MONTE CARLO SİMÜLASYON METODU VE MCNP KOD SİSTEMİ

Aybaba HANÇERLİOĞULLARI
Kastamonu Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Kastamonu.

Özet

*Monte Carlo metodu, olaslık teorisi üzerine kurulu bir sistemdir. Monte Carlo metodunda istatistiksel ve matematiksel tekniklerle bir deneyi veya çözülmesi gereken bir fiziksel olayı tesadüfi sayıları defalarca kullanarak simülasyon edilip çözmek esastır.(1)Günümüzde bu metot, fizik ve matematik problemlerinin çözümünde MCNP**(**Monte Carlo N – Parçacık Taşınım **)** kodunu kullanarak nükleer transport hesaplamalarda iyi sonuçlar vermektedir (2,3).*

Anahtar Kelimeler: Monte Carlo metodu, simülasyon

MONTE CARLO SIMULATION METHOD AND MCNP CODE SYSTEM

Abstract

The Method of Monte Carlo is a system which is based upon the theory of possibility. What is fundamental in this method is to clarify a physics incident or experiment which has to be explained with statistical and mathematical techniques by using random numbers constantly in order to simulate.(1) Nowadays, this method is so perfect in solving physical or mathematical problems and in nuclear transport calculations by using MCNP (Monte Carlo N-partıcal transport) code (2,3.)

Keywords: The Method of Monte Carlo, simulation

1. Giriş

Günümüzde endüstriyel problemlerin doğasındaki karmaşıklık ve sürekli yeni teknik yöntemlerin kullanılması maalesef pek çok analitik çözümü olanak dışı bırakmaktadır. Problemlerin yapısı değişen teknolojiyle birlikte karmaşık bir hale gelmekte ve bütünleşik sistemlerin sayısı hızla artmaktadır. Analitik yaklaşımların aksine simülasyon modelleri, karmaşık problemlerin modellenmesi ve çözümünde daha başarılı olurlar. Değişkenler arasındaki etkileşimi simülasyon modellerinde gözlemlemek daha kolaydır. Ancak yoğun bilgisayar kullanımını gerektirir

Gerçek sistemden toplanan bilgiler, bilgisayarda geliştirilen modellere uygulanarak, sayısal bir takım sonuçlara ulaşmak hedeflenir. Bunların değerlendirilmesi ve sonuçlarına ulaşılması sistem performans ölçütlerinin birtakım tahminleridir. Simülasyon modelleri aracılığı ile en kötü durum senaryoları da incelenebilir. Simülasyon tekniğinin Monte Carlo tekniği olarak adlandırılması Von Neumann ve Ulam bilim adamları tarafından yapılmış olup ilk uygulamalarını nötron yayılımı problemlerinde bu yöntemi kullanmışlardır (13). Monte Carlo metodu nötron difüzyon problemlerinden bir istatistiksel metod ortaya koyar. Monte Carlo tekniği, özel bir denemede ya da bir simülasyon çalışmasında bir ya da daha çok olasılık dağılımından rastgele sayılar seçme tekniğidir. Hesaplamalarda, fiziksel sistemi tanımlayan olasılık yoğunluk fonksiyonlarından rastgele seçilmiş sayılarla gerçekleştirilir (4).

İstatistik ve belirleyici kodlar arasındaki en önemli fark, istatistik kodda parçacığın davranışının yaklaşık bir değerini oluştururken, bununla birlikte belirleyici kod da parçacığın davranışı için transport denklemlerini çözer (5,6).

2. Monte Carlo Simülasyon Metodu

Monte Carlo yöntemi, deneysel ve istatistiksel problemlerinin çözümüne rastgele sayılarla yaklaşımlara verilen genel bir isimdir. Bu yöntem, özellikle 1930'lardan sonra hızla gelişmeye başlamış bir tekniktir. Los Alamos laboratuarlarında nükleer silah geliştirilmesi projesinde çalışan bilim adamları tarafından ilk kez ortaya atılmıştır. Bu metodlar olasılık teorisine tabidir. Metodun bir probleme uygulanması, problemin tesadüfi sayıları kullanarak simülasyon edilip hesap edilmek istenen parametrenin bu simülasyonlarının sonuçlarına bakılarak yaklaşık hesaplanması fikrine dayanır. Metot da basit sayısal integral hesaplama yöntemlerinden, günümüz istatistik teorisinin yoğun hesaplama gerektiren Bayes çıkarsama yöntemlerini pratik ve rutin olarak uygulanabilir hale getiren modern simülasyon tekniklere ulaşan bir gelişim izlemişlerdir.(7,8) Simülasyon kelimesinin modern anlamda kullanılışı 1940 yılı sonlarında John Von Neumann ve Stanislaw Ulam 'ın çalışmalarına Monte Carlo Simülasyonu adını vermeleri ile başlar(13).Monte Carlo simülasyonu, duyarlılık metodu, momentler metodu ve tam cebirsel çözümleme gibi risk analizi yöntemlerinden birisidir. Sonuçları diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında, riski daha iyi temsil etmesi nedeniyle mühendislik, eğitimde ölçme ve değerlendirme, askeri savunma teknolojisi, fen ve mühendislik alanında, nükleer teknolojisi ve uzay sisteminde, istatiksel analiz ve sosyoekonomik sahalarında sıkça başvurulan bir yöntemdir(15).

Genel anlamda simülasyon, gerçeğin temsil edilmesi şeklinde tanımlanabilir. Simülasyon'un Amaçı, bir gerçek hayat sistemini girdi ve çıktılarıyla matematiksel olarak ifade etmek gerçek sistemi kurulan model üzerinden tanıyıp araştırmak, değişik kararları ve seçenekleri gerçek sistemde hiçbir değişiklik yapmadan deneyebilmetir. Bu teknik sayesinde analitik işlemleri çok karışık ve deneysel işlemleri de çok pahalı olan nükleer savunma problemleri başarı ile çözülmüştür.1950 yılı başlarında sayısal bilgisayarların gelişimi ile simülasyon kelimesi başka anlamlar da kazanmıştır. Bu sayede sosyal bilimciler de fizik kimyacılar gibi laboratuar deneyimlerine benzer deneyleri bilgisayarda gerçekleştirme olanağı bulmuştur. Josep H.Mice simülasyonu, bir sistemin kendisi üzerinde doğrudan denemeler yapmak veya bu sistem ile ilgili bir problemin analitik çözümünü bulmak yerine sistemin modelini kurup denemelere girişme anlamında kullanılmıştır.(14)

Monte Carlo tekniği, özel bir denemede ya da bir simülasyon çalışmasında bir ya da daha çok olasılık dağılımından rasgele sayılar seçme tekniğidir. Yöntem daha sonra çoklu integral değerlendirme problemleri gibi oldukça karmaşık olmayan problemlerin çözümüne kolaylıkla adapte edilmiştir. Bazı bilimciler yöntemin sadece varyans azaltma tekniklerinin örnekleme işlemlerinde kullanılması şeklinde sınıflandırılmasını önermişlerdir. Buna rağmen yöntemin bugünkü kullanımı, genellikle olasılık dağılımlarından rasgele değerlerin seçimi şeklindedir.

Geçmiş uygulamalarda şans oyunları bir simülasyon tekniği olarak adlandırılmış olmasına rağmen aralarında belirgin farklılıklar olduğu kesindir. Şans oyunu, oyuncuların faaliyetlerinin bir sonucu olarak bir modelin davranışını gözlemek ve karar vermek için bir oyun modelinin kullanılmasıdır

Monte-Carlo, şans oyunları ve model örneklemesi yöntemlerini içermektedir. Simülasyon tekniklerinin en büyük dezavantajı, Monte-Carlo , şans oyunları ve model örneklemesinde var olan düzgün bir terminolojiden yoksun olmasıdır. Buna karşılık uygulanabilir oldukları durumlarda, bir mühendis, bir ekonomist, bir yöneylem araştırmacısı veya bir işletme analisti görevini kolaylıkla üstlenebilir. Herhangi bir amaç için geliştirilen ve çalıştırılan bir simülasyon modeli kontrol edebilir koşullar altında sistemin dinamik davranışlarının kontrol altına alınmasına imkan sağlar. Daha güzel bir ifade ile, simülasyon teknikleri, ilgili problemlerinin analizinde bir laboratuvar hizmetini üstlenir. Simülasyonun ilk kullanımları, Joseph H. Mice ve Morgenthaler'in tanımlarına uygun olarak, mühendislik ve bilimsel çalışmalarda oldukça yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Literatürde, bu tür simülasyon modellerine Analog Simülasyon modelleri adı verilmektedir. Analog model, bir özelliğin benzeyen bir başka özellikle simgelendiği modellerdir. Bu tanıma göre analog simülasyonlar, kesin olarak kendisine benzeyen diğer bir sitemi temsil etmek için fiziksel bir sistemi kullanan simülasyonlardır. Ekonomide, işletmelerde ve diğer sosyal bilimlerde kullanılan simülasyon teknikleri, dinamik bir süreci temsil eden sayısal bir model üzerinde denemeler yapmayı içerir. sistemin Değişkenler arasındaki etkileşimi simülasyon modellerinde gözlemek daha kolaydır. Ancak yoğun bilgisayar kullanımını gerektirir. Gerçek sistemden toplanan bilgiler, bilgisayarda geliştirilen modellere uygulanarak sayısal birtakım sonuçlara ulaşmak hedeflenir. Bunların değerlendirilmesi ve yorumlanması yapılarak sistem performans ölçütlerine ait birtakım tahminlerde bulunulur. Simülasyon modelleri aracılığı ile en kötü durum senaryoları da incelenebilir. Simülasyon modeli, sadece matematik denklemlerine değil, denemelere dayanır ve model optimum sonuçlar ortaya çıkarmaz fakat simülasyon modelleri yardımı ile alternatif çözümler ortaya konarak, optimum sonuca en yakın çözüm seçilir (14).

3. Simülasyon Uygulama Alanları

Simülasyonun kullanıldığı bazı uygulama alanları şu şekilde sıralanabilir

a) Üretim/imalat sistemlerinin tasarım ve analizi
b) Montaj hattı dengeleme
c) İşgücü planlaması
d) Malzeme taşıma sistemleri
e) Yeni askeri silah ve sistem taktiklerinin saptanması
f) Bir envanter sistemindeki sipariş planlarının incelenmesi
g) İletişim sistemlerinin ve bunlar için gerekli mesaj protokollerinin tasarımı
h) Otoyollar, havaalanları, metrolar ve limanların tasarım ve işletimi
i) Ambulans bulundurma noktalarının ve buralardaki araç sayılarının saptanması
j) Yangın söndürme istasyonlarının yerlerinin ve buralarda bulundurulması gerekli
k) minimum araç sayılarının saptanması
l) Finansal veya ekonomik sistemlerin analizi
m) Dağıtım kanallarının tasarımı
n) Bir bilgisayar sisteminin donanım ve yazılım gereksinimlerinin belirlenmesi
o) İşletme yöneticilerinin eğitilmesi(işletme oyunları/firma benzetimi)

p) Alınacak riskleri minimize etmek için uzay uçuşları denemeleri
r) Tamir-bakım sistemleri

4. Simülasyonun Avantajları ve Dezavantajları

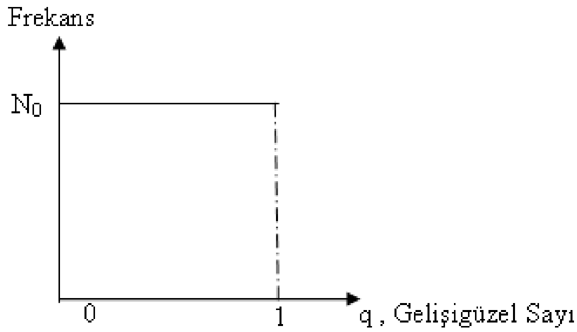
a) Simülasyonun Avantajları
   1- Simülasyon esnek bir çözüm yöntemidir.
   2- Diğer modellere kıyasla anlaşılması daha kolaydır.
   3- Aşamalı olarak uygulayabilme imkanı vardır.
   4- Klasik çözüm yöntemlerinin kullanılamadığı büyük karmaşık problemlerin çözümüde oldukça etkilidir.
   5- Bir başka yöntemde incelenmesi olanaksız olan koşullar ve kısıtlar simülasyon ile rahatça modellenebilir.
   6- Sonuçları ancak aylar, yıllar sonra alınabilecek durumlarda simülasyon ile çok kısa sürede analiz edilebilir.
   7- Simülasyon, modellenen sistemi değiştirmeden yeni fikir ve politikaların model üzerinde rahatça uygulamasına olanak verir.
   8- Kullanıcı simülasyonu istenen zamanda durdurup yeniden başlatabildiğinden deney koşullar üzerinde tam bir kontrole sahiptir.

b) Simülasyonun Dezavantajları
   1- İyi bir simülasyon modelini geliştirmek vakit alıcı ve pahalıdır.
   2- Optimum çözüm üretme garantisi yoktur. Bir çeşit deneme- yanılma yöntemidir.
   3- Her simulasyon modeli kendine özgüdür.
   4- Uygulamasındaki kolaylıklar dolayısıyla analitik çözümlerin göz ardı edilmesine neden olabilir.
   5- Modelleme de ve bulguların analizinde yapılacak hatalar, yanlış sonuçlara yol açabilir.

5. Monte Carlo Metodunun Matematiksel Analizi

Monte carlo metodunda sayısal olarak bir deneyi veya olayı taklit etmek için temel araç 0-1 arasında değerler alan düzgün dağılımlı sayıları kullanmaktır. Bu sayıları q ile gösterelim. Bu sayılar bir bilgisayar programı ile türetilebilir. Belli bir ölçü veya deneyde bulunabilecek değerler kümesi bir gelişigüzel sayı kümesi oluşturur. Gelişigüzel sayılar kümesinde herhangi bir sayının gelme olasılığı ötekilerden farklı olabilir. Olasılıklar aynı ise böyle bir kümeye düzgün dağılımlı gelişigüzel sayılar kümesi denir.(10) Gelişigüzel Sayılar her bir rakamı aynı olasılıkla seçilmiş ve birbirinden bağımsız sayılardan oluşmuş bir kümenin elemanlarıdır. Monte Carlo Metodunda çok sayıda gelişigüzel sayı gerektiğinden bu sayılar bilgisayarda üretilir. Bilgisayarda tümüyle belirli bir yönteme göre ardı ardına oluşturulan bu sayılar gerçekte gelişigüzel olmamakla birlikte gelişigüzel sayıların istatistiksel özelliklerini içerirler. Bu formülden elde edilen gelişigüzel sayı dizisine, "*sözde gelişigüzel sayılar*" denir

Şekil1de q gelişi güzel sayılar karşın, bu sayıların N(q), sıklık(frekens) dağılımı görülmektedir.



Şekil-1 Gelişi güzel saylıarın frekansa bağlı grafiği

Gelişigüzel Sayılar 'Mixed congruential method' formülden elde edilebilir;

$$P_i = tamsayı \times (ax_i / br_i)$$
$$X_{i+1} = ax_i - br_i$$
$$q_i = x_{i+1} / b$$

Bu yöntemin algoritması; $x_i = ax_{i-1}$ (Mod m) matematiksel bağıntıyla gösterilebilir.Burada x_i ,pozitif tam sayı dizisi olup başlangıç değeri x_0 dır. ave b ise pozitif bir tam saylardır. Bu sayılardan daha büyük başka bir pozitif tamsayı ise m dir. x_i pozitif tamsayılar dizisi , $x_{i-1}a$ ile çarpılıp çıkan sayının m'ye göre modu hesaplanarak elde edilir (1,4).

$$x_i = (ax_{i-1} + c)(\mathrm{mod}\, m)$$

'Mixed congruential method' adı verilen yöntemde başlangıç değeri olarak x pozitif bir tamsayı alınır. Üretilen sayı dizisinin her sayısı m'ye bölünerek 0-1 aralığındaki sayılardan o yeni bir dizi elde edilir. a ve c iki tam sayı m'de bu sayıların ikisinden de büyük bir tamsayıdır. a, b,c, m ve x_0'ın farklı değerleriyle üretilen diziler gelişigüzeldir ve bir x_i dizisi, x_0 , a, c, m ile tümüyle belirlenir. Dizinin en çok m adet farklı sayıdan oluştuğu ve sonuçta kendisini tekrarlıyacağı açık olmakla birlikte periyot, m,a ve c'nin uygun değerleri seçilerek mümkün olduğunca büyütülebilir.(9)

Şimdi de, a ≤ x ≤ b aralığında, her bir x sonucunun ortaya çıkma olasılığı, f (x) sıklık fonksiyonu ile belirlenen bir olayı taklit etmek isteyelim. Olayda sonucun x ile x+dx arasında bir değer alma olasılığı,

$$\text{P(x) dx} = f(x)dx \;/\; \int_a^b f(x)dx \quad ....(I)$$

Burada, P(x) fonksiyonuna Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu adı verilir.

Q(x)**,**Toplam Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu ise,

$$Qx) = \int p(x') \, dx \text{..(II)}$$

şeklinde tanımlanır.

a $\leq$ x $\leq$ b aralığındaki her x değerine karşılık Q(x), toplam olasılık yoğunluk fonksiyonu 0-1 aralığında gelişigüzel değerler alır. Q(x) değerlerinin ortaya çıkma sayısı yani sıklık fonksiyonu düzgün bir dağılım gösterir. O halde P(x)'i T ye eşitleyebiliriz,

$$T = Q(x) \qquad \text{(III)}$$

I, II, III denklemlerini kullanarak Temel Monte Carlo ilkesinine ulaşabiliriz.

$$\mathbf{T=}\int_a^x f(x')dx \,'\!/\!\int_a^b f(x)dx \text{ ....(IV)}$$

elde edilir

Denklem IV*Temel Monte Carlo İlkesi olarak bilinir*. Denklem IV den X tersine çözülürse T'ye bağlı olarak,

$$X = P^{-1}(T)\text{..(V)}$$

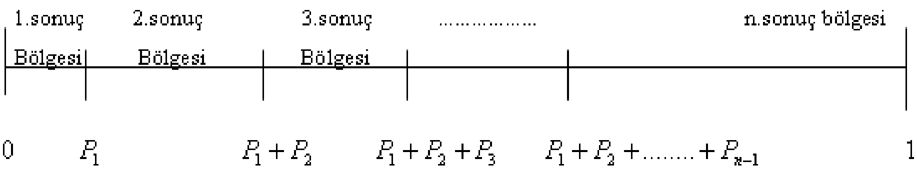
ters dönüşüm denklemi elde edilir.

6. Monte Carlo Metodunu Örneklenmesi:

Monte carlo metodunun daha iyi anlaşılır olması açısından birkaç tane bilimsel örneklemeye gidelim,

Örnek 1 (gelişi güzel sayı ekseni):

Yapılan bilimsel bir deney çalışmasında, n-tane sonuç olsun ve sonuçların her birinin meydana gelme olasılıkları sırasıyla $P_1, P_2, \text{..........} P_n$ değerlerini alsın, Bu olayı 0-1 arasında değerler alan gelişigüzel sayılarla taklit etmek istersek, gelişigüzel sayı eksenini şekil-2 deki gibi n tane bölgeye ayırıp, tek boyuta gelişi güzel sayı ekseninde gösterebiliriz.



Şekil 2. Gelişigüzel sayı eksenine n-tane sonuç bölgesinin yerleştirilmesi

Gelişigüzel sayıların P_1 olasılıkla belirlenen miktarını 1.sonuç P_2 olasılıkla belirlenen miktarını 2.sonuç , P_n olasılıkla belirlenen miktarını da n.sonuç için ayırmış olduk. Böylece belirtilen bir gelişigüzel sayı hangi sonuç bölgesine düşerse, olayda o sonuç meydana gelmiştir. Bu durumda olasılık dağılımı aşağıdaki matematiksel ifadeyle ibaret olur.

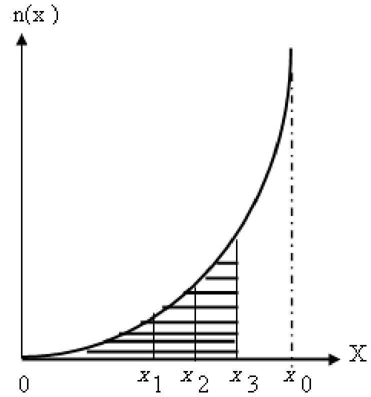
$0<q<P_1$ ise 1.sonuç

$P_1 \le q < P_1 + P_2$ ise 2.sonuç

$P_1 + P_2 + ...P_{n-1} \le q < 1$ ise n.sonuç

Örnek 2 (Gelişi güzel sayı dağılmının n(x)=x² fonksiyouyla incelemesi):

$n(x)=x^2$ şeklinde dağılım gösteren bir deneyi örnekleyelim. Şekil 3'de $n(x)=x^2$ dağılımı görülmektedir



Şekil 3. n (x) = x²'nin gelişi güzel sayı durumu

Tek boyuta pozitif X eksenini X_0'a kadar $X_1 = \frac{1}{N}X_0$, $X_2 = \frac{2}{N}X_0$,...$X_N = X_0$ şeklinde N eşit kutuya ayıralım. 0'dan X_0'a kadar eğrinin altında kalan alan A, 0'dan i. kutuya kadar ki eğrinin altında kalan alan da A_i olsun.(i=1,2,.....N)olan pozitif tam sayılardır.

Türetilen bir gelişigüzel sayının i. alana düşme olasılığı, Pi

$$P_i = \frac{A_i}{A} = \frac{\int_i ndx}{\int_0^{X_0} ndx}$$

bu olasılığı q_i ile temsil edebiliriz. Dolayısıyla, integrelde n(x) gördüğümüz yere x^2 yazıp,x 'e göre çözersek

$$q_i = \frac{\int_i n(x)dx}{\int_0^{X_0} n(x)dx} \qquad \text{veya} \qquad q = \frac{\int_i^{X'} X^2 dx}{\int_0^{X_0} X^2 dx} = \frac{\frac{X'^3}{3}}{\frac{X_0^3}{3}} = \frac{X'^3}{X_0^3}$$

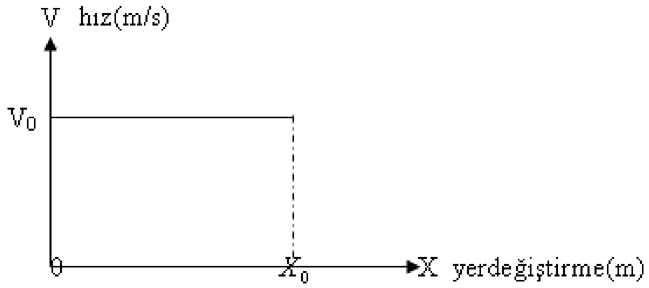
yazabiliriz. $X' \to X$ alırsak,

$$q=\frac{X^3}{X_0^3} \Rightarrow X = X_0 q'^3$$

elde edilir. Böylelikle X ile X_0 arasındaki matematiksel bağıntı bulunmuş olur. İşte bu esasa dayanarak dağılımı, integrali alınabilen fonksiyon şeklindeki tüm deneyleri gelişigüzel sayılarla daha çok örnekleyebiliriz.

Örnek 3(Tek boyuta sabit hızlı hareket):

Yapılan bir fiziksel olayı 0-1 değerler arasında gelişi güzel sayı değerleri metoduyla hareket problemine uygulayalım, doğrusal bir yol boyunca sabit bir hızla hareket eden bir deney aracının yerdeğiştirmesi sonuçları 0 ile X_0 arasında değerler alsın. Bu istatiki sonuçları, X_0'a kadar eşit kutulara ayırıp, dağılımı $X(t)=V_0tq$ matematiksel bağıntısı ile ifade edebiliriz.burada q ,0 dan itibaren pozitif gerçek sayılardır. Matematiksel ifade şekil 4 deki grafikte görüldüğü gibi X in her değerinde n sabit kalmaktadır . q sayıları kümesi ile X sayıları kümesi düzgün dağılımlı oldukları için q'ları kullanarak $V=V_0$ bağıntısını kolayca taklit edebildik Bu şekilde çok sayıda gelişigüzel q sayısı türeterek her bir kutunun gelme sayısını bulabiliriz.



Şekil 4. X sayılar kümesinin V ile değişimi

Örnek -4 (Ortalama serbest yol):

I_0 şiddetinde belli bir enerji ile bir ortama giren γ-ışınlarının şiddeti $I= I_0 e^{-\mu x}$ şeklinde matematiksel olarak ifade edilir. Burada x, γ-ışınının ortamda etkileşme yapmadan önce aldığı serbest yoldur.Bu deneyi gelişi güzel sayılar metoduyla örnekleyelim, x'e bağlı f(x) fonksiyonu şöyle olsun,0-1 arasında değişen q gelişi güzel sayılar kümesi olacak şekilde,

$$F(x) = \int I\,dx = \int I_0\, e^{-\mu x}\,dx = \frac{-I_0}{\mu}\, e^{-\mu x} \quad ....(I)$$

F(x) = Nq olsun ve N ,Normalizasyon katsayısıdır.Buradan ters dönüşüm işlemi x = F^{-1}(Nq) elde edilir. x'i çözersek,

$$Nq = -\frac{I_0}{\mu} e^{-\mu x} \Rightarrow -\frac{\mu}{I_0} Nq = e^{-\mu x}$$

$$x = -In\left(-\frac{\mu}{I_0} Nq\right) / \mu \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(II)$$

q = 1 için x = 0q = 0 için x = ∞olacak şekilde sınırlamızı seçelim, II denklemden

$-\frac{\mu}{I_0}$ N = 1 ile olacağı açıktır. öyleyse,

$$x = -Inq / \mu \text{ ----------- -----}(\mathbf{III})$$

elde edilir. (3) eşitliği (1) eşitliğinden farklı değildir. Bu iki eşitliği tekrar yazalım,

q = 1 için x = ∞

q = 1 için x=0 ⇒ x = - Inq / μ..(IV)

q = 0 için x = ∞ ⇒ x = -In (1-q)/μ.......................................(V)

q = 0 için x = 0

IV yada V bağıntılarından herhangi birini kullanıp ortalama *serbest yolu* bulmuş oluruz.

Örnek 5 (Buffon'un iğne problemi):

Monte Carlo metodlarının temel fikrinin tarihte ilk defa bu problemle ortaya çıktığı söylenir. 1777 yılında G.Comte de Buffon şu problemi incelemiştir. Yatay bir düzlem üzerine d aralıklarla paralel doğrular çizerek L boyundaki bir iğneyi bu düzlem üzerine gelişigüzel bırakmıştır.

Düzlem üzerine bırakılan bu iğnenin *doğrulardan biri ile* kesişme olasılığını analitik yollardan çözerek $\boldsymbol{p = 2L/\pi d}$ olarak hesaplamıştır. Burada *p, kesişme* olasılığıdır.

Yine başka bir iğne deneyinde düzlem üzerindeki doğruların *herhangi birisi ile* kesişme olasılığını hesaplalarsak bu deneyi N defa tekrarlayıp, iğnenin kaç defa düzlemdeki doğrulardan birisi ile kesiştiğini sayabiliriz. Kesişme sayısına n dersek, n/N oranının gerçek sonuç olan *p kesişme olasılığı* sayısına yakın olduğunu bulabiliriz. N sayısı büyüdükçe n/N oranı *p* ye yaklaşmıştır. G.Comte de Buffonun bu deneyde farkettiği olgu, 20.yüzyılda olasılık teorisinde önemli bir katkı sağlanmıştır.

Örnek–6 (Bir nötronun birim uzunlukdaki madde içerisindeki hareketi)

Problem, bir nötronun ortalama kaç harekette bu maddenin dışına çıkacağını hesaplamaktır. Bu problemi Monte Carlo teknikleriyle çözmek için bir tesadüfü sayı kaynağına ihtiyacımız var. Bu sayıları, nötronun hareketlerini simule etmek için kullanacağız. Bunun için, bir birim uzunluğundaki maddeye nükleer bir kaynaktan nötron sol yüzeyden girsin ve sadece ileri(soldan sağa doğru) hareket ettiğini, her harekette aldıkları mesafenin 0 ile 1 arasında değişen gelişi güzel tesadüfi (random) bir uzunluk olduğunu varsayalım

Sonuç olarak, nötronun maddenin dışına çıkması için *e defa* hareket etmesi gerekir.

(e≈ 2.71828) , u_1=0.23, u_2=0.71 ve u_3=0.62

ürettiğimiz ilk 3 tesadüfü sayı 0 ile 1 arasında olsun. ,eğer nötronu simule etmek için bu sayıları kullanıyorsak, nötron birinci harekette 0.23 birim mesafe, ikinci harekette 0.71 birim mesafe gidecek.Yani iki hareketin sonunda nötron toplam 0.23 +0.71=0.94 birim mesafe gitmiş olacak.Maddenin kalınlığı 1 birim olduğu için nötron henüz maddenin dışına çıkmış değil.Dolayısıyla nötronun bir hareket daha yapması gerekiyor.Üçüncü harekette aldığı mesafe , üçüncü tesadüfi sayı olan 0.62 olduğu için, bu hareketin sonunda toplam gidilen mesafe 0.23+0.71+0.62 =1.56>1.Yani üçüncü hareketin sonunda nötron maddeyi terk eder.Böylece bir nötronun, maddeyi terk edene kadar yaptığı hareketleri, tesadüfi sayıları sayesinde simüle etmiş olduk. Bunun gibi N tane nötronu, farklı tekrarlanabilen tesadüfi sayılar kullanarak simule edebiliriz.

7. MCNP (Monte Carlo N – **Parçacık Taşınım Kodu)**

MCNP kodunda amaç, nükleer enerji ve atomik bilgi hazinesini kullanmaktadır. MCNP nötron, foton ve elektronların zamana bağlı sürekli enerji geçişini(transport) üç boyutlu geometride çözen genel bir koddur. MCNP kodunda hem sabit kaynak hem de kritik altı problemleri çözebilir. MCNP, Monte Carlo simulasyonu ve bir takım modelleri içeren, nükleer özellikleri olan fizik ve matematik konularını içeren bir koddur. MCNP kodu karmaşık parçacık geçişini modellemede oldukça iyi uygulanır çünkü sürekli(continuous)tesir kesiti verisini kullanır. Hesaplamalarda kullanılan nötron enerjisi 10^{-11} MeV ‘den 25 MeV ‘e kadardır.

MCNP aslında Monte Carlo grubu tarafından Los Alamos laboratuarında teorik fizik için genelleştirilmiş 40000 satır fortran ve yorumlar içeren 1000 satır C kaynak kodlayıcı ve programı uygulayan genel bir bloğa sahiptir. Bu kod 1940 yıllarında nükleer savunma ve silahları için geliştirilmiş bir koddur. Buna rağmen kökleri eskiye dayanmaktadır (Comte de Buffon 1772),(1)

2.Dünya Savaşı süresince Los Alamos’da Fermi ve seçkin bilim adamları katılarak, ilk atom bombasını geliştirmişlerdir. MCNP4, 1990 yıllarında çıkarıldı ve bu kodun ilk Unix versiyonudur.

Paralel bağlantılı bir grup bilimsel işlem merkezinin çalıştırılması için birden fazla görev fonksiyon özelliğine sahip işlemci üzerinde yeni foton programlarında, ENDF/B-VI da, renkli windows grafiklerinde, dinamik hafıza ayrılmasında, periyodik sınırlarda, SABRINA yoluyla parçacık izlerinin çiziminde kullanılmaktadır..MCNP4A tekrarlanan yapılardaki (nükleer reaktördeki maddenin geometrik düzen yapısı) hesap kayıtlarını geliştirmiştir.

8. MCNP kodu veGeometri

MCNP, materyallerin üç boyutlu konfürasyonunun geometrik hücrelerinde gelişigüzel davranır. Bu kod genel amaçlı hücre ve yüzey bilgilerini kullanarak sistemin tasarımı hakkında geniş bilgi veren özel bir koddur. MCNP, kartezyen koordinat sisteminde ara kesitlerle şekillendirilen hücrelerde ve yüzeylerle sınırlanan bölgelerin bileşenlerinde gelişigüzel davranır. MCNP kartezyen koordinat sisteminde arakesitlerle şekillendirilen hücrelerde ve yüzeylerle sınırlanan bölgelerin bileşenlerinde gelişigüzel davranır.

MCNP birinci ve ikinci derece yüzeyleri ve dördüncü derece eliptik torusu ele alır. Tekrarlı yapıların karışık geometrilerini tanımlamak için çok sayıda komutları (LAT ve TRCL)vardır. MCNP geometrik hataları kontrol etmek için kullanıcıya yardım eden bir çizim programına da sahiptir. Her bir hücredeki materyal bileşeni izotopik bileşeniyle belirtilir (1,15).

9. **Uzantılar(tallies)**

Bir MCNP hesaplamasının sonucu birçok modelleyiciden gelen çıktıların toplanmasıyla elde edilir. Sonuçlar akımlar, akılar, enerji oluşumu, dedektör verimi ve reaksiyon oranları olarak elde edilir. Bütün uzantılar kaynak parçacık başına normalize edilir.

10. **Hata tahmini ve varyasyon(uyuşmazlık)indirgemesi**

Bir modellemenin istatistiksel analiz genişliği MCNP tarafından sağlanır. Her uzantı için on istatistik kontrol yapılır. Hata tahminleri sadece MCNP hesaplamalarının kesinliğini gösterir fakat doğru fiziksel değerlerle karşılaştırılan sonuçların kesinliğini göstermez.

İstatistiksel hataları indirgemek (varyasyon) ve MCNP kodunda tamamlanan bir hesabın verimliliğini geliştirmek için birçok ileri teknikler vardır. Bu teknikler parçacık tarihi prensipleri üzerine dayanır.

11. Sonuçlar ve öneriler

Monte Carlo Metodu, analitik yollarla çözülemeyen problemleri simulasyon yöntemiyle "yaklaşık" olarak çözmemize yarar. Özellikle "çok zor" bir problemi, analitik yollarla çözebilmek için aşırı basitleştirmek yerine Monte Carlo metodları ile " yaklaşık" olarak çözmek daha doğru olacaktır. Örnek olarak bir atom reaktörünün çevresine, dışarıya sızacak radyasyonu minimize etmek için yapılacak duvarın kalınlığının hesaplanması problemini düşünelim. Bu problemi analitik yollardan çözemeyiz. Problemin zorluğu reaktördeki nötronların kompleks hareketlerinden kaynaklanmaktadır. Oysa Monte Carlo metodları ile problemi nötronların hareketlerini basitleştirmeye gerek olmadan "yaklaşık" olarak çözebiliriz. Bu yaklaşık çözüm basitleştirilmiş analitik çözümden daha fazla, gerçeğe yakın sonuçlar verir. Bu problem gibi "çok zor" problemlerde, Monte Carlo metodları kullanabileceğimiz tek tekniktir. MCNP gibi geniş üretimli kodlar yalnız yapıldıkları yolla değil, fizik bilgi depoları olarak da bilimde devrim yapmışlardır. MCNP 400 sene süreli bir çabayı temsil etmektedir.

MCNP deki bilgi ve uzmanlık inanılmaz boyuttadır. Mevcut MCNP gelişimi, kalite kontrol, dökümantasyon ve araştırma üzerindeki güçlü vurgu ile karakterize edilir. Yeni özellikler, bilgisayar sistemindeki yeni ilerlemeler, Monte Carlo metodundaki gelişmeleri ve daha iyi fizik modellerini yansıtmak için MCNP ye eklenmektedir. MCNP sürekli enerjisi, genelleştirilmiş geometrisi, ikili nötron, foton ve elektron çiftleri taşınımında kullanılan gururlu bir geçmiş ümit vaat edici bir geleceğe sahip koddur.

Kaynaklar:

1. Briesmeister, J., “RSIC Computer Code Collection MCNP4A, Monte Carlo N-Particle Transport Code System”, Los Alamos National Laboratory, New Mexiko, 1993.
2. Johston, R., “A General Monte Carlo Neutronics Code”, LAMS-2856, Los alamos, 1963.
3. Hançerlioğulları, A., “APEX Hibrid Reaktör Modellemesi İçin Monte Carlo Yöntemi Kullanılarak Nötron Transport Hesaplamalarının Yapılması”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2003.
4. Spanier,J.,” Monte Carlo Methods and their application to neutron transport problems”, USAEC report WAPPD-195,Bettis atomic power laboratory,july 1959
5. Şarer.,B, Hançerlioğulları, A.,Übeyli.,”Nükleer hesaplamalarda monte carlo yönteminin kullanımı”,8.ulusal nükleer bilimler ve teknolojiler kongresi, Kayseri, Ekim 2003
6. Birger,J.,”Random number generators Victor petterson’s bokindustri aktiibolar”Stockholm,1966
7. Leimddorter,A.”On the Transformation of the Transport Equation for Solving Deep Penetration Problems by the monte carlo metod,”Trans.Chalmers Univ.Technol.,Gothenbers.No:286,1964
8. Ürün.,G.,Menkinli C.T.,”Applicatıons of monte carlo simulatıon in petroleum exploratıon and productıon as a method of rısk analysıs”TPJD bülteni,cilt 15,sayı 1haziran,2003
9. Morton,K.W.,”On the tratment of monte carlo methods in textbooks.”Math.Tab.Aids Comput.10,223-224
10. Hammerssley,J.M.,”Monte Carlo Methods for solving multivariable problems.”Ann.Newyork Acad.Sci.86,844-874
11. Garber,D.,”ENDF/B-V,”Report BLN-17541(ENDF-201),Natinol Nuclear Data Center,Brookhaven National laboratory ,Upton,N.Y.,October 1975
12. Howerton,R.J.,Cullen,D.E.,Haight ,R.C,MacGregor,M.H.,”The LLL Evaluated Nuclear Data Library(ENDL):Evaluation techniques,Reaction Index,and Descriptions of ındividual reactions,”Lawrence Livermore National Laboraty report UCRL-50400,Vol.15, Part A,September 1975
13. Ulam,S.,Metropolis ,N.,”The Monte Carlo Method,”j.amer.Stat.assoc.,44,335,1949
14. Foster,D.G.,Artur,”Avarege Neutronic Properties of “Prompt” Fission Poducts,” Los Alamos National Laboraty Report LA-9168-MS,February 1982
15. Lux,.I.,Koblinger,L.”Monte Carlo Particle Transport Methods,Neutron and Photon Calculations ,CRC Pres,boc raton.,1991