Yönetim, Yıl: 17, Sayı: 54, Haziran 2006

DIŞBÜKEY PROGRAMLAMA ile LOJİSTİK MERKEZİ TESPİTİ

Yrd. Doç. Dr. Tuncay CAN[1]

Yrd. Doç. Dr. Mete ÇİLİNGİRTÜRK[1]

Öğr. Gör. Dr. Habib KOÇAK[1]

Lojistik faaliyetlerin ve fonksiyonlarının planlanmasının artan önemi ve bu alanda matematiksel yöntemlerin şirket karlılığına olan etkisi ile pek çok stratejik ve operasyonel işletme problemi yöneylem araştırması tekniklerine dayanılarak çözümlenmeye çalışılmaktadır. Yer seçim problemi de uzun dönem karlılığı etkileyen bir problem olmakta ve alternatifler arasından uygun olan depo veya işletme yerinin seçimini önermektedir. Alternatiflerin belirli olmaması durumunda öncelikle uygun coğrafi konumun seçimi çeşitli nitel ve nicel kriterlere bağlı olacaktır. Bu çalışmada Türkiye piyasasına yeni girecek bir süper market zinciri ana depo ve merkez üssün coğrafi konumunun belirlenmesi amacıyla dışbükey programlama yöntemi önerilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Yer Seçim Problemi, Depo Yeri Seçimi, Coğrafi Konumlama, Konveks Programlama

LOGISTICS CENTER LOCATION with CONVEX PROGRAMMING

Many operational and strategic business problems are solved with operations research techniques due to their profitability and the increasing need for planning of the logistic activities and functions. Facility and warehouse location problem is one of the most strategic decisions because it would affect long term profitability and the cost structure of the firm. The techniques used to solve this problem are mostly optimizing the location among alternatives due to the qualitative and quantitative constraints. This research purposes through convex programming a geographical location for the warehouse and logistic headquarter of a new supermarket chain entering in to the Turkish market.

Key Words: Facility Location Problem, Warehouse Location, Geographic Location, Convex Programming

---

[1] **Marmara Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü**

GİRİŞ

Günümüzde depolar yalnızca malların saklanması ve korunması amacının dışında bir takım katma değerli hizmetlerin (ambalaj değiştirme, etiketleme, kullanım kılavuzu ekleme, ürün birleştirme, paketleme, promosyon hazırlama, ürün modifikasyonu, ara üretimler gibi) verildiği, müşteriye hızlı ulaşımın sağlandığı merkezler haline gelmektedir. Depo yeri seçimi, depo içi yerleşimi ve işletimi, depolar arası taşımalar gibi birçok parametre, artan müşteri beklentileri sebebi ile firmalar açısından stratejik önem taşımaktadır. Bu beklentileri karşılayacak depoların edinilmesi ve işletilmesi firmalar açısından önemli bir yatırım ve maliyet unsuru oluşturmaktadır. Değişen pazar dinamikleri karşında firmalar lojistik faaliyetlerinin optimum planlanmasına ihtiyaç duymaktadırlar. Lojistik hizmetler, mal hareketlerinin yoğunlaştığı noktalarda ağırlık oluşturmaktadırlar. Bununla beraber, içsel müşterinin özel ihtiyaçlarının değerlendirilmesi mevcut depo alanları yeni lojistik teknolojileri ve bilgi sistemleri ile desteklenerek, lojistik hizmetin verimli olması sağlanmaktadır. Depolama hizmetlerinde sıfır hatalı envanter yönetiminin sağlanması, toplam operasyonel maliyetlerin düşürülmesi ve mal akışını hızlandırılması için tedarik ve dağıtımın lojistik faaliyetlerini destekleyecek şekilde yapılandırılması gerekmektedir. Ancak ilk aşama depo yerinin seçimi olacaktır.

Dağıtım şebekelerinin tasarımında genellikle kar ve maliyet optimizasyonu tabanlı kapasite sınırlama yöntemi kullanılmaktadır. Dağıtım merkezleri ve depo yeri problemleri stratejik ağ dizaynı problemleridir (Korpela, 1999, s:135-146). Dolayısıyla bu tip kararlar uzun süreli stratejik kararlar olup şirket karlılığı üzerindeki etkileri yıllar boyu sürecektir. Şirket kültürü, finansal yatırımlar gibi nitel özelliklerin fabrika yeri seçimi üzerinde çok büyük etkisi olmasına rağmen depo ve fabrika yeri seçimi problemlerinde kısmen aynı teknikler kullanılmaktadır (Francis, 1998). İşletmelerdeki temel data kaynaklarına erişiminin kolaylaşması ile yöneticilerin matematiksel yöntemlerin sonuçlarından yararlanma istekleri artmaktadır. Yapılan bazı araştırmalarda, bir Alman yapı endüstrisinin 2 ana depo açması ve 5 yarı deponun kapatılması sonucu karlılığın % 20'ye yükseleceği (Baunach, 1995, s: 474-478) ve büyük benzin şirketlerinde depolama için zincirleme görevler ve depo pozisyonları ile ilgili bir simülasyon çalışması sonucu toplam lojistik tasarruflarının senelik % 5 civarında olacağı ortaya konmuştur (Van den Bruggen, 1995, s:460-473). Bu çalışmalar sonucu lojistikte potansiyel tasarruf optimizasyon ve simülasyon ile sağlanabilmektedir.

Depo yeri seçiminde bir takım rekabet unsurları önem kazanmaktadır. Bunlar, zamana karşı yarış, nakliye maliyetleri göz önüne alındığında müşteriye yakın üretim veya depolama ve uygun işgücü piyasasına yakın olmak olarak özetlenebilmektedir. Uluslar arası yer seçimi ile ilgili maddeler dışında yerel bir piyasada seçim kriterleri detaylandırıldığında başta müşteriye ulaşabilirlik olmak üzere ticari çevre, toplam maliyet, altyapı, işgücü kalitesi, tedarikçiler ve diğer işletme yerleşimleri göz önüne alınmaktadır.

1.YER SEÇİM PROBLEMLERİNDE OPTİMİZASYON

Yer seçim problemlerinde temelde üç yaklaşım mevcuttur. Nitel özellikleri de dikkate almak üzere faktör derecelendirme yöntemi ile alternatif yerleşim alanları daha önce sıralananlar ile kısıtlı olmamak üzere seçimi etkileyecek faktörlerin derecelendirilmesi ile sıralanabilmekte ve böylece yüksek faktör puanına sahip alan tercih edilmektedir. Geleneksel zincir ağ dizaynı sağlanmasında, problem belli kısıtlar altında minimum maliyet ve/veya maksimum kar üzerine odaklanarak kurulmaktadır. İşletmeler genellikle lojistik sistemlerinden depo yerleşimi bölümünü minimum taşıma zamanı ve uzaklığı, minimum stok ihtiyacı ve minimum dağıtım sıklığı gibi uygulamada sayısal kısıtların etkilediği maliyet ve kar tabanlı ağ problemleri yardımıyla hayata geçirmektedirler. Genellikle bu çeşit n kaynaktan m hedefe yönelik taşıma problemleri doğrusal programlama, tamsayılı programlama veya dinamik programlama ile çözümlenmektedir. Kısıtların değerleri müşteri davranışlarına ait kurum içi bilgiler ile veya müşteri performansı araştırmaları sonuçları ile ortaya çıkartılmaktadır. Üçüncü yöntem ise mevcut şebeke içinde dağıtıma tabi olacak hacmi ağırlık olarak kullanan ve merkezi bir koordinat belirlemeye yarayan Küresel Ortalama (Centroid) yöntemidir. İlgili kaynaklarda bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları farklı yaklaşımlar ile giderilmeye veya uygulamada konu olan olaya göre düzenlendikleri görülmektedir.

Ho ve Perl (1995, s:133-162) depo yerleşimini ve sayısını kontrol problemlerinin ve kurulmuş depolara market tahsisi gibi konuları içeren Servise Duyarlı Depo Yeri Seçimi Problemleri'nin (Service Sensitive Warehouse Location Problem-SSWLP) toplam karı maksimum yapmak için olduğunu savunmuşlardır. SSWLP problemindeki unsurlar her marketin talep ettiği üretim, ürüne ulaşılabilirlik ve sipariş çevrim zamanı olmaktadır. Ayrıca, depo ağı değerlendirme ve dizaynı için Analitik Hiyerarşi Prosesi ile nitel kriterlerin ve Karmaşık Entegre Lineer Programlamanın entegre edildiği bir yaklaşım da önerilmektedir (Korpela, 1999, s:135-146). Önerilen yaklaşım için temel varsayım depo aktivitelerinin dış kaynaklar tarafından karşılanması, sipariş analizleri ile en iyi potansiyel depo durumunun tanımlanması ve mümkün alternatif depo operatörleri arasından karara varılarak kapsamlı bilgilerin operatörlere kazandırılması aşamalarını içermektedir. Bu yüzden önerilen yaklaşımın amacı şirketin dağıtım ağı içinde, mümkün alternatif depo operatörlerinden hangisinin bulundurulacağının kararında yardımcı olmaktır (Min, 1999, s:75-85). Ancak lojistik yönetiminin bileşenlerinin birbirlerinden bağımsız olarak optimizasyonunun bütünde optimuma ulaşamayacağı ortaya konularak yerleşim, taşıma, dağıtım ve stoklama problemlerinin eşanlı çözümüne ilişkin tamsayılı programlama problemi oluşturularak tüm lojistik faaliyetlerin planlanması önerilmiştir (Ambrosino, 2005, s:610–624). Benzer bir yaklaşımla mevcut bir ağ sisteminde iç ve dış akışlarda detaylı maliyet ve zaman esaslı planlamanın yapılması amacıyla kesikli olay benzetim modeli önerilerek farklı dağılımlar ve senaryolar karşılaştırılarak en uygun senaryonun belirlenmesine çalışılmıştır (Mason, 2003, s:141–159). Yöneylem araştırması teknikleri ile organizasyonel ve yönetimsel özellikleri sıklıkla ağır basan işletme uygulamalarının sayısallaştırıldığı yaklaşımından yola çıkan bir başka çalışmada model bazlı nedensel tekniklere dayanan kendi kendine öğrenen bir sistem önerilmektedir (Nakatsu, 2005, s:735–745). Ancak bu sistemler yerleşimlerin coğrafi yerlerinin belirlenmesinden ziyade mevcut ağ üzerinde lojistik faaliyetlerin iyileştirilmesini amaçlamaktadırlar. Buna rağmen modellerin ortak yaklaşımı taşıma ve dağıtım problemlerinde mesafelerin azaltılması ile maliyetlerin düşürüleceği yönündedir. Bu noktadan yola çıkılarak çizgiye (graph) dayanan ağ çözümleme algoritmaları ile toplam taşıma ve dağıtım mesafelerinin minimizasyonu önerilerek tedarikçilerin tüketici ile yakın bir ağ kurması hedeflenmektedir (Kalfakakou, 2001, s:401-405). Bir başka yaklaşım ise talebin karşılanması maliyetini minimum olarak belirleyecek kapasite kısıtlarını ve zamanı da dikkate alan depo açma planlamasıdır. Karmaşık tamsayılı programlama problemi olarak kurulması önerilen bu yaklaşımda alternatif depo yerleri arasından seçim ve bunların açılmasına ilişkin zamanlama hedeflenerek optimizasyon yapılmaktadır (Baker, 1999, s:136-144; Hinojosa, 2000, s:271-291). Benzer bir yaklaşım da yer, kapasite ve teknoloji seçiminde İleri Parçalı Doğrusal Tahmin yönteminden (Progressive Piecewise Linear Underestimation Method) uyarlanan bir yaklaşımla eşanlı optimizasyon algoritması çözümü olmaktadır (Daşcı, 2001, s:963-973). Uygulamalarda optimizasyon algoritmaları farklı olmakla birlikte Lagrange Serbestlik Algoritması uygulanmaktadır.

Yer seçim problemi ile ilgili kaynaklarda sıkça rastlanan çalışmalar coğrafi konum belirlemeden ziyade alternatif operatörler arasından seçim problemi şeklindedir. Ancak amaç coğrafi konum belirlemek olduğunda bu operatörlerin konumlarını gösteren 2 boyutlu koordinat sisteminde yer alan verilerin değerlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu durumda Öklid uzayında tanımlanan bir model oluşturulması gerekmekte ve problem çözümü için dışbükey programlama önerilmektedir.

2. DIŞBÜKEY PROGRAMLAMA

Dışbükey (konveks) programlama $f(\bar{x})$'in içbükey (konkav) ve bütün $g_i(x)$ sınırlayıcı koşullarının dışbükey fonksiyonlar olduğu bir özel doğrusal olmayan programlamadır (Tulunay, 1987, s:593). DOP problemi Dışbükey programlama ve dışbükey olmayan programlama olmak üzere iki kısımda incelenir (William, 1990, s:139). DOP'nın en genel yapısı

$$\text{Min } f(\bar{x}) \qquad \bar{x}=(x_1,x_2,\ldots,x_n)$$

$$g_i \begin{pmatrix} \geq \\ = \\ \leq \end{pmatrix} b_k \quad , \quad \begin{matrix} i=1,2,\ldots,m \\ k=1,2,\ldots,m \end{matrix} \qquad \textbf{(1)}$$

şeklinde tanımlanır. Burada $\bar{x}=(x_1,x_2,\ldots,x_n)$ olmak üzere $f(\bar{x})$ ve $g_i(\bar{x})$ fonksiyonları sürekli ve türetilebilir fonksiyonlardır. Gerçek hayat uygulamalarında $\bar{x}=(x_1,x_2,\ldots,x_n)$ karar değişkenleri pozitif olmaktadır. $f(\bar{x})$, amaç fonksiyonu olarak adlandırılır. Klasik optimizasyon problemi yukarıdaki kısıt fonksiyonları altında amaç fonksiyonunu minimum (veya maksimum) yapan karar değişkenlerini bulmaktır. (1) ile ifade edilen problemde $m=0$ ise problem kısıtsız bir problem olarak adlandırılır ve kısıtsız problem, kısıtlı problemi çözmek için bir temel teşkil eder. Eğer $f(\bar{x})$ ve $g_i(\bar{x})$ fonksiyonları doğrusal ise optimizasyon problemi Doğrusal Programlama problemi olarak adlandırılır.

Kısıtsız optimizasyon probleminin en genel yapısı

$$\text{Min } f(\bar{x}) \quad , \quad \bar{x}=(x_1,x_2,\ldots,x_n)$$

olarak verilir. Amaç $f(\bar{x})$ fonksiyonunu optimal yapan $\bar{x}=(x_1,x_2,\ldots,x_n)$ karar değişkenlerini bulmaktır.

Kısıtsız optimizasyon probleminin optimal noktası araştırılırken $f(\bar{x})$, $\bar{x}=(x_1,x_2,\ldots,x_n)$ sürekli ve türetilebilir olmak şartıyla klasik optimizasyon tekniği kullanılabilir. Klasik optimizasyon tekniğinde $f(\bar{x})$ fonksiyonunu optimal yapan karar değişkenlerini bulmak için gerek ve yeter koşullara gereksinim vardır. Gerek koşul;

$$\frac{\partial f(\bar{x})}{\partial x_i}=0 \quad , \quad i=1,2,\ldots,m \quad \text{ve} \quad 0=\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \ldots \\ 0 \end{bmatrix}$$

denklem sisteminin çözümü olan vektör ya da vektör adaylarının bulunabilmesidir. Bulunan vektör ya da vektör adaylarının maksimum ya da minimum olup olmadığını bulmak için yeter koşul; her aday nokta için Hessian Matrisini oluşturup asal minörlerin incelenmesidir. Hessian Matris, ikinci mertebeden türevleri içeren asal köşegene göre simetrik olan ve çok değişkenli bir fonksiyonun Taylor açılımında üçüncü terime karşılık gelen matristir.Matematiksel yapısı,

$$H_f = \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_k} \right), \quad i=1,2,...,n \quad k=1,2,...,n$$

şeklindedir. Hessian Matrisinin asal minörleri μ_i (i=1,2,...,n) şeklinde gösterilirse; eğer, $\forall_i$ için $\mu_i > 0$ ise incelenen aday vektör minimum, eğer asal minörler

$\mu_1 < 0, \mu_2 > 0, \mu_3 < 0, ..., \mu_{2k+1} < 0, \mu_{2k} > 0, ...$

şeklinde ise incelenen aday vektör maksimumdur.

Lagrange çarpanları kısıtları eşitsizlik şeklindeki optimizasyon problemleri için aşağıdaki algoritmayı kullanır.

a) Eşitsizlik kısıtları düşünülmeden sadece $f(\overline{x})$, $\overline{x}=(x_1,x_2,...,x_n)$ amaç fonksiyonunun optimal çözümü aranır.

b) Bulunan x_0^* mutlak çözümünün $g_i \le 0$ (i=1,2,...,m) kısıtlarını sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Eğer sağlıyorsa bulunan çözüm bir mutlak minimumdur. x_0^* tüm kısıtları sağlamak zorundadır.

c) Bir ya da daha fazla kısıt sağlanmıyorsa modelden herhangi bir kısıt örneğin $1 \le k \le m$ olmak üzere k. kısıt seçilerek eşitlik işareti ile modele dahil edilerek

$$\text{Min } f(\overline{x})$$
$$g_k(\overline{x}) = 0$$

problemi çözülür. Bu problemin çözümü varsa x_1^* elde edilir.

d) x_1^*, in tüm kısıtları sağlayıp sağlamadığına bakılır. Sağlıyorsa minimum çözümdür. Eğer sağlamıyorsa bir başka kısıt örneğin *k≠l*, $1 \le l \le m$ olmak üzere *l.* kısıt seçilip modele dahil edilerek

$$\text{Min } f(\overline{x})$$
$$g_k(\overline{x}) = 0$$
$$g_l(\overline{x}) = 0$$

problemi çözülür.

e) Eğer d. adımda mutlak minimum vermezse iki kısıt aynı anda eşitlik işaretiyle probleme dahil edilerek çözüm bulunur. Tüm kısıtları sağlayan bir çözüm bulununca optimal çözüme ulaşılmış olur. İşlemlere bu şekilde devam edilir.

Eşitsizlik kısıtlarına sahip bir optimizasyon probleminin çözümünü bulmak için daha gelişmiş bir teknik olan Karush-Kuhn-Tucker koşulları kullanılır (Hillier, 1995, s:582).

$$\text{Min } f(\overline{x}) \quad \overline{x}=(x_1,x_2,...,x_n)$$
$$g_i(\overline{x}) \le 0 \quad i=1,2,...,m$$
$$\overline{x} \ge 0$$

problemi tekrar göz önüne alalım. Bu optimal problemin optimal çözüm vektörünü bulmak için

i. $\frac{\partial f}{\partial x_j^*} - \sum_{i=1}^{m} \lambda_i \frac{\partial g_i}{\partial x_j^*} \le 0$, j=1,2,...,n

ii. $\lambda_i g_i(x^*) = 0$, i=1,2,...,m

iii. $g_i(x^*) \le 0$, i=1,2,...,m

iv. $\lambda_i = 0$, i=1,2,...,m

Karush-Kuhn-Tucker koşullarının sağlanması gereklidir ama yeterli değildir. Koşulların aynı zamanda yeterli olabilmesi için amaç fonksiyonunun ve kısıt fonksiyonlarının dışbükey olması gerekmektedir. Maksimizasyon problemlerinde ise amaç fonksiyonunun içbükey (konkav) ve kısıt fonksiyonlarının dışbükey olması problemin optimal çözümünün bulunabilmesi için yeter koşullardır.

Bu makalede kurulacak modelde amaç fonksiyonu minimize edileceğinden

$$\text{Min } f(\overline{x}) \quad \overline{x}=(x_1,x_2,...,x_n)$$
$$g_i(\overline{x}) \le 0 \quad i=1,2,...,m$$
$$\overline{x} \ge 0$$

modeli ile ilgilenilecektir. $f(\overline{x})$ amaç fonksiyonunun ve $g_i(\overline{x})$, i=1,2,...,m kısıtlarının dışbükey olması gerekmektedir. Amaç fonksiyonu ve kısıt fonksiyonlarının dışbükey olduğu bir model Dışbükey Programlama Problemi olarak adlandırılır. $g_i(\overline{x})$, i=1,2,...,m, konveks fonksiyon oldukları için $g_i(\overline{x}) \le 0$ kısıtlarını sağlayan noktaların kümesi de konvekstir. En azından bir x^* noktası (≤ 0) olan eşitsizliklerin hepsini sağlıyorsa Dışbükey Programlama'ya "Tutarlı", (< 0) eşitsizliklerini sağlıyorsa "Süper Tutarlı" adı verilir. $m = 0$ ise kısıtsız bir Dışbükey programlama söz konusudur.

Bir Dışbükey programlama probleminin minimum noktasının bir tane olması gerekmez, hatta hiç olmayabilir. Dışbükey programlama problemini çözebilmek için standart tek bir algoritma yoktur. Bu konuda birçok farklı algoritmalar geliştirilmesine rağmen en genel algoritmalar; Gradyant algoritmalar, Dizisel kısıtsız algoritmalar ve Dizisel-yaklaşım algoritmaları olmak üzere üç grupta toplanabilirler. Bu üç algoritmada amaç fonksiyonunun içbükey, kısıt fonksiyonlarının dışbükey olması durumunda geçerlidir.

Makalede ilgilenilen modelde de amaç fonksiyonu ve kısıt fonksiyonları dışbükey oldukları için yukarıda sözü edilen Karush-Kuhn-Tucker koşulları ile optimal çözüme ulaşılır.

3. ARAŞTIRMA PROBLEMİ ve BULGULAR

Bu çalışmanın temel amacı Türkiye'ye yeni giriş yapacak bir marketler zinciri için ana depo ve merkez konumu belirlemektir. Depo yeri seçimi stratejik bir karar olacağından ve uzun dönem karlılığı etkileyeceğinden, Türkiye genelinde yaygınlaşmayı hedefleyen firma ana depo konumunu ileride planlanan genişleme stratejisi gereği tüm piyasaya ulaşabilecek optimum bir noktada belirlemek istemektedir. Diğer taraftan modelde kriter olarak potansiyel pazar noktalarına yakınlık ve işgücü piyasasına yakınlık olarak nüfus ve harcama potansiyelini temsil eden milli gelir ele alınmıştır (Chi, Kuo, 2001, s: 1312). Ancak yöntem, arzu edilen nicel kriterleri modele ağırlık olarak dahil edebilmektedir. Toplam taşıma mesafesi aynı zamanda lojistik maliyetlerin göstergesi olacağından konumun merkezi bir özellik taşıyarak potansiyel tüketim noktalarına ve aynı zamanda yurt genelinde yayılmış tedarikçilere yakın olması beklenmektedir. Bu nedenle, n il sayısı olmak üzere, m_x, kurulacak merkez deponun x koordinatı; m_y, kurulacak merkez deponun y koordinatı; d_i, i. ilin nüfusu; c_i, i. ilin kişi başı milli gelir seviyesi olmak üzere ilgilenilen yer belirleme problemi için kurulan dışbükey programlama probleminde amaç ; m_x ve m_y merkez deponun koordinatlarını tesbit etmektir. $d_i.c_i$ her ilin lojistik probleminde önem ağırlığını temsil etmek üzere, $\sqrt{(m_x - x_i)^2 + (m_y - y_i)^2}$ ifadesi her bir ilin merkez depo konumuna olan Öklid Uzaklığı ifadesidir. Dolayısıyla aşağıdaki model pazar potansiyeline sahip illerin merkez depo konumuna olan toplam öklid uzaklığını ağırlığı ölçüsünde minimize yapmaktadır.

$$[\text{Min}]\quad Z = \sum_{i=1}^{n} d_i.c_i\left[(m_x - x_i)^2 + (m_y - y_i)^2\right]^{\frac{1}{2}} \quad \textbf{(2)}$$

$$-m_x \le 0 \ , \ \text{-}m_y \le 0$$

(2) numaralı ifadedeki problemin gerçekten bir dışbükey programlama problemi olduğu kolaylıkla ispatlanabilir (Hayes, 1975, s:243). Model açık olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\begin{aligned} Z &= d_1.c_1\left[(m_x - x_1)^2 + (m_y - y_1)^2\right]^{1/2} + \\ &\quad d_2.c_2\left[(m_x - x_2)^2 + (m_y - y_2)^2\right]^{1/2} + \ldots + \qquad \textbf{(3)} \\ &\quad d_n.c_n\left[(m_x - x_n)^2 + (m_y - y_n)^2\right]^{1/2} \end{aligned}$$

Tanımlanan dışbükey programlama probleminde bu nedenle ağırlık olarak pazar hedef alınmış ve illerin nüfus ve kişi başı ortalama milli gelir seviyeleri ağırlık olarak tanımlanmıştır. Ancak, tedarikçilerin belirlenmesi durumunda bu tedarikçiler ile olası ticaret hacmine göre ağırlıkların eklenmesi de mümkündür. Diğer taraftan faktör ağırlıkları yönteminde veya AHP bazlı çözüm yöntemlerinde olduğu gibi nitel özelliklerin illere göre derecelendirilerek modelde ağırlık olarak kullanımları da mümkündür. Dolayısı ile önerilmekte olan konum belirleme problemi modeli sıklıkla kullanılan diğer yöntemlerin avantajlarını da içermektedir. Önerilen model bir başlangıç çalışması olduğundan merkezden taşıma problemi olarak kurulmakla birlikte uygun kısıtların oluşturulması ile toplam dağıtım mesafesinin minimizasyonu ve rotalama problemi için de kullanılabilecektir.

Çalışmada öncelikle 80 yerleşim merkezinin enlem ve boylamlarından yola çıkılarak tüm Türkiye'yi içine alan bir ölçekte, Bodrum yarımadasının güney-batı tarafında belirlenen bir sıfır noktası orijin kabul edilerek kartezyen koordinatları belirlenmiş ve bu merkezlere ilişkin ağırlıklar ortaya konmuştur. Bu durumda (3) numaralı bağıntı uygulama verileriyle (bkz. Ek-1) aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\begin{aligned} Z &= (1.849.478).(2.339,37)\left[(m_x - 2.431,93)^2 + (m_y - 337,27)^2\right]^{1/2} + \\ &\quad (623.811).(918,24)\left[(m_x - 3.095)^2 + (m_y - 439,2)^2\right]^{1/2} + \ldots + \\ &\quad (615.599).(2.969,48)\left[(m_x - 1.493,33)^2 + (m_y - 1.317,67)^2\right]^{1/2} \end{aligned}$$

Yukarıda verilen optimizasyon problemi, GRG2 algoritmasına sahip MS Excel Solver eklentisi ile çözümlenmiştir.[4] Ele alınan merkezler ve kısıtsız çözüm sonucu belirlenen merkez depo yeri Şekil-1'de görülmektedir. Optimizasyon sonucu belirlenen ana depo yerinin koordinatları m_x=1181.596 m_y=995.481 olarak hesaplanmıştır.

Matematik yöntemlerle belirlenen bir konumun lojistik bir merkez olabilmesi için ulaşım, iletişim hatlarına sahip, iş gücüne ve barınma imkanlarına yakın, sanayi ve ticaret kuruluşları olan ve resmi idare tarafından ticari yerleşke kurulmasına izin verilen bir nokta olması gerekmektedir

[4] Microsoft Excel Solver doğrusal olmayan Optimizasyon kodu GRG2'yi (Generalized Reduced Gradient) kullanmaktadır. Kod, Texas Üniversitesi'nden Leon Lasdon ve Cleveland State Üniversitesi'nden Allen Waren tarafından geliştirilmiştir. Programın Solver kodları hakları kısmen Frontline Systems, Inc.; Copyright 1990, 1991, 1992 ve 1995, .http://www.frontsys.com ve; kısmen Optimal Methods, Inc., Copyright 1989, aittir.

Tablo 1 MS Excel Çözücü Yanıt ve Duyarlılık Raporu

Hedef Hücre

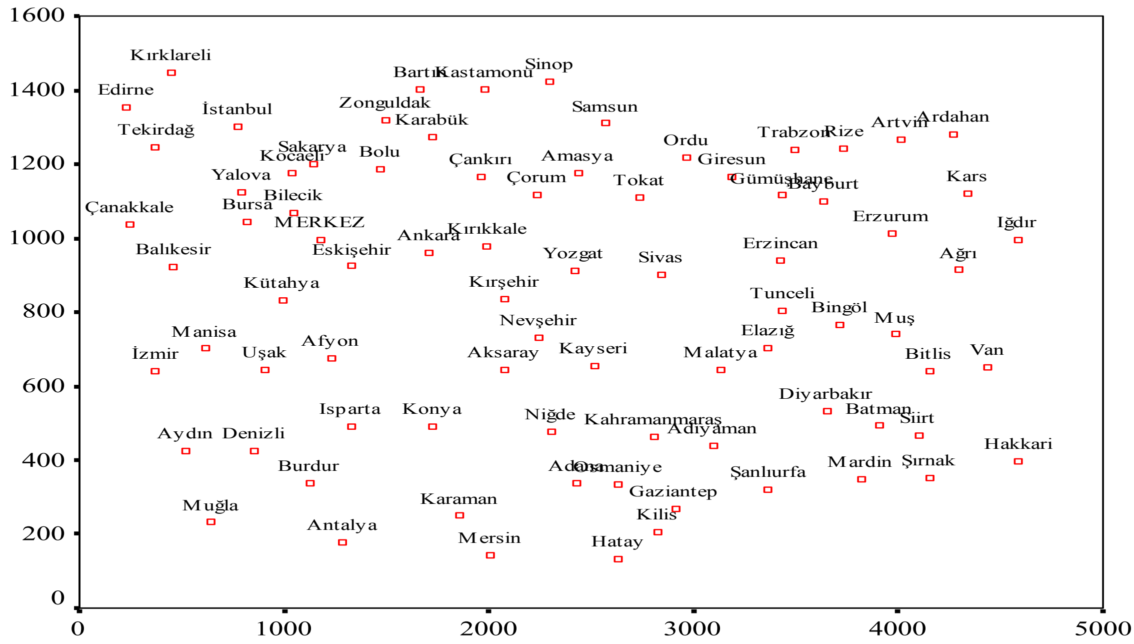
Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer	Kural
H2	MERKEZ Toplam	273648211954958,00	136539767788107,00	En Küçük

Ayarlanabilir Hücreler

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer	Azaltılmış Gradyan
B2	MERKEZ X	0	1181,599378	0
C2	MERKEZ Y	0	995,4825071	0

Sınırlamalar

Hücre	Ad	Hücre Değeri	formül	Lagrange Çarpanı
K2	"-Mx="	-1181,599378	K2<=0	0
K3	"-My="	-995,4825071	K3<=0	0



Şekil 1 Türkiye Yerleşim Merkezleri ve Ana Depo Yeri Kartezyen Koordinat Haritası

Şekil 2 Bozüyük Haritası, Komşuları ve Ulaşım Yolları

Bu nokta Eskişehir-Bilecik arasında Bozüyük ilçesine yakın çıkmaktadır. Görüldüğü üzere yöntem kullanılan ağırlıklar sayesinde pazara yakın bir nokta olarak belirlendiği gibi, diğer nitel özelliklerin de ağırlık olarak kullanılması ile arzu edilen kriterlere en uygun konumlamaya ulaşılacaktır.

Bozüyük ilçesinden geçen 25 numaralı devlet karayolu iç Anadolu,Akdeniz,Ege ve Marmara bölgelerini birbirine bağlamakta, ayrıca 2 numaralı devlet karayolu Bursa'yı Eskişehir ve Ankara'ya bağlamaktadır. İlçede halen iki ayrı telefon santralı hizmet vermektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye piyasasına girmeyi planlayan bir süper market zinciri ana depo ve merkez üssünün konumunun seçiminin belirlenmesinde dışbükey programlamanın önemi ayrıntılı bir biçimde açıklanmış sözü edilen süper market ana depo ve merkez üssünün coğrafi konumunun koordinatları Doğrusal Olmayan Programlama probleminin özel bir durumu olan Dışbükey Programlama problemi ile belirlenmiştir.Yer seçim problemi ile yapılan literatür çalışmasında genellikle coğrafi konum belirlenmesinden çok alternatif operatörler arasından seçim yapma şeklinde çalışmalara rastlanıldığından Dışbükey Programlama ile coğrafi konumun belirlenmesi bu çalışmanın özünü oluşturmaktadır. Türkiye pazarına yeni girerek bir marketler zinciri için ana depo ve merkez konumu belirlemek isteyen işletme için bu çalışmada kullanılan Dışbükey Programlama tekniği lojistik maliyetler ve çevre koşulları dikkate alınarak tüm piyasaya ulaşabilecek en iyi nokta olarak ana depo yerinin koordinatları belirlenmiş ve sözü edilen koordinat Eskişehir-Bilecik arasında Bozüyük ilçesine yakın ortaya çıkmıştır.

Ek 1:

İl	X	Y	Nüfus	GSYHUSD	İl	X	Y	Nüfus	GSYHUSD
Adana	2431,93	337,27	1849478	2339,37	Kahramanmaraş	2811,45	462,73	1002384	1583,98
Adıyaman	3095,00	439,20	623811	918,24	Karabük	1726,50	1272,50	225102	1587,15
Afyon	1229,88	675,75	812416	1262,94	Karaman	1855,22	248,78	243210	2012,29
Ağrı	4294,57	913,14	528744	568,23	Kars	4336,57	1120	325016	885,76
Aksaray	2073,29	643,43	396084	965,78	Kastamonu	1983,33	1401,25	375476	1781,43
Amasya	2436	1175,75	365231	1438,50	Kayseri	2517	655,50	1060432	1806,34
Ankara	1708,32	959,42	4007860	2751,62	Kilis	2823,50	206,50	114724	1816,96
Antalya	1287	179	1719751	2193,15	Kırıkkale	1991,25	977,50	383508	2724,74
Ardahan	4267,50	1280,25	133756	842,39	Kırklareli	445	1447,67	328461	3590,11
Artvin	4010	1267,50	191934	2136,74	Kırşehir	2080,67	834,83	253239	1488,03
Aydın	518,38	425,13	950757	2017,37	Kocaeli	1041	1176	1206085	6164,78
Balıkesir	460,82	921	1076347	2005,29	Konya	1723,91	491,69	2192166	1554,22
Bartın	1664	1403,33	184178	1061,01	Kütahya	992	832,88	656903	1804,77
Batman	3906	492,33	456734	1215,72	Malatya	3129,89	643,89	853658	1416,53
Bayburt	3637	1098,50	97358	1016,75	Manisa	613,30	701,10	1260169	2458,58
Bilecik	1050	1066,50	194326	2584,40	Mardin	3817,67	348,17	705098	983,18
Bingöl	3718,60	765,60	253739	795,03	Mersin	2003,85	143,69	1651400	2451,98
Bitlis	4152,80	639,60	388678	645,78	Muğla	639,85	231,62	715328	3307,65
Bolu	1466,38	1185,38	270654	4215,55	Muş	3990	739,25	453654	578,12
Burdur	1124,38	338	256803	1951,33	Nevşehir	2247	730,20	309914	2116,92
Bursa	822,44	1044,33	2125140	2507,18	Niğde	2305,67	475,67	348081	1781,27
Çanakkale	242,71	1037,86	464975	2335,28	Ordu	2969,25	1217,25	887765	1063,96
Çankırı	1960,83	1165,50	270355	1136,30	Osmaniye	2628	334	458782	1156,55
Çorum	2235,57	1117,43	597065	1653,66	Rize	3736,33	1240,67	365938	1897,28
Denizli	850,56	423,56	850029	2132,85	Sakarya	1140,33	1200	1070434	1824,71
Diyarbakır	3649,44	532,89	1362708	1313,44	Samsun	2569,13	1309,75	1209137	1679,72
Edirne	228,20	1352	402606	2402,99	Siirt	4098,33	467,67	263676	1111,11
Elazığ	3364,25	704	569616	1704,32	Sinop	2298,40	1421,40	225574	1459,12
Erzincan	3427,29	938	316841	1158,36	Sivas	2847,58	901,47	755091	1398,57
Erzurum	3968,93	1011,20	937389	1061,29	Şanlıurfa	3363,21	321,29	1443422	1007,68
Eskişehir	1331,10	923,50	706009	2512,58	Şırnak	4152,50	351,25	353197	638,43
Gaziantep	2909,33	269	1285249	1592,53	Tekirdağ	370,50	1244,70	623591	2498,20
Giresun	3188,14	1163,86	523819	1443,17	Tokat	2738,78	1109,89	828027	1370,32
Gümüşhane	3433	1115	186953	1075,44	Trabzon	3498	1239,25	975137	1505,83
Hakkari	4589	397	236581	835,72	Tunceli	3435	803,67	93584	1584,42
Hatay	2632,75	132,13	1253726	1756,64	Uşak	908,50	643,17	322313	1435,75
Iğdır	4585,67	994,33	168634	854,73	Van	4436,83	651,50	877524	859,29
Isparta	1325,57	491,43	513681	1509,56	Yalova	795	1123	168593	3462,72
İstanbul	777,88	1300,63	10018735	3063,37	Yozgat	2418,56	911,89	682919	852,12
İzmir	370,69	639,77	3370866	3214,92	Zonguldak	1493,33	1317,67	615599	2969,48

Kaynak: Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA), http://www.hgk.mil.tr/projeler/jeodezi/tutga/ayrintili_TUTGA.htm, 12.09.2005; DİE, Düzey-3, Sosyal ve Ekonomik Göstergeler, http://www.die.gov.tr/nuts/duzey3.html, 12.09.2005.

KAYNAKÇA

AMBROSINO, D., M.G. Scutella, "Distribution network design: New problems and related models", European Journal of Operational Research 165 (2005) 610–624.

BAKER, B.M., J. Sheasby, "Accelerating the convergence of subgradient optimisation", European Journal of Operational Research 117 (1999) 136-144.

BAUNACH, B., Mercer , A., Napp, A.,"Sales effect on depot locations", European Journal of Operational Research 81 (1995) 474-478

BOZÜYÜK BELEDİYESİ, http://www.bozuyuk.bel.tr/bozuyuk.asp, 26.09.2005.

CHI, S.-C., Kuo R.-J., "Examination of the influence of fuzzy analytic hierarchy process in the development of an intelligent location selection support system of convenience store", Joint 9th IFSA World Congress and 20th NAFIPS International Conference, Vol. 3, (July 2001), 1312–1316.

DAŞÇI, A., V. Verter, "The plant location and technology acquisition problem", IIE Transactions (2001), 33, 963-973.

FRANCIS, R.L., McGinnis, Jr., White, J.A., "Facility Layout and Location: An Analytical Approach", 2nd Ed., Prentice Hall, New Jersey, USA, (1998).

HAYES, P., "Mathematical Methods in the Social and Managerial Sciences", John Wiley&Sons, New York, (1975), 243.

HILLIER, F.S., Lieberman G.J., "Introduction to Operations Research", Sixth Edition, McGraw-Hill, (1995), 582.

HINOJOSA, Y., J. Puerto, F.R. Fernandez, "A multiperiod two-echelon multicommodity capacitated plant location problem", European Journal of Operational Research 123 (2000) 271-291.

HO, K.P., Perl, J., "Warehouse location under service-sensitive demand", Journal of Business Logistics 16 (1) (1995) 133-162

KALFAKAKOU, R., C.C. Tsouros, "Determining the size and location of suppliers for a minimum total distribution route problem", International J. Production Economics 71 (2001) 401-405.

KORPELA, J., Lehmusvaara A., "A customer oriented approach to warehouse network evaluation and design", International Journal of Production Economics, 59 (1999) 135-146.

MASON, S. J. Ve diğerleri, "Integrating the warehousing and transportation functions of the supply chain", Transportation Research Part E 39 (2003) 141–159.

MIN, H., E. Melachrinoudis, "The relocation of a hybrid manufacturing/distribution facility from supply chain perspectives: a case study", Omega, Int. J. Mgmt. Sci. 27 (1999) 75-85.

NAKATSU, N. T., "Designing business logistics networks using model-based reasoning and heuristic-based searching", Expert Systems with Applications 29 (2005) 735–745.

T.C. Başbakanlık D.İ.E. Web Servisi, Bölgesel İstatistikler, Düzey-3, Sosyal ve Ekonomik Göstergeler, http://www.die.gov.tr/nuts/duzey3.html, 12.09.2005.

TÜRKİYE ULUSAL TEMEL GPS AĞI (TUTGA), Harita Genel Komutanlığı, Jeodezi Dairesi, Ankara, Şubat 2001, http://www.hgk.mil.tr/projeler/jeodezi/tutga/ayrintili_TUTGA.htm, 12.09.2005.

TULUNAY, Yılmaz, "Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları", Bayrak Matbaacılık, İstanbul, (1987), 539.

VAN DEN BRUGGEN, L.,Gruson, R., Salomon,M., "Reconsidering the distribution structure of gasoline product for a large oil company", European Journal of Operational Research 81 (1995) 460-473.

WILLIAM, H.P., "Model Building in Mathematical Programming", Third Edition, John Wiley&Sons, New York, (1990), 139.