علوم و مهندسی آبیاری
جلد ۴۱، شماره‌ی۲، تابستان ۹۷، ص. ۱۴۹-۱۳۵

ارزیابی تناسب اراضی برای آبیاری قطره‌ای و بارانی با استفاده از سیستم استنتاج فازی

یاسر حسینی

دانشیار دانشگاه محقق اردبیلی- دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان-گروه علوم آبیاری Yaser_hoseini@Ymail.com

تاریخ دریافت:۹۵/۱/۲۵ تاریخ پذیرش:۹۵/۱۱/۲۶

چکیده

در این تحقیق از قابلیت سیستم استنتاج فازی برای ارزیابی پارامتریک تناسب اراضی، در روش‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی در شبکه آبیاری دشت فتحعلی مغان به مساحت ۵۱۷۵ هکتار واقع در استان اردبیل استفاده شد. براین اساس، مناطق"کاملاً مناسب" برای آبیاری بارانی و قطره‌ای به‌ترتیب برابر ۳۸۵/۰۶ هکتار (۷/٤ درصد) و ۲۹٤۱/۳۵ هکتار (٥٦/۸۷ درصد) به‌دست آمد و برای مناطق " نسبتاً مناسب" به‌ترتیب مساحتی حدود ۲۸٦/۱ هکتار(٥/٥ درصد) و ۲٤٦/٤۳ هکتار(٤/۷ درصد) محاسبه گردید. همچنین مساحتی حدود ۲۸۱۰ /۰۸هکتار (٥٤/۳ درصد) و ۷۹۷/۱ هکتار (۱٥/٤ درصد) به ترتیب برای آبیاری بارانی و قطره‌ای برای تناسب " تاحدودی مناسب" به‌دست آمد و مساحت ۱۳۲۲/۸۸هکتار (۲٥/٥ درصد) و ۷۳۷/٥۸ هکتار (۱٤/۲ درصد) به مناطق با تناسب " نامناسب در شرایط فعلی" تعلق گرفت. برای تناسب " نامناسب دائمی" مساحت‌ها به‌ترتیب برابر ۳۷۰/۹۱ هکتار (۷/۱ درصد) و ٤٥۸/٥٤ هکتار (۸/۸٦ درصد) محاسبه گردید. نتایج نشان داد که تفاوت عمده‌ای بین دو روش از لحاظ اراضی "کاملاً مناسب" وجود دارد به‌طوری‌که مساحت اراضی "کاملاً مناسب" به روش قطره‌ای تقریبا ۷/٥ برابر مساحت این اراضی در روش بارانی می‌باشد. همچنین اراضی "تا حدودی مناسب"، در ارزیابی به روش بارانی بیشترین مناطق را به خود اختصاص داد و مساحت این نواحی در روش بارانی ۳/٥ برابر بیش‌تر از روش قطره‌ای گردید. نتایج نشان داد، در نظر گرفتن تغییرات تدریجی پارامترهای خاک در ارزیابی به روش فازی، باعث دقت بیشتر این روش نسبت به روش پارامتریک غیر فازی می‌گردد.

کلید واژه‌ها: آبیاری بارانی، آبیاری قطره‌ای، ارزیابی اراضی، پارامتریک، فازی.

مقدمه

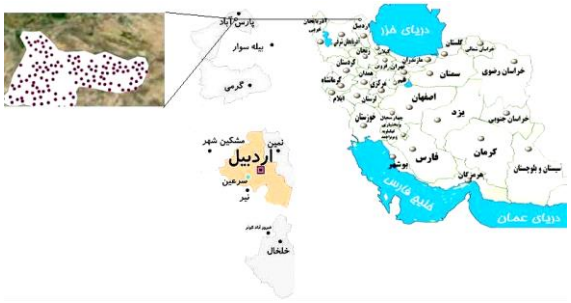
محدودیت منابع آب و خاک و رشد روزافزون جمعیت، کشورهای جهان را به بالابردن تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح و بهره‌وری بهینه از این منابع سوق داده است. با توجه به افزایش جمعیت و بالارفتن سطح استانداردهای زندگی، تقاضا برای مواد غذایی بیشتر گردیده است. درهمین راستا شناخت و آگاهی از کلیه پارامترهایی که به نوعی بر تولید مواد غذایی مؤثر می‌باشد، امری ضروری است. از آن‌جاکه آب وخاک جزو مهم‌ترین فاکتورها به حساب می‌آیند لذا شناخت پتانسیل‌ها و محدودیت‌های اراضی و همچنین تأمین آب مورد نیاز از ضروری‌ترین عوامل برای تولید هرچه بیشتر تلقی می‌گردد. استفاده از روش‌های جدید در انتخاب روش مناسب آبیاری اراضی می‌تواند باعث بالارفتن بازده وکارایی مصرف آب در اراضی کشاورزی گردد. انتخاب یک روش آبیاری مناسب برای زراعت آبی برای حصول به یک بازده آبیاری بالا، استفاده حداکثر از آب و حفاظت آب و خاک به مهمی کنترل آفات و افزودن مواد غذایی کودها برای تولید محصول می‌باشد. بنابراین عملیات آبیاری پتانسیل لازم برای تبدیل شدن به مهم‌ترین عامل در تعیین کیفیت آب و خاک در هنگام استفاده مدام و فشرده از آب را دارد. تعیین تناسب اراضی برای آبیاری نیاز به ارزیابی خواص خاک و توپوگرافی دارد. لذا برای استفاده بهینه از منابع آب و خاک استفاده از روش‌هایی که تناسب اراضی را برای نوع آبیاری مورد نظر با دقت بیشتری معلوم می‌نماید لازم و ضروری است. در چند سال اخیر سیستم‌های قدرتمندی تحت عنوان سیستم‌های استنتاج فازی در علوم مختلف به‌کار برده می‌شود. این نوع سیستم‌ها با بهره‌گیری از قدرت زبانی سیستم‌های فازی توانسته است از مزایای این مدل در جهت تحلیل فرایندهای پیچیده، بسیار قدرتمند عمل کند. امروزه سیستم‌های فازی یکی از روش‌های کارآمد در زمینه پیش‌بینی و مدل‌سازی می‌باشد (Akbarzadeh., et al., 2009). سیستم فازی قادر به استفاده از زبان بشری بوده و می‌تواند از تجربیات بشری و افراد متخصص و خبره استفاده کند (Karatalopoulos, 2000). Sys (1985) بیان کردند که سیستم ارزیابی پارامتریک را برای ارزیابی روش‌های آبیاری، پیشنهاد نمودند که اساس آن برخصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بنا شده بود. در این روش، فاکتورهای قابل اندازه‌گیری تناسب اراضی به چهار دسته تقسیم شدند: خصوصیات فیزیکی خاک که با آب موجود در خاک رابطه دارند از جمله بافت، ساختمان، عمق، کربنات کلسیم، خصوصیات شیمیایی خاک که با شوری و قلیاییت رابطه دارند از جمله املاح محلول و سدیم تبادلی، خصوصیات زهکشی و عوامل محیطی ازقبیل شیب که هر یک به‌طور مستقیم بر ارزیابی خاک منطقه مؤثر می‌باشند. این روش به‌عنوان روش مبنا در ارزیابی اراضی مد نظر قرار گرفت و تحقیقات بسیاری در این زمینه انجام شد.Dengiz et al (2006) ارزیابی پارامتریک را برای مقایسه دو روش آبیاری قطره‌ای و بارانی در مزرعه‌ای تحقیقاتی در جنوب آنکارا انجام دادند و در این

تحقیق ضمن استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و تهیه نقشه‌های مربوطه، با تجزیه و تحلیل خصوصیات فیزیکی خاک، توپوگرافی، شوری; قلیاییت و قابلیت زهکشی در منطقه، نشان‌دادند که ۱۳/۱ درصد اراضی منطقه مورد مطالعه برای آبیاری بارانی و ۵۱/۲ درصد اراضی منطقه برای آبیاری قطره‌ای مناسب بوده و روش آبیاری قطره‌ای مناسب‌تر از روش بارانی برای بیش از نیمی ازمنطقه مورد مطالعه می‌باشد. همچنین استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در ارزیابی پارامتریک برای روش‌های آبیاری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و علاوه بر صرفه‌جویی در مدت زمان انجام تجزیه وتحلیل داده‌ها، امکان به روزرسانی آن‌ها به آسانی مسیر می‌باشد.Naseri ، Rezania و Albaji (2009) کیفیت خاک را برای روش‌های مختلف آبیاری در دشت لالی بررسی نموده و شش فاکتور بافت خاک، عمق خاک، آهک، شوری خاک، زهکشی و شیب را مدنظر قرار دادند. نتایج نشان‌داد که ۱۷۳۲ هکتار(۴۸/۵ درصد) از اراضی مورد مطالعه مناسب برای هر سه نوع روش آبیاری سطحی، قطره‌ای و بارانی بوده، درحالی‌که ۳۸۴ هکتار (۱۰/۸درصد) از اراضی نامناسب برای آبیاری قطره‌ای بوده و اراضی نامناسب برای آبیاری بارانی و قطره‌ای در این منطقه وجود نداشته است. .Calderon et al (2005) طی یک تحقیق ارزیابی تناسب کیفی اراضی برای آبیاری سطحی و قطره‌ای را در ناحیه شویانگ (Shoyang) چین بررسی کردند. آن‌ها با استفاده از روش پارامتریک سایس و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه‌های تناسب اراضی را برای آبیاری سطحی و قطره‌ای تهیه کردند و مهم‌ترین عامل‌های محدودکننده آبیاری را در منطقه فوق افزایش شیب اراضی همراه با کاهش عمق خاک و افزایش سنگ و سنگ‌ریزه معرفی کردند. .Albaji et al (2006) طی یک تحقیق ۷۷۰۶ هکتار از اراضی دشت شاوور خوزستان را برای آبیاری سطحی و قطره‌ای با استفاده از روش پارامتریک سایس مورد ارزیابی قرار دادند و با تجزیه و تحلیل داده‌ها، به این نتیجه رسیدند که ۱۴۹۵۲ هکتار از اراضی منطقه مورد مطالعه برای آبیاری قطره‌ای بسیار مناسب می‌باشد و مهم‌ترین عوامل محدودکننده برای آبیاری سطحی و قطره‌ای شوری خاک و زهکشی است و در نهایت نتایج به‌دست آمده نشان‌داد که روش آبیاری قطره‌ای مناسب‌تر از روش آبیاری سطحی برای اراضی منطقه می‌باشد. در تحقیقی که توسط Mahari و Alebachew (2013) انجام شد و در آن بخشی از اراضی استان آمهارا (Amhara) با استفاده از روش‌های پارامتریک مورد ارزیابی قرار گرفت; قسمت اعظم زمین‌ها به مساحت ۳۰۸ هکتار به اراضی" نسبتاً مناسب" به‌دلیل شیب متوسط و عمق خاک متوسط طبقه‌بندی گردید و حدود ۳۳ هکتار از اراضی به "نامناسب در شرایط فعلی" به‌دلیل خاک سنگین طبقه‌بندی شد و سایر پارامترها از قبیل کربنات و شوری فاکتور محدود کننده نبودند. .Mirzaiie Takhtgahi et al (2004) سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار را در مناطق مرکزی استان کرمانشاه (تقریباً حدود بیش از یک سوم مساحت استان کرمانشاه) مکان‌یابی کردند. در این تحقیق پتانسیل و تناسب اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار در مناطق مرکزی استان کرمانشاه با توجه به شرایط اقلیمی، کیفیت منابع آب زیرزمینی قابل استحصال، وضعیت توپوگرافی، مشخصات خاک مناطق مذکور و هم‌چنین نوع محصول ارزیابی و براساس پارامترهای مورد بررسی، توصیه‌های لازم ارائه گردید. محدوده این تحقیق شامل دشت‌های کوزران، ماهی‌دشت، میان‌دربند، بالادربند، رازآور، پشت‌دربند، دینه‌ور، حسن‌آباد(اسلام‌آباد)، بیستون، دشت روانسر، درودفرامان و سرفیروزآباد بود. در این بررسی با استفاده از مطالعات خاکشناسی منطقه و تحلیل اطلاعات حاصله، امکان‌پذیری و پتانسیل مناطق مرکزی استان کرمانشاه از لحاظ اجرای سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار مورد بررسی قرار گرفت. امروزه مجموعه‌های فازی با توانایی بالا در پردازش اطلاعات ورودی باعث بالا رفتن دقت آنالیزها در بسیاری از علوم گشته است. توانایی مجموعه‌های فازی انتقال تدریجی از عدم عضویت به عضویت و برعکس با کمک تابع عضویت است. تابع عضویت درجه عضویت المان‌های مختلف را به یک مجموعه نشان می‌دهد و مقداری بین صفر و یک را می‌گیرد (Koorehpazan, 2008). برخلاف منطق بولین (Boolin) که بر مبنای منطق صفر و یک بوده و اساسا"نگرشی دو ارزشی به قضایا دارد (Mottakan et al., 2009)، در منطق فازی این قطعیت وجود نداشته و علاوه بر اعضایی که ۱۰۰ درصد عضوی از یک مجموعه هستند یک و اعضایی که ۱۰۰ درصد عضو آن مجموعه نمی‌باشند صفر، اعضایی نیز وجود دارند که به طور تقریبی عضوی از یک مجموعه می‌باشند [۰،۱] (Zaresefat et al., 2011). ازآن‌جا که ارزیابی زمین‌های کشاورزی در برگیرنده پارامترهای بسیاری بوده که باید مورد ملاحظه قرار گیرند. در پاره‌ای موارد این شاخص‌ها مقدار دقیق کمی ندارند بلکه پارامترهای کیفی محسوب می‌گردند، لذا تجمیع عوامل تاثیرگذار برای تصمیم‌گیری در رابطه با کیفیت زمین مورد مطالعه مشکل می‌گردد. لذا.Wang و Hall (1990) روش فازی و استفاده از توابع عضویت را پیشنهاد نمود که بعدها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، بسط و گسترش یافتند (Zali Vargahan, Shahbazi andHajrasouli, 2011). در این روش‌ها هر سلول نقشه، دارای تابع عضویتی از شاخص تاثیرگذار می‌باشد که این توابع عضویت با استفاده از Zali Vargahan، Shahbazi و Hajrasouli (2001) بر اساس اهمیت هریک از آن‌ها وزن‌دهی می‌گردد.Baja ، Chapman و Dragovich (2002) از توابع عضویت [۰،۱] برای ارزش‌گذاری این شاخص‌ها استفاده نمودند و با توجه به طبیعت مسئله روش‌های مختلف فازی از جمله روش ضمنی مامدنی(Mamdani) (Al-Jarrah and Abu-Qdais, 2006) و روش یاگر(Yager) (Nasiri et al., 2007) را برای تجمیع اثرات پارامترهای مؤثر ارزیابی نمودند. مهمترین نقص منطق فوق، یکسان در نظر گرفتن وزن لایه‌های

اطلاعاتی مورد استفاده بدون توجه به اهمیت ضریب زیست محیطی آن میباشد(Zaresefat et al., 2011). Lu et al. (2009) با استفاده از یک روش (Fuzzy Analytical Hierarchy Process) FAHP به ارزیابی آسیب‌پذیری اکوسیستم و محیطزیست در ناحیه مخزن دنجیانگکو در چین پرداختند. براساس شرایط زیست محیطی و اثرات آنتروپیک آسیب‌پذیری به پنج سطح کلاس‌بندی شد: دارای پتانسیل، سبک، متوسط، سنگین و خیلی سنگین. نتایج نشان دادند که آسیب‌پذیری زیست محیطی در مخزن مورد مطالعه، به‌طورکلی در حد اعتدال است. Zare Naghadehi، Mikaeiland و Ataei (2009) برای انتخاب روش بهینه استخراج معدن برای معدن بوکسیت جاجرم از روش تحلیلی سلسله مراتبی فازی (FAHP) استفاده کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که FAHP توانایی رتبه‌بندی ارزشیابی مسائلی که AHP معمولی عاجز از انجام آن می‌باشد را دارد. آن‌ها با استفاده از FAHP و محاسبات مناسب یک روش خاک‌برداری و خاک‌ریزی متداول و مرسوم را به‌عنوان روش بهینه استخراج معدن زیرزمینی انتخاب نمودند. Khashei-Sivaki، Ghahreman و Koochazadeh (2012) به بررسی روش FAHP در تعیین مکان‌های مناسب استحصال آب زیرزمینی در دشت نیشابور پرداختند نتایج تحقیق نشان داد که روش FAHP می‌تواند مکان‌های مناسب استحصال آب را تعیین نماید. تحقیقی که توسط Elaalem (2013) برای ارزیابی زمین‌های زراعی شمال غربی لیبی با استفاده از سیستم استنتاج فازی و روش پارامتریک انجام شد، نشان داد که روش فازی با دقت بیشتری قادر به ارزیابی زمین‌ها می‌باشد و خاصیت یک‌پارچگی شاخص‌های مؤثر در ارزیابی در روش فازی، بهتر مدنظر قرار می‌گیرد. در این مطالعه، در حالی‌که روش پارامتریک زمین‌ها را با قابلیت "متوسط" ارزیابی نمود، روش فازی قابلیت ‘‘مناسب’’ را برای زمین‌های تحت کشت زیتون در نظر گرفت. در تحقیقی که توسط Bagherzadeh و Paymar (2015) انجام شد و در آن ارزیابی تناسب اراضی برای انتخاب روش‌های آبیاری، با توجه به روش فازی و پارامتریک در دشت مشهد مورد مطالعه قرار گرفت، نتایج نشان داد در ارزیابی اراضی با استفاده از منطق فازی، اراضی ‘‘مناسب’’ برای آبیاری به‌روش قطره‌ای تقریبا" ۶ برابر آبیاری سطحی می‌باشد و برای روش‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی، زمین‌ها از قابلیت "بسیار مناسب" و "مناسب" برخوردار می‌باشند. استفاده از قابلیت‌های منطق فازی که از توانایی توابع عضویت پیوسته متغیرهای ورودی نشات می‌گیرد و تلفیق پارامترهای مؤثر بر ارزیابی روش‌های آبیاری در سیستم پارامتریک با توابع عضویت منطق فازی، می‌توان ارزیابی زمین‌های زراعی برای انتخاب روش مناسب آبیاری را با دقت بیشتری انجام داد که این موضوع در پژوهش حاضر مورد بررسی قرار می‌گیرد. لذا هدف از این مطالعه، استفاده از قابلیت‌های منطق فازی برای ارزیابی تناسب اراضی منطقه مورد مطالعه براساس سیستم پارامتریک، برای دو روش آبیاری بارانی و قطره‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه به وسعت ۵۱۷۵ هکتار بخشی از اراضی دشت فتح‌علی در فاصله تقریباً ۳۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان پارس‌آباد و ۲۳۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان اردبیل قرار دارد. راه دسترسی اراضی از طریق جاده اردبیل- پارس‌آباد می‌باشد. موقعیت جغرافیایی، اراضی ″۵۶ ′۳۵ °۴۷ تا ″۲۱ ′۲۱ °۴۷ طول شرقی ″۱۲ ′۲۵ °۳۹ تا ″۲۸ ′۲۸ °۳۹ عرض شمالی قرار داشته و از شمال به روستای فتح‌علی‌و شهرک مغان، از غرب به جاده بران‌علیا- سربند، از شرق به قشلاق قره‌تپه و از جنوب به قشلاق حاج امیر افراسیاب محدود می‌شود. ارتفاع اراضی ۱۵۸ تا ۲۵۴ متر از سطح دریا بوده و منطقه مورد مطالعه با متوسط بارندگی سالانه ۲۸۴/۶ میلی‌متر و دمای متوسط سالانه ۱۴/۷ درجه سانتی‌گراد طبق روش آمبرژه اقلیم نیمه‌مرطوب معتدل و طبق روش دومارتن اقلیم نیمه‌خشک دارد. رژیم رطوبتی خاک‌ها اریدیک ضعیف (Weak Aridic) از زیرشاخه‌های خشک (Aridic) و رژیم حرارتی آن‌ها ترمیک (Thermic) است. شکل (۱) موقعیت شبکه آبیاری تحت فشار فتحعلی مغان را نشان می‌دهد. در این تحقیق از داده‌های ۲۰ ایستگاه استفاده شد که برگرفته از گزارش مطالعات تفصیلی خاک‌شناسی و طبقه‌بندی اراضی دشت فتح‌علی شهرستان پارس‌آباد می‌باشد. خلاصه نتایج آزمایشات فیزیکی و شیمیایی نمونه ها در جدول (۱) نشان داده شده است. شکل (۲) نقشه واحدهای اراضی را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

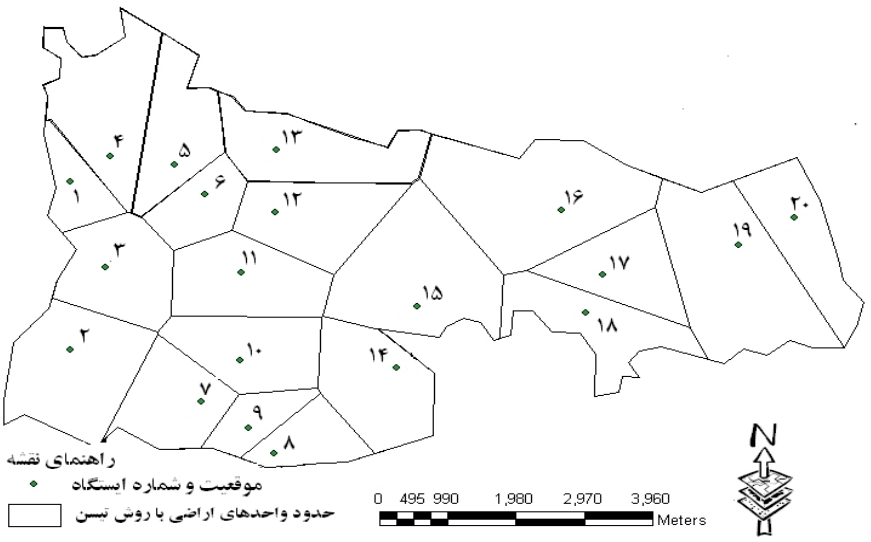


شکل ۱- موقعیت شبکه آبیاری و زهکشی فتح‌علی مغان

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه های خاک منطقه

شاخص آماری	کاتیون‌های محلول meq/lit					آنیون‌های محلول (meq/lit)		
	Ca	Mg	Na	K	CO_3	Hco_3	Cl	SO_4	Sum
میانگین	۱۲/۲۱	۹/۳۷	۲۹/۲۰	۰/۶۲	۰/۰۳	۳/۱۰	۲۳	۲۶	۵۲/۱۹
بیشینه	۳۸/۸۰	/۴۰ ۴۰	۱۶۹	۸/۱۰	۰/۴۰	۶/۱۰	۱۰۹	۱۰۹	۲۲۲/۲
کمینه	۲	۰/۴	۱/۴۰	۰	۰	۱/۱۰	۰/۹	۳/۱۰	۷/۳۰
انحراف معیار	۱۰/۹۰	۷/۷۲	۳۱/۹۴	۱/۱۰	۰/۰۹	۱/۰۶	۲/۳۲	۲/۴۳	۴۴/۴۹
میانه	۶/۸۰	۶/۴۰	۱۴/۳۰	۰/۳	۰	۳/۱۶	۹/۴	۱۷/۷	۳۳/۸۰

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



شکل ۲- نقشه واحدهای اراضی

فازی‌سازی پارامترهای مؤثر در ارزیابی اراضی به روش پارامتریک

سیستم‌های فازی از سه قسمت تشکیل شده‌اند، ۱-مجموعه‌های فازی ۲-توابع عضویت ۳-قوانین فازی (Klein, 1999). در مجموعه‌های فازی همان‌طور که در شکل (۳) نشان داده شده است، برخلاف مجموعه داده‌های غیر فازی، دارای مرز مشخصی برای تقسیم‌بندی داده‌ها نمی‌باشند و تغییر داده‌ها بین مجموعه‌ها مانند تغییر متغیرها در طبیعت به‌تدریج صورت می‌گیرد و در نظرگرفتن این موضوع در مجموعه‌های فازی، منجر به بالارفتن دقت این مجموعه‌ها می‌گردد (Zadeh,1965). هر عضو مجموعه با درجه

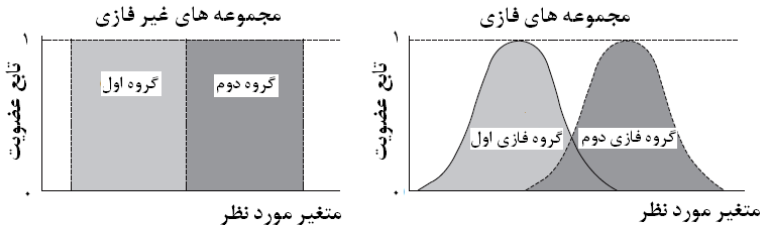
عضویت متفاوتی به این مجموعه‌ها مرتبط می‌باشد. توابع عضویت اعضای مجموعه‌های فازی را به عددی در فاصله [۱ – ۰] نسبت می‌دهند و مجموعه‌های فازی در شرایطی‌که واژه‌های زبانی (کم، متوسط، زیاد) از دقت کافی برای توضیح متغیرها برخوردار نمی‌باشند، قوانین فازی را ایجاد می‌کنند که دقت توضیح متغیرها را افزایش می‌دهد. انتخاب مناسب توابع عضویت (خطی، مثلثی، سینوسی، زنگوله‌ای) برای مجموعه‌های فازی بسیار مهم می‌باشد(Burrough and McDonnell, 1998). از آن‌جا که در این تحقیق به‌منظور ارزیابی تناسب اراضی برای روش‌های مختلف آبیاری از ارزیابی پارامتریک که توسطSys ، Vanranst و Debaveye (1991) ارائه گردید، استفاده شده است، نیاز است که پارامترهای مؤثر در این روش را با استفاده از توابع مختلف فازی‌سازی نمود. در روش پارامتریک، خصوصیات خاک درجه‌بندی شده و با استفاده از آن‌ها تناسب اراضی براساس معادله (۱) محاسبه می‌گردد.

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

که در این معادله مقدار A ، B ، C ، D ، E وF به‌ترتیب مقادیر درجه بندی بافت خاک، عمق خاک، آهک، هدایت الکتریکی، زهکشی و شیب می‌باشند. در ارزیابی پارامتریک برای تناسب اراضی از علایم مشخصه استفاده می‌گردد. این علایم شامل S_1 (کاملاً مناسب) (Highly suitable)، S_2 (نسبتاً مناسب) (Moderately suitable)، S_3 (تاحدودی مناسب) (Marginally suitable)، N_1 (نامناسب در شرایط فعلی) (Currently not suitable) و N_2 (نامناسب دائمی) (not suitable Permanently) می‌باشد. جدول(۲) حدود شاخص ارزیابی را برای تناسب‌های مختلف نشان می‌دهد. برای انتخاب مکان‌های مناسب برای اجرای آبیاری بارانی و قطره‌ای، می‌بایست ابتدا پارامترهای مختلف تأثیرگذار در اجرای این سیستم‌ها شامل پارامترهای مربوط به خاک و وضعیت توپوگرافی درون یابی گرددند. بدین منظور پارامترهای مؤثر در ارزیابی روش پارامتریک با استفاده از نرم افزار Arc GIS9.3 در سطح منطقه پهنه‌بندی گردیدند. برای پهنه‌بندی‌ها از میانگین پارامترهای فوق از روش IDW (Inverse Distance Weight) استفاده شد. برای فازی‌سازی پارامترهای مؤثر بر ارزیابی اراضی، کلیه پارامترهای مؤثر بر ارزیابی اراضی به شیوه پارامتریک براساس دامنه تغییرات آن به توابع عضویت بین صفر و یک نسبت داده شد. برای این کار از توابع عضویت خطی (function Linear membership) استفاده شد و برای پارامتر درصد کربنات کلسیم از تابع عضویت مثلثی (Triangular membership function) استفاده گردید زیرا مقادیر بالا و پایین آن از درجه ارزشی پایینی برخوردار می‌باشد. برای مثال، درجه عضویت "۰" نشان می‌دهد که مجموعه فازی (برای مثال " درجه شیب" در کلاس شیب) باعث کاهش کیفیت زمین مورد نظر برای آبیاری قطره‌ای و بارانی می‌گردد و در طرف مقابل درجه عضویت"۱" در مجموعه فازی (برای مثال "درجه عمق خاک" در کلاس عمق خاک)، نشان‌دهنده تاثیر مثبت این پارامتر در ارزیابی به دو روش آبیاری می‌باشد. امتیاز تعلق‌گرفته برای هر عامل براساس توابع عضویت هریک از عوامل، بسته به نوع آبیاری، در جدول (۳) نشان داده شده است. برای ترکیب عوامل مؤثر در ارزیابی اراضی از رابطه (۲) و با استفاده از افزونه SDM (Spatial Data Modeler) در محیط GIS استفاده شد. با استفاده از عامل ارایه شده در رابطه (۲) و با در نظر گرفتن $\gamma = ۰$ عوامل مؤثر در هم ضرب شده و نقشه نهایی استخراج می‌گردد.

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

در این رابطه μ_i عبارتند از تابع عضویت فازی برای عامل i ، و λ توان مناسب برای به‌دست آوردن بهترین نتیجه می‌باشد که در این پژوهش براساس روش پارامتریک برابر صفر می‌باشد. پس از تهیه نقشه مربوط به هر عامل براساس امتیازهای مشخص‌شده در جدول(۳)، با روی هم قراردادن (Overlaying) نقشه‌های مذکور شاخص ارزیابی اراضی برای نقاط مختلف منطقه استخراج می‌گردد. دیاگرام روش مراحل روش مذکور در شکل(۴) نشان داده شده است.



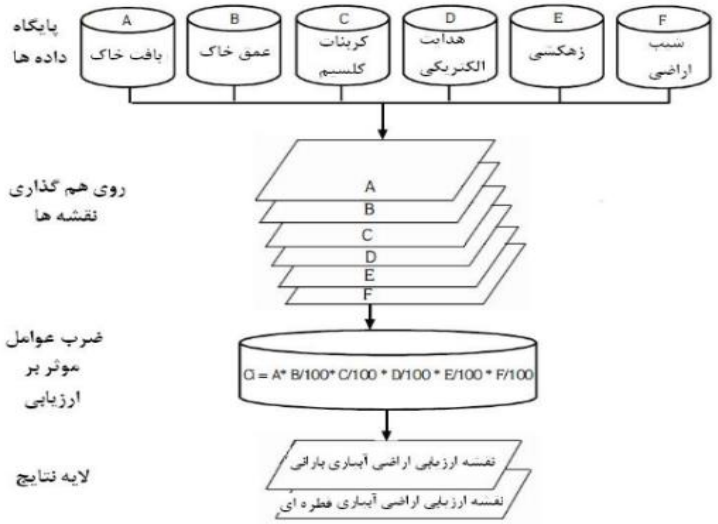
شکل۳- توابع عضویت مجموعه‌های فازی و مجموعه‌های غیر فازی

جدول۲- شاخص ارزیابی کل برای آبیاری بارانی وقطره‌ای

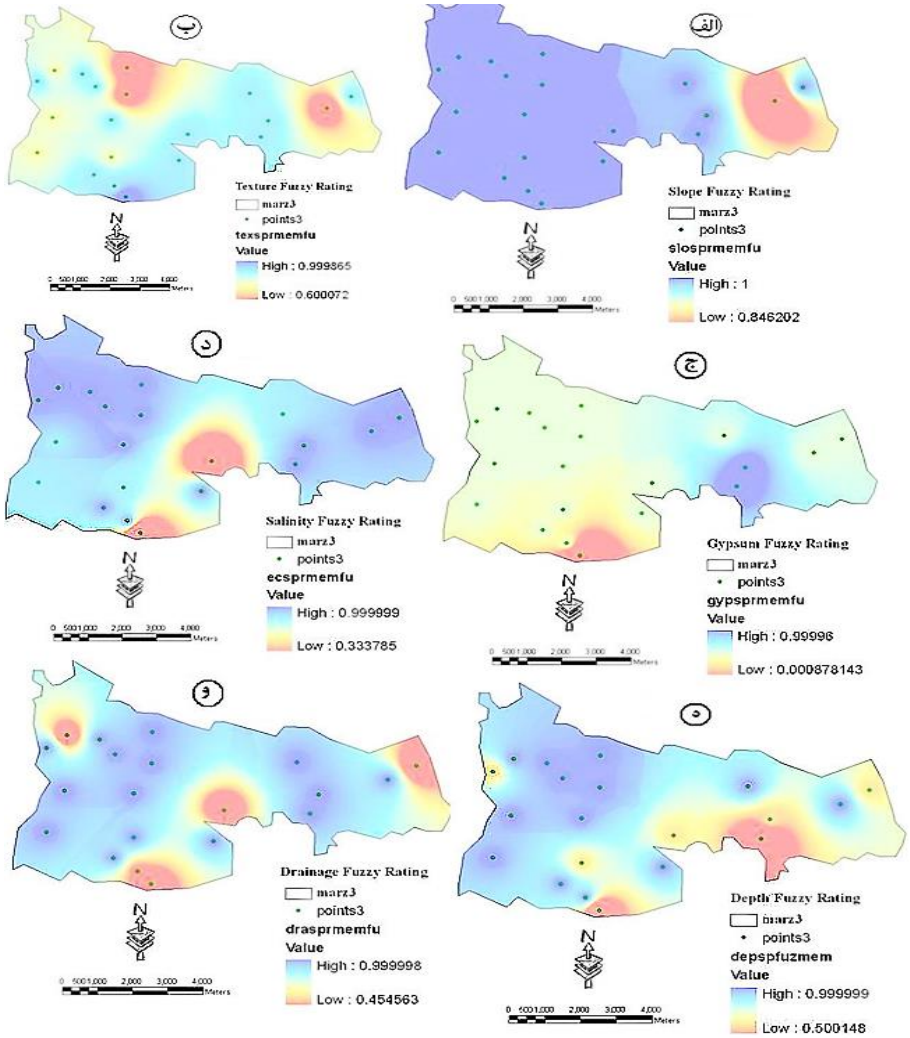
علایم	تناسب	شاخص
S_1	کاملاً مناسب	>۸۰
S_2	(نسبتاً مناسب	۸۰–۶۰
S_3	تاحدودی مناسب	۵۹–۴۵
N_1	نامناسب در شرایط فعلی	۴۴–۳۰
N_2	نامناسب دایمی	<۲۹

جدول۳- فازی سازی پارامترهای مؤثر بر انتخاب روش آبیاری و توابع عضویت عوامل، بر اساس سیستم پارامتریک

عامل مؤثر	روش آبیاری	مقادیر فازی عامل :{کلاس عامل}
شیب خاک(درصد)	قطره‌ای	۰/۴:{>۳۰} ، ۰/۶ : {۱۶، ۳۰}، ۰/۸:{۸، ۱۶} ،۰/۹:{۵، ۸} ، ۱:{۳، ۵} ، ۱:{۰، ۳}
	بارانی	۰/۳۵:{>۳۰ }، ۰/۵۵ : {۱۶، ۳۰}، ۰/۹:{۱۶، ۳} ، ۱:{۰، ۳}
درجه زهکشی	قطره‌ای	۰/۵:{ زهکشی خیلی ضعیف}، ۰/۷:{ زهکشی ضعیف}، ۰/۸:{ زهکشی ناقص}،۱:{متوسط} ،۱:{ مناسب}
	بارانی	۰/۴۵:{ زهکشی خیلی ضعیف}، ۰/۶۵:{ زهکشی ضعیف}، ۰/۷۵:{ زهکشی ناقص}، ۰/۹:{متوسط} ،۱:{ مناسب}
بافت خاک	قطره‌ای	۰/۹۵:{سیلتی- رسی- لوم}، ۰/۹:{سیلتی- لوم} ،۱:{رسی- لوم}، ۰/۸۵:{سیلتی- رسی }،۰/۸۵:{ رسی }
	بارانی	۰/۹۵:{سیلتی- رسی- لوم}، ۰/۹:{سیلتی- لوم} ، ۱:{رسی- لوم}، ۰/۸۵:{سیلتی- رسی }،۰/۸۵:{ رسی }
محتوای کربنات کلسیم (درصد)	قطره‌ای	۰/۷:{< ۵۰}، ۰/۸:{۲۵، ۵۰}، ۰/۹۵:{۱۰، ۲۵}، ۰/۹۵:{۰/۳، ۱۰} ، ۰/۹:{< ۰/۳}
	بارانی	۰/۸:{< ۵۰}، ۰/۹:{۲۵، ۵۰} ،۱:{۱۰، ۲۵}، ۰/۹۵:{۰/۳، ۱۰} ، ۰/۹:{< ۰/۳}
شوری خاک (دسی زیمنس بر متر)	قطره‌ای	۰/۶۵:{< ۳۰}، ۰/۷۵:{۱۶، ۳۰}، ۰/۸۵ : {۸، ۱۶}، ۰/۹۵:{۴، ۸} ، ۱:{< ۴}
	بارانی	۰/۶۵:{< ۳۰}، ۰/۷۵:{۱۶، ۳۰}، ۰/۸۵ : {۸، ۱۶}،۰/۹۵:{۴، ۸} ، ۱:{< ۴}
عمق خاک (سانتی‌متر)	قطره‌ای	۱:{< ۱۰۰}، ۰/۱:{۸۰، ۱۰۰}، ۰/۹ : {۵۰، ۸۰}،۰/۷:{۲۰، ۵۰} ، ۰/۳۵:{>۲۰}
	بارانی	۱:{< ۱۰۰}، ۰/۹۵:{۸۰، ۱۰۰}، ۰/۸۵ : {۵۰، ۸۰}،۰/۶۵:{۲۰، ۵۰} ، ۰/۳:{>۲۰}
شاخص تناسب اراضی	قطره‌ای و بارانی	۰/۵۹ – ۰/۴۵:{ تاحدودی مناسب}، ۰/۸ – ۰/۶ :{ نسبتاً مناسب}، ۰/۸<:{ تناسب بالا}، ۰/۲۹ > :{نامناسب} ،۰/۴۴ – ۰/۳:{ نامناسب در شرایط فعلی}



شکل٤- دیاگرام روش ارزیابی پارامتریک با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی



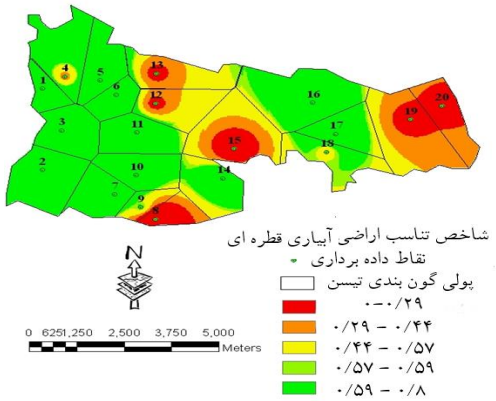
شکل ۵- نقشه تابع عضویت پارامترهای مؤثر بر ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی: (بافت خاک (الف) ، شیب زمین (ب) ، شوری خاک (ج) ، کربنات کلسیم (د) ، شرایط زهکشی (ه) ، عمق خاک (و))

نتایج و بحث

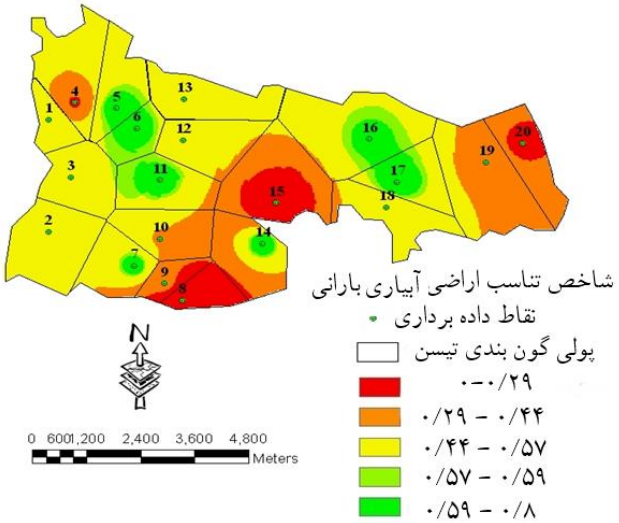
نقشه تابع عضویت پارامترهای مؤثر بر ارزیابی سیستم آبیاری بارانی در شکل (۵) نشان داده شده است. مکان‌های مناسب برای آبیاری به روش بارانی و قطره‌ای بر اساس تابع عضویت فازی، بین "۰" (مکان‌های نامناسب) و "۱" (مکان‌های بسیار مناسب) طبقه بندی می‌گردند که در شکل‌های (۶) و (۷) برای روش‌های قطره‌ای و بارانی نشان داده شده است. همان‌طورکه در اشکال (۶) و (۷) مشخص است، در ارزیابی تناسب اراضی برای آبیاری بارانی براساس سیستم فازی، مناطق غربی دشت دارای قابلیت مناسبی برای آبیاری به روش بارانی می‌باشند و دارای تناسب S_1 بوده که مساحتی حدود ۳۸۵/۰۶ هکتار (۷/۴ درصد) را شامل می‌شود، همچنین مناطقی که دارای تناسب S_2 می‌باشند، مساحتی حدود ۲۸۶/۱ هکتار(۵/۵ درصد) را شامل می‌شوند. همچنین بخش اعظمی از مناطق دارای تناسب S_3 می‌باشند که مساحتی حدود ۰۸ /۲۸۱۰ هکتار (۵۴/۳ درصد) را شامل می‌شود. قسمتی از نواحی مرکزی دشت و نواحی شرقی آن، دارای تناسب N_1 می‌باشد که مساحتی حدود ۱۳۲۲/۸۸هکتار (۲۵/۵ درصد) را شامل می‌شود. و در نواحی مرکزی و شرقی دشت، تناسب N_2 دیده می‌شود که مساحتی حدود ۳۷۰/۹۱ هکتار (۷/۲درصد) را در بر می‌گیرد. در روش قطره‌ای براساس ارزیابی فازی، اراضی شرقی دشت برای آبیاری به روش قطره‌ای از قابلیت کمتری برخوردار می‌باشند. بر این اساس مناطق دارای تناسب S_1 مساحتی حدود ۲۹۴۱/۳۵ هکتار (۵۶/۸۳ درصد) را شامل می‌شود، و مناطقی که دارای تناسب S_2 می‌باشند، مساحتی حدود ۲۴۶/۴۳ هکتار(۴/۷ درصد) را شامل می‌شوند. همچنین بخش شمال و شمال شرقی دشت دارای تناسب S_3 می‌باشند که مساحتی حدود ۷۹۷/۱ هکتار (۱۵/۴ درصد) را شامل می‌شود. قسمتی از نواحی جنوب غربی دشت و نواحی شرقی آن، دارای تناسب N_1 می‌باشد که مساحتی حدود ۷۳۷/۵۸ هکتار (۱۴/۲۵ درصد) را شامل می‌شود. و در قسمتی از نواحی مرکزی و شرقی دشت تناسب N_2 دیده می‌شود که مساحتی حدود ۴۵۸/۵۴ هکتار (۸/۸درصد) را در برمی‌گیرد. با بررسی شکل‌های ۶ و۷ مشخص است که بهترین واحدهای اراضی برای آبیاری قطره‌ای

براساس سیستم فازی، واحدهای۱، ۲، ۳، ۵، ۶، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۴، ۱۶، ۱۷ می باشندکه قسمت اعظم آن در غرب دشت فتح‌علی قرار دارند. همچنین بخشی از نواحی ۵، ۶، ۱۱، ۱۶، ۱۷ در روش آبیاری بارانی نیز، جزو مناطق مناسب برای آبیاری قرار دارد. نواحی شرقی دشت مذکور برای هیچ‌یک از روش‌های قطره‌ای و بارانی مناسب نمی باشد. پس از فازی کردن پارامترهای پهنه‌بندی شده که در اجرای سیستم آبیاری بارانی مؤثرند، همان‌طور که در شکل(۵) نشان داده شده است، عامل شیب به‌جز محدوده کوچکی در شرق دشت، دارای ارزش فازی نزدیک به یک بوده و محدودیت چندانی در اجرای آبیاری بارانی ایجاد نمی‌کند. علاوه بر این عامل، عمق خاک و قابلیت زهکشی و همچنین هدایت الکتریکی خاک نیز در محدوده وسیعی از دشت برای اجرای آبیاری بارانی مناسب می‌باشد. لیکن عامل محتوای کربنات کلسیم به جز بخش کوچکی از جنوب غربی دشت، در سایر نواحی دارای ارزش فازی متوسط به پایین می‌باشد که یکی از عوامل محدود کننده اجرای روش آبیاری بارانی است. عامل محدودکننده دیگر بافت نسبتاً سنگین خاک در نواحی شرقی دشت می‌باشد که با کاهش سرعت نفوذ پذیری، اصلی‌ترین عامل محدودکننده سیستم بارانی می‌باشد. با مقایسه اشکال (۶) و(۷) مشخص می‌گردد، در مناطقی که تاثیر متقابل بافت خاک و کربنات کلسیم سبب می‌شود نواحی مذکور جزو مناطق " تاحدودی مناسب" قرار گیرند، به دلیل کاهش محدودیت‌های ذکر شده در روش آبیاری قطره‌ای این مناطق جزو مناطق"مناسب" در این روش طبقه‌بندی می‌گردند. البته این محدودیت ها با توجه به مزیت‌های بی‌شمار سیستم آبیاری بارانی در مقابل روش‌های غرقابی و نشتی که در منطقه استفاده می‌شود قابل چشم‌پوشی است. به این معنی که می‌توان با طراحی درست و تعیین مناسب فاصله آبپاش‌ها و در نظر گرفتن سرعت نهایی نفوذ آب در خاک، از سیستم آبیاری بارانی بدون مشکل در این مناطق بهره برد. در غیر این‌صورت اگر بدون مطالعه و بررسی، سیستم اجرا گردد، نه تنها راندمان آبیاری بارانی می‌تواند از سایر روش‌های سنتی در این مناطق کمتر شود بلکه خسارت‌های مالی هم در این بین قابل جبران نیست. به بافت خاک به عنوان عامل اصلی محدودیت سیستم آبیاری بارانی در تحقیق Ramzy، Shahidi و Khashei (2014) که پتانسیل‌یابی آبیاری بارانی را در دشت بیرجند و مطالعه نموده‌اند نیز اشاره شده است. از آن‌جا که در روش آبیاری قطره‌ای، شوری خاک، شیب و قابلیت زهکشی زمین‌ها محدودیت کمتری ایجاد می‌کنند، همان‌طور که در شکل‌های (۶) و (۷) مشخص است، نسبت اراضی مناسب برای آبیاری براساس سیستم طبقه‌بندی فازی، در روش قطره‌ای بیش از ۷/۵ برابر روش بارانی به‌دست آمده است. علاوه بر این، تغییر کیفیت زمین‌های با کیفیت S_3 در آبیاری بارانی به زمین‌های با کیفیت S_1 در آبیاری قطره‌ای در نواحی غربی دشت قابل توجه می‌باشد. همان‌طور که در شکل (۵) نشان داده شده است، عامل اصلی در کاهش کیفیت زمین‌ها در نواحی غربی دشت برای استفاده از سیستم آبیاری بارانی، بافت سنگین خاک و محدودیت کربنات کلسیم می‌باشد که سبب شده است این نواحی که در سیستم قطره‌ای جزو مناطق مناسب طبقه‌بندی می‌گردند. در روش بارانی از کیفیت متوسط برخوردار گردند. افزایش قابلیت اراضی برای آبیاری قطره‌ای در تحقیقی که توسط Bagherzadeh و Paymar (2015) انجام گردید نیز مشاهده شد. در تحقیق ایشان نیز با تغییر روش آبیاری به قطره‌ای مساحت اراضی با کیفیت مناسب تقریبا شش برابر افزایش نشان داد. این موضوع نشان می‌دهد که با انتخاب روش مناسب آبیاری برای مناطق تحت کشت علاوه بر استفاده بهینه از منابع آبی و افزایش سطح کشت می‌توان، قابلیت آبیاری زمین‌ها را برطرف نموده، به‌طوریکه محدودیت‌های موجود تأثیری در بازده عملکرد آبیاری نداشته باشد. با توجه به آن‌که کشور ایران از نظر شرایط اقلیمی جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود، با تغییر روش آبیاری از آبیاری بارانی به آبیاری قطره‌ای، می‌توان سطح زیر کشت را در مناطق مستعد کشاورزی، در دشت مذکور به هفت برابر سطح کنونی افزایش داد. از آن‌جاکه در مناطقی با شیب زیاد و عمق خاک کم، استفاده از آبیاری بارانی با محدودیت مواجه می‌گردد، به‌نظر می‌رسد محدودیت اعمال‌شده در این مناطق به دلیل تاثیر مضاعف این دو پارامتر برهم، در جداول ارائه شده در روش پارامتریک در نظر گرفته نشده است. لذا می‌توان حدس زد در شرایط اجرایی و در به‌کارگیری روش آبیاری بارانی در مناطق پرشیب، محدودیت استفاده از روش بارانی بیش از مقادیر تعیین‌شده براساس روش پارامتریک باشد. این بدین معنی است که در نواحی پرشیب در دشت مذکور، میزان اراضی مناسب برای آبیاری قطره‌ای، در عمل بیش از مقادیر محاسبه‌شده براساس سیستم پارامتریک است. زیرا درصورت به‌کارگیری سیستم قطره‌ای با تنظیم دبی قطره‌چکان و ساعات کارکرد سیستم، می‌توان اثر متقابل عوامل محدودکننده شیب زمین و عمق خاک را کاهش داد. تحقیق Hamzeha ، Mokarramb و Alavipanaha (2014) نشان دادند که روش‌های ارزیابی پارامتریک نسبت به روش منطق فازی ارزش و قابلیت اراضی را کمتر از واقعیت نشان می‌دهد و دقت این روش تقریبا یک چهارم روش فازی می باشد. این امر می‌تواند به‌دلیل خاصیت پیوستگی پارامترهای تاثیرگذار بر فرایند ارزیابی بوده که این پیوستگی بوسیله توابع عضویت در پارامترهای مؤثر، اعمال می‌گردد، به‌طوریکه میزان اهمیت پارامترهای مذکور نیز با توجه به تابع عضویت در نظر گرفته شده در این عوامل لحاظ می‌گردد. با توجه به تحقیقات Nikravesh, ،Zadeh و (2004) Korotkikh استفاده از توابع فازی باعث دقت بیشتر ارزیابی زمین‌های زراعی می‌گردد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. نتایج نشان داد که تفاوت عمده‌ای بین دو روش از لحاظ اراضی "کاملاً مناسب" وجود دارد، به‌طوری‌که مساحت اراضی "کاملاً مناسب" به روش قطره‌ای تقریبا ۷/۵ برابر مساحت این اراضی در روش بارانی می‌باشد که این موضوع اختلاف قابل توجهی بین سطوح مناسب آبیاری بین دو روش را نشان می‌دهد. استفاده از

منطق فازی در ارزیابی پارامتریک زمین‌های دشت باعث دقت بیشتر در انتخاب اراضی مناسب برای آبیاری و مساحت آن‌ها در هر دو روش شده است. از آن‌جا که در روش پارامتریک، ارزش پارامتر اندازه‌گیری‌شده به صورت صفر و یک برای کل واحد مربوطه در نظر گرفته می‌شود، لذا به‌طور مثال برای واحد ۱۴ که در محل حفر پروفیل از امتیاز بالایی در تناسب اراضی به دو روش برخوردار است، می‌تواند در ارزیابی به شیوه پارامتریک غیر فازی، باعث بالارفتن مساحت اراضی با قابلیت" کاملاً مناسب" در منطقه شود. البته پاره ای از تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده است، نشان داده است که ارزیابی به روش پارامتریک می‌تواند به اندازه روش فازی دقیق باشد (Sanchez, 2007; Joss, 2008; Keshavarzi and Sarmadian, 2009; Bagherzadeh and Mansouri Daneshvar, 2011) که با نتایج این تحقیق مطابقت ندارد. همچنین در تحقیقی که توسط Gholizadeh و Bagherzadeh (2016) انجام شد و در آن ارزیابی اراضی به شیوه پارامتریک و فازی مورد مطالعه قرار گرفت نیز اگرچه دقت روش فازی در ارزیابی بیشتر از روش پارامتریک گردید لیکن روش پارامتریک توانست با دقت مناسبی کیفیت اراضی را به‌درستی برآورد نماید. این موضوع نشان می‌دهد در صورتی‌که تعداد عوامل محدودکننده و تاثیرگذار کم باشد سبب می‌گردد در شرایط کلاسه شدن پارامترها بوسیله توابع عضویت فازی، تاثیر این عامل در نتایج کم‌شده و نتایج روش پارامتریک و منطق فازی به یکدیگر نزدیک‌گردد. با مقایسه اشکال مربوط به امتیازهای واحد ۱۴ که حدود ۱۳۴ هکتار مساحت دارد، مشخص می‌گردد که امتیازهای در نظر گرفته‌شده براساس سیستم پارامتریک در همه پارامترهای مؤثر به غیر از امتیاز مربوط به شوری خاک، بالا بوده و سبب شده است که در جمع‌بندی نهایی، این واحد جزو واحدهای با تناسب بالا در نظر گرفته شود در حالی‌که اگر حدود این واحد در ارزیابی فازی در اشکال ۶ و ۷ در نظر گرفته شود، مشخص می‌شود که بخشی از این واحد، با توجه به تأثیرگذاری واحدهای مجاور، امتیاز متوسطی را کسب میکند و بخشی از مساحت این واحد را اراضی با تناسب، "تا حدودی مناسب" تشکیل می‌دهد. این موضوع در مورد واحدهای ۵، ۶، ۷و ۱۱ نیز مشاهده می‌گردد. خصوصا واحدهای ۷ و ۱۱ که در ارزیابی به شیوه فازی، در رابطه با پارامترهای شوری خاک و کربنات کلسیم و قابلیت زهکشی خاک نمرات متوسطی را کسب نموده‌اند. در مورد اراضی مناسب، اراضی "نسبتاً مناسب" در ارزیابی به روش قطره‌ای، تقریبا برابر اراضی "نسبتاً مناسب" در روش بارانی می‌باشد. اراضی "نسبتاً مناسب" در روش فازی، در مجاورت اراضی "کاملاً مناسب" قرار گرفته‌اند. این اراضی عمدتا در مجاورت واحدهای ۶، ۱۱و ۱۶ قرار گرفته‌اند و همان‌طور که مشخص است، در تعیین اراضی "نسبتاً مناسب"، به نظر می‌رسد ارزیابی به روش فازی به واقعیت نزدیک باشد. زیرا وجود اراضی "نسبتاً مناسب" در مجاورت اراضی "کاملاً مناسب" منطقی به نظر می‌رسد. در نظر گرفتن تغییرات تدریجی پارامترهای خاک در ارزیابی به روش فازی، باعث دقت بیشتر این روش نسبت به روش پارامتریک گردیده است. ارزیابی به روش فازی سبب می‌گردد که در صورت کسب امتیاز بالا در یکی از پارامترهای مؤثر بر ارزیابی، تاثیر سایر پارامترها کاهش نیافته و هر یک از پارامترها به طور مستقل در نتایج ارزیابی مؤثر باشد. این موضوع در رابطه با واحد ۲۰ مشاهده می‌گردد. از آن‌جا که واحد ۲۰ امتیازهای بالایی را در پارامترهای شیب زمین و بافت خاک کسب کرده است، اما با وجود کسب امتیاز پایین در رابطه با پارامتر قابلیت زهکشی، در صورت استفاده از ارزیابی پارامتریک غیرفازی، این واحد می‌تواند امتیاز اراضی "نسبتاً مناسب" را کسب نماید. در حالی‌که همان‌طور که در شکل‌های (۶) و (۷) نشان داده شده است، بخشی از این واحد در ارزیابی به روش فازی جزو اراضی "نامناسب دائمی" طبقه‌بندی می‌گردد. جدول(۴) نشان می‌دهد که اراضی "تا حدودی مناسب"، در ارزیابی به روش بارانی بیشترین مناطق را به خود اختصاص می‌دهند و مناطق در نظر گرفته‌شده به این نواحی، در روش بارانی بیشتر از روش قطره‌ای می‌باشد. این اراضی شامل مناطقی می‌باشند که امتیاز متوسطی را در روش‌ها کسب نموده‌اند و مهمترین عوامل در کسب امتیاز متوسط برای این مناطق، عوامل کربنات کلسیم و بافت خاک در قسمت‌های شرقی دشت بوده و عامل شیب علاوه بر عوامل مذکور در نواحی غربی دشت سبب کسب امتیاز متوسط برای این نواحی شده است.



شکل ٦- نقشه تناسب اراضی برای آبیاری قطره‌ای



شکل ۷- نقشه تناسب اراضی برای آبیاری بارانی

جدول٤- مساحت تناسب اراضی در ارزیابی به روش فازی

قابلیت آبیاری	مساحت به روش قطره‌ای(هکتار)	مساحت به روش بارانی (هکتار)
کاملاً مناسب (S۱)	۲۹۴۱/۳۵	۳۸۵/۰۳
نسبتاً مناسب (S۲)	۲۴۶/۴۳	۲۸۶/۱
تاحدودی مناسب (S۳)	۷۹۷/۱	۲۸۱۰/۰۸
نامناسب در شرایط فعلی (N۱)	۷۳۷/۵۸	۱۳۲۲/۸۸
نا مناسب دائمی(N۲)	۴۵۸/۵۴	۳۷۰/۹۱
جمع	۵۱۷۵	۵۱۷۵

همان‌طور که در جدول(۴) نشان داده شده است، در ارزیابی به روش قطره‌ای اراضی با قابلیت "نامناسب در شرایط فعلی"، ۷۳۷/۵۸هکتار می باشد. این در حالی است که ۱۳۲۲ هکتار از اراضی منطقه مورد مطالعه، در ارزیابی بارانی جزو این مناطق محسوب می‌شوند. این مناطق در دو روش در حوالی مناطق با قابلیت "نامناسب دائمی" قرار دارند که این مناطق به جز پارامترهای شیب و بافت خاک در سایر پارامترهای مؤثر امتیازهای پایینی را کسب نموده‌اند. در رابطه با مناطق "نامناسب دائمی"، ارزیابی دو روش تقریبا یکسان می‌باشد. ولی روش قطره‌ای مساحت این اراضی را بیشتر از روش بارانی نشان داده است. به‌طورکلی می‌توان گفت که روش ارزیابی فازی پارامتریک، کیفیت اراضی را برای آبیاری به شیوه قطره‌ای نسبت به روش بارانی بالاتر نشان داده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به آن‌که کشور ایران از نظر شرایط اقلیمی جزو مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود، با تغییر روش آبیاری از آبیاری قطره‌ای به بارانی، می‌توان سطح زیر کشت را در مناطق مستعد کشاورزی، در دشت مذکور به میزان قابل توجهی افزایش داد و بخش عمده محدودیت اراضی، که مربوط به شرایط بافت، عمق خاک، شیب و شوری می‌باشد در آبیاری به روش قطره‌ای از محدودیت کمتری برخوردار است. این بدین معنی است که در نواحی پرشیب در دشت مذکور، میزان اراضی مناسب برای آبیاری قطره‌ای در عمل بیش از مقادیر محاسبه شده براساس سیستم پارامتریک است. زیرا درصورت به‌کارگیری سیستم قطره‌ای با تنظیم تعداد قطره چکان‌ها و ساعات کارکرد سیستم، می‌توان اثر متقابل عوامل محدود کننده شیب زمین و عمق خاک را کاهش داد. علاوه بر این، نتایج نشان داد که استفاده از منطق فازی در ارزیابی پارامتریک زمین‌های دشت، باعث دقت بیشتر در انتخاب اراضی مناسب برای آبیاری به روش قطره‌ای و بارانی شده و مساحت آن‌ها با دقت بیشتری برآورد گردید.

سپاسگزاری

این مقاله با حمایت معاونت محترم پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی طی قرارداد طرح شماره ۱۸۲ مورخ ۱۳۹۴/۲/۹ تهیه شده است و بدینوسیله از ایشان قدردانی می‌شود.

منابع

1- Albaji, M., Landi, A., Mravvej, K. and Broomand Nasab, S., 2006. Land evaluation for irrigated agriculture for drip& Sprinkle irrigation methods for the Base production of Shavoor plain of khuzestan. MS Thesis. Chamran university. (In persian).

2- Al-Jarrah, O. and fic cereal crops using GIS at Mashhad Plain, Northeast of Iran. *Front Agric* Abu-Qdais, H., 2006. Municipal soil waste landfill siting using intelligent system. *Waste Management. 26*, PP. 299–306.

3- Akbarzadeh, A., Mehrjardi, R.T., Rouhipour, H., Gorji, M. and 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. 5 (5)*, PP. 505–514.

4- Bagherzadeh, A. and Mansourie Daneshvar, M.R.M., 2011. Physical land suitability evaluation for speci *China .5(4)*, PP. 90–100.

5- Bagherzadeh, A. and Paymar, P., 2015. Assessment of Land Capability for Different Irrigation Systems by Parametric and Fuzzy Approaches in the Mashhad Plain, Northeast Iran. *Soil & Water Res. 10 (2)*, PP. 90–98.

6- Bagherzadeh, A. and Gholizadeh, A., 2016. Modeling land suitability evaluation for wheat production by parametric and TOPSIS approaches using GIS, northeast of Iran. *Model Earth Syst Environ. 2*, PP.126-137.

7- Baja, S., Chapman, D.M. and Dragovich, D. 2002., A conceptual model for defining and assessing land management units using a fuzzy modeling approach in GIS environment. *Environmental Management. 29 (5)*, PP. 647–661.

8- Burrough, P.A. and McDonnell, R., 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press: 333p.

9- Calderon, F., Fiorillo, E., Yan, N., Barberis, A. and minelli, S., 2005. Land Evaluation in the shouyang county, shanxi province, china. *25th Course professional Master. IAO. Florence. Italy.*

10- Dengiz, O., Gol, C., Karaca, S. and Yuksel, M., 2006. Effects of Different Landscape Position and Parent Material on Soil Variability and Land Use in both Sides of Acicay River Cankiri, International Soil Meeting on Soil Sustaining Life on Earth, *Managing Soil and Technology Proceedings, Sanliurfa. 2*, pp. 745-751.

11- 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. 5*, pp. 405 – 409.

12- Hamzeha, S. Mokarramb, M. and 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. 19(2)*, pp. 173-181.

13- Joss, B.N., Hall, R.J., Sidders, D.M. and Keddy, T.J., 2008. Fuzzy-logic modeling of land suitability for hybrid poplar across the Prairie Provinces of Canada. *Earth Environ Sci. 141*, pp.79–96.

14- Karatalopoulos, S. V., 2000. Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic- Basic Concepts and Applications; *Prentice Hall, New-Delhi, India.*

15- Keshavarzi, A. and Sarmadian, F., 2009. Investigation of fuzzy set theory's efficiency in land suitability assessment for irrigated wheat in Qazvin province using Analytic hierarchy process (AHP) and multivariate regression methods. In: Proceedings of 'Geometrics 2009' conference, *August 26–28, Beijing, China.*

16- Khashei Sivaki, A., Ghahreman, B. and Koochazadeh, M., 2012. Assessing the potential for water extraction from the aquifer using a fuzzy hierarchical process analysis process, case study: Neishabur plain. *Iranian Journal of Water Research. 5(9),* pp.1-10. (In persian)

17- Klein, L., 1999. *Sensor and Data Fusion Concepts and Applications.* SPIE Optical Engineering Press, Bellingham, 253p.

18- Koorehpazan, A., 2008. *Principles of Fuzzy Set Theory and its Applications in Modeling Water Engineering Issues*. First edition, Amirkabir university. (In persian)

19- Lu, L., Shi, Zh., Yin, W., Zhu, D., Sai, N., Leung, C., Chong, f. and Leia, L., 2009. A fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) approach to eco-environmental vulnerability assessment for the Danjiangkou reservoir area. China. *Eco logical modeling.* 220, pp. 3439-3447.

20- Mahari, A. and Alebachew, A., 2013. Land suitability evaluation for irrigation in dejen district Ethiopia. *International Journal of Scientific and Research Publications. 3(9),* pp. 1-3.

21- Mirzaiie Takhtgahi, H., Broomand Nasab, S., Behzad, M. and Ghamarnia, H., 2004. Land evaluation for pressurized irrigation systems in the center areas of Kermanshah. *National Conference on Management of Irrigation and Drainage Network, khuzestan Province, Ahvaz. Pp.10.* (In persian)

22- Mottakan, A., Shakiba, A., Hoseinpur, A. and Ebadi, A., 2009. Crisp and Fuzzy Decision Making in Multistore Public Parking Lots. *Journal of Environmental Sciences, 6(3),* pp. 207-222. (In persian)

23- Nasiri, F., Maqsood, I., Huang, G. and Fuller, N., 2007. Water quality index: a fuzzy river pollution decision support expert system. *Journal of Water Resources Planning and Management. 133 (2),* pp. 95–105.

24- Naseri, A.A., Rezania, A.R. and Albaji, M., 2009. Investigation of soil quality for different systems in Lali Plain, Iran. *Journal of Food, Agriculture & Environment, 7(3&4),* pp. 955–960.

25- Nikravesh, M., Zadeh, L. and Korotkikh, V., 2004. *Fuzzy partial differential equations and rational equations (reservoir characterization and modeling).* Springer Verlag Berlin Heidelberg New York. pp. 1-79.

26- Ramzy, R., Shahidi, A. and Khashei, A., 2014. Sprinkler irrigation potential using fuzzy hierarchy process analysis method in South Khorasan province. *Scientific Journal of Irrigation and Water Engineering. 16(2),* pp.1-11. (In persian)

27- Sanchez, J.F., 2007. Applicability of knowledge-based and fuzzy theory-oriented approaches to land suitability for upland rice and rubber. M.Sc. Thesis ITC, The Netherlands

28- Sys, C., 1985. *Land evaluation*, part I, И, III. ITC, University of Ghent, Belgium, 343 pp.

29- Sys, C., Vanranst, E. and 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.

30- Wang, F. and Hall, G.B., 1990. Fuzzy information representation and Processing in conventional GIS software: database design and application. *International Journal of Geographic Information Sciences. 4 (3),* pp.261–283.

31- Zadeh, L., 1965. *Fuzzy sets. Information Control. 8:* 338-353.

32- Zali Vargahan, B., Shahbazi, F. and Hajrasouli, M., 2011. Quantitative and qualitative land suitability evaluation for maize cultivation in Ghobadlou region, Iran. *Ocean Journal of Applied Sciences. 4,* pp. 91-104.

33- Zare Naghadehi, M., Mikaeiland, R. and 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. 36,* pp. 8218-8226.

34- Zaresefat, M., Kalantari, N., Aram, A., Roohi, H. and Cheraghi, GH., 2011. Potential for natural feeding of groundwater using FAHP method and GIS software. Case study: North of Dezful. *Proceedings of the Thirtieth meeting of earth sciences. 21-23.*

Shahid Chamran University of Ahvaz

Irrigation Sciences and Engineering **Vol. 41, No. 2, Summer 2018, p. 135-149**

EXTENDED ABSTRACT

Land Evaluation System for Trickle and Sprinkle Irrigation Methods Using Fuzzy Logic System

Y. Hoseini

Moghan College of Agriculture and Natural Resources - University of Mohaghegh Ardabili - Ardabil – Iran *(Yaser_hoseini@Ymail.com).*

Received:13 April 2016 Accepted:14 February 2017

Keywords: Sprinkle irrigation, Trickle irrigation, Evaluation of lands, Parametric, Fuzzy.

Introduction

Limited water and soil resources and growing population have led countries around the world towards raising agricultural production per unit area and optimal utilization of these resources. Due to the population growth and rising living standards, the demand for food has increased. In this regard, identification and knowledge of the parameters that somehow affect food production is essential. Using new techniques for selecting appropriate land irrigation methods can enhance water use efficiency in farm lands. Selecting a proper irrigation method in irrigated agriculture in order to achieve a high efficiency and maximum water use. Nowadays Fuzzy systems are one of the most efficient methods in the field of forecasting and modeling (Akbarzadeh et al, 2009). Fuzzy system is able to use human language and human experiences and experts and connoisseurs (Karatalopoulos, 2000). Sys, Vanranst and Debaveye (1991) proposed parametric evaluation system to select irrigation methods based on physical and chemical properties of soil. Using fuzzy logic capabilities which stem from the ability of continuous membership function of input variables and by combination of parameters affecting irrigation methods evaluation in parametric system with fuzzy logic membership functions, it is possible to assess farm lands for choosing the right irrigation method more accurately. Therefore, this study aims to utilize the functionalities of fuzzy logic method to evaluate land suitability of the area studied based on parametric system for two drip and sprinkler irrigation methods.

Methodology

Fuzzy systems are composed of three parts: 1. Fuzzy sets, 2. Membership functions and 3. Fuzzy rules (Klein, 1999). Since in this study the parametric evaluation by Sys, Vanranst and Debaveye (1991) was used to evaluate land suitability for different irrigation methods, the effective parameters in this method are required to be fuzzified using various functions. In parametric technique, soil properties (soil texture, depth, lime, electrical conductivity, drainage and slope) are graded and used to calculate the irrigation suitability index. After the map of each factor is provided based on values specified, land evaluation index of different points was extracted by overlaying all the maps obtained.

Results and Discussion

Result shown that for sprinkle and trickle irrigation respectively, about 385.06 (7.4%) and 2941.351 hectares (56.87%) of the land are “highly suitable”, and about 286.1 (5.5%) and 246.43 hectares (4.7%) are “moderately suitable”. Nearly2810.08 (54.3%) and 2744.17 hectares (53.02%) were “marginally suitable” for sprinkle and trickle irrigation, respectively. About 1322.88 (25.5%) and 737.58 hectares (14.2%) were “currently not suitable” for sprinkle and

trickle irrigation methods, respectively, and 370.91 (7.1%) and 458.54 hectares (8.86%) matched "permanently not suitable" for the under study zone. Given that Iran is an arid and semi-arid region in terms of climatologicalconditions, we can increase under cultivation lands to seven times the current level in agriculture-prone parts of the plain studied by changing irrigation method from drip to sprinkler. Since sprinkler irrigation faces some limitations in areas with high slope and low soil depth, it appears that the restrictions imposed on these areas due to the double impact of these two parameters on each other are not considered in tables presented parametric methods. Therefore, we can guess that restrictions of using sprinkler irrigation in operating conditions and performing this method in steep lands is more than related values determined based on the parametric technique. This means that the amount of lands suitable for drip irrigation in steep areas of the plain studied is in practice more than values calculated based on parametric system. Because in case that drip system is used, we can reduce the interaction of factors limiting land slope and soil depth by setting the emitter discharge and hours of operation. The results showed that there is a major difference between the two methods in terms of highly suitable lands that area of lands highly suited for drip irrigation is almost 7.5 times the size of the lands suited for sprinkler method which reflects the significant difference between land levels suited for irrigation using the two methods.

Conclusions

(1) Using fuzzy logic in parametric evaluation of the plain's lands increases the accuracy of selecting lands suited for irrigation and their areas in both methods. because in parametric method the value of the parameter measured is represented in zero-one system for the whole unit related, (2) Considering gradual changes of soil parameters in fuzzy evaluation makes this method more accurate than parametric technique. In fuzzy method, if one of the parameters influencing the evaluation acquires a high score, the impact of other parameters will not decreased and each of them will independently affect the evaluation results, (3) the percentage of suitable lands for drip irrigation in steep areas of the plain studied is in practice more than values calculated based on parametric system. Because in case that drip system is used, we can reduce the interaction of factors limiting land slope and soil depth by setting the emitter discharge and hours of operation.

References

1- Akbarzadeh, A., Mehrjardi, R.T., Rouhipour, H., Gorji, M. and 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. 5 (5)*, PP. 505–514.

2- Karatalopoulos, S. V., 2000. Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic- Basic Concepts and Applications; Prentice Hall, New-Delhi, India.

3- Sys, C., Vanranst, E. and 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.

4- Klein, L., 1999. Sensor and Data Fusion Concepts and Applications. SPIE Optical Engineering Press, Bellingham, 253p.