به نام هستی بخش مهربان

راهنمای استفاده از سیستم آنالیز حرکتی

Motion Analysis

تهیه و تنظیم:

مریم شریفی

صدیقه شکاری

امیر عباس زاده

و با تشکر از جناب اقای دکتر دانشجو

بهار ۹۸

مقدمه:

سیستم آنالیز حرکتی از دو بخش سخت افزاری و نرم افزاری تشکیل شده است. بخش سخت افزاری مسئول اندازه گیری و بخش نرم افزاری مسئول محاسبه متغیرهای مورد اندازه گیری است.

سخت افزار دستگاه آنالیز حرکتی ساخت شرکت Motion Analysis آمریکا و نرم افزار دستگاه Cortex آلمان می باشد.

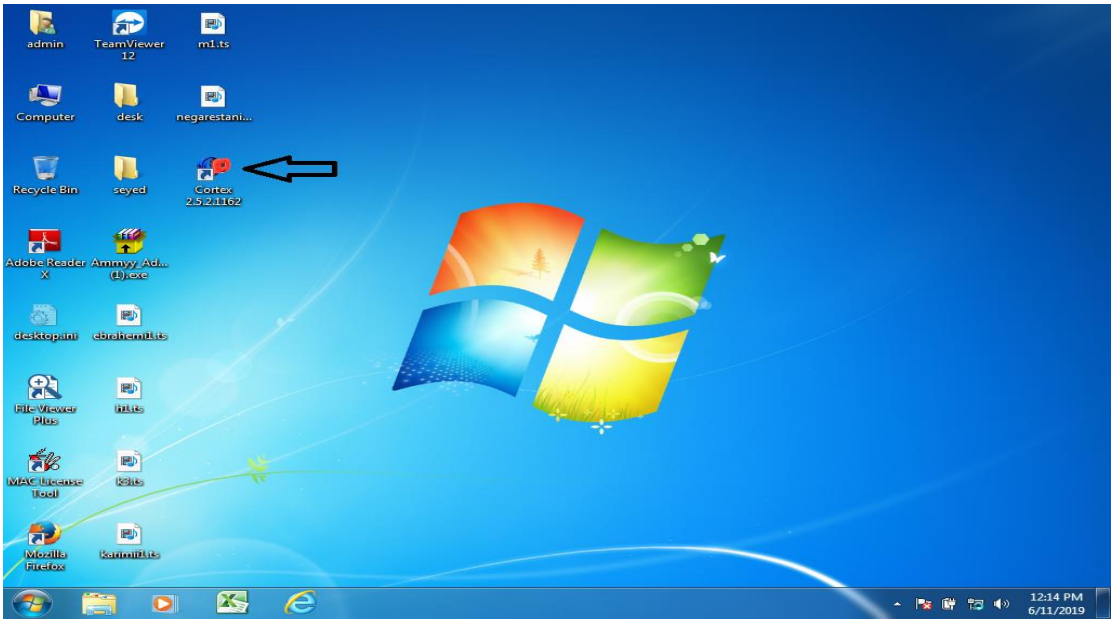
بخش های مختلف سیستم آنالیز حرکت :

لپ تاپ ، دیتا استیشن ، فلش درایو ، دانگل، دوربین ها ،پایه و کابل های دوربین، مارکر و متعلقات مارکر، تجهیزات کالیبراسیون (l-frame, T-vand).

بعد ازچیدمان و اجرای تنظیمات دوربین ها (۶ دوربین) و مارکر گذاری بر روی اندام مورد نظر آزمودنی و اجرای حرکت وارد مراحل کار با نرم افزار سیستم می شوید:

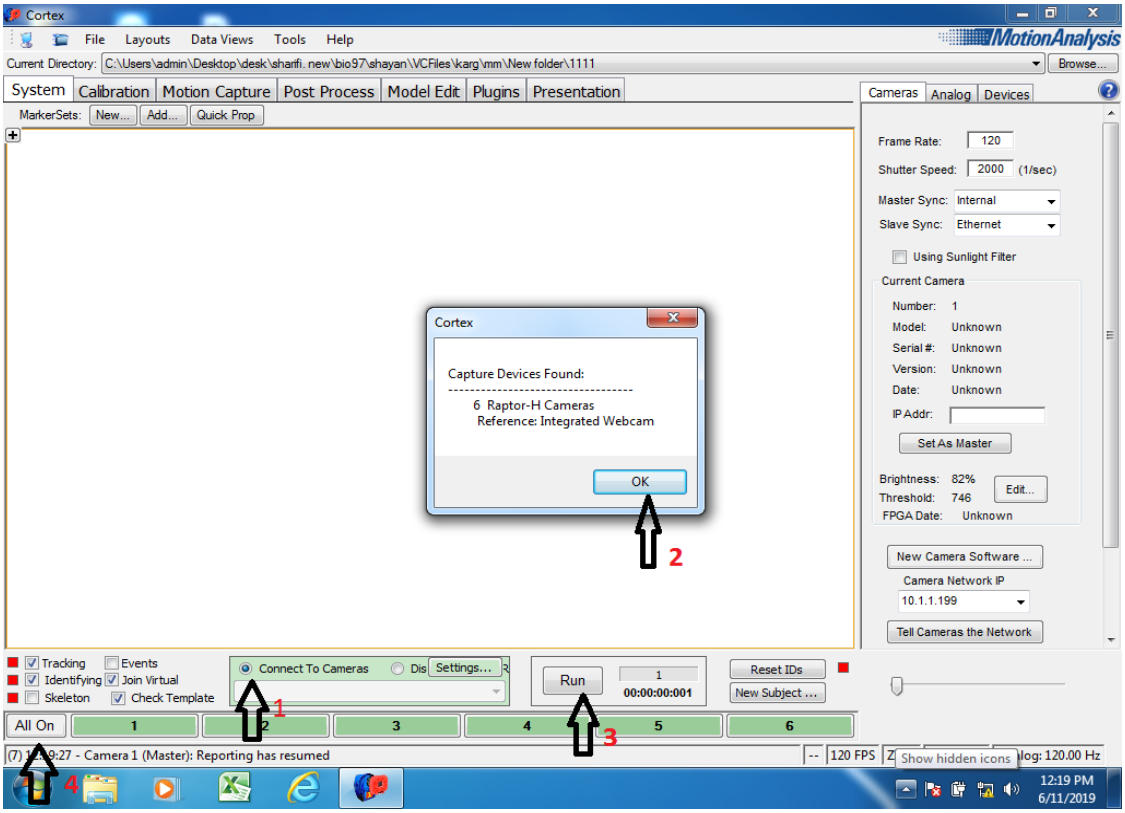
مراحل

۱. بعد از روشن کردن لپ تاپ و وصل دانگل ، با دبل کلیک بر روی برنامه کورتکس وارد فضای نرم افزاری سیستم شوید.



۲. روشن کردن دوربین‌ها (با استفاده از کلید پشت دستگاهی که سیم های دوربین ها به آن متصل شده). اگر دوربین ها به درستی روشن بشوند تمامی آنها بر روی نمایشگر LED خودشان آی دی مخصوص به خود را نشان می دهند.

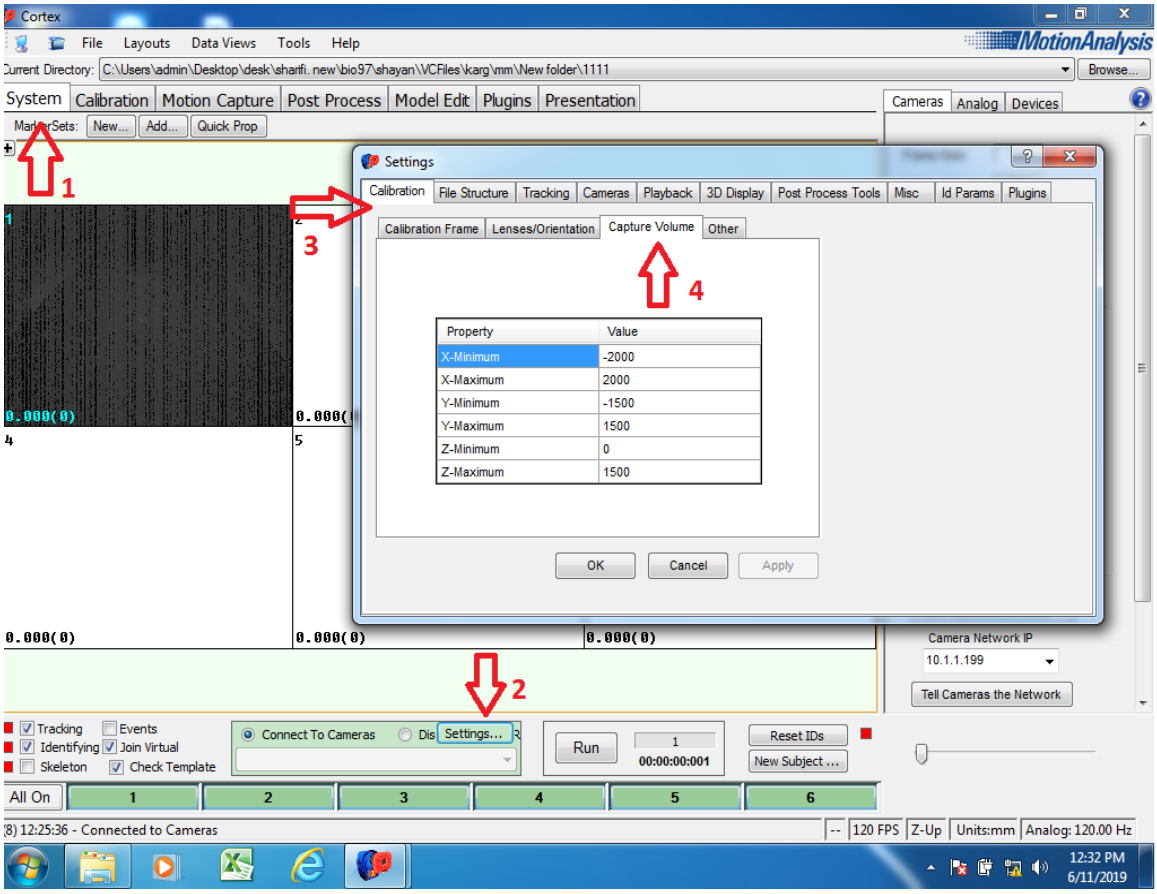
۳. در فضای نرم افزار CORTEX ، اتصال دوربین ها (connect to camera) راکلیک کرده، پیغامی مبنی بر اتصال ۶ دوربین روی صفحه مانیتور نمایش داده می شود(به همراه صدای بوق که شنیده می شود)، آن را ok کرده و سپس ۶ دوربین با کلیک رویrun شروع به تصویر برداری می کنند. با استفاده از گزینه all on (سمت چپ و پایین صفحه) به صورت هم زمان تصویری که هر دوربین در زاویه دید خود دارد را مشاهده می کنیم و همچنین با کلیک بر روی هر کدام از اعداد پایین صفحه تصویر مربوط به همان دوربین را مشاهده می کنیم. نکته: امکان دارد در ابتدا تصویری شامل ۶ کادر که هر کدام مربوط به یک دوربین است را نداشته باشیم، در این صورت حالت سه بعدی فعال است که با رفتن به منوی view (نوار ابزار بالای نرم افزار) و انتخاب گزینه 2D حالت ۲ بعدی را فعال میکنیم؛ یا به صورت ساده فقط کلید F2 را فشار می دهیم.



۴. تعریف حجم مورد نیاز برای نمونه برداری:

system ← setting ← و تعریف حجم نمونه گیری (calibration← capture volume تعیین max و min فضای مورد نیاز)(نکته: اگر مبدا مختصات روی زمین تعریف شود مولفه Z در جهت منفی یا پایین صفر تعریف می شود).

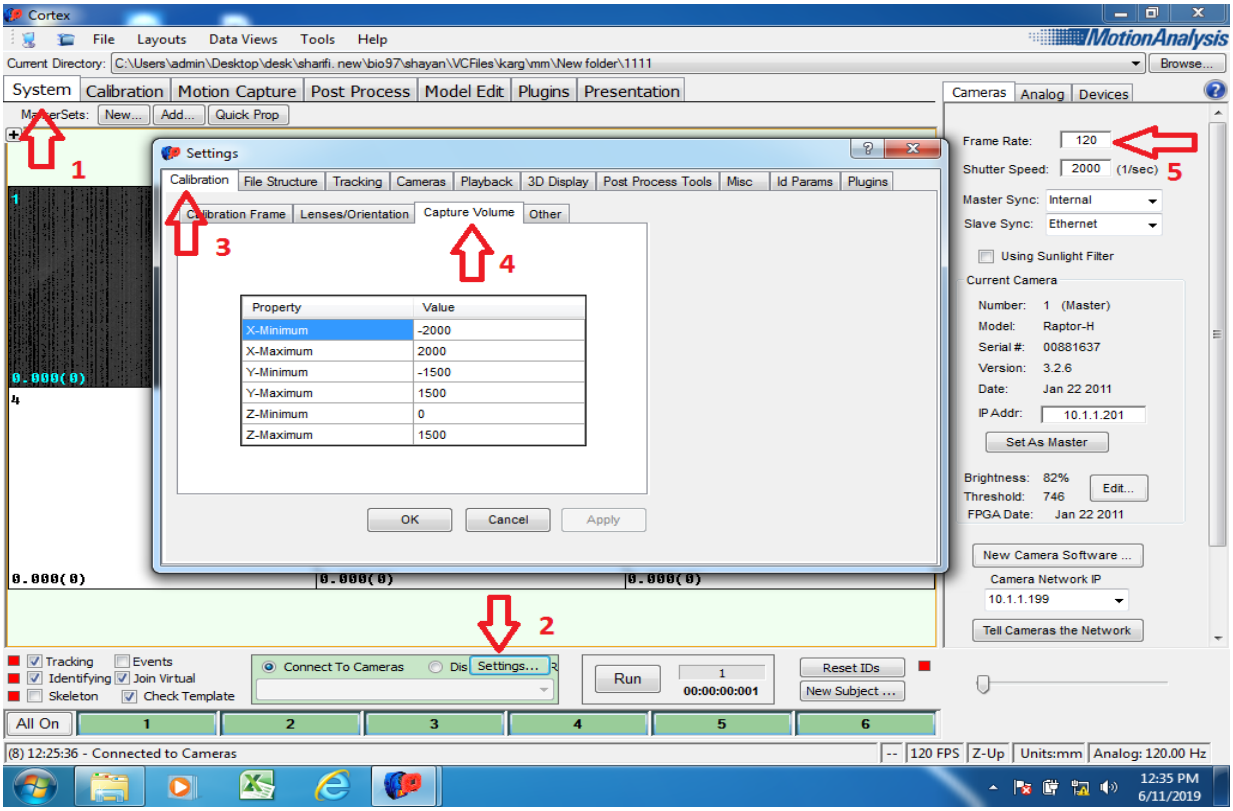
۵. frame rate (سمت راست صفحه) معمولا در مهارتهای راه رفتن و دویدن ۱۲۰ گذاشته می شود (بدین معنی است که دوربین‌ها ۱۲۰ عکس در ثانیه می گیرند) (مقدار این مورد با توجه سرعت حرکت مورد نظر تنظیم می شود و مقدار آن هر چقدر بیشتر باشد داده ها دقیق تر خواهند شد).



۶. کالیبره کردن دوربین ها (تبدیل فضای آنالوگ به دیجیتال)

در فضای $calibration \leftarrow connect\ to\ camera$ تیک خورده، دوربین‌ها run و سپس $all\ on$ شود(چک شود).

نکته: مارکرها به فرد وصل شود. سپس در فضایی که مختصات آن تعریف شده و قرار است تست اجرا شود، حین اجرای پروتکل نمونه برداری، بایستی همه مارکرها در طول اجرای سیکل کامل پروتکل دیده شوند(حضور مارکرها در هر ۶ دوربین کنترل شود ، بایستی به طور همزمان هر مارکر حداقل توسط ۲ دوربین شناسایی شود. لازم به ذکر است برای مشاهده مارکرها، بایستی در نوار بالای صفحه از گزینه $Data\ view$ ، $2\ D$ (دو بعدی) انتخاب شود.

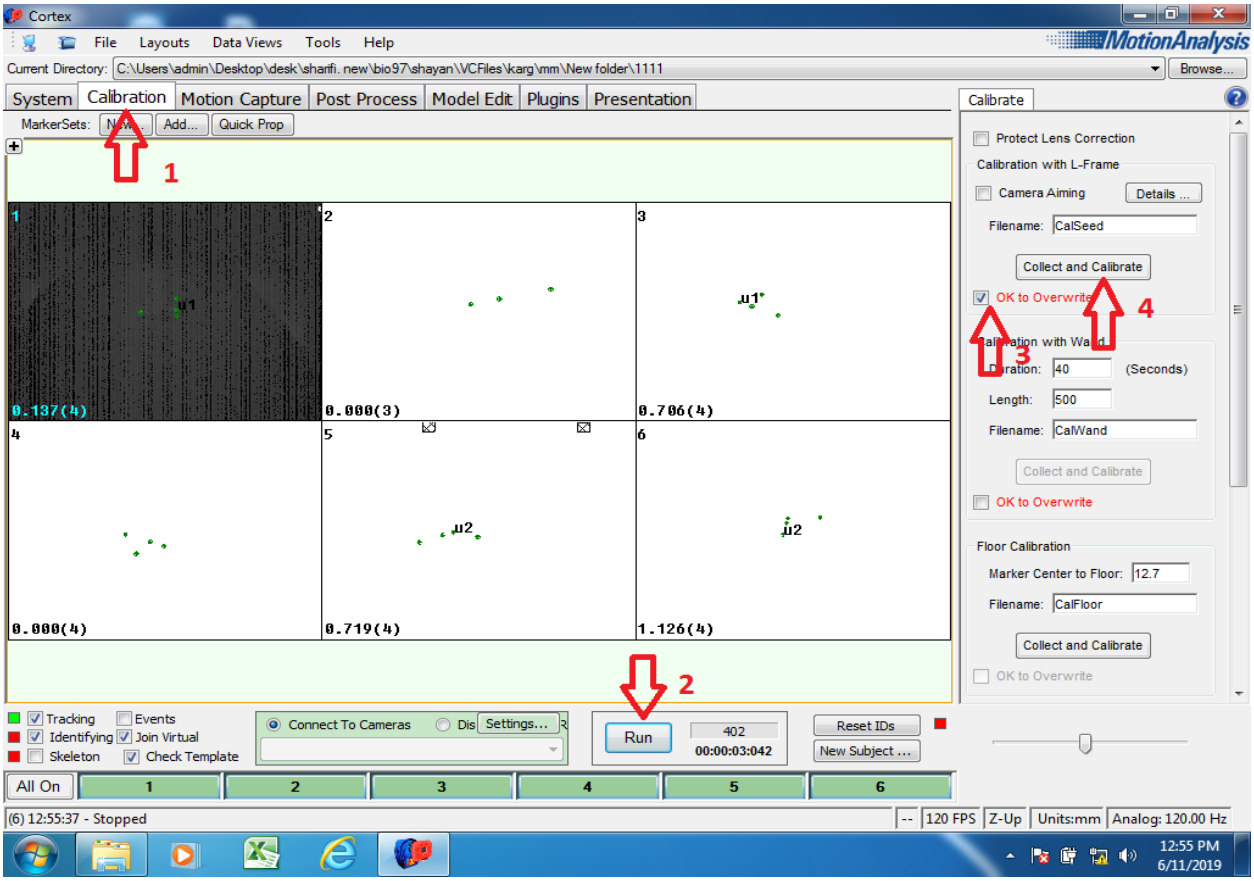


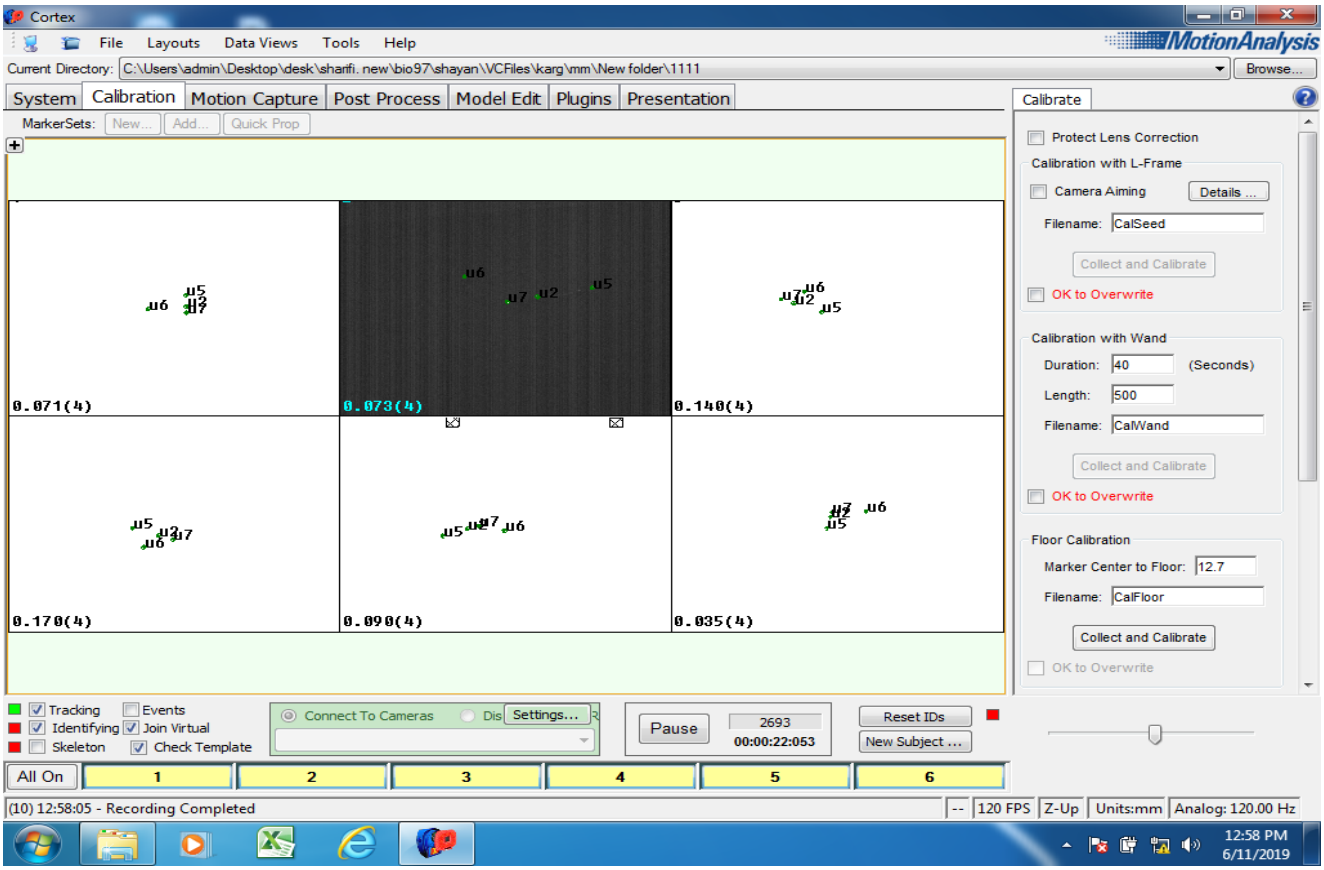
۶-۱: کالیبره استاتیک

بدین منظور *L frame* ، دقیقا در فضای اجرای آزمون، روی زمین یا تردمیل یا پله قرار می گیرد (بسته به سطح اجرای آزمون) به شکلی که محور *x* در جهت حرکت(*x* بازوی بلند تر *L frame*) باشد. سپس گزینه *ok to over view* تیک خورده ← *collect and calibrate* تیک می خورد. بعد از صدای بوق سیستم اگر همه دوربین‌ها (اعداد پایین صفحه) زرد بود کالیبراسیون ایستا به درستی انجام شده است.

نکته: دوربین‌ها اگر شئی دیگری غیر از مارکرهای موجود راگرفتند بایستی آنرا از فضا حذف کرد و اگر حذف مقدور نشد ماسک کرد. بدین شکل که روی شی نوری کلیک راست کرده و گزینه *auto mask* انتخاب شود، این کار حتما باید قبل از قرار دادن *L frame* در دید دوربین ها انجام شود.

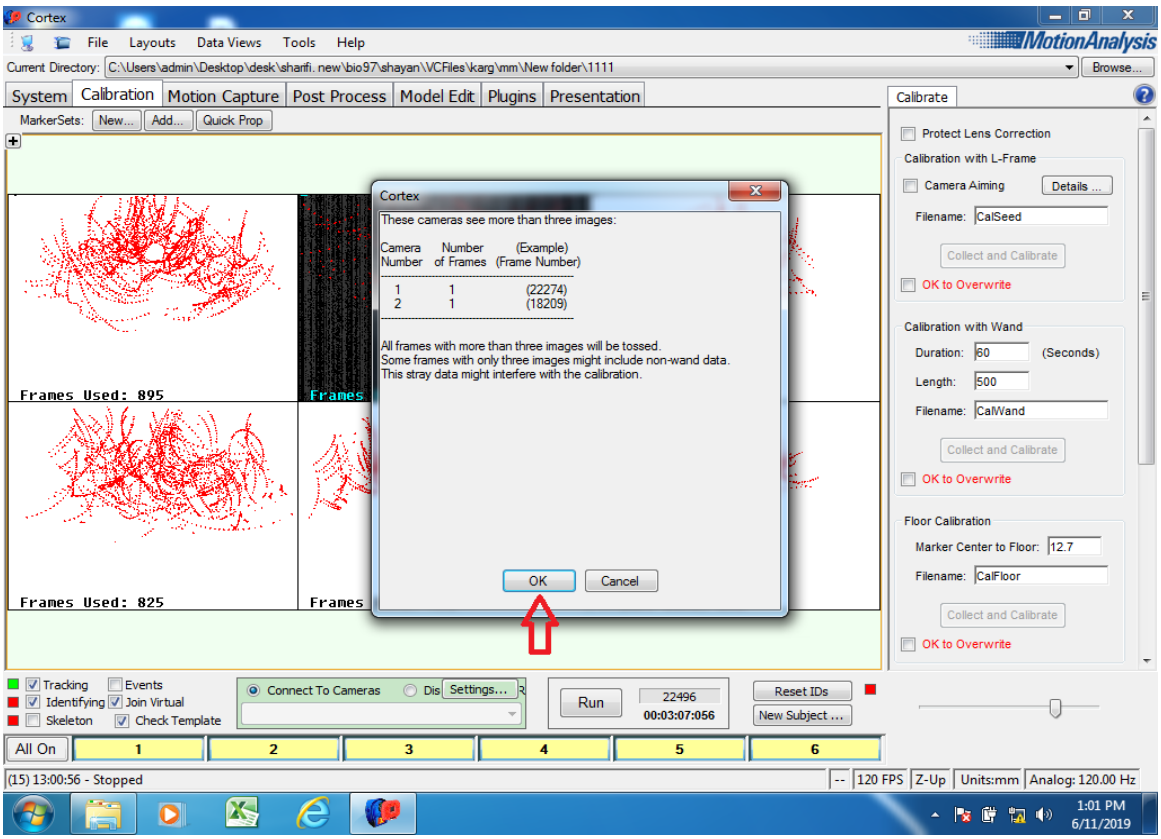
نکته: بهتر است چیدمان دوربین‌ها به شکلی انجام و تنظیم گردد که یکدیگر را نگیرند و بدین ترتیب هیچ دوربینی *mask* نشود چرا که با *mask* هر دوربین دالانی از داده را از دست می‌دهیم.

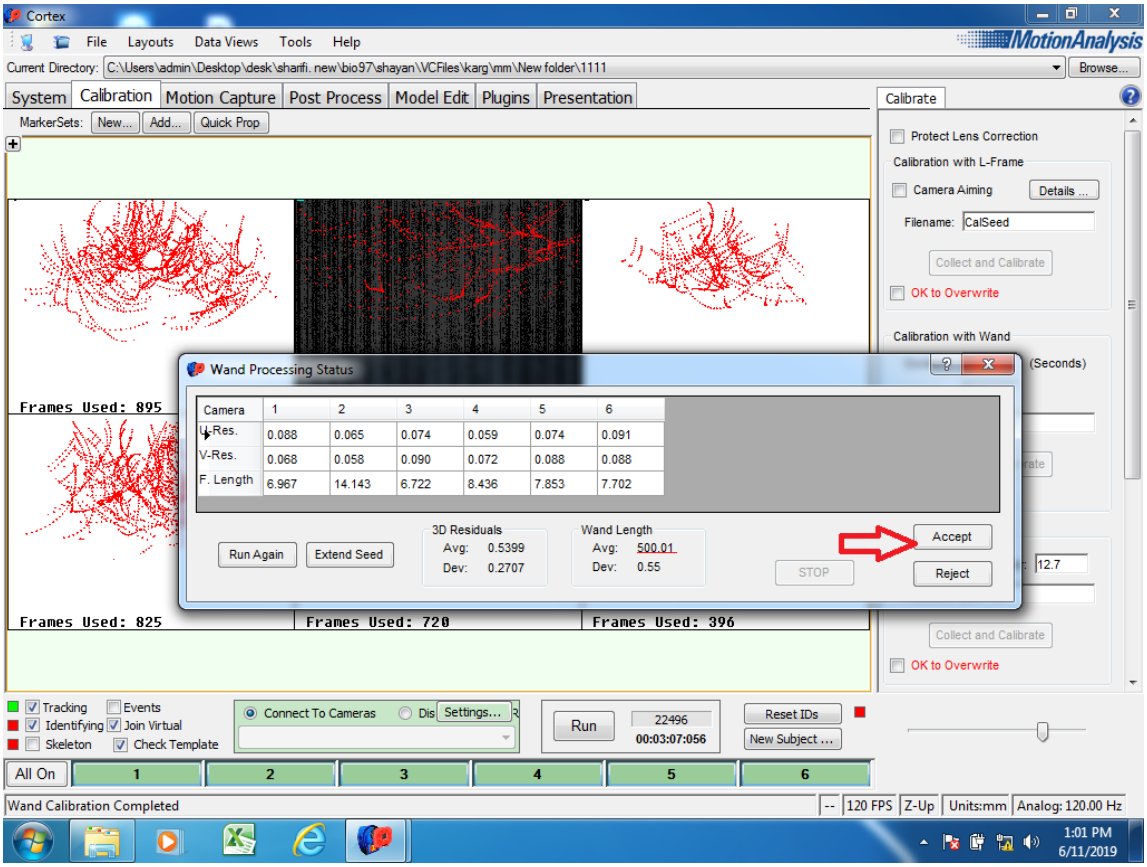

Cortex
File Layouts Data Views Tools Help
MotionAnalysis
Current Directory: C:\Users\admin\Desktop\desk\sharifi. new\bio97\shayan\VCFiles\karg\mm\New folder\1111
Browse...
System Calibration Motion Capture Post Process Model Edit Plugins Presentation
MarkerSets: New... Add... Quick Prop
1
2
3
4
5
6
0.137(4)
0.000(3)
0.706(4)
0.000(4)
0.719(4)
1.126(4)
Calibrate
Protect Lens Correction
Calibration with L-Frame
Camera Aiming
Details ...
Filename: CalSeed
Collect and Calibrate
OK to Overwrite
Calibration with Wand
Duration: 40 (Seconds)
Length: 500
Filename: CalWand
Collect and Calibrate
OK to Overwrite
Floor Calibration
Marker Center to Floor: 12.7
Filename: CalFloor
Collect and Calibrate
OK to Overwrite
Tracking Events
Identifying Join Virtual
Skeleton Check Template
Connect To Cameras
Settings...
Run
402
00:00:03:042
Reset IDs
New Subject ...
All On
(6) 12:55:37 - Stopped
120 FPS Z-Up Units:mm Analog: 120.00 Hz
12:55 PM
6/11/2019


Cortex
File Layouts Data Views Tools Help
MotionAnalysis
Current Directory: C:\Users\admin\Desktop\desk\sharifi. new\bio97\shayan\VCFiles\karg\mm\New folder\1111
Browse...
System Calibration Motion Capture Post Process Model Edit Plugins Presentation
MarkerSets: New... Add... Quick Prop
0.071(4)
0.073(4)
0.140(4)
0.170(4)
0.090(4)
0.035(4)
Calibrate
Protect Lens Correction
Calibration with L-Frame
Camera Aiming
Details ...
Filename: CalSeed
Collect and Calibrate
OK to Overwrite
Calibration with Wand
Duration: 40 (Seconds)
Length: 500
Filename: CalWand
Collect and Calibrate
OK to Overwrite
Floor Calibration
Marker Center to Floor: 12.7
Filename: CalFloor
Collect and Calibrate
OK to Overwrite
Tracking Events
Identifying Join Virtual
Skeleton Check Template
Connect To Cameras
Settings...
Pause
2693
00:00:22:053
Reset IDs
New Subject ...
All On
(10) 12:58:05 - Recording Completed
120 FPS Z-Up Units:mm Analog: 120.00 Hz
12:58 PM
6/11/2019

۶-۲ : کالیبره داینامیک(پویا):

در پنجره مربوطه، *duration* را بین ۶۰ – ۴۰ ثانیه(با توجه به حجم تعریف شده) انتخاب کرده، *ok to overwrite* را تیک زده سپس *collect and calibrate* انتخاب شده و بعد از صدای بوق سیستم، *T vand* را جلو دوربین‌ها و در محل اجرای تست در کلیه جهات به شکلی حرکت می‌دهیم که همه دوربین ها به یک اندازه آن را بگیرند(بهتر است حرکت به صورت *8* انگلیسی انجام شود). در انتها و در جدول مربوطه اگر میانگین حاصله عددی بین ۵۰۱-۴۹۹ بود، *accept* را انتخاب کرده در غیر این صورت *reject* را انتخاب خواهد شد و کالیبره تکرار می شود (طول *T vand* ۵۰۰ میلیمتر می باشد بنابراین کالیبره ای قابل قبول است که طول صحیح *T vand* (عدد بین ۴۹۹ تا ۵۰۱)را تشخیص دهد). سپس کالیبره پذیرفته شده *save* می‌شود.





۶-۳: مسیر *save* کردن کالیبره:

← *file* ← *save setup as*، در پنجره مربوطه یک پوشه به نام مثلا شریفی می‌سازیم و در آن *setup* خود را *save* می کنیم.

بدین شکل کلیه *capture* های گرفته شده در مرحله بعدی در این پوشه *save* می شود.

نکته: در مراجعات بعدی در روزهای آینده، برای گرفتن *capture* جدید از مسیر

← *File* ← *load setup* ← *sharifi* را باز کرده، بدین شکل کلیه *capture* های جدید در این فایل *save* می‌شود

نکته: اگر عمل *save* را بعد از کالیبره انجام ندهیم، *capture* های گرفته شده روی آخرین *setup* فردی که با موشن کار کرده است ذخیره می‌شود.

۷. تصویر برداری *(capture)*:

در فضای *capture*، در قسمت *capture name* نام فرد تست دهنده نوشته می شود در پنجره *trial* عدد یک مشاهده می شود سپس در قسمت *duration* می توان به دو شکل عمل کرد: الف) برای اجرای تست زمان تعیین کرد(مثلا ۵ ثانیه) و ب)پایان تست

توسط آزمونگر با تیک زدن *record* اعمال گردد. برای مشاهده حرکت حین اجرا در مانیتور از قسمت *data view* در نوار بالا *3D* انتخاب می شود(یا*f3*).

نکته: وقتی زمان داده می شود و پایان تست گیری توسط سیستم اعمال می گردد، تعداد داده های همه آزمون شونده ها یکسان می باشد و محاسبه دقیق تری صورت می گیرد.

بعد از ثبت زمان تست، دکمه *record* زده می شود که بلافاصله صدای بوق سیستم شنیده شده و بدین شکل آزمون شونده اجازه شروع حرکت را کسب می کند. بعد از اتمام زمان ثبت شده برای اجرای تست، مجددا صدای بوق شنیده می شود. بنابراین اجرای اول پایان می پذیرد. در پنجره *trial* عدد ۲ با *capture name* قبلی مشاهده می شود که بیانگر آمادگی سیستم برای اجرای تلاش بعدی آزمون شونده می باشد و روند قبل مجددا تکرار می شود.

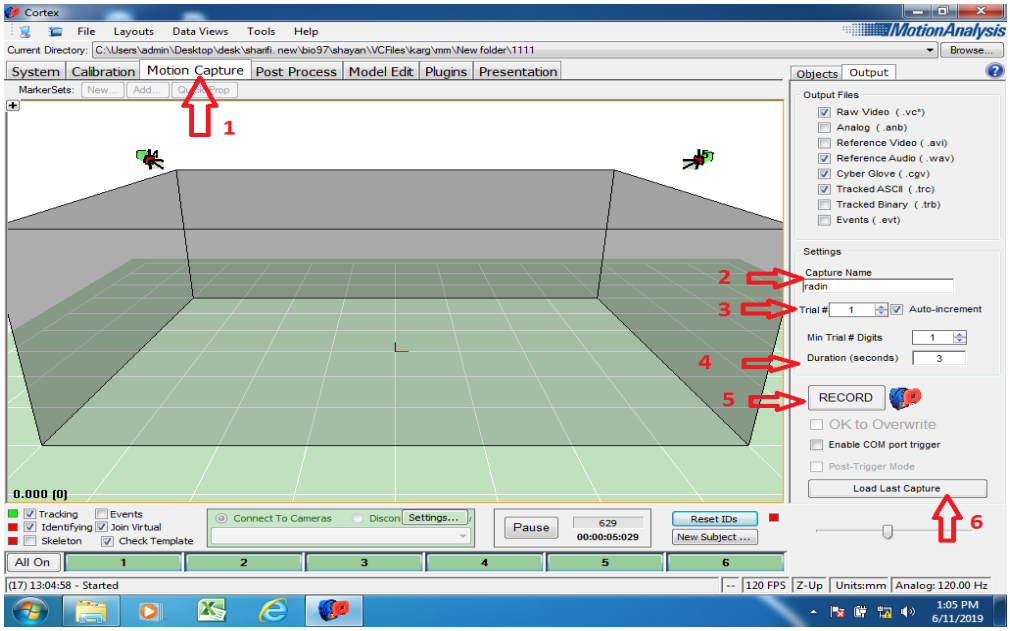
نکته: تا زمانی *capture name* ثابت باشد، سیستم *trial* های بعدی(۲،۳،۴،...) را می‌گیرد (اگر برای هر فرد ۲ تست متفاوت لازم بود، به دو شکل می توان عمل کرد. الف)به طور مثال برای ۳ *trial* در پیش آزمون و پس آزمون، *trial* ها را از ۱ تا ۶ نام گذاری کرد. ب) برای هر فرد در پس آزمون، *capture name* تغییر کند. (به طور مثال: در پیش آزمون و پس آزمون به ترتیب بدین شکل اجرا می شود، $\frac{2radin}{1,2,3}, \frac{radin}{1,2,3}$).

نکته: بعد از اتمام هر *trial* بهتر است در قسمت *load last capture* ،سرعت حرکت کاهش داد و اجرای تست به هدف صحت حرکت ، رویت همه مارکرها و در نهایت کم شدن گپ مورد بازبینی مجدد قرار گیرد.

نکته: دقت شود حرکت در کادر (مختصات تعریف شده) قرار داشته باشد. در غیر این صورت باید تست را تکرار کرد.

معمولا از هر *task* ، ۳ *trial* گرفته می شود که یا میانگین هر سه *trial* را استخراج می کنیم و یا بهترین *trial* . بعد از بازبینی حرکت قبل، مجددا به *motion capture* رفته و *trial*های بعدی گرفته و چک می شود.

نکته: پسوند *capture* های ذخیره شده *cap*. می باشد.



۸ نام گذاری مارکرها:

برای نام گذاری مارکرها ابتدا باید یک *marker set* ساخته شود.

۸-۱ : ساخت *marker set* :

به فضای *model edite* رفته ← پنجره *new* را باز کرده ← در پنجره *marker set name*، یک نام انتخاب می شود. برای مثال اسم *run* انتخاب شده و *ok* می زنیم، در اینجا یک زبانه کوچک با نامی که مشخص کردیم ایجاد میشود که همان مارکر-ست ما می باشد.

نکته: پسوند *marker set* ذخیره شده، *mars*. می باشد.

۸-۲: نام گذاری مارکرها

در سمت راست صفحه، روی مستطیل سیاه رنگ زیر *marker names* دبل کلیک کرده تا فعال شود. اسم مارکرها به ترتیب تایپ می شود. بعد از تایپ نام هر مارکر، *enter* زده تا نمایشگر به سطر بعد برود و نام مارکر بعدی ثبت شود، پس از تایپ نام

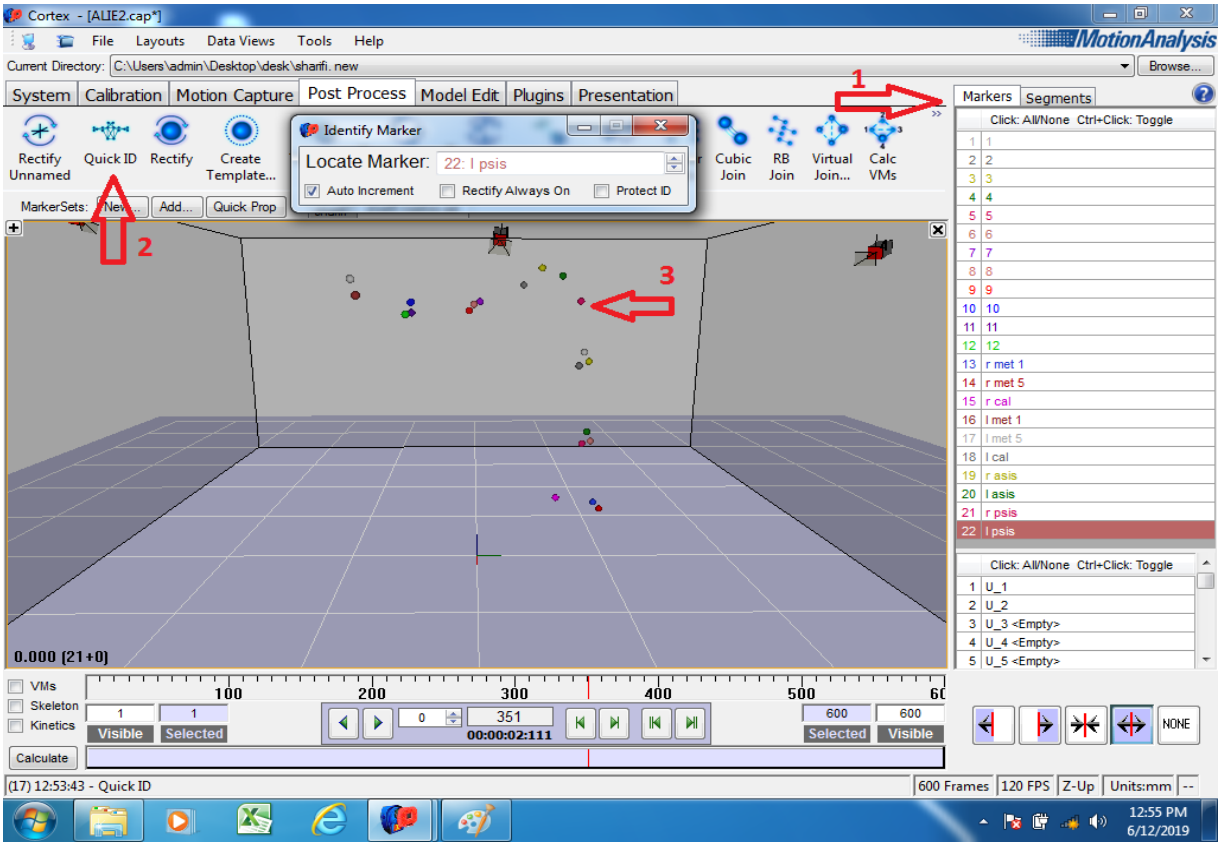
تمامی مارکرها روی زبانه جدیدی که ایجاد شده بود راست کلیک کرده و مارکر- ست را در یک پوشه ذخیره *(save)* می کنیم. با این کار برای دفعات بعدی دوباره نیاز به ساخت مارکر- ست و تایپ نام تک تک آنها نداریم. در دفعات بعدی به جای گزینه *new* از گزینه *add* استفاده می کنیم و فایل ذخیره شده مارکر ست را با پسوند *mars* انتخاب می کنیم.

نکته: نام هر مارکر با رنگی متفاوت در سطر مربوطه مشخص می گردد.

از منوی *data view* ، *D۳* را انتخاب کرده تا (در *post process*) تست اجرا شده، مجددا برای مارکرگذاری فراخوانی شود دکمه *play* را کلیک کرده، حرکت را دنبال کرده زمانی که همه مارکرها در مختصات تعریف شده رویت شدند، حرکت را *stop* کرده و *Quick ID* از نوار وسط انتخاب می گردد. پنجره‌ای باز می شود که با کلیک بر روی هر مارکر در کادر مختصات مارکرها و نام آن ها (که در کادر سمت راست مانیتور به ترتیب در سطر های زیر هم وارد شد) به یکدیگر متصل شده و بدین شکل سیستم مارکرها را می شناسد. نکته: برای زوم روی تصویر از غلتک روی موس و برای حرکت و دیدن تصویر از نماهای مختلف کلید *alt* را گرفته و با موس روی صفحه کلیک می کنیم و بدون رها کردند دکمه موس با حرکت دادن آن تصویر را حرکت می دهیم.

(برای مثال درکادر سمت راست مانیتور و در اولین سطر کلمه *Hip* تایپ شده است. وقتی روی اولین مارکر کلیک گردد آنرا به عنوان *Hip* می‌شناسد . رنگ *hip* تایپ شده در جدول سمت راست و مارکر مربوطه همرنگ می باشد). بدین شکل تمامی مارکرها با رنگهای اختصاصی مشخص می گردد .

نکته: در صورتی که در ترتیب کلیک کردن روی مارکرها اشتباهی صورت گیرد، برای تصحیح کافی است که این کار مجددا تکرار شود.



۸-۳: *save* کردن *marker set*

با ذخیره کردن *marker set*، نیازی نیست در مراجعات بعدی برای استخراج داده ها، نامگذاری مارکرها مجددا انجام شود. فقط کافی است *marker set* ذخیره شده را باز کرد که به شکل زیر عمل ذخیره انجام می شود.

File ← *save market set ''run''* را انتخاب کرده سپس آدرس محل ذخیره داده می شود تا عمل *save* صورت گیرد.

۹. حذف کردن گپ نمودارها *(filtering)*

به فضای *post process* رفته تا در صورت وجود گپ در نمودارها آن ها را کاهش یا حذف کرد. بدین منظور بایستی ابتدا همه مارکرها را از سمت راست مانیتور همزمان انتخاب کرد(روی اولین سطر دبل کلیک کرده و موس تا آخرین سطر کشیده شود) (اگر تمامی مارکرها انتخاب نشوند یا تعدادی از آنها انتخاب شود فیلترینگ فقط برای مارکرهای انتخاب شده اعمال می شود).

سپس از کادر وسط و بالای مانیتور در فضای *post process*، ابتدا گزینه *linear* بعد *cubic* و سپس *rectify* را انتخاب کرده و بدین شکل نمودارها یکپارچه تر می گردد.

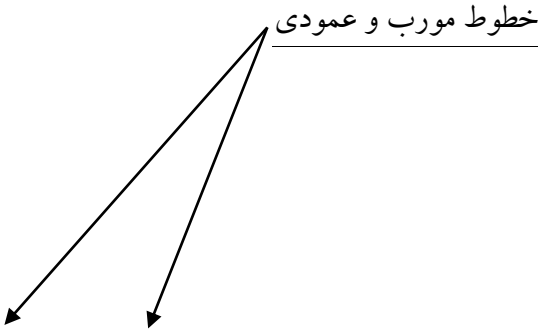
نکته: وقتی نمودارها برای گپ احتمالی چک می شود، بایستی در جدول *Analyze*،گزینه *position* انتخاب شده باشد و نه *angle , velocity*.

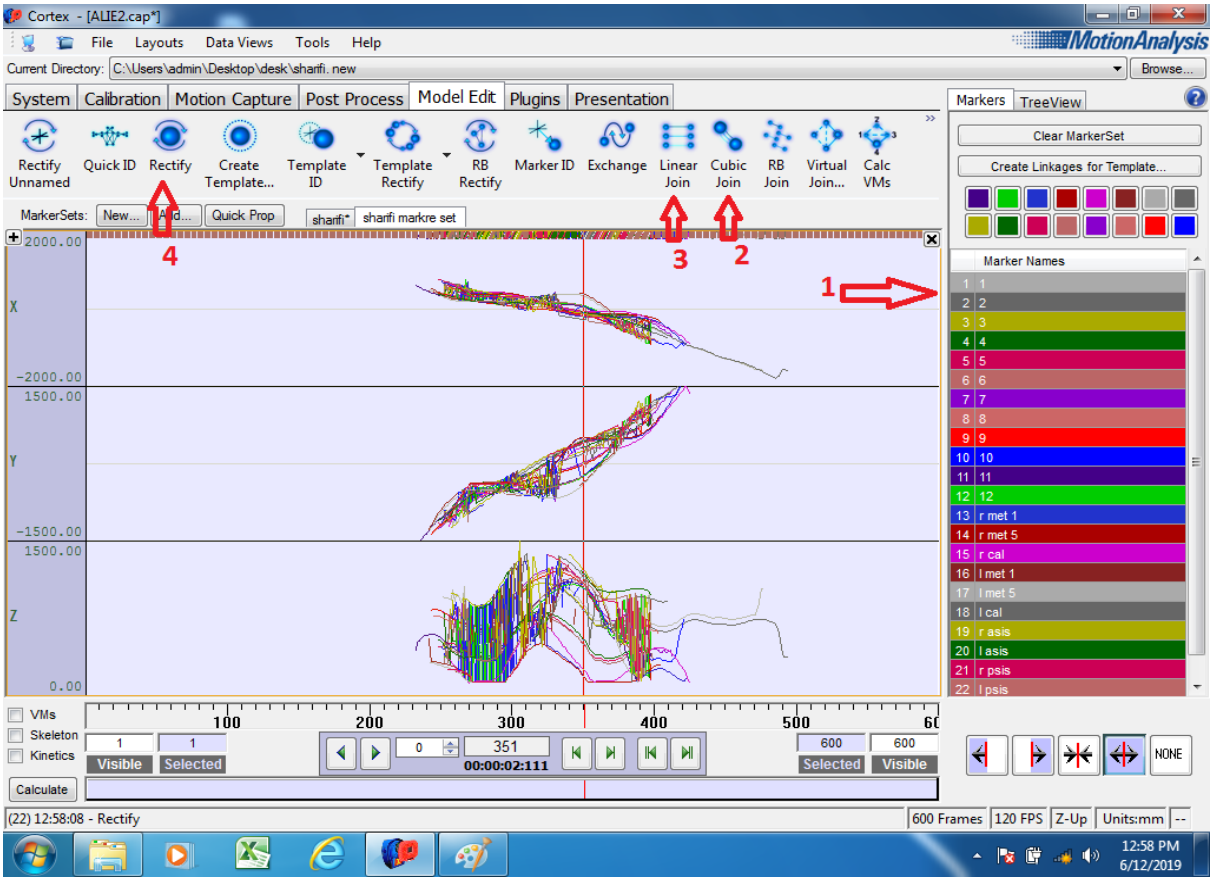
نکته: بهتر است جمع آوری داده ها با حداقل گپ صورت گیرد. زیرا با تعدیل کردن نمودارها در واقع بخشی از داده ها از دست می روند و نمودارها خطی تر می شوند. بنابراین بایستی سعی شود که به شکل محدود از این امکان استفاده شود.

نکته: خطوط بالای صفحه نشان دهنده میزان گپ در نمودارها می باشد. بنابراین تعداد زیاد خطوط نشان دهنده گپ بالای داده ها می باشد.

نکته: خطوط عمودی بالای صفحه بیانگر گپی است که از بین نمی رود.

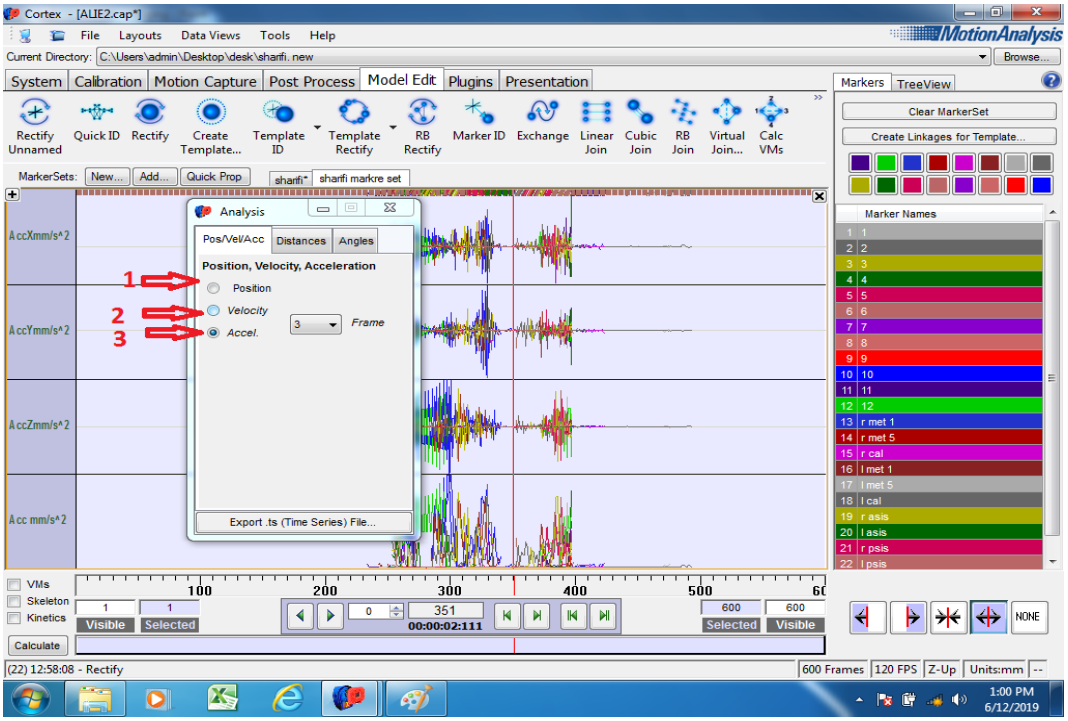
نکته: خطوط مورب بالای صفحه نشان دهنده گپی است که از بین می رود.





۱۰. *export* داده ها:

در فضای *Post process*، کلید *F7* را فشار داده سپس همه مارکرها را از سمت راست صفحه انتخاب می‌کنیم . در پنجره *Analyze* ← می‌توان *Acceleration, velocity , position* را انتخاب کرده تا اطلاعات هر سه نمودار سرعت، شتاب و موقعیت مربوط به مارکرها استخراج شود. در مرحله بعد بایستی زاویه مفاصلی که قصد بررسی ان ها وجود دارد، مشخص گردد.



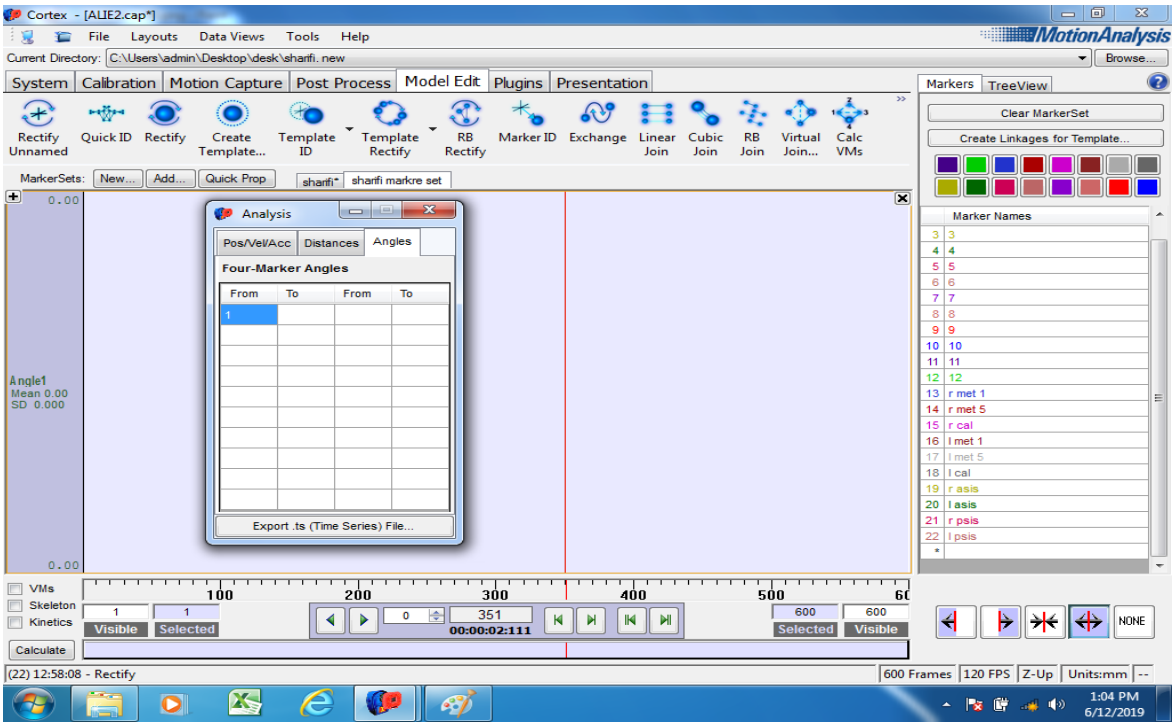
در اینجا می توان زاویه داخلی و یا خارجی مفصل را تعریف کرد. به طور مثال برای تعریف زاویه داخلی مفصل مچ پا در جدول زیر بایستی به ترتیب ۱- *shin* ۲- *maleul* ۳- *metatars* ۴- *maleul* نوشته شود و جهت تعریف زاویه خارجی به ترتیب ۱- *shin* ۲- *maleul* ۳- *maleul* ۴- *metatars* جایگزین شود.

زاویه داخلی			
from	*to*	*from*	*to*
shin	*maleul*	*metatars*	*maleul*
زاویه داخلی			
shin	*maleul*	*maleul*	*metatars*

(برای زاویه داخلی ترتیب مارکرها بالا به مرکز و پایین به مرکز، برای زاویه خارجی بالا به مرکز و مرکز به پایین است . منظور از مرکز مفصل مورد بررسی می باشد.) سپس با توجه به اینکه همه مارکرها از کادر سمت راست انتخاب شده است *export* را کلیک

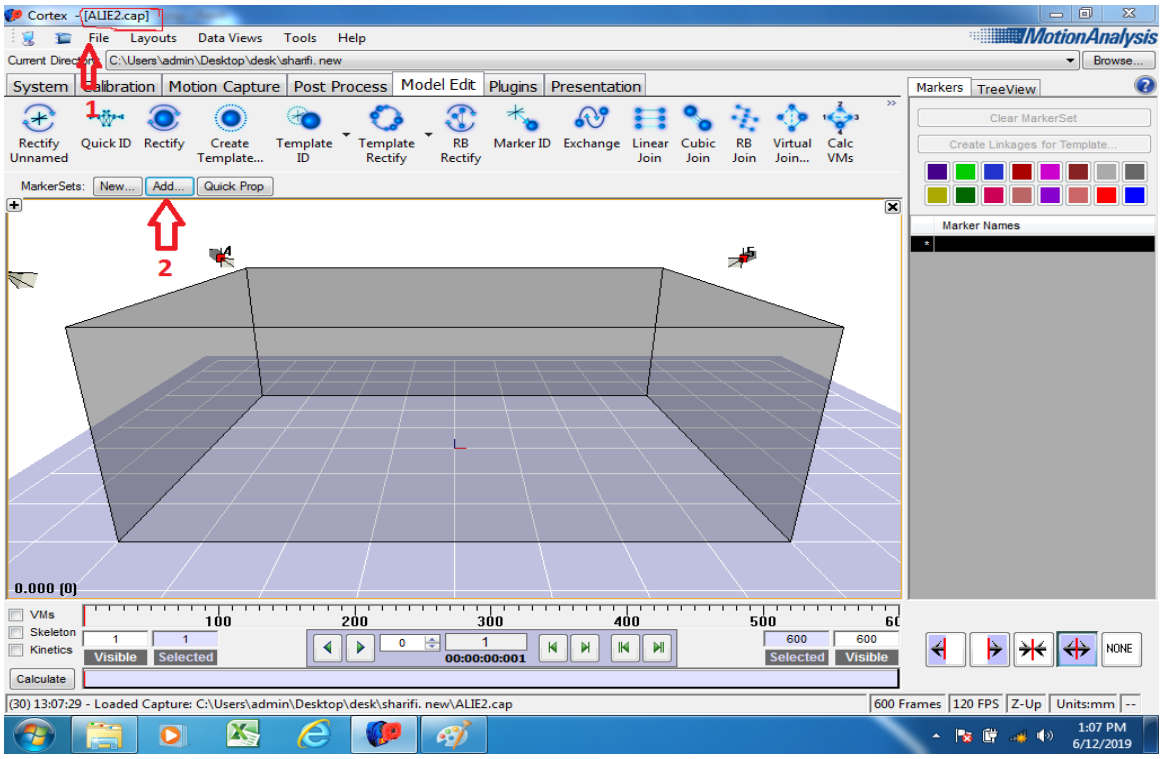
کرده و در جعبه، مکان ذخیره داده های استخراج شده انتخاب می شود. برای مثال می‌توان در پوشه *sharifi* که در ابتدا برای ذخیره *capture* ها ساخته شد، یک پوشه به نام *export* ساخت و داده های خروجی را درآن ذخیره کرد.

نکته: داده های استخراج شده پسوند *ts.* دارند.



برای استخراج داده بعدی، ابتدا از منوی *file* ← *load capture* ، فایل مربوطه که پسوند *cap.* دارد را باز کرده سپس از گزینه *add* که در فضای *post process* قرار دارد، *marker set* ذخیره شده و مد نظر را *open* کرده(در مثال حاضر *run.mars* می باشد) سپس پنجره *Quick ID* را باز کرده و همه مارکرها با کلیک بر روی تک تک آن ها و به ترتیب قبل مشخص می گردد. سپس کلیه مارکرها از کادر سمت راست انتخاب شده و در صورت نیاز عمل *rectify* و .... صورت می گیرد. در مرحله بعد کلید *F7* را کلیک کرده و داده ها طبق توضیحات قبل استخراج و ذخیره می گردد.

نکته: بهتر است بعد از باز کردن *capture* مورد نظر ابتدا در فضای *post process*، از منوی *data view* ، *3D* را انتخاب و سپس حرکت را *play* کرده و مجددا مارکرها و صحت حرکت بازبینی می گردد.



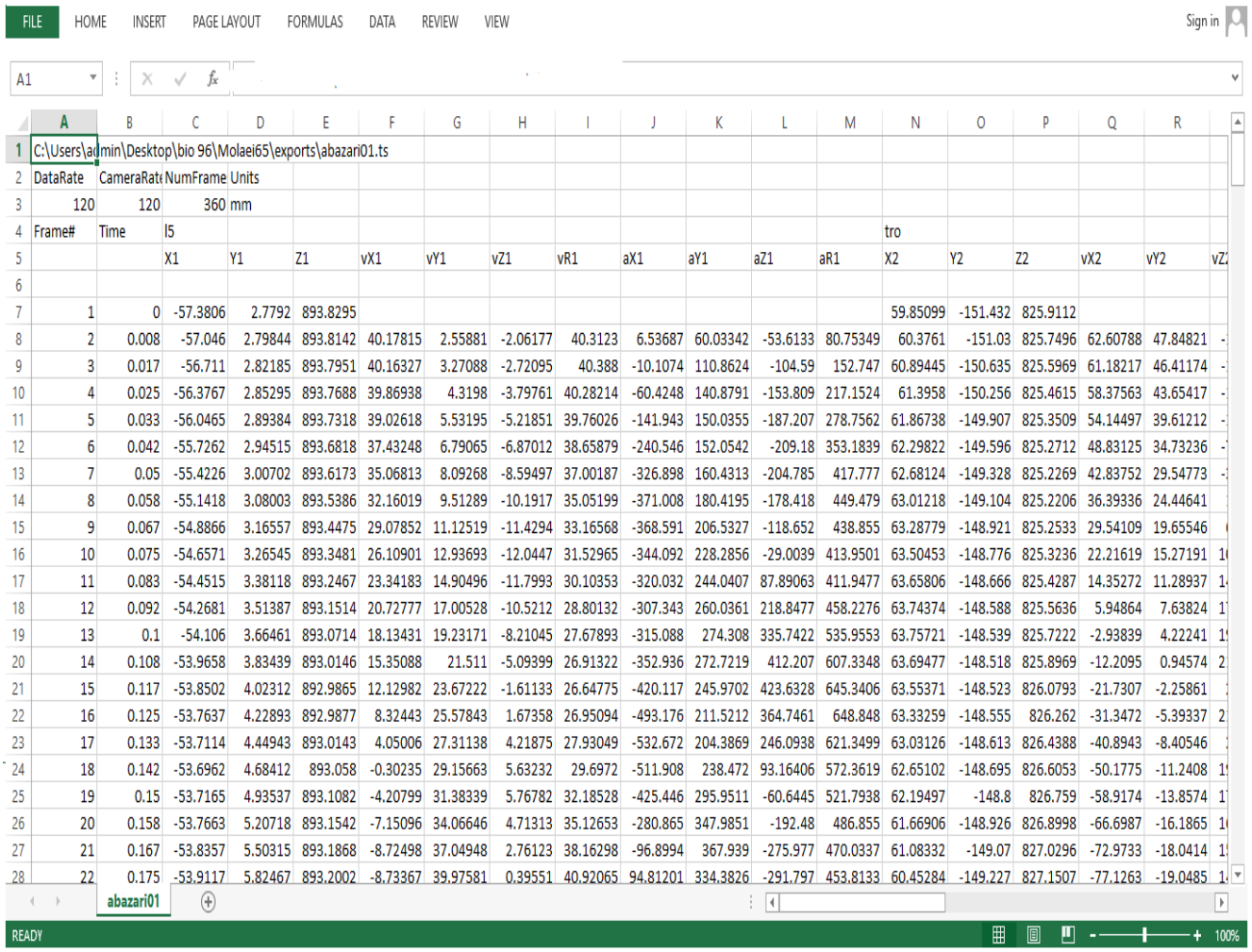
نکته: اگر حین *export* داده ها، پیغام *save* روی مانیتور رویت شد گزینه *NO* انتخاب شود. چون ممکن است برای مثال ۱۶ مارکر وجود داشته باشد و فعلا فقط ۸ مارکر *export* شود. بنابراین اگر گزینه *yes* انتخاب شود تغییرات کنونی *save* می شود. یعنی اطلاعات ۸ مارکر ذخیره و بقیه حذف می شود. ولی اگر گزینه *no* انتخاب شود، هنوز همه اطلاعات در سیستم است و می‌توان دوباره از کلیه آن ها استفاده کرد.

آنالیز داده های کینماتیکی

روند پردازش داده های کینماتیکی به دو صورت ۲ بعدی و ۳ بعدی می باشد. در روش ۳ بعدی که نیازمند مارکر گذاری خاصی نیز می باشد به برنامه نویسی نیاز داریم که معمولا توسط نرم افزار *MATLAB* انجام می شود و مباحث گسترده ای را به دنبال خود دارد. (از آنالیز ۳ بعدی زمانی استفاده می شود که میزان چرخش در یک عضو نیاز به بررسی داشته باشد).

آنالیز داده های کینماتیک ۲ بعدی:

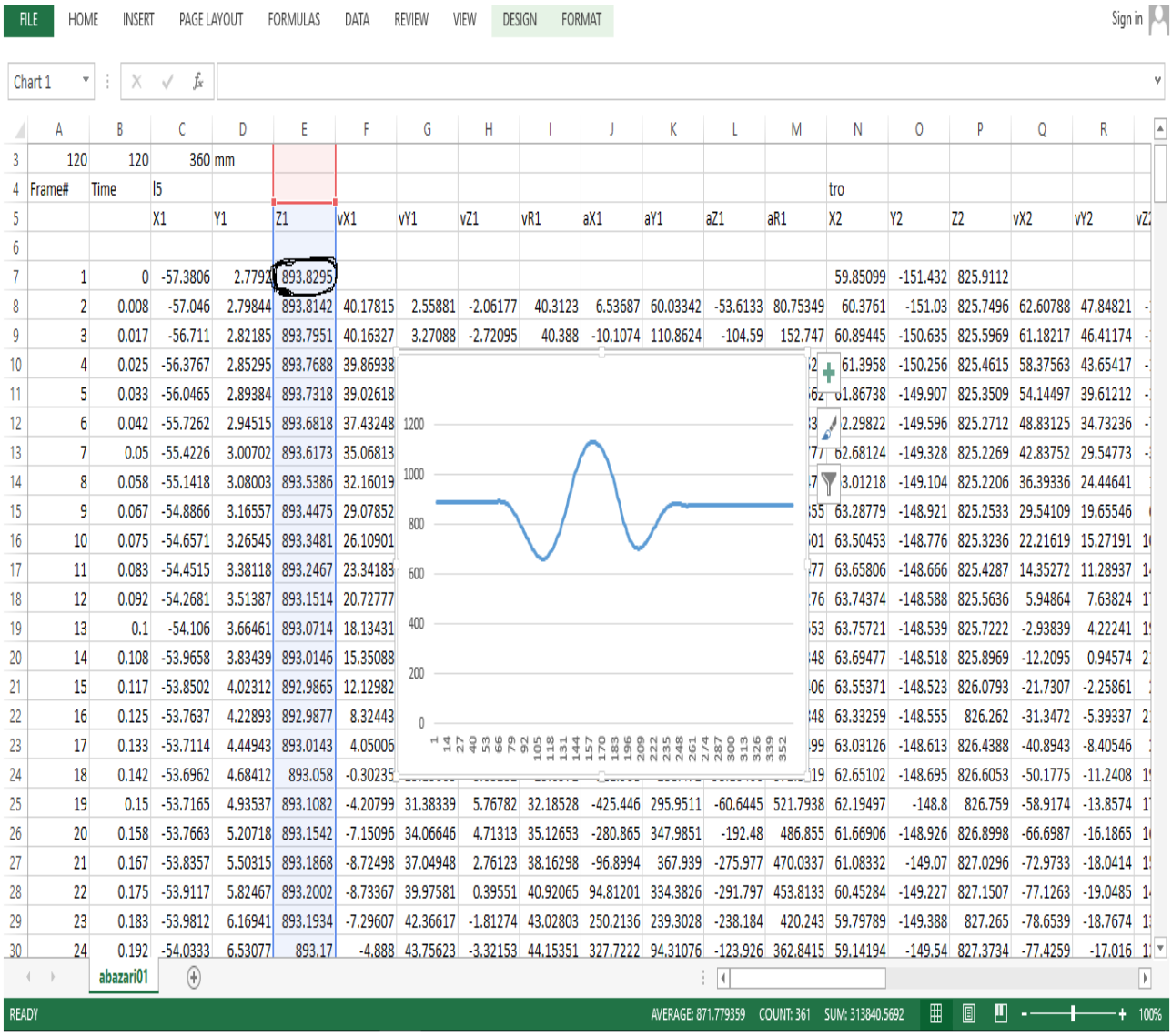
در اینجا برای نمونه دیتای حاصل از یک پرش و فرود آورده شده است.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	C:\Users\admin\Desktop\bio 96\Molaei65\exports\abazari01.ts																	
2	DataRate	CameraRate	NumFrame	Units														
3	120	120	360	mm														
4	Frame#	Time	l5											tro				
5			X1	Y1	Z1	vX1	vY1	vZ1	vR1	aX1	aY1	aZ1	aR1	X2	Y2	Z2	vX2	vY2
6																		
7	1	0	-57.3806	2.7792	893.8295									59.85099	-151.432	825.9112		
8	2	0.008	-57.046	2.79844	893.8142	40.17815	2.55881	-2.06177	40.3123	6.53687	60.03342	-53.6133	80.75349	60.3761	-151.03	825.7496	62.60788	47.84821
9	3	0.017	-56.711	2.82185	893.7951	40.16327	3.27088	-2.72095	40.388	-10.1074	110.8624	-104.59	152.747	60.89445	-150.635	825.5969	61.18217	46.41174
10	4	0.025	-56.3767	2.85295	893.7688	39.86938	4.3198	-3.79761	40.28214	-60.4248	140.8791	-153.809	217.1524	61.3958	-150.256	825.4615	58.37563	43.65417
11	5	0.033	-56.0465	2.89384	893.7318	39.02618	5.53195	-5.21851	39.76026	-141.943	150.0355	-187.207	278.7562	61.86738	-149.907	825.3509	54.14497	39.61212
12	6	0.042	-55.7262	2.94515	893.6818	37.43248	6.79065	-6.87012	38.65879	-240.546	152.0542	-209.18	353.1839	62.29822	-149.596	825.2712	48.83125	34.73236
13	7	0.05	-55.4226	3.00702	893.6173	35.06813	8.09268	-8.59497	37.00187	-326.898	160.4313	-204.785	417.777	62.68124	-149.328	825.2269	42.83752	29.54773
14	8	0.058	-55.1418	3.08003	893.5386	32.16019	9.51289	-10.1917	35.05199	-371.008	180.4195	-178.418	449.479	63.01218	-149.104	825.2206	36.39336	24.44641
15	9	0.067	-54.8866	3.16557	893.4475	29.07852	11.12519	-11.4294	33.16568	-368.591	206.5327	-118.652	438.855	63.28779	-148.921	825.2533	29.54109	19.65546
16	10	0.075	-54.6571	3.26545	893.3481	26.10901	12.93693	-12.0447	31.52965	-344.092	228.2856	-29.0039	413.9501	63.50453	-148.776	825.3236	22.21619	15.27191
17	11	0.083	-54.4515	3.38118	893.2467	23.34183	14.90496	-11.7993	30.10353	-320.032	244.0407	87.89063	411.9477	63.65806	-148.666	825.4287	14.35272	11.28937
18	12	0.092	-54.2681	3.51387	893.1514	20.72777	17.00528	-10.5212	28.80132	-307.343	260.0361	218.8477	458.2276	63.74374	-148.588	825.5636	5.94864	7.63824
19	13	0.1	-54.106	3.66461	893.0714	18.13431	19.23171	-8.21045	27.67893	-315.088	274.308	335.7422	535.9553	63.75721	-148.539	825.7222	-2.93839	4.22241
20	14	0.108	-53.9658	3.83439	893.0146	15.35088	21.511	-5.09399	26.91322	-352.936	272.7219	412.207	607.3348	63.69477	-148.518	825.8969	-12.2095	0.94574
21	15	0.117	-53.8502	4.02312	892.9865	12.12982	23.67222	-1.61133	26.64775	-420.117	245.9702	423.6328	645.3406	63.55371	-148.523	826.0793	-21.7307	-2.25861
22	16	0.125	-53.7637	4.22893	892.9877	8.32443	25.57843	1.67358	26.95094	-493.176	211.5212	364.7461	648.848	63.33259	-148.555	826.262	-31.3472	-5.39337
23	17	0.133	-53.7114	4.44943	893.0143	4.05006	27.31138	4.21875	27.93049	-532.672	204.3869	246.0938	621.3499	63.03126	-148.613	826.4388	-40.8943	-8.40546
24	18	0.142	-53.6962	4.68412	893.058	-0.30235	29.15663	5.63232	29.6972	-511.908	238.472	93.16406	572.3619	62.65102	-148.695	826.6053	-50.1775	-11.2408
25	19	0.15	-53.7165	4.93537	893.1082	-4.20799	31.38339	5.76782	32.18528	-425.446	295.9511	-60.6445	521.7938	62.19497	-148.8	826.759	-58.9174	-13.8574
26	20	0.158	-53.7663	5.20718	893.1542	-7.15096	34.06646	4.71313	35.12653	-280.865	347.9851	-192.48	486.855	61.66906	-148.926	826.8998	-66.6987	-16.1865
27	21	0.167	-53.8357	5.50315	893.1868	-8.72498	37.04948	2.76123	38.16298	-96.8994	367.939	-275.977	470.0337	61.08332	-149.07	827.0296	-72.9733	-18.0414
28	22	0.175	-53.9117	5.82467	893.2002	-8.73367	39.97581	0.39551	40.92065	94.81201	334.3826	-291.797	453.8133	60.45284	-149.227	827.1507	-77.1263	-19.0485

با توجه به شکل بالا که فضای نرم افزار *excel* را نشان می دهد برای هر مارکر موارد جا به جایی، سرعت و شتاب در سه جهت $x.y,z$ نشان داده شده است. (برای موارد سرعت علامت v و موارد شتاب a)

نکته: x نشان دهنده حرکت رو به جلو و عقب (صفحه ساجیتال)، y نشان دهنده حرکات جانبی(سطح فرونتال) و z نشان دهنده حرکت عمودی بالا و پایین (سطح فرونتال) هستند.



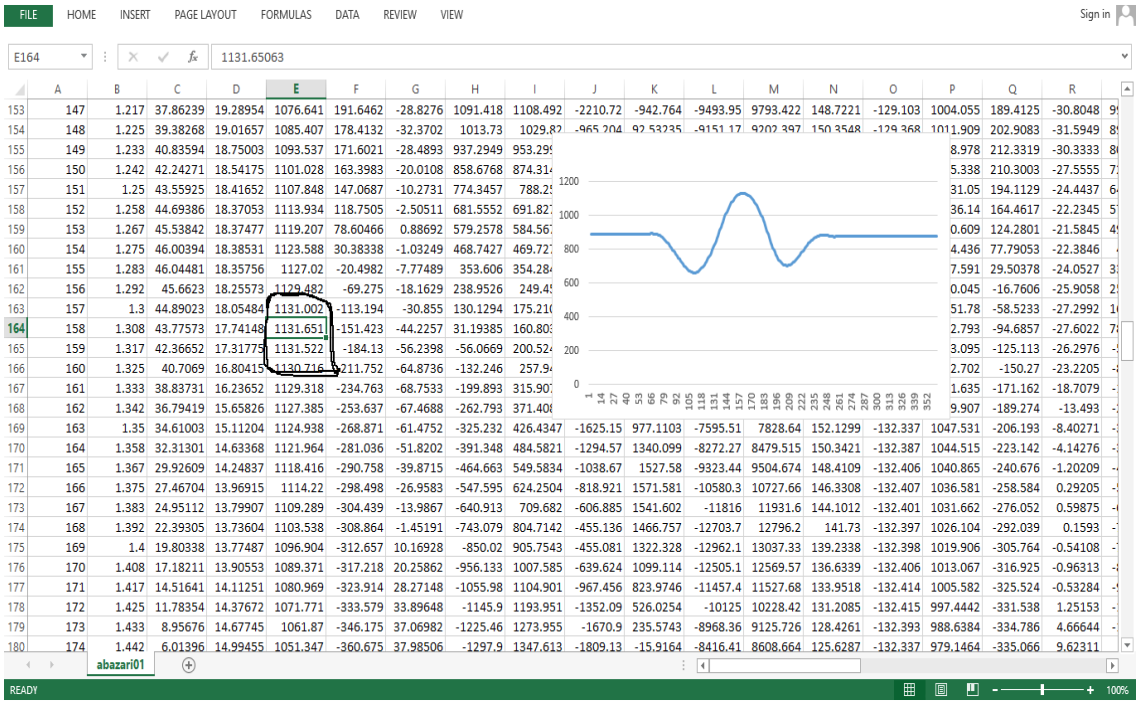
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
3	120	120	360	mm														
4	Frame#	Time	l5											tro				
5			X1	Y1	Z1	vX1	vY1	vZ1	vR1	aX1	aY1	aZ1	aR1	X2	Y2	Z2	vX2	vY2
6																		
7	1	0	-57.3806	2.7792	893.8295									59.85099	-151.432	825.9112		
8	2	0.008	-57.046	2.79844	893.8142	40.17815	2.55881	-2.06177	40.3123	6.53687	60.03342	-53.6133	80.75349	60.3761	-151.03	825.7496	62.60788	47.84821
9	3	0.017	-56.711	2.82185	893.7951	40.16327	3.27088	-2.72095	40.388	-10.1074	110.8624	-104.59	152.747	60.89445	-150.635	825.5969	61.18217	46.41174
10	4	0.025	-56.3767	2.85295	893.7688	39.86938								61.3958	-150.256	825.4615	58.37563	43.65417
11	5	0.033	-56.0465	2.89384	893.7318	39.02618								61.86738	-149.907	825.3509	54.14497	39.61212
12	6	0.042	-55.7262	2.94515	893.6818	37.43248								62.29822	-149.596	825.2712	48.83125	34.73236
13	7	0.05	-55.4226	3.00702	893.6173	35.06813								62.68124	-149.328	825.2269	42.83752	29.54773
14	8	0.058	-55.1418	3.08003	893.5386	32.16019								63.01218	-149.104	825.2206	36.39336	24.44641
15	9	0.067	-54.8866	3.16557	893.4475	29.07852								63.28779	-148.921	825.2533	29.54109	19.65546
16	10	0.075	-54.6571	3.26545	893.3481	26.10901								63.50453	-148.776	825.3236	22.21619	15.27191
17	11	0.083	-54.4515	3.38118	893.2467	23.34183								63.65806	-148.666	825.4287	14.35272	11.28937
18	12	0.092	-54.2681	3.51387	893.1514	20.72777								63.74374	-148.588	825.5636	5.94864	7.63824
19	13	0.1	-54.106	3.66461	893.0714	18.13431								63.75721	-148.539	825.7222	-2.93839	4.22241
20	14	0.108	-53.9658	3.83439	893.0146	15.35088								63.69477	-148.518	825.8969	-12.2095	0.94574
21	15	0.117	-53.8502	4.02312	892.9865	12.12982								63.55371	-148.523	826.0793	-21.7307	-2.25861
22	16	0.125	-53.7637	4.22893	892.9877	8.32443								63.33259	-148.555	826.262	-31.3472	-5.39337
23	17	0.133	-53.7114	4.44943	893.0143	4.05006								63.03126	-148.613	826.4388	-40.8943	-8.40546
24	18	0.142	-53.6962	4.68412	893.058	-0.30235								62.65102	-148.695	826.6053	-50.1775	-11.2408
25	19	0.15	-53.7165	4.93537	893.1082	-4.20799	31.38339	5.76782	32.18528	-425.446	295.9511	-60.6445	521.7938	62.19497	-148.8	826.759	-58.9174	-13.8574
26	20	0.158	-53.7663	5.20718	893.1542	-7.15096	34.06646	4.71313	35.12653	-280.865	347.9851	-192.48	486.855	61.66906	-148.926	826.8998	-66.6987	-16.1865
27	21	0.167	-53.8357	5.50315	893.1868	-8.72498	37.04948	2.76123	38.16298	-96.8994	367.939	-275.977	470.0337	61.08332	-149.07	827.0296	-72.9733	-18.0414
28	22	0.175	-53.9117	5.82467	893.2002	-8.73367	39.97581	0.39551	40.92065	94.81201	334.3826	-291.797	453.8133	60.45284	-149.227	827.1507	-77.1263	-19.0485
29	23	0.183	-53.9812	6.16941	893.1934	-7.29607	42.36617	-1.81274	43.02803	250.2136	239.3028	-238.184	420.243	59.79789	-149.388	827.265	-78.6539	-18.7674
30	24	0.192	-54.0333	6.53077	893.17	-4.888	43.75623	-3.32153	44.15351	327.7222	94.31076	-123.926	362.8415	59.14194	-149.54	827.3734	-77.4259	-17.016

در شکل بالا نمودار مربوط به تغییرات جابجایی مارکر مهره $l5$ در جهت عمودی نشان داده شده است. در ابتدا نمودار به صورت خطی صاف می باشد که نشان دهنده بی حرکت بودن آزمودنی است و می توان مشخص کرد که آزمودنی تا حدود فریم ۶۶ در جهت عمودی هیچ حرکتی نداشته است.

مثال- برای به دست آوردن حداکثر ارتفاع پرش آزمودنی به این صورت عمل می کنیم: اول در فریم های ابتدایی حرکت که آزمودنی حرکت عمودی نداشته است عدد مربوط به ارتفاع مارکر $l5$ را یادداشت می کنیم.(در شکل نشان داده شده)

سپس با توجه به نمودار نشان داده شده در شکل متوجه می شویم که حداکثر ارتفاع مارکر $l5$ در محدوده فریم ۱۵۷ قرار دارد، در

آن محدوده به دنبال بزرگ ترین عدد میگردیم.



با توجه به شکل عدد مربوطه را پیدا می کنیم. و با به دست آوردن اختلاف دو عدد مقدار پرش آزمودنی را به دست می آوریم:

1131.65-893.82=237.83

با توجه به محاسبات مقدار پرش آزمودنی ۲۳۷/۸۳ میلی متر بوده است.

با ارزوی موفقیت و پیروزی