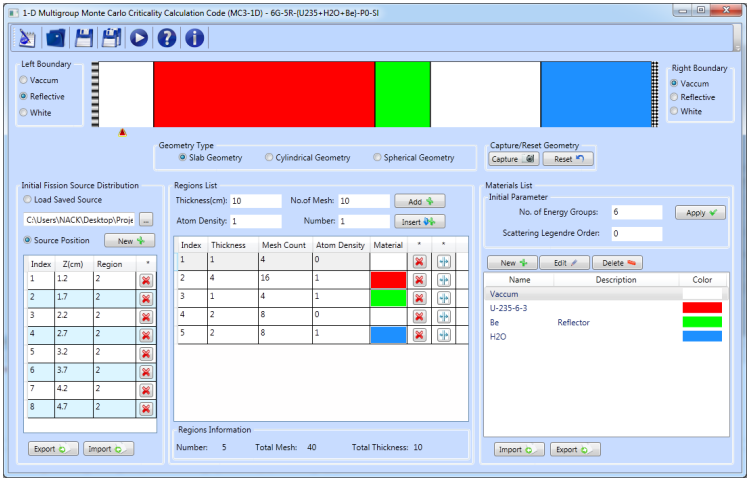
کد محاسباتی یک بعدی ترابرد نوترون برای محاسبات بحرانیت به روش مونت‌کارلو



راهنمای کاربر MC3-1D

بسته یازدهم – ویرایش ۰ - فروردین ۱۳۹۳

ANC-MAN-TEP-CC-100

فهرست مطالب

۱- چکیده ۷

۲- کلیدواژه ۷

۳- دامنه گزارش ۸

۴- رابط گرافیکی کاربر ۸

۵- فایل‌های برنامه ۴۱

۶- لیست میانبرهای برنامه ۴۳

لیست شکل‌ها

شکل ۱: صفحه شروع برنامه ۹
شکل ۲: کادر ایجاد پروژه جدید ۱۰
شکل ۳: نوار ابزار برنامه ۱۱
شکل ۴: صفحه اصلی برنامه ۱۳
شکل ۵: کادر نمایش اطلاعات برنامه ۱۵
شکل ۶: کادر نمایش و دریافت اطلاعات مسئله ۱۶
شکل ۷: کادر نمایش و مدیریت لیست مواد ۱۷
شکل ۸: کادر نمایش و ویرایش اطلاعات ماده ۲۰
شکل ۹: کادر نمایش و ویرایش لیست نواحی ۲۲

شکل ۱۰: کادر دریافت Source ۲۴
شکل ۱۱: ساختار فایل اکسل حاوی Source ۲۵
شکل ۱۲: نمایش هندسه تخت (Slab)، استوانه‌ای (Cylindrical) و کروی (Spherical) ۲۶
شکل ۱۳: انتخاب نوع هندسه ۲۸
شکل ۱۴: تخصیص ماده توسط منوی شناور ۲۹
شکل ۱۵: کادر اجرای برنامه ۳۲
شکل ۱۶: کادر نمایش مقادیر ضریب تکثیر مربوط به نسل‌ها ۳۴
شکل ۱۷: کادر نمایش نمودار ضریب تکثیر متوسط برای نسل‌های فعال ۳۵
شکل ۱۸: کادر نمایش نمودار شار متوسط حجمی در هر مش ۳۶
شکل ۱۹: کادر نمایش نمودار شار متوسط سطحی در مرز مش‌ها ۳۷

شکل ۲۰: کادر نمایش نمودار جریان سطحی در مرز مش‌ها ۳۸
شکل ۲۱: کادر نمایش توزیع توان در هر مش ۳۹
شکل ۲۲: کادر نمایش اطلاعات آماری مربوط به ضریب تکثیر مسئله ۴۰

لیست جدول‌ها

جدول شماره ۱: لیست میانبرهای برنامه ۴۳

۱- چکیده

کد مونت‌کارلو MC3-1D برای انجام محاسبات بحرانیت با استفاده از سطح مقاطع چندگروهی و ناهمسانگرد در هندسه یک بعدی (تیغه‌ای، استوانه‌ای و کروی) بر مبنای روش تکرار چشمه توسعه داده شده است. گزارش حاضر راهنمای کاربری کد محاسباتی MC3-1D می‌باشد که در آن نحوه استفاده از نرم‌افزار جهت تعریف هندسه، تعریف مواد، تعریف چشمه و نحوه اجرا و نمایش خروجی توضیح داده شده است.

۲- کلیدواژه

محاسبات بحرانیت یک بعدی، روش مونت‌کارلو، ضریب تکثیر مؤثر، شار متوسط حجمی، شار متوسط سطحی، جریان سطحی.

۳- دامنه گزارش

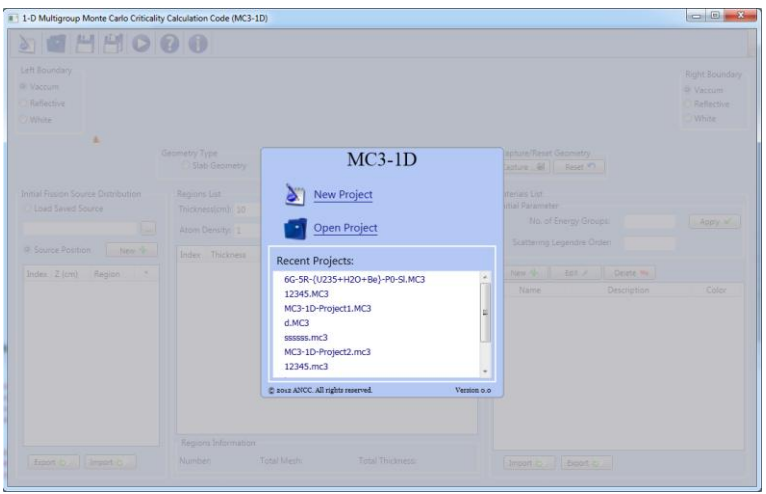
در این راهنما، کاربران با قابلیت‌ها و بخش‌های مختلف رابط گرافیکی کد MC3-1D جهت انجام محاسبات بحرانیت به روش مونت‌کارلو و استخراج و نمایش نتایج آشنا خواهند شد.

۴- رابط گرافیکی کاربر

ساختار این نرم‌افزار به طور کلی از هشت جزء و یک نوار ابزار تشکیل شده است، که در ادامه توضیحاتی راجع به هر بخش بیان می‌شود.

۴-۱- صفحه شروع برنامه

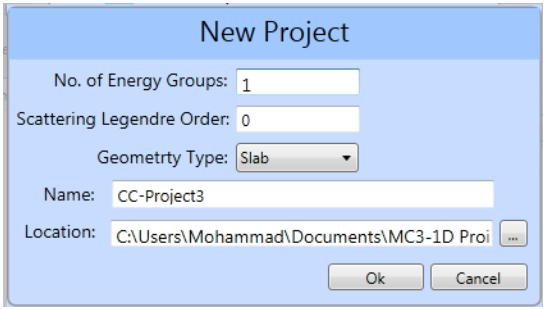
با اجرا نمودن فایل اجرایی بعد از نمایش صفحه معرفی برنامه، پنجره مدیریت پروژه مطابق شکل ۱ پدیدار می‌گردد.



شکل ۱: صفحه شروع برنامه

این صفحه شامل سه قسمت است:

۱. New Project: که با کلیک بر آن کادر شکل ۲ باز می‌شود تا اطلاعات اولیه را (شامل تعداد گروه انرژی، مرتبه‌ی بسط لژاندر پراکندگی، نوع هندسه مسئله، نام پروژه و آدرس ذخیره‌سازی فایل پروژه) برای ایجاد پروژه دریافت کند.



شکل ۲: کادر ایجاد پروژه جدید

۲. Open Project: این دکمه برای باز کردن پروژه از قبل ذخیره شده می‌باشد.

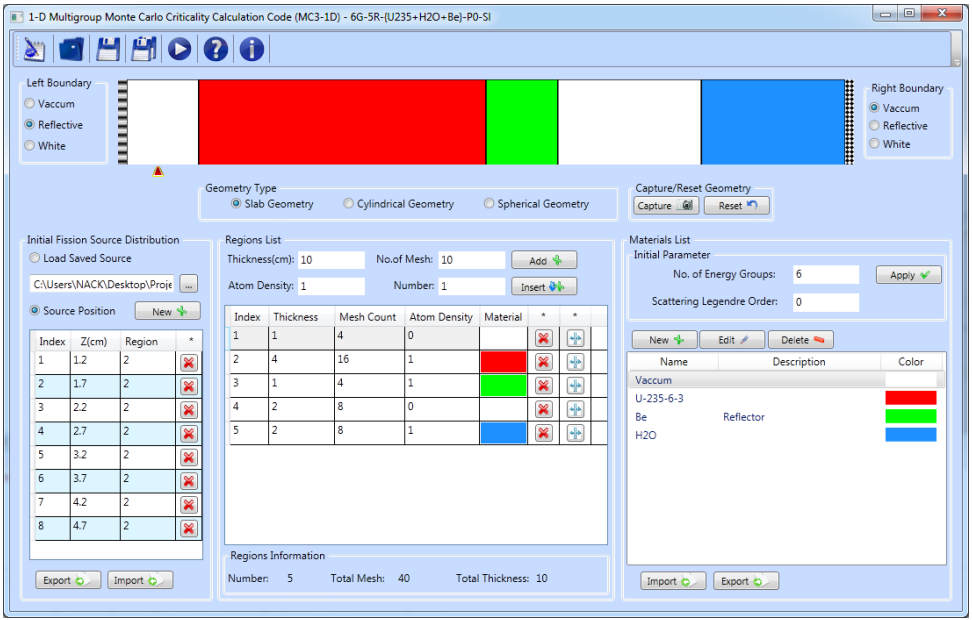
۳. Recent Projects: در این بخش لیستی از آخرین پروژه‌هایی که در نرم‌افزار روی آن کار شده نمایش داده می‌شود.

۴-۲- نوار ابزار برنامه

همانطور که در شکل ۳ ملاحظه می‌شود این نوار ابزار شامل ۶ قسمت می‌باشد که عملکرد هر یک به شرح زیر است:

شکل ۳: نوار ابزار برنامه

- New Project File: با انتخاب این گزینه ، می‌توان یک پروژه جدید باز نمود. کلید میانبر برای این دکمه(Ctrl+N) می‌باشد.
- Open Project File: با انتخاب این گزینه ، می‌توان یک فایل پروژه موجود، که قبلاً (با پسوند ".MC3") ایجاد شده را انتخاب نمود. سپس با کلیک بر روی گزینه "Ok" صفحه اصلی برنامه به همراه اطلاعات موجود در فایل ورودی پدیدار می‌شود (شکل ۴ نمونه‌ای از فایل پروژه باز شده در برنامه است). کلید میانبر برای این دکمه (Ctrl+O) است.



شکل ۴: صفحه اصلی برنامه

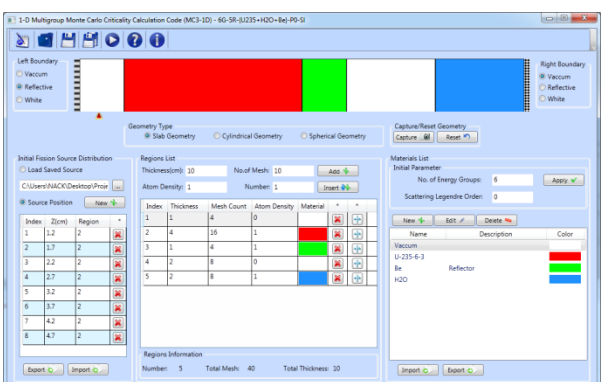
- Save Project File: با انتخاب این گزینه ، می‌توان آخرین تغییرات در پروژه را ذخیره نمود. کلید میانبر برای این دکمه(Ctrl+S) می‌باشد.
- "Save As Project File": با انتخاب این گزینه ، می‌توان آخرین تغییرات در پروژه را در آدرسی جدید ذخیره نمود.
- "Run": با انتخاب این گزینه ، کادر اجرای برنامه باز می‌شود. کلید میانبر برای این دکمه (F5) است.
- "Help": با انتخاب این گزینه ، فایل راهنمای برنامه باز می‌شود. کلید میانبر برای این دکمه (F1) است.

- "About": با انتخاب این گزینه ، کادر شکل ۵ باز می‌شود که اطلاعاتی راجع به برنامه و مرکز محاسبات پیشرفته هسته‌ای را ارائه می‌دهد.

شکل ۵: کادر نمایش اطلاعات برنامه

۴-۳- کادر نمایش ورودی‌ها (Input)

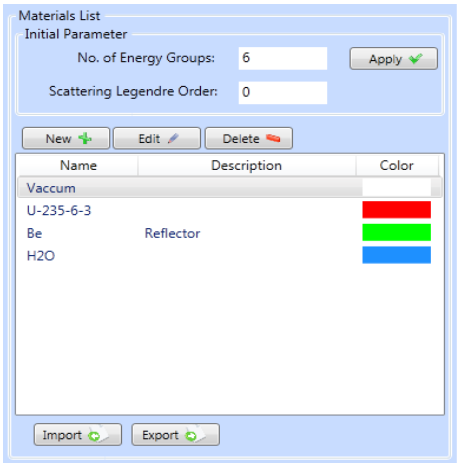
همان‌گونه که در شکل۶ مشاهده می‌شود، این برگه جهت دریافت اطلاعات ورودی مربوط به مسئله (شامل نواحی، چشمه و مواد) و نمایش آنها می‌باشد.



شکل ۶: کادر نمایش و دریافت اطلاعات مسئله

۴-۳-۱- کادر نمایس لیست مواد (Materials List)

در این بخش مدیریت مربوط به مواد (شامل ایجاد، ویرایش، حذف، ذخیره و بارگذاری مواد) انجام می‌شود.



شکل ۷: کادر نمایش و مدیریت لیست مواد

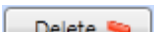
در این کادر لیست مواد همراه نام، توضیحات و رنگ نمایش داده می‌شود. عملیات مدیریتی بر روی این لیست با استفاده از دکمه‌های زیر قابل انجام است:

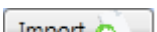
- Apply

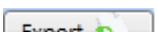
: با کلیک کردن بر این دکمه تعداد گروه انرژی و مرتبه بسط لژاندر مربوط به مسئله که توسط کاربر وارد شده است به پروژه اعمال می‌شود.
- New

: با کلیک کردن بر این دکمه کادر ویرایش ماده باز می‌شود تا اطلاعات ماده جدید وارد شود. کلید میانبر برای این دکمه(Ctrl+M+N) می‌باشد.
- Edit

: با کلیک کردن بر این دکمه اطلاعات ماده انتخاب شده از لیست در کادر ویرایش ماده نمایش داده می‌شود و کاربر می‌تواند مقادیر سطح مقاطع مربوط به این ماده را تغییر دهد. کلید میانبر برای این دکمه (Ctrl+M+F2) است.

- Delete 

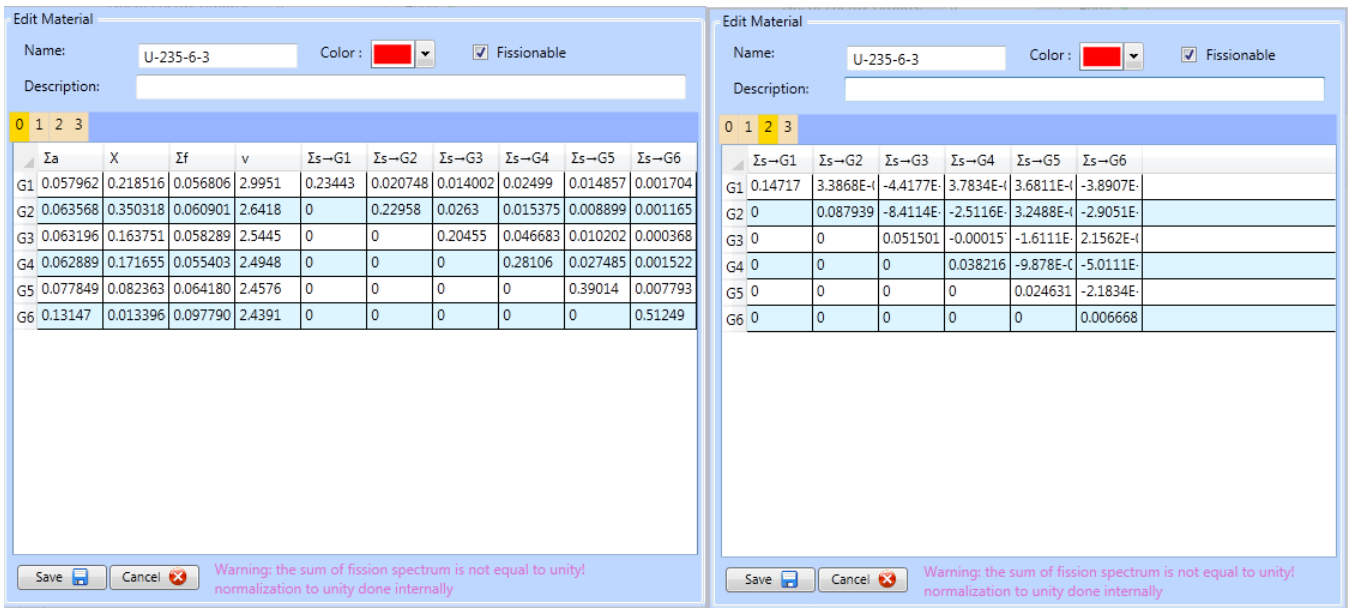
: این دکمه جهت حذف نمودن ماده انتخاب شده از لیست می‌باشد. کلید میانبر برای این دکمه (Ctrl+M+Delete) می‌باشد.
- Import 

: با استفاده از این گزینه کاربر می‌توان لیست مواد و مقادیر مربوط به سطح مقاطع آنها را از فایل قبلا ذخیره شده بارگذاری کند. کلید میانبر برای این دکمه (Ctrl+M+I) می‌باشد.
- Export 

: با استفاده از این گزینه کاربر می‌توان لیست مواد و مقادیر مربوط به سطح مقاطع آنها را در فایل ذخیره کند. کلید میانبر برای این دکمه (Ctrl+M+E) است.

۱. ویرایش مواد

مطابق شکل ۸، در این کادر اطلاعات مربوط به ماده شامل نام، رنگ، توضیحات و جدول سطح مقاطع توسط کاربر وارد می‌شود. در این کادر شماره‌هایی برای نمایش و دریافت سطح مقاطع مرتبه بالاتر پراکندگی قرار داده شده است. در نهایت با کلیک بر روی دکمه Save تغییرات ذخیره می‌شود.



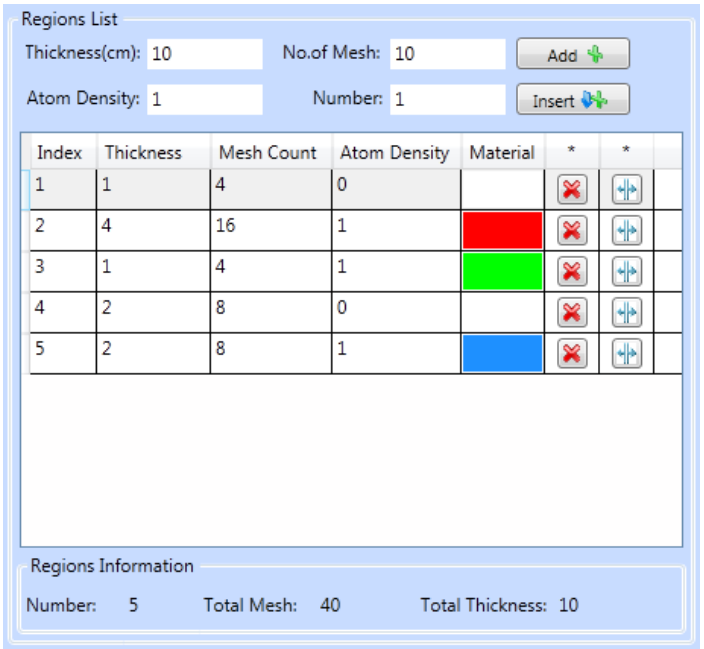
شکل ۸: کادر نمایش و ویرایش اطلاعات ماده

۴-۳-۲- کادر نمایش نواحی (Regions List)

در این کادر لیست نواحی مطابق شکل ۹ نمایش داده می‌شود و کاربر می‌تواند اطلاعات مربوط به هر ناحیه (شامل ضخامت، تعداد مش، چگالی و ...) را ویرایش کند. در بالای این کادر امکان اضافه و یا درج یک یا چند ناحیه با مشخصات یکسان قرار داده شده است.

در هر ردیف دکمه‌های زیرجهت حذف و تقسیم ناحیه قرار داده شده است:

- Remove : با استفاده از این گزینه می‌توان ناحیه متناظر با آن سطر را در هندسه حذف نمود.
- Split : با استفاده از این گزینه می‌توان ناحیه متناظر با سطر را به دو ناحیه مساوی تقسیم نمود.



شکل ۹: کادر نمایش و ویرایش لیست نواحی

۴-۳-۳- Initial Fission Source Distribution

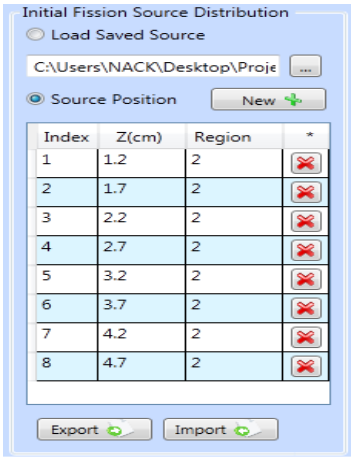
در این کادر اطلاعات مربوط به چشمه‌های شکافت مطابق شکل ۱۰ نمایش داده می‌شود. موقعیت چشمه‌های شکافت از دو طریق می‌تواند مشخص شود:

روش اول: با انتخاب گزینه Load Saved Source و مشخص نمود فایل چشمه[1] که با پسوند src. ذخیره شده است.

روش دوم: با انتخاب گزینه Source Position و فشار دادن دکمه

چشمه‌های جدید به لیست اضافه می‌شود که موقعیت آنها قابل تغییر توسط کاربر می‌باشد. هر یک از این چشمه‌ها با کلیک بر روی دکمه قابل حذف می‌باشد.

[1] حین اجرای برنامه اطلاعات مربوط به نقاط وقوع شکافت با فرمت باینری ذخیره می‌شود که می‌تواند در اجراهای بعدی مورد استفاده قرار بگیرد.

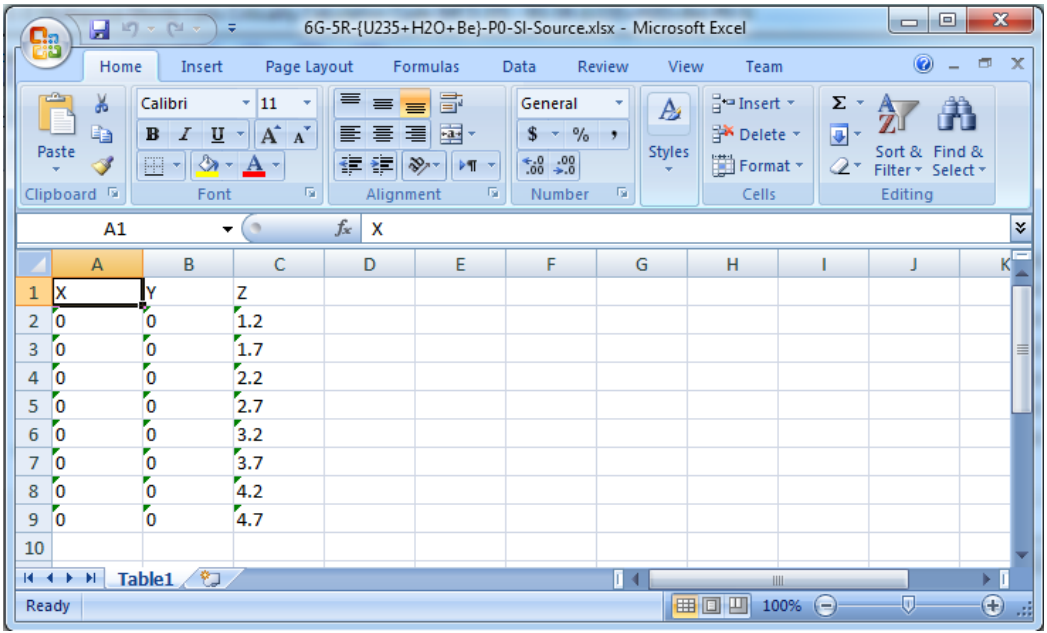


شکل ۱۰: کادر دریافت Source

- Import

: با استفاده از این گزینه کاربر می‌توان لیست چشمه‌ها را از فایل Excel بارگذاری کند.
- Export

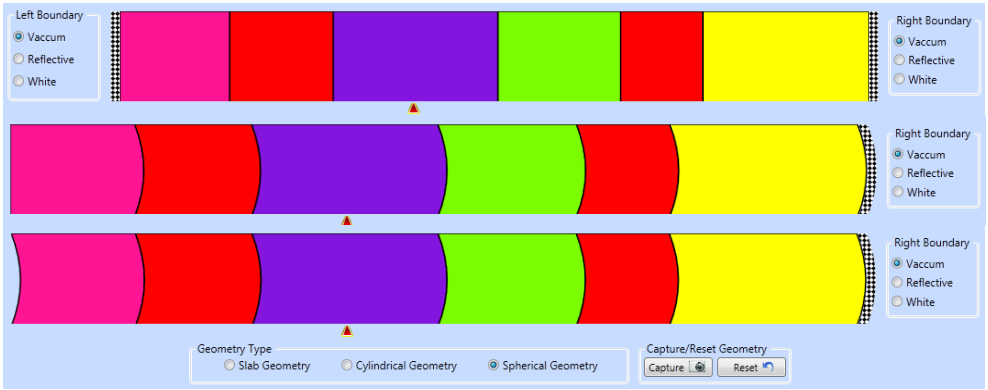
: با استفاده از این گزینه کاربر می‌تواند لیست چشمه‌ها را در فایل Excel ذخیره کند.



شکل ۱۱: ساختار فایل اکسل حاوی Source

۴-۳-۴- کادر نمایش و ویرایش نوع هندسه (Geometry)

در این کادر نواحی و مواد پیوست شده به آن‌ها مطابق شکل ۱۲ نمایش داده می‌شود. نوع هندسه، و شرایط مرزی مربوط به مرز سمت راست و چپ نیز در این قسمت قابل تعیین می‌باشد.

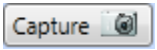


شکل ۱۲: نمایش هندسه تخت (Slab)، استوانه‌ای (Cylindrical) و کروی (Spherical)

در این قسمت گزینه‌های زیر در دسترس کاربر می‌باشد:

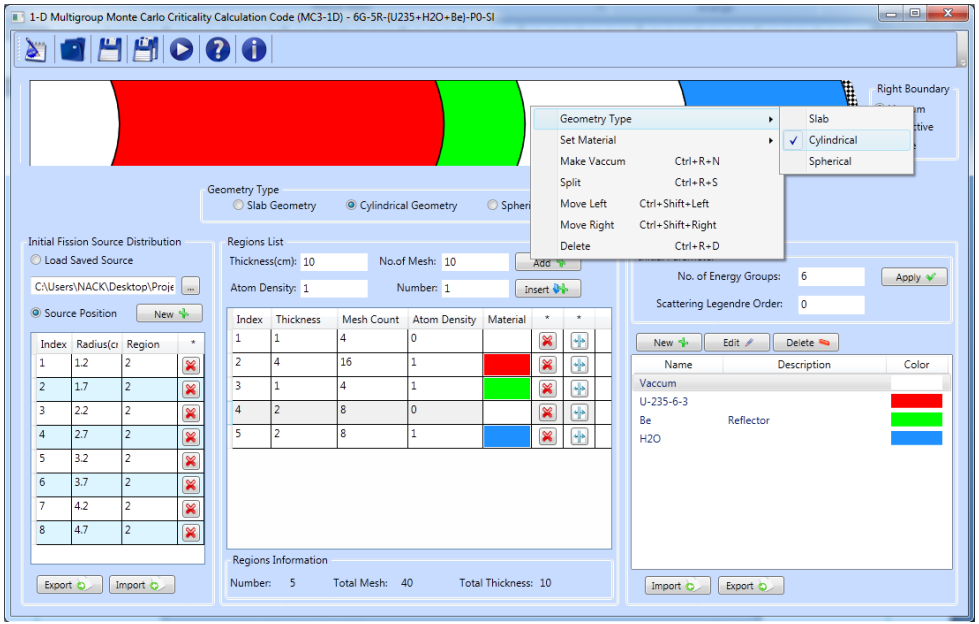
۱. Reset

: با استفاده از این گزینه تمامی نواحی و مواد موجود در آن‌ها حذف می‌شود و هندسه فقط شامل یک ناحیه با ماده Vacuum و طول ۱۰۰ و تعداد مش ۱۰ خواهد بود.

۲. Capture 

: با استفاده از این گزینه می‌توان تصویری از هندسه را با پسوند PNG، JPEG، BMP و GIF ذخیره نمود.

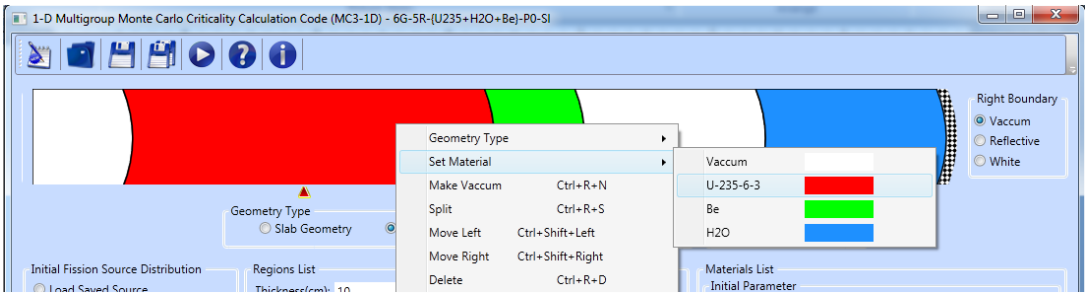
۳. Geometry Type : با استفاده از این گزینه می‌توان نوع هندسه مربوط به مسئله (تیغه‌ای، استوانه‌ای و کروی) را تعیین نمود.



شکل ۱۳: انتخاب نوع هندسه

با کلیک راست بر روی کادر هندسه، منوی شناوری مطابق شکل ۱۳ نمایش داده می‌شود. با استفاده از گزینه‌های موجود در این منو می‌توان عملیات زیر را انجام داد:

۱. Set Material: با کلیک راست بر روی هر ناحیه و انتخاب این گزینه می‌توان یکی از مواد موجود در list Materials را به ناحیه انتخاب شده اختصاص داد (شکل ۱۴).



شکل ۱۴: تخصیص ماده توسط منوی شناور

۲. Make Vacuum : با کلیک راست بر روی هر ناحیه و انتخاب این گزینه می‌توان ماده خلا را به ناحیه انتخاب شده اختصاص داد.

۳. Split : با کلیک راست بر روی هر ناحیه و انتخاب این گزینه می‌توان ناحیه انتخاب شده را به دو قسمت تقسیم نمود..

۴. Move Right : با کلیک راست بر روی هر ناحیه و انتخاب این گزینه می‌توان ناحیه انتخاب شده را به راست انتقال داد.

۵. Move Left : با کلیک راست بر روی هر ناحیه و انتخاب این گزینه می‌توان ناحیه انتخاب شده را به چپ انتقال داد.

۶. Delete : با کلیک راست بر روی هر ناحیه و انتخاب این گزینه می‌توان ناحیه انتخاب شده را حذف کرد.

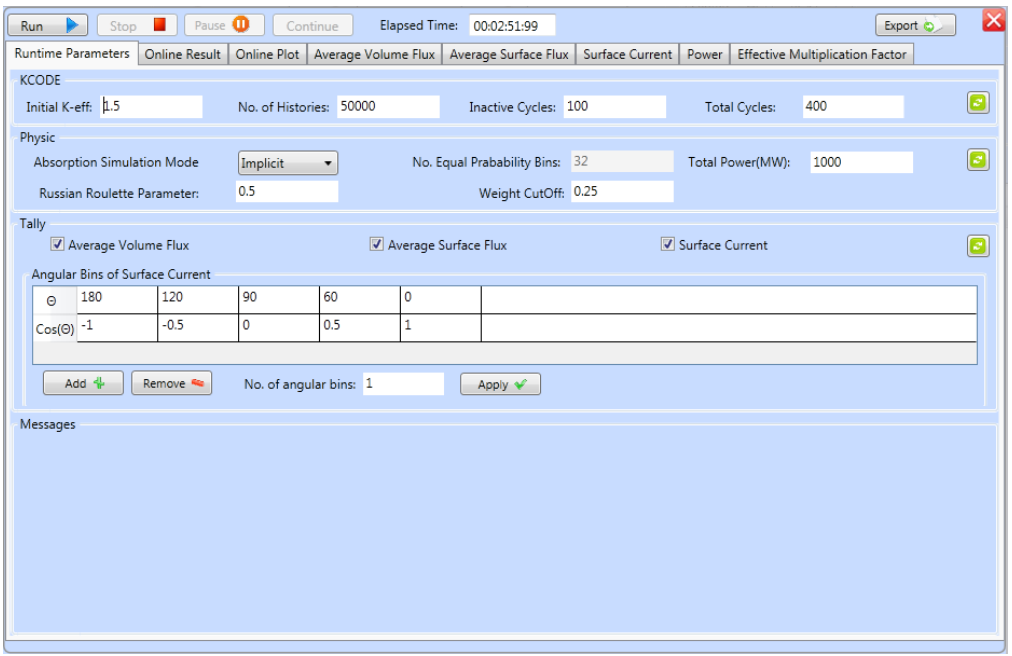
۴-۳-۵- اجرای برنامه

کادر اجراء برنامه با کلیک کردن دکمه Run از Toolbar یا کلید میانبر F5، روی صفحه اصلی باز می‌شود (شکل۱۵).

در این کادر ورودی‌های مربوط به اجرای برنامه (Run Time Parameter) قابل تعیین است:

۱. Initial K-eff
۲. History
۳. Inactive Cycles
۴. Total Cycles
۵. Absorption Simulation Mode
۶. Number of Equal Probability Bins
۷. Total Power
۸. Russian Roulette Parameters
۹. Weight CutOff

و.....



شکل ۱۵: کادر اجرای برنامه

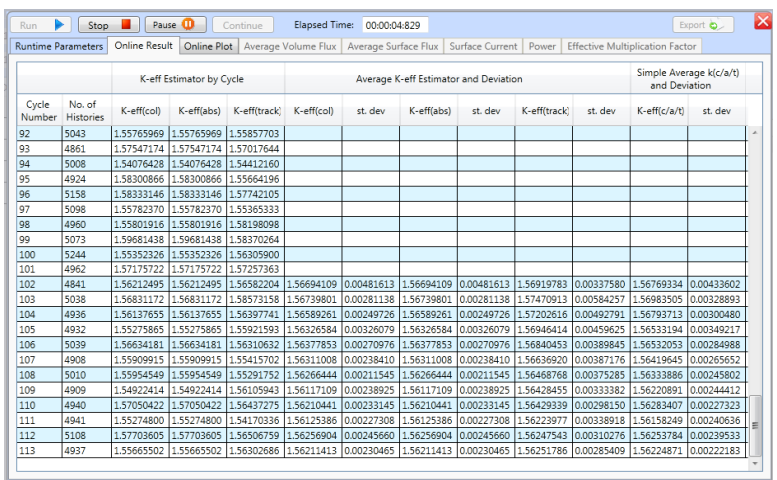
پس از وارد کردن اطلاعات مربوط به اجرا با کلیک کردن دکمه Run برنامه شروع به اجرا می‌کند و در صورت وجود خطا و یا هشدار در اطلاعات ورودی مسئله، پیغام متناسب با آن در قسمت Message نشان داده می‌شود. با شروع اجرای برنامه دکمه Stop جهت لغو و دکمه Pause جهت توقف موقت اجرا فعال می‌شود.

۴-۴- خروجی‌های برنامه

هر یک از خروجی‌های برنامه در یک کادر جداگانه در صفحه اجرا نمایش داده می‌شوند و کاربر می‌تواند اطلاعات مربوط به این خروجی‌ها را در قالب تصویر و یا داده ذخیره نماید.

Online Result -۱-۴-۴

در این کادر مقادیر مربوط به ضریب تکثیر مسئله برای هر نسل، مطابق شکل ۱۶ نمایش داده می‌شود.

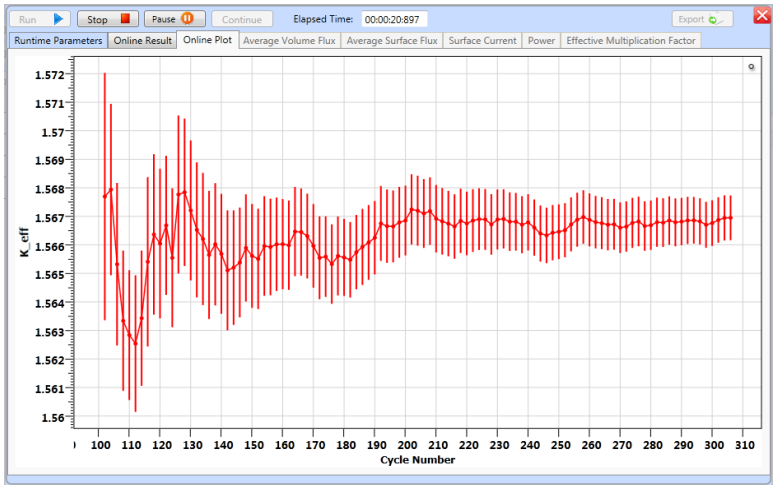


		K-eff Estimator by Cycle			Average K-eff Estimator and Deviation						Simple Average k(c/a/t) and Deviation	
Cycle Number	No. of Histories	K-eff(col)	K-eff(abs)	K-eff(track)	K-eff(col)	st. dev	K-eff(abs)	st. dev	K-eff(track)	st. dev	K-eff(c/a/t)	st. dev
92	5043	1.55765969	1.55765969	1.55857703								
93	4861	1.57547174	1.57547174	1.57017644								
94	5008	1.54076428	1.54076428	1.54412160								
95	4924	1.58300866	1.58300866	1.55664196								
96	5158	1.58333146	1.58333146	1.57742105								
97	5098	1.55782370	1.55782370	1.55365333								
98	4960	1.55801916	1.55801916	1.58198098								
99	5073	1.59681438	1.59681438	1.58370264								
100	5244	1.55352326	1.55352326	1.56305900								
101	4962	1.57175722	1.57175722	1.57257363								
102	4841	1.56212495	1.56212495	1.56582204	1.56694109	0.00481613	1.56694109	0.00481613	1.56919783	0.00337580	1.56769334	0.00433602
103	5038	1.56831172	1.56831172	1.58573158	1.56739801	0.00281138	1.56739801	0.00281138	1.57470913	0.00584257	1.56983505	0.00328893
104	4936	1.56137655	1.56137655	1.56397741	1.56589261	0.00249726	1.56589261	0.00249726	1.57202616	0.00492791	1.56793713	0.00300480
105	4932	1.55275865	1.55275865	1.55921593	1.56326584	0.00326079	1.56326584	0.00326079	1.56946414	0.00459625	1.56533194	0.00349217
106	5039	1.56634181	1.56634181	1.56310632	1.56377853	0.00270976	1.56377853	0.00270976	1.56840453	0.00389845	1.56532053	0.00284988
107	4908	1.55909915	1.55909915	1.55415702	1.56311008	0.00238410	1.56311008	0.00238410	1.56636920	0.00387176	1.56419645	0.00265652
108	5010	1.55954549	1.55954549	1.55291752	1.56266444	0.00211545	1.56266444	0.00211545	1.56468768	0.00375285	1.56333886	0.00245802
109	4909	1.54922414	1.54922414	1.56105943	1.56117109	0.00238925	1.56117109	0.00238925	1.56428455	0.00333382	1.56220891	0.00244412
110	4940	1.57050422	1.57050422	1.56437275	1.56210441	0.00233145	1.56210441	0.00233145	1.56429339	0.00298150	1.56283407	0.00227323
111	4941	1.55274800	1.55274800	1.54170336	1.56125386	0.00227308	1.56125386	0.00227308	1.56223977	0.00338918	1.56158249	0.00240636
112	5108	1.57703605	1.57703605	1.56506759	1.56256904	0.00245660	1.56256904	0.00245660	1.56247543	0.00310276	1.56253784	0.00239533
113	4937	1.55665502	1.55665502	1.56302686	1.56211413	0.00230465	1.56211413	0.00230465	1.56251786	0.00285409	1.56224871	0.00222183

شکل ۱۶: کادر نمایش مقادیر ضریب تکثیر مربوط به نسل‌ها

Online Plot -۲-۴-۴

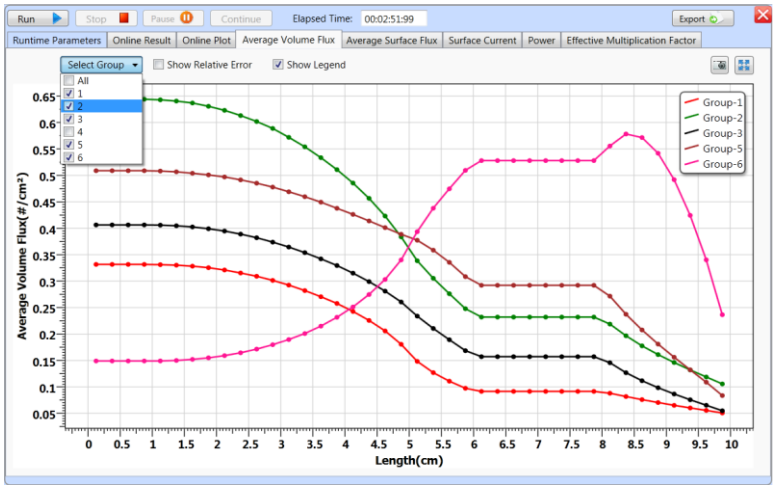
در این کادر نمودار مربوط به ضریب تکثیر متوسط ساده در نسل‌های فعال، مطابق شکل ۱۷ نمایش داده می‌شود.



شکل ۱۷: کادر نمایش نمودار ضریب تکثیر متوسط برای نسل‌های فعال

۳-۴-۴ Average Volume Flux

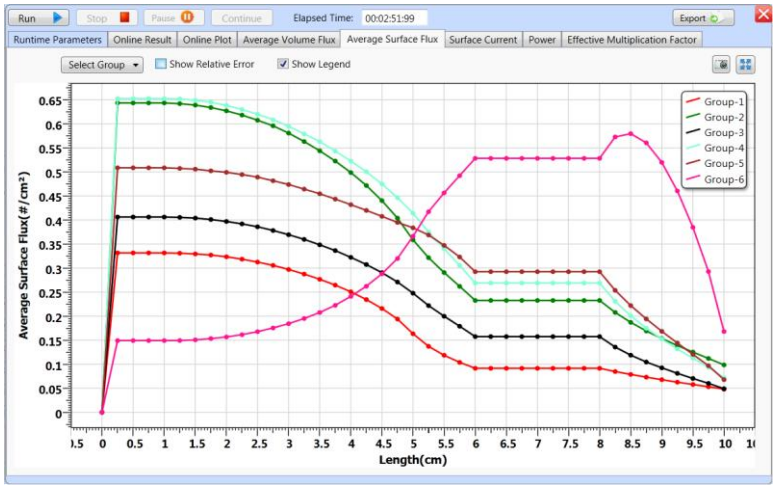
در این کادر نمودار شار متوسط حجمی برای گروه‌های انتخابی توسط کاربر در هر مش نمایش داده می‌شود (شکل ۱۸).



شکل ۱۸: کادر نمایش نمودار شار متوسط حجمی در هر مش

۴-۴-۴- Average Surface Flux

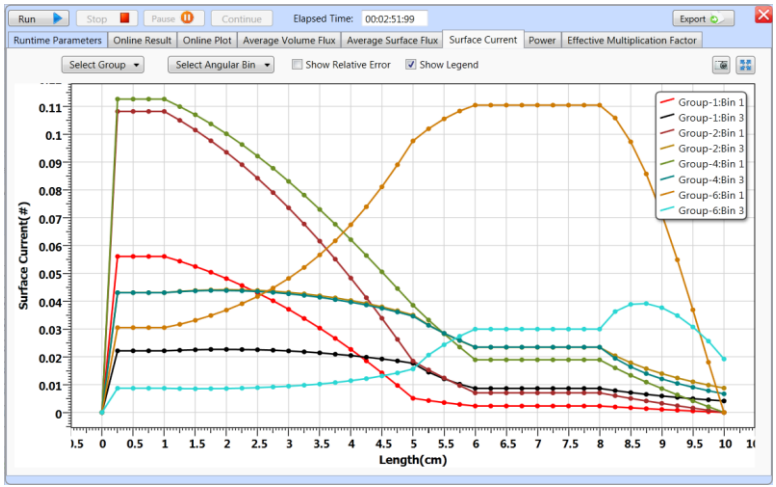
در این کادر شار متوسط سطحی برای گروه‌های انتخابی توسط کاربر در مرز مش‌ها نمایش داده می‌شود (شکل ۱۹).



شکل ۱۹: کادر نمایش نمودار شار متوسط سطحی در مرز مش‌ها

۴-۴-۵- Surface Current

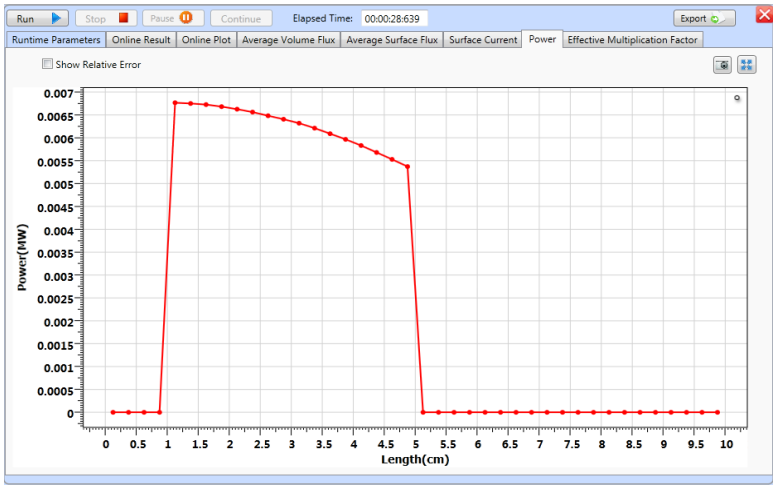
در این کادر نمودار جریان سطحی برای گروه‌های انتخابی توسط کاربر در مرز مش‌ها نمایش داده می‌شود (شکل ۲۰).



شکل ۲۰: کادر نمایش نمودار جریان سطحی در مرز مش‌ها

Power -۶-۴-۴

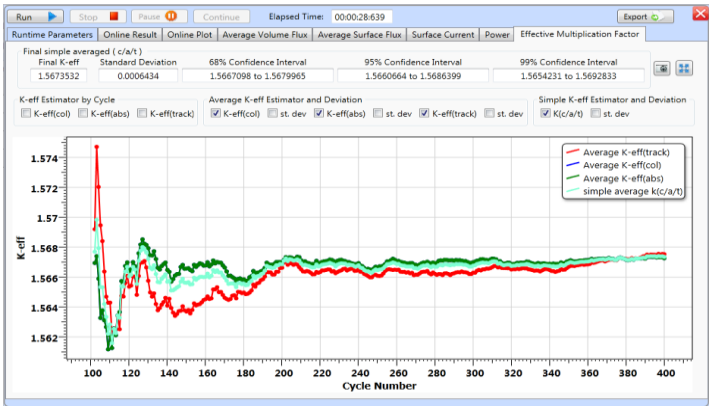
در این کادر نمودار توزیع توان در هر مش نمایش داده می‌شود (شکل ۲۱).



شکل ۲۱: کادر نمایش توزیع توان در هر مش

۴-۷-۴- Effective Multiplication Factor

در این کادر اطلاعات آماری مربوط به برآوردکننده‌های مختلف ضریب تکثیر مسئله برای هر نسل، مطابق شکل ۲۲ نمایش داده می‌شود.



شکل ۲۲: کادر نمایش اطلاعات آماری مربوط به ضریب تکثیر مسئله

۵- فایل‌های برنامه

سه نوع فایل در برنامه استفاده می‌شود که در ادامه توضیح داده می‌شوند:

- فایل سطح مقاطع:

فایل سطح مقاطع یک فایل متنی است که می‌تواند توسط کاربر تهیه و با پسوند ".mat" ذخیره شود. همچنین برای ساخت این فایل می‌توان از گزینه "Export" در قسمت Material list استفاده نمود.

- فایل پروژه:

فایل پروژه یک فایل متنی است که حاوی اطلاعات هندسه، سطح مقاطع و پارامترهای زمان اجرا می‌باشد. این فایل از به هم پیوستن تمامی اطلاعات برنامه ایجاد می‌شود و با پسوند ".mc3" ذخیره می‌شود برای ساخت این

فایل به صورت دستی می‌توان یک فایل متنی خالی ایجاد نمود و سپس اطلاعات ورودی مسئله با قالب مشخص در داخل آن ایجاد کرد. در هنگام ساخت یک فایل پروژه توسط خود برنامه این مراحل به صورت خودکار انجام می‌شوند. با استفاده از دکمه "Save Project File" در نوار ابزار برنامه می‌توان فایل پروژه مربوط به پروژه جاری را ذخیره نمود.

- فایل خروجی:

با استفاده از دکمه "Export Result" در برگه خروجی می‌توان مقادیر خروجی محاسبات را در فایل ذخیره نمود. این فایل می‌تواند با یکی از پسوندهای".txt"، ".xlsx"و یا ".xls"ذخیره شود.

۶- لیست میانبرهای برنامه

جدول شماره ۱: لیست میانبرهای برنامه

گزینه	کاربرد	میانبر
New Material	اضافه نمودن ماده	Ctrl+M+N
Duplicate	رونوشت از ماده	Ctrl+M+D
Import	بارگذاری مواد از فایل	Ctrl+M+I
Export	ذخیره مواد در فایل	Ctrl+M+E
Delete	پاک نمودن مواد	Ctrl+M+Delete
Capture	ذخیره تصویر مقاطع	Ctrl+0
Make Vacuum	عدم تخصیص ماده	Ctrl+R+N

Split	نصف کردن ناحیه	Ctrl+R+S
Delete	حذف ناحیه	Ctrl+R+D
Set Material	تخصیص ماده به ناحیه انتخاب شده	Ctrl+Enter
New Project	ایجاد پروژه جدید	Ctrl +N
Open Project	باز نمودن پروژه جدید	Ctrl +O
Save Project	ذخیره نمودن پروژه جاری	Ctrl +S
Run	اجرای برنامه	F5
Help	فایل راهنما	F1