FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

Journal of Environmental Sciences Studies (JESS)
Volume 10, Number 2, Summer, (2025)

Journal Homepage: www.jess.ir
Print ISSN: 2588-6851 Online ISSN: 2645-520X

Using the Analytic Hierarchy Process to Improve Land Suitability Assessment in Trickle Irrigation Method

Yaser Hoseini[1*]

[*]1. Professor, Department of Water Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[*]Email Address: y_hoseini@uma.ac.ir

Article Info

Article Type:
Research Paper

Article History:

Received Date:
2023/09/08
Revised Date:
2023/09/14
Accepted Date:
2023/09/18
Published Date:
2025/08/18

Keywords:
Fuzzy Analytic Hierarchical Process,
geographical information system (GIS),
land evaluation,
parametric,
trickle irrigation.

ABSTRACT

Today, there is a need to use new evaluation strategies to evaluate irrigation methods to improve the performance of water use in agriculture. In this study, the Fuzzy Analysis Hierarchy Process (FAHP) has been studied to check the qualitative suitability of the soil in drip irrigation and compared with conventional parametric approaches. The assessment based on the parametric approach identified areas with an area of approximately 2,941 ha (57%) as "very suitable (S_1)". This method assigned an area of about 247 ha (5%) of the areas to "somewhat suitable (S_2)" and about 798 ha (15%) to "almost suitable (S_3)". Also, "permanently unsuitable (N_2)" areas were about 452 hectares (9%), and "unsuitable in current conditions (N_1)" areas were estimated to be about 737 hectares (14%). According to the Fuzzy Analysis Hierarchy Process (FAHP), suitability (S_1) covers an area of about 2873 hectares (56%) and parts with suitability (S_2) also covers an area of about 2100 hectares (41%) and an area of about 130 hectares (3 %) were assigned to "almost fair (S_3)" quality areas. The results showed that some of the southwestern and western parts of the plain are in "unsuitable current conditions (N_1)", which included an area of about 72 hectares (1%). Also, according to the FAHP method, there was no "permanently unsuitable (N_2)" quality in the area. As a result, there was no significant difference between the two methods in terms of "very suitable land", but in the case of areas with evaluation (S_2), the difference between the two methods was large, and the FAHP method allocated more area to these areas. Therefore, it should be considered that in FAHP assessment, taking into account gradual changes in soil properties, such as nature, it can provide more accuracy than traditional parametric methods for assessing soil suitability. In this method, by using different weights of the indicators affecting the evaluation, the unusual influence of the factors on determining the final characteristics is reduced and the evaluation is closer to its real value.

Cite this article: Yaser Hoseini (2025). Using the Analytic Hierarchy Process to Improve Land Suitability Assessment in Trickle Irrigation Method, Journal of Environmental Sciences Studies, 10(2), Pages 10450 – 10465.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Today, considering the limitation of water resources and the growing population, countries around the world have been driven to increase agricultural production per unit area and maximize the use of these resources, and the growth of the population and the increase in living standards have increased the demand for food. In this regard, it is important to identify and understand the parameters that have an effect on agricultural production. In this regard, the optimal use of water and soil is one of the most important factors, so knowing the potential of agricultural land and supplying the water they need is one of the most important factors for increasing production. For these reasons, planners are encouraged to use the fuzzy analysis hierarchy process tool in combination with GIS to integrate and process different factors. These methods have provided a structured and explicit assessment framework and facilitated judgments based on soil characteristics regarding agricultural land use management practices . Lu et al. (2009) investigated the land and soil characteristics of 972 hectares of the Black Sea region of Turkey and prepared a land suitability map for surface and sprinkler irrigation methods for Charsamba Delta. The results showed that the fuzzy method for land evaluation is more flexible and sensitive, and this method reflected the real conditions of the region more accurately than the parametric method. Determining the suitability of land for irrigation requires evaluating the properties and topography of agricultural land. Therefore, for the optimal use of water and soil resources, methods that more accurately consider the suitability of the land for the type of irrigation should be used. In recent years, fuzzy inference structures have been used in many sciences. These methods take advantage of the linguistic power of fuzzy structures and this method can be used to research very complex processes. Fuzzy methods are one of the effective methods in the field of forecasting and modeling . Sys et al. (1991) proposed a parametric grading technique for land grading based primarily on soil properties. Based on this technique, the measurable characteristics of soil suitability for irrigation are divided into four. Miháliková and Dengiz (2019) used parametric evaluation to compare drip and rain irrigation methods in a farm in the south of Ankara. In this study, using geographic information system (GIS), soil physical properties, topography, salinity, alkalinity, and drainage capacity were analyzed and relevant maps were presented. The results showed that 31% of the lands in the study area are suitable for sprinkler irrigation and 51% of the lands are suitable for drip irrigation. The results showed that sprinkler irrigation is better than drip irrigation in more than half of the areas. Studies have shown that the use of GIS in parametric evaluation can provide special benefits for easier selection of irrigation methods, saving data analysis time.

Materials and methods

The studied area, which has an area of 5175 hectares, is a part of Oltan plain, about 35 km southwest of Mughan city and 225 km northwest of Ardabil province. The geographical coordinates of the region are 47° 35' 57" to 47° 43' 22" east longitude and 39° 25' 13" to 39° 28' 27" north latitude and Fath-Ali village in the north of Ardabil province. It is located in the northwest of Iran. The height of the land above the sea level in this area is 158-254 meters, the average annual rainfall is 284 mm and the average annual temperature is fortheen degrees Celsius. The studied area is classified as a temperate climate based on the Emberger method and as a semi-arid climate based on the De Martonne method. Also, the moisture regime of semi-arid soil is dry subtype. Figure 1 shows the location of Fath-Ali pressure irrigation network. In this article, the data collected from twenty stations, taken from the soil studies of the region, have been used . Also, according to the characteristics of the soil and the profile of land units, soil series were identified. To measure the physical parameters, intact samples were taken from different soil depths and the required parameters were determined in the laboratory.

Results and discussion

The results from the extraction methods demonstrated that the based on the FAHP method after applying and combining the weight of the classes. As shown in the table, due to the large difference between these two methods in terms of land area, there is no "permanent inappropriate(N_2)" fit in the fuzzy hierarchical analysis process, which shows the difference between these two methods in land evaluation. Based on the traditional parametric evaluation methods for drip irrigation, the eastern lands of the plain are not suitable for drip irrigation. This means that the areas with suitability S1 occupy 2941 ha (57%) of the plane lands and the areas with suitability S_2 cover an area of approximately 247 hectares (5%). In addition, the northern and northeastern areas of the plain, which cover about 798 hectares (15%), have S_3 suitability. The southwestern and eastern parts of the plain also have N_1 capability and

its area is 737 hectares (14%). The central and eastern plains also have N_2 capability and the area of those lands is 452 hectares (9%).

Conclusion

Since Iran has an arid and semi-arid climate due to the lack of water in this climate, thus, accurately determining land suitability in terms of irrigation method can help in optimal water consumption. The use of stepwise analysis process can improve conventional methods. Because, grajually change in soil parameters are considered in the FAHP method. In this researchThe differences between the two methods in determining the "Partly appropriate (S_2), Approximately appropriate (S_3), Inappropriate in present condition (N_1) and Permanently inappropriate (N_2) " was observed. It should be noted that with the ability to weight the factors in the fuzzy hierarchical method, this method is even more acurate than the fuzzy method that only determines the fit based on the membership functions. In general, in the conventional method, the quality of land decreases. This may be due to one or two other factors of valuation, and neglecting the weight of the effective factors reduces the conventional method accuracy, especially in areas with high restrictions. In addition, the use of GIS can lead to better management and increase efficiency, because GIS-based methods make useful land management tools for evaluating the services of agricultural providers

مجله مطالعات علوم محیط زیست
جلد ۱۰، شماره ۲
Journal Homepage:www.jess.ir
شاپای چاپی: 2588-6851 شاپای الکترونیکی: 2645-520X

FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای بهبود ارزیابی تناسب اراضی در روش آبیاری قطره‌ای

یاسر حسینی[1*]

*۱- استاد گروه آموزشی مهندسی آب، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی
*ایمیل نویسنده مسئول: y_hoseini@uma.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله علمی پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۶/۱۷
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۲/۰۶/۲۳
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۰۶/۲۷
تاریخ انتشار:
۱۴۰۴/۰۵/۲۷

کلید واژه ها:
فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) ، ارزیابی اراضی، پارامتریک، آبیاری قطره‌ای.

چکیده

امروزه نیاز به استفاده از استراتژی‌های ارزیابی جدید برای ارزیابی روش‌های آبیاری به منظور بهبود عملکرد مصرف آب در کشاورزی وجود دارد .در این مطالعه، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) برای بررسی تناسب کیفی خاک در آبیاری قطره‌ای مورد مطالعه قرار گرفته و با رویکردهای پارامتری مرسوم مقایسه شده است .ارزیابی مبتنی بر رویکرد پارامتری، مناطقی با مساحت تقریبی ۲۹۴۱ هکتار (۵۷٪) را به عنوان "بسیار مناسب (S1)" شناسایی کرد .این روش مساحتی حدود ۲۴۷ هکتار (۵٪) از مناطق را به "تا حدودی مناسب (S2)" و حدود ۷۹۸ هکتار (۱۵٪) را به "تقریباً مناسب (S3)" اختصاص داد . همچنین، مناطق "همیشه نامناسب (N2)" حدود ۴۵۲ هکتار (۹٪) و مناطق "نامناسب در شرایط فعلی (N1)" حدود ۷۳۷ هکتار (۱۴٪) تخمین زده شد .طبق روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی(FAHP) ، منطقه مناسب (S1) مساحتی حدود ۲۸۷۳ هکتار (۵۶٪) را پوشش می‌دهد و بخش‌های دارای مناسب (S2) نیز مساحتی حدود ۲۱۰۰ هکتار (۴۱٪) را پوشش می‌دهند و مساحتی حدود ۱۳۰ هکتار (۳٪) به مناطق با کیفیت «تقریباً مناسب «(S3) اختصاص داده شدند .نتایج نشان داد که برخی از بخش‌های جنوب غربی و غربی دشت در «شرایط فعلی نامناسب «(N1) قرار دارند که مساحتی حدود ۷۲ هکتار (۱٪) را شامل می‌شود .همچنین، طبق روشFAHP ، کیفیت «نامناسب دائمی «(N2) در منطقه وجود نداشت .در نتیجه، از نظر «زمین بسیار مناسب» تفاوت معنی‌داری بین دو روش وجود نداشت، اما در مورد مناطق دارای ارزیابی(S2) ، تفاوت بین دو روش زیاد بود و روش FAHP مساحت بیشتری را به این مناطق اختصاص داد .بنابراین باید در نظر داشت که در ارزیابیFAHP ، با در نظر گرفتن تغییرات تدریجی ویژگی‌های خاک، مانند طبیعت، می‌تواند دقت بیشتری نسبت به روش‌های پارامتری سنتی برای ارزیابی تناسب خاک ارائه دهد .در این روش، با استفاده از وزن‌های مختلف شاخص‌های مؤثر بر ارزیابی، از تأثیر غیرمعمول عوامل بر تعیین ویژگی‌های نهایی کاسته شده و ارزیابی به مقدار واقعی خود نزدیک‌تر می‌شود.

ناشر: انتشارات فن پایا

DOI:10.22034/jess.2023.415421.2122

۱-مقدمه

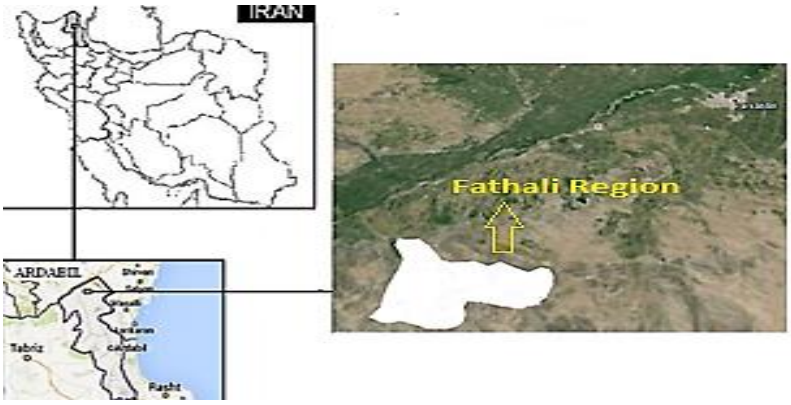
امروزه با توجه به محدودیت منابع آب و افزایش جمعیت، کشورهای جهان به سمت افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح و حداکثر استفاده از این منابع سوق داده شده‌اند و رشد جمعیت و افزایش استانداردهای زندگی، تقاضا برای غذا را افزایش داده است .در این راستا، شناسایی و درک پارامترهای مؤثر بر تولید محصولات کشاورزی اهمیت دارد .در این راستا، استفاده بهینه از آب و خاک یکی از مهمترین عوامل است، بنابراین شناخت پتانسیل زمین‌های کشاورزی و تأمین آب مورد نیاز آنها یکی از مهمترین عوامل افزایش تولید است .به همین دلایل، برنامه‌ریزان تشویق می‌شوند که از ابزار فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی در ترکیب با GIS برای ادغام و پردازش عوامل مختلف استفاده کنند .این روش‌ها یک چارچوب ارزیابی ساختاریافته و صریح ارائه داده‌اند و قضاوت بر اساس ویژگی‌های خاک در مورد شیوه‌های مدیریت کاربری زمین‌های کشاورزی را تسهیل کرده‌اند . Lu et al. (2009) ویژگی‌های زمین و خاک ۹۷۲ هکتار از منطقه دریای سیاه ترکیه را بررسی و نقشه تناسب زمین برای روش‌های آبیاری سطحی و بارانی را برای دلتای چارسامبا تهیه کردند .نتایج نشان داد که روش فازی برای ارزیابی زمین انعطاف‌پذیرتر و حساس‌تر است و این روش شرایط واقعی منطقه را دقیق‌تر از روش پارامتری منعکس می‌کند .تعیین تناسب زمین برای آبیاری مستلزم ارزیابی خواص و توپوگرافی زمین کشاورزی است .بنابراین، برای استفاده بهینه از منابع آب و خاک، باید از روش‌هایی استفاده شود که تناسب زمین را برای نوع آبیاری دقیق‌تر در نظر می‌گیرند .در سال‌های اخیر، ساختارهای استنتاج فازی در بسیاری از علوم مورد استفاده قرار گرفته‌اند .این روش‌ها از قدرت زبانی ساختارهای فازی بهره می‌برند و این روش می‌تواند برای تحقیق در مورد فرآیندهای بسیار پیچیده مورد استفاده قرار گیرد .روش‌های فازی یکی از روش‌های مؤثر در زمینه پیش‌بینی و مدل سازی هستند. طبق گزارش‌ها، روش‌های فازی از زبان و تجربه انسانی نیز استفاده می‌کنند . Sys et al. (1991) یک تکنیک درجه‌بندی پارامتریک برای درجه‌بندی زمین ارائه داد که عمدتاً بر اساس ویژگی‌های خاک است .بر اساس این تکنیک، ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری مناسب بودن خاک برای آبیاری به چهار دسته تقسیم می‌شوند .Miháliková & Dengiz (2019) از ارزیابی پارامتریک برای مقایسه روش‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی در مزرعه‌ای در جنوب آنکارا استفاده کردند .در این مطالعه، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) ، خواص فیزیکی خاک، توپوگرافی، شوری، قلیائیت و ظرفیت زهکشی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نقشه‌های مربوطه ارائه شد .نتایج نشان داد که ۳۱ درصد از اراضی منطقه مورد مطالعه برای آبیاری بارانی و ۵۱ درصد از اراضی برای آبیاری قطره‌ای مناسب هستند .نتایج نشان داد که آبیاری بارانی در بیش از نیمی از مناطق بهتر از آبیاری قطره‌ای است .مطالعات نشان داده است که استفاده از GIS در ارزیابی پارامتریک می‌تواند مزایای ویژه‌ای برای انتخاب آسان‌تر روش‌های آبیاری و صرفه‌جویی در زمان تجزیه و تحلیل داده‌ها فراهم کند . Naseri et al. (2009) روش پارامتریک را در دشت لاری بررسی کردند و شش عامل شامل بافت خاک، آهک، عمق خاک، شوری، شیب و زهکشی را در نظر گرفتند .یافته‌های آنها نشان داد که ۱۷۳۲ هکتار (۴۸,۵٪) از سطح زمین برای هر سه نوع روش آبیاری (قطره‌ای، بارانی و سطحی) مناسب و ۳۸۴ هکتار (۱۰,۸٪) از زمین فقط برای آبیاری قطره‌ای نامناسب بود. Calderon et al. (2005) ارزیابی کیفی تناسب خاک برای آبیاری سطحی و قطره‌ای را در شهرستان شوانگ چین بررسی کردند .آنها از روش پارامتریک) و نرم‌افزار GIS برای تهیه نقشه‌های تناسب اراضی برای آبیاری سطحی و قطره‌ای استفاده کردند .نتایج نشان داد که افزایش شیب زمین با کاهش عمق خاک و افزایش درصد شن خاک یکی از عوامل محدودکننده آبیاری در منطقه است .Albaji et al. (2006, 2010) ، با استفاده از روش‌های پارامتریک، مناطق شوور در استان خوزستان را برای ارزیابی آبیاری سطحی و قطره‌ای ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که ۱۴۹۲۵ هکتار از منطقه مورد مطالعه برای آبیاری استفاده می‌شود .آبیاری قطره‌ای مناسب بود و شوری خاک و ویژگی‌های زهکشی عوامل اصلی محدودکننده برای آبیاری سطحی و قطره‌ای بودند .آنها اظهار داشتند که بر اساس نتایج به دست آمده، آبیاری قطره‌ای برای اراضی این منطقه نسبت به آبیاری سطحی مناسب‌تر است .میرزایی تختگاهی و همکاران (۱۳۸۴)، یک سیستم آبیاری تحت فشار را در منطقه مرکزی استان کرمانشاه در ایران ارزیابی کردند .در این تحقیق، امکان‌سنجی و مناسب بودن سیستم‌های آبیاری تحت فشار در منطقه مرکزی کرمانشاه بر اساس شرایط آب و هوایی، کیفیت منابع آب زیرزمینی، وضعیت توپوگرافی مزارع و ویژگی‌های خاک مورد بررسی قرار گرفت .نتایج نشان داد که استفاده از روش پارامتری نتایج دقیقی ندارد. بنابراین، باید از تکنیک‌ها و نرم‌افزارهای جدید برای تجزیه و تحلیل داده‌ها برای ارزیابی استفاده شود .امروزه روش‌های فازی با توانایی بالا در پردازش داده‌های ورودی، دقت تحلیل‌ها را (برخلاف منطق بولی که مبتنی بر منطق صفر و یک (باینری) است و اساساً رویکردی دو ارزشی به قضایا دارد) در بسیاری از علوم بهبود بخشیده‌اند Mugiyo et al., (2021) .آسیب‌پذیری اکوسیستم در مخزن Don Giang Co را با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) ارزیابی کردند .نتایج نشان داد که آسیب‌پذیری زیست‌محیطی منطقه در حد متوسط است Zare Naghadehi et al. (2009) .با استفاده از روش FAHP برای انتخاب روش استخراج بهینه برای معدن بوکسیت جاجرم به این نتیجه رسیدند که روش FAHP قادر به رتبه‌بندی مسائل مختلف است،

اما روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی عمومی (AHP) قادر به رتبه‌بندی آنها نیست. Khashei Sivaki et al. (2014) روش FAHPرا برای تعیین مکان‌های مناسب برای استخراج آب‌های زیرزمینی مورد مطالعه قرار دادند .نتایج نشان داد که روش FAHP در این مورد می‌تواند مکان‌های مناسب را به خوبی شناسایی کند .رمزی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از روش FAHP به بررسی امکان‌سنجی استقرار سیستم آبیاری قطره‌ای در خراسان جنوبی از نظر شرایط آب و هوایی، کیفیت آب‌های زیرزمینی، توپوگرافی و ترکیب خاک پرداختند .نتایج این تحقیق نشان داد که سیستم آبیاری قطره‌ای می‌تواند در نیمی از منطقه استان خراسان جنوبی ایران مورد استفاده قرار گیرد .همچنین، این سیستم می‌تواند با انجام اقداماتی به جز نه دشت برای نیمه دیگر منطقه مورد استفاده قرار گیرد Albaji et al. (2015). .از روش FAHP به جای روش پارامتری برای ارزیابی زمین‌های کشاورزی لیبی استفاده کرد .او نشان داد که دقت FAHPبالاتر از روش پارامتری است .این می‌تواند به دلیل ویژگی‌های ادغام عوامل مؤثر در روش فازی باشد. Hamzeh et al. (2014) اظهار داشتند که روش‌های ارزش‌گذاری پارامتریک در ارزیابی زمین‌های کشاورزی در مقایسه با روش‌های منطق فازی واقعی، کارایی کمتری دارند، زیرا پارامترهای مختلفی در فرآیند ارزش‌گذاری زمین دخیل هستند و محدودیت‌های فیزیکی و شیمیایی خاک باید برای ارزیابی در نظر گرفته شود .در بسیاری از موارد، برنامه‌ریزان علاقه‌مند به استفاده از ابزارهایی مانند سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)در فرآیندهای تصمیم‌گیری چندمعیاره هستند. در مطالعه‌ای که توسط Singha & Chandra Swain (2016) انجام شد، از یک سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره برای تعیین مناطق مناسب کشاورزی استفاده شد و نتایج نشان داد که سیستم اطلاعات جغرافیایی توانایی خوبی در ترکیب عوامل خاک دارد . Feizizadeh & Blaschke (2013) ارزیابی تناسب خاک را با استفاده از GISو فرآیند تصمیم‌گیری چندمعیاره به کار بردند .در این مطالعه، عوامل سازگاری مختلفی مانند ویژگی‌های خاک، آب و هوا و آب در نظر گرفته شد و این عوامل در سطوح مختلف وزن‌دهی شدند .در نهایت، از یک ساختار سلسله مراتبی برای نمایش نسبت زمین‌های خشک و مرطوب استفاده شد .نتایج نشان داد که ۶۵۶۷۶ هکتار از منطقه مورد مطالعه برای آبیاری سطحی و ۱۲۰۸۷۲ هکتار برای آبیاری بارانی مناسب است .امروزه مجموعه‌های فازی با توان عملیاتی بالا، دقت تجزیه و تحلیل را در بسیاری از زمینه‌های علمی بهبود بخشیده‌اند .بنابراین، استفاده از پتانسیل روش FAHP با دقت بیشتر می‌تواند نتایج ارزیابی زمین را از طریق توانایی سیستم‌های فازی متمایز کند .بنابراین، در این تحقیق، از روش FAHP برای بهینه سازی سیستم ارزیابی تناسب اراضی پارامتری مرسوم برای آبیاری قطره‌ای در منطقه فتحعلی شهرستان مغان در ایران استفاده شده است.

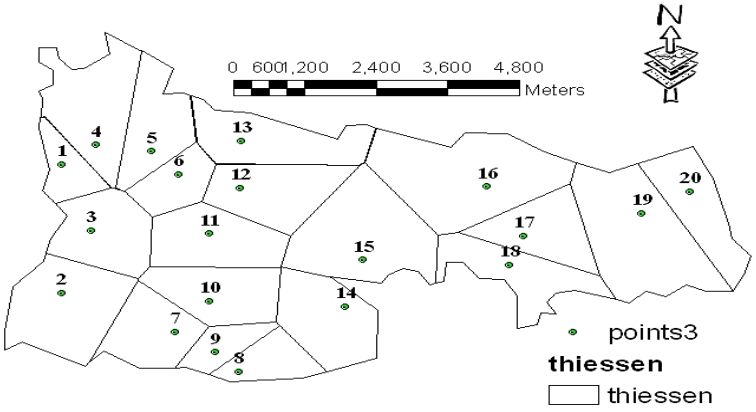
۲-روش انجام تحقیق

- **محدوده مورد مطالعه**

منطقه مورد مطالعه که مساحتی بالغ بر ۵۱۷۵ هکتار دارد، بخشی از دشت اولتان، در حدود ۳۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان مغان و ۲۲۵ کیلومتری شمال غربی استان اردبیل است .مختصات جغرافیایی منطقه بین ۴۷° ۳۵' ۵۷" تا ۴۷° ۴۳' ۲۲" طول شرقی و ۳۹° ۲۵' ۱۳" تا ۳۹° ۲۸' ۲۷" عرض شمالی و روستای فتحعلی در شمال استان اردبیل قرار دارد .این منطقه در شمال غربی ایران واقع شده است .ارتفاع زمین از سطح دریا در این منطقه ۱۵۸-۲۵۴ متر، میانگین بارندگی سالانه ۲۸۴ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه چهارده درجه سانتیگراد است .منطقه مورد مطالعه بر اساس روش امبرژه در اقلیم معتدل و بر اساس روش دومارتن در اقلیم نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شود. همچنین، رژیم رطوبتی خاک نیمه‌خشک، زیرگروه خشک است . شکل ۱ موقعیت شبکه آبیاری تحت فشار فتحعلی را نشان می‌دهد .در این مقاله، از داده‌های جمع‌آوری‌شده از بیست ایستگاه، برگرفته از مطالعات خاک‌شناسی منطقه، استفاده شده است. همچنین، با توجه به ویژگی‌های خاک و پروفیل واحدهای زمین، سری‌های خاک شناسایی شدند .برای اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی، نمونه‌های دست‌نخورده از اعماق مختلف خاک گرفته شد و پارامترهای مورد نیاز در آزمایشگاه تعیین شدند .خلاصه‌ای از نتایج آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی در جدول ۱ نشان داده شده است. شکل ۲ نقشه واحد زمین منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه



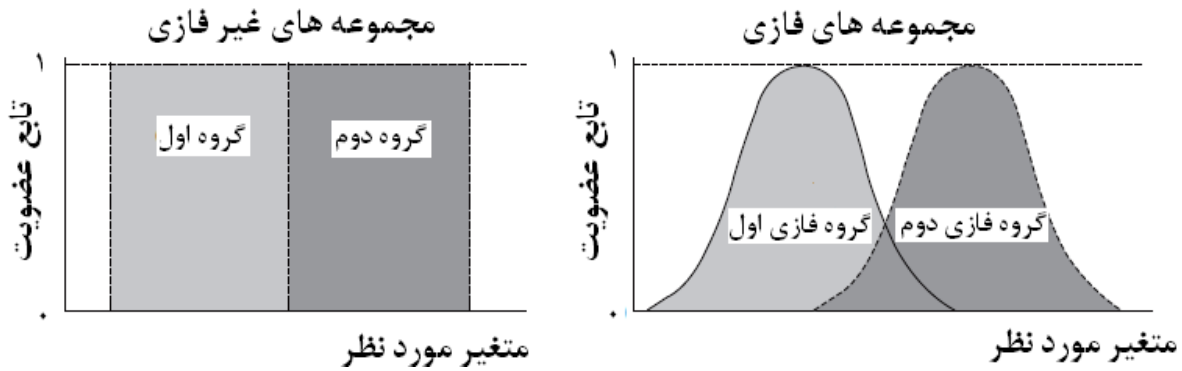
شکل ۲. نقشه واحدهای اراضی در منطقه مورد مطالعه

جدول۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه های خاک منطقه

شاخص آماری	درصد ذرات خاک			هدایت الکتریکی	درصد کربن الی	گچ	سدیم قابل تبادل	ظرفیت کل تبادلی	درصد سدیم تبادلی
	رس	سیلت	شن	(dS/m)	%OC	(Meq/100gr Soil)	(meq/lit)	(Meq/100gr Soil)	%
میانگین	۳۰/۱۷	۳۶/۰۸	۳۳/۷۵	۴/۳۳	۰/۳۳	۴/۲۷	۲/۳۶	۱۷/۷	۱۲/۵۹
بیشینه	۵۳/۳۰	۵۶/۳۰	۸۷/۶۰	۱۷/۵	۰/۹۸	۲۳/۸۰	۸/۵۲	۳۱/۷	۴۵/۵۹
کمینه	۵/۶	۱/۴	۱۱	۰/۵	۰/۰۳	۰/۳۹	۰/۱۲	۷/۲۸	۱/۴۵
انحراف معیار	۱۰/۵۳	۱۰/۲۸	۱۸/۲۷	۳/۷۸	۰/۲۱	۳/۸۲	۲/۱۲	۵/۷۵	۱۱/۱۱
میانه	۳۲/۰۵	۳۸/۵	۲۹/۸	۲/۶۱	۰/۲۸	۲/۹۷	۱/۹	۱۶/۸	۵/۹۵

- **فازی‌سازی پارامترهای مؤثر بر ارزیابی زمین با استفاده از روش درون‌پارامتری**

گزارش شده است که سیستم‌های فازی از سه بخش شامل مجموعه‌های فازی، توابع عضویت و قوانین فازی تشکیل شده‌اند .همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، در مجموعه‌های فازی تغییرات تدریجی در داده‌ها وجود دارد که بسیار شبیه به تغییر متغیرهای طبیعی است . یک تابع عضویت، اعضای دامنه مجموعه فازی را به اعداد بین ۰ و ۱ اختصاص می‌دهد .در مطالعه حاضر، از روش Sys و همکاران (۱۹۹۱) برای ارزیابی زمین برای تخصیص روش‌های مختلف آبیاری استفاده شده است، بنابراین پارامترهای مؤثر بر این روش باید با استفاده از توابع مختلف طبقه‌بندی شوند .روش پارامتری، ویژگی‌های خاک را طبقه‌بندی کرده و شاخص آبیاری را بر اساس ویژگی‌های خاک محاسبه می‌کند .مجموعه‌های فازی از قوانین فازی، دقت توصیف متغیر را در موقعیت‌هایی که اصطلاحات زبانی (کم، متوسط، زیاد) برای توصیف متغیر به اندازه کافی دقیق نیستند، افزایش می‌دهند .بنابراین، انتخاب یک تابع عضویت مناسب (خطی، مثلثی، سینوسی، زنگوله‌ای شکل) برای مجموعه‌های فازی بسیار مهم است.



شکل ۳. توابع عضویت مجموعه‌های فازی و غیرفازی (متعارف)

از آنجایی که در این مطالعه از ارزیابی پارامتریک Mihálková & Dengiz (2019) برای ارزیابی تناسب اراضی برای روش‌های مختلف آبیاری استفاده شده است، لازم است پارامترهای مؤثر در این روش با استفاده از توابع مختلف فازی‌سازی شوند .در روش پارامتریک، خاک‌ها دانه‌بندی شده و از طریق تابع ۱ برای محاسبه شاخص تناسب آبیاری استفاده می‌شوند:

$$C_i = A * \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \frac{D}{100} \times \frac{E}{100} \times \frac{F}{100} \quad (۱)$$

که در آن A ، B، C، D، E و F به ترتیب مقادیر گرادیان برای بافت خاک، عمق، آهک، ر سانایی، زهک شی و شیب ه ستند .برخی از نمادهای خاص در ارزیابی پارامتری منا سب بودن خاک ا ستفاده می شوند، این علائم شامل) S1 بسیار منا سب(،) S2نسبتاً منا سب(،) S3کمی منا سب(،) N1در حال حا ضر منا سب نی ست) و) N2 به طور دائم نامنا سب) ه ستند .جدول ۲ کلاس‌های شاخص‌های مربوطه را ن شان می‌دهد .برای انجام ارزیابی، تمام پارامترهای مؤثر بر روش‌های ارزش‌گذاری پارامتری زمین در محدوده ۰ و ۱ رتبه‌بندی شدند. برای این منظور، از تابع عضویت مثلثی برای پارامتر درصد کربنات کلسیم استفاده شد .به عنوان مثال، سطح عضویت صفر نشان می‌دهد که مجموعه فازی کیفیت زمین انتخاب شده برای آبیاری قطره‌ای را کاهش می‌دهد و سطح عضویت '۱' نشان دهنده تأثیر مثبت این پارامتر بر روش آبیاری است .مقادیر هر تابع عضویت مبتنی بر عامل در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۴ نشان داده شده ا ست، پس از فازی سازی عوامل مؤثر، بر ا ساس اهمیت آنها بین ۱ تا ۹ در هر لایه، از افزونه نرم‌افزار AHP برای تعیین وزن نسبی هر لایه استفاده شد .سپس از معادله ۲ و AHP برای ادغام عوامل مؤثر بر ارزش‌گذاری زمین استفاده شد .در نهایت، با استفاده از معادله ۲ و با در نظر گرفتن$\gamma=0$ ، نقشه نهایی استخراج شد.

$$\mu(x) = (\prod_{i=1}^{n} \mu_{i(x)})^{\lambda} \times (\prod_{i=1}^{n} \mu_{i(x)})^{1-\lambda} \quad (۲)$$

که در آن μi تابع عضویت فازی عامل i و λ توان مناسبی برای بهترین نتایج است که بر اساس روش‌های پارامتری این مطالعه برابر با ۰ می‌با شد .پس از تهیه نق شه‌ها برای هر عامل بر ا ساس مقادیر ن شان داده شده در جدول ۲، شاخص‌های ارزش‌گذاری زمین برای نقاط مختلف با روی هم قرار دادن تمام نقشه‌های به‌دست‌آمده استخراج شدند .تمام جداول باید با اعداد عربی شماره‌گذاری شوند .عنوان‌ها باید در بالای جداول و با تراز چپ قرار گیرند .جداول باید در متن تعبیه شوند و جداگانه ارائه ن شوند .در زیر مثالی آورده شده ا ست که ممکن است برای نویسندگان مفید باشد.

جدول ۲. کلاس‌های مناسب برای شاخص‌های قابلیت آبیاری قطره ای(Ci)

قابلیت آبیاری	شاخص قابلیت
کاملا مناسب (S۱)	>۸۰
نسبتا مناسب (S۲)	۶۰–۸۰
تاحدودی مناسب (S۳)	۴۵–۵۹
نا مناسب در شرایط فعلی (N۱)	۳۰–۴۴
نا مناسب دائمی(N۲)	<۲۹

جدول۳. فازی سازی پارامترهای مؤثر بر انتخاب روش آبیاری و توابع عضویت عوامل موثر

عامل مؤثر	حدود عامل موثر	مقادیر فازی عامل موثر
شیب خاک(درصد)	>۳۰	۰/۳۵
	۱۶-۳۰	۰/۵۵
	۳-۱۶	۰/۹
	۰-۳	۱
درجه زهکشی	زهکشی خیلی ضعیف	۰/۴۵
	زهکشی ضعیف	۰/۶۵
	زهکشی ناقص	۰/۷۵
	متوسط	۰/۹
	مناسب	۱
بافت خاک	سیلتی- رسی- لوم	۰/۹۵
	سیلتی- لوم	۰/۹
	رسی- لوم	۱
	سیلتی- رسی	۰/۸۵
	رسی	۰/۸۵
محتوای کربنات کلسیم (درصد)	۵۰ <	۰/۸
	۲۵-۵۰	۰/۹
	۱۰-۲۵	۱
	۰/۳-۱۰	۰/۹۵
	۰/۳ >	۰/۹
شوری خاک (دسی زیمنس بر متر)	۳۰ <	۰/۶۵
	۱۶-۳۰	۰/۷۵
	۸-۱۶	۰/۸۵
	۴-۸	۰/۹۵
	۴ >	۱
عمق خاک (سانتی‌متر)	۱۰۰ <	۱
	۸۰-۱۰۰	۰/۹۵
	۵۰-۸۰	۰/۸۵
	۲۰-۵۰	۰/۶۵
	۲۰>	۰/۳
شاخص تناسب اراضی	تناسب بالا	>۰/۸
	نسبتاً مناسب	۰/۶ -۰/۸
	تاحدودی مناسب	۰/۴۵ -۰/۵۹
	نامناسب در شرایط فعلی	۰/۳ -۰/۴۴
	نامناسب	< ۰/۲۹

جدول۴. مقیاس انجام مقایسه‌های دوتایی در اولویت‌هایAHP

قضاوت درمورد اولویت	برتری شدید	بسیار قوی و تا حدی شدید	برتری بسیار قوی	قوی تا بسیار قوی	برتری قوی	متوسط تا قوی	برتری متوسط	مساوی تا متوسط	برتری مساوی
رقم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱

در روش تحلیل سلسله مراتبی، برای تعیین وزن دقیق عوامل مؤثر، از نظر خبرگان در قالب پرسشنامه استفاده می شود . سپس ماتریس مقایسه دودویی با اندازه (6x6) و n(n-1) مقایسه تهیه و وزن نهایی داده‌ها محاسبه شد .برای این منظور، باید λma از معادله زیر محاسبه شود.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\frac{\bar{a}\times W_{(i.j)}}{W_{(i.j)}} \qquad (۳)$$

λMax: میانگین بردار سازگاری، ā: میانگین هند سی ماتریس، Wi.j: وزن یا اولویت جایگزینی، N: تعداد گزینه‌های مقایسه شده . شاخص سازگاری (CI) برای تأیید ضرایب عوامل مؤثر محا سبه می شود که برای تأیید ضرایب بسیار مهم ا ست و در صورت وجود ناسازگاری، از کارشناسان خواسته می‌شود تا وزن‌دهی پارامترها را در ماتریس دوباره بررسی کنند. شاخص CI و نسبت سازگاری (CR) را می‌توان با معادلات (۴) و (۵) محاسبه کرد که در آن n اندازه ماتریس مقایسه زوجی و RI شاخص تصادفی است .وقتی $CR < 0.1$ باشد، آزمون سازگاری پذیرفته می‌شود.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{(n-1)} \quad (۴)$$

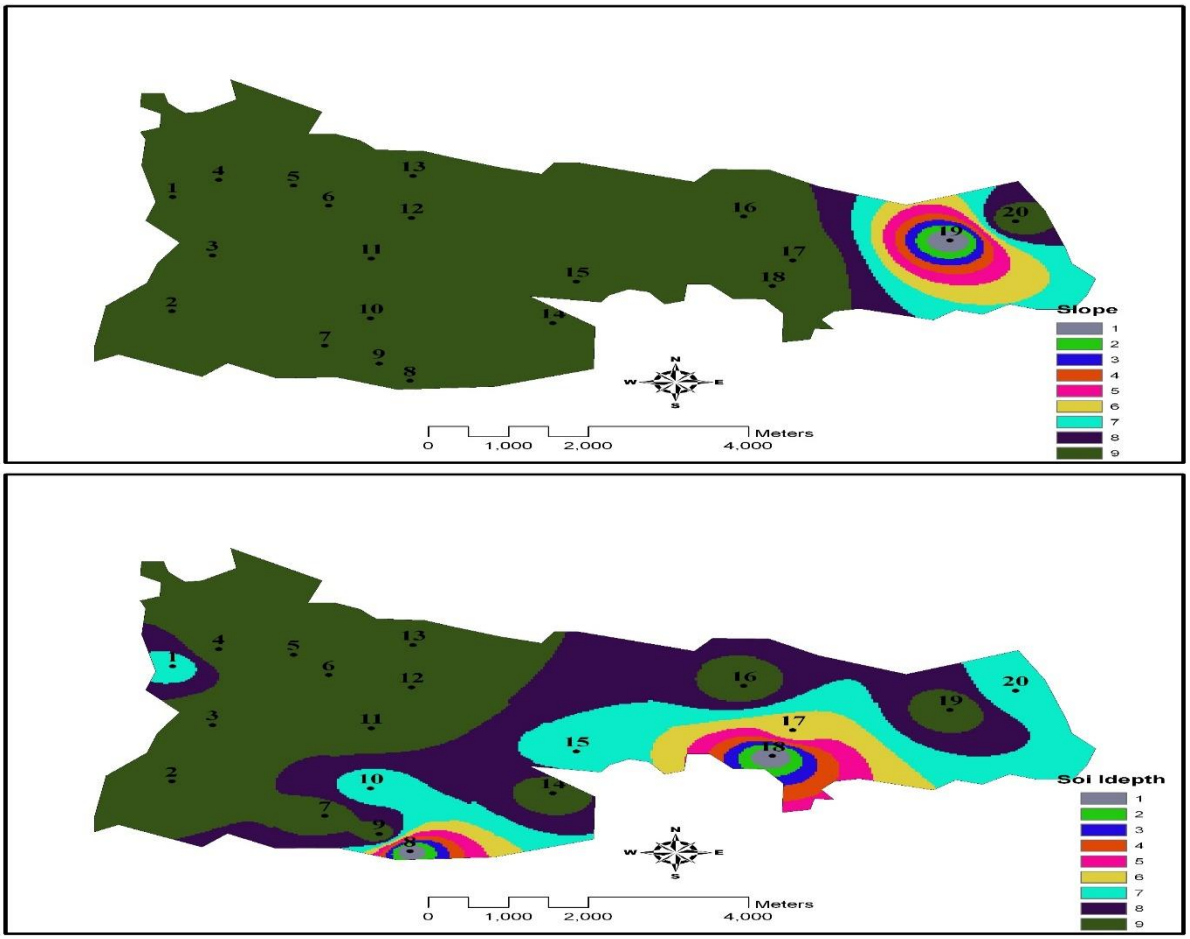
$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (۵)$$

۳- نتایج

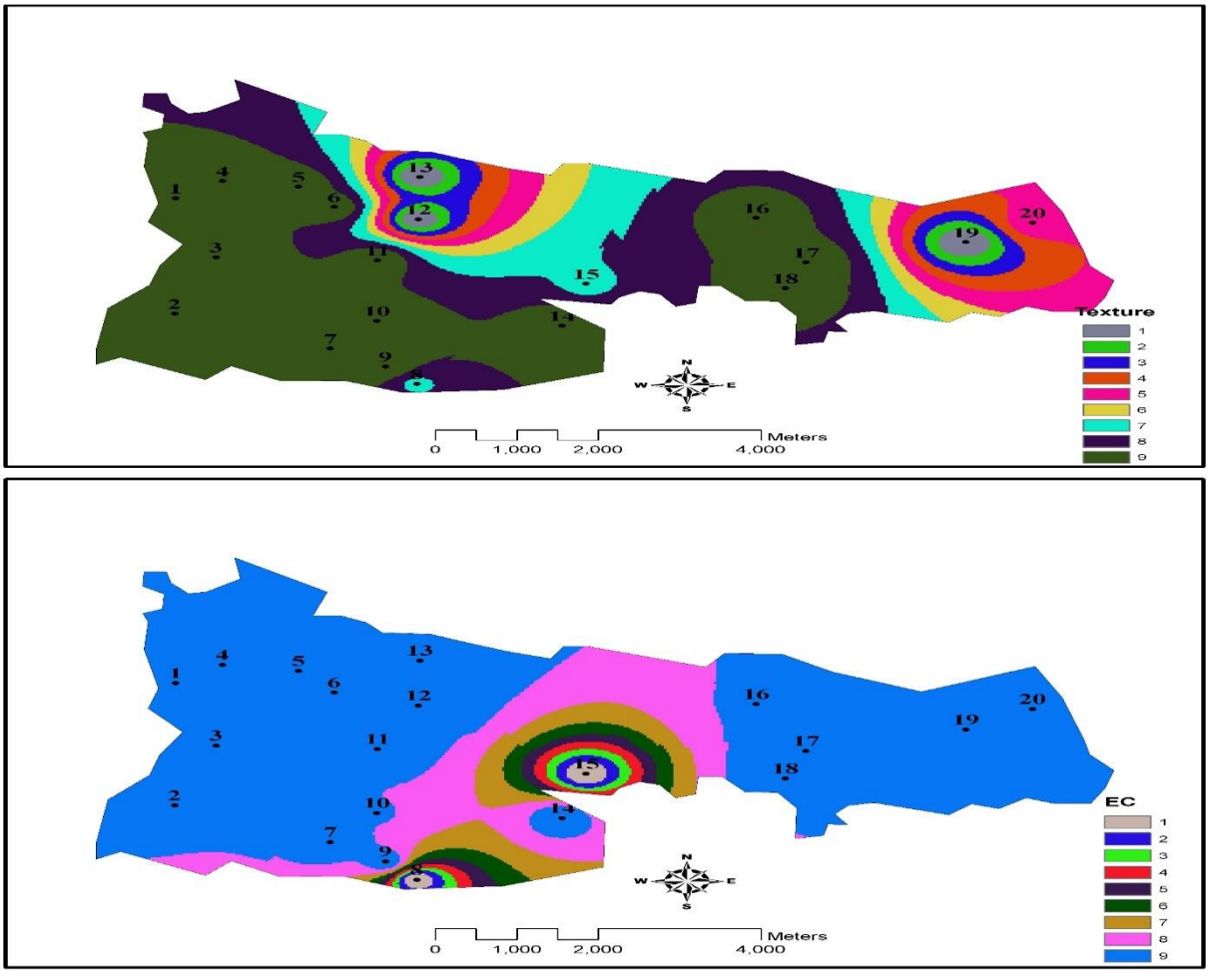
جدول ۵ وزن لایه خاک برای آبیاری قطره‌ای در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد .این وزن‌ها به هر یک از ویژگی‌های خاک اختصاص داده شده ا ست .برای سیستم آبیاری قطره‌ای، بافت خاک بیشترین وزن (۰,۲۷) را دا شت که با نتایج Mihálková & Dengiz (2019).مطابقت نداشت و شوری خاک نیز وزن بالایی (۰,۲۶) در ارزیابی داشت، در حالی که میزان $CaCO_3$ کمترین مقدار را داشت. بنابراین مقدار ضریب (۰,۰۹۴۱) برای این پارامتر محاسبه شد .ضریب ناسازگاری برای این مطالعه ۰,۰۲۸ به دست آمد که قابل قبول است زیرا کمتر از ۰,۱ ا ست، به این معنی که وزن‌های نسبی در نظر گرفته شده قابل قبول هستند .نقشه تابع عضویت پارامترهای مؤثر بر رتبه‌بندی سیستم آبیاری در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ نشان داده شده است. برای مقایسه نتایج روش سنتی ارزیابی پارامتریک و مقایسه آن با روش سلسله مراتبی فازی، شکل‌های ۷ و ۸ را در نظر می‌گیریم. شکل ۷ نتایج نقشه ارزیابی اراضی سیستم آبیاری قطره‌ای را با استفاده از روش پارامتریک مرسوم بدون وزن‌دهی به لایه‌های مؤثر نشان می‌دهد .در حالی که طبقه‌بندی مساحت در شکل ۸ و جدول ۶ بر اساس روش FAHP پس از اعمال و ترکیب وزن طبقات استخراج شده است .همانطور که در جدول نشان داده شده است، به دلیل تفاوت زیاد بین این دو روش از نظر مساحت اراضی، هیچ برازش "نامناسب دائمی "(N2) در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی وجود ندارد که تفاوت بین این دو روش را در ارزیابی اراضی نشان می‌دهد. بر اساس روش‌های سنتی ارزیابی پارامتریک برای آبیاری قطره‌ای، اراضی شرقی دشت برای آبیاری قطره‌ای مناسب نیستند .این بدان معناست که مناطق با شایستگی S1 ، ۲۹۴۱ هکتار (۵۷٪) از اراضی مسطح را اشغال می‌کنند و مناطق با شایستگی S2 مساحتی تقریباً ۲۴۷ هکتار (۵٪) را پوشش می‌دهند .علاوه بر این، مناطق شمالی و شمال شرقی دشت که حدود ۷۹۸ هکتار (۱۵٪) را پوشش می‌دهند، دارای شایستگی S3 هستند .قسمت‌های جنوب غربی و شرقی دشت نیز دارای قابلیت N1 هستند و مساحت آن ۷۳۷ هکتار (۱۴٪) است .دشت‌های مرکزی و شرقی نیز دارای قابلیت N2 هستند و مساحت آن اراضی ۴۵۲ هکتار (۹٪) است .بر اساس شکل ۷ و روش ارزیابی پارامتریک مرسوم، بهترین واحدهای اراضی برای آبیاری قطره‌ای واحدهای ۱۶، ۱۷، ۱، ۵، ۶، ۳، ۱۱، ۲، ۷، ۱۰، ۱۴ هستند. بیشتر این واحدها در غرب دشت واقع شده‌اند، در حالی که قسمت شرقی دشت برای آبیاری قطره‌ای مناسب نیست .همانطور که در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است، مساحت زمین مناسب برای آبیاری قطره‌ای که با روش ارزیابی پارامتریک مرسوم تخمین زده شده است، بیشتر از روش FAHP است، زیرا آبیاری قطره‌ای از نظر شوری، شیب و ظرفیت زهکشی خاک محدودیت کمتری دارد .همچنین، تفاوت بین زمین‌های با قابلیت S3 و S2 که با روش FAHP تخمین زده شده‌اند و روش‌های ارزیابی پارامتریک مرسوم قابل توجه است .بر این اساس، همانطور که در جدول ۶ نشان داده شده است، در این منطقه با شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک، با توجه به ارزیابی توسط FAHP ، می‌توان سطح زیر کشت را برای قابلیت (S2) تا ۸,۵ برابر افزایش داد.

جدول۵. مقادیر وزن شاخص‌های موثر در ارزیابی اراضی برای آبیاری قطره ای

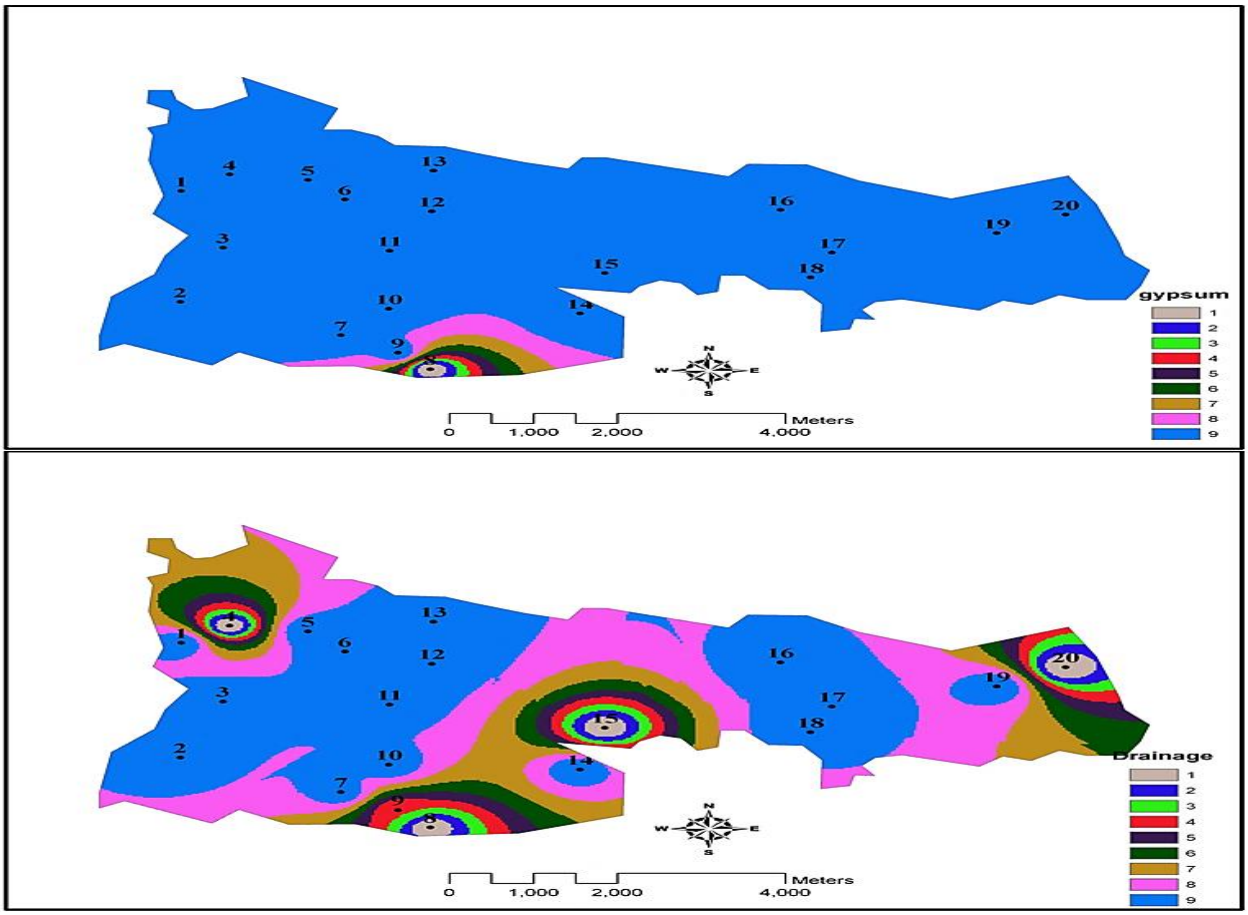
بردار اولویت	بافت خاک	شیب زمین	شوری خاک	کربنات کلسیم	قابلیت زهکشی	عمق خاک
وزن	۰/۲۷	۰/۰۹	۰/۲۶	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۷



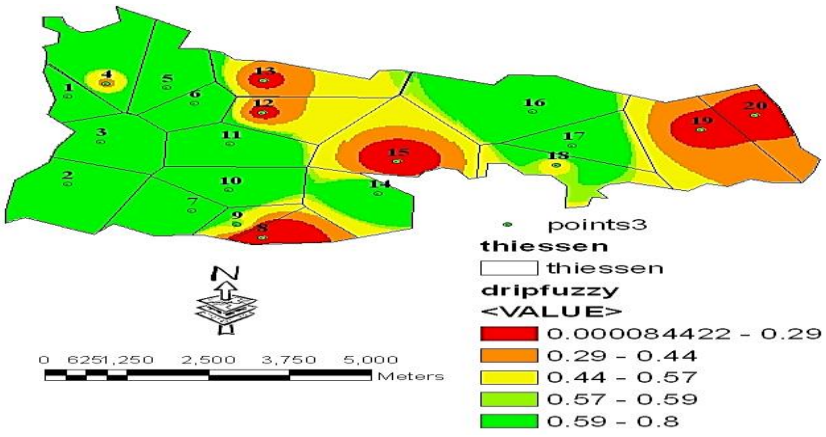
شکل ۴. نقشه تابع عضویت پارامترهای مؤثر بر ارزیابی سیستم آبیاری، شیب و عمق خاک



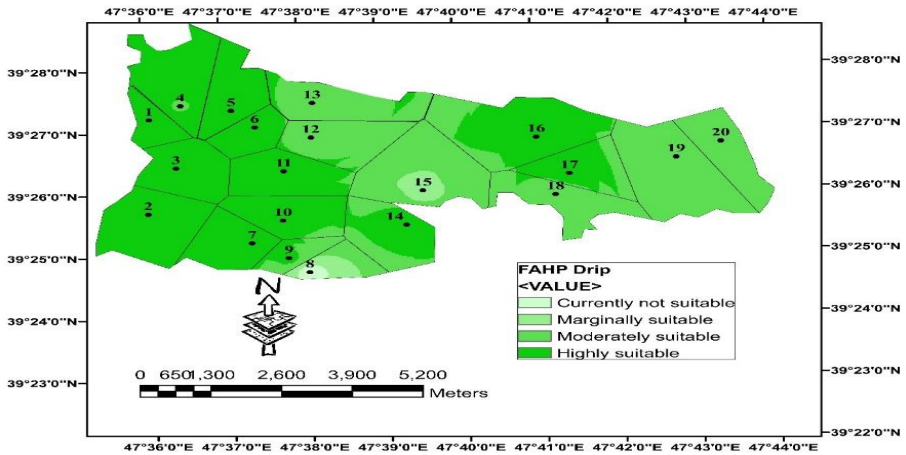
شکل ۵. نقشه تابع عضویت پارامترهای مؤثر بر ارزیابی سیستم آبیاری، بافت و شوری خاک



شکل ۶. نقشه تابع عضویت پارامترهای مؤثر بر ارزیابی سیستم آبیاری از نظر گچ و قابلیت زهکشی



شکل ۷. نقشه تناسب اراضی برای آبیاری قطره‌ای بر اساس سیستم پارامتریک



شکل ۸. نقشه تناسب اراضی برای آبیاری قطره‌ای بر اساس سیستمFAHP

جدول ۶. مناطق مناسب زمین برای روش‌های FAHP و پارامتریک

روش FAHP (هکتار)	روش پارامتریک (هکتار)	قابلیت آبیاری
۲۸۷۳	۲۹۴۱	کاملا مناسب (S۱)
۲۱۰۰	۲۴۷	نسبتا مناسب (S۲)
۱۳۰	۷۹۸	تاحدودی مناسب (S۳)
۷۲	۷۳۷	نا مناسب در شرایط فعلی (N۱)
-------	۴۵۲	نا مناسب دائمی(N۲)
۵۱۷۵	۵۱۷۵	مجموع

از آنجایی که آبیاری قطره‌ای در مناطقی با شـــیب تند از نظر عمق کم خاک محدود اســـت، این محدودیت در روش پارامتریک منعکس نمی‌شود و دقت ارزیابی را کاهش می‌دهد .در عمل، این بدان معناست که در مناطقی با شیب تند، روش پارامتریک مرسوم، مساحت زمین مناسـب برای آبیاری را بیش از حد تخمین می‌زند. Hamzeh et al. (2014) دریافتند که روش ارزش‌گذاری پارامتریک، ارزش واقعی زمین را کمتر از روش FAHP نشـــان می‌دهد و عملکرد پایین‌تری نســـبت به روش ارزیابی FAHP دارد .این ممکن اســـت به دلیل پارامترهای متعددی باشد که بر فرآیند ارزیابی تأثیر می‌گذارند .در روشFAHP ، اهمیت این پارامترها بر اساس توابع عضویت عامل مؤثر در نظر گرفته می شود .از نظر "زمین‌های تقریباً منا سب (S3) "نیز تفاوت عمده‌ای بین دو روش م شاهده شد .بنابراین، م ساحت زمین تقریباً مناسب (S3) برای آبیاری قطره‌ای با استفاده از روش مرسوم تقریباً شش برابر بیشتر از روش FAHP محاسبه شد .که با مطالعات باقرزاده و پایمرد (۲۰۱۴) در ارزیابی تناسب زمین مزارع در شهر مشهد در ایران مطابقت دارد .از آنجایی که در روش پارامتریک، عامل مؤثر خاک در سی ستم صفر و یک تعریف می شود، بنابراین ا ستفاده از فرآیند تحلیل سل سله مراتبی فازی دقت ارزیابی ارا ضی برای آبیاری و مســـاحت آنها را افزایش می‌دهد .در واحد ۱۴ که حدود ۱۳۴ هکتار اســـت، همه پارامترهای مؤثر به جز شـــوری خاک تأثیر مثبت دارند، به همین دلیل، این واحد بر اساس سیستم ارزیابی پارامتریک، مناسب‌ترین واحد برای آبیاری قطره‌ای بود .در روش FAHP که در شکل ۸ نشان داده شده است، مشخص است که با در نظر گرفتن تأثیر واحدهای مجاور، این واحد دارای مقدار متوسطی برای آبیاری قطره‌ای است. همین امر در مورد واحدهای ۱۲، ۱۳، ۱۵ و ۸ نیز صادق است. زمین‌های نسبتاً مناسب با رویکرد FAHP عمدتاً نزدیک به واحدهای ۱۲، ۱۳، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ هستند و همانطور که مشخص است، رتبه‌بندی FAHP که برای تعیین مناطق نسبتاً مناسب استفاده می شود، دقیق‌تر است .در روشFAHP ، اگر یکی از پارامترهای مؤثر بر ارزیابی امتیاز بالایی کسب کند، تأثیر سایر پارامترها کاهش نمی‌یابد و هر یک از آنها به طور مســـتقل بر نتیجه ارزیابی تأثیر می‌گذارند، مانند واحد ۲۰، این واحد از نظر شـــیب زمین و کیفیت خاک امتیاز بالایی دارد .با استفاده از روشFAHP ، این واحد به عنوان زمینی با کیفیت نسبتاً خوب ارزیابی می شود، اگرچه امتیاز زهکشی آن پایین است .همانطور که در شکل‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است، این واحد از نظر سیستم پارامتری مرسوم برای آبیاری قطره‌ای نامناسب شناخته شده است . نتایج نشـــان می‌دهد که روش تحلیل ســـلســـله مراتبی فازی (FAHP) واقع‌بینانه‌تر اســـت، زیرا در این روش، زمین «تقریباً مناســـب» در نزدیکی زمین «تا حدی مناســـب» قرار دارد .در واحد ۱۵، تأثیر روش FAHP و وزن‌دهی ســـلســـله مراتبی بر نمرات نهایی به خوبی قابل مشـــاهده اســـت .برخی مطالعات این نتایج را تأیید می‌کنند، در مطالعه‌ای که توســـط Elaalem (2013) در مورد ارزیابی زمین‌های ک شاورزی در شمال غربی لیبی با ا ستفاده از FAHP و روش پارامتریک انجام شد، ن شان داده شد که روش FAHP قادر به ارزیابی دقیق‌تر زمین است .جدول ۶ نشان می‌دهد که بیشتر زمین‌های منطقه، زمین‌های نامناسب دائمی (N2) هستند و زمین‌هایی که با تکنیک پارامتریک مرسوم در این گروه طبقه‌بندی شده‌اند، مساحت بیشتری نسبت به روش FAHP دارند .این زمین‌ها شامل مناطقی هستند که در هر دو روش امتیاز پایین کسب کرده‌اند و مهم‌ترین عوامل در به دست آوردن این امتیازها، عامل کربنات کلسیم و بافت خاک هستند .اما در مناطق غربی د شت، علاوه بر کربنات کل سیم و بافت خاک، شیب زمین محدودیت‌هایی ایجاد می‌کند .همانطور که در جدول ۳ ن شان داده شده ا ست، م ساحت زمین‌های «نامنا سب در شرایط فعلی «(N1) با آبیاری قطره‌ای ۷۳۷ هکتار محا سبه شده ا ست، در حالی که مساحت این مناطق با روش FAHP تنها ۷۲ هکتار است .این نشان می‌دهد که روش پارامتری مرسوم، زمین‌های بسیار نامناسب‌تری را برای آبیاری نسبت به روش FAHP نشان می‌دهد .این مناطق در اطراف زمین‌های نامناسب دائمی قرار دارند که در همه پارامترها به جز شیب و بافت خاک امتیاز پایینی ک سب کرده‌اند .نتایج ارزیابی دو روش در «زمین‌های نامنا سب دائمی» نیز یک سان ا ست، م ساحت این زمین‌ها در ارزیابی با روش پارامتری مرسوم بیشتر از روش FAHP است .به طور کلی می‌توان گفت که ارزیابی پارامتری مرسوم کیفیت زمین برای آبیاری قطره‌ای، م ساحت کمتری را ن سبت به روشFAHP ن شان می‌دهد .به نظر می‌ر سد در اکثر خاک‌های ک شاورزی با محدودیت‌های مختلف، بهتر است از روش فازی برای ارزیابی زمین استفاده شود.

۴- نتیجه‌گیری

از آنجایی که ایران به دلیل کمبود آب در این اقلیم، دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک است، بنابراین تعیین دقیق تناسب زمین از نظر روش آبیاری می‌تواند به مصرف بهینه آب کمک کند .استفاده از فرآیند تحلیل گام‌به‌گام می‌تواند روش‌های مرسوم را بهبود بخشد .زیرا در روشFAHP ، تغییرات تدریجی پارامترهای خاک در نظر گرفته می‌شـــود .در این تحقیق، تفاوت‌های بین دو روش در تعیین «تا حدی مناسب(S2) ، تقریباً مناسب(S3) ، نامناسب در شرایط فعلی (N1) و نامناسب دائمی «(N2) مشاهده شد .لازم به ذکر است که با قابلیت وزن‌دهی به عوامل در روش سلسله مراتبی فازی، این روش حتی از روش فازی که فقط برازش را بر اساس توابع عضویت تعیین می‌کند، دقیق‌تر اســت .به طور کلی، در روش مرســوم، کیفیت زمین کاهش می‌یابد .این امر ممکن اســت به دلیل یک یا دو عامل دیگر ارزش‌گذاری باشد و نادیده گرفتن وزن عوامل مؤثر، دقت روش مرسوم را به ویژه در مناطقی با محدودیت‌های بالا کاهش می‌دهد .علاوه بر این، اســتفاده از GIS می‌تواند منجر به مدیریت بهتر و افزایش کارایی شــود، زیرا روش‌های مبتنی بر GIS ابزارهای مفیدی برای مدیریت زمین جهت ارزیابی خدمات ارائه دهندگان خدمات کشاورزی فراهم می‌کنند

۵-تشکر و قدردانی

نویســندگان این مقاله مراتب قدردانی صــمیمانه خود را از دانشــگاه محقق اردبیلی در اردبیل، ایران که امکان انجام این تحقیق را فراهم کردند، ابراز می‌دارند.

منابع

- Akbarzadeh, A., Mehrjardi, R. T., Rouhipour, H., Gorji, M., Rahimi. H. G. 2009. Estimating of soil erosion covered with rolled erosion control systems using rainfall simulator (neuro-fuzzy and artificial neural network approaches). Journal of Applied Science Research, Vol.5 (5), P. 505-514.
- Albaji M, Hemadi J. 2011. Investigation of different irrigation systems based on the parametric evaluation approach on the Dasht Bozorg Plain, Transactions of the Royal Society of South Africa, Vol.66:3, P. 163-169
- Albaji M, Shahnazari A, Behzad M, Naseri A, Boroomand-Na sab S, Golabi M. 2010. Comparison of different irrigation methods based on the parametric evaluation approach in Dosalegh plain: Iran. Agricultural Water Management, Vol.97, P. 1093–1098.
- Albaji, M., Golabi, M., Boroomand Nasab, S., Nazari Zadeh, F. 2015. Investigation of Surface, Sprinkler and Trickle Irrigation methods based on the parametric evaluation approach in Jaizan Plain. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, Vol.14(1), P. 1-10.
- Bagherzadeh A., Paymard P. 2015. Assessment of land capability for different irrigation systems by parametric and fuzzy approaches in the Mashhad Plain, northeast Iran. Soil & Water Research, Vol.10, P. 90-98.
- Burrough, P. A., McDonnell, R. 1998. “Principles of geographical information systems”. New York: Oxford University Press.pp.562
- Calderon, F., Fiorillo, E., Yan, N., Barberis, A., minelli, S. 2005. Land evaluation in the Shouyang county, Shanxi province, china. 25th course professional Master. 8 Nov 2004 - 23 Jun 2005. IAO. Florence. Italy.
- Elaalem, M. 2013. A comparison of parametric and fuzzy multi- criteria methods for evaluating land suitability for olive in Jeffara plain of Libya, APCBEE Procedia. Vol.5, P. 405-409.
- Feizizadeh, B., Blaschke, T. 2013. Land suitability analysis for Tabriz county, Iran: a multi-criteria evaluation approach using GIS, Journal of Environmental Planning and Management, Vol. 56(1), P. 1-23.
- Hamzeh, S., Mokarramb, M., Alavipanaha, S. K. 2014. Combination of fuzzy and AHP methods to assess land suitability for barley: Case study of semi-arid lands in the southwest of Iran. Desert. Vol. 19(2), P. 173-181.
- Hoseini, Y. 2019. Use fuzzy interface systems to optimize land suitability evaluation for surface and trickle irrigation, Information Processing in Agriculture. Vol. 6(1), P. 11-19.

- Hoseını, Y. Delavarı, A. 2016. Comparing the Suitability of Two Methods (Surface and Drip) of Irrigation Based on a Parametric Evaluation System. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, Vol. 26 (2), P. 152-160.
- Hoseini, Y., Kamrani, M. 2018. Using a fuzzy logic decision system to optimize the land suitability evaluation for a sprinkler irrigation method. Outlook on Agriculture, Vol. 47(4), P. 298-307.
- Houshyar, E., Smith, P., Mahmoodi-Eshkaftaki, M., Azadi, H. 2017. Sustainability of wheat production in Southwest Iran: A fuzzy-GIS based evaluation by ANFIS. Cogent Food & Agriculture, Vol.3(1), P. 2-18.
- Karatalopoulos, S. V. 2000. Understanding neural networks and fuzzy logic- basic concepts and applications. New-Delhi, India: Prentice Hall.pp302
- Karimi, F., Sultana, S., Shirzadi Babakan, A., Royall, D. 2018. Land suitability evaluationfor organic agriculture of wheat using GIS and multicriteria analysis. Applied Geography. Vol.4 (3), P. 326-342.
- Klein, L. 1999. Sensor and data fusion concepts and applications. Bellingham: SPIE optical engineering Press.pp.236
- Laffan, M., Rees, S. 2004. Site suitability for spray irrigation of storm water and log sprinkler wastewater in stage 1 and 2 at the soutwood processing complex, southern Tasmania. Technical Report, division of forest research and development, forestry Tasmania: Camdale.512-526.
- Lu, l., Shi, Zh., Yin, W., Zhu, D., Sai, N., Leung, Cai., Chong, Fa., Leia, l. 2009. A fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) approach to eco-environmental vulnerability assessment for the Danjiangkou reservoir area, China. Ecological Modeling, Vol.220. P. 3439-3447.
- Miháliková, M., Dengiz, O. 2019. Towards more effective irrigation water usage by employing land suitability assessment for various irrigation techniques. Irrigation and Drainage, Vol. 68, P. 617-628.
- Mugiyo, H., Chimonyo, V.G.P., Sibanda, M., Kunz, R., Masemola, C.R., Modi, A.T., Mabhaudhi, T. 2021. Evaluation of Land Suitability Methods with Reference to Neglected and Underutilized Crop Species: A Scoping Review. Land. Pp.235
- Naseri, A. A., Rezania, A. R., Albaji, M. 2009. Investigation of soil quality for different irrigation systems in Lali Plain, Iran. Journal of Food, Agriculture & Environment, Vol. 7(3&4), P. 955-960.
- Roy, J., Saha, S. 2018. Assessment of land suitability for the paddy cultivation using analytical hierarchical process (AHP): A study on Hinglo river basin, Eastern India. Modeling Earth Systems and Environment, Vol. 4(2), P. 601-618.
- Samini-Namin, F., Ghadi, A. A., Saki, F. 2022. A literature review of Multi Criteria Decision-Making (MCDM) towards mining method selection (MMS). Resources Policy. Vol. 77(4), P. 10-26.
- Seyedmohammadi, J., Sarmadian, F., Jafarzadeh, A. A., Ghorbani, M. A., Shahbazi, F. 2018. Application of SAW, TOPSIS and fuzzy TOPSIS models in cultivation priority planning for maize, rapeseed and soybean crops. Geoderma, Vol. 310, P. 178-190.
- Singha, C., Chandra Swain, K. 2016. Land suitability evaluation criteria for agricultural crop selection: A review. Agricultural Reviews, Vol. 37 (2), P. 125-132.
- Sys, C., Vanranst E., Debaveye, J. 1991. Land evaluation. Part I. Principles in land evaluation and crop production calculations. International training center for post-graduate soil scientists, University Ghent. Retrieved from: https://biblio.ugent.be/publication/223207. Pp.502
- Torrieri, F., Batà, A. 2017. Spatial multi-criteria decision support system and strategic environmental assessment: A case study. Buildings, Vol. 7(4), P. 96-99.
- Turkish statistical institute, agricultural statistics summary. 2018. Retrieved from:https://www.library.illinois.edu/ias/iri/turkish/turk_stat_inst. Pp.256
- Uyan, M. 2013. GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapinar region Konya. Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 28, P. 11-17.

- Zadeh, L. 1965. Fuzzy sets. Information Control. Vol. 8, P. 338-353.
- Zare Naghadehi, M., Mikaeil, R., Ataei, M. 2009. The application of fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) approach to selection of optimum underground mining method for Jajarm Bauxite Mine, Iran Expert Systems with Applications, Vol. 36, P. 8218-8226.
- الباجی، م.، لندی، الف.، مروج،ک.، برومندنسب، س.، ۱۳۸۵. ارزیابی تناسب اراضی برای زراعت آبی به دو روش آبیاری تحت فشار و سطحی برای محصولات عمده دشت شاوورخوزستان.پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید چمران
- خا شعی سیوکی، ع.، قهرمان، ب.، کوچک‌زاده، م.، ۱۳۹۱. ارزیابی پتان سیل ا ستح صال آب از آبخوان با ا ستفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، مثال موردی: دشت نیشابور. مجله پژوهش آب ایران.
- رمزی، ر.، شهیدی، ع.، خا شعی، ع.، ۱۳۹۳. پتان‌سیل یابی آبیاری بارانی با ا ستفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی در ا ستان خراسان جنوبی. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، شماره ۱۶، ص ۱۱-۱.
- کوره پزان دزفولی، ا.، ۱۳۸۷.ا صول تئوری مجموعه های فازی و کاربردهای آن در مدل سازی مسائل مهندسی آب. ویرایش اول, چاپ دوم جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر.
- متکان، ع.، شکیبا، ع.، ح سین پور، ع.، عبادی، ع. ۱۳۸۸. ت صمیم‌گیری قطعی و فازی در مکانیابی پارکینگ‌های عمومی طبقاتی، مجله علوم محیطی، علمی پژوهشی، سال ۶، شماره ۳، ص ۲۱-۱۰.
- میرزایی تختگاهی، ح.، برومندنسب، س.، بهزاد، م.، قمرنیا، ه.، ۱۳۸۴ . پتانسیل‌یابی سیستم های آبیاری تحت فشار در مناطق مرکزی استان کرمانشاه .همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، ۱۱ اردیبهشت ۱۳۸۴ ، اهواز.