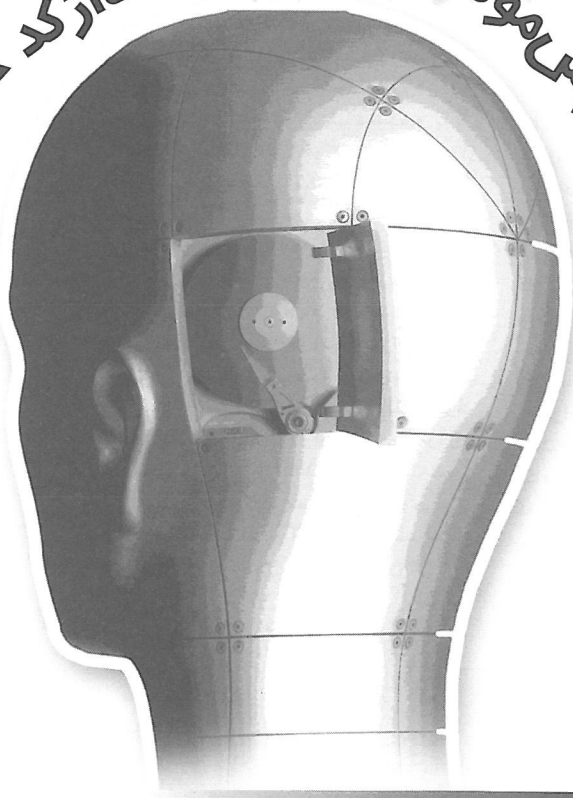
# مقایسه سرعت رایانه‌های موجود در محاسبه درصد دوز عمقی کبالت ۶۰ با روش مونت کارلو با استفاده از کد MCNP4B,MCNP4A



**اصغر مصباحی**
دانشجوی دکترای فیزیک پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران

**صفدر زارع حسین آبادی**
کارشناس ارشد فیزیک پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران

**دکتر محمود الله وردی**
استاد یار گروه فیزیک پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران

MCNP یک کد مونت کارلو چند منظوره است که برای شبیه سازی انتقال نوترون‌ها، فوتونها، و الکترون‌ها در موارد مختلف به کار می‌رود. اخیرا" این کد برای دوزیمتری و طراحی درمان در پرتو درمانی به کار رفته است. در تمام پژوهش های چند سال اخیر به سبب سرعت پایین پردازنده های رایانه‌ای سرعت قابل قبول برای محاسبه با این روش در پرتو درمانی به دست نیامده است. در این پژوهش سرعت پردازنده های موجود در محاسبه درصد دوز عمقی کبالت ۶۰ با استفاده از کدMCNP4A,MCNP4B مورد بررسی قرار گرفت.
هندسه سه دستگاه پرتو درمانی Co۶۰ و یک فانتوم آب با کد مونت کارلوMCNP شبیه سازی شد. برنامه مورد نظر با هر دو مدلMCNP ورایانه های پنتیوم ۲۳۳، ۸۰۰، ۱۵۰۰ و۱۷۰۰ MHz، همچنین آتلون با سرعت ۱۳۰۰MHz و دوران ۷۰۰ MHz و بااستفاده از دو روش برآورد دوز F6,F8 اجرا شد. درصد دوز عمقی برای میدانcm ۱۰×۱۰ با دقت آماری کمتر از ۱٪ به دست آمد.مقایسه مقادیر محاسبه شده با مقادیر تجربی خطای کمتر از ۲٪ را نشان داد. نتایج نشان دادند که با سریع‌ترین رایانه موجود می‌توان این محاسبه رابا F6 و F8 به ترتیب در مدت ۲ و ۱۲۰ دقیقه انجام داد. گرچه برآورد درصد دوز عمقی باF6 در حدود ۶۰ بار سریع‌تر است اما این نوع برآورد قادر به محاسبه دوز در ناحیه عدم تعادل الکترونی نیست. همچنین سرعت محاسبه با کدMCNP4A در حدود ۵٪ بالاتر ازMCNP4B می‌باشد.نتایج این پژوهش استفاده از روش F6 را در محاسبات فوتونی در مواقعی که دوز ناحیه عدم تعادل الکترونی مورد نظر نیست و سرعت عامل تعیین کننده است، پیشنهاد می‌کند. کلمات کلیدی: شبیه سازی مونت کارلو،MCNP ، دوزیمتری پرتو درمانی.

## مقدمه

روش مونت کارلو یک روش محاسبه‌ای در فیزیک آماری می‌باشد. از آنجا که برخورد پرتوهای یونیزان با مواد ماهیت آماری دارد این روش برای شبیه سازی رفتار پرتوها در برخورد با مواد مختلف نیز به کار رفته است. کدهای متعددی برای این کار نوشته شده است که شامل EGS4,MCNP,ETRAN و.... می‌باشد. (۱) کد MCNP یک کد چند منظوره می‌باشد که برای شبیه سازی انتقال نوترون‌ها، الکترون‌ها و فوتون‌ها به کار می‌رود. گرچه هدف اولیه از طراحی این کد استفاده از آن در شبیه سازی نوترون‌ها بوده است.(۱و ۲)

اما این کد اخیرا" در محاسبات دوزی متری پرتو درمانی نیز مورد استفاده قرار گرفته است و همچنین در مدل جدیدتر آن mcnp4b اشکالات آن‌درمورد انتقال الکترون‌ها رفع شده است. (۳)

برای استفاده از این روش از آن ناشی می‌شود که روش‌های جبری موجود در محاسبه بعضی موارد در دوزیمتری پرتو درمانی دچار مشکل می‌شود و خطای محاسبه ممکن است بیشتر از محدوده تعیین شده، ۵٪، به وسیله ICRU می‌باشد (۴)

از طرف دیگر در استفاده از این روش برای رسیدن به خطای آماری قابل قبول کمتر از ۲٪ فوتون‌های زیادی را باید در نظر گرفت که این عمل بسیار وقت گیر می‌باشد و در عمل ممکن است به چندین روز بیانجامد. دو راه برای کاهش زمان محاسبه وجود دارد:

۱) توانمند سازی روشهای کاهش واریانس

۲) استفاده از پردازنده های سریع تر

پژوهش‌های زیادی در این باره انجام گرفته شده است. (۵-۱۰) در این پژوهش‌ها سعی شده است که زمان محاسبه به اندازه‌ای کاهش یابد که استفاده از این کد در پرتو درمانی بالینی و محاسبات طراحی درمان امکان پذیر گردد. در این پژوهش سرعت رایانه های شخصی موجود و همچنین استفاده از دو روش برآورد دوز در محاسبه درصد دوز عمقی دستگاه پرتو درمانی کبالت ۶۰ مورد مقایسه قرار گرفته است و هدف از آن امکان سنجی انجام محاسبات مونت کارلو با استفاده از کد مذکور با درنظر گرفتن سرعت رایانه های موجود در کشور در حال حاضر می‌باشد.

## مواد و روش‌ها:

در این پژوهش از دو کدmcnp4a و mcnp4b استفاده شد. کد mcnp قادر به شبیه سازی کلیه برخوردهای فوتونی در همه مواد و با هندسه سه بعدی می‌باشد. اگرچه از لحاظ تعریف هندسه اجسام دچار محدودیتهایی است ولی با ساده سازی می‌توان هندسه های پیچیده را نیز برای کد تعریف کرد. این کد از دو روش برای محاسبه دوز استفاده می‌کند. در روش ارتفاع پالس که به F8 نشان داده می‌شود. انرژی واگذار شده توسط فوتون‌ها و الکترون های عبوری از ناحیه موردنظر محاسبه می‌شود. در روش دیگر که روش کرما (Kerma) نامیده شده و با F6 مشخص می‌گردد، فلوی فوتون های عبوری از ناحیه موردنظر محاسبه شده و از حاصل ضرب آن در ضریب جذب جرمی دوز به دست می‌آید. این دو کد بر روی رایانه های پنتیوم با سرعتهای ۲۳۳، ۸۶۶، ۱۵۰۰، ۱۷۰۰ مگاهرتز و آتلون ۱۳۳۳ و دوران ۷۰۰ مگاهرتز نصب شد. در مرحله بعد هندسه سر یک دستگاه پرتو درمانی کبالت ۶۰ و یک فانتوم آب شبیه سازی شد. میدان پرتو دهی ۱۰×۱۰ cm روی سطح فانتوم تعرف شد. در داخل فانتوم آب در امتداد محور مرکزی یک استوانه به شعاع ۱ cm در نظر گرفته شد و این استوانه در امتداد مسیر برخورد پرتو به سلولهایی به ضخامت ۲mm تقسیم شد. سپس دوز در داخل هر سلول با استفاده از روش F6 و F8 و قدرت تفکیک دوز ۲ میلیمتری به دست آمد. طبق مطالعات قبلی برای رسیدن به خطای آماری کمتر از ۱٪ در برآورد دوز با F6 و F8 به ترتیب از(به توان ۶) ۱۰×۲ و(به توان ۸) ۱۰فوتون استفاده شد.

این دو برنامه در هر رایانه و تحت سیستم عامل DOS-۷ اجرا شد و نتایج آن مورد مقایسه قرار گرفت. از نتایج اندازه‌گیری درصد دوز عمقی موجود در بخش پرتو درمانی بیمارستان امام خمینی برای مقادیر تجربی استفاده شد.

## یافته‌ها

درصد دوز عمقی کبالت ۶۰ با قدرت تفکیک دوز ۲mm با استفاده از دو روش F6 و F8 و با خطای آماری کمتر از ۱٪ به دست آمد. در بین رایانه‌های مورد سنجش رایانه آتلون ۱۳۳۳ مگا هرتز بالاترین سرعت را داشت و سرعت آن نسبت به کندترین رایانه یعنی پنتیوم ۲۳۳ مگاهرتز ۱۱ برابر بود. سرعت انواع رایانه‌ها در محاسبه برنامه مورد نظر با دو روش برآورد و دو مدل فوق در جدول (۱ و ۲) دیده می‌شود. سرعت رایانه پنتیوم ۱۵۰۰ و ۱۷۰۰ مگاهرتز نسبت به سریع‌ترین رایانه ۵۲٪ و ۵۱٪ کمتر بود. سرعت اجرای برنامه در مدل b4 به طور متوسط ۵٪ کندتر از مدل a4 بود. در مورد تالی F8 درصد دوز عمقی‌در ناحیه انباشت دوزکمتر از ۵٪ ودر سایر عمق‌ها کمتر از ۲٪ با مقادیر اندازه‌گیری شده تفاوت داشت. در مورد تالی F6 درصد دوز عمقی در تمام نواحی به جز ناحیه انباشت دوز تفاوت کمتر از ۲٪ را با مقادیر اندازه‌گیری شده داشت و همچنین ناحیه انباشت دوز با این روش وجود نداشت.

## بحث

Hendricks و Brockhoff از ۲۵ برنامه نوشته شده بامcnp4a برای مقایسه سرعت رایانه های موجود استفاده کردند. نتایج نشان داد که رایانه sun sparc2(work station) ، ۱۳٪ کندتر از Gate-way 2000(Pc) ۶۶ مگا هرتز می‌باشد. کار دیگر در این مورد به وسیلهAl-Affan و همکارانش نشان داد کهPc پنتیوم ۹۰ مگا هرتز سه برابر سریع‌تر ازsparc4 می‌باشد . همچنین Mountford وEdwards در اجرای یک برنامه که برای محاسبه ضریب جذب خطی سرب نوشته بودند نشان دادند که سرعت پنتیوم ۹۰ مگا هرتز ۱/۲ برابر سریع تر از sparc4می‌باشد که علت آن می‌تواند تفاوت در ساختمان پردازنده‌ها، مادربوردها و ویژگی‌های دو برنامه کاربردی برای سنجش رایانه‌ها می‌باشد. با توجه به این که رایانه های شخصی پنتیوم و آتلون در کشور ما متداول است در این پژوهش از رایانه های مورد استفاده در تحقیقات قبلی استفاده نشده است. در مورد رایانه های کاربردی در این پژوهش، آتلون ۱۳۳۳ مگا هرتز بر خلاف انتظار سرعت بیشتری نسبت به پنتیوم ۱۵۰۰ و ۱۷۰۰ مگا هرتز داشت که علت آن سرعت بالای پردازنده‌های آتلون نسبت به پنتیوم در سرعتهای اسمی برابر می‌باشد. در مورد رایانه های پنتیوم با افزایش سرعت اسمی پردازنده یک کاهش تقریبا" خطی در زمان اجرای برنامه دیده می‌شود. با توجه به اینکه رایانه های مورد آزمایش فقط در سرعت پردازنده با یکدیگر تفاوت داشتند این امر قابل پیش بینی بود. سرعت اجرای برنامه مورد محاسبه با کد MCNP4A به طور متوسط ۵٪ بیشتر از MCNP4B می‌باشد که با نتیجه مطالعهLove و همکارانش که مقدار ۵٪ را به دست آورده بودند مطابقت دارد . این در حالی است در کاری که توسطMonuntford,Edwards در مورد نفوذ پرتوهای ایکس 2Mv در سرب انجام دادMCNP4A ۳۹٪ سریعتر از B4 بود. این تفاوت را می‌توان در تقریبهای کاربردی MCNP4A در محاسبه نفوذ الکترون های ثانویه ایجاد شده در سرب جستجو کرد که باعث ایجاد ۱۰٪ خطا در محاسبات الکترونی می‌گردد. با اصلاح روش

محاسبه انتقال الکترون در مدل B4 گرچه محاسبات مربوط به الکترون طولانی‌تر است اما دقیق‌تر می‌باشد . در این پژوهش اختلاف زمانی بین این دو مدل ۵٪ بود که در مقایسه با کار قبلی خیلی کمتر است که علت آن می‌تواند نوع برنامه و روش های کاهش واریانس به کار رفته باشد. در بسیاری از تحقیقات انجام شده از روش برآورد F6 و در بعضی از آنها ازاده شد. در محاسبه با تالی F6 اگر چه سرعت محاسبه ۶۰ برابر بیشتر بود اما این‌روش برآورد F8 برای برآورد دوز استفاده شده است . در این پژوهش از هر دو تالی برای برآورد دوز است تالی قادر به محاسبه دوز در ناحیه انباشت دوز یعنی منطقه‌ای دارای تعادل الکترونی نیست، نبود. چون این روش در حقیقت کرمای تصادمی را محاسبه می‌کند و قادر به محاسبه انباشت دوز ناشی الکترون‌ها نمی‌باشد. در حالی که روش F8 انرژی واگذار شده در سلول‌ها را ناشی از فوتون‌ها و الکترون های ثانویه را محاسبه می‌کند و قادر است دوز را در نواحی عدم تعادل الکترونی محاسبه نماید. به غیر از ناحیه انباشت دوز اختلاف بین مقادیر محاسبه شده در تمام نقاط با دو روش مذکور کمتر از ۲٪می‌باشد. بنابراین می‌توان از تالی F6 در محاسبه دوز نواحی که دارای تعادل الکترونی هستند و زمان محاسبه عامل مهمی می‌باشد بهره جست. نتیجه‌گیری کاربرد روش مونت کارلو در پرتو درمانی بالینی مستلزم آن است که سرعت محاسبه با این روش تا حد قابل قبولی پایین آورده شود. این امر با افزایش سرعت پردازنده های رایانه‌ای و بهبود روشهای کاهش واریانس میسر خواهد بود. در این پژوهش سرعت راینه های موجود در محاسبه درصد دوز عمقی کبالت ۶۰ با استفاده از کد mcnp و تأثیر روشهای محاسبه موجود در کد بر سرعت محاسبه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که روش F6 قابل کاربرد در پرتو درمانی بالینی بوده و سرعت محاسبه در مقایسه با F8 خیلی پایین‌تر می‌باشد. عیب این روش آن است که قادر به محاسبه دوز در ناحیه عدم تعادل الکترونی که در مرز بافتهای مختلف وجود دارد، نیست. بنابراین از این روش می‌توان در محاسبات سریع پرتو درمانی استفاده کرد. با توجه به نتایج این مطالعه استفاده از پردازنده آتلون در محاسبات مونت کارلو پیشنهاد می‌شود.

| نوع رایانه | سرعت (MHz) | زمان محاسبه برای مدل 4A بر حسب دقیقه | زمان محاسبه برای مدل 4B بر حسب دقیقه |
|---|---|---|---|
| پنتیوم MMX | ۲۳۳ | ۱۳۲۷ | ۱۳۴۶ |
| پنتیوم ۳ | ۸۶۶ | ۳۱۸ | ۳۳۰ |
| پنتیوم ٤ | ۱۵۰۰ | ۱۵۱ | ۱۵۹ |
| پنتیوم ٤ | ۱۷۰۰ | ۱۳۶ | ۱٤۸ |
| دوران | ۷۰۰ | ۳۲۱ | ۳۳۲ |
| آتلون | ۱۳۳۳ | ۱۱۸ | ۱۲۳ |

**جدول (۱) ـ مقایسه سرعت محاسبه رایانه های مختلف در محاسبه با روش F8**

| نوع رایانه | سرعت (MHz) | زمان محاسبه برای مدل 4A بر حسب دقیقه | زمان محاسبه برای مدل 4B بر حسب دقیقه |
|---|---|---|---|
| پنتیوم MMX | ۲۳۳ | ۲۲ | ۲٤ |
| پنتیوم ۳ | ۸۶۶ | ¾ | ٤/۵ |
| پنتیوم ٤ | ۱۵۰۰ | ۳/۷ | ۳/۸ |
| پنتیوم ٤ | ۱۷۰۰ | ۲/۷ | ۲/۹ |
| دوران | ۷۰۰ | ٤/۵ | ٤/۹ |
| آتلون | ۱۳۳۳ | ۲/۱۵ | ۲/٤ |

**جدول (۲) ـ مقایسه سرعت محاسبه رایانه های مختلف در محاسبه با روش F6**