

## گفتار پژوهشی (۱)

## مقیاس در کارتوگرافی

دکتر محمود احمدی

استادیار گروه جغرافیای دانشگاه یزد

همانطور که از تعریف کارتوگرافی برداشت می شود، مقیاس بهترین سند کارتوگرافی محسوب می شود. دقت، محتوا و موارد استفاده از هر نقشه بستگی به کیفیت مقیاس آن دارد و میزان دقت اطلاعاتی کمی که در هر نقشه از طریق اندازه گیری های متنوع از روی نقشه به دست می آید، با مقیاس آن رابطه مستقیم دارد.

از آنجا که نشان دادن ابعاد کامل هر منطقه از زمین بر روی نقشه امری است غیرممکن، طبعاً برای اجرای این عمل ضروری است که ابعاد منطقه مورد عمل در کارتوگرافی به نسبت معینی کوچک شوند. همچنین لازم است نسبت کوچک شدن زمین در روی نقشه به صورتی بیان شود که بتوان اندازه حقیقی عوارض زمینی را به کمک آن محاسبه نمود. در تعریف مقیاس، می توان گفت «نسبت کوچک شده ابعاد هر منطقه از نقشه به همان ابعاد در طبیعت، مقیاس نامیده می شود»<sup>(۱)</sup>.

از ویژگی های مقیاس در هر نقشه این است که فواصل حقیقی افقی و ارتفاعی میان نقاط را که نقش مؤثری در علوم نقشه خوانی، نقشه شناسی و نیز در مطالعات اولیه طرحها و برنامه ریزی های عمرانی عملیات راهبردی های نظامی و نظایر آن دارد، می توان به کمک آن، از روی نقشه به دست آورد. یک نقشه در صورتی «کوچک مقیاس» است که رابطه شرح دهنده آن کوچک (مثلاً یک میلیونیم « $\frac{1}{1,000,000}$ ») باشد و برعکس، نقشه «بزرگ مقیاس» دارای رابطه توضیحی بزرگ است؛ مانند نقشه یک هزارم (« $\frac{1}{1,000}$ ») و بزرگتر.

۱- دانشور، هوشنگ، کارتوگرافی، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور، تهران، ۱۳۶۹، ص ۵۶؛ نقل از کتاب نقشه خوانی آقای مهندس عباس نبوی، ص ۶۴، انتشارات سازمان جغرافیایی کشور.



## انواع مقیاس در نقشه‌ها

انواع مقیاس، نحوهٔ تهیه و به کارگیری آنها، اختصاراً به صورت‌های زیر می‌تواند وجود داشته باشد:

### مقیاس لفظی یا حرفی (با کاربرد کلمات و ارقام)

در این نوع مقیاس، نسبت فاصلهٔ نقشه‌ای و مسافت افقی زمینی را با «کلمات» و «ارقام» نشان می‌دهند. به عنوان مثال، مقیاس لفظی (هر ساتی متر برابر دو کیلومتر) در نقشه‌ای با سیستم متریک و یا مقیاس لفظی (هر اینچ برابر ۵ مایل) در نقشه با سیستم غیرمتریک را می‌توان ذکر کرد که برای استفاده از آنها در نقشه‌ها در صورت لزوم، باید مقیاس را ابتدا به مقیاس معادل عددی آن تبدیل کنیم (اصطلاحاً آن را معنی کنیم) و سپس از آن استفاده نماییم.

مفهوم مقیاس لفظی (مانند هر ساتی متر برابر دو کیلومتر) در ظاهر مشخص است؛ بدین معنی که مثلاً در مثال پیشین، هر «یک ساتی متر» از نقشه معادل «دو هزار متر» بر روی زمین است.

با همین محاسبه، اگر فاصلهٔ دو نقطه بر روی نقشه ۷ ساتی متر باشد، مسافت زمین آن معادل چهارده هزار متر یا چهارده کیلومتر خواهد بود.

$$\text{متر } 1400000 = 7 \times 200000$$

اگر بخواهیم مقیاس عددی معادل آن را محاسبه کنیم، عملیات محاسبه به این صورت خواهد بود:

$$E = \frac{1 \text{ سانتیمتر}}{200000 \text{ سانتیمتر}} = \frac{1 \text{ سانتیمتر}}{2000 \text{ متر}} = \frac{1 \text{ سانتیمتر روی نقشه}}{2 \text{ کیلومتر روی زمین}}$$

و یا به شکل ساده‌تر:

$$E = \frac{1 \text{ cm}}{2000 \text{ m}} = \frac{1 \text{ cm}}{200000 \text{ cm}} = \frac{1}{200000}$$

براساس محاسبهٔ فوق، متوجه می‌شویم که مقیاس به طور کلی عبارت است از یک نسبت که می‌توان آن را به صورت فرمول:

$$E = \frac{1}{L}$$

نوشت که در آن، "E" مقیاس، "I" فاصلهٔ نقشه‌ای و "L" فاصلهٔ افقی زمین است.



در مورد مثال دوم، یعنی مقیاس لفظی (حروفی) غیر متریک (هر اینچ برابر ۵ مایل)، با توجه به اینکه هر مایل برابر ۱۷۶۰ یارد و هر یارد برابر ۳ فوت و هر فوت برابر ۱۲ اینچ و هر اینچ برابر ۲/۵۴ سانتیمتر است، می توان مفهوم عددی مقیاس فوق را به صورت زیر، محاسبه و تفاوت آن را با سیستم متریک بیان نمود.

مفهوم عددی این مقیاس به صورت زیر معنی و محاسبه می شود:

$$E = \frac{1}{\text{یک اینچ}} = \frac{\text{یک اینچ}}{\text{یک اینچ}} = \frac{\text{هر اینچ}}{\text{هر سانتی متر روی نقشه}} = \frac{316800}{\text{اینچ } 12 \times 3 \times 1760 \times 5} = \frac{\text{فوت } 3 \times 1760 \times 5}{\text{یارد } 5 \times 1760 \times 5} = \frac{\text{برابر ۵ مایل روی زمین}}{\text{و یا به طور ساده تر:}}$$

$$\frac{1 \text{ inch}}{5 \text{ mils}} = \frac{1 \text{ inch}}{5 \times 1760 \text{ yards}} = \frac{1 \text{ inch}}{5 \times 1760 \times 3 \text{ feet}} = \frac{1 \text{ inch}}{5 \times 1760 \times 3 \times 12 \text{ inch}} = \frac{1}{316800} = E$$

با توجه به تفاوت با سیستم متریک، اگر صورت و مخرج مقیاس  $\frac{1}{316800}$  را در عدد ۲/۵۴ ضرب کنیم باز مقدار این کسر تغییری نمی کند، زیرا که مقیاس فقط یک نسبت است. البته در حال حاضر، این گونه مقیاس ها کمتر در نقشه ها به کار گرفته می شود، ولی بیشتر نقشه هایی که در گذشته در اغلب کشورهای جهان و از جمله در کشور انگلستان (بریتانیا) تهیه می شد، دارای چنین مقیاسی بود (۱).

در نقشه های ایرانی نیز در گذشته، مقیاس های لفظی یا حروفی رواج داشته است؛ مثلاً نقشه «دارالخلافت ناصری» از تهران که به سال ۱۲۷۵ هجری قمری (۱۲۳۸ شمسی) تهیه شده بود با مقیاس لفظی (هر ابهام معادل یک صد متر) بیان گردیده (۲) و نیز نقشه ای که در زمان امیرکبیر از بلوکات اطراف تهران تهیه شده، با مقیاس لفظی تنظیم شده که (هر دو سانتیمتر آن را برابر یک فرسنگ) نوشته که با محاسبه دقیق مقیاس عددی آن  $\frac{1}{312000}$  می شود. البته اگر هر فرسنگ ۶ کیلومتر محاسبه شود مقیاس عددی آن معادل  $\frac{1}{300000}$  خواهد شد.

سایر مقیاس های موجود در سیستم نقشه عبارتند از مقیاس های اصلی، واقعی، عددی (کسری)، ترسیمی ساده، زمینی مرکب یا شبکه، مساحتی و مستعمل (مخصوص نقشه های اجرایی) که ادامه توضیح هر یک در این مقاله نمی گنجد.

۱- مهندس همراه و مهندس مقیمی، کارتوگرافی، سازمان گیتاشناسی، تهران، ۱۳۷۰، ص ۴۵.

۲- ابهام به مفهوم انگشت اشاره است.



## حالاتهای خاص تعیین مقیاس

### تشخیص مقیاس نامشخص (مجهول) در نقشه‌ها

گاهی اتفاق می‌افتد که عدد مقیاس بر روی نقشه و یا قطعه‌ای از نقشه مورد کاربرد قید نشده و یا به عللی، مقیاس مشخص نباشد. در چنین شرایطی، تعیین مقیاس نقشه جهت محاسبات و عملیات، بسیار ضروری است. برای تعیین مقیاس مجهول یک نقشه، روشهای متفاوتی را می‌توان اتخاذ کنیم:

الف) تشخیص مقیاس با توجه به مفهوم مقیاس عددی یعنی:  $(E = \frac{1}{L})$ . در این روش، فاصله دو نقطه مشخص را روی نقشه در نظر می‌گیریم و آن را با خط کش، به دقت اندازه‌گیری می‌کنیم. سپس فاصله زمینی این دو نقطه را هم بر روی زمین با دقت کامل اندازه می‌گیریم و طبق رابطه مقیاس، آن را به کسر تبدیل می‌کنیم که همان مقیاس به دست می‌آید.

برای مثال، اگر فاصله دو نقطه A و B روی نقشه‌ای ۲۵ سانتیمتر باشد و فاصله زمینی این دو نقطه ۵۰۰ متر اندازه‌گیری شود، مقیاس عددی این نقشه، بدین صورت محاسبه می‌شود:

$$E = \frac{1}{L} = \frac{25\text{cm}}{500\text{m}} = \frac{25\text{cm}}{50000\text{cm}} = \frac{25}{50000} = \frac{1}{2000}$$

ب) تشخیص مقیاس نقشه با استفاده از نقشه دیگر دارای مقیاس معلوم برای تشخیص مقیاس در نقشه‌ای که مقیاس آن معلوم نیست، ابتدا، فاصله نقشه‌ای دو نقطه (مثلاً A و B) را روی نقشه مقیاس مجهول اندازه‌گیری می‌کنیم. سپس، مسافت نقشه‌ای همان دو نقطه را روی نقشه با مقیاس معلوم اندازه‌گیری می‌کنیم و فاصله زمینی آن را محاسبه نموده و با یک تناسب ساده به مقیاس نقشه اول دست می‌یابیم.

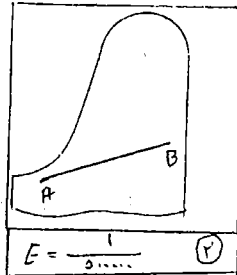
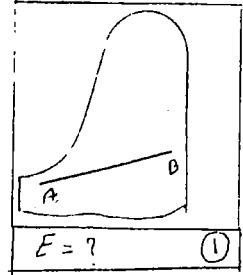
مثال: اگر مسافت دو نقطه A و B روی نقشه با مقیاس مجهول ۲۵ سانتیمتر و فاصله نقشه‌ای همان دو منطقه روی نقشه دوم با مقیاس معلوم ۴۰ سانتیمتر باشد، در صورتی که مقیاس نقشه دوم برابر  $\frac{1}{50000}$  باشد، محاسبه مقیاس نقشه اول (مقیاس معلوم) به صورت‌های زیر عملی است.

- راه اول: با یک تناسب ساده



الف) مقياس نقشه مجهول

ب) نقشه با مقياس معلوم



$$\frac{40}{25} = \frac{1}{500000}$$

$$\frac{8}{5} = \frac{1}{x}$$

$$x \cdot 8 = \frac{5}{500000}$$

$$x = \frac{5}{8 \times 500000}$$

$$E = \frac{5}{4000000}$$

$$E = \frac{1}{800000}$$

$$E = \frac{1}{800000}$$

به كمك رابطه فوق، براي محاسبه مقياس مجهول، مي توان از روش زير نيز استفاده كرد (توسط کاربرد يك تناسب ساده)

مقياس نقشه معلوم  $\frac{1}{500000}$   $\xrightarrow{40 \text{ سانتيمتر فاصله نقشه‌اي}}$

$x$   $\xrightarrow{25 \text{ سانتيمتر فاصله نقشه‌اي}}$

$$x \times 40 = \frac{25}{500000} \rightarrow x = \frac{25}{40 \times 500000} \rightarrow E = \frac{1}{800000}$$

همچنين به كمك رابطه فوق از طريق نسبت هاي فواصل نقشه‌اي آنها مي توان مقياس

مجهول را محاسبه نمود:

$$\frac{25}{40} = \frac{5}{8} \text{ نسبت بين دو نقشه}$$

$$\frac{1}{500000} \times \frac{5}{8} = \frac{5}{8 \times 500000}$$

$$E = \frac{1}{800000}$$

و نهايتاً با توجه به رابطه فوق مي توان روش زير را به كار برد كه در آن، كافي است كه نسبت بين دو نقشه را به عدد اعشاري تبديل كنيم و سپس با توجه به مقياس نقشه معلوم،



مقیاس نقشه مجهول را به دست آوریم:

$$\frac{25}{40} = 0.625$$

$$\frac{1}{500000} \times 0.625 = E$$

$$E = \frac{1}{800000}$$

ج) تشخیص مقیاس نقشه از طریق فواصل مدارها و نصف النهارها

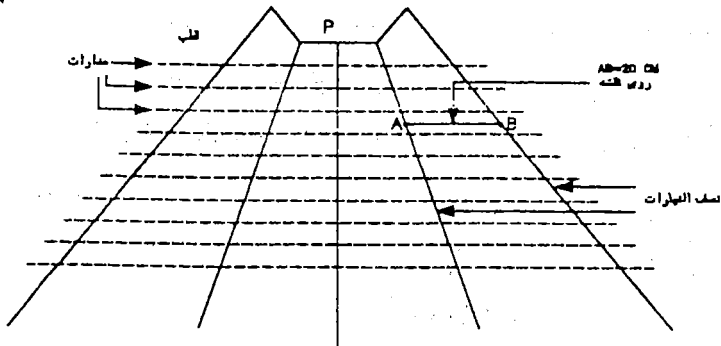
در نقشه‌هایی که دارای مختصات جغرافیایی باشند، فواصل تقاطعی در سطح زمین - نظیر محل تقاطع مدارها یا نصف النهارها - را می‌توان با توجه به اندازه‌گیری‌هایی که قبلاً توسط محققین روی کره زمین انجام شده و جدول‌های ویژه‌ای که در این خصوص در دسترس است، به دست آورد. سپس، با توجه به فواصل نقشه‌ای بین همان نقاط و نیز با توجه به رابطه اصلی مقیاس ( $E = \frac{1}{L}$ )، مقیاس نقشه مورد نظر محاسبه می‌شود.

به عنوان مثال، در شکل زیر، اگر فاصله واقعی دو نقطه A و B بر روی زمین ۸۰۰ کیلومتر و فاصله نقشه‌ای بین این دو نقطه روی نقشه ۲۰ سانتیمتر باشد، محاسبه مقیاس این نقشه چنین خواهد بود:

$$E = \frac{1}{L} = \frac{20 \text{ cm}}{800 \text{ km}}$$

$$E = \frac{20 \text{ cm}}{800 \times 1000 \times 100 \text{ cm}}$$

$$E = \frac{1}{4000000}$$



استفاده از فواصل مدارها و نصف النهارها در محاسبه مقیاس مجهول نقشه

در اینجا، جدول محاسبه شده فواصل بین مدارها و نصف النهارهای کره زمین را برای



بهره برداری بهتر نقل می کنیم<sup>(۱)</sup>:

عصر جغرافیایی (درجه)	طول یک درجه روی نصف النهارات	طول یک درجه روی مدارات
۰۰	۱۱۰/۵۶۹ کیلومتر	۱۱۱/۳۲۲ کیلومتر
۵	۱۱۰/۵۷۸ کیلومتر	۱۱۰/۹۰۲ کیلومتر
۱۰	۱۱۰/۶۰۳ کیلومتر	۱۰۹/۶۴۳ کیلومتر
۱۵	۱۱۰/۶۴۴ کیلومتر	۱۰۷/۵۵۳ کیلومتر
۲۰	۱۱۰/۷۰۱ کیلومتر	۱۰۴/۶۵۰ کیلومتر
۲۵	۱۱۰/۷۷۰ کیلومتر	۱۰۰/۹۳۵ کیلومتر
۳۰	۱۱۰/۸۵۰ کیلومتر	۹۶/۴۹۰ کیلومتر
۳۵	۱۱۰/۹۱۱ کیلومتر	۹۱/۲۹۰ کیلومتر
۴۰	۱۱۱/۰۳۴ کیلومتر	۸۵/۳۹۷ کیلومتر
۴۵	۱۱۱/۰۳۲ کیلومتر	۷۸/۸۵۰ کیلومتر
۵۰	۱۱۱/۰۲۳ کیلومتر	۷۱/۷۰۰ کیلومتر
۵۵	۱۱۱/۰۳۲۷ کیلومتر	۶۳/۹۹۷ کیلومتر
۶۰	۱۱۱/۰۴۱۵ کیلومتر	۵۵/۸۰۳ کیلومتر
۶۵	۱۱۱/۰۴۹۷ کیلومتر	۴۷/۱۷۸ کیلومتر
۷۰	۱۱۱/۰۵۶۷ کیلومتر	۳۸/۱۸۸ کیلومتر
۸۰	۱۱۱/۰۶۶۶ کیلومتر	۱۹/۳۹۴ کیلومتر
۹۰	۱۱۱/۰۷۰۰ کیلومتر	۰/۰۰۰ کیلومتر



د) تشخیص مقیاس نقشه با توجه به مقیاس مساحتی آن همانطور که در مقیاس عددی نقشه، مقیاس شامل: «طول نقشه‌ای بر طول زمین» می‌شود، به همین ترتیب، می‌توان گفت مقیاس مساحتی نیز شامل «سطح نقشه‌ای بر سطح زمینی» می‌شود که تفاوت آن با مقیاس طولی در اینجا نشان داده شده است:

$$E = \frac{1}{L} = \frac{1}{N} \text{ مقياس خطی}$$

$$E = \frac{\rho}{S} = \frac{1}{N^2} \text{ مقياس مساحتی}$$

در این روش، می‌توان مساحت یک شکل هندسی یا غیرهندسی را بر روی نقشه در نظر گرفت و آن را اندازه‌گیری نمود و سپس مساحت زمین آن را نیز محاسبه کرد سرانجام از تقسیم این دو، نسبت مقیاس به دست می‌آید.

در صورتی که منطقه مورد نظر دارای شکل هندسی (مربع، مستطیل، دایره، لوزی...) باشد، از طریق فرمول‌های مربوط، مساحت نقشه‌ای و نیز مساحت زمین آن در عمل محاسبه می‌شود و مقیاس به دست می‌آید (مطابق شکل). در این حالت، اگر شکل مورد نظر حالت هندسی خاصی نداشت، به کمک دستگاه «پلانیتز» ابتدا بر روی نقشه، محاسبه مساحت نقشه‌ای انجام می‌گیرد و مساحت زمینی از طریق عملیات محاسبه می‌گردد. از روی مقیاس مساحتی، می‌توان مقیاس عددی را نیز به دست آورد.

مساحت نقشه‌های سانتیمتر مربع  $3 \times 5 = 15$

مساحت زمین محاسبه شده متر مربع (1500)

$$E = \frac{\rho}{S} = \frac{15 \text{ cm}^2}{1500 \text{ cm}^2}$$

$$E = \frac{15 \text{ cm}^2}{1500000 \text{ cm}^2}$$

$$E = \frac{1 \text{ cm}^2}{1000000 \text{ cm}^2}$$

$$E = \sqrt{\frac{1}{1000000}} = \frac{1}{1000}$$

$$E = \frac{1}{1000}$$

عدد شمارشگر پلانیتز (1) = 205

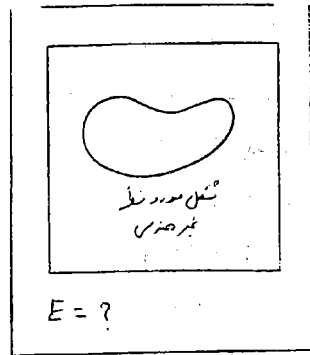
ضرب پلانیتز = 100

مساحت نقشه‌ای  $2/5 \times 100 = 250 \text{ cm}^2$

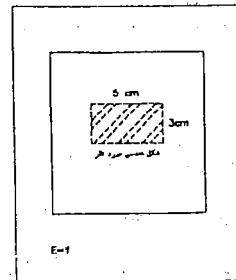
مساحت زمین منطقه  $2500 \text{ m}^2$

$$E = \frac{250 \text{ cm}^2}{2500000 \text{ cm}^2} = \frac{250}{2500000}$$

$$E = \frac{250}{500000} = \frac{1}{2000}$$



نحوه محاسبه مقیاس به کمک شکل هندسی مشخص



نحوه محاسبه مقیاس به کمک شکل نامشخص هندسی



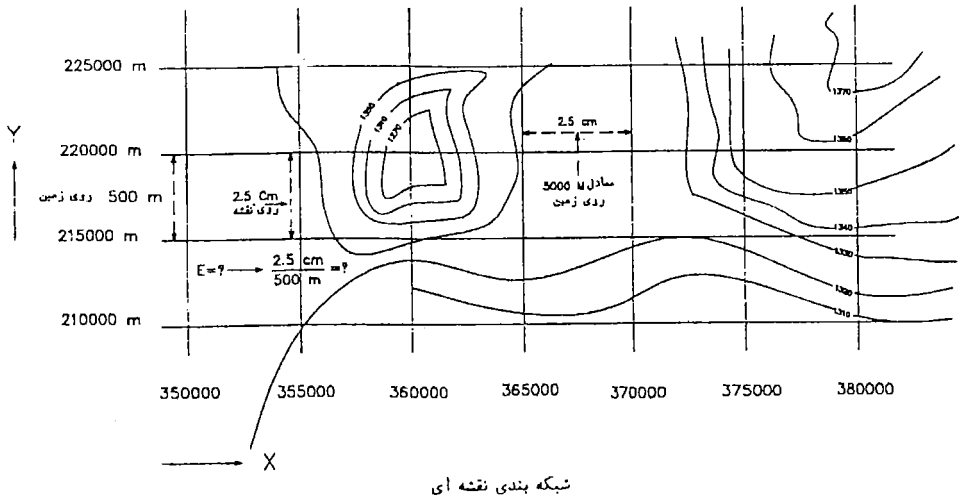


بنابراین، مقیاس مجهول نقشه‌ای که دارای شکل هندسی مشخص باشد، برابر  $۰/۰۰۱$  و مقیاس نقشه‌ای که دارای شکل هندسی مشخص نبوده، طبق محاسبات برابر  $۰/۰۰۰۰۱$  خواهد بود.

ه) تشخیص مقیاس نقشه با توجه به شبکه مختصات قائم‌الزاویه روی نقشه‌ها در نقشه‌های پلانی متریک<sup>(۱)</sup> یا نقشه‌های توپوگرافیگ<sup>(۲)</sup> که دارای شبکه مختصات قائم‌الزاویه هستند، می‌توان با اندازه‌گیری نقشه‌ای ابعاد هر شبکه و با داشتن اندازه زمین آنها که معمولاً در حواشی نقشه‌ها (در طول و عرض نقشه‌ها) تحریر شده، طبق شکل و محاسبه زیر مقیاس مجهول آن را به دست آورد:

به عنوان مثال، در نقشه توپوگرافی زیر که دارای شبکه مختصات است، اندازه ابعاد شبکه‌بندی بر روی نقشه  $۲/۵$  سانتیمتر و مقدار فواصل زمین آنها معادل  $۵۰۰۰$  متر است. نحوه محاسبه مقیاس آن مطابق شکل به صورت زیر محاسبه می‌شود:

محاسبه مقیاس نقشه به کمک مختصات قائم‌الزاویه ای نقشه



- 1- Planimetric - planimetric maps.
- 2- Topographic - Topographic.

نحوه محاسبه مقیاس در نقشه فوق بدین ترتیب خواهد بود:

$$E = \frac{1}{L}$$

$$E = \frac{2/5 \text{ cm}}{5000 \text{ m}}$$

$$E = \frac{2/5 \text{ cm}}{50000 \text{ cm}}$$

$$E = \frac{25}{500000}$$

$$E = \frac{1}{20000}$$



## منابع

- ۱- حدادی عیوضی، جمشید؛ نقشه و نقشه‌خوانی در جغرافیا، انتشارات پیام نور، تهران، سال ۱۳۷۳.
- ۲- مدیری، مهدی؛ کارتوگرافی مدرن، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، تهران، سال ۱۳۷۷.
- ۳- مجموعه مقالات، سمینار «دفاع و سازندگی»، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، تهران، سال ۱۳۶۹.
- ۴- دانشور، هوشنگ؛ کارتوگرافی، سازمان جغرافیایی و نیروهای مسلح، تهران، ۱۳۵۶.
- ۵- نویخت، شمس؛ نقشه‌برداری، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ۱۳۶۴.
- ۶- جدادی عیوضی، جمشید؛ نقشه و نقشه‌خوانی در جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ۱۳۷۳.
- ۷- مقیمی، جعفر و همراه، مجید؛ کارتوگرافی، سازمان گیتاشناسی، تهران، ۱۳۷۰.
- ۸- نشریات علمی و فنی سازمان نقشه‌برداری کشور، شماره‌های ۲، ۹-۱۱.
- ۹- دالکی، احمد؛ کارتوگرافی (جزوه درسی)، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ۱۳۷۲.
- ۱۰- فرهمند، مسعود؛ نقشه‌های موضوعی (جزوه فارسی)، دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۶۳.
- ۱۱- آسایش، حسین؛ کارگاه برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه پیام نور، تهران، ۱۳۷۶.
- ۱۲- ملک‌شاهی، عزت‌الله؛ تئوری و تکنیک کارتوگرافی، مدرسه عالی نقشه‌برداری، تهران، ۱۳۵۵.

