پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۵
ص. ۶۷۲-۶۶۱

جنرالیزاسیون عوارض ارتفاعی در تولید نقشه‌های کوچک‌مقیاس مبتنی‌بر نقشه‌های پایه با استفاده از الگوریتم‌های موجود

مهدی مدیری*- دانشیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۶/۲۳ تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۱۰/۳۰

چکیده

نقشه، تصویر کوچک‌شده و قراردادی تمام کرهٔ زمین یا بخشی از آن است که به روش هندسی، روی سطحی مستوی به نمایش درمی‌آید. با توجه به محدودیت فضای نقشه، انتخاب و طراحی عناصر نمایش اطلاعات زمین، نیازمند فرایندی انتخابی، متناسب با اهداف تهیه است تا به کاهش سیستماتیک اطلاعات جغرافیایی پردازد. نقشه، عوارض زمینی را در مقیاسی کوچک‌تر از شکل حقیقی‌اش به نمایش می‌گذارد. هرچه عدد مقیاس بزرگ‌تر باشد، جزئیات کمتری از عوارض قابل‌نمایش است. با تغییر عدد مقیاس باید ارتباط منطقی میان عوارض و ابعاد نقشه حفظ شود؛ بنابراین، عوارض باید به‌گونه‌ای حذف شوند که این رابطهٔ منطقی از بین نرود. همچنین یک نقشهٔ کامل در مقیاس جدید با توجه به نیازمندی‌های کاربران و اصول و قواعد کارتوگرافی حاصل شود. جنرالیزاسیون به‌عنوان یک فرایند کوچک‌سازی و تولید نقشه در مقیاس کوچک‌تر، همیشه مورد توجه بوده است. با توجه به مشکلات پیش‌روی روند تولید نقشه‌های کوچک‌مقیاس و نیاز صرف زمان و هزینهٔ زیاد برای گویاسازی و گسترهٔ عملیات میدانی، امروزه این روش به‌عنوان یک راهکار اجرایی ضرورت یافته است. به‌طورکلی، جنرالیزاسیون در دو بخش عمده برای عوارض مسطحاتی و ارتفاعی انجام می‌شود. در این مقاله، به بررسی جنرالیزاسیون عوارض ارتفاعی به‌صورت اتوماتیک، شامل نقاط ارتفاعی و منحنی میزان‌ها پرداخته می‌شود. جنرالیزهٔ منحنی میزان‌ها، به دو روش استفادهٔ مستقیم از نقشهٔ مبنا یا تولید DEM انجام می‌شود. سپس با توجه به عبور عوارض هیدرولوژیکی مانند آبریزها، منحنی‌ها تصحیح می‌شوند. در جنرالیزاسیون، نقاط ارتفاعی نیز نقاط براساس اهمیت و ارتفاع، انتخاب یا حذف می‌شوند. درنهایت، عوارض ارتفاعی نقشه‌هایی با مقیاس ۱/۱۰۰,۰۰۰، ۱/۲۵۰,۰۰۰ و ۱/۵۰۰,۰۰۰- که به روش اتوماتیک جنرالیزه شده‌اند- نمایش و تجزیه و تحلیل می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: جنرالیزاسیون، عوارض هیدرولوژی، منحنی میزان، نقشهٔ پایه، نقطهٔ ارتفاعی.

* ۲۲۹۴۵۱۴۱-۶
Email: mmodiri@ut.ac.ir

مقدمه

نقشه‌های پوششی به‌هنگام در مقیاس‌های کوچک، زیربنای برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای، مدیریت منابع طبیعی، طرح‌های عمرانی، طرح‌های دفاعی و... هستند (بورک، ۲۰۰۴). سال‌هاست که نبود این‌گونه منابع اطلاعاتی کشور حس می‌شود و وجود آن‌ها مورد نیاز است.

از سوی دیگر، در ارائهٔ اطلاعات مکانی به‌صورت نقشه، با توجه به رابطهٔ میان مقیاس و دقت نقشه می‌توان نتیجه گرفت هرچه مقیاس نقشه کوچک‌تر شود، دقت و جزئیات عوارض کاهش می‌یابد؛ بنابراین، تهیهٔ اطلاعات برای هر مقیاس و هر موضوع، از طریق نقشه‌برداری و فتوگرامتری مقرون‌به‌صرفه نیست. بدین‌ترتیب، استفاده از اطلاعات موجود یا نقشه‌های مبنا برای تهیهٔ نقشه‌های خلاصه‌تر با مقیاس کوچک‌تر، روشی متداول در فن کارتوگرافی شد که با عنوان «جنرالیزاسیون نقشه» شناخته شده است (هاری، ۱۹۹۹).

قدیمی‌ترین نقشه‌های شناخته‌شده، متعلق به پنج هزار سال پیش است. نقشه‌ها با روش‌ها و کاربردهای علمی، به‌صورتی فزاینده در قرون ۱۷، ۱۸ و ۱۹ گسترش یافتند. بسیاری از کشورها زیر پوشش برنامه‌های نقشه‌برداری ملی و بین‌المللی قرار گرفتند، اما تا پیش از جنگ جهانی دوم، اطلاعات بسیار اندکی درمورد نقشه‌های مناطق مختلف وجود داشت (اورمبی و مکانس، ۱۹۹۹).

پس از پدیدارشدن سیستم‌های عکس‌برداری هوایی و تهیهٔ نقشه با روش‌های فتوگرامتری بعد از جنگ جهانی دوم و سپس پیدایش کامپیوتر در دهه‌های بعد از ۱۹۸۰، تغییرات بسیار زیادی در الگوهای تهیهٔ نقشهٔ سنتی (کارتوگرافی) پدید آمد. پیدایش کامپیوتر در تولید نقشه و همه‌گیرشدن کامپیوترهای شخصی در دههٔ ۱۹۸۰، نقطهٔ عطف و درواقع، آغاز چالش میان متخصصان تهیهٔ نقشه بود. آن‌ها به‌سرعت گرافیک کامپیوتری را جایگزین نقشه‌کشی دستی کردند و کارتوگراف‌های خبره که جنرالیزهٔ کارتوگرافی را فرایندی هنری و تجربی می‌دانستند، آغاز شد.

در ابتدای دههٔ ۱۹۸۰ شرکت‌های پیشرفتهٔ ارائه‌دهندهٔ نرم‌افزارهای تهیهٔ نقشه، با همکاری سازمان‌های نقشه‌برداری توانمندی که در لیست مشتریان خود داشتند، اولین قدم‌ها را در استفاده از کامپیوتر در پردازش‌های جنرالیزه برداشتند. تقریباً بیشتر مطالعات در زمینهٔ جنرالیزاسیون، توسط دانشگاه‌ها و سازمان‌های نقشه‌برداری کشورهای پیشرفته، در محیط‌های گرافیکی و CAD/GIS[1] صورت گرفت (کیا و زانگ، ۲۰۰۹). در تمامی نشست‌های انجمن‌های بین‌المللی کارتوگرافی و ICA[2]، همسوسازی فعالیت‌های اعضا و استانداردسازی و ایجاد یک بستر همگانی برای تحقیقات و تولیدات در زمینه‌های جنرالیزاسیون کارتوگرافی، به‌صورت ویژه مورد توجه بود (فورستر، ۲۰۰۶). روش‌های جنرالیزه در سازمان‌های نقشه‌برداری کشورهای مختلف، طی سال‌های اخیر بسیار متنوع و متعدد بوده است و ارتباطی مستقیم با هوشمندی اطلاعات نقشه‌ای آن‌ها دارد (عظیم جان گابتا و ساخمانی، ۲۰۱۴).

در کشور ما نیز با گسترش استفاده از کامپیوتر و گرافیک، تهیهٔ نقشه و کارتوگرافی به‌سرعت متحول شد؛ برای مثال، در سازمان‌های نقشه‌برداری در اوایل دههٔ ۱۳۷۰، در کمتر از یک سال تمامی میزهای نقشه‌کشی برچیده شدند و کامپیوتر و نرم‌افزار ماکروستیشن جایگزین آن‌ها شد. در مراکز دیگر مانند کاداستر نیز این تغییرات کم‌وبیش هم‌زمان صورت گرفت. بیشتر نقشه‌های پوششی در کشور، هم‌اکنون توسط نرم‌افزارهای ترسیم نقشه از جمله انواع CAD و دیگر نرم‌افزارهای خاص کارتوگرافی تهیه می‌شوند و در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی مانند /Arc/Info SDE[3] به‌کار گرفته می‌شوند (تشیع، ۱۳۸۹).

1. Computer aided design/Geo spatial information system
2. International Cartographic Association
3. Spatial Database Engine

در مرکز سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی شهرداری تهران، تجربیات ارزنده‌ای درجهت ساختار اطلاعات هوشمند مکانی و توصیفی در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS و اطلاعات شهری در محیط SDO[1] به‌دست آمد. درحالی‌که در حوزهٔ جنرالیزاسیون و اتوماسیون آن، مانند سازمان‌های دیگر در دنیا، پیشرفت بسیار کندتر بوده است. با توجه به مشکلات و پیچیدگی‌هایی که در کار جنرالیزاسیون نقشه‌های کوچک‌مقیاس وجود دارد، در این پژوهش، به‌طور ویژه جنرالیزاسیون عوارض ارتفاعی را بررسی قرار می‌کنیم.

جنرالیزهٔ کارتوگرافی، فرایندی فراگیر است که عوارض مسطحاتی و ارتفاعی را دربرمی‌گیرد (بورک، ۲۰۰۱). در سال‌های اخیر، موضوع داشتن یک روش اتوماتیک، توجه کارتوگراف‌ها را جلب کرده است. براین‌اساس، چندین مدل تئوری و مفهومی و فرایند کاری[2] به‌دست آمده است. یکی از بزرگ‌ترین موانع، رعایت‌نکردن استانداردها درمورد داده‌های مکانی و کمبود روش‌های جامع برای اتوماتیک‌کردن فرایندهاست (بی‌مونته جنسل و برتولوتو، ۲۰۰۸). مانع دیگر، نبود درک کامل از جنرالیزهٔ نقشه و قواعد و قوانین جنرالیزاسیون است که کارتوگراف‌ها سال‌ها آن‌ها را به‌صورت سنتی به‌کار برده‌اند و اتوماسیون کامپیوتری را راه‌حل مناسبی ندیده‌اند (فورستر، ۲۰۰۶). به همین علت، تاکنون راه‌حلی که به این مسئله به‌صورت جامع پاسخ دهد، وجود ندارد و سازمان‌های مختلف تولید نقشه، هریک برحسب نیاز و توانایی خود در این زمینه به فعالیت ادامه می‌دهند.

با توجه به پیچیده‌بودن فرایند جنرالیزاسیون در دو بخش عوارض مسطحاتی و ارتفاعی، در این پژوهش به بررسی جنرالیزاسیون عوارض ارتفاعی پرداخته می‌شود. هدف این تحقیق، ارائهٔ روشی است که در سازمان جغرافیایی کشور، به‌منظور جنرالیزاسیون عوارض ارتفاعی به‌کار می‌رود؛ به‌طوری‌که عوارض ارتفاعی در نقشه‌های پایه، با این روش جنرالیزه می‌شوند. همچنین تولید نقشه‌های ۱/۱۰۰,۰۰۰، ۱/۲۵۰,۰۰۰ و ۱/۵۰۰,۰۰۰ به‌صورت اتوماتیک صورت می‌گیرد. درادامه، ابتدا مبانی نظری پژوهش بیان می‌شود. سپس روش‌های مختلف جنرالیزاسیون عوارض ارتفاعی شرح داده می‌شود. در بخش پیاده‌سازی، الگوریتم بیان‌شده روی نقشهٔ ۱/۵۰,۰۰۰ پیاده می‌شود و نتایج در قالب نقشه‌هایی با مقیاس‌های متفاوت نمایش داده می‌شود.

مبانی نظری

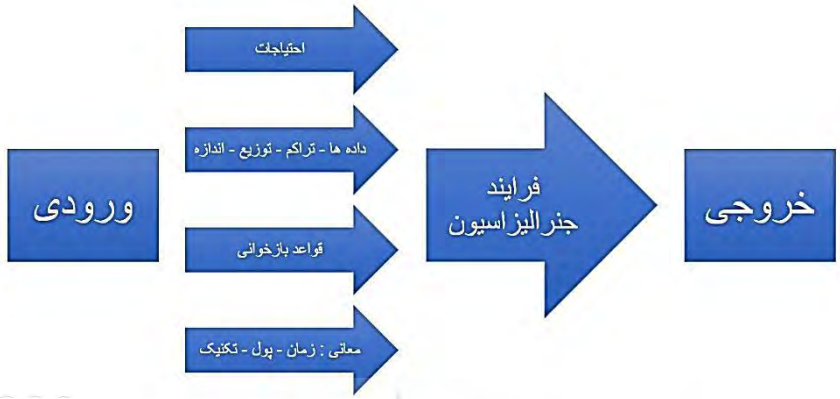
جنرالیزاسیون، انتخاب و نمایش ساده‌تر جزئیات یک نقشه، با توجه به مقیاس و اهداف جدید آن است. در تعریفی دیگر، جنرالیزاسیون عبارت است از کاهش سیستماتیک اطلاعات نقشه برای تهیه یا نمایش نقشه‌ای با مقیاس کوچک‌تر (همراه، ۱۳۹۱). جنرالیزه‌کردن یا خلاصه‌کردن اطلاعات، یکی از دشوارترین مراحل کارتوگرافی محسوب می‌شود. واقعیت‌های موجود در نقشه، در مواقع ضروری باید ساده شوند و اطلاعات باید به‌گونه‌ای نمایش داده شوند که در ارتباط با هدف نقشه، از نظر تصویری و نمایش، کم‌وبیش بر آن‌ها تأکید شود. اطلاعات آماری نقشه نیز باید به‌نحوی خلاصه و پرورانده شوند که نمایانگر ویژگی اصلی اطلاعات باشند (مدیری و دیگران، ۲۰۱۴).

در کارتوگرافی، از تکنیک جنرالیزه برای تولید نقشه‌های تألیفی کوچک‌مقیاس استفاده می‌شود. جنرالیزه از مباحث بسیار مهم، پیچیده و درعین‌حال دشوار و زمان‌بر است. بدین‌منظور، بررسی جنرالیزه به‌صورت اتوماتیک، سهم بسزایی در تولید نقشه‌های پوششی دارد و دیدگاه‌های متفاوت در امر جنرالیزه را به هم نزدیک‌تر می‌سازد (ایکسیا پوگنادا و زانگ، ۲۰۱۴).

نقشه‌های تألیفی کوچک‌مقیاس، از نقشه‌های بزرگ‌مقیاس‌تر اقتباس می‌شوند که اساس این اقتباس، قوانین جنرالیزه

1. Standard Database Oracle
2. Work-flow

است. به‌طورکلی، جنرالیزهٔ نقشه در کارتوگرافی، متکی به تجزیه و تحلیل و تصمیم‌گیری است. کارتوگرافی اتوماتیک در محیط نرم‌افزارهای GIS تقریباً به‌صورت سیستماتیک تجزیه و تحلیل می‌شود. بدین‌ترتیب، اختلاف‌سلیقه تا حد امکان از بین می‌رود؛ به‌طوری‌که هم سرعت عمل افزایش می‌یابد و هم نقشه‌ها هماهنگی بیشتری با یکدیگر می‌یابند. به بیان دیگر، همهٔ نقشه‌ها با دقتی قابل‌قبول ترسیم می‌شوند. درنتیجه، آنالیزهای مختلفی از نقشه‌های کوچک‌مقیاس به‌دست می‌آید (مایک آنتون گلد و مولین، ۲۰۱۳). در شکل ۱ روند کلی فرایند جنرالیزاسیون مشاهده می‌شود.



شکل ۱. فرایند جنرالیزاسیون

منبع: نگارنده

هدف از جنرالیزاسیون، فقط حذف بخشی از اطلاعات نیست و به خلاصه‌سازی عوارض محدود نمی‌شود؛ بلکه حذف، تنها یکی از آیتم‌های متعدد جنرالیزاسیون است. با توجه به هدف و مقیاس نقشه، تعداد عوارض مشخص می‌شود. پس از آن، مدل مفهومی مربوط تعیین می‌شود و براساس موارد فوق و ضمن حفظ شکل و یکپارچگی عوارض، حذف، ساده‌سازی، اغراق، جابه‌جایی و بزرگ‌نمایی صورت می‌گیرد تا عوارض و نقشه برای کاربر خواناتر و ساده‌تر شود.

جنرالیزاسیون نقشه‌ها، جنرالیزاسیون عوارض مسطحاتی[1] و ارتفاعی[2] در ارتباط با یکدیگر است. در این مقاله، به‌طور خاص به جنرالیزاسیون عوارض ارتفاعی پرداخته می‌شود. این عوارض، شامل منحنی میزان‌ها و نقاط ارتفاعی هستند. در بخش روش، نحوهٔ جنرالیزاسیون عوارض ارتفاعی در این تحقیق به‌طور کامل شرح داده می‌شود.

روش پژوهش

جنرالیزاسیون عوارض ارتفاعی، در دو بخش منحنی میزان‌ها و نقاط ارتفاعی دسته‌بندی می‌شود. در اغلب پروژه‌های جنرالیزه‌کردن منحنی‌های میزان در گذشته، منحنی‌ها به‌صورت عوارض مستقل پردازش می‌شدند و توجهی به ارتباط آن‌ها با سایر عوارض نمی‌شد که این امر سبب گمراهی و بروز اشتباه در نقشهٔ جنرالیزه می‌شد (گوکوز، ۲۰۰۵). در این زمینه می‌توان به ساده‌کردن منحنی‌ها، رودخانه‌ها و آبریزها اشاره کرد که ممکن است موجب جابه‌جایی خطاالقعرها، خطاالرأس‌ها و ناهماهنگی با رودخانه‌ها و آبریزها در نقاط عبور شود. در این مطالعه، تا حد ممکن رابطهٔ توپولوژیکی میان عوارض مختلف راه‌ها، رودخانه‌ها، منحنی‌ها و... حفظ می‌شود. انتخاب درجهٔ وابستگی عوارض و توازن میان پردازش‌های اتوماتیک و محاوره‌ای، با مشورت مدیریت طرح صورت گرفته است.

جنرالیزهٔ منحنی‌های میزان، به‌طور مستقیم روی نقشهٔ مبنا، در ارتباط با سایر عوارض ارتفاعی و عوارض سه‌بعدی

1. Planimetric
2. Altimetric

دیگر مانند آبریزها، رودخانه‌ها، مسیل‌ها و دریاچه‌ها و... صورت گیرد. روش دوم، ایجاد مدل ارتفاعی رقومی[1] و جنرالیزهٔ مدل ارتفاعی است. سپس منحنی‌های میزان، به‌صورت اتوماتیک از مدل ارتفاعی استخراج می‌شوند (ثنایی، ۱۳۸۹).

هریک از روش‌های فوق، محاسن و معایبی دارند که در مطالعات زیادی گزارش شده است. باید توجه داشت که در روش اول ممکن است که ساده‌کردن بیش‌ازحد منحنی‌های میزان، سبب به‌هم‌رسیدن و تقاطع منحنی‌های میزان و ناهماهنگی با نقاط ارتفاعی شود. این ناهماهنگی‌ها باید با روش‌های محاوره‌ای پیش‌بینی‌شده، کنترل و تصحیح شوند.

در این پردازش‌ها، رابطهٔ توپولوژیکی میان عوارض مختلف آبی از قبیل رودخانه‌ها، آبریزها، مسیل‌ها و منحنی‌های میزان و... با نظر مدیریت طرح، در زمان ویژه‌سازی تا حد ممکن حفظ شده است.

پردازش به روش اول: در مرحلهٔ اول، منحنی‌های میزان و سایر عوارض مرتبط پردازش می‌شوند و در نقاطی که باید در جریان جنرالیزهثابت بمانند، گره‌هایی درج می‌شود. سپس عوارض منتخب، براساس قواعد ساده‌کردن عوارض خطی و پیش‌فرض‌های کلاس مربوط، با استفاده از ابزارهای نرم‌کردن زوایای تند، صاف‌کرده خطوط و... زیباسازی می‌شوند. در تمام این مراحل، جابه‌جایی نقاط ثابت و سایر نقاط، در کنترل نرم‌افزار است که از حد تعریف‌شدهٔ هریک تجاوز نکند. سپس تصحیح محاوره‌ای نقاط تعارض منحنی‌ها با یکدیگر و با عوارض آبی و سایر عوارض ساده‌سازی‌شده انجام می‌گیرد.

پردازش به روش دوم: روش دوم، بیشتر در مواردی به‌کار می‌رود که منحنی میزان، در فواصل مورد نظر نقشهٔ نهایی، به‌طور مستقیم در نقشهٔ مبنا موجود نیست و باید با درون‌یابی، از دو منحنی پایین‌تر و بالاتر استخراج شود (برای مثال، استخراج منحنی‌های ۵۰ متری نقشه‌های ۱/۱۰۰،۰۰۰ از منحنی‌های ۲۰ متری نقشه‌های ۱/۵۰،۰۰۰).

در مواردی ممکن است در ایجاد مدل ارتفاعی دقیق از منحنی‌های میزان و نقاط ارتفاعی و سایر عوارض ارتفاعی، به‌علت حجم بسیار زیاد اطلاعات، با مشکلات پردازش کامپیوتری مواجه شویم؛ برای مثال، در طرح تهیهٔ نقشه‌های ۱/۲۵۰،۰۰۰ جنرالیزه از نقشه‌های ۱/۵۰،۰۰۰، هر نقشه ۲۴ نقشهٔ مبنا و در مناطق کوهستانی، بیش از ۲۰۰ مگابایت اطلاعات ارتفاعی را شامل می‌شود. ساده‌کردن منحنی‌های میزان به روش اول، پیش از پردازش مدل ارتفاعی، ضمن کم‌کردن منطقی حجم اطلاعات ورودی، از حذف مورفولوژی زمین در کوهستان‌ها و زمین‌های با ساختار پرعارضه، به‌علت ساده‌سازی‌های کنترل‌نشده در نرم‌افزارها جلوگیری می‌کند.

پس از تولید منحنی میزان به هردو روش، ساخت توپولوژی و کنترل صحت آن‌ها بررسی می‌شود که شامل موارد زیر است: ۱) کنترل منحنی‌های میزان در محل‌های اتصال از نظر توپولوژی، ۲) کنترل منحنی‌های میزان از نظر صاف و نرم‌بودن، ۳) کنترل منحنی‌های میزان با نقاط ارتفاعی و ۴) حذف منحنی‌های کوچک.

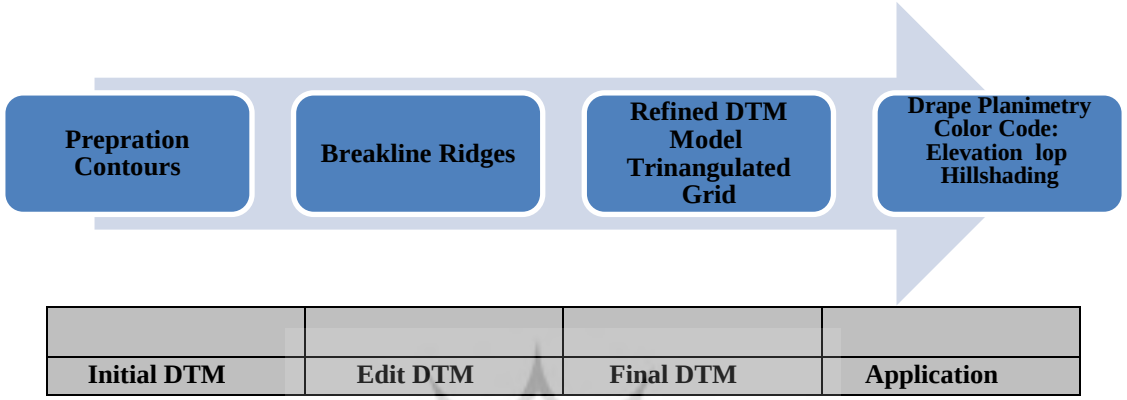
۱. مراحل جنرالیزاسیون منحنی میزان‌ها

در روش اول، تولید اتوماتیک منحنی میزان طی مراحل مختلفی انجام می‌شود که در آن، مراحل به‌صورت پشت سرهم و به شکل خودکار صورت می‌گیرد. مراحل تولید منحنی میزان شامل ساخت توپولوژی، جنرالیزه‌کردن، استخراج خطاها، حذف و کنترل کیفیت و ایجاد منحنی میزان است. در روش دوم، پس از تولید DEM اولیه، خطاها نمایان می‌شوند و به کارتوگراف کمک می‌کنند که محل خطا را راحت‌تر بیابد و آن را حذف کند. با توجه به پیچیدگی تولید منحنی میزان به روش دوم، مراحل آن در اینجا شرح داده می‌شود.

1. Digital Elevation Model (DEM)

۱.۱. تولید DEM اولیه

این بخش از خدمات، شامل ایجاد مدل سه‌بعدی نقشه‌ها با استفاده از اطلاعات دوبعدی و سه‌بعدی و تحلیل اطلاعات ارتفاعی است. این نقشه‌ها شامل اطلاعات نشان‌داده‌شده در شکل ۲ هستند. اطلاعات ورودی، مربوط به عوارض ارتفاعی شامل منحنی میزان‌های اصلی، فرعی، واسطه و معکوس و همچنین نقاط ارتفاعی است. در ابتدا DEM اولیه برای حذف خطاها و کنترل تولید می‌شود. پس از بهینه‌سازی DEM با استفاده از Break lines، DEM نهایی با ابعاد پیکسل متناسب نقشهٔ اولیه تولید می‌شود که با تغییر ابعاد، امکان تولید منحنی میزان برای مقیاس‌های کوچک‌تر میسر است.



شکل ۲. مراحل ایجاد DEM از عوارض ارتفاعی نقشهٔ پایه

۲.۱. تولید منحنی میزان از DEM

تولید منحنی میزان، با معرفی پارامترهای مورد نظر شامل اختلاف ارتفاع در سطح نقشه، دقت مورد نظر، مثلث‌بندی و انتخاب فواصل بین منحنی میزان‌ها انجام می‌گیرد. مراحل مختلف تولید منحنی میزان در شکل ۳ مشاهده می‌شود.

شکل ۳. مراحل تولید منحنی میزان جنرالیزه‌شده

۳.۱. تصحیح منحنی میزان‌ها مبتنی‌بر عوارض هیدرولوژی

نقشه‌های جنرالیزه‌شده، زمانی برای استفاده‌کننده گویا و مشخص است که عوارض هیدرولوژیکی و ارتفاعی جنرالیزه‌شده دارای ارتباط منطقی با یکدیگر باشند. بخش اول این ارتباط، در هنگام جنرالیزه‌کردن ارتفاعات یا مسطحات انجام می‌شود، مانند حفظ‌کردن شکل دره‌ها در هنگام جنرالیزه‌کردن. یکی از الگوریتم‌های حذف‌کردن نقاط منحنی میزان، حفظ نقاطی است که با آبریزها تقاطع دارند. بخش دوم این ارتباط، پس از جنرالیزاسیون عوارض انجام می‌گیرد، مانند کنترل و ایجاد ارتباط میان آبریز با رودخانه برای اتصال به دریاچه یا دریا و موقعیت عوارضی مانند جاده‌ها با توجه به منحنی‌ها. در این پروژه، پردازش عوارض هیدرولوژی و ارتفاعی، در هردو مرحلهٔ هنگام جنرالیزاسیون و بعد از آن انجام شده است. در شکل ۵، مراحل کنترل و ایجاد ارتباط میان آبریز یا رودخانه با منحنی میزان‌ها و همچنین نحوهٔ تغییر و نرم‌شدگی منحنی‌ها پس از جنرالیزه‌کردن آبریزها نشان داده شده است. روش کار بدین‌صورت است که بعد از جنرالیزه‌کردن منحنی‌ها، آبریزها و عوارض هیدرولوژیکی به روش حذف یا ادغام، براساس طول جنرالیزه می‌شوند. سپس در محل تقاطع منحنی و آبریز، یک نود ایجاد می‌شود تا پس از نرم‌شدگی منحنی، همواره آبریز از آن نود عبور کند. در مرحلهٔ آخر، منحنی‌ها براساس عبور آبریز از آن‌ها تغییر می‌کنند و به حالت نرم درمی‌آیند.

۲. جنرالیزهٔ نقاط ارتفاعی

تعداد نقاط ارتفاعی که از نقشه‌های مبنا به نقشه‌های نهایی منتقل می‌شود، چندین برابر تعداد نقاط مورد نیاز است؛ برای مثال، در طرح تهیهٔ نقشه‌های ۱/۲۵۰,۰۰۰ جنرالیزه از نقشه‌های ۱/۵۰,۰۰۰، هر نقشه شامل ۲۴ برگ نقشهٔ مبناست که در مناطق کوهستانی با حدود ۴۰۰ نقطه در هر نقشه، حدود ۱۰,۰۰۰ نقطه دارد. در پردازش جنرالیزهٔ نقاط ارتفاعی باید حداکثر ۵۰۰ نقطه یعنی ۵ درصد از مناسب‌ترین این نقاط برای نقشهٔ نهایی انتخاب شود؛ بنابراین، نیاز به انتخاب نقاط ارتفاعی بهینه در نقشه جنرالیزه شده است. انتخاب مناسب‌ترین این نقاط با کمک پردازش‌های کامپیوتری، مستلزم تحلیل تک‌تک آن‌ها با منحنی‌های میزان و سایر عوارض و مشاهدهٔ تراکم آن‌ها در موقعیت‌های مختلف نقشه و انتخاب یکی از نقاط به‌عنوان مناسب‌ترین گزینه برای موقعیت مورد نظر است. این امر فقط به دست یک کارتوگراف باتجربه صورت می‌گیرد (پالومار وازکز و پاردو پاسکال، ۲۰۰۸)؛ برای مثال، یک نقطهٔ ارتفاعی در تقاطع راه‌ها یا نزدیک یک آبادی، قعر یک گودال، قله یا گردهٔ یک کوه، هریک اهمیت خاصی دارد. انتخاب نقاط مناسب، به کمک کامپیوتر و نمایش‌های تنظیم‌شده و مشاهدهٔ ردیفی نقاط ارتفاعی صورت می‌گیرد. این روش بسیار وقت‌گیر است و باید برای مقیاس‌های دیگر نیز تکرار شود. در این روش، اعمال سلیقهٔ عامل‌ها بیش از همه موجب ناهماهنگی در نقشه‌های خروجی می‌شود.

سازمان‌های نقشه‌برداری پیشرفته، نقاط ارتفاعی را براساس اهمیت، در نقشهٔ مبنا یعنی دیتابیس مادر (National Topographic Database)، طبقه‌بندی و کدگذاری می‌کنند. این تحلیل‌ها بسیار پیچیده‌اند و در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و در ویژه‌سازی برنامه‌های تحلیل مدل ارتفاعی نقشه صورت می‌گیرند.

۱.۲. جنرالیزهٔ نقاط ارتفاعی در این پژوهش

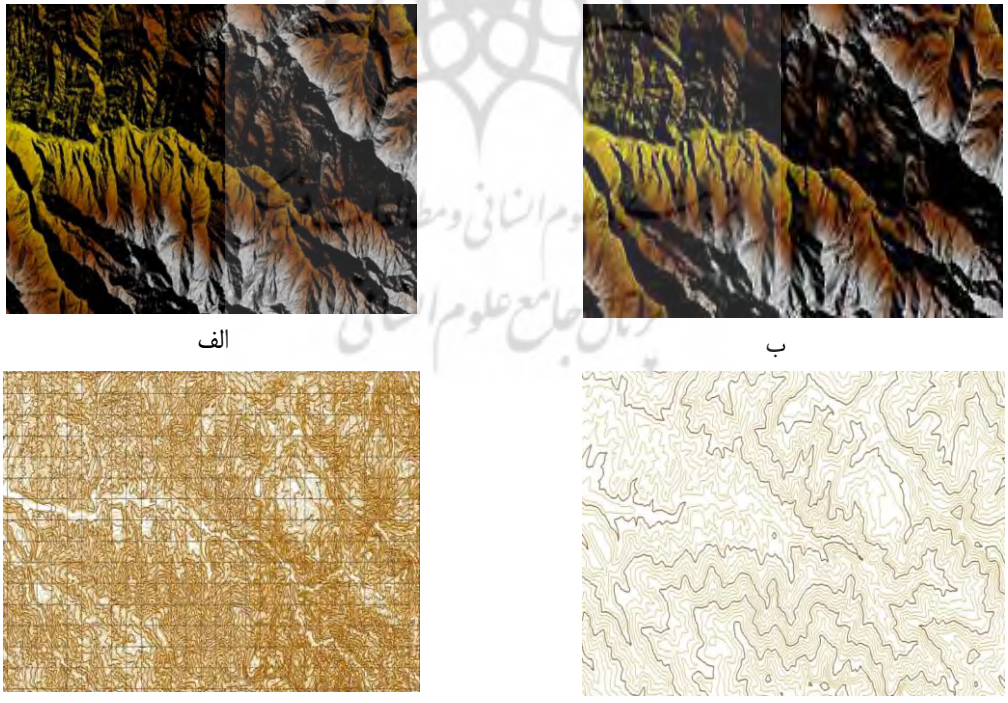
از آنجاکه نقشه‌های استاندارد پوششی سازمان نقشه‌برداری و سازمان جغرافیایی، برای مقیاس معینی تهیه شده‌اند، هیچ‌گونه وجه تمایزی بین نقاط ارتفاعی وجود ندارد؛ بنابراین، در پردازش جنرالیزهٔ نقشه‌ها و انتخاب اتوماتیک نقاط، از روش‌های دیگر از جمله تحلیل نقاط با منحنی‌های میزان اطراف و تراکم نقاط یا انتخاب بالاترین نقطه و... استفاده شده است؛ به‌طوری‌که با انتخاب عددی به‌عنوان شعاع هر محدوده، دایره‌ای از نقاط بررسی می‌شود و از میان آن‌ها نقطه‌ای که بیشترین ارتفاع را دارد، انتخاب می‌شود. نقاط انتخاب‌شده برای تصمیم‌گیری نهایی، به‌صورت ردیفی در اختیار

کارتوگراف قرار می‌گیرند. عامل می‌تواند نتایج پردازش را به‌طورکلی یا انتخابی تأیید کند یا مسیر پردازش هر عارضه را به کمک ابزارهای متنوعی که در اختیار دارد، جایگزین کند. از جمله باید به موارد زیر توجه شود:

- در نقشه‌های نظامی، ارتفاعات بالاتر مورد توجه هستند و بهتر است تعداد نقاط ارتفاعی کوهستانی بیشتر از مناطق مسطح باشد؛
- نقاط ارتفاعی روی جاده‌ها، نزدیک آبادی‌ها و محل‌های راهبردی اهمیت بیشتری دارند؛
- نقاط انتخاب‌شده، نمایانگر ارتفاعات مشخص مهم مانند قله‌ها، تپه‌ها، گودال‌ها، گرده‌ها و ترانشه‌ها باشند.

درنهایت، منحنی‌های میزان در تولید نهایی و پس از خلاصه‌کردن نقاط ارتفاعی، بار دیگر از نظر ارتباط توپولوژیک کنترل می‌شوند و با نظارت عامل کارتوگراف و به‌صورت اتوماتیک یا محاوره‌ای تصحیح می‌شوند. این کنترل شامل مراحل زیر است:

- حذف منحنی میزان‌های اضافی؛
- کم‌کردن نقاط منحنی‌های میزان و نرم‌کردن منحنی‌ها برای نمایش کارتوگرافی؛
- کنترل به‌هم‌رسیدگی یا تقاطع منحنی‌ها به‌صورت محاوره‌ای؛
- کم‌کردن نقاط منحنی‌های میزان، بدون آنکه شکل ظاهری در مقیاس جدید تغییر یابد؛
- نرم‌کردن منحنی‌های میزان با جابه‌جایی نقاط در گردش‌های تند؛
- نرم‌کردن منحنی‌های میزان با اضافه‌کردن نقطه‌های جدید در گردش‌های تند؛
- کنترل نقاط ارتفاعی پس از خلاصه‌کردن نقاط با منحنی‌های میزان و حذف، جابه‌جایی یا افزودن نقاط حذف‌شدهٔ قبلی به‌صورت محاوره‌ای.



الف ب

ج د

شکل ۴. مراحل تولید منحنی میزان از DEM اولیه. الف) DEM تولیدشده از نقشهٔ پایه؛ ب) DEM جنرالیزه‌شده؛ ج) منحنی میزان تولیدشده از DEM جنرالیزه؛ د) منحنی میزان جنرالیزهٔ ویرایش‌شده

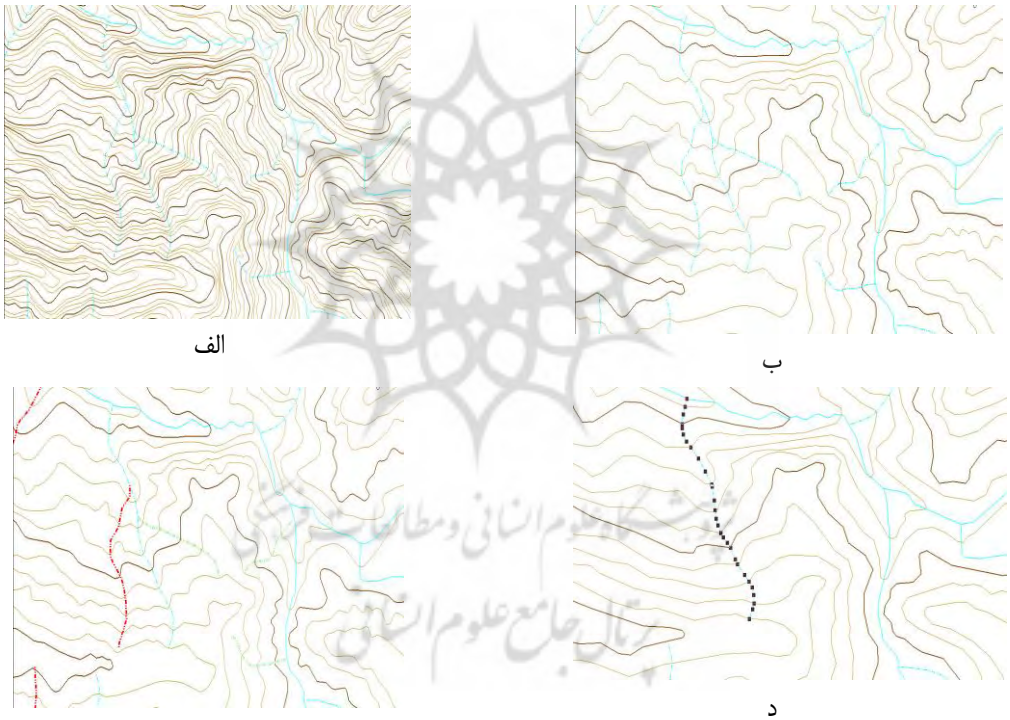
منبع: نگارنده

بحث و یافته‌ها

در این بخش، با توجه به روش ارائه‌شده در بخش قبلی، روش‌ها روی داده‌ها اعمال می‌شوند و نتایج آن‌ها نمایش داده می‌شود. با توجه به روش‌های ارائه‌شده برای تولید منحنی میزان در نقشه‌های جنرالیزه‌شده، دو روش برای تولید منحنی به‌کار گرفته شد. در روش اول، از میان منحنی میزان‌های نقشهٔ پایه، متناسب با مقیاس نقشه، منحنی‌هایی انتخاب می‌شود. تعدادی از نقاط آن با توجه به مقیاس نقشهٔ هدف حذف می‌شود. توپولوژی دوباره ساخته می‌شود و در انتها منحنی‌ها نرم می‌شوند. در روش دوم- که در الگوریتم شکل ۲ نشان داده شده است- از DEM برای تولید منحنی میزان استفاده می‌شود. مراحل عملی تولید منحنی به این روش، در شکل ۴ آمده است.

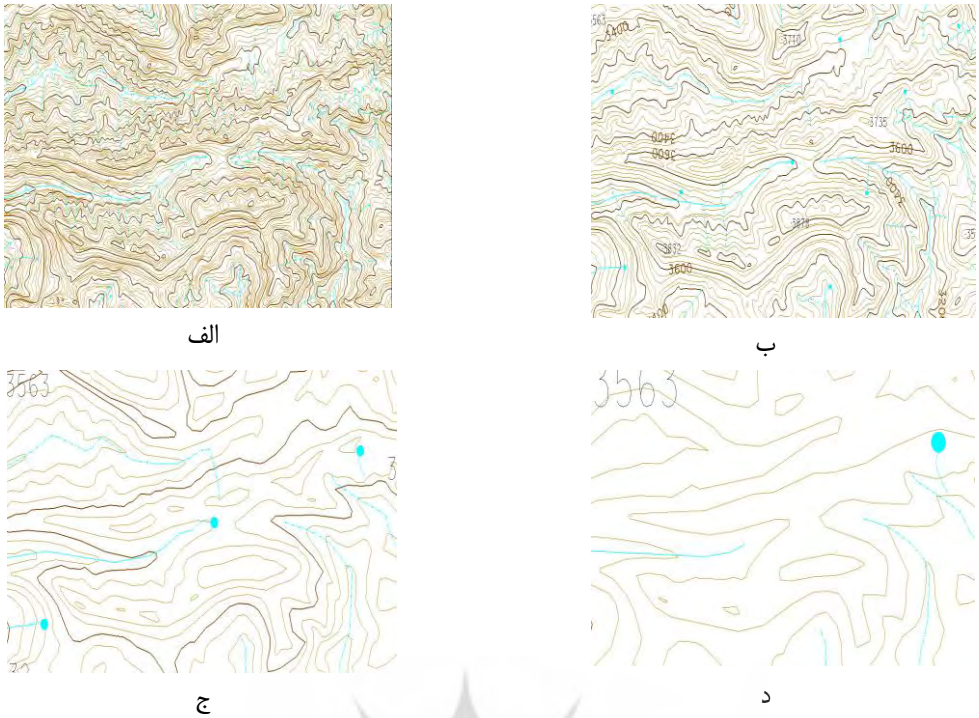
شایان ذکر است که در این تحقیق، از هردو روش متناسب با نیاز برای تولید منحنی میزان‌ها استفاده شده است.

همچنین درمورد نحوهٔ تصحیح منحنی میزان‌ها در برخورد با عوارض هیدرولوژی نیز در بخش روش تحقیق توضیحات کاملی ارائه شده است. در این قسمت به‌صورت نمونه، مراحل تصحیح منحنی میزان‌ها بر اثر جنرالیزه‌کردن عوارض هیدرولوژیکی مانند آبریزها، نمایش داده شده است (شکل ۵).



شکل ۵. مراحل تصحیح منحنی میزان‌ها براساس عوارض هیدرولوژیکی؛ الف) هم‌خوانی منحنی میزان‌ها و آبریزها در نقشهٔ مبنا ۱/۵۰,۰۰۰؛ ب) نمایش منحنی میزان‌های جنرالیزه‌شده؛ ج) انتخاب آبریزها براساس طول برای حذف یا ادغام؛ د) نقشهٔ نهایی منحنی میزان‌های نرم‌شده در نقشهٔ جنرالیزه‌شده و تصحیح منحنی‌ها بر اثر آبریز
منبع: نگارنده

در انتها با اعمال الگوریتم ارائه‌شده در این تحقیق بر عوارض ارتفاعی نقشه‌های ۱/۵۰,۰۰۰ پایه، منحنی‌های میزان و نقاط ارتفاعی در مقیاس‌های ۱/۱۰۰,۰۰۰، ۱/۲۵۰,۰۰۰ و ۱/۵۰۰,۰۰۰ جنرالیزه می‌شوند و آمادهٔ نمایش در این نقشه‌ها هستند. در شکل ۶، نمونه‌ای از عوارض ارتفاعی جنرالیزه‌شده در مقیاس‌های مختلف آمده است.



الف ب ج د

شکل ۶. نمایش عوارض ارتفاعی جنرالیزه‌شده در نقشه با مقیاس‌های مختلف، الف) نقشهٔ ۱/۵۰,۰۰۰ پایه، ب) نقشهٔ ۱/۱۰۰,۰۰۰، ج) نقشهٔ ۱/۲۵۰,۰۰۰، د) نقشهٔ ۱/۵۰۰,۰۰۰

منبع: نگارنده

همان‌طورکه در شکل ۶ مشخص است، طی فرایند جنرالیزاسیون، فاصلهٔ منحنی میزان‌ها متناسب با مقیاس نقشه تغییر می‌کند. همچنین منحنی‌ها متناسب با آبریزها و سایر عوارض هیدرولوژی تغییر می‌یابند. تعداد نقاط ارتفاعی نیز کاملاً منطبق بر مقیاس نقشه است. همچنین الگوریتم به‌گونه‌ای است که همواره در بالاترین ارتفاع منطقه نقطهٔ ارتفاعی دارد. شایان ذکر است که تمامی این مراحل، به‌صورت اتوماتیک و با نظارت کارتوگراف انجام می‌شود.

نتیجه‌گیری

نقشه‌های پوششی به‌هنگام در مقیاس‌های کوچک، زیربنای برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای، مدیریت منابع طبیعی، طرح‌های آمایش سرزمین و طرح‌های دفاعی و... است. سال‌هاست که نبود این‌گونه منابع اطلاعاتی کشور محسوس و مورد نیاز بوده است. عوارض ارتفاعی، از جمله عوارض مهم و اساسی در نقشه‌های کارتوگرافی هستند که روش جنرالیزه آن‌ها، در این مقاله به‌طور خاص بررسی شد. با تهیهٔ نقشه‌های کوچک‌مقیاس به روش جنرالیزاسیون اتوماتیک، نقشه‌های کوچک‌مقیاس با سرعت قابل‌توجهی تولید می‌شوند و امکان بازبینی و به‌روزرسانی آن‌ها به‌راحتی امکان‌پذیر است. در این تحقیق، به بررسی الگوریتم‌های تهیهٔ اطلاعات ارتفاعی در نقشه‌های کوچک‌مقیاس به روش جنرالیزاسیون اتوماتیک پرداخته شد. جنرالیزاسیون منحنی میزان‌ها و نقاط ارتفاعی نیز در دو بخش جدا بررسی شدند. همچنین نحوهٔ حفظ ارتباط منحنی‌ها با عوارض هیدرولوژی نیز بررسی شد. بدین‌ترتیب، الگوریتمی ارائه شد که در جنرالیزاسیون اتوماتیک عوارض ارتفاعی، بسیار پرکاربرد است. این الگوریتم بر نقشه‌های ۱/۵۰,۰۰۰ سازمان جغرافیایی کشور اعمال شد و درنهایت، نقشه‌های کوچک‌مقیاس ۱/۱۰۰,۰۰۰، ۱/۲۵۰,۰۰۰ و ۱/۵۰۰,۰۰۰ به روش اتوماتیک تولید شدند. در این نقشه‌های تولیدی، هماهنگی کاملی بین عوارض ارتفاعی وجود دارد و تمامی عوارض آن‌ها با استانداردهای بین‌المللی مطابقت دارند.

از دستاوردهای طرح جنرالیزاسیون اتوماتیک می‌توان به برقراری ارتباط هندسی و گرافیکی نقشه‌ها، خلق محصول جدید، بهبود کیفیت محصول، صرفه‌جویی ارزی و ریالی درجهت تولید نقشه‌های درون‌مرزی و برون‌مرزی با دقت بالا و در مقیاس‌های مختلف و کاهش زمان تولید و به‌روزرسانی نقشه‌ها اشاره کرد.

منابع

۱. تشیع، بهنام و محمد سعدی مسگری، ۱۳۸۹، **طراحی و ایجاد یک وب سرویس خلاصه‌سازی نقشه**، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه خواجه‌نصیرالدین طوسی، تهران.

۲. ثنایی، مریم، ۱۳۸۹، **بررسی چگونگی عملیات جنرالیزاسیون عوارض خطی با استفاده از الگوریتم‌های Douglas -Peucker و Wang در محیط ArcGIS**، دومین همایش سراسری دانشجویی جغرافیا، ۱۳۸۹.

۳. همراه، مجید و سیدجعفر مقیمی، ۱۳۹۱، **کارتوگرافی**، ویرایش اول از چاپ نهم، مؤسسهٔ تحقیق و توسعهٔ خانهٔ عمران، ۱۳۹۱.

4. Tashaiio, B. and Sadi Mesgari, M, ,2010, **Designing and Creating a Web Summarization Map,** MSc Thesis, University of Khajenasir Toussi, Tehran. *(In Persian)*

5. Sanaie, M., 2010, **Examines How the Operations Generalization Linear Effects Using Algorithms Douglas Peucker- and Wang in ArcGIS,** the second Congress of Geography Student. *(In Persian)*

6. Hamrah, M. and Moghimi, S. J., 2912, **Cartography,** 9th Edition, the Institute of Research and Development of Civil House, 2012. *(In Persian)*

7. Azimjon, S., Gupta, P. and Sukhmani, R., 2014, **Comparative Study of Algorithms for Automated Generalization of Linear Objects,** ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 1, 159-163.

8. Bimonte, S., Gensel, J. and Bertolotto, M., 2008, **Enriching spatial OLAP with map generalization: A conceptual multidimensional model,** Paper presented at the Data Mining Workshops, 2008. ICDMW'08. IEEE International Conference on.

9. Bjørke, J.T., 2001, **Map Generalization: An information Theoretic Approach to Feature Elimination,** 18th international Cartographic Conference, Citeseer.

10. Dr. ing. Jan Terje Bjørke, 2004, **Map Generalization of Road Networks,** Visalization and the Common Operating Picture, PP. 1-8.

11. Foerster, T. and Stoter, J., 2006, **Establishing an OGC Web Processing Service for Generalization Processes,** 9th ICA Workshop on Map Generalization and Multiple Representations, 25th June 2006, Portant/Vancouver. http:// ica.ign.fr/

12. Gokgoz, T., 2005, **Generalization of Contours Using Deviation Angles and Error Bands,** The Cartographic Journal, Vol. 42, No. 2, PP. 145-156.

13. Harrie, L. E., 1999, **The Constraint Method for Solving Spatial Conflicts in Cartographic Generalization,** Cartography and Geographic Information Systems, Vol. 26, No. 1, PP. 55-69.

14. Mioc, D., Anton, F., Gold, C. M. and Moulin, B., 2013, **Spatio-Temporal Map Generalizations with the Hierarchical Voronoi Data Structure,** Paper presented at the Voronoi Diagrams in Science and Engineering (ISVD), 2013 10th International Symposium on.

15. Modiri, M., Mohebbi, M., Masoumi, M., Khanlu, H. and Eftekhari, A., 2014, **Planimetric Features Generalization for the Production of Small-Scale Map by Using Base Maps and the Existing Algorithms,** ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, No. 1, PP. 197-201.

16. Ormsby, D. and Mackaness, W., 1999, **The Development of Phenomenological Generalization within an Object-oriented Paradigm,** Cartography and Geographic Information Science.

17. Palomar Vázquez, J. and Pardo-Pascual, J., 2008, **Automated Spot Heights Generalisation in Trail Maps,** International Journal of Geographical Information Science, Vol. 22, No. 1, PP. 91-110.

18. Qiao, Q. and Zhang, T., 2009, **Automated Map Generalization in Distributed Environments,** Paper presented at the Computational Sciences and Optimization, 2009. CSO 2009, International Joint Conference on.

19. Xiao, Z., Boganga, Y. and Zhang, H., 2014, **Rule-base Generalization Method on Large-Scale Topographic Map,** ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, No. 1, PP. 305-310.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی