

ÇOK TEMSİLCİLİ SİSTEMLER VE KARGO TAŞIMA PROBLEMLERİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

Orhan ENGİN, İsmail KARAOĞLAN

Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, KONYA
oengin@selcuk.edu.tr; ikaraoglan@selcuk.edu.tr

ÖZET: Çok Temsilcili Sistemler (ÇTS), iki ya da daha fazla ajanın (temsilci) aralarında iletişim kurarak bir çevre içerisinde etkileşim göstermesi ile oluşan, yapay zekânın bir alt dalıdır. Bu çalışmada; son on yılda endüstriyel problemlerin çözümünde başarılı olarak kullanılan ÇTS ve alt sistemleri üzerinde durulmuştur. ÇTS’de kullanılan arama algoritmalarına değinilmiştir. ÇTS ile ilgili son yıllarda yapılan çalışmalar literatür özeti olarak sunulmuştur. Uygulama bölümünde de kargo taşıma problemlerinin ÇTS ile çözümüne ilişkin bir model önerilmiştir. Bu amaç için, farklı ölçeklerde rastsal olarak oluşturulan kargo taşıma problemleri, ÇTS yardımı ile modellenmiştir. Sonuç olarak, ÇTS ile çok kısa sürelerde en iyi çözümlere ulaşıldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çok Temsilcili Sistemler, Öğrenme Algoritmaları, Kargo Taşıma Problemleri

Multi Agent Systems and an Application for the Cargo Transportation Problem

ABSTRACT: Multi-Agent Systems (MAS) is a subfield of Artificial Intelligence which is designed by communicating two or more agent in an environment. In this paper, MAS which have been applied for industrial problems for ten years successfully, its sub fields and search algorithms are introduced. Literature review about application of MAS is explained. A model for solving cargo transportation problem with MAS is developed. For this purpose, randomly forming cargo transportation problems have been modeled with MAS. Finally, it is seen that MAS gives an optimum solutions in a short computation times.

Keywords: Multi agent Systems, Learning Algorithms, Cargo Transportation Problems.

GİRİŞ

Çok Temsilcili Sistemler (ÇTS), iki ya da daha fazla ajanın (temsilci) aralarında iletişim kurarak bir çevre içerisinde etkileşim göstermesi ile oluşan sistemlerdir (Weiss,1999). ÇTS’de çözüm, ajanlar yardımı ile gerçekleştirilir. Ajan; bazı çevrelere uyum sağlamış ve tasarım aşamasında belirlenen amaca göre, içerisinde bulunduğu ortamda otonom karar verip, verdiği kararları uygulayabilen bilgisayar sistemleri olarak tanımlanır (Weiss, 1999). Russel ve Norvig (1999) ajanı; çevresinde gelişen olayları sensörleri vasıtasıyla algılayan ve efektörleri vasıtasıyla etki gösteren nesne olarak tanımlamışlardır. Ajanlar bilgisayar tabanlı birçok endüstriyel problemin çözümünde

başarılı olarak kullanılabilir. Ajanların reaksiyon göstermeleri bazı sınırlamalara tabi tutulabilir. Örneğin masayı kaldırma reaksiyonu masanın ağırlığının, ajanın taşıyabileceği yükü geçmemesine bağlıdır (Weiss, 1999). Ajanlar, hızla değişen ve gelecekteki durumu tahmin edilmeyen çevreye, amacına uygun cevap vermek durumunda olduğundan son dönemlerde zeki ajanlar kullanılmaya başlanmıştır. Zeki ajan; belirlenen amaca göre esnek ve otonom karar verebilme yeteneğine sahip ajan olarak tanımlanır (Woldridge ve Jennings, 1995). Otonom terimi; bir ajanın hangi koşulda nasıl davranacağı yerine kendi deneyimlerinden faydalanarak karar verme yetisini tanımlamaktadır (Russel ve Norvig, 1999).

ÇTS, Dağıtılmış Yapay Zeka (DYZ) (Distributed Artificial Intelligence) sisteminin bir alt birimidir (Yan, Kuphal ve Bode, 2000). DYZ, yapay zeka problemlerinin dağıtılmış (merkezi bir mekanizma ile kontrol edilemeyen) ajan grupları tarafından koordineli çalışma ile çözülmesi olarak tanımlanır (Huhns, 1987). DYZ, ortak çaba gerektiren problemlerin çözümü için ajanların beraber çalışarak daha iyi sonuca ulaşmasını sağlar. DYZ; üretim, ofis otomasyonu ve makine hareketleri ile ilgili problemlerin çözümünde kullanılabilecek bir yöntemdir (Schalkoff, 1990).

ÇOK TEMSİLCİLİ SİSTEM UYGULAMALARI

ÇTS'nin endüstriyel uygulamaları incelendiğinde, çoğunlukla çizelgeleme problemleri üzerinde yoğunlaşıldığı belirlenmiştir. Ayrıca, montaj hattı dengeleme, üretim planlama, proje yönetimi vb. konularda çeşitli araştırmaların olduğu görülmektedir. Bu çalışmalar aşağıda özetlenmiştir. Pendharkar (1999); dinamik iş çizelgeleme konusunda yaptığı çalışmada, genetik algoritma tabanlı öğrenme algoritması kavramını geliştirmiş ve örnek bir problem üzerinde, değişik faktör seviyeleri için (öğrenme oranı, ajan sayısı vb.) deneyler yapmıştır. Benzer konuda, Benjamin ve Yen (2002); internet çizelgeleme problemini ÇTS ile modelleyip çözmüşlerdir. Çalışmada, internet ağ sistemi çok makineli iş çizelgeleme problemine dönüştürülüp çözüme ulaşılmıştır. Çizelgeleme konusunda değişik bir yöntem olarak Frankovic ve arkadaşları (2001), ÇTS mimarisinde hiyerarşik karar verme tekniği ile çözüm mantığı geliştirmişler ve deneysel çalışmalarının sonuçlarını en iyi çözümler ile karşılaştırmışlardır. Aynı konuda başka bir çalışmada ise Archimede ve Coudert (2001), hemen hemen her türlü çizelgeleme ve planlama problemlerine uyarlanabilen, SCEP (supervisor, customer, environment, producer - yönetici, müşteri, çevre, üretici) isimli yeni bir ÇTS modeli geliştirmiş ve bu yöntem ile esnek imalat sisteminde kısıtlı kapasite makine çizelgelemesi problemlerini çözmüşlerdir. Lazansky ve arkadaşları (2001) bilgisayar destekli, proje tabanlı üretim planlama için, farklı hiyerarşik seviyede bulunan üretim kaynaklarını baz alarak

bir ÇTS modeli geliştirmişlerdir. Caridi ve Sianesi (2000); karışık modelli montaj hattı dengeleme problemlerinde bir ÇTS uygulaması yapmışlardır. Uygulama olarak, montaj hattındaki her bir ürün ve alt seviye bileşeni ajan olarak tanımlanıp, çizelgeye yüklenmelerinden dolayı alt seviye ürünlerin bütün çizelgeye etkisini belirleyen sezgisel bir amaç fonksiyonu tanımlayarak, ajanların etkileşimlerinden ortaya çıkan değerlerin karşılaştırılması sonucunda iş yüklemesi yapılmıştır. Aydın ve Öztemel (2000); Dinamik atölye tipi iş çizelgeleme problemini, geliştirdikleri yeni bir öğrenme algoritması olan Q-III algoritması ile çözüp diğer çizelgeleme teknikleri ile (SPT, COVERT ve CR) bir karşılaştırmasını yapmışlardır. Sonuç olarak çoğu problemde Q-III algoritmasının daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Miyashita (1998); ajanlar arası etkileşimleri kullanarak üretim planlama ve çizelgeleme konusunda bir mimari öne sürmüştür. Proje yönetimi konusunda yapılan bir çalışmada ise Yan ve ark. (2000) proje aktivitelerini dağıtılmış kaynaklar olarak tasvir edip ÇTS ile çözmüşlerdir. Bu çalışmada, başlangıç aktivitesinden bitiş aktivitesine kadar en uzun yol tespit edilmeye çalışılmıştır. Problemin çözümü için, ilk düğümünden başlamak kaydıyla bir ajan yolu takip etmeye başlar. Eğer ajanın geldiği aktiviteden sonra şebekede dallanma oluyorsa, dallanma sayısı kadar ajan kopyalanır. Kopyalanan ajanlar kopyalandığı ajan ile aynı özellik ve bilgiye sahiptir ve her biri bir daldan yoluna devam eder. Eğer birden fazla dalın birleştiği bir düğüme gelinirse, o düğüme gelen ajanlardan hangisi en uzun yolu takip etmiş ise o yoluna devam eder, diğerleri yok edilir. Son düğüme gelindiğinde ise sadece bir ajan kalacak ve onun takip ettiği yol kritik yol olarak belirlenecektir. Böcker, Lind, Zirkler (2001); çok temsilcili çizelgeleme sistemini incelemişler ve raylı taşıma sistemlerinden olan tren atama ve paylaşma problemini bu sistem ile çözmüşlerdir. Karaoğlan (2003); öğrenme algoritmaları ile en kısa yol problemleri ele alınmıştır. Bu çalışmada, ele alınan problemler için çok kısa sürelerde en iyi çözümlere ulaşıldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak NP-hard sınıfına giren bu problemin çok temsilcili çizelgeleme sistemi ile çözülebileceğini göstermişlerdir.

KARGO TAŞIMA PROBLEMLERİNİN ÇOK TEMSİLCİLİ SİSTEMLER İLE MODELLENMESİ

Problemin Tanımlanması

Kargo taşıma problemleri, literatürde bilinen taşıma (transportasyon) problemleri ile benzer bir yapı göstermektedir. Bu problemlerden en önemli farklılığı, taşıma işleminin birden fazla merkez arasında (müşteri, şube, ana depo vb.) gerçekleştirilmesi ve birden fazla taşıyıcı elemanın kullanılmasıdır. Endüstriyel bir kargo taşıma şirketi aşağıdaki şekilde çalışmaktadır (Anonymous, 2002).

- Müşterinin taşınacak paketi ve kolisi olduğunda kargo şirketine telefon ile bildirmesi,
- Kargo elemanının paket veya koliyi almak için müşterinin bulunduğu yere gelmesi,
- Paket ve kolinin kargo şirketinin şubesine taşınması,
- Kargonun gideceği yere göre kodlanması,
- Kargonun şubeden alınması ve ana merkeze taşınması,
- Kargonun gideceği bölgeye göre sınıflandırılması,
- Kargonun gideceği bölgedeki ana merkeze taşınması,
- Ana merkezdeki kargonun şubeye taşınması,
- Şubedeki paketin müşteriye taşınması,

Yukarıda sunulan kargo akış süreci, çift yönlü bir akışa sahiptir. Diğer bir değiş ile taşınacak paket veya koli gönderen müşteriler aynı zamanda paket veya koli alabilecek müşteri konumundadır. Örnek bir kargo taşıma sistemi Şekil 1. de gösterilmiştir. Genel olarak bir kargo taşıma sistemi aşağıdaki elemanlardan oluşur.

1. Müşteriler,
2. Koli ve paketler,
3. Paket ve koli taşıyıcı kargo elemanları,
4. Taşıma araçları,
5. Şubeler,
6. Ana merkezler.

Bir kargo taşıma probleminde, paket veya kolinin, hasar görmeden ve istenilen zamanda

göndericiden alınıp alıcıya ulaştırılmak ve taşıma miktarını minimize etmek temel amaçtır.

Kargo taşıma problemi incelediğinde; bu problemlerin, taşıma problemlerinden, en kısa yol problemlerine benzediği görülmektedir. En kısa yol problemlerinden temel farkı, birbirinden farklı problem uzayının bütünleşik halidir (Corman ve ark., 1990).

Arama Algoritmasının Seçimi

ÇTS ile çözülen problemler genel olarak üç kategoride sınıflandırılır (Weiss,1999). Bunlar;

1. Kısıt sağlama problemleri,
2. Yol bulma problemleri,
3. Oyun problemleri dir.

Bu çalışmada incelenen problem yol bulma problemleri sınıfına girmektedir. Bu tür problemlerin çözümü için Gerçek Zamanlı Öğrenme Algoritması (GZÖA) başarılı sonuçlar verdiği için dolayı bu çalışmada da GZÖA kullanılmıştır. GZÖA'da (Korf 1990) öğrenme işleminin gerçekleşmesi amacıyla aşağıdaki adımlar her ajan için uygulanır (burada i , ajanın mevcut pozisyonunu göstermektedir)(Weiss 1999).

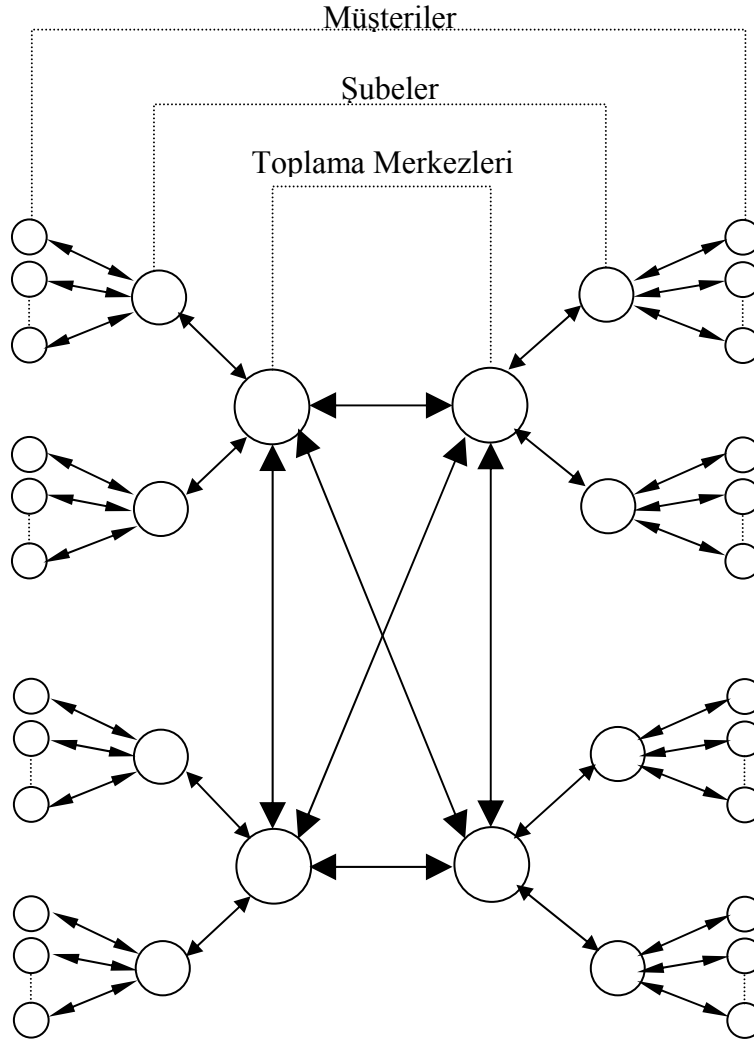
- Mevcut pozisyon olan i düğümünün bütün komşuları (j) için $f(j)=k(i,j)+h(j)$ değerini hesapla. Burada $h(j)$; j düğümünden bitiş noktasına olan tahmini uzaklık, $k(i,j)$; i ve j düğümleri arasındaki bağlantı maliyetidir.
- i düğümünün tahminini aşağıdaki gibi güncelle

$$h(j) \leftarrow \min_j f(j)$$

- En küçük $f(j)$ değerine sahip olan komşu j ye hareket et. Eşitlik durumunda rastsal karar ver.

GZÖA da öğrenme Şekil 2 ve Şekil 3 de adım adım gösterilmiştir. Bu algoritma üzerinde çeşitli çalışmalar (Şerban, 2002) yapılmasına rağmen klasik GZÖA başarılı sonuç verdiği için kullanılmıştır.

Öğrenme algoritması şekil üzerinde incelenirse; Şekil 2 de 8.düğümüne gelen ajan (i) algoritma gereği 4.düğümüne gidecek ve harekete başladığı düğümün h^* değerini güncelleyecektir (ii). Sonraki adımlarda da aynı işlemleri gerçekleştirerek (iii, iv) çözümün ilk denemesini bitirecektir.



Şekil 1. Kargo Taşıma Sistemi

İkinci denemede (Şekil 3) güncellenmiş h^* değerleri kullanılacaktır. Ajan 8.düğümüne tekrar geldiğinde ise (i) bu güncellenmiş değerlerden dolayı bir önceki denemede olduğu gibi 4. düğüm yerine 7.düğümüne hareketi tercih edecektir(ii) ve hareketine algoritma gereği devam edecektir (iii, iv). Böylece bir önceki denemeye nazaran hareket sayısını 2 adım azaltarak daha kısa sürede hedefine ulaşmış olacaktır.

Uygulama

Kargo taşıma problemlerinin ÇTS ile modellenmesinde, yapay zekâda kullanılan klasik problemlerden biri olan bina dikme problemi esas alınmıştır (Weiss,1999). Buna göre, $n \times m$ boyutunda ($n=m$ veya değil) ızgara bir

yüzeyi kargo taşıma şirketinin çalışma bölgesi olarak kabul edilmiştir. Bu amaç için, 5×5 , $10 \times 10, \dots, 25 \times 25$ boyutlarında 5 farklı problem oluşturulmuştur. Bu çalışma bölgesi üzerinde bulunan müşterilerin sayısı, problem boyutunun belli bir oranı ($\alpha=0,1\dots,0,4$) şeklinde belirlenmiştir ve problem yüzeyine rastsal olarak yerleştirilmiştir. Benzer durum engeller için de geçerlidir. Engel sayısı, problem boyutunun belli bir oranı ($\beta=0,1\dots,0,4$) şeklinde belirlenmiştir ve problem yüzeyine rastsal olarak yerleştirilmiştir. Engelden kastedilen, üzerinden hareket edilemeyen düğüm anlamındadır. Farklı ölçeklerdeki problemi ve müşteri sayılarına göre, $1, \dots, n$, arasında seçilen kargo taşıma elemanları sayısına göre taşıma mesafeleri optimize edilmeye çalışılmıştır. Problem

çözümü ile ilgili olarak aşağıdaki adımlar takip edilmiştir.

- Kargo elemanları (ajanlar) başlangıçta ve kendilerine bağlı olan paket veya koliyi şubeye bıraktıktan sonra sıradaki paket veya koliye yönelecektir. Kargonun bulunduğu müşteriye ve müşteriden şubeye hareket GZÖA'na göre gerçekleşecektir.
- Performans ölçütü olarak, ajanın kargo şubesinden harekete başlayıp, paket veya kolinin mevcut konumuna ulaşip, tekrar kargo şubesinin bulunduğu konuma ulaşana kadar gerçekleştirilen toplam taşıma sayısı alınmıştır.
- Taşıma bölgesi üzerindeki engeller dikkate alınarak taşıma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu engeller rastsal olarak seçilmiştir.

Doğrusal Programlama Modeli:

Modelimizde amaç düğümler arasındaki en kısa yolu belirlemektir. Kargo Taşıma Problemünde bu amaç kargo elemanının şubeden müşterinin bulunduğu düğüme giderken kat edeceği en kısa mesafe olarak belirlenmiştir.

En kısa yol probleminin 0-1 Tamsayılı Programlama modeli aşağıda verilmiştir (Ahuja, Magnanti ve Orli,1993).

$$\text{Enküçük} \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Kısıtlar

$$\sum_{\{j:(i,j) \in A\}} x_{ij} - \sum_{\{j:(j,i) \in A\}} x_{ji} = \begin{cases} 1 & i = 1 \text{ için,} \\ 0 & i \in N - \{1, n\} \text{ için,} \\ -1 & i = n \text{ için} \end{cases} \quad (2)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ veya } 1 \text{ bütün } (i, j) \in A \text{ için} \quad (3)$$

Değişken Tanımlamaları:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eger } (i, j) \text{ arki en kısa yol üzerinde ise} \\ 0 & \text{eger } (i, j) \text{ arki en kısa yol üzerinde degil ise} \end{cases}$$

c_{ij} : i düğümünden j düğüme hareket maliyeti

A: Hatlar kümesi

N: Düğümler Kümesi

Bu modelde amaç fonksiyonu (1) toplam hareket maliyetini en küçükmektedir. (2) numaralı kısıt denge kısıtları olarak adlandırılıp başlangıç düğümünden bir çıkış, bitiş düğümüne bir giriş olmasını ve kalan düğümlerde ise giren ve çıkan hat sayısının eşit olmasını garantilemektedir. (3) numaralı kısıt ise işaret kısıtlarıdır ve x karar değişkeninin "0" ya da "1" değeri almasını sağlamaktadır.

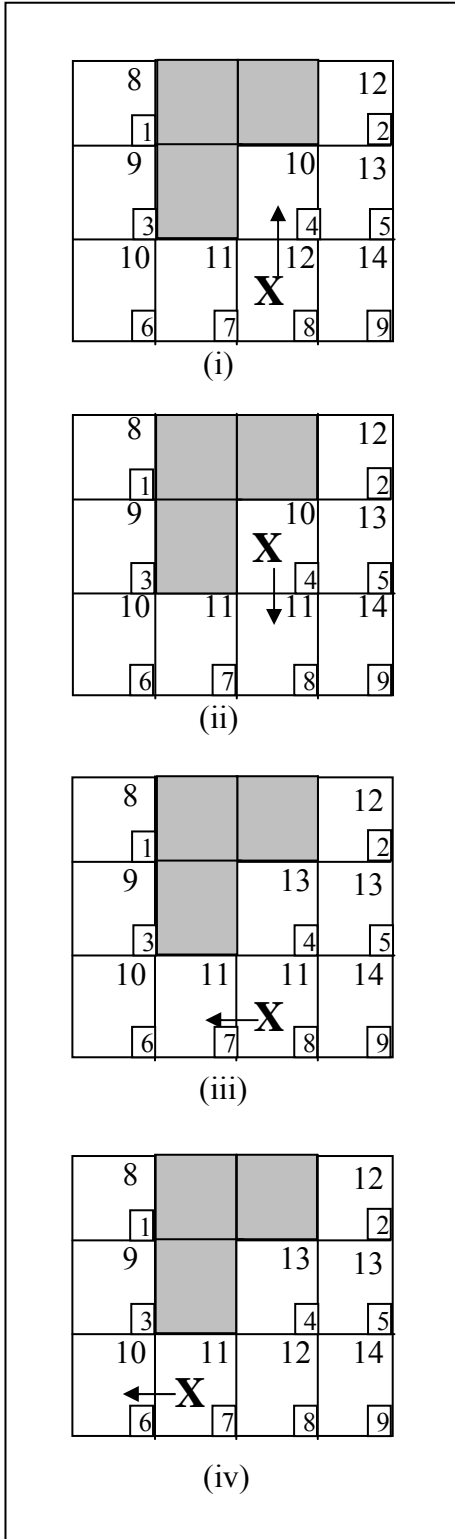
Uygulama Sonuçları

Kargo taşıma problemlerinin çözümü için rastsal olarak, $n \times m$ büyüklüğünde çalışma yüzeyi olan, 5x5, 10x10, 15x15, 20x20, 25x25 problemleri oluşturulmuştur. Her bir problem için rastsal olarak oluşturulan engellere ve müşteri sayılarına göre problemler on altı farklı versiyona ayrıştırılmıştır. Problemlerin en iyi çözümleri ve GZÖA ile elde edilen sonuçlar Tablo 1.'de sunulmuştur.

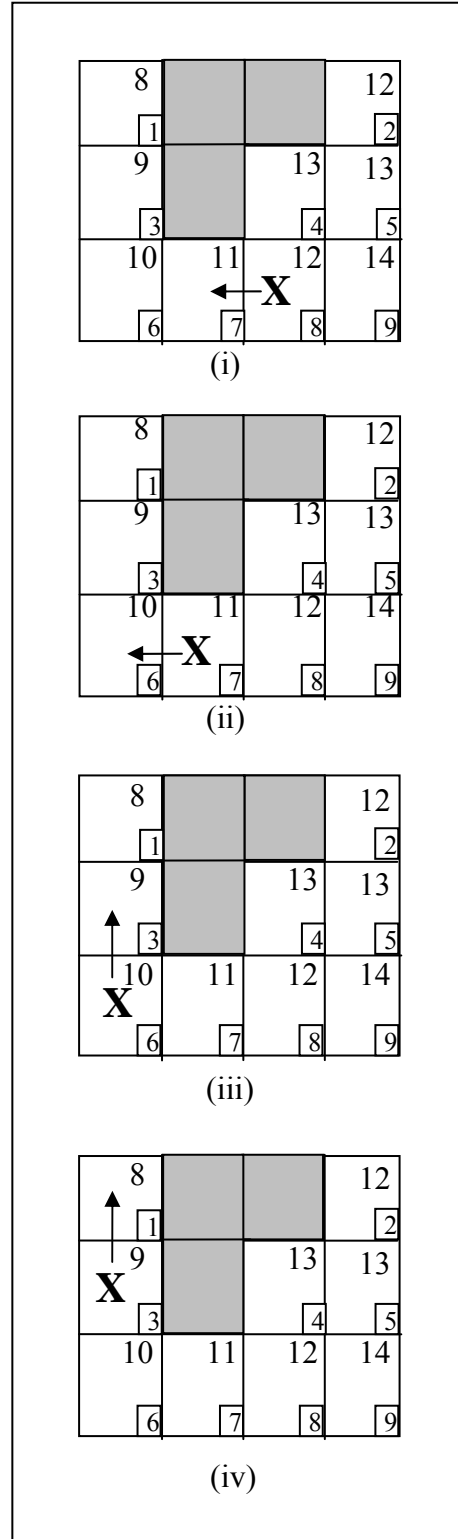
Beş farklı ölçekteki kargo problemi, farklı kargo ve engel sayılarına göre ÇTS yardımı ile çözüldüğünde Tablo 1.'deki en kısa taşıma mesafeleri elde edilmiştir.

Tablo 1. Kargo Taşıma Problemlerinin Taşıma Sonuçları.

Engel Oranı(**)	5x5				10x10				15x15				20x20				25x25				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4	
0,1	GZÖA	14	32	52	66	164	320	346	454	668	958	1274	1610	1542	2426	2908	3906	3240	4530	5936	7608
	0-1TP	14	32	52	66	164	320	346	454	668	958	1274	1610	1542	2426	2908	3906	3240	4530	5936	7608
0,2	GZÖA	16	28	38	42	212	342	364	486	638	1030	1250	1638	1586	2300	3592	4074	3108	4182	6194	7450
	0-1TP	16	28	38	42	212	342	364	486	638	1030	1250	1638	1586	2300	3592	4074	3108	4182	6194	7450
0,3	GZÖA	22	24	50	52	220	246	354	442	626	1006	1298	1758	1690	2378	3412	3866	3128	5158	6162	8008
	0-1TP	22	24	50	52	220	246	354	442	626	1006	1298	1758	1690	2378	3412	3866	3128	5158	6162	8008
0,4	GZÖA	32	20	54	52	190	326	392	522	660	1008	1440	1530	1702	2716	3388	4236	3174	5226	6416	8572
	0-1TP	32	20	54	52	190	326	392	522	660	1008	1440	1530	1702	2716	3388	4236	3174	5226	6416	8572



Şekil 2. Öğrenme algoritmasının ilk denemesi.



Şekil 3. Öğrenme algoritmasının ikinci denemesi.

SONUÇLAR

Bu çalışmamızda, endüstriyel problemlerden olan Kargo Taşıma Problemlerinin, müşteri kargo şubesi arasındaki malzeme akışının, meta sezgisel yöntemlerden ÇTS ile çözüm yöntemi incelenmiştir. Endüstriyel ortamdaki bir kargo şubesindeki kargo elemanlarının şubeden müşterinin bulunduğu birime kadar gidip kargo paketini şubeye taşıması prensibine dayanan bu çalışmada, taşıma düzlemi teorik olarak kare matris seçilmiştir. Farklı ölçeklerdeki taşıma düzlemlerine göre değişik kargo elemanı ve paket sayıları göre ÇTS ile çözülen problemlerde minimum taşıma mesafeleri elde edilmeye çalışılmıştır. Aynı problemler doğrusal modeller yardımı ile çözüldüğünde çok temsilcili sistemler ile elde edilen taşıma mesafelerinin en iyi çözümler olduğu gözlenmiştir. ÇTS'nin endüstriyel problemlerden olan kargo taşıma sistemlerinde başarılı bir şekilde uygulanabileceği bu çalışmada gösterilmiştir. Taşıma mesafelerinin en iyi çözüm olması ÇTS'nin başarılı sonuçlar verdiğinin bir göstergesidir.

KAYNAKLAR

- Ahuja, R.K., Magnanti, T.L., Orlin, J.B., 1993, Network Flows: Theory, Algorithms and Applications, Prentice Hall, New Jersey.
- Anonymous, 2002, www.yurticikargo.com
- Aydin, M.E., Oztemel, E., 2000, Dynamic Job-Shop Scheduling Using Reinforcement Learning Agents, Robotics and Autonomous Systems, 33, 169-178.
- Böcker, J., Lind, J., Zirkler, B., 2001, Using a Multi-Agent Approach to Optimize The Train Coupling and Sharing Systems, European journal of Operational Research, 134, 242-252.
- Caridi, M., Sianesi, A., 2000, Multi-Agent Systems in Production Planning and Control: An Application to the scheduling of Mixed-Model Assembly Lines, International Journal of Production Economics, 68, 29-42.
- Corman, T.H., Leiserson, C.E., Rivest, R.L., 1990, Introduction to Algorithms, The MIT Press.
- Frankovic, B., Budinska, I., and Dang, T.T., 2001, Agent based approach for manufacturing scheduling, In Proceeding of the 5th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES), 163-168.
- Karaoğlan, İ., 2003, Çok Temsilcili Sistemlerde Öğrenme Algoritmaları ile En Kısa Yol Problemlerinin Çözümü, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi.
- Korf, R.E., 1990, Real-time heuristic search, Artificial Intelligence, 42, 2-3, 189-211.
- Pendharkar, P.C., 1999, A Computational Study on Design and Performance Issue of Multi-Agent Intelligent Systems for Dynamic scheduling Environment, Expert Systems with Applications, 16, 121-133.

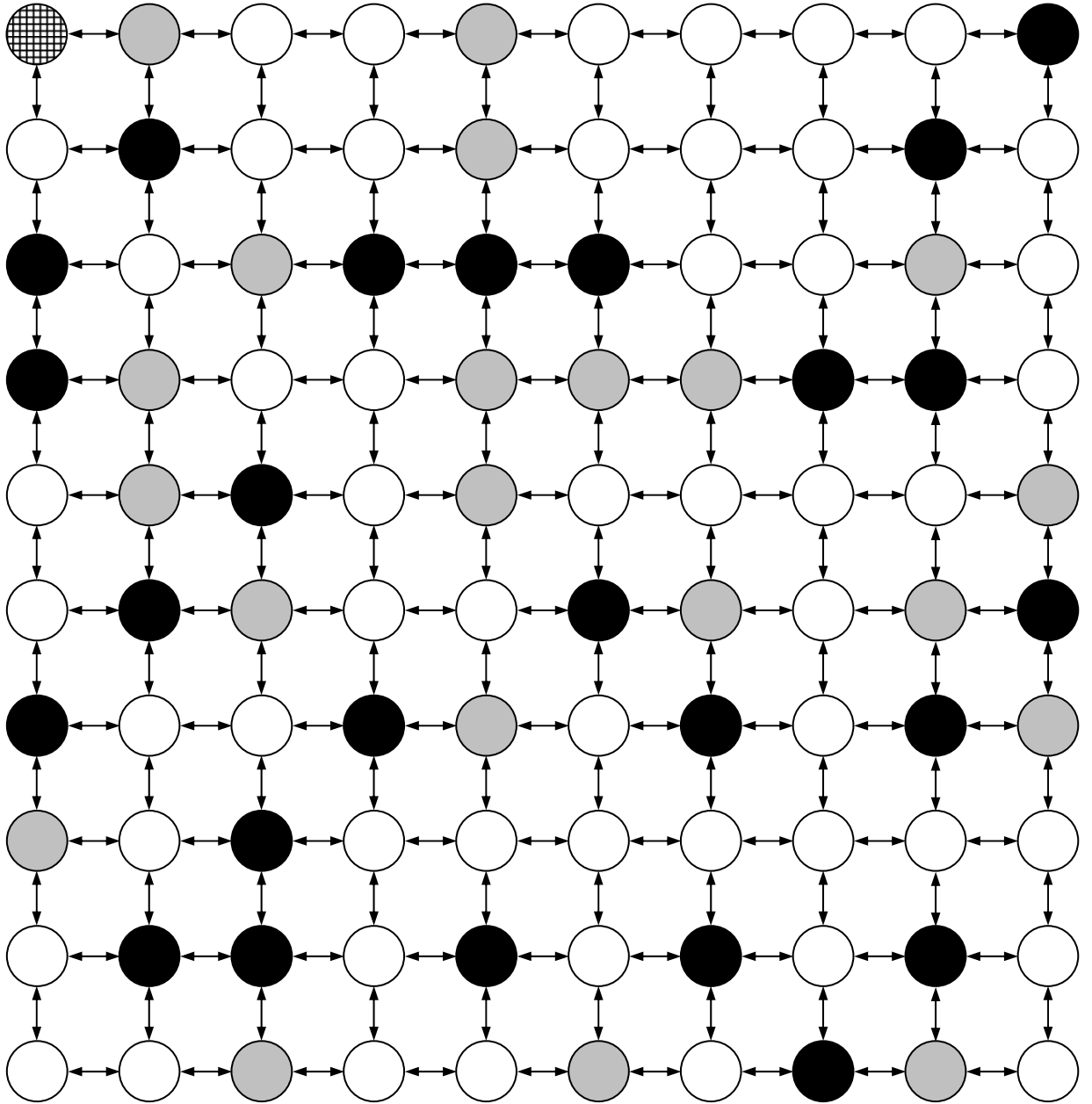
GELECEK ÇALIŞMALAR

Bir kargo taşıma sisteminin gerçek parametreleri dikkate alınarak ÇTS ile modellenip en iyi çözümler bulunabilir. Buna ek olarak, bu çalışmada bütün şebekenin bir kısmı ile ilgilenilip çalışma alanı sınırlı tutulmuştur. Sistemin bütün elemanlarını göz önüne alıp (toplama merkezleri, şubeler ve müşteriler) çözülmeye çalışıldığında sistem, toplama merkezi-toplama merkezi, toplama merkezi-şube ve şube-müşteri olmak üzere üç alt bölüme ayrılacaktır ve farklı alt bölümler arasında ajanların iletişimi ve etkileşimi ile problem çözülmeye çalışılacaktır.

Bu alternatiflerin yanı sıra sistemde bir ajan birden çok kargo veya paketi tek seferde teslim alıp kargo şubesine taşıyabilir. Bu durumda problem gezgin satıcı problemi ve en kısa yol problemlerinin kombinasyonu halini alacaktır. Müşteri taleplerinin olasılıklı olduğunu düşünürsek tekrarlı çözümler sonrasında kargo elemanı sayısını minimize edecek çözümler bulunabilir.

- Russell, S., Norvig, P., 1999, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Prentice Hall Series In Artificial Intelligence.
- Şerban, G., 2002, A New Real Time Algorithm, *Studia Univ. Babeş Bolyai, Informatica*, 46, 1.
- Waltz, D., 1975, *Understanding Line Drawing of Scenes With Shadows*, McGraw-Hill.
- Weiss, G., 1999, *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*, MIT Press, Cambridge.
- Woldridge, M., Jennings, N.R., 1995, Intelligent agents: theory and practice, *The Knowledge Engineering Review*, 10, 2, 115-152.
- Yan, Y., Kuphal, T., Bode, J., 2000, Application of multiagent systems in project management, *International Journal of Production Economics*, 68, 185-197.
- Yokoo, M., Durfee, E.H., Ishida, T., Kuvabara, K., 1992, Distributed constrain satisfaction problems, In *Proceedings of the Twelfth IEEE International Conference on Distributed Computer Systems*, 614-621.
- Yan, Y., Yen, J., Bui, T.X., 2000, A Multi-Agent Based Negotiation Support System for Distributed Transmission Cost Allocation, *Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences*.

EKLER: Problem 10x10 için taşıma düzlemi



10x10 boyutunda problemde $\alpha=0,25$ ve $\beta=0,20$ için şebeke gösterimi.



Kargo Şubesinin bulunduğu düğüm



Engellerin bulunduğu düğüm



Kargonun bulunduğu düğüm

