

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Düz Dişlilerde Oluşan Hataların Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlerle Analizi

Öznur DUMAN

HAZİRAN 2012

Rahmetli Anneanneme

ÖZET

DÜZ DIŞLİLERDE OLUŞAN HATALARIN ÇOK DEĞİŞKENLİ İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE ANALİZİ

DUMAN, Öznur

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa YÜZÜKIRMIZI

Haziran 2012, 118 Sayfa

Dişlilerdeki durumların izlenmesi, bozulma trendinin tahmini ve hataların teşhisi çok önemli olup, tahmini bakım yönteminin oluşturulması için gereklidir. Bu kapsamda dişlilerin hatalarının tespitinde çok değişkenli istatistiksel yöntemlerin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Dişlilerin, belirli hız ve yük altında sağlam, aşınmış, kırık tipleri için titreşim frekansları ölçülmüştür. Titreşim verileri üç boyuttan eş zamanlı olarak alınmıştır. Böylece çok değişkenli istatistiksel yöntemlerin kullanılabilirliği sağlanmıştır.

Alınan verilerin homojenliğinin tespiti için homojenlik testleri yapılmıştır. Verilerde parametre tahminlerinin durumlarını kontrol etmek için otokorelasyon incelemesi yapılmış, verilerin otokorelasyon sergilemediği gözlemlenmiştir. Verilerin normal dağıldığını göstermek için Kolmogorov- Simirnov testi uygulanmıştır. Gruplar içi Anavo testi, Tukey testi, Scheff testi, Hotelling T^2 tek değişkenli olarak verilere uygulanmıştır. Dişliler arasındaki fark tek değişkenli analizlerle tam olarak ortaya konulamadığını görülmüştür.

Bir sonraki adımda, üç boyuttan alınan verilere çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden birisi olan Manova testi yapılmıştır. Manova testi sonucunda sağlam, aşınmış, kırık ve iki kırık dişlilerin birbirinden ayırt edilebildiği görülmüştür.

Düzenek dişlilerde aşınma gözlemlenene kadar çalıştırılmıştır. Bütün süreç kayıt altına alınmış ve \bar{X} - S grafikleri çizdirilmiştir. 181 saatlik x ve y yönünden alınan veriler için Ewma grafiği çizdirilmiş ve aşınma saati tespit edilmiştir.

İstatistiksel analizler çok yönlü ve çok sayıda verilerle yapılmıştır. Böylece analizlerdeki hata riski azaltılmıştır. Dişlilerdeki hatanın ne olduğu ve ne zaman oluştuğu tespit edilmiştir. Akademik ve endüstriyel anlamlar ifade eden sonuçlara dönüştürülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Makine dişlilerinde oluşan arızalar, Arızaların tespiti, Çok Değişkenli İstatistiksel Analizler.

ABSTRACT

ANALYSIS OF GEAR FAULTS ON MACHINERY BY MULTIVARIATE STATISTICAL METHODS

DUMAN, Öznur

Kırıkkale University

Graduate Scholl Of Natural And Applied Sciences

Department Of Industrial Engineering, M.Sc Thesis

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Mustafa YÜZÜKIRMIZI

June 2012, 118 Pages

In gears monitoring of conditions, deterioration trend prediction and diagnosis of faults are very important and necessary to establish the estimated maintenance method. In this context, multivariate statistical methods in detecting errors of gears were investigated. For robust, worn and broken types gears, under a specific speed and load, vibration frequencies were measured. Vibration data is taken in three dimensions simultaneously. Thus availability of multivariate statistical methods is provided.

Homogeneity tests were conducted to determine the homogeneity of the received data. To check the status of parameter estimation, autocorrelation analysis was made in the data, autocorrelation is not observed. Kolmogorov-Smirnov test was applied to show normally distributed data. Anova, Tukey's, Scheffe, Hotelling T^2 tests were applied to data as a single variable within the groups. In univariate analysis, the difference between gears not be determined fully was observed.

In a next step, one of the multivariate statistical methods Manova test was performed. to data taken from three dimensions. Manova test results robust, worn, broken, and two broken gears was seen that distinguish between.

The mechanism is operated to that observed in the gears wear. The whole process was recorded and \bar{X} - S charts are plotted. For 181 hours of data taken in terms of x and y, EWMA chart are drawn and abrasion time were determined.

Statistical analysis were made multi-faceted and numerous data. Thus, analysis reduced the risk of error. In gears, what the error is and when it occurs have been identified. The results converted into academic and industrial meanings.

Key Words: Machinery Gear, Gear Fault Detection, Multivariate Statistical Methods

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması esnasında hiçbir yardımı esirgemeyen ve biz genç araştırmacılara büyük destek olan, bilimsel deney imkânlarını sonuna kadar bizlerin hizmetine veren, yüksek lisansa başladığım ilk günden beri çalışmalarımın inanan tez yöneticisi hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa YÜZÜKIRMIZI' ya, tez çalışmalarım esnasında, bilimsel konularda daima yardımını gördüğüm hocam Sayın Prof. Dr. Burak BİRGÖREN'e, tezimin birçok aşamasında yardım gördüğüm Yrd. Doç. Dr. Hakan ARSLAN'a, Sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet Kürşad TÜRKER'e, Sayın Yrd. Doç. Dr. Süleyman ERSÖZ'e, Sayın Yrd. Doç. Dr. Tamer EREN'e, çalışmalarımın bana destek olan ve her sefersinde hiç bıkmadan sorularımın cevap veren arkadaşlarım Arş. Gör. Hacı Mehmet ALAĞAŐ'a ve Arş. Gör. Mehmet PINARBAŐI'na, bana birçok konuda olduğu gibi, tezimi hazırlamam esnasında da desteğini ve sabrını esirgemeyen eşim Emrah DUMAN'a ve bu günlere gelmem için büyük fedakârlıklar gösteren Anneme, Babama, her zaman yanımda olduğunu bildiğim Kardeşim ve Ablama teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	İ
ABSTRACT	İİİ
TEŞEKKÜR	V
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	Vİİİ
ŞEKİLLER DİZİNİ	İİX
1 GİRİŞ	1
1.1 Arıza Yapınca Bakım.....	1
1.2 Koruyucu Bakım	2
1.3 Kestirimci Bakım	2
1.4 Düz Dişliler	3
1.4.1 Kısa Tarihçe	3
1.4.2 Dişli Mekanizmaları.....	3
1.5 Dişlide Yüzey Yorulma Hasar Türleri	5
1.5.1 Aşınma	5
1.5.2 Kırılma	6
1.6 Problemin Tanımı	7
1.7 Kapsam.....	7
2 LİTERATÜR	9
2.1. Dişli Çarkları.....	9
2.2. Tek Değişkenli İstatistiksel Yöntemler	11
2.3. Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler	13
2.4. Dişlilerin Analizinde İstatistiksel Yöntemler:.....	14
3 İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER	16
3.1 Tek Değişkenli İstatistiksel Yöntemler	16
3.1.1 Homojenlik Testi.....	16
3.1.2 Tek Örneklem Kolmogorov-Smirnov Testi.....	16
3.1.3 Sıklık Grafikleri	18

3.2	Çoklu Karşılaştırma Testleri	18
3.2.1	Post- Hoc Testler.....	18
3.2.2	Tukey HSD Testi	18
3.2.3	Scheffe'nin S Testi.....	18
3.2.4	Otokorelasyon Testi	19
3.3	Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler	23
3.3.1	Çok Değişkenli (MANOVA) Varyans Analizi.....	24
3.4	İstatistiksel Proses Kontrol (İpk).....	37
3.4.1	Veri Toplama	38
3.4.2	Ölçüm Sistemi Analizi (ÖSA-GAGE R&R Analizi).....	38
3.4.3	Süreç Yeterliliği Analizi	40
3.4.4	Kontrol Kartlarının Oluşturulması	41
4	DİŞLİ HATALARININ TESPİTİNDE İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER	42
4.1	Deney Düzenegi	42
4.2	Deneyin Yapılışı Ve Verilerin Toplanması.....	46
4.3	Yöntem.....	48
4.3.1	Düz Dişlilerde Homojenlik Testi	55
4.3.2	Sıklık Grafikleri	55
4.3.3	Kolmogorov-Smirnov Testi	62
4.3.4	Anova Testi	62
4.3.5	Post-Hoc Testler.....	63
4.3.6	Hotelling T ² (Ortalamalar Arasındaki Fark) Testi.....	66
4.3.7	Hata Terimlerinin Ardışık Değerleri Arasında İlişki Olup Olmadığının Araştırılması.....	66
4.3.8	Manova Analizi.....	68
4.3.9	Manova Analizinin Uygulanması	73
4.3.10	İstatistiksel Proses Kontrol.....	83
5	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	96
5.1	Sonuçlar.....	96
5.2	Öneriler	97
	KAYNAKÇA	102

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

	<u>Sayfa</u>
3.1 Genel kareler ve çarpımlar toplamı matrisi.....	25
3.2 Çok değişkenli tek yönlü varyans analiz tablosu	25
3.3 Çok değişkenli iki yönlü varyans analiz tablosu.....	26
3.4 İstatistiksel Proses Kontrol Şeması	38
4.1 Denejde Kullanılan Dişlilerin Özellikleri	46
4.2 Yöntem Akış Şeması.....	49
4.3 Dişlilere Uygulanan İstatistiksel Analizler, Uygulama Şekilleri Ve Uygulanma Amacı Özet Tablosu.....	51
4.4 Homojenlik Tablosu.....	55
4.5 Kolmogorov-Smirnov Testi	62
4.6 Bağımsız Örneklem Tek Yönlü Varyans Analizi (Grup Ortalamaları Eşitliğinin) Tablosu	63
4.7 Tukey HSD Tablosu.....	64
4.8 Scheffe Tablosu.....	65
4.9 Hotelling T ² Testi (Ortalamalar Arasındaki Fark).....	66
4.10 Durbin-Watson Testi.....	67
4.11 Manova Tablosu.....	69
4.12 Dişlilerde İki Değişkenli Manova Tablosu	70
4.13 Sağlam, Aşınmış, Kırık Ve İki Kırık Dişli Verileri	73
5.1 Dişliler İçin İleriki Aşamalarda Yapılabilecek İstatistiksel Testler, Uygulamaları Ve Amacı.....	98
5.1 (Devamı) Dişliler İçin İleriki Aşamalarda Yapılabilecek İstatistiksel Testler, Uygulamaları Ve Amacı.....	99
5.1 (Devamı) Dişliler İçin İleriki Aşamalarda Yapılabilecek İstatistiksel Testler, Uygulamaları Ve Amacı.....	100
5.1 (Devamı) Dişliler İçin İleriki Aşamalarda Yapılabilecek İstatistiksel Testler, Uygulamaları Ve Amacı.....	101

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Düz dişlinin görünüşü	4
1.2 Düz dişliler	5
1.3 Aşınmış Dişli.....	5
1.4 Kırık Dişli	6
3.1Klasik bir otokorelasyon durumunu	20
3.2Pozitif otokorelasyonu	20
3.3Negatif otokorelasyonu	21
3.4Otokorelasyon olmaması durumunu	21
4.1Dişli Düzeneği.....	43
4.2 Konstrüksiyonun Zemine Montajı	44
4.3 Üzerine Küp Parça Kaynatılmış Rulmanlı Yatak	45
4.4 İvmemetre Sensörü İle Üç Boyutta(x,y,z) Veri Alımı	46
4.6 Sağlam Dişli x-y Boyutu Üç Boyutlu Grafiği.....	56
4.7 Sağlam Dişli y-z Boyutu Üç Boyutlu Grafiği.....	56
4.8Sağlam Dişli x-z Boyutu Üç Boyutlu Grafiği	57
4.9 Aşınmış Dişli x-y Boyutu Üç Boyutlu Grafiği	57
4.10 Aşınmış Dişli x-z Boyutu Üç Boyutlu Grafiği.....	58
4.11 Aşınmış Dişli y-z Boyutu Üç Boyutlu Grafiği.....	58
4.12 Kırık Dişli x-y Boyutu Üç Boyutlu Grafiği	59
4.13 Kırık Dişli x-z Boyutu Üç Boyutlu Grafiği.....	60
4.14Kırık Dişli y-z Boyutu Üç Boyutlu Grafiği.....	60
4.15 İki Kırık Dişli x-y Boyutu Üç Boyutlu Grafiği.....	61
4.16 İki Kırık Dişli x-z Boyutu Üç Boyutlu Grafiği	61
4.17 İki Kırık Dişli y-z Boyutu Üç Boyutlu Grafiği	62
4.18 1-96 Saatler Arası Titreşim Grafiği	84
4.19 1-181 Saat Arası x Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği	84
4.20 1-181 Saat Arası y Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği	87

4.21	1- 41 Saat Arası x Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği	88
4.22	42-73 Saat Arası x Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği	89
4.23	74-93 Saat Arası x Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği	90
4.24	94-127 Saat Arası x Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği	91
4.25	95. Saatteki Dişli Aşınması	92
4.26	128-181 Saat Arası x Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği	92
4.27	1-181 Saat Arası x Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği	94
4.28	1-181 Saat Arası y Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği	95

1 GİRİŞ

Dişliler endüstriyel sanayide kullanılan birçok makine elemanında kullanılmaktadır. Farklı boyut, malzeme ve uygulamalarda olsalar da dişliler hemen her makinede miller arasında şekil bağıyla kuvvet ve hareket ileten elemanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Birbiri üzerinde temas ederek çalışan dişlilerde, farklı yükler ve sürtünme sonucu oluşan ısınmalar devamında aşınmalar, gürültü ve titreşimlerin artmasını sağlayarak performans düşmelerine neden olmaktadır. Dişlilerde oluşan aşınmalarla ilgili birçok araştırma ve deneyler yapılmış ve hala yapılmaktadır.

Yapılmış olduğumuz çalışmada dişliler kapalı bir yağ kutusu içerisinde belirli bir süre çalıştırılmıştır. Dişlilerden alınan titreşim sinyallerini istatistiksel analiz yöntemleri ile aşınma ve kırılma süreleri tespit edilmiştir.

İşletmelerin üretime kesintisiz devam edebilmesi için makinelerin bakım zamanlarının doğru belirlenmesi önem arz etmektedir. Makine içerisinde kullanılan dişli takımlarının deformasyonunun doğru zamanda belirlenebilmesi için önemli olan bakım yöntemleri üç grupta incelenebilir:

- Arıza Yapınca Bakım
- Koruyucu Bakım
- Kestirimci Bakım

1.1 Arıza Yapınca Bakım

Bu yöntemde, makine arıza yapana kadar çalışır. Daha sonra hareketsiz makineden değişmesi gereken parça, yenisini ile değiştirilir. Değişecek parçanın ucuz olması ve makinenin diğer parçalarına zarar vermemesi gerekir. Bozulana kadar çalıştırılan makinenin genellikle çalışabilir durumda yedeği mevcut olur. Yedek makine ile üretime devam edileceğinden iş akışındaki zaman kaybı az olur.

1.2 Koruyucu Bakım

Bu yöntem, oluşabilecek arızanın iş akışını durduracak veya duraklatacak olduğu ve tamir harcamalarının pahalı olduğu durumlarda geçerlidir. Bakım, tecrübe istatistiklerine dayanarak belirlenen sabit zaman aralıkları ile önlem olarak yapılır. Parçalar, çalışma ömürleri bitmeden değiştirilir ve yedek parça stoklarında bulunurlar. Önemli makinelerin yedeklerinin mevcut olmadığı endüstriyel tesislerde genellikle bu yöntem uygulanır.

1.3 Kestirimci Bakım

Bu yöntem, makinenin muhtemel arızalarını sorun haline gelmeden önce, tespit ve analiz ederek gidermeyi amaçlar. Makineler durdurulmadan yataklarından belli periyotlarla titreşimler ölçülür. Bu titreşimler makinenin sağlam durumunu gösteren referans titreşim değerleri ile karşılaştırılır. Ölçüm programı çerçevesinde makine çalışırken seçilen bazı parametreler belirli periyotlarla ölçülür. Makinenin kritik noktaları için ölçüm anı ve belirlenen referans sınır değerleri karşılaştırılarak arıza ile ilgili yorum yapılır. Makinelerin hesaplanarak belirlenen arıza frekansları, ölçülen titreşim değerleri ile karşılaştırılır ve analiz edilir. İlk yatırım maliyeti pahalı olsa bile makinenin değişmesi gereken parçası, diğer parçalara zarar vermeden değiştirildiği için uzun vadede ekonomik bir yöntemdir. Bu sayede, bir süre sonra yatırım maliyetini sübvanseder. Arıza başlamadan müdahale edilebildiği için makinenin ömrü uzamış olur. İş akışının durdurulmaması gereken endüstriyel tesisler için yegâne bakım yöntemidir.

Düz dişlilerin istatistiksel olarak hata tespitinin yapılması tahribatsız bakım adı verilen kestirimci bakım sınıfına girmektedir.

Titreşimler ya dişli geometrisi veya diğer dış etkiler nedeniyle dişliler tarafından üretilir. Dişli geometrisi hataları talaşlı işleme, dişlinin çalışması veya dişlinin montajı sırasında oluşur. Bu hatalar aslında kıvrım profil hataları, boşluk hataları ve merkezden olan uzaklığın değişimidir. (Çayaş ve Seçkin, 2003)

1.4 Düz Dişliler

1.4.1 Kısa Tarihçe

Günümüzden takriben 3000 yıl öncesine kadar dişli düzenlerinden yararlanıldığı bazı arkeolojik kalıntı ve varsayımlardan anlaşılmaktadır. Bu tarihlerde daha çok büyük taş blokların taşınmasında manivela ve eğik düzlem düzenleri kullanılmaktaydı. Çok ilkel olmakla beraber dişli yöntemi de bu düzenlerle ortaklaşa kullanılmış, daha sonraları tahtadan yapılmış bu düzenler hareket ve yük iletiminde kullanılmıştır.

Bu düzenlerde belli bir diş profili tabiatıyla yok olmuştur, ancak çarklar üzerindeki girinti ve çıkıntıların birbirlerini öteleme ile etkilediklerini görülebilmıştır, yine de geometrik bir büyüklük olarak çevre taksimatı yani dişler arası mesafe “adım”ı zorunlu olarak görmekteyiz. Bu tip düzenleri bugün dahi Anadolu’nun çeşitli yörelerinde görmek mümkün olmaktadır.

Klasik çağ Avrupa’sında ‘Galilei Galileo’ nun ve Hint Arap yarımalarında özellikle hareket için kullanılmış dişli düzenlerinde artık bir teknoloji görülebilmektedir. Daha sonraki sanayileşme hareketlerinde, ilk maden ocaklarında geniş çapta kullanılma alanı bulmuş ve sanayinin başlangıcı sayılabilecek buhar kuvvetinin makineye tatbiki ile gerçek teknolojisini bularak hemen hemen yaşantımızın bir parçası olarak en geniş anlamda günümüze kadar gelmiştir.

1.4.2 Dişli Mekanizmaları

Düz dişliler bir milin dönme hareketini diğer mile dönme kaybı olmadan nakletmek için kullanılan mekanizmalardır. Bir dişli mekanizması biri döndüren diğeri döndürülen olmak üzere en az iki çarktan oluşmaktadır. Dişli çark mekanizmaları düzgün ve değişen hızlı olmak üzere iki şekilde olabilir.

Eksenleri aynı düzlemde paralel olan miller arasında güç ve hareket ileten mekanizmalar:

- Silindirik dişliler.

Eksenleri aynı düzlemde kesişen miller arasında güç ve hareket ileten mekanizmalar:

- Düz konik dişliler,
- Helisel konik dişliler,
- Eğrisel konik dişliler.

Eksenleri aynı düzlemde olmayan miller arasında güç ve hareket ileten mekanizmalar:

- Hipoid konik dişliler,
- Spiral dişliler,
- Sonsuz vida mekanizması.

Dişliler de yapılarına göre bazı avantajları ve dezavantajları vardır. Örneğin düz dişliler helisel dişlilere göre; aksenal kuvvet oluşturup yatakları ek bir kuvvet ile zorlanmamaları, verimlerinin daha yüksek olması özellikleri ile üstündürler.

Ancak; yüksek devir sayılarında çok gürültülü çalışmaları, aynı boyutlu helisel dişliye göre moment taşıma kabiliyetlerinin az olması ve dişli formlarındaki hatalara karşı hassas olmaları kötü özellikleridir.



Şekil 1.1 Düz dişlinin görünüşü



Şekil 1.2 Düz dişliler

1.5 Dişlide Yüzey Yorulma Hasar Türleri

1.5.1 Aşınma

Standart aşınma, profil sapmasının bir tipidir. Dişliler dönerken, dişler arasında diş açıklığı dairesinin kenarında kayma eylemi oluşur, fakat diş açıklığı dairesinde kayma meydana gelmez. Bundan dolayı dişlerde aşınma diş açıklığı dairesinin yanında görünür. Standart aşınma olan dişli için spektrumda dişlerin kavrama frekansı ve harmoniklerinin görülmesi eğilimi olacaktır.



Şekil 1.3 Aşınmış Dişli

1.5.2 Kırılma

Çarkın dişlerini eğilmeye zorlayan kuvvetler, diş kökündeki kavislerde yüksek gerilmelere sebep olur. Çekme ve basma gerilmeleri oluşur. Kritik bölgelerde ortaya çıkan çekme gerilmesi malzemenin mukavemet sınırını aşarsa yorulma çatlakları oluşur ve bunlar dişin çark gövdesinden ayrılmasına kadar ilerler.

Çatlak, dişin çekmeye zorlanan tarafındaki kök kavisinden başlar, dişe paralel veya dik yönde tamamen kırılmaya yol açana kadar yavaşça ilerler. Bu kırıkların yüzeyleri genellikle, ilerleyen çatlağın ön kısmının meydana getirdiği kıyıya vuran dalgaların kumsalda bıraktığı iz benzeri şekiller olarak görülür. Bunlar, ilerlemekte olan çatlağın belli bir anda ön kısmının pozisyonunu belirler. Kesit, kademeli olarak zayıfladıkça, çatlak her yükün çevriminde biraz daha ilerler ve dalga izi şekilleri daha kaba hale gelir. Bu şekillerin merkez noktası genellikle kırığın merkez noktasına konumlanmıştır.



Şekil 1.4 Kırık Dişli

1.6 Problemin Tanımı

Dişliler, geçmiş zamanlardan beri kullanılan en yaygın makine elemanlarıdır. Dişlilerdeki durumların izlenmesi, bozulma trendinin tahmini ve hataların teşhisi çok önemli olup, tahmini bakım yönteminin oluşturulması için gereklidir. Dişlilerdeki durumların izlenmesi, bozulma trendinin tahmini ve hataların teşhisi kestirimci bakım yönetiminin oluşturulması için gereklidir. Bu çalışmamızda, değişik muayene yöntemleriyle laboratuvar-ölçeğinde düz dişlilerin durumlarının sebep olduğu titreşimleri gözlemlemek ve istatistiksel olarak analiz etmek amaçlanmıştır. Kalite kontrol uzmanlarının ve süreç mühendislerinin büyük bir kısmı, değişkenleri tek tek inceleyerek süreçteki olağan dışı olayları belirlemeye yönelik tasarlanmış olan tek değişkenli kalite kontrol yöntemlerini yaygın olarak kullanmaktadır. Ancak bu yaklaşımlar, dişlilerin hatalarını teşhiste olduğu gibi, birden çok eş zamanlı değişkene bağlı olunan durumlarda yetersiz kalmaktadır.

Dişlilerdeki muhtemel bozulmalar sonucunda önceden bilinmeyen ve meydana geldiğinde gözlenemeyen arızalar oluşmaktadır. Oluşan arızalar, zaman kaybetmeden istatistiksel analizi yöntemi uygulanarak arızaların ne olduğunun tespit edilebilirliği araştırılmıştır. Dişliler üzerindeki bu tahribatın çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanılarak kontrol altına alınabilmesi incelenmiştir.

1.7 Kapsam

Yapmış olduğumuz çalışmada, düz dişliler ile ilgili deneylerden veri alabilmek için Kırıkkale Üniversitesi Makine Mühendisliği Makine Teorisi ve Dinamiği laboratuvarı kullanılmıştır. Laboratuvarında düz dişli çarkları, bilgisayar ve üç boyutlu veri alabilmek için sinyal ölçme cihazı bulunmaktadır. Dişlilerin sağlıklı çalışması için yağ kullanılmıştır. Dişlilerin bulunduğu kısım kapalı kutu şeklinde tasarlanmıştır. Amaç dişlilerin dış ortamdan etkilenmesini önlemektir.

Düz dişlilerden alınan veriler dijital sinyal ölçme cihazı ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Verilerin sağlıklı alınabilmesi ve yorumlanabilmesi için veri alınan gün

ve çalıştırılma süresi kayıt altına alınmıştır. Yağ değişimi yapıldığı saat özellikle belirtilmiştir. Deneyde belirli aralıklarla gözlemler yapılmış, dişlilerde aşınma gözlemlendiğinde fotoğrafı çekilmiştir.

Öncelikle, düz dişlilerdeki hataların titreşimlerdeki değişimlerin izlenerek, farklı tipte diş kusurlarının varlığı ve kusurun tipi tespit edilmiştir. Daha sonrasında, değişik faktörler altında bu sinyaller gözlemlenmiş ve etkilerinin analizi planlanmıştır. Bu problem karşısında, uygun çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanılmıştır.

Tez alışması genel hatları ile şu bölümlerden oluşmaktadır: Giriş bölümünde makine elemanları için bakım yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmamızda kullanılan düz dişliler ve hasar türlerinden bahsedilmiş ve problemin tanımı yapılmıştır. İkinci bölümde ise daha önce yapılmış olan çalışmalardan dişliler, tek değişkenli istatistiksel yöntemler, çok değişkenli istatistiksel yöntemler ve dişlilerin analizlerinde kullanılmış olan istatistiksel yöntemler anlatılmıştır. nc bölümde ise istatistiksel yöntemlerden tek değişkenli, çoklu karşılaştırma, çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile problem analiz edilmiştir ve istatistiksel proses kontrol hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde deney düzeneği, deneyin yapılışı ve veri toplanması anlatılmış ve alınan verilere tek ve çok değişkenli istatistiksel analizler uygulanmıştır. Beşinci bölümde sonuçlardan elde edilen çıkarımlar ve sonuçları verilmiştir.

2 LİTERATÜR

Bu bölümde düz dişlilerde çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile ilgili literatür taramalarına yer verilmiştir. Dişliler ile ilgili literatür taramasında hata tespit teknikleri ile ilgili çalışmalara yoğunlaşmış, ayrıca çok değişkenli istatistik yöntemler yaygın uygulamaları derlenmiştir.

2.1. Dişli Çarkları

Titreşim ölçümleri kullanılarak yapılan dişli hata tespitinde, ortalanmış titreşim sinyali, spektrum ve zaman-frekans teknikleri, genlik (amplitude) ve faz teknikleri gibi uygulamaları görmek mümkündür. Bu çalışmalardan bazılarını özetlemek gerekirse:

Loutridis (2004) dişli hataları gelişiminin izlenmesi için yeni geliştirilmiş bir metot olan deneysel ayrışım modundan bahsetmiştir. Çatlak diş kökleri olan bir dişli çifti için teorik bir model geliştirilerek, bu test düzeneğinden alınan deneysel titreşim sinyalleri, kendine özgü mod fonksiyonları olarak adlandırılan salınımlı fonksiyonların içindeki bileşenlerine ayrılmıştır. Değişik çatlak büyüklüğüne özgü tipik enerji bileşenleri ile ilgili yasa, deneysel olarak kanıtlanarak, tipik enerji dişli durumunda kötüleşme ile ilişkilendirilebileceği ve bu modelden sistem hata tahminde faydalanılabileceği gösterilmiştir.

Baydar ve Ball (2001) Wigner-Wille dağılımının dişli kutularında düzgün kullanılması ile akustik sinyallerin bazı yerel hataların ortaya çıkarılmasında etkin olup olmadığını incelemiştir. İlerleyen benzer yerel hataların üç tipi, kırık diş, çatlak dişli ve sınırlı dayanaklıktır. Titreşim sinyalleri ile akustik sinyaller karşılaştırılarak elde edilen sonuçlar, dişli kutularında birkaç tip ilerleyen hataların erken algılanmasında akustik sinyallerin geçerli bir yöntem olduğunu göstermiştir.

Wang vd. (2002) diş çatlaklarının erken algılanması için rezonans çözme tekniğinin, eşzamanlı sinyal ortalama tekniği olarak geçerliliğini kanıtlamıştır. Bir analitik sinyal modeli, ayrıca dişli kavrama sinyali ve onun uygulamasını anlatmak için, sinyal modelini temel alan Rezonans çözüm tekniği sunulmuştur. Bu yöntem, sayıca benzer veriler kullanarak helikopter uçuş titreşim verisi ve bir dişli donanım verisini test ederek onaylar. Sonuçlar rezonans çözüm tekniğinin; dişlinin diş çatlaklarını erken algılamada etkin bir araç olduğunu göstermiştir.

Parey vd. (2006) dişlideki diş kusuru büyüklüğünü, ölçülebilir titreşim sinyali ile ilişkilendirilerek bir çarpma hızı modeli sunmuş ve analitik modeli deneysel olarak doğrulamıştır. Deneysel sonuçlar, kusur büyüklüğünü tahmin eden analitik modelin geçerliliğini desteklemiştir.

Sung vd. (2000) yüksek hassasiyetteki dişli sisteminde diş kusurlarını ortaya çıkarmak için dalgacık dönüşümünü kullanmıştır. Dişli hataları, dişli dinamiği ve dalgacık dönüşümü tekniği gözden geçirilerek, dişli hatası tespit edebilen bir düzenek tasarlanmış ve dalgacık dönüşüm tekniği uygulanmıştır. Dişli hatalarını tespit eden dalgacık analiz sonuçlarını doğrulamak için bu test düzeneğinden ölçülen titreşim sinyallerini kullanmıştır. Deneysel sonuçlar ile dişli iletim sisteminin hata algılama tekniği olarak kullanılan bu yaklaşımın, özellikle hatalı dişliler diğer dişlilerin açılma hızına yakın hızlarda döndüğünde geliştirilebilir bir yöntem olduğunu göstermiştir.

Dalpiaş vd. (1998) dişli durum analizini temel alan titreşim analiz teknikleri ile ilgili olarak yorulma çatlak oluşmuş bir dişli çifti ile ilgili deneysel sonuçların ışığında, algılama ve kontrol yeteneği son derece etkili tekniklerin bazılarını tartışmış ve karşılaştırmıştır.

Capdessus vd. (2000) ise dönen makinelerin izlenmesi için güçlü bir araç olarak önemli-durağan işlemleri teorisi tanıtmıştır.

Çayaş ve Seçgin (2003) bu çalışmada, üç dişli mekanizmalarında 90°, 120° ve 180°'lik çalışma eksenleri kullanılarak üç değişik durum için teorik çözüm elde edilip yuvarlanma dairesi çapına göre kuvvet analizleri yapılmıştır.

Orhan ve Aktürk (2003) makale çalışmasında, aktarma organı dişlilerinde oluşan fiziksel hataların titreşim analizi ile belirlenmesi konusunu incelemişler, bir kompresör dişli kutusunda yapılan uygulama çalışmasının sonuçlarını sunmuşlardır.

Öztürk vd. (2005) dişli çark oyukçuk arızasının titreşim analizi ile tespit edilmesi konusunu incelemişlerdir. Titreşim esaslı tekniklerin makine arızalarının tespit edilmesindeki önemine değinerek, endüstriyel bir dişli kutusu üzerinde oyukçuk hatası oluşturarak dişli çarklardan titreşim ölçümleri almışlardır. Alınan titreşim verilerine dalga form, spektral analiz ve istatistiksel analiz metotlarını uygulanarak arızanın tespit edilebilirliğini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara dayanarak titreşim biçimi ve frekans spektrumuna bakılarak hatanın varlığını erken safhalarda belirleyebildiğini tespit etmişlerdir.

Fetvacı ve İmrak (2005) çalışmalarında, dişli çarklarda meydana gelen hataların durum izleme metotlarıyla tespit edilmesini incelemişlerdir. Durum izlemesi metodunun makine hasarlarının önlenmesinde en etkili ve optimum maliyetli metot olarak kabul edildiğini ifade ederek, dişli kutusu hasarlarının ses sinyallerinin bilgi taşıma özelliklerinden faydalanarak belirlenebileceğini tespit etmişlerdir.

Samanta (2004) dişli hatalarında çalışmıştır. Ağır ve hafif yük altında titreşim sinyallerini inceleyerek yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar yöntemini kullanmıştır.

2.2. Tek Değişkenli İstatistiksel Yöntemler

Tek değişkenli istatistiksel yöntemler dişli sistemine etki eden faktörleri ayırt edebilmek için kullanılmıştır.

Türkan (2007) bir sistemin yaşam süresi; üretim miktarı, üretim için kullanılan madde veya çevresel koşullardaki değişim gibi birçok faktöre bağlıdır. Önce sistem ya da sistemin bir alt sistemi veya sistemin bir bileşeni için süre bir rasgele değişken olarak alınarak zamana karşı bozulma ya da arızalanma için uygun bir olasılık modeli oluşturulur. Sonra oluşturulan olasılık modelindeki parametreler tahmin edilebilmiştir.

Yimin vd. (2004) konveksiyonel titreşim izleme tekniği doğru sağlanamadığı durumlarda dişli kutuları içinde değişen yük analizi yapmıştır. Kolmogorov-Smirnov testi de tamamlayıcı istatistik olarak kullanılmıştır.

Andrade (2001) düz dişli titreşim durumlarını izlemiş ve Kolmogorov-Smirnov testi uygulayarak sağlam dişlilerdeki çatlak oluşmasını tespit etmede kullanmıştır. Testin son derece güçlü bir yöntem olduğunu göstermiştir.

Zhan ve Mechefske (2006) şanzıman bozulma tespiti için değişen yük koşulları altında zamanla değişen otoregresif modeli kurmuş ve dişli durumunun bir ölçüsü olarak K-S uyum iyiliği test istatistiği uygulanmıştır.

Sincich (2003) çoklu karşılaştırma testleri, analizlerde bir güven aralığı (confidenceinterval) da belirlediğini söylemiştir.

Scheffe (1959) gruplar arasında mümkün olan bütün doğrusal kombinasyonların karşılaştırması için Scheffe metodu geliştirilmiştir. Bu metod genel itibariyle, en esnek ve karşılaştırılacak grup sayılarının çok olması durumunda α hata payını kontrol altında tutabilen (muhafazakâr) ve gruptaki gözlem sayılarının eşit olması varsayımını dikkate almayan bir post hoc test istatistiği türü olarak ele alınmaktadır.

Miller (1969) veri grupların farklı örneklem sayısına sahip olmaları bunların uygulanmasına engel olmamıştır. Student t istatistiği üzerine kurulu olan Bonferroni metodu, yaygın kullanılan bir çoklu karşılaştırma testi olup, “eşit örneklem sayısı” ilkesini gerektirmiştir.

Tukey (1949) ancak, Bonferroni gibi sık tercih edilen Tukey testi ise gruplardaki örneklem sayılarının eşit olmasını gerektirmektedir.

Ş. Nadaroğlu(2005) üretim süreçlerinde nitelik sorunları genellikle çok değişkenlidir ve söz konusu ürüne ilişkin niteliklerin eşanlı olarak izlenmesini gerektirir. Bu çalışmada, süreç ortalamasındaki bir kaymayı saptamada en çok kullanılan çok değişkenli süreç nitelik denetim yöntemlerinden Hotelling'in T^2 'si ve süreç ortalamasında bir kayma saptanmışken bu kaymanın hangi değişkenden ileri geldiğini belirlemede başvurulabilecek Bonferroni eşanlı güven aralıkları yönteminin sanal bir ortamdaki değerlendirilmesi sunulmuştur.

Köklü vd. (2006) veri grupları arası farkın olduğu durumda, farklılığın hangi gruptan kaynaklı olduğunu tespit eden istatistik post-hoc olarak bilinmektedir.

2.3. Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler

Çok değişkenli yöntemleri değişkenleri tek tek incelemek yerine ürüne veya kaliteye etki eden eş zamanlı değişkenlerin etkilerini analiz eder. Bu açıdan bu yöntemlerin yaygın uygulamaları mevcuttur.

Tatlıdil (2002) çok değişkenli normallik varsayımı pek çok istatistiksel analizlerin yapılabilmesi için gerekli en önemli varsayımlardan biridir. Çok değişkenli hipotez testlerinde, örneklem parametreleri normal dağılımlı bir ana kütlede çekilmiştir.

Bilimin ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte karmaşık olan problemlerin çözümünde tek değişkenli analizler yeterli olmamaktadır. Tek değişkenli analizlerde araştırmadaki tüm değişkenlerin etkileri sabit kabul edilmekte ve her defasında sadece tek bir faktörün analizi yapılmaktadır. Fakat yapılan araştırmalar ve incelemeler sadece tek bir faktörün etkisiyle değil birçok faktörün etkisi ile oluşmakta ve karmaşık bir yapı göstermektedir. Ancak herhangi bir araştırmada değişken sayıları birden fazla olduğu durumlarda tek değişkenli varyans analizini kullanmak yeterli olmamakla birlikte işlemlerin uzun sürmesine ve daha çok hatanın

olmasına sebep olur. Bundan dolayı tek değişkenli analiz yerine çok değişkenli analizin kullanılması daha doğru olmaktadır.

Özdamar (2004) çok değişkenli istatistiksel analiz, incelenen olay ve araştırmada çevresindeki birçok sayıda iç ve dış faktörleri dikkate alarak, problemin yapısındaki bilgilere göre incelemek ve çözümlere ulaşmak için geliştirilmiş yöntemler bütünüdür.

Hsu (1996) çoklu karşılaştırma testlerinin teori ve metotlar üzerine hazırlanmış ve testler kendi içerisinde sınıflandırılması birbirine göre avantaj ve dezavantajları ile her teste ilişkin örneklerin elde çözümü ve SAS istatistik paket programının sonuçları ile birlikte vermiştir.

Wilks (1938) çok değişkenli varyans analizi ile ilgili ilk çalışma Wilks'in "Genelleştirilmiş Olabilirlik Oranı" olduğunu açıklamıştır.

2.4. Dişlilerin Analizinde İstatistiksel Yöntemler:

Çok değişkenli istatistiksel yöntemler'in dişlilere uygulanmasına tespit edebildiğimiz kadarı ile az sayıda değinilmiştir. Bu çalışmaları şöyle özetleyebiliriz:

Zhixiong vd (2011), çalışmada vites kutularındaki dişlilerde deneysel bir analiz yapılmıştır. Yalnız yapılan çalışma çok değişkenli istatistiksel yöntemler olmayıp yöntem olarak Dalgacık Dönüşümü (DD) tekniği, Otoregresif (AR) entegrasyonu üzerinde geliştirilmiştir. Modeli ve Temel Bileşen Analizi arıza tespiti için (PCA). WT yöntemi ham titreşim sinyallerinin işlenmesi için de-noising tekniği kullanılmıştır. Yapılan çalışmada arızanın niteliği belirtilmemiş arızalı veya değildir diye hüküm verilmektedir.

Chen, S.L.,vd (2010), çalışmada İstatistiki veri odaklı yaklaşımlar ile konik makaralı rulman anomali tespiti üzerine yapılmıştır. Tek değişkenli yöntemlerin çok tahmin

edici olmadığını çoklu sensörler kullanılarak faz dönüşümü veya yüzeyinde çatlaklar için, farklı kontak fiziği nedeniyle anormal sinyallerin yakalaması sağlanmıştır.

Baydar vd (2001) çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden Temel Bileşenler Analizini kullanarak helisel dişlilerdeki diş kusurlarının tespitini gerçekleştirmişlerdir. Araştırmalarında, iki aşamalı bir endüstriyel helis dişli kutusu, titreşim sinyalleri kullanılarak lokalize hatalar algılamak için çok değişkenli istatistiksel teknikler kullanarak araştırmış ve incelemiştir.

Zhixiong, L.,Xinping, Y., Chengqing, Y., Zhongxiao P., Li, L ve Chen, S.L., Wang, L., Wood, R.J.K., Callan, R. ve Powrie, H.E.G (2011) yapmış olduğu çalışmalardan farkımız tek diş ve bir büyük bir küçük dişlinin iç içe dönmesi ile oluşan iki sistem vardır. Aynı anda üç boyuttan alınan sinyaller çok değişkenli olarak inceme imkânı sağlamıştır. Bu çalışmalarda da belirtildiği üzere tek yönde alınan verilerin yetersiz olduğu ortaya konmuştur. Kullandığımız yöntemler çok değişkenli istatistiksel yöntemler olup ilgili makalelerde ise dalgacık tekniği kullanılmış.

Çalışmamızda sağlam dişli çarkları kullanılmış, çoklu sensörlerle alınan sinyaller dişlinin sağlam, aşınmış veya kırılmış olmasının çok değişkenli istatistiksel yöntemlerle tespitine çalışılmıştır. Chen, S.L.,Wang, L., Wood, R.J.K., Callan, R ve Powrie, H.E.G (2011) yapmış oldukları çalışmada rulman kullanılmıştır.

Her ne kadar bu konudaki çalışmaların az olduğu görülse de, bu konudaki çalışmaların hız kazanacağını tahmin etmek yanlış olmaz. Sonuç olarak, yapmış olduğumuz bu çalışma ile dişli titreşimlerini çok boyutlu olarak derledik. Dişlilerdeki aşınma ve kırılmayı çok değişkenli istatistiksel yöntemlerle analiz ederek ettik. Dişli sistemlerini çok değişkenli istatistiksel yöntemlerle inceleyen bir çalışma literatürde mevcut değildir. Çalışmamız, bu konudaki boşluğu dolduracak olup literatüre büyük bir katkı yapacaktır.

3 İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER

3.1 Tek Değişkenli İstatistiksel Yöntemler

Bu bölümde dişli çarklarından alınan titreşim verilerine uygulanan tek ve çok değişkenli analizlerin kuramsal olarak nasıl yapıldığı anlatılmıştır.

3.1.1 Homojenlik Testi

Analiz için alınan verilerin hepsinin veri kaynağının eş değer özellikte olup olmadığına anlaşılması amacıyla yapılmaktadır. Dişli sisteminden alınan her verinin aynı dişli düzeneğinden alınıp alınmadığını test edebilmek için homojenlik testi yapılmıştır.

3.1.2 Tek Örneklem Kolmogorov-Smirnov Testi

Homojenlik testi sonucunda verilerin homojen olduğu sonucuna varıldıktan sonra dağılımının normal olup olmadığını anlamak için K-S sınaması yapılır. K-S sınaması çok popüler bir normallik sınamasıdır. Örneklem verileri üzerinde ana kitlenin normal olasılık dağılımına uyumluluk gösterip göstermediğini sınamak için kullanılır.

Bu test uyum mükemmelliği testidir. Yani, belli bir teorik dağılım ile örnek değerlerinin dağılımı arasındaki uyumun derecesini ölçer. Örneğin belirlenen teorik dağılıma sahip ana kütleden gelip gelmediğini test eder. Bu test teorik dağılım altında ortaya çıkacak olan birikimli frekans dağılımını belirleyerek gözlenen birikimli frekans dağılımıyla karşılaştırılır.

Test hipotezi,

$H_0: F(x) = F_0(x)$ x' in tüm değerleri için

$H_1: F(x) \neq F_0(x)$ x' in en az bir değeri için

$H_1: F(x) < F_0(x)$ x' in en az bir değeri için

$H_1: F(x) > F_0(x)$ x' in en az bir değeri için şeklinde kurulabilir.

Test istatistiği,

Birikimli olasılık dağılımı,

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad (3.1)$$

$$F(x) = 1 - e^{-0.036x} \quad (3.2)$$

şeklinde hesaplanır.

Eklemeli frekans,

$$S_N(x) = \frac{k}{N} \quad (3.3)$$

$$D = \max |F_0(X_i) - S_N(X_i)| \sim D_{N,\alpha} \quad (3.4)$$

$i = 1, 2, \dots, N$

şeklinde hesaplanır.

Burada,

N: Toplam gözlem sayısını,

α : Önem düzeyini,

$F_0(x)$: Birikimli frekans,

$S_N(x)$: Eklemeli frekans,

$D_{N,\alpha}$: Kolmogorov-Smirnov kritik cetvel değerini ifade etmektedir.

3.1.3 Sıklık Grafikleri

Verilerin serbest ortamda göstermiş oldukları dağılıma sıklık dağılımı denir. Sıklık grafiği elimizde bulunan verilerin hangi aralıkta olduğunu gösterir. Hangi aralıklarla sıklıkların ne kadar olduğu ve dağılımın ne olduğu hakkında bize bilgi verir.

3.2 Çoklu Karşılaştırma Testleri

Varyans analizi sonucunda H_0 hipotezinin red edilmesi ile ortalamalar arasında istatistiksel olarak bir farklılığın olduğu anlaşılır. Ancak, varyans analizi ile ortalamalar arasındaki bu farklılığın hangi ortalamadan kaynaklandığı bulunamaz. Bu gibi soruları cevaplandırmak için geliştirilmiş olan testlere çoklu karşılaştırma testleri adı verilir.

3.2.1 Post- Hoc Testler

3.2.2 Tukey HSD Testi

Tukey (1953) yılında önerilen ve ortalamalar için tek bir kritik değer kullanılan çoklu karşılaştırma testidir.

Test hipotezi,

$$H_0 : \mu_A = \mu_B = \dots = \mu_n$$

H_1 : En az biri farklıdır.

3.2.3 Scheffe'nin S Testi

Scheffe'nin S testi, grup gruplarının tekrar sayıları farklı olduğu durumlarda da rahatlıkla uygulanabilen bir testtir. Farklı tekrar durumlarında farklı test istatistiği

kullanılır. Scheffe'nin S testinde hata oranı, deneme başıdır. Bu nedenle, Scheffe'nin S testi $\alpha=0.10$ 'u tercih eder.

Scheffe'nin S testi, gruplar arasındaki mümkün olan bütün doğrusal kombinasyonların karşılaştırılması için geliştirilmiş bir metottur. Bu metod genel itibariyle, en esnek ve karşılaştırılacak grup sayılarının çok olması durumunda α hata payını kontrol altında tutuyor.

Test hipotezi,

$$H_0 : \mu_A = \mu_B = \dots = \mu_n$$

H_1 :En az biri farklıdır.

3.2.4 Otokorelasyon Testi

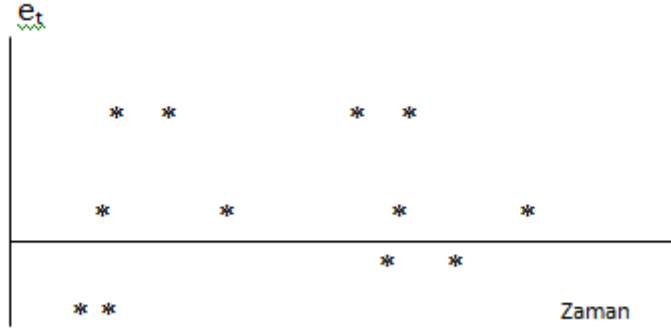
Ardışık bağımlılık ciddi bir sorun yaratabilir. Düzeltici önlemler elbette gereklidir. Kuşkusuz herhangi bir şey yapmadan önce belli bir durumda ardışık bağımlılık olup olmadığı bulunmalıdır. Bu alt bölümde ardışık bağımlılık için yaygın olarak kullanılan birkaç sına tanımlanmıştır.

3.2.4.1 Grafik Tekniği

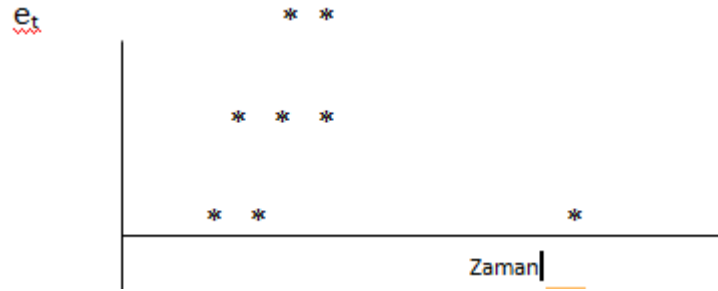
Otokorelasyonun söz konusu olup olmadığı e_t değerlerinden faydalanarak grafik yoluyla tespit edilmektedir. Bunun için, ya zaman ile e_t 'ler ya da e_t ve e_{t-1} ' ler alınarak elde edilen grafiklerin durumu tespit edilir. Aşağıda pozitif ve negatif otokorelasyon ve otokorelasyonun olmaması durumlarını gösteren grafikler verilmiştir.

İstatistik çözümlemenin standart bir parçası olarak artıkların çizimini yapmanın ve incelemenin önemi ne kadar vurgulansa azdır. Zaman zaman karmaşık bir sorunun

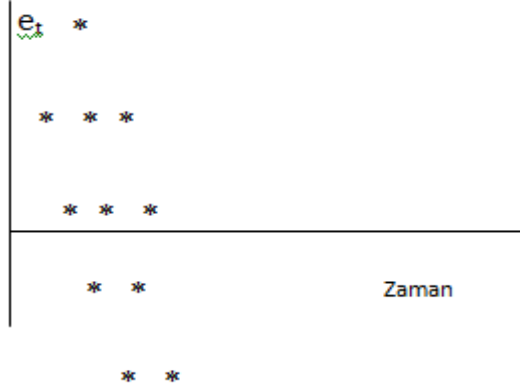
kolay anlaşılabilir bir özetini vermenin yanı sıra, bu çizimler, tek tek gözlemlerin davranışını sergilerken aynı anda verilerin bir bütün olarak incelenmesine de olanak tanır.



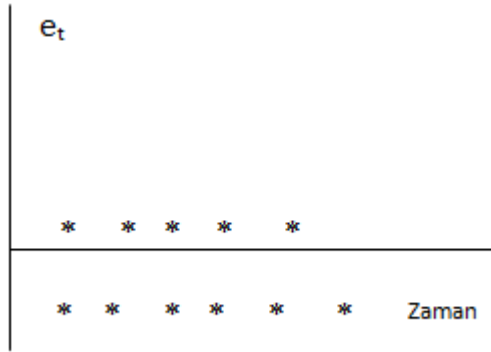
Şekil 3.1Klasik bir otokorelasyon durumunu



Şekil 3.2Pozitif otokorelasyonu



Şekil 3.3 Negatif otokorelasyonu



Şekil 3.4 Otokorelasyon olmaması durumunu

3.2.4.2 Durbin – Watson Testi

En çok kullanılan otokorelasyon testi Durbin-Watson testidir. Bu test için öncelikle hipotezler kurulur:

H_0 : Otokorelasyon yoktur

H_1 : Otokorelasyon vardır.

%1 veya %5 anlamlılık düzeyinde, n gözlem ve $k' = k - 1$ adet bağımsız değişken için Durbin – Watson tablo değerleri alt ve üst sınırları d_L ve d_U değerleri tablolardan bulunur.

$d_L - d_U$: Durbin – Watson tablo değeri.

Bundan sonra kritik oran Durbin – Watson d istatistiği, hata terimi e_t 'lerden faydalanarak bulunur.

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (3.9)$$

d oranı birbirini takip eden e değerleri arasındaki farkların kareleri toplamının hata terimi kareleri toplamına bölünmesiyle bulunur. Paydada toplamın $t = 2$ 'den başlama sebebi birbirini takip eden e 'ler arasındaki farkları alınırken ilk döneme ait farkın olmamasıdır, bu sebepten payda $n - 1$ gözlem toplanıyor.

Bu formül dikkatle incelendiğinde görülecektir ki hata terimleri arasında sıkı bir serisel bağlantı olduğunda t dönemdeki hata terimi ile $t - 1$ dönemdeki hata terimi arasında sıkı bir korelasyon olacaktır. Pozitif korelasyon olduğunda t dönemdeki hata teriminin büyüklüğü $t - 1$ dönemdeki hata terimine çok yakın olacaktır. Buna karşılık t dönemdeki hata terimi ile $t - 1$ dönemdeki hata terimi arasındaki ilişki negatif olduğunda $e_t - e_{t-1}$ farkı ve dolayısıyla d istatistiği büyük olacaktır. Serisel bağlantı olmadığı durumda ise d istatistiği bu ikisi arasında bir büyüklüğe sahip olacaktır.

Bu d istatistiğinin büyük bir üstünlüğü, regresyon çözümlerinde zaten hesaplanan tahmin edilmiş kalıntılara dayanmasıdır. Bu üstünlüğü nedeniyle R^2 , düzeltilmiş R^2 , t oranı ve bunun gibi özet istatistiklerinin yanı sıra Durbin – Watson d değerinin de yazılması ortak bir uygulama olmuştur. Kullanımının sıradanlaşmasına karşın d istatistiğinin gerisinde yatan varsayımlara dikkat etmek önemlidir:

- Regresyon Modeli sabit terim içerir. Sıfır noktasından geçen regresyonda olduğu gibi bu terim yoksa KKT' yi bulmak için regresyonun, sabit terimle bir kez daha bulunması gerekir.

- Açıklayıcı değişken X'ler olasılıklı değildir, ya da yinelenen örneklerde değişmezler.
- u_1 bozucu terimleri birinci dereceden şu ardışık bağımlı dizinle türetilmiştir: $u_1 = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t$
- Regresyon modeli, bağımlı değişkenin gecikmeli değerini açıklayıcı değişken olarak almaz.
- Verilerde eksik gözlem yoktur.

H_0 = Pozitif veya aynı yönlü ardışık bağımlılık(otokorelasyon) yoktur.

H_0^* = Negatif veya aykırı yönlü ardışık bağımlılık(otokorelasyon) yoktur.

$0 < d < d_L$	ise	Pozitif ardışık bağımlılık yoktur.	Red.
$d_L \leq d \leq d_u$	ise	Pozitif ardışık bağımlılık yoktur.	Kararsız.
$4 - d_L < d < 4$	ise	Negatif ardışık bağımlılık yoktur.	Red.
$4 - d_u \leq d \leq 4 - d_L$	ise	Negatif ardışık bağımlılık yoktur.	Kararsız.
$d_u < d < 4 - d_u$	ise	Pozitif ve negatif ardışık bağımlılık yoktur.	Kabul.

$\hat{\rho}$, birinci mertebeye ardışık bağımlılık katsayısı ρ 'nın tahmini değeridir. Elde edilen bu değer d istatistiği denkleminde yerine konulduğunda, $d = 2(1 - \hat{\rho})$ ortaya çıkacaktır.

3.3 Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler

Çok Değişkenli analizler bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle yaygın bir kullanım alanına sahip olmuştur. Bunun sebebi; işlemlerin daha hızlı yapılarak zamandan tasarrufun sağlanması, yapılan işlemlerin daha doğru ve hassas yapılmasıdır. Çok Değişkenli Varyans Analizi başlangıçta eğitim, psikoloji, sosyoloji gibi alanlarda uygulanmış. Bunun nedeni; bu gibi alanlarda ele alınan konuların tek bir değişkenle ölçülmesinin olanaklı olmamasıdır. Günümüzde mühendislik alanı başta olmak üzere birçok alanda uygulanmaktadır. Birçok faktörü birlikte incelemek ve bunların tümleşik sonucuna bakmak bize en doğru sonucu verir.

Çok değişkenli analizler istatistiğin temel dallarından biridir. Birimlerden birden fazla değişkenin alındığı durumlarda veya birimlere birden fazla etkinin bulunduğu durumlarda tek değişkenli varyans analiz teknikleri yeterli olmamaktadır. Bundan dolayı çok değişkenli analizler olayı daha doğru yaklaşımla incelemeye ve etkileri daha gerçekçi olarak ortaya çıkarmaya yardımcı olabilmektedir.

3.3.1 Çok Değişkenli (MANOVA) Varyans Analizi

Hipotezlerin tek değişkenli ve çok değişkenli test sonuçları aynı olmayabilir. Örneğin; değişkenler tek tek test edildiğinde hipotez tüm değişkenler için kabul edildiğı halde, birden fazla değişken birlikte manova ile test edildiğinde bu hipotezler reddedilebilir. Bunun sebebi; Tek değişkenli varyans analizi yapıldığında hata terimi bir tanedir. Ancak manova ile analiz yapıldığında değişken sayısı ile birlikte analize dâhil olan hata terimlerinin de sayısı artmış olacak ve analizdeki hata büyüyecektir. Bu durumdan dolayı; anova ve manova analizlerinin sonuçları arasında fark olabilir. Çok değişkenli varyans analizi karmaşık bir matematiksel modele sahip olup, matris cebirini çok geniş bir biçimde kullanılır. Manova'yı anlayabilmek için, araştırmaya alınan elemanların uygun bir şekilde tanımlanması yani hangilerinin bağımlı hangilerinin bağımsız değişken olduğunu anlamamız gerekmektedir.

Çok değişkenli istatistiklerde hipotez testleri çok değişkenli normal dağılışa dayanılarak yapılmaktadır. Çok değişkenli normal dağılış ilk kez 1898'de F.Galton adlı bir araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. Yani iki değişkenliden çok değişkenliliğe geçiş yaparak çok değişkenli istatistiğin kurucusu olmuştur.

Çok değişkenli tek yönlü varyans analizi her bir grupta iki veya daha fazla değişken olması durumunda kullanılır. Diğer bir değişle ikiden çok grubun ortalama vektörleri karşılaştırılır. Çok değişkenli varyans analizinin genel varsayımları varyans-kovaryans matrislerinin homojen olması ve her bir grubun çok değişkenli normal dağılım göstermesidir.

Manova modeli ;

$$H_0 = \begin{vmatrix} \mu_{11} \\ \mu_{21} \\ \vdots \\ \mu_{p1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \mu_{11} \\ \mu_{22} \\ \vdots \\ \mu_{p2} \end{vmatrix} = \dots = \begin{vmatrix} \mu_{1k} \\ \mu_{2k} \\ \vdots \\ \mu_{pk} \end{vmatrix} \quad \text{şeklinde ifade edilmektedir.}$$

Çizelge 3.1 Genel kareler ve çarpımlar toplamı matrisi

T	=	B	+	W
Genel Kareler Ve Ve Çarpımlar Toplamı Matrisi		Gruplar Arası Kareler Ve Çarpımlar Toplamı Matrisi		Hata Kareler Çarpımlar Toplamı Matrisi

Çizelge 3.2 Çok değişkenli tek yönlü varyans analiz tablosu

Varyans Kaynağı	Kareler ve Çarpımlar Toplamı Matrisleri	Serbestlik Derecesi
Gruplarası kareler toplamı ve çapraz çarpımlar	$\sum_i \sum_j np(Y_{ij} - \bar{Y} \dots)(Y_{ij} - \bar{Y} \dots)'$	$g-1$
Grup içi kareler toplamı ve çapraz çarpımlar	$W = \sum_i \sum_j \sum_k (Y_{ijk} - \bar{Y}_{.jk.})(Y_{ijk} - \bar{Y}_{.jk.})'$	$\sum_{i=1}^g ni - g$
Genel	$T = B + W = \sum_i \sum_j \sum_k (Y_{ijk} - \bar{Y} \dots)(Y_{ijk} - \bar{Y} \dots)'$	$\sum_{i=1}^g ni - 1$

$$\lambda^x = \frac{|W|}{|B+W|} = \frac{|\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n1} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)(Y_{ij} - \bar{Y}_i)'|}{|\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n1} (Y_{ij} - \bar{Y})(Y_{ij} - \bar{Y})'|} \quad (3.10)$$

λ_x değeri α değerinden küçük ise $H_0 : a_1 = a_2 = \dots = a_g$ hipotezi reddedilir. Büyük örnekler için Bartlett'in ki-kare yaklaşımı kullanılır.

Çok değişkenli iki yönlü varyans analizi de iki bağımsız değişkenin etkisi altında iki veya daha fazla bağımlı değişkenin olması durumunda kullanılır.

KTC : Kareler toplamı ve çarpımlar matrisi

g : Birinci muamele sayısı

b : İkinci muamele sayısı

i : 1, ..., g

k : 1, ..., b

$\bar{Y}_{i..}$: i. inci muameleye ait ortalama

$\bar{Y}...$: Genel muamele ortalaması

Buna göre hipotez testi şu şekilde olur;

$H_0 = \alpha_{11} = \alpha_{12} = \dots = \alpha_{gb}$ (Karşılıklı etkileşim yoktur.)

$H_1 =$ En az bir tane karşılıklı etkileşim vardır.

Çizelge 3.3 Çok değişkenli iki yönlü varyans analiz tablosu

Varyans Kaynağı	Kareler ve Çarpımlar Toplamı Matrisleri	Serbestlik Derecesi
Faktör 1	$KTC_{\text{fak.1}} = \sum_{i=1}^g bn(\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}...)(\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}...)'$	g-1
Faktör 2	$KTC_{\text{fak.2}} = \sum_{k=1}^b gn(\bar{Y}_{..k} - \bar{Y}...)(\bar{Y}_{..k} - \bar{Y}...)'$	b-1
Karş. Et.	$KTC_{\text{etk.}} = \sum_{i=1}^g \sum_{k=1}^b n(\bar{Y}_{ik.} - \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{..k} + \bar{Y}...)' + (\bar{Y}_{ik.} - \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{..k} + \bar{Y}...)'$	(g-1)(b-1)
Hata	$KTC_{\text{hata}} = \sum_{i=1}^g \sum_{k=1}^b \sum_{r=1}^n (Y_{ikr} - \bar{Y}_{ik.})(Y_{ikr} - \bar{Y}_{ik.})'$	gb(n-1)
Genel	$KTC_{\text{genel}} = \sum_{i=1}^g \sum_{k=1}^b \sum_{r=1}^n (Y_{ikr} - \bar{Y}...)(Y_{ikr} - \bar{Y}...)'$	gbn-1

Buradan da,

$$\lambda_{1}^* = \frac{SSP_{\text{hata}}}{SSP_{\text{etk}} + SSP_{\text{hata}}} \quad (3.11)$$

$$F_1 = [(1 - \lambda^*_1) / \lambda^*_1] \frac{[gb(n-1) - p + 1]/2}{[(g-1)(b-1) - p + 1]/2} \quad (3.12)$$

elde edilir. Bu test istatistiği hesaplanır; serbestlik dereceli F tablo değerleri ile karşılaştırılır. İstatistik değeri tablo değerinden büyük olduğunda hipotezi reddedilir. Manova'da muamele ve hata etkileri için ayrı ayrı KTÇ matrisleri hesaplanır.

$$GKTÇ_{\zeta \text{ genel}} = KTÇ_{\zeta \text{ muamele}} + KTÇ_{\zeta \text{ hata}}$$

Manova modellerinde bağımsız değişken değerleri etkisi birden fazla bağımlı değişken üzerinde gözlenmektedir. Yani Y_1, Y_2, \dots, Y_p tane bağımlı değişken bulunmaktadır. Burada amaç, işlemlerin etkisini p tane değişken üzerinde eş zamanlı olarak incelemektir.

$$H_0 : \varphi_h = 0$$

$$H_1 : \varphi_h \neq 0$$

Örneğin $H_0 : \theta_h = 0$ olabilir. Daha açık biçimde,

$$H_0 : \alpha_1 - \alpha_2 = 0 \text{ yazılabilir.}$$

θ : parametre vektörü

$$\varphi = \begin{vmatrix} \Theta_0 \\ \Theta_h \end{vmatrix} \text{ burada}$$

Θ_0 , $k - n_b$ ve Θ_h , n_b dir.

n_b : θ_h hipotezine ilişkin serbestlik derecesidir.

θ 'nın ortogonal tahmin edicisi U da aynı biçimde ikiye ayrılabilir.

$U = \begin{pmatrix} U_0 \\ U_h \end{pmatrix}$ burada da $U_0, k - nb$ ve U_h, nb dir.

Test etmek istediğimiz hipoteze ait kareler toplamı ve çarpımları toplamı matrisi

$$S_B = \sum U_i U_i' = U_h U_h$$

θ ve θ_0 tahmin edicilerin varyans kovaryans matrisleri sırasıyla $\hat{\Sigma}$ ve $\hat{\Sigma}_0$ olsun.

$|\hat{\Sigma}| > 0, |\hat{\Sigma}_0| > 0$ ve inversi alınabilir matrisler.

H_0 hipotezinin doğruluğu altında model

$$Y = K_0 \theta_0 + E$$

yazılabiliniyordu. Likelihood olabirlik oranı yazılırsa

$$L = \frac{|\hat{\Sigma}|}{|\hat{\Sigma}_0|}$$

Eğer H_0 doğru ise

$|\hat{\Sigma}_0|$ dan $|\hat{\Sigma}|$

daha büyük olacaktır.

$$S_E = (N-k) \hat{\Sigma}_0 \tag{3.13}$$

$$S_E = Y'Y - U'U$$

$$(N-k) \hat{\Sigma}_0 = Y'Y - U_0'U_0 = Y'Y - U_0'U_0 + U_h'U_h - U_h'U_h$$

$$(N-k) \widehat{\Sigma}_0 = S_E + S_H$$

$$L = \left| \frac{SE}{SE+SH} \right| \quad (3.14)$$

şeklinde olacaktır.(Anderson,1958)

Bu oran genelleştirilmiş likelihood oranı olan λ dır. Bu oran Wilks tarafından geliştirilmiş Box tarafından 1945’de kullanılır hale getirilmiştir (Box 1949, Wilks 1932). λ oranı tek değişkenli varyans analizinde F oranının rolünü oynamaktadır. Box ve daha sonra Anderson tarafından Wilks Lamda kriteri için asimptotik yaklaşımlar verilmiştir (Anderson,1958;Box,1949). Daha sonraları Pillai ve Gupta tarafından Wilks Lamda Oranı’nın yüzdellik değerlerini veren tablolar geliştirilmiştir. Pearson bu tabloları “Tables For Multivariate Analysis” adlı kitabında toplamıştır. Bu tablolar lamda dağılımının yüzdellik değerlerini doğrudan vermezler.

Bu tablolar p , q , $M = n_e - p - q + 1$ ve önem seviyelerine bağlı olarak $C_\alpha(p,q,m)$ dönüşüm faktörünün değerini vermektedir.

$$W_\alpha(n,p,q) = C_\alpha(p,q,M) X_{pq}^2(\alpha) \quad (3.15)$$

$$W = -m \log_e \lambda(n,p,q) \quad (3.16)$$

3.3.1.1 Wilks Lamda İstatistiği

Bu yöntem Genelleştirilmiş Olabilirlik Oranına dayalıdır. Bu test istatistiği 0–1 arasında değer alır. $H_0 = \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_g$ şeklinde kurulan H_0 hipotezi lamda değeri sıfıra yaklaştıkça H_0 hipotezi reddedilir, 1’e yaklaştıkça H_0 hipotezinin kabul edilir. Araştırmaya konu olan değişkenler için gruplar arasında fark olup olmadığı Wilks Lamda istatistiği ile belirlenir. Bunun için yapılacak olan manova analizinin

sonucunda gruplar arasında bir fark varsa grup ortalamalarını eşit olmadığı, şayet anlamlı bir fark bulunmazsa tüm grup ortalamalarının eşit olduğu yani gruplar arasında fark olmadığı söylenebilir.

Varyans analizinde;

$$\text{Genel Kareler Toplamı} = \text{Gruplar Arası KT} + \text{Grup İçi KT}$$

şeklinde verilen eşitlik, çok değişkenli varyans analizinde matrislerle aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\Lambda = W / (W+B)$$

Λ : Lamda test istatistiği değeri

B: Gruplar arası kareler ve çarpımlar toplamı matrisi

W: Grup içi kareler ve çarpımlar toplamı matrisi

Bu yöntemde kritik değer olarak;

$$F = \frac{(1-\lambda)(\sum n_1 - g)}{\lambda(g-1)} \quad (3.17)$$

alınır.

Çok değişkenli çok faktör varyans analizi için test istatistiği ise;

$$\Lambda_k = \left| \frac{W}{W+Bk} \right| \quad (3.18)$$

$k=1,2,\dots,m$ olarak ifade edilir.

$m=2$ alındığında iki faktör varyans analizine ait değerler elde edilir.

$$\Lambda_k = \left| \frac{W}{W+Bk} \right|$$

ifadesi faktör interaksiyonlarının test edilmesinde kullanılmak istenirse, bu durumda k ncı ve t inci faktör interaksiyonları için

$$\Lambda_{kt} = \left| \frac{W}{W+Bkt} \right|$$

k < t = 1, 2, ..., m olarak alınır.

Birinci faktör, ikinci faktör ve interaksiyon için test istatistikleri sırasıyla;

$$F_1 = \frac{(1-\lambda)(gb(n-1)-p+1)/2}{\lambda(|(g-1)-p|+1)/2} \quad (3.19)$$

$$F_2 = \frac{(1-\lambda)(gb(n-1)-p+1)/2}{\lambda(|(b-1)-p|+1)/2} \quad (3.20)$$

$$F_{12} = \frac{(1-\lambda)(gb(n-1)-p+1)/2}{\lambda(|(g-1)(b-1)-p|+1)/2} \quad (3.21)$$

şeklinde olacaktır. Bu eşitlikler ile hesaplanacak olan F istatistik değerleri;

1.faktör için $v_1 = (|(g-1)-p|+1)$ ve $V_2 = (gb(n-1)-p+1)$

2. faktör için $v_1 = (|(b-1)-p|+1)$ ve $v_2 = (gb(n-1)-p+1)$

Etkileşim için

$$V_1 = (|(g-1)(b-1)-p|+1), V_2 = (gb(n-1)-p+1) \quad (3.22)$$

serbestlik dereceli F tablo değeri ile karşılaştırılır. İstatistik değeri tablo değerinden büyük olduğunda H_0 hipotezi reddedilir.

3.3.1.2 Hotelling-Lawley İz İstatistiği

Hotelling T^2 testi çok değişkenli normal dağılım varsayımına göre kurulan çok değişkenli hipotezlerin test edilmesini amaçlayan bir yöntemdir. Hotelling Student t 'nin çok değişkenli genellemesi olan T^2 istatistiğinin önemliliğini değerlendirmek için bir dağılım ortaya koymuştur ve bu dağılım çok değişkenli hipotezlerin test edilmesinde kullanılmaktadır. T^2 testi tek değişkenli hipotezlerin test edilmesinde yararlanılan t testinin çok değişkenli hipotezler için genellenmiş biçimidir (Özdamar 1999).

Çok değişkenli tek faktör varyans analizinde λ^i ler BW^{-1} matrisinin öz değeri olmak üzere (yani, BW matrisinden elde edilen i.karakteristik kök)

H_0 : Gruplar arası fark yoktur

H_1 : Gruplar arası fark vardır.

$$T^2 = \sum_{i=1}^s \lambda_i \quad (3.23)$$

şeklinde verilir.

T^2 değerinin büyüklüğü H_0 hipotezi reddedileceğini gösterir. Örnek sayısı yeterli iken,

$$nT > \chi^2_{[(p(k-1)), \alpha]}$$

ise ortalama vektörleri arasında fark olduğu söylenir ve bu durumda,

$HL = nT^2$ istatistiği $p(k-1)$ serbestlik dereceli ki-kare dağılımı gösterir. T^2 istatistiği test etmek için F dağılımından da yararlanılır. Buna göre;

$$F = \frac{p(n-p-1)+2}{(k-1)p2} T^2 \quad (3.24)$$

dönüşümü yapılması durumunda $(k-1)p^2$ ve $p(n-p-1)+2$ serbestlik dereceli F tablo değeri kritik değer olarak kullanılır.

Çok değişkenli iki faktör analizinde ise, birinci faktör, ikinci faktör ve interaksiyon için λ_i ler

$$I B_1 W^{-1} - \lambda_i I = 0 \quad (3.25)$$

$$I B_2 W^{-1} - \lambda_i I = 0 \quad (3.26)$$

$$I B_{12} W^{-1} - \lambda_i I = 0 \quad (3.27)$$

eşitliğinden elde edilir. Serbestlik derecesi ise , 1. Faktör için $p(g-1)$, ikinci faktör için $p(b-1)$ ve interaksiyon için $p(g-1)(b-1)$ olur. (Terzi, 1995).

λ_i 'ler BW^{-1} matrisinin özdeğerleri olmak üzere Hotelling iz istatistiği (Steven, 1996).

3.3.1.3 Roy'un En Büyük Karakteristik Kök Kriteri

En büyük özdeğer λ_{\max} ile gösterilirse, Roy'un en büyük özdeğere dayalı test istatistiği,

$$\Theta = \lambda_{\max} / (1 + \lambda_{\max}) \quad (3.28)$$

ile gösterilir.

H_0 : Gruplar arası fark yoktur

H_1 : Gruplar arası fark vardır.

Θ de 0 ile 1 arasında bir değer alır. Çok değişkenli tek faktör varyans analizinde $|BW^{-1} - \lambda_i| = 0$ determinant değerinden elde edilen p tane özdeğerden en büyüğü seçilir

ve bu değerden test istatistiği Θ elde edilir. Burada B gruplar arası kareler ve çarpımlar toplamı matrisi, W ise gruplar içi kareler ve çarpımlar toplamı matrisidir. Θ nın 1'e yaklaşması H_0 hipotezinin red edileceğini gösterir.

Bulunan Θ istatistiği,

$$s = \min(k-1, p) \quad (3.29)$$

$$m = [(k-p)-1] / 2 \quad (3.30)$$

$$y = (N-k-p-1) / 2 \quad (3.31)$$

olmak üzere S, M, Y parametrelili Heck Grafik (Heck's Chart) değeri ile karşılaştırılır. θ istatistiğinin Heck grafik değerinden büyük olması durumunda ortalama vektörleri arasında fark olduğu söylenir.

k = karşılaştırılacak grup sayısı

p = her gruptaki değişken sayısı

n = toplam denek sayısı olarak belirtilir.

Çok değişkenli iki faktör varyans analizinde ise; birinci faktör, ikinci faktör ve interaksiyon için öz değerler;

$$I B_1 W^{-1} - \lambda_i I = 0$$

$$I B_2 W^{-1} - \lambda_i I = 0$$

$$I B_{12} W^{-1} - \lambda_i I = 0$$

şeklindedir.

Heck tablo parametreleri;

1. faktör için;

$$S = \min(g-1, p)$$

$$M = (|g-p|-1)/2$$

ve

$$Y = (N-g-p-1)/2$$

2. faktör için ;

$$S = \min((g-1)(b-1), p)$$

$$M = (|(g-1)(b-1) - p| - 1) / 2$$

ve

$$Y = (N - (g-1)(b-1) - p - 1) / 2$$

olacaktır. (Terzi 1995).

3.3.1.4 Pillai İz Kriteri Test İstatistiği

$$T = \sum_{i=1}^s \frac{\lambda_i}{1 + \lambda_i} \quad (3.32)$$

ile verilir.

Testin incelenmesinde Roy'un kök yöntemi'ndeki gibi S, M, Y parametreleri bulunur. Daha sonra test istatistiği Heck grafiğinden yararlanarak bulunan tablo değerleriyle karşılaştırılır (Terzi 1995).

Roy'un En Büyük Kök Kriteri, Hotelling-Lawley İz İstatistiği, Pillai İz İstatistiği, Wilks Lamda Oranı istatistikleri ile H_0 hipotezinin red edilmesi ile ortalamaların birbirinden farklı olduğunu diğer bir değişle birimlerin farklı gruplardan oluştuğu söylenebilir. En az bir ortalama vektörü farklı bile olsa H_0 hipotezi red edilecektir. Farklılığın hangi değişkenden geldiği güven aralığı ile bulunabilir. Buna göre güven aralığı ile farklı değişkenin belirlenmesi şu şekilde olur;

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \text{ (iki ortalama vektörü arasında fark yoktur.)}$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \text{ şeklinde hipotezler kurulur ve buna göre;}$$

T^2 istatistiği;

$$T^2 = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)' S^{-1} (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) \quad (3.33)$$

ile verilir.

$n_1 = 1$. grubun denek sayısı

$n_2 = 2$. grubun denek sayısı

$\bar{X}_1 = 1$. grubun ortalama vektörü

$\bar{X}_2 = 2$. grubun ortalama vektörü

S = Ortak varyans - kovaryans matrisi

Yukarıda verilen T^2 istatistiği;

$$F = \frac{n_1 + n_2 - p - 1}{(n_1 + n_2 - 2)p} T^2$$

ile p ve $n_1 + n_2 - p - 1$ serbestlik dereceli bir f dağılımı gösterir ve bunun yardımıyla elde edilen

$$T^2_{(p, n_1 + n_2 - p - 1; \alpha)} = \frac{(n_1 + n_2 - 2)p}{n_1 + n_2 - p - 1} F_{(p, n_1 + n_2 - p - 1; \alpha)} \quad (3.34)$$

olmak üzere her bir değişkenin ortalamalarının farkına ilişkin eşanlı güven aralıkları;

$$a'(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} a' S a T^2_{(p, n_1 + n_2 - p - 1; \alpha)}} \leq a' S \leq a'(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) + \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} a' S a T^2_{(p, n_1 + n_2 - p - 1; \alpha)}} \quad (3.35)$$

ile verilir.

Buradan elde edilen aralıkların sıfırını içermesi durumunda ilgili değişken açısından gruplar arasında fark yoktur denilebilir (Alpar 1997).

$$\text{Pillai} \quad : V^{(s)} = \sum_{i=1}^S \frac{\lambda_i}{1 + \lambda_i}$$

$$\text{Lawley-Hotelling} \quad : U^{(s)} = \sum_{i=1}^S \lambda_i$$

$$\text{Wilks' lambda} \quad : \Lambda = \prod_{i=1}^S \frac{1}{1 + \lambda_i}$$

$$\text{Roy's largest root} \quad : \Theta = \frac{\lambda_1}{1 + \lambda_1}$$

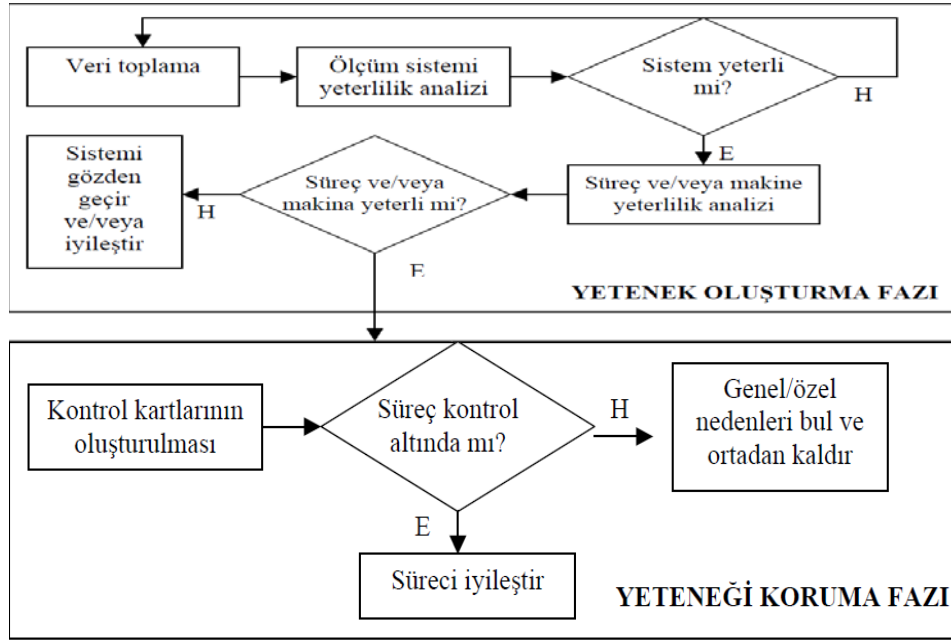
3.4 İstatistiksel Proses Kontrol (İpk)

İPK süreci 2 temel fazdan oluşur. Birinci fazda yeteneğin oluşturulmasına, ikinci fazda da yeteneğin korunmasına çalışılır. Yeteneğin korunması bölümünde yer alan işlemler:

- Veri toplama
- Ölçüm sisteminin yeterlilik analizi ve
- Süreç/makine yeterliliğinin analizi olarak ifade edilmektedir.

Yeteneğin korunması aşamasında ise kontrol kartlarının oluşturulması ve kartlar vasıtasıyla sürecin kontrol altında olup olmadığının incelenmesi yer almaktadır. Bu aşamadan itibaren İstatistiksel Proses Kontrol bir uyarı sistemi görevi üstlenmektedir.

Çizelge 3.4 İstatistiksel Proses Kontrol Şeması



3.4.1 Veri Toplama

Alınan verilerin nitel veya nicel veri olduğuna karar verilir. Veriler ölçüm yoluyla alınıyorsa, sayısal bir değere sahipse nitel değilse nicel veridir.

3.4.2 Ölçüm Sistemi Analizi (ÖSA-GAGE R&R Analizi)

Bir süreç/ürün karakteristiğine ait verilerin etkili bir analizinin yapılabilmesi ve İstatistiksel Proses Kontrolü'nün uygulanabilmesi için öncelikle elde edilen verilerin güvenilir olup olmadığı belirlenmeli, diğer bir deyişle ölçüm sistemi analizi yapılmalıdır. Bir ölçüm sistemi ölçüm cihazlarını, ölçüm yapan operatörleri, ölçüm ortamını, ölçüm prosedürlerini ve ölçüm için kullanılan yardımcı ekipmanları içerir.

ÖSA ölçüm cihazından ve ölçüm cihazının kullanımından doğan varyasyonu bulma, mühendislik toleransı ile ölçüm varyasyonunun miktarını karşılaştırma ve ölçüm prosesini iyileştirerek toplam değişkenliği azaltmayı amaçlar.

Toplam Değişkenlik = Süreç Değişkenliği + Ölçüm Değişkenliği

Sürecin gerçek değişkenliğini ortaya çıkarmak için öncelikle ölçüm sisteminden kaynaklanan değişkenlik tanımlanmalı ve sürecin değişkenliğinden ayrıştırılmalıdır. Ölçüm yeterliliği çalışmasında, birden fazla operatör birden fazla parçanın aynı özelliğini birden çok kez ölçerler. Farklı operatörlerin ölçüm sonuçları karşılaştırılarak tekrarlanabilirlik, yeniden üretilebilirlik ve kararlılık analizleri yapılarak ölçüm sisteminin güvenilirliği ve değişkenliği incelenir. Buradaki amaç, ölçümlerin aynı veya farklı kişiler tarafından yapılması durumunda ölçüm sonuçlarının farklılık gösterip göstermediğini tespit etmektir. Tekrarlanabilirlik (repeatability) aynı parçanın aynı karakteristiğinin bir ölçüm cihazı kullanılarak bir operatör tarafından birçok kere ölçüldüğünde ortaya çıkan değişkenliktir. Değişkenlik azsa tekrarlanabilirlik iyidir. Yeniden üretilebilirlik (reproducibility) aynı parça üzerinde aynı karakteristiğin birçok kere farklı operatör tarafından aynı ölçüm cihazı kullanılarak yapılan ölçümlerinin ortalamasındaki değişkenliktir. Fark küçükse yeniden üretilebilirlik iyidir. Kararlılık (stability) ise uzun bir süre içinde aynı ana parçaların bir karakteristiğinin bir ölçüm sistemi (test/cihaz) aracılığıyla elde edilen ölçümlerindeki toplam değişkenliktir. Fark küçükse kararlılık iyidir. Bu parametrelere ilave olarak ÖSA'de iki temel gösterge dikkate alınır. Bunlar %R&R ve %P/T'dir. Ölçüm sistemi değişkenliğinin sürecin parça değişkenliği ile karşılaştırılması olarak tanımlanan %R&R, ölçüm sistemindeki toplam değişkenlik (parçadan parçaya olan değişkenlik ve ölçüm sistemleri değişkenliği) doğrultusunda, tekrarlanabilirlik ve yeniden üretilebilirlik problemlerinden ileri gelen bir standart sapma bulur.

$$\%R\&R = \frac{S_{ölçüm\ sistemi}}{S_{toplam}} \quad (3.36)$$

%R&R değerinin %30'dan büyük olması, gerçek süreç değişkenliğini görmek için yetersiz bir ölçüm sistemi kullanıldığını gösterir. Ölçüm sistemi değişkenliğinin sürecin parça toleransı ile karşılaştırılması olarak tanımlanan %P/T ise toleransın ne kadarının ölçüm sistemi değişkenliğinden kaynaklandığını belirler.

$$\% \frac{P}{T} = \frac{5.5 * S_{ölçüm sistem}}{Tolerans} \quad (3.37)$$

%P/T değerinin %30'dan büyük olması, süreç toleransına ilişkin olarak kötü bir ölçüm sistemi kullanıldığını gösterir.

3.4.3 Süreç Yeterliliği Analizi

Süreç yeterliliği, istatistiksel bir ölçüt olup müşteri beklentilerine (şartname limitlerispesifikasyonlar) göre bir sürecin ne kadar değişkenlik gösterdiğini özetler Bu aşamada dikkate alınan parametreler Cp ve Cpk indisleridir. Cp indisi, şartname limitleri ile proses kontrol limitleri arasındaki ilişkiyi gösterir. “USL” üst spesifikasyon limitini, “ASL” alt spesifikasyon limitini ve “σ” standart sapmayı ifade edecek şekilde Cp indisi (3.38) nolu eşitlikteki gibi hesaplanır.

$$\hat{C}_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (3.38)$$

Cpk indisi ise, proses ortalamasının hedef değere göre konumunu ve spesifikasyon limitleri arasındaki konumunu gösterir. Cpk indisi (3.39), (3.40) ve (3.41) nolu eşitliklerdeki gibi hesaplanır.

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \quad (3.39)$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \quad (3.40)$$

$$C_{pk} = \min\{C_{pu}, C_{pl}\} \quad (3.41)$$

Cp ve Cpk değerlerine göre sürecin yeterliliği hakkında karar vermede Cp ve Cpk'nın 1,33'den büyük olması durumunda proses yeterliliği sağlanmış olduğundan

İstatistiksel Proses Kontrolü'nün "yetenek oluşturma" fazı bitirilmiş, "yeteneğin korunması" aşamasına geçilmesi için gerekli ortam sağlanmış olacaktır.

3.4.4 Kontrol Kartlarının Oluşturulması

Kontrol kartları esas olarak prosesin zamana göre kaydını gösteren, üzerinde alt ve üst kontrol limitleri olan bir çizgi grafikdir. Proses çıktısındaki varyasyonu gösteren ve takip eden kontrol kartları, üretim ve proses geliştirmede önemli bir araçtır. Kontrol kartlarının üzerinde işaretlenmiş noktalar bir karakteristiğin gerçek ölçümleri veya zaman içinde üretildikçe alınan parça örneklerinden özet istatistiklerdir. Ölçüm karakteristiğine göre kontrol kartları değişken ve niteliksel kontrol kartları olarak 2 ana grupta ele alınırlar. Boyut, sıcaklık, basınç gibi özelliklerle ölçümlerin yapılabildiği durumlarda değişken veriler (nicel) için uygulanan kontrol kartları $\bar{X} - R, \bar{X} - S, R_M, EWMA, EWMD$ ve CUSUM kartlarıdır.

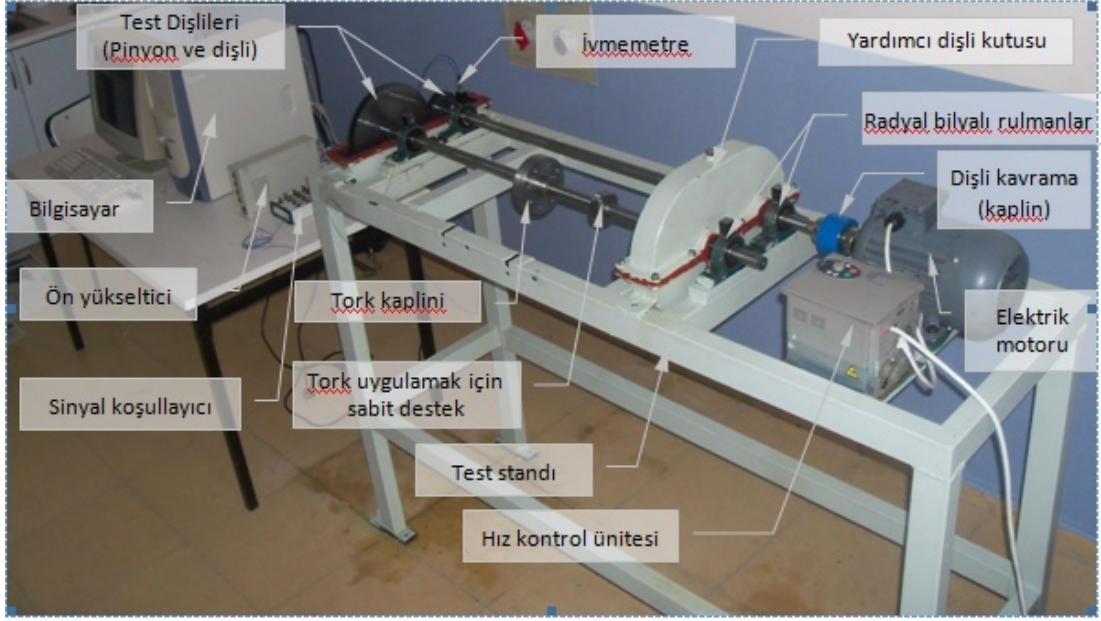
4 DİŞLİ HATALARININ TESPİTİNDE İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER

4.1 Deney Düzenegi

Dişli, kama ve pim ikilisi ile mile bağlanır. Daha sonra mil, rulmanlı yatak kanalının içinden geçirilir ve yatak pimleri sıkılanır. Böylece dişli arızaları, rulmanlı yatak üzerinden ölçülebilir. Dişli kutusu açılmadan yapılan bu ölçümler ile kusurların belirlenmesi, tahribatsız erken uyarıcı metot olan kestirimci bakım metodudur. Bu yaklaşımla deney düzenegi tasarlanmış ve imal edilmiştir. Ölçüm grafiklerinin elde edilmesi için bilgisayar destekli mekanik düzenek haline getirilmiştir. Deney düzenegi, montaj sırasına göre aşağıda belirtilen parçalardan oluşur.

Kontrüksiyon

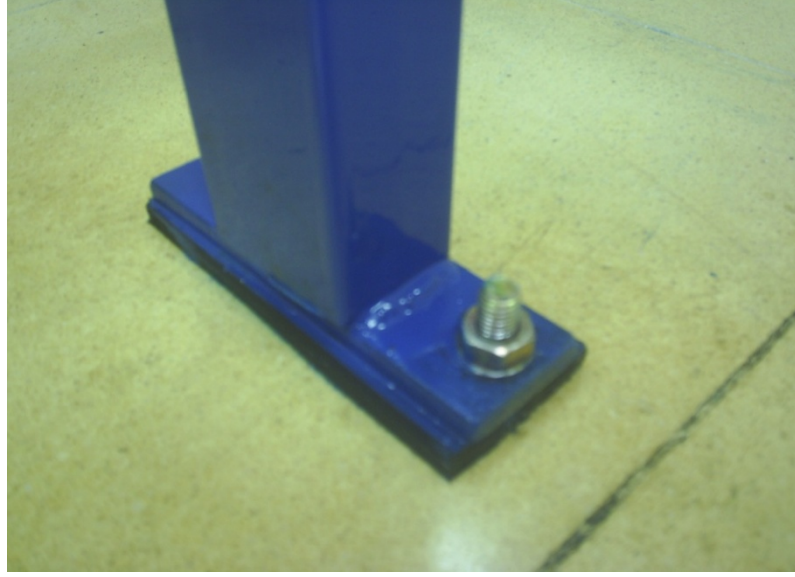
- Motor
- Kaplin
- Miller
- Yataklar
- Dişliler
- Dişli Kutuları
- Yük Uygulama Mekanizması
- Hız Kontrol Cihazı
- Sensörler
- Titreşim Analiz Cihazı
- Dijital-Analog Çevirici
- Bilgisayar



Şekil 4.1Dişli Düzenegi

Konstrüksiyon, yükleme düzeneğinin motorun alt hizasından daha aşağı konumda olması sebebi ile yere monte edilemez. Bu nedenle konstrüksiyon, düşey olarak belirli bir yükseklikte olmalıdır. Bu yükseklik miktarı, ergonomik şekilde olmalıdır.

Deney düzeneğinin montajı için ilk olarak konstrüksiyonun ayak kısımlarındaki lama delikleri denk gelecek şekilde, deneyin yapılacağı laboratuvarın beton zeminine her bir ayak için 1 adet olmak üzere matkapla toplam 4 adet delik açılır. Her bir deliğe çelik dubel çakılır. Konstrüksiyon ile zemin arasında sönümleme etkisi göstermesi için lamanın temas yüzeyi ölçülerinde kauçuk parça konulur. Daha sonra çelik dubellerin somunları sıkılarak şekil 4.1’de görüldüğü gibi konstrüksiyon zemine sabitlenmiş olur.



Şekil 4.2 Konstrüksiyonun Zemine Montajı

Motor, kaplin ile mile bağlanır. Mil üzerindeki pinyon dişliler, çevrilen dişlileri ters yönde döndürerek diğer milin de hareket etmesini sağlar. Miller, yataklara bağlı olduğu için motorun tahriki ile hareket başlar ve çalışma sistemi olarak adlandırılır. Motor ve yataklar konstrüksiyona titreşim sinyalleri iletir. Motor, konstrüksiyona monte edilirken benzer şekilde konstrüksiyon ve motor arasında temas yüzeyi ölçüsünde kauçuk parça konulur. Yataklar, konstrüksiyona monte edilirken de motor ile konstrüksiyon arasında konulan kauçuğun kalınlığında ve temas yüzeyi ölçüsünde kauçuk parça konulur. Böylece konstrüksiyon ve dişli çalışma sistemi arasında sönümleyici etkisi olan kauçuk parçalar konularak, çalışma sistemi titreşimlerinin konstrüksiyona iletilmemesi amaçlanmaktadır.

Piyasada satılan rulmanlı yataklarda titreşim ölçümü yapılacak sensör (transdüser) temas yüzeyinin oluşması için genellikle yatay ve düşey doğrultularda talaş kaldırılır. Daha sonra talaş kaldırılan bu yüzeylere taşlama yapılır. Eksenel yönde de ölçüm yapılması, deneysel çalışmanın boyutu için önem taşımaktadır. Bu nedenle küp parçalar, şekil 4.2’de gösterildiği gibi, rulmanlı yataklar üzerine bazik kaynak yapılarak birleştirilmiştir.



Şekil 4.3 Üzerine Küp Parça Kaynatılmış Rulmanlı Yatak

Deney düzeneğinde sadece motor ile mil arasına kaplin konulmuştur. Montajı zor olduğu halde titreşim ölçümlerinin değeri açısından kaplin sayısının mümkün olduğu kadar az sayıda olması gerekir. Bu sebeple miller de yekpare olarak imal edilmiştir. Çünkü motor çıkışı hariç olmak üzere, kaplin ile birleştirilmiş miller topluluğunda birtakım kayıplar olması sebebi ile net ölçümlerin alınması zorlaşır.

Dişlilerin çalışma esnasında yağlanması gerekir. Yağlanmayan dişliler, arızalanmaya çok yakındır. Bu sebeple, daldırma yağlama yöntemi ile dişliler yağlanmıştır.

Deney düzeneğinde 220-240 Volt ve 50-60 Hz koşullarında çalışabilen AC doğru akım motoru kullanılmıştır. Bu tahrik motoru, hız kontrol cihazına bağlanır. Hız kontrol cihazı, motor sınırları içerisinde devir sayısını ayarlamak için kullanılır. Hız kontrol cihazı ile motor devri 1460 d/d üst değere kadar çıkarılabilir.

Deneyde kullanılan pinyon ve çevrilen dişliler ile ilgili özellikler çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1Deneyde Kullanılan Dişlilerin Özellikleri

	Pinyon Dişli	Çevrilen Dişli
Çap (mm)	120	190
Diş Sayısı	46	74
Modül (mm)	2.5	2.5

Dişli sistemlerinde titreşim ölçümleri yapılırken ölçümler radyal ve aksel doğrultularda alınmalıdır. Alınan dişlilerde problemler ve hatalar genelde radyal doğrultuda ortaya çıkarken helisel dişlilerde ise büyük titreşimler aksel doğrultuda oluşmaktadır. İvmemetresensörü ile x,y,z yönünden veri alınması şekil 4.4’de ve şekil 4.5’de gösterilmektedir.



Şekil 4.4 İvmemetre Sensörü İle Üç Boyutta(x,y,z) Veri Alımı

4.2 Deneyin Yapılışı Ve Verilerin Toplanması

Deneyde ölçülecek olan titreşim, dişli titreşimidir. Dişli titreşimleri yatay, düşey ve eksensel olmak üzere üç yönde ölçülür. Dişlilerin rulmanlı yataktaki küp üzerinden yapılan titreşim ölçümlerinde aksel yön x, düşey yön y, yatay yön z ile belirtilmiştir.

Hız kontrol cihazı ile motor devri 1000 devir/dak. Uygulanan moment 200 N/m’ dir.

Yapılan deneyler 4 kategoride değerlendirilmiştir:

- Dişliler sağlam olduğunda
- Çevrilen dişide 1 adet diş aşındırıldığında
- Çevrilen dişlide 1 adet diş, dibinden kırıldığında
- İki karşılıklı dişliden her birinde 1'er adet dişin diplerinden kırıldığında.

Dişliler sağlam iken dişli düzeneğine takılır ve 1000 devir/ dak motor devri ile 200 N/m ile sistem çalıştırılır. İvemetre sensörü ile sinyaller bilgisayara aktarılır. Bilgisayara gelen sinyaller frekans sinyallerine dönüştürülür.

Titreşim sinyalleri ivme, hız ya da yer değiştirme olarak ölçülebilir. Ölçümler hız, yerdeğiştirme veya ivmemetre transdüserinden biri kullanılarak gerçekleştirilir. Kaydedilenler voltaj farklılıklarıyla ifade edilir. Çalışma şartlarına bağlı olarak transdüser seçimi yapılır.

Dişli titreşimleri ölçülürken algılayıcının doğru yerleştirilmesi önemlidir. Bazen hatalı dişliler darbeler üretebilir ve algılayıcı doğru yerde yerleştirilmezse, bu darbeler kaydedilemez. Algılayıcının yerinin doğruluğu, kullanılan dişlinin tipi, makinenin yapısı ve tipine bağlı olarak değişir. Dişli kutusunun belirli bir noktasından kaydedilen veriler dişli kutusunda yer alan dişli tarafından etkilenmektedir. En iyi sinyal ölçme konumu algılayıcının yük bölgesinde yerleştirilmesi ve dişliye en yakın rulmanlı yatak üzerinden elde edilmesi ile mümkündür.

4.3 Yöntem

Mekanik sistemleri inceleyen mevcut laboratuvarımızda bulunan, x,y,z olmak üzere üç boyutlu frekans sinyalleri alabilen deney düzeneğinden veri toplamak için sağlam düz dişliler sisteme takılmıştır.

Düz dişlilerdeki hataların sebep olduğu titreşimlerdeki değişimlerin çok yönlü incelenmek üzere, farklı tipteki diş kusurlarının varlığının ve kusurun tipinin çok değişkenli istatistiksel yöntemlerle analiz edip tespitinin yapılabilmesi için alınan sinyaller bilgisayar ortamında sağlıklı verilere dönüştürülmüştür. Alınan verilerin birimi hertz (1/sn)' dir.

Sağlam, aşınmış, kırık ve iki kırık dişlilerden 500'erlik veri alınmış ve homojenlik testi yapılmıştır.

Dişli verilerinin homojen çıkması sonucunda üç boyutlu grafikleri çizdirilerek dişliler arasındaki fark gözlemlenmiştir. Varyans eşitliğinin tespiti için grup içi Anova testi yapılmıştır. Normal dağılım testi için Kolmogorov- Smirnov testi yapılmış dişlilerin normal dağıldı kanıtlanmıştır. Yapılan bu testler bir sonraki aşamada hangi testin yapılması gerektiğini göstermiştir.

Dişlilerden alınan 80 birimlik veri üzerinden otokorelasyon testi yapılmıştır.

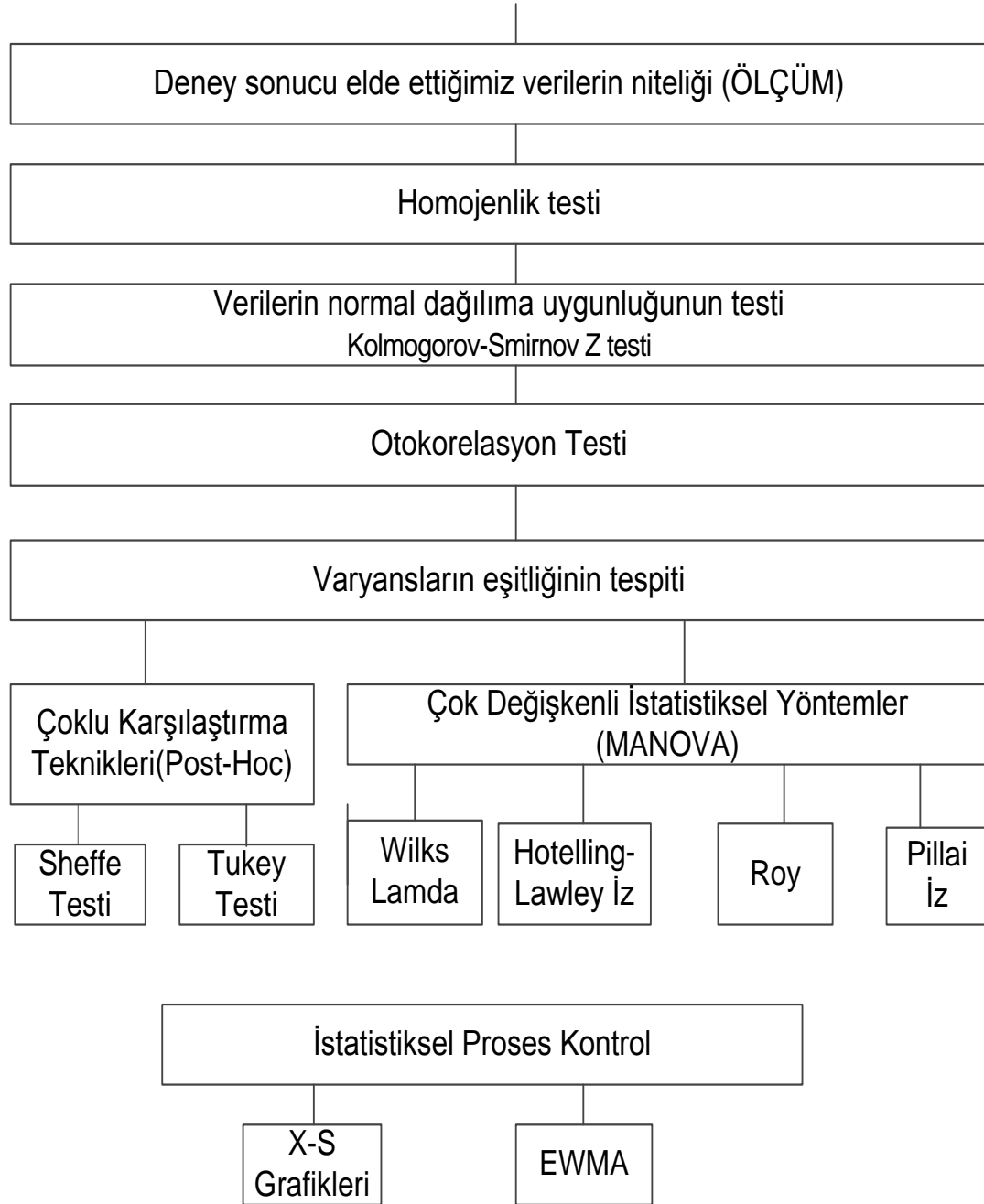
Dişli grupları arasındaki farkın anlaşılabilmesi için tek değişkenli istatistik yöntemlerinden olan Post- Hoc ve Hotelling t^2 testleri uygulanmıştır. Post-Hoc testlerinden Tukey ve Sheffe testleri uygulanmıştır.

Tek değişkenli testler sonucunda yeteri kadar açıklayıcı olmadığından ve verilerimiz çok değişkenli istatistiksel testlere uygun olduğundan çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden manova testleri uygulanmıştır. Sağlam, aşınmış, kırık ve iki kırık dişlilerden 100'erlik veri alınmış manova testleri elle yapılmıştır. Daha sonra 999

br lik veri alınarak SPSS paket programı ile manova testi yapılmıştır. Manova analizinde Wilks Lamda, Hotelling Lawley İz, Roy, Pillai İz testleri yorumlanmıştır.

Çizelge 4.2Yöntem Akış Şeması

Frekans değeri ile elde edilen değerlerin normal dağılım grafikleri



Daha sonrasında İstatistiksel proses kartları oluşturabilmek için dişlilerden 181 saatlik veri alınmıştır.

Alınan 90500 ile \bar{X} ve S grafikleri oluşturulmuştur. Bu grafikte iki yönden alınan veriler için ayrı ayrı çizdirilmiştir. Daha sonrasında aynı veriler ile EWMA grafikleri çizdirilmiş ve yorumlanmıştır.

Çizelge 4.3 Dişlilere Uygulanan İstatistiksel Analizler, Uygulama Şekilleri Ve Uygulanma Amacı Özet Tablosu

<u>ANALİZ</u>	<u>TANIM</u>	<u>DIŞLİLERE UYGULAMASI</u>	<u>DIŞLİLERDE Kİ AMACI</u>
<u>Manova Analizi</u>	*Çok değişkenli Anova (Multivariateanova) ya da kısaca manova, bir ya da daha çok faktöre göre oluşan grupların birden fazla bağımlı değişken bakımından anlamlı farklılık gösterip göstermediğini test etmek amacıyla kullanılır.	* Dişli gruplarına uygulanan yük, hız, devir sayısı gibi birçok faktörün dişli grupları arasında birden fazla bağımlı değişken bakımından anlamlı farklılık gösterip göstermediğini test etmek amacıyla kullanılacaktır.	* Yapılacak olan test sonucunda gruplar arasındaki farklılık hangi diş tipinden kaynaklandığının görmemiz açısından yardımcı olacaktır.
<u>EWMA - Üssel Ağırlıklı Hareketli Ortalama Kontrol Şeması</u>	*Üstel ağırlıklı hareketli ortalama kontrol grafikleri Birikimli toplamlar süreç ortalamasındaki büyük kaymaların saptanmasında kullanılır. *Shewart kontrol şemasının alternatifidir.	*EWMA yöntemi düz dişlilerden alınan veriler üssel olarak ağırlıklandırılmakta, aşınmış dişlilerden alınan verilere daha fazla ağırlık verilirken, sağlam dişlilerden alınan verilere daha az ağırlık verilmektedir. EWMA yönteminin dişlilerin sağlık tahminindeki en büyük avantajı, dişli frekanslarında yaşanacak ani dalgalanmaları üssel olarak hızlı bir şekilde yansıtmasıdır.	*Dişlilerden alınan frekans değerlerinin, birikimli toplamlar süreç ortalamasında büyük kaymaların saptanmasında belirlenmesinde yardımcı olur.

Çizelge 4.3(Devamı) Dişlilere Uygulanan İstatistiksel Analizler, Uygulama Şekilleri Ve Uygulanma Amacı Özet Tablosu

<u>TekDeğişkenli Analizler</u>	<u>TANIM</u>	<u>DİŞLİLERDEKİ UYGULAMASI</u>	<u>DİŞLİLERDEKİ AMACI</u>
<u>Homojenlik Testi</u>	* Analiz için alınan verilerin hepsinin veri kaynağının eş değer özellikte olup olmadığının anlaşılması amacıyla yapılır.	*Düz dişlilerden alınan veriler homojenlik testi ile sınanacaktır.	*Düz dişlilerden alınacak olan ilerin hepsinin dişli verisi olup olmadığının anlaşılmasında kullanılacaktır.
<u>Hotellig T²</u>	*Parametrik yöntemlerden biridir. *Birden fazla kalite değişkenini eşzamanlı gözlemek için süreç kontrol altındayken toplanan çok değişkenli süreç verilerine dayalı olarak yapılır.	*Süreç kontrol altındayken sağlam ve aşınmış dişli gruplarından x ve y boyutlarından aynı anda veri alınır. Alınan veriler sağlam dişlinin x ve y si, aşınmış dişlinin x ve y verilerine ile Hotellig t ² testi uygulanır. Aynı şekilde sağlam dişlinin x ile aşınmış dişlinin x si ve sağlam dişlinin y si ile aşınmış dişlinin y sinde uygulanır.	*Sağlam dişlilerle Aşınmış dişliler arasında aynı zamanda x ve y yönlerinden alınan veriler arasında çok değişkenli ortalama vektörlerinin benzer olup olmadığının testini yapabilmek. *Böylece aşınmış ve sağlam verilerini birbirinden ayırt edebilmek.

Çizelge 4.3(Devamı) Dişlilere Uygulanan İstatistiksel Analizler, Uygulama Şekilleri Ve Uygulanma Amacı Özet Tablosu

<p><u>Post – Hoc Testler</u></p>	<p>*Gruplar arası farkın olduğu durumda farklılığın hangi gruptan olduğunu tespit eden istatistik yöntemidir.</p> <p>* Tukey (honestly significant difference) testi; gruptaki örneklem sayılarının eşit olmasını gerektirmektedir.</p> <p>* Scheffe ; esnek ve karşılaştırılacak grup sayılarının çok olması durumunda α hata payını kontrol altında tutabilen ve gruptaki gözlem sayılarının eşit olması varsayımını dikkate almayan bir post hoc türü olarak ele alınmaktadır.</p>	<p>*Yapılan test istatistiklerinden Anova testi, Post Hock testlerinden Tukey ve Scheffe test sonuçlarını bir bütün olarak değerlendirirsek tek değişkenli yöntemlerle dişlerdeki arızaların tespitinin ne çeşit bir arıza olduğunu ayırt etmek mümkün değildir.</p> <p>Burada bu yöntemleri değiştirerek x,y,z boyutunda frekans sinyalleri alıp alınan bu sinyalleri çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemleri uygulanır</p>	<p>*Dişlilerdeki hasarın çeşidinin(aşınmış, kırık) ne olduğunu tespit etmek.</p>
---	---	---	--

Çizelge 4.3(Devamı) Dişlilere Uygulanan İstatistiksel Analizler, Uygulama Şekilleri Ve Uygulanma Amacı Özet Tablosu

<p><u>Kolmogorov-Smirnov (K-S) Testi</u></p>	<p>*Rasgele elde edilmiş örnek bir verinin bilirlri bir dağılıma (uniform, normal, poison) uyup uymadığını test etmek amacıyla kullanılır. Bu test örnek verinin kümülatif dağılım fonksiyonunun öne sürülen kümülatif dağılım fonksiyonuyla karşılaştırılması esasına dayanır.</p>	<p>*Sağlam, aşınmış dişlilerden x ve y boyutunda toplanan verilerin bu test yardımıyla normal dağılım sergileyip sergilemediğini incelemek mümkündür.</p>	<p>*Dişli verilerine uygulanan K-S sınaması sonucu verilerin hangi dağılımdan geldiğini bularak bir sonraki analiz seçiminin bu sonuca göre yapılması. Bu test dişli parametrelerinin güven aralıklarının kurulmasında ve anlamlılık testlerinde gerekmektedir.</p>
<p><u>Otokorelasyon Testi</u></p>	<p>*Otokorelasyonbelrili bir zaman dilimi ile ayrılmış verilerin arasındaki korelasyondur.</p>	<p>*Dişlilerden alınan verilere uygulanan çoklu regresyon analizinde hata teriminin birbirini izleyen değerleri arasında ilişki bulunması halinde, genel doğrusal regresyon modelinin önemli bir varsayımdan sapması sonucunda hata terimleri arasında ilişki yoktur çıkabilir.</p>	<p>* Dişliler üzerinde yapılacak olan testlerde korelasyonların olup olmadığını ve güvenilirliğini sınamak amacıyla otokorelasyon testi yapılacaktır.</p>

4.3.1 Düz Dişlilerde Homojenlik Testi

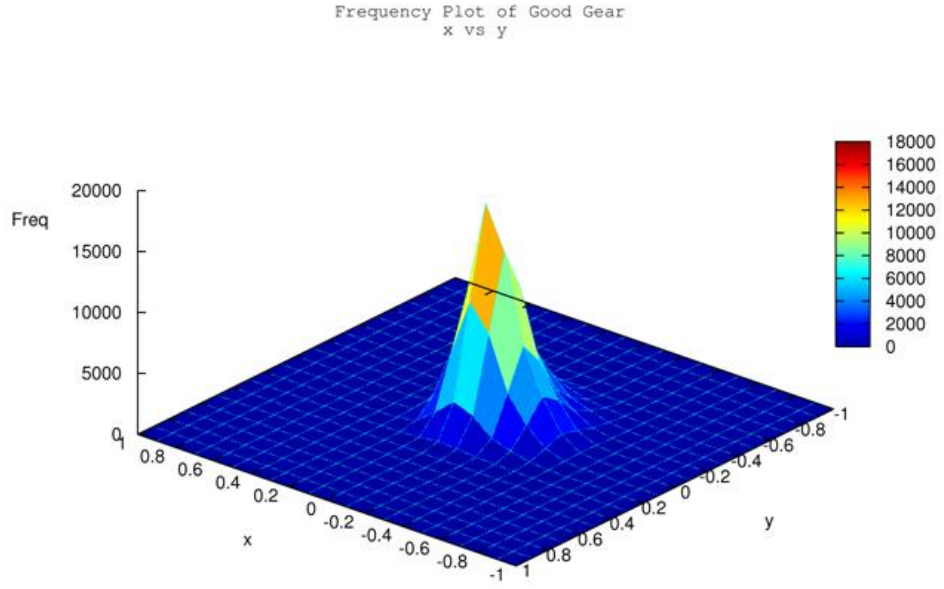
Verilerin homojenliğini incelenmesi; Çizelge 4.4’de Sig. (Anlamlılık) sütunundaki değerlerin 0,05’den büyük olması incelenen faktörlerin dağılımlarının homojen olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.4 Homojenlik Tablosu

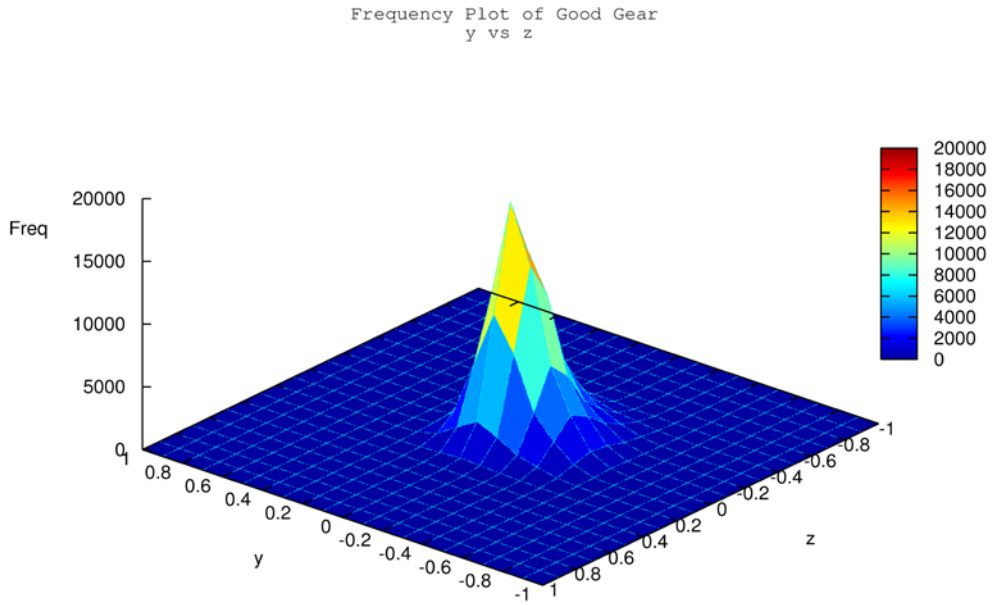
	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Değer
Aşınmış dişli	10,748	461	,023	,969	,579
Gruplar Arası					
Gurup İçi	,914	38	,024		
Toplam	11,662	499			
Kırık dişli	94,818	461	,206	1,386	,108
Gruplar Arası					
Gurup İçi	5,640	38	,148		
Toplam	100,459	499			
Kırık büyük- küçük dişli	8,330	461	,018	1,408	,098
Gruplar Arası					
Gurup İçi	,488	38	,013		
Toplam	8,817	499			

4.3.2 Sıklık Grafikleri

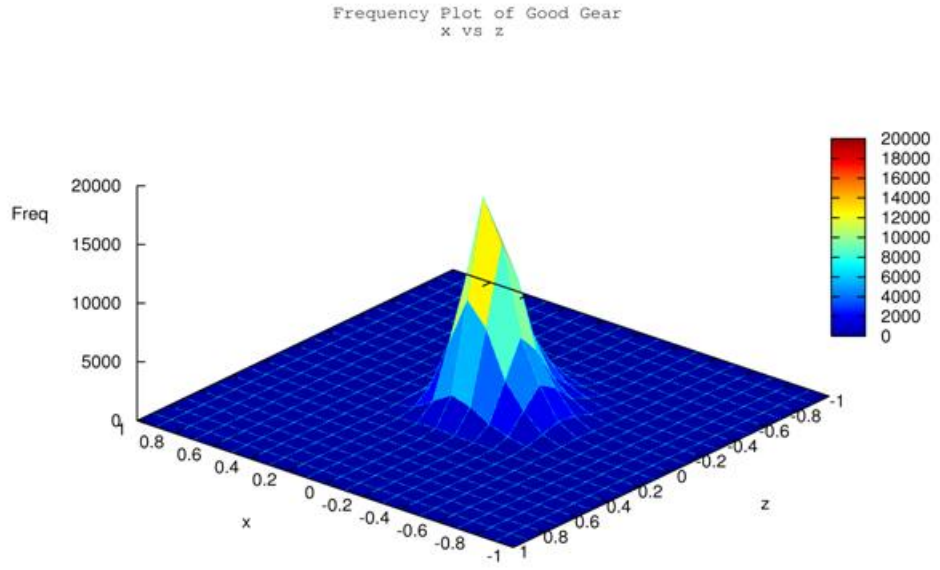
Titreşim değerleri göz önüne alınarak sağlam, kırık, aşınmış, kırık büyük-küçük dişlilere normal dağılım grafikleri çizdirilmiştir.



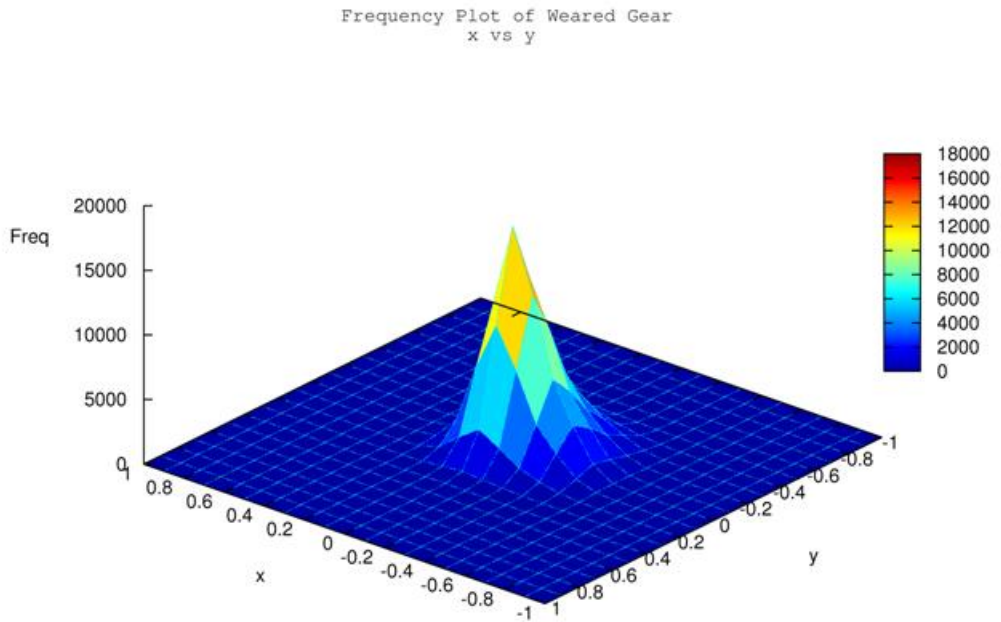
Şekil 4.5 Sağlam Dişli x-y Boyutu Üç Boyutlu Grafığı



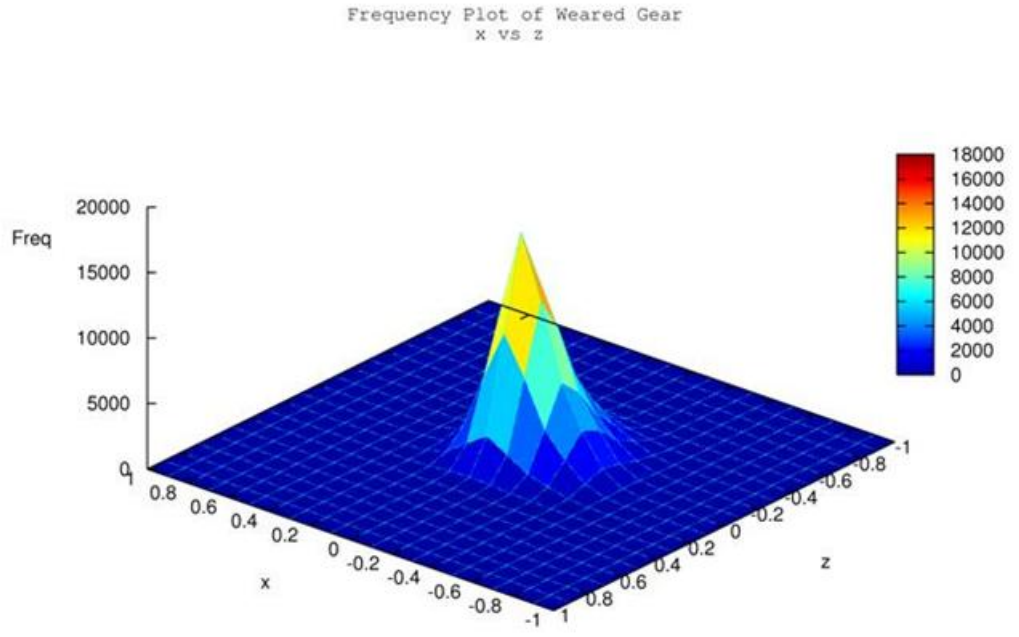
Şekil 4.6 Sağlam Dişli y-z Boyutu Üç Boyutlu Grafığı



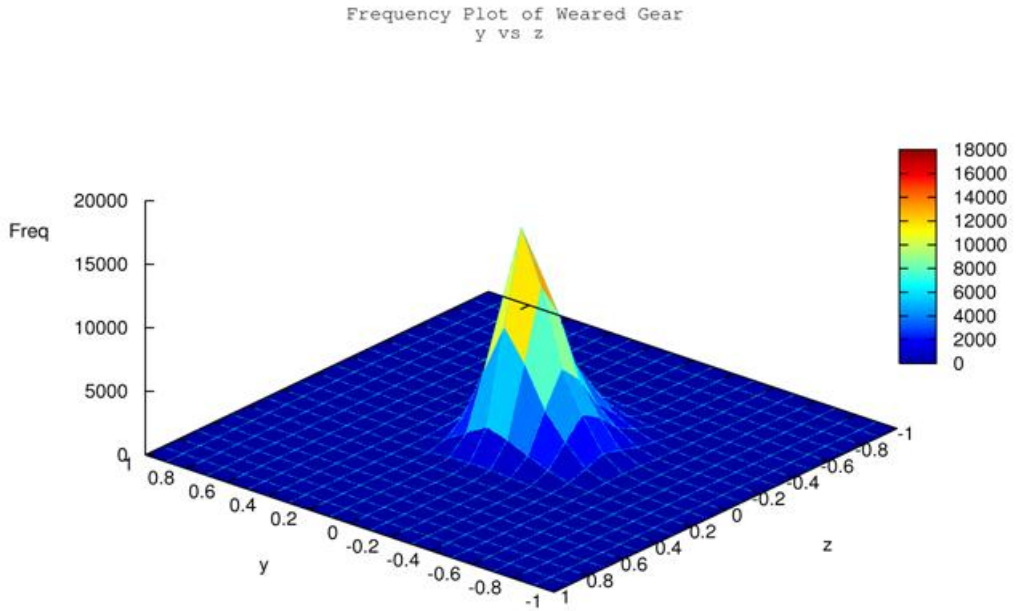
Şekil 4.7 Sağlam Dişli x-z Boyutu Üç Boyutlu Grafiği



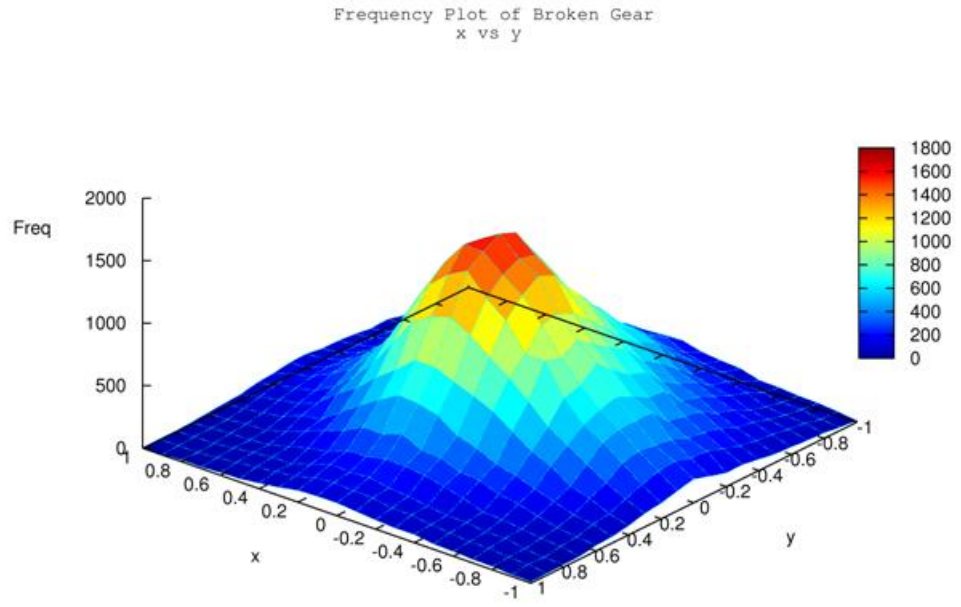
Şekil 4.8 Aşınmış Dişli x-y Boyutu Üç Boyutlu Grafiği



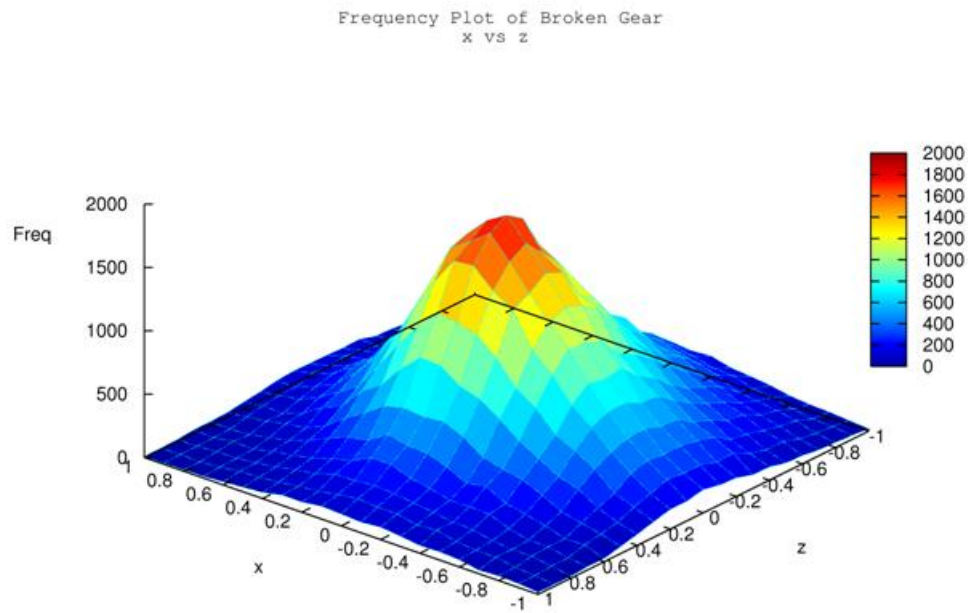
Şekil 4.9 Aşınmış Dişli x-z Boyutu Üç Boyutlu Grafiği



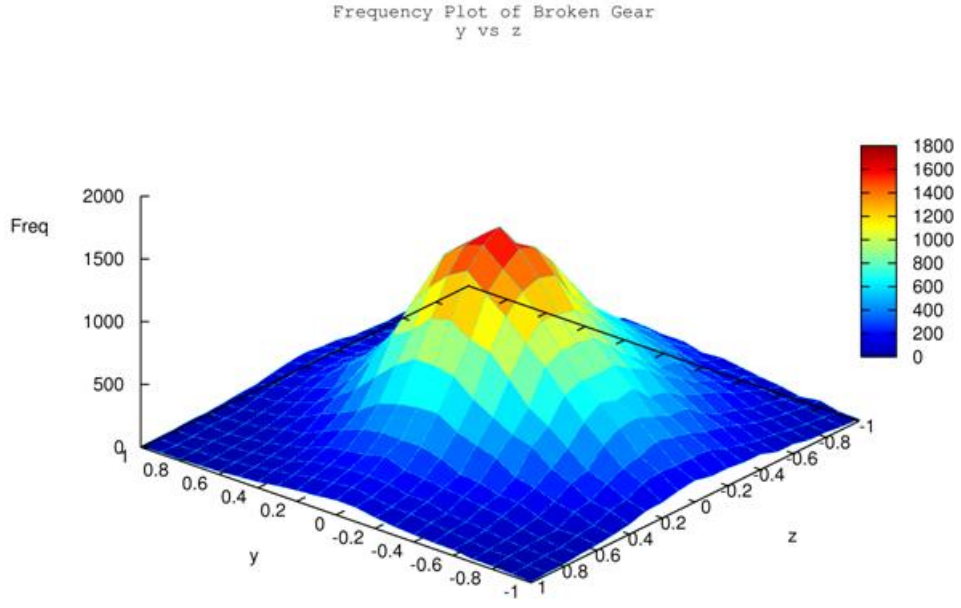
Şekil 4.10 Aşınmış Dişli y-z Boyutu Üç Boyutlu Grafiği



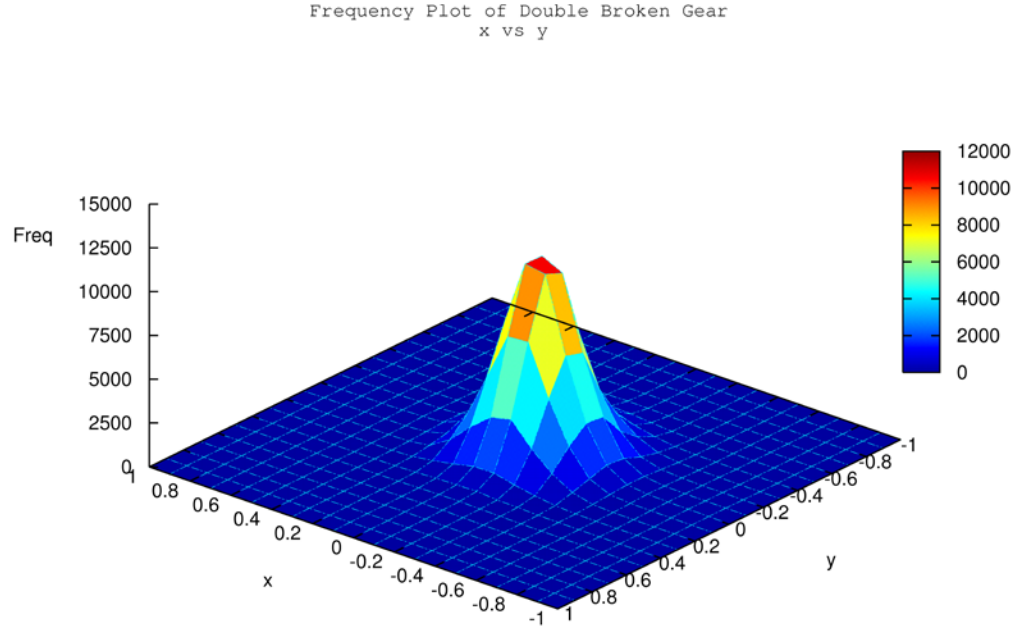
Şekil 4.11 Kırık Dişli x-y Boyutu Üç Boyutlu Grafiği



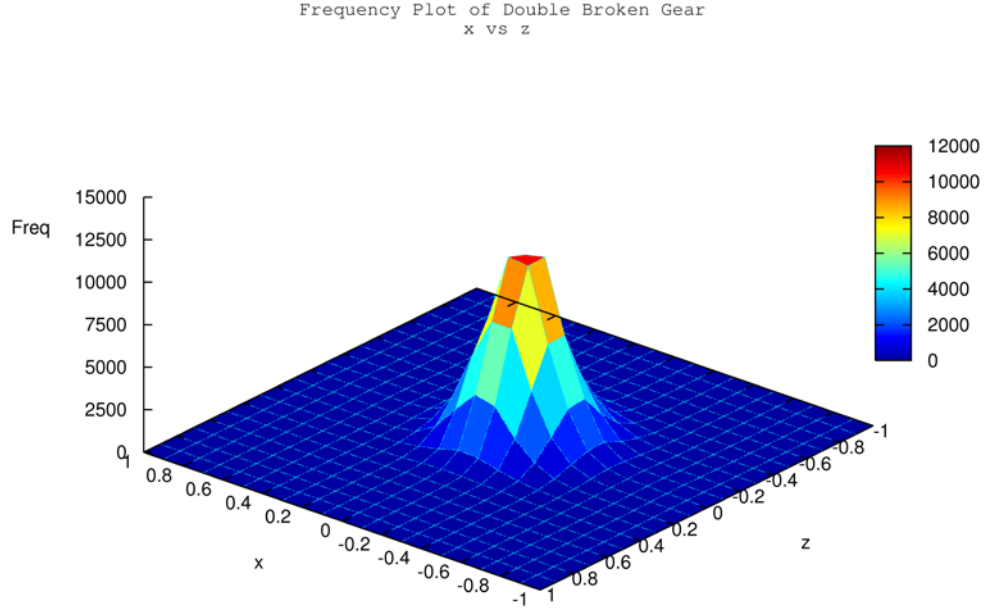
Şekil 4.12 Kırık Dişli x-z Boyutu Üç Boyutlu Grafiği



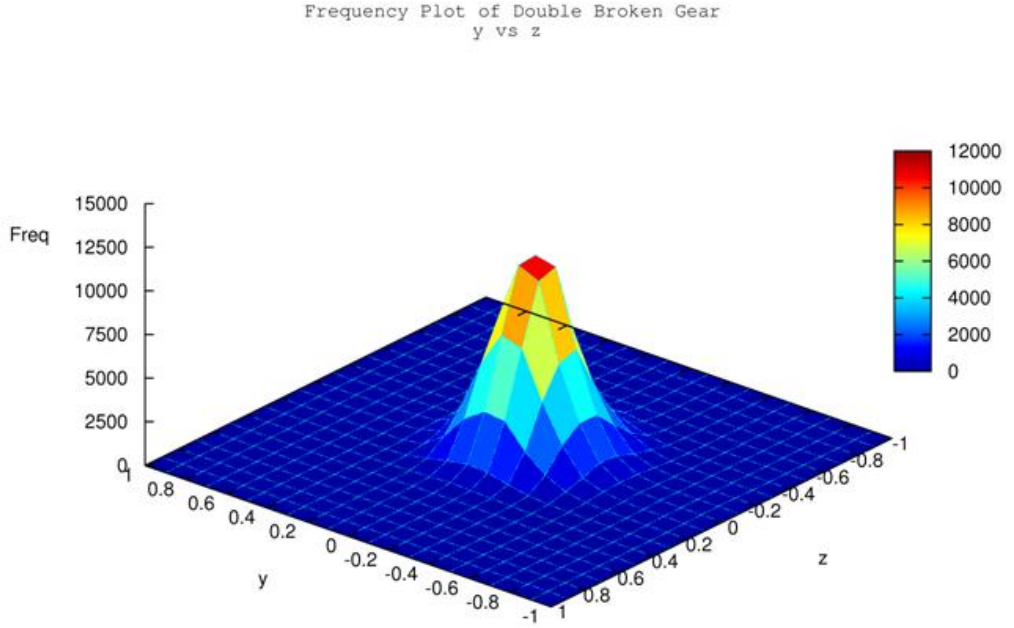
Şekil 4.13 Kırık Dişli y-z Boyutu Üç Boyutlu Grafiği



Şekil 4.14 İki Kırık Dişli x-y Boyutu Üç Boyutlu Grafığı



Şekil 4.15 İki Kırık Dişli x-z Boyutu Üç Boyutlu Grafığı



Şekil 4.16 İki Kırık Dişli y-z Boyutu Üç Boyutlu Grafiği

4.3.3 Kolmogorov-Smirnov Testi

Normal dağılışın rastlantısal mı yoksa gerçek mi olduğunu tespit edebilmek için Kolmogorov-Smirnov Z testini yapılır.

Yapılan Kolmogorov-Smirnov testi sonucunda (Çizelge 4.5) sağlam dişli için sigma değeri= 0,478, aşınmış dişli için sigma değeri= 0,132, kırık dişli için sigma değeri= 0,406 ve iki kırıktan oluşan dişli için sigma değeri= 0,478'dir. Tablonun Assymp. Sig. (Anlamlılık) satırındaki değerlerin istatistik anlamlılık hesaplamalarında sınır değeri kabul edilen 0,05'den büyük olması incelenen dişli dağılımlarının normal olduğunu göstermektedir. Bu değerler 0,05'den büyük oldukları için parametrik test yöntemleri kullanılabilir.

Çizelge 4.5 Kolmogorov-Smirnov Testi

		Sağlam Diş	Aşınmış Diş	Kırık Diş	İki Kırık Diş
Normal Parametreler	Ortalama	500	500	500	500
	Std. Sapma	,0002	,0223	,0141	,0015
En Uç Değer Farklar	Mutlak	,13762	,15287	,44869	,13293
	Olumlu	,053	,052	,040	,038
	Olumsuz	,035	,028	,040	,024
Kolmogorov-Smirnov Z		-,053	-,052	-,021	-,038
Asimtotik Değer (2- kuyruk)		1,194	1,165	,891	,841
		,115	,132	,406	,478

4.3.4 Anova Testi

Dişli frekans değerlerinin grup ortalamalarının eşit olup olmadığının anlaşılabilmesi için Anova testi yapılır (Çizelge 4.6). Sağlam, aşınmış, kırık ve iki kırık dişlilerin x yönünden alınan verileri arasında ortalamalarının eşitliğinin testi sonucunda sigma değeri 0,465 çıkmıştır.

H₀: Sağlam, aşınmış, kırık ve iki kırık dişlilerin x yönünden alınan verileri arasında ortalamalar arasında fark yoktur.

H₁: En az biri farklıdır.

Olmak üzere iki hipotez kurulmuştur. Sig= 0,465 > 0,05 büyük H₀ hipotezi kabul edilir. Dişlilerden x yönünden alınan veriler arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Çizelge 4.6 Bağımsız Örneklem Tek Yönlü Varyans Analizi (Grup Ortalamaları Eşitliğinin) Tablosu

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Değer
Gruplar Arası	,167	3	,056	,853	,465
Gurup İçi	130,388	1996	,065		
Toplam	130,556	1999			

4.3.5 Post-Hoc Testler

Varyans analizi farklı grupların birbirinden farklı olup olmadıklarını gösterir. Ancak farklılıkların hangi gruplar arasında olduğuna ilişkin bilgi içermez. Bunun için varyans analizlerine ilave olarak Tukey ve Scheffe testlerinin yapılmasında yarar vardır.

Dişlilerden alınan verilere uygulanan varyans analizi sonucunda dişliler arasında bir fark gözlenememiştir. Bundan dolayı dişliler arasında farkın bulunabilmesi için bir sonraki basamakta post-hoc testlerinden Tukey ve Scheffe testi yapılmıştır.

Anova tablosu gruplar arasındaki farklılıkları bir bütün olarak değerlendirir. Diğer bir ifade ile hangi ikili gruplar arasında ki farkın anlamlı olduğuna ilişkin bilgi vermez. Bunun için Post Hoc testi uygulanır.

Dişliler arasındaki farkın kaynağını belirlemek üzere uygulanan Post-Hoc Testlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Hipotez şu şekilde kurulmuştur:

H_0 : Sağlam, aşınmış, kırık ve iki kırık dişlilerin x yönünden alınan verileri arasında ortalamalar arasında fark yoktur.

H_1 : En az biri farklıdır.

Tukey HSD tablosu incelendiğinde (Çizelge 4.7) sağlam dişli ile aşınmış dişli arasında yapılan Tukey testi sonucunda sigma değeri 0,042 çıkmıştır. Sigma < alfa=0,05 olduğundan H_0 red edilmiştir. Sağlam ile aşınmış dişli arasında fark bulunmuştur.

Aşınmış ve iki kırık dişli arasında yapılan Tukey testi sonucunda sigma değeri 0,037 < alfa =0,05 çıkmıştır. Aşınmış ve İki kırık dişli arasında da fark bulunmuştur.

Tukey tablosunun anlamlılık sütunundaki değerlerden sağlam, kırık, iki kırık dişli arasında fark bulunamamıştır. Kırık dişli ile aşınmış ve iki kırık dişli arasında da fark olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7 Tukey HSD Tablosu

(I) dişliler	(J) dişliler	Ortalamalar Farkı (I-J)	Std. Hata	Değer	95% Güven Aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
Sağlam	Aşınmış	-,02207*	,01616	,042	-,0636	,0195
	Kırık	-,01391	,01616	,825	-,0555	,0276
	Kırık b-k	-,00132	,01616	1,000	-,0429	,0402
Aşınmış	Sağlam	,02207*	,01616	,042	-,0195	,0636
	Kırık	,00816	,01616	,958	-,0334	,0497
	Kırık b-k	,02075*	,01616	,037	-,0208	,0623
Kırık	Sağlam	,01391	,01616	,825	-,0276	,0555
	Aşınmış	-,00816	,01616	,958	-,0497	,0334
	Kırık b-k	,01259	,01616	,864	-,0290	,0542
Kırık b-k	Sağlam	,00132	,01616	1,000	-,0402	,0429
	Aşınmış	-,02075*	,01616	,037	-,0623	,0208
	Kırık	-,01259	,01616	,047	-,0542	,0290

Scheffe testi gruptaki verilerin eşit sayıda olmasına gerek duymadan ortalamalar arasındaki farkın olup olmadığını belirleyen bir testtir. Çizelge 4.8’de sağlam, aşınmış, kırık ve iki kırık dişliler eşit sayıda veri alınmadan test edilmiştir.

H_0 : Sağlam, aşınmış, kırık ve iki kırık dişlilerin x yönünden alınan verileri arasında ortalamalar arasında fark yoktur.

H_1 : En az biri farklıdır.

Sağlam ve aşınmış dişli sigma değeri ($0,016 < 0,05$) alfa değerinden küçük olduğu görülmüş H_0 red edilmiştir. Sağlam ve aşınmış dişliler arasında fark olduğunu, diğer dişliler arasında bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Dişli verilerinin sayısının eşit olmaması tüm dişlilerin birbirinden ayırt edilebilmesinde etkili olmadığı görülmüştür.

Tukey testinde aşınmış ve iki kırık dişli ayırt edilebilmiş fakat Scheffe testinde ayırt edilememiştir.

Çizelge 4.8 Scheffe Tablosu

(I) dişliler	(J) dişliler	Ortalamalar farkı (I-J)	Std. Hata	Değer	95% Güven aralığı	
		Alt Sınır	Üst sınır	Alt Sınır	Üst sınır	Alt Sınır
sağlam	Aşınmış	-,02207*	,01616	,016	-,0673	,0232
	Kırık	-,01391	,01616	,864	-,0591	,0313
	Kırık b-k	-,00132	,01616	1,000	-,0465	,0439
aşınmış	Sağlam	,02207*	,01616	,016	-,0232	,0673
	Kırık	,00816	,01616	,968	-,0371	,0534
	Kırık b-k	,02075	,01616	,649	-,0245	,0660
kırık	Sağlam	,01391	,01616	,864	-,0313	,0591
	Aşınmış	-,00816	,01616	,968	-,0534	,0371
	Kırık b-k	,01259	,01616	,895	-,0326	,0578
Kırık b-k	Sağlam	,00132	,01616	1,000	-,0439	,0465
	Aşınmış	-,02075	,01616	,649	-,0660	,0245
	Kırık	-,01259	,01616	,895	-,0578	,0326

4.3.6 Hotelling T² (Ortalamalar Arasındaki Fark) Testi

Sağlam dişli ile aşınmış dişliden x yönünde alınan verilerin ortalamalarının eşit olup olmadığını anlayabilmek için Tukey ve Scheffe testi yapılmış ve ortalamalar arasında fark olduğu bulunmuştur. Ancak kırık ve iki kırık dişli arasındaki fark bulunamamıştır. Kırık ve iki kırık dişlinin x yönünden alınan veriler için Hotelling T² testi uygulanmıştır.

H₀: Kırık ve iki kırık dişlilerin x yönünden alınan verileri arasında ortalamalar arasında fark yoktur.

H₁: En az biri farklıdır.

Çizelge 4.9 da sigma değeri =0,04 < alfa =0,05 olduğundan H₀ red edilmiştir. Kırık ve iki kırık dişli arasında fark olduğu görülmüştür. Ancak diğer yönlerden y ve z yönünde fark olup olmadığı Manova testi yapılarak anlaşılmıştır.

Çizelge 4.9 Hotelling T² Testi (Ortalamalar Arasındaki Fark)

Hotelling's T ²	F	df1	df2	Değer
6,815	2,262	3	497	,040

4.3.7 Hata Terimlerinin Ardışık Değerleri Arasında İlişki Olup Olmadığının Araştırılması

4.3.7.1 Otokorelasyon Testi

Çalışmamızdaki hata terimi u'ya ilişkin otokorelasyonun olup olmadığına, otokorelasyonun tespiti tekniklerinden en güçlü olanı Durbin-Watson testi ile karar verilecektir.

H₀ : Otokorelasyon yoktur.

H_1 : Otokorelasyon vardır.

Şeklindeki hipotezi sınamak için Durbin_Watson istatistiği hesaplanır. d değeri SPSS paket programından faydalanılarak bulunmuştur. (Çizelge 4.10)

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}$$

$$d = 1,727$$

Çizelge 4.10 Durbin-Watson Testi

Model	R	Hata Karesi	Düzeltilmiş hata karesi	Std Tahmini Hata	Durbin-Watson
1	,066 ^a	,004	-,008	,24413	1,727

Bu değer in dönüştüğü bölge önemlidir. Bu sebeple Durbin-Watson istatistiği tablosundan%5 anlamlılık düzeyinde d_L ve d_U değerleri bulunur.

$$k' = k-1 = 4-1 = 4 \text{ ve } n = 80 \text{ için}$$

$$d_L = 1,560$$

$$d_U = 1,715$$

Bulduğumuz $d=1,727$ değeri d_L ve d_U

$$d_U = 1,715 < d=1,727 < (4- d_u)=2,285$$

Durbin-Watson testi karar tablosunda bulunan d değeri ile kıyaslandığında otokorelasyon yoktur çıkmıştır. H_0 hipotezi kabul edilmiştir.

4.3.8 Manova Analizi

Manova analizinde dişliler çok değişkenli istatistiksel yöntemlerle test edilmiştir. Tek değişkenli istatistik yöntemlerle yapılmış olan analizler sonucunda dişlilerdeki aşınma ve kırılma tespit edilememiştir. Bunun sonucunda manova testinin yapılmasına karar verilmiştir. Dişli sisteminden toplanan verilerin bir kısmında 100birimlik örneklem alınıp elle çözme metodu ile gösterilmiş, 999 veri ise istatistik programı olan spss kullanılarak çözümlenip yapılabildiği tablolara yorumlanmıştır.

Yapılan çalışmada sağlam, aşınmış, kırık ve iki kırık olmak üzere 4 çeşit dişli üzerinden 3 boyutta veri alınmıştır. Wilks Lamda istatistiklerini bulabilmek için aynı anda alınan üç boyutlu veriler ve etkileşime ilişkin kareler ve çarpımlar toplamı matrisleri, hata kareler ve çarpımlar toplamı matrisi ile toplanır ve determinantı alınır. x, y, z yönünde alınan veriler arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için Manova analizi sonuçları çizelge 4.11 bulunmaktadır. Çizelge 4.11 incelendiğinde sağlam, aşınmış, kırık, iki kırık arasında en az bir dişlinin farklı olduğu (sig.=0,15) gözlenmektedir. H₀ hipotezi red edilir.(Özdamar, 2004)

$$H_0 : \begin{vmatrix} \mu_{sx} \\ \mu_{sy} \\ \mu_{sz} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \mu_{ax} \\ \mu_{ax} \\ \mu_{ax} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \mu_{kx} \\ \mu_{kx} \\ \mu_{kx} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \mu_{kkx} \\ \mu_{kkx} \\ \mu_{kkx} \end{vmatrix}$$

H₁ : En az bir diğerinden farklıdır. (Gruplar arası fark anlamlıdır.)

Çizelge 4.11 Manova Tablosu

Etki	Değer	F	Muamele S.D	Hata sd.	Önemlilik
Pillai's Trace	,001	,899 ^a	4,000	2,991E3	,464
Wilks' Lambda	,999	,899 ^a	4,000	2,991E3	,464
Hotelling's Trace	,001	,899 ^a	4,000	2,991E3	,464
Roy's Largest Root	,001	,899 ^a	4,000	2,991E3	,464
VAR0000					
1 Pillai's Trace	,004	1,494	8,000	5,984E3	,015
Wilks' Lambda	,996	1,494 ^a	8,000	5,982E3	,015
Hotelling's Trace	,004	1,495	8,000	5,980E3	,014
Roy's Largest Root	,004	2,858 ^b	4,000	2,992E3	,022

Değer = Verilere göre hesaplanmış olan Pillai İz İstatistiği, Wilks Lamda İstatistiği, Hotelling T2 İstatistiği, Roy İz İstatistiği değerleridir.

F = Hesap değeri

Muamele S.D. = Test istatistiklerine ait faktörlerin serbestlik dereceleri

Hata S.D. = Test istatistiklerine ait hata serbestlik dereceleri

Wilk's Lambda, eigenvalue (özdeğer) istatistiğinin anlamlılığını test eder. Eigenvaluene kadar büyükse bağımlı değişkendeki varyansın daha büyük kısmının açıklandığını gösterir.

Wilks' Lamda değeri dişliler arasındaki varyansın daha büyük kısmı %99 açıkladığını gösterir.

Çizelge 4.12 Dişlilerde İki Değişkenli Manova Tablosu

Dişlilerde İki Değişkenli Manova Tablosu				
		Aşınmış Dişli	Kırık Dişli	İki Kırık Dişli
Sağlam Dişli	Pillai's Trace	0,046	0,048	0,041
	Wilks' Lambda	0,046	0,048	0,041
	Hotelling's Trace	0,046	0,048	0,041
	Roy's Largest Root	0,025	0,019	0,017
Aşınmış Dişli	Pillai's Trace		0,049	0,046
	Wilks' Lambda		0,049	0,046
	Hotelling's Trace		0,049	0,046
	Roy's Largest Root		0,019	0,03
Kırık Dişli	Pillai's Trace			0,042
	Wilks' Lambda			0,042
	Hotelling's Trace			0,042
	Roy's Largest Root			0,012

Sağlam, aşınmış, kırık ve iki kırık dişlilerden x,y,z yönünden alınan veriler karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.12).

Sağlam ve aşınmış dişliler x,y,z yönünde karşılaştırılması sonucunda sigma değeri Wilks' Lambda, Pillai's Trace, Hotelling's Trace testleri sonucunda 0,046 çıkmıştır.

H₀: Ortalama vektörleri arasında fark yoktur

H₁: En az biri farklıdır.

Kurulan hipotezler sonucunda sigma değerinin $\alpha = 0,05$ den küçük olduğundan H_0 hipotezi red edilmiştir. Sağlam dişliler aşınmiş dişlilerden en az bir yönden alınan verilerden farkıdır denebilir.

Sağlam ve kırık dişliler x,y,z yönünde karşılaştırılması sonucunda sigma değeri Wilks'Lambda, Pillai's Trace, Hotelling's Trace testleri sonucunda 0,048 çıkmıştır.

H_0 : Ortalama vektörleri arasında fark yoktur

H_1 : En az biri farklıdır.

Hipoteze göre sigma değeri α değerinden küçük olduğundan H_0 hipotezi red edilir. Sağlam dişliler kırık dişlilerden en az bir yönden alınan verilerden farklıdır denebilir.

Sağlam ve İki kırık dişliler x,y,z yönünde karşılaştırılması sonucunda sigma değeri Wilks'Lambda, Pillai's Trace, Hotelling's Trace testleri sonucunda 0,041 çıkmıştır.

H_0 : Ortalama vektörleri arasında fark yoktur

H_1 : En az biri farklıdır.

Kurulan hipotezler sonucunda sigma değerinin $\alpha = 0,05$ den küçük olduğundan H_0 hipotezi red edilmiştir. Sağlam dişliler ikikırık dişlilerden en az bir yönden alınan verilerden farkıdır denebilir.

Aşınmiş ve kırık dişliler x,y,z yönünde karşılaştırılması sonucunda sigma değeri Wilks'Lambda, Pillai's Trace, Hotelling's Trace testleri sonucunda 0,049 çıkmıştır.

H_0 : Ortalama vektörleri arasında fark yoktur

H_1 : En az biri farklıdır.

Kurulan hipotezler sonucunda sigma değerinin $\alpha = 0,05$ den küçük olduğundan H_0 hipotezi red edilmiştir. Aşınmiş dişliler kırık dişlilerden en az bir yönden alınan verilerden farkıdır denebilir.

Aşınmış ve iki kırık dişliler x,y,z yönünde karşılaştırılması sonucunda sigma değeri Wilks'Lambda, Pillai's Trace, Hotelling's Trace testleri sonucunda 0,046 çıkmıştır.

H_0 : Ortalama vektörleri arasında fark yoktur

H_1 : En az biri farklıdır.

Kurulan hipotezler sonucunda sigma değerinin alfa= 0,05 den küçük olduğundan h_0 hipotezi red edilmiştir. Aşınmış dişliler iki kırık dişlilerden en az bir yönden alınan verilerden farklıdır denebilir.

Kırık ve iki kırık dişliler x,y,z yönünde karşılaştırılması sonucunda sigma değeri Wilks'Lambda, Pillai's Trace, Hotelling's Trace testleri sonucunda 0,042 çıkmıştır.

H_0 : Ortalama vektörleri arasında fark yoktur

H_1 : En az biri farklıdır.

Kurulan hipotezler sonucunda sigma değerinin alfa= 0,05 den küçük olduğundan h_0 hipotezi red edilmiştir. Kırık dişliler iki kırık dişlilerden en az bir yönden alınan verilerden farklıdır denebilir.

Yapılmış olan tüm ikili karşılaştırmalarda da dişlilerin birbirinden farklı olduğu test edilebilmiştir.

4.3.9 Manova Analizinin Uygulanması

Çizelge 4.13 Sağlam, Aşınmış, Kırık Ve İki Kırık Dişli Verileri

Sağlam			aşınmış			Kırık			2Kırık		
x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	Z
0,0	0,2	-0,2	-0,1	0,0	-0,1	-0,3	0,1	0,0	0,1	-0,1	-0,1
0,1	0,1	-0,1	-0,9	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
0,1	0,1	-0,1	0,5	0,1	-0,2	0,4	0,0	0,0	0,1	0,0	-0,1
0,1	0,1	-0,1	0,4	0,0	-0,1	-0,6	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
0,0	0,0	-0,5	0,1	-0,1	-0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	-0,1	0,0
0,0	0,0	0,1	-0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	-0,1
0,0	0,0	-0,1	0,3	-0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1
-0,1	-0,1	-0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	-0,1	-0,3
-0,3	0,1	-0,1	0,5	-0,3	0,0	-0,3	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1
-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,1	-0,1	-0,3
-0,1	0,0	0,0	0,2	-0,1	0,1	0,4	0,0	0,0	0,1	-0,2	-0,3
-0,1	0,0	0,1	0,2	-0,1	0,1	0,5	0,0	0,0	0,2	0,3	-0,2
0,1	0,0	-0,1	0,2	0,0	0,1	-0,2	0,0	0,0	0,1	-0,1	-0,4
-0,1	-0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1
-0,1	-0,1	0,2	-0,1	-0,2	0,1	-0,7	-0,2	0,0	0,1	-0,1	0,2
0,0	-0,2	0,2	0,1	-0,1	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,1	-0,1	-0,1
0,0	-0,2	0,1	-0,1	0,0	0,1	-0,2	-0,1	0,0	-0,1	0,3	0,0
-0,1	-0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,0	-0,1	0,0	-0,1	-0,1	0,1
0,0	0,1	0,1	-0,1	0,1	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3
0,0	-0,2	0,1	-0,1	0,0	0,1	0,2	-0,1	0,0	-0,2	0,0	0,2
0,1	-0,2	0,1	-0,1	0,0	0,1	0,2	-0,1	0,0	-0,2	0,2	0,2
0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,1	0,1	0,5	0,0	0,0	-0,2	0,1	0,3
0,1	-0,1	0,2	-0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	-0,1	0,1	0,3
0,1	0,3	0,1	0,0	0,2	0,0	-0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3
0,2	0,0	0,0	-0,2	0,2	0,1	-0,1	0,0	0,0	-0,2	0,0	0,1
0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,1	-0,1	0,6	0,0	0,0	-0,2	0,1	0,1
0,1	0,2	0,1	-0,1	0,1	-0,1	0,6	0,1	0,0	-0,1	0,0	0,1
0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	-0,2	-0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
0,0	0,3	0,1	-0,2	0,0	-0,2	-0,6	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0
0,0	0,4	0,0	0,1	0,0	-0,1	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
0,0	0,1	-0,1	-0,1	0,0	-0,2	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
0,0	0,2	-0,1	0,1	0,1	-0,3	0,2	0,1	0,0	0,2	0,0	-0,1
0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	-0,3	0,1	0,1	0,0	0,2	-0,1	0,0
0,0	0,1	-0,1	0,0	0,0	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0
0,0	0,1	0,2	-0,1	0,0	-0,1	0,2	0,0	0,0	0,2	0,1	-0,1
0,1	0,1	-0,4	0,0	0,1	-0,1	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	-0,1
0,0	0,1	-0,3	0,1	0,1	-0,2	0,4	0,1	0,0	0,1	-0,1	-0,1
-0,1	-0,1	-0,1	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,1	-0,1	-0,1

-0,1	0,0	0,0	0,3	-0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,2
-0,3	0,0	0,0	0,2	-0,1	0,1	-0,3	0,1	0,0	0,0	-0,2	-0,3
-0,2	-0,2	-0,2	0,3	-0,2	0,2	0,4	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,3
-0,2	-0,1	-0,1	0,2	-0,2	0,0	-0,5	0,0	0,0	-0,1	0,0	-0,2
0,2	-0,3	0,0	0,3	-0,4	0,1	-0,7	-0,1	0,0	-0,1	-0,1	-0,1
-0,4	-0,5	0,1	0,1	0,0	0,2	-0,8	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,1
-0,1	-0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	-0,4	0,0	0,0	-0,1	0,0	-0,3
0,0	-0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	-0,2	0,0	-0,2	0,0	-0,1
-0,1	-0,2	0,1	0,0	-0,1	0,2	-0,1	-0,1	-0,1	0,1	0,0	0,0
0,1	-0,3	0,1	0,0	-0,1	0,1	0,4	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,2
-0,1	0,1	0,2	-0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,2	0,2
0,0	-0,1	0,1	-0,1	0,1	0,1	0,4	-0,1	0,0	-0,2	0,2	0,0
0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	-0,2	-0,1	0,1	0,2	0,2
0,2	0,1	0,2	-0,1	0,2	0,1	0,3	-0,1	0,0	-0,1	0,1	0,3
0,2	0,1	0,2	-0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,3
0,1	0,2	0,1	-0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,3	0,2
0,1	0,0	0,1	-0,3	0,2	-0,1	0,0	0,1	0,0	-0,1	0,1	0,2
0,1	0,0	0,1	-0,3	0,2	-0,3	1,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3
0,1	0,2	0,1	-0,1	0,1	0,0	-0,5	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2
0,1	0,2	0,1	-0,1	0,1	-0,2	-0,3	0,1	0,0	0,1	-0,1	0,1
0,1	0,1	0,0	-0,1	0,1	-0,2	-0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1
0,1	0,1	-0,1	-0,1	0,1	0,0	-0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	0,1
0,0	0,2	-0,5	0,1	0,0	-0,3	0,4	0,1	0,0	0,0	-0,1	0,0
0,2	0,2	-0,1	0,0	0,0	-0,3	-0,1	0,1	0,0	0,1	-0,1	-0,1
-0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	-0,1
0,1	0,1	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1
0,0	0,1	-0,4	0,1	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	-0,1
0,0	0,1	-0,3	0,1	0,1	-0,2	0,5	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0
0,0	0,2	-0,3	0,1	0,0	-0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,1
-0,1	0,2	-0,2	0,2	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,2
0,0	-0,1	0,0	0,1	-0,4	0,1	-0,4	0,1	0,0	-0,1	0,0	-0,1
-0,2	0,0	-0,2	0,2	-0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	-0,2	-0,2
-0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	1,1	0,1	0,0	0,0	-0,5	-0,4
-0,2	0,1	0,1	0,2	-0,2	0,3	-0,8	0,0	0,0	0,0	0,1	-0,3
0,1	0,1	-0,1	0,1	-0,1	0,0	-0,4	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1
-0,2	-0,2	0,2	0,1	-0,2	0,3	-0,8	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1
-0,1	-0,2	0,1	0,1	-0,1	0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,1	-0,2	0,1
-0,2	-0,3	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0	-0,2
0,1	-0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	-0,3	0,0	0,0	0,3	-0,2
-0,1	-0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	-0,2	0,0	-0,1	0,1	0,0
0,0	0,0	0,1	-0,1	0,1	0,2	0,4	0,0	0,0	-0,1	0,1	0,1
0,0	-0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,8	0,0	-0,1	0,0	0,1	0,3
0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	-0,1	-0,1	-0,2	0,2	0,2
0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2
0,1	0,0	0,1	-0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3

0,2	0,0	0,1	-0,2	0,3	0,1	0,4	0,1	0,0	-0,2	0,1	0,2
0,2	0,1	0,1	0,0	0,2	-0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,2	0,3
0,1	-0,1	0,1	-0,2	0,2	-0,2	0,8	0,1	0,0	-0,2	0,1	0,2
0,1	0,1	0,0	-0,2	0,1	-0,3	-0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2
0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	-0,3	-0,3	0,1	0,0	0,0	-0,1	0,2
0,1	0,2	0,0	-0,2	0,1	-0,2	0,2	0,1	0,0	-0,1	0,1	0,0
0,1	0,1	-0,4	-0,1	0,0	-0,1	0,3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
0,1	0,1	-0,1	0,0	0,0	-0,1	-0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
0,1	0,2	0,2	-0,1	0,0	-0,2	0,5	0,1	0,0	0,2	-0,1	0,0
0,0	0,2	0,1	-0,1	0,1	-0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	-0,2	-0,1
0,1	0,0	-0,5	0,0	0,0	-0,1	0,2	0,0	0,0	0,2	-0,1	-0,1
0,0	0,0	-0,3	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
0,0	0,1	-0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1
-0,1	0,2	0,0	0,2	0,1	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,2	-0,1	-0,1
-0,2	0,2	0,0	0,2	-0,1	0,0	-0,6	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,2
-0,1	0,1	-0,2	0,1	-0,2	0,1	0,5	0,0	0,0	0,1	-0,1	-0,2
-0,3	0,1	-0,1	0,2	-0,1	0,1	0,7	0,0	0,0	0,1	-0,1	0,0
Σ			Σ			Σ			Σ		
0,1	2,6	-1,8	1,6	0,9	-1,1	3,0	0,5	0,9	1,7	-0,7	-0,3
Σ^2			Σ^2			Σ^2			Σ^2		
1,5	2,3	2,9	3,1	1,5	2,0	16,4	0,5	0,1	1,4	1,5	3,0
Σxy	Σxz	Σyz	Σxy	Σxz	Σyz	Σxy	Σxz	Σyz	Σxy	Σxz	Σyz
0,54	0,14	-0,54	-1,15	-0,35	-0,5	0,18	-0,14	0,08	-0,34	-0,54	1,13
n			n			n			N		
100			100			100			100		

H₀: Dişli Grupları arasında fark yoktur.

H₁: Dişli grupları arasında fark vardır.

Gruplar Arası Kareler Toplamı Matrisi (B):

Toplam x frekansları,

$$\sum X_s X_a X_k X_{kk} = 0,1 + 1,6 + 3 + 1,7 = 6,4$$

Toplam y frekansları,

$$\sum Y_s Y_a Y_k Y_{kk} = 2,6 + 0,9 + 0,5 - 0,7 = 3,3$$

Toplam z frekansları,

$$\sum Z_s Z_a Z_k Z_{kk} = -1,8 - 1,1 + 0,9 - 0,3 = -2,3$$

$$\bar{X}_1 = \begin{bmatrix} 0,1/100 \\ 2,6/100 \\ -1,8/100 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,001 \\ 0,026 \\ -0,018 \end{bmatrix}, \quad \bar{X}_2 = \begin{bmatrix} 1,6/100 \\ 0,9/100 \\ -1,1/100 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,016 \\ 0,009 \\ -0,011 \end{bmatrix}$$

$$\bar{X}_3 = \begin{bmatrix} 3/100 \\ 0,5/100 \\ 0,9/100 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,003 \\ 0,005 \\ 0,009 \end{bmatrix}, \quad \bar{X}_4 = \begin{bmatrix} 1,7/100 \\ -0,7/100 \\ -0,3/100 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,017 \\ -0,007 \\ -0,003 \end{bmatrix}$$

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} 0,093 \\ 0,083 \\ -0,058 \end{bmatrix}$$

$$B = 100 \begin{bmatrix} 0,001 & -0,093 \\ 0,026 & -0,083 \\ -0,018 & +0,058 \end{bmatrix} [(0,001 - 0,093) \quad (0,026 - 0,083) \quad (-0,018 + 0,058)] +$$

$$100 \begin{bmatrix} 0,016 & -0,093 \\ 0,009 & -0,083 \\ -0,011 & +0,058 \end{bmatrix} [(0,016 - 0,093) \quad (0,009 - 0,083) \quad (-0,011 + 0,058)] +$$

$$100 \begin{bmatrix} 0,003 & -0,093 \\ 0,005 & -0,083 \\ 0,009 & +0,058 \end{bmatrix} [(0,003 - 0,093) \quad (0,005 - 0,083) \quad (0,009 + 0,058)] +$$

$$100 \begin{bmatrix} 0,017 & -0,093 \\ -0,007 & -0,083 \\ -0,003 & +0,058 \end{bmatrix} [(0,017 - 0,093) \quad (-0,007 - 0,083) \quad (-0,003 + 0,058)] +$$

$$B = \begin{bmatrix} 0,85 & 0,52 & -0,37 \\ 0,52 & 0,33 & -0,23 \\ -0,37 & -0,23 & 0,2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,59 & 0,56 & -0,36 \\ 0,56 & 0,55 & -0,35 \\ -0,36 & -0,35 & 0,2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,8 & 0,7 & -0,6 \\ 0,52 & 0,61 & -0,52 \\ -0,6 & -0,52 & 0,45 \end{bmatrix} +$$

$$\begin{bmatrix} -0,58 & 0,68 & -0,42 \\ 0,68 & 0,08 & -0,49 \\ -0,42 & -0,49 & 0,3 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 1,66 & 2,46 & -1,75 \\ 2,28 & 1,57 & -1,59 \\ -1,75 & -1,59 & 1,15 \end{bmatrix}$$

Varyans Kovaryans Matrisi :

$$S = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} \end{bmatrix} \quad \text{şeklinde olup, denklem 4.1'deki gibi hesaplanır.}$$

$$S_{ij}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n X_{i,j}^2 - \frac{(\sum X_{i,j})^2}{n}}{n-1} \quad (4.1)$$

Hesaplama işlemini kolaylaştırmak için varyans kovaryans matrisi aşağıdaki gibi bölümlere ayrılabilir.

$$S_1 = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} \end{bmatrix} \quad S_2 = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} \end{bmatrix}$$

$$S_3 = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} \end{bmatrix} \quad S_4 = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} \end{bmatrix}$$

S_1 için;

$$S_{11} = \frac{\sum X_1^2 - \frac{(\sum X_1)^2}{n}}{n-1} = \frac{1,5 - \frac{(0,1)^2}{100}}{99} = 0,015$$

$$S_{12} = \frac{0,54 - \frac{0,1 \cdot 2,6}{100}}{99} = 0,0054$$

$$S_{13} = \frac{0,14 - \frac{0,1 \cdot (-1,8)}{100}}{99} = 0,0014$$

$$S_{23} = \frac{0,54 - \frac{2,6 \cdot (-1,8)}{100}}{99} = -0,0049$$

$$S_{22} = \frac{2,3 - \frac{(2,6)^2}{100}}{99} = 0,023$$

$$S_{33} = \frac{2,9 - \frac{(-1,8)^2}{100}}{99} = 0,029$$

S₂ için :

$$S_{11} = 0,03 \quad S_{12} = -0,01 \quad S_{13} = -0,0034$$

$$S_{23} = -0,0049 \quad S_{22} = 0,02 \quad S_{33} = 0,02$$

S₃ için :

$$S_{11} = 0,16 \quad S_{12} = 0,0016 \quad S_{13} = -0,0017$$

$$S_{23} = 0,00076 \quad S_{22} = 0,015 \quad S_{33} = 0,0009$$

S₄ için :

$$S_{11} = 0,014 \quad S_{12} = -0,003 \quad S_{13} = -0,005$$

$$S_{23} = 0,01 \quad S_{22} = 0,015 \quad S_{33} = 0,03$$

Varyans Kovaryans Matrisleri

$$S_1 = \begin{bmatrix} 0,015 & 0,0054 & 0,0014 \\ 0,0054 & 0,023 & -0,0049 \\ 0,0014 & -0,0049 & 0,029 \end{bmatrix}$$

$$S_2 = \begin{bmatrix} 0,03 & -0,01 & -0,0034 \\ -0,01 & 0,02 & -0,0049 \\ -0,0034 & -0,0049 & 0,02 \end{bmatrix}$$

$$S_3 = \begin{bmatrix} 0,16 & 0,0016 & -0,0017 \\ 0,0016 & 0,015 & 0,0008 \\ -0,0017 & 0,0008 & 0,0009 \end{bmatrix}$$

$$S_4 = \begin{bmatrix} 0,014 & -0,003 & -0,005 \\ -0,003 & 0,015 & 0,01 \\ -0,005 & 0,01 & 0,03 \end{bmatrix}$$

$$W = 99. \begin{bmatrix} 0,015 & 0,0054 & 0,0014 \\ 0,0054 & 0,023 & -0,0049 \\ 0,0014 & -0,0049 & 0,029 \end{bmatrix} + 99. \begin{bmatrix} 0,03 & -0,01 & -0,0034 \\ -0,01 & 0,02 & -0,0049 \\ -0,0034 & -0,0049 & 0,02 \end{bmatrix}$$

$$+ 99. \begin{bmatrix} 0,16 & 0,0016 & -0,0017 \\ 0,0016 & 0,015 & 0,0008 \\ -0,0017 & 0,0008 & 0,0009 \end{bmatrix} + 99. \begin{bmatrix} 0,014 & -0,003 & -0,005 \\ -0,003 & 0,015 & 0,01 \\ -0,005 & 0,01 & 0,03 \end{bmatrix}$$

$$W = \begin{bmatrix} 21,68 & -0,594 & -0,92 \\ -0,594 & 7,23 & 0,099 \\ -0,92 & 0,099 & 7,91 \end{bmatrix}$$

$$B + W = \begin{bmatrix} 23,34 & 1,88 & -2,67 \\ 1,68 & 8,8 & -1,49 \\ -2,67 & -1,49 & 9,06 \end{bmatrix}$$

$$|B + W| = 1731,848 \quad |W| = 1230,849$$

4.3.9.1 Wilks Lamda :

H_0 : Gruplar arası fark yoktur.

H_1 : Gruplar arası fark vardır.

$$\text{Wilks Lamda} = \frac{|W|}{|B + W|} = \frac{1230,849}{1731,848} = 0,71$$

$$P=3 \quad k=4$$

$$L = -\left[n - 1 - \frac{(p+k)}{2}\right] \ln \lambda \sim \chi^2_{p(k-1), \alpha}$$

$$L = -\left[100 - 1 - \frac{(3+4)}{2}\right] \ln(0,71) = 32,70$$

Olarak hesaplanır. Karşılaştırma sonucunda $L=32,70 > \chi^2_{3(4-1),0,05} = 16,92$ olduğundan diğli ortalamaları arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. H_0 hipotezi red edilmiştir.

Wiley (2002) *Methods of Multivariate Analysis* kitabında Wilks istatistiğini test etmek için Ki-Kare dağılımından da yararlanır demiştir.

4.3.9.2 Hotelling İz Testi

Test hipotezi,

H_0 : Gruplar arası fark yoktur.

H_1 : Gruplar arası fark vardır.

$$W^{-1} = \begin{bmatrix} 0,046455 & 0,003743 & 0,005356 \\ 0,003743 & 0,138638 & -0,0013 \\ 0,005356 & -0,0013 & 0,127062 \end{bmatrix}$$

$$B W^{-1} = \begin{bmatrix} 0,077 & 0,349 & -0,216 \\ 0,103 & 0,228 & -0,192 \\ -0,081 & -0,228 & 0,139 \end{bmatrix}$$

Şeklinde hesaplanır.

$$B W^{-1} = \begin{bmatrix} 0,077 - \lambda & 0,349 & -0,216 \\ 0,103 & 0,228 - \lambda & -0,192 \\ -0,081 & -0,228 & 0,139 - \lambda \end{bmatrix}$$

$$B W^{-1} = -\lambda^3 + 0,44\lambda^2 - 0,051\lambda + 0,0064$$

$$\lambda_3 = 0,5181$$

$$\lambda_2 = -0,0527$$

$$\lambda_1 = -0,0214$$

$$T = \lambda_3 + \lambda_2 + \lambda_1$$

$$T = 0,444$$

olarak hesaplanır. Karşılaştırma sonucunda,

$$nT = 400 \cdot 0,444 = 177,6 > x^2_{3(4-1),0,05} = 16,92$$

olduğundan dişliler arası fark önemli bulunmuştur.

4.3.9.3 Pilla İz Testi

Test hipotezi,

H_0 : Gruplar arası fark yoktur.

H_1 : Gruplar arası fark vardır.

$$T = \sum_{i=1}^s \frac{\lambda_i}{1 + \lambda_i}$$

T istatistiği kullanılarak;

$$\left[\frac{2\tilde{n} + 1 + s}{2m + s + 1} \right] \cdot \left[\frac{T}{s - T} \right] \sim F_{s(2m + s + 1), s(2\tilde{n} + 1 + s), \alpha}$$

$$T = \frac{\lambda_1}{1+\lambda_1} + \frac{\lambda_2}{1+\lambda_2} + \frac{\lambda_3}{1+\lambda_3} = 0,34-0,05-0,022 = 0,268$$

$$\tilde{n} = \frac{300-3-4-1}{2} = 146$$

$$m = \frac{|3-(3-1)|-1}{2} = 0$$

$$F = \frac{2 \cdot (3 \cdot 146 + 1)}{3^2 (2 \cdot 0 + 3 + 1)} \cdot T \sim F_{3(2 \cdot 0 + 3 + 1), 3(2 \cdot 146 + 1 + 3), 0,05}$$

olarak hesaplanır. Karşılaştırma sonucunda,

$$F = 6,53 > F_{3(2 \cdot 0 + 3 + 1), 3(2 \cdot 146 + 1 + 3), 0,05} = 1,75$$

olduğundan çok değişkenlilerde en büyük öz değeri esas alarak bu testi gerçekleştirdiği için bölgelere ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

4.3.9.4 Roy'un En Büyük Öz Değere Dayalı Test İstatistiği

Test hipotezi,

H_0 : Gruplar arası fark yoktur.

H_1 : Gruplar arası fark vardır.

$$T = \frac{\lambda_{max}}{1+\lambda_{max}}$$

Burada,

λ_{max} = en büyük öz değer,

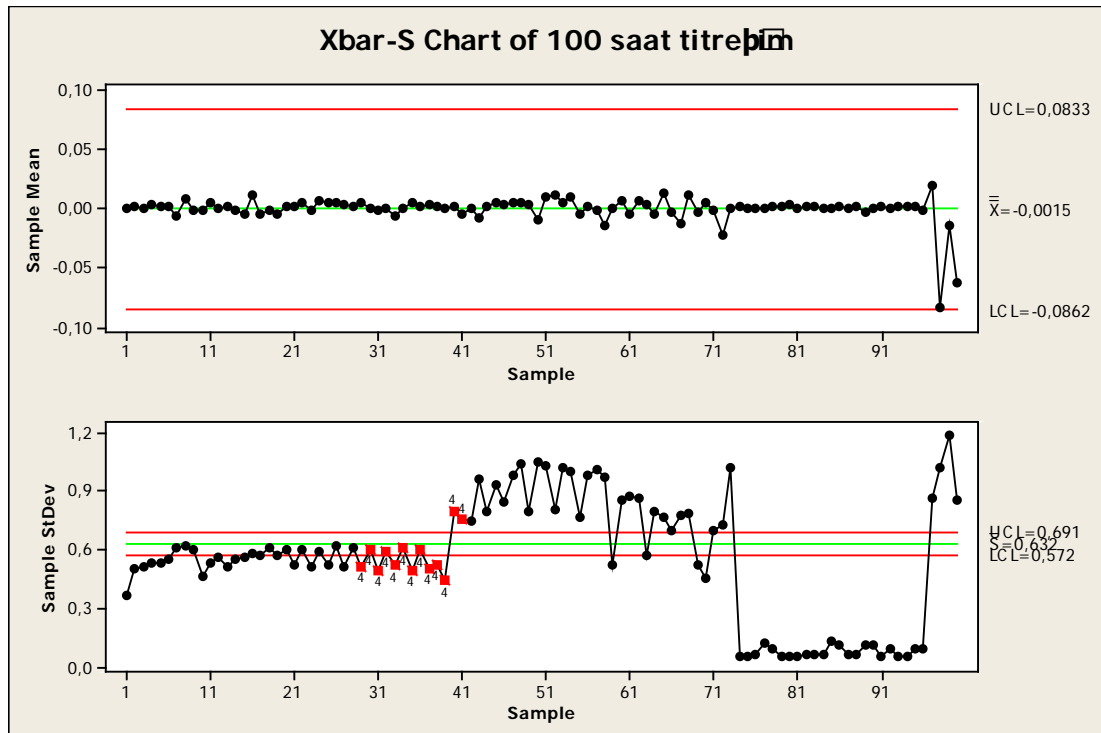
T istatistiği s,m ve \tilde{n} parametrelili Heck grafik değeri ile karşılaştırılır.

$$T = \frac{0,5181}{1,5181} = 0,34$$

olarak bulunur. Bu değer s, m, \tilde{n} parametrelili (3,0,146) olan Heck (p=3,k=4) grafik değerli ile karşılaştırılır. T istatistik değerli Heck grafiğinin değerinden bđyđk olması durumunda ortalama vektörleri arasında fark olduğu söylenir. Heck grafiğinin $\alpha=0,05$ için yaklaşık değerli 0,04 olup $0,34 > 0,04$ olduğundan dolaylı ortalama vektörleri arasında fark vardır.

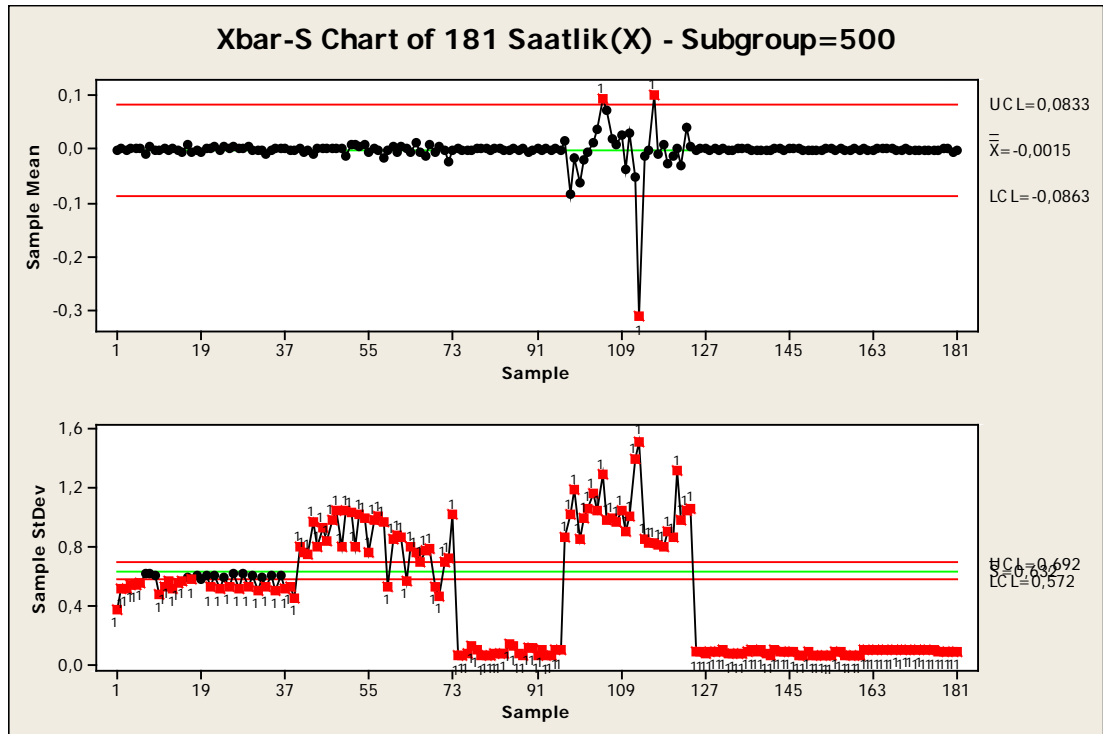
4.3.10 İstatistiksel Proses Kontrol

4.3.10.1 \bar{X} -S Grafikleri ve Yorumları



Şekil 4.17 1-96 Saatler Arası Titreşim Grafiği

Yapılan deneyler sonucu 96 ile 97. saatler arasında dişlilerde aşınmanın başlangıcı gözle tespit edilmiş ve \bar{x} ve s grafiği çizdirilmiştir (şekil 4.18). Bu grafik sonucunda ortalama değer $-0,0015$ ve standart sapma değeri $0,632$ olarak bulunmuştur. 97. saatten sonraki titreşimlerin ortalamasının ve standart sapmasının 97. saatten önceki ile aynı olması dişlilerde aşınma olmadığını farklı olması aşınma olduğunu gösterecektir.



Şekil 4.18 1-181 Saat Arası x Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği

Bu ortalama ve standart sapma değerleri kullanılarak her saatin ilk 500 verisi alınarak toplamda 181 saatlik bir veri datası oluşturulmuştur. Bu veri datalarıyla ortalaması $-0,0015$ ve standart sapması $0,632$ değerleri kullanılarak \bar{x} ve s grafiği çizdirilmiştir.

Ortalama ve standart sapma grafiklerine beraber bakıldığında 40. saatte ortalamanın değişimi çok fark edilir şekilde olmasa da biz bu değişimi standart sapma grafiğinde net bir şekilde görebilmekteyiz.

Yağ sıcaklığının artması yağlama yağının viskozitesini düşürmektedir. Buna bağlı olarak temas halindeki profiller arasında bulunan yağın da viskozitesi düşmüş olmaktadır.

Viskozitenin düşmüş olması da çalışan iki profil arasındaki metal-metal sürtünmesini artıracığından diş kayıp gücünü ve ortalama profil sıcaklığını arttıracak ve yenme yükünü azaltacaktır.

Yağ viskozitesi, yenme yükünü etkileyen faktörlerden biridir. Temas halindeki profiller arasında bulunan yağ, sistemde kullanılan yağdır. Dolayısıyla kavramadaki yağın viskozitesi sistemde kullanılan yağın viskozitesi ile doğru orantılı olarak değişir. Sistemde kullanılan yağın viskozitesinin yükselmesiyle kavramadaki yağın viskozitesi de yükselecektir. Bu viskozitenin yüksek olması ise profiller arasındaki sürtünme kayıp gücünü azaltacaktır. Sürtünme gücünün azalması ise yenme yükünü arttıracaktır.

Viskozite; akışkanın akmaya karşı gösterdiği direnç olup, akışkanların en önemli ve belirgin özelliklerinden biridir. Hidrolik sistemlerde, otomatik transmisyonlarda ve dişlilerde kısacası yağlamanın yapıldığı her alanda en önemli etken viskozitedir.

(İşel, 2007)

Her 40 saatte bir dişli kutusu içindeki yağ boşaltılıp yerine yeni yağ ilavesi yapılmaktadır. İlk 40. saatte yağ değişimi yapılmış ve bu ortalama ve standart sapmayı şekilde görüldüğü üzere bir miktar değiştirmiştir. Bu aşınmanın başladığı anlamına gelmemektedir.

41. saat ile 73. saatler arasında yeni yağ ile çalıştırılan dişliler x bar grafiğindeki değişim belli olmakla birlikte net görülmemekte fakat standart sapma grafiğinde net bir şekilde aşınmanın başladığı görülmektedir. Bu saatler arasındaki aşınma gözler

görülememekte ama grafiksel olarak belli olmaktadır. Dişli aşınmalarından ortaya çıkan demir tozları yağa karışmakta ve dişlilerin çalışması esnasında dişli yüzeylerine temas ederek aşınmayı hızlandırmaktadır.

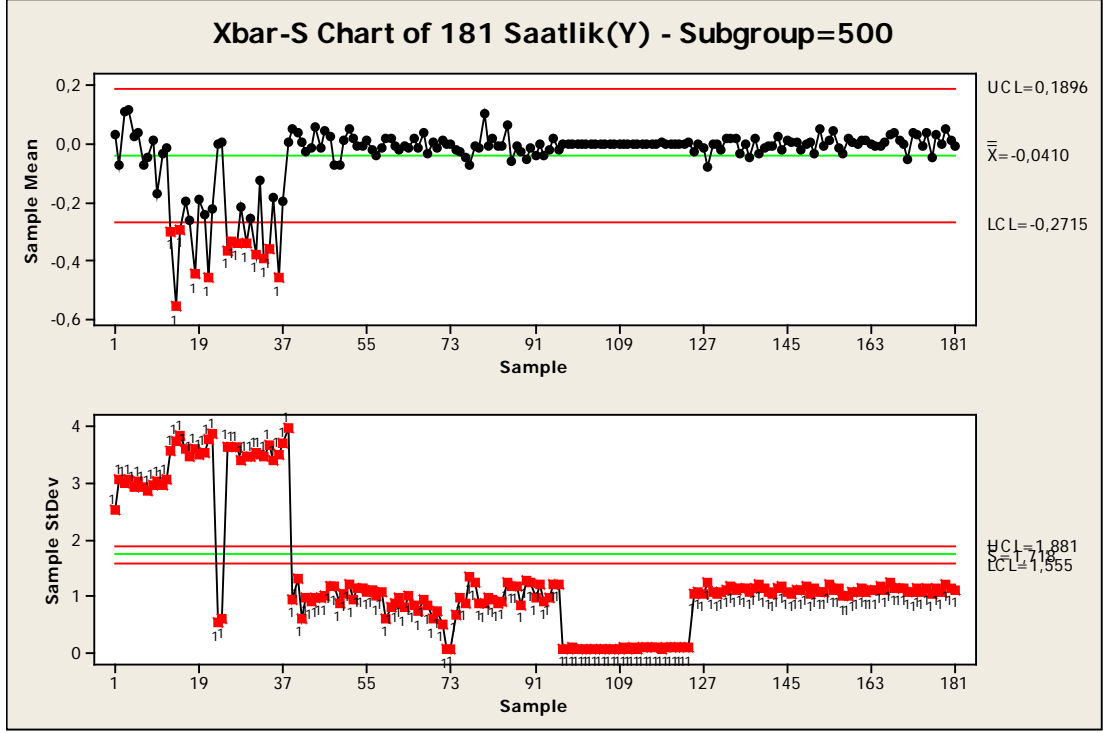
73. ve 93. saatler arasında ortalama ve standart sapma grafikte de görüldüğü üzere değişmemektedir. Bunun nedeni aşınma devam etmesine rağmen dişli yüzeyleri birbirlerine alışmaktadır.

Karaçay (2006) yapmış olduğu çalışmasında hata oluşumu sonucunda titreşim genliklerinin artması mümkündür, fakat makinenin ilk çalışmasında titreşimlerinin makine parçalarındaki alışmadan dolayı önce düşeceği, daha sonra arıza durumunun oluşmasına göre artacağı da akıldan çıkartılmamalıdır demiştir.

Hata oluştuğu anda meydana gelen en büyük genlikler hatanın alışmasıyla yani üzerinden yuvarlanma elemanları geçmesiyle birlikte darbenin şiddeti azalacak şekilde yuvarlak hatlara kavuşmasıyla azalmakta ve ortalama ve standart sapmadaki değişimin düzenli bir şekilde yol izlediği görülmektedir.

93. saat ile 123. saat arasında ortalama ve standart sapma grafiklerinde de net bir şekilde görüldüğü üzere dişlilerdeki aşınmalar gözle görülür bir şekilde oluşmuştur.

94. saat ile 181. saatler arasında ortalama ve standart sapma grafiklerinde değişim gözlenmemektedir. Bunun nedeni 73. ve 93. saatler arasında olduğu gibi dişliler arasında adaptenin oluşmuş olmasıdır.



Şekil 4.19 1-181 Saat Arası y Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği

Şekil 4.20 de Y önünden titreşim verisi alınması deneyinde ortalama -0,041 standart sapma 1,721 olarak alınmıştır. Titreşimlerde ilk 17 saat içerisinde bir değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir.

19. saat ile 40. Saatler arasında ağır ısınmasından dolayı küçük değişiklikler x ve s grafiklerinde eş zamanlı gözlemlenmiştir.

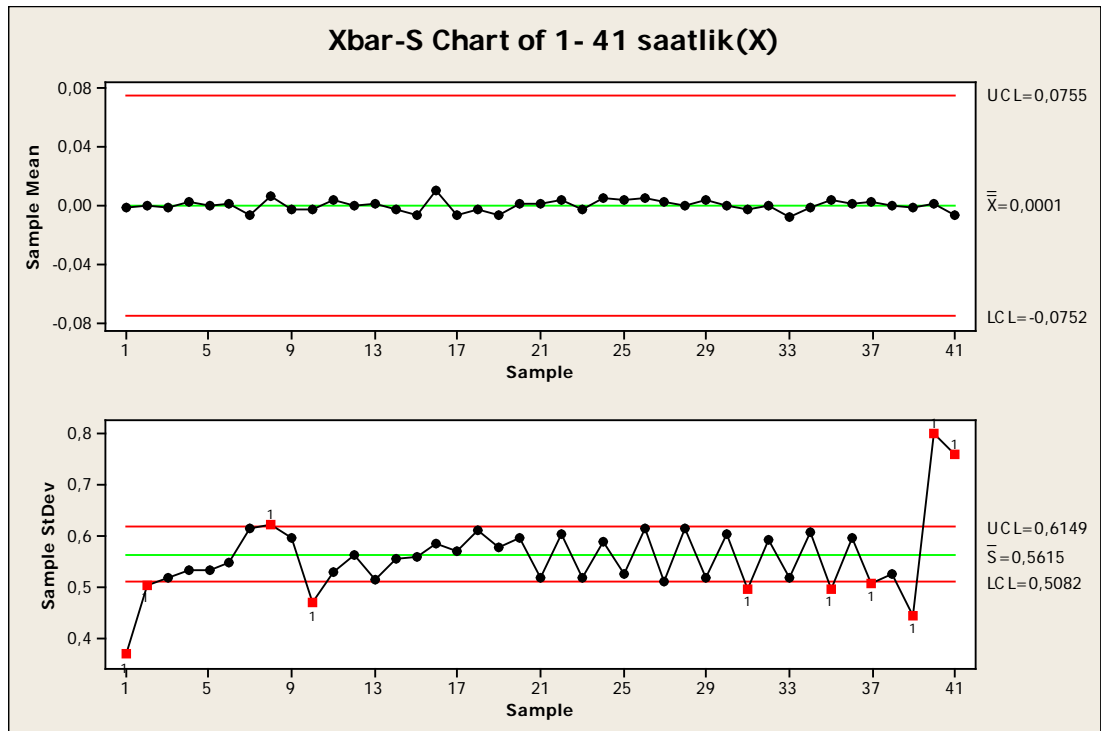
41. saat ile 73. Saatler arasında yeni yağ değişimi yapılmıştır. Bu değişim sonucunda küçük değişimler gözlemlenmiştir.

73. saat ile 93. saatler arasında titreşimdeki değişimler artmış aynı zamanda aşınma gözle görülür hale gelmiştir.

94. saat ile 124. saat arasında dişli aşınmış olmasına rağmen y grafiğe bakıldığında bir değişme gözlenmemiştir. Bunun sebebi dişlilerin aşındıktan sonra birbirine alışmasıdır.

125. saat ile 181. saatler arasındaki aşınma devam etmektedir.

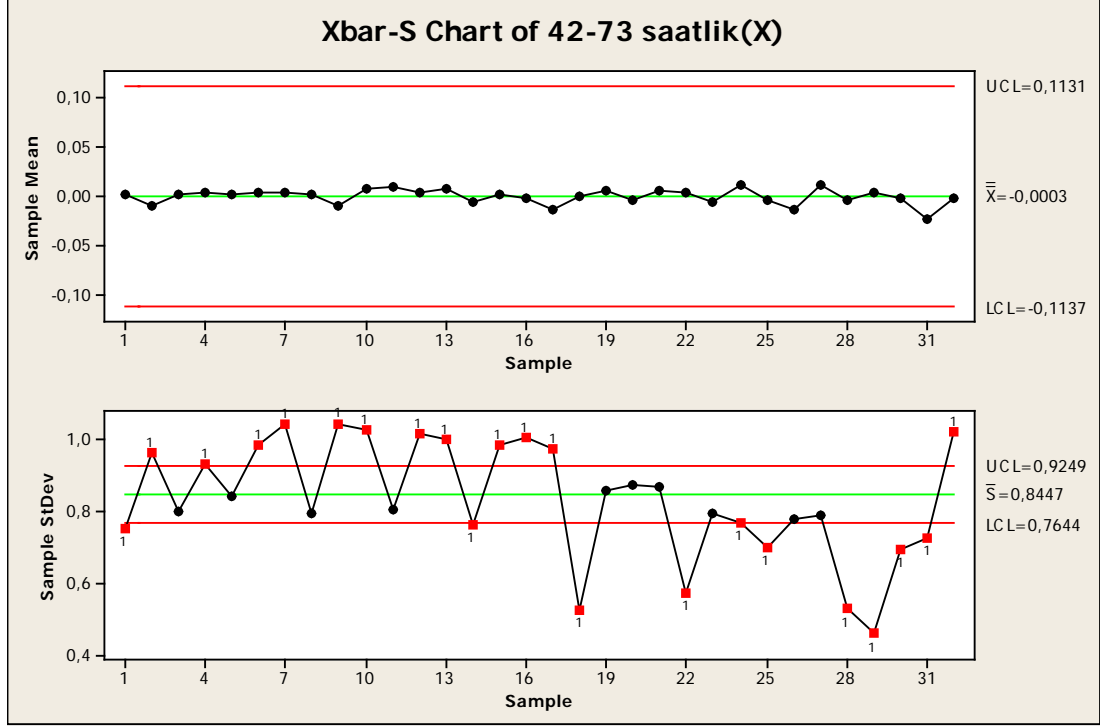
Sonuç olarak x yönünden alınan verilerde aşınma daha net gözlemlenmiş eş zamanlı olarak y yönünden alınan verilerde ise aşınma gözlemlenmiş olmasına rağmen netlik x yönüne göre daha az olmaktadır.



Şekil 4.20 1- 41 Saat Arası x Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği

Şekil 4.21'de 1-41 saatleri arasında ortalama ve standart sapma grafiğine baktığımızda dişli frekansları arasında ortalamadan sapma çok gözlenmemektedir. Standart sapmadaki değişim ise 40. Saat itibari ile başlamıştır. Bu değişim yağın ısındığından kaynaklı bir değişimdir.

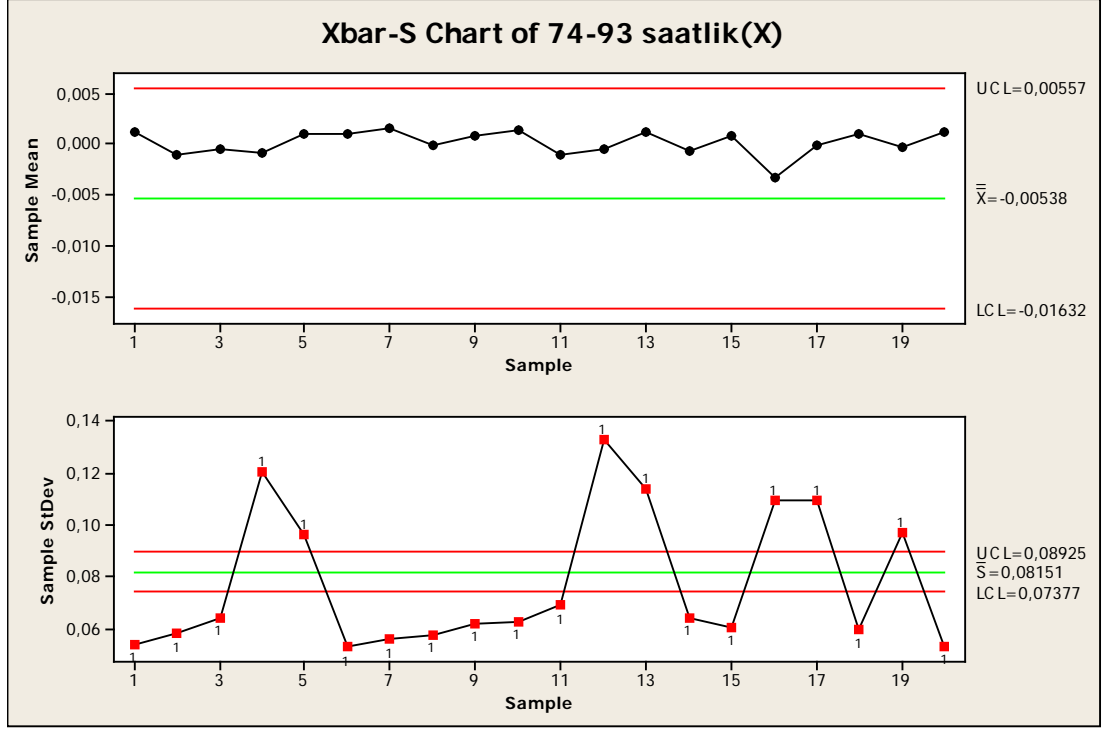
41. Saatin sonunda yağ değişimi yapılmıştır. Standart sapma grafiğinde 1., 2. ve 8. saatteki alt sınır ve üst sınır ihlali makinenin yeni alıştırma başlandığında az da olsa sağlıksız veri alabildiğini göstermiştir. Aynı şekilde 32, 35, 37, 39. saatlerdeki sınır ihlalinin sebebi de aynıdır.



şekil 4.21 42-73 Saat Arası x Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği

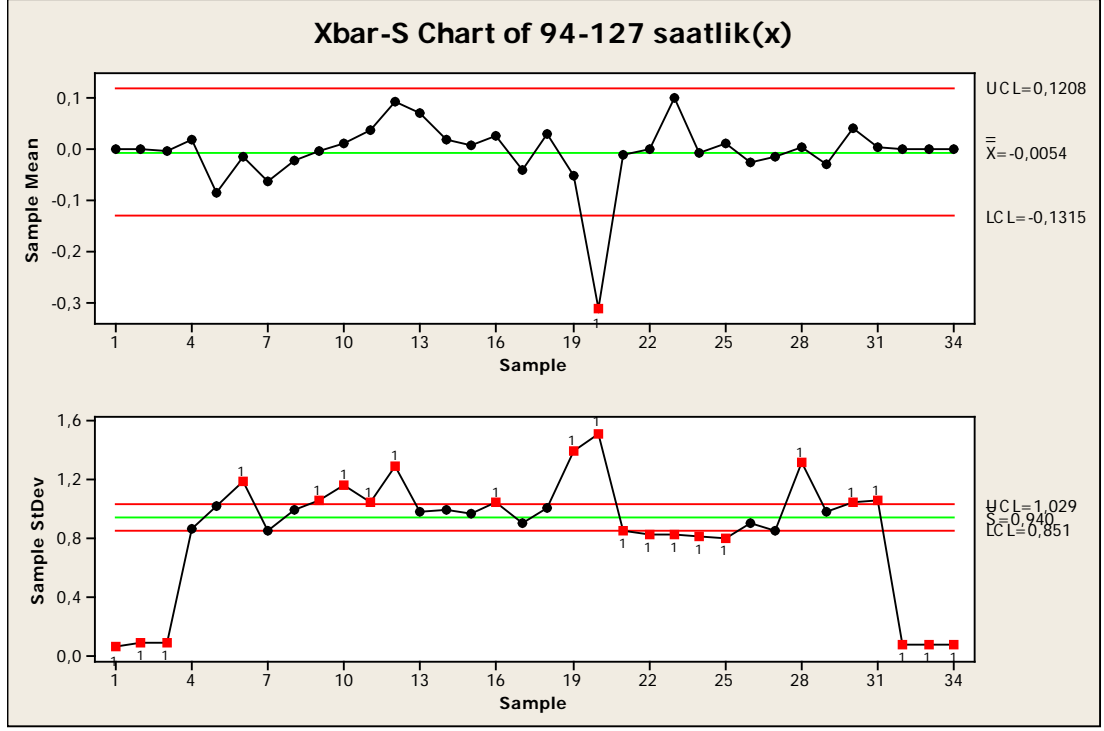
şekil 4.22'de 42 ve 73. Saatler arası için yağ değişiminden sonraki dönem olduğundan standart sapmadaki değişimden dolayı bu saatler arası yeniden ortalama ve standart sapma değeri alınmış ve grafik çizdirilmiştir. Ortalamadaki değişim ilk saatlerde gzlenmemekteyken 70. Saatlerden sonra ortalamadan sapma başlamıştır.

41. saatte ortalama değer ciddi bir şekilde sapsmış 42. Saatte ise ortalamadaki dalgalanma azalmıştır. Bunun sebebi dişlilerin yeni yağa alışmış olmasındandır. Standart sapmadaki alt ve üst sınır ihlali tek başına bakıldığında yağ değişiminden dişlilerin etkilendiği görülmektedir.



Şekil 4.22 74-93 Saat Arası x Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği

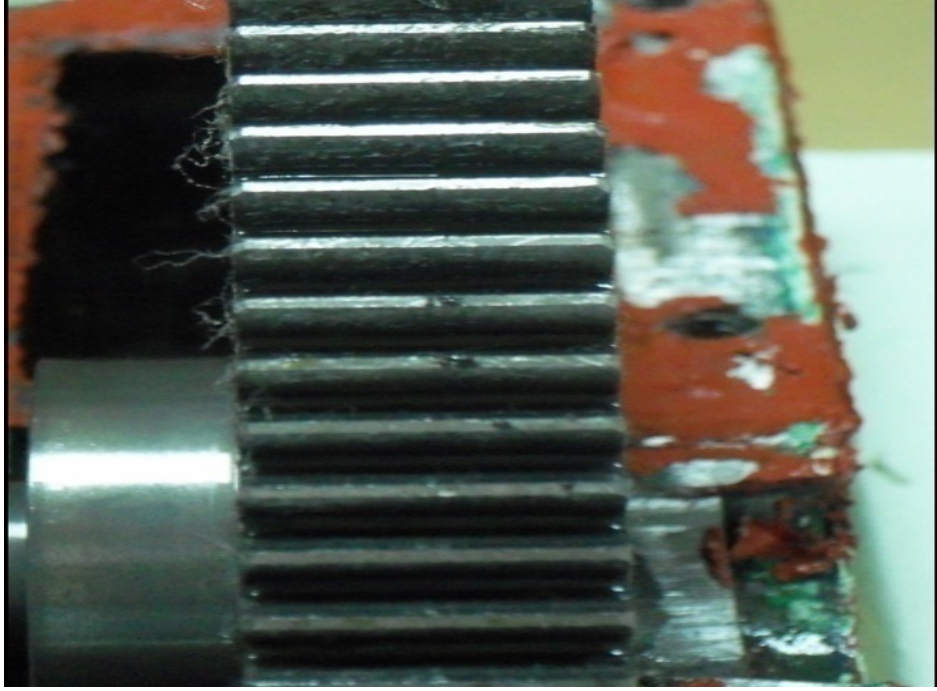
Şekil 4.23’de görüldüğü gibi dişli frekansları ortalama değerin üzerinde fakat ortalama sınırlar içinde kalmıştır. Sınırlar içinde olmasına rağmen ortalamanın üst sınıra ayaklaşmış olması yağa karışan dişli tozlarının aşınmayı hızlandırdığı standart sapma grafiğinde daha net görülebilmektedir. Standart sapmanın sınırlar içerisinde olmadığı net bir şekilde görülebilmektedir. Aşınma bu saatler arında gözle net görülememiş ama standart sapma grafiğinden ve ortalama değer grafiğinde aşınmanın başladığı anlaşılmıştır.



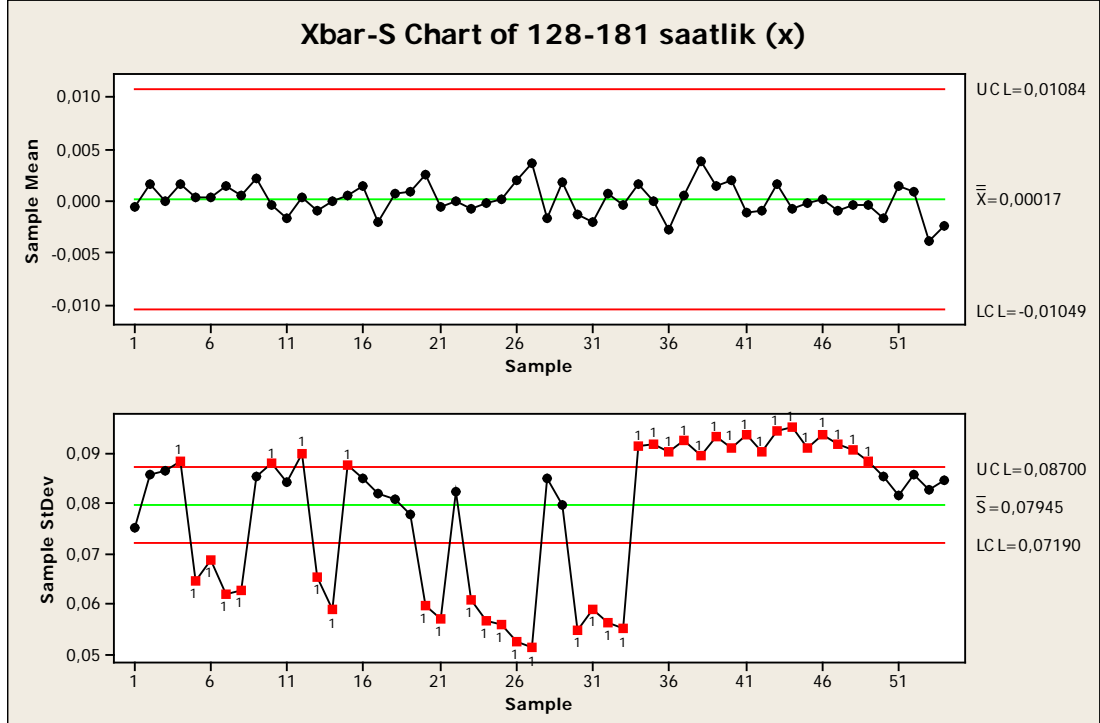
Şekil 4.23 94-127 Saat Arası x Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği

Şekil 4.24'de göre 94-97. Saatler arasında ortalamada bir değişiklik saptanamamış 95. Saatten sonra ortalama değerler arasında inişli çıkışlı bir dalgalanma görülmektedir. Bu saatler arasında aşınma tüm dişlilerde gözle görülür olarak tespit edilmiştir (şekil 4.25). Aşınmanın tam olarak gerçekleştiğini ve tüm diş yüzeylerinde olduğunda standart sapma uç değerlerin dışına çıkmıştır.

Bu dalgalanma karşılıklı gelen her dişlideki aşınma birbirine alışına kadar devam etmektedir. Standart sapma grafiğindeki 1 ve 4. Saatler, 21 ve 26. Saatler arası dişlilerdeki aşınmanın alışma dönemini temsil etmiştir.



Şekil 4.24 95. Saatteki Dişli Aşınması



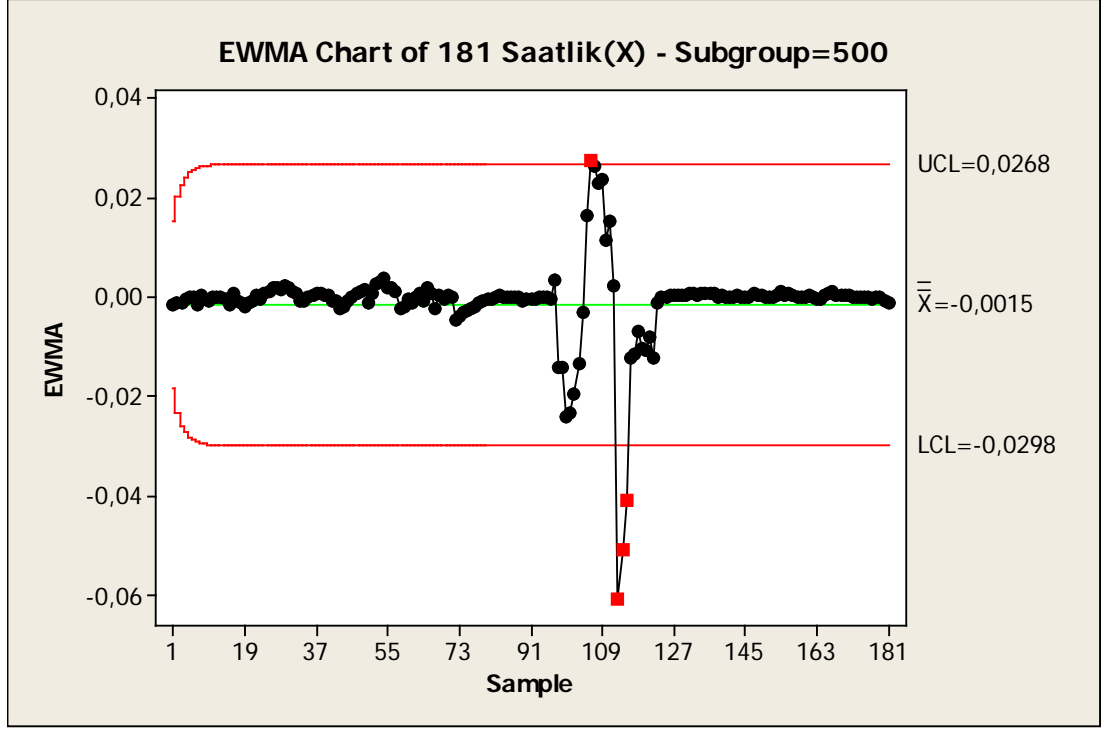
Şekil 4.25 128-181 Saat Arası x Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği

Şekil 4.26'da ortalama grafiğinde görüldüğü gibi dişli frekansları ortalama değere yaklaşmış ve daha az dalgalanma oluşmuştur. Bunun sebebi aşınan dişliler birbirine her turda aşınan noktaların denk gelmesinden birbirine alışmış ve ortama değerden çok sapmadan turu tamamlamışlardır. Bu süreç dişli yüzeyindeki aşınma miktarı artıp kırılma noktasına gelene kadar devam edecektir.

128-181 saatler arasında dişlerdeki aşınma alışmasının yeni başladığını standart sapma grafiğine bakılarak daha iyi gözlemlenmiştir. 128 ile 165. saat arasında alışma noktaları daha azken 165-175 saatler arası daha uzun süreli alışma süresi gözlemlenmiştir. 175. Saatten sonra standart sapma uç sınırlar arasına girmiştir.

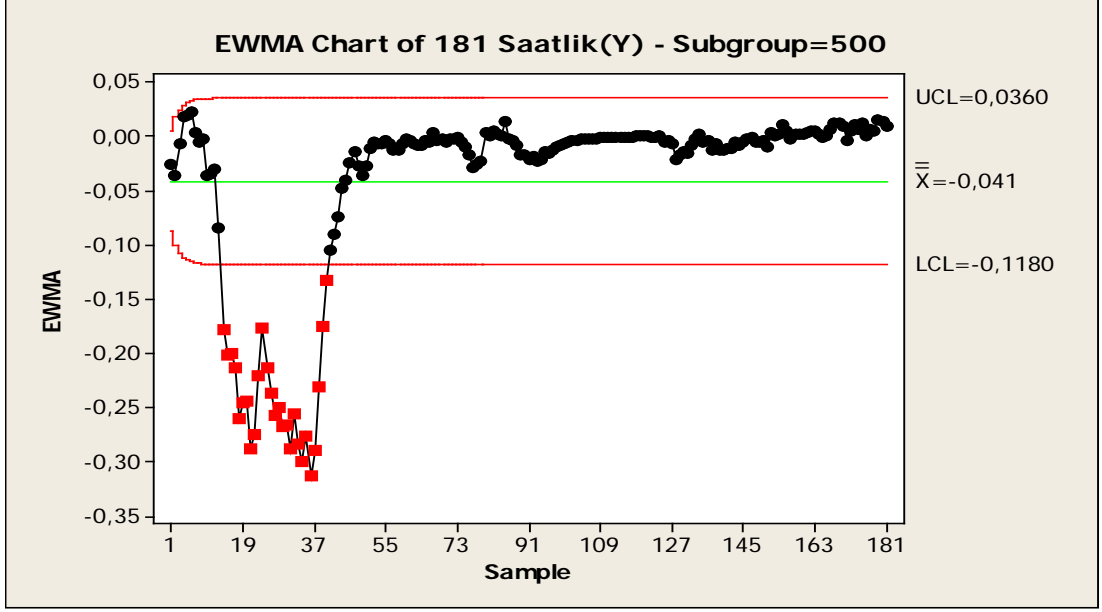
4.3.10.2 Ewma Grafikleri ve Yorumları

Şekil 4.27'de görüldüğü üzere 181 saatlik x yönünden alınmış olan veriler Ewma yöntemi ile üssel olarak ağırlıklandırılarak çizdirilmiştir. 93. Saatten sonra dişliler aşınmış olduğundan daha fazla ağırlık verilirken, 93. Saatten önceki sürede dişliler sağlam olduğundan daha az ağırlık verilmektedir. Ewma yönteminin dişlilerin sağlamlık tahminindeki en büyük avantajı, dişli frekanslarında yaşanacak ani dalgalanmaları üssel olarak hızlı bir şekilde yansıtmasıdır. Ancak grafikte görülmüş olduğu gibi verilerin küçük frekans değerleri ile alınmış olması ve 90500 veri kullanılmasından dolayı dalgalanmayı Ewma grafiği sadece dişli aşındığında tespit edebilmiştir.



Şekil 4.26 1-181 Saat Arası x Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği

Şekil 4.28’de y yönünden alınan 181 saatlik veri üssel birikimli olarak çizdirilmiştir. Grafiğe bakıldığında x yönünden alınan verilere göre y yönünden alınan verilerin oluşturduğu Ewma grafiğinin daha dalgalı olduğu görülmektedir. Y yönünden alınan veriler üssel birikimli olarak yağın ısınmaya başladığı zaman aralığında (18-42) uç sınırlar dışına çıkmıştır. Yağ değişiminden sonra sınırlar içinde kalmış fakat dalgalı olarak devam etmiştir. 91. ve 128 saatler arasında aşınmanın gözle görülebildiği dönemde standart sapmada çok bir değişiklik oluşmamış grafikte iniş çıkış gözlemlenmeyerek diğer saatlere göre farklı bir görüntü gözlemlenmiştir.



Şekil 4.27 1-181 Saat Arası y Yönünden Alınmış Titreşim Grafiği

5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada dişlilerdeki hata kusurlarının çok değişkenli istatistiksel yöntemlerle tespit edilebilirliği araştırılmış ve çok uygun olduğu gösterilmiştir

Alınan zamana bağlı frekans değerleri ile x, y, z yönünde üç boyutlu normal dağılım grafikleri sağlam, aşınmış, kırık ve iki kırık dişli için normal dağılım grafikleri çizdirilmiştir. Grafiklerde dişlilerin normal dağıldığını gözlemlenmiştir.

Dişli verilerinin her birine normallik ve homojenlik testi yapılmış sonuçta verilerin normal dağıldığı ve homojen olduğu söylenmiştir. Normallik ve homojenlik testi sonucunda yapılmış olan Anova testinde varyanslarının eşit olduğuna ve dişliler arasında bir fark olmadığı sonucuna varılmıştır.

Bir sonraki adımda tek değişkenli analizler yöntemi olan post-hoc testleri ve hotelling t^2 testi uyguladığımızda bazı dişliler arasında fark görürken diğer dişliler arasındaki fark tespit edilememiştir.

Sağlam, aşınmış, kırık ve iki kırık dişli arasındaki farkın tüm dişlilerden tespit edilebilmesi için çok değişkenli istatistiksel yöntemle olan manova testi x, y, z boyutlarından veri alınarak uygulanmış ve tüm dişlilerdeki fark ortaya konmuştur.

Manova testi sonucunda dişlilerin aşınma saatini tespit edebilmek için x ve y yönünden alınan verilerle 181 saatlik ortalama ve standart sapma grafikleri çizilmiştir. Çizdirilmiş olan grafiklerde 41. saatte yenilenen yağın etkisi gözlemlenmiştir. Aşınmanın 93. saatte başladığı hem x yönünden hem de y yönünden alınan grafikte net bir şekilde görülmüştür.

Daha sonra 181 saatlik x ve y yönünden alınan verilerle Ewma grafikleri çizdirilmiştir. Ewma grafiklerinin x yönünden alınan verilerle çizdirilmiş kısmında

93. saatteki aşınma net bir şekilde görülmüştür. Y yönünden alınan verilerle çizdirilen Ewma grafiğinde ise yağlanmanın etkisi tespit edilmiştir.

Yapılan tüm deneyler ve istatistiksel çalışmalar sonucunda dişlilerden alınan üç boyutlu verilerin tek değişkenli istatistiksel yöntemlerle analiz yapıldığında tüm dişliler arasındaki ayrımın yapılamamış olduğu o yüzden çok değişkenli istatistiksel yöntemlerin kullanılmasının daha açıklayıcı olacağı sonucuna varılmıştır.

Dişlilerin hangi saatte aşındığını tespit edebilmek için ortalama ve standart sapma grafiklerinin yeterli olduğu Ewma grafiklerinin ise çok ve küçük değerlerde ortalama ve standart sapma grafikleri kadar dalgalanmayı net gösteremediği görülmüştür.

Aynı zamanda tek yönlü veri alınması yerine en az iki yönden veri alınması analizler ve grafikler için çok daha açıklayıcı olmuştur. Farklı yönlerde alınan grafikler birbirinden farklı titreşim değişikliklerini tespit edebilmiştir. İki yönden alınan verilerin grafikleri birlikte yorumlandığında daha anlamlı sonuçlar ortaya çıkmıştır.

5.2 Öneriler

Dişlilerden alınan verilerle yapmış olduğumuz çalışmalarda sağlam, aşınmış ve kırık dişliler birbirinden istatistiksel yöntemlerle ayırt edilebilmiştir. Ancak literatürde çok fazla dişlilerin istatistiksel olarak incelenmemiş olmasından dolayı bu çalışma çizelge 5.1. de belirtilen test yöntemleri ile geliştirilebilir.

Aynı zamanda yağın, yükün değişimi gibi faktörlerin etkisi incelenebilir. Dişli ömürleri için istatistiksel çalışmalar yapmakta olanaklıdır. İki farklı dişli tipi mukavemet açısından istatistiksel olarak kıyaslanabilir. Bu tür çalışmaların literatüre katkısı olacaktır.

Çizelge 5.1 Dişliler İçin İleriki Aşamalarda Yapılabilecek İstatistiksel Testler, Uygulamaları Ve Amacı.

<u>ANALİZLER</u>	<u>NE YAPAR</u>	<u>DİŞLİLERE UYGULAMASI</u>	<u>DİŞLİLERDE Kİ AMACI</u>
<u>Faktör Analizi</u>	* faktör analizi, aralarında ilişki bulunan çok sayıda değişkenden oluşan bir veri setine ait temel faktörlerin (ilişkinin yapısının) ortaya çıkarılarak araştırmacı tarafından veri setinde yer alan kavramlar arasındaki ilişkilerin daha kolay anlaşılmasına yardımcı olmaktadır.	* Dişlilerde aralarında ilişki bulunan çok sayıda değişkenden (yük, hız, devir sayısı) oluşan bir veri setine ait temel faktörlerin (ilişkinin yapısının) ortaya çıkartmak ve aşınmış, kırık, sağlam dişli arasındaki ilişkilerin daha kolay anlaşılmasına yardımcı olmaktadır.	* Bir ileri test tekniğine geçilirken Dişlilere uygulanan değişkenler arasındaki muhtemel ilişkinin ortaya çıkarılmasını sağlayacaktır. <i>(İleriki çalışmalar kapsamında değerlendirilecektir.)</i>

Çizelge 5.2 (Devamı) Dişliler İçin İleriki Aşamalarda Yapılabilecek İstatistiksel Testler, Uygulamaları Ve Amacı.

<u>ANALİZLER</u>	<u>NE YAPAR</u>	<u>DİŞLİLERE UYGULAMASI</u>	<u>DİŞLİLERDE Kİ AMACI</u>
<u>Diskriminant Analizi</u>	<p>*Diskriminant (ayırma, ayırtırma) Analizini kısaca açıklamak gerekirse, iki veya daha fazla sayıdaki grubun belirlenen parametreler doğrultusunda ayırımını sağlayan çok değişkenli ilgi analizidir. Amaçları arasında analiz öncesi tanımlanmış iki veya daha fazla sayıda grubun</p> <p>ortalama nitelikleri arasında önemli farkların olup olmadığının test edilmesi, gruplar arasındaki farka her bir değişkenin katkısının saptanması ve grup içi değişime oranla gruplar arasındaki ayrımı maksimize eden tahmin değişkenleri kombinasyonunu n belirlenmesi sayılabilir.</p>	<p>*Sağlam aşınmış ve kırık olmak üzere elimizdeki üç farklı dişli grubunun hem de sınıflandırma hem de grup ayırımına etki eden değişkenleri belirlerken p tane değişkenin fonksiyonu olan diskriminant fonksiyon(lar)ı tanımlanır. Bu fonksiyon(lar) aracılığıyla bireylerin sınıflandırılması ya da ayırma etki eden değişkenlerin saptanması mümkündür.</p>	<p>*Dişilerde analiz öncesi tanımlanmış iki veya daha fazla sayıda grubun ortalama nitelikleri arasında önemli farkların olup olmadığının test edilmesi, dişli grupları arasındaki farka her bir değişkenin katkısının saptanması ve dişli grupları içi değişime oranla dişli grupları arasındaki ayrımı maksimize eden tahmin değişkenleri kombinasyonunun belirlenmesi amacıyla uygulanabilir.</p> <p><i>(İleriki çalışmalar kapsamında değerlendirilecektir.)</i></p>

Çizelge 5.3 (Devamı) Dişliler İçin İleriki Aşamalarda Yapılabilecek İstatistiksel Testler, Uygulamaları Ve Amacı.

<u>ANALİZLER</u>	<u>NE YAPAR</u>	<u>DİŞLİLERE UYGULAMASI</u>	<u>DİŞLİLERDE Kİ AMACI</u>
<u>Cusum(Kümülatif)</u>	<p>*Cusum kontrol grafiği, temel olarak zaman üzerinden yapılan ardışık işlemler serisinin sonucunda ortaya çıkan değişkenin grafiksel gösterimidir.</p> <p>*Birikimli kontrol grafikleri için kullanılır.</p>	<p>*Dişlilerden farklı zamanlarda alınan * Dişlilerden farklı zamanlarda alınan frekans verileri arasındaki farklılığın anlaşılmasında cusum (kümülatif) kontrol diyagramları uygulanır.</p>	<p>* Belirli bir süreç için CUSUM kontrol grafiklerinin düzenlenmesi ile sağlanan en büyük avantaj süreç ortalamasında ortaya çıkan değişmelerin, söz konusu grafiğin eğimindeki değişim ile izlenmesi ve bu değişime sebep olan kontrol dışı noktaların tespit edilerek yok edilmesidir. Böylece sağlam dişlinin ne zaman aşındığının tespiti grafiksel olarak gösterilebilecektir.</p>

Çizelge 5.4 (Devamı) Dişliler İçin İleriki Aşamalarda Yapılabilecek İstatistiksel Testler, Uygulamaları Ve Amacı.

<u>ANALİZLER</u>	<u>NE YAPAR</u>	<u>DİŞLİLERE UYGULAMASI</u>	<u>DİŞLİLERDE Kİ AMACI</u>
<u>Temel Bileşenler Analizi</u>	* Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis) orijinal p değişkeninin varyans yapısını daha az sayıda ve bu değişkenlerin doğrusal bileşenleri olan yeni değişkenlerle ifade etme yöntemidir	*Aralarında korelasyon bulunan sağlam,aşınmış,kırık ve 2 kırık dişliden alınan verilerle, aralarında korelasyon bulunmayan ve sayıca orijinal değişken(yük,basınç,sıcaklık) sayısından daha az sayıda ($p > k$) orijinal değişkenlerin doğrusal bileşenleri olan değişkenlerle ifade etmekte kullanılır.	*Dişlilerin değişkenlere etkisini anlayabilmek. <i>(İleriki çalışmalar kapsamında değerlendirilecektir.)</i>
<u>Shewart Kontrol Diyagramları</u>	*imalatın her aşamasında değişimlerin var olduğunu, fakat numune alma, olasılık analizleri gibi bazı basit istatistiksel tekniklerin uygulanması ile bu değişikliklerin yapı ve nedenlerinin anlaşılabilceğini göstermektedir. *Değişken nicelikler için kontrol grafikleri için kullanılır.	*Dişlilerden farklı zamanlarda alınan frekans verileri arasındaki farklılığın anlaşılmasında Shewart kontrol diyagramları uygulanacaktır.	* Dişlilerden alınan verilerin gidişatını izleme ve ne zaman kontrol sınırlarının dışına çıkılarak muhtemelen aşınmanın/kırılmanın olacağını önceden görme imkanı sağlayan kontrol kartlarını geliştirerek, üretim performansının zaman içinde yakından izlenmesini mümkün kılmak.

KAYNAKÇA

- Andrade, F.A., Esat, I.I., Badi, M.N.M., Gear Condition Monitoring By A New Application Of The Kolmogorov± Smirnov Test. Dynamical Systems and Neural Networks Research Group, Department of Mechanical Engineering.240:909-919,2001.
- Anderson, T.W., An Introduction to Multivariate Statistical Analysis, John Willey and Sons, Newyork, 1958.
- Anderson, Black, Hair, Joseph F., Rolf E., Ronald L., Tatham, William C., Multivariate Data Analysis, prentice-Hall international, Inc., New Jersey, s.12.1998.
- B. İşel, Dişliler İçin Yüzey Yorulması Test Cihazı Geliştirilmesi Ve Yağ Sıcaklığının Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi,. Afyon, 2007.
- Baydar ,N., Ball, A., “A Comparative Study Of Acoustic And Vibration Signals İn Detection Of Gear Failures Using Winger-Ville Distribution”, Mech. Systems And Signal Processing”, 15(6), . 1091-1107, 2001.
- Baydar, N., Chen, Q., Ball, A., Kruger, U. Detection Of Incipient Tooth Defect In Helical Gears Using Multivariate Statistics. Mechanical Systems and Signal Processing.15(2):303-321, 2001.
- Berberoğlu, B.(2010), Bilgi Toplumu ve Bilgi Ekonomisi Oluşturma Yolunda Türkiye ve Avrupa Birliği. İ.İ.B.F. Dergisi. XXIX (II):111-131, 2010.
- Birgören, B., Koçer, B., Approaches For Problem Diagnosis Via Statistical Process Control Charts. G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi.17(4): 59-69 , 2004.

Capdessus, C., Sıdahmed, M., Lacaume, J.L., Cyclostationary Processes: Application in Gear Faults. Mechanical Systems and Signal Processing. 14, 371,2000.

Chen, S.L., Wang, L., Wood, R.J.K., Callan, R. and Powrie, , the Seventh International Conference on Condition Monitoring and Machinery Failure Prevention Technologies H.E.G., Anomaly detection of the tapered roller bearings with statistical data-driven approaches, June 2010, Stratford-upon-Avon, 978-1-61839-013-4, 2010.

Çayaş, U. ve Seçgin, Ö., Düz Dişli Çark Sistemlerinde Eksenler Arası Açının Yatak Kuvvetlerine Olan Etkilerinin Araştırılması. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları. 4; 2003.

D. Han, Çoklu Regresyon Modelinde Hata Terimlerinin İki Farklı Dağılım Varsayımı Altında Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi. Ankara, 2004.

Dalpiatz, G., Rivola, A., Rubine ,R., Gear Fault Monitoring, Comparison of Vibration Analysis Techniques. Proceedings of the Third International Conference on Acoustical and Vibratory Surveillance Methods and Diagnostic Techniques (Senlis), 2, 623-637, 1998.

Fetvacı, M. C. ve İmrak, E. C., Dişli Çarklarda Meydana Gelen Hataların Durum İzleme Metotlarıyla Tespiti. Makine Tek, 93: 52-56, 2005.

HSU, J., C., Multiple Comparisons. 277. CRC Press LLC New York, 1996

Köklü, N., Büyüköztürk Ş., Bökeoğlu, Ç.Ö., Sosyal bilimler için istatistik. 37-90. PegemA Yayıncılık, Ankara, 2006.

- Loutridis, S.J., Damage Detection in Gear Systems Using Empirical Mode Decomposition, *Engineering Structures*. *Engineering Structures*. 26, 1833-1841,2004.
- Miller, R. G.. *Simultaneous Statistical Inference*.56-102. New York: McGraw-Hill,1969.
- Orhan, S., Aktürk, N.,Aktarma Organı Dişlilerinde oluşan Fiziksel Hataların Titreşim Analizi ile Belirlenmesi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Derg*, 18 (3): 97-106 ,2003.
- Öztürk, H., Yeşilyurt, D., Sabuncu, M., “Dişli Çark Oyukçuk Arızasının Titreşim Analizi ile Tespiti”, *Makine Tek*,98: 72-79 ,2005.
- Özdamar, K.,*Paket programlar ile istatistiksel veri analizi (Çok değişkenli analizler)* 2.99.Kaan Kitabevi, Eskişehir, 2004.
- Parey ,A.,Badaoui, M. El, Guillet, F., Tandon ,N., Dynamic Modelling of Spur Gear Pairs and application of Empirical Mode Decomposition Based statistical analysis for early detection of Localized Tooth Defect. *Journal of Sound and Vibration* . 294,547-561,2006.
- Pillai, K.C.S and Joyachandran, K.. Power comparison of test of two Multivariate hypotheses based of four criteria *Biometrika* 54, 195–210,1967.
- Samanta ,B., *Artificial Neural Networks And Genetic Algorithms For Gear Fault Detection*. *Mechanical Systems And Signal Processing* 18 ,1273-1282, 2004.
- Scheffe, H.. *The Analysis Of Variance*.203-258. John Wiley Press .New York,1959.
- Sung ,C.K., Tai ,H.M., Chen ,C.W., Locating Defects of a Gear System by the Technique of Wavelet Transfer.*Mechanism and Machine Theory*.35,1169-1182,2000.

Sincich, MC.. Statistics. Prentice Hall. 127-135.USA, 2003.

Ş. Nadanoğlu, Hotelling -T2 Ve Bonferroni Yöntemlerinin Sanal Ortamda Bir Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi. Ankara,2005.

Tatlıldil, H., Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz,73. Cem Web Ofset Ltd.Sti.,Ankara, 1996.

Terzi, Y., Değişkenli Varyans Analizi ve Bir Uygulama.Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Samsun, 1995.

T. Karaçay, Açılmalı Temaslı Rulmanlarla Yataklanmış Şaftların Dinamiği Ve Rulman Hatalarının Deneysel Analizi. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara, 2006.

Tukey, J. W. Comparing individual means in the analyses of variance. 5, 99-114 Biometrics.New York, 1949.

Tukey, J. W. The Problem of Multiple Comparisons. Princeton University, USA 1953.

Türkan A.H., Güvenilirlik Analizinde Kullanılan İstatistiksel Dağılım Modelleri. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Adana, 2007.

Yimin S., Mechefske C. K., Gearbox Vibration Monitoring Using Extended Kalman Filters And Hypothesis Tests. Journal ofSoundandVibration. 325:629–648, 2009

Zhixiong, L., Xinping, Y., Chengqing, Y., Zhongxiao P., Li, L., Virtual Prototype And Experimental Research On Gear Multi-Fault Diagnosis Using Wavelet-Autoregressive Model And Principal Component Analysis Method. Mechanical Systems And Signal Processing, 25, 2589-2607,2011.

- Zhan, Y., Makis, V., Jardine, A.K.S., Adaptive state detection of gearboxes under varying load conditions based on parametric modelling. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 20(1):188-221,2006.
- Zhan, Y.M., Mechefske, C.K., Load-Independent Condition Assessment of Gears Using Kolmogorov-Smirnov Goodness-of-Fit Test and Autoregressive Modeling. Department of Mechanical Engineering. DOI: 10.1007/978-1-84628-814-2_28: 237-252,2006.
- Wang, W.J., Mc Fadden, P.D., Early Detection of Gear Failure by Vibration Analysis I. Calculation of the Time-Frequency Distribution. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 7,193-203,2002.
- Wierda, S.J., Multivariate Statistical Process Control Recent Results and Directions for Future Research. *Statistica Neerlandica*. 48(2): 147-168,1994.
- Wilks, S.S., The Large-Sample Distribution of the Likelihood Ratio for Testing Composite Hypotheses. *Ann. Math. Statist.* 9,60-62, 1938.