

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTATİSTİK VE BİLGİSAYAR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

KARAYOLLARI ÜZERİNDE DAĞITIM NOKTALARININ KONUMUNUN
BELİRLENMESİNDE YAPAY ARI KOLONİ ALGORİTMASININ
KULLANILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yeşim YEGİNOĞLU

HAZİRAN 2014
TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTATİSTİK VE BİLGİSAYAR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

KARAYOLLARI ÜZERİNDE DAĞITIM NOKTALARININ KONUMUNUN
BELİRLENMESİNDE YAPAY ARI KOLONİ ALGORİTMASININ
KULLANILMASI

Yeşim YEGİNOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"YÜKSEK LİSANS (İSTATİSTİK)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23.05.2014
Tezin Savunma Tarihi : 13.06.2014

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Orhan KESEMEN

Trabzon 2014

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalında
Yeşim YEGİNOĞLU tarafından hazırlanan

KARAYOLLARI ÜZERİNDE DAĞITIM NOKTALARININ KONUMUNUN
BELİRLENMESİNDE YAPAY ARI KOLONİ ALGORİTMASININ
KULLANILMASI

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 27 / 05 / 2014 gün ve 1555/05 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Çetin CÖMERT

Üye : Doç. Dr. Türkan ERBAY DALKILIÇ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Orhan KESEMEN

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Karayolları Üzerinde Dağıtım Noktalarının Konumunun Belirlenmesinde Yapay Arı Koloni Algoritmasının Kullanılması” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Başta tez çalışma süresince değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Orhan KESEMEN’ e, lisans eğitimimden bu yana bilgilerinden faydalanmamı sağlayan bütün bölüm hocalarıma, tez sürecinde hiçbir yardımdan kaçınmayan arkadaşlarım Eda ÖZKUL’ a ve Serkan AKBAŞ’ a teşekkürü borç bilirim.

Son olarak tüm hayatım boyunca maddi manevi her zaman beni destekleyen, her adımında arkamda duran ve bugünlerimin mimarı olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasının, bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Yeşim YEGİNOĞLU

Trabzon 2014

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Yapay Arı Koloni Algoritması İle Şehirlerarası Yollarda Dağıtım Noktalarının Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd. Doç. Dr. Orhan KESEMEN’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 13/06/2014

Yeşim YEGİNOĞLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Optimizasyon.....	1
1.3. Şebeke Problemleri.....	2
1.3.1. Minimum Kapsayan Ağaç Algoritması.....	3
1.3.2. En Kısa Yol Algoritması	4
1.3.2.1 Dijkstra Algoritması.....	4
1.3.2.2 Floyd-Warshall Algoritması.....	5
1.3.3. Maksimum Akış Algoritması	7
1.3.4. Minimum Maliyet Kapasiteli Şebeke Algoritması.....	8
1.3.5. Kritik Yol Algoritması.....	9
1.3.6. Steiner Ağacı	9
1.4. Gezgin Satıcı Problemi ve Hamilton Döngüsü	11
1.5. Yapay Arı Kolonisi Algoritması	15
1.6. Literatür Çalışması	16
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	19
2.1. Giriş.....	19
2.2. Uzaklık Tabanlı Yapay Arı Kolonisi Algoritması	19

2.3.	Geliştirilen Yöntemin Gerçek Yaşama Uygulaması	23
2.3.1.	Bakkalım A. Ş.	23
2.3.2.	Senaryo 1	28
2.3.3.	Senaryo 2	37
2.3.4.	Senaryo 3	46
2.3.5.	Senaryo 4	53
2.3.6.	Senaryo 5	59
3.	BULGULAR VE SONUÇLAR	66
4.	ÖNERİLER	68
5.	KAYNAKLAR.....	69

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans

ÖZET

KARAYOLLARI ÜZERİNDE DAĞITIM NOKTALARININ KONUMUNUN
BELİRLENMESİNDE YAPAY ARI KOLONİ ALGORİTMASININ KULLANILMASI

Yeşim YEGİNOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Orhan KESEMEN
2014, 70 Sayfa

Günümüzde nüfusa bağlı artan tüketim söz konusu olduğundan bakkallar, marketler, mağazalar gibi işletmeler için dağıtım merkezlerinin önemi günden güne artmaktadır. Bu çalışmada Trabzon ili Kalkınma mahallesinde bulunan 30 adet bakkalın ürün tedarikinde kullanacağı dağıtım merkezlerinin konumları belirlenecektir. Dağıtım merkezlerinin sadece kavşak veya bakkal noktaları gibi belirli noktalar üzerinde değil tüm karayolu doğrultuları üzerinde konumlanabileceği hesaba katılarak çalışma sürdürülmüştür. Bakkallar arası yollarda dağıtım merkezleri oluşturmak hem taşıma maliyetlerini ve zaman kaybını en aza indirebilmeye hem de tek bir dağıtım merkezine birden çok bakkalın rahatça ulaşabilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca, dağıtım merkezleri işletmelere yakın olursa, zaman kaybı ve ürünleri taşıyan taşıtların sebep olduğu çevre kirliliği azalacaktır.

Çalışmada bakkallar arası yollar doğru parçalarıyla belirlenmektedir. Yollar iki boyutlu uzayda ayrı ayrı doğru parçalarının birleşimi biçiminde tanımlanmaktadır. Dolayısıyla mevcut optimizasyon yöntemleri alan içinde arama yaparken bu çalışmada doğrular üzerinde bir kısıtlamaya gidildiğinden farklı bir yaklaşım gerekmiştir. Bunun için yapay arı koloni algoritması mevcut probleme göre uyarlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gezgin Satıcı Problemi, Yapay Arı Koloni Algoritması, Dağıtım Merkezi.

Master Thesis

SUMMARY

DETERMINING THE LOCATION OF DISTRIBUTION POINTS ON HIGHWAYS
USING ARTIFICIAL BEE COLONY ALGORITHM

Yeşim YEGİNOĞLU

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Statistical and Computer Science Graduate Program
Supervisor: Assist. Prof. Orhan KESEMEN
2014, 70 Pages

Today, when it comes to increasing consumption based on population, importance of distribution centers for businesses like grocery stores, shops is increasing day by day. In this study it is determined the places of distribution center of 30 groceries in order to procure the products in Kalkınma and Üniversite quarters in Trabzon city .This study has been occurred by considering that distribution centers are not only on specific points but also entire main roads directions. Occurring distribution centers on the roads between groceries enable to minimize both loss of time & transportation costs and easily transportation to a distribution center for more than one groceries. In addition, if the distribution centers are close to groceries, loss of time and environmental pollution caused by product carrying vehicles will be reduced.

The roads between groceries are determined by line segments. Roads are defined by the conjunction of separated line segments in two-dimensioned space. Present optimization methods research in area but, in this study it is required different approach because of the limitation about lines. For this reason, artificial bee algorithm has been improved based on present problem.

Key Words: Travelling Salesman Problem, Artificial Bee Colony Algorithm, Distribution Center.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.Şebeke	3
Şekil 2. Ağaç diyagramları; (a) Sade ağaç diyagramı; (b) Kapsayan ağaç diyagramı	3
Şekil 3. Üç işlem.....	5
Şekil 4. Akış diyagramı	8
Şekil 5. CPM şebeke.....	9
Şekil 6. Steiner noktası	10
Şekil 7. Toricelli yöntemine göre Steiner noktasının bulunması.....	11
Şekil 8. Dört noktalı şebeke için Steiner noktaları	11
Şekil 9. Atın turu	12
Şekil 10. Örnek Şebeke	13
Şekil 11. Minimum maliyetli Hamilton yolunun gösterimi	13
Şekil 12. Gezgin satıcı problemi için örnek	14
Şekil 13. Yapay Arı Kolonisi akış diyagramı.....	17
Şekil 14. Kalkınma ve Üniversite Mahalleleri haritası	24
Şekil 15. Kalkınma ve Üniversite mahallelerindeki yolların sayısallaştırılması.....	25
Şekil 16. Düğüm ve bakkal noktaları	26
Şekil 17. Senaryo 1, 1. çevrim – 1. çözüm	28
Şekil 18. Senaryo 1, 1. çevrim – 2. çözüm	29
Şekil 19. Senaryo 1, 1. çevrim – 3. çözüm	30
Şekil 20. Senaryo 1, 1. çevrim – 4. çözüm	31
Şekil 21. Senaryo 1, 1. çevrim – 5. çözüm	32
Şekil 22. Senaryo 1, 9. çevrim için en iyi çözüm	33
Şekil 23. Senaryo 1, 10. çevrim için en iyi çözüm	34
Şekil 24. Senaryo 1, 100. çevrim için en iyi çözüm	35
Şekil 25. Senaryo 1 için en iyi çözüm	36
Şekil 26. Senaryo 2, 1. çevrim – 1. çözüm	37
Şekil 27. Senaryo 2, 1. çevrim – 2. çözüm	38
Şekil 28. Senaryo 2, 1. çevrim – 3. çözüm	39
Şekil 29. Senaryo 2, 1. çevrim – 4. çözüm	40

Şekil 30. Senaryo 2, 1. çevrim – 5. çözüm	41
Şekil 31. Senaryo 2, 2. çevrim için en iyi çözüm	42
Şekil 32. Senaryo 2, 71. çevrim için en iyi çözüm	43
Şekil 33. Senaryo 2, 98. çevrim için en iyi çözüm	44
Şekil 34. Senaryo 2 için en iyi çözüm	45
Şekil 35. Senaryo 3, 1. çevrim -1. çözüm.....	46
Şekil 36. Senaryo 3, 1. çevrim -2. çözüm.....	47
Şekil 37. Senaryo 3, 1. çevrim -3. çözüm.....	48
Şekil 38. Senaryo 3, 1. çevrim -4. çözüm.....	49
Şekil 39. Senaryo 3, 1. çevrim -5. çözüm.....	50
Şekil 40. Senaryo 2, 18. çevrim için en iyi çözüm	51
Şekil 41. Senaryo 2 için en iyi çözüm	52
Şekil 42. Senaryo 4, 1. çevrim – 1. çözüm	53
Şekil 43. Senaryo 4, 1. çevrim – 2. çözüm	54
Şekil 44. Senaryo 4, 1. çevrim – 3. çözüm	55
Şekil 45. Senaryo 4, 1. çevrim – 4. çözüm	56
Şekil 46. Senaryo 4, 1. çevrim – 5. çözüm	57
Şekil 47. Senaryo 4 için en iyi çözüm	58
Şekil 48. Senaryo 5, 1. çevrim – 1. çözüm	59
Şekil 49. Senaryo 5, 1. çevrim – 2. çözüm	60
Şekil 50. Senaryo 5, 1. çevrim – 3. çözüm	61
Şekil 51. Senaryo 5, 1. çevrim – 4. çözüm	62
Şekil 52. Senaryo 5, 1. çevrim – 5. çözüm	63
Şekil 53. Senaryo 5, 68. çevrim için en iyi çözüm	64
Şekil 54. Senaryo 5 için en iyi çözüm	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. İşaretlenen Marketler (Bakkallar)	27
--	----

SEMBOLLER DİZİNİ

ABC	: Yapay arı koloni algoritması
CPM	: Kritik yol metodu
k	: Tüm ikili komşulukları gösteren dizin numarası
s(k)	: Komşuluk veri yapısı
rand(0,1)	: Düzgün dağılımdan [0,1) aralığında rastgele bir sayı
\overline{C}_{ij}	: i ve j arasındaki akış
u(m,n)	: m. noktadan n. noktaya olan en kısa uzaklık
D	: Dağıtım noktalarının sayısı
b	: Bakkal noktaları
N	: Toplam besin bölgesi sayısı
d_{ij}	: i ve j bağlantıları arasındaki uzaklık
$ yol_{bd}$: Bakkal ile dağıtım merkezi arasındaki en kısa uzaklık

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Günümüzde nüfusa bağlı artan tüketim söz konusu olduğundan bakkallar, marketler, mağazalar gibi işletmeler için dağıtım merkezlerinin önemi günden güne artmaktadır. Bu tip işletmeler piyasada tutunabilmek için müşterilerinin taleplerini hızlı ve sağlıklı bir şekilde karşılamak zorundadırlar. Bunun yanı sıra zaman kaybı ve çevre kirliliği günümüzde insanoğlunu ilgilendiren en önemli konulardan ikisidir. Dağıtım merkezlerinden işletmelere ürünler taşınmaktadır ve dağıtım merkezleri işletmelere ne kadar yakın olursa zaman kaybı ve ürünleri taşıyan taşıtların çevreye verdiği zarar o kadar az olacaktır.

Çalışmada dağıtım merkezlerinin sadece belirli noktalar üzerinde değil tüm karayolu doğrultuları üzerinde konumlanabileceği hesaba katılmıştır. Bakkallar arası yollarda dağıtım merkezleri oluşturmak hem taşıma maliyetlerini ve zaman kaybını en aza indirebilmeye hem de tek bir dağıtım merkezine birden çok bakkalın rahatça ulaşabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışmanın sürdürülebilmesi için optimizasyon yöntemlerine başvurulmuş ve karayolu hattı üzerinde dağıtım merkezinin konumunun belirlenebilmesi için yapay arı kolonisi algoritması uygulanmıştır.

1.2. Optimizasyon

Optimizasyon, kelime olarak eniyileme anlamına gelmektedir ve belirlenen bir problem için tüm kısıtlar altında en iyi çözümü elde etmek için kullanılmaktadır (Murthy, 2003). Terim olarak optimizasyon, matematik alanında, bir fonksiyonu minimize veya maksimize etmek amacı ile sayı değerlerini, tanımlı bir aralıkta seçip fonksiyona yerleştirerek sistematik olarak bir problemi incelemek ya da çözmek işlemlerini ifade etmektedir (Snyman, 2005).

Optimizasyon problemleri, verilen kısıtlar çerçevesinde bilinmeyen parametre değerlerinin bulunmasını hedefleyen herhangi bir problem olarak tanımlanabilir.

Optimizasyon günümüzde neredeyse her alanda kullanılmaktadır. Üretim alanında da sıklıkla optimizasyona başvurulmaktadır.

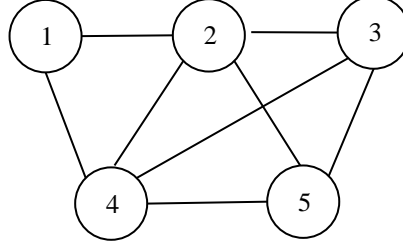
Optimizasyon yöntemlerini aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Doğan ve Alçı, 2011) :

- ❖ Klasik Metotlar
 - Analitik Metotlar
 - Doğrusal Problemler için Kullanılan Metotlar
 - Doğrusal Programlama
 - Dahili Nokta Metodu
 - Tamsayı – Karmaşık Tamsayı Metodu
 - Doğrusal Olmayan Problemler için Kullanılan Metotlar
 - Doğrusal Olmayan Programlama
 - İkinci Dereceden Programlama
 - Newton Metodu
 - Çözüm Yapılandırıcı Metotlar
 - Dinamik Programlama
 - Dal Sınır Metodu
 - Lagrange Metodu
 - Kesen Düzlem Metodu
- ❖ Modern ve Sezgisel Metotlar
 - Deterministik Metotlar
 - Tabu Araştırma
 - Olasılık Temelli Metotlar
 - Gelişime Dayalı Metotlar
 - Evrimsel Algoritmalar
 - Yapay Sinir Ağları
 - Uzman Sistemler
 - Bulanık Mantık
 - Sürü Zekası Temelli Metotlar
 - Parçacık Sürü Optimizasyonu
 - Karınca Kolonisi Algoritması
 - Yapay Arı Kolonisi Algoritması

1.3. Şebeke Problemleri

Şebeke, dallar ile birbirine bağlanmış bir dizi düğümden meydana gelir. Her bir şebeke, N düğümler kümesi, S ise bağlantılar kümesi olmak üzere (N, S) ile gösterilir. Tek bir yönde akışa izin veren bağlantılara yönlendirilmiş bağlantı adı verilmektedir. Yol her bir daldaki akış göz ardı edilerek iki düğümü birbirine bağlayan dalların sırasıdır. Eğer yol bir düğümü tekrar kendisine bağlar ise bir döngü veya çevrim meydana gelir. Ağaç, bağlı

şebekenin tüm düğümlerinin bir alt kümesini ilgilendiren bir şebeke iken kapsayan ağaç şebekenin bütün düğümlerini birbirine bağlar.

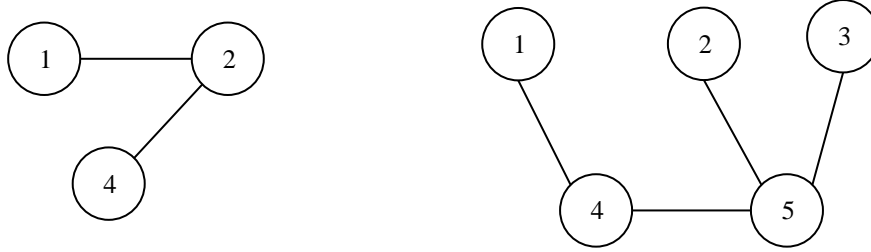


Şekil 1. Şebeke

Örneğin, Şekil 1'deki şebeke şöyle tanımlanır:

$$N = \{1,2,3,4,5\}$$

$$A = \{(1,2), (1,4), (2,3), (2,4), (2,5), (3,4), (3,5), (4,5)\}$$



(a)

(b)

Şekil 2. Ağaç diyagramları; (a) Sade ağaç diyagramı; (b) Kapsayan ağaç diyagramı

Şekil 2'de ağaç diyagramlarına örnekler verilmiştir. Minimum kapsayan ağaç algoritması, en kısa yol algoritması, maksimum ağaç algoritması, minimum maliyet kapasiteli şebeke algoritması ve kritik yol algoritması bazı şebeke esaslı algoritmalarıdır (Taha, 2007).

1.3.1. Minimum Kapsayan Ağaç Algoritması

Minimum kapsayan ağaç algoritması dalların en kısa bağlantılı olanlarını kullanarak şebekenin dallarının birbiriyle ilişkilendirilmesi ile ilgilendirilir (Çevik, Karaca ve Özkan, 2011).

$N = \{1, 2, \dots, n\}$ şebekenin düğümler kümesi C_k algoritmanın k tekrarında kesin olarak bağlanmış düğümler kümesi ve $\overline{C_k}$ 'nın da kesin olarak bağlanmamış düğümler kümesi olarak kabul edildiğinde algoritmanın adımlar şöyledir:

Başlangıç adımı: $C_0 = \emptyset$ ve $\overline{C_0} = N$ olarak belirlenir

Adım 1: $\overline{C_0}$ 'deki her hangi bir düğümlerle başlayıp $C_1 = \{i\}$ olarak atanır.

$\overline{C_1} = N - \{i\}$ sonucu elde edilir ve $k = 2$ olarak belirlenir.

Genel adım: C_{k-1} 'deki bir düğüme en kısa bağlantıyı veren $\overline{C_{k-1}}$

1.3.2. En Kısa Yol Algoritması

En kısa yol algoritması bir şebeke içindeki herhangi iki nokta arasındaki en kısa (mesafe, maliyet, süre vb.) rotayı bulmayı hedefler. Bu çalışmada iki çeşit en kısa yol algoritmasından bahsedilecektir:

- Dijkstra Algoritması
- Floyd-Warshall Algoritması

1.3.2.1 Dijkstra Algoritması

Dijkstra algoritması, ilk düğüm ile şebekedeki herhangi başka bir düğüm arasındaki en kısa yolların belirlenmesi için E. W. Dijkstra tarafından tasarlanmış ve 1959 yılında yayınlanmıştır (Dijkstra, 1959; Johnson, 1973).

u_i : 1. Düğümden i . düğüme olan en kısa uzaklık

d_{ij} : (i, j) bağlantısının uzunluğu

olarak kabul edilir ve j düğümü $[u_{ij}, i] = [u_i + d_{ij}, i], d_{ij} \geq 0$ şeklinde tanımlanır.

Algoritma adımları:

Başlangıç adımı: Birinci düğüm $[0, -]$ kalıcı etiketiyle etiketlenir. $i = 1$ olarak atanır.

Adım 1: a) j kalıcı etiketlenmediği durumda i . Düğümden ulaşılabilen her bir j düğümü için geçici $[u_i + d_{ij}, i]$ hesaplanır. j düğümü daha önce başka bir t düğümünde u_j, k ile etiketlenmiş ve $u_i + d_{ij} < u_j$ ise $[u_j, k]$,

$[u_i + d_{ij}, i]$ ile değiştirilir.

- b) Tüm düğümler kalıcı etiketler ile etiketlenmiş ise durulur. Değilse Adım 2'ye geçilir.

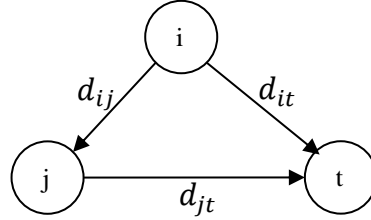
Adım 2: Bütün geçici etiketlenmiş düğümler arasından en kısa mesafeli olan $[u_r, s]$ seçilir, $i = r$ olarak belirlenir ve 1. Adım tüm düğümler kalıcı etiketlenene kadar tekrarlanır.

1.3.2.2 Floyd-Warshall Algoritması

Floyd- Warshall algoritması verilen şebekedeki herhangi iki düğüm arasındaki en kısa mesafenin bulunmasına olanak verir (Bell, 1995).

Algoritma m düğümlü şebekeyi, $(m \times m)$ kare matris şeklinde gösterir.

d_{ij} , i . düğümden j . düğüme olan uzaklık miktarı olmak üzere i, j 'ye direkt olarak bağlı değilse sonsuz (∞) değerini alır.



Şekil 3. Üçlü işlem

$d_{ij} + d_{jt} < d_{it}$ olduğu durumda i 'den t 'ye gitmek için $i \rightarrow j \rightarrow t$ yolu daha kısa olduğundan bu yolu kullanmak daha doğrudur. Bu işleme şekil 3'te gösterildiği gibi üçlü işlem adı verilir .

D_0 : Başlangıç uzaklık matrisi

S_0 : Düğüm sırası matrisi olmak üzere;

Başlangıç adımı: Uzaklıklar matrisine yerleştirilir. Diagonal elemanlar $(-)$ ile işaretlenir ve $k = 1$ olarak atanır.

Adım 1:

	1	2	...	j	...	m	
D_0 :	1	-	d_{12}	...	d_{1j}	...	d_{1m}
	2	d_{21}	-	...	d_{2j}	...	d_{2m}
	:	:	:	:	:	:	:
	i	d_{i1}	d_{i2}	...	d_{ij}	...	d_{im}
	:	:	:	:	:	:	:
	m	d_{m1}	d_{m2}	...	d_{mj}	...	-

	1	2	...	j	...	m	
S_0 :	1	-	2	...	j	...	m
	2	1	-	...	j	...	m
	:	:	:	:	:	:	:
	i	1	2	...	j	...	m
	:	:	:	:	:	:	:
	m	1	2	...	j	...	-

Adım 2: k . satır anahtar satır, k . sütun anahtar sütun olarak belirlenir.

D_{k-1} 'deki her bir d_{ij} elemanına üçlü işlem uygulanır.

Eğer $d_{ik} + d_{kj} < d_{ij}$ ($i \neq k, j \neq k, i \neq j$) ise D_{k-1} 'deki d_{ij}

$d_{ik} + d_{kj}$ ile değiştirilerek D_k , S_{k-1} 'deki s_{ij} k ile

değiştirilerek S_k elde edilir. k 'nın değeri bir artırılarak adım

tekrarlanır.

1.3.3. Maksimum Akış Algoritması

Maksimum akış problemi başlangıç ve bitiş noktası bulunan bir şebekede, bu iki nokta arasındaki akışın maksimum miktarının bulunması problemi olarak ifade edilebilir.

$i < j$ olmak üzere (i, j) bağlantısı için \overline{C}_{ij} $i \rightarrow j$ yönündeki çıkış kapasitesini, \overline{C}_{ji} ise $j \rightarrow i$ yönündeki çıkış kapasitesini göstermektedir.

i . düğümden gelen akımı alan j düğüm $[a_j, i]$ etiketi ile etiketlenir. Buradaki a_j i . düğümden j . düğüme gelen akışı sembolize eder (Taha, 2007).

Başlangıç adımı: $(c_{ij}, c_{ji}) = (\overline{C}_{ij}, \overline{C}_{ji})$ olarak belirlenir. $a_1 = \infty$ olduğundan 1. düğüm $[\infty, -]$ ile etiketlenir. $i = 1$ olarak atanır.

Adım 1: i düğümünden pozitif kalan kapasiteli bağlantılar ile ulaşılabilen ve henüz etiketlenmemiş j düğümleri kümesi S_i olarak belirlenir. S_i kümesinde eleman var ise adım 2'ye S_i boş küme ise adım 3'e geçilir.

Adım 2: $c_{ik} = \max_{j \in S_i} \{c_{ij}\}$ olacak şekilde bir k belirlenir. $a_k = c_{ik}$ 'dir ve k düğümü $[a_k, i]$ ile etiketlenir. $k = n$ ise 4. adıma değil ise 1. adıma geri dönlür.

Adım 3: $i = 1$ ise çıkış yoktur. Değil ise i düğümünden bir önceki düğüm t ile etiketlenip i , t 'ye komşu olan düğümler kümesinden çıkarılır. $(i = r)$ olarak atanıp Adım 1'e geri dönlür.

Adım 4: Birinci kaynaktan çıkıp düğümü olan n 'ye m . çıkış yolunun düğümleri $N_m = \{1, k_1, k_2, \dots, n\}$ olarak belirlenir.

Güzergah boyunca maksimum akış

$f_m = \min\{a_1, a_{k_1}, a_{k_2}, \dots, a_n\}$ olarak tanımlanır.

Her bağlantının kalan kapasitesi pozitif akış yönünde f_m azaltılırken aksi yönde bir o kadar artırılır.

$i = 1$ olarak belirlenip yeni bir çıkış güzergahı bulabilmek için Adım 1'e geri dönlür.

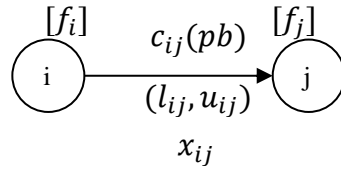
Algoritma tamamlandıktan sonra şebekenin toplam maksimum akışı f_i ($i = 1 \dots m$)'lerin toplanması ile bulunur.

$$F = f_1 + f_2 + \dots + f_m \quad (1)$$

1.3.4. Minimum Maliyet Kapasiteli Şebeke Algoritması

Minimum maliyet kapasiteli şebeke algoritması, maksimum akış modelinin genel halidir. Bu şebekenin tüm bağlantıları tek yönlüdür. Bağlantılar alt kapasite sınırlarına sahip olabilirler. Genelleşmiş bu model ile bağlantılardaki akış sınırlamalar ve düğüm noktalarındaki üretim ile talebi karşılayacak farklı bağlantılardaki akışlar belirlenir.

N düğümler kümesi ve A bağlantılar kümesi olmak üzere $G = (N, A)$ kapasiteli bir şebekeyi ifade eder.



Şekil 4. Akış diyagramı

Şekil 4'te x_{ij} i . düğümden j . düğüme olan akış miktarını, $u_{ij}(l_{ij})$ i ve j arasındaki bağlantının üst ve alt kapasitelerini, c_{ij} j düğüme olan birim akış maliyetini ve f_i de i düğümündeki net akışı göstermektedir.

Minimum kapasiteli ağ için doğrusal programlama formülasyonu

$$\begin{aligned} \min z &= \sum_{(i,j) \in A} \sum c_{ij} x_{ij} \\ \sum_k x_{jk} - \sum_i x_{ij} &= f_i, \quad j \in N \\ l_{ij} &\leq x_{ij} \leq u_{ij} \end{aligned}$$

şeklinde verilir.

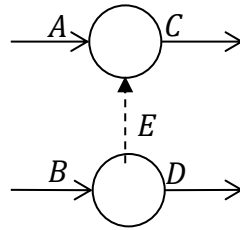
f_i , j düğümünden çıkan akış ile j düğüme giren akışın farkı olarak ifade edilir.

1.3.5. Kritik Yol Algoritması

Kritik yol metodu projelerin planlanması, çizelgelenmesi ve kontrolü için geliştirilmiştir.

Kritik yol algoritmasında şebekedeki her bir faaliyet tek bir okla ifade edilmektedir ve her bir faaliyet bir başlangıç ve bir de bitiş olmak üzere iki ayrı düğümle tanımlanmaktadır. Şebekeye yeni bir faaliyet eklenirken hangi faaliyetten hemen önce ve hemen sonra hangi faaliyetin gelmesi gerektiğine veya eşzamanlı yapılacak başka bir faaliyetin olup olmadığına dikkat etmek büyük önem taşımaktadır (Taha, 2007).

A, B, C ve D nin faaliyetler olduğu kabul edildiğinde C faaliyetinin gerçekleşebilmesi için A ve B 'nin tamamlanmış olması varsayımı ile D faaliyetinin sadece A faaliyetinin tamamlanmasından sonra başlayabileceği varsayımlarını dikkate aldığımızda şebeke Şekil 5'teki gibi kurulmalıdır:

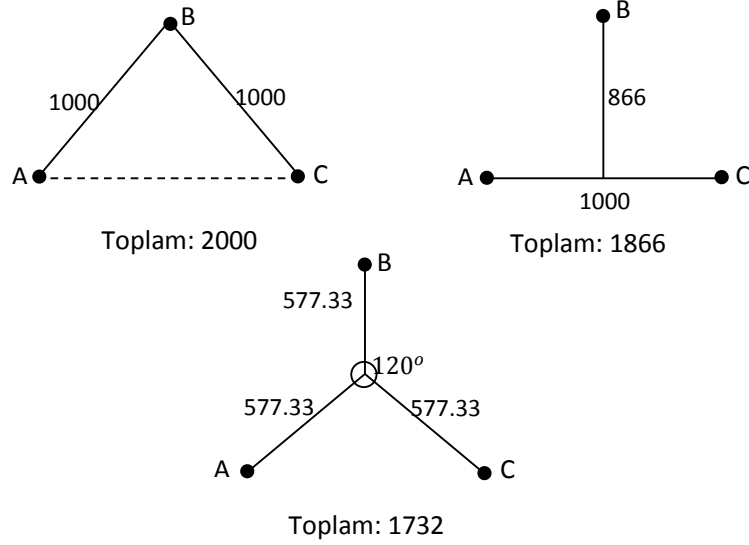


Şekil 5. CPM şebeke

E kukla faaliyettir. Zaman ve kaynak harcamamaktadır.

1.3.6. Steiner Ağacı

Minimum yayılan ağaç mantığı ile n adet noktayı en kısa yol kat ederek dolaşılmasında kenarlar üzerinde hareket etme şartı vardır (Nabiyev, 2011). Fakat söz konusu problem telefon, bilgisayar gibi nesnelerin birbiri ile ilişkilendirilmesi ise minimum kablo uzunluğu, uzaklıklara karşılık gelmeyebilir.



Şekil 6. Steiner noktası

Şekil 6'da A, B ve C düğümlerinin her birinin birbirine eşit olarak 1000'er birimlik uzaklıkta buldukları varsayılmaktadır ve bu üç düğümü birbirine bağlayacak en kısa kablo uzunluğu belirlenmek istenmektedir.

İlk durumda kenar uzunluğu dikkate alınmış ve kablo uzunluğu $|AB| + |BC| = 1000 + 1000 = 2000$ olarak belirlenmiştir.

İkinci durumda B noktasından AC doğru parçasının tam orta noktasına bir dikme indirilerek bu dikmenin uzunluğu

$$\sqrt{|AB|^2 - \left(\frac{|AC|}{2}\right)^2} = \sqrt{1000^2 + 500^2} = 866$$

olarak hesaplanır. Son durumda minimum kablo uzunluğu

$$1000 + 866 = 1866$$

olarak belirlenmiştir.

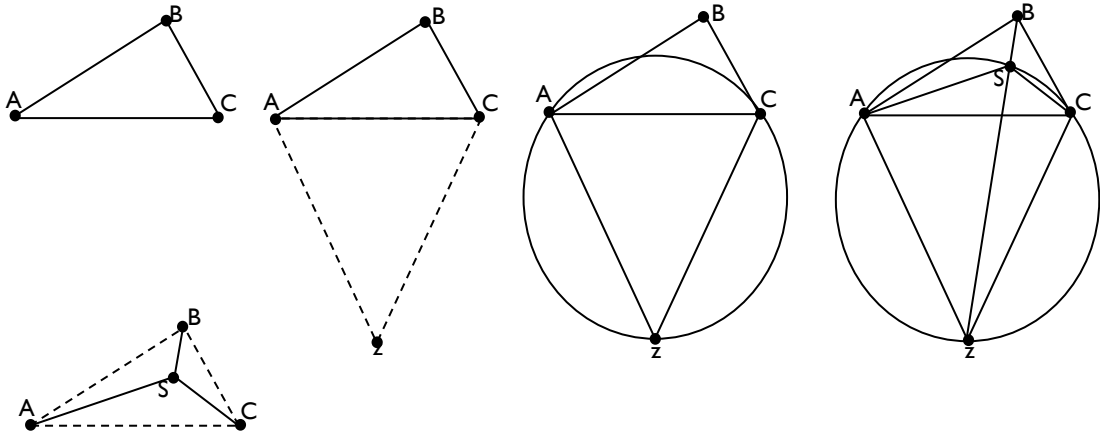
Üçüncü durumda ise A, B ve C noktalarının meydana getirdiği eşkenar üçgenin merkez noktasında bir Steiner noktası oluşturulup bu noktanın bütün noktalara uzunlukları elde edilmiştir. Bu durumda en kısa kablo uzunluğu

$$577,33 + 577,33 + 577,33 = 1732$$

olarak hesaplanmıştır.

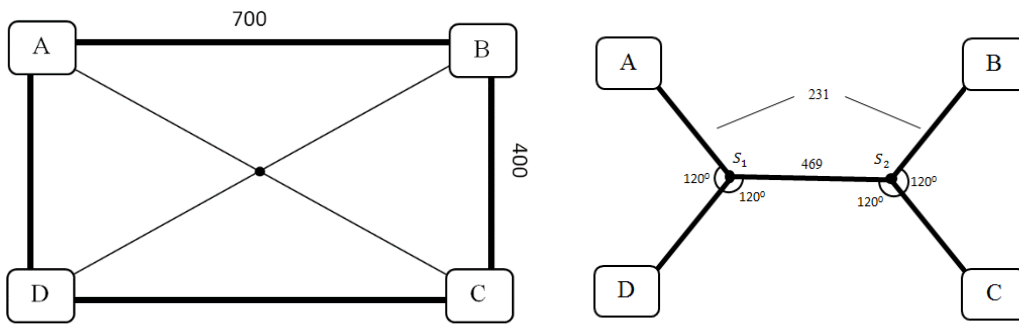
Fakat her zaman üç nokta birbirine eşit uzaklıkta bulunmamaktadır. Şekil 7'deki gibi dereceleri 120° 'den küçük olan üçgenin herhangi bir kenarında bir eşkenar üçgen çizilir. Sonra bu eşkenar üçgenin çevrel çemberi çizilir. Eşkenar üçgenin z noktası ile B

noktası bir doğru parçası ile birleştirilir. Bu doğru parçasının çember ile kesiştiği nokta Steiner noktası olarak adlandırılmaktadır (Nabiyev, 2011).



Şekil 7. Toricelli yöntemine göre Steiner noktasının bulunması

Şekil 8'deki gibi düğüm sayısı dört olduğunda en kısa kablo uzunluğu 120° 'lik açı yapacak iki adet Steiner noktasının belirlenmesi ile elde edilmektedir.



Şekil 8. Dört noktalı şebeke için Steiner noktaları

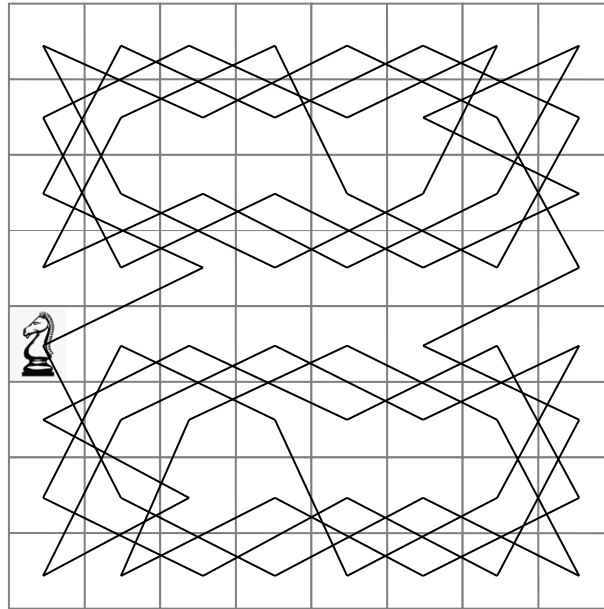
1.4. Gezgin Satıcı Problemi ve Hamilton Döngüsü

Gezgin satıcı problemi yöneylem araştırması ve teorik bilgisayar bilimi alanlarında incelenen bir "kombinatorik optimizasyon" problemidir (Nabiyev, 2011; Papadimitriou, 1977). Gezgin satıcı problemleri müşteriler, işler, şehirler, noktalar için belirli bir güzergah ve sıralama belirleyen bir kesikli optimizasyon problemidir. Gezgin satıcı problemi

güzergah problemleri arasında en basit, en çok bilinen ve üzerinde en çok çalışılan problemlerdir.

Lojistikte önemli bir yere sahip olan Gezgin Satıcı problemini daha iyi anlayabilmek için bir gezgin satıcı düşünülebilir. Seyyar satıcı elindeki ürünleri satmak için bir noktadan başlayıp sokak sokak gezer ve son olarak da başladığı noktaya geri döner. Aynı sistem gezgin satıcı problemi için de geçerlidir. Sistem bir noktadan başlar belirli noktalara sadece bir kere uğrar ve dolayısıyla aynı yoldan tekrar geçmeyerek başladığı noktada turunu tamamlar. Bu tura Hamilton turu denilmektedir ve adını 19. yüzyılda yaşamış matematikçi William Hamilton'dan almıştır. Genel bir Hamilton turu hakkında şu şekilde bilgi verilebilir: Başlangıç için seçilebilecek n tane şehir vardır. Bu şehirlerden birisi başlangıç noktası olacağı için, satıcı $n - 1$ farklı şehirde satış yapabilir. İkinci şehire geçince satıcının satış yapabileceği şehir sayısı $n - 2$ olur. Buradan yola çıkılarak satıcının $n!$ değişik tur arasından seçimi olacaktır. Bu ise 100 şehirlik bir tur için $9.33 * 10^{157}$ değişik tur demektir.

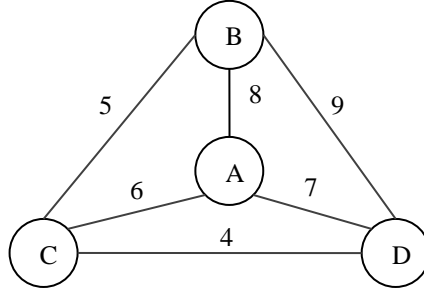
Şekil 9'da gösterilen 8×8 lik bir satranç tahtasındaki atın turu da Hamilton döngüsüne örnektir.



Şekil 9. Atın turu

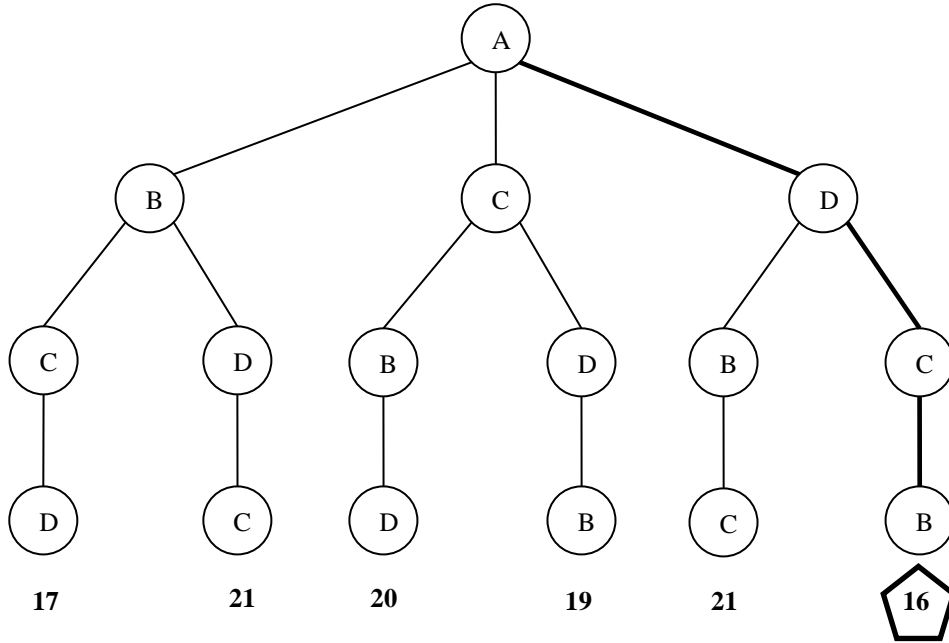
Hamilton döngüsünde başlangıç ve bitiş noktaları aynı noktalar iken Hamilton yollarında başlangıç ve bitiş düğümleri birbirinden farklı olmasının yanı sıra her düğümden ancak ve ancak bir kere geçme koşulu vardır.

Şekil 10'da verilen örnekte tüm düğümlerden geçerek minimum maliyetli Hamilton yolunu elde etmek amaçlanmıştır.



Şekil 10. Örnek Şebeke

Tüm yollar üzerinden inceleme yapılacağı için $3! = 6$ yolun araştırılması gerekmektedir.



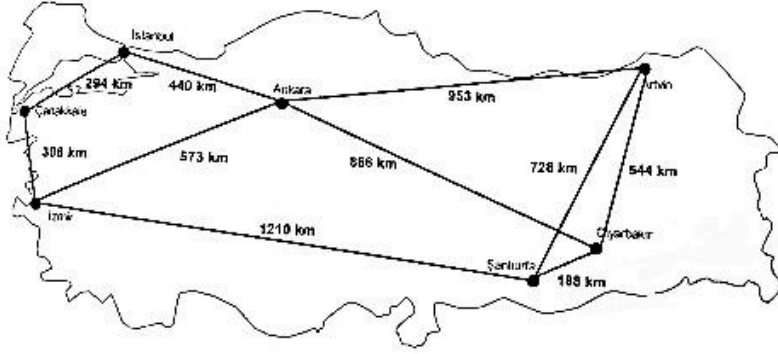
Şekil 11. Minimum maliyetli Hamilton yolunun gösterimi

Şekil 11'de gösterilen inceleme sonucunda 16 maliyet ile ADCB yolu minimum maliyetli Hamilton yolu olarak belirlenmiştir.

Gezgin satıcı problemi GSM (Global System for Mobile Communications) operatörlerinin baz istasyonları için yer belirlemesi, malzeme akış sistemi tasarımı, posta

kutusu dağıtım problemi, araç rotalama problemi, uçaklar için havaalanı rotalaması, elektronik devre tasarımı gibi alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Örnek:



- Ankara (1)
- İstanbul (2)
- İzmir (3)
- Çanakkale (4)
- Şanlıurfa (5)
- Diyarbakır (6)
- Artvin (7)

Şekil 12. Gezgin satıcı problemi için örnek

Şekil 12’de Gezgin satıcı problemi için bir örnek verilmiştir. Problemden Türkiye’de bulunan 7 adet şehirde dağıtım yapacak bir gezgin satıcı için en kısa yol belirlenmeye çalışılmıştır (Bakır ve Altunkaynak, 2003).

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer şehir } i \text{ ve } j \text{ arasında güzergah belirlenmiş ise} \\ 0, & \text{aksi durumda} \end{cases}$$

Amaç kat edilen yolu en küçükleme olduğundan, amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde kurulur:

$$\text{enk } Z = 440x_{12} + 573x_{13} + 866x_{16} + 953x_{17} + 394x_{24} + 306x_{34} + 1210x_{35} \\ + 188x_{56} + 728x_{57} + 544x_{67}$$

Kısıtlar aşağıdaki gibi belirlenir.

$$\begin{aligned} x_{12} + x_{13} + x_{16} + x_{17} &= 2 && (\text{Şehir 1: Ankara}) \\ x_{12} + x_{24} &= 2 && (\text{Şehir 2: İstanbul}) \\ x_{13} + x_{34} + x_{35} &= 2 && (\text{Şehir 3: İzmir}) \\ x_{24} + x_{34} &= 2 && (\text{Şehir 4: Çanakkale}) \\ x_{35} + x_{56} + x_{57} &= 2 && (\text{Şehir 5: Şanlıurfa}) \\ x_{16} + x_{56} + x_{67} &= 2 && (\text{Şehir 6: Diyarbakır}) \\ x_{17} + x_{57} + x_{67} &= 2 && (\text{Şehir 7: Artvin}) \\ x_{ij} &= 0 \text{ veya } 1 \end{aligned}$$

Amaç fonksiyonu ve kısıtlar birlikte çözülerek sonuç elde edilir.

1.5. Yapay Arı Kolonisi Algoritması

Günümüzde en çalışkan hayvan olarak kabul edilen arıların yiyecek bulmak için yaptıkları örgütsel çalışma ve bilgi paylaşımı optimizasyon problemleri için ilginç bir çözüm olmuştur. Arılar yiyecek yapmak için polen, bal, nektar vs. bulmak üzere yiyecek kaynakları ararlar. Yiyecek kaynaklarının kovana yakın olması, içerdiği nektar sayısının fazla olması ve bu nektarın çıkarımının kolay olması yiyecek kaynağının tercih edilmesini sağlamaktadır. Sağır olduğu bilinen arılar birbirleri ile iletişimlerini dans yoluyla sağlamaktadır. Bir arının dansının hızı ve sıklığı diğer arılara, bulduğu yiyecek kaynağının zenginliği ve kovana yakınlığı ile ilgili fikir vermektedir.

Arıların bu mükemmel organizasyonu yapay arı kolonisi algoritması olarak modellenmiştir. Yapay arı kolonisi işçi arılar, gözcü arılar ve kaşif arı olmak üzere 3 grup arıdan oluşmaktadır (Karaboğa, 2005; Karaboğa, 2011; Sehwat ve Rohil, 2013).

Arı kolonisi algoritmasının adımları şu şekilde belirtilebilmektedir:

Adım 1: İşçi arılar önceden belirlenmiş yiyecek noktalarına dağılır.

Adım 2: Her arı gittiği noktaları inceler. Ve bulunduğu noktayı kıyaslayabilmek için kendine rastgele yakın bir nokta seçer.

Adım 3: Seçilen bu iki noktanın değerlerini kıyaslanır. Hangi yiyecek noktası daha iyiyse o nokta yeni konum olarak belirlenir.

Adım 4: Son konumunu belirleyen bütün işçi arılar kovana geri dönüp bulduğu yiyecek noktası hakkında gözcü arılara bilgi vermek üzere dans etmeye başlarlar.

Adım 5: Gözcü arılar işçi arıların dansına göre hangi yiyecek noktalarının daha cazip olduğuna karar verirler. Ve bu sefer gözcü arılar seçilen noktalara doğru hareket ederler.

Adım 6: Gözcü arılar da gittikleri yiyecek noktası etrafında rastgele bir nokta seçerek bulunduğu yiyecek noktayı iyileştirmeye çalışırlar.

Adım 7: Her gözcü arı iki noktayı kıyaslayıp yeni konumunu belirledikten sonra kovana geri döner.

Adım 8: İşçi arılar gözcü arıların cazip bulmadığı için gitmediği noktalar da dahil olmak üzere en son belirlenen bütün noktalara tekrar giderler.

Adım 9: Adım 2 ve 3'te belirtilen yiyecek noktaları iyileştirme aşamalarını tekrarlanır. (Bu tekrarlama belirlenen döngü sayısı kadar devam eder.)

Adım 10: Kaşif arılar belli bir döngü sayısı sonrasında işçi arının hiç hareket etmediğini yani hareket etmeme limitini aştığı belirlerse ve işçi arıyı alıp rastgele başka bir noktaya gönderiyor (Bu nokta diğer arıların daha önce gittiği herhangi bir nokta da olabilir).

Adım 11: Döngü belirli sayıda çevrim boyunca tekrarlanır.

Şekil 13'te yapay arı kolonisi algoritması akış diyagramı şeklinde verilmiştir.

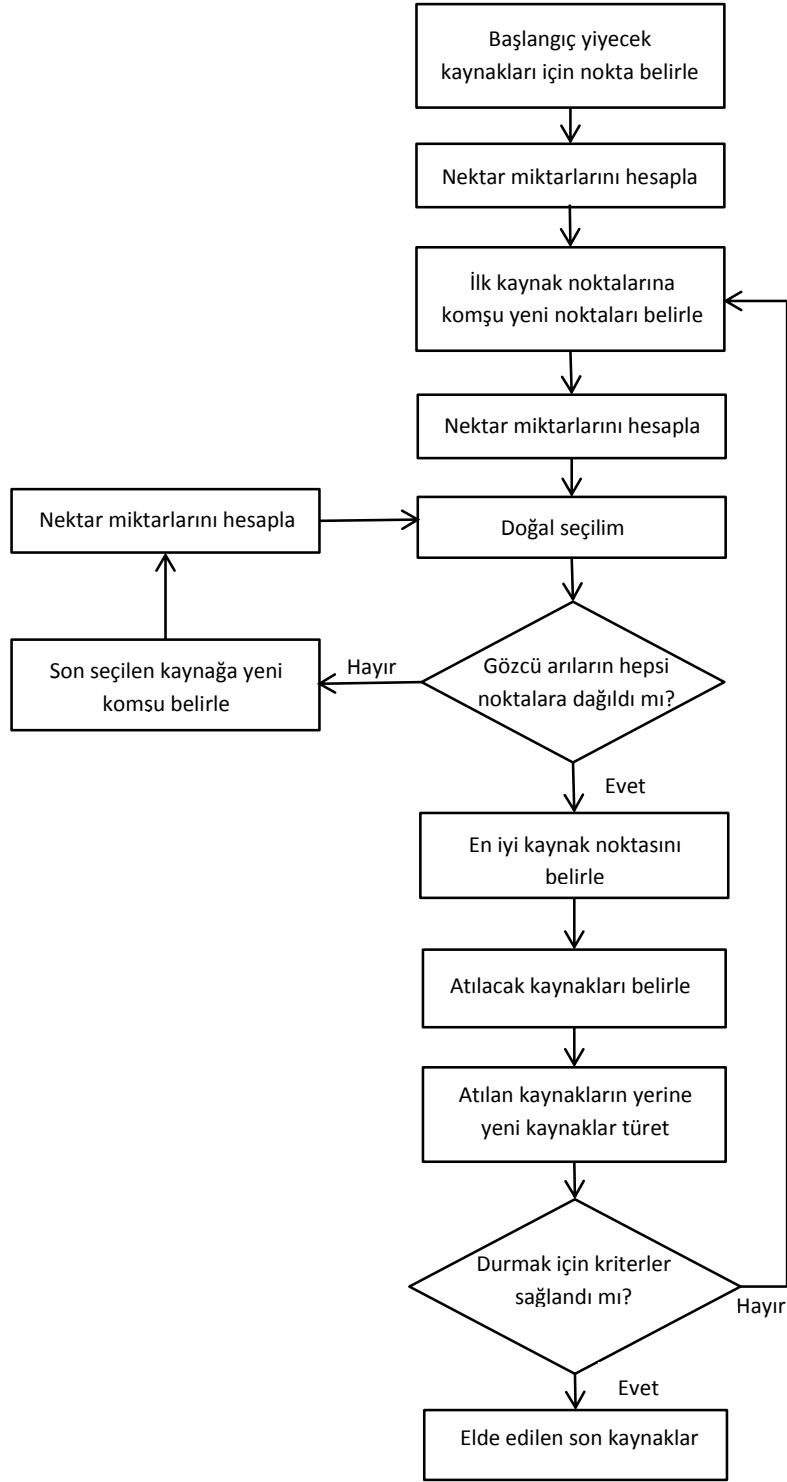
1.6. Literatür Çalışması

Marco Dorigo ve Luca Maria Gambardella çalışmalarında gezgin satıcı modelinin çözümü için yapay bir karınca kolonisi tanımlamışlardır. Kolonideki karıncalar depoladıkları salgıları sayesinde gezgin satıcı problemi grafının üzerindeki doğrular üzerinde daha kısa ve uygun yolu bulma becerisine sahiptirler. Çalışmada bilgisayar simülasyonları ile de yapay karınca kolonisinin gezgin satıcı probleminin simetrik ve asimetrik olduğu durumlarda da iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir (Dorigo ve Gambardella, 1997).

G. Nilay Yücenur ve Nihan Çetin Demirel çok depolu araç rotalama probleminin çözümünü iki aşamada gerçekleştirmişlerdir. İlk aşamada genetik algoritma ikinci aşamada ise karınca kolonisi algoritmasını kullanmışlardır. Problemin amacı bütün araçların kat ettiği toplam mesafeyi en küçükmektir (Yücenur ve Demirel, 2011).

Meilin Wen, Zhongfeng Qin ve Rui Kang şans kısıtı aracılığıyla kesin olmayan bir tesis yeri tahsisi modeli önermişlerdir. Bu modelde müşteri taleplerinin belirsiz değişkenler olduğu varsayılmıştır. Bir eşdeğer model de toplam ulaşım maliyetinin α -optimistik kriteri yardımıyla elde edilmiştir. Çalışmada bunun yanısıra tesis yerleşimi probleminin çözümü için melez bir zeka algoritması tasarlanmış ve bu algoritmanın gücü ve etkinliği bir sayısal örnekle gösterilmiştir (Wen, Qin ve Kang, 2014).

Sinem Büyüksaatçi ve Şakir Esnaf tesis yeri problemini karbon salınımı tabanıyla ele almışlardır. Dağıtım ağında karbon salınımını azaltmayı amaçlayan yeni bir melez metot ortaya koymuşlardır. Sınıflandırma analizinde bulanık C-ortalama ve Gustafson-Kessel algoritmaları kullanılmıştır. Klasik ağırlık merkezi metodundan geliştirilen salınım bazlı ağırlık merkezi metodu kullanılarak tesisleri ve müşteriler arasındaki ulaşım da CO_2 salınımını minimize etmek amaçlanmıştır (Büyüksaatçi ve Esnaf, 2014).



Şekil 13. Yapay Arı Kolonisi akış diyagramı

Necdet Özçakar ve Mehmet Bastı kuruluş yeri seçimi problemi için p-medyan problemini ele almışlardır. P-medyan probleminin çözümü için parçacık sürü optimizasyonu (PSO) algoritması kullanılmıştır. Çalışmada son olarak PSO algoritması sık kullanılan ORLIB ve Galvao problemlerine uygulanarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır (Özçakar ve Bastı, 2012).

Halit Ergezer ve Kemal Leblebicioğlu insansız hava araçlarının güzergahlarının belirlenmesini ele almışlardır. Sabit son noktalı gezgin satıcı algoritması yardımıyla her bir insansız hava aracının istenilen bölgeleri gezme sırasının tespiti sağlanmıştır. Sıra belirlendikten sonra ortaya çıkan gezgin satıcı problemi genetik algoritma ile çözülmüş ve değişik durumlar için test edilmiştir (Ergezer ve Leblebicioğlu, 2012).

Gilbert Laporte ve Inmaculada Rodriguez Martin çember yerleşim programının Hamilton problemleri ve Hamilton olmayan problemler olmak üzere iki başlık altında sınıflandırılmasını önermiştir. Çalışmada bu problemler birleşik bir sistem ile modellenmiş ve algoritmik stratejiler bilgisayar sonuçlarıyla sağlanmıştır (Laporte ve Martin, 2007).

Li-Pei Wong, Malcolm Yoke Hean Lowii ve Chin Soon Chong gezgin satıcı probleminin çözümü için arıların yiyecek arayışı davranışlarından esinlenilerek doğan arı kolonisi optimizasyon yöntemini önermişlerdir. Ve arı kolonisi optimizasyon yöntemini mevcut diğer yöntemlerle kıyaslamışlardır (Wong, Lowii ve Chong, 2009).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Çalışmada bakkallar için dağıtım merkezlerinin konumları belirlenmeye çalışılmış ve bu dağıtım merkezlerinin karayolları üzerinde olması şartı verilmiştir. Klasik yapay arı kolonisi algoritmasında arılar bölgeler üzerinde arama yaparken bu çalışmada uygulanan algorithmda arılar, noktalar üzerinde hareket etmektedir. Böylece dağıtım merkezleri, bakkallar arasındaki karayolu güzergahı üzerinde bulunabilmektedir.

2.2. Uzaklık Tabanlı Yapay Arı Kolonisi Algoritması

Algoritma 1. En iyi dağıtım yerinin bulunması için geliştirilen algoritma

I. Verilerin hazırlanması aşaması

Adım 1: Giriş parametrelerinin belirlenmesi,

İlgilenilen bölgenin tüm karayolu şebekesi harita üzerinden sayısallaştırılır. Bu verilerde tüm kavşak noktaları düğüm, aradaki noktalar ise yardımcı nokta olarak işaretlenir. Ayrıca bölgede bulunan bakkalların (marketlerin) konumları kavşak dışında iseler bu noktalarda birer düğüm olarak işaretlenir. Komşu olan her düğüm çifti (i, j) *komşuluk* veri yapısında (s) saklanır.

$s(k).ilk$: i . düğüm noktası

$s(k).son$: j . düğüm noktası ($i < j$; i ve j komşu düğümler)

$s(k).x(*)$: komşu iki düğüm (i, j) arasındaki tüm x koordinatları
(arada kalan yardımcı noktalar, i ve j düğümler dahil)

$s(k).y(*)$: komşu iki düğüm (i, j) arasındaki tüm y koordinatları
(arada yardımcı noktalar, i ve j düğümler dahil)

k : tüm ikili komşulukları gösteren dizin numarası,
($k=1,2,\dots,K$), burada K tüm komşulukların sayısı,

Adım 2: Dijkstra algoritması ile en kısa yolların belirlenmesi,

İlgilenilen bölgede işaretlenmiş olan tüm düğümlerin her birinin diğerlerine olan en yakın uzaklığını kapsayan yol Dijkstra algoritması ile belirlenerek *ulaştırma* veri yapısında (u) saklanır.

$u(m,n).x(*)$: m. Noktadan n. noktaya olan en kısa mesafenin x koordinatları

$u(m,n).y(*)$: m. Noktadan n. noktaya olan en kısa mesafenin y koordinatları

$u(m,n).uzak$: m. Noktadan n. noktaya olan en kısa mesafenin uzunluğu

m,n : tüm düğüm dizinleri

II. Yapay Arı Koloni Algoritma aşaması

Adım 3: Başlangıç besin kaynağının belirlenmesi,

Adım 3a:

Rastgele bir komşuluğun belirlenmesi; 1 ile K arasında düzgün dağılımdan ($r_k = rand(1, K)$) rastgele bir tam sayı dizini oluşturulur. Bu dizinin komşuluk verisindeki (s) ilk (i) ve son (j) düğüm numarası bulunur.

Adım 3b:

Seçilen r_k komşuluğun ilk (i) ve son (j) komşu düğümleri arasında rastgele bir uzaklık ($r_u = rand(0, u(i, j).uzak)$) belirlenir. Bu uzaklığın yol üzerinde verdiği konum dağıtım noktası konumudur. Bu dağıtım noktası i düğümüne r_u birim uzaklığında iken, j düğümüne $u(i, j).uzak - r_u$ birim uzaklığındadır. Bu dağıtım noktası d dizini ile gösterilir. d dizini değeri dağıtım nokta sayısına (D) kadar değer almaktadır.

Adım 3c:

Tüm bakkal düğümlerinin (b) , i. ve j. düğümüne olan uzaklıkları bulunur. ib dizinli bakkalın i. düğümüne olan uzaklığı,

$$yol_{bi} = r_u + \begin{cases} u(b, i) & b < i \\ u(i, b) & b > i \end{cases}$$

biçiminde bulunurken, j. düğümüne olan uzaklığı,

$$yol_{bj} = (u(i,j).uzak - r_u) + \begin{cases} u(b,j) & b < j \\ u(j,b) & b > j \end{cases}$$

biçiminde bulunur. b . bakkalın d . dağıtım noktasına her iki düğümden de ulaşabildiğine göre en kısa yol,

$$yol_{bd} = \min\{yol_i, yol_j\}$$

biçiminde bulunur. Her bir bakkal kendisine en yakın dağıtım noktasını tercih edeceğinden amaç değeri en kısa dağıtım mesafelerinin toplamına eşittir. Bu ise,

$$Amaç_c = \sum_b \min_d \{yol_{bd}\}$$

Buradaki c dizini besin bölgesini göstermektedir. İstenen toplam besin bölgesi N ile gösterilse $c = 1, 2, \dots, N$ biçiminde tanımlanabilir. Her c için Adım 3 tekrarlanarak tüm bölgeler oluşturulur.

Adım 4: Çevrimsel adımlarla çözümlerin iyileştirilmesi,

Adım 4a:

İşçi arılar aşaması; bu aşamada besin bölge sayısı (N) kadar işçi arı bulunmaktadır. Her işçi arı kendisine verilen bölgeye gider ve o bölgenin komşuluğunda başka bir çözüm geliştirmeye çalışır. Kendi bölgesine giden işçi arılar dağıtım noktalarından birini rastgele seçerek o dağıtım noktasının konumunu bulunduğu yol parçası üzerinde herhangi bir konuma rastgele yerleştirir. Yeni konuma göre amaç değeri hesaplanır.

Şayet yeni konum daha düşük bir amaç değeri veriyorsa yeni konumu mevcut konum olarak kabul ederek kovana döner. Kovana dönmeden önce deneme sayısını sıfırlar.

Şayet yeni konum eski konuma göre daha büyük bir amaç değeri veriyorsa, eski konumunu mevcut konum olarak kabul eder. Kendi besin bölgesinin *deneme* sayısını bir artırarak kovana geri döner.

Adım 4b:

Gözcü arılar aşaması; bu aşamada da besin bölge sayısı (N) kadar gözcü arı kovanda bulunmaktadır. Ancak İşçi arıların aksine gözcü istedikleri besin bölgesine gitmektedirler. Gözcü arılar gidecekleri besin bölgelerini işçi arıların

besin bölgelerinden döndükten sonra yaptıkları danslara göre karar vermektedir. Bu çalışmada ise her çözümün amaç değeri,

$$Uygunluk_c = \frac{1}{1 + Amaç_c}$$

biçiminde uygunluk değerine dönüştürüldükten sonra her bir besin bölgesinin gözcü arı tarafından seçilmesi için,

$$p_c = \frac{Uygunluk_c}{\sum_i Uygunluk_i}$$

biçiminde seçilme olasılıklarının hesaplanması gerekir. Bu olasılıklar olasılık çarkına yerleştirilerek her bir gözcü arının hangi besin bölgesini seçeceğine karar verilir.

Her gözcü arı gideceği besin bölgesini seçtikten sonra gittiği besin bölgesindeki herhangi bir dağıtım noktasını rastgele seçerek (aynen işçi arılarda olduğu gibi) konumunu bulunduğu yol parçası üzerinde rastgele başka bir konuma yerleştirir. Yeni konuma göre amaç değeri hesaplanır.

Şayet yeni konum daha düşük bir amaç değeri veriyorsa yeni konumu mevcut konum olarak kabul ederek kovana döner. Kovana dönmeden önce deneme sayısını sıfırlar.

Şayet yeni konum eski konuma göre daha büyük bir amaç değeri veriyorsa, eski konumunu mevcut konum olarak kabul eder. Gözcü arılar buldukları besin bölgesinin deneme sayısını bir artırarak kovana geri döner.

Adım 4c: Kaşif arı aşaması; işçi ve gözcü arılar her çevrimde gittikleri besin bölgelerini iyileştirmeye çalışmaktadır. Ancak iyileştiremedikleri zaman o bölgenin deneme sayısını bir artırmaktadır. Artan bu deneme sayısı limit değerini aştığında kaşif arı devreye girer. Limit değerini aşan bölge en düşük amaç değeri vermiyorsa kaşif arı o bölgenin konumunu herhangi yol parçalarına ve konumlarına yerleştirir.

Adım 5. Çevrim sayısı bitmediyse Adım 4'e giderek çevrimi tekrarla, Şayet çevrim sayısı bitmişse en iyi çözümü bul ve programı sonuçlandır.

2.3. Geliştirilen Yöntemin Gerçek Yaşama Uygulaması

Bu çalışmada geliştirilen yöntemin anlaşılır ve kontrolünün kolay olması için küçük bir bölge seçilmiş ve bu bölgeye dağıtım yapan Bakkalım A.Ş. işletmesinin özel bir problemine bakılmıştır.

2.3.1. Bakkalım A. Ş.

864 Bin TL sermayeli Bakkalım A.Ş. 79 bakkalın ortaklığı ile 2001 yılında Trabzon'da kurulmuş ve bugün 106 bakkalı Bizim Bakkal çatısı altında birleştirmiştir. Bizim Bakkal'ın kuruluş amacı bakkalların marka gücünü arttırmak, onları stok maliyetlerinden kurtarmak, ürün çeşitliliğini artırmaktır. Doğu Karadeniz Kalkınma Ajansından "Bakkalım A.Ş. Pazarını Genişletiyor Projesi" kapsamında 23 bakkalın modernizasyonu anlamında hibe alınmıştır.

Bakkalım A.Ş.'nin işletim mantığına göre her üye bakkal kendi işinin patronu olup, kasasını kendisi idare etmeli ama mal alımında ve fiyat ayarlamasında Bakkalım A.Ş.'ye bağlı olmalıdır. Kısaca her bakkalı kendi işinin patronluğunda birleştirerek ulusal ve yerel market zinciri ile indirim mağazaları ile rekabet edebilir hale getirecektir. Bakkalım A.Ş.'nin en büyük hedeflerinden biri de bünyesindeki her bakkalı bilgisayarla merkeze bağlamak ve aynı tabela altındaki Bizim Bakkallardaki her ürünün aynı fiyata satılmasını sağlamaktır. Dolayısıyla son zamanlarda vatandaşın gözünde kaybolan güvenilirliği tekrar kazanmayı amaçlamaktadırlar.

Bakkalım A.Ş.'nin mevcut sadece bir adet stok merkezi bulunmaktadır. Ve Kalkınma Mahallesinde bulunan 30 adet bakkala ürün satışı yapmak istemektedir. Fakat mevcut deponun uzakta olması bakkallara mal taşıyan araçların, bakkallara ve devlete maddi zarar ve zaman kaybı vermesinin yanı sıra çevreyi de kirletmelerine neden olmaktadır. Bu olumsuz şartların en aza indirilebilmesi için Bakkalım A.Ş. Kalkınma Mahallesinde bir depo yeri arayışına girmiştir.

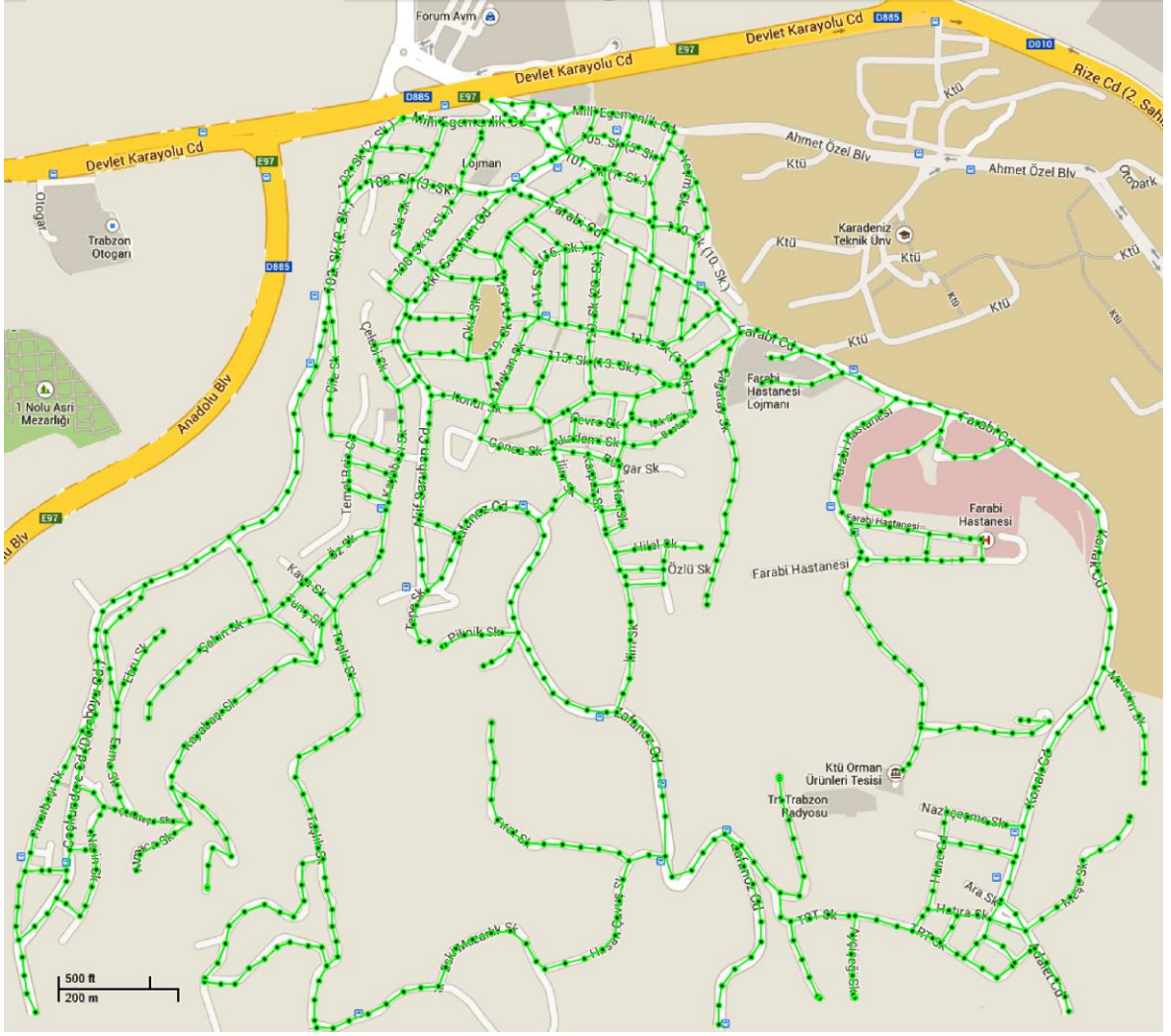
Bu çalışmada Trabzon ili Kalkınma mahallesinde bulunan 30 adet bakkalın ürün tedarikinde kullanacağı dağıtım merkezlerinin konumları belirlenmiştir. Dağıtım

merkezlerinin sadece belirli noktalar üzerinde değil tüm karayolu doğrultuları üzerinde konumlanabileceği hesaba katılarak çalışma sürdürülmüştür.



Şekil 14. Kalkınma ve Üniversite Mahalleleri haritası

Çalışma Trabzon ili Kalkınma ve Üniversite Mahalleleri üzerinde yapılmıştır. Ve Şekil 14’de bu mahalledeki yolların haritası gösterilmiştir.



Şekil 15. Kalkınma ve Üniversite mahallelerindeki yolların sayısallaştırılması

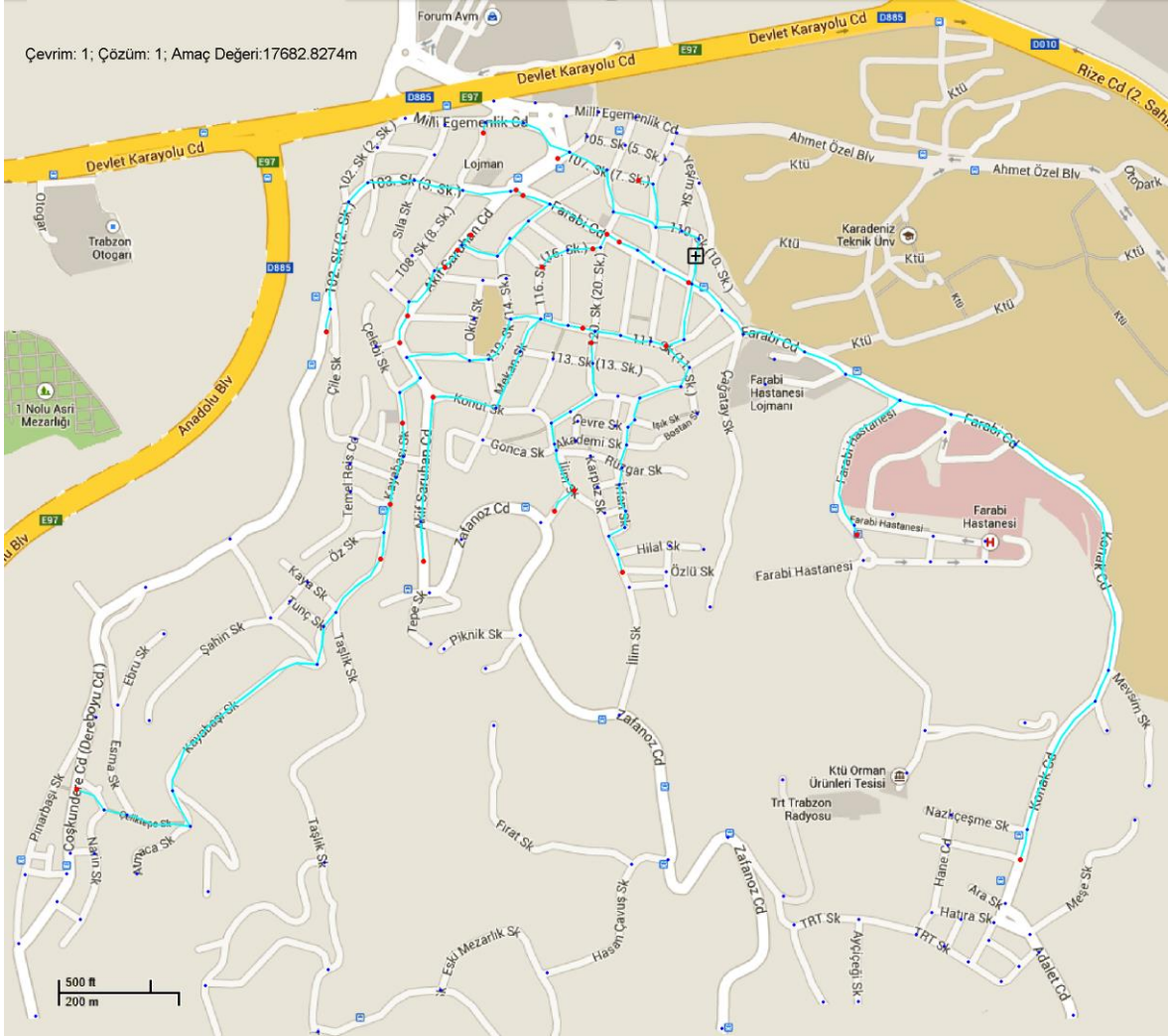
Bütün yollar Şekil 15'te görüldüğü gibi yardımcı noktalar ile işaretlenmesi ile sayısallaştırılmıştır.

Tablo 1. İşaretlenen Marketler (Bakkallar) ve konumları

Market no	Düğüm No	Market isimi	X	Y
1	156	Emsal Market	942,0245	797,2393
2	135	Güner Market	578,3251	536,7816
3	64	Şahin Mini Market	528,5714	455,1724
4	198	Hatipoğlu 2	510,1806	474,2200
5	199	Kınalıoğlu Bakkal	389,1625	520,8538
6	61	Neşe Gıda (Bizim Bakkal 6)	397,7011	368,4729
7	200	Bereket Market	369,4581	392,6108
8	52	Cicimar	358,2922	467,6518
9	201	Gülüm Gıda (Bizim Bakkal 47)	349,0968	518,3908
10	202	Celep Market	373,3990	331,6912
11	43	Furkan Market	385,8784	350,7389
12	203	Neşe Gıda 1 (Bizim Bakkal 106)	408,8669	248,6042
13	204	Kalkınma Bakkalı	420,6896	232,1839
14	205	Can-Mar (Bizim Bakkal 41)	433,1691	218,3908
15	206	Arzum Market	481,1594	181,7168
16	207	Oscar Büfe	474,9163	176,3656
17	28	Taşkın Büfe	558,7513	217,3913
18	208	Arzum	570,2453	224,8466
19	209	Öztürk Mini Market	545,7055	230,9815
20	33	Aysun Gıda	499,0797	248,1595
21	210	Akyüz Gıda	536,5030	304,6012
22	211	Pazar Market	544,4785	318,0981
23	82	Mekan Market	614,0468	321,2931
24	212	Akmar (Bizim Bakkal 32)	634,6625	262,2699
25	213	Okyanus Market	588,1828	167,8929
26	214	Eroğlu Bakkaliyesi	513,3004	147,4548
27	215	Şahin Gıda Market	444,3349	123,8095
28	216	X Bakkal	299,1789	308,0459
29	125	Yıldız Market	67,8160	732,1839
30	217	Öz-ba Süpermarket	790,4908	496,0123

2.3.2. Senaryo 1

Senaryo 1'e göre bölgede sadece bir adet dağıtım merkezi kurulmak istenmektedir. Bir dağıtım merkezi için bölgedeki en uygun konum belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 17. Senaryo 1, 1. çevrim – 1. çözüm

Dağıtım merkezi sayısı 1 olarak belirlendiğinde 1. çevrim için ilk çözüm Şekil 17'deki gibidir. Dağıtım merkezinin konumu 30. ve 186. düğümlerini birbirine bağlayan yol üzerinde seçilmiştir.

Amaç değeri 17.682,8274 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 18. Senaryo 1, 1. çevrim – 2. çözüm

Şekil 18’de 1. çevrim için 2. çözüm gösterilmiştir. Bu çözümde dağıtım merkezinin konumu 160. düğüm noktası üzerinde belirlenmiştir.

Amaç değeri 53.114,4006 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 19. Senaryo 1, 1. çevrim – 3. çözüm

Şekil 19’da 1. çevrim için 3. çözüm gösterilmiştir. Bu çözümde dağıtım merkezinin konumu 29. ve 187. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde belirlenmiştir. Amaç değeri 14.901,8564 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 20. Senaryo 1, 1. çevrim – 4. çözüm

Şekil 20’de 1. çevrim için 4. çözüm gösterilmiştir. Bu çözümde dağıtım merkezinin konumu 168. ve 170. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde belirlenmiştir. Amaç değeri 53.119,3337 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 21. Senaryo 1, 1. çevrim – 5. çözüm

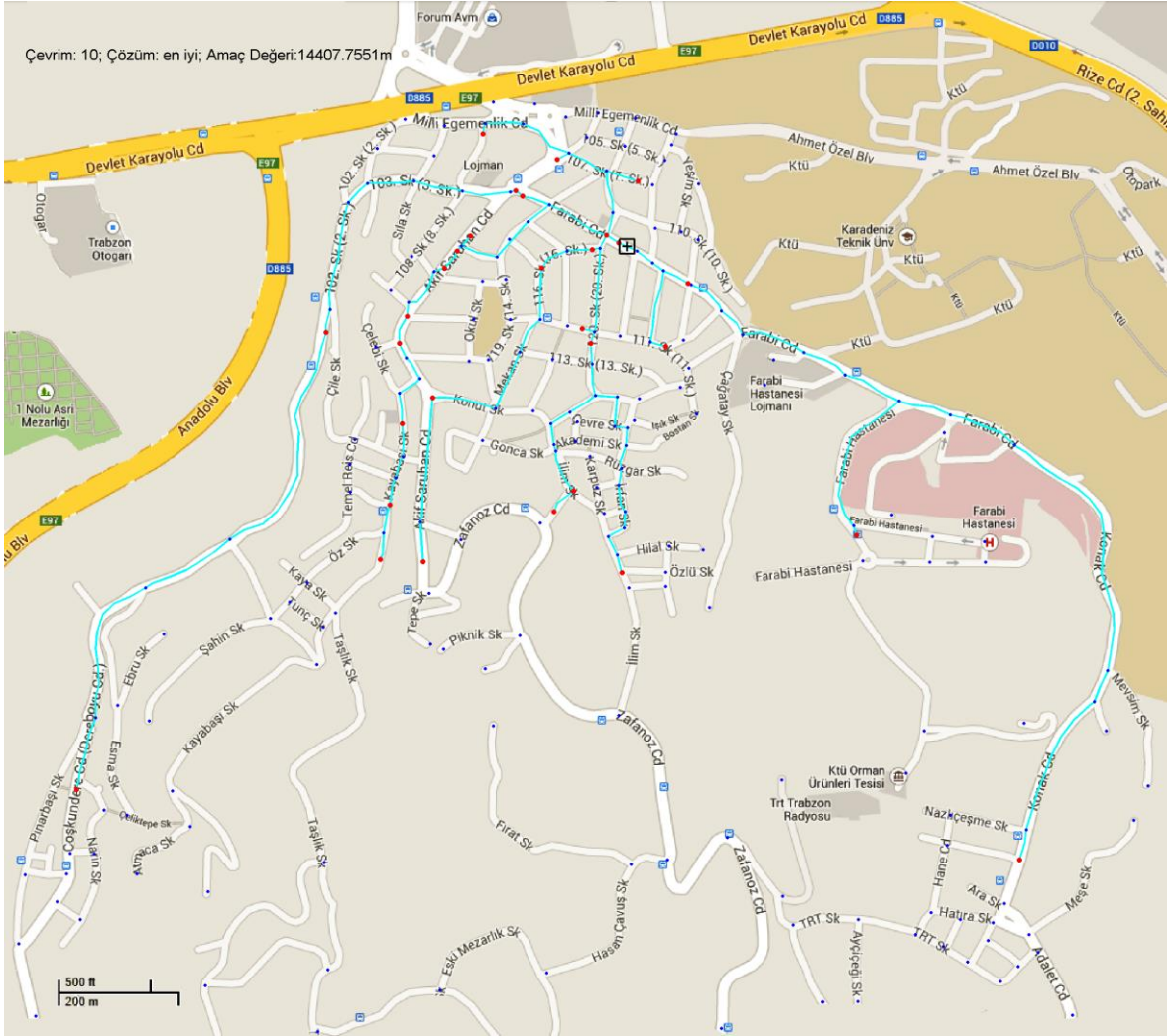
Şekil 21’de 1. çevrim için 5. çözüm gösterilmiştir. Bu çözümde dağıtım merkezinin konumu 71. ve 218. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde belirlenmiştir. Amaç değeri 16.876,1638 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 22. Senaryo 1, 9. çevrim için en iyi çözüm

Şekil 22’de 9. çevrim için en iyi amaç değerini veren çözüm gösterilmiştir. Bu çözümde dağıtım merkezinin konumu 187. düğüm noktası üzerinde belirlenmiştir.

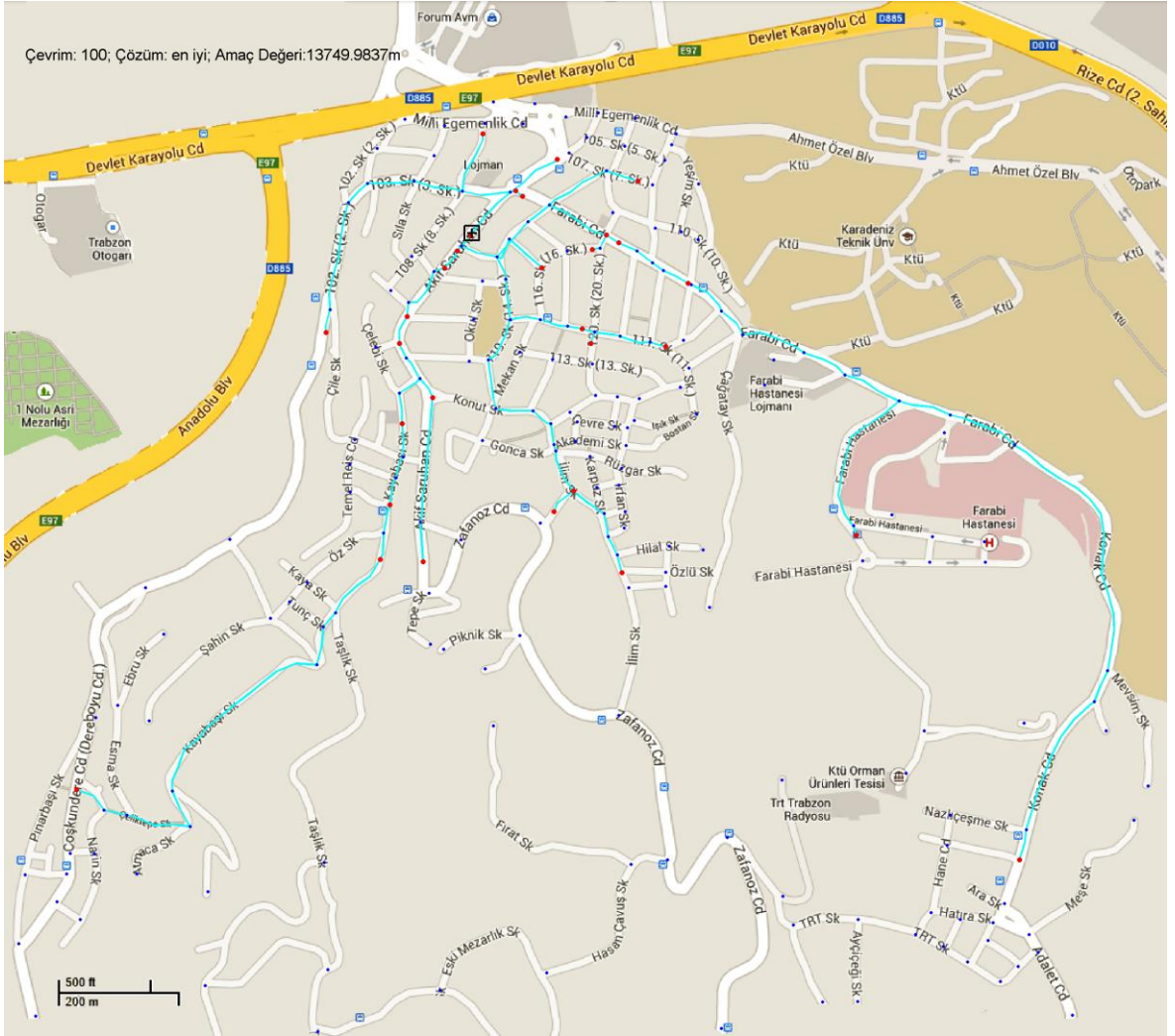
Amaç değeri 14.611,9096 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 23. Senaryo 1, 10. çevrim için en iyi çözüm

Şekil 23'te 10. çevrim için en iyi amaç değerini veren çözüm gösterilmiştir. Bu çözümde dağıtım merkezinin konumu 208 numaralı bakkal noktası ile 187. düğüm noktasını birbirine bağlayan yol üzerinde belirlenmiştir.

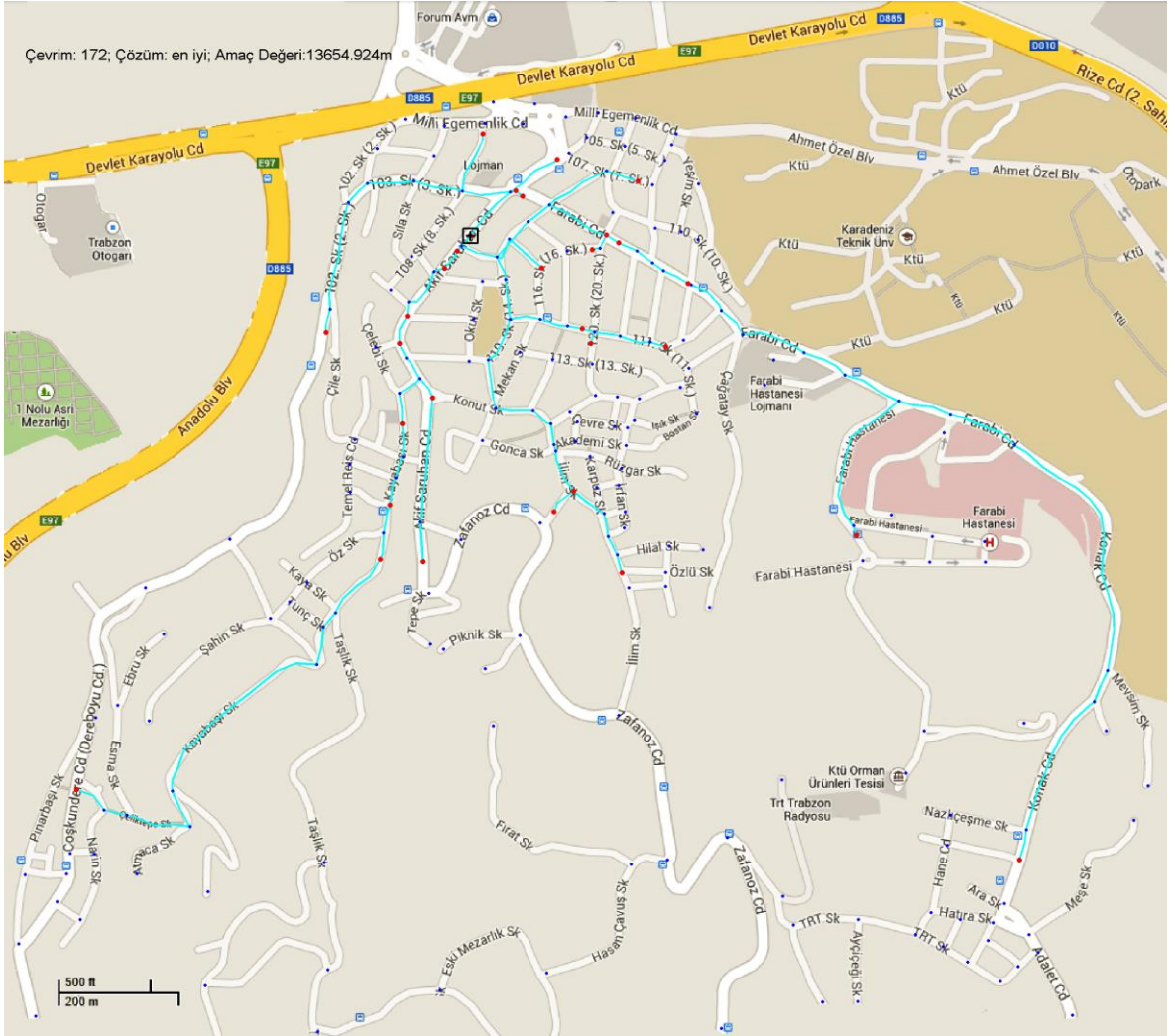
Amaç değeri 14.407,7551 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 24. Senaryo 1, 100. çevrim için en iyi çözüm

Şekil 24'te 100. çevrim için en iyi amaç değerini veren çözüm verilmiştir. Bu çözümde dağıtım merkezinin konumu 205 numaralı bakkal noktası ile 7. düğüm noktasını birbirine bağlayan yol üzerinde belirlenmiştir.

Amaç değeri 13.749,9837 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 25. Senaryo 1 için en iyi çözüm

Şekil 25'te bir adet dağıtım merkezi konumu belirlemek için en iyi amaç değerini veren çözüm gösterilmiştir. 172. çevrimde elde edilen Bu çözüme göre dağıtım merkezi Şekil 25'teki gibi 205 numaralı bakkal noktası üzerinde belirlenmiştir.

Amaç değeri 13.654,924 m olarak elde edilmiştir.

2.3.3. Senaryo 2

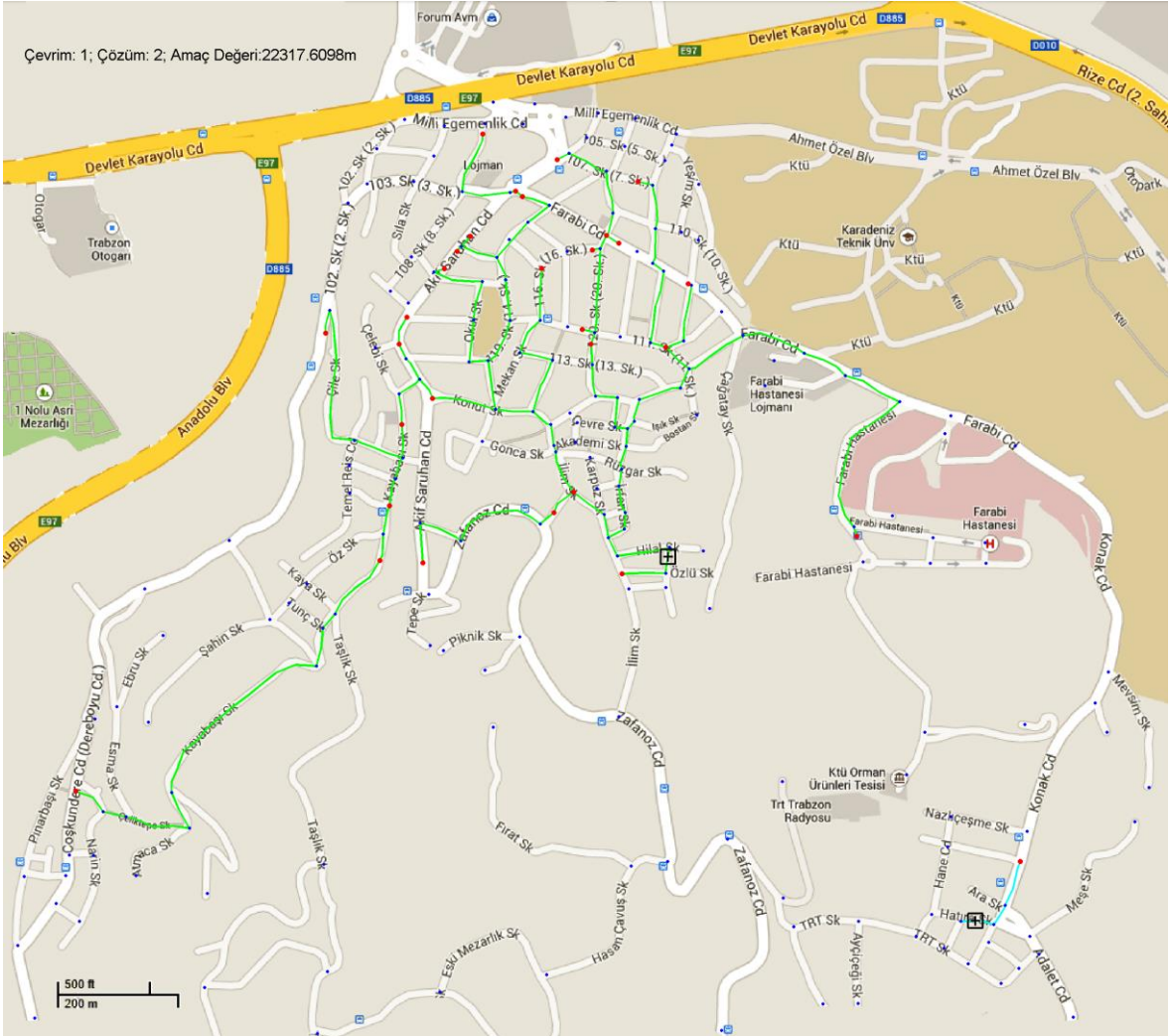
Senaryo 2'ye göre bölgede iki adet dağıtım merkezi kurulmak ve bu iki dağıtım merkezi için en uygun konumlar belirlenmek istenmektedir.



Şekil 26. Senaryo 2, 1. çevrim – 1. çözüm

Şekil 26'da dağıtım merkezi sayısı iki olarak belirlendiğinde ilk çevrim için 1. çözüm gösterilmiştir. Bu çözümde bir dağıtım merkezi 30. düğüm noktasının üzerinde diğer dağıtım merkezi ise 93. ve 130. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yolun üzerinde konumlanmıştır.

Amaç değeri 15.405,0322 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 27. Senaryo 2, 1. çevrim – 2. çözüm

Şekil 27’de dağıtım merkezi sayısı iki olarak belirlendiğinde ilk çevrim için 2. çözüm gösterilmiştir. Bu çözüme göre bir dağıtım merkezi 134. ve 189. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yolun üzerinde diğer dağıtım merkezi ise 160. ve 162. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yolun üzerinde konumlanmıştır.

Amaç değeri 22.317,6098 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 28. Senaryo 2, 1. çevrim – 3. çözüm

Şekil 28’de dağıtım merkezi sayısı iki olarak belirlendiğinde ilk çevrimin 3. çözümü verilmiştir. Bu çözümde bir dağıtım merkezi 187. düğüm noktası üzerinde diğer dağıtım merkezi ise 76. ve 191. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yolun üzerinde konumlanmıştır.

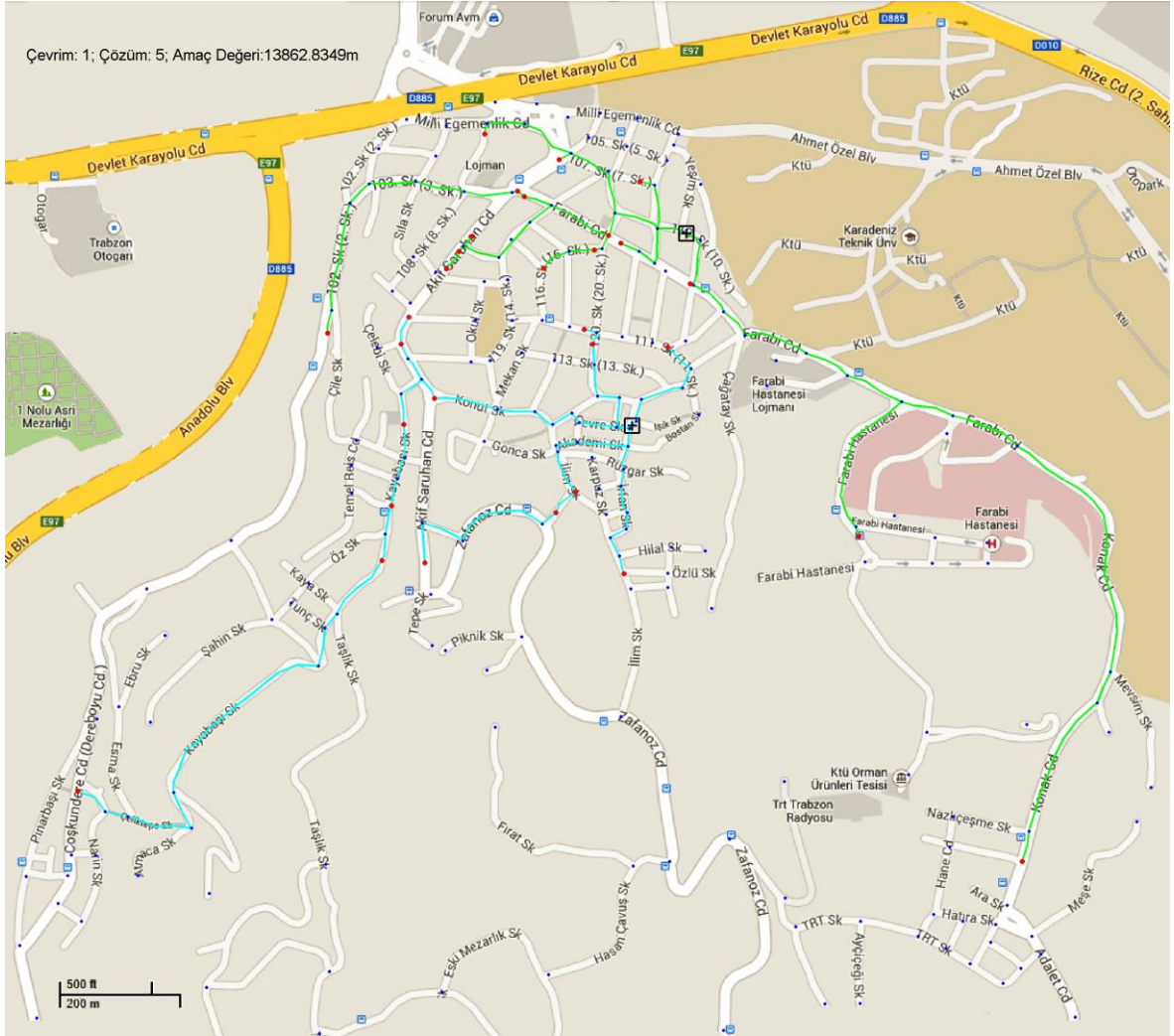
Amaç değeri 13.300,9591 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 29. Senaryo 2, 1. çevrim – 4. çözüm

Şekil 29’da dağıtım merkezi sayısı iki olarak belirlendiğinde ilk çevrimin 4. çözümü gösterilmiştir. Bu çözümde bir dağıtım merkezi 43 ve 223 numaralı bakkal noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde diğer dağıtım merkezi ise 168. ve 170. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde konumlanmıştır.

Amaç değeri 12.573,9842 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 30. Senaryo 2, 1. çevrim – 5. çözüm

Şekil 30’da dağıtım merkezi sayısı iki olarak belirlendiğinde ilk çevrimin 5. çözümü gösterilmiştir. Bu çözüme göre bir dağıtım merkezi 25. ve 186. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde diğer dağıtım merkezi ise 71. ve 218. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde konumlanmıştır.

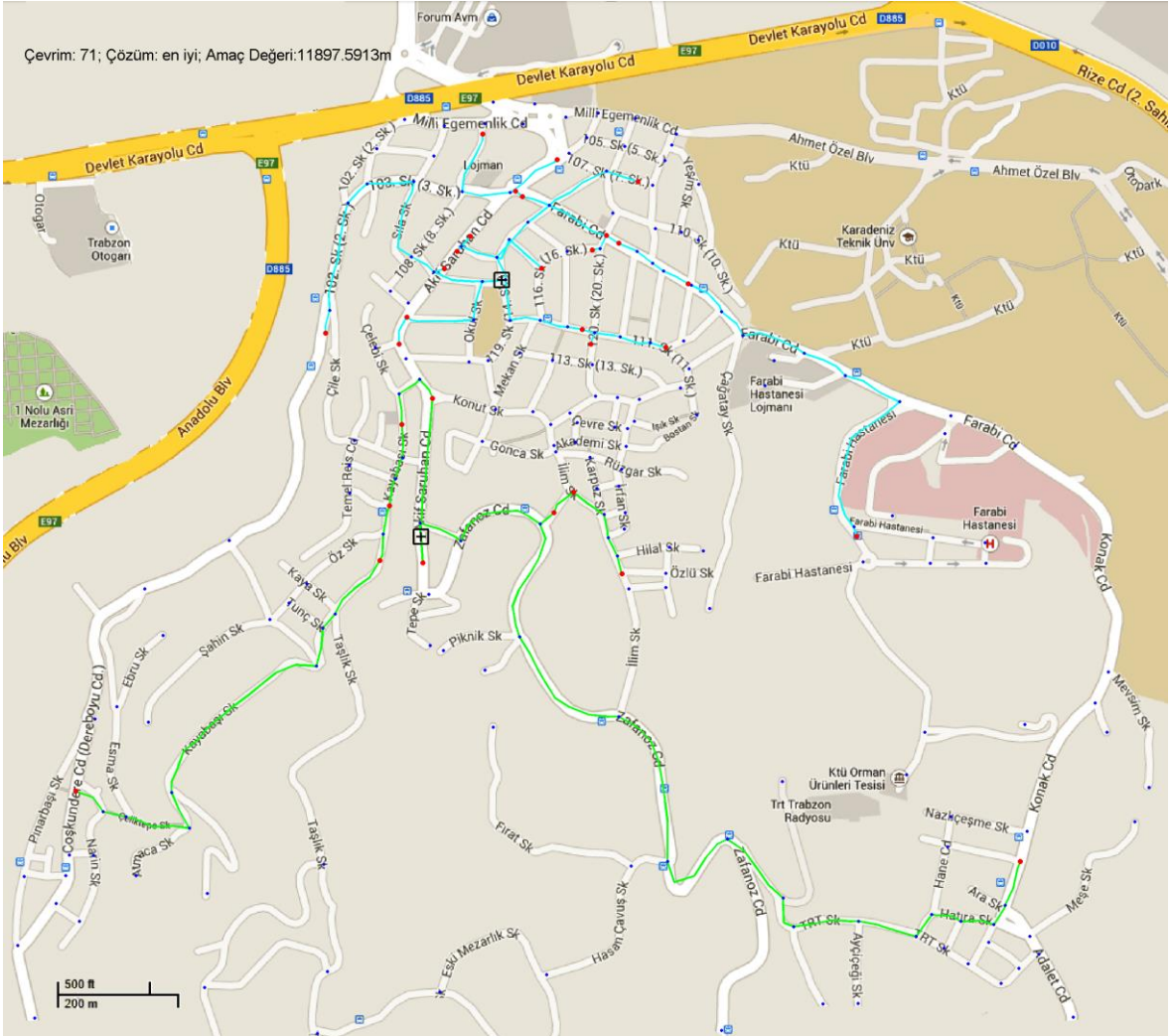
Amaç değeri 13.862,8349 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 31. Senaryo 2, 2. çevrim için en iyi çözüm

Şekil 31’de iki dağıtım merkezinin konumunun belirlenmesi durumunda 2. çevrim için en iyi amaç değerini veren çözüm gösterilmiştir. Bu çözüme göre dağıtım merkezlerinden birinin konumu 187. düğüm noktası üzerinde diğerinki ise 77. ve 191. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde belirlenmiştir.

Amaç değeri 12.089,9177 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 32. Senaryo 2, 71. çevrim için en iyi çözüm

Şekil 32’de iki dağıtım merkezinin konumunun belirlenmesi durumunda 71. çevrim için en iyi amaç değerini veren çözüm gösterilmiştir. Bu çözüme göre dağıtım merkezlerinden birinin konumu 36. düğüm noktası üzerinde diğerinki ise 193. düğüm noktası ile ve 199 numaralı bakkal noktasını birbirine bağlayan yol üzerinde belirlenmiştir.

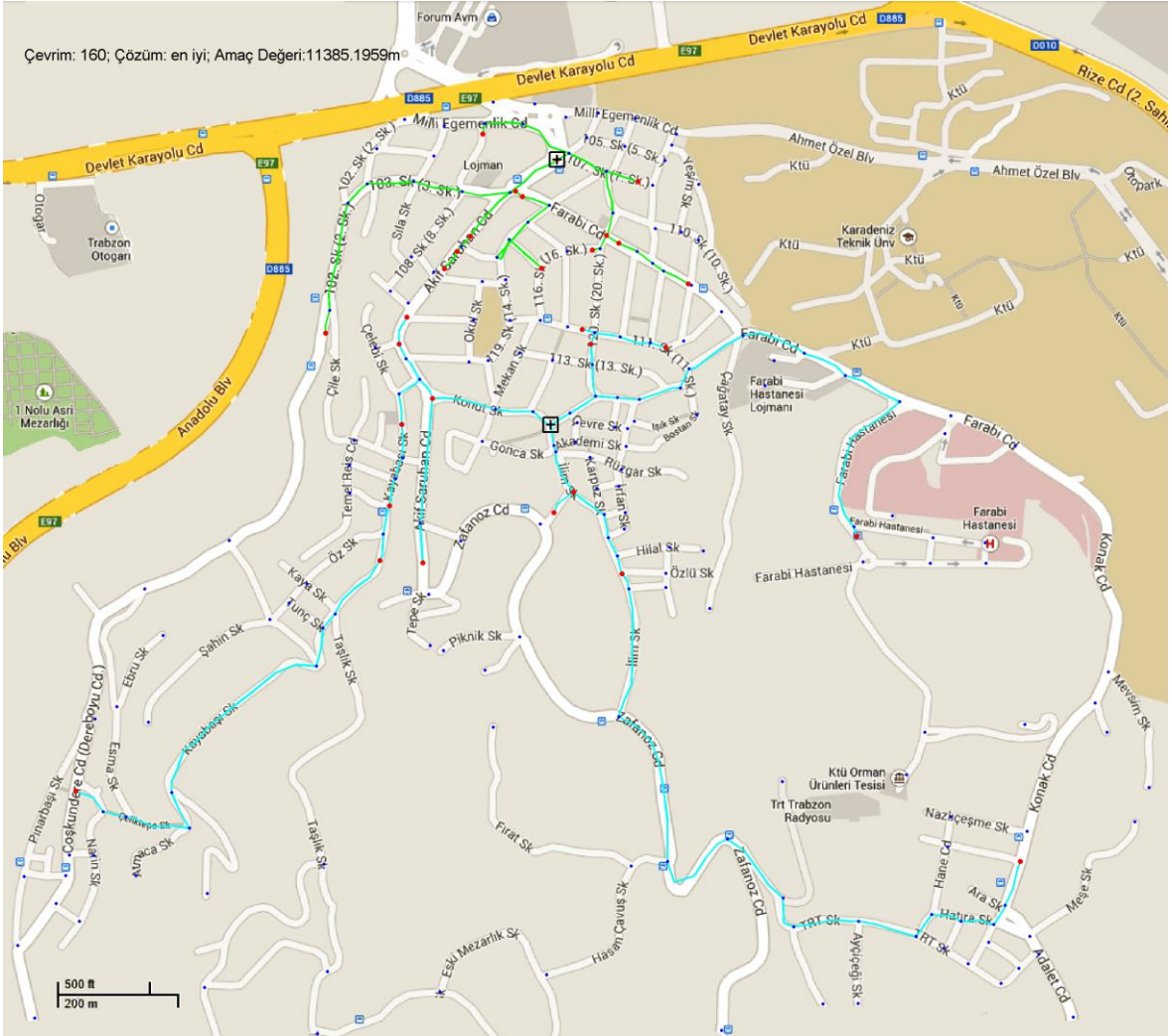
Amaç değeri 11.897,5913m olarak elde edilmiştir.



Şekil 33. Senaryo 2, 98. çevrim için en iyi çözüm

Şekil 33'te iki dağıtım merkezinin konumunun belirlenmesi durumunda 98. çevrim için en iyi amaç değerini veren çözüm gösterilmiştir. Bu çözüme göre dağıtım merkezlerinden birinin konumu 16. düğüm noktası üzerinde diğerininki ise 72. düğüm noktası üzerinde belirlenmiştir.

Amaç değeri 11.412,4019m olarak elde edilmiştir



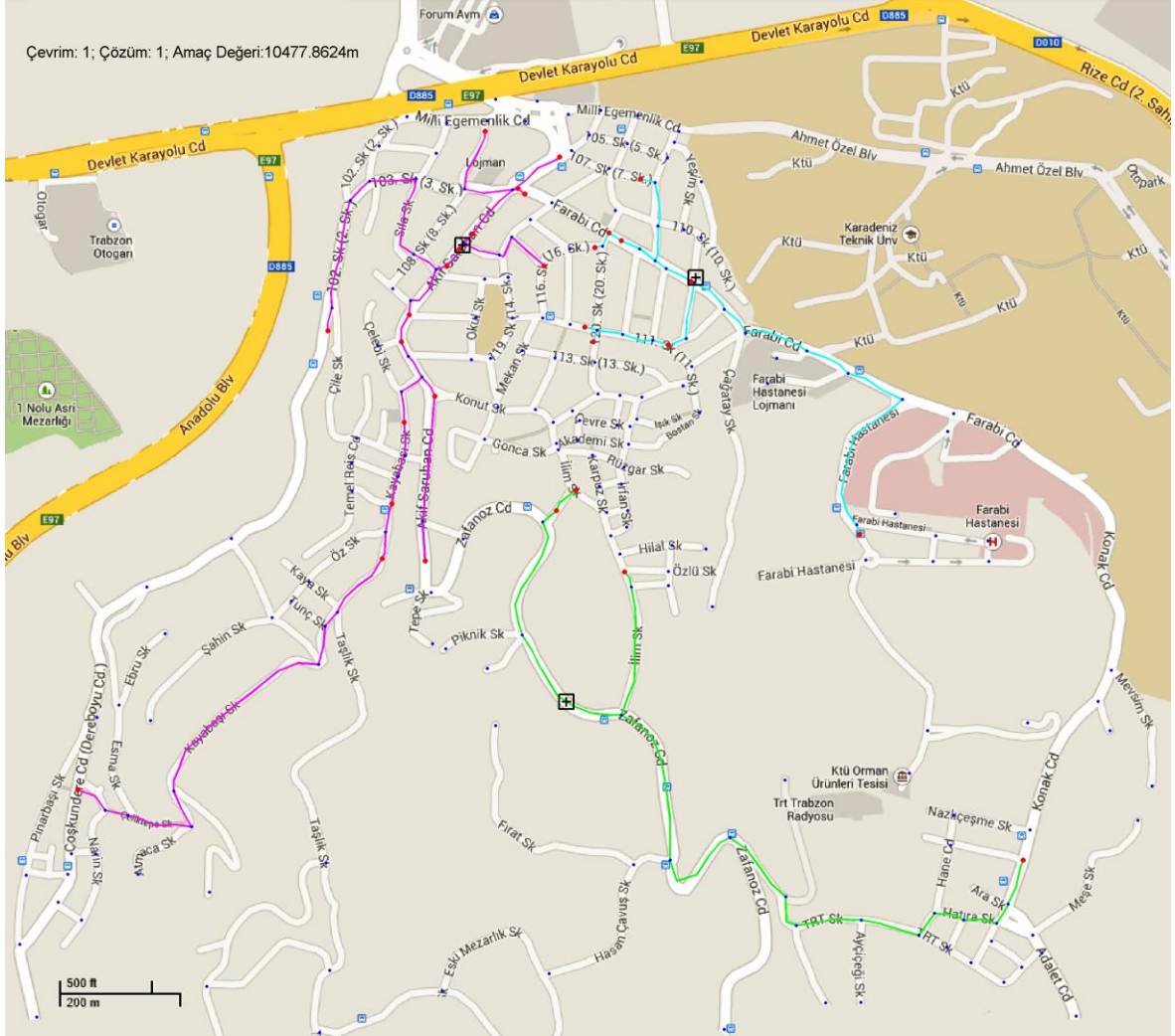
Şekil 34. Senaryo 2 için en iyi çözüm

Şekil 34'te iki adet dağıtım merkezinin konumu belirlemek için en iyi amaç değerini veren çözüm gösterilmiştir. 160. çevrimde elde edilen bu çözüme göre dağıtım merkezlerinden birinin konumu 214 numaralı bakkal noktası üzerinde, diğerininki ise 72. düğüm noktası üzerinde belirlenmiştir.

Amaç değeri 11.385,7959 m olarak elde edilmiştir.

2.3.4. Senaryo 3

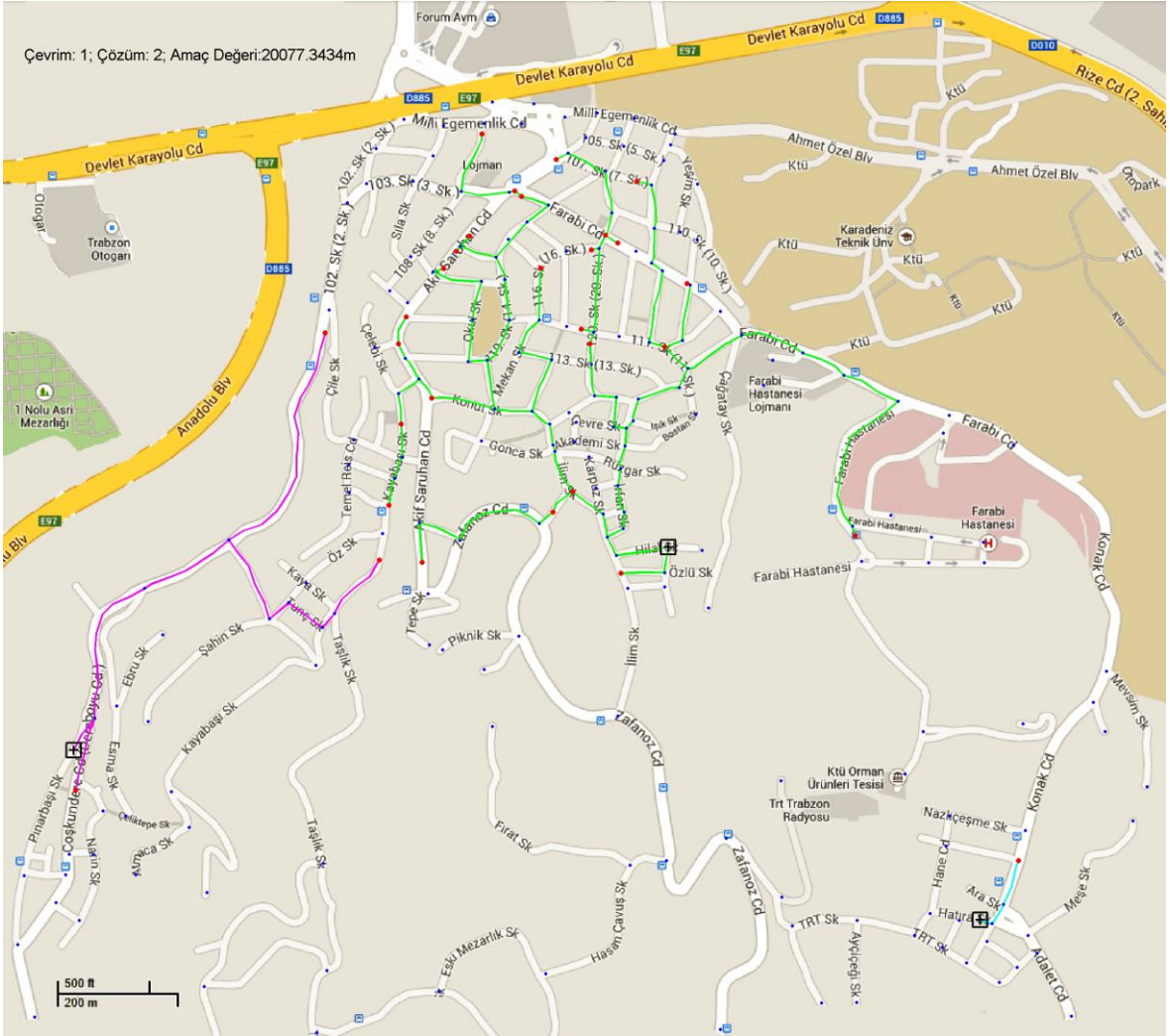
Senaryo 3'te dağıtım merkezi sayısının üç olması durumu ele alınmıştır ve bu üç dağıtım merkezi için konumlar belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 35. Senaryo 3, 1. çevrim -1. çözüm

Şekil 35'te dağıtım merkezi sayısı 3 olarak belirlendiğinde ilk çevrimin 1. çözümü gösterilmiştir. Bu çözüme göre birinci dağıtım merkezi konumu 10. düğüm noktası ve 204 numaralı bakkal noktasını birbirine bağlayan yol üzerinde, ikinci dağıtım merkezininki 130. düğüm noktası üzerinde, üçüncü dağıtım merkezininki ise 93. ve 130. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde konumlanmıştır.

Amaç değeri 10.477,8624m olarak elde edilmiştir.



Şekil 36. Senaryo 3, 1. çevrim -2. çözüm

Şekil 36’da dağıtım merkezi sayısı 3 olarak belirlendiğinde ilk çevrimin 2. çözümü gösterilmiştir. Bu çözüme göre birinci dağıtım merkezinin konumu 124. ve 126. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde, ikinci dağıtım merkezininki 189. düğüm noktası üzerinde, üçüncü dağıtım merkezininki ise 160. ve 162. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde konumlanmıştır.

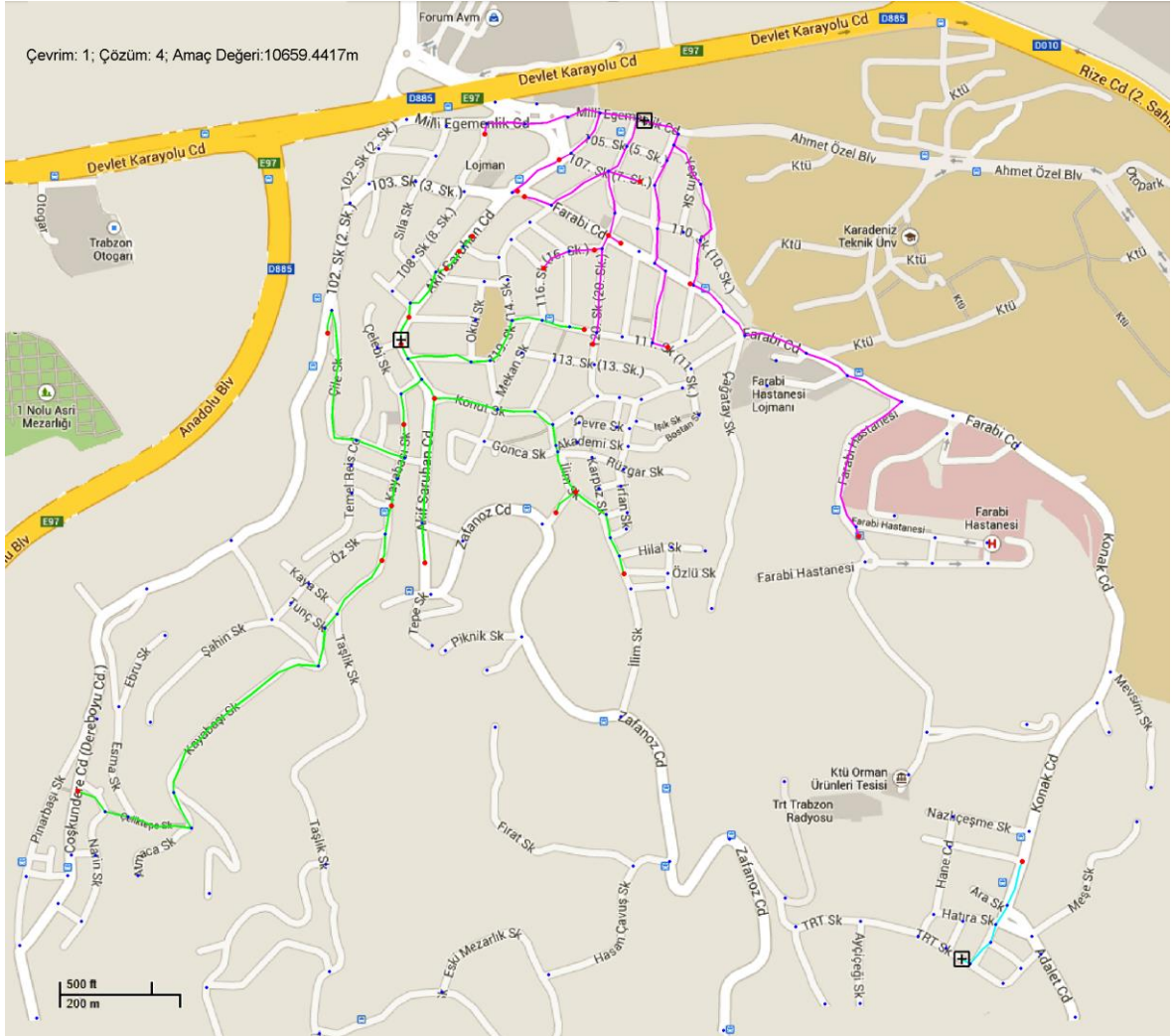
Amaç değeri 20.077,3434m olarak elde edilmiştir.



Şekil 37. Senaryo 3, 1. çevrim -3. çözüm

Şekil 37’de üç adet dağıtım merkezi için ilk çevrimin 3. çözümü gösterilmiştir. Bu çözümde birinci dağıtım merkezinin konumu 65. ve 220. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde, ikinci dağıtım merkezininki 76. ve 191. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde, üçüncü dağıtım merkezininki ise 29. ve 187. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde konumlanmıştır.

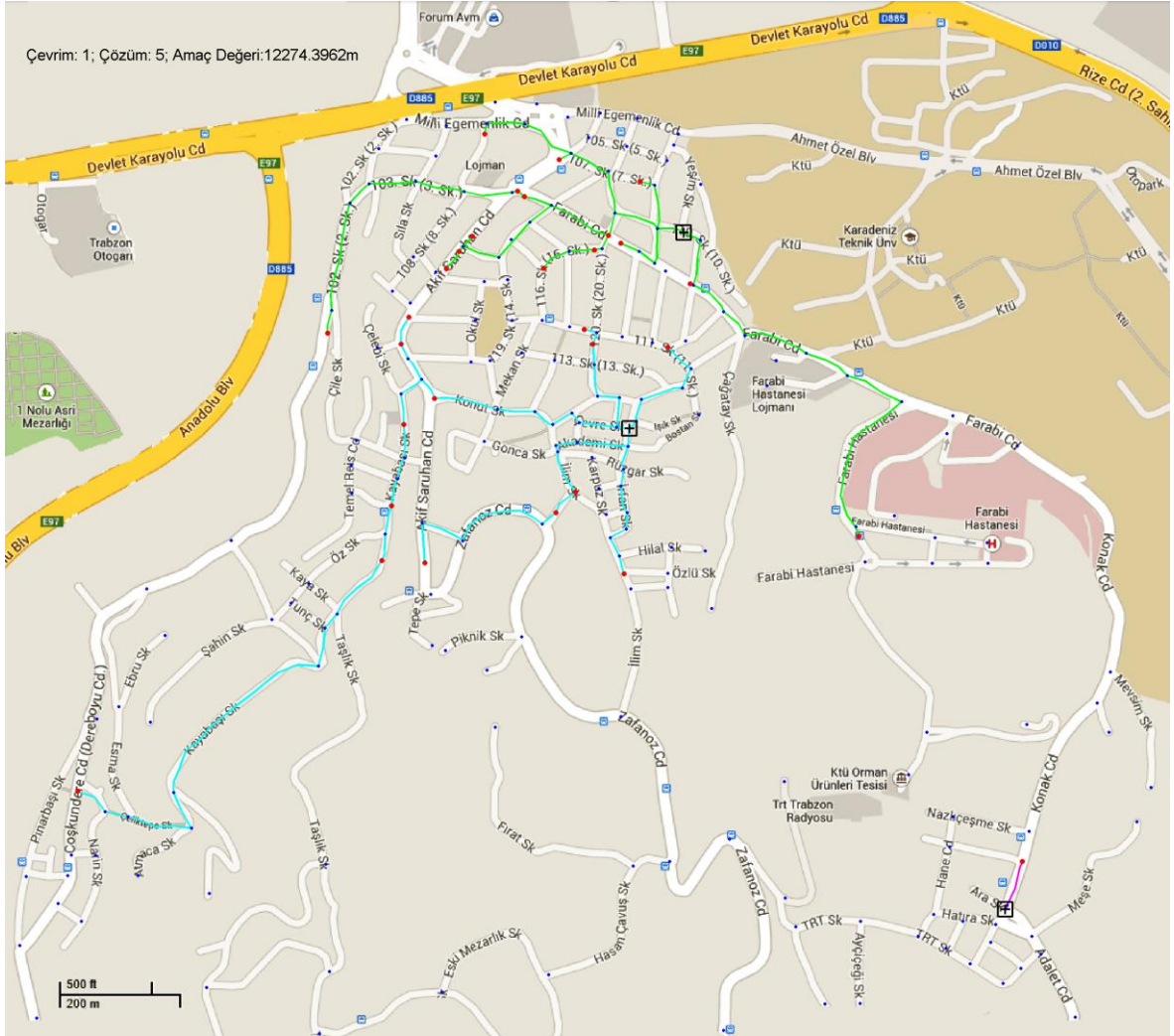
Amaç değeri 12.238,0834m olarak elde edilmiştir.



Şekil 38. Senaryo 3, 1. çevrim -4. çözüm

Şekil 38’de üç adet dağıtım merkezi için ilk çevrimin 4. çözümü gösterilmiştir. Bu çözüme göre birinci dağıtım merkezinin konumu 19. ve 21. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde, ikinci dağıtım merkezininki 76. ve 191. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde, üçüncü dağıtım merkezininki ise 43 ve 223 numaralı bakkal noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde konumlanmıştır.

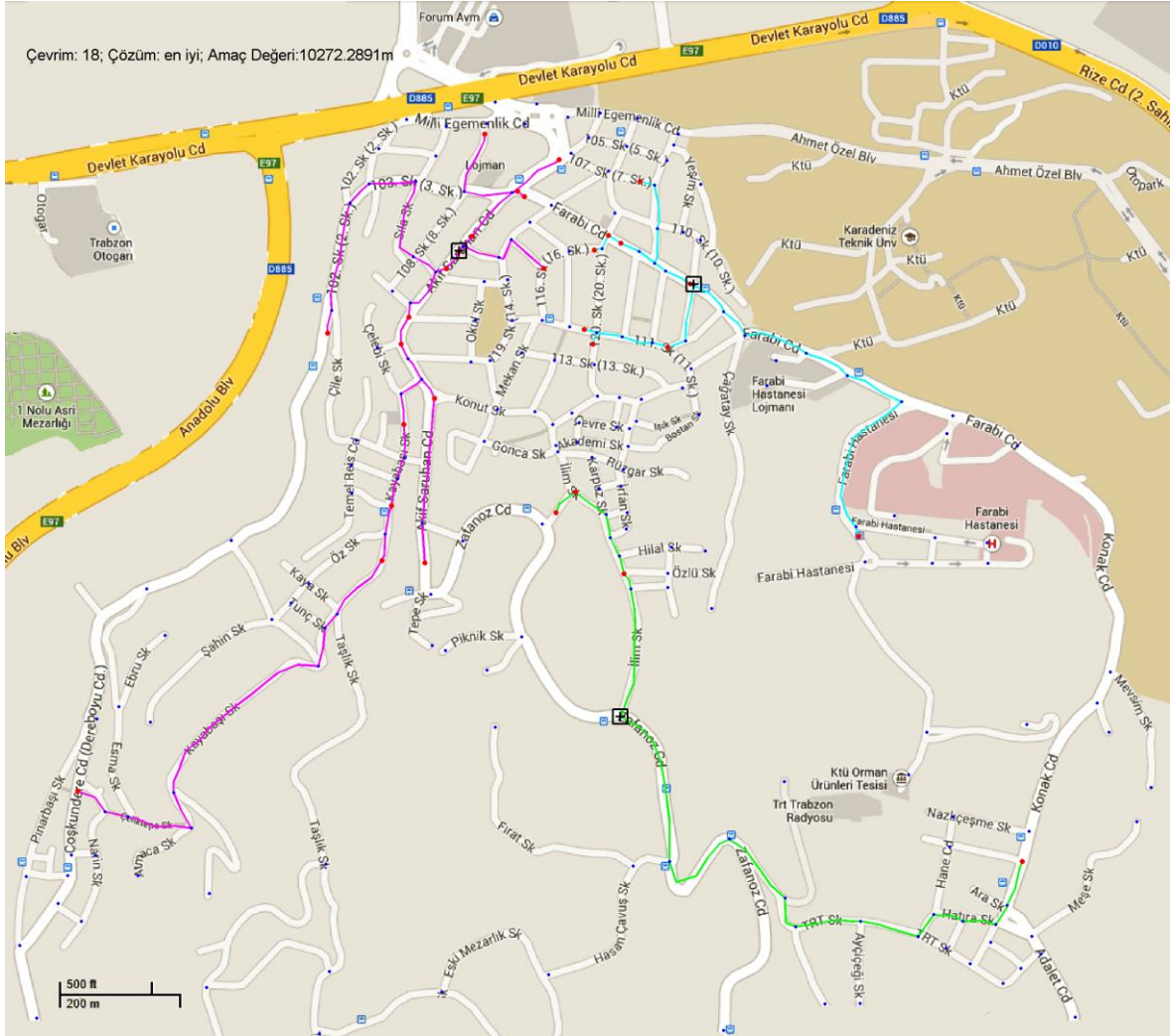
Amaç değeri 10.659,4417m olarak elde edilmiştir.



Şekil 39. Senaryo 3, 1. çevrim -5. çözüm

Şekil 39’da 3 adet dağıtım merkezi için ilk çevrimin 5. çözümü gösterilmiştir. Bu çözüme göre birinci dağıtım merkezinin konumu 161. düğüm noktası üzerinde, ikinci dağıtım merkezininki 25. düğüm noktası üzerinde, üçüncü dağıtım merkezininki ise 218. düğüm noktası üzerinde konumlanmıştır.

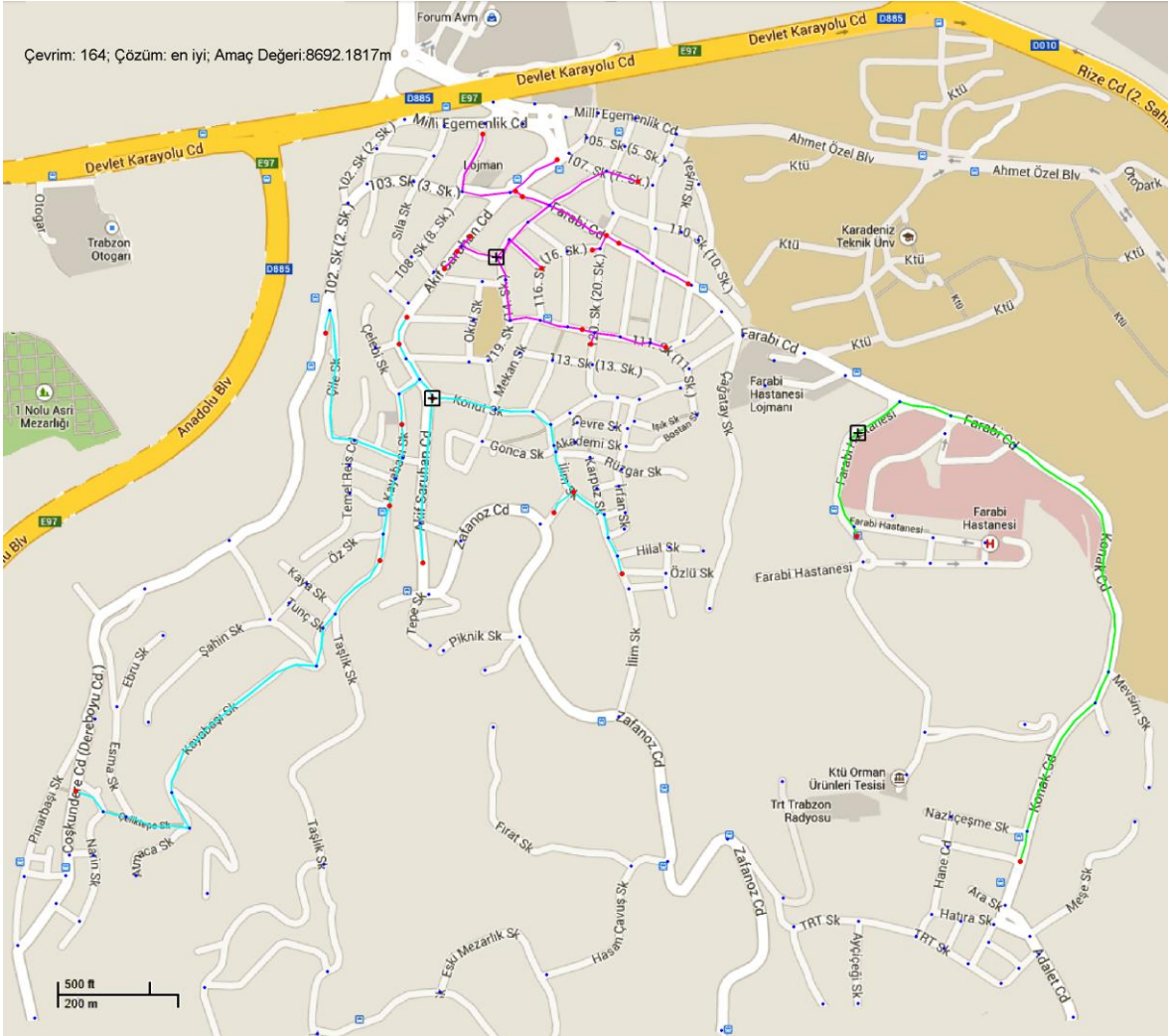
Amaç değeri 12.271,3962 olarak elde edilmiştir.



Şekil 40. Senaryo 3, 18. çevrim için en iyi çözüm

Şekil 40'ta üç dağıtım merkezi belirlenmesi durumunda 18. çevrim için en iyi amaç değerini veren çözüm gösterilmiştir. Bu çözüme göre birinci dağıtım merkezinin konumu 204 numaralı bakkal noktası üzerinde, ikinci dağıtım merkezininki 93. düğüm noktası üzerinde, üçüncü dağıtım merkezininki ise 212 numaralı bakkal noktası üzerinde belirlenmiştir.

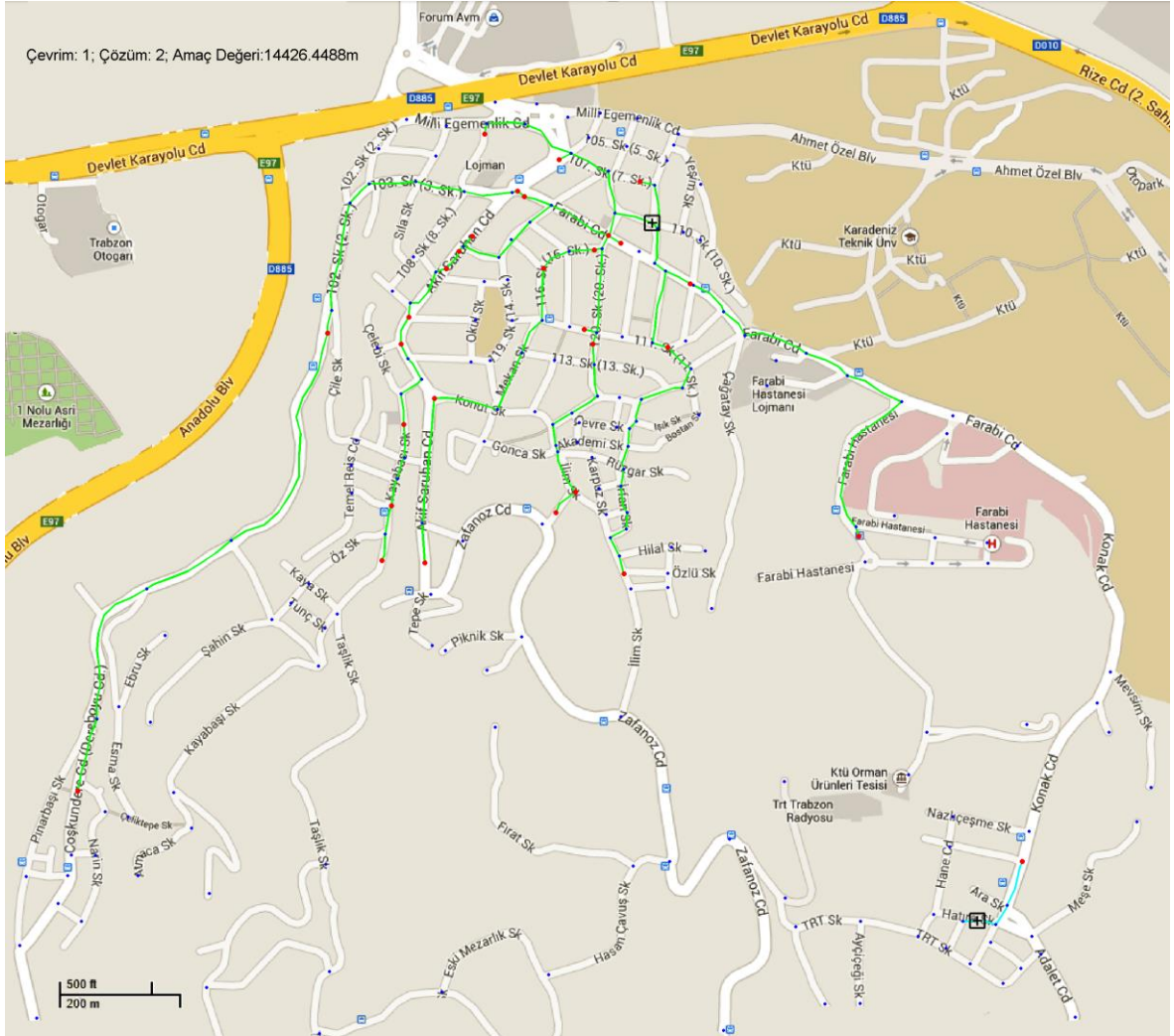
Amaç değeri 10.272,2891m olarak elde edilmiştir



Şekil 41. Senaryo 3 için en iyi çözüm

Şekil 41’de 3 adet dağıtım merkezi konumu belirlemek için en iyi amaç değerini veren çözüm gösterilmiştir. 164. çevrimde elde edilen bu çözüme göre birinci dağıtım merkezinin konumu 11. düğüm noktası üzerinde, ikinci dağıtım merkezininki 141. ve 143. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde, üçüncü dağıtım merkezininki ise 61 numaralı bakkal noktası üzerinde belirlenmiştir.

Amaç değeri 8.692,1817 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 43. Senaryo 4, 1. çevrim – 2. çözüm

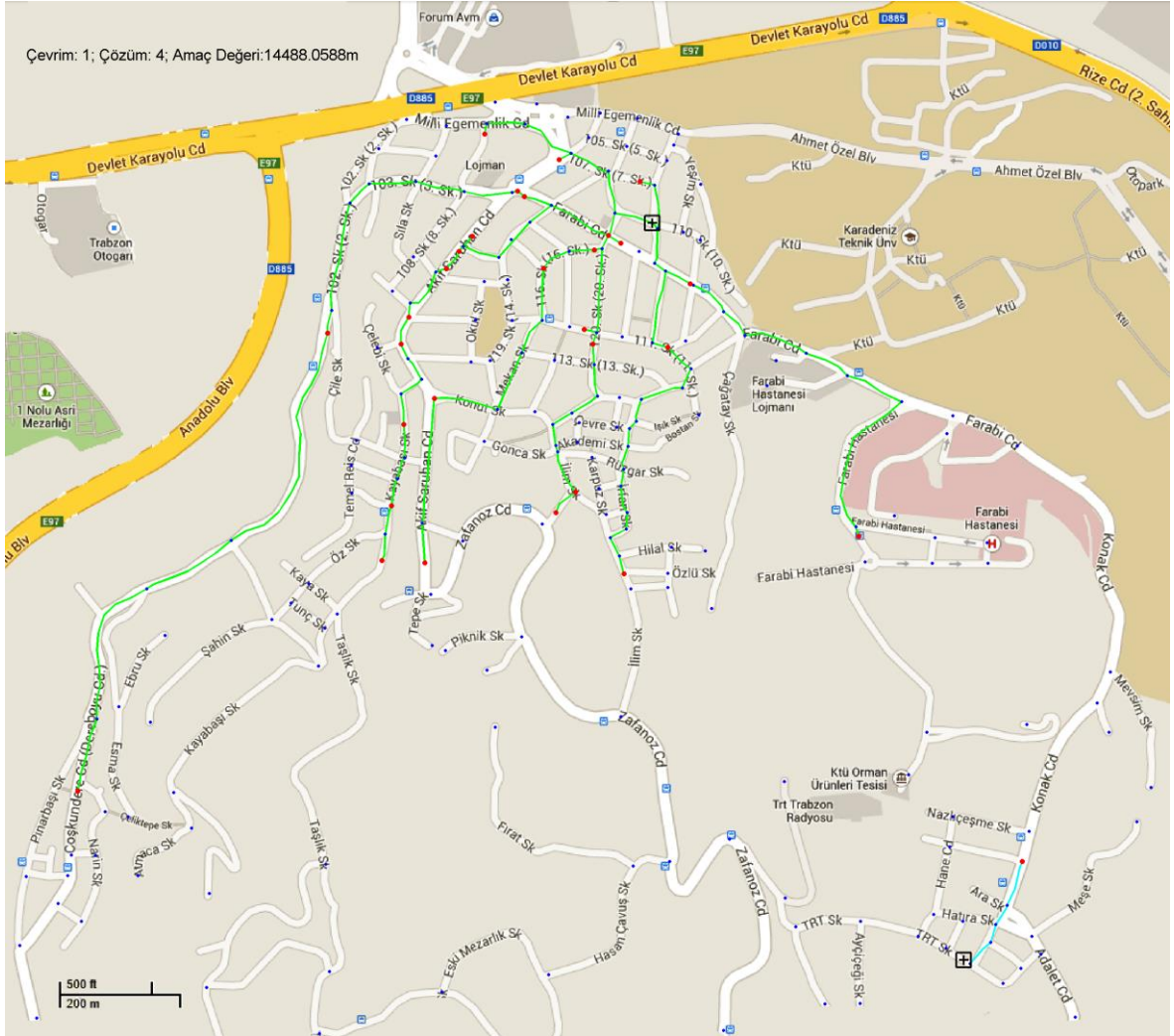
Şekil 43'te ilk çevrimin 2. çözümü gösterilmiştir. Bu çözüme göre ikinci dağıtım merkezinin konumu 160. ve 162. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzeri olarak belirlenmiştir.

Amaç değeri 14.426,4488m olarak elde edilmiştir.



Şekil 44. Senaryo 4, 1. çevrim – 3. çözüm

Şekil 44'te ilk çevrimin 3. çözümü gösterilmiştir. Bu çözüme göre ikinci dağıtım merkezinin konumu 187. düğüm noktası üzeri olarak belirlenmiştir. Amaç değeri 14.532,8267m olarak elde edilmiştir.



Şekil 45. Senaryo 4, 1. çevrim – 4. çözüm

Şekil 45'te ilk çevrimin 4. çözümü gösterilmiştir. Bu çözümde ikinci dağıtım merkezinin konumu 168. ve 170. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzeri olarak belirlenmiştir.

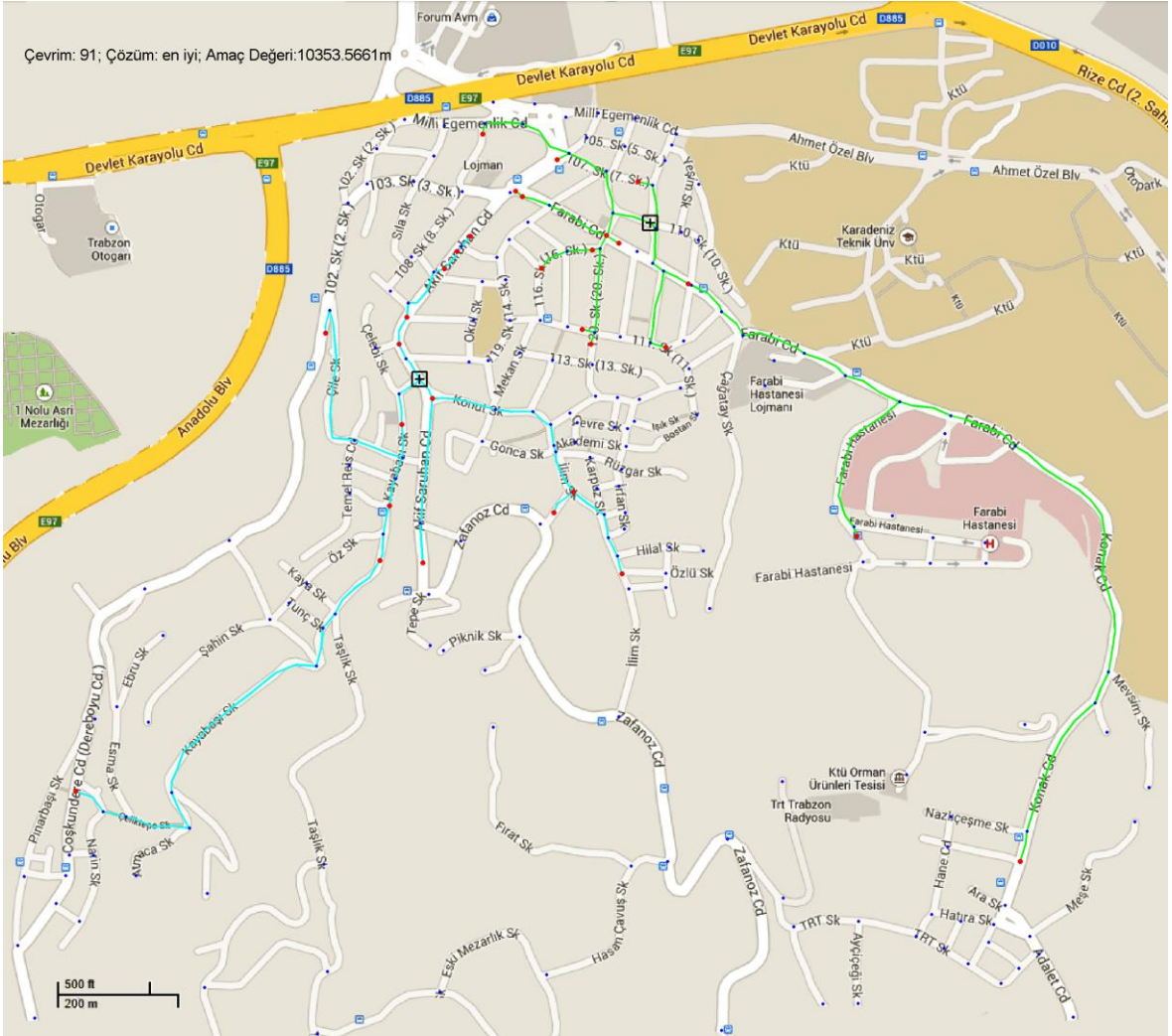
Amaç değeri 14.488,0588 olarak elde edilmiştir.



Şekil 46. Senaryo 4, 1. çevrim – 5. çözüm

Şekil 46’da ilk çevrimin 5. çözümü gösterilmiştir. Bu çözümde ikinci dağıtım merkezinin konumu 218. düğüm noktası üzeri olarak belirlenmiştir.

Amaç değeri 13.129,0371m olarak elde edilmiştir.



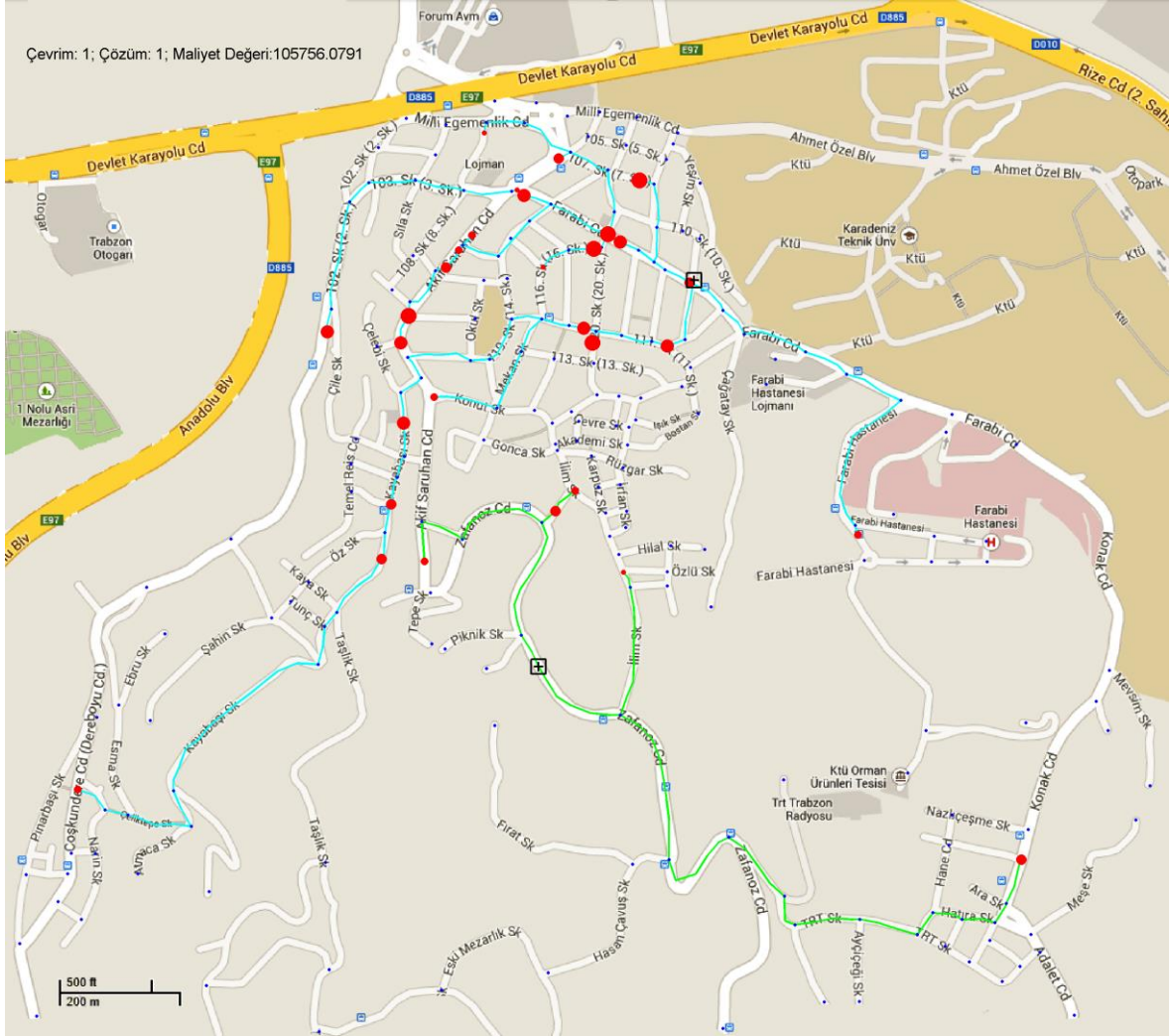
Şekil 47. Senaryo 4 için en iyi çözüm

Şekil 47’de bir dağıtım merkezinin mevcut ve konumunun belirli olması durumunda ikinci bir dağıtım merkezi konumu için en iyi amaç değerini veren çözüm gösterilmiştir. 91. çevrimde ulaşılan bu çözüme göre 26. ve 27. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde hâlihazırda bir dağıtım merkezinin mevcut olması durumunda ikinci dağıtım merkezinin konumu 45. düğüm noktası üzeri olarak belirlenmiştir.

Amaç değeri 10.353,5661 m olarak elde edilmiştir.

2.3.6. Senaryo 5

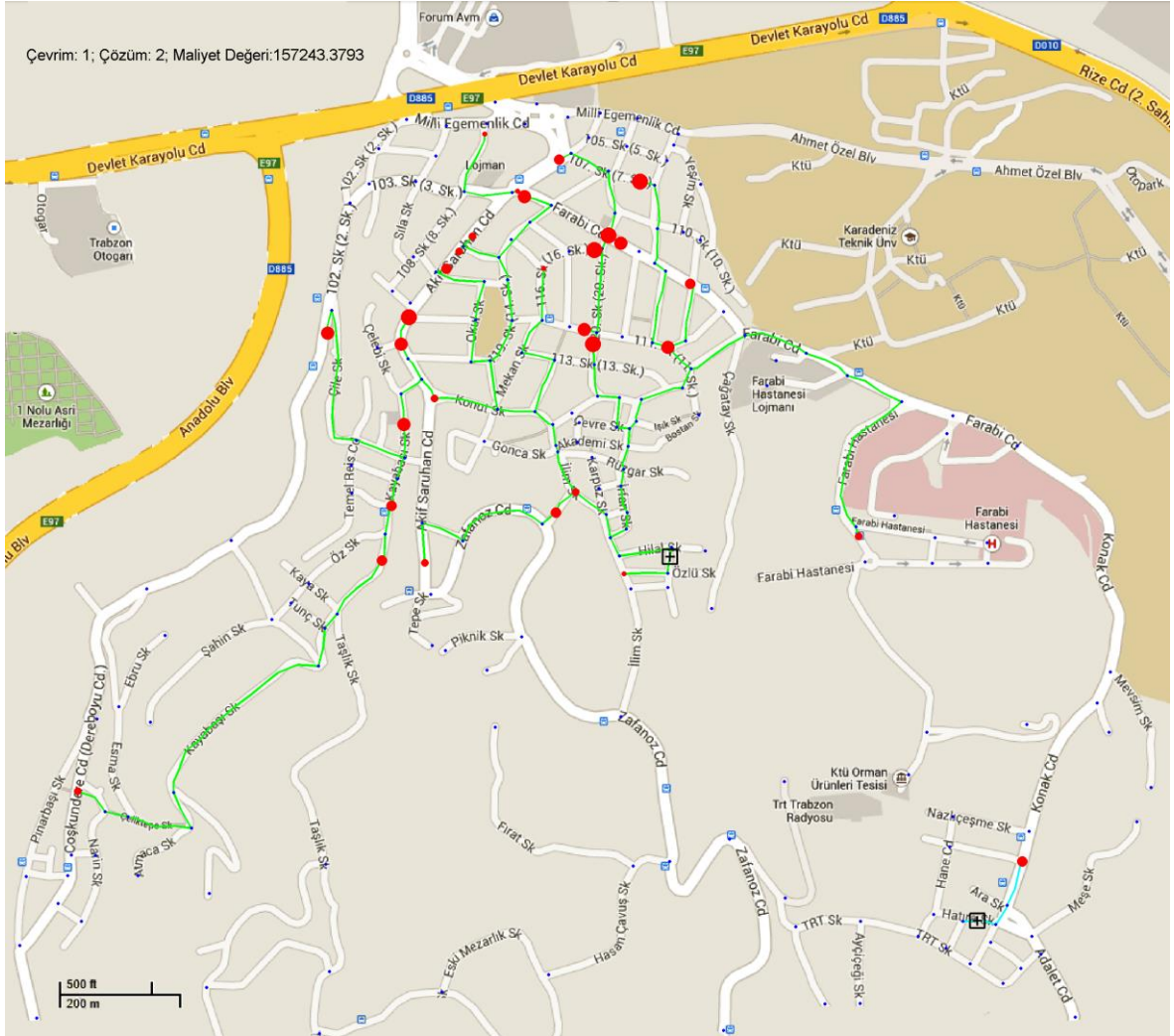
Senaryo 5'te bakkalların ürün taleplerinin, dolayısı ile de dağıtım merkezlerine gidiş sıklıklarının farklı olduğu hesaba katılmıştır. Bu varsayım altında başta belirlenmiş olan 30 adet bakkala rastgele ağırlıklar verilmiştir. Bu ağırlıklar çerçevesinde iki adet dağıtım merkezi konumu belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 48. Senaryo 5, 1. çevrim – 1. çözüm

Şekil 48'de birinci çevrimin ilk çözümü verilmiştir. Bu çözümde belirlenen dağıtım merkezlerinden birinin konumu 93. ve 130. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde diğerinin konumu ise 30. düğüm noktası üzerinde belirlenmiştir.

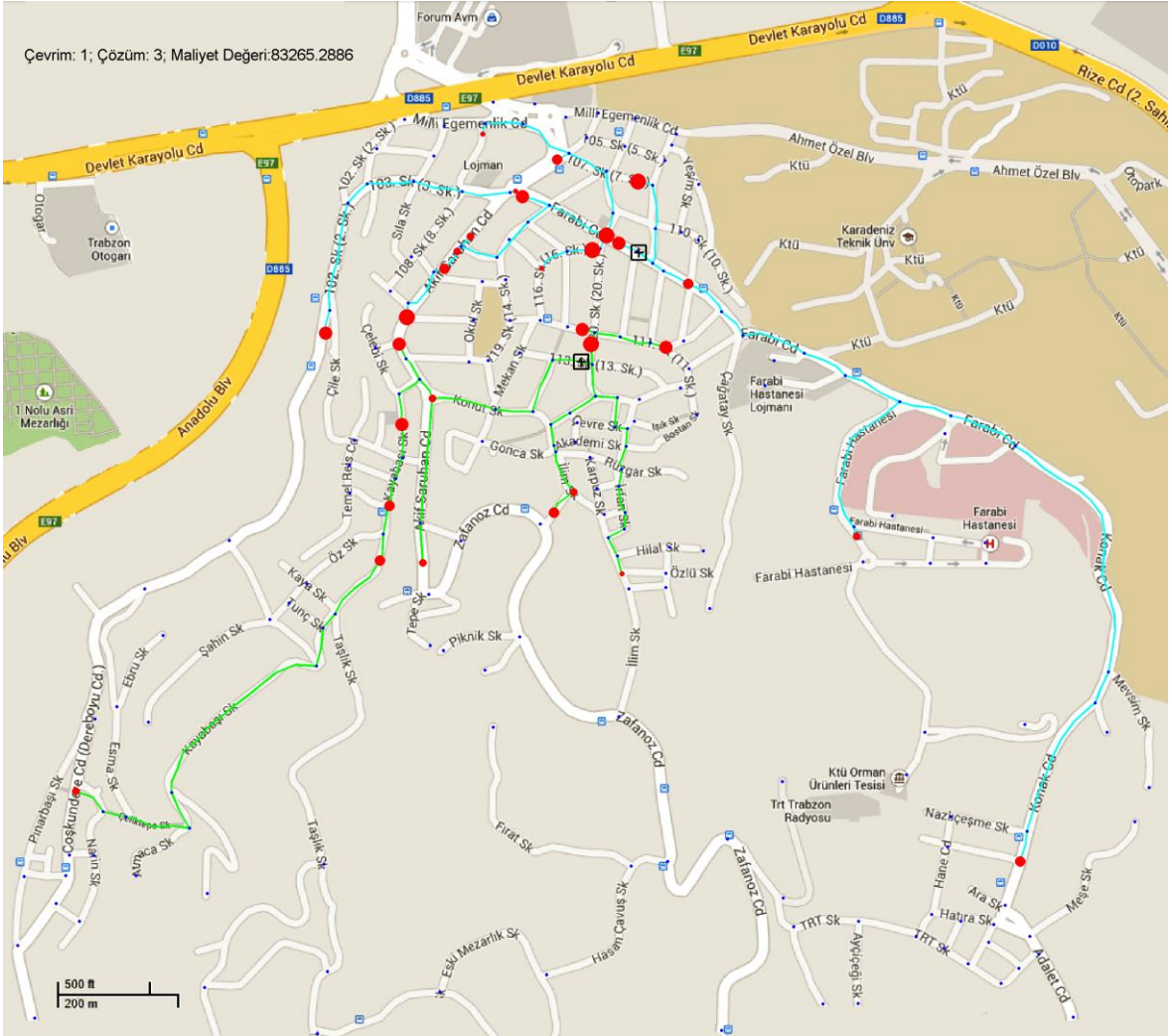
Maliyet değeri 105.756,0791 olarak belirlenmiştir.



Şekil 49. Senaryo 5, 1. çevrim – 2. çözüm

Şekil 49’da ağırlıklandırılmış bakkallar için dağıtım merkezi konumu belirleme durumunda birinci çevrimin 2. çözümü gösterilmiştir. Bu çözümde belirlenen dağıtım merkezlerinden birinin konumu 134. ve 189. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde diğerinki ise 160. ve 162. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde belirlenmiştir.

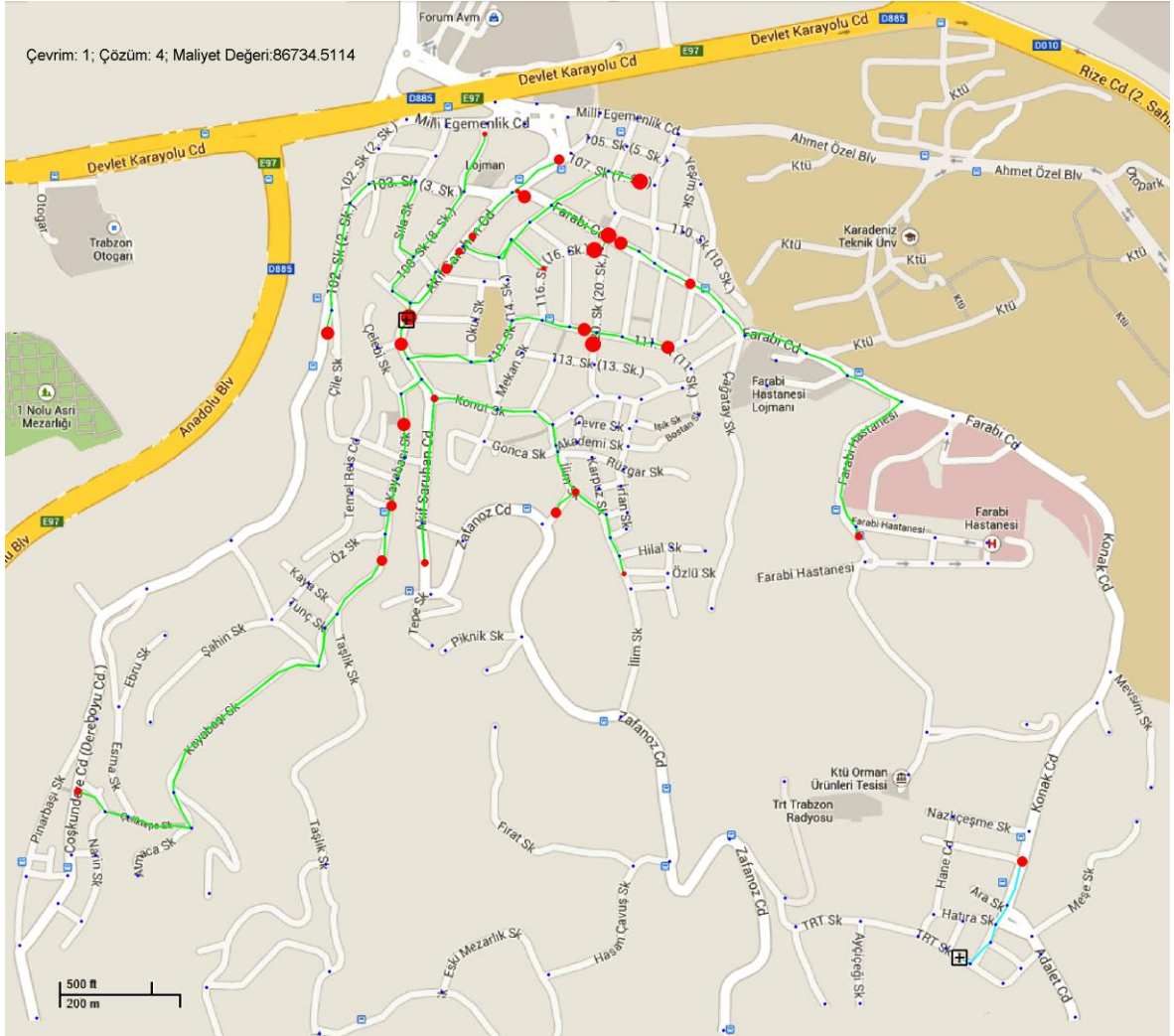
Maliyet değeri 157.243,3793 olarak belirlenmiştir.



Şekil 50. Senaryo 5, 1. çevrim – 3. çözüm

Şekil 50’de birinci çevrimin 3. çözümü gösterilmiştir. Bu çözümde belirlenen dağıtım merkezlerinden birinin konumu 76. ve 191. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde diğerindeki ise 187. düğüm noktası üzerinde belirlenmiştir.

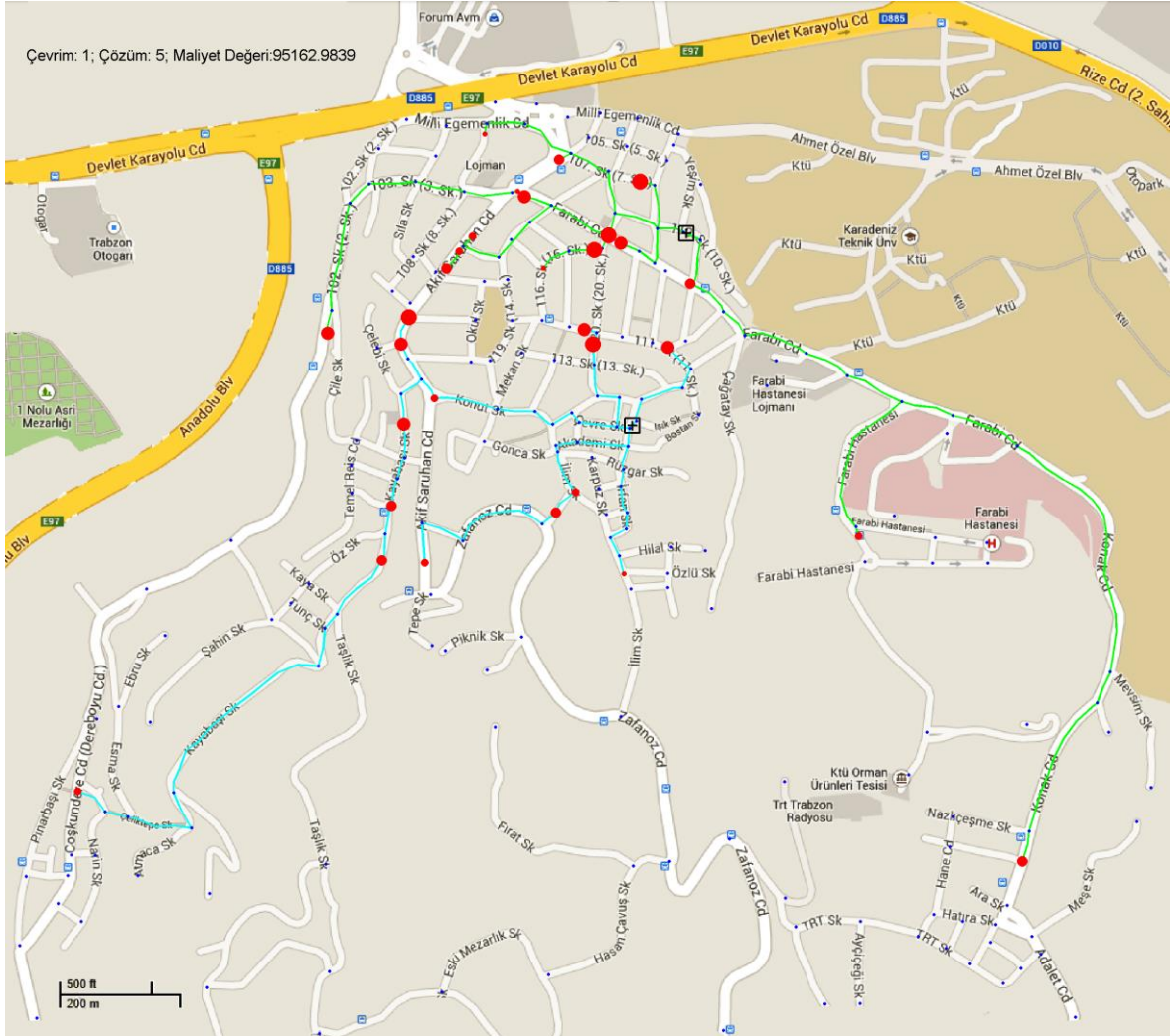
Maliyet değeri 83.265,2886 olarak belirlenmiştir



Şekil 51. Senaryo 5, 1. çevrim – 4. çözüm

Şekil 51’de birinci çevrimin 4. çözümü gösterilmiştir. Bu çözümde belirlenen dağıtım merkezlerinden birinin konumu 223 numaralı bakkal noktası üzerinde diğerininki ise 168. ve 170. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde belirlenmiştir.

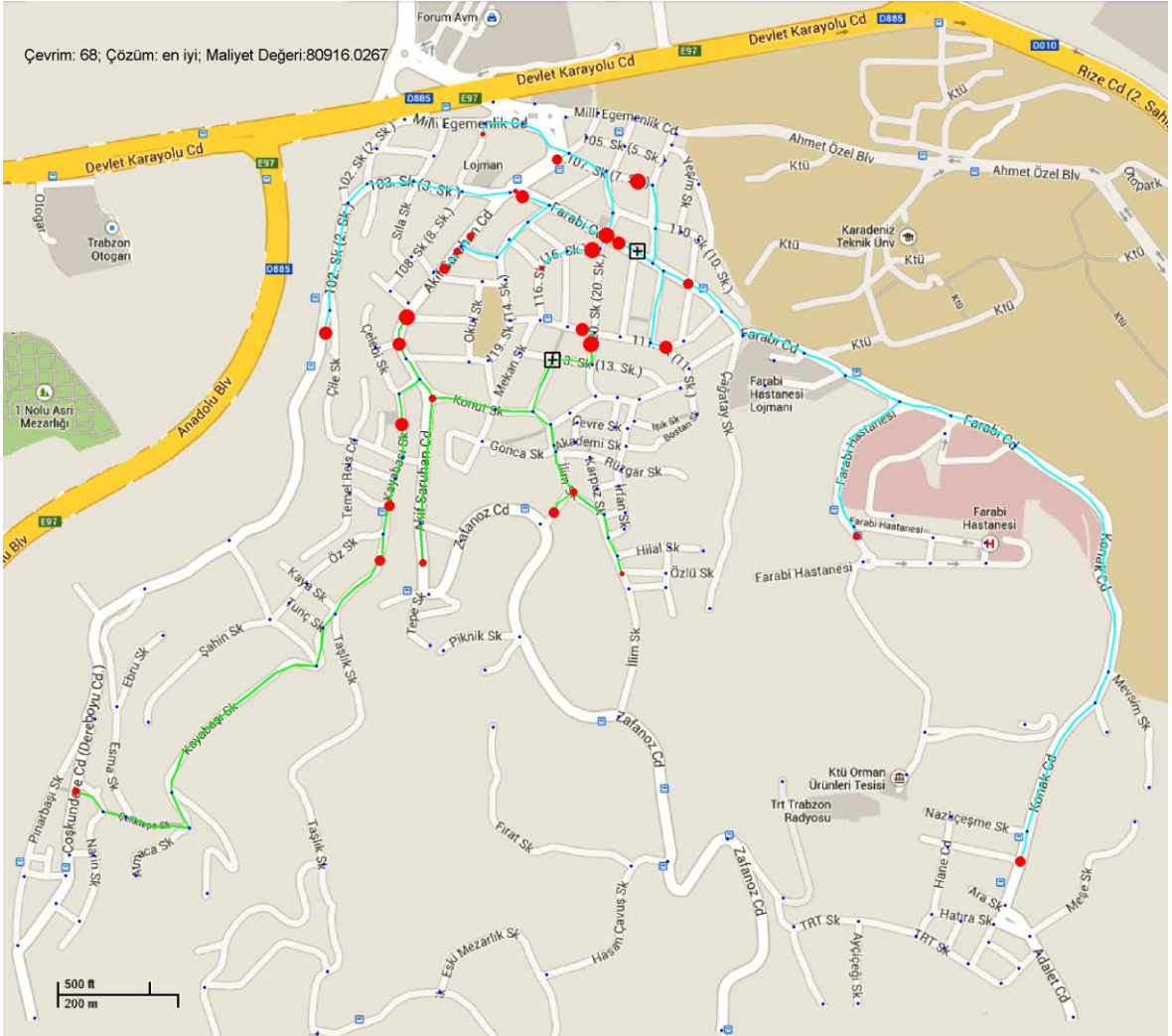
Maliyet değeri 86.734,5114 olarak belirlenmiştir



Şekil 52. Senaryo 5, 1. çevrim – 5. çözüm

Şekil 52’de birinci çevrimin 5. çözümü gösterilmiştir. Bu çözümde belirlenen dağıtım merkezlerinden birinin konumu 25. ve 186. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde diğerinki ise 71. ve 218. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde belirlenmiştir.

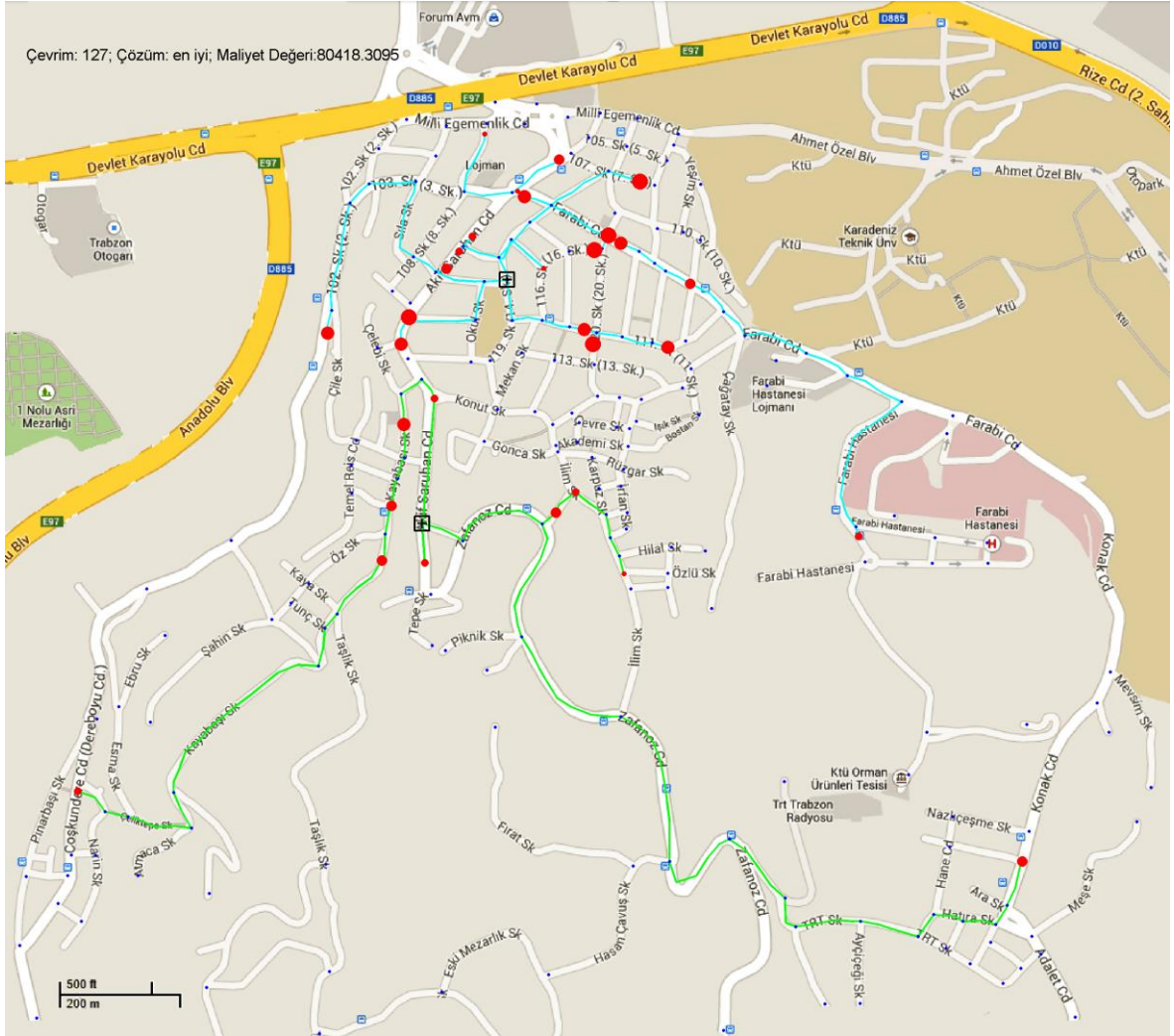
Maliyet değeri 95.162,9839 olarak belirlenmiştir.



Şekil 53. Senaryo 5, 68. çevrim için en iyi çözüm

Şekil 53'te 68. çevrimin en iyi maliyet değerini veren çözümü gösterilmiştir. Bu çözümde dağıtım merkezlerinin konumlarından biri 191. düğüm noktası üzerinde diğeri ise 187. düğüm noktası üzerinde belirlenmiştir.

Maliyet değeri 80.916,0267 olarak elde edilmiştir.



Şekil 54. Senaryo 5 için en iyi çözüm

Şekil 54'te bakkalların dağıtım merkezlerine gidiş sıklıklarına göre ağırlıklandırılması sonucunda dağıtım merkezleri için konum belirleme çalışmasında iki dağıtım merkezi için en iyi maliyet değerini veren çözüm gösterilmiştir. 127. çevrimde ulaşılan bu çözüme göre belirlenen dağıtım merkezlerinden birinin konumu 193. düğüm noktası üzerinde diğer dağıtım merkezinin konumu ise 36. düğüm noktası üzerinde belirlenmiştir.

Maliyet değeri 80.416,3095 olarak elde edilmiştir.

3. BULGULAR VE SONUÇLAR

Çalışmada Trabzon ili Kalkınma ve Üniversite mahallelerinde bulunan toplamda 30 adet bakkalın ürün tedariklerini sağlayacakları dağıtım merkezleri için konumlar belirlenmiştir. İlk aşamada söz konusu mahallelerdeki yolların haritası edinilmiş ve bu yollar sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırılan bu yolların üzerinde işaretlenen noktalar birleştirilerek doğru parçaları elde edilmiş ve bu doğru parçalarının uzunlukları hesaplanarak tüm yolların uzunluğu elde edilmiştir. Uzunlukları belirlenen bu yollar üzerinde tüm bakkalların ve kavşak noktalarının koordinatları belirlenmiş ve düğümler olarak işaretlenmiştir. Tüm bakkallara ve düğümlere numaralar verilmiştir. Dijkstra algoritması yardımı ile belirlenen bu bakkal ve düğüm noktalarının tümünün birbirine uzaklıkları belirlenmiş ve bir matrise aktarılmıştır.

Dağıtım merkezlerinin konumlarının bulunması için yapay arı kolonisi algoritmasından yararlanılmıştır. Fakat klasik yapay arı kolonisi algoritması alan içerisinde arama yapmaktadır. Bu çalışmada alan üzerinde değil doğru parçaları üzerinde arama yapması gerektiğinden uzaklık tabanlı yapay arı kolonisi algoritması mantığı üzerinde çalışılmıştır.

Çalışmada farklı durumlar düşünülmüş ve bu durumlara göre dağıtım merkezleri için konumlar belirlenmiştir. Her bir senaryoya göre 200 çevrim oluşturulmuştur. Her çevrimde 5 çözüm ele alınmıştır.

İlk senaryoya göre kurulacak dağıtım merkezi sayısı 1 olarak belirlenmiştir. Ve bu dağıtım merkezinin konumu en iyi şekilde belirlenmelidir. Bir adet dağıtım merkezi konumu belirlemek için en iyi amaç değeri 172. çevrimde elde edilmiştir. Bu çözüme göre dağıtım merkezi 205 numaralı bakkal noktası üzerinde belirlenmiştir. Amaç değeri 13.654,924 m olarak elde edilmiştir.

İkinci senaryoda kurulacak dağıtım merkezi sayısı 2 olarak belirlenmiştir. İki adet dağıtım merkezi konumu belirlemek için en iyi amaç değeri 160. çevrimde elde edilmiştir. Bu çözüme göre dağıtım merkezlerinden biri 214 numaralı bakkal noktası üzerinde, diğeri ise 72. düğüm noktası üzerinde belirlenmiştir. Amaç değeri 11.385,7959 m olarak elde edilmiştir.

Üçüncü senaryoda kurulacak dağıtım merkezi sayısı 3 olarak belirlenmiştir. Üç adet dağıtım merkezi konumu belirlemek için en iyi amaç değeri 164. çevrimde elde edilmiştir. Bu çözüme göre dağıtım merkezlerinden biri 11. düğüm noktası üzerinde, ikinci dağıtım

merkezi 141. ve 143. düğüm noktalarını birbirine bağlayan yol üzerinde, üçüncü dağıtım merkezi ise 61 numaralı bakkal noktası üzerinde belirlenmiştir. Amaç değeri 8.692,1817 m olarak elde edilmiştir.

Dördüncü senaryoda hali hazırda bir dağıtım merkezinin mevcut ve konumunun sabit olduğu düşünülmüştür. Yeni bir dağıtım merkezi daha kurulmak istenmektedir. 26. ve 27. düğümleri birbirine bağlayan yol üzerinde bir dağıtım noktasının sabit olması durumunda ikinci dağıtım merkezi konumu için en iyi amaç değerine 91. çevrimde ulaşılmıştır. Bu durumda ikinci dağıtım merkezinin konumu 45. düğüm noktası üzeri olarak belirlenmiştir ve amaç değeri 10.353,5661 m olarak elde edilmiştir.

Son olarak her bir bakkalın müşteri sayılarının farklı olduğunu ve bu yüzden ürün taleplerinin de farklı olduğu senaryo ele alınmıştır. Ürün talebi fazla olan bakkalın dağıtım merkezlerine daha sık gideceği varsayılmıştır. Buna göre her bir bakkala rastgele ağırlıklandırmalar yapılmış ve dağıtım merkezlerinin ürün talebi fazla olan bakkallara daha yakın olması sağlanmıştır. Bu senaryoda iki adet dağıtım merkezi kurulmak istenmektedir. Ağırlıklandırılmış bakkallara göre en iyi maliyet değerine 127. çevrimde ulaşılmıştır. Dağıtım merkezlerinden biri 193. diğeri ise 36. düğüm noktası üzerinde olmalıdır. Maliyet değeri ise 80.416,3095 olarak hesaplanmıştır.

4. ÖNERİLER

Bu çalışma sadece Trabzon ilinin Kalkınma ve Üniversite Mahalleleri için yapılmıştır. Aynı çalışma ve algoritma mantığı ile bu sistem daha da genişletilip tüm Trabzon için olduğu gibi diğer bütün şehirler için de uygulanabilir. Tüm Türkiye genelinde şehirlerarası yollar üzerinde de dağıtım merkezleri için uygun konumlar belirlenebilir.

Yapılan çalışmada bölünmemiş yollar kullanılmıştır. Ancak bölünmüş yollarda yol güzergahı uzayacağı için ona özel program geliştirilebilir.

Bu çalışmada dağıtım merkezleri için belirlenen konumların fiziksel olarak dağıtım merkezi olmaya uygun olup olmadığı incelenmemiştir. Çalışmanın ileri aşamasında bu durum da hesaba katılabilir.

Mevcut çalışmada bakkallar dağıtım merkezlerine gelip ürün almaktadırlar. Başka bir çalışmada dağıtım merkezlerinden bakkallara servis yapılıp ürünleri taşıyan araç sayısı azaltılabilir.

Yolların sayısallaştırılmasında kullanılan yardımcı noktaların sayısının belirlenmesi üzerine de bir eniyileme çalışması yapılabilir. Kaç nokta ile yol uzunluğunun daha iyi hesaplanacağı incelenebilir.

Bu çalışmada alıcıların yani bakkalların konumları sabit fakat dağıtım noktaları ve alıcıların konumlarının sabit olmadığı problemler de düşünülebilir. Örneğin, savaş anında hareket halinde olan tanklara yakıt araçları ile yakıt taşınması problemi ele alınabilir. Daha karmaşık bir algoritma ile uygun çözümler elde edilebilir.

5. KAYNAKLAR

- Bakır, M. A. ve Altunkaynak, B., 2003. Tamsayı Programlama Teori, Modeller ve Algoritmalar, 1. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, Türkiye.
- Bell, M.G.H., 1995. Alternatives to Dial's Logit Assignment Algorithm, Transportation Research Part B: Methodological, 29, 4, 287-295.
- Büyüksaatçi, S. ve Esnaf, Ş., 2014. Carbon Emission Based Optimization Approach for the Facility Location Problem, The Online Journal of Science and Technology, 4, 1, 9-20.
- Çevik, O., Karaca, S. S. ve Özkan, M., 2011. En Küçük Yayılma Modeli ile İç Anadolu Bölgesinde Bir Kargo Firmasının Dağıtım Güzergahının Belirlenmesi, KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 13,21, 1-9.
- Dijkstra, E., W., 1959. A Note on Two Problems in Connexion with Graphs, Numerische Mathematik, 1, 269-271.
- Doğan A. ve Alçı M. 2011. "Verimi Artırmak İçin Güç Sistemlerinde Kullanılan Optimizasyon Metotları ve Uygulama Alanları", EVK Sempozyumu, Mayıs, Kocaeli, 92-96.
- Dorigo, M. ve Gambardella, L. M., 1997. Ant Colonies for the Travelling Salesman Problem, BioSystems, 43, 73-81.
- Ergezer, H. ve Leblebicioğlu, K., 2012. Paper Path planning for multiple unmanned aerial vehicles , IEEE Signal Processing and Communications Applications – SIU, 1-4.
- Johnson, D.B., 1973. A Note on Dijkstra's Shortest Path Algorithm, Journal of the Association for Computing Machinery, 20, 3, 385-388.
- Karaboga, D., 2005. An Idea Based On Honey Bee Swarm For Numerical Optimization, Technical Report-TR06, Erciyes University, Engineering Faculty, Computer Engineering Department 2005.
- Karaboga, D, and Akay, B., 2007. Artificial Bee Colony Algorithm on Training Artificial Neural Networks, Signal Processing and Communications Applications, SIU 2007, IEEE,1 – 4.
- Karaboğa, D., 2011. Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları, Genişletilmiş 2. Basım, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, Türkiye.
- Laporte, G. ve Martin, I.R., 2007. Locating A Cycle In A Transportation Or A Telecommunications Network, Wiley Inter Science, 92-108.

- Murty, K. G., 2003. Chapter 1: Models for Decision Making, Optimization Models for Decision Making, Internet Edition, 1, 1-18.
- Naviyev, V. V., 2011. Algoritmalar Teoriden Uygulamalara, Seçkin Yayıncılık, 3. Baskı.
- Özçakar, N. ve Bastı, M., 2012. P-Medyan Kuruluş Yeri Seçim Probleminin Çözümünde Parçacık Sürü Algoritması Yaklaşımı, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 41, 2, 241-257.
- Papadimitriou, C. H., 1977. The Euclidean Travelling Salesman Problem is NP Complete, Theoretical Computer Science, North Holland Publishing Company, 4, 237-244,
- Sehrawat, P. ve Rohil, H., 2013. Taxonomy of Swarm Optimization, International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering 3,8, pp. 1400-1406.
- Snyman, J. A., 2005. Practical Mathematical Optimization An Introduction to Basic optimization Theory and Classical and New Gradient- Based Algorithm, Springer Science+ Business Media.
- Taha, H. A., 2007. Operation Research an Introduction, Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Wen, M., Qin, Z. ve Kang, R., 2014. The α -Cost Minimization Model for Capacitated Facility Location-Allocation Problem with Uncertain Demands, Fuzzy Optimization Decision Making, Springer Science+ Business Media, New York, USA.
- Wong, L., Hean, L.,W. ve Chong, C., 2009. An Efficient Bee Colony Optimization Algorithm for Travelling Salesman Problem using Frequency-based Prunning, 7th IEEE International Conference on Industrial Informatics.
- Yücenur, G. N. ve Demirel, Ç., 2011. Çok Depolu Araç Rotalama Problemlerinin Çözümü için Genetic Algoritma ve Karınca Kolonisi Optimizasyonundan Oluşan Melez Algoritma Tasarımı, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Sigma 29, 340-350.

ÖZGEÇMİŞ

Yeşim YEGİNOĞLU, 2 Eylül 1987 tarihinde Trabzon'da doğdu. Orta öğrenimini Trabzon Tefvik Serdar Anadolu Lisesi'nde tamamladıktan sonra 2010 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümünden mezun oldu. 2010 yılında Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda tezli yüksek lisans programına başladı. 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik ve Bilgisayar Anabilim Dalı'nda tezli yüksek lisans programına başladı. 2012 yılından beri Karadeniz Teknik Üniversitesi İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri bölümünde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.