

CIROSU DÜŞÜK PERAKENDE NOKTALARINA UNILEVER ÜRÜNLERİNİN DAĞITIMI İÇİN KARMA SİSTEM TASARIMI

Ersin KÖRPEOĞLU*, Emre NADAR, Efe Burak BOZKAYA, Derya SEVER, Oya Ekin KARAŞAN

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Unilever'in doğrudan ulaşamadığı düşük potansiyelli ama sayıca fazla perakendecilere Unilever ürünlerini ulaştırmayı amaçlayan bu projede, öncelikle bu noktalara hizmet vermeyi engelleyen etkenler belirlenmiştir. Başta yüksek ulaşım maliyetleri olmak üzere sistemdeki bu etkenleri ortadan kaldırmak amacıyla, firmanın istekleri doğrultusunda bir karma dağıtım sistemi tasarlanmıştır. Sıcak satış, telefonla satış ve depodan satış bölümlerinden oluşan bu sistem; doğrusal olmayan tamsayı programlama tekniğiyle modellenmiş ve tanımlanan ek kısıtlar ile doğrusal hale getirilmiştir. Problemin boyutunun büyük olması nedeniyle CPLEX ile doğrudan çözülemeyen modelimiz için buluşsal bir algoritma geliştirilmiştir. Buluşsal algoritmanın başarısını ölçmek amacıyla model, kesin olarak çözülebildiği 37 tane koşurum örneği için buluşsal algoritma ile kıyaslanmış; buluşsal algoritmanın en iyi değerinin modelin en iyi değerinden ortalama %14.6 saptığı, 37 koşurumun 14'ünde algoritmanın en iyi hedef değerini verdiği gözlemlenmiştir. Modelleme sürecinde rassal olmadığı kabul edilen parametrelerin benzetim çalışması aracılığıyla rassal olduğu durumun ele alınmasıyla, modelin belirsizlik içeren durumlarda da işlevselliğini koruduğu gösterilmiştir. Veritabanı ve müşteri kartı tasarımı gibi yan uygulamalarla da desteklenen proje, firma yönetimi tarafından pilot uygulamaya alınmıştır. Sonuç olarak firmaya karlı ve esnek bir dağıtım kanalı oluşturulmuş ve düşük potansiyelli perakende noktalarına düşük maliyetle ulaşım sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Doğrusal olmayan tamsayı programlama, buluşsal algoritma, hızlı tüketim ürünleri dağıtım sistemi, sıcak satış, benzetim çalışması.

A HYBRID SYSTEM DESIGN FOR THE LOGISTICS OF UNILEVER PRODUCTS TO RETAILERS WITH LOW SALES POTENTIALS

ABSTRACT

The aim of this project is to suggest a profitable distribution system to deliver Unilever products to inaccessible retail points that have low sales potential but are large in number. First, factors that inhibit a profitable service to these retailers are listed. Based on the firm's requests and suggestions, a hybrid distribution system which aims to eliminate these factors - high transportation costs being the most relevant- is designed. The system which consists of forecast, phone-based delivery, and warehouse sales is first modeled as a mixed integer nonlinear program and later linearized with additional variables and constraints. Due to the size of the problem, a heuristic algorithm is developed after failing to solve the integer model using CPLEX. In order to test the effectiveness of the proposed algorithm, the results of 37 runs on smaller dimensional problems that have been solved to optimality are compared to results from the proposed heuristics. Having an average of 14.6% deviance from the optimum, the algorithm manages to solve 14 of these 37 instances to optimality. It is shown that the model also preserves its validity in a stochastic setting by a simulation study where deterministic parameters in the modelling stage are considered to be stochastic. The project also supported by applications such as database support and customer ID card design is in a testing stage. In summary, the project proposes a profitable and flexible distribution system to the firm and enables access to retail points with lower costs.

Keywords: Non-linear integer programming, heuristics algorithm, logistics in fast moving consumer goods sector, simulation.

* İletişim yazarı, ersinkorpeoglu@gmail.com

Dokuz Eylül Üniversitesi tarafından düzenlenen 27. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresinde Öğrenci Proje Yarışması düzenlenmiştir. Bu yarışmada ikincilik ödülü kazanan çalışmayı ilgili öğretim üyesinin de katkılarıyla düzenlenmiş haliyle yayım politikası doğrultusunda yayınlıyoruz.

1. GİRİŐ

Günümüzde hızlı tüketim ürünleri sektörü, önceliğini büyük çaplı market zincirleri gibi yüksek potansiyelli müşterilere kaydırmaktadır. Bu durum, bakkal ve küçük çaplı marketlerin giderek önemini yitirmesi ve üreticilerin yüksek maliyetler nedeni ile satış sistemi desteğini geri çekmesi gibi sonuçlar doğurmaktadır. Ancak bu tanıma uyan noktalar bir sınıf olarak değerlendirildiğinde, toplam nokta sayısının oldukça fazla ve şirkete sağlanacak potansiyel cironun önemli boyutlarda olduğu görülmektedir. Bu durum, sektördeki üreticilerin düşük potansiyelli noktalara ulaşmada kullanacağı karlı bir dağıtım sistemi gereksinimini ortaya çıkarmaktadır.

Hızlı tüketim sektörünün önde gelen firmalarından biri olan Unilever, düşük potansiyelli ama sayıca fazla bu perakendecilere ulaşmak ve karlılığını korumak suretiyle toplam cirosunu artırmak ve hizmet yelpazesini genişletmek istemektedir. Firmayı tanımak gerekirse; Unilever, 1930 yılında sabun üreticisi Lever Bros. ve margarin üreticisi Unie'nin ortaklığı ile kurulmuştur. Gıda, kişisel bakım ve ev bakımı ürünlerinden oluşan çok geniş bir ürün yelpazesine sahiptir. Dünyanın yaklaşık 150 ülkesinde her gün 150 milyon tüketiciye ulaşan Unilever, 2006 yılındaki 39.6 milyar Avro cirosu ile dünyanın önde gelen şirketleri arasındadır. Faaliyet gösterdiği ülkelerde yerel köklere bağlı bir şirket olan Unilever, 1952'den beri Türkiye pazarında aktif rol oynamaktadır. Birçoğu bulunduğu pazarlarda lider konumda olan Omo, Rinso, Domestos, Yumoş, Cif, Elidor, Dove, Rexona, Lux, Axe, Signal, Sana, Becel, Knorr, Komili, Lipton, Algıda ve Amaze markalarının üreticisidir.

2. ÇALIŐMANIN AMACI VE KAPSAMI

Türkiye genelinde Unilever tarafından tespit edilen düşük potansiyelli müşterilerin sayısının yaklaşık 65.000 olduğu bilinmektedir. Projede, bu çeşit noktalara karlı bir şekilde ulaşılmasını sağlayacak bir dağıtım sisteminin tasarlanması ve hayata geçirilmesi

amaçlanmaktadır. Projenin tanımı ve analiz bölümünde, firmanın ürünlerini düşük potansiyelli müşterilere ulaştırması sırasında yaşanan güçlükler incelenecek, problemin net bir tanımı yapılacaktır. Önerilen yöntem bilim bölümünde, çözüm önerisi açıklanacak, problem tamsayılı doğrusal programlama teknikleri ile modellenecektir. Çözüme yönelik geliştirilen buluşsal algoritma ve Excel hesap çizelgeleri ile pilot bölge olarak seçilen Ankara'daki düşük potansiyelli noktalara ulaşılma şekli belirlenecek ve sonuçların rassal parametreler altında geçerliliği benzetim çalışmaları ile test edilecektir. Uygulama planı bölümünde, projeyi uygulamaya yönelik yapılan çalışmalar özetlenerek önerilen sistemin işleyişi aktarılacak, veritabanı tasarımı ve müşteri hizmet kartı gibi önerilen sistemi destekleyecek yan uygulamalar açıklanacaktır.

3. PROBLEMİN TANIMI VE ANALİZİ

3.1. Mevcut Sistem Analizi ve Firma Beklentileri

Mevcut dağıtım sisteminde, firmaya sağladıkları gelirlere göre sınıflandırılan talep noktalarına farklı dağıtım yöntemleri uygulanmaktadır. Bu gelir sınıflarından en küçüğu olan BA2 sınıfı, küçük çaplı perakendecilerden oluşmaktadır ve Unilever'in en düşük öncelikli sınıfıdır. Unilever'in BA2 sınıfındaki dağıtımı bölgesel dağıtıcılarla sağlanmakta, bu dağıtım sistemi satış temsilcileri aracılığıyla sipariş alma ve bunları müşteriye ulaştırma gibi iki aşamadan oluşmaktadır. Ayrıca Unilever, talep potansiyellerine göre BA2 sınıfı ile benzerlik gösteren ama mevcut sistem ile ulaşılamayan noktalar tespit etmiştir. Firma bu noktalara doğrudan bir dağıtım hizmeti vermese de, bu noktalar Unilever ürünlerini toptancılar gibi farklı dağıtım kanallarından temin edebilmektedirler. Unilever'in amacı, Türkiye çapındaki cirosu bakımından BA2 sınıfında yer alabilecek 65.000 perakendeciye karlılığı korumak suretiyle doğrudan ulaşmayı sağlayacak yeni bir dağıtım sistemi oluşturmak ve satış potansiyeli düşük ama sayıca fazla bu noktalardan gelir elde etmektir.

Mevcut sistemde talep noktalarına ulaşılırken oluşan maliyeti karşılamak için bir ciro limiti belirlenmiştir. Bir talep noktasının sisteme dahil edilebilmesi için en az bu limit kadar sipariş vermesi gerekmektedir. Bu noktalara mevcut sistemde ulaşamamasının sebebi olarak iki temel bulgu tespit edilmiştir. İlk bulgu olarak, BA2 sınıfındaki perakendecilerin firma dağıtım sistemine gösterdikleri bağlılık düzeyindeki değişkenlik ve satın alma yöntemlerindeki tutarsızlıklar gösterilebilir. Bunun yanında cazip fiyatlar öneren toptancıların varlığı, üreticiyi bu fiyatlarla rekabet edebilecek ücret politikaları sunmaya zorlamaktadır. Diğer bir bulgu ise malların müşteriye ulaştırılması sürecinde siparişin reddedilmesi, bazı durumlarda ulaştırılan ürünlerin satın alınmasının ertelenmesi ve sonuçta ulaşım ve işçi maliyetlerinin artmasıdır.

3.2. Problem Tanımı

Mevcut sistemin analizi sonucunda problem, ulaşamayan noktalara erişmeyi hedefleyen karlı bir dağıtım sistemi geliştirmek, böyle bir sisteme dahil olabilmek için yeterli ciroya sahip noktaları belirlemek ve dahil edilmesi halinde en büyük sistem karlılığını elde etmek olarak tanımlanabilir. Zaman kısıtı nedeniyle pilot bölge olarak Ankara Bölgesi seçilmiştir. Bu bölgedeki ulaşamayan perakendeci sayısı yaklaşık 4500'dür.

Bu proje birtakım kısıtlar içermektedir. Öncelikle, ulaşamayan noktalardaki müşterilerin satış potansiyelleri düşük olduğu için bu noktalardan beklenen ciro bir şekilde sınırlıdır ve bu noktaları, önerilecek dağıtım sistemine karlı bir şekilde dahil etmek için maliyeti düşürerek kazancı artıracak bir dağıtım yöntemi geliştirilmelidir. Önerilecek sistem için diğer bir kısıt ise perakendecilerin tek seferde alabilecekleri ürün miktarlarının sınırlı olmasıdır. Bunun dışında, hedeflenen müşteri grubunun dağıtım sisteminde ürün stoğunun takip edilebilmesi için satış temsilcisine gereksinim duyulmaktadır.

3.3. Literatür Araştırması

Problem tanımı ve kısıtlamaları dahilinde, karlılığı koruyan bir dağıtım sistemi tasarımı üç aşamadan oluşmaktadır: en az maliyetli bir depo konuşlandırılması, depodan dağıtılacak malların gönderileceği (sisteme dahil edilecek) noktaların belirlenmesi ve belirlenen bu noktalara güzergah atama yapılmasıdır. Bu nedenle, literatür taramasında depo konumlama ve taşıt güzergahı ataması modelleri araştırılmıştır. En az maliyetli depo konumunun belirlenmesi için Yer seçimi-Güzergah Atama Problemi (YGAP) incelenmiştir. Bu problemde en iyi depo sayısı ve konumu belirlenirken müşteriler depoya atanır ve güzergah atama yapılır. Laporte, Norbert ve Tallefer (1988) bu problemi depo konumlama ve güzergah atama olarak iki ayrı bölüm olarak irdelemiş ve Dal-Sınır yöntemiyle çözmüşlerdir. Fakat, firmanın isteği doğrultusunda, bu projede tek depo kurulumu belirlenmiş ve bu deponun, mevcut müşterilerin satın alma yönelimlerinin yüksek olduğu GİMAT'ta kurulmasına karar verilmiştir.

Müşterilerin siparişlerinin dağıtılacağı deponun konumu belirlendikten sonra, müşterilerin kümelen-dirilmesi ve araçlarla rota atanması için ilk Dantzig ve Ramser'in (1959) değerlendirdiği Taşıt Güzergahı Ataması Problemi (TGAP) araştırılmış ve bu problemin farklı kısıtlar içeren çeşitleri incelenmiştir. Bunun yanında Clarke ve Wright'in (1964) tek depodan teslimat noktalarına araç çizelgelemesi problemi de incelenmiştir. Ancak, verilen perakende noktalarının tam konumlarının bilinmemesi ve Unilever'in güzergah atama işlemini kendi yazılımıyla (LOGO) gerçekleştirmek istemesi sebebiyle bu modellerin kullanılması uygun görülmemiştir. Böylece, yöntem-bilimdeki yaklaşım, müşterilerin belirlenen depodan en az maliyetle dağıtım hizmeti alabilmesi için kümelendirilmesi olacaktır. Bu işlem sonrasında her taşıt için belirli müşterilerden kümeler oluşturulacak ve daha sonra bu müşterilere güzergah atama işlemleri Unilever tarafından yapılacaktır. Bu nedenle, Fischer ve Jaikumar (1980)'in "Önce Kümele Sonra Güzergah Ata" algoritması modelimizin kurulumu esnasında fikir kaynağı olarak kullanılmıştır.

Modelleme sürecinde kullanılmak amacıyla depo

İçerik envanter kontrol sisteminin belirlenmesi ve yaklaşık envanter maliyeti miktarının hesaplanması gerekmektedir. Envanter sistemleri belirlenirken Nahmias'ın (2005) Üretim ve İşlem Analizi kitabından ve periyodik teftiş envanter sistemlerini incelemek amacıyla Porteus'un (1985) makalesinden faydalanılmıştır.

4. ÖNERİLEN YÖNTEMBİLİM

4.1. Genel Yaklaşım

Unilever'in tüm ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir sistem tasarlamak amacıyla ilk adım olarak perakendecilerle irtibata geçerek onların bakış açısı incelenmiştir. Bunun için önde gelen bazı firmaların dağıtım sistemlerini ve bu sistemler hakkında müşterilerin görüşlerini irdeleyen küçük çaplı bir anket çalışması yapılmıştır (Bakınız Ek 1). Bu çalışma esnasında Ülker, Eti, Philip-Morris gibi firmaların sıcak satış yaptığı öğrenilmesi, sıcak satışın uygulanabilirliğine olan inancı artırmış ve bu satış sisteminin değerlendirilmesini sağlamıştır. Sıcak satış sistemi (SSS), bir firmanın daha önceden sipariş almaksızın ve talep tahminine dayalı bir şekilde müşteriye ulaşması ve ürün teslimini satış anında yapmasıdır. Firmanın siparişe dayalı sistemi incelendiğinde, veritabanında kayıtlı perakendecilere ulaşmak için satış temsilcileri kullanıldığı, siparişlerin bu ziyaretler esnasında toplandığı ve ardından alınan siparişlerin teslimi için bu noktalara tekrar gidildiği görülmüştür. Bu gözlemler ışığında, SSS'nin uygulanmasıyla nakliye ve işçi maliyetlerinin azalacağı düşünülmüştür. SSS'nin uygulanmasını makul kılacak bir diğer nokta ise mevcut sistemdeki müşterinin mal teslim alamadığı zaman malı geri gönderip, Unilever'e ek maliyet oluşturmasını engellemesidir. SSS verimli tahmin ve envanter yönetimiyle desteklendiğinde, bu sistemin firmanın mevcut sisteminde karşılaştığı maliyetleri düşürmekte etkili olacağı öngörülmüştür.

Perakendeci anketi sonucunda ürünlerin teslimatı için başka seçeneklerin de uygulanabilir olduğu gözlemlenmiştir (Ek 1). Örneğin, Efes Pilsen gibi bazı firmalar telefonla sipariş alarak teslimat yapmaktadırlar. Satış temsilcisi kullanılmamanın işgücü maliyetlerini ciddi şekilde düşüreceği ve bunun sonucunda telefona dayalı bir sistemde oluşacak toplam maliyetin

mevcut sisteminkinin altında kalacağı bilinci ile telefonla sipariş sistemi (TSS) de bir seçenek olarak düşünülmüştür.

Yapılan anket, aynı zamanda bazı müşterilerin Unilever ürünlerini devamlı olarak Yenimahalle'deki toptan satış merkezi GİMAT'tan aldıklarını ortaya çıkarmıştır. Bunun sebebi GİMAT'ta Unilever ürünlerinin dışındaki diğer markaların da satılması ve bazı durumlarda Unilever ürünlerinin fiyatlarının GİMAT'ta daha hesaplı olabilmesidir. Bu veri ışığında depolama kullanılan merkezin aynı zamanda satış için de kullanılacağı fikri ortaya çıkmıştır. Bu sayede depo maliyeti hem satış hem de depolama gibi iki kısma bölünecek, deponun getirisi arttırılacaktır. Son olarak, Unilever'e, kurulacak sistemde müşteriyle olan temasın firma öncelikleri açısından önemi sorulmuştur. Firmanın bu konudaki yaklaşımı, o noktaya ulaşmadaki karlılık garanti altına alındığı sürece müşteriye mümkün olduğunca fazla hizmet götürülmesi ve müşteriyle temasın mümkün olduğunca çoğaltılması yönündedir.

Tüm bilgiler ışığında farklı müşterilerin Unilever'e sağladıkları ciroya göre gruplandırıldığı ve yukarıda vurgulanan üç dağıtım yönteminden uygun olanla hizmet alacağı bir karma sistem kurmaya karar verilmiştir. Sistem oluşumuna ilk olarak dağıtım ve depolamanın yürütüleceği depo planlamasıyla başlamıştır. Unilever'in bu konudaki isteğini ve müşterilerin diğer ürünleri almak için zaten GİMAT'a gidiyor olmasını göz önünde bulundurarak deponun GİMAT'a kurulmasına karar verilmiş, bu deponun, hem ürünlerin depolanabileceği, hem de müşterilerin ziyaret edip Unilever ürünlerini alabilecekleri bir merkez olarak kullanılması planlanmıştır.

4.2. Modelleme Süreci

4.2.1. Sıcak Satış Sisteminin Modellenmesi

Literatürü incelemesi sonucunda SSS'ye dahil edilecek noktaların önce kümeleme sonra güzergah atama işlemlerinin yapılmasına karar verilmiştir. Gruplama işlemi matematiksel modele dahil edilirken; güzergahlama Unilever'in isteği üzerine LOGO prog-

ramıyla yapılmak üzere firmaya bırakılmıştır. Model bu grupta işleminde komşuluk ve araç kapasitesini kullanmaktadır. Bunun yanında model, literatür araştırmamızda karşılaşılmayan, noktaları değişken bir ciro limiti ile eleme işlemini de gerçekleştirecektir. Bu da özellikle hızlı tüketim ürünleri sektöründeki gidilecek noktaları belirleme problemini çözerken, söz konusu noktaları komşuluk ilişkileri dikkate alarak gruplayacak ve bu esnada kaç araç gerekeceğini belirleyecektir. Bu noktalardan sadece 2,5 km mesafe içinde (aynı komşulukta) olanlar grup olarak tanımlanır. Diğer bir deyişle model, çıktı olarak hangi noktalara sıcak satışla ulaşılabileceğini, bu noktaların komşuluk gözetilerek nasıl gruplanacağını ve bu esnada kaç araca ihtiyaç olacağını vermektedir.

Modeldeki en önemli kısıt ciro limit kısıtıdır. Bir nokta, sisteme dahil olabilmek için o noktaya ulaşma maliyeti bu limitin altında kalmalıdır. Bu kısıtta kullanılan bir aracın tur maliyetinin (yakıt + araç) hizmet verdiği noktalara bölünme mantığı ve modele verilen ciroyu en çoğaltma hedefi, modelin olabildiğince çok noktayı sisteme dahil etmeye çalışmasına, bunun için bu kısıtı olabildiğince küçültme yönünde araç kullanım oranlarını yükseltmesine sebep olmaktadır. Bu sayede model araç kullanımını da kontrol altında tutmaktadır ve sisteme dahil edilen bir noktanın karlılığı garanti- lenmektedir.

$$\text{Ençokla } \sum_{i=1}^N \sum_{v=1}^V (R_i x_{iv})$$

$$\text{Öyle ki } \sum_{i=1}^N x_{iv} \leq L \quad \forall v = 1, \dots, V \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^N (1 - N_{ij}) x_{jv} \leq L(1 - x_{iv}) \quad \forall i = 1, \dots, N; \forall v = 1, \dots, V \quad (2)$$

$$\sum_{v=1}^V x_{iv} \leq 1 \quad \forall i = 1, \dots, N \quad (3)$$

$$g_v \geq \frac{2.5x_{iv} d_i}{\sum_{j=1}^N x_{jv}} \quad \forall i = 1, \dots, N; \forall v = 1, \dots, V \quad (4)$$

$$R_i \geq S \left(C_f + \frac{C_v x_{iv}}{\sum_{j=1}^N x_{jv}} + C_t g_v \right) - M(1 - x_{iv}) \quad \forall i = 1, \dots, N; \forall v = 1, \dots, V \quad (5)$$

$$x_{iv} \in \{0,1\}, \quad g_v \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, N; \forall v = 1, \dots, V$$

Modelin parametreleri şu şekildedir:

S : ciro limitleri için emniyet faktörü ($S=1+MARR$ + *tampon maliyet yüzdesi*)

L : bir aracın bir günde ziyaret edebileceği maksimum perakendeci sayısı

C_f : perakendeci başına düşen sabit maliyet (envanter ve tedarik masrafları içerir)

C_v : iki haftalık toplam araç ve satış temsilcisi masrafı

N : perakendeci sayısı

M : büyük M değeri

R_i : i 'nci perakendecinin cirosu $\forall i = 1, 2, \dots, N$

V : başlangıç araç x sefer sayısı, $\lceil (N/L) \rceil$ formüllü ile hesaplanır.

C_t : kilometre başına düşen yakıt masrafı

d_i : i 'nci perakendecinin depoya uzaklığı $\forall i = 1, 2, \dots, N$

N_{ij} : $\begin{cases} 1 & i\text{'nci perakendeci } j \text{ ile aynı komşulukta} \\ 0 & \text{aksi durumda. } \forall i, j = 1, 2, \dots, N \end{cases}$

Modelin karar değişkenleri ise aşağıdaki gibidir:

g_v : v aracının katettiği mesafe

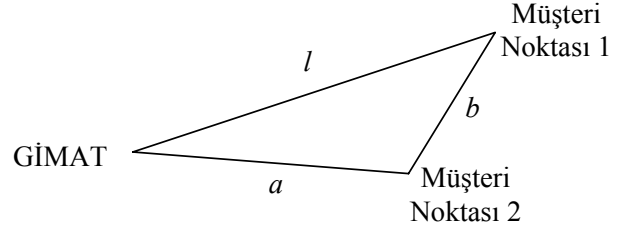
x_{iv} : $\begin{cases} 1 & i\text{'nci perakendeciye } v \text{ aracı tarafından hizmet veriliyorsa} \\ 0 & \text{aksi durumda. } \forall i = 1, 2, \dots, N; \forall v = 1, 2, \dots, V \end{cases}$

Modelin gösterimi ise şu şekildedir:

Modelin hedefi, önerilen SSS'ye dahil edilecek noktalardan elde edilecek toplam cironun enbüyütülmesidir. Burada model amacı kar enbüyütülmesi olarak belirlenmemiştir. Bunun nedeni, ileride sistemin bazı noktalardan zarar eder hale gelmemesinin, her noktanın belirli bir ciro alt limitini aşması kısıtıyla ve cironun enbüyütülmesiyle sağlanacak olmasıdır.

Modeli kısıtlayan unsurlardan ilki araç kapasitesidir. Aslen araç kapasitesi üç farklı boyutta ön plana çıkmaktadır. Bunlar hacim, ağırlık ve zaman kısıtlarıdır. Yapılan hesaplamalarda kullanılması planlanan aracın hacim ve ağırlık kapasitesinin toplam zaman kısıtıyla ulaşılabilecek noktalara yüklenmesi beklenen ürüne göre çok fazla olduğu (kapasitenin siparişlerin ağırlık için iki katı, hacim için 1.5 kat kadar olduğu) tespit edilmiştir. Diğer bir deyişle zaman kısıtı gidilebilecek nokta sayısını 35-36 ile sınırlarken hacim kapasitesi 50-55, ağırlık kapasitesi ise 70 civarı noktaya hizmet etmeye elverişlidir. Bu nedenle de modele yalnızca kapasite kısıtı olarak en belirleyici olan zaman kısıtı koyulmuştur.

İkinci kısıt bir aracın bir gün içerisinde gideceği noktaların aynı komşulukta (belirli bir yakınlıkta) olmasıdır. Burada belirli yakınlıktan kasıt 2,5 km'dir. Bu rakam akademik ve sanayi danışmanlarıyla ortak olarak belirlenmiş ve bu rakam baz alınarak modelde kullanılmak amacıyla bir komşuluk matrisi hazırlanmıştır. Bu sayede bir gruba dahil edilecek noktaların belirli bir yakınlıkta olması sağlanacaktır. Üçüncü kısıt, bir noktanın sisteme dahil edilebilmesi için yalnız bir araç tarafından hizmet görmesidir. Bu kısıt yine gruplama esnasında sisteme dahil edilecek her bir noktanın yalnız bir gruba dahil edilmesini sağlamaktadır. Dördüncü kısıt ise, bir aracın yaklaşık tur mesafesini hesaplamada kullanılır. Gerçek tur mesafesine yakın bir değer hesaplayabilmek için bir aracın gittiği en uzak noktanın GİMAT'a uzaklığı 2,5 ile çarpılmıştır ve aracın toplam ulaştığı nokta sayısına bölünmüştür. Bir kamyon tarafından ziyaret edilmesi gereken iki farklı müşteri noktası düşünüldüğünde:



Bu iki noktadan GİMAT'a olan uzaklıkların büyüğü l olsun. Üçgen üzerinde de görüldüğü gibi $l \geq a$ ve $l \geq b$. İki eşitsizlik toplanırsa $2l \geq a+b$ ve her iki tarafa l eklenirse, $3l \geq a+b+l$ (1). Üçgen eşitsizliğinden, $l \leq a+b$ ve $2l \leq a+b+l$ (2). (1) ve (2) eşitsizlikleri birleştirildiğinde ise $3l \geq a+b+l \geq 2l$ eşitsizliği elde edilir. Bu eşitsizlik doğrultusunda, tur mesafesi olan $(a+b+l)$ 'yi $2,5 \times l$ ile yakınsamak uygun bulunmuştur. Bu varsayım, müşteri noktaları arasındaki mesafelerin yeterli derecede küçük olması koşuluyla, ziyaret edilen noktalar artsa bile geçerliliğini sürdürecektir.

Beşinci ve son kısıt ise sisteme dahil edilecek noktaların kendine özel ciro limitini sağlamasıdır. Bu kısıt hesaplanırken sırasıyla nokta başına düşen sabit maliyet (C_i), nokta başına düşen araç maliyeti $(C_v x_{iv} / \sum_j x_{iv})$ ve yine nokta başına düşen yakıt maliyeti (C_f) hesaplanmakta, bu maliyet değeri emniyet çarpanı (S) ile çarpılmakta ve bu şekilde en düşük ciro limiti elde edilmektedir. Nokta başına düşen araç maliyeti ve benzin maliyeti değişken olduğu için bu ciro değeri de değişkendir. Sonuç olarak model, bir noktanın SSS'ye dahil edilip edilmeyeceğini, edilirse ona hangi araçla hizmet verileceğini belirlemektedir. Bunun yanında bir aracın bir gün içerisinde hangi perakendecilere gideceğini ve toplamda kaç araca ihtiyaç olacağını model sonucunda öğrenmek mümkündür.

Modelde dördüncü ve beşinci kısıtlar doğrusal değildir ve bunların doğrusallaştırılması gerekmektedir. Bu doğrusallaştırma sonucunda modelde (4) ve (5) kısıtları silinmiş yerine şu değişkenler ve kısıtlar eklenmiştir:

$$z_{nv} = \begin{cases} 1 & \nu \text{ aracı toplam } n \text{ tane perakendeciye ulaşıyorsa} \\ 0 & \text{aksi durumda} \end{cases} \quad \forall n = 0, 1, 2, \dots, L, \forall \nu = 1, 2, \dots, V$$

t_{inv}, u_{iv} : bir kısıtı doğrusal hale getirmek için tanımlı değişkenlerdir.

$$g_v \geq 2.5d_i u_{iv} \quad \forall i = 1, \dots, N; \forall \nu = 1, \dots, V \quad (4)$$

$$R_i \geq S \left(C_f + C_v u_{iv} + C_t g_v \right) - M(1 - x_{iv}) \quad \forall i = 1, \dots, N; \forall \nu = 1, \dots, V \quad (5)$$

$$t_{inv} \geq u_{iv} + z_{nv} - 1 \quad \forall i = 1, \dots, N; \forall n = 0, \dots, L; \forall \nu = 1, \dots, V \quad (6)$$

$$t_{inv} \leq u_{iv} \quad \forall i = 1, \dots, N; \forall n = 0, \dots, L; \forall \nu = 1, \dots, V \quad (7)$$

$$t_{inv} \leq z_{nv} \quad \forall i = 1, \dots, N; \forall n = 0, \dots, L; \forall \nu = 1, \dots, V \quad (8)$$

$$\sum_{n=0}^L n t_{inv} = x_{iv} \quad \forall i = 1, \dots, N; \forall \nu = 1, \dots, V \quad (9)$$

$$\sum_{n=0}^L n z_{nv} = \sum_{i=1}^N x_{iv} \quad \forall \nu = 1, \dots, V \quad (10)$$

$$\sum_{n=0}^L z_{nv} = 1 \quad \forall \nu = 1, \dots, V \quad (11)$$

$$z_{nv} \in \{0, 1\}, \quad t_{inv} \geq 0, \quad u_{iv} \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, N; \forall \nu = 1, \dots, V; \quad \forall n = 0, \dots, L$$

Modeldeki büyük M değeri $M = S \times (C_f + C_v + 2.5 \times C_t \times \text{Max}_i(d_i))$ ifadesiyle hesaplanır. Modelde yapılan doğrusallaştırma işlemi şu şekilde özetlenebilir: u_{iv} değişkeni, i noktasının, ν aracının maliyetindeki payını temsil eder (eğer ν kamyonu i noktasına hizmet götürmüyorsa değişkenin değeri 0'dır). Burada önemli bir değişiklik de, ν aracının toplam kaç noktaya gittiğini ifade etmede kullanılan z_{nv} değişkeninin (modelde de anlatıldığı gibi bu değişken ν aracı n tane noktaya gittiğinde 1 olan bir değişkendir) tanımlanmasıdır. Bu değişkenin tanımlanmasındaki amaç, toplam kısıt sayısında azaltma yapmak ve modelin boyutunu küçültmektir. Öncelikle u_{iv} değişkeni orana eşitlenir.

$$u_{iv} = \frac{x_{iv}}{\sum_j x_{jv}} = \frac{x_{iv}}{\sum_n z_{nv}} \quad \text{Denklemin sağ tarafındaki}$$

bölen sol tarafa atılır,

$$u_{iv} \sum_n z_{nv} = x_{iv} \Rightarrow \sum_n u_{iv} z_{nv} = x_{iv}$$

Daha sonra $t_{inv} = u_{iv} z_{nv}$ değişkeni tanımlanır. $t_{inv} = u_{iv}$

z_{nv} 'yi doğrusallaştırmak için (6), (7), (8) no'lu denklemler modele eklenir ve (9) no'lu denklem ile t_{inv} 'ler x_{iv} 'lere bağlanır. (10) ve (11) nolu denklemler ise z_{nv} 'yi kısıtlar ve x_{iv} 'ye bağlar. Böylece doğrusallaştırma işlemi tamamlanmış olur.

4.2.2. Sıcak Satışla Ulaşılacak Perakendecilerin Belirlenmesi

Daha önce de belirttiğimiz gibi Ankara Bölgesi'nde karma sisteme dahil edilip edilmeyeceği belirlenecek olan yaklaşık 4500 perakendeci bulunmaktadır. Yukarıda ayrıntılı olarak verilen modelle 4500 nokta içeren büyük bir problemi öncül koşullar sonucunda kesin olarak çözemeyeceğimizi göz önünde bulundurarak, modele katılacak nokta sayısının düşürülmesi gerektiğine karar verilmiştir. Bu sayının düşürülmesi ve çözüme ulaşılması için üç aşamadan oluşan bir algoritma tasarlanmıştır. Bu aşamalar şu şekilde özetlenebilir:

a. *İlk Eleme*: Modelde oluşabilecek en küçük ciro limiti, $S \times \left(C_f + \frac{C_v + C_t \times 2.5 \times d_i}{L} \right)$ ifadesiyle hesapla-

nır. Bu ciro limitini sağlamayan noktalar bir bilgisayar programı yoluyla elenir ve modele hiç alınmaz.

Önteorem 1:

Eğer $Sx \left(C_f + \frac{C_v + C_t x_{2,5} d_i}{L} \right) > R_i$ ise, en iyi sonuçta $\sum_v x_{iv} = 0$ 'dır.

İspat: Bu alt limiti sağlamayan sisteme dahil edilen bir i noktası olduğunu varsayalım. Bu noktaya hizmet veren araç v 'ninci araç olsun. Bu nokta bütün kısıtlarla birlikte ciro limitini sağlamalı yani;

$$R_i \geq Sx \left(C_f + \frac{C_v \times x_{iv}}{\sum_{j=1}^N x_{jv}} + g_v \times C_t \right)$$

olmalıdır. Bu ifadede yer alan

$$S, C_f, C_v, C_t$$

ifadeleri bütün ifadeler için sabittir.

Yine dördüncü kısıt olan tanımı $g_v \geq \frac{2,5 \times x_{iv} \times d_j}{\sum_{j=1}^N x_{jv}}$ gereği v aracının gittiği noktalar için

$$g_v \geq \frac{d_i}{\sum_{j=1}^N x_{jv}}$$
 'dir. $\sum_{j=1}^N x_{jv}$ değeri ise bütün

x 'lerin 1 değeri aldığı durumda ise en fazla L yani bir

aracın tam kapasiteyle ulaşabildiği nokta sayısıdır. C_v sabit ve x_{iv} ifadesi de üstte kabul ettiğimiz üzere 1 olduğu için

$$Sx \left(C_f + \frac{C_v \times x_{iv}}{\sum_{j=1}^N x_{jv}} + g_v \times C_t \right) \geq Sx \left(C_f + \frac{C_v + C_t x_{2,5} d_i}{L} \right)$$

olduğu görülür.

Ancak, başta yapılan varsayım i noktasının bu alt limiti sağlamadığı yani

$$R_i < Sx \left(C_f + \frac{C_v + C_t x_{2,5} d_i}{L} \right)$$

olduğudur. Bu iki ifade çelişmektedir, bu da sisteme model tarafından dahil edilecek her noktanın bu ifadeyi sağlaması gerektiğini göstermektedir. □

Önteorem 1'e göre ilk eleme hiçbir şekilde model

tarafından sisteme dahil edilecek bir noktayı elemektedir. Bu da onun modelin en iyi değerinde bir değişiklik yapmadığını ispatlamaktadır. İlk Eleme sonucunda nokta sayısı 4500'den 1566'ya inmiştir.

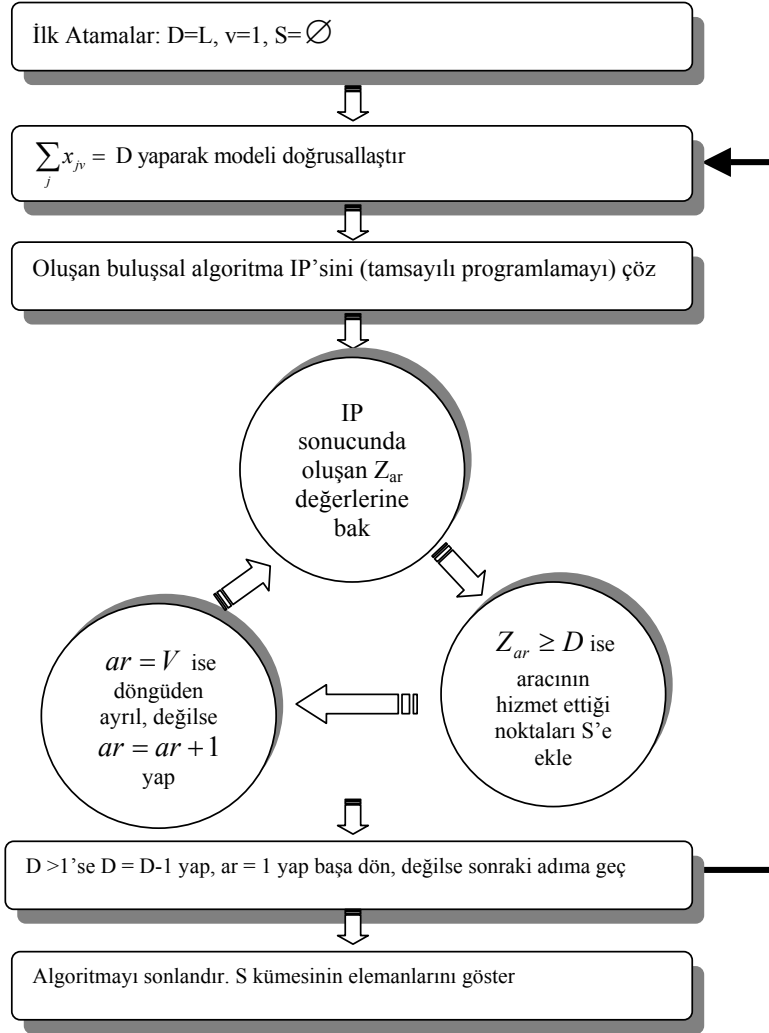
b. İkincil Eleme: (i) Nokta sayısı günlük hizmet limiti 36'dan fazla olan mahalleler, ikincil eleme algoritması uygulanarak küçültülür. Bu esnada kullanılan mantık şu şekildedir: Model gruplama esnasında araç kapasitesi kadar ya da ona yakın gruplar oluşturmakta ve bu sayede ciro limitini en küçük hale getirerek sisteme dahil ettiği nokta sayısını arttırmakta ve bu yolla da toplam ciroyu da arttırmaktadır. Bu noktada aynı mahalle içindeki noktalar zaten aynı komşulukta olduğu için, bu noktalardan eğer mahalledeki nokta sayısı araç kapasitesinden yüksekse araç kapasitesi kadar nokta gruplanır. Bu gruplanan noktaların ciro alt seviyesini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir ve eğer sağlıyorsa sisteme doğrudan dahil edilir. Eğer bu noktalar ciro alt limitini sağlamıyorsa doğrudan elenirler. Noktaların bulunduğu mahalledeki nokta sayısı araç kapasitesi kadar azaltılır ve böylece modele dahil edilecek nokta sayısı azaltılır. Bu gruplama pratik açıdan da mantıklıdır; çünkü bir aracın farklı mahallelerde hizmet vermesinden tek bir mahallede hizmet vermesi tercih sebebidir. Mevcut uygulamalarda da büyük mahallelerde mahalle içi gruplamalar tercih edilmektedir. Bu işlem sonucu nokta sayısı 1566'dan 954'e inmiştir.

(ii) İkincil eleminin yaptığı bir diğer işlem ise tüm mahallelerdeki nokta sayısının (en büyük ortak bölen) 3'e bölünerek modelin daraltılmasıdır. Böylece, modeldeki bir nokta gerçekte 3 perakendeciyi temsil etmektedir. Bu metot yalnızca bir mahalledeki tüm noktalar hakkındaki ciro bilgisi aynıysa geçerlidir. Projemizde durum böyle olduğu için bu metot uygulanmış ve bir aracın bir günde hizmet verebileceği en fazla nokta sayısı 36'dan 12'ye düşmüştür. Bu işlem sonucu modele alınan nokta sayısı 954'ten 318'e düşmüştür. Böylece buluşsal algoritmaya 318 tane nokta alınmıştır.

c. Buluşsal Algoritma: İlk ve ikincil elemelere rağmen nokta sayısı asıl modelle çözülebilecek kadar küçülmediği için buluşsal bir algoritma üretilmiş ve bu algoritma kullanılarak SSS'ye dahil edilen noktalar belirlenmiştir. Bu buluşsal algoritma şu şekildedir:

D araçların bir turdaki doluluk miktarını belirtir. Bu ifade modeldeki ciro sınırındaki $\frac{C_v \times x_{jv}}{\sum_j x_{jv}}$ ifadesinin paydasına yazılmıştır. S, SSS nokta kümesini, ar araç endeksini, V ilk araç sayısını ve Z_{ar} ar endeksli aracının gittiği toplam nokta sayısını ifade eder.

içindeki noktalara ise dokunulmamaktadır. D değeri bir sonraki döngüde bir azaltılmakta ve aynı işlemler tekrarlanmaktadır. Böylece araç doluluk oranlarıyla ilgili bir kabul yapılmış ve ancak bu kabule uyan noktalar sisteme dahil edilerek yapılan gruplamaların makul ve mantıklı olması sağlanmıştır.



Buluşsal Algoritmada önce araç doluluk oranı (D) sabit bir sayıya eşitlenmekte (İlk adımda araç hizmet kapasitesine eşitlenir), daha sonra bu değer kullanılarak buluşsal algoritma tamsayı modeli çözülmektedir. Daha sonra bu model sonucu oluşan gruplamalar incelenmekte ve D değerine eşit veya daha büyük sayıda nokta içeren gruplamalar asıl sisteme kabul edilmektedir. Daha küçük gruplamalar ve bu grupların

Buluşsal algoritmada çözülen tamsayı programlama modeli tam olarak modeldeki ciro kısıtında araç maliyeti bölümü doğrusallaştırılarak oluşturulmamıştır. Bunun yanında model çözüm performansını yükseltme amacıyla bazı yaklaşımlar yapılmıştır. Bunlardan ilki, modeldeki bir aracın bir günde gittiği noktalardan GİMAT'a en uzak olanı seçilmesiyle bulunan $g(v)$ ifadesidir. Buluşsal algoritmada bu ifade hesaplan-

mamış bunun hesaplandığı kısıt iptal edilmiş ve bu ifade yerine en fazla 2.5 kilometrelik bir sapmaya sebep olan mesafe üst limiti kullanılmıştır. Bu model şu şekildedir:

$$\begin{aligned}
 &\text{Ençokla } \sum_{i=1}^N \sum_{v=1}^V R_i x_{iv} \\
 &\text{Öyle ki } \sum_{i=1}^N x_{iv} \leq L \quad \forall v = 1, \dots, V \\
 &\quad \sum_{j=1}^N (1 - N_{ij}) x_{jv} \leq L(1 - x_{iv}) \quad \forall i = 1, \dots, N; \forall v = 1, \dots, V \\
 &\quad \sum_{v=1}^V x_{iv} \leq 1 \quad \forall i = 1, \dots, N \\
 &R_i \geq S \left(C_f + \frac{C_v x_{iv}}{D} + \left(\frac{(d_i + 2,5)2,5}{D} \right) C_t \right) - M \left(1 - \sum_{v=1}^V x_{iv} \right) \quad \forall i = 1, \dots, N
 \end{aligned}$$

Modeldeki büyük M , $M = Sx(C_f + C_v + 2,5x C_t x (Max_i (d_i) + 2,5))$ şeklinde hesaplanır. Bu model sonucunda buluşsal algoritma ilk modele göre çok daha hızlı çözülebilmektedir. İlk modelin değişkenleri ve kısıtlarının en yüksek dereceleri $O(|L|x|N|x|V|)$ iken bu değerler küçük modelde $O(|N|x|V|)$ 'ye indirgenmiştir.

Yukarıda algoritmada anlatıldığı gibi doğrusal olmayan tamsayı problemleri küçük tamsayı programlara problemlerine çevirerek dögüsel olarak çözen algoritmanın iki ana çıkış noktası vardır:

1. Asıl modeldeki doğrusallığı bozan durum, dördüncü ve beşinci kısıtta toplam maliyetlerin nokta başına bölüştürülmesi ile ilgili ifadeden kaynaklanmaktadır. Bu ifade (bir aracın gittiği nokta sayısı) sabitlenirse problem, daha kolay olan tamsayı programlama ile çözülebilecek hale gelir.
2. Bir kamyonun bir günde gidebileceği en fazla nokta sayısı (L) daima tamsayıdır ve bu sayı kırkelli gibi bir sayının üstüne çıkamaz (servis süresi kısıtından dolayı). Ayrıca L değeri ikincil elemelerde EBOB ile model küçültülürken $36/EBOB$ 'a yani 12'ye dönüşür. Sonuç olarak bir aracın gidebileceği nokta sayısı için mümkün olan 13 tane değer vardır (0, 1, 2, ..., 12). Bu da toplam dögü sayısını sınırlı tutmaktadır.

İşleyiş açısından modelin yapısı göz önünde bulundurularak üretilmiş buluşsal algoritmamız, yapılan

koşturemlarla denenmiştir. Bu koşturemların amacı, buluşsal algoritmanın en iyiden sapmasını deneysel olarak gözlemlemektir. Bunun için 37 tane rassal problem yaratılmıştır. Komşuluk yoğunluğuna göre

bu problemler seyrek (%70 0, %30 1), normal (%50 0, %50 1) ve yoğun (%30 0, %70 1) olabilmektedir. Tablo 1'de görülen koşturemlara göre bu algoritmanın en iyi değerinin asıl modeldekinden ortalama %14.6 kadar saptığı ve 37 problemde 14'ünde buluşsal algoritma ile modelin aynı değeri verdiği gözlenmiştir. Bu da algoritma başarısının yüksek olduğunu işaret etmektedir. Ayrıca buluşsal algoritmaların küçük problemlerde başarısının daha düşük olacağı düşünüldüğünde büyük problemlerde sapmanın daha da küçük olacağı beklenmektedir.

Birincil elemanın en iyiden uzaklaşmadığını daha önce Öntorem 1 ile göstermiştik. Aynı şekilde ikincil elemanın ikinci metodu (b(ii) metodu) da en iyiden herhangi bir uzaklaşmaya sebep olmamaktadır. İkincil elemanın ilk metodu (b(i) metodu) ise bazı durumlarda en iyiden uzaklaşmaya sebep olabilmektedir ve bu nedenle zorunda kalınmadığı sürece uygulanması önerilmemektedir. Bu noktada eleme algoritmamızda öncelikle birincil elema yapılır ve mümkünse b(ii) metodu uygulanır. Daha sonra model denenir eğer çözüm alınamıyorsa, buluşsal algoritmaya başvurulur. Eğer ondan da sonuç alınamıyorsa b(ii) metodu uygulanır. (Bakınız Ek 2)

Daha önce de belirtildiği gibi, matematiksel model sistemin ilk kurulum aşamasında kullanılmış, sistemin daha sonra kolay işleyebilmesi için sabit bir SSS ciro limiti kullanılması kararlaştırılmıştır. Sabit ciro

Tablo 1 - Buluşsal algoritma ve model koşuturum sonuçları

Koşuturum numarası	Rastgele Sayı tohumu	Nokta Sayısı	Komşuluk Yoğunluğu	Tamsayı Programlama	Buluşsal Algoritma	
				Hedef değeri	Hedef değeri	En İyiden Sapma (%)
1	1341	16	Seyrek	1001,5653	1001,5650	0,00
2	1341	16	Normal	1181,5214	1181,5210	0.00
3	1341	16	Yoğun	1518.7132	1352.0630	10.97
4	1341	18	Seyrek	450.6305	450.6310	0.00
5	1341	18	Normal	584.2359	412.1560	29.45
6	1341	18	Yoğun	1157.2999	584.2360	49.52
7	1341	20	Seyrek	1217.7875	1028.0800	15.58
8	1341	20	Normal	1386.3919	1386.3920	0.00
9	1341	20	Yoğun	1551.0799	1148.4050	25.96
10	1341	22	Seyrek	500.7370	500.7370	0.00
11	1341	22	Normal	1064.9140	881.9150	17.18
12	1341	22	Yoğun	1216.8101	1064.9140	12.48
13	1341	24	Seyrek	947.9542	793.8360	16.26
14	1341	24	Normal	952.2627	952.2630	0.00
15	1341	24	Yoğun	1405.2694	1405.2690	0.00
16	1341	28	Seyrek	1976.3933	1749.8530	11.46
17	1341	30	Seyrek	808.9510	795.8290	1.62
18	1341	32	Seyrek	1272.8556	1073.2330	15.68
19	1341	34	Seyrek	836.4036	616.7670	26.26
20	1234	16	Seyrek	597.1194	597.1190	0.00
21	1234	16	Normal	985.6875	985.6880	0.00
22	1234	16	Yoğun	985.6875	637.3690	35.34
23	1234	18	Seyrek	768.8485	266.5730	65.33
24	1234	18	Normal	768.8485	768.8490	0.00
25	1234	20	Seyrek	1302.3518	912.6890	29.92
26	1234	20	Normal	1637.5116	1215.4000	25.78
27	1234	20	Yoğun	1797.8416	1410.4860	21.55
28	1234	22	Seyrek	0.0000	0.0000	0.00
29	1234	22	Yoğun	825.4895	817.8410	0.93
30	1234	24	Seyrek	841.8170	841.8170	0.00
31	1234	24	Normal	841.8170	410.3200	51.26
32	1234	24	Yoğun	1477.5055	1175.2230	20.46
33	1234	26	Seyrek	607.3676	371.1140	38.90
34	1234	28	Seyrek	251.2698	251.2700	0.00
35	1234	30	Seyrek	1666.7224	1488.6470	10.68
36	1234	32	Seyrek	1467.6088	1467.6090	0.00
37	1234	34	Seyrek	1962.9996	1800.2120	8.29
					ORTALAMA	14.62

limiti belirlenirken bir noktaya ulaşmanın maliyeti, günlük maliyetin aracın günlük gittiği nokta sayısına bölünmesiyle hesaplanmış ve bu maliyet %5'lik bir asgari komisyon oranına (dağıtım maliyeti / ciro) bölünmüştür. Burada tasarlanan sistemin asgari komisyon oranı olan %6,3 kullanılmamış, onun yerine %5'lik sabit bir komisyon oranı kullanılmıştır. Amaç, SSS'de hesaplama dışında kalan envanter, kayıp satış gibi birtakım maliyet kalemlerinin olması nedeniyle bir tampon maliyet oluşturmaktır. Bu şekilde 50.64 YTL'lik bir ciro limiti elde edilmiş bu da uygulama kolaylığı açısından 50 YTL'ye yuvarlanmıştır. Modelden çıkan bütün noktalar zaten bu değeri sağlamaktadır ve yeni eklenecek noktalar bu değer göz önünde bulundurularak sisteme dahil edilecektir.

4.2.3. Telefonla Sipariş ve Depo Sistemlerine Dahil Edilecek Noktaların Belirlenmesi

Önerilen karma sistemde, ciro seviyeleri SSS'ye dahil edilemeyecek kadar düşük olan satış noktalarından cirosu ikinci bir alt seviyenin üstünde olanlara, ürünlerin TSS ile ulaştırılmasına karar verilmiştir. Bu noktada telefonla sipariş için gerekli en düşük sipariş miktarı şu şekilde hesaplanmıştır:

1. Bu sistemde yer alacak bir noktanın tüm sisteme ortalama ne kadar maliyet getireceği bulunur. Bunun için aylık kamyon ve aylık kamyon şoförü maliyetleri toplanıp önce 30 güne bölünür. Böylece ortalama günlük kamyon ve şoför maliyeti bulunur. Bu sayı günlük ulaşım maliyeti ile toplanıp bir kamyonun bir günde gidebileceği nokta sayısına bölünür. Dağıtım maliyeti 1,91 YTL/birim olarak hesaplanır.

2. Başlangıç değeri olarak, asgari komisyon oranı %5 alınır. Burada hesaplanan ciro değeri bir siparişin kabul edilmesi için gerekli alt seviyeyi verir.

3. 2'de bulunan ciro seviyesi kullanılarak hangi noktaların telefonla sipariş verebileceği bulunur. Bulunan nokta sayısı tek bir kamyonun iki haftada gidebileceği nokta sayısından ($12 \times 40 = 480$) azdır. Bu nedenle, asgari komisyon oranı %6,3'e çekilerek tek bir kamyonun bu sistem için yeterli olacağı uygun bir ciro seviyesi bulunmuş olur. TSS Alt Ciro Seviyesi = 30 YTL'dir. Bir seferde en az 30 YTL'lik sipariş veremeyecek müşteriler müşteri hizmet kartları olmak koşuluyla, Unilever Deposu'ndan ürün alma hakkına sahiptirler.

4.3. Model Çıktıları

Modelin çalıştırılması sonucu SSS'ye 1215 perakendecinin dahil edileceği öngörülmüştür. Toplam 304 mahalleden 58'ine SSS ile hizmet verilmesi kararlaştırılmıştır. Bunun yanında, üç araca ve satış temsilcisine ihtiyaç olacağı öngörülmüştür. SSS'den elde edilecek toplam yıllık ciro 1,933,684 YTL'dir. TSS hesaplamaları sonucunda iki haftalık toplam 480 noktaya hizmet verileceği sonucuna varılmıştır. Bu sistem için bir araç ve araç şoförü gerekmektedir. Ayrıca telefonlara bakması amacıyla bir telefon operatörüne ihtiyaç vardır. Bunun yanında hem yükleme, hem depo işleriyle uğraşması amacıyla üç eleman çalıştırılacaktır.

4.4. Benzetim Çalışmasının Sonuçları

Önerilen karma sistemin, gerçek hayata uygunluğunu kontrol etmek, uygulama sırasında olası satış kayıplarının ve envanterin maliyet analizlerini yapmak ve farklı parametre değerlerinin sistem üzerindeki etkilerini araştırmak için benzetim çalışmaları yapılmıştır. SSS'de kullanılan araç ve personelin, TSS'de kullanılan araç ve personelden bağımsız çalışacağı göz önünde bulundurulmuş, her iki sistem için farklı benzetim modelleri geliştirilmiştir.

4.4.1. Telefonla Sipariş Sistemi Benzetim Çalışması

Perakendecilerin depoyu telefonla arama sürelerinin rassal olması halinde, TSS'deki maliyet yapısını incelemek ve bu sistemde yer alan bir telefon operatörü ve bir araçtan faydalanma oranlarını hesaplamak amacıyla benzetim modeli geliştirilmiştir. Bu modelde, telefon meşgulken yaşanabilecek olası sipariş kayıpları ve telefondan alınan siparişlerin aracın üç gün içinde taşıyabileceği miktardan fazla olması halinde yaşanacak kayıp satışlar dikkate alınmıştır. Üssel dağılım gösterdiğini varsayılan telefonla arama süresinin farklı ortalama değerleri için benzetim modeli 312 gün (toplam yıllık çalışma zamanı) süresi ile çalıştırılmış ve her bir ortalama değer için maliyet analizleri gerçekleştirilmiştir (Bakınız Ek 3). Araç doluluk oranının fazla olduğu ortalama arama zaman aralıkları (5 ve 10 dak.) için araç sayısı artırmanın sisteme getireceği

kazanç araştırılmış, ortalama değerin 5 ve daha az olduğu durumlarda ikinci araç alımının toplam kayıp satışı sıfırlayacağı ve sisteme getireceği ek maliyet / ek ciro oranının önceden hesaplamış olduğumuz asgari komisyon oranından küçük olacağı görülmüştür. Sonuç olarak bu durumda ikinci bir aracın alımı önerilmektedir. Bu durum daha büyük ortalama değerler için geçerli değildir. Son olarak benzetim çalışmasında telefon operatörünün yoğunluğu ölçülmüş ve sık aramalarda dahi bir operatörün yeterli olacağı görülmüştür.

4.4.2. Sıcak satış sistemi benzetim çalışması

Modelleme sürecinde, perakendecilerin sipariş miktarları sabit kabul edilmiş ve araçların takip edeceği rotaların şirket tarafından belirleneceği göz önünde tutularak modelde yaklaşık bir rotalama mesafesi kullanılmıştır. Bu verilerin SSS'nin işleyişine etkisini araştırmak ve bunu maliyet açısından analiz etmek için sabit parametreler yerine rassal değerler tercih edilerek benzetim modeli oluşturulmuştur. Gerçek hayatta sipariş miktarları perakendecilere ve zamana göre farklılık göstereceğinden, benzetim modelinde normal dağılım gösteren rassal sipariş miktarları kullanılmaktadır. Nokta başına düşen iki haftalık tahmin verilerinin ortalamalarının özeksel limit teoreminin uygulamasına yetecek çoklukta olması, bu dağılımın kullanılmasını haklı çıkarmaktadır. Bunun yanı sıra, herhangi bir aracın herhangi bir günde takip edeceği rotalama mesafesinin tam olarak bilinmeyeceği, farklı mahalleler için bu mesafelerin değişiklik göstereceği hesaba katılarak, belli bir büyüklükteki bölge için noktalar arası mesafelerin ve aracın hızının biçimli bir dağılımdan alınması ve birbirine oranlanmasıyla ulaşımda harcanan süre hesaplanmıştır. Bu süre, farklı büyüklükteki bölgelere hizmet veren araçlar için, perakendeciler arası uzaklık katsayısı ile çarpılmıştır. Böylece, geniş bir alana hizmet veren bir aracın ulaşımda harcayacağı süre, daha büyük bir büyüklük katsayısı ile çarpılarak gerçek hayata uygun hale getirilmiştir. Bu model, bir araç için 312 gün süre için çalıştırılarak toplam yıllık ciro, kayıp satış ve envanter bilgileri kaydedilmiştir (Ek 3). Benzetim çalışması sonucunda, rassal talep ve mesafe değerlerinin kazanılan

ciroyu büyük oranda etkilemediği, kayıp satışın ciroya göre oranının oldukça düşük olduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlar, matematiksel modelde kullanılan sabit talep ve uzaklık varsayımının geçerliliğini destekler niteliktedir.

5. UYGULAMA PLANI

5.1. Önerilen Sistemin İşleyişi

5.1.1. Sıcak satış sistemi

SSS iki haftalık devirler halinde işlemektedir. Her periyotta bu sisteme dahil noktalar sadece bir defa ziyaret edilecektir. Bu sistemde en fazla 36 noktadan oluşan her bir perakendeci grubuna bir gün ve bir araç atanacak, bu araç bu grup içindeki bir perakendeciyi hep aynı gün ve yaklaşık aynı saatte ziyaret edecektir. Araçta yalnızca bir satış temsilcisi bulunacak; bu satış temsilcisi, promosyonlardan bahsettikten ve rafta bulunabilirlik kontrolünü yaptıktan sonra sipariş alacak ve siparişi anında teslim edecektir. Eğer sipariş edilen ürün o an araçta yoksa satış kaybı söz konusu olacak, fakat satış temsilcisi daha sonraki talep tahminleri için bu satış kaybını bildirecektir.

5.1.2. Telefonla sipariş sistemi

TSS'de periyodik bir uygulama bulunmamaktadır. Burada 30 YTL üzerinde verilen siparişler kaydedilecektir (siparişlerin saklanması Veritabanı Tasarımı Bölümü'nde anlatılmaktadır). Öncelikle, kaydedilen siparişler kronolojik olarak sıralanacak ve 40'luk gruplar oluşturulacaktır. Bu gruplama işlemi en çok üç gün içinde yapılacak ve eğer üç gün içerisinde 40 rakamına ulaşamadıysa geri kalan noktalar için 40'tan küçük bir grup oluşturulacaktır. Oluşturulan grubun rotalaması yapılacak ve bir gün içerisinde bütün noktaların siparişleri dağıtılacaktır. Üç günlük devir için toplam 120 siparişe ulaşıldıysa bundan sonra gelen siparişler kabul edilmeyecek ama sistem genişletme hesaplamaları için kaydedilecektir.

5.1.3. Depoda yapılan işlemler

Depoda bütün sistem için gerekli ürünlerin siparişi, teslim alınması, raflara ve araçlara yerleştirilmesi iki eleman tarafından yapılacaktır. Bir eleman kasada duracak ve tahmin yenileme işlemlerini yürütecektir.

Telefon operatörü telefon siparişlerini alacak ve veritabanına satış bilgilerini girecektir. Depoya gelen perakendeci, alışverişini yaptıktan sonra UniCard Müşteri Kartını okutacak ve çeşitli promosyon ve indirimlerden faydalanacaktır. Bu sayede hem depodan alım teşvik edilecek, hem de müşteri bilgileri tutularak ilerideki promosyonlar için veri oluşturulacaktır.

5.2. Veritabanı tasarımı

Karma dağıtım sistemindeki müşteri izlenebilirliğini artırmak, olası promosyonlardaki verimliliği artırmak, sipariş alımında operatöre kolaylık sağlamak, talep tahmini için veri kaynağı oluşturmak amacıyla Microsoft Access'te uygulanabilecek bir veritabanı tasarlanmıştır. Bu veritabanında, müşteriye özel kullanıcı kimlik numarası, her müşterinin sipariş alma kategorisi (SSS, TSS veya depo), adresi, telefon numarası, sipariş tarihleri, miktarları, sipariş edilen ürün, aylık birikmiş sipariş miktarları ve sipariş şekli bulunacaktır.

5.3. Müşteri hizmet kartı uygulaması

Veritabanını desteklemek ve sıcak satış, telefonla sipariş ve depo sistemlerinin işleyebilirliğini arttırmak için "UniCard" isimli bir müşteri kartı tasarlanmıştır. Bu kartta, her müşterinin veritabanında da kullanılan kullanıcı numarası bulunmaktadır. Bu kartla müşteri izlenebilirliği sağlanacaktır ve sipariş alımları hızlanacaktır.

5.4. İlk sipariş miktarları

İlk sipariş miktarlarını belirlemek için SSS'de yer alan 1215 noktanın üç günlük talebi kadar ürün siparişi verilmelidir. Bunlar sadece genel talebi yüksek olan seçilmiş SKU'larla sınırlı tutulacaktır. Uygulamanın ilk zamanlarında TSS'nin ve deponun tam verimlilikle çalışamayacağı dikkate alınarak, bu sistemler için her bir ürün çeşidinden bir koli sipariş verilecektir. Bunun nedeni, rafta bulunabilirliği sağlayan ve dağıtıcıdan sipariş edilebilen en küçük miktarın bir koli olmasıdır. Ayrıca, olası bir stok tükenmesi durumunda, dağıtıcıdan bir gün içinde mal çekimi yapılabileceği için minimum miktarda sipariş verilmesinin riski düşüreceği öngörülmüştür.

5.5. Maliyet analizi

Sistemin öngörülen ciroları ve maliyetleri firmadan ve piyasadan alınan veriler ışığında hesaplanmıştır. Asgari komisyon oranı firmanın bu işlemi taşıyan bir firmaya yaptırmak için vermesi gereken en düşük komisyon oranıdır ve (toplam maliyet / toplam ciro) X 100 formülü ile hesaplanır. Unilever proje başarısını bu oranla ölçmektedir. Bu yüzden, burada karlılık ya da yatırımın geri dönüşü analizi yapılmamıştır. Asgari komisyon oranı olarak hesaplanan %6,3, Unilever ölçütlerine göre başarılı bir değerdir çünkü bu değer Unileverin daha önceki sisteminde %12 olarak hesaplanmıştır. Sistemin oturmasıyla birlikte ciroların yükseleceği de göz önünde bulundurularak bu limitin daha da düşeceği tahmin edilmektedir.

5.6. Uygulama Adımları

Sistemin çok geniş çaplı olması ve büyük bir yatırım gerektirmesi nedeniyle uygulamanın adım adım yapılmasına karar verilmiştir. Bu uygulama Unilever'in çalışmakta olduğu GT1 kodlu bir toptancı yoluyla gerçekleştirilecektir. Şu ana kadar yukarıda sayılan işlemlerden şunlar gerçekleştirilmiştir:

1. GİMAT'ta GT1'in deposu satış yapılabilecek şekilde düzenlenmiştir.
2. Sistem için GT1'in bir adet çalışanına ek olarak iki adet eleman alımı yapılmıştır. Üç adet satış temsilcisi alımı gerçekleştirilmiştir.
3. Gerekli araçların GT1 tarafından atanması sağlanmıştır. Uygulama için önerilen müşterilerin güzergâh atama işlemi tamamlanmış ve müşterilere hizmet vermeye başlanmıştır.
4. Gidilecek noktalar için, öncelikli SKU'lar baz alınarak özel promosyon ve ürün kataloğu hazırlanmıştır.

Uygulamanın ilk aşamalarında telefonla sipariş, kart aracılığıyla yapılamayacaktır. Bunun nedeni, sistemin kuruluş aşamasında UniCard gibi ciddi bir taahhüdün verilmek istenmemesidir. Veritabanı ve kart sistemi kullanımı sistem oturduktan sonra başlayacaktır. Şu ana kadar yapılan satış rakamları sistem cirosunun beklenenden daha da yüksek olacağını göstermiştir. Bu da asgari komisyon oranının hesaplanandan daha da düşük olabileceğini göstermektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Projede, Unilever'in şu anki dağıtım sisteminde ulaşamadığı cirosu düşük perakendecilere ulaşabilmesi için ciro seviyelerinin göz önünde bulundurulduğu karma bir dağıtım sistemi önerilmiştir. Bu karma sistemde sıcak satışla ulaşılacak noktaları belirlemek için doğrusal olmayan tamsayılı programlama modeli geliştirilmiştir. Nokta sayısının büyüklüğü nedeniyle modele girilecek nokta sayısı iki farklı eleme algoritmasıyla azaltılmış, buna rağmen model çözülmediği için, buluşsal algoritma geliştirilmiştir. Sonuç olarak, Ankara'nın 58 mahallesindeki 1215 perakendeciye satış temsilcisi aracılığıyla ulaşılması kararlaştırılmış; bu noktalardan 1182'sine Mayıs 2007 itibarıyla ulaşmaya başlanmıştır. Bunun yanında TSS'de 30 YTL'lik sipariş alt limiti belirlenmiş, fakat sistem tam oturmadığı için henüz telefonla siparişe başlanmıştır. Depo, gerekli düzenlemeler yapılarak satışa hazır hale getirilmektedir ve yakın zamanda satışa açılacaktır.

Önerilen sistemdeki ulaşım, işgücü, envanter ve depo maliyetleri, bu sistemden gelecek toplam ciroya bölündüğünde Unilever'in proje başarı ölçütü olan asgari komisyon oranını %6,3 olarak hesaplanmıştır. Bu değer ışığında projemizin daha önceden bahsedilmiş faydaları yanında şunları da sağladığı söylenebilir:

- Proje Hızlı Tüketim Mamulleri Sektörü'nde çok büyük önem taşıyan perakendeci haritasını örtmeyi, yani potansiyel müşterilerin yoğunluğuna ulaşmayı başarmaktadır.
- Daha önce toplam cironun %5'ini oluşturmasına rağmen toplam maliyetin %30'unu oluşturan bu düşük cirolu müşterilere %6,3 gibi düşük bir komisyon oranıyla hizmet vermeyi mümkün kılmıştır.
- Sistem yapısı, başka firmalarla anlaşarak bu firmaların da mamullerinin satılabileceği şekilde tasarlanmıştır. Bu tarz bir anlaşmanın yapılması halinde, toplam ciro büyük ölçüde artarken, maliyetlerde belirgin bir artış gözlenmeyecektir. Böylece asgari komisyon oranı daha da düşürülebilecektir.

- Güzergah Atama literatüründeki "Önce Kümele sonra Güzergah Ata" (Fisher ve Jaikumar, 1981) algoritmasındaki kümeleme işlemi için uygun bir model üretilmiş ve esnek bir buluşsal algoritma tasarlanmıştır ve literatüre katkı sağlanmıştır. Ayrıca yine literatürde bulunmayan nokta seçimi işlemi de model ve buluşsal algoritmada gerçekleştirilmiştir.

Perakendecilerin mal alım süreçlerinde yaşanan yüksek rekabet ve yine dükkân sahiplerinin bu süreçlerde ortaya koyduğu farklı tedarik yöntemleri göz önüne alındığında, önerilen karma sistem, Unilever'in mevcut sistemle ulaşamadığı satış potansiyeli düşük ama sayıca fazla noktalara düşük maliyetle gidilebilmesini sağlarken; aynı zamanda müşteri memnuniyetinin ve müşteriyle temasın üst düzeyde tutulmasını sağlayacaktır. Ulaşılamayan talep noktalarının karma sistemle dağıtım sistemine dahil edilmesi, Unilever'in ülke genelinde daha karlı ve daha verimli bir dağıtım sistemine sahip olmasını sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

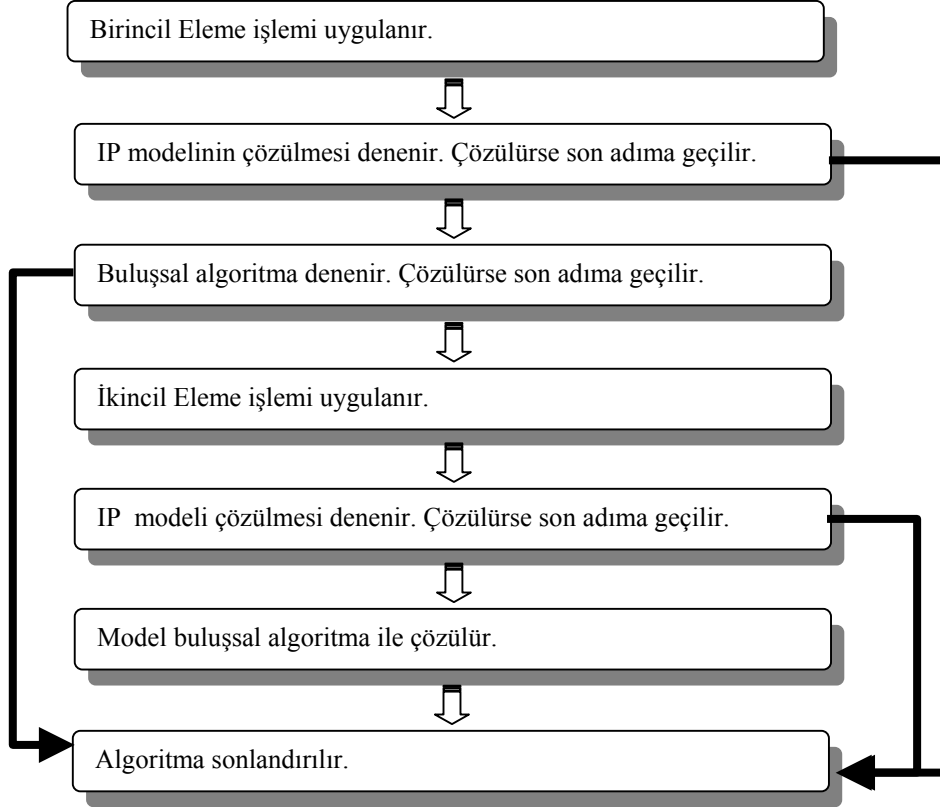
1. Clarke, G. ve J.R. Wright. (1964), "Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points", *Operations Research*, 12, 568-581.
2. Fisher, M.L. ve Jaikumar, R. (1981), "A generalized assignment heuristic for vehicle routing", *Networks*, 11, 109-124.
3. Laporte G, Nobert Y, ve Taillefer (1988), "S. Solving a family of multi-depot vehicle routing and location-routing problems", *Transportation Science* 22,161-72.
4. Nahmias, S. (2005), *Production and Operations Analysis*, Irwin, Illinois.
5. Porteus, E.L. (1985), "Numerical comparisons of inventory policies for periodic review systems", *Operations Research*, 33, 134-152.
6. Dantzig, GB. ve Ramser, J.H. (1959), "The truck dispatching problem", *Management Science*, 6, sayfa no 80-91.

Ek 1. Anket Sonuçları

Firma	Sipariş şekli / sıklığı	Teslim zamanı	Teslim şekli	Memnuniyet
P&G	Siparişle / 2-3 haftada bir	2-3 gün	Firma Kamyonetiyle	memnuniyetsizlik var
Ülker	Tüccar Plasiyer / nadiren soğuk/ haftada 1	Soğukta 1 gün	Firma Kamyonetiyle	herkes memnun
Eti	Spot / Sıcak satış / haftada 1	-	Firma Kamyonetiyle	memnuniyetsizlik var
Philip Morris	Sıcak Satış / haftada 2-3 kez	-	Firma Kamyonetiyle	herkes memnun
Coca Cola	soğuk-sıcak satış / telefonla sipariş / haftada 1-2 gün	Soğukta 1-2 gün sonra	Firma Kamyonetiyle	herkes memnun
Tekel- Çaykur	haftada 3 kere sipariş alır	1 gün	Firma Kamyonetiyle	herkes memnun
Nestle	sıcak satış / haftada 1	-	Firma Kamyonetiyle	herkes memnun
Efes Pilsen	telefonla sipariş	1-2 gün	Firma Kamyonetiyle	herkes memnun
Pepsi	soğuk satış/ sıcak satış/ spot haftada 1, 2 haftada 1	1-2 gün	Firma Kamyonetiyle	memnuniyetsizlik var

SORULAR	EVET	HAYIR	CEVAP YOK
1- Unilever ürünleri size ulaşıyor mu?	60,0%	40,0%	0,0%
2- (Ulaşmıyorsa) Cif, Domestos, Knorr, Sana gibi markaların size ulaştırılmasını/ marketinizde satılmasını ister misiniz?	59,1%	40,9%	0,0%
3- (Telefon sistemi yoksa) Telefonla sipariş vermeye/ promosyonlarımızı öğrenmeye sıcak bakar mısınız(iskontolu/iskontosuz)?	60,0%	32,7%	7,3%
4- Mahallede bir unilever deposu olsa oradan gidip iskontolu ürün alır mısınız?	70,9%	23,6%	5,5%
5- Unilever Aracı direkt gelse hiç sipariş vermeden anında satın almaya sıcak bakar mısınız?	79,6%	16,7%	3,7%
6- Unilever Aracı sadece sizin önceden bileceğiniz belirli bir gün ve saatte gelse bu zamana uyar mısınız?	87,0%	7,4%	5,6%
7- Eğer uyararsanız bu sizde memnuniyetsizlik yaratır mı?	0,0%	94,0%	6,0%

Ek 2. Önerilen Çözüm Metodolojisi



Ek 3. SSS ve TSS benzetim çalışması (312 gün)

TELEFONLA SİPARİŞ SİSTEMİ BENZETİM ÇALIŞMASI SONUÇLARI						
Ortalama Arama Zaman Aralığı (dk.)	Araç Sayısı	İşletmen Yararlanma Oranı (%)	Araç Doluluk Oranı (%)	Toplam Yıllık Ciro (C)	Toplam Kayıp Satış (K)	K/C Oranı (%)
5	1	66	100	502969	464195	92
	2		96,5	970231	0	0
10	1	46	100	501701	173100	34,5
	2		67,6	678114	0	0
15	1	34	99,7	500867	4862	1
20	1	28	81,3	408508	0	0
25	1	23	69,1	348111	0	0
30	1	20	59,1	297302	0	0

Öneriler:

- Ortalama arama zaman aralığı 5 dakikadan az ise ikinci aracın alınması %5 komisyon oranında karlılık sağlamaktadır bu nedenle ikinci araç alımı önerilmektedir.
- Ortalama arama zaman aralığı 5 ile 10 dakika arasında ise ikinci aracın alınması %5 komisyon oranında karlılık sağlamamaktadır bu nedenle ikinci araç alımı önerilmez.
- Ortalama arama zaman aralığı 10 dakikadan fazla ise 1 araç yeterli olup işletmenin diğer depo işlemlerinde de kullanılabilir.

SICAK SATIŞ SİSTEMİ BENZETİM ÇALIŞMASI SONUÇLARI (1 ARAÇ VE 15 ÜRÜNLE SINIRLIDIR)					
Perakendeciler Arası Uzaklık Katsayısı	Toplam Yıllık Ciro (C)	Toplam Kayıp Satış (K)	Envantere Bağlanan Toplam Para (H)	K/C (%)	H/C (%)
0,5	226084	7497	59260	3,3	26,2
1	225994	7562	59326	3,3	26,3
1,5	225228	8174	59938	3,6	26,6
2	224874	8423	60187	3,7	26,8
2,5	224275	8846	60609	3,9	27,0
3	223977	9816	61579	4,4	27,5
3,5	222044	10699	62462	4,8	28,1
4	220050	12293	64056	5,6	29,1
4,5	218549	13521	65285	6,2	29,9
5	217129	14676	66440	6,8	30,6

Yorumlar:

- Perakendeciler arası uzaklık arttıkça toplam ciro azalmakta, kayıp satış ve tutulan envanter artmaktadır. Mesafelerin 10 kat artmasına karşın cirodaki değişikliğin az olması ve envanter miktarındaki değişimin azlığı model esnasındaki sabit mesafe uygulamasının sonuca çok belirgin etkisi olmadığını belirtmektedir.