

SOĞUK ZİNCİRDE ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİNİN KIYASLANMASI

Nilay AYGÜN

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği

nilay.aygun88@hotmail.com

Gültekin ÇAĞIL

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği

cagil@sakarya.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma ile gıda endüstrisinde çok önemli bir konu olan soğuk zincir uygulamaları ele alınmış, belli araç ve maliyet kısıtları göz önünde bulundurularak 2 farklı araç rotalama problemi çözümüyle örneklendirilmiştir. Gıda endüstrisinde maliyetlerin yanı sıra gıda güvenliği sağlanarak, ürünler son tüketiciye en iyi şartlarda ulaştırılmalıdır. Bu anlamda gıda firmalarında kullanılan araç rotalama yöntemlerinin kıyaslanması ile şirket maliyetleri düşürülebilir ve son ürüne doğrudan etki ettiği için şirkette kaliteyi artıran bir faktör olarak konumlandırılabilir. Bu çalışmada maliyetlerin düşürülmesi için araç rotalama çalışmalarının çözümünde, en yakın komşu ve süpürme algoritması olarak 2 farklı yöntem üzerinden ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: gıda güvenliği, soğuk zincir yönetimi, araç rotalama, en yakın komşu algoritması, süpürme algoritması

79

COMPARISON OF VEHICLE ROUTING PROBLEMS IN COLD CHAIN**ABSTRACT**

In this study, cold chain applications, which are a very important issue in the food industry, have been handled and exemplified by 2 different vehicle routing problem solutions considering certain vehicle and cost constraints. In addition to the costs in the food industry, food safety should be ensured and the products should be delivered to the final consumer in the best conditions. In this sense, by comparing vehicle routing methods used in food companies, company costs can be reduced and can be positioned as a factor increasing the quality of the company as it directly affects the end product. In this study, the closest neighbor and sweeping algorithm are used in 2 different methods for the solution of vehicle routing studies in order to reduce the costs.

Keywords: food safety, cold chain management, vehicle routing, nearest neighbour algorithm, sweep algorithm

1. GİRİŞ

Gıda ürünlerinde kaliteyi sağlamak için, ürünün giriş ham maddesinden bitmiş ürünün son tüketiciye ulaştırılmasına kadar bir zincir söz konusudur. Bu zincirde en kaliteli ham madde ile üretilen gıda ürünleri tedarik zinciri yönetimi sayesinde üretim sonrası özelliklerini muhafaza etmektedir. Dolayısıyla tedarik zinciri yönetimi, gıda endüstrisinde önemli bir yer kaplamaktadır.

1990'lı yıllarda, hem kamu hem de özel birçok kuruluş, tedarik zinciri yönetimi disiplini benimsenmiştir. Bu kuruluşlar, verimli tüketici tepkisi, sürekli ikmal, döngü süresinde azalma, satıcı tarafından yönetilen envanter sistemleri ve diğerleri gibi pazarda önemli bir rekabet avantajı elde etmeleri için çeşitli tedarik zinciri yönetimi ile ilgili kavramlar, teknikler ve stratejiler benimsenmiştir. Toplam tedarik zincirlerini bireysel firmalarının aksine etkin bir şekilde yöneten şirketler, stok ve lojistikle ilgili maliyetlerde, daha kısa çevrim sürelerinde ve müşteri hizmetlerinde önemli düşüşler yaşamıştır. (Cottrill, 1997).

Tedarik zinciri yönetimi, tüm kurumların ağlarını ve bunlarla ilgili faaliyetlerini, bir ürünü, bir hizmeti veya bir projeyi üretme / tamamlama ve sağlamada etkin ve eksiksiz bir şekilde entegre etmek için servis seviyesi gereksinimleri kullanılan bir dizi yaklaşımdır. Bu tanım, bir tedarik zincirinin, temel hammadde tedarikçilerinden başlayarak bir dizi organizasyondan oluştuğunu ve nihai müşteriye kadar uzandığını ima eder. Tedarik zincirlerine genellikle, zincirin çeşitli aşamalarında ilerledikçe ürüne, hizmete veya projeye değer eklendiğinden değer zincirleri olarak adlandırılır. (Stevenson, 2002).

Tedarik zincirini etkin bir şekilde yöneten şirketler, birçok avantaj elde etmektedir. MIT e-Ticaret Merkezi'nden Peter J. Metz tarafından yapılan son bir araştırma, tedarikçilerinden müşterisine toplam tedarik zincirini yöneten şirketlerin, stoklarda yüzde 50 azalma ve zamanında teslimatlarda yüzde 40 artış gibi büyük kazançlar elde ettiğini bulmuştur. (Betts, 2001). Etkili tedarik zinciri yönetimi içinde bazı şirketlerden örnekler verecek olursak, Campbell Soup'un stok devir hızını iki katına çıkardığını, Hewlett-Packard'ın yazıcı tedarik maliyetlerini yüzde 75 azalttığını ve karını iki katına çıkardığını, Sport Obermeyer için iki yılda satışları yüzde 60 artırdığını, National Bicycle'ın pazar payında yüzde 5 ila yüzde 29 arasında artış sağladığını görebiliriz. (Stevenson, 2002; Fischer, 1997). Tedarik zincirini daha iyi yöneten Wal-Mart gibi perakendeci şirketler daha fazla müşteri sadakati, daha yüksek kar, daha kısa teslim süresi, daha düşük maliyet, daha yüksek verimlilik ve daha yüksek pazar payından yararlanmıştır. Bu avantajlar geleneksel üretim veya perakende işleriyle sınırlı olmamakla beraber, bu şekilde projeleri yöneten kuruluşlar, tedarik zincirlerini etkin bir şekilde yöneterek benzer avantajlardan yararlanabilir.

Tedarik zincirinin bir kolu olan soğuk zincir uygulamaları ise, özellikle donuk ve soğuk ürünlerin taşınmasında kullanılan en önemli taşıma gereksinimidir. Ürünün fabrikadan çıktığı gibi özelliklerini korunması için uygun sıcaklık ve nem şartlarının sağlanması soğuk zincir ile mümkündür.

Soğuk zincir, özel işlem görmüş gıda ürünlerinin tedarik sürecini yöneterek, bu donuk ve soğuk ürünlerin muhafazasında kullanılan ekipmanları da içerisine alır. Bu taşıma şeklinin bütünlüğü fabrikadan başlayarak, birincil, ikincil taşıma, yükleme ve boşaltma, depolama ve elleçleme gibi tüm faaliyetlerde soğuk zincir kapsamında yer almaktadır. (Salin, V., Nayga Jr, R. M., 2002)

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİ

Soğuk zincirde ihtiyaç olarak ortaya çıkan frigofirik araçların belli miktar kısıtları göz önünde bulundurulduğunda, kullanılan araçların en iyi şekilde son teslim noktasına ulaşması iyi bir araç rotalama methoduyla mümkündür. Araç rotalama problemleri, ilk model ve algoritma 1959'da Dantzig ve Ramser tarafından önerilmiş ve günümüze kadar uzun yıllardır çalışılmaktadır. (Dantzig GB, Ramser JH ,1959). İlk modelden sonrada yüzlerce model ve algoritma çalışılmıştır (Toth P, Vigo D.,2002).

Araç rotalama problemleri, ulaşım, lojistik, telekomünikasyon ve üretim dahil olmak üzere pek çok alanda uygulama alanı olan zorlu optimizasyon problemleridir. En çok çalışılan kombinasyonlu optimizasyon problemlerini kapsar. Kapasite taşıtlara rota yönlendirme problemi klasik problem, basitleştirilmiş bir nakliye görevine bir çözüm bulmaktan ibarettir.

Müşterilere, merkezi bir depodan mallar teslim eden bir dizi girintili taşıt aracı tarafından hizmet verilir, burada her aracın hizmet verebileceği müşteri sayısı, taşıt kapasitesi kısıtlamasıyla sınırlıdır. (Baldacci R, Battarra M, Vigo D. 2008)

Klasik araç rotalama problemleri geniş bir yelpazede karşımıza çıkar ve bu konuda binlerce makale yazılmıştır. Bu problemler üç ana gruba ayrılabilir;

1. Birden fazla müşteri atama noktası ve heterojen bir araç filosu, birden fazla müşteriye birden fazla hizmet verilen birden fazla dönemde ve birden fazla aracın hizmet verebileceği ayrı teslimatlar dahil olmak üzere kaynaklara müşteri ataması.
2. Bir grup müşteriye teslimatların yapıldığı ve bir dizi satıcı / müşteriden malların alındığı ve siparişlerin dinamik olarak alınabileceği, bazı müşterilerin olması gerektiği gibi öncelik kısıtlamaları olduğu, yedeklemeler ve teslim alma ve teslim etme dahil olmak üzere sıra seçenekleri başkalarına karşı hizmet verilen ve araçların birden fazla seferden ayrılıp depoya dönebileceği çoklu yolculuklar.
3. Her müşterinin belirli bir zaman dilimi içinde hizmet vermesi gereken zaman periyotları, zamana bağlı seyahat süreleri veya zamana bağlı servis maliyetleri gibi zamana bağlı özelliklere sahip ağlar ve yükleme kısıtlamaları gibi sabit sekansların değerlendirilmesi . (Vidal T, Crainic TG, Gendreau M, Prins C. 2013)

Farklı araç rotalama problemleri için hem kesin hem de sezgisel olan birçok farklı çözüm yöntemi geliştirilmiştir ve yöntemlerin belirli bir soruna göre uyarlanması gerekse de, araç rotalama problemlerinin farklı uzantılarına birkaç yöntem uygulanabilir. Tutarlı bir şekilde, araç rotalama problemleri için kesin yöntemler yalnızca 200 müşteriyle olan problemleri çözebilir. (Toth P, Vigo D. 2002).

Araç rotalama problemlerinde başarılı sezgisel yöntemler hemen hemen her zaman farklı klasik sezgisel birliği kullanır. Son zamanlarda, matematiksel programlama tekniklerine ve sezgisel yöntemlere dayanan kesin yöntemlerin birleşimi önerilmektedir. (Drexl M. Rich, 2012). Bununla birlikte, giderek daha eksik ve en iyi duruma getirme yaklaşımlarına ve matematiksel programlama tabanlı sezgisel taramalara dayanan daha karmaşık ve bütünsel sorunların optimal çözümlerine yakın çözümleri mümkündür ve bu yeterlidir.

3. ARAŞTIRMA ve BULGULAR

Bu çalışmada gıda endüstrisinde, özel olarak perakendecilik sektöründe soğuk zincir ele alınmış olup, birden fazla kısıtla gerçek bir araç rotalama problemi farklı çözümlerle ele alınmıştır.

Birden fazla müşteriye yapılacak olan teslimatların, araç kısıtları ise; transportta az rastlanan frigofirik araç zorunluluğu ve bu araçların kapasitesidir.

5 farklı teslimat noktası seçilerek oluşturulan problemde, araç taşıma firmasından alınan mesafeler arası ücretlendirmeler kapsamında en az maliyetli çözüme odaklanılmıştır. Bir perakendecinin 5 farklı şehirde bulunan depolarına olan ulaşım ağını en iyi şekilde optimize eden yöntem tercih edilecektir. Bu depolardan ilk ürün teslimi Bursa'da bulunan ana depodan olup, diğer depolarda müşterilere doğrudan ürün teslimi olmaktadır.

Bu yöntemlerden ilki olan en yakın nokta algoritmasıyla beraber, ikinci yöntem olarak süpürme algoritması kullanılmıştır;

Şehirler;

İstanbul, Ankara, İzmir, Antalya, Adana

Depo Lokasyonu;

Bursa

Kısıtlar,

Frigofirik araç kapasitesi tip 1: 22000 lt

Frigofirik araç kapasitesi tip 2: 15000 lt

Donuk ürünlerin en kısa mesafe ve maliyetle müşteriye ulaştırılması

1 adet ürün 0,36 lt hacim kaplamaktadır.

Tablo 1. Müşteri Talepleri;

Şehirler	Müşteri talepleri
İstanbul	16600 adet
Ankara	13200 adet
İzmir	11500 adet
Antalya	8400 adet
Adana	7700 adet
Toplam	57400 adet

82

Şekil 1. Depo Lokasyonu ve Teslimat Şehirleri

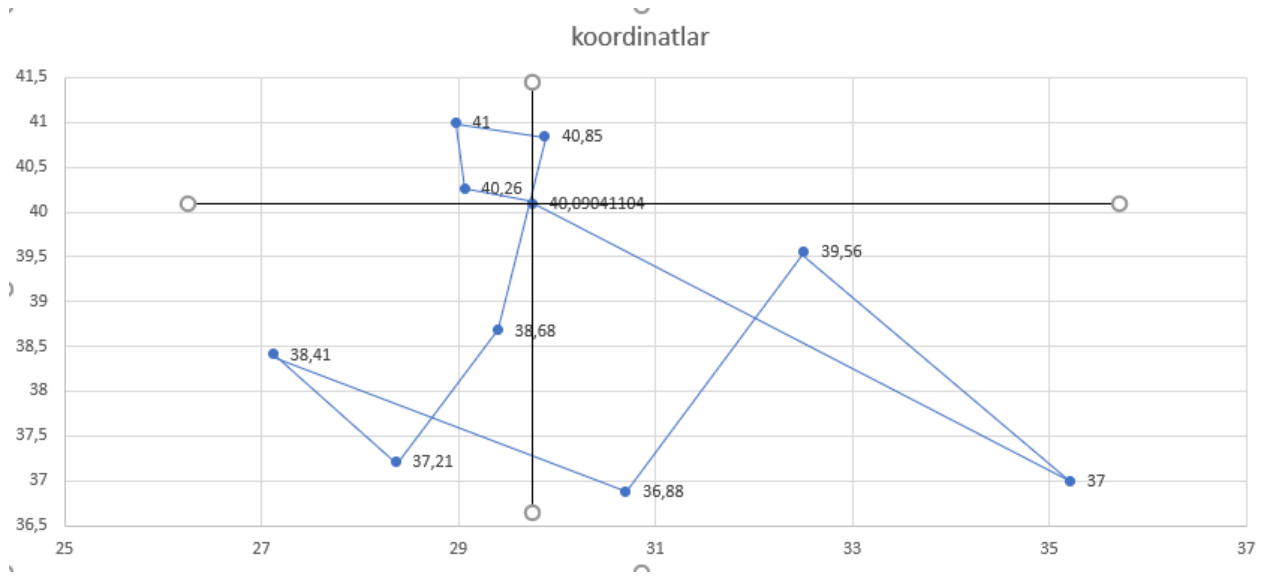


3.1.EN YAKIN NOKTA İLE ÇÖZÜME YAKLAŞIM

3.1.1. EN YAKIN KOMŞU ALGORİTMASI

Bu yöntem araç rotalama yöntemlerini inceleyen Bellmore and Nemhauser'un (1966) araştırmalarıyla günümüze kadar süregelen bir gelişim göstermiştir. Bu algoritma aynı zamanda Gezgin Satıcı Problemi çözümü için kullanılan olabildiğince kolay bir algoritmadır. Çözümün ilk adımı olarak, bir başlangıç noktasından, çevresindeki en yakın görünen noktalar arasında en yakın noktaya gidilir. Bir sonraki yön olarak, bir sonraki en yakın noktaya gidilerek, son aşamada başlangıç noktasına geri dönlür. Bu problemin çözümündede kullanacağımız en yakın komşu algoritmasından bir örneği Şekil 2'de paylaşılmaktadır.

Şekil 2. En Yakın Komşu Algoritması örnek çizim



3.1.2. PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ

Problemin çözümü için 5 şehrin koordinatları ve sipariş miktarları Tablo 2'de gösterilmiştir. Koordinatlar için google maps uygulaması kullanılmıştır. (www.google.com/maps)

1 adet ürün 0,36 lt hacim kapladığına göre, tip 1 aracı seçilerek tek araçla rotalar oluşturulabilir.

Toplam adet : 57400 olduğuna göre $57400 \times 0,36 \text{ lt} = 20664 \text{ lt}$

Tablo 2. Koordinat ve Sipariş Miktarları

	Koordinatlar		Sipariş Miktarları
Şehirler	N	E	
Ankara	39,56	32,51	13.200
İstanbul	41	28,97	16.600
İzmir	38,41	27,12	11.500
Antalya	36,88	30,7	8.400
Adana	37	35,21	7.700

Şehirlerin hangisinin daha yakın olduğunu tespit edebilmek adına şehirlerin birbirine olan uzaklıkları Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Ana Depo ve Teslimat Şehirlerin Birbirine Uzaklıklarının Matrisi

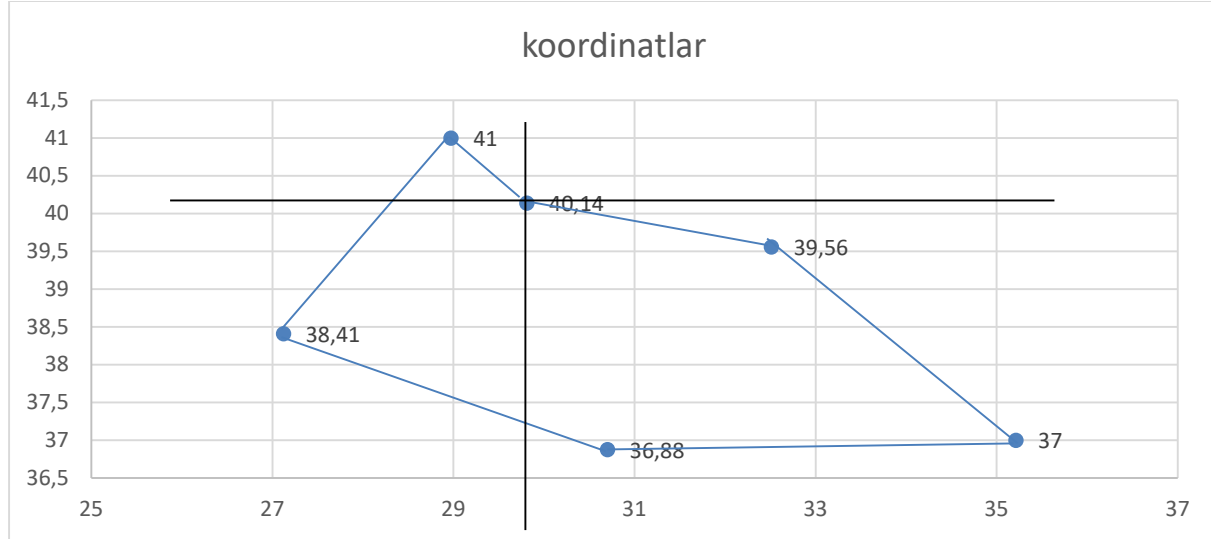
	Bursa	Ankara	İstanbul	İzmir		Antalya	Adana
Bursa	0	388	153	330		549	807
Ankara	388	0	449	585		486	501
İstanbul	153	449	0	469		695	932
İzmir	330	585	469	0		457	896
Antalya	549	486	695	457		0	607
Adana	807	501	932	896		607	0

Problemin çözümüne giderken kutupsal koordinatlar üzerinden hangi şehirden başlanacağı ortaya konmuştur. Bu hesaplamalar dahilinde,

- ilk nokta Bursa'dan İstanbul'a 153 km ile
- ikinci nokta İstanbul'dan İzmir'e 469 km ile
- üçüncü nokta İzmir'den Antalya'ya 457 km ile
- dördüncü nokta Antalya'dan Adana'ya 607 km ile
- beşinci nokta Adana'dan Ankara'ya 501 km ile rota belirlenmiştir.

Toplam gidilen km sayısı, 2187 km olurken; araç maliyetleri km bazında 5419,03 tl olarak hesaplanmıştır.

Şekil 3: Problemin Çözümü ve Koordinatlar



Tablo 4. Varış Noktalarının Tespiti

	Bursa	km	maliyet (tl)
1.varış noktası	İstanbul	153	484,89
2.varış noktası	İzmir	469	1167,93
3.varış noktası	Antalya	457	1165,22
4.varış noktası	Adana	607	1335,46
5.varış noktası	Ankara	501	1265,53
	Toplam	2187	5419,03

3.2. SÜPÜRME ALGORİTMASI İLE ÇÖZÜME YAKLAŞIM

3.2.1. SÜPÜRME ALGORİTMASI

Bu yöntem Gillett ve Miller'in araştırmaları(1971) sonucunda ileriyeletilmiştir. Çözümde iki aşamalı olarak kullanılan bir yapı söz konusudur.

Yöntemin ilk aşamasında, bütün teslimat noktaları ve ana depo ortada düşünülerek, koordinat düzlemi üzerinde Şekil 4'te gösterildiği gibi çizilir. Daha sonra ise her bir teslimat noktasının ana depoya olan ve X(doğu-batı) eksenini ile olan θ_i açı değeri hesaplanır. Bu açılardan en küçük olan, bir sonraki teslimat noktası olarak varsayılır.

Eğer kısıtlar dahilinde tüm limitlere ulaşılır ve bir sonraki nokta ile devam edilemezse, ayrı bir küme yaratılarak o kümeye dahil edilir.

Yöntemin ilk aşamasında düşey düzlem üzerinde yapılan hareket saat yönünde olarak devam edilir. Yöntemin ikinci aşamasında hangi yön kullanılmamışsa tersi alınarak ikinci bir çözüm ortaya çıkarılır. Bu aşamalardan hangisi en optimum sonuca ulaştırırsa, o aşama çözüm için kabul edilir. (Nurcahyo, G.W., Alias, R.A., Shamsuddin, S.M., Sap., M.N.M., 2002).

3.2.2. PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ

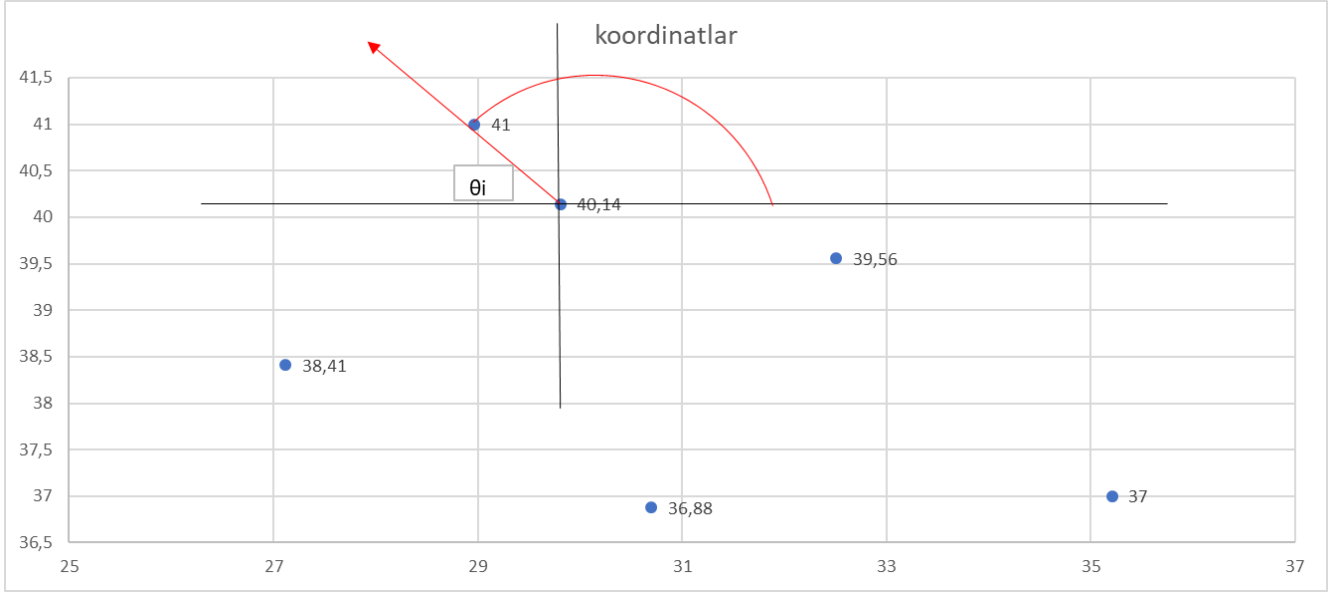
Problemin çözümü için 5 şehrin koordinatları ve sipariş miktarları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Koordinatlar için google maps uygulaması kullanılmıştır. (www.google.com/maps)

Tablo 2. Koordinat ve Sipariş Miktarları

	Koordinatlar		Sipariş Miktarları
Şehirler	N	E	
Ankara	39,56	32,51	13.200
İstanbul	41	28,97	16.600
İzmir	38,41	27,12	11.500
Antalya	36,88	30,7	8.400
Adana	37	35,21	7.700

Şehirlerin koordinatları aşağıdaki gibi Şekil 4'te belirlenmiştir.

Şekil 4. Ana depo ve şehirlerin koordinasyonları (saat yönünde)

1. Aşama ile saat yönünde çözüme ulaşıldığında izlenen rota aşağıdaki gibidir.

Problemın çözümüne giderken kutupsal koordinatlar üzerinden hangi şehirden başlanacağı ortaya konmuştur. Bu hesaplamalar dahilinde,

87

- ilk nokta Bursa'dan İstanbul'a 153 km ile
- ikinci nokta İstanbul'dan Ankara'ya 449 km ile
- üçüncü nokta Ankara'dan Adana'ya 501 km ile
- dördüncü nokta Adana'dan Antalya'ya 607 km ile
- beşinci nokta Antalya'dan İzmir'e 457 km ile rota belirlenmiştir.

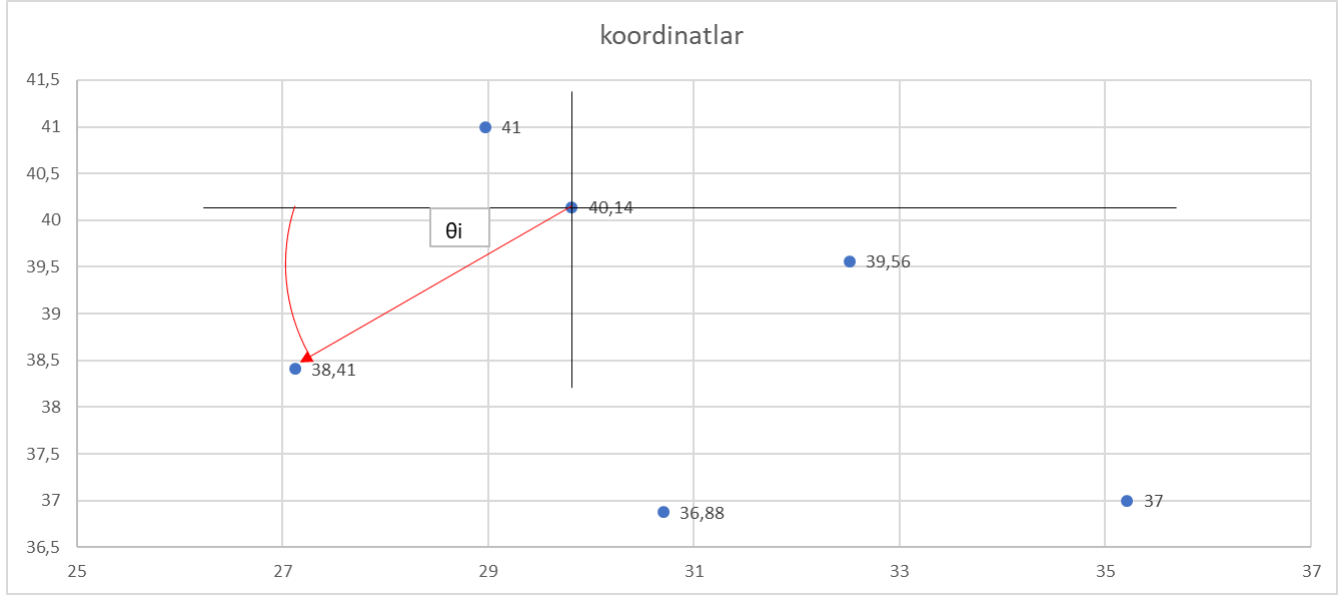
Toplam gidilen km sayısı, 2167 km olurken; araç maliyetleri km bazında 5383,71 tl olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5. Saat yönüne çözümde varış noktalarının tespiti

	Saat Yönünde Çözüm		
	Bursa	km	maliyet(tl)
1.varış noktası	İstanbul	153	484,89
2.varış noktası	Ankara	449	1132,61
3.varış noktası	Adana	501	1265,53

4.varış noktası	Antalya	607	1335,46
5.varış noktası	İzmir	457	1165,22
	Toplam	2167	5383,71

Şekil 5. Ana depo ve şehirlerin koordinasyonları (saat yönünün tersine)



2. Aşama ile saat yönünün tersine gidilerek çözüme ulaşıldığında izlenen rota aşağıdaki gibidir.

Problemın çözümüne giderken kutupsal koordinatlar üzerinden hangi şehirden başlanacağı ortaya konmuştur. Bu hesaplamalar dahilinde,

- ilk nokta Bursa'dan İzmir'e 330 km ile
- ikinci nokta İzmir'den Antalya'ya 457 km ile
- üçüncü nokta Antalya'dan Adana'ya 607 km ile
- dördüncü nokta Adana'dan Ankara'ya 501 km ile
- beşinci nokta Ankara'dan İstanbul'a 449 km ile rota belirlenmiştir.

Toplam gidilen km sayısı, 2344 km olurken; araç maliyetleri km bazında 5853,18 tl olarak hesaplanmıştır

Tablo 6. Saat yönünün tersinde varış noktalarının tespiti

	Saat Yönünün Tersine Çözüm		
	Bursa	km	maliyet(tl)
1.varış noktası	İzmir	330	954,36
2.varış noktası	Antalya	457	1165,22
3.varış noktası	Adana	607	1335,46
4.varış noktası	Ankara	501	1265,53
5.varış noktası	İstanbul	449	1132,61
	Toplam	2344	5853,18

4. SONUÇ

Bu çalışmada araç rotalama problemleri ile 3 farklı çözüme ulaşılmış olup, maliyet ve mesafenin uzunluğu düşünüldüğünde en mantıklı çözüm süpürme algoritmasının saat yönünde ele alınarak oluşturulan rotayla bulunmuştur. Araç rotalama yöntemleri ele alındığında farklı çözümlere ulaşılabildiği gibi, kullanılan yöntemlerin işletme için en karlı olanı seçilebilir. Günlük hayatta satın aldığımız birçok gıda ürününün bozulmadan son tüketiciye ulaştırılması iyi bir soğuk zincirinin yönetimiyle sağlanabilir. Şirketlerin tedarik zincirinde daha az maliyetli bir şekilde ürünleri müşterilere ulaştırması ve bu soğuk zinciri en üst düzeyde yönetmesi için, araç rotalama problemleri günlük uygulamalara yansıtılmalıdır. Çalışma yapılırken incelenen gıda firmalarının tedarik zincirleri yönetimi ele alındığında, sezgisel yöntemlerin kullanıldığı gözlenmiştir. Eğer sadece bir taşıma aracının bile fark yarattığını fark edebilirsek, tüm bir finans yılına bakıldığında şirketlerde yüksek oranda bir karlılık sağlanabilir. Bu düşünce ile yola çıkan araç rotalama problemleri için kurulan firmalar olmasına rağmen, her şirketin ihtiyaçlarını ve isteklerini karşılayabilen optimum bir çözüm veya uygulama yoktur. Bu sebeple en iyi çözüm olarak soğuk zincirin yönetiminde tedarik zinciri ekibinin en iyi şekilde araç rotalama problemlerini kullanması hedeflenerek, kısıtlar dahilinde optimum sonuca ulaşılmalıdır. Günümüzde karşımıza çıkan bir çok kısıtı, her bir firma için bu şekilde çözüme ulaştırabilir ve ekonomiye katkı sağlayabiliriz. Ekonomik değerlerin yanısıra çevresel kirlenme ve ürünlerin gideceği en az yolla tedarik sürecinin tamamlanması söz konusu olacağı için araç rotalama problemlerinin günlük hayatta kullanımı oldukça önemlidir.

5. KAYNAKÇA

- Cottrill, K. 1997. Reforging the supply chain. Journal of Business Strategy, 18:35–39.
- Stevenson, W. J. 2002. Operations management, 7th ed. New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Betts, M. 2001. Kinks in the chain. Computerworld 35(51):34–35.

Fisher, M. L. 1997. What is the right supply chain for your product? Harvard Business Review 75: 105–116.

Salin, V., Nayga Jr, R. M., 2002. A Cold Chain Network For Food Exports to Developing Countries, Department of Agricultural Economics International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 33: 1-10

Dantzig GB, Ramser JH. 1959. The truck dispatching problem. Management Science.;6:80-91.

Toth P, Vigo D.,2002. Preface. In: Toth P, Vigo D, editors. The Vehicle Routing Problem. SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications. Philadelphia, PA: SIAM Publishing; 17-18.

Baldacci R, Battarra M, Vigo D. 2008. Routing a heterogeneous fleet of vehicles. In: Golden BL, Raghavan S, Wasil EA, editors. The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges. vol. 43 of Operations Research/ Computer Science Interfaces. New York: Springer; 3-27.

Vidal T, Crainic TG, Gendreau M, Prins C. 2013. Heuristics for multi-attribute vehicle routing problems: a survey and synthesis. European Journal of Operational Research.; 231:1-21. 17)

Toth P, Vigo D. 2002. An overview of vehicle routing problems. In: Toth P, Vigo D, editors. The Vehicle Routing Problem. SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications. Philadelphia, PA: SIAM Publishing; 1-26.

Drexel M. Rich, 2012. Vehicle routing in theory and practice. Logistics Research. 5:47-63.

Bellmore, M., Nemhauser G.L., 1966. The Travelling Salesman Problem: A Survey. Operations Research, Vol. 16, No. 3 , 538-558.

www.google.com/maps

Gillett, B.E., Miller, L.R., 1971. A Heuristic Algorithm For the Vehicle Dispatch Problem. Operation Research, vol. 22: 340-349

Nurcahyo, G.W., Alias, R.A., Shamsuddin, S.M., Sap., M.N.M., 2002. Sweep Algorithm in Vehicle Routing Problem For Public Transport. Jurnal Antarabangsa (Teknologi Maklumat) 2: 51-64.