نشریه انجمن علمی مهندسی شیمی
و پلیمر دانشگاه تهران، شماره شانزدهم
مرداد ماه ۱۴۰۰

# نشریه میم

مصاحبه با دکتر مستوفی

مصاحبه با دکتر براتی

معرفی Ansys Fluent

رئومتری لاستیک

نشریه میم، شماره شانزدهم، مرداد ۱۴۰۰
صاحب امتیاز: انجمن علمي مهندسي شيمي و پليمر دانشگاه تهران
مدیر مسئول: علي گلستانی
سردبیر: بردیا ایراجیان
ویراستار علمي: اسماعيل فرماني قشلاق
ویراستاران: سحر نیرومند، درسا جمالی
طراح و صفحه آرا: عباس صادق کوهستانی

# مطالب

مصاحبه:

مصاحبه با دکتر مستوفی

مصاحبه با دکتر براتی

مقالات تخصصی:

توپ های ضد حریق

معرفی دستگاه:

رئومتری لاستیک

معرفی نرم افزار

معرفی Ansys Fluent

معرفی سایت:

معرفی سایت Polymer Database

# سخن سردبیر

- سلام وقتتون بخیر، مطلبتون برای این شماره چه زمانی آماده میشه؟

- سلام، تا کی وقت داریم؟

- حداکثر تا ۲۰ تیرماه مطلب رو برسونید که ما کارهای ویراستاری و صفحه آرایی رو هر چه زودتر انجام بدیم.

- بعید میدونم، درگیر امتحانات هستم، اما حتما سعی خودم رو میکنم تا آخر تیرماه مطالب رو برسونم.

- لطف میکنید، ممنون از شما.

دیالوگی در این چند وقت بین بنده و نویسندگان، شنیده میشد. ماه هایی آمیخته با امتحانات، کاراموزی، کرونا مضاف بر مشکلات و کمبودهایی که در سطح کشور برای دانشجویان و مردم وجود دارد و بار مضاعفی روی شانه آنها انداخته است.

اما به خاطر (به بهتر است بگوییم به عشق نشریه) مطالب این شماره هم گرداوری شد که مرهون دلسوزی و تلاش تمام نویسندگان و ویراستاران نشریه است.

نشریه شماره ۱۶ تلاش بر ارائه مطالب متنوع تری دارد: مصاحبه های متنوع، معرفی سایت و نرم افزار، مقالات تخصصی، معرفی دستگاه و...

به رسم هر شماره از تمامی دست اندر کاران و عزیزانی که به پیشبرد کار کمک کردند، تشکر میکنم. سخنم را کوتاه میکنم و امیدوارم این شماره مطالب مفیدی به شما ارائه کند.

بردیا ایراجیان، مرداد ۱۴۰۰

رضا عباسی

دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

# مصاحبه با دکتر مستوفی

**در ابتدا از شما بابت وقتی که جهت انجام مصاحبه با نشریه انجمن علمی اختصاص دادید ، تشکر می‌کنیم.**

در ابتدا خود را معرفی کنید و در رابطه با زمینه تدریس خود بصورت مختصر توضیح دهید .

من نوید مستوفی هستم؛ دانشجوی ورودی سال ۱۳۶۳ دانشکده فنی دانشگاه تهران با رتبه ۸۶ کنکور سراسری. در آن‌زمان، رشته‌ی مهندسی شیمی چهار گرایش داشت .در همان‌سال‌ها نیز ، مانند زمان حاضر ، بیشتر افرادی که رتبه‌های بالاتری در کنکور سراسری کسب می‌کردند، رشته‌های مهندسی برق و ... را انتخاب می‌کردند. اما من با توجه به علاقه خود، رشته مهندسی شیمی را انتخاب کردم. در سال ۱۳۶۸، وارد مقطع کارشناسی ارشد در دانشکده فنی دانشگاه تهران شدم و تا سال ۱۳۷۱ مشغول به تحصیل در این مقطع بودم. در سال ۱۳۷۳برای ادامه تحصیل در مقطع دکترا، به کانادا رفتم و برای مدتی کوتاه نیز برای دوره پست دکترا در همان‌جا مشغول به تحصیل بودم. با توجه به این‌که از سهمیه‌های بورسیه دانشگاه تهران بودم، از سال ۱۳۷۹ در دانشگاه تهران مشغول به کار شدم .

دکتر مستوفی

اولین درسی که در دانشگاه تدریس کردم، درس کاربرد ریاضیات در مهندسی شیمی بود. پیش از این، خانم دکتر فاطمی این‌درس را تدریس می‌کردند که در شروع کار من، ایشان برای فرصت مطالعاتی به کانادا رفته بودند و پس از آن، درس کاربرد ریاضیات را در دانشکده تدریس می‌کنم .

درس مکانیک سیالات را نیز بعد از چند ترم ، شروع به تدریس کردم. بعد از این‌که آقای دکتر جزایری این درس را در دانشکده تدریس نکردند ، این‌درس استاد خاص خود را نداشت و در ترم‌های مختلف، اساتید مختلفی آن را تدریس می‌کردند . در حال حاضر، دروسی که در مقاطع مختلف در دانشگاه تدریس می‌کنم، حول موضوعات کاربرد ریاضیات در مهندسی شیمی و مکانیک سیالات می‌باشد.

**در رابطه با حوزه‌ی کاری خود و میزان توجه به آن در ایران توضیح دهید .**

حوزه کاری من به طور تخصصی در حوزه بسترهای سیال

مهدی ملکی

دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

می‌باشد که در دوره‌ی دکترا نیز روی همین موضوع و جریان‌های چند فازی کار می‌کردم. از زمانی که به ایران بازگشتم، قسمت عمده تحقیقات و کارهای پژوهشی من، حول این موضوع است. با توجه به زمینه‌ای که داشتم، به حوزه مدل‌سازی و شبیه‌سازی نیز ورود کردم و سعی بر این داشتم که موضوعات تحقیقاتی و پژوهشی من، در رابطه با این دو مورد باشد والبته کارهایی پراکنده‌ای نیز حول موضوعات دیگر داشتم .

بحث شبیه سازی در سه دهه اخیر پیشرفت‌های زیادی داشته‌است .در گذشته عموما تصور خوبی نسبت به افرادی که در این حوزه مشغول بودند، نبود .با توجه به پیشرفت‌های اخیر، شبیه‌سازی بسیار جدی‌تر دنبال می‌شود و در بسیاری از موارد، استفاده‌های مهم خود را دارد. در بحث طراحی نیز، پیش از شروع کار حتماً شبیه‌سازی را انجام می‌دهند که امروزه به واقعیت کار بسیار نزدیک شده است .

در ایران نیز، توجه خاصی به بحث شبیه‌سازی در دانشگاه‌ها وجود دارد که یکی از دلایل آن، کم هزینه بودن این کار برای انجام پروژه‌ها در مقاطع کارشناسی ارشد و دکترا است. البته باید به این موضوع توجه داشت که برای انجام شبیه‌سازی‌های پیشرفته‌تر، نیازمند سیستم‌های قوی‌تری هستیم. با این حال، می‌توانیم با سیستم‌هایی که در اختیار داریم، کارهای خود را پیش ببریم .

در ایران تجربه خوبی در این‌زمینه داریم . اما متاسفانه مثل بسیاری از کارها، به کاربرد عملی نزدیک نشده است. پروژه‌هایی که تعریف می‌شود ، در مقیاس صنعتی اعمال نشده‌اند و می‌توان گفت هنوز جای پیشرفت در این زمینه داریم. این‌موضوع صرفاً محدود به حوزه شبیه‌سازی نمی‌باشد و ارتباط صنعت و دانشگاه به خوبی برقرارنشده‌است .

به طور کلی در ایران، به این‌حوزه با توجه به این‌که به‌نظر ساده‌تر می‌آید ، بیشتر توجه می‌شود. اما در حقیقت به آن‌صورت که تصور می‌شود ساده نیست. ولی می‌توانند بسیاری از کارها را با هزینه کمتر و امکانات کمتر، پیش ببرند .

## مرکز طراحی و شبیه سازی فرآیند یکی از مراکز مهم دانشکده محسوب می‌شود. در رابطه با نحوه شکل گیری این مرکز توضیح دهید.

همان‌طور که می‌دانید، مرسوم است که یکی از آزمایشگاه‌ها در اختیار اساتید قرار می دهند تا کارهای پژوهشی خود را در آن آزمایشگاه پیش ببرند. من به همراه آقای دکتر ستوده، که ایشان یک سال قبل از من وارد دانشگاه تهران شدند و از زمان تحصیل در کانادا ، در پروژه های مختلف با یک‌دیگر همکاری داشتیم و این همکاری را ادامه دادیم، مرکز فرآیند را به عنوان یک آزمایشگاه تاسیس کردیم تا دانشجویان در آن‌جا کارهای خود را پیش ببرند و جزو اولین‌ها بودیم که آزمایشگاهی را برای دانشجویان تاسیس کردیم تا در آن‌جا کارهای تحقیقاتی و آزمایشگاهی خود را پیش ببرند . بعدها، آقای دکتر ضرغامی، ریاست فعلی دانشکده مهندسی شیمی، به این مرکز ملحق شدند و دانشجویان ما در این آزمایشگاه مشغول به کار شدند.

کار خود را با شبیه‌سازی و مدل‌سازی شروع کردیم و بعدها آزمایشگاه سیستم‌های چندفازی را تاسیس کردیم که بخش تجربی محسوب می‌شود. در کل بنظر من، موفق بوده است و پروژه های خوبی در آن‌جا انجام شده است و در بخش مقالات نیز خروجی خوبی داشتیم

## با توجه به اینکه شما تحصیلات دکترا خود را در کانادا گذرانده اید ، چه تفاوت هایی میان نگاه دیگر کشورها و ایران به مهندسی شیمی ، با توجه به پیشرفت های اخیر وجود دارد؟

مهندسی شیمی یک بین رشته‌ای محسوب می‌شود و این قابلیت را دارد که وارد حوزه‌های جدید مثل نانو و محیط زیست شود .مهندسی شیمی کلاسیک، در سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ تکمیل شد و در دهه‌های بعدی، به حد بالای توسعه خود رسید و بعد از آن، وارد مباحث دیگر و بین رشته‌ای‌ها شد .

استادی داشتیم که در دانشگاه تهران، انتقال حرارت را تدریس می‌کردند. ایشان می‌گفتند:«در همه جا گفته می شود که "همه کاره، هیچ کاره است"؛ اما من به شما می گویم که مهندس شیمی،

همه‌کاره‌ای است که همه کاره است و جمله قبل در این‌مورد صدق نمی‌کند. مهندسی شیمی می‌تواند در رشته‌های اطراف خود وارد شود و موفق عمل کند.»

**در رابطه با گرایش طراحی فرآیند و این‌که این گرایش شامل چه زمینه‌هایی می‌شود، توضیح دهید.**

هدف از تشکیل رشته مهندسی شیمی، تربیت مهندس مکانیکی است که با واکنش‌های شیمیایی، جهت طراحی دستگاه‌های مرتبط با مهندسی شیمی آشنا باشد که این مورد، در دهه ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ اشباع شده است؛ البته همچنان واکنش‌های جدیدی را داریم. با این وجود، طراحی فرآیند به عنوان شاخه اصلی مهندسی شیمی درنظر گرفته‌می‌شود و پیشرفت‌های خوبی هم در این زمینه داشتیم هدف اصلی مهندسی شیمی، طراحی فرآیند است و بسیاری از گرایش‌ها در مهندسی شیمی، زیرشاخه‌ای از فرآیند هستند .به طور مثال، کاتالیست زیرشاخه‌ای از طراحی فرآیند می‌باشد .

در رابطه با نرم افزارها ، نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مختلفی وجود دارد. بیشتر استفاده‌ها از HYSYS می‌باشد که در موارد بسیاری کاربرد دارد و جامع‌تر از باقی نرم‌افزارها می‌باشد اما برای برخی کارهای خاص، نیازمند این هستید که مدل‌سازی‌ها را ابتدا خود انجام دهید که جهت این‌کار ، باید به سراغ MATLAB و دیگر زبان های برنامه نویسی از قبیل PYTHON یا C بروید .

نرم‌افزارهایی نیز در حوزه CFD هم وجود دارد که در بخش‌های مختلف به کار می‌رود .

**در رابطه با ارتباط با صنعت دانشجویان و این‌که چگونه می‌توان دانشگاه را به سمت ارتباط با صنعت پیش برد ،چه زمینه هایی وجود دارد ؟**

از راه‌های افزایش ارتباط بین صنعت و دانشگاه، می‌توان به افزایش بازدیدها از صنایع مختلف، جدی‌تر شدن کارآموزی‌ها و انجام پروژه ها توسط دانشجویان اشاره کرد. مساله اصلی ارتباط دانشگاه با صنعت البته جدی‌تر از این موارد است. در واقع صنعت به گونه‌ای به دانشگاه نیاز ندارد و می‌توان گفت که طرفین دید خوبی نسبت به یک‌دیگر ندارند. اگر این ارتباط برقرار شود، مشکلات بسیاری حل می‌شود و پیشرفت‌های زیادی صورت خواهدگرفت ولی در حال حاضر بیشتر کار، بر عهده دانشجو است. اصل مطلب این است که باید این ارتباط، به خوبی صورت‌گیرد و متاسفانه فاصله‌ای بین این دو وجود دارد و هرگز تلاشی برای از بین بردن این فاصله نشده است . کار راحت این بوده است که این فاصله با به کاربردن نیروهای خارجی، از بین برود .

**در رابطه با ارتباط دانشجویان در مقاطع مختلف توضیح دهید که آیا امکان این ارتباط وجود دارد؟**

هرچه این ارتباط بین مقاطع مختلف افزایش بیابد، پیشرفت‌هایی را در آینده خواهیم‌دید؛ البته ممکن است برخی موارد برای دانشجوی مقطع کارشناسی سخت و نامفهوم باشد و دانشجویان مقاطع بالاتر نیز درگیر پروژه‌های خود باشند و در این میان مشکلاتی به‌وجودآید. اماهمین یادگیری اندک نیز قطعاً مفید خواهد بود. به هر حال، نباید فراموش کرد که ما در دانشگاه هستیم و قسمتی از آموزش می‌تواند از طرف استاد و قسمتی توسط دانشجویان مقاطع بالاتر و حتی از دانشجویان هم مقطع خود صورت گیرد. انجام برخی پروژه‌ها می‌تواند در این ارتباط تاثیرگذار باشد و هدف تعریف پروژه‌ها در درس‌های مختلف نیز همین است .

## به عنوان سخن آخر اگر توصیه ای به دانشجویان دارید، بفرمایید.

من احساس می‌کنم که روز به روز انگیزه دانشجویان کمتر می‌شود و ۲۰ سال قبل دانشجویان کارشناسی انگیزه و فعالیت‌های بیشتری داشتند. دانشگاه در این‌جا مقصر نیست و این بی‌انگیزه بودن به گونه‌ای بین دانشجویان، رواج یافته است .

توصیه من به این دانشجویان این است که انگیزه خود را از دست ندهند و هدف خود را فراموش نکنند و یادگیری را سرلوحه کارخود قراردهند و تاثیر این یادگیری را در آینده خواهنددید و این‌تجربه‌ها و دانش کسب شده، در جایی برای شما مفید واقع خواهد شد. نگاهی که دانشجوی مقطع کارشناسی نسبت به رشته به‌دست آورد، از نظر شخصیت حرفه‌ای در آینده مهم خواهدبود و این دوره را باید بسیار جدی گرفت .

# مصاحبه با دکتر دانیال براتی (د ب)

## «دانشجوی فارغ التحصیل کارشناسی مهندسی شیمی دانشگاه تهران و دانشجوی پست دکتری مهندسی بافت حال حاضر دانشگاه استنفورد»

مصاحبه کنندگان:

۱. میلاد پناهی پرچین سفلی (م پ) «دانشجوی ارشد رشته‌ی مهندسی شیمی گرایش زیست پزشکی دانشگاه تهران»

۲. احسان موسوی (ا م) «دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی دانشگاه تهران»

۳. محمد آزاد (م آ) «دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی دانشگاه تهران»

تایپ:

۱. احسان موسوی

۲. مریم ساریخانی

✓ (م آ): سلام مجدد وقتتون بخیر بهتره بگم شبتون بخیر در همین ابتدا ممنون میشم خودتون رو معرفی کنید برای ما

(د ب): من دانیال براتی هستم متولد ۲۰ شهریور ۱۳۶۵. بچه پایین شهر تهران هم هستم و ورودی ۸۴ دانشکده فنی. ۸۸ هم که فارغالتحصیل شدم، ۸۹ هم که برای تحصیلات تکمیلی اومدم آمریکا، کارولینای جنوبی بودم برای دوران ارشد و دکتری، و برای فوق دکتری، سال ۲۰۱۷، از اینجا به بعدش میشه ۲۰۱۷ چون دیگه یادم نمیاد نود و چند میشه! دیگه اومدم استنفورد و ۳ سال هم گذشت احتمالا یک سال دیگه هستم و بعدش هم، مرحله بعدی!

✓ (م آ): همون اول گفتید ورودی ۸۴ دانشگاه تهران، مطمئناً هم خیلی خاطرات خوبی هم از دانشگاه دارید، ممنون میشم از قبول شدنتون توی دانشگاه تهران برامون بگین. چی شد که مهندسی شیمی رو انتخاب کردید؟ چرا دانشگاه تهران رو برای تحصیل انتخاب کردید؟

(د ب): اینکه چرا دانشگاه تهران رو انتخاب کردم خیلی سوال خوبی هستش. برای بچه هایی که باهام صحبت میکنن همیشه میگم. اون موقعی که کنکور دادم خیلی از مهندسی شیمی شناختی نداشتم. مثل بچه های دیگه دنبال رشته های معروف تر مثل برق و مکانیک بودم. خوب من یاد گرفته بودم که مشورت کنم ببینم انتخاب درست چیه و خوب یه شانسی که من اون موقع آوردم این بودش که یکی از داییام خودش استاد دانشگاه بود و اون گفتش که دانشگاهی که میری مهمه و بلکه هم در آینده مهم تر از رشته ایه که انتخاب میکنی باشه. بعد مهندسی شیمی رو معرفی کرد، مهندسی شیمی رو من رفتم یه مقدار راجبش فقط در حد کلی که اصلا موضوع مهندسی شیمی چیه یه ذره خوندم و دیدم که در راستای علاقه من هستش. که اگه قرار باشه مکانیک تو علاقهی من باشه (بخاطر فضای بین بچه ها و ...)، که اون موقع هیچ چیزی هم در مورد مکانیک نمیدوستم، دیدم که با اینکه تفاوت دارن ولی ارتباطشون خیلی شبیه هست و بخاطر همین با یه سری اطلاعات کلی رفتم. دانشگاه تهران هم، چون دوست داشتم دانشگاه بزرگ رو امتحان کنم، خوب شریف و تهران و امیرکبیر بود و یادم میاد اون موقعی که انتخاب میکردیم، [اینجوری بود که] شریف و تهران و امیرکبیر، مهندسی برق و مهندسی مکانیک و مهندسی شیمی رو زدیم و مهندسی شیمی تهران دراومد. که اولشم یادمه که خیلی استرس داشتم چون شریف و امیرکبیر از لحاظ محیط کوچکتر و متمرکز ترن و دانشگاه تهران هم خیلی استرسزا بود چون خبر ازش زیاد میومد بیرون و ما هم این خبر را میشنیدیم و هر سری هم از انقلاب رد می شدم میدیدم و همیشه یه حالت نمیخوام بگم فوبیا ولی خوب یه مقدار ترس داشتم از جو دانشگاه برای اینکه خوب خیلی چیزا میشنیدیم ازش. یادمه روز اولی که وارد دانشگاه شدم، قشنگ افسرده شدم. گفتم که از دبیرستان که پر از پسر بود رفتیم جایی که جو یهو آدمای مختلف با هم حرف میزدنو [با اینکه]

من آدم اجتماعی بودم ولی اونجا قشنگ هنگ کرده بودم و روز اول وقتی برگشتم قشنگ افسرده بودم ولی خوب یادمه که روز اول، من یه دوستی اونجا پیدا کردم، هیچکی هم نمیشناختم، با هم دیگه یه ذره صمیمی شدیم و بعد به اون مراسم معرفی که توی سالن چمران میگرفتن و معرفی میکردن و آهنگ میذاشتن رفتیم و اونجا یکم روحیه گرفتم و برگشتم خونه و نشستم فکر کردم و گفتم خدایا من چجوری گلیم خودمو چهار سال اینجا از آب بکشم! بعد یادمه کلاسا شروع شد و هفته دوم اردو میبردن که اردوی آشنایی بود که اولین نقطه عطف من بود تو دانشگاه تهران. اونجا یهو من فهمیدم نه من بلدم که ارتباط برقرار بکنم با مردم و اونجا کلی دوست پیدا کردم و با خیلیا آشنا شدم، اون دوره تو آبعلی بود. بعد که از آبعلی برگشتیم من یه خورده راحتتر شدم و وارد جو دانشگاه شدم ولی خوب اون دوره هم دوباره شلوغی انتخابات ۸۴، بودش و منم هر دو دوره ۸۴، ۸۸ رو دانشگاه بودم دیگه. اون موقع وارد دانشگاه شدیم دیدیم همش تظاهراته تو دانشگاه. گفتیم همون چیزی که از دانشگاه تهران شنیده بودم شروع شد دیگه. خوردیم به تظاهرات و آقای رئیس جمهور آمد و سریع اولین کاری که کرد رئیس دانشگاه تهران را عوض کرد و شلوغ شد و ما هم نمیدانستیم اصلا چه خبر است و فقط میرفتیم و نگاه میکردیم و خلاصه این شکلی دانشگاه تهران برای ما شروع شد و خیلی پرماجرا شروع شد. بعدش کم کم عادت کردیم و واقعا هم همون اولش متوجه شدم که انتخاب خوبی کردم و راضیم. از همون اول راضی بودم و هنوز هم هستم.

(م آ): اینکه گفتین که به پیشنهاد داییتون که استاد دانشگاه بوده [مهندسی شیمی رو انتخاب کردید]، جالبه خیلی از دوستام و ورودی های خودمون بیشتر یا به بخاطر تغییر رشته میان تو مهندسی شیمی یا مثل خودم به هوای مکانیک اومدم و در وسط راه عاشق رشته شدم

(د ب): دقیقا همینه متاسفانه، تو دبیرستان اصلاً هیچ شناختی، حداقل دوره ما اینجور بود که هیچ شناختی از رشتههای دانشگاهی نداشتیم و چیزایی که میدیدیم دور و برمون، [مثلاً] داییم مکانیک شریف بود و برق هم بالاخره زیاد میشنیدیم دیگه. عمران هم بود که خوب علاقه ای نداشتم و بعد واقعیتش اینه که نمیشناختم تا اینکه داییم وقتی اومد توضیح داد یه مقدار فقط فهمیدم که موضوع کلی مهندسی شیمی چیه ولی خوب دانشگاه تهران رو با اینکه خودش شریفی بود میگفت بیشتر به درد تو خواهد خورد و واقعا هم همین شد. جو خوبی داشت، بالاخره همچنان دانشگاه قویی هستش، آدمای گنده توش زیادن و یه پکیج مناسب تری بود برا من. هرچند که شریف معمولا مخصوصا اینور میای معروفتره، یعنی اول شریف بعد تهران و ... ولی خوب در کل انتخاب خوبی بود.

✓ (م آ): یکم در مورد تجربیات خودتون تو دوران کارشناسی برامون بگین. زیاد دیده میشه که بعد از کنکور بچه ها معمولا بخاطر خستگی بعد کنکور، درس خوندنو رها می کنن. شما غیر از درس خوندن فعالیت های علمی پژوهشی مثل کارهای آزمایشگاهی یا مسابقات علمی مثل کمیکار انجام دادید؟

(د ب): ببین سال اول که نه. سال اول درس هم حتی کم میخوندیم. من حالا خداروشکر یه مقدار بلد بودم درس بخوانم و با اینکه کم میخواندم، به مشکل بزرگی نخوردم ولی خوب معمولاً ترم یک و دو خوب نبود دیگه، واقعاً خیلی سهل انگاری میکردیم. خب از ترم سه و چهار که با تجربهتر شدم توانستم جبران کنم ولی همیشه اون ترم یک و دو تاثیرشو گذاشته بود.

فعالیت پژوهشی راستش برای من خیلی محدود بود. کمیکار رو با گروهی که کار میکردیم خیلی درگیر بودم و در همین حد بود تا اینکه سال چهارم من چون پروژه کارشناسیم رو میخواستم خوب کار کنم و یک مقدار زودتر رفتم و با استاد ابوالقاسمی که خیلی سختگیر بود، ولی چون به کنترل فرایند علاقه پیدا کرده بودم رفتم سراغش که یه ذره زودتر یه پروژه انجام بدم، از طرفه یکی از بچه های ارشد یه پروژه ای تعریف کردیمو تقریبا یک ترم زودتر از موقعی که باید پروژه کارشناسی رو انجام بدیم شروع کردیم. بعدشم که دیگه تموم شد، پس خیلی کار نکردمو و بچه هایی بودن که تو کارشناسی خیلی بیشتر از من کار کردن روی کارهای تحقیقاتی و من یه مقدار هم بازیگوشی زیاد میکردم.

✓ (م آ: ولی با این بازیگوشی باز هم توانستید برخلاف خیلی از افراد که برای دکتر اپلای میکنید، برای ارشد اپلای کنید، حالا چطور شد که توانستید اپلای کنید؟

(د ب): من برای ارشد اپلای نکردم، من برای دکتری اپلای کردم و یه ارشد تو دوران دکتری گرفتم. چون یه سری کشورها دکتری مستقیم (direct PhD) رو قبول نمیکردن یعنی اون سلسله مراتب را میخواستند که کارشناسی داشته باشه بعد ارشد و بعد دکتری، خوب اون موقع هم نمیدانستم قراره آمریکا بمونم یا جای دیگه برم بخاطر همین تصمیم گرفتم که یه مدرک ارشد هم دفاع کنم ولی خوب من پذیرشام برای دکتری مستقیم بود یعنی کارشناسی های اون دوره، همه بچههای دوره ما ایجوری بود که دکتری مستقیم میگرفتن. آمریکا خیلی اینو (Direct PhD) دوست دارن چون برای کسایی که میخوان دکتری بخونن یه [ارشد رو] وقت تلف کردن میدونن و من خودم قبول ندارم. ولی سریعتر میرن سراغ تحقیقات و میگن کسی که لیسانس داره آمادست بره تحقق کنه. حالا فوق لیسانس فقط برا کسی که مطمئن نیست میخواد بره حالا یه دو سال یه تحقق کوچیکی بکنه بعد ببینه اگه دوست داشت ادامه بده، اگه نه بره سر کار ولی کسایی که مطمئنن میگن برن دکتری مستقیم بگیرن. اون البته ما مطمون نبودیما! یه دانشجو کارشناسی جدید از دانشگاه تهران که مثلا یه سری درس ها رو پاس کردیم و رفتیم، ولی خوب میدونستم که من درس خودن رو دوست دارم و احتمالا مسیریه که پشیمون نخواهم شد و اینجوری هم شد ولی لون موقع من آماده دکتری نبودم و یه ریسک بزرگی کردم ولی خوب به مرور تونستم که خودمو برسونم. راجع به رزومه هم اون موقع چون لیسانس داشتیم، خیلی توقعی از رزومه برا ما نداشتن، یه معدل بود و نمره تافل و GRE و حوزه تحقیقاتی مورد علاقه ات که در اصل واقعا تو اون زمینه باشه و ما هم یکی دوتا درس اختیاری با دکتر عموعابدینی برداشتیم که تا حدی وارد باغ مهندسی زیست (Bioengineering) بشیم که خوب یه مقدار کوچیکی شدیم ولی خیلی چیزا رو همینجا یاد گرفتیم. مثلا یکی مثل من، اساسا همینجا آموزش دید!

(م آ: اگر مایل هستید، در مورد نمره زبانتون (TOEFL, IELTS) و اگر GRE هم دادین، با جزئیات بیشتری برامون بگید.

(د ب): آره GRE رو آمریکا برای تحصیلات تکمیلی، چه آمریکایی ها یا خارجی ها باید بدن. چون سطح زبان GRE خیلی بالا هستش و خود آمری‌کایی ها هم نمره های متوسط به پایین میگیرن. بخاطر همین یادمه زبانشو خیلی خوب نزدم البته یه رایتینگی داشت که نمره میانگین رو گرفتم. تازه اون موقع هم از ۸۰۰ بود و الان هم فرق کرده. اون موقع وربال (verbal) بود، کوانت (quantitative) بود و رایتینگ (writing). رایتینگ از ٦ بود و وربال و کوانت از ۸۰۰. که یادمه که من برا زبانش چون درگیر ترم ٤ هم بودم؟ آهان تموم شده بود و فارغ التحصیل شده بودم و تازه داشتم GRE میرفتم. ولی خوب خیلی زود بود یعنی یادم امتحان GRE خیلی زود بود. و تا اومدیم به خودمون بیایم باید امتحان رو میدادیم بخاطر همین یه مقدار من زبانشو نخوندم و خیلی چیزایی که بلد بودمو زدم و بقیشم شانسی زدم چون نمره منفی نداشت و خوب یه نمره پایین گرفتم. نوشتاریش، ۳ ۳/۵ بود که میانگین بود و اون کوانت رو نمره کامل گرفتم و همون نمره کامل گرفتن کوانت که باعث شد همین رو برای من در نظر بگیرند چون بالاخره اون شایستگی ای که اونا میخواستن رو ما نشون دادیم از لحاظ علمی. بعد نمره تافل خوب دانشگاهها یه مینیمومی دارن که خوب قاعدتا باید یه مقدار بالاتر از مینیمم باشی، معمولا مینیموم رو ۸۰ ۹۰ میخواستن دانشگاه ها و یادمه بار اول دادم، خیلی پایین شدم. شدم ۷۰ و خورده ای که خیلی استرس گرفتم و چون اون موقع سربازی هم داشتیمو و منم از یه طرف کنکور ارشد رو داده بودم و ثبت نام نکرده بودم و ممنوع الکنکور بودم چون اگه قبول بشی دانشگاه دولتی و ثبت نام نکنی ممنوع میشی و منم به دلیل اینکه میخوام برم خارج از ایران ولش کردم و برای کانادا آمریکا درس بخونم. بعد هیچی دیگه، تافل رو دادم و شدم ٧٦ و گفتم بدبخت شدم، اونموقع نزدیک مهلت ارسال مدارک به دانشگاه ها بود، از همون ژانویه شروع میشد تا مارچ و اینا. که من سریع ثبت نام کردم و بعد نشستم یه

ماه کنکوری تافل خوندم که بار دوم نمرم ۱۰۳ شد که دیگه خوب یه سری داشنگاها که مهلتشون زودتر بود رو differ کرده بودم که بعدا فرستادمو اینم از نمره تافل و GRE و رزومه هم که تا حدی گفتم. رزومم هیچی نداشت. الان مثلا نگاه میکنم نمره چهار تا درس رو زده بودیم و حوزه علاقه تحقیقات بود و معدل بود. خیلی رزومه ساده ای بود منتها یه سری آزمایشگاه ها بچه هایی میخوان که بیشتر مستعد باشن و اهل کار باشن و بیان و آموزش بدن بهشون و کار کنن که خوب دکتری هم ۵ ٦ سال هست دیگه.

(م آ): در ادامه این مطالب، چی شد که دانشگاه کارولینا جنوبی رو انتخاب کردید؟ قاعدتا استاد راهنمای داخل ایران هم تو این پروسه اپلای خیلی مهم هستش، ایشون رو چگونه انتخاب کردید؟

(د ب): خوب دکتر ابوالقاسمی رو من خیلی ریسک کردم اون موقع خودشم همیشه بهم میگفت! منتها ریسکی بود که جواب داد. اون موقع خوب جوون بود و چون استاد سختگیری بود و همه یجورایی منفی بودن نسبت بهش چون خیلی خشک سر کلاس برخورد میکرد و ولی من چون از شخصیتش تا یه حدودی خوشم اومده بود و درسی که درس میداد و من رفتم گفتم من میخوام با شما چیز کنم. گفت «مطمئنی! نیای بعدا پشیمون شی!» هی با شوخی همش میگفت و که وقتی که دید من یه مقدار مصرم، واقعا کمکم کرد و یه سری آزمایشگاه هارو در اختیارم گذاشت و اون موقع یادمه سال آخر باید کارآموزی میرفتیم، یه شانسی که آوردم بیرون نرفتم و تو همون دانشگاه گذروندم و تو آزمایشگاه عملیات واحد کارامو کردم و خیلی باهم صمیمی شدیم و خیلی هم باهاش مشورت کردم، چون من کنکور رو داده بودم و اون موقع یه تصمیم خیلی بزرگ بود برام که اینجا فوق ام رو بگیرم بعد برای دکتریی اقدام کنم و برم یا اینکه اگه الان شرایطش پیش اومد برم؟ تصمیم سختی بود! یادمه که خیلی بهم روحیه داد  از این نظر که بهم گفت « تو چه بمونی یا بری موفق هستی ولی خوب اگه میخوای بری زودتر برو!» با اینکه اینو بهم گفته بود، خیلیا بهم میگفتن نرو! از جمله خانوادم که فقط دو نفر من رو ساپورت کردن که یکیش دکتر ابوالقاسمی بود و اویکیش هم دایی بود. که خوب من اینکارو کردمو حالا یه داستانایی هم داشت، یعنی نمیخام بگم لزوما بهترین تصمیم بود ولی خوب بازم پشیمون نیستم و الان که برمیگردمو نگاه میکنم ولی خوب تصمیم سختی بود از این نظر که ما به عنوان پسر محدودیت زیاد داشتیم، مثلا سربازی بود و کنکور نمیتونستم بدم و واقعا ریسک کردم روی اون دوره ای از زندگیم و خوب از یه طرف از یه خانواده پولدار هم نبودم که بگم اگه به من اسکالرشیپ ندن پولو بهم بدم بگن  برو درس بخون و بعضی از بچه ها اون کارو کردن و من جزو اونا نبودم و بخاطر همین بقول چیز قمار کردی ولی خوب قمارتم گرفت. من یادمه که برگه سربازیمون رو فرستادیم. برای اینکه ٦ ماه قبل از اینکه فارغ التحصیل بشی باید خودتو معرفی بکنی که من معرفی هم کردم خودمو [درحالی که] هیچ ادمیشنی نیومده بودبرام. میگتم رفیم سربازی و فوق هم نگرفتیم و ایشالا بعد از سربازی. که بعدش حالا دو سه تا ادمیشن اومد و یکیش رو انتخاب کردیم. حلا پرسیدی چرا کارولینا جنوبی، خوب ببین باز هم اونم مثل همون دوره ای که ما داشتیم تو ایران دانشگاه و رشته انتخاب میکردیم، آمریکا رو نمیشناختیم که. اصلا نمیدونستیم شرق و غرب آمریکا چه فرقی داره، جنوب و شمالش چه فرقی داره، کجا سرده و کجا گرمه! یه نیویورک و لس آنجلس رو میشناختیم. منتها اون موقع من سه تا پیشنهاد داشتم و اینجا حقوق دکتری اش از بقیه بیشتر بود! اولین دلیلش این بود ولی خوب دانشگاه ها تو یه سطح بودن و خیلی منو به چالش نکشوند بین دانشگاه هایی که گرفته بودم. دانشگاه های بهترو نگرفته بودم، بعد هم دانشگاه های تو سطح بعدی بود، اینا مثلا توی ۲۵ تای برتر بودن. ۱۰ تای اول رو که اصلا انتخاب نکرده بودم ۱۰ تا ۲۰ نگرفتم، ۲۰ تا ۳۰ دوسه تایی گرفتم. اینم توش دکتر جباری بود یه مقدار هم راجع بهش خوندم و بعد یه دلیل دیگش این بود که اون موقع یادمه دکتر جباری بهم زنگ زد، خوب خودش امیرکبیری بود اصالتا ودانشگاه تهرانی ها رو خیلی دوست داشت و می گفتش که من میدونم که میتونی خودتو برسونی و خود این هم روحیه ای بود که اونجا رو انتخاب کنم.

(م آ): پس با دکتر جباری اینجا در این مقطع آشنا شدید؟

(د ب): همون موقعی که ادمیشن رو گرفتم بهم ایمیل زد که گفت هنوز مایل هستی؟ گفتم بله و بعش تماس گرفت. یعنی همون موقع آشنا شدم و از قبل نمیشناختم و یه شانسی که آوردم، یکی دیگه از بچه ها که داشنگاه تهران، سال قبلی یعنی ۸۲ای بود که با دکتر جباری بود و چون تجربه ی مثبتی با اون داشت، دوست داشت که یه دانشگاه تهرانی دیگه ای بگیره.

(م آ): میتونید از فعالیت های علمی و شخصیت دکتر اسماعیل جباری که یک استاد تمام ایرانی در دانشگاه خارجی هستند بگین برامون؟

(د ب): ببین مهمترین ویژگی دکتر جباری، سخت کوشی هستش. همین الانش با اینکه سنش از من بیشتره، من مطمئنم که بیشتر از من داره کار میکنه. من یادمه که از دانشگاه تهران میریم مثلا همش یه درسی پاس کردیم و خیلی چالش برانگیز نبود داستان ولی خب ترم اول که باید امتحانهارو خیلی خوب پاس میکردیم برای دکتری که وارد آزمایشگاه نشدیم اصلاً. از ترم دوم که وارد آزمایشگاه شدیم، دیدم دکتر جباری همش خودش داره کار میکنه، تایپ میکنه بعد یکی دو بار شبا، شب که میگم مثلا ۷ ۸ شب، رفتیم دانشگاه که شروع کنیم یه جیزی رو چک کنیم بعد دیدیم که اینم اتاقش روشنه داره کار میکنه. بعد به هم‌آزمایشگاهیم گفتم که چطوریه داستان، دکتر جباری آخر هفته ها میاد و ... ، خلاصه خیلی کار میکنه که من یادمه تو اولین کنفرانسی که رفتم علی خادم حسینی رو که دیدم گفت 'جباری انظارش خیلی بالاست، خیلی باید سخت کار کنی.' که واقعا فهمیدم که شیوه کاری دکتر جباری، از جایی که اومده، جایی که دکتری اش رو گرفته، استاد راهنماش دکتر Nicholas (Nikolaos) A. Peppas که جزو بزرگای این حوزه هستش و ... شکل گرفته. آزمایشگاه اش اینجوری بودن، تو آزمایشگاه خادم حسینی تو MIT تخت داشتن، چون وقت نمیکردن برن خونه و این اتفاق بعدا سر ما هم اومد، بعضی موقعا شبا، حالا ما تخت نداشتیم، مجبور بودیم رو صندلی ها یه چرتی بزنیم. و این چیزی بود که دکتر جباری به یاد داد و خیلی هم سختی کشید تا به ما یاد داد چون تنبل بودیم از این نظر و ما خیلی تکیه میکردیم، کلا ما بچه های ایرانی حتی بچه های شریفی که الان ایجا باهاشون درس می خونیم، خیلی تکیه میکنیم به ذهنمون و اینکه میتونیم یکاری بکنیم و به هوشمون خیلی چیز میکنیم، نمیگم باهوش هستیم ولی ما این اعتماد به نفس رو داریم و در هر صورت کار فیزیکی و زمان گذاشتن خیلی مهم بود و ما بلد نبودیم و دکتر جباری بهمون یاد داد، بنابر این سخت کوش بودن و بلند پرواز بودن و فوق العاده جدی.

(م آ): گرایشات زیادی برای مهندسی شیمی وجود داره، چی شد که گرایش مهندسی بافت رو انتخاب کردید؟

(د ب): داستان اینجوری شروع شد که من موقعی که شروع کردم به اپلای کردن، مهندسی زیست رو تاحدی ولی مهندسی بافت رو خیلی کم میشناختم ولی بحث این بود که من اینو کم کم شنیده بودم که وقتی شما به آینده نگاه میکنی، میبینی بسری حوزه ها هستن که همیشه بهشون نیاز داریم ولی خوب کمرنگ میشن بخاطر نیاز هایی که دنیا داره، مثلا نفت و گاز از قدیم بودن و رشته های قدیمی هستن و بخاطر نیازی که بوده بوجود اومدن دیگه و الان این نیازه داره از بین میره، هنوز هست ولی داره کم میشه و تکنولوژی به یه حدی میرسه که سرعت رشدشم کند میشه. از اون طرف مهندسی زیست یه چیزیه که نو عه نو هستش و هنوز هم نو عه هنوز هم یه رشته ای که اومده دست رو یه موضوعی گذاشته که خوب هزار تا مشکل توش هست و حالا مهندس ها اومدن میخوان کمک کنن به پزشک ها که مشکلی رو حل کنن. و این نو بودنش و این جای کار داشتنش، از یه طرف کارتو سخت میکنه، چون خیلی مواقع هست که اصلا نمیدونی باید چکار کنی، وقتی یه چیزی قبلا انجام شده باشه و کلی توش اطلاعات باشه تو راحتتر کار میکنی ولی چیزی که ناشناخته باشه سختتره ولی خوب از یه طرف، فضای کار برات بیشتره و کسی که وارد همچین موضوعاتی میشه کارش سخته ولی از اونطرف هم خیلی آدمه منحصر به فردتری میشه تو آینده چون تعداد کسایی که روی این کوضوعات تجربه دارن، خیلی محدود هست. و اینکه من همش میگم، مستقیم به سلامت انسان وصل هستش و بنابراین یه موضوعی هستش که همیشه داغه. موضوع پزشکی با اینکه این همه توش پیشرفت شده، هنوز شاید بنظر من ۵ درصد راه رو هم نرفته و کلی مشکل توش هستش ولی همیشه داغ بوده چون نیاز حیاتی هستش برای اینکه آدم همیشه سالم باشه و مهندسی زیست هم داره میره به اون سمت، بنابر این همیشه داغ خواهد بود.

(م آ): آقای دکتر بعنوان فردی که در آمریکا چندین سال هستش که زندگی میکنید، از محل زندگیتون برامون بگید. از هزینه های زندگی اونجا یا فرهنگ مردم و اصلا چقدر طول کشید خودتون رو سازگار کنید و با توجه به روابط سیاسی ایران و آمریکا، برخورد مردم اونجا با یه فرد ایرانی چجور بود؟

(د ب): ببین اولا سوالت خیلی کلی هستش. وقتی میگی آمریکا، آمریکا از شرق تا غربش مثل این میمونه که از چین بیای ایران! هرچه قدر فرق و گرادیان فرهنگی تو اون ببینی، تو آمریکا هم میبینی! آمریکا خوب از کل قاره اروپا هم بزرگتره. کارولینای جنوبی جنوب شرق آمریکا بود، من الان تو کالیفرنیا غرب آمریکام، سه ساعت اختلاف زمانی فقط داره! یعنی الان که اینجا ساعت ۹:۳۰ شب هستش، اونجا ۱۲:۳۰ شبه. همین باعث میشه که آدما از اینور تا اونورش کلی باهم فرق کنن. بنابرین وقتی که میخوایم بگیم مردم مردم آمریکا چجورین، عین این میمونه که مردم چین چجورین، مردم ایران چجورین! ببین در کل چیزی که هستش مردم آمریکا کلا هر جاش که باشی، کلا با مردم آکادمیک خوب برخورد میکنن.حالا تو این سمت تو غرب آمریکا اصلا تو level اول هستش. تو شرق آمریکا، حالا میدونی که آمریکایی ها دموکرات و جمهوری خواه هستن. تو شرق که ما بودیم، همه جمهوری خواه بودن و ما این استرس رو داشتیم چون همش زد ایران بودن و اینا. مذهبی هم که هستن ولی خوب با ماها خوب بودن از این نظر که خوششون میومد و تقدیر میکردن اینکه یه بچه ای پا شده بدون خانواده با یه بدبختی، حالا من نمیخوام اسمشو بذارم بدبختی ولی اونا فکر میکنن که با یه مشکلی میاد اینجا و تنهایی باید زندگی کنه و گلیم خودشو از آب بکشه بیرون، غذا درست کنه و درس میخونه و تنها زندگی میکنه و زبان هم داره یاد میگیره و هیچکی هم نداره اینجا و این براشون با ارزش بود و همینم باعث میشه که از اینکه من از کجا اومدم چشم پوشی بکنن. میدیدی که تک و توک تو خیابون مثلا نگاه بکنن و حالا یه حرکتی بکنن ولی در حالت کلی اینجوری نبود. وقتی هم که اومدم غرب آمریکا که اصلا برعکس شد، خصوصا این منطقه که ایرانیا رو دوست دارن چون خیلی از آدمای موفق ایرانی اینجا معروفن و ایرانیا خوشنام هستن. از جمله خدابیامرز دکتر میرزاخانی، خوب کسی هستش که همه میشناسن و استنفورد بودن و خوب همچین آدمایی کم هم نیستنا حالا چون دکتر میرزاخانی چون جایزه برد رفت تو رسانه ها ولی خوب خیلیا هستن امثال اونا که همه بچه های شریف و تهرانن اومدن و بزرگ شدن و اینجا اوضاع خیلی فرق داره و اصلا احساس غریبی نمیکنی چون ایرانی هم خیلی زیاده خوب منم که تو محیط آکادمیکم که همه بچه های شریف و تهرانن و کلا جو هم خودمونی هستش. اینور اصلا اون داستانه نیست ولی شرق آمریکا مخصوصا جنوب شرق بالاخره یه مشکلاتی هست ولی خوب به عنوان دانشجو معمولا تو ممکنه با استاد راهنمات به مشکل بخوری ولی با مردم نمیخوری.

(م آ): هزینه های زندگی چطور آقای دکتر؟

(د ب): هزینه های زندگی از اونجایی که زندگی میکردم تا اینجا بیای عین این میمونه که تو مثلا از شوش بری قیطریه! مثلا میگم هزینه اجاره یه خونه یه خوابه تو کارولینای جنوبی که من زندگی میکردم ۸۰۰ دلار بود، اینجا مثلا ۳۵۰۰ دلار هستش. ولی خوب اینجا درآمدا هم بالاتره. حالا تو آمریکا هم میدونی که همه چی مثل بنزین، از این خیابون میری اون خیابون قیمتش متفاوته، از یه شهر هم بری شهر دیگه هم همینطوره، از یه ایالت به ایالت دیگه هم بری همینطور، حالا از شرق به غرب بری دیگه ببین چی میشه. مثلا میگم قیمت بنزین اگه اونجا گالنی ۱/۸ دلاره، اینجا ۳/۵ دلاره، پس اصلا نمیتونی بگی آمریکا هزینه زندگی چطوریه، کاملا بستگی به این داره که کجای آمریکا زندگی میکنی. شما بری نیویورک، باید سرمایه دار باشی اونجا زندگی کنی، البته اینجا هم همینه، حالا دانشگاهی باشی که هیچی ولی اکثرا اینجا همه اهل بیزنس و استارتآپ های بزرگی هستن و میگم خیلی از بچهای شریف و تهران هستن که تو همین شرکت های گوگل و اپل و فیسبوک و توویتر ولی خوب همه این کمپانی ها همینجان و کلی هم ایرانی توشون هستن. و خوب بخاطر اینکه درآمداشون بالا هستش، هزینه زندگی هم خیلی براشون مهم نیست. مثلا درآمد کارولینای جنوبی ایه خیلی کمتر از اینجاست ولی خوب برای دانشجو معمولا اینجوری‌ه که دانشگاه هزینه رو بر مبنای این میدن که تو یه مقدار بالاتر از گذراندن زندگی پول داشته باشی. گذراندن زندگی یعنی اینکه تو بخوری، اجاره خونتو بدی بیمه هم تا یه حدی بدی و یه مقدار بیشتر هم میدن که بتونی ماشین بخری و معمولاً اینجوره که همه بچهها یه ماشین دارن. یعنی زندگی دانشجویی خوب و پایدار. حالا هر ایالتی بری بر مبنای هزینه های اون ایالت، حقوقتونو تعیین میکنن.

(م آ): میتونید از فعالیت های روزانتون برامون بگین؟ حالا با توجه به بحث کرونا، مطمئنن فعالیت هاتون فرق کرده، اینکه مطالعات و پژوهشهاتونو توی این دوران کردونا پیش میبرید؟

(د ب): ببین دوتا سوال بود. اینکه تو دوران کرونا چجوری هستش، ما سه ماه که اینجا تو قرنطینه کامل بودیم و تو خونه نشستیم، یعنی من فقط شبا همین موقعا که الان تاریکه میرفتم قدم میزدم و کل روز تو خونه بودم و تمام جلسهها توی زوم (Zoom) بود و ما چون کارامون آزمایشی بود، کلی کار بود که مجبور شدیم متوقف کنیم ولی کلی کار ها انجام شده بود که باید آنالیز میشد و مقاله ها باید نوشته میشد که برای ما سبب خیر شد و من تو اون دو ماه اصلا نفهمیدم چجوری گذشت و رو همین صندلی نشسته بودم و همش داشتم تایپ میکردم. و واقعا تمام کارهای عقب مونده رو تو دو ماه اول انجام دادم و تازه تو ماه سوم فهمیدم که سه ماهه تو خونه نشستم و دارم بدبخت میشم! خوب اینجا هم آب و هوا خیلی خوبه و محوطه دانشگاه استنفورد خودش خیلی قشنگه و هر روز ما میرفتیم و میومدیم و کلی رو رحیمون تاثیر میذاشت و بعد یه مشکلی که خودمون میدونستیم که هستش و اونم تنهاییه. حالا شما همیشه میای بیرون و بالاخره حالا نمیخوام ناله کنم ولی اینکه خانوده نیست و همیشه این حس دلتنگی هست و با اینکه عادت میکنی ولی نمیره، ولی تو کرونا بیشتر این حالت رو پیدا میکنی چون دیگه دوستات هم نمیبینی و بالاخره نشستی تو خونه ولی خوب من کار میکردم و خیلی اهل آشپزیم و یه مقدار آشپزی کردنم تو خونه بیشتر شد و نون بربری میپختم! میگم غیر کارهای دانشگاهی، نقاشی میکردم، سنتور برا خودم خریدم دیگه، کلی با دوستای قدیمی ویدیو چت کردم و خلاصه از اینجور کارا زیاد کردم.

اینکه کلا قبل از کرونا هم چیکار میکردم، ببین خوب خودم و امثال خودم وقتی میای، تنها میای و کلی دوستایی که پیدا کرده بودی و روابطی که ساخته بودی و شهر و خانوادتو میذاری و میای اینجا و از نو باید همه چی رو درست کنی. با تمام سختی هایی که داره، یه حسن هایی داره که ناب هستن و واقعا جدا از درس و دکتری و فوق دکتری و ... اونا یه تجربه های زندگی هایی هستن که تا آخر عمر برای آدم میمونن. اینکه تو سن جوونی وارد یه چالش بزرگی میشی و از یه طرف انگیزه داری که خودتو تو زمینه کاریت بکشی بالا و وقتی جوونی این انرژی رو داری و یه فرصت هایی برات پیش میاد که یه چیزایی رو تجربه بکنی که اگه پیش مامان و بابا نشستی، اونا رو تجربه نمیکنی. یه سری چیزای جزئی که من داشتم میومدم اصلا بهشون فکر نمیکردم. مثلا میگم، فهمیدم که کسی نیست برام غذا درست کنه و خودم باید درست کنم. مریض بشم کسی نیست بیاد بهم قرص بده. قبض آب و برقتو خودت باید بدی. اینا جدای تحقیقی هستش که میکنی. اون فشاریه که از طرف دانشگاه روت هست و بالاخره یه توقعی از تو دارن و همیشه این سایه سنگین هست که اگه درست کار نکنی اخراج میشی. تو یاد میگیری چجوری این استرس رو مدیریت کنی، ولی خیلی از بچها هستم که نمیتونن مدیریت کنن این استرسو و برمیگردن یا کلا ترک میکنن. اینا یه سری چیزای با ارزشه که من واقعا همیشه بخاطرش خدا رو شکر میکنم.

یکی از چیزاش اینه که شما یه سری زمان هایی داری که حالت عادی نداری، یسری زمان های تنهایی با خودت داری که ممکنه اگه ایران باشی همیشه سرت شلوغ باشه. و این خصوصا برای آدمایی مثل من که همیشه با آدما مختلف در ارتباط بودن، چالش جدیدی بود و باعث شد یه سری چیزایی رو تجربه بکنم که میگم ممکن بود برای من هیچوقت اتفاق نیفته. مثل درگیر کتاب خوندن شدن. من خودم خیلی آدم کتاب خونی غیر از کتاب های درسی نبودم و اینجا باعث شد که من یاد بگیرم بخونم و واقعا یکی از سرگرمی هام شد. یا اینکه برم سراغ آشپزی. من همیشه برام سوال بود این برنج به این سختی چجوری وقتی دم میکشه نرم میشه و هیچ ایده ای نداشتم. ولی خوب الان میتونم بگم که از دانشگاه بیام بیرون، شاید برم سراغ آشپزی و رستوران.

مثلا فکر کردن به مسائلی که مدت ها بود بخاطر اینکه وقت نداشتم، راجع بهشون فکر نکرده بودم. راجع به زندگی و فلسفه زندگی که من تا الان چیکار کردم. همین که این وقت رو داشته باشم خیلی برام بارزشه و مسیرم رو تو زندگی مشخص کرد، اینکه چی میخوام یا چجوری از زندگی تو این زمان محدود استفاده کنم. منو برد به سمتی که یه مقدار درستتر به زندگی خودم نگاه کنم. نمیگم که آدم فلسفی هستم ولی حداقل یه مقدار فکر کردم و همین که به فکر وادار شدم خودش برام خیلی بارزشه.

(م آ): چطور شد که برای مقطع فوق دکتری، تونستید از دانشگاه استنفورد پذیرش بگیرید؟ شرایط و رزومهی لازم برای قبولی تو دانشگاهی مثل دانشگاه استنفورد چی هستش؟

(د ب): ببین از بعد دکتری، رقابت خیلی زیاد میشه. تعداد دانشگاهها تو آمریکا زیاده و بچههایی که تو مقطع دکتری با اینکه هنوز جز ۳ ٤ درصد، شاید زیر ۲ درصد جامعه باشن، ولی هنوز تعداشون زیاده. بچهایی که تو دوره دکتری فارغ التصیل میشن و یه مقدار از اینا جذب صنعت میشن و یه تعدادی هم میرن سراغ مسائل آکادمیک، و تعداد موقعیت های فوق دکتری نسبت به کسایی که میخوان قبول بشن، برای دانشگاه های خوب خیلی کم هستش و رقابت فوق العاده زیاده و حالا داستان چی میشه این دیگه برمیگرده به دید شما و اون هدفی که داری. من راستش از اولش دوست داشتم فوق دکتری رو تو یه دانشگاه خوب تجربه کنم. ولی خوب ۱۰ تای برتر برام اوکی بود. یادمه که نزدیکای فارغ التحصیلی ام شدش، با دکتر جباری یه صحبت کردم گفت اگر میخوای فوق دکتری بخونی، عملا زمانی از زندگیتو که میتونی توش پول خوبی بدست بیاری، داری اونو قربانی میکنی و با یه پول کمتر، بنابریان باید ارزش داشته باشه مخصوصا برای ما که از بیرون اومدیم و کلی هزینه دادیم از لحاظ زمانی، خانوادگی و ... بنابراین تا اونجایی که میتونی باید کیفیت بالا رو بدست بیاری.

خوب ما تو دکتری تو یه دانشگاه متوسط به بالا درس خوندیم و من میخواستم این تجربه (تو دانشگاه خوب درس خوندن) رو داشته باشم. دکتر جباری گفت استنفورد، برکلی، هاروارد و ام آی تی، تو اینا برو. اگه نگرفتی من نمیتونم حمایت کنم بری یه دانشگاه معمولی. و خود این یه تلنگری شد برای من. خوب سخت کوشی دکتر جباری، فشار زیادی رو رو ما آورد ولی در نهایت وقتی که فارغ اتحصیل شدم، نسبت به خودمون، منو این دوستم که دانشگاه تهرانی بود و امدیم بیرون، خوب با اختلاف زیادی از لحاظ رزومه ای نسبت به یه دانشجو دکتری جلوتر بودم. و همین باعث شد که ٦ سال سختی که ما تو دوره دکتری کشیدیم، اینجا نتیجه داد.

اولین کاری که میکنی، رزومت رو میفرستی دانشگاه و استادای مختلف شروع میکنن به نگاه کردن و مثلا میگم، استاد راهنمای من شاید هفته ای ۲۰ تا اپلیکیشن میگره برای برای فوق دکتری. خوب همه هم نسبتاً خوبن دیگه، کسی رزومه بد نمیفرسته که. بنابراین باید یه سری چیزایی باشه که تو رو متمایز کنه. اینکه یه مقاله خوب تو ژورنال خوب داشته باشی. اینکه مثلا با علی خادم حسینی که آدم معروفی است کار کرده باشی. حالا من اینارو میگم کردم نمیگم کار خیلی مهمی کردم ولی خوب مهم بود اینا. حالا من باز یه مقدار دیر به فکر افتادم ولی باز بالاخره خودمو رسوندم. ولی بچه هایی که دوست دارن همیچین مسیری رو برن باید همون سال دوم و سوم باید هدفشون اون باشه و از اون موقع طرف باید برنامه ریزی کرده باشه که من فلان مقاله ها رو میخوام چاپ کنم. چاپ کردن مقاله تو ژورنال های خوب تو مسائل آکادمیک خیلی مهمه چون، ما آکادمیک هارو با این ارزیابی میکنن. یعنی اولین چیزی که میبینن، میرن گوگل اسکالر میزنن ببین تو چندتا مقاله داری چندتا سایتشن داری و ... بنابراین این خیلی مهم بود. غیر از این زمینه کاریت هم خیلی مهمه اینکه خوب تو یه تنوع مهارت داشته باشی که بتونی تو زمینه های مختلف کار کنی. این توقع از خودت هم خیلی مهمه دیگه، یعنی باید سرمایه زمانی بذاری مثلا من بخاطر همین استنفورد ۸ ماه دیرتر رفتم و میتونستم زودتر برم جورجیا تک (Georgia tech). تا اینکه جا باز شد و با من تماس گرفت گفتش که هنوز تمایل داری؟ گفتم که هنوز هستم و یادمه همون موقع داشتم مصاحبه میکردم برای یکی دو تا دانشگاه دیگه، ولی خوب استنفورد رو نمیشد اون موقع ردش کرد. در هرصورت یکی دوتا دانشگاه نسبتا خوب دیگه ای هم داشتم ورمداشتم، مثلا دانشگاه سن دیگو (San Diego)، میگم جورجیا تک رو مدنظر داشتم. و این گزینه رو داشتم که چون با دکتر خادم حسینی کار کرده بودم برم ام آی تی; که من با دلایلی از بوستون خیلی خوشم نمیاومد و بیشتر دوست داشتم که بیام غرب آمریکا که خوب استنفورد رو انتخاب کردم. و خوب واقعا یه شانس بزرگ بود، حالا اگه به حرفام گوش داده باشی من همش میگم خدا رو شکر این اتفاقه افتاد و این موقعیته پیش اومد و همه اینا کلی جوانب منفی هم داشتن و کلی بدبختی هم بوده ولی در نهایت وقتی برمیگردی عقب نگاه میکنی میبینی همشون مثبت بودن و واقعا روند زنگی اتفاق های خوب بوده و البته من یه مقدار فلسفه زنگیم و دیگاهم یه مقدار خوش بینانه هستش و همه بهم میگن ولی من اعتقاد دارم که همه اتفاق هایی که دور و بر ما داره میفته، اون چیزایی هم که فکر میکنیم منفی هستش، مثبته در آینده. هر چیزی که الان داره اتفاق میفته، بعدا میبینی که چقدر تاثیراتش مثبت بوده که اصلا تلخی اون اتفاق بد رو از یادمون میبره. مثلا اون ۸ ماهی که من صبر کردم که فرصت استنفورد برام اومد، واقعا استرس داشتم. من هنوز از لحاظ اقامتی معلوم نبود کارم چیه، حقوق درست و حسابی هم که نداشتم. نمیدونستم اصلا چیکار کنم. یعنی خیلی لنگ در هوا بودم و معلق بودم. ولی خوب جواب داد دیگه. میتونستم یه دانشگاه معمولی تر برم ولی مستقیم اومدم اینجا و خدارو شکر اتفاق های خوب دیگه هم افتاد.

(م پ): از آزمایشگاههای دانشگاهها به خصوص دانشگاه استنفورد برای ما بگویید. از دستگاههای پیشرفتهای که در ایران نیست و شما از آنها استفاده کردهاید. از محیط آزمایشگاه ها، آیا همانند ایران استفاده از دستگاهها برای دانشجویان سخت است و نیاز به هماهنگی های پیچیده و نامهنگاری های اداری دارد؟

(د ب): بذار از آخر شروع بکنم. راستش هیچ نامه نگاری وجود نداره. یه پروسه ای داره که شما باید آموز ببینی. آموزش که دیدی، یه پلتفرم داری میتونی بری رزرو کنی و از دستگاه استفاده کنی. دانشگاهی مثل استنفورد، دانشگاه خاصی هستش از این نظر که پول زیاد داره، دستگاه های زیاد داره و به تعداد هم داره. بخاطر همین همیشه دستگاه در دسترس هست و حتی همین داشنگاه استنفورد و امثال این دانشگاه رو نمیتونی با دانشگاه های متوسط مثل دانشگاه کارولینای جنوبی که من بودم مقایسه کنی. اونجا هم امکانات خوب بود نسبتا ولی نسبت به اینجا خیلی فرق داره. ولی خوب فرقش با ایران راستش من خیلی با آزمایشگاه تو دنشگاه ایران کار نکردم ولی چیزی که متوجه شدم تو همکاری های این مدت این بود که مثلا میگم دستگاه SCM که خوب خیلی از بچه ها استفاده میکنن چه مهندسی موادی ها و چه ما مهندسی بافتی ها. حتی تو کارولینای جنوبی خوب چندتا دستگاه بود ما هر سری که میخواستیم، رزرو میکردیم و میرفتیم کار میکردیم، ولی من میدونم بچه ها تو ایران، میگن ما میرفتیم دانشگاه شریف و دانشگاه اصفهان، چندماه چند هفته طول میکشید تا جوابامون بیاد و تازه خودتم پاش نیستی و یکی دیگه داره کار میکنه. خوب این محدودیت ها باعث میشه که شما کیفیت داده ای که میگیری پایین بیاد و مخصوصا برای SCM شما وقتی که تو اون اسکیل داری دنبال یه چیزی میگردی، بعضی موقعا خودتم نمیدونی که داری دنبال چی میگردی و میری ببینی چی هست یا چی نیست. حالا یکی دیگه جای تو بشینه که قاعدتا نمیتونه اون کیفیت مطلوبی که تو میخوای رو پیدا کنه. ولی خوب در حالت کلی اینا هم بستگی داره به پول و مقدار بودجه دانشگاه و خوب داشگاهی مثل استنفورد چون بودجه اشون بالا هستش، امکاناتشون هم بیشتره و بیشتر بحث میزان کاریه که تو میکنی و چه استفاده ای میخوای از اون دستگاه ها بکنی وگرنه خیلی محدودیت نداری.

(م پ): اساتید دانشگاه ها در آمریکا به خصوص در دانشگاه استنفورد تا چه اندازه به ایدههای علمی دانشجویان اهمیت میدهند؟ از برنامه ها و جشنواره های علمی که برای دانشجویان مهندسی شیمی وجود دارد برای ما بگویید و لطفاً توضیح دهید که هر ساله در چه زمانی از سال برگزار میشوند.

(د ب): آره آره. ببین البته بالاخره یه چارچوب مناسب و مشخصی داره و تو مقطع دکتری تو چارچوب ایده استاد راهنمات میتونی بری جلو و تو فوق دکتری یه مقدار هنوز چون تو آزمایشگاه اون کار میکنی، توچارچوب اونی ولی دستت یکم بازتر هستش. تو دکتری هم همینه و یه محدودیت هایی داری ولی خوب اون برمیگرده به شخصیت و افکار استاد راهنمات. اینکه چقدر براش مهم باشه که در راستای فکر اون بری جلو و چقدر آزادی عمل بهت میده. تو معمولا برا فکر کردن محدودیت نداری ولی قانعت میکنن که اون فکری که الان داری حداقل برای الان به درد نمیخوره ولی خوب توی دانشگاه استنفورد یه مقدار دستت باز تره. یکی از دلایل هم اینه که دانشجو ها اصولا دانشجو های قوی تری هستن و بهتر میتونن استفاده کنن، نمیخوام بکم که لزوما بهتر میتونن فکر کنن ولی یاد میگیرن چجوری فکر کنن بخاطر اینکه تو دانشگاه خوبی تربیت شدن و فرقشون با ما که از ایران اومدیم همینه. تو تحقیقات بلدن فکر کنن.

اون جشنواره و کنفرانس هم که خیلی هستش و حتی بچه های کارشناسی هم میان و بالاخره ارائه میدن که زیاد هم هستن و معمولا دانشگاه هم تو طول دکتری، دو بار خود دانشگاه حمایت میکنه، خود استاد راهنمات هم یکی دو بار حمایتت میکنه، یعنی تو چندین بار میتونی بری و دیده بشی.

این مسابقه ها هم هستش، فقط کمیکار رو من ندیدم ولی چیزای مختلف هستش که میان و بودجه میدن و مثلا یه دوره، یادمه ما، البته پول کمی بودش، حدود ۵۰۰۰ دلار بود ولی خوب یه پروژه ای بود ما تعریف کرده بودیم و رفتیم ارائه دادیم بالاخره به ما ۵۰۰۰ دلار دادن اون پروژه رو انجام دادیم. ولی خوب زیادن، مخصوصا تو استنفورد که خیلی زیاده و دلیلشم اینه که پول زیاد دارن.

(م پ): رابطه ی دانشجویان و اساتید در محیط دانشگاه چطور است؟ اساتید در دانشگاههایی که شما در آن تحصیل کردهاید چه انتظاراتی از دانشجویان دارند؟

(د ب): باز اینم خیلی مربوط به استاد راهنما یا استاد داره. اگه سر کلاس منظورته، که فوقالعاده دوستانه هستش و جو کلاسا تو آمریکا خیلی دوستانه هستش و بخاطر همین استرستون معمولا سر کلاس کمه. خیلی با استاد میری جلو و خیلی کنارتونن و بالا به پایین نگاه نمیکنن. حتی نحوه لباس پوشیدشون خیلی متفاوته و بعضیا خیلی دیگه معمولی میان سر کلاس.

و خوب یکی از فرقایی که نمیشه مقیسه کرد با ایران اینه که تو آمریکا، غیر آمریکایی خیلی زیاد هستش و من تو دوره دکتری، استادای آلمانی داشتم، ایرانی داشتم، ایتالیایی داشتم، کره ای داشتم، چینی داشتم دوتا هم آمریکایی و ال سالوادوری هم داشتم. میخوام بگم انقدر فرهنگ های مختلف که باهم فرق دارن و به همین دلیل رفتار اشون و فلسفه درس دادنشون باهم فرق داره. مثلا آلمانیها مدیریت خوبی دارن، کره ایه خیلی خشن تر بود و ... می خوام بگم با هم دیگه فرق دارن ولی کاملا میشد دید که اونایی که از منطقه ما اومدن، چجورین، اونایی که از شرق آسیا اومدن چجورین یا اونایی که از کشوری مثل آلمان یا ایتالیا اومده چطور ولی خود آمریکاییا معمولا اعتقادشون اینه که فوق العاده صمیمی هستن و دانشجو ها اکثرا به اسم کوچیک استاد رو صدا میکنن، ما همش میگفتیم دکتر فلانی، دکتر فلانی، بقیه میگفتن جان (John) و ... و مثلا من تا بحال به دکتر جباری غیر از دکتر جباری نگفتم، چون اصلا روم نمیشد و دانشجوهای کارشناسی بهش میگفتن اسماعیل! میخوام بگم که چقدر این تاثیر فرهنگی وجود داره ولی از لحاظ پژوهش، اون دیگه خیلی فرق میکنه.خیلی جدی میشن وخیلی دانشجوها اذیت میشن و دوره دکتری، معمولا دوره سختی هست تو آمریکا، واقعا بهت سخت میگیرن تو آمریکا.

(م پ): اونجا رابطه شرکت های دانش بنیان، مخصوصا در مهندسی بافت که موضوع جدیدی هست، آیا این امکان وجود داره که دستاوردهاتون رو بتونید تجاری سازی بکنید؟ تا جایی که من میدونم تو کشور های اروپایی و آمریکایی برخلاف ایران که میشه با رانت هایی هر چی آزمایشگاه داری ببری تجاری سازی بکنی ولی اونجا خیلی معمولا طول میکشه و پروسه ۲۰ ساله داره، میخواستم ببینم این روند در اونجا چجوریه؟

(د ب): خوب استنفورد که اصلا تو این زمینه معروف هستش. اصلا دست تو دست صنعت هستش و یکی از دلایلی که انقدر پولدار هستش، همینه. دلیلش هم اینه که منطقه ای که توش هستش، پر شرکت های بزرگه و استنفورد چون دانشگاه معروفی هستش، این کمپانی ها دوست دارن دانشجو های استنفورد برن اونجا، استنفورد هم میتونه پول اونا رو بیاره اینجا. خلاصه خیلی ارتباط بین شرکت ها و دانشگاه قوی هستش و خیلی از شرکت های بزرگ اینجا، همه همین فارغ التحصیل های استنفورد بودن که رفتن و این استارتآپ ها رو زدن. واقعا یه منطقه خیلی خوبی هستش برای کسی که میخواد رو استارتآپ کار کنه و شاید بهترین جای دنیا باشه.

حالا در مورد مهندسی بافت هم، خوب باز این منطقه بخاطر تعداد شرکت های بزرگی که تو داروسازی کار میکنن، خیلی رو مهندسی بافت سرمایه گذاری میکنن و خیلی پول میارن. قاعدتا به اندازه علوم کامپیوتر، هنوز موقعیت شغلی نیست، مثلا گوگل و فیس بوک و ... هستن که کلی جا دارن و کلی پول دارن و کلی نون شون تو روغنه ولی خوب ما هنوز ابتدای کاریم ولی خوب شرکت های زیاد هستن و علاقه به اینکه سرمایه گذاری کنن روی پروژه ها هستش ولی سختی که تو مهندسی بافت هستش، اینه که تو چیزی که تولید میکنی چون قراره بره تو بدن انسان، مجوز گرفتن از FDA و پروسه های مجوز گرفتن فوق العاده سخته و اینکه تو سرمایه گذار جذب بکنی دیگه. باید بالاخره بتونی اون سرمایه گذار رو قانع کنی که توی پروژه ی تو یه پول زیادی رو سرمایه گزاری کنه و بعد چند سال هم بهت فرصت میدن که ببینن کار میکنه یا نه.

(م پ): فکر کنم آقای دکتر مجوزهاش خیلی راحت نباشه چون با جون انسان سر و کار داره. چون تو ایران اینجور مجوز ها رو خیلی راحت میدن ولی فکر نکنم اونجا مجوز ها رو راحت بدن

(د ب): تو فیلد ما از مشکلات اصلی همینه. یعنی تو رو حیوانات کلی کار میکنی ولی به انسان که میرسه، مجوز گرفتنش خیلی سخته. میگم مجوز گرفتن از FDA گرفتن کابوسی هستش برای خودش.

(م پ): لطفاً دربارهی کارآموزی های تابستانی در دانشگاه کارولینای جنوبی و دانشگاه استنفورد برای ما بگویید. معمولا در کشورهای اروپایی و آمریکا هر ساله فرصتی برای دانشجویان سایر کشورها برای گذراندن دورهی کارآموزی در آزمایشگاه های این دانشگاه ها ایجاد میشود.

(د ب): آره، هر ساله میان. قاعدتا از ایران نمیان چون حالا هم پروسه ویزا هستش و کلی مشکلات دیگه ولی خوب از اروپا خیلی میان. چون اکثرا هم که میان، دانشگاه مبدا هزینشون رو میده. ولی خوب خیلی میان و هر سال کلی آدما جدید میبینیم. خیلی ایرانیا از هلند و آلمان من میبینم میان و از همین دانشگاه دلفت (Delft) هلند خیلی میان. میگم از اروپا و ژاپن و کره خیلی میان. شرق آمریکا که بودیم، عرب ها هم خیلی میومدن. از عربستان و عمان و قطر تا یه حدودی، عراقی هم خیلی بود.

(م پ): آقای دکتر، اینجور میگن که این نوع کارآموزی توی پروسه اپلای خیلی مؤثر هستش، درسته؟

(د ب): بالاخره هر چیزی که رزومه‌ات رو قوی کنه مفید خواهد بود. وقتی هم که تو تو یه دانشگاه نسبتا معروف به عنوان یه محقق کار کنی، جزو اون چیزاست که میتونه تو رو متمایز کنه با آدمای دیگه.

## سوالات تخصصی

(م پ): از اعضای گروه تحقیقاتی پروفسور یان فنگ (Yang Fan) در دانشگاه استنفورد برای ما بگویید. اینکه در این گروه چه فعالیت- های علمی و در چه زمینه هایی انجام میشود؟ موضوع تحقق شما در این گروه چیست؟ از چه دستگاه ها و ابزارها و متریال هایی در تحقیقات خود استفاده میکنید؟

(د ب): کار ما که خوب مهندسی بافت و زیست مواد هست و هدف اصلی اینه که یه سری زیست مواد و سیستم تحویل دارو هایی طراحی کنیم که بتونن تو ترمیم کردن بافت های صدمه دیده شده توی بدن کمک کنن و در اصل پروسه رو جلو بندازن. پروسه هایی که ممکنه حالت عادی بصورت طبیعی تو بدن اتفاق نیفته، مثل صدمه های بزرگ روی استخوان، غضروف بوجود میاد، دیگه الان اصطلاحا میگیم gold standard، یعنی یا یه فلزی بذارن تو بدن مثال میگن روی استخوان و غضروف انجام دادن ولی خیلی هنوز جای کار دارد یا اینکه در حدی باشه که بتونن یه جایی بهش میگن اتوگرافت از یه جایی یه گرافتی بردارن یا یک تیکه از استخوان را از یک حای دیگر بدن بردارند و جایگزین کنند که خیلی پیچیده است و از یه جای دیگه بدن بردارن و بذارن یه جای دیگه که خوب خیلی پیچیده هست و خیلی هم به صرفه نیست. ولی خوب الان بهترین کاریه که میتونیم بکنیم. حالا هدف آزمایشگاه ما کلا اینه که بیایم زیست موادهایی طراحی کنیم که بتونن با سلول های بنیادی ترکیب بشن، همون سلول های بنیادی و سیستم تحویل دارو هایی که بتونن پروتئین ها رو به مرور برسونن به سلول ها و اینا خواص خاصی داش‌ته باشن که شبیه اون محیطی که قراره ترمیم بشه، این زیست موادی که طراحی شده، بذاریم تو بدن و برن کمک کنن بافت رو درست کنن. و اینا زیست تجزیه پذیر هستن یعنی به مرور اینا تو بدن حل و تجزیه میشن و میرن جاشون رو میدن به بافت طبیعی، ولی خواصشون طوری هستش که بافت طبیعی حالت عادی درست نمیشد، ولی اینا میان کمک میکنن که قالب یا فضایی ایجاد میکنن که سلول ها شروع میکنن، به اصطلاح گول میخورن که بافت طبیعی رو درست کنن، و همزمان که اونا درست میکنن، این زیست مواد ما تجزیه میشه و تو بدن حل میشه و میره و هی فضا رو باز میکنن برای اون سلول های طبیعی که شروع تولید کردن بکنن و در نهایت با بافتی که کلا طبیعی هستش رو به رو میشویم و ماده مصنوعی تو بدن نداریم و بافت هم دیگه درمان شده.

(م پ): در واقع شما از سیستم تحویل دارو برای تمایز از سلول های بنیادی استفاده میکنین؟

(د ب): آره مثلا یه سری پارامتر هستش برای اینکه یه سلول بنیادی تبدیل بشه به اون عضوی که میخوایم. یکی از این پارامتر ها خواص اون ماتریسمون هستش، همون زیست مواد، اینکه چه خواصی داشته باشه مثلا استخوان با غضروف با پوست فرق داره. استخوان خیلی سفت هست، غضروف خیلی الاستیک است و پوست هم یک مدل دیگر. بنابراین ما باید زیست مواد رو بر مبنای اون بافتی باشه که میخوایم ترمیمش بکنیم. بافت مورد نظرمون چی هستش. برای استخوان باید بیایم یه زیست موادی تعریف کنیم که سلول های بنیادی، وقتی که اون شرایط شبیه استخوان رو میبینن به اون سمت میرن ولی این یه پارامتره. یه پارامتر دیگه اینه که این سیگنال هایی که توی بدن دائم در حال رد و بدل شدن هستش و این سیگنال ها هم از طرف پروتئین ها انجام میشه. حالا ما بخوایم بصورت مصنوعی به اصطلاح شبیه سازی کنیم، باید اینا رو خودمون برسونیم به سلول، چجوری باید برسونیم، شما وقتی که یه

چیزی رو میزاری تو داربست و میذاری تو بدن، دیگه دسترسی که بهش نداری، یه سری چیزا سیستم تحویل دارو میخوان که این پروتئین ها رو نگه دارن و آروم آروم اینا رو رها کنن و سلول ها، آروم آروم اینا رو به مرور بگیرن.

(م پ): علت اینکه اینو پرسیدم، اینه که تو سیستم تحویل دارو، خوب یه سری میان و متریال هایی اتفاده میکنن مثل MOF یا ..... که اینا یه سمیتی هم ایجاد میکنن. میخوام ببینم که چون این متریال توی اون بافت سمیت ایجاد میکنه، اون سیستم بهم میخوره. وقتی از این نوع متریال استفاده میکنیم، چجوری باید این سمیت رو منترل بکنیم؟

(د ب): حالا اینا مشکلاتی هستش که به مرور حل میشه. یعنی قراره که حل بشه و کار ما اینه. ما هدفمون تو همین آزمایشگاه دکتر یانگ، همونه که اصلا نریم سراغ فلز چون که با بدن سازگار نیست. ما از پلیمر ها یا متریالی استفاده میکنیم که بصورت طبیعی تو بدن هستن یا اینکه تجزیه میشن تو بدن مثل PLGA. PLGA یه چیز مصنوعیه ولی مورد تایید FDA هستش از این نظر که توی بدن تجزیه میشه و متریالی هستش که متریالی که از تجزیه اش میاد هیچ سمیتی نداره چون در نهایت تبدیل میشه به اکسیژن و آب و CO2. میخوام بگم که ما اصلا هدفمون اینه که از اون فاصله بگیریم و مهندسی بافت کاراش اینه که بیاد یه پلیمر ها و زیست ماده ای طراحی بکنه که دیگه ما نیاز نداسته باشی به فلز و چیزای مصنوعی که تو بدن تجزیه نمیشه یا ممکنه سمیت ایجاد بکنه. هنوز با اینا مشکل و چالش داریم ولی خوب کارمون اینه.

(م پ): البته MOF ها یه سمیتی ایجاد میکنن ولی توی سیستم تحویل دارو ها بصورت گسترده برای ضد سرطان استفاده میکنن.

(د ب): بله استفاده میشه ولی اون فرمولاسیون بهینه ما نیستش. برای اینکه کلی روی میزان رهایش پروتئین محدودیت داره و اینکه چجوری از بدن خارج میشه، عوارض جانبی هاش چی میتونه باشه و اینا همه مهمه، بخاطر همین میگم مجوز FDA گرفتن خیلی سخته. ولی مسلما از یه جایی باید شروع بشه و از اونا شروع شده و اونا هم کاربردش قبلا توی صنعت دیگه ای بوده، مثلا تو کاتالیست و جاهای دیگه ولی خوب ما میایم و از ایده های اونا استفاده میکنیم و اصلاحش میکنیم جوری که با بدن سازگاری بیشتری داشته باشه و اون کاری رو هم که ما میخوایم، با انعطاف پذیری بیشتری انجام بده.

(م پ): آقای دکتر بزرگترین چالش توی مهندسی بافت که همیشه باهاش روبه رو بودین چی هستش؟

(د ب): مهندسی بافت همش چالشه از این نظر که شما با سلول و بدن موجود زنده سر و کار داری. و همیشه یه سری اتفاق های غیر قابل پیش بینی میفته که از کنترل تو خارجه و تو نمیدونی و ما همیشه یسری حدس هایی میزنیم و این غیر قابل پیشبینی بودنه از همه چی سخت تر هست. مثلا تو یسری داده میگیری و بر مبنای اون میای اصلاح میکنی سیستمت رو و بعد میذاری اونجا میبینی که یه سوال جدیدی پیش اومد که اصلا فکرش هم نکرده بودی و این غیر قابل پیشبینی بودنه و اینکه با موجود زنده سر و کار داری همیشه بزرگترین چالش برای ما هست برای اینکه یسری چیزا رو واقعا باید بذاری تو موجود زنده و ببینی چه اتفاقی میفته و هیچ کاری از دستت بر نمیاد و بر مبنای اون ببینیم واکنش سلول های زنده چیه و بعدا فکر کنی و همیشه وابسته به اونا هستی و این خودش کار تو رو سخت تر میکنه و تو رو همه چی کنترل نداری.

و پیچیدگی دوم یا مشکل اصلی تر اینه که بدن موجود زنده فوق العاده پیچیدست و ما اومدیم ادعا کردیم که ما میخایم اینو شبیه سازی کنیم، در صورتی که هم اطلاعاتمون راجع به کلی اتفاق های اون تو کمه هم اینکه یسری چیزهایی هم که میدونیم رو باز نمیتونیم درست کنیم بخاطر اینکه یسری اتفاقات همزمان داره اونجا میفته و یه چیزی تولید بشه و ما میخوایم محصولای اینا رو خودمون تولید کنیم با این اطلاعات کم و محدودیت هایی که داریم.

این پیچیدگی های هر بافت مختلف، هر بافتی برای خودش جای کلی سواله و بخاطر همین هم تو همیشه بسری مشکلاتی هستش که منتظری بهشون بخوری ولی نمیدونی چی هستن!

(م پ): اخیراً مقالهای در محوریت هیدروژلهای پلی اتیلن گلایکول کار کرده اید، لطفاً ابتدا بگویید این ماده چیست و علت استفاده از آن در این کار چیست؟ چه مزیتهایی باعث استفاده از این ماده شده است؟ متریالهایی که در این کار استفاده کردید چیست؟ نتیجه ای که از این کار گرفتید چه بود؟ مختصر دربارهی این مقاله و اهداف آن توضیح دهید لطفاً.

(د ب): اول اینکه هیدروژل چیه؟ هیدروژل یه فضای 3d هست که سازگار هستش با سلول بخاطر هیدرو بودن یا پر از آب بودن. یسری پلیمر های آب دوست (Hydrophilic) هستن که آب رو جذب میکنن ولی تو آب حل نمیشن. چرا ما اینرو دوست داریم؟ برای اینکه یه فضای 3d ایجاد میکنه. چرا 3d دوست داریم ایجاد بکنیم؟ برای اینکه سلول و بدن ما 3d هستش. تو اگر 2d بذاری ممکنه یه واکنش هایی از سلول ببینی ولی قاعدتا خیلی قابل استناد نیست برای انکه اتفاق واقعی داره تو فضای 3d میفته. هیدروژل ها یه ایده ای هستش که میگه که یه فضای 3d ایجاد میکنه شبیه فضای بدن چون فضای بدن ما هم ۷۰ درصدش آب هست و ساختار سلول هم بیشتر از ۷۰ درصدش. حالا هیدروژل میاد یه فضای پر از آب درست میکنه که پایدار هستش و ما میتونیم سلول رو داخلش بذاریم و سلول رو اونجا آزمایشش کنیم. توی بدن که سخته سلول رو رنبال کردن چون خیلی پیچوده هستش. ما باید بیاریم تو آزمایشگاه باید بذاریم رو یسری Culture Plate که 2d هستش. وجود و نیاز هیدروژل ها برای این بود که یه فضا 3d ساده باشه که ما بتونیم سلول رو دمبالش کنیم.

پلی اتیلن گلایکول یکی از دلایلش اینه که مورد تایید FDA هستش و فوق العاده آب دوست هستش و کار کردن باهاش راحته. خیلی راحت میشه فعالش کرد و گروه های مختلف بهش بدی که اون کاری رو که میخوای باهاش انجام بدی از جمله اینکه crosslink بشن و هیدروژل درست کنن. یعنی این خواص اصلی یه هیدروژل رو داره. و دلیل دیگش هم اینه که پلی اتیلن گلایکول نشون داده که هیچ تاثیر مستقیمی روی سلول نداره و به اصطلاح میکن که یه پلیمر بیاثر (Inert) هستش. از این نظر که فقط یه فضایی درست میکنن که هیچ تاثیر دیگه ای نداره و ما میتونیم اون سلول رو بصورت جدا مورد مطالعه قرار بدیم و هر اتفاقی که میفته، بگیم که این کار سلول بوده و ماتریس توش تاثیری نداشته.

منتها پلی اتیلن گلایکول یه مشکلش اینه که زیست تجزیه پذیر نیست. و ما کاری که کردیم اومدیم یسری گروه های عاملی خیلی کوچیکی به شیوه remove polymerization به اینا اضافه کردیم که وقتی که اینا crosslink میشن، اینا یسری مولکولن که بهم میچسبن و یه ساخته 3d درست میکنن که میشه هیدروژل. حالا این دو تا سر پلی اتیلن گلایکول که میخوان به هم بچسبن، ما یه پل بینشون میذاریم که این پل عه تجزیه پذیر هستش و وقتی که این میشکنه قاعدتاً این دوتا رو از هم سوا میکنه و چون همشون آب دوست هستن، تو آب حل میشن و میرن. حالا کار ما این بود که در اصل هیدروژل زیست تخریب پذیر پلی اتیلن گلایکول رو درست کنیم و ما با این حرکت این کارو کردیم.

- لطفاً برای ما توضیح دهید که تمایز Osteogenic سلولهای Stromal چیست؟ کاربردهای آن در مهندسی بافت چیست؟

stromalها توانایی تمایز پیدا کردن را دارند ، و به خاطر همین این سلول ها جزو سلول هایی هستند که می توان به راحتی آن هارا از بدن جدا کرد و به همین دلیل برای کاربردهای مختلف در مهندسی بافت محبوب هستند.

تمایز Osteogenic نیز از همین قبیل است که Osteo به معنی استخوان می باشد که موجب تشکیل سلول ها و بافت های استخوانی می شود و موجب درمان استخوان شکسته شده می شود.

- لطفاً دربارهی روش سنتزی که برای ماکرومولکولهای SPELA و LPELA استفاده کردهاید برای ما مختصر توصیح دهید. اینکه از چه روشها و ابزارهایی استفاده کرده اید؟

این روش ها بسیار موثر در هیدروژل ها هستند و هیدوژل ها نیز کاربرد زیادی در مهندسی بافت دارند زیرا قدرت جذب آب بالایی دارند و در عین حال حل نمی شوند در واقع ساختار آنها پایدار است اما می توانند مملو از آب شوند و این نکته بسیار خوبی است زیرا سلول تمایل دارد در محیط پر از آب باشد ، بنابراین یکی از شرایط اولیه ای که سلول بتواند رشد کند و زنده بماند این است که در محیط پر از آب قرارگیرد. فراهم کردن این شرایط در محیط مصنوعی دشوار است اما هیدروژل ها این شرایط را برای ما مهیا می کنندو از طرفی چون هیدروژل در محیط آبی قرار دارد ما می توانیم سلول را در آن محصور کنیم. از آنجا که رفتار سلول در محیط طولی و تری دی بسیار متفاوت است بنابراین استفاده از روش های طولی برای کشت سلول نامناسب است اما هیدروژل این امکان را با ما می دهد که ما بتوانیم یک فضای تری دی ایجاد کنیم. بعد از ایجاد فضای تری دی ما باید بتوانیم خواص آن را کنترل کنیم تا به تاثیر آن روی سلول پی ببریم. بنابراین یکی از پلیمرهای محبوب و پرکاربرد برای ساخت هیدروژل پلی اتیلن گلیکول می باشد.اما مشکل اصلی آن این است که تخریب نمی شود در صورتی که یکی از پارامترهای مهم و موردنیاز این است که ساختار به کار رفته در هیدروژل تخریب شود،زیرا هدف اصلی استفاده از هیدروژل ها این است که وارد بدن شوند و بافت لازم را ایجاد کنند و سپس خودشان در بدن حل شوند و از بین بروند. همین دلایل سبب شد که از پلیمرهای تخریب پذیر در ساختار اتیلن گلیکول استفاده شود تا وقتی از آن در ساخت هیدروژل استفاده می شود موجب تخریب پذیری زنجیره های اتیلن گلیکول و درنهایت حل شدن آن در بدن شود، بنابراین با استفاده از پلیمرهای مختلف مطالعه بر روی تغییرات تخریب پذیری ، تغییرات مکانیکی انجام گرفت و مهم تر از همه این که وقتی سلول ها وارد این فضا می شوند چه واکنشی نسبت به تفاوت محیط ها نشان می دهند. سنتز این پلیمرها به روش معمول انجام می شود.

- لطفاً دربارهی محصور کردن سلولهای بنیادی مزانشیمی (MSCs) در هیدروژل SPELA مختصراً توضیح دهید. دربارهی روش کار و اینکه چگونه این کار را انجام دادید. نتایجی که از این کار و این پروژه بهدست آوردید چه بود؟

می دانیم وقتی پلیمر ساخته می شود اگر هایدروفیل باشد درآب حل می شود،کاری که انجام می شود این است که این پلیمر را درآآب حل می کنیم و همزمان با حل کردن این پلیمر سلول را معلق میکنیم و در این زمان آن را زیر UVقرار می دهیم و به محض حل شدن این پلیمرها سلول ها در آن گیر می افتند در واقع ما سلول هارا داخل هیدروژل محصور می کنیم.

- دربارهی نانو ذرات سیلیکا که از آنها برای تشکیل غضروف مبتنی بر سلولهای بنیادی به کمک فاکتورهای رشد TGF-b برای توضیح دهید. روش کار در این پروژه را مختصراً توضیح دهید لطفاً. به چه نتایجی در این کار رسیدید؟

این پروژه بسیار پروژه کاربردی و مفیدی هست و خواهد بود . ما علاوه بر سلول بنیادی به فاکتورهای دیگری برای کنترل میزان تفکیک در بدن نیاز داریم. TGF-b یکی از این فاکتورهاست که کمک می کند MSCs تبدیل به سلول های غضروف شود. یکی از مشکلات TGF-b این است که خیلی زود در بدن تخریب می شوند یعنی ممکن است طی دو یا سه ساعت فرآیند تخریب آنها رخ دهد درصورتی که ما نیاز داریم آنها را برای چند هفته در فضای محیط نگه داریم.

- شما و همکارانتان از سلولهای بنیادی Interleukin ٤ برای بهبود استخوان در یک مدل حیوانی استفاده کردید، دربارهی این سلولهای بنیادی و هیدروژلی که برای آن استفاده کردید مختصراً توضیح دهید. مزیت این نوع سلولهای بنیادی نسبت به سایر سلولهای بنیادی چیست؟ آیا نتیجهی مد نظر خود را بهدست آوردید؟ آیا این پروژه بر روی مدل انسانی نیز انجام گرفته است؟

در واقع به نتیجه دلخواه نرسیدیم ، اما مهم این است که یک قدم رو با جلو رفتیم. یکی از راه های معمول برای درمان بافت این است که به طور مستقیم روی بافت موردنظر فوکوس کنیم و درمان مستقیم انجام دهیم اما اما دکتر گودمن بر این باورند که سیستم دفاعی بدن نقش خیلی مهمی در بازسازی بافت موردنظر دارد. تحقیقات گروه دکتر گودمن نشان داد که 4Interleukin تاثیر خیلی مستقیمی در پروسه بازسازی بافت دارد. به این صورت است که مقداری سلول بنیادی را می گیریم و می دانیم که وقتی در حالت استخوانی قرار می گیرد در حالت عادی یک مقداری 4Interleukin تولید می کند، حال با دستکاری دی ان ای سلول باعث افزایش تولید Interleu-4kin می شویم. حالا سلول های تشکیل شده را داخل داربست های ژلاتین یا هیدروژل ها قرار می دهیم و داخل پای موش جایگذاری کردیم و مشاهده کردیم که میزان بازسازی بافت از وقتی که In-4terleukin وجود نداشت خیلی بیشتر شده است اما مشکل آن کامل برطرف نشده است.

- درباره ی رهایش زمانی-فضایی BMP-2 and VEGF که برای تمایز استخوانی از آنها استفاده کردهاید برای ما توضیح دهید. ابتدا مختصر دربارهی این فاکتورهای رشد توضیح دهید و بگویید که چقدر در تمیز استخوانی مؤثر هستند؟ شما در این پروژه با پروفسور علی خادمحسینی همکاری داشتهاید، دربارهی این همکاری برای ما توضیح دهید لطفاً.

درواقع برای بازسازی استخوان چندکار به طور همزمان اتفاق می افتد. استخوان پر از رگ های خونی است و در طی تشکیل استخوان همزمان با اینکه ساختار مینرالایز آن تشکیل می شود، رگ های خونی نیز درحال تشکیل است و لابه لای آن قرار می گیرد ، درواقع تشکیل رگ های خونی شرط لازم برای تشکیل استخوان است و همچنین برای زنده ماندن سلول های داخل استخوان بسیار مهم هستند. BMP ها یکی از معروف ترین فاکتورهایی VEGF که کمک می کند به سمت استخوان تفکیک شوند و MSCs یکی از فاکتورهایی است کمک می کند سلول های اندوتیلیال ها رگ های خونی تشکیل دهند، بنابراین ما ساختاری را با استفاده از هیدروژل تشکیل دادیم که بتوانیم به طور هم زمان هم سلول اندوتلیال و VEGF را داشته باشیم که رگ های خونی تشکیل دهند و هم BMP و MSCs که استخوان تشکیل دهند.

در اینجا سوالات ما به پایان میرسد، تنها چند سوال با جوابهای کوتاه از شما برای اتمام این مصاحبه پرسیده میشود.

با یک کلمه یا یک جمله احساس خودتان را بگویید لطفاً.

- زندگی در آمریکا؟

تجربه تکرارنشدنی

- از جایگاه الان خود رضایت دارید؟

بیشتر از راضی

- خانواده؟

بخش جدانشدنی جداشده

- دانشگاه تهران؟

خاطره ای که جز عمر حساب نمی شود

- اپلای؟

سردرگمی

- دانشگاه استنفورد؟

تحقق رویا

- ایران؟

وطن جز جدانشدنی و پراز افسوس

- بازگشت به وطن؟

حتماً در زمانی نامشخص

- حرفی هست که دلتان بخواهد به ما بگویید که در سوالات نپرسیده باشم

تا یه حدی ممکنه شعار گونه باشه حرفم ولی واقعیته چون اینو با تمام وجودم حس کردم و وظیفمه که به شما ها بگم که مسلما اتفاقاتی میفته که ناامید خواهید شد ولی این نا امیدی ها لحظه ای هستن و بدونید که همون اتفاقاتی که باعث میشه که شما ناامید بشید، اتفاقا همونا باعث میشه که شما موفق بشید. و هیچوقت از مشکلاتی که قراره پیش بیاد نترسید برای اینکه اصلا همون مشکلاتن که بدرد شما میخورن. چیزی که برای شما چالش یا مشکل براتون ایجاد نکنه، بدونید که بدرد شما نخواهد خورد. مخصوصا تو این سن. کلا تو هر سنی ولی تو این سن که انرژی بیشتری دارید، مهمتره. بعدا که برمیگردی میبینی همین، به قول ما بدبختی که میکشی، همین بدبختی ها هستن که تو رو یه قدم میندازن جلو. و اینکه قدر جایی که هستین، دانشگاه تهران رو بدونید. همین این، بعدها به کمکتون میاد. هم از لحاظ پرستیژ فکری، شخصیتی و هم از لحاظ مادی، منظورم از مادی، پول نیست، همین اسم دانشگاه تهران بالاخره تا حدی کمکتون میکنه.

باز اینم تا حدی که حرف زدیم، اینه که من خیلی دوست دارم با دانشگاه های ایران، مخصوصا دانشگاه تهران، بیشتر رابطه داشته باشم ولی خوب میدونم، حتی اون موقعی هم که تو ایران بودم، خیلی منسجم نیست، حداقل دپرتمان ما خیلی منسجم نبودن تو این داستان، خیلی سرشون تو لاک خودشونه و خوب خیلی بچه ها هستن که از مهندسی شیمی اومدن و الان جاهای مختلفن و هیچ استفاده ای ازشون نمیشه. در صورتی که اصلا بحث مادی و مالی نیست و فقط به لحاظ ارقی هست که ما نسبت به دانشگاه داریم و اون محیط و بالاخره این احساس که میتونیم کمک کنیم. چون من تو ایران بودم و دانشگاه تهران هم جزء دانشگاه های خوب ایرانه و بعدا اومدیم اینجا، بیشتر متوجه شدم که اونجا چقدر ما اوضاعمون خراب بود. ولی خوب حداقل هرچند ما الان نمیتونیم از لحاظ مادی کمکی کنیم، ولی از لحاظ دیگه مخصوصا تو این فیلد ما مثل مهندسی بافت، ما خیلی میتونیم جلو باشیم ولی نیستیم بخاطر محدودیت ها. بالاخره کمک زیاد میشه کرد و این رابطه ها، خیلی میتونه مفید باشه، حالا شما هم باز پیش قدم شدین و یه کاری کردین و خودش خیلی امید بخشه. ولی در کل ۱۰ سال گذشت دیگه. ۱۰ ساله که ما از اونجا اومدیم. من یبار که ۲۰۱۷ اومدم، حلاصه بزور از اون ورودی وارد شدمو گفتم آقا اومدیم یه سر بزنیم ولی خوب اون موقع هم هیچکسی نبود و خیلی کم بودن. ولی خوب بعد ده سال فقط این یبار بود که اومدم و میدونم که خیلی بچه های دیگه هم همین حس رو دارن که باهاشون صحبت میکنم. ایشالا که بهتر میشه.

# مروری بر انواع روش های سنتی و نوین اطفاء حریق و معرفی ساختاری و عملکردی توپ های ضد حریق

محسن ناظریان ، پژوهشگر پژوهشکده مهندسی و پدافند غیرعامل دانشگاه جامع امام حسین (ع)
علی حبیبی*، پژوهشگر پژوهشکده مهندسی و پدافند غیرعامل دانشگاه جامع امام حسین (ع)
امیرحسین یزدان بخش ، دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی پلیمر دانشگاه تهران

*Ahabibi@ihu.ac.ir

## چکیده

آتش از بدو ابداع در تمامی گستره حیات بشر خدمات ارزنده‌ای را ارائه کرده و سهم غیرقابل‌انکاری را در پیشرفت تکنولوژی و تمدن انسان‌ها داشته است. اما زمانیکه این ابداع مفید بشر به صورت ناخواسته بوجود آید و یا از کنترل انسان خارج شود به معضل بزرگی تبدیل شده که می‌تواند بسیاری از سرمایه های انسانی، اقتصادی، نظامی و ... را در زمان بسیار اندکی از بین ببرد. بنابراین با آگاهی به خطرات موجود، به منظور پیشگیری و مقابله با آتش، تدابیری اندیشیده و تجهیزاتی ساخته شده است. اولین قدم در مسیر مقابله با آتش‌سوزی، شناخت ماهیت آتش و عوامل موثر بر آن است. در این تحقیق ابتدا مقدمه کوتاهی درباره آتش و تاریخچه اقدامات بشر برای مقابله با آن آورده شده و سپس به روشهای اطفاء حریق سنتی و مدرن که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند اشاره خواهد شده است. نهایتا توضیحات مفصل‌تری در مورد عملکرد و ساختار توپ‌های اطفاء حریق به عنوان یکی از روش‌های مفید و موثر اطفاء حریق ارائه شده است.

**کلمات کلیدی: اطفاء حریق، روش‌های نوین، توپ اطفاء حریق**

## ۱- مقدمه

آتشنشانی یا اطفاء حریق عبارتست از مجموعه اقداماتی که برای مقابله با آتش بوسیله خاموش کردن، کنترل و یا هدایت آتش‌های ناخواسته انجام می‌گیرد. حفاظت از سلامت افراد، جلوگیری از آسیب رسیدن به اموال و حفاظت از محیط زیست را می‌توان به عنوان مهمترین اهداف آتش‌نشانی نام برد. روش‌های اطفاء حریق بستگی به نوع آتش دارد اما آنچه واضح است برای مقابله با آتش باید حداقل یکی از عوامل اصلی آتش یعنی اکسیژن، گرما، ماده سوختنی و یا زنجیره واکنش را از بین برد. در یک طبقه بندی می‌توان اطفاء حریق را به دو گروه دستی و اتوماتیک تقسیم کرد. در نوع دستی، عملیات اطفاء حریق به صورت دستی و توسط فرد و در نوع اتوماتیک، عملیات به صورت خودکار و بدون حضور عوامل انسانی صورت می‌پذیرد [۱]. همچنین طبقه‌بندی انواع حریق و روش‌های مناسب مربوط به اطفاء هر کدام به طور خلاصه در جدول ۱ زیر آمده است.

جدول ۱ – طبقه بندی انواع حریق و روش‌های مناسب مربوط به اطفاء [۱]

| نوع حریق | توضیحات | روش اطفاء حریق – کپسول مناسب |
|---|---|---|
| A | مواد خشک یا جامدات مانند کاغذ و چوب | سرد کردن، خفه کردن و در بعضی موارد جداسازی - انواع کپسول های آبی و پودری |
| B | مایعات قابل اشتعال مانند بنزین و گریس و نفت و ... | خفه کردن و در بعضی موارد جداسازی - کپسول های پودری و هالوژنه |
| C | گازهای قابل اشتعال مانند متان، اتان و ... | جداسازی و خفه کردن - کپسول های پودری و هالوژنه |
| D | فلزات قابل اشتعال که سریعا اکسید می شوند مانند منیزیم، لیتیم و... | جداسازی است - انواع کپسول های پودری |
| E | برق و الکتریسیته که می توانند در کلیه‌ی ادوات برقی، کابل ها و سیم های برق و ... | قطع جریان برق و خفه کردن - انواع کپسول های گازی با گازکربنیک و هالون ها |
| F | شامل روغن های خوراکی و چربی ها | جداسازی - کپسول های آبی و پودری |

رنگ کپسول های اطفاء حریق آب، کف، پودر، دی اکسید کربن و هالون ها به ترتیب قرمز، کرم، آبی، سیاه و سبز است.*

## ۲- طبقه‌بندی مواد خاموش‌کننده آتش

موادی‌که عنوان خاموش‌کنندگی‌دارند را می‌توان به چهار دسته طبقه‌بندی کرد. به دلیل لزوم سرعت عمل و افزایش پوشش خاموش‌کننده‌ها، می‌توان به‌طورهمزمان از دو یا چند عنصر خاموش‌کننده استفاده نمود [۲].

الف) موادسردکننده (آب، دی‌اکسیدکربن)

ب) موادخفه‌کننده (کف، دی‌اکسیدکربن، خاک، ماسه و خاک)

ج) موادرقیق‌کننده‌هوا (نیتروژن و دی‌اکسیدکربن)

د) مواد محدودکننده واکنش‌های زنجیره‌ای شیمیایی (هالن و پودرهای‌مخصوص)

## ۳- تاریخچه سیستم های اطفاء حریق

### ۳-۱- سیستم های اعلام حریق

در قرون گذشته نیز بر کسی پوشیده نبود که واکنش سریع به در کنترل حریق اهمیت بالایی دارد و به همین منظور به محض آگاهی افراد از آتش سوزی، این خبر توسط زنگ‌های دستی نگهبانان شب، سوت بخار کارخانه ها و یا زنگ های کلیسا که توسط خادمان به صدا در می آمد، به گروه های آتش نشان اعلام می‌شد. واضح است که این سیستم ها از دقت کافی برخوردار نبوده و در اکثر اوقات آتش‌نشان ها را به مکان اشتباهی هدایت می‌کردند. اما پس از ظهور تلگراف، سیستم های گزارش‌دهی حریق به ماموران آتش نشانی دقیق‌تر و سریع‌تر صورت می‌گرفت. در سال ۱۸۴۷ نیویورک به عنوان اولین شهر ایالات متحده ساخت خطوط تلگراف، جهت اعلام حریق از شهرداری به ایستگاه‌های آتش‌نشانی و همچنین زنگ‌های ناقوسی را آغاز کرد. با گسترش سیستم اعلام حریق عمومی به کمک تلگراف زمان اعلام حریق به اداره آتش نشانی کوتاه‌تر شد. مدتها بعد نیز سیستم دستی اعلام حریق با عنوان سیستم اعلام حریق کمکی توسط راجرز ابداع و ساخته شد. جورج میلیکن در سال ۱۸۸۵ این سیستم را توسعه داد به طوریکه استفاده نامحدود از آن را در تمامی شهرهای ایالات متحده مقدور می‌ساخت [۳].

### ۳-۲- مواد اطفاء حریق

آب و خاک را می توان به عنوان اولین مواد اطفاء حریق در سالیان گذشته به حساب آورد. اما تاریخچه استفاده از وسایل مدرن تر برای مقابله با آتش را می توان با کپسول آتش نشانی مدرن پودر خشک ساخته شده توسط کاپیتان انگلیسی جورج ویلیام مانبی در سال ۱۸۱۸ آغاز کرد. کپسول ساخته شده توسط مانبی شامل یک مخزن ۳ گالنی مسی حاوی محلول خاکستر مروارید (کربنات پتاسیم) موجود در هوا فشرده شده بود. در سال ۱۸۶۶ نیز فرانسوا کارلیه یک خاموش کننده اسید سودا را در کشور فرانسه ثبت اختراع کرد که در آن یک محلول آب و بی‌کربنات سدیم را با اسید تارتاریک مخلوط و باعث تولید گاز دی اکسید کربن پیشرانه می‌شد. پس از مخلوط شدن اسید با محلول بی کربنات، گاز دی اکسید کربن تولید و بدین ترتیب آب تحت فشار قرار گرفته از طریق نازل یا شیلنگ از قوطی خارج می‌شد. کپسول مشابهی نیز در سال ۱۸۸۱ در ایالات متحده امریکا توسط گرانگر ساخته‌شد که در آن برای خروج آب تحت فشار بر روی آتش از واکنش بین محلول سدیم بی‌کربنات و اسید سولفوریک غلیظ مورد استفاده قرار می‌گرفت. اولین دستگاه خاموش کننده مواد شیمیایی نیز در سال ۱۹۰۴ توسط لوران در روسیه اختراع شد. در این کپسول علاوه بر سیستم اسید و محلول بی‌کربنات، از محلول سولفات آلومینیوم نیز به عنوان ماده اصلی اطفاء حریق استفاده شده بود [۴].

## ۴- روش‌های سنتی اطفاء حریق

### ۴-۱- کپسول (گاز و پودر)

این دستگاه جزء خاموش‌کننده‌های آتش قابل حمل دستی بوده و با توجه به نوع آتش ترکیبات مختلف مانند آب، پودر و یا گاز دی‌اکسید کربن (۱۵۰ psi) می‌باشد. به دلیل اینکه پودر در و را با فشار بر روی آتش می‌افکند [۵]. در مدل های پودری و در زمان شارژ فشار سیلندر ۱۰ بار ( داخل خاموش‌کننده به‌طور دائم تحت فشار می‌باشد احتمال کلوخه شدن در آن زیاد است. پودرهای شیمیایی استفاده شده در کپسول‌ها غالبا پودر شیمیایی معمولی با پایه بی‌کربنات‌سدیم، بی‌کربنات‌پتاسیم، بی‌کربنات‌اوره‌پتاسیم و پتاسیم‌کلراید و یا پودرهای شیمیایی چند منظوره با پایه فسفات‌آمونیوم می‌باشد. شایان ذکر است که بی‌کربنات‌پتاسیم به دلیل ناپایداری و تمایل آن به کلوخه‌ای شدن، نسبت به ترکیبات سدیم کمتر در کپسول‌های آتش‌نشانی استفاده می‌شود.

### ۴-۲- اسپرینکلر

سیستم اطفاء حریق آب فشان (اسپرینکلر) یک روش حفاظت از حریق اتوماتیک است که از یک منبع آب تحت فشار و مجموعه‌ای از لوله‌های توزیع آب و همچنین چند افشانه متصل به لوله ها تشکیل شده‌اند. برخلاف گذشته که این سیستم فقط در کارخانجات و ساختمان‌های تجاری بزرگ کاربرد داشت، امروزه سیستم‌هایی از این دست برای استفاده در منازل و ساختمان‌های کوچک با قیمت‌های مقرون به صرفه عرضه شده‌اند [۶].

اولین سیستم اطفای حریق اسپرینکلر مدرن در سال ۱۸۱۲ توسط ویلیام کانگریو[1] در انگلستان به ثبت رسید. این سامانه از یک مخزن ۹۵۰۰۰ لیتری استوانه‌ای آب‌بندی شده تشکیل شده بود که توسط یک لوله‌ی ۱۰ اینچی آب تغذیه می‌شد و انشعاباتی از آن به همه‌ی بخش‌های یک سالن تئاتر کشیده شده بود. در هنگام عملکرد، آب توسط سوراخ‌های نیم اینچی در لوله‌های انشعاب یافته روی آتش ریخته می‌شد.

اولین سیستم اسپرینکلر خودکار در سال ۱۸۷۲ توسط فیلیپ پرات[2] از شرکت آبینگتون[3] در ایالت ماساچوست ثبت اختراع شد و بعد از او توسط هنری پارمالی[4] از شرکت نیوهیون[5] در ایالت کانکتیکات توسعه یافت. فردریک گرینل در سال ۱۸۸۱ سیستم ۱۸۹۰ اسپرینکلر دیسک شیشه‌ای را ثبت اختراع کرد که اساساً همان سیستم اسپرینکلری است که امروزه از آن استفاده می‌شود.

## ۵- روش‌های نوین اطفاء حریق

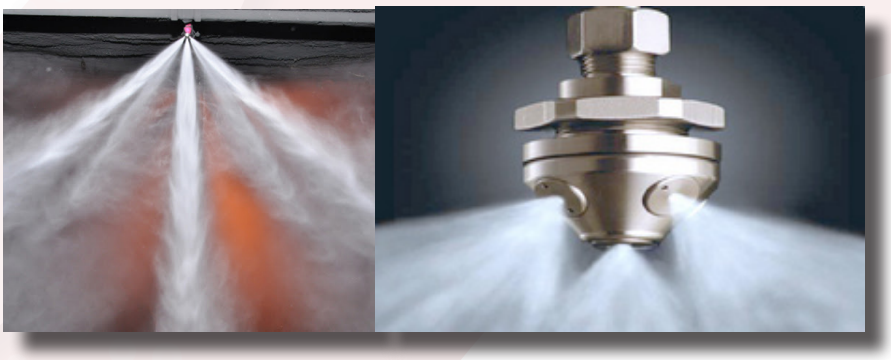
### ۵-۱- تکنولوژی مه آب (Water-mist)

سیستم مه-آب دو جزء گرما و اکسیژن را از مثلث آتش (اکسیژن، گرما و ماده سوختنی) حذف می‌نماید. این کار توسط پاشش آب با فشار بالا از نازل صورت می‌پذیرد. بدین صورت که با افزایش فشار سیستم، سایز قطرات کاهش یافته و این امر منجر به افزایش قابل توجه مساحت تماس و در نتیجه تولید میزان قابل توجهی از بخار می شود که به این ترتیب می توان انرژی بیشتری از آتش گرفته و همچنین اکسیژن را بیشتر از آتش دور می‌کند. به بیان دیگر، زمانی که آب مایع به بخار تبدیل می‌شود، مانند اتفاقی که برای آب در مه-آب می‌افتد، مقدار قابل توجهی انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد و این انرژی از آتش تامین می‌شود. این کار قدرت آتش را کاهش می‌دهد. طبقه بندی این سیستم ها معمولا بر حسب فشار و به صورت فشار کم (کمتر از ۱۲,۵ بار)، فشار متوسط (بین ۱۲,۵ و ۳۵ بار) و فشار بالا (بین ۳۵ تا ۱۲۰ بار) انجام می‌شود.

---

1 William Congreve
2 Philip W. Pratt
3 Abington
4 Henry S. Parmalee
5 New Haven

از محدودیت های این تکنولوژی می توان به این نکات اشاره کرد که در برخی موارد ذرات مه-آب شبیه گاز عمل کرده و بسته به اندازه، ویژگی و طرح داخلی ساختمان باید تهویه مناسب ساختمان همیشه مد نظر قرار گیرد. همچنین با آنکه استفاده از مه-آب برای محافظت منطقه نسبت به سیستم های اطفای حریق گازی کمتر در معرض نشتی قرار دارد، اما این در مسئولیت نصاب است که حجم نشتی قابل قبول را برای هر ناحیه بر .اساس تست های انجام شده مشخص سازد



شکل ۱- نمونه سیستم های مه-آب [۵]

## ۵-۲- سیستم مهار کننده آتش ایروسل (Aerosol)

سیستم اطفای حریق آیروسل سیستم مهار کننده آتش بر پایه ذرات جامد کوچکتر از ۱۰ میکرومتر و گاز می‌باشد. ذرات جامد غیرسمی بوده و تا زمانی که فعال نشده است پایدار می ماند و در صورت فعال شدن ترکیبی از پودر و گاز (آیروسل) با خاصیت خاموش کنندگی تولید می‌نماید. مکانیزم اطفاء حریق در این تکنولوژی بدین صورت است که یک ماده شیمیایی جامد پس از فعالسازی، که می تواند به صورت الکتریکال، مکانیکال و یا حرارتی باشد، مخلوطی از گاز (اکثرا دی‌اکسید کربن، نیتروژن و بخار آب) و پودر میکرونی خشکی (اکثرا کربنات‌های پتاسیم) ایجاد کرده و آیروسل حاصل به منطقه تحت پوشش وارد می‌شود. ذرات آیروسل از یک خنک کننده شیمیایی عبور نموده و دمای ایروسل را به نحو مطلوبی کاهش می‌دهد. از فواید این روش می توان به سادگی و راه اندازی مجدد سریع، غیر سمی بودن، عدم کاهش سطح اکسیژن در محیط، مقرون به صرفه بودن، سازگار بودن با محیط زیست و ... اشاره کرد. این سیستم بیشترین کاربرد را در اتاق های اسناد کاغذی، انبارهای چوب و پارچه، اتاق های برق و اتاق های دیزل و سوخت دارد.

شکل ۲- نمونه سیستم های ایروسول [۷]

### ۵-۳- اطفاء حریق با امواج صوتی

دو دانشجوی مهندسی دانشگاه جورج میسون که معتقد بودند امواج صوتی قابلیت کاهش حجم آتش را دارند توانستند آتش را به کمک امواج صوتی خاموش کنند. مکانیزم این سیستم بدین صورت است که به کمک امواج صوتی اکسیژن را از آتش دور شده و آتش خاموش می‌شود. آنها به این نتیجه رسیدند که امواج در محدوده ی ۳۰ تا ۶۰ هرتز که در محدوده فرکانس پایین قرار دارد، بهترین رفتار اطفای حریق را ارائه می‌دهد. این وسیله از سه بخش تقویت کننده، منبع قدرت و موازی ساز تشکیل شده است. یکی از معایب این تکنولوژی این است که پس از اطفای حریق جسم تا مدتی داغ خواهد بود. چون در این فرایند، برخلاف آب که گرما را از آتش حذف می کند اکسیژن را از آتش حذف شده است [۸].

شکل ۳- اطفاء حریق با امواج صوتی [۸]

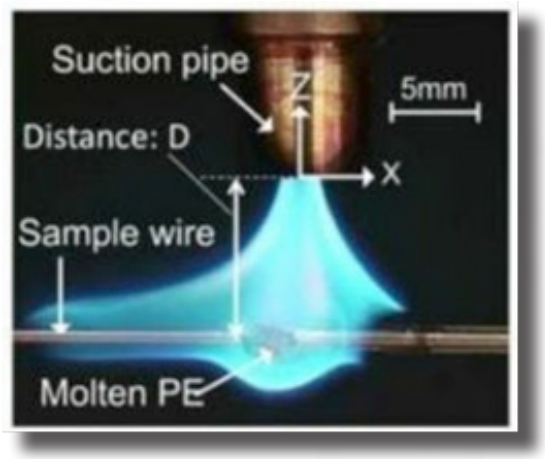
### ۵-۴- اطفاء حریق با تفنگ های هوای فشرده

می نامند و IFEX ۳۰۰۰ این وسیله آتش نشانی دقیقاً شبیه اسلحه است اما در برخورد با آتش سوزی خطرناک فوق العاده مؤثر است. آن را از سال ۱۹۹۴ توسط آتش نشانان در آلمان مورد استفاده قرار گرفته است. این تکنولوژی از مقدار کمی آب که با سرعت بالا شلیک می شود برای خاموش کردن آتش استفاده می‌کند. قطرات آبی که در اثر انفجارهای بخار شلیک می‌شوند می‌توانند تا ۱۲۰ متر در ثانیه حرکت کنند و باعث ایجاد یک اثر خنک کننده قوی شده که عامل موفقیت این سیستم است. این سیستم در قالب دستی، کوله پشتی، موتور سیکلت، تراکتور، هلی‌کوپتر و غیره کاربری دارد.

شکل ۴- تفنگ های هوای فشرده IFEX ۳۰۰۰ [۹]

## ۵-۵- اطفاء حریق با مکش

گروه مهندسی مکانیک در دانشگاه فناوری تویوهاشی یک دستگاه آتش‌نشان برای استفاده در فضاپیماها ساخته است. این دستگاه «روش خاموش ) نام دارد که به جای پاشش مواد خاموش کننده به سمت آتش، شعله‌های آتش و مواد در حال سوختن را می‌مکد و بهVEMکردن در خلاء» ( یک مخزن خلاء می‌برد، جایی که آتش و مواد مشتعل در آن به راحتی خفه شده و خاموش می‌شوند. این روش نه تنها باعث کاهش مخاطرات تنفسی می‌شود، بلکه باعث کاهش زمان واکنش نیز می‌شود، چرا که نیاز به گذاشتن ماسک‌های اکسیژن را در هنگام آتش‌سوزی از بین می‌برد. این سیستم هنوز به تأیید هیچ‌یک از آژانس‌های فضایی نرسیده است، اما تیم سازنده می‌گوید در برنامه‌های مختلفی قابل استفاده است. این سیستم آتش را بدون برجا گذاشتن آلودگی خاموش می‌کند و باعث می‌شود آسیب محیطی به کمترین میزان ممکن برسد [۱۰].




شکل ۵ - اطفاء حریق با مکش [۱۰]

## ۵- ۶- توپ های اطفاء حریق

توپ‌های اطفاء حریق یا همان توپ‌های ضدحریق یکی از ابزارهای بسیار جالب و کارآمد برای کنترل آتش در کمترین زمان ممکن می‌باشند. این توپ‌ها معمولاً دارای وزنی در حدود ۱ تا ۱,۵ کیلوگرم و دارای یک روکش پلاستیکی ضد آب هستند. روند کاری این توپ به این صورت می‌باشد که وقتی در معرض دمای حدود ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد قرار بگیرد، به‌صورت خودکار منفجر شده و صدای بسیار زیادی در حدود ۱۲۰ دسی‌بل ایجاد می‌کند که می‌توان آن را به عنوان یک هشدار صوتی بسیار مناسب در نظر گرفت. این توپ های یکبار مصرف بوده و دارای ۵ سال عمر مفید می‌باشند و زمانی که منفجر شوند، پودر آتش نشانی را در فضایی بین ۳ تا ۹ متر مکعب بسته به نوع توپ از نظر وزن ، خلوص ماده خاموش و حجم توپ می تواند قدرت خاموش کنندگی متفاوتی داشته باشد و به این صورت مانع از انتشار آتش می‌شوند.

نحوه استفاده از این توپ‌ها معمولا به دو صورت می‌باشد:

۱- قرار دادن در مکان هایی که احتمال آتش سوزی وجود دارد (پیشگیرانه).

۲- پرتاب توپ به داخل آتش توسط افرادی که نزدیکی آتش قرار دارند.

### ۵- ۶- ۱- مزایای توپ‌های ضد حریق

از مهمترین مشخصات و مزایای این توپ‌ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

روکش پلاستیکی این توپ‌ها ضد آب می باشد و همین باعث افزایش دوام آنها در شرایط محیطی مختلف خواهد شد.

صدای انفجار بالا (۱۲۰ دسی‌بل) که مانند که به عنوان یک هشدار قوی برای اطرافیان محیط آتش سوزی عمل می‌کند.

اطفاء حریق در همان مراحل اولیه و قبل از انتشار آتش سوزی

قابل نصب در حالات مختلف

قابلیت حمل ساده و همچنین استفاده آسان برای افرادی که هیچ تخصصی در زمینه اطفاء حریق ندارند.

مقرون به صرفه باشد.

از داخل شدن افراد در منطقه خطرناک هنگام بروز حوادث و آتش سوزی ها پیشگیری کند.

را دارا می‌باشد.C و B، Aقابلیت اطفاء حریق نوع

از جمله مکان‌های مناسب برای قرار دادن توپ‌های ضد حریق می‌توان به اتاقک‌های کنترل حاوی تجهیزات برقی و مخابراتی، مخازن بانک‌ها، خودروها، داخل منازل و پاگرد ساختمان‌ها، کتابخانه‌ها، نیروگاه‌ها و ... اشاره کرد.

## ۵- ۶- ۲- ساختار توپ‌های ضد حریق

در شکل زیر ساختار کلی توپ‌های ضد حریق را نشان داده شده است.

شکل ۶ - ساختار توپ‌های ضد حریق [۱۱]

روی سطح توپ به منظور جلوگیری از نفوذ آب به داخل توپ قرار داده شده است. کمربند انفجاری نیز که به صورت نواریPVCپوشش نازک به دور توپ قرار گرفته، نقش فعالسازی و انفجار باروت وسط توپ را به هنگام احساس گرمای آتش (حدود ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد) را دارد. بین کمربند و باروت نیز پودر اطفاء حریق در داخل پوشش یونولیتی وجود دارد. این پودر معمولا شامل فسفات مونوآمونیوم و سولفات آمونیوم به عنوان خاموش کننده آتش و سیلیکاآمورفوس و پلی‌سیلوکسان‌متیل‌هیدروژن به عنوان عوامل ضدرطوبت و روان‌کننده به منظور جلوگیری از کلوخه شدن پودر است. به هنگام قرار گرفتن توپ در مجاورت آتش، کمربند انفجاری عمل کرده و باروت مرکز توپ را منفجر می‌کند. این امر باعث پخش شدن پودر به محیط (حدود ۳ تا ۹ متر مکعب) و خاموش کردن ناگهانی آتش می‌شود. وزن این توپ‌ها معمولا بین ۰,۵ تا ۱,۵ کیلوگرم می‌باشد و از برندهای معروف این توپ‌ها می توان به ELIDE FIRE ،AFO و Rufo. اشاره کرد

## ۶- نتیجه گیری

در این تحقیق به مطالعه تاریخچه و انواع روش‌های مرسوم و نوین اطفاء حریق پرداخته شد. باید به این نکته توجه داشت که هرکدام از این روش‌ها مزایا و معایب مخصوص خود را دارا می‌باشند و کاربرد آنها بسته به نوع آتش، شدت و دامنه آتش، محل بروز آتش‌سوزی و ... دارای محدودیت‌هایی خواهد بود. توپ‌های ضد حریق به عنوان یک ابزار مناسب با قابلیت جاسازی در محل (حالت پیشگیرانه) و حمل دستی (در زمان آتشسوزی) معرفی شده اند. همانطور که در این تحقیق توضیح داده شد، ساختار داخلی و عملکرد این توپ‌ها بسیار ساده و مواد اولیه آن در دسترس است. در حال حاضر اکثر این توپ‌ها به صورت وارداتی و با قیمت‌های نسبتا بالا در بازار موجود هستند درحالیکه پتانسیل بالایی برای تولید این توپ‌ها در داخل کشور وجود دارد.

# منابع


۱. گل محمدی, ر., مهندسی حریق. ۸۸۳۱: انتشارات دانشگاه علوم و پزشکی همدان.

۲. جزوه کلیات و مبانی آتش نشانی. Oct ۲۰۲۰]; Available from: https://srad.ir/.

۳. تاریخچه اولین سیستم اعلام حریق. [cited Oct. ۲۰۲۰; Available from: http://www.mirajco.ir/.

۴. تاریخچه مواد اطفا حریق. Oct. ۲۰۲۰]; Available from: https://oca-co.com/fire-extinguishing/.

۵. Oct. ۲۰۲۰]; Available from: https://www.nfpa.org/.

۶. سیستم اطفای حریق اسپرینکلر. Oct ۲۰۲۰]; Available from: http://firefightingbook.blogfa.com/.

۷. سیستم اطفاء حریق آیروسل. Oct. ۲۰۲۰]; Available from: https://gbpars.com.

۸. Sonic fire extinguisher puts out flames with sound. Oct. ۲۰۲۰]; Available from: https://www.engineersaustralia.org.au/News/sonic-fire-extinguisher-puts-out-flames-sound.

۹. IFEX ۳۰۰۰. Oct. ۲۰۲۰]; Available from: https://www.ifex۳۰۰۰.com/en/home/.

۱۰. Nakamura, Y., T. Usuki, and K. Wakatsuki, Novel Fire Extinguisher Method Using Vacuuming Force Applicable to Space Habitats. Fire Technology, ۲۰۱۹. ۵۶(۱): p. ۳۶۱-۳۸۴.

۱۱. What Is Inside A Fire Extinguisher Ball? . Oct. ۲۰۲۰]; Available from: https://safetysection.com/what-is-inside-a-fire-extinguisher-ball/.

# معرفی دستگاه رئومتر لاستیک

بردیا ایراجیان

دانشجوی کارشناسی مهندسی پلیمر، دانشگاه تهران

## رئولوژی و رئومتری چیست؟

رئولوژی بررسی جریان و تغییر شکل مواد در اثر اعمال نیرو یا تنش است. رئومترها دستگاه‌های دقیقی هستند که با شرایط نمونه و اعمال نرخ برشی معین، گشتاور را اندازه‌گیری می‌کنند. گشتاور می‌تواند به تنش تبدیل شود و رفتار تنش و نرخ برشی و سایر خواص نمونه در یک طیف گسترده، اندازه‌گیری شود.[۱]" رئومتر" از کلمه یونانی به معنای دستگاه اندازه گیری جریان گرفته‌شده‌است.[۲]

مواردی که می‌توان با آنالیز رئولوژی به‌دست آورد:[۳]

- ✓ ویسکوزیته به عنوان تابعی از تنش برشی
- ✓ ویسکوزیته به عنوان تابعی از نرخ برشی
- ✓ ویسکوزیته به عنوان تابعی از دما
- ✓ ویسکوزیته در نرخ برشی صفر
- ✓ تنش تسلیم و کرنش تسلیم
- ✓ نرخ شکست تیکسوتروپیک
- ✓ نرخ بازگشت تیکسوتروپیک
- ✓ الاستیسیته
- ✓ اختلاف فاز و tan
- ✓ تنش و کرنش تناوبی
- ✓ خزش و آسودگی از تنش

انواع رئومتر

ابزارهای مختلفی برای اندازه‌گیری گرانروی و دیگر خواص رئولوژیکی پلیمرهای مایع، محلول و مذاب به کار می‌رود. برخی از آن‌ها، خواص را به صورت مستقیم و برخی غیرمستقیم گزارش می‌کنند. برخی از دستگاه‌های رئومتر رایج عبارتند از:[۴]

- ✓ لوله مویین (کاپیلاری)
- ✓ ویسکومتر استوانه‌های هم‌محور (باب اند کاپ)
- ✓ ویسکومتر مخروط و صفحه (Cone and plate)
- ✓ ویسکومتر دو صفحه موازی
- ✓ ویسکومترهای کششی
- ✓ رئوگونیومتر

این‌رئومترها بیش‌تر برای اندازه‌گیری خواص پلیمرهای مایع و محلول استفاده می‌شود. بر خلاف آن‌ها، لاستیک‌ها در اثر کراس لینک شدن پخت می‌شوند تا در نهایت به خواص نهایی خود برسند. بنابراین، نیاز به دستگاه‌های دیگری برای اندازه‌گیری خواص ویسکوالاستیک لاستیک ها داریم.[۵]

## رئومتر لاستیک:

رئومترهای لاستیک، خواص ویسکوالاستیک الاستومرها را قبل، هنگام و پس از پخت بررسی می‌کنند. در حین پخت لاستیک، رئومتر می‌تواند پلاستیسیته سیستم را به همراه سرعت پخت نمونه تعیین کند. اطلاعات به صورت گشتاور استخراج شده و وارد کامپیوتر می‌شود. در آزمایشگاه برای تست جریان‌پذیری لاستیک در اثر اعمال نیرو از دستگاه رئومتر لاستیک استفاده می‌شود.[۲]

انواع رئومتر لاستیک:

دو نوع رئومتر در صنعت لاستیک کاربرد دارد: [۵]

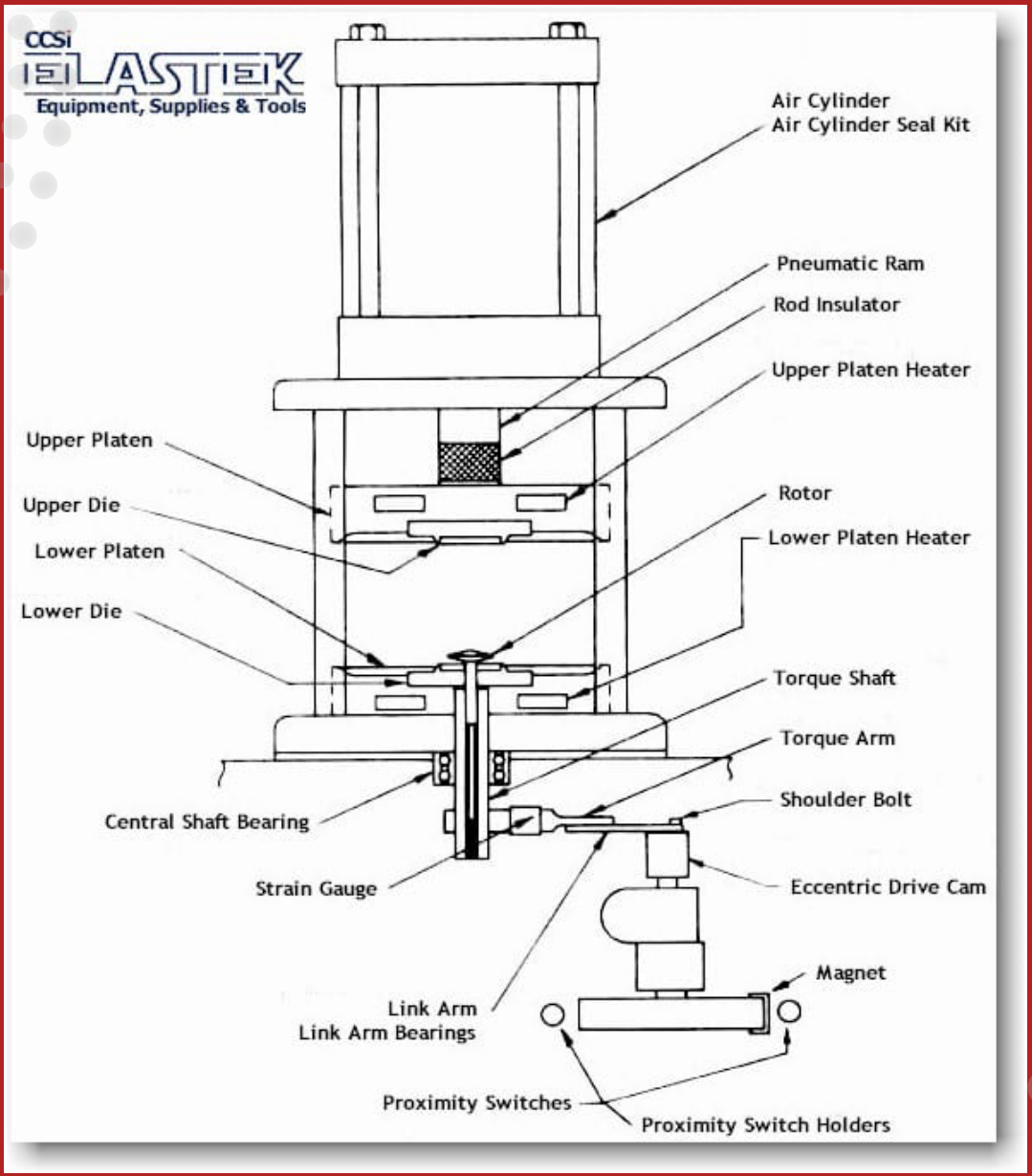
- ✓ صفحه نوسان‌کننده (Oscillating Disk یا ODR)
- ✓ دای حرکت‌کننده (Moving Die یا MDR)

این‌دو رئومتر تفاوت چندانی در نتایج ندارند و برای اهداف یکسانی استفاده می‌شوند.

روند کار دستگاه رئومتر:

رئومتر ODR، گشتاور لازم برای نوسان روتوری دو گوشه ای (biconial) درون حفره‌ای خالی ولی پر از آمیزه خام لاستیکی را اندازه می‌گیرد. دامنه معمول نوسان یک درجه است. در برخی آزمایشگاه‌ها نوسان ۳ تا ۵ درجه هم مورداستفاده قرارمی‌گیرد. سرعت نرمال ۱۰۰ دور در دقیقه است. دما، روی دما پخت موردنظر تنظیم شده و تغییرات گشتاور با زمان اندازه‌گیری می‌شود. این اطلاعات به صورت منحنی رئومتری وارد کامپیوتر می‌شود.[۶]

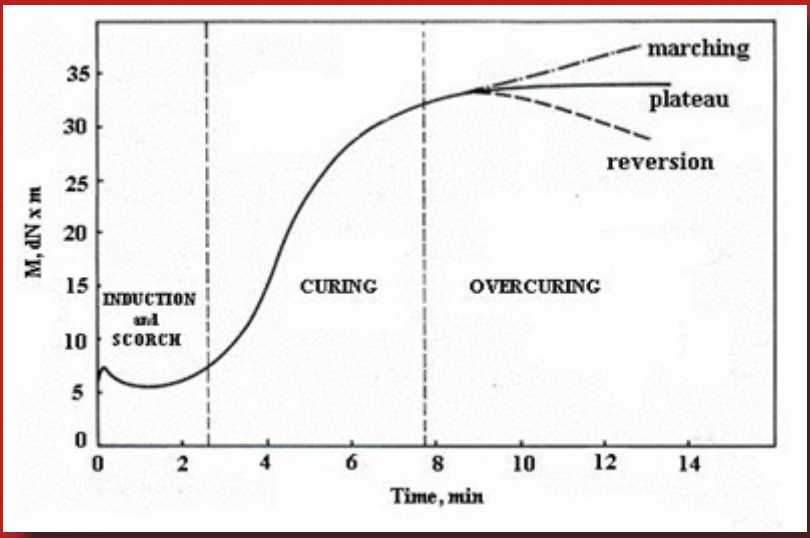
در رئومتر MDR (تصویر ۱)، لاستیک بین دو دای قرار می‌گیرد. دای پایین به میزان ۰/۵ درجه نوسان می‌کند و دای بالا به سنسور سنجش گشتاور متصل است. دمای پخت بین ۱۷۰ تا ۱۹۰ درجه سانتی گراد است. برای جلوگیری از چسبیدن نمونه‌های مختلف لاستیک به دای، از یک فیلم پلی آمید یا پلی استر استفاده می‌شود.[۲]




تصویر ۱ –یک رئومتر MDR [۷]

## منحنی رئومتر:

در تصویر ۲ یک منحنی رئومتری نشان‌داده‌شده‌است.




تصویر ۲ – منحنی رئومتری [۵]

مطابق شکل، فرایند پخت به ۳ قسمت تقسیم می‌شود: [۶]

1) بخش ابتدایی که تعریفی از ویسکوزیته آمیزه و زمان Scorch (زمان پخت زودرس یا ایمنی)را نشان‌می‌دهد.

2) بخش پخت که سرعت پخت آمیزه را مشخص می‌کند. شیب خط در این قسمت، معیاری از سرعت پخت نمونه است.

3) منطقه‌ای که کیفیت پخت آمیزه را نشان‌می‌دهد. این قسمت بسته به نوع آمیزه می‌تواند به ۳ شکل مشاهده شود:

مسطح بماند.

پایین بروند.

به آرامی به سمت بالا ادامه پیدا کند.

با کمک این نمودار پارامترهای زیر تعریف میشود: [۶]

$M_L$: حداقل گشتاور؛ معیاریست از ویسکوزیته آمیزه پخت نشده.

$M_H$: حداکثر گشتاور؛ معیاریست از حالت و کیفیت پخت. در اکثر آمیزه‌ها این‌مقدار می‌تواند معیاری از مدول و سختی نمونه باشد.

$t_{s1}$: زمان لازم برای افزایش گشتاور به اندازه 1 dN.m از حداقل گشتاور ($M_L$)؛ این زمان بیانگر زمان پخت رودرس (Scorch) یا ایمنی فرایند است. در برخی از منحنی‌ها $t_{s2}$ و $t_{s5}$ و $t_{s10}$ نیز به‌همین‌ترتیب تعریف می‌شوند.

$t_{c90}$ و $t_{c50}$: زمان لازم برای رسیدن به ۹۰% و ۵۰% از حداکثر گشتاور ($M_H$).

## شبیه سازی:

منحنی رئومتری اطلاعات سینتیکی دقیقی از پخت لاستیک به ما می‌دهد. با کمک مدل‌های سینتیکی موجود، می‌تواند ضرایب موردنیاز را استخراج کند. سپس شکل قطعه مورد نظر در یک نرم افزار FEM، مثل COMSOL، ترسیم می‌شود. معادله پخت به نرم افزار معرفی می‌شود و با استفاده از فیزیک انتقال حرارت(با توجه به نوع اتوکلاو و روند پخت) می‌توان زمان بهینه پخت قطعات را تعیین‌کرد. لازمه این کار، انجام تست رئومتری در چند دمای مختلف روی لاستیک است. با فرض تابعیت آرنیوسی ثوابت سرعت، می‌توان تابعیت سرعت بر حسب دما و زمان را به‌دست‌آورد. با انجام یک شبیه سازی دینامیکی می‌توان تحلیل مناسبی در مورد روند پخت قطعه لاستیکی ارائه‌کرد.

# منابع:


[1] ./Rheometers Available from: http://www.tainstruments.com

[2] MON TECH RHEOMETER USED IN OUR QUALITY ASSURANCE LAB. Available from: https://stern-rubber.com/blog/rubber-rheometer.

[3] Rheology Testing Lab and Test Services. Available from: https://www.rheologylab.com/services/rheology-testing-lab/?campaign=8096113137&content=507775553755&keyword=%2Brheometer&gclid=CjwKCAjw3MSHBhB3EiwAxcaEu7bc4AOUZihdBdWuD9KXXw_64L8JdUo-DYr-ihny1RxJA18FG4y04dhoCEclQAvD_BwE.

[4] کفاشی, ب. and م. رضاپور, رئولوژی پلیمرها. برون سپهر.

[5] CASE STUDY RHEOMETRIC REPORT. Available from: https://www.gomline.si/case-study-rheometric-report.

[6] and ف. فتوحی, فرمول آمیزه‌های لاستیکی. شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک.

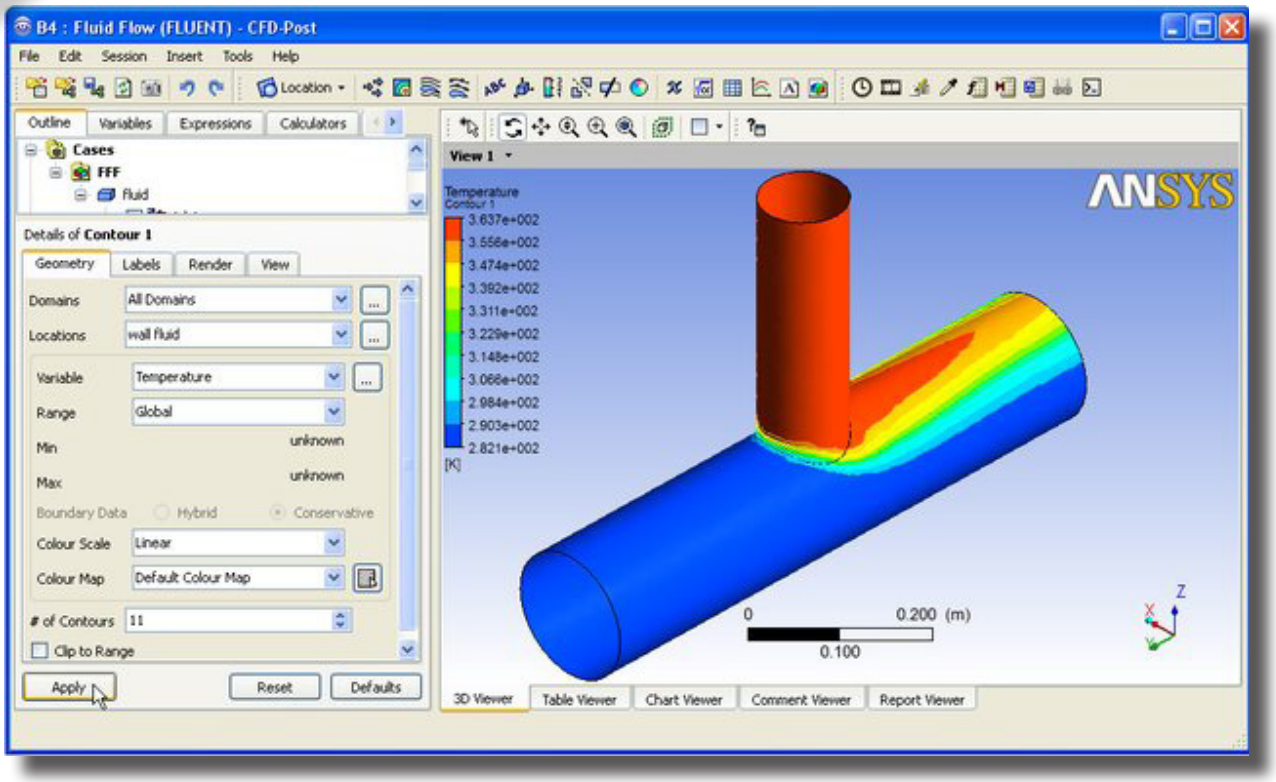
[7] ccsi-inc.com/pro-.ElasTek™ Rheometer Replacement Parts. Available from: https://www./duct/e-parts-instruments-3

# معرفی نرم افزار انسیس فلوئنت (Ansys Fluent)

گرد آوری:
امیرحسین یزدان بخش
دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی پلیمر، دانشگاه تهران

مقدمه

با گسترش استفاده از نرم افزار های تحلیل به کمک کامپیوتر و یا CAE، در شاخه مکانیک سیالات شاهد پیدایش نرم افزار های جدید و مهمی مانند انسیس فلوئنت هستیم. انسیس فلوئنت نام تجاری یک نرم افزار نسبتاً جدید در حوزه تحلیل های مکانیک سیالات و CFD است که در حال حاضر استفاده زیادی در آنالیز های مهندسی دارد. در این مطلب قصد داریم با این نرم افزار مهم و معتبر بیشتر آشنا شویم.




شکل ۱. محیط نرم افزار انسیس فلوئنت

## CFD چیست ؟

دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)، شاخهای از مکانیک سیالات است که از روش ها و الگوریتمهای عددی برای حل و تجزیه و تحلیل سیستمهایی که شامل جریان سیال، انتقال حرارت و پدیده هایی نظیر واکنشهای شیمیایی سیال هستند بهره میبرد.

سیستم های زیادی از سال های دور برای شبیه سازی دینامیک سیالات محاسباتی طراحی شدهاند.

پیچیدگی معادلات حاکم بر مساله، گذرا بودن اغلب مسایل مهندسی، بالا بودن هزینه های مربوط به تجهیزات آزمایشگاهی و محدودیت استفاده از دستگاههای اندازه گیری در بسیاری از کاربردهای علمی از جمله دلایلی هستند که استفاده از روش های تحلیلی و آزمایشگاهی را در مقایسه با روشهای CFD محدود میکند.

تاریخچه پیدایش و گسترش دینامیک محاسباتی سیالات متناسب با تاریخ اختراع، رواج و تکامل کامپیوترهای رقمی بوده است. تا حدود انتهای جنگ جهانی دوم، بیشتر روش های مربوط به حل مسائل دینامیک سیالات به صورت تجربی بوده است. همچنین بیشتر نوآوری ها و نتایج بر جسته علمی با استفاده از این روش انجام شده است.

در اغلب موارد، نخستین کار با اهمیت در این رشته را به ریچاردسون نسبت می دهند، که در سال ۱۹۱۰ محاسبات مربوط به نحوه پخش تنش، در یک سد ساخته شده از مصالح ساختمانی را انجام داد. در این کار ریچاردسون از روشی تازه موسوم به رهاسازی برای حل معادله لاپلاس استفاده نمود. او در این شیوه حل عددی، داده های فراهم آمده از مرحله پیشین تکرار را برای تازه سازی تمامی مقادیر مجهول در گام جدید به کار گرفت.

در این مقاله در مورد اهمیت نرم افزار انسیس فلوئنت و کاربرد های آن صحبت میشود.

## معرفی نرم افزار انسیس فلوئنت

امروزه کدهای محاسباتی مختلفی در زمینه مسائل مربوط به دینامیک سیالات و انتقال حرارت موجود است که در حل مسائل مهندسی از الگوریتم های متنوعی استفاده می کنند. نرم افزار فلوئنت (Flu-ent) یکی از این نرمافزارهاست که از روش عددی حجم محدود در تحلیل مسائل مختلف استفاده می کند و از قابلیت های زیادی در تحلیل مسائل دینامیک سیالات برخوردار است.

یکی از مهمترین این قابلیتهای آن، امکان نوشتن کد توسط کاربر است که توان مدل سازی مسائل پیچیده را بالا میبرد. این نرم افزار امکان تغییر شبکه به صورت کامل و تحلیل جریان با شبکه های غیر سازمان یافته برای هندسه های پیچیده را فراهم میسازد. نوع شبکه های قابل دریافت توسط این نرمافزار شامل شبکه هایی با المانهای مثلثی و چهارضلعی برای هندسههای دو بعدی و چهاروجهی، شش وجهی و هرمی برای هندسههای سه بعدی میباشد.

همچنین Ansys Fluent برای کاربر امکان بهبود شبکه مانند ریز کردن یا درشتتر کردن شبکه در مرزها و مکانهای لازم را فراهم مینماید. این بهینه سازی برای حل مسائل، قابلیتی در اختیار کاربر قرار میدهد که نتایج را در قسمتهایی که دارای تغییرات شدید مثل لایه مرزی داشته باشند، به طور دقق تر محاسبه کند. این قابلیتها زمان مورد نیاز برای حل مدل با یک شبکه مناسب را در مقایسه با شبکههای پیچیده به صورت قابل ملاحظه ای کاهش میدهد.

## مشخصات Ansys Fluent:

این نرم افزار با زبان برنامهنویسی C نوشته شده است و از تمامی توان و انعطافپذیری این زبان بهره میبرد. در نهایت این نرم افزار با استفاده از حافظه دینامیک، ساختار مناسب دادهها و اطلاعات و کنترل انعطاف

پذیر، محاسبات انجام میدهد. به علاوه استفاده از ساختار کلاینت و سرور موجب اجرای کارامد برنامه، کنترل سیستم و انعطاف پذیری کامل سیستم عامل می گردد. از آنجا که نرم افزار فلوئنت تنها یک نرم افزار محاسباتی است، لازم است از نرمافزارهای پشتیبانیکننده آن استفاده کرد.

از مهمترین نرم افزارهای پشتیبانی کننده فلوئنت می توان به انسیس، پاتران، نسترن، ای سیم و فیدپ اشاره کرد. نرم افزار های Design Modeler و Ansys Meshing از جمله کاربردیترین نرم افزار های انسیس هستند که میتوانند به راحتی با فلوئنت همگام شده و میدان جریان را حل کنند.

## قابلیت های نرم افزار انسیس فلوئنت

Ansys Fluent یک نرم افزار کامپیوتری چند منظوره برای مدلسازی جریان سیال، انتقال حرارت و واکنش شیمیایی در هندسه تعیین شده است. با توجه به محیط مناسب نرم افزار جهت تعریف مساله و شرایط پیچیده، تعریف شرایط مرزی گوناگون و حل مسائل پیچیده شامل تاثیر پدیده های مختلف به کمک این نرم افزار قابل حل می باشد. فلوئنت برای آنالیز و حل مسائل طراحی خاص، روش های شبیه سازی کامپیوتری متفاوتی را به کار می برد. از جمله توانایی های نرم افزار فلوئنت می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- شبیه سازی جریان در هندسه های پیچیده دو بعدی و سه بعدی با به کار بردن محاسبات غیر سازمان یافته و بهینه سازی و حل شبکه
- جریانهای تراکم پذیر و تراکم ناپذیر
- تحلیل پایا یا گذرا
- جریانهای لزج، آرام و متلاطم
- سیالهای نیوتنی و غیر نیوتنی
- انتقال حرارت جابهجایی شامل جابهجایی آزاد یا اجباری
- ترکیب انتقال حرارت جابهجایی و هدایتی و تشعشعی
- مدل فریمهای چرخان یا ساکن و مشهای لغزان و مشهای متحرک
- واکنش ها و ترکیبات شیمیایی، شامل احتراق و مدلهای واکنشی
- افزودن ترم های اختیاری حجمی از گرما، جرم، ممنتوم، اغتشاش و ترکیبات شیمیایی
- محاسبات لاگرانژی برای تغییر فاز از ذرات و قطرات کوچک به حبابها شامل ترکیبی از همه با فاز یکنواخت جریان در محیط متخلخل
- مبدلهای حرارتی، فنها، رادیاتورها و بازده آنها
- جریانهای دوفازی و چندفازی
- جریانهای سطح آزاد با شکلهای سطح پیچیده

## مکانیزم عملکردی نرم افزار فلوئنت:

نرم افزار فلوئنت با تبدیل معادلات دیفرانسیل پاره‌ای حاکم بر سیالات به معادلات جبری امکان حل عددی این معادلات را فراهم می‌کند. با تقسیم ناحیه مورد تحلیل به المان‌های کوچک‌تر و اعمال شرایط مرزی برای گره‌های مرزی و تقریب‌های مورد نیاز یک دستگاه معادلات خطی بدست می‌آید که با حل این دستگاه میدان سرعت، فشار و دما در ناحیه مورد نظر بدست می‌آید.

با استفاده از نتایج بدست آمده از حل معادلات می‌توان برآیند نیروهای وارد بر سطوح، ضرایب برا و پسا و ضریب انتقال حرارت را محاسبه نمود. در نرم افزار فلوئنت از روش ها و الگوریتم های مختلفی جهت رسیدن به جواب استفاده میشود، ولی در تمامی موارد، دامنه مساله به تعداد زیادی اجزا کوچک تقسیم شده و برای هر یک از این اجزا مساله حل میشود. در ادامه معرفی نرم افزار Fluent در مورد روش های عددی مورد استفاده در این نرم افزار بحث خواهیم کرد.

## روش‌های عددی مورد استفاده در نرم افزار فلوئنت

در اکثر نرم افزارهای عددی به طور کلی از سه روش برای حل مسائل مختلف استفاده می شود. نرم افزار فلوئنت نیز از این قاعده مستثنی نیست. این روشها به طور کلی به سه روش ذیل تقسیم میشوند.

- روش المان‌های محدود
- روش حجم محدود
- روش تفاضلات محدود

در میان این روش‌ها روش حجم محدود دارای کاربرد بیشتری بخصوص در مدل سازی جریان‌های تراکم ناپذیر می‌باشد.

یک مدل ریاضی عمومی به شرح زیر است:

$$P\left(\frac{\partial}{\partial x},\frac{\partial}{\partial y}\right)u=F$$

u=f شرط اولیه و Bu=g نیز شرط مرزی است.

در اینجا، P نشان‌دهنده عملگر دیفرانسیلی، u متغیر وابسته (متغیر حل)، F مولفه منبع، f تابع شرط اولیه، B یک اپراتور، g یک تابع در مرز را توصیف می‌کند. x مختصات فضا در هر سه جهت x و y و z را نشان می‌دهد.

مدل ریاضی می‌تواند پدیده‌ای فیزیکی مانند جریان سیال را توصیف کند. در اینجا، این مدل میتواند نشان‌دهنده بقای مومنتوم و جرم در فضا و زمان باشد. خوشبختانه، مدلهای ریاضی ناشی از قوانین بقا، همراه با مقادیر اولیه و شرایط مرزی کافی، اغلب خوش‌رفتار است. یعنی یک راه‌حل منحصربه‌فرد معمولاً برای آنها در شرایط مرزی و اولیه مشخص وجود دارد .

باوجود اینکه ممکن است یک راه‌حل منحصربه‌فرد و پایدار برای این مسئله وجود داشته باشد، پیدا کردن این راه‌حل تحلیلی ممکن است دشوار یا تقریباً غیرممکن باشد. به عبارتی عملیات لازم برای بدست آوردن تابع تحلیلی میتواند دشوار باشد. در عوض، مدل به صورت عددی فرموله میشود، که یک مدل ریاضی را تخمین می‌زند. سپس معادلات مدل عددی را می‌توان با استفاده از روش عددی در یک برنامه کامپیوتری حل کرد.

روش اجزا محدود و روش‌های حجم محدود، روش‌های عددی بر اساس گسسته سازی فضایی معادلات هستند. گسسته سازی زمانی نیز معمولاً با چند نوع طرح گام زمانی برای معادلات دیفرانسیل معمولی انجام می‌شود. مدل ریاضی تعریف‌شده در بالا مدل عددی زیر را می‌دهد:

$$P_h u_h = F_h$$

که درآن شرط اولیه و مرزی به ترتیب به صورت زیر تعریف می شوند :

$$u_h = F_h$$

$$B_h u_h = g_h$$

که در آن h نشان‌دهنده یک پارامتر گسستهسازی (برای مثال، المان مش و یا اندازه سلول در المان محدود یا روش حجم محدود) است. چندین منبع خطا وجود دارد:

خطای برش (truncation error): به ما می‌گوید که مدل عددی به چه میزان مدل ریاضی را تخمین می‌زند:

$$\tau = (P - P_h)\, u$$

مرتبه دقت(order of accuracy): مرتبه دقت مدل عددی به ما نشان می‌دهد که با چه سرعتی خطای برش با کاهش h کاهش می‌یابد. یعنی هر چه المان‌ها کوچک‌تر شوند یا اندازه سلول کوچک‌تر باشد، تفاوت بین مدل ریاضی و عددی باید کمتر شود. چنانچه خطای برش به همراه کاهش h کاهش داشته باشد، مدل عددی پایدار است.

خطای گسسته سازی (discretization error) :

این خطا در حل به‌عنوان تفاوت بین راه‌حل دقیق و راه‌حل عددی برای معادلات تعریف می‌شود:

$$e = u - u_h$$

حل عددی زمانی همگرا (converge) می‌شود که در آن مقدار جواب حل عددی به حل دقق نزدیک شود که با کاهش h رخ می‌دهد:

$$u - u_h \to 0\ ,\ h \to 0$$

مرتبه دقت گسسته سازی، به ما نشان می‌دهد که راه‌حل عددی با چه سرعتی به راه‌حل دقیق با کاهش h همگرا می‌شود:

$$e\,(h) \le C_1 h^p$$

هرچه p بزرگ‌تر باشد تقریب با سرعت بیشتری همگرا می‌شود.

بنابراین آیا تفاوت ذاتی در دقت روش‌های اجزای محدود و روش‌های حجم محدود وجود دارد؟ با افزایش مرتبه توابع پایه، می‌توان ازلحاظ نظری به هر درجه دقتی با روش‌های اجزای محدود (در عمل، محدودیت‌های دیگری نیز وجود دارد) رسید. رایج‌ترین روش‌های المان محدود به ترتیب مرتبه دوم تا مرتبه سوم هستند و روش‌های حجم محدود مرتبه اول تا مرتبه دوم هستند.

## تفاوت‌ها و شباهت‌های روش‌های المان محدود و حجم محدود چیست؟

معادله موازنه شار که اساس مدل‌های ریاضی برای جریان سیال را تشکیل می‌دهد به شرح زیر است:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \nabla.\Gamma = F\ in\ \Omega$$

در این معادله، u مقدار فیزیکی در بقا از قبیل تکانه یا جرم را مشخص می‌کند و $\Gamma$ بیانگر شار این مقدار است؛ برای مثال، شار مومنتوم در هر واحد سطح کنترل و در واحد زمان.

روش‌های اجزا محدود با فرموله کردن یک معادله انتگرالی شروع می‌شود. این معادلات با تابع آزمون $\phi$ نوشته می‌شود و میانگین‌گیری با انتگرال‌گیری در دامنه مدل انجام می‌شود:

$$\int_\Omega \frac{\partial u}{\partial t}\varphi dV + \int_\Omega (\nabla.\Gamma)\,\varphi dV = \int_\Omega F\varphi dV$$

اگر قضیه دیورژانس را بر روی $\Gamma\phi$ اعمال کنیم :

$$\int_\Omega \nabla.(\Gamma\varphi)\,dV = \int_{\partial\Omega}(\Gamma\varphi)\,n.dS$$

در اینجا، $\partial\Omega$ نشان‌دهنده مرز دامنه است و n نشان‌دهنده بردار نرمال به مرز دامنه است.

انتگرال‌گیری از سمت چپ در معادله بالا نتیجه زیر را می‌دهد:

$$\int_\Omega (\nabla.\Gamma)\,\varphi dV + \int_\Omega \Gamma.\nabla\varphi dV = \int_{\partial\Omega}(\Gamma\varphi)\,n.dS$$

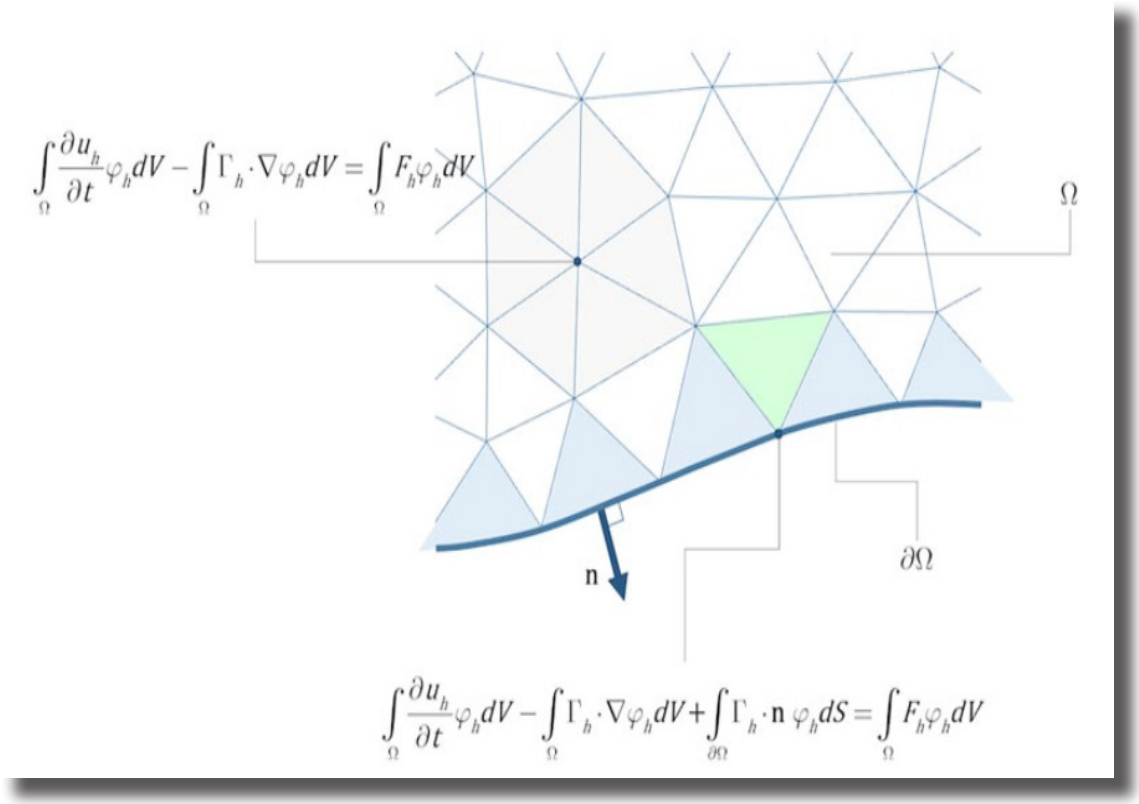
بردار شار نیاز به دیفرانسیل پذیری ندارد. این مورد مزیت این مسئله در حل عددی است. این مورد منجر به معادلات مورد استفاده آغازی در روش‌های اجزا محدود است:

$$\int_\Omega \frac{\partial u}{\partial t}\varphi dV - \int_\Omega \Gamma.\nabla\varphi dV + \int_{\partial\Omega}\Gamma.n\varphi dS = \int_\Omega F\varphi dV$$

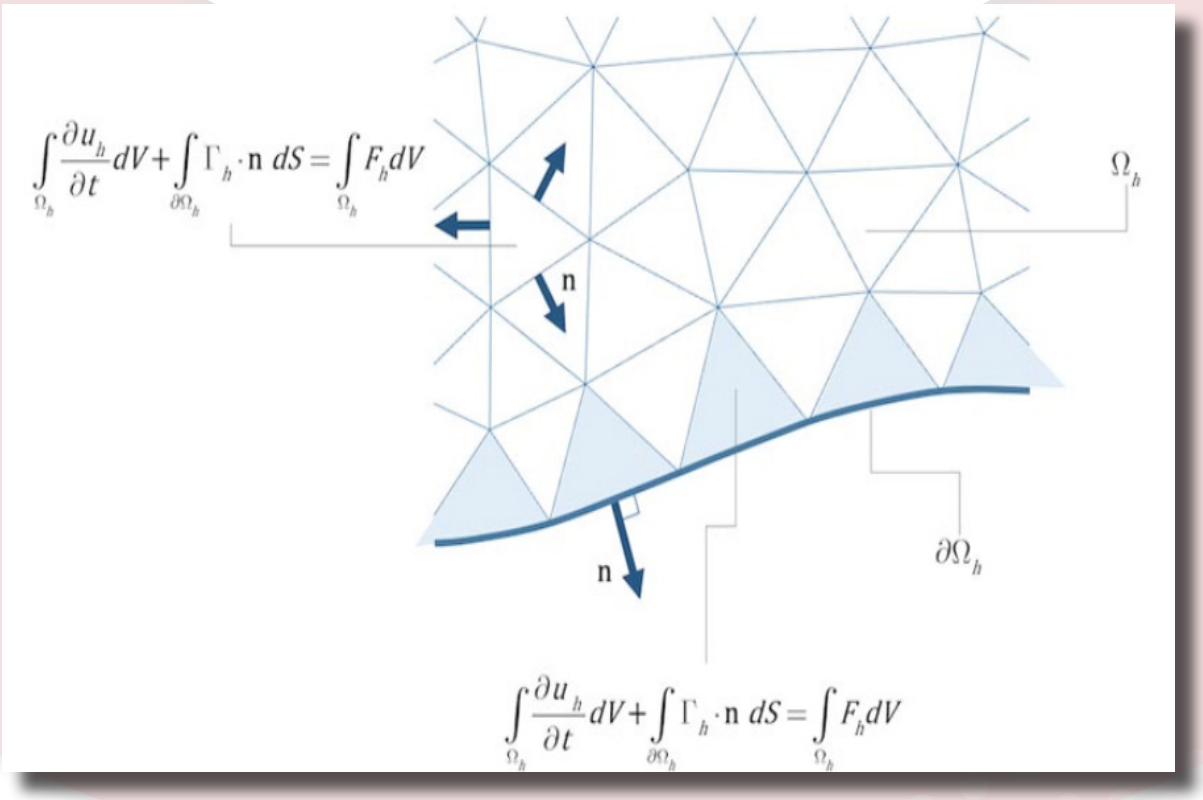
این حالت از معادله انتگرالی را به اصطلاح فرم ضعیف معادلات می‌گویند. فرم ضعیف معادلات تنها زمانی می‌تواند حالت فیزیکی مدل را نشان دهد که تغییرات وسیع تابع آزمون را در نظر بگیرد. یک حالت رایج برای تابع آزمون توابع چند جمله ای هستند. اما زمانی که تابع آزمون را برابر یک (مقدار ثابت) قرار دهیم به حالت زیر از معادله قبل می‌رسیم که معمولاً به‌عنوان نقطه شروع روش حجم محدود در نظر گرفته می‌شود:

$$\int_\Omega \frac{\partial u}{\partial t}dV + \int_{\partial\Omega}\Gamma.ndS = \int_\Omega FdV$$

تا اینجا، تفاوتی بین اجزا محدود و روش‌های حجم محدود وجود ندارد. همان‌طور که در بالا می‌بینیم، معادله روش حجم محدود، فقط یک حالت خاص از فرم ضعیف عمومی است که در روش‌های اجزا محدود استفاده می‌شود. تفاوت اصلی در شیوه گسسته سازی معادلات مورداستفاده در هر مورد است. روش المان محدود با انتخاب تعداد محدودی تابع آزمون و حل فرم ضعیف معادلات به دست می‌آید و روش حجم محدود با انتخاب تعداد محدودی از حجم کنترل (Control Volume) و حل معادله فوق به دست می‌آید. به این‌ترتیب شکل‌های ۲ و ۳ فرم گسسته سازی شده معادلات را به ترتیب برای روش المان محدود و روش حجم محدود با استفاده از شبکه مثلثی را نشان می‌دهند.




شکل۲ .فرم گسسته سازی شده معادلات برای روش المان محدود




شکل۳ .فرم گسسته سازی شده معادلات برای روش حجم محدود

اگر به رایج‌ترین روش‌های اجزا محدود نگاه کنیم، می‌بینیم که توابع آزمون تنها در مجاورت گره‌ها (تابع پشتیبانی محلی) غیر صفر هستند. این به این معنی است که انتگرال فقط باید بر روی عناصر (در اینجا، مثلث) و حوالی آن محاسبه شود. در عوض اگر به روش‌های معمول حجم محدود نگاه کنیم، هر سلول (مثلث) به‌عنوان یک دامنه منفرد رفتار میکند. در روش‌های اجزا محدود، اغلب توابع پایه مشابه برای تخمین راه‌حل به‌عنوان توابع آزمون به کار می‌روند. تا زمانی که تخمین راه‌حل دارای درجه چندجمله‌ای بالاتر از صفر باشد و مشتقات درجه اول را بتوان تقریب زد، نیازی به انجام کار خاصی برای حل یک شار همرفتی و دی فیوز نیست. بردار شار نیز یک تابع چندجمله‌ای محلی است.

از طرف دیگر، در حجم محدود، حل در مرز به خوبی تعریف نشده است. این روش تنها مقدار حل را برای هر سلول در مرکز سلول تعریف می‌کند. بنابراین روش حجم محدود حتماً باید با یک روش بازسازی تعریف شود. به‌طورمعمول، یک روش درون‌یابی محلی برای در نظر گرفتن مقادیر در سلول‌های مجاور تعریف می‌شود.

بسته به توابع پایه مورداستفاده درروش اجزای محدود و نوع ساختار تعریف شارها در روش حجم محدود، دقت های مختلف را می‌توان به دست آورد. یک شبکه درشت با روش مرتبه دوم می‌تواند یک راه‌حل دقفتر از یک مش بهتر با یک روش مرتبه اول به دست آورد.

توابع آزمون خطی و توابع پایه برای روش اجزای محدود به‌طورمعمول به روش‌های مرتبه دوم و دقفه منجر می‌شوند. المان‌های محدود در گسستهسازی انعطاف‌پذیری زیادی دارند. برای مثال استفاده از توابع پایه درجه دو نسبتا ساده است. نیازی به بازسازی یا درون‌یابی حل وجود ندارد.

یک ایراد روش FEM (اجزای محدود) این است که برای توابع آزمون و پایه مداوم هیچ موازنه محلی برای مقادیر

قابل تعریف نیست. به بیان‌دیگر تنها شار کلی در میدان از قوانین موازنه پیروی می‌کند. عیب دیگر این است که هیچ کنترلی از شارهای محلی وجود ندارد. بنابراین پایدارسازی گسسته سازی جریان‌های جابجایی سخت‌تر میشود.

از طرفی روش المان محدود این مزیت را دارد که قادر به فرموله کردن توابع پایه با مراتب مختلف است. مراتب بالاتر برای توابع پایه، امکان افزایش دقت برای شبکه‌های مختلف را فراهم می‌کند.

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، روش FVM (حجم محدود) متناظر با یک تابع پایه المان محدود تکه‌ای، احتمالاً با یک طرح درون‌یابی مرتبه بالاتر برای شارها است که منجر به‌دقت مرتبه اول یا دوم می‌شود. بیان محلی از روش حجم محدود باعث امکان تعریف موازنه و بقا به‌صورت محلی می‌شود که جنبه جذاب روش حجم محدود است.

## نتیجه‌گیری نهایی در مورد :FEM Vs FVM

همان‌طور که ذکر شد شباهت‌ها ، تفاوت‌ها، برتری‌ها و معایبی بین این دو روش وجود دارد. جنبه‌های دیگر مهم و تأثیرگذار برای انجام یک شبیه‌سازی سیالاتی همچون حل دستگاه بزرگی از معادلات خطی سازی شده، تنظیمات مرتبط با گام‌های زمانی و تنظیمات مرتبط با گام‌های زمانی ضمنی و صریح و ... نیز وجود دارد. انواع روش‌های موجود نیز درحال‌توسعه هستند که فرصت‌های جدیدی را فراهم میکند.

## مدل VOF در انسیس فلوئنت (Volume of Fluid) – شبیه سازی به روش حجم سیال:

یکی از بخش های بسیار کاربردی نرم افزار انسیس ورک بنچ، قسمت شبیه سازی های جریان های دوفازی است. با توجه به کاربرد گسترده این نوع شبیه سازی ها در صنعت، فراگیری این بخش و آشنایی با هریک از مدل های جریان های چندفازی امری ضروری برای کاربران نرم افزار انسیس فلوئنت می باشد. اولین مدل پرکاربرد دوفازی، مدل VOF یا Volume of Fluid است. روش VOF (روش حجم سیال) برای شبیه سازی دو بعدی جریان های چندفازی در فلوئنت، استفاده می شود.

## چه زمانی از مدل VOF در انسیس فلوئنت استفاده می کنیم؟

مدل VOF یا (Volume of Fluid) برای شبیه سازی جریان های دو فازی غیر مخلوط شونده استفاده و عموما کاربرد آن برای شبیه سازی سطح اشتراک دو سیال است. به عبارتی، زمانی که هدف شبیه سازی، مطالعه بر روی سطح اشتراک دو سیال باشد، مدل VOF کارایی بالایی خواهد داشت . اما در مقابل برای شبیه سازی هایی که دو سیال باهم ترکیب میشوند این مدل کارایی زیادی ندارد. یکی از مواردی که در استفاده از شبیه سازی دو فازی به روش VOF باید به آن توجه داشت عدم استفاده از دو فاز گازی است. پس همیشه این نکته را باید در نظر داشت که :

- زمانی که سطح اشتراک دو سیال هدف شبیه سازی باشد استفاده از روش VOF توصیه می شود.
- اگر دو فاز مسئله مورد نظر به صورت گازی باشد، استفاده از روش VOF کارایی نخواهد داشت.

## چه مسائلی با روش VOF در سیالات بررسی می شوند ؟

مسائلی که عموما با استفاده از روش VOF بررسی میشوند عبارتند از:

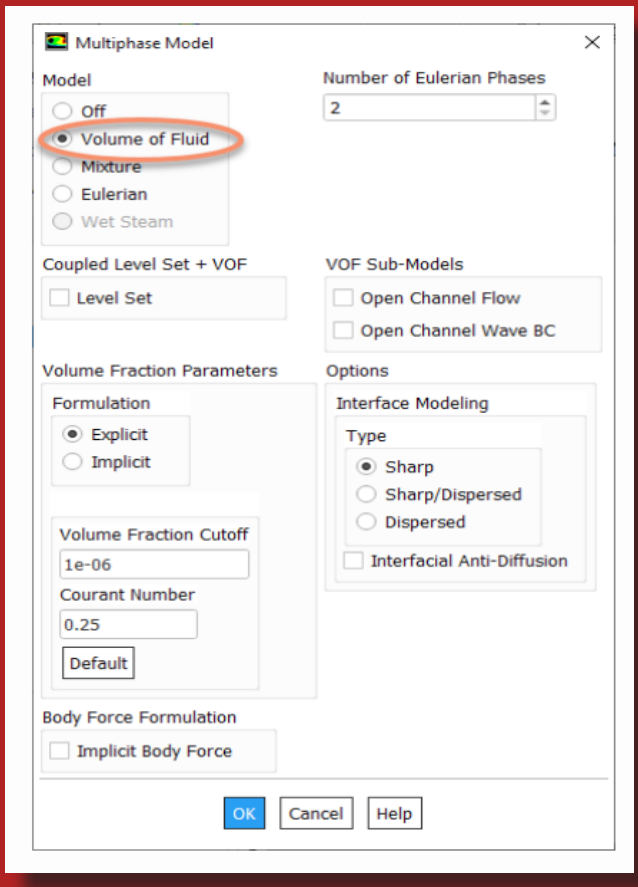
۱. حرکت ستون حباب در سیال آب

۲. شبیه سازی شکسته شدن سد

۳. شبیه سازی جت هوا در سیال مایع

برای انتخاب مدل VOF در انسیس فلوئنت کافی هست به منوی نرم افزار فلوئنت رفته و با روشن کردن منوی دو فازی از لیست ظاهر شده، گزینه VOF را فعال کنید (شکل ٤).

اما یکی از بخش هایی که در شبیه سازی با مدل VOF در سیالات باید به آن توجه داشت سطح اشتراک دو سیال است. زمانی که این سطح نسبت به شبکه یا مش شما کوچکتر باشد استفاده از این روش توصیه نمی شود و دقت این روش با توجه به اندازه شبکه ریخته شده برروی دامنه محاسباتی کاهش می یابد.




شکل ٤ . انتخاب مدل VOF در انسیس فلوئنت

## معرفی مدل اویلری در جریان چند فازی

مدل اویلری یا مدل چند فازی اویلری (Eulerian multiphase model) در انسیس فلوئنت اجازه می دهد تا مدل سازی های متعدد جداگانه با فازهای در حال تماس انجام دهیم. فازها می توانند مایعات، گازها، و یا مواد جامد تقریبا در هر ترکیبی باشند. یک دیدگاه اویلری برای هر فاز استفاده می شود، برخلاف دیدگاه اویلری-لاگرانژی است که برای مدل فاز گسسته (discrete phase model) استفاده می شود.

با استفاده از مدل اویلری، تعداد فازهای ثانویه تنها با حافظه مورد نیاز و رفتار همگرایی محدود می شود. هر تعداد از فاز ثانویه را می توان مدل کرد، به شرطی که حافظه کافی در دسترس باشد. برای جریان های چند فازی پیچیده، ممکن است راه حل با رفتار همگرایی محدود شده باشد.

مدل اویلری در انسیس فلوئنت ANSYS FLUENT تفاوت بین مایع – مایع و مایع-جامد (گرانول) را در جریان های چند فازی تشخیص نمی دهد. جریان گرانولار جریانی است که حداقل دارای یک فاز گرانول است.

## محدودیت های مدل اویلری در جریان چند فازی

مدل اویلری در انسیس فلوئنت شامل محدودیت هایی از قبیل موارد زیر است:

- مدل توربولانس تنش رینولدز بر پایه هر فاز امکان پذیر نیست.
- ردیابی ذرات یا استفاده از مدل لاگرانژی فاز گسسته فقط با فاز اولیه برهمکنش می کند.
- اجازه استفاده از جریان غیر لزج وجود ندارد.

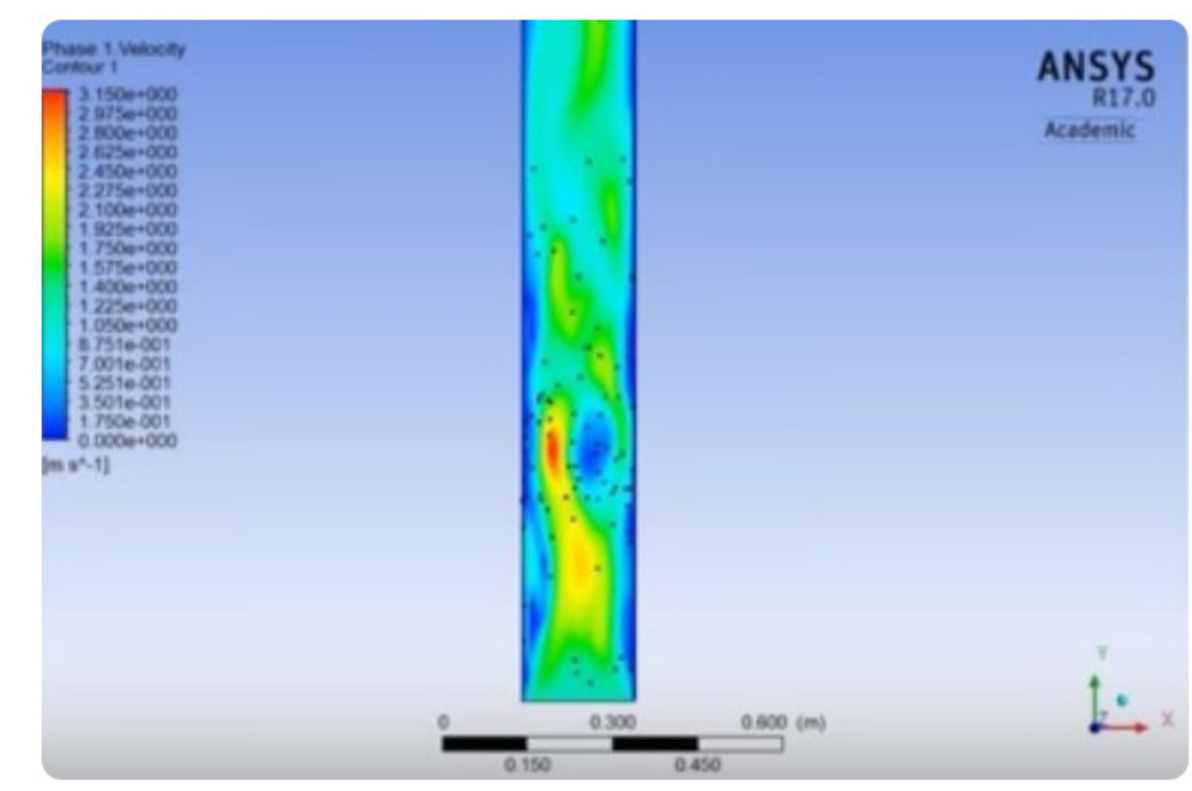
## روش حل انسیس فلوئنت در مدل اویلری

برای محاسبات مدل اویلری، ANSYS FLUENT می تواند معادلات مومنتوم فاز، فشار به اشتراک گذاشته شده، و معادلات کسر حجمی فاز در حالت جفت و جدا را حل کند. وقتی معادلات به شیوه ای جدا حل می شوند، ANSYS FLUENT از الگوریتم PC-SIMPLE برای حل همزمان معادلات سرعت و فشار استفاده می کند. PC-SIMPLE یک فرمت از الگوریتم SIMPLE یا سیمپل برای جریان چند فازی است.

چه مسائلی با روش اولرین Eulerian در سیالات بررسی می شوند ؟

روش شبیه سازی اویلری Eulerian در انسیس فلوئنت اغلب برای مدل سازی جریان های دوفازی زیر مورد استفاده قرار می گیرد:

- شبیه سازی ستون حباب
- شبیه سازی رایزرها Riser
- شبیه سازی سوسپانسیون ذره
- شبیه سازی بستر سیال




شکل ۵ . شبیه سازي جریان دوفازي در انسیس فلوئنت با روش اولرین

برای انتخاب مدل دوفازی اولرین در انسیس فلوئنت، کافی است به منوی نرم افزار فلوئنت رفته و با روشن کردن منوی دو فازی از لیست ظاهر شده ، گزینه Eulerian را انتخاب کنید. البته استفاده از مدل اولرین برای شبیه سازی جریان های سیال در انسیس فلوئنت هزینه محاسباتی بسیار بالایی دارد و تنها زمانی از این مدل استفاده کنید که دو مدل شبیه سازی VOF و Mixture جواب گوی شبیه سازی شما نباشد.

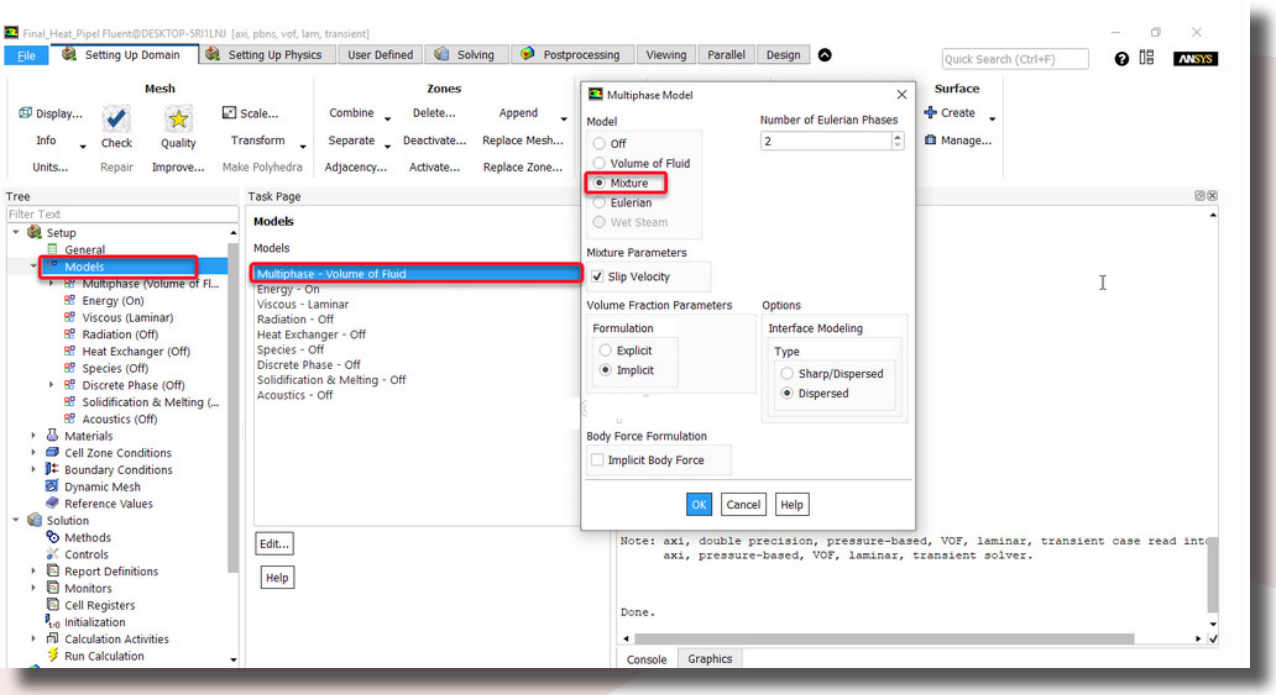
مقایسه روش های دو فازی در انسیس فلوئنت

با توجه به تنوع مدل های چندفازی برای انتخاب مدل مناسب می توان از نکات زیر استفاده کرد :

- در جریان های حبابی، قطره و ذرات معلق در صورتی که کسر حجمی بیشتر از ۱۰درصد باشد بهتر است از مدل mixture استفاده کرد.
- برای جریان های اسلاک مدل VOF مناسب تر می باشد.
- برای جریان های سطح آزاد مدل VOF مناسب تر است.
- در شبیه سازی های همراه انتقال حرارت، در صورتی که اختلاط یا ترکیب فاز ها به صورت دانه ایی باشد بهتر است از مدل اولرین استفاده شود.
- در جریان های بستر سیال تنها مدل اولرین استفاده شود.
- در شبیه سازی رسوب گذاری از مدل Eulerian استفاده شود.

## مدل Mixture در انسیس فلوئنت | روش Mixture در جریان های دو و چند فازی

یکی از روش های شبیه سازی جریان های دو و چند فازی در انسیس فلوئنت استفاده از مدل Mixture یا مخلوط می باشد. برای فعال کردن این روش در نرم افزار انسیس فلوئنت باید به روش زیر عمل کنیم:




شکل ۶. انتخاب مدل Mixture در انسیس فلوئنت

## کاربرد های مدل Mixture در انسیس فلوئنت

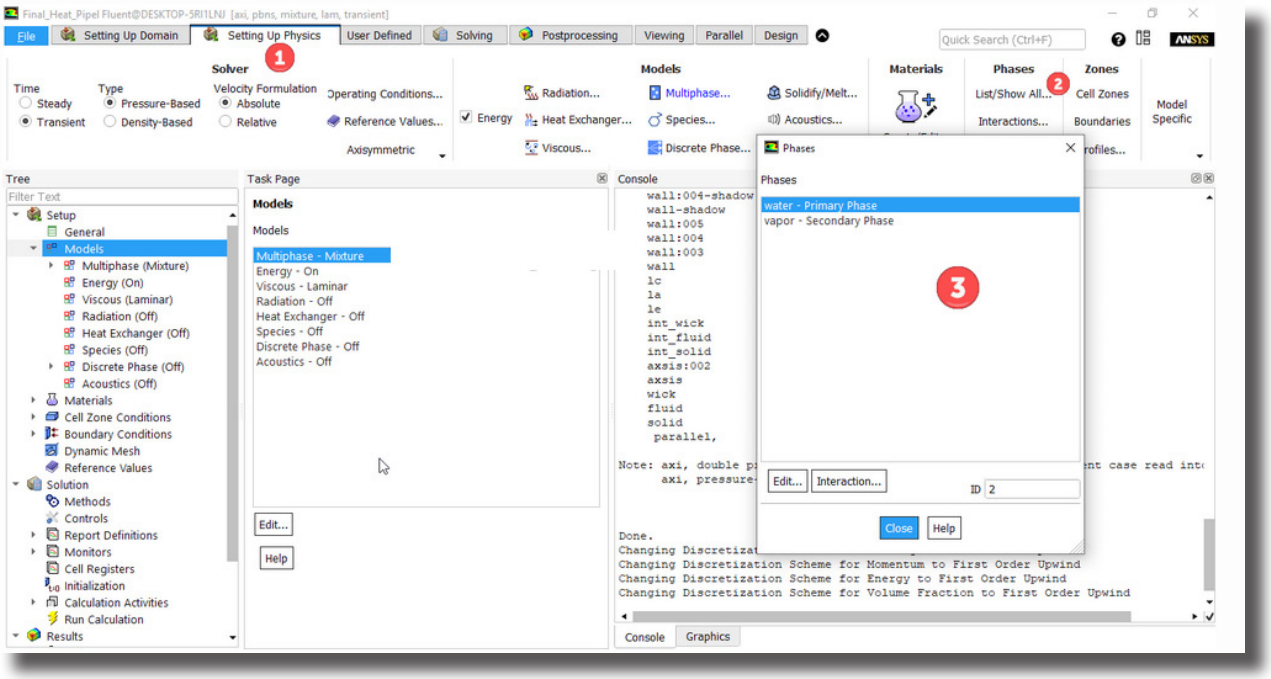
مدل mixture در انسیس فلوئنت برای دو یا تعداد بالاتری از فازها طراحی شده است. در مدل mixture مانند مدل Eulerian ، فازها میتواند درهم تنیده شوند. در مدل میکسچر، معادله مومنتوم برای هر دو فاز حل می شود و از سرعت های نسبی جهت توصیف رفتار فاز دوم استفاده می شود. از جمله کاربردهای مدل mixture میتوان به شبیه سازی جریان حامل ذرات با بار کم، جریان های حبابی، مدل سازی رسوب، جدا کننده های سایکلونی، شبیه سازی تبخیر در انسیس فلوئنت و شبیه سازی کاویتاسیون اشاره کرد.

مقایسه مدل Mixture در انسیس فلوئنت با سایر مدل ها :

روش شبیه سازی mixture در انسیس فلوئنت با مدل Eulerian از چهار جهت متفاوت می باشد:

۱. معادله ممنتوم با استفاده از سرعت میانگین فازها حل می شود.
۲. کسر حجمی هر سیال یا فاز موجود در شبیه سازی در کل دامنه ردیابی می شود.
۳. ضرایب تخفیف ذرات کوچکتر از ۰/۰۰۱ – ۰/۰۱ ثانیه است.
٤. برای مدلسازی سرعت نسبی بین فازها به صورت جبری، از فرض تعادل موضعی استفاده می شود. این مدل برای میدان سیال که جریان در هر دو فاز هم راستا بوده و ته نشینی وجود ندارد، کارایی خوبی دارد.

در مدل Mixture مانند مدل VOF ، فازهای اولیه و ثانویه می بایست مشخص گردد. مثل روش VOF برای تعیین هر کدام از فازها به صورت زیر عمل میکنیم:




شکل ۷. تعیین فاز ها در مدل Mixture در محیط انسیس فلوئنت

تشخیص فاز اولیه و ثانویه بستگی به مسئله و شبیه سازی شما دارد مثلا در شبیه سازی جریان در لوله های حلقه بسته ، فاز اولیه شبیه سازی را آب و فاز ثانویه را بخار آب انتخاب میکنیم. دلیل این انتخاب، حضور آب به عنوان فاز موجود در لحظات ابتدایی شبیه سازی و تبدیل آن به بخار در طول زمان شبیه سازی است.

اما یکی از تفاوت های انتخاب فاز ثانویه در مدل Mixture در فلوئنت تنظیمات بیشتر این بخش در مقایسه با سایر روش ها می باشد. مثلا زمانی که از روش VOF برای شبیه سازی جریان های چند فازی استفاده می شود، تنها تنظیماتی که کاربر با آن رو به رو است مربوط به تغییرات نام فازها است. اما در روش میکسچر در انسیس فلوئنت برای فاز ثانویه تنظیماتی بیشتری در دسترس می باشد. مثلا میتوانیم قطر ذرات یا حباب های تولید شده در طول شبیه سازی را به نرم افزار انسیس فلوئنت وارد کنیم. در صورت استفاده از مدل Mixture با غیر فعال کردن سرعت لغزشی، میدان جریان چند فازی به صورت همگن فرض شده و تمام فازها با سرعت یکسان حرکت می کنند. در انسیس فلوئنت به صورت پیشفرض، سرعت لغزشی برای فاز دوم محاسبه می شو. در صورتی که میخواهید در روش mixture فازهای سیال با سرعت یکسان وارد دامنه محاسباتی شوند کافی است از منوی مدل mixture، بخش مربوط به سرعت لغزشی(Slip Velocity) را غیر فعال کرد.

## محدودیت های مدل Mixture در انسیس فلوئنت

محدودیت های روش شبیه سازی mixture (میکسچر در انسیس فلوئنت) عبارتند از:

۱. برای استفاده از روش Mixture در انسیس فلوئنت تنها مجاز به استفاده از حلگر (Pressure-Base) هستیم.
۲. در مدل میکسچر تنها یک فاز میتواند گاز ایده آل (ideal-gas) باشد.
۳. مدلسازی فرآیند انجماد و ذوب توسط مدل چند فازی Mixture امکانپذیر نمی باشد.
٤. نمیتوان از روش Mixture در جریان های غیرلزج استفاده کرد.

## Population balance model(PBM) در انسیس فلوئنت

در ANSYS FLUENT مدل تعادل جمعیت (PBM) به عنوان یک ماژول افزودنی با نرم افزار استاندارد مجاز ANSYS FLUENT ارائه شده است.

چندین کاربرد جریان سیال صنعتی شامل یک فاز ثانویه با توزیع اندازه است. توزیع اندازه ذرات، از جمله ذرات جامد، حباب ها یا قطرات، می تواند همراه با انتقال و واکنش شیمیایی در یک سیستم چند فازی تکامل یابد. فرآیندهای تکاملی می تواند ترکیبی از پدیده های مختلف مانند هسته، رشد، پراکندگی، انحلال، تجمع و شکستگی تولید پراکندگی باشد. بنابراین در جریان های چند فازی شامل توزیع اندازه، برای توصیف تغییرات در جمعیت ذرات، علاوه بر مومنتوم، جرم و تعادل انرژی، به یک معادله تعادل نیاز است. به طور کلی از این تعادل به عنوان تعادل جمعیت یاد می شود. مواردی که تعادل جمعیت می تواند اعمال شود شامل کریستالیزاسیون، واکنشهای رسوبی از یک فاز گاز یا مایع، ستون های حباب، پاشش گاز، اسپری ها، پلیمریزاسیون بستر سیال، دانه بندی، امولسیون مایع و مایع و جداسازی و جریان های آئروسل است.

برای استفاده از این مفهوم مدل سازی، یک تابع چگالی عدد برای محاسبه جمعیت ذرات معرفی شده است. با کمک خواص ذرات (به عنوان مثال ، اندازه ذرات ، تخلخل ، ترکیب و غیره) ، می توان ذرات مختلف را در جمعیت تشخیص داد و رفتار آنها را توصیف کرد.

ANSYS FLUENT سه روش راه حل برای معادله تعادل جمعیت ارائه می دهد: تعادل گسسته جمعیت ، روش استاندارد ممان ها و روش کوادراتور ممانها.

معادله مدل تعادل جمعیت (PBM)

با فرض اینکه $\phi$ حجم ذرات است ، معادله انتقال برای تابع چگالی عددي به این صورت است:

$$\frac{\partial}{\partial t}[n(V,t)] + \nabla \cdot [\vec{u}n(V,t)] + \underbrace{\nabla_v \cdot [G_v n(V,t)]}_{\text{Growth term}} =$$

$$\underbrace{\frac{1}{2}\int_0^V a(V-V',V')n(V-V',t)n(V',t)dV'}_{\text{Birth due to Aggregation}} - \underbrace{\int_0^\infty a(V,V')n(V,t)n(V',t)dV'}_{\text{Death due to Aggregation}}$$

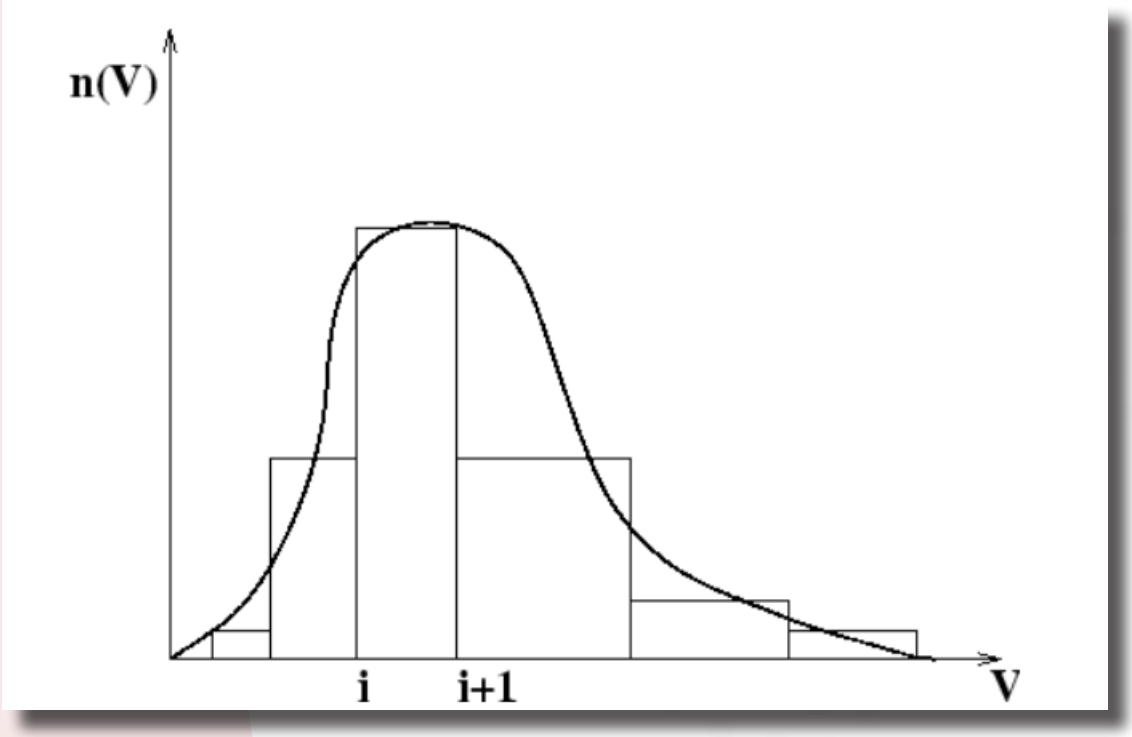
$$+ \underbrace{\int_{\Omega_v} pg(V')\beta(V \mid V')n(V',t)dV'}_{\text{Birth due to Breakage}} - \underbrace{g(V)n(V,t)}_{\text{Death due to Breakage}}$$

شرایط مرزي و شرایط اولیه نیز به شرح زیرند:

$$n(V,t=0)=n_{\mathrm{v}};\quad n(V=0,t)G_{\mathrm{v}}=\dot{n}_0$$

اصلي ترین روش حل معادله PBM در انسیس فلوئنت ، تعادل گسسته جمعیت (The Discrete Method) است که در زیر تشریح مي‌گردد:

روش گسسته (همچنین به عنوان روش پاره ای یا بخش بخش شناخته می شود) بر اساس نمایش توزیع مداوم اندازه ذرات (PSD) بر اساس مجموعه ای از کلاسهای اندازه گسسته است، همانطور که در شکل ۷ نشان داده شده است. از مزایای این روش عددی قوی آن است که مستقیماً PSD را می دهد. ضمنا محدودیت آن این است که تعداد زیادی کلاس ممکن است لازم باشد.




شکل۸. توزیع اندازه ذرات در روش گسسته

روش دیگر حل معادله PBM در انسیس فلوئنت ، روش استاندارد ممان ها (The Standard Method of Moments ) یا به اختصار روش SMM است . مزایای آن این است که ابعاد مسئله را کاهش میدهد و حل معادلات انتقال برای ممان های مرتبه پایین نسبتاً ساده است. معایب این است که بسته شدن دقف سمت راست فقط در موارد تجمع ثابت و رشد مستقل از اندازه امکان پذیر است و مدل شکستگی امکان پذیر نیست.

رویکرد SMM مبتنی بر گرفتن ممان های PBE با توجه به مختصات داخلی است (در این مورد ، اندازه ذرات:L) ممان K ام به شکل زیر تعریف میشود :

$$m_k(\vec{x},t)=\int_0^{\infty} n(L;\vec{x},t)L^k dL \qquad k=0,1,\cdots,N-1$$

و با فرض رشد ثابت ذرات ، می توان معادله انتقال آن را چنین نوشت:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho m_k) + \nabla \cdot (\rho \vec{u} m_k) = \rho(\overline{B}_{\mathrm{ag},k} - \overline{D}_{\mathrm{ag},k} + \overline{B}_{\mathrm{br},k} - \overline{D}_{\mathrm{br},k}) + 0^k \dot{n}_0 + \mathrm{Growth}$$

که :

$$\overline{B}_{\mathrm{ag},k} = \frac{1}{2}\int_0^\infty n(\lambda)\int_0^\infty a(u,\lambda)(u,\lambda)(u^3+\lambda^3)^{k/3} n(u)du d\lambda$$

$$\overline{D}_{\mathrm{ag},k} = \int_0^\infty L^k n(L)\int_0^\infty a(L,\lambda)n(\lambda)d\lambda dL$$

$$\overline{B}_{\mathrm{br},k} = \int_0^\infty L^k \int_0^\infty g(\lambda)\beta(L \mid \lambda)n(\lambda)d\lambda dL$$

$$\overline{D}_{\mathrm{br},k} = \int_0^k L^k g(L)n(L)dL$$

## کاربرد Ansys Fluent در صنعت

نرم افزار انسیس فلوئنت می تواند در بازه بسیار وسیعی از صنایع شامل صنایع هوافضا، توربوماشین های مورد استفاده در تجهیزات فرآیند شیمیایی و پتروشیمی، تولید انرژی و توان، نفت و گاز، کاربردهای محیطی (تغییرات وضع آب و هوا)، صنایع خودرو، مبدل های حرارتی، الکترونیک (نیمه هادی ها و همچنین خنک سازی قطعات الکترونیک)، تهویه مطبوع و تبرید، فرآیند مواد، تحقیقات فضایی و طراحی آرشیتکتی به کار گرفته شود.

بنابراین، نرم افزار فلوئنت یک انتخاب بسیار مناسب برای مدل کردن جریان سیال تراکم پذیر و تراکم ناپذیر در هندسه های پیچیده است. باید توجه کرد که خرید این نرم افزار گاهی بسیار گران تمام شده و به راحتی نمیتوان از امکانات آن بهره برد.

# معرفی وبسایت

# Polymer Database

بردیا ایراجیان

دانشجوی کارشناسی مهندسی پلیمر، دانشگاه تهران

دستیابی به یک بانک اطلاعاتی در مورد پلاستیکها، لاستیکها، رزین و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی پلیمرها از مهم ترین نیازهای آزمایشگاه ها و صنایع پلیمری است. وبسایت polymer-databse.com با هدف ایجاد یک بانک اطلاعاتی جامع در مورد مواد پلیمری، این مشکل را برطرف کرده است.

با ورود به این سایت عبارت CROW و لوگوی کلاغ (به انگلیسی Crow) دیده میشود. CROW مخفف Chemical Retrieval on the Web به معنای بازیابی تحت وب مواد شیمیایی است.

این سایت از سال ۲۰۱۶ میلادی کار خود را آغاز کرده است.

این بانک اطلاعاتی به کتابخانه های مختلفی تقسیم شده است. در هر قسمت عناوین بر اساس حروف الفبا مرتب شده تا دستیابی به اطلاعات ساده تر باشد.

## کتابخانه فیزیک پلیمرها:

فیزیک پلیمرها آمیخته با ساختار و خواص پلیمرهاست. مواردی مثل سینتیک واکنش های پلیمریزاسیون، دپلیمریزاسیون و تخریب در قالب مطالبی بر حسب حروف الفبا در این قسمت گنجانده شده است. در پایان هر مطلب منابعی ذکر شده که میتوانید برای مطالعه بیشتر به آن مراجعه کنید.

## کتابخانه شیمی پلیمرها:

سنتزهای شیمیایی و خواص شیمیایی پلیمرها از مواردیست که در این بخش بررسی میشود. مواردی مثل مکانیسم پخت اپوکسی با آمین، کوپلیمریزاسیون ایده آل و کاتالیست های زیگلرناتا در این بخش به ترتیب حروف الفبا قرار دارند.

## کتابخانه پلاستیک، رزین و الاستومر:

توضیحات مختصری در مورد خواص، کاربردها و تولید رزین، پلاستیک و استومرهای رایج در این بخش قرار دارد. این بخش بر اساس مقالات دریافتی به روز میشود. پلیمرها بر اساس کاربرد آنها شامل پلاستیک و رزین، الاستومر، الیاف مصنوعی، فیلم های پلاستیکی، چسب و درزگیر، رنگ و پوشش تقسیم بندی شده اند. با کلیک روی هر بخش پلیمرهای رایج نشان داده میشود.

## کتابخانه اطلاعات ترموفیزیکی:

این کتابخانه همچون یک Handbook شامل اطلاعات ترمو فیزیکی انواع پلیمرها مثل ساختار، Tg، پارامتر انحلال پذیری و... است. برای مثال میخواهید پلی استایرن در یک آلیاژ پلیمری را با حلال استحراج کنید. لزوم این کار انتخاب حلال مناسب است. زیرا این حلال تنها باید پلی استایرن را در خود حل کند. یکی از راه ها مقایسه پارامتر انحلال پذیری پلی استایرن با طیف مختلفی از حلال هاست که در این قسمت پارامتر انحلال پذیری پلیمرها به همراه بسیاری از اطلاعات دیگر گنجانده شده است.

## تازه ها:

مقالات و پژوهش های تازه در زمینه پلیمرها در این قسمت بررسی میشود. مطالب خلاصه بوده و آدرس مقاله یا سایت منبع در پایین هر مطلب مشخص است.

## شرکت ها:

برای تهیه یک محصول، نیاز به شناخت تولید کنندگان آن داریم. این قسمت به جمع آوری بانک اطلاعاتی از تولید کنندگان انواع پلیمرها پرداخته است. فرض کنید به آنتی اکسیدان نیاز داریم. با ورود به بخش آنتی اکسیدان ها لیست محصولات تجاری نشان داده میشود. روی محصول مورد نظر کلیک کرده و وارد سایت تولید کننده میشویم. میتوانیم خواص را مقایسه کنیم و در نهایت محصول مناسب را خریداری کنیم.

## نشریات:

سایت نشریات فعال در حوزه پلیمر به همراه عناوین آنها در این بخش گرداوری شده است.

## واژگان اختصار پلیمری:

این بخش یکی از پرکاربرد ترین قسمت های سایت است. برای مثال به تازگی در حوزه لاستیک وارد شده اید. با عباراتی مثل NBR، EPDM، SBR و... مواجه میشوید. با ورود به این قسمت از سایت و برای مثال کلیک روی حرف N میتوانید واژه های اختصاری پلیمر که با N شروع میشوند را مشاهده کنید. NBR را پیدا کنید و توضیحات آن را مطالعه کنید. با کلیک روی عبارت NBR میتواند اطلاعات مختصری در مورد این لاستیک پیدا کنید.

بخش های باقی مانده به بررسی مواد پرکابرد در هر حوزه میپردازد.

## بخش رزین و پلاستیک:

در این قسمت ۵۰ پلاستیک و رزین پرکاربرد در صنعت گردآوری شدهاست. برای مثال با کلیک روی حرف V و پیدا کردن Vinyl Ester Resins میتوانید ساختار شیمیایی و خواص این رزین را مشاهده کنید.

بخش های الاستومر، الیاف و فیلم های پلاستیکی:

این قسمت ها هم مواد پرکاربرد در هر حوزه را لیست کرده است. برای مثال در قسمت فیلمهای پلاستیکی میتواند اطلاعاتی در مورد سلفون (Cellophane) مشاهده کنید.

## بخش های الاستومر، الیاف و فیلم های پلاستیکی:

این قسمت ها هم مواد پرکاربرد در هر حوزه را لیست کرده است. برای مثال در قسمت فیلم های پلاستیکی می تواند اطلاعاتی در مورد سلفون (Cellophane) مشاهده کنید.

نگارش دو مقاله کنفرانسی و ارسال آنها به همایش ملی پلیمر ایران، دستاوردی برای دوره عمومیMoldflow که در فروردین ۱۴۰۰ برگزار شد. تعدادی از شرکت کنندگان برتر دوره به همراه مدرس محترم دوره در نگارش مقالات مشارکت داشتند، دوره پیشرفته Moldflow با مزایا و آپشن های متفاوت و منحصر به فرد به زودی توسط انجمن علمی مهندسی شیمی و پلیمر دانشگاه تهران برگزار خواهد شد.

ششمین همایش ملی پلیمر ایران (همپا ۱۴۰۰) دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ۵ و ٦ آبان ۱۴۰۰

# شبیه سازی قالب گیری تزریقی رینگ پلیمری خودرو

سعید فاضلی چهارمحالی[۱]، مانده اسدی [۲]، امیرحسین یزدان بخش[۳]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر ، دانشگاه صنعتی قم

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران

۳- دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی پلیمر ، دانشگاه تهران

*a.yazdanbakhsh@ut.ac.ir

## چکیده

سبک سازی خودرو ، از اساسی ترین چالش های صنعت خودروسازی است که مواد پلاستیکی را دارای جایگاه ویژه ای در این صنعت کرده است. در این پژوهش ، به منظور تولید رینگ خودرو با خواص مکانیکی و حرارتی مناسب، کامپوزیت پلی آمید و الیاف شیشه انتخاب ، و فرآیند تزریق که به صرفه ترین فرآیند تولید انبوه قطعات پلیمری است برای آن توسط نرم افزار "Autodesk Moldflow" شبیه سازی شد. موقعیت درگاه مناسب برای تزریق معرفی ، و شرایط بهینه تولید وعیوب احتمالی مورد مطالعه قرار گرفتند.

**کلمات کلیدی:** خودرو ، رینگ ، تزریق ، Moldflow

## ۱- مقدمه

در سال های اخیر همگام با پیشرفت فرآورش پلیمر،کاربرد آنها هم به طرز خیره کننده ای افزایش یافته که یکی از صنایع پذیرای این کاربرد های مختلف صنعت جذاب خودرو است.

مواد سبک پلیمری به دلیل ویژگی های منحصر به فرد از قبیل مصرف انرژی پایین و قابلیت استفاده مجدد ، راه خودشان را در دل این صنعت با جایگزینی قطعات سنگین فلزی پیدا کرده اند.یکی از این قطعات مهم رینگ (حلقه چرخ) خودرو است که به دلیل داشتن وظیفه ی تحمل و انتقال کل بار وسیله نقلیه ، مستلزم استحکام و مدول بسیار بالا است [1] .لذا انتخاب مواد پلیمری مناسب برای تولید این قطعه یکی از بزرگترین چالش های ساخت آن است

ششمین همایش ملی پلیمر ایران (همپا ۱۴۰۰) دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ۵ و ٦ آبان ۱۴۰۰

# شبیه سازی قالب گیری تزریقی شیلد پلاستیکی محافظ صورت

امیرحسین یزدان بخش[۱*]، محمد ذوالفقاری[۲]، بردیا ایراجیان[۳]

۱-دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی پلیمر،دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تهران

۲- دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی پلیمر ، دانشکده نفت و مهندسی شیمی ، دانشگاه علوم تحقیقات

۳- دانشجوی کارشناسی مهندسی پلیمر ، دانشکده مهندسی شیمی ، دانشگاه تهران

a.yazdanbakhsh@ut.ac.ir*

## چکیده

استفاده از شیلد صورت می‌تواند راهکاری مناسب برای مقابله با بیماری کووید-۱۹ باشد.پلاستیک‌های سبک و شفاف بهترین گزینه برای ساخت این قطعات هستند که فرایند تزریق پلاستیک به صرفه ترین فرایند تولیدعمده آنهاست. در این پژوهش ، فرایند تزریق شیلد پلاستیکی از جنس پلی وینیل کلراید به کمک نرم افزار Autodesk Moldflow شبیه سازی شد و مکان مناسب درگاه تزریق ، شرایط فرایندی بهینه و عیوب احتمالی فرایند مورد بحث و بررسی قرار گرفتند.

**کلمات کلیدی:** کووید-۱۹ ، شیلد ، تزریق پلاستیک ، Moldflow

## ۱- مقدمه

شیلد یا سپر صورت (Face Shield)، برای حفاظت صورت در برابر عوامل آسیب زا مثل مواد شیمیایی، گرد و خاک، جرقه و ذرات آلوده کننده و بیماری‌زا استفاده می‌شود. با توجه به لزوم حفاظت از چشم، گوش و دهان در برابر ذرات بیماری‌زا، استفاده از شیلد صورت و ماسک میتواند راهکاری مناسب برای مقابله با بیماری کووید ۱۹ باشد. شیلد صورت میتواند از چشم ها به خوبی حفاظت کند. با توجه به فاصله ای که بین شیلد و دهان و بینی وجود دارد، استفاده از آن به صورت تنها و بدون ماسک کافی نیست. زیرا امکان نفوذ قطرات بیماری زا به مجرای تنفسی ممکن می‌شود[۱].در افرادی که امکان استفاده از ماسک ندارد، شیلد گزینه مناسبی است. اگر شخصی از فاصله ۱۸ اینچی سرفه کند، شیلد میتواند تا ۹٦٪ از تماس با ویروس جلوگیری کند. اگر شخص به مدت ۳۰ دقیقه سرفه و صحبت کند، شیلد تا ٦۸٪ ذرات معلق را مهار میکند[۲]. تخمین زده میشود میزان فروش شیلد در آمریکا از شروع اپیدمی کرونا ۳۱۲٪ رشد داشته است[۳].

شیلد صورت از دو قسمت نگه دارنده و صفحه شیلد تشکیل شده است. صفحه شیلد علاوه بر شفافیت، باید شکل و جرم مناسبی داشته باشد تا روی صورت قرار گیرد.

# نشریه میم

تصویری که در مدت ۱۰ ثانیه از یک پلیمر با حافظه شکلی (Shape Memory) گرفته شده است. این پلیمر به دمای بدن حساس است و به محض تماس، به شکل اولیه خود باز می گردد. با تغییر شکل و کشیدن پلیمر، نواحی کریستالی ایجاد شده که مانع از بازگشت پلیمر به شکل اولیه می شود . کریستال های این پلیمر درنزدیکی دمای بدن (حدود ۳۵ درجه سانتی گراد) شکسته شده و پلیمر میتواند به حالت اولیه بازگردد

منبع:

http://www.sci-news.com/medicine/unique-shape-memory-polymer-03631.html