

سناریو های اراضی مناسب توسعه شهری با استفاده از میانگین وزنی مرتب شده (OWA) منطقه مورد مطالعه: شهرستان سبزوار

سید حسین حسینی

دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده ادبیات علوم انسانی دکتر علی شریعتی
دانشگاه فردوسی مشهد. ایران (نویسنده مسئول، hmirak71@gmail.com)

دکتر محمد اجزاء شکوهی

دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات علوم انسانی دکتر علی شریعتی دانشگاه فردوسی مشهد. مشهد.
Shokouhim@um.ac.ir ایران

محمد علی الهی چورن

دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده ادبیات علوم انسانی دکتر علی شریعتی دانشگاه
فردوسی مشهد. ایران (Mohammadali68elahi@yahoo.com)

چکیده

رشد شتابان شهری در دهه های اخیر همراه با تمرکز سایر کاربری های انسان ساخت در اطراف شهرها سبب تغییر کاربری زمین های مرغوب شده است. عدم توجه به برنامه ریزی و ارزیابی اراضی مناسب توسعه شهری می تواند در آینده خسارت های اقتصادی و زیست محیطی زیادی به همراه داشته باشد. این مطالعه باهدف کاربردی و ماهیت توصیفی تحلیلی جهت ارزیابی اراضی مناسب جهت توسعه شهری در بخش مرکزی شهرستان سبزوار انجام گردید. رویکرد تحقیق تصمیم گیری چندمعیاره (MCE) و استفاده از نرم افزار ARCGIS و TERRSET می باشد که با ترکیبی از شاخص ها شامل کاربری اراضی، نزدیکی به مناطق ساخته شده شهری، فاصله از گسل، نزدیکی به راه های ارتباطی، شیب، سطوح ارتفاع، حساسیت به فرسایش خاک، مناطق در معرض سیل، جهت شیب، نزدیکی به خطوط انتقال نیرو انجام گردید. روش تحقیق این پژوهش ترکیبی از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و تکنیک میانگین وزنی مرتب شده (OWA) می باشد. جهت وزندهی به شاخص های تحقیق از متخصصین دانشگاهی و مسئولین شهر سبزوار نظرخواهی انجام گردید. نتایج تحقیق نشان دهنده پنج سناریوی مختلف جهت ارزیابی

اراضی مناسب توسعه شهری برای منطقه مورد مطالعه از خوش‌بینانه‌ترین حالت تا بدبینانه‌ترین حالت می‌باشد. باتوجه به شرایط منطقه مورد مطالعه و اهمیت شاخص‌های محیط زیستی سناریوی پیشنهادی، برای اراضی مناسب توسعه شهری سناریوی نزدیک AND با ضریب ترجیح (a) ۲ که میزان ریسک‌پذیری پایینی دارد پیشنهاد می‌گردد. در این سناریو مناطق مطلوب جهت توسعه شهری برابر با ۲۵۱۲۷ هکتار (۱۱ درصد از کل مساحت) می‌باشد. نتایج کلی تحقیق نشان می‌دهد که در همه سناریو ها اراضی شرق شهر سبزوار در راستای بزرگراه امام رضا (جاده مواصلاتی سبزوار به نیشابور) و جنوب سبزوار محور مواصلاتی سبزوار به بردسکن مورد تاکید جهت توسعه شهری می‌باشد.

کلمات کلیدی: اراضی مناسب توسعه شهری، تصمیم‌گیری چند معیاره، میانگین وزنی مرتب شده (OWA)، ریسک‌پذیری، شهرستان سبزوار

مقدمه

باتوجه به رشد شهرنشینی و افزایش جمعیت در شهرها، زمین‌های اطراف شهرها به‌خصوص در شهرهای بزرگ به کاربری‌های شهری تغییر یافته است. این گسترش و تغییر مداوم، شرایط پایداری اکولوژیکی شهرها و اطراف آن‌ها را به شدت شکننده کرده است و از ظرفیت‌های اقتصادی و طبیعی اراضی کاسته است. از طرف دیگر باتوجه به سودآوری زمین در بخش شهری نسبت به سایر استفاده‌ها تضادهای زیادی برای نوع استفاده از زمین به وجود آمده است (هوانگ، لی و ژانگ، ۲۰۱۹ و هی، هان، دی وریس، وانگ و گوچاو، ۲۰۱۷، ص. ۱۱۲). این تضادها را می‌توان به طور مثال در زمینه تغییر زمین‌های مرغوب کشاورزی به کاربری‌های شهری در نظر گرفت که در طول زمان باعث کاهش پایداری اکولوژیکی محیط خواهد شد.

اساس کلی برنامه‌ریزی شهری شامل تعیین مناسب بودن زمین شهری برای ساخت‌وساز به شیوه‌ای معقول است که می‌تواند سطح استفاده فشرده از زمین شهری را بهبود بخشد (تائو، ایکسیا، مین و لی، ۲۰۰۷، ص. ۷۸۳). ارزیابی مناسب بودن زمین‌های توسعه شهری شامل یک فرآیند ارزیابی کیفیت زمین است که بر اساس بررسی‌ها و تجزیه و تحلیل شرایط

¹ Huang, Li & Zhang

² He, Han, de Vries, Wang & Guochao

³ Tao, xia, Min, lei

طبیعی، اجتماعی و اقتصادی برای اطمینان از برآورده شدن الزامات حفاظت از محیط زیست و ساخت و ساز در نظر گرفته می شود (یین، ژانگ و کانگ^۴، ۲۰۱۳، ص ۵۳۲). امروزه ارزیابی تناسب کاربری اراضی به عنوان یک پیش نیاز برای برنامه ریزی و مدیریت کاربری زمین در نظر گرفته می شود (رامیا و دوادس^۵، ۲۰۱۹). هدف از ارزیابی تناسب کاربری، تعیین قابلیت کاربری یک منطقه خاص برای کاربری خاص و برآورد پتانسیل زمین برای کاربری های جایگزین با در نظر گرفتن طیف وسیعی از معیارها بر اساس عوامل محیطی، اجتماعی و اقتصادی است (جعفری و زردار^۶، ۲۰۱۰، ص ۴۴۲). با توجه به اینکه باید طیف وسیعی از معیارها و زیر معیارها برای این هدف در نظر گرفته شود چاره ای جز استفاده از روش های تصمیم گیری چندمعیاره وجود ندارد که همه معیارها به صورت یکجا و در ارتباط با هم مقایسه و بررسی گردند. ارزیابی چندمعیاره (MCE) یک ابزار عملیاتی برای پرداختن به مسائل تصمیم گیری با استفاده از معیارهای چندگانه است (مونتگومری و دراگیسویچ^۷، ۲۰۱۶، ص ۴۳۱). ترکیب فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش های ارزیابی چند معیاره می تواند گزینه مناسبی جهت تحلیل و شناسایی مسائل محیطی باشد. ولی به این نکته باید توجه نمود که با روی هم قراردادن معیارها به صورت همپوشانی نمی تواند به نتایج کامل ختم شود. در حال حاضر، روش های ارزیابی در حال پویایی و غنی شدن هستند و روش های متعدد ارزیابی به جریان اصلی رویکرد تصمیم گیری تبدیل شده است. یکی از روش های نوین تصمیم گیری چندمعیاره، میانگین وزنی مرتب شده (OWA) می باشد که برای رتبه بندی وزن ها و معیار ها یک ارزیابی تحت اولویت های متفاوت را ارائه می دهد (وانگ، لیو و شیونگ^۸، ۲۰۱۵). در حال حاضر، روش OWA برای تصمیم گیری جغرافیایی به کار گرفته می شود (خان، کومام، کومام و ال-کنانی^۹، ۲۰۲۱، ص ۳۰۲)، بنابراین با تلفیق مدل AHP و OWA در تحلیل مسائل فضایی و محیطی نتایج مناسب تری بدست خواهد آمد. هدف از مطالعه حاضر تعیین اراضی مناسب توسعه شهری با به کارگیری روش OWA به عنوان یک روش جدید می باشد، تا علاوه بر اینکه به مزایای این روش برای این هدف اشاره نمود مناطق مناسب جهت توسعه آبی برای شهرستان سبزوار را مشخص نمود. شهرستان سبزوار با وسعت ۷۱۰۱/۲ کیلومتر مربع (سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان خراسان رضوی، ۱۳۹۹) دارای شرایط متنوعی می باشد که در این محیط متنوع انتخاب اراضی مناسب توسعه شهری با استفاده از شاخص های تاثیر گذار در مکانیابی اراضی مناسب می تواند در آینده راهگشای بسیاری از مسائل و مشکلات شهری باشد.

۱. پیشینه تحقیق

جدول ۱. مطالعات انجام شده پیرامون موضوع تحقیق

نام نویسنده و تاریخ	موضوع	نتایج
---------------------	-------	-------

⁴ Yin, Zhang, Kong

⁵ Ramya and Devadas

⁶ Jafari and Zaredar

⁷ Montgomery & Dragicevic

⁸ Wang, Liu, & Xiong

⁹ Khan, Kumam, Kumam & Al-Kenani

لوان، لیو و پنگ ^۰ (۲۰۲۱)	ارزیابی تناسب کاربری زمین برای توسعه شهری با استفاده از رویکرد محاسبات نرم مبتنی بر GIS : مطالعه موردی دره ایلی، چین	این تحقیق رویکرد محاسبات نرم مبتنی بر GIS را پیشنهاد می‌کند که ترکیبی از دو روش تجزیه و تحلیل چندمعیاره است، یعنی روش میانگین وزنی مرتب (OWA) و روش امتیازدهی منطقی ^۱ (LSP) می‌باشد، در نهایت این تحقیق با تلفیق ۱۳ معیار به ارزیابی مناطق توسعه شهری در دره ایلی با ارائه سناریوهای مختلف می‌پردازد.
قاسم‌خانی، وایقان، عبدالحی، رادهان و علمری ^{۱۲} (۲۰۲۰)	مدل‌سازی توسعه شهری با استفاده از سیستم‌های فازی یکپارچه، میانگین وزنی مرتب شده (OWA) و تکنیک‌های فضایی	این پژوهش بر اساس سیستم فازی و روش‌های میانگین وزنی مرتب شده (OWA) با ترکیب چهار بخش اصلی تناسب فیزیکی، دسترسی، اثر همسایگی و محاسبه تناسب کلی به ارزیابی مطلوبیت سنجی اراضی مناسب توسعه شهری پرداخت. علاوه بر این با مقایسه نتایج تحقیق با سایر مطالعات نشان‌دهنده اثربخشی روش پیشنهادی برای مدل‌سازی توسعه شهری بوده است.
مالچوسکی ^{۱۳} (۲۰۰۶)	میانگین وزنی مرتب شده با کمی سازه‌های فازی: ارزیابی چندمعیاره مبتنی بر GIS برای تجزیه و تحلیل زمین مناسب کاربری	هدف این مقاله، ترکیب مفهوم کمی‌سازی فازی (زبانی) در تحلیل تناسب زمین مبتنی بر GIS از طریق میانگین وزنی مرتب شده (OWA) است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با تغییر رتبه‌بندی معیارها، می‌توان طیف گسترده‌ای از استراتژی‌ها یا سناریوهای تصمیم‌گیری را ایجاد نمود.
وانگ، کین، لی، گوا و وانگ ^۴ (۲۰۲۱)	ارزیابی تناسب زمین برای توسعه شهری با یک ژئودکتور	در این مطالعه، یک روش جدید برای ارزیابی تناسب زمین توسعه شهری در شهر ژنگزو با ترکیب رگرسیون لجستیک، تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی، درونیابی کریجینگ، K-means و روش ژئودکتور معرفی گردید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که از روش ژئودکتور می‌تواند از تداخل ناشی از عوامل انسانی

⁰ Luan, Liu & Peng

¹ logic scoring of preference

¹ Ghasemkhani, Vayghan, Abdollahi, radhan, Alamri

¹ Malczewski

¹ Wang, Qin, Xu, Li, Guo, & Wang

جلوگیری کرده و نتایج ارزیابی عینی تر و دقیق تری را به همراه داشته باشند.		
در این تحقیق دو روش ارزیابی چندمعیاره (MCE)، روش نقطه ایده آل (IPM) و میانگین وزنی مرتب (OWA)، برای ارزیابی اراضی مناسب توسعه شهر پکن استفاده شد. اعتبارسنجی غیرمستقیم با مقایسه متقابل نقشه های تناسب حاصل از دو روش MCE به دست آمده نشان داد که در آن توافق کلی ۹۱٪ و ضریب کاپا ۰,۷۸ می باشد در نتیجه هر دو روش ارزیابی اراضی مناسب توسعه شهری بسیار نتایج مشابهی را ارائه می دهند.	تجزیه و تحلیل تناسب کاربری زمین برای توسعه شهر پکن	لیو، ژانگ، ژانگ و بورسویک ^{۱۵} (۲۰۱۴)
طرح کمربند و جاده یک پروژه بزرگ است که انتظار می رود رشد شهری را تسریع کند. هدف این مطالعه ارزیابی تناسب زمین برای توسعه شهری در شهر نونگ خای، تایلند است. هجده معیار برای ارزیابی انتخاب گردید. با ادغام فرایند تحلیل سلسله مراتبی با سیستم اطلاعات جغرافیایی تحلیل نهایی انجام گردید. نتایج نشان داد که سیاست حفظ سرمایه های فرهنگی، سیل و سیاست حفظ سرمایه های طبیعی بیشترین تأثیر را در تصمیم گیری مناطق توسعه شهری دارند.	ارزیابی تناسب زمین برای توسعه شهری در یک ناحیه با شهرنشینی سریع، ابتکار کمربند و جاده: مطالعه موردی شهر نونگ خای، تایلند	بامروننگخول و تاناکا ^{۱۶} (۲۰۲۲)

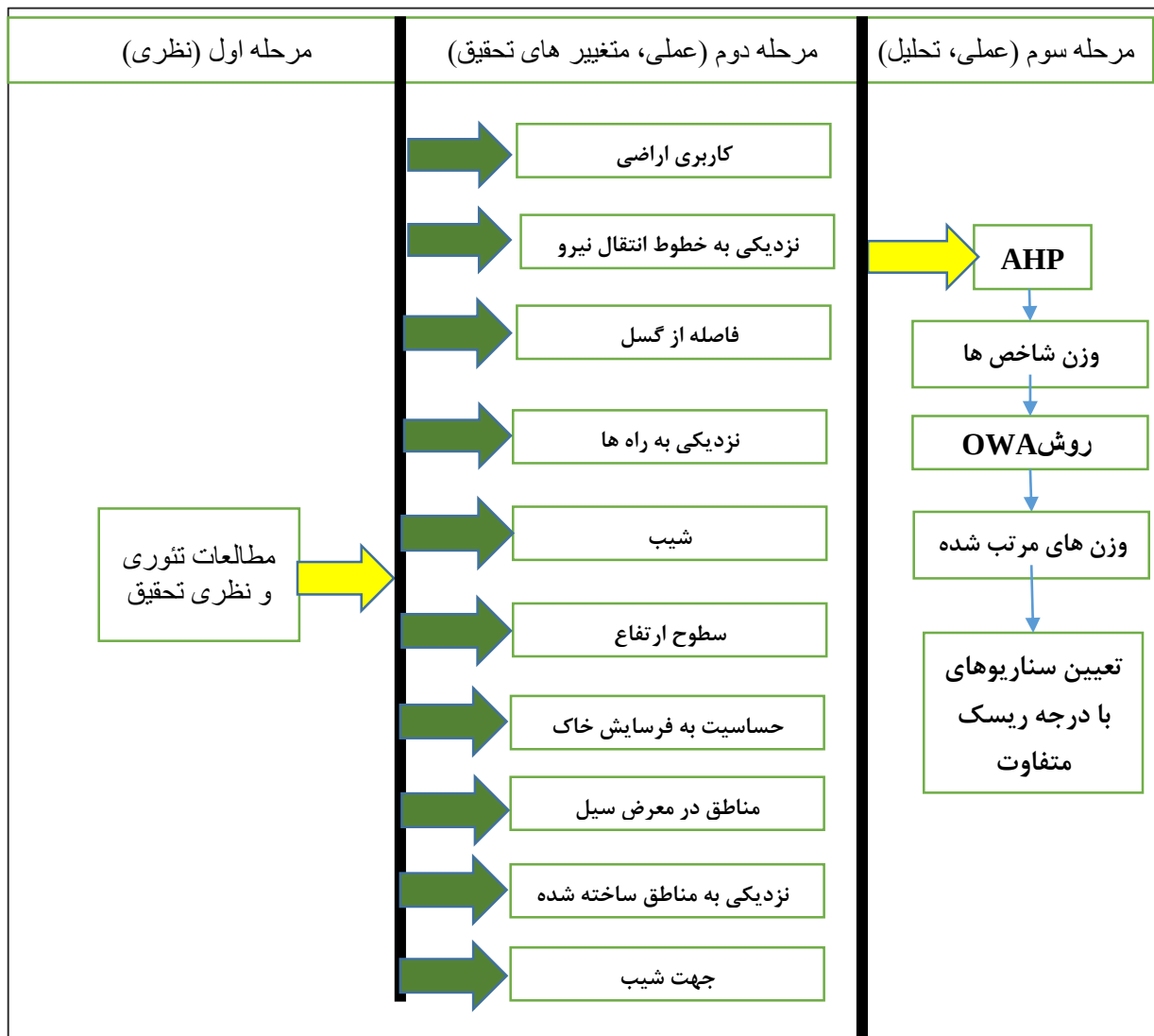
۲. روش پژوهش

تحقیق حاضر به لحاظ هدف، کاربردی می باشد و ماهیت آن توصیفی-تحلیلی است. جامعه آماری تحقیق محدوده بخش مرکزی شهرستان سبزوار می باشد. در ابتدا، با انجام مطالعات کتابخانه ای و مصاحبه با اساتید دانشگاهی و متخصصین برنامه ریزی شهری و نیز استفاده از مراجع علمی معتبر که در زمینه موضوع تحقیق انجام گرفته است، شاخص ها و معیار های تحقیق استخراج گردید. سپس معیار های تحقیق با استفاده از پرسشنامه از نظر نخبگان و متخصصین شهری با رویکرد مدل AHP مورد ارزیابی و وزن بندی قرار گرفتند. نظرسنجی از ۱۵ نفر از کارشناسان حوزه برنامه ریزی شهری انجام گردید. در مرحله بعد با استفاده از نرم افزار Arc GIS ۱۰.۸ هریک از معیار های تحقیق نرمال سازی و با استفاده از روش فازی و تابع مناسب آن آماده جهت تلفیق گردید. در مرحله آخر معیار های با استفاده از نرم افزار terrSet 2020 و روش تلفیقی OWA-AHP در سناریو های (ریسک های) گوناگون مورد ترکیب قرار گرفت.

¹ Liu, Zhang, Zhang, & Borthwick

¹ Bamrunghul & Tanaka ⁶

شکل ۲. چارچوب نظری تحقیق



باتوجه به موضوع تحقیق به منظور تحلیل مکانی تعیین اراضی مناسب توسعه شهری و شاخص‌های در نظر گرفته نیاز به داده‌های مکانی می‌باشد. در این بخش به معرفی داده‌های مکانی مورد استفاده و منبع هر یک پرداخته می‌شود.

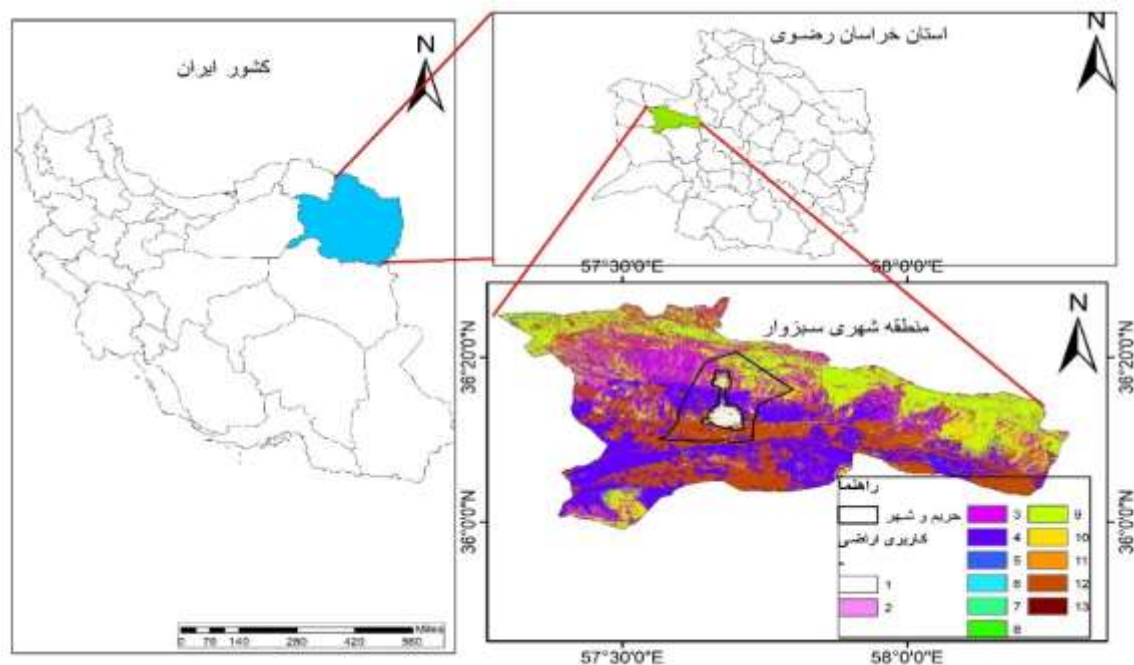
جدول ۲. شاخص‌ها تحقیق و منبع تهیه داده‌ها

شاخص	منبع
کاربری اراضی	تصاویر ماهواره‌ای (سنسینل ۲، میانگین سال ۲۰۲۰)
نزدیکی به مناطق ساخته شده شهری	تصاویر ماهواره‌ای (سنسینل ۲، میانگین سال ۲۰۲۰)
فاصله از گسل	طرح آمایش استان خراسان رضوی
نزدیکی به راه‌های ارتباطی	طرح آمایش استان خراسان رضوی

شیب	DEM سی‌متری ماهواره ASTER
سطوح ارتفاع	DEM سی‌متری ماهواره ASTER
حساسیت به فرسایش خاک	شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، مهندسین مشاور سازه آب شرق
مناطق در معرض سیل	شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، مهندسین مشاور سازه آب شرق
جهت شیب	DEM سی‌متری ماهواره ASTER
نزدیکی به خطوط انتقال نیرو	طرح آمایش استان خراسان رضوی

۳,۱ محدوده مورد مطالعه

شهرستان سبزوار با وسعت $7101/2$ کیلومترمربع، معادل $6/1$ درصد وسعت استان و در مدار جغرافیایی 35 درجه و 26 دقیقه و 56 ثانیه تا 36 درجه و 27 دقیقه و 22 ثانیه عرض شمالی و 58 درجه و 17 دقیقه و 15 ثانیه تا 56 درجه و 54 دقیقه و 33 ثانیه طول شرقی و در غرب استان خراسان رضوی قرار دارد. (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان خراسان رضوی، ۱۳۹۹) با توجه به تقسیمات سیاسی این شهرستان در سال ۱۳۹۸ و عدم تناسب و همخوانی بین بخش مرکزی و بخش روداب در انجام تحقیق حاضر بخش مرکزی به عنوان محدوده مورد مطالعه انتخاب گردید. دلیل اصلی این انتخاب قرار گرفتن شهر سبزوار در این بخش و عدم توسعه مراکز شهری به بخش روداب شهرستان می باشد. این شهرستان از شمال با شهرستان‌های داورزن، جوین، خوشاب و از شمال شرق با شهرستان فیروزه، از شرق با نیشابور و ششم مد و از جنوب با شهرستان بردسکن هموار می‌باشد. بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ شهرستان سبزوار دارای 88053 خانوار و 282814 نفر جمعیت بوده که 247728 نفر در مناطق شهری و 35085 نفر در روستا زندگی می‌کنند. بر ساس نتایج مذکور، نرخ شهرنشینی در این شهرستان $87/6$ درصد، بعد خانوار $3/2$ نفر و تراکم نسبی جمعیت معادل $39/8$ نفر در هر کیلومترمربع است. (همان، ۱۳۹۹)



منبع: (تصویر ماهواره ستینل ۲، ۲۰۲۰)

شکل ۳. منطقه مورد مطالعه : ۱. مناطق شهری، ۲. مرتع ضعیف، ۳. زمین های مرطوب، ۴. کلبه ها، ۵. مرداب ها، ۶. زمین های شور، ۷. خاک رسی، ۸. جنگل، ۹. صخره ای و کوهستانی، ۱۰. دشت بدون پوشش، ۱۱. شن و ماسه، ۱۲. زمین های کشاورزی، ۱۳. زمین های مرتعی

۳. مبانی نظری

منطق فازی و تئوری مجموعه های فازی توسط پروفیسور لطفی زاده برای اولین بار در سال ۱۹۶۵ در رساله ای به نام مجموعه های فازی اطلاعات و کنترل معرفی گردید (جیانگ و استمان، ۲۰۰۶، ص. ۱۷۵). این منطق بر اساس شرایط عدم قطعیت در تصمیم گیری ها می تواند به صورت نسبی به تصمیم گیران و برنامه ریزان کمک کند. در این بین منطق فازی همراه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و تلفیق آن با مدل های تصمیم گیری چندمعیاره می تواند ابزار مناسبی برای تجزیه و تحلیل جهت ارزیابی تناسب باشد (جانکوفسکی و ریچارد^۱، ۱۹۹۴، ص. ۳۲۹). تکنیک AHP برای کمک به وزن دهی چند عاملی به صورت عینی، ریاضی و صحیح در طول فرآیند خود استفاده می شود فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و تجزیه و تحلیل تناسب مبتنی بر GIS برای طیف گسترده ای از مسائل ارزیابی تناسب در چند دهه اخیر اعمال شده است (باقری، سلیمان و واقفی^۲، ۲۰۱۳، ص. ۳۶۶)؛ بنابراین، در این مطالعه، برای وزن دهی اولیه شاخص ها از مدل AHP استفاده شده است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی جهت استخراج مقایسه های نسبی از مقایسه زوجی داده های گسسته و پیوسته به کار می رود این مقایسه ها ممکن است برای اندازه گیری های واقعی به کار رود یا اینکه نشان دهنده ی وزن نسبی ترجیحات باشد (سااتی^۳، ۲۰۰۴، ص. ۴۰).

روش میانگین وزنی مرتب شده (OWA) باتوجه به ویژگی های معیارها بعد از تعیین وزن اولیه، مجدداً می توان معیارها را ترکیب نمود و وزن های سفارش جدید را باتوجه به وضعیت سفارش جدید اختصاص داد. این روش خطاهای ترکیب وزن معیارها را کاهش می دهد. از طریق تعدیل ضرایب ریسک در این روش، نتایج تصمیم گیری جامع ریسک با ترجیحات و اولویت های مختلف به دست می آید (فلورس-سوسا، اوپلس - اوچاو، مریگو و یاگر^۴، ۲۰۲۱، ص. ۴۹). برای ترکیب و بر هم نشینی معیارها در مجموعه های فازی سه نوع عملیات اساسی وجود دارد : ۱ - عملیات اشتراک مجموعه های فازی (Intersection) ۲ - عملیات اجتماع مجموعه های فازی (Union) ۳ - عملیات میانگین گیری. اگر روش میانگین وزنی مرتب شده (OWA) را به عنوان کلاسی از مدل های ترکیبی چند معیاره توسعه داد که بر پایه عملیاتی از تلفیق سه نوع تابع ترکیبی فوق می باشد. این مدل عملیات ترکیب پیوسته ای را بین اشتراک معیارها (AND) و اجتماع معیارها (OR) با تلفیق میانگین گیری وزنی که حد متوسط آن دو قرار می گیرد، فراهم می آورد (مالچوسکی^۵، ۱۹۹۹) این عملگر در مقوله عملگرهای فازی توازنی بوده و شرایط مناسبی از درجه AND بودن و OR بودن ایجاد می کند (خان و النویری^۶، ۲۰۰۴، ص. ۱۳۶۸).

¹ Jiang & Eastman 7

¹ Jankowsk & Richard 8

¹ Bagheri, Sulaiman & Vaghefi

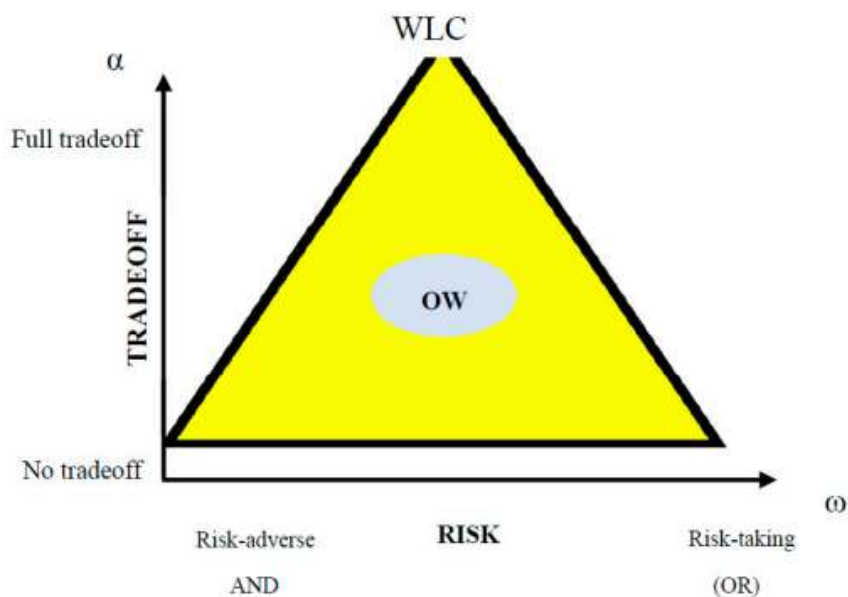
^۲Saaty

^۲Flores-Sosa, Avilés-Ochoa, Merigó, & Yager

^۲Malczewski

^۲Khan & Alnuweiri

روش OWA یک مدل مناسب برای تولید انواع راه‌حل‌ها و سناریوهای پیش‌بینی یک مجموعه در ریسک‌های مختلف می‌باشد. علاوه بر این، اتخاذ روش OWA ارزیابی جامعی همراه با پیامدهای گسترده را تضمین می‌کند که می‌تواند از استراتژی‌های مدیریتی متنوع ناشی شود (ذبیحی، علیزاده، کبیبت لنگات، کارامی، شهابی، احمد، سعید و لی، ۲۰۱۹، ص. ۱۰۰۹). همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، بر روی محور X میزان ریسک‌پذیری را نشان می‌دهد که محدوده‌ای از احتیاط شدید (ریسک کم) تا ریسک زیاد را مشخص می‌کند. باین‌حال، محور Y محدوده از عدم سازش تا حداکثر سازش را در بین معیارها نشان می‌دهد. (همان)



شکل ۱. مثلث تصمیم‌گیری برای مدل تصمیم‌گیری OWA (استمان، ۱۹۹۷)

اساساً، دو پارامتر، ANDness و ORness و TRADEOFF، برای مشخص کردن ماهیت روش OWA استفاده می‌شود، که با استفاده از معادلات زیر بدست می‌آیند (ذبیحی، علیزاده، کبیبت لنگات، کارامی، شهابی، احمد، سعید و لی، ۲۰۱۹، ص. ۱۰۰۹):

$$\text{ANDness} = (1/(n-1)) \sum ((n-i) W_{\text{order } i}) \quad (1)$$

$$\text{ORness} = 1 - \text{ANDness} \quad (2)$$

که در این معادله n تعداد کل عوامل، i مرتبه عوامل، و $W_{\text{order } i}$ وزن عامل مرتبه i می‌باشد. عملگر میانگین وزنی مرتب شده (OWA) عملیات تجميع فازی پیوسته بین اشتراک فازی (MIN یا AND) و اجتماع فازی (MAX یا OR) را ارائه می‌دهد. برای تخصیص وزن‌های سفارش از رویکرد اختلاف حداقل تا حداکثر به شرح زیر به دست می‌آید (وانگ و پارکن، ۲۰۰۵، ص. ۲۴)

^۱Zabihi, Alizadeh, Kibet Langat, Karami, Shahabi, Ahmad, Said & Lee

² Eastman

² Zabihi, Alizadeh, Kibet Langat, Karami, Shahabi, Ahmad, Said & Lee

² Wang and Parkan

$$\left\{ \frac{Max}{j \in \{1, \dots, n-1\}} | v_j - v_{j+1} | \right\} \quad \text{معادله (3)}$$

$$\alpha = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (n-j)v_j, \quad 0 \leq \alpha \leq 1, \quad \text{معادله (4)}$$

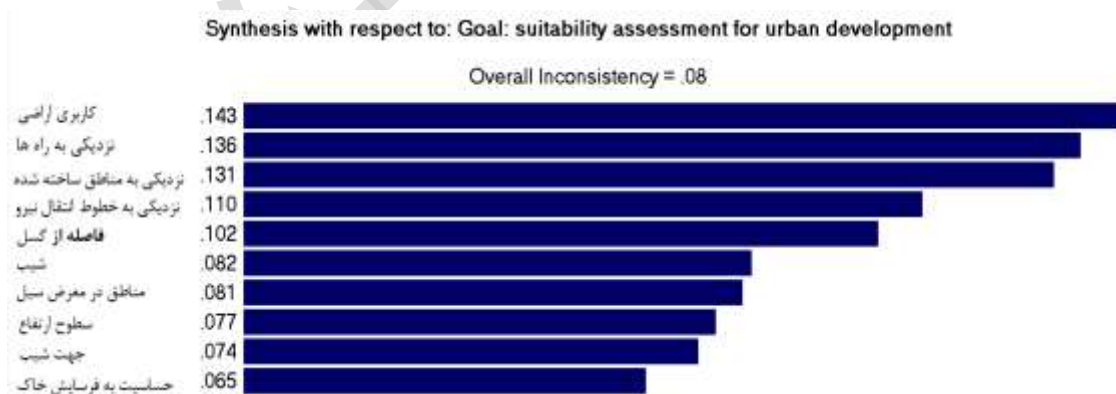
که در آن "a" درجه AND و OR را منعکس می کند. وقتی $a = 1$ ، $ANDness = 1$ می باشد و زمانی که $ORness = 0$ ؛ $a = 0$ ، و در نهایت اگر $ANDness = 0$ ، $ORness = 1$ قرار داده می شود. بر این اساس معادله زیر مقدار درجه مبادله را نشان می دهد (zabihi et al, 2019).

$$TRADEOFF = 1 - \sqrt{\frac{n(\sum W_{order\ i-1/n})^2}{n-1}} \quad \text{معادله (5)}$$

مقدار α موقعیت عملگر تجمع را در یک پیوستار بین حداکثر MIN و MAX و همچنین درجه مبادله کنترل می کند.

۴. یافته های تحقیق:

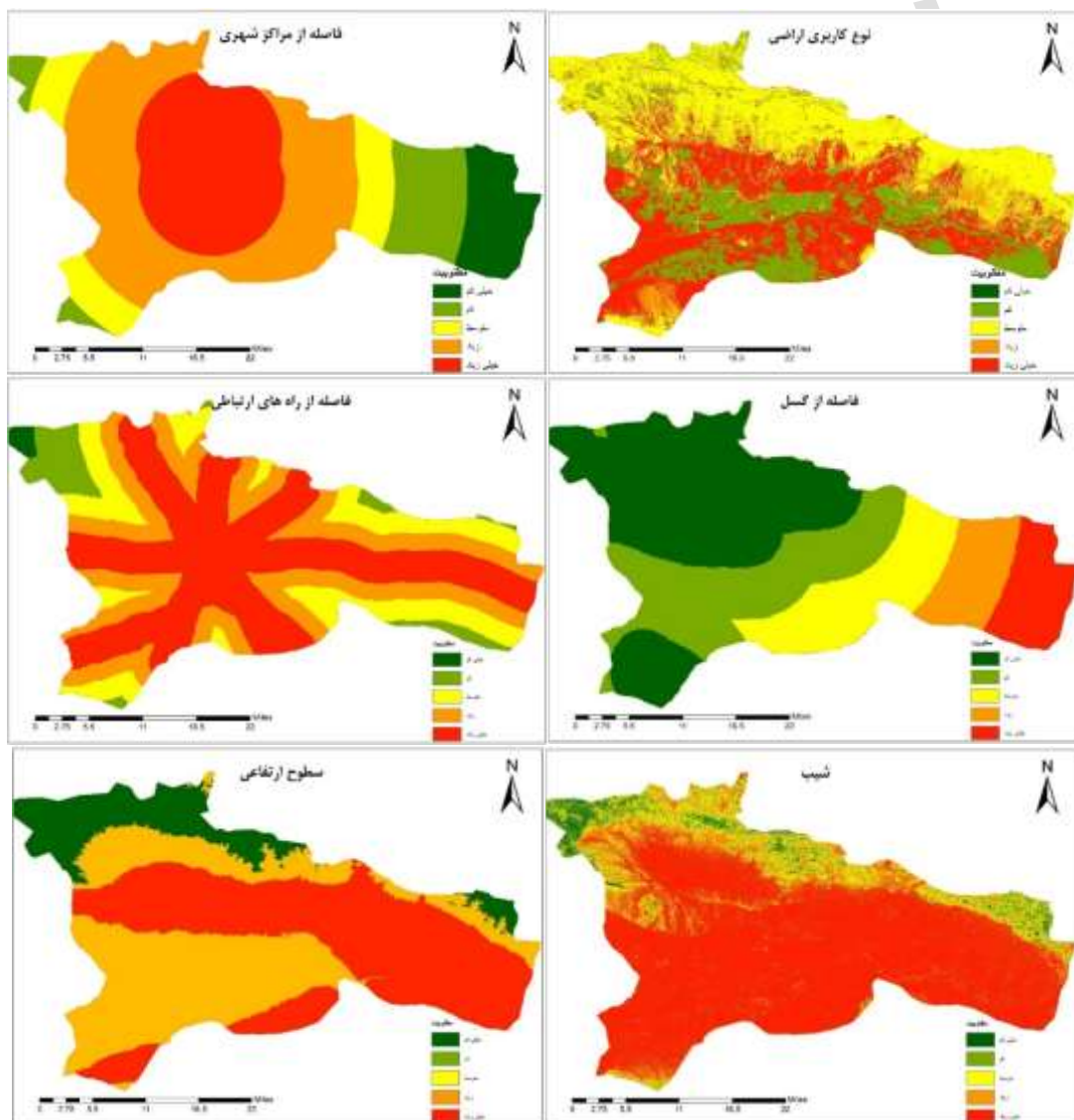
در ابتدا داده های مورد نیاز تحقیق که از ادارات و سازمان های شهری و منابع سنجش از دور تهیه گردیده است، مورد بازبینی قرار گرفت و مخصوصاً برای داده های سنجش از دور تصحیحات (اتمسفری و هندسی) مورد نیاز روی تصاویر انجام گرفت. پس از مرحله بازبینی، داده ها با توجه به روش ها و الگوریتم های بیان شده، معیارهای تحقیق استخراج گردید. برای مشخص کردن تأثیر هر یک از معیارها در تحلیل فضایی تحقیق با استفاده از روش AHP وزن هر معیار محاسبه گردید که در جدول ۲ نمایش داده شده است. ضریب ناسازگاری در روش AHP باید کمتر از ۰٫۱ باشد (Tzeng, 2002). در پژوهش حاضر ضریب ناسازگاری به دست آمده ۰٫۰۸ است که نشان دهنده قابل قبول بودن مقایسه زوجی می باشد. طبق نتایج این شکل به ترتیب معیار های نوع کاربری اراضی، نزدیکی به راه های ارتباطی و نزدیکی به مناطق ساخته شده بیشترین اهمیت را دارند.

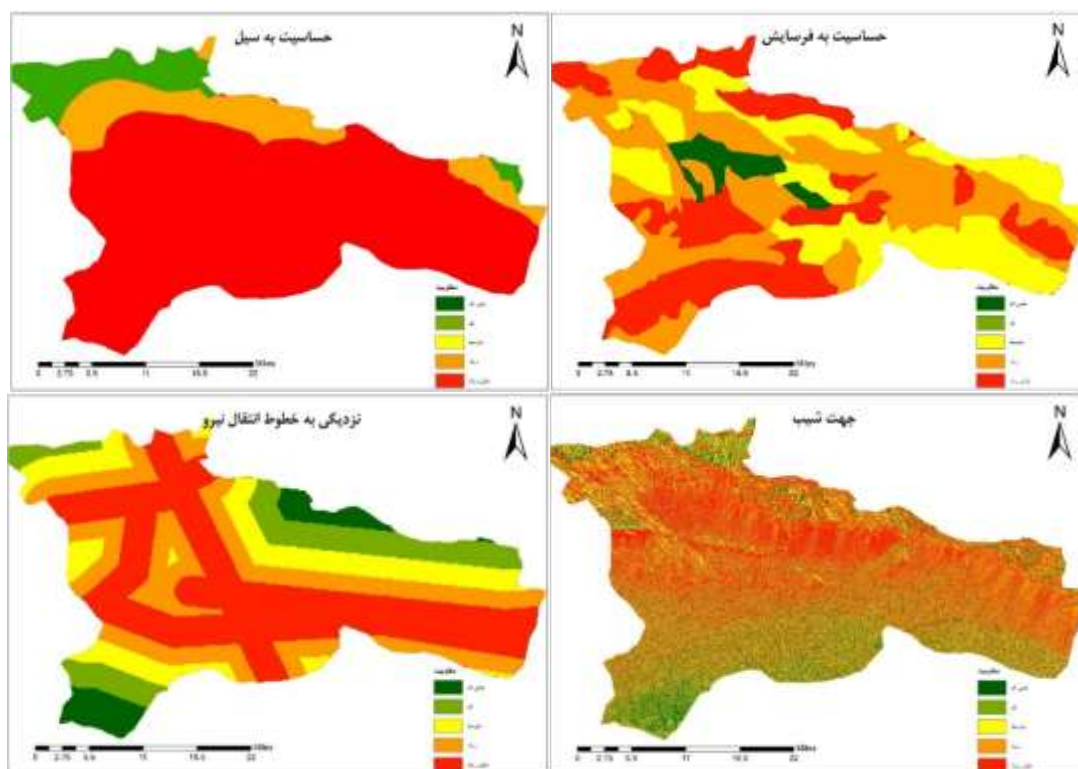


شکل ۴. وزن معیارهای تحقیق بر اساس روش AHP

در ادامه با استفاده از توابع عضویت دهی فازی مناسب برای هر معیار در نرم افزار Arc GIS 10-8 نقشه های وضعیت شاخص های تحقیق به دست آمد. سپس با استفاده از روش نقطه شکست نقشه های معیارها در یک طبقه بندی پنج کلاسه از تناسب خیلی کمک تا تناسب خیلی زیاد مشخص گردید. شکل 5 نقشه طبقه بندی شده معیارهای تحقیق را نشان

می‌دهد. در شکل ۵ برای نشان دادن مطلوبیت از طیف رنگی سبز به عنوان بالاترین و رنگ قرمز به عنوان پایین ترین درجه مطلوبیت استفاده گردید. با توجه به اینکه به ترتیب سه عامل معیار های نوع کاربری اراضی، نزدیکی به راههای ارتباطی و نزدیکی به مناطق ساخته شده بیشترین وزن و اهمیت را در این تحقیق دارند به تحلیل آنها پرداخته شده است. در معیار کاربری اراضی مناطق مرکزی و جنوبی طیف مطلوبیت بالایی دارند که دلیل این امر وجود زمین هایی با پوشش گیاهی ضعیف و عدم وجود زمین های کشاورزی می باشد. در ارتباط با معیار نزدیکی به راه ها قسمت های مرکزی که به صورت یک چهار راه قرار گرفته است بهترین مطلوبیت را دارد. طیف مطلوبیت بالا هم برای معیار نزدیکی به مناطق ساخته شده، با توجه به اینکه شهر سبزوار در مرکز شهرستان قرار گرفته است در قسمت های مرکزی می باشد.





شکل ۵. شاخص‌های فازی شده تحقیق
منبع: (تحقیقات نگارندگان)

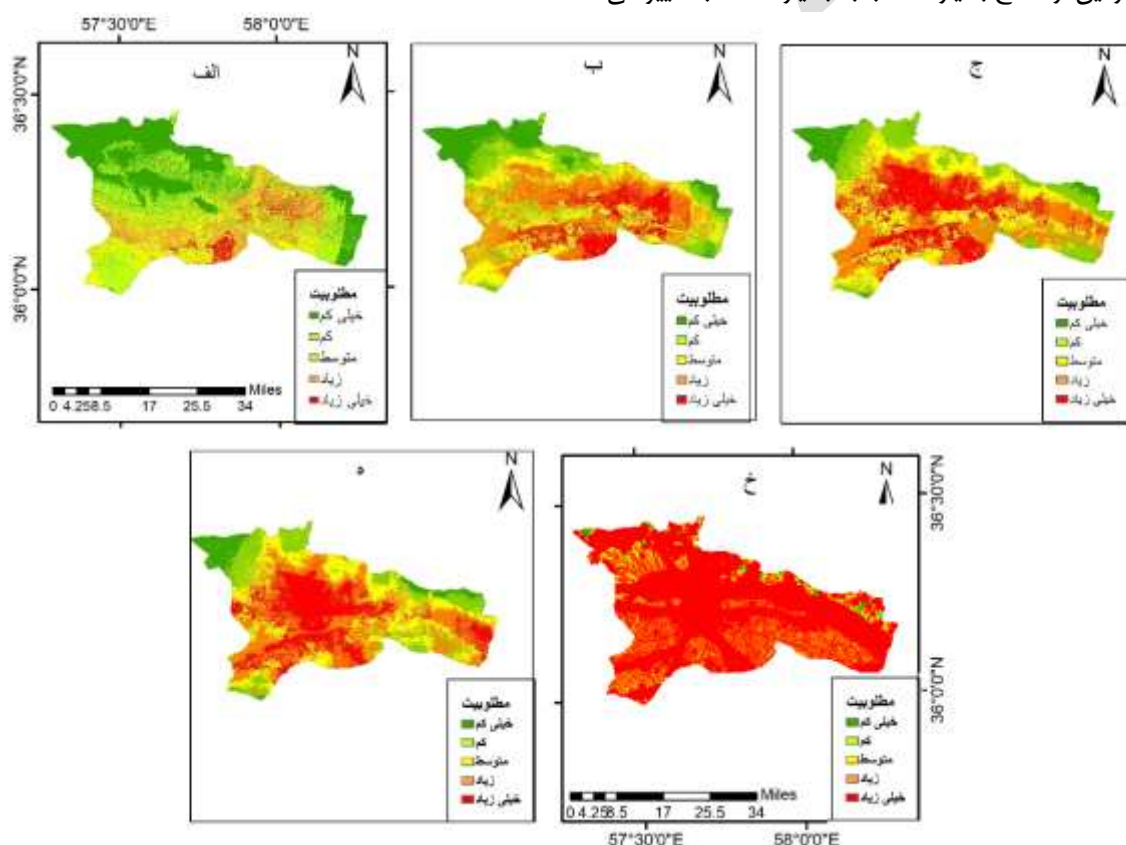
شکل ۴ و جداول ۳ وزن معیارها و وزن‌های سفارش شده را برای رویکرد OWA که با استفاده از AHP به دست آمده است را نشان می‌دهد. با توجه به مقدار α ، یعنی ضریب ترجیح تصمیم، در این مطالعه از مقادیر چندانکه یعنی ۰،۰۰۰۱، ۰،۰۰۱، ۰،۰۱، ۰،۱، ۱، ۲، ۵، ۱۰۰۰۰، که ۵ اولویت تصمیم‌گیری معمولی را پوشش می‌دهد استفاده شده است. سناریوها از بسیار خوش بینانه تا بسیار بدبینانه استفاده گردید. جدول ۳ وزن سفارشی معیارها را نشان می‌دهد. در درجه ریسک AND معیاری که کمترین اهمیت و وزن را دارد وزن یک (بیشترین وزن) داده می‌شود و بقیه معیارها صفر می‌باشد. در این حالت درصد ریسک در پایین‌ترین حالت وجود دارد. ولی در درجه ریسک OR معیاری که بیشترین اهمیت و وزن را داشته است بیشترین وزن را گرفته است و بالاترین درجه ریسک را پذیرفته است. در حالت WCL سطح تصمیم‌گیری متوسط می‌باشد و به معیارها وزن یکسانی داده شده است. در حالت MIDAND درجه ریسک تعدیل شده حالت AND می‌باشد و حالت MIDOR تعدیل شده درجه ریسک OR می‌باشد

جدول ۳. وزن‌های مرتب شده معیارهای تحقیق بر اساس روش OWA

درجه ریسک	$a=0.0001$ OR	$a=0.1$ MIDOR	$a=1$ WCL	$a=2$ MIDAND	$a=1000$ AND
اوزان ترتیبی					
۱	۱	۰,۷۷۳۴	۰,۱۲۵	۰,۰۲۹۶	۰
۲	۰	۰,۰۵۷۵	۰,۱۲۵	۰,۰۵۱۴	۰
۳	۰	۰,۰۳۸۴	۰,۱۲۵	۰,۰۶۵۱	۰

۴	۰	۰,۰۲۹۱	۰,۱۲۵	۰,۰۷۶۹	۰
۵	۰	۰,۰۲۷۱	۰,۱۲۵	۰,۰۹۵۷	۰
۶	۰	۰,۰۱۸۷	۰,۱۲۵	۰,۱۰۷۶	۰
۷	۰	۰,۰۱۷۴	۰,۱۲۵	۰,۱۲۲۴	۰
۸	۰	۰,۰۱۹۶	۰,۱۲۵	۰,۱۳۴۳	۰
۹	۰	۰,۰۰۹۸	۰,۱۲۵	۰,۱۴۸۱	۰
۱۰	۰	۰,۰۰۹	۰,۱۲۵	۰,۱۶۸۹	۱

شکل ۶ نقشه‌های تناسب کاربری زمین برای توسعه شهری در شهرستان سبزوار را نشان می‌دهد که با استفاده از رویکرد OWA به دست آمده است. نتایج ارزیابی تناسب کاربری زمین به دست آمده با استفاده از ضرایب ترجیح تصمیم متفاوت α به طور قابل توجهی متفاوت است. با افزایش ضریب ترجیح تصمیم گیری α از ۰/۰۰۰۱ به ۱۰۰۰ ترجیحات تصمیم گیرندگان به تدریج از خوش بینانه ترین نظر به بدبینانه ترین نظر تغییر می‌کند. به همین ترتیب، همه سطوح تناسب کاربری زمین از سطح بسیار مناسب به بسیار نامناسب تغییر می‌کند.



شکل ۶ نقشه‌های تناسب کاربری زمین در سناریوهای متفاوت برای توسعه شهری؛ شکل (الف) حالت بسیار بدبینانه (درجه ریسک پذیری صفر)؛ شکل (ب) حالت بدبینانه (درجه ریسک‌پذیری ۰,۲۵)؛ شکل (ج) حالت خنثی یا بی‌طرف درجه ریسک‌پذیری ۰,۵)؛ شکل (د) خوشبینانه (درجه ریسک‌پذیری ۰,۷۵)؛ و شکل (ه) حالت بسیار خوشبینانه (درجه ریسک‌پذیری ۱). مأخذ: پژوهش‌های نویسندگان.

در شکل ۶ جهت تحلیل بصری بهتر جهت نمایش طیف مطلوبیت از رنگ قرمز به عنوان بالا ترین مطلوبیت و رنگ سبز به عنوان کمترین مطلوبیت استفاده گردید. نتیجه کلی این شکل در هر ۵ حالت (درجه ریسک پذیری) نشان می دهد که مناطق مرکزی و غربی شهرستان سبزوار بیشترین مطلوبیت را جهت توسعه فیزیکی دارد. در ادامه هریک از حالت های ریسک پذیری با ارائه توصیف وضعیت و ذکر مساحت و درصد اشغال فضا تحلیل شده است؛

در سناریوی بدون ریسک ($\alpha = 1$)، تصمیم گیرندگان هیچ ترجیحی برای یا علیه توسعه شهری (بی طرف ماندن) ندارند، که منجر به یک مبادله جامع بین توسعه اقتصادی، گسترش شهری و حفاظت از محیط زیست می شود. بنابراین، نقشه تناسب حاصل شکل ۵ (ج) در واقع همان نقشه ای است که با استفاده از روش AHP به دست آمده است، زیرا وزن های تجمع فقط مستقیماً به وزن های معیار بستگی دارند. در این سناریو مناطق بسیار مناسب با مساحت تقریبی $35324(15)$ درصد از کل مساحت) هکتار عمدتاً در قسمت های مرکزی و جنوبی و مسیر بزرگراه سبزوار به نیشابور واقع شده است. بیشتر این مناطق دارای ارتفاع کم، شیب ملایم و زمین هموار و دسترسی مناسب به خطوط ارتباطی و انتقال نیرو قرار گرفته اند. مناطق بسیار نامناسب 42156 هکتار (۱۷ درصد از کل مساحت) را پوشش می دهد. بدیهی است که بیشتر مناطق در شهرستان سبزوار مخصوصاً در نیمه شمالی به خاطر شیب زیاد و کوهستانی بودن برای ساخت و ساز مناسب نبوده است. در خوش بینانه ترین سناریو $a = 0.0001$ سطوح بسیار مناسب (121429 هکتار) و بسیار نامناسب 4723 هکتار از ارزیابی تناسب کاربری زمین برای توسعه شهری در شهرستان سبزوار به دست آمد. شکل ۵ (خ) که نشان دهنده مناسب بودن قسمت های زیادی از منطقه برای ساخت و ساز شهری است. این تصمیم معادل عملیات OR تصمیم بولین است؛ زیرا در هر واحد ارزیابی، فقط به عاملی که بیشترین امتیاز مناسب را دارد، وزن مرتبه ۱ اختصاص داده می شود، در حالی که به بقیه، وزن سفارشی صفر اختصاص داده می شود.

در بدبینانه ترین سناریو ($\alpha = 1000$)، مناطق بسیار نامناسب 107067 هکتار را پوشش می دهند که تقریباً 50 درصد از کل مساحت را تشکیل می دهند (شکل ۵ الف). این سناریو معادل عملیات AND تصمیم بولین است. در این سناریو، بدبینانه ترین ترجیح عوامل تناسب باعث می شود که تقریباً بیشتر منطقه برای ساخت و ساز شهری نامناسب و بسیار نامناسب باشد، یعنی تصمیم گیرندگان بیشترین ترجیح را برای حفاظت از محیط زیست و مصارف غیر شهری دارند. بر خلاف دو سناریوی افراطی قبلی، سناریوهای $\alpha = 0$ و $\alpha = 2$ به ترتیب منجر به یک نقشه تناسب بدبینانه شکل ۴ (ب) و یک نقشه تناسب خوش بینانه ۵ (ه) می شوند. در اولی، مناطق بسیار مناسب 25127 هکتار (۱۱ درصد از کل مساحت) و در دومی، مناطق بسیار مناسب 53124 هکتار (۲۲ درصد از کل مساحت) را شامل می شود.

جدول ۴. مقایسه کمی سطوح تناسب سناریو های پنج گانه اراضی مناسب توسعه شهری (هکتار)

درجه مطلوبیت سناریو	خیلی مناسب	مناسب	متوسط	نامناسب	خیلی نامناسب
الف	690	12561	43343	74944	107067
ب	25127	18321	54780	61202	65119
ج	35324	41900	65667	56631	42156
ه	53125	70525	40955	31598	16547
خ	121429	92351	30861	11243	4723

جدول ۴ مقایسه کمی سطوح تناسب سناریو های پنج گانه اراضی مناسب توسعه شهری در شهرستان سبزوار ارائه می دهد. برای این تقسیم بندی از روش شکست طبیعی^۸ استفاده گردید. به طور خلاصه، با توجه به ضرایب ترجیح تصمیم متفاوت از ۰ تا بی نهایت (از ۰,۰۰۰۱ تا ۱۰۰۰ در این مطالعه)، درجه مطلوبیت اراضی برای توسعه شهری سبزوار مشخص گردید. تنوع در سناریو های پیشنهادی نشان دهنده تمایل توزیع فضایی ارزیابی تناسب کاربری زمین برای توسعه شهری از اولویت تصمیم گیری گسترش شهری به سایر اولویت های محیطی می باشد. نقشه های حاصل از دو سناریو الف و خ در شکل ۵ شدیدترین سناریو و تا حدودی غیر عملی به نظر می رسند، اگرچه آنها به وضوح تأثیر ترجیحات شدید تصمیم گیرندگان را بر ارزیابی مناسب بودن منعکس می کنند. به استثنای این سناریو های افراطی، سه سناریو دیگر ممکن است مقادیر مرجع قابل توجهی برای تدوین سیاست های توسعه شهری ارائه دهند.

تحلیل جهت گیری خط مشی توسعه شهری از طریق مقایسه سناریو های پنج گانه فوق، سه سناریو با ریسک تصمیم گیری کم تا متوسط $\alpha = 2$ ، $\alpha = 1$ و $\alpha = 0.1$ به عنوان جایگزین برای سیاست های توسعه شهری انتخاب شدند. به این دلیل است که تصمیم گیرندگان عموماً سیاست های با ریسک کمتر را ترجیح می دهند و از نوسان شدید سیاست های جایگزین اجتناب می کنند. در نهایت، سناریوی $\alpha = 2$ را جهت گیری سیاست گسترش شهری در نظر گرفته می شود. زیرا بیشتر به نفع شاخص های محیط زیستی می باشد. همانطور که در شکل ۵ (ب) نشان داده شده است. در مقابل، سناریوی $\alpha = 0.1$ به حفاظت از شاخص های محیط زیست اهمیت کمتری نسبت به گسترش شهری می دهد، بنابراین این سناریو را عنوان جهت گیری با اولویت پایین تر در نظر گرفته می شود. سناریوی $\alpha = 1$ تعادل بین این دو مدل را فراهم می کند، و بنابراین، جهت گیری سیاست تعادل نامیده می شود، که در واقع یک مبادله بین شهرنشینی موجود، حفاظت از محیط زیست، و سایر الزامات است.

۵. بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش یک روش جدید برای تجزیه و تحلیل مناسب بودن کاربری زمین برای توسعه شهری ایجاد گردید. روش های مرسوم مورد استفاده جهت ارزیابی اراضی مناسب توسعه شهری در سطح کشور بیشتر روش وزن دهی با مدل AHP و تحلیل فضایی با مدل WLC (روش فازی گاما و سیستم استنتاج فازی) می باشد. که در این روش تنها به وزن معیار ها

توجه می شود و از درجه ریسک پذیری و ریسک گریزی استفاده نمی شود و نمی توان با این روش ها سناریوی متفاوت برای تصمیم گیری های آینده در نظر گرفت. اما روش OWA به همراه روش های وزن دهی متداول (AHP و ANP) و روش های جدید وزن دهی (LSP) می تواند نتایج بهتری برای بهبود تصمیم گیری های آینده در دسترس قرار دهد به صورتی که باتوجه به شرایط داخلی و خارجی یک سازمان یا فضای جغرافیایی و سناریو های دست آمده تصمیم های اجرایی اتخاذ گردد.

روش مورد استفاده در پژوهش حاضر فرصتی برای مقایسه مجموعه کاملی از نقشه های تناسب مختلف برای مجموعه ای از سناریو های تصمیم گیری که توسط ضریب ترجیح تصمیم α کنترل می شوند، فراهم کرد. در نتیجه برای یک توسعه شهری بالقوه (آینده) در یک محدوده جغرافیایی، ترجیحات و امکانات بیشتری برای استفاده از زمین وجود خواهد داشت. با مقایسه سناریو های مختلف، تصمیم گیرندگان می توانند ترجیحات و جهت گیری های توسعه شهری یا محیط زیستی را برای برنامه های توسعه شهری انتخاب کنند. بنابراین، نتیجه می گیریم که رویکرد OWA نتایج دقیق تر و سناریو های تصمیم گیری جایگزین بیشتری را ارائه می دهد، که برای تصمیم گیری های عملی مفید هستند.

بر اساس نقشه های تناسب، تجزیه و تحلیل بیشتر جهت گیری های سیاست، جایگزین های مرزی بالقوه محکمی را برای توسعه شهری با مقیاس های منطقه ای مناسب و طرح بندی های فضایی برای اولویت های سیاست جایگزین فراهم می کند. شکل ۵ طرح بندی های فضایی مختلف مناطق مناسب (مانند مناطق بسیار مناسب، مناسب و نسبتاً مناسب) را برای توسعه شهری تحت پنج جهت گیری توسعه شهری یا محیط زیستی در شهرستان سبزوار را نشان می دهد. باتوجه به شرایط توسعه شهری در منطقه مورد مطالعه در دهه های اخیر که به صورت کاهشی بوده است و پیش بینی می شود که در سال های آتی نیز توسعه شهری زیاد نخواهد بود و اینکه در سناریو های مختلف حاصل از پژوهش اراضی مناسب توسعه شهری کافی خواهد بود سناریو نزدیک AND که در شکل ۵ ب نمایش داده شده است و ضریب ترجیح $a=2$ را دارا می باشد به عنوان سناریو انتخابی پژوهش به تصمیم گیرندگان پیشنهاد می گردد. سناریو پیشنهادی متمایل به حفاظت از محیط زیست می باشد. این سناریو نشان می دهد که توسعه شهری بهتر است که در اراضی شرق شهر سبزوار در راستای بزرگراه امام رضا (جاده مواصلاتی سبزوار به نیشابور) و جنوب سبزوار محور مواصلاتی سبزوار به بردسکن ایجاد گردد از فواید این اراضی می توان به موارد همچون نزدیکی به راه های ارتباطی، نزدیکی به خطوط انتقال نیرو، شیب مناسب، سطوحی ارتفاعی متوسط و فاصله از خطوط گسل اشاره نمود.

منابع

۱. جهاد دانشگاهی مشهد (۱۳۸۹)، مطالعات آمایش استان خراسان رضوی، مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۲. سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان خراسان رضوی (۱۳۹۹)، اسناد توسعه شهرستان های استان خراسان رضوی، قابل دسترس از : <https://khrzavi.mporg.ir>.
۳. وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب ایران، شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی (۱۳۸۸) مهندسین مشاور سازه آب شرق، مشهد.

1. Bagheri, M., Sulaiman, W. N. A., & Vaghefi, N. (2012). Land use suitability analysis using multi criteria decision analysis method for coastal management and planning: A case study of Malaysia. *Journal of Environmental Science and Technology*, 5(5), 364-372.
2. Bamrungkhul, S., & Tanaka, T. (2022). The assessment of land suitability for urban development in the anticipated rapid urbanization area from the Belt and Road Initiative: A case study of Nong Khai City, Thailand. *Sustainable Cities and Society*, 103988.
3. Eastman, J. R. (1997). Idrisi for Windows, version 2.0: tutorial exercises. *Graduate School of Geography, Clark University, Worcester, MA*.
4. Eastman, J.R. IDRISI for Windows, Version 2.0: Tutorial Exercises Graduate School of Geography; Clark University: Worcester, MA, USA, 2001.
5. Flores-Sosa, M., Avilés-Ochoa, E., Merigó, J. M., & Yager, R. R. (2021). Volatility GARCH models with the ordered weighted average (OWA) operators. *Information Sciences*, 565, 46-61.
6. Ghasemkhani, N., Vayghan, S.S., Abdollahi, A., Pradhan, B., Alamri, A., (2020). Urban Development Modeling Using Integrated Fuzzy Systems. Ordered Weighted Averaging (OWA), and Geospatial Techniques. *Sustainability* 12 (3). <https://doi.org/10.3390/su12030809>
7. Gurram, M. K. (2016). Urban environmental quality assessment at ward level using AHP based GIS multi-criteria modeling—a study on hyderabad city, India. *Asian Journal of Geoinformatics*, 15(3).
8. He, C., Han, Q., de Vries, B., Wang, X., Guochao, Z., (2017). Evaluation of sustainable land management in urban area: A case study of Shanghai, China. *Ecol. Indic.* 80, 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.008>.
9. Huang, H., Li, Q., Zhang, Y., (2019). Urban Residential Land Suitability Analysis Combining Remote Sensing and Social Sensing Data: A Case Study in Beijing, China. *Sustainability* 11 (8). <https://doi.org/10.3390/su11082255>.
10. Jafari, S., Zaredar, N., 2010. Land suitability analysis using multi attribute decision making approach. *Environmental Science and Development*. 1 (5), 441–445.
11. Jankowski, P., & Richard, L. (1994). Integration of GIS-based suitability analysis and multicriteria evaluation in a spatial decision support system for route selection. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 21(3), 323-340.
12. Jiang, H., & Eastman, J. R. (2000). Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 14(2), 173-184.
13. Khan, J. A., & Alnuweiri, H. M. (2004). A fuzzy constraint-based routing algorithm for traffic engineering. In *IEEE Global Telecommunications Conference, 2004. GLOBECOM'04*. (Vol. 3, pp. 1366-1372). IEEE.
14. Khan, M. J., Kumam, P., Kumam, W., & Al-Kenani, A. N. (2021). Picture Fuzzy Soft Robust VIKOR Method and its Applications in Decision-Making. *Fuzzy Information and Engineering*, 13(3), 296-322.

15. Liu, R., Zhang, K., Zhang, Z., & Borthwick, A. G. (2014). Land-use suitability analysis for urban development in Beijing. *Journal of environmental management*, 145, 170-179.
16. Luan, C., Liu, R., & Peng, S. (2021). Land-use suitability assessment for urban development using a GIS-based soft computing approach: A case study of Ili Valley, China. *Ecological Indicators*, 123, 107333.
17. Malczewski, J. Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multi-criteria evaluation for land-use suitability analysis. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 2006, 8, 270–277.
18. Malczewski, J., (2006). Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multi-criteria evaluation for land-use suitability analysis. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 8 (4), 270–277. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2006.01.003>.
19. Montgomery, B., & Dragićević, S. (2016). Comparison of GIS-based Logic Scoring of preference and multicriteria evaluation methods: urban land use suitability. *Geographical analysis*, 48(4), 427-447.
20. Tzeng, G.H., M.H., Teng. 2002. Multicriteria selection for a restaurant location in Taipei, *Hospitality Management* 21 171–187.
21. Ramya, S., Devadas, V., (2019). Integration of GIS, AHP and TOPSIS in evaluating suitable locations for industrial development: A case of Tehri Garhwal district, Uttarakhand, India. *J. Clean Prod.* 238 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117872>.
22. Saaty, T. L. (2004). Decision making—the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). *Journal of systems science and systems engineering*, 13(1), 1-35.
23. Tao, L., Cai, C.X., Liu, M., et al., (2007). Ecological suitability evaluation method for urban land—taking Pingxiang City of Jiangxi Province as an example. *Geogr. Res.* 4, 782–788
24. Wang, H., Qin, F., Xu, C., Li, B., Guo, L., & Wang, Z. (2021). Evaluating the suitability of urban development land with a Geodetector. *Ecological Indicators*, 123, 107339.
25. Wang, Q., Liu, S., & Xiong, G. (2015). Multiple attribute group decision making method based on OWA operator and grey incidence analysis. *Grey systems: theory and application*.
26. Wang, Y.-M. and C. Parkan (2005). "A minimax disparity approach for obtaining OWA operator weights." *Information Sciences* 175(1): 20-29.
27. Yin, H.W., Zhang, L.L., Kong, F.H, 2013. Suitability evaluation of construction and land use in Jinan based on analytic hierarchy process and sliding window method. *Resour. Sci.* 3, 530–535
28. Zabihi, H., Alizadeh, M., Kibet Langat, P., Karami, M., Shahabi, H., Ahmad, A., Mohamad Nor S., & Lee, S. (2019). GIS Multi-Criteria Analysis by Ordered Weighted Averaging (OWA): toward an integrated citrus management strategy. *Sustainability*, 11(4), 1009.