

# دوره آموزشی حلگرهای Multiphysics در نرم افزار LS-DYNA



مهندس حمید رخی  
دکتر احمد رحمتی علائی



نرم افزار LS-DYNA که توسط شرکت LSTC برای بیش از ۴۰ سال توسعه یافته است، یک کد المان محدود بسیار پیشرفته غیر خطی می باشد که برای شبیه سازی مسایل پیچیده واقعی استفاده می شود. این کد که ابتدا توسط دکتر John Hollquist در سال ۱۹۷۶ در مرکز تحقیقات لیورمور کالیفرنیا توسعه داده شد، امروزه توسط بسیاری از شرکتهای معتبر بخصوص شرکتهای بزرگ خودروسازی، صنایع هوافضا و . . . مورد استفاده قرار می گیرد.

در این دوره آموزشی، قابلیتهای ویژه نرم افزار (حلگرهای Multiphysics) معرفی می شوند. با وجود آن که نرم افزار LS-DYNA، به عنوان کدی برای پیش بینی پدیده هایی چون ضربه و انفجار شناخته شده است، از ویرایش RY.۰.۰ به بعد، با توجه به نیاز صنایع مصرف کننده این کد، حلگرهای ویژه ای به آن اضافه شد که توانایی حل مسائل مربوط به حوزه مکانیک سیالات (جریان غیر قابل تراکم و تراکم پذیر)، شیمی و الکترومغناطیس را به این نرم افزار می دهد.

این توانایی آن قدر چشمگیر هست که به جرات می توان گفت توانایی حل مسائل دینامیک سیالات و شیمی به همراه کوپل سیال و سازه در نرم افزار LS-DYNA، با توانایی نرم افزارهای متداول در این زمینه مانند ANSYS CFX و ANSYS/Fluent نه تنها برابری می کند که حتی در برخی حوزه ها هم پیشی می گیرد. در این دوره آموزشی، تمامی مثالهای ارائه شده از ابتدا تا انتها در نرم افزار مدلسازی خواهند شد. سیلابس این دوره آموزشی به صورت زیر خواهد بود:

#### ۱- معرفی حلگرهای Multiphysics

- ۱-۱ معرفی حلگر ICFD برای شبیه سازی جریان غیر قابل تراکم ( $M < 0.3$ )
- ۲-۱ معرفی حلگر CESE برای شبیه سازی جریان قابل تراکم ( $M > 0.3$ )
- ۳-۱ معرفی حلگر CHEMISTRY برای شبیه سازی واکنش های شیمیایی

#### ۲- شبیه سازی جریان غیر قابل تراکم با حلگر ICFD

- ۱-۲ شبیه سازی رفتار جریان حول یک سیلندر دو بعدی
- ۲-۲ شبیه سازی فرو ریختن ستون مایع (Dam Breaking)
- ۳-۲ شبیه سازی پدیده تلاطم (Sloshing)
- ۴-۲ بررسی پدیده برخورد اجسام به آب (Slamming)
- ۵-۲ بررسی رفتار یک صفحه الاستیک ناشی از عبور جریان غیر قابل تراکم (کوپل سازه و سیال در جریان غیر قابل تراکم)
- ۶-۲ شبیه سازی مساله Turek & Hron's FSI Benchmark problem (کوپل سازه و سیال در جریان غیر قابل تراکم)
- ۷-۲ بررسی رفتار آیرودینامیکی خارجی خودرو (Ahmed Body Benchmark)



### ۳- شبیه سازی جریان تراکم پذیر با حلگر CESE

۱-۳ شبیه سازی لوله شوک (Sod's 1-D Shock Tube Problem) و مقایسه نتایج عددی با نتایج

تئوری

۲-۳ انعکاس موج ضربه ای مایل از روی یک صفحه صلب

۳-۳ رفتار جریان تراکم پذیر از روی سطح گوه ای و مخروطی

۴-۳ رفتار جریان تراکم پذیر حول یک گوشه محدب (امواج انبساطی پرائنتل- مایر)

۵-۳ شبیه سازی رفتار جریان در یک شپیپوره همگرا- واگرا و مقایسه نتایج عددی با نتایج تئوری

۶-۳ شبیه سازی جریان Transonic حول ایرفویل NACA۰۰۱۲

۷-۳ بررسی رفتار سازه در اثر اندرکنش موج شوک در جریان تراکم پذیر (کوپل سازه و سیال) و

مقایسه نتایج عددی با نتایج تست تجربی [۱]

### ۴- شبیه سازی واکنش های شیمیایی با حلگر CHEMISTRY

۱-۴ شبیه سازی انفجار مخلوط استوکیومتری هیدروژن- اکسیژن و تخمین مقدار فشار و سرعت

موج دتونیشن ایجاد شده [۲]

۲-۴ بررسی ارتعاشات لوله ناشی از انفجار مخلوط مخلوط استوکیومتری هیدروژن- اکسیژن داخل

آن (کوپل سازه و سیال به همراه واکنش های شیمیایی) و مقایسه نتایج عددی با نتایج تست

تجربی [۳]

\* تمامی مثالهای ارائه شده با روابط تئوری و یا نتایج تست تجربی موجود، اعتبار سنجی خواهند شد. با توجه به پیشرفت کلاس و درخواست دانشجویان، مثالهای دیگری نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

---

[1] E. Gripon et al, A contribution to CESE method validation in LS-DYNA, in: 10<sup>th</sup> European LS-DYNA users conference, Wurzburg, ۲۰۱۵.

[۲] M. P. Moyle, R. B. Morrison, S. W. Churchill, Detonation characteristics of hydrogen-oxygen mixtures. *AIChE J* ۱۹۶۰; ۶(1):۹۲-۹۶.

[۳] T. W. Chao, Gaseous detonation-driven fracture of tubes, PhD thesis, Caltech ۲۰۰۴.

