

SERİ SİSTEMLERİN MONTE CARLO YÖNTEMİ İLE GÜVENİLİRLİK ANALİZİ

Türker F. ÇAVUŞ¹

Ertan YANIKOĞLU²

A. Serdar YILMAZ³

^{1,2,3} Elektrik- Elektronik Mühendisliği Bölümü

Mühendislik Fakültesi

Sakarya Üniversitesi, 54187, Kampüs, SAKARYA

¹e-posta: tfcavus@sakarya.edu.tr

²e-posta: yanik@sakarya.edu.tr

³e-posta: syilmaz@sakarya.edu.tr

Anahtar sözcükler: Monte Carlo, Güvenilirlik Analizi, Seri Sistemler

ABSTRACT

The Monte Carlo Method is a numerical method of solving mathematical problems by random sampling. As a universal numerical technique, the Monte Carlo method could only have emerged with the appearance of computers. The field of application of the method is expanding with each new computer generation.

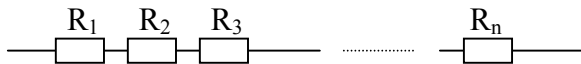
Monte Carlo Method is a very valuable method which is used in the solution of real reliability problems. Monte Carlo method estimates reliability indices by simulating the actual process and random behavior of the system.

1. GİRİŞ

Enerji sistemlerinin güvenilirlik analizinde günümüzde bir çok yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan bir çoğu yüksek matematik bilgisi gerektiren analitik yöntemlerdir. Bu yöntemlerin yanı sıra, özellikle bilgisayarların gelişmesi ile Monte Carlo Yöntemi de kullanılmaya başlanmıştır.

Monte Carlo, rastgele değişkenlerin simülasyonu ile matematiksel problemlerin çözümünde kullanılan nümerik bir metottur [1]. Başlangıçta elle yapılan rastgele sayı üretimi bilgisayarların gelişmesi ile bilgisayarlarla yapılmaya başlandı. Bu gelişme Monte Carlo Metodunun bir çok alanda uygulanmasına imkan verdi.

Güvenilirlik analizi için en basit ve temel sistem seri sistemdir. Seri sistemde sistemin güvenilirliği elemanların güvenilirlik değerlerinin çarpımına eşittir [2-3].



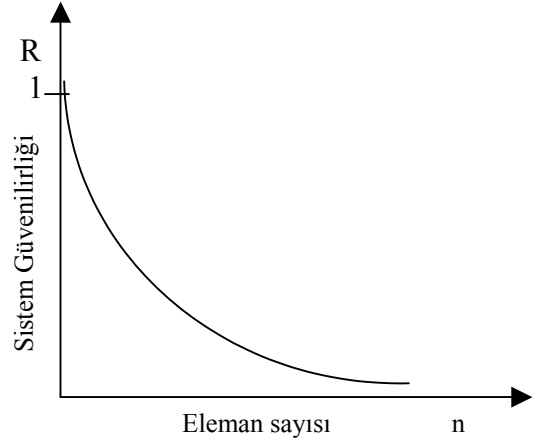
Şekil 1. Seri Sistem Modeli

Seri sistemin güvenilirlik değerini aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$R_{\text{seri}} = R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_n \quad (1)$$

R_i : E_i . elemanın güvenilirliği ($i= 1 \dots n$)

Denklem 1' den de görüleceği üzere seri sistemdeki eleman sayısı arttıkça sistemin güvenilirlik değeri azalmaktadır.



Şekil 2. Seri Sistem için Eleman sayısı ile Güvenilirlik Değerinin Değişimi

2. MONTE CARLO MODELİ

Monte Carlo yönteminde her eleman için rastgele sayılar üretilir ve üretilen rastgele sayıların için sistemin sağlanıp sağlanmadığı incelenir.

Rastgele sayıların üretimi için çeşitli matematiksel yöntemler olduğu gibi elle uygulanabilen pratik yöntemler de vardır. Çözümlenecek sistemin durumuna göre, Monte Carlo isminden de anlaşılacağı üzere, zar atma, yazı-tura, tombala uygulanabilecek pratik yöntemlerden birkaç tanesidir.

Şekil 1 de gösterilen seri sistemin sağlanması için sistemdeki her bir elemanın ayrı ayrı sağlanması gerekir. Sistemdeki herhangi bir elemanın sağlanamaması sistemin de sağlanamaması demektir.

Sistemdeki her bir eleman için üretilen rastgele sayılara, sırası ile $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ dersek sistemin sağlanması için,

$$X_1 \leq R_1, X_2 \leq R_2, X_3 \leq R_3, \dots, X_n \leq R_n \quad (2)$$

olmalıdır.

Tablo 1. n Elemanlı Sistem için Sistemin Sağlanabilirlik Tablosu

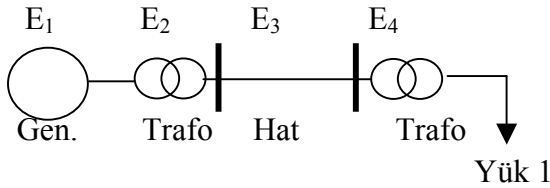
E ₁	E ₂	E ₃			E _n	Sistem
Ç	Ç	Ç	.....	.....	Ç	Ç
A	Ç	Ç	.....	.....	Ç	A
Ç	A	Ç	.....	.....	Ç	A
Ç	Ç	A	.....	.....	Ç	A
.....
.....
.....
.....
.....
.....
A	A	Ç	.....	.....	Ç	A
A	Ç	A	.....	.....	Ç	A
.....
.....
A	A	A	.....	.....	A	A

Ç: Çalışır Durum

A: Arıza Durumu

Tablo 1'den de görüleceği üzere sistemin sağlanabilmesi durumunda olabilmesi için tüm elemanların çalışabilir (sağlanabilir) olması gerekmektedir.

3. UYGULAMA



Şekil 3. Örnek Enerji Sistemi

Şekil 3. de verilen elektrik şebekesi için yük 1 için sistem güvenilirliği denklem 1 i kullanarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R_1 = 0.90$$

$$R_2 = 0.85$$

$$R_3 = 0.95$$

$$R_4 = 0.92$$

$$R_{\text{seri}} = 0.90 \times 0.85 \times 0.95 \times 0.92 \\ = 0.669$$

olur.

Aynı sistemi monte carlo metodu ile çözmek için her eleman için bir birinden bağımsız rastgele sayılar üretilir.

Her eleman için ayrı ayrı tombala çekmek sureti ile tablo 2 de verilen sayılar üretilmiştir.

Tablo 2. 4 Elemanlı Sistem için Üretilmiş Rastgele Sayılar

Örnekleme Sayısı	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	Sistem
1	0.45	0.03	0.15	0.78	Ç
2	0.99	0.17	0.80	0.48	A
3	0.33	0.27	0.69	0.17	Ç
4	0.23	0.25	0.47	0.58	Ç
5	0.30	0.01	0.89	0.96	A
6	0.11	0.82	0.94	0.82	Ç
7	0.44	0.62	0.33	0.31	Ç
8	0.46	0.56	0.43	0.58	Ç
9	0.01	0.24	0.47	0.13	Ç
10	0.66	0.82	0.14	0.25	Ç
11	0.92	0.26	0.13	0.80	A
12	0.28	0.75	0.53	0.66	Ç
13	0.26	0.65	0.72	0.01	Ç
14	0.70	0.21	0.39	0.56	Ç
15	0.78	0.60	0.35	0.45	Ç
16	0.98	0.60	0.28	0.90	A
17	0.47	0.65	0.86	0.28	Ç
18	0.90	0.18	0.62	0.06	Ç
19	0.45	0.63	0.24	0.47	Ç
20	0.80	0.17	0.97	0.98	A
21	0.82	0.53	0.64	0.92	Ç
22	0.16	0.62	0.22	0.56	Ç
23	0.39	0.68	0.68	0.65	Ç
24	0.52	0.67	0.66	0.77	Ç
25	0.71	0.87	0.13	0.10	A
26	0.56	0.01	0.02	0.01	Ç
27	0.46	0.31	0.26	0.54	Ç
28	0.09	0.11	0.63	0.73	Ç
29	0.75	0.81	0.66	0.86	Ç
30	0.89	0.90	0.77	0.99	A
31	0.28	0.15	0.37	0.50	Ç
32	0.25	0.12	0.44	0.62	Ç
33	0.93	0.76	0.48	0.79	A
34	0.13	0.72	0.60	0.44	Ç
35	0.94	0.65	0.17	0.52	A
36	0.70	0.75	0.01	0.17	Ç
37	0.84	0.66	0.79	0.13	Ç
38	0.20	0.88	0.51	0.21	A
39	0.45	0.35	0.21	0.10	Ç
40	0.08	0.27	0.10	0.14	Ç
41	0.85	0.41	0.15	0.95	A
42	0.56	0.21	0.40	0.78	Ç
43	0.31	0.03	0.40	0.28	Ç
44	0.37	0.98	0.05	0.22	A
45	0.86	0.85	0.94	0.90	Ç
46	0.37	0.34	0.15	0.01	Ç
47	0.07	0.47	0.38	0.58	Ç
48	0.19	0.91	0.31	0.54	A
49	0.04	0.22	0.16	0.65	Ç
50	0.56	0.86	0.89	0.31	A
51	0.12	0.65	0.32	0.23	Ç

52	0,52	0,19	0,73	0,41	Ç
53	0,11	0,48	0,41	0,29	Ç
54	0,77	0,99	0,39	0,67	A
55	0,37	0,37	0,50	0,73	Ç
56	0,82	0,53	0,16	0,34	Ç
57	0,95	0,18	0,52	0,56	A
58	0,60	0,50	0,64	0,11	Ç
59	0,94	0,42	0,01	0,16	A
60	0,28	0,66	0,83	0,27	Ç
61	0,88	0,67	0,80	0,55	Ç
62	0,10	0,95	0,69	0,48	A
63	0,06	0,19	0,46	0,95	A
64	0,23	0,11	0,08	0,23	Ç
65	0,93	0,96	0,82	0,47	Ç
66	0,06	0,56	0,19	0,52	A
67	0,26	0,02	0,44	0,79	Ç
68	1	0,87	0,01	0,19	A
69	0,21	0,02	0,30	0,90	Ç
70	0,49	0,51	0,87	0,92	Ç
71	0,29	0,19	0,83	0,01	Ç
72	0,67	0,71	0,33	0,76	Ç
73	0,96	0,25	0,88	0,94	A
74	0,76	0,93	0,47	0,81	A
75	0,67	0,13	0,56	0,92	Ç
76	0,13	0,77	0,11	0,01	Ç
77	0,44	0,30	0,06	0,45	Ç
78	0,08	0,92	0,85	0,19	A
79	0,44	0,68	0,18	0,78	Ç
80	0,37	0,07	0,03	0,61	Ç
81	0,30	0,08	0,73	0,01	Ç
82	0,85	0,01	0,53	0,89	Ç
83	0,75	0,22	0,27	0,76	Ç
84	0,94	0,51	0,36	0,90	A
85	0,55	0,45	0,01	0,75	Ç
86	0,01	0,70	0,88	0,38	Ç
87	0,59	0,58	0,86	0,33	Ç
88	0,81	0,50	0,25	0,50	Ç
89	0,97	0,07	0,57	0,56	A
90	0,22	0,19	0,15	0,76	Ç
91	0,70	0,38	0,59	0,77	Ç
92	0,52	0,27	0,33	0,48	Ç
93	0,93	0,77	0,65	0,80	A
94	0,71	0,31	0,86	0,47	Ç
95	0,23	0,63	0,56	0,20	Ç
96	0,45	0,98	0,98	0,57	A
97	0,17	0,50	0,79	0,66	Ç
98	0,97	0,94	0,15	0,67	A
99	0,35	0,82	0,83	0,34	Ç
100	0,05	0,91	0,19	0,77	A

$$R_{\text{seri}} = (\text{çalışır durum sayısı})/\text{örnekleme sayısı}$$

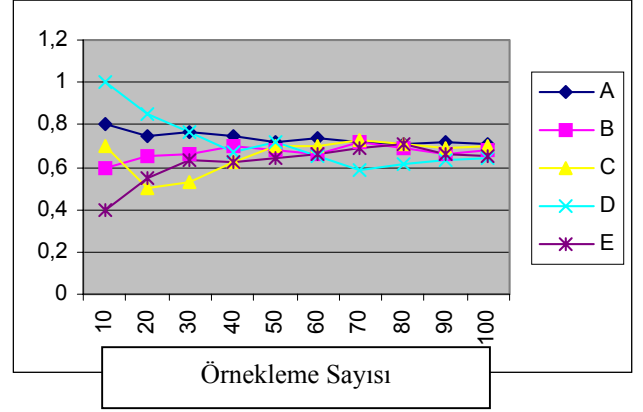
$$R_{\text{seri}} = 71/100 = 0.71$$

olarak bulunur.

Aynı sistem için daha sonra yapılan 4 ayrı analiz için ise tablo 3 deki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 3. 5 Ayrı Analiz için Elde Edilen Sonuçlar

ANALİZLER				
A	B	C	D	E
0,71	0,68	0,70	0,64	0,65



Şekil 4. Örnekleme Sayısı ile Sistem Güvenilirliğinin Değişimi

Monte Carlo Metodunda örnekleme sayısı arttıkça analitik yöntemle bulunan sonuca yaklaşıyor [4-5]. Sonuçtaki hata kabul edilebilir seviyeye gelir. Bu sonuç şekil 4 de gösterilmiştir.

Bilgisayar yardımıyla örnekleme sayısı ile 1000'e ve 10000'e çıkarılarak yapılan analizlerin sonuçları tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Örnekleme Sayısının Değişimi ile Hesaplanan Sistem Güvenilirliğinin Değişimi

Örnekleme Sayısı	5 Ayrı Analiz				
	A	B	C	D	E
100	0,71	0,68	0,70	0,64	0,65
1000	0,663	0,672	0,671	0,667	0,660
10000	0,668	0,668	0,669	0,670	0,670

4. SONUÇ

Bu çalışmada Monte Carlo yöntemiyle seri sistemlerin güvenilirlik analizinin nasıl yapılacağı gösterilmiştir. Bu analiz yapılırken 4 elemanlı bir örnek sistem incelenmiştir.

Sonuç olarak diyebiliriz ki,

- Monte Carlo yöntemi bilgisayarlar kullanıldığında analitik yöntemlere göre daha kısa zamanda sonuç verir fakat bilgisayarlar maliyeti artırır.
- Analitik metotlar aynı sistem için her zaman aynı sonucu verirken, Monte Carlo metodu üretilen rastgele sayılara bağlı olarak birbirine yaklaşık sonuç verir.

- c) Monte Carlo metodunu kullanırken uygun örnekleme sayısını seçmek önemlidir. Örnekleme sayısını artırmak hem simülasyon süresini artırır hem de daha gelişmiş bilgisayarlar gerektirdiğinden maliyeti artır.

KAYNAKLAR

- [1] Sobol Ilya M., A Primer for the Monte Carlo Method, CRC Press,1994,London
[2] Özbey Ş., Demir Z., Elektrik İletim ve Dağıtım Sistemlerine Güvenilirlik, Sakarya Üniversitesi Yayınları, 1996, Sakarya
[3] Yanıkoğlu E., Enerji Sistemlerinde Güvenilirlik Analizi Ders notları, 2002, Sakarya
[4] Billinton Roy, Reliability Evaluation of Engineering Systems, Plenum Press, 1992, New York
[5] Billinton Roy, Reliability Assessment of Electric Power Systems Using Monte Carlo Methods, Plenum Press, 1996, New York