

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# طراحی مهندسی

خودآموز، هدفدار و پروژه محور

کتاب درس طراحی و پروژه کارشناسی مهندسی

تالیف

دکتر حسین معماریان

استاد دانشکده فنی دانشگاه تهران



شماره مسلسل ۷۹۲۹

شماره انتشار ۳۴۸۷

# انتشارات دانشگاه تهران

سرشناسه : معماریان، حسین، ۱۳۲۶-  
عنوان و نام پدیدآور : طراحی مهندسی، خودآموز، هدفدار و پروژه‌محور. / تألیف حسین معماریان.  
مشخصات نشر : تهران: دانشگاه تهران، ۱۳۹۲.  
مشخصات ظاهری : ۵۰۰ ص: مصور (رنگی).  
فهرست : دانشگاه تهران، ۳۴۸۷.  
شابک : 978-964-03-6635-6  
وضعیت فهرست‌نویسی : فیا  
موضوع : طراحی مهندسی  
ناشر : دانشگاه تهران  
رده‌بندی کنگر : ۱۳۹۲ ط ۴/م ۱۷۴ TA  
رده‌بندی دیو : ۶۲۰/۰۰۴۲۵  
شماره ثبت : ۳۴۰۴۷۲۱

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های دیجیتال، صوت فیلد، ریزی در وبلاگ‌ها، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود.

BN:978-964-03-6635-



9 789640 366352

عنوان: طراحی مهندسی، خودآموز، هدفدار و پروژه‌محور  
تألیف: دکتر حسین معماریان  
طراحی، آماده‌سازی و ویرایش: دکتر حسین معماریان  
نوبت چاپ: اول  
تاریخ انتشار: ۱۳۹۲  
شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه  
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران  
چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مؤلف است»

«کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است»

بها: ۲۴۰۰۰۰ ریال

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید فرش مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

پست الکترونیک: [press@ut.ac.ir](mailto:press@ut.ac.ir) - تارنما: <http://press.ut.ac.ir>

پخش و فروش: تلفکس ۸۸۰۱۲۰۷۸

## فهرست مطالب فشرده

### بخش اول: طراحی مهندسی چیست؟ / ۱

۱. الفبای طراحی مهندسی / ۳
۲. فرایند طراحی مهندسی / ۲۵
۳. روش‌ها و ابزارهای طراحی مهندسی / ۴۹
۴. پایگاه خلاقیت در طراحی مهندسی / ۷۱
۵. طراحی مهندسی و کار تیمی / ۱۰۷
- بخش دوم: طراحی مهندسی چگونه انجام می‌شود؟ / ۱۴۵

۶. تعریف طراحی / ۱۴۷
۷. عملکردها و مسئولیات طراح / ۱۸۱
۸. به‌دنبال پاسخ مناسب طراحی / ۲۱۱
۹. گزارش دستاوردهای طراحی / ۲۱۱
۱۰. مدیریت پروژه طراحی / ۲۱۳
۱۱. ویژگی‌های یک طراحی خوب / ۲۲۱
۱۲. نقش اخلاق در طراحی / ۲۶۳
۱۳. حل نوآورانه مسئله طراحی (تربیز) / ۲۸۵
۱۴. آموزش طراحی مهندسی در ایران / ۴۱۵
- منابع / ۴۴۳
- واژه نامه / ۴۵۱
- فهرست راهنما / ۴۶۷

## فهرست مطالب مفصل

پیش‌گفتار

### بخش اول: طراحی مهندسی چیست؟

|    |     |                                   |
|----|-----|-----------------------------------|
| ۱  | ۱-۱ | الفبا طراحی مهندسی                |
| ۳  |     | چکیده                             |
| ۴  |     | هدف‌ها                            |
| ۴  |     | مفاهیم اصلی                       |
| ۵  | ۱-۱ | فرآیند طراحی مهندسی               |
| ۸  | ۲-۱ | طرفه‌ها، زمینه‌ها در طراحی مهندسی |
| ۱۲ | ۳-۱ | تعریف طراحی مهندسی                |
| ۱۳ |     | پیش‌فرض‌های طراحی مهندسی          |
| ۱۶ | ۴-۱ | تکامل طراحی مهندسی                |
| ۱۸ | ۵-۱ | پیچیدگی مسائل طراحی               |
| ۲۰ |     | یادگیری طراحی با انجام آن         |
| ۲۱ | ۶-۱ | مدیریت طراحی مهندسی               |
| ۲۳ |     | نکات برجسته فصل ۱                 |
| ۲۳ |     | خودآزمایی ۱                       |
| ۲۳ |     | منابع                             |
| ۲۵ | ۲   | فرایند طراحی مهندسی               |
| ۲۵ |     | چکیده                             |
| ۲۶ |     | هدف‌ها                            |
| ۲۶ |     | مفاهیم اصلی                       |
| ۲۷ | ۱-۳ | مفهوم فرایند طراحی                |
| ۳۰ |     | واکاوی پرسشهای نردبام ایمن        |
| ۳۱ | ۲-۲ | توصیف و تجویز فرایند طراحی        |
| ۳۲ |     | توصیف فرایند طراحی                |
| ۳۶ |     | تجویز فرایند طراحی                |
| ۳۷ |     | تعریف مسئله                       |
| ۳۷ |     | طراحی مفهومی                      |
| ۳۷ |     | طراحی مقدماتی                     |

## طراحی مهندسی

|    |                                          |
|----|------------------------------------------|
| ۳۷ | طراحی تفصیلی                             |
| ۳۷ | ارتباط طراحی                             |
| ۳۸ | ۳-۲. بازخورد و تکرار در فرایند طراحی     |
| ۴۵ | نکات برجسته فصل ۲                        |
| ۴۵ | خودآزمایی ۲                              |
| ۴۶ | منابع                                    |
| ۴۹ | ۳-۱. روش‌ها و ابزارهای طراحی             |
| ۴۹ | چکیده                                    |
| ۵۰ | هدف‌ها                                   |
| ۵۰ | مفاهیم اصلی                              |
| ۵۱ | ۱-۳. راهبرد روش‌های طراحی مهندسی         |
| ۵۱ | تفکرات میردی و فرایند طراحی              |
| ۵۲ | روش‌های استفاده در فرایند طراحی          |
| ۵۳ | درخت هدف                                 |
| ۵۳ | نمودار سلسله‌ی زمانی                     |
| ۵۳ | تحلیل عملکرد                             |
| ۵۳ | روش مشخصات برآوردی                       |
| ۵۳ | نمودار ریخت‌شناسی                        |
| ۵۴ | گسترش کیفیت عملکرد                       |
| ۵۴ | ۲-۳. ابزارهای کسب و پردازش اطلاعات طراحی |
| ۵۴ | ابزارهای کسب اطلاعات طراحی               |
| ۵۴ | مرور منابع                               |
| ۵۵ | نظرخواهی از مصرف‌کننده‌ها                |
| ۵۵ | گروه‌های تمرکز                           |
| ۵۵ | مصاحبه غیررسمی                           |
| ۵۵ | مصاحبه ساختاردار                         |
| ۵۵ | بارش ذهن                                 |
| ۵۵ | محک زدن محصولات رقیب                     |
| ۵۶ | ابزارهایی برای تحلیل اطلاعات طراحی       |
| ۵۶ | تعریف سنجه‌ها                            |
| ۵۶ | آزمون‌های آزمایشگاهی                     |
| ۵۶ | تهیه نمونه اولیه                         |
| ۵۶ | آزمون تایید طرح                          |
| ۵۷ | شبیه‌سازی                                |

|    |                                                   |      |
|----|---------------------------------------------------|------|
| ۵۷ | تحلیل رایانه‌ای                                   |      |
| ۵۷ | ابزارهای کسب بازخورد از طراحی                     |      |
| ۵۷ | جلسه برنامه ریزی شده                              |      |
| ۵۸ | مرور رسمی طراحی                                   |      |
| ۵۸ | جلسه عمومی                                        |      |
| ۵۸ | گروه‌های تمرکز                                    |      |
| ۵۸ | آزمون بتا                                         |      |
| ۵۸ | مدیریت فرایند طراحی                               |      |
| ۵۹ | تمرین طراحی                                       | ۳-۳. |
| ۵۹ | تالعه موردی: طراحی وسیله تثبیت دستگاه جراحی حنجره |      |
| ۶۹ | نکات برجسته فصل ۳                                 |      |
| ۷۰ | خلاصه فصل                                         |      |
| ۷۰ | تابع                                              |      |
| ۷۱ | جایگاه خلاقیت در مهندسی                           | ۴.   |
| ۷۱ | چکیده                                             |      |
| ۷۲ | هدف‌ها                                            |      |
| ۷۲ | مفاهیم اصلی                                       |      |
| ۷۳ | ضرورت خلاقیت                                      | ۱-۴. |
| ۷۵ | پیشینه خلاقیت                                     |      |
| ۷۶ | خلاقیت چیست؟                                      | ۲-۴. |
| ۷۷ | ویژگی‌های افراد خلاق                              |      |
| ۷۹ | خلاقیت و تفکر                                     | ۳-۴. |
| ۸۲ | خلاقیت و تفکر واگرا                               |      |
| ۸۳ | فرایند خلاق                                       | ۴-۴. |
| ۸۳ | مراحل تفکر خلاق                                   |      |
| ۸۳ | آماده سازی                                        |      |
| ۸۳ | تولید ایده                                        |      |
| ۸۴ | نهفتگی                                            |      |
| ۸۴ | اشکارسازی                                         |      |
| ۸۵ | عوامل موثر در خلاقیت                              |      |
| ۸۶ | موانع خلاقیت                                      | ۵-۴. |
| ۸۹ | اندازه‌گیری خلاقیت                                | ۶-۴. |
| ۹۳ | برانگیختن خلاقیت                                  | ۷-۴. |
| ۹۴ | بارش ذهن                                          |      |

|     |                                  |     |
|-----|----------------------------------|-----|
| ۹۵  | نگارشی ذهن                       |     |
| ۹۵  | فهرست ویژگی ها                   |     |
| ۹۸  | آموزش خلاقیت                     | ۸-۴ |
| ۱۰۱ | نکات برجسته فصل ۴                |     |
| ۱۰۱ | خودآزمایی ۴                      |     |
| ۱۰۳ | منابع                            |     |
| ۱۰۷ | طراحی مهندسی و کار تیمی          | ۵   |
| ۱۰۷ | چکیده                            |     |
| ۱۰۸ | هدفها                            |     |
| ۱۰۸ | مفاهیم اصلی                      |     |
| ۱۰۹ | مقدمه                            | ۱-۵ |
| ۱۱۱ | جایگاه کار گروهی در آموزش مهندسی |     |
| ۱۱۳ | گروه تیم                         | ۲-۵ |
| ۱۱۵ | تیم های اجرایی                   |     |
| ۱۱۶ | فرایند توسعه تیم                 | ۳-۵ |
| ۱۱۹ | شکل گیری                         |     |
| ۱۲۰ | توفان زایی                       |     |
| ۱۲۱ | هنجارسازی                        |     |
| ۱۲۲ | عمل تیم                          |     |
| ۱۲۳ | نقش اعضای تیم                    | ۴-۵ |
| ۱۲۴ | نقش های کاری                     |     |
| ۱۲۵ | نقش های عملکردی                  |     |
| ۱۲۶ | نقش های نگهداری                  |     |
| ۱۲۷ | نقش های ناکارآمد                 |     |
| ۱۲۷ | نقش های موظف                     |     |
| ۱۲۹ | جلسات تیم                        | ۵-۵ |
| ۱۲۹ | عناصر موفقیت جلسات تیم           |     |
| ۱۳۰ | رفتار مناسب در جلسات             |     |
| ۱۳۱ | دستور کار جلسات                  |     |
| ۱۳۲ | ملاقات با استاد راهنما           |     |
| ۱۳۴ | حل تضادها                        | ۶-۵ |
| ۱۳۷ | قرارداد تیم                      |     |
| ۱۳۸ | کار گروهی و یادگیری              | ۶-۵ |
| ۱۴۰ | نکات برجسته فصل ۵                |     |

۱۴۱

خودآزمایی ۵

۱۴۲

منابع

۱۴۵

بخش دوم: طراحی مهندسی چگونه انجام می‌شود

۱۴۷

۶. تعریف مسئله طراحی

۱۴۷

چکیده

۱۴۸

هدف‌ها

۱۴۸

مفاهیم اصلی

۱۴۹

۱-۶. پیشنهاد کارفرما

۱۵۱

۲-۶. درخت هدف‌ها

۱۵۱

تعیین اهداف مبدع و فهرست هدف‌ها

۱۵۲

فهرست صفات پیام ایمن

۱۵۳

تفکیک هدف‌ها، محدودیت‌ها، عملکردها و ابزارها

۱۵۵

فهرست ۲

۱۵۶

فهرست ۳

۱۵۹

سرشاخه‌ها تا کجا ادامه می‌یابند

۱۵۹

درخت هدف‌ها برای طراحی ظریف نوشت

۱۶۰

فهرست ۴: صفات ظرف نوشتاری

۱۶۲

۳-۶. محدودیت‌ها

۱۶۲

۴-۶. تعیین اولویت‌ها

۱۶۳

اندازه‌گیری در مهندسی

۱۶۵

نمودار مقایسه زوجی

۱۶۷

نمودار مقایسه زوجی برای کار تیمی

۱۶۹

استفاده عاقلانه از مقادیر ذهنی

۱۷۲

۵-۶. اندازه‌گیری دستاوردها

۱۷۲

مراحل توسعه سنجدها

۱۷۴

ویژگی‌های یک سنج خوب

۱۷۴

۶-۶. برخی نکات در تعریف مسئله طراحی

۱۷۵

پرش و بارش ذهن

۱۷۶

زمان و نحوه ساخت درخت هدف‌ها

۱۷۷

پیشنهاد بازنگری شده پروژه طراحی

۱۷۷

نکات برجسته فصل ۶

۱۷۸

خودآزمایی ۶

|     |     |                               |
|-----|-----|-------------------------------|
| ۱۸۱ | ۷   | عملکردها و مشخصات طراحی       |
| ۱۸۱ |     | چکیده                         |
| ۱۸۲ |     | هدف‌ها                        |
| ۱۸۲ |     | مفاهیم اصلی                   |
| ۱۸۳ | ۱-۷ | عملکردهای طراحی               |
| ۱۸۳ |     | تعریف عملکرد                  |
| ۱۸۴ |     | انواع عملکرد                  |
| ۱۸۷ | ۷   | مناسبات عملکردها              |
| ۱۸۷ |     | روش شمارش                     |
| ۱۸۹ |     | روش خردانه                    |
| ۱۹۲ |     | روش ساخت از عملکرد            |
| ۱۹۵ |     | روش مبتنی بر معیار            |
| ۱۹۷ |     | تشخیص عملکرد هدف‌ها           |
| ۱۹۸ | ۳-۷ | مشخصات طراحی                  |
| ۱۹۹ |     | کمی کردن مشخصات طراحی         |
| ۲۰۳ |     | برقراری سطوح کارکرد           |
| ۲۰۵ |     | مشخصات کارکردی مرزی           |
| ۲۰۶ |     | تفاوت سنج‌ها و مشخصات کارکردی |
| ۲۰۶ | ۴-۷ | ساماندهی مرحله مشخصات         |
| ۲۰۷ |     | نکات برجسته فصل ۷             |
| ۲۰۷ |     | خودآزمایی ۷                   |
| ۲۰۹ |     | منابع                         |
| ۲۱۱ | ۸   | یافتن پاسخ مسئله طراحی        |
| ۲۱۱ |     | چکیده                         |
| ۲۱۲ |     | هدف‌ها                        |
| ۲۱۲ |     | مفاهیم اصلی                   |
| ۲۱۳ | ۱-۸ | فضای طراحی                    |
| ۲۱۴ |     | فضاهای طراحی پیچیده           |
| ۲۱۵ | ۲-۸ | تولید ایده‌های طراحی          |
| ۲۱۶ |     | بهره‌گیری از طراحی‌های موجود  |
| ۲۱۶ |     | اختراعات                      |
| ۲۱۷ |     | فعالیت‌های گروهی نتیجه طراحی  |

|     |                                       |      |
|-----|---------------------------------------|------|
| ۲۱۹ | روش ۴-۳-۵                             |      |
| ۲۲۰ | روش چرخش طرح                          |      |
| ۲۲۰ | روش نمایشگاه                          |      |
| ۲۲۰ | محدود کردن فضای طراحی                 | ۳-۸  |
| ۲۲۱ | نمودار ریخت شناسی                     | ۴-۸  |
| ۲۲۵ | انتخاب بهترین گزینه‌های طراحی         | ۵-۸  |
| ۲۲۶ | ماتریس ارزیابی عددی                   |      |
| ۲۲۹ | روش تیک وزن‌دار                       |      |
| ۲۲۹ | نمودار بهترین رتبه                    |      |
| ۲۳۱ | نمونه اولیه، مدل و آزمون تایید طرح    | ۸    |
| ۲۳۳ | تفاوت نمونه اولیه و مدل               |      |
| ۲۳۳ | اختیارهای اولیه                       |      |
| ۲۳۵ | آزمون نمونه اولیه، مدل و طرح          |      |
| ۲۳۷ | مدیریت پروژه و انتخاب گزینه‌های طراحی | ۷-۸  |
| ۲۳۸ | مدیریت کارها                          |      |
| ۲۳۸ | زمان‌بندی                             |      |
| ۲۳۹ | تعیین بودجه                           |      |
| ۲۴۰ | پایش و کنترل پیشرفت کار               |      |
| ۲۴۱ | نکات برجسته فصل ۸                     |      |
| ۲۴۱ | خودآزمایی ۸                           |      |
| ۲۴۲ | منابع                                 |      |
| ۲۴۳ | گزارش دستاورد طراحی                   | ۹    |
| ۲۴۳ | چکیده                                 |      |
| ۲۴۴ | هدف‌ها                                |      |
| ۲۴۴ | مفاهیم اصلی                           |      |
| ۲۴۵ | راهنمایی‌های عمومی                    | ۹-۱۰ |
| ۲۴۵ | در نظر گرفتن هدف‌ها                   |      |
| ۲۴۶ | توجه به مخاطبان                       |      |
| ۲۴۶ | ساماندهی محتوا حول هدف و مخاطبان      |      |
| ۲۴۶ | نگارش دقیق و واضح متن                 |      |
| ۲۴۷ | تدوین و صفحه آرایی مناسب              |      |
| ۲۴۷ | نگاه تصویری                           |      |
| ۲۴۸ | نگارش اخلاقی                          |      |
| ۲۵۲ | گزارش پروژه طراحی                     | ۲-۹  |

|     |                              |       |
|-----|------------------------------|-------|
| ۲۵۲ | هدف و مخاطبان گزارش          |       |
| ۲۵۴ | سرفصل مطالب                  |       |
| ۲۵۷ | فهرست مشروح مطالب            |       |
| ۲۵۹ | پیش‌نویس اول گزارش           |       |
| ۲۶۱ | نسخه نهایی گزارش             |       |
| ۲۶۱ | ارایه شفاهی گزارش            | ۳-۹.  |
| ۲۶۲ | شناسایی مخاطبان ارایه شفاهی  |       |
| ۲۶۲ | تهیه سرفصل ارایه شفاهی       |       |
| ۲۶۴ | ارایه شفاهی موفق             |       |
| ۲۶۵ | رئین ارایه شفاهی             |       |
| ۲۶۷ | مرور طراحی                   |       |
| ۲۶۸ | نقشه‌های طراحی و مشخصات ساخت | ۴-۹.  |
| ۲۶۸ | نقشه‌های طراحی               |       |
| ۲۶۸ | کل ها                        |       |
| ۲۶۹ | نمودار                       |       |
| ۲۷۰ | جدول‌ها                      |       |
| ۲۷۰ | طرح‌ها                       |       |
| ۲۷۱ | تصاویر سه بعدی               |       |
| ۲۷۴ | اندازه گذاری                 |       |
| ۲۷۴ | بُرش زدن                     |       |
| ۲۷۵ | رسم تصاویر به کمک رایانه     |       |
| ۲۷۵ | مشخصات ساخت                  |       |
| ۲۷۷ | مدیریت مراحل پایانی پروژه    |       |
| ۲۷۸ | ممیزی پروژه                  |       |
| ۲۷۹ | نکات برجسته فصل ۹            |       |
| ۲۸۰ | خودآزمایی ۹                  |       |
| ۲۸۰ | منابع                        |       |
| ۲۸۳ | مدیریت فرایند طراحی          | ۱۰.   |
| ۲۸۳ | چکیده                        |       |
| ۲۸۴ | هدف‌ها                       |       |
| ۲۸۴ | مفاهیم اصلی                  |       |
| ۲۸۵ | مدیریت فعالیت‌های طراحی      | ۱-۱۰. |
| ۲۸۷ | مرور ابزارهای مدیریت پروژه   | ۲-۱۰. |
| ۲۹۰ | ساختار شکست کار              | ۳-۱۰. |

|     |                                         |      |
|-----|-----------------------------------------|------|
| ۲۹۶ | نمودار مسئولیت خطی                      | ۴-۱۰ |
| ۲۹۹ | زمان‌بندی و دیگر ابزارهای مدیریت زمان   | ۵-۱۰ |
| ۳۰۰ | تقویم تیم                               |      |
| ۳۰۲ | شبکه فعالیت                             |      |
| ۳۰۸ | نمودار گانت                             |      |
| ۳۱۰ | بودجه پروژه طراحی                       | ۶-۱۰ |
| ۳۱۱ | ابزارهای نظارت و کنترل                  | ۷-۱۰ |
| ۳۱۷ | کات برجسته فصل ۱۰                       |      |
| ۳۱۷ | خودآزمایی ۱۰                            |      |
| ۳۱۸ | منابع                                   |      |
| ۳۲۱ | ویژگی‌های یک طراحی خوب                  | ۱۱   |
| ۳۲۱ | چپ‌بسته                                 |      |
| ۳۲۲ | هدف‌ها                                  |      |
| ۳۲۲ | مفاهیم اصلی                             |      |
| ۳۲۳ | طراحی برای ساخت و مونتاژ                | ۱-۱۱ |
| ۳۲۳ | طراحی برای ساخت                         |      |
| ۳۲۵ | طراحی برای مونتاژ                       |      |
| ۳۲۶ | کاستن از تعداد اجزا و قطعات             |      |
| ۳۲۶ | کاستن از تعداد اتصالات مکانیکی          |      |
| ۳۲۷ | داشتن بخش قاعده‌ای ثابت                 |      |
| ۳۲۷ | طراحی اجزایی که کار با آنها آسان باشد   |      |
| ۳۲۷ | سهولت دسترسی به قطعات                   |      |
| ۳۳۰ | صورتحساب مواد مصرفی                     |      |
| ۳۳۱ | طراحی برای بهای مناسب                   | ۲-۱۱ |
| ۳۳۱ | ارزش زمانی پول                          |      |
| ۳۳۴ | تاثیر ارزش زمانی پول بر گزینه‌های طراحی |      |
| ۳۳۴ | برآورد هزینه‌ها                         |      |
| ۳۳۷ | هزینه و قیمت گذاری                      |      |
| ۳۴۱ | طراحی برای قابلیت اطمینان               | ۳-۱۱ |
| ۳۴۲ | قابلیت اطمینان                          |      |
| ۳۴۷ | قابلیت نگهداری                          |      |
| ۳۴۸ | طراحی برای محیط زیست پایدار             | ۴-۱۱ |
| ۳۵۱ | مسایل زیست محیطی و طراحی                |      |
| ۳۵۱ | کیفیت هوا                               |      |

|     |                                     |      |
|-----|-------------------------------------|------|
| ۳۵۲ | کیفیت آب                            |      |
| ۳۵۲ | انرژی                               |      |
| ۳۵۲ | دفع پسماند                          |      |
| ۳۵۳ | ارزیابی زیست محیطی چرخه عمر محصولات |      |
| ۳۵۵ | طراحی برای کیفیت                    | ۵-۱۱ |
| ۳۵۸ | نکات برجسته فصل ۱۱                  |      |
| ۳۵۹ | خودآزمایی ۱۱                        |      |
| ۳۶۰ | منابع                               |      |
| ۳۶۳ | ش اخلاق در طراحی مهندسی             | ۱۲   |
| ۳۶۳ | چکیده                               |      |
| ۳۶۴ | مقدمه                               |      |
| ۳۶۴ | هیمن اچ                             |      |
| ۳۶۵ | اخلاق مهندسی                        | ۱-۱۲ |
| ۳۶۶ | تصمیم‌گیری اخلاقی                   | ۲-۱۲ |
| ۳۶۷ | اخلاق خرد و کلان                    | ۳-۱۲ |
| ۳۶۸ | اخلاق خرد                           |      |
| ۳۶۸ | صداقت                               |      |
| ۳۶۸ | تضاد منافع                          |      |
| ۳۶۹ | افشاگری                             |      |
| ۳۷۰ | اخلاق کلان                          |      |
| ۳۷۰ | اخلاق و توسعه پایدار                |      |
| ۳۷۰ | اخلاق و فناوری‌های جدید             |      |
| ۳۷۱ | اصول اخلاقی                         | ۴-۱۲ |
| ۳۷۱ | اصول اخلاقی انجمن‌های حرفه‌ای       |      |
| ۳۷۴ | وظایف اخلاقی مهندسان                |      |
| ۳۷۶ | بی‌اخلاقی حرفه‌ای                   |      |
| ۳۷۷ | اخلاق و رایانه                      |      |
| ۳۷۹ | دانشجویان و اخلاق مهندسی            | ۵-۱۲ |
| ۳۸۰ | کار تیمی اخلاقی                     |      |
| ۳۸۰ | رفتار حرفه‌ای اخلاقی                |      |
| ۳۸۰ | مدیریت اخلاقی مشاجرات               |      |
| ۳۸۱ | نکات برجسته فصل ۱۲                  |      |
| ۳۸۲ | خودآزمایی ۱۲                        |      |

۱۳. حل نوآورانه مسئله طراحی (تریز)  
 چکیده  
 هدفها  
 مفاهیم اصلی  
 نیاز به نوآوری ۱-۱۳  
 حل نوآورانه مسئله (تریز)  
 نتیجه تریز  
 سطوح نوآوری و اختراع  
 آرمانی بودن ۲-۱۳  
 مفاضله نوآوری ۳-۱۳  
 اصول حل تناقضات ۴-۱۳  
 روش به کارگیری اصول حل تناقضات  
 ماتریس تناقضات ۵-۱۳  
 مسئله شمع کوبی بر روی شیشه  
 تحلیل ماده-میدان ۶-۱۳  
 الگوریتم حل نوآورانه مسئله (تریز)  
 نکات برجسته فصل ۱۳  
 خودآزمایی ۱۳  
 منابع
۱۴. آموزش طراحی مهندسی  
 چکیده  
 هدفها  
 طراحی و پروژه کارشناسی ۱-۱۴  
 پروژه کارشناسی مهندسی در ایران ۲-۱۴  
 پروژه کارشناسی مهندسی در آمریکای شمالی ۳-۱۴  
 ساختار درس  
 محتوای درس  
 نقش اساتید  
 نسبت استاد به دانشجو  
 تشکیل تیم‌های کاری  
 برتری استفاده از تیم

طراحی مهندسی

|     |                                      |
|-----|--------------------------------------|
| ۴۲۷ | تشکیل تیم طراحی                      |
| ۴۲۸ | اندازه تیم طراحی                     |
| ۴۲۸ | چالش‌های کار تیمی                    |
| ۴۲۸ | پروژه درس طراحی                      |
| ۴۲۹ | تعریف عنوان پروژه                    |
| ۴۳۰ | نیازهای پروژه طراحی                  |
| ۴۳۱ | هزینه انجام پروژه                    |
| ۴۳۲ | ارزیابی درس                          |
| ۴۳۲ | تأمین دستاوردهای برنامه آموزشی       |
| ۴۳۴ | ۱۴. بررسی پروژه کارشناسی مهندسی کشور |
| ۴۳۴ | ساختار و محتوای درس                  |
| ۴۳۵ | تعریف پروژه درس                      |
| ۴۳۵ | نقشه ارائه درس                       |
| ۴۳۶ | ارزیابی درس                          |
| ۴۳۶ | گزارش شفاهی                          |
| ۴۳۶ | گزارش کتبی                           |
| ۴۳۷ | نمره دهی در                          |
| ۴۳۷ | راهنمای درس پروژه طراحی              |
| ۴۴۰ | جمع بندی پیشنهاد درس جدید            |
| ۴۴۱ | ۵-۱۴. منابع                          |
| ۴۴۲ | منابع و مراجع کتاب                   |
| ۴۵۱ | واژه نامه فارسی به انگلیسی           |
| ۴۵۹ | واژه نامه انگلیسی به فارسی           |
| ۴۶۷ | فهرست راهنما                         |

برای بهار و دیگر طراحان و سازندگان فردای بهتر

ح. م.

## پیشگفتار

طراحی، اوج فعالیت‌های مهندسی است. مهندسان، با به‌کارگیری قوه تخیل و مهارت‌های حرفه‌ای خود، نقش موثری در تحولات و دستاوردهای دنیای کنونی ما داشته‌اند. در شرایطی که آموزش مهندسی، در سال‌هایی که از هزاره‌های پیش از میلاد به بعد، با تأکید بر طراحی را بیش از پیش افزایش داده است، نیاز به ارتقاء جایگاه تفکر خلاق و طراحی مهندسی در آموزش عالی کشور، به‌شدت احساس می‌شود. دستیابی به این هدف می‌تواند به‌صورت گامی مؤثر، از جمله با اختصاص درس مستقل طراحی مهندسی، در سال‌های پایانی دوره کارشناسی؛ یا هر یک از چهار مقطع تحصیلی، به‌ویژه دوره‌های کارشناسی به‌سمت فعالیت‌های تیمی و دارای محتوای طراحی، محقق شود.

یکی از اولین قدم‌ها در راستای این دست‌گیری جدید، تهیه منبع درسی مناسب برای آن است. به‌این منظور، ابتدا تصمیم به ترجمه یکی از نوشته‌های معتبر کتاب‌ها در زمینه طراحی مهندسی گرفته شد. با پیشرفت کار برگردان کتاب، کمبود برخی بخش‌ها، آشکار شد. در نتیجه، حذف بخش‌هایی از کتاب و افزودن فصول تازه‌ای به آن، ضروری تشخیص داده شد. این تغییرات با پیشرفت کار بیشتر و باز هم بیشتر شد. از اینروست که برخی از فصول کتاب، علاوه بر ترجمه، به‌طور عمده از یک منبع اقتباس شده‌اند. در صورتی‌که برخی فصول دیگر، حاصل پژوهش‌های مستقلی می‌باشند، که اغلب آنها پیشتر به‌صورت مقالاتی به چاپ رسیده‌اند. خلاصه اینکه، محتوای نهایی کتاب، علاوه بر طراحی گردید که برای درس طراحی مهندسی و همچنین پروژه کارشناسی رشته‌های مختلف مهندسی کشور، قابل استفاده باشد. این کتاب همچنین می‌تواند برای دانش‌آموختگان مهندسی نیز، که در صنعت به طراحی اشتغال دارند، مفید واقع شود.

طراحی مهندسی یک فرایند معیوب و با انتهای باز است، و به‌خلاف دیگر مسایل مهندسی یک راه حل واحد نداشته و راه‌حل‌های متصور آن را نیز نمی‌توان با یک الگوریتم یا روش ریاضی خاص،

طراحی مهندسی

تعیین کرد. به عنوان مثال، با الگوریتم ها و روابط ریاضی نمی توان نیازهای ذینفعان اصلی طراحی؛ یعنی کارفرما، مصرف کنندگان و اجتماع، را تعیین کرد. برای بررسی فعالیت های دارای ساختار معیوب و کمک به تصمیم گیری و انتخاب بهینه از میلان گزینه های محتمل، مهندسان فرایند طراحی را سامان داده و روش ها و ابزارهایی را برای انجام بایسته آن، به کار می برند. تاکید اصلی کتاب حاضر بر طراحی مفهومی یا بخشی از فرایند طراحی است که منجر به یافتن گزینه های طراحی می شود. کتاب طراحی مهندسی به صورت خودآموز، هدفدار و پروژه محور طراحی شده است.

خودآموز است، چون تیم طراحی می تواند با مطالعه آن، فرایند طراحی را مرحله به مرحله، پیش ببرد.

هدفدار است، چون فهرست مفاهیم تازه و دستاوردهای مورد انتظار از هر فصل کتاب، مشخص شده است. در پایان هر فصل نیز با طرح سوالات مناسب، ابزاری برای ارزیابی میزان دسترس به دستاوردها، به دست داده شده است.

- پروژه محور است، چون کتاب با تشریح گام به گام چند پروژه واقعی، فرایند طراحی را آموزش می دهد.

محتوای کتاب در درونش چهارده فصل سامان یافته است. پنج فصل بخش اول کتاب به پاسخ این سوال می پردازد که طراحی مهندسی چیست؟ در این بخش، فرایند طراحی و ابزارها و روش هایی که برای انجام آن پیشنهاد شده، معرفی شده اند. افرادی که مایلند به طراحی مهندسی بپردازند باید ابتدا چند مهارت را در خود تقویت کنند. از آن جمله است کسب مهارت در تفکر خلاق و کارگروهی. به این منظور، در این کتاب فصول مستقلی به روش های توسعه تفکر خلاق و کار تیمی، اختصاص داده شده است.

بخش دوم کتاب پاسخگوی این سوال است که طراحی مهندسی چگونه انجام می شود؟

هر یک از چند فصل اول این بخش از کتاب به یکی از مراحل فرایند طراحی اختصاص یافته است. ابزارها و تکنیک های متعددی که در کتاب بررسی شده اند، توسط مثال های موردی متعدد، به کار گرفته شده اند. تکمیل موفقیت آمیز پروژه طراحی، محتاج برآورد دامنه فعالیت های پروژه، برنامه زمان بندی و منابع مورد نیاز آن است. از اینرو، در فصلی از کتاب برخی از مهم ترین انالیزهای مدیریت پروژه های طراحی، معرفی شده اند. در ادامه این بخش از کتاب، چند مورد دیگر، که گونه ای به طراحی مربوط می شوند، مورد بحث قرار گرفته اند. از آن جمله است: نحوه ساماندهی و ارایه گزارش نتایج طراحی، ساخت و مونتاژ گزینه انتخاب شده، و همچنین در نظر گرفتن مواردی چون قابل خرید بودن، قابل اعتماد بودن، قابل نگهداری بودن، پایداری زیست محیطی و کیفیت محصول طراحی شده. در

طراحی مهندسی

ادامه، نقش اخلاق در طراحی مهندسی تشریح شده و به دنبال آن یک روش نوآورانه برای ابداع و اختراع، معرفی شده است. در فصل پایانی کتاب، ضمن بحث در مورد نحوه آموزش طراحی مهندسی در ایران و جهان، الگویی برای ارایه درس طراحی و پروژه کارشناسی مهندسی در کشور، ارایه شده است.

کلیه واژه های مهم، که در متن کتاب با قلم سیاه (بالد) نشان داده شده اند، به همراه برابر لاتین آنها، در واژه نامه فارسی به انگلیسی و انگلیسی به فارسی پایان کتاب، آمده است. از دیگر بخش های پایانی کتاب فهرست منابع مورد استفاده در فصول مختلف کتاب است. منابع مربوط به طرح و کاریکاتورهای کتاب نیز که اغلب از وب اخذ شده، به صورت جداگانه، در پایان فهرست منابع هر فصل آمده است. در انتهای کتاب، همچنین فهرست راهنما، که ابزار مناسبی برای دسترسی سریع به محل رجوع، اسامی واژه ها، و مفاهیم متن کتاب است، ارایه شده است.

آگاهی از نظریه استادی که این کتاب را تدریس می کنند، یا دانشجویان و افراد دیگری که آنرا مطالعه می نمایند، در سنجش استی ها و لغزش های احتمالی و بهبود کیفیت آن در چاپ های بعدی، موثر خواهد بود

حسین معاریان

استاد مهندسی مین دانشکده فنی دانشگاه تهران

memar.h@ut.ac.ir

پست ۱۳۹۲