# هَندازش

## کتاب جامع هندسه‌ی ترسیمی مسطحه و فضایی

برای دانشجویان رشته‌های معماری، شهرسازی و طراحی صنعتی

ویرایش دوم- چاپ پنجم

ترسیم خطوط اشکال، انتقال اشکال
ترسیم مقاطع مخروطی، شبه بیضی
تناسب، چندضلعی های منتظم، اشکال حلزونی
تصاویر ارتوگرافیک و چندیدی، ترسیم سایه
سه‌بعدی‌نمایی آکزونومتریک-ایلیک-وپرسپکتیو
تسطیح، دوران، تداخل و گسترش احجام و...

تألیف: دکتر علیرضا رضوانی

کتابکده کسری

# هندازش

کتاب جامع هندسه‌ی ترسیمی مسطحه و فضایی
برای دانشجویان رشته‌های معماری، شهرسازی و طراحی صنعتی

تألیف: علیرضا رضوانی

انتشارات تخصصی هنر،
معماری و شهرسازی

کتابکده کسری

رضوانی، علیرضا
هندازش: کتاب جامع هندسه‌ی ترسیمی مسطحه و فضایی برای دانشجویان رشته‌های معماری، شهرسازی و طراحی صنعتی/ تالیف علیرضا رضوانی.
ویراست ۳.
مشهد: کتابکده کسری، ۱۴۰۰.
۲۶۴ص.: مصور (رنگی)، نمودار (رنگی).
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۹۶۳-۴۱-۱
فهرست نویسی: فیپا
یادداشت: چاپ پنجم.
عنوان دیگر: کتاب جامع هندسه‌ی ترسیمی مسطحه و فضایی برای دانشجویان رشته‌های معماری، شهرسازی و طراحی صنعتی.
موضوع: هندسه ترسیمی -- راهنمای آموزشی (عالی) Geometry, Descriptive -- Study and teaching (Higher)
موضوع: هندسه فضایی -- راهنمای آموزشی (عالی) Geometry, Solid -- Study and teaching (Higher)
موضوع: هندسه مسطحه -- راهنمای آموزشی (عالی) Geometry, Plane -- Study and teaching (Higher)
رده بندی کنگره: PQA۵۰۱
رده بندی دیویی: ۵۱۶/۶۰۷۶
شماره کتابشناسی ملی: ۸۶۵۵۰۷۵

**کتابکـده تخصصی هنـر، معمـاری و شهرسازی کسـری**

# هندازش

## کتاب جـامع هندسه‌ی تـرسیمی مسطحـــه و فضا یـــی

**برای دانشجـویان رشته‌هـای معـماری، شهـرسازی و طراحـی صنعتی**

**علیـرضا رضوانـی**

**صفحه آرایی:** خاطره خواجوی
**آماده‌سازی چاپ:** مینو جامی
**چـاپ اول تا چهارم:** ۱۳۹۳-۱۳۸۷
**چـاپ پنجم:** پاییز ۱۴۰۰
**شمارگان:** ۱۰۰۰
**شابک:** ۹۷۸-۶۲۲-۶۹۶۳-۴۱-۱

انتشارات: **کتابکده کسری**
نشانی: مشهد فلسطین ۱۴ پلاک ۱۰ تلفن: ۳۷۶۷۰۰۱۹ ۰۵۱
وبسایت و فروشگاه اینترنتی: www.kasrapublishing.ir

**کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب برای انتشارات کتابکده کسری محفوظ است. هرگونه تصویربرداری و تکثیر اعم از نسخهٔ کاغذی و دیجیتال و... از تمام یا بخشی از این کتاب ممنوع و موجب پیگرد قانونی است.**

## پیشگفتـــــار
## مقدمـــــــه

# هندســـه مسطحـــه (ترسیمـــی)


- **رسم عمود** ..... ۱۹
  - ۱ـ رسم عمودمنصف پاره خط ..... ۱۹
  - ۲ـ رسم عمود بر خط از نقطه‌ای واقع بر خط ..... ۲۰
  - ۳ـ رسم عمود از نقطه‌ای واقع بر خارج خط ..... ۲۱
- **تقسیم زوایا به چند زاویه مساوی** ..... ۲۲
  - ۱ـ تقسیم زاویه به دو قسمت مساوی ..... ۲۲
  - ۲ـ تقسیم زاویه حاده به سه قسمت مساوی ..... ۲۳
  - ۳ـ تقسیم زاویه قائم و نیم‌صفحه به سه قسمت مساوی ..... ۲۳
  - ۴ـ تقسیم زاویه قائم به پنج قسمت مساوی ..... ۲۴
  - ۵ـ تقسیم زاویه حاده به n قسمت مساوی ..... ۲۴
- **رسم خطوط موازی** ..... ۲۵
  - ۱ـ رسم خط موازی خط d و به فاصله معین از آن ..... ۲۵
  - ۲ـ رسم خط موازی خط d از نقطه مشخص A ..... ۲۵
- **انتقال اشکال** ..... ۲۶
  - ۱ـ انتقال یک زاویه یا مجموع چند زاویه ..... ۲۶
  - ۲ـ انتقال با استفاده ازخط معیار ..... ۲۶
  - ۳ـ انتقال اشکال به کمک روش مثلث‌ها ..... ۲۷
  - ۴ـ انتقال با استفاده از خصوصیت قرینگی ..... ۲۷
- **روش ترسیم چندضلعی‌های اصلی** ..... ۲۸
  - ۱ـ روش ترسیم مثلث ..... ۲۸
  - ۲ـ روش ترسیم مستطیل ..... ۲۹
  - ۳ـ روش ترسیم متوازی‌الاضلاع ..... ۳۰
  - ۴ـ روش ترسیم لوزی ..... ۳۰

■ **روش ترسیم چندضلعی‌های منتظم با مفروض بودن ضلع آنها** ..... ۳۱
۱ـ پنج ضلعی منتظم به ضلع AB ..... ۳۱
۲ـ شش ضلعی منتظم به ضلع AB ..... ۳۲
۳ـ هفت ضلعی منتظم به ضلع AB ..... ۳۲
۴ـ هشت ضلعی منتظم به ضلع AB ..... ۳۲
۵ـ نه ضلعی منتظم به ضلع AB ..... ۳۳
۶ ـ ده ضلعی منتظم به ضلع AB ..... ۳۳
۷ـ یازده ضلعی منتظم به ضلع AB ..... ۳۳
۸ـ دوازده ضلعی منتظم به ضلع AB ..... ۳۴
۹ـ روش عمومی ترسیم چندضلعی‌های منتظم به ضلع AB ..... ۳۴
۱۰ـ ترسیم پنج ضلعی منتظم به قطر AB ..... ۳۵
۱۱ـ ترسیم شش ضلعی منتظم با مشخص بودن قطر آن ..... ۳۵

■ **چندضلعی های منتظم محدب و ستاره‌ای** ..... ۳۶

■ **ترسیم چندضلعی‌های منتظم محاط در دایره مفروض (تقسیم محیط دایره به چند قسمت مساوی)** ..... ۳۷
۱ـ روش تقسیم محیط دایره به سه، شش و دوازده قسمت مساوی ..... ۳۷
۲ـ روش تقسیم محیط دایره به پنج قسمت مساوی ..... ۳۸
۳ـ روش تقسیم محیط دایره به هفت و نه قسمت مساوی ..... ۳۹
۴ـ روش تقسیم محیط دایره به ده قسمت مساوی ..... ۴۰
۵ـروش عمومی تقسیم محیط دایره به چند قسمت مساوی (ترسیم چندضلعی‌های منتظم با مفروض بودن دایره محیطی آن) ..... ۴۱

■ **دایره و ترسیم مماس‌ها** ..... ۴۲
۱ـ ترسیم دایره ..... ۴۲
۲ـ ترسیم خط مماس بر دایره ..... ۴۲
الف) ترسیم خط مماس از نقطه‌ای واقع بر دایره ..... ۴۲
ب) ترسیم خط مماس از نقطه‌ای واقع در خارج دایره ..... ۴۲
پ) ترسیم خط مماس بر دایره مفروض در امتداد معین ..... ۴۳
۳ـ ترسیم دایره مماس بر دایره مفروض ..... ۴۳
الف) ترسیم دایره مماس بر دایره مفروض در صورت مشخص بودن مرکز دایره ..... ۴۳
ب) ترسیم دایره به شعاع معین مماس بر دایره مفروض ..... ۴۳
۴ـ رسم مماس مشترک داخلی و خارجی دو دایره ..... ۴۴

**ترسیم دوایر عمود برهم** ..... ۴۶

۱ـ ترسیم دایره ای به شعاع R عمود بر دایره مفروض ..... ۴۶

۲ ـ ترسیم دایره ای به شعاع R عمود بر دودایره مفروض ..... ۴۶

**ترسیم شبه بیضی‌ها** ..... ۴۷

۱ـ رسم شبه بیضی با مشخص بودن قطر کوچک AB ..... ۴۷

۲ـ رسم شبه بیضی با مشخص بودن قطر بزرگ AB ..... ۴۸

۳ـ رسم شبه بیضی با معلوم بودن هر دو قطر ..... ۴۹

**ترسیم اشکال حلزونی شکل** ..... ۵۰

۱ـ ترسیم شکل حلزونی بر پایه خط معیار ..... ۵۰

۲ـ ترسیم شکل حلزونی بر پایه شکل معیار ..... ۵۱

**مقاطع مخروطی** ..... ۵۲

۱ـ ترسیم بیضی ..... ۵۳

الف) ترسیم بیضی با مشخص بودن قطربزرگ و فاصله کانونی ..... ۵۳

ب) ترسیم بیضی به روش ممتد (پیوسته) ..... ۵۴

پ) ترسیم بیضی با مشخص بودن قطر بزرگ و کوچک ..... ۵۵

ت) ترسیم بیضی محاط در متوازی الاضلاع و مستطیل ..... ۵۵

۲ـ ترسیم هذلولی ..... ۵۶

الف) ترسیم هذلولی با مشخص بودن قطر کانونی و فاصله کانونی ..... ۵۶

ب) ترسیم هذلولی به روش ممتد ( پیوسته) ..... ۵۷

۳ـ ترسیم سهمی ..... ۵۸

الف) ترسیم سهمی به روش نقطه‌یابی ..... ۵۸

ب) ترسیم سهمی به روش ممتد (پیوسته) ..... ۵۹

**ترسیم نسبت ها در خطوط و اشکال** ..... ۶۰

۱ـ تقسیم خط به قسمت‌های مساوی یا نسبت های خاص ..... ۶۰

۲ـ تعیین و ترسیم واسطه هندسی مابین دو قطعه خط به طول های a و b ..... ۶۰

۳ـ ترسیم چهارمین جز تناسب بین طول های a، b، c ..... ۶۱

۴ـ تعیین و ترسیم نقاط M و M' روی خط راست AB

به طوریکه نسبت‌های $\frac{M'A}{M'B}$ و $\frac{MA}{MB}$ مساوی نسبت معلوم $\frac{p}{q}$ باشند ..... ۶۱

۵ـ ایجاد نسبت ذات وسط و طرفین در درون و یا امتداد یک پاره‌خط ..... ۶۲
۶ـ ترسیم مستطیل و مثلث طلایی ..... ۶۳
الف) ترسیم مستطیل طلایی با مشخص بودن عرض مستطیل ..... ۶۳
ب) ترسیم مستطیل طلایی با مشخص بودن طول مستطیل ..... ۶۳
پ) ترسیم مثلث طلایی ..... ۶۳
۷ـ طریقه ترسیم نسبت $\sqrt{2}$ (و دیگر اعداد اصم) ..... ۶۴
۸ـ تناسب های حاصل از اشکال هندسی ..... ۶۵
الف) ترسیم نسبت‌ها در مربع ..... ۶۵
ب) ترسیم نسبت طلایی در پنج ضلعی منتظم ..... ۶۶
پ) ترسیم نسبت‌ها در شش ضلعی منتظم ..... ۶۶
**نمونه مسائل هندسه مسطحه** ..... ۶۷

## هندســـــه فضایـــــی (ترسیمـــــی)

**نمایش نقطه** ..... ۸۹
**نمایش خط** ..... ۹۱
۱ـ خطوط خاص ..... ۹۱
۲ـ خطوط غیرخاص ..... ۹۲
**نمایش صفحه (صفحه خاص و غیرخاص)** ..... ۹۳
**نمایش خط و نقطه داخل صفحه** ..... ۹۵
**تسطیح خط** ..... ۹۷
**تسطیح صفحه** ..... ۹۸
**شیب صفحه** ..... ۹۹
**شرایط نقطه، خط و صفحه نسبت به یکدیگر** ..... ۱۰۰
۱ـ شرایط خطوط نسبت به یکدیگر ..... ۱۰۰
۲ـ شرایط دو صفحه نسبت به یکدیگر ..... ۱۰۱
۳ـ شرایط خط و صفحه نسبت به یکدیگر ..... ۱۰۲
۴ـ شرایط خطوط و صفحات خاص نسبت به یکدیگر ..... ۱۰۳

۵ـ تعامد ..... ۱۰۴
الف) تعامد دو خط ..... ۱۰۴
ب) تعامد خط و صفحه ..... ۱۰۵
پ) دو صفحه عمود برهم ..... ۱۰۵
**ترسیم اشکال** ..... ۱۰۶
**مسائل هندسه فضایی** ..... ۱۰۹
**نمایش احجام** ..... ۱۱۹
۱ـ نمایش احجام هرگاه در حالتی خاص مقابل صفحه تصویر قرار گیرند ..... ۱۲۰
۲ـ نمایش احجام هرگاه موقعیت آنها نسبت به شیء دیگری مشخص شده باشد ..... ۱۲۵
۳ـ استفاده از تصویر چهارم در نمایش احجام ..... ۱۲۷
۴ـ دوران حجم نسبت به صفحات تصویر ..... ۱۳۰
**شرایط خط و صفحه با احجام و احجام نسبت به یکدیگر** ..... ۱۳۴
۱ـ تقاطع صفحه با احجام (فصل مشترک صفحه با حجم) ..... ۱۳۵
۲ـ فصل مشترک خط و حجم ..... ۱۴۱
۳ـ تداخل احجام (احجام ترکیبی) ..... ۱۴۳
**گسترش احجام** ..... ۱۴۹
**سه بعدنمایی آگزونومتریک** ..... ۱۵۶
۱ـ ایزومتریک ..... ۱۵۷
۲ـ دیمتریک ..... ۱۶۲
۳ـ تریمتریک ..... ۱۶۵
۴ـ سه بعدنمایی ابلیک (کاوالیر،کابینت، جنرال و پلان ابلیک) ..... ۱۶۶
**روش ترسیم دوایر در سه بعدنمایی‌های آگزونومتریک و ابلیک** ..... ۱۷۱
۱ـ روش نقطه‌یابی ..... ۱۷۱
الف) استفاده از مربع محیطی دوایر و تسطیح فرضی ..... ۱۷۱
ب) روش ترسیم بیضی در متوازی‌الاضلاع ..... ۱۷۲
۲ـ استفاده از روش ترسیم شبه بیضی‌ها ..... ۱۷۳
**ترسیم احجام ترکیبی و سه بعدنمایی‌های پارالاین (آگزونومتریک و ابلیک)** ..... ۱۷۴

■ **پرسپکتیو** ..... ۱۸۳
۱ـ پرسپکتیو نقطه ..... ۱۸۴
۲ـ پرسپکتیو خطوط (خاص و غیرخاص) ..... ۱۸۶
۳ـ پرسپکتیو اشکال ..... ۱۹۱
۴– پرسپکتیو احجام ..... ۱۹۳
۵ـ پرسپکتیو داخلی ..... ۱۹۸
۶ـ پرسپکتیو با نقطه گریز سوم برای احجام کوب (پرسپکتیو سه نقطه) ..... ۲۰۰
■ **ترسیم سایه** ..... ۲۰۱
۱ـ سایه نقطه ..... ۲۰۳
۲ـ سایه خطوط (خطوط خاص و غیرخاص) ..... ۲۰۴
۳ـ سایه اشکال ..... ۲۰۶
۴ـ سایه احجام ..... ۲۰۹
۵ـ سایه احجام ترکیبی (سایه احجام بر احجام) ..... ۲۱۱
۶ـ سایه درآگزونومتریک‌ها و ابلیک‌ها ..... ۲۱۳
۷ـ سایه حاصل از نورمصنوعی (نقطه نورانی) ..... ۲۱۴
۸ـ سایه در پرسپکتیو ..... ۲۱۶
■ **تمرین‌ها** ..... ۲۱۷

**ضمیمه (مروری بر مفاهیم، تعاریف و قضایای هندسی مسطحه و فضایی)**

■ **مفاهیم اولیه** ..... ۲۳۵
■ **هندسه مسطحه** ..... ۲۳۶
■ **هندسه فضایی** ..... ۲۵۰
■ **فهرست منابع و مآخذ** ..... ۲۶۳

# پیشگفتـــــــار

از ابتدای کار و تدریس در دانشـــگاه ـ حدود ۱۷ســـال پیش ـ علاقه به **هندسه** مرا بر آن داشت تا همراه تدریس دروس دیگری چون **زیباشناســـی فرم** و **ترکیب احجام**، به تدریس هندســـه نیز بپردازم. باورم آن بود که پیوند و ریشه‌های به هم تنیده این دانش‌ها با مرور و گذاری دیگرگونه، در هیئت معلمی، می‌تواند پشتیبان ارزشمندی برای تدریس و کار حرفه‌ای‌ام باشد. به یاد نمی‌آورم که در زمان تحصیلم، تأکیدی بر این پیوند شده باشد؛ لیکن با گذشت زمان، در این جایگاه برخلاف آنچه نمود داشت و انتظار می‌رفت، اهمیت هندسه و تأثیر آن بر فرآیند طرح و تولید یک اثر معماری آشکارتر می‌شد. تدریس دروس طراحی معماری و مرور آثار برگزیده معماران، تأکید مضاعفی بود بر این ادعا. اگرچه پایان تحصیلم در دانشگاه مقارن بود با شروع به‌کارگیری رایانه در دفاتر و شرکت‌های معماری و استفاده از نرم‌افزارهای ترسیمی که به مرور قادر می‌شدند بسیاری از عملیات ترسیم را هوشمندانه انجام دهند، لیکن همچنان نیاز به استفاده از روش‌های ترسیم و درک هندسی را در طراحی احساس می‌کردم. چه قبل از این و چه با تسلط رایانه بر ارائه و زبان معماری، شاهد عدم توجه و عنایت برخی مدرّسین، معماران و دانشجویان به هندسه و به‌کارگیری آن بوده و هستم. آنها خود را بی‌نیاز از دانش هندسه می‌دانند و به دلایلی چون محدودیت حاصل از حاکمیت هندسه در طراحی، هنر بودن معماری!، حذف قابلیت‌های خلاقانه در طراحی و...، یا به واقع پیچیدگی یا عدم ســـهولت درک و تسلط بر قوانین هندسی، از به‌کارگیری و طبیعتاً یادگیری علوم و فنون این علم– به خصوص هندسه ترسیمی– دوری می‌کردند. این جو حاکم، با وجود ۴ تا ۶ واحد درسی در برنامه آموزشی، منجر به فقدان دانش و تصوّر هندسی بسیاری از دانشـــجویان معماری، طراحی صنعتی، شهرسازی و... می‌شود؛ به‌طوریکه برخی تأثیرات نامطلوب را در طرح‌های ارائه شده آنها شاهد بوده‌ام. ریشه این نقاط ضعف به وضوح قابل درک نبوده است– امّا به اعتقاد من دانش و منطق هندسی می‌توانست مانع بروز بسیاری از این ضعف‌ها باشد. معتقدم که دانش هندسی و ممارست در آن می‌تواند علاوه بر تقویت زبان در حوزه نقشه‌کشی و ترسیم فنی منجر به تقویت قدرت تجسم طراحان گردیده و منطق تحلیلی که لازمه هر فرآیند سیستماتیک در طراحی است را تقویت نماید.

نوشتن این کتاب را از حدود ۱۰ سال پیش آغاز کردم. چرا این مدت به طول انجامید؟ نمی‌دانم! لیکن فکر می‌کنم لازم بود طی این زمان منابع متعدّدی مرور شود و روش‌های مناسب برای شیوه‌های ترسیم، انتخاب، تدوین و تنظیم گردد. قطعاً تدریس و پژوهش همزمان در مباحثی چون **طراحی معماری**، **زیباشناسی فرم** و **مبانی نظری معماری**، صیقلی بر مباحث بوده و ساختار کتاب را به اهداف موردنظرم نزدیک‌تر کرده است.

امیدوارم با تألیف این کتاب به اهداف موردنظرم رسیده باشم:

۱) ایجاد یک مرجع و منبع درخور، کارا، نسبتاً کامل و مهمتر از همه قابل اعتماد برای تدریس دروس هندسه در رشته‌های طراحی محیط (معماری، شهرسازی، طراحی صنعتی و...) و رشته‌های فنی وابسته (عمران، مکانیک و...)، که بتواند خلائی را که با نبود چنین منبعی احساس می‌شد، پر کند.

۲) ارائه بهترین و کاراترین روش‌های ترسیم و بیان هندسی، به‌طوریکه مانع از اتلاف وقت دانشجویان در مواجهه با مسائل غیرکاربردی شود. روش‌های ترسیمی که در این کتاب پیشنهاد شده است، از انبوه روش‌های ترسیمی منابع متعدد، گزینش و پس از اصلاح و تکمیل، به زبان مناسب ارائه گردیده است.

۳) آشـــتی با هندســـه. قطعاً وجود منبعی مناسب جهت تدریس، با ســـرفصل‌ها و روش ارائه مناسب، می‌تواند از پیچیدگی ظاهری هندسه کاسته و منجر به استفاده بیشتر از این علم شده و بهانه‌ای برای فرار از یادگیری آن باقی نگذارد تا در نهایت تأثیر حضور هندسه را در کار طراحان بیشتر شاهد باشیم. در راستای این هدف پژوهش‌هایی چون **جایگاه هندسه در هنر و معماری** و **زیباشناسی فرم** در برنامه کارم قرار گرفته است که امیدوارم در آینده‌ای نزدیک چاپ و منتشر شود.

۴) تولید منبعی با جامعیت کاربردی، برای طراحان حرفه‌ای که در طی فرآیند طراحی بتوانند از آن به عنوان مرجع استفاده کنند. به همین منظور، جهت درک راحت‌تر مطلب، در بخش‌های هندسه ترسیمی مسطحه و فضایی، علاوه بر ترسیم، قضایا و مباحث پایه و وابسته به عنوان یادآوری آورده شده است. در پایان کتاب نیز مجموعه نسبتاً کاملی از قضایای هندسه مسطحه و فضایی، با عنوان **ضمیمه** ارائه گردیده است.

۵) کتابی به عنوان مکمل تدریس، و نه به صورت جزوه درسی. اگرچه این کتاب می‌تواند نقش یک کتاب درسی دانشگاهی را ایفا کند، لیکن نویسنده امیدوار است، نقش معلّم یا مدرّس را در به‌کارگیری این کتاب در متن قرار داده باشد. به عبارتی دیگر، در هر مبحث، مدرّس می‌تواند موضوعات را بسط و گسترش داده و مباحث متفاوتی را در آن قالب و متکی به همان روش‌های عنوان شده، طرح نماید. نمونه تمرینات و مسائلی که در انتهای هر مبحث، ترسیم و ارائه شـــده، امکان طرح مسائلی مشابه را به دانشجویان خواهد داد. عمداً از طرح پرسش‌ها و تمرینات متعدّد پرهیز شده است تا موجب تحدید ذهنی دانشجو نشده و منظور اصلی و اساسی منطق هندسی که گسترش ذهنی موضوع، توسط دانشجو است، فراهم آید.

در خاتمه، لازم می‌دانم از تمامی دانشجویان عزیزی که در ترسیم، مطالعات اولیه و آماده‌سازی این کتاب مرا یاری نمودند، سپاسگزاری کنم. تعدادی از این دانشجویان هم‌اکنون در سمت مدرّس، در دانشکده‌های مختلف ایران مشغول تدریس هستند و اتفاقاً تدریس دروس هندسه را نیز به عهده دارند.

خانم‌ها: دینا ظریف، خاطره خواجوی، سمیرا سیوکی، هانیه دادپور.

آقایان: رضا سراجی، مجید صابریان، رامین رحیم‌زاده و احسان رئیسیان‌زاده.

و به‌خصوص از خانم مهندس مشاری و سرکار خانم خاطره خواجوی که در بخش تحقیقات دفترم مشغول کارند، کمال تشکر را دارم زیرا مدت زمان بیشتری را در انجام ترسیمات و آماده‌سازی کتاب همیاری و همکاری داشته‌اند.

توجّه به هندســـه و مطالعه این کتاب را به همه دانشـــجویان و طرّاحان رشته‌های معماری، شهرسازی، طراحی صنعتی، عمران، مکانیک و... توصیه می‌کنم و امیدوارم همه طرّاحان به درک هندســـی و تحلیل منطقی در فرآیند طراحی مجهّز شوند.

**نکاتی چند در باب ویرایش دوم :**

در پاسخ به اظهار نظرها و پیشنهادهای مخاطبان و علاقمندان و همچنین در جهت رفع اشکالات چاپی کتاب، در این ویرایش تغییراتی به شرح زیر صورت گرفته است:

– رفع اشکالات در قطر، نوع و رنگ خطوط که در چاپ قبلی کتاب در قالب غلط نامه منعکس شده بود.

– جابه جایی مبحث پرسپکتیو که می بایست قبل از مبحث آگزونومتریک ارائه می شد.

– اضافه شدن مبحث **مسائل هندسه فضایی** شامل ۲۳ مسئله کاربردی در این زمینه.

– ارائه مقدمه‌ای درخصوص تاریخ هندسه و جایگاه آن در جهان و به خصوص ایران.

– تکمیل تمرینات نمونه در مبحث پرسپکتیو، سایه و تداخل احجام و...

امیدوارم با تغییرات صورت گرفته، کتاب به شرایط ایده‌آل خود نزدیک‌تر شده باشد و بتواند نقش مؤثری در آموزش هندسه که به تأکید، یکی از مهمترین مباحث پایه آموزش در رشته‌های طراحی است، داشته باشد.

**علیرضا رضوانی**

# مقدمـــــــــه

هندســـه معرب **هندازش** یا **اندازه** است و به معنای دانش مرتبط با تعیین اندازه‌ها، اما مفهوم اولیه‌ای که از واژه هندسه در علم و فن و نیز تاریخ علم در ذهن شکل می‌گیرد، عبارتست از:

**"دانش آگاهی از خواص خطوط، شکل‌ها، سطوح و احجام".**

از زمانی که انسان به بزرگی و کوچکی اشیاء یا به عبارت دیگر تناسب وقوف یافت، شاید بتوان گفت مفهوم هندسه متولد شده است و قطعاً ساخت ابنیه‌ای چون معابد، مساکن و شهرها از انگیزه‌های اولیه و بستر عملی تبلور هندسه و کاربرد آن بوده است و بی‌گمان علم هندسه یا اندازه از کهن‌ترین دانش‌های بشر محسوب می‌شود.

رابطه نزدیکی بین آنچه که انسان در طبیعت پیرامونش می‌دیده است و اصول و قوانین هندسی ابداعی و کاربردی در طول و گذر تاریخ بشری وجود دارد. برخی نسبت‌ها و رازهای هندسیِ پنهان در طبیعت و یا تکنیک‌های بکارگرفته شـــده توسط موجودات زنده برای اولین تمدن های بشری شناخته شدهِ بوده است و انسان با بکارگیری خلاقانه آنها گویی می‌خواســـته با انعکاس دوباره این رازها در آثارش آنها را در پیوندی ناگسستنی با طبیعت پیرامونش قرار دهد. این ویژگیها نه تنها ســـاختار علوم و فنون را طی قرون متمادی متحول ساخته بلکه جایگاه بی‌بدیلی در هنرها یافته است و اگر ادعا کنیم که مبانی و اصول زیباشناختی آثار هنری از معماری تا نقاشی و از خوشنویسی تا موسیقی ریشه در بنیادهای آموزشـــی طبیعت دارد، اغراق نکرده‌ایم چنانکه پیوندهای قـــوی این مفهوم را در آثار بجا مانده از اولین تمدن‌های بشری تاکنون شاهد بوده‌ایم.

هندسه‌ی ترسیمی بخشی از علوم هندسی است که به روشها و تکنیک‌های ترسیمی و ارزش‌های کاربردی متبادر از آن ارتباط دارد و متکی به استفاده از ابزارهایی بوده که از ریسمان برای ترسیم راست‌خطها و قوسها شروع و سپس با خط‌کش‌ها، پرگارها، شابلون‌ها و ... تکامل یافته و هم‌اکنون نرم‌افزارهای کامپیوتری از ابزار کاربردی و توسعه یافته آن به‌شمار می‌رود.

بهره‌گیری و کاربرد این ابزارها و تکنیک‌ها و تبلور گرانبار این مضامین و مفاهیم هندسی را در ارتباط و پیوند با طبیعت و بدعت‌گذاری‌های خلاقانه حاصل از آن را در مرور آثار بجا مانده از اولین تمدن‌های بشـــری از مصر و هند گرفته، بین‌النهرین، آشـــور، ایران و یونان باســـتان، تا کاربرد خردورزانه آن در آثار فنی، علمی و هنری تمدن ایرانی– اســـلامی تا رنسانس اروپا و فراگشت و واگویش عالمانه آن‌را در تفکر مدرن و مدرنیسم قرون ۱۹ و ۲۰ هزاره دوم به تحقیق و تجربه دریافته‌ایم و همچنین برگشت و رویکرد مجدد و مجادله‌آمیز آن را در پست مدرنیسم شاهدیم.

**افلاطون** برای توصیف تناسب از علم اعداد یاری می‌گرفت: **"دانش ساده‌ای وجود دارد که همه فنون، هنرها و دانش‌ها بدان نیازمندند و آن علم حســـاب و شمارش است. آن علم با اعداد سر و کار دارد و اعداد ما را به سوی حقیقت رهبری می‌کنند".**

دوره رنسانس و تفکر اومانیسی آن زمان منجر به هوشیاری هنرمندان در کشف و مکاشفه‌ای دیگرگونه و شناخت

قوانین هندســـی و ریاضی شد. قرائن نشان از فرافکنی عالمانه دانشمندان و هنرمندانی چون لئوناردوداوینچی، میکل آنژ، برامانته، برنلسکی و... در تعامل با طبیعت دارد بطوری که در اکثر آثار نقاشی، مجسمه‌سازی و معماری خود سعی کرده‌اند نسبت‌های هندسی موجود در طبیعت مخصوصاً نسبت طلایی را به کار گیرند و از طریق کارگیری این تناسبات به زیبایی دست یابند.

بینش نو افلاطونی که جهان را در گوهر خویش هندسی می‌دانست و دیدگاه متافیزیکیِ دانشمندان رنسانس، که معتقد به همخوانی آفرینش جهان با قانون اعداد بودند و جهان بیرونی را چیزی جز تحقق نظم ریاضی نمی‌دانستند، تأکیدی دیگرگونه بر جایگاه ریاضیات و هندسه بود.**کپرنیک** دانشمند لهستانی که گردش و دوران زمین را در حالت وضعی و انتقالی کشف کرد، از قول افلاطون گفته است که: **"خداوند همواره در کار هندسه‌پردازی است"**. گالیله از نظرات وی دفاع کرده و می‌گوید: **"کل طبیعت جز منظومه ریاضی نیست"**.

**دکارت** فلیســـوف، فیزیکدان، ریاضیدان و زیست‌شناس معروف فرانسوی (۱۶۵۰-۱۵۹۶) که ریاضیات و هندسه تحلیلی وی روش اصلی هماهنگ کردن تمام علوم انسانی محسوب می‌شده می‌گوید: **"جهان نخست دستگاه ریاضی است و گوهرش نیز کمّی است. جهان دوم دنیای غیرمادی یا دنیای اندیشه است"** و**نیوتن** نیز با کشف قانون جاذبه عمومی در واقع از بنیان ریاضی فلسفه طبیعت سخن می‌راند.

**انیشـــتین** می‌گوید: **"تجربه تاکنون این عقیده را توجیه کرده است که طبیعت عبارتست از تحقق ساده‌ترین اندیشه‌های قابل تصور ریاضی"**.

اشاره به تجربیات **لکوربوزیه** معمار و نقاش معروف در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم که با رجوع مجدد به یافته‌های دوران باستان و رنسانس، زمینه تولید استانداردهایی برای دست ساخت‌های بشر به‌خصوص در رشته‌های معماری و طراحی صنعتی ایجاد کرده، تأکید کارکردگرایانه بر ارزش هندسه و نظامات حاصل از آن است. او با دقت در تناســـبات موجود در بدن انســـان به تجربیات جالب توجهی در این زمینه نائل شد. دانشمندان دیگری نیز در چند دهه بعد این مطالعات را ادامه داده و به نتایج حیرت‌انگیزی دست یافتند. کتاب تناسبات در معماری (Composition Architectural) نوشته **راب‌کریر** در این‌خصوص قایل به معرفی است. این مطالعات نشان می‌دهد اکثر موجودات در ساختار و اجزای بدن خویش دارای هندسه منظم و گسترش یافته‌ای می‌باشند و از طریق این هندسه با اجزای دیگر خود و محیط پیرامون‌شان هماهنگ شده‌اند.

این مطالعات با کشف روابط هندسی اشکال خالص هندسی و اجسام اصلی و درک تناسبات آنها تکمیل گردیده و تناسبات و سلسله نظام‌های پیچیده‌ای را معرفی می‌کند که اینجانب نیز سال‌ها بر روی آنها کار کرده‌ام و نتایج این پژوهش را در حال تدوین و تألیف دارم.

هر چند این فرصت جایی برای تحلیل و توصیف جایگاه هندســـه در هنر و معماری و... نیست لیکن واگویه‌ای مجمل از سیر مکشوف و مشهود پیشینه هندسه در تمدن‌هایی که نقش اصلی و بنیادین در بهره‌گیری از آن را داشته‌اند، ارائه می‌کند و در این میان تشخیص جایگاه دانشمندان ایرانی در توسعه کاربرد هندسه در طول تاریخ که اکثراً در منابع خارجی مخدوش و مغرضانه بیان گردیده، اگرچه گذرا، لازم می‌آید:

تمدن‌های ســـومر، بابل و شـــوش در سرزمین هلالی شـــکل میان دجله و فرات و حواشی آن، همزمان و بعد از این تاریخ جزء تمدن‌های اولیه‌ای بودند که تبحّر خود را در کاربرد قوانین ریاضی و هندسی با آثار خود نشان داده‌اند به‌طوریکه افزون بر قواعد مربوط به تعیین سطح و حجم، قواعد دیگری در این علوم را ابداع کرده و به‌کار می‌گرفتند.

روش‌هایی برای ترسیم و محاسبه مساحت اشکال از جمله چندضلعی‌ها که آنان را در تعیین عرصه اراضی یاری می‌کرد، دانش بر خواص مثلث‌های قائم‌الزوایه با اضلاع ۳ و ۴ یا ۶ و ۸ که بعدها تحت قضیه فیثاغورث ارائه شد و اشراف به خواص دایره و چندضلعی‌های منتظم در آنها، دستیابی تقریبی به عدد $\Pi$ با تعیین مساحت چندضلعی محاط و افزودن اضلاع آنها در محیط دایره بطوریکه در محاسبات خویش عدد ۳ را برای $\Pi$ به کار می‌گرفتند اما ریاضیدانان شوشی با دقت بیشتر به تقریب $3\frac{1}{4}$ رسیدند. از روی مدارک تاریخی در می‌یابیم که هندسه‌دانان شوشی نه تنها از اساس قضیه فیثاغورث آگاهی داشتند بلکه از برخی از قواعد و اصول هندسی حاکم بر مثلث‌ها از جمله استقرار مرکز دایره‌ی محیط بر مثلث متساوی‌الساقین بر ارتفاع آن و... اطلاع داشتند.

اگر از تمدن‌های اولیه بگذریم، بسیاری از مورخین و پژوهشگران، توسعه بنیادین علم هندسه را مدیون تلاش‌های دانشمندان یونانی می‌دانند، اگرچه انتظام دانش هندسی مدیون تلاش‌های یونانیان بوده است، لیکن **دکتر مهدی فرشاد** در کتاب **تاریخ علم در ایران** چنین می‌نویسد:

**"بسیاری از مورخین، پژوهش‌ها و یافته‌های بنیادین در هندسه را به دانشمندان یونانی نسبت می‌دادند و در بررسیِ هندسه در ایران اسلامی فقط چنین می‌افزایند که شاخه ای از هندسه علم مثلثات از ایران دوره اسلامی ریشه و قوت گرفته است. این گفته نه در مورد خاستگاه دانش هندسه و نه در مورد منشأ علم مثلثات صحت ندارد. فیثاغورث که یکی از بانیان علم هندسه شناخته شده از جمله یونانیانی بود که به شرق سفر کرد و از معارف شرق کهن بهره گرفت. الهام وی از خواص مثلث‌ها و دستیابی به مفهومی مجرد از رابطه بین اضلاع مثلث قائم الزاویه از ره‌آوردهای سفر وی به شرق به شمار می‌آیند"** از جمله در روایات آمده است که فیثاغورث دانشمند یونانی از یکی از اهالی کلده به نام **زارتوس کلده‌ای** تعلیم دیده است. واژه زراتوس که فرم ایرانی آن زرتشت است نشان دهنده ایرانی بودن این دانشمند و نیز تأثیر عقاید ایرانیان باستان در فرهنگ و علوم سرزمین‌های غرب و یونان به شمار می‌رود.

پیشینه تاریخی کاربرد و توسعه دانش هندسی در ایران از نقش تاریخی ستاره‌شناسی و آیین مهر تا دوران شکوفایی و انتظام علوم و از جمله ریاضیات و هندسه در دوران اسلامی، این علم را در پیوندی بنیادین و ناگسستگی با هویت ایرانی و آثار ایران قرار می‌دهد.

ریاضیات در مهندسی به طور مشخص در ایران دوره هخامنشی به صورت ابداع واحدهای اندازه‌گیری طول، حجم و فاصله به کار می‌رفت. وضع این واحدها موجب گشت تا اندازه‌ها و مقیاس‌های اندازه‌گیری در مناطق وسیعی از دنیای آن زمان یکنواخت شود. پیشینه عمیق و کهن مهندسی در دوران باستان با در نظر گرفتن آثار ساختمان‌های باقیمانده از مجموعه حیرت انگیز تخت جمشید، ایجاد راه شاهی، احداث کانال سوئز در مصر و سفرهای طرح شده دریایی به خوبی روشن است.

واقعیات تاریخی نشان می‌دهد تاریخچه ریاضیات در جهان اسلام در محتوی همان سیر ریاضیات در ایران است. واقعیت آن است که اکثریت قریب به اتفاق ریاضیدانان شرق اسلامی را دانشمندان ایرانی تشکیل می‌دادند و چند استثناء موجود نیز به گونه‌ای با مکاتب ایرانی ارتباط داشته‌اند. لازم به ذکر است که شعب چندگانه معارف طبیعی مثل نجوم و معارف ریاضی مثل حساب و جبر و هندسه مجموعه نسبتاً یکپارچه‌ای را می‌ساختند و با هم سخت درآمیخته بودند، به طوریکه اکثر دانشمندان آن دوران هندسه و ریاضیات را همراه علوم دیگر و آن را مکمّل دانش‌های طبیعی و فلسفی می‌دانستند. این امتزاج نه فقط در ایران پس از اسلام که در غالب مکاتب کهن در هند و بابل نیز وجود داشته است.

کاربرد ریاضیات و هندسه و قواعد رمزآلود آن علاوه بر اینکه آن‌را برای جوامع آن دوران به صورت دانشی مقدس جلوه‌گر ســـاخته بود، گاهشماران، معماران و مســـاحان را به افرادی برجسته در اجتماع تبدیل کرده بود. به هر تقدیر سرگذشت و حتی نام کسانی که هندسه را پی‌ریزی کردند در گستره وهم آلود تاریخ و گذر زمان محو و مبهم است لیکن باید هزاران ســـال از حضور بشر در کره خاکی می‌گذشت تا فهمی در تبدیل این روش‌ها به دانشی مشخص با قواعدی روشن و کارا حاصل‌آید.

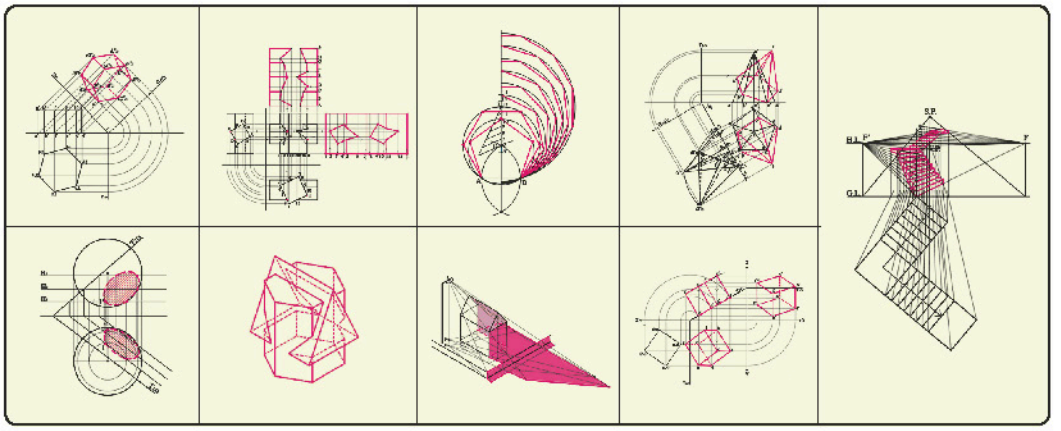
به‌طور قطع ریســـمان جزء نخستین ابزاری بود که انســـان اولیه را قادر ساخت با ترسیم راست‌خط و دایره، علم نقشه‌کشـــی روی زمین یا به اصطلاح دیگر گســـتردن یا پهن کردن تور را ابداع و توسعه دهد. ساختن زاویه قائمه، ســـاختن مربع و همچنین مثلث‌قائم‌الزوایه و ترسیم اشکالی با مســـاحت‌های برابر یا چند برابر بر پایه دایره، از جمله اولین دســـتاوردهای انسان در استفاده از این وسیله بوده است. نقشه‌برداران و مساحان برای تعیین سه کمیت اساسی در نقشـــه‌برداری یعنی امتداد، فاصله و زاویه، وسایلی ابداع کرده بودند که نخستین آن ریسمانی بود با پایه و میخ که نشانه‌هایی بر روی آن بکار گرفته می‌شد و تراز نیز با استفاده از خاصیت ظروف مرتبط در تعیین امتداد یا سطح افقی بکار گرفته‌می‌شد.

با بهره‌وری از دانش هندسه، مهندسان ایرانی چون **کرجی، ابوالوفای‌بوزجانی، بنوموسی، ماهانی و خیام** روش‌های متعددی برای حل هندسی معادلات، ترسیم چندضلعی‌ها و پیاده کردن نقشه‌ها ابداع و ارائه نمودند. برای مثال کرجی توانســـت با اســـتفاده از این قواعد هندسی، دستگاه اندازه‌گیری طول، ارتفاع و زاویه را اختراع کند. از دانشمندان نامی دیگری که نقش مؤثری در شکل‌گیری و تکامل علم هندسه و ریاضیات داشتند می‌توان از: **محمدبن‌موسی‌خوارزمی، ابوریحان‌بیرونی، فارابی، طوسی**و **ذکریای رازی** نام برد.

اساس هنر معماری اسلامی ایرانی مبتنی برهندسه است و در معماری پیروی کامل از اصول هندسی در نقشه‌ها و نماها مبنای هماهنگی و نظمی بود که از ویژگی‌های هنراسلامی‌است. این دانش به دلایلی چون مکتوب نبودن و ســـینه به سینه منتقل شدن به نسل‌های بعدی و از بین رفتن بسیاری از این منابع در جنگ‌ها و یا به یغما رفتن آنها در خواب آلودگی و ناآگاهی فرهنگی و منتقل شـــدن به کتابخانه‌های موزه‌های غرب، از دسترس اهل فن دور مانده است، چنانکه اگر امروز پژوهشگری نیاز به یکی از این منابع غنی علمی داشته باشد، بایستی آن را در یکی از موزه‌های غربی بیابد. به این ســـبب تعداد انگشت شماری از معماران را می توان یافت که با اصول هندسی به کار گرفته شده توســـط معماران قدیمی آشنا باشند و راز و رمز این هنر را بدانند. در صورتیکه میزان توجه پیشینیان به دانش هندسه به اندازه‌ای بوده است که فراگرفتن قواعد این علم را از جمله مواد آموزشی تمامی علوم و تخصص‌ها می‌دانسته‌اند و این خود دلیل دیگری بر ترغیب محققان، دانشجویان، معماران و طراحان ایرانی در فراگیری این علم و به کارگیری هر چه بیشتر آن، خواهد بود.

# GEOMETRY

## For Students of Architecture, Urbanism & Industrial Design



By Alireza Rezvani

ISBN:978-622-6963-41-1

9 786226 963411

شهرسازی
معماری و
کتابکده تخصصی هنر

اصلت و قیمت این کتاب فقط با هولوگرام اختصاصی «کتابکده کسری» تأیید می‌شود.