



En Küçük Yayılma Modeli İle İç Anadolu Bölgesinde Bir Kargo Firmasının Dağıtım Güzergâhının Belirlenmesi *

Osman ÇEVİK¹

S. Serdar KARACA²

Mustafa ÖZKAN³

¹ Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, KARAMAN

² Gaziosmanpaşa Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, TOKAT

³ Cumhuriyet Üniversitesi, Suşehri Timur Karabal Meslek Yüksekokulu, SİVAS

Özet

Bu çalışmada, bir kargo firmasının İç Anadolu bölgesindeki il ve bu illerin ilçeleri arasındaki dağıtım güzergâhı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu belirleme işleminde şebeke analizi yöntemlerinden biri olan en küçük yayılma algoritması kullanılmıştır. Çalışma sonucunda İç Anadolu bölgesindeki her bir ilin ilçeleri arasındaki en kısa dağıtım şebekesi belirlenmiştir. Ayrıca, İç Anadolu bölgesindeki iller arasındaki en kısa dağıtım güzergâhı belirlenmiş ve bu mesafe 1473 km olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yöneylem Araştırması, Şebeke Analizi, En Küçük Yayılma Modeli

Determining of a Cargo Firm's Route in Central Anatolia Region with the Smallest Spanning Model

Abstract

In this study, it has been tried to determine the distribution route among the cities in Central Anatolia Region and the districts of these cities. The smallest spread algorithm which is one of the network analysis methods has been used. As a result of this study, the smallest distribution network between the districts of each city in Central Anatolia region has been determined. Moreover, the smallest distribution route among the cities in Central Anatolia Region and this distance has been determined to be 1473 km.

Keywords: Operations Research, Network Analysis, The Smallest Spanning Model

* Bu makale, Mustafa ÖZKAN'ın O. ÇEVİK ve S.S. KARACA'nın danışmanlığında hazırladığı "Şebeke Analizi ve İç Anadolu Bölgesinde Bir Uygulama" isimli Y. Lisans tezinden (literatür kısmına ilaveler yapılarak) özetlenmiştir.

GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler işletmeleri de hızlı bir değişim hareketinin içerisine çekmiştir. Günümüzde her işletme, mevcut piyasa içerisinde en iyi olma yolunda rakipleri ile yarış içerisinde olmak durumundadır. Bu nedenle, karar alma birimleri en iyi hamlelerin yapılması amacıyla bir çok bilim alanından organizasyonlarına en uygun adımları entegre etmeye başlamışlardır. Bu entegrasyon dâhilinde *yöneylem araştırması* önemli bir yere sahiptir. Yöneylem Araştırmasının temelleri askeri hareketlere dayanmış olmasına rağmen, organizasyonlarda ve işletmelerde yaygın kullanıma sahiptir.

Lojistik faaliyetlerinde bulunan işletmeler için Yöneylem Araştırmasının *şebeke analizleri* modeli önemli bir yol haritası hükmündedir. Bu model, mevcut kaynakların optimum şekilde koordine edilmesini ve yerleştirilmesini sağlayan bir dizi faaliyetler bütünüdür. Özellikle kargoculuk faaliyetlerinde, paketin müşteriye en kısa zamanda ulaştırılması çok önemlidir. Bu sebeple oluşturulacak kargo ağının, en uygun ve kullanışlı yerlerde oluşturulması, güzergâh olarak da aktif yolların tercih edilmiş olması gerekmektedir. Böyle bir seçim için kullanılacak yöntemlerin başında şebeke analizlerinden

birisi olan *minimum yayılma modeli* (en küçük yayılma modeli, minimum yayılan ağaç algoritması, minimum kapsayan ağaç algoritması) gelmektedir.

Çalışmada, Aras Holding A.Ş. bünyesinde olan Aras Cargo A.Ş.'nin İç Anadolu Bölgesi'nde mevcut yapılanması dikkate alınarak, güncel karayolları ışığında alternatif bir şebeke modelinin, minimum yayılan ağaç algoritmasıyla oluşturulması hedeflenmiştir. Şebeke oluşturulmadan önce, gerekli literatür taraması yapılmış ve minimum yayılma modeli hakkında kısa bilgi verilmiştir. Sonra Türkiye güncel karayolları dikkate alınarak, minimum yayılan ağaç algoritması yardımı ile İç Anadolu Bölgesinde optimal bir şebeke oluşturulmaya çalışılmıştır.

1. LİTERATÜR ÖZETİ

Maliyet kalemlerinin artmasına neden olan günümüz işletme koşullarında, minimum yayılan ağaç (MYA) algoritması, özellikle yönetim ve organizasyonel süreçte, kaynakların gerekli hedeflere optimal dağıtımında sıkça kullanılan yöntemlerden biridir. Bu model, işletmelerde olduğu gibi mimarlık, elektronik ve benzeri birçok alanda da kullanılabilir. Bu model, işletmelerde olduğu gibi mimarlık, elektronik ve benzeri birçok alanda da kullanılabilir.

MYA, bilgisayar bilimindeki en eski ve en temel algoritma yöntemlerindedir (Planeta, 2006: 2). İlk MYA algoritması 1926 yılında Boruvka tarafından keşfedilmiştir. 1930 yılında ise Jarnik tarafından, daha sonraları adı Prim algoritması olarak da bilinen “standart prosedürü” açık ve kesin olarak yeniden formüle edilmiştir. Boruvka, çalışmasında yüksek gerilim hattı şebekesinin tasarımını, MYA problemi olarak tanımlamış ve matematiksel modelini geliştirmiştir (Ahuja, 1993: 531). Boruvka'nın çalışması, algoritma olarak tek başına pek kullanışlı olmamasına rağmen, mevcut terminolojiyi de kullanarak formüle edilmesi kolay bir algoritmadır (Nešetřil, 1997: 17). Bunun yanında, Kruskal algoritması, 1956 yılında William Kruskal tarafından kaleme alınmıştır. Daha yaygın adı Prim Algoritması olarak bilinen bir diğer algoritmanın, 1957 yılında Prim tarafından bulunduğu kabul edilir. Ancak bu algoritma 1930 yılında Prim'den önce Vojtěch Jarnik tarafından keşfedilmiştir. Yinede literatürde Prim algoritması olarak anılmaktadır. Bu algoritmalar, grafik üzerinde sırasıyla zamanı, köşeleri ve kenarların nerede olduğunu gösterir. 1975 yılında Yao, MYA'yı daha da geliştirmiştir (Plenata, 2006:3). Yao'nun çalışmasını daha önceki çalışmalardan farklı kılan şey ise, daha önce algoritmalarda kullanılan m ve n bloklarını, “zaman” faktörünü MYA için kullanılabilir hale getirerek kırmış olmasıdır. Buna, Yao'nun $O(m \log \log n)$ zaman algoritması denir (Pettie, 1999:1). Subhash C. Narula ve Cesar A. Ho, 1980 yılında, derece kısıtlı MYA modeli hakkında yayın yapmışlardır. Genel anlamda, Fredman ve Tarjan'ın, tam zamanında çalışan bir algoritma elde etmek için Fibonacci yığınlarını kullandığı 1980'lerin ortalarına kadar MYA algoritması ile ilgili yeni bir gelişme olmamıştır. 1985 yılında, Prim, Kruskal ve Boruvka algoritmalarının fikirlerinin bir arada kullanımı ile birlikte Fredman ve Tarjan, Fibonacci yığınlarını kullanarak olaylar arasında daha az faaliyet için ihtiyaç duyulan iterasyon sayısını veren bir algoritma sunmuşlardır (Pettie, 1999: 1). Bunların yanı sıra Gabow, Galil, Spencer ve Tarjan, Fibonacci yığınlarını daha da iyileştiren yayımlar yapmışlardır. 1994 yılında ise Tomomi Matsui, düzlemsel grafiğe minimum kapsayan ağaç sorunu için lineer bir zaman algoritması oluşturmuştur (Matsui, 1994:1). Yapılan çalışma daha önce Cheriton ve Tarjan'ın çalışmalarına yapısal anlamda benzese de, Matsui'nin algoritmasında, aktiviteleri yeniden düzeltme zorunluluğu olmadığı için kullanımı daha kolay bir algoritma elde edilmiş ve sonuç ise Prim algoritmasına göre 4 derece (birim) daha düşük yayılma ile sonuçlanmıştır. 1999 yılında, Bernard Chazelle, hızlı hatlar bulmak yönünde çalışmalar yapmıştır (www.wikipedia.org). 2005 yılında, Hani Sh. Mahmood, derece kısıtlı MYA problemi üzerine çalışma yapmış ve algoritmanın performansını yorumlamıştır (Mahmood, 2005:2). 2007 yılında ise Genç Yiğit K., genelleştirilmiş minimum yayılma algoritması için 3 yeni sezgisel algoritma geliştirmiştir. Bu üç algoritmalar

en ilginç olanı ise genelleştirilmiş minimum yayılma algoritması için kuş sürüsü algoritmalarının uygulanması olmuştur (Genç, 2007: 59).

2. MİNİMUM YAYILAN AĞAÇ ALGORİTMASI

Minimum yayılan ağaç algoritması, doğrudan veya dolaylı olarak dalların en kısa bağlantılarını kullanarak şebekenin dallarının birbiriyle ilişkilendirilmesini ele alır(Taha, 2000: 213). Diğer bir ifadeyle, bir şebekedeki tüm düğümleri en az maliyetle (para, süre...) birbirine bağlayan yaylar grubunu bulan şebeke modelleri **minimum yayılma modeli (algoritması)** olarak adlandırılır(Ulucan, 2007: 216).

Minimum yayılma modelinde amaç, her bir olay veya nokta çiftleri arasında en kısa yolu bularak şebeke içinde toplam en kısa uzaklığı sağlayan yolu bulmaktır. Öztürk'e (2007: 570) göre, ilgili modelin çözümü için aşağıdaki işlemlerin izlenmesi gerekir:

Şebeke içinde rastgele bir nokta seçilerek kendisine en yakın nokta ile birleştirilir; birleştirilmiş noktaya en yakın birleştirilmemiş nokta bulunarak bu iki nokta birleştirilir; tüm noktalar birleştirilinceye kadar işlem devam ettirilir. Başlangıç noktasının rastgele seçimi, minimum yayılma uzaklığının bulunmasını etkilemez. Unutmamak gerekir ki, algoritmada birden fazla minimum yayılma algoritması elde edilebilir ve bunun sebebi serimde birden fazla aynı sonucu veren algoritma elde edilebiliyor olmasındandır.

Yönsüz bir diyagram $G=(V,E)$ ve diyagramdaki her bir hattın $(i,j) \in E$ maliyet kalemleri verildiğinde, tüm düğümleri bağlayan en küçük maliyetli alt diyagram MYA olacaktır. Burada V, diyagramda bulunan düğümler setini, E de diyagramda bulunan hatların setini ifade etmek üzere, 0-1 tam sayılı doğrusal programlama problemi olarak tanımlanan MYA için matematiksel model aşağıdaki gibi formüle edilebilir(Mahmood, 2005: 4);

Amaç Fonksiyonu;

$$\text{Min}(f) = \sum_{(i,j) \in E} c_{i,j} x_{i,j} \quad (1)$$

Kısıtlar

$$\sum_{(i,j) \in E} x_{i,j} = |V| - 1 \quad (2)$$

$$\sum_{(i,j) \in A(S)} x_{i,j} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset V \quad (3)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ ya da } 1 \quad (i,j) \in E \quad (4)$$

Bu modelde, (1) nolu eşitlik yayılan ağacın maliyetini en az duruma getirmektedir. (2) nolu kısıt $|V|-1$ adet hattın seçilmesini, (3) nolu kısıt ise seçilen hatların setinin bir

döngüye sebep olmamasını sağlamaktadır. Bu kısıttaki A(S); başlangıç ve bitiş düğümünün S kümesinde olduğu hatların bir kümesini göstermektedir. Bu modeldeki kısıtların sayısı şebekedeki düğümlerin sayısına bağlı olarak üstel artış göstermektedir.

Çözüm analizinde en yaygın kullanılan modeller, Prim ve Kruskal algoritmalarıdır. Prim algoritması her iterasyonda bir ağaç oluşturarak çalışmaktadır. Ancak, Kruskal algoritmasının bazı iterasyonları ağaç olmayan, orman olarak tanımlanan yapıyı oluşturabilir. Ayrıca Prim algoritması diyagramdaki herhangi bir düğümün seçilmesiyle başlatılabilir(Geç, 2007: 7).

Çoğu şebeke tasarımlarında MYA ile çözümler gerçekleştirilebilmektedir ancak tasarımların çeşitliliği, kaynakların kompleks olması vb. durumlarında bazı ilave kısıtlar ve dönüşümlerden geçirilmiş yeni MYA modelleri de vardır. Bunlar (Mahmood; 2005:5);

1. Düğüm kısıtlı minimum yayılan ağaç problemi
2. Stokastik minimum yayılan ağaç problemi
3. Kapasite kısıtlı minimum yayılan ağaç problemi
4. Derece kısıtlı minimum yayılan ağaç problemi
5. Kuadratik minimum yayılan ağaç problemi şeklinde sıralanabilir.

Aşağıda Kruskal modeli ile MYA için çözüm yöntemi adımları verilmiştir(Geç, 2007: 8-9)

Kruskal algoritması 1956 yılında Joseph Kruskal tarafından geliştirilmiştir. $G=(V,E)$ diyagramı yönsüz ve bağlı bir diyagram olmak üzere Kruskal algoritmasının adımları aşağıdaki gibidir.

Adım 1: Sıyaç, $i=1$ olarak başlatılır. G diyagramında bulunan ayrıtlardan mümkün olduğunca küçük ağırlıklı (maliyetli) bir ayrıt seçilir ($e \in E$).

Adım 2: $1 \leq i \leq n-2$ olmak üzere eğer e_1, e_2, \dots, e_i seçilmiş ise G diyagramının kalan ayrıtları arasından,

a) Ağırlık değeri mümkün olduğunca küçük bir ayrıt olmak ve

b) e_1, e_2, \dots, e_{i+1} ayrıtlarıyla (ve ilgili düğümlerle) tanımlı G diyagramının alt diyagramına döngü oluşturmamak üzere e_{i+1} ayrıtı seçilir.

Adım 3: Sıyaç, $i=i+1$ olarak güncellenir. Eğer $i=n-1$ ise G şebekesinin alt şebekesi e_1, e_2, \dots, e_{n-1} olmak üzere toplam $(n-1)$ adet ayrıt ve n adet düğüm kullanılarak bağlanmış ve G şebekesinin optimal ağacı elde edilmiş olur. Eğer $i < n-1$ ise Adım 2'ye dönlür.

Bu çerçevede izleyen bölümde İç Anadolu Bölgesinin illeri ve illerin ilçeleri arasındaki mesafeler minimum yayılan ağaç algoritması yardımıyla hesaplanmıştır.

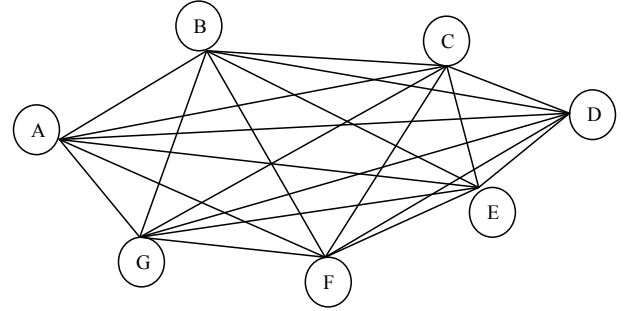
3. UYGULAMA

Çalışmada, Aras Holding A.Ş. bünyesinde olan Aras Cargo A.Ş.'in İç Anadolu Bölgesi'nde mevcut yapılanması dikkate alınarak, güncel karayolları ışığında alternatif bir şebeke modeli, minimum yayılan ağaç algoritmasıyla oluşturulmaya çalışılmıştır. İç Anadolu Bölgesi içerisinde yer alan 13 ilin her birisi için birer minimum yayılan ağaç algoritması oluşturulmuş ve bu algoritmalar aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

Kargoculuk faaliyetlerinde uzaklıklar ne olursa olsun dağıtım şehir merkezinden yapıldığı için çalışmamızda uygunluk açısından bu kısıt dikkate alınmıştır.

Herhangi bir lojistik faaliyet söz konusu olduğunda bu algoritmalar teorik noktada birer yol haritası olarak kullanılabilir niteliktedir. Lojistik faaliyetlerde yolların kaliteleri, rakımlar, engebeler, meyiller ve coğrafik şartlar da güzergâh belirlemede birer faktördür. Ancak çalışmamızda bu etkenler sabit kabul edilmiştir.

Tablo 1'den hareketle hazırlanan Şekil 1'de Aksaray iline ait mevcut şebeke görülmektedir. Bu şebeke merkez ilçe veya ilçelerden herhangi birinden diğer bir ilçeye gidilmek istendiğinde şematik olarak ne türlü alternatiflerin olduğunu göstermektedir.



Şekil 1. Aksaray İli İlçeler Arası Ulaşım Şebekesi

Merkez (A) noktası başlangıç olarak kabul edilip tablodaki veriler dikkate alındığında, Merkez (A)'e en kısa mesafenin Gülağaç (D) olduğu görülmektedir. Merkez (A)'e Gülağaç (D) eklenir. Bir sonraki noktanın belirlenmesi için tabloya tekrar bakıldığında bunun Güzelyurt (E)'a ait nokta olduğu görülür. Merkez (A) ile aralarındaki mesafe 49 km. dir. Ancak Gülağaç ile Güzelyurt arasındaki mesafe 33 km. olduğu için Güzelyurt ilçesi Gülağaç ilçesine bağlanır. Daha sonra Merkez, Gülağaç, Güzelyurt'a bağlanacak diğer ilçenin belirlenmesi için şebekeye eklenmeyen diğer ilçeler yeniden incelenir. Tablo dikkate alındığında bu ilçenin Ortaköy (F) olduğu görülür ve (Ortaköy (F))

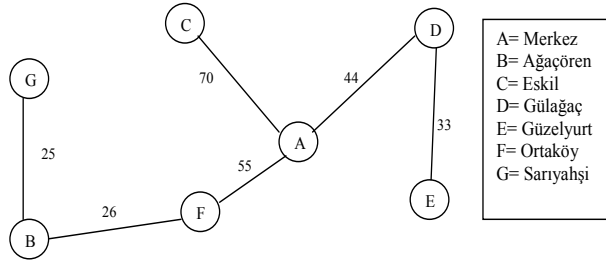
Tablo 1. Aksaray İli İlçeler Arası Uzaklıklar(km.)

AKSARAY	Merkez(A)	Ağaçören(B)	Eskil(C)	Gülağaç(D)	Güzelyurt(E))	Ortaköy(F)
Merkez(A)						
Ağaçören(B)	81					
Eskil(C)	70	151				
Gülağaç(D)	44	125	111			
Güzelyurt(E)	49	130	119	33		
Ortaköy(F)	55	26	125	93	98	
Sarıyahşi(G)	106	25	176	144	149	51

merkeze bağlanır. Şebekeye eklenmeyen ilçeler yeniden incelendiğinde şebekeye en kısa mesafenin 26 km. ile Ağaçören(B) olduğu görülür. Bu ilçe de en kısa mesafede bulunduğu Ortaköy(F)'e bağlanır. Şebekeye eklenmeyen ilçeler arasında diğer en kısa mesafe Ağaçören(B)'e uzaklığı 51 km olan Sarıyahşi(G) ilçesidir. Sarıyahşi(G) Ağaçören(B)'e eklenir. Şebekeye eklenmemiş tek ilçe Eski(C)'dir. Buraya en kısa mesafe ise Merkez(A)'dır(70 km). Bu işlemler yapıldıktan sonra Şekil 2.'de görüldüğü gibi Aksaray iline ait en küçük yayılan ağaç diyagramı oluşur. Şekilden anlaşılacağı üzere Aksaray ili için 3 ayrı araç gerekmektedir. Bu araçlar ile minimum km. mesafesi ile Aksaray ili ve ilçeleri arasında en az km. kat ederek her ilçeye ulaşılacaktır.

Mevcut şebekede toplam en kısa yayılma mesafesi;

$$A D + D E + A C + A F + F B + B G = 44+33+70+55+26+25=253 \text{ km. olarak belirlenmiştir.}$$

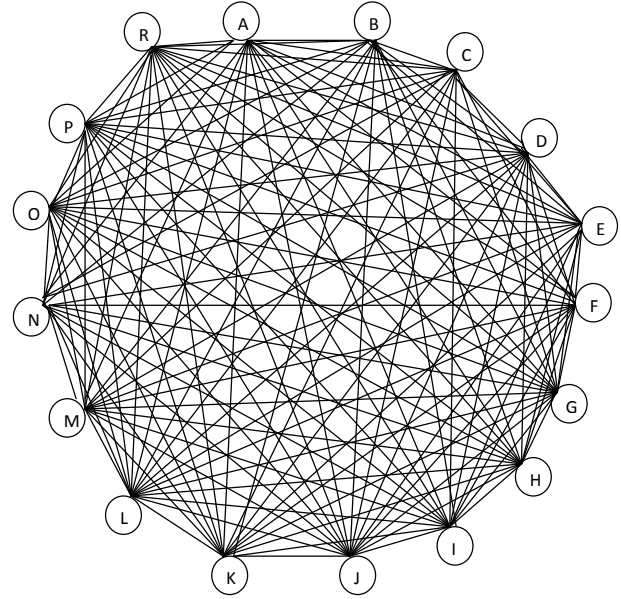


Şekil 2. Aksaray İli En Küçük Yayılan Ağaç Algoritması

Aşağıdaki Tablo 2, Ankara iline ait ilçeler arası uzaklıkları kilometre cinsinden göstermektedir. Şekil 3'te ise alternatif yolların tamamı görülmektedir. Ankara için; Merkez(A) noktası başlangıç olarak kabul edilip tablodaki veriler dikkate alındığında Merkez(A)'e en kısa mesafenin Akyurt(B) olduğu görülür. Daha sonra Merkez(A) ve Akyurt(B)'a en kısa mesafe diğer ilçeler arasından tablo yardımı ile belirlenir. Buna göre şebekede Akyurt(B)'a Kalecik(L) ilçesi dâhil edilir. Merkez, Kalecik ve Akyurt ilçelerine en kısa mesafeye bakılır ve Akyurt(B)'a Çubuk(G) eklenir. Artık şebeke dört ilçeden oluşmaktadır. Şebeke dâhilinde olmayan ilçelerden en kısa mesafe ile şebekeye eklenen ilçe Polatlı(P)'dir ve bu da Ayaş(C)'a eklenir. Ardından Haymana(K), Polatlı(P) ilçesine eklenir. Yine kalan ilçelere bakıldığında Şereflikoçhisar(R), Bala(D)'ya eklenir. Şebekeye eklenmeyen tek ilçe Evren(I), Şereflikoçhisar(R)'a bağlandığında şebeke tamamlanmış olacaktır. Yukarıdaki Şekil 4, Ankara iline ait en küçük yayılma diyagramını göstermektedir.

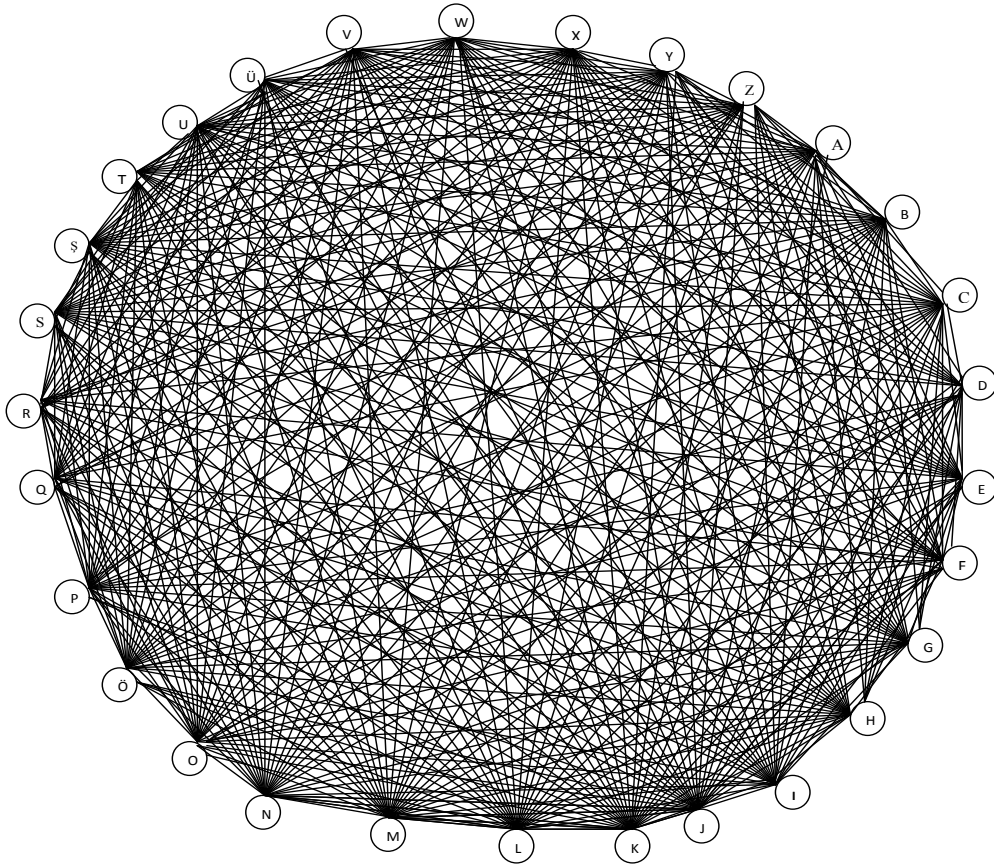
Tablo 2. Ankara İli İlçeler Arası Uzaklıklar(km.)

ANKARA	Merkez (A)	Akyurt (B)	Ayaş (C)	Bala (D)	B.Pazarı (E)	Çamlıdere (F)	Çubuk (G)	Elmadağ (H)	Evren (I)	Güdül (J)	Haymana (K)	Kalecik (L)	Kazan (M)	K.Hamam (N)	Nallıhan (O)	Polatlı (P)
Akyurt(B)	34															
Ayaş(C)	57	90														
Bala(D)	68	103	125													
Beypazarı(E)	99	126	42	162												
Çamlıdere(F)	94	130	124	166	105											
Çubuk(G)	40	35	96	109	132	136										
Elmadağ(H)	41	68	96	107	133	137	74									
Evren(I)	177	205	227	149	264	268	211	179								
Güdül(J)	89	115	31	151	29	76	121	122	253							
Haymana(K)	75	100	122	101	159	163	106	104	170	148						
Kalecik(L)	67	34	124	124	160	164	70	39	189	149	134					
Kazan(M)	46	74	67	110	104	56	80	81	212	85	107	108				
K.Hamam(N)	77	110	103	146	85	23	116	117	248	56	143	144	36			
Nallıhan(O)	158	180	96	216	54	159	186	187	318	83	172	214	158	139		
Polatlı(P)	77	110	70	139	102	159	117	115	241	91	36	145	103	139	137	
Ş.koçhisar(R)	147	179	201	123	238	242	185	153	26	227	144	163	186	222	292	215

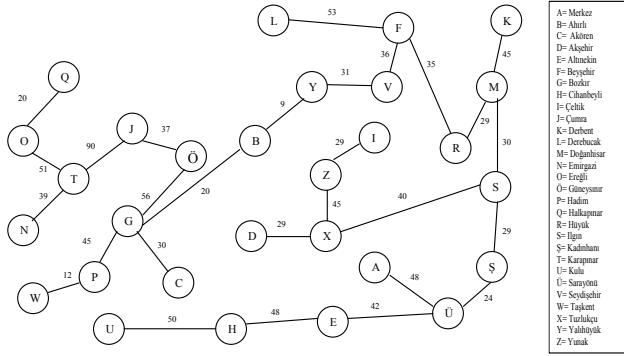


Şekil 3. Ankara İli İlçeler Arası Ulaşım Şebekesi

diğer ilçelerden şebekeye en kısa ilçe olan Elmadağ(H), Kalecik(L)'e eklenir. Diğer en kısa ilçe ise Merkez(A) ve Kazan(M) arası olacaktır. Daha sonra Kızılcahamam(N) ilçesi Kazan(M) ilçesine bağlanır. Bu adımdan sonra Çamlıdere(F) ilçesi Kızılcahamam(N) ilçesine bağlanır. Bir sonraki ilçe ise Ayaş(C)'tir ve Ayaş(C), Kazan(M)'a eklenir. Daha sonra Bala(D) ilçesi Merkez(A)'e eklenir. Kalan ilçelerden en kısa bağlanmamış ilçe olan Güdül(J), Ayaş(C) ilçesine eklenir. Ardından Beypazarı(E), Güdül(J) ilçesine eklenir ve daha sonra Nallıhan(O)'da Beypazarı(E)'na eklenir. Şebeke dâhilinde olmayan ilçelerden en kısa mesafe ile şebekeye eklenen ilçe Polatlı(P)'dir ve bu da Ayaş(C)'a eklenir. Ardından Haymana(K), Polatlı(P) ilçesine eklenir. Yine kalan ilçelere bakıldığında Şereflikoçhisar(R), Bala(D)'ya eklenir. Şebekeye eklenmeyen tek ilçe Evren(I), Şereflikoçhisar(R)'a bağlandığında şebeke tamamlanmış olacaktır. Yukarıdaki Şekil 4, Ankara iline ait en küçük yayılma diyagramını göstermektedir.



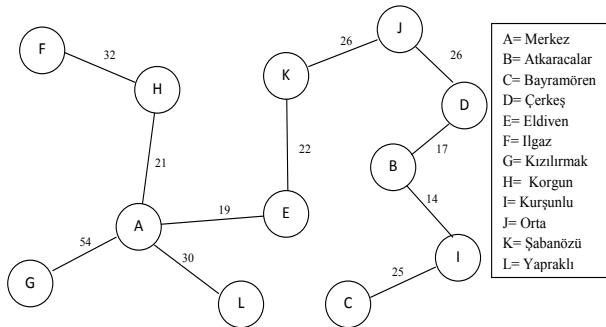
Şekil 5. Konya İli İlçeler Arası Ulaşım Şebekesi



Şekil 6. Konya İli En Küçük Yayılan Ağaç Algoritması

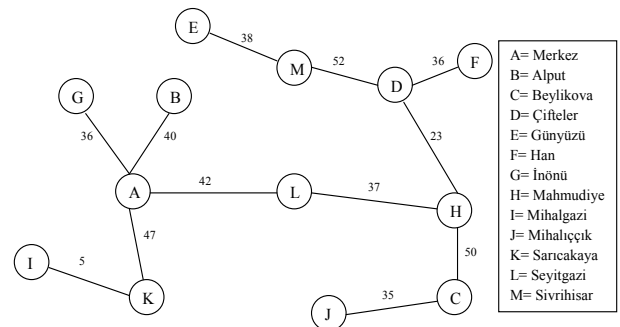
Mevcut şebekede toplam en kısa yayılma mesafesi;
 $QO+OT+NT+TJ+JÖ+ÖG+GC+GP+PW+GB+BY+YV+VF+FL+FR+RM+MK+MS+SX+XD+XZ+ZI+SŞ+ŞÜ+ÜA+ÜE+EH+HU= 20+51+39+90+37+56+30+45+12+20+9+31+36+53+35+29+45+30+40+29+45+29+29+24+48+42+48+50=1052$ km. olarak belirlenmiştir.

Diğer illere de daha önceki illere yapılan işlemler yapılmış ve aşağıdaki en küçük yayılma diyagramları elde edilmiştir (fazla yer kaplaması nedeniyle bundan sonraki illerin uzaklık tabloları ile şebekeleri verilmemiştir).



Şekil 7. Çankırı İli En Küçük Yayılan Ağaç Algoritması

Mevcut şebekede toplam en kısa yayılma mesafesi;
 $FH+HA+AG+AL+AE+EK+KJ+JD+DB+BI+IC= 32+21+54+30+19+22+26+26+17+14+25=286$ km. olarak belirlenmiştir.



Şekil 8. Eskişehir İli En Küçük Yayılan Ağaç Algoritması

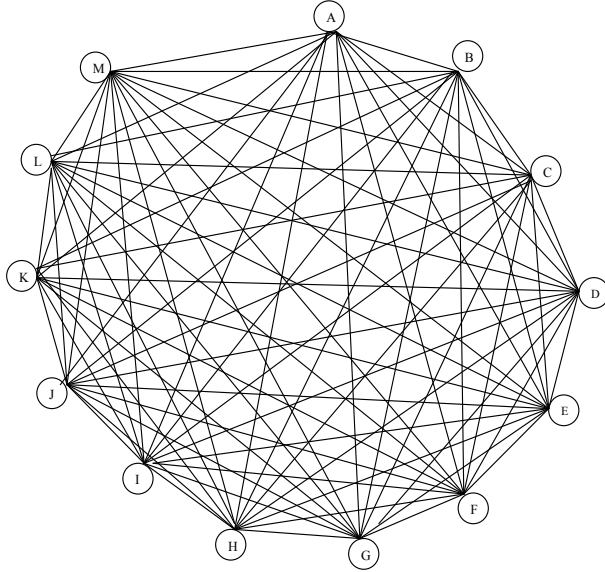
Mevcut şebekede toplam en kısa yayılma mesafesi;
 $GA+BA+IK+KA+AL+LH+HC+CJ+HD+DF+DM+ME= 36+40+5+47+42+37+50+35+24+36+52+38=442$ km. olarak belirlenmiştir.

Tablo 4. İç Anadolu Bölgesi İller Arası Uzaklıklar(km.)

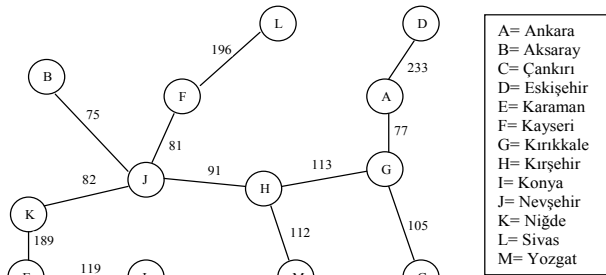
İLLER	ANKARA (A)	AKSARAY (B)	ÇANKIRI (C)	E.ŞEHİR (D)	KARAMAN (E)	KAYSERİ (F)	K.KALE (G)	KIRŞEHİR (H)	KONYA (I)	NEVŞEHİR (J)	NİĞDE (K)	SİVAS (L)
AKSARAY(B)	225											
ÇANKIRI(C)	131	311										
ESKİŞEHİR(D)	233	443	364									
KARAMAN(E)	369	211	500	451								
KAYSERİ(F)	320	156	348	542	317							
KIRIKKALE(G)	77	210	105	310	412	247						
KIRŞEHİR(H)	186	110	214	408	321	134	113					
KONYA(I)	258	148	389	338	119	304	301	258				
NEVŞEHİR(J)	277	75	305	499	271	81	204	91	223			
NİĞDE(K)	348	121	387	564	189	128	286	173	255	82		
SİVAS(L)	442	352	442	675	513	196	365	330	500	277	324	
YOZGAT(M)	218	222	246	451	433	175	141	112	370	190	268	224

Bu algoritmaların yanı sıra, İç Anadolu Bölgesi içerisinde olan illerin, il merkezleri arasındaki uzaklıklar Tablo 4'te gösterilmiştir.

İç Anadolu Bölgesi dâhilinde olan il merkezlerinden, aynı bölgedeki başka il merkezlerine gitmek amaçlı oluşturabilecek alternatif yollar Şekil 17'de gösterilmiştir.

**Şekil 17.** İç Anadolu Bölgesi İller Arası Ulaşım Şebekesi

Daha önceki iller için uygulanan en kısa yayılan ağaç algoritması modelinin ilerleme aşamaları İç Anadolu Bölgesi dâhilindeki tüm iller için de uygulandığında Şekil 18'deki şebeke oluşacaktır.

**Şekil 18.** İç Anadolu Bölgesi İller Arası En Küçük Yayılan Ağaç Algoritması

İller bazında kullanılan yöntemle hareket edildiğinde mevcut şebekede toplam en kısa yayılma mesafesi;

$$LF + FJ + KJ + BJ + IE + EK + JH + HM + HG + GC + GA + AD = 196 + 81 + 82 + 75 + 119 + 189 + 91 + 112 + 113 + 105 + 77 + 233 = 1473 \text{ km. olarak bulunmuştur.}$$

4. SONUÇ

Lojistik faaliyetlerinde oluşturulacak hattın en güvenli ve en kazançlı olması gerekliliği kaçınılmazdır. Lojistik veya kargoculuk misyonlu işletmeler, hedeflerine göre olabildiğince kullanışlı bir ağa sahip olma ve bu ağlar arasında koordinasyonun ve ulaşımın en kısa zamanda gerçekleşmesini sağlamak zorundadırlar.

Kargoculukta mevcut alternatifler içerisinde müşterinin her zaman daha kısa zamanda paketini teslim eden firmayı tercih etme olasılığı yüksektir. Buradan hareketle alıcıların rasyonel hareket ettiği savına dayanılarak, firmaların ve alıcıların en önemli önceliğinin zaman olduğu söylenebilir. Kargoculukta standart maliyet kalemleri her zaman geçerli olmamaktadır. Bunun sebeplerinin başında çoğu zaman müşteri memnuniyeti gelmektedir. Örneğin bazen bir müşteri paketi için bir araç yola çıkarılmakta, böylece de yapılan lojistik faaliyetin maliyeti çok yüksek olabilmektedir. Kar elde edebilmek için ise basit bir mantıkla düşünüldüğü zaman; toplam hâsılattan toplam maliyetten büyük olması esası vardır. Bu temelden hareket edildiğinde, çoğu zaman maliyet kalemlerinden hangisinin dikkate alınmasının önceliği tartışılır hale gelebilmektedir. İşte bu tür durumlarda maliyeti minimize etmek için yapılabilecek en mantıklı faaliyet en kısa yolların tercih edilmesiyle paketin müşteriye iletilmesidir. Bu şekilde hem maliyet kalemindeki artışların önemli bir derecede önüne geçilebilecek (hatta azaltılabilecek) hem de müşteri memnuniyetine zarar verilmemiş olacaktır.

Bu çalışmada ise bahsi geçen mantıkla hareket edilmiştir. Çalışma sürecinde, İç Anadolu Bölgesine ait her bir ilin ilçeleri arasında en uygun şebeke algoritmaları elde edilmiştir. Ayrıca İç Anadolu bölgesindeki iller arasındaki en kısa mesafe de belirlenmiştir (1473 km).

Kargo işletmelerinde dağıtım, merkez ilçeden diğer ilçelere doğru akış halindedir. Bu sebeple, elde edilen şebekeler de dikkate alındığında, müşteri memnuniyeti artırılırken maliyeti de azaltabilmek için ya merkez ilçedeki araç sayıları artırılmalı ya da alıcıya teslimler haftalık dilimlere ayrılmalıdır. Yine çalışma sonuçlarından, iller arası uzaklıklar da dikkate alınarak, ana yükleme noktalarından hangi il merkezlerine ne büyüklükte araçların gitmesi gerektiği de belirlenebilir.

Yapılan çalışma, kargoculuk için başlamış olsa da otobüs firmaları, tur şirketleri, nakliye şirketleri, postacılık vb. gibi taşımacılık yapan her firma için küçük bir el kitabı olarak kullanılabilir niteliktedir. Söz konusu şebekeler dikkate alınarak ilgili bir firma, incelenen bölgelerin il ve ilçeleri arasında kolaylıkla rota tayin edebilecektir.

KAYNAKÇA

Ahuja, R. K. Magnanti, T.L., Orlin, J.B. (1993), “*Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications*”, Prentice Hall.

Doğan, İ. (1994), *Yöneylem Araştırması Teknikleri*, Bilim teknik Yayınevi, Eskişehir.

Genç, Y.K. (2007), “*Hybrid Method for The Generalized Minimum Spanning Tree Problem (Genelleştirilmiş Yayılma Problemi İçin Karma Çözüm Yöntemleri)*”, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), Ankara.

Harris, J. (1997), *Proje Yönetimi*, Hayat Yayıncılık, İstanbul.

http://en.wikipedia.org/wiki/Minimum_spanning_tree/06.05.11

İpekgil Doğan, Ö. ve Güler M. (2006), *Proje Yönetimi: Araştırma ve Geliştirme Projelerinin Başarısına Etki Eden Kritik Faktörler*, Barış Yayınları, İzmir.

Mahmood, H.Sh. (2005), “Derece Kısıtlı Minimum Yayılan Ağaç Problemi için Genetik Algoritmalar”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Matsui, T. (1994), “*A Linear Time Algorithm for the Minimum Spanning Tree Problem on a Planar Graph*” Department of Mathematical Engineering and Information Physics Faculty of Engineering, University of Tokyo, Tokyo, Japan.

Narula, S.C ve Ho, C.A. (1980), “*Degree-Constrained Minimum Spanning Tree*”, Comput& Ops., Res., 7, :239-249, England.

Nesetril, J. (1997), *A Few Remarks on The History of MST- Problem*, Archivum Mathematicum, U.S.A.

Öztürk, A. (2007), *Yöneylem Araştırması*, Ekin Kitabevi, Bursa.

Özgen, H. (1987), *Üretim Yönetimi*, Bizim Büro Basımevi, Ankara.

Planeta, D.S. (2006), *Linear Time Algorithm Based on Multilevel Prefix Tree For Finding Shortest Path with Positive Weights and Minimum Spanning tree in a Networks*, Computing Research Repository - CORR.

Pettie, S. (1999), “*Finding Minimum Spanning Trees in $O(m \alpha(m, n))$ Time*”, Department of Computer Science, The University of Texas at Austin, U.S.A.

Taha, H. A. (2000), *Yöneylem Araştırması*, Çeviren ve Uygulayan Ş. Alp Baray- Şakir Esnaf, Literatür Yayıncılık, İstanbul.

Ulucan, A. (2007), *Yöneylem Araştırması*, Siyasal Kitabevi, Ankara.

Winston, W.L.(2004), *Operation Research: Applications and Algorithms*, Cengage Learning, Duxbery, U.S.A.