

مقایسه مدل های مختلف تلفیق لایه های اطلاعاتی در انتخاب مکان های مستعد احداث سطوح آبخیز باران با استفاده از سامانه های اطلاعات جغرافیائی (GIS)

محمد جعفر سلطانی- عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور
مسعود گودرزی - عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور
علی رضا شادمانی- عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور

چکیده :

با توجه به اینکه ایران در روی کمربند خشک کره زمین واقع شده است و کمتر از $1/3$ متوسط بارندگی کره زمین را دریافت می کند استفاده از سیستمهای سطوح آبخیز جهت استحصال و مدیریت بارندگیها در کشوری که حدود 80% از نزولات آسمانی در آن از دسترس خارج می شود بسیار حائز اهمیت است. بطوریکه با بهره گیری از روشهای مختلف استحصال آب باران و بهینه سازی آبهای استحصالی می توان تا حد قابل قبولی کمبود آب در مناطق خشک و نیمه خشک را جبران نمود. نقش و اهمیت این موضوع، یکی از اساسی ترین نکات به ویژه با هدف صرفه جویی در وقت و هزینه مشخص کردن نقاط مناسب برای احداث سامانه های سطوح آبخیز است که امروزه امکان آن با استفاده از ابزارها و تکنیک های سامانه های اطلاعات جغرافیائی میسر میباشد.

در مقاله حاضر که متکی بر نتایج حاصل از تحقیق در زمینه مکان یابی مناطق مستعد برای احداث سطوح آبخیز باران است، به بررسی و مقایسه مدل های مختلف تلفیق لایه های اطلاعاتی برای تعیین اولویت مناسب اراضی برای احداث سطوح آبخیز باران استفاده می شوند، پرداخته شده است. مدل های تلفیق مورد تحقیق و مقایسه مدل های Boolean Logic، Index overlay maps (با دو اپراتور و Binary evidence maps, Fuzzy Logic (Multi class maps (با 5 اپراتور) می باشد.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که از میان مدل های ارزیابی شده، اپراتور $\gamma=0.2$ از مدل Fuzzy Logic با $10/20$ درصد همپوشانی با عرصه های کنترل، بیشترین همپوشانی را با عرصه های کنترل داشته و بهترین مدلها برای تلفیق لایه های اطلاعاتی در مکان یابی عرصه های مستعد سطوح آبخیز باران در محدوده مورد مطالعه می باشند.

چنانچه شاخص های مناسب محیطی و اقلیمی به نحوی که تطابق زمانی و مکانی بین آنها حاصل شده باشد، انتخاب شده و از مدل مناسب تلفیق نیز استفاده شود، مکان یابی بهتر و با دقت بیشتری انجام شده و در سرعت انجام کار افزون بر دقت آن تأثیر قابل ملاحظه ای می گذارد، به نحوی که می توان مناطق وسیعی را با استفاده از یافته های تحقیق حاضر مورد بررسی قرار داد. به این ترتیب می توان چنین استنباط نمود که برای دستیابی به دستورالعمل جامع، نیاز به تکرار تحقیق مشابه در مقیاس های کوچک و با توجه به شرایط اقلیمی مختلف موجود در کشور می باشد و تکرار روش های به کارگرفته قابل و اسنچی و تعیین حدود اعتماد خواهد بود.

کلید واژه: مدل های تلفیق لایه های اطلاعاتی، Boolean Logic، Fuzzy Logic، Index overlay، سیستم اطلاعات جغرافیائی، سطوح آبخیز باران.

مقدمه:

تلفیق لایه های اطلاعاتی بدون در نظر گرفتن اهمیت هر لایه در مکان یابی نمی تواند ارزش واقعی لایه های اطلاعاتی را در تلفیق دخالت دهد و واحد های با ارزش متفاوت در یک کلاس قرار می گیرند. بطور مثال در تعیین مکان مناسب سطوح آبخیز باران از طریق استخراج اشتراک مکانهای مناسب در کلیه نقشه ها، لایه اطلاعاتی که اهمیت کمتری در مکان یابی نسبت به بقیه دارد در محدود نمودن مناطق به اندازه سایر لایه ها دخالت خواهد کرد و شانس انتخاب را از مناطقی که از

نظر آن لایه اطلاعاتی کم ارزش، نامطلوب می باشند می گیرد. سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) این قابلیت را در اختیار ما می گذارد که ارزش هر لایه و هر واحد در تلفیق دخالت داده شود و تلفیق لایه های اطلاعاتی در قالب مدل های مختلف انجام پذیرد. این مدلها بر حسب تئوری تلفیق، تعداد لایه های اطلاعاتی و ارزش هر لایه در تلفیق متفاوت خواهد بود. بطور کلی مدل، رفتار یک پدیده را در دنیای خارج با استفاده از چندین عامل پیش بینی می کند. هر چه عوامل مرتبط بیشتری در یک مدل انتخاب شود دقت مدل بالاتر خواهد بود. و از طرفی افزایش عوامل و داده ها هزینه مدل را افزایش داده و مدل را پیچیده تر می کند و لذا بهترین مدل، مدلی است که با کمترین عوامل بهترین نتیجه را ارائه دهد. کیفیت مدل به داده های انتخاب شده و چگونگی سازماندهی آنها، محدود می شود. (Aronof, 1993)

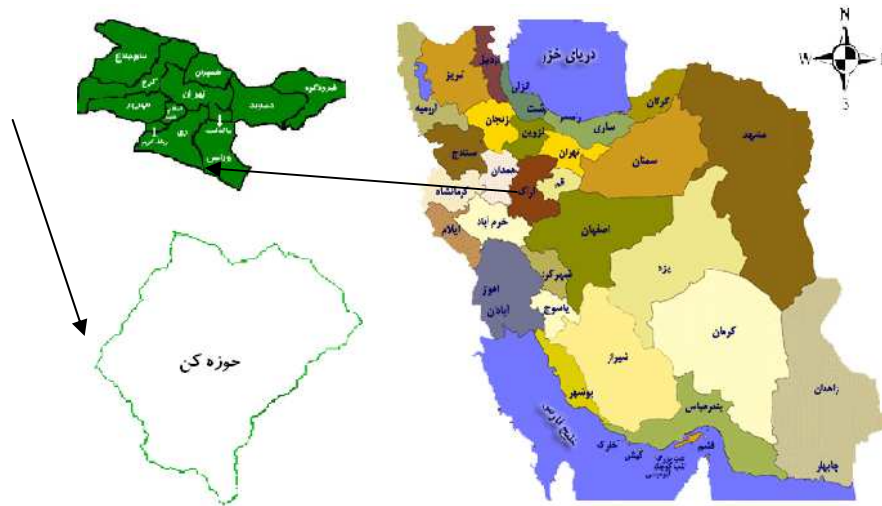
در مکان یابی مناطق مستعد سطوح آبریز باران عوامل زیادی دخالت دارند که هر کدام با درجه اهمیت متفاوت در مکان یابی تأثیر گذارند. اما در ارائه یک مدل برای مکان یابی تمام لایه های اطلاعاتی را به همان دلایلی که ذکر شد نمی توان وارد مدل نمود. در این تحقیق با توجه به موقعیت منطقه مورد مطالعه و آمار و اطلاعات موجود، از ۹ معیار شیب، واحدهای اراضی، زمین شناسی، پوشش گیاهی مرتعی، گونه پوشش گیاهی، جنس خاک، هوا و اقلیم، هیدرولوژی (بارش) و کاربری اراضی استفاده شد و وزنهایی با استفاده به منابع و تحقیق دیگر محققان و نظر کارشناسی به لایه ها و همچنین واحدهای هر لایه اطلاعاتی داده شد. بر اساس این وزن ها و مدل های متفاوت، لایه های اطلاعاتی تلفیق و مکانهای مناسب در هر مدل تعیین شد.

کریش نامورتی و همکاران (۱۹۹۶) برای تعیین مناطق مناسب برای تغذیه آبهای زیرزمینی در جنوب هند، عوامل زمین شناسی، توپوگرافی، گسلها و شکستگیها، آب سطحی، زهکشی، تراکم آبراهه، و شیب را مطالعه کرده و هر یک از نقشه های فوق را براساس اهمیت آبهای زیرزمینی به طبقات عالی، خیلی خوب، خوب، متوسط و فقیر تقسیم بندی کردند و در نهایت برای هر یک از نقشه ها بر اساس اهمیت آنها وزن داده و به روش گام به گام با یکدیگر تلفیق و در نهایت نقشه اراضی مستعد تغذیه مصنوعی را بدست آوردند، این تحقیق بیانگر آن است که مناطق مناسب (طبقات عالی) برای این منظور محدوده کواترنر و شیب کمتر از ۵ درصد می باشد سارف و چادھاری (۱۹۹۸)، در ناحیه مادایا پرادش در نواحی مرکزی هند و با بارش حدود ۱۰۴۰ میلیمتر در سال، مکانهای مناسب برای تغذیه مصنوعی را تعیین نمودند. آنها از نقشه های کاربری اراضی، پوشش گیاهی، ژئومورفولوژی، زمین شناسی و توپوگرافی برای مکان یابی استفاده کرده و آنها را کلاسه بندی نمودند و در نهایت با تلفیق لایه های فوق، عرصه های مناسب جهت تغذیه آبهای زیرزمینی را بدست آوردند. با مقایسه نقشه موجود با داده های اندازه گیری شده مشخص گردید که روش استفاده شده منطقی بوده است. هاشمی تنگستانی و رئوفت (۱۳۷۹)، تحقیقی را برای کاربرد مدل منطقی Boolean logic در سیستم اطلاعاتی جغرافیایی و با هدف مدیریت منابع طبیعی در منطقه بیابانی اشکنان لامرد انجام داده اند. در این تحقیق از اپراتورهای AND و OR مدل آنالیز Boolean استفاده گردید و پس از تلفیق لایه ها، مدل برنامه های مختلف مدیریت جامع منابع طبیعی در مناطق بیابانی، پهنه های مناسب شناسایی و طبقه بندی شدند.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه:

حوزه آبخیز کن در شمال تهران و بین عرض های $35^{\circ} 45' 49''$ تا $35^{\circ} 57' 11''$ و طول های $53^{\circ} 09' 51''$ تا

$51^{\circ} 22' 29''$ واقع است که مساحتی حدود ۱۹۷ کیلومتر مربع را در بر می گیرد (شکل ۱).



تصویر ۱ : موقعیت کلی منطقه مورد مطالعه

معیارهای مکان یابی و تعیین وزن واحدها در هر لایه اطلاعاتی:

در این تحقیق ۹ معیار شیب ، واحدهای اراضی ، زمین شناسی ، پوشش گیاهی مرتعی، گونه پوشش گیاهی ، جنس خاک، هوا و اقلیم، هیدرولوژی (بارش) و کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفتند که البته معیار کاربری اراضی در مدل های تلفیق وارد نشده و فقط جهت جداسازی اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است. وزن واحد ها در هر لایه اطلاعاتی با استناد به منابع مختلف و تحقیق Krishnamurthy و همکاران (۱۹۹۶) در مکان یابی مناطق مستعد تشکیل سفره های آب زیرزمینی با استفاده از RS و GIS و همچنین Saraf و همکاران (۱۹۹۸) در مکان یابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی سفره های آب زیر زمینی با استفاده از RS و GIS بشرح جداول (۱) تا (۹) داده شده است. لازم به ذکر است خصوصیات مربوط به هر مدل در قسمتهای بعدی توضیح داده خواهد شد و ذکر نام مدلها و جداول ذیل صرفاً جهت تعیین محدوده وزن دهی در هر مدل ارائه شده است. ضمناً برای سهولت در نوشتن فرمولهای تلفیق در مدلهای مختلف ، نامهایی برای نقشه های تولید شده از هر ستون ، در زیر هر ستون آورده شده است .

جدول (۱) وزن هر واحد نقشه کاربری اراضی در مدلهای مختلف

کلاس کاربری اراضی	BOOLEAN LOGIC (۰ و ۱)	INDEX OVERLAY (multi – class) (۰ تا ۱۰)	FUZZY LOGIC (۰ تا ۱)
afforest	۰	۴	۰.۳۲
agri	۰	۲	۰.۱۶
bagh	۰	۵	۰.۴۰
bareland	۱	۱۰	۰.۸۰
goodrange	۱	۷	۰.۵۶
modrange	۱	۸	۰.۶۴

poorange	۱	۹	۰.۷۲
urban	۱	۱	۰.۰۸
water	۰	۰	۰.۰۲

جدول (۲) وزن هر واحد نقشه شیب در مدل‌های مختلف

کلاسهای شیب (%)	BOOLEAN LOGIC (۱ و ۰)	INDEX OVERLAY (multi – class) (۱۰ تا ۰)	FUZZY LOGIC (۱ تا ۰)
۰-۲	۰	۲	۰.۱۶
۲-۵	۰	۴	۰.۳۲
۵-۸	۰	۵	۰.۴۰
۸-۱۰	۱	۷	۰.۵۶
۱۰-۱۵	۱	۹	۰.۷۲
۱۵-۲۰	۱	۸	۰.۶۴
>۲۰	۰	۳	۰.۲۴

جدول (۳) وزن هر واحد نقشه واحد اراضی در مدل‌های مختلف

کلاسهای واحد اراضی	BOOLEAN LOGIC (۱ و ۰)	INDEX OVERLAY (multi – class) (۱۰ تا ۰)	FUZZY LOGIC (۱ تا ۰)
ان.۱	۰	۳	۰.۲۷
م.۱	۱	۸	۰.۷۲
Urban	۰	۱	۰.۰۸

جدول (۴) وزن هر واحد نقشه پوشش گیاهی مرتعی در مدل‌های مختلف

کلاسهای پوشش گیاهی	BOOLEAN LOGIC (۱ و ۰)	INDEX OVERLAY (multi – class) (۱۰ تا ۰)	FUZZY LOGIC (۱ تا ۰)
Agropyrum – Leucopoa 50-75%	۰	۳	۰.۰۹
Artemisia sieberi – Stipa 25-50%	۱	۵	۰.۱۵

Astragalus – Stipa 10-25%	۱	۷	۰.۲۱
Perennial grasses – Thymus 25-50%	۱	۵	۰.۱۵
NON RANGE	۱	۷	۰.۲۱

جدول (۵) وزن هر واحد نقشه زمین شناسی در مدل‌های مختلف

کلاس‌های زمین شناسی	BOOLEAN LOGIC (۱ و ۰)	INDEX OVERLAY (multi – class) (۱۰ تا ۰)	FUZZY LOGIC (۱ تا ۰)
Ea.bv	۰	۵	۰.۳
Eav	۰	۵	۰.۳
Eavt	۱	۶	۰.۳۶
Ek	۱	۶	۰.۳۶
Ek.a	۰	۲	۰.۱۲
Eksh	۰	۲	۰.۱۲
PIQc	۱	۷	۰.۴۲
Qft2	۱	۹	۰.۵۴

جدول (۶) وزن هر واحد نقشه هوا و اقلیم در مدل‌های مختلف

کلاس‌های هوا و اقلیم (آب و هوا)	BOOLEAN LOGIC (۱ و ۰)	INDEX OVERLAY (multi – class) (۱۰ تا ۰)	FUZZY LOGIC (۱ تا ۰)
خشک بیابانی معتدل	۰	۲	۰.۱
خیلی مرطوب الف فراسرد	۰	۳	۰.۱۵
مدیترانه ای سرد	۱	۷	۰.۳۵
مدیترانه ای معتدل	۱	۸	۰.۴۰
مرطوب سرد	۱	۶	۰.۳۰
مرطوب معتدل	۱	۵	۰.۲۵
نیمه خشک سرد	۱	۷	۰.۳۵

نیمه خشک معتدل	۱	۶	۰.۳۰
نیمه مرطوب سرد	۱	۷	۰.۳۵
نیمه مرطوب معتدل	۱	۶	۰.۳۰

جدول (۷) وزن هر واحد نقشه بارش در مدل‌های مختلف

کلاس‌های هیدرولوژی (بارش)	BOOLEAN LOGIC (۱ و ۰)	INDEX OVERLAY (multi – class) (۱۰ تا ۰)	FUZZY LOGIC (۱ تا ۰)
۱۲۰-۱۵۰	۰	۳	۰.۳
۱۵۰-۲۵۰	۱	۸	۰.۸
۲۵۰-۳۵۰	۱	۷	۰.۷
>۳۵۰	۰	۲	۰.۲
	Slope BO	Slope IN	Slope FU

جدول (۸) وزن هر واحد نقشه خاک در مدل‌های مختلف

کلاس‌های گروه هیدرولوژیکی خاک	BOOLEAN LOGIC (۱ و ۰)	INDEX OVERLAY (multi – class) (۱۰ تا ۰)	FUZZY LOGIC (۱ تا ۰)
A	۰	۲	۰.۱۴
B	۱	۸	۰.۵۶
C	۱	۷	۰.۴۹
D	۰	۳	۰.۲۱
	Slope BO	Slope IN	Slope FU

جدول (۹) وزن هر واحد نقشه نوع پوشش گیاهی در مدل‌های مختلف

کلاس‌های پوشش گیاهی	BOOLEAN LOGIC (۱ و ۰)	INDEX OVERLAY (multi – class) (۱۰ تا ۰)	FUZZY LOGIC (۱ تا ۰)
O.L.(مسکونی)	۰	۱	.03
پارک	۱	۶	.18
باغات	۱	۸	.24

تیپ_استیپا_ورک	۰	۳	09.
تیپ_اسپرس_بوته_ای_گون_کلاه_میرحسن	۱	۵	15.
تیپ_بادام_کوهی_کلاه_میرحسن_علفزار	۰	۳	09.
تیپ_درمنه_دشتی_درمنه_کوهی_گون	۱	۷	21.
تیپ_درمنه_کوهی	۱	۶	18.
تیپ_درمنه_کوهی_نووا	۰	۳	09.
تیپ_کهورک_گاو_چاق_کن	۱	۶	18.
تیپ_گون_بادام_علفزار	۰	۴	12.
تیپ_گون_بادام_کوهی_دیانتہ	۰	۲	06.
تیپ_گون_بومادران_علفزار	۰	۴	12.
تیپ_گون_درمنه_علفزار	۱	۵	15.
تیپ_گون_سنتوره	۱	۵	15.
تیپ_گون_کلاه_میرحسن	۰	۳	09.
تیپ_گون_نووا	۱	۶	18.
صخره	۰	۱	03.
تیپ_گون_آگروبیرون	۰	۴	12.

مواد و روش ها:

۱- مدل Boolean Logic :

وزن دهی به واحدها در هر لایه اطلاعاتی در این مدل بر اساس منطق صفر و یک می باشد . یعنی در نقشه های پایه هر واحد از نظر سطوح آبگیر باران یا مناسب است و یا نامناسب و حد وسطی از لحاظ مناسب بودن وجود ندارد . در نقشه های نهائی و تلفیق یافته نیز هر پیکسل یا مناسب و یا نامناسب تشخیص داده می شود.

در این تحقیق از دو اپراتور Boolean AND و Boolean OR استفاده شده است که بر اساس نظریه مجموعه ها اپراتور AND ، اشتراک و اپراتور OR ، اجتماع مجموعه ها را استخراج می کند. به عبارت دیگر در اپراتور AND فقط پیکسلهایی که در تمام نقشه های پایه ارزش یک خواهند داشت و جزو مناطق مناسب قرار می گیرند اما در اپراتور OR پیکسلهایی که فقط در یک نقشه پایه مناسب بوده و ارزش یک داشته باشند و از لحاظ سایر لایه ها دارای ارزش صفر باشند نیز در نقشه خروجی و تلفیق یافته ارزش یک داشته و مناسب تشخیص داده می شوند.

با توجه به لایه های اطلاعاتی مورد استفاده و هدف تحقیق ، اپراتور BooleanOR در تلفیق لایه های مورد استفاده قرار نگرفت . نقشه های پایه در اپراتور Boolean AND بر اساس فرمول زیر تلفیق یافتند و نقشه مکانهای مناسب سطوح آبگیر باران در این مدل بدست آمد (Graeme.F,1996) .

$$\text{Suit Bo} = (\text{Slope Bo}) \text{AND} (\text{Capab Bo}) \text{AND} (\text{QuaterBo}) \text{AND} (\text{Nofoz BO})$$

$$\text{AND} (\text{Abroft Bo})$$

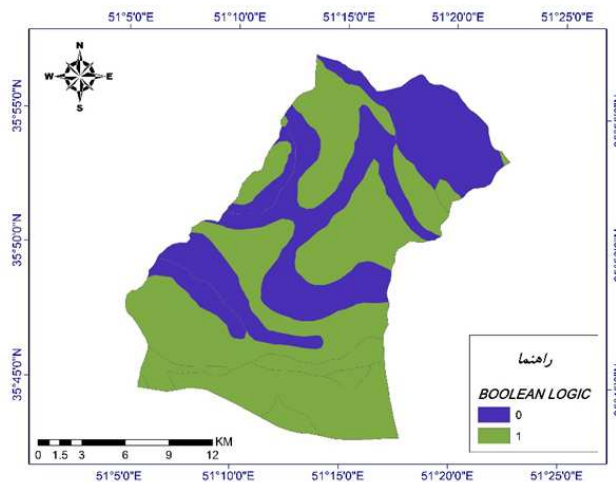
(معادله شماره ۱)

خصوصیات مدل Boolean Logic :

الف- ممکن است که واحدهای با خصوصیات متفاوت در یک کلاس قرار گیرند .

ب- واحدی که از لحاظ یک لایه اطلاعاتی تا حدی نامناسب باشد ، شناس انتخاب را بطور کلی از دست خواهد داد.

ج- این مدل قادر به تفکیک مکانهای مناسب به اولویت های اول و دوم و ... نمی باشد.



تصویر (۲) نقشه استعداد اراضی برای سطوح آبیگر باران در اپراتور Boolean AND

۲- مدلهای Index overlay maps :

در این مدلها علاوه بر وزن دهی به واحدها در هر لایه اطلاعاتی به هر لایه اطلاعاتی (نقشه) بر اساس اهمیت آن در مکان یابی وزن داده می شود. این مدلها دو حالت دارند:

1-2 Binary evidence maps :

ساده ترین نوع مدل مدلهای Index overlay می باشند که بر اساس آن به نقشه های حاصل از مدل Boolean با توجه به اهمیت هر یک در مکان یابی وزن خاصی داده می شود (Graeme.F,1996). محدوده وزن دهی در این مدلها بستگی به نظر محقق دارد و در این تحقیق محدوده وزن دهی بین ۰ تا ۱۰ انتخاب شد. ارزش هر پیکسل در نقشه خروجی

بر اساس این مدل طبق فرمول زیر محاسبه می شود: (معادله شماره ۲)

$$s = \frac{\sum_i^n w_i \text{class}(map_i)}{\sum_i^n w_i}$$

S = ارزش هر پیکسل در نقشه نهائی

Wi = وزن نقشه i ام

Class(map i) = وزن هر واحد در هر نقشه (۰ و ۱)

با استناد به منابع و با توجه به اهمیت هر یک از لایه های اطلاعاتی (نقشه ها) در مکان یابی برای نقشه شیب وزن ۱۰، برای نقشه نفوذپذیری سطحی وزن ۸، برای نقشه ضخامت آبرفت وزن ۷ و برای نقشه های قابلیت اراضی و واحدهای کواترنر وزن ۶ در نظر گرفته شده است و براساس فرمول زیر نقشه های پایه در این مدل تلفیق می یابند

$$\text{Suit Bi} = (10 * \text{slope Bo}) + (8 * \text{Nofoz Bo}) + (7 * \text{Abroft Bo}) + (6 * \text{capab Bo}) + (6 * \text{QuaterBo}) / 37$$

(معادله شماره ۳)

در نقشه حاصل از این فرمول ، هر پیکسل دارای ارزشی بین صفر و یک می باشد که هر چه عدد به یک نزدیکتر باشد برای سطوح آبیگر باران مناسب تر است . از اینرو نقشه رستری حاصل بر اساس استعداد سطوح آبیگر باران طبقه بندی (slicing) می شود. بهمین منظور منحنی فراوانی کلیه نقشه های نهایی به پنج کلاس مساوی تقسیم شده اند . (تصویر ۲) نقشه استعداد اراضی برای سطوح آبیگر باران در مدل Binary evidence maps را نشان می دهد .

خصوصیات Binary evidence maps :

الف- چون به هر نقشه وزن خاصی داده می شود انعطاف پذیری بیشتری در تعیین مکانهای مناسب به مدل Boolean دارد .

ب- چون در این مدل از نقشه های پایه حاصل از مدل Boolean استفاده شده است ، تمام معایب مدل Boolean را داراست ولی چون نقشه نهایی طبقه بندی می شود قادر به تفکیک عرصه ها به اولویتهای اول و دوم و ... می باشد.

2-2- Multi class maps :

در این مدل علاوه بر وزن دهی به لایه های اطلاعاتی ، هر واحد در هر لایه اطلاعاتی نیز بر اساس اهمیت خود وزن خاصی داده می شود محدوده وزن دهی به واحد ها و لایه ها بستگی به نظر محقق دارد که در این تحقیق محدوده وزن دهی بین ۰ تا ۱۰ در نظر گرفته شده است در این مدل ارزش هر پیکسل در نقشه خروجی بر طبق فرمول زیر تعیین می شود: (Graeme.F,1996)

$$s = \frac{\sum_i^n s_{ij} W_i}{\sum_i^n W_i} \quad (\text{معادله شماره ۴})$$

$S =$ ارزش هر پیکسل در نقشه نهایی

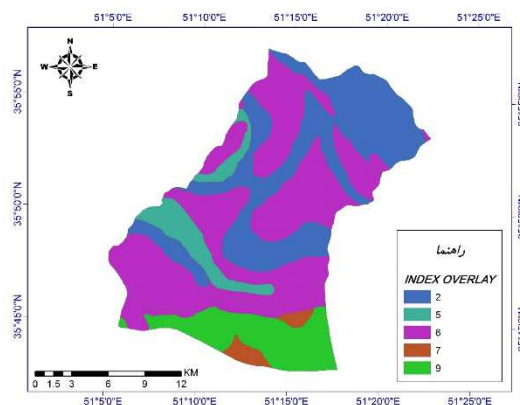
$S_{ij} =$ وزن هر واحد j ام از نقشه i ام

$W_i =$ وزن نقشه i ام

طبق فرمول زیر نقشه های پایه در این مدل با هم تلفیق می یابند

$$\text{Suit } \mu = (10 * \text{slope IN}) + (8 * \text{Nofoz IN}) + (7 * \text{Abroft IN}) + (6 * \text{capab IN}) + (6 * \text{Quater IN}) / 37$$

(معادله شماره ۵)



(تصویر ۳) نقشه استعداد اراضی برای سطوح آبگیر باران در مدل Binary evidence maps

۳- مدل منطق فازی (Fuzzy logic)

بر اساس نظریه مجموعه های فازی، عضویت اعضا در مجموعه ممکن است بطور کامل نبوده و هر عضوی دارای درجه و عضویت از صفر تا یک می باشد. بر این اساس در این تحقیق مجموعه ای در نظر گرفته شد که اعضای آن، واحدهای هر کدام از نقشه های پایه و معیار عضویت در مجموعه، مناسب بودن برای سطوح آبگیر باران و درجه عضویت، بین صفر و یک می باشد. در این مدل هیچ واحدی مناسب مطلق و نامناسب مطلق در نظر گرفته نمیشود. به همین دلیل وزن های داده شده نه صفر است و نه یک بلکه بین صفر و یک متغیر است. در این مدل نقشه های پایه در قالب اپراتورهای مختلف تلفیق یافتند که در ذیل مختصراً توضیح داده شده است.

۳-۱- اپراتور Fuzzy OR

Fuzzy OR

! " " # .

\$ % , 0(12 3 0(452 # 6(## (./Graeme.F,1996. &'() # * 0+ # , #

8 9)8#1 2 :

۳-۲- اپراتور Fuzzy AND

Fuzzy AND عملگر اشتراک مجموعه هاست. بدین صورت که حداقل درجه عضویت اعضا را استخراج می کند. یعنی در بین کلیه لایه های اطلاعاتی حداقل ارزش (وزن) هر پیکسل را استخراج کرده و در نقشه نهایی منظور می کند. عبارت دیگر اشتراک در مجموعه فازی یعنی حداقل درجه عضویت در هر یک از مجموعه ها (Graeme.F,1996). به همین دلیل این اپراتور حساسیت بالایی در مکانیابی مناطق مستعد دارد. نقشه استعداد اراضی بر اساس این اپراتور طبق فرمول زیر بدست آمد.

$$\text{Suit FA} = \text{Min} (\text{min} (\text{slope FU}, \text{Nofoz FU}), \text{min}(\text{min} (\text{capab FU}, \text{Quater Fu}), \text{Abroft FU}))$$

(معادله شماره ۶)

خصوصیات اپراتور Fuzzy AND :

الف- این مدل بدلیل استخراج حداقل درجه عضویت از حساسیت بالایی در مکانیابی برخوردار است.

ب- بدلیل اینکه فقط یک درجه عضویت از یک لایه اطلاعاتی استخراج شده و در نقشه خروجی منظور میگردد اثر کلیه لایه ها و واحد ها را اعمال نمی کند.

۳-۳- اپراتور ضرب جبری فازی (Fuzzy algebraic Product)

در این اپراتور تمامی لایه های اطلاعاتی در هم ضرب می شوند . بدلیل ماهیت اعداد بین صفر و یک که همان درجه عضویت اعضا در مجموعه های فازی می باشد، این اپراتور باعث می شود تا در نقشه خروجی اعداد کوچکتر شده و به سمت صفر میل کنند . در نتیجه تعداد پیکسل کمتری در کلاس خیلی خوب قرار می گیرد . به همین دلیل این اپراتور حساسیت بالایی در مکانیابی اعمال می کند. بر اساس فرمول زیر نقشه استعداد اراضی در این اپراتور استخراج می شود (Graeme.F,1996).

$$\text{Suit FP} = \text{slope FU} * \text{Nofoz FU} * \text{Capab FU} * \text{QuaterFU} * \text{Abroft FU}$$

(معادله شماره ۷)

خصوصیات اپراتورهای ضرب جبری فازی:

- الف- بدلیل ماهیت فرمول در این اپراتور و ماهیت اعداد بین صفر و یک ، این اپراتور حساسیت بالایی در مکانیابی دارد.
- ب- حساسیت بالای این اپراتور در مکانیابی دلیل بر مناسب بودن مدل برای مکانیابی نمی باشد زیرا ممکن است عرصه های مناسب دیگری هم وجود داشته باشد که بدلیل حساسیت بالای این مدل جزو مناطق مناسب قرار نگیرند.
- ج- بر خلاف اپراتور Fuzzy AND ارزش تمامی واحد ها و لایه ها را در تلفیق دخالت می دهد .

۳-۴- اپراتور جمع جبری فازی (Fuzzy algebraic sum)

در این اپراتور متمم ضرب مجموعه ها محاسبه می شود. به همین دلیل در نقشه خروجی بر خلاف اپراتور ضرب جبری فازی ارزش پیکسل ها به سمت یک میل می کند . در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در کلاس خیلی خوب قرار می گیرد . به همین دلیل این اپراتور حساسیت خیلی کمی در مکانیابی دارد. بر اساس فرمول زیر نقشه استعداد اراضی در این اپراتور استخراج می شود. (Graeme.F,1996)

$$\text{Suit FS} = 1 - (1 - \text{slop FU}) (1 - \text{Nofoz FU})(1 - \text{Capab FU})(1 - \text{QuaterFU})(1 - \text{Abroft FU})$$

(معادله شماره ۸)

خصوصیات اپراتور جمع جبری فازی :

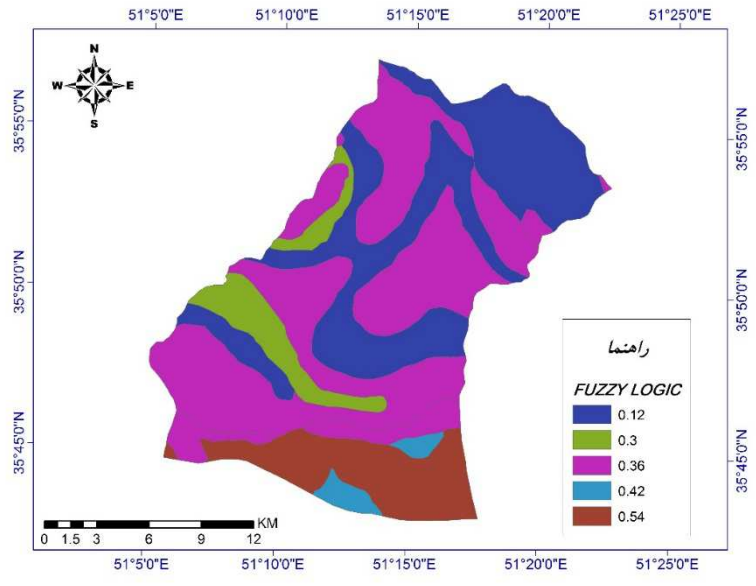
الف – بر خلاف اپراتور فازی ضرب دقت خیلی کمی در مکانیابی دارد و عرصه وسیعی با استفاده از این اپراتور به عنوان مکانهای مناسب انتخاب می شود.

۳-۵- اپراتور فازی گاما (Fuzzy Gamma)

جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای اپراتور فازی ضرب (Fuzzy algebraic product) و حساسیت خیلی کم اپراتور فازی جمع (Fuzzy algebraic sum) ، اپراتور دیگری بنام فازی گاما (Fuzzy Gamma) معرفی شده است که حد فاصل اپراتور فازی ضرب و فازی جمع عمل می کند و فرمول آن بصورت زیر می باشد :

$$\mu \text{ combination} = (\text{ضرب جبری فازی})^{1-\gamma} \times (\text{جمع جبری فازی})^{\gamma} \quad (\text{معادله شماره ۹})$$

اگر $\gamma = 1$ باشد نقشه خروجی همان نقشه حاصل از Fuzzy sum خواهد بود و اگر $\gamma = 0$ باشد نقشه خروجی همان نقشه حاصل از Fuzzy Product خواهد بود. بنابراین محدوده تغییرات γ بین صفر و یک می باشد. (Graeme.F,1996)



تصویر ۴) نقشه استعداد اراضی برای سطوح آبیگر باران در مدل Fuzzy Logic

' !"# \$ % & :
 !/- * # , ' -. !/- 0' 1 + # () *)"
 " = ; : ; 2 ; <"9 , ' 23. 4# 5&6 3/&7 8 ## Cross *)"
 : ; : ; 2 ; <"9 , ' 23. 47" # 5& - # *)"
)BC O- # , ' . # @ * 5 A* # =
 =DE * 9+

* # *)"
 - >? H 73. 4# 5& # '! 4 8 3 =FG9 *

- >? #	# 83	83	.. !/-
# '! 4	- >	# '! 4	# , '
*)"	*)"	(ha)	*
(B1/A1)*100	(B ₁)	(A ₁)	

I-DJ	KLM-KL	LINJ-DO	Boolean logic (Boolean AND)
N-OI	PED-JL	PODL-KI	Binary evidence
J-ND	PEK-HL	PJNE-KP	Multiclass maps
J-LI	IJL-KM	JEEK-HL	Fuzzy AND
N-HD	LIP-MD	LJNI-KL	Fuzzy Product
N-KI	LLJ-HK	LNJK-DO	RECD gamma
DE-M*	LNJ-KI	LJIK-ML	RECM gamma
N-JN	LNI-KM	IEML-NP	RECK gamma
N-DJ	IJE-LM	PODM-ML	RECO gamma
P-PI	IPE-LO	JIKJ-PO	RECL gamma
P-DO	PEO-MI	NJLM-KL	RECI gamma
L-LI	LLP-HN	DEEML-KL	RECP gamma
O-KP	IJP-OD	DLINJ-ML	REJ gamma
K-LM	INJ-PO	DNJML-PM	RECN gamma
M-ND	IJN-OI	MKIOD-MJ	Fuzzy sum

همانگونه که در جدول (۱۰) مشاهده می شود:

۱- از میان مدل‌های ارزیابی شده، اپراتور $\text{gamma}=0/2$ از مدل Fuzzy Logic با $10/2$ درصد همپوشانی با عرصه های کنترل، بیشترین همپوشانی را با عرصه های کنترل داشته و بهترین مدلها برای تلفیق لایه های اطلاعاتی در مکان یابی عرصه های مستعد سطوح آبرگیر باران در محدوده مورد مطالعه می باشند.

۲- چون اپراتورهای گاما از مدل Fuzzy Logic حد فاصل دو اپراتور فازی ضرب و فازی جمع عمل می کنند بدیهی است که دقت آنها نیز بین دو اپراتور ذکر شده تغییر می یابند، بطوریکه دقت اپراتور فازی ضرب از اپراتورهای گاما بیشتر (در این تحقیق در حالت $\text{gamma}=0/2$) و دقت اپراتور فازی جمع از اپراتورهای گاما کمتر است.

۳- بدلیل اینکه حاصل ضرب اعداد بین صفر و یک عددی کوچکتر از هر یک از اعداد می شود اپراتور ضرب جبری فازی (Fuzzy product) حساسیت بالائی در مکان یابی نشان می دهد.. البته حساسیت بالای این اپراتور ممکن است موجب حذف شدن برخی عرصه های مناسب از عرصه های پیشنهادی گردد.

۴- اپراتور جمع جبری فازی (Fuzzy sum) بدلیل ماهیت خود و ماهیت اعداد بین صفر و یک از دقت بسیار کمی در مکان یابی برخوردار است.

۵- با افزایش gamma از مدل Fuzzy Logic، از دقت مکان یابی کاسته می شود بطوریکه از $\text{gamma}=0/7$ به بالا، به شدت از دقت مکان یابی و درصد همپوشانی با عرصه های کنترل کاسته شده و بدیهی است که بر وسعت عرصه های پیشنهادی در جهت نامناسب افزوده می شود.

۶- اپراتور AND در مدل Fuzzy Logic بدلیل اینکه اشتراک مجموعه را استخراج می کند حساسیت و دقت نسبتاً خوبی را در مکان یابی دارد و همانطور که در جدول (۱۴) مشاهده می شود از دقت بیشتری نسبت به مدل‌های Index overlay, Boolean Logic دارد.

۷- در مدل‌های Index overlay ، دقت مدل Multi class maps بیشتر از مدل Binary evidence maps می باشد که علت آن وزن دهی به هر یک از واحد های موجود در هر لایه (البته نه بصورت Binary) علاوه بر وزن دهی به خود لایه ها در مدل Multi class maps می باشد.

۸- دقت مدل‌های Index overlay در مکان یابی بیشتر از مدل Boolean logic می باشد . بدلیل اینکه به هر لایه اطلاعاتی در مکان یابی وزن خالص داده می شود .

با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی مدلها و انتخاب بهترین مدلها جهت تلفیق لایه های اطلاعاتی در مکان یابی عرصه های مناسب ، نقشه مکانهای مناسب سطوح آبخیز حاصل از اپراتور $\gamma=0/2$ پس از حذف اراضی کشاورزی بدست آمده است.

پیشنهادات:

- ۱- در انتخاب شاخص ها و لایه های اطلاعاتی مورد بررسی در مکان یابی باید میزان تأثیرگذاری هر یک در مکان یابی و امکان دسترسی به لایه های اطلاعاتی مورد نظر توجه قرار گیرد.
- ۲- افزایش تعداد لایه های اطلاعاتی و وارد کردن آنها به مدل سبب افزایش دقت در مکان یابی می شود و تفاوت مدل ها و اپراتورهای آنها را نیز بهتر نمایان می سازد ولی در انتخاب تعداد لایه های اطلاعاتی به گونه ای باید عمل شود که دقت تحقیق حفظ شده و در زمان و هزینه هم صرفه جویی گردد.
- ۳- با توجه به اینکه وزن دهی به لایه های اطلاعاتی و هر یک از واحد ها از اهمیت ویژه ای در مدل‌های معرفی شده برخوردارند و در مکان یابی عرصه های مناسب تأثیر مستقیم و بسزایی می گذارند ، لذا ضروری است در راستای افزایش توان و منابع علمی، پروژه های تحقیقاتی بیشتری جهت تعیین وزنهای مناسب در لایه های مختلف و برای عرصه های متفاوت انجام شود.
- ۴- دستیابی به دستورالعمل جامع ، نیاز به تکرار تحقیق مشابه در مقیاس های کوچک و با توجه به شرایط اقلیمی مختلف موجود در کشور میباشد و تکرار روش های بکار گرفته قابل واسنجی و تعیین حدود اعتماد خواهد بود.

فهرست منابع و مراجع :

۱- آرونوف (۱۹۹۳)، سیستم های اطلاعات جغرافیایی ، برگردان : سازمان نقشه برداری کشور (۱۳۷۵) ، انتشارات سازمان نقشه برداری کشور ، ۳۱۰ صفحه.

۲- سلطانی ، محمد جعفر (۱۳۸۰). بررسی عوامل مؤثر در مکان یابی عرصه های مستعد سطوح آبخیز باران ، سمینار کارشناسی ارشد ، دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی .

۳- قرمز چشمه ، باقر و همکاران (۱۳۷۹). تعیین شاخص های مورد نیاز در مکان یابی سطوح آبخیز باران-مطالعه موردی دشت میمه اصفهان ، مجموعه مقالات دومین همایش سراسری دست آورد های طرح آبخوان داری ، صفحه ۳۹-۵۰

۴- مدیری ، مهدی (۱۳۷۸). سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروی مسلح .

B Y \$ <@ 6)3 # Boolean / ' * # " DKPN + BU V ?W X A -)3 '& ? TS
- # ` X' # " ` ? \$ _ / . ^ A] B) ' . / ' # 5 \ @ [' Z
I W(+ . a@' 5 # B Y \$ <@

I- Graeme F.Bonham – Carter (1996). Geographic information system for Geoscientists (modeling for GIS), PERGAMON Publication , USA , chapter 9, pp: 267 – 302

P- Hutchinson . M.F (1992) . spline A and LAPPNT , center for Resource and Environmental studies , Australian National University , Conberra , Australia.

J-Krishnamurthy. Et al (1996). An approach to demarcate ground water potential zones through remote sensing and geographic information system , International Journal of Remote Sensing , vol : 10 , pp: 1876-1884

N- Lal, Ratten (1996). Method and guidelines of assessing sustainable use of soil and water Resource in the tropics.