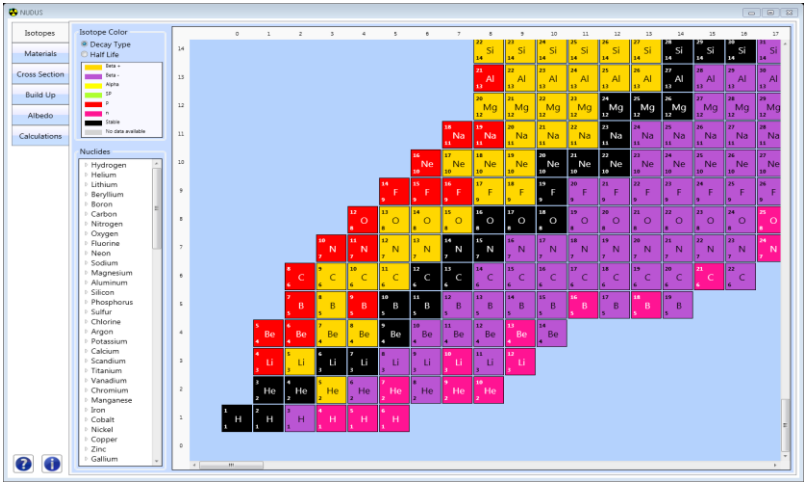
شرکت ساخت و راه‌اندازی نیروگاه‌های اتمی
مرکز محاسبات پیشرفته هسته‌ای

# نرم‌افزار نمایش داده‌های هسته‌ای و ابزارهای محاسبات تخمینی حفاظ و دز




## راهنمای کاربر NUDUS

بسته چهاردهم – ویرایش ۰ - مهر ۱۳۹۳

ANC-MAN-TES-SU-100

# فهرست مطالب

۱- چکیده ..... ۸
۲- کلیدواژه ..... ۹
۳- اختصارات ..... ۱۰
۴- دامنه گزارش ..... ۱۰
۵- رابط گرافیکی برنامه NUDUS ..... ۱۱
۶- رابط کاربری نمایش خواص عمومی عناصر و زنجیره واپاشی ایزوتوپ‌ها ..... ۱۲

۷- رابط کاربری نمایش ترکیبات متداول مورد استفاده در مباحث حفاظ سازی ..... ۳۲

۸- رابط کاربری نمایش اندرکنش‌های فوتون، نوترون، الکترون، پروتون، آلفا ..... ۳۴

۹- رابط کاربری نمایش ضریب انباشت (Build-Up Factor) ..... ۴۹

۱۰- رابط کاربری نمایش ضریب آلبدو (Albedo Factor) ..... ۵۵

۱۱- رابط کاربری محاسبات سریع مورد استفاده در طراحی حفاظ ..... ۶۱

۱۲- ذخیره اطلاعات ..... ۸۵

# لیست شکل‌ها

شکل ۱: نمای رابط کاربری نمایش خواص عمومی عناصر ..... ۱۳
شکل ۲: رنگ ایزوتوپ‌ها بر حسب نوع واپاشی ..... ۱۴
شکل ۳: رنگ ایزوتوپ‌ها بر حسب بازه نیمه عمر ..... ۱۵
شکل ۴: انتخاب عنصر از درخت عناصر ..... ۱۶
شکل ۵: انتخاب ایزوتوپ از درخت عناصر و یا پنجره گرافیکی ..... ۱۹
شکل ۶: پنجره نمایش اطلاعات ایزوتوپ و قسمت Basic Information ..... ۲۱
شکل ۷: پنجره نمایش اطلاعات ایزوتوپ و قسمت Alpha ..... ۲۲
شکل ۸: پنجره نمایش اطلاعات ایزوتوپ و قسمت Beta ..... ۲۳
شکل ۹: پنجره نمایش اطلاعات ایزوتوپ و قسمت Gamma ..... ۲۴

شکل ۱۰: پنجره نمایش اطلاعات ایزوتوپ و قسمت X Ray ..... ۲۵
شکل ۱۱: پنجره نمایش اطلاعات ایزوتوپ و قسمت Reference ..... ۲۷
شکل ۱۲: رابط گرافیکی نمایش زنجیره واپاشی ..... ۲۹
شکل ۱۳: نمایش پنجره خواص ایزوتوپ‌ها با کلیک کردن بر روی ایزوتوپ در پنجره نمایش زنجیره واپاشی ..... ۳۱
شکل ۱۴: نمای کلی از رابط گرافیکی نمایش ترکیبات متداول مورد استفاده در مباحث حفاظ سازی ..... ۳۳
شکل ۱۵: نمایی از رابط گرافیکی نمایش اندرکنش، نوترون، فوتون، الکترون، پروتون و آلفا ..... ۳۵
شکل ۱۶: نمایی از پنجره نمایش سطح مقاطع در قالب جدول ..... ۳۸
شکل ۱۷: نمایی از پنجره نمایش نموداری از سطح مقاطع ..... ۳۹
شکل ۱۸: نمایی کلی از پنجره نمایش سطح مقاطع فوتون ..... ۴۲
شکل ۱۹: نمایی کلی از پنجره نمایش سطح مقاطع الکترون ..... ۴۴

شکل ۲۰: نمایی کلی از پنجره نمایش سطح مقاطع پروتون ..... ۴۶
شکل ۲۱: نمایی کلی از پنجره نمایش سطح مقاطع آلفا ..... ۴۸
شکل ۲۲: نمایی کلی از پنجره نمایش ضریب انباشت ..... ۵۰
شکل ۲۳: پنجره نمایش ضریب انباشت فوتون برای Exposure از کتابخانه ANS ..... ۵۲
شکل ۲۴: پنجره نمایش ضریب انباشت نوترون ..... ۵۴
شکل ۲۵: نمایی کلی از پنجره نمایش ضریب آلبدو ..... ۵۶
شکل ۲۶: پنجره نمایش ضریب آلبدو فوتون از کتابخانه RANKERN ..... ۵۸
شکل ۲۷: پنجره نمایش ضریب آلبدو نوترون ..... ۶۰
شکل ۲۸: نمایی کلی از پنجره رابط گرافیکی محاسبات سریع مورد استفاده در طراحی حفاظ ..... ۶۲
شکل ۲۹: نمایی کلی از پنجره محاسبه دز همراه حفاظ ..... ۶۹

شکل ۳۰: نمایی کلی از پنجره نمایش ضخامت حفاظ مناسب ..... ۷۳
شکل ۳۱: نمایی کلی از پنجره محاسبه دز در اجزای مختلف بدن ناشی از انباشت ایزوتوپ‌ها ..... ۷۷
شکل ۳۲: نمایی کلی از پنجره اطلاعات بیولوژیکی (نمایش ایزوتوپ‌ها) ..... ۷۸
شکل ۳۳: نمایی کلی از پنجره اطلاعات بیولوژیکی (نمایش نیمه عمر بیولوژیکی) ..... ۷۹
شکل ۳۴: نمایی کلی از پنجره اطلاعات بیولوژیکی (نمایش شماتیک انباشت ایزوتوپ مورد نظر در اجزاء مختلف بدن) ..... ۸۰
شکل ۳۵: نمایی کلی از پنجره محاسبه دز ناشی از استنشاق مواد پرتوزا و رادیواکتیو ..... ۸۲
شکل ۳۶: نمایی کلی از پنجره محاسبه دز ناشی از بلعیدن مواد پرتوزا و رادیواکتیو ..... ۸۴
شکل ۳۷: پنجره ذخیره اطلاعات در برنامه ..... ۸۶
شکل ۳۸: نمایی از فایل ذخیره شده توسط برنامه ..... ۸۷

## ۱- چکیده

نرم افزار NUDUS برای نمایش اطلاعات کافی در مورد عناصر و ایزوتوپ‌های تشکیل دهنده آن، زنجیره واپاشی ایزوتوپ‌ها، نمایش ایزوتوپ‌های تشکیل دهنده ترکیبات پر استفاده در طراحی سیستم‌های هسته‌ای همراه با اطلاعات درصد تشکیل دهنده آنها ، نمایش سطح مقاطع اندرکنش نوترون، گاما، آلفا، بتا و پروتون با محیط می‌باشد.

همچنین این نرم افزار به محاسبه ایزوتوپ های تولیدی ناشی از واپاشی ایزوتوپ مادر پرداخته و قادر به محاسبه دز چشمه ناشی از ترکیب ایزوتوپ‌ها در فاصله معین بدون حفاظ و همراه با حفاظ می‌باشد. محاسبه و نمایش ضخامت مناسب حفاظ از دیگر قابلیت‌های این نرم‌افزار است. علاوه بر این، محاسبات مربوط به بلعیدن و تنفس مواد رادیواکتیو در نرم افزار گنجانده شده است.

گزارش حاضر راهنمای کاربری نرم افزار NUDUS می‌باشد که در آن نحوه استفاده از نرم افزار توضیح داده شده است.داشتن نرم‌افزاری جهت محاسبات سریع حفاظ و دز ناشی از انواع پرتوها بسیار مفید می‌باشد. در این گزارش سعی بر آن شد تا با طراحی و پیاده سازی یک رابط گرافیکی مناسب، محیطی جهت محاسبات دز و حفاظ سازی در اختیار کاربر قرار گیرد که به محاسبه ایزوتوپ های تولیدی ناشی از واپاشی ایزوتوپ مادر پرداخته شود و همچنین دز ناشی از چشمه ناشی از ترکیب ایزوتوپ‌ها در فاصله معین بدون حفاظ و همراه با حفاظ محاسبه گشته و ضخامت مناسب حفاظ نمایش داده شود. علاوه بر این، محاسبات مربوط به بلعیدن و تنفس مواد رادیواکتیو در نرم افزار گنجانده شده است.

## ۲- کلیدواژه

رابط گرافیکی، خواص فیزیکی ایزوتوپ‌ها و عناصر، زنجیره واپاشی، ترکیبات متداول در کاربردهای هسته‌ای، سطح مقاطع اندرکنش‌ها، محاسبات ساده و سریع دز و حفاظ

## ۳- اختصارات

| عبارت | عبارت اختصاری | توضیح |
|---|---|---|
| Pacific Northwest National Laboratory | PNNL | |
| Material Specification Library | MSL | |
| Los Alamos National Laboratory | LANL | |

## ۴- دامنه گزارش

در این راهنما، کاربران با قابلیتها و بخشهای مختلف رابط گرافیکی کد NUDUS جهت نمایش اطلاعات عناصر و ایزوتوپ‌های آن و محاسبات ساده دز سنجی و حفاظ سازی وچگونگی استخراج و نمایش نتایج آشنا خواهند شد.

## ۵- رابط گرافیکی برنامه NUDUS

این نرم‌افزار از شش بخش اصلی زیر تشکیل شده است:

۱. رابط کاربری نمایش خواص عمومی عناصر و زنجیره واپاشی ایزوتوپ‌ها
۲. رابط کاربری نمایش ترکیبات متداول مورد استفاده در مباحث حفاظ سازی
۳. رابط کاربری نمایش سطح مقاطع اندرکنش‌های فوتون، نوترون، الکترون، پروتون، آلفا
۴. رابط کاربری نمایش کتابخانه ضریب انباشت
۵. رابط کاربری نمایش کتابخانه آلبدو
۶. رابط کاربری محاسبات سریع مورد استفاده در طراحی حفاظ

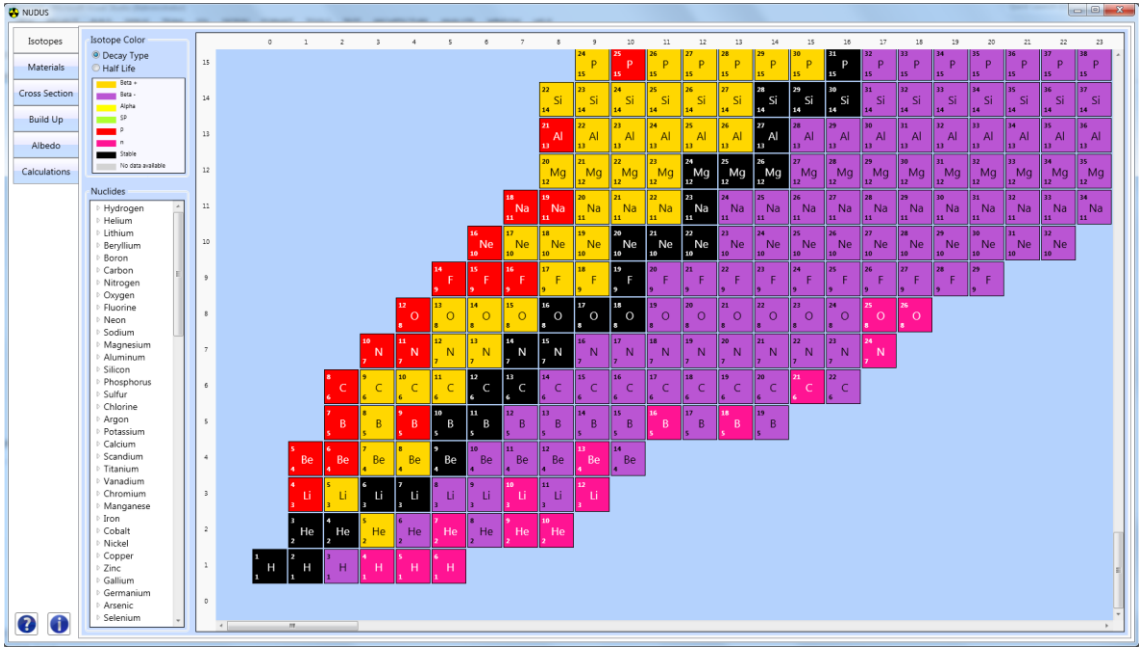
در ادامه توضیحاتی راجع به هر بخش بیان می‌شود.

## ۶- رابط کاربری نمایش خواص عمومی عناصر و زنجیره واپاشی ایزوتوپ‌ها

این رابط کاربری از یک پنجره اصلی برای انتخاب عنصر (و یا ایزوتوپ) و از پنجره‌های فرعی برای نمایش خواص عنصر، ایزوتوپ و نمایش زنجیره واپاشی ایزوتوپ انتخابی تشکیل شده است.

### ۶-۱- پنجره اصلی

پنجره اصلی نرم‌افزار از دو قسمت برای انتخاب ایزوتوپ‌ها تشکیل شده است. قسمت اول شامل نمودار درختی می‌باشد که با کلیک کردن بر روی عنصر مورد نظر، ایزوتوپ‌های آن نمایش داده شده و قسمت دوم شامل یک پنجره گرافیکی است که می‌توان ایزوتوپ مورد نظر را با کلیک کردن انتخاب نمود. در شکل ۱ نمایی از پنجره برنامه آورده شده است.




شکل ۱: نمای رابط کاربری نمایش خواص عمومی عناصر

۶-۱-۱- توصیف رنگ ایزوتوپ‌ها

رنگ ایزوتوپ‌ها در پنجره گرافیکی به دو صورت توسط کاربر قابل انتخاب می‌باشد. حالت اول بر اساس نوع ذره گسیل کننده است. در این حالت رنگ پنجره‌ها بر حسب نوع واپاشی بصورت شکل ۲ می‌باشد. حالت دوم بر اساس نیمه عمر واپاشی بوده و رنگ ایزوتوپ‌ها بر حسب بازه نیمه عمر بصورت شکل ۳ است.

شکل ۲: رنگ ایزوتوپ‌ها بر حسب نوع واپاشی

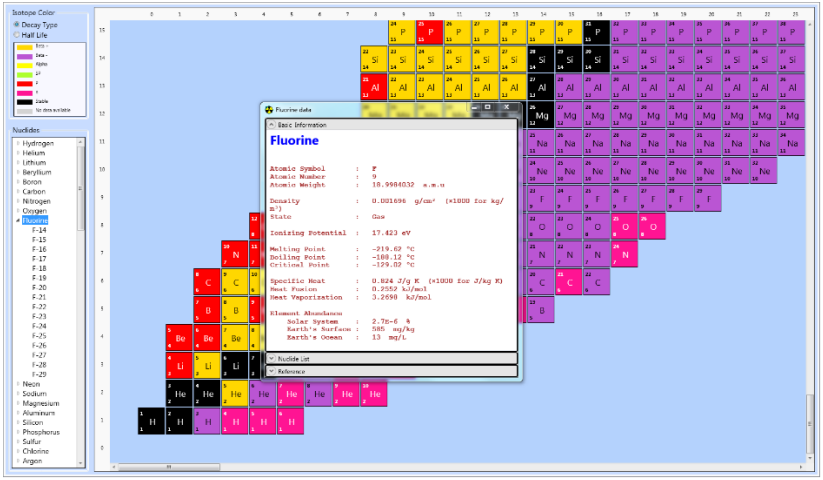
شکل ۳: رنگ ایزوتوپ‌ها بر حسب بازه نیمه عمر

### ۶-۲- پنجره فرعی نمایش خواص عناصر

با دوبار کلیک بر روی عنصر مورد نظر در درخت عناصر، پنجره‌ای شامل اطلاعات عنصر مورد نظر باز می‌گردد. این پنجره خود از سه قسمت به نام‌های Basic Information، Nuclide List و Reference تشکیل شده است که هر یک بخشی از اطلاعات عنصر مشخص شده را بصورت طبقه‌بندی شده نمایش می‌دهند. با کلیک بر روی درگاه هر یک از

قسمت‌ها می‌توان اطلاعات موجود در آن را مشاهده نمود. کاربر می‌تواند یک یا همه قسمت‌ها را در پنجره فرعی بازکند.

در شکل ۴ اطلاعات مربوط به عنصر Fluorine در پنجره فرعی نشان داده شده است.




شکل ۴: انتخاب عنصر از درخت عناصر

۶-۲-۱- قسمت Basic Information

قسمت Basic Information شامل اطلاعاتی از قبیل نماد عنصر، عدد اتمی، عدد جرمی، چگالی، حالت عنصر، دمای نقطه ذوب، جوش و بحرانی ماده، میزان وجود در منظومه شمسی، سطح زمین و اقیانوس ها آورده شده است.

۶-۲-۲- قسمت Nuclide List

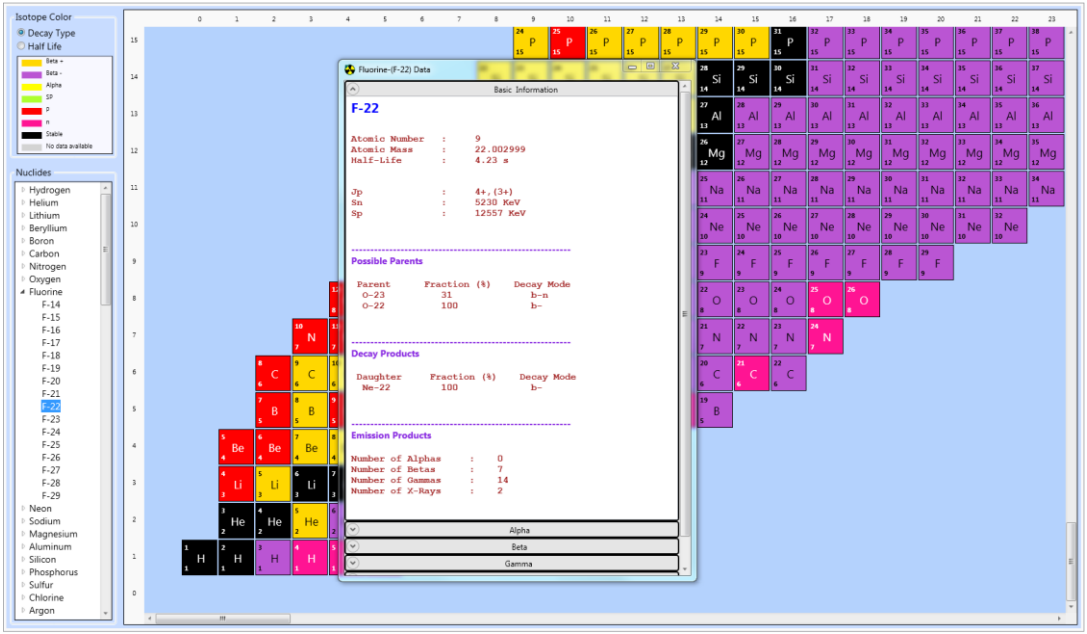
در قسمت Nuclide List اطلاعات ایزوتوپ‌های عنصر مورد نظر همراه با نیمه عمر و درصد تشکیل دهنده عنصر در طبیعت نمایش داده می‌شود.

۶-۲-۳- قسمت Reference

در قسمت Reference مراجع استخراج اطلاعات برای عنصر بیان می‌گردد.

## ۶-۳- پنجره فرعی نمایش خواص ایزوتوپ‌ها

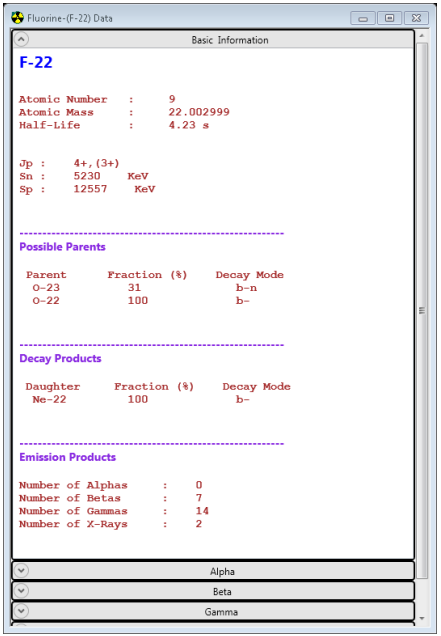
با دو بار کلیک بر روی ایزوتوپ مورد نظر در درخت عناصر و یا پنجره گرافیکی، پنجره‌ای شامل اطلاعات در مورد ایزوتوپ مورد نظر باز می‌گردد. این پنجره خود از شش قسمت به نام‌های Basic Information، Alpha، Beta، Gamma، X Ray و Reference تشکیل شده است که هر یک، بخشی از اطلاعات ایزوتوپ مشخص شده را بصورت طبقه‌بندی شده نمایش می‌دهند. با کلیک بر روی درگاه هر یک از قسمت‌ها می‌توان اطلاعات موجود در آن را مشاهده نمود. کاربر می‌تواند یک یا همه قسمت‌ها را در پنجره فرعی باز کند. در شکل ۵ با کلیک بر روی ایزوتوپ F-22 از عنصر Fluorine پنجره اطلاعات آن باز گشته است.




شکل ۵: انتخاب ایزوتوپ از درخت عناصر و یا پنجره گرافیکی

۶-۳-۱- قسمت Basic Information

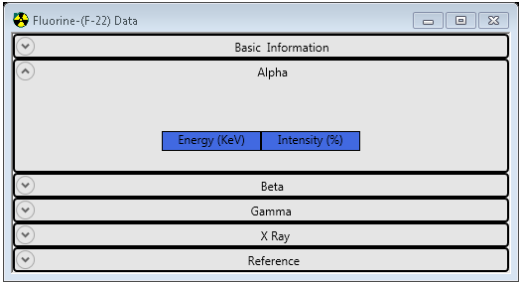
قسمت Basic Information همانطور که از شکل ۶ مشاهده می‌شود شامل اطلاعات عدد اتمی، جرم اتمی، نیمه عمر واپاشی، درصد وجود ایزوتوپ مورد نظر از کل عنصر در طبیعت، مقادیر jp، sn و sp، ایزوتوپ‌های تشکیل دهنده ایزوتوپ مورد نظر همراه با درصد واپاشی و نوع واپاشی، ایزوتوپ‌های تشکیل شده در اثر واپاشی ایزوتوپ مورد نظر همراه با درصد واپاشی و نوع واپاشی به ایزوتوپ‌های مشخص شده، تعداد ذرات آلفا، بتا، گاما و ایکس در اثر واپاشی می‌باشد.




شکل ۶: پنجره نمایش اطلاعات ایزوتوپ و قسمت Basic Information

### ۶-۳-۲- قسمت Alpha

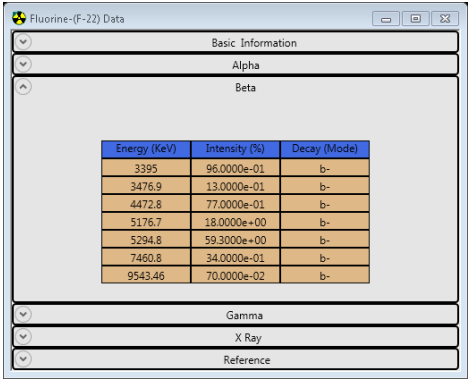
در قسمت Alpha همانطور که از شکل ۷ مشاهده می‌گردد اطلاعات آلفاهای گسیل شده در اثر واپاشی ایزوتوپ مورد نظر بر حسب انرژی و درصد گسیل آن نمایش داده می‌شود.




شکل ۷: پنجره نمایش اطلاعات ایزوتوپ و قسمت Alpha

### ۶-۳-۳- قسمت Beta

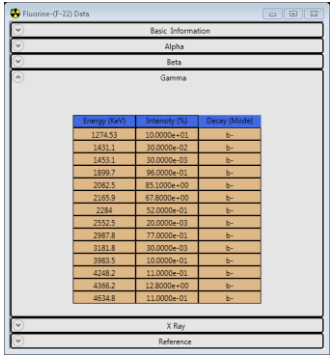
در قسمت Beta همانطور که از شکل ۸ مشاهده می‌گردد اطلاعات بتاهای گسیل شده در اثر واپاشی ایزوتوپ مورد نظر بر حسب انرژی و درصد گسیل و حالت گسیل آن نمایش داده می‌شود.




شکل ۸: پنجره نمایش اطلاعات ایزوتوپ و قسمت Beta

۶-۳-۴- قسمت Gamma

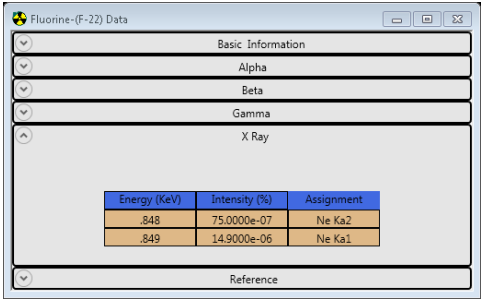
در قسمت Gamma همانطور که از شکل ۹ مشاهده می‌گردد اطلاعات گاماهای گسیل شده در اثر واپاشی ایزوتوپ مورد نظر بر حسب انرژی و درصد گسیل و حالت گسیل آن نمایش داده می‌شود.




شکل ۹: پنجره نمایش اطلاعات ایزوتوپ و قسمت Gamma

### ۶-۳-۵- قسمت X Ray

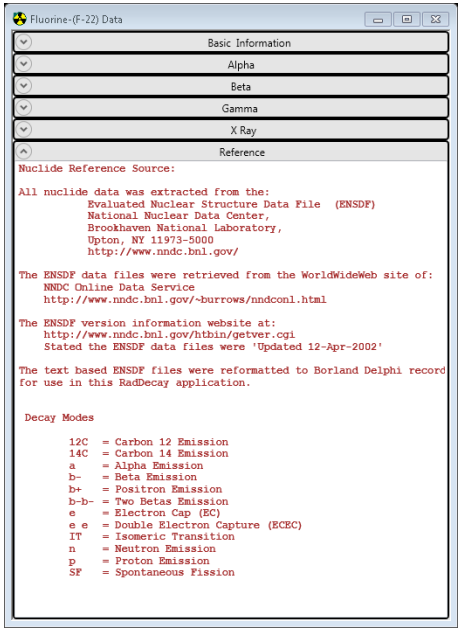
در قسمت X Ray همانطور که از شکل ۱۰ مشاهده می‌گردد اطلاعات ایکس‌های گسیل شده در اثر واپاشی ایزوتوپ مورد نظر بر حسب انرژی و درصد گسیل و حالت گمارش آن نمایش داده می‌شود.




شکل ۱۰: پنجره نمایش اطلاعات ایزوتوپ و قسمت X Ray

۶-۳-۶- قسمت Reference

در قسمت Reference همانطور که از شکل ۱۱ مشاهده می‌گردد مراجع استخراج اطلاعات برای ایزوتوپ نمایش داده می‌شود.

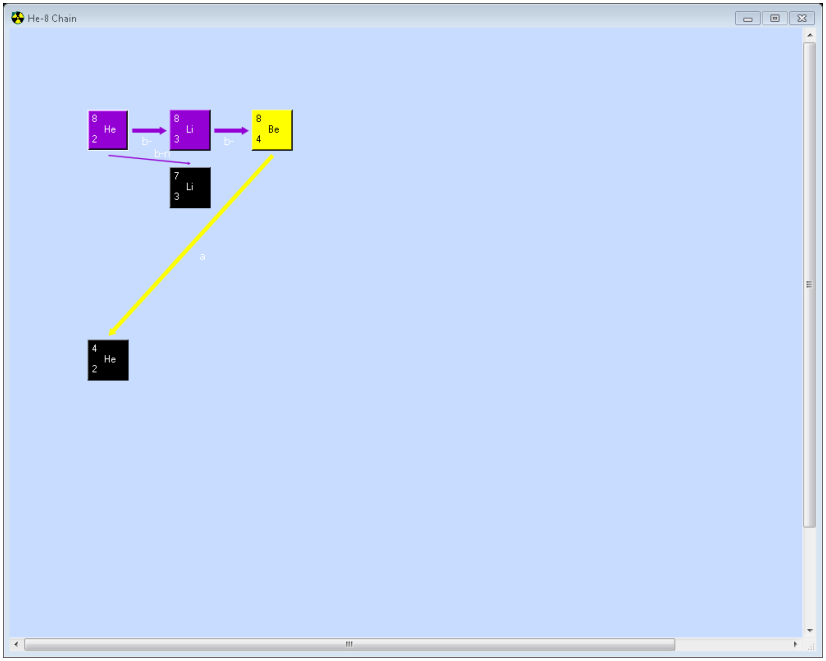



شکل ۱۱: پنجره نمایش اطلاعات ایزوتوپ و قسمت Reference

## ۶-۴- پنجره فرعی نمایش زنجیره واپاشی ایزوتوپ‌ها

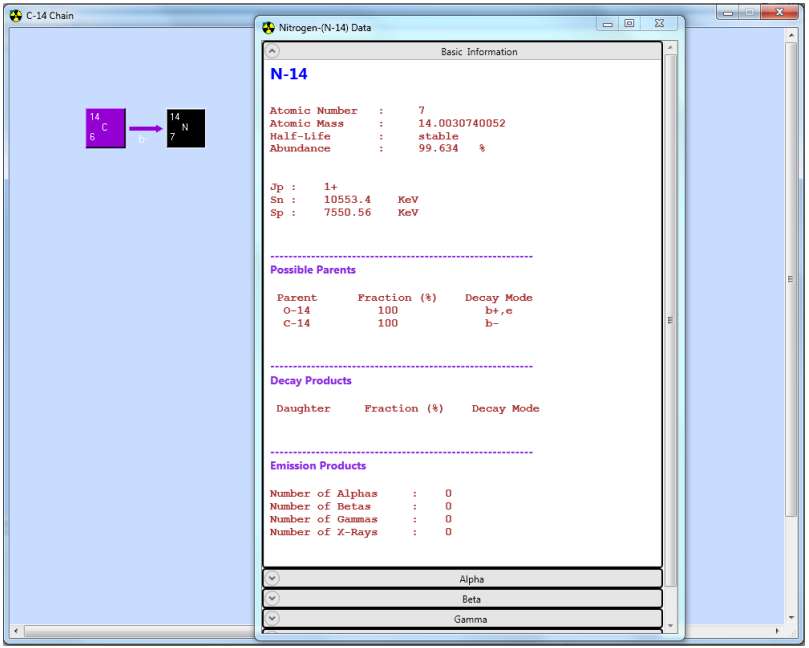
برای نمایش زنجیره واپاشی ایزوتوپ‌ها، با کلیک راست بر روی ایزوتوپ مورد نظر در پنجره گرافیکی نمایش ایزوتوپ‌ها، پنجره مربوط به نمایش زنجیره واپاشی ایزوتوپ مورد نظر نمایش داده می‌شود. شکل ۱۲ نمایی از این پنجره را نمایش می‌دهد.

رنگ مربع ایزوتوپ‌ها و فلش‌های واپاشی، همان رنگ نمایش ایزوتوپ‌ها در پنجره نمایش خواص عمومی عناصر می‌باشد. همچنین ضخامت فلش‌ها به درصد واپاشی ایزوتوپ از این نوع واپاشی بستگی دارد.




شکل ۱۲: رابط گرافیکی نمایش زنجیره واپاشی

با کلیک کردن بر روی مربع هر ایزوتوپ، پنجره نمایش خواص ایزوتوپ‌ها نمایش داده می‌شود. به عنوان مثال در پنجره رابط گرافیکی نمایش واپاشی C-14 در شکل ۱۳ با کلیک بر روی ایزوتوپ N-14 پنجره نمایش خواص این ایزوتوپ نمایش داده شده است.

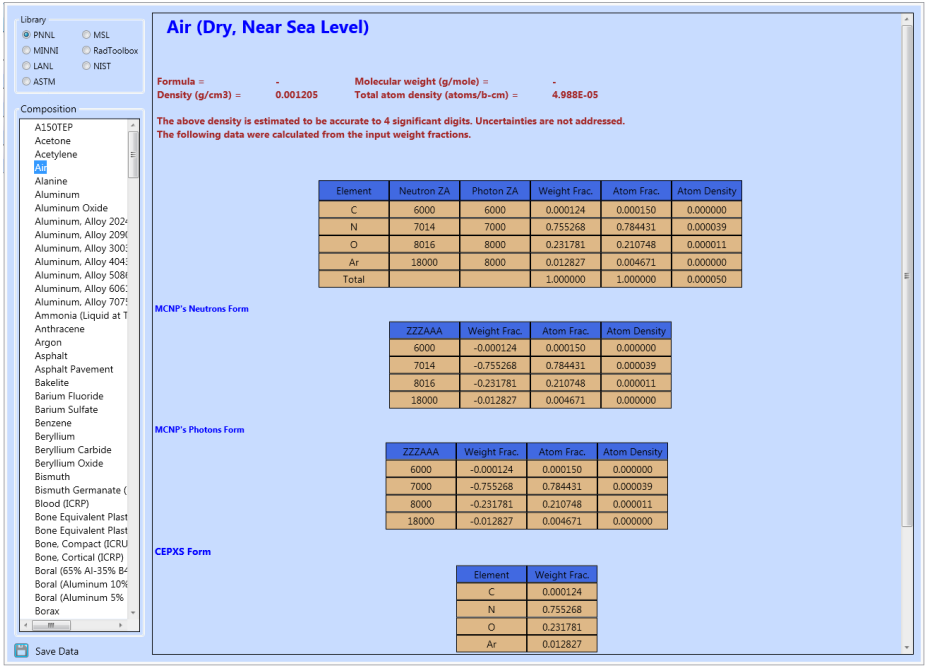



شکل ۱۳: نمایش پنجره خواص ایزوتوپ‌ها با کلیک کردن بر روی ایزوتوپ در پنجره نمایش زنجیره واپاشی

پنجره نمایش زنجیره واپاشی شامل واپاشی‌های بتا منفی، بتا مثبت، آلفا، گیراندازی الکترون داخلی، واپاشی پروتون، واپاشی نوترون و واپاشی ایزومری می‌باشد.

## ۷- رابط کاربری نمایش ترکیبات متداول مورد استفاده در مباحث حفاظ سازی

این رابط کاربری از هفت کتابخانه مستقل به نام‌های PNNL، MSL، MINNI، Rad Toolbox، LANL، NIST و ASTM تشکیل شده است. شکل ۱۴ نمای کلی از این رابط گرافیکی را نشان می‌دهد. با انتخاب هر یک از کتابخانه‌ها و دوبار کلیک کردن بر روی عنصر مورد نظر اطلاعات آن در پنجره نمایش داده می‌شود. برای ذخیره اطلاعات نمایش داده شده بصورت فایل متنی، دکمه در پایین رابط کاربری تحت عنوان Save Data قرار دارد.




شکل ۱۴: نمای کلی از رابط گرافیکی نمایش ترکیبات متداول مورد استفاده در مباحث حفاظ سازی

## ۸- رابط کاربری نمایش اندرکنش‌های فوتون، نوترون، الکترون، پروتون، آلفا

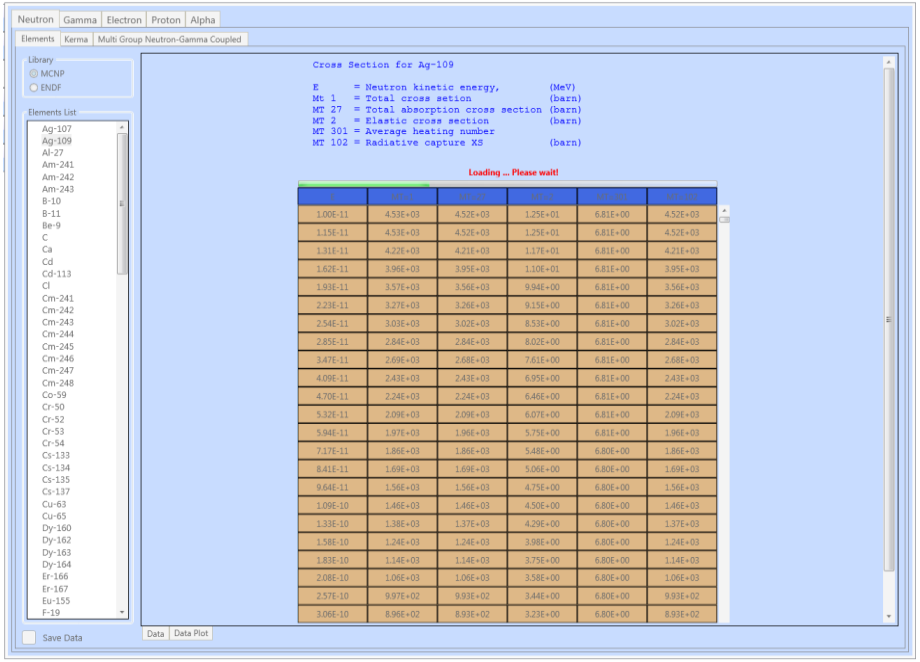
این رابط کاربری همانطور که در شکل ۱۵ نمایش داده شده است، از پنج پنجره مستقل برای نمایش سطح مقاطع اندرکنش نوترون، فوتون، الکترون، پروتون و آلفا تشکیل شده است.

شکل ۱۵: نمایی از رابط گرافیکی نمایش اندرکنش، نوترون، فوتون، الکترون، پروتون و آلفا

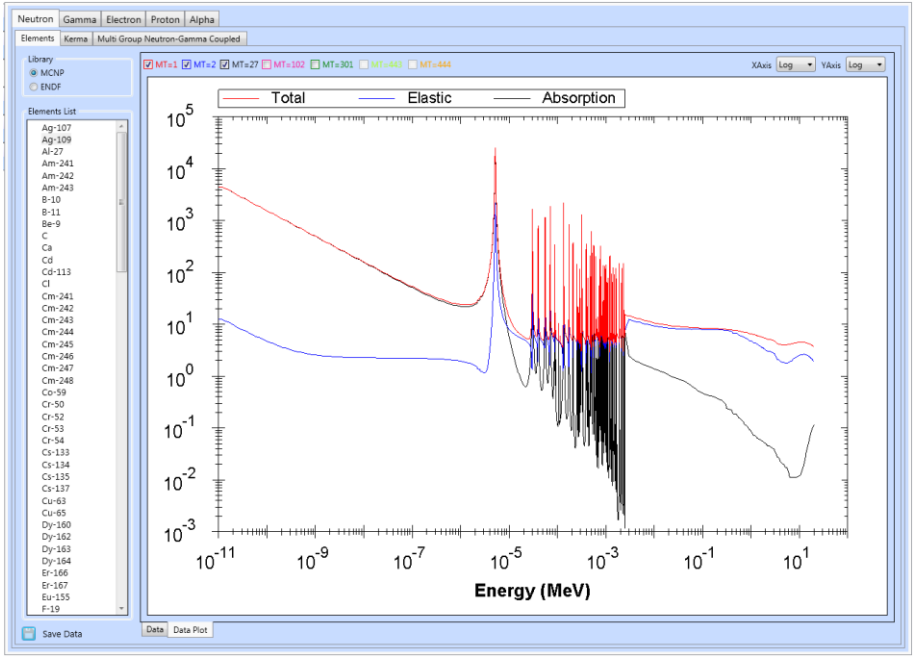
## ۸-۱- پنجره نوترون

این پنجره از سه قسمت برای نمایش سطح مقاطع پیوسته، سطح مقاطع گروهی و نمایش کرما تشکیل شده است. قسمت‌های سطح مقاطع پیوسته و نمایش کرما شامل دو زیر پنجره برای نمایش اطلاعات در قالب جدول و ترسیم شکل می‌باشند. در پنجره سطح مقاطع پیوسته با انتخاب کتابخانه (MCNP یا ENDF) و دوبار کلیک کردن بر روی ایزوتوپ مور نظر سطح مقاطع اندرکنش نوترون در زیر پنجره نمایش اطلاعات در قالب جدول نمایش داده می‌شود. همچنین در زیر پنجره ترسیم شکل نیز می‌توان اطلاعات را بصورت نمودار مشاهده نمود. شکل ۱۶ نمایی از پنجره نمایش سطح مقاطع نوترون در قالب زیر پنجره نمایش اطلاعات برای کتابخانه MCNP و شکل ۱۷ نمایی از پنجره نمایش نموداری از سطح مقاطع را نمایش می‌دهد. در زیر پنجره ترسیم شکل، قسمتی در بالای پنجره برای تغییر دادن نوع نمایش محورهای افقی و عمودی به صورت خطی و لگاریتمی قرار داده شده است. در پنجره سطح مقاطع گروهی با انتخاب تعداد گروه و دوبار کلیک کردن بر روی عنصر مورد نظر اطلاعات سطح مقاطع کوپل شده نوترون گاما در چهار زیر پنجره

بر حسب درجه بسط نمایش داده می‌شود. در پنجره کرما کاربر با انتخاب Elements و یا Materials لیستی از عناصر و مواد موجود را مشاهده می‌کند. با دو بار کلیک بر روی عنصر و یا ماده مورد نظر اطلاعات کرما بصورت جدول و نمودار در دو زیر پنجره مستقل نمایش داده می‌شود. برای ذخیره اطلاعات نمایش داده شده در تمامی پنجره‌ها بصورت فایل متنی، دکمه  در پایین رابط کاربری تحت عنوان Save Data قرار دارد. همچنین کاربر برای ذخیره نمودار نمایش داده شده می‌تواند با راست کلیک بر روی آن و انتخاب گزینه Save نمودار را ذخیره نماید. در زیر پنجره ترسیم شکل، قسمتی در بالای پنجره برای تغییر نوع نمایش محورهای افقی و عمودی به صورت خطی و لگاریتمی قرار داده شده است.




شکل ۱۶: نمایی از پنجره نمایش سطح مقاطع در قالب جدول

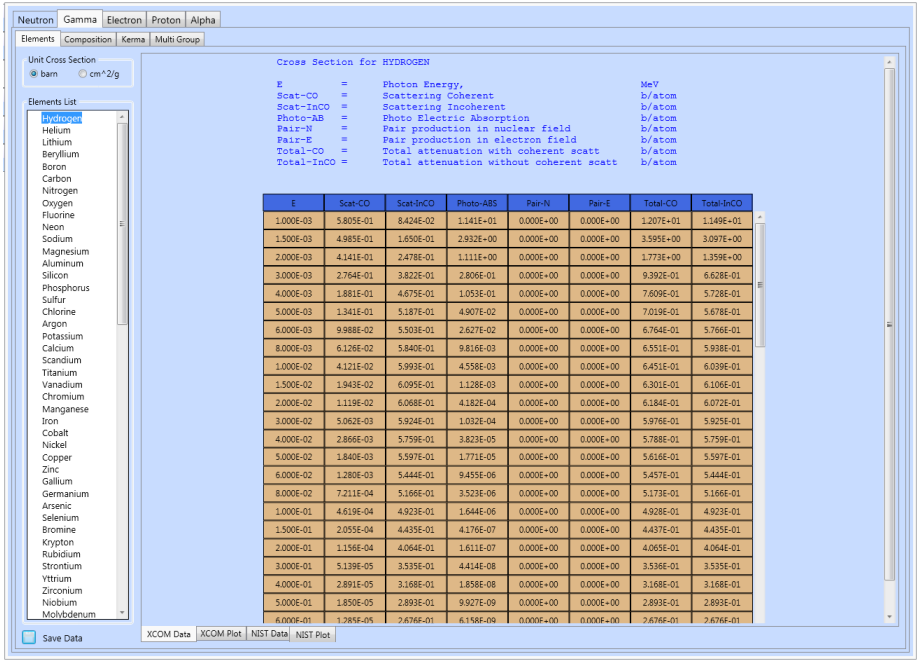



شکل ۱۷: نمایی از پنجره نمایش نموداری از سطح مقاطع

## ۸-۲- پنجره فوتون

این پنجره همانطور که از شکل ۱۸ مشخص است از چهار قسمت برای نمایش ضرایب تضعیف و کرما برای عناصر و ترکیبات متداول و سطح مقاطع گروهی فوتون تشکیل شده است. قسمت‌های نمایش ضرایب تضعیف برای عناصر و ترکیبات متداول شامل چهار زیر پنجره برای نمایش اطلاعات در قالب جدول و ترسیم شکل می‌باشند. سطح مقاطع بر حسب دو واحد b/atom و $cm^2/g$ می‌باشند که کاربر با انتخاب هر یک، واحد نمایش سطح مقاطع را می‌تواند تغییر دهد. در پنجره کرما کاربر با انتخاب Elements و یا Materials لیستی از عناصر و مواد موجود را مشاهده می‌نماید. با دو بار کلیک بر روی عنصر و یا ماده مورد نظر اطلاعات کرما بصورت جدول و نمودار در دو زیر پنجره مستقل نمایش داده می‌شود. در پنجره سطح مقاطع گروهی با دو بار کلیک کردن بر روی عنصر مورد نظر اطلاعات سطح مقاطع گروهی گاما در قالب جدول نمایش داده می‌شود. برای ذخیره اطلاعات نمایش داده شده در تمامی پنجره‌ها بصورت فایل متنی، دکمه در پایین رابط کاربری تحت عنوان Save Data قرار دارد. همچنین کاربر برای ذخیره نمودار نمایش داده شده

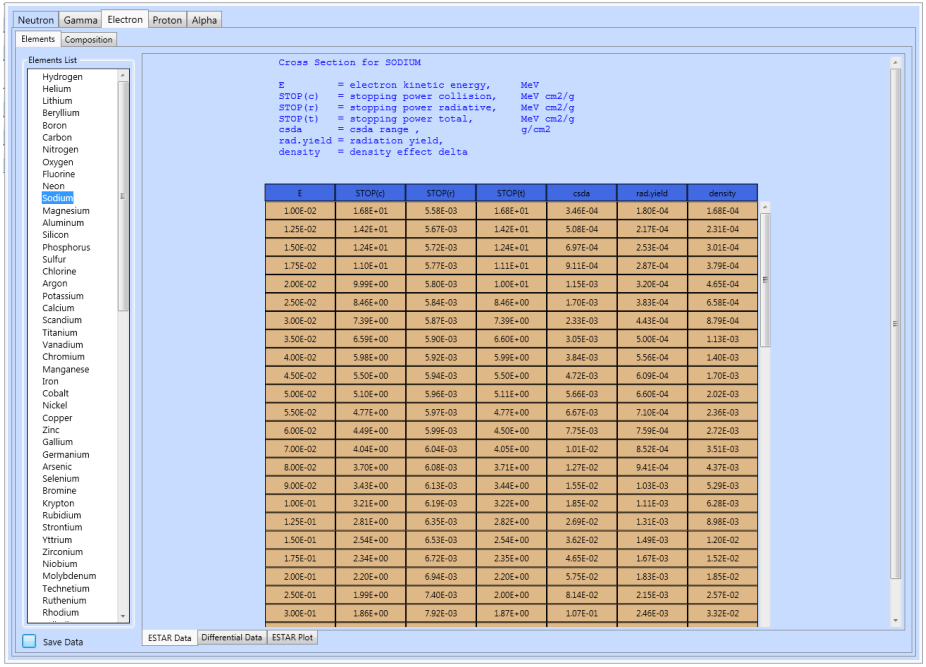
می‌تواند با راست کلیک بر روی آن و انتخاب گزینه Save نمودار را ذخیره نماید. در زیر پنجره ترسیم شکل، قسمتی در بالای پنجره برای تغییر نوع نمایش محورهای افقی و عمودی به صورت خطی و لگاریتمی قرار داده شده است.




شکل ۱۸: نمایی کلی از پنجره نمایش سطح مقاطع فوتون

## ۸-۳- پنجره الکترون

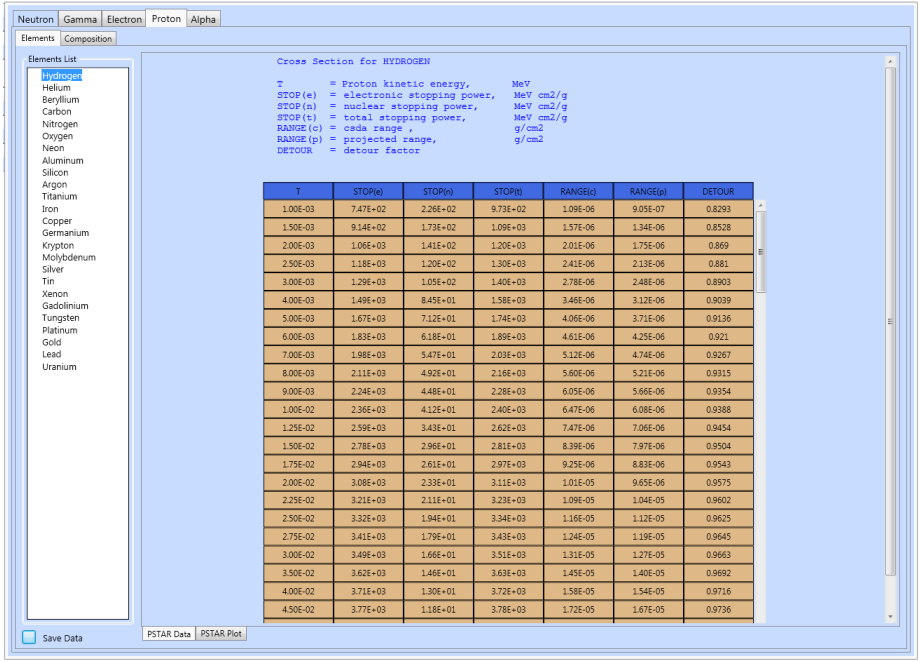
این پنجره همانطور که از شکل ۱۹ مشخص است از دو قسمت برای نمایش توان ایستانندگی، برد و بهره تولید پرتو ایکس برای عناصر و ترکیبات متداول تشکیل شده است. هر یک از قسمت‌ها از دو زیر پنجره برای نمایش اطلاعات در قالب جدول و زیر پنجره دیگر برای ترسیم شکل، تشکیل یافته است. در هر قسمت با دو بار کلیک بر روی عنصر و یا ماده مورد نظر اطلاعات بصورت جدول و نمودار در دو زیر پنجره مستقل نمایش داده می‌شود. برای ذخیره اطلاعات نمایش داده شده در تمامی پنجره‌ها بصورت فایل متنی، دکمه 💾 در پایین رابط کاربری تحت عنوان Save Data قرار دارد. همچنین کاربر برای ذخیره نمودار نمایش داده شده می‌تواند با راست کلیک بر روی آن و انتخاب گزینه Save نمودار را ذخیره نماید. در زیر پنجره ترسیم شکل، قسمتی در بالای پنجره برای تغییر نوع نمایش محورهای افقی و عمودی به صورت خطی و لگاریتمی قرار داده شده است.




شکل ۱۹: نمایی کلی از پنجره نمایش سطح مقاطع الکترون

## ۸-۴- پنجره پروتون

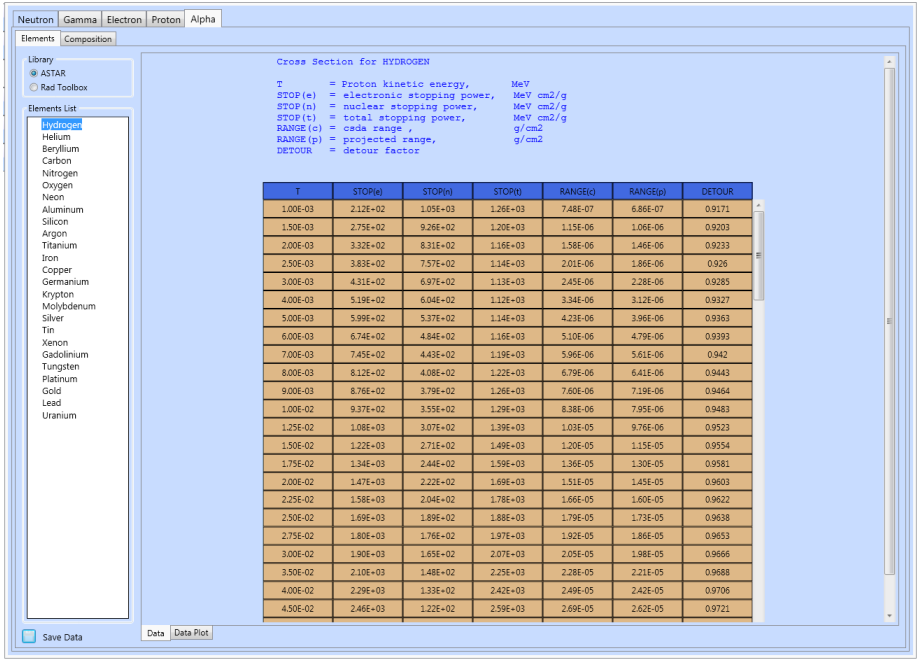
این پنجره همانطور که از شکل ۲۰ مشخص است از دو قسمت برای نمایش توان ایستانندگی، برد برای عناصر و ترکیبات متداول تشکیل شده است. هر یک از قسمت‌ها از دو زیر پنجره برای نمایش اطلاعات در قالب جدول و ترسیم شکل، تشکیل یافته است. در هر قسمت با دو بار کلیک بر روی عنصر و یا ماده مورد نظر اطلاعات بصورت جدول و نمودار در دو زیر پنجره مستقل نمایش داده می‌شود. برای ذخیره اطلاعات نمایش داده شده در تمامی پنجره‌ها بصورت فایل متنی، دکمه در پایین رابط کاربری تحت عنوان Save Data قرار دارد. همچنین کاربر برای ذخیره نمودار نمایش داده شده می‌تواند با راست کلیک بر روی آن و انتخاب گزینه Save نمودار را ذخیره نماید. در زیر پنجره ترسیم شکل، قسمتی در بالای پنجره برای تغییر نوع نمایش محورهای افقی و عمودی به صورت خطی و لگاریتمی قرار داده شده است.




شکل ۲۰: نمایی کلی از پنجره نمایش سطح مقاطع پروتون

## ۸-۵- پنجره آلفا

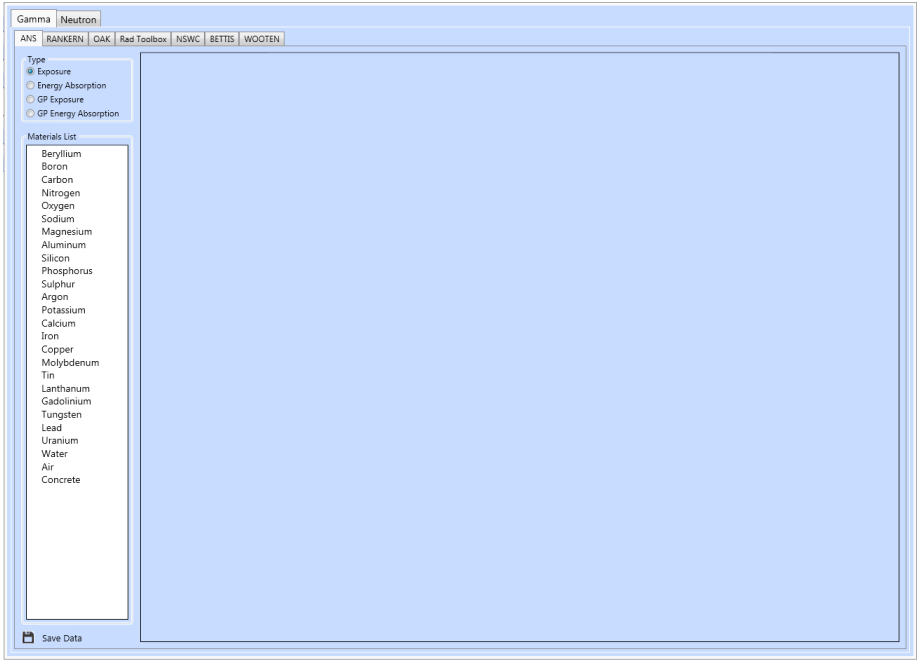
این پنجره همانطور که از شکل ۲۱ مشخص است از دو قسمت برای نمایش توان ایستانندگی و برد برای عناصر و ترکیبات متداول تشکیل شده است. هر یک از قسمت‌ها از دو زیر پنجره برای نمایش اطلاعات در قالب جدول و ترسیم شکل، تشکیل یافته است. در هر قسمت با دو بار کلیک بر روی عنصر و یا ماده مورد نظر اطلاعات بصورت جدول و نمودار در دو زیر پنجره مستقل نمایش داده می‌شود. برای ذخیره اطلاعات نمایش داده شده در تمامی پنجره‌ها بصورت فایل متنی، دکمه در پایین رابط کاربری تحت عنوان Save Data قرار دارد. همچنین کاربر برای ذخیره نمودار نمایش داده شده می‌تواند با راست کلیک بر روی آن و انتخاب گزینه Save نمودار را ذخیره نماید. در زیر پنجره ترسیم شکل، قسمتی در بالای پنجره برای تغییر نوع نمایش محورهای افقی و عمودی به صورت خطی و لگاریتمی قرار داده شده است.




شکل ۲۱: نمایی کلی از پنجره نمایش سطح مقاطع آلفا

## ۹- رابط کاربری نمایش ضریب انباشت (Build-Up Factor)

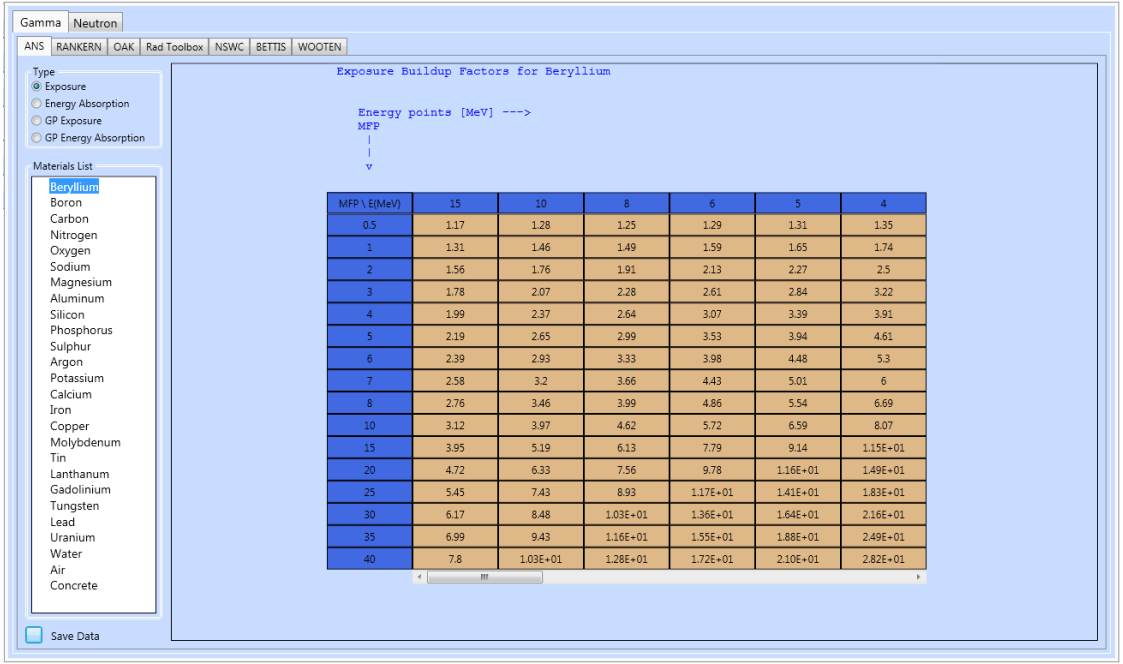
این رابط گرافیکی همانطور که در شکل ۲۲ نمایش داده شده است، از دو پنجره مستقل برای نمایش ضریب انباشت نوترون و فوتون تشکیل شده است.




شکل ۲۲: نمایی کلی از پنجره نمایش ضریب انباشت

## ۹-۱- پنجره گاما

این پنجره همانطور که در شکل ۲۳ نمایش داده شده است، از هفت زیر پنجره مستقل بر اساس کتابخانه تشکیل دهنده ضرایب، برای نمایش ضریب انباشت فوتون تشکیل شده است. این کتابخانه‌ها عبارتند از ANS، RANKERN، OAK، NSWC، Rad Toolbox، BETTIS و WOOTEN. هر زیر پنجره شامل گزینه‌هایی از ضرایب انباشت متفاوتی می‌باشد که کاربر با انتخاب هر یک و دو بار کلیک بر روی عنصر مورد نظر اطلاعات آن را در قالب جدول خواهد دید. برای ذخیره اطلاعات نمایش داده شده در تمامی پنجره‌ها بصورت فایل متنی، دکمه در پایین رابط کاربری تحت عنوان Save Data قرار دارد.

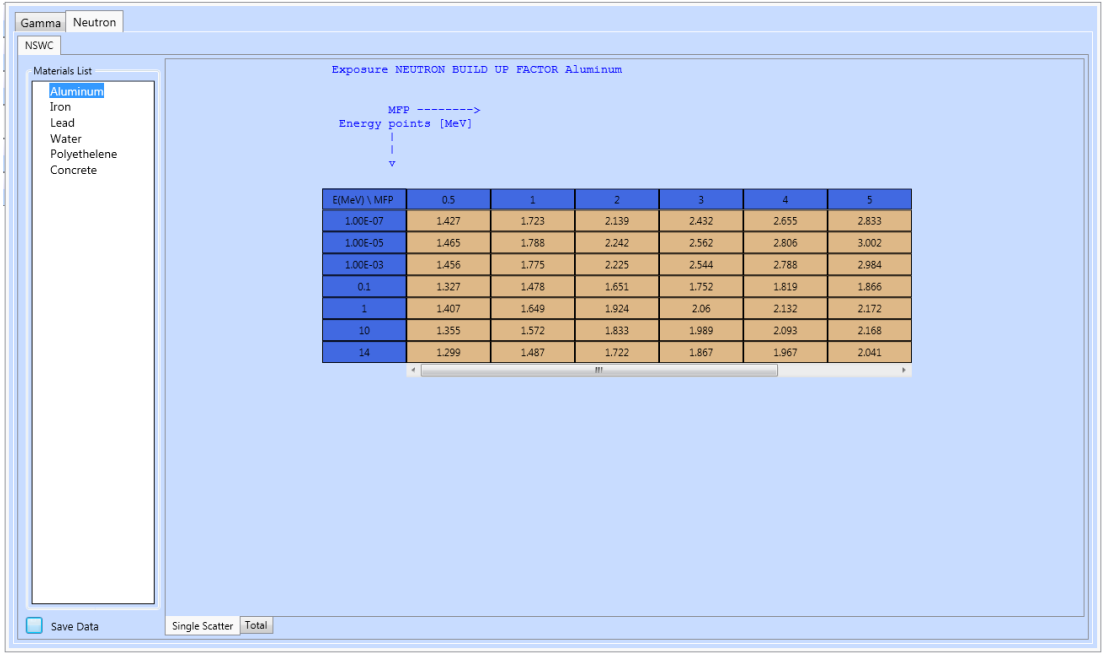



| MFP \ E(MeV) | 15 | 10 | 8 | 6 | 5 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 1.17 | 1.28 | 1.25 | 1.29 | 1.31 | 1.35 |
| 1 | 1.31 | 1.46 | 1.49 | 1.59 | 1.65 | 1.74 |
| 2 | 1.56 | 1.76 | 1.91 | 2.13 | 2.27 | 2.5 |
| 3 | 1.78 | 2.07 | 2.28 | 2.61 | 2.84 | 3.22 |
| 4 | 1.99 | 2.37 | 2.64 | 3.07 | 3.39 | 3.91 |
| 5 | 2.19 | 2.65 | 2.99 | 3.53 | 3.94 | 4.61 |
| 6 | 2.39 | 2.93 | 3.33 | 3.98 | 4.48 | 5.3 |
| 7 | 2.58 | 3.2 | 3.66 | 4.43 | 5.01 | 6 |
| 8 | 2.76 | 3.46 | 3.99 | 4.86 | 5.54 | 6.69 |
| 10 | 3.12 | 3.97 | 4.62 | 5.72 | 6.59 | 8.07 |
| 15 | 3.95 | 5.19 | 6.13 | 7.79 | 9.14 | 1.15E+01 |
| 20 | 4.72 | 6.33 | 7.56 | 9.78 | 1.16E+01 | 1.49E+01 |
| 25 | 5.45 | 7.43 | 8.93 | 1.17E+01 | 1.41E+01 | 1.83E+01 |
| 30 | 6.17 | 8.48 | 1.03E+01 | 1.36E+01 | 1.64E+01 | 2.16E+01 |
| 35 | 6.99 | 9.43 | 1.16E+01 | 1.55E+01 | 1.88E+01 | 2.49E+01 |
| 40 | 7.8 | 1.03E+01 | 1.28E+01 | 1.72E+01 | 2.10E+01 | 2.82E+01 |

شکل ۲۳: پنجره نمایش ضریب انباشت فوتون برای Exposure از کتابخانه ANS

## ۹-۲- پنجره نوترون

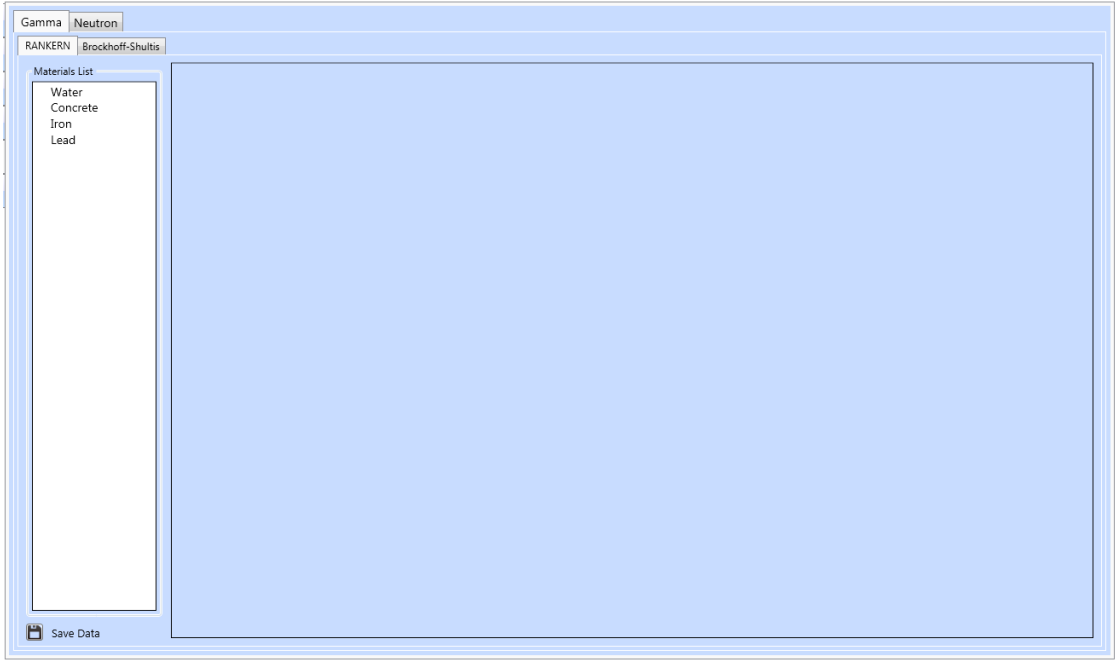
این پنجره همانطور که در شکل ۲۴ نمایش داده شده است، از یک زیر پنجره بر اساس کتابخانه NSWC برای نمایش ضریب انباشت نوترون تشکیل شده است. کاربر با دو بار کلیک بر روی عنصر مورد نظر اطلاعات آن را در قالب جدول خواهد دید. برای ذخیره اطلاعات نمایش داده شده در تمامی پنجره‌ها بصورت فایل متنی، دکمه 💾 در پایین رابط کاربری تحت عنوان Save Data قرار دارد.




شکل ۲۴: پنجره نمایش ضریب انباشت نوترون

## ۱۰- رابط کاربری نمایش ضریب آلبدو (Albedo Factor)

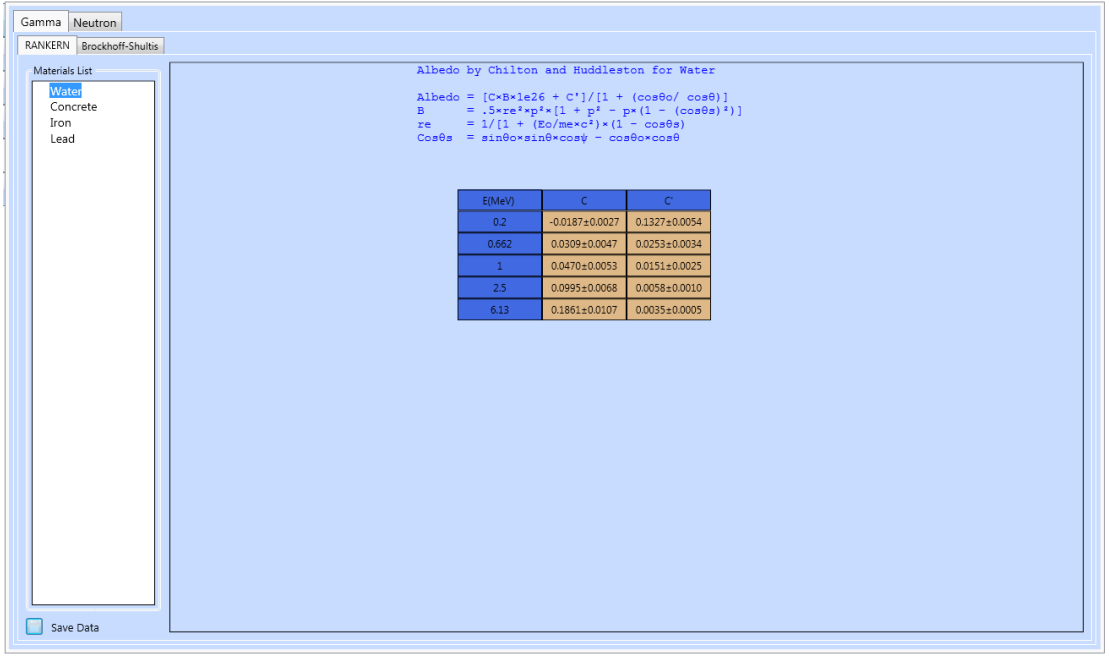
این رابط گرافیکی همانطور که در شکل ۲۵ نمایش داده شده است، از دو پنجره مستقل برای نمایش ضریب آلبدو نوترون و فوتون تشکیل شده است.




شکل ۲۵: نمایی کلی از پنجره نمایش ضریب آلبدو

## ۱۰-۱- پنجره فوتون

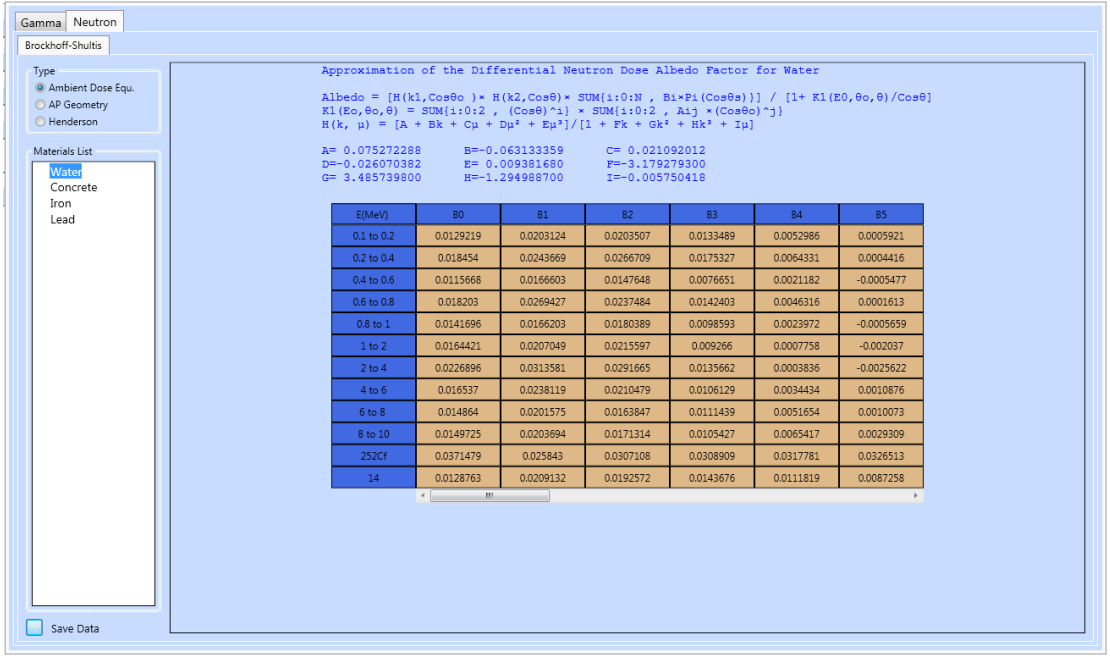
این پنجره همانطور که در شکل ۲۶ نمایش داده شده است، از دو زیر پنجره مستقل بر اساس کتابخانه تشکیل دهنده ضرایب، برای نمایش ضریب آلبدو فوتون تشکیل شده است. با دوبار کلیک بر روی عناصر هر قسمت، اطلاعات آن بصورت جدول نمایش داده می‌شود. برای ذخیره اطلاعات نمایش داده شده در تمامی پنجره‌ها بصورت فایل متنی، دکمه در پایین رابط کاربری تحت عنوان Save Data قرار دارد.




شکل ۲۶: پنجره نمایش ضریب آلبدو فوتون از کتابخانه RANKERN

## ۱۰-۲- پنجره نوترون

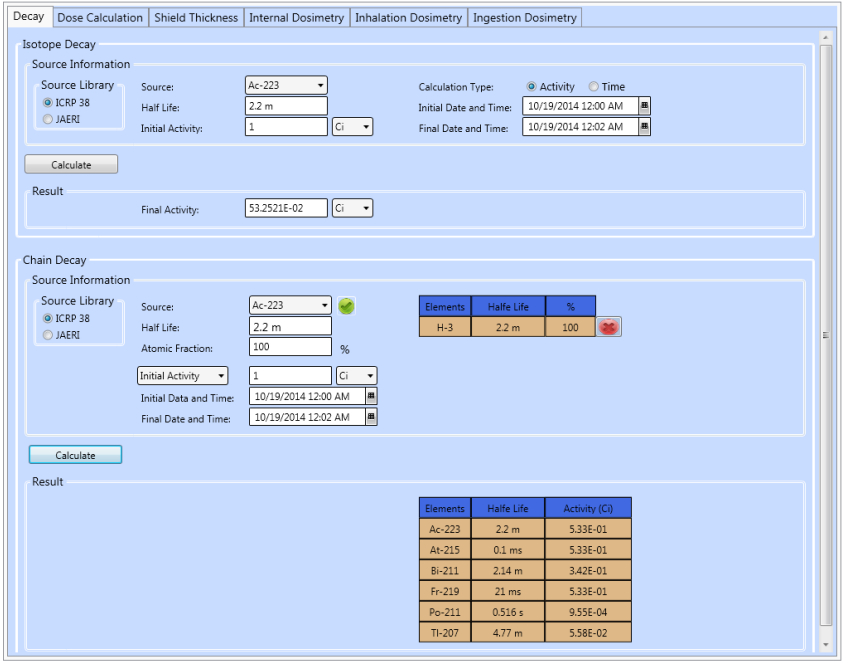
این پنجره همانطور که در شکل ۲۷ نمایش داده شده است، یک زیر پنجره بر اساس کتابخانه Brockhoff-Shultis برای نمایش ضریب آلبدو نوترون تشکیل شده است. با دوبار کلیک بر روی هر عنصر، اطلاعات آن بصورت جدول نمایش داده می‌شود. برای ذخیره اطلاعات نمایش داده شده در تمامی پنجره‌ها بصورت فایل متنی، دکمه 💾 در پایین رابط کاربری تحت عنوان Save Data قرار دارد.




شکل ۲۷: پنجره نمایش ضریب آلبدو نوترون

## ۱۱- رابط کاربری محاسبات سریع مورد استفاده در طراحی حفاظ

این رابط گرافیکی از ۶ پنجره مستقل برای محاسبات دز تشکیل شده است. شکل ۲۸ نمایی کلی از این پنجره‌های گرافیکی را نشان می‌دهد.




شکل ۲۸: نمایی کلی از پنجره رابط گرافیکی محاسبات سریع مورد استفاده در طراحی حفاظ

## ۱۱-۱- پنجره واپاشی و تولید ایزوتوپ‌ها

این پنجره از دو قسمت تشکیل یافته است. در قسمت اول این پنجره محاسبات ساده واپاشی ایزوتوپ مورد نظر انجام می‌گیرد. با انتخاب هر یک از کتابخانه‌های ICRP و JAERI لیستی از ایزوتوپ‌های آنها در لیست چشمه نمایش داده می‌شود. با انتخاب گزینه Activity، اکتیویته اولیه و زدن دکمه بالای کادر Result، اکتیویته نهایی ایزوتوپ انتخابی بعد از گذر زمان انتخاب شده، محاسبه و نمایش داده می‌شود. همچنین با انتخاب گزینه Time ،اکتیویته اولیه و اکتیویته نهایی و زدن دکمه بالای کادر Result، می‌توان زمان لازم برای رسیدن به این اکتیویته را مشاهده نمود. قابل ذکر است که برای محاسبه اکتیویته نهایی، بخش‌های مربوط به اکتیویته اولیه، زمان‌های اولیه و نهایی باید پر گردند و همچنین زمان نهایی از نظر تاریخی باید بعد از زمان اولیه باشد در غیر اینصورت با پیغام خطا از طرف برنامه مواجه خواهیم شد. برای محاسبه زمان لازم، بخش‌های اکتیویته اولیه و اکتیویته نهایی باید پر گردند و همچنین اکتیویته نهایی باید از اکتیویته اولیه کمتر باشد در غیر اینصورت با پیغام خطا از طرف برنامه مواجه خواهیم شد.

در قسمت دوم این پنجره محاسبات مربوط به اکتیویته و ترکیب نهایی یک چشمه بعد از گذر زمان انتخاب شده انجام می‌شود. با انتخاب هر یک از کتابخانه‌های ICRP و JAERI ایزوتوپ‌های آنها در لیست چشمه نمایش داده می‌شود. در این قسمت چشمه می‌تواند ترکیبی از ایزوتوپ های مختلف باشد. با انتخاب ایزوتوپ مورد نظر باید کسر اتمی تشکیل دهنده چشمه توسط این ایزوتوپ نیز وارد گردد. با زدن دکمه این ایزوتوپ به جدول ترکیب سازنده چشمه اضافه می‌گردد. همچنین کاربر می‌تواند با زدن دکمه ایزوتوپ را از جدول ترکیبات چشمه حذف نماید. قابل ذکر است که بعد از انتخاب هر ایزوتوپ دکمه ناپدید می‌گردد تا کاربر نتواند مجددا ایزوتوپ را انتخاب نماید. همچنین اگر ایزوتوپ انتخابی جزء ایزوتوپ‌های موجود در جدول ترکیبات چشمه باشد و یا کارت کسر اتمی ایزوتوپ خالی باشد با خطای نمایش داده شده توسط برنامه مواجه خواهیم شد. برای محاسبات نیاز به اکتیویته اولیه چشمه و زمان سپری شده می‌باشد. اکتیویته چشمه را می‌توان به دو صورت وارد نمود. حالت اول به صورت اکتیویته کل چشمه و حالت دوم بصورت جرم چشمه می‌باشد. با زدن دکمه Calculation نتایج محاسبات در کادر Result نمایش داده می‌شود. در

هنگام زدن دکمه Calculation اگر کارت اکتیویته اولیه، زمان‌های اولیه و نهایی و یا جدول ترکیبات چشمه خالی باشد، با خطای نمایش داده شده توسط برنامه مواجه می‌گردیم. شکل ۲۸ نمایی از این پنجره را نمایش می‌دهد.

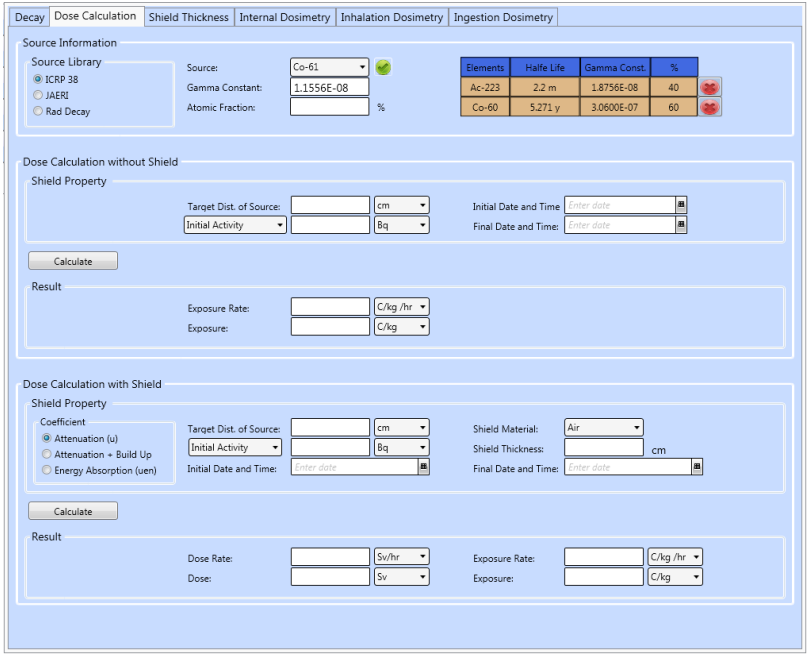
## ۱۱-۲- پنجره محاسبات ساده دز

این پنجره از دو قسمت تشکیل شده است. در قسمت اول این پنجره، محاسبات ساده دز ناشی از ترکیبی از ایزوتوپ‌های پرتوزا در فاصله‌ای معین و بدون در نظر گرفتن حفاظ انجام می‌گیرد. این پنجره قابلیت محاسبه نرخ پرتوگیری و همچنین پرتوگیری انباشتی را برحسب واحدهای مختلف دارا می‌باشد. در این قسمت از داده‌های مربوط به ثابت ویژه چشمه نقطه‌ای گاما استفاده شده است. با انتخاب هر یک از کتابخانه‌های ICRP و JAERI و یا Rad Decay ایزوتوپ‌های آنها در لیست چشمه نمایش داده می‌شود. در این قسمت چشمه می‌تواند ترکیبی از ایزوتوپ های مختلف باشد. با انتخاب ایزوتوپ مورد نظر باید کسر اتمی تشکیل دهنده چشمه توسط این ایزوتوپ نیز وارد گردد. با زدن دکمه

این ایزوتوپ به جدول ترکیب سازنده چشمه اضافه می‌گردد. همچنین کاربر می‌تواند با زدن دکمه ایزوتوپ را از جدول ترکیبات چشمه حذف نماید. قابل ذکر است که بعد از انتخاب هر ایزوتوپ دکمه ناپدید می‌گردد تا کاربر نتواند مجددا ایزوتوپ را انتخاب نماید. همچنین اگر ایزوتوپ انتخابی جزء ایزوتوپ‌های موجود در جدول ترکیبات چشمه باشد و یا کارت کسر اتمی ایزوتوپ خالی باشد با خطای نمایش داده شده توسط برنامه مواجه خواهیم شد. برای محاسبات نیاز به اکتیویته اولیه چشمه، فاصله چشمه تا نقطه محاسبه و زمان سپری شده می‌باشد. اکتیویته چشمه را می‌توان به دو صورت وارد نمود. حالت اول به صورت اکتیویته کل چشمه و حالت دوم بصورت جرم چشمه می‌باشد. با زدن دکمه Calculation نتایج محاسبات در کادر Result نمایش داده می‌شود. در هنگام زدن دکمه Calculation اگر کارت اکتیویته اولیه، زمان های اولیه و نهایی، فاصله چشمه از نقطه مورد محاسبه و یا جدول ترکیبات چشمه خالی باشد، با خطای نمایش داده شده توسط برنامه مواجه می‌گردیم.

در قسمت دوم این پنجره محاسبات ساده دز ناشی از ترکیبی از ایزوتوپ‌های پرتوزا در فاصله‌ای معین با در نظر گرفتن حفاظ انجام می‌گیرد. در این محاسبات برای تصحیح مربوط به کسر پرتوهای جانبی رسیده به هدف سه حالت مختلف وجود دارد. کاربر می‌تواند با انتخاب گزینه Attenuation کسر تضعیف شده با سطح مقطع کل، با انتخاب گزینه Attenuation + Build-Up کسر تضعیف شده با سطح مقطع کل و تقویت شده با ضریب انباشت و یا با انتخاب گزینه Energy Absorption کسر تضعیف شده با سطح مقطع جذب را مشاهده نماید. برای محاسبات نیاز به اکتیویته اولیه چشمه، فاصله چشمه تا نقطه محاسبه، جنس حفاظ، ضخامت حفاظ و زمان سپری شده می‌باشد. اکتیویته چشمه را می‌توان به دو صورت وارد نمود. حالت اول به صورت اکتیویته کل چشمه و حالت دوم بصورت جرم چشمه می‌باشد. با زدن دکمه Calculation نتایج محاسبات در کادر Result نمایش داده می‌شود. در هنگام زدن دکمه Calculation اگر کارت اکتیویته اولیه، زمان های اولیه و نهایی، فاصله چشمه از نقطه مورد محاسبه، ضخامت حفاظ و یا جدول ترکیبات

چشمه خالی باشد، با خطای نمایش داده شده توسط برنامه مواجه می‌گردیم. شکل ۲۹ نمایی از این پنجره را نمایش می‌دهد.



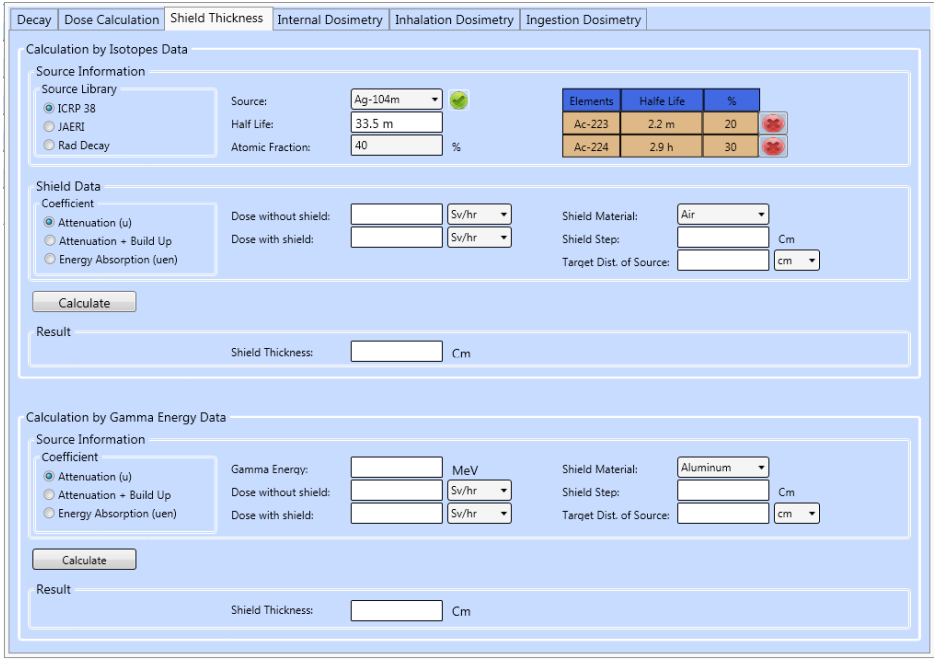

شکل ۲۹: نمایی کلی از پنجره محاسبه دز همراه حفاظ

## ۱۱-۳- پنجره محاسبه ضخامت مناسب حفاظ

این پنجره از دو قسمت تشکیل شده است. در قسمت اول این پنجره محاسبات ساده پیدا کردن ضخامت مناسب حفاظ جهت کاهش دز ناشی از ایزوتوپ‌های مورد نظر به میزان معین در کنار حفاظ انتخاب شده انجام می‌گیرد. با انتخاب هر یک از کتابخانه‌های ICRP، JAERI و یا Rad Decay لیستی از ایزوتوپ‌های آنها در لیست چشمه نمایش داده می‌شود. در این قسمت چشمه می‌تواند ترکیبی از ایزوتوپ های مختلف باشد. با انتخاب ایزوتوپ مورد نظر باید کسر اتمی تشکیل دهنده چشمه توسط این ایزوتوپ نیز وارد گردد. با زدن دکمه این ایزوتوپ به جدول ترکیب سازنده چشمه اضافه می‌گردد. همچنین کاربر می‌تواند با زدن دکمه ایزوتوپ را از جدول ترکیبات چشمه حذف نماید. قابل ذکر است که بعد از انتخاب هر ایزوتوپ دکمه ناپدید می‌گردد تا کاربر نتواند مجددا ایزوتوپ را انتخاب نماید. همچنین اگر ایزوتوپ انتخابی جزء ایزوتوپ‌های موجود در جدول ترکیبات چشمه باشد و یا کارت کسر اتمی ایزوتوپ خالی باشد با

خطای نمایش داده شده توسط برنامه مواجه خواهیم شد. در این محاسبات برای تصحیح مربوط به کسر پرتوهای جانبی رسیده به هدف سه حالت مختلف وجود دارد. کاربر می‌تواند با انتخاب گزینه Attenuation کسر تضعیف شده با سطح مقطع کل، با انتخاب گزینه Attenuation + Build-Up کسر تضعیف شده با سطح مقطع کل و تقویت شده با ضریب انباشت و یا با انتخاب گزینه Energy Absorption کسر تضعیف شده با سطح مقطع جذب را مشاهده نماید. برای محاسبات نیاز به دز در نقطه مورد محاسبه بدون حفاظ و با حفاظ، فاصله چشمه تا نقطه محاسبه، جنس حفاظ و ضخامت که در هر مرحله از محاسبات به ضخامت حفاظ اضافه می‌گردد، می‌باشد. با زدن دکمه Calculation نتایج محاسبات در کادر Result نمایش داده می‌شود. در هنگام زدن دکمه Calculation اگر کارت دز در نقطه مورد محاسبه بدون حفاظ و با حفاظ، فاصله چشمه تا نقطه محاسبه، جنس حفاظ و ضخامت که در هر مرحله از محاسبات به ضخامت حفاظ اضافه می‌گردد و یا جدول ترکیبات چشمه خالی باشد، با خطای نمایش داده شده توسط برنامه مواجه می‌گردیم.

در قسمت دوم این پنجره ضخامت مناسب حفاظ مورد نظر با دانستن انرژی مربوط به پرتو گاما بدست می‌آید. برای محاسبات نیاز به دز در نقطه مورد محاسبه بدون حفاظ و با حفاظ، انرژی گاما گسیل شونده، فاصله چشمه تا نقطه محاسبه، جنس حفاظ و ضخامت که در هر مرحله از محاسبات به ضخامت حفاظ اضافه می‌گردد، می‌باشد. با زدن دکمه Calculation نتایج محاسبات در کادر Result نمایش داده می‌شود. در هنگام زدن دکمه Calculation اگر کارت دز در نقطه مورد محاسبه بدون حفاظ و با حفاظ، انرژی گاما گسیل شونده، فاصله چشمه تا نقطه محاسبه، جنس حفاظ و ضخامت که در هر مرحله از محاسبات به ضخامت حفاظ اضافه می‌گردد خالی باشد، با خطای نمایش داده شده توسط برنامه مواجه می‌گردیم. شکل ۳۰ نمایی از این پنجره را نمایش می‌دهد.



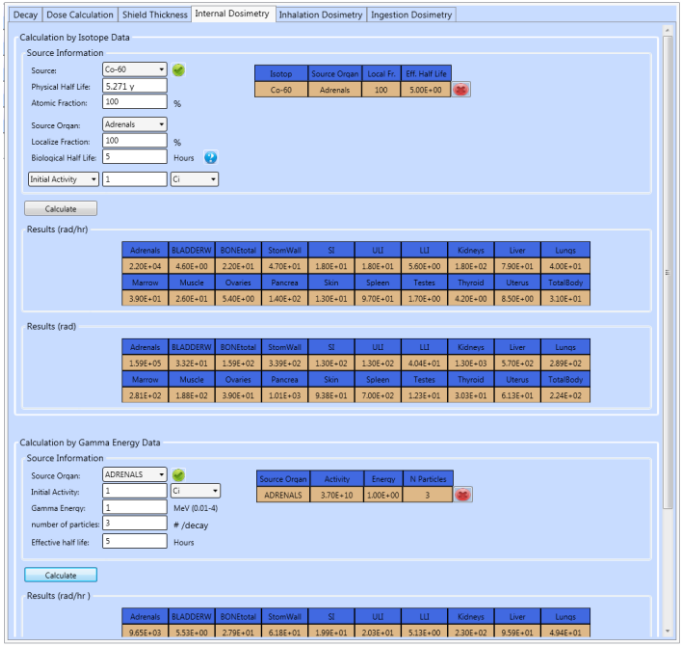

شکل ۳۰: نمایی کلی از پنجره نمایش ضخامت حفاظ مناسب

## ۱۱-۴- پنجره محاسبه دز در اجزای مختلف بدن ناشی از انباشت ایزوتوپ‌ها

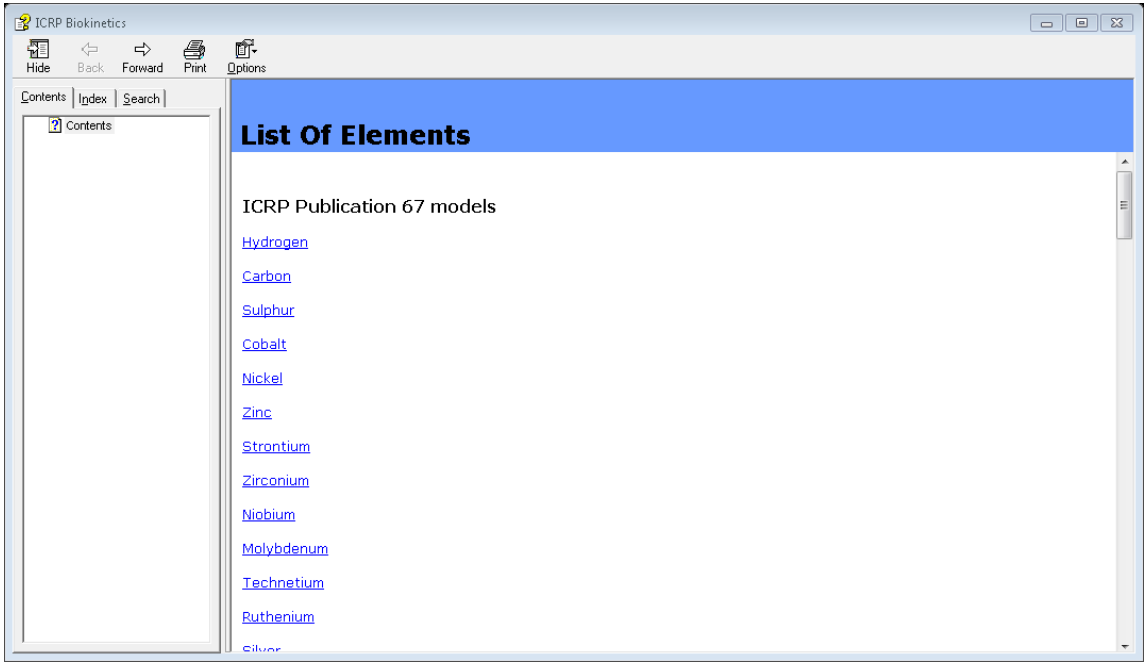
این پنجره از دو قسمت تشکیل شده است. در قسمت اول این پنجره محاسبات دز در اجزای مختلف بدن ناشی از انباشت ایزوتوپ‌های مورد نظر در قسمت‌های مختلف بدن انجام می‌گیرد. با انتخاب ایزوتوپ‌های مورد نظر و مکان انباشت آنها و همچنین نیمه عمر بیولوژیکی (نیمه عمر دفع شدن از بدن) آن در مکان مورد نظر، آهنگ دز و دز انباشتی در ۲۰ قسمت مختلف بدن نمایش داده می‌شود. در این قسمت چشمه می‌تواند ترکیبی از ایزوتوپ های مختلف باشد. با انتخاب ایزوتوپ مورد نظر باید کسر اتمی تشکیل دهنده چشمه توسط این ایزوتوپ نیز وارد گردد. با زدن دکمه این ایزوتوپ به جدول ترکیب سازنده چشمه اضافه می‌گردد. همچنین کاربر می‌تواند با زدن دکمه ایزوتوپ را از جدول ترکیبات چشمه حذف نماید.

بعد از انتخاب ایزوتوپ و کسر اتمی آن از ترکیب چشمه، باید اندام و کسری که این ایزوتوپ در آن اندام انباشته گشته، همراه با نیمه عمر بیولوژیکی این ایزوتوپ در آن اندام را وارد نموده و سپس دکمه را فشار دهیم در غیر اینصورت با خطای نمایش داده شده توسط برنامه مواجه خواهیم شد. با زدن دکمه Calculation نتایج محاسبات در کادر Result نمایش داده می‌شود. در هنگام زدن دکمه Calculation اگر کارت اکتیویته اولیه و یا جدول ترکیبات چشمه خالی باشد، با خطای نمایش داده شده توسط برنامه مواجه می‌گردیم. اکتیویته چشمه را می‌توان به دو صورت وارد نمود. حالت اول به صورت اکتیویته کل چشمه و حالت دوم بصورت جرم چشمه می‌باشد. شکل۳۱ نمایی از این پنجره را نمایش می‌دهد. همچنین دکمه کمکی در کنار کادر انتخاب عضو انباشتی وجود دارد که اطلاعات کامل مربوط به اجزاء مختلف انباشت این ایزوتوپ و نیمه عمر بیولوژیکی آنها را نمایش می‌دهد. شکل ۳۲ و ۳۳ و ۳۴ به ترتیب نمایی از پنجره کمکی را نمایش می‌دهد.

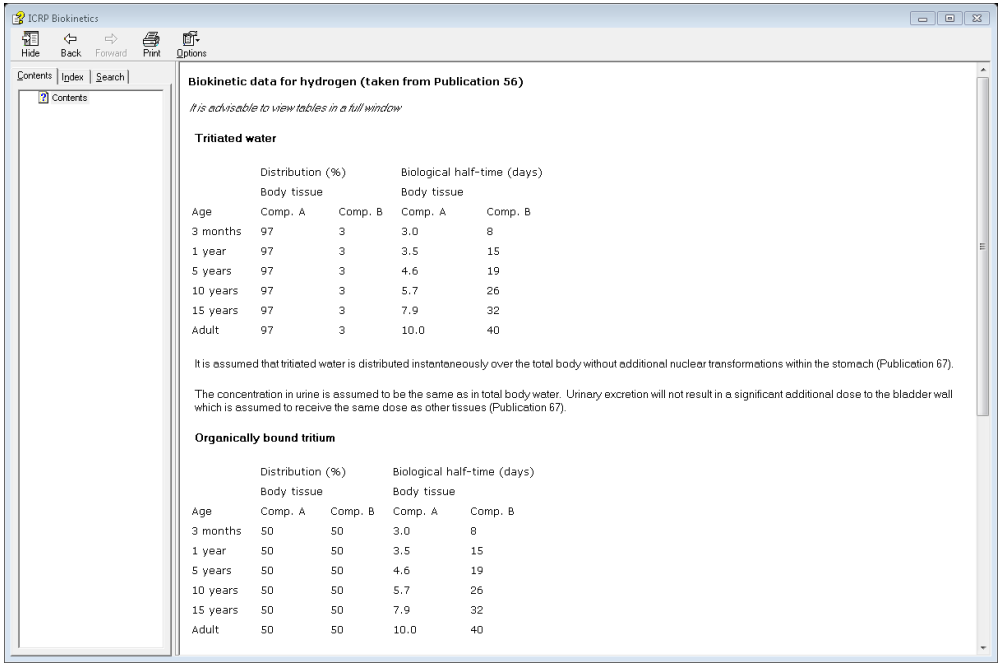
در قسمت دوم این پنجره محاسبات دز در اجزای مختلف بدن ناشی از گاماهای گسیلی از قسمت‌های مختلف بدن انجام می‌گیرد. با وارد کردن اطلاعات انرژی گاماهای گسیلی و همچنین مکان گسیل آنها، آهنگ دز و دز انباشتی در۲۰ قسمت مختلف بدن نمایش داده می‌شود. بعد از انتخاب اندام، اکتیویته اولیه، انرژی گاما، تعداد گاماهای گسیلی با این انرژی در هر واپاشی و نیمه عمر موثر برای گسیل کننده این گاما در اندام مورد نظر باید دکمه را فشار دهیم تا اطلاعات در جدول چشمه ذخیره گردد. همچنین کاربر می‌تواند با زدن دکمه اطلاعات وارد شده را از جدول چشمه حذف نماید. در صورت عدم وارد نمودن یکی از موارد ذکر شده و زدن دکمه با خطای نمایش داده شده توسط برنامه مواجه خواهیم شد با زدن دکمه Calculation نتایج محاسبات در کادر Result نمایش داده می‌شود. در هنگام زدن دکمه Calculation اگر جدول چشمه خالی باشد، با خطای نمایش داده شده توسط برنامه مواجه می‌گردیم.



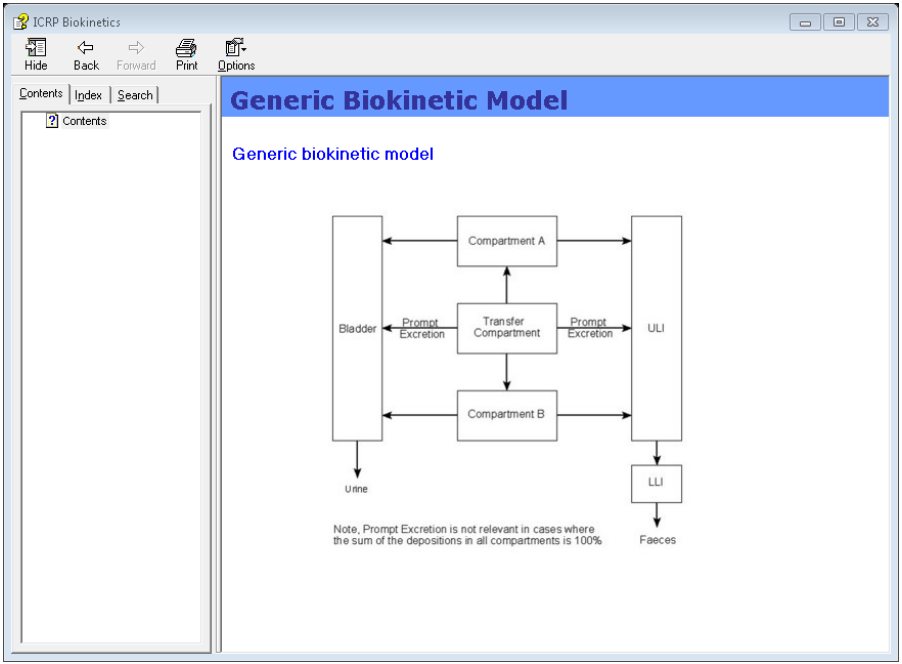

شکل ۳۱: نمایی کلی از پنجره محاسبه دز در اجزای مختلف بدن ناشی از انباشت ایزوتوپ‌ها




شکل ۳۲: نمایی کلی از پنجره اطلاعات بیولوژیکی (نمایش ایزوتوپ‌ها)



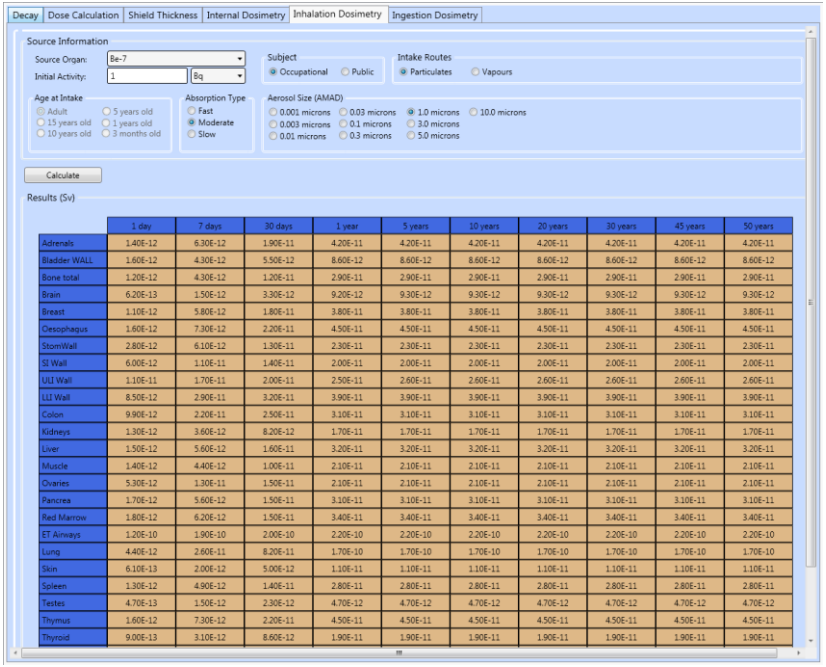

شکل ۳۳: نمایی کلی از پنجره اطلاعات بیولوژیکی (نمایش نیمه عمر بیولوژیکی)




شکل ۳۴: نمایی کلی از پنجره اطلاعات بیولوژیکی (نمایش شماتیک انباشت ایزوتوپ مورد نظر در اجزاء مختلف بدن)

## ۱۱-۵- پنجره محاسبه دز ناشی از استنشاق مواد پرتوزا و رادیواکتیو

در این پنجره محاسبات دز در اجزای مختلف بدن ناشی از استنشاق مواد پرتوزا و رادیواکتیو انجام می‌گیرد. میزان دز محاسبه شده به قطر ذره ورودی و نحوه جذب آن در خون، حرفه (بعنوان فردی که با مواد پرتوزا به عنوان یک حرفه در تماس است و یا یک فرد عادی) و سن فرد در معرض مواد پرتوزا بستگی دارد. با مشخص شدن این مقادیر و زدن دکمه Calculation دز در ۲۶ قسمت مختلف بدن و همچنین دز موثر محاسبه و نمایش داده می‌شود. در هنگام زدن دکمه Calculation اگر برای مقادیر اکتیویته اولیه چیزی وارد نشده باشد، با خطای نمایش داده شده توسط برنامه مواجه می‌گردیم. قابل ذکر است که قسمت سن با انتخاب فرد عادی که در معرض پرتو قرار گرفته است، فعال می‌گردد. شکل ۳۵ نمایی از این پنجره را نمایش می‌دهد.

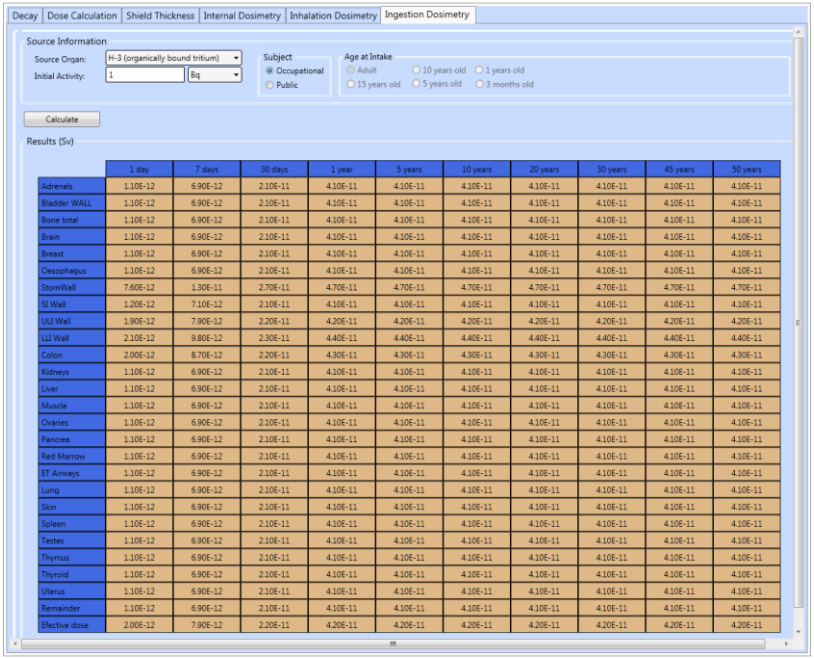



| | 1 day | 7 days | 30 days | 1 year | 5 years | 10 years | 20 years | 30 years | 45 years | 50 years |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Adrenals | 1.40E-12 | 6.30E-12 | 1.90E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 |
| Bladder WALL | 1.60E-12 | 4.30E-12 | 5.50E-12 | 8.60E-12 | 8.60E-12 | 8.60E-12 | 8.60E-12 | 8.60E-12 | 8.60E-12 | 8.60E-12 |
| Bone total | 1.20E-12 | 4.30E-12 | 1.20E-11 | 2.90E-11 | 2.90E-11 | 2.90E-11 | 2.90E-11 | 2.90E-11 | 2.90E-11 | 2.90E-11 |
| Brain | 6.20E-13 | 1.50E-12 | 3.30E-12 | 9.20E-12 | 9.30E-12 | 9.30E-12 | 9.30E-12 | 9.30E-12 | 9.30E-12 | 9.30E-12 |
| Breast | 1.10E-12 | 5.80E-12 | 1.80E-11 | 3.80E-11 | 3.80E-11 | 3.80E-11 | 3.80E-11 | 3.80E-11 | 3.80E-11 | 3.80E-11 |
| Oesophagus | 1.60E-12 | 7.30E-12 | 2.20E-11 | 4.50E-11 | 4.50E-11 | 4.50E-11 | 4.50E-11 | 4.50E-11 | 4.50E-11 | 4.50E-11 |
| StomWall | 2.80E-12 | 6.10E-12 | 1.30E-11 | 2.30E-11 | 2.30E-11 | 2.30E-11 | 2.30E-11 | 2.30E-11 | 2.30E-11 | 2.30E-11 |
| SI Wall | 6.00E-12 | 1.10E-11 | 1.40E-11 | 2.00E-11 | 2.00E-11 | 2.00E-11 | 2.00E-11 | 2.00E-11 | 2.00E-11 | 2.00E-11 |
| ULI Wall | 1.10E-11 | 1.70E-11 | 2.00E-11 | 2.50E-11 | 2.60E-11 | 2.60E-11 | 2.60E-11 | 2.60E-11 | 2.60E-11 | 2.60E-11 |
| LLI Wall | 8.50E-12 | 2.90E-11 | 3.20E-11 | 3.90E-11 | 3.90E-11 | 3.90E-11 | 3.90E-11 | 3.90E-11 | 3.90E-11 | 3.90E-11 |
| Colon | 9.90E-12 | 2.20E-11 | 2.50E-11 | 3.10E-11 | 3.10E-11 | 3.10E-11 | 3.10E-11 | 3.10E-11 | 3.10E-11 | 3.10E-11 |
| Kidneys | 1.30E-12 | 3.60E-12 | 8.20E-12 | 1.70E-11 | 1.70E-11 | 1.70E-11 | 1.70E-11 | 1.70E-11 | 1.70E-11 | 1.70E-11 |
| Liver | 1.50E-12 | 5.60E-12 | 1.60E-11 | 3.20E-11 | 3.20E-11 | 3.20E-11 | 3.20E-11 | 3.20E-11 | 3.20E-11 | 3.20E-11 |
| Muscle | 1.40E-12 | 4.40E-12 | 1.00E-11 | 2.10E-11 | 2.10E-11 | 2.10E-11 | 2.10E-11 | 2.10E-11 | 2.10E-11 | 2.10E-11 |
| Ovaries | 5.30E-12 | 1.30E-11 | 1.50E-11 | 2.10E-11 | 2.10E-11 | 2.10E-11 | 2.10E-11 | 2.10E-11 | 2.10E-11 | 2.10E-11 |
| Pancrea | 1.70E-12 | 5.60E-12 | 1.50E-11 | 3.10E-11 | 3.10E-11 | 3.10E-11 | 3.10E-11 | 3.10E-11 | 3.10E-11 | 3.10E-11 |
| Red Marrow | 1.80E-12 | 6.20E-12 | 1.50E-11 | 3.40E-11 | 3.40E-11 | 3.40E-11 | 3.40E-11 | 3.40E-11 | 3.40E-11 | 3.40E-11 |
| ET Airways | 1.20E-10 | 1.90E-10 | 2.00E-10 | 2.20E-10 | 2.20E-10 | 2.20E-10 | 2.20E-10 | 2.20E-10 | 2.20E-10 | 2.20E-10 |
| Lung | 4.40E-12 | 2.60E-11 | 8.20E-11 | 1.70E-10 | 1.70E-10 | 1.70E-10 | 1.70E-10 | 1.70E-10 | 1.70E-10 | 1.70E-10 |
| Skin | 6.10E-13 | 2.00E-12 | 5.00E-12 | 1.10E-11 | 1.10E-11 | 1.10E-11 | 1.10E-11 | 1.10E-11 | 1.10E-11 | 1.10E-11 |
| Spleen | 1.30E-12 | 4.90E-12 | 1.40E-11 | 2.80E-11 | 2.80E-11 | 2.80E-11 | 2.80E-11 | 2.80E-11 | 2.80E-11 | 2.80E-11 |
| Testes | 4.70E-13 | 1.50E-12 | 2.30E-12 | 4.70E-12 | 4.70E-12 | 4.70E-12 | 4.70E-12 | 4.70E-12 | 4.70E-12 | 4.70E-12 |
| Thymus | 1.60E-12 | 7.30E-12 | 2.20E-11 | 4.50E-11 | 4.50E-11 | 4.50E-11 | 4.50E-11 | 4.50E-11 | 4.50E-11 | 4.50E-11 |
| Thyroid | 9.00E-13 | 3.10E-12 | 8.60E-12 | 1.90E-11 | 1.90E-11 | 1.90E-11 | 1.90E-11 | 1.90E-11 | 1.90E-11 | 1.90E-11 |

شکل ۳۵: نمایی کلی از پنجره محاسبه دز ناشی از استنشاق مواد پرتوزا و رادیواکتیو

## ۱۱-۶- پنجره محاسبه دز ناشی از بلعیدن مواد پرتوزا و رادیواکتیو

در این پنجره محاسبات دز در اجزای مختلف بدن ناشی از بلعیدن مواد پرتوزا و رادیواکتیو انجام می‌گیرد. با انتخاب کردن فرد مورد نظر از نظر فردی که با مواد پرتوزا به عنوان یک حرفه در تماس است و یا یک فرد عادی و همچنین سن فرد مورد نظر، و زدن دکمه Calculation دز در ۲۶ قسمت مختلف بدن و همچنین دز موثر نمایش داده می‌شود. در هنگام زدن دکمه Calculation اگر برای مقادیر اکتیویته اولیه چیزی وارد نشده باشد، با خطای نمایش داده شده توسط برنامه مواجه می‌گردیم. قابل ذکر است که قسمت سن با انتخاب فرد عادی که در معرض پرتو قرار گرفته است، فعال می‌گردد. شکل ۳۶ نمایی از این پنجره را نمایش می‌دهد.

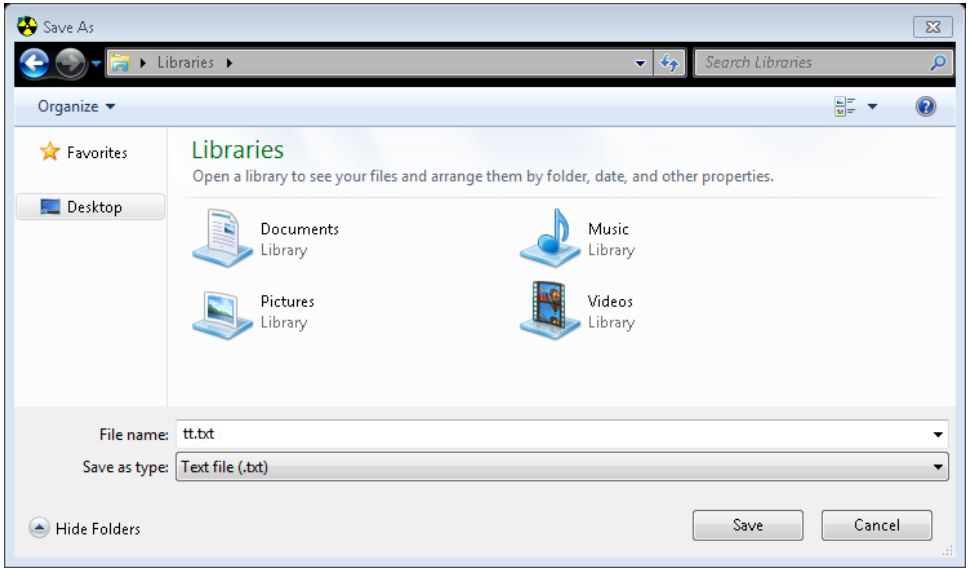



| | 1 day | 7 days | 30 days | 1 year | 5 years | 10 years | 20 years | 30 years | 45 years | 50 years |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Adrenals | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Bladder WALL | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Bone total | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Brain | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Breast | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Oesophagus | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| StomWall | 7.60E-12 | 1.30E-11 | 2.70E-11 | 4.70E-11 | 4.70E-11 | 4.70E-11 | 4.70E-11 | 4.70E-11 | 4.70E-11 | 4.70E-11 |
| SI Wall | 1.20E-12 | 7.10E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| ULI Wall | 1.90E-12 | 7.90E-12 | 2.20E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 |
| LLI Wall | 2.10E-12 | 9.80E-12 | 2.30E-11 | 4.40E-11 | 4.40E-11 | 4.40E-11 | 4.40E-11 | 4.40E-11 | 4.40E-11 | 4.40E-11 |
| Colon | 2.00E-12 | 8.70E-12 | 2.20E-11 | 4.30E-11 | 4.30E-11 | 4.30E-11 | 4.30E-11 | 4.30E-11 | 4.30E-11 | 4.30E-11 |
| Kidneys | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Liver | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Muscle | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Ovaries | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Pancrea | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Red Marrow | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| ET Airways | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Lung | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Skin | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Spleen | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Testes | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Thymus | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Thyroid | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Uterus | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Remainder | 1.10E-12 | 6.90E-12 | 2.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 | 4.10E-11 |
| Efective dose | 2.00E-12 | 7.90E-12 | 2.20E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 | 4.20E-11 |

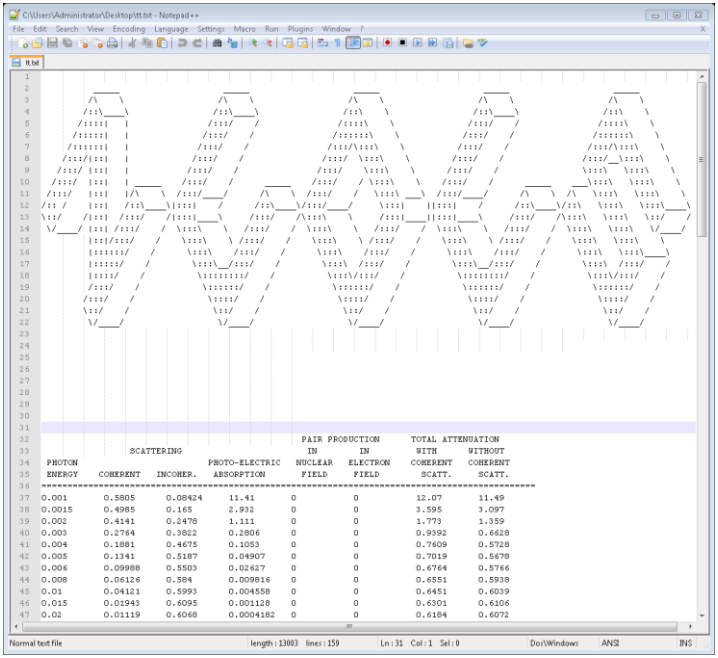
شکل ۳۶: نمایی کلی از پنجره محاسبه دز ناشی از بلعیدن مواد پرتوزا و رادیواکتیو

## ۱۲- ذخیره اطلاعات

در پنجره‌های نرم‌افزار رابط گرافیکی نمایش ترکیبات متداول مورد استفاده در مباحث حفاظ سازی و رابط گرافیکی نمایش اندرکنش‌های فوتون، نوترون، الکترون، پروتون، آلفا و کتابخانه‌های آلبدو و ضریب انباشت در گوشه سمت چپ و پایین پنجره دکمه تحت عنوان Save Data برای ذخیره اطلاعات جدول نمایش داده شده به فرمت txt. قرار داده شده است. همچنین با کلیک راست کردن بر روی نمودارها می‌توان از توانایی بزرگنمایی و یا کوچکنمایی و یا ذخیره نمودار استفاده نمود. شکل ۳۷ نمایی از پنجره ذخیره اطلاعات در برنامه و شکل ۳۸ نمایی از پنجره ذخیره ضرایب تضعیف فوتون در فرمت txt. توسط برنامه را نشان می‌دهد.




شکل ۳۷: پنجره ذخیره اطلاعات در برنامه




شکل ۳۸: نمایی از فایل ذخیره شده توسط برنامه