ISSN: 2538-4384; Geographical Researches. 2019;34(3):323-332. DOI: 10.29252/geores.33.2.323

GEOGRAPHICAL RESEARCHES JOURNAL

Barriers to Decision-Making about Water, Food and Energy Resources According to Climate Changes; Applying the Fuzzy Analytic Hierarchy Process Method

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Goodarzi MR.*[1] *PhD,*
Piryaei R.[2] *MSc,*
Moosavi MR.[2] *PhD*

How to cite this article
Goodarzi MR, Piryaei R, Moosavi MR. Barriers to Decision-Making about Water, Food and Energy Resources According to Climate Changes; Applying the Fuzzy Analytic Hierarchy Process Method. Geographical Researches. 2019;-34(3):323-332.

[1]Department of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Yazd University, Yazd, Iran
[2]Department of Civil, Faculty of Engineering, Ayatolah Boroujerdi University, Boroujerd, Iran

Correspondence
Address: Safaeiyeh, University Boulevard, Yazd University, Yazd, Iran
Phone: +98 (35) 31232222
Fax: +98 (35) 38200148
goodarzimr@yazd.ac.ir

Article History
Received: February 16, 2019
Accepted: August 28, 2019
ePublished: October 2, 2019

ABSTRACT

Introduction and Background The connections (Nexus) among Water, Food and Energy respresent a number of interdisciplinary and multi-sectoral complexities and challenges. Water, Food and Energy resources are affected by climate change. The present study aims at evaluating the impact of climate change on decision making regarding Water, Food and Energy using Fuzzy Analytic Hierarchy Process Method.

Methodology The main purpose of this research is to prioritize decision barriers using multi-criteria decision-making techniques. The purpose of the present study is in the field of applied research. Fuzzy hierarchical analysis technique was used to prioritize the elements. Questionnaires based on paired comparison from the experts' point of view were used for data collection.

Findings The results suggest that water resource is put in the first priority with the normal weight of 0.591, food with the normal weight of 0.304, and energy with the normal weight of 0.105 are in the second and third priority respectively. Furthermore, a new approach to the integrated management of sustainable development is recognized as the most important barrier to making decisions on the measures of water, food and energy with the normal weights of 0.256, 0.261 & 0.292. The last important barriers are identified as cooperation and communication, the nature of response to communicational shocks, and cooperation and communication with the normal weights of 0.069, 0.087 and 0.071, respectivelly. With respect to the final prioritization, the new approach to the integrated management of sustainable development and the measure of cooperation and communication are acknowledged as the most and least important barriers, respectively, with the normal weights of 0.292 and 0.071.

Conclusion water, food and energy resource are ranked first, second and third respectively. The most important barrier for decision making regarding water, food and energy was "the new approach for managing and organizing considering sustainable development" and the least important one is "communication and collaboration".

Keywords Climate Changes; Barriers to Decision-Making; Fuzzy AHP Hierarchical Method; Water-Energy-Food Nexus

CITATION LINKS

[Audet; 2014] The double hermeneutic of sustainability ...; [Biggs, et al; 2015] Sustainable development and the water-energy ...; [Cai, et al; 2018] Understanding and managing the food-energy ...; [Ely, et al; 2013] Innovation politics post-Rio+20: Hybrid ...; [Endo, et al; 2017] A review of the current state of ...; [Hallegatte, et al; 2015] Shock waves: Managing the impacts ...; [Hoff H; 2011] Understanding the ...; [Howarth & Monasterolo; 2016] Understanding barriers to decision ...; [Hsiang, et al; 2011] Civil conflicts are associated with ...; [Hussey & Pittock; 2012] The energy-water nexus: Managing the ...; [International Energy Agency; 2011] World energy outlook ...; [Intergovernmental Panel on Climate Change; 2014] Climate change 2014: Synthesis report: Longer ...; [Kahraman & editor; 2008] Fuzzy multi-criteria decision making: Theory ...; [Kelley, et al; 2015] Climate change in the Fertile ...; [Kurian & Ardakanian; 2014] Institutional arrangements and ...; [Leach, et al; 2012] Transforming innovation for ...; [Lee, et al; 2011] Population aging and the generational ...; [Meybeck, et al; 2012] Building resilience for adaptation to ...; [Millennium Ecosystem Assessment; 2005] Ecosystems and human well ...; [Münchener Rück Stiftung; 2012] Natural catastrophes 2011: Analyses, ...; [OECD; 2012] OECD environmental outlook to 2050: The ...; [Philip, et al; 2011] Decision making in a changing ...; [Rasul; 2014] Food, water, and energy security in ...; [Rasul & Sharma; 2016] The nexus approach to water-energy-food security: An ...; [Rees & Wackernagel; 1996] Urban ecological footprints: Why ...; [Roberts & Finnegan; 2013] Building Peace around water, land and food: Policy ...; [Smajgl, et al; 2016] The water-food-energy Nexus-Realising a new ...; [Smith, et al; 2014] Agriculture, forestry and other land ...; [Teng & Tzeng; 1998] Transportation investment project selection with ...; [The World Economic Forum Water Initiative; 2011] Water security: The water-food-energy ...; [World Bank Group; 2013] Turn down the heat: Climate ...; [World Business Council for Sustainable Development; 2014] Co-optimizing Solutions: Water and ...; [Yumkella & Yillia; 2015] Framing the water-energy nexus for the ...;

Copyright© 2018, ASP Ins. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

موانع تصمیم‌گیری در خصوص منابع آب، غذا و انرژی با توجه به تغییرات اقلیمی؛ کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

محمدرضا گودرزی* PhD
گروه عمران، دانشکده عمران، دانشگاه یزد، یزد، ایران
رضا پیریایی MSc
گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آیت‌اله بروجردی، بروجرد، ایران
میررحیم موسوی PhD
گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آیت‌اله بروجردی، بروجرد، ایران

چکیده
اهداف و زمینه‌ها: ارتباطات آب، غذا و انرژی دارای پیچیدگی‌ها و چالش‌های بین‌رشته‌ای و چندوجهی است. منابع آب، غذا و انرژی از تغییرات اقلیمی تأثیر می‌گیرند. این مطالعه به‌منظور بررسی تاثیر تغییرات اقلیمی بر تصمیم‌گیری در خصوص منابع آب، غذا و انرژی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی انجام شد.
روش‌شناسی: هدف اصلی از انجام این پژوهش اولویت‌بندی موانع تصمیم‌گیری با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است. پژوهش حاضر از نظر هدف در حیطه تحقیقات کاربردی است. برای تعیین اولویت عناصر از تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده شد. برای گردآوری داده‌ها از پرسش‌نامه مبتنی بر مقایسه زوجی از دیدگاه خبرگان استفاده شد.
یافته‌ها: منبع آب، با وزن نرمال ۰/۵۹۱ در اولویت نخست، منبع غذا با وزن نرمال ۰/۳۰۴ و منبع انرژی با وزن نرمال ۰/۱۰۵ در اولویت دوم و سوم قرار داشتند. همچنین مهم‌ترین مانع تصمیم‌گیری نسبت به معیار آب، غذا و انرژی با وزن‌های نرمال ۰/۲۵۶، ۰/۲۶۱ و ۰/۲۹۲ گزینه رویکرد جدید برای مدیریت و اداره یکپارچه با توجه به توسعه پایدار شناخته شد. کم‌اهمیت‌ترین مانع تصمیم‌گیری برای معیار آب، غذا و انرژی به ترتیب گزینه ارتباط و همکاری با وزن نرمال ۰/۰۶۹، ماهیت پاسخ به شوک‌های ارتباطی با وزن نرمال ۰/۰۸۷ و ارتباط و همکاری باوزن نرمال ۰/۰۷۱ بود. باتوجه به اولویت‌بندی نهایی گزینه رویکرد جدید برای مدیریت و اداره یکپارچه با توجه به توسعه پایدار با وزن نرمال ۰/۲۹۲ و ارتباط و همکاری با وزن نرمال ۰/۰۷۱ بااهمیت‌ترین وکم اهمیت‌ترین مانع شناخته شدند.
نتیجه‌گیری: منبع آب در اولویت نخست، منبع غذا در اولویت دوم و منبع انرژی در اولویت سوم قرار دارند. مهم‌ترین مانع تصمیم‌گیری نسبت به معیار آب، غذا و انرژی، "رویکرد جدید برای مدیریت و اداره یکپارچه با توجه به توسعه پایدار" و کم‌اهمیت‌ترین مانع "ارتباط و همکاری" است.

کلیدواژه‌ها: تغییرات اقلیمی، موانع تصمیم‌گیری، تحلیل سلسله مراتبی فازی، نکسوس آب/غذا/انرژی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۰۶
*نویسنده مسئول: goodarzimr@yazd.ac.ir

مقدمه

ایده ارتباط آب، غذا و انرژی به صورت جدی از کنفرانس نکسوس بون سال ۲۰۱۱ ارایه شده وقتی که دولت فدرال آلمان، کنفرانس بین‌المللی سازمان‌یافته "راه‌حل‌های امنیت رویکرد آب، غذا و انرژی برای اقتصاد سبز" را به منظور کمک به کنفرانس سازمان ملل متحد در مورد توسعه پایدار برگزار کرد (ریو ۲۰+). *هاف* گزارشی را برای کنفرانس تهیه کرد که براساس آن مفهوم آب، غذا و انرژی در جامعه جهانی در پاسخ به تغییرات آب‌وهوایی و تغییرات در سطح اجتماع از جمله رشد جمعیت، توسعه شهری و رشد اقتصادی را شاهد هستیم [Hoff, 2011]. عوامل ذکر شده باعث فشار بر منابع آب، غذا و انرژی می‌شود و جامعه را با تجربه‌های جدید و افزایش درگیری‌ها میان این منابع که تعاملات پیچیده‌ای دارند، ارایه می‌دهد [Levin, 2011].

در حال حاضر (۱۳۹۸) با توجه به رشد اقتصادی تقاضای جهانی برای منابع آب، غذا و انرژی در حال افزایش است [Marchal *et al*, 2012]. پیش‌بینی می‌شود تا بیست سال آینده تقاضای جهانی آب به ٤٠% حال حاضر [Audet, 2014]، تقاضای جهانی انرژی نیز به ٤٠% افزایش دارد [Birol, 2010] همچنین انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰ درخواست غذا به میزان ٦٠% افزایش یابد [Borgia *et al*, 2014].

شهرها به‌طور خاص مصرف‌کننده بیش از حد منابع طبیعی هستند [Rees & Wackernagel, 1996] و جمعیت شهرهایی که در حال رشد هستند تا سال ۲۰۵۰ در حدود ۷۰% جمعیت جهان را تشکیل خواهند داد [Lee & Mason, 2011]. الگوی نادرست کنونی بیش از حد مصرف منابع طبیعی باعث شده در آب و هوا تغییرات خطرناکی ایجاد شود [Team *et al*, 2014]. استفاده بهینه، مناسب و عادلانه از منابع طبیعی برای آینده صلح‌آمیز ضروری است [Roberts & Finnegan, 2013]. حال برای جلوگیری از فجایع تغییرات اقلیمی باید روش‌های جدیدی در نظر گرفت. برای این منظور باید با توجه به توسعه شهرنشینی، موانع پیش‌رو را با توجه به تغییرات آب‌وهوایی در نظر گرفت تا برنامه‌ریزی‌های آتی دقیق و به‌طور کامل صورت گیرند.

جامعه جهانی به دنبال ارایه راه‌حل‌ها و روش‌های جدید برای انطباق با تغییرات آب‌وهوایی، چالش‌های توسعه از قبیل آب، غذا و انرژی است. بیانیه ریو ۲۰+ "ما آینده می‌خواهیم" تأکید بر یکپارچه‌سازی یک اندازه نگرانی‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است و نیز نیاز به توجه به امنیت آب، غذا و انرژی را به‌طوری که اثرات نامطلوب بر طبیعت را کاهش دهد. می‌توان گفت یکی از بزرگترین چالش‌هایی که بشر با آن روبروست، چگونگی کنترل گرم‌شدن کره زمین و کاهش اثرات نامطلوب بر منابع طبیعی و انسانی است. این چالش در برنامه‌های توسعه و بین‌الملل به عنوان یک اولویت محسوب می‌شود، همچنین سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی یک اولویت جهانی برای کشورهای در حال توسعه است که در بخش‌های مهم و حساس مانند کشاورزی، شیلات و غیره ظرفیت محدودی دارند [Levin, 2011] توسعه پایدار با چالش‌های جهانی مانند تغییرات آب‌وهوایی، بی‌ثباتی منابع مالی و ناخالص اقتصادی، رشد سبز، رشد شهرنشینی و نابرابربودن درآمدها روبرو است و به شدت با منابع آب، غذا و انرژی در ارتباط هستند [Biggs *et al*, 2015; Initiative, 2010; Smajgl *et al*, 2016]. این منابع محدود هستند، در حال حاضر (۱۳۹۷)، سیستم‌های انسانی مانند سرعت برداشت آب، سریع‌تر از آنچه است

که می‌توان برداشت کرد [Meybeck *et al,* 2012]. فعالیت‌هایی‌که توسط انسان صورت می‌گیرد اثرات ویران‌کننده‌ای بر اکوسیستم‌ها دارد [Assessment, 2005] و به چالش‌هایی که در سطح جهان اتفاق می‌افتد، مانند تغییرات آب‌وهوایی کمک می‌کند [Smith *et al*, 2014]. مدارک نشان‌دهنده تأثیرات منفی بر توسعه اجتماعی و اقتصادی بر پیشرفت آسیب‌پذیری و فقر جهانی است [Schellnhuber *et al*, 2013]. افزایش عدم قطعیت در مورد امنیت آب و انرژی و نوسانات زیاد در قیمت مواد غذایی و انرژی، پدیدآورنده خطر ناآرامی‌های اجتماعی و بی‌ثباتی در سیاست می‌شود [Hsiang *et al*, 2011; Kelley *et al*, 2015]. اینها به اندازه خود باعث بالا رفتن هزینه‌های اجتماعی و اقتصادی، هزینه‌های شوک‌های مرتبط مانند سیل، خاموشی انرژی و ناپایداری در مزارع می‌شود [Hallegatte *et al*, 2015; Re, 2012].

رسول و شارما [Rasul & Sharma, 2016] در تحقیقی به بررسی رویکرد ارتباطی با امنیت آب، غذا و انرژی، گزینه‌ای برای سازگاری با تغییرات اقلیمی پرداختند. آنها یافتند که رویکرد نکسوس (Nexus) ممکن است در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در سطح ملی برای حمایت پایدار از انطباق با حداکثرسازی همکاری و به حداقل رساندن تجارت منابع و افزایش انسجام سیاسی در سه بخش کمک کند. *هوارته و مونستارلو* [Howarth & Monasterolo, 2016] در تحقیقی به بررسی فرصت برای افزایش دانش در رویکرد انرژی، غذا و آب: ایجاد رویکردهای بین رشته‌ای برای تصمیم‌گیری بهتر در مورد شرایط اقلیمی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان دهنده فرصت‌هایی برای ایجاد انعطاف‌پذیری به شوک‌های آب و هوایی در رویکرد ارتباطات آب، غذا و انرژی بود و همانطور عوامل که توسط مشارکت‌کنندگان شناسایی شد، عبارت بودند از: درک عوامل محیطی که به کاهش شوک‌های ارتباطی، تفکر استراتژیک براساس درک از تصویر بزرگ‌شده شوک‌های ارتباطی کمک می‌کند. *زیمینگ* و همکاران [Cai *et al,* 2018] در تحقیقی به درک و مدیریت ارتباطات آب، انرژی و مواد غذایی، فرصت تحقیق در زمینه منابع آب پرداختند. چشم‌انداز آنها با فرایندهای WEF مرتبط، روابط ورودی و خروجی و نهادها و همپوشانی زیرساخت‌ها مشخص می‌شود. در فرایندها، سیستم‌ها، فناوری‌ها، زیرساخت‌ها و سیاست‌های کوچک بررسی شد و مسیرهایی را برای محققان آب برای به اشتراک‌گذاشتن نقاط قوت در جوامع وسیع WEF در حوزه غذا و انرژی شناسایی کردند

این چالش‌ها و شوک‌های پیچیده نیازمند نوآوری‌های پایدار و تغییرات است [Ely *et al*, 2013; Leach *et al*, 2012]. خطرات و پیامدهای ناشی از مدیریت اشتباه منابع آب، غذا و انرژی، مسایل اجتماعی قابل توجهی را مانند توسعه پایدار، اقتصاد سبز، سرمایه‌های طبیعی، اداره محیط زیست و خدمات اکوسیستم ایجاد کرده است [Yumkella & Yillia, 2015]. شوک‌های ارتباطی به صورت احتمال کم، حوادث کم ولی با اثرگذاری شدید (به لحاظ ضررهای اقتصادی و اجتماعی) که دربرگیرنده سیستم‌های آب، انرژی و غذا هستند، در نظر گرفته می‌شوند [Endo *et al*, 2017; Howarth & Monasterolo, 2016]. این شوک‌ها در کشورها تأثیرگذار هستند که باید پیچیدگی و ارتباط آنها درک شود و با ادغام این پیامدها در فرآیندهای تصمیم‌گیری پیچیده می‌شوند [Hussey & Pittock, 2012].

آب، انرژی و امنیت غذایی در سطح جهانی را می‌توان از طریق یک رویکرد ارتباطی به دست آورد، رویکردی که مدیریت و حاکمیت را در سراسر بخش‌ها و مقیاس‌ها ادغام می‌کند. این رویکرد می‌تواند از انتقال به اقتصاد سبز حمایت کند که هدف آن، در میان سایر موارد، در بهره‌وری استفاده از منابع و انسجام سیاست بیشتر است. با توجه به افزایش ارتباطات بین بخش‌ها در فضا و زمان، کاهش نگرانی اقتصادی، اجتماعی و محیطی منفی می‌تواند کارایی کلی منابع را افزایش دهد، مزایای بیشتری را تأمین کند و حقوق بشر را برای آب و غذا تأمین کند. در یک رویکرد مبتنی بر رابطه، سیاست‌گذاری و تصمیمی متداول در سیلوها به این ترتیب رویکردی را که سبب کاهش ترکیبات و ایجاد همکاری در میان بخش‌ها می‌شود، متوقف می‌کند. اتحادیه اروپا با همکاری وزارت همکاری و توسعه فدرال آلمان و موسسه تحقیقاتی سیاست بین‌المللی غذا، WWF و انجمن جهانی تجارت یک منبع اینترنتی را بر این نگرانی ایجاد کرده‌اند [Kurian & Ardakanian, 2013] که رویکرد نکسوس نیاز به یک راه‌حل یکپارچه دارد [Rasul, 2014].

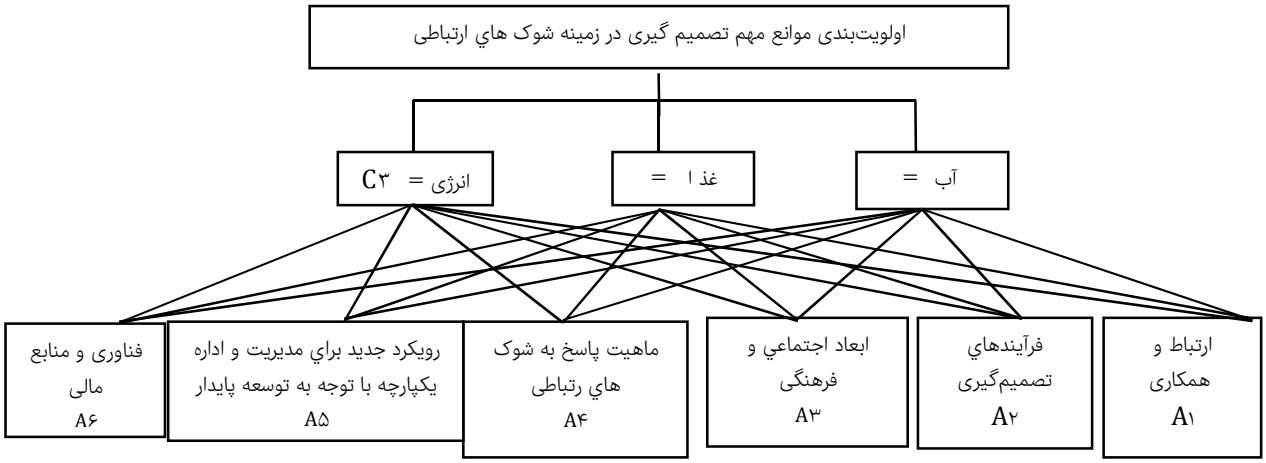
اخیراً در سطح جهانی وقایع فاجعه‌آمیز برای زندگی انسان (مانند سیل و خشکسالی) مشاهده شده است که امنیت در این شوک‌ها وجود ندارد. بنابراین رسیدگی به این چالش‌ها و شوک‌های ارتباطی برای دستیابی به منابع آب، غذا و انرژی برای جمعیت جهانی که در حال رشد و تغییر الگوی مصرف است، ضروری است. شوک‌های ارتباطی ممکن است عواقب ناگواری را در پی داشته باشند، به نظر می‌رسد تصمیم‌گیری در این زمینه بسیار مهم و حیاتی باشد تا اقدامات به طور کامل و به درستی انجام شوند. محققان و دانشمندان زیادی به بررسی روابط بین منابع آب، غذا و انرژی پرداخته‌اند و چون این رویکرد در ایران مورد توجه ذینفعان و پژوهشگران قرار نگرفته و در سطح جهانی مطالعات بسیاری تنها به روابط بین منابع آب، غذا و انرژی مختص شده است در این پژوهش لازم دانسته شد، با توجه به مهم‌بودن منابع آب، غذا و انرژی برای رشد جمعیت جهانی و عمدتاً مناطق شهری که رشد سریعی دارند، به شناخت موانع تصمیم‌گیری در زمینه شوک‌های ارتباطی پرداخته شد. اولویت‌بندی این موانع به روش تحلیل سلسله مراتبی (Analytic Hierarchy Process; AHP) فازی انجام می‌شود زیرا استفاده از مجموعه‌های فازی، سازگاری بیشتری با توضیحات زبانی و بعضاً مبهم انسانی دارد و بنابراین بهتر است که با استفاده از مجموعه‌های فازی (بکارگیری اعداد فازی) به پیش‌بینی بلندمدت و تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت و مهم‌ترین مانع شناسایی شود. هدف اصلی این پژوهش شناسایی موانع تصمیم‌گیری در زمینه منابع آب، غذا و انرژی با توجه به تغییرات اقلیمی است که در آینده در شهر بروجرد اتفاق خواهد افتاد. موانع شناسایی شد و با

روش AHP فازی اولویت‌بندی شدند تا مهم‌ترین موانع شناسایی و تصمیم‌گیری‌هایی که اتخاذ می‌شود کامل و به درستی برنامه‌ریزی و اجرا شوند.

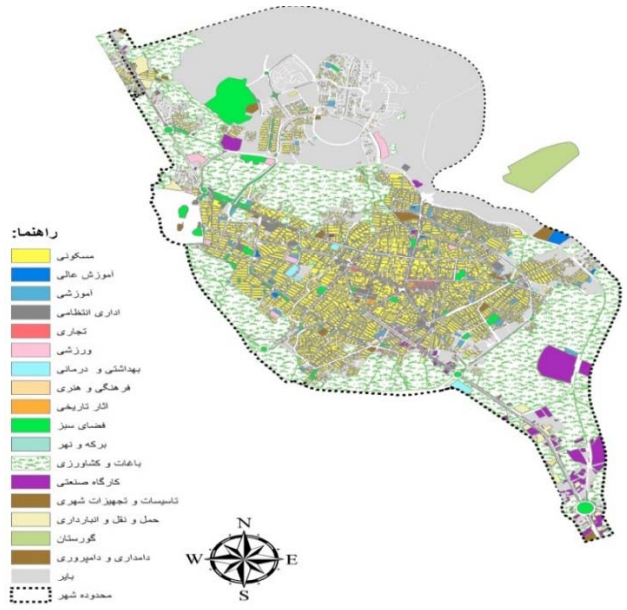
روش‌شناسی

هدف اصلی از انجام این پژوهش اولویت‌بندی موانع تصمیم‌گیری با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است، بنابراین می‌توان گفت پژوهش حاضر از نظر هدف در حیطه تحقیقات کاربردی است. برای تعیین اولویت عناصر از تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده شد. برای گردآوری داده‌ها از پرسش‌نامه مبتنی بر مقایسه زوجی از دیدگاه خبرگان استفاده شد. اگرچه افراد خبره از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی خود برای انجام مقایسات استفاده می‌نمایند، اما باید به این نکته توجه داشت که فرآیند سنتی کمی‌سازی دیدگاه افراد، امکان انعکاس سبک تفکر انسانی را بطور کامل ندارد. به عبارت بهتر، استفاده از مجموعه‌های فازی، سازگاری بیشتری با توضیحات زبانی و بعضاً مبهم انسانی دارد و بنابراین بهتر است که با استفاده از مجموعه‌های فازی (بکارگیری اعداد فازی) به پیش بینی بلندمدت و تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت [Howarth & Monasterolo, 2016].

در گام نخست معیارها و گزینه‌ها شناسایی و انتخاب شد. معیارهای اصلی مطالعه عبارتند از: آب، غذا و انرژی که در شکل ۱ با نمادهای C۱، C۲ و C۳ نشان داده شده‌اند. شش گزینه براساس این سه معیار مورد مقایسه زوجی قرار گرفته‌اند که عبارتند از: ارتباط و همکاری، فرآیندهای تصمیم‌گیری، ابعاد اجتماعی و فرهنگی، ماهیت پاسخ به شوک‌های ارتباطی، رویکرد جدید برای مدیریت و اداره یکپارچه با توجه به توسعه پایدار، فناوری و منابع مالی که در شکل ۱ با نمادهای A۱، A۲، A۳، A۴، A۵ و A۶ نشان داده شده‌اند. دیدگاه تعدادی از خبرگان برای هریک از معیارها و زیرمعیارها گردآوری شد. در این پژوهش برای تعیین وزن معیارها و شاخص‌های مدل از تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد. الگوی معیارها و زیرمعیارهای مدل با استفاده از تکنیک AHP در شکل ۲ ترسیم شد.



شکل ۱) الگوی سلسله‌مراتب پژوهش



شکل ۲) نقشه کاربری شهرستان بروجرد به تفکیک فضاها

در این تحقیق برای شناسایی معیارها و گزینه‌ها از ادبیات پژوهش، مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه‌های تخصصی استفاده شد. برای رتبه‌بندی معیارها و گزینه‌ها از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل AHP با رویکرد فازی استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از محیط نرم‌افزار اکسل استفاده شد در این مطالعه نیز برای فازی‌سازی دیدگاه خبرگان از اعداد فازی مثلثی استفاده شد. یعنی هم تکنیک دلفی (شناسایی) و هم تکنیک AHP (رتبه‌بندی) با رویکرد فازی صورت خواهد گرفت تا کمترین خطایی در کار وجود داشته باشد. در این مطالعه معیارهای اصلی و عناصر هریک از معیارهای اصلی با استفاده از مقایسه زوجی تعیین اولویت شده‌اند. برای این منظور از طیف نه درجه ساعتی استفاده شده است. روند تحلیل به صورت زیر است:

۱- مقایسه زوجی معیارهای اصلی براساس هدف و تعیین وزن معیارهای اصلی

۲- مقایسه زوجی گزینه‌ها براساس هر معیار

۳- تعیین وزن نهایی گزینه‌ها

برای مقایسه زوجی عناصر از مقیاس نه درجه ساتی استفاده شد. مقیاس نه درجه ساتی توسط توماس ساعتی واضع تئوری تحلیل سلسله‌مراتبی ارایه شده است. همچنین در این مطالعه برای کمی‌کردن مقادیر از رویکرد فازی استفاده شد. بنابراین طیف فازی ساعتی مورد استفاده قرار گرفته است.

استان لرستان به دلیل واقع‌شدن در بستر پیشکوه‌های داخلی «زاگرس» و دارا بودن آب و هوای متنوع، رودهای پرآب و چند ناحیه مستعد کشاورزی ازجمله دشت «سیلاخور» دارای شرایط یاد شده است. دراین بخش از پهنه سرزمین ایران، دو نقطه شهری از دیرباز دارای شرایط مناسب جمعیت‌پذیری بوده‌اند. این دو عبارتنداز «خرم-آباد» مرکز سیاسی استان و «بروجرد» دومین شهر بزرگ استان لرستان. شهرستان بروجرد یکی از شهرستان‌های استان لرستان محسوب می‌شود. شهرستان بروجرد در حدود ۵/۷% از سطح کل استان لرستان را به خود اختصاص داده است. این شهرستان که در شمال استان واقع شده، دارای موقعیت جغرافیایی °۴۸ ′۴۵ طول شرقی °۳۳ ′۵۳ عرض شمالی است. وسعت شهر بروجرد در چارچوب محدوده قانونی آن بالغ بر ۳۵۵۰/۹۸ هکتار و جمعیت ساکن در این شهر بر اساس نتایج حاصل از نمونه‌گیری جمعیتی انجام شده توسط مهندسین مشاور امکو در سال ۱۳۹۰ بالغ بر ۲۴۰۶۵۲ نفر بوده است، در نتیجه عدد تراکم جمعیتی شهر که حاصل پراکنش جمعیت بر سطح معین تعریف شده آن است در سال یاد شده نزدیك به ۶۵/۰۵ نفر در هکتار می‌شود که تراکمی پایین است و نشانگر رشد و گسترش افقی شهر است. در این پژوهش شهر بروجرد به عنوان محدوده مطالعاتی مورد استفاده قرار گرفت.

تغییر اقلیم

در این پژوهش، از خروجی مدل HADGEM2 تحت دو سناریوی انتشار RCP2.6 و RCP8.5 مربوط به پنجمین گزارش ارزیابی هیئت بین الدول تغییر اقلیم، استفاده شد. این مجموعه داده‌ها آزادانه از طریق مرکز توزیع داده که توسط IPCC در سال ۱۹۹۸ شکل گرفته، قابل دسترسی هستند. جهت دسترسی به داده‌های مربوط به منطقه مطالعاتی در دوره‌های ۲۰ ساله پایه و آتی، با واردکردن مختصات مکانی موقعیت مورد نظر و همچنین طول آماری مورد نیاز سری‌های زمانی دما و بارش در دوره پایه (۲۰۰۵-۱۹۸۶) و دوره آتی (۲۰۳۹-۲۰۲۰)، خروجی ماهانه این متغیرها در دو دوره زمانی به دست می‌آید. جهت اجرای اولیه مدل LARS-WG ابتدا دو فایل ورودی آماده شد، که یک فایل شامل نام، عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی و ارتفاع مربوط به ایستگاه اندازه‌گیری داده‌های هواشناسی است و فایل دیگر شامل داده‌های هواشناسی ورودی به مدل که به‌ترتیب از سال کم به زیاد مرتب شده و محتوی سال، شماره روز، حداقل دما، حداکثر دما، بارش و ساعات آفتابی (دلخواه) روزانه است.

دیدگاه Nexus

دیدگاه ارتباطی، درک وابستگی‌های متقابل در بخش‌های آب، انرژی و غذا را افزایش می‌دهد و سیاست‌ها را در نگرانی‌های دیگر مانند آب و هوا و تنوع زیستی تحت تأثیر قرار می‌دهد. چشم‌انداز ارتباطی به حرکت به جلو از سیلوها و برج‌های عاج کمک می‌کند که راه‌حل‌های بین رشته‌ای را کنار بگذارند، در نتیجه فرصت‌هایی برای پاسخ‌های دو طرف سودمند و افزایش پتانسیل همکاری بین و در میان تمام بخش‌ها فراهم می‌شود. هر کس در تمام رشته‌ها باید فکر کند و از دیدگاه ارتباطات به منظور تحقق بخشیدن به تأثیر کامل همکاری مستقیم و غیر مستقیم که می‌تواند منجر به عمل شود.

درک عمیق از ارتباط، چارچوب آگاهانه و شفاف را فراهم می‌کند که برای پاسخگویی به افزایش تقاضای جهانی می‌باید، بدون اینکه مانع از پایداری شود. رویکرد Nexus نیز به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد سیاست‌ها، استراتژی‌ها و سرمایه‌گذاری‌های مناسب را برای کشف و بهره‌برداری از همکاری، شناسایی و کاهش تلفات در میان اهداف توسعه مرتبط با امنیت آب، انرژی و مواد غذایی به تصمیم گیرندگان برساند. مشارکت فعال میان سازمان‌های دولتی، بخش خصوصی و جامعه مدنی برای جلوگیری از عواقب ناخواسته ضروری است. یک رویکرد ارتباطی واقعی می‌تواند تنها با همکاری نزدیک تمام حامیان از همه بخش‌ها به دست آید. در حالی که فرصت‌های ارایه شده توسط چشم‌انداز ارتباطات و منافع اجتماعی، محیط زیست و اقتصادی و در نتیجه واقعی هستند. پیاده‌سازی نیازمند سیاست‌های درست، انگیزه‌ها و تشویق‌ها، نهادها و رهبران است که به این وظیفه و همچنین چارچوبی که توانمندسازی تحقق اطلاعات را داشته باشد. سرعت بخشیدن به دخالت بخش خصوصی از طریق ایجاد و ترویج کسب و کار برای هر دو پایداری و ارتباط به تغییر محرک و رسیدن به مقیاس ضروری است. دیدگاه Nexus می‌تواند یک گزینه برای سازگاری با تغییرات اقلیمی باشد [Rasul & Sharma, 2016].

یافته‌ها

خروجی مدل‌های اقلیمی

تغییرات بارش در ماه‌های فصل زمستان از ژانویه تا مارس در سناریو RCP2.6 به صورت افزایشی، ولی در سناریو RCP8.5 کاهشی خواهد بود و تا ۲۰% کاهش را تجربه خواهد کرد. در ماه‌های فصل بهار، این دو سناریو تغییرات مشابه خواهند داشت و در شرایط نسبتاً برابر با دوره پایه قرار خواهند گرفت. در فصل تابستان هردو سناریو تا ۴۰% کاهش را تجربه خواهند کرد. در طی فصل پاییز سناریو RCP2.6 تا ۲۰% افزایش بارش و سناریو RCP8.5 حدود ۱۰% کاهش را تجربه خواهند کرد. با توجه به تغییرات دمای کمینه در هر دو سناریو حداقل ۱/۵ درجه افزایش دما اتفاق خواهد افتاد. بیشترین افزایش دما در ماه‌های فصل پاییز اتفاق خواهد افتاد و تا ۲/۵ درجه افزایش در ماه اکتبر را نشان داد. سناریو RCP2.6 به‌طور متوسط ۰/۵ درجه کمتر از سناریو RCP8.5 افزایش دما را پیش‌بینی کرده است. تغییرات دمای بیشینه نشان‌دهنده افزایش حداقل ۲ درجه‌ای دما در هردو سناریو است. برای این پارامتر اقلیمی در فصل زمستان بیش از ۲/۵ درجه افزایش دما در سناریو RCP8.5 و در فصل پاییز نزدیک به ۳ درجه افزایش دما را نشان داد.

تعیین اولویت معیارهای اصلی براساس هدف

برای انجام تحلیل سلسله‌مراتبی نخست معیارهای اصلی براساس هدف بصورت زوجی مقایسه شده‌اند. مقایسه زوجی بسیار ساده است و تمامی عناصر هر خوشه باید به صورت دو به دو مقایسه شوند. بنابراین اگر در یک خوشه n عنصر وجود داشته باشد از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\frac{n(n-1)}{2} \qquad (6)$$

چون سه معیار وجود دارد بنابراین تعداد مقایسه‌های انجام شده برابر است با $\frac{3(3-1)}{2}$. بنابراین سه مقایسه زوجی از دیدگاه گروهی از خبرگان انجام شد. دیدگاه خبرگان با استفاده از مقیاس فازی کمی شد. ابتدا دیدگاه خبرگان با طیف نه درجه ساعتی گردآوری شده است. سپس دیدگاه خبرگان فازی سازی شد. برای تجمیع دیدگاه خبرگان در روش AHP فازی از روش میانگین هندسی استفاده شد. ماتریس مقایسه زوجی براساس میانگین هندسی فازی دیدگاه خبرگان تنظیم شد. این ماتریس که با نماد $\tilde{X}$ نمایش داده می‌شود در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱) ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی

	C۱	C۲	C۳
C۱	(۱ ,۱ ,۱)	(۳/۴۳ ,۴ ,۴/۶۳)	(۳/۳۷ ,۳/۸۲ ,۴/۲۵)
C۲	(۰/۲۲ ,۰/۲۵ ,۰/۲۹)	(۱ ,۱ ,۱)	(۲/۷۴ ,۳/۳۱ ,۳/۸۲)
C۳	(۰/۲۴ ,۰/۲۶ ,۰/۳)	(۰/۲۶ ,۰/۳ ,۰/۳۷)	(۱ ,۱ ,۱)

پس از تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی به دست آمده، بردار ویژه محاسبه گردید. ابتدا بسط فازی هر سطر محاسبه می‌شود. هر درایه ماتریس مقایسه زوجی $\tilde{X}$ به صورت $\tilde{x}_{ij}$ نمایش داده می‌شود. بسط فازی هر سطر نیز با نماد $\tilde{S}_i$ نمایش داده شده است. بنابراین بسط فازی عناصر هر سطر به صورت زیر خواهد بود:

(۱,۱,۱) ⊕ (۳/۴۳,۴,۴/۶۳) ⊕ (۳/۳۷,۳/۸۲,۴/۲۵) = (۷/۸۱,۸/۸۲,۹/۸۸)

(۰/۲۲,۰/۲۵,۰/۲۹) ⊕ (۱,۱,۱) ⊕ (۲/۷۴,۳/۳۱,۳/۸۲) = (۳/۹۵,۴/۵۶,۵/۱۲)

(۰/۲۴,۰/۲۶,۰/۳) ⊕ (۰/۲۶,۰/۳,۰/۳۷) ⊕ (۱,۱,۱)=(۱/۵,۱/۵۶,۱/۶۶)

بسط فازی ترجیحات هریک از معیارهای اصلی به صورت زیر خواهد بود:

بنابراین براساس رابطه چهارخواهیم داشت:

$$\tilde{S}_1 = (۷/۸۱,۸/۸۲,۹/۸۸)$$

$$\tilde{S}_2 = (۳/۹۵,۴/۵۶,۵/۱۲)$$

$$\tilde{S}_3 = (۱/۵ ,۱/۵۶,۱/۶۶)$$

$$(\sum \tilde{S}_i)^{-1} = (۰/۰۶,۰/۰۶۷,۰/۰۷۵)$$

نتایج حاصل از نرمال‌سازی مقادیر به دست آمده به صورت زیر خواهد بود:

$$\tilde{W}_{C1} = (۰/۴۷,۰/۵۹,۰/۷۵)$$

$$\tilde{W}_{C2} = (۰/۲۴,۰/۳,۰/۳۹)$$

$$\tilde{W}_{C3} = (۰/۰۹ ,۰/۱,۰/۱۳)$$

هریک از مقادیر به دست آمده وزن فازی و نرمال شده مربوط به معیارهای اصلی هستند.

فازی‌زدایی مقادیر: روش‌های متعددی مانند روش درجه امکان‌پذیری چانگ، روش مرکز سطح و روش مینکوفسکی برای فازی زدایی وجود دارد. در این مطالعه برای فازی زدایی از روش مرکز سطح به صورت رابطه پنج استفاده شد [Teng & Tzeng, 1993]

براساس محاسبات فوق بردار ویژه اولویت معیارهای اصلی به صورت W_1 خواهد بود.

$$W_1 = \begin{bmatrix} ۰/۵۹۱ \\ ۰/۳۰۴ \\ ۰/۱۰۵ \end{bmatrix}$$

براساس بردار ویژه به دست آمده:

معیار آب با وزن نرمال ۰/۵۹۱ از بیشترین اولویت برخوردار است.

معیار غذا با وزن نرمال ۰/۳۰٤ در اولویت دوم قرار دارد.

معیار انرژی با وزن نرمال ۰/۱۰۵ از کمترین اولویت برخوردار است.

نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده بسیار اندک و ۰/۰۵۱ به دست آمده است که کوچک‌تر از ۰/۱ است و می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد کرد.

مقایسه و تعیین اولویت گزینه‌ها

در گام دوم از تکنیک AHP زیرمعیارهای مربوط به هر معیار بصورت زوجی مقایسه شدند.

بحث

تعیین اولویت گزینه‌ها براساس آب

ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها براساس آب در شکل ۳ ارایه شده است.

پس از تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی به دست آمده، بردار ویژه محاسبه گردید. ابتدا بسط فازی هر سطر محاسبه می‌شود.

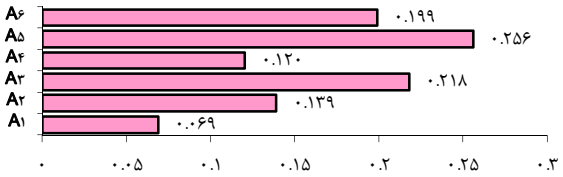
سپس جمع فازی مجموع عناصر ستون ترجیحات محاسبه می‌شود:

$\sum \tilde{S}_i = (۳۷/۳۳,۴۵/۵۹,۵۴/۹)$

$(\sum \tilde{S}_i)^{-۱} = (۰/۰۱۸,۰/۰۲۲,۰/۰۲۷)$

نتایج حاصل از نرمال‌سازی مقادیر به دست آمده به صورت زیر خواهد بود:

بردار ویژه به دست آمده نسبت به معیار آب، گزینه A۵ با وزن ۰/۲۵٦ است که در اولویت نخست قرار دارد. نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده ۰/۰۲۲ به دست آمده است که کوچک‌تر از ۰/۱ است و می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد کرد.



شکل ۳) اولویت گزینه‌ها براساس آب

تعیین اولویت گزینه‌ها براساس غذا

ماتریس مقایسه زوجی فازی شده گزینه‌ها براساس غذا در شکل ٤ ارایه شده است.

بسط فازی هر سطر محاسبه شد.

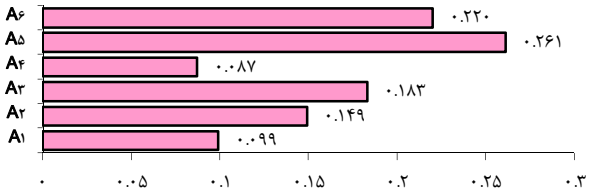
سپس جمع فازی مجموع عناصر ستون ترجیحات محاسبه می‌شود:

$\sum \tilde{S}_i = (۳۴/۵۶,۴۲/۵۲,۵۱/۹۶)$

$(\sum \tilde{S}_i)^{-۱} = (۰/۰۱۹,۰/۰۲۴,۰/۰۲۹)$

نتایج حاصل از نرمال‌سازی مقادیر به دست آمده به صورت زیر خواهد بود:

براساس بردار ویژه به دست آمده نسبت به معیار غذا، گزینه A۵ با وزن ۰/۲٦۱ است که در رتبه نخست قرار گرفته است. نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده ۰/۰۰۳ به دست آمده است که کوچک‌تر از ۰/۱ است و می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد کرد.



شکل ٤) اولویت گزینه‌ها براساس غذا

تعیین اولویت گزینه‌ها براساس انرژی

ماتریس مقایسه زوجی فازی شده گزینه‌ها براساس در شکل ۵ ارایه شده است.

بسط فازی هر سطر محاسبه شد.

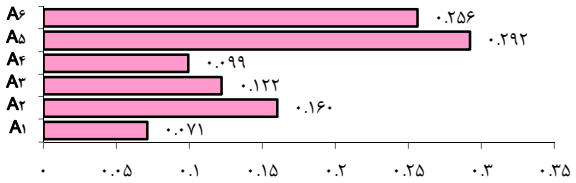
سپس جمع فازی مجموع عناصر ستون ترجیحات محاسبه می‌شود:

$\sum \tilde{S}_i = (۳۸/۴۲,۴۶/۲۸,۵۵/۵۴)$

$(\sum \tilde{S}_i)^{-۱} = (۰/۰۱۸,۰/۰۲۲,۰/۰۲۶)$

نتایج حاصل از نرمال‌سازی مقادیر به دست آمده به صورت زیر خواهد بود:

براساس بردار ویژه به دست آمده نسبت به معیار انرژی، گزینه A۵ با وزن ۰/۲۹۲ در رتبه نخست قرار گرفته است. نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده ۰/۰۱ به دست آمده است که کوچک‌تر از ۰/۱ است و می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد کرد.



شکل ۵) اولویت گزینه‌ها براساس انرژی

تعیین اولویت نهاییگزینه‌ها

برای تعیین اولویت نهایی گزینه‌ها با استفاده از تکنیک FAHP کافیست وزن گزینه‌ها براساس هر معیار در وزن معیارهای اصلی (W_1) ضرب شود. نتایج محاسبه انجام شده و اوزان مربوط به شاخص‌های موردنظر در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵) تعیین اولویت نهایی گزینه‌ها با تکنیک FAHP

گزینه‌ها	معیارها	C۱	C۲	C۳	Wt	رتبه
	وزن معیارها/موانع تصمیم‌گیری	۰/۵۹۲	۰/۳۰٤	۰/۱۰۵		
A۱	ارتباط و همکاری	۰/۰٦۹	۰/۰۹۹	۰/۰۷۱	۰/۰۷۹	٦
A۲	فرآیندهای تصمیم‌گیری	۰/۱۳۹	۰/۱٤۹	۰/۱٦۰	۰/۱٤٤	٤
A۳	ابعاد اجتماعی و فرهنگی	۰/۲۱۸	۰/۱۸۳	۰/۱۲۲	۰/۱۹۷	۳
A٤	ماهیت پاسخ به شوک‌های ارتباطی	۰/۱۲۰	۰/۰۸۷	۰/۰۹۹	۰/۱۰۸	۵
A۵	رویکرد جدید برای مدیریت و اداره یکپارچه با توجه به توسعه پایدار	۰/۲۵٦	۰/۲٦۱	۰/۲۹۲	۰/۲٦۱	۱
A۶	فناوری و منابع مالی	۰/۱۹۹	۰/۲۲۰	۰/۲۵٦	۰/۲۱۱	۲

بنابراین با توجه به محاسبات انجام شده وزن نهایی هریک از شاخص‌های مدل با تکنیک AHP فازی محاسبه شد. گزینه A۵ با وزن ۰/۲۹۲ در اولویت نخست قرار دارد، گزینه A٦ با وزن ۰/۲۵٦ در اولویت دوم قرار دارد، گزینه A۲ با وزن ۰/۱٦۰ سومین اولویت با اهمیت است، همچنین گزینه‌های A۳ و A٤ و A۱ به ترتیب با وزن‌های ۰/۱۲۲ و ۰/۰۹۹ و ۰/۰۷۱در اولویت‌های چهارم تا ششم قرار دارند.

در جدول ۲ موانع مهم تصمیم‌گیری در ارتباطات آب، غذا و انرژی ارایه شده است. ارتباط در میان بخش‌های مختلف باید در نظر گرفته شود زیرا ارتباطات و اطلاعات هرکدام به عنوان یک مانع برای ایجاد انعطاف‌پذیری نسبت به شوک‌های ارتباطی درحال پیدایش است. برای به حداقل رساندن اختلال در ارتباطات و درک نیازهای اجتماعی آینده مشاوره در مورد تجارب گذشته برای مواجه‌شدن با شوک‌های ارتباطی نیاز است. دسترسی و درک اطلاعات از طریق ابعاد اجتماعی و فرهنگی و فرآیندهای تصمیم‌گیری به شدت متأثر است و کمبود آگاهی ذینفعان باعث ایجاد سلب اعتماد در جامعه و ایجاد مشکلات در پاسخ‌های شوک‌های ارتباطی می‌شود. نیاز به حرکت از واکنش فعلی به فرآیند فعالانه تصمیم‌گیری با ضرورت پذیرش نگرش پیش‌بینی کننده در مورد شوک‌های آینده ارتباطات و درک اهمیت اقدامات برای تأثیرات ظاهر می‌شود. فقدان دیدگاه کلی و شناسایی مالکیت و وجود زمان‌بندی متناقض تحقیق در فعالیت‌های تجاری و سیاست مانعی بر تصمیم‌گیری موثر بر شوک‌های ارتباطی است.

جدول ۲) ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها براساس آب

	A۱	A۲	A۳	A٤	A٥	A٦
A۱	(۱,۱,۱)	(۰/۳۷ ,۰/۴۴ ,۰/۵۶)	(۰/۳۹ ,۰/۳۴ ,۰/۴۱)	(۰/۳۲ ,۰/۴۱ ,۰/۵۸)	(۰/۲ ,۰/۲۴ ,۰/۳)	(۰/۴۷ ,۰/۵۶ ,۰/۶۷)
A۲	(۱/۷۹ ,۲/۲۶ ,۲/۷۳)	(۱,۱,۱)	(۰/۳۵ ,۰/۴۳ ,۰/۵۵)	(۰/۹۸ ,۱/۳۳ ,۱/۶۷)	(۰/۴۵ ,۰/۵۶ ,۰/۷۱)	(۰/۶۷ ,۰/۸۴ ,۱/۰۴)
A۳	(۲/۴۴ ,۲/۹۵ ,۳/۴۵)	(۱/۸۲ ,۲/۳۳ ,۲/۸۷)	(۱,۱,۱)	(۱/۴۷ ,۱/۹۹ ,۲/۴۹)	(۰/۵۴ ,۰/۷۳ ,۰/۹۶)	(۰/۸۵ ,۱/۰۱ ,۱/۱۸)
A٤	(۱/۷۲ ,۲/۴۲ ,۳/۱۴)	(۰/۶ ,۰/۷۵ ,۱/۰۲)	(۰/۴ ,۰/۵ ,۰/۶۸)	(۱,۱,۱)	(۰/۳۳ ,۰/۴ ,۰/۵۱)	(۰/۲۸ ,۰/۳۴ ,۰/۴۵)
A٥	(۳/۳۳ ,۴/۲۲ ,۵/۰۲)	(۱/۴ ,۱/۷۷ ,۲/۲۱)	(۱/۰۵ ,۱/۳۷ ,۱/۸۴)	(۱/۹۸ ,۲/۴۸ ,۳)	(۱,۱,۱)	(۰/۷۲ ,۰/۸۵ ,۱/۰۳)
A٦	(۱/۵ ,۱/۷۸ ,۲/۱۵)	(۰/۹۶ ,۱/۱۹ ,۱/۴۹)	(۰/۸۵ ,۰/۹۹ ,۱/۱۸)	(۲/۲۳ ,۲/۹۲ ,۳/۶۲)	(۰/۹۷ ,۱/۱۷ ,۱/۳۹)	(۱,۱,۱)

جدول ۳) ماتریس مقایسه زوجی فازی شده گزینه‌ها براساس غذا

	A۱	A۲	A۳	A٤	A٥	A٦
A۱	(۱,۱,۱)	(۰/۴۶ ,۰/۵۸ ,۰/۷۹)	(۰/۳۴ ,۰/۴۲ ,۰/۵۶)	(۱/۰۳ ,۱/۳۱ ,۱/۵۹)	(۰/۳۳ ,۰/۴۱ ,۰/۵۲)	(۰/۴ ,۰/۴۸ ,۰/۵۸)
A۲	(۱/۲۷ ,۱/۷۲ ,۲/۱۶)	(۱,۱,۱)	(۰/۶ ,۰/۷۵ ,۰/۹۴)	(۱/۲۸ ,۱/۶۶ ,۲/۰۴)	(۰/۴۲ ,۰/۵۲ ,۰/۶۸)	(۰/۵۵ ,۰/۷۴ ,۰/۹۵)
A۳	(۱/۷۹ ,۲/۳۸ ,۲/۹۲)	(۱/۰۷ ,۱/۳۴ ,۱/۶۶)	(۱,۱,۱)	(۱/۴ ,۱/۹۳ ,۲/۴۷)	(۰/۴۸ ,۰/۶۲ ,۰/۸۵)	(۰/۵ ,۰/۶۲ ,۰/۷۷)
A٤	(۰/۶۳ ,۰/۷۷ ,۰/۹۷)	(۰/۴۹ ,۰/۶ ,۱/۷۸)	(۰/۴ ,۰/۵۲ ,۰/۷۱)	(۱,۱,۱)	(۰/۲۶ ,۰/۳۳ ,۰/۴۲)	(۰/۳۴ ,۰/۴۳ ,۰/۵۴)
A٥	(۱/۹۳ ,۲/۴۵ ,۳/۰۱)	(۱/۴۸ ,۱/۹۱ ,۲/۴۱)	(۱/۱۷ ,۱/۶۲ ,۲/۱)	(۲/۳۶ ,۳/۰۷ ,۳/۸۹)	(۱,۱,۱)	(۰/۸ ,۰/۹۸ ,۱/۲)
A٦	(۱/۷۳ ,۲/۰۸ ,۲/۵۱)	(۱/۰۵ ,۱/۳۵ ,۱/۸)	(۱/۳ ,۱/۶۱ ,۱/۹۹)	(۷/۸۵ ,۲/۳ ,۲/۹)	(۰/۸۳ ,۱/۰۲ ,۱/۲۵)	(۱,۱,۱)

جدول ۴) ماتریس مقایسه زوجی فازی شده گزینه‌ها براساس انرژی

	A۱	A۲	A۳	A٤	A٥	A٦
A۱	(۱,۱,۱)	(۰/۴۴ ,۰/۳۵ ,۰/۲۸)	(۰/۷۴ ,۰/۵۶ ,۰/۴۲)	(۱/۰۳ ,۰/۷۹ ,۰/۶۵)	(۰/۳۴ ,۰/۲۷ ,۰/۲۲)	(۰/۳۱ ,۰/۲۷ ,۰/۲۴)
A۲	(۲/۲۶ ,۲/۸۹ ,۳/۵۲)	(۱,۱,۱)	(۰/۹۳ ,۱/۳ ,۱/۷۲)	(۱/۰۹ ,۱/۳۴ ,۱/۵۹)	(۰/۵۴ ,۰/۴۲ ,۰/۳۲)	(۰/۶۴ ,۰/۵۱ ,۰/۴)
A۳	(۱/۳۵ ,۱/۷۹ ,۲/۴)	(۰/۵۸ ,۰/۷۷ ,۱/۰۷)	(۱,۱,۱)	(۰/۹۵ ,۱/۱۹ ,۱/۵)	(۰/۳۱ ,۰/۳۸ ,۰/۴۸)	(۰/۴۳ ,۰/۵۱ ,۰/۶۳)
A٤	(۰/۹۷ ,۱/۲۷ ,۱/۵۴)	(۰/۶۳ ,۰/۷۴ ,۰/۹۲)	(۰/۶۷ ,۰/۸۴ ,۱/۰۶)	(۱,۱,۱)	(۰/۳۱ ,۰/۳۸ ,۰/۴۶)	(۰/۳۹ ,۰/۴۴ ,۰/۵۱)
A٥	(۲/۹۴ ,۳/۶۸ ,۴/۵)	(۱/۸۷ ,۲/۳۹ ,۳/۱۱)	(۲/۰۷ ,۲/۶۳ ,۳/۲۴)	(۲/۱۸ ,۲/۶۶ ,۳/۱۹)	(۱,۱,۱)	(۰/۷۵ ,۰/۹۲ ,۱/۱۴)
A٦	(۳/۲۱ ,۳/۷ ,۴/۱۹)	(۱/۵۷ ,۱/۹۸ ,۲/۴۷)	(۱/۵۹ ,۱/۹۶ ,۲/۳۵)	(۱/۹۷ ,۲/۲۷ ,۲/۵۸)	(۰/۸۸ ,۱/۰۹ ,۱/۳۳)	(۱,۱,۱)

ارتباط و همکاری: ارتباط و همکاری به عنوان ارزشی برای اطمینان از مناسب‌ترین شواهد و مدارک قوی به تصمیم‌گیرندگان در تمام سطوح در حوزه شوک‌های ارتباطی به چشم می‌خورد. به عنوان مثال همکاری میان ذینفعان در بخش‌هایی که تحت تأثیر شوک‌های ارتباطی قرار می‌گیرند می‌تواند منجر به درگیری در قومیت‌ها و نیز مهارت‌ها موجب تشدید موانع موجود در روند ارتباطات می‌شود. علاوه بر این تولید شواهد یک موضوع کلیدی است که با توجه به سطوح مختلف اطلاعات تولید شده و پیامدهای آن می‌توان به چشم‌انداز بلند، تصمیم‌گیری غلط، عدم بررسی داده‌های جایگزین و شکل‌های شواهد اشاره کرد. شواهد تولید شده در زمینه شوک ارتباطی اغلب در واکنش فوری به شوک ایجاد می‌شود که منجر به تفکر پیش‌بینی ناپذیر در تأثیرات فوری شوک به ویژه هنگامی که این یک شوک تدریجی یا یکپارچه در یک سیستم است، می‌شود. فرآیندهای تصمیم‌گیری: زمان‌بندی متضاد بین تحقیق و سیاست همراه با ابعاد تصمیم‌گیری اجتماعی و نیاز محققان برای دستیابی به توافق قبل از اینکه بتوانند در تصمیم‌گیری شرکت کنند می‌تواند پاسخ‌هایشان را تشدید کند و باعث می‌شود که فرآیندهای موجود در حال تغییر بیش از حد باشد. نقش یادگیری و مشکل کلی به دست آوردن تجربه‌هایی که از شوک‌های ارتباطی گرفته شده است و پاسخ‌ها به شدت ظاهر می‌شود. به طور خاص نگرانی‌ها در مورد پیامدهای عدم وجود سیستم در این درس برای برداشت این درس‌ها در طول و پس از شوک چگونه می‌تواند اندیشه در شوک‌های آینده

و نحوه یادگیری این درس‌ها را به سایر بخش و مقیاس‌ها منتقل کند. شکل‌گیری خطر، زبان مورد استفاده، سطوح اطمینان درنظر گرفته شده و تأثیر جغرافیایی شوک بر نوع پاسخ اجرای آن و نقش-های مختلف هدایت در آن تأثیر می‌گذارد.

ابعاد اجتماعی و فرهنگی: پیچیدگی‌های این رابطه به این معنی است که منابع متصل با یکدیگر مورد استفاده وتحت تأثیر ذینفعان در بخش‌های مختلف است که هر کدام با فرهنگ‌ها، رفتارها، اولویت‌ها و فرآیندهای مختلف مشخص می‌شوند. در حالی که شوک‌های ارتباطی تأثیرات قابل توجهی در جامعه دارند اینها در برخی موارد غیرمستقیم و با به چالش کشیدن درک می‌شوند. به عنوان مثال عدم درک درست از آنچه زیرساخت به جامعه فراهم می‌کند تا زمانی که نتواند خدمات خود را درک کند و به عنوان مثال ارایه بدون وقفه منابع آب، غذا و انرژی تا زمانی که این منابع توسط شوک‌ها مختل نشوند. این پیچیدگی می‌تواند توجه را از علل ریشه-ای مسایل که در آن علائم و اثرات به عنوان اولویت پاسخگو، به جای ایجاد فضا برای بازتاب فعال گذشته‌نگر برروی سیستم گسترده‌تر که در آن یک پیوند شوک رخ می‌دهد، منحرف و آن نتیجه را اثرات یکپارچه و در نتیجه علاوه بر تقاضا پاسخ طرف به پیوند شوک، تقاضا برای دسترسی به منابع آب، مواد غذایی و خدمات آنها تنظیم شود.

ماهیت پاسخ به شوک‌های ارتباطی: تولید شواهد علمی که برای اطلاع‌دادن به تصمیم گیرندگان در واکنش به شوک‌های ارتباطی استفاده می‌شود نامشخص است و با عدم قطعیت و دائما در حال تکامل است. این بدین معنی است که شوک‌های ارتباطی در سطح ملی به عنوان مثال می‌توانند یک‌به‌یک باشند و مکان خاصی از لحاظ تأثیرات و علل تشدیدکننده داشته باشند به این معنی که تخصص منابع می‌تواند ناامن و آسیب‌پذیری را افزایش دهد. چالش‌های متعددی در رابطه با هزینه‌های مزایای مقاومت در برابر شوک‌های ارتباطی وجود دارد، به ویژه اینکه هزینه‌های مربوط به وابستگی بین دارایی‌ها منجر به اثرات یکپارچه می‌شود و کسانی که هزینه‌های انعطاف‌پذیری را برای شرایط کوتاه و بلند بررسی نمی‌کنند. با توجه به اینکه چگونگی تغییرات آب و هوایی به‌عنوان تشدید شوک‌های ارتباطی به صورت سالیانه گنجانده می‌شود، این دیدگاه برای تغییر در آن بخش را محدود می‌کند. پیچیدگی‌های سیستم‌های مختلف نظارتی و بازده کوتاه‌مدت سرمایه‌گذاری موجب تشدید شوک‌های ارتباطی و پاسخ به آنها می‌شود.

رویکرد جدید برای مدیریت و اداره یکپارچه با توجه به توسعه پایدار: شواهد ممکن است نیاز به تفکر واجرای سریع ایده‌های خلاقانه، نوآوری و پایدار داشته باشند. هر چند الزامات و دسترسی از منابع برای کمک به مدیریت و اداره یکپارچه این شوک‌ها ضروری است، به نظر می‌رسد بحث مداوم در سطح جهانی در مورد آنچه در آخر می‌خواهد به دست آید و از چگونگی این شوک‌ها تأثیر می‌گیرد. بنابراین برای تصمیم‌گیری در مورد شوک‌های ارتباطی مورد نظر نیاز به یک رویکرد جدید و مدیریت این شوک‌ها با توجه به تجارب گذشته و با در نظر گرفتن توسعه پایدار منابع آب، غذا و انرژی ضروری است.

فناوری و منابع مالی: چالش‌های متفاوتی در رابطه با هزینه‌های مقاومت در برابر شوک‌های ارتباطی در آینده وجود دارد به ویژه هزینه‌های مربوط به این چالش‌ها و وابستگی بین دارایی‌ها و کسانی که هزینه انعطاف‌پذیری را برای شرایط کوتاه و بلندمدت در اختیار قرار نمی‌دهند. از این رو برای تصمیم‌گیری درست با توجه به شوک‌های ارتباطی نیاز به فناوری‌های جدید و همچنین منابع مالی مورد نیاز در این جهت است.

این پژوهش موانع مهم را که برای توسعه و استفاده از رویکرد بین رشته‌ای شناسایی و اولویت بندی کرده است. موانع با روش AHP فازی اولویت بندی شده است و با توجه به ارزشیابی خبرگان و کارشناسان مهم‌ترین مانع شناسایی شد که رویکرد جدید برای مدیریت و اداره یکپارچه با توجه به توسعه پایدار است. نحوه انتخاب خبرگان از بین دانشگاهیان و دولت‌مردان که در این زمینه فعالیت و تخصص دارند است. پذیرش و پیاده‌سازی چنین رویکردی به سبب محدودیت‌های اجتماعی پیچیده است که در حوزه‌های علمی مورد توجه خاص قرار دارد. به طور خاص آنچه رخ می‌دهد این است که یک رویکرد بین رشته‌ای از ارزیابی و تجزیه و تحلیل مستلزم دخالت فعال سیاست‌مداران و ذینفعان از بخش‌های مختلف در تمام مراحل توسعه برای به دست آوردن یک تصویر واضح‌تر از نیاز و تخصص خود در روند تصمیم‌گیری است.

نتیجه‌گیری

منبع آب (وزن نرمال=۰/۵۹۱) در اولویت نخست، منبع غذا (وزن نرمال=۰/۳۰۴) در اولویت دوم و منبع انرژی (وزن نرمال=۰/۱۰۵) در اولویت سوم قرار دارند. مهم‌ترین مانع تصمیم‌گیری نسبت به معیار آب، غذا و انرژی، "رویکرد جدید برای مدیریت و اداره یکپارچه با توجه به توسعه پایدار" و کم‌اهمیت‌ترین مانع "ارتباط و همکاری" است.

تشکر و قدردانی: صمیمانه از همکاری سرکار خانم دکتر فاطمه اسکندرزاده و همچنین شرکت منابع آب ایران تشکر و قدردانی می‌شود.

تأییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

سهم نویسندگان: محمدرضا گودرزی (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی/روش‌شناس/تحلیلگر آماری (۴۰%)؛ رضا پیریائی (نویسنده دوم)، نگارنده بحث (۵۰%)؛ میررحیم موسوی (نویسنده سوم)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر کمکی (۱۰%)

منابع مالی: منابع مالی این پژوهش تماماً توسط نویسنده دوم (رضا پیریائی) تامین شده است..

منابع

Audet R (2014). The double hermeneutic of sustainability transitions. Environmental Innovation and Societal Transitions. 11:46-49.

Biggs EM, Bruce E, Boruff B, Duncan JMA, Horsley J, Pauli N, et al (2015). Sustainable development and the water-energy-food nexus: A perspective on livelihoods. Environmental Science & Policy. 54:389-397.

Cai X, Wallington K, Shafiee-Jood M, Marston L (2018). Understanding and managing the food-energy-water nexus-opportunities for water resources research. Advances in Water Resources. 111:259-273.

Ely A, Smith A, Stirling A, Leach M, Scoones I (2013). Innovation politics post-Rio+20: Hybrid pathways to sustainability?. Environment and Planning C: Politics and Space. 31(6):1063-1081.

Endo A, Tsurita I, Burnett K, Orencio PM (2017). A review of the current state of research on the water, energy, and food nexus. Journal of Hydrology: Regional Studies. 11:20-30.

Hallegatte S, Bangalore M, Bonzanigo L, Fay M, Kane T, Narloch U, et al (2015). Shock waves: Managing the impacts of climate change on poverty. Washington, DC: World Bank Publications.

Hoff H (2011). Understanding the nexus. Background paper for the Bonn 2011 Nexus Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. 2011,16-18 November: Stockholm.

Howarth C, Monasterolo I (2016). Understanding barriers to decision making in the UK energy-food-water nexus: The added value of interdisciplinary approaches. Environmental Science & Policy. 61:53-60.

Hsiang SM, Meng KC, Cane MA (2011). Civil conflicts are associated with the global climate. Nature. 476:438-441.

Hussey K, Pittock J (2012). The energy-water nexus: Managing the links between energy and water for a sustainable future. Ecology and Society. 17(1).

International Energy Agency (2011). World energy outlook 2011. Paris: International Energy Agency.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). Climate change 2014: Synthesis report: Longer report. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.

Kahraman C, editor (2008). Fuzzy multi-criteria decision making: Theory and applications with recent developments. 16th ed . Berlin: Springer.

Kelley C, Mohtadi Sh, Cane MA, Seager R, Kushnir Y (2015). Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. Proceedings of the National Academy of Sciences of The United States of America (PNAS). 112(11):3241-3246.

Kurian M, Ardakanian R (2014). Institutional arrangements and goverance structures that advance the nexus approach to management of environmental resources. In: Hülsmann S, Ardakanian R, editors. White Book on Advancing a Nexus Approach to the Sustainable Management of Water. Soil and Waste. Dresden: UNU-FLORES.

Leach M, Rockström J, Raskin P, Scoones I, Stirling AC,

Smith A, et al (2012). Transforming innovation for sustainability. Ecology and Society. 17(2):11.

Lee RD, Mason A, editors (2011). Population aging and the generational economy: A global perspective. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.

Meybeck A, Lankoski J, Redfern S, Azzu N, Gitz V, editors (2012). Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector. Proceedings of a Joint FAO/OECD Workshop. 2012, 23-24 April: Rome.

Millennium Ecosystem Assessment (2005). Ecosystems and human well-being- biodiversity synthesis. Washington, DC: World Resources Institute.

Münchener Rück Stiftung (2012). Natural catastrophes 2011: Analyses, assessments, positions. Munich: Munich-Re.

OECD (2012). OECD environmental outlook to 2050: The consequences of inaction. Paris: OECD Publishing.

Philip SA, United Nations Development Programme, United Nations Environment Programme, World Bank, World Resources Institute (2011). Decision making in a changing climate-Adaptation challenges and choices. Washington, DC: World Resources Institute.

Rasul G (2014). Food, water, and energy security in South Asia: A nexus perspective from the Hindu Kush Himalayan region. Environmental Science & Policy. 39:35-48.

Rasul G, Sharma B (2016). The nexus approach to water-energy-food security: An option for adaptation to climate change. Climate Policy. 16(6):682-702.

Rees W, Wackernagel M (1996). Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable-and why they are a key to sustainability. Environmental Impact Assessment Review. 16(4-6):223-248.

Roberts E, Finnegan L (2013). Building Peace around water, land and food: Policy and practice for preventing conflict. Geneva: Quaker United Nations Office.

Smajgl A, Ward J, Pluschke L (2016). The water-food-energy Nexus-Realising a new paradigm. Journal of Hydrology. 533:533-540.

Smith P, Clark H, Dong H, Elsiddig EA, Haberl H, Harper R, et al (2014). Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). In: PCC Working Group III Contribution to AR5. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

Teng JY, Tzeng GH (1998). Transportation investment project selection with fuzzy multiobjectives programming. Fuzzy Sets and Systems. 96(3):259-280.

The World Economic Forum Water Initiative (2011). Water security: The water-food-energy-climate nexus. Washington, DC: Island Press.

World Bank Group (2013). Turn down the heat: Climate extremes, regional impacts, and the case for resilience. Washington, DC: World Bank Publications.

World Business Council for Sustainable Development (2014). Co-optimizing Solutions: Water and energy for food, feed and fiber. Geneva: World Business Council for Sustainable Development.

Yumkella KK, Yillia PT (2015). Framing the water-energy nexus for the post-2015 development agenda. Aquatic Procedia. 5:8-12.