نرم افزار در بیومکانیک

گرد آورنده: معاونت آموزش و دانشجویی سبک و انجمن کانگ فوتوآ-۲۱

(شماره ثبت ۲۱۰۶۰ از وزارت کشور)

پاییز ۱۴۰۴

به نام خداوندگار هستی بخش

سبک، انجمن، فدراسیون جهانی کانگ فوتوا ۲۱ به شماره ثبت ۲۱۵۶۵

از وزارت کشور

سیستم اکادمیک سبک، انجمن، فدراسیون جهانی کانگ فوتوا ۲۱

شورای مرکزی پژوهشی

جزوه اموزشی نرم افزار open sim در بیومکانیک

تهیه وتنظیم : سیر راهدان احسان خالصی(منطقه ۰۶- خراسانات)

اذرماه ۱۴۰۴

فهرست:

۱-مقدمه

۲-اشنایی با علم بیومکانیک

۳-نرم افزار open sim

٤-کاربردها و توانمندیهای نرم افزار open sim

٥-دوبخش اصلی نرم افزار اپن سیم

٦-نرم افزارهای کمکی اپن سیم جهت انالیز

۷- پیش نیازهای یادگیری open sim

۸-فضاهای نرم افزار open sim :

۸-۱- اشنایی با navigator

۸-۲- اشنایی با coordinate

۸-۳- مفاصل وعضلات

۸-٤-رسم نمودار

۸-٥- تنظیمات مقیاس بندی مدل

۸-٦- کینماتیک معکوس

۹-کاربا ابزارها وفضا ها :

۹-۱- کار با ابزار RRA

۹-۲- کار با ابزارCMC

۹-۳- کار با ابزار static optimization

۹-٤- کار با ابزار forward dynamic

۹-٥- انالیز و prob

مقدمه:

در جامعه امروز بشری ورزش جایگاهی حیاطی و موثر پیدا کرده است. اما انجام ورزش صحیح تا جایی که باعث اسیب نشود مستلزم کسب اگاهی و اجرای صحیح ورزش است. از طرفی در تحقیقات علوم ورزشی با هدف انالیز سیستم عضلانی و مفصلی در اجرای یک حرکت خاص نیاز به استفاده از نرم افزارهای بروز دارد. نرم افزار اپن سیم یکی از بروز ترین و قوی ترین نرم افزارهای روز دنیاست که می تواند این امر مهم را میسر کند. در این جزوه ما به اموزش نرم افزار اپن سیم پرداختیم. تلاش بر این بوده این جزوه در تمام بخش ها کاملا مصور تهیه شود تا فهم مطالب بهتر انجام شود. مجموعه کانگ فو توا ۲۱ جهت اموزش و رشد مربیان مجموعه خود در یک سیستم اکادمیک هوشمند و بروز در تلاش است با تکیه به نرم افزار اپن سیم وسایر نرم افزارهای مربوطه در این زمینه، انالیز دقیق تکنیک های کانگ فو توا ۲۱ را انجام دهد. از انجا که جزوات می توانند مسیرتکاملی داشته باشند از همه مربیان و همراهان بزرگوار خواهشمند است نظرات وپیشنهادات خود را جهت تکامل جزوات به مسئول اموزش منطقه خود ارائه دهند.

علم بیومکانیک:

واژه بیومکانیک از دو بخش بیو و مکانیک تشکیل شده و به معنی کاربرد اصول مکانیکی در موجودات زنده می باشد. به زبان دیگر بیومکانیک مطالعه ساختار و عملکرد یک سیستم زنده با استفاده از قوانین مکانیکی می باشد. لذا می توان علم بیومکانیک را در شاخه های مختلف انسانی، حیوانی و حتی گیاهی مورد بررسی قرار داد.
بیو مکانیک یکی از شاخه های رایج در مهندسی پزشکی و علوم ورزشی است که به تحلیل سیستم های اسکلتی عضلانی پرداخته است.

در بیانی دیگر: **بیومکانیک** یا **زیست‌مکانیک** به انگلیسی(Biomechanics) شاخه ای از بیوفیزیک است که دامنه بسیار وسیعی را شامل می‌شود اما در تعریفی کوتاه، بیومکانیک را می‌توان علم استفاده از اصول مکانیک در سیستم‌های بیولوژیکی مانند انسان، جانوران، گیاه، اندام، یاخته (سلول) دانست؛ شاید یکی از بهترین تعاریف از بیومکانیک را هربرت هتزه در سال ۱۹۷۴ میلادی بیان کرده‌است: "بیومکانیک مطالعه ساختار و عملکرد سیستم‌های بیولوژیکی با استفاده از روش‌های مکانیک است". واژه بیومکانیک در ابتدای دهه ۱۹۷۰ توسعه یافت، که توصیف‌کننده استفاده از مهندسی مکانیک در سامانه های زیست شناسی و مهندسی پزشکی، مهندسی بیومکانیک است.

ارسطو اولین کتاب بیومکانیک را با عنوان حرکت حیوانات ، ترجمه لاتین (De Motu Animalium): نوشت. او نه تنها بدن حیوانات را به شکل یک سیستم مکانیکی دید بلکه سوالاتی در زمینه تفاوت فیزیولوژیکی در تصوری که از انجام یک عمل می‌شود و خود آن عمل در واقعیت مطرح کرد. از مثال‌های ساده‌ای از تحقیقات بیومکانیک می‌توان از مطالعه بر روی حرکت اندام‌ها، آیرودینامیک در پرندگان، حشرات و مگس -دینامیک شاره‌ها در شناکردن ماهی‌ها و به‌طور کلی تمام حرکاتی که موجودات زنده از تک سلولی‌ها تا اندامگان انجام می‌دهند را، می‌توان نام برد و بیومکانیک انسان در هسته حرکت‌شناسی جای دارد.

شاید لئوناردو داوینچی اولین دانشمند به معنای واقعی در بیومکانیک نام برد، چرا که او برای اولین بار به مطالعه آناتومی در زمینه مکانیک پرداخت. او نیروهای عضلات، منشأ و پایان آن‌ها و چگونگی عملکرد مفاصل را بررسی کرد. او همچنین تلاش کرد که خصوصیات برخی از جانوران را در ماشین خود تقلید کند. برای مثال او پرواز پرندگان را مورد مطالعه قرار داد تا به وسایل لازم برای پرواز انسان را دست یابد. از آنجا که اسب منبع اصلی قدرت مکانیکی در آن زمان بود، او با مطالعه سیستم عضلات ماشینی را طراحی کند که بازدهی بهتری نسبت به این حیوان بدهد.

کاربردها:

مطالعه بیومکانیک شامل محدوده وسیعی از زمینه هاست که میتوان به بررسی کارکرد داخلی یک سلول گرفته ، حرکت و رشد اندامها ، خصوصیات مکانیکی بافت نرم و استخوانها اشاره کرد. برخی نمونه های ساده از تحقیقات بیومکانیک شامل بررسی نیروهایی است که بر روی اندام ها عمل می کنند ، آیرودینامیک پرواز پرنده و حشرات ، هیدرودینامیک شنا در ماهی ها و به طور کلی حرکات در تمام اشکال زندگی ، از سلول های انفرادی گرفته تا کل ارگانیسم ها.

با درک فزاینده از رفتار فیزیولوژیکی بافتهای زنده ، محققان قادر به پیشرفت در زمینه مهندسی بافت و همچنین ایجاد روشهای درمانی بهبود یافته برای طیف گسترده ای از آسیب شناسی از جمله سرطان هستند

مطالعه سیستم های عضلانی-اسکلتی

بیومکانیک همچنین برای مطالعه سیستم های اسکلتی عضلانی انسان کاربرد دارد. برخی تحقیقات از سکوهای نیرو برای مطالعه نیروهای واکنش زمینی انسان و فیلمبرداری مادون قرمز برای گرفتن مسیر نشانگرهای متصل به بدن انسان برای مطالعه حرکت سه بعدی انسان استفاده می کنند. تحقیقات همچنین از الکترومیوگرافی برای مطالعه فعال سازی ماهیچه ها ، بررسی واکنش عضلات به نیروهای خارجی و آشفتگی ها استفاده می کند.

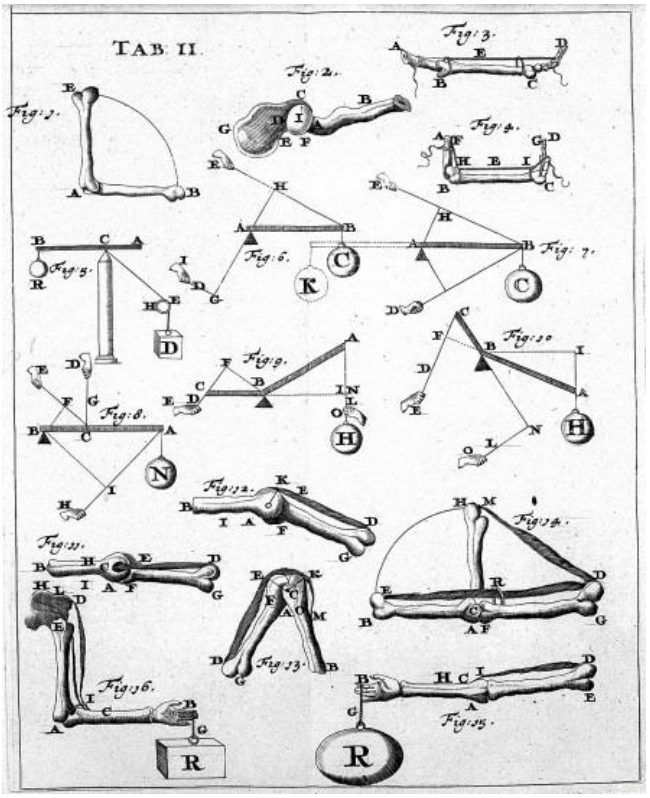
اهداف پزشکی

بیومکانیک به طور گسترده ای در صنعت ارتوپدی برای طراحی ایمپلنت های ارتوپدی برای مفاصل انسان ، قطعات دندانپزشکی ، فیکساتورهای خارجی و سایر اهداف پزشکی مورد استفاده قرار می گیرد. زیست شناسی بخش مهمی از آن است. این مطالعه عملکرد و عملکرد مواد بیولوژیکی مورد استفاده در کاشتهای ارتوپدی است. این امر نقش مهمی در بهبود طراحی و تولید مواد بیولوژیکی موفق برای اهداف پزشکی و بالینی دارد. نمونه بارز آن در غضروف مهندسی بافت است.

اهداف مهندسی

اغلب از علوم مهندسی سنتی برای تجزیه و تحلیل سیستم های بیولوژیکی استفاده می کند. مهمترین آنها رشته های مهندسی مکانیک مانند مکانیک پیوسته ، آنالیز مکانیسم ، تجزیه و تحلیل ساختاری ، سینماتیک و دینامیک نقش مهمی در مطالعه بیومکانیک بازی می کنند.

نمونه ای از کارهای اولیه بیومکانیک:



نرم‌افزار open sim :

نخستین نسخه نرم‌افزار اپن‌سیم میلادی در کنفرانس جامعه بیومکانیک آمریکا معرفی شد و در ورژن دوم در تاریخ ۲۰۰۷ اجازه را می‌داد تا به هسته آن به محققین این داشته باشند و بتوانند به اصلی نرم‌افزار دسترسی تغییراتی را اعمال کنند. سلیقه خود در آن

درواقع این نرم افزاریک نرم‌افزار متن باز برای شبیه‌سازی، مدل‌سازی و آنالیز در زمینه بیومکانیک است. هدف این نرم ارائه ابزار رایگان و گسترده برای تحقیق در زمینه بیومکانیک و علم کنترل موتور است.

اوپن‌سیم طیف گسترده‌ای از مطالعات در مورد آنالیز دینامیک راه رفتن، عملکردهای ورزشی، شبیه‌سازی روش‌های جراحی، آنالیز عملکرد مفاصل، طراحی دستگاه‌های پزشکی و شبیه‌سازی حرکات انسان‌ها و حیوانات را فراهم می‌کند. این نرم‌افزار تجزیه و تحلیل دینامیک معکوس و شبیه‌سازی دینامیک رو به جلو را انجام می‌دهد. اوپن‌سیم در صدها آزمایشگاه بیومکانیک در سراسر جهان برای مطالعه حرکت‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌است و دارای جامعه توسعه دهنده نرم‌افزاری است.

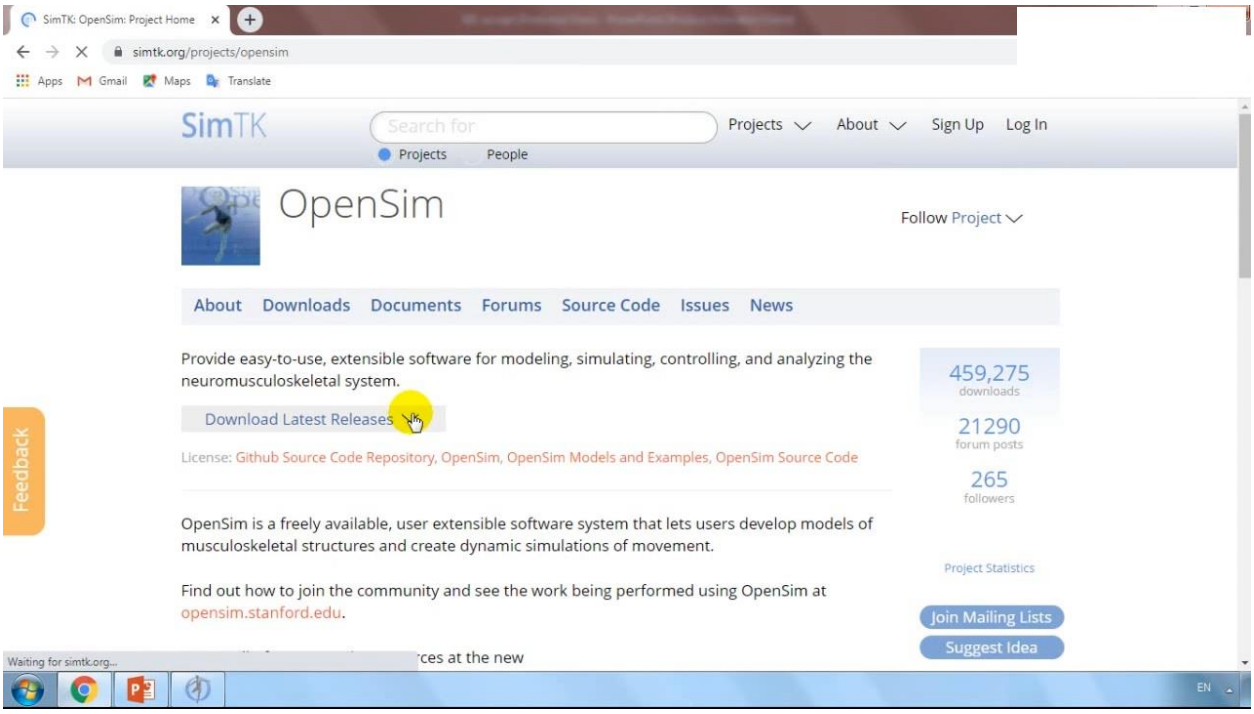
از زمانی که این نرم افزار ساخته شد کاربران زیادی از برنامه های کاربردی این نرم‌افزار در تحقیقات بیومکانیکی، طراحی دستگاه های پزشکی، ارتوپدی، توان‌بخشی، تحقیقات علوم اعصاب، تجزیه تحلیل طراحی ارگونومیک، علوم ورزشی، پویانمایی در کامپیوتر، تحقیقات رباتیک، زیست‌شناسی آموزش و پرورش استفاده کرده اند.

اوپن‌سیم یکی از برنامه‌های شاخص از سیم بایوس در سازمان ملی بهداشت آمریکا در مرکز محاسبات پزشکی در دانشگاه استنفورد است، سیم بایوس که در سال ۲۰۰۴ در جهت توسعه ابزارهای محاسباتی برای فیزیک مبتنی بر مدل‌سازی و شبیه‌سازی ساختارهای زیستی تأسیس شد.

اوپن سیم ۱،۰ در ۲۰، اوت ۲۰۰۷ ارائه شد و دارای قابلیت‌هایی چون بازدید دستگاه عضلانی اسکلتی انسان، وارد کردن مدل‌هایی که در ای آی ام ام (Musculographics Inc.) طراحی شده‌اند، ویرایش مسیرهای عضلانی و تولید مدل شبیه‌سازی شده از روی داده ها بود.
اوپن سیم ۱،۱ در ۱۱، دسامبر سال ۲۰۰۷ منتشر شد که قابلیت‌های جدیدی مانند موقعیت دوربین برای ضبط فیلم‌های شبیه‌سازی کاربران یک آنالیزر با ضریب خطای کم برای محاسبه توابع تک تک عضلات به آن اضافه شد.
اوپن سیم ۲،۲،۱ در ۱۱ آوریل ۲۰۱۱ منتشر شد. آخرین و جدیدترین اوپن سیم دارای رابط کاربری است و به کاربر اجازه می‌دهد که حرکت‌های عضلانی را مرزبندی کند و محرک‌های مربوط به استاتیک را بهینه‌سازی کند.

دانلود نرم افزار:

نرم افزار opensim را می توانیم از سایت simtk.org دانلود کنیم. برای دانلود باید ابتدا یک اکانت در سایت بسازیم و از طریق اکانت و از قسمت log in وارد سایت شویم و نرم افزار مورد نیاز خودمان را از گزینه download latest releases دانلود کنیم ومتناسب با ویندوز کامپیوتر ، اقدام به نصب نسخه مورد نظر می کنیم. ضمنا در این سایت صد ها پروژه نمونه بارگذاری شده است.



کاربردها و توانمندیهای نرم افزار open sim :

-ایجاد مدل

-ویرایش مدل های قبلی

-تحلیل مدل اسکلتی عضلانی

-شبیه سازی های دینامیکی

نرم افزار اپن سیم از دو بخش اصلی تشکیل شده است:

Opensim GUI

بخش گرافیکی نرم افزار

رابط بین انسان و نرم افزار

Opensim API

بخش ساختاری اصلی نرم افزار

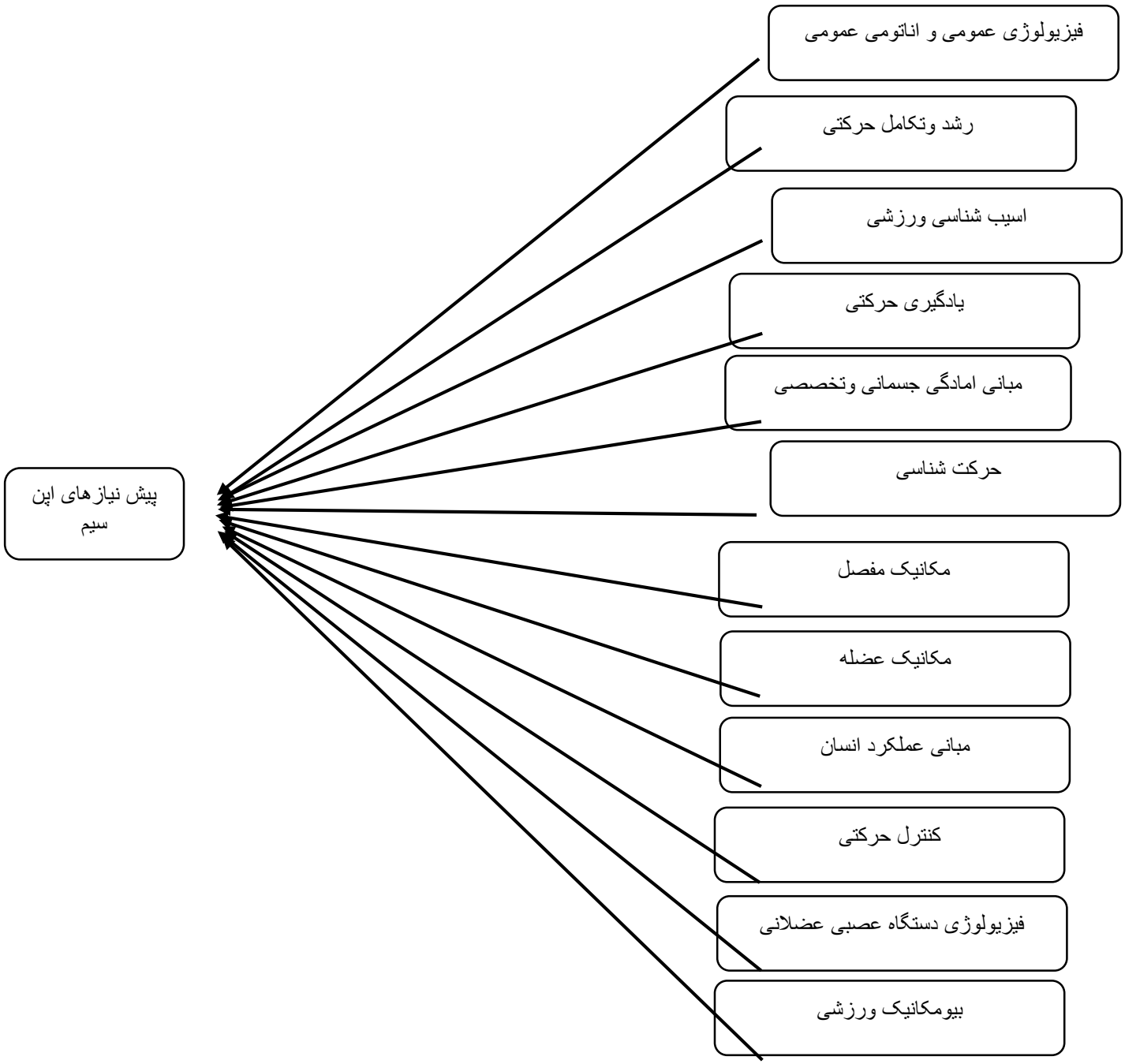
رابط بین دو سیستم

در حیطه کار برنامه نویسان

نرم افزارهایی که برای انالیز کامل تر نیاز مند است در کنار اپن سیم اموزش میبینیم:

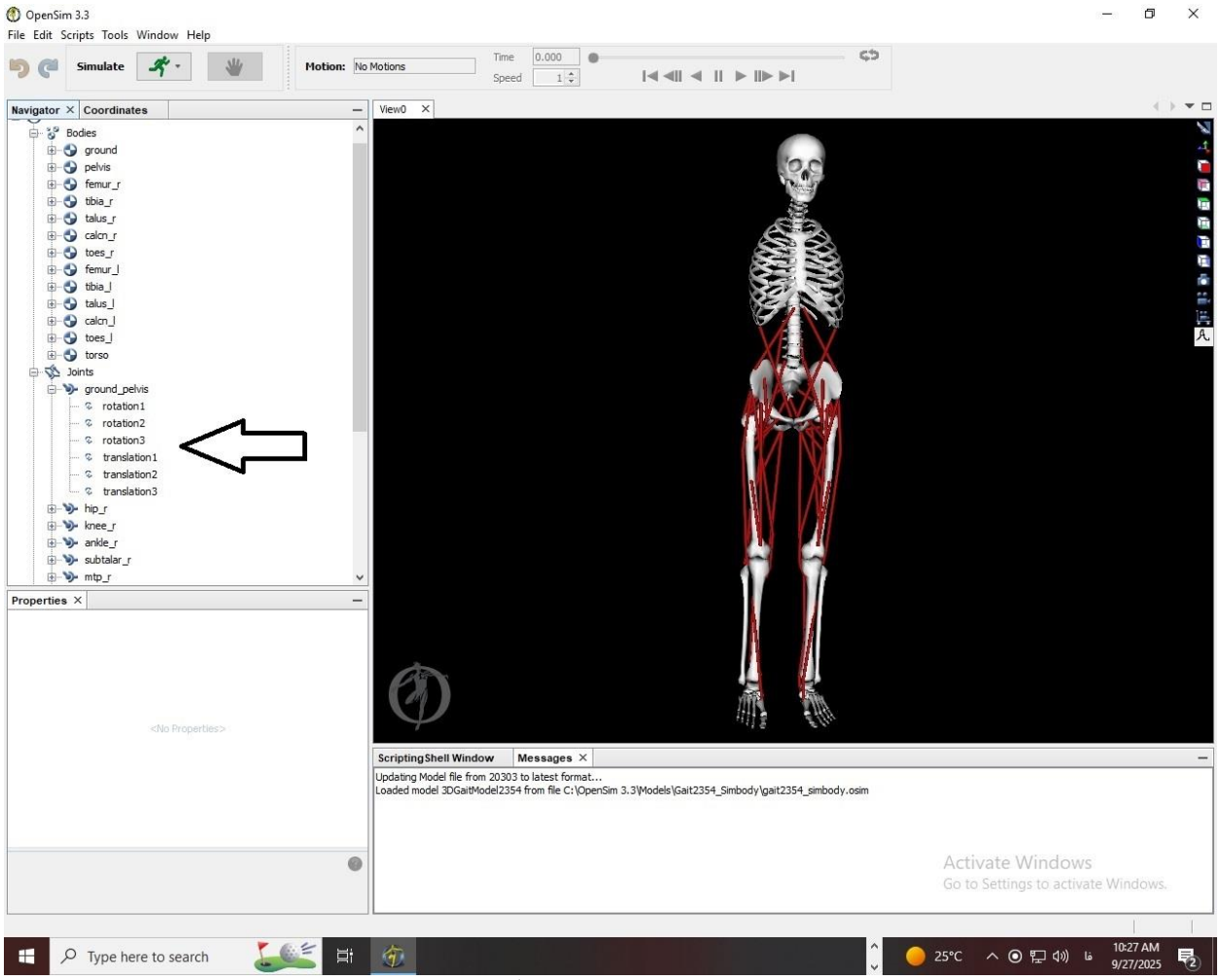
۱- کینوا (Kinovea)
۲- متلب (Matlab)
۳- موکاپ (mockup)

پیش نیازهای نرم افزار اپن سیم:



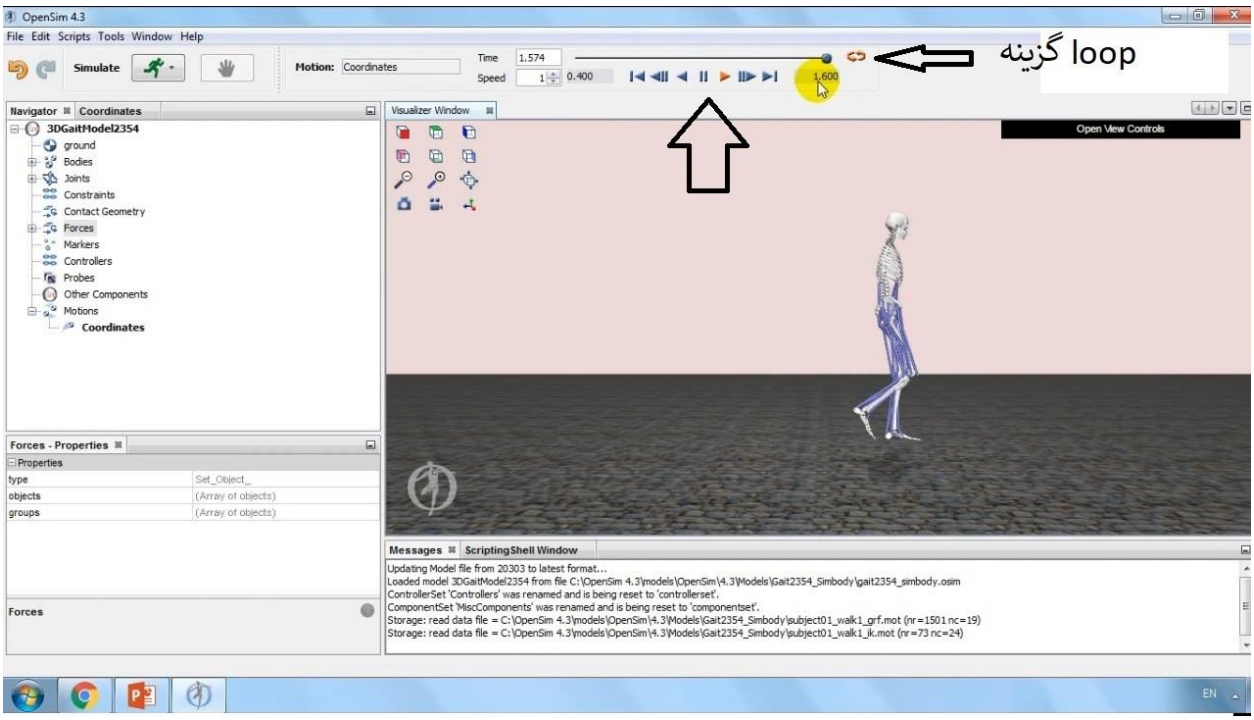
۱-اشنایی با navigator :

در قسمت bodies ما با قسمتهای جداگانه روبرو هستیم اما در قسمت joints ما با rotation یا translation روبرو هستیم (در واقع ما در مفاصل با درجه ازادی روبرو هستیم). در muscles ما با لیست عضلات روبرو هستیم. همچنین با کلیک راست کردن روی عضله مورد نظر و انتخاب گزینه show only در هر عضله می توانیم جهت میریت قوی تر وتمرکز بالاتر فقط ان عضله را نمایش دهیم.



در بخش markers ما ابزارهایی را ایجاد می کنیم که می توانیم با مدل مورد نظرمان کار کنیم.

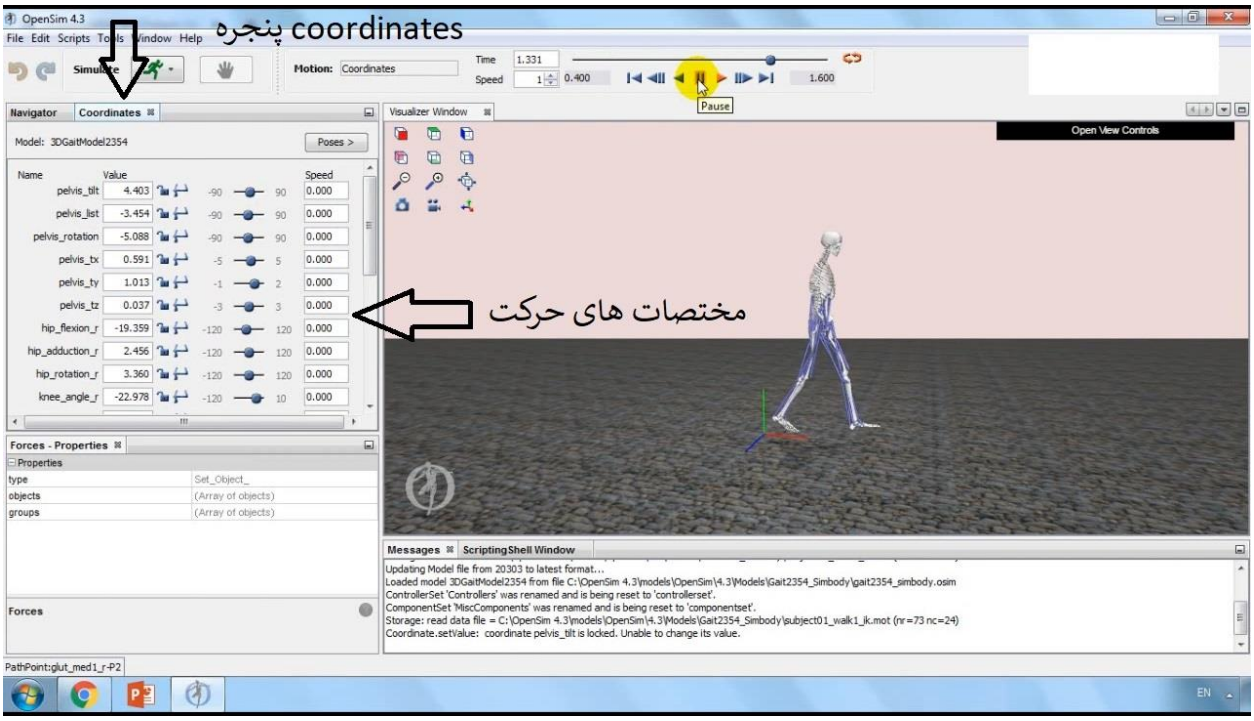
از سربرگ file وگزینه load motion می توانیم یک "حرکت" را برای مدل فراخوانی کنیم (بعنوان مثال حرکت راه رفتن):

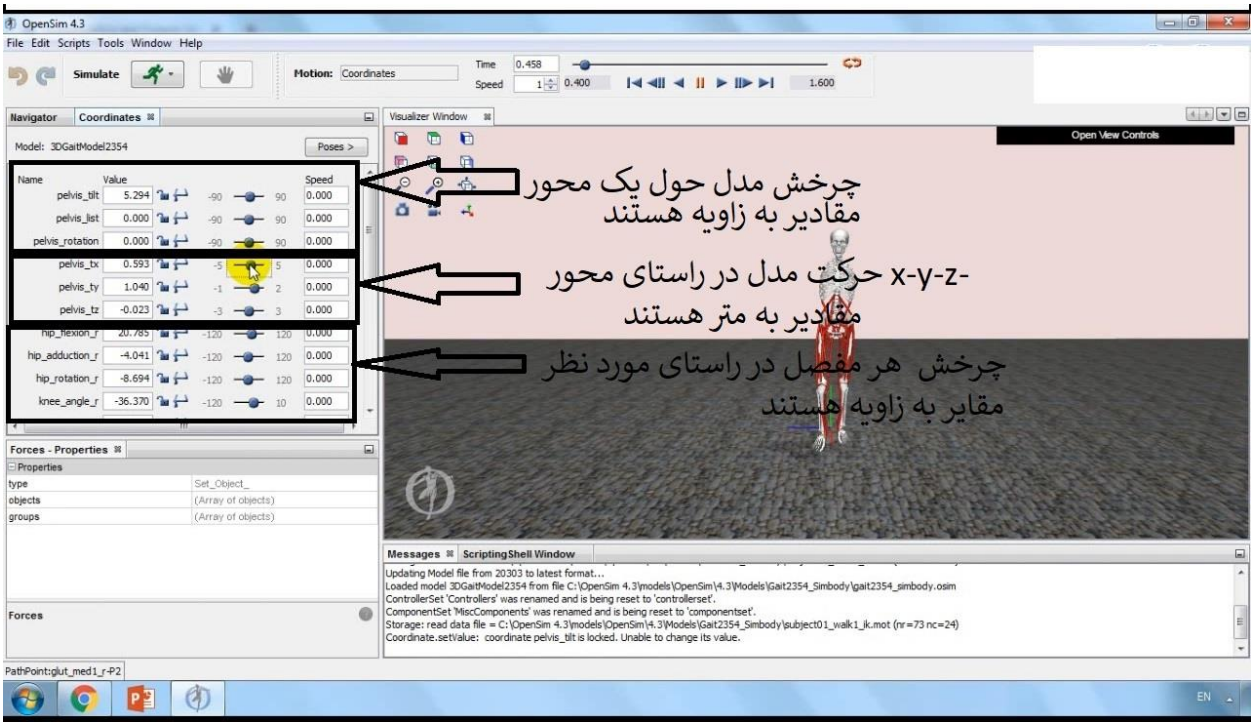


با فعال کردن گزینه loop حرکت بصورت پیوسته تکرار می شود .

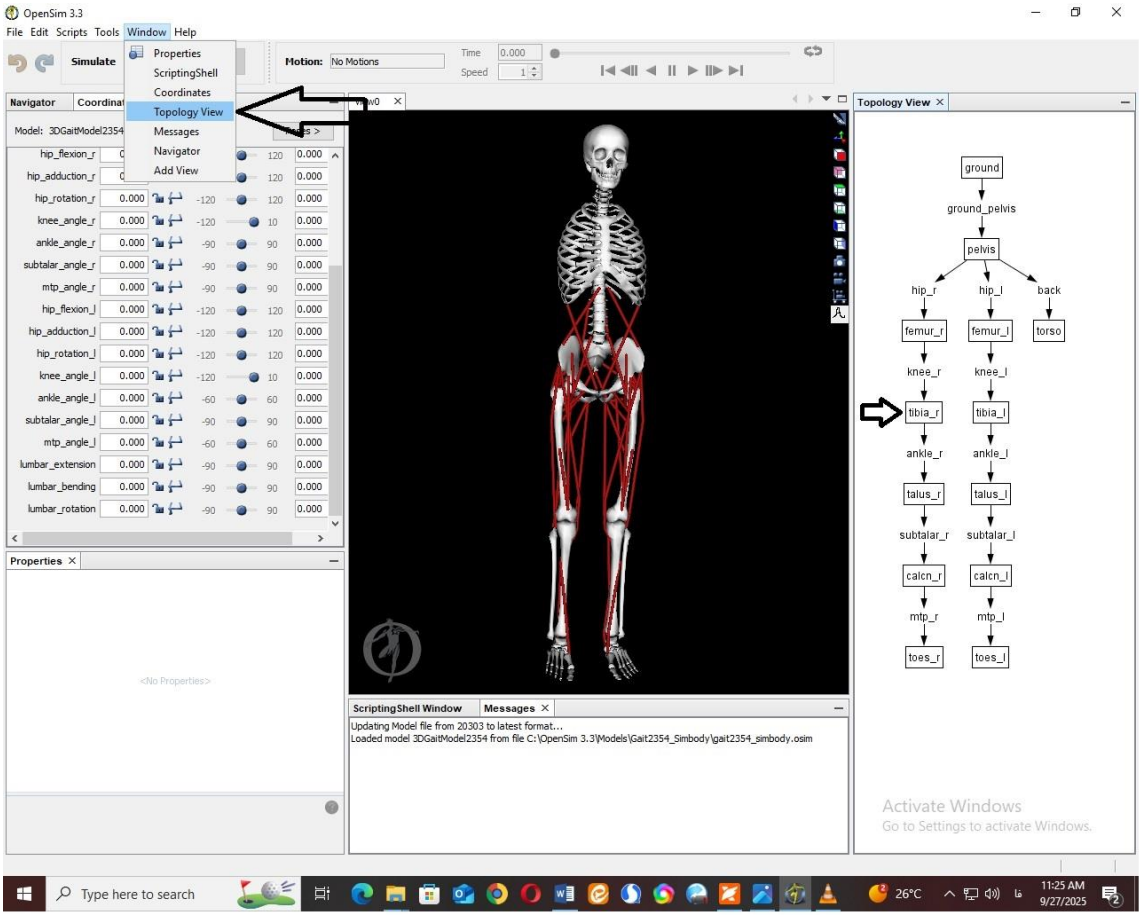
۲-اشنایی با coordinate :

در قسمت coordinate ما توانایی مشاهده ومدیریت مختصات حرکتی را داریم.



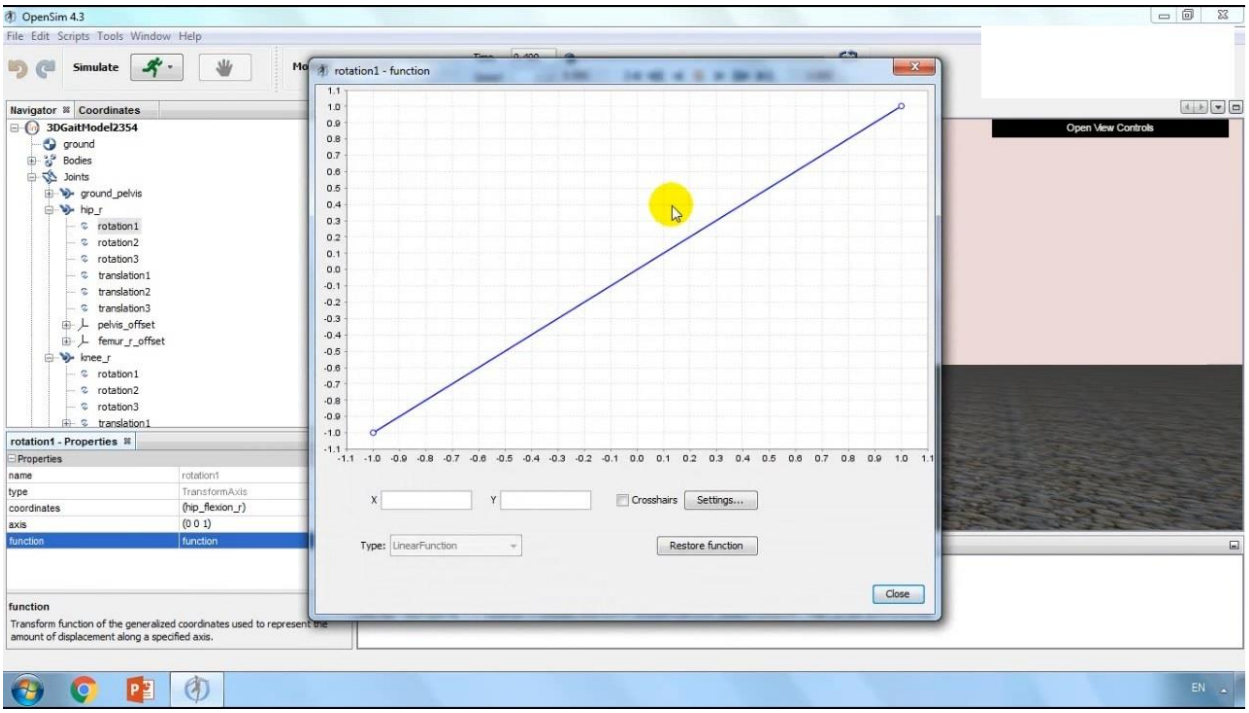


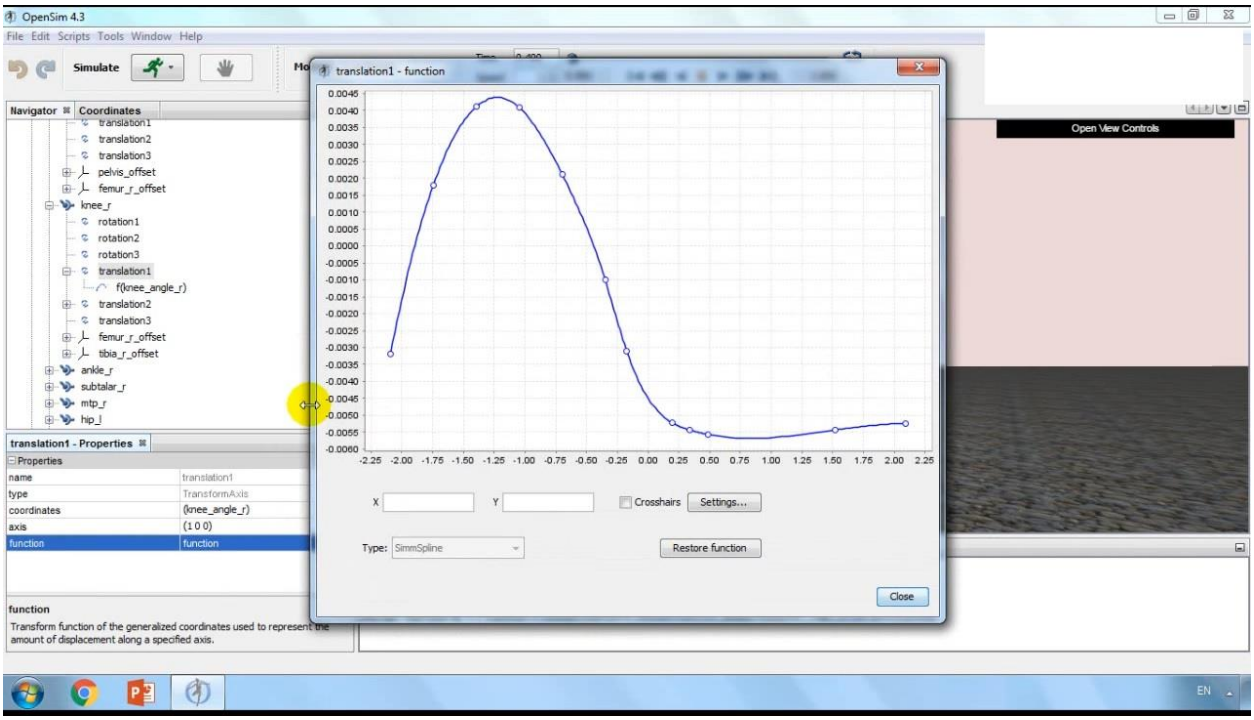
از سربرگ window وگزینه topology view می توانی ساختار مدل را مشاهده کنی که از چه اجزایی تشکیل شده است.



۳- مفاصل وعضلات:

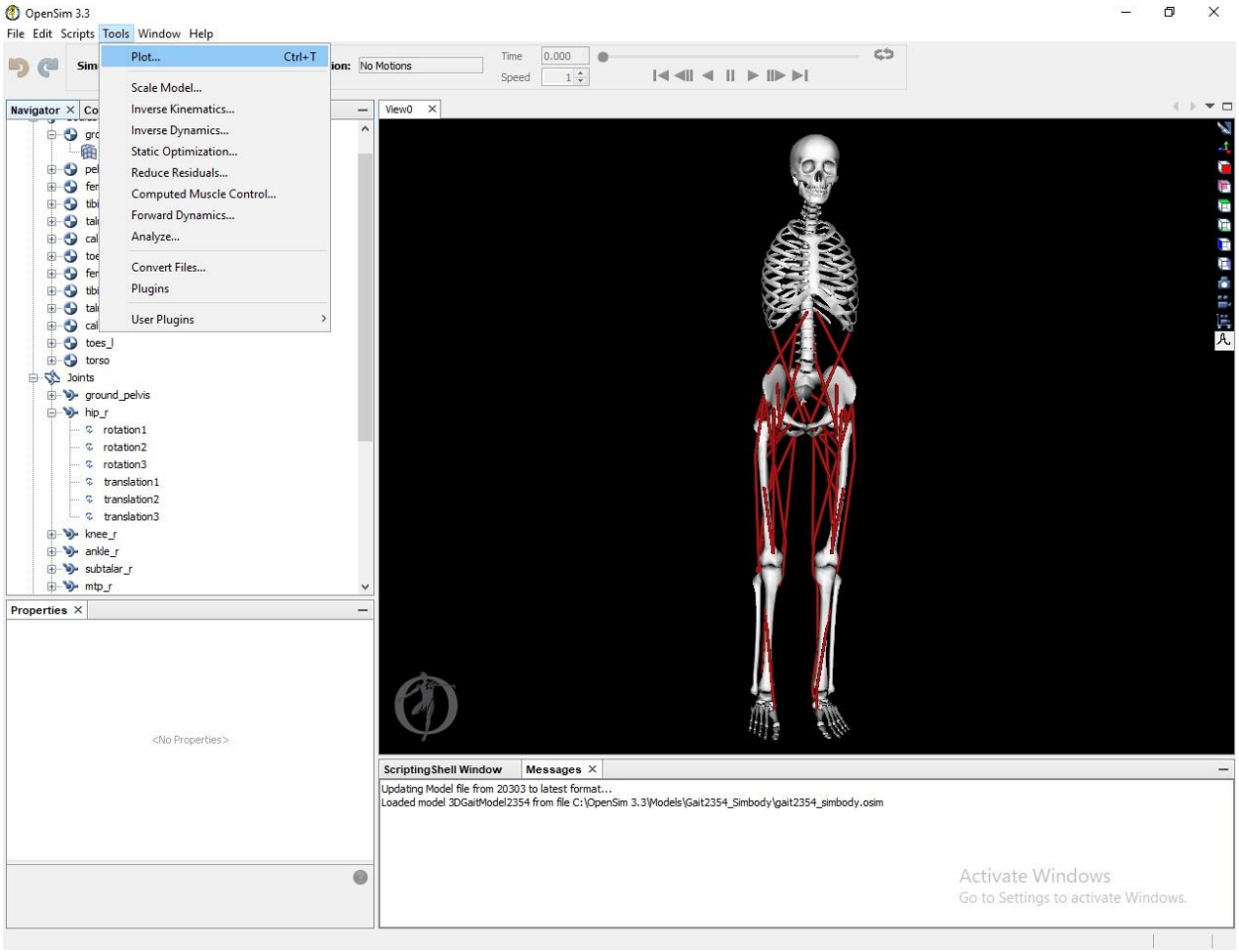
توابعی که درجه ازادی مفصل را تعریف می کنند (function) یا خطی هستند یا مورب(غیر خطی)، که بسته به نوع مفصل این تابع متفاوت است.

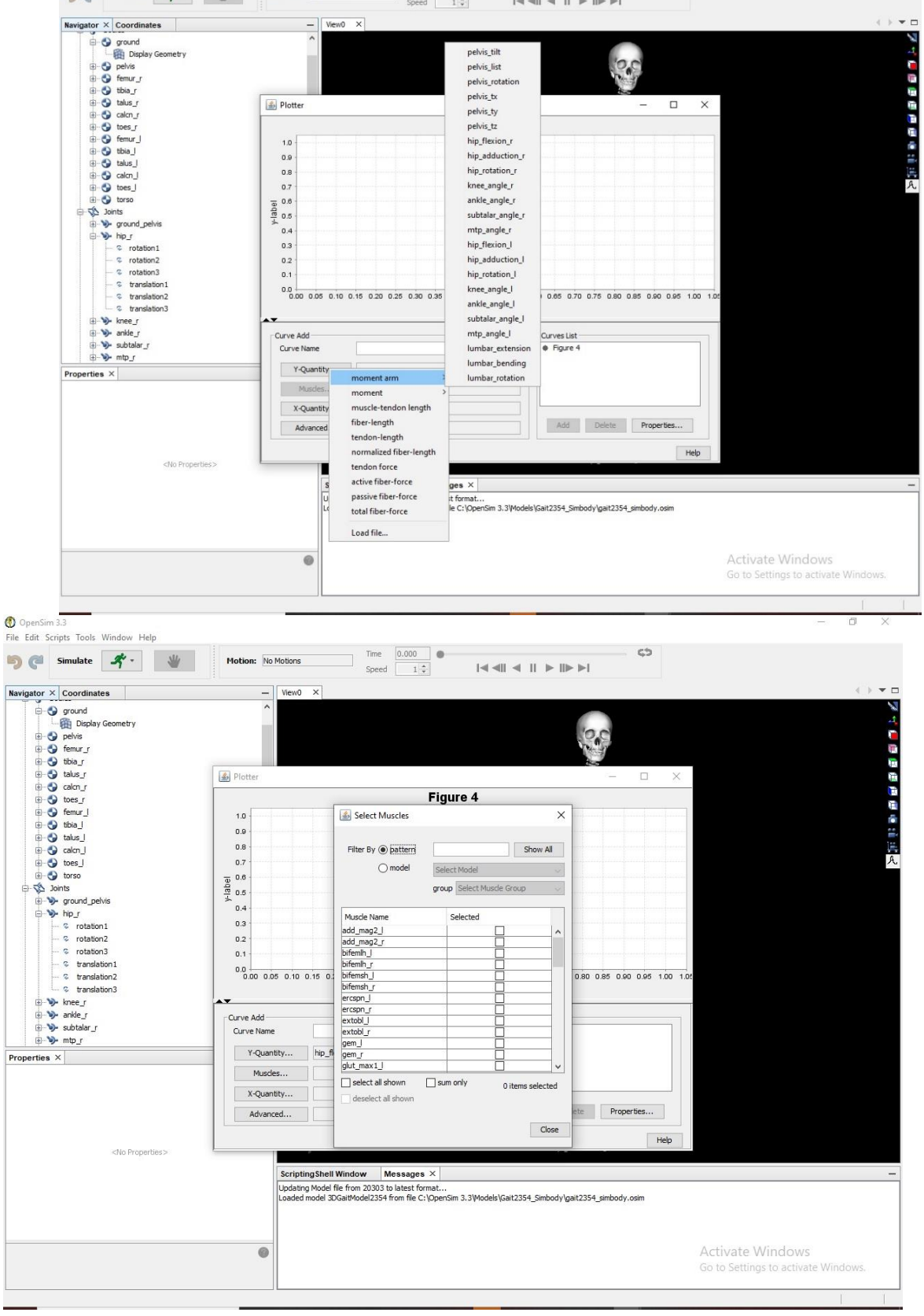




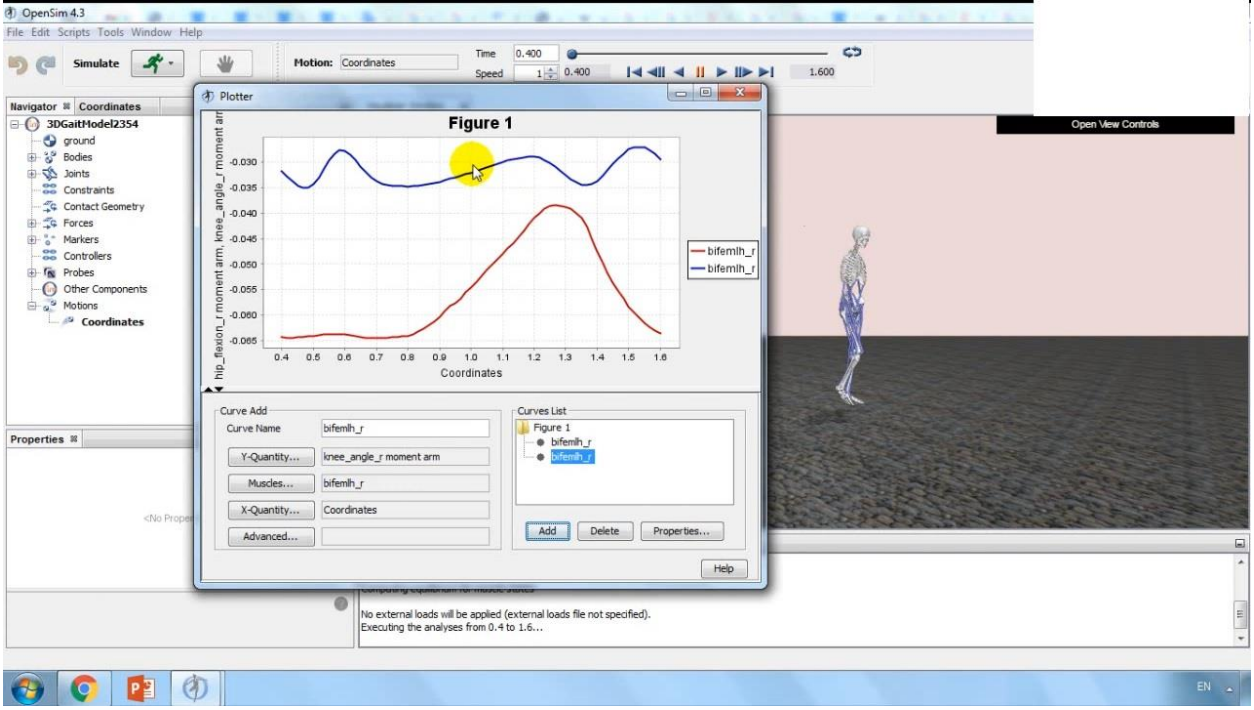
٤-رسم نمودار:

در بخش رسم نمودار می توانیم نمودار یک حرکت را بعنوان خروجی دریافت کنیم یا نموار دو حرکت را با یکیگر مقایسه کنیم .برای این کار باید از مسیر tools/plot پنجره مورد نظر را فعال کنیم . سپس در پنجره از طریق گزینه y-quatity مفصل وچرخش یا زاویه مورد نظر را انتخاب می کنیم و از گزینه muscale ماهیچه مورد نظر را انتخاب می کنیم .

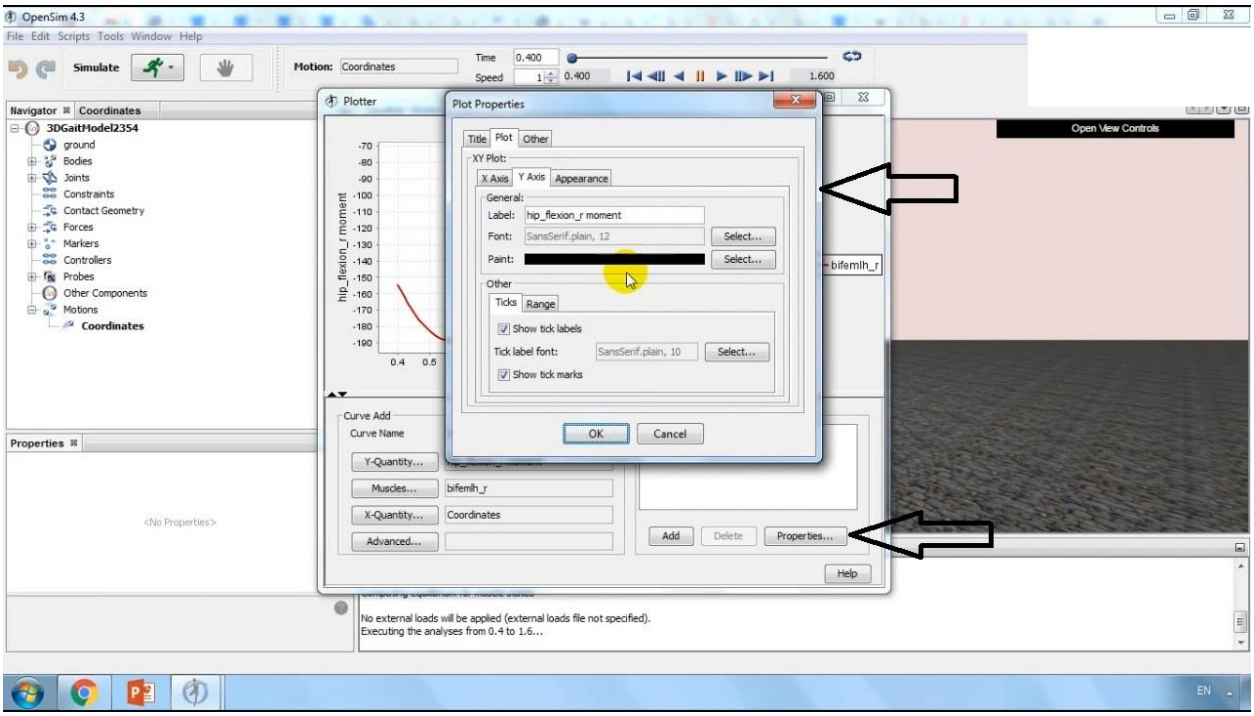




حال فرض کنیم می خواهیم بازوی گشتاوری knee و hip را بررسی کنیم . یعنی قصد داریم دونمودار را با یکدیگر مقایسه کنیم . لذا باید از پنجره مربوطه گزینه های مورد نظر را انتخاب کنیم تا بتوانیم مقایسه را انجام دهیم.



از طریق گزینه properties یا از طریق کلیک راست روی نمودار وانتخاب گزینه properties می توانید تنظیمات پنجره plotter را انجام دهید.



۵-تنظیمات مقیاس بندی مدل:

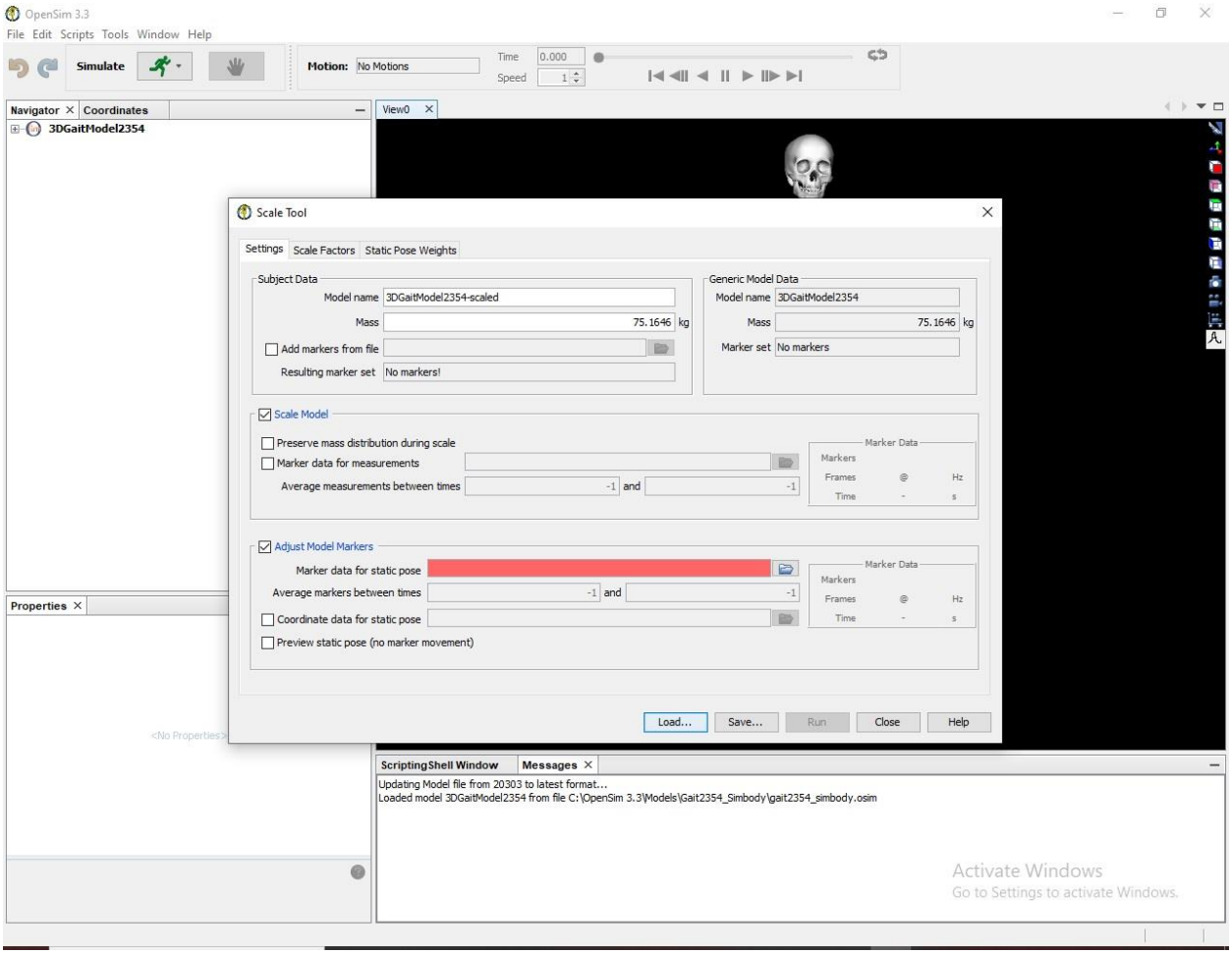
در مقیاس بندی مدل ما به مدل ساختار می دهیم تا بتوانیم شبیه سازی مورد نظر را روی مدل انجام دهیم. برای این منظور باید از مسیر tools/scale پنجره مورد نظر را فعال کنیم. در این قسمت ورودی ما به نرم افزار داده های کینماتیک است وخروجی ما نیروها وگشتاورها خواهد بود.

ما دو نوع مدل داریم:

Exprimental marker(در ازمایشگاه استفاده می کنیم- در نرم افزار با رنگ ابی پر رنگ نمایان است.)

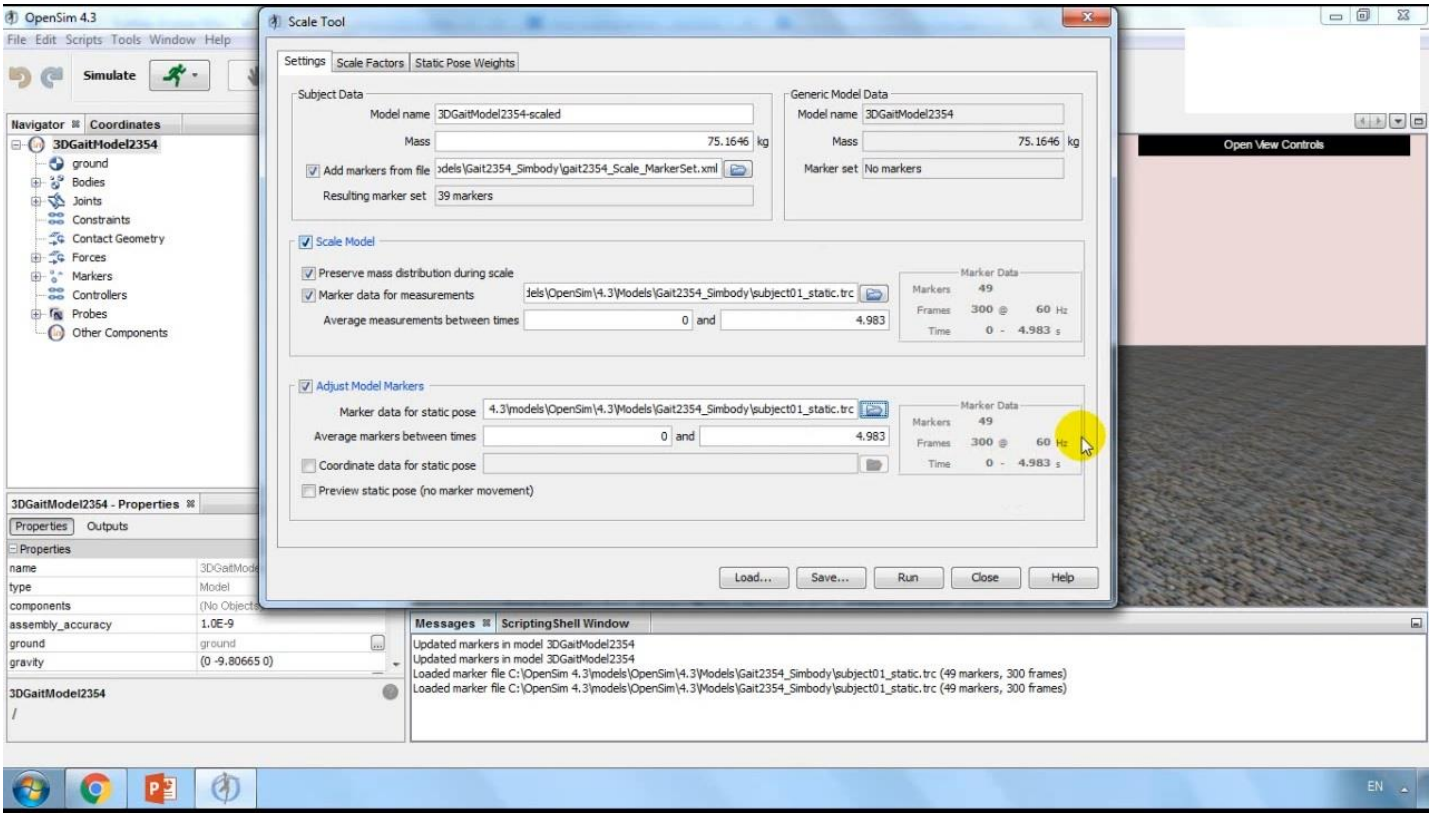
Virtual marker(در نرم افزار open sim استفاده می کنیم. در فضای نرم افزار با رنگ قرمز مشخص است.)

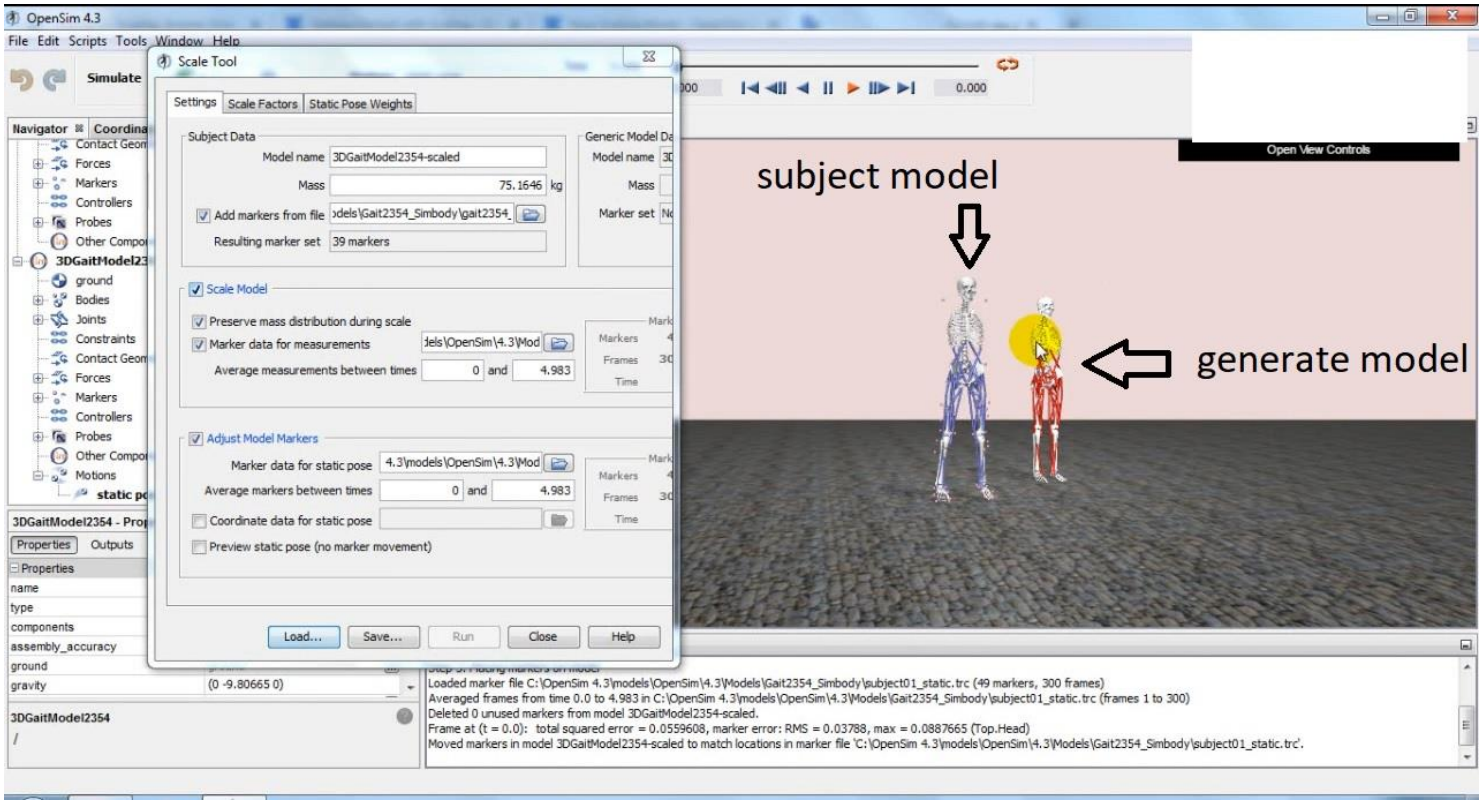
ما در تلاش هستیم دو مدل بالا را خیلی به یکدیگر نزدیک کنیم، درواقع در تلاش هستیم که فاصله بین مدل واقعی در ازمایشگاه را با مدل مجازی در نرم افزار به حداقل برسانیم.



در ادامه در پنجره مورد نظر باید مل ها را فراخوانی کنیم :

در سمت راست تصویر generate model (مدل عمومی) را می بینیم، در سمت چپ تصویر subject model (مدل هدف مورد نظر ما) را مشاهده می کنیم. پس از انتخاب گزینه run ما دو مدل را در فضای گرافیکی نرم افزار در کنار خواهیم داشت.





۶-کینماتیک معکوس:

سازندگان نرم افزار open sim از فرمول زیر برای invers kinematic استفاده کردند:

$$\min_{q}\left[\sum_{i\in markers} w_i \left\|\mathbf{x}_i^{exp}-\mathbf{x}_i(\mathbf{q})\right\|^2+\sum_{j\in unprescribed\ coords}\omega_j\left(q_j^{exp}-q_j\right)^2\right]$$

$$q_j = q_j^{exp} \text{ for all prescribed coordinates } j$$

زمانی که بخواهیم داده هایی را به داده های مدل ازمایشگاهی مقایسه کنیم از این فرمول استفاده می کنیم. در فرمول بالا ما به دنبال x که تابعی از q هست هستیم. در واقع ابزار invers kinematic ما قرار است وضعیت این تابع را مشخص کند.

۹-کار با ابزارها وفضا ها :

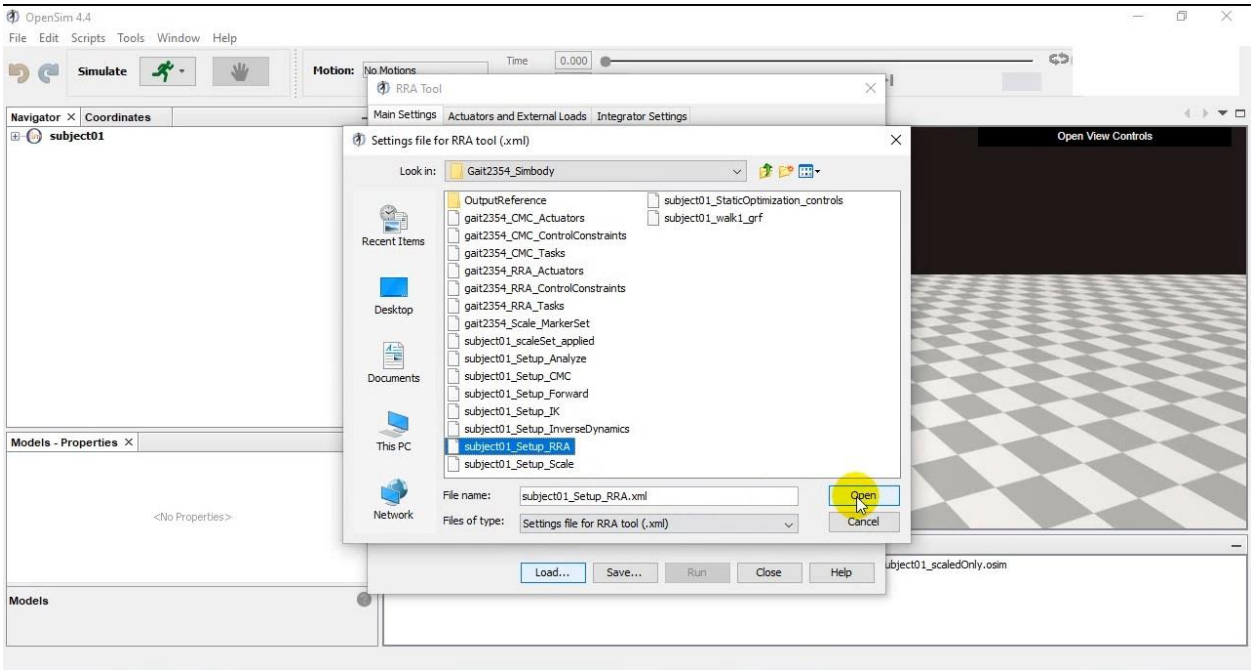
۹-۱-کار با ابزار RRA :(RESIDUAL REDUCTIO ALGORITM)

نحوه کار با ابزار RRA:

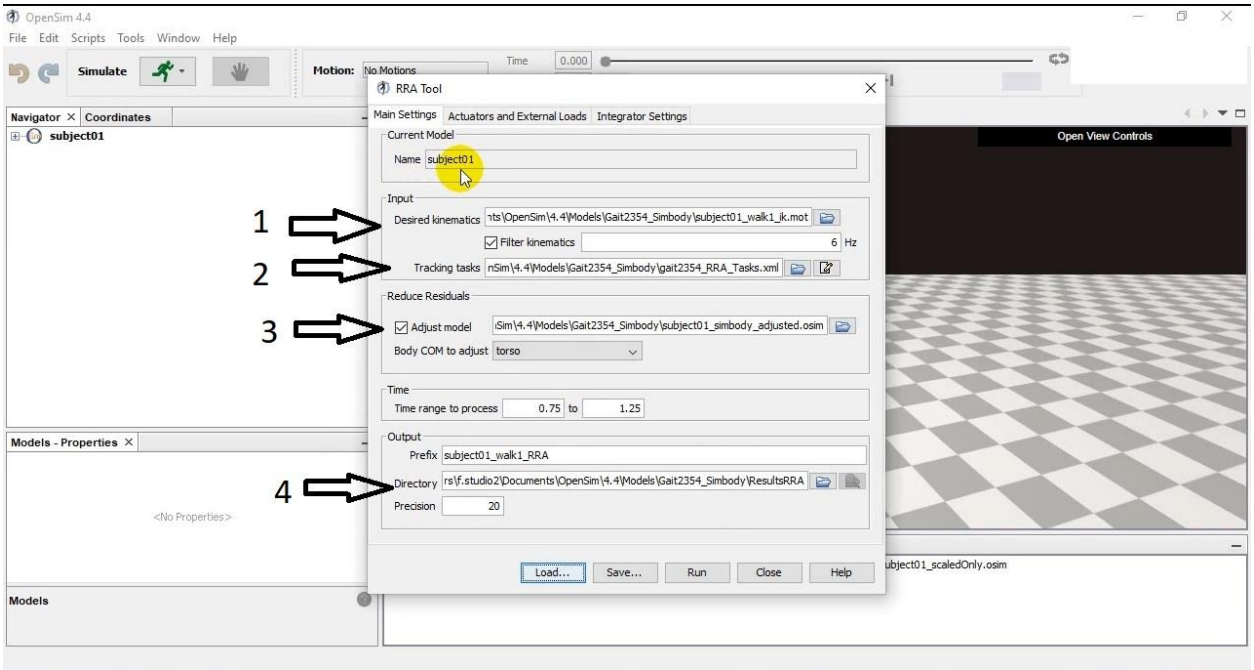
از مسیر file/open model فایل مدل scale شده مورد نظرمان را باز می کنیم،(با پسوندosim.)

از مسیرtools گزینه RRA را انتخاب کنید تا پنجره مورد نظر باز شود.

سپس از گزینه load فایل set up RRA را از لیست فایلها انتخاب کنید.

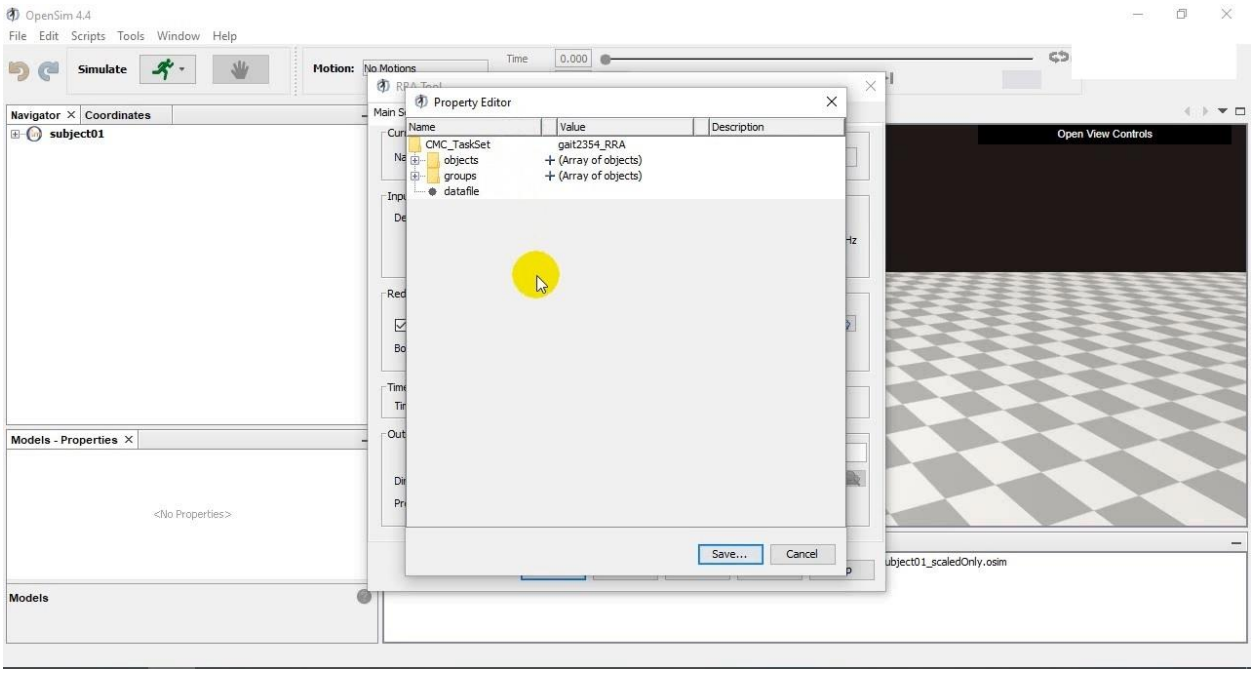


با انتخاب گزینه open تمام فیلدها پر می شود، در ادامه به توضیح تک تک قسمتها می پرازیم:

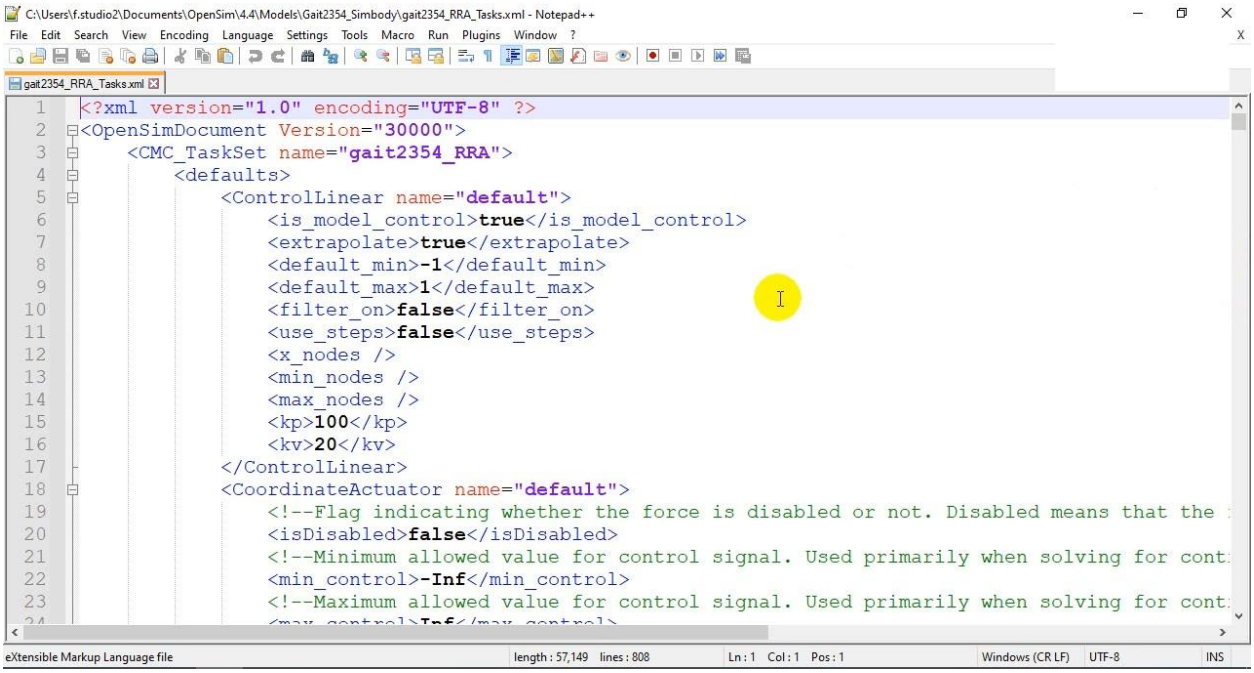


شماره۱:دراین قسمت نرم افزار تلاش دارد kinematic حاصل از ازمایشگاه را به kinematic نرم افزار نزدیک کنید.

شماره ۲:در قسمت tracking tasks می توانیم فایل با پسوندxml. را داشته باشیم که یکی سری از کنترل را در اختیار ما می گذارد. حال می توانیم ویرایش های لازم را انجام دهیم:



همچنین می توانیم اگر بخواهیم یک فایل tasks را ببینیم می توانیم فایل را از طریق note pad++ فراخوانی کنیم و ویرایش های لازم را انجام دهیم.



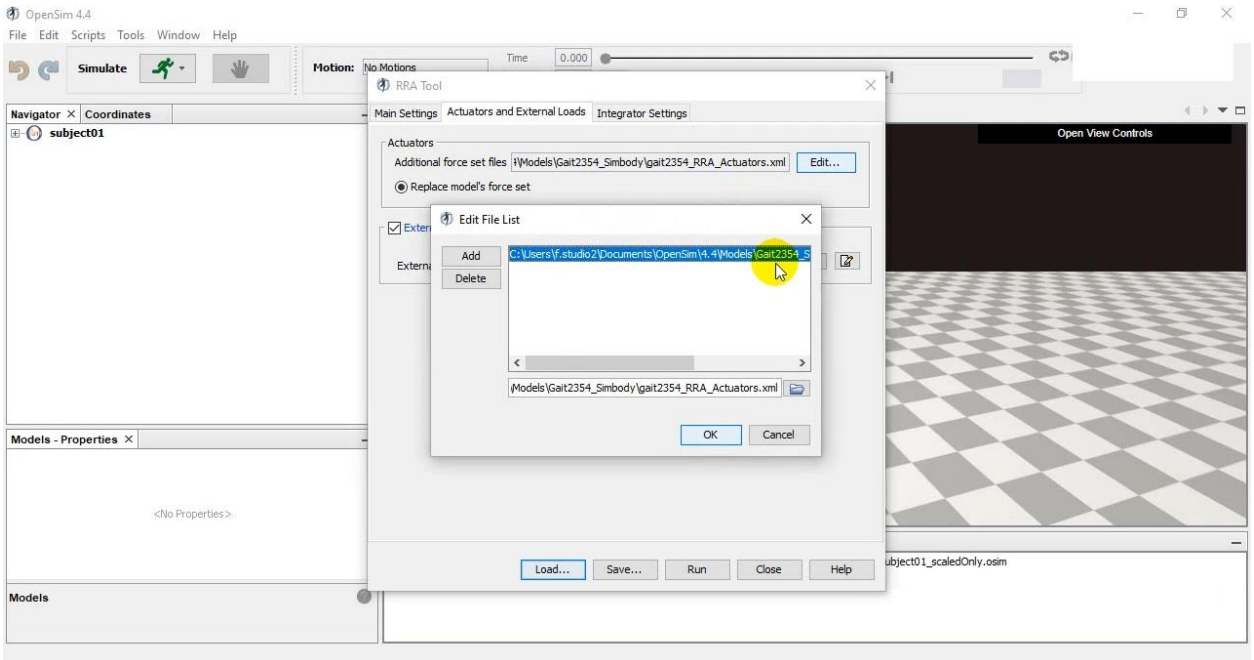
شماره۳:

در قسمت adjust model ما باید قبلا یک adjust ساخته باشیم سپس adjust جدید را روی قبلی قرار دهیم. در قسمت body com to adjust باید مرکز ثقل بدن را انتخاب کنیم. دقت کنی که با توجه به مدل فراخوانی شده مرکز ثقل بدن می تواند متفاوت باشد.

شماره٤:در این قسمت محل ذخیره شدن مدل پس از ویرایش ها را مشخص می کنیم.

در سربرگ بعدی ما نیروهای خارجی و محرک ها و عمل کننده ها را خواهیم داشت:

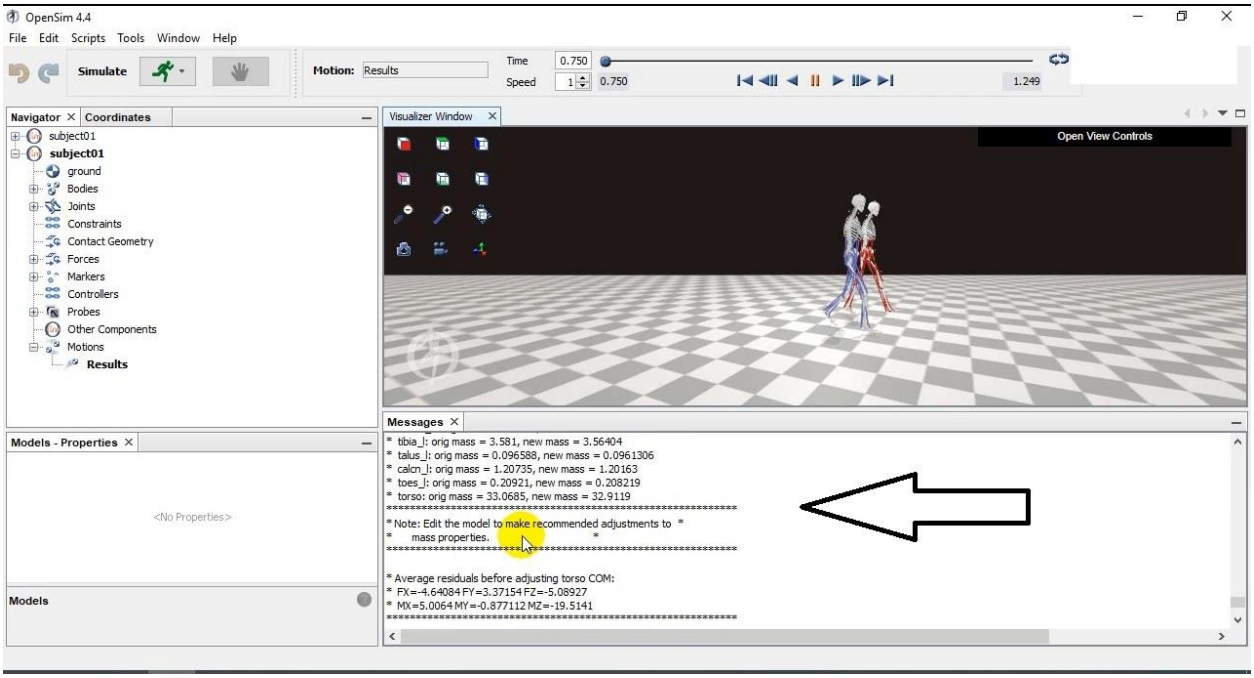
لذا می توانیم ویرایش ها ی لازم وهمچنین اعمال actuator های جدید را انجام دهیم:



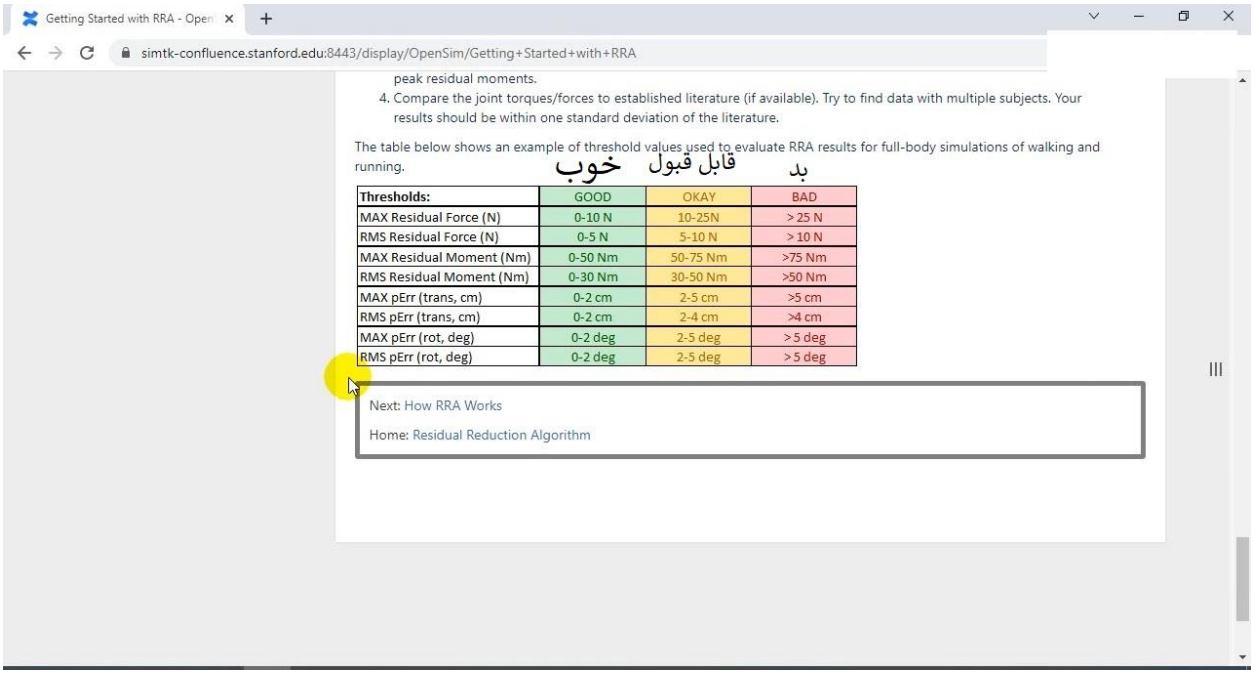
با انتخاب گزینه replace models force set ما به نرم افزار می گوییم که actuator ها را به جای عضله قرار دهد.

در گزینه external load می توانیم ویرایش یا اضافه کردن نیروهای خارجی را داشته باشیم.

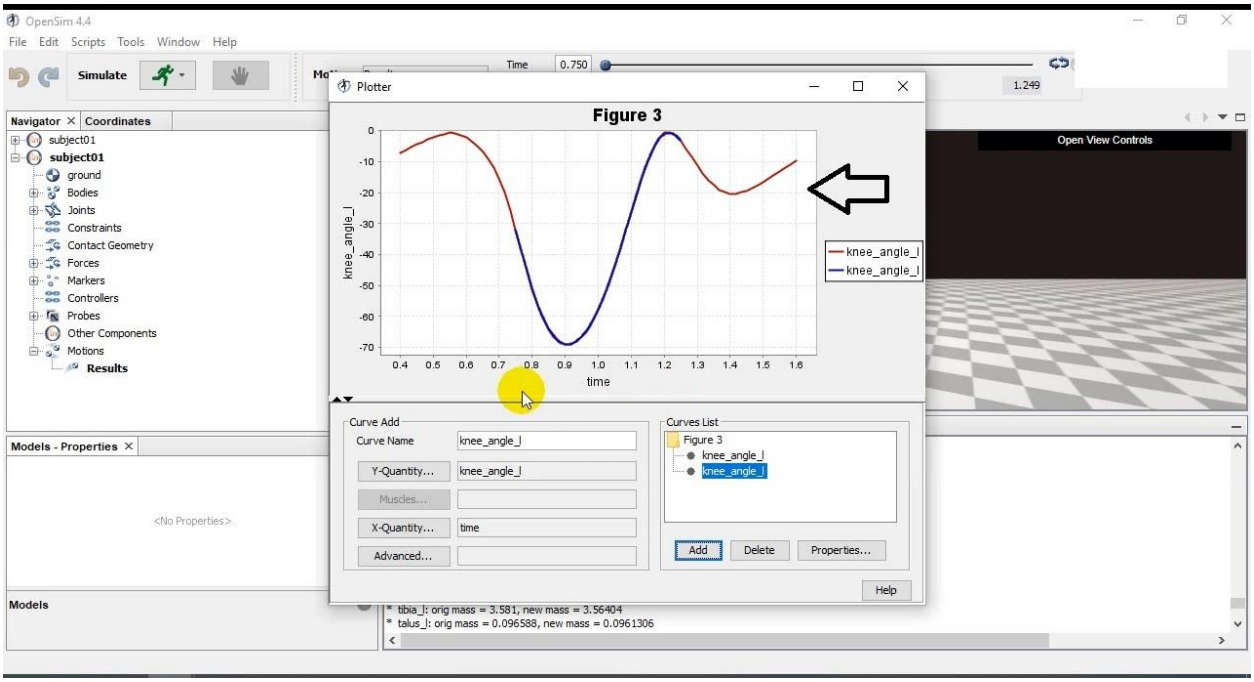
همانطور که در تصویر می بینیم RRA تلاش دارد بهترین kinematic را به ما ارائه دهد. این موضوع همانطور که در تصویر مشخص شده است در نزدیک بودن واختلاف اندک داده های خروجی در قسمت message در پایین تصویر (در نرم افزار) قابل مشاهده است.



پس از اجرای RRA برای اطمینان از صحت نتایج باید نتایج را با جدول زیر در سایت simtk.org قیاس کنیم:



همچنین ما می توانیم نتیجه حاصل از انالیز RRA را با kinematic که در قسمت قبلی جزوه گفته شد را بایکیگر مقایسه کنیم.
در تصویر زیر به نمودار ابی رنگ وقرمز رنگ دقت بفرمایید(همانطور که در تصویر مشخص است، دو نمودار روی هم افتادند که نشاندهنده این است که ما نتیجه درست ویکسانی از هر دو انالیز بدست اوردیم.)



هنگامی که در ازمایشگاه تست می گیریم ما FORCE PLAY ،دوربین، مارکرها را داریم. دوربین ها هنگام ثبت داده ها خطاهایی دارند(مخصوصا زمانی که زمان اجرای ازمایش یا تست طولانی تر باشد) که اگر با همین خطاها داده ها وارد نرم افزار شوند منجر به تشدید خطاها می شوند و نهایتا باعث می شود ازمایش وانالیز ما نتیجه مورد نظر را ندهد. RRA با معادلاتی که به کار می برد به ما کمک می کند که مدل دقیق تری ارائه دهیم وخطاها را به کمترین حد برسانیم.

نکته: ما برای دستور CMC نیاز به نتایج وخروجی های RRA داریم.

ورودی و خروجی های RRA :

اولین ورودی ما IK(invers kinemaic) است که با پسوند mot. می باشد.

دومین ورودی ما فایل نیروهای خارجی ما است که با پسوند xml. می باشد.

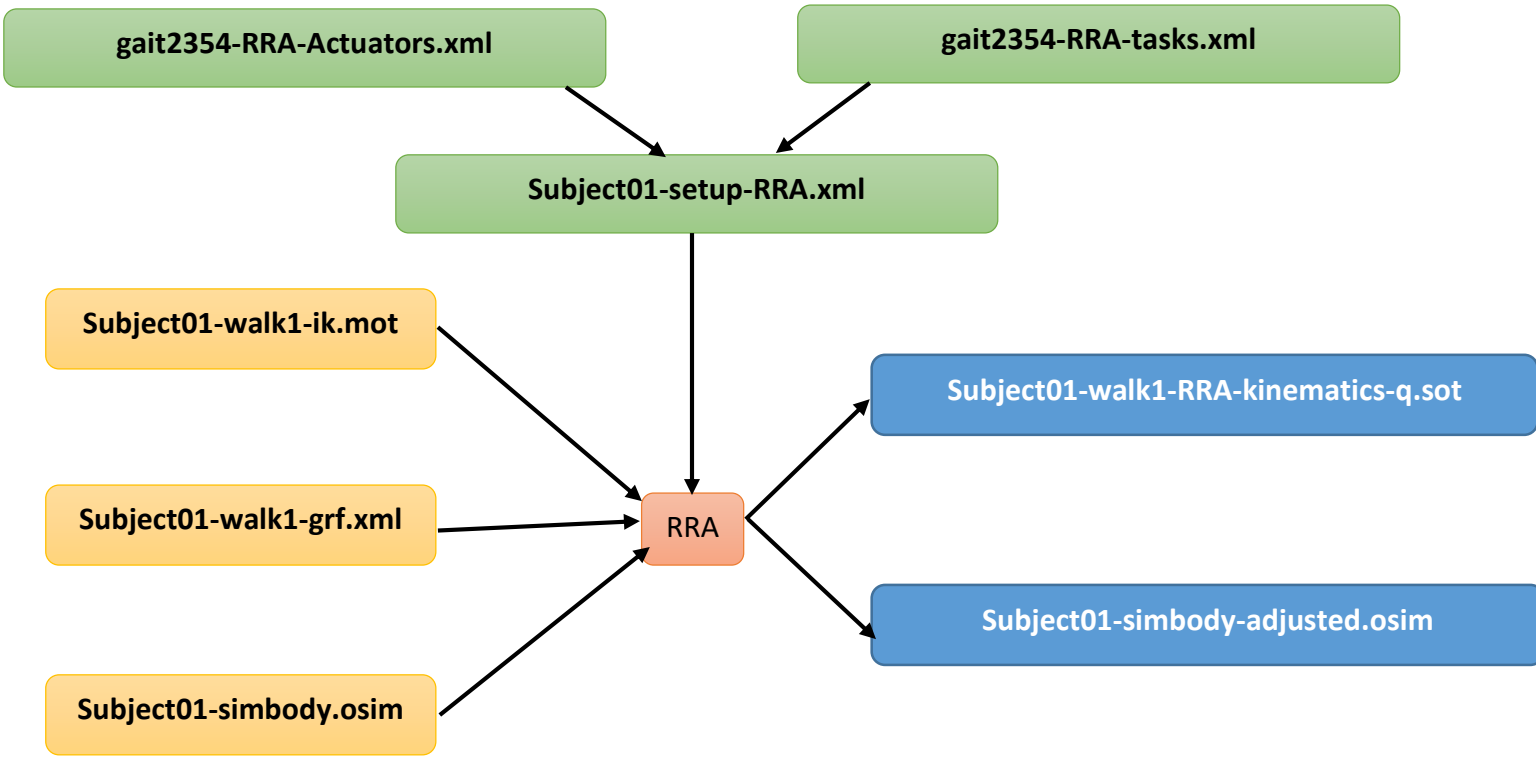
ورودی سوم ما مدل اسکلتی عضلانی ما است که با پسوند osim. می باشد.

وروی چهارم :Open sim با حذف عضلات وجایگزین کردن actuator ها تلاش دارد نیروهای RESIDENT (اضافی) را حذف کند تا ما بهترین حالت ممکن را بدست اوریم. در RRA ما معمولا ٦ عدد actuator داریم که انها را نزدیک به زمین قرار می دهیم. ۳ مورد از actuatorها برای محورهای X_Y_Z هستند و۳ مورد انها برای گشتاورهای مفاصل قرار می گیرند.

وروی پنجم: tasks ها هستند که وظیفه حل معادلات(function) را دارند.

اولین خروجی kinematic: RRA های بهبود یافته هستند که با پسوندsto. و عنوان kinematic-q ذخیره می شوند.

دومین خروجی adjusted.osim:RRA هستند که کنار مدل اصلی ما نمایش داده می شوند. در مدل جدید برخی از ویژگی ها بهتر شده و در واقع به حالت ازمودنی ما نزیک تر شده. همچنین با دقت در توضیحات متوجه می شویم مرکز جرم ها کمی نسبت به مدل قبلی ما تغییر پیدا کرند. به مثال زیر توجه کنید:



RRA با دو روش زیر تلاش دارد حالت ایده ال تری را به ما ارائه دهد:

۱-یا با اضافه کردن نیروهای اضافی (F resident)

۲-یا با تغییر مقدار شتاب(a)

قانون دوم نیوتن در RRA

معادله نیرو در حالت ایده‌آل	$F = ma$
معادله نیرو در شبیه‌سازی	$F + F_{residal} = ma$

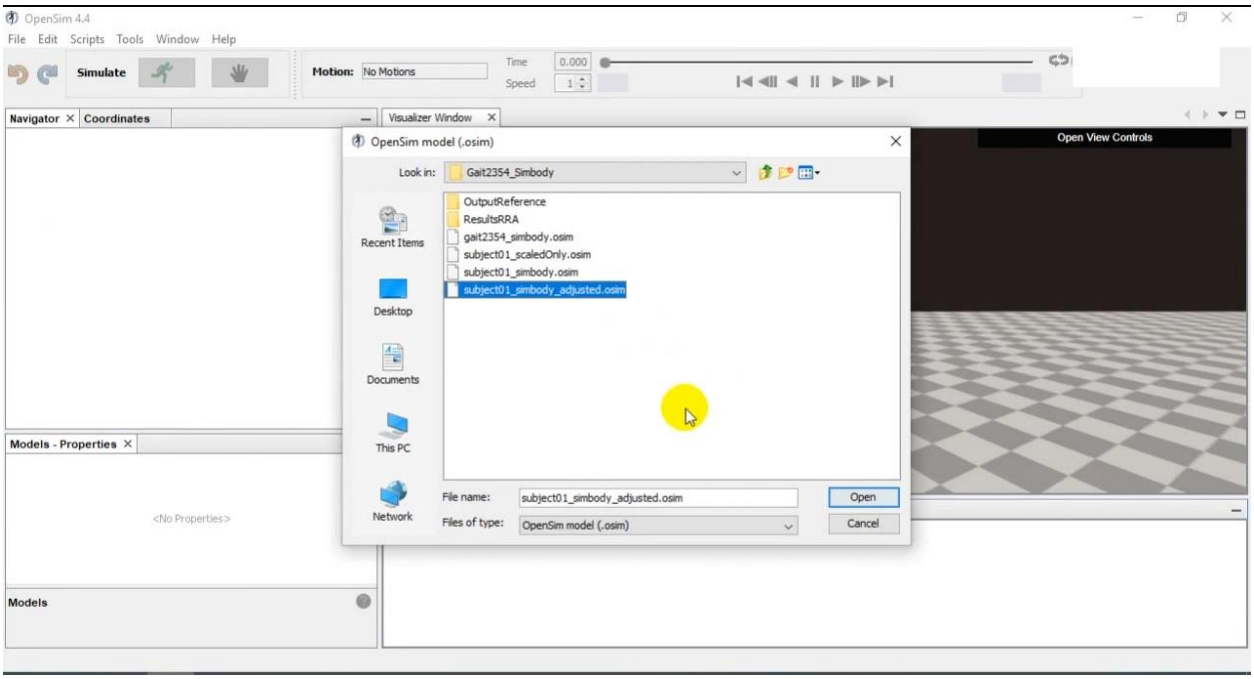
نمایی دیگر از جدول پارامترها که باید خروجی های RRA را با ان مقایسه کنیم:

RRA Threshold Values

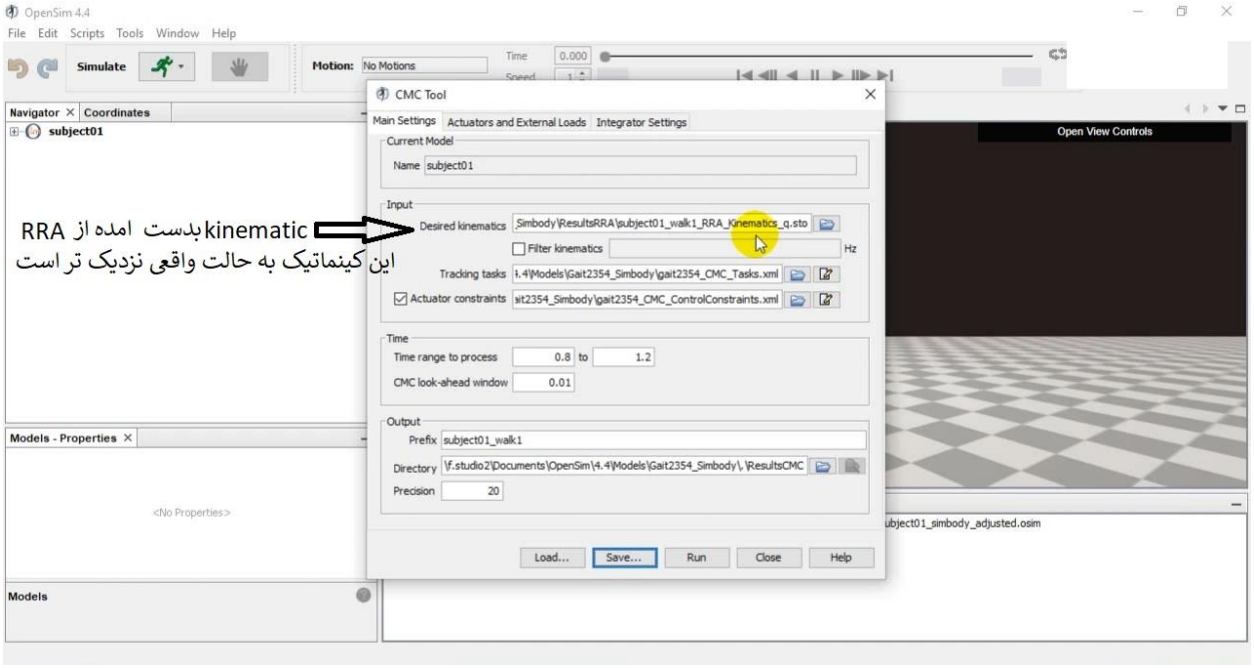
Thresholds	GOOD	OKAY	BAD
MAX Residual Force (N)	0-10 N	10-25 N	>25 N
RMS Residual Force (N)	0-5 N	5-10 N	>10 N
MAX Residual Moment (NM)	0-50 Nm	50-75 Nm	> 75 Nm
RMS Residual Moment (NM)	0-30 Nm	30-50 Nm	>50 Nm
MAX pErr (trans,cm)	0-2 cm	2-5 cm	>5 cm
RMS pErr (trans,cm)	0-2 cm	2-4 cm	>4 cm
RMS pErr (rot,deg)	0-2 deg	2-5 deg	>5 deg
RMS pErr (rot,deg)	0-2 deg	2-5 deg	>5 deg

۲-۹-کار با ابزار cmc: (computet muscle control)

بایدمدل adjust شده خودمان را که نتیجه RRA هست از مسیر file/open را باز کنیم.

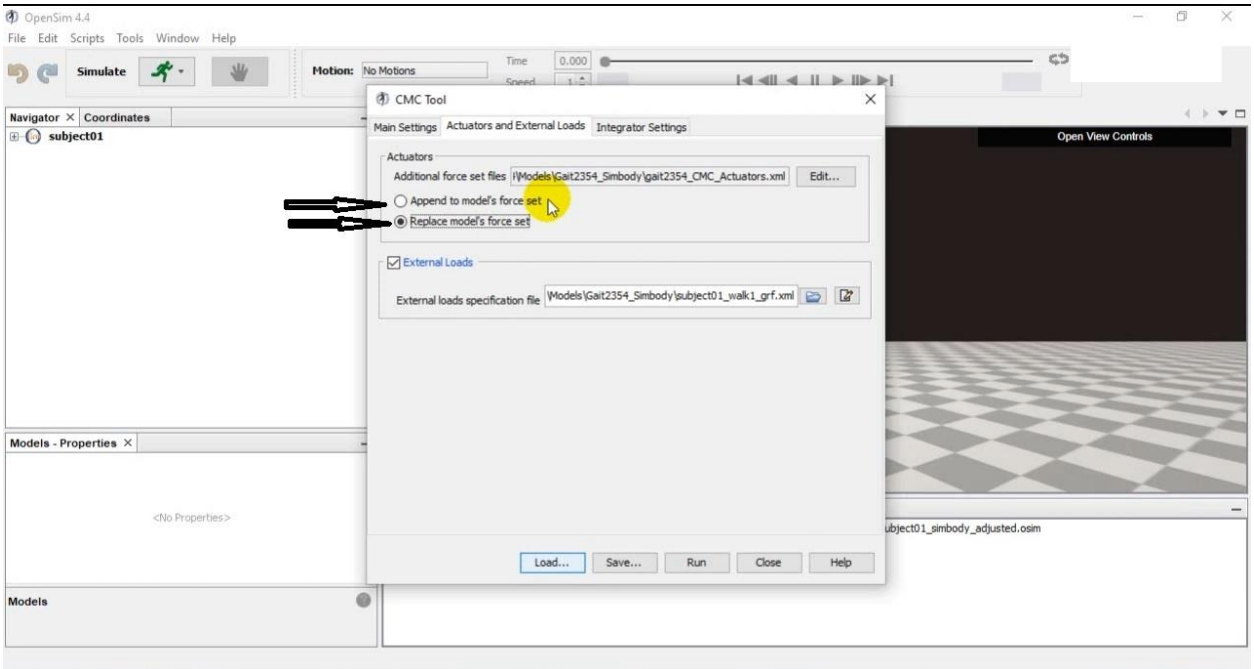


سپس وارد قسمت tools شده و گزینه computed muscle control (cmc)را انتخاب می کنیم . در پنجره باز شده از طریق گزینه load پنجره settings file for cmc tools را فعال می کنیم. سپس فایل cmc را از لیست فایلها فراخوانی می کنیم. در ادامه می توانیم فیلتر های کینماتیک و tasks را وارد کنیم. در قسمت بعدی قیدهای کنترلی وجود دارند. مثلا در افراد بیمار مجبور هستیم قیدهای خاصی را اعمال کنیم.



از سربرگ actuator and external loads می توانیم actuator موجود را ویرایش کنیم یا حذف واضافه کنیم.

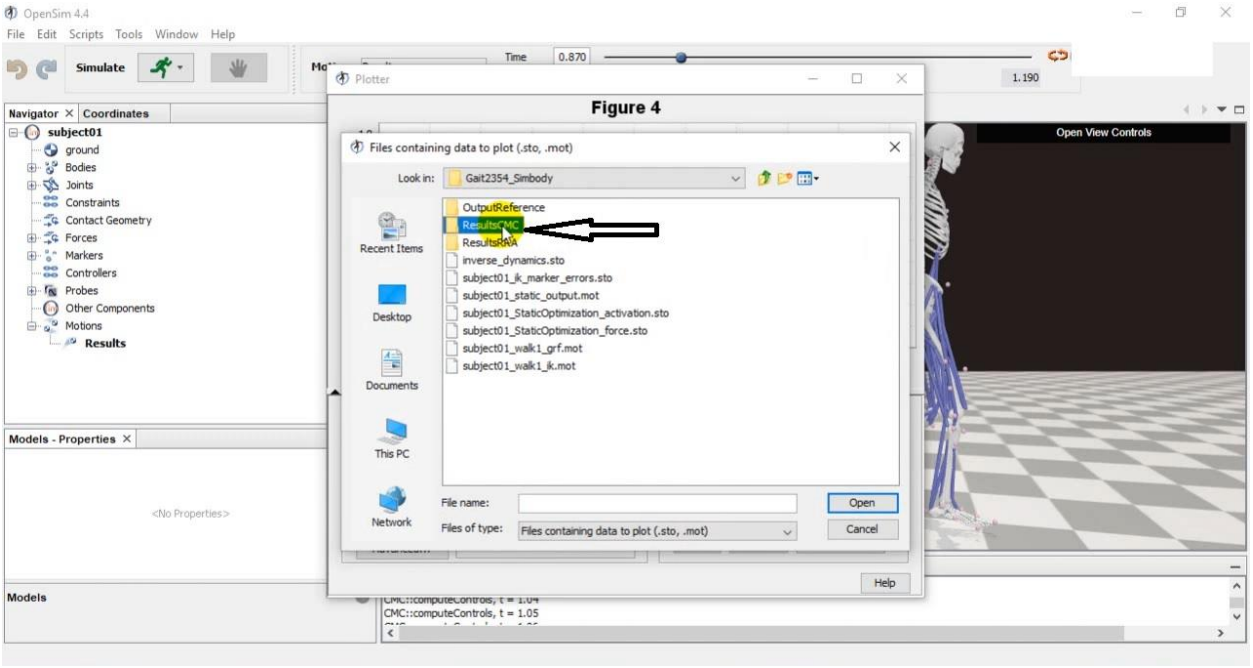
اگر عضلات ضعیف باشند ونتوانند حرکت ایجاد کنند از گزینه append to models force set استفاده می کنیم وهمانطور که می دانیم RRA تلاش دارد از actuatorها بجای عضلات استفاده کند اما ما اگر بخواهیم از عضلات در cmc استفاده کنیم باید از گزینه replace models force set استفاده کنیم.



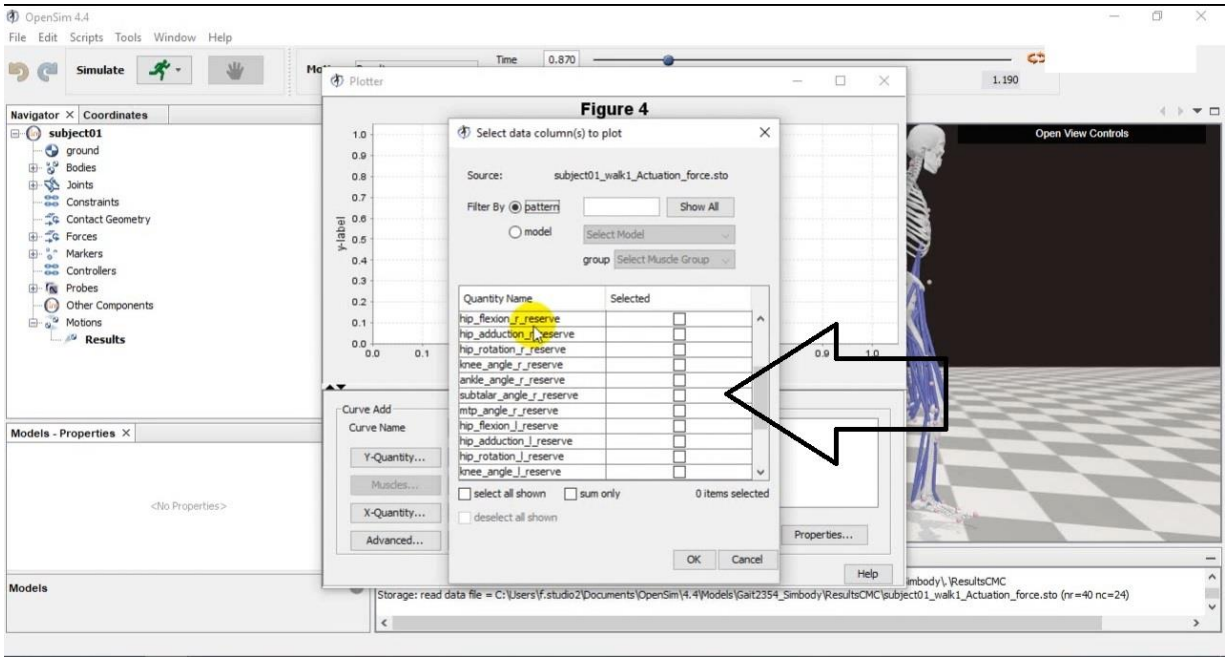
بهتر است تنظیمات سربرگ integrator settings را عوض نکنیم.

در انتها گزینه run را انتخاب می کنیم تا موارد در مدل اعمال شود. cmc برای run کردن زمان بیشتری نسبت به سایر قسمت ها نیاز دارد. پس از run شدن cmc رنگ عضلات تغییر می کند. پس از run شدن باید پیغام های قسمت messages در پایین صفحه را مورد بررسی قرار دهیم.

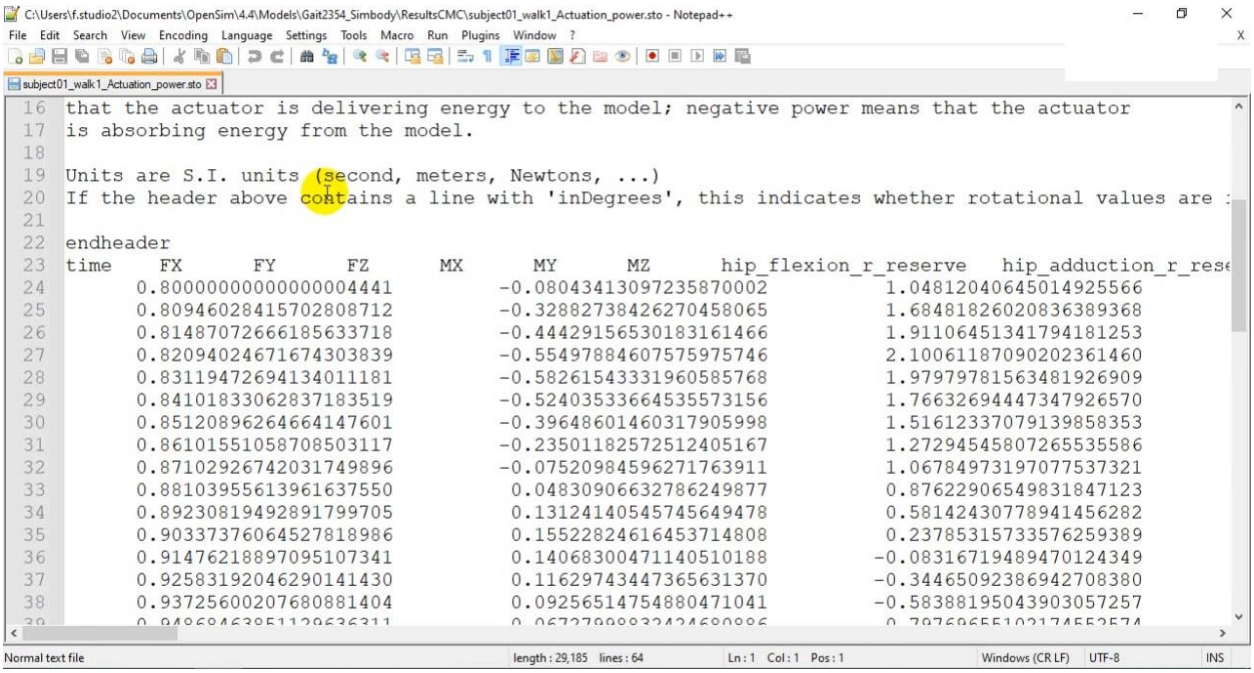
در ادامه سراغ خروجی های cmc می رویم. برای این منظور از مسیر tools/plot وگزینه y-quantity را انتخاب کرده و از پنجره باز شده گزینه load file را انتخاب می کنیم. نتایج در پوشه ای به اسم results cmc ذخیره می شود.



مواردی را که cmc در اختیار ما قرار می هد نیروهای ماهیچه ای وتوان ماهیچه ای و سرعت ماهیچه ای و کنترل انها و ویژگی های زاویه حرکتی و ویژگی هایی مانند سرعت انهاست. پس از انتخاب فایل مورد نظر، در پنجره جدید لیستی از گزینه ها جهت نمایش اطلاعات نهایی در اختیار داریم.



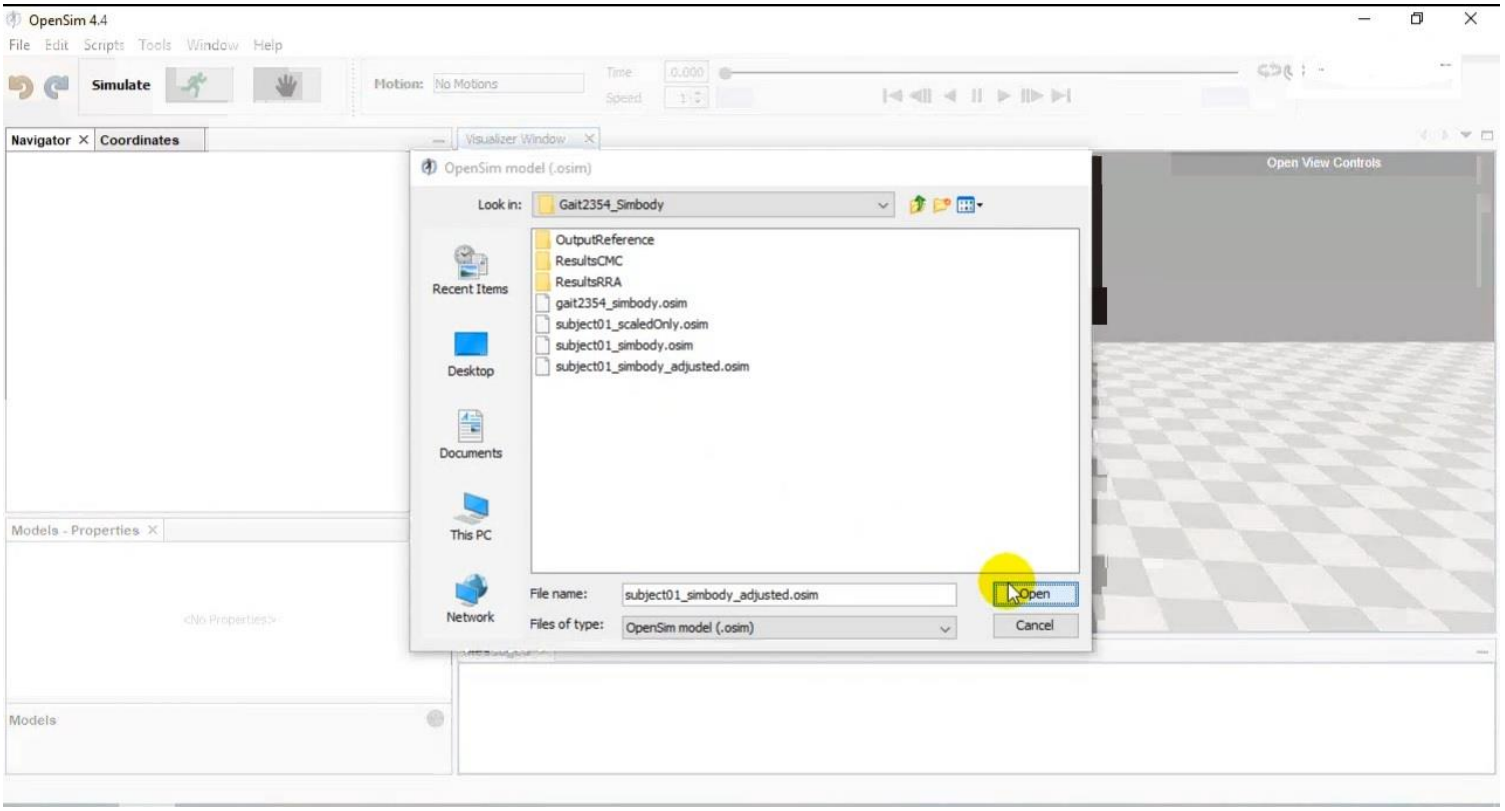
نتیجه نهایی در نمودار برای ما قابل رویت خواهد بود. همچنین همانطور که قبلا اشاره شد می توانیم فایل مورد نظرمان را notepad++ باز کنیم و ویرایش مورد نظرمان را انجام دهیم.



از لیست نتایج پوشه results cmc از فایل state.sto میتوانیم طول فیبرهای ماهیچه ای و فعال سازی انها را داشته باشیم.
در واقع این دو مورد را نمی توان از ازمایشگاه بدست اورد وبهترین راه بدست اوردن انها شبیه سازی است که در عملهای جراحی و استفاده های پزشکی می توان از ان کمک گرفت .

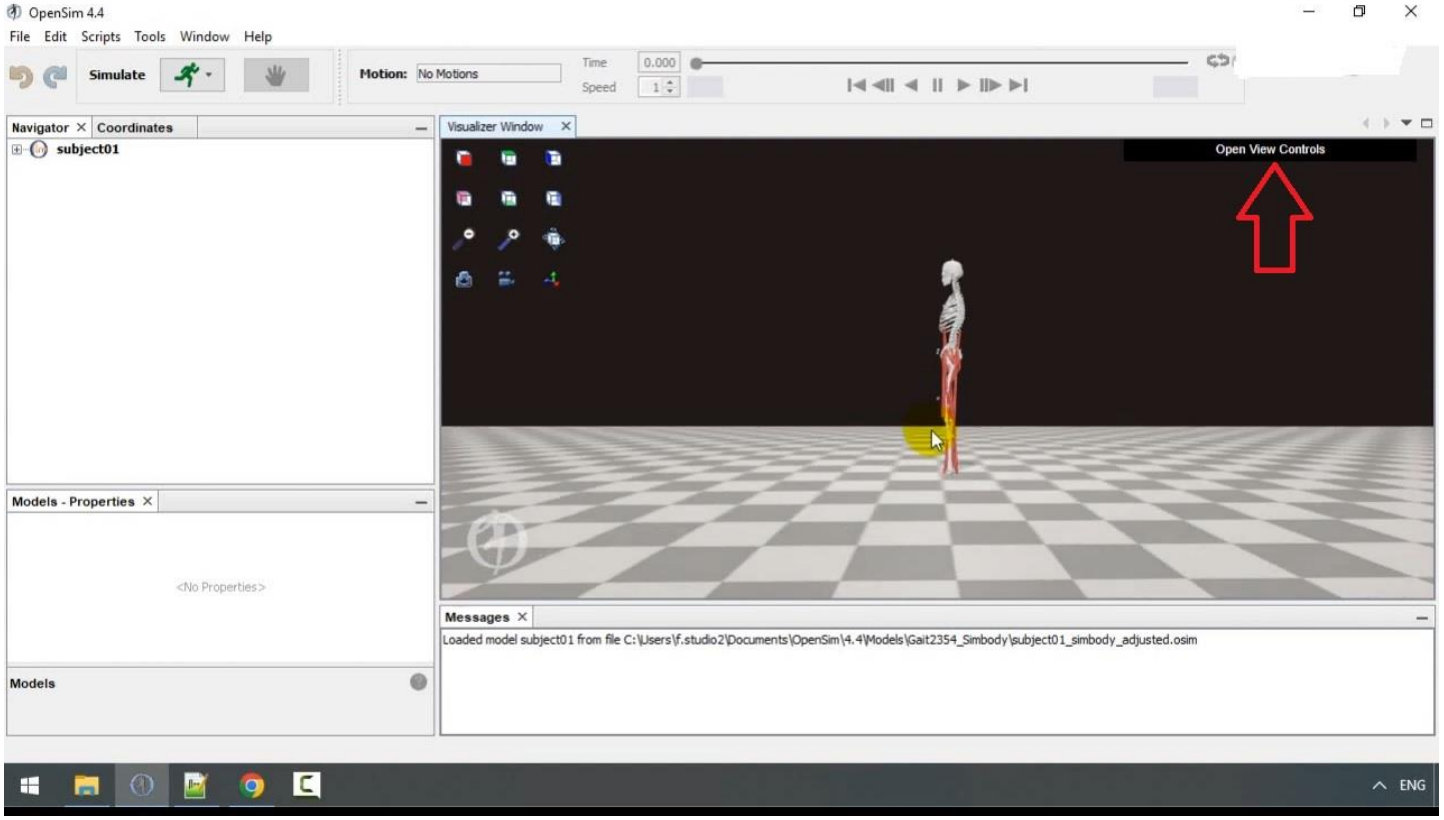
۳-۹-کار با ابزار static optimization :

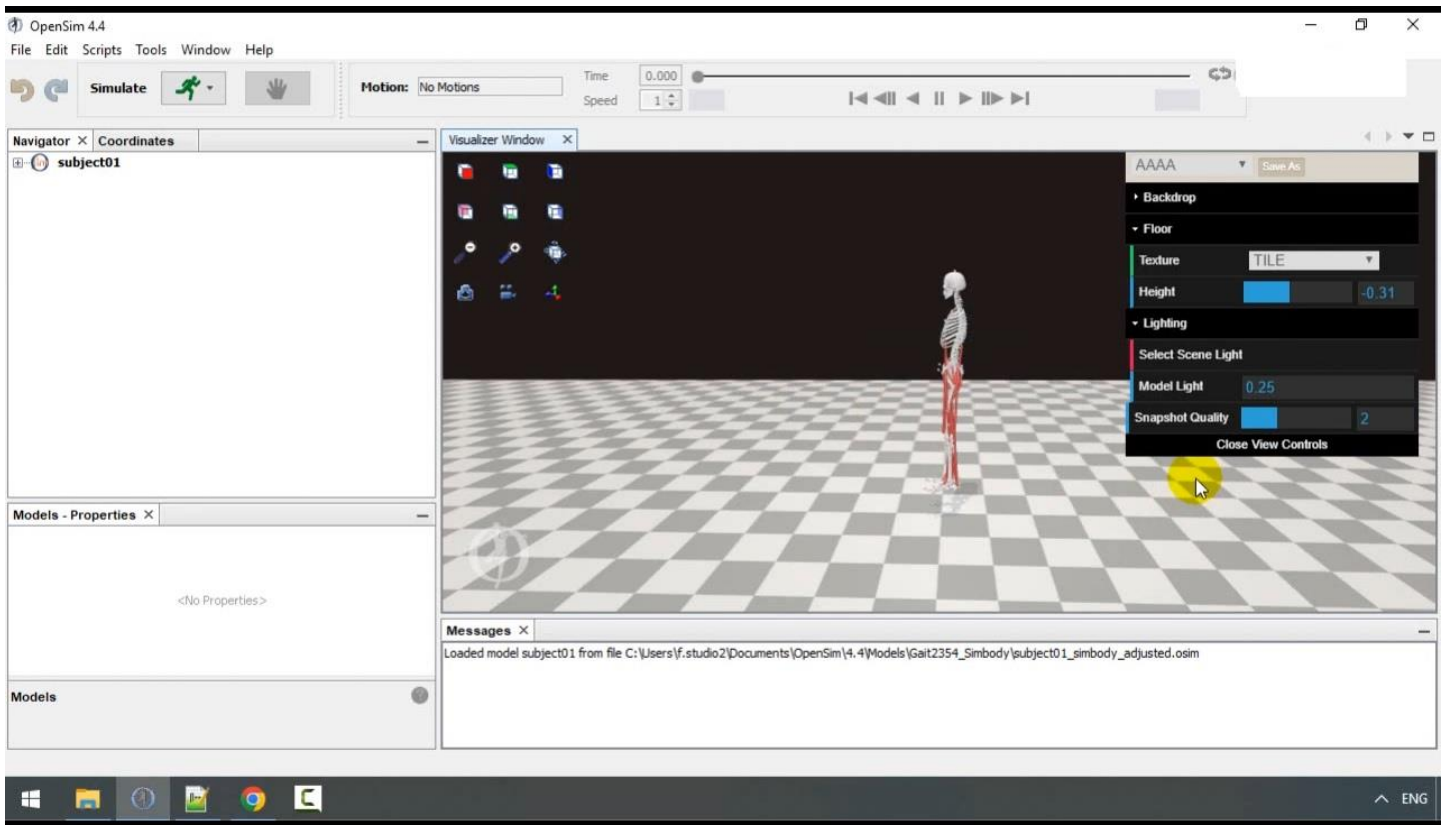
برای کاربا این فضا در نرم افزار open sim به مسیر file/open می رویم و فایل adjusted که خروجی فضای rra است



را فراخوانی می کنیم.

زمانی که مدل را به فضای نرم افزار فراخوان کردیم قسمت پایین پاهای مدل قابل رویت نیست (که البته شماتیک است و در انالیز ما تاثیری ندارد) ولی برای رفع این مشکل از گزینه open view control قسمت high یعنی ارتفاع را تغییر میدهیم.ازاین پنجره به بک گراند و تکست و ... دسترسی داریم که می توانیم انها را تغییر دهیم.قبل از بستن پنجره حتما باید از گزینه save as و تعریف نام فایل جدید تغییرات را ذخیره کنیم.

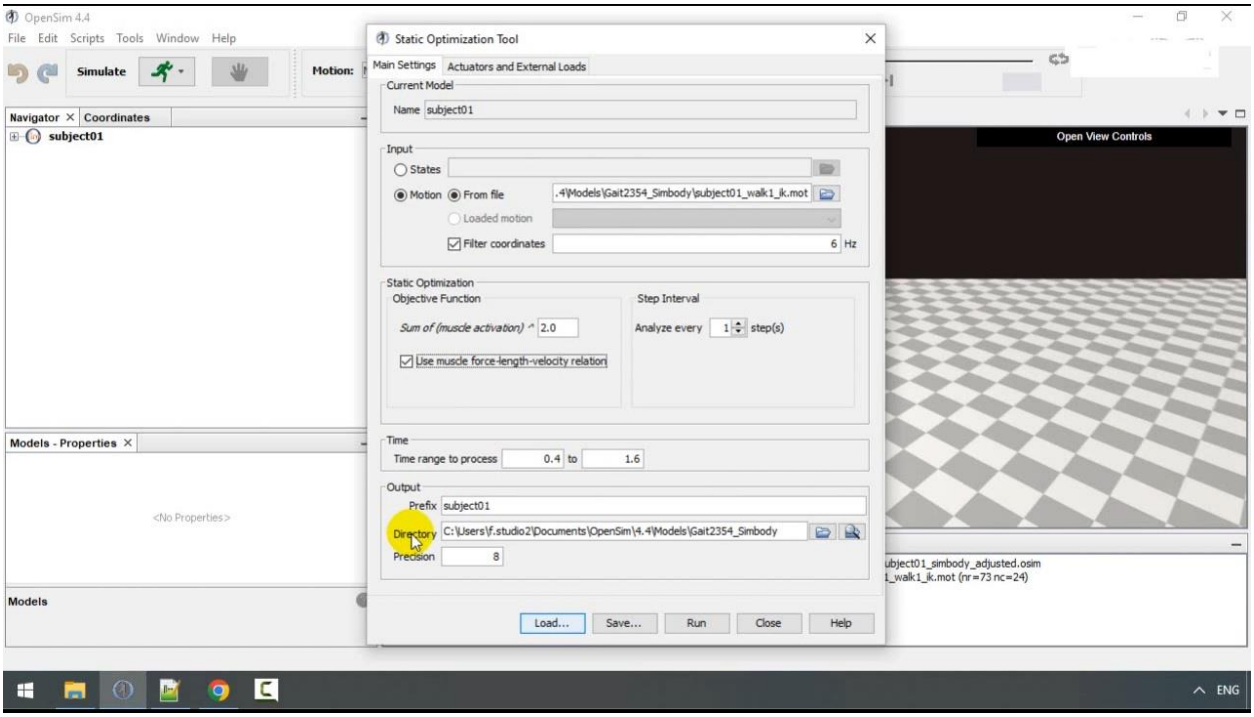




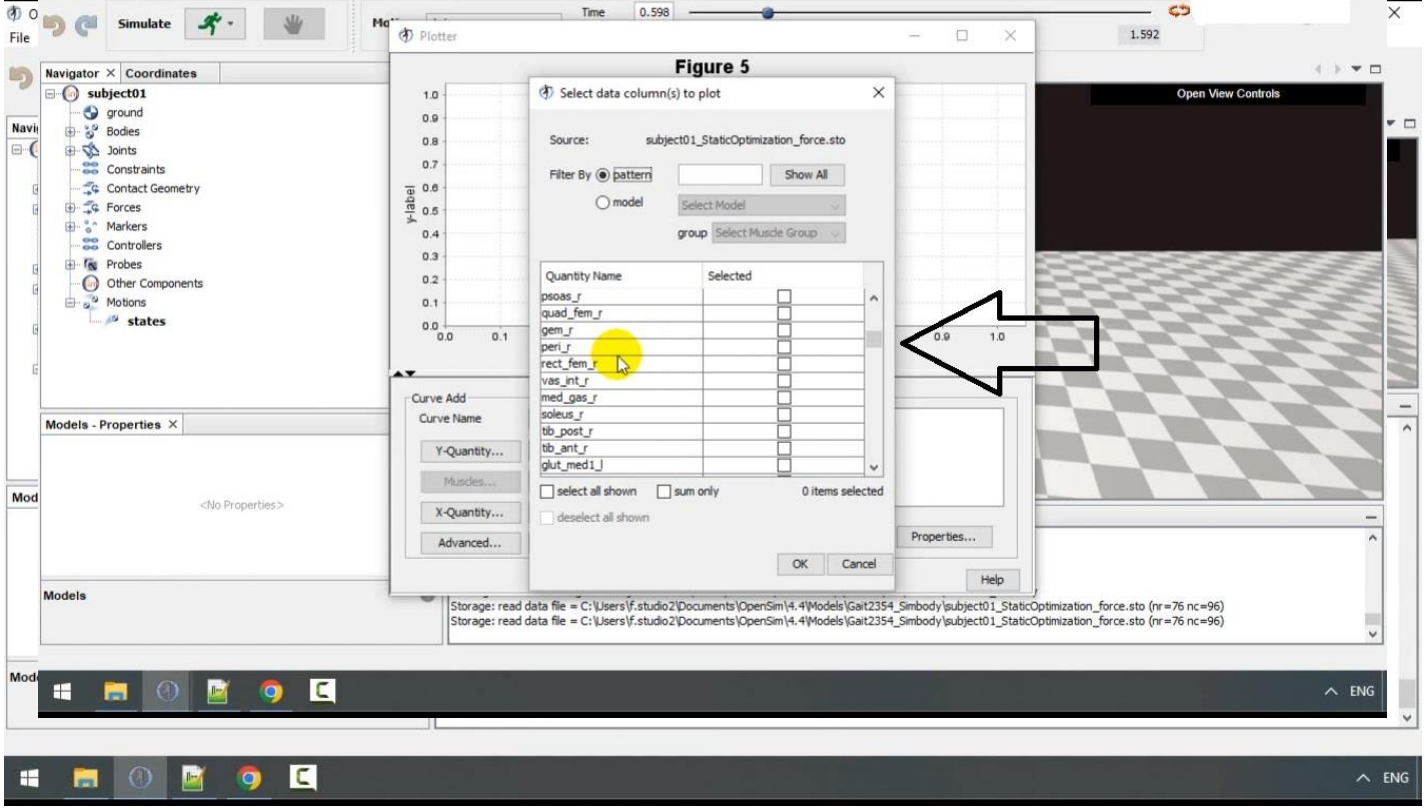
در ادامه از سربرگ tools گزینه statistic optimization را انتخاب می کنیم تا پنجره مربوطه باز شود:

در قسمت اول نام فایل و در قسمت دوم (input) می توانیم state مورد نظرمان را فراخوانی کنیم، stateهایی که از قبل ذخیره کردیم و stateهای rra وcmc را می توانیم فراخوانی کنیم. همچنین با انتخاب گزینه motion واز گزینه from file می توانیم فایل

با پسوند mot. را فراخوانی کنیم. filter coordinates را ٦ هرتز انتخاب می کنیم. با انتخاب گزینه -use muscale force length-velocity rotation ازمعادله نیرو- طول- سرعت استفاده می کنیم.در قسمت time زمان مورد نظرمان را انتخاب می کنیم و در ادامه مسیر ذخیره فایل را انتخاب می کنیم. عدد گزینه precision (دقت) را روی ۸ قرار می دهیم.

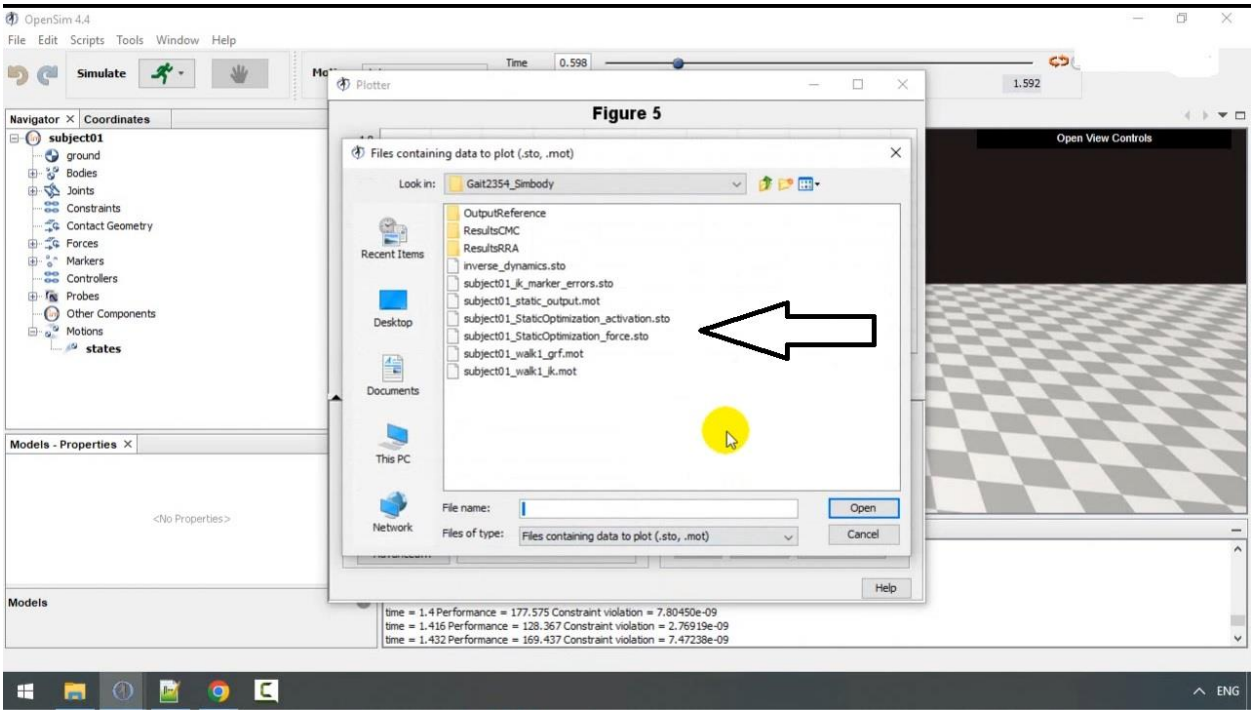


از سر برگ actuators and exteral loads فایل با پسوند grf. را فراخوانی می کنیم. حال می توانیم فرمان statistic optimization را اجرا کنیم. اجرای فرمان statistic optimization مانند فرمان cmc به زمان زیادی نیاز دارد. با اجرای فرمان مذکور رنگ عضلات تغییر می کنند وفقط عضلات قرمز رنگ در حین اجرای فرمان فعالیت زیای دارند. در حین اجرا در قسمت پایین صفحه نمایشگر در قسمت message اطلاعاتی در مورد عضلات وزاویه ان ها و قید ها و زمان و سایر موارد مربوط به وضعیت مدل قابل مشاهده ومطالعه است.

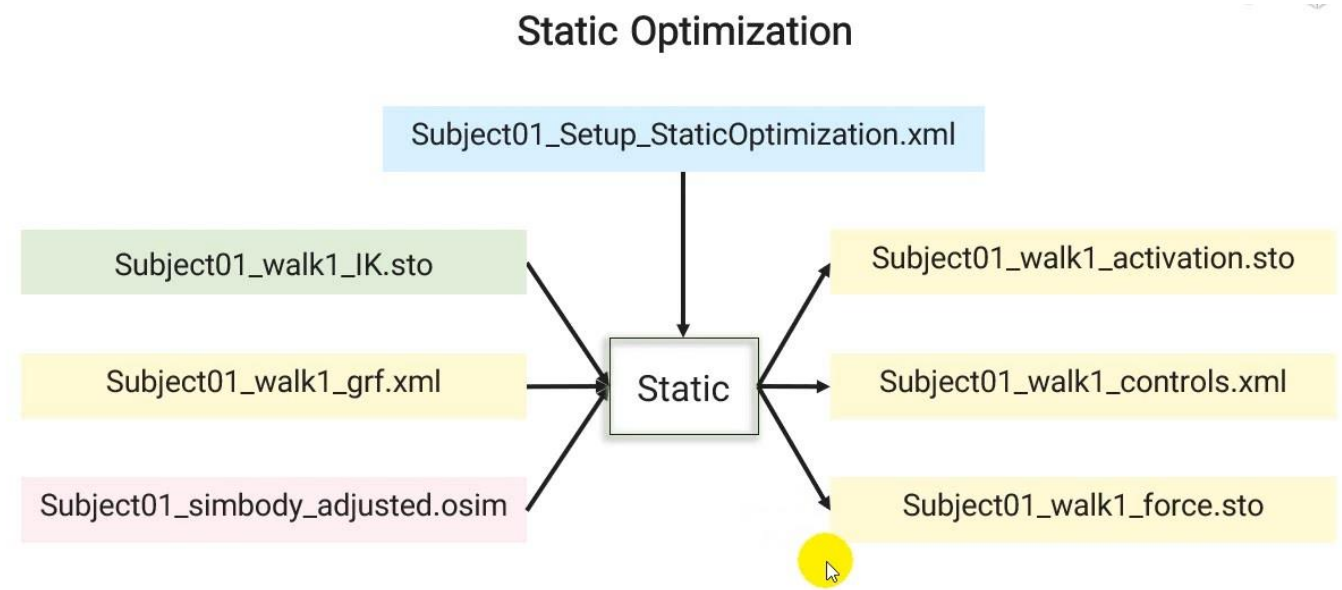


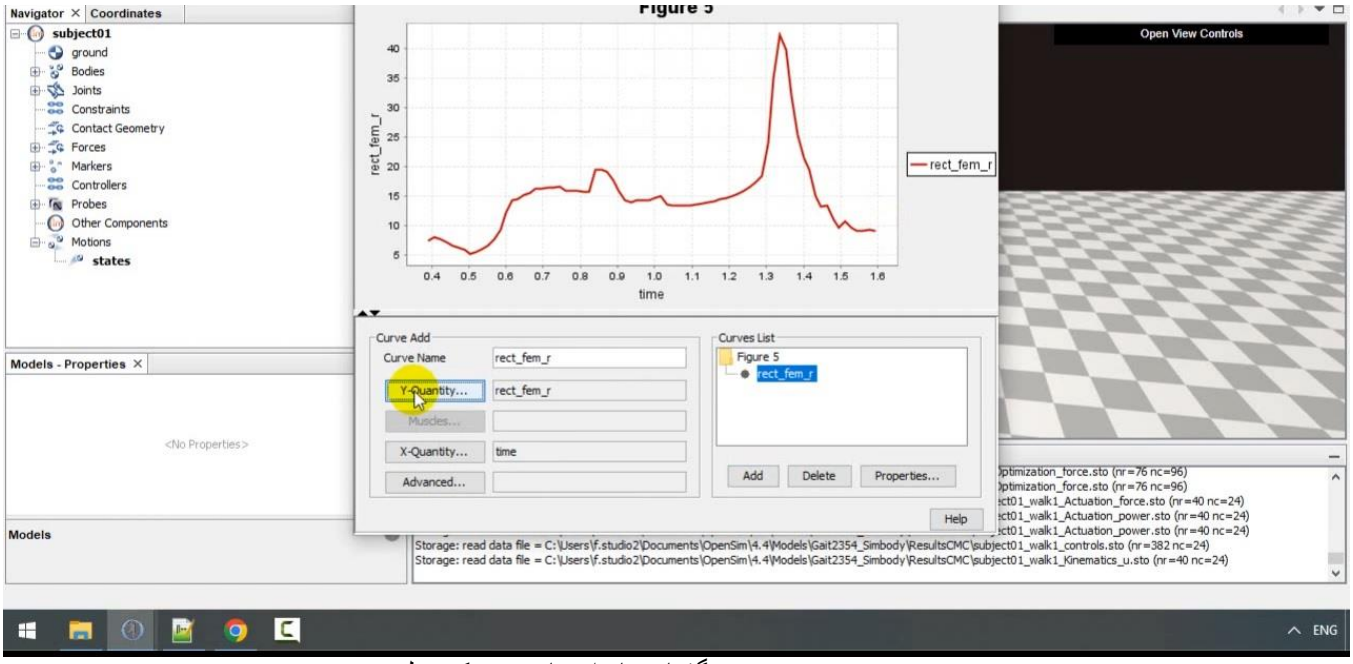
statistic optimization سه خروجی activation وforce و control را به ما می دهد.

در ادامه از مسیر tools/plot/y quantity/load file فایل مورد نظرمان را فراخوان می کنیم. برای محور x گزینه time را انتخاب می کنیم. برای رسیدن به نمودار مور نظر باید یکی از سه خروجی بالا را انتخاب کره و یکی از عضلات را هم انتخاب کنیم.



در این قسمت ما امکان مشاهده نمودار نیروهای وارده به هر عضله را در قالب نمودار داریم. همچنین می توانیم وضعیت فعالیت هر عضله را با انتخاب خروجیactivator و انتخاب عضله مورد نظر داشته باشیم. ضمنا در open sim بررسی وضعیت نیروی های وارد بر هر عضله یک عملکرد مهم و کاربردی در open sim است که در تحقیقات از ان استفاده های فراوانی می شود.





Invers dinamic و statistic optimization هر دو گشتاورها را محاسبه می کنند ولی Invers dynamic بصورت step by step گشتاورها را محاسبه می کند ولی statistic optimization گشتاورها را در هر لحظه از زمان برای ما محاسبه می کند.

ورودی ها وخروجی های statistic optimization :

معادلات بکار رفته در statistic optimization :

معادلات به‌کار رفته در Static Optimization

به حداقل رساندن تابع هدف

$$J = \sum_{m=1}^{n} (a_m)^p$$

۹-٤-کار با ابزار forward dynamic :

از مسیر file/open model مدلی را که از فضای RRA بدست اورده بودیم را باز می کنیم. سپس از مسیر tools/forward dynamic پنجره این فرمان را باز می کنیم.

در پنجره باز شده از قسمت directory ، از مسیر ذخیره فایل ها ،فایل setup-forward را فراخوانی می کنیم:

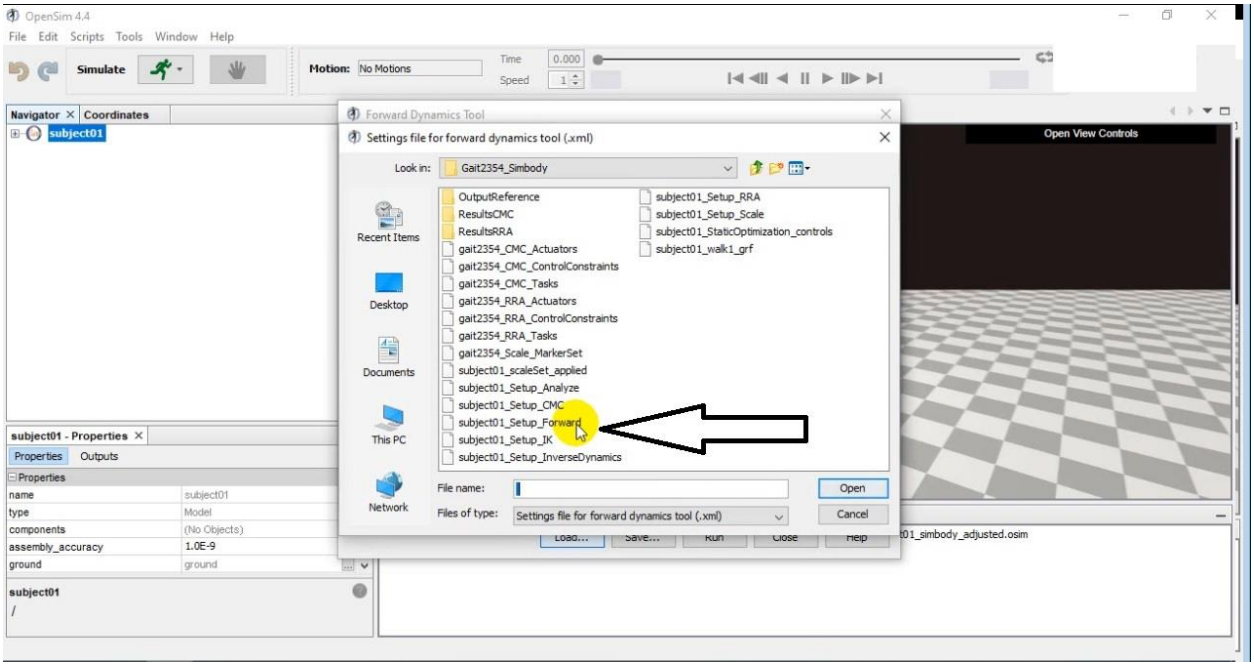
معادلات به‌کار رفته در Static Optimization

معادله مولدهای نیروی ایده‌آل

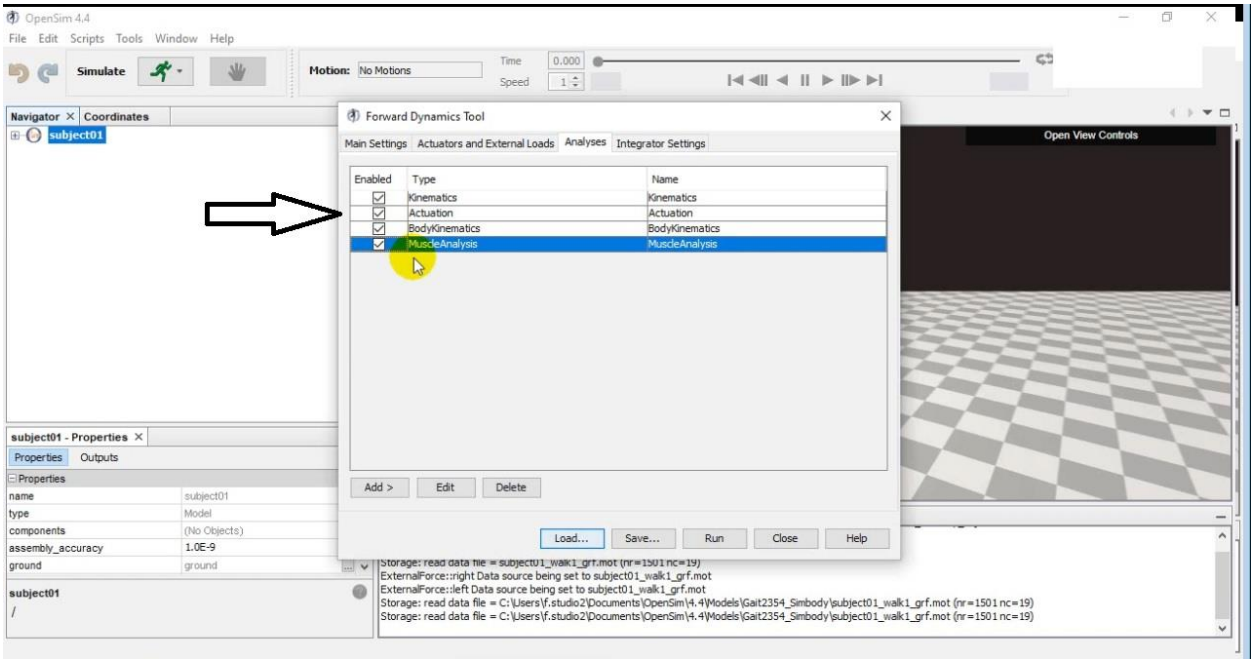
$$\sum_{m=1}^{n} (a_m F_m^0) \mathcal{T}_{m,j} = \mathcal{T}_j$$

معادله ویژگی‌های طول نیرو، سرعت

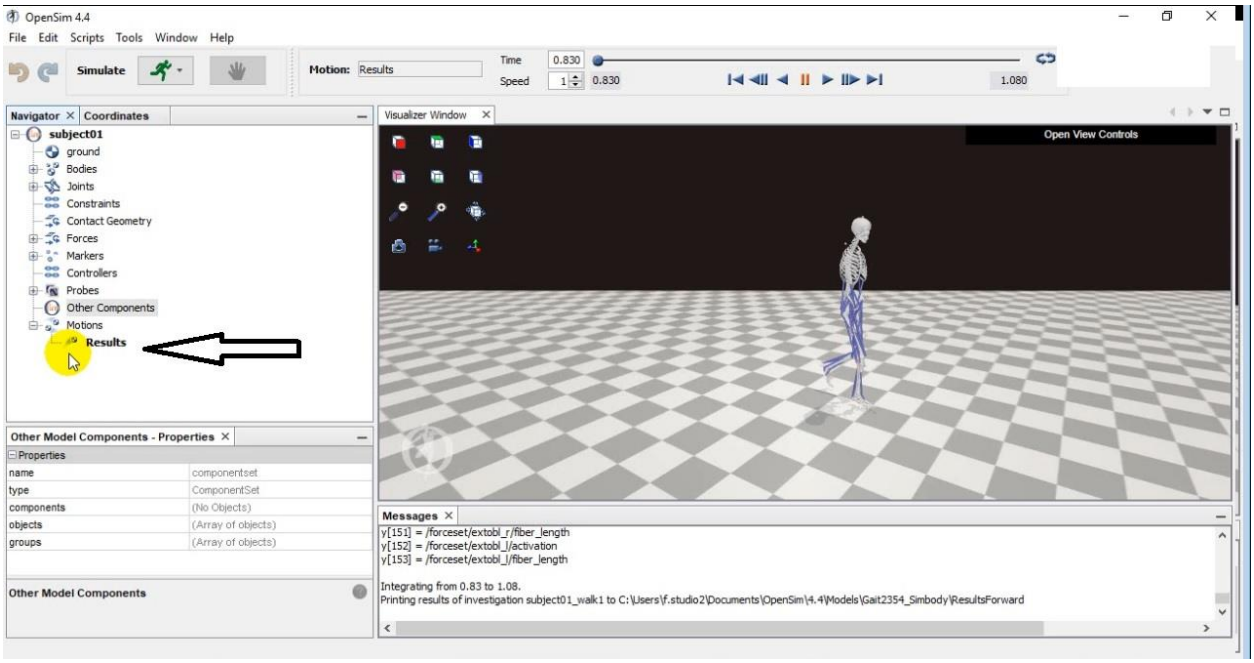
$$\sum_{m=1}^{n} [a_m f(F_m^0, l_m, v_m)] r_{m,j} = \mathcal{T}_j$$



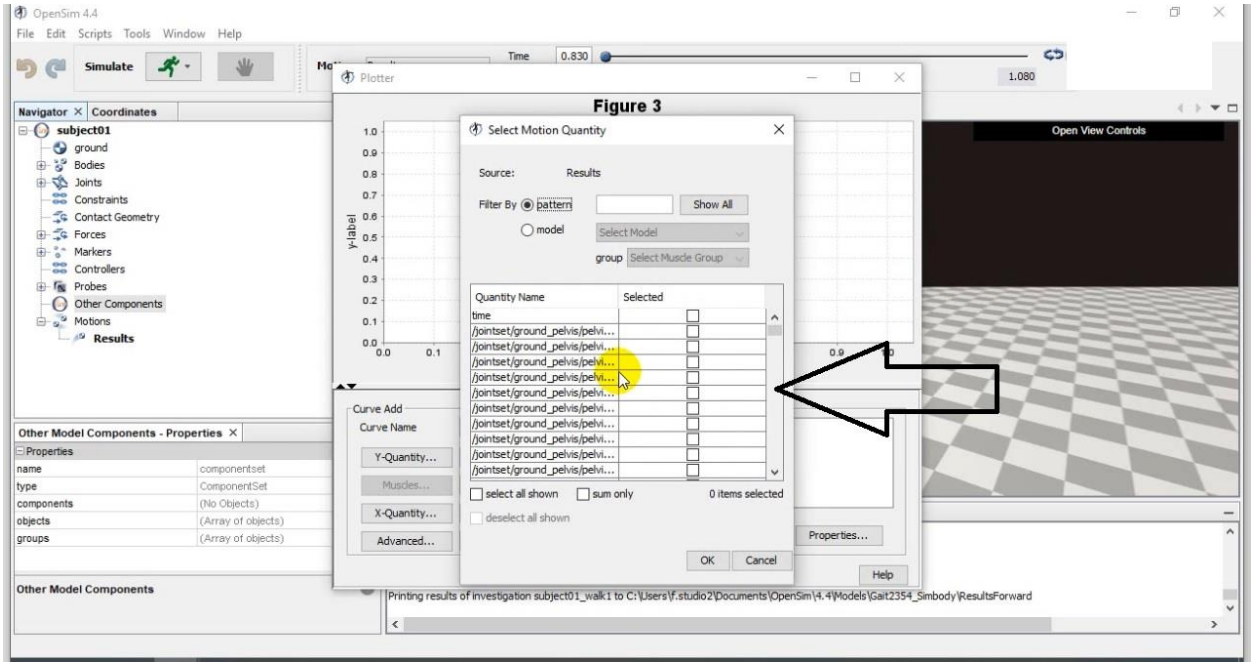
در سربرگ analyses می توانیم با انتخاب انواع انالیز نتایج خروجی های مورد نظررا دریافت کنیم(با حذف مواردی که مورد نظر ما نیستند زمان اجرای کار کمتر خواهد شد):



پس از وارد کردن اطلاعات پنجره مورد نظر و انتخاب گزینه اجرا ، از نمودار درختی سمت چپ می توانیم گزینه results را مشاهده کنیم:

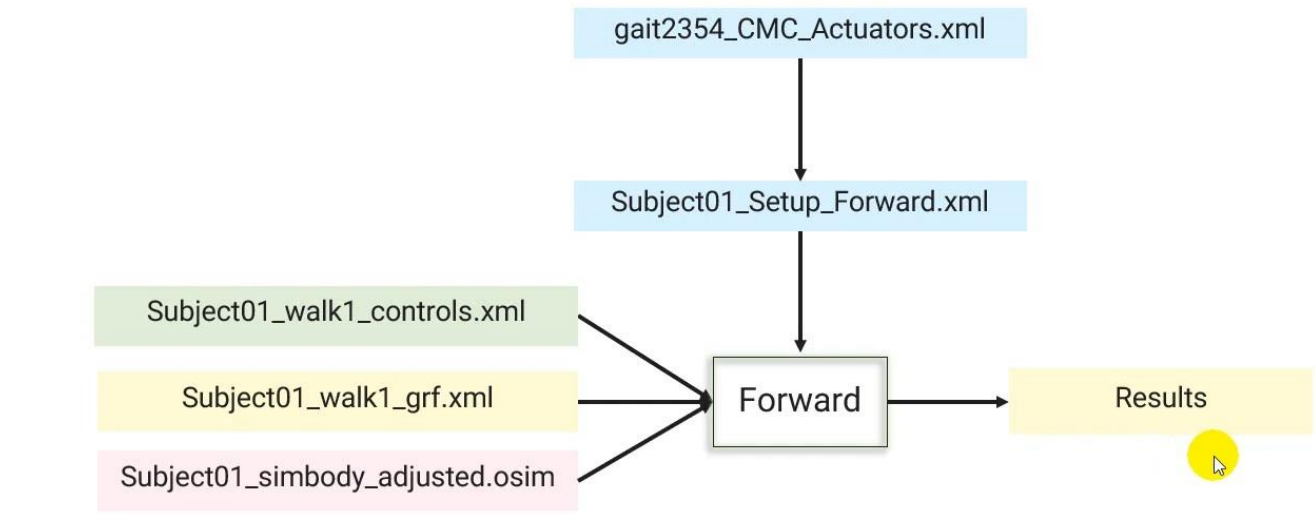


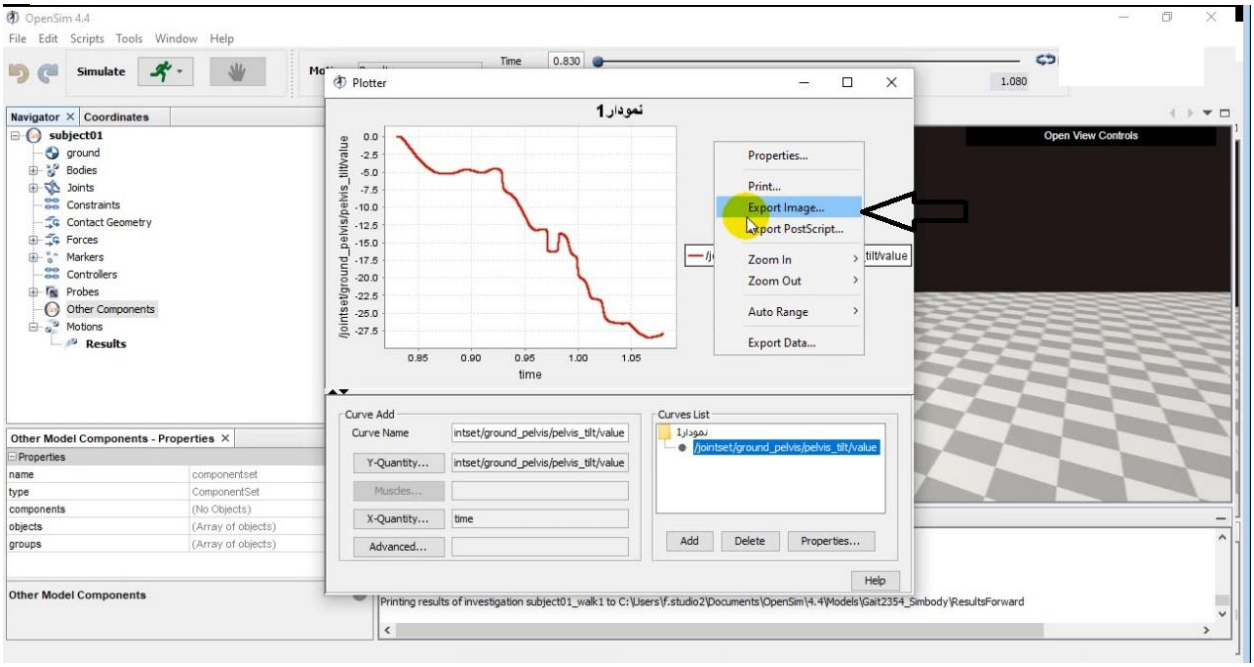
سپس از مسیرtools/plot می توانیم پنجره مورد نظر را باز کنیم، سپس از قسمت Y_QUANTITY گزینه result را انتخاب می کنیم واز پنجره باز شده موردی را که می خواهیم نمودار ان را مشاهده کنیم انتخاب می کنیم.



از قسمت X_QUANTITY گزینه timeرا انتخاب می کنیم. پس از انتخاب گزینه ADD نمودار خروجی رامشاهده خواهیم کرد.

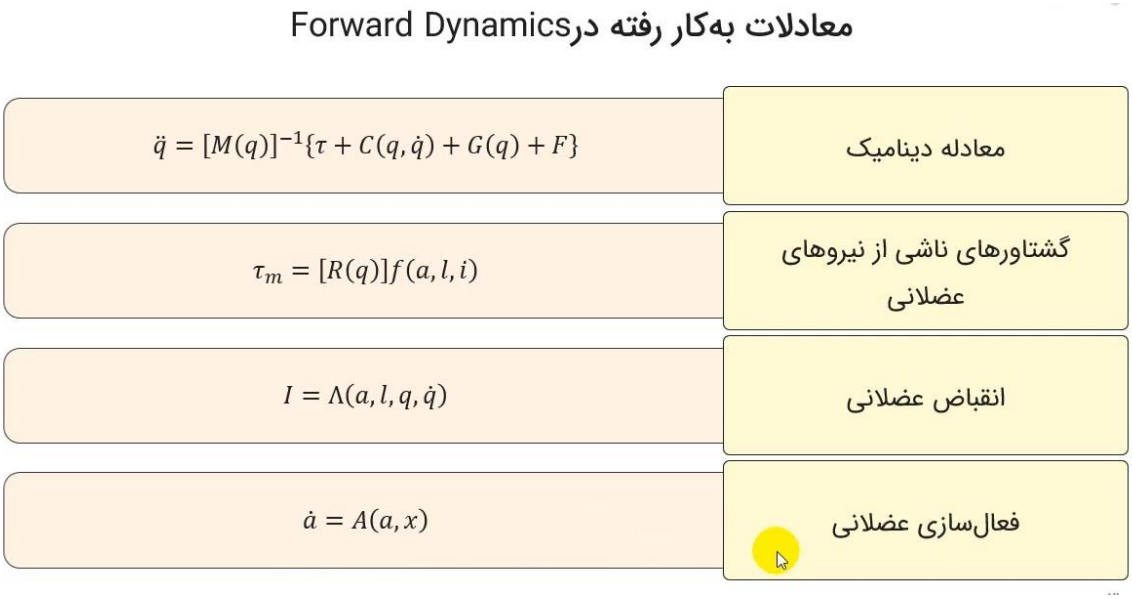
محققین در مقالاتشان باید از عکس های با کیفیت(برای نمودار خروجی)استفاده کنند. برای این کار روی صفحه plot کلیک راست کرده وبا انتخاب گزینه EXPORT IMAGE یک عکس با کیفیت بعنوان خروجی دریافت کنیم.





ورودیها وخروجی های ابزار forward dynamic:

معادلات بکار رفته در ابزار forward dynamic :

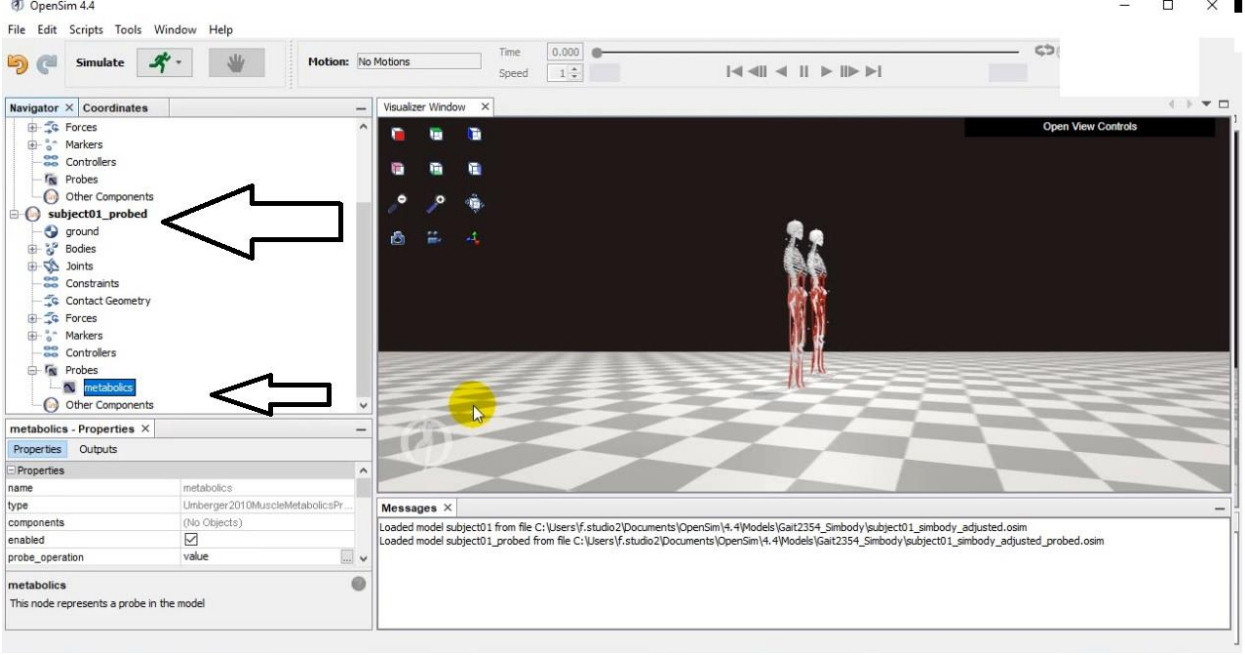


۵-۹-انالیز و prob :

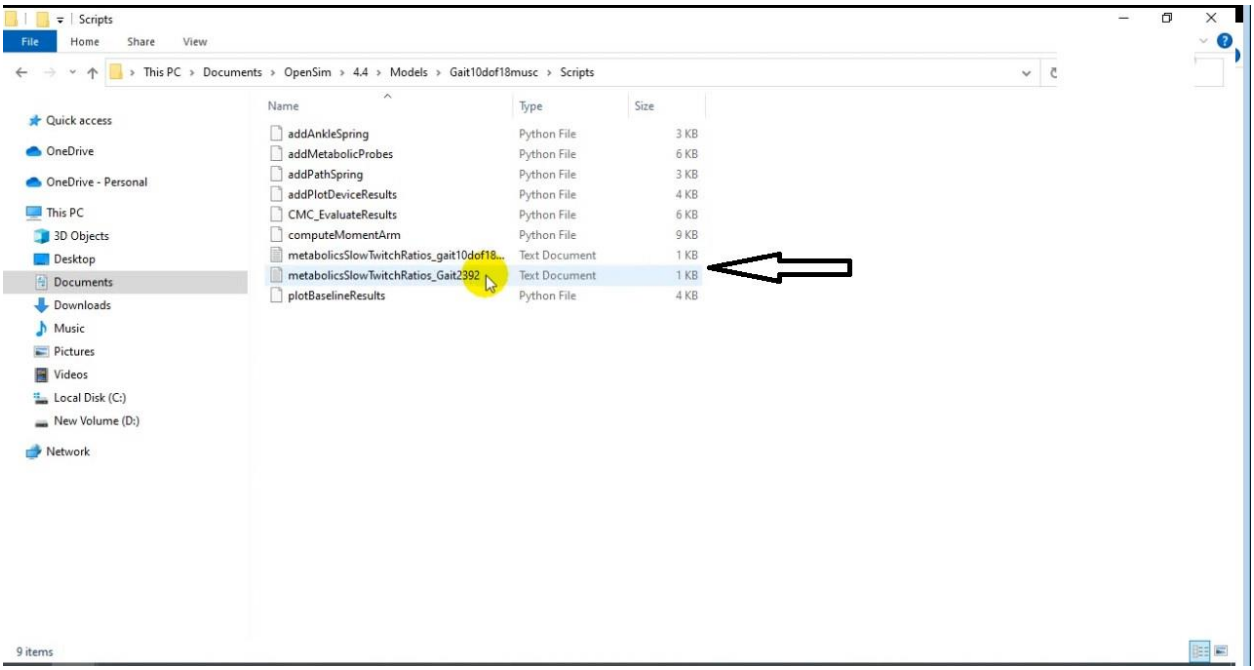
معرفی prob ونحوه ایجاد prob برای مدل:

Prob ها اعضایی از یک مدل هستند که در طول یک شبیه سازی ، اندازه گیری های برداری ویا حتی مشتق گیری یا انتگرال گیری را برای ما انجام می دهند. همچنین می توانند اندازه گیری نیروهای محرک یا قدرت های داخلی مفاصل را هم برای ما اندازه گیری کنند. اپن سیم دارای prob های مختلفی است که از انها می توانیم به متابولیک پراب (که متابولیک عضلات را اندازه گیری می کند) وهمچنین سیستم های انرژي اشاره کرد. برای ایجاد پراب باید مدل را در فضای نرم افزار بارگذاری کنیم. از مسیر file/open مدل مورد نظر را فراخوانی می کنیم. برای از بین بردن عدم مشاهده قسمت پایین پاها در فضای گرافیکی نرم افزار از توضیحاتی که در قسمت قبل گفته شد استفاه می کنیم. از مسیر زیر ودر پنجره مورد نظر می توانیم مدل را در مسیر های X وY و Z جابجا کنیم. از مسیر prob/new prob اقدام به تعریف یک prob جدید می کنیم. در قسمت type انواع prob در دسترس هستند.

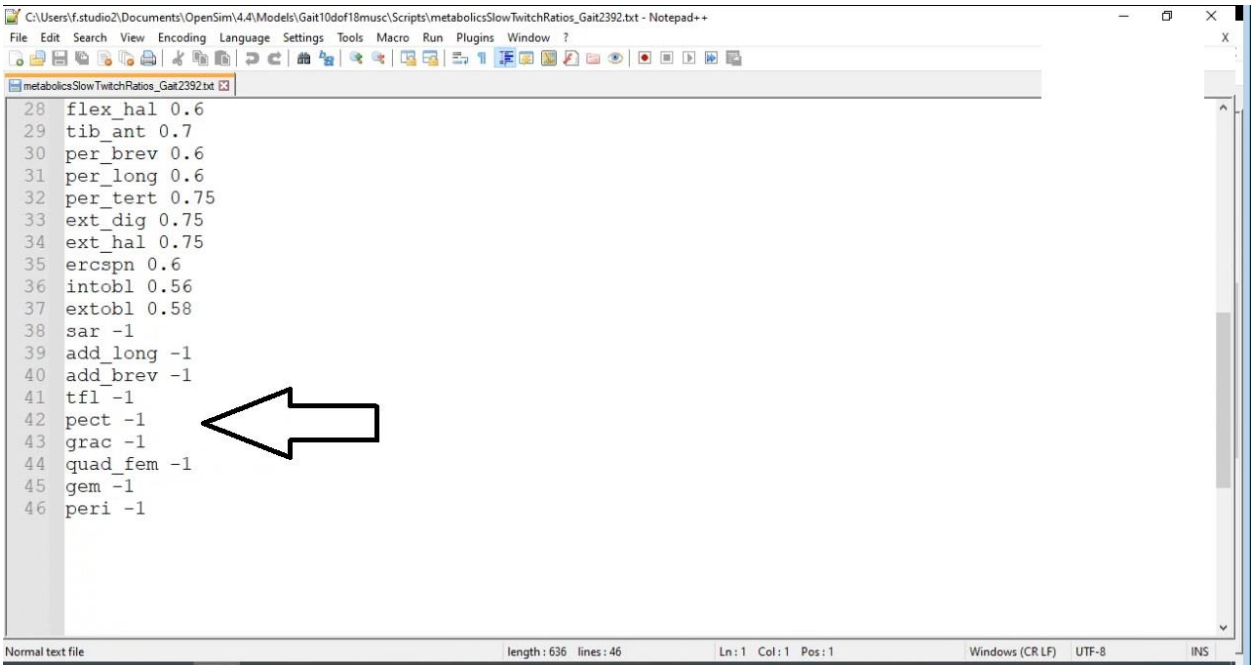
پس از طی شدن مراحل بالا پیغام ایجاد شدن یک پراب جدید توسط نرم افزار برای ما قابل رویت است. همچنین از نمودار درختی سمت چپ صفحه می توانیم پراب جدید ایجاد شده را مشاهده کنیم.



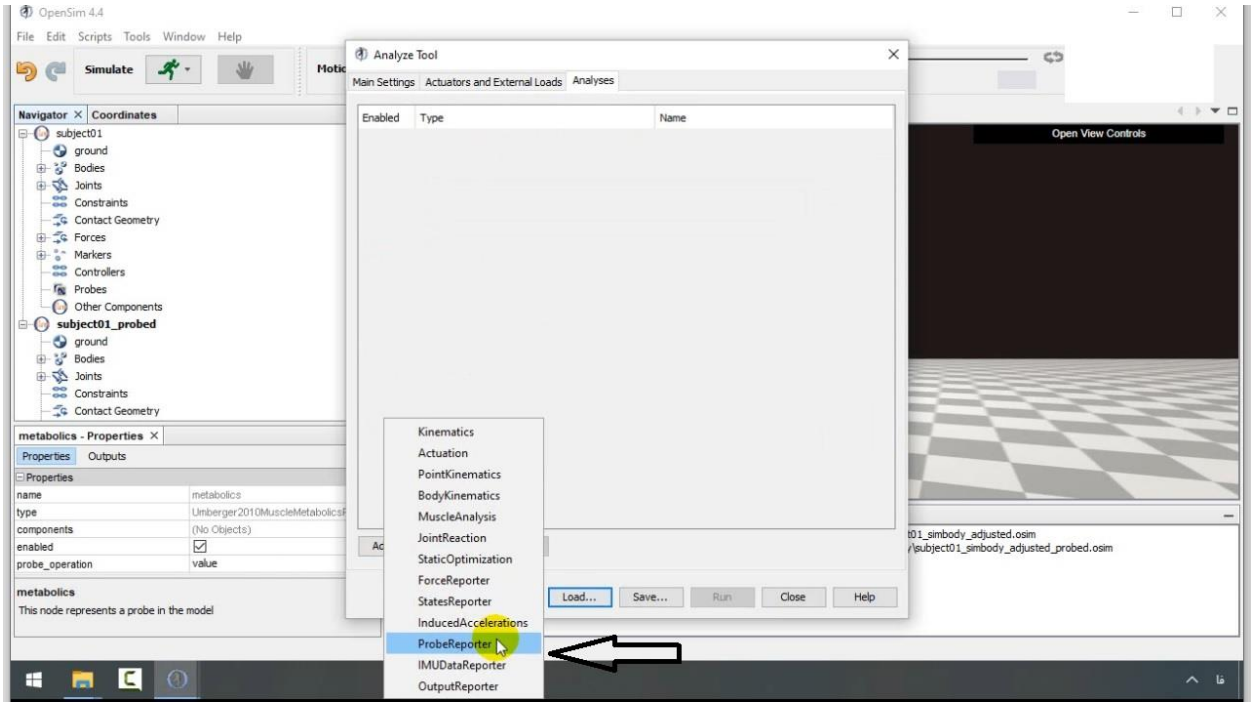
برای استاتویچ و فستویچ (فایبر هستند و در فستویچ ها خون بیشتری جریان دارد لذا response های خیلی سریعتری دارند، البته باید دقت داشته باشیم بین فرد تا فرد متفاوت است مثلا برای یک فرد ورزشکار وغیر ورزشکار خیلی تفاوت دارد) باید حتما مکانیک عضلات را مطالعه کنیم. برای مشاهده استاتویچ ها باید از داخل کامپیوتر وپوشه مدل مورد نظر وارد پوشه script شده ومطابق تصویر به استاتویچ ها دسترسی پیدا کنیم:



نکته : در خروجی که از ++nodpad می گیریم، چنانچه عدد ۱- (منفی یک) را ببینیم به این مفهوم است که برای ان مقادیر اطلاعات درستی در دسترس نداریم.



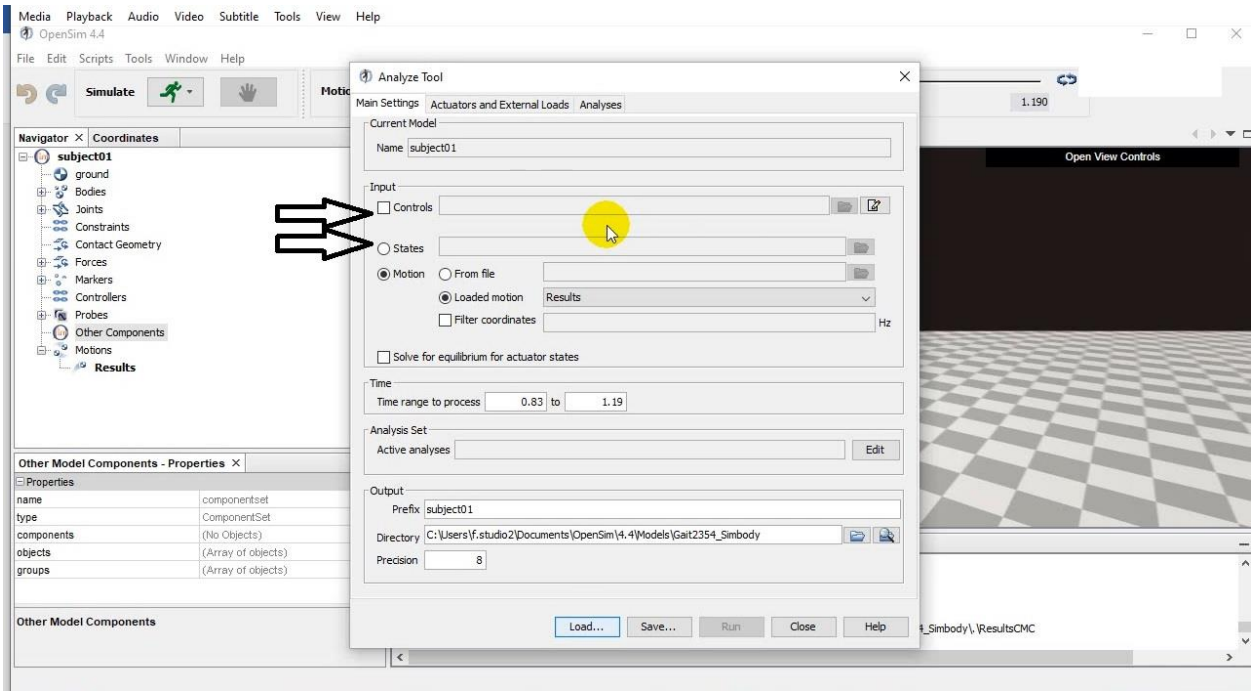
برای دریافت نتیجه (گزارش) بعد از ایجاد پراب و انتخاب پراب های مورد نظر باید از مسیر tools/analyze گزینه prob reporter را انتخاب کنیم. سپس از سربرگ analyses با انتخاب گزینه run گزارش را دریافت کنیم.

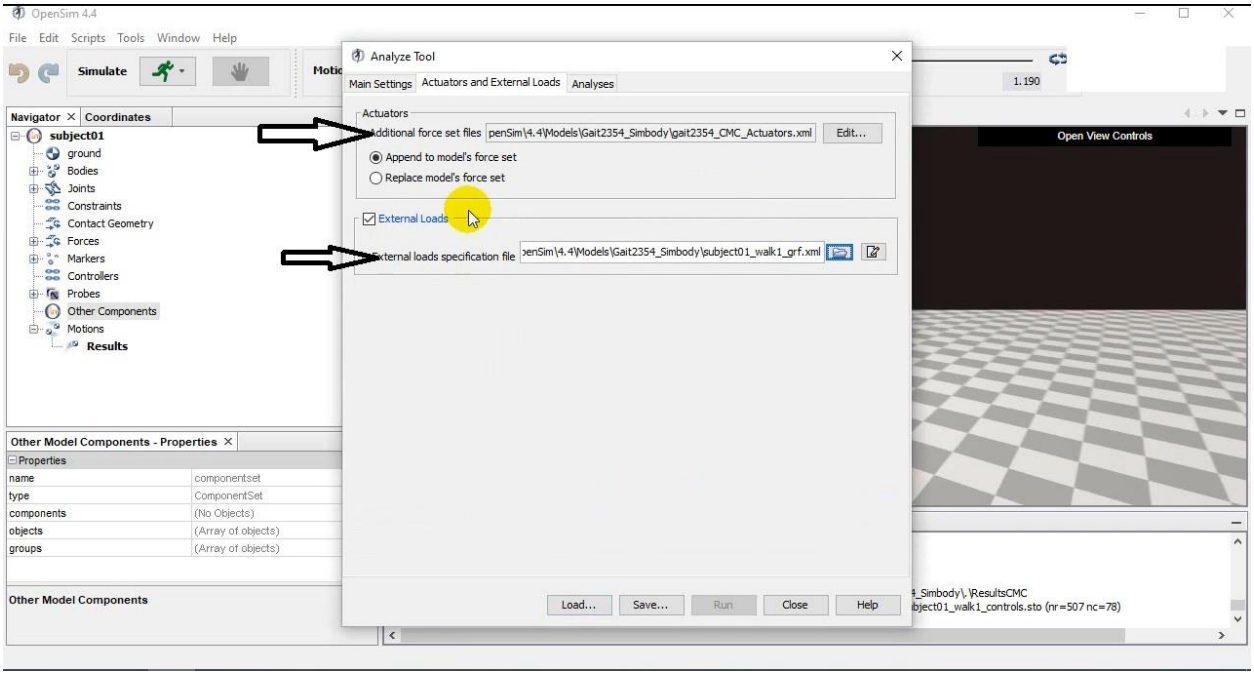


معرفی ونحوه عملکرد ابزار انالیز:

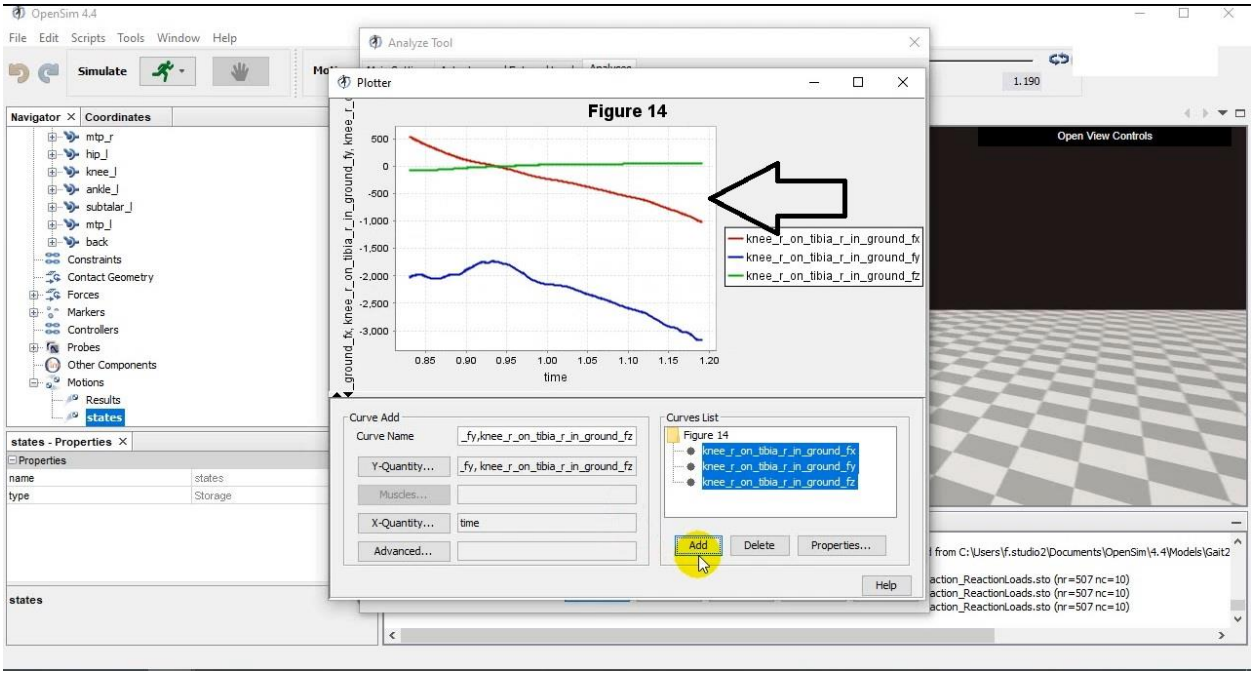
شرط استفاده از نرم افزار اپن سیم بارگذاری مدل اسکلتی عضلانی است، لذا ابتدا مدل مورد نظر را فراخوانی می کنیم.از مسیر tools/analyze tools پنجره مورد نظر را باز می کنیم.

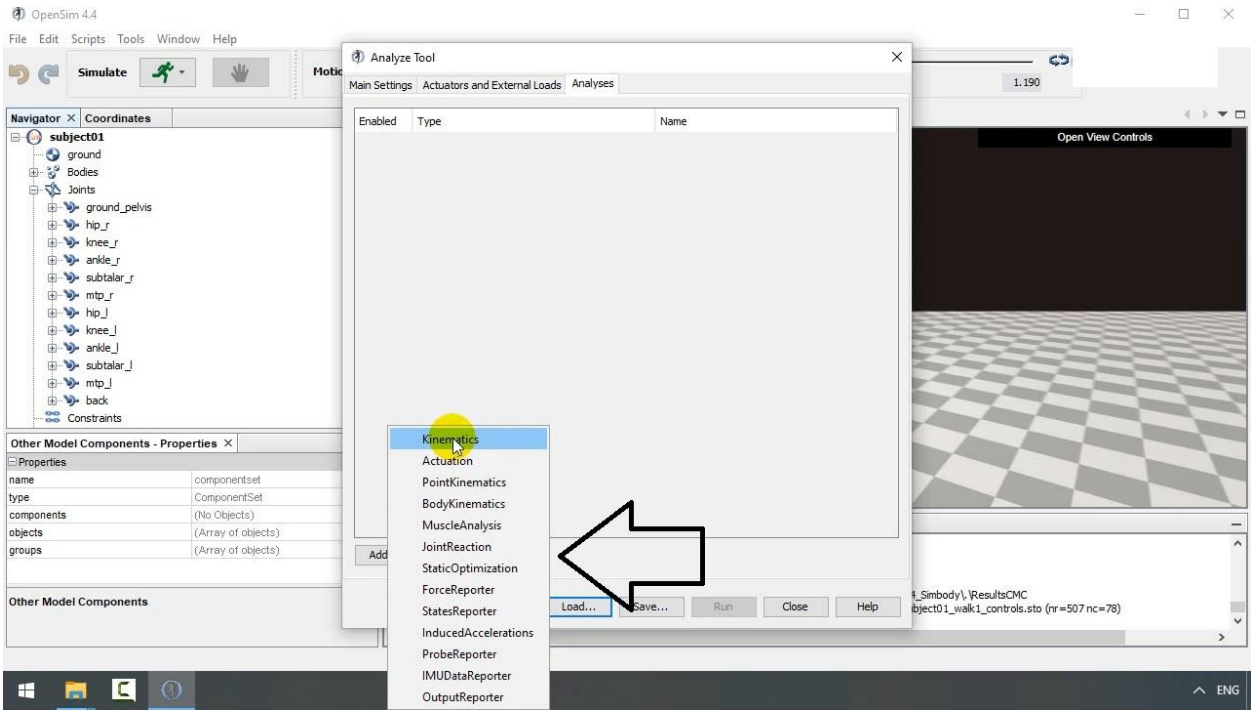
پس از وارد کردن مقادیر در سربرگ های main setting و actuator and external loads مطابق تصاویر زیر به سراغ سربرگ analyze می رویم:





سپس از سربرگ analyze با زدن گزینه ADD می توانیم هر موردی که مد نظر باشد را انتخاب کنیم:





در انتها برای مشاهده نمودار نتایج حاصل از analyze باید از مسیر tools/plot پنجره مورد نظر را فعال کنیم، سپس از مسیر Y_Quantity/load file فایل مورد نظر را انتخاب و از مسیر Xquantity گزینهtime را انتخاب می کنیم. مطابق تصویر زیر نمودار قابل رویت خواهد بود:

فرهنگ لغت open sim :

آبداکشن (دور شدن) مفصل ران راست	R-hip-abd
فلکشن (خم شدن) مفصل ران راست	R-hip-Flex(flexion)
چرخش داخلی مفصل ران راست	R-hip-inrot
چرخش خارجی مفصل ران راست	R-hip-exrot
اکستنشن (باز شدن) مفصل ران راست	R-hip-ext
آداکشن (نزدیک شدن) مفصل ران راست	R-hip-add
خم شدن زانوی راست	R-knee-bend
باز شدن (اکستنشن) زانوی راست	R-knee-ext
پلانتار فلکشن (خم شدن کف پا) مچ پای راست	R-ankle-pf
اینورشن (چرخش به داخل) مچ پای راست	R-inverter
دورسی فلکشن (خم شدن پشت پا) مچ پای راست	R-ankle-df
آبداکشن (دور شدن) مفصل ران چپ	L-hip-abd
فلکشن (خم شدن) مفصل ران چپ	L-hip-Flex(flexion)
چرخش داخلی مفصل ران چپ	L-hip-inrot
چرخش خارجی مفصل ران چپ	L-hip-exrot
اکستنشن (باز شدن) مفصل ران چپ	L-hip-ext
آداکشن (نزدیک شدن) مفصل ران چپ	L-hip-add
خم شدن زانوی چپ	L-knee-bend
باز شدن (اکستنشن) زانوی چپ	L-knee-ext
پلانتار فلکشن (خم شدن کف پا) مچ پای چپ	L-ankle-pf
اینورشن (چرخش به داخل) مچ پای چپ	L-inverter
دورسی فلکشن (خم شدن پشت پا) مچ پای چپ	L-ankle-df
مفصل ران	Hip joint
مفصل زانو	Knee joint
مفصل مچ پا	Ankle joint
مفصل زیر قاپی	Subtalar joint
مفصل اتصال کف پا به انگشت	Mtp joint
بازوی گشتاور	Moment arm
گشتاور	moment
طول تاندون-عضله	Muscale- tendon length
طول فیبر (عضله)	Fiber-length
طول تاندون	Tendon-length
طول نرمال‌شده فیبر (عضله)	normaliz Fiber-length
نیروی فعال فیبر (عضله)	Active fiber-force
نیروی غیرفعال فیبر (عضله)	Passive fiber-force
نیروی کل فیبر (عضله)	Total fiber-force

انحراف (تیلت) لگن	Pelvis-tilt
لیست لگن (انحراف جانبی)	Pelvis-list
چرخش لگن	Pelvis-rotation
جابجایی لگن در راستای X	Pelvis-tx
جابجایی لگن در راستای Y	Pelvis-ty
جابجایی لگن در راستای Z	Pelvis-tz
فلکشن مفصل ران راست	Hip-flextion-r
اَداکشن مفصل ران راست	Hip-adduction-r
چرخش مفصل ران راست	Hip-rotation-r
زاویه زانوی راست	Knee-angle-r
زاویه مچ پای راست	Ankle-angle-r
زاویه (مفصل زیر قاپی) راست	Subtalar-angle-r
زاویه مفصل متاتارزو-فالنژیال راست	Mtp-angle-r
اکستنشن (باز شدن) کمر	Lumbar-extation
خم شدن جانبی کمر	Lumbar-bending
چرخش کمر	Lumbar-rotation
درشت‌نی قدامی (Tibialis Anterior) چپ	Tib-ant-l
درشت نی خلفی (Tibialis Posterior)	Tib-post-l
عضله پهن میانی (Vastus Medialis) چپ	Vas-int-l
عضله کشنده پهن‌نیام (Tensor Fasciae Latae) چپ	Tfl-l
نعلی (Soleus) چپ	Soleus-l
عضله خیاطه (Sartorius) چپ	Sar-l
عضله نزدیک کننده ۲ (Adductor Magnus) چپ	Add-mag2-l
دوسر رانی(Biceps Femoris)	Bif-emsh
راست‌کننده ستون فقرات (Erector Spinae)	Ercspn-l
عضله مایل بیرونی شکم (External Oblique)	Extobl-l
دوقلو (Gemellus)	Gem-l
سرینی بزرگ (بخش اول) (Gluteus Maximus)	Glut-max-1
نازک‌نی (Gracilis)	Grac-l
خاصره‌ای (Iliacus)	Iliacus-l
عضله مایل درونی شکم (Internal Oblique)	Intobl-l
دوقلوی داخلی (Medial Head of Gastrocnemius)	Med-gas-l
شانه‌ای (Pectineus)	Pect-l
عضلات نازک نی جانبی (Peronea1)	Peron-l
سوئز ماژور (Psoas Major)	Psoas-l
مربعی ران (Quadratus Femoris)	Quad-fem-l
راست رانی (Rectus Femoris)	Rect-fem-l
خیاطه (Sartorius)	Sar-l
نعلی	Soleus-l

پسوندهای رایج فایلها در open sim	
.xml	فایل توسعه صفحات وب
.mot	مربوط به حرکت مدل است
.trc	فایل های ردیاب سرور sql
.osim	مربوط به لایه های شبکه
.sto	مربوط به داده های شبیه سازی شده
.Grf	نیروهای خارجی

نکته:به پیوست این جزوه فیلم های اموزشی نرم افزار اپن سیم امده که برای فهم دقیق تر ویادگیری بهتر باید انها را مشاهده نمایید.

دانشگاه علمی کاربردی شهربابک و دانشگاه اختصاصی سبک کانگ فوتوآ-۲۱ در سال ۱۳۸۷ تاسیس شد. دغدغه اصلی هیات موسس این مرکز همواره خدمت صادقانه و تربیت نیروی انسانی متخصص بوده است از همین رو شیوه ی تدریس نوین یاران که برگرفته از ۱۷ نوع روش تدریس می باشد را جایگزین روش های سنتی نمود . این مرکز تنها دانشگاه تقاضا محور در کشور است که توسعه، خلاقیت، مهارت اموزی و کارآفرینی را رسالت خود می داند. این مرکز با دارا بودن پتانسیل های فراوان و بالقوه همواره در جهت تغییرات مثبت و جهانی شدن گام برداشته و قادر به خروج از دانشگاه های نسل چهام و ورود به دانشگاه های نسل پنجم می باشد.