یابد. این امر در کنار افزایش نیاز آبی موجب کاهش سطح زیرکشت محصولات با نیاز آبی بالاتر می‌گردد. بیشترین کاهش سطح زیرکشت به محصولات یونجه، سیب‌زمینی و لوبیا اختصاص دارد. از آنجایی‌که محصولات با نیاز آبی بالا، سود بیشتری را نصیب کشاورز می‌کند، کاهش سطح زیرکشت این محصولات، موجب کاهش سود کشاورزان نیز می‌گردد. در ادامه اثرات سناریوهای قیمتی و غیر قیمتی جهت کاهش

اثرات تغییر اقلیم بررسی گردید. نتایج نشان داد که اتخاذ سیاست قیمتی از مسیر افزایش ۲۰ و ۴۰ درصدی قیمت باعث افزایش سطح زیرکشت محصولات کم‌آب‌بر مثل گندم و جو آبی و دیم و کاهش سطح زیرکشت سایر محصولات منتخب می‌گردد. سناریو افزایش ۲۰ و ۴۰ درصدی قیمت آب آبیاری باعث به ترتیب سبب افزایش ۵/۹ و ۷/۳ درصدی میزان آب در دسترس شده و با اعمال این سناریو سود کشاورزان به ترتیب ۸/۴ و ۱۰/۳ درصد کاهش می‌یابد. قیمت پایین آب آبیاری در شهرستان سراب موجب استحصال بی‌رویه این منبع کمیاب شده است. با توجه به این موضوع برآورد ارزش اقتصادی آب می‌تواند به بهره‌برداری بهینه از منابع آبی در این منطقه کمک قابل توجهی داشته باشد.

اجرای سناریو کاهش ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصدی سهم آب بخش کشاورزی به ترتیب موجب کاهش سود کشاورزان به اندازه ۱۹/۳، ۲۴/۳ و ۳۷/۳ درصد می‌گردد که نشان‌دهنده تغییرات محسوس سود کشاورزان می‌باشد، اما در این مطالعه با توجه به پایین بودن راندمان آبیاری، بهبود راندمان آبیاری در تمامی مناطق کشاورزی به عنوان یک راهبرد تطبیقی برای کاهش آثار تغییر اقلیم ارائه گردید. نتایج به‌کارگیری این سناریو بیانگر تاثیر مثبت آن بر وضعیت اقتصاد کشاورزی منطقه می‌باشد به‌گونه‌ای که به بهبود راندمان آبیاری به میزان ۲۵ و ۳۵ درصد، سود کشاورزان منطقه نسبت به حالت تغییر اقلیم به ترتیب ۵/۲ و ۷/۵ درصد و همچنین میزان آب در دسترس نیز به ترتیب ۱۱/۱ و ۱۴/۴ درصد افزایش خواهند یافت.

مقایسه میزان اثربخشی هر یک از سناریوهای مدیریت منابع آب نشان می‌دهد که اتخاذ سناریوی افزایش راندمان آب آبیاری نسبت به سناریوهای دیگر در این منطقه کاراتر است. سناریوی افزایش راندمان آب آبیاری ضمن آنکه باعث کاهش مصرف آب می‌شود دارای بازده اقتصادی بیشتری نسبت به سناریوهای دیگر می‌باشد، چراکه اعمال دو سناریوی افزایش قیمت و کاهش سهم آب بخش کشاورزی اگرچه باعث کاهش مصرف آب می‌گردد ولی کاهش سود کشاورزان منطقه را بدنبال خواهد داشت. با توجه به اثربخشی بهتر سناریوی افزایش راندمان آب آبیاری نسبت به دو سناریوی دیگر، پیشنهاد می‌شود با بالا بردن راندمان آبیاری که با تغییر تکنولوژی آبیاری و بهره‌گیری از روش‌های مدرن آبیاری همراه می‌باشد، محصولاتی که دارای صرفه‌های اقتصادی بالا و مصرف آب زیاد می‌باشند را به الگوی کشت اضافه نموده و سود کشاورزان در حوضه را افزایش داد. اتخاذ سیاست‌های حمایتی و تشویقی از جانب سیاست‌گذاران موجب تسهیل اشاعه روش‌های نوین آبیاری خواهد شد.

نتایج بیانگر کاهش شدید منابع آب در دسترس منطقه در دوره‌های آتی است. در این شرایط به‌کارگیری روش‌های کم‌آبیاری در آبخوان اسبفروشان ۲ که بیشترین کمبود آب در دسترس را داشته است، می‌تواند موجب پایداری و حفظ منابع آب زیرحوضه شود. از طرفی اعمال این سناریوها باعث کاهش اشتغال در بخش کشاورزی می‌شود، لذا این سیاست‌ها پیامدهای اجتماعی نیز در پی خواهد داشت و چاره‌اندیشی برای مقابله با آن از طریق توسعه اشتغال‌زایی در صنایع جایگزین و بنگاه‌های اقتصادی مبتنی بر تولیدات روستایی باید در دستور کار سیاست‌گذاران قرار گیرد.

قدردانی

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی به شماره ۹۷۰۲۵۵۰۷ است که با حمایت صندوق پژوهشگران و فناوران کشور (Iran National Science Foundation: INSF) از رساله دکتری با عنوان "اثرات اقتصادی تغییر اقلیم و سناریوهای مدیریت منابع آب بر زیربخش زراعت در حوضه آبریز آجی‌چای (مطالعه موردی: دشت سراب)" انجام شده است. نویسندگان مقاله از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

احمدی‌فر، ر.، م. موسوی و م. رحیم‌زادگان. ۱۳۹۹. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: آبخوان دشت سراب). دانش آب و خاک، دوره ۳۰، شماره ۱، صص۱۶۶-۱۵۳.

بخشوده، م. و م. باغستانی. ۱۳۸۷. پایداری منابع آب و الگوی بهینه کشت در ایران؛ کاربرد برنامه‌ریزی کسری. اقتصاد مالی، دوره ۲، شماره ۴، صص ۱۳۴-۱۲۱.

پرهیزکاری، ا.، م. مظفری، م. حسینی خدادادی و ر. پرهیزکاری. ۱۳۹۴. بررسی تغییرات اقتصادی الگوی کشت ناشی از تغییرات سطح زیرکشت چغندرقند (مطالعه موردی: دشت قزوین). مجله چغندرقند, دوره ۳۱، شماره ۱، صص ۹۲-۷۷.

دهقانی، ع.، س. امیرتیموری و م. زارع مهرجردی. ۱۳۹۹. آثار سیاست‌های قیمتی و غیرقیمتی آب آبیاری بر الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان بخش شهداد. مهندسی آبیاری و آب ایران، سال دهم، شماره چهلم، صص ۲۷۱-۲۵۸.

زیبایی، م. ۱۳۸۶. عوامل موثر بر عدم تداوم در استفاده از سیستم‌های آبیاری بارانی در استان فارس: مقایسه تحلیل لاجیت و تحلیل ممیزی. اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)، دوره ۱، شماره ۲، صص ۱۹۴-۱۸۳.

ساری صراف، ب.، ط. جلالی عنصرودی و ف. سرافراز. ۱۳۹۴. اثرات گرمایش جهانی بر اقلیم شهرهای واقع در حوضه دریاچه ارومیه. پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، دوره ۶، شماره ۱۲، صص ۴۸-۳۳.

سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی. ۱۳۹۷. قابل دسترس در سایت https://www.eaj.ir/.

طرازکار، م.، م. زیبایی و غ. سلطانی. ۱۳۹۵. بهره‌برداری بهینه از مخزن سد درودزن با تاکید بر بهره‌وری آب کشاورزی. اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره ۹۶، صص ۵۵-۲۵.

کاظم‌زاده، م.، ا. ملکیان، ع. مقدم‌نیا و ش. خلیقی. ۱۳۹۸. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر خصوصیات هیدرولوژیکی حوزه آبخیز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز آجی‌چای). علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، جلد ۱۳، شماره ۴۵، صص ۱۱-۱.

مردانی نجف آبادی، م. و ع. میرزایی. ۱۳۹۸. ارزیابی اثر برنامه‌های سیاستی جهت دستیابی به هدف پایداری منابع آب در دشت قزوین. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، جلد ۱۲، شماره ۳، صص۱۷۶-۱۵۵.

مظفری، م.م. ۱۳۹۴. تعیین برنامه سیاستی مناسب برای حفاظت منابع آب در دشت قزوین. حفاظت منابع آب و خاک، دوره ۵، شماره ۲، صص ۴۵-۲۹.

نیکویی، ع. و م. زیبایی. ۱۳۹۱. مدیریت منابع آب و امنیت غذائی حوضه زاینده رود: کاربرد روش تحلیل یکپارچه حوضه آبریز رودخانه. اقتصاد و توسعه کشاورزی، دوره ۲۶، شماره ۳، صص ۱۹۶-۱۸۳.

ورزیری، ا.، م.ح. وکیل پور، و ا. مرتضوی. ۱۳۹۵. بررسی اثر قیمت گذاری اقتصادی آب آبیاری بر الگوی کشت در دشت دهگلان. فصلنامه تحقیقات اقتصاد کشاورزی، جلد ۸، شماره ۳: صص ۱۰۰-۸۱.

الهی، م.، م. وکیلپور و ح. نجفی علمدارلو. ۱۳۹۷. تأثیر قیمت و سهمیه‌بندی آب در راستای مدیریت منابع آب زیرزمینی دشت کبودرآهنگ. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۲۳، شماره ۷، صص ۲۸۴-۲۶۷.

Alamanos, A., S. Xenarios, N. Mylopoulos and P. Stalnacke. 2016. Hydro Economic Modeling and Management with Limited Data: The Case of Lake Karla Basin, Greece. European Water, 54: 3-18.

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements-FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome. 300(9): D05109.

Amin, A., J. Iqbal, A. Asghar and L. Ribbe. 2018. Analysis of Current and Future Water Demands in The Upper Indus Basin Under IPCC Climate and Socio-Economic Scenarios Using A Hydro-Economic WEAP Model. Water, 10(5): 1-20.

Binswanger, H.P. 1980. Attitudes toward Risk: Experimental Measurement in Rural India. American Journal of Agricultural Economics, 62 (3): 395-407.

Blanco- Gutiérrez, I., C. Varela-Ortega and D. Purkey. 2013. Integrated Assessment of Policy Interventions for Promoting Sustainable Irrigation in Semi-Arid Environments: A Hydro-Economic Modeling Approach. Journal of Environmental Management, 128:144–160.

Borrego-Marín María, M., A. Expósito and J. Berbel. 2020. A Simplified Hydro-Economic Model of Guadalquivir River Basin for Analysis of Water-Pricing Scenarios. Water, 12(7): 1879.

Brinegar, H.R. and F.A. Ward. 2009. Basin Impacts of Irrigation Water Conservation Policy. Ecological Economics, 69 (2): 414–426.

Cetinkaya, C.P. and M.C. Gunacti. 2018. Multi-Criteria Analysis of Water Allocation Scenarios in A Water Scarce Basin. Journal of Water Resources Management, 32(8): 2867-2884.

Chavas, J.P. 2004. Risk Analysis in Theory and Practice. Elsevier Academic Press.

Esteve, P., C. Varela-Ortega, I. Blanco-Gutiérrez and T.E. Downing. 2015. A Hydro-Economic Model for the Assessment of Climate Change Impacts and Adaptation in Irrigated Agriculture. Ecological Economics, 120: 49-58.

Esteve, P., C. Varela-Ortega, I. Gutierrez and T.E. Downing. 2015. A Hydro-Economic Model for the Assessment of Climate Change Impacts and Adaptation in Irrigated Agriculture. Ecological Economics, 120: 49-58.

GWP (Global Water Partnership). 2000. Integrated Water Resources Management. Global water partnership TAC background Paper 4. Stockholm, Sweeden.

Hazell, P.B. and R.D. Norton. 1986. Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture. Macmillan, New York.

International Water Management Institute (IWMI). 2011. Available Online at: www.iwmi.cgiar.org.

Kahil, M.T., A. Dinar and J. Albic. 2015. Modeling Water Scarcity and Droughts for Policy Adaptation to Climate Change in Arid and Semiarid Regions. Journal of Hydrology, 522: 95-102.

Mainuddin, M., M. Kirby and M.E. Qureshi. 2007. Integrated Hydrologic-Economic Modelling for Analyzing Water Acquisition Strategies in The Murray River Basin. Agricultural Water Management, 93: 123-135.

Maneta, M.P., M.O. Torres, W.W. Wallender, S. Vosti, R. Howitt, L. Rodrigues, L.H. Bassoi and S. Panday. 2009. A Spatially Distributed Hydro Economic Model to Assess the Effects of Drought on Land Use, Farm Profits, and Agricultural Employment. Water Resources Research, 45: 1-19.

Qureshi, M.E., M.D. Ahmad, S.M. Whitten and M. Kirby. 2014. A Multi-Period Positive Mathematical Programming Approach for Assessing Economic Impact of Drought in the Murray-Darling Basin, Australia. Economic Modelling, 39: 293-304.

Rafiei Darani, H., M.R. Kohansal, M. Ghorbani and M. Saboohi. 2017. An Integrated Hydro-Economic Modeling to Evaluate Marketing Reform Policies of Agricultural Products. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2(2): 189–197.

Tanaka, S.K., T. Zhu, J.R. Lund, R.E. Howitt, M.W. Jenkins, M.A. Pulido, M. Tauber, R.S. Ritzema and I.C. Ferreira. 2006. Climate Warming and Water Management Adaptation for California. Climate Change, 76: 361-387.

Touseef, M., L. Chen and W. Yang. 2021. Assessment of Surface Water Availability under Climate Change Using Coupled SWAT-WEAP in Hongshui River Basin, China. ISPRS International Journal of Geo-Information, 10(5):298.

Von Neuman, J. and O. Morgenstern. 1944. Theory of Games and Economic Behavior. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Ward, F.A. 2014. Economic Impacts on Irrigated Agriculture of Water Conservation Programs in Drought. Journal of Hydrology, 508: 114-127.

Investigating the Price and Non-price Scenarios Impacts of Irrigation Water for Adaptation of Climate Change: Using Hydro-economic Model (Case Study: Sarab County)

Fatemeh Sani[1], Ghader Dashti[2*], Abolfazl Majnooni Heris[3], Javad Hosseinzad[4]

Abstract

Climate change is one of the main issues in the 21st century and has been felt in many regions of world. The greatest impact of climate change is on the water resource sector. Ajichay, as one of the main agricultural areas and a source of water consumption around the Lake Urmia, has lost its efficiency as the supplier of water and is considered as the center of crisis due to changes in the climate, lack of precipitation, and human factors. Therefore, the current study aims to investigate the impacts of water resources management scenarios for adaptation of climate change on water resources, cropping patterns and profits of farmers using a hydro-economic model. The HadCM3 model and LARS-WG downscaling were used to generate daily climatic data under the emissions of A2 scenario. The results showed that the average rainfall decreased in 38% under A2 emission scenario during 2018-2050 period. In the next period of 2018-2050, the average annual temperature will also increase by 2.5 °C compared to the baseline period. Changes in the cropping area due to climate change show that among the studied crops, bean had the highest reduction in cultivation, which stemmed from its high-water requirement. Results showed the profit in all the sub-bases had a rise after increasing irrigation efficiency scenario. Thus, applying increasing efficiency scenario, in addition to more useful and efficient use of allocated water, will also increase farmers' profits which offer a better situation than the other scenarios. Overall, the findings of the current study revealed that without changing the management strategies there would be a considerable reduction in water resource in near future. The analysis of scenarios revealed that policies alone cannot compensate for water problems and there is a need for plenty of scenario for optimum results.

Keywords: Climate Change, Hydro-Economic Model, QRP, WEAP-MABIA.

[1] PhD, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran, fateme.sani69@yahoo.com
[2] Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran, (*Corresponding Author: ghdashti@yahoo.com)
[3] Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran, majnooni1979@yahoo.com
[4] Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran, j.hosseinzad@tabrizu.ac.ir