T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ

PERAKENDECİ TALEBİNİN STOKASTİK OLDUĞU M DEPO N PERAKENDECİ ENVANTER DAĞITIM SİSTEMLERİ İÇİN YENİ BİR SEZGİSEL YAKLAŞIM

Proje No: **FBA-12-3961**

Normal Araştırma Projesi

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü:
Yrd. Doç. Dr. Ercan ŞENYİĞİT
Mühendislik Fakültesi/Endüstri Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans Öğrencisi Hakan AKKAN
Mühendislik Fakültesi/Endüstri Mühendisliği Bölümü

Nisan 2013

KAYSERİ

TEŞEKKÜR

FBA-12-3961kodlu bu proje, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırmaları Birimi tarafından desteklenmiştir. Bu çalışmanın yapılmasında, mali desteği sağlayan Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırmaları Birimi yöneticileri ve emeği geçen bütün personeline, mevcut alt yapısını kullandığımız Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanlığı'na, teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	1
ABSTRACT	2
1. GİRİŞ	3
2. GEREÇ VE YÖNTEM	5
3. BULGULAR	17
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	25

ÖZET

Her bir perakendecinin talebinin karşılanması sırasında verilecek olan siparişlerin sıklığının toplam maliyeti en aza indirecek şekilde belirlenmesi problemi, literatürde 1 depo N perakendeci envanter/dağıtım sistemi problemi olarak adlandırılmaktadır. Bu proje ile bu problemi M depo N perakendeci ve stokastik talep yönlerinden geliştirmeyi hedefledik. Geliştirdiğimiz yeni problemi, Stokastik talepli M depo N perakendecili envanter/dağıtım sistemi problemi olarak adlandırdık. Bu yeni problem iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada her bir depoya belirli sayıda perakendeci atayarak problem 1 depo N perakendeci problemine dönüştürülecektir. İkinci aşamada ise beklenen perakendeci talepleri için, toplam maliyeti en aza indirecek şekilde, verilecek sipariş sıklıkları belirlenecektir. Bu proje ile birinci aşamadaki M depo N perakendecinin 1 depo N/M perakendeciye atanmasını ve stokastik perakendeci taleplerinin karşılanmasını sağlayacak sezgisel yaklaşımı literatüre kazandırdık.

Anahtar Kelimeler: Tedarik zinciri yönetimi, depo yönetimi, karma tamsayılı matematiksel model, sezgisel yöntem.

ABSTRACT

The problem defined in the literature as One warehouse and N retailers inventory/distribution system problem is to determine the replenishment intervals of stock locations to minimize the total cost of supplying all orders for retailers. With this project we intended to develop the problem with M warehouses and N retailers with stochastic demand. The problem developed is referred to M warehouses and N retailers inventory/distribution problem with stochastic demand. This new problem has two stages. First is to convert the problem to one warehouse and N retailers distribution problem by assigning numbers of retailers to each warehouse. Second is to determine the replenishment intervals to minimize the total cost of system for expected retailer demands. With this project we incorporated the new heuristic to literature which obtains the replenishment intervals for M warehouses and N retailers inventory system problem with stochastic demand.

Keywords: Supply Chain Management, Warehouse Management, Mixed Integer Lineer Programming, heuristic.

1. GİRİŞ

İşletmeler, küreselleşme ile sıkı bir rekabet ortamına girmiştir. İşletmeler bu rekabet ortamında varlıklarını sürdürebilmek için tedarik zinciri ağlarındaki işletmeler ile işbirliğine yönelmiştir. Tedarikçiden son kullanıcıya kadar sürekli hareket eden ürünlerin hareketlerinin doğru ve verimli yürütülebilmesi için müşteri odaklı tedarik zinciri yönetimi yaklaşımına ihtiyaç duyulmaktadır. Müşteri odaklı yaklaşım nedeniyle talep edilen ürünlerin, müşterilerin istedikleri yer, zaman ve miktarda müşterilere ulaştırılması gerekmektedir. Aynı zamanda müşteri odaklı yaklaşımı dikkate alan tedarik zinciri ağlarının toplam maliyeti de minimum olmalıdır ki, rekabette rakiplerine karşı üstünlük sağlayabilsinler. Bu amaçla yöneticiler tedarik zinciri ağlarında 1 depo N perakendeci envanter dağıtım sistemi yöntemlerini kullanmaya başlamışlardır. Fakat gerçek hayatta bunu gerçekleştirmek belirsizlikler nedeniyle çok zordur. Bu belirsizliklerin en başında perakendecilerin taleplerinin belirsizliği gelmektedir.

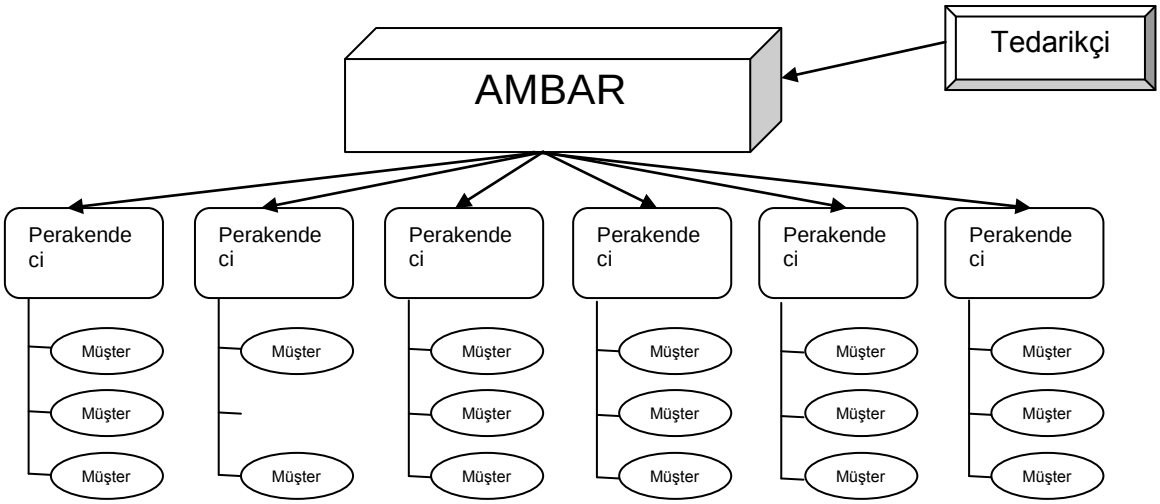
Son 10 yılda küreselleşen dünyada, doğal olarak ihtiyaç duyulan depo sayısı artmakta dolayısıyla 1 depo N perakendeci envanter dağıtım sistemi problemi M depo N perakendeci envanter dağıtım sistemi problemine dönüşmektedir. Bununla birlikte, perakendecilerin taleplerini tahmin etmek gittikçe zorlaşmaktadır. Küreselleşme ile birlikte perakendecilerin talepleri daha belirsiz hale gelmektedir.

Bu nedenle, perakendeci taleplerinin stokastik olduğu M depo N perakendeci envanter dağıtım sistemi probleminin çözümüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu projenin temel amacı perakendeci taleplerinin stokastik olduğu M depo N perakendeci envanter dağıtım sistemi probleminin çözümü için yeni bir sezgisel yaklaşım geliştirmektir.

Bu proje ile erişilmek istenen sonuç, perakendeci taleplerinin stokastik olduğu M depo N perakendeci envanter dağıtım sistemi probleminin tanımlanması ve bu sistemde tedarik zinciri

yöneticilerine karar vermelerinde yardımcı olacak yeni bir sezgisel yaklaşım sunmaktı ve bu amaç gerçekleştirilmiştir.

Son yıllarda birçok büyük şirket, toplam maliyet üzerinde önemli miktarda maliyet tasarrufunu, kendi tedarik zincirleri ile birlikte stok kontrolü ve teslim politikalarının optimum şekilde düzenlenmesiyle elde edebileceklerinin farkına varmışlardır. Bu amacı gerçekleştirmek üzere şirketler ambar yönetimi üzerine yoğunlaşmışlardır. Ambar yönetiminde, her bir ürün için perakendecilerin talebi dikkate alınarak tedarikçilerden ilgili talep karşılanır. Amaç, her bir perakendecinin talebini karşılanması sırasında verilecek olan siparişlerin sıklığının toplam maliyeti en aza indirecek şekilde belirlenmesidir. Bu problem, literatürde 1 Ambar N perakendeci problemi olarak adlandırılmaktadır. Problem, şematik olarak şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Sistemin genel görünümü

Bu proje ile önemli bir envanter dağıtım sistemi problemi olan perakendeci taleplerinin stokastik olduğu M depo N perakendeci probleminin çözümü için yeni bir sezgisel yaklaşım geliştirilmiştir. Problem iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada her bir depoya belirli sayıda perakendeci atanarak problem 1 depo N perakendeci problemine dönüştürülmüştür. İkinci aşamada ise beklenen perakendeci talepleri için, toplam maliyeti en aza indirecek şekilde, verilecek sipariş sıklıkları belirlenmiştir. İlk aşamadaki M depo N perakendecinin 1 depo N/M perakendeciye atanmasını ve stokastik perakendeci taleplerinin karşılanmasını sağlayacak sezgisel yaklaşım bu projede sunulmuştur.

M depo N perakendeci envanter dağıtım sisteminde gerçekleşen perakendecilerin talepleri belirlendikten sonra bu sistemin karma tamsayılı matematiksel model yardımıyla optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu optimizasyon ile elde edilen toplam sistem maliyeti alt sınır (lower bound) olarak kabul edilmiş ve sezgisel yaklaşım kullanılarak elde edilen çözümün maliyeti bu alt sınıra karşılaştırılarak yaklaşımın performansı değerlendirilmiştir.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu proje anahatlarıyla 4 kısma ayrılmaktadır. Bunlar;

1. Deterministik M depo N perakendeci problemi
2. Deterministik 1 depo N perakendeci
3. Stokastik M depo N perakendeci
4. Stokastik 1 depo N perakendeci

a. Deterministik M depo N perakendeci problemi

Bu problemde M depo N perakendeci bulunmaktadır. M depo N perakendeci problemini, 1 depo N/M perakendeci problemine dönüştürmek gerekmektedir. Bu dönüştürme işlemi

literatürde atama problemi olarak adlandırılmaktadır. Böylece bu problemin çözümü mümkün olacaktır.

Bu dönüştürme işlemi literatürde atama problemi olarak adlandırılmaktadır. Bu atama probleminin çözümü için karma tamsayılı doğrusal matematiksel modelleme tekniğinden faydalanılabilir.

b. Deterministik 1 depo N perakendeci problemi

Projede, bir ambar ve N tane perakendeciden oluşan iki aşamalı bir envanter/dağıtım sistemi dikkate alınmıştır. Perakendeciler, müşteri taleplerini karşılarken ambar da perakendeci taleplerini karşılamaktadır. Her perakendecinin sabit ve bilinen talebi vardır. Bu talep yoksatmaya müsaade edilmeden ambar tarafından karşılanmaktadır. Ambar, siparişlerini harici bir tedarikçiden karşılamaktadır ve bu tedarikçi sistem dışında tutulmaktadır. Teslimatların anında yapıldığı ve tedarik sürelerinin ihmal edildiği varsayılmaktadır. Sistemde, yalnızca elde bulundurma ve sipariş maliyetlerinin olduğu kabul edilmiştir. Miktar indirimi uygulanmamaktadır. Şekil 1'de gösterilen 3 aşamanın sadece ambar ve perakendeci arasında olan ilişkinin incelendiği bu çalışmada, "Müşteri" aşamasındaki elde bulundurma veya sipariş maliyetleri gibi karar vermeyi etkileyen parametreler çalışmada dikkate alınmamıştır. Bu aşama sadece tüketim aşamasıdır ve etkinliği sadece "Perakedenci" aşamasına olan talep miktarının değişkenliğidir. Bu talep değişkenliğinin de problem varsayımlarında sabit, bilinen ve sürekli olduğu varsayılmıştır.

Perakendeci taleplerinin sabit olduğu varsayımı, perakendeci stok seviyesinin doğrusal olarak azaldığı anlamına gelmektedir. Bu sayede de elde bulundurulan miktar (stok seviyesi) sipariş dönemi talebinin ortalaması kadardır. Ancak ambar stok seviye grafiği bu şekilde oluşmamaktadır. Çünkü perakendecilerin farklı maliyet parametreleriyle sipariş sıklıkları ve

talep miktarları değişebilir. Bu farklılık da farklı zaman birimlerinde stok seviyesini artırıp azaltabilir. Bu yüzden, “perakendeci – ambar” ilişkisi “müşteri – perakendeci” ilişkisinden farklıdır. Sistemde, amaç fonksiyonunun çözümü için sezgisel yöntem kullanmayı zorunlu kılan neden burada oluşan bağıntıdır. Bu bağıntı amaç fonksiyonunu ve dolayısıyla bu fonksiyonun grafiğini etkilemektedir. Çünkü herhangi bir zamandaki ambar stok seviyesi, perakendeci ve ambar sipariş süre aralıkları bilinmediğinden belirlenememektedir. Stok seviyesi fonksiyonu belirlenemediğinden de amaç fonksiyonu yazılamamaktadır. Ambarda elde bulundurma maliyeti fonksiyonu, perakendeci ve ambar sipariş süre aralıkları arasında bağıntı kurularak yazılmaktadır. Çalışmada, bu varsayımlarla birlikte aşağıdaki notasyonlar kullanılmaktadır.

$\boldsymbol{j}$ stok bulundurma lokasyonu indeksi

$\boldsymbol{N}$ stok bulundurma lokasyonu sayısı

$\boldsymbol{f_j}$ $\forall\, j = 0,1,2, \ldots . N$ stok tutma lokasyonunda birim zamanda toplam ikmal sayısı

$\boldsymbol{d_j}$ $\forall\, j = 0,1,2, \ldots, N$ stok tutma lokasyonunda oluşan birim zamandaki talep miktarı

$\boldsymbol{k_j}$ $\forall\, j = 0,1,2, \ldots, N$ stok tutma lokasyonu için sabit ikmal maliyeti

$\boldsymbol{h_j}$ $\forall\, j = 0,1,2, \ldots, N$ stok tutma lokasyonu için sabit elde bulundurma maliyeti

$\boldsymbol{t_j}$ $\forall\, j = 0,1,2, \ldots, N$ stok tutma lokasyonu için siparişler arası süre

$\boldsymbol{Q_j}$ $\forall\, j = 0,1,2, \ldots, N$ stok tutma lokasyonu için her siparişte stoğa giren ürün miktarı

$\boldsymbol{C_j}$ $\forall\, j = 0,1,2, \ldots, N$ stok tutma lokasyonunda birim zamanda oluşan toplam maliyet

$\boldsymbol{TC_j}$ $\forall\, j = 1,2, \ldots, N$ stok tutma lokasyonunda oluşan dönüştürülmüş toplam maliyet

C_T Sistemde oluşan toplam maliyet

r_j $\forall\, j = 1,2,\dots,N$ stok tutma lokasyonundaki elde bulundurma ve sipariş maliyetleri oranı

r_S Sistem toplam elde bulundurma ve sipariş maliyetleri arasındaki oran

Perakendeci İkmal Maliyeti: $\forall\, j = 1,2,\dots,N$ perakendecisi için t_j sipariş süre aralığı, f_j toplam sipariş sayısı ve k_j sabit ikmal maliyeti ise, $j = 1,2,\dots,N$ perakendecisinde toplam birim zamandaki ikmal maliyeti $k_j \times f_j$'dir. $f_j \times t_j = 1$ eşitliğinden toplam ikmal maliyeti k_j/t_j'dir. Abdul Jalbar ve arkadaşları (2010) çalışmalarında, tamsayı oranlı frekanslar kullandığından $t_0/t_j = f_j$ eşitliğini kullanmış ve toplam ikmal maliyetini $k_j f_j/t_0$ olarak tanımlamışlardır.

Perakendeci Envanter Elde Bulundurma Maliyeti: $\forall\, j = 1,2,\dots,N$ perakendeci talebinin sabit ve sürekli olduğu varsayıldığından h_j birim ürünü birim zamanda elde bulundurma maliyeti, $d_j/2$ ortalama elde bulundurulan miktar, t_j elde bulundurma süresini ifade ettiğine göre, ortalama envanter elde bulundurma maliyeti $h_j d_j t_j/2$ olur. Yine Abdul Jalbar ve arkadaşlarının (2010) çalışmalarında aynı dönüşüm formülünü kullanılarak *j* perakendecisinde oluşan toplam elde bulundurma maliyetini $h_j d_j t_0/2f_j$ formülüyle ifade etmişlerdir.

Ambar İkmal Maliyeti: Ambar her t_0 birim zamanda bir sipariş verir ve toplam sipariş adedi f_0 olursa ve k_0 ikmal maliyeti ise toplam birim zamanda ikmal maliyeti $k_0 \times f_0$ olur. Buradan aynı dönüşüm formülüyle toplam ikmal maliyeti k_0/t_0 elde edilir.

Ambar Envanter Elde Bulundurma Maliyeti: Ekonomik sipariş miktarı (ESM) eşitliği (1) ambarın bağımsız bir stok tutma lokasyonu olması durumunda kullanılabilir. Ancak sistem

bütün olarak ele alındığında ambar bağımsız düşünülemez ve ambar envanter elde bulundurma maliyeti ESM modelinden farklı olarak hesaplanmalıdır. Perakendeciler siparişlerini ambardan karşıladıkları için, ambara olan talep miktarı perakendecilerin sipariş miktarı kadardır. Yani ambar perakendeciler gibi ortalama stok hareketliliğine sahip değildir. Ambardaki stok hareketliliğini perakendecilerin siparişleri belirlediğinden ambar ve perakendeciler arasında bir bağıntı olmalıdır. Eğer ambar sipariş süre aralığı(t_0), herhangi bir *j* perakendecisinin sipariş süre aralığından(t_j) büyük ise *j* perakendecisi, ambara göre daha sık sipariş vereceğinden, ambar bu perakendeci için aradaki süre zarfında $(t_0 - t_j)$ ihtiyaç duyulacak olan talep miktarı kadar stok bulundurmak durumunda kalacaktır. Bu koşul sağlanmadığında yani $t_j > t_0$ olduğu durumda ambar *j* perakendecisine göre daha sık sipariş vereceğinden bu perakendeci için stok bulundurmasına ihtiyaç duyulmamaktadır.

$$C_j = \frac{k_j}{t_j} + \frac{h_j D_j t_j}{2} \qquad (eşitlik\ 1)$$

$$C_0 = \frac{k_0}{t_0} + h_0 \sum_{j:t_0 > t_j} \frac{(t_0 - t_j) d_j}{2} \qquad (eşitlik\ 2)$$

Abdul Jalbar ve arkadaşları (2010) çalışmalarında yine aynı dönüşüm formülüyle t_0 yerine $t_j \times f_j$ yazarak eşitlik (3) şekilde tanımlamışlardır.

$$h_0 \sum_{j:f_j > 1} \frac{(t_j f_j - t_j) d_j}{2} = h_0 \sum_{j:f_j > 1} \frac{(f_j - 1) d_j t_j}{2} \qquad (eşitlik\ 3)$$

Amaç fonksiyonunun sezgisel yöntemle çözülmesini zorunlu kılan neden, bu modüldeki "eğer $t_0 > t_j$ ise" koşulunu da $t_0 = t_j f_j$ eşitliğini kullanarak $t_j f_j > t_j$ eşitsizliğine dönüştürmüş ve $t_j > 0$ zorunluluğundan sadeleştirmesini yaparak $f_j > 1$ olarak yeni dönüştürülmüş halini yazmıştır. Bu kısıt yazılmadığı zaman yani $f_j < 1$ olduğunda toplam fonksiyonu içerisindeki

değer negatif olacaktır ve zaten azaltılmak istenen fonksiyon değerinin sürekli azaltmak isteyecektir. Bu da amaç fonksiyonu değerini ararken yanlışlıklara sebep olacaktır.

Abdul Jalbar ve arkadaşlarının (2010) çalışmalarında kullandığı gibi frekans(f_j) değerlerinin yerine t_j sipariş süre aralıkları değerlerinin kullanmanın maliyet açısından daha etkin sonuçlar verebileceği beklendiğinden yeni geliştirilen algoritmanın amaç fonksiyonu eşitlik (4) gösterilmiştir.

$$C_T = \sum_{j=0}^{N} C_j = \frac{k_0}{t_0} + \left\{ \boldsymbol{t_0 > t_j} \middle| \boldsymbol{h_0} \sum_{t_0 > t_j ; j=1}^{N} \frac{(\boldsymbol{t_0} - \boldsymbol{t_j})\boldsymbol{d_j}}{\mathbf{2}} \right\} + \sum_{j=1}^{N} \left[\frac{k_j}{t_j} + \frac{h_j d_j t_j}{2} \right] \qquad (eşitlik\ 4)$$

Görüldüğü gibi t_0 ve t_j arasındaki koşulun sağlanmış olup olmamasına göre fonksiyona *j* perakendecisi yüzünden oluşan elde bulundurma maliyeti dâhil edilir veya edilmez. Buda amaç fonksiyonunun çözülüp t_0 ve t_j değerlerinin elde edilmesine bağlıdır. Yani fonksiyonun çözülebilmesi çözüldükten sonra elde edilecek olan değerlere bağlıdır. Bu da fonksiyonun matematiksel olarak çözülememesi anlamına gelir. Bu belirsizlik fonksiyonun matematiksel modelinin kurulamamasına ve sezgisel olarak çözülmesine sebebiyet verir. Sezgisel yöntem ile bulunan t_j değerleriyle amaç fonksiyonu kısıtları belirlenmiş olur ve bu sayede amaç fonksiyonun kurulamayan matematiksel modeli oluşturulabilir ve problemin optimum çözümü elde edilebilir.

Geliştirilen Yeni Sezgisel Yöntem

Geliştirilen yeni sezgisel yöntemde t_0 ve t_j değerleri sırasıyla 5 ve 6 nolu denklemlerle hesaplanmaktadır. Geliştirilen bu yeni sezgisel yöntem Proje araştırmacısı Hakan Akkanın yüksek lisans tezinde kullanılmıştır.

$$t_0^* = \left[\frac{2k_0}{h_0 \sum_{j=1}^{N} d_j}\right]^{1/2} \qquad (eşitlik\ 5)$$

$$t_j^* = \left[\frac{2k_j}{h_j d_j}\right]^{1/2} \qquad (eşitlik\ 6)$$

Adım 1: (5) ve (6) nolu denklemlerle t_0 ve t_j başlangıç değerlerini bul

Adım 2: $t_0 \geq 1$ ise t_0, en yakın üst tamsayıya; $t_0 < 1$ ise t_0, matematiksel tersinin $(1/t_0)$ en yakın alt tamsayıya yuvarlanmasıyla elde edilen sayının, yeniden matematiksel tersi alınarak elde edilen ondalık sayıya yuvarla

Adım 3: t_j değerleri $t_j \geq 1$ ise en yakın alt tamsayıya; $t_j < 1$ ise matematiksel tersinin $(1/t_j)$ en yakın üst tamsayıya yuvarlanmasıyla elde edilen sayının yeniden matematiksel tersi alınarak elde edilen ondalık sayıya yuvarla

Adım 4: TC_j , TC_0 ve C_T'yi hesapla.

Adım 5: $t_0 < 1$ ise bu değer $\frac{1}{\frac{1}{t_0} \pm 1}$ ondalık değerleriyle artırılarak veya azaltılarak toplam sistem maliyeti üzerindeki etkisini incelenir, $t_0 \geq 1$ ise $t_0' = t_0 \mp 0{,}5$ değeriyle veya azaltılarak toplam sistem maliyeti üzerindeki etkisini incelenir. Toplam sistem maliyetinde değişiklik olmayana kadar döngü tekrarlanır.

Adım 6: : $t_j < 1$ ise bu değer $\frac{1}{\frac{1}{t_j} \pm 1}$ ondalık değerleriyle artırılarak veya azaltılarak toplam sistem maliyeti üzerindeki etkisini incelenir, $t_j \geq 1$ ise $t_j' = t_j \mp 0{,}5$ değeriyle veya azaltılarak toplam sistem maliyeti üzerindeki etkisini incelenir. Toplam sistem maliyetinde değişiklik olmayana kadar döngü tekrarlanır.

Adım 7: Toplam sistem maliyetinde azalma varsa adım 5 ve adım 6 yı tekrarla yoksa adım 8 ‘e git

Adım 8: $t_0 \leq t_j$ olan perakendeciler için bu değerler birlikte (ikili) artırılır, eğer toplam sistem maliyetinde azalmaya yol açarsa ilgili değerler kullanılır aksi takdirde kullanılmaz bu işlem bütün perakendeciler için tekrarlanır.

Adım 9: $t_0 \leq t_j$ olan perakendeciler için bu değerler birlikte (toplu) artırılır, eğer toplam sistem maliyetinde azalmaya yol açarsa ilgili değerler kullanılır aksi takdirde kullanılmaz bu işlem $t_0 \geq t_{max}$oluncaya kadar tekrarlanır

Adım 10: optimum t_0 ve t_j değerlerine en yakın tamsayı değerleri bulunur

Daha sonra algoritmanın bulduğu değerlere göre amaç fonksiyonu belirgin hale geldiğinden matematiksel model kurulabilir. Bu matematiksel modelin çözümüyle tam sayı olmayan optimum çözüm elde edilir.

c. Stokastik M depo N perakendeci problemi

Bu problemde perakendeci talepleri stokastiktir. Statik-belirsizlik yaklaşımı kullanılarak bu problemin çözümü sağlanmıştır. Bu yaklaşımda beklenen değerler deterministik değerler olarak kabul edilmekte ve bu değerlere göre atama probleminin çözümü elde edilmektedir.

d. Stokastik 1 depo N perakendeci problemi

Stokastik M depo N perakendeci probleminin M farklı 1 depo N perakendeci problemine gruplandırılmasıyla elde edilmektedir. Bu problemde perakendeci talepleri stokastiktir. Statik-

belirsizlik yaklaşımı kullanılarak bu problemin çözümü sağlanmıştır. Bu yaklaşımda beklenen değerler deterministik değerler olarak kabul edilmektedir. Bu problemde geliştirilen yeni sezgisel yöntem kullanılmaktadır. Burada beklenen değerlere göre sonuçlar elde edilmekte daha sonra gerçekleşen değerlere göre elde edilen talep değerlerine göre optimum sonuçlar hesaplanmaktadır. Bu hesaplanan değerler alt sınır (lowerbound) olarak kabul edilmekte stokastik beklenen değerlere göre geliştirilen yöntemin performansı bu değere göre karşılaştırılmaktadır.

Bu sistemi şu şekilde açıklayabilir; ambar siparişlerini harici bir tedarikçiden ikmal ederken, sistemdeki perakendecilerin siparişlerini tedarik etmektedir. Talebin stokastik olduğunu varsaymaktayız. Yok satmaya müsaade edilmektedir.

Çalışmanın notasyonları aşağıdaki gibidir:

İndis:

$\boldsymbol{j}$ Perakendeciler, $\forall\, j = 1,2,\ldots.N$

Parametreler:

$\boldsymbol{f_j}$ t_0 zaman dilimi boyunca *j* perakendecisinin sipariş sayısı

$E[\boldsymbol{f_j}]$ t_0 zaman dilimi boyunca *j* perakendecisinin beklenen sipariş sayısı.

$\boldsymbol{d_j}$ *j* perakendecisinin birim zamandaki talep miktarı

$E[\boldsymbol{d_j}]$ *j* perakendecisinin birim zamandaki beklenen talep miktarı

$E[\boldsymbol{sd_j}]$ α servis düzeyiyle *j* perakendecisinin birim zamandaki beklenen talep miktarı

$\boldsymbol{k_j}$ *j* perakendecisinde her sipariş için sabit sipariş maliyeti

$\boldsymbol{k_0}$ ambarda her sipariş için sabit sipariş maliyeti

h_j *j* perakendecisinde birim zamanda birim elde bulundurma maliyeti

h_0 ambarda birim zamanda birim elde bulundurma maliyeti

t_j *j* perakendecisi ikmal süresi

$E[t_j]$ *j* perakendecisi beklenen ikmal süresi

t_0 ambar ikmal süresi

$E[t_0]$ ambar beklenen ikmal süresi

Q_j *j* perakendecisi ikmal edilen ürün miktarı

$E[Q_j]$ *j* perakendecisi ikmal edilmesi beklenen ürün miktarı

TC_j *j* perakendecisinde oluşan ortalama toplam maliyet

$E[TC_j]$ *j* perakendecisinde oluşması beklenen ortalama toplam maliyet

C_0 Ambarda oluşan ortalama toplam maliyet

$E[C_0]$ Ambarda oluşması beklenen ortalama toplam maliyet

C_T Bütün sistemde oluşan ortalama toplam maliyet

$E[C_T]$ Bütün sistemde oluşması beklenen ortalama toplam maliyet

ls_j *j* perakendecisi için birim başı yok satma maliyeti

LS_j *j* perakendecisinde karşılanamayan talep miktarı

r_j *j* perakendecisinde ikmal ve elde bulundurma maliyetleri arasındaki oran.

r_S bütün sistemde oluşan ikmal ve elde bulundurma maliyetleri oranı

Z α servis düzeyine uyan normal dağılım değeri

α servis düzeyi

CV *j* perakendecisinde birim zamandaki talebin varyasyon katsayısı

σ α servis düzeyiyle birim zamanda *j* perakendecisi talebinin standart sapması

Amaç fonksiyonuyla beklenen ortalama maliyetler minimize edilmek istenmektedir. Sistemdeki talep karşılanamadığında bu yok satma olarak kabul edilmektedir. Toplam sistem maliyeti minimum servis düzeyi kısıtı altında minimize edilir.

Deterministik tanımıyla toplam sistem maliyetini veren amaç fonksiyonu eşitlik 7 ile hesaplanmaya çalışılmıştır.

$$C_T = \sum_{j=0}^{N} C_j = \frac{k_0}{t_0} + \left\{ \boldsymbol{t_0} > \boldsymbol{t_j} \left| \boldsymbol{h_0} \sum_{t_0 > t_j; j=1}^{N} \frac{(t_0 - t_j) d_j}{2} \right. \right\} + \sum_{j=1}^{N} \left[\frac{k_j}{t_j} + \frac{h_j d_j t_j}{2} \right]$$

(Eşitlik 7)

Bu bütünleşik amaç fonksiyonu açık halde yazılmaya çalışıldığında ambar elde bulundurma maliyeti normal olarak yazılamamaktadır. Çünkü bu maliyet modülündeki kısıt hangi perakendeci ikmal süresinin ambarınkinden büyük hangisinin küçük olduğu bilinmediği takdirde normal olarak yazılamaz.

Sonuçlar elde edildikten sonra amaç fonksiyonu tam olarak yazılabilmektedir.

Bu da sonucun sonuçlara bağlı olduğu anlamına gelir. Optimum çözümlerin tamsayıları öncelikle tanımlanmalı ve daha sonra bu tanımlı değerler kullanılarak amaç fonksiyonu yazılarak optimum sonuç elde edilmelidir. Hesaplama prosesi Şenyiğit ve Akkan tarafından sunulmuştur[1]. Optimum çözümün(alt sınır) bulunmasında Şenyiğit ve Akkan'ın sunduğu sezgisel kullanılmıştır.

j perakendecisinde birim zamandaki talebin stokastik olduğu ve Bookbinder ve Tansın çalışmasında olduğu gibi stokastik modelin normal dağıldığı varsayılır. Teslim süreleri ihmal edilir.

$E[\boldsymbol{sd_j}]$'nin $\boldsymbol{d_j}$, $E[\boldsymbol{C_j}]$'nin $\boldsymbol{C_j}$, $E[\boldsymbol{t_j}]$'nin t_j , $E[\boldsymbol{f_j}]$'nin $\boldsymbol{f_j}$, $E[\boldsymbol{Q_j}]$'nin $\boldsymbol{Q_j}$ olduğu statik-dinamik belirsizlik stratejisine göre varsayılmıştır [4].

$E[\boldsymbol{sd_j}]$'nin her perakendeci için eşitlik 8 ile, beklenen amaç fonksiyonunun eşitlik 9 ile hesaplandığı varsayılmıştır [4].

$$E[\boldsymbol{sd_j}] = E[d_j] + \mathrm{ZCV}E[d_j]$$

$$= E[d_j](1 + \mathrm{ZCV}) \qquad (8)$$

$$E[\boldsymbol{C_T}] = \sum_{j=0}^{N} E[C_j] = \frac{k_0}{E[t_0]} + \left\{\boldsymbol{t_0} > \boldsymbol{t_j} \left| \boldsymbol{h_0} \sum_{t_0 > t_j; j=1}^{N} \frac{(E[t_0] - E[t_j])E[d_j]}{2}\right.\right\} + \sum_{j=1}^{N} \left[\frac{k_j}{E[t_j]} + \frac{h_j E[d_j] E[t_j]}{2}\right] + \sum_{j=1}^{N} \boldsymbol{ls_j}\ \boldsymbol{LS_j}$$

(9)

3. BULGULAR

a. Deterministik 1 Depo N perakendeci problemi için elde edilen bulgular

Çalışmada Abdul Jalbar ve arkadaşların geliştirdiği yöntemle geliştirilen yeni sezgisel yöntemin karşılaştırılması Abdul Jalbar ve arkadaşlarının (2006) çalışmasındaki sayısal örnek üzerinden yapılmıştır.

Çizelge 1: Örnek veri seti (Abdul Jalbar ve arkadaşları, 2006)

	j=0	*j=1*	*j=2*	*j=3*	*j=4*	*j=5*
h_j	31	181	427	425	142	134
k_j	124	102	118	116	453	74
d_j		36	336	430	101	100

İlk çizelgede bulunan toplam maliyet değeri bir sonraki iterasyon için son iyi maliyet (SİM) değerini oluşturacaktır. Bu değer her iyileştirme sonrası güncellenir. Çünkü yaptığımız işlem bir önceki maliyete göre iyileştirme olup olmadığının gözlenmesidir. Sezgisel yöntemin 5. adımına kadar olan işlemler sonucunda çizelge 2 elde edilir. Daha sonra adım 5'e geçilir.

Çizelge 2: Sezgisel yöntem başlangıç çözümü

t_j	0,09091	0,16667	0,04	0,03448	0,25	0,1	SİM
TC_j	1364	1155	6084,575	6890,944	3604,750	1410	20509,269

Sezgisel yöntemin 5. adımında ilk olarak $t_0 < 1$ olup olmadığı kontrol edilir. 1'den küçük ise ilk işlem $t_0' = \frac{1}{\frac{1}{t_j}+1}$ ile alt değerin maliyet etkisinin kontrolüdür. Maliyette artış gerçekleşmiştir

(Çizelge 3). Bu durumda $t_0'' = \frac{1}{\frac{1}{t_j^*}-2}$ ile üst değer kontrol edilir. Maliyette azalma kaydedilmiştir. t_0 ve SİM güncellenerek sezgisel yönteme devam edilir (Çizelge 4). SİM değerine göre maliyette artış gözlemlenmiştir. Adım 5 tamamlanmıştır. Bulunan en iyi değerlere dönülür ve döngüden çıkılır (Çizelge 5).

Çizelge 3: Adım 5 t_0 kontrol 1. iterasyon

t_j^*	0,0909	0,1667	0,04	0,03448	0,25	0,1		
t_j	0,0833	0,1667	0,04	0,03448	0,25	0,1	TM	SİM
TC_j	1488	1155	6045,120	6840,451	3604,750	1410	20543,32	20509,26

Çizelge 4: Adım 5 t_0 kontrol 2. iterasyon

t_j^*	0,0909	0,1667	0,04	0,03448	0,25	0,1		
t_j	0,1	0,1667	0,04	0,03448	0,25	0,1	TM	SİM
TC_j	1240,000	1155,000	6131,920	6951,534	3604,750	1410,000	20493,20	20509,26

Çizelge 5: Adım 5 sonu

t_j	0,1	0,16667	0,04	0,03448	0,25	0,1	TM
TC_j	1240,000	1155,000	6131,920	6951,534	3604,750	1410,000	20493,20

t_0 için en uygun değer bulunduktan sonra adım 6'ya geçilir. Adım 6 ilk sıradaki perakendeciyle başlar. $t_1^{'} = \frac{1}{\frac{1}{t_1}+1}$ ile azalma kontrol edilir (Çizelge 6). SİM'e göre maliyette artış gözlemlenmiştir. $t_1^{''} = \frac{1}{\frac{1}{t_1}-2}$ ile üst değer kontrol edilir (Çizelge 7). Maliyette azalma gerçekleştirilememiştir. t_1 değerinde değişiklik olmadığı için Adım 5'in tekrarlanmasına gerek yoktur. $t_1 = 0{,}166667$ değeri en uygun değerdir (Çizelge 8). Adım 6'ın bütün perakendeciler için uygulanması sonucunda Çizelge 9 elde edilir.

Çizelge 6: t_1 kontrol 1. iterasyon

t_j^*	0,1	0,16667	0,04	0,03448	0,25	0,1		
t_j	0,1	0,1428	0,04	0,03448	0,25	0,1	TM	SİM
TC_j	1240,000	1179,429	6131,920	6951,534	3604,750	1410,000	20517,63	20493,20

Çizelge 7: t_1 Kontrol 2. İterasyon

t_j^*	0,1	0,16667	0,04	0,03448	0,25	0,1		
t_j	0,1	0,2	0,04	0,03448	0,25	0,1	TM	SİM
TC_j	1240,000	1161,600	6131,920	6951,534	3604,750	1410,000	20499,80	20493,20

Çizelge 8: Bulunan en uygun t_j değerleri

t_j	0,1	0,16667	0,04	0,03448	0,25	0,1	TM
TC_j	1240,000	1155,000	6131,920	6951,534	3604,750	1410,000	20493,20

Çizelge 9: En uygun t_j değerleri

t_j^*	0,1	0,16667	0,041667	0,037037	0,25	0,1		
t_j	0,1	0,16667	0,041667	0,037037	0,25	0,111111	TM	SİM
TC_j	1240,000	1154,999	6124,800	6935,907	3604,750	1410,444	20470,90	20470,45

7. adımda toplam sistem maliyeti hesaplanır (Çizelge 10). Adım 8 ve Adım 9'un uygulanması sonucunda toplam sistem maliyetinde herhangi bir iyileştirme sağlanmamıştır.

Çizelge 10: Yeni sezgisel algoritması sonuç çizelgesi

t_j^*	0,1	0,16667	0,041667	0,037037	0,25	0,1	TM
TC_j	1240,000	1154,999	8353,600	10297,50	3604,750	1410,000	20470,45

Optimizasyon adımına geçilir. Bulunan değerlere göre Ambar (2) ve (3) nolu perakendeciler için elde bulundurma maliyetine katlanır. Bu durumda amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılır. Excel solver ile optimum çözüm elde edilir.

Min C_T=

$$\underbrace{\frac{k_0}{t_0}+h_0\frac{(t_0-t_2)d_2}{2}+h_0\frac{(t_0-t_3)d_3}{2}}_{ambar\ maliyeti}+\underbrace{\frac{k_1}{t_1}+\frac{h_1d_1t_1}{2}}_{(1)perakendeci\ maliyeti}+\underbrace{\frac{k_2}{t_2}+\frac{h_2d_2t_2}{2}}_{(2)\ perakendeci\ maliyeti}+\underbrace{\frac{k_3}{t_3}+\frac{h_3d_3t_3}{2}}_{(3)\ perakendeci\ maliyeti}$$

$$+\underbrace{\frac{k_4}{t_4}+\frac{h_4d_4t_4}{2}}_{(4)perakendeci\ maliyeti}+\underbrace{\frac{k_5}{t_5}+\frac{h_5d_5t_5}{2}}_{(5)perakendeci\ maliyeti}$$

S.T

$t_1 > t_0$

$t_2 < t_0$

$t_3 < t_0$

$t_4 > t_0$

$t_5 \geq t_0$

$t_1; t_2; t_3; t_4; t_5 \geq 0$

END

Çizelge 11: Çıkan sonuçların optimum sonuçla karşılaştırılması

	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	TM	ΔTM
OÇ	0,102195	0,176939	0,042115	0,037005	0,251338	0,105093	20465,7087	% 0,0232
Yeni	0,1	0,166667	0,041667	0,037037	0,25	0,1	20470,4574	4,74864

Çıkan değerlere göre algoritma en uygun çözümden sadece %0,0232 oranında sapmıştır. Yeni geliştirilen sezgisel algoritmanın Abdul Jalbar yöntemiyle performansını karşılaştırmak için

$N = 5$ perakendeciden oluşan veri setleri üretilmiştir. Problem parametreleri h_j, k_j ve d_j için sırasıyla (0,1], (0,500] ve (0,1000] aralıklarında değer alan her parametre için değiştirilerek rastgele 100 adet veri kümesi üretilmiştir. Bu 100 adet veri kümesi sırasıyla yeni sezgisel yöntem ve Abdul Jalbar yöntemiyle çözülmüştür. Elde edilen sonuçlarda, geliştirilen yeni yöntemin 100 örneğin 99'unda daha düşük maliyet ile çözüm sağladığı tespit edilmiştir (Şenyiğit ve Akkan, 2012).

b. Stokastik 1 Depo N perakendeci problemi için elde edilen bulgular

Şenyiğit ve Akkan[1] çalışmasındaki deterministik tanımlı tüm kısıtların statik-dinamik belirsizlik stratejisine göre bu çalışmadaki stokastik modelle aynı olduğu varsayılır.

Bu bölümde bir ambar ve beş perakendeciden oluşan belirsiz talepli sistemin veri seti Tablo-1 ile sunulmuştur. Abdul Jalbar ve arkadaşlarının[5] veri seti çalışmaya adapte edilmeye çalışılmıştır.

CV ve α değerlerini sayısal analiz kısmında model içerisine dahil edeceğiz. CV=0.5 ve α=0.80 kabul edilmektedir. Yok satma maliyeti $1'dır. Sistemde N=5 perakendeci bulunmaktadır. Stokastik modelin performansının değerlendirmek için 15 örnek veri seti üretilmiştir.

Çizelge 12: Veri Seti

	j=0	*j=1*	*j=2*	*j=3*	*j=4*	*j=5*
h_j	31	181	427	425	142	134
k_j	124	102	118	116	453	74
$E[d_j]$		801	392	386	4530	784

Stat Fit ve Pro Model simulasyon yazılımları *j* perakendecisinde birim zamanda gerçekleşen talep verileri üretmede kullanılmıştır. Bu gerçekleştiği varsayılan talep verilerinin optimum çözümleri Tablo-2'de gösterilmiştir.

Çizelge 13: Sezgisel I için Sonuçlar

d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	*Opt.*	*Sapma%*
594	290	286	3358	581	42321.64	16.18
479	234	231	2707	468	38010.09	29.36
693	339	334	3922	679	45744.19	7.49
122	60	59	691	120	19211.89	155.93
641	314	309	3626	627	43990.67	11.77
363	178	175	2055	356	33117.22	48.47
150	73	72	846	146	21243.59	131.45
646	316	312	3654	632	54239.58	9.35
466	228	225	2637	456	37508.20	31.09
585	286	282	3306	572	42007.99	17.05
838	**410**	**404**	**4740**	**820**	**50287.60**	**1.59**
445	218	215	2516	435	36652.98	34.15
65	32	32	370	64	14060.09	249.71
742	363	358	4195	726	47321.86	3.90
140	69	68	794	137	20588.99	138.81
					Ort.	59.09

Her sıra için optimum çözüme alt sınır denilmiştir. Alt sınırdan sapma değerleri eşitlik 10 ile ve σ simulasyonla üretilen gerçekleşen talep değerleri kullanılarak eşitlik 11 ile hesaplanmıştır.

$$Dev.\% = \frac{E[C_T]-LB}{LB} \qquad (10)$$

$$\mathrm{CV} = \frac{\sigma}{E[sd_j]} \qquad (11)$$

Sezgisel I'de, $E[d_j]$'nin gerçekleşen talep olduğu varsayılır ve çalışma politikamız bu varsayım üzerine kurulur. $E[C_T]$,

$49169.29 olarak hesaplanmış 11. Sıradaki yok satma maliyeti sisteme sonradan dahil edildiğinde $E[C_T]$ $49488.29 değerini almıştır. Böylece $319 yok satma maliyetiyle karşılaşılmıştır. Sezgisel I'de servis düzeyi kısıtı hesaplama içerisine dahil edilmemiştir.

Sezgisel II'de, gerçekleşen talebin α servis düzeyini gerçekleştirmek için $E[d_j](1+\mathrm{ZCV})$ olduğu tanımlanır. Ve böylece $E[C_T]$ $58605.21 olarak hesaplanır. Servis düzeyi sistem içerisine dahil edildiğinde yok satma maliyeti oluşmamış olur.

Çizelge 13: Tablo.3 Sezgisel II İçin Sonuçlar

No	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Dev.%	38.48	54.18	28.12	205.05	33.22
No	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Dev.%	76.96	175.87	8.05	56.25	39.51
No	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
Dev.%	16.54	59.89	316.82	23.84	184.64

Bir ambar ve N perakendeci problemi stokastik modellerinin alt sınırdan sapmaları en iyi performansla yüzde olarak sezgisel I için %1.59, sezgisel II için %8.05; en kötü performansla sezgisel I içi %249.71, sezgisel II için %316.82 olmuştur.

Stokastik modelin maliyet performansı beklenen talep miktarı ile gerçekleşen talep miktarı arasındaki fark açıldıkça kötüleşir. Hedefimiz belirsiz talep miktarlarına çözüm bulmaktır. Bu

hedefe ulaşmış durumdayız. Farklı perakendeci sayısı, CV ve α değerleri kullanılabilir. Sistem simülasyon yazılımları (ARENA, PROMODEL, vb.) ile modellenmiştir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu proje kapsamında 1 adet ulusal bildiri, 1 adet uluslar arası bildiri ve 1 adet uluslar arası yayın üretilmiştir. Bu çalışmalar aşağıda belirtilmiştir. Proje kapsamında elde edilen sonuçlar bilimsel yayınlara dönüştürülmüştür. Proje hedeflerine tam olarak ulaşılmıştır.

Ulusal bildiri:

Senyiğit E., Akkan H., 2012. bir ambarlı N perakendecili bir envanter/dağıtım sistemi problemi için yeni bir sezgisel yöntem, Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 10 – 12 Mayıs, 2012, Konya Üniversitesi, Konya, Türkiye. Aybil Yayınevi, 254 – 261.

Uluslarası bildiri:

Senyiğit E., Akkan H., 2013. The one warehouse and N retailers problem with uncertain demand, International Conference on Information, Business and Education Technology, 14 – 15 Mart, Pekin,Çin. Atlantis Press, 249 – 252.

Uluslarası Makale:

Şenyiğit E., Akkan H., "A New Heuristic For One Warehouse And N Retailers Problem", Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol.62, pp.656-660, 2012. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.09.109

KAYNAKLAR

1. Senyiğit E., Akkan H., 2012. bir ambarlı N perakendecili bir envanter/dağıtım sistemi problemi için yeni bir sezgisel yöntem, Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 10 – 12 Mayıs, 2012, Konya Üniversitesi, Konya, Türkiye. Aybil Yayınevi, 254 – 261.

2. Senyiğit E., Akkan H., 2013. The one warehouse and N retailers problem with uncertain demand, International Conference on Information, Business and Education Technology, 14 – 15 Mart, Pekin,Çin. Atlantis Press, 249 – 252.
3. Şenyiğit E., Akkan H., "A New Heuristic For One Warehouse And N Retailers Problem", Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol.62, pp.656-660, 2012. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.09.109
4. Abdul Jalbar B, Gutierrez J, Sicilia J. 2003, policies for inventory/distribution systems, the effect of centralization vs. decentralization, International Journal of Production Economics, 81 – 82:281 – 293
5. Abdul Jalbar B, Gutierrez J, Sicilia J., 2005, integer-ratio policies for distribution/inventory sytems, International Journal of Production Economics, 93 – 94 :407 – 415
6. Abdul Jalbar B, Gutierrez M. J, Sicilia J., 2006, single cycle policies for the one-warehouse N-retailer invetory/distribution system. Omega, 34:196 – 208.
7. Abdul Jalbar B, Segerstedt A, Joaqin S, Nilsson A., 2009, a new heuristic to solve one-warehouse N-retailer problem. International Journal of Computers&Operations Research, 37:265 – 272.