

İzmir Körfezi'ndeki Kirliliğin İstatistiksel Bir Modelle İncelenmesi

Onur Başkan¹, Hülya Saygı²

¹ Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye.

² Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye.

Abstract: *Examining the pollution in Izmir Bay by a statistical model.* The usage of statistical methods in deriving results from limited data, improves progress in scientific researches. One of these researches with limited data is on environment. In this study, raw data of a research, prepared for FAO, were utilised to prepare a model on pollution. Multiple linear regression was selected as the model. General information on model, parameter estimation methods, tests on estimation faults and examinations were established. Findings were supported by the literatures. The variations effecting pollution found to be the depth, phosphate and ammonium. In evaluation of the data SPSS for Windows 6.2, Minitab, Statistica and Microsoft Excel softwares were used.

Key Words: Pollution, dissolved oxygen, residual analysis, multicollinearity, heteroscedasticity, stepwise method

Özet: Günümüzde özellikle sınırlı miktarda bilgiden sonuç çıkarmak ve bu sonuca göre karar vermek gerektiğinde istatistik yöntemlerinin kullanılabilmesi bilimsel alanda ilerleme olanağı yaratmıştır. Bu alanlardan biri de çevreye ilişkin verilerdir. Bu çalışmada, FAO'ya hazırlanmış bir araştırma projesinin ham verileri kullanılarak kirliliği ortaya çıkarılabilecek bir regresyon model oluşturmak amaçlanmıştır. Uygulanan çoklu doğrusal regresyon model ile ilgili genel bilgiler, modele ilişkin parametre tahmin yöntemleri, ele alınmış varsayım bozulmaları olmasında yapılması gereken testler geniş bir literatür taramasına dayandırılmıştır. Yapılan uygulamanın sonucunda, kirliliği etkileyen değişkenlerin derinlik faktörü, fosfat ve azot toplamı(nitrit, nitrat ve amonyum azotları) olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmanın uygulama bölümünde verilerin değerlendirilmesi aşamasında SPSS for Windows 6.2 istatistiksel paket programı, MİNİTAB, Statistica ve Excel paket programları kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kirlilik, çözünmüş oksijen, artıklar analizi, çoklu bağlantı, değişen varyans, adım-adım seçim yöntemi

Giriş

Çeşitli bilim dallarında verilerin toplanması, anlamlı bir biçimde özetlenmesi bunun yanı sıra açık, anlaşılır ve doğru bir biçimde yorumlanması büyük önem taşımaktadır. Hemen her bilim dalında araştırmacılar, eldeki verileri kullanıp sistemlerin çalışma kurallarını saptayarak, sistemi açıklamaya yarayacak soyut yapılara yönelmektedirler. Bu türdeki soyutlama genellikle “model”

sözcüğü ile tanımlanır. Bu anlamda Model; “Bir olayla ilgili bilgi yada düşüncelerin belirlenen kurallara bağlı olarak şekillendirilmesidir” denilebilir (Başkan, 1982). Modelden elde edilen verilere dayanarak bulunacak sonuçlar, ilgili varsayımların mantıksal sonuçları ile karşılaştırılabilir. Bu şekilde gerçekle ilgili daha çok bilgi edinilerek gerçeğe yakın iyi bir yaklaşım sağlanabilir. Kuşkusuz, en iyi durumda bile, gerçek ile model arasındaki fark kaçınılmazdır.

Regresyon modellerinin temel alındığı araştırmalarda genellikle çok sayıda bağımsız değişken arasından en uygunlarının seçilmesi sorunu vardır (Okur, 1979). Regresyon analizindeki ilk adım bağımlı değişkeni etkilediği düşünülen bağımsız değişkenlerden, hangisi yada hangilerinin istatistiksel açıdan önemli olduğunu bulmak, ikinci adım ise bağımlı değişkeni etkilediği belirlenen bağımsız değişkenler yardımıyla oluşturulan istatistiksel modeli kullanarak bağımlı değişken değerini tahmin etmektir (Alpar, 1997). İki yada daha çok değişken arasında var olan ilişkinin en uygun bir şekilde hangi matematiksel modelle ifade edilebileceğinin araştırılması, analiz sonuçlarının yorumlanmasında büyük önem taşımaktadır.

Çevre 20. Yüzyılın sonlarında gündeme gelmiş bir bilim dalıdır. Ekonomik kalkınma ve yükselen refahla eşzamanlı olarak doğanın korunması ve sağlıklı bir çevre yaratılması amacı ile çevre kirliliğini belirli sınırlar içinde tutacak bir politika benimsenmesini gerektirmektedir. Çevreye ilişkin verilerin derlenmesi, bu verilerin analizleri ve sonuçlarının yorumlanması süreçlerinde istatistiksel yöntemlere büyük ölçüde gereksinim duyulmaktadır. Heip ve Engels, 1974; Pielov, 1975; Smith ve Grassle, 1977; Legendre, 1979; Patil and Taillie, 1979; Washington, 1984'e göre ortam kirliliğinin, canlı toplulukları (biota) üzerine etkileri yirminci yüzyıl'ın ikinci yarısından bu yana ekologların ilgisini çeken bir konu olmuştur. Yapılan araştırmaların amaçları arasında biotayı kullanmak suretiyle kirliliğin tipini ve düzeyini belirlemek yer almaktadır. Bu eğilimin doğal bir sonucu olarak matematik ve istatistiğin yeni bir uygulama alanı olan hidrometri ve ekometri yada matematik ekolojinin gelişimi ile biyologlarca kirliliğin

izlenmesinde kullanılabilecek çok sayıda belirteç tür, tür zenginliği ve tür çeşitliliği indeksleri önerilmektedir (Koray ve Büyükkışık, 1987).

Genellikle deniz ve kıyı sularında kirliliğin kontrolü için incelenen parametreler: pH, sıcaklık, çözülmüş oksijen, organik madde, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI), toplam organik karbon (TOC), kromatografik tayin verileri, toksik metal v.b. olarak belirlenmiştir (Cruzado, 1983).

Koray ve Büyükkışık (1987), fiziko kimyasal parametreler arasındaki ilişkileri genel olarak incelediklerinde kirlenmiş bir bölge olan İzmir İç Körfezindeki tuzluluk ve oksijen değişimlerinin tür adetlerinden tamamen bağımsız olduklarını, Shannon-Weaver çeşitlilik indekslerindeki değişimlerin ise, sadece oksijen kullanımından bağımsız olduğunu, körfezin kirliliğinde ele alınan diğer ortam değişkenlerinin etkisinin bu değişkenlerinkini örtecek düzeye ulaştığını, buna karşılık, amonyum azotunun, nitrat azotunun, total inorganik azotun tür sayıları üzerinde, doğrusal olduğunu ve İlkbahar başından, sonbahar ortalarına dek, İç Körfez'de izlenen red-tide olayının, türlerin düşük tuzlulukta daha çok üremelerinden kaynaklanmış olabileceğini bildirmişlerdir.

Baykut ve diğ., (1983) İzmir körfezinde yaptıkları araştırmada, kirliliği oluşturan parametrelerin yıllık değişimlerini farklı derinliklerde ölçümler yaparak belirlemişler ve çözülmüş oksijen miktarındaki azalmanın kirliliği sularda göze çarptığını bildirmişlerdir.

Stigebrant (1991), gerçekleştirdiği test ile ifade edilen oksijen değişimi formülü, tuzluluk, sıcaklık ve yüzeyden olan oksijen verilerini kullanarak, organik maddenin net üretimini hesaplamının mümkün olabileceğini göstermiş, oksijen doygunluğundaki değişimleri izlemek için doğrusal regresyonu kullanmıştır.

Rahm *et. al.*, (1995), Oksijen doygunluğu ve zaman arasındaki doğrusal ilişkiyi elde etmiştir. Elde edilen doğrusal ilişkiye bağlı artıkların analizi ile varsayımların sağlanmadığını tespit ederek parametrik olmayan yöntemleri önermiştir.

Koray ve Büyükişık (1986); İzmir körfezinde yaptıkları çalışmada primer ve sekonder ürün miktarlarının, primer ekolojik faktörler ve nütrientlerle ilişkilerini inceleyip geçerli olanları çok değişkenli ve iç körfeze özgü bir doğrusal model haline getirmiş ve bu modelin kullanılması ile ortam faktörlerinin biota üzerindeki olumsuz düzeylerini saptamışlardır. Ele alınan tüm parametreler arasında basit korelasyon analizlerinin sonuçları ifade edilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada amaç deniz kirliliğini açıklayacak bir regresyon modeli oluşturmaktır. Regresyon modeli için gerekli olan veriler FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*)'ya hazırlanmış bir araştırma projesinin ham verilerinden alınmıştır (Koray ve ark, 1996). Söz konusu projede İzmir körfezi kirlilik bakımından dört bölgeye ayrılarak, belirlenen istasyonlardan, üç ayrı derinlikte (0.5m, 2.5 m ve 5.0 m'lerden) 84 örneklem alınmıştır. Bu yapılmış olan araştırmadan yararlanılarak bulunacak regresyon modelinde, deniz suyundaki çözünmüş oksijen miktarının yetersizliğinin, kirliliğin oluştuğunu belirten önemli bir gösterge olduğunu Egemen,1999'da ifade etmiştir. Bundan dolayı, çözünmüş oksijen miktarı modelde bağımlı değişken olarak alınmıştır. İlgili modelde çözünmüş oksijen miktarını etkilediği düşünülen ve fiziko-kimyasal etmenler olan tuzluluk, pH, fosfat, amonyum, silikat, nitrit ve nitrat ise bağımsız

değişkenler olarak alınmıştır.Yaramaz (1992), Amonyum, Nitrit ve Nitrat toplamının azot toplamı olarak alınabileceğini ifade ettiğinden bu üç değişken modele tek bir bağımsız değişken olarak eklenmiştir. Ayrıca, model varsayımlarının sınanması ile buna bağlı yorumlar yapılmıştır. Modeldeki bağımsız değişkenlerin seçiminde Adım-Adım (Stepwise) yöntemi kullanılmıştır.

Bu çalışmada verilerin analizinde, SPSS, Minitab, Statistica, ve Excel paket programları kullanılmıştır.

Uygulama ve Bulgular

Bu çalışmada, İzmir körfezindeki kirliliğin göstergesi olarak önerilen çözünmüş oksijen miktarını etkileyen değişkenler elde edilmeye çalışılmıştır. Dolayısıyla, ilgili modelde sürekli bir değişken olan çözünmüş oksijen miktarı bağımlı değişken Y olarak alınmıştır. Modele ilişkin bağımsız değişkenler ise, Tuzluluk (%), pH, Fosfat (mg lt^{-1}), Amonyum (mg lt^{-1}), Silikat (mg lt^{-1}), Nitrit (mg lt^{-1}), Nitrat (mg lt^{-1}), Derinlik, Aylar, Bölgeler olarak öngörülmüştür.

Burada ifade edilen bağımsız değişkenler modelde aşağıdaki eşitliklere bağlı olarak ifade edilmişlerdir.

X_1 = Bölgelere ve derinliklere göre Tuzluluk oranı

X_2 = Bölgelere ve derinliklere göre pH değeri,

X_3 = Bölgelere ve derinliklere göre Fosfat değeri,

X_4 = Amonyum + Nitrit + Nitrat toplamıdır.

Yaramaz (1992), bu üç fiziko-kimyasal parametrenin, Azot toplamı olarak alınabileceğini ifade etmiş ve bu nedenden dolayı bunların üçü, tek bir değer olarak alınmıştır.

X_5 = Bölgelere ve derinliklere göre Silikat değeri,

Her bölgede 0.5m, 2.5m ve 5.0m

olarak derinlik öngörüldüğünden, 3 sınıflı olarak düşünülebilecek bu derinlik değişkeni en yüksek derinlik değeri olan 5m³'ye göre diğerlerinin göreceli farklılıklarını yansıtacak şekilde modelde X_6 ve X_7 değişkenleri ile ifade edilmiştir.

Ölçümler Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında elde edildiğinden dört sınıflı olan bu değişken Haziran ayına göre diğerlerinin göreceli farklılıklarını yansıtacak şekilde modelde X_8 , X_9 , X_{10} değişkenleri olarak ifade edilmiştir.

İlgili ölçümler dört ayrı bölgeden alındığından dört sınıflı olan bölge değişkeni 4. Bölgeye göre diğerlerinin göreceli farklılıklarını yansıtacak şekilde modelde X_{11} , X_{12} , X_{13} değişkenleri olarak ifade edilmiştir.

Bağımsız değişkenler arasında yüksek korelasyonlu değişkenler olmadığından değişkenlerin tümü model denkleminde ifade edilebilir niteliktedir (Tablo 1). Böylece, tüm değişkenleri

içeren doğrusal model aşağıdaki eşitlikle ifade edilmiştir.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \beta_9 X_9 + \beta_{10} X_{10} + \beta_{11} X_{11} + \beta_{12} X_{12} + \beta_{13} X_{13} + \varepsilon$$

Çoklu doğrusal modelin varsayımlarından olan sapmalar bu modelin geçerliliği konusunda en önemli bir kriter olduğundan varsayım sapmaları öncelikli olarak incelenmelidir. Modelimize ilişkin bu sapmalar aşağıdaki şekilde tartışılmıştır.

Değişkenler arasında çoklu bağlantı varsa, bağımsız değişken seçiminde etkili olacak ve yanlış bir seçim yapılmasına neden olabilecektir. Bundan dolayı, öncelikle çoklu bağlantının belirlenmesi, eğer var ise ortadan kaldırılması gerekmektedir. Çoklu bağlantı sınaması için Varyans Şişme Değerleri (Variance Inflation Factors-VIF) kullanılmıştır. (Gujarati, 1992, Rawlings, 1988).

Tablo 1. Korelasyon matrisi

	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃
Y	1	-0,11	0,13	-0,17	0,14	-0,20	0,48	-0,02	0,12	0,03	-0,14	0,11	-0,07	-0,05
X ₁	-0,11	1	-0,22	-0,23	-0,22	0,02	-0,15	-0,02	-0,25	0,07	0,42	-0,04	0,06	-0,03
X ₂	0,13	-0,22	1	0,03	-0,19	-0,01	0,29	-0,08	0,00	-0,41	0,18	-0,06	-0,08	0,15
X ₃	-0,17	-0,24	0,03	1	0,59	0,59	0,23	-0,12	-0,27	-0,08	0,14	-0,07	-0,04	-0,05
X ₄	0,14	-0,22	-0,19	0,59	1	0,40	0,27	-0,17	-0,20	0,21	-0,01	-0,05	-0,08	0,09
X ₅	-0,20	0,02	-0,01	0,59	0,40	1	0,16	-0,14	-0,27	-0,03	0,43	-0,05	0,00	-0,01
X ₆	0,48	-0,15	0,29	0,23	0,27	0,16	1	-0,46	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
X ₇	-0,02	-0,02	-0,08	-0,12	-0,17	-0,14	-0,46	1	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,14	-0,14
X ₈	0,12	-0,25	0,00	-0,27	-0,21	-0,27	0,00	-0,01	1	-0,35	-0,25	0,00	0,00	0,00
X ₉	0,04	0,07	-0,41	-0,08	0,21	-0,03	0,00	-0,02	-0,35	1	-0,54	0,00	0,00	0,00
X ₁₀	-0,14	0,42	0,18	0,14	-0,01	0,43	0,00	-0,01	-0,25	-0,54	1	0,00	0,00	0,00
X ₁₁	0,11	-0,04	-0,06	-0,07	-0,05	-0,05	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	1	-0,33	0,33
X ₁₂	-0,07	0,06	-0,08	-0,04	-0,08	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00	-0,33	1	-0,33
X ₁₃	-0,05	-0,03	0,15	-0,05	0,09	-0,01	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00	0,33	-0,33	1

Y bağımlı değişkeni, ve tüm X bağımsız değişkenlerini içeren tam modele ilişkin çoklu doğrusal regresyon çözümleri Tablo 2.'de verilmiştir. Tablo 1.'de daha öncede ifade

edildiği gibi değişkenler arasında çok kuvvetli bir ilişki yoktur, fakat Azot toplamı (X_4) ve Fosfat (X_3) arasında $r=0.596$ ve Silikat (X_5) ile Azot toplamı (X_4) arasında $r=0.595$, orta derecede bir

ilişki söz konusudur, bundan dolayı çoklu bağıntı sorunu olup olmadığını incelemekte fayda vardır.

VIF değerlerinin 10'un altında olduğu görülmektedir. Bu durumda çoklu bağıntı sorununun olmadığı söylenebilir

(Tablo 2) (Rawlings, 1988). Çoklu bağıntı durumuna bakıldıktan sonra, Değişen varyans durumunun olup olmadığını Spearman Sıra Korelasyon katsayısı yardımı ile belirlenmiştir (Tablo 3) (Gujarati, 1992, Koutsoyiannis, 1989).

Tablo 2. Full modele ilişkin sonuçlar

Değişken	b_i	$s(b_i)$	Beta	Tolerans	VIF	t	p
Tuzluluk	0.161	0.431	0.045	0.492	2.030	0.374	0.709
pH	0.690	1.263	0.060	0.564	1.771	0.546	0.586
Fosfat	-1.130	0.342	-0.441	0.348	2.872	-3.300	0.002
Azot top.	0.049	0.016	0.374	0.454	2.199	2.942	0.004
Silikat	-0.058	0.072	-0.105	0.418	2.389	-0.809	0.421
0.5m derinlik	3.851	0.675	0.611	0.633	1.579	5.701	0.000
2.5m derinlik	1.554	0.614	0.248	0.763	1.310	2.531	0.0136
Mart ayı	0.394	1.230	0.034	0.444	2.252	0.320	0.7496
Nisan Ayı	-0.734	0.793	-0.122	0.240	4.154	-0.926	0.357
Mayıs ayı	-0.843	1.038	-0.128	0.219	4.558	-0.812	0.419
I.Bölge	-0.004	0.738	0.000	0.633	1.577	-0.006	0.995
II.Bölge	-0.753	0.731	-0.109	0.645	1.550	-1.030	0.306
III.Bölge	-1.030	0.750	-0.150	0.616	1.623	-1.373	0.174
Sabit	-2.227	21.620				-0.103	0.918
n=84		s=2.34		$R^2=0.475$		$F=4.87$	

Tablo 3. Değişen varyans durumunun spearman sıra korelasyon ile sınanması

Değişken	$\sum d_i^2$	r_s	t	Değişen Varyans
X ₁	113571.5	0.149	1.365	yok
X ₂	86232.0	0.126	1.150	yok
X ₃	102197.0	-0.034	-0.308	yok
X ₄	107836.5	-0.091	-0.827	yok
X ₅	87812.5	0.110	1.002	yok
X ₆	87869.0	0.110	1.002	yok
X ₇	96866.0	0.019	0.172	yok
X ₈	83497.0	0.154	1.411	yok
X ₉	91217.0	0.076	0.690	yok
X ₁₀	95081.0	0.037	0.335	yok
X ₁₁	80654.0	0.183	1.685	yok
X ₁₂	78050.0	0.209	1.935	yok
X ₁₃	79202.0	0.198	1.829	yok

Tablo 3 incelendiğinde tüm değişkenler için değişen varyans durumunun olmadığı görülmüştür. Bu durum Artıklar analizinde de belirtilecektir.

İzmir körfezinde, çözünmüş oksijen

miktarını istatistiksel olarak önemli derecede etkileyen bağımsız değişkenlerin X₃, X₄, X₆ ve X₇ olduğu görülmüştür (Tablo 4).

Değişkenler arasında otokorelasyon olup olmadığı d istatistiği ile Durbin-

Watson tablo değerleri olan $d_L=1.55$, tırılarak otokorelasyon olmadığı $d_U=1.75$ tablo değerleri ile karşıla- anlaşılmıştır.

Tablo 4. İzmir Körfezi'nde çözünmüş oksijen miktarı ile ilgili doğrusal model için sonuçlar

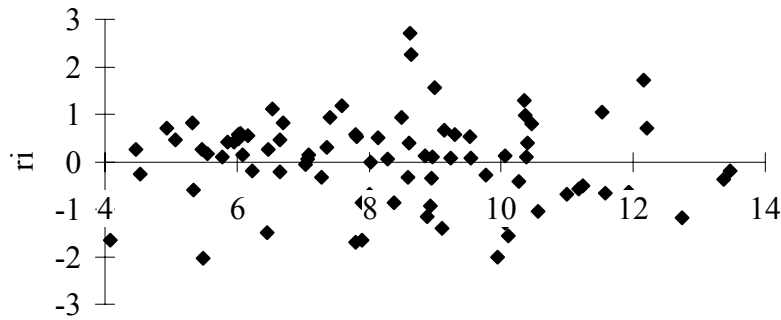
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t	p
X ₃	-1.1818	0.2733	-4.334	0.0000
X ₄	0.0375	0.0141	2.655	0.0096
X ₆	4.0237	0.6231	6.457	0.0000
X ₇	1.6322	0.6012	2.715	0.0081
Sabit	8.2035	0.6612	12.407	0.0000
n=84	s=2.3279	R ² =0.4255	(F=14.629	p=0.0000)

İzmir Körfezinde kirliliği açıklayabilmek için öngörülen modelde çözünmüş oksijeni etkileyen bağımsız değişkenler adım-adım seçim yöntemi kriterlerine bağlı olarak seçilmişlerdir. Modelde Tuzluluk, pH, Fosfat, Azot toplamı ve Silikat ölçülebilen, derinlik, bölgeler ve ölçümlerin yapıldığı aylar indikatör değişkenler olarak belirlenmiştir. Böylece, onüç bağımsız değişkeni içeren tahmin denkleminde ilişkin e_i artıklar, standartlaştırılmış artıklar r_i değerleri ve D_i değerleri hesaplanmış ve 46. gözlem için, dahili standartlaştırılmış artık $r_{46}=2.708$ değeriyle ve harici standartlaştırılmış artık $r_{46}^*=2.986$ değerinin en büyük olduğu görülmüştür.

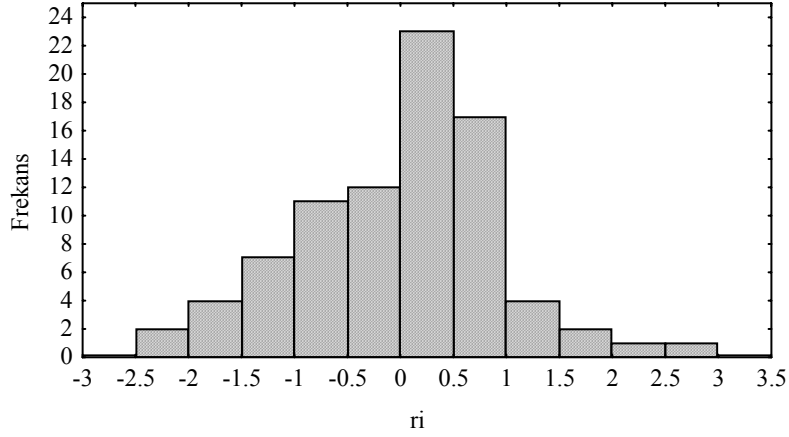
Şekil 1 incelendiğinde, mutlak değer

olarak dört tane artığın 2'den daha büyük değere sahip olduğu görülmektedir. 46. nokta en büyük pozitif artıktır. $e_{46}=5.572$ veya standartlaştırılmış artık $r_{46}=2.708$ 'dir. Şekil 2 ile artıkların dağılışının çarpık olduğu düşünülebilir. Verilerin normal dağılışa uygunluğu Şekil 3'den gözlenmektedir.

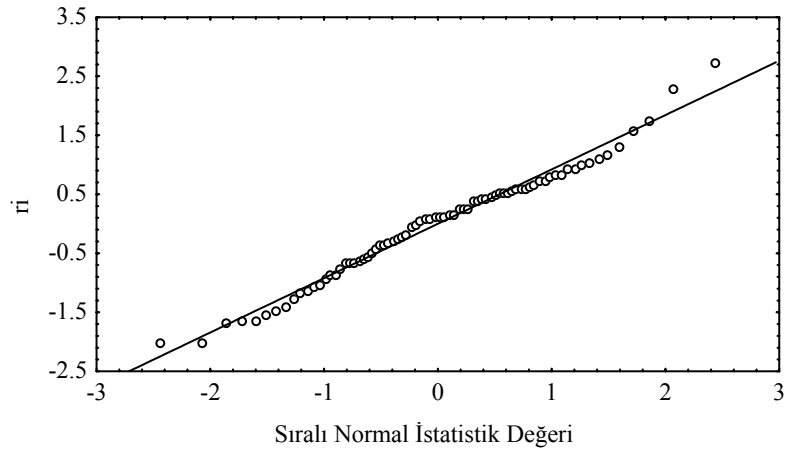
Dağılış için korelasyon testi uygulanmış ve sıralı artıklarla sıralı normal istatistiklerin korelasyonuna bakıldığında $r=0.9903$ olduğu görülmüştür ($r_{(0.05,84)}=0.983$) Böylece dağılışın normal olduğu ($r_{hesap} > r_{tablo}$ olduğundan) desteklenmiştir. Ayrıca, ilgili dağılış için elde edilen çarpıklık katsayısı 0.01 olduğundan Box-Cox yöntemine göre dağılışın çarpık olmayan bir dağılış olduğu söylenebilir.



Şekil 1. \hat{Y}_i 'e karşı r_i



Şekil 2. Artıkların histogramı



Şekil 3. Normal olasılık grafiği

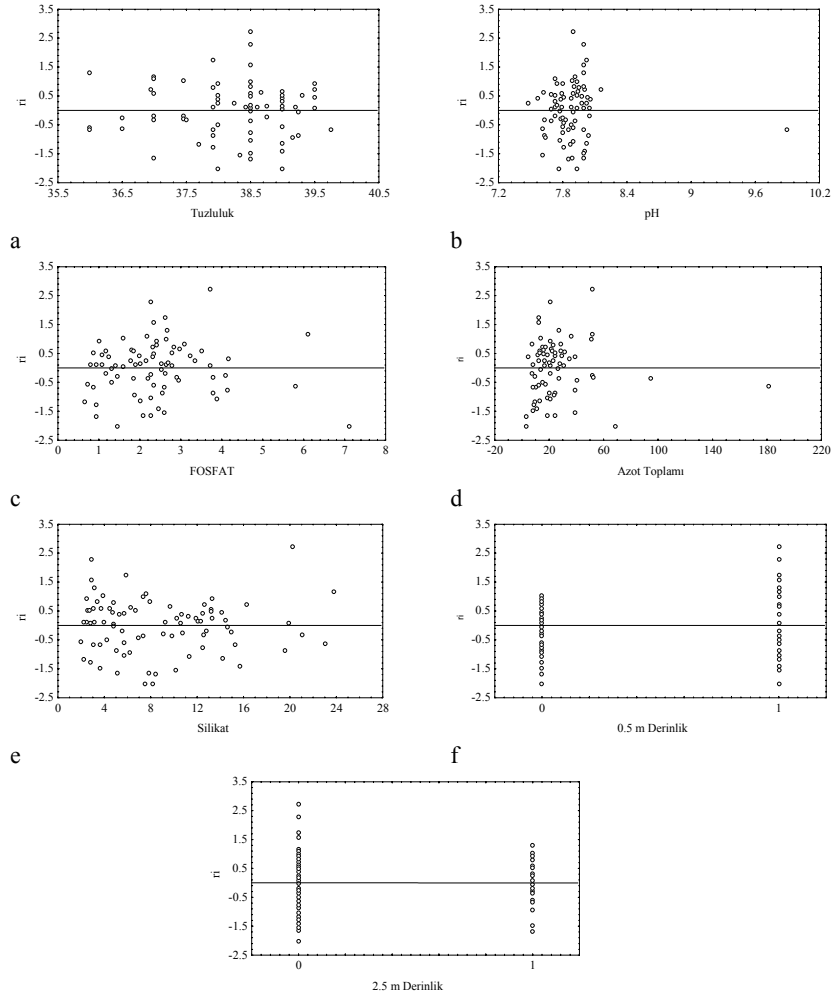
\hat{Y}_i karşı standartlaştırılmış artıkların grafiğinden, değişen varyans durumunun almadığı gözlenir, buradaki saçılım grafiği rasgelelikten kaynaklanmaktadır.

Bağımsız değişkenlere karşı artıkların grafiğinden ise, model varsayımlarından büyük bir sapma yada modelin eksik belirlenmesi gibi bir sorunun olup olmadığı görülecektir. Şekil 4'den artıkların normal dağıldığı, modelin eksik belirlenmediği, değişen varyansın olmadığı ve modelin değişkenlere göre

doğrusal olduğu görülmüştür. Genel olarak r_i değerlerine bakıldığında bunların ± 3 arasında değiştiği söylenebilir. Buradan da anlaşıldığı gibi etkili gözlem, sapan gözlem ve büyük gözlem uzaklığına sahip noktaların varlığından söz edilebilir. Son modelde yer almadıkları için, bölgeler ve ayların artıklar grafiğine bakmaya gerek duyulmamıştır.

Modelimize bağlı etkili istatistikler için referans değerler $p=14$, $n=84$ 'dir. P'nin çapraz elemanları olan v_{ii} 'lerin

ortalaması $p/n=14/84=0.166$ 'dır. v_{ii} muhtemel olarak etkili noktaldır $\geq 2p/n=0.333$ olursa, bu noktalar (Rawlings,1988).

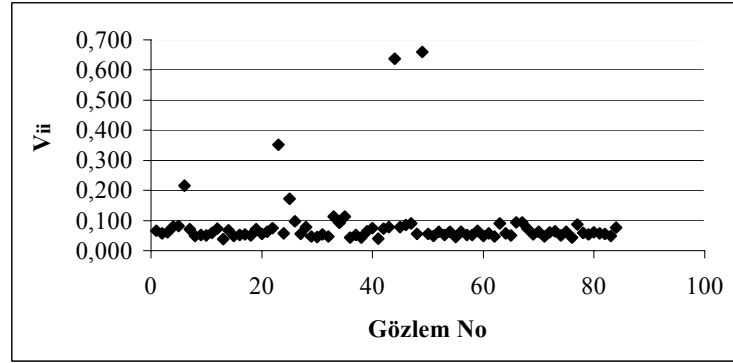


Şekil 4. Değişkenlere karşı artıkların grafiği

D_i için kesim değeri $4/n=4/84=0.0476$ 'dır. Eğer DFFITS için kullanılırsa, $DFFITS; 2\sqrt{p/n} = 2\sqrt{14/84} = 0.816$, dan daha büyük mutlak değere sahip olan değerlerin \hat{Y}_i üzerinde etkili olduğunu gösterir. D_i ve DFFITS çok benzer ölçülerdir. Bunlardan D_i ölçütünü gözönüne alarak etkili gözlem olup olmadıklarını incelenmek

istendiğinde 1'e yakın D_i değeri yoktur ve D_i 'ler birbirine yakın değerlerden oluşmaktadır. Dolayısıyla, bu veride etkili gözlem olmadığı söylenebilir. Ancak yine de en yüksek D_i değerine sahip 49. Gözlem değerini test edersek; $D_i=0.550 < F_{(14,70;0.5)}=0.964$ olduğu için bu gözlemin etkili gözlem olmadığı anlaşılır (F değeri Neter *et al.*, 1996'daki referansında bulunan Tablo B4'den yararlanılmıştır).

Benzer tartışmalar Şekil 6 ile de aralığı dışındaki değerlerin genel varyans yapılabılır. COVRATIO; $1 \pm 3p/n = (0,5, 1,5)$ üzerine büyük bir etki yaptığı söylenebilir.



Şekil 5. Gözlem nosuna karşı v_{ii} 'nin grafiği

Yukarıdaki etkili istatistikler olarak görünmektedir. Bu etkili gözlemler sonucunda, 11 gözlem etkili gözlemler Tablo 5'de özetlenmiştir.

Tablo.5. İzmir Körfezi verilerinde etkili istatistikler

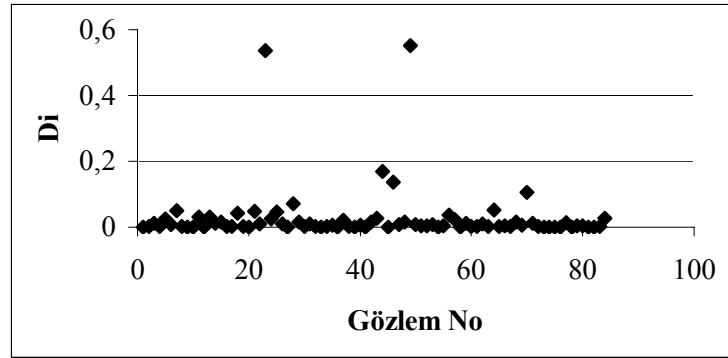
Gözlem no	v_{ii}	D	DFFITs	DFBETAS														
				X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	
7		*	*		*						*		*	*	*	*		
21		*	*	*								*	*	*				
23	*	*	*	*	*		*	*	*	*		*	*	*	*			*
28		*	*	*		*					*	*	*	*		*	*	
44	*		*	*				*										
46			*	*	*				*	*				*				*
49	*	*	*	*		*		*	*	*	*		*	*			*	*
56												*	*	*		*		
64		*	*				*											
70		*	*		*					*		*	*	*		*		*
84													*	*		*		

* Ondört Gözlem (v_{ii}) muhtemel etkiyi gösterir veya İzmir Körfezindeki Verilerinde Etkilidir. Onların kritik Değerleri aşan Ölçüleri kolonlardaki asteriksler gösteriyor.

Buradan, 21, 23 ve 44 nolu gözlemlerin b_0 'i, 7, 46 ve 70 nolu gözlemlerin b_1 'i, 23, 28 ve 49 nolu gözlemlerin b_2 'yi, 23 ve 64 nolu gözlemlerin b_3 'ü, 23, 44 ve 49 nolu gözlemlerin b_4 'ü, 23, 46 ve 49 nolu gözlemlerin b_5 'i, 7, 28, 46, 49 ve 70 nolu gözlemlerin b_6 'yü, 21, 28 ve 49 nolu gözlemlerin b_7 'i, 7, 21, 23, 28, 56 ve 70 nolu gözlemlerin b_8 'i, 7, 21, 23, 28, 49, 56, 70 ve 84 nolu gözlemlerin b_9 'u, 7, 23, 46, 56, 70 ve 84 nolu gözlemlerin b_{10} 'u, 7 ve 28 nolu gözlemlerin b_{11} 'i, 28, 49, 56 ve 70 nolu gözlemlerin b_{12} 'yi, b_{13} 'ü 23 ve 46 nolu gözlemlerin etkilediği düşünülmektedir. Bu gözlemlerin modelden atılıp atılmamasına bu verilerin sapan gözlem olup olmamalarına göre

karar verilmiştir. Burada dışsal standartlaştırılmış artıklara (r_i^*) sapan değer testi uygulandığında, elde edilen bulunan 2.88 değeri 3.31 tablo değerinden (Çiçek, 1988) küçük bir değer olduğundan sapan gözlem bulunmamaktadır. Etkili gözlem olduğu düşünülen gözlemlerde modelden

çıkartılarak yeniden regresyon çözümü uygulandığında beklendiği gibi çok önemli bir değişiklik söz konusu olmamıştır. Bu nedenle veriden herhangi bir gözlemin çıkartılmasına ve modelin tekrar incelenmesine gerek kalmamaktadır.



Şekil 6. Gözlem nosuna karşı D_i 'nin grafiği

Bağımsız değişkenlerin seçiminde Adım-adım(Stepwise) yöntemi kullanılarak; $\hat{Y}_i = 8.203 - 1.181X_{i3} + 0.037X_{i4} + 4.023X_{i6} + 1.632X_{i7}$ eşitliğine ulaşılmıştır. $R^2=0.42$, $s=2.321$, ve $F=14.629$ olarak bulunmuştur.

Sonuçlar ve Tartışma

Denizel araştırmacılar için İzmir Körfezi özel çekiciliği bulunan bir alandır. Çeşitli amaçlara yönelik körfezde çok sayıda bilimsel araştırmaya rastlanmaktadır. Bunlar:

- 1) Denizlerin durumu ve kalitesinin belirlenmesi, 2) Kirliliğin izlenmesi ve kontrolü, 3) Denizde yapılacak çeşitli çevresel etkileşimlerin değerlendirilmesi, 4) Deniz ortamındaki biyotik ve abiyotik işlemlerin araştırılması, 5) Deniz ortamlarının benzeşimi amacıyla geliştirilen matematiksel modellerin oluşturulması ve duyarlılığının kontrolü

gibi konulardır. (Uslu, 1995).

Bu çalışmada, İzmir körfezinde kirliliğin bir ölçüsü olan ölçülebilen çözünmüş oksijen miktarını etkileyen etmenler istatistiksel bir model kavramı altında elde edilmeye çalışılmıştır.

Öncelikle FAO destekli yapılmış bir çalışmadan elde edilmiş verilere en uygun modelin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda öngörülen değişkenlerin özellikleri dikkate alınarak herbiri için ilgili araştırmacıların bilgilerinden yararlanılmıştır. Buna göre Tuzluluk, pH, Fosfat, Nitrit, Nitrat, Silikat, Amonyum sürekli değişkenleri ile sınıflı değişkenler olan derinlik, aylar ve bölgelerin kirliliği etkilemesi beklenen değişkenler olabileceği sonucuna varılmıştır. Konuya ilişkin önceki araştırmalar ve araştırmacıların (hidrobiyolog ve su kimyacı) önerileri doğrultusunda bağımlı değişkeni sürekli bir değişken olan çözünmüş oksijen miktarına ilişkin

modelin doğrusal olması gerektiği düşüncesi de göz önüne alınmıştır.

Öngörülen regresyon modeline ilişkin çözümler SPSS for Windows 6.2. paket programı kullanılarak yapılmıştır. Tüm değişkenleri içeren tahmin modeli, Tablo 15'de verilmiştir. Buna göre ilgili tahmin modeli aşağıdaki gibidir.

$$\hat{Y} = -2.227 + 0.161 (\text{Tuzluluk}) + 0.690 (\text{pH}) - 0.130 (\text{Fosfat}) + 0.049 (\text{Azot Toplamı}) + 0.690 (\text{Silikat}) + 3.851 (0.5\text{m Derinlik}) + 1.554 (2.5\text{m Derinlik}) + 0.394 (\text{Mart}) - 0.734 (\text{Nisan}) - 0.843 (\text{Mayıs}) - 0.004 (\text{Bölge I.}) - 0.753 (\text{Bölge II.}) - 1.030 (\text{Bölge III})$$

Tablo 6. Bütün değişkenleri içeren çoklu doğrusal regresyon model sonuçları

Değişken	b _i	s(b _i)	Beta	t	p
Tuzluluk	0.161	0.431	0.045	0.374	0.709
PH	0.690	1.263	0.060	0.546	0.586
Fosfat	-1.130	0.342	-0.441	-3.300	0.002
Azot top.	0.049	0.016	0.374	2.942	0.004
Silikat	-0.058	0.072	-0.105	-0.809	0.421
0.5m derinlik	3.851	0.675	0.611	5.701	0.000
2.5m derinlik	1.554	0.614	0.248	2.531	0.013
Mart ayı	0.394	1.230	0.034	0.320	0.749
Nisan Ayı	-0.734	0.793	-0.122	-0.926	0.357
Mayıs ayı	-0.843	1.038	-0.128	-0.812	0.419
I.Bölge	-0.004	0.738	0.000	-0.006	0.995
II.Bölge	-0.753	0.731	-0.109	-1.030	0.306
III.Bölge	-1.030	0.750	-0.150	-1.373	0.174
Sabit	-2.227	21.620		-0.103	0.918
n=84	s=2.34		R ² =0.47		F=4.87

İlgili çözümler sonucunda ulaşılan sonuç model tablo 6'ya göre sonuç model aşağıdaki gibidir.

$$\hat{Y} = 8.203 - 1.188 (\text{Fosfat}) + 0.037 (\text{Azot Toplamı}) + 4.023 (0.5\text{m Derinlik}) + 1.632 (2.5\text{m Derinlik})$$

Ulaşılan son modele göre kirliliği en çok etkileyen değişken 0.5metrelik derinlik-tir. Bunun nedeni deniz yüzeyinin sıcaklık ve ışık ile daha çok etkilenmesi sonucu planktonun üremesidir.

Tablo 7. Son modele ilişkin regresyon model sonuçları

Değişken	b _i	s(b _i)	Beta	t	p
X ₃	-1.181	0.273	-0.461	-4.324	0.0000
X ₄	0.037	0.014	0.286	2.655	0.0096
X ₆	4.023	0.623	0.638	6.457	0.0000
X ₇	1.632	0.601	0.261	2.715	0.0081
Sabit	8.203	0.661		12.407	0.0000
n=84	s=2.321		R ² =0.42		F=14.629

Bu canlılar sayesinde fotosentez olayı gerçekleşmekte ve çözülmüş oksijen miktarı yükselmektedir. Ayrıca

bir başka neden ise, körfezde rüzgar, güneş ve gel- git enerjilerinin neden olduğu yoğun ve etkin su sirkülasyonları

ile sağlanan düşey ve yatay yönleredeki karışımlardır (Uslu, 1995). Bunun yanında 5.0 m derinlik ölçümleri sonucunda en düşük çözünmüş oksijen miktarına sahip olmasının nedeni ise, dibe çöken partiküllerin bakteriler tarafından bozundurulması oksijenin tüketilmesi ve kirliliğin bu nedenden dolayı ortaya çıktığı ifade edilebilir.

Derinlik faktöründen sonra kirliliği etkileyen en önemli değişken ise, fosfattır. Fosfat değişkeni ile çözünmüş oksijen değişkeni ters orantılı bir ilişki göstermektedir. Fosfat değerinin büyüklüğü evsel ve sanayi atıklarının artışından kaynaklanan bir sonuçtur, fosfat çok olduğunda çözünmüş oksijen miktarında azalacak ve kirlilik ortaya çıkmış olacaktır (Ertuğrul, 1988, Yaramaz, 1992).

Kirliliği etkileyen üçüncü önemli değişken ise azot toplamı olarak ifade edilen değişkendir. Bu değişkenin çözünmüş oksijen ile doğru orantılı olduğu görülmektedir. Azot toplamında amonyum azotu dominanttır. İç körfezde evsel ve sanayi atıklarıyla ortaya çıkan bu sonuç çözünmüş oksijen miktarını artıran bir etkiye sahiptir.

Kullanılan veriler yapılan ölçümler yönünden gayet güvenilirdir. Bu yönüyle son model ölçümlere bağlı olarak tutarlıdır. Fakat modelin belirleyicilik katsayısı düşüktür. Kirliliği etkileyen yeni bazı değişkenlerin modele katılması gerekmektedir.

Günümüze dek yürütülen çalışmalarda körfez akıntılarının en genel şekli ile kavrayabilmek için bilgisayar modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller aracılığı ile, değişik rüzgar (hız ve yön) ve gelgit koşulları altında su sirkülasyonları incelenilmektedir. Körfezdeki akıntılar, çeşitli noktalardan verilen çeşitli nicelik ve nitelikteki kirleticilerin ne şekilde taşındığını ve hangi bölgeleri etkilediklerini belirleyen

en önemli faktörlerdir (Uslu, 1995). Bilgisayar modelleri aracılığı ile sadece körfezin bugünkü durumu değil, aynı zamanda kirlilik yüklerindeki değişimler veya alınacak önlemler sonucunda körfeze gelen domestik etkilerin değişimi sonucunda oluşacak yeni durumlar konusunda son derece ayrıntılı incelemeler yapmak mümkündür. Böylece, Bölgelerin, kendi içlerinde homojen, aralarında ise heterojen olmalarına dikkat edilmesi gerekir. Bölgeler Uslu (1995)'in belirttiği araştırmalar uzantısında oluşturulabilir.

İstatistiksel modelin yeni belirlenecek bölgelerle kurulmuş deneylere bağlı elde edilen ölçümler ile yeniden değerlendirilmesi sonucunda kirliliği etkilemesi beklenen faktörler açısından önemli ipuçlarının elde edilmesi beklenebilir. İlgili model doğru seçilecek bölgelere göre elde edilmiş gözlemlere bağlı olarak uygulandığında kirlilikle ilgili daha açıklayıcı sonuçlar verebilecektir.

(Rahm, 1995)'de yaptığı çalışmanın aksine bu çalışma çok etkenli kapsamlı parametrik bir model çalışması olarak ilk olup, ufuk açması beklenen sonuçları da önemlidir.

Daha önce yapılmış çalışmaların genelinde, sadece bir bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasındaki ilişkiye yönelik olarak gerçekleştirilmiş olması bir diğer eksiklik olarak belirtilebilir.

Çalışmanın kirlilikle ilgili benzer çalışmaları gerçekleştirecek araştırmacılara yol gösterici olması beklenmektedir.

Kaynakça

- Alpar, R., 1997, gulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlere Giriş I, Bağırhan Yayınevi, Ankara, 337s.,
Anonim, Türkiyenin Çevre Sorunları, Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını, Ankara, 1983.
Başkan, O., Sınıflanabilen bağımlı

- değişkenlerin çok değişkenli modeller ile tahmin edilmesi, Karadeniz Üniversitesi, Matematik dergisi, 26-39, 1982.
- Baykut, F., Aydın, A., ve Altan, E., Haliç'te Su Kirliliğini Oluşturan Bazı Faktörlerin tüm Mevsimler Boyunca Dağılımı, Doğa Bilim Dergisi, 7(1), seri B, Ankara, 7-23, 1983
- Cruzado, A., Unesco Reports in Marine Sciences, 20, Chemical Processes, UNESCO, 1983
- Çiçek, M.İ., Sapan Gözlemlerin İstatistiksel olarak Değerlendirilmesi Üzerine bir Çalışma, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Bilimleri Mühendisliği Bölümü, İzmir, 23s. (Yayınlanmamış), 1984.
- Gujarati, D., "Essentials of Econometrics", McGraw - Hill, inc., New York, 466 p. 1992
- Koray, T. ve Büyükişık, B., "Kirlenmiş bir bölgede (İzmir İç Körfezi) Planktonik tür çeşitliliği ve Fiziko -Kimyasal Değişkenler Arasındaki İlişkiler", Çevre 87 Sempozyumu, İzmir, 1987.
- Koray, T., ve Büyükişık, B., "İzmir Körfezinde Pollusyon Nedeni ile Planktonik Organizmaların Kommunité Yapısını Olumsuz Yönde Etkileyen Fiziko-Kimyasal koşulların Belirlenmesi üzerine Linear Yaklaşımlar", Çevre 86 Sempozyumu, İzmir, 1986.
- Koray, T., Büyükişık, B., Parlak, H., Gökınar, Ş., "Eutrophication Processes and Algal Blooms (Red-Tides) in İzmir Bay", FAO, No=104, UNEP, Athens, 1-26, 1996.
- Koutsoyionnis, A., "Ekonometri Kuramı", Çevirenler: Ümit Şenesen ve Gülay Günlük Şenesen), Verso, 688s, 1989.
- Mendenhall, W., Sincich, T., "A Second Course in Statistics Regression Analysis", 5th edition, Prentice Hall, New Jersey, 1996.
- Montgomery, C.D., Peck, A.E., "Introduction to Linear Regression Analysis", John Wiley & Sons, 527 p, 1992
- Neter, J., Wasserman, W., "Applied Linear Statistical Models", Irwin, 837p, 1973.
- Neter, J., Kutner, M.H., Nachtsheim, C.J., Wasserman, W., "Applied Linear Statistical Models", Irwin, 1400p, 1996
- Okur, C., "Jackknife Yönteminin Çoklu Korelasyon Tahminlerinde Kullanılabilirliği Üzerinde Bir Araştırma", Ege Üniversitesi Elektronik Hesap Bilimleri Enstitüsü, 80s (Yayınlanmamış), 1979
- Rahm, L., Stureson, L., Danielsson, A., Sandein, P., Oxygen Saturation trends in the Baltic Sea, Environmental Monitoring and Assessment, 35, Kluwer, Netherlands, 13-25, 1995.
- Rawlings, J.O., "Applied Regression Analysis: A Research Tool", Wadsworth & Brooks / Cole Advanced Books & Software Pacific Grove, California, 553 p, 1988.
- Samprit Chatterjee, Ali S. Hadi., "Sensitivity Analysis in linear Regression", John Wiley & Sons, 315 p, 1988.
- Yaramaz, Ö., "Çevre ve Su Kirliliği", Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Yayın No=42, İzmir, 86s, 1992.