

## معرفی درس و طرح درس مقدمه‌ای بر اجزا محدود

محمد رحمانیان

## توصیف درس:

روش اجزاء محدود یا روش المان محدود که به اختصار (FEM) نامیده می‌شود، روشی است عددی برای حل تقریبی معادلات دیفرانسیل جزئی و نیز حل معادله‌های انتگرالی. اساس کار این روش حذف کامل معادلات دیفرانسیل یا ساده‌سازی آنها به معادلات دیفرانسیل معمولی، که با روش‌های عددی مانند اویلر حل می‌شوند، می‌باشد. در حل معادلات دیفرانسیل جزئی مسئله مهم این است که به معادله ساده‌ای که از نظر عددی پایدار است برسیم (به این معنا که خطا در داده‌های اولیه و در حین حل به حدی نباشد که به نتایج نامفهوم منتهی شود). روش‌هایی با مزایا و معایب مختلف برای این امر وجود دارد، که روش اجزاء محدود یکی از بهترین آنهاست. این روش در حل معادلات دیفرانسیل جزئی روی دامنه‌های پیچیده (مانند وسایل نقلیه، توربین باد، خطوط نیروگاهی و لوله‌های انتقال نفت)، یا هنگامی که دامنه متغیر است، یا وقتی که دقت بالا در همه جای دامنه الزامی نیست و یا اگر نتایج همبستگی و یکنواختی کافی را ندارند، بسیار مفید است. به عنوان مثال در شبیه‌سازی یک تصادف در قسمت جلوی خودرو، نیازی به دقت بالای نتایج در عقب خودرو نیست. همچنین در شبیه‌سازی و پیش‌بینی هوا روی کره زمین، هوای روی خشکی اهمیت بیشتری نسبت به هوای روی دریا دارد. تقسیم ناحیه به نواحی کوچک‌تر دارای مزایای زیادی است از جمله: نمایش دقیق هندسه پیچیده، گنجایش ویژگی‌های متفاوت جسم، درک ویژگی‌های موضعی جسم. در این درس با مفاهیم پایه‌ای و نحوه پیاده‌سازی آن آشنا خواهید شد. پس از پایان درس قطعا قادر به درک پشت زمینه محاسبات به ظاهر پیچیده نرم افزارهای تجاری همچون Ansys، Abaqus، Siemens NX و ... خواهید شد و اگر کمی باهوش باشید در پایان نیمسال، خودتان قادر به توسعه کدهای مهندسی خواهید بود که مسائل مکانیکی مختلف را مورد آنالیز مهندسی قرار دهند.

## محتوای درس:

- فصل اول: مقدمه (مفاهیم پایه‌ای، مروری بر جبر خطی، معرفی روش‌های حل و جایگاه اجزا محدود)
- فصل دوم: مقدمات روش اجزا محدود (کاربردها، شناخت انواع المان، روش مستقیم در المان فنر)
- فصل سوم: اعضای با بارگذاری محوری (المان Bar با دو و سه نود، توابع شکل، ماتریس سختی، Assembling و حل مثال، میله‌های با مقطع متغیر، Stepped Bars)
- فصل چهارم: خرپاها (ماتریس سختی المان در دو بعد، حل مسائل متنوع)
- فصل پنجم: استفاده از نرم افزار (آشنایی با محیط نرم افزار Ansys، مدل‌سازی مسائل Bar و خرپا، آشنایی با MATLAB)
- فصل ششم: تیرها و قاب‌ها (استخراج ماتریس سختی، بارگذاری گسترده و متمرکز، تیرهای لولا شده و یکسرگیردار)
- فصل هفتم: تحلیل حرارتی (رسانش و انتقال حرارت پایا، مسائل یک بعدی و دوبعدی)
- فصل هشتم: استفاده از نرم افزار (پیاده‌سازی تحلیل تیرها و آنالیزهای حرارتی در Ansys)
- فصل نهم: آنالیزهای دینامیکی-ارتعاشی (آنالیز مودال و استخراج مقادیر و بردارهای ویژه، بارگذاری متغیر با زمان)

## بارم بندی:

- ۵- ابتدای شروع بحث در هر جلسه، سعی می شود تا مروری از جلسات گذشته و هدف از جلسه پیش رو مطرح شود.
- ۶- در ساعت مشاوره درسی و رفع اشکال، در دفتر کار حضور خواهیم داشت و دانشجویان می توانند جهت مشاوره مراجعه نمایند.
- ۷- برخی از مطالب مرتبط با درس به صورت گروهی در یکی از شبکه های اجتماعی در اختیار شما قرار خواهد گرفت. ایمیل کاری کلاس هم [rahmanian.ju@gmail.com](mailto:rahmanian.ju@gmail.com)

عنوان	بارم
آزمون میان ترم	۵ نمره
پروژه ۱ همراه با ارائه (Ansys)	۳ نمره
آزمون پایان ترم	۹ نمره
پروژه ۲ همراه با ارائه (MATLAB)	۳ نمره

## قواعد کلاسی:

- ۱- لازم است در همه جلسات حضور مستمر و فعال داشته باشید. سعی خواهد شد که در هر جلسه حضور و غیاب انجام شود. دقت فرمایید که همه غیبت ها در سیستم آموزش ثبت خواهند شد. هیچ کسر نمره ای در صورت غیبت، لحاظ نمی شود و هیچ نمره تشویقی به حاضرین تعلق نمی گیرد.
- ۲- در کلاس درس، پس از بیان مفاهیم پایه ای بیشتر به رهیافت حل مساله و نحوه نگاه به مسائل مختلف پرداخته خواهد شد. در این راستا، مثال های کاربردی و جامع مطرح خواهند شد.
- ۳- به منظور تحویل پروژه، دانشجویان بایستی گزارش پروژه تحویل دهند. در این گزارش، ابتدا صورت مساله بیان شده و سپس تئوری حل و روش تحلیل مساله توصیف می شود. در ادامه نتایج بدست آمده از برنامه نویسی کامپیوتری اضافه خواهند شد. در نهایت گزارش مذکور به همراه کد کامپیوتری ارائه می شود. ضمنا باید حتما، از برگه A4 استفاده شود. پذیرش حل در هر فرمت دیگر، امکان پذیر نیست. به ازای هر روز تاخیر در تحویل ۲۵٪ از نمره کل کسر می شود.
- ۴- با تقلب خیلی شدید برخورد میشه. لطفا این اخطار رو جدی بگیرید. هر دو طرف در تقلب به یک میزان مقصر هستند و نمره تمرین، پروژه و امتحان اونا صفر در نظر گرفته خواهد شد و احتمالا به کمیته انضباطی معرفی می شوند.

- هست. لطفا فقط از این طریق مکاتبه بفرمایید.
- ۸- عکس گرفتن از مطالب نوشته شده بر روی تخته کلاس ممنوع است. در صورت مشاهده نمره منفی در نظر گرفته می شود.
- ۹- در کلاس هرگونه شوخی، شیطنت، بازی با موبایل و ... ممنوع هست. با موارد بی ادبی و بی انضباطی به شدت برخورد خواهد شد. دوستانی که ضوابط اخلاقی کلاس رو رعایت نکنن بایستی درس را حذف کنند. اخلاق از هر چیزی برای یک انسان ارزشمندتر است.
- ۱۰- لطفا قبل از شروع کلاس و حضور استاد درس در محل کلاس حضور داشته باشید. هرگونه تاخیر و ورود بعد از استاد به محل کلاس، باعث از بین رفتن نظم خواهد شد.
- ۱۱- از انتقادات و پیشنهادات سازنده به گرمی استقبال می شود. می توانید چنین مواردی را به صورت حضوری یا ایمیلی مطرح کنید.
- ۱۲- در زمان تدریس در صورت ایجاد مشکل و یا وجود سوال، حتما مطرح بفرمایید. درس به هر میزانی که نیاز باشد تکرار خواهد شد تا محتوای اصلی به شنونده منتقل شود.

مراجع درس:

- 1- Belegundu, Ashok D. Chandrupatla, Tirupathi R. "Introduction to finite elements in engineering", 2012, Pearson
  - 2- Nam-Ho Kim, Bhavani V. Sankar, "Introduction to finite element analysis and design", Wiley, 2008.
  - 3- Daryl L. Logan, A First Course in the Finite Element Method, 5<sup>th</sup> Edition, CL Engineering Cengage Learning, 2012.
  - 4- Mario Paz, Young Hoon Kim, "Structural Dynamics Theory and Computation", 2019, Springer International Publishing.
  - 5- Singiresu S. Rao, The Finite Element Method in Engineering, 5<sup>th</sup> Edition, 2011
  - 6- Saeed Moaveni, Finite element analysis: theory and application with ANSYS, 3<sup>rd</sup> Edition, Prentice Hall, 2008.
  - 7- Carlos A. Felippa, "Introduction to Finite Element Methods", University of Colorado lecture notes, 2014.
  - 8- Niels Saabye Ottosen, Hans Petersson, Introduction to the Finite Element Method, Prentice Hall, 1992.
  - 9- Bathe K.-J. Finite Element Procedures, Prentice Hall, 1996.
- ۱۰- کتاب روشهای عناصر محدود، ترجمه ۵ فصل نخست از کتاب Klaus-Jurgen نوشته Finite element procedures Bathe توسط کریم عابدی، دانشگاه صنعتی سهند، ۱۳۷۷.

## تقویم زمانی طرح درس مقدمه ای بر اجزا محدود

نیمسال اول ۹۹-۹۸

هفته	روز	تاریخ	عناوین تدریس
۱	سه شنبه	۹ مهرماه	فصل اول: مقدمه (مفاهیم پایه ای، مروری بر جبر خطی، معرفی روش های حل و جایگاه اجزا محدود)
۲	سه شنبه	۱۶ مهرماه	فصل اول: مقدمه (مفاهیم پایه ای، مروری بر جبر خطی، معرفی روش های حل و جایگاه اجزا محدود)
۳	سه شنبه	۲۳ مهرماه	فصل دوم: مقدمات روش اجزا محدود (کاربردها، شناخت انواع المان، روش مستقیم در المان فشر)
۴	سه شنبه	۳۰ مهرماه	فصل سوم: اعضای با بارگذاری محوری (المان Bar با دو و سه نود، توابع شکل)
۵	سه شنبه	۱۴ آبان ماه	فصل سوم: اعضای با بارگذاری محوری (ماتریس سختی، Assembling و حل مثال، میله های با مقطع متغیر، Stepped Bars)
۶	سه شنبه	۲۱ آبان ماه	فصل چهارم: خرپاها (ماتریس سختی المان در دو بعد، حل مسائل متنوع)
۷	سه شنبه	۲۸ آبان ماه	فصل پنجم: استفاده از نرم افزار (آشنایی با محیط نرم افزار Ansys، مدلسازی مسائل Bar و خرپا، آشنایی با MATLAB)
۸	سه شنبه	۵ آذرماه	فصل ششم: تیرها و قاب ها (استخراج ماتریس سختی، بارگذاری گسترده و متمرکز، تیرهای لولا شده و یکسرگیردار)
۹	سه شنبه	۱۲ آذرماه	فصل ششم: تیرها و قاب ها (استخراج ماتریس سختی، بارگذاری گسترده و متمرکز، تیرهای لولا شده و یکسرگیردار)
۱۰	سه شنبه	۱۹ آذرماه	فصل هفتم: تحلیل حرارتی (رسانش و انتقال حرارت پایا، مسائل یک بعدی و دوبعدی)
۱۱	سه شنبه	۲۶ آذرماه	فصل هشتم: استفاده از نرم افزار (پیاده سازی تحلیل تیرها و آنالیزهای حرارتی در Ansys)
۱۲	سه شنبه	۳ دی ماه	فصل هشتم: استفاده از نرم افزار (پیاده سازی تحلیل تیرها و آنالیزهای حرارتی در Ansys)
۱۳	سه شنبه	۱۰ دی ماه	فصل نهم: آنالیزهای دینامیکی-ارتعاشی (آنالیز مودال و استخراج مقادیر و بردارهای ویژه)
۱۴	سه شنبه	۱۷ دی ماه	فصل نهم: آنالیزهای دینامیکی-ارتعاشی (بارگذاری متغیر با زمان)

زمان امتحانات این درس عبارتند از:

میان ترم (تا پایان مبحث خرپاها) : چهارشنبه ۲۰ آذرماه

پایان ترم: دوشنبه ۳۰ دی ماه ساعت ۰۸:۰۰