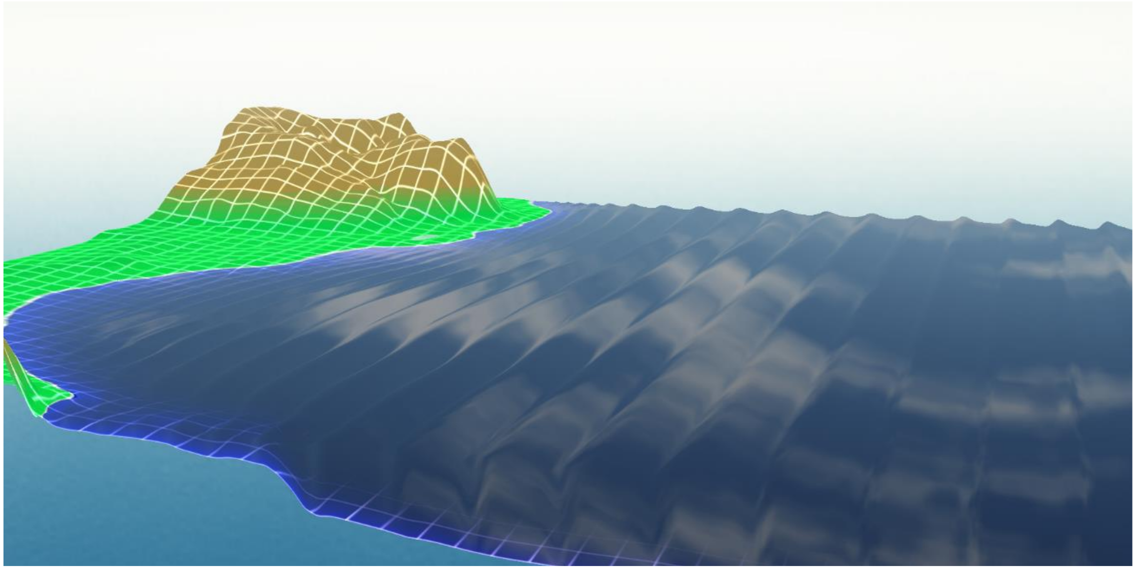
CELERIS ADVENT (v1.0)

راهنمای کاربر (V1.0)



Written by:
Sasan Tavakkol,
Patrick Lynett, PhD

Translated to Farsi by:
Morteza Marosi
Hamed Sarkardeh, PhD

ترجمه به فارسی: مهندس مرتضی ماروسی، دکتر حامد سرکرده

November 5, 2017

مقدمه

متن حاضر راهنمای استفاده از نرم افزار Celeris می باشد که برای شبیه سازی و پردازش امواج استفاده می شود. این نرم افزار معادلات بوسینسک توسعه داده شده را حل می کند و با بهره گیری از واحد پردازش گرافیکی کامپیوتر (GPU) باعث تسریع در محاسبات می شود. نرم افزار Celeris از روش حجم محدود و تفاضل محدود هیبریدی برای جداسازی معادلات حل، بهره می گیرد که به شکل معادلات بقایی استفاده می شوند. عبارت (w,P,Q) مشخصات جریان را در هر سلول نشان می دهد، که w بیانگر سطح آب در سلول نسبت به یک مبدا ثابت می باشد. P و Q به ترتیب بیانگر فلاکس های جرمی کل در جهت های x و y می باشند. جزئیات حل عددی و همچنین نحوه استفاده از نرم افزار خارج از اهداف این متن بوده و در جاهای دیگر قابل دستیابی است [1].

نرم افزار برای یک آزمایش خاص یک فایل با فرمت XML را به عنوان فایل ورودی دریافت می کند و دارای یک رابط گرافیکی کاربر (GUI) نیز می باشد. نرم افزار داده ها را به صورت فایل هایی متنی با فرمت ASCII ذخیره می کند. این راهنما در مورد فرمت فایل ها و همچنین رابط گرافیکی کاربر بحث می کند. به خاطر داشته باشید که نرم افزار Celeris از سیستم متریک استفاده می کند.

فایل های ورودی (Input files)

همانطور که گفته شد در این نرم افزار از فایل هایی با فرمت XML استفاده می شود، بیشتر به این خاطر که هم به وسیله انسان و هم به وسیله ماشین قابل خواندن هستند. هر ویرایشگر متنی مانند ++notepad می تواند جهت ویرایش این فایل ها مورد استفاده قرار گیرد. یک المان به طور کلی با یک نشانه آغازین شروع شده و با همان نشانه تمام می شود و کاراکترهای بین این دو، مقادیر آن المان می باشند. برای نمونه شکل ۱ المانی را نشان می دهد که نام یک آزمایش را نشان می دهد.

```
<name>Conical Island</name>
```

شکل ۱- مثال از یک المان XML

یک المان می تواند شامل المان های دیگر باشد و در واقع تمام المان ها در یک فایل XML باید در یک المان به نام المان اصلی یا ریشه قرار گیرد. علاوه بر محتوا، المان ها می توانند دارای یک سری مشخصه باشند. برای مثال شکل ۲ المان `<westBoundary>` را نشان می دهد. این المان سه مشخصه به نام های type ، seaLevel و

widthNum دارد. همچنین شامل المانی به نام <sineWave> نیز می باشد. این شکل به عنوان نمونه دارای یک توضیح می باشد. توضیحات در فایل XML با علامت <!- شروع و با علامت --> پایان می یابد.

```
<!-- Settings for Boundaries-->
<westBoundary type = "SineWave" seaLevel = 0 widthNum = 2>
    <sineWave amplitude = .01 period = 2 theta = 0></sineWave>
</westBoundary>
```

شکل۲- یک المان XML که شامل المان های دیگری است

برای تشخیص فایل های ورودی نرم افزار از فایل های XML معمولی، پسوند فایل ها به CML تغییر داده شده است. این فایل ها مانند هر فایل XML دیگری می تواند به راحتی با هر نرم افزار ویرایشگر متنی استاندارد ویرایش شود. شکل ۳ یک فایل کامل CML را برای یک آزمایش نمونه نشان می دهد. در این قسمت گام به گام به توضیح قسمت های مختلف این فایل پرداخته می شود. المان اصلی <Experiment> می باشد و هر المان دیگری باید در درون این المان قرار گیرد. نام پروژه در المان <name> قرار می گیرد. مقادیر این ردیف در نوار عنوان Celeris قرار می گیرد.

آماده سازی مدل (Model Setting)

تنظیمات مدل در المان <model> که دارای مشخصه *type* می باشد و دو المان <parameters> و <friction> که هر کدام دارای چندین مشخصه هستند، قرار می گیرد. مشخصه *type* می تواند به صورت "*BSNQ*" و یا "*NLSW*" انتخاب شود تا بین معادلات آب های کم عمق و مدل بوسینسک یکی انتخاب شود. اپسیلون ϵ دارای مقدار کمی می باشد که به علت جلوگیری از به وجود آمدن عبارت تقسیم بر صفر در معادلات استفاده می شود. مقدار این پارامتر می تواند بر روی نتایج و پایداری مدل تاثیر بگذارد. مقادیر زیاد باعث می شود که برنامه پایدارتر باشد اما باعث افزایش غیر عادی مقادیر در نتایج می شود. به طور کلی می توان گفت نتایج شبیه سازی در جاهایی که عمق آب کمتر از $\epsilon^{1/4}$ می باشد، به لحاظ فیزیکی درست نیست. شاخص correctionStepsNum بیانگر گام های اصلاحی و شاخص *timestep* بیانگر گام های زمانی (*dt*) بر حسب ثانیه می باشد. شاخص *type* در المان friction، می تواند بین "*Manning*" و "*Quadratic*" انتخاب شود. بسته به مقدار *type*، شاخص *coef* هم می تواند شاخص زبری مانینگ (*n*) در سیستم متریک و یا ضریب زبری (*f*) باشد.

```
<?xml version="1.0"?>
```

```xml
<Experiment>
    <name>Sample Experiment</name>
    <!-- Settings for Model -->
    <model type = "BSNQ">
        <parameters epsilon = 5e-12 correctionStepsNum = 2 timestep = 0.005></parameters>
        <friction type = "Manning" coef = 0.0> </friction>
    </model>
    <!-- Settings for Solution field -->
    <fieldDimensions width = 30 length = 30 stillWaterElevation = 0></fieldDimensions>
    <gridSize nx = 601 ny = 601></gridSize>
    <bathymetryFilePath> \resources\bathy.cbf </bathymetryFilePath>
    <!-- Settings for Initial Condition -->
    <hotStartFilePath> N/A </hotStartFilePath>
    <solitaryWave H = 0.05 theta = 0   xc = 5 yc = 15></solitaryWave>
    <solitaryWave H = 0.05 theta = -45 xc = 5 yc = 25></solitaryWave>
    <!-- Settings for Boundaries-->
    <westBoundary type = "SineWave" seaLevel = 0 widthNum = 2>
        <sineWave amplitude = .01 period = 2 theta = 0></sineWave>
    </westBoundary>
    <eastBoundary  type = "Sponge" seaLevel = 0 widthNum = 20></eastBoundary>
    <southBoundary type = "Solid"  seaLevel = 0 widthNum = 2></southBoundary>
    <northBoundary type = "Solid"  seaLevel = 0 widthNum = 2></northBoundary>
    <!-- Settings for Logging Data-->
    <logData doLog = true logStep = 20>
        <logPath>C:\conical_island\</logPath>
        <range filename = "island">
            <bottomLeft x = 228 y = 228></bottomLeft>
            <topRight x = 374 y = 374></topRight>
        </range>
        <gauges filename = "gauges">229,302,249,302,353,302,354,302</gauges>
    </logData>
</Experiment>
```

شکل۳- مثالی از یک فایل ورودی CML

پارامترهای میدان حل (**Field Parameters**)

المان های `<fieldDimensions>, <gridSize>, <bathymetryFilePath>` ویژگی های میدان حل را نشان می دهند. اولین المان در این لیست دارای سه مشخصه عرض (*width*)، طول (*Length*) و سطح آب ساکن (*StillWaterElevation*) می باشد که باید بر حسب متر مشخص شوند. توجه کنید که در *Celeris* عرض میدان حل در جهت x و طول آن در جهت y تعریف می شود. سطح آب ساکن با توجه به یک سطح مبنای ثابت و بیشتر اوقات صفر تعیین می شود. المان `<gridSize>` دارای شاخص های nx و ny می باشد که مربوط به تعداد سلول ها به ترتیب در جهت x و y می باشد. شاخص `<bathymetryFilePath>` نیز بیانگر آدرس فایل باتیمتری به صورت نسبی و یا مطلق می باشد (*.cbf*). اگر *path* به صورت نسبی استفاده شود، *Celeris* می کوشد تا فایل نسبی در ارتباط با مکان فایل *CML* خودش را پیدا کند.

فایل های باتیمتری در *Celeris*، فایل های متنی از نوع *ASCII* با پسوند "cbf"می باشند. شکل ۴ یک نمونه از فایل cbf را نشان می دهد. همان طور که دیده می شود، فایل با دو عبارت [nx] و [ny] شروع می شود که به ترتیب تعداد سلول ها در جهت x و y را نشان می دهد. عبارات توضیحی بیشتری در نسخه های بعدی

Celeris به این قسمت اضافه خواهد شد. قسمت properties با یک سری علامت "=" تمام می شود. بعد از آن فایل ماتریسی باتیمتری داده می شود. یکسری فایل آغازگر نرم افزارMATLAB به نام "write_bathy.m" با Celeris تهیه شده است که کمک می کند تا فایل های باتیمتری ساخته شوند. چنانچه تعداد سلول های فایل باتیمتری ([nx] , [ny]) با تعداد سلول های میدان حل متفاوت باشند، نرم افزار از میان یابی خطی جهت تولید فایل باتیمتری استفاده می کند.

```
[nx] 100
[ny] 50

====================================
-0.45000000 -0.40000000 -0.35000000 ...
-0.45000000 -0.40000000 ...
-0.45000000 ...
     ⋮
```

شکل۴- مثالی از یک فایل باتیمتری

شرایط اولیه (Initial Conditions)

دو نوع شرط اولیه می تواند در نرم افزار مورد استفاده قرار بگیرد. اول فایل آغازین Celeris با پسوند (*.chf) که می تواند با تعیین محتوای المان <hotStartFilePath> به عنوان شرایط اولیه به نرم افزار داده شود. این فایل باید مقادیر W و P و Q را در تمام دامنه تعیین کند و می تواند مانند فایل های خروجی نرم افزار ویرایش شود. نرم افزار برای این فایل از روش میان یابی استفاده نمی کند و در نتیجه فایل ورودی باید دقیقا باید دارای همان تعداد سلول در هر دو جهت تعیین شده باشد. دوم، تعدادی سالیتون (موج منفرد) می تواند به عناون شرایط اولیه به مدل معرفی شود. مشخصات یک سالیتون می تواند در مشخصات المان <solitaryWave> تعیین شود. این مشخصات شامل ارتفاع موج (H) بر حسب متر، جهت موج نسبت به محور X بر حسب درجه (theta) و مختصات مرکز موج (xc,yc) می باشد.

شرایط مرزی (Boundary Conditions)

نرم افزار از دو لایه سلول صوری در هر کدام از اطراف میدان حل جهت تعیین شرایط مرزی استفاده می کند. این بدان معنی است که Celeris برای تعریف یک میدان با تعداد nx و ny ماتریسی به اندازه (nx+4) × (ny+4) استفاده می کند تا پارامترهای میدان جریان را ذخیره کند. اندیس های سلول ها از صفر در هر دو جهت شروع شده و با اندیس nx+3 و ny+3 در دو طرف به پایان می رسد. مرزهای چپ و راست موازی با محور y هستند و به ترتیب در xj = 2 و xj = nx+1 قرار می گیرند. به طور مشابه مرزهای پایین و بالا موازی

با محور xها و به ترتیب در آرایه yi = 2 و yi = ny+1 قرار می گیرند. شرایط مرزی در تمام چهار جهت باید در فایل ورودی CML در المان های<eastBoundary>, <southBoundary> <northBoundary>, <westBoundary>تعیین شوند. شاخص type مربوط به مرز می تواند "Solid" برای دیوارهای صلب منعکس کننده موج، "Sponge" برای لایه های اسفنج مانند و "SineWave" برای مرزی که دارای ابزار تولید کننده امواج سینوسی (sinewave maker) باشد. شاخص seaLevel مربوط به سطح آب ساکن در مرز است که در بیشتر کارهای مهندسی مربوط به سواحل باید برابر با مقدار stillWaterElevation باشد. شاخص widthNum معرف تعداد سلول های مرزی می باشد. این مقدار باید برای مرزهای ”Solid“ و "SineWave" عدد ۲ و متناسب با طول لایه های اسفنجی یک عدد مناسب برای مرزهای از نوع "Sponge" می باشد. چنانچه مرز از نوع "SineWave" تعیین شود، المان مرزی باید شامل یک المان به نام <sineWave> باشد که مبین مشخصات موج سینوسی مدنظر می باشد.

h

فایل های خروجی (Output files)

نرم افزارCeleris می تواند پارامترهای P،w و Q را به فرمت ASCII ذخیره کند. از آن جائی که ذخیره اطلاعات به طور کلی زمان بر می باشد، Celeris دارای گزینه ای است که می توان داده ها را در زمان و مکان های مشخص ذخیره کرد. المان <logData> که در نرم افزار به همین نام خوانده می شود مکانی برای خروجی ها و همچنین ورود مشخصات است که شامل المان های دیگری نیز می باشد. شاخص doLog جهت فعال بودن باید در حالت true و جهت غیر فعال بودن در حالت false باشد. عبارت logStep برای تعریف گام های حل از جمله تعداد گام های زمانی می باشد. محتویات المان <logPath> باید در حالت نسبی (relative) و یا مطلق (absolute) آدرس فولدری که می خواهید فایلها در آن ذخیره شوند را نشان دهد. توجه کنید که این فولدر باید روی سیستم شما وجود داشته باشد و در غیر این صورت نرم افزار آن را ایجاد نخواهد کرد.

مکان های ورود داده ها به وسیله اندیس سلول ها در میدان جریان تعریف می شوند. دو نوع مکان قابل تعریف می باشد. نوع اول یک دامنه است که به وسیله دو نقطه متقابل یک مستطیل در میدان تعریف می شود. دامنه ها در المان <range> تعریف می شوند و شاخص *filename* نام فایل برای دامنه تعریف شده می باشد. المان دامنه باید شامل دو المان دیگر به نام های <bottomLeft> و <topRight> هر کدام با دو شاخص x و y باشد. این المان ها گوشه های یک مستطیل را به ترتیب با ماکزیمم و مینیمم x و y تعریف می کنند. ذکر این نکته ضروری است که شاخص های x و y فاصله بر حسب متر نیستند بلکه اندیس های سلول می باشند. همچنین کاربر باید بداند که همیشه شماره درست سلول ها را همان طور که در بخش شرایط مرزی گفته شد، به صورت

درست به کار برد. فایل CML دارای چندین بازه برای ورود داده ها می باشد. برای مثال برای یک مساله که دارای دو جزیره می باشد، بهتر است دو دامنه که هر کدام یک جزیره را پوشش می دهد استفاده شود تا اینکه یک دامنه بزرگ بخواهد برای پوشش دادن هر دو جزیره استفاده شود. همان طور که قبلا گفته شد ذخیره داده ها در فایل شبیه سازی را کند می کند.

داده ها همچنین می توانند در gauge های داده شده و در یک فایل با نام ***filename*** ذخیره شوند. مختصات gauge در یک عبارت (x,y) در داخل المان <gauges> مانند شکل ۳ داده شده اند. داده ها با علامت کاما جدا شده اند و شبیه مختصات های دامنه ها، مقادیر شامل اندیس های سلول می باشد. برای مثال نشان داده شده در شکل ۳، پارامترهای جریان در یک فایل "gauges.txt" که در "C:\conical_island" در gauge های (۳۰۲و۲۲۹)، (۳۰۲و۲۴۹)، (۳۰۲و۳۵۴) و در هر ۲۰ بازه زمانی (timestep) ذخیره می شود. یک فایل CML می تواند فقط یک المان<gauges> داشته باشد.

فایل های خروجی Celeris به فرمت فایل های متنی ASCII با پسوند "txt" می باشند. پارامترهای جریان در سلول های محاسباتی به صورت عبارت (j, i, w, P, Q, alpha) در هر خط وارد می شوند. j و i اندیس های سلول به ترتیب در جهت های x و y می باشند. w و P و Q مشخصات جریان می باشند. آلفا که معمولا برابر با صفر است برای رفع مشکل نرم افزار توسط برنامه نویس مورد استفاده قرار می گیرد و باید به وسیله کاربر نادیده گرفته شود.

رابط گرافیکی کاربر (GUI)

Celeris اولین نرم افزار برای شبیه سازی مسائل مربوط به سواحل می باشد که دارای یک رابط گرافیکی کاربر است که می تواند در حین اجرا مشخصات شبیه سازی و بصری مربوط به شبیه سازی را تغییر داد. به عنوان مثال کاربر می تواند اندازه سلول ها، ضریب زبری و یا عدد CFL را که توسط رابط گرافیکی کاربر استفاده می شود، تغییر دهد. شرایط مرزی می تواند تغییر کند و سالیتون ها می تواند در حین اجرا از مرزها به مدل معرفی شود.

Celeris همچنین دارای چندین گزینه برای مشاهده نتایج در حین اجرای نرم افزار مانند عکس های رنگی و واقعی می باشد. رابط گرافیکی با اجرای نرم افزار و کار کردن با آن بهتر قابل فهم می باشد. یک فایل تصویری کوتاه در این مورد در آدرس https://youtu.be/pCcnPU7PCrg قرار دارد و در اینجا به جزئیات این بخش پرداخته نمی شود.

اجرای نرم افزار

برای اجرای نرم افزار Celeris نیاز به داشتن آخرین نسخه از DirectX می باشد که به طور صحیح بر روی ویندوز نصب شود. این مجموعه به عنوان بخشی از سیستم عامل گردآوری شده است و بنابراین Celeris بر روی نسخه های جدید ویندوز بدون نیاز به کار خاصی قابل اجرا می باشد. با این وجود، بر اساس آخرین بروزرسانی های سیستم عامل، ممکن است نیاز به بروزرسانی وجود داشته باشد. نرم افزار با اجرای فایل "Celeris.exe" قابل استفاده می باشد. اگر خطایی در ارتباط با فایل DirectX نشان داده شد، لطفا DirectX را از اینجا بروزرسانی کنید. آدرس مطلق یک فایل ورودی CML را می توانید در یک فایل به نام "setting.init" قرار دهید که در همان فولدر اصلی قرار دارد. اگر آدرس داده نشده و یا قابل استفاده نمی باشد، Celeris به طور خودکار از کاربر می خواهد که فایل CML را در مرورگر فایل ویندوز انتخاب کند. بعد از آن نرم افزار بلافاصله شروع به اجرا می کند و نتایج را در حین اجرای مدل نشان می دهد. در یک زمان بیش از یک شبیه سازی می تواند به وسیله نرم افزار اجرا شود، ولی باید به این نکته توجه شود که تمام شبیه سازی ها واحد پردازش گرافیکی را بین خود تقسیم می کنند.

مثال آموزشی

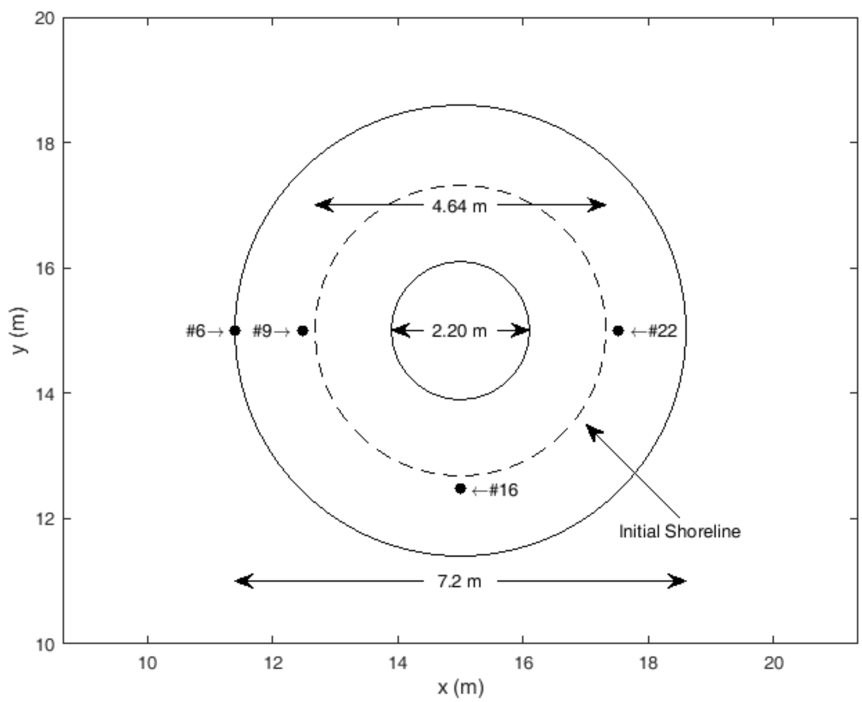
در این بخش ما به صورت گام به گام چگونگی شبیه سازی یک جزیره به شکل مخروط را در نرم افزارCeleris نشان می دهیم. این مثال بر مبنای آزمایش های Briggs et al [2] است که برهم کنش تک موج ها در اطراف یک جزیره مخروطی است و برای راستی آزمایی مدل بوسینسک مکررا استفاده شده است. برای کمک به نوشتن فایل های باتیمتری و پیش پردازش داده های ورودی، تعدادی از فایل هایMATLAB به Celeris اضافه شده است. این فایل ها بخشی از نرم افزار نیستند و Celeris از آن ها استفاده نمی کند.

اولین گام در شبیه سازی آماده سازی فایل باتیمتری آزمایش می باشد. شکل ۵ ستاپ آزمایشگاهی یک جزیره مخروطی شکل را نشان می دهد. ما این آزمایش را برای دامنه ای به ابعاد ۳۰ متر در ۳۰ متر شبیه سازی می کنیم. یک جزیره مخروطی با قطر قاعده ۷/۲ متر و شیب دیواره ۰/۲۵ در مرکز میدان حل قرار گرفته است. پردازش به صورت زیر انجام می شود:

فایل "Example" را باز کنید و فایل "template.cml" را در فولدر "Tutorial Case" قرار دهید. این فولدر دارای یک فایل به نام "conical_island_ready.cml" می باشد که فایل آماده و نهایی این مثال می

باشد. این فولدر نیز شامل یک فایل CBF می باشد که شامل فایل باتیمتری است. یک پوشه با تعدادی فایل MATLAB برای پیش پردازش نیز در آن جا قرار دارد.

فایل "conical_island_ready.cml" را به "conical_island.cml" در یک ویرایشگر متنی استاندارد مانند ++Notepad تغییر نام دهید. گام های بعدی را مانند فایل تصویری "Celeris Tutorial Case.mp4" انجام دهید. در مثال آموزشی ما مورد (c) را با H/d = 0.18 شبیه سازی کرده ایم که H ارتفاع موج و d عمق می باشد. لایه های اسفنجی در مرزهای موازی با سالیتون قرار دارند و دو مرز دیگر دیوارهای صلب فرض شده اند. دامنه حل با تعداد 301x301 سلول تقسیم بندی شده و بازه زمانی حل مقدار ثابت 0.005 ثانیه در نظر گرفته شده است. زبری کف نادیده فرض شده است.



شکل۵- ستاپ آزمایشگاهی جزیره مخروطی. مکان های اندازه گیری بوسیله خط چین مشخص شده اند و موج از سمت چپ به جزیره می رسد.

نتایج شبیه سازی در اطراف جزیره در شکل ۵ طوری تنظیم شده که هر ۲۰ بازه زمانی یک بار ذخیره شوند. بعد از اجرای نرم افزار، نتایج می تواند در MATLAB مشاهده شود. فایل "gauges_read.m" نتایج شبیه سازی را در ۴ gauge مختلف مانند شکل ترسیم می کنند. فایل "runup_island.m" مقادیر ماکزیمم افقی runup در اطراف جزیره را برای نتایج عددی و آزمایشگاهی ترسیم می کنند.