به نام خدا



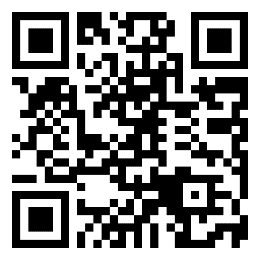
دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی شیمی و نفت

راهنمای شبیه‌سازی با نرم‌افزار Fluent در HPC دانشگاه صنعتی شریف

پوریا سلطانی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی فرآیندهای جداسازی

[](https://www.linkedin.com/in/pmsoltani/)

تحت نظارت

دکتر اصغر مولایی دهکردی

نسخه ۱

آبان ماه ۱۳۹۷

# مقدمه

نرم افزار فلوئنت[[1]](#footnote-1) ساخته شرکت انسیس[[2]](#footnote-2) و یکی از پرکاربردترین برنامه‌های مورد استفاده مهندسان در دینامیک سیالات محاسباتی[[3]](#footnote-3) 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[[4]](#footnote-4) 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.

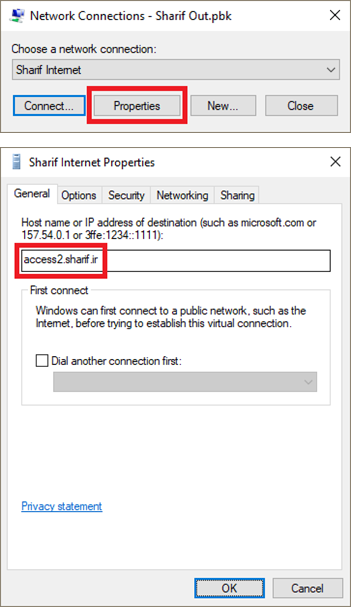
متن پیش رو، به منظور از کمرنگ کردن موارد تکنیکی اتصال به این سامانه است تا هم دانشگاهیان عزیز بتوانند تنها بر روی پروژه خود تمرکز نمایند. بخش ‏2، به توضیح ملزومات استفاده از HPC می‌پردازد. در بخش ‏3، نحوه اتصال به HPC و فرمان‌های مورد نیاز برای کار با آن بیان خواهد شد و بخش ‏4 نیز جزئیات دستورات خط فرمان نرم‌افزار فلوئنت را تبیین می‌کند.

# 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 می‌شوید را به access2.sharif.ir تغییر دهید، شکل 1.



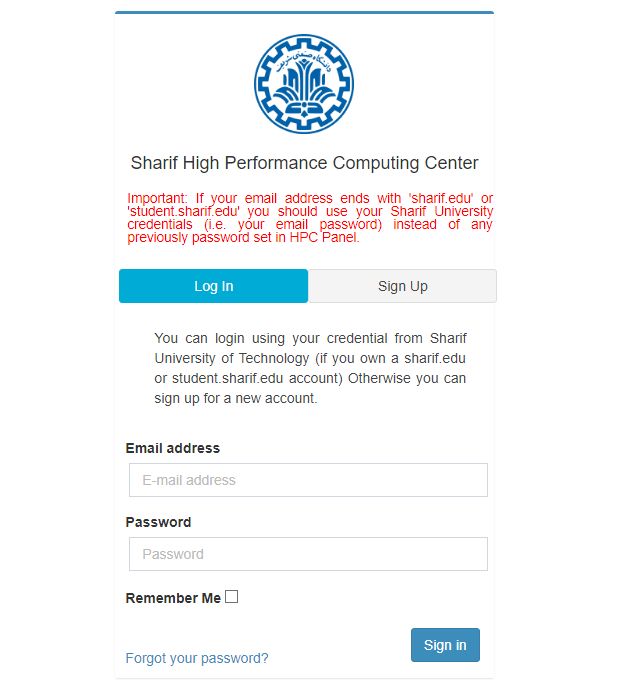
شکل 1: تغییر آدرس سرور شناسه شریف برای اتصال به آن از خارج از دانشگاه.

## حساب کاربری

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 2. اگر ورود به سیستم موفقیت آمیز نبود، با استفاده از برگه Sign Up اقدام به ثبت نام برای ساخت حساب کاربری جدید کنید.

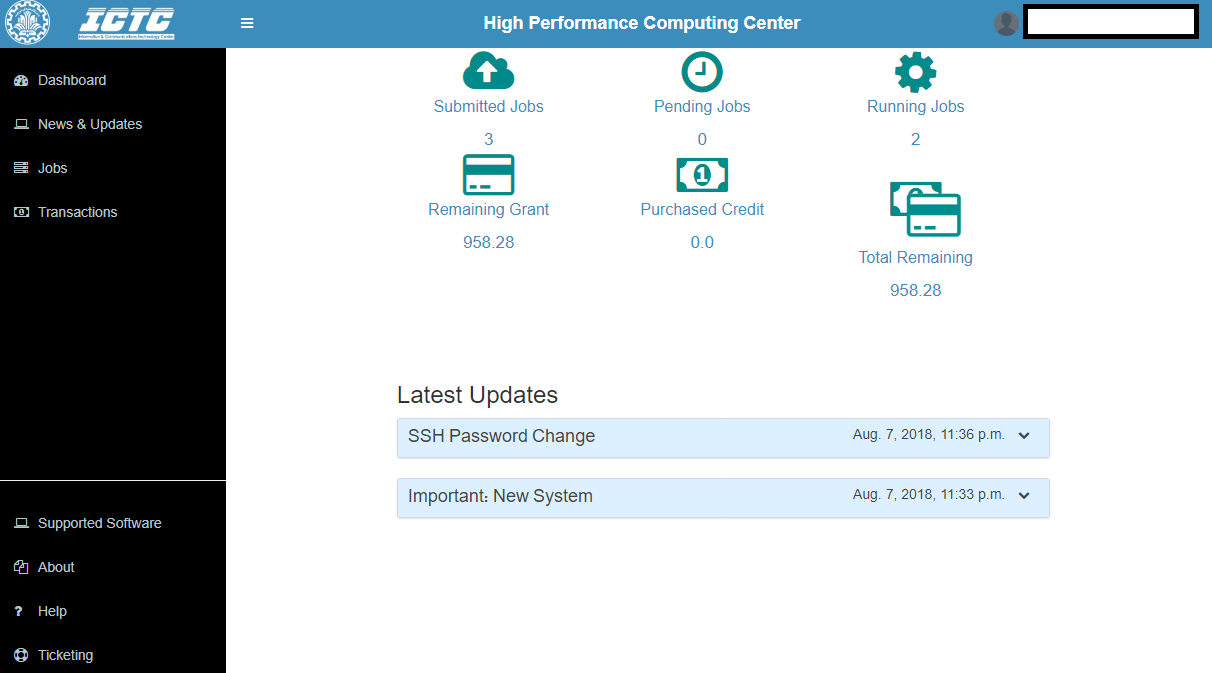
حساب کاربری ساخته شده در سامانه HPC، مانند دیگر سرویس‌های اینترنتی، ایمیل ثبت نامی نخواهد بود و با آن فرق‌هایی دارد. در زیر ساختار ایمیل و نام کاربری HPC با هم مقایسه شده‌اند (تفاوت‌ها به صورت سایه‌دار نشان داده شده‌اند):

1. Sharif Mail: username@department.sharif.edu
2. HPC Account: username.department.sharif



شکل 2: صفحه ورود وب‌سایت HPC دانشگاه.

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 3. 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.



شکل 3: داشبورد HPC دانشگاه.

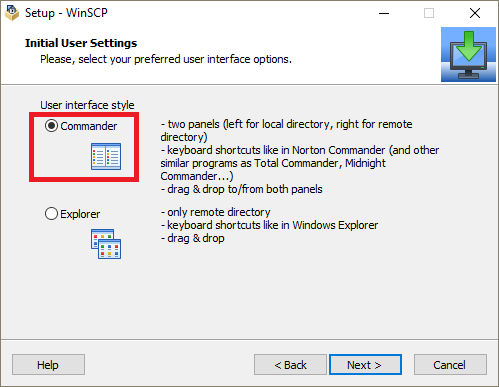
شایان ذکر است که راهنمای دسترسی و کار با HPC که توسط مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات تدوین شده است نیز از قسمت Help قابل دسترسی است[[5]](#footnote-5). ارتباط با مدیران سیستم برای رفع مشکلات احتمالی نیز از طریق گزینه Ticketing میسر شده است.

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

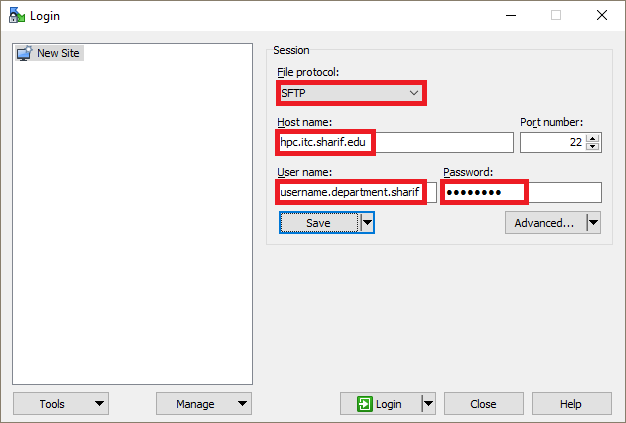
برای اتصال به سامانه HPC دانشگاه از رایانه‌های شخصی که سیستم عامل ویندوز دارند، به نرم افزار WinSCP نیاز است. مطابق وب‌سایت رسمی این برنامه، WinSCP یک کلاینت SFTP و FTP برای ویندوز است که به صورت رایگان و با مجوز GNU General Public License (GPL) ارائه می‌گردد. لینک دانلود آخرین نسخه برنامه در صفحه اصلی وب‌سایت آن[[6]](#footnote-6) 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 4، گزینه Commander انتخاب شده باشد.

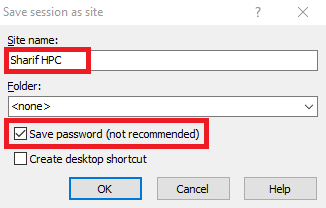


شکل 4: انتخاب گزینه Commander در هنگام نصب برنامه WinSCP.

به هنگام اجرای برنامه، با پنجره‌ای مانند شکل 5 روبه‌رو خواهید شد. بر روی گزینه New Site کلیک کرده و مانند شکل 5، اطلاعات درخواستی را تکمیل کنید. سپس با کلیک روی دکمه Save، می‌توانید با انتخاب یک نام دلخواه، همچون شکل 6 کانکشن خود را ذخیره نمایید.

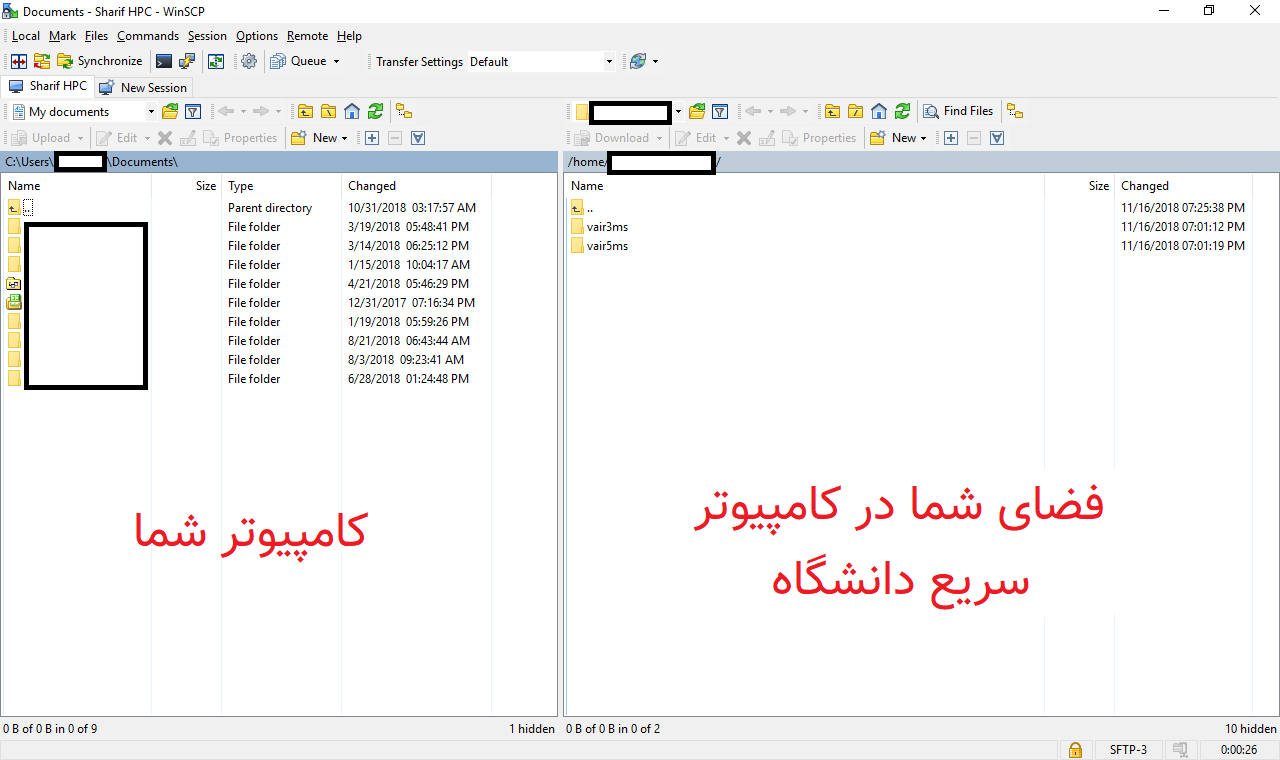


شکل 5: پنجره ایجاد کانکشن جدید در برنامه WinSCP.



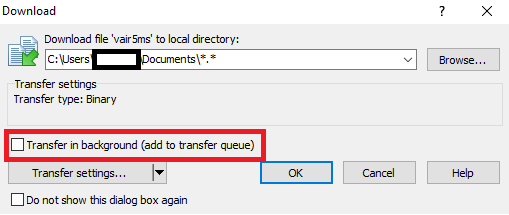
شکل 6: ذخیره کانکشن برای دسترسی راحت. می‌توانید رمز عبور خود را نیز ذخیره نمایید.

پس از ذخیره کانکشن، با کلیک بر روی دکمه Login، وارد فضای اختصاصی خودتان در HPC دانشگاه خواهید شد، شکل 7. مطابق این شکل، پنل سمت چپ فایل‌های کامپیوتر شخصی و پنل سمت راست، فایل‌های شما در HPC دانشگاه را نشان می‌دهد.



شکل 7: شمای اصلی برنامه WinSCP.

اقداماتی از قبیل ساخت پوشه، حذف و تغییر نام فایل‌ها و غیره 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 8 ظاهر می‌گردد.



شکل 8: دانلود و آپلود فایل‌ها و پوشه‌ها در WinSCP.

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

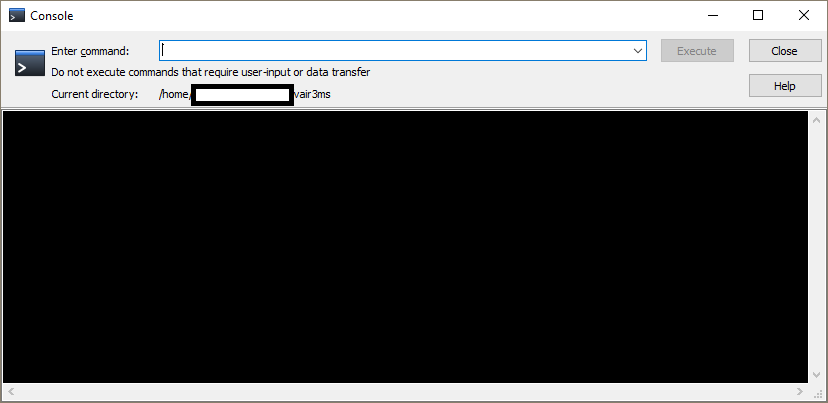
در ابتدای کار و پس از آپلود فایل‌های اولیه شبیه‌سازی (که ایجاد آن‌ها در این بخش و نیز بخش بعدی توضیح داده خواهد شد)، لازم است به HPC فرمان شروع به کار داده شود. همانگونه که در مقدمه این نوشتار نیز بیان شد، سامانه پردازش سریع دانشگاه از سیستم خط فرمان پشتیبانی می‌کند و محیط گرافیکی ندارد. به همین منظور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

برای این کار، فایل راهنمای ایجاد شده توسط مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات دانشگاه استفاده از نرم افزار PuTTY را پیشنهاد می‌کند، درحالی‌که WinSCP نیز از قابلیت‌های مورد نیاز در این زمینه پشتیبانی می‌کند و برای مقاصد مورد نظر این نوشتار، عملاً نیازی به استفاده از PuTTY نیست.

برای کار با محیط خط فرمان، آیکن نشان داده شده در شکل 9 را فشار دهید، یا از میانبر CTRL+T استفاده کنید. پس از اتصال که تنها چند لحظه طول می‌کشد، پنجره شکل 10 باز می‌شود.

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

شکل 9: بخشی از نوار ابزار بالایی در پنجره اصلی برنامه WinSCP.

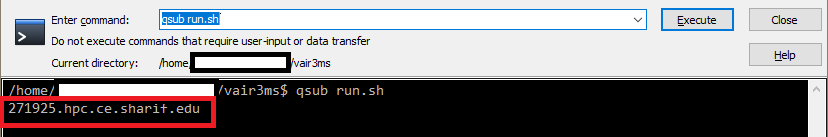


شکل 10: محیط خط و فرمان برنامه WinSCP.

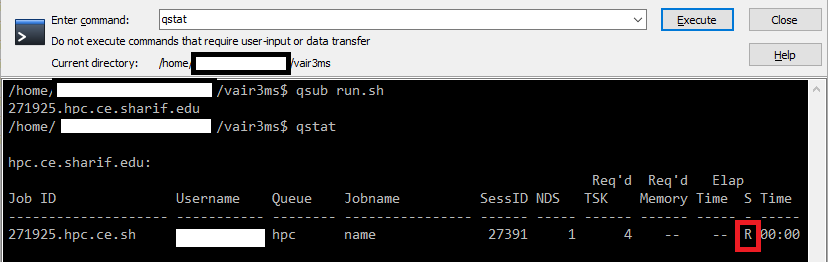
## جزئیات فرامین

برای کار با HPC، سه فرمان مورد نیاز است:

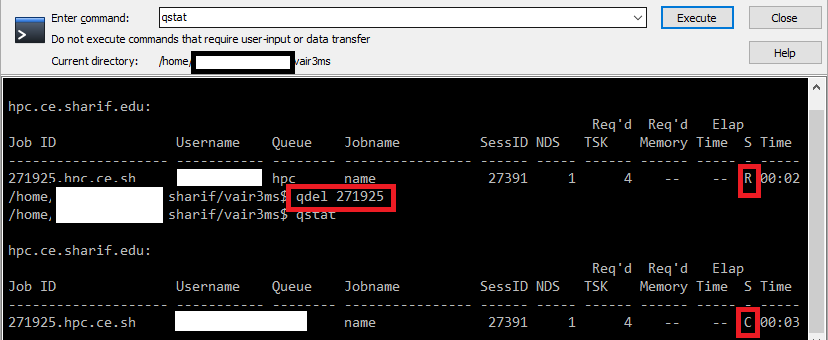
1. qsub: که همان دستور شروع به کار است. آرگومان[[7]](#footnote-7) این فرمان، run.sh بوده که همان فایل اجرای دستورات است (توضیحات بیشتر در ادامه خواهد آمد). پس از اجرا، این دستور یک شماره تولید خواهد کرد، شکل 11.
2. qstat: که وضعیت تمام کارهای در حال اجرا و در صف انتظار[[8]](#footnote-8) را نشان می‌دهد، شکل 12. در این شکل، حرف R در سمت راست خط آخر، به معنای در حال اجرا بودن محاسبات دارد. یکی دیگر از وضعیت‌های ممکن، صف انتظار است (که با حرف Q نشان داده می‌شود) و دیگری زمانی اتفاق می‌افتد که محاسبات پایان یافته باشد (حرف C). فرمان qstat به آرگومان 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 13. در این شکل، پس از دستور qdel، یک بار دیگر دستور qstat اجرا شده و مشاهده می‌شود که از R به C تغییر پیدا کرده است.



شکل 11: پس از ورود دستور qsub run.sh، یک شماره کار ایجاد می‌شود (در اینجا 271925).



شکل 12: جدول تشکیل شده از تمامی محاسبات در حال اجرا پس از وارد کردن دستور qstat.



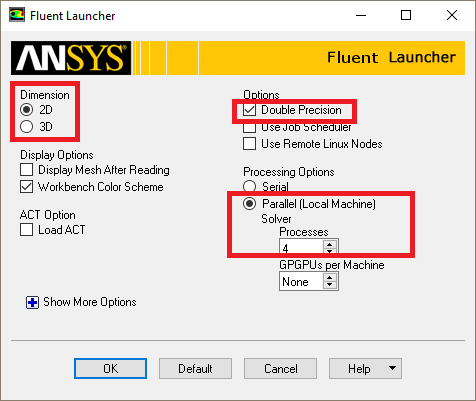
شکل 13: حذف کار با استفاده از دستور qdel به همراه شماره کار.

برای شروع به کار 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 برنامه‌های موجود فلوئنت را اجرا کند. 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 هسته 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 پوشه فایل‌های شبیه‌سازی است. 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). همچنین:
   * آرگومان –t4 همان تعداد هسته‌ها است که عدد آن باید با ppn در خط چهارم یکی باشد. 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 14 عمل می‌کنند. در صورت عدم نیاز به Double Precision، می توان dp را از 2ddp حذف کرد و همچنین 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.



شکل 14: پنجره Fluent Launcher برای اجرای فلوئنت با تنظیمات دلخواه.

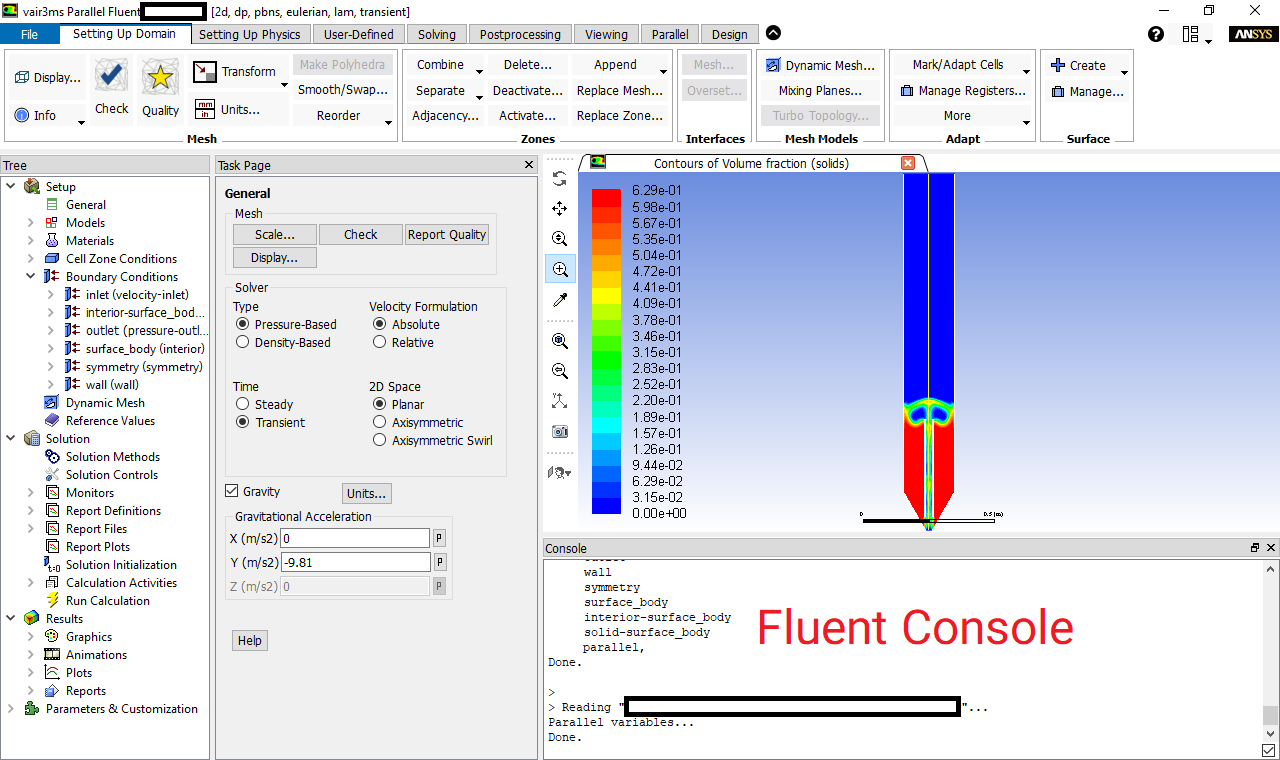
توجه شود که درصورت نیاز به اجرای نسخه دیگری از فلوئنت، باید با استفاده از WinSCP پوشه /share/apps/ را بگردید و نسخه مورد نظر خود را پیدا کنید. برای این کار در بالای پنل HPC در برنامه WinSCP، روی آیکن Root Directory کلیک کرده (میانبر: CTRL+\) و وارد پوشه share و سپس پوشه apps شوید. حال با گشتن در پوشه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

1. /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؛ به این معنی که تمامی منوهای برنامه و همه تنظیمات آن با خط فرمان قابل دسترسی هستند. فرمان‌ها در console فلوئنت تایپ می‌شوند، شکل 15.



شکل 15: شمایی از برنامه ANSYS Fluent.

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:

1. /

در این نوشتار، مقادیری که توسط کاربر وارد می‌شوند به صورت سایه‌دار نشان داده شده‌اند.

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/

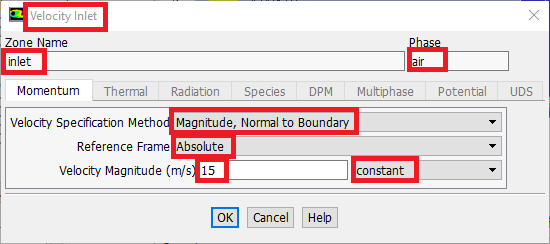
حال فرض کنید می‌خواهیم یک شرط مرزی، مثلاً سرعت هوای ورودی را تغییر دهیم. شروط مرزی در منوی define قرار دارند. دستور را تایپ کرده و دو بار Enter می‌کنیم تا تمام زیرشاخه‌های define نشان داده شوند:

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 16، تغییر شرط مرزی را تایید می‌کند.



شکل 16: تغییراتی که به وسیله خط فرمان اعمال شدند در محیط گرافیکی نیز تغییر می‌کنند.

نکته مهم این است که اگر با دستور موردنیاز 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 ۷ تغییر دهیم):

1. /define/boundary-conditions/velocity-inlet inlet air no no yes yes no 7

در دستورات فلوئنت، می‌توان به جای نوشتن عین مقادیر پیش‌فرض، از ویرگول (,) استفاده کرد. دستور زیر نیز دقیقاً همان کار را انجام می‌دهد اما کوتاه‌تر است:

1. /define/boundary-conditions/velocity-inlet ,,,,,,, 7

به همین روش، تمام دستورات مورد نیاز 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 یک 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. در انتخاب نام پوشه، بهتر است از فاصله (space) استفاده نکنید. همچنین برای نام گذاری، می‌توانید از آن متغیری در شبیه‌سازی که قرار است بررسی شود کمک بگیرید. برای مثال در اینجا می‌خواهیم اثر سرعت هوای ورودی به میزان ۱۵ متر بر ثانیه را مطالعه کنیم؛ پس می‌شود نام پوشه را v\_air\_15 یا چیزی شبیه به آن انتخاب کرد.

* خط ۴ و خط ۵: این دو خط با نقطه ویرگول (;) شروع شده‌اند و اجرا نمی‌شوند (comment هستند). بنابراین وجود آنها ضروری نبوده و تنها برای مقاصد آموزشی آورده شده‌اند. توجه شود همان‌طور که گفته شد، در انتهای خط 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.

تا اینجا فرض شده که شما تنظیمات مورد نظر را با کامپیوتر خودتان در فلوئنت اعمال کرده‌اید و در یک پوشه مشخص، فایل‌های case و data را ذخیره نموده‌اید. در همین پوشه باید دو فایل run.sh و commands.txt را نیز ذخیره نمایید. پس از تعیین نام پوشه، آن را با WinSCP به HPC دانشگاه منتقل کرده و شبیه‌سازی را اجرا نمایید. برای اجرا، در WinSCP ابتدا به درون پوشه‌ای که آپلود کرده‌اید رفته و سپس محیط خط فرمان را اجرا کنید و دستور qsub run.sh را وارد نمایید تا شبیه‌سازی شروع شود.

برای اجرای چند شبیه‌سازی به صورت همزمان، به ازای هر شبیه‌سازی باید یک پوشه آپلود کنید (که هرکدام شامل ۴ فایل ذکر شده در بالا هستند). سپس به درون هر پوشه رفته، محیط خط فرمان را اجرا کنید و دستور qsub run.sh را وارد نمایید.

**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 استفاده از قابلیت خط فرمان WinSCP، دستور qdel را اجرا نمایید تا هسته‌های پردازشی خود را برای شبیه‌سازی‌های دیگر خود آزاد نمایید.

**توجه:** فهرست کامل فرمان‌های فلوئنت به همراه توضیح هر کدام با جستجوی عبارت Fluent Text Command List در گوگل به صورت فایل پی‌دی‌اف یافت می‌شود[[9]](#footnote-9).

1. Fluent [↑](#footnote-ref-1)
2. ANSYS [↑](#footnote-ref-2)
3. Computational Fluid Dynamics (CFD) [↑](#footnote-ref-3)
4. Information & Communications Technology Center (ICTC - <http://ictc.sharif.edu>) [↑](#footnote-ref-4)
5. Download link: <http://hpc.itc.sharif.ir/static/files/hpc_help.pdf> [↑](#footnote-ref-5)
6. Download link: <https://winscp.net/> [↑](#footnote-ref-6)
7. Argument [↑](#footnote-ref-7)
8. Queue [↑](#footnote-ref-8)
9. Download link (might not work!): <https://www.sharcnet.ca/Software/Fluent6/pdf/tuilist/fltui.pdf> [↑](#footnote-ref-9)