Archive of SID

جغرافیا و توسعه شماره ۴۴ پاییز ۱۳۹۵
وصول مقاله : ۱۳۹۴/۰۷/۱۰
تأیید نهایی : ۱۳۹۵/۰۲/۲۲
صفحات : ۴۴-۲۵

تلفیق روش WRASTIC با ارزیابی چندمعیاره و مدل فازی به منظور ارزیابی ریسک آلودگی آب‌های سطحی (مطالعه‌ی موردی: استان تهران و بخشی از استان‌های همجوار آن)

دکتر سعید کریمی[۱]، فاطمه سادات علوی‌پور[۲]، زهرا قربانی‌نیا[۳]، دکتر حمیدرضا جعفری[۴]

چکیده

امروزه روش جامعی برای ارزیابی و مدل‌سازی ریسک آلودگی منابع آب سطحی وجود ندارد. روش‌های موجود تنها به بررسی منفرد برخی از معیارها می‌پردازند و روشی بر مبنای GIS که با مدل‌سازی بتواند وضعیت کلی ریسک در سطح یک حوضه را ارائه دهد وجود ندارد. تنها روش موجود برای این منظور شاخص WRASTIC می‌باشد که با نمره‌دهی به هفت پارامتر فاضلاب انسانی و حیوانی، فعالیت‌های تفریحی و تفرجی، فعالیّت‌های کشاورزی، فعالیّت‌های صنعتی، اندازه حوضه، راه و حمل و نقل و تراکم پوشش گیاهی یک ارزیابی کلی فاقد مکان از وضعیت ریسک ارائه می‌دهد. در تحقیق حاضر، ارزیابی ریسک آلودگی منابع آب سطحی به شیوه‌ای جدید توصیف می‌شود. تحقیق در قسمت عمده استان تهران به همراه بخشی از استان‌های سمنان، قم، مازندران و البرز به کمک روشی که در چارچوب ارزیابی چند معیاره (MCE) قرار دارد، چندین معیار را بر اساس روش WRASTIC مورد ارزیابی قرار می‌دهد و در نهایت با فازی‌سازی این معیارها، روش Fuzzy-WRASTIC را تدوین می‌کند. مراحل انجام این روش به این قرار است که ابتدا با وزن‌دهی به معیارها و زیر معیارها اقدام به تولید نقشه‌های لایه‌های مختلف نموده سپس با ترکیب فازی آنها نقشه‌های نهایی تولید می‌شوند که در گام بعدی با کمک روش WLC و استفاده از وزن‌های ارائه شده در مدل ورستیک، این زیرلایه‌ها ابتدا با هم ترکیب شدند و سپس مدل‌سازی وضعیت ریسک آلودگی با استفاده از روش روی هم‌گذاری فازی و به کارگیری عملگرهای OR، AND و GAMMA صورت می‌پذیرد.

نتایج نشان می‌دهد که استفاده از عملگر OR به‌دلیل دارا بودن دامنه‌ی متعادلی از ارزش‌ها در کل منطقه از کم تا بسیار زیاد، مناسب‌ترین عملگر برای تولید نقشه ارزیابی ریسک و تحلیل آن می‌باشد. بر این اساس ۳۱/۱۴ و ۲۷/۸۳ درصد از منطقه‌ی مطالعاتی که بخش عمده‌ای از استان تهران و سمنان را شامل می‌شود، به دلیل تمرکز جمعیّت و فعالیّت‌های مختلف به ترتیب در معرض ریسک زیاد و خیلی زیاد برای منابع آب‌های سطحی خود می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: منابع آب سطحی، ارزیابی ریسک آلودگی، فازی، WRASTIC، GIS.

۱- استادیار مدیریت، برنامه‌ریزی و آموزش محیط زیست، دانشگاه تهران Karimis@ut.ac.ir
۲- دانشجوی دکترای تخصصی مدیریت، برنامه‌ریزی و آموزش محیط زیست، دانشگاه تهران (نویسنده مسؤول) f.s.alavipoor@ut.ac.ir
۳- دانشجوی دکترای تخصصی مدیریت، برنامه‌ریزی و آموزش محیط زیست پردیس بین‌الملل دانشگاه تهران Zahra.ghorbani@ut.ac.ir
۴- استاد مدیریت، برنامه‌ریزی و آموزش محیط زیست، دانشگاه تهران hjafari@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

امروزه با رشد روزافزون تکنولوژی، صنعتی‌تر شدن جهان، رشد جمعیّت جهان و کاهش سریع منابع آب، توجه به مسائل زیست‌محیطی افزایش یافته است. از طرف دیگر به دلیل اهمیت آب در سلامت انسان‌ها از دیر باز توجه خاصی به این منابع شده است *(آزادشهرکی‌وهمکاران، ۱۳۸۹: ۶۵)*. رودخانه‌ها و آب‌های جاری از دیر باز مورد توجه و مورد نیاز بشر بوده‌اند و برای بهره بردن از منابع آبی مناسب، جوامع انسانی و مراکز صنعتی و کشاورزی و غیره معمولاً در نزدیکی رودخانه‌ها بر پا شده‌اند.

با گذشت زمان و گسترش این جوامع و به تبع آن افزایش استفاده از منابع‌آبی، دخل و تصرف غیرطبیعی و تغییر شرایط کیفی آب رودخانه‌ها افزایش یافته است *(میرزایی و همکاران، ۱۳۸۴: ۲۵)*. همزمان با توسعه‌ی ناپایدار فعالیّت‌های شهرنشینی، کشاورزی و صنعتی در چند دهه‌ی اخیر، بسیاری از رودخانه‌ها و آب‌های جاری کشور تحت آسیب‌های جدی و جبران-ناپذیری واقع گردیده‌اند که بیشتر از هر زمان دیگر، توجه به ممنوعیت و سازمان‌یابی فعالیّت‌ها در محدوده‌های حریم و بستر رودخانه‌ها را ضروری نموده است. جاری شدن سیلاب‌های ویرانگر، آلودگی منابع آب، بروز خسارت‌های مالی و جانی و نهایتاً کاهش کیفیت زندگی، از جمله مهم‌ترین آثار و پیامدهای ناشی از تعدی به حریم و بستر رودخانه‌ها محسوب می‌گردد. در حال حاضر اکثر منابع آب شیرین تخلیه شده و تولید محصولات کشاورزی در سطح جهانی با وجود افزایش جمعیّت و تقاضای مواد غذایی کاهش یافته است *(Misra, 2014: 153)*. به دلیل وابستگی قوی انسان به آب شیرین، تغییر در استفاده از زمین، تغییرات دوره‌های آب و معرفی‌گونه‌ها منجر به آلودگی گسترده‌ی آب، تخریب زیستگاه و از دست رفتن تنوع زیستی شده است *(Malmqvist & Rundle, 2002: 136; Dudgeon et al., 2006: 165; Martinuzzi et al, 2014: 113)*. در سالیان اخیر بسیاری از حوضه‌های رودخانه‌ای که هزاران سال بر محور مدنیتی استوار بوده‌اند، پایداری خود را از دست داده و به مجموعه‌های اکوسیستمی بسیار ناپایدار و شکننده تبدیل شده‌اند *(ابوالحسنی زراعت‌کار و همکاران، ۱۳۸۲: ۱۳۳)*. بطوری‌که نسبت به تغییرات آسیب‌پذیر شده و در معرض خطر قرار گرفته‌اند. مفهوم آسیب‌پذیری برای اولین بار در سال ۱۹۶۰ میلادی در فرانسه برای آگاهی‌بخشی در مورد آلودگی آب زیرزمینی ارائه شد *(Vrba & Zoporozec, 1994:158)*.

آسیب‌پذیری نوعی خصوصیت نسبی، بدون بعد و غیر قابل اندازه‌گیری است و به ویژگی‌های آبخوان، محیط زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی بستگی دارد *(Antonakos & Lambrakis, 2007:295)*.

آسیب‌پذیری در برخی موارد به معنی ریسک استفاده شده است، اما بیشتر واژه آسیب‌پذیری در وضعیت‌هایی که تنها نشان‌دهنده‌ی ویژگی‌های ذاتی (طبیعی) باشد، برای تعیین احتمال متوسط آثار معکوسِ بارِ آلودگیِ وارده استفاده می‌شود *(Diamantino & et al., 2005:13)*.

در اصل ریسک آلودگی منابع آب، با دو ویژگی جداگانه آسیب‌پذیری محیط فیزیکی و بارِ آلودگی یا خطر ناشی از فعالیّت انسانی، تعریف می‌شود و در بیشتر روش‌های ارزیابی ریسک آلودگی منابع آب با این دو پارامتر در فرمول‌ها مطرح می‌شوند. روش ارزیابی جامع فازی یک روش ارزیابی کیفیت آب با استفاده از اصل ریاضیات فازی است.

www.SID.ir

Archive of SID

این روش برای تعیین سطح آب با درجه عضویت که توسط توالی نمونه اندازه‌گیری شده و توالی استاندارد سطوح تعیین می‌شوند، می‌باشد. این روش موقعیت فاکتورهای مختلف در فرآیند ارزیابی را با وزن‌های مناسب برای فاکتورها در نظر می‌گیرد و توابع عضویت را مشخص می‌کند. پس از عملیات ترکیبی ماتریس فازی، عضویت جامع به‌دست می‌آید. بر اساس عضویت جامع، کیفیت آب تقسیم می‌گردد و پس از آن نتایج ارزیابی جامع مشخص می‌گردد (Ma et al., 2014: 1). در زمان عدم قطعیّت یا عدم دقت از منطق فازی استفاده می‌شود (Ocampo Duque,2008:15;Shepard,2006:256).

منطق فازی از مجموعه‌های با مرزهای نامشخص استفاده می‌کند. منطق فازی می‌تواند برای تبدیل ورودی‌های نقشه به خروجی‌های مناسب به کار برده شود. اکوسیستم آبی رودخانه به خاطر مقدار زیاد تخلیه‌ی فاضلاب در معرض خطر قابل توجهی قرار دارد که نمونه‌ی آشکار فازی است. میزان خطر، اصطلاحاتی مانند مجموعه‌های فازی یا معرف‌های محدوده متغیّر را شامل می‌شود. بنابراین ریسک اکوسیستم آبی می‌تواند شامل معرف‌های زیر باشد: خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، شدید، حاد یا کشنده. معمولاً معرف‌ها محدوده‌ای بین سه تا هفت دارند که در مقادیر هم‌پوشانی دارند (معمولاً با درصد بالا). مقیاسی که برای اندازه‌گیری متغیّرهای زبانی به کار برده می‌شود به راحتی تعیین می‌گردد. محدوده‌ی کمترین مقادیر تا بیشترین مقادیر از تمام معرف‌ها، جهان گفتمان نامیده می‌شود. این محدوده‌ها و معرف‌ها می‌توانند با هم تعیین شوند تا سیاست‌ها یا عقاید محلی، منطقه‌ای یا ملّی در سازمان‌حفاظت از محیط‌زیست را نشان دهند. با توجه به مواردی که در بالا بیان شد، کاملاً واضح است که منطق فازی چارچوبی محکم برای ایجاد مدل‌های تصمیم‌گیری برای مدیریت آب عرضه می‌کند (Ocampo Duque, 2008: 80).

ارزیابی ریسک محیط زیستی فرایندی است که توسط آن مخاطرات شناسایی می‌شوند، میزان مواجهه محاسبه می‌شود و روابط پاسخ به دوز برای مشخصات ریسک تعیین می‌شوند (Tristán et al, 2000: 38; Rebelo et al, 2014: 51). و مقیاس‌های مکانی و زمانی را بر اساس پویایی شیمیایی[1]، تحرک محیط زیستی و واکنش اکوسیستم پوشش می‌دهند (Schaeffer et al,2009:410;Rebelo et al,2014: 52). خطر ایجاد شده توسط یک ماده شیمیایی به استفاده از آن، مقدار آن و توزیع آن درون واسطه محیط زیستی مربوط است (Daginnus et al, 2011: 435; Rebelo et al., 2014: 52). فرایند ارزیابی ریسک آلودگی نیاز به ادغام داده‌هایی دارد که از نظر فضایی در طبیعت متغیّر هستند و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) یک ابزار ایده‌آل برای چنین ارزیابی‌هایی ایجاد می‌کنند (Foster & McDonald, 2000: 225).

روش‌های ارزیابی چند معیاره مرتبط با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌توانند برای تصمیم‌گیری‌هایی بر پایه‌ی ریسک استفاده شوند (Chen et al,2001:387).

روش‌های GIS بیشتر در تدوین برنامه نظارت بر آب تصفیه‌نشده برای کمک به عملیات جذب و برنامه-ریزی کاربری زمین در حوضه آبریز استفاده می‌شوند (Foster&Mc Donald, 2000: 225). تجزیه و تحلیل حساسیت و عدم‌قطعیت با هم به درک تأثیر مفروضات و پارامترهای ورودی به مدل ارزیابی کمک می‌کنند (Crosetto et al,2000:75;Feizizadeh et al,2014:71). تجزیه و تحلیل حساسیت وسیله‌ای برای ارزیابی

1-Chemodynamics

www.SID.ir

Archive of SID

پتانسیل یک سیستم آب عمومی به منظور نشان دادن آب آلوده در غلظت‌هایی است که خطر بهداشتی برای مصرف‌کنندگان دارد.بدین‌منظور برای بررسی حفاظت آبخیز یا آنالیز آسیب‌پذیری، آماده‌سازی یک نقشه WRASTIC از منطقه‌ی مورد سؤال کمک‌کننده است (Williams, 2000: 20).

هدف از این مطالعه ارزیابی ریسک آلودگی منابع آب‌های سطحی است که با مبنا قرار دادن روش ورستیک و به‌کارگیری منطق‌فازی در محیط GIS انجام می‌گردد. به عبارتی با تولید نقشه‌های ریسک آلودگی و ترکیب این لایه‌ها، امکان تولید نقشه نهایی ریسک پایه‌ای منطقه به صورت فضایی و یا مکاندار فراهم می‌گردد. مدل ارائه شده قابلیت تولید سناریوهای مختلف ارزیابی ریسک را فراهم می‌آورد.

تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه‌ی ارزیابی عوامل به وجود آورنده‌ی تغییرات کمی و کیفی منابع آب شیرین انجام شده است که در اینجا به برخی از آنها اشاره می‌شود.

پیشینه‌ی تحقیق

ارزیابی گام به گام خطرات بالقوه محیط زیست آبی در کشور فرانسه نشان داد که از میان ۳۳ ماده‌ی شیمیایی موجود در لیست استراتژی ملّی فرانسه فقط ایبوپروفن بر اساس غلظت محیط زیستی اندازه‌گیری شده[1] خطرناک می‌باشد (Bouissou-Schurtz et al, 2014: 296).

در پژوهشی در کشور پاکستان بر روی رسوبات بستر و معلق رودخانه‌ی سون[2] مشخص گردید که رسوب بستر و معلق، در حد متوسط با کادمیوم آلوده بودند درحالی‌که نیکل، مس و کروم آلودگی متوسط در نمونه‌های رسوب معلق را نشان دادند. علاوه بر این، نتایج نشان‌داد که در نمونه‌های رسوب بستر (کادمیوم، روی و سرب) و نمونه‌های رسوب معلق (کادمیوم، روی، نیکل، مس و کروم)، منابع آلودگی از فرآیندهای طبیعی و فعالیّت‌های انسانی بودند (Nazeer et al, 2014: 262).

نتایج پژوهشی بر روی رودخانه‌ی یانگ تسه در کشور چین نشان داد خطرات اکولوژیکی قابل توجهی از آلاینده‌های آلی خاص شامل استرهای فتالات، هیدروکربن‌های‌نفتی(PHC)و بنزین‌ها در خور رودخانه یانگ تسه وجود دارد (Du et al,2013: 882). در خور رودخانه Daliao بالاترین خطرات مربوط به‌نیکل، مس و روی می‌باشد (Han et al., 2014: 215).

نتایج پژوهشی در جنوب مالاوی نشان می‌دهد که فعالیّت‌های انسانی بر شرایط جریان‌های محیط زیستی با افزایش روزهای جریان صفر در حوضه‌ی آبریز رودخانه ریویریوی[3] تأثیر منفی گذاشته‌اند (Chimtengo et al, 2014: 202). در طول مدت سیزده سال از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۹ در کشور مالزی، نتایج تلاش‌هایی شامل مشارکت عمومی، مهندسی رودخانه و مقررات سختگیرانه قانونی توسط دولت سبب بهبود کیفیت آب رودخانه شده است (Sulaiman et al, 2014: 74).

داده‌ها و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعاتی

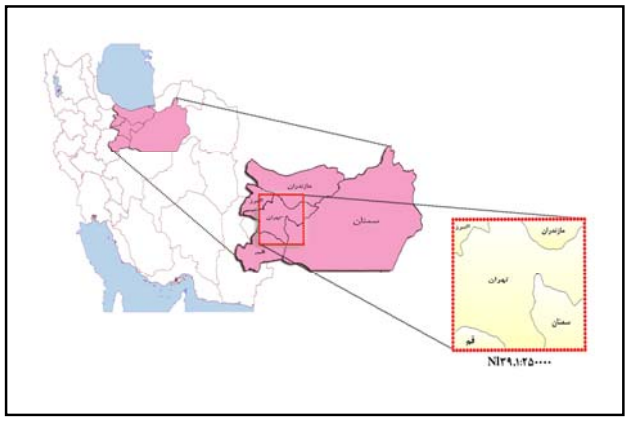
با توجه به مطالعاتی که بر روی جمعیّت و فعالیّت‌های منطقه صورت گرفت و همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، این تحقیق در بخش‌هایی از استان‌های تهران، سمنان، مازندران، قم و البرز انجام شد. دلیل انتخاب این محدوده، تمرکز و گسترش فعالیّت‌های اقتصادی، اجتماعی، صنعتی و تفرجی در استان تهران و حاشیه آن می‌باشد. بنابراین

1-Measured Environmental Concentration (MEC)
2-Soan
3-Rivirivi

www.SID.ir

Archive of SID

با در نظر گرفتن کلیّه‌ی شرایط موجود استان تهران به عنوان قسمت اعظم مطالعات برگزیده شد. استان تهران، کلان‌شهر و پایتخت کشور واقع در شمال ایران است. حوضه‌ی آبریز تهران دارای مساحت ۲۲۵۰ km^2 است و به وسیله‌ی رشته‌کوه البرز در شمال و کوه‌های آراد در جنوب احاطه شده است *(Dehghani et al., 2013: 157)*.



شکل ۱: منطقه مطالعاتی

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

روش

حساسیت منابع آب‌های سطحی نسبت به آلودگی به شیوه‌ای مشابه منابع آب‌های زیر زمینی، با مقایسه ویژگی‌های مساحت منبع (حساسیت) و نسبت به ویژگی‌های آلاینده (آسیب‌پذیری) ارزیابی می‌شود. حساسیت منابع آب سطحی به آلودگی‌ها به وسیله‌ی ارزیابی موارد ذیل تعیین می‌شود: ۱- نرخ جریان رود یا مساحت مخزن ۲- پذیرش ساختار و یکپارچگی فیزیکی ساختارهای جذب ۳- شاخص WRASTIC برای سیستم یا جذب.

در این تحقیق از سه شاخص مذکور، مدل WRASTIC مورد استفاده و توسعه قرار گرفته است. WRASTIC مدلی است که مخفف تخلیه فاضلاب (W)، اثرات کاربری تفرجی زمین (R)، اثرات کاربری کشاورزی زمین (A)، اندازه‌ی حوضه (S)، راه و حمل و نقل (T)، آثار کاربری صنعتی زمین (I) و مقدار پوشش گیاهی زمین (C) *(Yarrow et al,2008:1536; Williams, 2000: 20)* است که توسط بخش آب‌شرب سازمان محیط زیست نیومکزیکو جهت بررسی حساسیت حوضه نسبت به آلودگی آب سطحی در هر محیط هیدرولوژیک بر اساس ویژگی‌ها و کاربری اراضی حوضه‌ی اصلی توسعه‌یافته است. این روش یک وزن نسبی به هر یک از این فاکتورها برای تعیین نسبی حساسیت یک منبع آب سطحی با توجه به آلودگی سطح مشتق شده اختصاص می‌دهد. هرچه شاخص WRASTIC بیشتر باشد منبع آب نسبت به آلودگی حساس‌تر است *(Williams, 2000: 180)*.

در این روش باید توجه نمود که دو مشخصه وجود دارد که برای وزن‌دهی به لایه‌ها استفاده می‌گردد: ۱-امتیاز معیار؛ ۲-وزن معیار(جدول۲). در این مطالعه از مشخصه‌های مدل WRASTIC جهت وزن‌دهی به لایه‌های معیارها استفاده می‌شود (امتیاز و وزن هر معیار توسط ارائه‌کننده‌ی مدل یعنی Williams در سال ۲۰۰۰ مشخص گردید). همان‌طور که مشخص است در این روش ۷ معیار مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. به عبارتی با استفاده از روش ارزیابی چند

www.SID.ir

Archive of SID

معیاره ابتدا به امتیازدهی معیارها در سطح منطقه‌ای مطالعاتی پرداخته می‌شود و سپس با جمع این معیارها بر اساس امتیاز مربوطه، میزان ریسک آلودگی منابع آب‌های سطحی محاسبه می‌گردد. روش مورد استفاده در این تحقیق‌روش اصلاح شده‌ی WRASTIC مطابق شکل ۳ می‌باشد. در روش ارزیابی چند معیاره جهت مواجه شدن با یک هدف خاص، در اغلب موارد چندین معیار نیاز است که ارزیابی شوند (*Voogd, 1983: 520; Carver,1991: 330; Eastman,2012:81*).

در این روش امکان تحلیل و ارائه‌ی کلیه‌ی اطلاعات موجود در مورد گزینه‌ها بر اساس معیارهای متفاوت و چندبُعدی است. ارزیابی چند معیاره اغلب به وسیله‌ی یکی از دو روش روی‌هم‌گذاری بولین و روش ترکیب خطی وزن‌دار انجام می‌شود. فرایند اول هم‌پوشانی بولین را درگیر می‌کند که به وسیله‌ی آن تمام معیارها به حالت‌های منطقی مناسب کاهش می‌یابند و سپس به وسیله‌ی یک یا تعداد بیشتری عملگر منطقی مانند اشتراک (AND) و اجتماع (OR) ترکیب می‌شوند. فرایند دوم ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) است که در آن معیارهای پیوسته (فاکتورها) به یک محدوده‌ی عددی معمول استاندارد می‌گردند و سپس به وسیله‌ی یک میانگین وزن‌دار ترکیب می‌شوند. نتیجه‌ی یک نقشه رستری پیوسته است که ممکن است یک یا تعداد بیشتری از محدودیت‌های بولین را پوشش دهد تا با معیارهای کیفی هماهنگ باشد و در نهایت منجر به تصمیم نهایی می‌گردد (*Eastman, 2012: 82*). در این روش (MCE) ابتدا لایه‌های معیارهای تأثیرگذار، تهیه می‌گردند. از آنجایی که داده‌های گوناگونی از منطقه تحت پوشش در تحقیق با یکدیگر مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند، تمامی داده‌ها باید از نظر هندسی با هم همخوانی و مطابقت داشته و همچنین از سامانه مختصات جغرافیایی واحدی تبعیت نمایند. بعلاوه اندازه سلول تمامی نقشه‌های ورودی نیز باید با هم برابر باشند. همچنین با توجه به اینکه معیارها بر اساس مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری می‌شوند، در مرحله‌ی بعدی فاکتورها مورد یکنواخت‌سازی[1] قرار می‌گیرند،یعنی پردازش تبدیل[2] بر روی فاکتورها انجام گردید و نهایتاً این فاکتورها پس از فازی‌سازی با روش ترکیب خطی وزن‌دار با هم ترکیب گردیدند. روش ترکیب خطی وزن‌دار یک روش تصمیم‌گیری برای دستیابی به نقشه‌های ترکیبی در محیط GIS است. روشی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است، یکی از پرکاربردترین‌مدل‌های تصمیم‌گیری در GIS به شمار می‌رود. این مدل اغلب در آنالیز تناسب/ کاربری اراضی، مکان‌یابی، مسائل مربوط به ارزیابی منابع به کار می‌رود. اولین دلیل برای استفاده‌ی همه‌گیر از آن، سهولت استفاده از آن بدون محیط GIS و به‌کمک عملیات‌های جبری و مدل‌سازی کارتوگرافی است(*Berry,1993:60;Tomlin,1990:34; Malczewski, 2000: 7*).

فرمول اصلی این روش به قرار زیر است :

$$V(X_i) = \sum_j w_j v_j(x_i) = \sum_j w_j r_{ij}$$

در جایی که W_i وزن نرمال است مانند $\sum W_i=1$ ،$V_j(X_i)$ تابع ارزشی برای خصوصیت j ام است X_i $=(X_{i1}, X_{i2}, ..., X_{in})$ و r_{ij} خصوصیتی است که به مقیاس قابل مقایسه تبدیل می‌شود. وزن‌ها اهمیت خصوصیات‌نسبی را نشان می‌دهند.

بهترین جایگزین به وسیله‌ی شناسایی ارزش حداکثر $V(x_i)$ برای $i= 1,2,\ldots,m$ انتخاب می‌گردد (*Malczewski, 2000: 7*). در این روش می‌توان هم از دو نوع لایه‌های معیار رتبه‌بندی شده و یا فازی شده

1-Standardization, Normalization
2-Transformation

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده کرد. در صورت به‌کارگیری لایه‌های رتبه‌بندی شده نقاط ضعفی وجود خواهد داشت، چرا که امکان در اختیار قرار گرفتن تحلیل‌های سلول مبنا وجود نداشته و تنها می‌توان یک نقشه‌ی پلی‌گونی با چند طبقه از ریسک را به دست آورد. به عبارتی مناطق انتخاب شده در نقشه خروجی را نمی‌توان بر اساس درجه‌ی قابلیت سازگاری[1] مرتب نمود. این روش قدرت تصمیم‌گیری را محدود نموده و گزینه‌های کمتری را به منظور مدیریت ریسک فراهم خواهد نمود. به همین منظور باید روش و یا مدلی به کار گرفته شود که بتواند قابلیت تولید سناریوهای مختلف مدیریتی را داشته باشد. هدف از انجام این تحقیق دستیابی به یک مجموعه پیوسته از ارزش‌ها برای نشان دادن میزان احتمال وجود ریسک آلودگی منابع آب‌های سطحی در سطح منطقه است. روش فازی قابلیت پاسخگویی به این مهم را دارد و بنابراین منطق فازی برای یکنواخت‌سازی فاکتورها مورد استفاده قرار گرفت. به همین منظور تمام لایه‌های معیار با این منطق مدل‌سازی گردیدند. در روش مدل‌سازی فازی کلیه فاکتورها در یک مرحله با هم ترکیب می‌شوند و الگوی هدفمند تلفیق نقشه‌ها را می‌توان به کار برد.

ایده منطق فازی، اشیاء فضایی را بر روی نقشه مانند اعضای یک‌مجموعه درنظر می‌گیرد.در تئوری مجموعه فازی، عضویت می‌تواند هر مقداری بین صفر و ۱ را بگیرد که منعکس‌کننده‌ی درجه قطعی عضویت است و هیچ محدودیت عملی در انتخاب مقادیر عضویت فازی وجود ندارد (*Hansen, 2005: 80; Lee, 2007: 615; Kabir et al,2014: 255; Ghosh et al., 2012: 23*).

روش منطق فازی، ترکیبات انعطاف‌پذیرتر نقشه‌های وزنی را به وجود می‌آورد و می‌تواند به آسانی با زبان مدل سازی GIS اجرا شود (*Lee, 2007: 615*). مقادیر بر اساس قضاوت ذهنی انتخاب می‌شوند تا درجه عضویت مجموعه را نشان دهند (شکل ۲).

می‌توان هم در تشکیل نقشه‌های فاکتور (عامل) و تلفیق آنها با یکدیگر و هم در استانداردسازی ارزش کلاس‌های آنها از مدل منطق فازی استفاده کرد. سه عملگر فازی به نام‌های OR، AND و GAMMA را که برای ترکیب مجموعه داده‌های GIS مورد استفاده قرار گرفته‌اند به شرح جدول ۱ می‌باشند: (*Lewis et al., 2014: 42*).

جدول ۱: انواع عملگرهای فازی

تابع	رابطه	توضیحات
AND	$\mu_{combination}=MIN\ (\mu_A, \mu_B, ...)$	کنترل نقشه خروجی توسط کوچکترین مقدار عضویت فازی
OR	$\mu_{combination}=MAX(\mu_A, \mu_B, ...)$	کنترل نقشه خروجی توسط بزرگترین مقدار عضویت فازی
GUMMA	$\mu_{combination}=(FuzzySum)^{\gamma} \times (FuzzyProduct)^{1-\gamma} \gamma \hat{I}[0,1]$	۱. مقدار γ بین عدد صفر تا یک ۲. اهمیت روش Fuzzy Algebraic Sum بیشتر ، انتخاب مقدار γ نزدیک به یک ۳. اهمیت روش Fuzzy Algebraic Product بیشتر، انتخاب مقدار γ نزدیک به عدد صفر

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

1-Favorability

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص‌های فازی ورستیک

همان‌طور که قبلاً گفته شد یکی از راه‌های تعیین حساسیت منابع آب سطحی به آلودگی‌ها، استفاده از شاخص WRASTIC است. بدین‌منظور ابتدا با مطالعه‌ی پژوهش‌های انجام شده‌ی گذشته و با بررسی مقررات وضع شده توسط سازمان‌های مرتبط مانند سازمان محیط زیست و اداره کل راه و شهرسازی، شاخص‌های ارائه شده برای مدل WRASTIC و حریم‌های آن‌ها تعیین شد (جدول ۲). سپس عملیات فازی‌سازی با رعایت ترتیب بر روی شاخص‌های ارائه شده صورت پذیرفت و اوزان ارائه شده درمدل WRASTIC در آن‌ها لحاظ گردید. این شاخص‌ها به قرار زیر می‌باشند:

- *فاضلاب انسانی و حیوانی:* فاضلاب اساساً همان آب مصرفی جوامع است که در نتیجه‌ی کاربردهای مختلف آلوده شده است. فاضلاب‌را می‌توان ترکیبی از مایعات و زائداتی دانست که توسط آب از مناطق مسکونی، اداری و بخش‌های صنعتی و تجاری حمل گشته و در برخی موارد در مسیر خود با آب‌های زیرزمینی، سطحی و سیلاب‌ها آمیخته می‌شود. به همین منظور برای دستیابی به نقشه‌ی نهایی این معیار ابتدا تمامی کاربری‌های موجود در سطح منطقه به غیر از فعالیّت‌های صنعتی (این کاربری در بخش معیار فعالیّت‌های صنعتی در نظر گرفته خواهد شد) شامل کاربری‌های مسکونی و خدماتی و آموزشی و تجاری و بهداشتی شناسایی شده و به عنوان عوامل تولیدکننده‌ی فاضلاب انسانی در نظر گرفته شد. از طرفی دیگر تمام واحدهای تولید و پرورش دام برای فاضلاب حیوانی موجود در سطح منطقه محاسبه گردید.

- *فعالیّت‌های تفریحی-تفرجی:* برای تهیه‌ی مدل فازی فعالیّت‌های تفریحی-تفرجی اثرگذار بر روی حساسیت منابع آب ابتدا می‌بایست فعالیّت‌های تفریحی-تفرجی تشریح و برای آنها یک زیر مدل تهیه نمود. برای این کار مکان‌های ارائه شده در جدول شاخص به عنوان محل فعالیّت‌های تفریحی- تفرجی ارائه گردید و بر روی آنها تابع فاصله ایجاد شد. محل‌های تفریحی و تفرجی به صورت زیر طبقه‌بندی گردید:

۱. عموماً فعالیّت‌های تفریحی متمرکز وجود دارد: سایت باستانی و پارک‌ها و موزه‌ها و منطقه ورزشی و استادیوم و مقبره تاریخی و امامزاده.

۲. فعالیّت‌های تفریحی متمرکز بیشتر و گسترده کمتر: اردوگاه و استخر پرورش ماهی.

۳. فعالیّت‌های تفریحی گسترده بیشتر و متمرکز کمتر: جنگل و باغ.

۴. عموماً فعالیّت‌های تفریحی گسترده وجود دارد: دریاچه و رودخانه و چشمه و غار و مانداب و آبشار.

- *فعالیّت‌های کشاورزی:* برای این معیار ابتدا تمامی فعالیّت‌های کشاورزی موجود درسطح منطقه شناسایی گردید و سپس در ۵ رده‌ی اصلی بر اساس رده‌بندی ارائه شده در مدل WRASTIC و با بررسی‌های انجام شده با توجه به شرایط منطقه مطالعاتی تدوین گردید. بطوری‌که این طبقه‌بندی شامل ۵ رده‌ی کشت آبی و باغات و کشت دیم و درخت‌کاری و علف‌زارها و مرتع و بوته‌زارها می‌باشد.

- *فعالیّت‌های صنعتی:* برای این معیار ابتدا تمامی انواع صنایع، کارخانه‌ها و مجتمع‌های صنعتی منطقه بر اساس ضوابط سازمان حفاظت محیط زیست و با توجه به فرآیند تولید آنها به ۱۴ طبقه غذایی، نساجی، چرم،سلولزی، فلزی، کانی غیرفلزی، شیمیایی، دارویی، برق و الکترونیک، کشاورزی، ماشین‌سازی، نوین (نانو و بیوتکنولوژی)،نفت‌وگاز و پتروشیمی، بازیافت تقسیم شدند. سپس این صنایع بر اساس شدت آلودگی در شش‌رده قرار گرفتند. به‌نحوی‌که رده شش به مفهوم

www.SID.ir

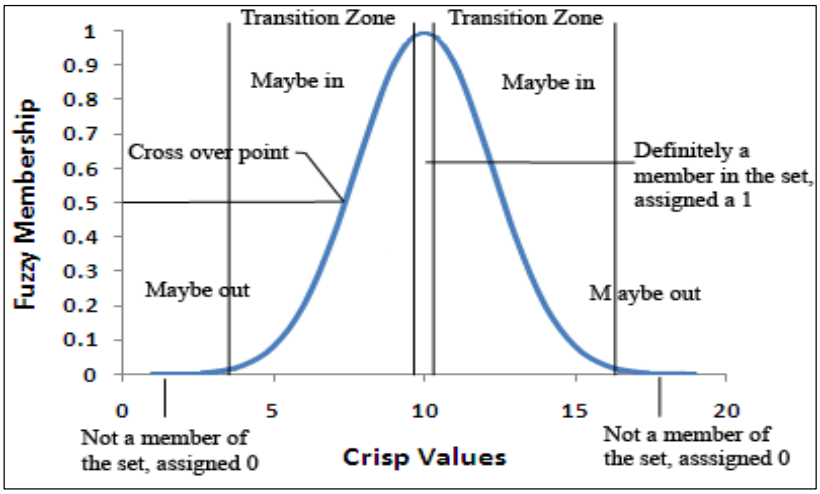
Archive of SID

بیشترین میزان آلایندگی می‌باشد. به منظور این طبقه‌بندی معیارهای فرآیند و میزان تولید، مساحت واحد صنعتی، تعداد کارکنان، مواد اولیه مورد نیاز و برخی دیگر از پارامترها و نهایتاً راهنماهای سازمان حفاظت‌محیط‌زیست مورد استفاده قرار گرفت.

- *اندازه‌ی حوضه:* بر اساس تقسیم‌بندی حوضه‌های آبخیز در سطح کشور، محدوده‌ی مطالعاتی مورد نظر به ۲۱ زیرحوضه تقسیم گردید. در نهایت بعد از به دست آوردن مساحت حوضه‌های‌موجود برای رده‌بندی و امتیازدهی در مدل نهایی میزان مساحت این زیر حوضه‌ها در ۵ طبقه استاندارد قرار گرفت.

- *راه و حمل و نقل:* برای نقشه‌سازی لایه راه‌ها انواع مختلف سلسله مراتب راه‌ها شامل راه‌های اصلی، فرعی، آسفالت و غیره به همراه مسیرهای خط آهن مشخص شد. سپس تابع فاصله بر روی آنها اعمال گردید و مناطق دورتر مناسب‌تر در نظر گرفته شد.

- *تراکم پوشش گیاهی:* برای این معیار در ابتدا تراکم پوشش گیاهی موجود در سطح منطقه مطالعاتی با توجه به منابع موجود بررسی و مورد تحلیل قرار گرفت. سپس با توجه به بررسی‌های موجود و رجوع به طبقه‌بندی مدل WRASTIC سه طبقه‌ی اصلی برای این معیار با توجه به میزان تراکم حاضر تدوین گردید.



شکل ۲: نمودار تابع عضویت فازی

مأخذ: Dombi, 1990

www.SID.ir

Archive of SID

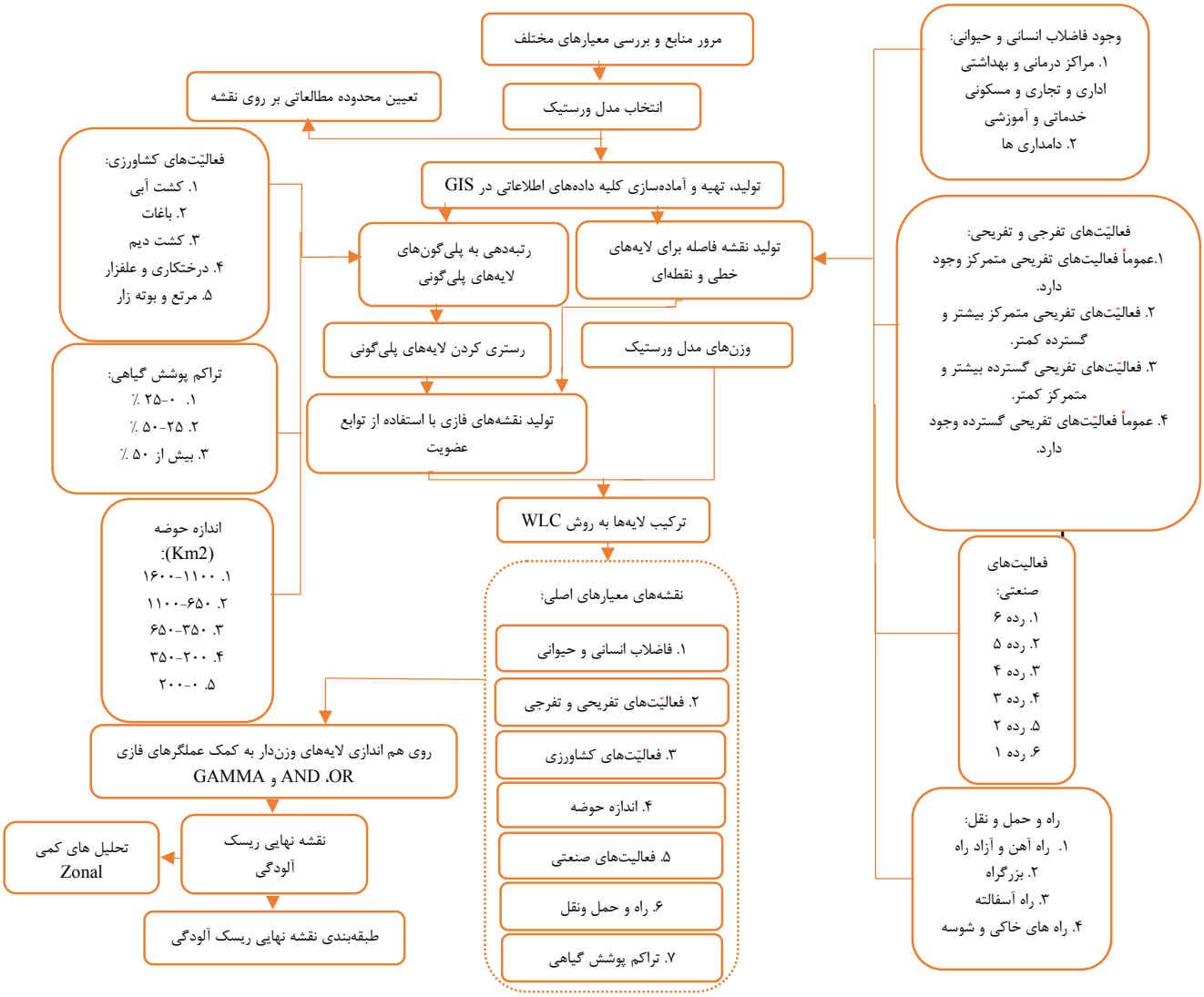
جدول ۲: روش فازی WRASTIC جهت ارزیابی حساسیت منابع آب منطقه مطالعاتی

شاخص	نوع فعالیّت	حریم	وزن‌لایه‌ها	امتیازمعیار
وجود فاضلاب انسانی و حیوانی	مراکز درمانی و بهداشتی، اداری و تجاری و مسکونی، خدماتی و آموزشی	۳۰۰ متر	۵	۵
	دامداری‌ها	۱۰۰ متر	۴	
فعالیّت‌های تفرجی و تفریحی	عموماً فعالیّت‌های تفریحی متمرکز وجود دارد.	۳۰۰ متر	۵	۱
	فعالیّت‌های تفریحی متمرکز بیشتر و گسترده کمتر.	۲۵۰ متر	۴	
	فعالیّت‌های تفریحی گسترده بیشتر و متمرکز کمتر.	۲۰۰ متر	۳	
	عموماً فعالیّت‌های تفریحی گسترده وجود دارد.	۱۵۰ متر	۲	
فعالیّت‌های کشاورزی	کشت آبی		۵	۴
	باغات		۴	
	کشت دیم		۳	
	درختکاری و علفزار		۲	
	مرتع و بوته زار		۱	
فعالیّت‌های صنعتی	رده ۶	۲۰۰۰ متر	۵	۴
	رده ۵	۱۵۰۰ متر	۴	
	رده ۴	۱۰۰۰ متر	۳	
	رده ۳	۵۰۰ متر	۲	
	رده ۲	۱۵۰ متر	۱	
	رده ۱	۱۵۰ متر	۱	
اندازه حوضه (Km^2)	۱۶۰۰-۱۱۰۰		۵	۱
	۱۱۰۰-۶۵۰		۴	
	۶۵۰-۳۵۰		۳	
	۳۵۰-۲۰۰		۲	
	۲۰۰-۰		۵	
راه و حمل و نقل	راه‌آهن و آزاد راه	۱۵۰ متر	۳	۱
	بزرگراه	۱۰۰ متر	۱	
	راه آسفالته	۷۵ متر	۵	
	راه‌های خاکی و شوسه	۵۰ متر	۴	
تراکم پوشش گیاهی	۲۵-۰ درصد		۵	۱
	۵۰-۲۵ درصد		۴	
	بیش از ۵۰ درصد		۳	

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳: فلوچارت روش انجام تحقیق

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

نتایج و بحث

از آنجایی که مقاله حاضر در حوزه‌ی آلودگی منابع آب‌های سطحی می‌باشد به همین منظور برای بررسی نتیجه‌ی نهایی و میزان ریسک آلودگی منابع آبهای سطحی، از لایه زیرحوضه‌های درجه چهار تماب برای بررسی و تحلیل میزان ریسک و تهدید آلودگی در هر یک از زیرحوضه‌های آن در منطقه‌ی مطالعاتی استفاده شده است و شماره حوضه‌های یاد شده به شماره‌ی زیرحوضه‌های درجه چهار تماب اشاره دارد.

بر اساس ارزیابی چندمعیاره (MCE) و استفاده از مدل Fuzzy-WRASTIC بر روی منطقه‌ی مطالعاتی،

www.SID.ir

Archive of SID

نقشه‌های ریسک این‌منطقه به‌دست آمد که با مشاهده نقشه‌ها، نتایج زیر حاصل می‌گردد:

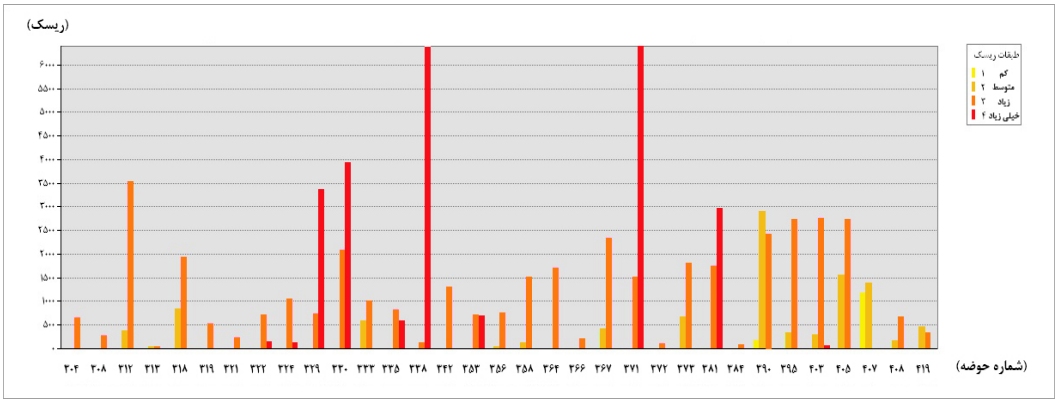
شکل ۵ نشان‌دهنده‌ی میزان تأثیر هر معیار خاص در سطح منطقه‌ی مطالعاتی است که لایه‌های استاندارد شده درجات پیوسته تناسب را برای هر معیار ورودی نشان می‌دهد. ارزش‌های کمتر به دست آمده در هر معیار مدل Fuzzy-WRASTIC، مناطق با ریسک آلودگی کمتری را نشان می‌دهد. شکل ۵-a منابع ایجادکننده‌ی فاضلاب‌های انسانی و حیوانی را نمایش می‌دهد. با توجه به شکل ۵-a در حوضه‌های ۴۰۲ ،۳۷۰، ۳۲۹، ۳۲۸، ۳۱۱، ۳۰۴ و ۴۱۸ تراکم مناطق مسکونی بیشتر منجر به تمرکز فاضلاب‌های انسانی و حیوانی و در نتیجه ریسک آلودگی بالاتر منابع آب این منطقه می‌شود و حوضه ۴۰۶ از ریسک پایین‌تری نسبت به مناطق دیگر برخوردار است. شکل ۵-b حضور فعالیّت‌های تفریحی و تفرجی را در سطح منطقه‌ی مطالعاتی نمایش می‌دهد. تمرکز این فعالیّت‌های ۳۵۲، ۳۴، ۳۳۴، ۳۲۸، قسمت شمالی ۳۲۹ و ۳۷۰ بیشتر از سایر مناطق بوده و در نتیجه ریسک آلودگی منابع آب سطحی را افزایش می‌دهد. به نظر می‌رسد وجود فعالیّت‌های تفریحی و تفرجی در حوضه‌های جنوبی مانند ۴۱۸، ۴۰۷، ۴۰۶، ۴۰۲، ۳۸۹ و قسمت‌های جنوبی ۳۹۴ و ۴۰۴، منابع آب سطحی را کمتر تحت تأثیر قرار می‌دهند. مطابق با شکل ۵-c فعالیّت‌های کشاورزی قسمت‌های جنوبی حوضه‌های ۳۷۰، ۳۳۷، ۳۲۸ و ۴۰۴ و حوضه‌های ۴۰۲، ۳۲۹ و ۴۱۸ را بیشتر تهدید می‌کنند. وجود مراکز صنعتی متعدد در فواصل نزدیک به منابع آب سطحی تهدید جدی برای اکوسیستم‌های مجاور آنهاست. با توجه به شکل ۵-d ریسک آلودگی منابع آب سطحی در اثر فعالیّت‌های صنعتی در کل منطقه مطالعاتی بالاست. حاشیه منطقه مطالعاتی در معرض آسیب کمتری از این ناحیه می‌باشند. در این منطقه مشاهده می‌گردد که هر چه تراکم واحدهای صنعتی بیشتر بوده میزان آلودگی نیز بیشتر است. بطور کلی بیشترین تمرکز واحدهای صنعتی در حوضه‌های ۳۷۰، ۳۳۷، ۳۲۹، ۳۲۸، ۳۲۳ و ۳۸۰ بوده و این وضع خطر جدی‌تری را برای محیط زیست منطقه در پی دارد. با توجه به شکل ۵-e معیار اندازه حوضه بر میزان آلودگی تأثیر به‌سزایی دارد. مساحت حوضه‌های ۳۲۹، ۳۳۷، ۳۷۰ و ۳۸۹ بیش از سایر حوضه‌های مجاور می‌باشد به همین علت امکان استقرار کاربری‌های مختلف از جمله واحدهای مسکونی، تفرجی و صنعتی را فراهم ساخته است. بنابراین احتمال آلودگی منابع آب‌های سطحی با این روال افزایش می‌یابد. با توجه به شکل ۵-f ریسک آلودگی از لحاظ معیار راه‌ها و حمل و نقل در حوضه‌های ۳۲۳، ۳۲۸، ۳۲۹، ۳۳۷، ۳۷۰ و ۴۰۲ بالاست. همان‌طور که در شکل ۵-e مشاهده می‌شود توزیع پوشش گیاهی در کل منطقه یکنواخت نیست بطوری‌که در حوضه‌های ۳۳۲، ۳۱۱ و ۳۵۷ از منطقه‌ی مطالعاتی میزان تراکم پوشش گیاهی در حداقل مقدار خود قرار داشته که با توجه به مدل به کار گرفته شده در این تحقیق، میزان ریسک بیشتری را برای آلودگی منابع آب‌های سطحی در پی خواهد داشت.

با استفاده از عملگرهای فازی، لایه‌های معیار که نشان‌دهنده‌ی میزان عضویت هر لایه می‌باشد با هم ترکیب می‌گردند (شکل۶). عملگر AND حداقل ارزش معیار تناسب استاندارد شده را انتخاب می‌کند که بر متناسب‌ترین معیار تأکید می‌کند. حاصل خروجی‌های عملگر OR بیشترین ارزش معیار تناسب استاندارد شده می‌باشد. عملگر OR از این جهت قابل توجه است که بیشترین عضویت یک معیار واحد را در نظر می‌گیرد در حالی که هر معیاری با مقدار عضویت

www.SID.ir

Archive of SID

پایین را نادیده می‌گیرد. عملگر GAMMA که عملگرهای PRODUCT و SUM را ترکیب می‌کند روشی برای برابر کردن چند معیار ورودی ارائه می‌کند تا بهترین تناسب را نشان دهند. این روش با دادن ارزش مثبت به فاکتورهای محدودکننده موجب افزایش وزن آن‌ها نسبت به دیگر لایه‌های ورودی می‌گردد. به این ترتیب عملگر GAMMA گرادیانت تناسب را به جای سطح با قطع گسسته و غیر واقعی شناسایی می‌کند. برای این آنالیز مقادیر متفاوت GAMMA به منظور تولید نقشه‌ی ارزیابی ریسک امتحان گردیدند. در مقادیر گامای کمتر از ۰/۲۵، نقشه‌ی رستری تولیدی مقادیر کمتر از هر معیار ورودی را داشته و برای مقادیر بیشتر از ۰/۷۵ مقادیر بزرگ‌تر از هر معیار ورودی را گرفته است. شکل۶ نشان می‌دهد که هم‌پوشانی فازی با استفاده از عملگر OR، به دلیل توزیع بهتر ارزش‌ها مناسب‌ترین نمایش در میان عملگرها را دارد. به همین منظور از نقشه‌ی حاصل این عملگر در جهت طبقه‌بندی میزان ریسک آلودگی موجود در منطقه استفاده شد. در نتیجه میزان کلی ریسک آلودگی در منطقه در چهار رده کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد مطابق با جدول ۳ و ۴ طبقه‌بندی گردید. با توجه به همین جدول بیشترین مساحت منطقه مطالعاتی با فراوانی ۳۲/۸ درصد به طبقه ریسک متوسط و بعد از آن با فراوانی ۳۱/۱۴ به طبقه ریسک زیاد متعلق است. همان طور که مقدار ارزش‌های OR به بالاتر میل می‌کند، فراوانی مقادیر بالاتر ریسک افزایش، و انحراف معیار کاهش می‌یابد. شکل ۴ هیستوگرام فراوانی هر طبقه ریسک (محور y) را به تفکیک حوضه (محور x) نمایش می‌دهد. شکل ۴ نشان‌دهنده‌ی فراوانی ۴ طبقه ریسک خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم می‌باشد. تقریباً در بیشتر حوزه‌ها طبقات با ریسک خیلی زیاد وجود دارد. این موضوع در مورد بقیه طبقات ریسک نیز مصداق داشته که به مفهوم ریسک پایه‌ای زیاد در منطقه‌ی مطالعاتی است. ستون‌های کوچکتر در این هیستوگرام نماینده‌ی مناطق دورتر از پایتخت می‌باشند.



شکل ۴: هیستوگرام نمایش فراوانی ریسک در حوضه‌ها

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: وضعیت طبقات ریسک آلودگی

رتبه	طبقه ریسک	بازه ریسک	مساحت حوضه (Km^2)	فراوانی (درصد)
۱	کم	۹/۹۴-۳۳/۳۸	۱۲۱۱/۷۳۳۲۵	۸/۲۲
۲	متوسط	۳۳/۳۸-۴۳/۳۰	۴۹۵۴/۴۹۳۲۴	۳۲/۸
۳	زیاد	۴۳/۳۰-۵۲/۳۸	۴۷۰۲/۹۴۳۲۵	۳۱/۱۴
۴	خیلی زیاد	۵۲/۳۸-۶۴	۴۱۹۷/۷۶۳۲۵	۲۷/۸۳

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

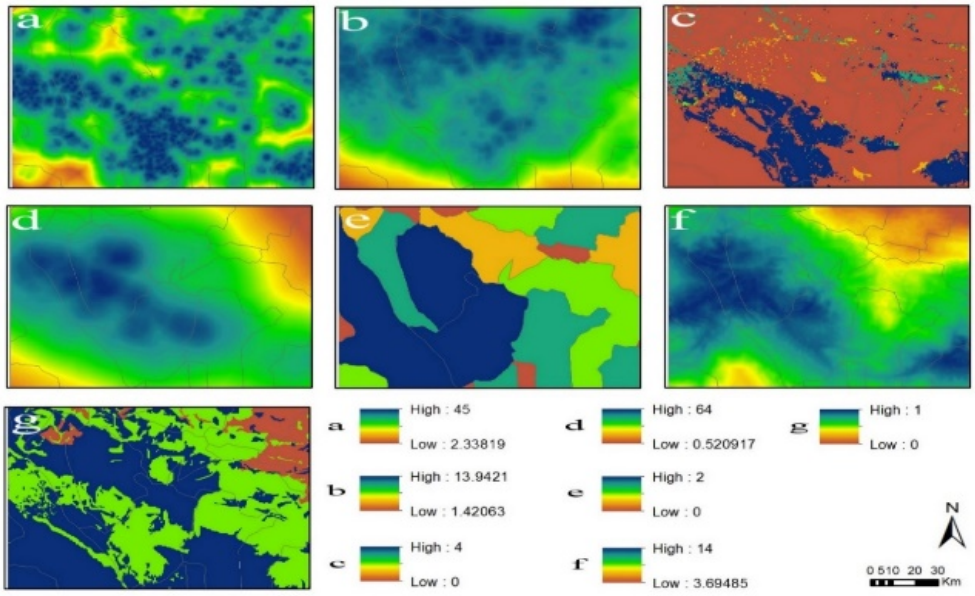
جدول ۴: وضعیت میزان ریسک آلودگی آب‌های سطحی در حوزه‌ی منطقه‌ی مطالعاتی

ردیف	استان	مساحت		طبقات ریسک			کمترین طبقه ریسک	بیشترین طبقه ریسک
		کیلومتر مربع	درصد از مساحت کل حوزه	شماره	مساحت	درصد		
۱	تهران	۹۹۸۶/۵۴۵	۶۶/۲۸	۱	۳۱۸/۲۶۲۰	۳/۱۸	۱	۴
				۲	۲۹۳۲/۷۲۷۰	۲۹/۳۶		
				۳	۲۹۷۱/۵۹۹۵	۲۹/۷۷		
				۴	۳۷۶۳/۹۵۶۵	۳۷/۶۹		
۲	سمنان	۲۴۵۱/۵۵۴۳	۱۶/۲۷	۱	۵۵/۴۲۵۰	۲/۲۶	۱	۳
				۲	۶۲۳/۲۵۲۶	۲۵/۴۲		
				۳	۱۳۹۷/۰۱۲۲	۵۶/۹۸		
				۴	۳۷۵/۸۶۴۵	۱۵/۳۴		
۳	مازندران	۱۲۰۵/۷۱۳۹	۸/۰۲	۱	۲۰/۷۹۷۹	۱/۷۲	۱	۲
				۲	۱۱۰۵/۹۷۷۰	۹۱/۷۲		
				۳	۷۸/۹۳۹۰	۶/۵۶		
۴	قم	۸۳۲/۹۲۲۲	۵/۵۲	۱	۷۹۵/۱۸۲۶	۹۵/۴۶	۲	۱
				۲	۳۷/۷۳۹۶	۴/۵۴		
۵	البرز	۵۹۰/۱۹۷۶	۳/۹۱	۲	۲۱۰/۴۱۱۴	۳۵/۶۵	۴	۳
				۳	۲۹۳/۰۵۶۸	۴۹/۶۶		
				۴	۸۶/۷۲۹۴	۱۴/۶۹		

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

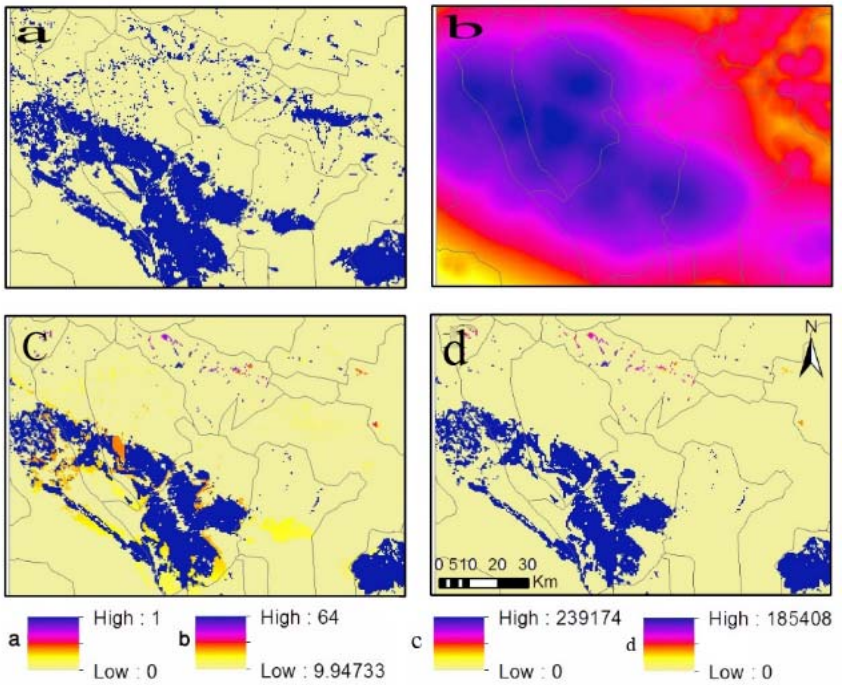
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵: معیارهای مدل Fuzzy-WRASTIC ارزیابی ریسک آلودگی آب‌های سطحی:
a) فاضلاب انسانی و حیوانی b) فعالیّت‌های تفریحی c) فعالیّت‌های کشاورزی d) فعالیّت‌های صنعتی e) اندازه حوضه f) راه و حمل نقل g) تراکم پوشش گیاهی

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

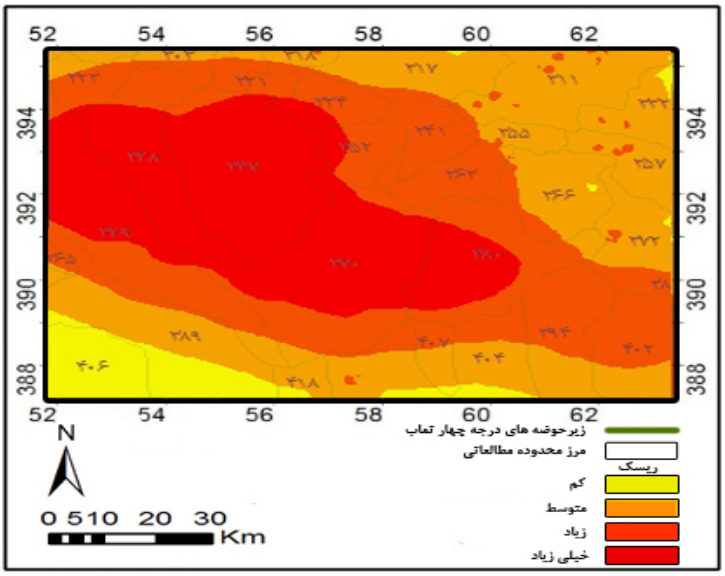


شکل ۶: میزان ریسک آلودگی آب‌های سطحی با عملگر فازی:
a) AND b) OR c) GAMMA ۰/۲۵ d) GAMMA ۰/۷۵

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷: طبقه‌بندی میزان ریسک آلودگی آب‌های سطحی در محدوده‌ی مطالعاتی

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

نتیجه

نتایج حاصل از ترکیب نقشه‌های فازی شده با روش‌های مختلف OR، AND و GAMMA نتایج زیر را به دنبال داشت:

در عملگر AND کوچکترین مقدار عضویت فازی به کار گرفته شده و نتیجه آن طبقه‌بندی منطقه به دو بخش مناسب و نامناسب شد. این عملگر توصیه نمی‌گردد. در ضریب پایین گاما اغلب مناطق بدون ریسک محاسبه گردیدند. ضریب بالای گاما موجب تولید نقشه‌ای مشابه AND شد. بسیاری از مناطق بدون ریسک و دیگر مناطق با ریسک بسیار بالا به دست آمدند. مناطق با ریسک متوسط و یا بینابینی به دست نیامد. این عملگر نیز توصیه نمی‌گردد.

در عملگر OR کنترل خروجی توسط حداکثر ارزش نقشه‌های ورودی صورت می‌گیرد. نقشه‌ی تولیدی دارای دامنه‌ی متعادلی از ارزش‌ها در کل منطقه از کم تا بسیار زیاد می‌باشد. این عملگر برای تولید نقشه‌ی ارزیابی ریسک توصیه می‌گردد. سپس با بررسی و مشاهده نتایج به‌دست آمده مشخص شد که تراکم بالای کاربری‌های مختلف به مرور زمان خطر آلودگی منابع آب‌های سطحی را به مقداری زیادی افزایش داده‌اند. نتایج حاصل از پهنه‌بندی ارزیابی ریسک آلودگی آب‌های سطحی به روش ورستیک-فازی برای منطقه‌ی مطالعاتی، آسیب‌پذیری منطقه را به چهار محدوده‌ی آسیب‌پذیری کم و متوسط و زیاد و خیلی زیاد تقسیم می‌کند و نشان می‌دهد که منطقه‌ی فوق امروزه به دلیل قرارگیری نادرست کاربری‌های‌مختلف اعم از مسکونی و تفرجی و صنعتی و با تراکم بسیار بالا، بطور عمده در محدوده‌ی ریسک زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است. بیشترین میزان ریسک‌آلودگی در حوزه‌ی مرکزی و شمال غربی منطقه‌ی مطالعاتی می‌باشد که بخش عمده‌ای از استان تهران را در برمی گیرد. که باتوجه به عبور رودخانه‌های دائمی‌جاجرود و لار از مناطقی به ترتیب با ریسک‌های خیلی زیاد و زیاد در آینده مشکلات زیادی رو پیش روی تراکم جمعیّتی بالای این منطقه خواهد گذاشت. در این

www.SID.ir

Archive of SID

متن روشی جدید برای ارزیابی ریسک آلودگی آب‌های سطحی به صورت جامع ارائه گردید. مطالعات پیشین مانند ناظر و همکاران در سال ۲۰۱۴، دیو و همکاران در سال ۲۰۱۳، هان و همکاران در سال ۲۰۱۴ و چیمتنگو در سال ۲۰۱۴ به بیان نمونه‌های موردی از عناصر آلوده‌کننده‌ی آب‌های سطحی پرداختند درصورتی که در این نوشتار به ارائه‌ی مدلی جامع جهت بررسی میزان آلودگی آب‌های سطحی پرداخته شد.

پیشنهادات

با توجه به نتایج به‌دست آمده و همچنین ارائه‌ی مدلی جدید برای ارزیابی‌ریسک آلودگی منابع آب‌های سطحی پیشنهاداتی برای مقالات و تحقیقات آتی ارائه می‌شود:

۱. با توجه به نتایج این پژوهش، روش استفاده شده در این تحقیق از روش‌های مناسب برای ارزیابی ریسک آلودگی آب‌های سطحی می‌باشد و به عنوان روشی استاندارد تعریف شده برای تمام حوضه‌های آبریز موجود در جهان به منظور مدیریت و حفاظت کیفی منابع آب سطحی استفاده شود.

۲. به این علت که حذف آلودگی در منابع آب سطحی پر هزینه است، پهنه‌بندی‌های صورت گرفته می‌تواند به عنوان ابزار ارزشمندی در اختیار متولیان و مسؤولان قرار گرفته تا به کمک آن بتوانند تصمیمات لازم را برای مدیریت حوضه‌های مذکور اتخاذ کنند. مناطق با استعداد آلودگی بیشتر برای احداث مراکز صنعتی یا کشاورزی با توانایی آلوده‌سازی بالا دیگر در محدوده‌ی ارائه شده مناسب نخواهد بود و تا حد امکان باید از مکان‌گزینی کاربری‌های جدید و آلوده‌کننده در حوزه‌ی مذکور جلوگیری نمود.

۳. اوزان به کار رفته برای هریک از معیارهای مدل این تحقیق، براساس شاخص WRASTIC می‌باشد. توصیه می‌شود با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری مختلف مانند AHP، ANP، TOPSIS و روش‌های فازی شده همین تکنیک‌ها، وزن‌های معیارهای مجدد محاسبه گردند.

۴. این روش با استفاده از الگوریتم‌هایی مانند شبکه عصبی،ژنتیک،کلونی‌مورچگان، PSO[1]،غیره توسعه یابد.

منابع

- ابوالحسنی‌زراعت‌کار، محبوبه؛ امیر لکزیان؛ احمد تاج‌آبادی‌پور؛ حمید محمدی (۱۳۸۲). توسعه و مدیریت پایدار حوضه رودخانه‌ها، تحقیقات جغرافیایی. شماره ۱۸. صفحات ۱۴۴-۱۲۸.
- آزادشهرکی، فخر الدین؛ عبد الوحید آغاسی؛ فرزاد آزاد شهرکی؛ علیرضا زارعی (۱۳۸۹). ارزیابی پتانسیل و آنالیز حساسیت آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی دشت هشترود به روش دراستیک، مجله آب و فاضلاب. شماره ۲. صفحات ۷۲-۶۱.
- میرزایی، محمد؛ علیرضا نظری؛ علی یاری (۱۳۸۴). پهنه‌بندی کیفی رودخانه جاجرود، مجله محیط‌شناسی. شماره ۳۷. صفحات ۲۶-۱۷.
- Antonakos, A. K., Lambrakis, N. J (2007). Development and testing of three hybrid methods for the assessment of aquifer vulnerability to nitrates, based on the drastic model, an example from NE Korinthia, Greece. Journal of Hydrology, 333, 288- 304.
- Berry, J. K (1993). Cartographic modeling: The analytical capabilities of GIS. In: Goodchild M, Parks B and Steyaert L (eds) Environmental Modeling with GIS. Oxford, Oxford University Press: 58±74.
- Bouissou-Schurtz, C., Houeto, P., Guerbet, M., Bachelot, M., Casellas, C., Mauclaire, A. C., Masset, D (2014). Ecological risk assessment of the presence of pharmaceutical residues in a French national water survey. Regulatory Toxicology.
- Carver, S. J (1991). Integrating Multi-Criteria Evaluation with Geographical Information Systems, International Journal of Geographical Information Systems 5(3): 321-339.

1-Particle Swarm Optimization

www.SID.ir

Archive of SID

- Feizizadeh, B., Jankowski, P., & Blaschke, T (2014). A GIS based spatially-explicit sensitivity and uncertainty analysis approach for multi-criteria decision analysis. Computers & Geosciences, 64, 81-95.
- Foster, J. A., & McDonald, A. T (2000). Assessing pollution risks to water supply intakes using geographical information systems (GIS). Environmental Modelling & Software, 15(3), 225-234.
- Ghosh, J. K., Bhattacharya, D., & Sharma, S. K. (2012). Fuzzy Knowledge Based GIS for Zonation of Landslide Susceptibility. In Applications of Chaos and Nonlinear Dynamics in Science and Engineering-Vol. 2 (pp. 21-37). Springer Berlin Heidelberg.
- Han, S., Zhang, Y., Masunaga, S., Zhou, S., & Naito, W. (2014). Relating metal bioavailability to risk assessment for aquatic species: Daliao River watershed, China.Environmental Pollution, 189, 215-222.
- Hansen, H. S. (2005, January). GIS-based multi-criteria analysis of wind farm development. In ScanGIS 2005: Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science (pp. 75-87).
- Kabir, S., Edifor, E., Walker, M., & Gordon, N. (2014, January). Quantification of Temporal Fault Trees Based on Fuzzy Set Theory. In Proceedings of the Ninth International Conference on Dependability and Complex Systems DepCoS-RELCOMEX. June 30–July 4, 2014, Brunów, Poland (pp. 255-264). Springer International Publishing.
- Lee, S. (2007). Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. Environmental Geology, 52(4), 615-623.
- Lewis, S. M., Fitts, G., Kelly, M., & Dale, L. (2014). A fuzzy logic-based spatial suitability model for drought-tolerant switchgrass in the United States. Computers and Electronics in Agriculture, 103, 39-47.
- Ma, L., Wang, T.,Zhou, L,& Li, L. (2014, May). Reserch on Water Quality in Dahuofang Reservoir Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation. In International Conference on Logistics Engineering, Management and Computer Science (LEMCS 2014). Atlantis Press.
- Chen, K., Blong, R., & Jacobson, C (2001). MCE-RISK: integrating multicriteria evaluation and GIS for risk decision-making in natural hazards. Environmental Modelling & Software, 16(4), 387-397.
- Chimtengo, M., Ngongondo, C., Tumbare, M., & Monjerezi, M (2014). Analysing changes in water availability to assess environmental water requirements in the Rivirivi River basin, Southern Malawi. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 67, 202-213.
- Crosetto, M., Tarantola, S., Saltelli, A (2000). Sensitivity and uncertainty analysis in spatial modelling based on GIS. Agric.Ecosyst. Environ. 81, 71–79.
- Daginnus, K., Gottardo, S., Payá-Pérez, A., Whitehouse, P., Wilkinson, H., Zaldívar, J. M (2011). A model-based prioritisation exercise for the European water framework directive. Int. J. Env. Res. Public Health 8, 435-455.
- Dehghani, M., Valadan Zoej, M. J., Hooper, A., Hanssen, R. F., Entezam, I., & Saatchi, S (2013). Hybrid conventional and Persistent Scatterer SAR interferometry for land subsidence monitoring in the Tehran Basin, Iran. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 79, 157-170.
- Diamantino, C., Henriques, M. J., Moliveira, M., Ferreira, J. P. L (2005). Methodologies for pollution risk assessment of water resources systems, The Fourth inter-celtic colloquiqm on hydrology and management of water resources, guimaraes, Portugal, july 11-14.
- Dombi, J (1990). Membership function as an evaluation. Fuzzy sets and systems, 35(1), 1-21.
- Du, X., Li, X., Luo,T., Matsuur, N., Kadokami, K., Chen, J (2013). Occurrence and aquatic ecological risk assessment of typical organic pollutants in water of Yangtze River estuary, 18, 882-889.
- Dudgeon D, Arthington AH, Gessner MO et al (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society, 81, 163–182.
- Eastman, J. R (2012). IDRISI Selva manual. Clark University. Sitio web: www. clarklabs. org.

www.SID.ir

Archive of SID

- Malczewski, J. (2000). On the use of weighted linear combination method in GIS: common and best practice approaches. Transactions in GIS, 4(1), 5-22.
- Malmqvist B, Rundle S (2002) Threats to the running water ecosystems of the world. Environmental Conservation, 29, 134–153.
- Martinuzzi, S., Januchowski-Hartley, S. R., Pracheil, B. M., McIntyre, P. B., Plantinga, A. J., Lewis, D. J., & Radeloff, V. C. (2014). Threats and opportunities for freshwater conservation under future land use change scenarios in the United States. Global change biology, 20(1), 113-124.
- Misra,A.K.(2014).Climate change and challenges of water and food security. International Journal of Sustainable Built Environment, 3 (1), 153-165.
- Nazeer,S., Hashmi,M. Z., & Malik, R. N. (2014). Heavy metals distribution, risk assessment and water quality characterization by water quality index of the River Soan, Pakistan. Ecological Indicators, 43, 262-270.
- Ocampo Duque,W.A(2008).On the development of decision-making systems based on fuzzy models to assess water quality in rivers.
- Rebelo, A., Ferra, I., Gonçalves, I., & Marques, A. M. (2014). A Risk Assessment Model for Water Resources: Releases of dangerous and hazardous substances. Journal of environmental management, 140, 51-59.
- Schaeffer, A., Hollert, H., Ratte, H.T., Ross-Nickoll, M., Filser, J., Matthies, M., Oehlmann, J., Scheringer, M., Schulz, R., Seitz, A. (2009). An indispensable asset at risk: merits and needs of chemicals-related environmental sciences. Environ. Sci. Pollut. R. 16, 410-413.
- Shepard,R.B.(2006).Quantifying environmental impact assessments using fuzzy logic. Springer.
- Sulaiman, R., Ismail, Z., Othman, S. Z., Ramli, A. H., & Shirazi, S. M (2014). A comparative study of trends of nitrate, chloride and phosphate concentration levels in selected urban rivers. Measurement, 55, 74-81.
- Tomlin, C. D (1990). Geographical Information Systems and Cartographic Modeling. Englewood Cliffs, NJ,Prentice-Hall.
- Tristán, E., Demetriades, A., Ramsey, M.H., Rosenbaum, M.S., Stavrakis, P., Thornton, I., Vassiliades, E., Vergou, K (2000). Spatially resolved hazard and exposure assessments: an example of lead in soil at Lavrion, Greece. Environ. Res. 82, 33-45.
- Voogd, H (1983). Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning. Pion,Ltd.,London.
- Vrba, J., Zoporozec, A (1994). Guidebook on mapping groundwater vulnerability. International Contributions to Hydrogeology. Verlag Heinz Heise GmbH & Co. KG,150-164.
- Williams, K. (2000). Source Water Assessment and Protection Program, United States Environmental Protection Agency.
- Yarrow, M. M., Tironi, A., Ramírez, A., & Marín, V. H (2008). An applied assessment model to evaluate the socioeconomic impact of water quality regulations in Chile. Water resources management, 22(11), 1531-1543.

www.SID.ir