

DESTEK VEKTÖR MAKİNESİ, ÇOKLU REGRESYON VE DOĞRUSAL OLMAYAN PROGRAMLAMA İLE PERAKENDECİLİK SEKTÖRÜNDE GELİR YÖNETİMİ İÇİN DİNAMİK FİYATLANDIRMA

Murat Taha BİLİŞİK
İstanbul Kültür Üniversitesi

ÖZET

Fiyat esaslı gelir yönetiminin temeli olan dinamik fiyatlandırmada talep fonksiyonlarının tahminleri ve fiyatlandırma kararlarının optimizasyonunu ele alan çalışmaların sayısında, tahmine dayalı modelleme yazılımlarındaki gelişmelere paralel olarak son yıllarda belirgin bir artış görülmektedir. Bu çalışmada önceki çalışmalardan farklı olarak özellikle perakende sektöründe kullanılmak üzere yeni bir metodoloji önerilmiş ve önerilen bu metodoloji kapsamında, talep tahmininde istatistiksel öğrenmeye dayanan destek vektör makinesi yöntemi çoklu regresyon yöntemi ile karşılaştırılmış ve talebi daha iyi tahmin eden yöntem ait talep fonksiyonları kullanılarak fiyata bağlı getiri fonksiyonları elde edilmiştir. Kapasite kısıtı olmaması durumunda, fiyata bağlı bu getiri fonksiyonlarının fiyata göre türevi alınarak getiri fonksiyonlarının en büyükleyen optimal satış fiyatları bulunmuştur.

Kapasite kısıtı olması durumunda ise, fiyata bağlı olarak bulunmuş getiri fonksiyonları, talebe göre yeniden düzenlenmiştir. Bu dönüştürme işlemi, talep ile fiyat arasındaki ilişki kullanılarak yapılmıştır. Bu getiri fonksiyonları da doğrusal olmayan programlamada amaç fonksiyonu olarak kullanılmış ve kapasite kısıtları da eklenerek doğrusal olmayan programlama ile getiriye en büyükleyen optimal dinamik satış fiyatları bulunmuştur. Sonuç olarak, hem kapasite kısıtı olmaması, hem de kısıtlı kapasite koşulu altında optimal dinamik satış fiyatları bulunmuş ve bu optimal fiyatlarla elde edilecek getirilerin daha gerçekçi olarak hesaplanması sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : *Gelir Yönetimi, Dinamik Fiyatlandırma, Destek Vektör Makinesi, Çoklu Regresyon, Doğrusal Olmayan Programlama*

DYNAMIC PRICING FOR REVENUE MANAGEMENT IN RETAILING THROUGH SUPPORT VECTOR MACHINE, MULTIPLE REGRESSION AND NON-LINEAR PROGRAMMING

ABSTRACT

In recent years, dynamic pricing which is the basis of price based revenue management has developed significantly due to the increase in the number of demand function forecasts, optimization of pricing decisions and parallel developments in forecast basis modelling softwares. In this study, different than the previous studies, a new methodology which can be used especially in retailing sector has been proposed and in the extent of this proposed methodology, support vector machine based on statistical learning and multiple regression method were compared. In the result of comparisons, using the demand functions which belonged to the better forecasting model, price based revenue functions were gotten. In the case of non-capacity constraint, taking the derivative of these price based revenue functions, optimal sales prices were obtained which maximized the revenue functions.

In the case of capacity constraint, price based revenue functions were rearranged by demand. This arrangement was made using the relation between price and demand. Then, these revenue functions were used as the objective function of nonlinear programming model and capacity constraints were added. So, optimal dynamic sales prices which maximized revenue were found out. As a result, in cases of both non-capacitated and capacitated conditions, optimal dynamic sales prices were found out and revenues corresponding to these optimal prices were obtained more realistically.

Keywords : *Revenue Management, Dynamic Pricing, Support Vector Machine, Multiple Regression, Nonlinear Programming*

1. GİRİŞ

Gelir Yönetimi uygulanırken gelirin en iyi olacak şekilde ürün satış fiyatının belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle son yıllarda ortaya çıkan “Gelir Yönetimi” kavramı aslında gelirin eniyilenmesi için uygun fiyatlandırmanın yapılması çalışmalarını içermektedir.

Gelir yönetilirken fiyatın değiştirilmesi “Dinamik Fiyatlandırma” olarak karşımıza çıkmaktadır. Burada, fiyatın ne kadar sıklıkla ve ne kadar değiştirileceğinin belirlenmesi çok zor ve kapsamlı analizler gerektirmektedir. Genel olarak, problem, sınırlı bir planlama dönemi içerisinde, eldeki önceden belirlenmiş stok düzeyi tükenirken, beklenen gelir akışını maksimize edecek satış fiyatlarının dinamik olarak ayarlanmasıdır. (Monohan vd., 2002)

Uygulamalar açısından, dinamik fiyatlandırma çalışmaları, özellikle, yüksek başlangıç maliyeti, eskiyen kapasite, kısa satış dönemi ve fiyata duyarlı talep yapısına sahip endüstrilerde iyi sonuç vermektedir. Bu özelliklerin tümü de mevsimsel ürünleri pazara sunan perakendecilerde görülmektedir.

Gelir yönetimi konusunda yapılan çalışmaların ağırlığını ise, havayolu uçuş biletlerinin ve otel odalarının fiyatlandırılması üzerine yapılan çalışma ve uygulamaları içermektedir. Bununla beraber; literatürde, perakendecilik konusunda yapılmış çalışmalar ise farklı sektörlerde yapılan çalışmalara oranla son derece sınırlıdır.

Bu çalışmada ise önceki çalışmalardan farklı olarak, destek vektör makinesi ve çoklu regresyon yöntemlerinden elde edilen talep fonksiyonları tahmin doğruluğu açısından karşılaştırılmış ve talebi daha iyi tahmin eden yöntemle ait talep fonksiyonları kullanılarak fiyata göre getiri fonksiyonları elde edilmiştir. Kapasite kısıtı olmaması durumunda, fiyata bağlı bu getiri fonksiyonlarının fiyata göre türevi alınarak getiri fonksiyonlarını en büyükleyen optimal dinamik satış fiyatları bulunmuştur. Kapasite kısıtı olması durumunda ise, fiyata bağlı getiri fonksiyonları talebe göre yeniden düzenlenmiştir. Bu dönüştürme işlemi, talep ile fiyat arasındaki ilişki kullanılarak yapılmıştır. Bir başka deyişle, kısıtlı kapasite koşulu durumunda, talebi daha iyi tahmin eden yöntemin talep fonksiyonları, talebe göre getiri fonksiyonlarını elde etmemizi sağlamış, bu getiri fonksiyonları da doğrusal olmayan programlamanın amaç fonksiyonu olmuştur. Daha sonra kapasite kısıtı da eklenerek doğrusal olmayan programlama ile optimal fiyatlara karşılık gelen talep değerleri bulunmuştur. Bulunan talep değerleri ve talep fiyat ilişkisi kullanılarak optimal fiyatlar elde edilmiştir. Çalışmanın geri kalan kısımları özetlenecek olursa; ikinci bölümde, dinamik fiyatlandırma konusuna ilişkin literatürdeki çalışmalara değinilmiştir. Üçüncü bölümde ise, dinamik fiyatlandırma probleminin çözülmesi için önerilen metodoloji tanıtılmıştır. Dördüncü bölümde bu metodolojinin uygulamasından bahsedilmiş ve son bölüm olan beşinci bölümde elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Gelir Yönetimi ve dinamik fiyatlandırma konusu ile ilgili literatürde yer alan çalışmalardan en önemlileri aşağıda özetlenmiştir.

(Badinelli ve Olsen, 1990), zamanın belli bir anında bir fiyatlandırma kararı verilirken, gelecek fiyat kararlarının bugünkü fiyat kararları üzerindeki etkisine yer verilmesi gerektiğini belirtmiştir.

(Gallego ve Van Ryzin, 1994), beklenen satış hacmi sonsuza yaklaştıkça, sabit fiyat politikasının çizgisel olarak optimal olduğu bir öneride bulunmuştur.

(Bitran ve Wadhwa, 1996) ise, mevsimsel ürün fiyatlandırma problemini, belli bir stok düzeyi ve sınırlı bir satış dönemi altında, bir perakende ürünün dinamik optimal fiyatlandırma politikasının belirlenmesi problemi olarak ifade etmiştir. Bu çalışmada, araştırmacılar, problemin yapısı ile ilgili olarak bazı varsayımlar önermiş ve incelemişlerdir.

(Chatwin, 2000), sınırlı sayıda tükenmeye tabi stokun tükenme zamanından önce satılması gerektiği durumda perakendecinin stoklarını ne şekilde fiyatlandırması gerektiği üzerine çalışmıştır. Perakendeci, sınırlı sayıda izin verilen fiyat arasından, fiyatı dinamik olarak ayarlayabilmektedir.

(Lippman, 2003), perakende gelir yönetimi uygulamasının, bir perakendecinin amaçları kapsamında zaman içerisinde ürün fiyatlandırmasının değiştirilebildiği optimal fiyat noktaları sunduğunu belirtmiştir.

(Elmaghraby ve Keskinocak, 2003), dinamik fiyatlandırma ile ilgili son çalışmalar ve bir literatür taraması sunmuştur.

(Gabriel Bitran ve Rene Caltendey, 2003), fiyata duyarlı bir müşteri grubuna sınırlı sayıda ve tükenir nitelikte stokun satıldığı bir problemi incelemiştir. Problem kapsamında satıcının amacı, satış sezonu boyunca toplam getiriyi maksimize edecek bir fiyat stratejisi bulmaktır.

(Hawtin, 2003), bir perakende mağazasındaki ürünlerin fiyatlandırılması için gelir yönetimi prensiplerinin uygulandığı durumda iş kurallarının tutarlı bir şekilde yönetilmesi gerektiğini belirtmiştir. Çalışmada, gelir yönetimi uygulamaları sonucunda önerilen fiyatların, firmanın genel fiyat imajı ile tutarlı olması gerektiği belirtilmiştir. Aksi halde, fiyat değişimlerini doğru yönetememenin satışların kaybedilmesi dışında, müşterilerin tamamen kaybedilmesi gibi dramatik sonuçlar oluşturabileceği vurgulanmıştır.

(Lin, 2004), bir satıcının, sınırlı sayıda stok miktarını, toplam getiriyi en büyükleyecek şekilde fiyatlandırması problemi üzerinde çalışmıştır. Problem kapsamında, müşteri taleplerinin zaman içerisinde oluşum süreci ile ilgili bazı varsayımlar yapılmış ve bu varsayımlara göre dinamik fiyatlandırma modelinden sonuçlar çıkarılmıştır.

(Ziya, Ayhan ve Foley, 2004), gelir yönetimi literatüründe gelir fonksiyonu ile ilgili sıklıkla rastlanan üç adet varsayımı incelemiştir. Bu varsayımlar, talebe göre azalan marjinal getiri, fiyata göre azalan marjinal getiri ve talebin artan fiyat esnekliği varsayımlarıdır.

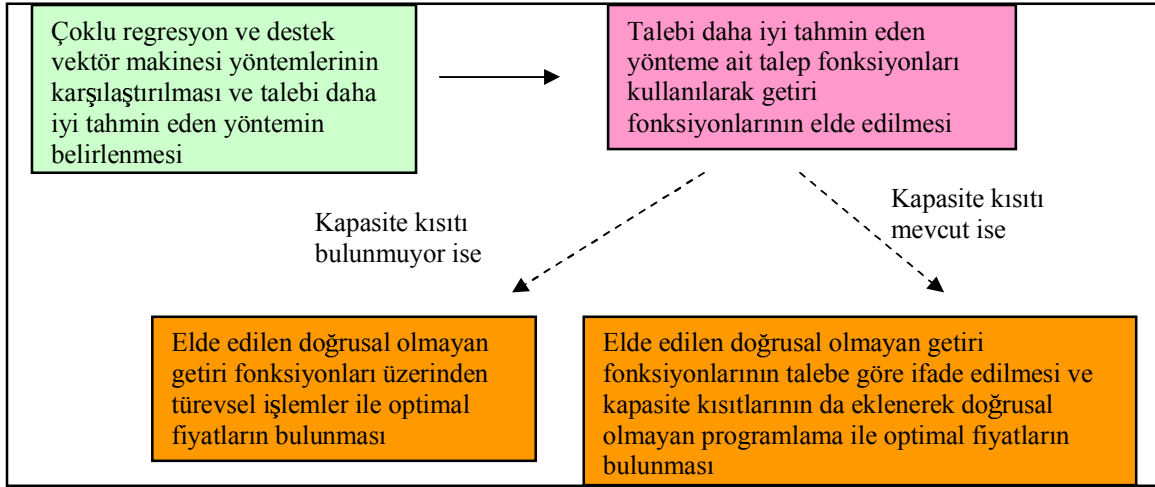
(Kuyumcu, 2007), gelir yönetimi uygulamalarının yöneylem araştırması, matematik, istatistik, pazarlama, iktisat ve finans gibi çok sayıda disiplinle ilgili olduğunu ve işletmelerin gelirlerini artırmasının tek yolunun doğru zamanda doğru belirlenmiş fiyatlar ile mümkün olacağını belirtmiştir. Bunun için de talep tahmin modellerinin doğruluğunun araştırılmasının yüksek önem arz ettiğini vurgulamıştır. Örneğin, regresyona dayalı olan fiyat-talep fonksiyonlarının, korelasyon katsayısı gibi çeşitli istatistiksel performans ölçümleri ile incelenmesi gerektiğini ifade etmiştir.

(Shields ve Shelleman, 2009), gelir yönetimi uygulamalarının genel olarak dört ana unsurdan oluştuğunu belirtmiştir. Bu unsurların sırasıyla, müşteri talebi ile ilgili verilerin elde edilmesi, elde edilen verilerin analiz edilmesi, arz ve talebin dengelenmesi ve getiriyi eniyileyen fiyatlama kararlarının alınması olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca, bu dört ana unsurdan hareketle, gelir yönetimi stratejisinin doğru uygulanması konusunda yöneticilere yardımcı olması planlanan bir kontrol listesini geliştirmiştir.

(Farias ve Van Roy, 2010), sınırlı sayıda stoka sahip olan ve stoklarını belli bir zamandan önce tüketmesi gereken bir satıcının beklenen getirisini enbüyüklemesi problemi üzerinde çalışmıştır. Problem dahilinde; müşteri talep yapısı geçmiş verilerden elde edilmemiş, bunun yerine, müşterilerin geliş sıklıkları ve müşteri satın alma süreci ile ilgili bazı varsayımlar yapılmış ve bu varsayımlara göre optimal fiyatlar bulunmaya çalışılmıştır.

3. METODOLOJİ

Bu çalışmada önerilen metodoloji kapsamında, talep tahmininde istatistiksel öğrenmeye dayanan destek vektör makinesi çoklu regresyon yöntemi ile karşılaştırılmış ve talebi daha iyi tahmin eden yonteme ait talep fonksiyonları kullanılarak getiri fonksiyonları elde edilmiştir. Elde edilen getiri fonksiyonları da sınırlı kapasite kısıtları ve kapasite kısıtının olmaması durumları altında ayrı ayrı doğrusal olmayan programlama ile analiz edilmiş ve her iki durum için optimal dinamik satış fiyatları bulunmuştur. Önerilen bu metodolojiyi aşağıda şekil 1 ile özetleyebiliriz.



Şekil 1: Önerilen Metodolojinin Aşamaları

Aşağıda çalışma kapsamında kullanılan yöntemler ile ilgili genel bilgiler bulunmaktadır.

3.1. Destek Vektör Makinesi

Destek vektör makinesi, sınıflandırma ve regresyon analizinde kullanılan, verileri analiz eden ve örneklerden öğrenen denetimli bir öğrenme yöntemidir. Destek vektör makinesi, ilk kez, Vladimir Vapnik ve çalışma arkadaşları tarafından 1992 COLT (Computational Learning Theory) konferansında önerilmiş olup, günümüzde kullanılan şeklini, Corinna Cortes ve Vladimir Vapnik tarafından 1995 yılında almıştır. 1997 yılında ise, destek vektör makinesi algoritması yine Vapnik ve arkadaşları tarafından regresyon uygulamalarını da kapsayacak şekilde genişletilmiş ve bu tarihten itibaren son on yılda gelişen bilgisayar teknolojisi sayesinde artarak kullanılmaya başlanmıştır.

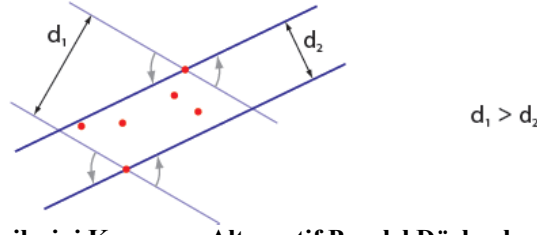
Destek vektör makinesi ile ilgili ilk çalışmalar sınıflandırma alanı ile ilgili olmasına rağmen, daha sonraki çalışmalarda özellikle zaman serilerinin tahmini ve regresyon uygulamalarında çok iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Aşağıda, destek vektör makinesinin regresyon uyarlamasına ilişkin genel bilgiler bulunmaktadır.

$D = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_l, y_l)\}$ den oluşan bir eğitim seti için; burada x_i N-boyutlu girdi değişkenlerinin her biri, y_i ise çıktı değişkeni olmak üzere;

$f(x) = \langle w, x \rangle + b$ fonksiyonu bulunmak isteniyor. Burada da, w normal vektör olarak isimlendirilirken, x ise girdi vektörü olarak bilinmektedir ve eş boyutlu vektörel bir çarpım söz konusudur.

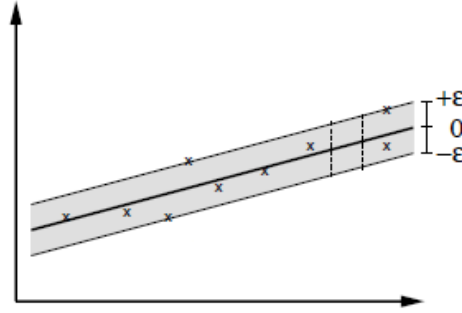
Destek vektör regresyonunda amacımız, öyle bir $f(x)$ fonksiyonu bulmaktır ki, gerçek y_i çıktı değerleri en fazla $\mathcal{E}$ miktarı kadar sapma ile tahmin edilsin ve bulunan bu fonksiyona paralel olan ve eğitim girdilerini kapsayan iki düzlem arasındaki mesafe minimum olsun.

Şekil 2’de görüldüğü gibi, girdi kümesini kapsayan doğru tespit edilmiş paralel düzlemler, d_2 mesafesi ile saptanan koyu düzlemlerdir. Dolayısıyla uygun çözüm için, $f(x)$ fonksiyonu, koyu ile gösterilen bu iki düzlem arasında olmalıdır. Açık renkli düzlemler arasında kalan d_1 mesafesi ise daha uzun olduğundan, $f(x)$ fonksiyonu bu iki düzlem arasında yer alamaz.



Şekil 2: Eğitim Verilerini Kapsayan Alternatif Paralel Düzlemler Arasındaki Dik Mesafeler

Şekil 3’de görüldüğü gibi, iki paralel düzlem arasındaki kalın çizgi ile gösterilen $f(x)$ fonksiyonu, gerçek çıktı değerlerini ε ’a eşit ve daha düşük hata miktarları ile tahmin etmelidir.



Şekil 3: Gerçek Çıktı Değerlerinin $\pm\varepsilon$ Hata ile Tahmin Edilmesi

Böyle bir $f(x)$ fonksiyonunun bulunabilmesi için; minimum bir w vektörü aranır. Bunun içinde, w vektörünün normu minimize edilir. Problem, konveks optimizasyon problemi olarak yazılabilir.

$$\min \quad \frac{1}{2} \|w\|^2 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Kısıtlar : } y_i - \langle w, x_i \rangle - b &\leq \varepsilon \\ \langle w, x_i \rangle + b - y_i &\leq \varepsilon \end{aligned} \quad (2)$$

Ancak yukarıda belirtilen kısıtlar dahilinde ε yaklaşık uygun bir problem çözümünün bulunamayabileceği belirtilmiştir. Bu sorunu gidermek için ξ_i , ξ_i^* olarak ifade edilen serbest değişkenler probleme eklenmiştir. (Smola ve Schölkopf, 2004)

Buna göre problem aşağıdaki şekilde yeniden ifade edilmiştir.

$$\min \quad \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^l (\xi_i + \xi_i^*) \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Kısıtlar: } y_i - \langle w, x_i \rangle - b &\leq \varepsilon + \xi_i \\ \langle w, x_i \rangle + b - y_i &\leq \varepsilon + \xi_i^* \\ \xi_i, \xi_i^* &\geq 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Burada, C sabiti, 0’dan büyük bir sayı olup, ε ’ dan daha fazla sapmaların miktarı ile $f(x)$ fonksiyonunun yer aldığı paralel iki düzlem arasındaki mesafenin uzlaşmasını sağlar. Destek vektör makinesi yönteminin kullanılma amacı, bu yöntemin talebi ne kadar iyi tahmin ettiğini belirlemek ve yöntemle ait talep fonksiyonu kestirimini elde etmektir.

3.2. Çoklu Regresyon

Çoklu regresyonda birden fazla bağımsız değişken ($x_1, x_2, \dots, x_n$) ile bir bağımlı değişken (y) arasındaki ilişki incelenmektedir. Bir firmanın satışlarına reklam harcamaları ile satış fiyatının etkisi, toprağın veriminin; sulama, gübreleme ve hava şartlarından nasıl etkilendiğinin incelenmesi çoklu analiz için örnek verilebilir.

x_i ler bağımsız değişkenleri, y de bağımlı değişkeni göstermek üzere, çoklu regresyon denklemi aşağıdaki gibidir.

$$y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_n \cdot x_n \quad (5)$$

Çoklu regresyon, değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonel şeklini, biri bağımlı diğerleri bağımsız değişkenler olarak bir denklem olarak göstermekle kalmaz, aynı zamanda, değişkenlerden birinin değeri bilindiğinde, diğeri hakkında kestirim yapılmasını da sağlar.

Çoklu regresyon yönteminin kullanılma amacı benzer şekilde, bu yöntemin talebi ne kadar iyi tahmin ettiğini belirlemek ve yöntemle ait talep fonksiyonu kestirimini elde etmektir.

3.3. Doğrusal Olmayan Programlama

Doğrusal olmayan programlama, eşitlik ve eşitsizliklerden oluşan bir sistem içinde, amaç fonksiyonu veya kısıtlardan bazılarının doğrusal olmadığı ve amaç fonksiyonun en büyüklendiği veya en küçüklendiği bir çözüm sürecidir.

Eğer bir maksimizasyon problemi için amaç fonksiyonu konkav (iç bükey) ve kısıtlarla sınırlanmış çözüm bölgesi konveks veya bir minimizasyon problemi için amaç fonksiyonu konveks (dış bükey) ve kısıtlarla sınırlanmış çözüm bölgesi konveks ise, konveks optimizasyon yöntemleri kullanılabilir.

Doğrusal olmayan programlama yöntemi talebi daha iyi tahmin eden yöntemle ait talep fonksiyonlarından elde edilen talebe göre düzenlenmiş getiri fonksiyonlarını kısıtlı kapasite koşulları altında analiz ederek optimal dinamik satış fiyatlarını bulmak için kullanılmıştır.

4. UYGULAMA

Uygulama kapsamında, ticari bir işletmenin satışa sunduğu farklı özellikteki iki ayrı mevsimsel ürün çeşidi için aylık bazda geçmiş fiyat, reklam giderleri ve talep verileri elde edilmiştir. İşletmenin önümüzdeki yıllık reklam giderleri de önceden bilinmektedir. Elde edilmiş olan veriler ile doğru ve tutarlı hesaplamaların yapılabilmesi açısından, veriler TÜFE (tüketici fiyat endeksi) oranlarıyla düzenlenmiştir. Böylece, parasal veri değerleri enflasyon etkisinden arındırılmış olup çoklu regresyon ve destek vektör makineleri yöntemleri ile karşılaştırma yapılabilecek duruma ulaşılmıştır.

Karşılaştırmalar için, destek vektör makineleri ve çoklu regresyon yöntemlerinin tahmin doğruluğunun sınanmasında, her iki yöntemle ait, korelasyon katsayısı, ortalama mutlak hata (OMH), hata kareleri ortalaması karekökü (HKO), hata kareleri ortalaması yüzdesi (HKOY) ve ortalama mutlak yüzde hata (OMYH) hata kriterleri kullanılmıştır. Bunun yanında, yöntemlere ait herhangi bir tahmin önyargısının söz konusu olup olmama durumu da izleme sinyali (İZ) ile analiz edilmiştir.

Yukarıda değinilen korelasyon katsayısı, OMH, HKO, HKOY ve OMYH aracılığıyla; destek vektör makineleri ve çoklu regresyon yöntemleri içerisinde hangisinin, çıktıyı yani talebi, daha iyi tahmin ettiği belirlenmiş ve talebi daha iyi tahmin eden yöntemle ait fonksiyon kestiriminin önyargı taşımadığı izleme sinyali ile tespit edilip doğrusal olmayan programlama hesaplamalarında kullanılmıştır.

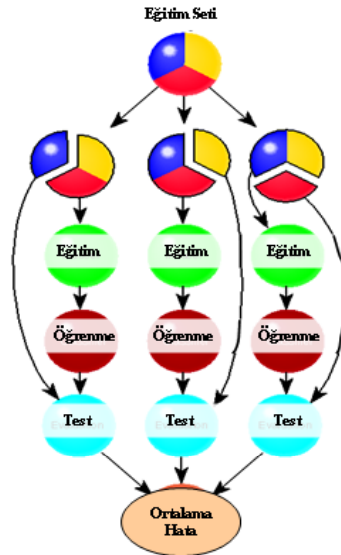
Destek vektör makinesi ve çoklu regresyon yöntemleriyle fonksiyon kestirimi için Weka 3.6.3 programı kullanılmıştır. Weka programına verilerin girilmesi “csv (virgülle ayrılmış değerler dosyası)” ile sağlanmıştır.

Hesaplama esnasında; önemli ve dikkat edilmesi gereken bir husus da, çoklu regresyon ve destek vektör makinelerinin anlamlı bir biçimde karşılaştırılabilmesi açısından, destek vektör makineleri ile hesaplama yapılırken verilerin normalize edilmemesi gereklilidir.

Ayrıca, hesaplama safhasında, öğrenmenin ne kadar iyi gerçekleştiğini ölçmek için, genel kabul görmüş veri madenciliği yöntemi olan çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır. Bunun nedeni, çapraz doğrulama yönteminin, verilerden olabildiğince yararlanmayı sağlayan bir yöntem olması ve basit doğrulamaya göre daha doğru hata yaklaşımı yapabilmesidir.

Literatürde genel kabul olarak, bir öğrenme yönteminin hata miktarını doğru bir yolla elde etmek için, 10 kere çapraz doğrulama (10-fold cross validation) yöntemi kullanılmaktadır. Buna göre, veri seti rastgele 10 gruba bölünür ve 1. grup test için ayrılırken, diğer 9 grup öğrenme için kullanılır. Modelin öğrenmesi tamamlandıktan sonra, test için ayrılan 1. gruptaki veriler ile tahminleme yapılır ve buna göre hata miktarı hesaplanır. Bir sonraki tekrarda ise, bu kez, bir önceki test grubundan farklı bir test grubu dışarıda bırakılır ve diğer 9 grup öğrenme için kullanılır. Sonuç olarak, bu süreç 10 defa tekrar eder ve modelin hata miktarı, her seferinde farklı bir test grubunun doğrulandığı 10 tane doğrulama işleminin ortalaması olur. Dolayısıyla, öğrenme algoritması baştan itibaren 1 defa yerine 10 defa çalışmış olur yani, 10 kat daha fazla hesaplama zamanı harcanmış olur.

Aşağıda şekil-4’de, çapraz doğrulama sürecini şekil yardımı ile açıklamak için, 3 kere çapraz doğrulamaya ait bir grafik, örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 4: 3 kere Çapraz Doğrulamanın Grafik Gösterimi

Tablo 1’de, her bir ürün bazında 10 kere çapraz doğrulama ile elde edilmiş çoklu regresyon ve destek vektör makinesi yöntemlerine ait korelasyon katsayısı, OMH, OMYH, HKO ve HKOY sonuçları karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Tablo 1: Destek Vektör Makinesi ve Çoklu Regresyon Yöntemlerinin Tahmin Doğruluğunun İncelenmesinde 10 kere Çapraz Doğrulama ile Elde Edilmiş Korelasyon Katsayısı, OMH, OMYH, HKO ve HKOY Karşılaştırmaları

			Korelasyon Katsayısı	OMH	OMYH	HKO	HKOY	Fonksiyon Kestirimi
Ürün 1	1. Dönem	Destek Vektör Makinesi	0,8877	1,482	% 3,51	1,9018	% 5,98	-0,3892 x Fiyat + 0,0737 x Reklam Gideri - 82,4433
		Çoklu Regresyon	0,8422	1,6771	% 5,23	2,258	% 7,58	-0,4902 x Fiyat + 0,0551 x Reklam Gideri - 34,5338
	2. Dönem	Destek Vektör Makinesi	0,848	2,1702	% 7,84	2,4718	% 8,95	-0,6665 x Fiyat + 0,0286 x Reklam Gideri + 28,6823
		Çoklu Regresyon	0,8352	2,2328	% 8,47	2,5415	% 10,25	-0,6099 x Fiyat + 0,0375 x Reklam Gideri + 6,2279
	3. Dönem	Destek Vektör Makinesi	0,8666	1,8001	% 10,45	2,1533	% 13,72	-0,4049 x Fiyat + 0,0757 x Reklam Gideri - 100,2974
		Çoklu Regresyon	0,8237	1,8598	% 11,75	2,4378	% 18,40	-0,5325 x Fiyat + 0,0481 x Reklam Gideri - 31,9538
Ürün 2	1. Dönem	Destek Vektör Makinesi	0,8462	1,2717	% 4,24	1,7415	% 6,01	-0,2124 x Fiyat + 0,0757 x Reklam Gideri - 95,0119

	Çoklu Regresyon	0,8045	1,5236	% 5,12	2,0102	% 6,93	-0,302 x Fiyat + 0,061 x Reklam Gideri - 52,5698
2. Dönem	Destek Vektör Makinesi	0,9553	1,0867	% 5,68	1,6471	% 9,14	-0,797 x Fiyat + 0,0328 x Reklam Gideri + 64,348
	Çoklu Regresyon	0,9355	1,4627	% 7,86	1,8377	% 10,30	-0,7733 x Fiyat + 0,0099 x Reklam Gideri + 108,0995
3. Dönem	Destek Vektör Makinesi	0,9564	1,1178	% 10,09	1,5001	% 13,78	-0,5629 x Fiyat + 0,0666 x Reklam Gideri - 44,8541
	Çoklu Regresyon	0,9505	1,1915	% 11,77	1,573	% 16,80	-0,6238 x Fiyat + 0,0578 x Reklam Gideri - 18,1891

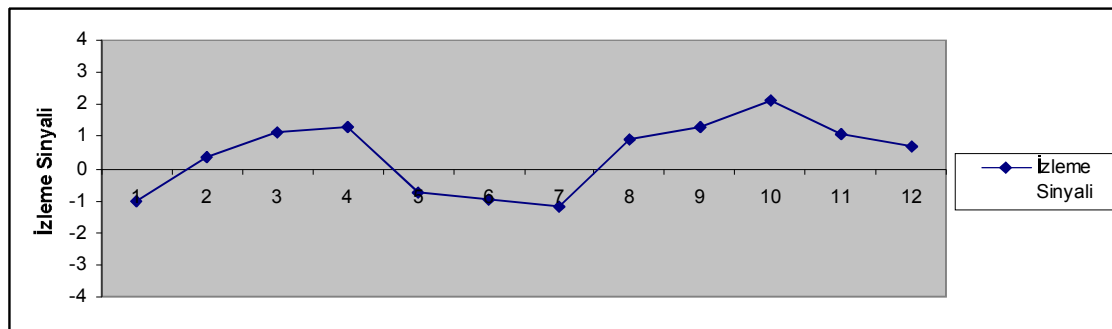
Tablo 1’den de görüldüğü gibi, her bir ürün için elde edilen korelasyon katsayısı, OMH, OMYH, HKO ve HKOY değerlerine göre; koyu ile gösterilen destek vektör makinesi yönteminin tahmin doğruluğu, çoklu regresyon yöntemine göre daha iyidir.

Korelasyon katsayısı, OMH, OMYH, HKO ve HKOY araçları ile ölçülen tahmin doğruluğu dışında bir diğer konu da tahmin önyargısıdır. Bir tahmin yönteminin zaman içindeki tahmin önyargısını ölçmek için izleme sinyali hesaplaması kullanılır. İzleme sinyali, kümülatif hatanın ortalama mutlak hataya oranı ile bulunur. Tahmin önyargısını ölçen izleme sinyali, bir tahmin yönteminin ne kadar sıklıkla gerçek taleplerin üzerinde veya altında tahminler ürettiğini hesaplar.

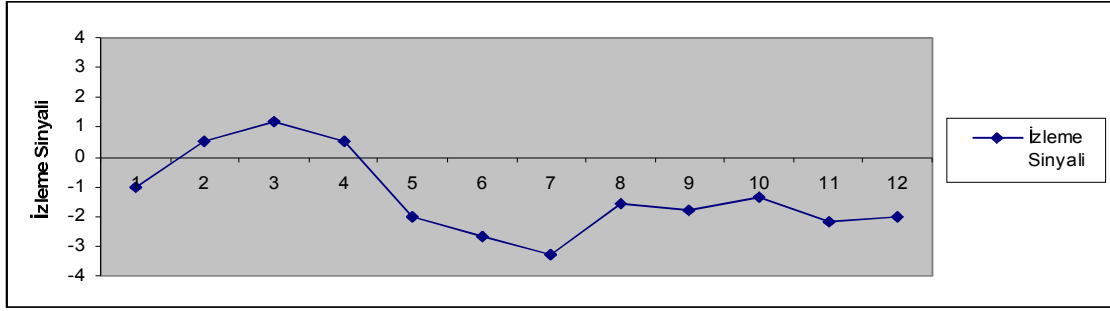
Yüksek pozitif izleme sinyali oranları, tahmin yönteminin ürettiği tahmin değerlerinin genellikle gerçek talep değerlerinin altında olduğunu yani düşük-tahminleme önyargısı bulunduğunu gösterirken, yüksek negatif izleme sinyali oranları ise, tahmin yönteminin ürettiği tahmin değerlerinin genellikle gerçek talep değerlerinin üstünde olduğunu yani yüksek-tahminleme önyargısı bulunduğunu gösterir. Bu nedenle; yüksek negatif ve pozitif izleme sinyali oranları, tahmin yönteminin önyargı açısından, kalite kontrol şemalarında olduğu gibi kontrol dışına çıktığını işaret eder. Bu noktada, genel kabul olarak yaklaşık 3 standart sapma değerine karşılık gelen ± 4 izleme sinyali oranı kullanılır.

Dolayısıyla; bir tahmin yönteminin tahmin doğruluğu ve tahmin önyargısı birbirinden farklı konular olup ayrı olarak ele alınmalıdır. Örneğin; herhangi bir tahmin yönteminin tahmin doğruluğu, OMYH ile incelendiğinde, diğer bir yöntemle kıyasla çok iyi olduğu söylenebilirken; tahmin önyargısı açısından izleme sinyali ile değerlendirildiğinde önyargılı olduğu şeklinde nitelenebilir.

Yukarıda ifade edilen açıklamalar kapsamında, her bir ürün bazında, kullandığımız beş ölçeğe göre (korelasyon katsayısı, OMH, OMYH, HKO ve HKOY’ne göre), talebi daha iyi tahmin ettiği belirlenen yani tahmin doğruluğu daha yüksek olan destek vektör makinesi yöntemi ve tahmin doğruluğu daha düşük olan çoklu regresyon yöntemi, bu defa tahmin önyargısı açısından izleme sinyali ile incelenmiştir. Aşağıda, şekil 5’de, ürün 1 için birinci dönemde destek vektör makinesi yöntemine ait izleme sinyali grafiği, şekil 6’da ise ürün 1 için birinci dönemde çoklu regresyon yöntemine ait izleme sinyali grafiği gösterilmiştir.



Şekil 5: Ürün 1 için Birinci Dönemde Destek Vektör Makinesi Tahmin Yöntemine Ait İzleme Sinyali Grafiği



Şekil 6: Ürün 1 için Birinci Dönemde Çoklu Regresyon Tahmin Yöntemine Ait İzleme Sinyali Grafiği

Yukarıdaki izleme sinyali grafiklerinden görüldüğü gibi, ± 4 kontrol limitleri aşılmadığından, hem çoklu regresyon yöntemi hem de destek vektör makinesi yöntemi; ürün 1 için birinci dönemde yapılacak tahminler açısından önyargı taşımayan yöntemlerdir. Ancak, destek vektör makinesi yöntemi, Tablo 1'den de görüldüğü gibi, ürün 1 için birinci dönemde daha doğru tahminler yaptığından daha güvenilirdir. Bu yüzden, ileri hesaplamalarda, ürün 1 için birinci dönem fonksiyon kestirimi olarak, destek vektör makinesi yöntemine ait fonksiyon kestirimi kullanılmıştır. Benzer şekilde, diğer ürün ve dönemler için de her bir fonksiyon kestirimine ait izleme sinyali değerleri hesaplanmış ve talebi daha iyi tahmin eden destek vektör makinesi yöntemine ait izleme sinyali değerleri, ± 4 kontrol limitleri içinde bulunmuştur.

Bu noktada, önümüzdeki yıl için reklam giderlerinin aylık 2.000 pb olarak belirlenmiş olması durumunda, talebi daha iyi tahmin eden destek vektör makinesi yöntemine ait talep fonksiyonu kestirimleri kullanılmış ve her bir ürün için aşağıdaki talep fonksiyonları elde edilmiştir.

Ürün 1 için talep fonksiyonları, sırasıyla:

$$\begin{aligned} d_1 &= -0,3892 \times \text{Fiyat} + 0,0737 \times 2000 - 82,4433 = -0,3892 \times \text{Fiyat} + 64,9567 \\ d_2 &= -0,6665 \times \text{Fiyat} + 0,0286 \times 2000 + 28,6823 = -0,6665 \times \text{Fiyat} + 85,8823 \\ d_3 &= -0,4049 \times \text{Fiyat} + 0,0757 \times 2000 - 100,2974 = -0,4049 \times \text{Fiyat} + 51,1026 \end{aligned} \quad (6)$$

Ürün 2 için talep fonksiyonları, sırasıyla:

$$\begin{aligned} d_1 &= -0,2124 \times \text{Fiyat} + 0,0757 \times 2000 - 95,019 = -0,2124 \times \text{Fiyat} + 56,3881 \\ d_2 &= -0,7970 \times \text{Fiyat} + 0,0328 \times 2000 + 64,348 = -0,7970 \times \text{Fiyat} + 129,948 \\ d_3 &= -0,5629 \times \text{Fiyat} + 0,0666 \times 2000 - 44,8541 = -0,5629 \times \text{Fiyat} + 88,3459 \end{aligned} \quad (7)$$

Ardından, yukarıdaki talep fonksiyonları da fiyat ile çarpılarak her bir ürün için aşağıdaki getiri fonksiyonları hesaplanmıştır.

Ürün 1 için getiri fonksiyonları, sırasıyla:

$$\begin{aligned} &-0,3892 \times \text{Fiyat}^2 + 64,9567 \times \text{Fiyat} \\ &-0,6665 \times \text{Fiyat}^2 + 85,8823 \times \text{Fiyat} \\ &-0,4049 \times \text{Fiyat}^2 + 51,1026 \times \text{Fiyat} \end{aligned} \quad (8)$$

Ürün 2 için getiri fonksiyonları, sırasıyla:

$$\begin{aligned} &-0,2124 \times \text{Fiyat}^2 + 56,3881 \times \text{Fiyat} \\ &-0,7970 \times \text{Fiyat}^2 + 129,948 \times \text{Fiyat} \\ &-0,5629 \times \text{Fiyat}^2 + 88,3459 \times \text{Fiyat} \end{aligned} \quad (9)$$

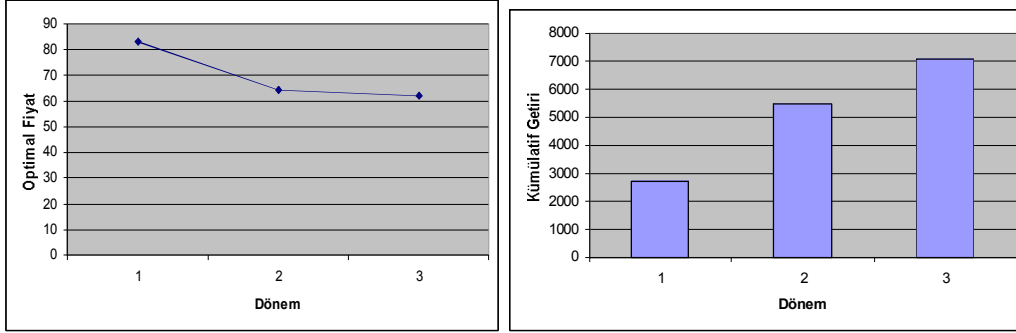
4.1. Kapasite Kısıtı Olmaması Durumunda Optimal Dinamik Fiyat Stratejisinin Hesaplanması

Yukarıda talebi daha iyi tahmin eden destek vektör makinesi yöntemine ait talep fonksiyonları kullanılarak, (8) ve (9) numaralı eşitliklerdeki doğrusal olmayan getiri fonksiyonları elde edilmişti. Kapasite kısıtı olmaması durumunda, bu fonksiyonlara türevsel işlemler uygulanarak aşağıda Tablo 2'deki optimal dinamik fiyatlar, bu fiyatlara karşılık gelen tam sayı ile belirtilmiş talepler ve getiriler bulunmuştur.

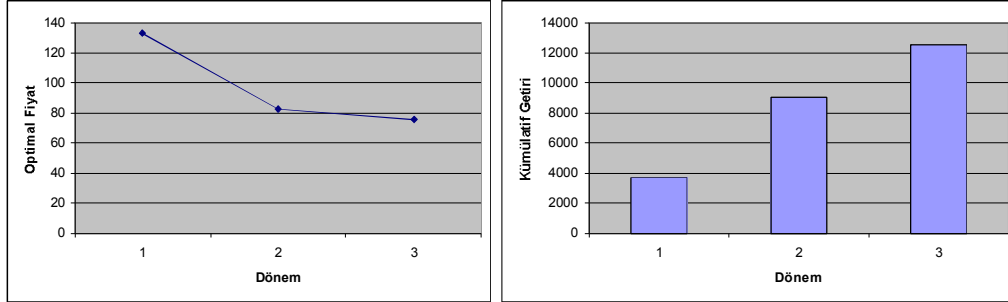
Tablo 2: Kapasite Kısıtı Olmaması Durumunda Ürün 1 ve Ürün 2 için Optimal Dinamik Fiyatlar, Talepler ve Getiriler

		Optimal Fiyat	Talep	Getiri	Kümülatif Getiri
Ürün 1	1. dönem	83,45	32	2.710	2.710
	2. dönem	64,43	43	2.766	5.476
	3. dönem	63,1	26	1.612	7.088
Ürün 2	1. dönem	132,74	28	3.742	3.742
	2. dönem	81,52	65	5.297	9.039
	3. dönem	78,47	44	3.466	12.505

Eğer; destek vektör makinesi fonksiyon kestirimleri yerine, talep tahmin doğruluğu daha kötü olan çoklu regresyon yöntemine ait fonksiyon kestirimleri kullanılmış olsaydı, bu doğrultuda hesaplanan optimal dinamik fiyatlar ve bu fiyatlara karşılık gelen talepler ve getiriler yanıltıcı olacaktı. Yukarıda, tablo 2’de gösterilen optimal fiyatlar, talep değerleri, getiri ve kümülatif getiriler hesaplanırken, kapasite kısıtları göz önüne alınmamıştır. Aşağıda, şekil 7 ve şekil 8’de, kapasite kısıtının olmaması durumunda, sırasıyla, ürün 1 ve ürün 2 için optimal dinamik fiyat stratejisi ve getiri görselleri gösterilmiştir.



Şekil 7: Kapasite Kısıtının Olmaması Durumunda Ürün 1 için Optimal Dinamik Fiyat Stratejisi ve Getiri Görselleri



Şekil 8: Kapasite Kısıtının Olmaması Durumunda Ürün 2 için Optimal Dinamik Fiyat Stratejisi ve Getiri Görselleri

4.2. Kısıtlı Kapasite Durumu Altında Optimal Dinamik Fiyat Stratejisi

Problem kapsamında ikinci bir önemli nokta da; kapasitenin kısıtlı olması durumunda yukarıda önerilen optimal fiyat stratejilerinin geçerliliğini yitirmesidir.

Örneğin; ürün 2 için, kapasite 70 adet ile sınırlı olursa, bu durumda optimal fiyat stratejisi değişir.

Bu durum nedeniyle, (9) daki hesaplamalarda gösterilen ürün 2 için getiri fonksiyonları, (7) nolu eşitlikler kullanılarak, bu defa aşağıdaki gibi fiyat yerine talebe göre ifade edilmek zorundadır.

Ürün 2 için getiri fonksiyonları, sırasıyla;

(10)

$$\begin{aligned} -0,2124 \times \text{Fiyat}^2 + 56,3881 \times \text{Fiyat} &= -0,2124x \left(\frac{d_1 - 56,3881}{-0,2124} \right)^2 + 56,3881x \left(\frac{d_1 - 56,3881}{-0,2124} \right) \\ &= -d_1^2 / 0,2124 + 265,4806 d_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -0,7970 \times \text{Fiyat}^2 + 129,948 \times \text{Fiyat} &= -0,7970x \left(\frac{d_2 - 129,948}{-0,7970} \right)^2 + 129,948x \left(\frac{d_2 - 129,948}{-0,7970} \right) \\ &= -d_2^2 / 0,7970 + 163,046 d_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -0,5629 \times \text{Fiyat}^2 + 88,3459 \times \text{Fiyat} &= -0,5629x \left(\frac{d_3 - 88,3459}{-0,5629} \right)^2 + 88,3459x \left(\frac{d_3 - 88,3459}{-0,5629} \right) \\ &= -d_3^2 / 0,5629 + 156,947 d_3 \end{aligned}$$

Böylece, kapasite kısıtı olması durumunda, talebi daha iyi tahmin eden destek vektör makinesi yöntemine ait talep fonksiyonlarından, yukarıda (10)daki talebe göre getiri fonksiyonları elde edilmiş ve bu getiri fonksiyonları da aşağıdaki doğrusal olmayan programlama modelinin amaç fonksiyonunu oluşturmuştur.

4.3. Doğrusal Olmayan Programlama Modelinde Kullanılan Değişkenlerin Listesi

d_1 = Birinci dönem uygulanacak optimal satış fiyatına karşılık gelen talep miktarı

d_2 = İkinci dönem uygulanacak optimal satış fiyatına karşılık gelen talep miktarı

d_3 = Üçüncü dönem uygulanacak optimal satış fiyatına karşılık gelen talep miktarı

a = Lagrange Çarpanı

C = Kapasite Kısıtı (70)

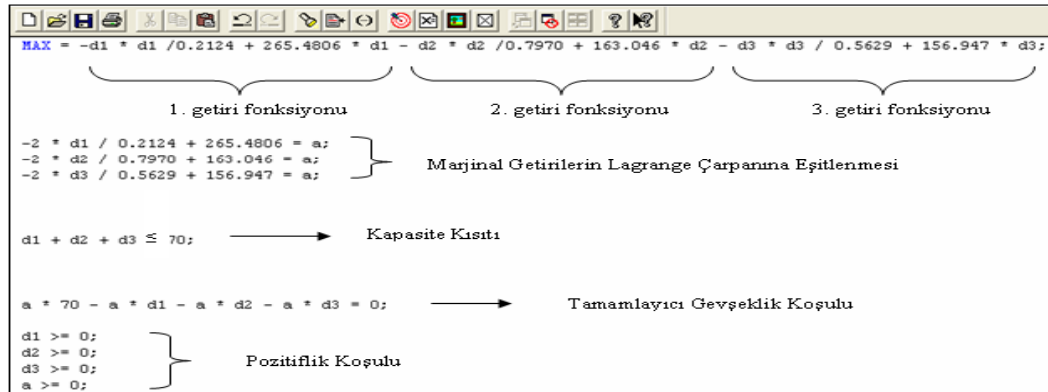
Amaç Fonksiyonu

$$\text{Max } -d_1^2 / 0,2124 + 265,4806 d_1 - d_2^2 / 0,7970 + 163,046 d_2 - d_3^2 / 0,5629 + 156,947 d_3 \quad (11)$$

Kısıtlar

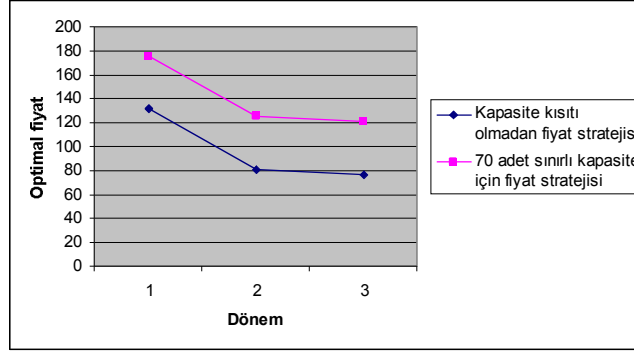
$$\begin{aligned} -2 d_1 / 0,2124 + 265,4806 &= a \\ -2 d_2 / 0,7970 + 163,046 &= a \\ -2 d_3 / 0,5629 + 156,947 &= a \\ d_1 + d_2 + d_3 &\leq 70 \\ a \cdot 70 - a d_1 - a d_2 - a d_3 &= 0 \\ d_1 &\geq 0 \\ d_2 &\geq 0 \\ d_3 &\geq 0 \\ a &\geq 0 \end{aligned} \quad (12)$$

Problemin çözümü için Lingo 12.0 programı kullanılmıştır. Aşağıda, şekil 9'da, Lingo programında doğrusal olmayan programlama modelinin oluşturulması gösterilmiştir.



Şekil 9: Lingo Programı Üzerinde Doğrusal Olmayan Programlama Modelinin Oluşturulması

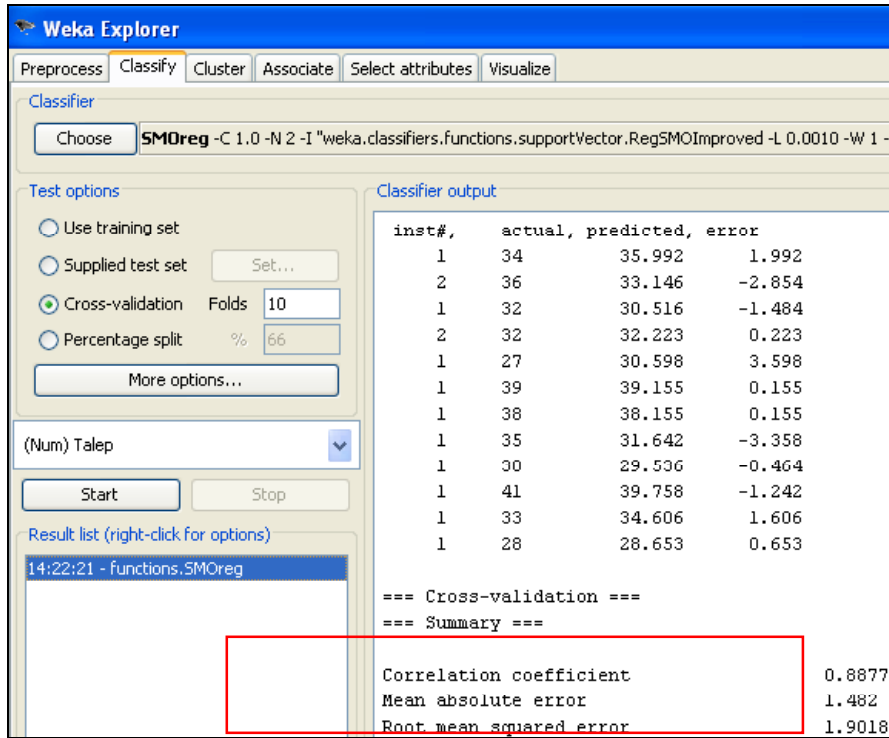
Çözüm sonucunda, $d_1 = 19$, $d_2 = 31$, $d_3 = 20$ olarak bulunmuştur. Bu değerlere karşılık gelen, optimal satış fiyatları sırasıyla; 176, 124 ve 121 pb dir. Getiri fonksiyonunun değeri ise bu kez; 9.621 pb olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, kapasitenin azalmasıyla, optimal satış fiyatlarının yükseldiği gözlenmiştir. Aşağıda şekil 10'da, ürün 2 için kapasite kısıtı olmadan optimal fiyat stratejisi ve kapasitenin 70 adet ile sınırlı olması durumundaki optimal fiyat stratejisi karşılaştırılmıştır.



Şekil 10: Ürün 2 için Kapasite Kısıtı Olmaması ve 70 Adet Sınırlı Kapasite Olması Durumlarında Optimal Fiyat Stratejilerinin Karşılaştırılması

5. SONUÇ

Araştırma kapsamında kullanılan destek vektör makinesi ve çoklu regresyon yöntemlerinin talep tahminlerinin doğruluğu analizinde, çapraz doğrulama tekniğine ait korelasyon katsayısı, OMH, HKO, HKOY ve OMYH ölçümleri karşılaştırılmıştır. Aşağıda, şekil 11'de, talep tahmin yöntemlerinin incelenmesinde kullanılan Weka programına ait bir talep tahmini doğruluk analizi gösterilmiştir.



Şekil 11: Bir Talep Tahmini Doğruluk Analizinin Weka Program Çıktısı

OMH, HKO, HKOY ve OMYH ve korelasyon katsayısı karşılaştırmalarına göre; talebi modellemek üzere, destek vektör makinesi yönteminin çoklu regresyon yöntemine göre daha doğru tahminler yaptığı görülmüştür. Ayrıca, tahmin doğruluğu daha yüksek olan destek vektör makinesi yönteminin, izleme sinyaline göre önyargı içermeyen tahminler yaptığı da tespit edilmiştir.

Dolayısıyla, destek vektör makinesi yöntemi ile elde edilen talep fonksiyonları kestirimleri kullanılarak getiri fonksiyonları elde edilmiş ve elde edilen bu getiri fonksiyonları da kısıtlı ve kısıtlı olmayan kapasite koşulları altında doğrusal olmayan programlama ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak; hem kısıtlı hem de kısıtlı olmayan kapasite koşullarının her biri için getiriye en büyükleyen optimal fiyatlar bulunmuş ve grafik bazlı analizler yapılmıştır.

Buna göre, elde edilen veriler doğrultusunda, kapasite kısıtının olmaması durumunda getirinin en büyüklmesi için optimal fiyatların genel olarak sezon sonuna doğru azalış göstermesi gerektiği ve bu azalış oranlarının büyüklüğünün ise dönemler arasında değişiklik gösterdiği görülmüştür. Örneğin, ürün 2 için ilk indirim oranı %38.5, ikinci indirim oranı %3.74 olarak hesaplanmıştır.

Bir diğer önemli sonuç olarak, optimal dinamik fiyat önerisi dışındaki herhangi bir politika, her durumda, optimal dinamik fiyat stratejisine ait getiriden daha düşük olacaktır. Örneğin; ürün 2 için, herhangi bir sabit fiyat stratejisinin getirisi, önerilmiş olan optimal dinamik fiyat stratejisine ait getiriden yani 12.505 pb den daha düşüktür.

Problemin başka bir boyutu olarak, kısıtlı kapasite durumu da incelenmiş ve kapasitenin değişmesi durumunda optimal dinamik fiyat politikasındaki değişiklikler, doğrusal olmayan programlama ile analiz edilmiştir. Buna göre, optimal fiyatların sezon sonuna doğru azalış göstermesi gerektiği ortaya çıkmıştır fakat bu azalış oranları da dönemler arasında değişiklik göstermektedir. Örneğin, ürün 2 için kapasitenin 70 adet ile sınırlı olması durumunda, optimal strateji gereği ilk indirim oranı yaklaşık % 30 iken, ikinci indirim oranı % 2,5 olmalıdır.

Bir diğer sonuç olarak, kapasitenin kısıtlı olması durumunu, kapasite kısıtı olmaması durumu ile karşılaştırabiliriz. Kapasitenin sınırlı olması durumundaki optimal satış fiyatları, kapasite kısıtı olmaması durumundaki optimal satış fiyatlarına göre daha yüksek hesaplanmıştır. Örneğin, ürün 2 için kapasitenin 70 adet ile sınırlı olması durumunda optimal fiyat stratejisi sırasıyla 176, 174 ve 121 pb iken, kapasite kısıtı olmaması durumunda optimal fiyat stratejisi sırasıyla 132, 81 ve 78 pb dir.

Aynı zamanda, kapasitenin sınırlı olması durumunda elde edilebilecek maksimum getiri, kapasitenin sınırlandırılmamış olduğu durumdaki maksimum getiriden daha düşük bulunmuştur. Örneğin, ürün 2 için kapasitenin 70 adet ile sınırlı olduğu durumda optimal fiyat stratejisine ait maksimum getiri 9.621 pb iken, ürün 2 için kapasite kısıtı olmaması durumunda optimal fiyat stratejisine ait maksimum getiri 12.505 pb olarak hesaplanmıştır.

KAYNAKÇA

- Anjos, M.F., Cheng, R.C.H., ve Currie, C.S.M., 2005, Optimal pricing policies for perishable products, *European Journal of Operations Research*, 166 (1), 246-254
- Ayanwale A. B., Alimi, T. ve Ayanbimipe, M. A., 2005, The influence of advertising on consumer brand preference, *Journal of social sciences*, 10 (1), 9-16
- Badinelli, R.D. ve Olsen, M.D., 1990, Hotel yield management using optimal decision rules, *Journal of the academy of hospitality research*, 1, 1-21
- Bitran, G., ve Caldentey R., 2003, An overview of pricing models for revenue management; *Manufacturing and Service Operations Management*, 5 (3), 203-229
- Brynjolfsson, E., Smith, M., 2000, Frictionless commerce? A comparison of internet and conventional retailers, *Management Science*, 46 (4), 533-585
- Chatwin, R.E., 2000, Optimal dynamic pricing of perishable products with stochastic demand and finite set of prices, *European Journal of Operations Research*, 125 (1), 149-174
- Chiang, W.C., Chen, J.C.H., Xu, X., 2007, An overview of research on revenue management: current issues and future research, *International Journal of Revenue Management*, 1 (1), 97-128
- Desiraju, R., Shugan, S.M., 1999, Strategic service pricing and yield management, *Journal of Marketing*, 63 (1), 44-56
- Elmaghraby, W., Keskinocak, P., 2003, Dynamic pricing: Research overview, current practices, and future directions, *The Logistics Institute, Georgia Tech, Technical Report*, 1-31

- Elmaghraby, W., Keskinocak, P., 2003, Dynamic pricing in the presence of inventory considerations: Research overview, current practices, and future directions, *Management Science*, 49 (10), 1287-1309
- Farias V., Van Roy, B., 2010, Dynamic pricing with a prior on market response, *Operations Research*, 58 (1), 16-29
- Gallego, G., ve Van Ryzin, G., 1994, Optimal dynamic pricing of inventories with stochastic demand over finite horizons, *Management Science*, 40 (8), 999-1020
- Garrow, L., Ferguson, M., Keskinocak, P., Swann, J., 2006, Current pricing and revenue management across U.S. industries, *Journal of revenue and pricing management*, 5 (3), 237-247
- Ghose T. K. ve Tran T.T., 2009, Dynamic pricing in electronic commerce using neural network, *E-technologies: Innovation in an open world*, 26 (6), 227-232
- Hawtin, M., 2003, The practicalities and benefits of applying revenue management to grocery retailing and the need for effective business rule management, *Journal of revenue and pricing management*, 2, 61-68
- Heching, A., Gallego, G., Van Ryzin G., 2002, Markdown pricing: An empirical analysis of policies and revenue potential at one apparel retailer, *Journal of revenue and pricing management*, 1 (2), 139-160
- Hoang, P., 2007, The future of revenue management and pricing science, *Journal of revenue and pricing management*, 6 (2), 151-153
- Ingold, A., Beattie, U.M., Yeoman I., 2000, *Yield Management: Strategies for The Service Industries*, Thomson, London
- Joel D. Wisner, Keah-Choon Tan, G. Keong Leong, 2008, *Principles of Supply Chain Management*, Cengage Learning
- Kimes, S.E., Wirtz, J., 2003, Has revenue management become acceptable, *Journal of Service Research*, 6 (2), 125-135
- Kuyumcu, H.A., 2007, Emerging trends in scientific pricing, *Journal of revenue and pricing management*, 6 (4), 293-299
- Lieberman, W.H., 2004, Revenue management trends and opportunities, *Journal of revenue and pricing management*, 3 (1), 91-99
- Lin, K.Y., 2004, Sequential dynamic pricing model and its applications, *Wiley Periodicals, Inc. Naval Research Logistics*, 51 (4), 501-521
- Lippman, B.W., 2003, Retail revenue management-competitive strategy for grocery retailers, *Journal of revenue and pricing management*, 2 (3), 229-233
- Monohan, G. E., Petruzzzi, N. C., Zhao, W., 2004, The dynamic pricing problem from a newsvendor's perspective, *Manufacturing and Service Operations Management*, 6 (1), 73-91
- Ng, I.C.L., 2005, Differentiation, self-selection and revenue management, *Journal of revenue and pricing management*, 5 (1), 2-9
- Ng, I.C.L., Maull, R., Godsiff, P., 2008, An integrated approach towards revenue management, *Journal of revenue and pricing management*, 7, 185-195
- Philips, R.L., 2005, *Pricing and revenue optimization*, Stanford University Press, Stanford, California
- Pinchuk, S., 2007, Should revenue management be called displacement optimisation?, *Journal of revenue and pricing management*, 6 (4), 264-268
- Shields, J., ve Shelleman, J., 2009, Development of a revenue management checklist, *Small Business Institute National Proceedings*, 33 (1), 91-103
- Skugge, G., 2007, Future of revenue management: Capture your current potential, *Journal of revenue and pricing management*, 6 (3), 241-243
- Smola, A. J., ve Schölkopf B., 2004, A tutorial on support vector regression, *Journal of statistics and computing*, 14 (3), 199-222

- Talluri, K.T., ve Van Ryzin, G.J., 2005, *The theory and practice of revenue management*, Springer
- Trivizas, K., 2003, Trends shaping the practice of pricing and revenue management for airlines and hospitality companies, *Journal of revenue and pricing management*, 1 (4), 383-388
- Truffeli, M., 2006, Dynamic pricing:New game, new rules, new mindset, *Journal of revenue and pricing management*, 5 (1), 81-82
- Valkov, T., 2005, Form theory to practice:Real world applications of scientific pricing across different industries, *Journal of revenue and pricing management*, 5 (2), 143-151
- Yeoman, I., ve Beattie, U.M., 2004, Revenue management and pricing: Case studies and applications, Cengage Learning
- Zhao, W., ve Zheng, Y.S., 2000, Optimal dynamic pricing for perishable assets with nonhomogenous demand, *Management Science*, 46 (3), 375-388
- Ziya S., Ayhan H., Foley R. D., 2004, Relationships among three assumptions in revenue management, *Operations Research*, 52 (5), 804-809