



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 1, Article Number: 1A0141

ENGINEERING SCIENCES

Received: October 2010

Accepted: January 2011

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

Mustafa Çakır¹

Mustafa Oral

Ahmet Aydın³

Mustafa Kemal University¹

Cukurova University²⁻³

ckrmustafa@yahoo.com

moral@cu.edu.tr

aaydin@cu.edu.tr

Iskenderun-Turkey

**KARINCA KOLONİ OPTİMİZASYON ALGORİTMASI İLE RİSK FAKTÖRLERİNE BAĞLI OPTİMUM
HASTANE YERLEŞİM NOKTASININ BULUNMASI**

ÖZET

Bir yerleşim yeri farklı değerdeki risklere sahip olabilir. Örneğin yerleşim yeri içerisindeki bazı bölgeler, nüfus yoğunluğu açısından oldukça fazla, hastalık riski yüksek yaşlı insanların sayısı açısından artış gösteren ya da kaza riski yüksek bağlantı noktalarına sahip olabilir. Özetle risk faktörü bölgeden bölgeye değişebilmektedir. Hastane yerleşimi sırasında göz önünde bulundurulması gereken hususlardan bir tanesi de şüphesiz bu risk faktörüdür. Riskleri ve maliyeti en aza indirmeye durumu düşünüldüğünde hastanenin yerleşim yeri içerisinde hangi noktaya kurulması gerektiği bir optimizasyon problemi olmaktadır. Bu algoritmalarından bir tanesi de doğadaki karıncaların en kısa yolu bulma yetilerinden esinlenerek ortaya çıkarılmış olan Karınca Koloni Optimizasyon Algoritmasıdır. Kurulması muhtemel hastane koordinatlarının ve risk faktörlerinin belirlenmesi ile modellenen Karınca Koloni Optimizasyon Algoritması bu probleme başarı ile uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hastane Yerleşimi, Optimizasyon,
Karınca Koloni Optimizasyon Algoritması,
Yerleşim Problemi, Çok Ölçütlü Karar Verme

**RISK FACTORS DEPENDENT OPTIMAL HOSPITAL SITE SELECTION BY USING ANT COLONY
OPTIMIZATION ALGORITHM**

ABSTRACT

A settlement may display different values of risks. For instance, some regions in a settlement may be; densely populated or/and showing an increasing trend in the number of elderly that carries high risk of disease, or/and having junctions with high accident records. One of the main issues that has to be taken into account while selecting a hospital site is the risk factors. Considering the minimization of risks and costs makes hospital site selection process an optimization problem. One of these methods is Ant Colony Optimization Algorithm that is inspired from real life ants' behavior to find the shortest path on foraging. Ant Colony Optimization Algorithm has applied successfully for hospital site selection in a settlement and defining risk factors.

Keywords: Hospital Site Selection, Optimization,
Ant Colony Optimization Algorithm, Site Selection Problem,
Multi Criteria Decision Making

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yerleşim problemi insanlığın en temel problemlerinden biri olarak sayılmaktadır. İnsanlar en eski tarihlerden bu yana kendilerine en uygun yerleşim yerlerinin bulunması için mücadele etmişlerdir. Bu yerin seçimi bazen ekim alanı, enerji üretim santrali alanı, sanayi alanı, eğitim alanı ve bazen de sağlık hizmetleri için olmuştur. Pek çok kararın sezgisel olarak alınması yeterli olmasına karşın, karmaşık ve hayati kararlar için bu yol tek başına yeterli olmamaktadır. Yerleşim yerini belirlemede farklı ölçütler kullanılabilir. Ancak bu ölçütler her ne olursa olsun optimum noktanın seçilmesi gerekmektedir. Böylece hizmet edecek ve hizmet alacak kimseler azami faydayı elde edeceklerdir. Yerleşim bölgesi içerisinde kurulması gereken hastane için optimum noktanın belirlenmesi, gerek hastane yönetimi ve çalışanları gerekse bu hizmetten faydalanacak potansiyel hasta ve hasta yakınları için önem arz etmektedir. Gün geçtikçe artış gösteren rekabet ortamı altında en iyi sağlık hizmetini sunabilmek birden çok kritere bağlı olduğunda hastane için optimum yerin bulunması karmaşık bir problem haline almaktadır. Hizmet kalitesini artırmada ya da maliyetleri düşürmede hastane yönetimi farklı zamanlarda farklı stratejiler uygulayabilme olanağına sahiptirler. Ancak, kurulmuş olan bir hastanenin konumu ilerleyen zamanlarda değiştirilemeyeceği veya yüksek maliyetli olacağı için başlangıçta doğru yerin seçilmesi son derece önemlidir. Yerleşim sorunu tek bir bilim dalının kapsamında kabul edilemez. Cebeci ve Kılınç (2010)' e göre yerleşim yeri sorunu, çok ölçütlü karar verme süreci olup optimum kararın verilmesi ancak disiplinler arası bir yaklaşımla mümkün olmaktadır. Seçim yapılmadan önce yerleşim yapılması düşünülen bölge veya bölgelerin durumlarını kıyaslayan parametreler incelenmeli ardından sonuca gidilmelidir. Örneğin yerleşim yeri içerisindeki bazı bölgeler, nüfus yoğunluğu açısından oldukça fazla, hastalık riski yüksek yaşlı insanların sayısı açısından artış gösteren ya da kaza riski yüksek bağlantı noktalarına sahip olabilirler. Özetle risk faktörleri bölgeden bölgeye değişebilmektedir. Hastane yerleşimi sırasında göz önünde bulundurulması gereken hususlardan bir tanesi de şüphesiz bu risk faktörleridir. Riskleri ve maliyeti en aza indirmeye durumu düşünüldüğünde hastanenin yerleşim yeri içerisinde hangi noktaya kurulması gerektiğinin bulunması bir optimizasyon problemi olmaktadır. Bu problemin çözümünde literatürde "Çok Ölçütlü Karar Verme Süreçleri" kullanılmaktadır. Meta-sezgisel optimizasyon algoritmalarından "Karınca Koloni Optimizasyon Algoritması (KKOA)" nın da kullanılabileceği gösterilmiştir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada "berlin52" haritası üzerinde yer alan 52 farklı bölge için farklı değerlerdeki risk faktörü değerleri dikkate alınarak en uygun hastane yerleşim noktası belirlenmiştir. Literatürde yer alan çalışmalardan farklı olarak birkaç adet bölge arasından seçim yapmaktan ziyade tüm bir şehirde yer alan bölgeler için değerlendirme yapılmış ve çözümler Karınca Koloni Optimizasyon Algoritmalarından biri olan TACO (Touring Ant Colony Optimization) algoritması ile elde edilmiştir. Meta sezgisel algoritma olarak anılan TACO algoritması ilk kez hastane yerleşimi problemine uygulanmıştır.

3. DENEYSSEL YÖNTEM (EXPERIMENTAL METHOD)

Söz konusu çalışmada kullanılan deneysel şehir haritası "www.iwr.uni-heidelberg.de/groups/comopt/software/TSPLIB95/" web adresinden alınmış olup çoğunlukla gezgin satıcı problemlerinde kullanılmaktadır. Deneyler MATLAB 2009b sürümü ile Windows XP işletim sistemli, 2.4GHz işlemcili ve 3GB RAM belleğe sahip bir bilgisayar kullanılarak yapılmıştır.

4. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME SÜRECİ (MULTI CRITERIA DECISION MAKING PROCESS)

"Çok Ölçütlü Karar Verme Süreci", Karar Bilimlerinin bir alt dalıdır. Karar sürecini ölçütlere göre modelleme ve analiz etme sürecine dayanır. İnsanların çeşitli kaynaklardan gelen farklı ve çeşitli bilgileri yeterli bir şekilde değerlendirmede gözlenmiş olduğu için geliştirilmiştir. Örneğin, enerji bakanlığının nükleer enerji santrali kurulumundaki yüzlerce değerlendirme ve seçim projesinde etkili ve doğru karar vermeyi sağlamak için kullanılabilir. Yer seçimine ait kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde en yaygın kullanılan "Çok Ölçütlü Karar Verme Süreci" metotlarından biri "Analitik Hiyerarşi Sürecidir (AHS)" (Aydın ve diğ., 2009).

Literatürde hastane yerleşim problemi üzerine Cebeci ve Kılınc (2010) ile Aydın ve diğ. (2009)'un AHS ve Aydın (2009)'un Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHS) kullanarak yaptıkları çalışmalar karşımıza çıkmaktadır. Her iki yöntemin temelinde de AHS bulunmaktadır. AHS bir sonraki kısımda anlatılmaktadır.

4.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytical Hierarchy Process)

İlk olarak 1968 yılında ortaya atılan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), 1977 de Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek çok ölçütlü karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir bir hal almıştır. AHS, çok ölçütlü bir karar hiyerarşisi üzerinde, önceden belirlenmiş bir kıyaslama tablosu kullanılarak, hem kararı etkileyen ölçütler hem de bu ölçütlerin karar noktalarının önem dereceleri açısından, birbirleriye olan karşılaştırmalarına dayanmaktadır. Son noktada önem derecelerindeki farklılıklar, karar noktaları üzerinde yüzde dağılıma dönüşmektedir (Yaralioğlu, 1999).

AHS, her sorun için amaç, ölçüt, varsa alt ölçüt ve sonuç seçeneklerden oluşan bir model kullanır ve beş temel prensip üzerine kurulmuştur. Bunlar sırasıyla;

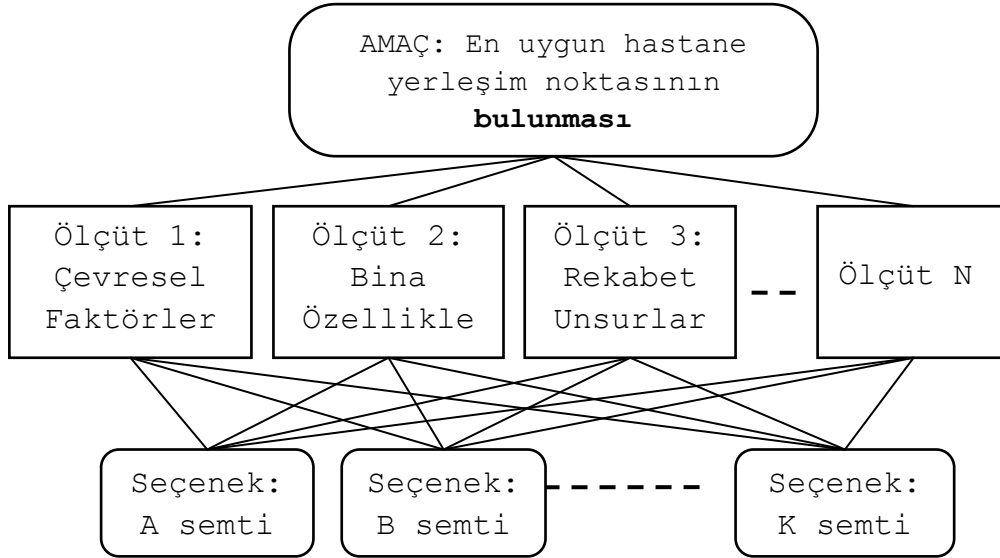
1. Hiyerarşinin kurulması
2. Karşılaştırma matrisi ile ölçütler arası önceliklerin belirlenmesi
3. Ölçütlerin yüzdelik önem dağılımlarının belirlenmesi
4. Ölçüt kıyaslamalarındaki tutarlılığın ölçülmesi
5. Karar noktalarındaki sonuç dağılımının bulunması

Bu aşamalar Yaralioğlu (1999)' a göre şu şekildedir;

• Adım 1: Hiyerarşinin Kurulması:

Hiyerarşinin kurulmasında iki aşama mevcuttur. Karar noktalarının saptanması bunlardan ilkidir. Sonraki aşamada karar noktalarını etkileyen ölçütler saptanır. Karar noktalarının sayısı K ve bu karar noktalarını etkileyen ölçüt sayısı ise N ile sembolize edilmiştir. Sonuç seçeneklerini etkileyecek ölçütlerin sayısının doğru belirlenmesi ve her bir ölçütün detaylı tanımlarının yapılması, ikili karşılaştırmaların tutarlı yapılabilmesi açısından önem arz etmektedir.

Cebeci ve Kılınc (2010), hastane yeri seçiminde sırasıyla şu temel ölçütleri kullanmıştır; Çevresel Faktörler (Ç.F.), Bina Özellikleri (B.Ö.), Rekabet Unsurları (R.U.), Yatırım Maliyetleri (Y.M.), Bina Konumu (B.K.) ve Demografik Yapı (D.Y.). Belirtilen temel ölçütler birkaç alt ölçüte ayrılmış ve böylece hastane yerleşiminin belirlenmesindeki temel ve alt ölçütler oluşturulmuştur. Bu ölçütler AHS'nin en uygun hastane yerleşim noktasının bulunmasına ait yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu şekilde gösterilen yapıdaki ana ölçütlerin değerlendirilmesinde alt ölçütler de kullanılabilir.



Şekil 1. Problem için basit bir AHP yapısı örneği
(Figure 1. A simple AHP body for problem)

• **Adım 2: Karşılaştırma Matrisi ile Ölçütler Arası Önceliklerin Belirlenmesi:**

Ölçütler arası karşılaştırma matrisi, bir kare matris olup $n \times n$ boyutundadır. Bu matrisin köşegeni üzerindeki bileşenler "1" değerini alır. Çünkü bir ölçütün kendisiyle karşılaştırılması durumunda sonuç "1" olur. Bir karşılaştırma matrisi yapısı aşağıda X matrisi olarak sembolize edilmiştir.

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1N} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2N} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ X_{N1} & X_{N2} & \dots & X_{NN} \end{bmatrix}$$

Ölçütlerin karşılaştırılması, birbirlerine göre sahip oldukları önem değerlerine göre birebir ve karşılıklı yapılıdır. Ölçütlerin birebir karşılıklı karşılaştırılmasında Tablo-1 deki gibi bir önem tablosu kullanılabilir.

Tablo 1. Önem tablosu (Alıntı: Yaralıoğlu (1999))
(Table 1. Importance table (Quote: Yaralıoğlu(1999))

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	1. Faktörün 2. faktörden daha önemli olması durumu
5	1. Faktörün 2. faktörden çok önemli olması durumu
7	1. Faktörün 2. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	1. Faktörün 2. faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler

Örneğin dördüncü ölçüt üçüncü ölçüte göre karşılaştırmayı yapan tarafından çok önemli görülüyorsa, bu durumda karşılaştırma matrisinin dördüncü satır üçüncü sütun bileşeni $x_{43}=5$ değerini alacaktır. Aksi durumda yani üçüncü ölçütün dördüncü ölçütle karşılaştırılmasında, çok önemli tercihi üçüncü ölçütten yana kullanılacaksa bu durumda karşılaştırma matrisinin dördüncü satır üçüncü sütun bileşeni $1/5$ değerini alacaktır. Aynı karşılaştırmada dördüncü ölçütle üçüncü ölçütün karşılaştırılmasında ölçütler eşit öneme sahip oldukları yönünde tercih kullanılıyorsa bu durumda bileşen 1 değerini alacaktır.

$$x_{ji} = \frac{1}{x_{ij}} \quad (1)$$

Yukarıda verilen örnek dikkate alındığında ikili karşılaştırma matrisinin dördüncü satır üçüncü sütun bileşeni, $x_{43}=5$ değerini alıyorsa, karşılaştırma matrisinin üçüncü satır dördüncü sütun bileşeni x_{34} , (1) formülünden $1/5$ değerini alacaktır.

• **Adım 3: Ölçütlerin Yüzdelik Önem Dağılımlarının Belirlenmesi:**

Karşılaştırma matrisi, ölçütlerin birbirlerine göre önem seviyelerini belirli bir mantık içerisinde gösterir. Ancak bu ölçütlerin bütün içerisindeki ağırlıklarını, diğer bir deyişle yüzde önem dağılımlarını belirlemek için, karşılaştırma matrisini oluşturan sütun vektörlerden yararlanılır ve n adet ve n bileşenli Y sütun vektörü oluşturulur.

Bu vektör aşağıdaki gibidir:

$$Y_i = \begin{bmatrix} y_{11} \\ y_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_{N1} \end{bmatrix}$$

B sütun vektörlerinin hesaplanmasında (2) formülünden yararlanılır.

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^N x_{ij}} \quad (2)$$

Örneğin değerlendirme faktörlerinin birbirleriyle karşılaştırılmalarını gösteren X karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi tanımlanmışsa ve Y_1 vektörü hesaplanmak isteniyorsa,

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 7 \\ 5 & 1 & 4 \\ 1/7 & 1/4 & 1 \end{bmatrix}$$

bu durumda B_1 vektörünün y_{11} elemanı, $y_{11} = \frac{1}{1+5+0,14}$ olarak hesaplanacaktır.

Benzer şekilde B_1 vektörünün diğer elemanları hesaplandığında, vektör aşağıdaki gibi elde edilebilir ve sütun vektörünün bileşenleri toplandığında toplamın 1 olduğu görülebilir.

$$Y_1 = \begin{bmatrix} 0,163 \\ 0,814 \\ 0,023 \end{bmatrix}$$

Yukarıda anlatılan adımlar diğer değerlendirme ölçütleri içinde tekrarlandığında ölçüt sayısı kadar Y sütun vektörü elde edilecektir. n adet Y sütun vektörü, bir matris formatında bir araya getirildiğinde ise aşağıda gösterilen Z matrisi oluşturulacaktır.

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ z_{n1} & z_{n2} & \dots & z_{nn} \end{bmatrix}$$

Yukarıdaki örnek göz önüne alındığında Z matrisi aşağıdaki gibi oluşur.

$$Z = \begin{bmatrix} 0,163 & 0,138 & 0,583 \\ 0,814 & 0,690 & 0,333 \\ 0,023 & 0,172 & 0,084 \end{bmatrix}$$

Z matrisinden yararlanarak, ölçütlerin birbirlerine göre önem değerlerini gösteren yüzde önem dağılımları elde edilebilir. Bunun için (3) formülünde gösterildiği gibi Z matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınır ve "Ağırlık Vektörü" olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^N z_{ij}}{N} \quad (3)$$

W vektörü aşağıda gösterilmiştir.

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix}$$

Yukarıdaki örnek çözüldüğünde öncelik vektörünün elemanları aşağıdaki gibi hesaplanabilir. Bu durumda her üç ölçüt birlikte değerlendirildiğinde yaklaşık değerlerle, birinci ölçüt %29, ikinci ölçüt %61 ve üçüncü ölçüt %10 öneme sahip olacaktır.

$$W = \begin{bmatrix} \frac{0,163+0,138+0,583}{3} \\ \frac{0,814+0,690+0,333}{3} \\ \frac{0,023+0,172+0,084}{3} \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} 0,29 \\ 0,61 \\ 0,10 \end{bmatrix}$$

- **Adım 4: Ölçüt Kıyaslamalarındaki Tutarlılık Ölçümü:**

Bu aşamada AHS'de yapılan ikili karşılaştırmaların tutarlılık ölçümü yapılmalıdır. Yapılan hesaplama sonucunda elde edilen tutarlılık derecesi kabul edilebilir limitin altında ise, değerlendirmeler yenilenmeli, oluşturulan yapı ve süreçler gözden geçirilmeli ve bu aşamaya kadar yürütülen çalışmalar tekrar edilmelidir. Bu adım ve bir sonraki adıma ait detaylar Yaralıoğlu (1999) da mevcuttur.

5. KARINCA KOLONİ OPTİMİZASYON ALGORİTMASI (ANT COLONY OPTIMIZATION ALGORITHM)

Karınca Koloni Optimizasyon Algoritması (KKOA) Dorigo ve arkadaşları tarafından 1991 yılında ortaya atılmış meta-sezgisel bir yapay zeka optimizasyon algoritmasıdır. KKOYA, gerçek karınca kolonilerinin davranışlarından esinlenilerek ortaya çıkmıştır. Algoritmanın ortaya atılmasından bu yana çeşitli versiyonlar geliştirilmiş ve farklı optimizasyon problemlerine uygulanmıştır. (Dorigo ve Stützle, 2004: 22). Karıncalar, yuvaları ile yiyecek kaynağı arasındaki en kısa mesafeyi bulup kullanabilme özelliklerine sahiptirler ayrıca karıncalar iyi bir görme yetisine sahip değillerdir. Yiyecek kaynağının bulunması durumunda diğer karıncalar ile haberleşmenin sağlanması feromon adı verilen kimyasal bir madde ile sağlanmaktadır. Bir karınca bireysel olarak yola bırakılan feromon miktarına bağlı olarak yolunu belirler. Karıncaların yol üzerinde eşit hızda hareket ettikleri ve eş miktarda feromon bıraktıkları kabul edilir. En iyi yol üzerinde hızla biriken feromon karıncaların bu yol üzerinden geçmesini sağlayacaktır. (Akdağlı ve diğ. 2006).

Gerçek karıncaların davranışlarını modelleyen KKOYA aşağıdaki gibidir;
BAŞLA

Adım 1: Hazırlık Yapılması (Başlangıç Değerlerinin Belirlenmesi)

REPEAT

Adım 2: Karıncaların Yolları Üretmesi

Adım 3: Yol Uzunluklarının Hesaplanması

Adım 4: Yollar Üzerindeki Feromonun Güncellenmesi

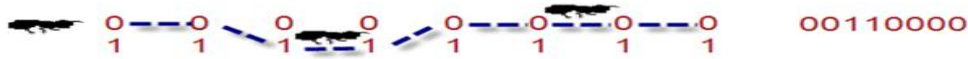
Adım 5: Bulunan En Kısa Yolun Saklanması

UNTIL (İterasyon=Max İterasyon Sayısı veya Sonlandırma Kriterinin Sağlanması)

BİTİR

5.1. TACO Algoritması (Touring ant Colony Optimization)

Kalınlı (2003) e göre TACO algoritması Hiroyasu ve arkadaşları tarafından özellikle sürekli optimizasyon problemleri için ileri sürülmüştür ve bu algorithmada çözümler ikili sayılarla temsil edilmiş tasarım parametrelerinin bir vektörüdür. Dolayısıyla elde edilecek olan çözüm ikili olarak kodlanan sayıların bir alt kümesi olacak şekilde elde edilmiş bir vektör olacaktır. TACO algoritmasında bir karınca tarafından bulunan çözüm Şekil 2 de görüldüğü gibidir.



Şekil 1. Bir karınca tarafından elde edilen çözüm
(Figure 2. Obtained solution by an ant)

İkili sayılar üzerinde çözüm oluşturan karınca için eğer "0" sayısı üzerinde ise iki farklı yol seçeneği vardır. Karınca ya bulunduğu "0" sayısından sonra gelen "0" sayısına ya da "1" sayısına geçecektir. Karıncanın "1" sayısı üzerinde olması durumunda da benzer bir durum geçerlidir. Ya kendinden sonra gelen "0" sayısına ya da "1" sayısına geçecektir. İkili sayılar arasındaki geçişler bu sayılar arasındaki feromon

miktarına bağlı olarak olasılık bulur. Bu durum (4) deki eşitlikte yer almaktadır.

$$P_{10} = \frac{\tau_{10}}{\tau_{10} + \tau_{11}} \quad (4)$$

P_{10} , "1" sayısı üzerindeki bir karıncanın "0" sayısına geçme olasılığını göstermektedir. τ_{10} "1" sayısı ile "0" sayısı arasında bulunan feromon miktarını belirtirken τ_{11} , "1" sayısı ile kendinden sonra gelen "1" sayısı arasındaki feromon miktarını belirtmektedir. Feromon miktarının hesabı (5) deki eşitlikteki gibi hesaplanmaktadır.

$$\Delta\tau_{10}^k(t, t+1) = \begin{cases} \frac{Q}{F_k} & \text{eğer k.karıncı (1} \rightarrow \text{0) geçişini yapmışsa} \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases} \quad (5)$$

Burada $\Delta\tau_{10}^k$ k. karıncanın "1" konumundayken yani "t" anındayken "0" konumuna yani "t+1" anına ($1 \rightarrow 0$, $t \rightarrow t+1$) geçişini yaparken "1" ile "0" arasındaki yola bırakacağı feromon miktarını temsil etmektedir. Q, k. karıncanın taşıdığı feromon maddesi miktarını ve F_k ise k. karıncanın bulunduğu çözümün kullanılmasıyla elde edilen uygunluk (amaç) fonksiyonudur. N adet karınca geçiş işlemini tamamladıktan sonra "1" den "0" a geçen yol üzerinde biriken feromon maddesinin toplamı (6) de görüldüğü gibi hesaplanır.

$$\Delta\tau_{10}(t, t+1) = \sum_{k=1}^N \Delta\tau_{10}^k(t, t+1) \quad (6)$$

Tüm geçişler tamamlandıktan sonra belli bir orandaki feromon geçiş yolu üzerinden buharlaşacaktır. Bu buharlaşma oranı " ρ " buharlaşma katsayısı tarafından (7) de olduğu gibi gerçekleşir.

$$\tau_{10}(t+1) = \rho\tau_{10}(t) + \Delta\tau_{10}(t, t+1) \quad (7)$$

6. UYGULAMA (APPLICATION)

Ek-1 de "berlin52" ye ait bölge haritasının koordinatlarının yer aldığı test tablosu problemin uygulanması için seçilmiştir. Test tablosunda toplam 52 farklı bölgenin koordinatları mevcuttur. Kısım 2.1 de uygulamaya yönelik bahsedilen AHS için ölçütler ve ölçütlerin öncelikleri Cebeci ve Kılınç (2010)'nin çalışmalarında belirledikleri gibi kabul edilmiştir. Ölçütlerin önem değerleri kabul edildikten sonra hastane yeri seçimi için belirlenen Ek-1 de yer alan "berlin52" haritasındaki 52 farklı bölge için ikili karşılaştırmalar ile her alt ölçüt üzerinden değerlendirilmesi gerekmektedir. Ancak bu durum varsayımla birlikte her bir bölgenin alt ölçütleri için 1 ile 9 aralığındaki bir değer risk faktörüne sahip olduğu şeklinde kabul edilmiştir (Ek-2) ve bu risk değerleri rastgelelik esasına göre dağıtılmıştır. Buna göre her bir bölge için kabul edilen risk değerleri Tablo 3 de ve bunların detayları ise Ek-2 de yer almaktadır.

Tablo 3. Risk değerleri
(Table 3. Risk values)

Bölge	Risk Faktörü	Bölge	Risk Faktörü	Bölge	Risk Faktörü	Bölge	Risk Faktörü
1	5,4	14	4,8	27	5,2	40	5,1
2	6,6	15	4,4	28	5,3	41	4,9
3	5,1	16	4,0	29	5,9	42	4,8
4	5,9	17	4,1	30	4,5	43	7,0
5	5,5	18	5,1	31	4,7	44	6,3
6	4,1	19	5,3	32	3,9	45	5,5
7	4,2	20	4,5	33	3,4	46	4,7
8	6,0	21	5,2	34	4,6	47	4,5
9	4,5	22	5,2	35	4,2	48	4,8
10	5,0	23	3,7	36	5,2	49	5,0
11	4,4	24	4,8	37	6,0	50	5,7
12	4,2	25	5,6	38	4,1	51	5,2
13	4,5	26	6,8	39	6,3	52	4,7

Bölge riskleri belirlendikten sonra TACO algoritmasının probleme uygulanmasına sıra gelmiştir. Önceki bölümde TACO algoritması için bahsedilen çözümler bu problem için bölge numaraları olmaktadır. Toplam bölge sayısının 52 olmasından dolayı altışar adet "0" ve "1" den oluşan karıncaların çözümlerini oluşturacakları dizi oluşturulacaktır. Uygulanan algoritmada buharlaşma katsayısı ($\rho=0,5$) olarak seçilmiştir.

Algoritmanın akışı aşağıda görüldüğü gibidir;

BAŞLA

Hazırlık yap
Haritanın koordinatlarını oku
Bölge sayısını hesapla
Kaç tane ikili sayı kullanılacağını belirle
Her bir bölgenin diğer bölgelere olan mesafelerini hesapla
Her bir bölgeden diğer bölgelere olan mesafeleri hesapla
Risk katsayılarını oluştur
REPEAT

Rastgele 0 veya 1 ile başla
Olasılıksal geçişleri yap
Çözümlere ait risk katsayılarını oku
Her bir çözüme ait uygunluk fonksiyonunu hesapla
Karıncalara tur tamamlat
Uygunluk değerine göre eklenecek feromonu belirle
Feromon güncellemesi yap
En iyi çözüm vektörünü sakla

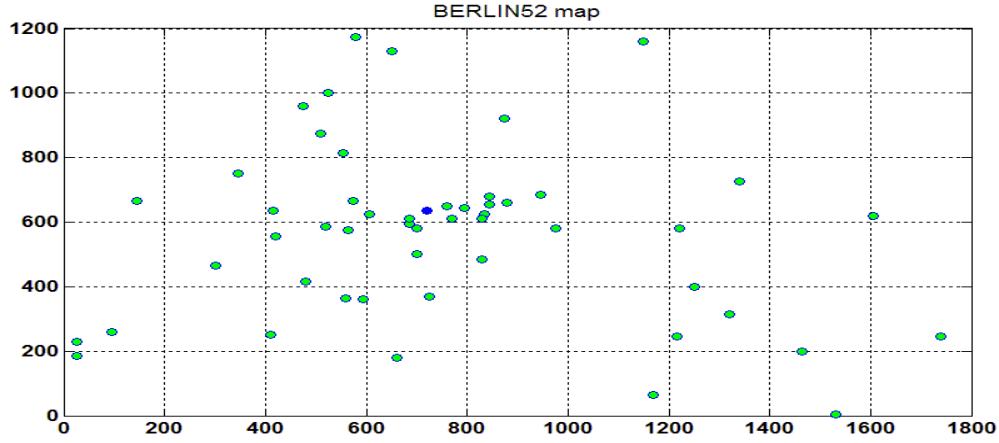
UNTIL (Iterasyon=Max.Iterasyon Sayısı)

En iyi çözümü göster

BİTİR

7. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada çok ölçütlü hastane yerleşim problemlerine Karınca Koloni Algoritmasına dayalı yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Bir önceki bölümde belirtilen TACO algoritması Ek-1 de koordinatları verilen "berlin52" haritasındaki bölgeler ile Cebeci ve Kılınç (2010) tarafından ortaya konan hastane seçim ölçütleri ve öncelik oranlarına bağlı kalınarak verilen rastsal ölçüt değerler sonucunda elde edilen risk katsayıları (Ek-2) için deneyler yapılmıştır. 50 iterasyonlu 0,5 değerindeki buharlaşma katsayısı ile 10 deneme sonrasında en uygun bölgenin (720,635) koordinatına sahip mavi nokta ile işaretli "39" nolu bölge olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3). Hastane seçim ölçütlerinin içeriği ve ağırlıkları değerlendirme yapan uzmanlarca farklılık gösterebilecektir. Gerçek hayattaki bir uygulama için risk katsayılarının rastsal seçiminden ziyade konu ile ilgili uzmanlar ve hastane hizmetinden yararlanacak potansiyel bir topluluktan alınacak anket yanıtları doğrultusunda hareket edilmesi gerekecektir. Sonuç olarak hastane yerleşim bölgesinin belirlenmesi gibi çok ölçütlü bir problemin Karınca Koloni Algoritması ile çözülebildiği görülmüştür.



Şekil 2. Berlin52 için Optimum hastane yerleşim noktası
(Figure 3. Optimal hospital placement for Berlin52)

KAYNAKLAR (PREFERENCES)

1. Yaralıoğlu, K., (1999). Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) Modeli İle Genel Seçim Sonuçlarının Öngörülmesi. 4. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu, Antalya, Bildiriler Kitabı, ss:981-997. http://www.deu.edu.tr/userweb/k.yaralioglu/dosyalar/Analitik_Hiyerarşi_Proces.doc (Erişim: 13-05-2010)
2. Kuruüzüm, U. Ve Atsan, N., (2001). Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları. Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi, Cilt:1, Sayı:1, ss:83-105
3. Kalınlı, A., (2003). Karınca Koloni Algoritması Kullanarak Aktif Filtre Tasarımı. Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 10. Ulusal Kongresi. www.emo.org.tr/ekler/1f088b21afdalec_ek.pdf
4. Selim, H. ve Özkarhan, İ., (2003). Acil Servis Araçları Yerleşiminin Belirlenmesinde Yeni Bir Model. Endüstri Mühendisliği Dergisi, Cilt:14, Sayı:1, ss:18-27
5. Dorigo, M. ve Stützle, T., (2004). Ant Colony Optimization. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England.
6. Akdaglı, A., Guney, K. ve Karaboga D., (2006). Touring Ant Colony Optimization Algorithm for Shaped-Beam Pattern Synthesis of Linear Antenna Arrays. Electromagnetics, Cilt:26, Sayı:8, ss:615-628
7. Coşkun, N., (2007). Acil Servis Sistemlerinde Yerleşim Problemine Analitik Ve Genetik Programlama Yaklaşımları. Yüksek Lisans Tezi. Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü <http://library.cu.edu.tr/tezler/6389.pdf> (03/05/2010)
8. Aydın, Ö., Öznehir, S. ve Akçalı, E., (2009). Ankara için Optimal Hastane Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci ile Modellenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt:14, Sayı:2, ss:69-86.
9. Aydın, Ö., (2009). Bulanık AHP ile Ankara için Hastane Yer Seçimi. Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt:24, Sayı:2, ss:87-104.
10. Cebeci, U., Kılınç, M.S., (2010). Hastane Yeri Seçimine Analitik Hiyerarşi Yöntemi Uygulaması. http://ufukcebeci.com/Portals/57ad7180-c5e7-49f5-b282-c6475cdb7ee7/hastane_yeri.doc (Erişim: 03/02/2010)
11. Kocamustafaoğulları, E., (2010). Çok Amaçlı Karar Verme Semineri. http://www.tepav.org.tr/tur/admin/dosyabul/upload/Cok_Amacli_Karar_Verme.pdf (Erişim: 19/03/2010)

EK (ADDITIONAL)

Ek-1: Test Probleminde Kullanılan "Berlin52" Haritasındaki Bölgelere Ait Koordinatlar (The Region Coordinates Belong to "Berlin52" Map That Used for Problem)

Bölge	X	Y	Bölge	X	Y
1	565	575	27	1320	315
2	25	185	28	1250	400
3	345	750	29	660	180
4	945	685	30	410	250
5	845	655	31	420	555
6	880	660	32	575	665
7	25	230	33	1150	1160
8	525	1000	34	700	580
9	580	1175	35	685	595
10	650	1130	36	685	610
11	1605	620	37	770	610
12	1220	580	38	795	645
13	1465	200	39	720	635
14	1530	5	40	760	650
15	845	680	41	475	960
16	725	370	42	95	260
17	145	665	43	875	920
18	415	635	44	700	500
19	510	875	45	555	815
20	560	365	46	830	485
21	300	465	47	1170	65
22	520	585	48	830	610
23	480	415	49	605	625
24	835	625	50	595	360
25	975	580	51	1340	725
26	1215	245	52	1740	245

Ek-2: Risk Faktörleri Tablosu (Risk Factors Table)

8	7	6	5	4	3	2	1	BÖLGE NO
5	3	1	6	9	2	9	8	Fark edilebilirlik - 0,232
5	3	7	3	6	4	9	5	Altyapı Yeterliliği - 0,082
9	5	8	2	9	3	1	5	Park Alanı - 0,158
8	4	3	1	6	9	9	2	Mimari Yapı - 0,213
2	4	9	9	2	4	9	3	Alan Yeterliliği - 0,314
5	7	1	2	7	4	9	9	Gürültü Kaynak. Yakın.-0,070
2	4	1	2	9	1	4	3	Şehir Plan. Uygunluk - 0,229
8	8	9	1	6	4	7	9	Trafik Yoğunluğu - 0,407
1	7	8	4	8	7	3	3	Ulaşım Tipi - 0,199
8	5	6	6	3	8	8	4	Mevcut Rakip Sayısı - 0,134
4	3	1	4	7	7	4	7	Rakiplerin Etkinliği - 0,372
5	9	6	8	1	9	8	8	Rakiplere Uzaklık - 0,067
6	6	2	3	8	8	5	2	Potansiyel Rakipler - 0,426
1	4	2	1	8	7	5	4	Nüfus Yoğunluğu - 0,142
7	7	5	6	7	1	1	7	Gelir Düzeyi - 0,082
8	2	5	6	3	5	4	2	Hedef Kitle Yoğunluğu - 0,382
3	2	3	3	2	2	2	1	Büyüme Ve Geliş. Hızı - 0,394
7	7	7	7	3	5	9	9	Merkezlilik - 0,375
4	9	6	5	8	8	8	3	Ulaşılabilirlik - 0,302
9	1	9	8	1	5	1	9	Yerleşim Birim. Yakınlık - 0,078
4	1	7	9	8	1	7	8	Çalışan Ulaşımı - 0,118
5	3	8	7	4	8	6	7	Ana Merkeze Yakınlık - 0,126
9	1	1	8	6	4	7	6	Kira Bedeli - 0,686
3	6	1	2	7	8	8	4	Bina Düzenle. Maliyeti - 0,211
6	7	3	8	7	9	2	5	Çevre Düzenle. Maliyeti - 0,102
5,3	3,8	5,5	5,0	5,9	4,4	7,7	4,4	Bina Özellikleri Etkisi
4,3	6,1	5,6	1,8	6,6	3,5	5,0	5,6	Çevresel Faktörlerin Etkisi
5,5	4,9	2,4	4,1	6,5	7,7	5,2	4,5	Rekabet Unsurları Etkisi
5,0	2,7	3,8	4,1	3,6	3,8	3,1	2,3	Demografik Yapı Etkisi
5,6	5,9	7,0	6,7	5,1	5,8	7,5	6,8	Bina Konumu Etkisi
7,4	2,7	1,2	6,7	6,3	5,4	6,7	5,5	Yatırım Maliyetleri Etkisi
6,0	4,2	4,1	5,5	5,9	5,1	6,6	5,4	

28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
4	7	7	7	9	8	1	6	9	8	9	4	2	8	5	9	9	2	9	9
6	8	4	5	6	3	2	4	9	3	8	3	8	3	2	2	5	9	9	7
6	8	2	2	3	2	9	4	8	3	4	1	8	8	7	1	9	1	4	1
5	7	9	1	8	6	4	2	7	2	7	3	5	5	6	7	6	2	1	1
6	5	7	9	1	8	3	1	5	4	3	3	2	2	7	6	3	6	4	3
1	7	1	5	5	7	9	2	5	1	8	3	2	6	8	8	6	6	9	5
2	2	6	7	5	6	7	3	9	4	9	5	4	3	7	1	9	9	4	5
4	6	5	3	1	1	6	7	7	5	6	1	4	2	2	3	4	1	6	3
7	2	6	4	2	5	7	2	1	5	8	3	7	5	4	5	1	9	4	6
4	5	4	1	1	1	2	9	5	7	5	6	5	6	5	6	9	2	3	3
2	7	8	4	7	3	9	8	2	4	7	8	4	7	4	8	4	8	2	3
9	6	7	9	9	7	6	6	1	6	3	6	7	8	6	9	5	3	8	5
5	8	8	9	9	8	1	7	7	9	1	6	6	2	2	1	1	9	2	4
3	1	9	2	2	3	6	2	6	7	7	1	9	5	7	9	2	2	4	5
1	1	1	7	8	9	5	5	2	1	7	6	4	8	1	4	6	7	3	8
2	9	1	6	4	7	7	4	9	6	3	8	2	1	4	1	5	3	3	1
9	4	7	1	4	3	2	9	6	2	3	6	7	9	1	2	2	6	7	9
2	7	8	1	7	5	9	2	7	5	9	6	2	2	8	1	2	5	7	1
9	2	6	7	8	4	7	2	4	1	2	4	6	6	3	9	4	6	8	1
9	7	9	9	4	4	9	6	1	1	2	2	2	6	9	8	5	8	7	1
1	1	9	2	5	1	2	1	9	7	8	2	3	6	5	7	3	3	7	7
7	3	3	6	4	1	9	7	8	3	9	7	5	4	7	4	6	3	5	9
7	5	8	7	4	1	4	9	1	8	2	4	2	3	3	3	2	4	3	6
4	8	8	9	4	5	6	5	1	6	7	5	9	8	6	9	8	3	9	9
7	1	7	8	7	5	3	6	6	8	7	5	4	8	9	3	7	3	4	2
5,3	6,6	6,4	5,4	5,1	6,2	3,6	3,1	7,2	4,3	5,8	2,9	4,1	5,1	5,9	5,8	6,1	3,7	4,9	4,0
3,5	3,8	4,7	4,0	2,3	3,3	6,1	4,1	5,5	4,0	6,7	2,4	4,1	2,9	3,8	3,0	4,3	4,7	4,8	3,9
4,0	7,1	7,4	6,1	7,2	5,1	4,4	7,6	4,5	6,7	3,9	6,7	5,2	4,8	3,4	4,8	3,5	7,3	2,5	3,6
4,8	5,2	4,5	3,5	4,0	5,0	4,7	5,8	6,8	4,2	3,9	6,1	5,1	5,3	3,0	2,8	3,5	4,4	4,7	5,3
5,2	4,3	7,0	4,2	6,4	3,6	7,6	2,8	6,0	3,5	6,2	4,7	3,7	4,2	6,1	5,0	3,5	5,0	7,0	2,7
6,4	5,2	7,9	7,5	4,3	2,3	4,3	7,8	1,5	7,6	3,6	4,3	3,7	4,6	4,2	4,3	3,8	3,7	4,4	6,2
5,3	5,2	6,8	5,6	4,8	3,7	5,2	5,2	4,5	5,3	5,1	4,1	4,0	4,4	4,8	4,5	4,2	4,4	5,0	4,5

51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29
3	7	7	6	5	5	2	8	7	4	4	1	9	3	7	8	1	1	3	1	7	2	6
6	2	5	3	8	2	4	1	5	6	2	9	8	5	1	1	6	4	7	7	3	9	5
8	2	4	9	4	5	5	9	9	1	4	3	2	2	3	1	4	5	4	6	8	2	5
2	8	3	5	3	2	6	6	5	8	9	4	5	8	4	6	8	8	5	5	3	5	4
1	7	2	7	4	3	1	8	9	8	1	9	4	4	7	6	5	3	5	5	9	5	3
4	1	8	8	4	2	2	1	8	4	5	8	6	9	5	6	2	7	8	8	1	5	1
3	6	4	3	6	2	5	4	2	4	6	8	2	9	5	4	2	7	8	6	1	2	9
7	3	9	6	9	5	8	5	5	4	3	2	3	1	4	8	6	1	3	5	9	7	8
5	5	6	2	3	7	2	9	6	7	6	6	4	5	7	6	1	3	2	7	3	9	3
7	1	3	6	2	4	5	7	7	4	5	8	5	5	1	7	2	2	9	9	7	6	7
8	1	2	5	2	5	7	2	2	1	5	3	8	8	7	4	2	2	6	8	5	9	8
5	3	6	1	2	2	2	2	2	5	1	4	6	1	6	5	2	8	5	8	2	1	6
9	2	9	3	6	2	1	5	4	8	6	8	1	6	5	3	3	3	9	1	2	4	2
5	9	7	1	1	6	7	5	1	3	1	3	3	9	1	5	3	1	2	9	1	4	1
8	6	7	4	4	1	8	9	7	3	7	6	7	6	3	6	2	1	7	2	7	9	8
5	7	6	4	1	1	2	2	7	7	3	1	6	5	4	7	1	3	4	7	5	8	3
2	4	4	7	6	4	4	5	3	4	6	8	5	3	7	4	8	7	2	4	2	6	4
7	7	7	1	3	7	3	4	6	8	9	2	9	6	9	1	3	2	4	4	5	3	5
3	5	6	6	4	8	7	8	9	1	6	4	6	4	7	1	2	6	1	4	3	9	3
4	5	8	4	9	4	9	7	1	5	6	5	6	7	6	4	5	7	3	3	6	4	7
7	9	9	4	2	9	5	8	9	4	5	1	4	1	6	9	5	2	4	2	3	7	6
9	5	4	8	5	5	8	4	6	2	8	2	7	3	8	7	3	5	4	1	6	6	6
5	7	3	6	5	4	8	7	9	5	3	8	9	1	6	8	7	7	2	1	3	1	9
9	8	8	3	5	4	8	9	9	4	7	5	8	9	7	4	1	6	2	7	9	8	6
3	2	1	1	2	8	4	7	9	6	5	4	4	6	5	4	4	3	3	8	2	4	4
3,2	6,0	3,9	6,3	4,3	3,5	3,2	7,2	7,3	5,8	4,0	5,1	5,4	4,4	5,2	5,3	4,6	4,0	4,5	4,4	6,6	4,2	4,4
4,8	3,7	6,3	4,1	5,9	4,0	4,9	4,8	4,2	4,2	4,1	4,4	2,9	4,1	4,5	5,8	3,2	3,1	4,0	5,4	4,6	5,4	6,0
8,1	1,6	5,4	4,0	3,7	3,4	3,8	3,9	3,5	4,7	5,2	5,9	4,5	6,3	5,3	4,0	2,4	2,8	7,6	5,7	3,8	5,9	5,2
4,1	6,0	5,4	4,8	3,2	2,9	4,0	4,2	4,6	4,9	4,2	4,5	5,3	4,9	4,7	5,5	4,1	4,1	3,2	7,7	3,4	6,7	3,5
5,8	6,2	6,6	4,0	3,9	7,0	5,5	5,9	6,9	4,4	7,3	2,7	7,0	4,5	7,7	2,9	3,1	4,0	3,0	3,7	4,4	5,7	4,8
5,6	6,7	3,8	4,9	4,7	4,4	7,6	7,4	9,0	4,9	4,0	7,0	8,3	3,2	6,1	6,7	5,4	6,4	2,1	3,7	4,2	2,8	7,8
5,2	5,7	5,0	4,8	4,5	4,7	5,5	6,3	7,0	4,8	4,9	5,1	6,3	4,1	6,0	5,2	4,2	4,6	3,4	3,9	4,7	4,5	5,9



52
7
3
4
3
6
5
3
3
6
3
6
7
5
1
4
1
1
6
3
2
6
1
6
6
3
5,0
3,5
5,2
1,2
4,1
5,7
4,7