

ROC Analizi I: Özgüllük, Duyarlılık, Pozitif Yordayıcı Değer ve Negatif Yordayıcı Değer Hesaplamaları

Sait Uluç

Hacettepe Üniversitesi, Psikoloji Bölümü
psysait@hacettepe.edu.tr

ROC eğrisi, ikinci dünya savaşı sırasında radar operatörlerinin performansını ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu operatörlerin radar ekranından düşman ve müktefik güçlerin yanı sıra gürültü ve sinyalde ayırt etmeleri gerekmiştir. Radar operatörlerinin yaşam ve ölüm arasındaki bu ayrıştırmayı yapma becerisi *Receiver Operating Characteristic (ROC)* olarak ifade edilmiştir. Yanlış ve doğru yanıtların oluşturduğu grafikler ise ROC eğrileri olarak adlandırılmıştır. Bu eğriler, 1970'lerde sağlık sektöründe çalışan uzmanlar tarafından tanıya yönelik testlerin "Duyarlılıkları" (sensitivity) ve "Özgüllükleri" (specificity) arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılmıştır. ROC eğrileri, tıbbi görüntüleme, klinik ölçüm araçlarının neşik değerlerinin hesaplanması, malzeme değerlendirme ve beceri testleri gibi farklı alanlarda kullanılmaya devam etmektedir. Aşağıda, belli bir ölçüm aracı için Özgüllük, Duyarlılık, Pozitif Yordayıcı Değer ve Negatif Yordayıcı Değer parametrelerinin hesaplanması ve Eşik Değerin belirlenmesinde kullanılan ROC eğrisinin çizimi aktarılmıştır.

Duyarlılık, Özgüllük, Pozitif Yordayıcı Değer ve Negatif Yordayıcı Değer

Tanının gerçekteki varlığı gözönünde bulundurulduğunda, klinik bir ölçüm aracından elde edilebilecek sonuçlar dört grupta toplanabilir:

Doğru Pozitif: Test sonucu hasta olarak belirlenen gerçek hastaların sayısı

Yanlış Pozitif: Test sonucu hasta olarak belirlenen gerçek normallerin sayısı

Doğru Negatif: Test sonucu normal

olarak belirlenen gerçek normallerin sayısı

Yanlış Negatif: Test sonucu normal olarak belirlenen gerçek hastaların sayısı

Tablo 1: Hastalığın Durumu ve Testin Sonucuna Bağlı Olasılıklar

	Hastalık Var	Hastalık Yok
Test Pozitif	Doğru Pozitif	Yanlış Pozitif
Test Negatif	Yanlış Negatif	Doğru Negatif

Duyarlılık hastalığın gerçekten varolduğu durumda testin sonucunun pozitif çıkma olasılığı olarak tanımlanmaktadır. Duyarlılık aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$\text{Duyarlılık} = \frac{\text{Doğru Pozitif}}{\text{Doğru Pozitif} + \text{Yanlış Negatif}}$$

Özgüllük ise hastalığın gerçekten var olmadığı durumda testin sonucunun negatif çıkma olasılığı olarak tanımlanmaktadır. Özgüllük aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$\text{Özgüllük} = \frac{\text{Doğru Negatif}}{\text{Doğru Negatif} + \text{Yanlış Pozitif}}$$

Bir testten elde edilen sonuçların yüksek bir kesinliğe sahip olabilmesi için hem duyarlılık hemde özgüllük değerlerinin yüksek olması gerekmektedir. Yanlış negatif sayısının azaltılması bir testin sahip olduğu Duyarlılığı arttırmaktadır. Bu durum gerçekten hasta olan bir danışanın gözden kaçırılma riskini azaltır. Öte yandan, Yanlış Pozitif sayısının azaltılması testin Özgüllüğünü arttırmaktadır. Yük-

sek özgüllük değeri sağlıklı danışanların gereksiz bir şekilde tanı almasını engellemektedir. Özellikle tedavi sürecinin yan etkileri fazla olduğunda yüksek özgüllük değeri önem kazanmaktadır.

Bir ölçüm aracından elde edilebilecek puanların oluşturduğu sayı cetveli üzerinde normal ile hasta arasındaki ayırımı yapıldığı nokta Eşik Değer olarak adlandırılmaktadır. Örneğin, Beck Depresyon Envanterinden (BDE) elde edilebilecek puanlar 0 ile 63 arasında değişmektedir. BDE için 21 puan Eşik Değerdir. 21'in altındaki puanlar normal düzeyde bir sıkıntıyı, 21'in üzerindeki puanlar Klinik anlamda Depresyonu tanımlamaktadır. Seçilen Eşik değeri Yanlış Pozitif ve Yanlış Negatif sayılarının temel belirleyicisi olmaktadır. Grafik A'da eşik değeri görece olarak düşük seçilmiştir. Bu nedenle, testin duyarlılığının yüksek ancak özgüllüğünün düşük olduğu görülmektedir. Bu durumda yanlış negatif sayısı düşük, yanlış pozitif sayısı ise yüksek olarak belirlenmektedir. Grafik B'de eşik değeri yükseltilmiş, duyarlılık düşerken özgüllük artmıştır. Sonuç olarak, Yanlış negatif sayısı artarken, yanlış pozitif sayısının azaldığı görülmektedir. Duyarlılık ve Özgüllük arasında gözlenen eş zamanlı ve zıt yöndeki ilişki, klinik araştırmacıları eşik değeri seçimi konusunda kritik kararlar almaya zorlamaktadır.

Özgüllük ve Duyarlılık değerleri bir ölçüm aracının tanı amaçlı kullanıma ne ölçüde uygun olduğunu ifade etmektedir. Ancak, testten elde edilen pozitif sonuca bakarak hastanın gerçekten var olduğunu söylemek için Özgüllük ve Duyarlılık değerlerini bilmek yeterli değildir. Bu bilgiye Yordayıcı Değerler hesaplanarak ulaşılmaktadır.

Pozitif Yordayıcı Değer (PYD), hasta olup-ta testten pozitif sonuç olan kişilerin oranı olarak tanımlanmaktadır ve aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

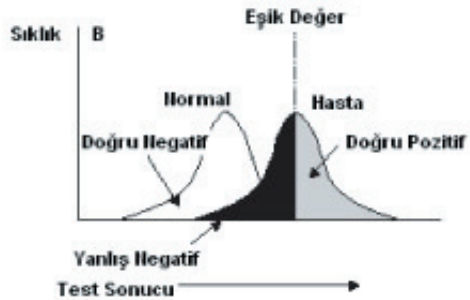
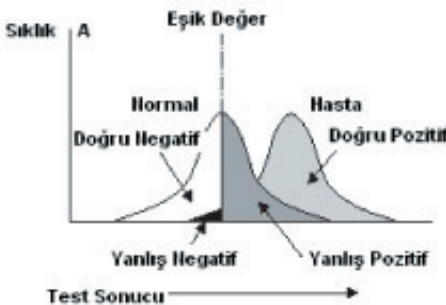
$$\text{Pozitif Yordayıcı Değer} = \frac{\text{Doğru Pozitif}}{\text{Doğru Pozitif} + \text{Yanlış Pozitif}}$$

Negatif Yordayıcı Değer (NYD) ise normal olupta testten negatif sonuç olan kişilerin oranı olarak tanımlanmaktadır ve aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$\text{Negatif Yordayıcı Değer} = \frac{\text{Doğru Negatif}}{\text{Doğru Negatif} + \text{Yanlış Negatif}}$$

Yordayıcı Değerlerin, hastalığın görülme sıklığından (prevelansından) önemli derecede etkilendiği akılda tutulması gereken önemli bir bilgidir. Belli bir hastalığın görülme sıklığı, evrendeki hasta sayısının evreni oluşturan kişi sayısına bölünmesiyle elde edilmektedir.

Şekil 1: Yüksek ve Düşük Eşik Değerleri



Bozukluk A (görülme sıklığı yüksek)

	Hastalık Var	Hastalık Yok	
	Test Pozitif	90	
Test Negatif	10	90	90
	100	100	200

$$\text{Duyarlılık} = \frac{90}{90+10} = 0.90$$

$$\text{Özgüllük} = \frac{80}{80+20} = 0.80$$

$$\text{Prevelans} = \frac{100}{200} = 0.50$$

$$\text{Pozitif Yordayıcı Değer} = \frac{90}{90+20} = 0.82$$

$$\text{Negatif Yordayıcı Değer} = \frac{80}{10+80} = 0.89$$

Bozukluk B (görülme sıklığı düşük)

	Hastalık Var	Hastalık Yok	
	Test Pozitif	9	
Test Negatif	1	152	153
	10	190	200

$$\text{Duyarlılık} = \frac{9}{9+1} = 0.90$$

$$\text{Özgüllük} = \frac{152}{38+152} = 0.80$$

$$\text{Prevelans} = \frac{10}{200} = 0.05$$

$$\text{Pozitif Yordayıcı Değer} = \frac{9}{9+38} = 0.19$$

$$\text{Negatif Yordayıcı Değer} = \frac{152}{1+152} = 0.99$$

Yukarıda aynı evren içinde görülme sıklığı düşük ve görülme sıklığı yüksek olan iki farklı bozukluk için ölçüm araçlarına ait hesaplamalar kurgulanmıştır.

Örnekte de görüldüğü gibi, her iki örneklem için Özgüllük ve Duyarlılık değerleri aynı olmasına karşın, bozukluğun görülme sıklığına bağlı olarak yordayıcı değerlerde anlamlı farklılıklar hesaplanmıştır. Bir bozukluğun görülme sıklığı azaldıkça PYD'nin azaldığı ve NYD'in arttığı; bozukluğun görülme sıklığı arttıkça PYD'nin arttığı ve NYD'in azaldığı görülmektedir.

Bu durumun uygulama alanında sık rastlanan sonuçlarından biri, uzmanın Pozitif Yordayıcı Değerini yüksek bir ölçüm aracı kullandığını var saydığı durumlarda uygulama yaptığı örneklemde bozukluğun görülme sıklığının değişmesi nedeniyle beklediği kesinliğe ulaşamamasıdır. Bu nedenle, farklı demografik özelliklere sahip örneklem için görülme sıklığının değişebileceği ön görülüyorsa PYD ve NYD'in yeniden hesaplanması gerekmektedir.

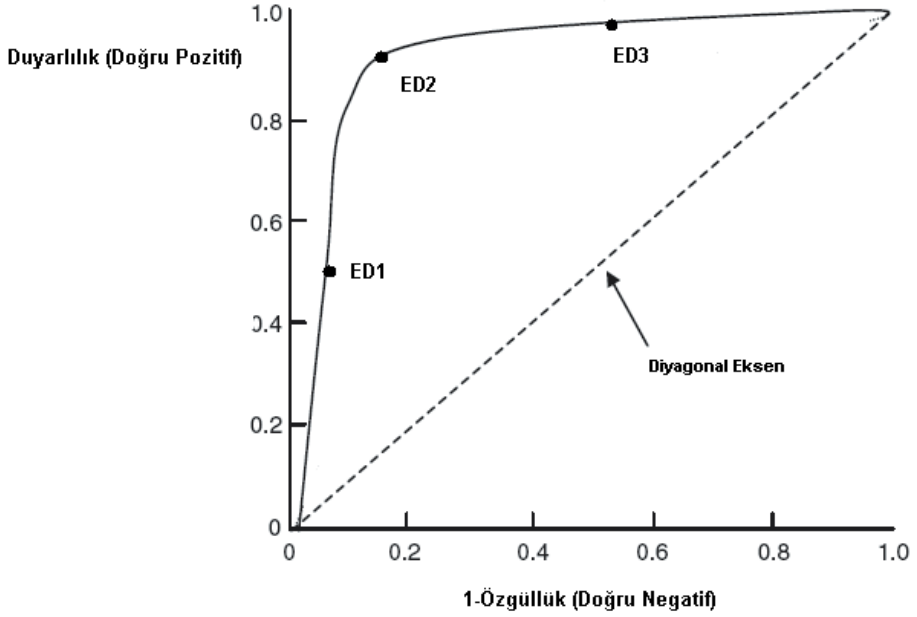
Eşik Değerin Seçimi ve ROC Eğrisi

Yukarıda aktarıldığı gibi bir ölçüm aracına

ait Özgüllük, Duyarlılık, PYD ve NYD gibi parametrelerin alabileceği değerler araç için seçilen Eşik Değer tarafından belirlenmektedir. Eşik Değer seçimi sıklıkla ROC eğrisi kullanılarak yapılmaktadır. Belirli bir ölçüm aracı için ROC eğrisi, farklı Eşik Değerlerde gözlenen Duyarlılık (Doğru Pozitif) ve 1-Özgüllük (Yanlış Pozitif) değerleri temel alınarak çizilmektedir. Eğri üzerindeki her nokta çeşitli Eşik Değerlerdeki Duyarlılık ve Özgüllük çiftlerini temsil etmektedir. Aşağıdaki örnekte hipotetik bir ölçüm aracı için 3 farklı eşik değer seçilmiş ve Özgüllük-Duyarlılık çiftleri hesaplanmıştır.

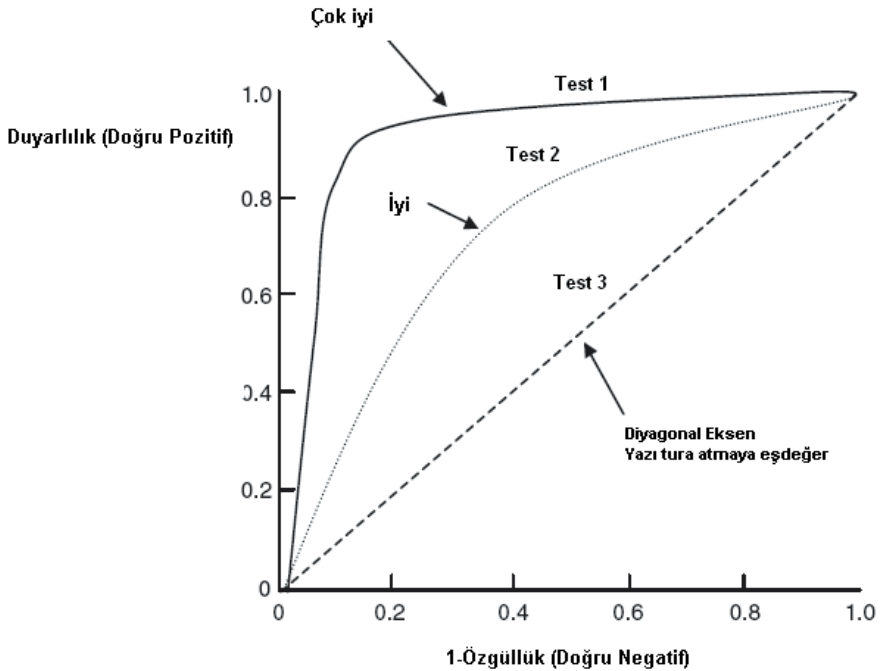
Şekil II'de belirlenen Özgüllük-Duyarlılık çiftleri temel alınarak çizilen ROC eğrisi görülmektedir. Eğri üzerinde Diagonal eksene en uzak olarak belirlenen noktanın ED2'ye (Eşik Değer 2) ait olduğu görülmektedir. Bu durumda hipotetik ölçüm aracı için kullanılabilir en iyi Eşik Değer ED2'dir. ROC eğrisini iki ya da daha fazla testin kesinliğini karşılaştırmak içinde kullanmak mümkündür. Bu durumda testlerin kesinlik düzeyi diyagonal eksene göre yerleşimleri temel alınarak değerlendirilir. ROC eğrisi diyagonal eksene yaklaştıkça test sonucu elde edilen tanının kesinliği azalmakta; uzaklaştıkça test sonuçlarının kesinliği artmaktadır.

Şekil 2: Tek Bir Ölçüm Aracı için ROC Eğrisi



ED1=Eşik Değer 1, ED2=Eşik Değer 2, ED3=Eşik Değer 3

Şekil 3: Üç Farklı Ölçüm Aracı için ROC Eğrileri



Şekil III incelendiğinde, ölçüm alınan olgu için en kesin sonuçları sağlayan ölçüm aracının Test 1 olduğu görülmektedir. Test 2'den elde edilen sonuçlar tanısal ayırım için orta düzeyde bir kesinlik sunmaktadır. Test 3'ten elde edilen sonuçlara bakarak yapılacak tanısal bir ayırımın kesinliği ise en fazla yazı tura sonucu karar almak kadar güvenilir olacaktır. Aşağıda şu ana kadar üzerinde aktardığımız kavramlar ve formüller örnek bir soru üzerinde kullanılmıştır.

Örnek Çalışma

Bir araştırmacı Çizgi Takip Testinde gösterilen performansın Dikkat Dağınıklığı Hiperaktivite Bozukluğu (ADHD) tanısı için kullanılabilir bir ölçüm olduğunu düşünmektedir. Bu amaç doğrultusunda 50'si normal ve 50'si klinik değerlendirme sonucu ADHD tanısı almış toplam 100 katılımcıdan oluşan bir örnekleme Çizgi Takip Testini uygulamış ve süre puanlarını not etmiştir. Ön analizler iki grubun testi tamamlama süreleri arasında anlamlı farklılıklar olduğuna işaret etmiştir. Araştırmacı elindeki bulgulara dayanarak, Çizgi Takip Testi için ADHD grubunu normellerden ayırt edecek bir Eşik Değer hesaplamak istemektedir. (Bu araştırma sorusunun ve sayısal değerlerin tamamı kurgusaldır)

Adım 1

Katılımcıların süre puanlarının frekans dağılımı incelenerek farklı Eşik Değerler belirlenmiştir. Ekonomik davranabilmek için bu örnek kapsamında seçilen Eşik Değer sayısı sınırlı tutulmuştur. Daha sonra seçilen her bir Eşik Değere bağlı olarak Çizgi Takip Testi sonuçlarının (Test Pozitif X Test Negatif) Klinik tanın durumuna göre dağılımı belirlenmiştir.

Adım 2

İzleyen aşamada, Eşik Değerlerin her biri için Tabloda verilen dağılımlar kullanılarak Duyarlılık, Özgüllük, Poziti-

tif Yordayıcı Değer ve Negatif Yordayıcı Değer hesaplamaları yapılmıştır.

Adım 3

Son aşamada, elde edilen Duyarlılık ve 1-Özgüllük değerleri kullanılarak ROC eğrisi çizilmiştir. Eşik değerlerin eğri üzerindeki yerleşimleri dikkate alındığında en uygun Eşik Değerin 240 sn olduğu görülmektedir. Buna göre, katılımcının ADHD olarak tanımlana bilmesi için Çizgi Takip Testini tamamlama süresinin 240sn'yi geçmesi gerekmektedir.

Adım 1

	76sn		198sn		240sn		272sn		1075sn	
	H ⁺	H ⁻	H ⁺	H ⁻	H ⁺	H ⁻	H ⁺	H ⁻	H ⁺	H ⁻
Test Pozitif	50	49	46	18	42	5	35	1	1	0
Test Negatif	0	1	4	32	8	45	15	49	49	50

H⁺ =ADHD tanısı var, H⁻ =ADHD tanısı yok

Adım 2

Eşik Değer	Duyarlılık	Özgüllük	1-Özgüllük	PYD	NYD
76 sn	1	0	1	0.50	1
198 sn	0.92	0.64	0.36	0.72	0.89
240 sn	0.84	0.90	0.10	0.89	0.85
272 sn	0.70	0.98	0.02	0.97	0.76
1075 sn	0	1	0	1	0.50

Adım 3

