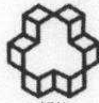


شبیه‌سازی تصادفی و روش‌های مونت کارلو
به همراه دستورهای R

www.ketab.ir

عبدالرضا سیاره



دانشگاه علمی کاربردی کرمشاه

شماره ۴۸۶

سرشناسه: سیاره، عبدالرضا، -۱۳۴۴

عنوان و نام پدیدآور: شبیه‌سازی تصادفی و روش‌های مونت کارلو به همراه دستورهای R/ عبدالرضا سیاره.
مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری: ۳۶۵ ص.

شابک: 978-622-6655-53-8

وضعیت فهرست‌نویسی: فیا

موضوع: متون - روش‌های تصادفی - راهنمای آموزشی (عالی).

موضوع: احتمالات - راهنمای آموزشی (عالی).

موضوع: کامپیوترها - شبیه‌سازی - راهنمای آموزشی (عالی).

رده بندی کنگره: ۱۲۷۳

رده بندی دیویی: ۵۱۹/۲۰۷۶

شماره کتابشناسی ملی: ۶۰۹۴۱۶۹

press.kntu.ac.ir



ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

عنوان: شبیه‌سازی تصادفی و روش‌های مونت کارلو به همراه دستورهای R

مؤلف: دکتر عبدالرضا سیاره

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: اسفند ۱۳۹۸، تهران

شمارگان: ۲۰۰ جلد

ویرایش: ویراستار دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چاپ: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

صحافی: گرانامی

قیمت ۶۵۰۰۰ تومان

تمام حقوق برای ناشر محفوظ است

خیابان میرداماد غربی - شماره ۴۷۰ - انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تلفن: ۸۸۸۸۱۰۵۲

میدان ونک - خیابان ولی عصر (ع) - بالاتر از چهارراه میرداماد - شماره ۲۶۲۶ - مرکز پخش و فروش انتشارات

تلفن: ۸۸۷۷۲۲۷۷ رایانامه: press@kntu.ac.ir - تارنما (فروش برخط): press.kntu.ac.ir

تاریخچه شبیه‌سازی از جنبه‌های مختلفی قابل بررسی است؛ اما در یک دسته‌بندی کلی، روش‌های شبیه‌سازی به دوران پیش از رایانه و پس از ظهور رایانه بازمی‌گردد. دوره قبل از رایانه به مفهوم امروزی، خود به دوران بوفون^۱ تا قبل از جنگ جهانی دوم، یعنی در فاصله سال‌های ۱۷۷۷ تا ۱۹۴۵ و پس از آن تقسیم می‌شود. آشناترین نام در شبیه‌سازی، روش مونت کارلو^۲ است. این روش در صورت کلی خود با آزمایش سوزن بوفون معرفی شد. بوفون در سال ۱۷۷۷ با استفاده از پرتاب سوزن به روی سطوح هم‌مساحتی که توسط خطوط موازی بر روی سطح صافی ایجاد شده بود؛ تصمیم به محاسبه عدد π گرفت. محاسبات بوفون شامل خطایی بود که در سال ۱۸۱۲ توسط لاپلاس^۳ تصحیح شد. مدت زمان اندکی کمتر از یک قرن پس از لاپلاس، آماردانی به نام گاست^۴ توزیعی تحت عدد t -استوننت را در سال ۱۹۰۸ معرفی کرد. گاست قادر به محاسبات دقیق و استفاده از روش‌های آالبای برای تعیین شکل این چگالی نبود و با روش شبیه‌سازی بسیار مقدماتی به بررسی شکل این توزیع پرداخت. سال‌های ۱۹۴۵ تا ۱۹۷۰ دوران شکوفایی روش‌های شبیه‌سازی بود. این شکوفایی در سال ساخت رایانه‌های الکترونیکی در سال (۱۹۴۰) و استفاده از این رایانه‌ها توسط یولام^۵ و نیومن^۶ به‌طور استفاده از روش‌های مونت کارلویی در طراحی بمب‌های هیدروژنی است. بررسی‌های یولام در حل مسائل احتمال به کمک روش‌های مونت کارلویی، باعث شد که روش‌های شبیه‌سازی در فیزیک مایه مورد استفاده قرار بگیرد. از سال ۱۹۵۰ به بعد با پیشرفت‌هایی که در رایانه‌ها به وجود آمد؛ روش‌های شبیه‌سازی به عنوان ابزاری مفید در سایر علوم توسعه یافت. چاپ کتاب «هنر شبیه‌سازی» در سال ۱۹۶۰ توسط تاجر^۷ باعث توسعه روش‌های شبیه‌سازی در انگلستان شد. با پیشرفت رایانه‌های T.B.۱، خوردون^۸ به این شرکت پیوست و سیستم‌های شبیه‌ساز را معرفی کرد. روش‌های مونت کارلو، که گسترده‌ای از

^۱ Buffon

^۲ Monte carlo

^۳ Laplace

^۴ Gosset

^۵ Ulam

^۶ Neumann

^۷ Tocher

^۸ Gordon

الگوریتم‌های محاسباتی بر پایه تکرار نمونه‌گیری تصادفی به منظور یافتن نتایج عددی مورد انتظار است. تأکید این روش بر استفاده از مفهوم تصادفی بودن برای حل مسائل قطعی و غیرتصادفی است. روش‌های مبتنی بر ایده مونت کارلو، به کمک قانون اعداد بزرگ به حل مسائل احتمالی می‌پردازند. در این روش، انتگرال به عنوان امید ریاضی متغیرهای تصادفی توسط صورت تجربی میانگین، تقریب زده می‌شود. تا قبل از معرفی روش مونت کارلو، شبیه‌سازی برای حل مسائل غیرتصادفی به کار می‌رفت و نقش نمونه آماری، برآورد نااطمینانی در شبیه‌سازی بود. روش مونت کارلو این نقش را تغییر داد. در واقع به کمک این روش مسائل غیرتصادفی توسط مسأله‌ای احتمالاتی که شبیه به مسأله اصلی است؛ حل می‌شود. پیش از یولام در سال ۱۹۳۰ فرمی^۱ روش مونت کارلو را در مسائل هسته‌ای به کار برده بود. یولام در ۱۹۴۰ صورت جدیدی از زنجیره مارکوف مونت کارلویی را معرفی کرد. تا قبل از معرفی یولام^۲ که از همکاران یولام و نیومن بود؛ نام مونت کارلو برای این روش شبیه‌سازی استفاده نمی‌شد و در واقع این نام پیشنهاد متروپولیس بود. پیشرفت‌های عمده روش مونت کارلو در لاس آلاموس، و فیس هوست؛ زیرا در این مرکز رایانه‌های پر قدرتی وجود داشت و یولام، نیومن و متروپولیس در این مرکز روی مسائل مختلف در زمینه‌های گوناگون فعالیت می‌کردند. پیشرفت‌های زیادی در این زمینه صورت گرفت؛ تا سال ۱۹۹۳ که مونت کارلوی دنباله‌ای توسط گوردون وارد تحلیل بیزی شد و مقاله‌ای در زمینه روش‌های باز نمونه‌گیری در استنباط بیزی نوشت. در واقع الگوریتم خودگردان^۳ در این مقاله معرفی شد. زنجیره مارکوف مونت کارلو^۴ که در ابتدا برای تقریب‌های عددی و حل انتگرال‌های چندگانه معرفی شده بود؛ برای نمونه‌گیری از توزیع‌های احتمال، مورد استفاده واقع شد. در این روش، زنجیره مارکوف، با توزیع مطلوب ایجاد و با ثبت موقعیت زنجیر، از توزیع نمونه‌ای انتخاب می‌شود. بسیاری از الگوریتم‌ها شبیه‌سازی برای تشکیل این زنجیر معرفی شدند. یکی از این الگوریتم‌ها، روش متروپولیس-هستینگز^۵ است که الگوریتم کامل آن در سال ۱۹۷۰ توسط متروپولیس و هستینگز معرفی شد. یارادران استوارت و گمن در سال ۱۹۸۴ روش نمونه‌گیری گیبز را طراحی و به یاد گیبز، فیزیکدانی که حدود هشتاد سال قبل از آن‌ها به مطالعه نمونه‌گیری و فیزیک آماری پرداخته بود؛ معرفی کردند. این الگوریتم حالت خاصی از

^۱ Fermi

^۲ Metropolis

^۳ Bootstrape

^۴ Markov chaine Monte carlo

^۵ Hastings

الگوریتم متروپولیس-هستینگز است. اما بعداً برای نمونه‌گیری از مجموعه‌های بزرگ از متغیرها مورد استفاده قرار گرفت. همچنین وقتی که نمونه‌گیری از توزیع‌های دو متغیره امکان‌پذیر نیست؛ این الگوریتم مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربرد امروزه این روش، در نمونه‌گیری از توزیع پسین در نظریهٔ بیزی است. از جمله مشکلاتی که در استنباط در مورد جامعه وجود دارد؛ این است که مدل تحت مطالعه ممکن است تحت داده‌هایی که برای بررسی مدل به کار گرفته می‌شود؛ پیش‌بینی مناسبی در مجموعهٔ داده‌ها داشته باشد؛ اما برای داده‌های مشاهده نشده از جامعه دارای دقت مناسبی نباشد. لذا اعتبارسنجی متقابل^۱ به عنوان فرایندی برای عمومیت بخشیدن به عملکرد برآورد، به طور رسمی توسط موستلر^۲ و توکی^۳ در سال (۱۹۶۸) معرفی شد. این الگوریتم به طور عمده شامل روش‌های ارزیابی مدل داده است. هنگامی که هدف از استنباط آماری پیش‌بینی است؛ این روش کمک می‌کند تا مدل پیشگو با دست زدن انتخاب شود. در عصر حاضر، روش‌های مبتنی بر مونت کارلو در بسیاری از مسائل ریاضی، فیزیکی، زیستی، شیمیایی، شبکه‌های عصبی، گرافیک و سایر علوم مورد استفاده قرار می‌گیرند. بسیاری از توجه‌ها در نظریهٔ فرایندهای تصادفی بر پایهٔ این روش شبیه‌سازی شکل گرفته است. با پیشرفت رایانه‌ها، این الگوریتم به سرعت در حل مسائل علم داده‌ها وارد شده است.

عبدالرضا سیاره

زمستان ۱۳۹۸

^۱Cross Validation

^۲Mosteller

^۳Tukey