# مقدمه

نرم افزار فلوئنت؟؟ ساخته شرکت انسیس؟؟ و یکی از پرکاربردترین برنامه‌های مورد استفاده مهندسان در دینامیک سیالات محاسباتی؟؟ است. از این نرم افزار در شاخه‌های مختلفی از علوم مهندسی از جمله مهندسی شیمی، مکانیک و هوافضا استفاده می‌شود.

فلوئنت برای دو سیستم عامل ویندوز و لینوکس ارائه شده است و با اینکه قابلیت اجرا روی رایانه‌های شخصی را دارد، شبیه‌سازی‌های انجام گرفته غالباً بار محاسباتی سنگینی بر این رایانه‌ها تحمیل می‌کند و به همین دلیل پروژه‌های بزرگ محاسباتی معمولاً با استفاده از ابررایانه‌ها و به‌طور موازی اجرا می‌شود.

مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات دانشگاه صنعتی شریف؟؟ در بهار ۱۳۹۲، خدمات پردازش سریع (HPC) خود را برای تسهیل در امور تحقیقاتی دانشجویان، اساتید و پژوهشگران دانشگاه راه اندازی نمود. برخلاف نمونه‌های مشابه در مراکزی مانند دانشگاه صنعتی امیرکبیر، نحوه دسترسی به این سامانه به صورت خط فرمان لینوکس و اتصال ssh است. این امر، یک پیچیدگی دیگر به استفاده از نرم افزار فلوئنت (که یادگیری آن خود پیچیدگی‌های فراوان دارد) اضافه می‌نماید.

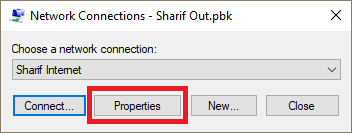
متن پیش رو، به منظور از کمرنگ کردن موارد تکنیکی اتصال به این سامانه است تا هم دانشگاهیان عزیز بتوانند تنها بر روی پروژه خود تمرکز نمایند.

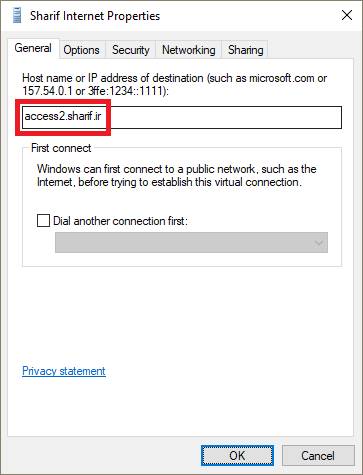
# نیازمندی‌ها

## شناسه شریف

برای اتصال به سامانه HPC، ابتدا نیاز به شناسه شریف دارید. اتصال به شناسه شریف در محیط دانشگاه کاری آسان است، اما برای اتصال از خارج از دانشگاه (برای مثال اینترنت منزل یا سیم کارت)، باید تغییراتی در نحوه اتصال صورت داد.

بدین منظور کافی است آدرس سرور را در فایل کانکشنی که با آن در محیط دانشگاه به شناسه شریف متصل می‌شدید را به access2.sharif.ir تغییر دهید، شکل؟؟ و شکل؟؟.





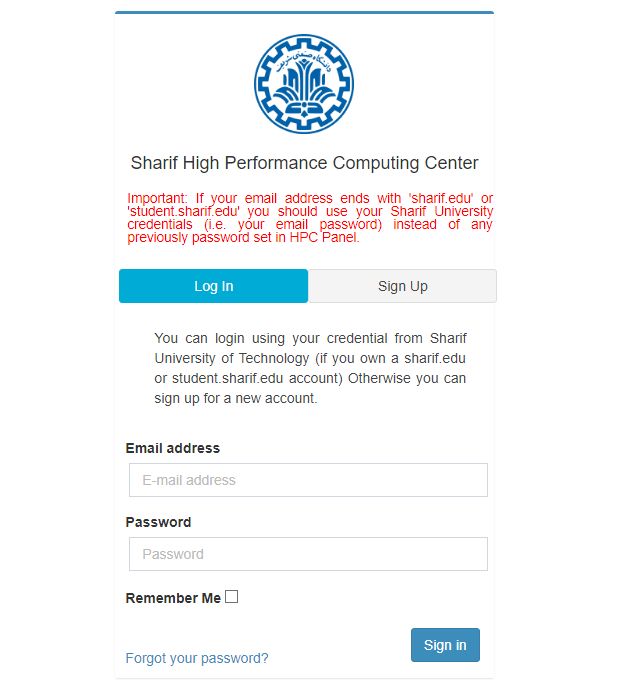
## ورود به حساب کاربری یا ایجاد آن

برای ورود به حساب کاربری به لینک <http://hpc.itc.sharif.ir/> مراجعه کرده و با استفاده از ایمیل دانشگاهی خود و رمز عبور آن لاگین نمایید، شکل؟؟. اگر ورود به سیستم موفقیت آمیز نبود، با استفاده از برگه Sign Up اقدام به ثبت نام برای ساخت حساب کاربری جدید کنید.

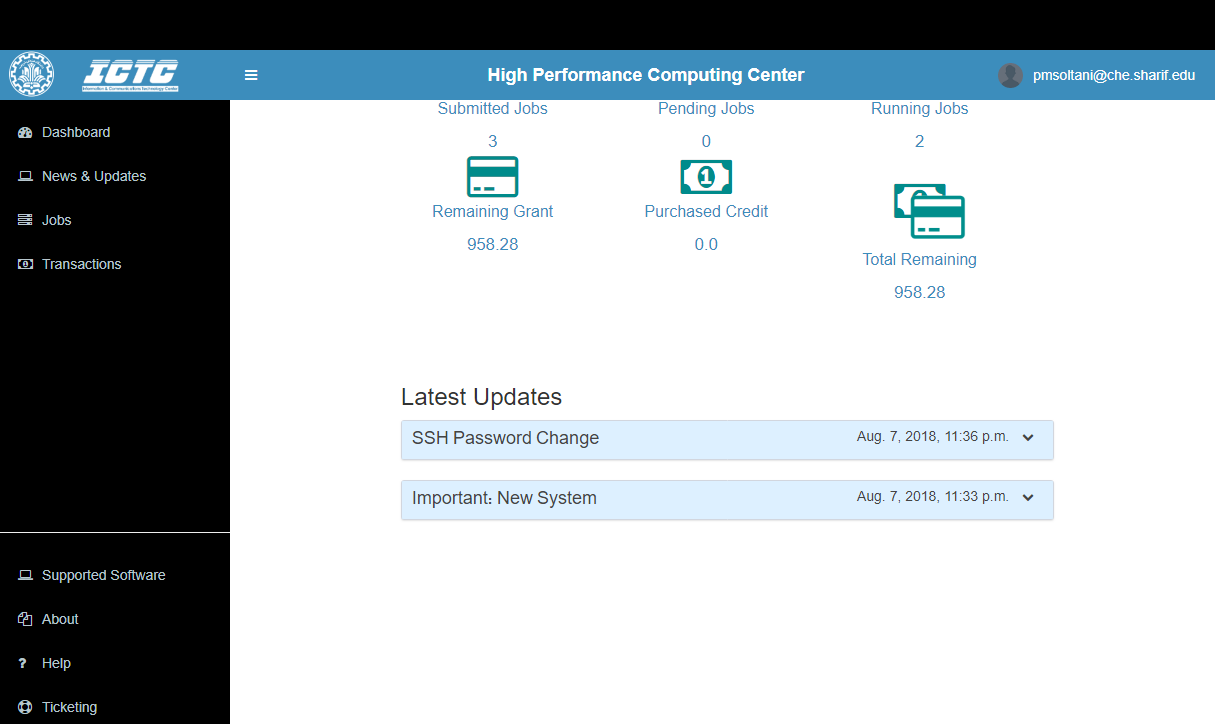
حساب کاربری ساخته شده برای شما در سامانه HPC، مانند دیگر سرویس‌های اینترنتی، ایمیل ثبت نامی نخواهد بود و با آن فرق‌هایی دارد. در زیر ساختار ایمیل و نام کاربری HPC با هم مقایسه شده‌اند:

Email: username@department.sharif.edu

HPC User: username.department.sharif



پس از ورود می‌توانید با استفاده از برگه Dashboard در نوار سمت چپ صفحه به برخی گزینه‌ها مانند محاسبات در حال اجرا و نیز تازه‌ترین اخبار مربوط به سیستم دسترسی پیدا کنید، شکل؟؟. همچنین با استفاده از گزینه Supported Software می‌توانید لیست نرم افزارهای نصب شده روی HPC، از جمله OpenFoam و Python را به همراه توضیحاتی اجمالی درباره هرکدام مشاهده نمایید.



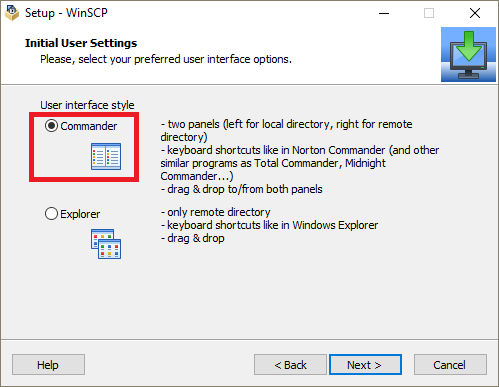
شایان ذکر است که راهنمای دسترسی و کار با HPC که توسط مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات تدوین شده است نیز از قسمت Help قابل دسترسی است؟؟(http://hpc.itc.sharif.ir/static/files/hpc\_help.pdf). ارتباط با مدیران سیستم برای رفع مشکلات احتمالی نیز از طریق گزینه Ticketing میسر شده است.

به جز مواردی که بیان شد، غالباً نیازی به رجوع به این وب‌سایت نیست و کار با سامانه غالباً از طریق نرم افزار WinSCP صورت می‌گیرد که توضیحات آن در بخش بعد خواهد آمد.

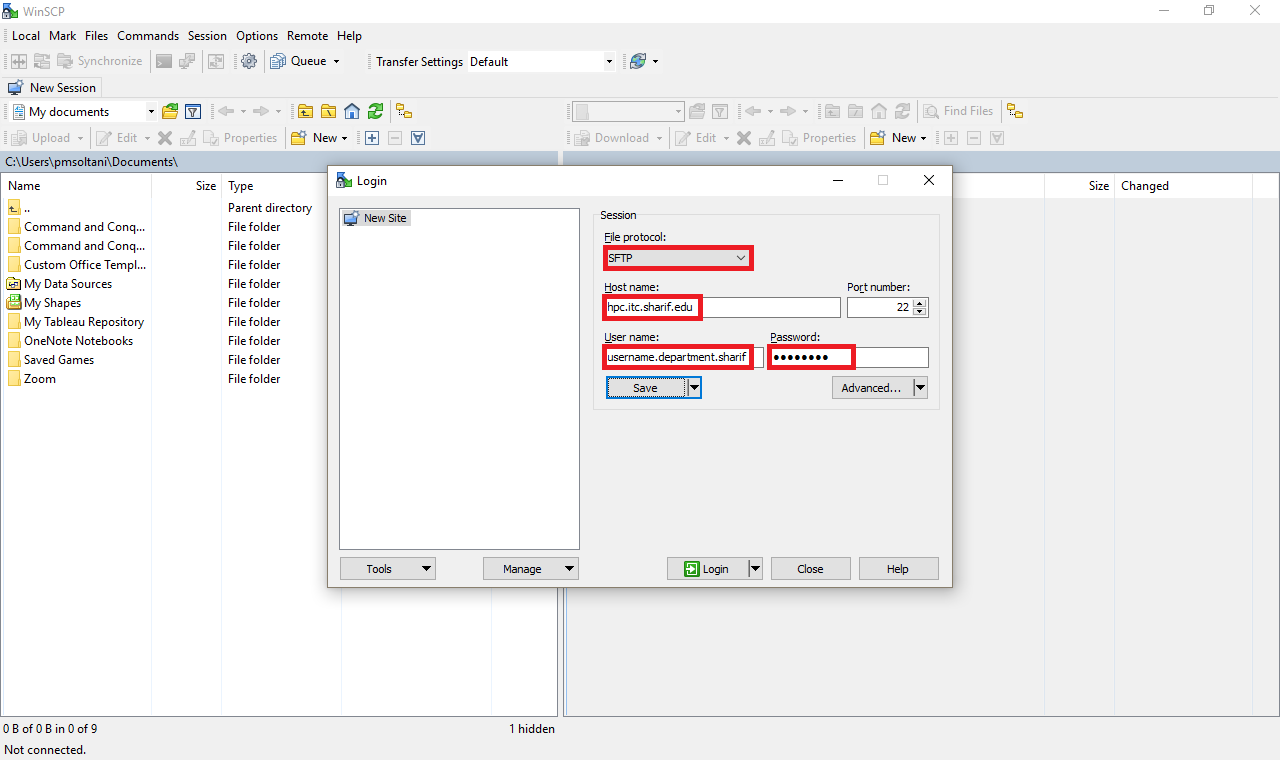
## اتصال به سامانه

برای اتصال به سامانه HPC دانشگاه از رایانه‌های شخصی که سیستم عامل ویندوز دارند، به نرم افزار WinSCP نیاز است. مطابق وب‌سایت رسمی این برنامه، WinSCP یک کلاینت SFTP و FTP برای ویندوز است که به صورت رایگان و با مجوز GNU General Public License (GPL) ارائه می‌گردد؟؟. لینک دانلود آخرین نسخه برنامه در صفحه اصلی وب‌سایت آن (<https://winscp.net/>) موجود است.

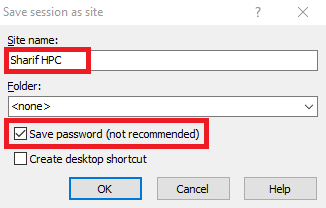
پس از دانلود، مراحل نصب را به صورت عادی طی نمایید. گزینه‌های پیش‌فرض برای نصب مناسب هستند. دقت کنید که هنگام برخورد به صفحه نشان داده شده در شکل؟؟، گزینه Commander انتخاب شده باشد.



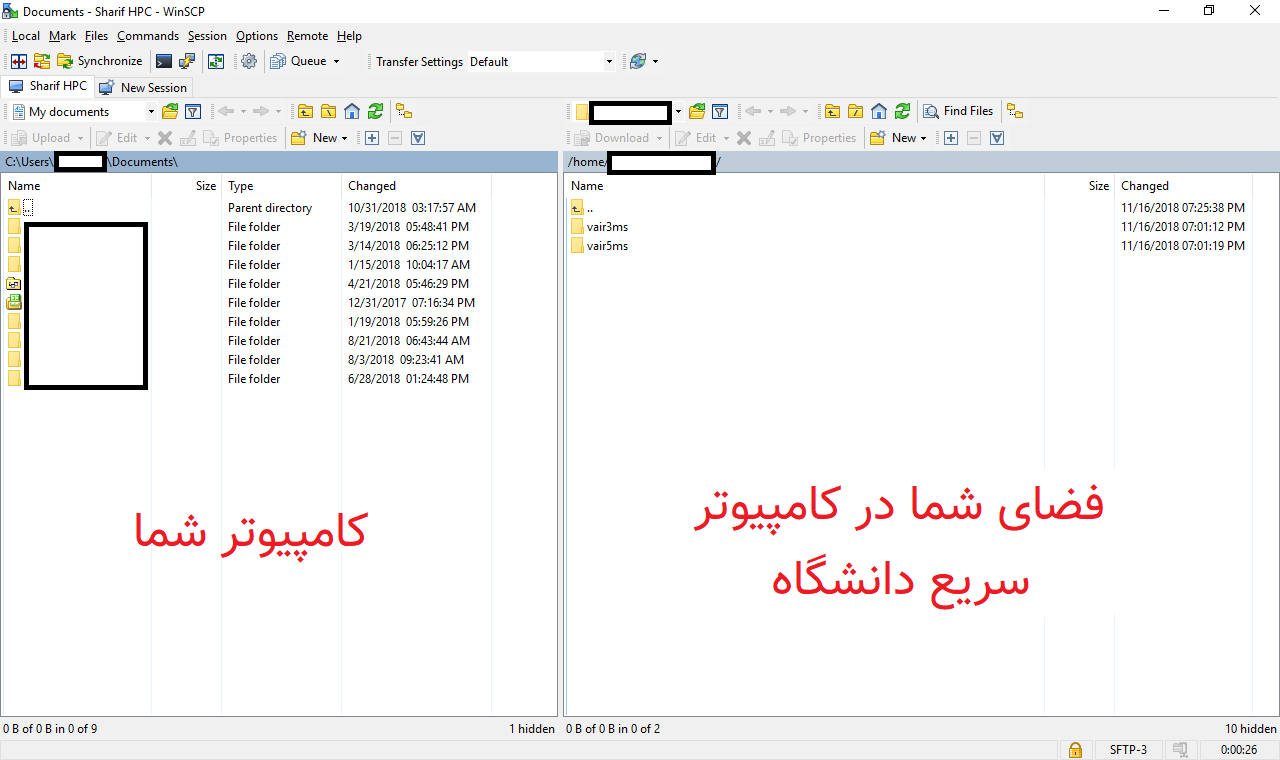
به هنگام اجرای برنامه، با پنجره‌ای مانند شکل؟؟ روبه‌رو خواهید شد.



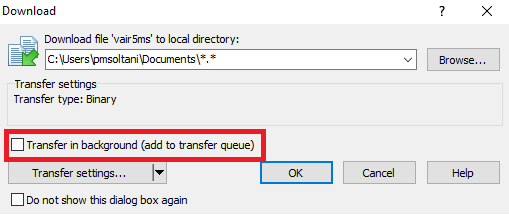
بر روی گزینه New Site کلیک کرده و مانند شکل، اطلاعات درخواستی را تکمیل کنید. سپس با کلیک روی دکمه Save، می‌توانید با انتخاب یک نام دلخواه، همچون شکل؟؟ کانکشن خود را ذخیره نمایید.



پس از ذخیره کانکشن، با کلیک بر روی دکمه Login، وارد فضای اختصاصی خودتان در HPC دانشگاه خواهید شد، شکل؟؟. مطابق این شکل، پنل سمت چپ فایل‌های کامپیوتر شخصی و پنل سمت راست، فایل‌های شما در HPC دانشگاه را نشان می‌دهد.



اقداماتی از قبیل ساخت پوشه، حذف و تغییر نام فایل‌ها و ... توسط آیکن‌های بالای هر پنل امکان‌پذیر است. همچنین برای جابه‌جایی فایل‌ها و پوشه‌ها از کامپیوتر خود به HPC و بالعکس، کافی است فایل یا پوشه مورد نظر را از یک پنل به پنل دیگر بکشید. در این حالت پنجره شکل؟؟ ظاهر می‌گردد.



نکته قابل توجه به ویژه در هنگام جابه‌جایی فایل‌های حجیم، استفاده از قابلیت Transfer in background است. این گزینه به شما اجازه می‌دهد تا حین دانلود ویا آپلود فایل‌ها، به استفاده از برنامه WinSCP ادامه دهید.

# کار با HPC

## خط فرمان

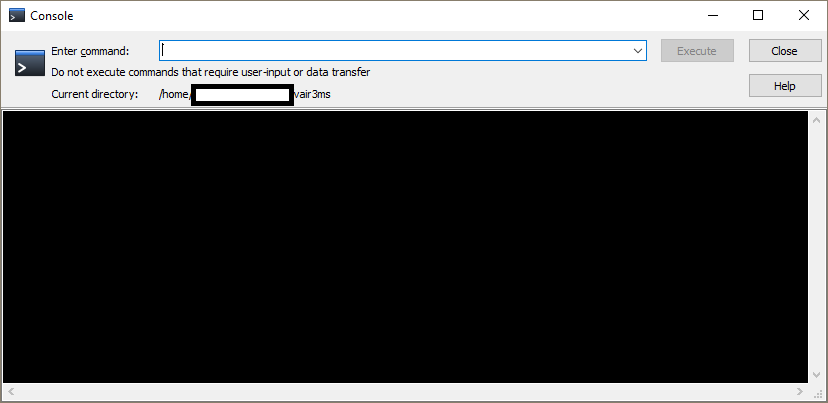
در ابتدای کار و پس از آپلود فایل‌های اولیه شبیه‌سازی (که ایجاد آن‌ها در بخش؟؟ توضیح داده خواهد شد)، لازم است به HPC فرمان شروع به کار داده شود. همانگونه که در مقدمه این نوشتار نیز بیان شد، سامانه پردازش سریع دانشگاه از سیستم خط فرمان پشتیبانی می‌کند و محیط گرافیکی ندارد. به همین منظور باید به طریقی این فرامین به سرور فرستاده شود.

در این خصوص، «راهنمای بهره‌گیری از رایانش مرکز پردازش سریع دانشگاه صنعتی شریف»، استفاده از نرم افزار PuTTY را پیشنهاد می‌کند، درحالی‌که WinSCP نیز از قابلیت‌های مورد نیاز در این زمینه پشتیبانی می‌کند و عملاً نیازی به استفاده از PuTTY نیست.

برای کار با محیط خط فرمان، آیکن نشان داده شده در شکل ؟؟ را فشار دهید، یا از میانبر CTRL+T استفاده کنید.

C:\Users\pmsoltani\Desktop\WinSCP5.PNG

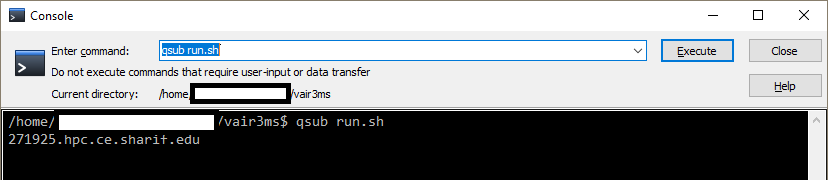
پس از اتصال که تنها چند لحظه طول می‌کشد، پنجره شکل ؟؟ باز می‌شود.

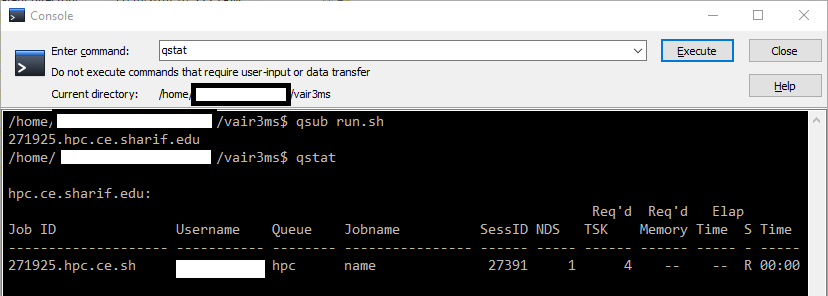


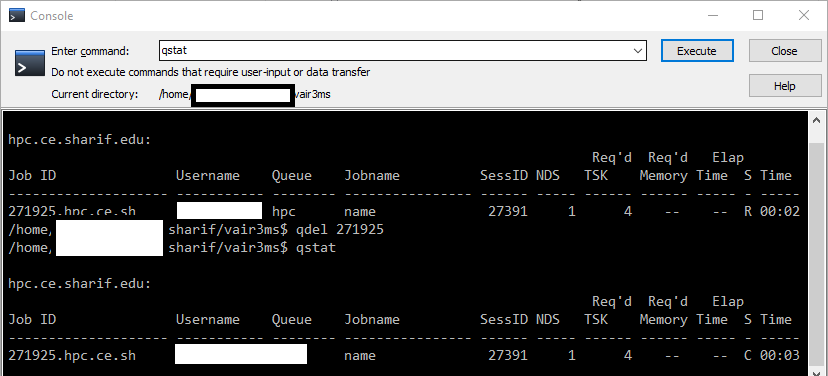
## جزئیات فرامین

برای کار با HPC، سه فرمان مورد نیاز است:

1. «qsub»: که همان دستور شروع به کار است. آرگومان این فرمان، run.sh بوده که همان فایل اجرای دستورات است (توضیحات بیشتر در ادامه خواهد آمد). پس از اجرا، این دستور یک شماره تولید خواهد کرد، شکل ؟؟.
2. «qstat»: که وضعیت تمام کارهای در حال اجرا و در «صف اجرا» را نشان می‌دهد، شکل ؟؟. این فرمان آرگومانی نیاز ندارد.
3. «qdel»: که برای حذف ناگهانی یک کار از لیست کارهای در حال اجرا به کار می‌رود. آرگومان این فرمان، شماره کار در حال اجرا است که به هنگام ورود دستور «qsub» ایجاد شده بود، شکل ؟؟.







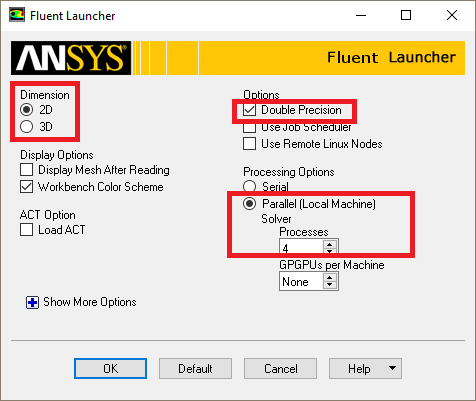
؟؟توضیح: پس از اجرای دستور «qdel»، وضعیت کار از R (در حال اجرا) به C (پایان‌یافته) تغییر پیدا کرد.

برای شروع به کار نرم افزار فلوئنت و اجرای شبیه‌سازی، علاوه بر فایل‌های case و data فلوئنت، ۲ فایل دستور نیز لازم است. یکی از این فایل‌ها، run.sh نام دارد که اسم آن به همراه دستور qsub می‌آید. این فایل، به HPC نشان می‌دهد که باید از میان برنامه‌ها، فلوئنت را اجرا نماید. ساختار فایل run.sh در زیر آمده است:

1. #PBS -N name
2. #PBS -m abe
3. #PBS -M your\_email@any\_website.com
4. #PBS -l nodes=1:ppn=4
5. cd $PBS\_O\_WORKDIR
6. /share/apps/ANSYS/Ansys17.2/ansys\_inc/v172/fluent/bin/fluent -t4 2ddp -g -i commands.txt > output.txt

جزئیات این دستورات بدین شرح است:

1. خط اول یک اسم برای شبیه‌سازی تعیین می‌کند (در اینجا: name). نیازی به تغییر این خط نیست. تمام شبیه‌سازی‌ها می‌توانند از همین نام استفاده کنند.
2. خط دوم امکان ارسال ایمیل به شما هنگام شروع به کار شبیه‌سازی، اتمام آن ویا توقف ناگهانی آن را فراهم می‌کند. نیازی به تغییر این خط نیست.
3. در خط سوم آدرس ایمیل خود را وارد کنید تا HPC وضعیت شبیه‌سازی‌ها را به شما اطلاع دهد.
4. در خط چهارم معین می‌کنید که برای شبیه‌سازی خود چند هسته (پردازنده) نیاز دارید. در اینجا ۴ هسته درنظر گرفته شده است (ppn=4). می‌توانید مقدار ppn را تا ۲۴ هم افزایش دهید. البته توجه کنید که اختصاص دادن این تعداد هسته برای اجرای یک شبیه‌سازی معمولاً زمان زیادی طول می‌کشد و کار شما در صف انتظار خواهد رفت. همچنین ذکر این نکته هم ضروری است که در بسیاری از مواقع، افزایش هسته‌های پردازشی، سرعت نهایی اجرای شبیه‌سازی را کم و کمتر افزایش می‌دهند. پس ممکن است بخواهید به جای اجرای یک شبیه‌سازی با ۲۴ هسته، ۶ شبیه‌سازی همزمان، هرکدام با ۴ هسته داشته باشید.
5. خط پنجم، برای رفتن به پوشه‌ای است که فایل‌های شبیه‌سازی در آن قرار دارند. نیازی به تغییر این خط نیست.
6. خط ششم، به HPC نشان می‌دهد که برنامه فلوئنت در کدام پوشه از سرور قرار دارد (در اینجا از فلوئنت نسخه 17.2 استفاده شده است که در مسیر /share/apps/ANSYS/Ansys17.2/ansys\_inc/v172/fluent/bin/fluent یافت می‌گردد). همچنین:
   * آرگومان «–t4» همان تعداد هسته‌ها است که عدد آن باید با عدد ppn در خط چهارم برابر باشد. پس اگر قرار است شبیه‌سازی با ۸ هسته انجام شود، هم ppn و هم آرگومان t باید تغییر کنند.
   * آرگومان «–g» به فلوئنت دستور می‌دهد که محیط بدون گرافیک اجرا شود (چراکه HPC دانشگاه گرافیکی نیست).
   * آرگومان «2ddp»، فلوئنت را به صورت ۲ بعدی و به صورت Double Precision اجرا می‌کند (2ddp = 2D + Double Precision). مجموعه این دستورات مشابه تنظیمات نشان داده شده در شکل؟؟ عمل می‌کنند. در صورت عدم نیاز به Double Precision، می توان dp را از 2ddp حذف کرد در صورتی که شبیه‌سازی ۳ بعدی باشد، باید به جای 2d از 3d استفاده کرد.
   * و در آخر نیز عبارت «-i commands.txt > output.txt» به فلوئنت نشان می‌دهد که دستورات شبیه‌سازی (از جمله تعداد تایم استپ‌ها، شرایط مرزی و غیره) را باید از فایل command.txt بخواند و خروجی کنسول فلوئنت را در فایل output.txt ذخیره کند.



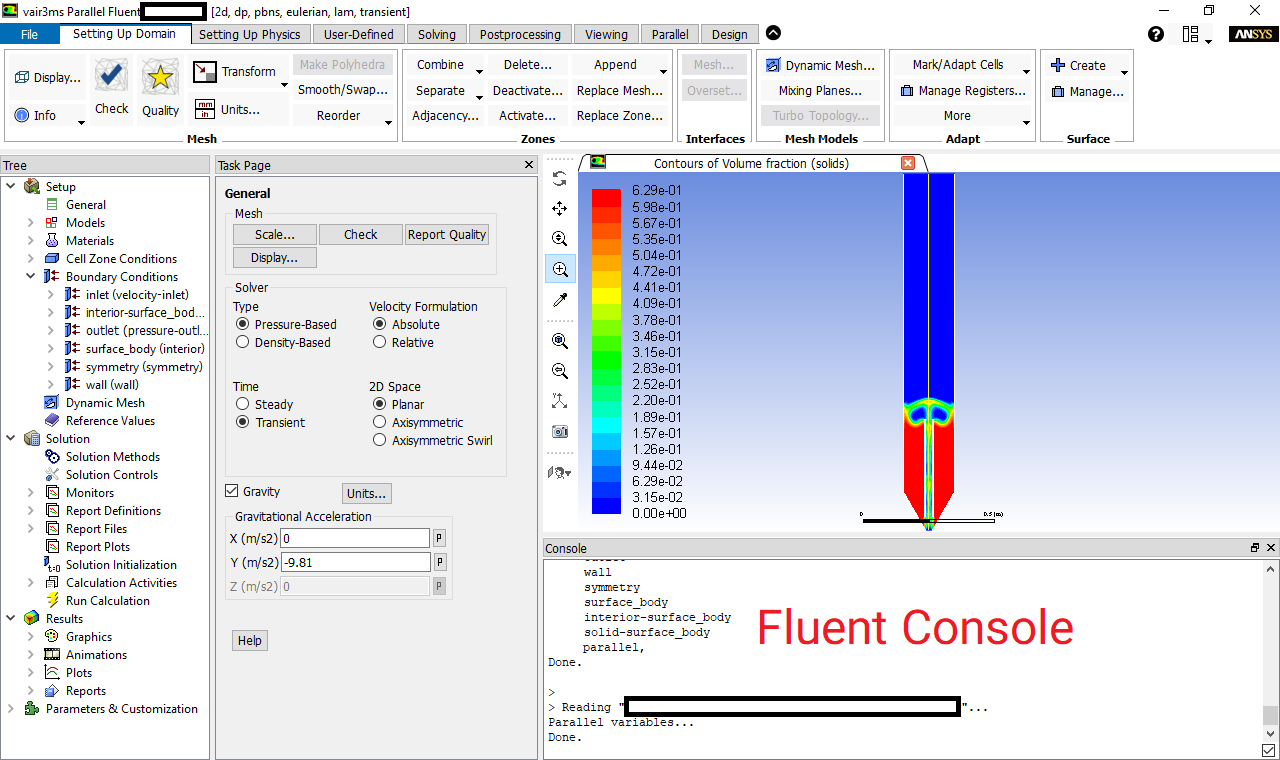
توجه شود که درصورت نیاز به اجرای نسخه دیگری از فلوئنت، باید با استفاده از WinSCP پوشه /share/apps/ را بگردید و نسخه مورد نظر خود را پیدا کنید. برای این کار در بالای پنل HPC در برنامه WinSCP، روی آیکن Root Directory کلیک کرده (میانبر: CTRL+\) و وارد پوشه share و سپس پوشه apps شوید. حال با گشتن در پوشه ANSYS و زیرشاخه‌های آن، می‌توان متوجه شد که فلوئنت نسخه 18.2 نیز بر روی سرور در مسیر زیر نصب شده است:

/share/apps/ANSYS/Ansys18.2/ansys\_inc/v182/fluent/bin

# اجرای شبیه‌سازی

تا اینجا، توانستیم فلوئنت را با شرایط مورد نظر خود اجرا کنیم. حال وقت تنظیم کردن شرایط شبیه‌سازی و اجرای آن فرا رسیده است. این تنظیمات در فایل commands.txt ذخیره خواهند شد که در ادامه به نحوه تشکیل آن خواهیم رسید.

به عنوان مقدمه، ابتدا باید توجه کرد که برنامه فلوئنت، به همان صورتی که در رایانه‌های شخصی نصب می‌شود (با محیط گرافیکی) از خط فرمان نیز پشتیبانی می‌کند؛ بدین معنی که تمامی منوهای برنامه و همه تنظیمات آن با خط فرمان قابل دسترسی هستند. فرمان‌ها در console فلوئنت تایپ می‌شوند، شکل؟؟.



منوی اصلی برنامه (که دیگر منوها زیرشاخه آن هستند)، با نماد «/» مشخص می‌شود. برای دسترسی به این منو، در کنسول فلوئنت (روی کامپیوتر خودتان) تایپ کنید (مقادیری که توسط کاربر وارد می‌شوند به صورت سایه‌دار نشان داده شده‌اند)

1. /

پس از Enter، نشان گر بعد از «/>» شروع به چشمک زدن می‌کند که یعنی شما هم اکنون در منوی اصلی قرار دارید. برای دیدن گزینه‌ها، یک بار دیگر Enter را فشار دهید:

1. />
2. adapt/ file/ report/
3. define/ mesh/ solve/
4. display/ parallel/ surface/
5. exit plot/ views/

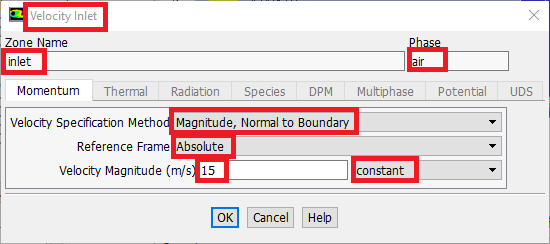
حال فرض کنید می‌خواهیم یک شرط مرزی، مثلاً سرعت هوای ورودی را تغییر دهیم. شروط مرزی در منوی «define» قرار دارند. دستور را تایپ کرده و دو بار Enter می‌کنیم تا تمام زیرشاخه‌های define نشان داده شوند:

1. /> define
2. //define>
3. beta-feature-access operating-conditions/
4. boundary-conditions/ overset-interfaces/
5. custom-field-functions/ parameters/
6. dynamic-mesh/ phases/
7. enable-mesh-morpher-optimizer? profiles/
8. injections/ set-unit-system
9. materials/ solution-strategy/
10. mesh-interfaces/ units
11. mixing-planes/ user-defined/
12. models/

مشاهده می‌شود گزینه مورد نظر، «boundary-conditions» نام دارد. به همین منوال جلو می‌رویم:

1. //define> boundary-conditions
2. //define/boundary-conditions>
3. bc-settings/ set/
4. copy-bc symmetry
5. fluid target-mass-flow-rate-settings/
6. list-zones velocity-inlet
7. modify-zones/ wall
8. non-reflecting-bc/ zone-name
9. pressure-outlet zone-type
10. //define/boundary-conditions> velocity-inlet
11. (inlet)
12. zone id/name [inlet] inlet
13. (mixture solids air)
14. domain id/name [mixture] air
15. Velocity Specification Method: Magnitude and Direction [no] no
16. Velocity Specification Method: Components [no] no
17. Velocity Specification Method: Magnitude, Normal to Boundary [yes] yes
18. Reference Frame: Absolute [yes] yes
19. Use Profile for Velocity Magnitude? [no] no
20. Velocity Magnitude (m/s) [3] 15
21. //define/boundary-conditions>

در این دستورات، گاهی مقادیر پیش‌فرض درون [] به کاربر پیشنهاد می‌شوند. اگر نیاز به تغییر نبود، می‌توانید Enter بزنید تا مقدار پیش‌فرض پذیرفته شود، یا همان مقدار را مجدداً وارد کنید، مانند خط ۳۳ که مقدار پیش‌فرض انتخاب شده است. در خط ۴۱ اما، مقدار پیش‌فرض برای سرعت از ۳ به ۱۵ تغییر پیدا کرده است. شکل ؟؟، تغییر شرط مرزی را تایید می‌کند.



نکته مهم در اینجاست که اگر با دستور موردنظر کاملاً آشنا باشیم، می‌توانیم آن را به صورت یکجا وارد کنیم. به عنوان مثال، حال که با نحوه تغییر سرعت هوای ورودی آشنا شدیم، می‌توانیم آن را به راحتی از ۱۵ به مقدار دیگری (مثلاً ۱۷ تغییر دهیم):

1. /define/boundary-conditions/velocity-inlet inlet air no no yes yes no 17

به همین روش، تمام دستورات مورد نظر برای اجرای شبیه‌سازی را پیدا کرده و یادداشت می‌نماییم. نتیجه، فایلی همچون فایل commands.txt خواهد شد:

1. /file/read-case FFF-1.cas
2. /file/read-data FFF-1.dat
3. ;/solve/monitors/residual/convergence-criteria 0.001 ,,,,,,
4. ;/define/boundary-conditions/velocity-inlet inlet air no no yes yes no 7
5. /solve/set/time-step 0.0001
6. /solve/set/data-sampling no
7. /solve/dual-time-iterate 99 100
8. /solve/set/data-sampling yes 5 yes yes
9. /solve/dual-time-iterate 100 100
10. /file/write-case FFF-1-final.cas
11. /file/write-data FFF-1-final.dat
12. exit

برخی از دستورات استفاده شده در این فایل:

* خط ۱: نشان دادن مسیر فایل case شبیه‌سازی به فلوئنت. از آنجایی که قرار است این فایل به همراه فایل commands.txt و run.sh در یک پوشه باشند، تنها ذکر اسم آن کافی است و نیازی به نوشتن مسیر کامل وجود ندارد.
* خط ۲: نشان دادن فایل data شبیه‌سازی به فلوئنت. برای شروع شبیه‌سازی، وجود فایل data ضرورتی ندارد، اما برای تسریع در عملیات شبیه‌سازی، توصیه می‌شود پس از طراحی هندسه و مش زدن در کامپیوتر شخصی خود و در محیط آشنای برنامه‌های ANSYS، تمام تنظیمات مورد نیاز فلوئنت، از جمله مواد، فازها، شرایط اولیه و مرزی، معادلات حاکم بر سیستم، اندازه تایم استپ‌ها، امکان ذخیره‌سازی اطلاعات در فواصل زمانی مشخص و غیره را مشخص کنید و شبیه‌سازی را برای تنها ۱ تایم استپ اجرا نمایید. سپس با استفاده از منوی فایل، گزینه Write > Case & Data یا Export > Case & Data را انتخاب نمایید تا فایل‌های شبیه‌سازی با پسوندهای «.cas» و «.dat» برای شما تشکیل شوند.

این فایل‌ها را به همراه دو فایل run.sh و commands.txt درون یک پوشه قرار داده و نامی گویا برای آن انتخاب کنید. سپس پوشه را با WinSCP به HPC دانشگاه منتقل کرده و شبیه‌سازی را اجرا نمایید. این کار باعث می‌شود برای اجرای شبیه‌سازی، به حداقل تعداد دستورات نیاز داشته باشید و یادگیری برایتان آسان‌تر خواهد شد.

* خط ۴ و خط ۵: این دو خط با «;» شروع شده‌اند و اجرا نمی‌شوند (comment line). توجه شود که در انتهای ۴، تعدادی علامت «,» به صورت پشت سرهم آمده است. این علامت وقتی استفاده می‌شود که قرار باشد مقدار پیش‌فرض دستور پذیرفته شود.
* خط ۷ تا خط ۹: اندازه تایم استپ را برابر با ۰٫۰۰۱ ثانیه قرار داده، قابلیت Data sampling را غیر فعال و شبیه‌سازی را برای ۹۹ تایم استپ آغاز می‌کند (تعداد Iteration در هر تایم استپ ۱۰۰ عدد). توجه شود که عدد ۹۹ به این دلیل انتخاب شده است که ۱ تایم استپ در رایانه شخصی جلو رفته‌ایم.
* خط ۱۰ و خط ۱۱: Data sampling را فعال کرده و شبیه‌سازی را ۱۰۰ تایم استپ دیگر جلو می‌برد.
* خط ۱۴ و ۱۵: فایل case و data جدید را به ترتیب با نام‌های «FFF-1-final.cas» و « FFF-1-final.dat» ذخیره می‌کند.
* خط ۱۷: برنامه فلوئنت را می‌بندد.

**توجه:** گاهی وقت‌ها، دستور «exit» عمل نمی‌کند. شما می‌توانید با مشاهده فایل‌های ایجاد شده توسط شبیه‌سازی که همگی در همان پوشه اولیه خواهند بود، وجود یا عدم وجود فایل‌های نهایی را (که در اینجا «FFF-1-final.cas» و «FFF-1-final.dat» نام دارند) بررسی کنید. اگه این فایل‌های ایجاد شده باشند، شبیه‌سازی عملاً به پایان رسیده است اما همانطور که گفته شده، ممکن است دستور «exit» عمل نکرده باشد. درنتیجه لازم است با قابلیت خط فرمان WinSCP را اجرا کرده و از دستور «qdel» در آن استفاده کنید تا هسته‌های پردازشی خود را برای شبیه‌سازی‌های دیگر خود آزاد نمایید.