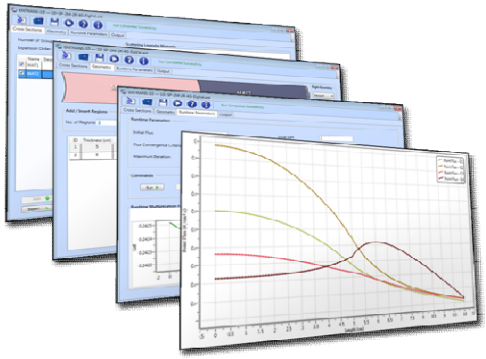
شرکت ساخت و راه‌اندازی نیروگاه‌های اتمی
مرکز محاسبات پیشرفته هسته‌ای

کد محاسباتی ترابرد یک بعدی نوترون بر پایه معادلات زوج پاره



راهنمای کاربر ENTRANS-1D

بسته دهم- ویرایش ۰ -دی ۱۳۹۲

ANC-MAN-TED-PN-100

فهرست مطالب

۱- چکیده ۶

۲- مقدمه ۷

۳- رابط گرافیکی برنامه ۸

۴- فایل‌های برنامه ۵۱

۵- لیست میانبرهای برنامه ۵۴

لیست شکل‌ها

شکل ۱: شمای برنامه"ENTRANS-1D" در ابتدای اجرا ۱۰
شکل ۲:انتخاب پروژه جدید ۱۱
شکل ۳: نوار ابزار برنامه"ENTRANS-1D" ۱۴
شکل ۴: نمونه‌ای از فایل پروژه بازشده دربرنامه ۱۶
شکل ۵: برگه نمایش سطح مقاطع ۲۰
شکل ۷: برگه نمایش چشمه‌ها ۲۷
شکل ۸: پیغام هشدار مربوط به "Import" نمودن فایل چشمه ۳۰
شکل ۹: برگه نمایش هندسه ۳۲
شکل ۱۰: هندسه تیغه‌ای ۳۳

شکل ۱۱: هندسه استوانه‌ای ۳۳
شکل ۱۲: هندسه کروی ۳۴
شکل ۱۳:پیغام مربوط به Clear نمودن هندسه ۳۶
شکل ۱۵: برگه خروجی ۴۴
شکل ۱۶: نمایش هندسه‌ای میانگین شار نوترون‌ها ۴۶
شکل ۱۷: نمایش شار نوترون‌ها ۴۷
شکل ۱۸: نحوه جابجایی بین گروه‌های مختلف انرژی و روش حل ۴۸

لیست جدول‌ها

جدول شماره ۱: پیغام‌های مربوط به"StatusBar"..... ۱۸
جدول شماره ۲: پیغام‌های خطا..... ۴۳
جدول شماره ۳: لیست میانبرهای برنامه..... ۵۴
جدول شماره ۳: لیست میانبرهای برنامه - ادامه..... ۵۵

۱- چکیده

هدف از انجام این پروژه، تهیه یک بسته نرم‌افزاری برای حل معادله چندگروهی ترابرد نوترون بر مبنای معادلات زوج‌پاره و به روش اجزای محدود برای مسائل بحرانیت و چشمه ثابت در هندسه یک بعدی (شامل تیغه ای، استوانه‌ای و کروی) است. این گزارش به منظور آموزش و کار با کد"ENTRANS-1D" تهیه گردیده است. در این گزارش نحوه کاربری نرم‌افزار توضیح داده شده و کاربران با قابلیت‌ها و قسمت‌های مختلف این نرم‌افزار در اجرای مسائل ترابرد نوترون و نمایش نتایج آشنا خواهند شد.

۲- مقدمه

ترابرد ذرات و دانستن مقدار دقیق شار آنان در سراسر رآکتور یکی از مسائل مهم در طراحی نوترونیک راکتورهای هسته‌ای است. معادله ترابرد یک رابطه اساسی در توصیف جمعیت ذرات و بیان توزیع و رفتار (مکانی-زمانی) آنان در محیط مورد بررسی به شمار می‌رود. این پروژه با هدف پیاده‌سازی و بکارگیری روش اجزای محدود در توصیف وابستگی مکانی و بسط لژاندر (معروف به P_N) در حوزه وابستگی زاویه‌ای برای حل معادلات چندگروهی زوج‌پاره ترابرد در هندسه‌های یک بعدی تعریف شده است. استفاده از معادلات زوج‌پاره یک روش هوشمندانه در حل معادله ترابرد است که به علت کاهش قابل توجه شمار متغیرها بدون کاستن از دقت، امکان حل معادله ترابرد را در مسائلی با ابعاد بالا و تنوع فراوان نواحی و مواد (مانند مجتمع سوخت یا حتی قلب واقعی رآکتور) فراهم می‌آورد. جفت‌شدگی این معادلات با روش

بسط لژاندر وابستگی زاویه‌ای و نیز روش اجزای محدود، توانایی تحلیل محیط‌هایی با پراکندگی‌های ناهمسانگرد و مملو از جزئیات هندسی را در چندین گروه انرژی ممکن می‌سازد. این روش از قابلیت بسیار بالایی در توصیف رفتار زاویه‌ای شار نوترون برخوردار است. در این بسته نرم‌افزاری از این روش برای بررسی ترابرد نوترون می‌شود.

۳- رابط گرافیکی برنامه

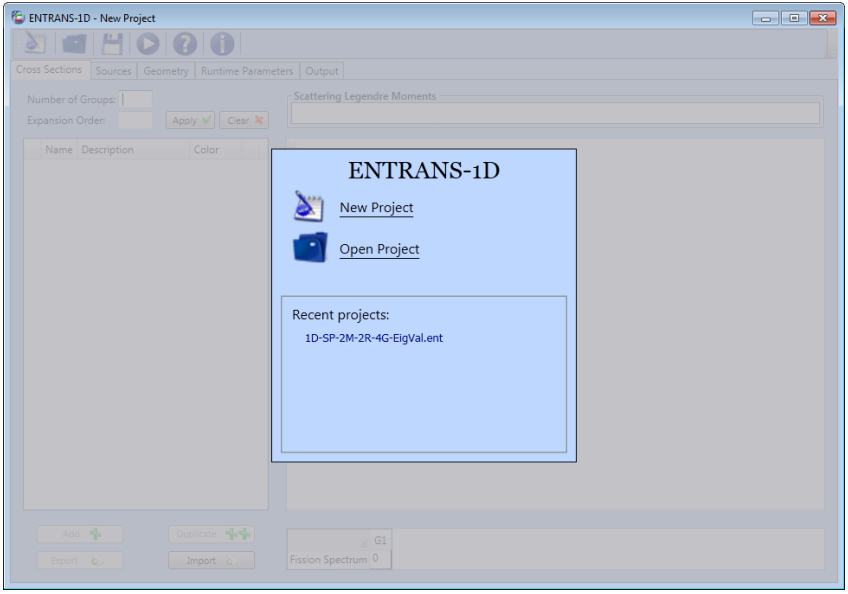
رابط گرافیکی، از مجموعه‌ای از پنجره‌ها برای دریافت اطلاعات ورودی و نمایش نتایج خروجی تشکیل شده است که بخش‌های مختلف آن عبارتند از:

- نوار ابزار برنامه

- برگه نمایش سطح مقطع‌ها[۱]
- برگه نمایش چشمه ها[۲]
- برگه نمایش هندسه سیستم بحرانی[۳]
- برگه پارامترهای اجرا[۴]
- برگه خروجی[۵]

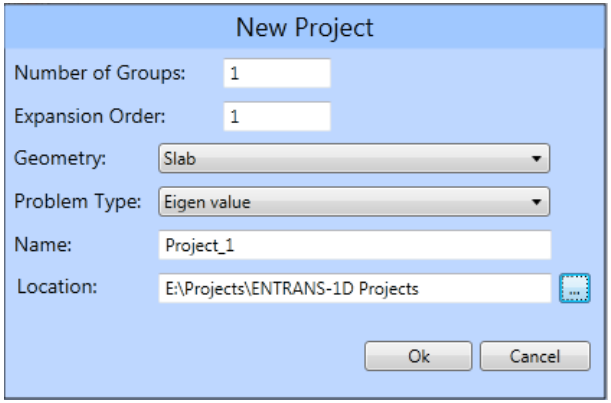
با اجرا نمودن فایل اجرایی برنامه، پنجره برنامه با نام"ENTRANS-1D" مطابق شکل ۱ پدیدار می‌گردد.

[1]Cross Sections
[2]Source
[3]Geometry
[4]Runtime Parameters
[5]Output



شکل ۱: شمای برنامه"ENTRANS-1D" در ابتدای اجرا

با انتخاب گزینه "New Project"، پنجره دیگری با همین نام به منظور ایجاد یک پروژه جدید باز می‌گردد (شکل۲). در ادامه بخش‌های مختلف این پنجره توضیح داده شده‌اند:



شکل ۲:انتخاب پروژه جدید

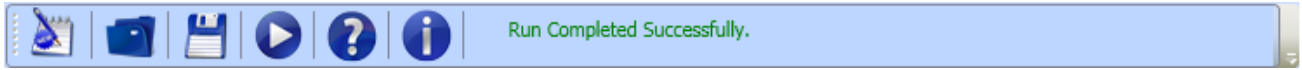
- "Number of Groups": در این قسمت تعداد گروه‌های انرژی تعیین می‌گردد.
- "Expansion Order": در این قسمت مرتبه بسط لژاندر چگالی شار زاویه‌ای (N در P_N) تعیین می‌گردد. مرتبه بسط عددی فرد است.
- "Geometry": این گزینه مشخص کننده نوع هندسه سیستم یا مسئله می‌باشد.
- "Problem Type": در این قسمت یکی از دو روش حل مسئله"Eigen value" یا"Fixed source"به عنوان روش حل مسئله معین می‌گردد.
- "Name":در این مکان نام مورد نظر برای پروژه انتخاب می‌گردد.
- "Location": در این قسمت محل ذخیره شدن فایل‌های پروژه مشخص می‌گردد.

با انتخاب گزینه "Open Project" در شکل ۱ می‌توان یک فایل پروژه موجود که قبلاً ایجاد شده است را انتخاب و باز نمود. همچنین تعدادی از پروژه هایی که اخیراً مورد استفاده قرار گرفته اند در لیست Recent Projects آورده شده‌اند که می‌توان هر یک از آن‌ها را انتخاب و باز نمود.

ساختار این نرم‌افزار بر اساس روش حل مسئله از ۴ برگه (در صورتیکه روش حل مسئله"Eigen value"باشد) یا ۵برگه (در صورتیکه روش حل مسئله "Fixed source"باشد) و یک نوار ابزار تشکیل شده است. در ادامه توضیحاتی راجع به هر بخش بیان می‌شود.

۳-۱- نوار ابزار برنامه

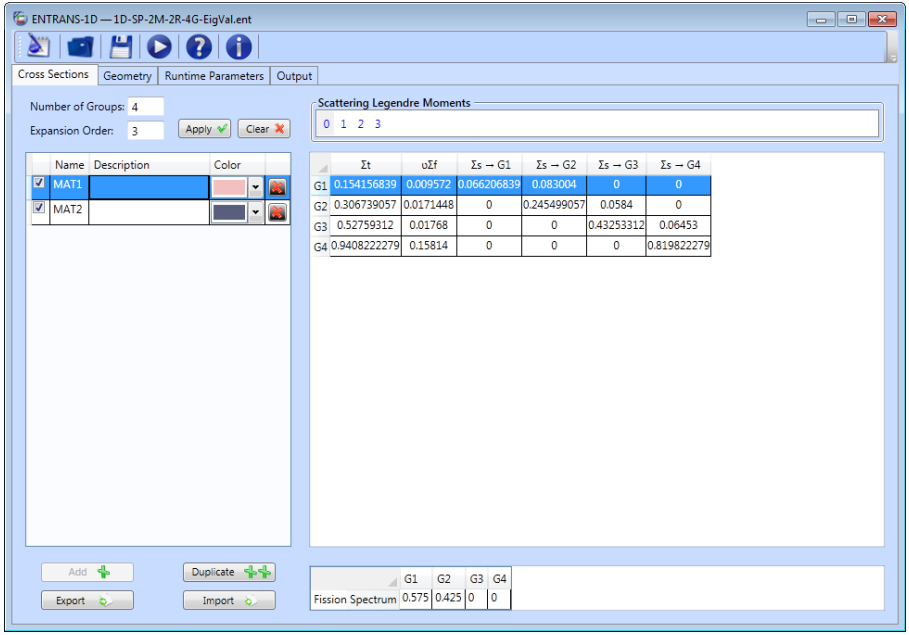
همان‌طور که در شکل ۳ ملاحظه می‌شود این نوار ابزار شامل ۷ قسمت می‌باشد که عملکرد هر یک در ادامه تشریح خواهد شد:



شکل ۳: نوار ابزار برنامه"ENTRANS-1D"

- "New Project File": با انتخاب این گزینه ، پنجره مربوط به تعریف پروژه جدید (شکل ۲) پدیدار می‌گردد. کلیدهای میانبر برای این دکمه (Ctrl+Shift+N) می‌باشند.

- "Open Project File": با انتخاب این گزینه ، می‌توان یک فایل پروژه موجود، که قبلاً (با پسوند ".ent") ایجاد شده است را انتخاب نمود. سپس با کلیک بر روی گزینه "Open" صفحه اصلی برنامه به همراه اطلاعات موجود در فایل ورودی پدیدارمی‌شود (شکل ۴، نمونه‌ای از فایل پروژه باز شده در برنامه است). کلیدهای میانبر برای این دکمه (Ctrl+Shift+O) می‌باشند.
- "Save Project File": با انتخاب این گزینه ، تغییرات ایجاد شده در پروژه، در فایل پروژه جاری ذخیره می‌گردد. کلیدهای میانبر برای این دکمه (Ctrl+Shift+S) در نظر گرفته شده‌اند.
- "Run": با انتخاب این گزینه ، انجام محاسبات برنامه آغاز می‌شود. کلید میانبر برای این دکمه (F5) می‌باشد.



شکل ۴: نمونه‌ای از فایل پروژه بازشده دربرنامه

- "Help": با انتخاب این گزینه ، فایل راهنمای برنامه باز می‌شود. کلید میانبر برای این دکمه (F1) می‌باشد.
- "About": با انتخاب این گزینه ، پنجره "درباره ما" باز می‌شود که اطلاعاتی راجع به برنامه و مرکز محاسبات پیشرفته هسته ای ارائه می‌دهد.
- "Status Bar": حالت‌های مختلف برنامه را بعد از فشردن کلید اجرا نشان می‌دهد که در جدول شماره ۱ به نمایش در آمده است.

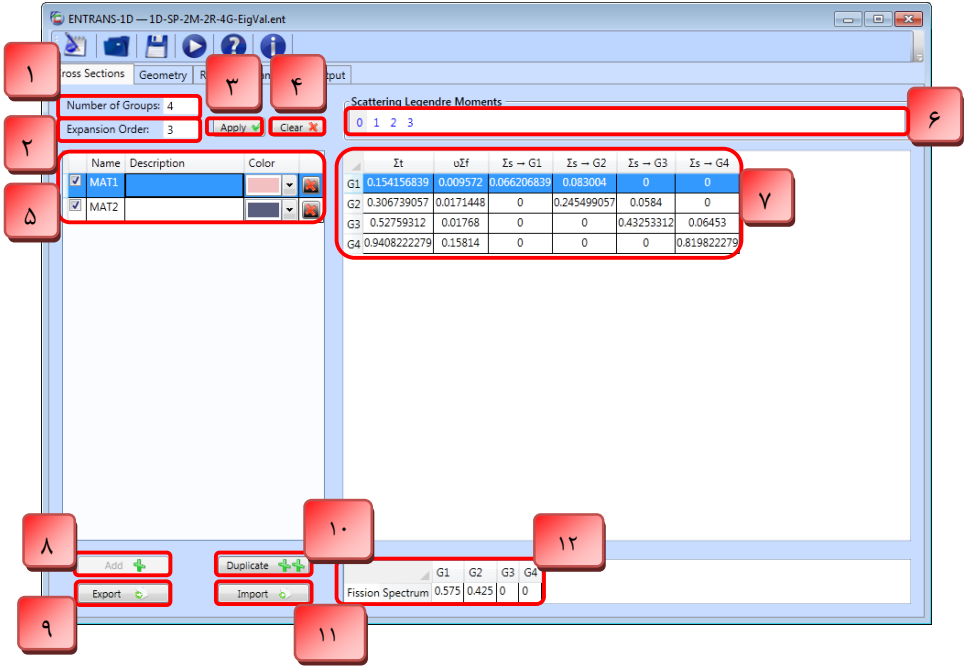
جدول شماره ۱: پیغام‌های مربوط به"StatusBar"

پیغام	شرایط پیغام
Running ...	در حال اجرا
Run completed successfully.	پایان اجرا بدون خطا
Run didn’t completesuccessfully.	پایان اجرا با خطا
Calculation was interrupted by the user.	توقف برنامه با دستور Stop

۳-۲- برگه نمایش سطح مقاطع

دراین برگه، اطلاعات مربوط به سطح مقطع‌ها قابل دسترسی و ویرایش می‌باشد. بخش های مختلف این برگه در شکل۵ به نمایش در آمده است. این برگه از دوازده بخش تشکیل شده که در ادامه این بخش‌ها معرفی می‌شوند:

۱. "Number of Groups": در این قسمت تعداد گروه‌های انرژی نمایش داده می‌شود و قابل تغییر می‌باشد. برای اعمال شدن تعداد گروه جدید به مواد، لازم است که دکمه "Apply" کلیک و یا بر روی مقدار، دکمه "Enter"فشرده شود.



شکل ۵: برگه نمایش سطح مقاطع

۲. "Expansion Order": در این قسمت مرتبه بسط نمایش داده می‌شود و قابل تغییر می‌باشد. برای اعمال مرتبه بسط جدید لازم است که دکمه "Apply" کلیک و یا بر روی مقدار، دکمه "Enter" فشرده شود.

۳. "Apply": این دکمه جهت تایید گروه و مرتبه بسط وارد شده در قسمت‌های شماره ۱ و ۲ و اعمال آن به مواد موجود در برنامه می‌باشد. کلیدهای میانبر برای این دکمه (Ctrl+Q) می‌باشند.

۴. "Clear": این دکمه جهت حذف نمودن و از بین بردن تمامی مواد موجود در برنامه می‌باشد و بعد از فشردن این دکمه، ماده‌ای در لیست مواد باقی نخواهد ماند. کلیدهای میانبر برای این دکمه (Ctrl+R) می‌باشند.

۵. "Materials": با استفاده از این کنترل می‌توان بین مواد تعریف شده حرکت کرد یا مقادیر مربوط به یک ماده را تغییر داد. در این قسمت، می‌توان به هر ماده یک نام، رنگ و توضیحات اختصاص داد که نام ماده و رنگ آن نمی‌تواند با مواد دیگر یکسان باشد.

همچنین می‌توان برای حذف نمودن یک ماده، از کلید "Remove" در انتهای هر سطر استفاده نمود.

۶. "Scattering Legendre Moments": در این قسمت ماتریس گروهی تکانه‌های بسط لژاندر پراکندگی نشان داده شده است. با انتخاب هر یک از تکانه‌ها، ماتریس گروهی پراکندگی مربوط به آن نمایش داده می‌شود.

۷. جدول مقادیر سطح مقطع‌ها: برای دیدن مقادیر این جدول، می‌بایست ابتدا ماده‌ای از لیست مواد در سمت چپ انتخاب شود. در این صورت، مقادیر مربوط به سطح مقاطع آن ماده نمایش داده می‌شود. تعداد سطرهای این جدول برای هر ماده،برابر با تعداد گروه انرژی نوترون‌ها می‌باشد، بدین صورت که هر سطر مربوط به یک گروه می‌باشد و کاربر می‌تواند مقادیر دلخواه خود را برای هر ماده در آن وارد نماید. (ستون مربوط به "υΣf" فقط در حالتی که روش حل مسئله"Eigenvalue"باشد وجود دارد)

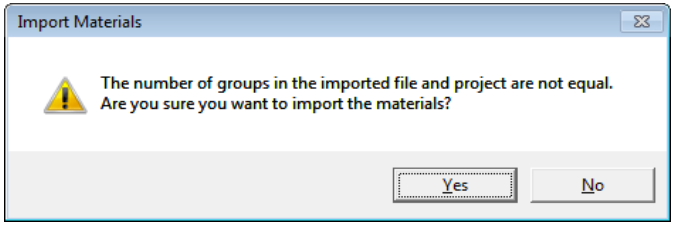
۸. "Add": اضافه نمودن یک ماده جدید توسط این دکمه انجام می‌شود. در این صورت نام و رنگ ماده به صورت پیش‌فرض و مقادیر سطوح مقاطع، "صفر" در نظر گرفته می‌شود. کلیدهای میانبر برای این دکمه (Ctrl+A) می‌باشند.

۹. "Duplicate": توسط این دکمه کاربر می‌تواند یک ماده جدید با مقادیر سطح مقاطع برابر با ماده فعلی و با رنگ و نام متفاوت ایجاد نماید. در این صورت مقادیر سطح مقاطع ماده فعلی در ماده جدید کپی می‌شوند. کلیدهای میانبر برای این دکمه (Ctrl+D) می‌باشند.

۱۰. "Export": پس از مقداردهی مقادیر مربوط به سطح مقطع‌ها، کاربر می‌تواند جهت ساخت فایل سطح مقاطع از این دکمه استفاده نماید. لازم به ذکر است تنها موادی در فایل ذخیره می‌شوند که در جدول مواد گزینه تیک

☑ آن‌ها فعال باشد. بنابراین قابلیت ذخیره کردن انتخابی مواد نیز وجود دارد. کلیدهای میانبر برای این دکمه (Ctrl+E) می‌باشند.

۱۱. "Import": کاربر می‌تواند جهت بازکردن فایل سطح مقطع ساخته شده توسط برنامه و مقداردهی مقادیر مربوط به سطح مقاطع مواد از این دکمه استفاده نماید. در صورتیکه تعداد گروه مواد در فایل انتخابی با تعداد گروه مواد در برنامه متفاوت باشد، پیغامی به صورت شکل ۶ نمایش داده می‌شود. کلیدهای میانبر برای این دکمه (Ctrl+I) می‌باشند.



شکل۶: پیغام مربوط به Import نمودن فایل سطح مقاطع

۱۲. "Fission spectrum":در این جدول مقادیر گروهی طیف شکافت وارد می‌شود. این جدول فقط در حالتی که روش حل مسئله "Eigenvalue"باشد نشان داده می‌شود.

۳-۳- برگه نمایش چشمه

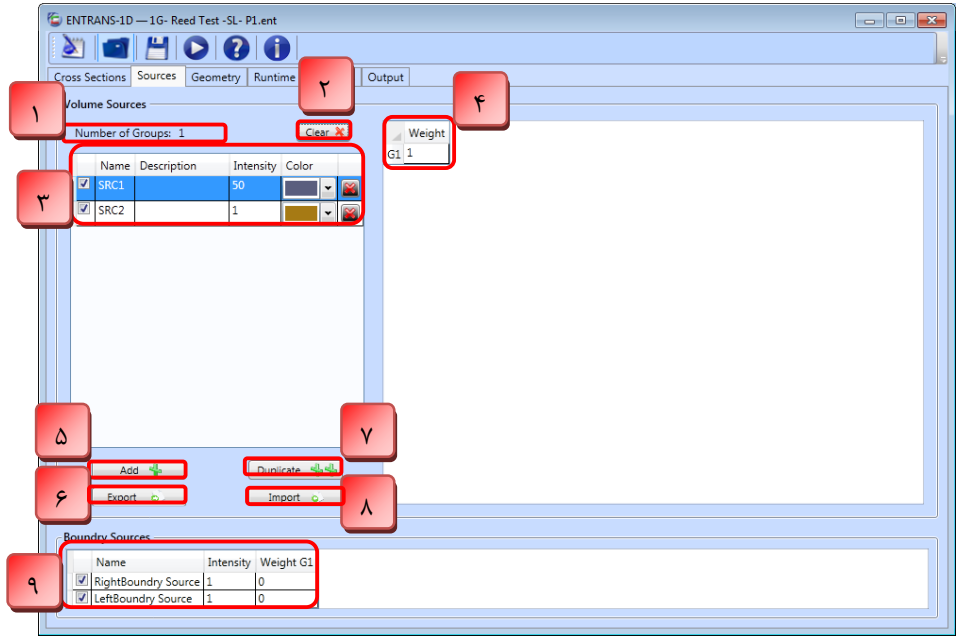
همان طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، در این برگه، اطلاعات مربوط به چشمه ها قابل دسترسی می‌باشند.این برگه فقط در مسائلی که روش حل آن‌ها "Fixed source"می‌باشد نمایش داده می‌شود.

۱. "Number of Groups": در این قسمت تعداد گروه‌های انرژی قابل مشاهده اما غیرقابل تغییر می‌باشد. برای تغییر تعداد گروه می‌توان از برگه سطح مقاطع استفاده نمود. در این صورت مقدار هر یک از وزن‌ها برابر با $\frac{1}{g}$ تعریف می‌گردد که در آن g تعداد گروه‌های انرژی می‌باشد.

۲. "Clear": این دکمه جهت حذف نمودن و از بین بردن تمامی چشمه‌های موجود دربرنامه می‌باشد و بعد از فشردن این دکمه، چشمه‌ای درجدول مواد باقی نخواهد ماند. کلیدهای میانبر برای این دکمه (Ctrl+R) می‌باشند.

۳. "Source": با استفاده از این کنترل می‌توان بین چشمه‌های تعریف شده حرکت کرد یا مقادیر مربوط به یک چشمه را تغییر داد. در این قسمت، می‌توان به هر چشمه یک نام، رنگ، شدت[1] و توضیحات اختصاص داد که نام چشمه و رنگ آن نمی‌تواند با چشمه‌های دیگر یکسان باشد.

[1] Intensity



شکل ۷: برگه نمایش چشمه‌ها

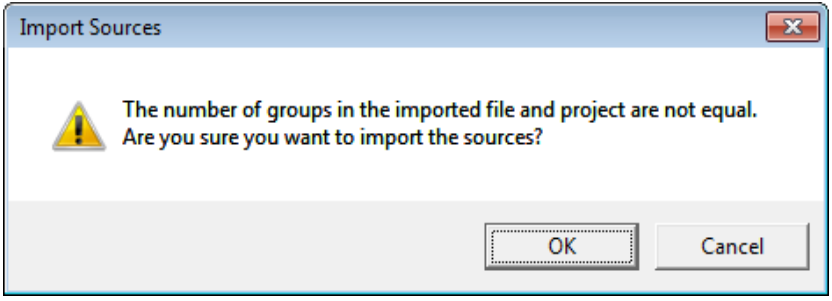
۴. جدول مقادیر وزن چشمه‌ها: برای دیدن مقادیر این جدول، می‌بایست ابتدا چشمه‌ای از جدول چشمه‌ها در سمت چپ انتخاب شود. در این صورت، مقدار وزن مربوط به آن چشمه نمایش داده می‌شود. تعداد سطرهای این جدول برای هر چشمه، بسته به تعداد گروه انرژی نوترون‌ها می‌باشد، بدین صورت که هر سطر مربوط به یک گروه می‌باشد و کاربر می‌تواند مقدار دلخواه خود را برای هر چشمه در آن وارد نماید.

۵. "Add": اضافه نمودن یک چشمه جدید توسط این دکمه انجام می‌شود. در این صورت نام و رنگ چشمه به صورت پیش‌فرض و مقادیر وزن‌ها، برابر با $\frac{1}{g}$(که gتعداد گروه‌های انرژی می‌باشد) در نظر گرفته می‌شود. کلیدهای میانبر برای این دکمه(Ctrl+A) می‌باشند.

۶. "Duplicate": توسط این دکمه کاربر می‌تواند یک چشمه جدید با مقادیر وزن برابر با چشمه فعلی و با رنگ و نام متفاوت ایجاد نماید. در این صورت مقادیر وزن چشمه فعلی در چشمه جدید کپی می‌شوند. کلیدهای میانبر برای این دکمه(Ctrl+D) می‌باشند.

۷. "Export": پس از مقداردهی مقادیر مربوط به‌چشمه‌ها، کاربر می‌تواند جهت ساخت فایل چشمه از این دکمه استفاده نماید. لازم به ذکر است تنها چشمه‌هایی در فایل ذخیره می‌شوند که در جدول چشمه گزینه تیک ☑ آن‌ها فعال باشد. بنابراین قابلیت ذخیره کردن انتخابی چشمه‌ها نیز وجود دارد. کلیدهای میانبر برای این دکمه(Ctrl+E) می‌باشند.

۸. "Import": کاربر می‌تواند جهت بازکردن فایل چشمه ساخته شده توسط برنامه و مقداردهی مقادیر مربوط به‌وزن چشمه‌ها از این دکمه استفاده نماید. در صورتیکه تعداد گروه چشمه‌ها در فایل انتخابی با تعداد گروه‌ها در برنامه متفاوت باشد، پیغامی به صورت شکل ۸ نمایش داده می‌شود.

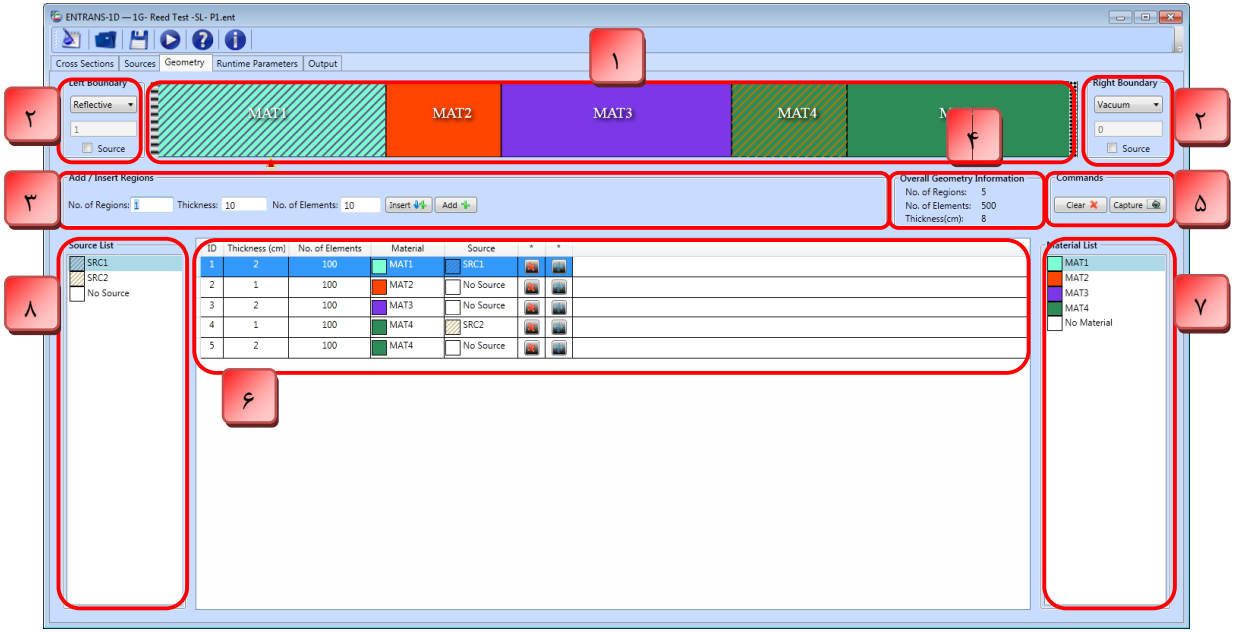


شکل ۸: پیغام هشدار مربوط به "Import" نمودن فایل چشمه

۹. "Boundary Sources": در این قسمت چشمه‌های مرزی برای اختصاص به مرزها تعریف می‌شوند. چشمه مرزی چپ فقط در صورتی قابل تعریف می‌باشد که هندسه تیغه‌ای باشد.

۳-۴- برگه نمایش هندسه

در این برگه هندسه‌ی سیستم و نحوه‌ی چینش مواد در آن بصورت گرافیکی نمایش داده می‌شود (شکل۹).در این برگه با توجه به روش حل مسئله و نوع هندسه انتخابی قابلیت‌های متعددی برای ایجاد و اعمال تغییرات در هندسه در نظر گرفته شده است که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌نماییم:



شکل ۹: برگه نمایش هندسه

۱- نمایش هندسه: در این قسمت ناحیه‌ها و مواد الصاق شده به آن‌ها قابل مشاهده می‌باشد. با توجه به اینکه در ابتدای برنامه، نوع هندسه به صورت تیغه‌ای، استوانه‌ای یا کروی انتخاب شده، شکل هندسه در این برگه به ترتیب مشابه شکل ۱۰، شکل ۱۱و یا شکل ۱۲می‌باشد.

شکل ۱۰: هندسه تیغه‌ای

شکل ۱۱: هندسه استوانه‌ای

شکل۱۲: هندسه کروی

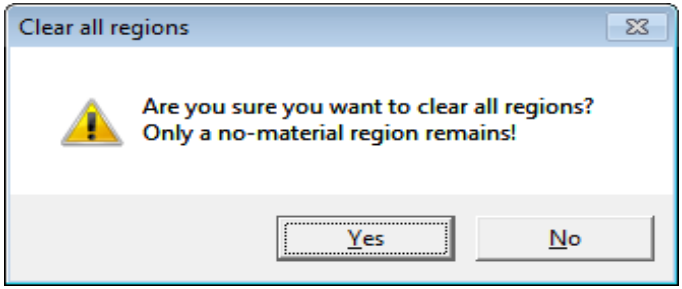
۲- شرایط مرزی: از طریق منوی پنجره‌ای در دو طرف هندسه، می‌توان نوع شرایط مرزی راست و چپ هندسه را تعیین نمود. در صورتی که هندسه مسئله به صورت استوانه‌ای یا کروی انتخاب شود، فقط شرایط مرزی خارجی که در سمت راست قرار دارد را خواهیم داشت. با انتخاب گزینه Source مربوط به مرز چپ یا راست می‌توان چشمه مرزی تعریف شده در برگه چشمه را به مرز مربوطه اختصاص داد. (این ویژگی در حالتی که روش حل مسئله "Fixed source"باشد وجود دارد.)

۳- "Add/Insert Regions": این قسمت برای اضافه نمودن یا درج نمودن یک یا چند ناحیه جدید به کار می‌رود. روش کار بدین صورت است که ابتدا می‌بایست مقادیر مربوط به تعداد نواحی "Number"مورد نظر برای اضافه یا درج نمودن، ضخامت"Thickness"و تعداد مش "Number of Meshes"هر یک از نواحی در قسمت‌های مربوطه وارد شود. سپس برای اضافه نمودن این نواحی به انتهای هندسه دکمه "Add" و برای درج نمودن به محلی که توسط اشاره‌گر در زیر هندسه نمایش داده می‌شود از دکمه "Insert" می‌توان استفاده نمود.

۴- "Geometry Information": این قسمت، اطلاعات کلی راجع به هندسه را مطرح می‌نماید. این اطلاعات شامل تعداد کل نواحی و مش‌ها در هندسه و نیز اندازه کل هندسه می‌باشد.

۵- "Commands": این قسمت دارای دو دکمه می‌باشد. دکمه "Clear" که برای حذف نمودن نواحی و مواد از هندسه می‌باشد. با فشردن این دکمه پیغامی مطابق شکل ۱۳ نمایش داده می‌شود که در صورت فشردن دکمه

"Yes" در آن، تمامی نواحی حذف می‌شوند و هندسه فقط شامل یک ناحیه بدون ماده (No Material) خواهد بود. دکمه "Capture" برای ذخیره تصویری از هندسه با پسوند ".png" به کار می‌رود.



شکل۱۳:پیغام مربوط به Clear نمودن هندسه

۶- جدول اطلاعات نواحی: در این قسمت، اطلاعات دقیقی در مورد نواحی ایجاد شده در هندسه وجود دارد. این اطلاعات شامل شناسه "ID"، ضخامت "Thickness"، تعداد مش "Number of Mesh"، ماده "Material" و چشمه "Source" انتخاب شده در آن ناحیه می‌باشد. تعداد مش و اندازه هر ناحیه در این جدول قابل تغییر می‌باشد. در انتهای هر سطر از این جدول دو دکمه قرار داده شده است. با استفاده از دکمه "Remove" می‌توان ناحیه متناظر با آن سطر را در هندسه حذف نمود و با استفاده از دکمه "Split"می‌توان ناحیه متناظر با سطر را به دو ناحیه مساوی تقسیم نمود.

۷- لیست موادی که در صفحه "Cross Sections" توسط کاربر تعریف شده‌اند، در این قسمت نمایش داده می‌شوند و آماده الصاق بر روی ناحیه‌ها می‌باشد. با دوبار کلیک کردن بر روی هریک از مواد این لیست می‌توان

آن را به ناحیه انتخاب شده اختصاص داد. در این لیست ماده‌ای به‌صورت پیش‌فرض با نام"No-material" موجود می‌باشد که اگر ماده‌ای به ناحیه الصاق نشده باشد، این گزینه برای آن ناحیه انتخاب می‌شود.

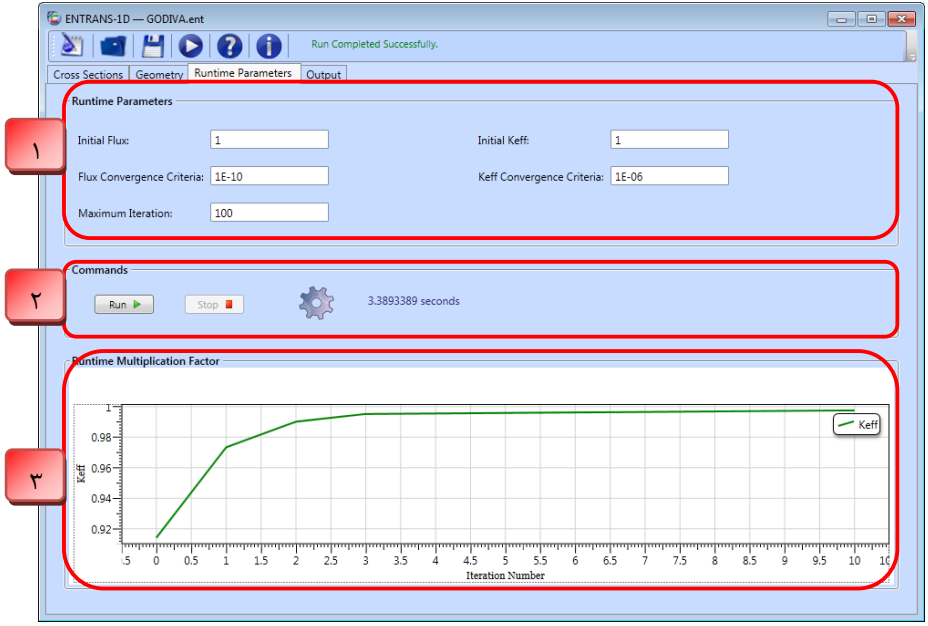
۸- لیست چشمه‌هایی که در صفحه "Sources" توسط کاربر تعریف شده‌اند، در این قسمت نمایش داده می‌شوند و آماده الصاق بر روی ناحیه‌ها می‌باشد. با دوبار کلیک کردن بر روی هریک از چشمه‌های این لیست می‌توان آن را به ناحیه انتخاب شده اختصاص داد. در این لیست چشمه‌ای به‌صورت پیش‌فرض با نام "No-Source" موجود می‌باشد که اگر چشمه‌ای به ناحیه الصاق نشده باشد، این گزینه برای آن ناحیه انتخاب می‌شود. در مواردی که حل مسئله به صورت "Eigen Value" باشد، این لیست را نخواهیم داشت.

۳-۵- برگه پارامترهای اجرا

همان‌طور که در شکل ۱۴مشاهده می‌شود، برگه پارامترهای اجرا از سه قسمت تشکیل شده است:

۱. "Runtime Parameters": کاربر می‌تواند پارامترهای لازم برای اجرای محاسبات را در قسمت‌های زیر تعیین نماید:

- "Keff Convergence Criteria": در این قسمت، شرط پایان محاسبات بر اساس مقدار خطای نسبی ضریب تکثیر (K_{eff}) قرار گرفته است. این پارامتر تنها در شرایطی که روش حل مسئله" Eigen value"باشد وجود دارد.
- "Flux Convergence Criteria": در این قسمت، شرط پایان محاسبات بر اساس مقدار خطای نسبی شار نوترون (Flux) قرار گرفته است.



شکل ۱۴: برگه پارامترهای اجرا

- "Initial Keff": در این بخش مقدار اولیه ضریب تکثیر (K_{eff}) دریافت می‌گردد. این پارامتر در شرایطی که روش حل مسئله"Eigen value"باشد وجود دارد.
- "Initial Flux": در این بخش مقدار اولیه شاردریافت می‌گردد.
- "Maximum Iteration": این بخش برای تعیین حداکثر تکرار برای رسیدن به جواب قرار داده شده و جهت پایان عملیات در صورت همگرا نشدن نتایج می‌باشد.

۲. "Commands": در این قسمت، یک دکمه برای شروع محاسبات برنامه به نام "Run"و یک دکمه به منظور قطع کردن محاسبات برنامه به نام "Stop" در نظر گرفته شده است. همچنین زمان صرف شده برای محاسبات، در این قسمت نمایش داده می‌شود.

۳. "Runtime Multiplication Factor": در صورتیکه مقادیر ورودی کد محاسباتی به درستی وارد شده باشند و کد محاسباتی بدون مشکل اجرا شود این پنجره نمایان می‌شود. این نمودار همزمان با انجام محاسبات در حالت ویژه مقداری، مقدار ضریب تکثیر و درحالت چشمه ثابت خطای شار را در هر تکرار نشان می‌دهد.

در صورتیکه مشکلی در انجام محاسبات وجود داشته باشد بجای نمودار ضریب تکثیر، پنجره خطاها و هشدارها نمایش داده خواهد شد. در صورت ایجاد هشدار، این پیغام‌ها به رنگ آبی نمایش داده می‌شوند و برنامه به عملکرد خود ادامه می‌دهد ولی در صورت ایجاد خطا، محاسبات متوقف می‌گردد و پیغام‌های خطا در این بخش با رنگ قرمز نمایش داده خواهند شد.

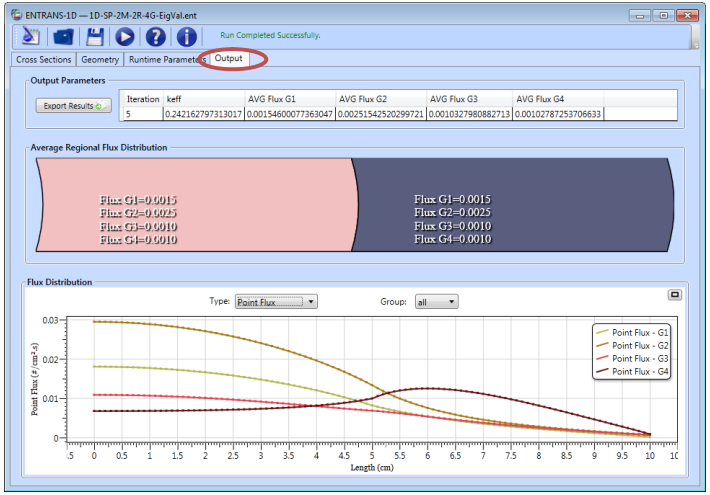
خطاها و هشدارهایی که در برنامه می‌تواند رخ دهد، در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول شماره ۲: پیغام‌های خطا

شرایط وقوع خطا	پیغام خطا
هنگامی که دکمه Run کلیک شده ولی ماده‌ای در لیست مواد وجود ندارد.	Error: There is no material in the list.
هنگامی که دکمه Run کلیک شده ولی ناحیه‌ای در هندسه ایجاد نشده است.	Error: There is no region in the map.
هنگامی که دکمه Run کلیک شده ولی ناحیه i در هندسه وجود دارد که به آن ماده‌ای اختصاص داده نشده است.	Error: There is no material assigned to region "i".
هنگامی که دکمه Run کلیک شده ولی چشمه ای در هندسه ایجاد نشده اس..	Error: There is no source in the map.
هنگامی که دکمه Run کلیک شده ولی مجموع وزن‌های چشمه iام برابر ۱ نمی‌باشد.	Warning: Sum of weights in Source number i is not equal to 1.
هنگامی که دکمه Run کلیک شده ولی مجموع مقادیر χ در ماده iام برابر ۱ نمی‌باشد.	Warning: Sum of (χ)'s in material number i is not equal to 1.

۳-۶- برگه خروجی

با انتخاب برگه"Output"، مقادیر خروجی برای "Flux" قابل مشاهده خواهند بود (شکل۱۵).



شکل ۱۵: برگه خروجی

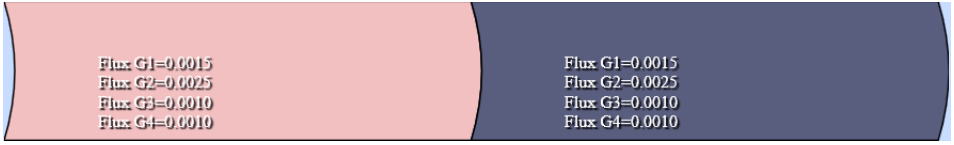
۳-۶-۱- "Output Parameters"

در این قسمت جدولی برای نمایش مقادیر خروجی شامل تعداد تکرار، مقدار نهایی ضریب تکثیر (در مسائل Fixed source) و مقادیر میانگین شار در هر گروه وجود دارد.

علاوه بر این دکمه Export Result برای ذخیره مقادیر خروجی محاسبات در فایل در نظر گرفته شده است.

۳-۶-۲- "Average Regional Flux Distribution"

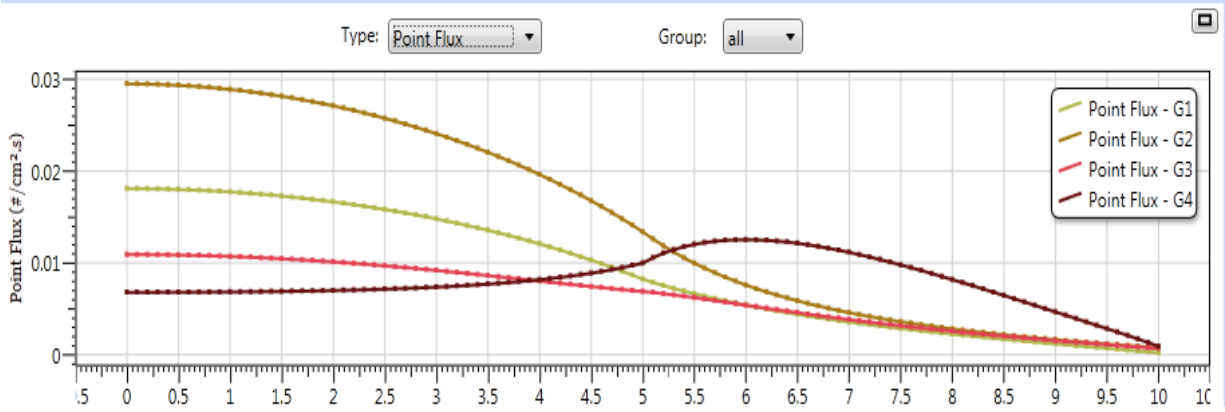
در این قسمت (شکل ۱۶) مقادیر میانگین شار نوترون‌ها در هر ناحیه و در گروه‌های مختلف انرژی بر روی هندسه سیستم نمایش داده می‌شود.



شکل ۱۶: نمایش هندسه‌ای میانگین شار نوترون‌ها

۳-۶-۳- قسمت نمایش توزیع نقطه‌ای شار نوترون (Flux Distribution)

این قسمت برای نمایش توان یا شارنوترون‌ها به صورت نمودار در نظرگرفته شده است. نمودار ترسیم شده (شکل۱۷)، میزان شارنوترون را درسلول‌های واقع دریک لایه افقی عمود بر محور سوخت‌ها نشان می‌دهد.



شکل ۱۷: نمایش شار نوترون‌ها

با استفاده ازگزینه "Type" در منوی بازشو، می‌توان شار نوترون در هر گره("Point Flux") یا شار میانگین در هر ناحیه را ("Avg Region Flux") برای نمایش انتخاب نمود.

با استفاده از منوی بازشو در قسمت "Group" مشخص شده در شکل ۱۸، می‌توان بین گروه‌های مختلف انرژی حرکت نمود و میزان شار نوترون‌ها را در هر گروه مشاهده نمود. همچنین با انتخاب گزینه "All" از منوی بازشوی "Group" می‌توان مقادیر مربوط به تمام گروه‌های انرژی را به صورت همزمان مشاهده نمود.

شکل۱۸: نحوه جابجایی بین گروه‌های مختلف انرژی و روش حل

قابلیت‌های نمودار برای تغییر نحوه نمایش در ادامه بیان شده است:

- تمام صفحه: با انتخاب این گزینه ، نمودار مورد نظر به صورت تمام صفحه نمایش داده می‌شود.

- بزرگنمایی: کاربر بافشردن دکمه سمت چپ موشواره برروی صفحه نمایش،حرکت و سپس رهاسازی آن، می‌تواند بر روی قسمت خاصی از نمودار بزرگنمایی انجام دهد تا جزئیات بیشتری از نمودار را مشاهده نماید. لازم به ذکر است، در صورتی که با موشواره کلیک شود و بدون حرکت رها شود، نمودار به صورت بسیار زیاد بزرگنمایی می‌شود که برای بازگشت از این حالت، باید از قابلیت تنظیم به حالت اولیه"Fit to view" استفاده نماید.
- بازگشت به حالت اولیه: بعد از بزرگنمایی برای بازگشت به حالت اولیه، دکمه راست موشواره را بر روی نمودار کلیک نموده و سپس گزینه اول یعنی"Fit to view"را کلیک نمایید یا کلید (Home) از روی صفحه کلید را بفشارید. در ادامه، قابلیت‌های دیگر نمودار بیان شده است.

- جابجایی: در صورتی که کلید (Ctrl) یا (Shift) از روی صفحه کلید نگاه داشته شود و با کلیک نمودن دکمه چپ موشواره برروی صفحات نمایش و حرکت دادن آن می‌توان نمودار رسم شده را در صفحه نمایش جابجا نمود.
- کپی از تصویر: با کلیک راست موشواره و انتخاب گزینه دوم از منوی ایجاد شده یا فشردن دکمه (F11) می‌توان تصویر نمودار را بر روی حافظه برای انتقال به نرم‌افزارهای دیگر کپی نمود.
- ذخیره تصویر: با کلیک راست موشواره و انتخاب گزینه دوم از منوی ایجاد شده یا فشردن دکمه (Ctrl+S) می‌توان تصویر نمودار را ذخیره نمود.
- با کلیک راست موشواره و انتخاب گزینه آخر، متن راهنمایی در مورد استفاده از نمودار موجود، در دسترس کاربر قرار می‌گیرد.

۴- فایل‌های برنامه

فایل‌های مختلفی که توسط این برنامه ایجاد و یا در برنامه استفاده می‌شود در ادامه توضیح داده می‌شوند:

- فایل سطح مقاطع

فایل سطح مقاطع، یک فایل متنی است که می‌تواند توسط کاربر تهیه و با پسوند ".txt" ذخیره شود. برای ساخت این فایل از گزینه "Export" در برگه "Cross Sections" استفاده می‌شود.

- فایل چشمه‌ها

فایل چشمه‌ها، یک فایل متنی است که می‌تواند توسط کاربر تهیه و با پسوند ".txt" ذخیره شود. برای ساخت این فایل می‌توان از گزینه "Export" در برگه "Source" استفاده نمود.

- فایل پروژه

فایل پروژه، یک فایل متنی است که حاوی اطلاعات هندسه، سطح مقاطع، چشمه‌ها، مقادیر پارامترهای زمان اجرا و نتایج می‌باشد. در واقع این فایل از به هم پیوستن تمامی اطلاعات برنامه ایجاد می‌شود و با پسوند ".ent" ذخیره می‌شود. برای ساخت این فایل به صورت دستی، می‌توان یک فایل متنی خالی ایجاد نمود و سپس محتویات یک فایل به فرمت برنامه را در داخل آن کپی کرد. بدیهی است که باید به تعداد مواد بکار رفته در قسمت هندسه، قالب سطح مقطع وجود داشته باشد، در غیر این‌صورت، برنامه دچار اشکال می‌شود. 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"،".xls"و ".csv"ذخیره شود. به طور پیش‌فرض پسوند ".xlsx" برای ذخیره فایل در نظر گرفته شده است.

۵- لیست میانبرهای برنامه

جدول شماره ۳: لیست میانبرهای برنامه

کاربرد	میانبر	برگه مورد استفاده
اضافه نمودن ماده Add	Ctrl+A	Cross Sections
رونوشت Duplicate	Ctrl+D	Cross Sections
ورود مواد Import	Ctrl+I	Cross Sections
ذخیره مواد Export	Ctrl+E	Cross Sections
پاک نمودن مواد Clear	Ctrl+R	Cross Sections
تایید گروه Apply	Ctrl+Q	Cross Sections
اضافه نمودن نواحیAdd Regions	Ctrl+A	Geometry
درج ناحیه جدید Insert	Ctrl+I	Geometry

جدول شماره ۳: لیست میانبرهای برنامه - ادامه

کاربرد	میانبر	برگه مورد استفاده
ذخیره تصویر هندسه Capture	Ctrl+0	Geometry
پاک نمودن مواد Clear	Ctrl+R	Geometry
ذخیره خروجی در فایل اکسل	Ctrl+S	Output
ایجاد پروژه جدید	Ctrl+Shift+N	ALL Pages
باز نمودن پروژه موجود	Ctrl+Shift+O	ALL Pages
ذخیره نمودن پروژه جاری	Ctrl+Shift+S	ALL Pages
اجرای برنامه	F5	ALL Pages
فایل راهنما	F1	ALL Pages