

شناسایی پایداری زیست محیطی در نواحی شهری با استفاده از فن تصمیم گیری چند معیاره تخصیص خطی و تکنیک دلفی با تاکید بر ارزیابی حساسیت وقوع سیل (مطالعه موردی شهر بابک)

احمد منگلی میدوک

دانشجوی دکتری گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان ایران،

mangeli.ahmad@gmail.com

دکتر محمد ابراهیم عقیفی

afifi.ebrahim6353@gmail.com

استادیار گروه جغرافیا، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران (نویسنده مسئول)

دکتر علی وختشوری

ali.vakhsoori@yahoo.com,

استادیار گروه جغرافیا، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران

چکیده

در این پژوهش ابتدا از طریق مطالعه مبانی نظری پژوهش اقدام به شناسایی معیارها و زیرمعیارهای که در جهت پایداری زیست محیطی موثر است شد. پس از پایان مراحل دلفی، معیارهای منابع و خدمات محیط، سلامت محیط و انرژی به عنوان مهمترین معیارهای ارزیابی پایداری زیست محیطی در شهر بابک انتخاب گردیدند، که در معیار مربوط به منابع و خدمات محیط؛ زیر معیار رضایت از کیفیت آب آشامیدنی (0 / 678)، و در معیار مربوط به نتایج حاصل از پیاده سازی مدل تخصیص خطی نشان داد که بخش شمالی شهر در رتبه اول، بخش جنوبی در رتبه دوم، بخش غربی در رتبه سوم و بخش مرکزی در رتبه چهارم قرار گرفته است. برای ریز پهنه بندی خطر سیلاب از عوامل (ارتفاع از سطح دریا، کاربری اراضی، انحنای طولی شیب، انحنای عرضی شیب، شیب، جهت شیب، زمین شناسی، فاصله از جاده و شدت تابش خورشید) استفاده شده است و سپس با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان (svm) به پیش بینی مناطق دارای خطر سیلاب پرداخته شد که با توجه به نتایج تحقیق، نواحی جنوبی شهر بابک دارای پتانسیل سیل خیزی بیشتری می باشد که عامل کاربری اراضی بیشترین تاثیر را در وقوع سیل منطقه مطالعاتی داشته است و همچنین بیشتر سیلاب ها در جاهایی که دامنه ها به محل اتصال آبراهه ها نزدیک می گردد اتفاق می افتد. شاید دلیل این امر حرکت آبهای زیر سطحی از طرف آبراهه ها به سمت دامنه های اطراف و ایجاد یک جبهه رطوبتی و کاهش مقاومت خاک در این ناحیه باشد که وقوع سیل با عمق کمتر را فراهم آورده است.

کلمات کلیدی: پایداری زیست محیطی، ارزیابی، فن تصمیم گیری تخصیص خطی، شهر بابک

مقدمه

شهر سیستمی است در نهایت پیچیدگی که به واسطه شرایط اجتماعی، اقتصادی، محیطی، ارتباطات و فرآیندها شکل یافته است (Fargkou, 2009). شهرنشینی هم به عنوان دومین انقلاب در فرهنگ انسان، باعث دگرگونی در روابط متقابل انسان ها با یکدیگر شده، با افزایش جمعیت شهرنشین، بهره برداری از محیط تشدید می گردد. در چند دهه گذشته رشد شتابان شهرنشینی و گسترش فعالیت های صنعتی، زیرساخت های شهری را کاهش و ضایعات زیست محیطی را افزایش داده است و شهرها به طور فزاینده ای در معرض بحران های ناگوار به ویژه در کشورهای در حال توسعه هستند. فقر، تخریب محیط زیست، فقدان خدمات شهری، نزول زیربناهای موجود، فقدان دسترسی به زمین و سرپناه مناسب، از جمله بحران های مربوط به این موضوع هستند (سرای و همکاران، 1389).

امروزه در بسیاری از شهرهای جهان مسائل ضروری و اساسی مانند ترافیک و تراکم زمین، ساختمانهای متروک و بایر، مشکلات مواد زاید، تغییر کاربری زمین، آلودگی آب و بسیاری از موضوعات زیست محیطی دیگر موضع پایداری شهرها را مطرح می کنند. بنابراین، با توجه به مسائل و مشکلاتی که شهرها امروزه با آن گریبانگیر هستند باید به ابعاد و اصول توسعه پایدار شهری توجه نمود و برای رسیدن به توسعه پایدار انسانی، شهر پایدار و پایداری شهری باید خصوصاتی که یک شهر سالم لازم است داشته باشد مد نظر قرار داد. با شناخت دقیق عوامل ایجاد کننده ناتوازی ها، می توان سیاست ها و برنامه های را برای رفع مشکلات زیست محیطی شهری و در نهایت، ابعاد و اصول توسعه پایدار شهری را تدوین کرد. این امر می تواند از طریق پژوهش و تحقیقات علمی مختلف و احیاء زیست محیطی شهری منطقه مورد بررسی، ایفاء نماید. در حال حاضر انسان با چالش بی سابقه ای در زمینه های زیست محیطی مواجه شده است. توافق گسترد های در مورد این موضوع بین صاحب نظران زیست محیطی وجود دارد که اکوسیستم کره زمین دیگر نمی تواند سطوح کنونی فعالیت های اقتصادی و مصرفی و روند رو به رشد آن را تحمل کند و دیگر قادر به پایداری نیست، زیرا فشارها و بار وارده بر طبیعت دو برابر شده است (حسین زاده دلیر و همکاران، 1386).

شهر بابک یکی از شهرهای مهم استان کرمان و کشور می باشد. وجود معادن عظیم مس و فیروزه، سرب، روی، سیلیس، نمک طعام، کارخانجات ذوب مس، کارخانجات متعدد سنگبری، لزوم توجه به اثرات زیست محیطی ناشی از این صنایع امری ضروریست تا به ارائه چارچوب و روشی مناسب و جامع جهت انتخاب شاخصها و سنجش و ارزیابی میزان پایداری زیست محیطی در نواحی مختلف شهر بابک کرمان پرداخته میشود. در شهر بابک کرمان با توجه به خشکسالیهای اخیر و فقیر شدن پوشش گیاهی و فعالیتهای فیزیکی احداث سیل بند غیر استاندارد و تغییر مسیر طبیعی آب و سنگ لاخ بودن حوضه بالادست و شیب نسبتاً تند و طولانی بودن مسیر بالا دست، بند آوردن مسیر رودخانه ها و یا کلاً انحراف در مسیر رودخانه و در نهایت کور شدن و ساخت و ساز مسکونی و اداری، تجاری و تبدیل به باغات کشاورزی و عدم رعایت اصول شهرسازی و تبدیل ساماندهی فضای شهری و عدم رعایت احداث فنی خیابان ها و یا کوچه ها و عدم شیب استاندارد شهری نادیده گرفته شد شیب طبیعی از 1/5 تا 2 درصد شروع و در بعضی نقاط صفر و حتی

بعضی از جاها به علت عدم رعایت اصول فنی مهندسی و زیرساخت های شهری شامل خیابان کشی و خاک ریزی اضافی حرکت منفی به چشم می خورد . با یک بارندگی ملایم کمتر از 50 تا 70 میلی متر در 2 الی 3 روز شاید مشکلی ایجاد نشود روان اب ها مسیر عادی را طی کنند و خسارتی به بار نیاورد و در غیر این صورت در 24 ساعت یک بارندگی 100 تا 120 میلیمتری مثل بعضی از جاهای کشور شاهد باشیم خسارات جانی و مالی زیادی به بار خواهد آمد حدودا شش الی هفت هزار خانه مسکونی، اداری و تجاری زیر آب و گل و لای تخریب و نابود خواهد شد و خسارات غیرقابل جبران خواهد بود و نمونه ی بارز دانشگاه آزاد اسلامی شهربابک و یا شهرک امام خمینی (ره) در وسط رودخانه احداث شده در حالی که دهنه های چندین پل با ارتفاع دو متری در راستای دانشگاه و شهرک امام خمینی (ره) چشم هر بیننده ای را خیره و باعث تعجب می باشد. نمی دانم بی توجهی مسئولین و بی مدیریتی یا دستهایی در کار بوده آثار طبیعی که این خلاف صورت گرفته مثل روز روشن و واضح است و نیاز دوربین ها دیجیتالی نبوده حتی زمین از نظر ژئوفیزیکی و ژئوتکنیکی جواب برای احداث هیچ ساختمان سازی نمی دهد شاید ماسه بادی های زیادی به ارتفاع یک تا چند متر به چشم می خورد از این موارد در شهرستان به وفور مشاهده می شود علاج واقعه را قبل از وقوع باید کرد و اتفاقات غیرمنتظره ای به شهرستان خواهد افتاد چه دور چه نزدیک رخ خواهد... داد تدابیری بایندیشید. جلوی کمی از خسارات با روش هم اندیشی و برنامه ریزی شهری و مدیریت شهری این روند غیراصولی و غیرکارشناسی شده گرفته شود.

پیشینه تحقیق

با توجه به رشد سریع شهرنشینی و نیاز گسترده برای اشغال فضا و توسعه جوامع شهری ، برنامه ریزان به این مهم توجه نشان داده اند . در سطح جهان و کشور ایران تحقیقات گسترده ای در زمینه توسعه شهری انجام شده است که مهمترین تحقیقات صورت گرفته در داخل و خارج کشور به شرح زیر می باشد :

اقلامی و همکاران (1397) در پژوهش خود به بررسی سنجش میزان پایداری زیست محیطی پروژه های بزرگ مقیاس شهر همدان پرداختند که نتایج به دست آمده نشان دهنده این است که از میان پروژه های بزرگ مقیاس شهر همدان ، پروژه شهرسازی رنگین کمان توانسته است در اکثر شاخص های پایداری محیط زیستی بیشترین میانگین را به خود اختصاص دهد و در مقابل پروژه برج جهان نما پایین ترین میانگین را داشته است . فیروزی و همکاران (1396) به بررسی و ارزیابی شاخص های پایداری زیست محیطی با تاکید بر آلودگی هوا و آلاینده های صنعتی کلانشهر اهواز پرداختند یافته های تحقیق، بیانگر آن است که شهر اهواز ، بر اساس شاخص آلودگی هوا، در شرایط زیست محیطی ناپایداری قرار دارد ، به طوری که منطقه یک با ضریب اثر $0 / 326$ ، بالاترین ارزش وزنی و منطقه دو، با وزن $0 / 330$ ، دارای کم ترین میزان آلودگی نسبت به سایر مناطق است . همچنین زیر شاخص طوفان های گرد و غبار هم به صورت کلی مناطق شهر، اهواز ، را ، تحت تأثیر قرار می دهد . ارزیابی حاصل از آلودگی صنعتی نیز نشان می دهد که منطقه هشت شهری بالاترین میزان آلودگی را با ضریب اثر $0 / 331$ را دارد و منطقه یک با ضریب اثر $0 / 240$ ، کم

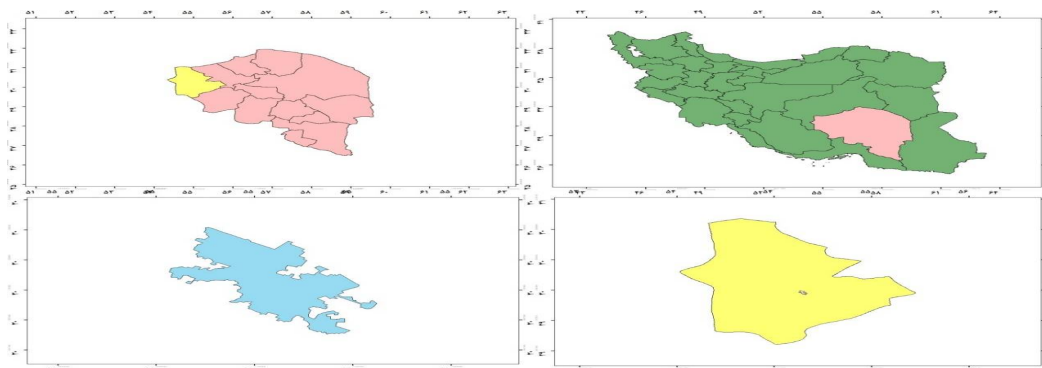
ترین میزان آلودگی صنعتی را در بین مناطق شهری دارد . ساسان پور و همکاران (1394) به سنجش و ارزیابی زیست پذیری شهری در مناطق 22 گانه کلانشهر تهران پرداختند که نتایج پژوهش نشان می دهد که در میان مناطق 22 گانه ، مناطق یک و سه شهر تهران به ترتیب با میانگین 75 / 353 ، 65 / 391 برای بعد زیست محیطی 75 / 287 ، 88 / 277 برای بعد اجتماعی 25 / 338 ، 76 / 294 می باشد . بعد اقتصادی دارای بیشترین زیست پذیری نسبت به دیگر مناطق برخوردار است . در مقابل منطقه 20 با میانگین رتبه ای 90 / 29 برای بعد زیست محیطی 90 / 34 برای بعد اجتماعی و 35 برای بعد اقتصادی دارای کمترین میزان زیست پذیری در بین مناطق 22 گانه می باشد . به عبارتی می توان چنین تحلیل کرد که در بین مناطق بیست و دوگانه کلانشهر تهران استانداردهای زندگی که نشان از قابلیت زندگی بهتر و با کیفیت تری می باشد در مناطق یک و سه کلانشهر تهران وضعیت مطلوب تری دارند . در مقابل منطقه بیست که استانداردهای زندگی در آن حداقل می باشد زندگی غیرقابل قبولی را برای ساکنانش دارد . صفایی پور و همکاران (1394) در مقاله خود به بررسی سنجش رابطه میان رضایتمندی شهروندان از عملکرد شهرداری و شاخص های ناپایداری محیط زیست شهری (مطالعه موردی : شهر دزفول) پرداختند که طبق آزمون رگرسیون خطی وضعیت اقتصادی اجتماعی شهروندان بر میزان رضایتمندی از شهرداری تفاوت معنی داری را نشان می دهد. آزمون من ویتنی نیز نشان داده که بین جنسیت (زن و مرد) و رضایت مندی تفاوت معنی داری وجود ندارد . تحلیل واریانس بین سن و میزان رضایتمندی از عملکرد شهرداری تفاوت معنی داری وجود دارد . بالاخره ضریب همبستگی پیرسون نشان دهنده آناست که رابطه مستقیم و قوی رضایتمندی و حفظ محیط زیست وجود دارد . مختاری ملک آبادی (1393) به ارزیابی و بررسی زیست محیطی و اقتصادی توسعه پایدار در شهرهای استخراجی مورد پژوهش (شهر عسلویه) پرداختند نتایج تحلیل پژوهش پس از انجام آزمونهای آماری T استیودنت ویلکاکسون و آزمون فریدمن ، بیانگر آنست که فعالیت های استخراجی - معدنی در شهر ساحلی عسلویه نه تنها منجر به پایداری این شهر نشده بلکه به ناپایداری بیشتر این شهر شده است . در بعد پایداری زیست محیطی ، مولفه کنترل آلودگی بعنوان یکی از مهمترین پارامترها در مسئله وجود یا عدم وجود پایداری در شهر عسلویه دارای کمترین رتبه رتبه و امتیاز 05 / 1 در بین مولفه های این بعد می باشد و همچنین در بعد پایداری اقتصادی ، مولفه های فعالیت و اشتغال 03 / 2 و سرمایه گذاری 41 / 1 در وضعیت مناسبی قرار ندارد . ربیعی و همکاران (1392) در مقاله خود ساختار زیست محیطی شهر زنجان با استفاده از تکنیک SWOT در چهار مرحله مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار دادند که نتایج یافته ها نشان می دهد که کل امتیاز وزن دار جدول ماتریس عوامل داخلی 64 / 2 و در جدول ماتریس عوامل خارجی 36 / 2 است . که عدد حاصله پایین تر از میانگین بوده ، در واقع از قوت ها و فرصت های به دست آمده به درستی در جهت غلبه بر ضعف ها و تهدیدها استفاده نشده است و ضعف ها بر قوت ها و تهدیدها بر فرصتها غالب هستند . و نوع استراتژی حاصل شده ، استراتژی تنوعی (اقتضایی) است . و در پایان برای رفع مسائل موجود ، راهبردها بر اساس

ماتریس QSPM اولویت بندی و پیشنهاد شده است. فیروزبخت و همکاران (1391) در مقاله خود وضعیت ساختار زیست محیطی شهر کرج با استفاده از تکنیک SWOT مورد ارزیابی قرار دادند با توجه به یافته های پژوهش، از قوت ها و فرصت ها به دست آمده برای غلبه بر ضعف ها و تهدیدها به درستی استفاده نشده است و ضعف ها بر قوت ها و تهدیدها بر فرصت ها غالب هستند و نوع راهبرد، راهبرد تنوعی را نشان می دهد. در پایان راهبردها بر اساس ماتریس QSPM اولویت بندی و پیشنهاد شده است.

پارکر (2014)، در پژوهشی پس از بررسی و مطالعه سیلاب های کشور فرانسه به اثرات اقتصادی و اجتماعی آنها پرداخته است. وی با مطالعه بیش از صد سیلاب به این پژوهش پرداخته است. در روش خود با استفاده از مدل های اقتصادی اجتماعی مطالعه سیلابها به نتایجی دست یافته که یکی از آنها مداخله انسان در طبیعت و تغییر اشکال ژئومورفولوژیکی می باشد و این تغییر باعث تبدیل شده و به جان بشر امروزی افتاده است. هوانگ (2014)، در پژوهشی به بررسی مدیریت سیلاب و طراحی شبکه های زهکشی و مسیل های شهری در شهر اسناکوالمی در ایالت واشنگتن در ایالت متحده آمریکا پرداختند که طراحی مدیریت جامع سیلاب بعد از تحلیل نقشه های تاریخی، نقشه های منطقه بندی، داده های مربوط به خطر سیل و داده های هیدرولوژیکی از جمله پیشنهادهای این تحقیق می باشد. تلفورد (2015)، در تحقیقی با عنوان طبقه بندی حوضه های آبخیز کوچک براساس خصوصیات مورفومتریکی در آبخیز خرتال در هند، با استفاده از سه تکنیک طبقه بندی، به نام تجزیه و تحلیل خوشه ای چند میانگینی، تجزیه و تحلیل خوش های فازی، و شبکه عصبی کوهنون، برای 25 حوضه آبخیز کوچک، با استفاده از 10 پارامتر مورفومتریکی، تراکم زهکشی، نسبت انشعاب، فراوانی آبراهه ها، طول جریان سطحی، فاکتور فرم، فاکتور شکل حوزه، ضریب کشیدگی، ضریب گردی، ضریب فشردگی و نسبت بافت برای طبقه بندی، 13 زیرحوضه عموماً توسط KCA، FCA و KNN یعنی 52% پیشنهاد شده اند. 17 زیرحوضه یعنی 68% عموماً توسط KCA و FCA پیشنهاد شده اند در حالی که 16 زیرحوضه (64%) توسط FCA و KNN و 15 زیر حوضه (60%) در KNN و KCA پیشنهاد شده اند.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

شهرستان بابک با مساحت 13574 کیلومتر مربع 30 درجه و 21 دقیقه و 67 ثانیه شمالی و 55 درجه و 36 دقیقه و 67 ثانیه شرقی قرار دارد. شهرستان شهر بابک با مرکزیت شهر بابک در استان کرمان می باشد. این شهرستان غربی ترین شهرستان استان کرمان می باشد. این شهرستان پس از کرمان و راور سومین شهرستان استان کرمان به لحاظ مساحت می باشد که از جنوب و جنوب شرقی با شهرستان سیرجان، از جنوب غربی با شهرستان نیریز در استان فارس، از مغرب با شهرستان خاتم در استان یزد، از شمال با شهرستان مهریز در استان یزد، از شمال شرق با شهرستان انار و از مشرق و جنوب شرق با شهرستان رفسنجان مرز مشترک دارد است.



نقشه 1 موقعیت جغرافیایی شهر بابک (ترسیم کننده : نگارنده)
 شهر بابک هشتمین شهر بزرگ و پرجمعیت استان کرمان از ۲۳ شهر این استان پهناور است . جمعیت این شهر بنا بر سرشماری سال ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران ، برابر 51620 نفر و جمعیت شهرستان برابر با ۱۰۴ هزار تن می باشد . این شهر در مسیر محور جنوب به شمال ایران قرار دارد . این شهر در غرب استان کرمان واقع شده است . فاصله این شهر تا کرمان ۲۲۳ کیلومتر است . دورنگار این شهر به اردشیر بابکان مؤسس سلسله ساسانیان می رسد . این شهر در کنار معادن و کارخانجات مس میدوک و مس سرچشمه قرار گرفته و همچنین معادن مهم و ارزشمندی از فیروزه در این شهر قرار دارد . شهر بابک جزو تاریخی ترین شهرهای استان کرمان بوده و همجوار سه استان کرمان ، یزد و فارس می باشد (سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان کرمان ، 1393) .

روش تحقیق

روش تحقیق در این بررسی به صورت توصیفی - تحلیلی و میدانی است . روش گردآوری اطلاعات در این پژوهش به دو دسته کتابخانه ای و میدانی تقسیم می شود . در روش کتابخانه ای به استخراج اطلاعات و آمار از کتب ، پرونده ها ، جزوات و گزارشات موجود در اداره ها و استخراج مطالب مرتبط با موضوع تحقیق از نشریات و سایت های اینترنتی پرداخته می شود . در روش میدانی که از اهمیت بیشتری برخوردار است آمار و اطلاعات مورد نیاز پژوهش با مراجعه به مراکز آماری و اطلاعاتی شهر بابک و ادارات تابع آنها انجام می گیرد . همچنین با مطالعات اولیه میدانی شامل بازدید از محل ، کنترل آمار و اطلاعات جمع آوری شده ، اطلاعات مورد نیاز تکمیل می شود . هدف این پژوهش شناسایی مؤلفه و شاخص های اصلی پایداری زیست محیطی در قالب چارچوب جامع و نظامند و بعد بکارگیری ابزاری جامع و یکپارچه جهت ارزیابی و سنجش پایداری در نواحی شهری مورد مطالعه بود . از این رو تنها ابزاری که میتواند این اهداف را تحقق بخشد تکنیکهای تصمیم گیری چند معیاره در قالب چارچوب اندازه گیری ارزیابی یکپارچه پایداری میباشد . ارزیابی پایداری یکپارچه فرآیندی است چرخشی که شامل : مشارکت میدانی ، تجسم ، تجربه ، یادگیری و تفسیر مشترک از پایداری در زمینه خاص میباشد و با رویکردی یکپارچه در جهت شناسایی راه حل برای مشکلات ناپایداری توسعه است .

یکی از تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره که در این تحقیق استفاده می گردد ، فن چند معیاره تخصیص خطی می باشد . در این روش

گزینه های مفروض از یک مسأله بر حسب امتیازات آنها از هر شاخص موجود رتبه بندی شده و سپس رتبه نهائی گزینه ها از طریق یک فرآیند جبران خطی مشخص خواهند شد. فرآیند حل به گونهای است که نیازی به مقیاس در آوردن شاخصهای کیفی و کمی نخواهد بود. در این تحقیق به منظور تعیین اوزان شاخصها از روش آنتروپی شانون و برای الویت بندی نواحی از الگوریتم تخصیص خطی استفاده شده است. در روش تخصیص خطی با استفاده از اولویت هر یک از گزینه ها در هر یک از شاخصها به یک مدل برنامه ریزی صفر - یک دست خواهیم یافت و از حل مدل به الویت گزینه ها میتوان دست یافت.

الگوریتم این روش به شرح زیر است:

مرحله 1: تشکیل ماتریسی که سطرهای آن بیانگر رتبه ها و ستونهای آن بیانگر شاخصها باشد. با توجه به رتبه هر گزینه در هر شاخص، مؤلفه های ماتریس با A_i بیان می گردد. این مرحله را مرحله رتبه بندی گزینه ها مینامند.

مرحله 2: ماتریس $m \times m$ با توجه به بردار مفروض w استخراج می شود. عناصر این ماتریس که سطرهای آن گزینه و ستونهای آن رتبه میباشد، از مجموع وزنهایی بدست می آید که آن گزینه با توجه به آن شاخص حاصل کرده است.

مرحله 3: براساس ماتریس بدست آمده از مرحله 2، جواب بهینه بدست می آید. جواب بهینه به کمک هر یک از روشهای حمل و نقل یا برنامه ریزی صفر و یک حاصل میشود.

الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM)

الگوریتم SVM تحت عنوان ماشین بردار توسط واپنیک بر پایه تئوری یادگیری آماری است که از حداقل ریسک ساختاری تبعیت می کند و برای ارزیابی و آزمون مجموعه ای از داده ها مورد استفاده قرار می گیرد. بر اساس این نظریه یادگیری آماری، می توان کران نرخ خطای ماشین یادگیری را برای داده های طبقه بندی نشده به عنوان نرخ خطای تعمیم یافته در نظر گرفت. این کران ها به عنوان تابعی از مجموعه نرخ خطاهای آموزش هستند که میزان پیچیدگی طبقه بندی کننده ها را نشان می دهند. این الگوریتم در سال های اخیر توجه زیادی را به دلیل عملکرد خوب طبقه بندی و قابلیت تعمیم مناسب به خود جلب کرده است. جزئیات توضیحی درباره مدل سازی SVM در این پژوهش به صورت زیر می باشد:

اگر X_i مجموعه ای از سلول های آموزشی به صورت رابطه (1) باشد:

$$X_i = (i=1, 2, \dots, n) \quad \text{رابطه (1)}$$

سلول های آموزشی شامل دو کلاس $Y_i = \pm 1$ بوده که به وسیله شکاف حداکثری آن ها مشخص

می شود. این معادله از نظر ریاضی به صورت رابطه (2) بیان می گردد:

$$||W \cdot X_i - Y_i|| \geq 1 \quad \text{رابطه (2)}$$

که منوط به محدود کردن رابطه (3) است:

$$Y_i = (W \cdot X_i) \geq 1 \quad \text{رابطه (3)}$$

که $||W^2||$ قاعده از فراترجم نرمال بوده که 1 پایه عددی بوده و 0 مشخص کننده عمل تولید عددی است و ارزش آن با استفاده از چند ضریبی لاگرانژیان محاسبه می شود که عملکرد آن به صورت زیر تعریف شود

$$||W^2|| = \sum_{i=1}^n r^i ((W \cdot X_i) + b) \quad (4) \quad \text{رابطه}$$

$$L=1/2$$

که λ_i چند ضریبی لاگرانژیان است و می تواند صفر یا غیر صفر باشد و فقط مجموعه داده هایی که ضرایب آن ها غیر صفر است در معادله نهایی وارد می شوند و این مجموعه داده ها به عنوان بردارهای پشتیبان شناخته می شوند. انتخاب توابع مختلف کرنل در مدل SVM خیلی مهم است اگر چه توابع هسته ای $K(X_i, X_j)$ زیادی قبلا پیشنهاد و استفاده شده اند. تنها بعضی از آن ها برای کار در طیف گسترده ای از کاربردها مفید شناخته می شوند. آنهایی که این مهارت ها را نشان می دهند عبارتند از:

$$K(X_i, X_j) = X_i^t \cdot X_j \quad \text{تابع خطی}$$

$$K(X_i, X_j) = (Y \cdot X_i^t \cdot X_j + r)^d, y > 0 \quad \text{تابع چند جمله ای}$$

$$K(X_i, X_j) = e^{-(y) (X_i - X_j)^2}, y > 0 \quad \text{تابع پایه شعاعی}$$

$$\tan h = (Y \cdot X_i^t \cdot X_j + r) \quad \text{تابع حلقوی}$$

که r, y, d پارامترهای توابع هسته ای هستند و به صورت دستی وارد می شوند. در پژوهش حاضر کرنل پایه شعاعی از مدل ماشین پشتیبان بردار مورد استفاده گردیده است که مقادیر هر یک از فاکتورها با استفاده از ماشین های پشتیبان بردار محاسبه گردیده است.

شناسایی معیارها

در این بخش سعی گردید با مطالعه مبانی نظری و ادبیات تحقیق و همچنین مصاحبه با اساتید و افراد متخصص معیارها و زیرمعیارهای که در جهت پایداری زیست محیطی موثر بود شناسایی شود در جدول (1) معیارها و زیرمعیارهای شناسایی شده ارائه شده است.

جدول 1 معیارهای شناسایی شده

معیار	زیرمعیار
منابع و خدمات محیط	تغییر کاربری اراضی
	اراضی آلوده شده ناشی از مواد زائد
	میزان مواد زائد تولید شده
	رضایت از کیفیت آب آشامیدنی
	پیشگیری از آلودگی آب
	غلظت آلاینده های هوا
	اعتبارات هزینه شده برای حفاظت از منابع با ارزش
	افزایش نوآوری
	مناظر دارای قابلیت گردشگری
سلامت محیط	پایبندی به مراقبت از محیط سکونتگاهی
	رضایت از دفع زباله
	رضایت از دفع فاضلاب
	مقاومت مساکن و ابنیه
	برنامه پیشگیرانه از سیلاب
انرژی	میزان مصرف انرژی آب
	میزان مصرف انرژی برق
	میزان مصرف انرژی گاز
	هزینه های مصرف انرژی حامل

اجرای روش دلفی

روش دلفی به انگلیسی (Delphi method) یک روش یا تکنیک ارتباطی ساختمان است که در اصل به منظور پیشگویی سامانمند و تعاملی با تکیه بر هم اندیشی خبرگان ابداع شده و توسعه پیدا کرده است. این روش که در آینده پژوهی استفاده می شود عمدتاً اهدافی چون کشف ایده های نوآورانه و قابل اطمینان یا تهیه اطلاعاتی مناسب به منظور تصمیم گیری را دنبال می کند. روش دلفی فرایندی ساختار یافته برای جمع آوری و طبقه بندی دانش موجود در نزد گروهی از کارشناسان و خبرگان است که از طریق توزیع پرسشنامه هایی در بین این افراد و بازخورد کنترل شده پاسخها و نظرات دریافتی صورت می گیرد (Retrieved 2016,).

تکنیک دلفی برای «شناسایی» و «غربال» مهمترین شاخصهای تصمیم گیری قابل استفاده است. بنابراین با وجود اینکه روش دلفی یک روش تصمیم گیری چند معیاره نیست اما در بسیاری موارد قبل از بکارگیری تکنیکهای تصمیم گیری چند معیاره از این تکنیک برای غربال شاخصها یا رسیدن به یک توافق در زمینه اهمیت شاخصهای تصمیم گیری استفاده می شود. روش دلفی بر اساس رویکرد پژوهش جدلی یعنی: نظر یا تز (ایجاد عقیده یا نظر)، پاد نظر یا آنتی تز (نظر و عقیده مخالف) و نهایتاً ساخت سنتز (توافق و اجماع جدید) شکل گرفته است که در پی فرایند ساخت نظریه تازه ای ایجاد می شود. به اعتقاد هلمر، دلفی ابزار ارتباطی سودمندی بین گروهی از خبرگان است که فرموله کردن آرای اعضاء گروه را آسان می کند (Helmer, 1977).

جدول 2 نتایج حاصل از اجرای دور اول دلفی

معیار	زیرمعیار	میانگین	انحراف معیار
منابع و خدمات محیط	تغییر کاربری اراضی	4/10	0/666

0/732	3/76	اراضی آلوده شده ناشی از مواد زائد	سلامت محیط
0/567	4/23	میزان مواد زائد تولید شده	
0/678	4/16	رضایت از کیفیت آب آشامیدنی	
0/451	2/76	پیشگیری از آلودگی آب	
0/561	3/41	غلظت آلاینده های هوا	
0/781	3/22	اعتبارات هزینه شده برای حفاظت از منابع با ارزش	
0/651	3/66	افزایش نوآوری	
0/891	3/45	مناظر دارای قابلیت گردشگری	
0/671	3/55	پایبندی به مراقبت از محیط سکونتگاهی	
0/981	3/22	رضایت از دفع زباله	
0/521	3/61	رضایت از دفع فاضلاب	
0/671	3/69	مقاومت مسکن و ابنیه	
0/690	3/22	برنامه پیشگیرانه از سیلاب	
0/321	3/60	میزان مصرف انرژی آب	
0/450	3/78	میزان مصرف انرژی برق	
0/587	3/67	میزان مصرف انرژی گاز	
0/439	3/88	هزینه های مصرف انرژی حامل	

الف . دور اول دلفی

در این پژوهش پس از شناسایی و نهایی شدن معیارها و زیرمعیارها اقدام به تهیه پرسشنامه براساس مقیاس طیف لیکرت شد و در اختیار نمونه آماری پژوهش قرار داده شد و دور اول دلفی پس از جمع آوری پرسشنامه های پژوهش به پایان رسید میانگین بدست آمده برای معیارهای پژوهش در دور اول به شرح جدول زیر است. در این دور ضریب کندال برابر با 0/554 محاسبه گردید.

ب . دور دوم دلفی

در دور دوم مجددا پرسشنامه در اختیار اعضای پانل قرار گرفت اما با این تفاوت که این بار امتیاز هر معیار در دور اول آن نوشته شده بود تا افراد این بار بتوانند با توجه به دید جمعی مجددا نظر خود را نسبت به معیارهای درج نمایند. نتایج حاصل از جمع آوری دیدگاههای مذاکره کنندگان در دور دوم، مابین افزایش ضریب کندال است که به نوعی میزان توافق بیشتر را نشان می دهد، که برابر با 0/661 می باشد و بیانگر بهبود روند به میزان قابل توجهی است، از این رو نیاز است تا یک دور دیگر ادامه یابد تا اختلاف نظر بین دو مرحله به حداقل برسد.

جدول 3 نتایج حاصل از اجرای دور اول دلفی

معیار	زیرمعیار	میانگین دور اول	میانگین دور دوم	انحراف معیار
معیار و خدمات محیط	تغییر کاربری اراضی	4/10	4/21	0/457
	اراضی آلوده شده ناشی از مواد زائد	3/76	4/01	0/761
	میزان مواد زائد تولید شده	4/23	4/39	0/521
	رضایت از کیفیت آب آشامیدنی	4/16	4/21	0/321
	پیشگیری از آلودگی آب	2/76	2/61	0/891
	غلظت آلاینده های هوا	3/41	3/67	0/451
	اعتبارات هزینه شده برای حفاظت از منابع با ارزش	3/22	3/56	0/541
	افزایش نوآوری	3/66	3/89	0/501
	مناظر دارای قابلیت گردشگری	3/45	3/65	0/671

0/421	3/89	3/55	پایبندی به مراقبت از محیط سکونتگاهی	
0/450	3/69	3/22	رضایت از دفع زباله	سلامت محیط
0/559	3/90	3/61	رضایت از دفع فاضلاب	
0/590	4/02	3/69	مقاومت مساکن و ابنیه	
0/789	4/21	3/22	برنامه پیشگیرانه از سیلاب	
0/541	3/88	3/60	میزان مصرف انرژی آب	انرژی
0/761	4/12	3/78	میزان مصرف انرژی برق	
0/421	3/89	3/67	میزان مصرف انرژی گاز	
0/540	3/95	3/88	هزینه‌های مصرف انرژی حامل	

ج . نتایج دور سوم دلفی

در دوره سوم اعضای پنل نظرات خود را در مورد هریک از معیارها اعلام کردند که ضریب هماهنگی کندال افزایش پیدا کرد و به مقدار 0/669 رسید از آنجا که مقدار ضریب هماهنگی کندال نسبت به دور دوم افزایش کمتری داشت و با توجه به این که میزان اجماع و اتفاق نظر اعضا رشد قابل توجهی را نشان نمی دهد، لذا می‌توان به تکرار دوره‌های دلفی پایان داد. در جدول زیر نتایج دور سوم دلفی ارائه شده است.

جدول 4 نتایج حاصل از اجرای دور سوم دلفی

انحراف معیار	میانگین دور سوم	میانگین دور دوم	میانگین دور اول	زیرمعیار	معیار
0/567	4/24	4/21	4/10	تغییر کاربری اراضی	منابع و خدمات محیط
0/239	4/10	4/01	3/76	اراضی آلوده شده ناشی از مواد زائد	
0/543	4/44	4/39	4/23	میزان مواد زائد تولید شده	
0/678	4/25	4/21	4/16	رضایت از کیفیت آب آشامیدنی	
0/567	2/45	2/61	2/76	پیشگیری از آلودگی آب	
0/189	3/69	3/67	3/41	غلظت آلاینده‌های هوا	
0/341	3/78	3/56	3/22	اعتبارات هزینه شده برای حفاظت از منابع با ارزش	
0/987	4/12	3/89	3/66	افزایش نوآوری	
0/561	3/68	3/65	3/45	مناظر دارای قابلیت گردشگری	
0/564	3/93	3/89	3/55	پایبندی به مراقبت از محیط سکونتگاهی	
0/782	3/78	3/69	3/22	رضایت از دفع زباله	سلامت محیط
0/673	4/04	3/90	3/61	رضایت از دفع فاضلاب	
0/540	4/10	4/02	3/69	مقاومت مساکن و ابنیه	
0/560	4/28	4/21	3/22	برنامه پیشگیرانه از سیلاب	
0/671	3/94	3/88	3/60	میزان مصرف انرژی آب	انرژی
0/562	4/13	4/12	3/78	میزان مصرف انرژی برق	
0/789	3/85	3/89	3/67	میزان مصرف انرژی گاز	
0/451	4/10	3/95	3/88	هزینه‌های مصرف انرژی حامل	

با توجه به نتایج حاصل شده در مرحله سوم دلفی میزان میانگین بدست آمده برای تمامی زیرمعیارها بیشتر از میانگین مورد نظر یعنی عدد 3/5 است از این رو این تمامی زیرمعیارهای شناسایی شده مورد تایید قرار گرفت.

جدول 5 ضریب هماهنگی کندال مراحل روش دلفی

مراحل دلفی	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم
مقدار ضریب	0/554	0/661	0/669

	کنندال
--	--------

اولویت بندی نواحی شهری با استفاده سیستم تصمیم گیری تخصیص خطی
 مرحله اول : به منظور پیاده سازی سیستم تصمیم گیری تخصیص خطی
 مرحله اول ماتریس تصمیم پیاده سازی شد . جدول 6 ماتریس میانگین
 داده های جمع اوری شده

گزینه	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
بخش شمالی	/45	/25	/87	/22	/21	/54	/78	/33	/88	/67	/13	/78	/55	/89	/44	/21	/78	/19
بخش جنوبی	/87	/32	/55	/12	/78	/33	/43	/41	/56	562	2	4	3	3	3	3	3	3
بخش مرکزی	/49	/76	/23	/88	/33	/55	/12	/78	/55	/76	/22	3/6	3	3	3	2	3	3
بخش غربی	/87	/49	/09	/19	/76	/67	/56	/55	/78	/45	/87	3/1	4	4	3	¼	3	3

در مرحله دوم : رتبه هر گزینه به ازای هر کدام از معیارها مشخص می‌شود در جدول زیر رتبه هر کدام از گزینه‌ها به ازای هر کدام از معیارها نشان داده شده است.

جدول 7 ماتریس رتبه بندی گزینه ها براساس شاخص ها

گزینه	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
بخش شمالی	4	3	3	1	2	1	4	1	2	1	3	2	1	1	3	2	4	2
بخش جنوبی	3	2	1	2	1	3	2	4	3	2	1	3	2	2	1	1	3	1
بخش مرکزی	2	4	4	2	3	4	2	4	4	3	4	1	3	4	1	3	1	4
بخش غربی	1	1	4	1	4	3	1	3	1	4	2	4	4	3	4	4	2	3

در گام بعدی : فراوانی رتبه هرگزینه محاسبه شد .

جدول 8 ماتریس تعداد دفعات کسب رتبه در گزینه ها

گزینه	اول	دوم	سوم	چهارم
بخش شمالی	6	5	4	3
بخش جنوبی	5	7	5	1
بخش مرکزی	2	4	4	7
بخش غربی	4	2	5	7

در گام بعدی : ماتریس وزن تعداد دفعات رتبه گزینی گزینه‌ها مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج به شرح جدول زیر ارائه شده است .

جدول 9 ماتریس وزن تعداد دفعات رتبه گزینی گزینه ها

گزینه	اول	دوم	سوم	چهارم
بخش شمالی	0/342	0/367	0/330	0/276
بخش جنوبی	0/321	0/312	0/298	0
بخش مرکزی	0/187	0/287	0/201	0/176
بخش غربی	0/354	0/213	0/239	0/287

جدول 10 رتبه بندی گزینه ها

گزینه ها	بخش شمالی	بخش جنوبی	بخش مرکزی	بخش غربی
رتبه	1	2	4	3

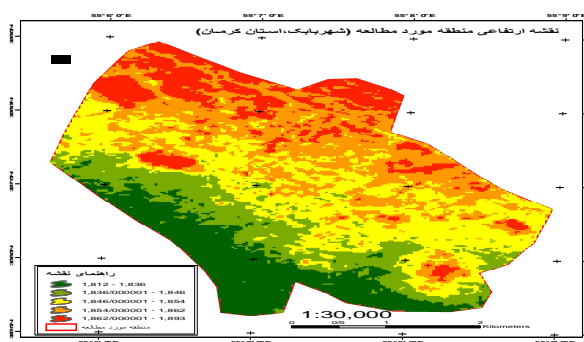
با عنایت به نتایج مندرج در جدول فوق بخش شمالی شهر در رتبه اول ، بخش جنوبی در رتبه دوم ، بخش غربی در رتبه سوم و بخش مرکزی در رتبه چهارم قرار گرفته است.

ارزیابی زیست محیطی سیلاب عوامل موثر بر وقوع سیل

تعیین عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش و آماده سازی مجموعه داده های مرتبط با آن از مراحل مهم در تهیه نقشه حساسیت سیل هستند (نماه جبور و همکاران 2015 ، 61) . در این پژوهش نه فاکتور شامل 1- درجه شیب، 2- جهت شیب، 3- ارتفاع از سطح دریا، 4- انحنای عرضی شیب، 5- انحنای طولی شیب، 6- شدت تابش خورشید ، 7- کاربری اراضی، 8- فاصله از جاده، 9- زمین شناسی به عنوان عوامل موثر بر وقوع سیل منطقه مطالعاتی تهیه شدند.

ارتفاع از سطح دریا

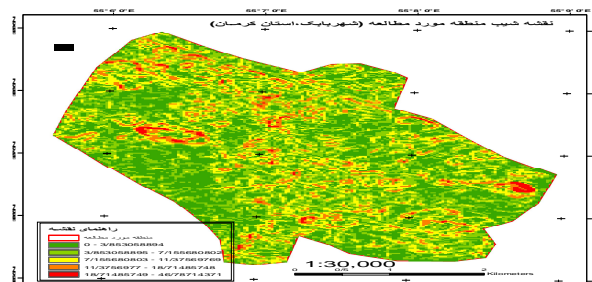
نقشه ارتفاع محدوده منطقه مورد مطالعه حوضه نسبت به سطح دریا نشان دهنده موقعیت اقلیمی آن حوضه است و ارتفاع متوسط حوضه نقش مهمی در پراکنش بارندگی و همچنین وضعیت کمی و کیفی پوشش گیاهی حوضه داشته و از این طریق می توان بر مقدار رواناب حاصل موثر واقع شد . با استفاده از تحلیل های GIS ارتفاع متوسط نقشه ارتفاعی برابر 1850.5 متر می باشد و همچنین حداکثر و حداقل ارتفاع منطقه مورد نظر از 1812 متر شروع تا 1893 متر می باشد.



نقشه 2 ارتفاع شهر بابک (ماخذ : نگارندگان)

درجه شیب

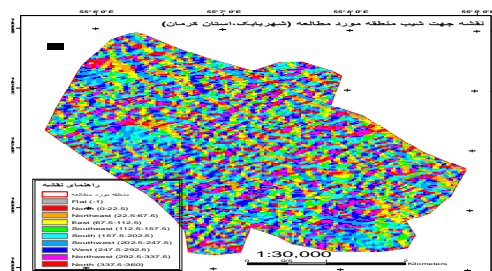
درجه شیب یک پارامتر کنترل کننده ضروری در ارزیابی پایداری شیب است (خو و همکاران، 2012،75). به طور کلی با افزایش زاویه شیب، خطر لغزش نیز افزایش می یابد و انتظار می رود میزان وقوع زمین لغزش در دامنه های پرشیب بیشتر از دامنه های با شیب ملایم باشد (د هنوی و همکاران ، 2015 ، 126) . نقشه شیب در محیط Arc Map ، از روی مدل رقومی ارتفاعی (DEM) در 5 طبقه برای منطقه مطالعاتی ترسیم گردید. توزیع پراکنش زمین لغزشها بر روی نقشه شیب منطقه مطالعاتی نشان دهنده آن است که کلاس 0 - 3.85 درجه بیشترین با مساحت 198 هکتار در منطقه مورد مطالعه قرار دارد.



نقشه 3 اشیب شهر بابک (ماخذ : نگارندگان)

جهت شیب

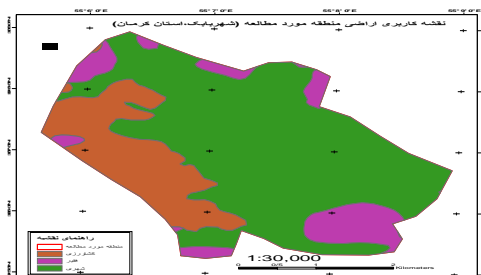
حداکثر جهت شیب از سطح زمین با توجه به شمال جهت شیب نامیده می شود (خو و همکاران ، 2012 ، 322) . اثرات جهت شیب در بی ثباتی شیب از طریق تاثیر در روند هیدرولوژیکی از طریق تبخیر و تعرق ، تاثیر بر روند هوازدگی ، پوشش گیاهی و رشد ریشه می باشد (سیدلی و اوچای ، 2006 ، 321) . نقشه جهت شیب با استفاده از Arc GIS از روی مدل رقومی ارتفاعی در 10 کلاس ترسیم شده است . بررسی ها نشان دهنده آن است که به ترتیب جهات (-1) FLAT ، (-22.5-0) NORTH ، (22.5-67.5) NORTHEAST ، (67.5-112.5) EAST ، (112.5-157.5) SOUTHEAST ، (157.5-202.5) SOUTH ، (202.5-247.5) SOUTHWEST ، (247.5-292.5) WEST ، (292.5-337.5) NORTHWEST ، (337.5-360) NORTH می باشد .



نقشه 4 جهت شیب شهر بابک (ماخذ : نگارندگان)

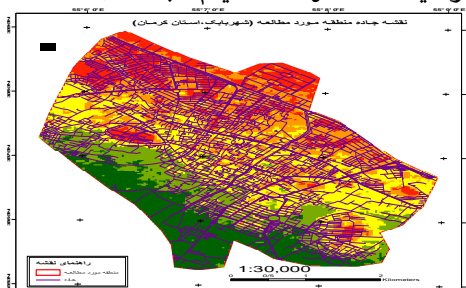
کاربری اراضی

کاربری اراضی به عنوان یک عامل مهم در ارزیابی حساسیت زمین در نظر گرفته می شود . این عامل ویژگی های زمین را تحت تاثیر قرار داده و سبب رفتار آن می شود (ارومیه ای ، 37:1377) . در این پژوهش لایه کاربری اراضی با توجه به نقشه های قابلیت اراضی تحقیقات منابع آب و خاک ، اطلاعات سازمان جنگلها و مراتع کشور ، مطالعات میدانی در 3 کلاس طبقه بندی شد . بررسی ها به عمل نشان داد که کلاس شهر بیشترین پتانسیل سیل را دارا می باشد و مساحت کلاس شهر با 203 هکتار می باشد .



نقشه 5 کاربری اراضی شهر بابک (ماخذ : نگارندگان)
فاصله از جاده

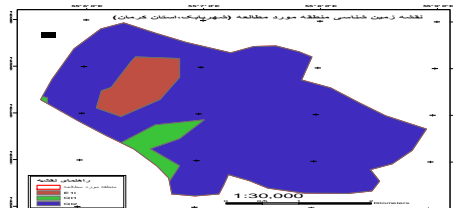
این عامل نیز به عنوان یکی از عوامل تاثیرگذار در ارزیابی حساسیت سیل در نظر گرفته شده است چنانچه ساخت و سازهای جاده سازی در نزدیکی دامنه ممکن است شرایط شیبی را قبل از شروع ساخت و ساز متعادل بوده کاملاً تغییر دهد (یالسین ، 2009 ، 6) . این لایه در پژوهش حاضر در یک کلاس تقسیم بندی شده است.



نقشه 6 جاده های شهر بابک (ماخذ : نگارندگان)

زمین شناسی

با توجه به قرار گرفتن منطقه مورد مطالعه در بخش انتهایی زاگرس فعالیت تکنونیک ، چین خوردگی های آرامی را در منطقه پدید آورده است . تنها به هم ریختگی های موضعی در بعضی نقاط به چشم می خورد که نتیجه فعالیت های گنبد های نمکی ، گسلهای موضعی و ادامه فشارهای ناشی می باشد . لذا ساختمانهای زمین شناسی منطقه حالت کلاسیک خود را حفظ نموده اند . آنتی کلینالیتهایی با ارتفاع متوسط 1000 متر و عمدتاً و نامتقارن با محور شمال غربی ، جنوب شرقی و یا سطح محوری که معمولاً قائم است وقوع زمین لرزه های متعدد ، نشانه جوان بودن منطقه از نظر فعالیت تکنونیک می باشد. طبق نقشه های موجود محدوده مورد مطالعه کل محدوده دارای یک نوع از زمین شناسی Qt2 می باشد.

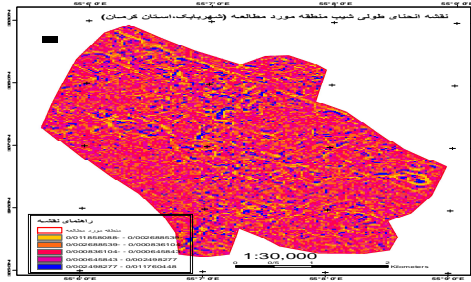


نقشه 7 زمین شناسی شهر بابک (ماخذ : نگارندگان)

انحنای طولی شیب

انحنای طولی شیب بیانگر تغییرات جهت در طول یک منحنی می باشد و نشان دهنده واگرایی و همگرایی توپوگرافیکی است . نقشه

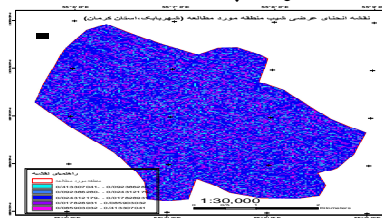
انحنای طولی شیب از DEM منطقه استخراج و در 5 طبقه ، کلاس اول با 0.0026- الی 0.0118 ، کلاس دوم با 0.0008- الی 0.0026 ، کلاس سوم با 0.0006- الی 0.0008 ، کلاس چهارم با 0.0024- الی 0.0006 ، کلاس پنجم با 0.0024- الی 0.0117 می باشد



نقشه 8 انحنای طولی شهر بابک (ماخذ : نگارندگان)

انحنای عرضی شیب

پروفیل شیب معرف اندازه تغییر شیب منحنی میزان، در طول مسیر جریان است ، انحنای عرضی شیب به عنوان یک فاکتور مهم ، نشان دهنده شدت جریان آب و فرآیندهای حمل خاک می باشد . چنانچه ارزش های مثبت در انحنای عرضی شیب نشانگر تقعر بودن و ارزش های منفی نشانگر محدب بودن می باشد نقشه انحنای شیب عرضی از نقشه مدل رقومی ارتفاع منطقه استخراج شده و ارزشهای این فاکتور از 0/092- الی 0/413 که در 5 کلاس طبقه شده است .



نقشه 9 انحنای عرضی شهر بابک (ماخذ : نگارندگان)

تعیین قابلیت پیش بینی عوامل موثر بر وقوع سیل منطقه مورد مطالعه

ارزیابی حساسیت سیل بر اساس عوامل موثر در آن می باشد (کوستانزو و همکاران ، 2012،331). جهت تعیین توانایی پیش بینی عوامل موثر بر وقوع سیل روش های متعددی وجود دارد از جمله Chisquare (شهایی و همکاران، 2014 ؛ تای فام و همکاران 2015) در پژوهش حاضر از شاخص **Information Gain Ratio (IGR)** که اولین بار (کوویلین 1993) آن را پیشنهاد داد جهت تشخیص قابلیت پیش بینی کمی عوامل موثر استفاده شد . مقادیر **IGR** بالاتر نشان دهنده توانایی پیش بینی بالاتر آن عامل موثر برای مدل سازی است (شیرزادی و همکاران 1396 : 231). جهت شناسایی مهم ترین عوامل موثر بر وقوع سیل در منطقه مطالعاتی ، از بین نه عامل موثر به کار رفته از آزمون **IGR** استفاده شده است. اگر F داده های آموزشی با n نمونه ورودی و $n(M_i, f)$ تعداد نمونه ها در داده های آموزشی F متعلق به کلاس M_i باشد در این صورت در رابطه زیر داریم :

$$\text{Info}(F) = - \sum_{i=1}^2 \frac{n(M_i, F)}{|F|} \log_2 \frac{n(M_i, F)}{|F|}$$

با توجه به عوامل موثر بر وقوع سیل مقدار اطلاعات مورد نیاز برای تقسیم F به مجموعه (F_1, F_2, \dots, F_m) از رابطه زیر برآورد می گردد:

$$\text{Info}(F, E) = \sum_{j=1}^m \frac{F_j}{|F|} \text{Info}(F)$$

شاخص IGR برای یک عامل موثر خاص مثل عامل S (به عنوان مثال : شیب) از رابطه زیر محاسبه می شود

$$\text{Information Gain Ratio}(F, S) = \frac{\text{Info}(F) - \text{Info}(F, S)}{\text{Split Info}(F, S)}$$

که در آن Split info نشان دهنده ی اطلاعات تولید شده توسط تقسیم F داده های آموزشی به L زیر مجموعه است که از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\text{SplitInfo}(F, E) = \sum_{j=1}^l \frac{F_j}{|F|} \log_2 \frac{F_j}{|F|}$$

شاخص IGR برای نه عامل موثر انتخاب شده برای وقوع سیل سطحی منطقه مورد مطالعه جهت ارزیابی توانایی پیش بینی مدل آمده است . این نتایج بیانگر آن است که بیشترین مقادیر به ترتیب شدت تابش خورشید ، انحنای طولی شیب، ارتفاع از سطح دریا، انحنای عرضی شیب، کاربری اراضی ، جهت شیب، فاصله از جاده، شیب، زمین شناسی اختصاص یافته اند.

جدول 1 تعیین مهمترین عوامل اثرگذار بر وقوع سیل در منطقه مورد مطالعه

IGR میانگین	عوامل موثر
0/001	زمین شناسی
0/031	انحنای طولی شیب
0/03	ارتفاع از سطح دریا
0/025	انحنای عرضی شیب
0/021	کاربری اراضی
0/012	جهت شیب
0/005	فاصله از جاده
0/002	شیب

عملکرد مدل ها و اعتبار سنجی آن ها بر اساس داده های تعلیمی و داده های صحت سنجی

ارزیابی عملکرد مدل ماشین بردار پشتیبان جهت پیش بینی حساسیت سیل در منطقه مطالعاتی توسط معیارهای Sensitivity، Specificity، Accuracy مورد بررسی قرار گرفت . بر این اساس در مدلی که مقادیر معیارهای Sensitivity، Specificity، Accuracy به سمت یک تمایل داشته باشند مدل مناسبی شناخته می شود (تیان بای و همکاران 2015:13).

جدول 2 شرح معیارهای آماری بکار رفته بر اساس الگوریتم SVM در منطقه مورد مطالعه

True Positive	-	مقادیری که به درستی به عنوان سیل طبقه بندی شده اند
True Negative	-	مقادیری که عدم درستی به عنوان سیل طبقه بندی شده اند
False Positive	-	مقادیری که به اشتباه طبقه

False Negative	-	شده اند مقادیری مه به اشتیاد عدم حضور طبقه بندی شده اند
Sensitivity	$SST = \frac{TP}{TP + FN}$	حساسیت: مقادیر به درستی شناسایی شده اند و بیانگر قابلیت پیش بینی خوب مدل است
Specificity	$SPF = \frac{TN}{FP + TN}$	شفافیت: درستی مقادیری که طبقه بندی شده اند و بیانگر قابلیت پیش بینی خوب برای مقادیر نادرست است.
Accuracy	$ACC = \frac{TP + TN}{TP + TN + FN + FP}$	صحت « نسبت مقادیر درست و اشتباه که به درستی طبقه بندی شده اند و بیانگر چگونگی عملکرد خوب مدل است

(ماخذ : نگارندگان)

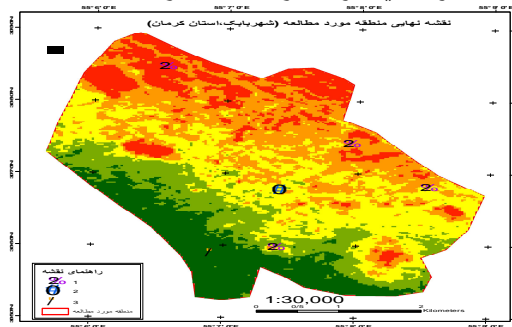
ارزیابی صحت نقشه های پیش بینی مکانی حساسیت سیل سطحی در منطقه مورد مطالعه

اعتبار سنجی یک بخش ضروری از حساسیت سیل به شمار می رود و نقشه ها بدون اعتبار سنجی فاقد ارزش می باشند (پرادهان ، 2011:324). در پژوهش حاضر ارزیابی حساسیت با داده های تعلیمی و صحت سنجی با استفاده از شاخص های نرخ موفقیت و نرخ پیش بینی مورد اعتبار سنجی قرار گرفته است . در حال حاضر قابلیت پیش بینی حساسیت سیل منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است . در موضوع ارزیابی صحت نقشه مکان یابی مناطق حساس به وقوع سیل هم از داده های تعلیمی و هم از داده های صحت سنجی استفاده می گردد .

جدول 3 ارزیابی مدلسازی داده‌های تعلیمی و صحت‌سنجی با استفاده از الگوریتم SVM

شاخص	داده های تعلیمی	داده های صحت سنجی
True Positive	33	13
True Negative	27	13
False Positive	5	6
False Negative	5	5
Sensitivity(%)	0/78	0/67
Specificity(%)	0/79	0/68
Accuracy(%)	0/78	0/67

وقوع سیل یکی از مهم ترین مخاطرات محتمل در مناطق است و متغیر های مختلفی در تاثیر گذاری آن نقش دارند . هدف این پژوهش شناسایی مکان تحت تاثیر سیل است که از این رو با استفاده از ماشین بردار پشتیبان قرار گرفته است . در محدوده مورد مطالعه مناطقی که احتمال خطر آب گرفتگی یا سیل را دارد مشخص شده است . با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان با در نظر گرفتن متغیرهای تاثیر گذار خطر سیل را پیش بینی کرد و مناطق حساس را نشان دهد که منطقه حساس را با کد های 1،2،3 علامت گذاری شده که بیان کننده که کد پایین تر باشد خطر وقوع سیل در آنجا کمتر می باشد و در صورت ضرورت به مطالعات ژئومورفولوژیکی تفصیلی و مطالعات میدانی دقیق تر نیاز خواهد بود .



نقشه 10 نقشه نهایی ماشینی بردار شهر بابل (ماخذ : نگارندگان)
نتیجه گیری

در این پژوهش ابتدا از طریق مطالعه مبانی نظری پژوهش اقدام به شناسایی معیارها و زیرمعیارهای که در جهت پایداری زیست محیطی موثر است شد. پس از شناسایی معیارها اقدام به طراحی پرسشنامه دلفی شد و در اختیار کارشناسان و متخصصین قرار داده شد. پیاده سازی تکنیک دلفی تا سه دور پیش رفت به گونه ای که در در دوره سوم اعضای پنل نظرات خود را در مورد هر یک از معیارها اعلام کردند که ضریب هماهنگی کنдал افزایش پیدا کرد و به مقدار 0/669 رسید از آنجا که مقدار ضریب هماهنگی کنдал نسبت به دور دوم افزایش کمتری داشت

و با توجه به این که میزان اجماع و اتفاق نظر اعضا رشد قابل توجهی را نشان نمی‌دهد، لذا می‌توان به تکرار دوره‌های دلفی پایان داد. پس از پایان مراحل دلفی معیارها و زیرمعیارها مورد تایید قرار گرفت و سپس نتایج حاصل از پیاده سازی مدل تخصیص خطی نشان داد که بخش شمالی شهر بابک در رتبه اول، بخش جنوبی در رتبه دوم، بخش غربی در رتبه سوم و بخش مرکزی در رتبه چهارم قرار گرفته است. با این اوصاف رعایت و در نظر گرفتن تمامی دستورالعمل‌های ارزیابی و به ویژه ارزیابی پایداری اعم از انتخاب شاخص‌های مؤثر در پایداری در قالب چارچوب‌های تدوین شده، انتخاب ابزار جامع و یکپارچه در قالب چارچوب‌های تدوینی برای ارزیابی و اولویت بندی پایداری و در نهایت انتخاب تکنیکی مناسب جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها نقش مهمی در تبیین بهتر واقعیت‌های موجود در نواحی مورد مطالعه در فرآیند توسعه پایدار جهت برنامه ریزی دارد. شناسایی عوامل مؤثر در وقوع سیل موجود در یک منطقه و پهنه بندی خطر آن یکی از فاکتورهای اساسی جهت دستیابی به راهکارهای کنترل این پدیده و انتخاب مناسب‌ترین و کاربردی‌ترین گزینه مؤثر می‌باشد. ارزیابی حساسیت سیل یک فرایند پیچیده و چند مرحله است توسط بسیاری از محققان مورد بررسی قرار گرفته است و تا به امروز روش‌های مختلفی جهت برآورد حساسیت پدیده سیل و عملکرد آنها بر اساس اندازه گیری‌های مختلف آماری مطرح شده است. در این پژوهش روش SVM جهت ارزیابی حساسیت وقوع سیل در شهر بابک از توابع استان کرمان مورد ارزیابی قرار گرفت. این پژوهش با استفاده از 8 فاکتور شامل نقشه ارتفاع، درجه شیب، جهت شیب، زمین شناسی، فاصله از جاده، انحنای عرضی شیب، انحنای طولی شیب، کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفت. از آنجاییکه شهر بابک با توجه به شرایط زمین شناسی و میزان بارش و دامنه‌های ناپایدار و فعالیت‌های ژئومورفولوژیکی متعدد آب و هوایی است و عوامل انسانی نیز در تشدید ناپایداری و حرکات توده‌ای (مانند جاده سازی و از بین بردن تکیه گاه) نقش دارند. نتایج بررسی مهمترین عوامل اثر گذاری از میان نه پارامتر عامل مؤثر شناخته شده بر روی وقوع سیل منطقه مورد مطالعه بر اساس مدل SVM و مشاهده نقشه‌های دیگر، الگوریتم نشان می‌دهد که عامل کاربری اراضی بیشترین تاثیر را در وقوع سیل منطقه مطالعاتی داشته است. همچنین بیشتر مناطق کاربری اراضی و جاهایی که دامنه نزدیک به محل اتصال آبراهه‌ها می‌گردد اتفاق می‌افتد. شاید دلیل این امر حرکت آبهای زیر سطحی از طرف آبراهه‌ها به سمت دامنه‌های اطراف و ایجاد یک جبهه رطوبتی و کاهش مقاومت خاک در این ناحیه باشد که وقوع سیل با عمق کمتر را فراهم آورده است.

منابع

- 1 - اقلامی، ع. رضایی راد، ه. (1397) سنجش میزان پایداری زیست محیطی پروژه‌های بزرگ مقیاس شهر همدان، فصلنامه مطالعات محیطی هفت حصار، شماره 24، سال 20، ص 72 - 92.
- 2 - بندرآباد، ع. (1390) شهر زیست پذیر از مبانی تا معنا، انتشارات آذرخش، چاپ اول، تهران.
- 3 - ساسان پور، ف. تولایی، س. جعفری اسدآبادی، ح. (1394) سنجش و ارزیابی زیست پذیری شهری در مناطق 22 گانه کلانشهر تهران

- ، فصلنامه برنامه ریزی منطقه ای ، سال پنجم ، شماره 18 ، ص 42 - 27 .
- 4 - سرایی ، محمدحسین و مؤیدفر، سعیده (1389) بررسی میزان پایداری توسعه در شهرهای مناطق خشک با تأکید بر مؤلفه های زیست محیطی شهر اردکان ، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی ، شماره 1 ، 46 - 67 .
- 5 - حسین زاده دلیر، کریم و ساسان پور، فرزانه (1386) روش های نوین در ارزیابی پایداری محیط زیست شهری، فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی، شماره 10 ، ص 24 - 35 .
- 6 - رهنمایی ، م . پیرموسوی ، م (1385) بررسی ناپایداری های امنیتی کلانشهر تهران بر اساس شاخص های توسعه پایدار شهری ، مجله پژوهش های جغرافیایی ، شماره 57 ، ص 193 - 173 .
- 7 - ربیعی فر ، ر . زیاری ، ک . حقیقی نائینی ، غ (1392) ارزیابی توسعه پایدار شهر زنجان از دیدگاه زیست محیطی بر پایه تکنیک swot ، مطالعات و پژوهش های شهری و منطقه ای ، سال چهارم ، شماره 16 ، 105 - 130 .
- 8 - فیروزی ، م . محمدی ، م . سعیدی ، ج (1396) ارزیابی شاخص های پایداری زیست محیطی با تأکید بر آلودگی هوا و آلاینده های صنعتی شهر اهواز ، فصلنامه پژوهش های بوم شناسی شهری ، سال هشتم ، شماره 1 ، ص 13 - 28 .
- 9 - فیروزبخت ، ع . پرهیزکار ، ا . ربیعی فر ، ر (1391) راهبردهای ساختار زیست محیطی شهر با رویکرد توسعه پایدار شهری (مطالعه موردی : شهر کرج) ، فصلنامه پژوهش های جغرافیای انسانی ، شماره 8 ، ص 213 - 239 .
- 10 - صفایی پور ، م . حسینی ، ن . قیصری ، ن (1394) سنجش رابطه میان رضایتمندی شهروندان از عملکرد شهرداری و شاخص های پایداری محیط زیست شهری ، مطالعه موردی شهر دزفول ، فصلنامه پژوهش های بوم شناسی شهری ، سال 6 ، شماره 1 ، ص 25 - 45 .
- 11 - مولایی ، آیت (1388) مبانی و اصول توسعه پایدار زیست محیطی در قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران ، دفتر حقوقی و امور مجلس ، سازمان حفاظت محیط زیست .
- 12 - محمدی ده چشمه ، مصطفی (1391) ناپایداری زیست بوم شهری ؛ چالشی جهانی در قرن بیست و یکم ، اولین اجلاس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، وزارت کشور ، تهران .
- 13 - مختاری ملک آبادی ، ر . مرصوصی ، ن . خسینی ، ع . غلامی ، م (1393) ارزیابی زیست محیطی و اقتصادی توسعه پایدار در شهرهای استخراجی مورد پژوهش (شهر عسلویه) ، فصلنامه پژوهش های بوم شناسی شهری، دوره 5 ، شماره 1 ، ص 31 - 44 .
- 14 - Aivanz, M., 2008, the use of multi-criteria decision-making methods in the integrated assessment of climate changes: implications for IA practitioners, Socio-Economic Planning Sciences, 37, PP. 289-316.
- 15 - Bell, M., 2016, the use of multi-criteria decision-making methods in the integrated assessment of climate changes: implications for IA practitioners, Socio-Economic Planning Sciences, 37, PP. 289-316.

16 - Hong, G.et al. (2011), Research on sustainable development of resource-based small industrial and mining cities-A case study of Yangquanqu town, Xiaoyi, Shanxi province , China, *Proceeded Engineering* 21.PP 633-640 .

17 - Jordan , 2008,A multiple criteria decision model for assigning priorities to activities,*International Journal of Project Management*,27, PP. 175-181.

18 - Munier, Z., 2008,Multi-Attribute contractors ranking method by applying ordering of feasible alternatives of solutions in terms of prefer ability technique, *Technological and economic development Baltic Journal on Sustainability*, 14, PP. 224-239.

Identification of environmental sustainability in urban areas using multi-criteria decision making technique of linear allocation and Delphi technique with emphasis on flood sensitivity assessment (Case study of Babak city)

Abstract

In this research, first, by studying the theoretical foundations of the research, the criteria and sub-criteria that are effective for environmental sustainability were identified. After identifying the criteria, a Delphi questionnaire was designed and provided to experts and specialists. The implementation of the Delphi technique went so far that in the third period, panel members expressed their views on each of the criteria that the Kendall Coordination Coefficient increased to 0.669 because the Coordination Coefficient value Kendall was slightly higher than in the second round, and the Delphi period was repeated, as the consensus and consensus of the members did not show significant growth. After the end of the Delphi stages, the criteria of environmental resources and services, environmental health and energy were selected as the most important criteria for assessing environmental sustainability in Babak city, which in the criteria related to environmental resources and services; Below the criterion of satisfaction with the quality of drinking water (0.678), and in the criterion related to environmental health; Under the criterion of satisfaction with waste disposal (0.782) and in the criterion of energy; Under the standard of gas energy consumption (0.789), they had the highest deviation from the standard compared to other sub-criteria, and then using multi-criteria linear allocation technique to analyze and evaluate the environmental sustainability of Babak city, the results of the implementation The linear allocation model showed that the northern part of the city is in the first place, the southern part is in the second place, the western part is in the third place and the central part is in the fourth place.

Keywords: environmental sustainability, evaluation, linear allocation decision making, Babak city