Research Paper

Developing Strategies for the Development of Water Cooperation between Iran and Afghanistan

Sayed Ziaulhaq Ziayee[1], Ali Sardar Shahraki[2], Mahdi Safdari[*3]

[1] Master of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Iran
[2] Associate Professor, Department of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Iran
[3] Associate Professor, Department of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Iran

10.22125/IWE.2023.393236.1714

Received:
April 15, 2022
Accepted:
August 5, 2022
Available online:
August 23, 2023

Keywords:
Strategic formulation, development of water cooperation, water resources, Iran, Afghanistan

Abstract

As a strategic resource, water is the source of life for every society and its lack affects all aspects of human life. In common water basins, countries have different natures in capturing and exploiting water resources according to their thinking and views, therefore, in common water basins, water can be both a factor of conflict and a factor of cooperation between countries. So far, many and various studies have been conducted to investigate the factors influencing the establishment of cooperation in the exploitation of shared water resources, but due to the one-dimensional view of the issue of cooperation, the results of the studies have not been effective and disputes remain as before. Cooperation, partnership, unity, peace or conflict, tension, conflict and finally war have different origins and dimensions. Therefore, this research aims to identify and measure the most important factors for the development of Iran-Afghanistan water cooperation using the gray theory technique, prioritizing this research in the Hirmand water basin. Also, in order to achieve this goal, experts were divided into two groups (Iranian experts and Afghan experts), and by completing the questionnaire separately from each category, modeling was done and the results were analyzed.

[*] **Corresponding Author:** Mahdi Safdari
Address: Associate Professor, Department of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Iran **Email:** mahdisafdariut@gmail.com

1. Introduction

After the Second World War, the borders of many countries were determined in such a way that the seas and water basins passed through two or more countries and brought about the phenomenon of "transboundary waters". Considering that many water resources are not limited to the borders of a single country, sustainable and strong cross-border cooperation is essential in creating and implementing policies for water use and management. If international studies indicate that the lack of water resources in the West Asian region and the competition over the use of water resources in the region have a positive and effective role in the national security of each country; Therefore, in the near future, water in this region can become a more valuable asset than oil.

2. Materials and Methods

In the present study, advanced gray technique was used for modelling. To collect information through a questionnaire, the opinions of 40 experts and experts from both Iran and Afghanistan were obtained and modelling was done. GRA solver software was also used for data analysis. Also, in order to prioritize the most important factors for the development of Iran-Afghanistan water cooperation, 4 criteria and 52 sub-criteria were examined.

3. Results

The findings of this research showed that according to Iranian experts, economic requirements criterion (04) with a weight of 0.272 is the first priority, regional and political stability requirements criterion (O3) with 0.266 is the second priority, social and cultural requirements (O2) with The weight of 0.239 is the third priority and the development of environmental and ecological sustainability (O1) with the weight of 0.221 is the fourth priority.

4. Discussion and Conclusion

Considering that Hamon Lake is one of the main water sources of Sistan region in all sectors (agricultural, industrial and drinking), therefore, correct and all-round management in determining the amount of water entering and leaving this lake and how to allocate water for different purposes can help a lot to preserve The water resources of the region are slow.

Since Afghanistan is landlocked and for access to open waters and shipping ports for importing and exporting goods, Chabahar port, which is a good transit route for this country due to the growing trend of commercial and economic exchanges between Afghanistan, India and Iran, and Afghanistan can In exchange for the surplus of its water towards Iran, provide the ground for a joint agreement between the two countries.

5. Six important references

1) Jacob D. Petersen-Perlman and Aaron T. Wolf. 2015.getting to the first hanshake: enhancing security by initiating cooperation in transboundary river basins' journal of the american water resources association.
2) Jacob D. Petersen-Perlman, Jennifer C. Veilleux & Aaron T. Wolf .2017. International water conflict and cooperation: challenges and opportunities' water international journal.
3) Li, Y.P., Huang, G.H., Zhou, H.D., 2009. A Multistage Fuzzy- Stochastic Programming Model for Supporting Water-Resources Allocation and Management. Environmental Modeling and Software. 24. 786-797.
4) Lin, Y.H. & Lee, P.C., & Chang, T.P., & Ting, H.I (2008). Multi-attribute group decision making model under the condition of uncertain information. Automation in Construction, 17 (6): 792-797.
5) Liu, S. F, Lin, Yi, Gray Information Theory and Practical Applications, Springer-Verlag London Limited, 2006.
6) Mikkel Funder' Carol Mweemba' Imasiku Nyambe' Barbara van Koppen' Helle Munk Ravnborg.2010. Undressing local water conflict and cooperation: The case of Nwmmwala District, Zambia' journal: Elsevier.

تدوین راهبردهای توسعه همکاری‌های آبی ایران و افغانستان

ضیاالحق ضیایی[۱]، علی سردارشهرکی[۲]، مهدی صفدری[۳*]

تاریخ ارسال:۱۴۰۱/۰۱/۲۶
تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۰۵/۱۴

مقاله پژوهشی

چکیده

آب به‌عنوان یک منبع راهبردی، منشأ حیات هر جامعه است و کمبود آن بر تمام جنبه‌های زندگی انسان تأثیرگذار است. در حوضه‌های آبی مشترک، کشورها بنا بر تفکر و دیدگاه خود، سرشت متفاوتی را در تسخیر و بهره‌برداری از منابع آب داشته، ازاین‌رو، در حوضه‌های آبریز مشترک، آب می‌تواند هم عامل مناقشه و هم عامل همکاری میان کشورها باشد. تا کنون، مطالعات زیاد و مختلفی برای بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد همکاری در بهره‌برداری از منابع آبی مشترک صورت‌گرفته، اما به علت نگاه تک‌بعدی به موضوع همکاری، نتیجه مطالعات تأثیرگذار نبوده و مناقشات طبق روال قبلی همچنان باقی است. همکاری، مشارکت، اتحاد، صلح و یا مناقشه، تنش، درگیری و بالأخره جنگ، ریشه‌ها و ابعاد گوناگونی دارند. ازاین‌رو این تحقیق به هدف شناسایی و سنجش مهم‌ترین عوامل توسعه همکاری آبی ایران و افغانستان با استفاده از تکنیک تئوری خاکستری، به اولویت‌بندی این پژوهش در حوضه آبی هیرمند پرداخته است. همچنین برای تحقق این هدف، کارشناسان و خبرگان به دودسته (خبرگان ایرانی و خبرگان افغانستانی) تقسیم‌بندی گردیدند که از طریق تکمیل پرسش‌نامه به‌صورت جداگانه از هر دسته، مدل‌سازی انجام و نتایج تجزیه‌وتحلیل شد. نتایج به‌دست‌آمده بیانگر آن‌است که از دید خبرگان ایرانی و افغانستانی، معیار الزامات اقتصادی در اولویت اول و معیار الزامات ثبات منطقه‌ای و سیاسی در اولویت دوم قرار گرفتند. از نظر خبرگان ایرانی، زیر معیار مدیریت ریزگردها (C22) با وزن ۱ در اولویت اول، منافع ملی و منطقه‌ای (C21) با وزن ۰/۹۶۸ در اولویت دوم، همچنین زیر شاخص برقراری حقابه (C9) با وزن ۰/۹۳۷ در اولویت سوم، زیر معیار تأمین پایداری اکولوژیکی و زیست‌محیطی (C12) با وزن ۰/۹۰۹ در اولویت چهارم و زیر معیار مهاجرت گروه‌های انسانی (C15) با وزن ۰/۲۸۵ در اولویت آخر قرار گرفتند. اما از نظر خبرگان افغانستانی، زیر معیار اشتغال‌زایی (C7) با وزن ۱ در اولویت اول، فقرزدایی (C8) با وزن ۰/۹۶۸ در اولویت دوم زیر گزینه درآمد زایی (C6) با وزن ۰/۹۳۸ در اولویت سوم و زیر معیار منافع ملی و منطقه‌ای (C21) در اولویت آخر قرار گرفته اند.

واژه‌های کلیدی: تدوین راهبردی، توسعه همکاری آبی، منابع آبی، ایران، افغانستان

[۱] کارشناس ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
[۲] دانشیار اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
[۳] دانشیار اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران(نویسنده مسئول)
Email: mahdisafdariut@gmail.com

مقدمه

پس از جنگ جهانی دوم، مرزهای خیلی از کشورها به نحوی تعیین شدند که دریاها و حوضه‌های آبی از دو و یا چند کشور گذر کرده و پدیده " آب‌های فرامرزی" را به میان آوردند. باتوجه‌به این‌که بسیاری از منابع آب به مرزهای تنها یک کشور محدود نیستند، همکاری‌های دوام‌دار و مستحکم فرامرزی در ایجاد و عملی ساختن سیاست‌ها برای استفاده و مدیریت آب ضروری‌اند. اگر مشکلات ریشه در کمبود آب داشته باشند، فرایندهای همکاری‌جویانه و وجود قراردادهای آب می‌توانند از کنش‌ها و واکنش‌های جدی میان کشورها جلوگیری کند. همکاری‌های متقابل در مورد حوضه‌های مشترک آبی به ترویج فرهنگ همکاری میان کشورهای ذی‌نفع پرداخته به آن‌ها کمک می‌کنند تا در مقابل رخدادهای طبیعی و تغییرات آب‌وهوایی سازگاری پیدا کرده و اقدامات همه‌جانبه را اجرا نمایند (سردارشهرکی و همکاران، ۲۰۱۹). دستیابی به اهداف طولانی‌مدت و توسعه پایدار ملی و منطقه‌ای، نیازمند همکاری‌ها و تفکر فراتر از مرزهای ملی و منافع کوتاه‌مدت‌اند. کمبود آب و مدیریت نادرست آب‌ها، یک مشکل محلی، ملی و منطقه‌ای نیست بلکه این دشواری بر زندگی تک تک جانداران اثر گذاشته و تداوم حضور آنها را در کره زمین را با چالش بزرگ روبه‌رو می‌کند. حتی شماری از کارشناسان پارا فراتر گذاشته و به این باور هستند که اگر جنگ در جهان آغاز شود، عامل آن آب خواهد بود. افزون بر ثابت بودن نسبی منابع آب در جهان، بحران فزاینده آب را می‌توان ناشی از رشد فزاینده جمعیت، توزیع نامتوازن منابع آبهای سطحی و زیرزمینی، افزایش آلودگی منابع آبی، صنعتی شدن جوامع، نارسایی در قوانین بین‌المللی در برداشت از منابع آبی مشترک بین کشورها، تغییر الگوی مصرف، چالش تغییر اقلیم و نبود سازوکار صحیح تخصیص بهینه منابع آب دانست (نظام‌نامه تخصیص منابع آب در برنامه پنجم توسعه، ۱۳۸۹). از نظر زمانی و مکانی متغیر بوده و تقاضای مصرف آن رو به افزایش و همراه با منازعات مختلف است و قوانین بین‌المللی مربوط به آن پیچیدگی های زیادی دارد (مرکز مهندسی و توسعه آب[1]، ۲۰۱۴). علاوه بر این، منابع آب مشترک که توسط دو یا چند آب‌بر تقسیم شده و به مصرف می‌رسند، باعث تشدید پیچیدگی در مدیریت و برنامه‌ریزی تخصیص بهینه منابع آب و ایجاد مشکلات و اختلافات بسیاری شده است (باوور[2]، ۲۰۰۰).

جمعیت کنونی جهان همواره در حال افزایش بوده که به دنبال آن سطح زندگی مردم ارتقا نموده و پیشرفت در تمامی ابعاد جامعه میسر می‌شود که به دنبال آن تقاضا برای آب و منابع آبی شدیداً روبه افزایش می‌باشد (سردارشهرکی و همکاران، ۲۰۱۸). عواملی همچون افزایش تقاضای آب، کمبود منابع آبی، رقابت شدید بر استفاده از منابع آبی کشورهای ذی‌نفع، وجود جنگ و ناامنی‌ها عواملی‌اند که دورنمای همکاری آبی در منطقه را کم‌رنگ ساخته است. با آن همه توجه به حساسیت مسئله آب و بهره‌گیری از آن به‌عنوان ابزاری برای همکاری، با یک سری چالش‌هایی همچون نبود یک چارچوب حقوقی مشخص برای همکاری‌های منطقه‌ای در عرصه بهره‌برداری و مشارکت معقول و منصفانه از منابع آبی منطقه، کندی در روند تحول افکار در مراکز مطالعاتی و پژوهشی و پایبندی به اصول تفکر سنتی در حوزه‌های استراتژیک، ضعف ساختارهای مدیریتی و ناکارآمدی آن‌ها در حوزه مدیریت منابع آب، عملکرد طبیعی و فراملی تغییرات اقلیمی و حوضه آبریز، سهم بالای کشاورزی و وابستگی نفوس وابسته حوضه آبی به اقتصاد زراعتی پرمصرف آبی، مواجه است.

چنانچه پژوهش‌های جهانی حاکی از آن است که کمبود منابع آب در منطقه غرب آسیا و رقلبت بر سر بهره‌برداری از منابع آب موجود در منطقه، نقش مثبت و مؤثر در امنیت ملی هر یک از کشورها دارد؛ لذا، در آینده نزدیک، آب در این منطقه می‌تواند به سرمایه‌ای ارزنده‌تر از نفت تبدیل شود (طهماسبی و رجبی ثانی، ۱۳۸۵؛ (سردارشهرکی و همکاران، ۲۰۱۸). آخرین برآوردهای یونسکو و فائو از چرخه آب در کره زمین نشان می‌دهد که متوسط بارندگی سالانه ایران اختلاف زیادی با متوسط بارندگی نقاط دیگر جهان دارد. متوسط بارندگی سالانه در

[1] (WEDC) Water engineering and development center

[2] Bouwer

سطح کره زمین ۸۶۰ میلی‌متر، متوسط بارندگی سالانه در آسیا ۷۳۲ میلی‌متر و متوسط سالانه ریزش‌های جوی در ایران حدود ۲۶۰ میلی‌متر است، از طرفی متوسط تبخیر سالانه آب در جهان ۷۰۰ میلیمتر و در ایران ۲۱۰۰ میلیمتر است. (گزارش‌های دفتر مطالعات پایه منابع آب وزارت نیرو، ۱۳۹۳). با این اوصاف، از یک سو ایران با تنها دارابودن ۰/۰۰۰۲ درصد آب شیرین جهان و از طرفی مطابق مطالعات مرکز توسعه و مهندسی آب[1] اگر کشوری ۴۰ تا ۶۰ درصد از منابع آب تجدیدشونده‌اش را مصرف نماید در مرحله بحرانی منابع آب قرار دارد، در زمان کنونی از ۱۳۵ میلیارد مترمکعب آب تجدیدشونده ایران، سالانه ۸۰ درصد آن استفاده می‌شود و ایران اکنون از مرحله بحران آبی نیز عبور کرده است. وخامت اوضاع وقتی بیشتر نمود می‌کند که با وجود کمبود شدید آب، ایران از لحاظ مصرف آب در جایگاه ششم دنیا قرار گرفته است[2]. همچنین مطابق تقسیم‌بندی سرانه منابع آب با استفاده از شاخص فالکن مارک، ایران در محدوده کشورهای مواجه با تنش آبی قرار دارد (گزارش‌های دفتر مطالعات پایه منابع آب وزارت نیرو، ۱۳۹۳). ازاین‌رو تأکید جامعه جهانی به مقوله آب به‌عنوان کلید توسعه می‌باشد. آب محور اصلی در تحولات پیچیده تغییرات جهانی مانند تغییر اقلیم و توسعه آینده کشورهاست. ازاین‌رو به دلیل فرایندهای پیچیده تغییرات در گستره وسیعی از فعالیت‌های محیطی و انسانی، مسائل مرتبط با آب، مانند تقاضای آب و دسترسی به آب آشامیدنی سالم باید با رویکردی به هم پیوسته تحلیل و ارزیابی گردد. آنچه مهم است پیوستگی امنیت آب و غذا در سطوح جهانی و منطقه‌ای و همچنین حوضه‌های آبریز می‌باشد، که در این پیوستگی متغیر مرجع کمیابی آب و محدوده تحلیل تصمیم‌گیری، اقدامات مقتضی در باب مدیریت تامین و تقاضای آب باتوجه‌به ملاحظات اقتصادی و عرضه آن و نهایتاً توسعه یک منطقه می‌باشد. دستیابی به توسعه پایدار بدون درنظرگرفتن منابع آب اگر غیرممکن نباشد، بسیار مشکل خواهد بود. هر جامعه‌ای، جهت دستیابی به اهداف توسعه پایدار و غلبه بر مشکلات و چالش‌های بخش آب، نیازمند ارتقاء مدیریت منابع آب موجود می‌باشد. یکی از مسائل مهم در حوزه مدیریت و حل اختلاف، منابع آبی مشترک می‌باشد. بازتوزیع مناسب و عادلانه منابع آبی بین ذی‌نفعان، در مقیاس‌های بین‌المللی، فرایند پیچیده‌ای است که برای دستیابی به آن علاوه بر جنبه‌های تخصصی منابع آب، باید معیارهای دیگری از جمله معیارهای اقتصادی، اجتماعی و سیاسی را نیز در نظر گرفت. از سویی مدیریت کارای آب در سطح حوضه آبریز با اهداف افزایش بهره‌وری آب، عدالت اجتماعی و حفاظت اکوسیستم‌ها و محیط‌زیست مستلزم شناخت و درک مجموعه‌ای از لندرکنش‌های مرتبط با آب در سطوح مختلف مکانی و زمانی و در نقاط مختلف حوضه است. در حال حاضر پژوهشگران از روش‌های نوین جهت اولویت‌بندی متغیرها و شاخص‌های مورداستفاده در تحقیق استفاده می‌کنند که روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره یکی ازاین‌روش‌های مهم و اساسی می‌باشد. تکنیک چند شاخصه خاکستری یکی ازاین‌روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که در این تحقیق به کار گرفته شده است. مدل خاکستری از جمله آن مدل‌هایی است که برای پیش‌بینی، نیاز به تعداد اندکی داده داشته که امروزه کاربرد فراوانی در دنیای علمی دارد، این مدل نسبت به سایر مدل‌های پیش‌بینی‌شده نیاز به محاسبات پیچیده ریاضی ندارد، ولی نتایج صحیح و مناسبی را ارائه می‌کند و به همین علت باعث کاربردی شدن این مدل شده است. تحلیل رابطه خاکستری جزئی از تئوری خاکستری است که برای حل مسائلی که از روابط پیچیده‌ای بین عوامل و متغیرهایشان برخوردارند، مورداستفاده قرار می‌گیرند. تئوری رابطه خاکستری الگوریتمی است که روابط غیرقطعی اعضای یک سیستم را با یک عضو مرجع تحلیل نموده و قابلیت استفاده در حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره را دارا است. در این مدل ابتدا وزن شاخص‌های تصمیم‌گیری با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی مشخص می‌شود. سپس با تحلیل فازی رابطه خاکستری، ضریب رابطه خاکستری

[1] WEDC

[2] طبق گزارشات وزارت نیرو، مصرف آب در ایران بیش از ۳/۵ برابر میانگین جهانی آن است.

به‌دست‌آمده و در نهایت درجه رابطه خاکستری، رتبه رابطه خاکستری برای ارزیابی ایمنی و رده‌بندی پروژه‌ها محاسبه خواهد شد.

عموقین و همکاران در سال ۱۳۹۹ در پژوهشی به مناقشه و همکاری، دو روی سکه در آب‌های فرامرزی با روشی توصیفی _تحلیلی پرداخته و با اتکا به منابع کتابخانه‌ای، ضمن معرفی و بررسی نگرش‌های مطرح مناقشه و همکاری در تعاملات آبی، به نقد جایگاه آن‌ها پرداختند. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که بررسی مناقشه یا همکاری و مفهوم‌سازی آن‌ها به‌عنوان دو سرانجام در یک مقیاس خطی، می‌تواند مسئله‌ساز باشد، زیرا تعامل کشورهای حوضه، هم با مناقشه و هم همکاری مشخص می‌شوند.

روغنی و همکاران در سال ۱۳۹۹ به بررسی هیدروپلیتیک آبخوان‌های فرامرزی: به‌سوی همکاری‌های کاربردی با استفاده از روش توصیفی – تحلیلی برای تجزیه‌وتحلیل توافقنامه‌های مهم منعقد شده پیرامون بهره‌برداری از آبخوان‌های مرزی در سه قاره‌ی مختلف دنیا (آمریکا، آفریقا و اروپا) پرداختند. نتایج حاکی از آن است که به جز آبخوان مشترک فرانسه – سویس، سایر موافقت نامه‌ها به دلایل مختلفی از قبیل عدم تصویب داخلی موافقت‌نامه، عدم حمایت مالی توسط نهادهای رسمی و بین‌المللی و غیره نتوانستند به اهداف از پیش تعیین شده آنچنان که باید، دست یابند. تاتار و همکاران (۱۳۹۷) به تحلیل تضاد آب کشاورزی در حوزه آبخیز گاوشان: راهکارهای مبتنی بر راهبرد همکاری به روش توصیفی – تحلیلی با استفاده از پارادایم طبیعت‌گرایانه پرداخته و یافته‌های این پژوهش بیان می‌کند که اصلاح ساختار حکمرانی آب با تحویل آب به کشاورزان، توانمندسازی مردم محلی در مدیریت تضاد و مذاکره، و برگزاری کارگاه و دوره‌های آموزشی در زمینه‌ی نحوه کار و نگهداری از تجهیزات شبکه، از مهم‌ترین راهکارهای مدیریت تضاد آب در منطقه بوده است. هوتکی در (۱۳۹۶) مطالعه‌ای را با عنوان " آب، مدیریت و مشارکت، نگاهی فشرده به دشواری‌ها و راهکارهای منابع آبی در افغانستان" از روش کیفی – کتابخانه‌ای انجام داده و به نتایج زیر دست‌یافته است؛ چون سیاست‌های داخلی و ملی در مورد آب وابسته به مدیریت و سیاست‌ها در مورد آب‌های فرامرزی‌اند، افغانستان تا زمانی که مسائل فرامرزی و حقوقی آب را در نظر نگیرد، نمی‌تولند به مدیریت منظم بخش آب و مقابله با مشکلات آب بپردازد. پیلتن (۱۳۹۶) پژوهشی را با موضوع " اختلافات آبی در آسیای مرکزی: ماهیت، مبانی و مدل‌های همکاری و حل‌وفصل" انجام داده که تجزیه‌وتحلیل این اقدام‌ها نشانگر این است که اگر دو مسئله برطرف شود اختلاف نظرهای جدی بین کشورهای بالادست و پایین‌دست وجود نخواهد داشت. یکی؛ سهم‌بندی منطقه‌ای آب و دیگری؛ طراحی سازوکارهای جبرانی برای آسیب‌ها و زیان‌ها. قندهاری و همکاران (۱۳۹۵) پژوهشی را با عنوان پیش‌بینی لزوم همکاری میان کشورهای حوضه هریرود بر اساس نظریه بازی، روش ارزش شاپلی انجام دادند و نتایج این تحقیق حاکی از آن است که همکاری بین سه کشور می‌تواند بیشترین سود را برای آن‌ها فراهم آورد. بر اساس محاسبه ارزش ائتلاف‌های مختلف بین سه کشور حوضه هریرود، تنها دو ائتلاف قابلیت شکل‌گیری دارد. ائتلاف افغانستان با ترکمنستان و همچنین ائتلاف سه کشور با یکدیگر منطقی و سودمند خواهد بود. فهیم (۱۳۹۵) به ارزیابی آب، صلح و امنیت برای همه؛ هیدروپولیتیک افغانستان عاملی بالقوه برای صلح پروری به روش کتابخانه‌ای انجام پرداخته و به نتایج ذیل دست‌یافته است: بهره‌گیری از آب به‌عنوان ابزاری برای صلح پروری و گسترش همکاری‌های منطقه‌ای با چالش‌های ضعف ساختارهای مدیریتی و ناکارآمدی آنها در حوزه مدیریت منابع آب، جمع‌آوری، پردازش و مبادله اطلاعات هیدرولوژیکی و مترولوژیکی مواجه است. تقوی (۱۳۹۴) مروری بر برنامه‌ها و سیاست‌های توسعه در بخش منابع آب و ارائه مدلی جهت سنجش پایداری داشته و نتایج آن گویای آن است که وضعیت پایداری بخش منابع آبی در بازه صفر تا یک حدود ۰.۱۱ می‌باشد که برنامه‌ریزی و مدیریت بهتری را می‌طلبد.

عراقچی (۱۳۹۳) به بررسی آب، از منازعه تا همکاری با هدف ارائه راه‌حل‌های عملی در جهت تطبیق کشور با شرایط جدید آب‌وهوایی و کمبود منابع آب پرداخته و به

این نتیجه رسیده است که افزایش سریع جمعیت و تغییرات آب‌وهوایی به‌علاوه مدیریت ناقص منابع آب مهم‌ترین عوامل به‌وجودآمدن و تشدید بحران آب به شمار می‌روند. کیتیخونی و استاویلی[1] (۲۰۱۸)، پژوهشی را با عنوان دیپلماسی آب و مدیریت تعارض در مکونگ: از رقابت تا همکاری انجام داده و نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق استدلال می‌کند که نقش یک سازمان بین‌دولتی بر روی آب رودخانه، به طور سنتی، بیشتر در حوزه همکاری‌های فنی آب پررنگ بوده. حال آنکه نه‌تنها در نگاه به مسائل از دیدگاه علمی عینی، بلکه در تسهیل و حمایت از راه‌حل‌های مذاکره شده از طریق مکانیسم‌های قانونی، نهادی و راهبردی نیز حیاتی است. باروا[2] (۲۰۱۸)، به بررسی آب به‌عنوان رویکردی برای همکاری منطقه‌ای در حوضه براهما پوترا[3] در جنوب آسیاپرداخته که یک طرح کلی از مسائل جاری در این حوضه را ارائه می‌دهد. یافته‌ها مبین این است که رویکرد یک‌جانبه به‌ویژه توسط هند و چین در مدیریت حوضه وجود دارد و نیاز به رویکردهای چندجانبه وجود دارد که فرامرزی هستند و یک تمرکز یکپارچه دارند. چنین مشارکت چندجانبه ممکن است منجر به همکاری چندجانبه شود. جیکوب وهمکاران[4] (۲۰۱۷)، کشمکش و همکاری بین‌المللی آب: چالش‌ها و فرصت‌ها را با هدف توضیح ماهیت مناقشه و همکاری و چگونگی حل مشکلات آب مد نظر قرار داده و چنین نتیجه گرفتند که هر کاربر پایین‌دست دارای پتانسیل تأثیرپذیری از وقایع بالادست آن‌ها است. تا حد کمتری، کاربران بالادست از طریق تقاضاهای پایین‌دست با همتایان پایین‌دست خود به هم متصل می‌شوند. میدا[5] (۲۰۱۷)، در تحقیقی استراتژی همکاری سازمان هم‌کاری بین‌المللی ژاپن 6 برای بخش منابع آب که برای حل مسائل مختلف مربوط به آب، نیاز به همکاری میان طیف گسترده‌ای از ذینفعان، با تلاش‌ها در مدیریت منابع آب مثل توسعه و استفاده از منابع آب، تخصیص عادلانه، کاهش خطر فجایع مرتبط با آب و حفاظت از محیط‌زیست پرداختند. وینکلر[7] (۲۰۱۵)، در مطالعه‌ای به درگیری و همکاری بر سر آب و نقش اتحادیه اروپا در حصول اطمینان از تحقق حقوق بشر، به هدف مشخص‌کردن ابزارهای یکپارچه‌سازی حقوق بشر در زمینه آب و پرداختن به درگیری‌ها بر سر آب و فرموله کردن استراتژی‌های حکمرانی عادلانه به روش توصیفی – تحلیلی پرداختند و نتیجه این مطالعه بیان می‌کند که اتحادیه اروپا به دنبال مشارکت فعالانه در چالش‌های امنیتی آب مرزی با هدف ترویج ترتیبات مدیریت آب پایدار و تشویق و حمایت از همکاری منطقه‌ای و بین‌المللی در زمینه سیاست‌ها و برنامه‌ها است و همچنین این نتایج نماینده عالی و کمیسیون را به تمرکز بر پیشگیری از مناقشه و همکاری آب دعوت می‌کند. موسیلو[8] (۲۰۱۵)، به مطالعه‌ای آب در آسیای مرکزی: چشم‌انداز درگیری یا همکاری؟ پرداخته و نتیجه بدست آمده بیانگر آنست که آب عامل بسیار مهمی در روابط بین پنج ایالت و یکی از عوامل مهم در مناقشات محلی است. کمبود آب هم‌اکنون مانع رشد اقتصادی و محدودکردن فرصت‌ها در مناطق روستایی شده است. تلاش بیشتر برای مدیریت و استفاده مؤثر آب در آسیای میانه و یا پنج جمهوری برای بقا نیاز است. سیوا کومار[9] (۲۰۱۱)، موضوع بحران آب از درگیری تا همکاری: یک مرور کلی را موردمطالعه قرار داده که پژوهش حاضر به بررسی جامع مسائل فوق و نیز راهکارهای مهمی برای پیشبرد تحقیقات در این زمینه می‌پردازد. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که اگر روند کنونی رشد جمعیت، مصرف مواد، آلودگی آب، عملکرد ناکارآمد شبکه‌های تأمین آب و نگرش‌های بی‌تفاوت نسبت به مصرف آب ادامه پیدا کند، ممکن است به کمبود آب قابل‌توجهی برای افراد و جوامع منجر شود. بیسواس[10] (۲۰۱۱) پژوهشی را با عنوان "همکاری یا تعارض در مدیریت آب فرامرزی: مطالعه موردی جنوب آسیا" انجام

[1] Kittikhoun
[2] Barua
[3] Brahmaputra
[4] Jacob
[5] Meda

[7] WINKLER
[8] Mosello
[9] Sivakumar
[10] Biswas

داده که دو نتیجه کاملاً متضاد مدیریت رودخانه‌های مرزی در جنوب آسیا، یکی از موفق‌ترین آن‌ها در بوتان و هند، و یک فرصت ازدست‌رفته در نپال، هند و بنگلادش را تجزیه‌وتحلیل می‌کند. چارچوبی برای توسعه پایدار در آسیای جنوبی باید بر اساس چشم‌انداز ریشه‌کنی فقر و بهبود پایدار در شرایط زندگی صدها میلیون نفر از مردم آن باشد. فندر[1] (۲۰۱۰)، در پژوهشی "درک مناقشه آب و همکاری محلی: مطالعه موردی زامبیا" با تأکید بر ماهیت مناقشات محلی و همچنین نقش نهاده‌ای محلی و دریافت پیامدهای حاکمیت آب محلی با استفاده از روش تحقیق اسنادی و مصاحبه با مطلعین کلیدی در روستاهای موردمطالعه، به بررسی تحلیل داده‌های کمی و کیفی آن پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که دست سوم در رویدادهای تعارض و همکاری محلی به سطح بالاتری نقش دارند، و نیاز به درنظرگرفتن نقش‌های حاکمیت آب برای مؤسسات محلی وجود دارد، حتی در مواردی که این اختیارات به شدت مربوط به آب نیستند.

روش تحقیق

در مطالعه حاضر از تکنیک خاکستری برای مدلسازی استفاده گردیده است. برای جمع آوری اطلاعات از طریق پرسشنامه، نظرات ۴۰ کارشناس و خبره از هر دو کشور ایران و افغانستان اخذ و مدلسازی انجام شد. برای تحلیل اطلاعات نیز از نرم‌افزار GRA solver استفاده گردید. همچنین جهت اولویت بندی مهم‌ترین عوامل توسعه همکاری آبی ایران و افغانستان، ۴ معیار و ۵۲ زیر معیار مورد بررسی قرار گرفت.

تکنیک خاکستری (GRA)

سیستم خاکستری به وسیله اعداد خاکستری، معادله‌های خاکستری و ماتریس‌های خاکستری توصیف می‌گردد (اصغرپور، ۱۳۸۴). در این‌بین، اعداد خاکستری مانند اتم‌ها و سلول‌های این سیستم است. عدد خاکستری قادر است تا عددی را با نا اطمینانی تعریف نماید. به طور مثال رتبه معیارها در یک تصمیم‌گیری، به‌صورت متغیرهای زبانی مطرح می‌شوند که می‌توان آن را با بازه‌های عددی بیان نمود که این بازه‌های عددی اطلاعات نامطمئن را شامل خواهد شد (دانگ و همکاران[2]، ۲۰۰۶). در سال ۱۹۸۲، "جو لانگ دنگ" اولین مقاله تحقیقی خود را در ارتباط با مفاهیم و تئوری خاکستری در مجله بین‌المللی "Control & Systems" تحت عنوان"مسائل کنترل سیستم‌های خاکستری" به چاپ رسانید (دنگ جی.ال[3]، ۱۹۸۹). "دنگ" بر روی پیش‌بینی و کنترل سیستم‌های اقتصادی و سیستم‌های فازی مطالعات فراوانی داشت و با سیستم‌های با عدم قطعیت بالا مواجه بود شاخصه‌های این سیستم‌ها به‌سختی با ریاضیات فازی و یا آمار و احتمالات توصیف می‌شد. ریاضیات فازی به‌طورکلی با مسائلی مواجه است که عدم قطعیت توسط خبرگان به‌وسیله توابع عضویت گسسته/ پیوسته قابل بیان است. آمار و احتمالات نیز به توابع توضیح و نمونه‌گیری بالا جهت رسیدن به روایی لازم نیاز دارد (لیو و لین[4]، ۲۰۰۶). اسم سیستم‌های خاکستری بر پایه رنگ موضوعات تحت بررسی نام‌گذاری شد. یکی از بهترین این نمونه "جعبه سیاه" است کهبه قطعه‌ای اطلاق می‌شود که تمامی روابط و ساختارهای داخلی آن کاملاً کدگذاری شده و ناشناخته است. در این جا کلمه "سیاه" بیانگر ناشناخته بودن اطلاعات است. "سفید" برای اطلاعات کاملاً شناخته شده و "خاکستری" برای آن دسته از اطلاعات که قسمتی از آنها معلوم و قسمتی نامعلوم است، به کار گرفته می‌شود. بر این‌اساس سیستم‌های با اطلاعات کاملاً معلوم را "سیستم سفید"، سیستم‌های با اطلاعات ناشناخته و یا عدم داده "سیستم سیاه" و سیستم‌های با اطلاعات بخشی معلوم و بخشی ناشناخته را "سیستم خاکستری" نامند (تقوی فرد و ملک، ۱۳۹۰). شکل تئوری خاکستری به‌صورت زیر می‌باشد:

[1] funder
[2] Dong et al
[3] Deng J.L
[4] Liu, & Lin

شکل (۱): الگوریتم سیستم خاکستری (GRA)

متغیرهای خاکستری: به‌مرور و تکمیل تئوری خاکستری، برخی قواعد و اصول اصلی توسط "دنگ" به شرح زیر مطرح گردید:

اصل ۱: اصل اختلاف: اختلاف دلالت بر وجود آگاهی است. آگاهی از بخشی از این اطلاعات باعث تشخیص تفاوت میان آنها است. هنگامی‌که می‌گوییم شیء A با شیء B تفاوت دارد، به این معناست که اطلاعات خاصی از شئ A وجود دارد که در B نیست و یا از آن کمتر یا بیشتر است.

اصل ۲: اصل غیر یکتایی در جواب: جواب هر مسئله با اطلاعات ناقص و غیرقطعی یکتا نیست. اصل غیر یکتایی یکی از اصلی‌ترین قوانین تئوری سیستم‌های خاکستری است که به سبب ایجاد جواب‌های چندگانه با انعطاف بیشتری برای رسیدن به اهداف حرکت می‌نماید.

اصل ۳: اصل حداقل اطلاعات: یکی از مشخصه‌های تئوری سیستم‌های خاکستری حداکثر استفاده و یا استفاده مؤثر از "حداقل حدود اطلاعات" در دسترس است. برتری تئوری سیستم‌های خاکستری در توانایی آن در حل مسائل در شرایط با عدم قطعیت با "نمونه‌های کوچک" و یا "اطلاعات ضعیف" است.

اصل ۴: اصل شناخت محور: اطلاعات اساس شناخت و فهم یک پدیده‌اند. این اصل بیان می‌نماید که هر شناختی مبتنی بر اطلاعات است و بدون اطلاعات راهی برای شناخت آن توسط افراد نیست. توسط اطلاعات کامل و دقیق، افراد شناخت قطعی و محکمی داشته اما به دلیل اطلاعات جزئی، ضعیف و غیرقطعی شناخت افراد نیز ناقص و به عباراتی "خاکستری" است.

اصل ۵: اصل اولویت اطلاعات جدید: بخش جدیدتر اطلاعات از یک مسئله اثر بیشتری نسبت به داده‌های قدیمی دارد. با دادن وزن بیشتر به داده‌های جدید، نتایج به‌مراتب بهتری در مدل‌سازی، پیش‌بینی، تجزیه‌وتحلیل، ارزیابی و تصمیم‌گیری خاکستری قابل دستیابی است. فرایند " جلبه‌جائی داده‌های قدیمی با اطلاعات جدیدتر " برگرفته از این اصل است.

اصل ۶: اصل خاکستری بودن اطلاعات: هر دانش و اطلاعاتی از یک پدیده کامل و مطلق نیست و شناخت و فهم آدمی از اشیای پیرامون با گذشتن زمان و دستیابی به دانش و اطلاعات جدید رشد و توسعه می‌یابد. از این دیدگاه، خاکستری بودن هر اطلاعاتی یک امر ذاتی است و "خاکستری" بودن مطلق است (لیو و لینت[1]، ۲۰۰۶).

۲-۶-۳- تعریف عدد خاکستری: عدد خاکستری عددی است که مقدار دقیق آن معلوم نیست، اما محدوده‌ای که در آن قرار می‌گیرد مشخص است. به عبارتی عدد خاکستری یک بازه یا مجموعه‌ای از اعداد است. در حالت کلی فرض کنید X مجموعه مرجع باشد. آنگاه مجموعه خاکستری G از مجموعه مرجع X با دو نماد $\bar{\otimes}_G(x)$ و $\underline{\otimes}_G(x)$ بر اساس رابطه (۱) تعریف می‌گردد:

$$\left\{\bar{\otimes}_G(x): x \to [0,1]\right. \quad (۱)$$

$$\left\{\bar{\otimes}_G(x): x \to [0,1]\right. \quad (۲)$$

که دراین‌رابطه $\bar{\otimes}_G(x) \geq \underline{\otimes}_G(x)$ و $x \in X$ و می‌باشد. $\bar{\otimes}_G(x)$ و $\underline{\otimes}_G(x)$ به ترتیب حد بالا و حد پایین از تابع از عضویت G می‌باشند. هنگامی $\underline{\otimes}_G(x) = \bar{\otimes}_G(x)$ باشد، مجموعه خاکستری G تبدیل به مجموعه فازی می‌شود. این قابلیت نشان دهنده‌ی شمول تئوری

[1] Liu & Lint

خاکستری نسبت به شرایط فازی و انعطاف آن در مواجهه با مسائل غیر قطعی است (لی و همکاران[1]، ۲۰۰۷).

۳-۶-۳- عملگرهای اصلی خاکستری: به‌طورکلی روابط تعریف شده میان اعداد حقیقی برای مجموعه‌های خاکستری نیز قابل تعمیم است (لیو و لینت، ۲۰۰۶). عملگرهای بازه‌ای توسط «مور» گسترش یافت (مور[2]، ۱۹۶۶). عملگرهای میان دو عدد خاکستری $\otimes G_1 = \left[\underline{G}_1 \overline{G}_1\right]$ و $\otimes G_2 = \left[\underline{G}_2, \overline{G}_2\right]$ در قالب رابطه ۲ تا ۶ قابل تعریف است (Wu et al, 2005):

$$\otimes G_1 + \otimes G_2 = \left[\underline{G}_1 + \underline{G}_2, \overline{G}_1 + \overline{G}_2\right] \quad (۳)$$

$$\otimes G_1 - \otimes G_2 = \left[\underline{G}_1 - \overline{G}_2, \overline{G}_1 - \underline{G}_2\right] \quad (۴)$$

$$\otimes G_1 - \otimes G_2 = \begin{bmatrix} \min(\underline{G}_1\underline{G}_2, \underline{G}_1\overline{G}_2, \overline{G}_1\underline{G}_2, \overline{G}_1\overline{G}_2), \\ \max(\underline{G}_1\underline{G}_2, \underline{G}_1\overline{G}_2, \overline{G}_1\underline{G}_2, \overline{G}_1\overline{G}_2) \end{bmatrix} \quad (۵)$$

$$\otimes G_1 \div \otimes G_2 = \left[\underline{G}_1, \overline{G}_1\right] \times \left[\frac{1}{\underline{G}_2}, \frac{1}{\overline{G}_2}\right] \quad (۶)$$

اگر K یک عدد حقیقی مثبت باشد، ضرب عددی آن در مجموعه خاکستری G به‌صورت رابطه ۷ خواهد بود:

$$K.\otimes G = \left[K\underline{G}_1, K\overline{G}_2\right] \quad (۷)$$

فاصله مینکفسکی: فاصله مینکفسکی بین دو عدد $\otimes G_1$ و $\otimes G_2$ به‌صورت رابطه‌ی (۳-۷۰) تعریف می‌شود (Dang et al, 2006):

$$D_{G_1G_2} = \frac{1}{\sqrt[P]{2}}\left[2(\underline{G}_1 - \underline{G}_2)^P\right]^{\frac{1}{P}} = \left(\frac{1}{\sqrt[P]{2}}\right)\left(2^{\frac{1}{P}}\right)\left[\underline{G}_1 - \underline{G}_2\right]^{\frac{1}{P}} = \left(\frac{\sqrt[P]{2}}{\sqrt[P]{2}}\right)\left|\underline{G}_1 - \underline{G}_2\right| = \left|\underline{G}_1 - \underline{G}_2\right| \quad (۸)$$

اعداد خاکستری بازه‌ای: اعداد خاکستری را که دارای کران پایین $\underline{a}$ و کران بالای $\overline{a}$ هستند، اعداد خاکستری بازه ای می‌نامند و به شکل $\otimes G \in \left[\underline{a}, \overline{a}\right]$ نشان می‌دهند. هرچند که به نظر می‌رسد اعداد خاکستری مشابه اعداد فازی‌اند، تفاوت اساسی بین اعداد خاکستری و اعداد فازی آن است که در اعداد خاکستری، مقدار دقیق عدد، نامشخص است، ولی بازه‌ای که مقدار آن عدد را دربر می‌گیرد معلوم است. به تعبیر دیگر، مقدار دقیق بال چپ و راست عدد، معلوم است؛ در حالیکه در یک عدد فازی، ضمن اینکه عدد به‌صورت یک بازه تعریف می‌شود، ولی مقدار دقیق بال چپ و راست عدد، معلوم نیست و از یک تابع عضویت تبعیت می‌نماید، همین تفاوت ظریف بین عدد خاکستری و عدد فازی موجب می‌شود که محاسبات با اعداد خاکستری از سادگی بیشتری نسبت به اعداد فازی برخوردار باشد؛ زیرا تعیین تابع عضویت برای بال های چپ و راست یک عدد فازی، خود همراه با پیچیدگی‌ها و عملیات محاسباتی است (لین لیک چاگ و تینگ[3]، ۲۰۰۸).

۳-۸- عملکرد خاکستری: امروزه، تئوری سیستم خاکستری در پنج حوزهٔ ارزیابی، مدل‌سازی، پیش‌بینی، تصمیم‌گیری و کنترل قابل دسته‌بندی است (کاظمی مدرس و مهرگاه، ۱۳۹۰). درجه امکان خاکستری یکی از روش‌های مطرح این تئوری در حوزهٔ تصمیم‌گیری است. برای دو عدد خاکستری $\otimes G_1 = \left[\underline{a}_1 \overline{a}_1\right]$ و $\otimes G_2 = \left[\underline{a}_2 \overline{a}_2\right]$ بافرض اینکه $\underline{a}_1 < \overline{a}_1$ و $\underline{a}_2 < \overline{a}_2$ باشد، درجهٔ امکان (احتمال) $\otimes G_1 \le \otimes G_2$ را از رابطه زیر تعریف می کنیم:

$$p\left\{\oplus G_1 \le \otimes G_2\right\} = \frac{\max(0, L^* - \max(0, \overline{a}_1 - \underline{a}_2))}{L^*} \quad (۹)$$

[1] Li et al
[2] Moore
[3] Lin Lic Chag &Ting

$p\left\{\oplus G_1 \le \otimes G_2\right\}$ را درجه امکان خاکستری گویند، در این رابطه، L^* از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۱۰)
$$L^* = L(\otimes G_1) + L(\otimes G_2)$$

منظور از $L(\otimes G_1)$ طول عدد خاکستری $\oplus G_1$ که از روابطه ۱۱ و ۱۲ تعریف می‌گردد:

$$L_1 = L(\otimes G_1) = \overline{a_1} - \underline{a_1}$$

(۱۱)

$$L_2 = L(\otimes G_2) = \overline{a_2} - \underline{a_2}$$

(۱۲)

در برابر اعداد حقیقی، باتوجه‌به وضعیت اعداد خاکستری $\otimes G_1$ و $\otimes G_2$ نسبت به هم، چهار حالت بین موقعیت‌های دو عدد خاکستری $\otimes G_1$ و $\otimes G_2$ متصور است.

اگر $\overline{a_1} = \overline{a_2}$ و $\underline{a}_1 = \underline{a}_2$ باشد، می‌توان گفت $\otimes G_1$ برابر با $\otimes G_2$ است که آن را به‌صورت $\otimes G_1 = \otimes G_2$ نشان داده می‌شود، در این صورت $p\left\{\otimes G_1 \le \otimes G_2\right\} = 0.5$ است.

اگر $\underline{a_2} > \overline{a_1}$ باشد، آنگاه می‌توان گفت $\otimes G_2$ بزرگ تر از $\otimes G_1$ است که آن را به‌صورت $\otimes G_1 < \otimes G_2$ نشان داده می‌شود، دراین صورت $p\left\{\otimes G_1 \le \otimes G_2\right\} = 1$ است.

اگر $\overline{a_2} < \underline{a_1}$ باشد، آنگاه می‌توان گفت $\otimes G_2$ کوچک تر از $\otimes G_1$ است که آن را به‌صورت $\otimes G_1 > \otimes G_2$ نمایش داده می‌شود، در این صورت $p\left\{\otimes G_1 \le \otimes G_2\right\} = 0$ است.

تشریح گام‌های استفاده از تئوری سیستم‌های خاکستری

گام اول: تعیین وزن مؤلفه‌های مؤثر: فرض آن است که k تصمیم‌گیرنده وجود دارد، بنابراین وزن مؤلفه‌ها Q_j را می‌توان از طریق زیر محاسبه کرد:

$$\otimes w_j = \frac{1}{k}\left[\otimes w_j^1 + \otimes w_j^2 + ... + \otimes w_j^k\right]$$

(۱۳)

که در آن $\otimes w_j^k (j = 1, 2, ..., n)$ وزن مؤلفه j برای k امین تصمیم‌گیرنده است و می‌توان آن را با عدد خاکستری $\otimes w_j^k = \left[\underline{\alpha}_j^k, \overline{\alpha}_j^k\right]$ نشان داد.

گام دوم: شامل استفاده از متغیرهای زبانی (مثل خیلی کم، کم، متوسط و خیلی زیاد) برای مشخص نمودن مقدار مؤلفه‌ها. باتوجه‌به این متغیرها، مقدار مؤلفه‌ها را می‌توان به‌صورت زیر برآورد نمود:

$$\otimes G_{ij} = \frac{1}{k}\left[\otimes G_{ij}^1 + \otimes G_{ij}^2 + ... + \otimes G_{ij}^k\right]$$

(۱۴)

که در آن $\otimes G_{ij}^k (i = 1, 2, ..., n;\ j = 1, 2, ..., n)$ مقدار مؤلفه ij برای k امین تصمیم‌گیرنده و می‌توان آن را با عدد خاکستری $\otimes G_{ij}^k = \left[\underline{\alpha}_{ij}^k, \overline{\alpha}_{ij}^k\right]$ نشان داد (لی و همکاران[1]، ۲۰۰۷).

گام سوم: ایجاد ماتریس تصمیم خاکستری

$$D = \begin{bmatrix} \otimes G_{11} & \otimes G_{12} & ... & \otimes G_{1n} \\ \otimes G_{21} & \otimes G_{22} & ... & \otimes G_{2n} \\ . & . & ... & . \\ . & . & ... & . \\ . & . & ... & . \\ \otimes G_{m1} & \otimes G_{m2} & ... & \otimes G_{mn} \end{bmatrix}$$

(۱۵)

که در آن $\otimes G$ها متغیرهای زبانی می‌باشند که به عدد خاکستری تبدیل شده‌اند.

گام چهارم: تعیین نرمال‌سازی ماتریس تصمیم خاکستری

$$D^* = \begin{bmatrix} \otimes G_{11}^* & \otimes G_{12}^* & ... & \otimes G_{1n}^* \\ \otimes G_{21}^* & \otimes G_{22}^* & ... & \otimes G_{2n}^* \\ . & . & ... & . \\ . & . & ... & . \\ . & . & ... & . \\ \otimes G_{m1}^* & \otimes G_{m2}^* & ... & \otimes G_{mn}^* \end{bmatrix}$$

(۱۶)

[1] Lee et al

که در آن برای هرکدام از مؤلفه‌های افزایشی $\otimes G_{ii}^{*}$ به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\otimes G_{ij}^{*}=\left[\frac{\underline{\alpha}_{ij}}{G_j^{\max}}\frac{\bar{\alpha}_{ij}}{G_j^{\max}}\right]$$

$$\otimes G_j^{\max}=\max_{1\le i\le m}\left\{\bar{\alpha}_{ij}\right\}$$

(۱۷)

برای هرکدام از مؤلفه‌های کاهشی $\otimes G_{ij}^{*}$ به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\otimes G_{ij}^{*}=\left[\frac{G_j^{\min}}{\bar{\alpha}_{ij}}\frac{G_j^{\min}}{\underline{\alpha}_{ij}}\right]$$

$$\otimes G_j^{\min}=\max_{1\le i\le m}\left\{\underline{\alpha}_{ij}\right\}$$

(۱۸)

گام پنجم: ایجاد ماتریس تصمیم وزنی هنجار شده با فرض اهمیت متفاوت هرکدام از مؤلفه‌ها، ماتریس وزنی نرمالی زه شده به‌صورت ذیل نمایش داده می‌شود:

$$D^{*}=\begin{bmatrix}\otimes N_{11} & \otimes N_{12} & \cdots & \otimes N_{1n}\\ \otimes N_{21} & \otimes N_{22} & \cdots & \otimes N_{2n}\\ . & . & \cdots & .\\ . & . & \cdots & .\\ . & . & \cdots & .\\ \otimes N_{m1} & \otimes N_{m2} & \cdots & \otimes N_{mn}\end{bmatrix}$$

(۱۹)

که در آن، $\otimes N_{ij}=\otimes G_{ij}^{*}\times\otimes w_j$ می‌باشد (دونگ و همکاران[1]، ۲۰۰۶).

گام ششم: انتخاب بهترین گزینه: برای m معیار مختلف $C=\{C_1,C_2,...,C_m\}$، بهترین گزینه ممکن $M^{\max}\left\{\otimes G_1^{\max},\otimes G_2^{\max},...,\otimes G_n^{\max}\right\}$ را می‌توان از طریق زیر برآورد کرد:

(۲۰)

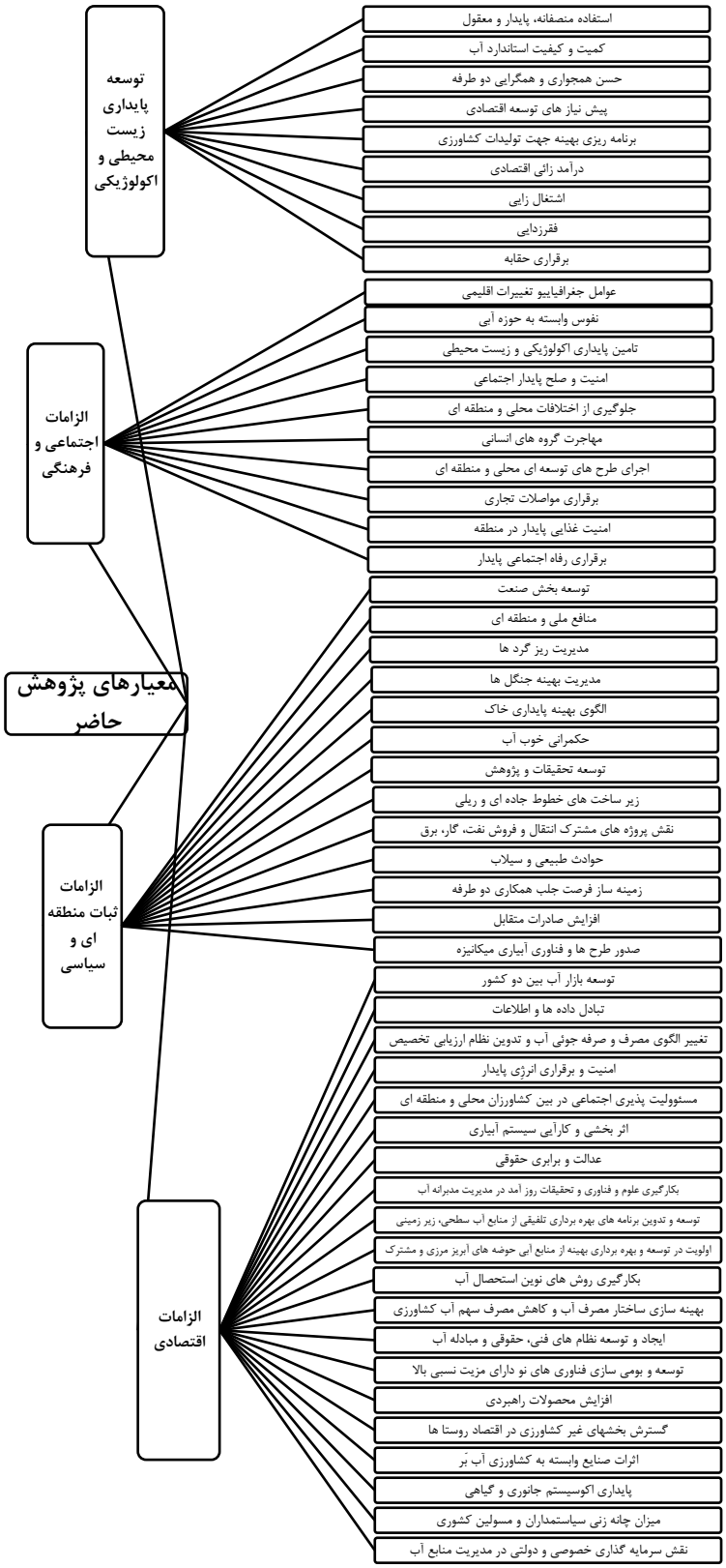
$$M^{\max}=\left\{\left[\max_{1\le i\le m}\underline{a}_{i1}\max_{1\le i\le m}\bar{\alpha}_{i1}\right]\left[\max_{1\le i\le m}\underline{a}_{i2}\max_{1\le i\le m}\bar{\alpha}_{i2}\right]...\left[\max_{1\le i\le m}\underline{a}_{in}\max_{1\le i\le m}\bar{\alpha}_{in}\right]\right\}$$

هفتم: محاسبه درجه امکان خاکستری با استفاده از تساوی و رابطه (۹) برای گزینه¬های مختلف به‌صورت زیر نشان داده می¬شود:

(۲۱)

گام هشتم: رتبه¬بندی گزینه¬های مختلف هر چه درجه امکان خاکستری یک گزینه کوچک‌تر باشد، رتبه آن گزینه بهتر خواهد بود (لی وهمکاران، ۲۰۰۷). در شکل (۲) درخت تصمیم در پژوهش حاضر نشان داده شده است

[1] Dong et al



شکل (۲): درخت تصمیم در پژوهش حاضر

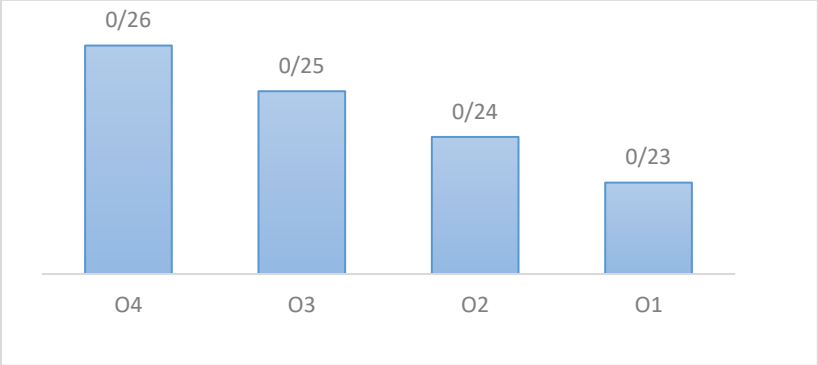
یافته‌های تحقیق:

نتایج و یافته‌ها از شاخص‌های مورداستفاده در این پژوهش که (۲۰) خبره‌ی ایرانی، (۲۰) خبره‌ی افغانستانی و ۴ معیار و ۵۲ زیر معیار بررسی شده‌اند و هرکدام در شش مرحله تقسیم گردیده، ولی به نسبت حجم بیشتر به نتایج نهایی و نمودارها اکتفا کردیم

.جدول (۱) امتیاز نهایی برحسب رتبه رابطه خاکستری بر اساس نظریه خبرگان ایرانی

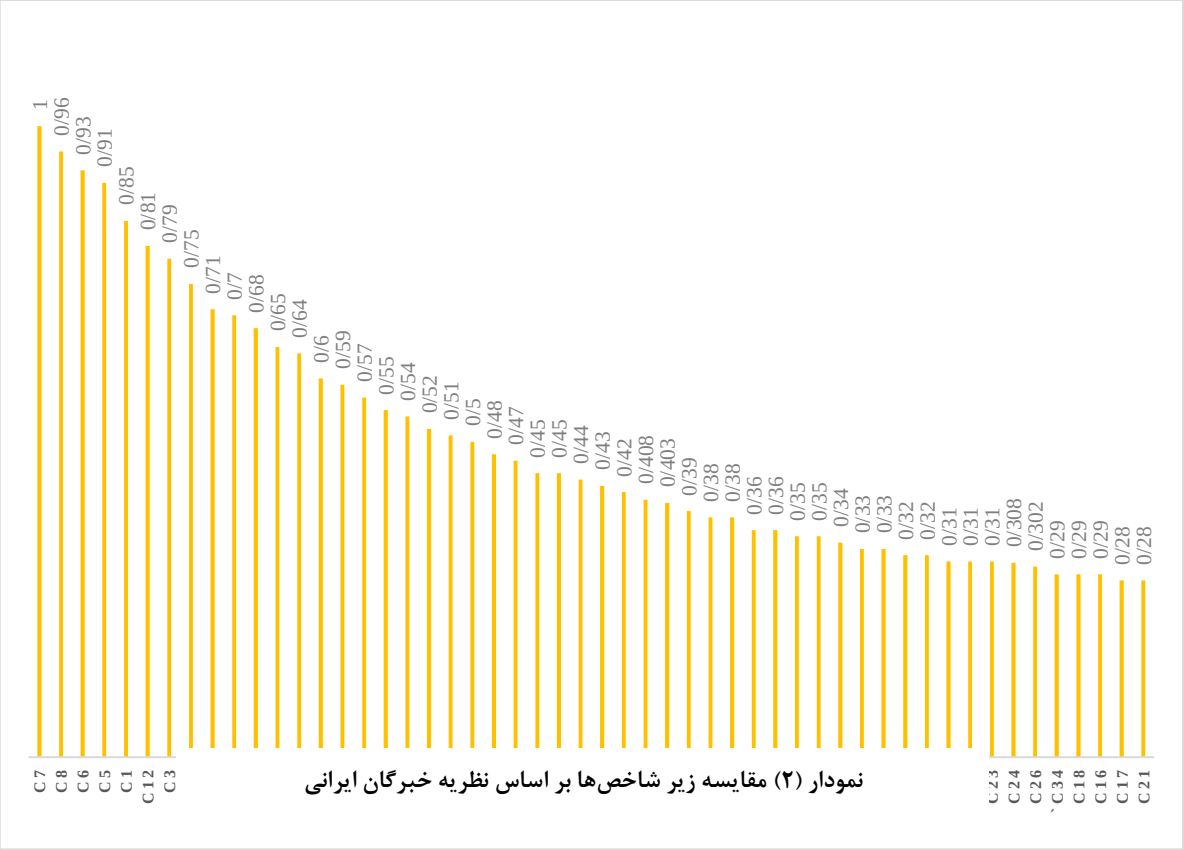
نتیجه	امتیاز
C22	۱
C21	۰/۹۶
C9	۰/۹۳
C12	۰/۹۰
C10	۰/۸۸
C8	۰/۸۵
C7	۰/۸۳
C6	۰/۸۱
C5	۰/۷۸
C3	۰/۷۴
C1	۰/۷۳
C52	۰/۷۱
C41	۰/۶۳
C38	۰/۵۷
C36	۰/۵۶
C34	۰/۵۳
C32	۰/۵۲
C25	۰/۴۹
C23	۰/۴۹
C27	۰/۴۸
C29	۰/۴۷
C30	۰/۴۶
C35	۰/۴۶
C33	۰/۴۵
C31	۰/۴۴
C24	۰/۴۴
C26	۰/۴۳
C28	۰/۴۲
C37	۰/۴۱
C39	۰/۴۱
C40	۰/۴۰
C42	۰/۴۰
C43	۰/۳۹
C45	۰/۳۸
C48	۰/۳۸
C49	۰/۳۷

C50	۰/۳۷
C51	۰/۳۵
C47	۰/۳۳
C46	۰/۳۲
C13	۰/۳۲
C14	۰/۳۲
C16	۰/۳۱
C44	۰/۳۱
C17	۰/۳۰
C18	۰/۳۰
C19	۰/۳۰
C20	۰/۲۹
C11	۰/۲۹
C2	۰/۲۸
C4	۰/۲۸
C15	۰/۲۸



نمودار (۱) مقایسه وزن معیارها بر اساس نظریه خبرگان ایرانی

با در نظر داشت نمودار (۱) مقایسه وزن‌ها از نظر خبرگان ایرانی، معیار الزامات اقتصادی (O4) با وزن ۰/۲۷۲ در رتبه اول، شاخص الزامات ثبات منطقه‌ای و سیاسی (O3) با وزن ۰/۲۶۶در رتبه دوم، گزینه الزامات اجتماعی و فرهنگی (O2) با وزن ۰/۲۳۹در رتبه سوم و معیار توسعه پایدار زیست‌محیطی و اکولوژیکی (O1) با وزن ۰/۲۲۱ در رتبه آخر قرار گرفته است.



نمودار (۲) مقایسه زیر شاخص‌ها بر اساس نظریه خبرگان ایرانی

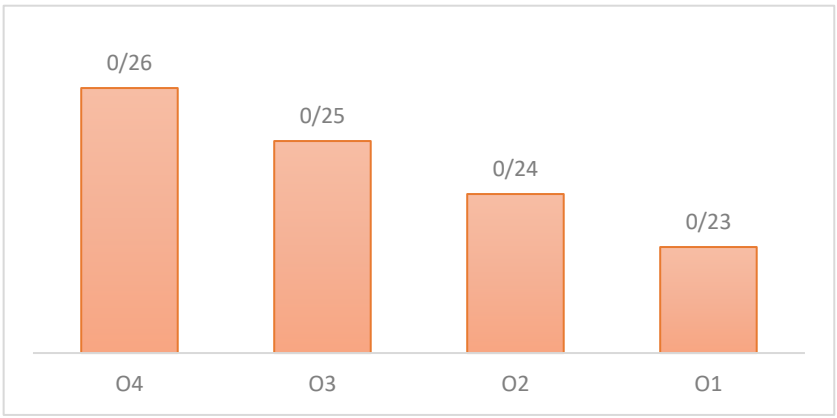
طبق جدول (۱) امتیاز نهایی و نمودار (۲) نظریات خبرگان ایرانی در ارتباط به زیر شاخص‌های استفاده شده در پژوهش نشان می‌دهد که در آن زیر شاخص مدیریت ریزگردها (C22) با وزن (۱) در اولویت اول، معیار منافع ملی و منطقه‌ای (C21) با وزن ۰/۹۶۸ در اولویت دوم، معیار برقراری حقابه (C9) با وزن ۰/۹۳۷ در اولویت سوم، گزینه تأمین پایداری اکولوژیکی و زیست‌محیطی (C12) با وزن ۰/۹۰۹ در اولویت چهارم، عوامل جغرافیایی و تغییرات اقلیمی (C10) با وزن ۰/۸۸۲ در اولویت پنجم، زیر شاخص فقرزدایی (C8) با وزن ۰/۸۵۷ در اولویت ششم، اشتغال‌زایی (C7) با وزن ۰/۸۳۲ در اولویت هفتم، زیر معیار درآمدزایی اقتصادی (C8) با وزن ۰/۸۱۰ در اولویت هشتم، برنامه‌ریزی بهینه جهت تولیدات کشاورزی (C5) با وزن ۰/۷۸۹ در اولویت نهم، زیر شاخص حسن هم‌جواری و همگرایی دوطرفه (C3) با وزن ۰/۷۴۹ در اولویت دهم، کمیت و کیفیت استاندارد آب (C2) با وزن ۰/۲۸۸ در اولویت پنجاهم، پیش نیازهای توسعه اقتصادی (C4) با وزن ۰/۲۸۸ در اولویت پنجاه و یکم و در نهایت زیر معیار مهاجرت گروه‌های انسانی (C15) با وزن ۰/۲۸۵ در اولویت آخر قرار گرفته‌اند.

جدول (۲) وزن‌دهی نهایی زیر معیارها بر اساس نظریه خبرگان افغانستانی

یجه	امتیاز
C7	۱
C8	۰/۹۶
C6	۰/۹۳
C5	۰/۹۱
C1	۰/۸۵
C12	۰/۸۱
C3	۰/۷۹
C4	۰/۷۵
C9	۰/۷۱
C11	۰/۷۰
C10	۰/۶۸
C2	۰/۶۵
C15	۰/۶۴
C13	۰/۶۰
C37	۰/۵۹
C49	۰/۵۷
C14	۰/۵۵
C19	۰/۵۴
C20	۰/۵۲
C22	۰/۵۱
C25	۰/۵۰
C29	۰/۴۸
C33	۰/۴۷
C35	۰/۴۵
C38	۰/۴۵
C40	۰/۴۴
C44	۰/۴۳
C47	۰/۴۲
C51	۰/۴۰
C52	۰/۴۰
C43	۰/۳۹
C42	۰/۳۸
C39	۰/۳۸
C36	۰/۳۶
C41	۰/۳۶
C45	۰/۳۵
C46	۰/۳۵
C48	۰/۳۴
C50	۰/۳۳
C31	۰/۳۳
C30	۰/۳۲
C32	۰/۳۲

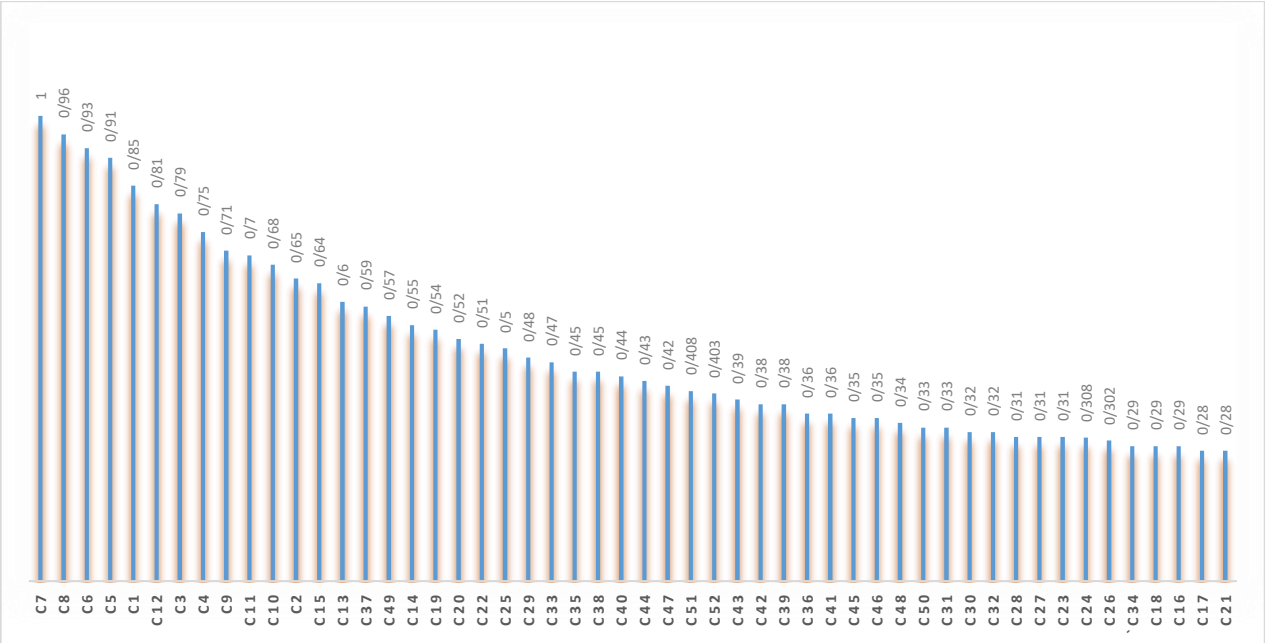
C28	۰/۳۱
C27	۰/۳۱
C23	۰/۳۱
C24	۰/۳۰
C26	۰/۳۰
`C34	۰/۲۹
C18	۰/۲۹
C16	۰/۲۹
C17	۰/۲۸
C21	۰/۲۸

ادامه جدول (۲) وزن‌دهی نهایی زیر معیارها بر اساس نظریه خبرگان افغانستانی



نمودار (۳) مقایسه وزن معیارها بر اساس نظریه خبرگان افغانستانی

نمودار (۳) مربوط به وزن نهایی گزینه‌ها از دیدگاه خبرگان افغانستانی بوده که در آن شاخص الزامات اقتصادی (O4) با وزن ۰/۲۶۸ در رتبه اول، معیار الزامات ثبات منطقه‌ای و سیاسی (O3) با وزن ۰/۲۵۶ در رتبه دوم، شاخص الزامات اجتماعی و فرهنگی (O2) با وزن ۰/۲۴۱ در رتبه سوم و شاخص توسعه پایدار زیست‌محیطی و اکولوژیکی (O1) با وزن ۰/۲۳۲ به ترتیب در رتبه آخر قرار گرفته است.



نمودار (۴) مقایسه زیر گزینه‌ها بر اساس نظریه خبرگان افغانستانی

جدول (۲) و نمودار (۴) نظریات خبرگان افغانستانی را در ارتباط به زیر معیارهای که در پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گرفته است، چنین بیان می‌کند که در آن زیر شاخص اشتغال‌زایی (C7) با وزن (۱) در اولویت اول، زیر معیار فقرزدایی (C8) با وزن ۰/۹۶۸ در اولویت دوم، زیر گزینه برقراری درآمدزایی اقتصادی (C6) با وزن ۰/۹۳۸ در اولویت سوم، برنامه‌ریزی بهینه جهت تولیدات کشاورزی (C5) با وزن ۰/۹۱۰ در اولویت چهارم، استفاده منصفانه،

پایدار و معقول (C1) با وزن ۰/۸۵۹ در اولویت پنجم، زیر شاخص تأمین پایداری اکولوژیکی و زیست‌محیطی (C12) با وزن ۰/۸۱۳ در اولویت ششم، حسن هم‌جواری و همگرایی دوطرفه (C3) با وزن ۰/۷۹۱ در اولویت هفتم، زیر معیار پیش نیازهای توسعه اقتصادی (C4) با وزن ۰/۷۵۲ در اولویت هشتم، برقراری حقابه (C9) با وزن ۰/۷۱۶ در اولویت نهم، زیر شاخص نفوس وابسته به حوزه آبی (C11) با وزن ۰/۷۰۰ در اولویت دهم، در اولویت چهل و نهم، اجرای طرح‌های توسعه‌ای محلی و منطقه‌ای (C16) با وزن ۰/۲۹۱ در اولویت پنجاهم، برقراری مواصلات تجاری (C17) با وزن ۰/۲۸۸ در اولویت پنجاه و یکم و در نهایت زیر معیار منافع ملی و منطقه‌ای (C21) با وزن ۰/۲۸۵ در اولویت آخر قرار گرفتند.

حالا اگر اولویت‌های دو کشور را از نظر خبرگان دسته‌بندی نماییم به این نتیجه خواهیم رسید که، ایران بیشتر بر مسائل زیست‌محیطی، از جمله مدیریت ریزگردها، عوامل جغرافیایی، تغییرات اقلیمی و برقراری حقابه تأکید دارد. ولی در مقابل افغانستان نسبت موجودیت مشکلات اقتصادی، شاخص اقتصادی همچون: اشتغال‌زایی، فقرزدایی، درآمدزایی اقتصادی در رتبه اول قرار گرفته که این مسئله بیشتر تأکید بر جنبه اقتصادی داشته که بیشتر ناشی از بیکاری، فقر و عدم دسترسی به خدمات رفاهی می‌باشد. ولی حوادث طبیعی و سیلاب، عدالت و برابری حقوقی، ایجاد و توسعه نظام‌های فنی، حقوقی و مبادله آب، گسترش بخش‌های غیرکشاورزی در اقتصاد روستاها، پایداری اکوسیستم جانوری و گیاهی، اولویت در توسعه و بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی، زیرزمینی، تغییر الگوی مصرف و صرفه‌جویی آب و تدوین نظام ارزیابی تخصیص، توسعه بازار آب بین دو کشور اولویت‌های مشترک در بین هر دو کشورند؛ زیر شاخص‌های مشترک را به‌طورکلی می‌توان چنین تفسیر کرد: هر دو طرف رودخانه هیرمند مردمان روستانشین بوده و در آمد اقتصادی‌شان بیشتر از طریق کشاورزی می‌باشد؛ ولی کشاورزی و آبیاری در این مناطق بیشتر به شیوه‌های سنتی بوده که در تناسب به آب استفاده شده بهره‌وری کمتری دارند و نیاز است جهت صرفه‌جویی و استفاده بهینه آب از روش‌های جدید آبیاری و کشاورزی مکانیزه همچنان تغییر الگوی کشت و گسترش بخش‌های غیرکشاورزی در اقتصاد روستاها و تخصیص آب به بخش‌های که در اولویت شان قرار دارد در نظر گرفته شود. اما آنچه که بیشتر به مشکلات این حوضه آبریز افزوده است، تغییرات اقلیمی و حوادث طبیعی است که موجب مشکلات زیست‌محیطی و کمبود آب شده از جانب دیگر نبود یک چارچوب حقوقی با معیارهای بین‌المللی مطابق نیازمندی‌های شرایط منطقه که خود سبب اختلافات موجود برسر آب شده و دامنه این کشمکش‌ها روزبه‌روز در حال افزایش است و در نهایت یکی از نقاط مشترک هر دو کشور در این پژوهش مطابق به یافته‌ها توسعه بازار آب بین دو کشور و مبادله آب است که در این زمینه می‌توان به نقش پروژه‌های مشترک همچون انتقال نفت و گاز و هم‌چنین راه‌های ترانزیت در برابر مازاد آب افغانستان اشاره کرد که زمینه‌ساز فرصت جلب همکاری دوطرفه و تأمین صلح پایدار و رفاه اجتماعی خواهد شد.

نتیجه گیری و ارائه پیشنهادها

در پژوهش حاضر که هدفمان تدوین راهبردهای توسعه همکاری‌های آبی ایران و افغانستان بود با استفاده از نرم‌افزار GRA solver اقدام به اولویت‌بندی معیارهای توسعه پایداری زیست‌محیطی و اکولوژیکی، الزامات اجتماعی و فرهنگی، الزامات ثبات منطقه‌ای و سیاسی همچنان الزامات اقتصادی و ۵۲ زیر معیار از نظر خبرگان ایرانی و افغانستانی کردیم، یافته‌های این پژوهش نشان داد که از نظر خبرگان ایرانی معیار الزامات اقتصادی (04) با وزن ۰/۲۷۲ در اولویت اول، معیار الزامات ثبات منطقه‌ای و سیاسی (O3) با ۰/۲۶۶ در اولویت دوم، الزامات اجتماعی و فرهنگی (O2) با وزن ۰/۲۳۹ در اولویت سوم و توسعه پایداری زیست‌محیطی و اکولوژیکی (O1) با وزن 0.221 در اولویت چهارم قرار گرفته‌اند. نتایج نهایی زیر شاخص‌ها از نظر خبرگان ایرانی که اولویت‌بندی گردیده‌اند، در آن مدیریت ریزگردها (C22) با وزن (۱) در اولویت اول، زیرمعیار منافع ملی و منطقه‌ای (C21) با وزن ۰/۹۶۸ در اولویت دوم، زیر معیار برقراری حقابه (C9) با وزن ۰/۹۳۷

در اولویت سوم، زیرگزینه تأمین پایداری اکولوژیکی و زیست‌محیطی (C12) با وزن ۰/۹۰۹ در اولویت چهارم، عوامل جغرافیایی و تغییرات اقلیمی (C10) با وزن ۰/۸۸۲ در اولویت پنجم، زیر شاخص فقرزدایی (C8) با وزن ۰/۸۵۷ در اولویت ششم، اشتغال‌زایی (C7) با وزن ۰/۸۳۲ در اولویت هفتم، زیر معیار درآمدزایی اقتصادی (C8) با وزن ۰/۸۱۰ در اولویت هشتم، برنامه‌ریزی بهینه جهت تولیدات کشاورزی (C5) با وزن ۰/۷۸۹ در اولویت نهم، حسن هم‌جواری و همگرایی دوطرفه (C3) با وزن ۰/۷۴۹ در اولویت دهم و به همین ترتیب زیر شاخص مهاجرت گروه‌های انسانی (C15) با وزن ۰/۲۸۵ در اولویت آخر قرار گرفته‌اند.

از دیدگاه خبرگان افغانستانی همچنان معیار الزامات اقتصادی (O4) با وزن 0.268 در اولویت اول، شاخص الزامات ثبات منطقه‌ای و سیاسی (O3) با وزن 0.256 در اولویت دوم، الزامات اجتماعی و فرهنگی (O2) با وزن 0.241 در اولویت سوم و شاخص توسعه پایداری زیست‌محیطی و اکولوژیکی (O1) با وزن 0.232 در اولویت آخر قرار گرفته‌اند. در گروه دومی که نتایج نهایی خبرگان افغانستانی است اشتغال‌زایی (C7) با وزن (۱) در اولویت اول، زیر معیار فقرزدایی (C8) با وزن ۰/۹۶۸ در اولویت دوم، زیر گزینه برقراری درآمدزایی اقتصادی (C6) با وزن ۰/۹۳۸ در اولویت سوم، برنامه‌ریزی بهینه جهت تولیدات کشاورزی (C5) با وزن ۰/۹۱۰ در اولویت چهارم، استفاده منصفانه، پایدار و معقول (C1) با وزن ۰/۸۵۹ در اولویت پنجم، زیر شاخص تأمین پایداری اکولوژیکی و زیست‌محیطی (C12) با وزن ۰/۸۱۳ در اولویت ششم، حسن هم‌جواری و همگرایی دوطرفه (C3) با وزن ۰/۷۹۱ در اولویت هفتم، زیر معیار پیش نیازهای توسعه اقتصادی (C4) با وزن ۰/۷۵۲ در اولویت هشتم، برقراری حقابه (C9) با وزن ۰/۷۱۶ در اولویت نهم، زیر شاخص نفوس وابسته به حوزه آبی (C11) با وزن ۰/۷۰۰ در اولویت دهم، عوامل جغرافیایی و تغییرات اقلیمی (C10) با وزن ۰/۶۸۴ در اولویت یازدهم، کمیت و کیفیت استاندارد آب (C2) با وزن ۰/۶۵۵ در اولویت دوازدهم، مهاجرت گروه‌های انسانی (C15) با وزن ۰/۶۴۱ در اولویت سیزدهم، امنیت و صلح پایدار اجتماعی (C13) با وزن ۰/۶۰۳ در اولویت چهاردهم، مسئولیت‌پذیری اجتماعی در بین کشاورزان محلی و منطقه‌ای (C37) با وزن ۰/۵۹۱ در اولویت پانزدهم قرار گرفته‌اند و همچنین زیر معیار منافع ملی و منطقه‌ای (C21) با وزن ۰/۲۸۵ در اولویت آخر قرار گرفته‌اند.

حال در راستای نتایج بدست آمده از تحقیق پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد:

- ☑ باتوجه‌به اینکه دریاچه هامون یکی از اصلی‌ترین منابع آبی منطقه سیستان در تمامی بخش‌ها (کشاورزی، صنعتی و شرب) می‌باشد، بنابراین مدیریت صحیح و همه‌جانبه در تعیین میزان آب ورودی و خروجی به این دریاچه و نحوه تخصیص آب به مصارف مختلف می‌تواند کمک زیادی به حفظ منابع آبی منطقه کند.
- ☑ از اینکه افغانستان محصور به خشکه بوده و برای دسترسی به آب‌های آزاد و بندرهای کشتیرانی برای واردات و صادرات کالا، بندر چابهار که باتوجه‌به روند رو به گسترش مبادلات تجاری و اقتصادی بین افغانستان، هند و ایران مسیر ترانزیتی خوبی برای این کشور بوده و افغانستان می‌تواند در ازای مازاد آب خویش به سمت ایران زمینه توافقنامه‌ی مشترکی بین دو کشور را فراهم کند.
- ☑ از اینکه کشاورزی سهم بالایی را در مصرف آب در دو طرف حوضه هیرمند دارد، پیشنهاد می‌شود جهت اشتغال‌زایی و بهبود اقتصاد روستاها بخش‌های غیرکشاورزی بکار گرفته شود.
- ☑ نیاز کشور ایران به آب حوضه هیرمند، به مانند نیاز افغانستان به انرژی به خصوص نفت و گاز و هم چنین راه‌های ترانزیتی و استفاده از بندرگاه‌ها بوده؛ بناءً شناسایی این نیازمندی‌های متقابل و تمرکز روی آن‌ها می‌تواند، آب را از وسیله‌ای برای منازعه خارج نموده و آنرا به عرصه‌ای برای همکاری و تعامل بدل نماید.
- ☑ هامون‌ها و گودرزی میراث مشترک و گران‌بهای طبیعی میان دو کشور می‌باشند که خشکیدن

آن‌ها یک فاجعه زیست‌محیطی با پیامدهای ناخواسته اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی فراوان به‌حساب می‌آید. پس برای هر دو کشور لازم است تا راه‌هایی را برای احیای دوباره آن‌ها جستجو کنند؛ اولین اقدام مشترک در این جهت می‌تواند انجام یک تحقیق مستقل و بی‌طرفانه با همکاری مؤسسات بین‌المللی در مورد عوامل و جستجوی راه‌های مقابله با آن باشد.

منابع

پیتلن، دکتر فرزاد، (۱۳۹۶)، اختلافات آبی در آسیای مرکزی: ماهیت، مبانی و مدل‌های همکاری و حل‌وفصل، فصلنامه تخصصی علوم سیاسی، سال سیزدهم، شماره سی و هشتم، بهار ۱۳۹۶.

تاتار، مریم، پاپزن، عبدالحمید، احمدوند، مصطفی، (۱۳۹۷)، مدیریت تضاد آب کشاورزی در حوزه آبخیز گاوشان: راهکارهای مبتنی بر راهبرد همکاری، علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، جلد: ۱۴.

رمضان طهماسبی ، رضا رجبی ثانی، (۱۳۸۵)، بهره‌برداری از منابع آب در بیابان، انتشارات مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی جهاد کشاورزی،.گروه منابع طبیعی، تهران.

روغنی، بردبار، فرشته پور، محمد، علیایی، محمدعلی، (۱۳۹۹)، هیدروپلیتیک آبخوان‌های فرامرزی: به‌سوی همکاری‌های کاربردی، فصلنامه ژئوپلیتیک - سال شانزدهم، شماره دوم. تابستان ۱۳۹۹. Scopus.

عراقچی، سید عباس، (۱۳۹۳)، دیپلماسی آب، از منازعه تا همکاری، فصلنامه سیاست جهانی، دوره سوم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳ صص ۱۱۹-۹۱.

فهیم، نجیب آقا، (۱۳۹۵)، آب، صلح و امنیت برای همه، هیدرور پلتیک افغانستان عاملی بالقوه برای صلح پروری، چاپ: نشاط گرافیک، کابل – افغانستان.

فهیم، نجیب، (۱۳۹۲)، آب عرصه تقابل منافع افغانستان با همسایگان، کابل، انتشارات عازم.

قندهاری، احمد، علوی‌مقدم، سید محمدرضا، عمرانیان خراسانی، حمید، (۱۳۹۵)، پیش‌بینی لزوم همکاری میان کشورهای حوضه هریرود بر اساس نظریه بازی، روش ارزش شاپلی، نشریه آب و توسعه پایدار، سال سوم، شماره ۱، شهریور ۱۳۹۵.

نسترنی عموقین، سعید، پرورش ریزی، عاطفه، میان آبادی، حجت، (۱۳۹۹)، مناقشه و همکاری، دوروی سکه در آب‌های فرامرزی، اولین همایش ملی آب، فرهنگ و پژوهش‌های علوم‌انسانی.

وزارت نیرو، گزارش‌های دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۳.

هوتکی، مریم، (۱۳۹۶)، آب، مدیریت و مشارکت، نگاهی فشرده به دشواری‌ها و راهکارهای منابع آبی در افغانستان، انتشارات عازم و پرنیان، چاپ اول، ۱۳۹۶.

Asit K. Biswas.2011. Cooperation or conflict in transboundary water management: case study of South Asia' Hydrological Sciences Journal – Journal des Sciences Hydrologiques.

Barua A. 2018. Water Diplomacy as an approach to regional cooperation in South Asia: A case from the Brahmaputra Basin' Journal of Hydrology.

Beatrice Mosello. 2015. Water in Central Asia: A Prospect of Conflict or Cooperation? Journal of Public and International Affairs.

Bellie Sivakumar.2011. Water crisis: From conflict to cooperation—an overview' Hydrological Sciences Journal – Journal des Sciences Hydrologiques.

Bouwer, H., Integrated water management: Emerging issues and challenges, Journal of agricultural water management, Vol. 45, No. 1, 217-228, and 2000 .

Dang, Y., Liu, S., and Mi., C. (2006) Multi-attribute grey incidence decision model for interval number. Kybernetes 35, 1265-1272.

Deng. J. L, The introduction of grey system, The Journal of Grey System, 1 (1) (1989) 1-24 Document to the FAO/Netherlands Conference on Water for Food and Ecosystems. Ministry of Dominic Mazvimavi, Zvikomborero Hoko, Lewis Jonker, Innocent Nhapi, Aidan Senzanje. (2008). Integrated Water Resources Management (IWRM) From Concept to Practice, Physics and Chemistry of the Earth.vol 33: Issues 8–13, 609–613 H.H.G. Savenije, P. Van de

Inga WINKLER.2015 conflict and cooperation over water – the role of the EU in ensuring the realization of human rights' DIRECTORATE – GENERAL FOR EXTERNAL POLICIES – POLICY DEPARTMENT.

Jacob D. Petersen-Perlman and Aaron T. Wolf. 2015. getting to the first hanshake: enhancing security by initiating cooperation in transboundary river basins' journal of the american water resources association.

Jacob D. Petersen-Perlman, Jennifer C. Veilleux & Aaron T. Wolf .2017. International water conflict and cooperation: challenges and opportunities' water international journal.

Kittikhoun and Staubli.2018. Water diplomacy and conflict management in the Mekong: from rivalries to cooperation' Journal of Hydrology.

Li, Y.P., Huang, G.H., Nie, S.L., 2006. An Interval-parameter Multi-stage Stochastic Programming Model for Water Resources Management under Uncertainty. Advances in Water Resources. 29. 776–789. 12

Li, Y.P., Huang, G.H., Zhou, H.D., 2009. A Multistage Fuzzy- Stochastic Programming Model for Supporting Water-Resources Allocation and Management. Environmental Modeling and Software. 24. 786-797.

Lin, Y.H. & Lee, P.C., & Chang, T.P., & Ting, H.I (2008). Multi-attribute group decision making model under the condition of uncertain information. Automation in Construction, 17 (6): 792-797.

Liu, S. F, Lin, Yi, Gray Information Theory and Practical Applications, Springer-Verlag London Limited, 2006.

Mikkel Funder' Carol Mweemba' Imasiku Nyambe' Barbara van Koppen' Helle Munk Ravnborg.2010. Undressing local water conflict and cooperation: The case of Nwmmwala District, Zambia' journal: Elsevier.

Moore, R.E., (1966) I evaluation, Environmental interval Analysis, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Sardar Shahraki A., Shahraki, J., Hashemi Monfared, S.A. (2019). An integrated water resources management considering agricultural demands and the assessment of different scenarios in Hirmand Catchment, Iran, Water Resources, 46: 308-317.

Sardar Shahraki A., Shahraki, J., Hashemi Monfared, S.A. (2018). Application of fuzzy technique for order-preference by similarity to ideal solution (ftopsis) to prioritize water resource development economic scenarios in Pishin catchment, International Journal of Business and Development Studies, 10(1): 77-94.

Sardar Shahraki, A., Aliahmadi, N., Safdari, M. (2018). A new approach to evaluate the economic efficiency and productivity of agriculture sector: The application of Window Data Envelopment Analysis (WDEA), Environmental Energy and Economic Research. 2(3): 145-160.