Research Paper

Application of the Multi-Objective Game Theory Model in Determining the Economic-Environmental Balance in Zrebar Lake Watershed in Marivan

Mohammad Ali Asaadi[1], Mohammad Hassan Valilpoor[2*], Seyed Abolghasem Mortazavi[3], Kamran Abdollahi[4]

1- PH.D. Candidate of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2- Ph.D. of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
3- Assistant Professor of Agricultural Economics in Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
4- Graduated Degree of Agricultural Economics in Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Received:2019/11/10
Revised:2020/03/24
Accepted: 2020/03/25

Use your device to scan and read the article online

DOI:
10.30495/jzpm.2021.4329

Keywords:
Pareto Optimal Solution, Nash Equilibrium, Multi-Objective Programming, Game Theory, Zrebar Lake

Abstract

One of the most important challenges facing watershed management is the conflict between economic benefit of stakeholders and environmental protection in watersheds that in turn causes many problems such as land use change by stakeholders to increase profit, regardless of watersheds health problems. In this study, a multi-objective game theory (MOGT) model was developed as an alternative tool for resolving strategic conflicts, namely economic development (development and land use) and environmental protection (water quality preservation and reduction of pollutants) that was developed to decision making and balance the economic-environmental challenges of the Marivan Zrebar Lake watershed in Kurdistan province. Geographic information system (GIS) has been used to calculate and display different types of land uses. In this study, the environmentalists (player 1) and Zrebar basin users (player 2) were selected as environmental and economical players, respectively. The results of multi-objective game-theory model indicated that Nash equilibrium was established after seven rounds of bargaining and moderating the objectives between players and the balance between environmental and economic concerns in watershed management was established. Nash equilibrium varies for environmental actor ranges from 25365 to 25366 kg/ha and income for economic actor from 420 to 421 million Rials per year. The results also indicated that solving the multi-objective decision making model for the lake watershed does not result in a Pareto optimal, but rather a range of solutions. By comparing the results of the classical multi-objective planning model and the game theory based on rounds of bargaining, the MOGT model is superior to the clasical multi-objective model and can provide more satisfactory solutions based on decision makers' preferences. Findings of this research can be useful for land use change management in the watershed where there is conflict between economic and environmental concerns.

Citation: Asaadi, M.A., Valilpoor, M.H., Mortazavi, S.A., Abdollahi, K., Application of the Multi-Objective Gar Theory Model in Determining the Economic-Environmental Balance in Zrebar Lake Watershed in Mariva Journal of Regional Planning. 2022: 11 (44): 203-220. DOI: 10.30495/jzpm.2021.4329

***Corresponding Author:** Mohammad Hassan Valilpoor
Address: Ph.D. of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
Tell: 09199505373
Email: Vakilpoormh@modares.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Decision makers often have difficulty adopting the appropriate choice from among sundry uses of a watershed (Madani, 2010). Decision making is highly controversial due to conflicting criteria (Lee & Chang, 2005); in view of the fact that each user's behavior with different views, values, and interests also affects the choice and interests of others (Shields et al, 1999). Of discussions related to watershed management, there has been dispute concerning economic revenues from land development (deforestation, agriculture and recreational activities), environmental objectives (pollution reduction) and socio-economic plans (soil and water conservation) (Lund & Palmer, 1997). Looking at it from a scientific point of view, most of this controversy has focused on finding the pareto optimal solution (Madani, 2010). In other words, there must be a balance between increasing economic profits and reducing negative environmental impacts. In situations where objectives contradict each other, improvement regarding one goal is achieved at the cost of overlooking another goal or reducing the likelihood of achieving it (Raquel et al, 2007). Among methods aim at tackling such issues in conflict situations is the multi-objective model of game theory.

Methodology

In this study, as the first step, a linear optimization model with two economic and environmental objectives was developed to maximize the profit of the users living next to the Zrebar Lake basin and to minimize the environmental pollution of the lands around (conventional model). The optimal solution of the pareto is obtained via employing this model. From an economic point of view, in order for the lands in a watershed to generate maximum income, they must be allocated to different uses. On the other hand, from an environmental point of view, watershed lands should not be exploited more than their respective capacity range. At this stage, the contradiction between economic and environmental objectives is clearly visible; because the nature of Pareto's optimal solution is such that any improvement with respect to one objective is achieved simply by degrading one other objective. As the second step, in order to resolve the conflict between economic and environmental objectives, they confront one another, and Nash equilibrium will be established through the bargaining process (game model). The Nash equilibrium feature attained from the algorithmic bargaining process ensures that each player has made the best decision against the constraints imposed by the second player. The essential data were collected by segregation of the region based on different uses of the land of the watershed, using the Geographic Information System (GIS), and the plans made in the Zrebar watershed during 2015-2016. In order to solve the multi-objective decision problem, the ArcGis Desktop 9.0 software package was used to extract accurate data.

Results and discussion

In the present study, for the economic player, the goal was to maximize income, which includes agricultural, horticultural, tourism-recreational, industrial and animal husbandry activities. For the second player, the minimum concentration of phosphorus and nitrogen was considered as the environmental objective. First, each player identifies the maximum and minimum values by analyzing the single-objective function. The primary objective for the first player (environmental player) equals the lowest possible pollution level of $EnvP_{min}$ = 19840 kg per hectare per year, while the primary objective for the second player (economic player) is to earn the highest possible income, ie $EcoD_{max}$ =56500000 Rials per hectare per year. Since the initial results of the simulation of the multi-objective model are not satisfactory with respect to each player, both entered the first round of negotiations. During the bargaining process, players moderate their objectives. The strategy of the first player was set to increase from 20,000 to 25,365 kilograms per hectare, and the strategy of the second player was set to decrease from 54 to 42.1 million rials per hectare. The greater the difference between the values shown and the values obtained from the optimization process, the closer to the real equilibrium point. After the seventh round of bargaining, the value of EnvP = 25365 obtained by solving the mathematical programming model is approximately equal to the value determined by the environmental player, and the EcoD value is approximately equal to the value determined by the economic player. The results at this stage

are satisfactory for both players and therefore they reached the Nash equilibrium point.

Conclusion

The current study aimed at evaluating the feasibility of using the multi-objective Game Theory (MOGM) model to fashion a balance between economic and environmental challenges in optimizing land use in the watershed of Zrebar Lake in Marivan and to help ease the decision-making process. Supporters and advocates for environment and forests protection were selected as the first player (environmental player) and users of the Zrebar Lake watershed as the second player (economic player). The results indicated that:

1- Using the multi-objective decision-making model for the lake's watershed has not led to an optimal solution of the Pareto, but to a range of solutions.

2- In the game model, each player takes actions for his personal interests, but in the conventional multi-objective model, players take initiative to improve the interests of the whole system. What is more likely to happen in the real world is that people prefer personal interests to collective ones. Overfishing, poaching, excessive water pumping, illegal well drilling, etc. are all considered reasons for the benefit of individualism in the real world. Nash equilibrium will scientifically describe such behavior.

3- In balance mode, the level of cultivation of crops like wheat and barley was constant, but garden products, summer crops, vegetables and straw-covered fields have been removed from the model. This indicates that these kinds of activity have not been compatible with environmental objectives.

4- By comparing the results of the conventional multi-objective programming model and the game model based on bargaining rounds, the superiority of the MOGT model was confirmed over the conventional multi-objective programming model. Therefore, it is recommended to consider the best measures affecting water quality and increasing income, such as replacing the new source of livelihood, reducing the use of fertilizers, replacing vegetable and fruit cultivation instead of wheat.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقاله پژوهشی

کاربرد مدل نظریه بازی چندهدفه در تعیین تعادل اقتصادی-محیطزیستی حوضه آبخیز دریاچه زریبار مریوان

محمدعلی اسعدی[۱]، محمدحسن وکیل‌پور[۲*]، سیدابوالقاسم مرتضوی[۳]، کامران عبدالهی[۴]

۱- دانشجوی دکتری گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲- دکتری گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۳- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱۹
تاریخ داوری: ۱۳۹۹/۰۱/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۰۶

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

DOI: 10.30495/jzpm.2021.4329

واژه‌های کلیدی:
تعادل اقتصادی-محیطزیستی، مدل چندهدفه نظریه بازی، تعادل نش، تعادل پارتو، دریاچه زریبار

چکیده

یکی از مهم‌ترین چالش‌های فراروی مدیریت حوزه آبخیز، وجود تعارض بین سود اقتصادی و حفظ محیطزیست در عرصه آبخیزهاست که باعث ایجاد مشکلات زیادی مانند تغییر کاربری اراضی توسط آبخیزنشینان با هدف افزایش سود اقتصادی، بدون در نظر گرفتن سلامت آبخیزها می‌شود. در این پژوهش یک مدل چندهدفه نظریه بازی (MOGT) به‌عنوان ابزاری جایگزین برای حل تعارضات راهبردی یعنی توسعه اقتصادی (توسعه و کاربرد زمین) و حفاظت از محیطزیست (حفظ کیفیت آب و کاهش مواد آلاینده) بسط داده شد که برای تصمیم‌گیری و موازنه چالش‌های اقتصادی- محیطزیستی حوضه آبخیز دریاچه زریبار مریوان در استان کردستان صورت گرفته است. برای محاسبه و نمایش انواع گوناگون کاربری‌های اراضی از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بهره گرفته شده است. در این پژوهش حامیان و طرفداران حفاظت از محیطزیست به‌عنوان بازیگر نخست (بازیگر محیطزیستی) و کاربران حوزه آبخیز دریاچه به‌عنوان بازیگر دوم (بازیگر اقتصادی) انتخاب شدند. نتایج مدل چندهدفه نظریه بازی‌ها نشان داد که پس از هفت دور چانه‌زنی و تعدیل اهداف بین بازیگران، تعادل نش ایجاد شد که در این حالت تعادل بین دغدغه‌های محیطزیستی و اقتصادی در مدیریت آبخیز برقرار شده است. تعادل نش برای بازیگر محیطزیستی در بازه ۲۵۳۶۵ تا ۲۵۳۶۶ کیلوگرم در هکتار و مقدار درآمد برای بازیگر اقتصادی از ۴۲۰ تا ۴۲۱ میلیون ریال در سال متغیر است. از دیگر نتایج پژوهش نشان داد که حل مدل تصمیم‌گیری چندهدفه برای حوضه آبخیز دریاچه، منجر به دست‌یابی به راه‌حل بهینه پارتو نشده است بلکه دامنه‌ای از جواب‌ها حاصل شده است. با مقایسه نتایج مدل برنامه‌ریزی معمولی چندهدفه و مدل بازی بر مبنای دورهای چانه‌زنی، برتری مدل MOGT نسبت به مدل متعارف برنامه‌ریزی چندهدفه مورد تأیید قرار گرفت و می‌تواند راه‌حل‌های رضایت‌بخش‌تری بر اساس اولویت‌های تصمیم‌گیرندگان ارائه دهد. یافته‌های این پژوهش می‌تواند در مدیریت کاربری زمین در آبخیزها و در شرایطی که بین اهداف اقتصادی و محیطزیستی تضاد به‌وجود می‌آید، به کار رود.

* **نویسنده مسئول:** محمدحسن وکیل‌پور
نشانی: دکتری گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
تلفن: ۰۹۱۹۹۵۰۵۳۷۳
پست الکترونیکی: Vakilpoormh@modares.ac.ir

مقدمه

تصمیم گیران اغلب اوقات در انتخاب یک گزینه مناسب از میان کاربردهای گوناگون یک حوضه آبریز دچار مشکل می‌شوند (Madani, 2010). تصمیم‌گیری در این زمینه به دلیل وجود معیارهای متناقض بسیار بحث‌برانگیز است (Lee & Chang, 2005)؛ زیرا رفتار هر بهره‌بردار با دیدگاه، ارزش‌ها و منافع متفاوت، بر انتخاب و منافع سایرین نیز اثرگذار است (Shields et al, 1999). در مباحث مرتبط با مدیریت منابع آبخیز، مناقشات بین درآمدهای اقتصادی ناشی از توسعه اراضی (قطع درختان، کشاورزی و فعالیت‌های تفریحی)، اهداف محیط‌زیستی (کاهش آلودگی) و نیز اهداف اقتصادی-اجتماعی (حفظ آب‌وخاک) مشاهده‌شده است (Lund & Palmer, 1997). ازنقطه‌نظر علمی، اکثر این مناقشات بر یافتن جواب بهینه پارتو متمرکز بوده است، برای مثال از روش‌های کلاسیک برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه، برای حل تعارض در حوضه‌های آبریز استفاده‌شده است (Lund & Palmer, 1997؛ Madani, 2010). این تحلیل‌ها اغلب از دو مقوله تشکیل‌شده‌اند. روش‌هایی که مجموعه‌ای از جواب‌های بهینه پارتو به دست می‌دهند و روش‌هایی که با تلفیق پیامدهای گوناگون، بهترین گزینه را انتخاب می‌کنند. تفاوت این دو روش این است که اولی جواب‌های مطلوب زیادی به دست می‌دهد که باید یکی از آن‌ها توسط سیاست‌گذار انتخاب شود، ولی دومی جواب‌های کمتری به دست خواهد داد و ممکن است این جواب‌ها مطلوب نیز نباشند (Cohon, 2004). رویکرد تخصیص آب صرفاً بر اساس حق‌آبه اولیه معمولاً منجر به استفاده کارآمد از آب در کل یک حوضه آبریز نخواهد شد. در این میان، وجود یک برنامه جامع و پایدار و هم‌چنین، استفاده از روش‌هایی برای انجام تخصیص به‌نحوی‌که تمامی گروه‌های ذی‌نفع در بالاترین سطح رضایت قرار داشته باشند، ضروری به نظر می‌رسد. یکی از این روش‌ها، نظریه بازی بوده که به کمک ابزارهای موجود در آن، می‌توان به تخصیص منابع مورداستفاده مشترک توسط ذی‌نفعان گوناگون با رعایت سه اصل کارآمدی، برابری و پایداری پرداخت.

پژوهش‌های پیرامون حل اختلاف در استفاده از منابع طبیعی به‌تدریج حالت میان‌رشته‌ای به خود گرفته است (Bruckmeier, 2005). در طول دهه اخیر علاقه و توجه به حل اختلاف بر سر منابع آب افزایش‌یافته و روش‌های گوناگون کمی و کیفی برای حل این اختلاف در مدیریت منابع آبی ارائه‌شده است (Dinar, 2004). ازجمله این روش‌ها می‌توان موارد زیر را نام برد: سیستم تعاملی حمایتی- مذاکره‌ای مبتنی بر کامپیوتر[1] (ICANS) (Thiessen et al., 1998؛ Thiessen & Loucks, 1992)، مدل نموداری حل اختلاف[2] (GMCR) (Kilgour et al, 1996؛ Hipel et al, 1997)، مدل دیدگاه اشتراکی[3] (Lund & Palmer, 1997)، مکانیسم برنده تعدیل‌شده[4] (Massoud, 2000). تجزیه‌وتحلیل چند متغیره بایپلات[5] (Losa et al, 2001) و نقشه‌های فازی شناختی[6] (Giordano et al, 2005).

در مدیریت منابع آب در مسائل مربوط به مدیریت حوزه آبخیز، تضاد میان منافع اقتصادی حاصل از توسعه کاربری اراضی (تخته و الوار، کشاورزی و فعالیت‌های تفریحی)، اهداف جدید اقتصادی و اجتماعی (آب و حفاظت خاک و کشت چای) و اهداف محیط‌زیستی اخیر (کاهش انباشت آب و کنترل آلودگی آب از منابع غیر نقطه‌ای) موردمطالعه قرارگرفته است (Lund & Palmer, 1997). پژوهش‌هایی همچون مطالعه Semaan et al (2007) و Latinopoulos & Mylopoulos (2005) هدف محیط زیستی را به‌صورت کاهش کود شیمیایی یا کاهش ورود نیتروژن به خاک لحاظ نموده‌اند. در مطالعه Berbel & Gomez-Limon (2000) کاهش مصرف آب و کود شیمیایی به‌عنوان هدف محیط زیستی مطرح شد. برخی مطالعات مانند مطالعه Bartolini et al (2007) نیز دامنه ملاحظات محیط‌زیستی را افزایش داده و کاهش مصرف سموم شیمیایی را نیز به اهداف محیط‌زیستی اضافه کرده‌اند. هم‌چنین، Üçler et al (2015) در ترکیه در حوزه آبخیز Namazgah به‌منظور انتخاب بهترین اقدام مدیریتی، سود اقتصادی کاربری‌ها، افزایش کیفیت آب و حفاظت از منابع زمین را با تئوری بازی و الگوریتم چانه‌زنی تجزیه‌وتحلیل نموده و اثر اقدامات گوناگون را سنجیدند.

انواع گوناگونی از روش‌ها توسط محققان سراسر جهان برای حل‌وفصل منازعات راهبردی پیشنهاد داده‌شده است (Li et al, 2004). ازجمله، تحلیل متاگیم[7] (Harsanyi, 1973)، تحلیل هایپرگیم۸ (Bennett, 1980؛ Wang et al, 1988)، تحلیل تضاد (Fraser & Hipel, 1984)، تئوری دراما۹ (Howard, 1999) و تئوری حرکت[10] (Carraro et al., 2005). تمام این روش‌ها ریشه در نظریه بازی‌ها دارند (Kilgour et al, 1996). نظریه بازی‌ها علم مطالعه تعارض‌ها (تضاد منافع) و همکاری‌ها میان

[1] -Interactive Computer-Assisted Negotiation Support System
[2] -Graph Model For Conflict Resolution
[3]-Shared Vision Modeling
[4]-Adjusted Winner Mechanism
[5] - Multivariate Analysis Biplot
[6] - Fuzzy Cognitive Maps
[7] -Meta Game Analysis
[8]- Hyper Game Analysis
[9]- Drama Theory
[10] -Theory of moves

بازیکنان عاقل است (Abdoli, 2014) و ابزاری توانمند در تعیین نقاط تعادل تصمیم گیران است و به‌منظور تجزیه و تحلیل مواردی استفاده می‌شود که دو فرد یا بیش‌تر، ملزم به تصمیم-گیری در شرایطی هستند که تصمیم هر یک از دو طرف بر پیامد طرف دیگر تأثیرگذار است (Navidi et al, 2011).

مسائل بازی اغلب مسائلی چند ضابطه‌ای و چند تصمیم‌گیرنده‌ای هستند. برای حل این مسائل با استفاده از روش‌های متداول بهینه‌سازی، معمولاً مسئله را به یک مدل تصمیم‌گیری تک‌نفره تبدیل می‌کنند و یک هدف ترکیبی برای کل سیستم برای مثال تابع رفاه اجتماعی یا اقتصادی و یا تابع چند ضابطه‌ای موزون مقید قرار می‌دهند. به‌طورمعمول فرض می‌شود که یک نوع همکاری کامل بین ذی‌نفعان برای رسیدن به راه‌حل بهینه برای کل سیستم وجود دارد. هم‌چنین، فرض می‌شود که تصمیم‌گیران بدون در اولویت قرار دادن اهداف خود در راستای به تعادل رساندن سیستم گام برمی‌دارند. ولی در رویکرد بازی قضیه این‌گونه نیست و هر بازیگر خودش رسماً وارد بازی می‌شود تا تابع هدف خود را بهینه سازد. در این رویکرد بازیگر از این موضوع که رفتار سایرین بر رفتار او تأثیر می‌گذارد آگاه بوده و هم‌چنین، می‌داند که تصمیم او بر تصمیمات و نتایج سایر بازیگران نیز تأثیرگذار است. این رفتار با فرض دانش عمومی راجع به عقلانیت[1] سازگار است. نتایجی که از کاربرد قواعد بازی حاصل می‌شود لزوماً بهینه پارتو نیست، هر بازیگر تمام تلاش خود را برای بیشینه سازی تابع هدف خود در بازی انجام می‌دهد. آنچه مسلم است این است که نتیجه بازی حاصل تصمیم تمام بازیگران است. نتایجی که از این رفتار به دست می‌آید، نسبت به مدل‌های متعارف برنامه‌ریزی ریاضی بسیار واقعی‌تر است (Madani, 2010). مزیت دیگر تئوری بازی نسبت به سایر روش‌ها، توانایی آن در شبیه‌سازی جنبه‌های گوناگون اختلافات، ترکیب ویژگی‌های گوناگون مسئله و پیش‌بینی راه‌حل‌ها در شرایط عدم دسترسی به اطلاعات کمی پیامدها است. در این پژوهش، در ابتدا یک مدل چندهدفه برنامه‌ریزی خطی به‌منظور دست‌یابی به تعادل اقتصادی – محیطزیستی بر اساس کاربردهای گوناگون اراضی، توسعه داده‌شده است. سپس به کمک مفاهیم نظریه بازی‌ها مدل چندهدفه نظریه بازی (MOGT) بسط داده‌شده است. از نقطه‌نظر اقتصادی، اراضی موجود در یک حوزه آبخیز باید به کاربری‌های گوناگون اختصاص پیدا کند، تا درآمد بیشینه بدست آید. از سوی دیگر، از نقطه نظر محیطزیستی، اراضی حوزه آبخیز نباید بیش‌تر از ظرفیت برد مربوطه خود بهره‌برداری شوند. راهکار مطلوب مدیریت حوزه آبخیز اختصاص انواع گوناگون کاربری اراضی است به‌گونه‌ای که میزان فرسایش و آلودگی حاصل از کاربری‌های گوناگون به حداقل و درآمد اقتصادی کاربری‌های گوناگون بیشینه شود (Lee, 2012).

در این پژوهش، حوضه آبخیز دریاچه زریبار مریوان که در معرض آلودگی و بهره‌برداری بیش‌از اندازه است، به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب شد. سالانه شمار زیادی گردشگر وارد این منطقه می‌شود که منبع درآمدی برای ساکنان منطقه بوده و از سویی دیگر به تخریب و آلودگی حوضه می‌افزایند. فعالیت کشاورزی و باغداری ساکنان حوضه هم منبع درآمد و هم تأمین‌کننده معیشت و مکفی نیاز غذایی روستاییان حوضه است، ولی مصرف بی‌رویه انواع مواد شیمیایی و بهره‌برداری بیش‌ازحد از زمین‌ها توسط کشاورزان و باغداران موجب فرسایش و آلودگی بیش‌تر خاک شده است (Sobhanardakani et al, 2017). از سوی دیگر، وجود رشته فعالیت‌های دامداری و صنعتی نیز افزون بر درآمدزایی، به تخریب بیش‌تر دریاچه افزوده است. به‌طور خلاصه می‌توان گفت مجموعه فعالیت‌های ذکرشده افزون بر آنکه بسیار درآمدزا هستند، ولی باعث بروز پدیده اوتریفیکاسیون (تغذیه گرایی) و در نتیجه پیری دریاچه شده است (Regional Water Compani of Kordestan, 2014). این امر به یک نگرانی عمومی تبدیل شده و بحث‌های بسیاری را در محافل منطقه و استان کردستان به همراه داشته است. سیاست ایده آل مدیریت حوضه آبخیز به‌گونه‌ای است که زمین را به کاربری‌های گوناگون طوری اختصاص داده شود که از ظرفیت تجمعی آب کاسته نشود و هم‌چنین، اثر سویی بر کیفیت آب مخزن نداشته باشد. با توجه به این مهم، مزیت مطالعه حاضر کاربر دو نوع مدل، یعنی مدل بازی غیرهمکارانه با رویکرد چانه‌زنی و مدل معمولی چندهدفه و در مقابل هم قرار دادن راه‌حل‌های این دو مدل یعنی راه‌حل نش و راه‌حل بهینه پارتو و نیز کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان ابزاری نوین در پژوهش‌های کشاورزی و محیطزیست است.

مطالعات متعددی در خصوص به‌کارگیری نظریه بازی‌ها در مدیریت منابع طبیعی و محیطزیست وجود دارد. در این راستا، Lee (2012) در بررسی خود، بر توسعه یک مدل نظریه بازی چند هدفه برای تعادل نگرانی‌های اقتصادی و محیطزیستی در مدیریت حوضه آبخیز Tseng-Wen در تایوان پرداخت. در این پژوهش نظریه بازی به‌عنوان ابزاری جایگزین برای تحلیل تعامل استراتژیک بین توسعه اقتصادی (استفاده از زمین و توسعه) و حفاظت از محیطزیست (حفاظت از کیفیت آب و کنترل تغذیه‌گرایی) استفاده شد. Chhipi-Shrestha et al (2019) یک رویکرد ترکیبی تصمیم‌گیری چند معیاره و تئوری بازی برای انتخاب یک برنامه کاربردی استفاده دوباره از آب در کانادا را ارائه دادند. تئوری بازی با توجه به یک بازی همکاری، در هشت گزینه استفاده دوباره از آب مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که

[1] -Common Knowledge of Rationality

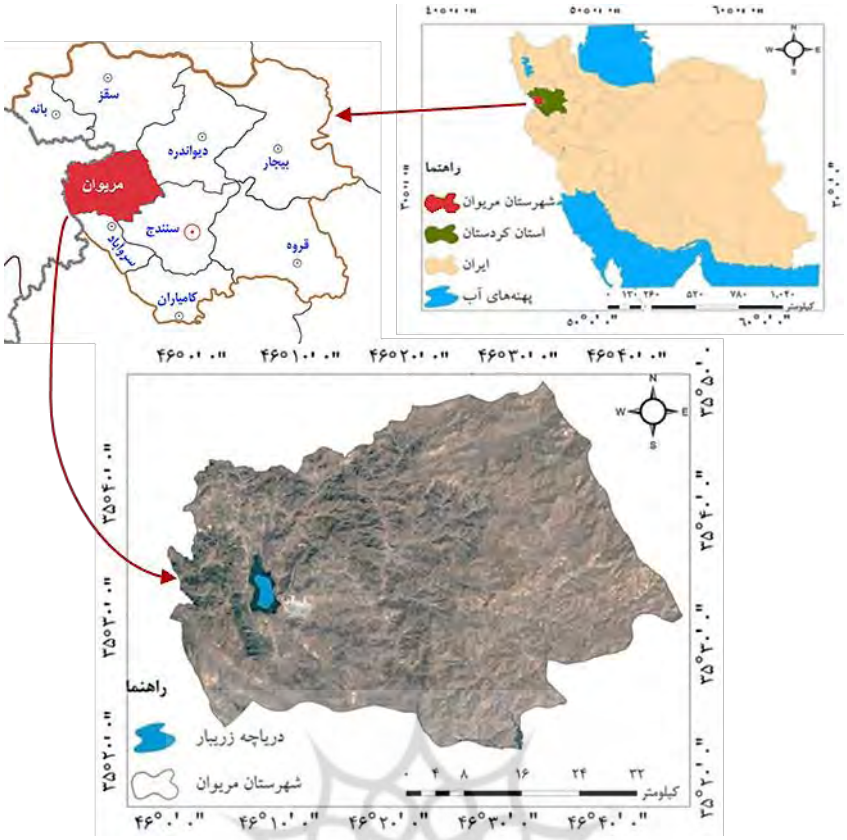
چمن‌زنی، زمین گلف، آبیاری پارک‌های عمومی و شستشوی توالت با سهم مساوی بین شهرداری و شهروندان راه‌حل بهینه است. با استفاده از این راه‌حل، شهرداری می‌تواند صرفه‌جویی بیش‌تری در حدود ۳۵ دلار به ازای هر خانوار در سال داشته باشد و شهروندان مجبورند برای لوله‌کشی دوگانه توالت و چمن‌زنی برای استفاده دوباره از آب ، مبلغ اضافی تقریبی ۱۰۰ دلار در هر خانواده را در سال هزینه کنند.

Hasti et al (2016) در شهرستان‌های گرگان و کردکوی به بیان راهکارهایی برای بهینه‌سازی کاربری‌ها در فرایند آمایش سرزمین با به‌کارگیری برنامه‌ریزی خطی چندهدفه و حل تعارضات ایجادشده در فرایند آمایش سرزمین با نظریه بازی‌ها پرداختند. در این پژوهش به دلیل نیازهای متفاوت ذی‌نفعان محیط‌زیستی و اقتصادی- اجتماعی، دو گروه محدودیت طراحی شد که سبب ایجاد تعارض در ادامه روند اجرای آمایش سرزمین شد. بازیکنان محیط‌زیستی و بازیکنان اقتصادی- اجتماعی در سه تکرار بازی کردند. درنهایت، بازیکنان محیط‌زیستی برنده، و آمایش سرزمین با محدودیت‌های محیط‌زیستی‌ها به کار خود ادامه داد. Moradi & Mohammadi Limaei (2018) باهدف امکان‌سنجی کاربرد مدل چندمنظوره نظریه بازی‌ها برای ایجاد توازن بین دغدغه‌های اقتصادی و محیط‌زیستی در بهینه‌سازی کاربری اراضی حوزه آبخیز زِمکان واقع در غرب استان کرمانشاه پرداختند. هدف دوگانه مدل چندمنظوره نظریه بازی‌ها به کمینه رساندن اثرات تخریبی روی محیط‌زیست (میزان فرسایش و رسوب کمتر) و به بیشینه رساندن میزان درآمد اقتصادی (ارزش خالص فعلی بیش‌تر) حاصل از کاربری‌های گوناگون می‌باشد. نتایج مدل چندمنظوره نظریه بازی‌ها نشان داد که بعد از چند دور چانه‌زنی و تعدیل اهداف بین بازیگران، تعادل نش ایجاد می‌شود. در بازه تعادل نش، میانگین فرسایش و رسوب برای بازیگر محیط‌زیستی از ۴۲۹۶ تا ۴۳۰۰ هزار مترمکعب و ارزش خالص فعلی برای بازیگر اقتصادی از ۴۷۰۵۰ تا ۴۷۰۶۸ میلیارد ریال در سال متغیر است.

مواد و روش پژوهش

منطقه موردمطالعه

دریاچه زریبار در فاصله ۳ کیلومتری غرب شهر مریوان، در استان کردستان ایران قرار دارد (شکل ۱) و از مکان‌های گردشگری و دیدنی این استان به شمار می‌آید. این دریاچه بزرگ‌ترین و زیباترین دریاچه آب شیرین غرب ایران و یکی از منحصربه‌فردترین دریاچه‌های آب شیرین در جهان به شمار می‌رود و تمامی شرایط جامع یک تالاب بین‌المللی را دارد. وجود دریاچه زریبار در میان جنگل‌های انبوه و زیبایی بلوط و گونه‌های گوناگون درختان جنگلی، سرزمین باشکوهی را در غرب ایران پدید آورده و آن را به مهم‌ترین جاذبه گردشگری غرب کشور تبدیل کرده است (Farman & Mostafa, 2015). این دریاچه با مساحت تقریبی ۲۰۰۰ هکتار در زیر حوزه سیروان قرار دارد و سیستم هیدرولوژیکی آن شامل رودخانه‌های فصلی مریوان، کولان و دره تفی و یک دایک خالی که در جنوب دریاچه احداث شده است، می‌باشد. هم‌چنین، از حوزه مرزی غرب نیز آب توسط مرز انحرافی قزلچه‌سو به سمت دریاچه هدایت می‌شود که باعث تغییراتی در سیستم هیدرولوژیکی دریاچه و رسوب‌گذاری آن شده است (Barari et al, 2016). وجود زمینه‌ای حاصل‌خیز در حاشیه دریاچه و وفور نسبی آب سبب تنوع تولید محصولات کشاورزی در این منطقه شده است (Behrouzirad, 2008). در سال‌های اخیر بنا بر دلایل گوناگون ازجمله رشد شاخص‌های اقتصادی، جمعیت شهری و روستایی، گردشگری، کشاورزی، دامپروری و به‌تبع آن ازدیاد فاضلاب ناشی از آنها و دیگر عوامل، مسائل و مشکلات محیط‌زیستی و اجتماعی عدیده‌ای گریبان‌گیر منطقه شده است (Barari et al, 2016).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی دریاچه زریبار

مدل‌های مورداستفاده در پژوهش

در این پژوهش در گام نخست، یک مدل بهینه‌سازی خطی با دو هدف اقتصادی و محیط زیستی برای بیشنه‌کردن سود بهره‌برداران ساکن حوضه دریاچه زریبار و کمینه‌کردن آلودگی محیطزیستی زمین‌های اطراف حوضه توسعه داده شد (مدل متعارف). از حل این مدل جواب بهینه پارتو بدست می‌آید. در این مرحله تضاد بین اهداف اقتصادی و محیطزیستی به‌وضوح دیده می‌شود زیرا که ماهیت راه‌حل بهینه پارتو به‌گونه‌ای است که هر بهبودی در یک هدف صرفاً با ایجاد ضرر در هدف دیگر به دست می‌آید. در مرحله دوم به‌منظور حل تعارض به وجود آمده بین اهداف اقتصادی و محیطزیستی، این اهداف متعارف را در مقابل هم قرار داده و از راه فرآیند چانه‌زنی جواب بهینه نش به دست خواهد آمد (مدل بازی). ویژگی تعادل نش حاصل‌شده از فرآیند الگوریتمی چانه‌زنی این اطمینان را به می‌دهد که هر بازیگر بهترین تصمیم خود را در برابر قیود تحمیل‌شده از سوی بازیگر دوم اتخاذ کرده است. به بیانی‌دیگر، در این نقطه هیچ‌یک از دو طرف نمی‌توانند منافع بیش‌تری را به دست آورند و لذا، دو بازیگر به توافق و تعادل می‌رسند.

مدل چندهدفه (Multi-Objective Model)

مسئله بهینه‌سازی چندهدفه برخواسته از روش‌های تصمیم‌گیری در دنیای واقعی است که شخص تصمیم‌گیرنده با مجموعه‌ای از اهداف و معیارهای متضاد و متعارض روبه‌روست. در این‌گونه مسائل برخلاف مسائل بهینه‌سازی تک‌هدفه و به‌دلیل وجود چند هدف متعارض به‌جای تنها یک جواب، مجموعه‌ای از جواب‌ها حاصل می‌شود. در پژوهش حاضر افزون بر هدف اقتصادی یعنی بیشینه‌سازی درآمد بهره‌برداران، هدف محیط زیستی یعنی کاهش آلودگی خاک نیز مورد توجه قرارگرفته است. به‌بیان‌دیگر، دو هدف متناقض در کنار یکدیگر استفاده‌شده و این به معنی رهیافتی است که بتواند چند هدف را در خود ببیند. شکل ریاضی الگوی برنامه‌ریزی چندهدفه در رابطه (۱) ارائه شده است (Francisco & Mubarik, 2006).

$$Max: \ Z(x) \quad [Z_1(x), Z_2(x), \ldots, Z_p(x)]$$
$$s.t \quad g_j(x) \quad 0, j \quad 1, 2, \ldots, m$$
$$x_k \quad 0, k \quad 1, 2, \ldots, n$$

رابطه (۱)

در رابطه (۱)، $Z(x)$ بیان‌گر تابع هدف و $[Z_1(x), Z_2(x), .. Z_p(x)]$ نشان دهنده مجموعه‌ای از تمام p تابع هدف مسئله است. $g_j(x)$ تابع محدودیت j ام و x_k نیز k امین متغیر تصمیم است. حل این مدل منجر به دست‌یابی به جواب بهینه پارتو خواهد شد که اغلب از آن با عنوان Non-Inferio Solution نام‌برده می‌شود (Lee, 2012). تفسیر دوآل تابع هدف معادله (۱) حاکی از کمینه‌سازی آلودگی محیطزیستی (EnvP)[1] و بیشینه‌سازی درآمد بهره‌برداران (EcoD)[2] است. بنابراین توابع هدف مدل برنامه‌ریزی دو هدفه به‌صورت روابط (۲) و (۳) درمی‌آید:

رابطه (۲)
$$Min \quad EnvP \quad Z_1(x)$$

رابطه (۳)
$$Max \quad EcoD \quad Z_2(x)$$

مدل بازی (Game Theory Model)

به‌منظور ایجاد تعادل اقتصادی-محیطزیستی با استفاده از نظریه بازی در مدل دو هدفه، دو گروه ذی‌نفع به‌عنوان دو بازیگر برای بازیگر نخست (۴)

برای بازیگر دوم (۵)

نتایج اولیه مدل چندهدفه نظریه بازی (MOGT) برای هر بازیگر شامل زوج مرتبی از مقادیر شبیه‌سازی‌شده $Z_1(x)$ و $Z_2(x)$ است. با مشخص‌شدن دامنه‌ها، دور نخست چانه‌زنی شروع می‌شود و هر یک از بازیگران مقادیر مطلوب خود ($EcoD_{goal}$, $EnvP_{goal}$) را به‌عنوان هدف انتخاب می‌کنند. گفتنی است که مقدار بهینه هر بازیگر به‌عنوان محدودیت در معادله بازیگر دوم وارد می‌شود و به‌این‌ترتیب استراتژی هر یک از بازیگران تعیین می‌شوند.

استراتژی بازیگر نخست:

$$\text{Min EnvP} \quad Z_1 \; x$$
$$\text{s.t}$$
$$g_j \; x \quad 0, \quad j \quad 1, 2, \quad , m$$
$$Z_2 \; x \quad EcoD_{goal}$$
$$x_k \quad 0, \quad k \quad 1, 2, \quad , n$$

رابطه (۶)

در نظر گرفته می‌شود. برای بازیگر محیطزیستی (بازیگر نخست) هدف کمینه‌سازی اثرات محیطزیستی ($EnvP_{min}$) به‌صورت معادله (۲) در نظر گرفته شد. حل این مدل منجر به کمینه شدن هدف اقتصادی ($EcoD_{min}$) با توجه به رابطه $EcoD=Z_2(x)$ می‌شود. از سوی دیگر، به‌منظور بیشینه‌سازی توسعه اقتصادی، معادله (۳) به‌عنوان تابع هدف در نظر گرفته می‌شود ($EcoD_{max}$). از حل این معادله نیز $EnvP_{max}$ با توجه به رابطه $EnvP=Z_1(x)$ به دست می‌آید. بدیهی است که اهداف موردبررسی کاملاً در تضاد با یکدیگر بوده، به گونه‌ای که بیشینه کردن درآمد منجر به بیشینه‌شدن آلودگی و کمینه‌سازی آلودگی نیز منجر به کمینه‌سازی درآمد می‌شود.

در ابتدای شروع بازی هر یک از بازیگران تمایل دارند تا مقادیر بیشینه ($EcoD_{max}$ ،$EnvP_{max}$) و کمینه ($EnvP_{min}$، $EcoD_{min}$) که از فرآیند بهینه‌سازی اهداف هر بازیگر به‌صورت انفرادی محاسبه کرده‌اند را به دست آورند. درنتیجه این اقدام، بازه‌ای از اعداد بدست می‌آید که می‌توان آن را مرز چانه‌زنی و یا پیامدهای بازی نامید. بنابراین، دامنه مقادیر بیشینه و کمینه (EcoD, EnvP) برای هر بازیگر به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$EcoD_{min} \quad EcoD \quad Z_2(x) \quad EcoD_{max}$$
$$EnvP_{min} \quad EnvP \quad Z_1(x) \quad EnvP_{max}$$

استراتژی بازیگر دوم:

$$\text{Max EcoD} \quad Z_2 \; x$$
$$\text{s.t}$$
$$g_j \; x \quad 0, \quad j \quad 1, 2, \quad , m$$
$$Z_1 \; x \quad EnvP_{goal}$$
$$x_k \quad 0, \quad k \quad 1, 2, \quad , n$$

رابطه (۷)

در شروع بازی هیچ‌کدام از بازیگران از نتیجه تابع هدف بازیگر مقابل راضی نخواهند بود، یعنی نتایج مدل چندهدفه بازی برای بازیگر نخست خیلی بالاتر از مقدار مطلوب آن (غلظت مواد آلاینده بیش از انتظار) و به همین ترتیب درآمد به‌دست‌آمده برای بازیگر دوم خیلی پایین‌تر از مقدار مطلوب آن (درآمدی کمتر ازآنچه تقاضا دارد) است، لذا به دلیل تضاد منافع بازیگران در دو مدل بالا، دوری از مذاکرات صورت می‌گیرد. برای مثال، در دور نخست چانه‌زنی، بازیگران مقادیر مطلوب خود را بسیار نزدیک به مقادیر $EnvP_{min}$ و $EcoD_{max}$ در نظر می‌گیرند، انتظار می‌رود که

[1] -Environment Pollution

[2]- Economic Development

هیچ‌کدام از بازیگران بعد از دور نخست بازی به توافق نرسند و لذا ذی‌نفعان اهداف خود را تعدیل داده و دورهای بعدی چانه‌زنی متعاقباً شکل می‌گیرند. در دور دوم، بازیگر محیط‌زیستی از نگرانی و سخت‌گیری نسبت به آلودگی اندکی می‌کاهد و بازیگر دوم نیز انتظارات بالای درآمدی خویش را تعدیل می‌دهد. این فرآیند چانه‌زنی تا زمانی ادامه می‌یابد که جواب نهایی $EnvP^*$ و $EcoD^*$ به‌صورت روابط (۸) و (۹) دربیاید:

بازیگر نخست $EnvP^* \quad EnvP_{goal}$ (۸)

بازیگر دوم $EcoD^* \quad EcoD_{goal}$ (۹)

جواب به‌دست‌آمده از روابط (۸) و (۹) یعنی $EnvP^*$ و $EcoD^*$، راه‌حل بهینه نش نام‌گذاری شده است (Osborne & Rubinstein, 1994؛ Gibbons, 1997). خروجی حاصل از تعادل نش، حالت پایدار یک تعامل استراتژیک را نشان می‌دهد، به‌گونه‌ای که اگر بازیکنان بر اساس تعادل نش رفتار کنند، هیچ‌گونه انگیزه‌ای برای انحراف و انتخاب اقدام‌های دیگر ندارند (Navidi et al., 2011).

همان‌گونه که بیان شد، در این پژوهش برای بازیگر اقتصادی، هدف بیشینه کردن درآمد در نظر گرفته شد که منابع این درآمد شامل فعالیت‌های کشاورزی، باغداری، گردشگری-تفریحی، صنعتی و دام‌پروری است. برای بازیگر دوم نیز کمینه غلظت فسفر و نیتروژن به‌عنوان هدف محیط‌زیستی در نظر گرفته شد. مدل دو هدفه مورداستفاده در این پژوهش در جدول (۱) ارائه شده است: محدودیت شماره یک، مساحت کل حوضه آبخیز است که می‌توان آن را به کاربری‌های گوناگون کشاورزی، باغی، صنعتی، دام‌پروری، گردشگری و ... اختصاص داد، محدودیت شماره دو، کم‌ترین اراضی جنگلی حوضه که برای اهداف حفاظت از منابع طبیعی توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری تعیین‌شده است را نشان می‌دهد، محدودیت شماره سه، کم‌ترین مساحت زمین‌های کشاورزی برای تأمین نیازهای غذایی ساکنان منطقه است به گونه‌ای که ساکنان روستاهای ۹ گانه اطراف حوضه به سطحی از خودکفایی برسند. محدودیت شماره چهار و پنج کم‌ترین زمین لازم برای فعالیت‌های صنعتی نظیر احداث سردخانه و زمین‌های متعلق به نیروی انتظامی مستقر در حوضه است. محدودیت شماره شش و هفت نیز برای تأمین نیاز مسکونی و فضای گردشگری در مدل آورده شده است. محدودیت شماره هشت ظرفیت جذب مواد آلاینده در بخش‌های گوناگون حوضه را نشان می‌دهد، محدودیت شماره نه بیشینه خاک مناسب برای فعالیت کشاورزی و باغی را نشان می‌دهد که از محاسبات GIS به‌دست‌آمده است. درنهایت، محدودیت شماره ده کم‌ترین مساحت دریاچه که برای اهداف حفاظتی و تأمین نیاز آب منطقه لازم است را بیان می‌کند. لازم به ذکر است که به‌منظور برآورد غلظت فسفر و نیتروژن در منطقه مسکونی، صنعتی و دواتی از استانداردهای TPA و ASAI استفاده شده است. هم‌چنین، داده‌های مورداستفاده از شرکت مهندسین مشاور آساراب گرفته شده است.

جدول ۱- مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه برای حوضه آبخیز دریاچه زریبار

اجرای مدل	اهداف
اهداف:	
حفاظت از محیط‌زیست	$\text{Min } Z_1(x)= 1.2x_1 + 3.3x_2 + 3x_3 +0.2x_4 +35.5x_5 + 2x_6 +0.5x_7 + 25x_8 +0.1x_9 +0.2x_{10} +0.3x_{11} +0.3x_{12} +0.1x_{13} +0.2x_{14}$
بیشینه‌سازی درآمد	$\text{Max } Z_2(x)= 2.7x_1 + 7.2x_2 + 4.1x_3 +12.4x_5 + 9.9x_8 + 1.3x_{10} + 1.1x_{11} + 1.2x_{12} + 1.2x_{13} + 7x_{14}$
محدودیت‌ها:	
۱- محدودیت زمین‌های موجود	$x_1 + x_2 + x_3 +.x_4 +x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 237000$
۲- کم‌ترین اراضی جنگلی	$x_{14} \geq 2800$
۳- کم‌ترین اراضی کشاورزی	$x_1 + x_8 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13}$ 8 1500
۴- کم‌ترین زمین برای اهداف صنعتی	$x_5 \geq 20$
۵- کم‌ترین اراضی دولتی	$x_6 \geq 30$
۶- کم‌ترین اراضی گردشگری	$x_3 \geq 300$
۷- کم‌ترین زمین مسکونی	$x_2 \geq 725$
۸- ظرفیت آلاینده‌پذیری	$1.2x_1 + 3.3x_2 + 3x_3 +0.2x_4 +35.5x_5 + 2x_6 +0.5x_7 + 25x_8 +0.1x_9 +0.2x_{10} +0.3x_{11} +0.3x_{12} +0.1x_{13} +0.2x_{14} \leq 75500$
۹- شیب خاک در محدوده مجاز	$x_1 + x_2 + x_3 + x_8 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} \leq 14000$

۱۰- محدودیت ویژگی‌های خاک	$x_1 + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} \leq 4327$
۱۱- محدودیت مثبت‌بودن متغیرها	$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14} \geq 0$

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۸

پس از شبیه‌سازی اهداف در قالب مدل‌های بهینه یابی چندهدفه، تعاملات راهبردی بین دو گروه با اهداف اقتصادی و محیط‌زیستی در چارچوب نظریه بازی‌ها و با استفاده از رویکرد چانه‌زنی موردبررسی قرار گرفت. سپس به مقایسه نتایج حاصل از مدل برنامه‌ریزی چندهدفه بازی، با نتایج مدل متعارف برنامه‌ریزی چندهدفه پرداخته شد. داده‌های موردنیاز از راه تفکیک منطقه بر اساس کاربردهای گوناگون اراضی حوضه آبخیز، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، و طرح‌های انجام‌شده در حوضه آبخیز زریبار در بازه زمانی ۹۵-۱۳۹۴ گردآوری و استفاده شد. به‌منظور حل مسئله تصمیم‌گیری چندهدفه از بسته نرم‌افزاری ArcGis Desktop 9.0 برای استخراج داده‌های دقیق برای حل مدل استفاده شد. در ابتدا با استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای، انواع گوناگون اراضی شناسایی شد، سپس با کمک مدل رقومی ارتفاع[1]، داده‌های ارتفاع به واحدهای یک هکتاری در ArcGis تقسیم شدند. سپس پلیگن‌های[2] مربوط به هر یک از کاربری‌های زمین ایجاد و ذخیره شد. نحوه پراکنش و توزیع اراضی زیر حوضه آبخیز نیز با استفاده از Field Calculator که در ArcGis موجود است مشخص شد. در مرحله آخر با تلفیق داده‌های مرتبط با انواع گوناگون کاربری زمین و داده‌های بخش‌های گوناگون زیر حوضه، انواع کاربرها با توجه به هر زیر حوضه استخراج شد.

بحث و ارائه یافته‌ها

هدف اولیه و استراتژی

هر بازیگر در ابتدا با تجزیه‌وتحلیل تابع تک هدفه انفرادی خود مقادیر ماکزیمم و مینیمم را شناسایی می‌کند. درنتیجه این اقدام، دامنه اولیه EnvP و EcoD برای دو هدف مسئله به‌صورت معادلات (۱۰) و (۱۱) حاصل و در جدول (۲) گزارش شده است.

رابطه (۱۰) $۱۹۸۴۰ \leq EnvP \leq ۷۵۵۰۰$

رابطه (۱۱) $۳۳*۱۰^{۶} \leq EcoD \leq ۵۶/۵*۱۰^{۶}$

معادله‌های (۱۰) و (۱۱) استراتژی‌های دو بازیگر را نشان می‌دهند. هدف اولیه برای بازیگر نخست (بازیگر محیط‌زیستی)، کمترین مقدار آلودگی ممکن برابر $EnvP_{min} = ۱۹۸۴۰$ کیلوگرم در هکتار به ازای هرسال است، درحالی‌که هدف اولیه برای بازیگر دوم (بازیگر اقتصادی)، کسب بالاترین مقدار درآمد ممکن یعنی $EcoD_{max} = ۵۶۵۰۰۰۰۰$ ریال از هر هکتار کاربری اراضی در سال است.

جدول ۲- استراتژی‌های بازیگران در فرایند مذاکرات

فرآیند چانه‌زنی	بازیگر محیط‌زیستی و هدف حفاظت از محیط‌زیست (کیلوگرم در هکتار در سال)	بازیگر اقتصادی و هدف کسب درآمد بالا (۱۰^۵ ریال در هکتار در سال)
مدل اولیه	۱۹۸۴۰	۵۶۵
دور نخست چانه‌زنی و مذاکرات	۲۰۰۰۰	۵۴۰
دور دوم چانه‌زنی و مذاکرات	۲۱۰۰۰	۵۱۳
دور سوم چانه‌زنی و مذاکرات	۲۲۰۰۰	۴۸۹
دور چهارم چانه‌زنی و مذاکرات	۲۳۰۰۰	۴۶۷
دور پنجم چانه‌زنی و مذاکرات	۲۴۰۰۰	۴۴۹
دور ششم چانه‌زنی و مذاکرات	۲۵۰۰۰	۴۳۲
دور هفتم چانه‌زنی و مذاکرات	۲۵۳۶۵	۴۲۱

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۸

همان گونه که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، $EnvP_{max} = ۷۵۵۰۰$ که برای بازیگر محیط‌زیستی به‌دست آمده است، بسیار بیش‌تر از هدف اولیه آن یعنی ۱۹۸۴۰کیلوگرم در هکتار آلودگی در سال است. هم‌چنین، مقدار متناظر آن $EcoD_{min} = ۳۳۰۰۰۰۰۰$ بسیار کم‌تر از مقدار مطلوب آن، یعنی ۵۶۵۰۰۰۰۰ ریال ارزش خالص فعلی در سال است.

[1] -Digital Elevation Metod

[2]-Polygon

فرآیند چانه‌زنی

ازآنجاکه نتایج اولیه حاصل از شبیه‌سازی مدل چندهدفه برای هیچ‌یک از بازیگران رضایت‌بخش نیست، دو بازیگر وارد دوری از مذاکرات می‌شوند. در طول این فرآیند چانه‌زنی، بازیگران اهداف خود را تعدیل می‌دهند. همان‌طور که در جدول(۲) مشاهده می‌شود در دور نخست رایزنی‌ها بازیگر حامی محیط‌زیست از نگرانی نسبت به محیط‌زیست کاسته و اجازه انتشار مقدار بیش‌تری آلاینده یعنی مقدار ۲۰ هزار واحد (۲۰ تن) را به‌جای ۱۹۸۴۰ واحد داده است، هم‌چنین، بازیگر اقتصادی از انتظارات درآمدی خود کاسته و به مقدار پایین‌تر از سطح مطلوب خود یعنی درآمد ۵۴۰ واحد رضایت می‌دهد. نتایج این دورهای چانه‌زنی برای مدل MOGT در جدول (۳) ارائه شده است. میزان افزایش در میانگین آلودگی یا کاهش در انتظارات درآمدی در هر دور چانه‌زنی از تقسیم اختلاف کمینه و بیشینه میانگین آلاینده یا ارزش خالص فعلی به تعداد دورهای منطقی چانه‌زنی که توسط کارشناسان تشخیص داده می‌شود، بدست آمده است. علامت ۱–۰ در ستون دوم جدول (۳) به معنای مدل اولیه (مرحله ابتدایی) برای بازیگر نخست و ۲–۰ به معنای مدل اولیه برای بازیگر دوم است. در این مرحله هنوز از مبانی نظریه بازی‌ها استفاده‌نشده است، علامت ۱–۱ به معنای دور نخست چانه‌زنی برای بازیگر نخست و علامت ۲–۱ نیز دور نخست برای بازیگر دوم، به همین ترتیب علامت ۱–۲ بیانگر دور دوم رایزنی برای بازیگر محیط زیستی است و منظور از علامت ۲–۲ دور دوم برای بازیگر اقتصادی است. روش مناسب برای برخورد با مسئله چانه‌زنی این است که آن را شبیه یک بازی پویای غیر توافقی در نظر گرفت. به‌بیان‌دیگر، یک فرآیند چانه‌زنی قدم‌به‌قدم به‌صورت یک بازی پویای غیر توافقی تنظیم می‌شود که در آن، یک فرد پیشنهاد می‌دهد و سپس دیگری به آن واکنش نشان می‌دهد و این روند تا آخر ادامه پیدا می‌نماید.

پس از دور نخست رایزنی‌ها، همان‌گونه که در جدول (۳) مشاهده می‌گردد، هنوز هر دو هدف به مقادیر اولیه نزدیک نبوده و لذا، در این مرحله توافقی حاصل نمی‌شود. در این مرحله، هیچ کدام از بازیگرها از هدف تعدیل‌شده دیگری راضی نیستند. بنابراین، دورهای بعدی چانه‌زنی برای تنظیم دوباره مقادیر هدف هر بازیکن ادامه می‌یابد و بازیگران دوباره اهداف خود را تعدیل می‌دهند. با تعدیل اهداف دو بازیگر مقادیر مربوط به متغیرهای X_9 (دریاچه) و X_{14} (اراضی جنگلی) نیز تغییر کرده است. با مراجعه به جدول (۲) دوباره بازیگران اهداف خود را تعدیل می‌دهند. استراتژی بازیگر نخست از ۲۰۰۰۰ به ۲۵۳۶۵ کیلوگرم در هکتار افزایش و استراتژی بازیگر دوم از ۵۴ به ۴۲/۱ میلیون ریال در هکتار کاهش می‌یابد. به‌وضوح می‌توان دید که بعد از هر دور مذاکره، از تفاوت بین مقدار تابع هدف هر بازیگر و مقدار به‌دست‌آمده از حل مسئله کاسته می‌شود، هراندازه که اختلاف بین مقادیر نشان داده شده و مقادیر ناشی از فرآیند بهینه‌سازی بیش‌تر کاهش یابد، به نقطه تعادل نزدیک‌تر می‌شود.

جدول ۳- نتایج دورهای چانه‌زنی در بازی

دورهای چانه‌زنی		هدف	Z_1	Z_2	X_2	X_3	X_5
مدل اولیه	۱–۰	–	۱۹۸۴۰	۳۳	۷۲۵	۳۰۰	۲۰۰
	۲–۰	–	۷۵۵۰۰	۵۶/۵	۷۲۵	۳۰۰	۱۵۶۴
دور نخست بازی	۱–۱	Z_1=۲۰۰۰۰	۲۷۰۶۶	۵۴	۷۲۵	۳۰۰	۲۰۰
	۲–۱	Z_2=۵۴۰	۲۰۰۰۰	۴۵	۷۲۵	۳۰۰	۲۰۰
دور دوم بازی	۱–۲	Z_1=۲۱۰۰۰	۲۶۶۸۱	۱۱۵	۷۲۵	۳۰۰	۲۰۰
	۲–۲	Z_2=۵۱۳	۲۱۰۰۰	۵۱۳	۷۲۵	۳۰۰	۲۰۰
دور سوم بازی	۱–۳	Z_1=۲۲۰۰۰	۲۶۳۳۸	۴۸۹	۷۲۵	۳۰۰	۲۰۰
	۲–۳	Z_2=۴۸۹	۲۲۰۰۰	۱۸۵	۷۲۵	۳۰۰	۲۰۰
دور چهارم بازی	۱–۴	Z_1=۲۳۰۰۰	۲۶۰۲۳	۴۶۷	۷۲۵	۳۰۰	۲۰۰
	۲–۴	Z_2=۴۶۷	۲۳۰۰۰	۲۵۵	۷۲۵	۳۰۰	۲۰۰
دور پنجم بازی	۱–۵	Z_1=۲۴۰۰۰	۲۵۷۶۶	۴۴۹	۷۲۵	۳۰۰	۲۰۰
	۲–۵	Z_2=۴۴۹	۲۴۰۰۰	۳۲۵	۷۲۵	۳۰۰	۲۰۰
دور ششم بازی	۱–۶	Z_1=۲۵۰۰۰	۲۵۵۳۲	۴۳۲	۷۲۵	۳۰۰	۲۰۰
	۲–۱	Z_2=۴۳۲	۲۵۰۰۰	۳۹۵	۷۲۵	۳۰۰	۲۰۰
دور هفتم بازی	۱–۷	Z_1=۲۵۳۶۵	۲۵۳۶۶	۴۲۱	۷۲۵	۳۰۰	۲۰۰
	۲–۷	Z_2=۴۲۱	۲۵۳۶۵	۴۲۰	۷۲۵	۳۰۰	۲۰۰

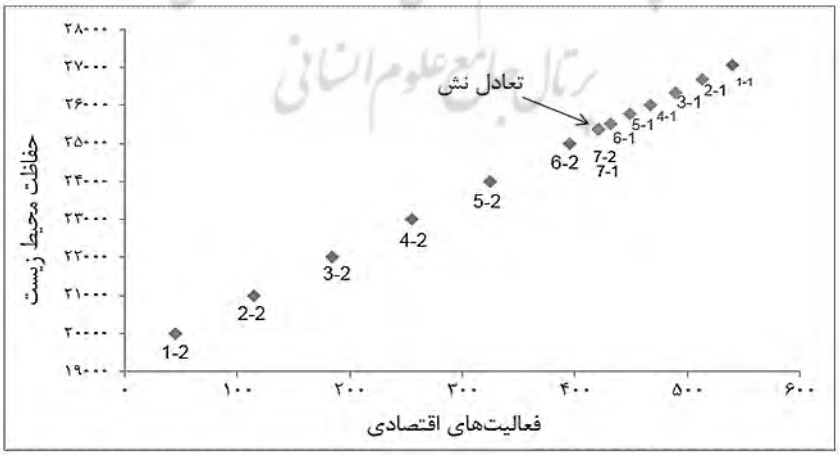
ادامه جدول ۳- نتایج دورهای چانه‌زنی در بازی

دورهای چانه‌زنی		هدف	X_6	X_9	X_{10}	X_{13}	X_{14}
مدل اولیه	۱-۰	-	۳۰۰	۷۴۸۷۵	۴۰۰	۰	۲۸۰۰
	۲-۰	-	۳۰۰	۰	۴۰۰	۰	۷۶۳۱۰
دور نخست بازی	۱-۱	Z_1=۲۰۰۰۰	۳۰۰	۲۲۷۹	۴۰۰	۳۲۷	۷۵۰۶۸
	۲-۱	Z_2=۵۴۰	۳۰۰	۷۲۹۴۸	۴۰۰	۳۲۷	۴۴۰۰
دور دوم بازی	۱-۲	Z_1=۲۱۰۰۰	۳۰۰	۶۱۳۶	۴۰۰	۳۲۷	۷۱۲۱۱
	۲-۲	Z_2=۵۱۳	۳۰۰	۶۲۹۴۸	۴۰۰	۳۲۷	۱۴۴۰۰
دور سوم بازی	۱-۳	Z_1=۲۲۰۰۰	۳۰۰	۹۵۶۵	۴۰۰	۳۲۷	۶۷۷۸۲
	۲-۳	Z_2=۴۸۹	۳۰۰	۵۲۹۴۸	۴۰۰	۳۲۷	۲۴۴۰۰
دور چهارم بازی	۱-۴	Z_1=۲۳۰۰۰	۳۰۰	۱۲۷۰۸	۴۰۰	۳۲۷	۶۴۶۳۹
	۲-۴	Z_2=۴۶۷	۳۰۰	۴۲۹۴۸	۴۰۰	۳۲۷	۳۴۴۰۰
دور پنجم بازی	۱-۵	Z_1=۲۴۰۰۰	۳۰۰	۱۵۲۷۹	۴۰۰	۳۲۷	۶۲۰۶۸
	۲-۵	Z_2=۴۴۹	۳۰۰	۳۲۹۴۸	۴۰۰	۳۲۷	۴۴۴۰۰
دور ششم بازی	۱-۶	Z_1=۲۵۰۰۰	۳۰۰	۱۷۷۰۸	۴۰۰	۳۲۷	۵۹۶۳۹
	۲-۱	Z_2=۴۳۲	۳۰۰	۲۲۹۴۸	۴۰۰	۳۲۷	۵۴۴۰۰
دور هفتم بازی	۱-۷	Z_1=۲۵۳۶۵	۳۰۰	۱۹۲۷۹	۴۰۰	۳۲۷	۵۸۰۶۸
	۲-۷	Z_2=۴۲۱	۳۰۰	۱۹۹۴۸	۴۰۰	۳۲۷	۵۸۰۵۰

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۸

تعادل نش

پس از دور هفتم چانه‌زنی، مقدار EnvP =۲۵۳۶۶ به‌دست‌آمده از حل مدل برنامه‌ریزی ریاضی تقریباً برابر با مقدار تعیین‌شده توسط بازیگر محیط‌زیستی شده و مقدار EcoD نیز تقریباً برابر مقدار تعیین‌شده توسط بازیگر اقتصادی شده است. نتایج این مرحله برای هر دو بازیگر رضایت‌بخش است و به موازنه (تعادل) نش دست یافته‌اند (معادلات ۸ و ۹). بر اساس تعریف، تعادل نش به معنای یافتن راه‌حلی برای بازی است که در آن، هر بازیگر بر اساس استدلال‌ها، پیش‌بینی‌ها و ترجیحات خود و هم‌چنین، در پاسخ به رفتار رقبا، رفتار خود را شکل داده است و هیچ تمایلی برای برهم زدن آن ندارد. در نظریه بازی، تعادل به معنای بهترین وضعیت یا بهترین راه‌حل نیست، بلکه راه‌حلی برای بازی است که بازیگران انگیزه‌ای برای خروج از آن ندارند. در دور هفتم چانه‌زنی بازیگران با تغییر استراتژی خود نمی‌توانند به مقدار بالاتر (درآمد بیش‌تر برای بازیگر اقتصادی و آلودگی کم‌تر برای بازیگر محیط‌زیستی) دست یابند و انگیزه‌ای هم برای خروج از این حالت ندارند. لذا در این مرحله تعادل نش حاصل‌شده است. به‌طور خلاصه نتایج دورهای چانه‌زنی در شکل (۲) گزارش شده است.



شکل ۲- روند تغییرات مقدار تابع هدف در نظریه بازی‌ها و رسیدن به تعادل نش (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۸)

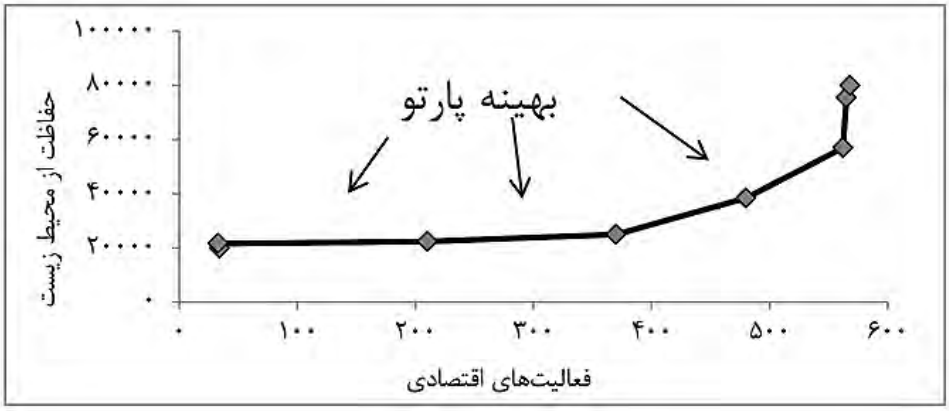
مدل چندهدفه نظریه بازی‌ها

همان‌گونه که در شکل (۲) به‌وضوح دیده می‌شود، در شروع بازی، خواسته‌های دو گروه بسیار از هم دور بوده (فاصله نقاط ۲-۱ و ۱-۱) و به‌تدریج از فاصله (اختلاف) این نقاط کاسته می‌شود تا این‌که به نقاط ۱-۷ و ۲-۷ می‌رسد. لازم به ذکر است که این دونقطه کاملاً بر هم منطبق نبوده، ولی به دلیل اختلاف بسیار ناچیز، در شکل به‌صورت یک نقطه واحد دیده می‌شوند. در این حالت با توجه به قوانین تئوری بازی‌ها به‌دست‌آمده، شرایط تصمیم‌گیری برای دو بازیگر بسیار آسان شده است. جواب به‌دست‌آمده یعنی سطح درآمدی (۴۲/۰۸ تا ۴۲/۱ میلیون ریال) و سطح مجاز انتشار مواد آلاینده (۲۵۳۶۵ تا ۲۵۳۶۶ کیلوگرم) را در بهترین حالت بازی بیان می‌کند. در حالت تعادل بازی مشاهده می‌شود که سطح کشت محصولات گندم و جو ثابت بوده، ولی محصولات باغی، صیفی‌جات، سبزی‌کاری و زمین‌های پوشیده با نی از مدل حذف شده‌اند که نشانگر این موضوع است که این رشته فعالیت‌ها با اهداف محیط زیستی سازگار نبوده‌اند. در مورد حذف نیزار که توسط مدل برنامه‌ریزی ریاضی پیشنهاد داده‌شده است، این نکته حائز اهمیت است که رشد بی‌رویه این نیزارها به دلیل ورود بیش‌ازحد فاضلاب و نیز افزایش ورود فسفات و نیترات به دریاچه بوده است، ولی ازآنجایی‌که این نیزارها زیستگاهی مناسب برای پرندگان منطقه می‌باشند، لذا به‌جای حذف نیزار باید از ورود آلاینده‌ها به داخل آب دریاچه جلوگیری شود. ممکن است این ابهام به وجود آید که سطح درآمد ۴۲/۱ میلیون ریال در هکتار در سال توجیه ندارد. در پاسخ باید گفت که این عدد میانگین درآمد کاربری‌های گوناگون حوضه است و چون قسمت‌هایی از حوضه آبخیز مثل زمین‌های بایر، اراضی نیزار و ... دارای درآمد صفر بوده و مساحت عمده‌ای را نیز به خود اختصاص داده‌اند و این متغیرها نیز وارد مدل شده‌اند، لذا باعث کاهش چشمگیر عدد فوق شده‌اند. از سوی دیگر، نادیده گرفتن چنین بخش‌هایی از حوضه آبخیز در مدل، باعث دور شدن از واقعیت می‌شود زیرا این اراضی افزون بر اینکه درآمدزا نیستند، به‌عنوان منبع آلودگی بوده و لازم دیده شد که در تابع هدف بازیگر محیط زیستی لحاظ شوند.

با توجه به حذف رشته فعالیت‌های گوناگون از قبیل دامپروری، سبزی‌کاری، صیفی‌کاری و غیره از مدل و کاهش متغیرهای سطح آب دریاچه و کاهش سطح جنگل‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که الگوی فعلی کاربری اراضی بهینه نیست. در مدل چندهدفه نظریه بازی‌ها، تعادل نش شرایطی آسان را برای کاربران محیط‌زیستی و اقتصادی فراهم می‌کند که بر اساس آن می‌توانند گزینه‌ای را انتخاب کرده و تصمیم‌گیری کنند. محدودیت دامنه پذیرفته‌شده در تعادل نش می‌تواند یاریگر کاربران در اتخاذ تصمیمات سخت باشد. با این آگاهی که می‌توانند هم با دغدغه‌های محیطی و هم با رشد اقتصادی خود را تطبیق دهند. به‌طورکلی می‌توان گفت، مقادیر متغیرهای تصمیم به‌دست‌آمده با برقراری تعادل نش مقادیر بهینه نهایی می‌باشند. بدین معنی که اگر سطح کاربری‌ها در حوضه آبخیز مورد پژوهش در محدوده مقادیر به‌دست‌آمده قرار داشته باشد، میانگین آلاینده و درآمد فعلی حاصل از کاربری‌های گوناگون در حالت تعادل قرار داشته و هیچ‌یک از دو بازیگر متضرر نخواهد شد و تمایلی به تغییر وضعیت به‌دست‌آمده نخواهند داشت. به‌بیانی‌دیگر، سطح کاربری‌ها با وضعیت ارائه‌شده به‌وسیله تئوری بازی‌ها، سطح بهینه‌ای می‌باشد که می‌تواند مورداستفاده سازمان‌های برنامه‌ریزی و مدیریت حوزه‌های آبخیز قرار گیرد.

مدل چندهدفه معمولی (کلاسیک):

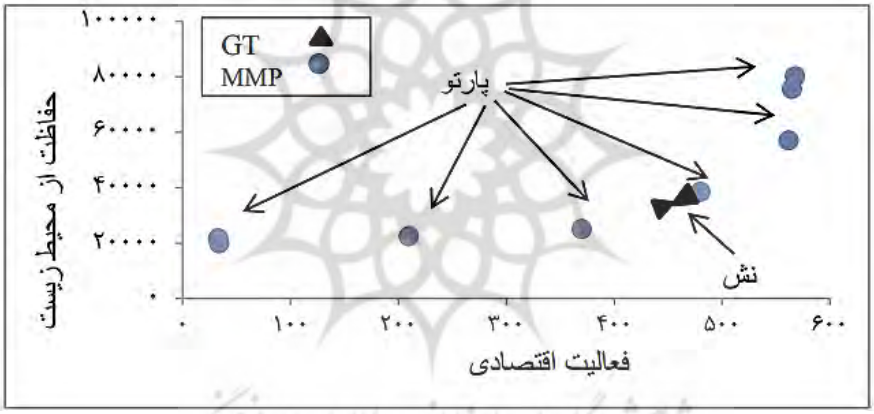
برای مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از مدل MOGT در مطالعه موردی حوضه آبخیز دریاچه زریبار، با نتایج حاصل از مدل متعارف چندهدفه، یک‌بار دیگر مدل، بدون به‌کارگیری مفاهیم نظریه بازی‌ها حل شد. نتایج حاصل از حل این مدل در شکل (۳) گزارش شده است. اعداد بهینه پارتو حاصل حل مدل بهینه‌سازی چندهدفه معمولی روش حدی است که بر اساس آن یکی از اهداف به‌دلخواه به‌عنوان هدف اصلی انتخاب شده و دیگری، به صورت قید به مسئله افزوده شده است.



شکل ۳- نتایج مدل چندهدفه معمولی حوضه آبخیز دریاچه زریبار

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۸)

مقایسه مدل‌های چندهدفه معمولی (MMP)[1] و نظریه بازی (GT) نشان‌دهنده پراکندگی بیش‌تر جواب به‌دست‌آمده است (شکل ۴). این امر به معنای دشواری فرآیند تصمیم‌گیری برای کاربران است. مدل چندهدفه نظریه بازی‌ها بر روی هدف یک بازیگر متمرکز است نه تمام اهداف سیستم و دغدغه اصلی هر بازیگر، به بیشینه رساندن منافع خود (آلودگی پایین‌تر یا ارزش خالص فعلی بالاتر) در بازی استراتژیک است.



شکل ۴- مقایسه نتایج مدل بازی و چند هدفه معمولی

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۸)

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف امکان‌سنجی کاربرد مدل چندهدفه نظریه بازی‌ها (MOGM) برای ایجاد توازن بین چالش‌های اقتصادی و محیط‌زیستی در بهینه‌سازی کاربری اراضی حوزه آبخیز دریاچه زریبار واقع در غرب شهر مریوان در استان کردستان و برای کمک به امر تصمیم‌گیری بسط داده شده است. هدف از مدل چندمنظوره نظریه بازی‌ها به‌عنوان ابزاری جایگزین برای حل تعارضات راهبردی، توسعه اقتصادی (توسعه و کاربرد زمین) و حفاظت از محیط‌زیست (حفظ کیفیت آب و کاهش مواد آلاینده) حاصل از کاربری‌های گوناگون می‌باشد. داده‌های موردنیاز از راه تفکیک منطقه بر اساس کاربردهای گوناگون اراضی حوضه آبخیز، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در بازه زمانی ۹۵-۱۳۹۴ گردآوری و استفاده شد. به‌منظور حل مسئله تصمیم‌گیری چندهدفه از بسته نرم‌افزاری ArcGis Desktop 9.0 برای استخراج داده‌های دقیق برای حل مدل استفاده شده است.

در این پژوهش حامیان و طرفداران حفاظت از محیط‌زیست و جنگل‌ها به‌عنوان بازیگر نخست (بازیگر محیط‌زیستی) و کاربران حوزه آبخیز دریاچه زریبار به‌عنوان بازیگر دوم (بازیگر اقتصادی) انتخاب شدند. نتایج نشان داد که حل مدل

[1]- Multi-Objective Mathematical Programming

تصمیم‌گیری چندهدفه برای حوضه آبخیز دریاچه، منجر به دست‌یابی به راه‌حل بهینه پارتو نشده است، بلکه دامنه‌ای از جواب‌ها حاصل شده است، حال‌آنکه در مدل بازی، تصمیم‌گیری بسیار ساده‌تر می‌باشد. نکته دیگری که باید به آن اشاره کرد، این است که در مدل بازی، هر شخص در راستای منافع شخصی خود گام برمی‌دارد، ولی در مدل چندهدفه معمولی بدون بازی، افراد در راستای بهبود منافع کل سیستم گام برمی‌دارند. آنچه در دنیای واقعی احتمال وقوع بیش‌تری دارد این است که افراد منافع شخصی را به منافع جمعی ترجیح دهند. صید بی‌رویه ماهیان، شکار غیرمجاز، پمپاژ آب بیش‌ازحد، حفر غیرقانونی چاه آب و غیره همگی دلیل بر منفعت شخصی گرایی در دنیای واقعی است.

تعادل نش قادر است که چنین رفتاری را به‌صورت علمی توصیف کند. نتایج این پژوهش یعنی تفاوت مدل چندهدفه نظریه بازی‌ها و روش چندهدفه معمولی (کلاسیک)، با مطالعات Carraro et al (2007)، Madani (2010)، Lee (2012) و Moradi & Mohammadi Limaei (2018) هم‌خوانی دارد. می‌توان نتیجه گرفت، مدل MOGT نسبت به مدل متعارف برنامه‌ریزی چندهدفه برتری دارد. بنابراین، بهترین اقدام‌های مؤثر بر کیفیت آب و افزایش درآمد از قبیل جایگزینی منبع معیشتی جدید، کاهش استفاده از کودها، جایگزینی کشت سبزی و میوه به‌جای گندم پیشنهاد می‌گردد.

References

1- Abdoli, Gh. (2014). Game theory and its applications (static and dynamic games of complete information). Tehran, *Jahad Daneshgahi Press*, 454 pages (in Persian).

2- Barari, M., Bagheri, A., & Hashemi, S.M. (2016). Analysis of the issues of Lake Zrêbar in a context of Integrated Water Resources Management using a stakeholders' participatory approach in a basin scale. *Water Resource Management*, *12*(2), 1-12 (in Persian).

3- Bartolini, F., Bazzani, G. M., Gallerani, V., Raggi, M., & Viaggi, D. (2007). The impact of water and agriculture policy scenarios on irrigated farming systems in Italy: An analysis based on farm level multi-attribute linear programming models. *Agricultural systems*, *93*(1-3), 90-114.

4- Behrouzirad, B. (2008). Iranian wetlands. Tehran: Geographical Organization of the Armed Forces Publications (in Persian).

5- Bennett, P. G. (1980). Hypergames: developing a model of conflict. *Futures*, *12*(6), 489-507.

6- Berbel, J., & Gómez-Limón, J. A. (2000). The impact of water-pricing policy in Spain: an analysis of three irrigated areas. *Agricultural Water Management*, *43*(2), 219-238.

7- Bruckmeier, K. (2005). Interdisciplinary conflict analysis and conflict mitigation in local resource management. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, *34*(2), 65-73.

8- Carraro, C., Marchiori, C., & Sgobbi, A. (2005). *Applications of negotiation theory to water issues*. The World Bank.

9- Carraro, C., Marchiori, C., & Sgobbi, A. (2007). Negotiating on water: insights from non-cooperative bargaining theory. *Environment and Development Economics*, *12*(2), 329-349.

10- Chhipi-Shrestha, G., Rodriguez, M., & Sadiq, R. (2019). Selection of sustainable municipal water reuse applications by multi-stakeholders using game theory. *Science of The Total Environment*, *650*, 2512-2526.

11- Cohon, J. L. (2004). *Multiobjective programming and planning* (Vol. 140). Courier Corporation.

12- Dinar, A. (2004). Exploring transboundary water conflict and cooperation. *Water Resources Research*, *40*(5).

13- Farman, E., & Mostafa, A. (2015). Environmental characteristics of lake Zaribvar (Marivan, Kurdistan Province) according to water resources management. *The first international conference and the fourth national conference on environmental and agricultural research of Iran* (in Persian).

14- Francisco, S. R., & Ali, M. (2006). Resource allocation tradeoffs in Manila's peri-urban vegetable production systems: An application of multiple objective programming. *Agricultural Systems*, *87*(2), 147-168.

15- Fraser, N.M., & Hipel, K.W. (1984). Conflict Analysis: Models and Resolutions. North- Holland, Amsterdam, New York, USA.

16- Gibbons, R. (1997). An introduction to applicable game theory. *Journal of Economic Perspectives*, *11*(1), 127-149.

17- Giordano, R., Passarella, G., Uricchio, V. F., & Vurro, M. (2005). Fuzzy cognitive maps for issue identification in a water resources conflict resolution system. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, *30*(6-7), 463-469.

18- Goicoechea, A., Hansen, D. R., & Duckstein, L. (1982). *Multiobjective decision analysis with engineering and business applications* (No. BOOK). John Wiley & Sons.

19- Harboe, R. (1992). Multiobjective decision making techniques for reservoir operation. *Journal of the American Water Resources Association*, *28*(1), 103-110.

20- Harsanyi, J. C. (1973). Paradoxes of Rationality: Theory of Metagames and Political Behavior. By

Nigel Howard.(Cambridge, Mass.: MIT Press, 1971. Pp. 248. $12.95.). *American Political Science Review*, *67*(2), 599-600.
21- Hasti, F., SalmanMahiny, A., &Joolaie, R. (2016). Spatial optimization using goal programming, Game Theory and GIS. *Town and Country Planning*, 8(2), 203-228 (in Persian).
22- Hipel, K. W., Kilgour, D. M., Fang, L., & Peng, X. J. (1997). The decision support system GMCR in environmental conflict management. *Applied Mathematics and Computation*, *83*(2-3), 117-152.
23- Howard, N. (1999). Confrontation Analysis: How to Win Operations Other Than War. CCRP Publications, Pentagon, Washington, DC, USA.
24- Hwang, C.-L., & Masud, A. S. M. (1979). Multiple objective decision making. Berlin: Springer-Verlag. Joeres, E. F., Dressler, J., Cho, C.-C. And Falkner, C. H. (1974). Planning Methodology for The Design Of Regional Waste Water Treatment Systems. *Water Resources* Research, 10(4), 643–649.
25- Kilgour, D. M., Fang, L., & Hipel, K. W. (1996). Negotiation support using the decision support system GMCR. *Group Decision and Negotiation*, *5*(4-6), 371-383.
26- Latinopoulos, D., & Mylopoulos, Y. (2005). Optimal allocation of land and water resources in irrigated agriculture by means of goal programming: Application in Loudias river basin. *Global nest. The international journal*, *7*(3), 264-273.
27- Lee, C. S., & Chang, S. P. (2005). Interactive fuzzy optimization for an economic and environmental balance in a river system. *Water research*, *39*(1), 221-231.
28- Lee, C.S. (2012). Multi-objective game theory models for conflict analysis in reservoir watershed management. *Chemosphere*, 87(6), 608–613.
29- Lest L, Y. Y. (1977). Hierarchical analysis of water resources systems. New York: Mcgraw-Hill.
30- Li, K. W., Hipel, K. W., Kilgour, D. M., & Fang, L. (2004). Preference uncertainty in the graph model for conflict resolution. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, *34*(4), 507-520.
31- Losa, F. B., van den Honert, R., & Joubert, A. (2001). The multivariate analysis biplot as tool for conflict analysis in MCDA. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, *10*(5), 273-284.
32- Lund, J. R., & Palmer, R. N. (1997). Water resource system modeling for conflict resolution. *Water Resources Update*, *3*(108), 70-82.
33- Madani, K. (2010). Game theory and water resources. *Journal of Hydrology*, *381*(3-4), 225-238.
34- Massoud, T. G. (2000). Fair division, adjusted winner procedure (AW), and the Israeli-Palestinian conflict. *Journal of Conflict Resolution*, *44*(3), 333-358.
35- Moradi, S., & Mohammadi Limaei, S. (2018). Application of multi-objective game-theory model for the purpose of land use optimization of Zemkan basin. *Watershed Engineering and Management*, *2*(3), 432-445 (in Persian).
36- Navidi, H.R., Ketabchi, S., & Messi Bidgoli, M. (2011). An introduction to game theory. Tehran, Shahed University Press, 348 pages (in Persian)
37- Osborne, M. J., & Rubinstein, A. (1994). *A course in game theory*. MIT press.
38- Regional Water Compani of Kordestan. (2014). *Annual Climate Change Report* (in Persian).
39- Semaan, J., Flichman, G., Scardigno, A., & Steduto, P. (2007). Analysis of nitrate pollution control policies in the irrigated agriculture of Apulia Region (Southern Italy): A bio-economic modelling approach. *Agricultural Systems*, *94*(2), 357-367.
40- Shields, D. J., Tolwinski, B., & Kent, B. M. (1999). Models for conflict resolution in ecosystem management. *Socio-Economic Planning Sciences*, *33*(1), 61-84.
41- Sobhanardakani, S., Mahmodnezhad, S. & Heydari, M. (2017). Investigation of heavy metals pollution in Marivan River water during spring and summer of 2013. *Journal of Research in Environmental Health*, 2(4), 311-320.
42- Thiessen, E. M., & Loucks, D. P. (1992). Computer-assisted negotiation of multiobjective water resources conflicts. *Water Resources Bulletin* *28* (1), 163–177.
43- Thiessen, E. M., Loucks, D. P., & Stedinger, J. R. (1998). Computer-assisted negotiations of water resources conflicts. *Group Decision and Negotiation*, *7*(2), 109-129.
44- Üçler, N., Engin, G. O., Köçken, H. G., & Öncel, M. S. (2015). Game theory and fuzzy programming approaches for bi-objective optimization of reservoir watershed management: a case study in Namazgah reservoir. *Environmental Science and Pollution Research*, *22*(9), 6546-6558.
45- Wang, M., Hipel, K. W., & Fraser, N. M. (1988). Modeling misperceptions in games. *Behavioral Science*, *33*(3), 207-223.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی