

SİMÜLASYON-YAPAY SİNİR AĞI İLE ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ TASARIMI

Akif KURT

Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, İstanbul Üniversitesi,
Avcılar Kampüsü, 34850 Avcılar-İstanbul, akurt@istanbul.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada bir esnek üretim sisteminde (EÜS) planlama, çizelgeleme ve analiz etme aracı olarak simülasyon ve yapay sinir ağı tekniklerine dayalı bir tasarım sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem ile bir EÜS’de makina sayısının belirlenmesi, malzeme taşıma sistemi seçimi ve öncelik kuralının seçimi yapılmaktadır. Bu yaklaşımda EÜS tasarımı; alternatif tasarımların simülasyonu, yapay sinir ağı ve karar verici olmak üzere üç elemandan oluşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Esnek üretim sistemi, simülasyon, yapay sinir ağı

FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM DESIGN USING SIMULATION- ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

ABSTRACT

In this study, a design system has been developed based on simulation and artificial neural network as a tool for planning, scheduling and analyzing in a flexible manufacturing system (FMS). Determination of number of machine, selection of material handling system and priority rule in FMS is performed with this system. In this approach, flexible manufacturing system design consists of simulation of alternative designs, artificial neural network and decision maker.

Keywords: Flexible manufacturing system, simulation, artificial neural network

1. GİRİŞ

Esnek üretim sistemleri (EÜS) tasarımı, çok sayıda tasarım alternatifini değerlendirmeyi gerektiren karmaşık bir karar verme prosesidir. Bir tasarımın performansı, sistemin küçük ölçekte bir fiziksel modelini yapmak, analitik araçlar uygulamak ve simülasyon gibi değişik metotlar ile analiz edilebilir [1].

Bir EÜS'nin dinamik davranışını analiz etmek için simülasyon tekniğinden çok sık yararlanılır. Yeni bir EÜS tasarımı için simülasyon, bütün sistemin tasarımında ve tasarım alternatiflerini değerlendirmede kullanılabilir[2]. Bir EÜS'nin simülasyonu ile kapasitenin değerlendirilmesi, teçhizat kullanım oranlarının ve sistemdeki darboğazların belirlenmesi, alternatif tasarımların performanslarının karşılaştırılması, EÜS tasarımında önemli olmayan unsurların görülmesi, çizelgeleme ve sıralama stratejilerinin geliştirilmesi mümkündür [3].

Simülasyon tekniği ile, yapay zeka teknikleri birlikte kullanılarak etkili bir karar verme yapısı oluşturulabilir. Yapay zeka teknikleri, tasarımda gerekli olan bilgi kaynakları setinin geliştirilmesi ve tasarım prosesinin organizasyonu gibi tasarım proseslerinde problem çözme kabiliyetini artırma özelliklerine sahiptir.

Bu çalışmada, EÜS için simülasyon tekniğine ve yapay sinir ağı (YSA) tekniğine dayalı bir tasarım sistemi geliştirilmiştir. YSA'nın eğitiminde kullanılacak alternatif tasarımların performanslarının değerlendirilmesinde simülasyon tekniğinden yararlanılmıştır. Eğitilen YSA ise karar vericinin amacına uygun tasarımın elde edilmesinde kullanılmaktadır [5-7]. Yapay sinir ağları ve karar sistemi modüllerinde C++ programlama dili, simülasyon işlemi için ise, SIMAN simülasyon programlama dili [8] kullanılmıştır.

2. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN MODELLENMESİ

Üretim sistemlerinin simülasyon modelleri, sistemin tüm faaliyetlerini bilgisayar ortamında taklit ederek, sistem performansına ait bilgi alınmasını sağlamaktadır. Üretim sistemlerinin modellenmesi ve analizinde simülasyon tekniği önemli bir araçtır. EÜS'nin tasarımı ve modellenmesinde hem çok sayıda eleman yer aldığı hem de sistemin elemanları arasındaki ilişkiler karmaşık olduğu için simülasyon modelleri oldukça uygundur. Simülasyon, sistemin dinamik davranışını temsil edebildiği ve detaylı çıktı sağlayabildiği için daha çok tercih edilmektedir.

EÜS'nin modellenmesinde uygulanan simülasyon araçları; genel amaçlı simülasyon dilleri, geliştirilmiş üretim sistemi simülatörleri ve özel simülasyon modelleri yazılımları olarak sınıflandırılabilir. SIMAN [8], PROMODEL [9], GPSS [10] ve SLAM [11] gibi simülasyon dilleri büyük ve karmaşık sistemlerin simülasyon ile analiz edilmesini kolaylaştırmaktadır.

Simülasyon ve yapay zeka tekniklerinin birlikte kullanımı ile, zeki simülasyon modelleri elde edilebilir [12]. Simülasyon modeli ile üretilen çıktının yorumlanabilmesi için uzman sistemler ve diğer yapay zeka tekniklerinin kullanılmaya başlanması ile, simülasyon daha esnek ve daha güçlü bir yapıya sahip olmuştur [13].

3. MODEL OLUŞTURMA

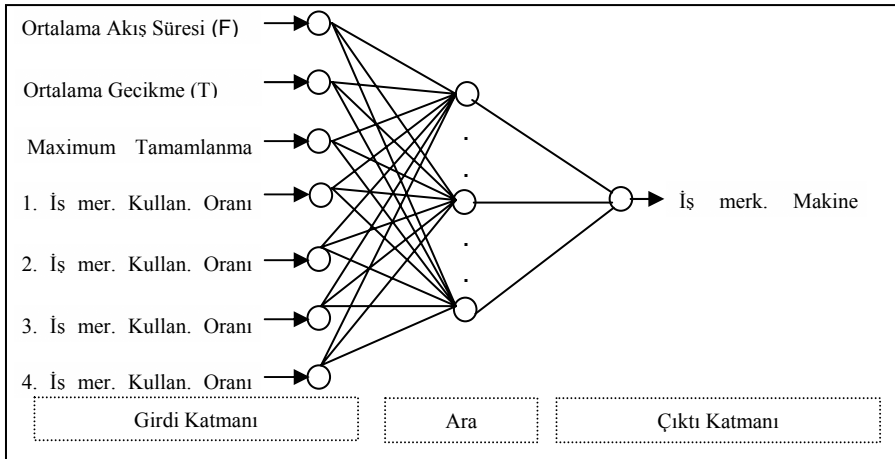
Bu çalışmada, 4 iş merkezinden oluşan ve en fazla 3 otomatik taşıma aracına izin verilen bir EÜS için simülasyon ve YSA'na dayalı bir tasarım sistemi geliştirilmiştir. İş merkezindeki makine sayısı, otomatik taşıyıcı sayısı (OTS) ve iş öncelik kuralı parametrelerinin farklı değerleri ile alternatif tasarımlar elde edilmiştir. Her EÜS tasarımı ve iş öncelik kuralı kararının, performans ölçüleri geliştirilen simülasyon modeli ile incelenmiştir. Performans ölçüleri olarak ortalama akış zamanı (F), ortalama pozitif gecikme (T), maksimum tamamlanma zamanı (CM) ve iş merkezi makine kullanım oranı (mul, mu2, mu3 ve mu4) değerleri dikkate alınmıştır. Üretilen EÜS tasarımları ve her tasarımın performans ölçüleri YSA'nın eğitiminde kullanılmıştır.

4. YAPAY SİNİR AĞI YAPISI

Yapay sinir ağları beynin bazı fonksiyonlarını ve özellikle öğrenme yöntemlerini benzetim yolu ile gerçekleştirmek için tasarlanır ve geleneksel yöntem ve bilgisayarların yetersiz kaldığı sınıflandırma, kümeleme, duyu-veri işleme, çok duyulu makine gibi alanlarda başarılı sonuçlar verir. Yapay sinir ağlarının özellikle tahmin problemlerinde kullanılabilmesi için çok fazla bilgi ile eğitilmesi gerekir. Ağların eğitimi için çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir.

4.1. EÜS için Yapay Sinir Ağı

Bu çalışmada geliştirilen YSA, akış zamanı, gecikmeler, maksimum tamamlanma zamanı, iş istasyonu kullanım oranları ve iş öncelik kurallarının EÜS tasarımı üzerindeki etkisini görmek üzere tasarlanmıştır. Geliştirilen YSA, Şekil 1'de



Şekil 1. EÜS için YSA yapısı

görüldüğü gibi bir girdi, bir gizli ve bir çıktı katmanına sahiptir. YSA'nın girdileri EÜS'nin performans ölçüleri, çıktısı ise EÜS'nin iş merkezindeki makine sayısıdır. Dikkate alınan EÜS'de 4 iş merkezi olduğundan her iş merkezi için bir YSA geliştirilmiştir.

Dolayısıyla bu çalışmada 4 farklı YSA geliştirilmiştir. Aşağıda geliştirilen YSA'nın kısaltılmış isimleri ile birlikte hangi iş merkezini temsil ettiği verilmektedir.

M1 : Birinci İş Merkezi,

M2: İkinci İş Merkezi,

M3 : Üçüncü İş Merkezi,

M4: Dördüncü İş Merkezi.

Her YSA'nın sonucu, istenen performans ölçülerini sağlamak için gerekli olan iş merkezi makine sayısıdır.

4.2. YSA'nın Eğitimi

YSA'nın eğitiminde kullanılacak veri seti olarak Bölüm 3'te anlatıldığı gibi iş merkezindeki makine sayısı, otomatik taşıyıcı sayısı ve iş öncelik kuralı parametrelerinin farklı parametreleri ile elde edilen tasarımlar kullanılmıştır. Tablo 1'de eğitim setinin bir örneği görülmektedir. Simülasyon prosesi tarafından üretilen veriler yapay sinir ağı girdilerini oluşturmak üzere düzenlenerek performans

Tablo1. Eğitim Seti Örneğinden bir bölüm

Her Ağ İçin Girdi Değer							Çıktı Değer			
							M1 ağı	M2 ağı	M3 ağı	M4 ağı
Ort. Akış Süresi	Ort. Gecikme	Max Tam.Sü.	İş Mer.1 Kull. Oranı	İş Mer.2 Kull. Oranı	İş Mer.3 Kull. Oranı	İş Mer.4 Kull. Oranı	İş Mer.1 Makine Sayısı	İş Mer.2 Makine Sayısı	İş Mer.3 Makine Sayısı	İş Mer.4 Makine Sayısı
.17009	.15322	.38117	.94	.57	.63	.81	.1	.1	.1	.1
.14450	.15739	.38859	.94	.55	.30	.20	.1	.1	.2	.4
.14542	.15736	.38896	.94	.56	.15	.16	.1	.1	.4	.5
.15155	.15721	.38872	.94	.28	.60	.16	.1	.2	.1	.5
.12364	.15521	.38490	.94	.28	.20	.20	.1	.2	.3	.4
.12786	.15643	.38567	.94	.28	.12	.41	.1	.2	.5	.2
.....
.....
.....
.08395	.04742	.16614	.43	.43	.35	.94	.5	.3	.4	.2
.06077	.03049	.13044	.56	.41	.90	.80	.5	.4	.2	.3
.04297	.01161	.08506	.86	.64	.89	.92	.5	.4	.3	.4
.08440	.04843	.16701	.43	.32	.28	.94	.5	.4	.5	.2
.03628	.01029	.08185	.90	.53	.55	.76	.5	.5	.5	.5

ölçülerini (girdi katmanı) ve tasarım değişikliklerini (çıkı katmanı) temsil eden nöronlar belirlenir. Belirli bir EÜS modeli için eğitime örnekleri seti oluşturulur.

YSA'nın eğitiminde geriye yayılım (backpropagation) algoritması kullanılmıştır. Eğitilmiş YSA kullanılarak, istenen performans değerlerini sağlayan bir tasarım elde edilir. Farklı performans değerleri için YSA ile farklı EÜS tasarımları elde etmek mümkündür. Bu şekilde elde edilen EÜS tasarımları simülasyon ile ayrı ayrı değerlendirilerek istenen performans değerlerinden sapmaları minimum olan veya istenen değerlere en yakın olan tasarım EÜS için uygun tasarım olarak kabul edilir.

Tablo 2'de her iş merkezi için geliştirilen YSA'nın özellikleri, eğitim ve test setindeki örnek genişlikleri ve eğitim ve test sonuçları verilmektedir.

Her YSA için, deneme-yanılma en iyi gizli birim sayısı, iterasyon sayısı ve öğrenme oranı belirlenmiştir.

Tablo 2. YSA eğitime ve test sonuçları

	M1		M2		M3		M4	
	eğitime	test	eğitime	test	eğitime	test	eğitime	test
Girdi sayısı	7		7		7		7	
Çıktı sayısı	1		1		1		1	
Hidden birim sayısı	10		5		15		20	
Öğrenme katsayısı	0.20		0.30		0.20		0.20	
Momentum katsayısı	0.80		0.70		0.80		0.80	
İterasyon sayısı	472500		270000		472500		472500	
Hatalı örnek sayısı	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam örnek Sayısı	675	900	675	900	675	900	675	900
Hatalı örnek oranı	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Bu tablolarda yer alan ifadeler kısaca aşağıda açıklandığı gibidir.

- Girdi sayısı.....: Her YSA için girdi katmanındaki yapay sinir hücresi (nöron) sayısı
- Çıktı sayısı... :Çıktı katmanında bulunan yapay sinir hücresi sayısı
- Gizli (hidden) birim sayısı...:YSA'nın ara (gizli) katmanında kullanılan yapay sinir hücresi sayısı
- Öğrenme oranı ve Momentum katsayısı...:Öğrenme, her ikisi de 0 ile 1 değeri arasında değer alan öğrenme oranı ve momentum katsayısı ile kontrol edilir.
- İterasyon sayısı.....:Her örneğin bir defa YSA'na gösterilmesi bir iterasyonu ifade eder. İzin verilen hata oranına ulaşıncaya kadar iterasyona devam edilir.
- Toplam örnek sayısı...:YSA'na gösterilen örnek seti büyüklüğünü ifade eder.
- Hatalı örnek sayısı...:YSA çıktılarının kaç tanesinin gerçek değerden farklı olduğunu ifade eder.
- Hatalı örnek oranı...:Gerçek değerlerden farklı olan hatalı örnek sayısının toplam örnek sayısına bölünmesi ile elde edilir.

Eğitilmiş olan her YSA'na aynı girdi değerleri (istenilen performans ölçüleri) girilerek, bu performans ölçülerini gerçekleyebilecek olan iş merkezleri makine sayıları elde edilir. Elde edilen bu makine sayılarının, Otomatik Taşıyıcı Sayısı ve Öncelik Kuralı ikilisinin farklı kombinasyonlarına göre yapılan simülasyon çalışması ile istenilen performans ölçülerinden minimum mutlak sapmayı gösteren donanım ve çizelgeleme stratejisi (Makine Sayısı-Otomatik Taşıyıcı Sayısı-Öncelik Kuralı) belirlenir. Tablo 3'te alternatif öncelik kuralları ve otomatik taşıyıcı sayıları görülmektedir.

Tablo 3. Öncelik kuralı ve Otomatik taşıyıcı sayıları

Öncelik Kuralı	OTS sayısı
EDD1 : “En Erken Teslim Tarihi”	"bir"
EDD2 : “En Erken Teslim Tarihi”	"iki"
EDD3 : “En Erken Teslim Tarihi”	"üç"
SPT1 : “En Kısa İşlem Zamanı”	"bir"
SPT2 : “En Kısa İşlem Zamanı”	"iki"
SPT3 : “En Kısa İşlem Zamanı”14567	"üç"
FCF1 : “İlk Gelen İlk İşlem Görür”	"bir"
FCF2 : “İlk Gelen İlk İşlem Görür”	"iki"
FCF3 : “İlk Gelen İlk İşlem Görür”	"üç"

Tablo 4'te istenen performans ölçüsü değerlerine göre belirlenen EÜS tasarımı ve bu tasarıma göre yapılan simülasyon işlemi sonucunda beklenen değerlerden sapmalar yüzde olarak gösterilmektedir. Tabloda verilen hata yüzdesi aşağıdaki eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$\text{Hata Yüzdesi} = (\text{Beklenen Değer} - \text{Gerçekleşen Değer}) / \text{Beklenen Değer} \quad (1)$$

Eşitlik 1'deki beklenen değer bir tasarımın ilgili performans ölçüsünün simülasyon ile tahmini değerlerinin ortalamasıdır. Gerçekleşen değer ise istenen performans ölçüsü (YSA'ya girdi olarak verilen) değeridir.

|Min| sütunu, ilgili performans ölçüsünün farklı OTS-Öncelik kuralı kombinasyonları için en küçük mutlak sapmayı göstermektedir.

Tabloya göre, ortalama en küçük mutlak hata yüzdesine göre seçim kararı aşağıda verilmektedir. İş merkezlerinde kullanılacak makine sayısı sırasıyla “4,2,2,3”, otomatik taşıma aracı sayısı 1 ve iş öncelik kuralı kararı ise “en erken teslim zamanı”dır.

Verilen kararlarda birinci derecede önemli olan, iş merkezlerinde kullanılması gerekli makine sayısının belirlenmesidir. Bu kararın verilmesinde yapılacak bir hata

diğer kararlar üzerinde ve gerçekleştirilmek istenen hedeflerde olumsuz sonuçlara yol açabilecektir. Bu noktada sistemi bir bütün olarak inceleyip, bir açıdan verilen kararların daha objektif olmasını sağlayarak ve bütün alternatifleri göz önüne alarak bir karar verme sistemi oluşturmak son derece önemli olacaktır.

Tablo 4. Hata analizi ve karar tablosu

İstenen Performans Değerleri										
F=5000	T=500	CM=15000	mu1=0.80	mu2=0.80	mu3=0.80	mu4=0.80				
M1 M2 M3 M4										
MAKİNE SAYISI	4	2	2	3						
Hata (%)	EDD1	EDD2	EDD3	SPT1	SPT2	SPT3	FCF1	FCF2	FCF3	Min
F	-0.22	-0.24	-0.24	-0.21	-0.32	-0.27	-0.28	-0.28	-0.27	0.21
T	-4.66	-4.83	-4.85	-7.32	-7.32	-6.73	-5.24	-5.14	-5.25	4.66
CM	+0.11	+0.10	+0.10	+0.09	-0.01	+0.03	+0.07	+0.08	+0.07	0.01
mu1	+0.15	+0.17	+0.15	+0.17	+0.26	+0.22	+0.19	+0.18	+0.19	0.15
mu2	-0.04	+0.01	+0.03	-0.02	+0.13	+0.08	+0.04	+0.03	+0.03	0.01
mu3	-0.10	-0.09	-0.09	+0.17	+0.03	+0.00	-0.08	-0.07	-0.07	0.00
mu4	+0.04	+0.03	+0.05	+0.06	+0.14	+0.11	+0.07	+0.06	+0.08	0.03
Ort.	0.76	0.78	0.79	0.90	1.17	1.06	0.85	0.83	0.85	0.76

5. SONUÇ

Bu çalışmada, bir EÜS'de planlama, çizelgeleme ve analiz etme aracı olarak simülasyon ve YSA tekniklerine dayalı bir tasarım sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem, iş akış zamanı, gecikmeler, maksimum tamamlanma zamanı ve kaynak kullanımının hedeflenen değerlerine göre iş merkezlerinde bulunan makine sayıları, sistemdeki otomatik taşıyıcı sayısı ve sistemde kullanılacak öncelik kuralı birlikte değerlendirilerek uygun tasarımının bulunmasını sağlamaktadır.

Bir iş merkezinde bulunan makine sayılarının sistemin bütün faktörlerinin bir arada temsil edildiği bir YSA ile belirlenmesi, bütün alternatifleri göz önüne alarak bir sonucun üretilmesini sağlayacağı için sonucun doğruluğunun artmasının yanısıra, iş merkezine dayalı çıkarımlar yapılabilmesine imkan sağlayacaktır. Bu şekilde güvenli ve farklı yorumlar elde edilebilecek bir karar verme sistemi oluşturmak mümkündür. Örneğin, öncelik kuralının ve otomatik taşıyıcı sayısının ne olduğu dikkate alınmadan ya da bütün kurallar ve farklı otomatik taşıyıcı sayıları dikkate alınarak, verilen iş merkezi için gerekli olan makine sayısını belirlemek veya modelin genel davranışını incelemek mümkün olur. Ayrıca diğer yaklaşımlarda olduğu gibi sahasında uzman olan bir kişinin yardımına ihtiyaç duyulmaz.

Karar, istenen bir performans ölçüsünün değerinin hedeflenen değerden sapma değeri minimum olan seçenek olabileceği gibi, istenen bütün performans kriterlerinin hedeflenen değerlerinden sapma ortalaması minimum olan seçenek de olabilir. Karar verici amacını gerçekleştiren tasarıma çok kolay erişilebilecektir.

Gelecek çalışma; değişik örnek setleri ve farklı ağ yapısı düzenleme, karar verme sırasında etkili olabilecek ve karar verme işlemini daha kolay ve daha uygun kararlar alınabilir hale getirebilecektir.

KAYNAKLAR

1. Mellichamp, J. M. and Wahap, A. F. A., "An Expert System for EÜS Design", **Simulation**, pp. 201-208, May 1987.
2. Vujosevic, R., "Visual Interactive Simulation and Artificial Intelligence in Design of Flexible Manufacturing Systems", **International Journal of Production Research**, Vol 32, No. 8, pp. 1955-1971, 1994.
3. Carrie, A., **Simulation of Manufacturing Systems**, John Wiley&Sons, New York 1988.
4. Wasserman, P. D., **Neural Computing: Theory and Practice**, van Nostrand Reinhold, New York 1989.
5. Haykin S., **Neural Networks**, Macmillan, New York 1994.
6. PDP group, D.E. Rumelhart, J.L. McClelland, **Parallel Distribution Processing**, vols. I and II, MIT Press, Cambridge, MA, 1986.
7. L. Fausett, **Fundamentals of Neural Networks**, Prentice-Hall, New York 1994.
8. Pedgen, C. D., Shannon, R. E. And Sadowski, R. P., **Introduction to Simulation using SIMAN**, McGraw-Hill, 1990.
9. ProModel Ver.3.0 , **ProModel Manufacturing Simulation Software, User's Guide**, Promodel Corporation, 1995.
10. Schriber, T. J., "Perspectives on Simulation Using GPSS", **Proceedings of the 1989 Winter Simulation Conference**, E. A. MacNair, K. J. Musselman, P. Heidelberger (eds), pp. 115-128, 1989.
11. O'reilly, J. J. and Lilegdon, W. R., "SLAM", **'88 Simulation Winter Conference**, pp. 85-90, 1988.
12. Haddock, J., "An Expert System Framework Based on a Simulation Generator", **Simulation**, Vol. 48, pp. 45-53, 1988.
13. Özbayrak, M., **Design of Tool Management Systems for Flexible Manufacturing Systems**, PhD Thesis, Loughborough University of Technology, UK, 1993.
14. Çakar, T., Türker, A.K., Toraman, A., "İmalat Sistemlerinin Tasarlanmasında Yapay Sinirsel Ağların Kullanılması", **ZİS'96 Sempozyumu**, Sakarya, pp.75-84,1996.
15. Çakar, T., Türker, A.K., Çağıl, G., "The Use of Neural Networks in FMS Design", **7th International Machine Design and Production Conference**, Ankara, pp.55-64, 1996.