سنجش شاخص چندمرکزیتی عملکردی[1] شبکه شهری نمونه موردی: شبکه شهری استان مازندران

وحید مشفقی[1]، مجتبی رفیعیان[2*]

۱- دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران
۲-دانشیار گروه شهرسازی، دانشگاه تربیت‌مدرس، تهران، ایران

دریافت: ۹۴/۱/۱۹ پذیرش:۹۴/۶/۱

چکیده

در پانزده سال اخیر توسعه چند مرکزی به یکی از مفاهیم جذاب و پرکاربرد برنامه‌ریزی فضایی تبدیل شده است. در این مقاله تلاش شده است شاخصی جهت سنجش میزان چندمرکزیتی عملکردی منطقه با درنظر داشتن هم‌زمان دوبعد کارکردی و مورفولوژیکی شبکه ارائه شود. این شاخص، پتانسیل و ظرفیت دستیابی به یک ساختار متعادل چند مرکزی را در یک سیستم شهری بررسی می‌کند. از نظر روش‌شناسی این پژوهش در زمره تحقیق‌های اثبات‌گرایانه و از نوع تحقیقات کاربردی است. اطلاعات مورد نیاز از طریق اسنادی و کتابخانه‌ای استخراج شده است. عملکردهای مورد بررسی در این پژوهش جریانات مردم، کالا، سرمایه و اطلاعات و داده‌های یادشده از نوع جریانی و به‌صورت مبدا- مقصد است. در پژوهش حاضر، از روش‌های رابطه‌ای و به‌طور خاص از روش تحلیل شبکه اجتماعی استفاده شده است. شاخص چندمرکزیتی عملکردی به‌عنوان شاخصی برای تعیین آستانه زمانی و فاصله در شبکه‌های شهری برای تحقق نظام چند مرکزیتی عملکردی معرفی شده است. این شاخص با در نظر گرفتن شدت روابط میان شهرهای یک منطقه و فاصله میان شهرها، پتانسیل شکل‌گیری نظام چندمرکزی را در عمل بررسی می‌کند، همچنین می‌توان با محاسبه اندازه این شاخص در یک سری زمانی گرایش نظام فضایی- عملکردی منطقه را در طیفی از ساختارهای تک‌مرکزی تا چندمرکزی برآورد کرد. در نهایت بزرگی شاخص محاسبه‌شده نشان می‌دهد ساختار چند مرکزیتی استان مازندران از شدت عملکردی قابل توجهی بهره می‌برد و این پتانسیل وجود دارد که بتوان عملکرد شبکه را تا حد ساختاری کاملاً متعادل و با بیشینه راندمان افزایش داد. بیشینه فاصله زمانی ملاک قرارگیری نقطه‌ای در شبکه شهری استان، ۱۵۰ دقیقه است. این فاصله شرط لازم برای قرارگیری یک نقطه در شبکه شهری است؛ بنابراین شهرهایی که

*ایمیل نویسنده مسئول: E-mail: rafiei_m@modares.ac.ir

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

فاصله زمانی آن‌ها بیشتر از ۱۵۰ دقیقه از یکدیگر است نمی‌توانند با یکدیگر تعاملات مؤثر بر ساختار شبکه شهری استان را داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: چندمرکزی، چندمرکزیتی، مناطق شهری عملکردی، شبکه شهری، مازندران.

۱- مقدمه

در ادبیات برنامه‌ریزی منطقه‌ای تلاش‌های متعددی در راستای تعادل‌بخشی میان توان‌ها و فشارهای اقتصادی، رقابت‌پذیری، انسجام اجتماعی و پایداری محیطی در قالب نظام فضایی یک‌پارچه صورت گرفته است. در همین راستا، آرایش فضایی متفاوتی از چگونگی استقرار شـهرها و الگوی بهینه نظام‌های سکونت‌گـاهی ارائه شده است (بیلی و تورک[1]، ٦٩٧، ۲۰۰۱). یکی از بحث‌هایی که جذابیت چشمگیری در تعادل‌بخشی به نظام‌های فضایی مناطق داشته، راهبرد توسعه فضایی چندمرکزی[2] بوده است (زبردست و شهمیری، ۱۳۹۳، ٤٨). با وجود تلاش‌های گسترده برای روشن‌شدن بیشتر این مفهوم، ادبیات مرتبط با چندمرکزی یکی از مفاهیم متنوع و در طیفی متنوع از تعابیر باقی‌مانده است (داوودی[3]، ۹۸۷-۹۸۰، ۲۰۰۳؛ لمبرگت[4]، ۳٤۰-۳۳۲، ۲۰۰۹). در این راستا لمبرگت[4] سه تعریف متمایز را مطرح کرده است.

نخستین تعریف، توسعه چندمرکزی به‌عنوان یک استراتژی برنامه‌ریزی اصولی در مقیاس کلان‌شهری و ملی و فراملی درنظر گرفته می‌شود. براساس این تعریف، تحقق نظام چندمرکزی در مقیاس کلان‌شهری و ملی و فراملی منجربه توسعه متعادل در سطوح کلان برنامه‌ریزی می‌شود. تعریف دوم، توسعه چندمرکزی به‌عنوان فرایندی فضایی ناشی از انتشار بیرونی (اغلب مرتبه بالاتر) عملکردهای شهری از مراکز بزرگ (شهرهای مرکزی) به مراکز کوچک‌تر و در نزدیکی مرکز درنظر گرفته می‌شود (کلوسترمن و موستردد[5]، ۲٦۹-٦۱، ۲۰۰۱؛ هال و پین[6]، ۳۷-۲۵، ۲۰۰٦). براساس این تعریف، چندمرکزی‌شدن مناطق یک استراتژی و همچنین مرحله‌ای از توسعه منطقه‌ای خواهد بود. به‌گونه‌ای که در فرایند تحول نظام‌های منطقه‌ای؛ شهرها ناگزیر به

1. Bailey & Turok
2. Polycentric
3. Davoudi
4. Lambregts
5. Kloosterman and Musterd
6. Hall and Pain

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

تعامل (چمپیون[1]، ۶۷۰-۵۸۹، ۲۰۰۱) با یکدیگر هستند. سومین بحث، نتایج فضایی چندمرکزی را درنظر می‌گیرد و به بیان پیکربندی فضایی مناطق شهر بنیاد (اسدی و زبردست، ۱۳۸۹، ۱۸) معاصر حاصل از پدیده چندمرکزی می‌پردازد؛ عناوین انواع پیکره‌های فضایی مناطق شهر بنیاد معاصر تقریباً به‌طور کامل دربردارنده واژه یا مفهوم «چندمرکزی» است و در ارتباط با نظام‌هایی مانند شهر، منطقه شهری، کلان‌شهر- منطقه، مناطق کلان‌شهری و شهر- منطقه‌های جهانی تفسیر می‌شود. پیوستگی کارکردی (اسدی و زبردست، ۱۳۸۹، ۱۸) وجه اشتراک این مناطق است. البته این اشکال فضایی در عمل، تفاسیر کاملاً متفاوتی از آن‌چه که نظام سکونت‌گاهی را چندمرکزی می‌کند و همچنین رویکردهای متفاوت جهت سنجش چندمرکزیتی، ارائه می‌دهد.

یکی از نمونه‌های چنین تفسیر متفاوتی، دو عبارت چندمرکزیتی[2] و چندمرکزی[3] است. شهرهای چندمرکزی اشاره به وجود مراکز متعدد دارد، درحالی‌که چندمرکزیتی بر وجود تعادل در میزان اهمیت این مراکز در نظام نوین منطقه‌ای اشاره دارد. نکته این است که آیا چندمرکزیتی تنها جنبه‌های مورفولوژیکی سیستم‌های شهری را درنظر می‌گیرد و یا این‌که ارتباطات میان مراکز و کانون‌های شهری را نیز دربرمی‌گیرد (گرین[4]، ۴-۳، ۲۰۰۷). طرفداران رویکرد چندمرکزیتی عملکردی[5] ادعا می‌کنند که نقاط بدون روابط متعادل قادر به تشکیل سیستم چندمرکزی نخواهند بود (اسپون[6]، ۱.۱.۱، ۲۰۰۳).

در تحلیل نظام‌های منطقه‌ای درنظرگرفتن روابط میان شهرها در قالبی از روابط شبکه‌ای اجتناب‌ناپذیر است. یک نظام شهری به‌گونه مطلوب نظامی چندمرکزی و چندمرکزیتی خواهد بود. یعنی مجموعه‌ای از مراکز شهری و هم‌سطح در سطوح فوقانی نظام سکونت‌گاهی که دارای تعاملات قوی با یکدیگر هستند. این تعاملات مجموعه‌ای از روابط مردم، کالا، سرمایه و اطلاعات و خدمات تخصصی است. این مراکز شهری باید در فاصله‌ای منطقی از یکدیگر قرار داشته باشند تا بتوانند در قالب نظامی یک‌پارچه عملکردی، آن‌چه که در تعریف سوم چندمرکزیتی از آن به‌عنوان پیوستگی کارکردی یاد شد را به‌وجود آورد.

1. Champion
2. Polycentricity
3. Multicentercity
4. Green
5. Functional Polycentricity Approach
6. ESPON

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

شاخص چندمرکزیتی عملکردی، علاوه‌بر تحلیل چگونگی ارتباطات میان شهرها، این فاصله منطقی را مورد بررسی قرار می‌دهد و با توجه به موقعیت استقرار شهرها نسبت به یکدیگر و شدت ارتباطات میان آن‌ها، وجوه چندمرکزیتی عملکردی شبکه شهری را به‌صورت کمی و قابل قیاس تحلیل می‌کند. این شاخص می‌تواند ۱- ملاک مقایسه دو یا چند منطقه، ۲- تحلیل روند تغییرات نظام سکونت‌گاهی در طیفی از ساختارهای تک‌مرکزی تا چندمرکزی و یا ۳- به‌عنوان شاخصی برای تحلیل و استخراج چگونگی و کیفیت وجوه چندمرکزیتی یک منطقه و نیز آستانه‌های زمانی و مکانی و تعیین حدود و ثغور مناطق چندمرکزی مورد استفاده قرار گیرد.

استان مازندران به دلیل ویژگی‌های جغرافیایی و توانمندی‌های اقلیمی و منطقه‌ای، به نسبت توزیع متناسبی از شهرها را در پهنه استانی دارد. همچنین به دلیل توانمندی‌های زمین، توزیع نسبتاً متناسبی از خدمات و امکانات و توزیع جمعیت در شهرهای مختلف مشاهده می‌شود. از دیگر ویژگی‌های نظام سکونت‌گاهی استان مازندران، فاصله اندک میان شهرهای استان و نیز تعدد شهرهای مهمی چون ساری، بابل، قائم‌شهر، آمل، چالوس، نوشهر، رامسر که شکل گرفته به‌صورت خطی در امتداد محور اصلی ارتباطی استان است. استقرار خطی کانون‌ها در امتداد نوار ساحلی شمالی کشور و وجود شبکه ارتباطی خطی استان به موازات کشیدگی جغرافیایی استان، منطبق‌بر ساختار شکلی زمین‌شناسی منطقه است، دسترسی مناسب میان مراکز شهری مختلف را میسر می‌سازد[1]. تمامی این عوامل بیانگر وجود زمینه‌های مساعد برای برقراری نظام متعادل و شکل‌گیری ساختارهای چندمرکزی در استان است.

این مقاله برآن است تا از راه محاسبه چندمرکزیتی عملکردی شبکه شهری استان مازندران، ابعاد عملکردی شبکه شهری استان را تحلیل و آستانه زمانی لازم برای برقراری نظام چندمرکزی را محاسبه کند. برای حصول به درکی درست از پتانسیل‌های شکل‌گیری ساختاری چند مرکزی در استان به‌عنوان الگوی جدید توسعه منطقه‌ای، لازم است طیفی متنوع از تعاملات میان شهرهای استان مورد سنجش قرار گیرد. برای این منظور چهار نوع جریان مردم، کالا، سرمایه و اطلاعات مورد نظر قرار گرفته شده است. این روابط و داده‌های مولد آن‌ها به تفسیر در روش تحقیق توضیح داده شده‌اند.

---

۱. نگاه شود به برنامه آمایش استان مازندران

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

۲- مبانی نظری

مطالعه نظام‌های شهری و روابط بین‌شهری، در زمینه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای برای مدت طولانی جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است. از اواخر دهه ۱۹۶۰ میلادی و با شکل‌گیری رویکرد سیستمی، با تعریف مجموعه‌ای از شهرها به‌عنوان یک نظام، به روابط متقابل بین شهرها در سطح یک منطقه توجه بسیاری شد. پیش از این دوره روابط متقابل بین شهرها متأثر از نگرش اتمیسم همراه با تجسم چیدمان سلسله‌مراتبی از فضا پذیرفته شده بود، در حالی که تحلیل سیستمی با درنظر گرفتن ساختارهای یکپارچه منطقه‌ای، نگرش نوینی را در قلمرو تحلیل نظام‌های شهری و منطقه‌ای و شناخت نظام‌های حاکم بر فضا ارائه می‌دهد (آفاق‌پور، ۱۳۸۹، رفیعیان، ۱۳۷۵، رستمی، ۱۳۸۱).

تا پیش از این، تحلیل نظام‌های شهری و الگوهای نظام‌یابی فضا براساس تحلیل‌های ایستا از الگوهای سلسله‌مراتبی اندازه شهرها مانند قاعده رتبه اندازه، مکان‌های مرکزی کریستالر و ... الهام می‌گرفت. آن‌چه در این الگوها مورد تأکید قرار می‌گیرد، سلسله‌مراتبی از شهرهاست (اولمن، ١٤، ۱۹۸۰). شهر سطح یک، به تناسب جمعیت و فاصله شهرهای سطح دو و بعدی شکل می‌گیرد؛ بنابراین می‌توان رویکردهای شبکه‌ای در پاسخ به ناتوانی‌ها و ضعف‌های رویکردهای سلسله‌مراتبی طرح و رد پای این نگرش را می‌توان در نظریه مرکز- پیرامون جان فریدمن مشاهده کرد. در مرحله چهارم از توسعه مناطق، صحبت از برقراری تعادل کامل، مرحله استقرار و توسعه‌یافتگی در قالب یک نظام شهری پیوسته از نظر ساختاری و عملکردی است (پاپلی‌یزدی، ۲۰۳-۲۰۷، ١٣٨٦). رویکرد نظری اولمن[1] (۱۹۸۰)، راهبرد شبکه منطقه‌ای داگلاس[2] (۱۹۹۸) و دیدگاه شبکه شهری کاماگنی[3] و سالون[4](۱۹۹۳) نیز از جمله نگاه‌های تحلیلی به روابط سکونت‌گاه‌هاست.

اساس فکری این رویکرد شناخت پدیده‌ها را منوط به شناخت عناصر تشکیل‌دهنده، پیوستگی و ارتباطات متقابل میان عناصر و کلیت نظام‌یافته آن می‌داند. چنین نگرشی، چیدمان سلسله‌مراتبی فضا را که در نظریات سنتی مورد پذیرش بود در تقابل با مدل شبکه‌ای سازمان‌یابی

1. Ulman
2. Douglass
3. camagni
4. salone

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

فضا، مبتنی‌بر نگرش‌های نوین قرار می‌دهد (مشرف، ۳، ۱۳۹۲). از بعد جغرافیایی یا مکانی شبکه را مجموعه‌ای از کانون‌ها می‌دانند که وابستگی و ارتباطات میان نقاط آن نظام‌مند است. پویایی شبکه‌ها وابسته به چگونگی پیوندها و ارتباطات میان گره‌ها و نقاط است. پیوندها و ارتباطاتی که هرگز تحمیلی نیستند و شکل گرفته در بستری از تاریخ هستند، توسعه یافته و به تعادل رسیده‌اند (آذرباد، ٦١، ١٣٨٨، به نقل از کاستلز ۱۳۸۰ و شکوئی، ۱۰۳، ۱۳۸۵). چنان شبکه‌ای آفریده محرک‌های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی و نیز پیشرفت‌های حمل و نقل و ارتباطات و نقش مؤثر آن در ایجاد یکپارچگی عملکردی است (پاچونی، ۱۳۰-۱۳٤، ۲۰۰۵).

در یک برداشت کلی سیستم‌های شهری را می‌توان به دو نظام فرم و کارکرد دسته‌بندی و ارائه کرد. نظام فرم عموماً بر الگوهای کالبدی، نحوه چینش عناصر و چگونگی ترکیب و نمایش سکونت‌گاه‌ها تأکید دارد، و نظام کارکرد محتوای درون سکونت‌گاه‌ها و تعاملات و کنش میان آن‌ها را نمایان می‌سازد. این دو مؤلفه در ترکیب با عناصر اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی و حتی نگرش‌های سیاسی، صورت‌بندی‌های مختلفی را به نمایش می‌گذارند. این صورت‌ها در واقع تجلی روابط درونی و بیرونی واحدهای یک مجموعه فضایی و جایگاه اجزای آن بر بستر محیط فیزیکی است. مجموعه‌ای از روابط که در آن‌ها عناصر می‌توانند تغییر یابند، ولی به‌گونه متکی به کل باقی‌مانده است و مفهوم خود را نگه می‌دارند. روابط میان عناصر مهم‌تر از خود عناصر است (ژانل[1]، ۳٦۰-۳۲۳، ۱۹٦۹). عناصر دارای قابلیت تغییر درونی هستند، ولی روابط آن‌ها ثابت باقی می‌ماند. بر این اساس اشکال مختلف نظام‌های فضایی مناطق قابل شناسایی است. به‌طور عام این نظام‌ها در طیفی از نظام‌های تک‌مرکزی تا نظام‌های چندمرکزی دسته‌بندی می‌شوند.

نظام‌های فضایی تک‌مرکزی شکل نخستین و کمتر توسعه‌یافته مناطق را نشان می‌دهد، حال آن‌که اشکال توسعه‌یافته نظام‌های فضایی ابعاد شبکه‌ای و چندمرکزی بروز می‌یابند. طرح‌واره شماتیک ساختار چندمرکزی از هم‌نشینی دو یا چند ساختار تک‌مرکزی حاصل می‌شود. در این ساختار هر یک از مراکز به یک مرکز دیگر اتصال دارند. در این الگو چندین شهر مرکزی هم‌سطح وجود دارد و این مراکز دارای پیوندهایی به نسبت متقابل با یکدیگر هستند (آفاق‌پور، ۱۳۸۹، ٤۳). در چنین سیستم‌هایی سطح بسیار بالای تمرکز و قطبش، چنان‌چه در ساختار

1. Janelle

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

تک‌مرکزی وجود دارد، مشاهده نمی‌شود. این امر توجیه‌کننده انعطاف‌پذیری و تخصص‌یابی در این نوع سیستم‌هاست. به دلیل فقدان انحصار موقعیت مرکزی تنها توسط یک مرکز و تقسیم نقش مرکزیت میان دو یا چند مرکز، پراکنش و انتشار بیشتری در این الگو مشاهده می‌شود. روابط یک جانبه به سمت مرکز در ساختار تک‌مرکزی تعدیل شده و علاوه‌بر آن روابطی دو جانبه میان شهرهای مرکزی نیز شکل می‌گیرد. درجه همکاری میان مراکز شهری در دو سطح، همکاری به نسبت زیاد میان شهرهای مرکزی و همکاری به نسبت کم میان سایر شهرها تعریف می‌شود. درجه هم‌افزایی سیستم نسبت به ساختار تک‌مرکزی بالقوه بالاتر است. ریخت‌شناسی تمامی پیوندهای موجود در این الگو به دو شکل قابل تمیز است. پیوندهای موجود یا ارتباط میان شهرهای مرکزی با سایر شهرهای موجود در سطح پایین‌تر و یا ارتباط میان شهرهای مرکزی را تأمین می‌کنند (مشفقی، ۱۳۹۱، ۳۶-۳۷).

کیول[1] معیارهای تحقق الگوی بهینه چندمرکزی را متأثر از دو عامل تخصص‌گرایی و مکمل‌بودن منطقه‌ای (شامل ریخت‌شناسی[2] شبکه و ارتباطات[3]) می‌داند (کیول، ۲۰۰۶). این مناطق، از مجموعه چندین شهر مرکزی در یک ناحیه مشخص تشکیل یافته‌اند که عدم غلبه شهر مرکزی را سبب می‌شود. این شهرها به‌وسیله زیرساخت‌های مناسب به خوبی با یکدیگر پیوند دارند و سلسله‌مراتب روشنی را از نظر سیاسی، اقتصادی، فرهنگی و جنبه‌های دیگر در میان خود نشان نمی‌دهند (کلووسترمن و موسترد، ۲۵-۲۴، ۲۰۰۱؛ اسدی و زبردست، ۲۲، ۱۳۸۹). رشد مناطق چندمرکزی از طریق روند دوگانه مرکزیت‌زدایی و مرکزی‌سازی دوباره صورت می‌گیرد. مرکزیت‌زدایی فرایندی است که در مقابل تمرکز جمعیت و فعالیت‌ها در شهرنشینی سنتی رخ می‌دهد. این پدیده نظام‌های مرکز- پیرامونی را رها کرده و منجربه سازماندهی اجتماعی دوباره نظام سکونت‌گاهی در قالب پراکندگی کنش‌ها در سطح منطقه می‌شود. هم‌زمان با انجام مرکزیت‌زدایی، به‌طور موازی مرکزی‌سازی دوباره نیز رخ داد. این پدیده برخلاف روندهای سنتی شهرنشینی، حاصل نیاز فضایی مناطق به شکل‌گیری فعالیت‌ها در ارتباط با یکدیگر است. این روابط نه به‌صورت نیروهایی روبه مرکز بلکه به‌صورت نیروهایی دوجانبه میان مراکز اتفاق

1. Kule
2. Morphological
3. Relational

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

می‌افتند (گودینر[1] و لسلی[2]، ۹۰-۸۷، ۲۰۰۵).

۳- روش تحقیق

۳-۱- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نقطه نظر پارادایم‌های تحقیق، اثبات‌گرایانه و از نوع تحقیقات کاربردی است. همچنین اطلاعات مورد نیاز تحقیق از طریق اسنادی جمع‌آوری شده است. جهت انجام تحلیل‌های منتج از رهیافت تعاملی از روش‌های رابطه‌ای (باستانی و رییسی، ۱۳۹۰) و به‌طور خاص از روش تحلیل شبکه اجتماعی استفاده شده است. عملکردهای مورد بررسی در این پژوهش، جریانات مردم، کالا، سرمایه و اطلاعات است. جهت بررسی جریان کالا از حجم کالای جابه‌جاشده میان شهرها استفاده، جریان مردم هم براساس تعداد مسافر محاسبه و اطلاعات مبدا، مقصد جریان بار و مسافر میان شهرهای استان مازندران از سازمان حمل و نقل و راه‌داری جاده‌ای تهیه شده است.

جهت تحلیل جریان سرمایه میان شهرهای استان، حجم تبادل وجوه میان بانک‌ها مورد نظر بود. از آن‌جایی‌که دسترسی به این اطلاعات میسر نبود نسبت به شبیه‌سازی جریان وجوه میان شهرها اقدام شد[3].در این روش فرض اساسی بر این است که جریان میان نقاط در گرافی کامل رخ می‌دهد و از هر نقطه به تمام نقاط شبکه جریان فرستاده می‌شود و برعکس هر نقطه در شبکه از سایر نقاط جریان دریافت می‌کند. شدت جریان ارسالی (دریافتی) هر شهر از نقطه دیگر متناسب با سهم آن شهر از کل جریان ارسالی (دریافتی) شبکه و سهم آن نقطه از کل جریان دریافتی (ارسالی) شبکه است (هال و پین، ٥٤، ٢٠٠٦). شاخص‌های مورد استفاده برای شبیه‌سازی جریان سرمایه عبارت از تعداد شعب بانکی و حجم سپرده‌های بانکی شهرهاست. برای جریان اطلاعات تعداد نامه‌های الکترونیکی میان شهرها و یا تعداد تماس‌های تلفنی میان شهرها درنظر بود که این اطلاعات نیز قابل استخراج نبود؛ بنابراین مشابه جریان سرمایه نسبت به شبیه‌سازی جریان اطلاعات اقدام شد. برای این منظور تعداد مراکز خدمات اینترنتی پرسرعت[4] و

1. Gottdiener
2. Leslie

۳. نگاه شود به Polycentric Metropolise ,2006,p:54

4. ISP

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

ضریب نفوذ دیتا ملاک عمل قرار گرفت. اطلاعات مورد نیاز برای شبیه‌سازی جریان سرمایه و اطلاعات از سال‌نامه آماری استان استخراج شده است.

۳-۲- مدل تحلیل

رفتار شبکه مجموعه‌ای از روابط بین مراکزی است که در زمینه‌ها یا عملکردهای مشابه تعامل یا همکاری دارند. در مقیاس منطقه‌ای، الگوی چندمرکزی هنگامی ظاهر می‌شود که دو یا تعداد بیشتری از شهرها، عملکردهای مکمل یکدیگر دارند و حتی شهرها در راستای ایفای نقش شهری بزرگ‌تر به‌صورت هم زمان، با یکدیگر همکاری می‌کنند. گرین در سال ۲۰۰۶ شاخصی جهت سنجش میزان چندمرکزیتی عملکردی مناطق چندمرکزی شهری[1] ارائه کرد. درجه عملکردی هر یک از اجتماعات و کل شبکه در انطباق با یک ساختار چندمرکزی متعادل بررسی می‌شود. این مرحله از پردازش شبکه، پتانسیل و ظرفیت دستیابی به یک ساختار متعادل چندمرکزی را در یک سیستم شهری عملکردی و با استفاده از تحلیل شبکه اجتماعی بررسی می‌کند (هانسن[2]، ۵-۳، ۲۰۱۲، نیل[3]، ۱۸، ۲۰۱۰، واسنن[4]، ۳۷، ۲۰۱۲). سپس شاخص دیگری در ارتباط با توپوگرافی شبکه درنظرگرفته می شود. این شاخص [5]یا همان شاخص کلی عملکردی شبکه است و به شرح زیر محاسبه می‌شود (گرین، ۲۰۸۸-۲۰۸٤، ۲۰۰۷).

به‌طور قراردادی P_F را درجه چندمرکزیتی برای عملکرد F می‌نامیم. این مقدار در طیفی از صفر تا یک تعریف می‌شود. هر اندازه بزرگ‌تر باشد (نزدیک‌تر به یک)، بیانگر چندمرکزیتی عملکردی است و هر اندازه کوچک‌تر، بیانگر فقدان وجود چندمرکزیتی عملکردی در شبکه است، همچنین $N_F=\{n_1, n_2, n_3,..., n_g\}$ شبکه عملکردی مشتمل بر g راس و $L=\{l_1, l_2, l_3,..., l_g\}$ مجموعه یال‌های بین آن‌ها برای عملکرد F است.

$$0\leq P_F \leq 1 \qquad (1)$$

در ابتدا شاخص چندمرکزیتی برای عملکرد F (مانند مردم، کالاو حوالجات،...) در شبکه N

1. Polycentric Urban Regions (PUR)
2. HANSSENS
3. Neal
4. Vasanen
5. Regional Functional Polycentricity (RGF)

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

محاسبه می‌شود. P(F,N) چندمرکزیتی متداول[1] برای عملکرد F در شبکه N است. به‌گونه‌ای که صفر معادل تک‌مرکزیتی[2] محض و یک برابر چندمرکزیتی متداول کامل است.

$$P(F,N)=1-(\delta_F/\ \delta_{F\ MAX}) \qquad (۲)$$

δ_F و $\delta_{F\ MAX}$ به‌ترتیب انحراف معیار درجه نقاط و انحراف معیار میان بزرگ‌ترین درجه نقاط و صفر است. سپس تراکم شبکه به صورت روابط (٤،٣) محاسبه می‌شود. تراکم شبکه به چهار راه زیرمحاسبه می‌شود.

در گراف‌های جهت‌دار دوبخشی

$$= L/g(g-1)\Delta \qquad (۳)$$

در گراف‌های بی‌جهت دوبخشی

$$= 2L/g(g-1)\Delta \qquad (٤)$$

در گراف‌های جهت‌دار وزنی(در پژوهش حاضر گراف‌های متناظر با جریان مردم و کالا در این دسته قرار دارند).

$$= L/L_{max}\Delta \qquad (٥)$$

در گراف‌های بی‌جهت وزنی (در پژوهش حاضر گراف‌های متناظر با جریان سرمایه و اطلاعات در این دسته قرار دارند).

$$= 2L/L_{max}\Delta \qquad (٦)$$

که در آن L تعداد یال‌های موجود، g تعداد رأس‌هاست.L_{max} بیشینه تعداد یال‌های ممکن در گراف است. تعیین L_{max} به‌سادگی صورت نمی‌پذیرد. برای نمونه در یک شبکه جابه‌جایی روزانه، تعداد افرادی که می‌توانند جابه‌جا شوند با توجه به ویژگی‌های فاصله و نوع وسیله نقلیه و شبکه راه و... محدود است. تعداد تلفن‌ها یا پیام‌ها یا رایانامه‌های الکترونیکی محدود ناست یا حداقل به‌سادگی قابل محاسبه نیست. در چنین مواردی بهتر است L_{max} براساس مطالعات تجربی تعیین شود. به روشنی مشخص است این یک قضاوت کارشناسی است هرچند در برخی موارد محدودیت‌های تجربی وجود دارد که باید درنظر گرفته شود. برای نمونه در مورد رایانامه‌ها، بیشینه تعداد رایانامه‌هایی که می‌تواند در یک روز ارسال شود بستگی به اندازه و طول رایانامه‌ها،

1. Ordinary Polycentricity
2. Monocentricity

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

سرعت رایانه و شبکه اینترنت و ... دارد؛ بنابراین جهت برآوردL_{max} در این موارد اساس کار بر این است که با شرایطی مشابه در جایی دیگر مقایسه شود (گرین، ۲۰۸۵، ۲۰۰۷).

در پژوهش حاضر L_{max} معادل بیشترین شدت جریان برای هر رأس درنظر گرفته شده است. همواره تراکم شبکه عددی از صفر تا یک خواهد بود ($0 \leq \Delta \leq 1$).

در مرحله بعد، تلاش می‌شود فاکتورهای $P(F,N)$ و Δ را با یکدیگر تلفیق کرد. و بر این اساس درجه چندمرکزیتی برای هر عملکرد خاص[1] $P_{SF}(N)$ محاسبه می‌شود.

$$P_{SF}(N)= P(F,N)\times\Delta \qquad (۷)$$

درجه چندمرکزیتی برای هر عملکرد خاص $P_{SF}(N)$ از سه مورد قابل توجه است. نخست چندمرکزیتی به‌عنوان مفهومی تئوریک و در قالب عملکرد میان نقاط مطرح است و فواصل هندسی میان نقاط را درنظر نمی‌گیرد. درنظر گرفتن تراکم شبکه نشان می‌دهد میزان تعاملات میان نقاط در تعیین درجه چندمرکزیتی حائز اهمیت است. آخر این‌که بررسی چندمرکزیتی برای عملکردی خاص به این معناست در یک بستر جغرافیایی می‌توان چندمرکزیتی را برای عملکردهای مختلف بررسی کرد. برای نمونه جریان‌های مهاجرت یا سفر ورودی و جریان‌های مهاجرت یا سفر خروجی، تلفن، اینترنت و غیره. تعدد جریانات و عملکردهای مورد بررسی قطعیت و درستی نتیجه را مسلم‌تر می‌کند.

پس از محاسبه $P_{SF}(N)$ برای تمامی عملکردهای مورد بررسی، نیاز است در تحلیلی یک‌پارچه تمام عملکردها مورد ارزیابی قرار داده شوند و درجه چندمرکزیتی عملکردی برای تمامی عملکردها تعیین شود. برای این منظور درجه چندمرکزی کلی (P_{GF})[2] برای مجموعه‌ای از جریانات مختلف چنین محاسبه می‌شود. ممکن است شبکه‌ها برای عملکردهای مختلف حالتی نامتعادل یا تک‌مرکزی داشته باشند، اما مجموع و برآیند جریانات، ساختاری چندمرکزی را حاصل کنند. Φ یا «تعدیل‌گر مکمل[3]» شاخصی است که برآیند عملکردهای مختلف یک شبکه را در کنار هم می‌سنجد. در نهایت درجه چندمرکزیتی عملکردی تمامی جریانات مورد بررسی از میانگین‌گیری درجه چندمرکزیتی عمل‌گری تمام عملکردهای مورد بررسی محاسبه می‌شود.

$$P_{GF}(n_1, n_2,\dots n_n)=[\Sigma\, p_{SF}(N_1, N_2,\dots N_n)/n] \times \Phi \qquad (۸)$$

1. Special Functinal Policentricity
2. General Functinal Policentricity
3. Complementarity modifier

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

$$\Phi=1-\delta P(F, N_1, N_2,\dots N_n) \quad (۹)$$

$$P^{--}GF=\Sigma\, p_{GF}/n \quad (۱۰)$$

هرچند براساس ادبیات نظری درجه چندمرکزیتی عملکردی (P^{--}_{GF} و P_{GF} و P_{SF}) در بازه‌ای از صفر تا یک قرار می‌گیرد، اما در شواهد تجربی بیان می‌دارد این شاخص در بهترین حالت کوچک‌تر مقدار تئوری مورد بحث است. نتایج بررسی‌های انجام گرفته در هشت منطقه عملکردی اروپا نشان می‌دهد شاخص‌های مورد نظر در بازه ۰/۰۲– ۰۲۵/۲۵ تعریف می‌شوند (هال و پین، ۵۲، ۲۰۰۶). بر این اساس می‌توان انتظار داشت مقدار درجه چندمرکزیتی عملکردی شبکه‌های شهری بسیار کمتر از مقدار بیشینه ممکن به‌دست آید. مقدار یک (بیشینه) در حالتی حاصل می‌شود که تمامی عملکردهای میان نقاط مقدار بیشینه خود را داشته باشد و این امر بیانگر مفهوم وابستگی محض خواهد بود نه تعامل (به‌عنوان نمونه برای سفرهای روزانه بیشینه ممکن هنگامی به‌وجود می‌آید که تمامی مردم یک شهر به شهر دیگر سفر کنند).

با رویکردی مشابه شاخص مناطق شهری چندمرکزی عملکردی[1] مورد نظر قرار می‌گیرد. این شاخص بر فرض‌های زیر استوار است.

- سکونت‌گاه‌هایی که در یک منطقه عملکردی چندمرکزی قرار می‌گیرند، در فاصله‌ای مشخص از یکدیگر واقع می‌شوند.
- سکونت‌گاه‌هایی که در یک منطقه عملکردی چندمرکزی قرار می‌گیرند، از نظر عملکردی در تعامل با یکدیگرند.
- سکونت‌گاه‌هایی که در یک منطقه شهری عملکردی (PUR) چندمرکزی قرار می‌گیرند، دارای مورفولوژی تقریباً مشابهی در منطقه هستند.

بر این اساس در ابتدا سعی می‌شود تعریفی مشخص جهت تعیین فاصله متناسب برای شهرهای واقع در یک منطقه عملکردی چندمرکزی ارائه شود. اگر d_{ij} فاصله میان دو سکونت‌گاه i و j باشد آن‌گاه $d_{ij\ Max}$ بیشترین فاصله میان سکونت‌گاه‌های مورد مطالعه خواهد بود. و بر این اساس رابطه (۱۱) را خواهیم داشت.

$$d_{ij\ Max}=D^{-}+\delta_T \quad (۱۱)$$

1– Functionally Polycentric Urban Regions

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

$\bar{D}$ برابر میانگین فاصله میان سکونت‌گاه است و δ_T، انحراف معیار تمام فواصل میان نقاط است. مقصود از فاصله در این‌جا فاصله فیزیکی است (مانند فاصله زمانی میان نقاط).

درنهایت جهت تعیین مناطق شهری چندمرکزی عملکردی، عامل فاصله نیز دخیل می‌شود. برای این منظور P_T[1] به‌عنوان شاهدی برای توپولوژی شبکه (فاصله میان سکونت‌گاه‌ها) به صورت رابطه (۱۲) محاسبه می‌شود و در نهایت مقدار محاسبه‌شده در تلفیق با درجه چندمرکزیتی محاسبه‌شده در قسمت پیشین قرار می‌گیرد.

$$P_T=1-(\delta_T/\ \delta_{T\ Max}) \qquad (۱۲)$$

در آخر R_{GF} یا همان شاخص کلی عملکردی منطقه چنین محاسبه می‌شود. این شاخص بیانگر بیشینه فاصله زمانی میان سکونت‌گاه‌ها در منطقه برای شکل‌گیری نظام چندمرکزیتی عملکردی است.

$$R_{SF}= P_T\times P_{SF} \qquad (۱۳)$$

$$R_{GF}= P_T\times P_{GF} \qquad (۱٤)$$

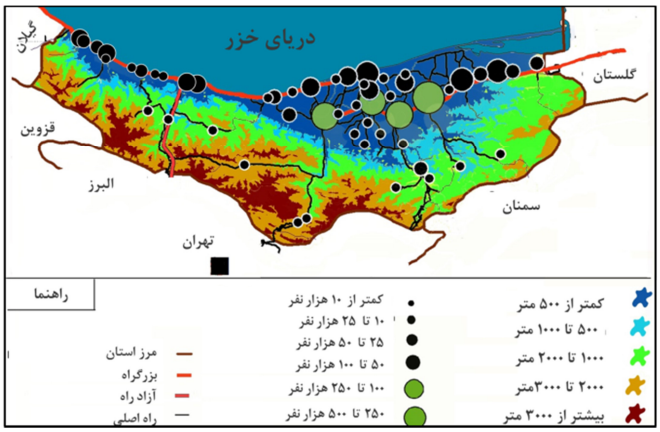
۴- معرفی نمونه مورد مطالعه

استان مازندران براساس تقسیمات سیاسی سال ۱۳۸۵ شامل ۱٦ شهرستان آمل، بابل، بابلسر، چالوس، قائم‌شهر، جویبار، محمودآباد، نور، نوشهر، رامسر، ساری، سوادکوه، تنکابن، نکا، بهشهر و گلوگاه است. در طی سال‌های ۸۵-۹۰، سه شهرستان میاندور، فریدون‌کنار و عباس‌آباد به شمار شهرستان‌های استان اضافه شده است. این شهرستان‌ها به‌ترتیب از شهرستان‌های ساری، بابلسر و تنکابن تفکیک شده است. مازندران براساس آخرین تقسیمات کشوری دارای ۱۹ شهرستان، ۵۳ شهر، ۵۰ بخش، ۱۲۲ دهستان و ۳٦۹۷ آبادی است. در این پژوهش تقسیمات سیاسی ۱٦ شهرستان ملاک عمل قرار گرفته شده است. اطلاعات جریانی میان شهرها و همچنین اطلاعات پایه مورد نیاز جهت مدل‌کردن سایر جریانات میان شهرهای استان برمبنای ۱٦ شهرستان در دسترس قرار داشته است. نقشه ۱ پراکندگی شهرهای و سلسله‌مراتب راه‌های ارتباطی استان مازندران را نشان می‌دهد.

1. Topographical Polycentricity

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

نقشه ۱ موقعیت شهرهای استان مازندران نسبت به شبکه راه



۵- یافته‌های پژوهش

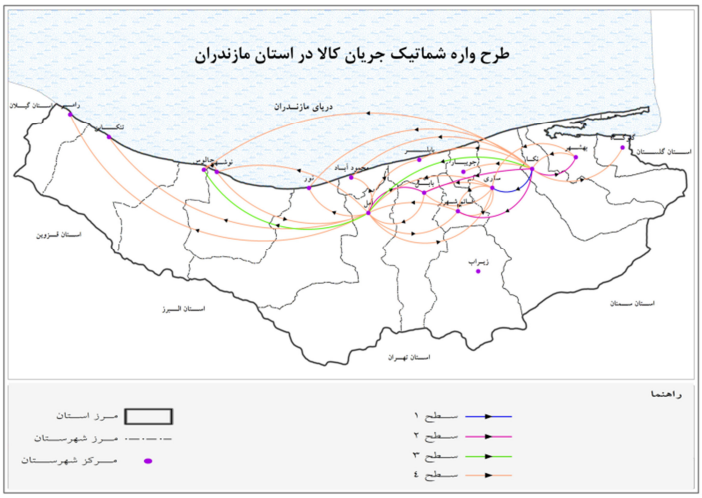
برای تحلیل درجه چندمرکزیتی استان مازندران چهار عملکرد مردم، کالا، سرمایه و اطلاعات مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور ابتدا P_{SF} برای هریک از جریان‌های ورودی و خروجی در عملکردهای مردم و کالا (گراف‌های متناظر با آن‌ها گراف‌هایی جهت‌دار هستند) بررسی شده است. سپس برای برآیند هر دو جریان مقدار P_{GF} هریک از عملکردها محاسبه شده است، همچنین در مورد عملکردهای سرمایه و اطلاعات تنها یک نوع جریان مورد تحلیل قرا گرفته است (گراف‌های متناظر با آن‌ها گراف‌هایی بی‌جهت هستند). بر این اساس P_{SF} محاسبه می‌شود. از آن‌جا که این عملکردها تنها جهت‌دار نیستند، P_{GF} در آن‌ها معنا نخواهد داشت. نقشه ۲ نمایش گرافیکی جریان کالا را در استان به تصویر می‌کشد. برای سایر انواع جریان‌ها نیز چنین گراف‌هایی ترسیم شده است.

درجه عملکردی اجتماعات برای جریان مردم و کالا در جدول ۱ محاسبه شده است. با توجه به این‌که P_{GF} در یک شبکه شهری چندمرکزی به معنای واقعی کلمه حدود ۰/۲۵ (در منطقه راندشتاد) است و کمینه آن در عمل ۰/۰۲ است. درجه عملکردی محاسبه‌شده برای جریان مردم در استان مؤید توان به نسبت بالای چندمرکزیتی شبکه است. برای جریان کالا در مقایسه با جریان مردم، اطلاعات و سرمایه کمتر است. این کمینه بودن بیانگر ساختار متمرکزتر گراف

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

جریان کالا نسبت به سایر تیپ‌های جریانی مورد بررسی در استان است. هرچند بزرگ‌بودن نسبی مقدار درجه عملکردی محاسبه‌شده نکته‌ای است که بیانگر ساختاری با طیف از متمرکز تا متعادل است.

نقشه ۲ گراف جریان‌های مردم، کالا، سرمایه و اطلاعات در استان مازندران



(منبع: سازمان حمل و نقل و راهداری جاده‌ای)

جدول ۱ درجه عملکردی جریان مردم و کالا

	مردم		کالا	
	IN-COMMUNITY	OUT-COMMUNITY	IN-COMMUNITY	OUT-COMMUNITY
L	۱۲۴۹۶۱۹	۱۲۴۹۶۱۹	۳۷۶۴۷۲۹	۳۷۶۴۷۲۹
L_{Max}	۷۱۱۲۸۲۰	۷۰۳۵۸۱۰	۳۰۲۹۸۶۴۹	۱۹۵۷۲۲۵۶
Δ	۰٫۱۷۵۶۸۵	۰٫۱۷۷۶۰۸	۰٫۱۲۴۲۵۴	۰٫۱۹۲۳۵
ð	۷۳۶۶۸٫۵۸	۷۱۰۷۸٫۷۴	۲۵۶۷۹۹٫۳	۴۵۹۲۴۰٫۱
$ð_{Max}$	۱۶۸۴۷۶٫۷	۱۶۳۹۷۲٫۴	۶۸۰۷۴۲٫۲	۱۲۶۶۱۷۹
P_{SF}	۰٫۰۹۸۸۶۵	۰٫۱۰۰۶۱۹	۰٫۰۷۷۳۸۱	۰٫۱۲۲۵۸۵
P_{GF}	۰/۰۹۹۴۷۵		۰/۰۹۸۹۵۵	

(منبع: نگارندگان)

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

برای جریان‌های سرمایه و اطلاعات عدد محاسبه‌شده در مقایسه با جریان مردم و کالا بیشتر است و این بیانگر ساختار متعادل‌تر گراف جریان‌های سرمایه و اطلاعات نسبت به سایر تیپ‌های جریانی مورد بررسی در استان است. برای جریان اطاعات مشاهده می‌شود، عدد محاسبه‌شده در مقایسه با سایر جریان‌های مطالعه‌شده بیشترین مقدار را دارد. این بیانگر ساختار متمرکزتر گراف جریان اطلاعات نسبت به سایر تیپ‌های جریانی مورد بررسی در استان است.

جدول ۲ درجه عملکردی جریان‌های سرمایه و اطلاعات

	L	L Max	Δ	$\bar{\delta}$	$\bar{\delta}$ Max	PSF
سرمایه	۲۵۰۵۳۲۳	۱۳۲۶۸۰۰۳	۰/۱۸۸۸۲۴	۱۸۴۲۱۰/۱۵	۵۱۰۱۸۷/۵	۰/۱۲۰۶۴۷
اطلاعات	۰/۱۲۰۶۴۷	۵۳۲۶۲۰	۰/۲۲۶۸۴۲	۷۳۳۰/۳۶۵	۲۱۶۴۵/۷۳	۰/۱۵۰۰۲۱

(منبع: نگارندگان)

۵-۱- بررسی درجه چندمرکزیتی عملکردی کلی شبکه شهری استان مازندران

پس از محاسبه درجه چندمرکزیتی عملکردی برای هریک از عملکردهای مورد بررسی، درجه چندمرکزیتی عملکردی کلی شبکه شهری استان مازندران (P^{--}_{GF}) محاسبه می‌شود و در آخر جهت استخراج شبکه شهری عملکردی استان مازندران ضروری است که جریانی برآیند و فارغ از تیپ تفکیک‌شده مردم، کالا، سرمایه و اطلاعات ملاک عمل قرار گرفته و شبکه شهری استان مازندران بدون درنظر گرفتن ارتباطات تفکیک‌شده آن‌ها مورد سنجش قرار گیرد. ممکن است شبکه‌ها برای عملکردهای مختلف (جریانات مختلف) حالتی نامتعادل یا تک‌مرکزی داشته باشند، اما مجموع و برآیند جریانات، ساختاری چندمرکزی را حاصل کنند. درجه چندمرکزیتی عملکردی کل جریانات شاخصی است که برآیند عملکردهای مختلف یک شبکه را در کنار هم می‌سنجد.

مقدار محاسبه‌شده برابر ۰/۱۱۷ است. با توجه به بیشینه مقدار ۰/۲۵ تعریف‌شده برای شبکه‌های چندمرکزی عملکردی، نتیجه می‌شود ساختار چندمرکزیتی استان از شدت عملکردی قابل توجهی بهره می‌برد و این پتانسیل وجود دارد که بتوان عملکرد شبکه را تا حد ساختاری کاملاً متعادل و با بیشینه راندمان افزایش داد.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

جدول ۳ درجه عملکردی کلی جریانات

درجه عملکردی	شاخص	عملکرد
۰/۰۹۹	P_{GF}	مردم
۰/۰۹۹	P_{GF}	کالا
۰/۱۲۱	P_{SF}	سرمایه
۰/۱۵	P_{SF}	اطلاعات
۰/۱۱۷	P^{--}_{GF}	برآیند

(منبع: نگارندگان)

۵-۲- درجه عملکردی چندمرکزیتی منطقه‌ای

با توجه به PGF و PSF محاسبه‌شده برای عملکردهای چهارگانه مورد مطالعه، RGF محاسبه قرار گرفته است. براساس جدول ٤ نتیجه می‌شود بیشینه فاصله زمانی ملاک قرارگیری نقطه‌ای در شبکه شهری استان ۱۵۰دقیقه است. توضیح این نکته ضروری است که این فاصله شرط لازم برای قرارگیری یک نقطه در شبکه شهری است و نه شرط کافی؛ بنابراین شهرهایی که فاصله زمانی آن‌ها بیشتر از ۱۵۰ دقیقه از یکدیگر است نمی‌توانند با یکدیگر تعاملات مؤثر بر ساختار شبکه شهری استان را داشته باشند.

همچنین در توضیح کمتر شدن عدد محاسبه‌شده برای R_{GF} نسبت به P^{--}_{GF}، علت را می‌توان در توزیع نامتناسب جغرافیایی شهرها در سطح استان جستوجو کرد. تعاملات میان شهرهای استان هریک به‌طور جداگانه مقدار قابل توجهی از درجه چندمرکزیتی عملکردی را نشان می‌دهد. در نهایت درجه عملکردی چندمرکزیتی منطقه‌ای کاهش قابل توجهی نسبت به P^{--}_{GF} نشان می‌دهد.

جدول ۴ درجه عملکردی چندمرکزیتی منطقه‌ای

P^{--}_{GF}	۰/۱۱۷
Ч	۹۱/۸
ð	۵۸/۳۶۶
$ð_{Max}$	۱۷۳/۲۴۱
P_T	۰/۶۶۳
D_{Max}	۱۵۰/۱۶۶
R_{GF}	۰/۰۷۸

(منبع: نگارندگان)

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

۶- بحث و نتیجه‌گیری

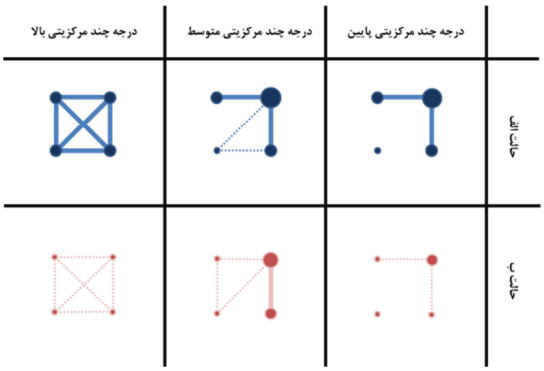
رفتار شبکه مجموعه‌ای از روابط است بین مراکزی که در زمینه‌ها یا عملکردهای مشابه تعامل یا همکاری دارند. در مقیاس منطقه‌ای، الگوی چندمرکزی هنگامی ظاهر می‌شود که دو یا تعداد بیشتری از شهرها، عملکردهایی دارند که یکدیگر را تکمیل می‌کنند و حتی هنگامی که شهرها با یکدیگر همکاری می‌کنند تا بتوانند با هم به‌عنوان شهری بزرگ‌تر ایفای نقش کند. بسیاری از سیاست‌های نوین توسعه فضایی، توسعه بر مبنای تقویت ساختار چندمرکزی را به‌عنوان الگویی موفق برای توسعه فضایی مناطق (چنان‌چه در چشم‌انداز توسعه فضایی اروپا به روشنی بر آن تأکید شده است) تلقی می‌کنند. مزیت‌های این الگو این است که این الگو در عمل وجود دارد و تنها تفاوت در مبذول داشتن توجه بیشتر به آن در غالب مدل‌های چندمرکزی در مقابل الگوهای تک‌مرکزی است. به بیان دیگر الگوهای چندمرکزی انطباق بیشتری با واقعیت (به‌خصوص در ابعاد اقتصادی فضا) دارند. مردم در عمل از مراکز کار و فعالیت‌های متفاوت و مختلفی بهره می‌برند. بر این اساس درنظر داشتن ابعاد مختلف و ظرفیت‌های وقوع این پدیده عملکردی- فضایی نقش حیاتی در برنامه‌ریزی توسعه فضایی مناطق ایفا می‌کند. بعد عملکردی چندمرکزیتی شدت و جهت تعاملات میان کانون‌ها و بعد فضایی آن فاصله میان کانون‌ها را درنظر قرار می‌دهد.

درجه چندمرکزیتی عملکردی شاخصی جهت سنجش میزان چندمرکزیتی عملکردی مناطق چندمرکزی شهری است. در واقع این شاخص، پتانسیل و ظرفیت دستیابی به یک ساختار متعادل چندمرکزی را در یک سیستم شهری عملکردی و با استفاده از تحلیل شبکه اجتماعی بررسی می‌کند. اهمیت شاخص درجه چندمرکزیتی عملکردی در آن است که هر دو بعد مورفولوژیکی و عملکردی را دربرمی‌گیرد. بزرگی این عدد بیانگر پتانسیل بیشتر آن منطقه در شکل‌گیری نظام چندمرکزی است. در واقع بزرگی درجه چندمرکزیتی بیانگر وجود روابطی میان تعداد بیشتری از کانون‌ها در شبکه است، یعنی از نظر توپولوژیکی تعداد بیشتری از ارتباطات ممکن میان کانون‌ها برقرار است و در نتیجه ساختار شبکه‌ای است، همچنین از نظر شدت ارتباطات میان کانون‌ها، تعادل بیشتری در شبکه برقرار است. به عبارت دیگر، نوسان کمتری میان شدت ارتباطات میان کانون‌ها وجود دارد و در نتیجه وزن جریان‌های وارده به کانون‌های مختلف (خارج شده از کانون‌های مختلف) برابر است. در نتیجه مرکزیت مسلطی در شبکه وجود ندارد.

از دیگر مزایای شاخص چندمرکزیتی عملکردی این است که این شاخص فراتر از یک

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

استاندارد ثابت و مطلوب تعریف شده است. بر این اساس هر شبکه‌ای با توجه به شدت روابط میان کانون‌های آن و توپولوژی شبکه به یک عدد منتج می شود. این عدد در واقع پتانسیل شکل‌گیری نظام چندمرکز را نسبت به خود می‌سنجد و نه نسبت به یک نظام چندمرکزی مطلوب. برای نمونه ممکن است در یک استان به دلیل خاستگاه جغرافیایی منطقه و نزدیکی شهرها و یا دسترسی مناسب شهرها و...، همچنین جمعیت بالای شهرهای آن استان زمینه مساعدی برای برقراری ارتباطات با شدت زیاد میان شهرها وجود داشته باشد (حالت الف). حال آن‌که در استانی دیگر فاصله زیاد شهرها و یا جمعیت کم شهرهای منطقه و... سبب می‌شود شدت ارتباطات میان شهرهای استان با یکدیگر عددی کوچک‌تر از حالت پیشین را داشته باشد (حالت ب). با توجه به درجه چندمرکزیتی عملکردی هیچ مزیتی در پتانسیل شکل‌گیری نظام چندمرکزی برای حالت (الف) در مقایسه با حالت (ب) وجود ندارد و هر یک از این حالت‌ها می‌تواند درجه چندمرکزیتی بالایی داشته باشد. شکل ۱ به‌طور شماتیک این مطلب را بیان می‌کند. در واقع آن‌چه در درجه چندمرکزیتی عملکردی حائز اهمیت است، تعداد و چگونگی ارتباطات میان شهرها در مقایسه با خودشان است.



شکل ۱ تأثیر عملکرد و شدت ارتباطات بر چندمرکزیتی عملکردی

(منبع: نگارندگان)

پس از درک ویژگی‌های درجه چندمرکزیتی عملکردی، حال این سوال مطرح می‌شود که این شاخص چگونه در برنامه‌ریزی فضایی مؤثر است؟ فارغ از موارد ابتکاری و خاصی که شاخص

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

یادشده می‌تواند مورد استفاده برنامه‌ریزان منطقه‌ای قرار گیرد، به‌طور کلی باید بیان کرد این شاخص به سه طریق می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

نخستین حالت، برای سنجش روند تغییرات نظام سکونت‌گاهی مناطق مورد استفاده خواهد داشت. از طریق محاسبه مقادیر این شاخص در دوره‌های زمانی مختلف و مقایسه میزان و شدت تغییرات آن می‌توان به چگونگی تغییرات و همچنین گرایشات الگوی فضایی- عملکردی نظام سکونت‌گاهی منطقه مورد مطالعه پی برد. حالت دوم، از راه محاسبه مقدار این شاخص و سنجش میزان بزرگی آن است. مقدار محاسبه‌شده برای این شاخص در هشت منطقه عملکردی کاملاً چندمرکزی اروپا نشان می‌دهد به‌طور تجربی اندازه این شاخص در بهترین حالت ۰/۲۵ خواهد بود، هرچند به‌طور نظری این شاخص عددی بین صفر تا یک است. مقایسه درجه چندمرکزیتی شبکه مورد مطالعه با درجه چندمرکزیتی مناطق عملکردی کاملاً چندمرکزی شناخته شده در جهان (یعنی عدد ۰۲۵) می‌تواند ملاک مناسبی برای ارائه نظر در مورد ساختارها و فرایندهای شکل‌دهنده نظام سکونت‌گاهی باشد. حالت سوم قائل به شاخص کلی عملکردی منطقه است. این شاخص که از شاخص چندمرکزیتی شبکه استخراج می‌شود بیانگر محدوده مکانی و زمانی اپتیمم منطقه برای شکل‌گیری نظام چندمرکزی است. در عمل تمامی شهرهای یک منطقه با یکدیگر ارتباط دارند و همچنین با نظام‌های منطقه‌ای بالاتر نیز ارتباط دارند.

تعیین مرز مناطق عملکردی حائز اهمیت است. پس از شناسایی کانون‌های مرکزی و یا سکونت‌گاه‌های مورد مطالعه، مشخص شود که تا چه شعاعی را می‌توان به‌عنوان منطقه عملکردی متعامل شهری در نظر گرفت. شاخص کلی عملکردی منطقه بیانگر بیشینه فاصله مکانی یا زمانی است که هریک از شهرهای شبکه مورد مطالعه می‌تواند با سایر شهرهای همان شبکه ارتباطات عملکردی در چارچوب مفهوم مناطق عملکردی برقرار کند. این فاصله هرگز به معنای تمامی سکونت‌گاه‌هایی که در این فاصله قرار دارند نیست (یعنی فاصله مکانی یا زمانی کمتری از بیشینه فاصله عملکردی محاسبه‌شده دارند) در شکل‌گیری منطقه عملکردی مورد مطالعه نقش دارند، بلکه تنها این شهرها هستند که می‌توانند در شکل‌گیری منطقه شهری عملکردی نقش داشته باشند.

تعیین نقش نقاط در شبکه و عملکرد شبکه نیازمند بررسی شاخص‌های تحلیل شبکه شامل مرکزیت نقاط، مرکزیت شبکه، تقابل نقاط، تقارن نقاط، چندگانگی پیوندها، تقارن پیوندها،

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

هم‌افزایی شبکه، چندمرکزیتی شبکه و ... است. از آن‌جایی که پژوهش حاضر با هدف معرفی و بررسی درجه چندمرکزیتی شبکه صورت گرفته است، تحلیل شبکه شهری استان مازندران با استفاده از شاخص‌های یادشده فراتر از هدف این تحقیق است.

در این پژوهش جهت سنجش چندمرکزیتی عملکردی شبکه شهری استان مازندران چهار نوع جریان مردم، کالا، سرمایه و اطلاعات مورد مطالعه قرار گرفت. جریان‌های مردم و کالا براساس داده‌های سازمان حمل و نقل و راه‌داری جاده‌ای به تفکیک مبدا و مقصد تعداد مسافر و حجم کالای جابه‌جا شده میان شهرهای استان موجود است. در خصوص جریان‌های سرمایه و اطلاعات با استفاده از شاخص‌های تبیین‌کننده این جریان‌ها و با روشی که پیتر هال و کتی پین برای شبیه‌سازی جریان اطلاعات در تحلیل شبکه منطقه راندشتاد پیشنهاد داده‌اند، اقدام شد. برای جریان سرمایه شاخص‌های تعداد شعب بانکی و حجم سپرده‌های بانکی شهرها و برای جریان اطلاعات شاخص‌های تعداد مراکز خدمات اینترنتی پرسرعت و ضریب نفوذ دیتا مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج تحلیل‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که درجه عملکردی برای جریان‌های کالا و مردم معادل ۰/۰۹۹، همچنین درجه عملکردی جریان های سرمایه و اطلاعات به ترتیب ۰/۱۲۱ و ۰/۱۵ است. بزرگ‌تربودن جریان سرمایه و اطلاعات در مقایسه با جریان مردم و کالا می‌تواند دو دلیل داشته باشد. نخست این‌که اساساً ماهیت این دو نوع جریان به‌گونه‌ای است که تعدد بیشتر ارتباطات را میان شهرها شامل می‌شود. دیگر این‌که با توجه به این‌که جریان سرمایه و اطلاعات براساس اطلاعات اصلی حجم مبادلات وجوه میان بانکی (جریان سرمایه) و تعداد رایانامه‌های میان شهرها (جریان اطلاعات) نبوده است و از طریق شاخص‌های تبیین‌کننده این جریان‌ها شبیه‌سازی شده است، خطای ناشی از درنظر گرفتن تمامی ارتباطات میان شهرها سبب بزرگ‌تر شدن درجه عملکردی این دو نوع جریان می‌شود. بزرگ‌تر بودن درجه عملکردی جریان اطلاعات نسبت به جریان سرمایه نیز با دلیل تمرکز سرمایه و قدرت اقتصادی شهرهای بزرگ استان توجیه می‌شود. هرچه فاصله میان شهرها در یک نظام سکونت‌گاهی بیشتر باشد، گرایش به سرمایه‌گذاری و همچنین جذب سرمایه در شهرهای بزرگ‌تر آن منطقه بیشتر خواهد بود؛ بنابراین الگوی مبادلات وجوه بانکی میان شهرها در نظام سکونت‌گاهی منطقه تمرکز بیشتری را نشان می‌دهد و به الگوهای تک‌مرکزی متمایل می‌شود. هرچه ساختار نظام سکونت‌گاهی منطقه

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

متعادل‌تر باشد، تعادل بیشتری در توزیع سرمایه در نظام سکونت‌گاهی مشاهده می‌شود و الگوی جریان سرمایه به ساختارهای چندمرکزی متمایل‌تر خواهد شد. البته عواملی مانند توان‌های محیطی، ساختار اقتصادی و تخصص‌های منطقه‌ای و... می‌تواند این قاعده کلی را برهم بزند.

مقدار محاسبه‌شده درجه عملکردی اجتماعات در شبکه شهری استان مازندران برابر ۰/۱۱۷ است. بزرگی این مقدار در مقایسه با بیشینه مقدار محاسبه‌شده در مناطق عملکردی چنرمرکزی جهان (یعنی عدد ۰/۲۵) نشان می‌دهد که ساختار چندمرکزیتی استان از شدت عملکردی قابل توجهی بهره می‌برد و این پتانسیل وجود دارد بتوان عملکرد شبکه را تا حد ساختاری کاملاً متعادل و با بیشینه راندمان افزایش داد، همچنین بیشینه فاصله زمانی ملاک قرارگیری نقطه‌ای در شبکه شهری استان ۱۵۰ دقیقه است. این فاصله شرط لازم برای قرار گیری یک نقطه در شبکه شهری است و نه شرط کافی. شهرهایی که فاصله زمانی آن‌ها بیشتر از ۱۵۰ دقیقه از یکدیگر است نمی‌توانند با یکدیگر تعاملات مؤثر بر ساختار شبکه شهری استان را داشته باشند. و بیانگر محدوده‌ای است که ارتباطات کاری سفرهای روزانه و تبادلات تجاری در مرز آن‌ها تعیین می‌گردد. این مقدار در واقع بیشینه شعاع عملکردی شبکه شهری استان مازندران است. هرچند تدقیق مرز مناطق و تعیین خوشه‌های منطقه نیازمند تحلیل‌های توپولوژیکی و توپوگرافیکی و عملکردی، براساس شاخص‌هایی که توضیح داده شد، بر هر یک از کانون‌ها و ارتباطشان با سایر کانون‌های منطقه است. تا از آن طریق حوزه‌های هم‌پیوند شهری استخراج گرددند.

برای تقویت نظام چندمرکزی در استان مازندران ضرورت دارد تحلیلی یک‌پارچه از از زمینه‌های شکل‌گیری روابط فضایی در استان انجام گیرد. نخستین گام در تحلیل نظام سکونت‌گاهی تحلیل الگوی توزیع فضایی جمعیت و همچنین تحولات نظام سکونت‌گاهی استان از نظر توزیع جمعیت در شهرهاست. مطالعات صورت‌گرفته بیانگر روند فزاینده تمرکز توزیع جمعیت در شهرهای بزرگ استان و همچنین دور شدن از قاعده رتبه- اندازه است[1]. این امر در تناقض با تحقق نظام چندمرکزی است. از سویی دیگر تعدد شهرهای بزرگ استان شامل ساری، قائم‌شهر، بابل، آمل، چالوس، نوشهر و رامسر در امتداد محور ارتباطی استان زمینه تقویت ساختارهای چندمرکزی استان را فراهم می‌آورد. از دیگر نکات قابل ذکر در تحلیل توزیع

۱. رجوع شود به تولائی و خزائی، ۱۳۸۵

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

جمعیت در استان، تمرکز و انبوهش جمعیت در بخش‌های مرکزی استان است. قرارگیری شهرهای بزرگی چون ساری، قائم‌شهر، بابل و آمل در فاصله‌ای نزدیک، از یک‌سو نویدبخش نظامی چندمرکزی در بخش مرکزی استان و به تعبیر لطفی زایش یک مگالوپلیس منطقه‌ای خواهد بود[۱]. از سویی دیگر، فقدان تعادل در نظام سکونت‌گاهی را در بخش‌های مختلف استان سبب می‌شود. به‌گونه‌ای که با فاصله گرفتن از بخش مرکزی استان، در بخش‌های شرقی و غربی استان تراکم جمعیت کمتری مشاهده می‌شود.

بعد دیگری که باید مورد توجه قرار گیرد ابعاد کارکردی نظام شهری است. چگونگی توزیع خدمات برتر ناحیه‌ای و منطقه‌ای در استان مؤید تمرکز این‌گونه خدمات به‌ترتیب در چهار شهر ساری، بابل، آمل و قائم‌شهر است[۲]. از یک‌سو تعدد کانون‌های سطح خدماتی بیانگر وجود زمینه‌های شکل‌گیری نظام چندمرکزی در استان است. با مداقه در موضوع مشخص می‌شود، تمرکز خدمات برتر ناحیه‌ای و منطقه‌ای نیز مانند جمعیت در بخش مرکزی استان گونه‌ای از فقدان تعادل در قلمرو فضایی استان را نشان می‌دهد. به‌طوری که بخش‌های شرقی و غربی استان در مقایسه با بخش مرکزی به‌طور محسوس برخورداری کمتری از خدمات و امکانات فراشهری (ناحیه‌ای ومنطقه‌ای) دارند.

ابعاد اجتماعی و اقتصادی دیگر ابعاد قابل توجه نظام سکونت‌گاهی است. تحول ساختاری در ویژگی‌های اجتماعی و فرهنگی مردم استان به تدریج سبب تغییر در عرصه‌های مختلف زیست به‌ویژه شیوه شهری آن شده است، به‌طوری که فرآیند نوسازی و دسترسی بیشتر مردم به وسایل ارتباط جمعی، توسعه آموزش عمومی، عالی و ... منجربه دگرگونی در تمام زمینه‌ها از جمله تحول در ساختار اجتماعی، ساختار اقتصادی، افزایش فعالیت‌های تخصصی، افزایش تعاملات اقتصادی بین شهرستان‌ها و مناطق مختلف استان و ... شده است. از نظر ماهوی این تحولات در جهت تحقق ساختار چندمرکزی در استان عمل می‌کند.

از دیگر عوامل مؤثر بر ساختار نظام شهری استان، نقش اقتصادی شهرهاست. چنان‌چه مطرح شد، به‌طور مطلوب در نظام‌های چندمرکزی هر یک از مراکز نقشی تخصصی ایفا می‌کند و از این طریق زمینه‌های مکملی و یک‌پارچگی در شبکه شهری به‌وجود می‌آید. بیشتر شهرهای استان

---

۱. رجوع شود به لطفی، ۱۳۸۷

۲. رجوع شود به برنامه آمایش استان مازندران

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

مازندران دارای خصوصیات مشترک اقتصاد متکی‌بر فعالیت‌های کشاورزی هستند، غالب شهرهای واقع در مسیر جاده اصلی در امتداد نوار ساحلی دریای خزر نقش توریستی گردشگری نیز دارند. هـرچند ایـن تأثیر در نواحی مختلف متفاوت است، ولی در تمامی استـان قابل مشاهده است. شهر ساری و سایر شهرهای بزرگ ناحیه مانند بابل، آمل، قائم‌شهر و بهشهر دارای عملکرد خدماتی- صنعتی است. به‌طور کلی با توجه به اهمیت دریا در معیشت ساکنین و پتانسیل مناسب تفریحی- توریستی محیط طبیعی استان، شهرهای غربی نقش توریستی- کشاورزی دارند. هرچه از غرب استان به شرق نزدیک می‌شویم با توجه به وسعت‌یابی جلگه و نزدیکی به پایتخت، وجود تأسیسات و صنایع متوسط و سبک و وجود مرکزیت اداری استان، نقش غالب شهرها قدری متفاوت با غرب استان نشان می‌دهد[1].

هدف مقاله حاضر ارائه نظر در مورد محاسن و یا معایب شکل‌گیری نظام چندمرکزی در استان مازندران نیست، اما بزرگی درجه چندمرکزیتی استان نشان می‌دهد که این پدیده در استان مازندران مشهود است. هرچند می‌تواند به‌عنوان نتیجه سیاست‌گذاری‌های کلان و یا تغییر اجتماعی و یا ویژگی‌های جغرافیایی و خاستگاه وجودی استان مازندران و حتی مجموعه‌ای از عوامل باشد؛ بنابراین ضرورت درنظر گرفتن این پدیده و پتانسیل تقویت آن و همچنین تبعات مثبت و منفی آن در طرح‌ها و سیاست‌گذاری‌های منطقه‌ای ضروری است.

۸- منابع

- آذرباد، نسرین، «تبیین شبکه‌ای پیوند شهر و روستا با تأکید بر جریان‌های جمعیتی در شهرستان فیروزکوه»، *رساله دوره دکتری رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی*، دانشگاه تهران، ۱۳۸۸.
- آفاق‌پور، آتوسا، «بررسی و تحلیل ساختار و سازمان فضایی در نظام شهری ایران با استفاده از تحلیل جریان‌ها»، *پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای*، دانشگاه تربیت‌مدرس، ۱۳۸۹.
- اسدی، ایرج، اسفندیار زبردست، گونه‌شناسی مناطق شهر- بنیاد در مطالعات شهری و

۱. رجوع شود به برنامه آمایش استان مازندران

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

منطقه‌ای: با نظری بر واکاوی مفهوم مجموعه شهری در ایران، هنرهای زیبا، ش ٤٣، ١٣٨٩.
- باستانی، سوسن، مهین رییسی، «روش تحلیل شبکه: استفاده از رویکرد شبکه‌های کل در مطالعه اجتماعات متن باز»، مجله مطالعات اجتماعی ایران، ۱۳۹۰.
- پاپلی‌یزدی، رجبی‌سناجردی، نظریه‌های شهر و پیرامون، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها سمت، ١٣٨٦.
- تولایی، سیمین، ام‌اللبنین خزایی، «الگوی توزیع جمعیت در نظام فضایی استان مازندران (۱۳۵۵-۸۵)»، *نشریه علمی پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران*، ش ۱۰-۱۱، ۱۳۸۵.
- زبردست اسفندیار، مجتبی شهابی‌شهمیری، «سنجش چندمرکزیتی مجموعه‌های شهری کشور، مطالعه موردی: آمل، بابل، قائم‌شهر، ساری»، *فصل‌نامه مطالعات شهری*، ۱۳۹۳.
- زیاری، کرامت‌اله، *اصول و روش‌های برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۸.
- سازمان راه‌داری و حمل و نقل جاده، سال‌نامه آماری حمل و نقل جاده‌ای، ۱۳۸۵.
- سالنامه آماری استان مازندران، ۱۳۸۵.
- سالنامه آماری استان مازندران، ۱۳۹۰.
- شکویی، حسین، «دیدگاه‌های نو در جغرافیای شهری»، جلد اول، چاپ دهم، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها، ۱۳۸۵.
- کاستلز، مانوئل، عصر اطلاعات: اقتصاد، جامعه و فرهنگ، تهران: طرح نو، ۱۳۸۰.
- لطفی، صدیقه، «ارزیابی تغییر و توزیع سکونت‌گاه‌های شهری استان مازندران براساس قاعده رتبه اندازه، زایش یک مگالوپلیس منطقه‌ای»، *پژوهش‌نامه علوم انسانی و اجتماعی*، ۱۳۸۷.
- مشرف، مهسا، *بررسی روند تغییرات نظام سکونت‌گاهی شهری استان مازندران (با تأکید بر روش تحلیل جریان‌ها)*، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، ۱۳۹۲.
- مشفقی، وحید، *ظرفیت‌سنجی الگوی فضایی عملکردی شبکه شهری استان مازندران با استفاده از تحلیل جریان‌ها*، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تربیت‌مدرس، ۱۳۹۱.
- مهندسان مشاور مازند طرح، ۱۳۸۸، برنامه آمایش استان مازندران.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

- Azarbad, N., *Explaining Urban-Rural Linkages Emphasizing on Flows of People: Case Study Firuzkuh Province*, Geography and Rural Planning PhD Thesis, Tehran University, 2008. [in Persian]
- Afaghpour, A., *Examining and Analyzing Spatial Structure and Organization in Iran Urban System Using Flows Analysis*, Urban and Regional Planning M.A Thesis, Tarbiat Modares University, 2012. [in Persian]
- Asadi, I. & E. Zebardast, "Typology of City-Based Regions in Urban and Regional Stydies: With Theoretical Analysis of the Concept of Conurbation in Iran", *Honarhaye Ziba*, No. 43, 2009. [in Persian]
- Bastani, S. & M. Raeisi, *Network Analysis Method:Using the Approach of General Networking in the Study of Open Source Community*, Iranian Social Association, 2010. [in Persian]
- Papoli Yazdi, Rajabi Sanajerdi, *City and Priphary Theories*, Organization of Research and Development Social Science Books, 2006. [in Persian]
- Tolaei, S. & O. Khazaei, "Population Distribution Pattern of Mazandaran Spatial System (2005-1975)", *Journal of the Geographical Society of Iran*, No. 10 &11, 2005. [in Persian]
- Zebardast, E. & M. Shahabi Shahmiri, "Polycentricity Measurement of Iran Conurbation, Case Study: Amol-Babol-Ghaemshahr-Sari", *Urban Studies*, 2013. [in Persian]
- Ziari, K., *Principles and Methods for Regional Planning*, University of Tehran, 1998. [in Persian]
- *Road Maintenance and Transportation Organization*, "Statistical Yearbook of Road Transport", 2006. [in Persian]
- Statistical Yearbook of the Province, 2007. [in Persian]
- Statistical Yearbook of the Province, 2012. [in Persian]
- Shokuei, H., *New Approaches in Urban Geography*, Organization of Research and Development Social Science Books, 2005. [in Persian]
- Castells M., *Trilogy on the Information Age*, Tehran: Tarh E No, 2000. [in Persian]
- Lotfi, S., "Assessing the Change and Distribution of Urban Settlements of

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

Mazandaran Province Based on Rank-Size Rule: Birth of a Regional Megalopolis", *Human and Social Science*, 2008. [in Persian]

- Mosharraf, M., *The Trend Study of Changes in Urban Settlement System in Mazandaran Province with Emphasis on the Flows Analysis Method*, Regional Planning M.A Thesis, Science and Research Branch, Islamic Azad University, 2014. [in Persian]
- Moshfeghi, V., *Capacity Surveying of Spatial-Functional Pattern of Urban Network of Mazandaran Province Using Flows Analysis*, Regional Planning M.A Thesis, Tarbiat Modares University, 2013. [in Persian]
- Mazan Tarh Consulting Engineers, *Mazandaran Spatial Planning*, 2010. [in Persian]
- Anas, A. & I. Kim, "General Equilibrium Models of Polycentric Urban Land Use with Endogenous Congestion and Job Agglomeration", *Journal of Urban Economics*, 1996
- Bailey, N. & Turok, "Central Scotland as a Polycentric Urban Region: Useful Planning Concept Orchimera?", *Urban Studies*, 38, 2001.
- Camagni, R. & C. Salone, "Network Urban Structures in Northern Italy: Elements for a Theoretical Framework", *Urban Studies*, No. 30, pp. 1053-1064, 1993.
- Champion, A. G., "A Changing Demographic Regime and Evolving Polycentric Urban Region Consequences for the Size, Composition and Distribution of City Populations", *Urban Studies*, pp. 38, 2001.
- Douglass, M., "A Regional Network Strategy for Reciprocal Rural-Urban Linkage: An Agenda For Policy: A Research with Refrence to Indonesia", *Third World Planning Review*, 1998.
- Davoudi, S., Polycentric in European Spatial Planning: from an Analytical Tool to a Normative Agenda", *European Planning Studies*, No. 11, pp. 979–999, 2003.
- European Sptial Planning Observation Network, *ESPON in Progress -Preliminary Results by Autumn 2003*, August, 2003.
- Gottdiener, M. & L. Budd, *Key Concepts in Urban Studies (SAGE Key Concepts series)*, London Publications, 2005.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

- Green, N., "Functional Polycentricity: A Formal Definition in Terms" *Urban Studies*, Vol. 44, No. 11, 2007.
- Hall, P., K. Pain & N. Green, *The Polycentric Metropolis: Learning from Mega-City Regions in Europe*, pp. 19–52, London: Earthscan, 2006.
- Hanssens, H., B. Derudder, S. Van Aelst & F. Witlox, "Assessing Functional Polycentricity of the Mega-City Region of Central Belgium Based on Advanced Producer Service Transaction Links". *Regional Studies*, 2012.
- Janelle, D. G., *Spatial Reorganization: A Model and Concept*, Colorado: USAF Academy, 1969.
- Kloosterman, R. C. & S. Musterd, "The Polycentric Urban Region: Towards a Research Agenda", *Urban Studies*, pp. 38, 2001.
- Lambregts, B. & W. Zonneveld, "From Randstad to Deltametropolis: Changing Attitudes Towards the Scattered Metropolis", *European Planning Studies*, 12 (3), pp. 299–321, 2004.
- Neal, Z., "From Central Places to Network Bases: A Transition in the U.S. Urban Hierarchy, 1900-2000", *City and Community*, 2010.
- Pacione, M., *Urban Geography: A Global Perspective*, Routledge, 2005.
- Vasanen, A., *Spatial Integration and Functional Balance in Polycentric Urban Systems: A Multi-Scalar Approach*, Department of Geography and Geology, University of Turku, 2012
- Ullman, E. L., "Geography as Spatial Interaction" in *Geography as Spatial Interaction*, University of Washington Press, edited by Ronald R Boyce, pp. 13-27, 1980.
- Wasserman, S., & K. Faust, *Social Network Analysis: Methods and Applications*, Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

پیش‌بینی مکان‌های در معرض خطر فرونشست دشت کرمانشاه با استفاده از مدل فازی

امجد ملکی[1]، پیمان رضایی[2*]

۱- دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۲-کارشناسی‌ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران

دریافت:۹۴/۱/۱۹ پذیرش: ۹۴/۶/۱

چکیده

مقابله با مخاطرات محیطی همواره از دغدغه‌های اساسی مسئولان و برنامه‌ریزان هر کشور است. یکی از مخاطراتی که متاسفأنه به دلیل عملکرد تدریجی کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد فرونشست است که درسال‌های اخیر به علت افزایش بهره‌برداری از آب‌خوان‌های کشور به‌صورت مشکلی شایع درآمده است. در این تحقیق تلاش شده است که امکان وقوع پدیده فرونشست و خطرات احتمالی آن به‌عنوان یک تهدید جهت پروژه‌های انسانی در محدوده دشت کرمانشاه مورد بررسی قرار گیرد. نخست با استفاده از آمار ۲۲ ساله ۶۵ چاه مطالعاتی و سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه افت آب برای منطقه تهیه شد. سپس ناحیه‌ای که افت شدید آب داشت انتخاب و گمانه زمین‌شناسی چاه‌های مطالعاتی این محدوده جهت شناسایی بافت رسوب مورد مطالعه قرار گرفت و نقشه حساسیت رسوبات به ایجاد پدیده فرونشست تهیه شد. درمرحله آخر با استفاده ازمدل فازی درمحیط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی هر یک از لایه‌های حساسیت رسوبات و افت سطح آب تعیین عضویت و با استفاده از هم‌پوشانی گامای فازی نقشه حسایت منطقه به پدیده فرونشست در سه کلاس حساسیت زیاد، حساسیت متوسط و حساسیت کم تهیه شد. براساس نقشه یادشده، در شرق شهر کرمانشاه در جنوب و شرق روستای ده‌پهن که افت آب‌های زیرزمینی زیاد و همچنین رسوبات دانه‌ریز است، خطر پدیده فرونشست بیشتر از سایر نقاط منطقه است.

واژه های کلیدی: فرونشت، افت آب زیرزمینی، گمانه زمین‌شناسی، دشت کرمانشاه.

*.نویسنده مسئول مقاله: E-mail:pe.rezaee@yahoo.com

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر به دلیل تغییرات اقلیمی و خشکسالی و همچنین فقدان نظارت در حفر چاه‌های کشاورزی بسیاری ازآب‌خوان‌های کشور مورد برداشت غیراصولی و بدون برنامه قرار گرفته‌اند که این امرموجب منفی‌شدن بیلان این آب‌خوان‌ها شده است، تا جایی که بنابر گزارش سازمان زمین‌شناسی بیشتر دشت‌های کشور دچار افت سطح آب زیرزمینی شده‌اند. علاوه‌بر این‌که آب‌های زیرزمینی یک ثروت ملی و استراتژیک محسوب می‌شوند و باید در برداشت از آن‌ها برنامه‌ریزی دقیق‌تری انجام گیرد، افت زیاد آب در دشت‌ها نیز می‌تواند موجب پدیده فرونشست شود.

فرونشست عبارت است از نشست روبه پایین سطح زمین که می‌تواند با بردار اندک افقی همراه باشد (طاهری‌تیزرو، ۹۵، ۱۳۸۷). فرونشست می‌تواند علت طبیعی داشته باشد مانند انحلال، حرکت آرام پوسته، ذوب‌شدن لایه‌های منجمد دائمی در اعماق زمین و ریزش فروچاله‌ها و هم می‌تواند در اثر فعالیت‌های انسانی مانند معدن‌کاوی، زهکشی خاک‌های ارگانیک و افت سطح آب سفره‌های آب در اثر استفاده بی‌رویه صورت گیرد (وانگ ۲۰۰۸، آل‌خمیس و همکاران ۱۳۸۵، خالدی ۱۳۸۰). سرعت وقوع این پدیده با توجه به نوع آن متغییر است. ریزش یک فروچاله کارستی سریع انجام می‌گیرد، ولی نشست زمین به دلیل افت آب زیرزمینی امری تدریجی است. در ایران نشست‌های حاصل ازفروچاه‌ها در مناطقی مانند فامنین همدان گزارش شده است، ولی بنا به نظر کارشناسان بیشتر فرونشست‌های ایران برای تراکم سفره‌های آب زیرزمینی در اثر پمپاژ بی‌رویه است (پاخکو و همکاران، ۲۰۰٦:۱٤۳). میان مقدار تخلیه آب از سفره‌ها و تنش وارده بر رسوبات سفره‌ها رابطه (۱) برقرار است.

$$P_i=P_T-P_H \qquad (۱)$$

دراین رابطه P_i تنش مؤثر، P_t تنش کلی و P_h فشار هیدرولیکی آب است. همان‌گونه که مشهود است افزایش بهره‌برداری سبب کاهش فشار هیدرودینامیکی و در نتیجه افزایش تنش مؤثر بر رسوبات و ایجاد نشست در زمین می‌شود. اگر جنس رسوبات رس و سیلت باشد به دلیل این‌که حالت الاستیسته ندارند، پس از خروج آب، خاک آرایش جدید می‌گیرد. هنگامی که فشار هیدرولیکی آب کم می‌شود موجب برهم خوردن تعادل و افزایش فشار حاصل از رسوبات

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

بالایی می‌شود، به‌طوری که تخلخل رسوبات با جورشدگی مجدد کاهش یافته و متراکم می‌شود. تراکم در رسوبات می‌تواند سبب ایجاد ترک‌های طولی به موازات دشت یا ایجاد ترک‌هایی در ابنیه و حتی تخریب آن‌ها شود، همچنین پدیده لوله‌زایی در چاه‌ها و یا تخریب دیواره چاه و ایجاد فروچاله‌هایی در سطح زمین می‌تواند از دیگر آثار فرونشست باشد. از دیگر عوارض فرونشست برهم‌خوردن شیب لوله‌ها و کانال‌های انتقال‌آب، فاضلاب و ... است که به دلیل تفاوت در مقدار نشست در قسمت‌های مختلف یک مسیر لوله به‌وجود می‌آید.

مدیریت فرونشست باید در سه مرحله انجام گیرد.

پیش‌بینی مکان و ماهیت فرونشینی پیش از حدوث آن و استفاده از این دانش جهت برنامه‌ریزی توسعه امور سطحی زمین در آینده، در مکان امن و جلوگیری ازفرونشینی طرح‌های توسعه پیشین.

چاره‌اندیشی درخصوص آثار فرونشینی از طریق حفظ و بقای تراز سطح زمین یا کاهش مقدار فرونشینی یا اصلاح سطح زمین.

کاهش آثار فرونشینی حاصل از توسعه امور سطحی زمین با طرح و برنامه‌ریزی دقیق و امور حفاظتی (گودرزی‌نژاد، ۱۷۰، ۱۳۷۷).

تحقیقات انجام گرفته نشان می‌دهد که فرونشست در سرتاسر دنیا همواره به‌عنوان تهدیدی جدی جهت پروژه‌های انسانی مطرح بوده است. در ایالت کالیفرنیا در اثر برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی، قسمت‌هایی از دشت تا سال ۱۹٦۹ تا حدود ۸/۸ متر افت داشته است (پولند، ۱۹۸۱:۲۷٤). در همین ایالت پس از طی یک دوره ۲۵ ساله، تا سال ۱۹۹٤، به دلیل افت ۵۰ متری سطح سفره آب، سطح زمین تا حدود ۱۰ متر فرونشست داشته است (لارسون و همکاران، ۷۹، ۲۰۰۱).

در کشور نخستین بار پدیده فرونشست با مشاهده پدیده لوله‌زایی در چاه‌های کشاورزی دشت رفسنجان (حسینی‌میلانی، ۹۸، ۱۳٤٦) گزارش شده است، ولی به نظر می‌رسد به دلیل برداشت بی‌رویه از سطح سفره‌ها توسط چاه‌های کشاورزی درسال‌های اخیر و به تبع آن افت سطح سفره‌ها به تازگی شاهد تحقیقات بیشتری در رابطه با فرونشست در سطح کشور مواجه هستیم که همگی نشان‌دهنده وضعیت بحرانی درسطح بیشتر دشت‌های کشور است. در دشت هشتگرد یک آب‌خوان تحت فشار در زیر و یک آب‌خوان آزاد روی آن قرار دارد. تغذیه

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

آب‌خوان تحت فشار زیرین فقط از طریق آب‌خوان بالایی ممکن است، ولی حجم برداشت از آن در سال‌های اخیر چند برابر شده که این امر سبب فرونشست در قسمت‌هایی از این دشت شده است (شمشکی و همکاران، ۱۲۷، ۱۳۸۷)

افت شدید آب‌های زیرزمینی به میزان ۸/ ۰متر در سال و وجود رسوبات ریزدانه در غرب دشت کاشمر مسبب اصلی فرونشست در این دشت شناخته شده است (لشکری‌پور و همکاران، ۹۵:۱۳۸۷). وجود کوره‌های قنات و کاهش سطح آب زیرزمینی در اثر استفاده بی‌رویه و وجود سازندهای تبخیری از مؤثرترین عوامل فرونشست زمین در اشتهارد است (رنجبر و همکاران، ۱۵۵، ۱۳۸۸).

در تحقیقی دیگر با استفاده از تکنیک راداری اینفرامتری مشخص شد که سفره آب دشت مشهد سالیانه ۱/٤۷ متر افت دارد و بیشترین فرونشست‌ها و اشکال ژئومورفولوژیک مربوط به آن‌ها در بخش‌های مرکزی و جنوب شرقی این دشت وجود آمده است (اشراقی و بهنیافر، ۹، ۱۳۸۸)، همچنین با استفاده از تلفیق لایه‌های لیتولوژی، هیدرولوژی، ژئومورفولوژی و... پدیده فرونشست را برای دشت اردبیل پیش‌بینی کردند (امیراحمدی وهمکاران، ۲۰، ۱۳۸۹). ایشان به این نتیجه رسیدند که در آینده احتمال وقوع فرونشست در جنوب شرقی و غرب در این دشت وجود دارد.

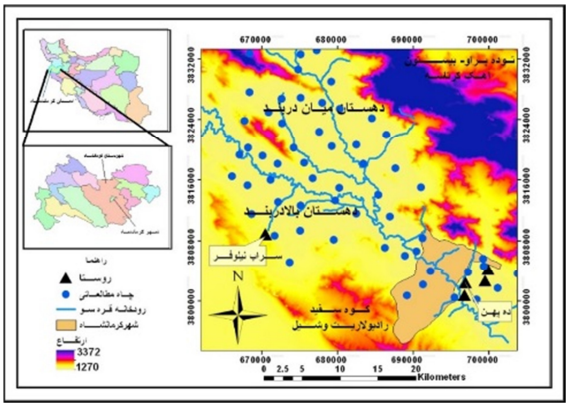
با توجه به مسائل بیان‌شده و همچنین اهمیت موضوع، نخست افت سطح سفره آب زیرزمینی در دشت کرمانشاه، سپس مناطقی که دارای افت شدید است و همچنین علت این افت و رابطه آن با تغییرات اقلیمی چند سال اخیر مورد بررسی قرار گرفته و در مرحله بعد با بررسی جنس رسوبات مناطقی که افت شدید سطح آب داشته‌اند، مناطقی که افت شدید سطح آب داشته و هم جنس رسوبات مساعد پدیده فرونشست باشد با نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی شناسایی شده و خطرات احتمالی پدیده فرونشست برای منابع انسانی محدوده مورد شناسایی قرار گیرد.

۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با مختصات عرض جغرافیایی ۳٤/۱۸ درجه در جنوب، ۳٤/٤۱ در شمال،

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

طول جغرافیایی ٤٦/٤٢ در غرب و ٤٧/١٥ در شرق محدود شده است. این منطقه شامل قسمت شمال، شمال‌غرب و غرب شهرستان کرمانشاه می‌شود. منطقه توسط رودخانه قره‌سوکه از سرشاخه‌های حوضه کرخه زهکشی می‌شود. میانگین بارش سالانه در شمال‌غرب منطقه در ایستگاه سینوپتیک روانسر ٥٢٧ میلی‌متر، در غرب منطقه ایستگاه باران‌سنجی سراب نیلوفر ٤١٦ میلی‌متر و در شرق منطقه در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه ٤٤٠/٩ میلی‌متر است (شکل ١).



شکل ١ موقعیت منطقه مورد مطالعه دراستان کرمانشاه

٣- زمین‌شناسی منطقه

در شمال منطقه سیستم کوهستانی پرآو- بیستون با قله‌های طاق بستان و پرآو قرار دارد. جنس این سیتم از آهک توده‌ای یک‌پارچه متعلق به ژوراسیک و کرتاسه است که مملو از درز و شکاف و شکستگی است (علائی، ١٤٤، ١٣٨٢). شیب عمومی این توده تقریباً ٥٠درصد و دارای ارتفاعات بالای ٢٠٠٠ متر و پتانسیل خوبی از نظر منابع آبی است. در جنوب منطقه رشته کوهستانی کوه سفید واقع است که بلندترین قله آن ٢٨٥٠ متر ارتفاع دارد. جنس این توده در قسمت‌هایی از رادیو لاریت‌های ناحیه عمیق دریایی و در برخی ازنقاط از ماسه‌سنگ، شیل و آهک تشکیل شده است. دشت کرمانشاه در بین ارتفاعات یادشده واقع شده، جنس کف دشت از رادیو لاریت است که به‌وسیله رسوبات دوره کواترنر که ضخامت آن در شمال دشت به ٢٠٠ متر

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

می‌رسد پوشیده شده است (شکل ۱).

۴- داده‌ها و روش‌ها

۴-۱- داده‌ها

در این تحقیق از نقشه رقومی ارتفاع ۳۰ متر سازمان نقشه‌برداری و همچنین نقشه زمین‌شناسی مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشوراستفاده شده است.

جهت تهیه نقشه افت سطح آب دشت کرمانشاه آمار سطح آب ٦٥ چاه مطالعاتی منطقه از سال ۱۳۷۰ تا سال ۱۳۹۲ از بخش مطالعات سازمان آب منطقه‌ای غرب تهیه شد، همچنین جهت تهیه نقشه حساسیت رسوبات، گمانه ۱۲ حلقه از چاه‌های بهره‌برداری و مطالعاتی منطقه از بخش تحقیقات اداره آب منطقه‌ای غرب تهیه شد.

مدل‌سازی این تحقیق درمحیط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی ورژن ۱۰ انجام گرفت. در این تحقیق از دو تکنیک درون‌یابی جهت تهیه نقشه افت آب و حساسیت رسوبات و همچنین هم‌پوشانی فازی جهت تولید نقشه نهایی امکان وقوع فرونشست استفاده شد.

۵- روش تحقیق

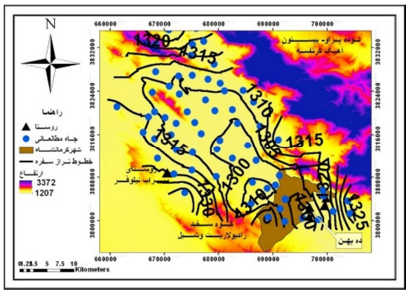
تحقیق حاضر در سه مرحله مشخص انجام گرفته است. نخست با توجه به اطلاعات چاه‌های پیزومتریک منطقه نقشه افت آب در محیط نرم‌افزار Arc GIS تهیه و سپس جنس رسوبات در محدوده‌های دارای افت شدید با مطالعه گمانه زمین‌شناسی چاه‌های بهره‌برداری اقدام به شناسایی و با استفاده از اطلاعات جنس رسوب، نقشه حساسیت رسوبات به پدیده فرونشست تهیه شد. در مرحله آخر با استفاده ازمدل هم‌پوشانی فازی درمحیط نرم‌افزار Arc GIS و با توجه به نقشه افت سطح آب و نقشه حساسیت بافت زمین، مناطق مساعد فرونشست شناسایی شد.

۶- تهیه نقشه افت آب

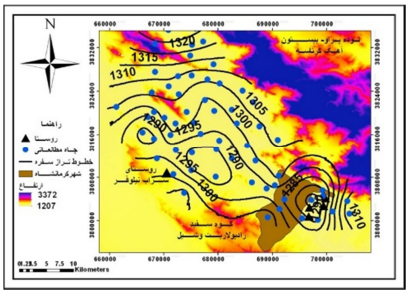
با توجه به این‌که در عملیات درون‌یابی فرض بر نرمال‌بودن داده‌هاست (قهرودی، ۷۰:۱۳۸۷)، در ابتدا داده‌های مربوط به سطح تراز آب در سال ۱۳۷۰ و ۱۳۹۲ از نظر توزیع فضایی و نرمال‌بودن

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

با روش‌های واریوگرافی مورد بررسی قرار گرفتند و پس از تشخیص چولگی در آن‌ها و نرمال‌شدن توسط تبدیل لگاریتم، داده‌ها با روش‌های کریجینگ و IDW درون‌یابی شدند. در مرحله بعد سطوح درون‌یابی‌شده از نظر ریشه مربع متوسط خطاها (RMSE) مورد مقایسه قرارگرفتند (جدول ۱) و پس از بررسی داده‌ها مشخص شد که بهترین مدل جهت میان‌یابی داده‌ها درسال ۱۳۷۰ مدل ایستا[1] درروش کریجینگ معمولی[2] و بهترین مدل جهت درون‌یابی داده‌های سال ۱۳۹۲ مدل IDW با توان ۵ است که در نهایت دو نقشه تراز سطح آب درسال‌های۱۳۷۰ و ۱۳۹۲ تهیه شد. در ادامه از تفاضل نقشه سطح آب در سال ۱۳۷۰ (شکل۲) و نقشه سطح آب درسال ۱۳۹۲ (شکل ۳) نقشه افت آب دوره ۲۲ساله در پنج کلاس افت خیلی‌شدید، شدید، متوسط، کم و خیلی‌کم تهیه شد (شکل ۸).



شکل ۲ نقشه سطح آب در سال ۱۳۷۰



شکل ۳ نقشه سطح آب در سال ۱۳۹۲

جدول ۱ اطلاعات مربوط به خطاهای پیش‌بینی درتهیه نقشه افت آب درسال‌های۱۳۷۰ و ۱۳۹۲

روش	مدل	ریشه مربع متوسط خطاها ۱۳۷۰	ریشه مربع متوسط خطاها ۱۳۹۲
کریجینگ معمولی	Stable	٤/۱۸	۱۰/۷۲
کریجینگ معمولی	Spherical	٤/۳٤	۹/۷۲
کریجینگ معمولی	Gaussian	۵/۲۸	۱۰/۷۲
کریجینگ معمولی	Exponential	٤/۳٦	۱۰/٤۳

1. Stable
2– Ordinary Kriging

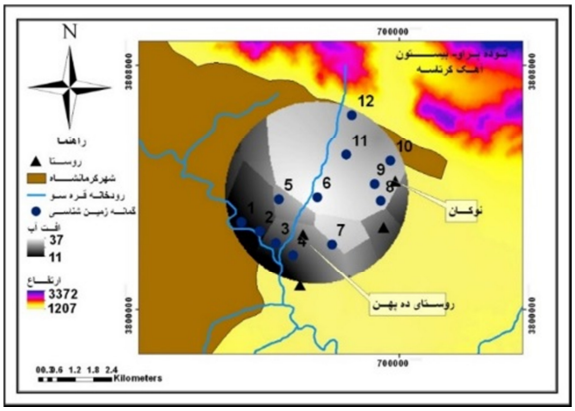
[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

ادامه جدول ۱

روش	مدل	ریشه مربع متوسط خطاها ۱۳۷۰	ریشه مربع متوسط خطاها ۱۳۹۲
کریجینگ معمولی	Circular	٤/٦٤	۹/۷٦
IDW	توان ۲	۵/٦۸	۱۰/۷۲
IDW	توان ۳	٤/۹۱	۹/۲۱
IDW	توان ٤	٤/۵۰	۸/۷۰
IDW	توان ۵	٤/۲۹	۸/٤۹

۷- بررسی گمانه زمین‌شناسی چاه‌های منطقه

با توجه به نقشه افت آب به‌دست‌آمده در مرحله نخست، مرحله دوم تحقیق محدوده ۱۲ حلقه از چاهای بهره‌برداری و مطالعاتی شرق و شمال‌شرق شهر کرمانشاه که دارای بیشترین افت آب بود (۳۰-۳۸ متر) جهت بررسی بافت رسوبات و بررسی میدانی انتخاب (شکل ٤)، و گمانه زمین‌شناسی چاه‌های یادشده از اداره آب منطقه‌ای غرب تهیه شد.



شکل ۴ نقشه منطقه افت شدید آب و موقعیت گمانه‌های زمین‌شناسی منطقه

با مطالعه گمانه چاه‌های یادشده و همچنین بازدیدهای مکانی، بافت رسوبات ۱۲ حلقه گمانه

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

زمین‌شناسی ایجاد شده در محدوده افت شدید آب در بازه زمانی تحقیق مشخص گردید.

جهت تهیه نقشه حساسیت رسوبات منطقه به پدیده فرونشست، پس از بررسی دقیق گمانه‌های زمین‌شناسی محدوده انتخاب‌شده (محدوده افت شدید سطح آب)، به هر یک از بافت‌های رسوب دارای ارزش کیفی، یک ارزش کمی داده شد (جدول ۲)؛ یعنی به رسوبات دانه‌ریز در گمانه ٤ ارزش کمی ۳، به رسوبات ماسه و شن در گمانه‌های شماره ۸- ۱ ارزش ۲، و به رسوبات حاوی گراول و تخته‌سنگ در دامنه ارتفاعات شمال منطقه و روستاهای نوکان و تنگ کنشت مربوط به چاه‌های شماره ۹-۱۲ ارزش ۱ داده، و با استفاده ازعملیات درون‌یابی نقشه حساسیت رسوبات به پدیده فرونشست تهیه شد (شکل ۹).

جدول ۲ ارزش‌دهی کمی به جنس رسوبات گمانه زمین‌شناسی ۱۲ حلقه از چاه‌های مطالعاتی محدوده انتخاب‌شده (محدوده افت شدید سطح آب)

شماره چاه	جنس رسوبات	ارزش
٤	رس و سیلت	۳
۲-۸-۷-٦-٥-۳-۱	ماسه و گراول	۲
۹-۱۰-۱۱-۱۲	گراول و تخته سنگ	۱

(منبع: واحدمطالعات سازمان آب منطقه‌ای غرب)

۸- مدل‌سازی فرونشست

در سومین و آخرین مرحله از تحقیق احتمال وقوع پدیده فرونشست منطقه در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی با استفاده از تکنیک استنتاج فازی مدل‌سازی شد. بدین‌منظور از لایه‌های تهیه‌شده در مراحل پیشین (نقشه افت آب و حساسیت رسوبات به فرونشست) جهت تهیه نقشه امکان وقوع فرونشست درمنطقه موردمطالعه استفاده شد.

در نخستین مرحله از فازی‌سازی نقشه‌های رستری افت آب و حساسیت رسوب تعیین عضویت فازی شد. یک مجموعه فازی براساس رابطه (۲) تعریف می‌شود.

$$A = \{(x, \mu x): x \epsilon X)\} \quad (۲)$$

در مدل فازی تمام لایه‌های موجود دارای ارزشی بین صفر تا یک می‌شوند. در نقشه افت آب، افت ۳۸ متر دارای ارزش یک و کمترین مقدار افت در منطقه دارای ارزش صفر می‌شود

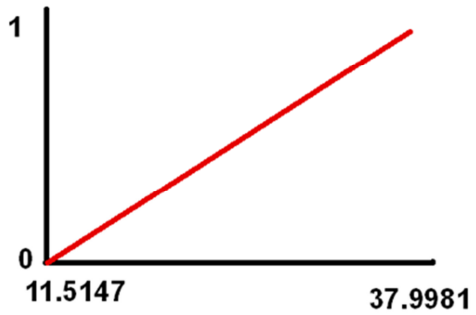
[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

(شکل ۵) به این فرایند تعیین عضویت فازی لایه‌ها می‌گویند.

$$x = 11.5147 \rightarrow 0$$

$$x = 37.9981 \rightarrow 1$$

$$11.5147 < x > 37.9981 \rightarrow \frac{\mathrm{x} - 11.5147}{37.9981 - 11.5147} \quad (۳)$$



شکل ۵ تعیین عضویت فازی لایه افت آب

پس از این که عضویت لایه‌ها تعیین شد (شکل‌های ٦، ٧)، عملیات هم‌پوشانی[1] روی لایه‌ها انجام گرفت. هم‌پوشانی در سیستم اطلاعات جغرافیایی با روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد که می‌توان به روش منطقی یابولین، هم‌پوشانی ریاضی که در مدل AHP استفاده می‌شود و هم‌پوشانی فازی اشاره کرد. هم‌پوشانی فازی نیز باروش‌های مختلف انجام می‌پذیرد که بنا به نیاز و اهداف پروژه انتخاب می‌شوند مانند تابع اجتماع[2]، اشتراک[3]، جمع[4]، ضرب[5] و گامای فازی که هر یک خصوصیات خاص خود را دارد.

در این تحقیق لایه‌ها با روش‌های مختلف مورد هم‌پوشانی قرار گرفت و در نهایت با توجه به هم‌خوانی برداشت‌های میدانی از منطقه با نقشه تهیه شده در روش گاما یا همان اپراتور این

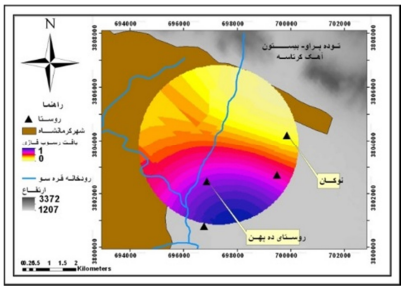
1. Overlay
2. or
3. and
4. Sum
5. Product

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

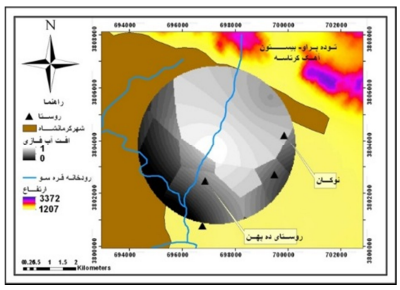
روش که تلفیقی از ضرب و جمع فازی است جهت عملیات هم‌پوشانی انتخاب شد.

$$\text{operator} = \left(\left(1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - \mu_i)\right)^{\gamma} \times \left(\prod_{i=1}^{n} \mu_i\right)^{1-\gamma} \right) \quad (٤)$$

درجه گامای انتخابی (لاندا) نیز ۰/۷ انتخاب شد که توان جمع فازی در تابع فوق است و درنهایت نقشه امکان وقوع پدیده فرونشست در سه کلاس زیاد، متوسط و کم تهیه شد (شکل ۱۰).



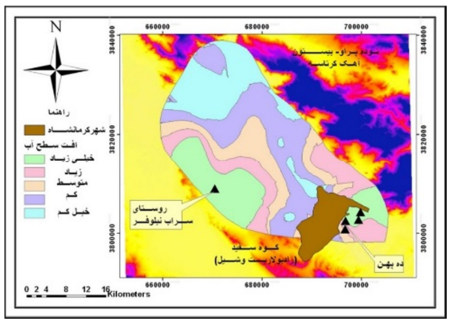
شکل ۶ تعیین عضویت لایه بافت رسوبات



شکل ۷ تعیین عضویت لایه افت سطح آب

۹- بحث و یافته‌های تحقیق

با توجه به محاسبات انجام‌شده در بخش نخست تحقیق از تفاضل نقشه افت آب در سال ۱۳۷۰ با نقشه افت آب در سال ۱۳۹۲ نقشه افت ۲۲ ساله سطح آب دشت کرمانشاه در پنج کلاس افت خیلی‌شدید، شدید، متوسط، کم و خیلی‌کم تهیه شد (شکل ۸).



شکل ۸ نقشه نهایی افت سطح آب در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۷۲

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

با بررسی نقشه شکل ۸، مطالعات میدانی و بررسی آمار چاه‌های بهره‌برداری منطقه موارد زیر مشخص شد.

در بازه زمانی یادشده مناطقی از دشت کرمانشاه مانند دهستان میان دربند دارای افت خیلی‌کم (۵ متر) است که با توجه به کاهش میانگین بارش ۳۰ سال اخیر کرمانشاه از ۵۰۰ میلی‌متر به ٤۰۰ میلی‌متر، همچنین تغییر رژیم بارش از برف به باران این مقدار افت سفره آب منطقی به نظر می‌رسد.

غرب دشت کرمانشاه، حوالی روستای سراب نیلوفر، در دهستان بالا دربند افت شدید سطح سفره را شاهد هستیم که پس از بررسی آمار چاه‌های بهره‌برداری مشخص شد. تعداد چاه‌های کشاورزی در منطقه از ۳۷ چاه در سال ۱۳۷۲ به ۳۰۰ چاه در سال ۱۳۹۲ افزایش یافت که نشان‌دهنده برداشت بیش از حد در این ناحیه جهت مصارف کشاورزی بوده و می‌تواند افت ۲٦ متری سطح سفره آب در این ناحیه را توجیه کند.

شرق شهر کرمانشاه، در حوالی روستاهای ده‌پهن و نوکان سطح سفره آب تا حدود ۳۸ متر افت داشته است. بابررسی‌های مکانی و تحلیل آمار چاه‌های بهره‌برداری منطقه مشخص شد که در محدوده یادشده در سال‌های اخیر تعداد زیادی چاه شرب جهت استفاده شهر کرمانشاه احداث شده است، همچنین در این منطقه تعداد زیادی پادگان نظامی و مراکز صنعتی وجود دارد که همگی از چاه‌های عمیق استفاده می‌کنند.

علاوه‌بر موارد بالا، در سال‌های اخیر تعداد زیادی چاه کشاورزی در روستاهای ده‌پهن و نوکان حفر شده است.

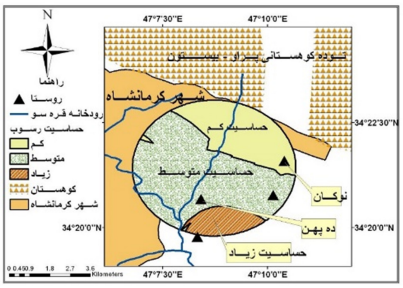
با بررسی نقشه حساسیت رسوبات به پدیده فرونشست (شکل ۹) مشخص شد که بافت رسوبات تحت تأثیر دو عامل کوهستان‌های شمال منطقه و زهکش اصلی دشت، یعنی رودخانه قره‌سو قرار دارد، به‌طوری که برخی از مناطق در مجاورت رودخانه قره‌سو بافت رسوبات تا عمق زیادی به‌صورت ماسه و شن است (چاه‌های ۱–۳) که به پدیده فرونشست حساسیت زیادی ندارند. از سوی دیگر با نزدیک شدن به ارتفاعات شمال دشت که عمدتاً از آهک تشکیل‌یافته در پروفیل طولی خاک می‌توان مقدار زیادی تخته‌سنگ و قلوه‌سنگ یافت (چاه‌های ۹–۱۲) که این رسوبات نیز حساسیت کمی به فرونشست دارند. در پایین‌دست ارتفاعات منطقه در جنوب

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

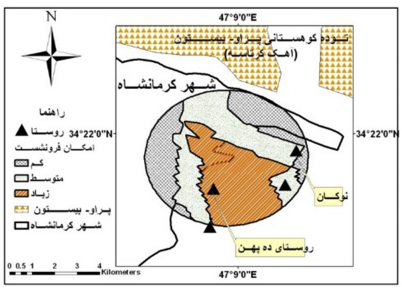
روستای ده‌پهن رسوبات دانه‌ریز فراوانی از رس و سیلت وجود دارد (چاه ۱). این منطقه از حیث ارتفاع در پایین‌دست رودخانه قره‌سو قرار دارد. احتمالاً منشأ این رسوبات دانه‌ریز سیلاب‌های این رودخانه است که این رسوبات حساسیت زیادی برای پدیده فرونشست در منطقه به وجود آورده است (شکل ۹).

یافته‌های نهایی از انطباق نتایج بخش نخست و دوم تحقیق درخصوص پیش‌بینی خطر فرونشست را می‌توان به شرح زیر بیان کرد. نتیجه بررسی منطقه از نظر افت سطح سفره (شکل ۸) و حساسیت رسوبات (شکل ۹)، تهیه نقشه امکان وقوع فرونشست منطقه در سه کلاس امکان زیاد، متوسط و کم است (شکل ۱۰).

با بررسی این نقشه (شکل ۱۰) مشخص شد مناطقی مانند حاشیه رودخانه قره‌سو و دامنه ارتفاعات شمال منطقه که دارای بافت درشت و گراولی است، اگرچه افت شدید سطح آب دارد، ولی بافت رسوبات آن‌ها می‌تواند از خطر وقوع فرونشست بکاهد. در نقشه حساسیت تهیه‌شده این مناطق به‌عنوان مناطق دارای حساسیت کم شناخته شده است. در مقابل مناطقی مانند جنوب، شرق و شمال روستای ده‌پهن حوالی چاه شماره ٤ که در فاصله بینابین ارتفاعات شمال منطقه ورودخانه قره‌سو قرار دارد و تا عمق زیادی از رسوبات دانه‌ریز تشکیل‌شده حساسیت زیادی به پدیده فرونشست دارد.



شکل ۹ نقشه حساسیت رسوبات محدوده انتخاب‌شده (منطقه افت شدید آب)



شکل ۱۰ نقشه امکان وقوع فرونشست در منطقه منتخب به پدیده فرونشست (شمال وشمال‌شرق شهر کرمانشاه با بیشترین افت سطح آب)

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

۱۰- نتیجه‌گیری

با توجه به آن‌چه بیان شد می‌توان نتیجه گرفت که دشت کرمانشاه نیز مانند بسیاری از دشت‌های کشور از نظر افت سطح آب شرایط نامطلوبی را تجربه می‌کند، به‌گونه‌ای که در یک بازه زمانی کوتاه ۲۲ ساله برخی از نقاط این دشت مانند شرق شهر کرمانشاه با افت ۳۸ متری سطح آب مواجه بوده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر می‌توان نتیجه گرفت که همان‌گونه که در شرق شهر کرمانشاه شاهد استفاده بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی در بخش شرب هستیم می‌تواند سبب افت شدید سطح سفره‌ها شود، به‌طوری‌که افت سطح آب در حوالی روستای ده‌پهن و نوکان، محل تجمع چاه‌های شرب شهر کرمانشاه، از منطقه سراب نیلوفر، یکی از قطب‌های کشاورزی دشت کرمانشاه، بیشتر است. پیشنهاد می‌شود چاه‌های دیگری در سطح دشت کرمانشاه جهت تهیه آب آشامیدنی این شهر طراحی شود تا تمرکز این چاه‌ها در یک منطقه مانند ده‌پهن سبب ایجاد مشکلات و بروز مخاطراتی مانند فرونشست و ... نشود. از سوی دیگر با توجه به رشد فیزیکی روستای ده‌پهن در سال‌های اخیر و تبدیل آن به یکی از ده شهر کرمانشاه، همچنین وجود رسوبات با بافت ریز مانند سیلت و رس پدیده فرونشست می‌تواند به‌عنوان تهدیدی جدی برای بافت شهری در این محدوده از شهر محسوب و باید درخصوص برداشت آب از این منطقه برنامه‌ریزی دقیق‌تری انجام شود. این منطقه در نقشه امکان وقوع فرونشست یادشده دارای حساسیت خیلی زیاد است. با بررسی میدانی از منطقه مشخص شد که ایستگاه راه‌آهن غرب کشور نیز در این ناحیه در دست احداث است که این مسأله نیز می‌تواند سبب ایجاد تنش به ناحیه مورد نظر و افزایش احتمال وقوع پدیده فرونشست و تهدید امنیت این پروژه باشد.

براساس پیشینه تحقیق، محققان زیادی فرونشست و عوامل به‌وجودآورنده آن را بررسی کردند، ولی در بیشتر این تحقیقات پس از وقوع فرونشست و نمود نشانه‌های آن و یا بروز مشکلات به بررسی علل آن پرداخته شده است. برای نمونه اشراقی در تحقیقی دریافت که دلیل فرونشست دشت مشهد افت ۳۰ متری سفره آب در ۲٤ سال اخیر بوده است (اشراقی، ۹، ۱۳۸۸). زارع‌مهرجردی پس از بررسی درز و ترک‌های ایجادشده در دشت یزد دریافت که دلیل این درزها در اثر افت فشار پیزومتریک رسوبات به میزان سه متر در سال بوده است (مهرجردی، ۱۵۵، ۱۳۹۰). در تحقیقی دیگر لشگری‌پور پس از بررسی فرونشست واقع‌شده در دشت کاشمر به این نتیجه

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

رسید که افت سطح سفره آب به همراه ریزدانه‌بودن رسوبات این دشت دلیل اصلی فرونشست است (لشگری‌پور، ۹۵، ۱۳۸۷). با توجه به این‌که تاکنون شاهد پدیده فرونشست حاد در سطح استان کرمانشاه نبودیم، نتایج این تحقیق درخصوص امکان پدیده فرونشست وسیع و خطرناک پیش از وقوع در سطح دشت‌های این استان برای کارشناسان می‌تواند هشداری جدی باشد.

۱۱- منابع

- آل‌خمیس، رضا، سعید کریمی‌نسب و فرزاد آریانا، «بررسی تأثیر نشست حاصل از تخلیه آب زیرزمینی بر تخریب لوله جداره چاه‌ها»، *مجله آب و فاضلاب*، ش ٦٠، صص ٧٧-٨٧، ١٣٨٥.
- اشراقی، علی، ابوالفضل بهنیافر، «ارتباط فرونشست‌های دشت مشهد با افت آب زیرزمینی»، *مجله علوم جغرافیایی*، ش ١٣، ١٤ بهار و تابستان، صص ٩-٢٦، ١٣٨٨.
- امیراحمدی، ابوالقاسم، نسیم معالی‌اهری و طیبه احمدی، «تعیین مناطق فرونشست احتمالی دشت اردبیل با استفاده از GIS»، *نشریه علمی و پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، سال ١٧، ش ٤٦، صص ١-٢٣، زمستان ١٣٩٢.
- خالدی، شهریار، *بلایای طبیعی*، انتشارات شهید بهشتی، ١٣٨٠.
- خزائی، علی، *نقش عوامل زمین ریخت‌شناسی درگستره سیلاب‌های دشت کرمانشاه*، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه رازی کرمانشاه، مهر ١٣٨٦.
- حسینی‌میلانی، م، «اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی و اثرات آن»، *مجموعه مقالات کنفرانس ملی منابع آب زیرزمینی*، سیرجان، صص ٩١- ٩٨، ١٣٧٣.
- طاهری‌تیزرو، عبداله، *آب‌های زیرزمینی*، انتشارات دانشگاه رازی، چاپ دوم، ١٣٨٧.
- رنجبر، محسن، نسرین جعفری، «بررسی عوامل مؤثر در فرونشست زمین در دشت اشتهارد»، *جغرافیا (نشریه علمی پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)*، دوره جدید سال ششم، صص ١٥٥-١٦٥، ش ١٨، ١٩ پاییز و زمستان، ١٣٨٨.
- شمشکی، امیر، یوسف محمدی، محمدجواد بلورچی، «شناسایی پهنه آب‌خوان تحت فشار و نقش آن در شکل‌گیری فرونشست زمین در دشت هشتگرد»، *علوم زمین*، سال بیستم، ش

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

۷۹، صص ۱۲۷-۱٤۲، بهار، ۱۳۹۰.

- علائی‌طالقانی، محمود، *ژئومورفولوژی ایران*، نشر قومس، چاپ دوم، ۱۳۸۲.
- قهرودی‌تالی، منیژه، *درآمدی بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی*، انتشارات پیام‌نور، نسخه آزمایشی.
- گودرزی‌نژاد، شاپور، *ژئومورفولوژی و مدیریت محیط*، نشر سمت، جلد اول، ۱۳۷۷.
- لشکری‌پور، غلامرضا، محمد غفوری و حمیدرضا رستمی‌بارانی، «بررسی علل تشکیل شکاف‌ها و فرونشست زمین در دشت کاشمر»، *مطالعات زمین‌شناسی*، جلد ۱، ش ۱، صص ۹۵-۱۱۱، ۱۳۸۷.
- مهرجردی، زارع، «بررسی پدیده نشست زمین و شکستیگی‌های موجود در منطقه رستاق جنوب میبد»، *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ش ۳، پاییز، صص ۱۵۵-۱٦٦، ۱۳۹۰.
- Alaee Taleghani, M., *Geomorphology of Iran*, Ghoomes Publications, 2nd Ed., 1382. [in Persian]
- Alkhamis, R., S. Karimi Nasab & F. Aryana, "Investigating the Effect of Land Subsidence Due to Groundwater Discharges on Well Casing Damage", *Journal of Water*, pp. 77-87, 1385. [in Persian]
- Amirahmadi, T., N. Moaliahari & T. Ahmadi, "Determining Areas of Potential Subsidqaence Plain in Ardebil Using GIS», *Journal of Geography and Planning*, pp. 1-23, 1392, [in Persian]
- Eshraghi, A. & A. Behniyafar, "The Relationship between Subsidence in Mashhad Plains with Drop in Groundwater", *Journal of Geographical Sciences*, 13 & 14 Spring and Summer, pp. 9-26, 1388. [in Persian]
- Ghohrodi Tali, M., *Introduction to GIS*, Payam Noor Publications. [in Persian]
- Godarzi Nejad, S., *Geomorphology and Management of Environment*, SAMT Publications, 1377. [in Persian]
- Hosayni Milani, M., "Overdraft of Groundwater Source and its Effects", *Proceedings of the National Conference on Groundwater Resources,* Sirjan, pp. 91-98, 1373. [in Persian]
- Johnston, Kevin, *Using Arc GIS Geostatistical Analyst*, 2001-2004.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]

- Khaledi, S., *Natural Disasters*, Shahid Beheshti Publications, 1380. [in Persian]
- Khazaee, A., *Effect of Geomorphological Factors in Flood in Plains of Kermanshah*, Master's Thesis, University of Kermanshah Razi, 1386. [in Persian]
- Larson, K. J., H. Basagaoglu & M. A. Marino, "Prediction of Optimal Safe Ground Water Yield and Land Subsidence in the Los Banos-Kettleman City Area, California, Using a Calibrated Numerical Simulation Model", *Journal of Hydrology*, No. 242, pp. 79-102, 2001.
- Lashkaripour, G., M. Ghafori & H. Rostami Barani, "Investigation of the Causes of Formation of the Cracks and Land Subsidence in Kashmar Plain", *Geological Studies*, pp. 95-111, 1387. [in Persian]
- Mehrjerdi, Z., "Investigating the Causes of the Formation of cracks and Land Subsidence in Rustag Region in South Maybod", *Geography and Environmental Planning*, pp. 155-166, 1390. [in Persian]
- Pacheco, J., J. Arzate, E. Rojas, M. Arroyo, V. Yutsis & G. Ochoa, "Delimitation of Ground Failure Zones Due to Land Subsidence Using Gravity Data and Finite Element Modeling in the Queretaro Valley, Mexico", *Journal of Engineering Geology*, pp. 143-16, 2006.
- Poland, J. F., *The Occurrence and Control of Land Subsidence Due to Groundwater Withdrawal with Special Reference to the San Joaquin and Santa Clara Valleys*, California, Ph.D Dissetation, Stanford University, Palo Alto, California, 1981.
- Rangbar, M. & N. Gafari, "Study of Factors Effective in Land Subsidence in Eshtehard Plain", *Journal of Scientific Community of Geography of Iran*, pp. 155-165, 1388. [in Persian]
- Shemshaki, A., Y. Mohamadi, & M. Bolourchi, "Identifying Areas of Aquifer Pressure and Its Role in Formation of Land Subsidence in Hashtgerd Plain", *Journal of Earth Sciences,* spring, pp. 127-142, 1390. [in Persian]
- Taheri Tizro, A., *Groundwater*, University of Kermanshah Razi Publications, 2nd Ed., 1387. [in Persian]

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-03-12]