

اثرگذاری میدان‌های شعوری بر شاخص پراکندگی و آنتروپی توزیع اعداد تصادفی تولید شده

محمدعلی طاهری^۱، فرزاد احمدخانلو^{۲*}، ریحانه محلوچی^۳

* نویسنده مسئول: فرزاد احمدخانلو
ایمیل: farzadkhanlou@hotmail.com

۱- بخش تحقیق و توسعه‌ی ساینس‌فکت، مرکز تحقیقات کامپوایتل، انتاریو، کانادا

۲- گروه مهندسی مکانیک و هوافضا، دانشگاه کالیفرنیا ایرواین، ایرواین، کالیفرنیا،

ایالات متحده‌ی آمریکا

۳- دکتری فیزیک کاربردی، محقق کامپوایتل

DOI: <http://doi.org/10.61450/joci.FA.v3i14.189>

چکیده

بررسی اثرگذاری میدان‌های شعوری بر دنیای ماده و انرژی در مطالعات متعدد صورت گرفته است. بررسی اثرگذاری این میدان‌ها در دنیای محاسبات کامپیوتری حوزه‌ای جدید مطالعاتی به حساب می‌آید. از این رو در قدم اولیه، تولید اعداد تصادفی که ابزاری در محاسبات مونت کارلو و عبارتی قلب تپنده آن به حساب می‌آید، انتخاب شد. اعداد تصادفی تولید شده در برنامه‌های مختلف کامپیوتری از طرفی شبه تصادفی هستند، به مفهوم اینکه از فرمولاسیون مشخص ریاضیاتی استفاده می‌کنند، و از سویی دیگر دارای توزیعی هستند که متناسب با عدد اولیه انتخابی که آن نیز می‌تواند تصادفی باشد و همچنین جزییات سخت افزاری و نرم افزاری سیستم تولیدکننده می‌تواند تغییراتی هر چند اندک در توزیع همگن آن‌ها را بوجود بیاورد. در این پژوهش، با تولید اعداد تصادفی در سیستم‌های سخت افزاری (دسکتاپ و لپ تاپ) و نرم افزاری مختلف (سیستم عامل‌های لینوکس و ویندوز و زبان‌های برنامه‌نویسی C++ و فرترن)، و بررسی اثرگذاری میدان‌های شعوری ۱ و ۲ بر این توزیع‌ها، به دنبال بررسی اثرگذاری میدان‌های شعوری در پایه‌ای ترین سطح محاسبات مونت کارلو که همان تولید این اعداد است، بوده‌ایم. طبق نتایج این مطالعه تاثیرگذاری میدان‌های شعوری، با مقادیر و اشکال مختلف، بر محاسبات کامپیوتری بر مبنای تولید اعداد تصادفی تایید می‌شود. آنچه در جزییات نتایج این مطالعه مشاهده می‌شود، تغییر مقادیر میانه و میانگین در جمعیت‌ها، به سمت مقادیر کمتر از ۰/۵ (در اعداد تصادفی تولید شده بین صفر و یک) است که حاکی از تغییر در توزیع اعداد تولید شده است. این اثرپذیری در سیستم دسکتاپ، سیستم عامل لینوکس و زبان برنامه‌نویسی C++، با مشاهده‌ی روندی تکرارپذیرتر از شاخص‌های مورد بررسی و ذکر شده، خوش رفتارتر از سیستم لپ تاپ مورد استفاده، تشخیص داده شد.

واژگان کلیدی: میدان‌های شعوری، اعداد تصادفی، توزیع، مونت کارلو

مقدمه

یکسان ۰/۰۵، در هر سیستم (D یا LP)، در چهار حالت LC-WF و در سه گروه Control-TCF1-TCF2 و LF-WC-WF هم مقایسه شده است. برای این مقایسه از نمایش Heat plot و نمایش رنگی آن در دو حالت مطلق و نرمالیزه به محدوده‌ی نمایش یکسان، در همه‌ی انواع دسته‌ها (هشت دسته: ۴ دسته‌ی D چهار دسته‌ی LP)، آمده است.

نتایج

دسکتاپ (D)

در این بخش مقادیر اعداد تصادفی تولید شده توسط سیستم D در دو سیستم عامل مختلف و دو برنامه‌ی نرم افزاری متفاوت بررسی شده است. همانطور که در نمودارهای Heat map شکل ۱ مشاهده می‌شود، تفاوت‌هایی در میانگین و میانه‌ی مقادیر تولید شده در مقایسه‌ی بین کنترل و نمونه‌ها مشاهده می‌شود. در شکل ۱، طیف رنگی تغییر مقادیر میانگین، نمونه و آنتروپی شانون را در انواع حالات این سیستم مقایسه می‌کند. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، مقادیر میانگین و میانه بصورت نسبی، از کنترل به نمونه‌ی میدان شعوری ۱ و سپس میدان شعوری ۲، تمایل جمعیت به سمت مقادیر کمتر و بعبارتی کمتر از ۰/۵ را نشان می‌دهد. هر چند مقادیر مربوط به LF در نمونه‌ی میدان شعوری ۲، بر خلاف این روند است. همین روند کاهش نسبی از کنترل به نمونه‌ها، در مورد مقادیر آنتروپی شانون، به استثنا نمونه‌ی WC از میدان شعوری ۲ مشاهده می‌شود.

لپ تاپ (LP)

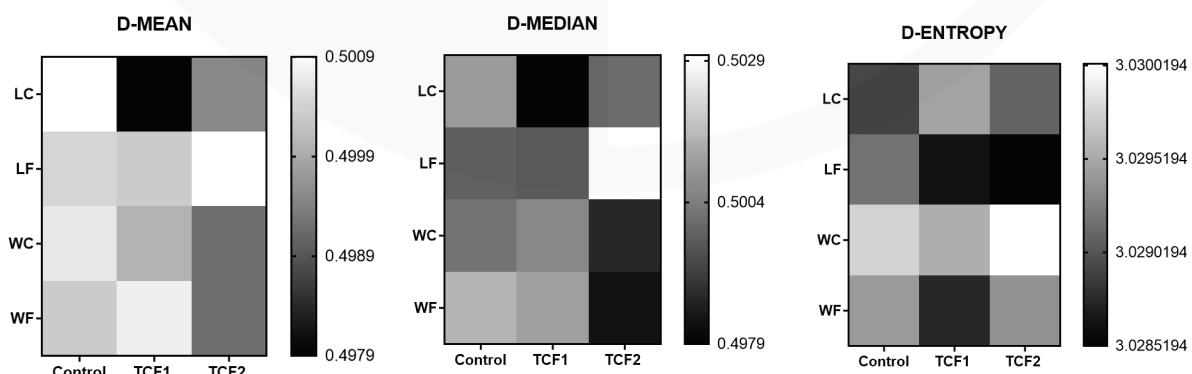
در مورد سیستم لپ تاپ (شکل ۲)، در بررسی تغییرات از کنترل به میدان شعوری ۱ شاهد روند کاهشی مقادیر میانگین هستیم اما در مورد میانه تفاوت قابل توجهی را بین نمونه ۱ و کنترل شاهد نیستیم. در مورد میدان شعوری ۲ تغییرات میانه و میانگین در حالات مختلف پاسخ متفاوتی ارائه می‌دهد و از روند مشخصی تبعیت نمی‌کند. در مورد آنتروپی شانون بصورت نسبی شاهد افزایش مقادیر در جمعیت حالات مختلف نمونه‌ها در مقایسه با کنترل هستیم و این پاسخ در نقطه‌ی مقابل پاسخ سیستم دسکتاپ است.

قلب تپنده محاسبات مونت کارلو در فضای محاسباتی، ژنراتورهای تولیدکننده اعداد تصادفی هستند [۱]؛ این ژنراتورها در فضای کامپیوتری و محاسباتی غیرکوانتومی، تماماً شبه تصادفی^۱ هستند؛ به این مفهوم که از فرمولاسیون ریاضیاتی مشخصی جهت تولید عدد تصادفی استفاده می‌کنند و این فرمول، هر بار برای تولید هر عدد تصادفی، می‌تواند بصورت تصادفی از عددی تصادفی دیگر استفاده کند که در عین شبه تصادفی بودن، به معنی تبعیت از فرمولاسیون معلوم، ایجاد کننده‌ی دامنه معلومی از تغییر در فضای نمونه اعداد تصادفی و پاسخ‌های مورد انتظار از محاسبه است. در محاسبات مونت کارلو در برنامه‌های مختلف، همواره تلاش برای برطرف کردن مواردی است که می‌تواند بر میزان تصادفی بودن و طبعاً خروجی مطلوب سیستم اثر منفی بگذارد [۲]. دامنه‌ی نوسان و تغییر موجود در تولید اعداد تصادفی در محاسبات مونت کارلو، شرایطی مهیا می‌کند که اگر عاملی بتواند بر این نوسان تاثیرگذار باشد، ردیابی شود؛ برای مثال محدودیت میزان Cache حافظه و یا دمای یک سیستم کامپیوتری، یا ایراد و تغییر حتی بسیار جزئی در برخی مدارهای تامین کننده‌ی انرژی الکتریکی اجزای محاسباتی و یا مقاومت‌های طراحی شده در مدار آن. هر چند ممکن است این تغییرات در محدوده‌ی اصطلاحاً خطای پذیرفته شده از محاسبه باشد، اما در هر صورت با بررسی روند تکرارپذیر و بنوعی سیگنال گونه‌ی در بستر بیشتر تصادفی و راندم وار، قابل تشخیص است.

روش

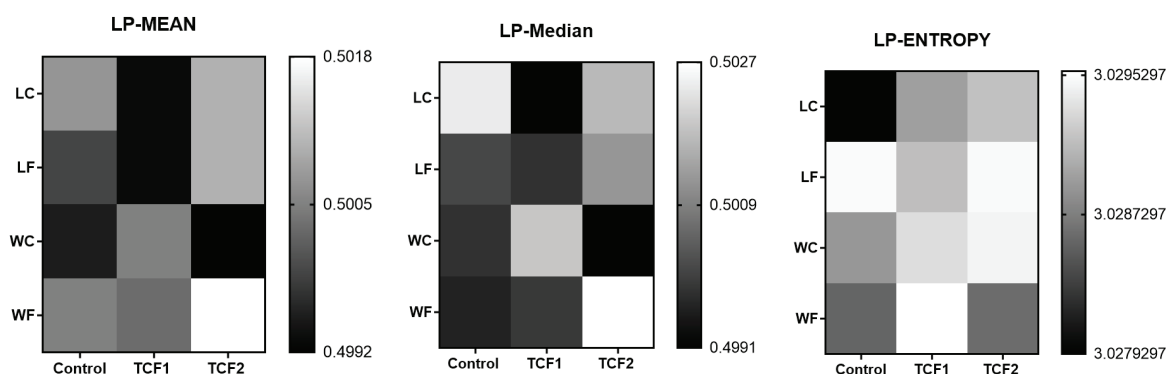
برای تولید اعداد تصادفی از دو کامپیوتر متفاوت یعنی یک لپ تاپ (LP) و یک دسکتاپ (D) و نیز از دو سیستم عامل ویندوز (W) و لینوکس (L) استفاده شده است. به علاوه، از نرم‌افزارهای دو زبان برنامه نویسی فرترن (F) و ++C بهره گرفته شده است (جزئیات مربوطه در بخش ۱-۲-۲ از روش‌ها در ملاحظات این شماره آمده است).

در این مطالعه مقادیر میانگین و میانه بدست آمده از توزیع واقعی مقادیر اعداد تصادفی تولید شده در دسته‌های مختلف به ازای ۱۰ تکرار در هر گروه و همچنین آنتروپی توزیع آنها در بین بندی



شکل ۱- بررسی تغییرات میانگین و میانه جمعیت اعداد تصادفی تولید شده در مقایسه بین کنترل و نمونه‌ها در انواع حالات مطالعه در سیستم دسکتاپ (Desktop) به همراه مقایسه آنتروپی شانون در کل بازه.

WF: Windows-Fortran- LF: Linux-Fortran- WC: Windows-C++ LC: Linux-C++



شکل ۲- بررسی تغییرات میانگین و میانه جمعیت اعداد تصادفی تولید شده در مقایسه بین کنترل و نمونه‌ها در انواع حالات مطالعه در سیستم لپ تاپ به همراه مقایسه آنتروپی شانون در کل بازه.

WF: Windows-Fortran- - LF: Linux-Fortran- WC: Windows-C++ LC: Linux-C++

اثربخشی در سیستم دسکتاپ، سیستم عامل لینوکس و زبان برنامه نویسی C++، با مشاهده روندی تکرارپذیرتر از شاخص‌های مورد بررسی و مشاهده ذکر شده، خوش رفتارتر از سیستم لپ تاپ مورد استفاده تشخیص داده شد و مابقی بخش‌های مطالعه با همین سیستم، سیستم عامل و نرم افزار ادامه یافت.

جمع بندی

آنچه در نتایج این مطالعه مشاهده می‌شود، تغییر مقادیر میانه و میانگین در جمعیت، به سمت مقادیر کمتر از ۰/۵ است که حاکی از تغییر در توزیع اعداد تولید شده است. این نتیجه که با نمودار heat map انجام شده و به خوبی می‌تواند نمایشی رنگی از روند ایجاد کند، در هر دو سیستم مورد مطالعه و در جمعیت داده‌های حاصل از هر دو نوع سیستم عامل و برنامه نرم افزاری مورد استفاده مشاهده می‌شود. طبقاً مقادیر متفاوت در جمعیت از روند ذکر شده هم دیده می‌شود، اما رویکرد غالب مشاهده شده، به صورت فوق است. نتیجه حاصل شده از این بخش مطالعه، تاثیرپذیری جمعیت اعداد تصادفی تولید شده از تیمار میدان‌های شعوری است. این

منابع

1. Gentle, J. E. (2003). Simulating Random Numbers from a Uniform Distribution. In: Random Number Generation and Monte Carlo Methods. Statistics and Computing. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/0-387-21610-3_1.
2. Monahan, J. F. (1985). Accuracy in Random Number Generation. *Mathematics of Computation*, 45(172), 559–568. <https://doi.org/10.2307/2008146>.