

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TANI TESTLERİNİN PERFORMANSLARININ
BİLGİ KURAMI YAKLAŞIMI İLE İNCELENMESİ**

118130

Umut ARSLAN

118130

Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Yönetmeliğinin Biyoistatistik Programı için Öngördüğü
BİLİM UZMANLIĞI TEZİ Olarak Hazırlanmıştır.

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Ergun KARAAĞAOĞLU

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

ANKARA
2002

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TANI TESTLERİNİN PERFORMANSLARININ
BİLGİ KURAMI YAKLAŞIMI İLE İNCELENMESİ**

Umut ARSLAN

Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Yönetmeliğinin Biyoistatistik Programı için Öngördüğü
BİLİM UZMANLIĞI TEZİ Olarak Hazırlanmıştır.

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Ergun KARAAĞAOĞLU

ANKARA
2002

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;


Bu çalışma jürimiz tarafından Biyoistatistik Programında Bilim Uzmanlığı Tezi olarak kabul edilmiştir.


Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ergun Karaağaoğlu


(Hacettepe Üniversitesi)


Üye: Doç. Dr. Osman Saraçbaşı

(Hacettepe Üniversitesi)


Üye: Doç. Dr. Reha Alpar

(Hacettepe Üniversitesi)


Üye: Doç. Dr. Vildan Sümbüloğlu

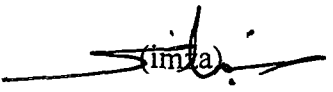
(Hacettepe Üniversitesi)


Üye: Yrd. Doç. Dr. Mehtap Akçil Temel

(Başkent Üniversitesi)

ONAY:

Bu tez, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Yönetim Kurulu'nun kararıyla kabul edilmiştir.


(İmza)

Prof. Dr. N. Sezgin İlgi

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, her aşamasında manevi desteğini hiç bir zaman esirgemeyen danışmanım, sayın Prof. Dr. Ergun Karaağaoğlu'na, ayrıca bu çalışmaya bilimsel katkıları olan Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakóltesi Göz Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi sayın Prof. Dr. Murat İrkeç ve sayın Dr. Banu Bozkurt'a ve Biyoistatistik Ana Bilim Dalı Öğretim Üyeleri'ne içtenlikle teşekkür ederim.



ÖZET

Bu çalışmanın amacı, tanı testlerinin performanslarının en iyi şekilde kullanılabilmesi, karşılaştırılabilmesi ve değerlendirilebilmesi için kullanılan yöntemlerden biri olan Bilgi Kuramı Yaklaşımını tanıtmak ve bir diğer değerlendirme ölçütü olan İşlem Karakteristiği Eğrisi (İKE) Analizi ile karşılaştırmasını yapmaktır.

Bu amaçla, uygulamada Glokom tanısında kullanılan 14 ayrı parametre öncelikle Bilgi Kuramı Yaklaşımı ile daha sonra da İşlem Karakteristiği Eğrisi (İKE) Analizi ile değerlendirilerek en iyi parametre ve her bir parametreye ait en iyi kesim noktası bulunmaya çalışılmıştır.

Çalışma sonunda görülmüştür ki, testlerin ayırıcılık gücüne göre sıralanışı ve her bir teste ait en iyi kesim noktası yöntemlere göre farklı bulunmuştur. Tanı testleri Bilgi Kuramı Yaklaşımı ile değerlendirildiğinde prevalans değeri de işin içine katılmaktadır. Buna göre, tanı testleri Bilgi Kuramı Yaklaşımı ile daha ayrıntılı incelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tanı Testleri, Bilgi Kuramı, Sinir Lifi Analizi, İşlem Karakteristiği Eğrisi, En İyi Kesim Noktası

ABSTRACT

The aim of this study is to introduce the concept of Information Theory in the evaluation and comparison of diagnostic test performances, and to discuss the benefits of this approach with traditional Receiver Operating Characteristic Curve Analysis which is more commonly used method.

The data on which this study is based, are related to 14 different parameter results of in the Ophthalmology Department of Hacettepe University Faculty of Medicine. These data are first analyzed by using information theory approach and then by ROC Analysis, in order to find the best parameter, which is defined as the parameter with the highest discriminatory power and to find the best for classifying subjects as having and as not having the disease under consideration.

The results revealed that the ordering of different parameters, with respect to their discriminatory performance, and the best cut off points change according to two different approaches. As far as the prevalence of the disease is also utilized in Information Theory approach, it makes the results more accurately comprehensive.

Anahtar Kelimeler: Diagnostic Tests, Information Theory, Nerve Fiber Analysis, Receiver Operating Characteristic Curve, The Best Cut-off Point

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER.....	ix
TABLolar.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Tanımlar.....	3
2.2. Bilgi İçeriği Formülünün Çıkarsaması	12
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	17
4. UYGULAMA.....	22
4.1. Glokom Hastalığının Tanısında Kullanılan 14 Ayrı Parametrenin Bilgi Kuramı Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi.....	24
4.2. Glokom Hastalığının Tanısında Kullanılan 14 Ayrı Parametrenin İKE Analizi ile Değerlendirilmesi.....	72
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	89
KAYNAKLAR.....	94
ÖZGEÇMİŞ.....	97
EK 1 Bilgi İçeriği Formülünün Çıkarsaması	
EK 2 Polarimetrik RSLT Değerlendirme Tekniği	

SİMGELER ve KISALTMALAR

DPO: Doğru Pozitiflik Oranı

DNO: Doğru Negatiflik Oranı

YPO: Yanlış Pozitiflik Oranı

YNO: Yanlış Negatiflik Oranı

Z_{DPO}: DPO'nın normal dağılım kullanılarak elde edilen Z değeri

Z_{YPO}: YPO'nın normal dağılım kullanılarak elde edilen Z değeri

Pr: Prevalans

İKE: İşlem Karakteristiği Eğrisi

s ve Δm : İşlem Karakteristiği Eğrisi Ölçütleri

S_{H+}: Gerçekte hasta olanların test sonuçlarının standart sapması

S_{H-}: Gerçekte hasta olmayanların test sonuçlarının standart sapması

μ_{H+} : Gerçekte hasta olanların test sonuçlarının ortalaması

μ_{H-} : Gerçekte hasta olmayanların test sonuçlarının ortalaması

H_{ÖB}: Öncel Belirsizlik

H_{SB}: Sonsal Belirsizlik

I: Bilgi İçeriği

\bar{I} : Ortalama Bilgi İçeriği

KN: Kesim Noktası

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 3.1. İşlem Karakteristiği Eğrisinin (İKE) Normal Değişkene Dönüştürülmüş Çizimi.....	18
Şekil 4.1. I. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde ($Pr=0,01$, $Pr=0,02$, $Pr=0,2$, $Pr=0,5$, $Pr=0,9$) Kesim Noktasına Karşı “Bilgi İçeriği” Grafiği.....	63
Şekil 4.2. II. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde ($Pr=0,01$, $Pr=0,02$, $Pr=0,2$, $Pr=0,5$, $Pr=0,9$) Kesim Noktasına Karşı “Bilgi İçeriği” Grafiği.....	63
Şekil 4.3. III. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde ($Pr=0,01$, $Pr=0,02$, $Pr=0,2$, $Pr=0,5$, $Pr=0,9$) Kesim Noktasına Karşı “Bilgi İçeriği” Grafiği.....	64
Şekil 4.4. IV. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde ($Pr=0,01$, $Pr=0,02$, $Pr=0,2$, $Pr=0,5$, $Pr=0,9$) Kesim Noktasına Karşı “Bilgi İçeriği” Grafiği.....	64
Şekil 4.5. V. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde ($Pr=0,01$, $Pr=0,02$, $Pr=0,2$, $Pr=0,5$, $Pr=0,9$) Kesim Noktasına Karşı “Bilgi İçeriği” Grafiği.....	65
Şekil 4.6. VI. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde ($Pr=0,01$, $Pr=0,02$, $Pr=0,2$, $Pr=0,5$, $Pr=0,9$) Kesim Noktasına Karşı “Bilgi İçeriği” Grafiği.....	65
Şekil 4.7. VII. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde ($Pr=0,01$, $Pr=0,02$, $Pr=0,2$, $Pr=0,5$, $Pr=0,9$) Kesim Noktasına Karşı “Bilgi İçeriği” Grafiği.....	66
Şekil 4.8. VIII. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde ($Pr=0,01$, $Pr=0,02$, $Pr=0,2$, $Pr=0,5$, $Pr=0,9$) Kesim Noktasına Karşı “Bilgi İçeriği” Grafiği.....	66
Şekil 4.9. IX. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde ($Pr=0,01$, $Pr=0,02$, $Pr=0,2$, $Pr=0,5$, $Pr=0,9$) Kesim Noktasına Karşı “Bilgi İçeriği” Grafiği.....	67
Şekil 4.10. X. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde ($Pr=0,01$, $Pr=0,02$, $Pr=0,2$, $Pr=0,5$, $Pr=0,9$) Kesim Noktasına Karşı “Bilgi İçeriği” Grafiği.....	67

	Sayfa
Şekil 4.11. XI. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde ($Pr=0,01$, $Pr=0,02$ $Pr=0,2$, $Pr=0,5$, $Pr=0,9$) Kesim Noktasına Karşı “Bilgi İçeriği” Grafiği.....	68
Şekil 4.12. XII. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde ($Pr=0,01$, $Pr=0,02$ $Pr=0,2$, $Pr=0,5$, $Pr=0,9$) Kesim Noktasına Karşı “Bilgi İçeriği” Grafiği.....	68
Şekil 4.13. XIII. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde ($Pr=0,01$, $Pr=0,02$ $Pr=0,2$, $Pr=0,5$, $Pr=0,9$) Kesim Noktasına Karşı “Bilgi İçeriği” Grafiği.....	69
Şekil 4.14. XIV. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde ($Pr=0,01$, $Pr=0,02$ $Pr=0,2$, $Pr=0,5$, $Pr=0,9$) Kesim Noktasına Karşı “Bilgi İçeriği” Grafiği.....	69
Şekil 4.15. Pr (0,01-0,9) Aralığında Her Bir parametreye Ait En Fazla Bilgi İçeriği Eğrileri.....	71
Şekil 4.16. Pr (0,01-0,02) Aralığında Her Bir Parametreye Ait En Fazla Bilgi İçeriği Eğrileri.....	72

TABLOLAR

	Sayfa
Tablo 2.1 Hasta ve Sağlıklıların Test Sonuçlarına Göre Dağılımları.....	10
Tablo 4.1 NFA (<i>Nerve Fiber Analysis</i>) (Sinir Lifi Analizi) Parametreleri Ve Her bir Parametre için Hasta ve Sağlıklılar Ait Tanımlayıcı İstatistikler	23
Tablo 4.2. I. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.....	25
Tablo 4.3. II. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.....	26
Tablo 4.4. III. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.....	27
Tablo 4.5. IV. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.....	28
Tablo 4.6. V. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.....	29
Tablo 4.7. VI. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.....	30
Tablo 4.8. VII. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.....	31

Tablo 4.9. VIII. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.....	32
Tablo 4.10. IX. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.....	33
Tablo 4.11. X. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.....	34
Tablo 4.12. XI. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.....	35
Tablo 4.13. XII. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.....	36
Tablo 4.14. XIII. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.....	37
Tablo 4.15. XIV. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.....	38
Tablo 4.16. Her Bir Parametre için Kesim Noktaları ve Z_{DPO} Değerleri Arasındaki İlişkinin Denklemi ve Açıklayıcılık Katsayısı(R^2).....	39
Tablo 4.17. Parametrelere Ait İşlem Karakteristiği Eğrisi (İKE) Ölçütleri ve İKE'nin Normal Değişkene Dönüştürülmüş Denklemleri.....	40

Tablo 4.18. 14 Parametreye Ait Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} Değerleri, Bu Değerlere Ait DPO ve Buna Karşılık Gelen Kesim Noktası Değerleri.....	41
Tablo 4.19. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde I. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri	49
Tablo 4.20. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde II. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri	50
Tablo 4.21. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde III. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.....	51
Tablo 4.22. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde IV. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.....	52
Tablo 4.23. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde V. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.....	53
Tablo 4.24. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde VI. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.....	54
Tablo 4.25. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde VII. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.....	55
Tablo4.26. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde VIII. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.....	56
Tablo 4.27. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde IX. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.....	57
Tablo 4.28. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde X. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.....	58
Tablo 4.29. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde XI. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.....	59
Tablo 4.30. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde XII. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.....	60

Tablo 4.31. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde XIII. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.....	61
Tablo 4.32. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde XIV. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.....	62
Tablo 4.33. 14 Parametrenin Farklı Prevalans (Pr) Değerleri (0,01, 0,02, 0,2, 0,5, 0,9) İçin “En Fazla Bilgi İçeriği”	70
Tablo 4. 34. I. Parametre İçin Orijinal YPO, YNO Z_{YNO} ve (YPO+YNO) Değerleri.....	73
Tablo 4. 35. II. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} , Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.....	74
Tablo 4. 36. III. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} , Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.....	75
Tablo 4. 37. IV. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} , Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.....	76
Tablo 4. 38. V. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} , Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.....	77
Tablo 4. 39. VI. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} , Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.....	78
Tablo 4. 40. VII. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} , Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.....	79
Tablo 4. 41. VIII. Parametre İçin Orijinal YPO, YNO Z_{YNO} ve (YPO+YNO) Değerleri.....	80
Tablo 4. 42. IX. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} , Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.....	81

Tablo 4. 43. X. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} , Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.....	82
Tablo 4. 44. XI. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} , Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.....	83
Tablo 4. 45. XII. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} , Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.....	84
Tablo 4. 46. XIII. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} , Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.....	85
Tablo 4. 47. XIV. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} , Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.....	86
Tablo 4.48. Her Bir Parametre için Hasta Olanların Sonuçlarına ilişkin Ortalama ve Standart Sapma Değerleri ve Bu Parametrelere Ait En İyi Kesim Noktaları.....	87
Tablo4.49. Her Bir Parametreye Ait İKE Altında Kalan Alanlar.....	88
Tablo 5.1. Pr(0,01 ve 0,02) için Parametrelerin İçerdikleri En Fazla Bilgiye Göre Ayırıcılık Gücü En Yüksek Olan Parametreden En Düşük Olana Göre Sırası, En Fazla Bilgi İçeriği ve En İyi Kesim Noktaları.....	90
Tablo 5.2. İKE Analizi ile Değerlendirilen Parametrelere Ait En İyi Kesim Noktaları ve Ayırıcılık Gücü En Yüksek Olan Parametreden En Düşük Olana Göre Sıralanışları.....	92

1. GİRİŞ

Klinik tıpta hastalığın varlığını ya da yokluğunu göstermek amacıyla çeşitli tanı testleri kullanılır. Tanı testlerinin çoğu %100 doğru ayırımsama yapamayabilir. %100 doğru sonuç veren testler çoğunlukla hasta için riskli , hastaya zarar verebilen, pahalı ya da uzun sürede sonuç veren testler olabilir. Bu dezavantajları ortadan kaldıracabilecek testler ise kesin doğru olmayan testlerdir. Bu testlerin ne derece iyi ayırımsama yapabildiğini gösteren çeşitli test performans ölçütleri üzerinde uzun yıllardır çalışılmaktadır.

Yapılan araştırmalar tanı testi performansının en iyi şekilde kullanılabilmesi, karşılaştırılması ve değerlendirilmesinin tıbbi açıdan oldukça önemli olduğunu göstermektedir. Bu performans ölçütlerinin başında duyarlılık ve seçicilik gelmektedir. Tanı testleri genellikle duyarlılık ve seçicilikleriyle tanımlanırlar. Bu ölçütler hastalığın varlığını ya da yokluğunu gösteren iki sonuca sahip tanı testlerine uygulanabilir. Sonucu sürekli olan tanı testlerinin performansının değerlendirilmesinde ise en çok kullanılan yöntemlerden biri İşlem Karakteristiği Eğrisi (İKE) (ROC: *Receiver Operating Characteristic*) Analizidir. İKE Analizi iki sonuçlu olmayan tanı testlerinin tanımlanması için matematiksel bir yaklaşım sağlar. Duyarlılık ve seçicilik gibi çeşitli performans ölçütleri test sonucunun güvenilirliğini etkilemekle birlikte, prevalans ya da, test istenmeden önce kişinin hasta olması olasılığı da sonuç üzerinde etkilidir. Ancak İKE Analizi, iki sonuçlu olmayan tanı testlerini değerlendirmek ve en iyi kesim noktasını belirlemek için prevalans değerini kullanmaz. Tanı testlerinin doğruluğunun ve uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi için yeni yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri de Bilgi Kuramı'dır.

Bilgi Kuramı Yaklaşımı ile iki ya da daha çok test verildiğinde farklı hastalık prevalansları için hangi testin daha çok bilgi içerdiği belirlenebilir. Bir testte hastalık prevalans değerlerine göre en fazla bilgiyi veren kesim noktasının nasıl seçileceği ve kesim noktasının ön test olasılığı ya da prevalans değerinden nasıl etkilendiği incelenebilir. Bu değerlendirmeler Bilgi Kuramı'nın sunduğu matematiksel ve grafiksel yöntemlerle sağlanabilir. Grafiksel yöntemlerden biri; "Prevalans" değerine

karşı “En Fazla Bilgi” eğrileridir. Bu eğriler her bir prevalans değerinde en fazla bilgiye sahip olan tanı testinin hangisi olduğunu gösterirler. Diğer bir grafiksel yöntem, bir tanı testinde, farklı prevalans değerleri için, bilgiyi en fazla yapan “en iyi kesim noktası”nı gösteren eğrilerdir.

Bilgi Kuramı tanı testlerinin performansını değerlendirmek için kullanılan yöntemlerden biridir. İKE Analizi ile farklı prevalans değerleri için tanı testleri birbirleri ile karşılaştırılmaz ve en iyi kesim noktasının prevalans değerine göre değişimi incelenemez. Bilgi Kuramının amacı prevalans değerini de işin içine katarak en iyi testi ve en iyi kesim noktasını belirlemektir.



2. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde öncelikle çalışmada sıklıkla kullanılacak terminolojinin bir tanımlaması yapılacak, daha sonra da çalışmaya temel oluşturan bugüne kadar bu konuda yapılmış çalışmalar anlatılacaktır.

Her bilimin, konunun kendine özgü terminolojisi vardır. Önemli olan bu konuda ortak bir dil kullanabilmektir. Aynı sözcüğün değişik kişilerde değişik anlam uyandırması ya yanlış anlaşılmalara ya da anlaşmazlıklara yol açar. Bunları ortadan kaldırmak amacıyla bu bölümde çalışma içerisinde yer alan sözcüklerin tanımlaması yapılacaktır.

2.1. Tanımlar

Altın Standart

Hastalığın varlığını ya da yokluğunu kesin olarak belirleyen teste ya da yöntemine denir (1).

İki Sonuçlu Tanı Testi

Kişinin hastalığını değerlendirmek için uygulanan tanı testi sonucu pozitif (hasta) veya negatif (hasta değil) biçiminde ise bu tür testlere iki sonuçlu tanı testleri denir (3).

İki Sonuçlu Olmayan Tanı Testi

Testten elde edilen sonuç pozitif ya da negatif gibi iki durumlu değil de, her değeri alabilen sürekli bir değişken olarak ortaya çıkabilir. Tanı değişkeni sürekli değerlerden oluşan bu tür testlere iki sonuçlu olmayan tanı testleri denir (4,5).

İkili Normal Dağılım (*Binormal Distribution*)

Sürekli bir değişken olarak ortaya çıkan tanı testi sonuçları ya da dönüşüm uygulanmış sonuçlar, hasta ve sağlamlarda farklı ortalama ve varyanslarla iki farklı normal dağılım gösterir. Bu iki normal dağılım “İkili Normal Dağılım” olarak adlandırılır (6,7).

Tanı Testleri Performans Ölçütleri

Tüm tanı testleri %100 doğru sonuç vermezler. Bir tanı testinin performansını ya da hastalarla sağlamları ayırmadaki başarısını gösterebilmek için, öncelikle bu test bir altın standart test ile birlikte bir gruba uygulanır. Altın standart test ile hasta tanı alanlar arasında, bu testin doğru olarak belirleyebildiği bir grup olmakla birlikte, bir grupta yanlışlıkla “hasta değil” olarak tanımlanacaktır. Benzer şekilde altın standart test ile sağlam olarak belirlenenler arasında bir kısım, bu test tarafından da yanlışlıkla hasta olarak gösterilecek iken, diğer kalan kesim doğru bir biçimde “hasta değil” diye tanımlanacaktır. Bir tanı testinin performansı da, bu doğru ve yanlış sınıflama olasılıkları yardımı ile ölçülendirilir. Her biri, birer koşullu olasılık olan bu ölçütler aşağıda tanımlanmıştır.

İkili tanı testlerinin performansı genellikle duyarlılık, seçicilik ve prevalans değeri ile tanımlanır. Fakat bazı durumlarda bu ölçütler tek başına yeterli değildir (8). İkili normal dağılım varsayımı altında, hasta ve sağlıklıların dağılımları kısmen üst üste çakışır. Bu tür testlerin ayırıcılık gücünü tanımlayan tek bir duyarlılık ve seçicilik değeri yoktur. Duyarlılık ve seçicilik değerleri kesim noktasına bağlıdır. Kesim noktası değiştiğinde duyarlılık ve seçicilik değerleri de değişim gösterir (9).

Duyarlılık

Bir tanı testinin duyarlılığı; gerçekte hasta olduğu bilinen bir kişinin (H+), test sonucunun da pozitif çıkması (T+) olasılığıdır. Duyarlılık, bir tanı testinin doğru pozitiflik oranıdır (DPO) (1). Bu orana orjinal doğru pozitiflik oranı da denir (5).

Koşullu olasılık cinsinden:

$$DPO = P(T + /H+) = \frac{P(H + ve T+)}{P(H+)} \text{ yazabiliriz.} \quad (2.1)$$

Seçicilik

Bir tanı testinin seçiciliği; gerçekte hasta olmadığı bilinen bir kişinin (H-), test sonucunun da negatif çıkması (T-) olasılığıdır. Seçicilik bir tanı testinin doğru negatiflik oranıdır (DNO) (1).

Koşullu olasılık cinsinden:

$$DNO = P(T - /H-) = \frac{P(H - ve T-)}{P(H^-)} \text{ yazabiliriz.} \quad (2.2)$$

Yanlış Negatiflik Oranı

Bir tanı testinin yanlış negatiflik oranı (YNO); gerçekte hasta olduğu bilinen (H+) bir kişinin, test sonucunun negatif (T-) çıkması olasılığıdır (1).

$$YNO=1\text{-duyarlılık} \quad (2.3)$$

Koşullu olasılık cinsinden:

$$YNO = P(T - /H+) = \frac{P(H + ve T -)}{P(H+)} \text{ yazabiliriz.} \quad (2.4)$$

Yanlış Pozitiflik Oranı

Bir tanı testinin yanlış pozitiflik oranı (YPO); gerçekte hasta olmadığı bilinen (H-) bir kişinin, test sonucunun pozitif (T+) çıkması olasılığına denir (1). Yanlış pozitiflik oranına orjinal yanlış pozitiflik oranı da denir (5).

$$YPO=1\text{-seçicilik} \quad (2.5)$$

Koşullu olasılık cinsinden:

$$YPO = P(T + /H-) = \frac{P(H - ve T+)}{P(H-)} \quad \text{yazabiliriz.} \quad (2.6)$$

Prevalans (Pr)

Toplumda bir hastalığın görülme yüzdesidir. Duyarlılık ve seçiciliğin yanında bir tanı testinin ayırıcılık gücünü tanımlayan üçüncü parametre prevalanstır. Duyarlılık ve seçicilik yalnızca tanı testinin özelliklerine bağlı iken, prevalans çalışılan kitlenin özelliklerine bağlıdır (9).

Ön Test Olasılığı

Kişinin, tanı testi uygulanmadan önce fizik muayene bulguları ve öyküsü değerlendirilerek tahmin edilen, hasta olma olasılığıdır. Ön Test Olasılığı, test öncesi hastalık olasılığı olarak da bilinir.

İşlem Karakteristiği Eğrisi (İKE)

Tanı testlerinin performansının değerlendirilmesinde en sık kullanılan yöntemlerden biri de İKE'leridir. Bu eğriler tanı testinin duyarlılık ve seçiciliği arasındaki ilişkiyi gösterir. Tanı testi sonucu bir sürekli değişken olduğunda, kesim noktası olarak alınabilecek sonsuz sayıda kritik değer bulunabilir. Olası farklı kesim noktalarında değişen duyarlılık ve seçicilik değerleri yardımı ile İKE'leri çizilebilir. İKE farklı kesim noktaları için, yatay ekseninde YPO (1-seçicilik) değerlerine karşılık gelen dikey eksenindeki duyarlılık değerleri birleştirilerek çizilir. Mükemmel bir tanı testinde YPO=0 ve DPO=1 dir. Sonucu sürekli bir değişken olan tanı testi İKE ile değerlendirilecekse; belirli varsayımlar altında, kitledeki hasta olan ve olmayanları birbirinden ayırt edebilmek için kullanılabilecek en iyi kesim noktası; İKE üzerinde koordinat ekseninin sol üst köşesine (YPO=0, DPO=1) en yakın olan noktadır (1,7).

Birden fazla test İKE'leri ile değerlendirildiğinde ayırıcılık gücü en fazla olan test: Eğri altında kalan alanı en büyük olan testtir (1,7,10). İKE'leri tanı testlerinin

belli özellikleri hakkında çok şey söylemesine karşın, belli bir hastalık prevalansında (ön test olasılığında) hangi testin diğerine göre daha iyi olduğunu belirleyemez. Ayrıca bir tanı testinde belli bir prevalans değeri için performansı en iyi yapan kesim noktasını bulunamaz. Çünkü tanı testlerinin ayırıcılık gücü sadece o testin özelliklerine bağlı değildir, test edilen kitledeki hastalık prevalansına da bağlıdır. Bilgi Kuramı tanı testlerinin değerlendirilmesinde hastalık prevalanslarını da göz önünde bulundurur (7).

İşlem Karakteristiği Eğrisi Ölçütleri

İkili normal dağılım varsayımı altında DPO ve YPO çiftlerinin normal dağılım kullanılarak elde edilen “Z” dönüşümleri ($Z_{DPO} - Z_{YPO}$) x-y koordinat ekseninde yaklaşık düz bir doğru oluşturur. İkili normal dağılım varsayımı altında; İKE ölçütleri kullanılarak $Z_{DPO} - Z_{YPO}$ arasındaki ilişkiyi gösteren denklem eşitlik (2.7)’de gösterilmiştir (5-9,11). Bu eşitliğe “**İKE’nin normal değışkene dönüştürülmüş denklemi**” denir.

$$Z_{DPO} = s * Z_{YPO} + s * \Delta m \quad (2.7)$$

Burada s ve Δm değerlerine İKE ölçütleri denir. s: Standart sapmaların oranıdır, Δm : İki dağılımın ortalaması arasındaki uzaklığın gerçekte hasta olmayanların standart sapmasına bölümüdür (5-9,11).

$$s = \frac{s_{H-}}{s_{H+}} \quad (2.8)$$

s_{H+} = Gerçekte hasta olanların test sonuçlarının standart sapması

s_{H-} = Gerçekte hasta olmayanların test sonuçlarının standart sapması

$$\Delta m = \frac{|\mu_{H+} - \mu_{H-}|}{s_{H-}} \quad (2.9)$$

μ_{H+} : Gerçekte hasta olanların test sonuçlarının ortalaması

μ_{H-} : Gerçekte hasta olmayanların test sonuçlarının ortalaması

Bu denklem aracılığıyla İKE basit bir eşitlikle belirtilmektedir. Bir başka deyişle bir tanı testinin performansı s ve Δm parametreleri ile özetlenebilir. Bu iki parametre, bütün olası sonuçlar için bir tanı testinin seçicilik ve duyarlılığı arasındaki dengeyi tanımlar (6).

Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri

Z_{DPO} değeri DPO'nın normal dağılım kullanılarak elde edilen Z değeridir (5-9,11).

Z_{YPO} değeri YPO'nın normal dağılım kullanılarak elde edilen Z değeridir (5-9,11).

Denklemden Elde Edilen Doğru Pozitiflik Oranı

Orjinal YPO'nından normal dağılım kullanılarak elde edilen Z_{YPO} değeri bulunur. Bu değer eşitlik (2.7)'de yerine konularak Z_{DPO} elde edilir. Bu Z_{DPO} değerinden standart normal dağılım kullanılarak elde edilen DPO'na "denklemden elde edilen DPO"denir (5).

Belirsizlik

Shannon Weaver tarafından tasarlanan belirsizlik formülü, i tane bağımsız olay setinin (Z_i) her birinin ortaya çıkma olasılıkları ile ilişkilidir. Belirsizlik "bit" cinsinden ölçülür ve H ile gösterilir (2,12,13).

$$H(Z) = -\sum_i P(Z_i) \log_2 P(Z_i) \quad (2.10)$$

Burada: $P(Z_i)$: Her bir olayın gerçekleşme olasılığı, $\log_2 P(Z_i)$: Her bir i olayına ait belirsizlik miktarıdır.

Öncel Belirsizlik

Kişinin hasta olup olmadığı tanı testi ile değerlendirilmeden önce hastalığı ile ilgili belirsizlik miktarıdır. Genel belirsizlik formülü iki bağımsız olay; hasta olma (H+) ve hasta olmama (H-) durumları için incelenir (12,14,15).

$$H(Z) = -\sum_i P(Z_i) \log_2 P(Z_i)$$

Z_i : {Hasta olma (H+), Hasta olmama (H-)} olayları.

$\log_2 P(Z_i)$: Hasta olma ve hasta olmama olaylarının belirsizlik miktarları.

Belirsizlik formülünde bu değerler yerine konulduğunda ön test belirsizliğini elde ederiz. Öncel Belirsizlik H_{OB} olarak gösterilir.

$$H_{OB} = -[P(H+) \log_2 P(H+) + P(H-) \log_2 P(H-)] \quad (2.11)$$

Burada;

$P(H+)$: Kişinin test öncesi hasta olma olasılığı.

$P(H-)$: Kişinin test öncesi hasta olmama olasılığı.

$\log_2 P(H+)$: Test öncesinde, kişinin hasta olma durumu ile ilgili belirsizlik miktarı.

$\log_2 P(H-)$: Test öncesinde, kişinin hasta olmama durumu ile ilgili belirsizlik miktarı.

Sonsal Belirsizlik

Gerçekte hasta olup olmadığı bilinmeyen bir kişiye altın standart test ile birlikte bir başka tanı testi uygulandığında, test sonucuna göre kişinin hasta olup olmadığı ile ilgili bazı kestirimlerde bulunulur. Testten sonra kişinin hastalığı ile ilgili belirsizlik miktarı azalır. Tanı testi uygulandıktan sonra hesaplanan belirsizliğe

sonsal belirsizlik denir. Sonsal belirsizlik koşullu olasılıklara bağlıdır (12,14,15).Test sonuçlarına göre aşağıdaki tablo hazırlanarak koşullu olasılıklar elde edilebilir (12).

Tablo 2.1 Hasta ve Sağlıklıların Test Sonucuna Göre Dağılımları.

Test Sonucu	Hastalık Durumu		Toplam
	Hasta (H+)	Hasta Değil (H-)	
Pozitif(T+)	a	b	a+b
Negatif(T-)	c	d	c+d
Toplam	a+c	b+d	a+b+c+d

Test sonuçlarına göre kişilerin hasta olma ve olmama olayları ile ilgili koşullu olasılıklar aşağıdadır.

$P(H+\backslash T+) = a/(a+b)$: Test sonucu pozitif olduğunda kişinin gerçekte hasta olma olasılığı.

$P(H-\backslash T+) = b/(a+b)$: Test sonucu pozitif olduğunda kişinin gerçekte hasta olmama olasılığı.

$P(H+\backslash T-) = c/(c+d)$: Test sonucu negatif olduğunda kişinin gerçekte hasta olma olasılığı.

$P(H-\backslash T-) = d/(c+d)$: Test sonucu negatif olduğunda kişinin gerçekte hasta olmama olasılığı.

$$P(T+) = (a+b)/(a+b+c+d)$$

$$P(T-) = (c+d)/(a+b+c+d)$$

Sonsal belirsizlik H_{SB} olarak gösterilir. Belirlenen koşullu olasılıklara göre tanı testi uygulandıktan sonra hesaplanan sonsal belirsizlik formülü eşitlik (2.12)'de verilmiştir.

$$H_{SB} = -\{P(T+)[P(H+\backslash T+) \log_2 P(H+\backslash T+) + P(H-\backslash T+) \log_2 P(H-\backslash T+)] \\ + P(T-)[P(H+\backslash T-) \log_2 P(H+\backslash T-) + P(H-\backslash T-) \log_2 P(H-\backslash T-)]\} \quad (2.12)$$

Bilgi İçeriği

Uygulanan test belirsizlik düzeyini değiştirir. Test sonrası hesaplanan sonsal belirsizlikle test öncesi hesaplanan öncel belirsizlik arasındaki fark bilgi kazanımını verir ve testin “bilgi içeriği” olarak adlandırılır. Bilgi içeriği bit cinsinden ölçülür. DPO, YPO ve prevalans değerlerine bağlıdır. (5,7-9,11-16). Somoza ve Mossman (1990)'nın belirttiğine göre Metz ve ark. tarafından geliştirilen bir tanı testinin “bilgi içeriği”nin (I) formülü aşağıdadır.

$$I = (DPO)(Pr) \log_2 \frac{DPO}{G} \\ + (YPO)(1 - Pr) \log_2 \frac{YPO}{G} \\ + (1 - DPO)(Pr) \log_2 \frac{(1 - DPO)}{(1 - G)} \\ + (1 - YPO)(1 - Pr) \log_2 \frac{(1 - YPO)}{(1 - G)} \quad (2.13)$$

Burada;

$$G = (DPO)(Pr) + (YPO)(1 - Pr) = P(T+) \text{ dir.}$$

2.2. Bilgi İçeriği Formülünün Çıkarsaması

Bilgi içeriği yukarıda test sonrası hesaplanan sonsal belirsizlikle test öncesi hesaplanan öncel belirsizlik arasındaki fark olarak tanımlanmıştır. Buna göre bilgi içeriği formülünün çıkarsaması Ek 1.'de gösterilmiştir.

Ortalama Bilgi İçeriği

Bir testin belli bir kesim noktasında 0-1 aralığında olası tüm prevalans değerlerine karşı en fazla bilgi içeriği eğrisi altında kalan alana ortalama bilgi içeriği denir. “ \bar{I} ” sembolü ile gösterilir (14). Mükemmel bir testte DPO=1 ve YPO=0 dır. Bilgi içeriği formülünde bu değerler yerine konulduğunda aşağıdaki formül elde edilir (17).

$$\begin{aligned} I &= Pr \log_2 \frac{1}{Pr} + (1 - Pr) \log_2 \frac{1}{1 - Pr} \\ &= -Pr \log_2 Pr - (1 - Pr) \log_2 (1 - Pr) \end{aligned} \quad (2.14)$$

Mükemmel testte bilgi içeriği yalnız prevalans değerine bağlıdır. Bu testte eğri altında kalan alan (Mükemmel bir tanı testinin ortalama bilgi içeriği)=0.72 bit'tir (14).

Somoza ve Mossman (1990) tarafından depresyonlu olan ve olmayan hastaları birbirinden ayırt edebilmek için daha önce üzerinde çalışılmış olan *REM* (*Rapid Eye Movement*) *latency* ve *REM latency* ile *REM density*'nin birleştirilmesinden elde edilen “DFS” sonuçları bir araya getirilerek yeniden değerlendirilmiştir. Farklı hasta gruplarına uygulanan bu çalışmalardan dört tanesi hasta olanlarla olmayanları birbirinden ayırmak için biyolojik bir marker olarak *REM latency* değerlerini bir tanesi de DFS'yi kullanmıştır. Bu beş ayrı çalışmanın sonuçları İKE Analizi ve Bilgi Kuramı Yaklaşımları ile yeniden analiz edilerek performansları değerlendirilmiştir. Yeniden değerlendirilen bu verilerle kesim

noktalarının tanı bilgisini en iyi yapacak şekilde nasıl seçileceği ve testin performansının prevalanstan nasıl etkilendiği gösterilmiştir.

Depresiflerin *REM latency* değerleri bunların kontrolleri ile karşılaştırıldığında iki grubun dağılımları çakışır. Bu şunu gösterir; eğer tıptaki testlerin çoğu depresyon için bir tanı testi olarak kullanılan *REM latency* değerlerine benzeseydi, tanı testleri hasta ve kontrol deneklerini birbirinden ayırt edemezdi. Bu da *REM latency*'nin ayırıcı gücünün ya da tanı doğruluğunun tek bir duyarlılık ve seçicilik tahminiyle tanımlanamayacağını gösterir. Burada depresifleri kontrollerden ayırabilmek için tek bir *REM latency* periyodu kullanılmamalıdır. *REM latency* değerleri kontrol grubunda depresiflere göre daha yüksektir. Buna göre eğer bir kontrol deneğinin yanlış sınıflandırılma şansını en aza indirmek istersek daha kısa periyotlar (örneğin 50 dakika), depresiflerin yanlış sınıflandırılma şansı en aza indirilmek istendiğinde daha uzun periyotlar (örneğin 70 dakika) kullanılır. Her kesim noktası için farklı duyarlılık ve seçicilik elde edilebilir. Kesim noktası yükseldikçe duyarlılık artar ve seçicilik azalır. Bu çalışmada farklı gruplara uygulanan *REM latency* ve DFS'nin performansları öncelikle İKE Analizi ile karşılaştırılmış ve uygulanan her test için ayrı, ayrı İKE ölçütleri ve İKE altında kalan alan bulunmuştur. Eğri altında kalan alanın büyüklüğüne göre tanı testleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Bu analize göre en iyi test: Alanı en büyük olan testtir. Fakat İKE Analizi tanı testlerinin performansını değerlendirirken tek başına yeterli değildir. İKE Analizinin yeterli olmadığı durumlardan biri, en iyi tanı testini belirlerken prevalans değerini hesaba katmaması bir diğeri ise prevalans değerine göre farklı değerler alan en iyi kesim noktasını belirleyememesidir.

Mossman ve Somoza (1990) ve Somoza (1996) çalışmalarında tanı testlerini Bilgi Kuramı Yaklaşımı ile değerlendirirken aşağıdaki sorulara yanıt getirmeye çalışmışlardır;

Bir hastalığın varlığını ya da yokluğunu göstermek için kullanılan farklı testlerden hangisi daha iyi performans gösterir?

İki sonuçlu olmayan tanı testinde en iyi kesim noktası nasıl seçilir?

Sürekli bir tanı değişkeninin en iyi kesim noktası ön test olasılığı ya da prevalans değerinden nasıl etkilenir?

Bu çalışmada İKE Analizinin yetersiz olduğu bazı durumlardan söz edilerek Bilgi Kuramı'nın İKE Analizine üstün yönleri tartışılmıştır ve yukarıda sözü edilen sorunlar için Bilgi Kuramı Yaklaşımının matematiksel ve grafiksel bazı özellikleri kullanılarak çözümler aranmıştır.

Grafiksel çözümlerden biri, prevalans değerlerine karşı en fazla bilgi içeriği eğrileridir. Bu eğriler yardımıyla birden çok tanı testi 0-1 prevalans aralığında içerdikleri en fazla bilgiye göre karşılaştırılmışlardır. Buna göre belli bir prevalans değerinde bilgi içeriği en fazla olan test en iyi testtir.

Bir başka grafik türü ise, bir tanı testinde, belli bir prevalans değeri için kesim noktasına karşı bilgi içeriğini gösteren eğrilerdir. Her bir prevalans değeri için bilgiyi en fazla yapan tek bir kesim noktası vardır. Çalışmada bu kesim noktası "en iyi kesim noktası" olarak adlandırılır. Bu grafikler prevalans ya da ön test olasılığına göre, hasta olanlarla olmayanları birbirinden ayırt edebilmek için kullanılacak en fazla bilgiyi verebilen, en iyi kesim noktasını belirlemek için kullanılmıştır. Prevalans değeri bu çalışmada 0.1 alınmıştır. Bu prevalans değerinde kesim noktalarına karşı bilgi içeriği eğrileri çizilerek her bir gruba ait en fazla bilgiyi veren en iyi kesim noktası belirlenmiştir.

Somoza ve ark. (1989) bir başka çalışmada HIV virüsü için geliştirilen üç tarama testini Bilgi Kuramı Yaklaşımını kullanarak karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırmalarda da yine yukarıda sözü edilen grafiksel yöntemlerden yararlanılmıştır. Grafiklerden birinde 0-1 aralığındaki prevalans değerlerine karşılık gelen ve en fazla bilgiyi veren kesim noktaları gösterilmiştir. Diğerinde ise 0-1 aralığındaki prevalans değerleri için en fazla bilgi içeriği grafikleri çizilerek 3 tarama testi arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu grafik, testlerin gücünü kolaylıkla

görmemize izin verir. Buna göre; ilgilenilen prevalans değerinde en iyi test; “en fazla bilgi içeriği” en büyük olan testtir.

Mossman ve Somoza (1989)’nın bir diğer çalışmasında yine psikiyatri tanısında kullanılan *dexamethasone suppression testi* (DST)’nin farklı 7 çalışmadan elde edilen sonuçları İKE Analizi ve Bilgi Kuramı Yaklaşımları kullanılarak testin ayırıcı özellikleri tartışılmıştır. Yedi ayrı çalışmanın her biri için bazı kesim noktaları belirlenmiştir. Prevalans değerleri 0,25, 0,50, 0,75 alınarak her bir prevalans değerinde en fazla bilgiyi veren kesim noktaları Bilgi Kuramı Yaklaşımı kullanılarak bulunmuştur.

Diamond George A. ve ark.(1981)’nin yaptığı çalışmada koroner arter hastalığına sahip kişiler electrocardiyografik ST düzeyleri ile değerlendirilmiştir. Test sonuçları Bilgi Kuramı’nın özellikleri kullanılarak incelenmiştir. ST depresyon düzeyleri *comparmental* ve *categorical* olarak iki biçimde incelenmiştir. *Categorical* düzeyde ST depresyonunun kesim noktaları $ST \geq 0,5$ mm, $ST \geq 1,0$ mm, $ST \geq 1,5$ mm, $ST \geq 2,0$ mm, $ST \geq 2,5$ mm; *comparmental* düzeyde ise ST aralıkları 0.5 mm artırılarak $m \leq ST < n$ biçiminde bir aralık olarak belirlenmiştir. Her iki durumda belirlenen kesim noktaları için DPO ve YPO değerleri bulunmuştur.

Categorical sınıflandırmaya göre 5 kesim noktası için prevalans değerlerine karşı bilgi içeriği grafikleri çizilmiştir. Prevalans değeri 0-0,70 aralığında olduğunda en iyi kesim noktası $ST \geq 1,0$ mm: 0,70’den büyük olma durumunda ise en iyi kesim noktasının $ST \geq 0,5$ mm olduğu görülmektedir. Ayrıca her bir kesim noktası için prevalans-bilgi içeriği eğrileri altında kalan alanlar (ortalama bilgi içeriği) hesaplanmıştır. Her bir kesim noktasına karşılık gelen ortalama bilgi içeriği grafiği çizilmiştir. Kesim noktaları $\geq 1,0$ ve $\geq 0,5$ olduğunda eğri altında kalan alanlar sırayla 0.14 ve 0.13 olarak bulunmuştur. Daha sonra bu alanlar ve mükemmel testin altında kalan alan ile (ortalama bilgi içeriği= $\bar{I}=0,72$) F istatistiği kullanılarak karşılaştırılmıştır. *Comparmental* ve *categorical* biçimlerde en fazla bilgiyi içeren en iyi kesim noktası ayrı, ayrı belirlenmiştir. Bu kesim noktaları için prevalans-bilgi içeriği grafikleri çizilerek hangi yöntemin daha çok bilgi içerdiği tartışılmıştır. Bu

eğriler en fazla bilginin *comparmental* yöntemle elde edildiğini göstermektedir. Ayrıca eğrilerin altında kalan alanlar bulunarak karşılaştırmalar yapılmış, buna göre *comparmental* yöntemin *catagorical* yöntemle göre daha iyi olduğu bulunmuştur.

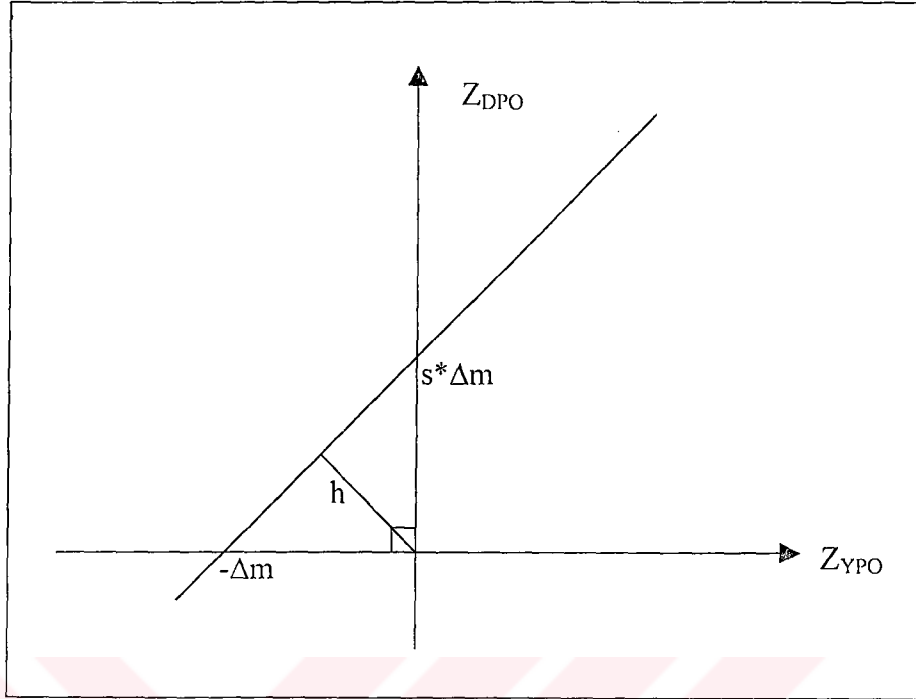


3. GEREÇ ve YÖNTEM

Tanı testlerinin doğruluğunu belirlemek için en sık kullanılan yöntemlerden biri İKE Analizidir. İKE altında kalan alan: Hasta olanı doğru olarak bulma olasılığını verir. Bu alan parametrik ve parametrik olmayan yöntemlere göre tahmin edilebilir. İKE altında kalan alanı bulmak için kullanılan parametrik olmayan yöntemlerden biri Wilcoxon istatistiğidir (18-26). Sürekli dağılım gösteren veriler için parametrik olmayan İKE tercih edilebilir. Çünkü bu eğri tüm gözlem noktalarının üzerinden geçer ve bu yöntemle duyarlılık ve seçiciliğin yansız tahminleri elde edilir. Parametrik olmayan yöntemde daha da önemlisi, verinin herhangi bir modele uyması gerekmez (27). İKE'ne uyum için parametrik yöntemler de vardır. Bilinen en iyi uyum yöntemi ikili normal dağılım varsayımıdır ve bazı parametrik İKE programları ikili normal dağılım varsayımına dayanır. İkili normal dağılım yaklaşımı hasta ve sağlıklı gruba ait test sonuçlarında aşırı sapmalar olmadığında geçerliliğini korur. Fakat bazı yazarlar, parametrik çözümlerinde belli veri setleri için uygun biçimde hesaplanmadığını belirtmişlerdir. Parametrik yaklaşımlardaki bu sınırlamaların normallikten aşırı ayrılma durumu ya da küçük örneklem genişliklerinde ortaya çıktığı görülmektedir (28). İKE'ne uyum için başka modeller de vardır (örneğin; *bilogistic*, *bichi-squared*, *biexponential*) (27).

İKE'de yatay ekseninde 1-seçicilik, düşey ekseninde duyarlılık değerleri bulunmaktadır. İKE'ne uyum için ikili normal dağılım varsayımı kullanıldığında DPO ve YPO'ları Z_{DPO} ve Z_{YPO} değerlerine dönüştürülür. Bu varsayımına göre Z_{DPO} ve Z_{YPO} arasında doğrusal bir ilişki vardır. İKE'nin normal değişkene dönüştürülmüş denklemi olarak da bilinen bu doğrusal ilişkinin denklemi İKE indisleri kullanılarak eşitlik (2.7)'den bulunur.

Yatay ekseninde Z_{YPO} değerlerine karşılık gelen düşey eksenindeki Z_{DPO} değerlerinin birleştirilmesi ile elde edilen grafiğe "**İKE'nin normal değişkene dönüştürülmüş çizimi**" denir (5,6,9,11,29).



Şekil 3.1. İşlem Karakteristiği Eğrisinin (İKE) Normal Değişkene Dönüştürülmüş Çizimi.

İkili normal dağılım varsayımı altında; “İKE’nin normal değişkene dönüştürülmüş çizimi”nde orjinden (0,0) hipotenüse olan dik uzaklık (h) değeri kullanılarak İKE altında kalan alan bulunabilir (6,8,9,11).

Dik üçgende hipotenüse olan dik uzaklık Euclidean bağıntısı kullanılarak aşağıdaki eşitlikten bulunabilir.

$$\frac{1}{h^2} = \frac{1}{(-\Delta m)^2} + \frac{1}{(s * \Delta m)^2}$$

$$h = \frac{s * \Delta m}{\sqrt{1 + s^2}} = z(A) \quad (3.1)$$

Standart normal dağılım tablosu kullanılarak z(A) değerinden İKE altında kalan alan bulunabilir.

Tanı testleri Bilgi Kuramı Yaklaşımı kullanılarak değerlendirildiğinde; her bir tanı testi için, farklı prevalans değerlerinde en iyi kesim noktası bulunabilir ve belli bir prevalans değerinde en fazla bilgi içeren test belirlenebilir.

Mossman ve ark. (1989) çalışmalarında ikili normal dağılım varsayımı altında, tanı testlerinin performanslarını Bilgi Kuramı Yaklaşımı ile değerlendirirken aşağıdaki adımları izlemişlerdir. Bu çalışmada da aynı yöntem kullanılacaktır (5).

Adım 1.

- Kesim noktaları seçilir.
- Çapraz tablo ile orijinal DPO ve YPO değerleri bulunur.
- DPO ve YPO değerlerinin Z_{DPO} ve Z_{YPO} değerleri bulunur.
- Kesim noktasına karşı Z_{DPO} değerlerinin serisi elde edilir.
- Kesim noktası değerleri ile Z_{DPO} değerleri arasında bir polinomial denklem oluşturulur. Buna göre her bir Z_{DPO} değeri için tanı değişkeninin bir değeri hesaplanır.

Adım 2.

- Z_{YPO} değerlerinin seti seçilir.
- $Z_{DPO} = s \cdot Z_{YPO} + s \cdot \Delta_m$ eşitliği kullanılarak Z_{DPO} değerleri hesaplanır.

Adım 3.

- Adım 2'de bulunan Z_{DPO} değerlerinden, normal dağılım kullanılarak DPO değerleri bulunur.

Adım 4.

- Adım 3'te bulunan DPO ve orijinal YPO değerleri prevalans değeri ile eşitlik (2.13)'te yerine konularak bilgi içeriği değerleri hesaplanır.

Adım 5.

- Orijinal Z_{YPO} değerlerinden eşitlik (2.7) kullanılarak elde edilen Z_{DPO} değerleri Adım 1’de bulunan polinomial denklemde yerine konularak sürekli tanı değişkeninin uygun değerleri hesaplanır.

Tanı testlerinin performanslarını değerlendirmede kullanılan bir diğer yöntem İKE Analizidir. Bu yöntemle de her bir tanı testi için en iyi kesim noktasının ne olduğu ve hangi tanı testinin diğerlerine göre daha iyi ayırimsama yaptığı bulunabilir. İkili normal dağılım varsayımı altında; tanı testlerinin performanslarının İKE Analizi ile nasıl değerlendirileceği aşağıdaki adımlarda anlatılmıştır .

Adım 1.

Test sonucuna göre; büyük değerler hastalığın varlığını, küçük değerler hastalığın yokluğunu gösterdiğinde en iyi kesim noktası YPO ve YNO değerlerine bağlı olarak bulunur. Buna göre Bilgi Kuramı Yaklaşımında kullanılan orijinal YPO’ları ve eşitlik (2.7)’den elde edilen Z_{DPO} değerleri belirlenir. Z_{DPO} değerleri standart normal dağılım tablosu kullanılarak DPO’larına dönüştürülür. Eşitlik (2.3) kullanılarak YNO’ları hesaplanır. Orijinal YPO ve elde edilen YNO değerleri toplanır. “En küçük YPO+YNO” değeri belirlenir. Bu değere sahip olan nokta en iyi kesim noktasıdır. Test sonucuna göre büyük değerler hastalığın yokluğunu küçük değerler hastalığın varlığını gösterdiğinde ise yine eşitlik (2.7)’den elde edilen Z_{DPO} değerlerinden bulunan DPO’ları ve orijinal YPO’larından eşitlik (2.5) kullanılarak DNO’ları elde edilir. Bulunan DPO ve DNO çiftleri toplanır. “En büyük DPO+DNO” değeri belirlenir. Bu değere sahip olan nokta en iyi kesim noktasıdır.

Adım 2.

En iyi kesim noktasını veren “en küçük YPO+YNO” değerine ait YNO’nın Z_{YNO} değerinden ve “en büyük DPO+DNO” değerine ait DPO’nın Z_{DPO} değerinden normal dağılım kullanılarak kesim noktası belirlenir.

Adım 3.

Hangi tanı testinin diğetine göre daha iyi performans gösterdiğini bulabilmek için eşitlik (3.1)'den İKE altında kalan alanlar hesaplanır. En büyük alana sahip olan tanı testi en iyi ayırimsama yapan testtir.

Her iki yöntemi de uygulayabilmek için, tanı değışkeni sürekli bir değışken olmalı ve ikili normal dağılım varsayımına uymalıdır. Eğer normal dağılmıyorsa, uygun bir dönüşümle normal dağılıma uygunluk sağlanmalıdır.



4. UYGULAMA

Bu çalışmanın amacı tanı testlerini değerlendirmede kullanılan Bilgi Kuramı Yaklaşımı'nı tanıtmak, İKE Analizi ile karşılaştırmak ve Bilgi Kuramı Yaklaşımı'nın İKE Analizine olan üstünlüklerini tartışmaktır.

Çalışmada çeşitli glokom gruplarında ve evrelerinde normal ve oküler hipertansif (OHT) olgular ile karşılaştırılmalı olarak, tarayıcı laser polarimetre ile RSLT değerlendirilmiştir (30). GDx Glokom Tarama Sisteminde yer alan 14 parametre önce Bilgi Kuramı Yaklaşımı ile daha sonra İKE Analizi ile değerlendirilecektir.

Glokom, optik sinir başında (OSB) ganglion hücre aksonunun geri dönüşümsüz hasarı, retinadaki aksonal segmentin atrofisi ve ganglion hücre ölümü ile karakterize kronik, ilerleyici, multifaktöryel bir optik nöropatidir. Glokomatöz hasarın erken teşhis ve tedavisi kritik önem taşımaktadır, zira büyük ölçüde dönüşümsüzdür (30).

Son yıllarda yeni RSLT görüntüleme yöntemleri geliştirilmiş ve erken glokomatöz hasarın belirlenebilmesi amacıyla kullanıma sunulmuştur. Tarayıcı laser polarimetrik görüntüleme retinal ganglion hücre aksonlarının birefrinjan özelliklerinden yararlanarak peripapiller retinal sinir lifi tabakası kalınlığını objektif ve kantitatif olarak ölçen invazif olmayan bir yöntemdir (30).

Çalışmada Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları polikliniğine başvuran

79 PAAG'lu hastanın 151 gözü,

18 Pigmenter glokomlu hastanın 36 gözü,

45 Psüdoeksfoliasyon glokomlu hastanın 83 gözü,

46 sağlıklı bireyin 81 gözü olmak üzere toplam 270 glokomlu ve 81 glokomlu olmayan göz tarayıcı laser polarimetre ile RSLT kalınlık ölçümleri yapılmıştır.

Polarimetrik RSLT değerlendirme tekniğinde altı bilgi alanı bulunmaktadır (Bkz. Ek 2.).

- A. Fundus Görüntüsü
- B. Kalınlık veya polarizasyon haritası
- C. Çift Hörgüçlü Grafik (TSNIT)
- D. TSNIT (Temporal Superior, Nasal, Inferior, Inferior, Temporal) Simetri Analizi
- E. Normalden Sapma
- F. Sinir Lifi Analizi

Bazı parametreler hastalığın erken döneminde daha duyarlı, bazıları ise hastalığın progresyonunu göstermede daha yardımcıdır (30).

Tablo 4.1. NFA (*Nerve Fiber Analysis*) (Sinir Lifi Analizi) Parametreleri ve Her bir Parametre için Hasta ve Sağlıklılar Ait Tanımlayıcı İstatistikler.

Parametreler	En Küçük- En Büyük Değerler	Ortalama		Standart Sapma	
		μ_{H+}	μ_{H-}	S_{H+}	S_{H-}
I. Simetri	0,66-1,57	0,9935	0,9922	0,1365	0,1099
II. Üst Oran	0,85-3,76	1,7420	2,3741	0,4103	0,4861
III. Alt Oran	0,86-3,51	1,7686	2,3923	0,4042	0,4432
IV. Üst/Nazal	0,96-3,07	1,6289	2,0185	0,2971	0,3004
V. Maksimum Modülasyon	0,08-2,76	0,9239	1,5122	0,3792	0,4389
VI. Üst Maksimum (μm)	37-133	72,60	92,74	14,50	14,39
VII. Alt Maksimum (μm)	39-131	73,97	94,05	15,93	14,86
VIII. Sayı	6-98	50,09	17,63	25,34	8,52

Tablo 4.1. (Devam) NFA (*Nerve Fiber Analysis*) (Sinir Lifi Analizi) Parametreleri ve Her bir Parametre için Hasta ve Sağlıklılarına Ait Tanımlayıcı İstatistikler.

Parametreler	En Küçük- En Büyük Değerler	Ortalama		Standart Sapma	
		μ_{H+}	μ_{H-}	S_{H+}	S_{H-}
IX. Elips Modülasyon	0,44-3,79	1,6055	2,4656	0,6267	0,5671
X. Ortalama Kalınlık	39-90	58,01	65,93	8,84	9,08
XI. Elips Ortalama (μm)	36-96	58,38	69,20	10,0	9,96
XII. Üst Ortalama (μm)	33-104	62,12	77,72	12,07	11,23
XIII. Alt Ortalama (μm)	36-114	66,44	83,10	14,03	12,89
XIV. Üst İntegral(mm^2)	0,096-0,287	0,1761	0,2159	0,0341	0,032

Yukarıdaki 14 parametre Bilgi Kuramı Yaklaşımı ve İKE Analizi ile değerlendirilmeye çalışılacaktır.

4.1. Glokom Hastalığının Tanısında Kullanılan 14 Ayrı Parametrenin Bilgi Kuramı Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi

Bu yöntemle parametrelerden hangisinin belli bir prevalans değerinde, diğerlerine göre daha çok bilgi içerdiği ve bir parametrenin en fazla bilgi içeriğinin farklı prevalanslar için nasıl değerler aldığı incelenecektir. Ayrıca bir parametrenin belli bir prevalans değerinde en fazla bilgi içeriğine sahip kesim noktasının nasıl belirleneceği gösterilecektir. Bu değerlendirmeler Gereç ve Yöntem bölümünde sunulan adımlarla bağlantılı olarak tablolar ve grafiklerle gösterilmeye çalışılacaktır.

Adım 1. Her bir parametre için, bazı kesim noktaları (KN) belirlenir. Belirlenen her bir kesim noktası için orijinal DPO ve YPO değerleri bulunur. Bu değerlerden standart normal dağılım tablosu kullanılarak, Z_{DPO} ve Z_{YPO} değerleri elde edilir. Her bir parametreye ait kesim noktaları, bu kesim noktalarına göre bulunan orijinal DPO, YPO ve bu değerlere ait Z_{DPO} ve Z_{YPO} değerleri Tablo 4.2'den 4.15'e kadar olan bölümde gösterilmiştir.

Tablo 4.2. I. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.

Parametre I (Simetri)				
KN	DPO	YPO	Z_{DPO}	Z_{YPO}
0,66	0,996000	0,999999	2,65209	4,76837
0,70	0,989000	0,999999	2,29036	4,76837
0,75	0,967000	0,988000	1,83843	2,25713
0,80	0,919000	0,951000	1,39838	1,65463
0,85	0,852000	0,914000	1,04505	1,36581
0,90	0,763000	0,815000	0,71599	0,89647
0,95	0,622000	0,605000	0,31074	0,26631
1,00	0,433000	0,432000	-0,16874	-0,17129
1,05	0,304000	0,259000	-0,51293	-0,64643
1,10	0,185000	0,185000	-0,89647	-0,89647
1,20	0,067000	0,025000	-1,49852	-1,95996
1,25	0,033000	0,012000	-1,83843	-2,25713
1,30	0,019000	0,000001	-2,07485	-4,76837
1,35	0,007000	0,000001	-2,45727	-4,76837
1,40	0,007000	0,000001	-2,45727	-4,76837
1,45	0,007000	0,000001	-2,45727	-4,76837

Tablo 4.3. II. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.

Parametre II (Üst Oran)				
KN	DPO	YPO	Z_{DPO}	Z_{YPO}
1,00	0,026000	0,000001	-1,94314	-4,76837
1,10	0,048000	0,000001	-1,66456	-4,76837
1,20	0,074000	0,000001	-1,44663	-4,76837
1,50	0,307000	0,000001	-0,50437	-4,76837
1,80	0,600000	0,086000	0,25335	-1,36581
2,00	0,770000	0,272000	0,73885	-0,60678
2,20	0,863000	0,444000	1,09390	-0,14084
2,30	0,900000	0,580000	1,28155	0,20189
2,50	0,948000	0,642000	1,62576	0,36381
2,60	0,967000	0,667000	1,83843	0,43164
2,70	0,981000	0,728000	2,07485	0,60678
3,00	0,996000	0,864000	2,65209	1,09847
3,30	0,999999	0,963000	4,76837	1,78661
3,60	0,999999	0,988000	4,76837	2,25713
3,70	0,999999	0,988000	4,76837	2,25713

Tablo 4.4. III. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.

Parametre III (Alt Oran)				
KN	DPO	YPO	Z_{DPO}	Z_{YPO}
1,00	0,03000	0,000001	-1,88079	-4,76837
1,30	0,11500	0,000001	-1,20036	-4,76837
1,40	0,18900	0,000001	-0,88159	-4,76837
1,50	0,23300	0,000001	-0,72900	-4,76837
1,80	0,57800	0,136000	0,19678	-1,09847
2,00	0,74400	0,222000	0,65573	-0,76546
2,10	0,81900	0,284000	0,91156	-0,57100
2,40	0,93000	0,531000	1,47579	0,07778
2,50	0,95900	0,617000	1,73920	0,29761
2,70	0,98500	0,741000	2,17009	0,64643
2,80	0,98900	0,778000	2,29036	0,76546
2,90	0,99300	0,827000	2,45727	0,94238
3,00	0,99300	0,877000	2,45727	1,16012
3,10	0,99600	0,963000	2,65209	1,78661
3,20	0,99600	0,975000	2,65209	1,95996

Tablo 4.5. IV. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.

Parametre IV (Üst/Nazal)				
KN	DPO	YPO	Z_{DPO}	Z_{YPO}
0,96	0,004000	0,000001	-2,65209	-4,76837
1,00	0,007000	0,000001	-2,45727	-4,76837
1,20	0,048000	0,000001	-1,66456	-4,76837
1,40	0,252000	0,000001	-0,66821	-4,76837
1,50	0,389000	0,037000	-0,28193	-1,78661
1,80	0,722000	0,259000	0,58879	-0,64643
1,90	0,819000	0,395000	0,91156	-0,26631
2,00	0,893000	0,519000	1,24264	0,04764
2,10	0,944000	0,654000	1,58927	0,39614
2,20	0,963000	0,765000	1,78661	0,72248
2,40	0,989000	0,901000	2,29036	1,28727
2,50	0,996000	0,951000	2,65209	1,65463
2,70	0,996000	0,975000	2,65209	1,95996
2,90	0,999999	0,988000	4,76837	2,25713
3,00	0,999999	0,988000	4,76837	2,25713

Tablo 4.6. V. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.

Parametre V (Maksimum Modülasyon)				
KN	DPO	YPO	Z_{DPO}	Z_{YPO}
0,08	0,004000	0,000001	-2,65209	-4,76837
0,10	0,007000	0,000001	-2,45727	-4,76837
0,30	0,026000	0,000001	-1,94314	-4,76837
0,50	0,130000	0,000001	-1,12639	-4,76837
0,70	0,304000	0,012000	-0,51293	-2,25713
0,80	0,422000	0,025000	-0,19678	-1,95996
0,90	0,504000	0,062000	0,01003	-1,53820
1,00	0,615000	0,123000	0,29238	-1,16012
1,10	0,722000	0,198000	0,58879	-0,84879
1,30	0,841000	0,407000	0,99858	-0,23527
1,50	0,922000	0,531000	1,41865	0,07778
1,60	0,948000	0,605000	1,62576	0,26631
1,70	0,967000	0,679000	1,83843	0,46490
1,90	0,989000	0,790000	2,29036	0,80642
2,00	0,993000	0,827000	2,45727	0,94238
2,10	0,996000	0,889000	2,65209	1,22123
2,40	0,996000	0,988000	2,65209	2,25713
2,60	0,999999	0,988000	4,76837	2,25713

Tablo 4.7. VI. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.

Parametre VI (Üst Maksimum)				
KN	DPO	YPO	Z_{DPO}	Z_{YPO}
50	0,056000	0,000001	-1,58927	-4,76837
55	0,130000	0,000001	-1,12639	-4,76837
60	0,215000	0,000001	-0,78919	-4,76837
65	0,322000	0,000001	-0,46211	-4,76837
70	0,441000	0,049000	-0,14843	-1,65463
75	0,570000	0,099000	0,17637	-1,28727
80	0,722000	0,198000	0,58879	-0,84879
85	0,833000	0,370000	0,96609	-0,33185
90	0,896000	0,420000	1,25908	-0,20189
95	0,941000	0,556000	1,56322	0,14084
100	0,970000	0,728000	1,88079	0,60678
105	0,985000	0,802000	2,17009	0,84879
115	0,996000	0,926000	2,65209	1,44663
120	0,996000	0,988000	2,65209	2,25713
125	0,999999	0,988000	4,76837	2,25713

Tablo 4.8. VII. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.

Parametre VII (Alt Maksimum)				
KN	DPO	YPO	Z_{DPO}	Z_{YPO}
45	0,022000	0,000001	-2,01409	-4,76837
50	0,052000	0,000001	-1,62576	-4,76837
55	0,126000	0,000001	-1,14550	-4,76837
60	0,193000	0,000001	-0,86689	-4,76837
65	0,300000	0,012000	-0,52440	-2,25713
70	0,452000	0,012000	-0,12061	-2,25713
75	0,585000	0,123000	0,21470	-1,16012
80	0,685000	0,160000	0,48173	-0,99446
85	0,785000	0,321000	0,78919	-0,46490
90	0,852000	0,481000	1,04505	-0,04764
95	0,900000	0,617000	1,28155	0,29761
100	0,930000	0,691000	1,47579	0,49869
105	0,959000	0,741000	1,73920	0,64643
110	0,974000	0,877000	1,94314	1,16012
115	0,993000	0,914000	2,45727	1,36581
120	0,996000	0,938000	2,65209	1,53820
125	0,999999	0,951000	4,76837	1,65463

Tablo 4.9. VIII. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.

Parametre VIII (Sayı)				
KN	DPO	YPO	Z_{DPO}	Z_{YPO}
24	0,800000	0,173000	0,841621	-0,942375
26	0,770000	0,136000	0,738846	-1,098470
32	0,704000	0,086000	0,535940	-1,365806
34	0,670000	0,074000	0,439913	-1,446633
36	0,633000	0,049000	0,339810	-1,654626
40	0,581000	0,012000	0,204452	-2,257129
44	0,544000	0,000001	0,110516	-4,768372
46	0,511000	0,000001	0,027576	-4,768372
48	0,478000	0,000001	-0,055173	-4,768372
50	0,456000	0,000001	-0,110516	-4,768372
52	0,441000	0,000001	-0,148434	-4,768372

Tablo 4.10. IX. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.

Parametre IX (Elips Modülasyon)				
KN	DPO	YPO	Z_{DPO}	Z_{YPO}
0,44	0,004000	0,000001	-2,65209	-4,76837
0,60	0,022000	0,000001	-2,01409	-4,76837
1,00	0,174000	0,012000	-0,93848	-2,25713
1,10	0,237000	0,012000	-0,71599	-2,25713
1,15	0,259000	0,012000	-0,64643	-2,25713
1,20	0,289000	0,012000	-0,55631	-2,25713
1,30	0,348000	0,012000	-0,39073	-2,25713
1,40	0,400000	0,012000	-0,25335	-2,25713
1,50	0,441000	0,062000	-0,14843	-1,53820
2,00	0,770000	0,173000	0,73885	-0,94238
2,10	0,804000	0,247000	0,85600	-0,68396
2,20	0,833000	0,321000	0,96609	-0,46490
2,50	0,896000	0,531000	1,25908	0,07778
2,80	0,963000	0,728000	1,78661	0,60678
3,00	0,981000	0,852000	2,07485	1,04505
3,20	0,985000	0,877000	2,17009	1,16012

Tablo 4.11. X. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.

Parametre X (Ortalama Kalınlık)				
KN	DPO	YPO	Z_{DPO}	Z_{YPO}
39	0,004000	0,000001	-2,65209	-4,76837
44	0,037000	0,000001	-1,78661	-4,76837
49	0,156000	0,000001	-1,01104	-4,76837
52	0,270000	0,000001	-0,61281	-4,76837
56	0,441000	0,123000	-0,14843	-1,16012
60	0,652000	0,346000	0,39073	-0,39614
64	0,789000	0,519000	0,80296	0,04764
66	0,837000	0,580000	0,98220	0,20189
70	0,911000	0,679000	1,34694	0,46490
72	0,941000	0,778000	1,56322	0,76546
74	0,959000	0,815000	1,73920	0,89647
76	0,970000	0,864000	1,88079	1,09847
78	0,978000	0,889000	2,01409	1,22123
80	0,985000	0,926000	2,17009	1,44663
84	0,993000	0,963000	2,45727	1,78661
88	0,993000	0,988000	2,45727	2,25713

Tablo 4.12. XI. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.

Parametre XI (Elips Ortalama)				
KN	DPO	YPO	Z_{DPO}	Z_{YPO}
36	0,004000	0,000001	-2,65209	-4,76837
40	0,019000	0,000001	-2,07485	-4,76837
49	0,200000	0,000001	-0,84162	-4,76837
52	0,300000	0,000001	-0,52440	-4,76837
56	0,463000	0,074000	-0,09288	-1,44663
60	0,637000	0,235000	0,35045	-0,72248
64	0,741000	0,395000	0,64643	-0,26631
66	0,785000	0,494000	0,78919	-0,01504
70	0,881000	0,580000	1,18000	0,20189
72	0,919000	0,630000	1,39838	0,33185
74	0,937000	0,679000	1,53007	0,46490
76	0,956000	0,778000	1,70604	0,76546
78	0,967000	0,827000	1,83843	0,94238
80	0,978000	0,852000	2,01409	1,04505
84	0,985000	0,926000	2,17009	1,44663
88	0,993000	0,951000	2,45727	1,65463
90	0,993000	0,988000	2,45727	2,25713

Tablo 4.13. XII. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.

Parametre XII (Üst Ortalama)				
KN	DPO	YPO	Z_{DPO}	Z_{YPO}
40	0,030000	0,000001	-1,88079	-4,76837
49	0,152000	0,000001	-1,02789	-4,76837
52	0,219000	0,000001	-0,77557	-4,76837
56	0,356000	0,000001	-0,36917	-4,76837
60	0,474000	0,049000	-0,06522	-1,65463
64	0,581000	0,099000	0,20445	-1,28727
66	0,648000	0,173000	0,37993	-0,94238
70	0,774000	0,296000	0,75208	-0,53594
72	0,800000	0,358000	0,84162	-0,36381
74	0,848000	0,457000	1,02789	-0,10799
76	0,889000	0,519000	1,22123	0,04764
78	0,907000	0,568000	1,32251	0,17129
80	0,922000	0,605000	1,41865	0,26631
84	0,959000	0,716000	1,73920	0,57100
88	0,981000	0,802000	2,07485	0,84879
93	0,989000	0,889000	2,29036	1,22123
99	0,996000	0,999999	2,65209	4,76837

Tablo 4.14. XIII. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.

Parametre XIII (Alt Ortalama)				
KN	DPO	YPO	Z_{DPO}	Z_{YPO}
40	0,011000	0,000001	-2,29036	-4,76837
49	0,111000	0,000001	-1,22123	-4,76837
52	0,159000	0,000001	-0,99858	-4,76837
56	0,267000	0,000001	-0,62191	-4,76837
60	0,359000	0,025000	-0,36113	-1,95996
64	0,485000	0,025000	-0,03761	-1,95996
66	0,548000	0,049000	0,12061	-1,65463
70	0,630000	0,222000	0,33185	-0,76546
72	0,693000	0,247000	0,50437	-0,68396
74	0,744000	0,296000	0,65573	-0,53594
76	0,781000	0,358000	0,77557	-0,36381
78	0,807000	0,432000	0,86689	-0,17129
80	0,841000	0,469000	0,99858	-0,07778
84	0,893000	0,556000	1,24264	0,14084
88	0,922000	0,679000	1,41865	0,46490
90	0,937000	0,728000	1,53007	0,60678
96	0,970000	0,815000	1,88079	0,89647
100	0,985000	0,877000	2,17009	1,16012
108	0,999999	0,975000	4,76837	1,95996

Tablo 4.15. XIV. Parametre İçin Belirlenen Kesim Noktaları (KN), Bu Noktalara Ait DPO ve YPO'ları ve Z_{DPO} ve Z_{YPO} Değerleri.

Parametre XIV (Üst İntegral)				
KN	DPO	YPO	Z_{DPO}	Z_{YPO}
0,1100	0,022000	0,000001	-2,01409	-4,76837
0,1200	0,037000	0,000001	-1,78661	-4,76837
0,1300	0,074000	0,000001	-1,44663	-4,76837
0,1400	0,159000	0,000001	-0,99858	-4,76837
0,1500	0,237000	0,000001	-0,71599	-4,76837
0,1800	0,574000	0,136000	0,18657	-1,09847
0,2000	0,759000	0,358000	0,70309	-0,36381
0,2300	0,937000	0,642000	1,53007	0,36381
0,2500	0,985000	0,840000	2,17009	0,99446

Tablo 4.2'den Tablo 4.15'e kadar her bir parametre için belirlenen kesim noktaları ve orjinal DPO'larına ait Z_{DPO} değerleri arasında uygun bir polinomial denklem tahmin edilir. Bu polinomial denklemin katsayıları bilindiğinde; her bir Z_{DPO} değerine karşılık gelen kesim noktası hesaplanabilir. Parametrelerin KN- Z_{DPO} nokta saçılım grafiklerine bakılarak modeline karar verilir. Bu grafiklere göre 14 parametrede de KN ile Z_{DPO} değerleri arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu söylenebilir. Uyum iyiliği testi sonucunda her bir parametre için bu iki değişken arasındaki ilişkinin modeli anlamlı çıkmıştır. İlgilenilen 14 parametre için doğrusal regresyon denklemleri ve açıklayıcılık katsayıları (R^2) Tablo 4.16'te gösterilmiştir.

Tablo 4.16. Her Bir Parametre için Kesim Noktaları ve Z_{DPO} Değerleri Arasındaki İlişkinin Denklemi ve Açıklayıcılık Katsayısı (R^2).

Parametreler	Doğrusal Regresyon Denklemi	Açıklayıcılık Katsayısı(R^2)
Simetri	$KN= 1,007-0,144*Z_{DPO}$	0,984
Üst oran	$KN= 1,776+0,387*Z_{DPO}$	0,981
Alt Oran	$KN= 1,790+0,458*Z_{DPO}$	0,985
Üst/Nazal	$KN=1,675+0,286*Z_{DPO}$	0,980
Maksimum Modülasyon	$KN= 0,984+0,383*Z_{DPO}$	0,971
Üst Maksimum	$KN=72,758+13,64*Z_{DPO}$	0,956
Alt Maksimum	$KN=74,555+14,148*Z_{DPO}$	0,946
Sayı	$KN=46,733-28,06*Z_{DPO}$	0,935
Elips Modülasyon	$KN=1,661+0,597*Z_{DPO}$	0,968
Ortalama Kalınlık	$KN=59,082+9,202*Z_{DPO}$	0,970
Elips Ortalama	$KN=59,215+10,391*Z_{DPO}$	0,976
Üst Ortalama	$KN=61,679+12,913*Z_{DPO}$	0,993
Alt Ortalama	$KN=66,722+11,529*Z_{DPO}$	0,926
Üst İntegral	$KN=0,177+0,03344*Z_{DPO}$	0,998

Adım 2. Eşitlik (2.8) ve (2.9) kullanılarak tanı testlerinin İKE ölçütleri bulunur. Bulunan bu değerler eşitlik (2.7)'de (İKE eğrisinin normal değişkene dönüştürülmüş denklemi) yerine konulur. Buna göre her bir parametreye ait İKE ölçütleri ve İKE eğrisinin normal değişkene dönüştürülmüş denklemleri Tablo 4.17'de gösterilmiştir.

Tablo 4.17. Parametrelere Ait İşlem Karakteristiği Eğrisi (İKE) Ölçütleri ve İKE'nin Normal Değişkene Dönüştürülmüş Denklemleri.

Parametreler	İKE Ölçütleri		İKE Eğrisinin Normal Değişkene Dönüştürülmüş Denklemleri
	s	Δm	
Simetri	0,8051	0,0118	$Z_{DPO} = 0,8051 \cdot Z_{YPO} + 0,0095$
Üst Oran	1,1847	1,3003	$Z_{DPO} = 1,1847 \cdot Z_{YPO} + 1,5406$
Alt Oran	1,0965	1,4073	$Z_{DPO} = 1,0965 \cdot Z_{YPO} + 1,5430$
Üst/Nazal	1,0111	1,2969	$Z_{DPO} = 1,0111 \cdot Z_{YPO} + 1,3113$
Maksimum Modülasyon	1,1574	1,3404	$Z_{DPO} = 1,1574 \cdot Z_{YPO} + 1,5514$
Üst Maksimum	0,9924	1,3996	$Z_{DPO} = 0,9924 \cdot Z_{YPO} + 1,3890$
Alt Maksimum	0,9328	1,3513	$Z_{DPO} = 0,9328 \cdot Z_{YPO} + 1,2605$
Sayı	0,3362	3,8099	$Z_{DPO} = 0,3362 \cdot Z_{YPO} + 1,2810$
Elips Modülasyon	0,9049	1,5167	$Z_{DPO} = 0,9049 \cdot Z_{YPO} + 1,3724$
Ortalama Kalınlık	1,0271	0,8722	$Z_{DPO} = 1,0271 \cdot Z_{YPO} + 0,8959$
Elips Ortalama	0,9960	1,0863	$Z_{DPO} = 0,996 \cdot Z_{YPO} + 1,0820$
Üst Ortalama	0,9304	1,3891	$Z_{DPO} = 0,9304 \cdot Z_{YPO} + 1,2925$
Alt Ortalama	0,9187	1,2925	$Z_{DPO} = 0,9187 \cdot Z_{YPO} + 1,1875$
Üst İntegral	0,9384	1,2441	$Z_{DPO} = 0,9384 \cdot Z_{YPO} + 1,1674$

Adım 3. Tablo 4.2'den Tablo 4.15'e kadar her bir parametre için; orijinal Z_{YPO} 'larından elde edilen Z_{YPO} değerleri Tablo 4.17'de gösterilen İKE eğrisinin normal değişkene dönüştürülmüş denkleminde yerine konularak yeni Z_{DPO} değerleri

elde edilir. Denklemden elde edilen bu Z_{DPO} değerlerinden standart normal dağılım tablosu kullanılarak DPO'ları elde edilir. Ayrıca bu Z_{DPO} değerleri Tablo 4.16'da gösterilen doğrusal regresyon denklemlerinde yerine konularak parametrelerin KN değerleri elde edilir. 14 parametrenin İKE'nin normal değişkene dönüştürülmüş denkleminde elde Z_{DPO} değerleri, bu değerlere ait DPO ve regresyon denkleminde elde edilen KN değerleri Tablo 4.18'de gösterilmiştir.

Tablo 4.18. 14 Parametreye Ait Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} Değerleri, Bu Değerlere Ait DPO ve Buna Karşılık Gelen Kesim Noktası Değerleri.

Parametre I (Simetri)			Parametre II (Üst Oran)		
Z_{DPO}	DPO	KN	Z_{DPO}	DPO	KN
3,84867	0,99994	0,45	-4,10871	0,00002	0,19
1,82680	0,96614	0,74	-0,07755	0,46909	1,75
1,34171	0,91015	0,81	0,82171	0,79438	2,09
1,10917	0,86632	0,85	1,37373	0,91524	2,31
0,73130	0,76770	0,90	1,77977	0,96244	2,46
0,22394	0,58860	0,97	1,97160	0,97567	2,54
-0,12838	0,44892	1,03	2,05197	0,97991	2,57
-0,51094	0,30470	1,08	2,25945	0,98807	2,65
-0,71225	0,23815	1,11	2,84198	0,99776	2,88
-1,56850	0,05838	1,23	3,65726	0,99987	3,19
-1,80776	0,03532	1,27	4,21470	0,99999	3,41
-3,82963	0,00006	1,56			

Tablo 4.18. (Devam)14 Parametreye Ait Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} Değerleri,
Bu Değerlere Ait DPO ve Buna Karşılık Gelen Kesim Noktası Değerleri.

Parametre III (Alt Oran)			Parametre IV(Üst/Nazal)		
Z_{DPO}	DPO	KN	Z_{DPO}	DPO	KN
-3,68541	0,00011	0,10	-3,50999	0,00022	0,67
0,33859	0,63254	1,95	-0,49511	0,31026	1,53
0,70374	0,75920	2,11	0,65773	0,74464	1,86
0,91696	0,82042	2,21	1,04207	0,85131	1,97
1,62834	0,94827	2,54	1,35952	0,91301	2,06
1,86938	0,96921	2,65	1,71188	0,95654	2,16
2,25185	0,98783	2,82	2,04185	0,97942	2,26
2,38236	0,99140	2,88	2,61291	0,99551	2,42
2,57635	0,99501	2,97	2,98435	0,99858	2,53
2,81510	0,99756	3,08	3,29307	0,99950	2,62
3,50204	0,99977	3,39	3,59354	0,99984	2,70
3,69212	0,99989	3,48			

Tablo 4.18. (Devam)14 Parametreye Ait Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} Değerleri,
Bu Değerlere Ait DPO ve Buna Karşılık Gelen Kesim Noktası Değerleri.

Parametre V (Maksimum Modülasyon)			Parametre VI (Üst Maksimum)		
Z_{DPO}	DPO	KN	Z_{DPO}	DPO	KN
-1,06106	0,14433	0,58	-3.34323	0.00041	27,16
-0,71711	0,23665	0,71	-0.25311	0.40009	69,31
-0,22895	0,40946	0,90	0.11146	0.54437	74,28
0,20866	0,58264	1,06	0.54662	0.70768	80,21
0,56901	0,71532	1,20	1.05963	0.85534	87,21
1,27911	0,89957	1,47	1.18860	0.88270	88,97
1,64145	0,94965	1,61	1.52873	0.93683	93,61
1,85966	0,96853	1,70	1.99114	0.97677	99,92
2,08952	0,98167	1,78	2.23131	0.98717	103,19
2,48481	0,99352	1,94	2.82463	0.99763	111,29
2,64216	0,99588	2,00	3.62897	0.99986	122,26
2,96492	0,99849	2,12			
4,16391	0,99998	2,58			

Tablo 4.18. (Devam)14 Parametreye Ait Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} Değerleri,
Bu Değerlere Ait DPO ve Buna Karşılık Gelen Kesim Noktası Değerleri.

Parametre VII (Alt Maksimum)			Parametre VIII (Sayı)		
Z_{DPO}	DPO	KN	Z_{DPO}	DPO	KN
-3,18757	0,00072	29,46	0,96413	0,83251	19,68
-0,84501	0,19905	62,60	0,91164	0,81902	21,15
0,17832	0,57076	77,08	0,82176	0,79439	23,67
0,33285	0,63038	79,26	0,79458	0,78657	24,44
0,82684	0,79584	86,25	0,72465	0,76567	26,40
1,21607	0,88802	91,76	0,52207	0,69919	32,08
1,53814	0,93799	96,32	-0,32228	0,37362	55,78
1,72571	0,95780	98,97			
1,86353	0,96881	100,92			
2,34271	0,99043	107,70			
2,53458	0,99437	110,41			
2,69540	0,99648	112,69			
2,80400	0,99748	114,23			

Tablo 4.18. (Devam)14 Parametreye Ait Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} Değerleri,
Bu Değerlere Ait DPO ve Buna Karşılık Gelen Kesim Noktası Değerleri.

Parametre IX (Elips Modülasyon)			Parametre X (Ortalama Kalınlık)		
Z_{DPO}	DPO	KN	Z_{DPO}	DPO	KN
-0,67005	0,25141	1,26	-4,00190	0,00003	22,26
-0,01949	0,49223	1,65	-0,29569	0,38374	56,36
0,51967	0,69835	1,97	0,48903	0,68759	63,58
0,75351	0,77443	2,11	0,94487	0,82764	67,78
0,95174	0,82938	2,23	1,10331	0,86505	69,23
1,44281	0,92546	2,52	1,37346	0,91519	71,72
1,92150	0,97267	2,81	1,68217	0,95373	74,56
2,31809	0,98978	3,04	1,81674	0,96537	75,80
2,42222	0,99229	3,11	2,02422	0,97853	77,71
			2,15031	0,98423	78,87
			2,38184	0,99139	81,00
			2,73105	0,99684	84,21
			3,21434	0,99935	88,66

Tablo 4.18. (Devam)14 Parametreye Ait Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} Değerleri,
Bu Değerlere Ait DPO ve Buna Karşılık Gelen Kesim Noktası Değerleri.

Parametre XI (Elips Ortalama)			Parametre XII (Üst Ortalama)		
Z_{DPO}	DPO	KN	Z_{DPO}	DPO	KN
-3,66730	0,00012	21,11	-3,14406	0,00083	21,08
-0,35885	0,35985	55,49	-0,24701	0,40245	58,49
0,36241	0,64148	62,98	0,09477	0,53775	62,90
0,81675	0,79297	67,70	0,41567	0,66117	67,05
1,06702	0,85702	70,30	0,79382	0,78635	71,93
1,28309	0,90027	72,55	0,95397	0,82995	74,00
1,41253	0,92110	73,89	1,19198	0,88337	77,07
1,54504	0,93883	75,27	1,33679	0,90935	78,94
1,84439	0,96744	78,38	1,45182	0,92672	80,43
2,02061	0,97834	80,21	1,54024	0,93825	81,57
2,12287	0,98312	81,27	1,82372	0,96590	85,23
2,52285	0,99418	85,43	2,08218	0,98134	88,57
2,73001	0,99683	87,58	2,42870	0,99242	93,04
3,33010	0,99957	93,82	5,72898	1,00000	135,66

Tablo 4.18. (Devam)14 Parametreye Ait Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} Değerleri,
Bu Değerlere Ait DPO ve Buna Karşılık Gelen Kesim Noktası Değerleri.

Parametre XIII (Alt Ortalama)			Parametre XIV (Üst İntegral)		
Z_{DPO}	DPO	KN	Z_{DPO}	DPO	KN
-3,19347	0,00070	29,90	-3,30727	0,00047	0,07
-0,61325	0,26985	59,65	0,13663	0,55434	0,18
-0,33273	0,36967	62,89	0,82605	0,79561	0,20
0,48420	0,68588	72,30	1,50885	0,93433	0,23
0,55907	0,71194	73,17	2,10066	0,98216	0,25
0,69506	0,75649	74,74			
0,85321	0,80323	76,56			
1,03009	0,84852	78,60			
1,11599	0,86779	79,59			
1,31685	0,90605	81,90			
1,61458	0,94680	85,34			
1,74493	0,95950	86,84			
2,01109	0,97784	89,91			
2,25331	0,98788	92,70			
2,98816	0,99860	101,17			

Adım 4. Orijinal YPO ve denklemden elde edilen DPO çiftlerinin her biri farklı bir kesim noktasını temsil eder. Bu değerler ilgilenilen prevalans değeri ile eşitlik (2.13)'te yerine konularak “bilgi içeriği” hesaplanır. Bir diğer deyişle; ilgilenilen prevalans değerinde, orijinal YPO ve denklemden elde edilen DPO değerlerinin temsil ettiği kesim noktalarının (regresyon denkleminde kestirilen kesim noktaları) her biri için parametrenin bilgi içeriği hesaplanmıştır. Bu çalışmada prevalans değerleri 0,01, 0,02, 0,2, 0,5, 0,9 alınmıştır. Her bir prevalans değeri için bilginin en fazla olduğu bir kesim noktası vardır. Bu nokta ilgilenilen prevalans değeri için testin “**en iyi kesim noktası**” olarak adlandırılır. Tanı testleri bu yöntemle değerlendirildiğinde, belli bir prevalans değerinde bir tanı testinin en iyi kesim noktası ve ayırıcılık gücü en fazla olan test kestirilmeye çalışılır. Ayırıcılık gücü en fazla olan test; belli bir prevalans değerinde “en fazla bilgi içeriği” diğer testlere göre daha büyük olan testtir.

14 Parametreye ait regresyon denkleminde elde edilen kesim noktalarının farklı prevalanslar ($Pr=0,01$, $Pr=0,02$, $Pr=0,2$, $Pr=0,5$, $Pr=0,9$) için elde edilen bilgi içeriği değerleri Tablo 4.19'dan Tablo 4.32'ye kadar olan bölümde gösterilmiştir.

Tablo 4.19. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde I. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.

Parametre I (Simetri)					
KN	Pr=0,01	Pr=0,02	Pr=0,2	Pr=0,5	Pr=0,9
0,45	0,00000	0,00000	0,00002	0,00003	0,00001
0,74	0,00019	0,00038	0,00285	0,00400	0,00129
0,81	0,00021	0,00041	0,00321	0,00472	0,00159
0,85	0,00018	0,00035	0,00281	0,00422	0,00145
0,90	0,00010	0,00020	0,00159	0,00245	0,00086
0,97	0,00001	0,00002	0,00013	0,00020	0,00007
1,03	0,00001	0,00002	0,00013	0,00021	0,00008
1,08	0,00007	0,00015	0,00120	0,00186	0,00066
1,11	0,00013	0,00025	0,00200	0,00306	0,00108
1,23	0,00024*	0,00047*	0,00360*	0,00517*	0,00169*
1,27	0,00021	0,00042	0,00317	0,00443	0,00142
1,56	0,00000	0,00001	0,00003	0,00003	0,00001

* Her bir prevalans değeri için bulunan en fazla bilgi içeriği

Tablo 4.20. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde II. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.

Parametre II (Üst Oran)					
KN	Pr=0,01	Pr=0,02	Pr=0,2	Pr=0,5	Pr=0,9
0,19	0,00000	0,00000	0,00001	0,00001	0,00000
1,75	0,00719	0,01412	0,10271	0,14198	0,04632
2,09	0,00843*	0,01667*	0,13345*	0,20814*	0,07934
2,31	0,00719	0,01424	0,11928	0,19996	0,08663*
2,46	0,00568	0,01127	0,09678	0,16966	0,08119
2,54	0,00491	0,00976	0,08452	0,15085	0,07554
2,57	0,00459	0,00912	0,07931	0,14251	0,07269
2,65	0,00379	0,00753	0,06602	0,12054	0,06432
2,88	0,00193	0,00383	0,03412	0,06432	0,03804
3,19	0,00053	0,00105	0,00945	0,01820	0,01165
3,41	0,00017	0,00034	0,00308	0,00596	0,00391

* Her bir prevalans değeri için bulunan en fazla bilgi içeriği

Tablo 4.21. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde III. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.

Parametre III (Alt Oran)					
KN	Pr=0,01	Pr=0,02	Pr=0,2	Pr=0,5	Pr=0,9
0,10	0,00001	0,00001	0,00005	0,00005	0,00001
1,95	0,00934*	0,01840*	0,13848	0,19982	0,06889
2,11	0,00927	0,01831	0,14404*	0,21966	0,08138
2,21	0,00887	0,01754	0,14111	0,22212*	0,08626*
2,54	0,00624	0,01237	0,10535	0,18184	0,08385
2,65	0,00516	0,01024	0,08833	0,15628	0,07635
2,82	0,00354	0,00703	0,06163	0,11252	0,05978
2,88	0,00304	0,00605	0,05327	0,09811	0,05348
2,97	0,00239	0,00474	0,04197	0,07817	0,04412
3,08	0,00171	0,00339	0,03019	0,05685	0,03329
3,39	0,00052	0,00104	0,00930	0,01785	0,01124
3,48	0,00035	0,00070	0,00631	0,01215	0,00775

* Her bir prevalans değeri için bulunan en fazla bilgi içeriği

Tablo 4.22. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde IV. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.

Parametre IV (Üst/Nazal)					
KN	Pr=0,01	Pr=0,02	Pr=0,2	Pr=0,5	Pr=0,9
0,67	0,00001	0,00002	0,00010	0,00011	0,00003
1,53	0,00605	0,01182	0,08057	0,10502	0,03246
1,86	0,00733*	0,01449*	0,11530*	0,17755*	0,06582
1,97	0,00636	0,01259	0,10379	0,16853	0,06773*
2,06	0,00525	0,01041	0,08779	0,14819	0,06385
2,16	0,00392	0,00778	0,06688	0,11707	0,05445
2,26	0,00275	0,00546	0,04764	0,08569	0,04261
2,42	0,00123	0,00244	0,02158	0,04012	0,02200
2,53	0,00063	0,00125	0,01112	0,02096	0,01208
2,62	0,00033	0,00065	0,00584	0,01109	0,00661
2,70	0,00016	0,00032	0,00287	0,00548	0,00335

* Her bir prevalans değeri için bulunan en fazla bilgi içeriği

Tablo 4.23. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde V. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.

Parametre V (Maksimum Modülasyon)					
KN	Pr=0,01	Pr=0,02	Pr=0,2	Pr=0,5	Pr=0,9
0,58	0,00330	0,00641	0,04110	0,05106	0,01514
0,71	0,00485	0,00945	0,06307	0,08066	0,02449
0,90	0,00706	0,01384	0,09800	0,13209	0,04209
1,06	0,00846	0,01665	0,12442	0,17750	0,06014
1,20	0,00888*	0,01752*	0,13640*	0,20475	0,07398
1,47	0,00765	0,01515	0,12592	0,20847*	0,08825*
1,61	0,00629	0,01248	0,10632	0,18370	0,08500
1,70	0,00539	0,01069	0,09216	0,16280	0,07942
1,78	0,00443	0,00881	0,07668	0,13823	0,07110
1,94	0,00294	0,00585	0,05162	0,09563	0,05331
2,00	0,00243	0,00484	0,04287	0,08010	0,04590
2,12	0,00157	0,00312	0,02786	0,05276	0,03169
2,58	0,00017	0,00034	0,00307	0,00595	0,00389

* Her bir prevalans değeri için bulunan en fazla bilgi içeriği

Tablo 4.24. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde VI. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.

Parametre VI (Üst Maksimum)					
KN	Pr=0,01	Pr=0,02	Pr=0,2	Pr=0,5	Pr=0,9
27,16	0,00002	0,00004	0,00019	0,00020	0,00006
69,31	0,00795	0,01554	0,10720	0,14181	0,04462
74,28	0,00875*	0,01718*	0,12591	0,17614	0,05854
80,21	0,00863	0,01703	0,13254*	0,19877*	0,07161
87,21	0,00720	0,01425	0,11707	0,18956	0,07636*
88,97	0,00669	0,01325	0,11007	0,18136	0,07524
93,61	0,00523	0,01038	0,08827	0,15150	0,06795
99,92	0,00330	0,00654	0,05695	0,10207	0,05058
103,19	0,00244	0,00484	0,04248	0,07746	0,04019
111,29	0,00095	0,00189	0,01679	0,03153	0,01794
122,26	0,00016	0,00032	0,00289	0,00554	0,00341

* Her bir prevalans değeri için bulunan en fazla bilgi içeriği

Tablo 4.25. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde VII. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.

Parametre VII (Alt Maksimum)					
KN	Pr=0,01	Pr=0,02	Pr=0,2	Pr=0,5	Pr=0,9
29,46	0,00004	0,00008	0,00033	0,00035	0,00010
62,60	0,00544	0,01051	0,06486	0,07937	0,02343
77,08	0,00808*	0,01590*	0,11889	0,16954	0,05731
79,26	0,00797	0,01572	0,12015*	0,17572*	0,06109
86,25	0,00681	0,01347	0,10912	0,17231	0,06617*
91,76	0,00533	0,01056	0,08840	0,14700	0,06134
96,32	0,00401	0,00795	0,06789	0,11696	0,05219
98,97	0,00328	0,00650	0,05602	0,09820	0,04547
100,92	0,00277	0,00551	0,04775	0,08464	0,04021
107,70	0,00138	0,00274	0,02406	0,04398	0,02261
110,41	0,00098	0,00195	0,01723	0,03177	0,01677
112,69	0,00072	0,00143	0,01267	0,02351	0,01266
114,23	0,00058	0,00114	0,01015	0,01890	0,01031

* Her bir prevalans değeri için bulunan en fazla bilgi içeriği

Tablo 4.26. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde VIII. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.

Parametre VIII (Sayı)					
KN	Pr=0,01	Pr=0,02	Pr=0,2	Pr=0,5	Pr=0,9
19,68	0,01479	0,02916	0,22520	0,34175	0,13077
21,15	0,01685	0,03315	0,24980	0,37060	0,13878
23,67	0,02060	0,04035	0,28896	0,41167	0,14856
24,44	0,02178	0,04258	0,29961	0,42160	0,15050
26,40	0,02487	0,04834	0,32352	0,44127	0,15335*
32,08	0,03340*	0,06303*	0,35695*	0,45094*	0,14688
55,78	0,02596	0,04444	0,19261	0,21804	0,06312

* Her bir prevalans değeri için bulunan en fazla bilgi içeriği

Tablo 4.27. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde IX. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.

Parametre IX (Elips Modülasyon)					
KN	Pr=0,01	Pr=0,02	Pr=0,2	Pr=0,5	Pr=0,9
1,26	0,00771	0,01483	0,08925	0,10846	0,03204
1,65	0,00999*	0,01955*	0,13669	0,18391	0,05917
1,97	0,00953	0,01879	0,14453*	0,21412*	0,07633
2,11	0,00874	0,01726	0,13704	0,21132	0,07930*
2,23	0,00787	0,01558	0,12648	0,20134	0,07907
2,52	0,00539	0,01070	0,09056	0,15406	0,06772
2,81	0,00314	0,00623	0,05410	0,09643	0,04681
3,04	0,00174	0,00345	0,03033	0,05550	0,02883
3,11	0,00145	0,00288	0,02543	0,04678	0,02467

* Her bir prevalans değeri için bulunan en fazla bilgi içeriği

Tablo 4.28. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde X. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.

Parametre X (Ortalama Kalınlık)					
KN	Pr=0,01	Pr=0,02	Pr=0,2	Pr=0,5	Pr=0,9
22,26	0,00000	0,00000	0,00001	0,00001	0,00000
56,36	0,00312	0,00614	0,04688	0,06729	0,02236
63,58	0,00345*	0,00682*	0,05517*	0,08600*	0,03158
67,78	0,00299	0,00593	0,04933	0,08048	0,03167*
69,23	0,00275	0,00546	0,04580	0,07583	0,03059
71,72	0,00229	0,00455	0,03866	0,06552	0,02760
74,56	0,00174	0,00346	0,02974	0,05160	0,02283
75,80	0,00151	0,00300	0,02590	0,04536	0,02050
77,71	0,00118	0,00234	0,02032	0,03606	0,01682
78,87	0,00099	0,00198	0,01723	0,03079	0,01463
81,00	0,00070	0,00140	0,01226	0,02219	0,01090
84,21	0,00038	0,00076	0,00671	0,01231	0,00634
88,66	0,00014	0,00027	0,00241	0,00449	0,00245

* Her bir prevalans değeri için bulunan en fazla bilgi içeriği

Tablo 4.29. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde XI. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.

Parametre XI (Elips Ortalama)					
KN	Pr=0,01	Pr=0,02	Pr=0,2	Pr=0,5	Pr=0,9
21,11	0,00001	0,00001	0,00005	0,00006	0,00002
55,49	0,00472	0,00927	0,06759	0,09290	0,02984
62,98	0,00531*	0,01048*	0,08272*	0,12493*	0,04450
67,70	0,00472	0,00935	0,07662	0,12250	0,04722*
70,30	0,00417	0,00826	0,06885	0,11325	0,04572
72,55	0,00361	0,00716	0,06048	0,10175	0,04277
73,89	0,00326	0,00647	0,05502	0,09373	0,04036
75,27	0,00290	0,00576	0,04929	0,08497	0,03748
78,38	0,00212	0,00422	0,03653	0,06449	0,03001
80,21	0,00171	0,00340	0,02960	0,05288	0,02535
81,27	0,00149	0,00296	0,02588	0,04654	0,02268
85,43	0,00080	0,00159	0,01403	0,02575	0,01332
87,58	0,00055	0,00109	0,00965	0,01786	0,00950
93,82	0,00015	0,00029	0,00259	0,00488	0,00278

* Her bir prevalans değeri için bulunan en fazla bilgi içeriği

Tablo 4.30. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde XII. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.

Parametre XII (Üst Ortalama)					
KN	Pr=0,01	Pr=0,02	Pr=0,2	Pr=0,5	Pr=0,9
21,08	0,00005	0,00009	0,00038	0,00041	0,00011
58,49	0,00803	0,01570	0,10829	0,14323	0,04508
62,90	0,00852*	0,01675*	0,12279	0,17176	0,05701
67,05	0,00831	0,01638	0,12602*	0,18597*	0,06549
71,93	0,00733	0,01449	0,11662	0,18273	0,06957*
74,00	0,00674	0,01334	0,10908	0,17495	0,06897
77,07	0,00576	0,01141	0,09519	0,15761	0,06545
78,94	0,00513	0,01017	0,08575	0,14447	0,06191
80,43	0,00463	0,00919	0,07800	0,13311	0,05845
81,57	0,00425	0,00844	0,07200	0,12401	0,05547
85,23	0,00311	0,00617	0,05337	0,09434	0,04464
88,57	0,00221	0,00438	0,03829	0,06897	0,03419
93,04	0,00127	0,00253	0,02233	0,04102	0,02146
135,66	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

* Her bir prevalans değeri için bulunan en fazla bilgi içeriği

Tablo 4.31. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde XIII. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.

Parametre XIII (Alt Ortalama)					
KN	Pr=0,01	Pr=0,02	Pr=0,2	Pr=0,5	Pr=0,9
29,90	0,00004	0,00007	0,00032	0,00035	0,00010
59,65	0,00604	0,01176	0,07739	0,09841	0,02986
62,89	0,00688	0,01346	0,09351	0,12393	0,03892
72,30	0,00696*	0,01375*	0,10799*	0,16303*	0,05864
73,17	0,00680	0,01343	0,10638	0,16244	0,05928
74,74	0,00644	0,01273	0,10232	0,15943	0,05977*
76,56	0,00595	0,01177	0,09600	0,15295	0,05920
78,60	0,00532	0,01055	0,08732	0,14239	0,05714
79,59	0,00501	0,00992	0,08265	0,13621	0,05562
81,90	0,00424	0,00841	0,07104	0,11977	0,05091
85,34	0,00314	0,00623	0,05343	0,09271	0,04171
86,84	0,00269	0,00534	0,04607	0,08081	0,03721
89,91	0,00188	0,00373	0,03250	0,05810	0,02796
92,70	0,00128	0,00255	0,02236	0,04052	0,02021
101,17	0,00028	0,00057	0,00502	0,00935	0,00507

* Her bir prevalans değeri için bulunan en fazla bilgi içeriği

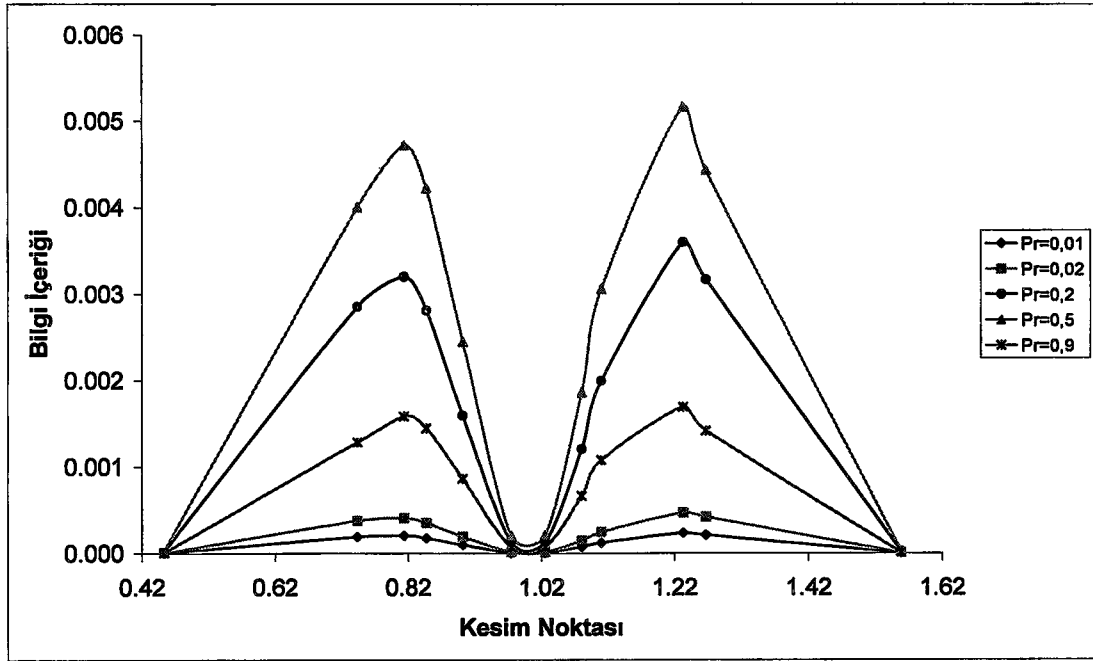
Tablo 4.32. Farklı Prevalans (Pr) Değerlerinde XIV. Parametrenin Farklı Kesim Noktaları (KN) İçin Bilgi İçeriği Değerleri.

Parametre XIV (Üst İntegral)					
KN	Pr=0,01	Pr=0,02	Pr=0,2	Pr=0,5	Pr=0,9
0,07	0,00003	0,00005	0,00021	0,00023	0,00006
0,18	0,00687*	0,01354*	0,10233*	0,14711*	0,04986
0,20	0,00573	0,01134	0,09249	0,14710	0,05667*
0,23	0,00342	0,00680	0,05800	0,09970	0,04393
0,25	0,00164	0,00326	0,02845	0,05114	0,02495

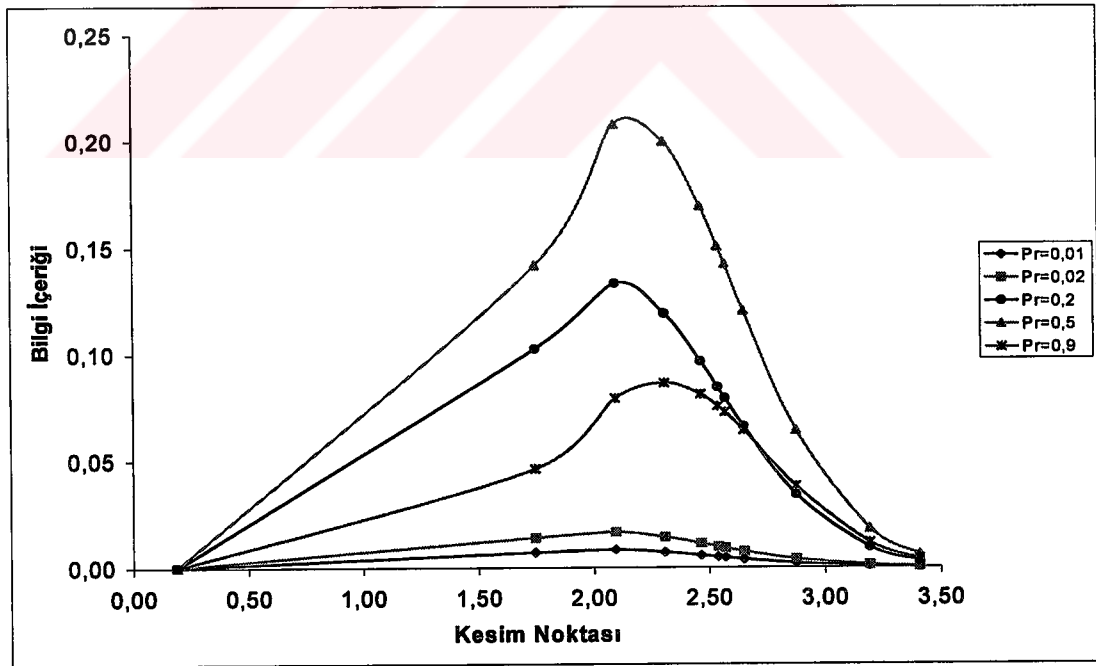
* Her bir prevalans değeri için bulunan en fazla bilgi içeriği

Tablo 4.19'dan Tablo 4.32'ye kadar her bir prevalans değerinde (Pr=0,01, Pr=0,02, Pr=0,2, Pr=0,5, Pr=0,9) farklı kesim noktalarının ne kadar bilgi içerdiği gösterilmiştir. Örneğin 14. parametre için Pr=0,01, Pr=0,02 ve Pr=0,2 Pr=0,5 ve Pr=0,9 değerlerinde regresyon denkleminde elde edilen beş ayrı kesim noktasına ait bilgi içeriği hesaplanmıştır. Pr=0,01'de en fazla bilgi içeriği değeri 0,00687, Pr=0,02'de 0,0135 ve Pr=0,2'de 0,10233, Pr=0,5'de 0,14711 ve Pr=0,9'da ise 0,05667 bit'tir. Her bir prevalans değeri için en fazla bilgi içeriğini veren kesim noktaları (en iyi kesim noktaları): Pr=0,01, Pr=0,02, Pr=0,2 ve Pr=0,5 için 0,18 Pr=0,9'da ise 0,20'dir.

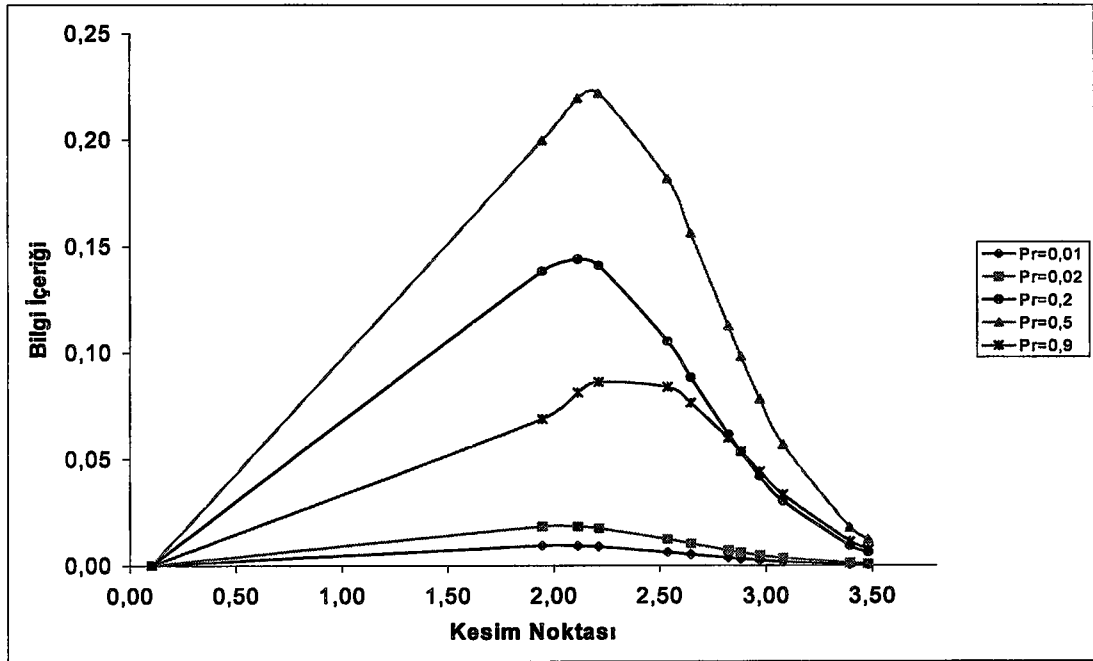
Farklı prevalans değerlerinde kesim noktalarına ait bilgi içeriği değerleri Tablo 4.19'dan Tablo 4.32'ye kadar her bir parametre için ayrı ayrı gösterilmiştir. Yukarıda tablo biçiminde gösterilen bu değerler grafiksel yöntemlerle de gösterilebilir.



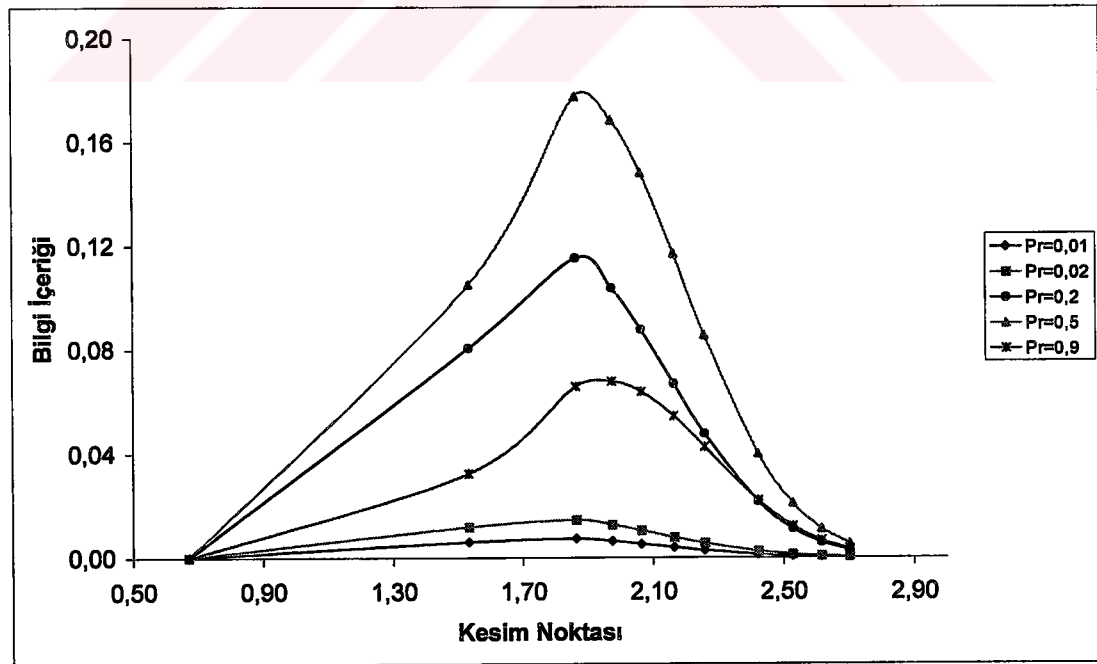
Şekil 4.1. I. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde (Pr=0,01, Pr=0,02 Pr=0,2, Pr=0,5, Pr=0,9) Kesim Noktasına Karşı Bilgi İçeriği Grafiği.



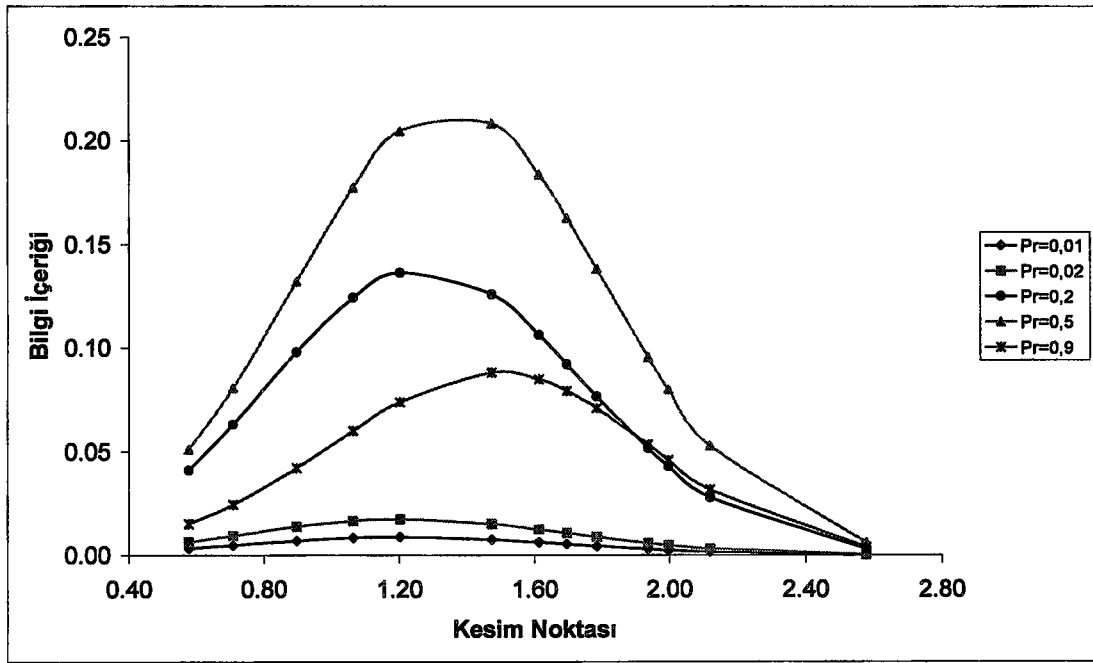
Şekil 4.2. II. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde (Pr=0,01, Pr=0,02 Pr=0,2, Pr=0,5, Pr=0,9) Kesim Noktasına Karşı Bilgi İçeriği Grafiği.



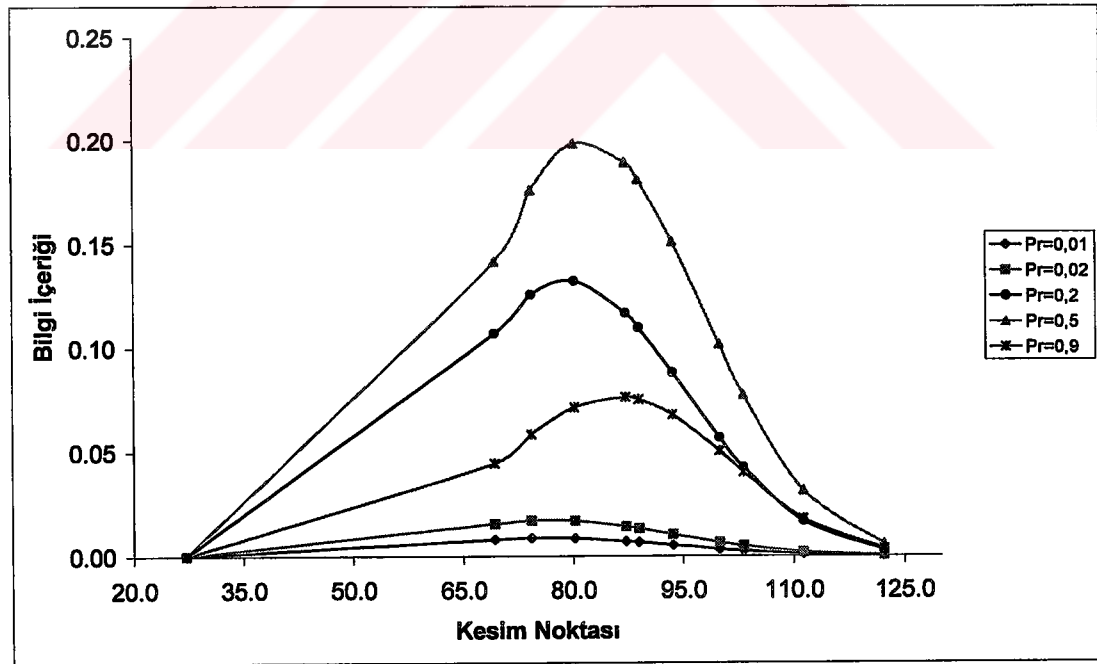
Şekil 4.3. III. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde (Pr=0,01, Pr=0,02, Pr=0,2, Pr=0,5, Pr=0,9) Kesim Noktasına Karşı Bilgi İçeriği Grafiği



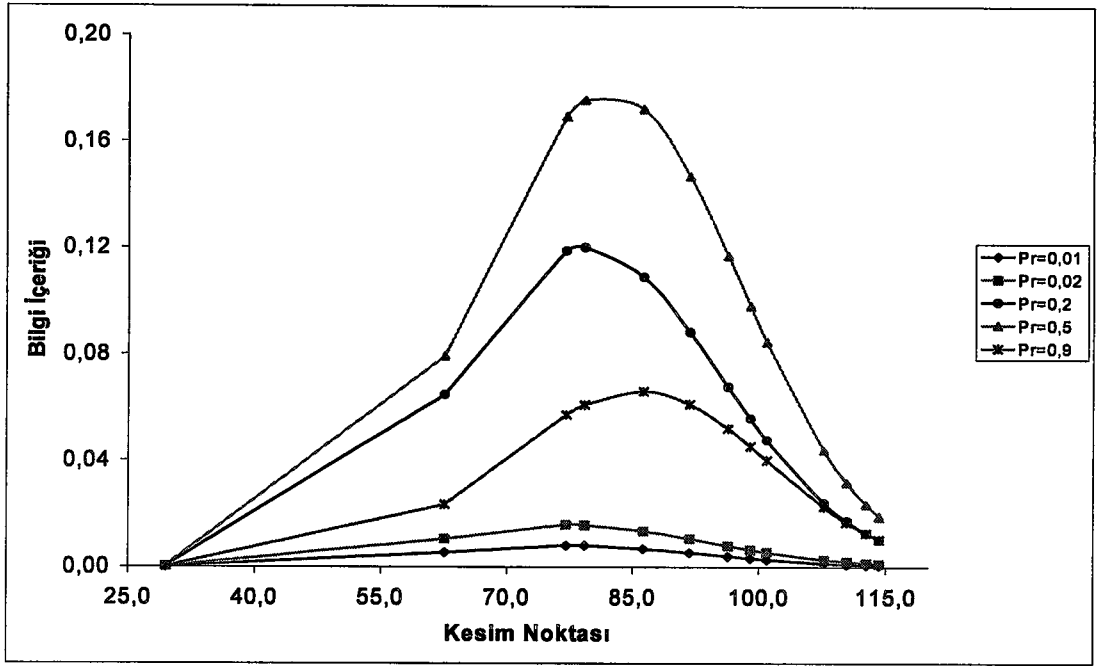
Şekil 4.4. IV. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde (Pr=0,01, Pr=0,02, Pr=0,2, Pr=0,5, Pr=0,9) Kesim Noktasına Karşı Bilgi İçeriği Grafiği.



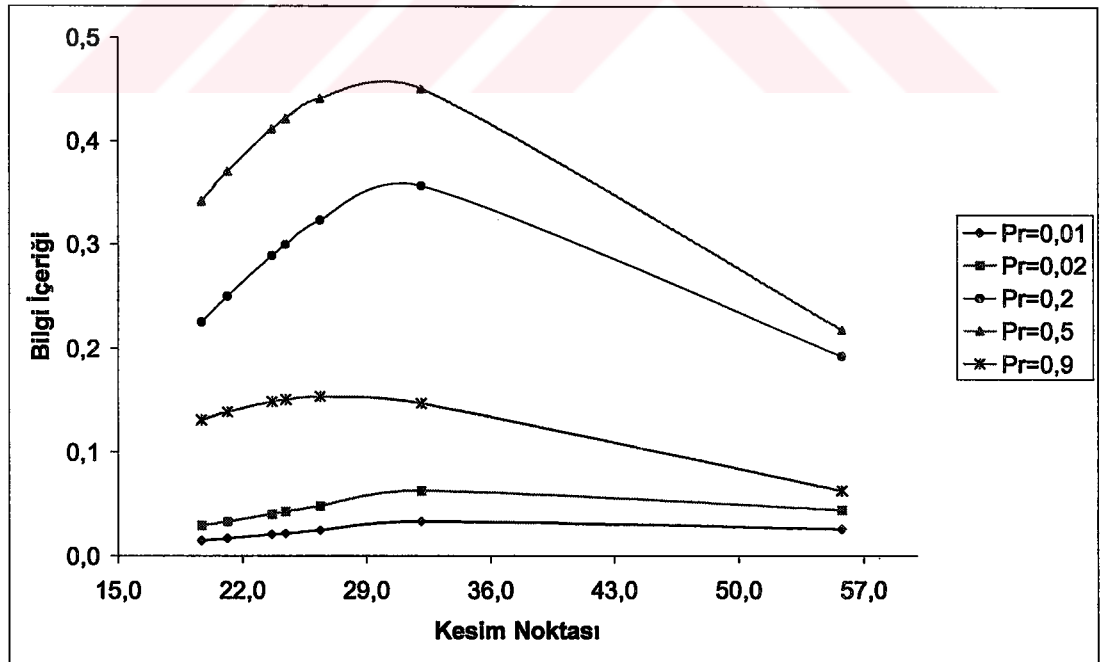
Şekil 4.5. V. Parametre için Farklı Prevalans Değerlerinde (Pr=0,01, Pr=0,02, Pr=0,2, Pr=0,5, Pr=0,9) Kesim Noktasına Karşı Bilgi İçeriği Grafiği.



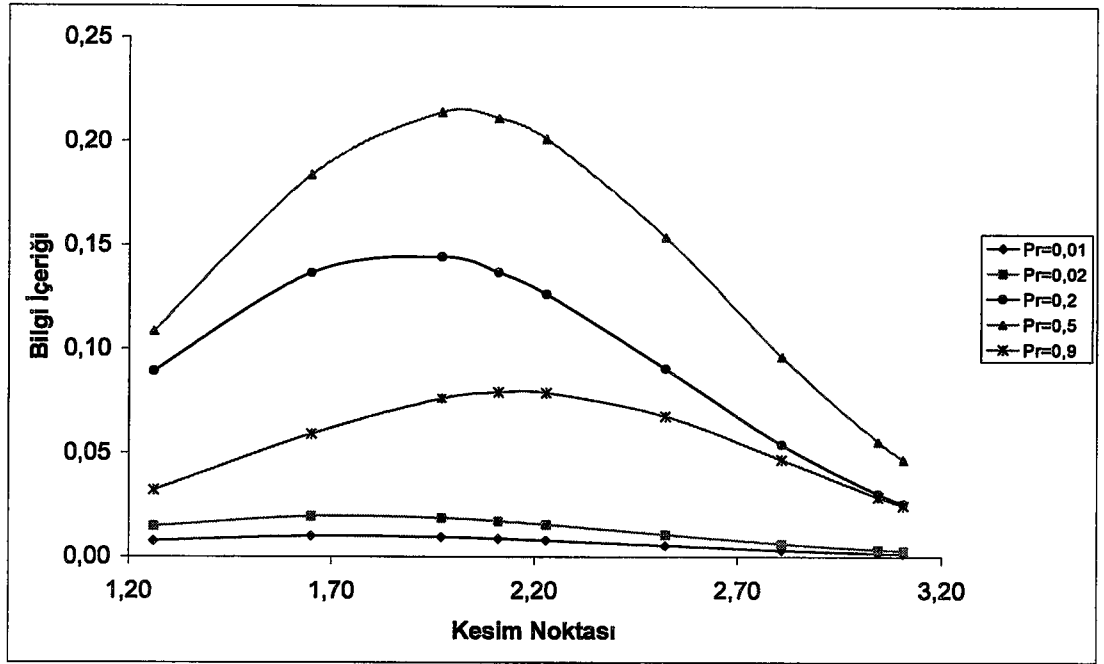
Şekil 4.6. VI. Parametre için Farklı Prevalans Değerlerinde (Pr=0,01, Pr=0,02, Pr=0,2, Pr=0,5, Pr=0,9) Kesim Noktasına Karşı "Bilgi İçeriği" Grafiği.



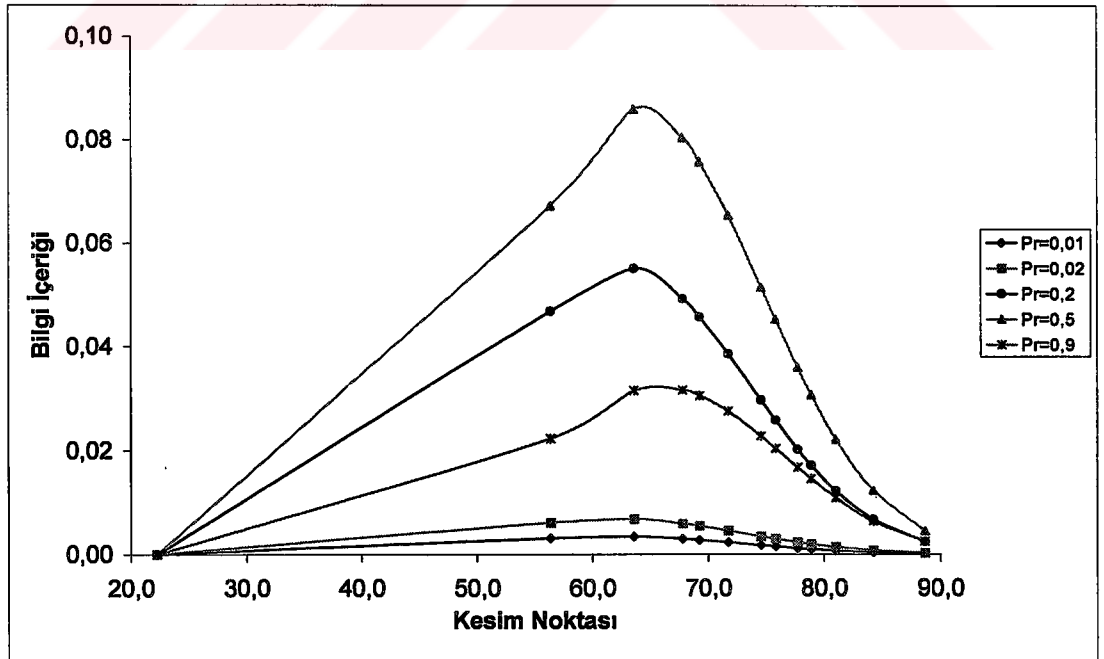
Şekil 4.7. VII. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde (Pr=0,01, Pr=0,02, Pr=0,2, Pr=0,5, Pr=0,9) Kesim Noktasına Karşı Bilgi İçeriği Grafiği.



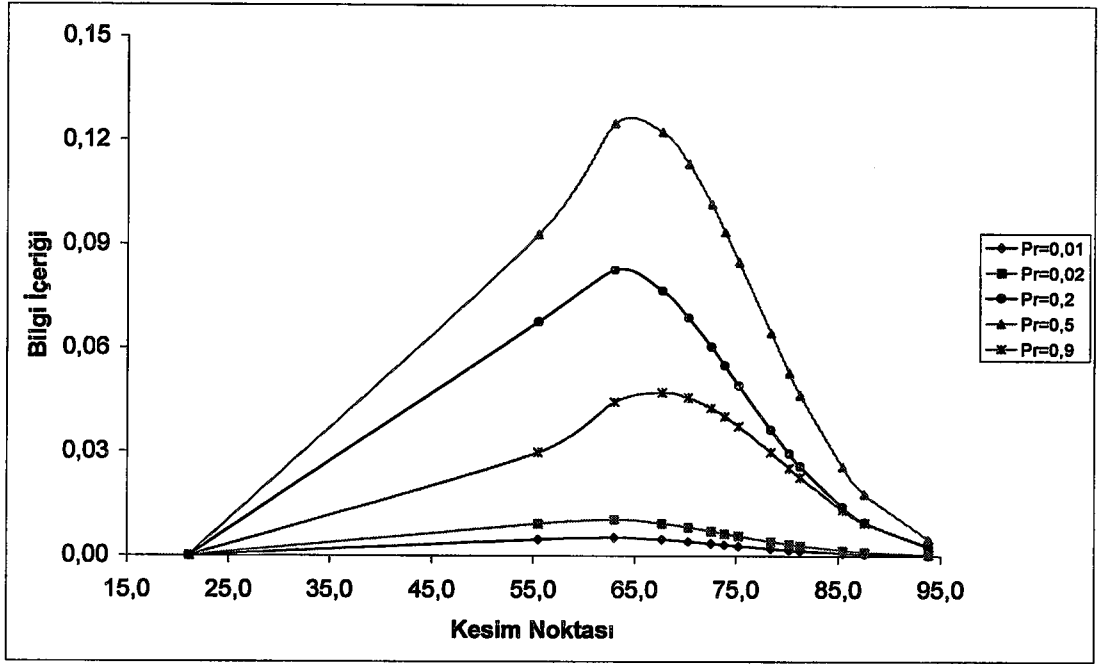
Şekil 4.8. VIII. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde (Pr=0,01, Pr=0,02, Pr=0,2, Pr=0,5, Pr=0,9) Kesim Noktasına Karşı Bilgi İçeriği Grafiği.



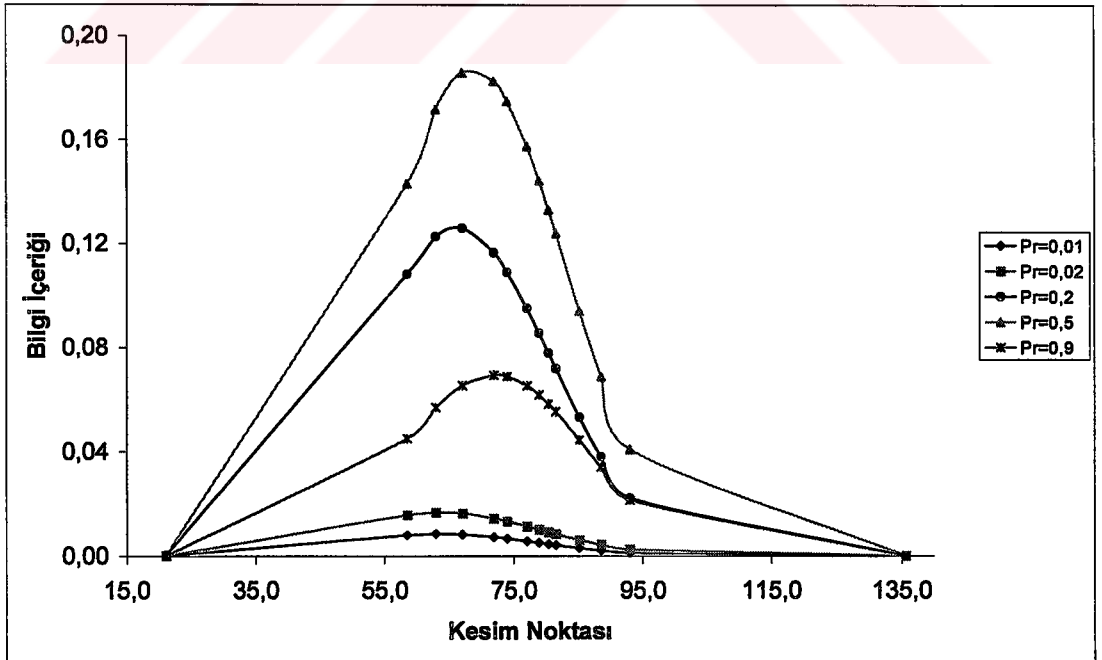
Şekil 4.9. IX. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde (Pr=0,01, Pr=0,02, Pr=0,2, Pr=0,5, Pr=0,9) Kesim Noktasına Karşı Bilgi İçeriği Grafiği.



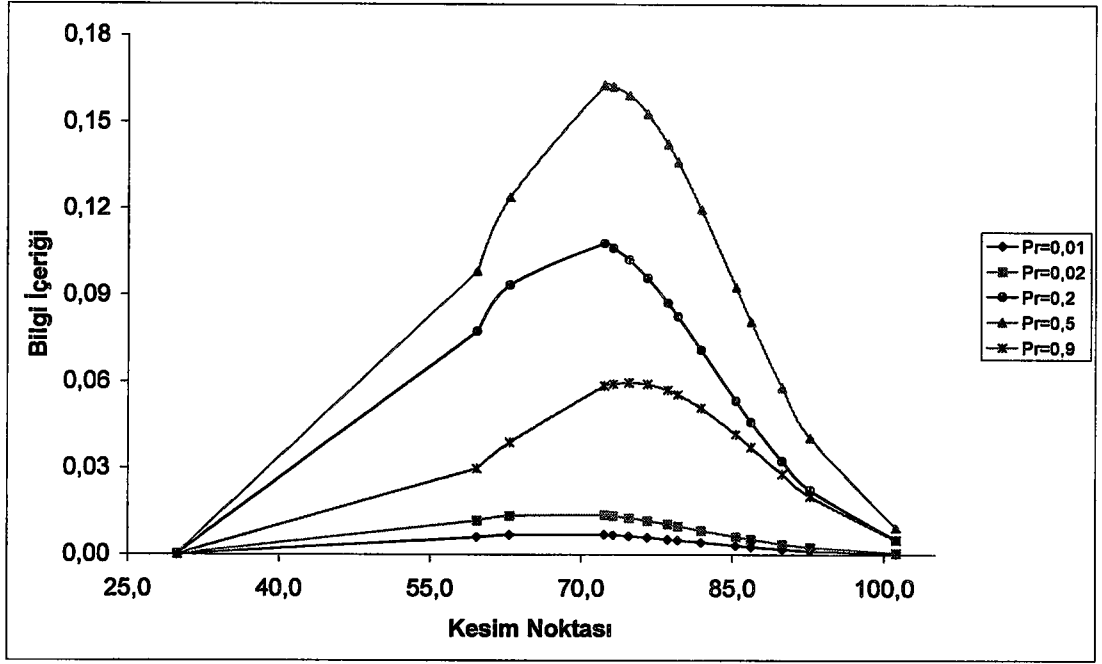
Şekil 4.10. X. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde (Pr=0,01, Pr=0,02, Pr=0,2, Pr=0,5, Pr=0,9) Kesim Noktasına Karşı Bilgi İçeriği Grafiği.



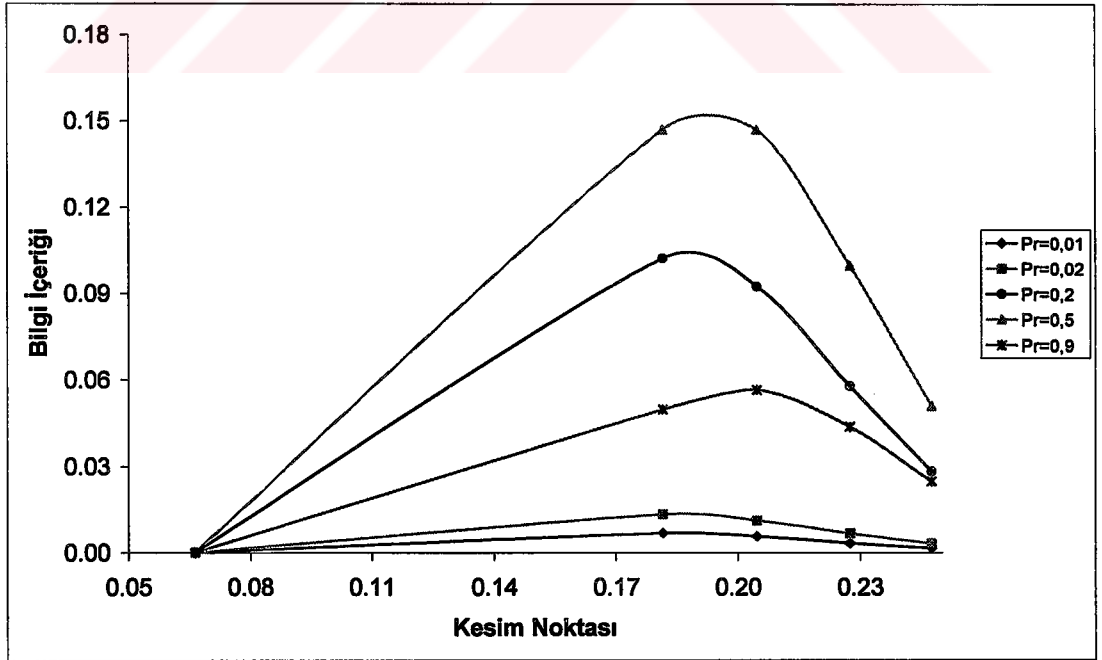
Şekil 4.11. XI. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde (Pr=0,01, Pr=0,02, Pr=0,2, Pr=0,5, Pr=0,9) Kesim Noktasına Karşı Bilgi İçeriği Grafiği.



Şekil 4.12. XII. Parametre İçin Farklı Prevalans Değerlerinde (Pr=0,01, Pr=0,02, Pr=0,2, Pr=0,5, Pr=0,9) Kesim Noktasına Karşı Bilgi İçeriği Grafiği.



Şekil 4.13. XIII. Parametre için farklı Prevalans Değerlerinde (Pr=0,01, Pr=0,02, Pr=0,2, Pr=0,5, Pr=0,9) Kesim Noktasına Karşı Bilgi İçeriği Grafiği.



Şekil 14. XIV. Parametre için farklı Prevalans Değerlerinde (Pr=0,01, Pr=0,02, Pr=0,2, Pr=0,5, Pr=0,9) Kesim Noktasına Karşı Bilgi İçeriği Grafiği.

Tablo 4.19-Tablo 4.32'ye kadar belli prevalanslar için her bir parametreye ait bilgi içeriği değerleri verilmiştir. Bu tablolarda her bir prevalans değerine ait sütunda “en fazla bilgi içeriği” olan bir göze bulunmaktadır (Bu gözeler “*” ile işaretlenmiştir). Tablo 4.33'te ilgilenilen her bir prevalans için “en fazla bilgi içeriği” değerleri verilmiştir. Tablo 4.33'deki değerler Şekil 4.15'te grafiksel olarak gösterilebilir.

Tablo 4.33. 14 Parametrenin Farklı Prevalans (Pr) Değerleri (0,01, 0,02, 0,2, 0,5, 0,9) İçin “En Fazla Bilgi İçeriği”.

Parametreler	Pr(0,01) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,02) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0, 2) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,5) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,9) için En Fazla Bilgi İçeriği
Simetri	0,00024	0,00047	0,00360	0,00517	0,00169
Üst oran	0,00843	0,01667	0,13345	0,20814	0,08663
Alt Oran	0,00934	0,01840	0,14404	0,22212	0,08626
Üst/Nazal	0,00733	0,01449	0,11530	0,17755	0,06773
Maksimum Modülasyon	0,00888	0,01752	0,13640	0,20847	0,08825
Üst Maksimum	0,00875	0,01718	0,13254	0,19877	0,07636
Alt Maksimum	0,00808	0,01590	0,12015	0,17572	0,06617
Sayı	0,03340	0,06303	0,35695	0,45094	0,15335
Elips Modülasyon	0,00999	0,01955	0,14453	0,21412	0,07930
Ortalama Kalınlık	0,00345	0,00682	0,05517	0,08600	0,03167
Elips Ortalama	0,00531	0,01048	0,08272	0,12493	0,04722
Üst Ortalama	0,00852	0,01675	0,12602	0,18597	0,06957
Alt Ortalama	0,00696	0,01375	0,10799	0,16303	0,05977
Üst İntegral	0,00687	0,01354	0,10233	0,14711	0,05667

Tablo 4.19-Tablo 4.32'ye kadar belli prevalanslar için her bir parametreye ait bilgi içeriği değerleri verilmiştir. Bu tablolarda her bir prevalans değerine ait sütunda “en fazla bilgi içeriği” olan bir göze bulunmaktadır (Bu gözeler “*” ile işaretlenmiştir). Tablo 4.33'te ilgilenilen her bir prevalans için “en fazla bilgi içeriği” değerleri verilmiştir. Tablo 4.33'deki değerler Şekil 4.15'te grafiksel olarak gösterilebilir.

Tablo 4.33. 14 Parametrenin Farklı Prevalans (Pr) Değerleri (0,01, 0,02, 0,2, 0,5, 0,9) İçin “En Fazla Bilgi İçeriği”.

Parametreler	Pr(0,01) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,02) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0, 2) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,5) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,9) için En Fazla Bilgi İçeriği
Simetri	0,00024	0,00047	0,00360	0,00517	0,00169
Üst oran	0,00843	0,01667	0,13345	0,20814	0,08663
Alt Oran	0,00934	0,01840	0,14404	0,22212	0,08626
Üst/Nazal	0,00733	0,01449	0,11530	0,17755	0,06773
Maksimum Modülasyon	0,00888	0,01752	0,13640	0,20847	0,08825
Üst Maksimum	0,00875	0,01718	0,13254	0,19877	0,07636
Alt Maksimum	0,00808	0,01590	0,12015	0,17572	0,06617
Sayı	0,03340	0,06303	0,35695	0,45094	0,15335
Elips Modülasyon	0,00999	0,01955	0,14453	0,21412	0,07930
Ortalama Kalınlık	0,00345	0,00682	0,05517	0,08600	0,03167
Elips Ortalama	0,00531	0,01048	0,08272	0,12493	0,04722
Üst Ortalama	0,00852	0,01675	0,12602	0,18597	0,06957
Alt Ortalama	0,00696	0,01375	0,10799	0,16303	0,05977
Üst İntegral	0,00687	0,01354	0,10233	0,14711	0,05667

Tablo 4.19-Tablo 4.32'ye kadar belli prevalanslar için her bir parametreye ait bilgi içeriği değerleri verilmiştir. Bu tablolarda her bir prevalans değerine ait sütunda “en fazla bilgi içeriği” olan bir göze bulunmaktadır (Bu gözeler “*” ile işaretlenmiştir). Tablo 4.33'te ilgilenilen her bir prevalans için “en fazla bilgi içeriği” değerleri verilmiştir. Tablo 4.33'deki değerler Şekil 4.15'te grafiksel olarak gösterilebilir.

Tablo 4.33. 14 Parametrenin Farklı Prevalans (Pr) Değerleri (0,01, 0,02, 0,2, 0,5, 0,9) İçin “En Fazla Bilgi İçeriği”.

Parametreler	Pr(0,01) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,02) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0, 2) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,5) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,9) için En Fazla Bilgi İçeriği
Simetri	0,00024	0,00047	0,00360	0,00517	0,00169
Üst oran	0,00843	0,01667	0,13345	0,20814	0,08663
Alt Oran	0,00934	0,01840	0,14404	0,22212	0,08626
Üst/Nazal	0,00733	0,01449	0,11530	0,17755	0,06773
Maksimum Modülasyon	0,00888	0,01752	0,13640	0,20847	0,08825
Üst Maksimum	0,00875	0,01718	0,13254	0,19877	0,07636
Alt Maksimum	0,00808	0,01590	0,12015	0,17572	0,06617
Sayı	0,03340	0,06303	0,35695	0,45094	0,15335
Elips Modülasyon	0,00999	0,01955	0,14453	0,21412	0,07930
Ortalama Kalınlık	0,00345	0,00682	0,05517	0,08600	0,03167
Elips Ortalama	0,00531	0,01048	0,08272	0,12493	0,04722
Üst Ortalama	0,00852	0,01675	0,12602	0,18597	0,06957
Alt Ortalama	0,00696	0,01375	0,10799	0,16303	0,05977
Üst İntegral	0,00687	0,01354	0,10233	0,14711	0,05667

Tablo 4.19-Tablo 4.32'ye kadar belli prevalanslar için her bir parametreye ait bilgi içeriği değerleri verilmiştir. Bu tablolarda her bir prevalans değerine ait sütunda “en fazla bilgi içeriği” olan bir göze bulunmaktadır (Bu gözeler “*” ile işaretlenmiştir). Tablo 4.33'te ilgilenilen her bir prevalans için “en fazla bilgi içeriği” değerleri verilmiştir. Tablo 4.33'deki değerler Şekil 4.15'te grafiksel olarak gösterilebilir.

Tablo 4.33. 14 Parametrenin Farklı Prevalans (Pr) Değerleri (0,01, 0,02, 0,2, 0,5, 0,9) İçin “En Fazla Bilgi İçeriği”.

Parametreler	Pr(0,01) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,02) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0, 2) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,5) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,9) için En Fazla Bilgi İçeriği
Simetri	0,00024	0,00047	0,00360	0,00517	0,00169
Üst oran	0,00843	0,01667	0,13345	0,20814	0,08663
Alt Oran	0,00934	0,01840	0,14404	0,22212	0,08626
Üst/Nazal	0,00733	0,01449	0,11530	0,17755	0,06773
Maksimum Modülasyon	0,00888	0,01752	0,13640	0,20847	0,08825
Üst Maksimum	0,00875	0,01718	0,13254	0,19877	0,07636
Alt Maksimum	0,00808	0,01590	0,12015	0,17572	0,06617
Sayı	0,03340	0,06303	0,35695	0,45094	0,15335
Elips Modülasyon	0,00999	0,01955	0,14453	0,21412	0,07930
Ortalama Kalınlık	0,00345	0,00682	0,05517	0,08600	0,03167
Elips Ortalama	0,00531	0,01048	0,08272	0,12493	0,04722
Üst Ortalama	0,00852	0,01675	0,12602	0,18597	0,06957
Alt Ortalama	0,00696	0,01375	0,10799	0,16303	0,05977
Üst İntegral	0,00687	0,01354	0,10233	0,14711	0,05667

Tablo 4.19-Tablo 4.32'ye kadar belli prevalanslar için her bir parametreye ait bilgi içeriği değerleri verilmiştir. Bu tablolarda her bir prevalans değerine ait sütunda “en fazla bilgi içeriği” olan bir göze bulunmaktadır (Bu gözeler “*” ile işaretlenmiştir). Tablo 4.33'te ilgilenilen her bir prevalans için “en fazla bilgi içeriği” değerleri verilmiştir. Tablo 4.33'deki değerler Şekil 4.15'te grafiksel olarak gösterilebilir.

Tablo 4.33. 14 Parametrenin Farklı Prevalans (Pr) Değerleri (0,01, 0,02, 0,2, 0,5, 0,9) İçin “En Fazla Bilgi İçeriği”.

Parametreler	Pr(0,01) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,02) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0, 2) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,5) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,9) için En Fazla Bilgi İçeriği
Simetri	0,00024	0,00047	0,00360	0,00517	0,00169
Üst oran	0,00843	0,01667	0,13345	0,20814	0,08663
Alt Oran	0,00934	0,01840	0,14404	0,22212	0,08626
Üst/Nazal	0,00733	0,01449	0,11530	0,17755	0,06773
Maksimum Modülasyon	0,00888	0,01752	0,13640	0,20847	0,08825
Üst Maksimum	0,00875	0,01718	0,13254	0,19877	0,07636
Alt Maksimum	0,00808	0,01590	0,12015	0,17572	0,06617
Sayı	0,03340	0,06303	0,35695	0,45094	0,15335
Elips Modülasyon	0,00999	0,01955	0,14453	0,21412	0,07930
Ortalama Kalınlık	0,00345	0,00682	0,05517	0,08600	0,03167
Elips Ortalama	0,00531	0,01048	0,08272	0,12493	0,04722
Üst Ortalama	0,00852	0,01675	0,12602	0,18597	0,06957
Alt Ortalama	0,00696	0,01375	0,10799	0,16303	0,05977
Üst İntegral	0,00687	0,01354	0,10233	0,14711	0,05667

Tablo 4.19-Tablo 4.32'ye kadar belli prevalanslar için her bir parametreye ait bilgi içeriği değerleri verilmiştir. Bu tablolarda her bir prevalans değerine ait sütunda “en fazla bilgi içeriği” olan bir göze bulunmaktadır (Bu gözeler “*” ile işaretlenmiştir). Tablo 4.33'te ilgilenilen her bir prevalans için “en fazla bilgi içeriği” değerleri verilmiştir. Tablo 4.33'deki değerler Şekil 4.15'te grafiksel olarak gösterilebilir.

Tablo 4.33. 14 Parametrenin Farklı Prevalans (Pr) Değerleri (0,01, 0,02, 0,2, 0,5, 0,9) İçin “En Fazla Bilgi İçeriği”.

Parametreler	Pr(0,01) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,02) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0, 2) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,5) için En Fazla Bilgi İçeriği	Pr(0,9) için En Fazla Bilgi İçeriği
Simetri	0,00024	0,00047	0,00360	0,00517	0,00169
Üst oran	0,00843	0,01667	0,13345	0,20814	0,08663
Alt Oran	0,00934	0,01840	0,14404	0,22212	0,08626
Üst/Nazal	0,00733	0,01449	0,11530	0,17755	0,06773
Maksimum Modülasyon	0,00888	0,01752	0,13640	0,20847	0,08825
Üst Maksimum	0,00875	0,01718	0,13254	0,19877	0,07636
Alt Maksimum	0,00808	0,01590	0,12015	0,17572	0,06617
Sayı	0,03340	0,06303	0,35695	0,45094	0,15335
Elips Modülasyon	0,00999	0,01955	0,14453	0,21412	0,07930
Ortalama Kalınlık	0,00345	0,00682	0,05517	0,08600	0,03167
Elips Ortalama	0,00531	0,01048	0,08272	0,12493	0,04722
Üst Ortalama	0,00852	0,01675	0,12602	0,18597	0,06957
Alt Ortalama	0,00696	0,01375	0,10799	0,16303	0,05977
Üst İntegral	0,00687	0,01354	0,10233	0,14711	0,05667

Tablo 4.37. IV. Parametre için Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.

Parametre IV (Üst/Nazal)				
YPO	Z_{DPO}	DPO	DNO	(DPO+DNO)
0,000001	-3,50999	0,00022	1,00000	1,0002
0,037000	-0,49511	0,31026	0,96300	1,2733
0,259000	0,65773**	0,74464	0,74100	1,4856*
0,395000	1,04207	0,85131	0,60500	1,4563
0,519000	1,35952	0,91301	0,48100	1,3940
0,654000	1,71188	0,95654	0,34600	1,3025
0,765000	2,04185	0,97942	0,23500	1,2144
0,901000	2,61291	0,99551	0,09900	1,0945
0,951000	2,98435	0,99858	0,04900	1,0476
0,975000	3,29307	0,99950	0,02500	1,0245
0,988000	3,59354	0,99984	0,01200	1,0118

* En büyük (DPO+DNO) değeri

**En büyük (DPO+DNO) değerine ait Z_{DPO} değeri

Tablo 4.38. V. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.

Parametre V (Maksimum Modülasyon)				
YPO	Z_{DPO}	DPO	DNO	(DPO+DNO)
0,012000	-1,06106	0,14433	0,98800	1,1323
0,025000	-0,71711	0,23665	0,97500	1,2117
0,062000	-0,22895	0,40946	0,93800	1,3475
0,123000	0,20866	0,58264	0,87700	1,4596
0,198000	0,56901**	0,71532	0,80200	1,5173*
0,407000	1,27911	0,89957	0,59300	1,4926
0,531000	1,64145	0,94965	0,46900	1,4186
0,605000	1,85966	0,96853	0,39500	1,3635
0,679000	2,08952	0,98167	0,32100	1,3027
0,790000	2,48481	0,99352	0,21000	1,2035
0,827000	2,64216	0,99588	0,17300	1,1689
0,889000	2,96492	0,99849	0,11100	1,1095
0,988000	4,16391	0,99998	0,01200	1,0120

* En büyük (DPO+DNO) değeri

**En büyük (DPO+DNO) değerine ait Z_{DPO} değeri

Tablo 4.39. VI. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.

Parametre VI (Üst Maksimum)				
YPO	Z_{DPO}	DPO	DNO	(DPO+DNO)
0,000001	-3,34316	0,00041	1,00000	1,0004
0,049000	-0,25311	0,40009	0,95100	1,3511
0,099000	0,11146	0,54437	0,90100	1,4454
0,198000	0,54662**	0,70768	0,80200	1,5097*
0,370000	1,05963	0,85534	0,63000	1,4853
0,420000	1,18860	0,88270	0,58000	1,4627
0,556000	1,52873	0,93683	0,44400	1,3808
0,728000	1,99114	0,97677	0,27200	1,2488
0,802000	2,23132	0,98717	0,19800	1,1852
0,926000	2,82460	0,99763	0,07400	1,0716
0,988000	3,62867	0,99986	0,01200	1,0119

* En büyük (DPO+DNO) değeri

** En büyük (DPO+DNO) değerine ait Z_{DPO} değeri

Tablo 4.40. VII. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.

Parametre VII (Alt Maksimum)				
YPO	Z_{DPO}	DPO	DNO	(DPO+DNO)
0,000001	-3,18757	0,00072	0,999999	1,0007
0,012000	-0,84501	0,19905	0,988000	1,1871
0,123000	0,17832	0,57076	0,877000	1,4478
0,160000	0,33285	0,63038	0,840000	1,4704
0,321000	0,82684**	0,79584	0,679000	1,4748*
0,481000	1,21607	0,88802	0,519000	1,4070
0,617000	1,53814	0,93799	0,383000	1,3210
0,691000	1,72571	0,95780	0,309000	1,2668
0,741000	1,86353	0,96881	0,259000	1,2278
0,877000	2,34271	0,99043	0,123000	1,1134
0,914000	2,53458	0,99437	0,086000	1,0804
0,938000	2,69540	0,99648	0,062000	1,0585
0,951000	2,80400	0,99748	0,049000	1,0465

* En büyük (DPO+DNO) değeri

** En büyük (DPO+DNO) değerine ait Z_{DPO} değeri

Tablo 4.41. VIII. Parametre İçin Orijinal YPO, YNO, Z_{YNO} ve (YPO+YNO) Değerleri.

Parametre VIII (Sayı)			
YPO	Z_{YNO}	YNO	(YPO+YNO)
0,173000	-0,96413	0.16749	0,34049
0,136000	-0,91164	0.18098	0,31698
0,086000	-0,82176	0.20561	0,29161
0,074000	-0,79458	0.21343	0,28743
0,049000	-0,72465**	0.23433	0,28333*
0,012000	-0,52207	0.30081	0,31281
0,000001	0,32228	0.62638	0,62638

* En küçük (YPO+YNO) değeri

**En küçük (YPO+YNO) değerine ait Z_{YNO} değeri

Tablo 4.42. IX. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.

Parametre IX (Elips Modülasyon)				
YPO	Z_{DPO}	DPO	DNO	(DPO+DNO)
0,012000	-0,67005	0,25141	0,98800	1,2394
0,062000	-0,01949	0,49223	0,93800	1,4302
0,173000	0,51967	0,69835	0,82700	1,5254
0,247000	0,75351**	0,77443	0,75300	1,5274*
0,321000	0,95174	0,82938	0,67900	1,5084
0,531000	1,44281	0,92546	0,46900	1,3945
0,728000	1,92150	0,97267	0,27200	1,2447
0,852000	2,31809	0,98978	0,14800	1,1378
0,877000	2,42222	0,99229	0,12300	1,1153

* En büyük (DPO+DNO) değeri

** En büyük (DPO+DNO) değerine ait Z_{DPO} değeri

Tablo 4.43. X. Parametre için Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.

Parametre X (Ortalama Kalınlık)				
YPO	Z_{DPO}	DPO	DNO	(DPO+DNO)
0,000001	-4,00190	0,00003	1,00000	1,0000
0,123000	-0,29569	0,38374	0,87700	1,2607
0,346000	0,48903**	0,68759	0,65400	1,3416*
0,519000	0,94487	0,82764	0,48100	1,3086
0,580000	1,10331	0,86505	0,42000	1,2851
0,679000	1,37346	0,91519	0,32100	1,2362
0,778000	1,68217	0,95373	0,22200	1,1757
0,815000	1,81674	0,96537	0,18500	1,1504
0,864000	2,02422	0,97853	0,13600	1,1145
0,889000	2,15031	0,98423	0,11100	1,0952
0,926000	2,38184	0,99139	0,07400	1,0654
0,963000	2,73105	0,99684	0,03700	1,0338
0,988000	3,21434	0,99935	0,01200	1,0113

* En büyük (DPO+DNO) değeri

** En büyük (DPO+DNO) değerine ait Z_{DPO} değeri

Tablo 4.44. XI. Parametre için Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.

Parametre XI (Elips Ortalama)				
YPO	Z_{DPO}	DPO	DNO	(DPO+DNO)
0,000001	-3,66730	0,00012	1,00000	1,0001
0,074000	-0,35885	0,35985	0,92600	1,2859
0,235000	0,36241**	0,64148	0,76500	1,4065*
0,395000	0,81675	0,79297	0,60500	1,3980
0,494000	1,06702	0,85702	0,50600	1,3630
0,580000	1,28309	0,90027	0,42000	1,3203
0,630000	1,41253	0,92110	0,37000	1,2911
0,679000	1,54504	0,93883	0,32100	1,2598
0,778000	1,84439	0,96744	0,22200	1,1894
0,827000	2,02061	0,97834	0,17300	1,1513
0,852000	2,12287	0,98312	0,14800	1,1311
0,926000	2,52285	0,99418	0,07400	1,0682
0,951000	2,73001	0,99683	0,04900	1,0458
0,988000	3,33010	0,99957	0,01200	1,0116

* En büyük (DPO+DNO) değeri

** En büyük (DPO+DNO) değerine ait Z_{DPO} değeri

Tablo 4.45. XII. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.

Parametre XII (Üst Ortalama)				
YPO	Z_{DPO}	DPO	DNO	(DPO+DNO)
0,000001	-3,14406	0,00083	1,00000	1,0008
0,049000	-0,24701	0,40245	0,95100	1,3534
0,099000	0,09477	0,53775	0,90100	1,4388
0,173000	0,41567	0,66117	0,82700	1,4882
0,296000	0,79382**	0,78635	0,70400	1,4903*
0,358000	0,95397	0,82995	0,64200	1,4720
0,457000	1,19198	0,88337	0,54300	1,4264
0,519000	1,33679	0,90935	0,48100	1,3904
0,568000	1,45182	0,92672	0,43200	1,3587
0,605000	1,54024	0,93825	0,39500	1,3332
0,716000	1,82372	0,96590	0,28400	1,2499
0,802000	2,08218	0,98134	0,19800	1,1793
0,889000	2,42870	0,99242	0,11100	1,1034
0,999999	5,72898	1,00000	0,00000	1,0000

* En büyük (DPO+DNO) değeri

** En büyük (DPO+DNO) değerine ait Z_{DPO} değeri

Tablo 4.46. XIII. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.

Parametre XIII (Alt Ortalama)				
YPO	Z_{DPO}	DPO	DNO	(DPO+DNO)
0,000001	-3,19347	0,00070	1,00000	1,0007
0,025000	-0,61325	0,26986	0,97500	1,2449
0,049000	-0,33273	0,36967	0,95100	1,3207
0,222000	0,48420	0,68588	0,77800	1,4639
0,247000	0,55907**	0,71194	0,75300	1,4649*
0,296000	0,69506	0,75649	0,70400	1,4605
0,358000	0,85321	0,80323	0,64200	1,4452
0,432000	1,03009	0,84852	0,56800	1,4165
0,469000	1,11599	0,86779	0,53100	1,3988
0,556000	1,31685	0,90605	0,44400	1,3501
0,679000	1,61458	0,94680	0,32100	1,2678
0,728000	1,74493	0,95950	0,27200	1,2315
0,815000	2,01109	0,97784	0,18500	1,1628
0,877000	2,25331	0,98788	0,12300	1,1109
0,975000	2,98816	0,99860	0,02500	1,0236

* En büyük (DPO+DNO) değeri

** En büyük (DPO+DNO) değerine ait Z_{DPO} değeri

Tablo 4.47. XIV. Parametre İçin Orijinal YPO, Denklemden Elde Edilen Z_{DPO} , Z_{DPO} Değerine Ait DPO, DNO ve (DPO+DNO) Değerleri.

Parametre XIV (Üst İntegral)				
YPO	Z_{DPO}	DPO	DNO	(DPO+DNO)
0,000001	-3,30727	0,00047	1,00000	1,0005
0,136000	0,13663	0,55434	0,86400	1,4183
0,358000	0,82605**	0,79561	0,64200	1,4376*
0,642000	1,50885	0,93433	0,35800	1,2923
0,840000	2,10066	0,98216	0,16000	1,1422

* En büyük (DPO+DNO) değeri

** En büyük (DPO+DNO) değerine ait Z_{DPO} değeri

Adım 2. I. (Simetri) ve VIII. (Sayı) Parametreleri için YPO ve YNO değerleri toplanarak elde edilen (YPO+YNO) sütununda “en küçük YPO+YNO” değeri belirlenir. Diğer parametreler için DPO ve DNO çiftleri toplanarak elde edilen (DPO+DNO) sütununda “en büyük DPO+DNO” değeri belirlenir (Bu değerler Tablo 4.34’ten Tablo 4.47’ye kadar * işareti ile gösterilmiştir). En iyi kesim noktasını veren “en küçük YPO+YNO” değerine ait YNO’nun Z_{YNO} değerinden ve “en büyük DPO+DNO” değerine ait DPO’nun Z_{DPO} değerinden (Bu değerler Tablo 4.33’ten Tablo 4.47’ye kadar ** işareti ile gösterilmiştir) standart normal dağılım kullanılarak kesim noktası belirlenir. Her bir parametre için ayrı, ayrı belirlenen ve hasta olanlarla olmayanları en iyi düzeyde ayırt edebilen bu kesim noktası parametrenin en iyi kesim noktasıdır.

Kesim noktasının bulunabilmesi için (4.1) eşitliğinden yararlanılır.

$$Z = \frac{X_i - \mu}{\sigma} \quad (4.1)$$

Burada; X_i : Sayı ve Simetri parametreleri için “en küçük (YPO+YNO)” diğer parametreler için “en büyük (DPO+DNO)” değerini veren kesim noktasıdır.

μ : Her bir parametre için hasta olanlara ilişkin dağılımının ortalaması.

σ : Her bir parametre için hasta olanlara ilişkin dağılımının standart sapması.

Adım 2’ de yapılması gereken işlemlerin sonuçları Tablo 4.48’de gösterilmiştir.

Tablo 4.48. Her Bir Parametre için Hasta Olanların Sonuçlarına İlişkin Ortalama ve Standart Sapma Değerleri ve Bu Parametrelere Ait En İyi Kesim Noktaları.

Parametreler	Z	μ (H+)	σ (H+)	En İyi KN
Simetri	0,71225*	0,9935	0,1365	1,091
Üst Oran	0,82171	1,7420	0,4103	2,08
Alt Oran	0,70374	1,7686	0,4042	2,05
Üst/Nazal	0,65773	1,6289	0,2971	1,82
Maksimum Modülasyon	0,56901	0,9239	0,3792	1,14
Üst Maksimum	0,54662	72,60	14,50	80,53
Alt Maksimum	0,82684	73,97	15,93	87,14
Sayı	-0,72465*	50,09	25,34	31,72
Elips Modülasyon	0,75351	1,6055	0,6267	2,08
Ortalama Kalınlık	0,48903	58,01	8,840	62,33
Elips Ortalama	0,36241	58,38	10,00	62,00
Üst Ortalama	0,79382	62,12	12,07	71,70
Alt Ortalama	0,55907	66,44	14,03	74,28
Üst İntegral	0,82605	0,1761	0,0341	0,204

* Simetri ve Sayı parametrelerine ait Z değeri YNO’na aittir. (Diğer parametrelerin Z değeri DPO’na aittir.)

Adım 3. Hangi parametrenin diğerine göre daha iyi performans gösterdiğini bulabilmek için eşitlik (3.1)'den İKE altında kalan alanlar hesaplanır. En fazla alana sahip olan parametrenin ayırıcılık gücü en yüksektir. Parametrelerin İKE altında kalan alanlar Tablo 4.49'de gösterilmiştir.

Tablo 4.49. Her Parametreye Ait İKE Altında Kalan Alanlar.

Parametreler	Alan
Simetri	0,502959
Üst Oran	0,839814
Alt Oran	0,85078
Üst/Nazal	0,821768
Maksimum Modülasyon	0,844773
Üst Maksimum	0,837904
Alt Maksimum	0,821667
Sayı	0,887661
Elips Modülasyon	0,845574
Ortalama Kalınlık	0,734007
Elips Ortalama	0,778347
Üst Ortalama	0,827987
Alt Ortalama	0,809058
Üst Integral	0,802701

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Parametreleri en iyi şekilde değerlendirmek ve karşılaştırabilmek için Bilgi Kuramı Yaklaşımı ve İKE Analizinin özellikleri kullanılmıştır. Her iki yöntemle de en iyi test ve en iyi kesim noktası belirlenebilir. Tanı testleri Bilgi Kuramı Yaklaşımı ile değerlendirilirken prevalans değeri de göz önüne alınır. İKE Analizinde ise en iyi kesim noktasının ve en iyi testin prevalans değerine göre değişimi incelenemez. Bu çalışmada her iki yöntemle de parametrelere ait “en iyi kesim noktası” ve hangi testin değerine göre daha iyi ayırimsama yaptığı incelenmeye çalışılmıştır.

Önce Bilgi Kuramı Yaklaşımı daha sonra da İKE Analizi ile değerlendirilen, Glokom tanısında kullanılan 14 parametreye ait sonuçlar aşağıdaki tablolarda gösterilecektir.



Türkiye’de Glokom hastalığının Prevalansı 0,01 ve 0,02 arasındadır. Bu prevalans değerlerinde her bir parametre için “en fazla bilgi içeriğini ”ni veren “en iyi kesim noktası” değerleri Tablo 5.1.’de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Pr (0,01 ve 0,02) için; Parametrelerin İçerdikleri En Fazla Bilgiye Göre Ayırıcılık Gücü En Yüksek Olan Parametreden En Düşük Olana Göre Sırası, En Fazla Bilgi İçeriği ve En İyi Kesim Noktaları.

Pr (0,01) En Fazla Bilgi İçeriği	Pr (0,02) En Fazla Bilgi İçeriği	Pr (0,01 ve 0,02) için En İyi Kesim Noktası	Parametreler
0,03340	0,06303	32,08	Sayı
0,00999	0,01955	1,65	Elips Modülasyon
0,00934	0,01840	1,95	Alt Oran
0,00888	0,01752	1,20	Maksimum Modülasyon
0,00875	0,01718	74,28	Üst Maksimum
0,00852	0,01675	62,90	Üst Ortalama
0,00843	0,01667	2,09	Üst Oran
0,00808	0,01590	77,08	Alt Maksimum
0,00733	0,01449	1,86	Üst/Nazal
0,00696	0,01375	72,30	Alt Ortalama
0,00687	0,01354	0,18	Üst İntegral
0,00531	0,01048	62,98	Elips Ortalama
0,00345	0,00682	63,58	Ortalama Kalınlık
0,00024	0,00047	1,23	Simetri

Tablo 5.1’de görüldüğü gibi prevalans değerleri 0,01 ve 0,02 olduğunda parametreler en fazla bilgi içeriğine göre sıralandığında ayırıcılık gücü en yüksek olan VIII. Parametre (Sayı), ayırıcılık gücü en düşük olan ise I. Parametredir (Simetri). Bunun nedeni parametrelerin özelliklerine bağlıdır. VIII. Parametrenin (Sayı) özelliği: Hastada glokom olabirliğini belirleyen bir sayıdır ve Nöral ağ GDx görüntüsünden elde ettiği yaklaşık 200 parametreyi kullanarak 0-100arasında bir değere ulaşır. Sayı büyüdükçe glokom olasılığı artmaktadır. 0-30 arası normal ya da glokom olabirliğinin çok düşük olması anlamına gelirken, 31-70 arası glokom şüphesi, 71-100 arası yüksek riskli kabul edilmektedir (30). Bilgi Kuramı Yaklaşımı ile prevalans 0,01 ve 0,02 değerlerinde VIII. Parametre için bulunan en iyi kesim noktası 32,08’dir. Ayırıcılık gücü en az olan I. Parametrenin (simetri) özelliği ise üst kadradaki en kalın 1500 noktanın ortalamasının, alt kadradaki en kalın 1500 noktanın ortalamasına oranıdır (30).

İKE Analizi ile değerlendirilen parametrelerin “en iyi kesim noktası” ve eğri altında kalan alana göre ayırıcılık gücü en yüksek olandan en düşük olana doğru sırası Tablo 5.2’te verilmiştir.

Tablo 5.2. İKE Analizi ile Değerlendirilen Parametrelere Ait En İyi Kesim Noktaları ve Ayırıcılık Gücü En Yüksek Olan Parametreden En Düşük Olana Göre Sıralanışları.

İKE Altında Kalan Alan	En İyi Kesim Noktası	Parametreler
0,887661	31,72	Sayı
0,850780	2,05	Alt Oran
0,845574	2,08	Elips Modülasyon
0,844773	1,14	Maksimum Modülasyon
0,839814	2,08	Üst Oran
0,837904	80,53	Üst Maksimum
0,827987	71,70	Üst Ortalama
0,821768	1,82	Üst/Nazal
0,821667	87,14	Alt Maksimum
0,809058	74,28	Alt Ortalama
0,802701	0,204	Üst İntegral
0,778347	62,00	Elips Ortalama
0,734007	62,33	Ortalama Kalınlık
0,502959	1,091	Simetri

İKE Analizine göre ayırıcılık gücü en yüksek olan Bilgi Kuramında olduğu gibi VIII. Parametre (Sayı), ayırıcılık gücü en düşük olan ise I. Parametredir (Simetri). Ancak İKE Analizi ile bulunan VIII. Parametreye ait en iyi kesim noktası 31.72 bulunmuştur. II., III., IV., VI., VII., IX. ve XII., Parametrelerin ayırıcılık gücüne göre sıralaması her iki yöntemle göre farklılık göstermektedir. Sonuç olarak: Tanı testlerinin sonuçları üzerinde etkili olan ve ayırıcılık gücünü tanımlayan parametrelerden biri de prevalans değeridir. Tanı testleri Bilgi Kuramı Yaklaşımı ile

değerlendirilirken prevalansı da göz önünde bulundur. Buna göre Bilgi Kuramı Yaklaşımı ile tanı testlerinin performansları daha ayrıntılı incelenmektedir.



KAYNAKLAR

- 1 Knapp, R. G., Miller, M. C. *Clinical Epidemiology and Biostatistics*, Harwal Publising, Malvern, Pennsylvania, 1992.
- 2 Shannon, C. E., Weaver, W. *The Mathematical Theory of Communication*, Illinois Press, Urbana, 1949.
- 3 Mossman, D., Somoza, E. Neuropsychiatric Decision Making: The Role of Disorder Prevalence in Diagnostic Testing. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 3 (1991), 84-88.
- 4 Mossman, D., Somoza, E. Neuropsychiatric Decision Making: Designing Nonbinary Diagnostic Tests. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 3 (1991), 197-200,
- 5 Somoza, E., Soutullo-Esperon, L., Mossman, D., Evaluation and Optimization of Diagnostic Tests Using Receiver Operating Characteristic Analysis and Information Theory. *Int. J. of Biomed. Comput*, 24 (1989), 153-189.
- 6 Somoza, E., Mossman, D. ROC Curves and the Binormal Assumption. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 3 (1991), 436-439.
- 7 Somoza, E., Mossman, D. Optimizing REM Latency as a Diagnostic Test for Depression Using Receiver Operating Characteristic Analysis and Information Theory. *Biol. Psychiatry*, 27 (1990), 990-1006.
- 8 Somoza, E. Eccentric Diagnostic Tests: Redefining Sensitivity and Specificity . *Medical Decis Making*, 16 (1996), 15-23.
- 9 Mossman, D., Somoza, E. Maximizing Diagnostic Information From the Dexamethasone Suppression Test. *Arch. Gen. Psychiatry*, 46 (1989), 653-660.
- 10 Mossman, D., Somoza, E. ROC Curves, Test Accuracy, and the Description of Diagnostic Tests. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 3 (1991), 330-333.

- 11 Mossman, D., Somoza, E. Assessing Improvements in the Dexamethasone Suppression Test Using Receiver Operating Characteristic Analysis. *Biol. Psychiatry*, 25 (1989), 159-173.
- 12 Mossman, D., Somoza, E. Diagnostic Tests and Information Theory. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 4 (1992), 95-98.
- 13 Metz, E. Charles., Goodenough, J. David, Rossmann K. Evaluation of Receiver Operating Characteristic Curve Data in Terms of Information Theory, with Applications in Radiography. *Radiology*, 109 (1973), 297-303.
- 14 Diamond, A. G. ve ark. Application of Information Theory to Clinical Diagnostic Testing. *Circulation*, 63 (1981), No. 4, 915-921.
- 15 Abreu-Lima, C. ve ark. New ECG Classification System for Myocardial Infarction Based on Receiver Operating Characteristic Curve Analysis and Information Theory. *Circulation*, 67 (1983), No: 6, (1252-1257).
- 16 Pitkeathly, D. A. ve ark. The Use of Information Theory in Evaluating the Contribution of Radiological and Laboratory Investigations to Diagnosis and Management. *Clin. Radiol*, 30 (1979), 643-647.
- 17 Somoza, E., Mossman, D., Comparing Diagnostic Tests Using Information Theory: The INFO-ROC Technique. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 4 (1992), 214-219.
- 18 Altman, D., *Practical Statistics for Medical Research*, London, 1991.
- 19 Bamber, D., The Area Above the Ordinal Dominance Graph and the Area Below the Receiver Operating Graph. *J. Math.Psych.*, 12 (1975), 387-415.
- 20 Biggerstaff, B. J. Comparing Diagnostic Tests: a Simple Graphic using Likelihood Ratios. *Statis. Med.*, 19 (2000), 649-663.

- 21 DeLong, E. R., DeLong, D M., Clarke, P. D. L. Comparing the Areas Under Two or More Correlated Receiver Operating Characteristic Curves: A Non Parametric Approach. *Biometrics*, 44 (1988), 837-845.
- 22 Dorfman, D. D., Alf, E. Maksimum Likelihood Estimation of Parameters of Signal- Detection Theory-A Direct Solution. *Psychometrica*, 33 (1968), 117-124.
- 23 Hanley, J. A., Mc Neil, B. J. The Meaning and Use of the Area Under Receiver Operating Characteristic (ROC)Curves. *Radiology*, 143 (1) (1982), 29-36.
- 24 Metz, C. E., Basic Principles of ROC Analysis . *Semin. Nucl. Med.*, 8 (1978), 283-298.
- 25 Simpson, A. J., Fitter. M. J. What is the Best Index of Detectability?. *Psychol. Bull.*, 80 (1973), 481-488.
- 26 Swets, J. A. ve ark. Assessment of Diagnostic Technologies. *Science*, 205 (1979), 753-759.
- 27 Shaw, W. J., Horrace,. W. Comparison of Nonparametric Receiver Operating Characteristic Analysis with a Likelihood-Ratio Test for Model Seletion. (www.u.arizona.edu/~whorrace/mypapers/vuong.pdf.)
- 28 Why A Nonparametric Method.
(www.accumetric.com/accurocw.htm)
- 29 Kersten, Daniel. Computational Vision.
(<http://vision.psych.umn.edu/www/kersten-lab/courses/Psy5036/SyllabusF2000.html>)
- 30 Bozkurt, B. Glokomlu Hastalarda Retina Sinir Lifi Tabakasının Tarayıcı Laser Polarimetre ile İncelenmesi ve GDx Glokom Tarama Programının Tanı Değeri. Uzmanlık Tezi. (Ankara), 2000.

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Ankara'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. 1995 yılında girdiği Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi İstatistik Bölümü'nden 1999 yılında mezun oldu. 2000 yılında başladığı Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyoistatistik Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir.



EK 1.

Bilgi İçeriği Formülünün Çıkarsaması

$$I = H_{SB} - H_{ÖB} \text{ dir.} \quad (1.1)$$

Öncel ve sonsal belirsizlikler formülde yerine konulduğunda;

$$I = -[P(H+) \log_2 P(H+) + P(H-) \log_2 P(H-)] -$$
$$(- \{ P(T+) [P(H+\backslash T+) \log_2 P(H+\backslash T+) + P(H-\backslash T+) \log_2 P(H-\backslash T+)]$$
$$+ P(T-) [P(H+\backslash T-) \log_2 P(H+\backslash T-) + P(H-\backslash T-) \log_2 P(H-\backslash T-)] \}) \quad (1.2)$$

$$I = -[P(H+) \log_2 P(H+) + P(H-) \log_2 P(H-)]$$
$$+ P(T+) [P(H+\backslash T+) \log_2 P(H+\backslash T+)]$$
$$+ P(T+) [P(H-\backslash T+) \log_2 P(H-\backslash T+)]$$
$$+ P(T-) [P(H+\backslash T-) \log_2 P(H+\backslash T-)]$$
$$+ P(T-) [P(H-\backslash T-) \log_2 P(H-\backslash T-)] \quad (1.3)$$

Test sonucunun pozitif çıkması olasılığı: Kişi gerçekte hastadır ve test sonucu pozitif çıkmıştır ya da kişi gerçekte hasta değildir ve test sonucu pozitif çıkmıştır. Buna göre test sonucunun pozitif çıkması olasılığı aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$P(T+) = P(H+ \text{ ve } T+) + P(H- \text{ ve } T+)$ bu değerler koşullu olasılıklar cinsinden yazıldığında;

$$P(T+) = P(H+) P(T+|H+) + P(H-) P(T+|H-)$$

$$P(T+) = Pr (DPO) + (1 - Pr)(YPO)$$

$$P(T+) = G \tag{1.4}$$

Test sonucunun negatif çıkması olasılığı: Kişi gerçekte hastadır ve test sonucu negatif çıkmıştır ya da kişi gerçekte hasta değildir ve test sonucu negatif çıkmıştır. Buna göre test sonucunun negatif çıkması olasılığı aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$P(T-) = P(H+ ve T-) + P(H- ve T-)$ bu değerler koşullu olasılıklar cinsinden yazıldığında;

$$P(T-) = P(H+) P(T-|H+) + P(H-) P(T-|H-)$$

$$P(T-) = Pr (1- DPO) + (1 - Pr)(1-YPO)$$

$$P(T-) = 1 - G \tag{1.5}$$

Bulunan $P(T+)$ ve $P(T-)$, Eşitlik (1.3)'teki "I" fomülünde yerine konulduğunda;

$$I = - Pr (\log_2 Pr) + (1-Pr) \log_2(1-Pr)$$

$$+(G) P(H+|T+) \log_2 P(H+|T+)$$

$$+(G) (P(H-|T+) \log_2 P(H-|T+))$$

$$+(1-G) P(H+|T-) \log_2 P(H+|T-)$$

$$+(1-G) P(H-|T-) \log_2 P(H-|T-) \text{ olur.} \tag{1.6}$$

Eşitlik (1.6)'daki $P(H+\backslash T+)$, $P(H-\backslash T+)$, $P(H+\backslash T-)$, $P(H-\backslash T-)$ olasılıkları Bayes Yaklaşımı kullanılarak DPO, YPO, Pr ve G değeri cinsinden yazılmak istendiğinde;

$P(H+ \cap T+)$ 'nın DPO, YPO, Pr ve G cinsinden yazımı:

$$P(H+ \cap T+) = P(H+\backslash T+)P(T+) \quad (1.7)$$

$$P(T+ \cap H+) = P(T+\backslash H+)P(H+) \quad (1.8)$$

Eşitlik (1.7) ve (1.8)'nin sağ tarafları birbirine eşitlendiğinde;

$$P(H+\backslash T+)P(T+) = P(T+\backslash H+)P(H+)$$

$$P(H+\backslash T+) = \frac{[P(T+\backslash H+)P(H+)]}{P(T+)}$$

$$P(H+\backslash T+) = \frac{(DPO)(Pr)}{G} \text{ olur.} \quad (1.9)$$

$P(H- \cap T+)$ 'nın DPO, YPO, Pr ve G cinsinden yazımı:

$$P(H- \cap T+) = P(H-\backslash T+)P(T+) \quad (1.10)$$

$$P(T+ \cap H-) = P(T+\backslash H-)P(H-) \quad (1.11)$$

Eşitlik (1.10) ve (1.11)'in sağ tarafları birbirine eşitlendiğinde;

$$P(H-\backslash T+)P(T+) = P(T+\backslash H-)P(H-)$$

$$P(H-\backslash T+) = \frac{[P(T+\backslash H-)P(H-)]}{P(T+)}$$

$$P(H-\backslash T+) = \frac{(YPO)(1-Pr)}{G} \quad \text{olur.} \quad (1.12)$$

$P(H+ \cap T-)$ 'nin DPO, YPO, Pr ve G cinsinden yazımı:

$$P(H+ \cap T-) = P(H+\backslash T-)P(T-) \quad (1.13)$$

$$P(T- \cap H+) = P(T-\backslash H+)P(H+) \quad (1.14)$$

Eşitlik (1.13) ve (1.14)'ün sağ tarafları birbirine eşitlendiğinde;

$$P(H+\backslash T-)P(T-) = P(T-\backslash H+)P(H+)$$

$$P(H+\backslash T-) = \frac{[P(T-\backslash H+)P(H+)]}{P(T-)}$$

$$P(H+\backslash T-) = \frac{(1-DPO)(Pr)}{(1-G)} \quad \text{olur.} \quad (1.15)$$

$P(H- \cap T-)$ 'nin DPO, YPO, Pr ve G cinsinden yazımı:

$$P(H- \cap T-) = P(H-\backslash T-)P(T-) \quad (1.16)$$

$$P(T- \cap H-) = P(T-\backslash H-)P(H-) \quad (1.17)$$

Eşitlik (1.16) ve (1.17)'nin sağ tarafları birbirine eşitlendiğinde

$$P(H-\backslash T-)P(T-) = P(T-\backslash H-)P(H-)$$

$$P(H-\backslash T-) = \frac{[P(T-\backslash H-)P(H-)]}{P(T-)}$$

$$P(H \setminus T) = \frac{(1 - YPO)(1 - Pr)}{(1 - G)} \quad \text{olur.} \quad (1.18)$$

Eşitlik (1.9), (1.12), (1.15), (1.18)'deki değerler eşitlik (1.6)'da ki "I" denkleminde yerine konulduğunda;

$$\begin{aligned} I = & - (Pr) \log_2 Pr - (1 - Pr) \log_2 (1 - Pr) \\ & + G \frac{(DPO)(Pr)}{G} \log_2 \frac{(DPO)(Pr)}{G} \\ & + G \frac{(YPO)(1 - Pr)}{G} \log_2 \frac{(YPO)(1 - Pr)}{G} \quad \text{elde edilir.} \quad (1.19) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & + (1 - G) \frac{(1 - DPO)(Pr)}{(1 - G)} \log_2 \frac{(1 - DPO)(Pr)}{(1 - G)} \\ & + (1 - G) \frac{(1 - YPO)(1 - Pr)}{(1 - G)} \log_2 \frac{(1 - YPO)(1 - Pr)}{(1 - G)} \end{aligned}$$

Burada G ve (1-G) değerleri birbirini götürür. Eşitlik 1.19'daki "I" formülü ortak çarpan parantezine alınıp log değerleri toplam biçimine dönüştürüldüğünde;

$$\begin{aligned} I = & - Pr * \log_2 Pr - (1 - Pr) \log_2 (1 - Pr) \\ & + DPO * Pr (\log_2 \frac{DPO}{G} + \log_2 Pr) \\ & + YPO * (1 - Pr) (\log_2 \frac{YPO}{G} + \log_2 (1 - Pr)) \quad \text{elde edilir.} \quad (1.20) \\ & + (1 - DPO) * Pr (\log_2 \frac{(1 - DPO)}{(1 - G)} + \log_2 Pr) \\ & + (1 - YPO) * (1 - Pr) (\log_2 \frac{(1 - YPO)}{(1 - G)} + \log_2 (1 - Pr)) \end{aligned}$$

Eşitlik (1.20)'deki parantezler açıldığında,

$$\begin{aligned} I = & -Pr \cdot \log_2 Pr - (1-Pr) \log_2 (1-Pr) \\ & + DPO \cdot Pr \cdot \log_2 \frac{DPO}{G} + DPO \cdot Pr \cdot \log_2 Pr \\ & + YPO \cdot (1-Pr) \cdot \log_2 \frac{YPO}{G} + YPO \cdot (1-Pr) \cdot \log_2 (1-Pr) \\ & + (1-DPO) \cdot Pr \cdot \log_2 \frac{(1-DPO)}{(1-G)} + Pr \cdot \log_2 Pr - DPO \cdot Pr \cdot \log_2 Pr \\ & + (1-YPO) \cdot (1-Pr) \cdot \log_2 \frac{(1-YPO)}{(1-G)} + (1-YPO) \cdot (1-Pr) \cdot \log_2 (1-Pr) \end{aligned} \quad (1.21)$$

elde edilir.

Yukarıda ki denklem sadeleştirildiğinde;

$$\begin{aligned} I = & (DPO)(Pr) \log_2 \frac{(DPO)}{G} \\ & + (YPO)(1-Pr) \log_2 \frac{(YPO)}{G} \\ & + (1-DPO)(Pr) \log_2 \frac{(1-DPO)}{1-G} \\ & + (1-YPO)(1-Pr) \log_2 \frac{(1-YPO)}{1-G} \end{aligned} \quad (1.22)$$

Bilgi İçeriği formülü elde edilir.

Eşitlik (1.20)'deki parantezler açıldığında,

$$\begin{aligned} I = & -Pr \cdot \log_2 Pr - (1-Pr) \log_2 (1-Pr) \\ & + DPO \cdot Pr \cdot \log_2 \frac{DPO}{G} + DPO \cdot Pr \cdot \log_2 Pr \\ & + YPO \cdot (1-Pr) \cdot \log_2 \frac{YPO}{G} + YPO \cdot (1-Pr) \cdot \log_2 (1-Pr) \\ & + (1-DPO) \cdot Pr \cdot \log_2 \frac{(1-DPO)}{(1-G)} + Pr \cdot \log_2 Pr - DPO \cdot Pr \cdot \log_2 Pr \\ & + (1-YPO) \cdot (1-Pr) \cdot \log_2 \frac{(1-YPO)}{(1-G)} + (1-YPO) \cdot (1-Pr) \cdot \log_2 (1-Pr) \end{aligned} \quad (1.21)$$

elde edilir.

Yukarıda ki denklem sadeleştirildiğinde;

$$\begin{aligned} I = & (DPO)(Pr) \log_2 \frac{(DPO)}{G} \\ & + (YPO)(1-Pr) \log_2 \frac{(YPO)}{G} \\ & + (1-DPO)(Pr) \log_2 \frac{(1-DPO)}{1-G} \\ & + (1-YPO)(1-Pr) \log_2 \frac{(1-YPO)}{1-G} \end{aligned} \quad (1.22)$$

Bilgi İçeriği formülü elde edilir.