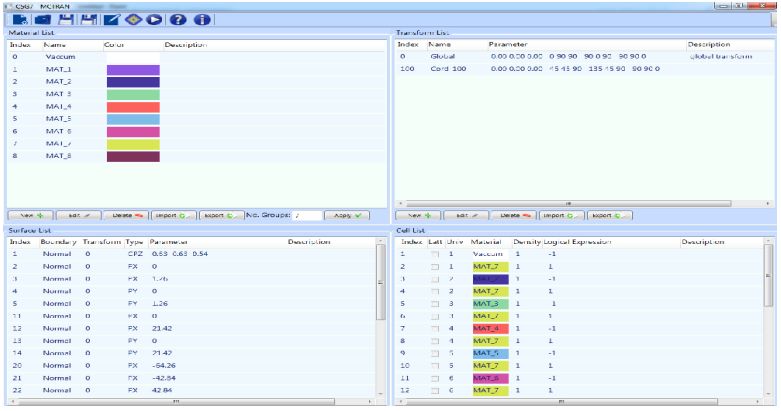
شرکت ساخت و راه‌اندازی نیروگاه‌های اتمی
مرکز محاسبات پیشرفته هسته‌ای

کد سه بعدی ترابرد نوترون به روش مونت کارلو برای محاسبات گروهی بحرانیت



راهنمای کاربر MCTRAN

بسته هجدهم– ویرایش ۱ - اسفند ۱۳۹۴

ANC-MAN-TEP-CC-200

فهرست مطالب

۱- چکیده ۷

۲- کلید واژه ۷

۳- دامنه گزارش ۸

۴- رابط گرافیکی کاربر ۸

۵- فایل‌های برنامه ۷۱

۶- لیست میانبرهای برنامه ۷۶

لیست شکل‌ها

شکل ۱: صفحه شروع برنامه ۹
شکل ۲: کادر ایجاد پروژه جدید New Project ۱۰
شکل ۳: نوار ابزار کد MCTRAN ۱۱
شکل ۴: بارگذاری پروژه در صفحه اصلی برنامه ۱۲
شکل ۵: کادر مربوط به ویراشگر متنی پروژه ۱۴
شکل ۶: کادر مربوط به نمایش مقطع دوبعدی از هندسه ۱۵
شکل ۷: کادر مربوط به اجرای برنامه و نمایش خروجی‌ها ۱۶
شکل ۸: کادر معرفی مرکز محاسبات پیشرفته هسته‌ای ۱۷
شکل ۹: نمایش و ویرایش اطلاعات هندسی و فیزیکی مسئله ۱۸

شکل ۱۰: کادر مدیریت مواد (سطح مقطع‌های گروهی) ۱۹
شکل ۱۱: کادر مربوط به ویرایش اطلاعات ماده ۲۲
شکل ۱۲: کادر مدیریت دستگاه‌های مختصات ۲۳
شکل ۱۳: کادر ویرایش اطلاعات تبدیل دستگاه مختصات ۲۵
شکل ۱۴: کادر مدیریت سطوح ۲۶
شکل ۱۵: کادر ویرایش مشخصات سطح ۲۹
شکل ۱۶: کادر مدیریت سلول ۳۰
شکل ۱۷: کادر ویرایش مشخصات سلول ۳۲
شکل ۱۸: کادر ویرایش ساختار تکرار شونده- نمای اول ۳۴
شکل ۱۹: کادر ویرایش ساختار تکرار شونده- نمای دوم ۳۵

شکل ۲۰: کادر ویرایش متنی مشخصات مسئله ۳۷
شکل ۲۱: تعریف یک سلول با استفاده از عملگر منطقی متمم ۴۷
شکل ۲۲: نمای دو بعدی از هندسه‌ی سیستمی متشکل از دو کره‌ی هم مرکز در داخل یک مکعب ۴۸
شکل ۲۳: چگونگی تعیین اندیس سلول واحدها در شبکه راست‌گوش ۵۹
شکل ۲۴: چگونگی تعیین اندیس سلول واحدها در شبکه شش‌گوش ۶۰
شکل ۲۵: کادر اجرا و تنظیمات اجرای برنامه ۶۵
شکل ۲۶: کادر خروجی‌های برخط اجرای برنامه ۶۸
شکل ۲۷: کادرتغییرات ضریب تکثیر موثر ۶۹
شکل ۲۸: نمایش Tally ۷۰

لیست جدول‌ها

جدول شماره ۱: شرایط مرزی و مقادیر متناظر آن ۳۹
جدول شماره ۲: سطوح مجاز و پارامترهای آنها ۴۰
جدول شماره ۳: عملگرهای منطقی مجاز و عملکرد آنها ۴۵
جدول شماره ۴: مقدار K و کمیت محاسباتی متناظر آن ۵۳
جدول شماره ۵: لیست میانبرهای برنامه ۷۶

۱- چکیده

کد MCTRAN، برای انجام محاسبات گروهی بحرانیت در سامانه‌های سه بعدی برمبنای روش تکرار چشمه توسعه داده شده است. در این کد از روش هندسه ترکیبی برای مدلسازی هندسه استفاده شده، که قابلیت تعریف تقریبا هر نوع هندسه‌ای را برای کاربر فراهم می آورد. این کد قابلیت تعریف سطوح بسته، تبدیل مختصات، ساختارهای تکرار شونده چندلایه ای با شبکه های راست گوش و شش گوش و بکارگیری سطح مقاطع گروهی و ناهمسانگرد (ممان های لژاندر) را دارا می‌باشد. گزارش حاضر راهنمای کاربری کد MCTRAN 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- کلید واژه

محاسبات بحرانیت ترابرد نوترون، روش مونت‌کارلو، مدلسازی سه بعدی، سطح مقاطع گروهی.

۳- دامنه گزارش

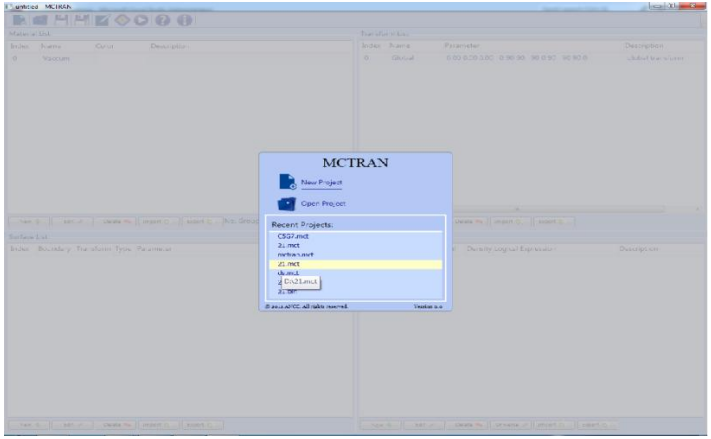
در این گزارش، قابلیت‌ها و بخش‌های مختلف رابط گرافیکی کاربر کد MCTRAN و نحوه ایجاد، اجرا، نمایش و ذخیره مسائل مختلف بیان می‌شود.

۴- رابط گرافیکی کاربر

ساختار این رابط گرافیکی به طور کلی از هشت جزء و یک نوار ابزار تشکیل شده است. در ادامه هر یک از این بخش‌ها و نحوه بکارگیری آن توصیف می‌شود.

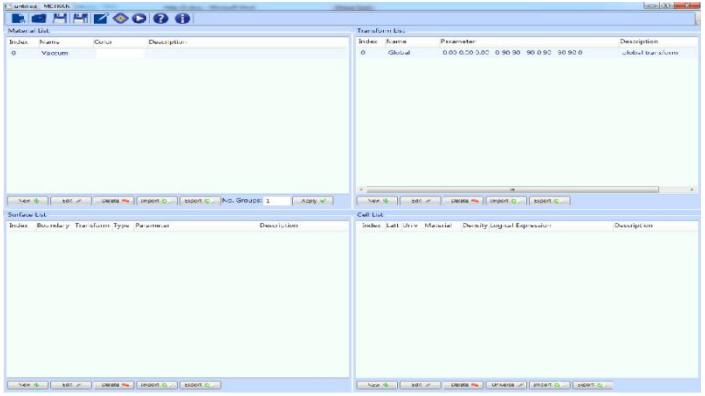
۴-۱- صفحه شروع برنامه

با اجرا نمودن فایل اجرایی بعد از نمایش صفحه معرفی کد MCTRAN، پنجره مدیریت پروژه پدیدار می‌گردد (شکل ۱).



شکل ۱: صفحه شروع برنامه

۱. New Project: این گزینه برای ایجاد پروژه جدید استفاده می شود (شکل ۲).



شکل ۲: کادر ایجاد پروژه جدید New Project

۲. Open Project: این گزینه برای باز کردن پروژه متنی و یا باینری ذخیره شده می‌باشد.

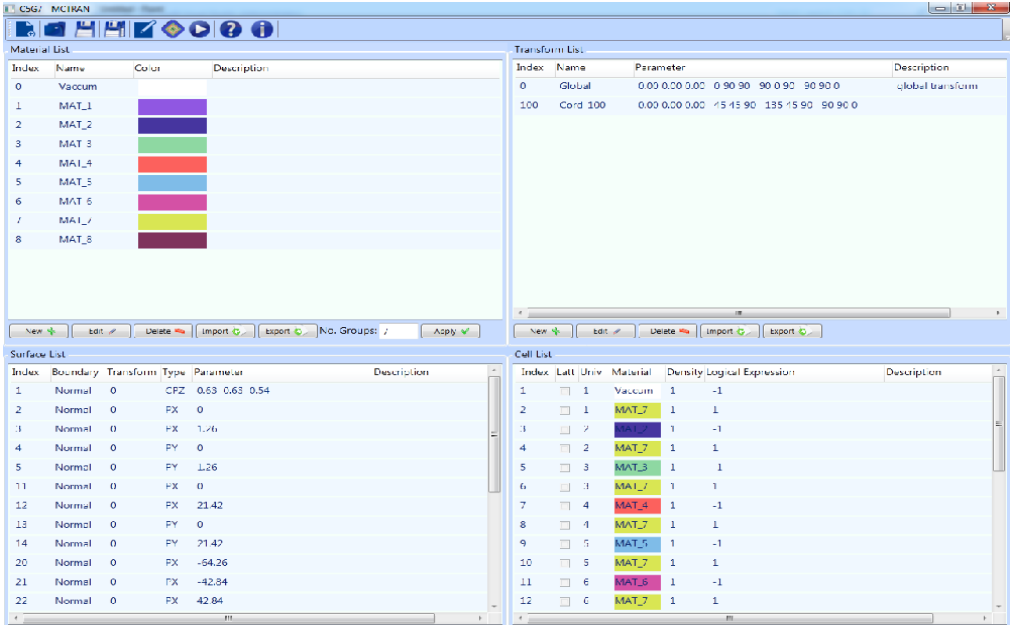
۳. Recent Projects: در این قسمت لیستی از آخرین پروژه‌های باز شده در نرم‌افزار نمایش داده می‌شود.

۴-۲- نوار ابزار برنامه

همانطور که در شکل ۳ ملاحظه می‌شود نوار ابزار از ۶ گزینه تشکیل شده است که عملکرد هر یک به شرح زیر می‌باشد:

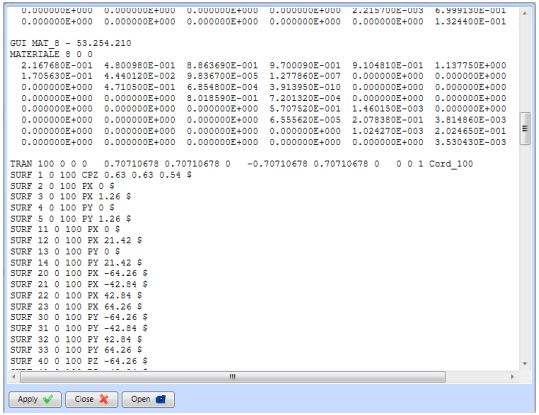
شکل ۳: نوار ابزار کد MCTRAN

- "New Project File": با انتخاب این گزینه ، می‌توان یک پروژه جدید را باز نمود. کلید میانبر برای این دکمه (Ctrl +N) می‌باشد.
- "Open Project File": با انتخاب این گزینه ، شکل شماره ۱ نمایش داده می‌شود. کلید میانبر برای این دکمه (Ctrl +O) است. با انتخاب یک پروژه اطلاعات آن بارگزاری می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴: بارگذاری پروژه در 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.
- "Text Mode": با انتخاب این گزینه ، کادر ویرایش متنی برنامه مطابق شکل ۵ باز می‌شود. کلید میانبر برای این دکمه (Ctrl +T) است. با استفاده از این گزینه کاربر می تواند علاوه بر بکارگیری قابلیت‌های گرافیکی از دستورات متنی نیز برای تعریف پروژه استفاده کند. ارتباط بین ویرایشگر متنی و رابط گرافیکی بطور خودکار توسط نرم افزار انجام می‌شود.

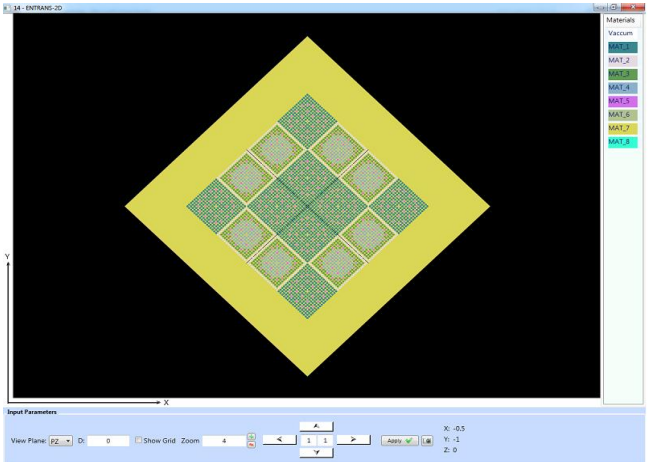


شکل ۵: کادر مربوط به ویراشگر متنی پروژه

- "2D Plot": با انتخاب این گزینه ، پنجره مشاهده مقطع دو بعدی از هندسه سیستم باز می‌شود (شکل ۶).

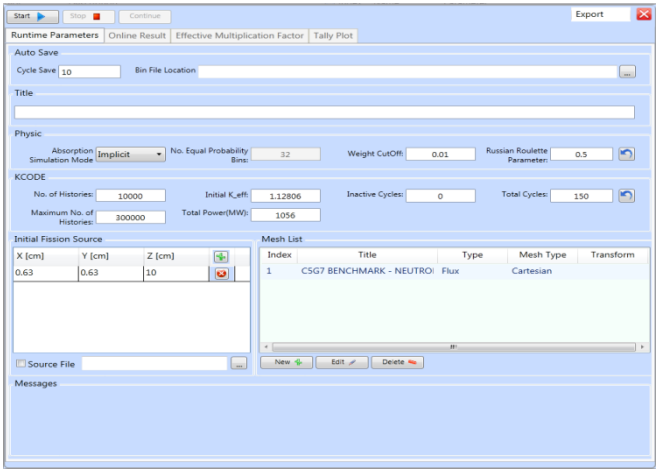
کلید میانبر برای این دکمه (CTRL+G) است. کاربر می‌تواند با انتخاب صفحات تخت موازی با محورهای اصلی

مقطع‌های مختلفی از تصویر را با بزرگنمایی و جابجایی تصویر مشاهده کند. نقاط تعریف نشده توسط کاربر با رنگ مشکی نمایش داده می‌شود. ذره با ورود به این نواحی از بین می‌رود.



شکل ۶: کادر مربوط به نمایش مقطع دوبعدی از هندسه

- "Run": با انتخاب این گزینه ، کادر اجرای برنامه مطابق شکل ۷ باز می‌شود. کلید میانبر برای این کار (F5) است.



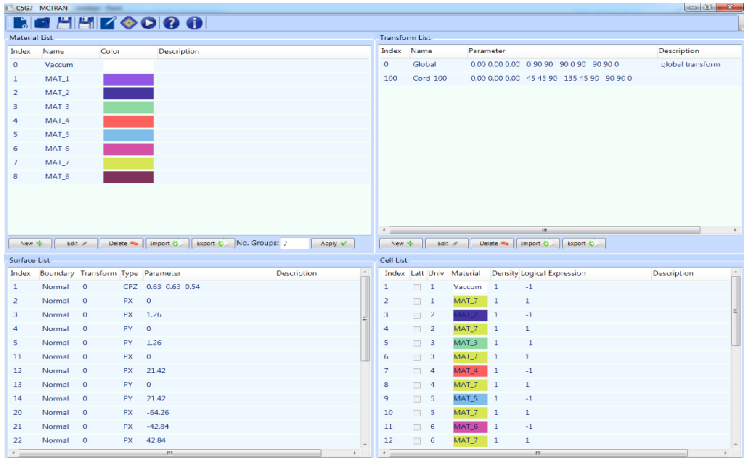
شکل ۷: کادر مربوط به اجرای برنامه و نمایش خروجی‌ها

- "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 را ارائه می‌دهد.

شکل ۸: کادر معرفی مرکز محاسبات پیشرفته هسته‌ای

۴-۳- برگه نمایش ورودی‌ها(Input)

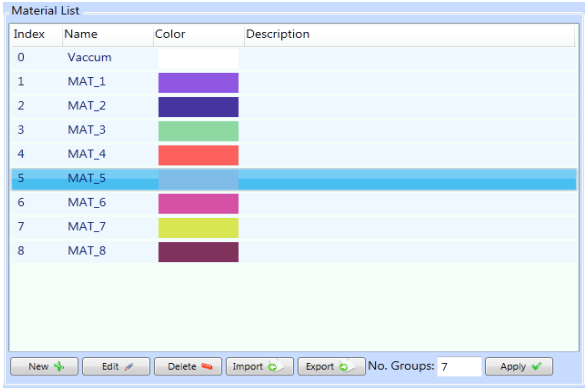
در این کادر توصیف هندسی (سطوح، سلول‌ها و ...) و فیزیکی (سطح مقاطع) مسئله انجام می‌شود (شکل ۹).



شکل ۹: نمایش و ویرایش اطلاعات هندسی و فیزیکی مسئله

۴-۱-۳- Material List

در این قسمت کاربر مدیریت مواد (سطح مقطع‌ها) را انجام می‌دهد و اطلاعات مربوط به سطح مقطع‌ها قابل دسترسی و ویرایش می‌باشند.



شکل ۱۰: کادر مدیریت مواد (سطح مقطع‌های گروهی)

در این کادر لیست مواد همراه نام، توضیحات و رنگ نمایش داده می‌شود (شکل ۱۰). گزینه‌های مربوط به این کادر عبارتند از:

- 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 را ویرایش کند.کلیدهای میانبر برای این دکمه(Ctrl+M+F2) است.
- Delete: این دکمه جهت حذف ماده (یا مواد) انتخاب شده از لیست مواد می‌باشد. کلیدهای میانبر برای این دکمه (Ctrl+M+Delete) می‌باشند.
- Import: کاربر می‌تواند سطح مقطع‌های ذخیره شده در فایل‌های خارجی(txt. و یا xlsx.) که دارای ساختار صحیح می‌باشند را به برنامه اضافه کند. کلیدهای میانبر برای این دکمه(Ctrl+M+I) می‌باشد.

- Export: با استفاده از این گزینه کاربر می‌تواند سطح مقطع‌های موجود در برنامه را در فایل txt. و یا xlsx. ذخیره کند. کلیدهای میانبر برای این دکمه(Ctrl+M+E)است.
- Apply: برای اعمال تعداد گروه‌های انرژی بر روی جداول سطح مقطع‌های مواد استفاده می‌شود.

۱. ویرایش مواد

هر ماده با استفاده از سطح مقطع‌های گروهی (شامل سطح مقطع کل، شکافت، تولید، پراکندگی، ممان‌های پراکندگی و طیف شکافت) تعریف می‌شود. با استفاده از این گزینه می‌توان این اطلاعات را ویرایش و پس از اختصاص اندیس، نام، توصیف و رنگ مورد نظر به ماده، آن را ذخیره کرد. اندیس هر ماده یکتا بوده و برای بکارگیری در تعریف سلول از آن استفاده می‌شود (شکل ۱۱).

Edit Material

Legendre Order: 0 Apply

Index: 4 Name: MAT_4 Color: Fissionable

Description:

N: 0

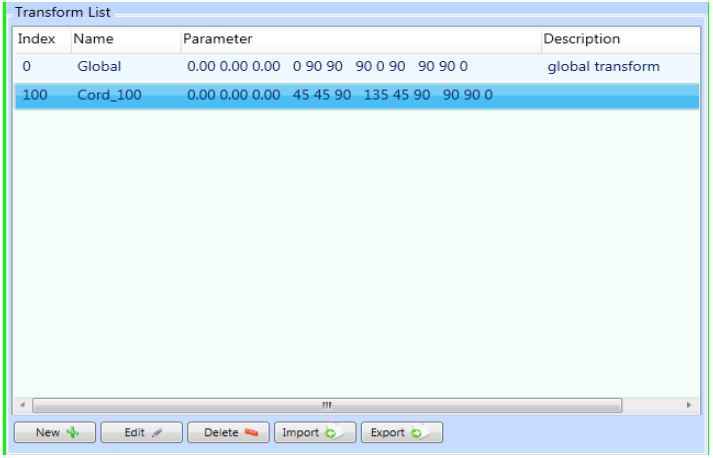
	g=1	g=2	g=3	g=4	g=5	g=6	g=7
χ_g	5.87910E-001	4.11760E-001	3.39060E-004	1.17610E-007	0.00000E+000	0.00000E+000	0.00000E+000
$\Sigma_{fg}[cm^{-1}]$	8.67209E-003	1.62426E-003	1.02716E-002	3.90447E-002	1.92576E-002	3.74888E-001	4.30599E-001
ν_g	2.90426E+000	2.91795E+000	2.86986E+000	2.87491E+000	2.87175E+000	2.86752E+000	2.87808E+000
$\Sigma_s(1\rightarrow g)[cm^{-1}]$	1.31504E-001	4.20460E-002	8.69720E-006	5.19380E-009	0.00000E+000	0.00000E+000	0.00000E+000
$\Sigma_s(2\rightarrow g)[cm^{-1}]$	0.00000E+000	3.30403E-001	1.64630E-003	2.60060E-009	0.00000E+000	0.00000E+000	0.00000E+000
$\Sigma_s(3\rightarrow g)[cm^{-1}]$	0.00000E+000	0.00000E+000	4.61792E-001	2.47490E-003	0.00000E+000	0.00000E+000	0.00000E+000
$\Sigma_s(4\rightarrow g)[cm^{-1}]$	0.00000E+000	0.00000E+000	0.00000E+000	4.68021E-001	5.43300E-003	0.00000E+000	0.00000E+000

Ok Cancel Undo Redo

شکل ۱۱: کادر مربوط به ویرایش اطلاعات ماده

Transform List -۲-۳-۴

در این قسمت مدیریت مربوط به دستگاه‌های مختصات برای انتقال و دوران سطوح انجام می‌شود (شکل ۱۲).

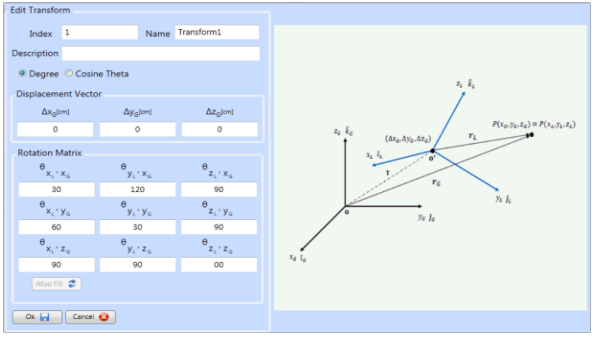


شکل ۱۲: کادر مدیریت دستگاه‌های مختصات

- New: با کلیک بر این دکمه کادر ویرایش تبدیل دستگاه مختصات باز می‌شود تا مربوط به بردار انتقال و ماتریس دوران وارد شود. کلید میانبر برای این دکمه (Ctrl+T+N) می‌باشد.
- Edit: با کلیک بر این دکمه اطلاعات تبدیل دستگاه مختصات انتخاب شده از لیست در کادر ویرایش نمایش داده می‌شود و کاربر می‌تواند مقادیر آن را ویرایش کند. کلیدهای میانبر برای این دکمه (Ctrl+T+F2) است.
- Delete: این دکمه جهت حذف تبدیل دستگاه مختصات انتخاب شده از لیست می‌باشد. کلیدهای میانبر برای این دکمه (Ctrl+T+Delete) می‌باشند.
- Import: کاربر می‌تواند انتقال‌های ذخیره شده در فایل خارجی که دارای ساختار صحیح می‌باشند را به برنامه اضافه کند. کلیدهای میانبر برای این دکمه(Ctrl+T+I) می‌باشد.
- Export: کاربر می‌تواند لیست انتقال‌های تعریف شده را در فایل خروجی ذخیره کند. کلیدهای میانبر برای این دکمه(Ctrl+T+E) است.

۱. ویرایش تبدیل

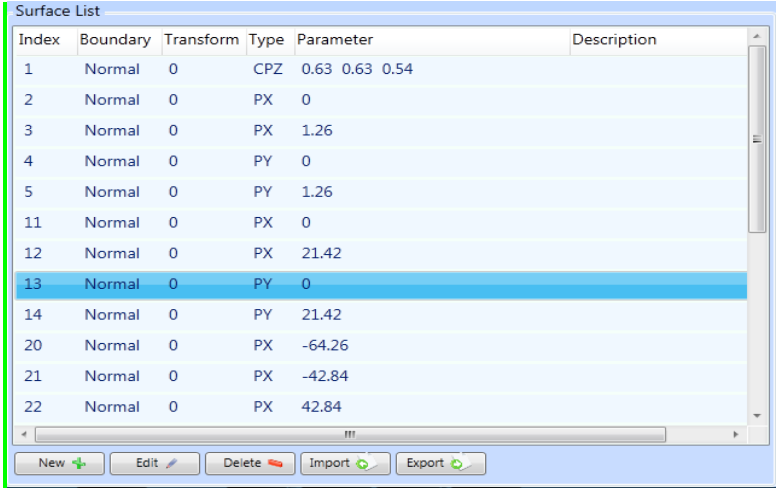
هر تبدیل توسط بردار انتقال و ماتریس دوران تعریف می‌شود. برای راحتی در وارد کردن اطلاعات مربوط به ماتریس دوران، قابلیت بیان آن بر حسب درجه و همچنین پرکردن خودکار برخی از مقادیر (با معلوم بودن دو سطر و یا ستون ماتریس دوران) ایجاد شده است.



شکل ۱۳: کادر ویرایش اطلاعات تبدیل دستگاه مختصات

۴-۳-۳- Surface List

در این قسمت مدیریت مربوط به سطوح انجام می‌شود (شکل ۱۴).

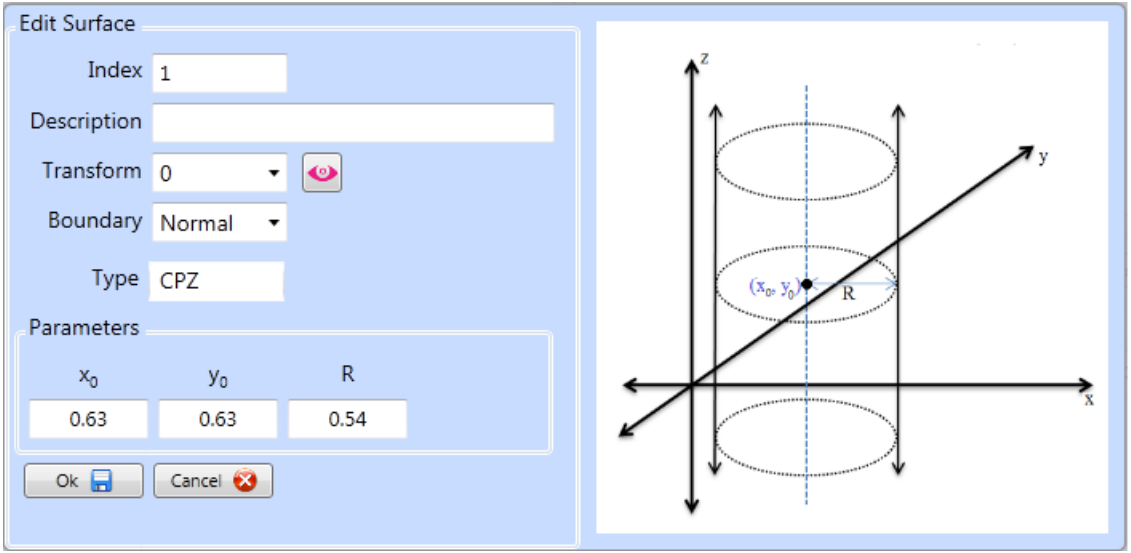


شکل ۱۴: کادر مدیریت سطوح

- New: با کلیک کردن بر این دکمه کادر ویرایش سطح برای ایجاد سطح جدید باز می‌شود. کلید میانبر برای این دکمه (Ctrl+S+N) می‌باشد.
- Edit: با کلیک کردن بر این دکمه مشخصات سطح انتخاب شده از لیست در کادر ویرایش سطح نمایش داده می‌شود و کاربر می‌تواند مقادیر را تغییر دهد. کلیدهای میانبر برای این دکمه (Ctrl+S+F2) است.
- Delete: این دکمه جهت حذف سطح (یا سطوح) انتخاب شده از لیست می‌باشد. کلیدهای میانبر برای این دکمه (Ctrl+S+Delete) می‌باشند.
- Import: کاربر می‌تواند سطوح ذخیره شده در فایل خارجی را که دارای ساختار صحیح می‌باشند، به برنامه اضافه کند. کلیدهای میانبر برای این دکمه(Ctrl+S+I) می‌باشد.
- Export: کاربر می‌تواند لیست سطوح تعریف شده در پروژه را در فایل خروجی ذخیره کند. کلیدهای میانبر برای این دکمه(Ctrl+S+E)است.

۱. ویرایش سطح

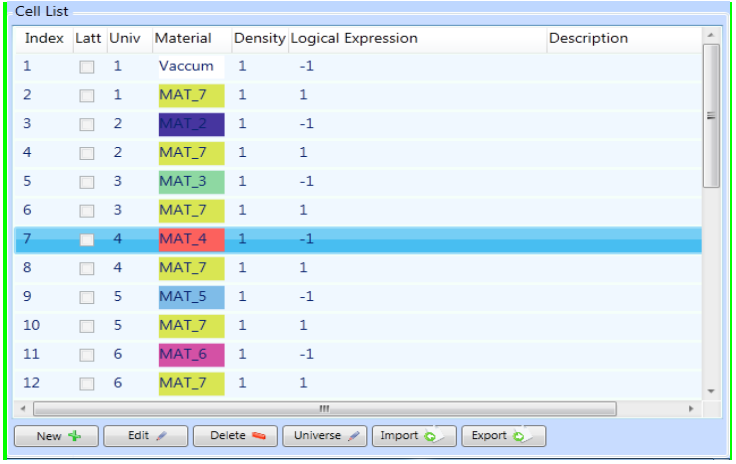
مطابق شکل ۱۵، در این کادر با توجه به نوع سطح انتخاب شده، پارامترهای مربوطه وارد می‌شود. در نهایت با کلیک دکمه Save تغییرات ذخیره و کادر لیست سطوح نمایش داده می‌شود. با توجه به نوع سطح انتخاب شده در قسمت Type، در سمت راست صفحه شکل مربوط به آن سطح نمایش داده می‌شود و همچنین در پایین صفحه کادر ویرایش پارامترهای فقط برای آن نوع سطح انتخاب شده نمایش داده می‌شود. به عنوان مثال، شکل زیر سطح CPZ انتخاب شده که پارامترهای x_0، y_0 و R ظاهر می‌شود.



شکل ۱۵: کادر ویرایش مشخصات سطح

Cell List -۴-۳-۴

در این قسمت مدیریت مربوط به سلول‌ها انجام می‌شود (شکل ۱۶).

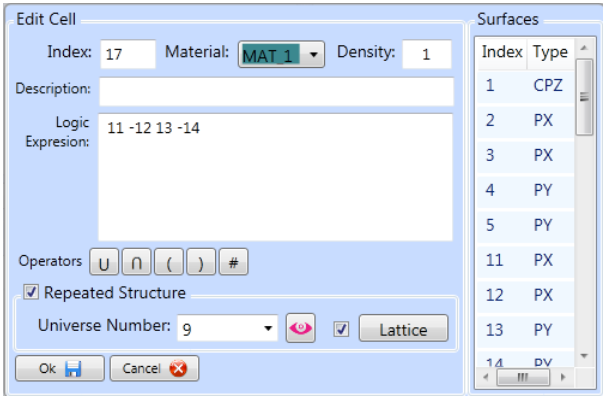


شکل ۱۶: کادر مدیریت سلول

- New: با کلیک کردن بر این دکمه کادر ویرایش سلول برای ایجاد سلول جدید باز می‌شود. کلید میانبر برای این دکمه (Ctrl+C+N) می‌باشد.
- Edit: با کلیک کردن بر این دکمه مشخصات سلول انتخاب شده از لیست در کادر ویرایش سطح نمایش داده می‌شود و کاربر می‌تواند مقادیر را ویرایش کند. کلیدهای میانبر برای این دکمه (Ctrl+C+F2) است.
- Delete: این دکمه جهت حذف سلول (یا سلول‌های) انتخاب شده از لیست می‌باشد. کلیدهای میانبر برای این دکمه (Ctrl+C+Delete) می‌باشند.
- Import: کاربر می‌تواند سلول ذخیره شده در فایل خارجی را که دارای ساختار صحیح می‌باشند، به برنامه اضافه کند. کلیدهای میانبر برای این دکمه(Ctrl+C+I) می‌باشد.
- Export: کاربر می‌تواند لیست سلول تعریف شده در پروژه را در فایل خروجی ذخیره کند. کلیدهای میانبر برای این دکمه(Ctrl+C+E)است.

۱. ویرایش سلول

مطابق شکل ۱۷، در این کادر با توجه به سلول مورد نظر شماره سطوح و عملگرهای منطقی وارد می‌شود. در نهایت با کلیک دکمه Save تغییرات ذخیره و کادر لیست سلول نمایش داده می‌شود.



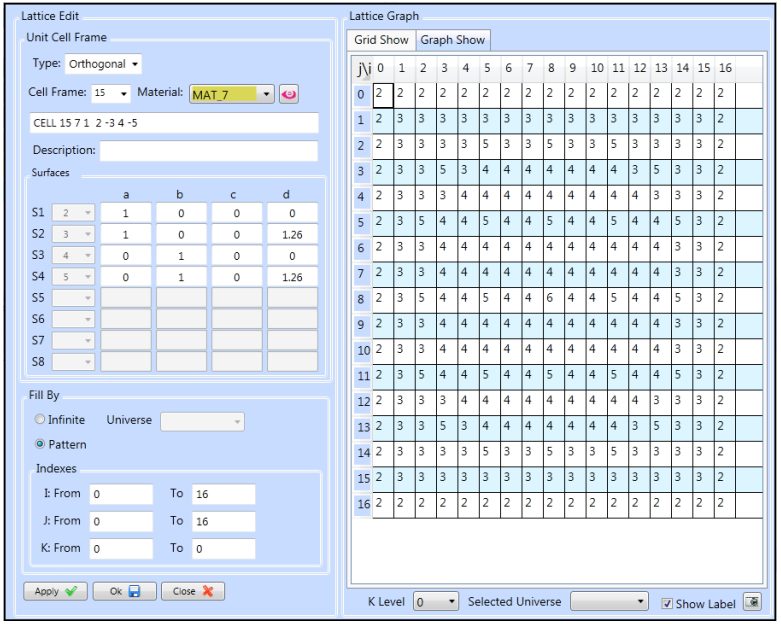
شکل ۱۷: کادر ویرایش مشخصات سلول

۲. ساختار تکرار شونده

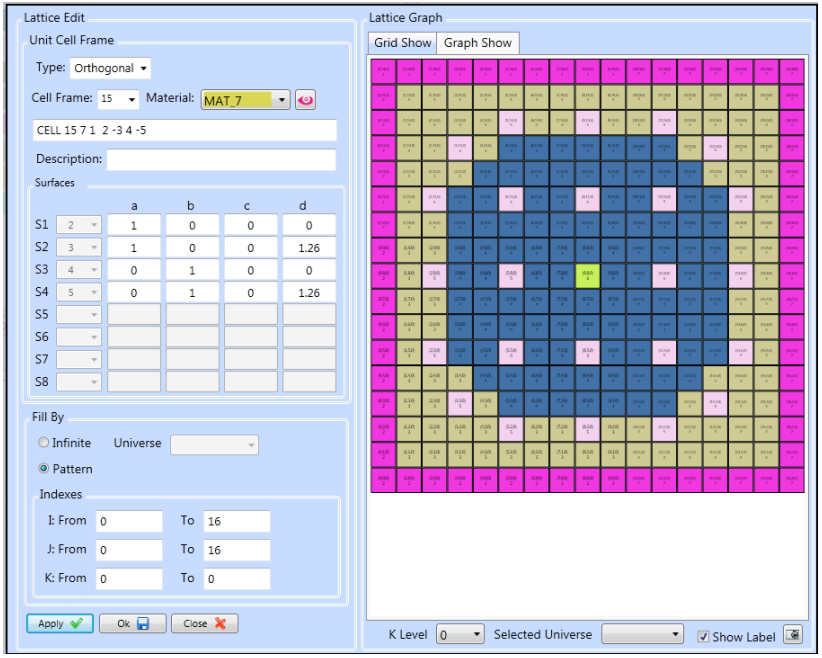
در صفحه ویرایش مشخصات سلول، با فعال کردن گزینه Repeated Structure می‌توان سلول را جزئی از یک سلول واحد (Universe) و یا حاوی شبکه‌ای از سلول‌های واحد (Lattice) قرار داد.

با انتخاب Universe، سلول جاری به لیست مربوط به سلول واحد انتخابی اضافه می‌شود. چنانچه اندیس Universe مشخص شده در لیست سلول‌های واحد نباشد، یک رنگ تصادفی گرفته و به لیست اضافه می‌شود. با فشار دادن دکمه لیست سلول‌های واحد برنامه نمایش داده می‌شود.

با فعال کردن گزینه Lattice و فشار دادن دکمه Lattice کادر ویرایش ساختار تکرار شونده مانند شکل‌های ۱۸ و ۱۹ باز شده و پارامترهای آن قابل ویرایش است.



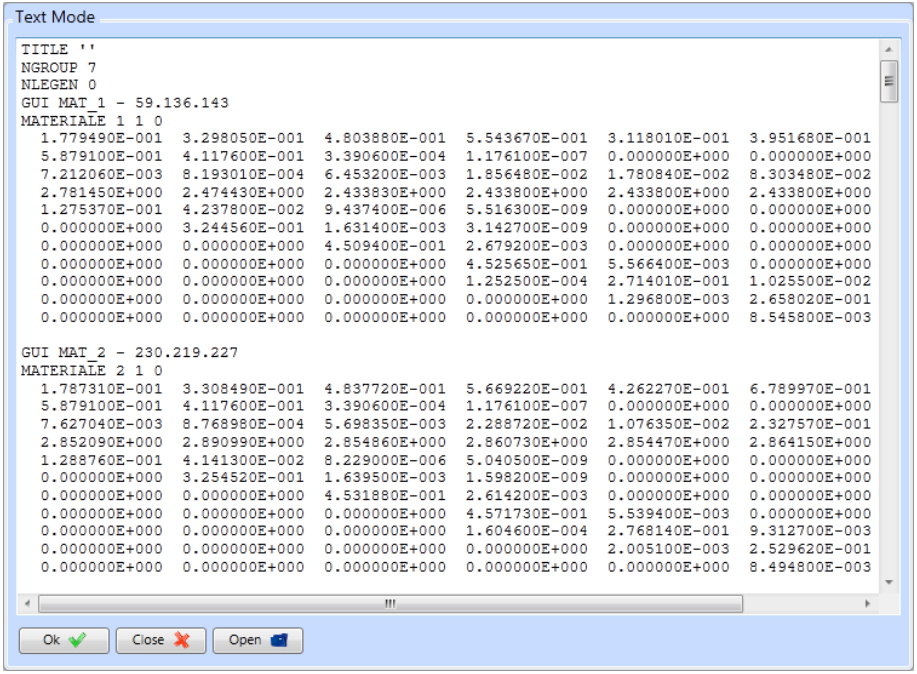
شکل ۱۸: کادر ویرایش ساختار تکرار شونده- نمای اول



شکل ۱۹: کادر ویرایش ساختار تکرار شونده- نمای دوم

۴-۳-۵- Text Mode

در این صفحه تمام مشخصات مسئله در قالب متن قابل بارگزاری، مشاهده و ویرایش (تعریف) است(شکل ۲۰). در این قسمت کاربر می‌تواند با استفاده از کارت‌های مجاز، ورودی مد نظر خود را به صورت متنی تعریف کند. با فشار دادن دکمه OK ورودی متنی به صورت خودکار برای برنامه ترجمه شده و در صورت وجود خطا در ورودی، پیغام خطا و نوع آن مشخص می‌شود. در ادامه کارت‌های ورودی مجاز در فایل متنی و چگونگی استفاده از آن‌ها ذکر می‌شود.



شکل ۲۰: کادر ویرایش متنی مشخصات مسئله

۴-۳-۵-۱- کارت تعریف سطوح

کارت ورودی سطوح در برنامه به صورت زیر در نظر گرفته شده است :

```
SURF  n  B  T  M  P1  P2  P3  ...
```

در عبارت فوق n شماره سطح، B نوع مرز، T شماره تبدیل مختصات مورد نظر، M نشانگر تعیین نوع سطح و P_i ها نیز پارامترهای مورد نیاز برای تعریف سطح نوع M می‌باشند. توجه به موارد زیر در استفاده از این کارت ضروری است:

۱. شماره سطح باید عددی مثبت و کوچکتر از ۹۹۹۹۹ باشد.

۲. مقدار عددی B طبق جدول شماره ۱ نوع شرایط مرزی سطح مورد تعریف را تعیین می‌نماید.

جدول شماره ۱: شرایط مرزی و مقادیر متناظر آن

نوع شرایط مرزی	مقدار متغیر B
مرز عادی[۱]	0
مرز بازتابنده[۲]	-1
مرز سفید[۳]	-2
مرز متناوب[۴]	>0

شرط مرزی متناوب صرفاً برای دو صفحه موازی به کار می‌رود و پارامتر B هر کدام از دو سطح برابر با شماره سطحی دیگری است.

۱ Normal
۲ Reflective
۳ White
۴ Periodic

۳. شماره مربوط به انتقال مورد نظر (T) نیز عددی مثبت است و با توجه به انتقال‌های تعریف شده، تعیین می‌گردند. در قسمت‌های بعدی چگونگی استفاده از کارت انتقال مختصات نیز شرح داده می‌شود.

۴. نشانگر M و پارامترهای لازم برای تعریف آن نیز با توجه به جدول زیر تعیین می‌شود.

جدول شماره ۲: سطوح مجاز و پارامترهای آن‌ها

نشانگر M	توضیح	معادله	پارامترها
P	حالت کلی	$Ax + By + Cz - D = 0$	A B C D
PX	نرمال آن محور X است	$x - D = 0$	D
PY	نرمال آن محور Yاست	$y - D = 0$	D
PZ	نرمال آن محور Zاست	$z - D = 0$	D
S	حالت کلی	$(x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2 = R^2$	x′y′z′R
So	مرکز واقع بر مبدا	$x^2 + y^2 + z^2 = R^2$	R

SX	مرکز واقع بر محور X	$(x-x')^2+y^2+z^2=R^2$	x′R
SY	مرکز واقع بر محور Y	$x^2+(y-y')^2+z^2=R^2$	y'R
SZ	مرکز واقع بر محور Z	$x^2+y^2+(z-z')^2=R^2$	z′R
CPX	موازی با محور X	$(y-y')^2+(z-z')^2=R^2$	$y'z'$R
CPY	موازی با محور Y	$(x-x')^2+(z-z')^2=R^2$	$x'z'$R
CPZ	موازی با محور Z	$(x-x')^2+(y-y')^2=R^2$	x′y'R
CX	واقع بر محور X	$z^2+y^2=R^2$	R
CY	واقع بر محور Y	$x^2+z^2=R^2$	R
CZ	واقع بر محور Z	$x^2+y^2=R^2$	R
GQ	استوانه مخروط بیضی‌گون سهمی‌گون هذلولی‌گون	$Ax^2+By^2+Cz^2+Dxy+Eyz$ $+Fzx+Gx+Hy+Jz+K=0$	A B C D E F G H J K

به عنوان مثال برای تعریف یک سطح کروی واقع در مرکز مختصات و به شعاع ۵ با شرایط مرزی خلا (عادی)، کارت ورودی به صورت زیر خواهد بود:

```
SURF 1 0 0 SO 5
```

۴-۳-۵-۲- کارت تعریف سلول

برای تعریف سلول کارت زیر به کار می‌رود:

```
CELL n Mn D Logical Expression
```

در این رابطه n شماره سلول، M_n شماره ماده‌ای که سلول حاوی آن است و D چگالی آن می‌باشد. Logical Expression یا همان عبارت منطقی نیز با استفاده از شماره علامتدار سطوح و عملگرهای مجاز محدوده مد نظر به عنوان سلول را بیان می‌کند. نکات حائز اهمیت در استفاده از این کارت به شرح زیر می‌باشد:

۱. n عددی مثبت و کوچکتر ۹۹۹۹۹ است.

۲. M_n نیز عددی مثبت است که نشان دهنده همان شماره تعریف ماده در کارت مربوطه می‌باشد.

۳. D چگالی اتمی ماده مورد نظر و عددی مثبت است.

۴. عبارت منطقی ترکیبی از شماره سطوح به همراه جهت مورد نظر(با توجه به علامت سطح و جهت نرمال سطح) و عملگرهای مجاز (اشتراک، اجتماع، متمم) در تعریف سلول است.

۵. وجود فضای خالی بین شماره‌ی علامت‌دار سطوح در عبارت منطقی به منزله‌ی اشتراک (∩) میان آن دو می‌باشد.

۶. وجود علامت (:) بین شماره‌ی علامت‌دار سطوح در عبارت منطقی به منزله‌ی اجتماع آن دو می‌باشد.

۷. در عبارت منطقی هر پرانتز معادل یک فضای خالی و نشان‌دهنده‌ی اشتراک می‌باشد. فضای خالی در هر طرف پرانتزها اختیاری است.

۸. چنانچه در عبارت منطقی چیزی وارد نشود به معنای کل فضا می‌باشد.

۹. در عبارت منطقی عملگرهای اجتماع و اشتراک به طور ترکیبی نیز می‌توانند برای تعریف سلول استفاده شوند.

۱۰. عملگر متمم با نماد " # " به کار می‌رود و به دو صورت قابل استفاده است: یا قبل از شماره‌ی یک سلول قرار می‌گیرد و یا قبل از پرانتزی حاوی فهرستی از سطوح توصیف کننده‌ی سلول دیگر به کار می‌رود.

```
#n

#(...)
```

جدول شماره ۳: عملگرهای منطقی مجاز و عملکرد آن‌ها

عملکرد	عملگرهای مجاز
اشتراک	فضای خالی
اجتماع	:
متمم، به غیر از	#
بیان تقدم و تاخر	( )

نمونه‌هایی از تعریف سلول با استفاده از کارت CELL و عملگرهای موجود در ادامه مطرح می‌شود:

```
CELL 1 7 1 -1:-2:3 4
```

طبق تعریف فوق سلول ۱ حاصل اجتماع نیم‌فضاهای ایجاد شده توسط سطوح ۱،۲ و ۳ و اشتراک آن با سطح چهار است. فضای مورد نظر در خلاف جهت نرمال‌های سطوح ۱ و ۲ و در جهت نرمال‌های سطوح ۳ و ۴ است. این سلول با ماده شماره ۷ پر شده است و چگالی اتمی آن یک است.

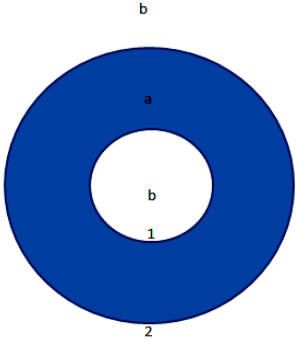
```
CELL 2 2 10 #1
```

سلول ۲ از ماده ۲ با چگالی اتمی ۱۰ پر شده است و فضای مربوط به آن کل فضای موجود به غیر از سلول ۱ است.

به عنوان مثال هندسه‌ی نشان داده شده در شکل ۲۱ را در نظر می‌گیریم.

سلول b با استفاده از عملگر متمم به دو صورت زیر قابل تعریف می‌باشد.

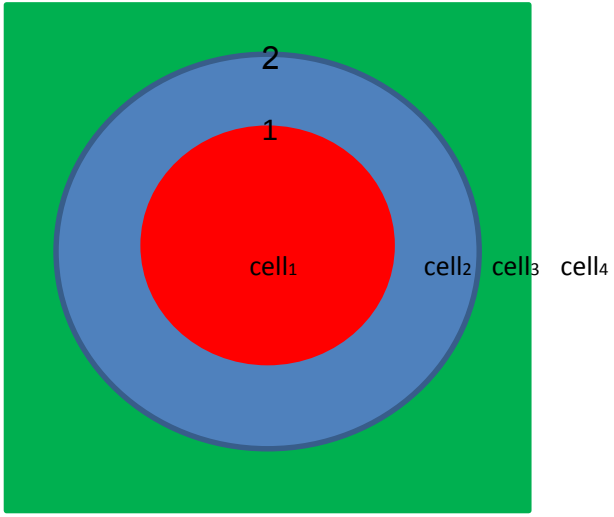
```
CELL a 0 0 1 -2

CELL b 0 0 #a  Or CELL b 0 0 #(1 -2) or CELL b 0 0 (-1 :+2)
```



شکل ۲۱: تعریف یک سلول با استفاده از عملگر منطقی متمم

در استفاده از عملگر متمم ، به علت برخی محاسبات اضافه در روند ردیابی نوترون، امکان افزایش زمان محاسبات نیز وجود دارد. لذا استفاده از عملگر متمم در تعریف هندسه‌ی سیستم توصیه نمی‌شود.

به عنوان مثال دیگر مطابق شکل ۲۲ :



شکل ۲۲: نمای دو بعدی از هندسه‌ی سیستمی متشکل از دو کره‌ی هم مرکز در داخل یک مکعب

سلول چهار با استفاده از عملگر متمم به صورت زیر تعریف می‌شود.

```
CELL 4 0 0 #3  #2 #1
```

۴-۳-۵-۳- کارت تبدیل مختصات

شکل کلی این کارت به صورت زیر است:

```
TRAN n O1 O2 O3 V1 V2 V3 V4 V5 V6 V7 V8 V9
```

در این عبارت n شماره مربوط به انتقال، O_1 O_2 O_3 نقطه‌ای که مبدا مختصات به آن انتقال می‌یابد و V_i ها نیز ماتریس دوران مد نظر هستند.

به عنوان مثال کارت زیر انتقالی با شماره ۱۰۰ را نشان می‌دهد که مبدا مختصات را به نقطه (۱و۱-و۱) انتقال داده و به میزان ۴۵ درجه دوران می‌دهد:

```
TRAN 0 0 0 0.70710678 0.70710678 0 -0.70710678 0.70710678 0 0 0 1
```

۴-۳-۵-۴- کارت چشمه

کارت چشمه برای تعیین چشمه نقطه‌ای شکافت برای نسل اول به کار می‌رود:

```
SOUR X1 Y1 Z1 X2 Y2 Z2 ... یا مسیر فایل چشمه
```

متغیرهای X_i، Y_i و Z_i نشان دهنده مکان چشمه هستند و فایل شکافت را می‌توان از اجراهای قبلی بکار برد.

۴-۳-۵-۵- کارت محاسبات بحرانیت

شکل کلی این کارت به صورت زیر است:

```
KCODE N I INAC C M
```

که داریم:

۱. N : تعداد ذرات در هر نسل
۲. I : حدس اولیه برای مقدار ضریب تکثیر
۳. INAC : تعداد نسل‌های غیر فعال
۴. C : تعداد کل چرخه‌ها
۵. M : اندازه بانک شکافت

۴-۳-۵-۶- کارت تعداد گروه

با استفاده از این کارت می‌توان تعداد گروه‌های انرژی را در مسائل تعیین نمود:

```
NGROUP  I
```

در عبارت فوق I تعداد گروه‌ها را نشان می‌دهد.

۴-۳-۵-۷- کارت مش تالی

این کارت برای محاسبه شار و یا توان در شبکه دکارتی به کار می‌رود. ساختار این کارت در چند خط و به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

```
TMSH   I   J   K
& TITLE "…"
& DIM1 X1 n1 X2 n2 X3 …
& DIM2 Y1 n1 Y2 n2 Y3 …
& DIM3 Z1 n1 Z2 n2 Z3 …
& DIM4 E1 n1 E2 n2 E3 …
```

در خط اول بعد از عبارت TMESH سه عدد I، J و K به ترتیب معرف شماره مش تالی ، نوع مش‌بندی و نوع کمیت هستند. در این نسخه تنها نوع شبکه دکارتی قابلیت استفاده دارد و عدد J همواره باید صفر باشد. مقادیر مجاز K و کمیت متناظر آن در جدول شماره ۴ نشان داده شده است.

جدول شماره ۴: مقدار K و کمیت محاسباتی متناظر آن

کمیت محاسبه شده توسط برنامه	مقدار عددی متغیر K
شار حجمی	0
توان	1

در خط اول بعد از TMSH می‌توان عنوانی دلخواه برای مش تالی داخل " " تعیین نمود. خطوط بعدی به تقسیم‌بندی چهار بعد X و Y و Z و E مربوط است. مقادیر این متغیرها باید به صورت صعودی باشد. در عبارت فوق Xها ، Yها و Zها

ابتدا و انتهای بازه‌های مد نظر و nها نیز تعداد تقسیم‌بندی در هر یک از آن‌ها را نشان می‌دهند. برای دریافت شار گروهی کافی است حد پایین انرژی برابر صفر و حد بالا برابر تعداد گروه‌ها و تقسیم بندی به تعداد گروه‌ها انتخاب شود.

۴-۳-۵-۸- کارت ماده

با این کارت می‌توان مواد مختلف را به همراه سطح مقاطع‌شان در فایل متنی تعریف نمود:

```
MATERIAL    N   M   L
Σ_T1   Σ_T2  ...
χ_1    χ_2   ...
Σ_f1   Σ_f2  ...
υ_1    υ_2   ...
Σ^0_S1→1   Σ^0_S1→2  ...
Σ^0_S2→1   Σ^0_S2→2  ...
.
.
.
Σ^1_S1→1   Σ^1_S1→2  ...
Σ^1_S2→1   Σ^1_S2→2  ...
```

و داریم :

N : شماره ماده.

M : تعیین کننده نوع ماده از نظر شکافت پذیر بودن. صفر برای مواد شکافت ناپذیر و یک برای مواد شکافت پذیر.

L : مرتبه ممان.

در زیر خط MATERIAL نیز به ترتیب در خط اول سطح مقطع کل برای گروه‌های مختلف، در خط دوم طیف شکافت گروه‌ها، خط سوم سطح مقطع شکافت هر یک از گروه‌ها ، خط چهارم تعداد نوترون‌های حاصل از شکافت در هر گروه وارد می‌شود. از خط پنجم به بعد سطح مقاطع پراکندگی به ترتیب از گروه ۱ به سایر گروه‌ها، از گروه ۲ به سایر گروه‌ها به ترتیب از ممان صفر تا آخر مطرح می‌شود.

۴-۳-۵-۹- کارت IMPL

در ترابرد ضمنی برای کاهش واریانس از رولت روسی استفاده می‌شود. کمیت‌های مربوط به این روش از طریق کارت زیر توسط کاربر تعیین می‌شود.

```
IMPL  I  J
```

در عبارت فوق I و J به ترتیب وزن قطع و پارامتر رولت روسی هستند.

۴-۳-۵-۱۰- کارت TITLE

برای تعیین عنوان مسئله‌ی مورد نظر از این کارت می‌توان بهره برد.

```
TITLE  "..."
```

عنوان مد نظر باید داخل " " ذکر شود.

۴-۳-۵-۱۱- کارت UNIV

برای تعریف Universe در هندسه از این کارت استفاده می‌شود.

```
UNIV n C1 C2 …
```

که n شماره Universe و C_i ها شماره سلول‌های سازنده آن است.

۴-۳-۵-۱۲- کارت LATT

برای تعریف شبکه در ساختارهای تکرار شونده استفاده می‌شود.

```
LATT N T NC I1 I2 J1 J2 K1 K2
U1 U2 U3 …
.
.
.
```

که در آن :

N : شماره شبکه که برابر شماره سلولی است که به عنوان قاب کلی شبکه در نظر گرفته می‌شود.

T : نوع شبکه (۰ برای راست‌گوش و ۱ برای شش گوش)

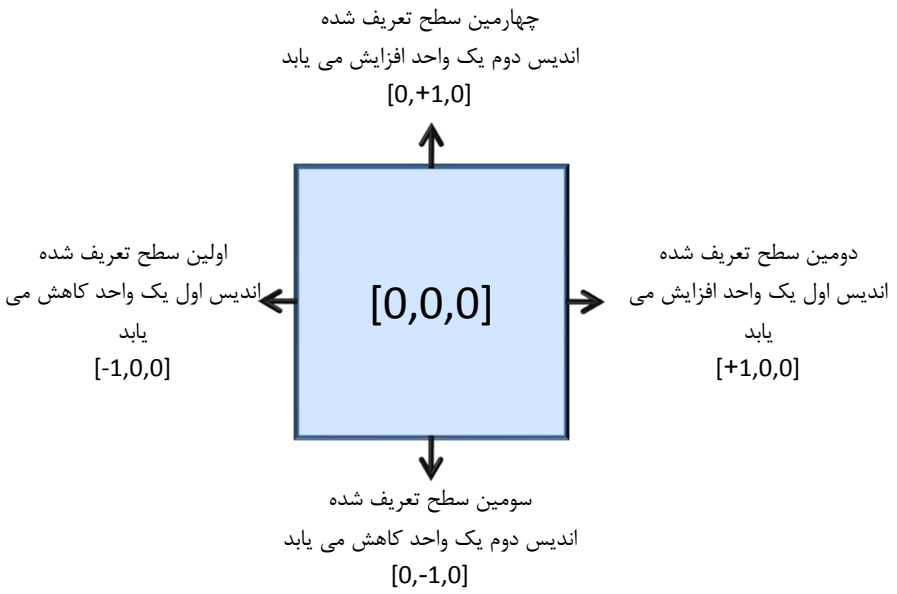
NC : شماره سلولی که شبکه با آن پر می‌شود. (قاب سلول واحد)

I1 I2 : نشان دهنده محدوده اندیس شبکه‌بندی در بعد اول.

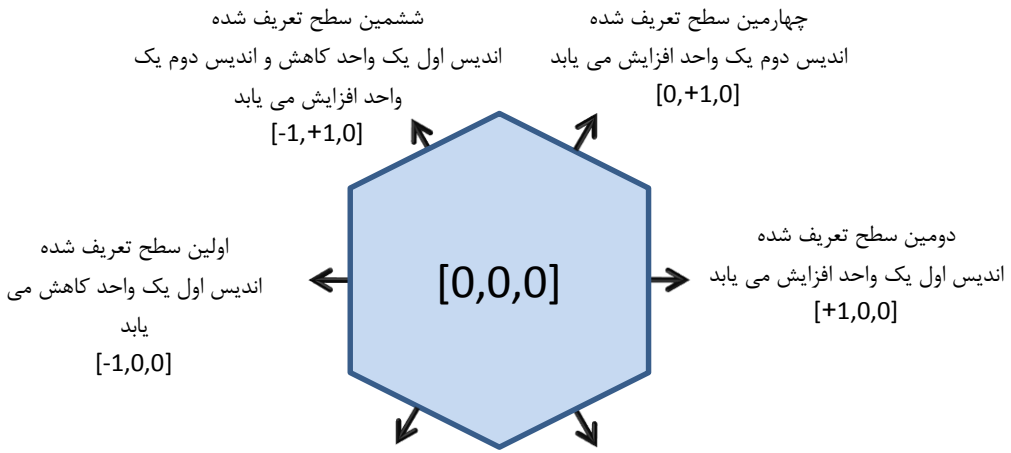
J1 J2 : نشان دهنده محدوده اندیس شبکه‌بندی در بعد دوم.

K1 K2 : نشان دهنده محدوده اندیس شبکه‌بندی در بعد سوم.

نحوه شماره‌گذاری این اندیس در شکل‌های ۲۳ و ۲۴ نشان داده شده است. در زیر خط LATT نیز شماره UNIVERSE هایی که خانه‌های ایجاد شده توسط اندیس‌ها را پر می‌کنند، به ترتیب وارد می‌شود.



شکل ۲۳: چگونگی تعیین اندیس سلول واحدها در شبکه راست‌گوش



شکل ۲۴: چگونگی تعیین اندیس سلول واحدها در شبکه شش‌گوش

در زیر مثالی برای تعریف شبکه ذکر شده است:

```
LATT 19 0 15 0 4 0 4 0 0
1 2 2 1
3 1 1 3
3 1 1 3
1 2 2 1
```

شبکه شماره ۱۹ از نوع راست‌گوش بوده و با سلول شماره ۱۵ پر می‌شود. اندیس‌ها در راستای X و Y از صفر تا چهار است و در راستای Z تنها یک خانه با اندیس صفر وجود دارد. بنابراین ۱۶ بخش در شبکه وجود دارد که به ترتیب ذکر شده توسط UNIVERSEهای نشان داده شده پر می‌شوند.

۴-۳-۵-۱۳- کارت NLEGEN

با این کارت حداکثر مرتبه ممان پراکندگی سطح مقاطع پراکندگی برای مواد تعیین می‌شود. مواد موجود در ورودی می‌توانند دارای ممانی به بزرگی صفر تا مقدار تعیین شده در این کارت باشند.

```
NLEGEN n
```

n عدد صحیح مثبت بزرگتر مساوی صفر و معرف شماره حداکثر مرتبه ممان پراکندگی سطح مقاطع پراکندگی. حداکثر مقدار مجاز برابر ۱۴ است.

۴-۳-۵-۱۴- کارت POWER

با استفاده از این کارت، توان کل سامانه مورد بررسی برای بهنجارش نتایج تالی توان از کاربر دریافت می‌شود.

```
POWER n
```

n عدد مثبت بزرگتر صفر معرف توان کل سامانه

۴-۳-۵-۱۵- کارت NEPB

با استفاده از این کارت تعداد تقسیمات بازه زاویه پراکندگی هم احتمال برای شبیه‌سازی پراکندگی‌های ناهمسانگرد (دارای ممان غیرصفر) تعیین می‌شود.

```
NEPB n
```

n عدد صحیح مثبت بزرگتر مساوی ۲

۴-۳-۵-۱۶- کارت SAVE

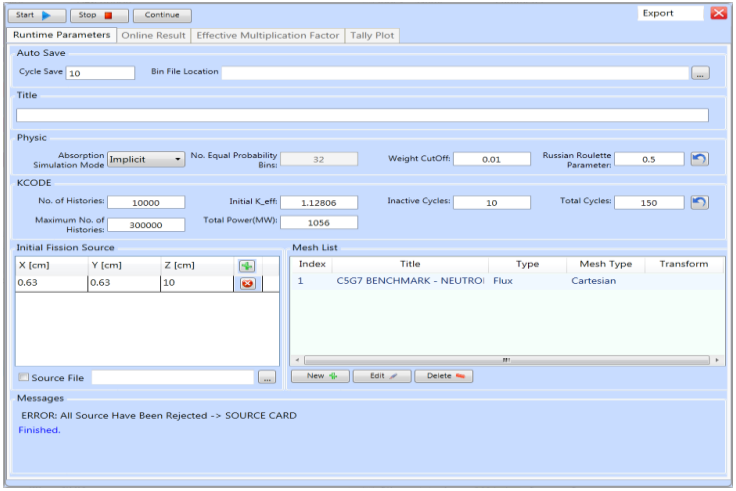
با این کارت می‌توان مشخص نمود که بعد از گذشت چند نسل اطلاعات مربوط به اجرا (اعم از اطلاعات ورودی، اطلاعات حین اجرا، خروجی قابل حصول تا آن نسل) به طور خودکار در حافظه به صورت باینری ذخیره شده تا بتوان از آن فایل برای بارگذاری مجدد و یا ادامه اجرا استفاده نمود.

```
SAVE n file ""
```

n عدد صحیح مثبت بزرگتر از صفر و نشان دهنده تعداد نسل‌هایی که بعد از گذشت آن ذخیره خودکار انجام می‌شود. در داخل "" آدرسی که فایل در آن ذخیره شود مشخص می‌گردد.

۴-۳-۶- اجرای برنامه

کادر اجرا برنامه با کلیک کردن دکمه Run از Toolbar یا فشار دادن دکمه F5 از صفحه کلید، باز می‌شود(شکل۲۵).



شکل ۲۵: کادر اجرا و تنظیمات اجرای برنامه

ورودی‌هایی که کاربر در کادر اجرا برنامه (Run Time Parameter) وارد می‌کند، به شرح زیر است:

۱. Initial Keff

۲. History
۳. Inactive Cycle
۴. Total Cycle
۵. Absorption Simulation Mode
۶. Number of Equal Prabability Bins
۷. Total power
۸. Russian Roulette Parameter
۹. Weight CuttOff
۱۰. Source
۱۱. Mesh List

پس از وارد کردن ورودی‌ها با کلیک کردن دکمه Run یا فشار دادن کلید F5 برنامه شروع به اجرا می‌شود و دکمه Stop فعال می‌شود. مقادیر تخمین‌گرهای مختلف ضریب تکثیر و خطاهای مربوط به آنها بصورت برخط در برگه Online Result

نشان داده می‌شود. بعد از اجرای موفقیت‌آمیز، امکان رسم مقادیر خروجی (ضریب تکثیر، توان و شار) برای کاربر فعال می‌شود. اگر اجرای برنامه موفقیت‌آمیز نباشد، پیغام‌های خطا در قسمت Message نشان داده می‌شود.

برای توقف اجرای برنامه و مشاهده خروجی‌ها کافی است دکمه Stop را کلیک کنید. با فشار دادن دکمه و یا کلید Esc اجرای برنامه متوقف می‌شود. برای از سرگیری اجرا می‌توان از دکمه Continue استفاده کرد.

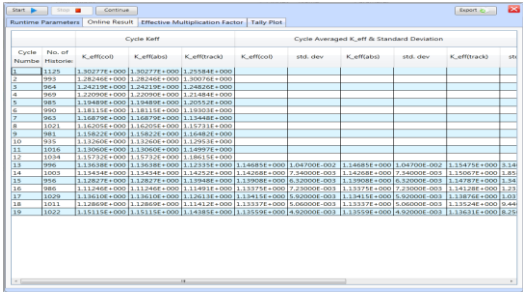
کاربر می‌تواند برای تخمین شار و یا توان در مش‌های دکارتی و تقسیمات گروهی مختلف از مش تالی استفاده کند. در این قسمت برای هر بعد مکانی (X، Y و Z) و همچنین گروه انرژی، محدوده بازه‌ها و تعداد تقسیمات مربوط به هر بازه مشخص می‌شود.

۴-۴- خروجی‌های برنامه

هریک از خروجی‌های برنامه در یک کادر جداگانه در در صفحه اجرا نمایش داده می‌شوند که عبارت‌اند از:

۴-۴-۱- Online Result

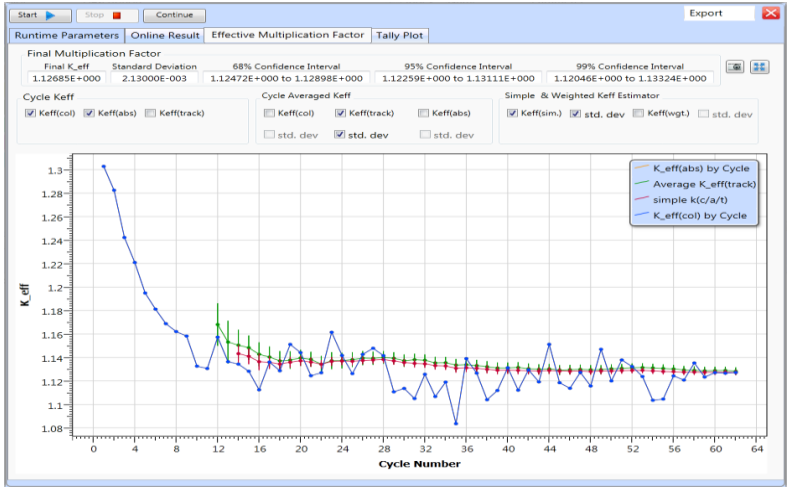
در این کادر خروجی‌هایی که در طول زمان اجراء برنامه نمایش داده می‌شوند (شکل ۲۶).



شکل ۲۶: کادر خروجی‌های برخط اجرای برنامه

۴-۴-۲- Effective Multiplication Factor

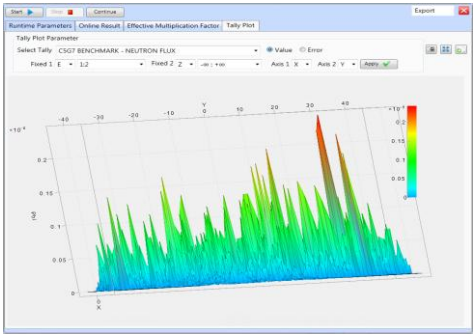
در این کادر تغییرات ضریب تکثیر موثر و خطای مربوط به آن در حین اجرای برنامه، نشان داده می‌شود (شکل ۲۷).



شکل ۲۷: کادرتغییرات ضریب تکثیر موثر

TALLY PLOT -۳-۴-۴

در این کادر خروجی‌های مربوط به مش تالی و خطای مربوط به آن بصورت سه بعدی و انتخابی قابل رسم و استخراج است. کاربر می‌تواند تالی مورد نظر برای رسم را انتخاب و بدلیل تابعیت چهارگانه آن، متغییرهای ثابت و مستقل را مشخص کند.



شکل ۲۸: نمایش Tally

۵- فایل‌های برنامه

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

- فایل پروژه:

فایل پروژه یک فایل متنی است که حاوی اطلاعات سطح مقاطع، تبدیل دستگاه مختصات، سطوح، سلول‌ها، ساختارهای تکرار شونده، مش تالی‌ها و مقادیر پارامترهای زمان اجرا می‌باشد. در واقع این فایل از به هم پیوستن تمامی اطلاعات برنامه ایجاد می‌شود و با پسوند ".mct" 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. 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 نهایی اجراء:

فایل نهایی اجرا یک فایل باینری است که حاوی اطلاعات سطح مقطع‌ها، تبدیل دستگاه مختصات، سطوح، سلول‌ها، ساختارهای تکرار شونده و مقادیر پارامترهای زمان اجرا و همچنین خروجی‌ها می‌باشد. در واقع این فایل از به هم پیوستن تمامی ورودی‌های برنامه و خروجی آن ایجاد می‌شود (تصویری از حافظه برنامه در حین اجرا) و با پسوند ".bin" توسط کد محاسباتی در زمان اجرا (بعد از تعداد مشخصی از نسل‌های اجرایی) ساخته می‌شود. این فایل را می‌توان برای اجرای مجدد و یا نمایش خروجی‌ها توسط برنامه بارگزاری کرد.

- فایل مقادیر ضریب تکثیر:

با استفاده از منوی Export و انتخاب گزینه Cycle File می‌توان مقادیر تخمین‌گرهای مختلف ضریب تکثیر در هر نسل و مقدار متوسط نهایی و زمان اجرا را در فایل متنی ذخیره کرد.

- فایل مش تالی:

با استفاده از منوی Export و انتخاب گزینه Tally File می‌توان مقادیر مربوط به تقسیمات مش تالی‌ها به همراه مقادیر محاسبه شده و خطای آن را برای هر بازه بصورت متنی ذخیره کرد.

- فایل چشمه شکافت:

با استفاده از منوی Export و انتخاب گزینه Source File می‌توان محل تولد چشمه‌های شکافت در آخرین نسل اجرایی را بصورت متنی و یا باینری ذخیره کرد.

در ضمن فایل‌های زیر نیز برای ویرایش اطلاعات ورودی توسط نرم‌افزارهای دیگر و یا ذخیره سازی برای بکارگیری در ورودی‌های دیگر بصورت متنی قابل ایجاد است.

- فایل سطح مقطع‌ها:

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 برگه بخش Materials استفاده نمود.

- فایل سطوح:

فایل سطوح، یک فایل متنی است که می‌تواند توسط کاربر تهیه و با پسوند ".srf" ذخیره شود. همچنین برای ساخت این فایل می‌توان از گزینه "Export" در کادر Surfaces استفاده نمود.

- فایل تبدیل مختصات:

فایل تبدیل مختصات، یک فایل متنی است که می‌تواند توسط کاربر تهیه و با پسوند ".trf" ذخیره شود. همچنین برای ساخت این فایل می‌توان از گزینه "Export" در کادر Tranform استفاده نمود.

- فایل سلول‌ها:

فایل سلول‌ها، یک فایل متنی است که می‌تواند توسط کاربر تهیه و با پسوند ".cell" ذخیره شود. همچنین برای ساخت این فایل می‌توان از گزینه "Export" در برگه بخش Cells استفاده نمود.

۶- لیست میانبرهای برنامه

جدول شماره ۵: لیست میانبرهای برنامه

کاربرد	میانبر
اضافه نمودن ماده New	Ctrl+M+N
ویرایش نمودن ماده Edit	Ctrl+M+F2
ورود مواد Import	Ctrl+M+I
ذخیره مواد Export	Ctrl+M+E
پاک نمودن مواد Delete	Ctrl+M+Delete
اضافه نمودن انتقالNew	Ctrl+T+N
ویرایش نمودن انتقالEdit	Ctrl+T+F2
پاک نمودن انتقالDelete	Ctrl+T+Delete
اضافه نمودن سطوحNew	Ctrl+S+N
ویرایش نمودن سطوحEdit	Ctrl+S+F2

پاک نمودن سطوحDelete	Ctrl+S+Delete
اضافه نمودن سلولNew	Ctrl+C+N
ویرایش نمودن سلولEdit	Ctrl+C+F2
پاک نمودن سلولDelete	Ctrl+C+Delete
ایجاد پروژه جدید	Ctrl +N
باز نمودن پروژه جدید	Ctrl +O
ذخیره نمودن پروژه جاری	Ctrl +S
اجرای برنامه	F5
فایل راهنما	F1