

## Çoklu bayi sistemlerinde alternatif transfer-satış politikaları

Nagihan Çömez Dolgan <sup>(a)</sup>

13 Eylül 2012 tarihinde alındı; 11 Mart 2013 tarihinde revize edildi;  
18 Mart 2013 tarihinde kabul edildi.

### Özet

Transfer-satışlar rassal müşteri taleplerini karşılamak için bayiler arasından sıklıkla başvurulan, uygulaması kolay ve acil üretici sevkiyatlarına nazaran az maliyetli bir yöntemdir. Doğru transfer-satış politikalarını bulmak amacıyla önemli sayıda akademik çalışmalar bulunduğu halde, birçoğu hem modelleme hem de analitik analiz konusunda karşılaşılan zorluklardan dolayı iki bayili sistemlere kısıtlı kalmıştır. Bu çalışmanın amacı iki bayili sistemler için bulunan en iyi politikalarından yola çıkarak, çoklu bayi sistemleri için en iyi politikaya mümkün olduğunca yakın ancak uygulaması daha kolay sezgisel transfer-satış politikaları önermektir. Bu amaçla birçok perakende sektöründe uygulanabilecek gerçekçi bir modelle merkezi yönetilen çok bayili bir transfer-satış problemi çalışılmıştır. İki farklı potansiyel transfer-satış gönderici seçme metodu ve iki farklı transfer-satış gönder/gönderme kararı alma metodu tanımlanarak toplamda dört farklı sezgisel transfer-satış politikası önerilmiştir. Birçok problem senaryosu oluşturularak yapılan sayısal analizler, önerilen bu sezgisel politikaların en iyi politikaya toplam maliyetler, stoklama miktarı ve transfer-satış kullanım oranı açısından oldukça yakın sonuçlar verdiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Stok Havuzlama, Stok Sınırları, Sezgisel Metod, Dönemlik Stoklama, Hassasiyet Analizi.

**JEL Sınıflaması:** C61.

### Abstract. Alternative transshipment policies for centralized multi-retailer systems

Transshipments are commonly used to satisfy random demand due to their effectiveness compared to emergency supplier shipments. Despite existence of many past studies on good transshipment policies, most deal with two-retailer systems because of the analytical tractability difficulty with multiple retailers. The goal of this study is to obtain transshipment policies for multi-retailer systems that are easily applicable and close to optimal departing from the optimal policies for two-retailers. We study a transshipment system of centrally managed retailers by utilizing a realistic model for various retail industries. We introduce two methods to determine the potential transshipment sender and two to make the transshipment sending decision, which finally lead to four heuristic transshipment policies. Through extensive numerical analyses, we show that the proposed policies lead to very close results to optimal policy in terms of the total expected cost, stocking amounts, and the use of transshipments to satisfy random customer demand.

**Keywords:** Inventory Pooling, Holdback Level, Heuristic, Periodic Review, Sensitivity Analysis.

**JEL Classification:** C61.

(a) Bilkent Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Bilkent, Ankara, Türkiye. E-mail: comez@bilkent.edu.tr

## 1. Giriş

Stok planlama yöneylem araştırma alanında uzun yıllardır çalışan bir konu olduğu halde değişen ve gelişen arz-talep dengeleri içerisinde temel stoklama problemi de değişmekte, hem arz hem de talep yönünden sürekli yeni kısıtlar ve parametreler probleme dahil edilmektedir. Zaman içerisinde stoklama problemini zorlaştıran en önemli etkenlerden bazıları, ürün çeşitliliklerinin artan bir ivmeyle artması (Cox ve Alm 1998), müşterilerin stok yetersizliği olduğunda beklemeye olan toleranslarının azalması (Corsten ve Gruen 2004), uzayan tedarik zincirleri dolayısıyla üreticiden bayiye tedarik zamanının uzaması ve tedarik zincirinin aksiliklere daha açık hale gelmesi (Tomlin 2006, Uludağ ve Erol 2008) olarak sıralanabilir.

Stoklama kararı almayı zorlaştıran etkenlere cevap olarak satıcılar ve üreticiler bir yandan talep tahmin sistemlerini geliştirirken (Köse, Yalçın ve Emirmahmutoğlu 2008) diğer yandan da alternatif stok karşılama metodları geliştirmektedirler. Bu metodlardan biri de stok havuzlama (inventory pooling) yöntemidir. Stok havuzlama birden fazla rassal talep akımını sağlamak için gerekli stokların birlikte planlamasıyla oluşturulur. Stok havuzlamanın ana fikri tüm rassal taleplerin toplam değişkenlik miktarının, rassal taleplerin ayrı ayrı değişkenliklerinin toplamından daha küçük olacağından (Berman, Krass ve Tajbakhsh 2011) gelir. Böylelikle toplamda aynı müşteri servis seviyesini karşılamak için stok havuzlamasında tutulacak en iyi toplam stok miktarı, herbir talep akımı için ayrı ayrı tutulacak en iyi stok miktarlarının toplamından az olacaktır.

Stok havuzlama sisteminde stoklar fiziksel olarak aynı noktada tutulabileceği gibi farklı noktalarda tutulan stokların ihtiyaç halinde talep noktaları arasında alışverişi de mümkündür. Literatürde böyle bir sisteme sanal stok havuzlama, bayiler arası ticaret, ya da en genel adıyla transfer-satış (transshipment) sistemi denilmektedir. Bir transfer-satış sisteminde müşteri talebi karşısında elinde gerekli stoğu mevcut olmayan bir satıcı, elinde uygun ürün bulunan bir satıcıdan stok isteğinde bulunur. Eğer istekte bulunulan satıcı için stok göndermek kârlı ise transfer-satış yapılarak transfer-satış isteği yapan satıcının müşteri talebi karşılanır. Araştırmacılar transfer-satışların günümüzde otomotiv, giyim, spor malzemeleri, oyuncak, mobilya ve ayakkabı gibi birçok perakende endüstrisinde ve ayrıca uçak, otomotiv alanlarında satış sonrası bakım/servis ihtiyaçlarında ve de üretim yapan tesisler arasında kullanıldığını belirtmişlerdir (Kukreja, Schmidt ve Miller 2001, Narus ve Anderson 1996, Özdemir, Yücesan ve Herer 2006, Rudi, Kapur ve Pyke 2001 ve Kranenburg ve van Houtum 2009). Genelliği kaybetmeden, biz bu çalışmada satıcıların üreticiden stok alıp son tüketiciye satış yapan bayiler olduğunu varsayacağız.

Transfer-satış sistemlerindeki işleyiş temel olarak merkezi ya da bağımsız bayiler tarafından yönetilen bir sistem olduğuna bağlıdır. Bağımsız

bayi sistemlerinde transfer-satış isteğinde bulunulan bir bayi elindeki stoğun kendisi için gelecekteki yararına, elinde tutma maliyetine ve de diğer bayiden alacağı transfer-satış fiyatına bakarak bir karşılaştırma yapar ve kendisi için en iyi kararı (isteği kabul edip gönderme/göndermeme kararı) verir (Satır, Savaseneril ve Serin 2012). Merkezi sistemlerde transfer-satış kararları tek bir merkezden verilirken transfer-satış fiyatları genellikle göz ardı edilir. Ancak merkezi sistemde de genellikle transfer-satış maliyeti ve zamanı mevcuttur. Bu durumda merkezi yöneticinin bir ürünün bir bayiden diğer bayiye gönderilmesi için müşteri talebinin transfer-satışla karşılanmasının net kârı ile stoğu tutup potansiyel gönderici bayiden direkt müşteri satışı yapılmasının olası kârını karşılaştırması gerekir. Literatürde gösterilmiştir ki, eğer transfer-satış istekleri dönem içinde ve tüm müşteri talep belirsizliği çözülmeden yapılırsa, merkezi yönetici her zaman transfer-satışları onaylamamalıdır (Çömez, Stecke ve Çakanyıldırım 2012a).

Krishnan ve Rao (1965) ve Gross (1963) transfer-satışların üreticiden yapılan stoklama kararlarına etkisini araştıran ilk çalışmalardır. Bu çalışmalarda tüm transfer-satışlar bir dönem sonunda tüm müşteri talepleri alındıktan sonra yapıldığı varsayıldığı için merkezi yöneticinin sistemde stok olduğu halde bazı transfer-satışları reddetmesi hiçbir zaman kârlı olmaz. Bu sebeple bunlar ve bunları takip eden birçok çalışma farklı problem senaryoları altında transfer-satışı sadece üreticiden yapılan stoklama kararlarına etkisi açısından incelemişler, en iyi transfer-satış politikaları (gönder/gönderme) göz önüne alınmamıştır. İlerleyen literatürdeki bir kısım çalışmalar ise merkezi ve bağımsız sistemlerde transfer-satış politikalarını açıkça ele almıştır. Ancak en iyi transfer-satış politikalarının gösterildiği bu çalışmaların önemli kısmı sonuçlarını iki bayi sistemleri üzerine inşa etmişlerdir. Halbuki transfer-satış araştırmalarının sektör uygulamasına geçirilebilmesi için çoklu bayi sistemleri konusunda ikna edici iyileştirme verilerine ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı gerçekçi bir transfer-satış modeli üzerinde, literatürde iki bayi sistemleri için en iyi olduğu gösterilmiş transfer-satış politikalarından yola çıkarak, çoklu bayi sistemleri için uygulaması kolay sezgisel transfer-satış uygulamaları önermektir. Bunun için merkezi yönetilen bir çoklu bayi sistemi modellenmiştir. Bu sistemde merkezi yönetici tarafından her dönem başında düzenli olarak her bayi için üreticiden en iyi stoklama kararı yapılmaktadır. Dönem içerisinde bir bayi rassal gelen bir müşteri talebini eğer elinde stok mevcutsa direkt olarak karşılar. Eğer stoğu tükenmişse, merkezi yönetici bu bayiye elinde stoğu olan başka bir bayiden transfer-satış yapıp yapılmamasına karar verir. Merkezi yönetici en iyi transfer-satış politikasını kullanabilirse, bütün potansiyel bayileri değerlendirip, sonuçta en kârlı transfer-satışı yapmayı ya da hiç transfer-satış yapmayarak müşteriyi bir sonraki stoklama dönemine kadar belli bir maliyete bekletmeyi seçebilir.

Ancak daha önceki bazı çalışmalar göstermişlerdir ki sistemde aynı anda birden fazla potansiyel transfer-satış isteği yapılabilecek bayi varsa, potansiyel bir bayi için en iyi transfer-satış gönder/gönderme politikası sayısal olarak bulunabilse bile açık bir şekilde ifade edilemeyecek şekilde oldukça karmaşık bir karar olmaktadır. Bunun sebebi kararın yalnızca göndericinin stok seviyesinin değil sistemdeki tüm stok miktarlarının bir fonksiyonu olmasıdır. Ayrıca birden fazla potansiyel transfer-satış gönderebilecek bayi olduğunda merkezi yöneticinin hangi bayiye öncelikli olarak seçmesi gerektiği de yine oldukça karmaşık bir karardır.

Çoklu bayi sisteminde transfer-satış göndermesi olası bayiye seçmek de, seçilen potansiyel bir bayinin en iyi gönder/gönderme kararı yapabilmesi de oldukça zor kararlar olduğu için, bu çalışmada iki ayrı potansiyel gönderici bayi seçme metodu ve iki ayrı gönder/gönderme politikası kullanarak temel olarak üç farklı, toplamda ise dört farklı sezgisel transfer-satış politikası önerilerek, bu politikaların performansları en iyi transfer-satış politikası ile sayısal olarak karşılaştırılmıştır. Performans kriterleri olarak bir dönem için beklenen toplam sistem maliyeti, üreticiden alınan en iyi stoklama miktarları, beklenen toplam talebin direkt stoktan, transfer-satış ile ve birikmiş sipariş (backorder) olarak karşılanma miktarlarındaki değişim alınmıştır. Sonuçlar göstermektedir ki potansiyel gönderici bayi seçiminde, elinde stok olan bayilerin stok miktarı ile talep olasılığına birlikte bakılması birim stok tutma maliyetinin göz önüne alınmasından daha etkilidir. Ayrıca seçilen potansiyel bayinin gönder/gönderme kararının iki-bayi sistemindeki en iyi stok sınırlarına göre yapılması çoklu bayi sistemlerinde en iyi karara oldukça yakın sonuçlar vermektedir. Hatta test edilen problem örneklerinde, iki bayi sisteminden alınarak yapılan bu sezgisel transfer-satış kararları toplam sistem maliyetlerini %1 den daha az arttırmaktadır. Ayrıca havuzlama yapmamanın en iyi transfer-satış politikalarının kullanıldığı sisteme göre performansta oluşturacağı beklenen düşüşler de hesaplanarak, çok bayili sistemlerde basit sezgisel transfer-satış politikalarının kullanılmasının önemi daha da açık gösterilmiştir.

Bu makalenin kalan kısmının akışı şu şekilde özetlenebilir. Bölüm 2’de transfer-satış literatürünün ana kollarının kısa bir açıklaması yapılarak, bu çalışmanın en çok ilgili olduğu geçmiş çalışmalar detaylandırılıp, bu makalenin literatüre katkısı ifade edilmiştir. Problem senaryosu ve problem çözümü için önerilen sezgisel transfer-satış politikaları Bölüm 3’de anlatılmaktadır. Bölüm 4 önerilen sezgisel transfer-satış politikalarının en iyi politikaya göre performansını göstermek amacıyla yapılan sayısal analizlerin sonuçlarını içermektedir. Bu çalışmanın amacı ve temel bulguları Bölüm 5’te özetlenerek, ileriki olası çalışmalarla bu araştırmanın hangi yönlerde genişletilebileceği kısaca tartışılmıştır.

## 2. Literatür Taraması ve Çalışmanın Literatüre Katkıları

Literatürde transfer-satış konusunda birçok çalışma bulunmaktadır. Bunların önemli bir kısmı bir stok yenileme döneminin sonunda bütün müşteri talepleri alındıktan sonra transfer-satışların gerçekleştiğini varsaymaktadırlar. Bu durumda bayiler merkezi yönetildiklerinde (Robinson 1990, Tagaras ve Cohen 1992) ya da bağımsız bayiler sabit transfer-satış fiyatları uyguladıklarında (Hu, Duenyas ve Kapuscinski 2007, Zhao ve Atkins 2009) bayiler mevcut stok dahilinde mümkün olan tüm birikmiş talepler için transfer-satış yapmaktadırlar. Böylelikle en iyi transfer-satış politikası bir problem değişkeni olmaktan çıkıp, bu çalışmalarda temel araştırma konusu, transfer-satışların varlığının üreticiden yapılan stoklama kararlarına etkisi olmaktadır.

Transfer-satışlar bayilerin tüm müşteri talepleri kesinleşmeden yapıldığı durumlarda ise transfer-satış politikası bir soruya dönüşmektedir. Bu durumda en iyi transfer-satış politikasını bulmayı amaçlayan araştırmalar iki bayili sistemler üzerine yoğunlaşmışlardır. Archibald, Sassen, ve Thomas (1997) dönemlik düzenli stoklama yapan bir sistemde, bir bayinin müşteri talebini kendi stoğundan karşılayamadığı durumda ya merkezi yönetici tarafından yönlendirilerek diğer bayiden bir transfer-satış yapacağı ya da talebin üreticiden acil bir sevkiyatla karşılanacağı bir model kurmuştur. Bu modelde en iyi merkezi transfer-satış politikasının dönem içinde azalan stok sınırları ile ifade edilebileceği gösterilmiştir. Benzer bir modelde ancak acil üretici sevkiyatları yerine karşılanmayan talebin biriktirebileceği ve transfer-satış ulaşım zamanının açık bir şekilde göz önüne alındığı bir durumda, Çömez ve ark. (2012a) en iyi stok sınırlarının dönem içinde artacağını göstermektedirler. Çömez, Stecke ve Çakanyıldırım (2012b) ise bağımsız bir bayi sisteminde de en iyi transfer-satış politikasının stok sınırlarından oluşacağını göstermektedirler. Zhao, Ryan ve Deshpande (2008) merkezi yönetilen ve iki şubenin her biri için tekli birimler halinde üretim yapılabilen bir sistemde, hem üretim hem de transfer-satışlar için en iyi politikaları bulmayı hedeflemiştir.

Sistemde ikiden fazla bayi olduğunda en iyi transfer-satış politikasını bulmak hem merkezi hem de bağımsız bayi sistemlerinde oldukça karmaşık olduğu için, çoklu bayi sistemleri için literatürde yalnızca sezgisel transfer-satış politikaları öneren çalışmalar mevcuttur. Archibald (2007) merkezi yönetilen, karşılanamayan taleplerin üreticiden acil sevkiyatla karşılandığı ve de stok tutma maliyetlerinin dönem sonunda muhasebe edildiği bir sistemde, iki bayili sistemdeki en iyi stok sınırlarını kullanarak çoklu bayi sistemlerinde sezgisel transfer-satış politikaları önermiştir. Bu politikalarda transfer-satış gönderecek potansiyel bayi transfer-satış maliyeti küçük olan öncelikli tercih edilecek şekilde belirlenmiştir. Archibald, Black ve Glazebrook (2009) benzer bir model üzerinde ayrıştırma (decomposition) metodu uygulayarak çoklu

bayi sistemini iki bayili sistemlere ayırıp, transfer-satış gönderici bayileri bu ayırıştırma ile belirlenen değer fonksiyonlarına göre sıralamaktadır. Van Wijk ve van Houtum (2012) yedek parça yerel depolarından oluşan bir sistemde yerel depolar arasında yapılan transfer-satışları incelemiştir. Her yerel depoda stok temel stok (base stock) prensibine göre belirlenmekte olup, her bir yedek parça talep edildikten sonra bozuk parça tamir edilip sisteme geri döndürülmektedir. Böyle bir modelde, yazarlar tüm yerel depolarda diğer depolardan gelecek transfer-satışlara cevap vermek için kullanılacak stok sınırları varsaymaktadırlar. Çalışmanın amacı verilen rastgele stok sınırları için sisteminin yaklaşık ve hızlı performans değerlendirmesini yapacak hesap yöntemi geliştirmektir.

Bu çalışma ile literatürde kısıtlı sayıda olan çoklu bayi sistemlerindeki transfer-satış politikalarını araştıran çalışmaların üzerine katkıda bulunmak amaçlanmaktadır. Kullanılan problem senaryosu bir çok farklı sektördeki perakende ve tekrar kullanılmayan yedek parça sistemlerine uygundur. Transfer-satışların müşteri talebini takiben ele alınması, stok tutma ve talep biriktirme maliyetlerinin tam olarak muhasebe edilmesi ve transfer-satış ulaşım zamanının ve maliyetinin göz önünde bulundurulması açısından da literatürdeki mevcut ancak kısıtlı sayıdaki çok bayili transfer-satış sistemi makalelerinden farklı bir problem çerçevesi üzerinde çalışılmıştır. Hem potansiyel transfer-satış gönderici seçmek hem de potansiyel bir göndericinin sistem için alması gereken doğru gönder/gönderme kararını belirlemek için ikişer sezgisel metod önererek, literatüre farklı sezgisel transfer-satış politikalarını sunmaktadır. Yapılan kapsamlı sayısal analizler ile, sistem için en iyi olan transfer-satış politikası ile elde edilecek beklenen maliyetten en fazla %1 yüksek maliyet oluşturduğu gösterilen oldukça iyi ve uygulaması kolay sezgisel transfer-satış politikaları elde edilebildiği gösterilmiştir. Ayrıca sezgisel politikaların performansı sadece literatürde en yaygın metod olan maliyet artışı açısından değil, transfer-satışların müşteri talebi karşılama oranındaki değişim açısından da değerlendirilmiştir.

### 3. Çoklu Bayi Sistemlerinde Transfer-Satış Modellemesi

Bu bölümde öncelikle genel problem senaryosunu açıklayıp, bayilerin transfer-satış yapmadıkları durumlardaki sistem maliyet fonksiyonlarını tanımlamaktayız. Bölüm 3.1'de transfer-satış yapmak mümkün olduğu durumda en iyi transfer-satış kararlarının uygulanması halinde maliyet fonksiyonları tanımlanmaktadır. Bölüm 3.2'de bu çalışma ile önerilen yeni sezgisel transfer-satış politikaları açıklanıp, ortaya çıkan maliyet fonksiyonları tanımlanmıştır.

Bu çalışmada merkezi yönetilen bir  $M$  bayili sistem sonsuz bir planlama ufku (infinite horizon) incelenmektedir,  $M \geq 2$ . Tüm bayilerin stokları

her stoklama dönemi başında üreticiden gelen sevkiyatla yenilenmektedir. Üreticiden yapılan sevkiyat süresi ve maliyeti sıfır kabul edilmektedir. Sevkiyat süresi sıfırdan farklı olduğunda bir dönem içindeki transfer-satışlar bir sonraki dönemdeki stok dağılımını ve dolayısıyla transfer-satışları etkileyebilir. Bu sebeple, problem analizi oldukça karmaşıklaşmaktadır (Çömez ve ark. 2012a). Transfer-satış kararlarının gerektiğinde bekletilmeden bir müşteri talebinin hemen ardından yapılabilmesi için bir stoklama dönemi  $N$  kısa karar periyoduna bölünerek kesikli (discrete) bir model çalışılmıştır. Öyle ki her bir periyot içinde sistemde en fazla bir müşteri talebi olabilir.  $i \in \{1, \dots, M\}$  olduğunda, müşteri  $p_i$  olasılığı ile bayi  $i$ 'ye gider ve de  $p_0 + \sum_{i=1}^M p_i = 1$ . Burada  $p_0$  bir periyot içinde müşteri talebi gelmeme olasılığını ifade eder. Kesikli zaman modelleri hem transfer-satış hem de gelir yönetimi literatürlerinde sık sık kullanılmaktadır (Talluri ve van Ryzin 1998, Archibald 2007). Dönem içindeki toplam talep oranı ne kadar büyük olursa periyot sayısı  $N$  arttırılıp, her periyotta en fazla bir talep olması sağlanabilir.

Dönem içinde maliyet fonksiyonlarını hesaplarken zaman, dönem sonuna kadar kalan periyot sayısı olan  $n$  ile ifade edilmektedir,  $0 \leq n \leq N$ .  $y = (y_1, y_2, \dots, y_M)$  herhangi bir  $n$  periyodu başında bayilerin her birinin stok durumunu ifade eden bir vektör olsun, öyle ki  $y_i$  pozitif, negatif, veya sıfır değerini alabilen bir tamsayı olabilir. Benzer şekilde  $h$  bayilerdeki birim stok tutma maliyetlerini içeren vektör olsun. Bir birim birikmiş talebi tutma maliyeti ise bütün bayilerde eşit olarak  $\lambda$  ile ifade edilsin.  $P(y)$  de elinde stok olan bayilerin indekslerini içeren küme olsun. Ayrıca  $e_p$ ,  $i$  inci elemanı bir olan, diğer elemanları sıfır olan bir birim vektördür. Bir dönem içinde, periyot  $n$  başında sistemdeki stok durumu  $y$  olduğunda, periyot  $n$  ve dönem sonuna kadar kalan diğer periyotlarda beklenen toplam sistem maliyeti  $\pi_n(y)$  ile ifade edilsin.

Periyot  $n$ 'in başında, bütün bayilerin elinde stok mevcut ise, sistem maliyeti şu şekilde yazılabilir.

$$\pi_n(y) = p_0[\pi_{n-1}(y) + hy] + \sum_{i=1}^M p_i[\pi_{n-1}(y - e_i) + h(y - e_i)].$$

Eğer hiçbir bayinin elinde stok yok ise, beklenen maliyet şöyle ifade edilir.

$$\pi_n(y) = p_0[\pi_{n-1}(y) + by^-] + \sum_{i=1}^M p_i[\pi_{n-1}(y - e_i) + \lambda(y - e_i)^-].$$

Burada  $y^- = \max\{0, -y\}$ 'i ifade etmektedir. Dönem sonunda kalan stoklar bir sonraki döneme aktarılmakta, birikmiş talepler ise üreticiden gelen yeni sevkiyat ile karşılanmaktadır.

$$\pi_0(y) = 0.$$

Çömez ve ark. (2012a) göstermişlerdir ki, eğer merkezi yönetici en iyi stoklama ve transfer-satış politikalarını bulmak için uzun dönemli ortalama maliyeti minimize etmeye çalışırsa, tek dönemin beklenen maliyetini minimize etmesi yeterlidir. Bu durumda merkezi yöneticinin sonsuz dönemli optimizasyon problemi şu probleme indirgenir.

$$\min_Y \pi_N(Y) \quad (1)$$

Yukarıda  $Y$  dönem başında üreticiden her bir bayi için alınan stok miktarlarını içeren vektördür.

### 3.1. Merkezi Optimal Transfer-Satış Politikaları

Yukarıda transfer-satış ihtiyacı olması dışındaki tüm durumlardaki beklenen maliyet hesapları verilmiştir. Transfer-satışlar dönem içinde bazı bayilerde stok olması, bazılarında ise olmaması durumunda ortaya çıkar. Eğer elinde stok olan bir bayi  $i$ 'den elinde stok olmayan ancak müşteri talebi alan bir bayi  $j$ 'e transfer-satış yapılmasına karar verirse, sabit bir sevkiyat masrafı  $K$ , artı sevkiyat süresince müşterinin bekletilecek olmasından dolayı bekletme maliyeti  $T\lambda$ , artı bu sürede stok tutma maliyeti  $Th_0$  toplam transfer satış maliyetini oluşturur:  $K + T(\lambda + h_0)$ . Bu maliyet sabit olduğu için kısaca  $K' = K + T(\lambda + h_0)$  olarak ifade edilebilir. Böyle bir durumda merkezi yönetici sistem için en iyi transfer-satış kararı vermek isterse, maliyet fonksiyonu şu şekilde ifade edilebilir.

$$\pi_n(y) =$$

$$p_0[\pi_{n-1}(y) + hy^+ + by^-] + \sum_{i \in P(y)} p_i[\pi_{n-1}(y - e_i) + h(y - e_i)^+ + \lambda(y - e_i)^-]$$

$$+ \sum_{j \in P(y)} p_j \min \{ \min_{i \in P(y)} \{ K' + \pi_{n-1}(y - e_i) + h(y - e_i)^+ + \lambda(y - e_i)^- \}, \pi_{n-1}(y - e_j) + h(y - e_j)^+ + \lambda(y - e_j)^- \}$$

Burada  $y^+ = \max\{0, y\}$ 'i ifade etmektedir. Yukarıdaki beklenen maliyet fonksiyonu, transfer-satış ihtiyacı olduğunda, elinde stok olan tüm bayileri aynı anda potansiyel gönderici olarak değerlendirip, her biri için en iyi gönder/gönderme kararını değerlendirip, sonuçta sistem için en düşük maliyetli transfer-satışı yapmayı ya da transfer-satış yapmayı müşteri talebini birikmiş talebe eklemeyi seçmek için kullanılır.

Sistemde sadece iki bayi bulunduğu durumda transfer-satış ihtiyacı bir bayinin elinde stok olduğu, diğerinde ise olmadığı durumda ortaya çıkar. Bu durumda sistem parametreleri bir bayinin stok seviyesi ve içinde bulunulan periyot sayısından oluşur. Ayrıca sadece gönderebilecek bir bayi olduğu için göndericiler arasında tercih sıralaması söz konusu değildir. Çömez ve ark. (2012a) göstermişlerdir ki bu durumda sistem için en iyi gönder/gönderme



kararı elinde stok olan bayi için en iyi stok sınırı ile ifade edilebilir. Şöyle ki, elinde stok olan bayi 1 ve transfer-satış ihtiyacı olan bayi 2 ise, bayi 1 için periyot  $n$ 'deki en iyi stok sınırı  $y_1^n$  şu şekilde bulunur.

$$\bar{y}_1^n := \max\{y_1 : \pi_{n-1}(y_1 - 1, y_2) - \pi_{n-1}(y_1, y_2) > n\lambda + h_1 - K'\}$$

Çömez, Çakanyıldırım ve Stecke (2013) göstermişlerdir ki, bayi 2 deki birikmiş talep sayısı  $y_2$  bayi 1'deki en iyi stok sınırını etkilemez. Bu sebeple  $y_1, y_2$ 'nin bir fonksiyonu değildir. Bayi 1'den transfer-satış gönderilmesi gerektiğinde bayinin elindeki stok miktarı bayinin o zaman birimindeki en iyi stok sınırdan yüksek değil ise bayiden transfer-satış gönderilmemelidir. Aksi takdirde transfer-satış gönderilmelidir.

İki bayili sistemde en iyi transfer-satış politikasını oluşturan, her bir bayi ve periyot için tek bir sayı ile ifade edilebilen en iyi stok sınırları, sistemde ikiden fazla bayi olduğunda daha karmaşık fonksiyonlara dönüşmektedir (Archibald 2007). Potansiyel bir gönderici bayiden gönder/gönderme kararı verilirken kullanılması gereken en iyi stok sınırı hem kalan periyot sayısına hem de alıcı bayi dışındaki diğer tüm bayilerin stok miktarlarına dayanmaktadır. Bu durumda her bir potansiyel gönderici bayi için en iyi transfer-satış gönderme politikası diğer tüm bayilerin stok seviyelerinin ve dönem içinde kalan periyot sayısının bir fonksiyonu olarak ifade edilmelidir. Sayısal olarak bu fonksiyon değerlerini ve sonuçta oluşan en iyi beklenen maliyet değerlerini hesaplamak bayi sayısı ve dönem içindeki periyot sayısı makul değerlerde olduğunda bilgisayar yardımıyla yapılabilmektedir. Ancak sektörde uygulama için merkezi yöneticinin zamanını mümkün olduğunca az alacak, ancak transfer-satış uygulanmayan bir duruma göre maliyetlere yeteri derecede katkısı olacak bir politikanın karmaşık bir en iyi politikaya göre çok daha etkili olacağını tahmin ediyoruz. Bu sebeple bir sonraki bölümde çoklu bayi sistemleri için alternatif uygulaması kolay sezgisel transfer-satış politikaları önerilmektedir.

### 3.2. Sezgisel Transfer-Satış Politikaları

Çoklu bayi sistemlerinde bir transfer-satış politikası iki aşamadan oluşur; potansiyel transfer-satış gönderici bayinin belirlenmesi ve potansiyel bayi için gönder/gönderme kararı verilmesi. En iyi transfer-satış politikası kullanılmadığı durumlarda bu iki aşama için de sezgisel metodlar kullanılacaktır (Özdemir 2011). Biz bu çalışmada literatürde daha önce çoklu bayi sistemlerinde tam olarak çalışılmamış bir model üstünde iki farklı potansiyel transfer-satış gönderici bayi seçme metodu ile temel olarak iki farklı transfer-satış gönder/gönderme kararı verme metodu kullanarak dört farklı sezgisel transfer-satış politikası öneriyoruz.

Çömez ve ark. (2012a) benzer bir problem senaryosu altında iki bayili bir sistemde en iyi transfer-satışların stok seviyesi ve stok tutma maliyeti ile arttığını, müşteri talebi gelme olasılığı ile azaldığını göstermişlerdir. Bu sonuçları takiben çalışmamızda önerilen ilk potansiyel transfer-satış gönderici bayi seçme metoduna göre merkezi yönetici bir transfer-satış ihtiyacı halinde, elinde stok mevcut olan bayiler arasından stok seviyesinin talep alma olasılığına oranı büyük olan bayiyi transfer-satış gönderici olarak öncelikle tercih eder. Bu durumda periyot  $n$ 'de bir transfer-satış ihtiyacı olduğunda elinde stok olan bayiler  $y_i / p_i$  değerlerine göre sıralanır.  $y_i / p_i$  değeri en büyük olan bayi ilk potansiyel gönderici olarak seçilir. Daha sonra kullanılan sezgisel gönder/gönderme karar metoduna göre bayi  $i$ 'den transfer-satış yapıp yapılmayacağına karar verilir. Eğer transfer-satış yapılmasına karar verilirse, diğer transfer-satış olasılıkları göz önüne alınmadan transfer-satış yapılacağı varsayılır. Eğer satış yapılmamasına karar verilirse, listedeki bir sonraki en büyük  $y_i / p_i$  değeri olan bayi potansiyel olarak seçilir. Elinde stoğu olan bayilerin hiçbirinden transfer-satış yapılmasına karar verilmezse müşteri talebi birikmiş talebe eklenir.

Diğer bir sezgisel potansiyel gönderici seçme metoduna göre ise stok seviyesi ile birim stok tutma maliyetinin çarpımı büyük olan bayi ilk önce tercih edilir. Buna göre elinde stok mevcut olan bayiler  $y_i * h_i$  değerlerine göre büyükten küçüğe göre sıralanır ve bu bayiler bu sıra ile potansiyel gönderici olarak değerlendirilir. Seçilen bir potansiyel bayiden sezgisel yöntemle göre transfer-satış gönderilmesine karar verilirse, başka bir potansiyel bayi değerlendirilmez. Aksi takdirde sıradaki diğer bayi potansiyel bayi olarak ele alınır.

Yukarıda belirtilen iki potansiyel gönderici seçme metodlarından biri kullanıldıktan sonra, transfer-satış politikasının diğer bir aşaması olan gönder/gönderme kararı merkezi yönetici tarafından verilmelidir. Archibald ve ark. (1997) ve Çömez ve ark. (2012a ve 2013) göstermişlerdir ki merkezi yönetilen iki bayili sistemlerde, elinde stok olan potansiyel bir transfer-satış gönderici bayi için dönem içindeki her bir zaman birimi için en iyi bir stok sınırı vardır. Merkezi sistemle yönetildiği halde elinde stok olan bir bayiden her zaman transfer-satış gönderilmemesinin sebebi ise göz ardı edilemeyecek transfer-satış masrafları ve de transfer-satışların her bir talebin arkasından yapılması sebebiyle transfer-satış isteği geldiğinde bayinin kendi satışlarının tümünün belli olmamasıdır.

İki bayili sistemlerde bir bayinin en iyi transfer-satış gönderme/gönderme kararını açıklayan stok-sınırları, bu çalışmamızda bir sezgisel transfer-satış isteği cevaplama politikası olarak kullanılmaktadır. Bunun için çok bayili sistemde potansiyel gönderici olarak seçilen bir bayi  $i$ 'nin bayi  $j$ 'e periyot  $n$ 'de gönder/gönderme kararını belirlerken, sadece alıcı ve potansiyel gönderici

bayiler göz önünde bulundurularak, potansiyel bayinin en iyi stok sınırı  $\bar{y}_i^n$  belirlenmekte ve mevcut stok seviyesi  $y_i$  stok sınırının üstünde ise transfer-satışın bu potansiyel bayiden yapılacağına karar verilir. Aksi takdirde tercih edilen potansiyel bayiden transfer-satış yapılmamasına karar verilir ve bir sonra tercih edilen potansiyel gönderici bayinin yine benzer şekilde iki bayili sistem varsayılarak en iyi stok sınırı hesaplanarak transfer-satış gönderip/göndermemesi belirlenir.

Kullanılan diğer bir sezgisel transfer-satış gönder/gönderme politikası ise transfer-satış süresine direkt olarak bağlı olan bir metottur. Çömez ve ark. (2012a ve 2013) göstermişlerdir ki bu çalışmada da olduğu gibi stok tutma ve birikmiş sipariş maliyetlerinin dönem içinde düzenli olarak hesaba katıldığı durumlarda, iki bayili sistemde bir bayi için en iyi stok sınırı dönem içinde azalmamaktadır. Dönem içinde bayilerin stok miktarının artmayacağı da düşünüldüğünde bir bayinin dönem içinde bir periyotta gerçek stok miktarı stok sınırına bir kere düştükten sonra, dönem sonuna kadar stok miktarı bir daha stok sınırının üstüne çıkamaz. Bu sebeple stok seviyesi stok sınırına düştükten sonra gelen bütün transfer-satışlar için göndermeme kararı alınır. Dönem içinde kalan zaman parametrelere bağlı bir eşğin altına düşünce ise bayinin en iyi stok sınırı sonsuz olmaktadır, diğer deyişle o bayiden hiç transfer-satış gönderilmemesi en iyi karar olabilmektedir. Bu sonuçtan yola çıkarak, sezgisel bir transfer-satış gönder/gönderme politikası olarak transfer-satış ihtiyaç olduğu bir periyot  $n$ 'de transfer-satış ulaşım süresi  $T$   $n$ 'den küçük ( $n > T$ ) ise potansiyel göndericinin elindeki stok miktarından bağımsız olarak transfer-satış göndermesine, aksi takdirde ( $n \leq T$ ) göndermemesine karar verilmiştir. Bu sezgisel metod, sınır sürenin transfer-satış süresine dört birim zaman daha eklenerek ( $n > T+4$ ) belirlenmesi ile farklı bir politika daha olarak test edilmiştir. Aynı transfer-satış metodu altında farklı limitler de üretilebilir, ancak verilen iki ayrı limit altında yapılan sayısal analizler metodun performansı hakkında fikir vermek için yeterli görünmektedir.

Önerilen potansiyel gönderici belirleme metodları ve transfer-satış kararı metodları birleştirilerek sonuç olarak şu dört transfer-satış politikası ortaya konmuştur:

- [P-SS] Azalan  $y_i / p_i$  değerine göre potansiyel gönderici seçilir, iki bayili sisteme göre elde edilen en iyi stok sınırlarına göre potansiyel göndericiden gönder/gönderme kararı verilir.
- [H-SS] Azalan  $y_i * h_i$  değerine göre potansiyel gönderici seçilir, iki bayili sisteme göre elde edilen en iyi stok sınırlarına göre potansiyel göndericiden gönder/gönderme kararı verilir.
- [P-T] Azalan  $y_i / p_i$  değerine göre potansiyel gönderici seçilir, dönem içinde kalan periyot sayısı  $n$ ,  $T$ 'den büyük (eşit veya küçük) ise göre potansiyel göndericiden gönder (gönderme) kararı verilir.

• [P-T4] Azalan  $y_i / p_i$  değerine göre potansiyel gönderici seçilir, dönem içinde kalan periyot sayısı  $n$ ,  $T+4$ 'den büyük (eşit veya küçük) ise göre potansiyel göndericiden gönder (gönderme) kararı verilir.

#### 4. Sezgisel Transfer-Satış Politikalarının Sayısal Performans Analizi

Bölüm 3.2'de tanımlanan dört sezgisel transfer-satış politikasının en iyi transfer-satış politikasına daha yakın olduğunu değerlendirmek için sayısal analizler yapılmıştır. Bütün analizlerde bir dönemdeki periyot sayısı  $N=30$  olarak belirlenmiştir. Herbir problem senaryosu altında öncelikle en iyi transfer-satış politikası kullanılarak en iyi stoklama miktarları  $Y^*$  ve bunun sonucu olarak elde edilecek dönemlik beklenen maliyet  $\pi^*(Y^*)$  hesaplanmıştır. Ayrıca bu transfer-satış politikası ve stoklama kararları altında toplam beklenen dönemlik müşteri talebi olan  $N \sum_{i=1}^M p_i$  'nin ne kadarının direkt bayi stoklarından ( $SS^*$ ), ne kadarının transfer-satışlarla ( $TS^*$ ) karşılanacağı ve de ne kadarının birikmiş talep olarak tutulacağı ( $BS^*$ ) kayıt edilmiştir.

En iyi transfer-satış politikasına oranla sezgisel politikaların ne kadar başarılı olduklarını ölçmek amacıyla her bir problem senaryosu altında her bir sezgisel transfer-satış politikası uygulanmıştır. Bir sezgisel transfer-politikası kullanıldığında, bu politika bütün olası başlangıç stokları altında test edilip uygun stoklama miktarları da bulunmuştur. Örneğin P-SS sezgisel transfer-satış politikası kullanıldığında, (1)'e göre  $\pi_N^{P-SS}(Y)$   $Y$  üzerinden optimize edilmiş ve  $\pi_N^{P-SS}(Y)$  'yi minimize eden stok miktarları  $Y^{P-SS}$  olarak kaydedilmiştir. Bu sebeple her bir sezgisel transfer-satış politikası kullanıldığında elde edilen beklenen toplam dönem maliyeti kendi içinde en iyi stoklama kararları altında hesaplanmıştır. Ayrıca en iyi transfer-satış politikası altında yapıldığı gibi toplam beklenen dönemlik müşteri talebinin ne kadarının direkt bayi stoklarından ( $SS^{P-SS}$ ), ne kadarının transfer-satışlarla ( $TS^{P-SS}$ ) karşılanacağı ve ne kadarının birikmiş talep olarak tutulacağı ( $BS^{P-SS}$ ) kayıt edilmiştir. Aynı hesaplamalar diğer sezgisel transfer-satış politikaları olan H-SS, P-T, ve P-T4 için de yapılmıştır.

Sezgisel transfer-satış politikasının performansını ölçmek için en iyi transfer-satış politikası altındaki sistem verilerinde oluşan değişim hesaplanmıştır. Ayrıca bu değişim miktarlarını değerlendirmede bir referans noktası olması adına tüm problem senaryoları altında hiç transfer-satış kullanılmadığı durumda (**X politikası**) sistem maliyeti  $\pi_N^X(Y^X)$ , en iyi stoklama kararları  $Y^X$  ve diğer veriler bulunmuştur. Hiç transfer-satış kullanılmadığı durumda  $TS$  sıfır olduğu için transfer-satış miktarlarındaki değişim karşılaştırılmamıştır.

Sistemdeki bayi sayısının etkilerini açıkça görebilmek için sayısal analizler  $M=3,4$  ve 5 sistemleri için tekrarlanmıştır.  $M > 5$  bayili sistemler için sezgisel transfer-satış politikaları kullanıldığı durumda oluşan beklenen maliyetler ve en iyi stoklama kararları makul zamanda hesaplanabildiği halde, en iyi transfer-satış politikasının hesaplanıp kullanıldığı sistemin maliyetlerinin hesaplanması güçlü işlemcili (16 RAM) bir bilgisayar ile bile oldukça uzun bir zaman gerektirmektedir.  $M=3, 4$  ve 5 sistemlerinin test edilmesi ile bayi sayısı artışıyla sistem performans değerlerindeki ilişki konusunda yeterli fikir elde edildiği için daha büyük sistemler bu makalede test edilmemiştir.  $M=2$  sistemi için P-SS ve H-SS sezgisel politikalarında kullanılan en iyi stok sınırları en iyi transfer-satış politikasından geldiği için sezgisel ve en iyi politika aynı sonuçları vermektedir. Bu sebeple  $M=2$  için sayısal analizler rapor edilmemektedir.

Her bir problem senaryosu için, kullanılan bir sezgisel transfer-satış politikasının en iyi transfer-satış politikasına göre toplam beklenen sistem maliyetlerinde, toplam en iyi stoklama miktarında, ve beklenen satışların direkt satış, transfer-satış, ve birikmiş talep ile sağlanması beklenen miktarlarında gerçekleşen artış yüzdeleri hesaplanmıştır. Örneğin P-SS sezgisel transfer-satış politikası kullanıldığında en iyi transfer satış politikası kullanıldığı duruma göre dönemlik beklenen sistem maliyetlerindeki artış yüzdesi  $\Delta\pi^{P-SS} = (\pi_N^{P-SS} - \pi_N^*) / \pi_N^* * 100$  ile, en iyi stoklama miktarındaki artış yüzdesi  $\Delta Y^{P-SS} = (Y^{P-SS} - Y^*) / Y^* * 100$  ile, toplam beklenen talebin direkt stoktan karşılanan kısmındaki artış yüzdesi  $\Delta SS^{P-SS} = (SS^{P-SS} - SS^*) / SS^* * 100$  ile, transfer-satış ile karşılanan kısmındaki artış yüzdesi  $\Delta TS^{P-SS} = (TS^{P-SS} - TS^*) / TS^* * 100$  ile ve de birikmiş talep olarak karşılanan kısmındaki artış yüzdesi  $\Delta BS^{P-SS} = (BS^{P-SS} - BS^*) / BS^* * 100$  ile hesaplanmıştır. Benzer şekilde diğer dört sezgisel transfer-satış politikası kullanıldığında ve hiç transfer-satış kullanılmadığında en iyi transfer-satış politikasına göre oluşan sistem verilerindeki yüzde değişimler hesaplanmıştır.

Öncelikle  $M=5$  bayili bir sistem için toplam 310 problem senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryolar oluşturulurken her bir 10 problem senaryo seti için bazı sistem parametreleri sabit tutulup, diğer parametreler rassal olarak bilgisayar programı ile oluşturulmuştur. Rassal parametreler Tablo 1'de verilen aralıklardan tekbiçimli dağılım (uniform distribution) kullanılarak elde edilmiştir.

**Tablo 1: Rassal Parametrelerin Tekbiçimli Dağılım Aralıkları**

$p_i$	(0, 1/M)	$h_i$	(1,3)	$h_0$	(2,3)
$T$	(2,6)	$K$	(20,60)	$\lambda$	(5,15)

Böylelikle her bir sabit parametre setinin test edilen sistemlere etkisi ölçülürken diğer parametreler rassal olarak seçildiği için daha sağlam sonuçlar elde edildiği düşünülmektedir. Tablo 2 farklı sabit parametrelerden oluşan 31 problem senaryosunu özetlemektedir. P1’den P31’e kadar adlandırılan problemlerin her biri için boş olarak verilen parametreler Tablo 1’deki dağılıma göre rassal olarak belirlenip, 10 farklı problem senaryosu üretilmiştir.

**Tablo 2: M=5 Sistem için Sayısal Analizlerde Kullanılan Problem Senaryolarının Ana Hatları**

Problem Adı	$p_i$	$h_i$	$h_0$	$T$	$K$	$\lambda$	Problem Adı	$p_i$	$h_i$	$h_0$	$T$	$K$	$\lambda$
P1	0.4/M						P17				2		
P2	0.5/M						P18				4		
P3	0.6/M						P19				6		
P4	0.7/M						P20				8		
P5	0.8/M						P21				10		
P6	0.9/M						P22				0		
P7		0.5					P23				10		
P8		1					P24				30		
P9		2					P25				50		
P10		3					P26				70		
P11		4					P27					4	
P12			1				P28					8	
P13			1.5				P29					12	
P14			2				P30					16	
P15			3				P31					18	
P16			4										

Tüm sezgisel transfer-satış politikalarının performansları konusunda detaylı bir fikir vermesi için Tablo 3 ve Tablo 4’te 5 bayili ( $M=5$ ) sistem için sonuçlar kaydedilmiştir. Tekrar not edelim ki her bir problem için verilen yüzde performans skorları aslında 10 problem senaryosundan elde edilen yüzde performansları ortalamalarıdır (Ort  $\Delta$ ).

Tablo 3: M=5 Bayili Sistem İçin Sezgisel Transfer-Satış Politikaları X, P-SS ve H-SS'in En İyi Transfer-Satış Politikasına Göre Performans Sonuçları

	X				P-SS					H-SS				
	$\Delta\pi$	$\Delta SS$	$\Delta BS$	$\Delta Y$	$\Delta\pi$	$\Delta SS$	$\Delta TS$	$\Delta BS$	$\Delta Y$	$\Delta\pi$	$\Delta SS$	$\Delta TS$	$\Delta BS$	$\Delta Y$
	<i>Artan Toplam Talep</i>													
P1	16.8	14.4	20.9	7.4	0.4	-0.1	1.4	-0.7	0.0	0.2	-0.4	1.6	0.2	0.0
P2	17.7	13.2	20.7	9.3	0.3	0.1	0.4	-0.4	0.0	0.2	-0.5	2.2	0.3	0.0
P3	14.3	10.0	16.9	7.5	0.1	0.0	0.3	-0.4	0.0	0.3	-0.2	1.2	0.4	0.0
P4	9.8	9.5	9.4	7.0	0.2	-0.1	1.9	-0.3	0.0	0.3	1.1	-1.7	-2.9	1.7
P5	7.9	5.7	12.9	4.2	0.1	-0.5	2.5	1.0	-0.5	0.2	0.2	0.1	-0.9	0.5
P6	9.0	6.7	12.4	5.0	0.2	0.0	0.9	-0.3	0.0	0.2	-0.3	1.7	0.4	0.0
	<i>Artan Stok Tutma Maliyeti</i>													
P7	6.9	1.4	21.9	3.8	0.2	-0.1	1.1	0.3	0.0	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.0
P8	8.1	5.3	10.3	8.1	0.3	-0.2	1.6	1.0	0.0	0.3	-0.2	1.4	0.8	0.0
P9	8.1	5.0	16.5	2.0	0.2	-0.1	1.7	-0.2	0.0	0.3	-0.3	2.8	0.1	0.0
P10	10.8	7.6	19.0	0.5	0.2	-0.1	0.9	-0.2	0.0	0.5	-0.7	3.6	0.2	0.0
P11	18.9	14.8	19.1	1.4	0.1	-0.1	0.6	-0.1	0.0	0.5	-1.1	4.4	0.0	0.0
	<i>Artan Transfer-Satıştaki Stok Tutma Maliyeti</i>													
P12	14.0	9.3	24.7	6.8	0.5	-0.3	2.9	-0.6	0.0	0.7	-0.8	3.7	1.4	0.0
P13	13.1	11.1	11.7	9.2	0.4	-0.4	3.5	-0.4	0.0	0.7	-0.9	4.9	0.4	0.0
P14	11.7	5.9	24.9	4.0	0.4	-0.7	3.5	2.1	-0.8	0.6	-1.3	5.2	2.9	-0.8
P15	14.5	11.2	15.7	7.8	0.3	0.0	1.6	-0.5	0.0	0.6	-0.6	3.0	0.7	0.0
P16	15.6	9.3	22.8	7.9	0.4	0.4	0.7	-2.1	0.7	0.6	0.1	2.2	-1.0	0.7
	<i>Artan Transfer-Satış Suresi</i>													
P17	25.0	17.6	25.8	10.4	0.3	-0.6	2.6	-0.4	0.0	0.5	-1.4	5.4	0.7	0.0
P18	14.3	8.8	22.2	6.3	0.4	0.0	1.4	-0.5	0.0	0.4	-0.5	2.7	0.6	0.0
P19	6.7	4.7	15.4	2.2	0.3	0.6	1.1	-2.2	1.0	0.5	-0.2	2.3	-0.2	0.5
P20	3.9	3.6	7.7	3.9	0.3	0.0	3.0	-0.3	0.0	0.2	-0.2	1.5	0.6	0.0
P21	2.6	2.0	7.2	1.1	0.1	0.0	2.4	-0.3	0.0	0.2	-0.6	3.7	2.4	-1.0
	<i>Artan Transfer-Satış Sabit Maliyeti</i>													
P22	28.8	20.5	23.6	11.3	0.3	-0.2	2.7	-2.5	1.0	0.6	-1.5	4.3	-0.9	0.7
P23	27.2	18.7	20.9	14.1	0.3	-0.5	2.9	-0.2	0.0	1.0	-0.2	3.9	-1.4	1.3
P24	18.0	11.7	21.6	7.7	0.4	-0.2	1.7	-0.5	0.0	0.7	-1.1	4.3	1.0	0.0
P25	8.2	6.2	11.0	5.2	0.2	0.0	1.3	-0.5	0.0	0.4	-0.4	2.0	1.1	0.0
P26	5.8	5.5	8.5	4.0	0.3	-0.1	3.8	-0.5	0.0	0.4	-0.1	0.9	-0.6	0.6
	<i>Artan Birikmiş Talep Maliyeti</i>													
P27	5.0	6.3	9.3	-1.0	0.3	0.2	1.1	-0.4	0.0	0.3	-0.6	3.6	0.2	0.0
P28	11.2	11.7	11.3	6.6	0.3	-0.4	3.6	0.3	0.0	0.7	-1.1	4.7	0.7	0.0
P29	16.2	11.0	16.5	9.2	0.3	0.0	1.5	-0.6	0.0	0.6	-0.9	4.0	0.8	0.0
P30	18.7	8.9	32.1	11.0	0.6	-0.1	1.3	-0.3	0.0	0.6	0.4	0.6	-2.4	1.4
P31	18.5	11.4	11.1	17.3	0.4	-0.1	1.7	-0.3	0.0	0.7	-0.1	1.1	-0.5	0.7

**Tablo 4: M=5 Bayili Sistem İçin Sezgisel Transfer-Satış Politikaları P-T ve P-T4'ün En İyi Transfer-Satış Politikasına Göre Performans Sonuçları**

	<b>P-T</b>					<b>P-T4</b>				
	$\Delta\pi$	$\Delta SS$	$\Delta TS$	$\Delta BS$	$\Delta Y$	$\Delta\pi$	$\Delta SS$	$\Delta TS$	$\Delta BS$	$\Delta Y$
	<i>Artan Toplam Talep</i>									
<b>P1</b>	3.0	-2.7	49.6	-18.5	0.8	1.2	-1.6	14.1	0.1	0.0
<b>P2</b>	3.0	-2.1	47.2	-19.5	0.8	1.2	-0.3	5.9	1.2	0.8
<b>P3</b>	4.6	-4.6	73.0	-22.4	-0.2	1.8	-2.2	31.0	-4.7	0.6
<b>P4</b>	5.4	-3.4	85.1	-21.7	1.4	1.7	0.3	27.6	-9.2	2.9
<b>P5</b>	6.1	0.9	106.3	-31.7	5.8	1.8	-0.1	38.9	-3.7	1.5
<b>P6</b>	5.8	-1.4	100.1	-27.1	3.3	1.3	1.0	23.0	-6.8	2.2
	<i>Artan Stok Tutma Maliyeti</i>									
<b>P7</b>	4.9	0.1	167.9	-38.9	1.2	1.0	-0.1	46.5	-1.1	0.0
<b>P8</b>	6.4	0.2	152.7	-39.5	3.1	1.8	-0.4	61.7	-4.5	0.7
<b>P9</b>	5.2	-1.8	98.5	-23.8	3.2	1.6	-0.5	32.7	-6.2	2.1
<b>P10</b>	3.3	-6.5	66.6	-7.7	-0.8	1.3	-2.4	24.0	-3.1	0.8
<b>P11</b>	0.9	-3.8	25.8	-3.6	0.0	0.7	-2.2	9.8	1.3	0.0
	<i>Artan Transfer-Satistaki Stok Tutma Maliyeti</i>									
<b>P12</b>	2.5	-1.8	47.1	-19.1	0.6	0.8	-0.7	-1.3	3.4	0.0
<b>P13</b>	3.8	-4.0	58.9	-17.3	0.0	1.6	-0.7	11.6	-2.0	1.3
<b>P14</b>	3.3	-2.4	64.2	-17.9	0.6	1.1	-1.0	6.4	3.8	0.0
<b>P15</b>	4.3	-3.5	91.8	-18.3	0.9	1.6	-1.3	37.6	-3.5	1.2
<b>P16</b>	3.5	-1.6	51.9	-24.8	1.2	1.0	-0.4	4.0	-0.6	0.7
	<i>Artan Transfer-Satis Suresi</i>									
<b>P17</b>	1.8	-4.5	26.2	-8.6	-2.3	0.5	-1.3	3.8	1.7	0.0
<b>P18</b>	3.7	-2.7	59.0	-21.2	0.8	1.2	-1.4	14.1	-0.5	0.0
<b>P19</b>	4.8	-1.0	95.5	-25.5	3.3	1.4	-0.4	27.3	-5.5	1.6
<b>P20</b>	4.1	1.0	118.7	-23.7	4.6	1.3	0.5	30.5	-2.2	1.7
<b>P21</b>	4.2	0.6	174.0	-19.4	4.3	1.3	0.2	49.9	-3.0	1.7
	<i>Artan Transfer-Satis Sabit Maliyeti</i>									
<b>P22</b>	0.5	-1.2	10.5	-4.5	1.0	2.2	1.2	-19.2	14.7	0.0
<b>P23</b>	0.8	-0.9	12.8	-7.1	0.7	1.7	0.9	-18.1	14.1	0.0
<b>P24</b>	2.4	-2.6	41.4	-13.8	0.0	1.1	-0.7	1.9	4.1	0.0
<b>P25</b>	5.8	-3.2	107.6	-23.5	0.9	1.9	-0.6	38.2	-5.8	1.4
<b>P26</b>	9.5	-3.1	190.6	-32.0	3.8	4.0	1.5	101.0	-21.9	6.3
	<i>Artan Birikmis Talep Maliyeti</i>									
<b>P27</b>	9.7	-14.9	230.8	-5.8	-2.7	7.3	-6.1	164.1	-14.9	4.3
<b>P28</b>	4.7	-4.0	83.4	-16.0	0.2	1.6	-0.9	32.4	-8.0	1.5
<b>P29</b>	2.7	-1.8	46.3	-18.6	1.0	0.8	-0.5	0.0	3.1	0.0
<b>P30</b>	2.1	-0.4	29.2	-20.8	1.1	1.3	0.0	-13.9	12.3	0.0
<b>P31</b>	1.5	-0.9	28.2	-16.9	0.0	1.5	0.2	-20.4	18.0	0.0



Tablo 3 ve Tablo 4'e göre P1, P2, P7 ve P20 problemleri haricinde beklenen dönemlik maliyetler açısından en iyi transfer-satış politikasına en yakın sonuçlar veren P-SS yani azalan  $y_i / p_i$  değerine göre potansiyel gönderici seçilip iki bayili sistemdeki en iyi stok sınırlarına göre gönder/gönderme kararı alınan politikadır. H-SS politikası da en iyi politikaya oldukça yakın sonuçlar vermektedir. Tablo 3'e göre H-SS politikası ortalama en fazla %1 maliyet artışına sebep olmaktadır. Sezgisel politikaların kullanımının en iyi politikaya göre yolaçtığı maliyet artışı transfer-satış kullanmama politikası X'in beklenen maliyetlere yaptığı artış ile karşılaştırıldığında daha iyi değerlendirilebilir. Tablo 3'te X politikası ile oluşan maliyet artışı ( $\Delta\pi$ ) % 30'a yaklaşabilmektedir. Bu maliyet farkı artan stok tutma maliyeti  $h_i$  ve birikmiş talep maliyeti  $\lambda$  ile ve de azalan toplam talep olasılığı  $\sum_i p_i$ , transfer-satış sevkiyat süresi  $T$  ve transfer-satış sabit masrafı  $K$  ile artmaktadır. Bununla beraber  $\Delta Y$  değerlerine bakıldığında transfer-satış kullanılmamasından dolayı en iyi stoklama miktarında %17'e varan bir artış olabilmektedir. P-SS ve H-SS politikaları altında ise  $\Delta Y$  [-%1,%1.7] aralığında değişmektedir. Hem pozitif hem negatif değerlerin oluşu üreticiden alınan toplam stoğun sezgisel politika altında hem artma hem azalma olasılığını göstermektedir. Özetle, hesaplaması ve uygulaması kolay sezgisel transfer-satış politikaları ile çoklu bir bayi sisteminde transfer-satış yapmanın tamamiyle transfer-satışlara kapalı bir politikaya göre hem elde bulundurulacak stok bakımından hem de toplam stok tutma ve müşteri bekletme maliyetleri açısından oldukça kârlı bir karar olduğu açıkça görülmektedir.

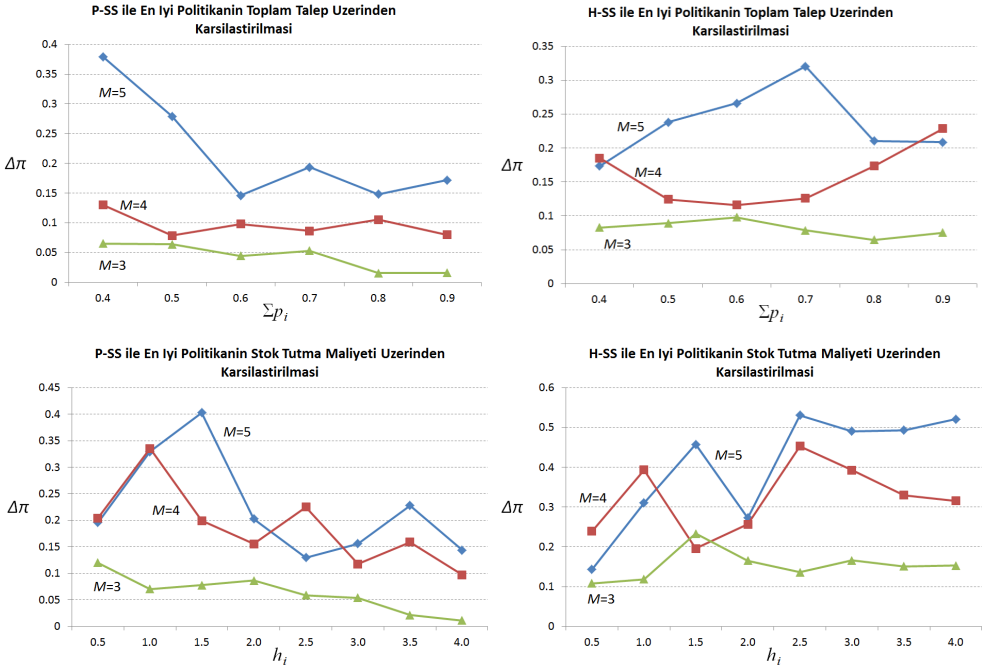
P-SS ve H-SS politikalarının uygulamasında iki bayili sistemden bütün bayi eşleştirmeleri için tüm periyotlara ait en iyi stok sınırları hesaplanmaktadır. Buna nispeten P-T ve P-T4 politikaları uygulanırken sadece transfer-satış periyodunun sınır periyot olan, sırasıyla T ve T+4 den büyük olup olmadığına bakılır. Bu sebeple P-T ve P-T4 politikaları gönder/gönderme kararları açısından uygulamada daha kolay görülmektedir. Ancak beklenen maliyetler yönünden en iyi transfer-satış politikasına göre daha yüksek sapmaya sebep olmaktadır. Yine de birçok problem senaryosu altında transfer-satış kullanılmamasına göre maliyet düşüşü sağlayacakları görülmektedir.

Toplam beklenen talebin karşılanma metodu açısından bakıldığında ise, önermiş olduğumuz dört sezgisel metod altında  $\Delta TS$ 'in genel olarak pozitif olduğu,  $\Delta SS$  ve  $\Delta BS$ 'in ise negatif değerler aldıkları görülmektedir. Bu sonuçlar göstermektedir ki sezgisel metodlar genel olarak en iyi transfer-satış politikasına göre daha fazla transfer-satış yapılmasına izin vermektedirler. Bu da birikmiş talep olma olasılığını azaltırken, elinde stok olan bayilerin direkt müşteri satışı yerine ürünlerini, elinde stok olmayan bayilere yaptıkları transfer-satışlar için kullanmalarına, transfer-satış masrafları yüzünden toplam

maliyetlerin artmasına sebep olmaktadır. A.B.D. bazlı bir otomobil firması ile yapmış olduğumuz kişisel görüşmelerde de firma yetkilileri bu konuda firmaları içindeki kaygılarını belirtmişler, bayilerin gerekenden çok daha fazla transfer-satış yaptıklarında maliyetleri düşürmek yerine yükselttiklerini belirtmişlerdir.

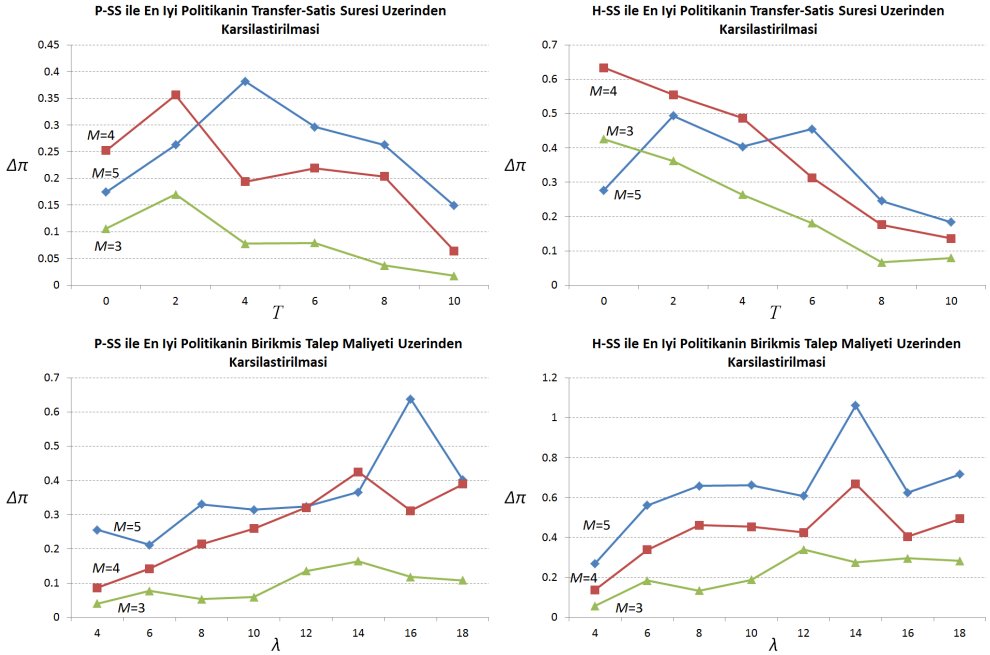
5 bayili bir sistem için sezgisel politikaların performans analizine detaylıca baktıktan sonra P-SS ve H-SS sezgisel politikalarının her biri için 3, 4 ve 5 bayi sistemlerindeki performans karşılaştırılması yapılmıştır. P-T ve P-T4 politikalarının P-SS ve H-SS politikalarına göre daha zayıf sonuçlar verdikleri Tablo 3 ve Tablo 4’te gösterildiği için P-T ve P-T4 için karşılaştırmalar göz ardı edilmiştir. P-SS ve H-SS sezgisel politikalarının 3, 4 ve 5 bayi sistemlerindeki performanslarının önemli sistem parametreleri  $\sum p_i$ ,  $h_i$ ,  $T$  ve  $\lambda$ ’ya göre nasıl değiştiği Figür 1 ve 2 ile görülmektedir. Bu figürlerdeki sonuçları elde etmek için herbir üzerinde çalışılan parametre belli bir değerde sabit tutulup Tablo 1’deki dağılımlar kullanılarak diğer tüm sistem parametreleri rassal olarak belirlenip 10 problem senaryosu üretilmiştir. Daha sonra bu 10 senaryo altında en iyi, P-SS ve H-SS transfer-satış politikaları kullanılarak sezgisel politikaların en iyi politikaya göre performansları hesaplanıp, 10 senaryo üzerinden ortalama performansları bulunmuştur. Bu sebeple Figür 1 ve 2’de verilen her bir performans değeri sabit parametre dışında diğer tüm parametrelerin rassal olarak belirlendiği 10 farklı senaryoda oluşan ortalama performanstır. Problem senaryoları  $M=3, 4$  ve  $5$  bayili sistemler için ayrı ayrı üretilip, performans değerlendirmeleri yapılmıştır.

Figür 1 ve 2’ye göre sistemdeki bayi sayısı arttıkça genel olarak sezgisel politikaların en iyi politikadan farkı artmaktadır. Ancak yine de sezgisel politikalar %1’den az maliyet artışına sebep olmaktadır. Yine bazı istisnalar dışında genel olarak P-SS politikası H-SS’den daha başarılı sonuçlar vermektedir. Sezgisel politikaların performanslarının sistem parametrelerine hassasiyetine bakıldığında, stok tutma maliyeti  $h_i$ ’ın P-SS ve H-SS politikaları üzerinde ters etkisi olduğu görülmektedir. Stok tutma maliyeti arttıkça P-SS politikası en iyi politikaya yaklaştığı halde H-SS politikasının performansı düşmekte, diğer bir ifadeyle maliyet artışı artmaktadır. Ancak  $h_i$ ’ın H-SS politikası üzerindeki etkisi genel olarak monotonik bir değişim göstermemektedir. Bunun en açık sebebi  $h_i$ ’ın H-SS politikasında potansiyel gönderici seçmek için direkt olarak kullanılıyor olması. Tablo 3’te de görüleceği gibi  $h_i$  artarken H-SS politikası ile en iyi politikaya nazaran çok daha fazla transfer-satış yapılmakta, bu da maliyet farkını açmaktadır. Ancak yine aynı tabloda görülebileceği gibi  $h_i$  artarken H-SS ve en iyi politika arasında birikmiş talep olarak karşılanan kısım ve bunun sonucu olan maliyet farkı azalmaktadır. Bu sebeple H-SS politikasının en iyi politikaya göre performansı monotonik bir değişim göstermemektedir.



**Figür 1:** P-SS ve H-SS politikalarının  $N=30$  da 10ar kümelik problem senaryoları üzerinden hesaplanan ortalama performans değerlerinin  $\Sigma p_i$  ve  $h_i$  parametrelerine göre değişimi

Transfer-satış sevkiyat süresi  $T^n$ 'nin iki sezgisel politika üzerinde benzer etkisi görülmektedir. Genel olarak sevkiyat süresi arttıkça sezgisel politikalarla yapılan transfer-satışlar en iyi politikaya yaklaşmakta, bu sebeple maliyet farkı da azalmaktadır. Birikmiş talep maliyeti  $\lambda$  da iki sezgisel politika üzerinde de aynı yönde ancak  $T^n$ 'nin tersi bir etki olarak sezgisel politikaların performansını düşürmektedir.  $\lambda$ 'nın etkisini açıklamak diğer parametrelere göre daha zordur. Bunun sebebi ise  $\lambda$ 'daki artış hem müşteri bekleme maliyetini arttırdığı için transfer-satışları daha cazip hale getirmektedir, hem de direkt transfer-satış maliyetini arttırmaktadır. Bu sebeple  $\lambda$ 'ın sezgisel politikalar üzerinde etkisi monotonik bir sonuç göstermemektedir.



Figür 2: P-SS ve H-SS politikalarının  $N=30$  da 10ar kümelik problem senaryoları üzerinden hesaplanan ortalama performans değerlerinin  $T$  ve  $\lambda$  parametrelerine göre değişimi

## 5. Sonuçlar ve Gelecek Araştırma Önerileri

Günümüzde birçok sektörde bayiler tarafından transfer-satışların kullanıldığı müşteriler tarafından sıkça tecrübe edildiği halde, transfer-satışlar konusunda detaylı deneysel çalışmalar maalesef mevcut değildir. Bunun sebebinin çoğu firmanın bu konuda kendileri için en iyi politikayı bilmiyor olmaları, transfer-satışların düzenli değil ancak acil durum ihtiyacı olduğu için düzenli kayıtlarının olmaması ya da firmaların belli bir transfer-satış politikası ilan edip hem diğer firmalar hem de müşterilerine karşı bir söz altına girmek istememeleri olduğunu tahmin ediyoruz. Ancak transfer-satışların matematiksel modellenmesi ve analitik olarak çalışılması Krishnan ve Rao (1965) makalesine kadar uzanmakta ve zaman içinde birçok yönden araştırmacıların ilgisini çekmeye devam etmektedir.

Bu çalışma transfer-satış literatüründe halen çok açık olarak değinilmemiş bir açı olan çoklu bayi sistemlerini ele almaktadır. Paterson, Kiesmüller, Teunter ve Glazebrook (2011) transfer-satış literatür taramasında da değinildiği gibi çoklu bayi sistemlerinin analitik analizi iki bayili sistemlere göre oldukça karmaşık olduğu için bu konuda araştırmacıların yapacağı katkılara ihtiyaç bulunmaktadır. Çoklu bayi sistemleri konusunda ortaya konacak sonuçlar ise özellikle bilimsel transfer-satış çalışmalarının uygulamacılar tarafından yararlı bulunması ve uygulamaya aktarılabilmesi için önem taşımaktadır.

Çoklu bayi sistemlerindeki transfer-satış analizini zorlaştıran en önemli nokta transfer-satış politikasının iki aşamalı olmasıdır. İlk aşama transfer-satış ihtiyacı doğduğunda birden fazla gönderici olabilecek bayi varsa hangi bayinin potansiyel gönderici olarak seçileceğidir. İkinci aşamada ise seçilen gönderici için sistemdeki tüm bayilerin stok ve talep durumlarına bağlı bir cevaplama kararı yapılması gerekmektedir. Bu iki aşamanın da en iyi şekilde yapılabilmesi iki bayi sistemindeki en iyi politikadan çok daha zorlu olabilmektedir. Bu noktada bu çalışmanın amacı iki bayili sistemde en iyi olduğu gösterilmiş politikalarından faydalanarak çoklu bayi sisteminde en iyi politikaya mümkün olduğunca yakın sezgisel politikalar ortaya koymaktır.

Merkezi yönetilen, transfer-satışların stoklama dönem sonunu beklemeden dönem içinde ihtiyaç duyulduğunda göz önüne alındığı, çoklu bir bayi sistemi ele alınmıştır. Bu sistem için dört farklı sezgisel transfer-satış politikası önerilip, performansları ne iyi politikaya göre rassal üretilen problem senaryoları üzerinde sayısal olarak test edilmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki, önerilen politikaların özellikle iki bayili sistemden gelen stok sınırlarını kullanan iki tanesi beş bayili bir sistemde en iyi politikaya %1 yakın beklenen maliyetler vermektedirler. Sistemden üç veya dört bayi olduğunda maliyet farkı daha da az olmaktadır. Ayrıca sistemdeki toplam stoklama miktarı ve transfer-satış kullanma sıklığı en iyi politikadan sadece çok az miktarda farklılık göstermektedir.

Bu çalışmada ele alınan sezgisel politikalar sayısal olarak daha büyük bayi sistemlerinde de test edilebilir. Ancak bilgisayar kullanılarak yapılan en iyi politika hesaplama zamanları sistemdeki bayi sayısı arttıkça üssel (exponential) olarak arttığı için, çok büyük sistemlerde sezgisel politikaların en iyi politika yerine hesaplaması daha kolay uç politikalar olan tüm havuzlama (complete pooling) ve/veya hiç havuzlama kullanmama (no pooling) politikaları ile karşılaştırmaları yapılabilir. Biz bu çalışmada sezgisel politikaların en iyi politikalara göre performans analizini yapmak istediğimiz için sistem büyüklüğünü çoklu bayiler hakkında fikir verebilecek ancak uygun hesaplama zamanları gerektirecek şekilde beş bayili sistemler ile kısıtlı tuttuk. Yeni çalışmalarla önermiş olduğumuz sezgisel politikalar simülasyon yöntemi kullanılarak da çok büyük sistemlerde uç politikalarla karşılaştırılabilir.

Kaynakça

- Archibald, T.W., S.A.E. Sassen, L.C. Thomas. 1997. An Optimal Policy for a Two Depot Inventory Problem with Stock Transfer. *Management Science* 43(2) 173-183. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.43.2.173>
- Archibald, T. W. 2007. Modelling Replenishment and Transshipment Decisions in Periodic Review Multilocation Inventory Systems. *Journal of the Operational Research Society* 58 948-956. <http://dx.doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602217>
- Archibald, T. W., D.P. Black, K.D. Glazebrook. 2009. An Index Heuristic for Transshipment Decisions in Multi-Location Inventory Systems Based on a Pairwise Decomposition. *European Journal of Operational Research* 192 69-78. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2007.09.019>
- Berman, O., D. Krass, M. M. Tajbakhsh. 2011. On the Benefits of Risk Pooling in Inventory Management. *Production and Operations Management* 20(1) 57-71. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1937-5956.2010.01134.x>
- Corsten, D., T. Gruen. 2004. Stock-Outs Cause Walkouts. *Harvard Business Review* 82 (5) 26-28.
- Cox, M.W., R. Alm. 1998. The Right Stuff: America's Move to Mass Customization. *Annual Report of the Federal Reserve Bank of Dallas, TX*.
- Çömez, N., K. E. Stecke, M. Çakanyıldırım. 2012a. Multiple In-Cycle Transshipments with Positive Delivery Times. *Production and Operations Management* 21 (2) 378-395. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1937-5956.2011.01244.x>
- Çömez, N., K. E. Stecke, M. Çakanyıldırım. 2012b. In-Season Transshipments among Competitive Retailers. *Manufacturing and Service Operations Management* 14(2) 290-300. <http://dx.doi.org/10.1287/msom.1110.0364>
- Çömez, N., M. Çakanyıldırım, K. E. Stecke. 2013. Optimal Transshipments and Reassignments Under Periodic or Cyclic Holding Cost Accounting. *Journal of the Operational Research Society*, forthcoming.
- Gross, D. 1963. Centralized inventory control in multilocation supply systems. Scarf, H. E., D. M. Gilford, M. W. Shelly eds, *Multistage Inventory Models and Techniques*. Stanford University Press, Stanford, CA, 47-84.
- Hu, X., I. Duenyas, R. Kapuscinski. 2007. Existence of Coordinating Transshipment Prices in a Two-Location Inventory Model. *Management Science* 53(8) 1289-1302. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.1060.0694>
- Köse, N., Y. Yalçın, F. Emirmahmutoglu. 2008. Türkiye Turizm Sektörünün Talep Analizi. *İktisat İşletme ve Finans*. 23(263) 24-40. <http://dx.doi.org/10.3848/iif.2008.263.4492>
- Kranenburg, A.A., G. J. van Houtum. 2009. A New Partial Pooling Structure for Spare Parts Networks. *European Journal of Operational Research* 199 908-921. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2009.01.057>
- Krishnan, K. S., V. R. K. Rao. 1965. Inventory Control in N Warehouses. *Journal of Industrial Engineering* 16 212-215.
- Kukreja, A., C. P. Schmidt, D. M. Miller. 2001. Stocking Decisions for Low-Usage Items in a Multilocation Inventory System. *Management Science* 47(10) 1371-1383. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.47.10.1371.10263>
- Narus, J. A., J. C. Anderson. 1996. Rethinking Distribution: Adaptive Channels. *Harvard Business Review* July-August 112-120.
- Özdemir, D., E. Yucesan, Y. T. Herer. 2006. Multi-location Transshipment Problem with Capacitated Transportation. *European Journal of Operational Research* 175 602-621. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2005.06.004>

- Özdemir, M. 2011. Genetik Algoritma Kullanılarak Portföy Seçimi. *İktisat İşletme ve Finans*. 26(299) 43-66. <http://dx.doi.org/10.3848/iif.2011.299.2831>
- Paterson, C., G. Kiesmüller, R. Teunter, K. Glazebrook. 2011. Inventory models with lateral transshipments: A review. *European Journal of Operational Research* 210 125-136. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2010.05.048>
- Robinson, L. W. 1990. Optimal and Approximate Policies in Multiperiod, Multilocation Inventory Models with Transshipments. *Operations Research* 38(2) 278-295. <http://dx.doi.org/10.1287/opre.38.2.278>
- Rudi, N., S. Kapur, D. F. Pyke. 2001. A Two-Location Inventory Model with Transshipment and Local Decision Making. *Management Science* 47(12) 1668-1680. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.47.12.1668.10235>
- Satır, B., S. Savaseneril, Y. Serin. 2012. Pooling through lateral transshipments in service parts systems. *European Journal of Operational Research* 220 370-377. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2012.02.009>
- Tagaras, G., M. A. Cohen. 1992. Pooling in Two-Location Inventory Systems with Non-Negligible Replenishment Lead Times. *Management Science* 38(8) 1067-1083. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.38.8.1067>
- Talluri, K., G. van Ryzin. 2004. Revenue Management Under a General Discrete Choice Model of Consumer Behavior. *Management Science* 50(1) 15-33. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.1030.0147>
- Tomlin, B. 2006. On the Value of Mitigation and Contingency Strategies for Managing Supply Chain Disruption Risks. *Management Science* 52(5) 639-657. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.1060.0515>
- Uludağ, A. S., İ. Erol. 2008. Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı ve Bir Uygulama. *İktisat İşletme ve Finans*. 23(267) 89-115. <http://dx.doi.org/10.3848/iif.2008.267.8548>
- Van Wijk, A.C.C., I.J.B.F. Adan, G.J. van Houtum. 2012. Approximate Evaluation of Multi-Location Inventory Models with Lateral Transshipments and Hold Back Levels. *European Journal of Operational Research* 218 624-635. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2011.12.004>
- Zhao, H., J.K. Ryan, V. Desphande. 2008. Optimal Dynamic Production and Inventory Transshipment Policies for a Two-Location Make-to-Stock System. *Operations Research* 56(2) 400-410. <http://dx.doi.org/10.1287/opre.1070.0494>
- Zhao, X., D. Atkins. 2009. Transshipment Between Competitive Retailers. *IIE Transactions* 41 665-676. <http://dx.doi.org/10.1080/07408170802702120>

## *Extensive Summary*

### **Alternative transshipment policies for centralized multi-retailer systems**

**Nagihan Çömez\***

Bilkent Universty

Received 13 September 2012; received in revised form 11 March 2013;  
accepted 18 March 2013

#### **1. Introduction**

Despite customers' common experience of retailers utilizing transshipments in case that they realize more demand than they have expected, actual data about transshipments and/or transshipment policies of companies are not well announced. We expect that that is mainly because that companies do not know their best transshipment policies. Although there are extensive number of analytical studies to help practitioners to obtain optimal transshipment policies, mostly these work are limited to two-retailer systems to be able to get analytically nice results. As we observe that most real systems are composed of more than two parties that can interact through transshipments, we believe that even good enough solutions for these large systems would be beneficial compared to extreme policies such as a default policy of not using any transshipments or agreeing all transshipment requests.

For this purpose, in this work we study a centralized inventory sharing system of multiple retailers that are replenished periodically from the supplier. Between two replenishments, a unit can be transshipped to a stocked-out retailer from the other retailer. It arrives a transshipment time later, during which the stocked-out retailer incurs backorder cost. Without transshipment, backorder cost is incurred until the next replenishment. Since the transshipment time is shorter than the time between two replenishments, transshipments can reduce the backorder cost at the stocked-out retailer, while decreasing the holding costs at the other retailer. The system is directed by a centralized inventory manager, who minimizes the long-run average cost consisting of replenishment, holding, backorder, and transshipment costs. Our transshipment model differs from the most literature because we allow for multiple transshipments between replenishments, positive transshipment times, and backorder costs.

#### **2. Method**

For a two-retailer system, it is shown in the past studies that the optimal transshipment policy is characterized by holdback inventory levels, which are non-increasing in the remaining time until the next replenishment (Çömez et al. 2012a). However, when there are more than two retailers in the system, the optimal sending decision at a retailer with on-hand inventory depends on both his own inventory level and also on all the other retailers' inventory levels in the system as well (Archibald 2007). Besides, compared to a two retailer system, now there is additional step of the transshipment policy, which is from which retailer to ask the transshipment from. Thus, the optimal transshipment policy in a multi-retailer system is highly complex to define on paper, thus avoided in the past literature both from analytical and practical purposes.

Therefore, in this study, we offer four heuristic transshipment policies, which are easily applicable and rely on scientific results obtained in the past studies for two-retailer systems.

\*Adress for Correspondence: Bilkent Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Bilkent, Ankara, Türkiye.  
E-mail: [comez@bilkent.edu.tr](mailto:comez@bilkent.edu.tr)



In the first one called **P-SS**, selection of potential transshipment requested retailer is done according to the ratio of on-hand inventory level to demand probability of the retailer with on-hand inventory. A retailer is preferred as a potential requested according to decreasing inventory-demand probability ratio. The idea follows from the previous results on the willingness of the central manager to send a transshipment when the inventory level is higher and demand probability is lower at the requested retailer (Çömez et al. 2012a, Çömez et al. 2013). After the potential requested is chosen, the sending/not sending is determined according to the holdback levels of the requested retailer, which are found as optimal in a two-retailer system by ignoring all retailers other than the requesting and requested retailers. If the request is found to be accepted according to these pair wise optimal holdback levels, the transshipment is sent. Otherwise the next potential requested retailer is selected according to inventory-demand probability ratio ranking.

In a second heuristic called **H-SS**, the potential requested retailer is determined according to decreasing inventory level times unit holding cost value. The idea of this requested retailer selection method follows from the past studies showing that when the holding cost is higher at a retailer, it should be better for the system to send a unit as a transshipment. After the potential requested is selected, the response of the requested retailer is again determined according to pair wise holdback levels obtained from a two-retailer system.

In the third and fourth heuristics proposed, the decreasing inventory to demand probability ratio is used to select the potential requested retailer. To reply the transshipment request at the selected potential requested retailer, a very simple time-to-next replenishment rule is used. According to Çömez et al. (2012a) and (2013), in a two-retailer system, optimal holdback levels increase approaching the end of a replenishment cycle. Given that the inventory levels cannot increase during a cycle, once the inventory level of a retailer hits her holdback level during a cycle, no more transshipment requests would be accepted by this retailer during the cycle. So, for a requested retailer, the total cycle can be split into two regions: up to a certain time in the cycle transshipment requests would be accepted and after this time all requests would be rejected. In an optimal policy, this stopping point would be a function of actual demand pattern. Following this idea, we introduce two heuristic transshipment request reply policies such that in one of them the transshipment sending stopping point is  $T$  remaining periods to the end of the cycle and in the second one  $T+4$ , where  $T$  is the transshipment time. These policies are called **P-T** and **P-T4**, respectively.

To evaluate the performances of the four heuristic transshipment policies proposed, we run numerical experiments. For this purpose, we generate problem scenarios by obtaining most of the system parameters according to random distributions. Under each problem scenario, we run a multi-retailer transshipment system by using each of the optimal, four heuristic and no pooling transshipment policies separately and utilizing expected value functions. Under each transshipment policy used, the resulting optimal supplier replenishment amounts, expected costs, the amount of transshipments used, direct customer sales and backorders made are recorded. The results are used to calculate the increase in total expected costs, stocking amounts and also demand satisfaction method by each non-optimal transshipment policy compared to the optimal one.

### 3. Results

The results mainly indicate that in general all heuristic transshipment policies are more effective compared to a no pooling policy. Especially **P-SS** and **H-SS**, which utilize pair wise optimal holdback levels from a two-retailer system, deviate at very low values from the optimal transshipment policy. As one would expect, the effectiveness of the policies increases as there are fewer number of retailers in the system.

In general, it is observed that through the use of heuristic transshipment policies, more transshipments are expected to be exercised compared an optimal policy. In return, less direct customer sales and less backordering are expected.

The sensitivity of performances of heuristic policies P-SS and H-SS are also tested with respect to some system parameters. It is observed that as the transshipment time increases the performance of heuristic policies tend to decrease. On the other hand, the unit backorder cost decreases the heuristic performances as it becomes more costly to make a transshipment.

#### 4. Conclusion

This study is one of the few in the transshipment literature that focus purely on multi-retailer systems. By utilizing a realistic model, in which transshipments are considered right after an unsatisfied demand instead of collecting all transshipments to the end of the cycle, we propose four new heuristic transshipment policies. We evaluate each of them on extensive problem scenarios generated using a wide range of parameter distributions. The results show especially the heuristic policies that rely on pair wise holdback levels perform very good compared to system optimal policies. They provide in general at most 1% increase in expected cycle costs.

Our goal to provide easily applicable and proven to be effective transshipment policies for multi-retailer systems can be improved in several directions. First, testing against optimal policies require significant computational effort, which limits the size of the system tested. However, when the performance testing is done against extreme policies such as complete and/or no pooling, larger systems can be considered. Use of simulation is also possible when optimal policy evaluation is avoided. Second, the studies that focus on transshipment policies in decentralized system of multiple retailers are still scarce in the literature that raises many open questions on the subject.