

**T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
HALK SAĞLIĞI
ANA BİLİM DALI**

Tez Yöneticisi
Prof. Dr. Galip EKUKLU
Tez Yardımcı Yöneticisi
Doç. Dr. Selçuk KORKMAZ

**BİYOKİMYASAL PARAMETRELER KULLANILARAK
İDRAR KÜLTÜR SONUÇLARININ ÖNGÖRÜLMESİNDE
YAPAY ZEKA TEKNOLOJİLERİNİN ROLÜNÜN
ARAŞTIRILMASI**

(Uzmanlık Tezi)

Dr. Pınar Zehra DAVARCI

EDİRNE - 2025

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimimde kendisinden çok şey öğrendiğim, desteğini her zaman hissettiğim, bilgi ve tecrübesiyle akademik bakış açısı kazandıran tez danışmanım Ana Bilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Galip EKUKLU'ya, bilgi birikimi ve vizyonu ile tezime kılavuzluk eden tez eş danışmanım Doç. Dr. Selçuk KORKMAZ'a, mesleki bilgi ve tecrübelerinden faydalanma şansına eriştiğim asistanlığım döneminde emekli olan Prof. Dr. Faruk YORULMAZ'a, değerli hocalarım Doç. Dr. Ülfıye ÇELİKKALP'e ve Dr. Öğr. Üyesi E. Gökçen SELÇUK'a, tüm araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve personelimize, desteklerini hissettiğim aileme, sevgili eşim İsmail DAVARCI'ya ve kalbinin güzelliği yüzüne yansımış canım kızım Şevval DAVARCI'ya gönülden teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
GENEL BİLGİLER	3
ÜRİNER SİSTEM ENFEKSİYONU TANIMI VE SINIFLANDIRMASI	3
ÜRİNER SİSTEM ENFEKSİYONU EPİDEMİYOLOJİSİ	6
ÜRİNER SİSTEM ENFEKSİYONU PATOGENEZİ	8
ÜRİNER SİSTEM ENFEKSİYONU TANISI	10
ÜRİNER SİSTEM ENFEKSİYONU TEDAVİSİ.....	18
YAPAY ZEKA.....	18
GEREÇ ve YÖNTEM.....	26
BULGULAR	34
TARTIŞMA	71
SONUÇLAR.....	77
ÖZET	80
SUMMARY	82
KAYNAKLAR.....	84
EKLER	

SİMGE VE KISALTMALAR

- ABD:** Amerika Birleşik Devletleri
ASB: Asemptomatik bakteriüri
AUC: Area Under Curve
CDC: Centers for Disease Control and Prevention
CRP: C-Reaktif Protein
DP: Doğru pozitif
DN: Doğru negatif
ICD: International Classification of Disease
kob/mL: Mililitredeki koloni oluşturan birim
Light GBM: Light Gradient Boosting Machine
NN: Neural Network
RF: Random Forest
SVM: Support Vector Machine
ÜSE: Üriner sistem enfeksiyonu
YN: Yanlış negatif
YP: Yanlış pozitif
YZ: Yapay Zeka
XG Boost: Extreme Gradient Boosting
TİT: Tam idrar tetkiki

GİRİŞ VE AMAÇ

Üriner sistem enfeksiyonları, üriner sistemin herhangi bir yerini tutan ve tüm yaş gruplarında toplum veya hastane kökenli enfeksiyonlar içinde en sık karşılaşılan bakteriyel enfeksiyonlardandır (1). Dünya genelinde her yıl 150 milyondan fazla kişinin toplum kökenli ÜSE ile karşılaştığı öngörülmektedir (2). ÜSE tanı süreci genellikle klinik belirtilere dayalı olarak ve pozitif idrar analizi veya kültürü temel alınarak gerçekleştirilir (3). Sadece klinik kriterler kullanılarak ÜSE tanısı koymak % 33 hata oranına sahiptir (4). İdrar testi için ise altın standart patojenin tanımlanması, kantifikasyon ve hassasiyet testi ile bakteriyolojik bir idrar kültürü yapmaktır (4). Öte yandan idrar kültürlerinin sonuçlanması genellikle ≥ 24 saat sürerken antibiyoterapi kararları dakikalar içinde verilir. İdrar kültür sonuçlarının doğru tahmini ÜSE olan hastaların hızlı tedavisini sağlarken, ÜSE olmayanlarda gereksiz antibiyotik kullanımını önleyebilir (5).

Genel anlamda yapay zeka, karmaşık görevleri insan müdahalesine minimum ihtiyaç duyarak ya da insan müdahalesinden tamamen bağımsız olarak çözmek için bilgisayarların veya bilgisayar kontrolündeki cihazların insan davranışlarını taklit etmesi, yeniden üretmesi ve hatta insan karar verme sürecinin aşması konusundaki tekniklerin tümünü içeren bir terimdir (6,7). Teknolojinin gelişmesiyle beraber yapay zeka günlük yaşam dinamikleri, sağlık, eğitim, endüstri, medya, ticaret, politika ve sosyal hizmetler gibi çok çeşitli uygulama alanlarında kullanılmaktadır (8).

Yapay zeka, sağlık alanında erken teşhis, tanı, karar verme, tedavi, araştırma, eğitim, sağlığı koruyup sürdürme alanlarında karşımıza çıkmaktadır (9). Daha önce farklı yaş gruplarında ÜSE tanısı için klinik bulgular ve biyokimyasal parametreler kullanılarak oluşturulan yapay zeka metodları olmakla beraber, idrar kültür sonucu öngörmek için, tüm yaş

gruplarında yalnızca biyokimyasal parametreler kullanılarak geliştirilen yapay zeka algoritmaları nadirdir.

Bu çalışmanın amacı; biyokimyasal parametreler kullanılarak idrar kültür sonucunu öngörmeye yapay zeka teknolojilerinin rolünü araştırmaktır.



GENEL BİLGİLER

ÜRİNER SİSTEM ENFEKSİYONU TANIMI VE SINIFLANDIRMASI

Üriner sistem enfeksiyonu (ÜSE), üriner sistemin herhangi bir alanını tutan enfeksiyon tablosudur (10).

ÜSE tutulan bölgeye, konağın özelliklerine ve risk faktörlerine göre sınıflandırılır. Yaygın olarak Hastalık Önleme ve Kontrol Merkezi'nin (CDC) "Sağlık bakımı ilişkili enfeksiyonlar sürveyans rehberi" ve Amerika Enfeksiyon Hastalıkları Derneği'nin "ÜSE tedavisinde yeni anti-enfektif ilaçların değerlendirilmesi rehberi" kullanılmaktadır (11). Avrupa Üroloji Derneği ise bu rehberlerin farklı amaçlarla hazırlanması nedeniyle kategorilerin oldukça heterojen grupları barındırdığını ve karar verme süreçlerini kompleks hale getirdiğini öne sürerek malignite sınıflamalarına benzeyen, risk faktörleri, klinik tablo ve tedavi seçeneklerini de barındıran, yeni bir derecelendirmeli sınıflama sistemi önermiştir. Ancak bu sistemin yaygın kullanılması için henüz klinik çalışmalara ihtiyaç vardır (12).

Böbrekler, üreterler, mesane ve üretranın oluşturduğu bu sistemin herhangi bir bölgesinde meydana gelen enfeksiyon tablosu olduğu anatomik bölgeye göre alt veya üst ÜSE, toplumda ya da hastanede gelişmesine göre toplum kökenli veya hastane kökenli ÜSE, hastalarda komplike edici faktörlerin varlığına göre komplike veya komplike olmayan ÜSE, enfeksiyonun seyrine göre akut veya yineleyen ÜSE, semptomların varlığına göre semptomatik veya asemptomatik ÜSE olmak üzere çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir (13).

Kısaca ÜSE, asemptomatik bakteriüriden sepsise yol açabilen akut piyelonefrite kadar uzanan çeşitli klinik tabloların ortak başlığıdır.

Üst ÜSE:

Böbrek ve üreterleri içeren idrar yolu enfeksiyonudur (14).

Alt ÜSE:

Mesane ve üretrayı içeren ancak üst idrar yolunu içermeyen enfeksiyondur (14).

Asemptomatik bakteriüri:

Bakteriüri, idrarda bakterinin bulunması olarak tanımlanır. Semptomlar olmaksızın idrarda bakteri bulunması ise asemptomatik bakteriüri (ASB) adını alır. ASB, sağlıklı kadınlar ve altta yatan ürolojik anormallikleri olan kişiler de dahil olmak üzere genel popülasyonda yaygın görülen bir durumdur. Semptom olmayan erkeklerde bir kez yapılan idrar kültüründe tek cins mikroorganizma üremesi tanı için yeterli iken, semptomu olmayan kadınlarda, kontaminasyon riskinin daha yüksek olması nedeniyle uygun yöntemle ardışık iki kere alınan idrar kültür örneğinde, 10^5 birim/ml (kob/ml) koloni ve üzeri tek ve aynı cins mikroorganizma üremesi ile tanı konulur (15).

Steril pyüri:

İdrarda artmış beyaz küre tespit edilmesine rağmen idrar kültüründe üreme olmamasıdır (14).

Semptomatik ÜSE:

Ateş ve/veya üriner semptomlar barındıran idrar yolu enfeksiyonudur (14).

Sistit:

Ateş, titreme, bulantı gibi sistemik bulguların eşlik etmediği, suprapubik ağrı, sık idrara çıkma, dizüri, hematüri gibi lokalize semptomlarla seyreden mesane enfeksiyonuna sistit adı verilir (16). Daha çok üreme çağındaki kadınlarda görülen bu enfeksiyonun ayırıcı tanısında vajinit veya üretrit gibi olası tanıların da dikkate alınması gerekir (16).

Piyelonefrit:

Sık idrara çıkma, dizüri, yan ağrısı, ateş gibi semptomlarla ortaya çıkan, akut ya da kronik seyredebilen, üreterler, renal pelvis ve renal parankimde görülen, böbreğin semptomatik enfeksiyonuna piyelonefrit denilmektedir (17).

Komplike ve komplike olmayan ÜSE tanımı, akut sistit ve piyelonefrit tanıları için komplike edici faktör bulunup bulunmamasına göre yapılır. Komplike edici faktörler Tablo 1’de gösterilmiştir (18).

Tablo 1. Üriner sistem enfeksiyonlarında komplike edici faktörler

1.Erkek cinsiyet
2.Gebelik
3.Diyabetes Mellitus
4.İmmun yetmezlikler Malignansi Organ nakli Nötropeni Doğumsal ya da edinilmiş immün yetmezlik, insan immün yetmezlik virüsü hastalığı
5.Fonksiyonel bozukluklar Nörojenik mesane Spinal kord yaralanması Böbrek yetmezliği Nefrokalsinozis Vezikoüreteral reflü
6.Obstruksiyon ve diğer yapısal/anatomik bozukluklar Ürolithiazis Üretral veya üreteral darlık Benign prostat hiperplazisi At nalı böbrek, polikistik böbrek, hidronefroz Üriner kateter/sonda kullanımı Nefrostomi, stent gibi yabancı cisim varlığı

Tekrarlayan ÜSE:

Altı ay içinde ikiden fazla, son bir yıl içinde üç veya üçten fazla ÜSE atağı olarak tanımlanır. Relaps (tedaviye rağmen aynı patojen ile, tedaviden veya kültürde üreme olmamasından sonraki ilk iki hafta içinde enfeksiyonun tekrar oluşması) ya da reenfeksiyon (farklı bir mikroorganizma ile tedaviden sonraki ilk altı ay içinde yeni bir enfeksiyon gelişme durumu) olarak karşımıza çıkabilir (19).

Ürosepsis:

Üriner sistem enfeksiyonuna bağlı gelişen sepsis durumudur (20).

Kronik ÜSE:

ÜSE'nin aynı mikroorganizma ile aylarca veya yıllarca relapslar şeklinde devam etmesidir. Reenfeksiyon, kronik ÜSE tanımına girmez (17).

ÜRİNER SİSTEM ENFEKSİYONU EPİDEMİYOLOJİSİ

ÜSE tüm yaş gruplarında toplum veya hastane kökenli enfeksiyonlar içinde en sık karşılaşılan bakteriyel enfeksiyonlardandır (1). Tüm dünyada yıllık yaklaşık 150 milyon insanı etkilediği bilinmektedir (2). ÜSE, ciddi tekrarlama oranları, üropatojenler arasında artan antimikrobiyal direnç ve ekonomik yükü artırma riski nedeniyle önemli bir halk sağlığı sorunudur (21).

Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD), ÜSE'nin yılda yaklaşık 8,6 milyon kişiyi etkilediği, semptomların ortalama 6 gün sürdüğü, kişilerin aktivitelerinde 2-4 gün azalmaya sebep olduğu ve ABD ekonomisine yılda tahmini 2-4 milyar dolarlık maliyete yol açtığı tespit edilmiştir (22). ABD'de antibiyotik reçetelerinin yaklaşık % 15'i ÜSE nedeniyle ve bazı Avrupa ülkelerinden de benzer veriler bulunmaktadır (2). Komplike üriner sistem enfeksiyonu ilişkili sağlık hizmet harcamalarını irdeleyen çok uluslu bir çalışmada hasta başına sağlık hizmet maliyeti ortalama 5700 Euro bulunmuş olup en yüksek harcama kişi başına 7740 Euro ile Türkiye'ye aittir (23).

Bildirimi zorunlu enfeksiyonlar arasında yer almaması nedeniyle ÜSE insidansını doğru şekilde belirlemek zordur (2). Ayrıca doğru tanı için hem semptomların varlığı hem de pozitif idrar kültürü gerekmesine rağmen ayaktan başvuran hastalarda tanının idrar kültürü olmadan konulması bu durumu daha da güçleştirir (24).

ÜSE bebeklerde ve çocuklarda yaygın görülen bir enfeksiyon tablosu olup akut morbidite ve uzun vadeli tıbbi komplikasyonlara yol açabilir (25). Yenidoğan dönemi de dahil olmak üzere tüm pediyatrik yaş gruplarında görülebilmektedir. Yaşamın ilk 3 ayında erkeklerde daha fazla görülürken, 3 aydan sonra kız çocuklarında daha sık rastlanmaktadır. Bir yaşına kadar hem kız hem de erkek çocuklarında ateşli ÜSE görülme sıklığı fazla iken 3 yaşından itibaren ateşin eşlik etmediği sistit gibi ÜSE tabloları kız çocuklarında daha sık görülür (26). Kız çocuklarının yaklaşık % 7-8'i, erkek çocuklarının ise yaklaşık % 2'si yaşamlarının ilk 8 yılında idrar yolu enfeksiyonu geçirir (26). Okul dönemindeki kız çocuklarında ortaya çıkan

bakteriüri sıklıkla asemptomatiktir ve tekrarlar. Bu yaş grubunda ÜSE geçiren kişilerin tekrarlayan bakteriüri riski genel popülasyona göre daha yüksektir (25).

Erişkinlerde ÜSE, çocukluk çağına benzer şekilde, erkeklere göre kadınlarda daha sık karşımıza çıkmaktadır. Gebe olmayan genç kadınlarda, ASB insidansı % 1 ile % 3 arasındadır. Bu oran, hamile kadınlarda artmakta olup hamilelik, ASB'nin preterm eylem olasılığını ve bebeğin perinatal mortalitesini artırması nedeniyle tedavi endikasyonu oluşturur (15). ASB'nin farklı popülasyonlardaki prevalansı Tablo 2'de sunulmuştur (15).

18-24 yaş arası seksüel aktif genç kadınlar semptomatik enfeksiyonun en sık görüldüğü yaş grubudur (24). Yaklaşık her üç kadından biri 24 yaşına kadar en az bir kez antimikrobiyal tedavi gerektiren ÜSE geçirmektedir (24). Hayatlarında en az bir kez semptomatik ÜSE geçiren kadınlar, tüm kadınların % 50-80'idir (27). Sağlıklı kadınların % 2-5'i tekrarlayan ÜSE geçirmektedir. Bir kez ÜSE geçiren bir kadının ikinci ÜSE geçirme riski hiç ÜSE geçirmemiş bir kişiden daha yüksektir (28). Erişkin erkeklerde ASB prevalansı $\leq$ %1'in altındadır. ÜSE geçiren erkeklerde, genellikle altta yatan anatomik bir bozukluk olduğu düşünülür ve komplike ÜSE olarak kabul edilir (29).

Erkeklerde üriner sistem enfeksiyonu sıklığı yaşla birlikte artar (30). Kadınlarda üriner sistem enfeksiyonu orta yaşlarda (yaklaşık 35-65 yaş) azalma gösterir ancak 65 yaşından sonra tekrar artma eğilimindedir (30). Prostat hipertrofisine bağlı obstruksiyon 50 yaş üstü erkeklerde üriner sistem enfeksiyonlarında artmaya neden olabilir ve bu yaş grubu erkeklerde üriner sistem enfeksiyonları aynı yaş grubundaki kadınlardaki kadar sık olabilir (10). Genç yetişkin kadınlarda ÜSE geçirme oranı, genç erkeklere göre oldukça yüksek olmasına rağmen 65 yaş üstü grupta bu fark azalır. 65 yaş üstü kadınlarda, ASB oranı % 20 iken bu oran yaşlı erkeklerde % 10'lardadır (28).

Yaşlı erişkinlerdeki enfeksiyonların yaklaşık % 25'ini üriner sistem enfeksiyonları oluşturmaktadır (31). Geriatrik gruptaki hastane yatışlarının % 15,5'i ve enfeksiyon nedenli ölümlerin de % 6,2'si ÜSE nedenlidir (32). Yaşlılarda, semptomatik ÜSE ile yaşlılık döneminde prevalansı artan ASB tanıları sıklıkla karıştırılmakta ve ASB'ye gereksiz antibiyotik tedavisi verilmektedir (15). Bu durum hem toplum kökenli hem de hastane kökenli üriner mikroorganizmalarda antimikrobiyal direncin ve antibiyotiğe bağlı yan etkilerin sıklığında artışa neden olmaktadır (33-35).

Bunların yanı sıra rutin klinik mikrobiyoloji teşhis laboratuvarlarının, en yüksek iş yükünü üriner sistem enfeksiyonu şüphesi olan hastalardan alınan idrar örnekleri oluşturur (36).

Tablo 2. ASB'nin farklı popülasyonlardaki prevalansı

Populasyon	Prevalans (%)
Çocuklar	
Erkek	<1,0
Kız	1,0-2,0
Sağlıklı premenopozal kadınlar	1,0-5,0
Gebe kadınlar	1,9-9,5
50-70 yaş arası postmenopozal kadınlar	2,8-8,6
Diyabetik hastalar	
Kadınlar	10,8-16,0
Erkekler	0,7-11,0
Yaşlı hastalar (≥70 yaş)	
Kadınlar	10,8-16,0
Erkekler	3,6-19,0
Uzun dönem hastaneye yatış öyküsü (≥70 yaş)	
Kadınlar	25,0-50,0
Erkekler	15,0-50,0
Spinal kord hasarı olanlar	
Aralıklı kateter kullanımı	23,0-69,0
Sfinkterotomi/kondom kateter kullanımı	57,0
Renal transplantlı hastalar	
Transplant sonrası ilk ay	23,0-24,0
Transplant sonrası 1. ay- 1. yıl arası	10,0-17,0
Transplanttan 1 yıl sonra	2,0-9,0
Kalıcı kateter kullanımı	
Kısa süreli	3,0-5,0 /gün kateter
Uzun süreli	100,0

ÜRİNER SİSTEM ENFEKSİYONU PATOGENEZİ

ÜSE; konağın genetik, biyolojik ve davranışsal özellikleri ile bakterilerin virulans faktörleri etkileşimi sonucunda gelişir. Bakterilerin üriner sisteme girişi, genellikle asendan yol, hematogen yol ve lenfatik yol olmak üzere üç temel yolla gerçekleşir. Bu aşamadan sonra

konağın savunma mekanizmalarının etkisiyle semptomatik bir enfeksiyon olarak ortaya çıkabilir veya asemptomatik olarak kalabilirler (13).

Doğal immunité, insan vücudunda antibakteriyel savunmanın en önemli kısmını oluşturur. Üriner sistemde epitel ve diğer hücreleri uyaran mikroorganizmalar sitokin ve diğer inflamatuvar hücrelerin salınımına yol açar (37). Fiziksel savunma mekanizmalarının en önemlilerinden biri mesanenin hızlı akım mekanizmasıdır (38). Distal üretra ve periüretral alanın ortam pH'sını bozan faktörlerden etkilenmesi sonucu ÜSE riski artar (37). ÜSE için konağa ait risk faktörleri Tablo 3'te sunulmuştur (39).

Tablo 3. ÜSE için konağa ait risk faktörleri

	Kadın	Erkek
Tüm yaşlar	ÜSE geçirmiş olmak	Sünnetsiz olmak
	Ürolojik girişim/cerrahi	Ürolojik girişim/cerrahi
	Üriner obstrüksiyon, taş	Üriner obstrüksiyon, taş
	Nörojenik mesane	Nörojenik mesane
	Böbrek nakli	Böbrek nakli
Erişkinler	Sık cinsel temas	Rektal cinsel temas
	Post koital miksiyon yapılmaması	
	Spermisid kullanımı	
	Diyafram kullanımı	
	Gebelik	
	Düşük sosyoekonomik düzey	
	Diyabetes Mellitus	
	Yüksek viral yüklü HIV enfeksiyonu	
Yaşlılar	Fonksiyonel veya mental bozukluk	Fonksiyonel veya mental bozukluk
	Östrojen eksikliği	Prostat hipertrofisi
	Mesane prolapsusu/sistosel	Prezervatif sonda kullanımı

ÜSE'de etken olabilecek birçok mikroorganizma mevcuttur ancak üriner sisteme kolonizasyon, invazyon ve üriner sistemde hastalık oluşturma yeteneğine sahip virulans

faktörleri bulunan *Escherichia coli*, en sık izole edilen bakteridir (17). *E. coli*, toplum kaynaklı ÜSE'lerin % 75-% 95'ini oluşturur (40). ÜSE'de etken olabilecek diğer Gram (–) bakteriler genellikle *Enterobacterales* ailesine ait olan *Klebsiella spp.*, *Proteus mirabilis* ve daha nadiren *Pseudomonas aeruginosa*'dır. *Staphylococcus saprophyticus*, *Enterococcus faecalis* ve *Streptococcus agalactiae* ÜSE etyolojisinde rol oynayabilecek Gram (+) bakterilerdir (41). Bakteriler dışındaki en sık etkenler mantarlar (özellikle *Candida spp.*) olup daha az olarak da mikobakteriler, virüsler ve parazitler ÜSE nedeni olabilir (42).

ÜRİNER SİSTEM ENFEKSİYONU TANISI

ÜSE toplumda sık görülen bir enfeksiyon olmasına rağmen tanı konulma aşamasında karışıklıklar mevcuttur. ASB'nin yaygın olması ve üriner semptomların yalnızca ÜSE'den kaynaklanmaması tanıyı zorlaştırır. Üriner şikayetleri olan kadınların yaklaşık % 20'sinde idrar kültürü negatif saptanır (43). ÜSE tanısı için iyi bir öykü, fizik muayene ve pozitif idrar bulguları gereklidir.

Öykü ve Fizik Muayene

ASB sık görülen bir tablo olduğundan ÜSE'de öykü ve fizik muayenenin önemli bir yeri vardır. Klinik tablo ise hem ÜSE'nin kaynaklandığı yer hem de yaş, komorbid hastalıklar gibi faktörlerden etkilenebilir.

Sistitte semptomlar genellikle mesanede sınırlı olup ateş beklenmez. Klinik belirtiler üretral ve vezikal mukozanın irritasyonuna bağlı olarak oluşan sık idrara çıkma isteği, pollaküri, dizüri şeklinde karşımıza çıkar. Suprapubik hassasiyet eşlik edebilir. Postmenapozal kadınlarda, yaşlılarda ve çocuklarda idrar inkontinansı, idrarda kötü koku gibi bulgular olabilir. Bazen hematüri görülebilir. Ateş olduğunda piyelonefritten şüphelenilmelidir (44). Vajinit veya üretrit durumlarında da dizüri görülebilir. Dizüriye vajinal akıntının eşlik etmemesi, semptomların şiddetli ve akut başlangıçlı olması, dizüri ile beraber hematüri, sık idrara çıkma şikayetlerinin bulunması sistiti düşündürür (45,46). Sistit, kadınların çoğunda fiziksel aktivitede kısıtlamaya sebep olabilir. Tedavi başlananlarda semptomlar ortalama sık idrara çıkma için 3,46 gün, hematüri için 1,88 gün, sıkışıklık hissi için 3,06 gün sürer. Tedavi edilmeyenlerde ise semptomlar şiddetlenebilir ve süre beş güne uzayabilir. Ancak tedavi edilmese bile semptomlar genellikle kendiliğinden geriler. Şiddetli hastalığa ilerlemesi nadirdir (47).

Piyelonefritte ateş ve yan ağrısı ile beraber sistit semptomları eşlik edebilir. Ayrıca bulantı ve kusma gibi sistemik belirtiler mevcuttur. Kostovertebral açı hassasiyeti yaygındır ve obstrüksiyonu olan hastalarda daha fazladır (15). Böbrek hasarının ilerlediği durumlarda renal yetmezlik kliniği de semptomlara eklenebilir. Yaş ve cinsiyet dağılımı açısından sistit ve pyelonefrit benzer olsa da pyelonefrit sistitten daha az görülür (44,48).

Ciddi komplike ÜSE, ürosepsis veya septik şok ile prezente olabilir (49). Ayrıca konağın eşlik eden komorbiditelerine göre, yaşlılarda deliryum, diyabetiklerde ketoasidoz gibi atipik tablolar görülebilir (49).

Piyelonefrit tablosundaki yaşlılarda da semptomlar genellikle üriner sistemden bağımsızdır; mental değişiklik, oral alımda azalma gibi bulgulara ÜSE açısından şüphe ile yaklaşılmalıdır. Ateş yanıtı görülmeyebilir ve hastalığın ciddiyeti semptomların şiddeti ile orantılı olmayabilir (50). Yaşlı hastalarda, piyelonefrite sekonder bakteriyemi oranları genç hastalara göre oldukça yüksek olduğundan, bu bulgular varlığında hızlı tetkik edilerek tedavi erken dönemde başlanmalıdır (51).

Enfekte olmayan yaşlılarda idrar kaçırma, sık idrara çıkma, dizüri gibi semptomlarla karşılaşılabilirdiğinden, bu grup hastalarda üriner sistem enfeksiyonu semptomları, tanı için yetersiz kalır ve enfekte hastayı klinik olarak ayırt etmek zorlaşabilir (50). Semptomların süresi, zamanlaması ve şiddeti, akut enfeksiyonun kronik şikayetlerden ayrımı için yaşlı hastalarda ayrıca önem taşır (52).

Mikroskopik idrar incelemesi

İdrarın tek başına makroskopik incelemesi ÜSE tanısı için yeterli değildir. İdrarın bulanık olması yalnızca pyuri veya bakteriüriye bağlı olmaksızın kalsiyum fosfat veya protein kaynaklı olabileceği gibi tamamen berrak görünümde olan bir idrar da enfekte olabilir (53).

Bakteri ve lökosit araştırması mikroskopik idrar incelemesinin ana amaçlarıdır. Enfekte olmayan bir idrar örneğinde Gram boyama sonucunda mikroorganizmaya rastlanmaz. Santrifüj edilmemiş idrar numunesinden 10 µL lam üzerine konulur. Kurutulduktan sonra Gram boyama yapılır. En az 20 saha gezilir ve her x1000 büyütmede her alanda en az bir bakteri görülmesi $>10^5$ kob/mL bakteri üremesi ile uyumlu kabul edilir. Anlamlı piyüri için kullanılacak yöntemler Tablo 4’de gösterilmiştir (54,55).

Tablo 4. Piyüri saptanmasında kullanılan yöntemler ve değerlendirilmeleri

Yöntem	Anlamli piyüri için değerler
Kamarada lökosit sayımı	Santrifüj edilmemiş idrarda ≥ 10 lökosit/mm ³ (μ L) saptanması piyüriyi gösterir. Özellikle yenidoğanlarda duyarlılığı yüksek olduğu için önerilmektedir.
Direkt mikroskopi	Santrifüj edilmemiş idrarın lam-lamel arasında incelenmesinde 40x objektifle her sahada ≥ 3 lökosit saptanması piyüriyi gösterir. Duyarlılığı düşük bir yöntemdir.
Gram boyama	Santrifüj edilmemiş idrarın 10 μ L'si lam üzerinde yayılmadan kurutulup boyanır; 100x objektifle her sahada en az bir lökosit görülmesi piyüri olarak değerlendirilir.
Lökosit esteraz testi	Lökositler tarafından salgılanan lökosit esterazların belirlenmesine yönelik olan bu test, dipstik yöntemi ile yapılır.
Nitrit testi	Enterobacterales grubu bakteriler tarafından nitratın nitrite dönüştürülmesi temeline dayanır. Sabah idrarı veya mesanede en az 2 saat beklemiş idrarda uygulanır. Negatif saptanması ÜSE olmadığı anlamına gelmez.

Pyüri, ÜSE'lerin oldukça duyarlı bir göstergesidir ancak spesifik değildir (56). Piyüri, sadece enfeksiyonda değil inflamasyon durumlarında da ortaya çıkabilir, bu nedenle ürolitiazis, üriner sistemde neoplazi, kateterizasyon, çocuklarda ateş, renal tüberküloz, kronik interstisyel nefrit gibi enfeksiyon dışı nedenler akılda tutulmalıdır (57). Pyüri olmaması, özellikle spesifik olmayan semptomlarla başvuran hastalarda ÜSE tanısından uzaklaştırılmalıdır. Pyüriye eşlik eden lökosit silendirleri, pyürinin böbrek kaynaklı olduğunu düşündürmelidir. Nötropenik hastalarda veya toplayıcı sistemde tam obstrüksiyon olan hastalarda pyüri saptanamaz (58). Altın standart testin idrar kültürü olarak belirlendiği ve orta akım idrarının Gram boyaması ile idrar mikroskobisinin değerlendirildiği çalışmada, 95 idrar örneği değerlendirilmiş ve idrar gram boyamasının duyarlılığı % 96,2, özgüllüğü % 93; idrarın mikroskobik incelemesinin ise duyarlılığı % 65,4, özgüllüğü % 74,4 olarak bulunmuştur. İdrar gram boyama ve idrar mikroskobik inceleme sonuçları beraber değerlendirildiğinde duyarlılık % 98,1, özgüllük % 74,4, pozitif prediktif değer % 82,3 ve negatif prediktif değer % 97,0 olarak bulunmuştur. Ancak kombine yöntemin maliyetinin, idrar mikroskobik incelemesinden veya tek başına idrar gram boyamasından daha yüksek olduğu görülmüştür (59). Çocuklarda yapılan bir metaanaliz

alışmasında ise gram boyama yapılmış materyallerin mikroskopik incelemesinde, boyanan bakteriler için duyarlılık ve özgüllük sırasıyla % 91 ve % 96; boyanmamış bakteriler için % 88 ve % 92; idrar beyaz hücreleri için % 74 ve % 86 saptanmıştır (60).

İdrar Analizi

İdrar içerdiği rokrom pigmenti nedeniyle tipik olarak soluk sarı rengindedir ancak konsantrasyona bağlı olarak rengi değişebilir (61).

İdrarın zgl ağırlığı 1001 ila 1035 g/cm³ arasında değişebilir ve bu genellikle kişinin hidrasyon durumunu yansıtır. 1008'den az özgül ağırlık seyreltik idrar, 1020'den yüksek özgül ağırlık ise konsantre idrar olarak adlandırılır. İdrarda znen madde miktarının bir ls olan osmolalite genellikle 500-1200 mOsm/L arasında değişir ve özgül ağırlığı etkileyen faktörler idrar osmolalitesini de etkileyebilir (61).

İdrar dipstick testleri uygulaması kolay ve tanıda yardımcı olan testlerdir. SE semptomları olan bir hastada negatif dipstick testi SE'yi ekarte ettirmez ancak pozitif bir dipstick sonucu tanıya yardımcıdır. Tanıda en yararlı idrar dipstick parametreleri pH, nitrit, lökosit esteraz ve kan'dır (53).

Normal idrar pH'ı normal değeri 4,5-8,0 arasında olup hafif asidiktir. İdrar pH'sının 8,5 ila 9,0 aralığında olması, *Proteus spp.*, *Klebsiella spp.* veya *Ureaplasma urealyticum* gibi üre parçalayan bir organizmayı gösterir. Alkali bir idrar pH'ı, "enfeksiyon taşları" olarak da bilinen strüvit böbrek taşlarını gösterebilir (62). Sistin veya ürik asit taşı olanlarda idrar pH'ı genellikle asidiktir (61).

SE'de idrar dipstick bakısında nitrat, bir diğer önemli parametredir. Nitratı, nitrite çevirmek için idrarda bakteri bulunması gerekir. Bu dönüşüm işlemi için altı saat gerekir ve bu nedenle sabah ilk idrar örneğinde nitrat bakılması tercih edilir (63,64). SE semptomları olan kişilerde nitrat testinin pozitifliği, idrarda bakteri varlığının doğrulanması anlamına gelir. Daha çok komplike üriner sistem enfeksiyonlarında rol oynayan *Enterococcus spp.*, *Pseudomonas spp.* ve *Acinetobacter spp.* gibi bakteriler nitratı nitrite indirgeyemez ve test sonucu negatif çıkar. Beş yüz idrar örneğinin değerlendirildiği bir çalışmada nitrit idrar dipstick testinin duyarlılığı % 46,5 ve özgüllüğü % 90'dır (64).

İdrar dipstick bakısında lökosit esteraz testi, idrarda beyaz küre (mm³'te ≥ 10 lökosit) varlığını gösterir (53). Beyaz kan hücreleri idrarda bulunan bakterilere yanıt olarak lökosit esteraz salgırlar. Lökosit esteraz sonuçları; negatif, eser, +1, +2 ve +3 bulunabilir. Her ne kadar idrardaki beyaz kan hücrelerini tespit ediyor olsa da çeşitli inflamatuvar süreçler ve vajinal

enfeksiyonlarda da idrar dipstick testinde lökosit esteraz pozitif saptanabilir (53). Öte yandan ÜSE'nin erken döneminde, aşırı C vitamini alımında, aşırı yoğun idrarda, ketonüri ve proteinüri durumunda yanlış negatif sonuç gözlenebilir (65).

ÜSE'yi üretrit veya vajinit tablosundan ayırt etmede hamatüri yardımcı bir parametre olabilir (53). Hematüri sıklıkla mikroskopik düzeydedir ve sistit geçiren kadınların % 40'ında gözlenen bir bulgudur (56).

Nitrit pozitifliği, ÜSE tanısında tek başına lökosit esteraz testinden daha spesifiktir ancak bazı mikroorganizmalar nitratı indirgeyemediğinden duyarlılığı düşüktür (66). Çocuklarda yapılan çalışmaları inceleyen bir meta-analizde, yatak başı yapılan hızlı testlerden, lökosit esterazın duyarlılığı % 79, özgüllüğü % 89; nitritin duyarlılığı % 49, özgüllüğü % 98; lökosit esteraz ya da nitritin duyarlılığı % 88, özgüllüğü % 79 olarak bulunmuştur (60).

80-150 mg/gün proteinin idrarla atılımı sağlıklı yetişkinlerde beklenen bir durumdur ve ÜSE'lerde beklenen proteinüri sıklıkla 2gr/gün'ün altındadır (56,61).

İdrar kültürü

İdrar normalde steril bir sıvıdır. Ancak, genital bölgede yerleşen mikroorganizmalar ile kolayca kontamine olabilir. İdrar yolu enfeksiyonlarının etyolojik ajanları genellikle hastanın kendi florasında bulunan *E. coli*, *Enterococcus spp.*, *Klebsiella spp.* gibi izolatlardan oluşur. Tablo 5'te sıklıkla kontamine ve enfekte idrarda saptanan mikroorganizmalar listelenmektedir (54).

İdrar kültürü değerlendirmesi için gerekli olan orta akım idrar örneği için tercihen sabah ilk idrarı veya mesanede en az iki saat beklemiş idrar örneği alınmalıdır. İdrar numune verme süresini kısaltmak için hastanın su içmesi önerilmez. Çünkü bu uygulama idrarı dilüe edeceğinden koloni sayımının yanlış yorumlanmasına yol açabilir (54).

Hastaya steril bir idrar toplama kabı verilir. İdrar kabının kapağının kapalı olması gerekmektedir. Kapak sadece kabın içine idrar konulacağı zaman açılmalı ve ardından hemen kapatılmalıdır. Kapağın içi yüzüne dokunulmaması gerekmektedir. Sızdıran kaplar kullanılmamalıdır.

Tablo 5. Rutin idrar kültürlerinde üreyen mikroorganizmaların değerlendirilmesi

İdrar patojeni olarak anlamlı mikroorganizmalar	İdrar patojeni olmayan mikroorganizmalar (normal deri/ürogenital flora)
<i>Enterobacterales</i> <i>P. aeruginosa</i> Diğer Gram negatif basiller Grup B streptokok Enterococcus türleri <i>S. aureus</i> <i>S. saprophyticus</i> (kadın, 12-60 yaş arası)** <i>Corynebacterium urealyticum</i> Mantarlar***	Bacillus türleri Difteroidler (<i>C. urealyticum</i> hariç) <i>Lactobacillus</i> Viridans streptokoklar (<i>Aerococcus urinae</i> hariç) <i>Aerococcus urinae</i> * Koagülaz negatif stafilokoklar* (<i>S. saprophyticus</i> hariç) Gardnerella vaginalis*

* Konağın florasına ait olup kültür plağında üreyen tüm mikroorganizmalardan 10 kat daha fazla üreme olması durumunda anlamlıdır.

** *S. saprophyticus* doğurgan yaştaki kadınlarda önemli ÜSE etkeni olduğu düşünüldüğünden, en azından novobiyosin diski kullanılarak ayırıcı tanı yapılmalıdır.

*** Tür düzeyinde tanımlama yapılır. Mantar için belirlenen bir kantitasyon değeri yoktur. İdrarda herhangi bir konsantrasyonda *Candida* saptanmasının renal tutulumu yansıtabileceği düşünülmektedir.

İdrar numunesi verecek kişi öncelikle ellerini sabunlu su ile yıkamalıdır. Kadınlarda temizlik ve numune alma sırasında bir el sürekli labiumları açık tutmalıdır. Önceden sabunlu su ile ıslatılmış gazlı bez ile üretral bölge ve vajinal bölge önden arkaya olacak şekilde silinmelidir. Daha sonra su ile ıslatılmış gazlı bez kullanılarak aynı işlem tekrarlanır ve o bölge durulanmış olur. Sünnetsiz erkeklerde sünnet derisi geriye çekilerek önce sabunlu su ile ıslatılmış gazlı bez ile daha sonra su ile ıslatılmış gazlı bez ile glans penis temizlenir. Sünnetli erkeklerde herhangi bir işlem yapmaya gerek yoktur.

İdrar verme işlemi sırasında steril idrar kabı dışından tutulur, kapağı açılır ve idrarın ilk birkaç mililitrelik bölümü dışarı atıldıktan sonra kesinti yapılmaksızın 10-50 mL kadar idrar numunesi idrar kabına alınır ve kapak kapatılır.

Örneğin laboratuvara uygun şartlarda ve uygun zamanda gönderilmesi laboratuvar sonuçlarının doğruluğu için kritik öneme sahiptir. Dolayısıyla idrar örnekleri alınır alınmaz vakit kaybetmeden laboratuvara gönderilmelidir. Eğer hemen gönderilemeyecekse 24 saate kadar buzdolabında (+4°C) bekletilebilir. Ancak idrar örnekleri asla dondurulmaz. Soğutma işlemi mümkün değilse idrar numuneleri 0.5 mL borik asit-gliserol veya borik asit-sodyum format içeren örnek kaplarına konulur (en fazla 2 gün) (54).

Numune kabul / ret kriterleri (54):

- Steril idrar kabında gönderilmeyen numuneler reddedilir.
- Sızdıran kaplarda gelen numuneler reddedilir.
- Numune kabı üzerinde barkodu olmayan ya da çift barkod bulunan numuneler reddedilir.
- Numune alma zamanı ve yöntemi belirtilmemiş numunelerden tekrar örnek gönderilmesi istenir.
- Soğukta muhafaza edilmeyen ya da koruyucu madde içinde gelmemiş ya da >1 saatten fazla beklemiş numune reddedilir.
- Foley kataterler reddedilir.
- Kalıcı kateterli hastaların idrar torbalarından alınan numuneler reddedilir.
- 24 saat biriktirilmiş idrar numuneleri reddedilir.
- Suprapubik aspirasyon dışında anaerobik kültür istemleri reddedilir.

İdrar kültürü yapılması Tıbbi Mikrobiyoloji Laboratuvarının en sık uyguladığı yöntemlerden biridir. İdrar her ne kadar steril bir vücut sıvısı olsa da dışarı atılması sırasında vücut florası ile kontamine olabileceğinden kantitatif kültürünün yapılması zorunludur (54).

İdrar kültürlerini yaparken kullanılan kalibre özeler 1 mikrolitrelik (0.001 mL) öze için iç çap 1.45 ± 0.06 mm ya da 10 mikrolitrelik (0.01 mL) öze için iç çap 4 mm olmalıdır (54).

Kültür için kullanılacak numune hafiften çalkalanır, ardından 1 μ L veya 10 μ L'lik özeler dik olarak batırılır ve çıkarılır. Özenin halka kısmının idrar ile dolu olduğu görüldükten sonra koyun kanlı agara (KKA) kantitatif; MAC, EMB, CLED (cystine–lactose–electrolyte-deficient) veya bir kromojenik agara kantitatif ya da azaltma yöntemi ile ekim yapılır. Genel olarak yüksek hassasiyet için yüksek inokulum miktarı tercih edilir (54).

Kültür ekimi yapıldıktan sonra idrar kültürü plakları 35-37 °C'de 16-24 saat inkübe edilirler. 16 saatten önce kültür değerlendirmesi yapılamaz. İnkübasyonun optimum şartlarda gerçekleşmesi için nem ve ısıya dikkat edilir. Bu amaçla etüv içindeki hava sirkülasyonunu sağlamak amacı ile altı taneden fazla petri üst üste konulmaz. Koloniler çok küçükse ya da suprapubik aspirasyon örneği gelmişse inkübasyon süresi uzatılabilir. Eğer üreme olmuşsa koloniler sayılır. Kültür ekimi sırasında 1 μ L'lik öze kullanılmış ise her koloni 1000 kob/mL'ye, 10 μ L'lik öze kullanılmış ise her koloni 100 kob/mL'ye karşılık gelir. Genel olarak $>10^5$ kob/mL anlamlı üreme kabul edilirken bunun altında kalan üremeler kontaminasyon olarak değerlendirilir. Ancak bazı hasta gruplarında $10^2 - 10^4$ kob/ml de anlamlı olabilir. Yeterli miktarda üreyen patojenlere tanımlama ve antibiyogram yapılır (Tablo 6) (54,55).

Tablo 6. İdrar kültürü sonuçlarının yorumlanması

Klinik örnek tipi	Kültür ekimleri	İzolat Sayısı		
		1 üropatojen*	2 üropatojen*	≥3 üropatojen*,**
İnvaziv olmayan klinik örnekler (orta akım işeme idrarı; foley kateter, pediatrik torba) için	KKA ve MAC (veya EMB / CLED / kromojenik) agara 0.001mL veya 0.01 mL ekilir. En az 16 saat inkübasyon	≥10 ⁴ kob/mL, KT [#] ve ADT (doğurganlık çağı kadınlarda [§] ≥10 ³ kob üropatojen/mL için) <10 ⁴ kob/mL, TT [§]	≥10 ⁴ kob/mL olan izolatlar için, KT ve ADT <10 ⁴ kob/mL olan izolatlar için, TT	≥10 ⁵ kob/mL olan izolatlar için, KT ve ADT <10 ⁵ kob/mL olan izolatlar için, TT
İnvaziv işlem (direkt kateterizasyon, pediatrik sonda, SPA, nefrostomi, sistoskopi...) ile alınan idrar örnekleri için	KKA ve MAC (veya EMB / CLED / kromojenik) agara 0.01 mL ekilir. Cerrahi girişimle alınan örnek veya prostat örnekleri için çikolata agar eklenir. En az 48 saat inkübasyon	10 ² -10 ³ kob/mL normal ürogenital veya deri florası, TT [§] ≥10 ³ flora veya saf üremiş herhangi bir sayıda üropatojen için KT [#] ve ADT	Her iki izolat <10 ³ kob/mL ise her ikisi için, TT Her iki izolat ≥10 ³ kob/mL ise her ikisi için, KT ve ADT 1 izolat <10 ³ kob/mL, TT 1 izolat ≥10 ³ kob/mL, KT ve ADT	Her ≥10 ⁴ kob/mL oluşturan izolat için, KT ve ADT Her <10 ⁴ kob/mL oluşturan izolat için, TT ve Rapora “Kesin tanımlamalar gerekli ise laboratuvarla iletişime geçiniz.” notu eklenir, veya klinisyeni arayıp çalışmanın kapsamı görüşülür.

* İdrar patojenleri sayısının onda birinden az olan ürogenital veya cilt florası üyeleri ihmal edilir. On kat fazla üremiş olan ürogenital veya cilt florası üyeleri bakteri sayısı olarak değerlendirilir ama raporlanmaz.

** Eğer bu üremeler idrar patojenlerine ait ise Rapora; “Çok farklı tiplerde bakteri üremiştir. Eğer klinik olarak gerekli ise, uygun şartlarda yeni klinik örnek olarak laboratuvara gönderiniz.” ibaresi eklenir.

§ Bu yaş grubu kadınlarda: (i) herhangi bir sayıdaki B grubu streptokok (*S. agalactiae*) üremesi raporlanır (ii) Stafilokoklar novobiyoisin diski ile bir üropatojen olan *S. saprophyticus* ayırıcı tanısı açısından kontrol edilir. #

KT (kesin tanımlama); izole edilen mikroorganizma için tür düzeyinde tanımlama yapılmasını ifade eder. \$ TT (temel tanımlama); Gram boyama/koloni morfolojisi, hemoliz oluşturma gibi morfolojik özelliklerin yanı sıra aynı gün içerisinde sonuçlanan biyokimyasal veya serolojik testler temelinde organizmanın cins düzeyinde tanımlanmasını ifade eder.

KT (kesin tanımlama); izole edilen mikroorganizma için tür düzeyinde tanımlama yapılmasını ifade eder.

Komplike olmayan ÜSE çoğunlukla idrar kültürü alınmadan ampirik olarak tedavi edilmektedir ancak artan direnç oranları idrar kültürüne duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Rekürren ÜSE’de, erkek, diyabetik, immünsüpresif ve gebe hastalarda rutin olarak idrar kültürü alınmalıdır (67). ÜSE tanısında üriner semptomlar ile idrar kültüründe anlamlı sayıda üropatojen üremesinin bir arada bulunması gerekir. Ancak idrar kültüründe üropatojen sayısı ile ilgili farklı yaklaşımlar mevcuttur. En yaygın olarak üropatojen sayısının $>10^5$ kob/ml olması anlamlı bakteriüri olarak kabul edilmektedir. Bu sayının yüksek olması nedeniyle birçok enfeksiyonun atlandığı, bu nedenle 10^2 veya 10^3 kob/ml sınırının kullanılması gerektiği önerileri de mevcuttur (4).

ÜRİNER SİSTEM ENFEKSİYONU TEDAVİSİ

ÜSE toplumda sık görülen bir enfeksiyondur ancak enfeksiyonun sınıflandırılması ve hastanın özelliklerine göre farklı rehberlerde farklı tedavi önerileri mevcuttur (4,15,68). Tedavi planlanırken bölgesel direnç verileri, öncesinde antibiyotik kullanım öyküsü, kişinin ilacın tolere edilebilmesi, ilaç etkileşim durumu ve yan etkiler, ilacın erişebilirliği ve maliyeti göz önünde bulundurulmalıdır (49,69). Akut komplike olmayan sistit tedavisinde, nitrofurantoin beş gün, TMP-SMX üç gün, fosfomisin trometamol tek doz, erişilebilen bölgelerde pivmesilinam 3-7 gün birinci seçenek olarak önerilmektedir (4). Akut piyelonefritin ayaktan tedavisinde oral siprofloksasin yedi gün, levofloksasin beş gün, TMP-SMX 14 gün tercih edilebilir (70).

YAPAY ZEKA

Tanımı ve Tarihçesi

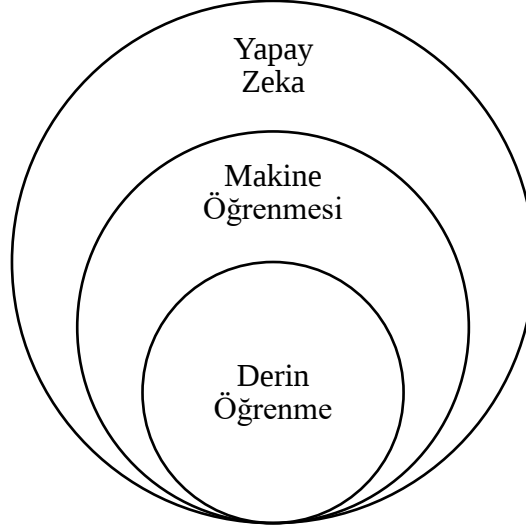
Yapay Zeka (YZ), bilgisayar biliminin, bilgisayarların insan davranışlarını taklit ederek bilim ve teknoloji alanlarında insan performansını artırmasına olanak sağlayan bir dalı olarak tanımlanır. İnsan zekasını modellemek, bilgi yoğun problemleri çözmek, insan zekası gerektiren görevleri yerine getirebilen makineler geliştirmek ve kendi kendine öğrenebilen sistemler tasarlamak, yapay zekanın temel hedefleri arasında yer almaktadır (71).

YZ tarihçesi oldukça uzun ve karmaşıktır. İnsan zekasına benzer yapay sistemler oluşturma düşüncesi antik mitoloji dönemine kadar uzanabilir ancak elektroniğin gelişmesiyle bu karmaşık düşünce sistemini kullanmayı hedefleyen çalışmalar hız kazanmıştır. İnsan beyninin özellikleri ve çalışma prensipleri üzerine ilk bilimsel eserler 1890'lı yıllarda ortaya konulmuştur (72). İlk yapay sinir ağı modeli Warren McCulloch ve Walter Pitts tarafından 1943 yılında geliştirilmiştir (73). 1949 yılında Donald Hebb, "Organization of Behavior" adlı eserinde "Hebbian öğrenme" kuralını ortaya koymuştur (74). Hebb kuralı, sinir ağlarındaki bağlantı sayısının öğrenme kapasitesi ve uyum sağlama yeteneği ile ilişkili olduğunu öne sürmüştür. 1950 yılından itibaren bazı araştırmacılar, Hebb'in bu teorisinden yararlanarak yapay sinir ağlarının gücünü artırmaya yönelik çalışmalar gerçekleştirmiştir (72). 1950'de Alan Turing, "Hesap Makineleri ve Zeka" isimli makalesinde, makinelerin insan davranışını taklit edebilmesine ve düşünebilmesine ihtimal veren "Makineler düşünebilir mi?" sorusunu sormuş ve insan-makine ayrımı için Turing Testini geliştirmiştir (75). Yapay zekanın fikir babası Alan Turing olarak kabul edilse de "yapay zeka" (artificial intelligence) terimi ilk defa 1956 yılında, John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester ve Claude Shannon tarafından düzenlenen Dartmouth Konferansı'nda kullanılmıştır (76). 1970'ler ve 1980'lerde "yapay zeka kışı" adı verilen bir dönemle karşılaşmış ve bu dönemde beklentiler oldukça yüksek olmasına rağmen ilerleme beklenenden daha yavaş seyretmesiyle bu konuya ayrılan bütçe azalmıştır (77). 1990'lardan itibaren makine öğrenmesinde ilerlemeler ve yapay sinir ağlarının tekrar gündeme gelmesiyle YZ yeniden canlanmıştır (78). Yirmibirinci yüzyıl başlarından itibaren büyük veri setleri ile birlikte bilgi işleme gücünün artması, derin öğrenme alanında önemli gelişmelere yol açmıştır.

Dinamik bir alan olan YZ teknolojileri maliyeti düşürmek, zamanı daha verimli kullanabilmek ve performansı artırabilmek amacıyla günümüzde pek çok sektör tarafından benimsenmiş ve günlük hayatın bir parçası olmuştur. Sağlık alanında ise yapay zeka ilk olarak tıbbi karar destek sistemi olarak uygulanmış ve klinik uygulamaların etkililiğini, verimliliğini, doğruluğunu ve sonucunu iyileştirmek için gelişmiş ülkelerin sağlık sistemlerine tanıtılmıştır (79).

Yapay Zeka Alt Grupları

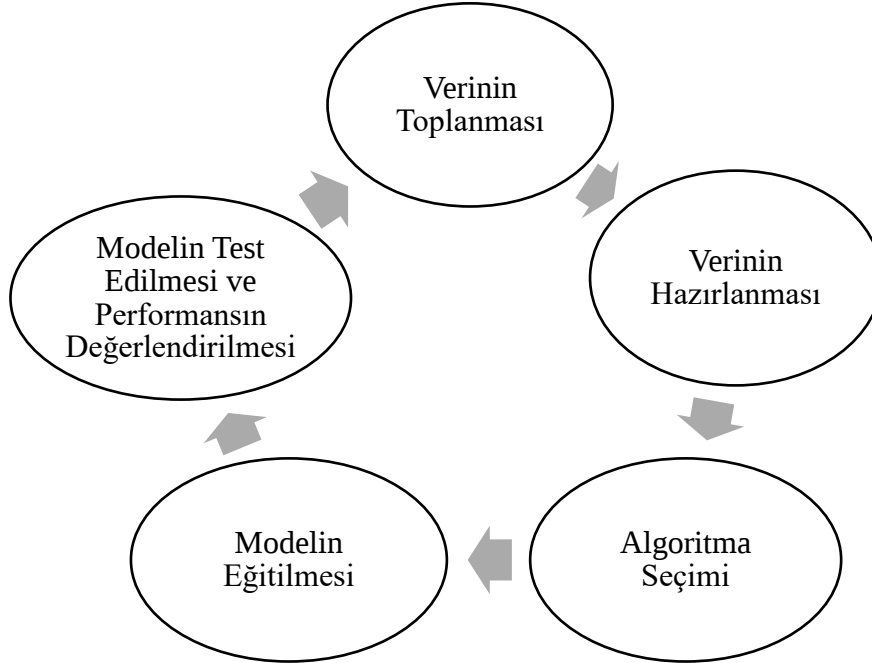
Yapay zeka oldukça geniş bir alan olup, farklı yaklaşımları kapsayan alt gruplardan oluşur (Şekil 1).



Şekil 1. Yapay Zeka alt grupları

Makine Öğrenmesi

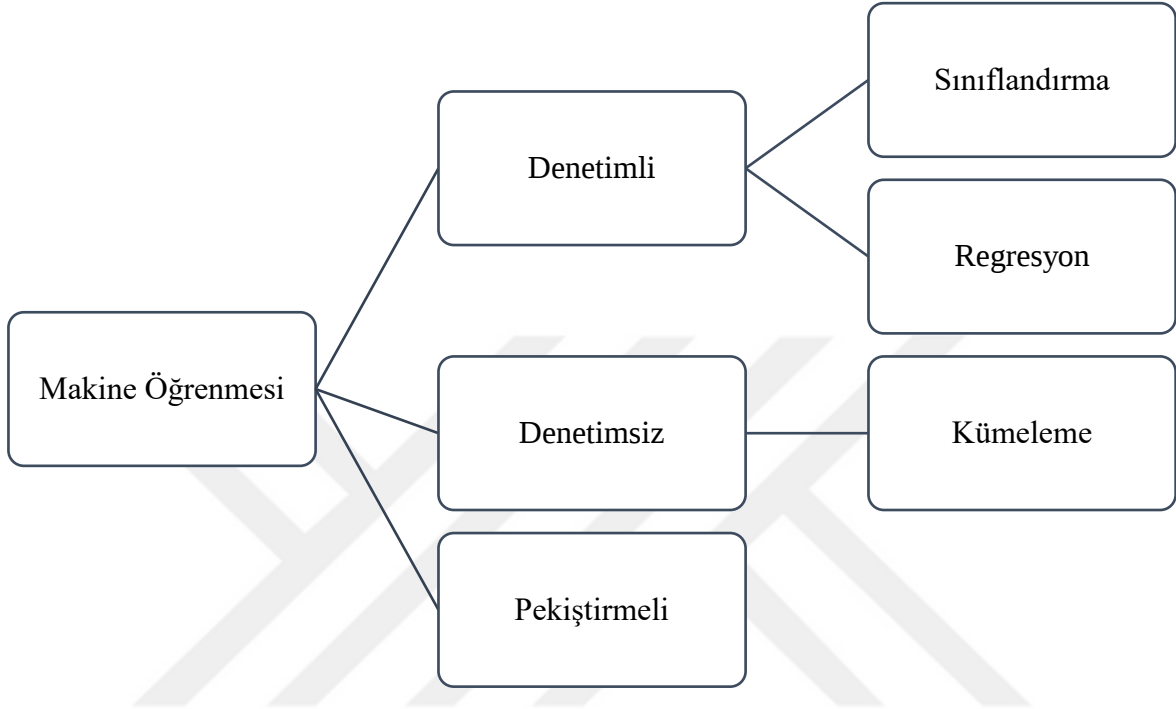
Yapay zekanın bir alt dalı olan makine öğrenmesi herhangi bir bilgisayar programlama yolu ile açıkça bilgisayarlara tanımlanmadığı halde, bilgisayara öğrenme olanakları sağlayan bir çalışma alanıdır (80). Büyük veriler makine öğrenmesinin daha iyi tahminler sunmasını sağlar (81). Makine öğrenmesi akış şeması Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Makine Öğrenmesi Akış Şeması (82)

Makine Öğrenmesi Alt Grupları

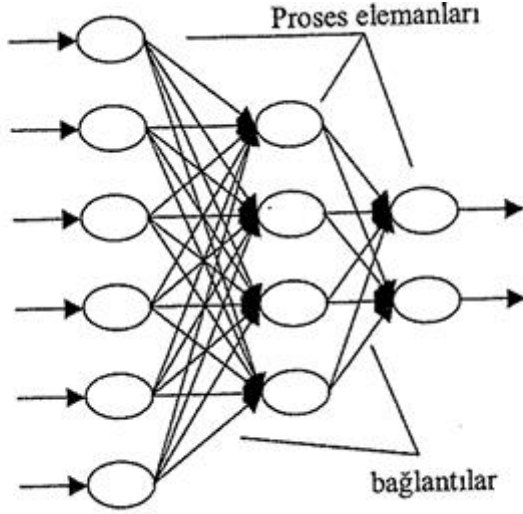
Makine öğrenimi yöntemleri literatürde denetimli, denetimsiz ve pekiştirmeli öğrenme olarak üçe ayrılmaktadır (83). Makine öğrenmesi alt grupları Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3. Makine Öğrenmesi alt grupları (83)

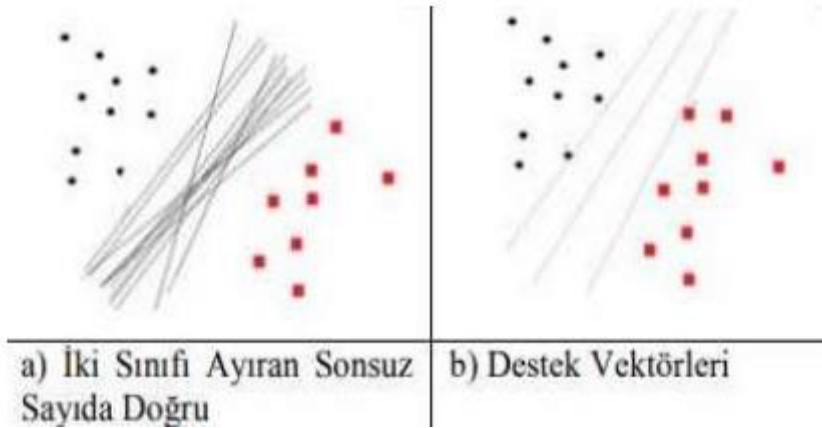
Denetimli makine öğrenmesi, çoğunlukla regresyon ve sınıflandırma yapmak için kullanılır. Belirli bir girdinin özelliklerine dayanarak o girdinin hangi sınıfa ait olduğunu öngörme şekline sınıflandırma, belirli bir girdiye karşılık bir çıktı değeri tahmin etmede kullanılan yöntem regresyon tahmini denir. Çıktı, regresyon tahmininde sürekli değişken iken, sınıflandırma tahmininde kategoriktir (84).

Yapay sinir ağları (Neural Network (NN)), insan beyninin biyolojik öğrenme süreçlerini taklit ederek, geçmiş örnekler aracılığıyla olaylar arasındaki ilişkileri öğrenen ve bu bilgiyi daha önce karşılaşmadığı soruların karar verme süreçlerinde kullanan bilgisayar tabanlı sistemlerdir (85). Bir yapay sinir ağı basitçe üç ana katmandan oluşur. Bunlar girdi katmanı, ara katman ve çıktı katmanıdır (85). Şekil 4 ‘te bir NN modeli gösterilmiştir (85).



Şekil 4. Bir gizli katmanlı yapay sinir ağı modeli (85)

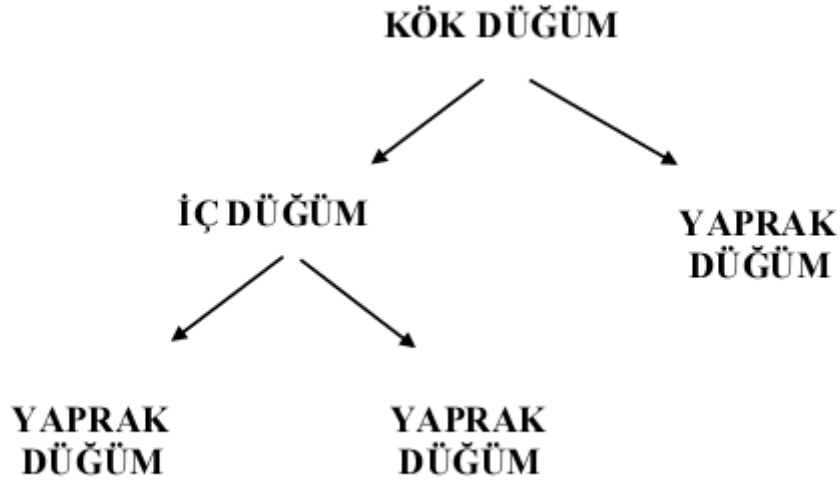
Farklı sınıflardaki verileri doğrusal olarak en iyi şekilde ayırmak için kullanılan makine öğrenmesi yöntemi Destek Vektör Makineleri (SVM) tekniğidir (Şekil 5). İki sınıfı ayırmak için sonsuz doğru bulunsa da en iyi doğru her iki sınıfa da eşit mesafede bulunandır (86). SVM doğrusal olmayan verileri de sınıflandırır. Ayrıca çeşitli çekirdek fonksiyonlarını kullanarak doğrusal olmayan sınıflamayı en verimli şekilde gerçekleştirmeye çalışır (87).



Şekil 5. Destek Vektör Makineleri Teorisi (86)

Karar ağaçları, veri madenciliğinde tercih edilen sınıflandırma yöntemlerinden olup, verilerin sınıflandırılması iki aşamalı olarak gerçekleştirilir. Öğrenme aşaması birinci aşama ve test verisi aşaması ise ikinci aşamadır (88). Her bir değişken bir düğüm (node) ile temsil edilir, en üst kısım kök, en alt düğüm ise yaprak (leaf), kök ile yaprak arasında kalan kısımlar ise dal

(branch) olarak adlandırılır (89). Karar ağaçlarında kökün ne olacağı, dallanmaların hangi kriterlere göre yapılacağı kullanılan algoritmaya göre belirlenmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Karar ağacı temel yapısı (90)

Random Forest (RF), karar ağacı algoritmasının ana mantığından yola çıkarak hem regresyon problemlerinde hem de sınıflandırma da kullanılabilen bir yöntemdir. RF, veri setinin çeşitli alt gruplarında bir dizi karar ağacı içeren ve bu veri setinin tahmin isabetini iyileştirmek için ortalamayı esas alan bir sınıflandırıcıdır. RF regresyon problemlerinde ağaçların ortalamasını alırken, sınıflandırma problemlerinde her bir ağacın tahminini alır ve çoğunluğun sonucuna uyarak son çıktıyı verir (91). Çok sayıda değişken kullanımına uygun olması, hem sınıflandırma hem regresyon problemlerinde kullanılabilmesi, aykırı değerlerden etkilenmemesi ve aşırı öğrenmeyi azaltması RF'nin başlıca avantajlarıdır. Kara kutu algoritmalarında olduğu gibi işleyişine tam erişimin sağlanamaması, birden fazla ağaç oluşturması sebebiyle eğitim sürecinin uzaması ve fazla kaynak gerektirmesi ise dezavantajlarıdır (92).

Boosting algoritmaları yüksek hassasiyetli (veya güçlü) modeller oluşturmak için düşük hassasiyetli birkaç modeli birleştirmektedir (93). Gradient Boosting, Friedman tarafından 2001 yılında tanıtılan güçlü bir makine öğrenme tekniğidir. Gradient Boosting, bir tahmin modelinde, genellikle karar ağaçları gibi zayıf tahmini modellerin topluluk formunu üreten, regresyon ve sınıflandırma problemleri için bir makine öğrenme tekniği olarak tanımlanmaktadır (94). Gradient Boosting makine öğreniminde zayıf öğrencileri (genellikle karar ağaçları) ardışık olarak birleştirilerek güçlü bir tahmin modeli oluşturan bir topluluk yöntemidir. Her yeni model,

bir önceki modelin hatalarını düzeltmeye çalışır. Extreme Gradient Boosting (XG Boost) temeli gradient boosting ve karar ağacı algoritmalarına dayanan bir makine öğrenme tekniğidir (95). Light GBM de bir boosting algoritmasıdır (96).

Denetimsiz makine öğrenmesi daha önce etiketlenmemiş veriler üzerinde işlem yaparak, girilen veri seti üzerinde farklı desen ve yapıları bulmak için kullanılan öğrenme yöntemidir (92). Denetimli makine öğrenmesinden farklı olarak amacı sınıflandırma veya kümeleme değildir. Genellikle kümeleme ve boyut indirgeme olmak üzere iki gruba ayrılır (97). Benzer özellikteki verilerle, veri setindeki çeşitli örüntüleri ortaya çıkaran yöntemle kümeleme denilir. Kümeler arası farklılıklar mevcut olup aynı küme içinde benzerlikler fazladır (84). Boyut indirgeme ise, çok sayıda değişken içeren veri setini, daha az sayıda değişken ile ifade etmek için kullanılan bir yöntemdir (98). Bu sayede veriler daha anlaşılır hale gelebilir. Ayrıca denetimsiz makine öğrenmesinden elde edilen sonuçlar denetimli makine öğrenmesinde kullanılabilir (99).

Makine Öğrenmesi Süreci

Makine öğrenmesinin temeli güvenilir veriye dayanır. Sunulan verilerin kalitesi, modelin sonucunu doğrudan etkiler. Dolayısıyla farklı alt grupları temsil kabiliyetinde, eksiksiz, konuyla ilgili ve güvenilir verilerin kullanılması elzemdir.

Veriler toplandıktan sonra makine öğrenmesi algoritması için hazır hale getirilmelidir. Veriler algoritma için hazırlanırken ilk olarak yanlış, eksik ve tekrarlayan veriler ayıklanarak veri temizliği yapılır. Bazı durumlarda veri biçimlendirilmesinin yeniden yapılandırılması gerekebilir. Değişkenlerin ondalık ayraçları ortak bir şekle dönüştürülür veya kategorik değişkenler ortak biçimde kodlanır. Verilerin eğitim ve test seti olarak bölünmesi işlemine veri bölümlenmesi adı verilir. Çoğunlukla toplam verinin % 70-80'i eğitim seti olarak kullanılır ve kalan kısım test seti olarak ayrılır. Veri hazırlığının son aşaması olan değişken seçimi aşaması olup çok sayıda değişken mevcutsa bu değişkenler içinde modele en gerekli olanların seçimini ifade eder. Modelin daha anlamlı hale getirilmesi, daha hızlı analiz ve daha iyi performans amaçlı kullanılır.

Ele alınan probleme ve hazırlanan veri setine göre model için kullanılacak algoritma seçilir. Girilen veri setinde bir etiketlenme yok ise denetimsiz makine öğrenmesi algoritmaları tercih edilirken, veri seti etiketlenmiş ve hedef çıktı tanımlanmış ise denetimli öğrenme algoritmaları kullanılmalıdır. Algoritma modelinde çıktı kategorik bir değişken ise

sınıflandırma tipi algoritmalar kullanılmalı ancak çıktı sürekli bir değişken ise regresyon algoritmaları kullanılmalıdır (97).

Verilerin seçilen algoritma tarafından analiz edilmesi ve belirlenmiş bir görevi yerine getirmek için modelin en iyi parametreleri seçmesi, modelin eğitimi anlamına gelir. Bu bağlamda, model eğitim seti ile eğitilir ve bu süreç verilerin eğitim seti üzerinde yinelenmesi ve doğru sonuçların hesaplandığı bir döngüdür. Modelin eğitim başarısı, eğitim seti üzerindeki doğruluk oranına göre ölçülür. Eğitim tamamlandıktan sonra test veri seti ile yapılan tahminler test edilir. Özellikle eğitim ve test veri setlerinin rastgele ayrımı yapılmış olması, modelin tahminlerinin gerçeğe yakın ve yanlış olmaması açısından önem taşır. K-katlamalı çapraz doğrulama yöntemi, modelin performansının rastgele olup olmadığını anlamamızı sağlar (82).

Modeli oluştururken, algoritmalar için önceden tanımlanmış parametre ayarları, eldeki veri seti için en uygun şartları sağlayamayabilir. Böyle bir durumda modelde ne kullanılması gerektiğine kullanıcının karar vermesi gereken parametreler olabilir. Bu parametrelerse modelin yapısı ve veri setine göre değişkenlik gösterebilir (100). Modelin en yüksek performansı gösterebilmesi, bu parametrelerin en uygun durumlarının tespiti optimizasyonla mümkündür (82).

Model performansı değerlendirilmesi, sınıflandırma problemlerinde genellikle karışıklık matrisi ortaya konarak yapılır (Tablo 7). Karışıklık matrisinde sütunlar gerçek sınıfları belirtirken, satırlar tahmin sınıflarını göstermektedir. Doğru pozitif (DP) ile doğru negatif (DN) ifadeleri gerçek sınıflamaya uygun şekilde sınıflandırılan örnek sayılarına işaret ederken, yanlış pozitif (YP) ile yanlış negatif (YN) ifadeleri gerçek sınıflamaya uymayan örnek sayılarını temsil etmektedir (82).

Tablo 7. Karışıklık Matrisi

	Gerçek Pozitif Sınıfı	Gerçek Negatif Sınıfı
Pozitif Tahmin Sınıfı	Doğru Pozitif (DP)	Yanlış Pozitif (YP)
Negatif Tahmin Sınıfı	Yanlış Negatif (YN)	Doğru Negatif (DN)

GEREÇ ve YÖNTEM

Araştırma Mart 2024- Şubat 2025 tarihleri arasında, biyokimyasal parametreler kullanılarak idrar kültür sonucunu öngörmeye yapay zekanın rolünü araştırmak amacıyla yapılmıştır. Araştırmacılar literatür taraması yaparak, idrar kültür sonucu ile ilişkili olabilecek parametreleri belirlemiştir. Gerekli izinler alındıktan sonra veri toplama işlemini gerçekleştirmiştir.

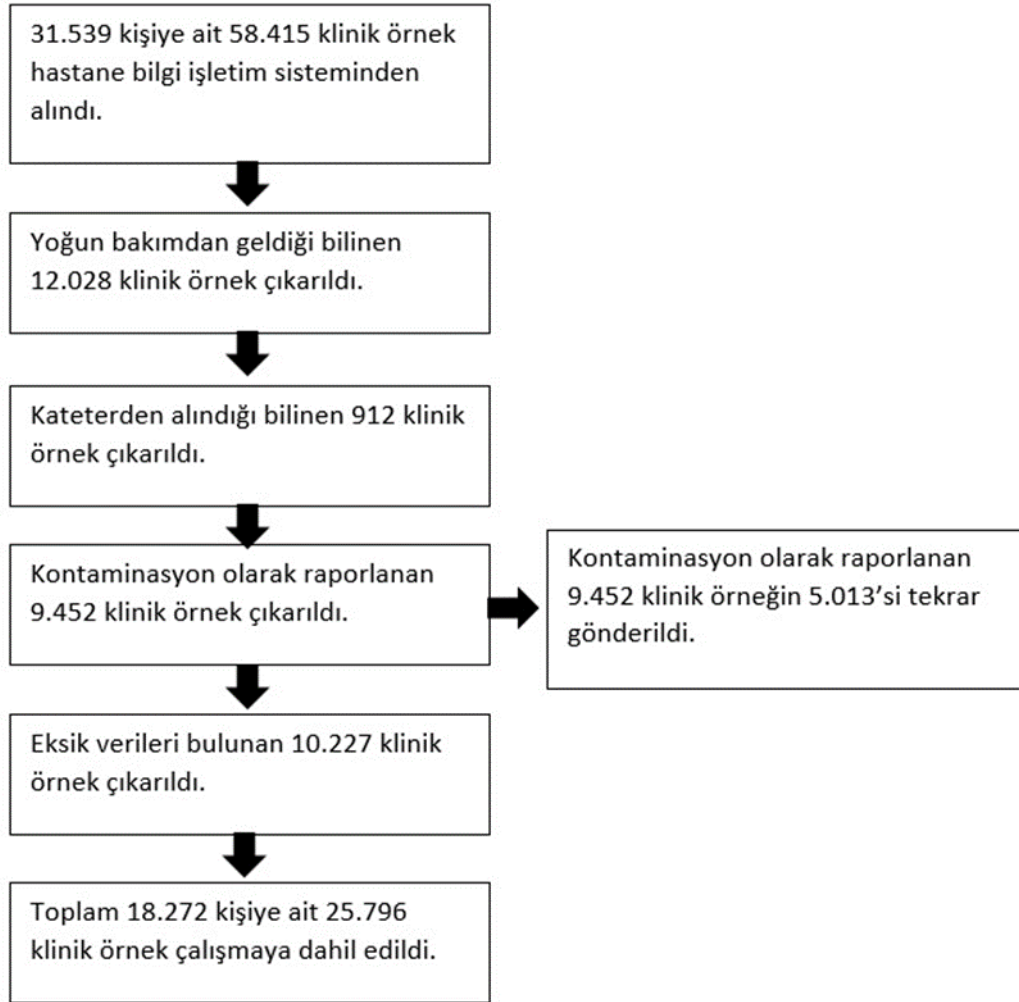
Araştırmanın Zamanı ve Yeri

Araştırma veri toplama işlemi Mart 2024- Temmuz 2024 tarihleri arasında, Trakya Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde yürütülmüştür. 1974 yılında İstanbul Üniversitesi'ne bağlı olarak “Edirne Tıp Fakültesi” adı altında kurulan Tıp Fakültesi, daha sonra 1982 yılında kurulan Trakya Üniversitesi'ne bağlanmış ve aynı yıl Devlet Hastanesi ek binalarında Trakya Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Merkezi kurulmuş ve sağlık hizmeti vermeye başlamıştır. Her yıl yaklaşık 30.000 hasta yatarak, 400.000 hasta ayaktan tedavi hizmeti almakta, 15.000 civarında ameliyat yapılmakta ve 5.000.000 düzeyinde laboratuvar incelemesi yapılmaktadır. Ek olarak yaklaşık 40.000 hasta da acil servis hizmeti almaktadır (101).

Araştırmanın Evreni ve Örneklem Seçimi

Araştırma evrenini 1 Ocak 2014 -31 Aralık 2023 tarihleri arasında Trakya Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne başvuran ve idrar kültürü ile aynı gün içinde tam idrar tetkiki, hemogram, üre, kreatinin ve C-Reaktif Protein (CRP) istenenler oluşturmakta olup

örneklem seçimine gidilmemiştir. Kateterden alındığı bilinen, hastaneye yatışı üzerinden 48 saat geçmiş olan hastalardan veya yoğun bakım hastalarından gönderilen örnekler araştırmaya dahil edilmemiştir. Şekil 7’de araştırma katılım şeması sunulmuştur.



Şekil 7. Araştırma katılım şeması

Araştırmanın Tipi

Bu araştırma idrar kültür sonucunu öngörebilecek yapay zeka tabanlı bir model geliştirilmesini hedefleyen retrospektif, kesitsel ve metodolojik tipte bir araştırmadır.

Veri toplama araçları

Çalışma 01 Ocak 2014 -31 Aralık 2023 tarihleri arasında Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Hastanesi’ne başvuran ve idrar kültürü ile aynı gün içinde tam idrar tetkiki, hemogram, üre, kreatinin ve CRP istenenlerin yaş, cinsiyet,

Hastalıkların Uluslararası Sınıflaması (ICD-10) sistemine göre belirlenen tanı ve ön tanıları, örneğin gönderildiği bölüm ve tarih, Hastane Bilgi Yönetim Sistemi (ENLIL) veri tabanından alınarak MS Excel'e aktarılmıştır.

Verilerin toplanma basamağından itibaren araştırmanın tüm kademelerinde hasta mahremiyetinin korunması amacıyla Kişisel Verilerin Korunması Kanunu ve Avrupa Birliği'ne uyum çalışmaları kapsamındaki General Data Protection Regulation gerekliliğine uyulmuştur. T.C kimlik numarası, ad, soyad gibi doğrudan tanımlayıcı veriler veri setinde yer almazken, veri setinin bütünlüğünü bozmayacak şekilde dosya numarası, yaş, cinsiyet gibi dolaylı tanımlayıcı verilerin bazı özellikleri veya tamamı kodlanarak anonim hale getirilmiştir. Sonraki aşamalar anonimleştirilmiş veri setinde yürütülmüştür.

Araştırmanın Bağımlı ve Bağımsız Değişkenleri

Araştırmacılar tarafından literatür taranarak idrar kültür sonucu ile ilişkili olabilecek parametreler belirlenmiştir.

Bağımlı Değişkenler:

- İdrar kültür sonucu (üreme var / üreme yok)

Bağımsız Değişkenler:

- Demografik (yaş, cinsiyet)
- Tam idrar tetkiki (TİT) parametreleri
 - Fiziksel özellikler: Bulanıklık, dansite, renk
 - Kimyasal özellikler: pH, bilirubin, keton, glukoz, protein, kan, nitrit, lökosit esteraz
 - Mikroskopik özellikler: Lökosit, eritrosit, kristal, hyalen silendir, böbrek epiteli, epitel, maya, bakteri, piyüri (≥ 10 lökosit varlığı piyüri olarak değerlendirildi), hematüri (≥ 3 eritrosit varlığı hematüri olarak değerlendirildi), piyüri olmadan hematüri, hematüri olmadan piyüri

TİT'te yer alan bazı bağımsız değişkenler düzenlenerek sınıflandırma için uygun hale getirilmiştir.

Bulanıklık: Berrak ve bulanık olarak ayrılmıştır. Hafif bulanık ve aşırı bulanık olan idrarlar "bulanık" kategorisinde değerlendirilmiştir.

Renk: Açık sarı ve sarı olanlar "sarı"; amber, kahverengi, kehribar, kırmızı, turuncu

ve yeşil renkli idrarlar “diğer” olmak üzere iki kategoride değeriendirilmiştir.

TİT-Kimyasal sonuçlarında bilirubin, keton, glukoz, protein, kan, nitrit değeri “negatif” ve “pozitif” olmak üzere iki kategoride değeriendirilmiştir. Lökosit esteraz değeri ise “0, 1, 2, 3” olmak üzere 4 kategoride değeriendirilmiştir. Dansite ve Ph değeri ise sürekli değışken olarak kullanılmıştır.

TİT-Mikroskobi sonuçlarında lökosit, eritrosit, böbrek epiteli, epitel ve maya sonuçları sürekli değışken olarak değeriendirilmiştir. Bununla birlikte piyüri, hematüri, kristal ve hyalen silendir “negatif” ve “pozitif” olmak üzere iki kategoride değeriendirilmiştir. Bakteri sonuçları <30 olanlar “1”, 30-75 arasında olanlar “2”, ≥75 olanlar “3” olacak şekilde üç grupta kategorize edilmiştir.

- Hemogram parametreleri
 - Lökosit, Eritrosit, hemoglobin, hemotokrit, platelet, MCV (ortalama eritrosit hacmi), MCHC (ortalama korpüsküler hemoglobin konsantrasyonu), MCH (Ortalama korpüsküler hemoglobin), MPV (ortalama trombosit hacmi), RDW-CV (Kırmızı kan hücresi dağılım genişliği - varyasyon katsayısı), RDW-SD (Kırmızı kan hücresi dağılım genişliği – standart sapma), nötrofil, lenfosit, monosit, eozinofil, bazofil, nötrofil/lenfosit, platelet/lenfosit
- Üre
- Kreatinin
- CRP

Hemogram parametreleri, üre, kreatinin ve CRP sonuçları sürekli değışken olarak değeriendirilmiştir.

Araştırmanın Hipotezleri

H0A: Yapay zeka teknolojileri ile idrar kültür sonuçları öngörülemez.

H1A: Yapay zeka teknolojileri ile idrar kültür sonuçları öngörülebilir.

İzinler

Bu araştırmada uluslararası etik kurallara uyulmuştur ve Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Yerel Etik Kurulu’ndan etik onayı alınmıştır (Ek-1). Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu’nun 19.02.2024 tarihli etik kurul onayının (Ek-1) ardından Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı ve Trakya Üniversitesi Sağlık Araştırma

ve Uygulama Hastanesi müdürlüğünden gerekli izinler (Ek-2) alındıktan sonra araştırmaya başlanmış olup, onay yazıları ekler bölümünde sunulmuştur.

Araştırmanın Zaman Çizelgesi

Araştırma zaman çizelgesi Şekil 8’de gösterilmiştir.

2022 yılı	2023 yılı	2024 yılı												2025 yılı	
Araştırmanın planlanması		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
		İzinlerin alınması													
				Verilerin toplanması											
								Veri analizi							
											Rapor yazımı				
Literatür Tarama															

Şekil 8. Araştırma zaman çizelgesi

Araştırmanın Uygulanması

Veriler Nisan 2024-Haziran 2024 tarihleri arasında Trakya Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi ENLIL veri tabanından elde edilmiştir.

İdrar kültür sonuçlarının değerlendirilmesi

Laboratuvara uygun şartlarda ulaşmış olan idrar numunesi 10 mikrolitrelik öze kullanılarak önce temiz bir lam üzerine 10 mikrolitre numune konularak kurumaya bırakılmış ve lam kuruduktan sonra Gram boyama ile boyanmıştır. Aynı zamanda kanlı agara kantitatif, EMB agara ise azaltma ekim yapılmıştır. Petriler 24 saat sonra değerlendirilmiş olup yeterli üreme göstermeyen petrilerin inkübasyonu 48 saate uzatılmıştır. Bakterilerin koloni sayısı kanlı agardan yapılmıştır. Üreyen her koloni tek tek sayılarak 100 ile çarpılmış ve mililitredeki koloni oluşturan birim (kob) bulunmuştur. EMB agardan ise Gram negatif bakterilerin saf üreyip üremedikleri kontrol edilmiştir. Üreme sonuçlarının değerlendirilmesi ulusal ve uluslararası

rehberlere göre yapılmıştır. Genel itibarı ile tek patojen üremelerde ≥ 10.000 kob/ml, iki patojen üremelerinde ≥ 100.000 kob/ml enfeksiyon etkeni olarak değerlendirilmiştir. Ancak özellikli hastalarda (çocuk, doğurgan yaştaki kadınlar, yaşlılar, invaziv örnekler vb.) 100-1.000 kob/ml üreyen patojenin enfeksiyon etkeni olarak kabul edilip edilmemesine ulusal ve uluslararası rehberler eşliğinde karar verilmiştir. İdrar kültürü değerlendirmesi Tıbbi Mikrobiyoloji Uzmanları tarafından yapılmış olup, raporlanmış idrar kültürü sonuçları otomasyon sistemi üzerinden elde edilerek çalışmamıza dahil edilmiştir.

Bağımsız değişkenlerin değerlendirilmesi

Biyokimyasal analizler için biyokimya tüplerine ve hemogram bakılması için EDTA'lı tüplere alınan kanlar Merkez Laboratuvarı Tıbbi Biyokimya bölümünde analiz edilmiştir. Üre, kreatinin ve CRP çalışılmadan önce kan numunelerinden serum elde etmek için 4000 rpm'de 5 dk santrifüj edilmiştir. Üre, kreatinin ve CRP Cobas C 702 (Roche, Mannheim, Almanya) cihazında; hemogram Maccura F-810 (Chengdu, Çin) cihazında; TİT Urised II&Labumat II cihazında firma önerileri doğrultusunda çalışılmıştır. Biyokimyasal parametrelerin değerlendirmesi Tıbbi Biyokimya Uzmanları tarafından yapılmış olup, biyokimyasal parametrelerin raporlanmış sonuçları otomasyon sistemi üzerinden elde edilerek çalışmamıza dahil edilmiştir.

Verilerin Değerlendirilmesi

İstatistiksel Değerlendirme

İstatistiksel analiz SPSS (Statistical Package for Social Sciences) for Windows 20.0 (SPSS 20.0 programı için seri numarası: 10240642) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Sayısal değişkenlerin normal dağılıma uygunlukları basıklık ve çarpıklık düzeyleri ± 2 arasında kalan değerler normal dağılım gösterdiği varsayılarak değerlendirilmiştir (102). Sayısal değişkenler için tanımlayıcı istatistikler aritmetik ortalama $\pm$ standart sapma ve ortanca (25. persentil-75.persentil), kategorik yapıdaki veriler için sayı ve yüzde olarak ifade edilmiştir. Kategorik yapıdaki değişkenler bakımından gruplar arasındaki farklılıklar Ki-kare testi ile incelenmiştir. Sayısal değişkenler bakımından grupların karşılaştırılmasında Student t test ve Mann-Whitney U testi kullanılmıştır ve $p < 0,05$ değeri anlamlı kabul edilmiştir.

Yapay Zeka Uygulamaları Tasarımı

İdrar kültür sonucunu tahmin edebilmek amacıyla yaş, cinsiyet, hemogram parametreleri, tam idrar tetkiki parametreleri kullanılarak başarı oranı en yüksek model elde edilmeye çalışılmıştır. Yapay zekâ uygulamaları için, RStudio 4.4.2 sürümünde “fastml” paket programı kullanılmıştır (103). Makine öğrenmesi araçlarından olan Random Forest, SVM Radial, XG Boost, Light GBM ve Neural Network yöntemleri kullanılmıştır. Bu çalışmada veri seçme işlemi 10 kat çapraz katlama yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmada veri % 80 eğitim ve % 20 test kümesi için rastgele olarak seçilmiştir.

Model performans değerlendirmesi karışıklık matrisine göre yapılmıştır (Tablo 7).

Karışıklık matrisinde tanımlanan gruplar kullanılarak, model başarısını değerlendirmede yaygın bir şekilde kullanılan ek başarı ölçütleri ortaya konmuştur. Başta doğruluk (accuracy) olmak üzere, pozitif prediktif değer (precision), duyarlılık, özgüllük, F1 skor, işlem karakteristiği (ROC) eğrisi ve bu eğri altında kalan alan (AUC) makine öğrenmesi alanında ölçüt olarak sıklıkla kullanılmaktadır (97).

Modelin doğru tahminlerinin sayısının bütün tahminlerin sayısına bölümüyle elde edilen ölçüt doğruluk olarak adlandırılır.

$$\text{Doğruluk} = \frac{DP + DN}{DP + DN + YP + YN}$$

Modelin pozitif olarak tahmin edilen örneklerinin kaçının doğru tahmin edildiğine oranı pozitif prediktif değer olarak adlandırılır.

$$\text{Pozitif Prediktif Değer} = \frac{DP}{DP + YP}$$

Pozitif olarak tahmin edilmesi gereken örneklerin oransal olarak kaçının doğru tahmin edildiğinin göstergesi duyarlılık olarak adlandırılır.

$$\text{Duyarlılık} = \frac{DP}{DP + YN}$$

Negatif olarak tahmin edilmesi gereken örneklerin oransal olarak kaçının doğru tahmin edildiğinin göstergesi özgüllük olarak adlandırılır.

$$\text{Özgüllük} = \frac{DN}{DN + YP}$$

F1 skor, kesinlik ve duyarlılığın harmonik ortalamasını verir. Harmonik ortalama sayesinde uç durumları da değerlendirebilir, özellikle eşit dağılmayan veri setlerinin değerlendirilmesinde tercih edilir.

$$F1 \text{ Skor} = 2 \times \frac{\text{Pozitif Prediktif Değer} \times \text{Duyarlılık}}{\text{Pozitif Prediktif Değer} + \text{Duyarlılık}}$$

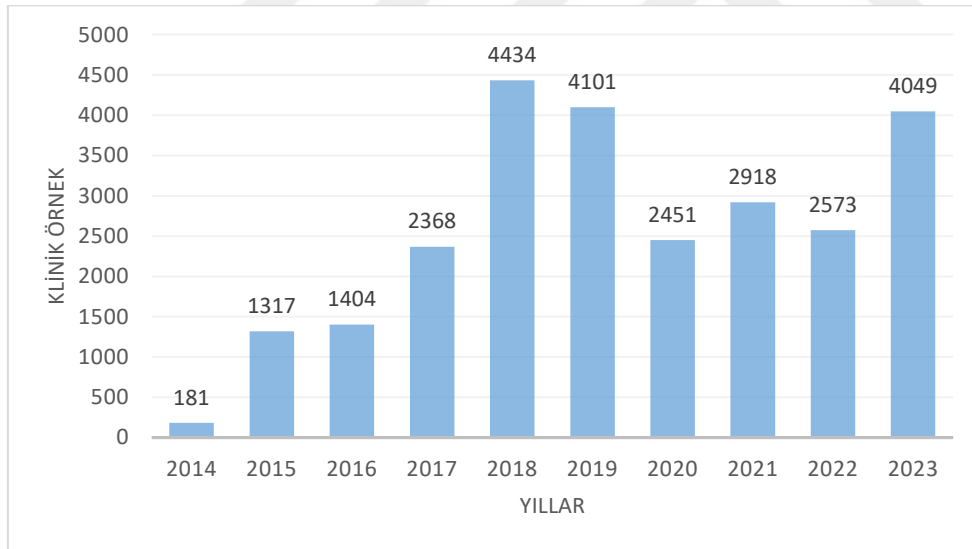
ROC eğrisi çizilirken x eksenini yanlış pozitif oran (1-özgüllük), y eksenini doğru pozitif oran (duyarlılık) oluşturur. ROC eğrisi y eksenine göre 1 değerine, x eksenine göre 0 değerine yaklaştıkça doğruluk oranı artmaktadır (97).

Araştırmanın Kısıtlılıkları ve Üstünlükleri

- Araştırma tek merkezli bir çalışma olup elde edilen sonuçların farklı merkezlerde doğrulanması gerekebilir.
- Araştırma retrospektif tasarlanmış olup, veriler hastane bilgi yönetim sisteminden elde edilmiştir. Hastaların ilgili başvurularına ait anamnez bulguları mevcut değildir.
- Hastane bilgi yönetim sisteminden ilgili başvuruda kullanılan ICD-10 kodları alınmıştır ancak bu tanımlar eksik ya da hatalı olabilir.
- Herhangi bir semptom yokken idrar kültürü istenmiş kişiler çalışmaya dahil edilmişken, semptomu varken idrar kültürü istenmemiş kişiler çalışmaya dahil edilmemiş olabilir.
- Tek merkezli yürütülen bu çalışmada test standartlarının değişken olmadığı kabul edilebilir.
- Araştırmanın retrospektif tasarımı veri toplama süresinin daha kısa olmasını ve maliyetin düşük olmasını sağlamıştır.
- Gerçek hasta verileri kullanılarak yapılan analizler pratikte uygulanabilir sonuçlar sunabilir.
- Bu çalışma yapay zeka teknolojilerinin tüm yaş gruplarında ve tüm klinik branşlardan gönderilen idrar kültür örneklerinin sonucunu sadece biyokimyasal parametreler kullanılarak öngörmedeki rolünü araştıran ilk çalışmadır.

BULGULAR

Bu araştırmada 18272 kişiye ait toplam 25796 klinik örnek çalışmaya dahil edilmiştir. Dahil edilen klinik örneklerin yıllara göre dağılımı Şekil 9’da sunulmuştur.



Şekil 9. Klinik örneklerin yıllara göre dağılımı

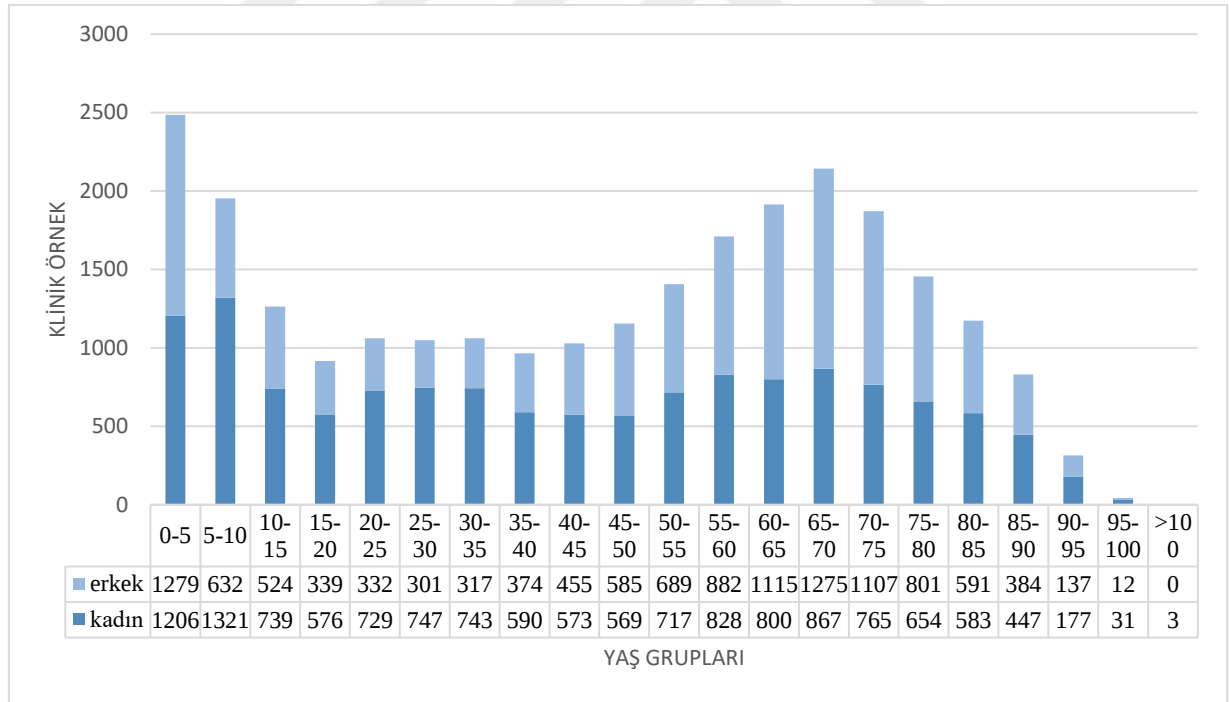
Çalışma Grubunun Demografik ve Klinik Özellikleri

Araştırmaya dahil edilen klinik örneklerin 13665 (% 53) tanesi kadınlara, 12131 (% 47) tanesi erkeklere aittir. Örneklerin gönderildiği kişilerin yaş ortalaması $44,5 \pm 27,5$ 'dir. 6263 (% 24,3) klinik örnek 18 yaş altına, 11699 (% 45,4) klinik örnek 18-65 yaş arasına, 7834 (% 30,4) örnek 65 yaş ve üstü gruba aittir. Örneklerin cinsiyet ve yaş gruplarına göre dağılımı Tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8. Klinik örneklerin cinsiyet ve yaş gruplarına göre dağılımı

Yaş (yıl)	Cinsiyet			
	Kadın		Erkek	
	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
<18	3587	26,2	2676	22,0
18-65	6551	48,0	5148	42,4
≥ 65	3527	25,8	4307	36,0
Toplam	13665	100,0	12131	100,0

Klinik örnekler, beşerli yaş gruplarına göre incelendiğinde en çok örnek gönderilen grup 0-5 yaş aralığı olup (2485 örnek) bu yaş grubunda erkek cinsiyete ait örnekler sayıca daha fazladır. Ayrıca 55-85 yaş aralığında da erkeklere ait örnekler sayıca daha fazla olup diğer tüm yaş gruplarında kadınlara ait örnekler daha fazladır. Örneklerin beşerli yaş gruplarında cinsiyete göre dağılımı Şekil 10’da gösterilmiştir.



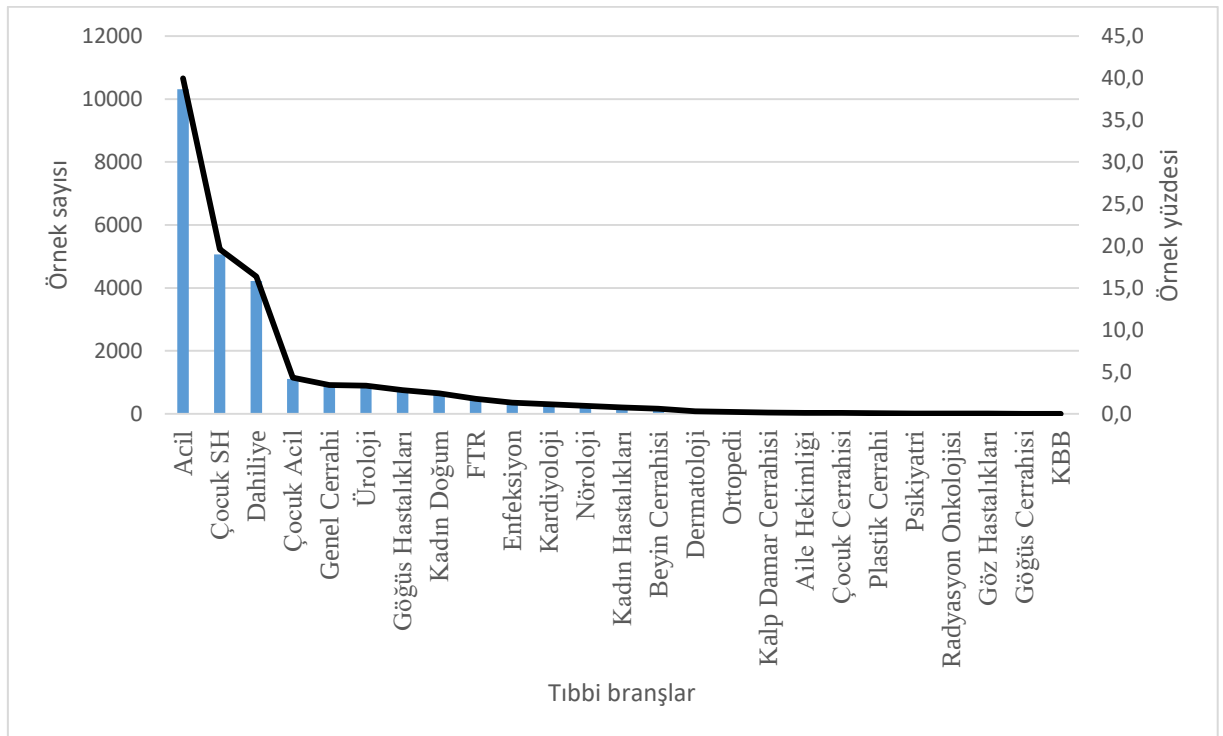
Şekil 10. Klinik örneklerin yaş grupları ve cinsiyete göre dağılımı

Veri setinde 84388 ICD-10 kodu girilmiştir. En sık girilen ICD-10 kodu 3415 adet ile N39.0 (üriner sistem enfeksiyonu, yer tanımlanmamış)’dır. En çok girilen on ICD-10 kodu Tablo 9’da sunulmuştur.

Tablo 9. Veri setinde en çok girilen on ICD-10 kodu

ICD-10 kodu	Tanı	Sayı	Yüzde
N39.0	Üriner sistem enfeksiyonu, yeri tanımlanmamış	3415	4,0
U07.3	Covid-19	3017	3,6
R52.0	Akut ağrı	2990	3,5
R52	Ağrı, başka yerde sınıflanmamış	2529	3,0
J98	Diğer solunum bozuklukları	2305	2,7
R52.9	Ağrı, tanımlanmamış	2153	2,6
E55	Vitamin D eksikliği	2046	2,4
R10.4	Karın ağrısı diğer ve tanımlanmamış	1810	2,1
I10	Esansiyel hipertansiyon	1729	2,0
E55.9	Vitamin D eksikliği, tanımlanmamış	1576	1,9

Örneklerin gönderildiği klinik branşlar incelendiğinde en yüksek sayıda örnek gönderilen üç klinik sırasıyla Acil Tıp (% 40,0), Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları (% 19,6) ve İç Hastalıkları (% 16,3) şeklindedir. Cerrahi branşlardan en çok örnek Genel Cerrahi Kliniği'nden gönderilmiştir. Örneklerin kliniklere göre dağılımı Şekil 11'de sunulmuştur.



Şekil 11. Klinik örneklerin branşlara göre dağılımı

Örneklerin gönderildiği klinikler dahili (Acil Tıp, Aile Hekimliği, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları, Çocuk Acil, İç Hastalıkları, Deri ve Zührevi Hastalıklar, Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon, Göğüs hastalıkları, Kardiyoloji, Nöroloji, Ruh Sağlığı ve Hastalıkları) ve cerrahi (Beyin Cerrahisi, Çocuk Cerrahisi, Genel Cerrahi, Göz Hastalıkları, Kadın Hastalıkları ve Doğum, Kalp Damar Cerrahisi, Kulak Burun Boğaz, Ortopedi ve Travmatoloji, Plastik ve Rekonstruktif Cerrahi, Üroloji) klinikler olarak sınıflandırıldığında, örneklerin % 62,9 ‘unun dahili branşlara başvuran ayaktan hastalardan gönderildiği gözlenmiştir. Ayaktan ve yatan hastalardan gönderilen numune sayıları Tablo 10’da sunulmuştur.

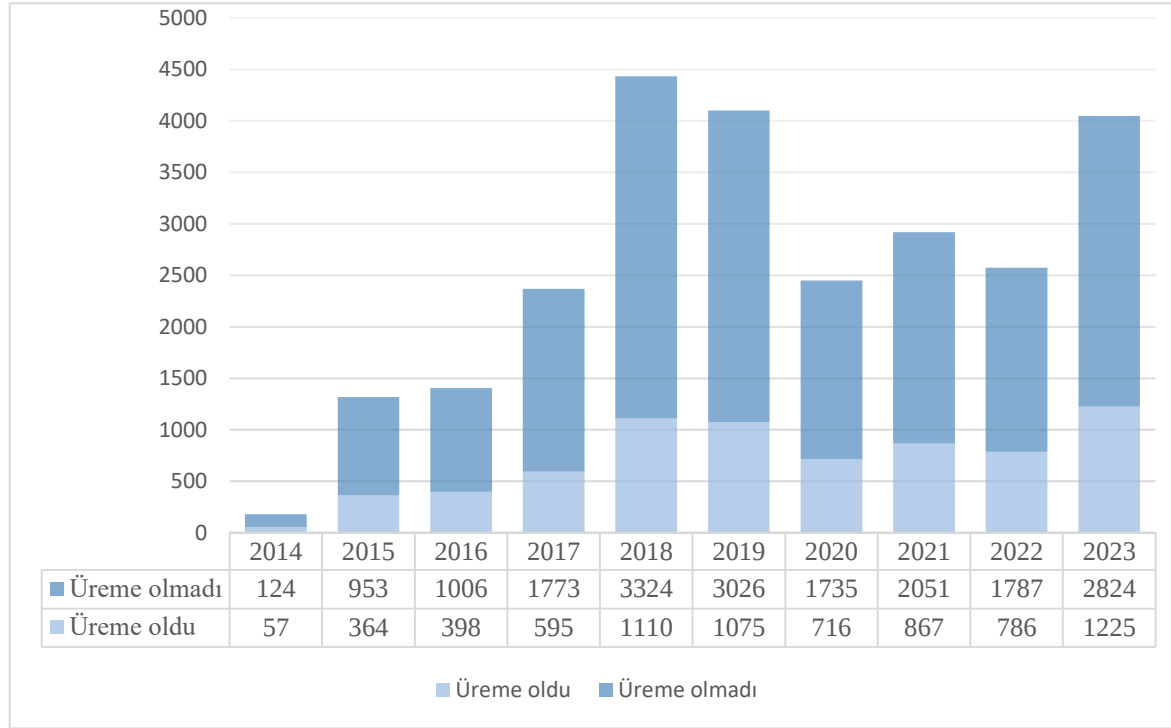
Tablo 10. Klinik örneklerin gönderildiği branşa ve kaynağa göre dağılımı

Örneğin kaynağı	Branş			
	Dahili Bilimler		Cerrahi Bilimler	
	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Ayaktan hasta	16232	71,4	1455	47,6
Yatan hasta	6506	28,6	1603	52,4
Toplam (n, %)	22738	100,0	3058	100,0

n: Sayı; %: Yüzde.

Çalışma Grubunun İdrar Kültür Sonuçlarının Dağılımı

Çalışma grubundaki idrar kültür sonuçları incelendiğinde, 25796 idrar örneğinin 18603 tanesi (% 72,1) üreme olmadı ve 7193 tanesi (% 27,9) üreme oldu şeklinde raporlanmıştır. Yıllara göre idrar kültür sonuçlarının dağılımı Şekil 12’de sunulmuştur.



Şekil 12. İdrar kültür sonuçlarının yıllara göre dağılımı

2020 yılı öncesi ve sonrasında gönderilen idrar kültür örneklerinde üreme olan ve olmayanlar karşılaştırıldığında 2020 yılı sonrasında üreme olmayan örneklerin sayısında bir azalma olduğu görülmüştür ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,005$) (Tablo 11).

Tablo 11. İdrar kültür sonuçlarının 2020 yılı öncesi ve sonrasına göre durumu

Kültürün yılı	Üreme var (n, %)	Üreme yok (n, %)	p
2020 yılı öncesi	3599 (50,0)	10206 (54,9)	<0,005*
2020 yılı ve sonrası	3594 (50,0)	8397 (45,1)	

* Ki kare testi.

n: Sayı; %: Yüzde.

Üreme saptanan idrar kültürlerinin % 14,1'i 18 yaş altı, % 39,9'u 18-65 yaş arası ve % 46,0'sı 65 yaş üstü olan kişilere aittir. Yaş gruplarına göre idrar kültür sonuçları değerlendirildiğinde her üç grup arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmıştır ($p < 0,005$) (Tablo 12).

Tablo 12. İdrar kültür sonuçlarının yaş gruplarına göre dağılımı

Yaş (yıl)	Üreme var (n, %)	Üreme yok (n, %)	p
<18	1013 (14,1)	5250 (28,2)	<0,005*
18-65	2871 (39,9)	8828 (47,5)	
≥65	3309 (46,0)	4525 (24,3)	

* Ki kare testi.

n: Sayı; %: Yüzde.

Kadınlardan gönderilen idrar örneklerinin % 32,2'sinde ve erkeklerden gönderilen idrar örneklerinin % 23,0'sında üreme saptanmıştır. Kadınlardan gönderilen idrar kültürlerinde üreme daha fazla olup bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,005$). Rapor sonuçlarının cinsiyete göre dağılımı Tablo 13'te sunulmuştur.

Tablo 13. İdrar kültür sonuçlarının cinsiyete göre dağılımı

Cinsiyet	Üreme var (n, %)	Üreme yok (n, %)	p
Kadın	4397 (61,1)	9268 (49,8)	<0,005*
Erkek	2796 (38,9)	9335 (50,2)	

* Ki kare testi.

n: Sayı; %: Yüzde.

İdrar kültür sonuçları ayaktan veya yatan hastalardan gelmelerine göre incelendiğinde “üreme oldu” şeklinde raporlanan örneklerin % 65,7'sinin ve “üreme olmadı” şeklinde raporlanan örneklerin % 69,7'sinin poliklinikten gönderildiği görülmüş olup bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,005$). İdrar kültür sonuçlarının hastaların ayaktan veya yatan hasta olmalarına göre dağılımı Tablo 14'de sunulmuştur.

Tablo 14. İdrar kültür sonuçlarının ayaktan veya yatan hastalara göre dağılımı

Örneğin kaynağı	Üreme var (n, %)	Üreme yok (n, %)	p
Ayaktan hasta	4726 (65,7)	12961 (69,7)	<0,005*
Yatan hasta	2467 (34,3)	5642 (30,3)	

* Ki kare testi.

n: Sayı; %: Yüzde.

İdrar kültür sonuçları, örneğin dahili veya cerrahi branşlardan gelme durumuna göre sınıflandırıldığında, bölümler arasında istatistiksel fark saptanmamıştır ($p>0,005$). Sonuçlar Tablo 15’te gösterilmiştir.

Tablo 15. İdrar kültür sonuçlarının branşlara göre dağılımı

Branş	Üreme var (n, %)	Üreme yok (n, %)	p
Dahili	6315 (87,8)	16423 (88,3)	0,277
Cerrahi	878 (12,2)	2180 (11,7)	

* Ki kare testi.

n: Sayı; %: Yüzde.

“Üreme oldu” şeklinde raporlanan 7193 idrar kültüründe, 7838 mikroorganizma belirtilmiş olup en çok üreyen bakteriler sırasıyla *E. coli* (3792) (% 48,4), *Klebsiella spp.* (1141) (% 14,6), *Enterococcus spp.* (613) (% 7,8) olmuştur. İdrar kültür sonuçlarında üreyen bakterilerin sıralaması cinsiyete ve yaş gruplarına göre sınıflamada da aynıdır (Tablo 16 ve 17). *E. coli* ve *Klebsiella spp.* üremesi olan 143, *E. coli* ve *Enterococcus spp.* birlikte üremesi olan 109 numune mevcuttur. Üreme olan idrar kültürlerinde *Candida spp.* % 10,8 raporlanmıştır.

Tablo 16. İdrar kültüründe üreyen mikroorganizmaların cinsiyete göre dağılımı

Etken	Kadın		Erkek	
	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
<i>E. coli</i>	2763	75,1	1029	55,1
<i>Klebsiella spp.</i>	624	16,9	517	27,6
<i>Enterococcus spp.</i>	291	7,9	321	17,2

Birden fazla etkenle üreme* (sütun yüzdesi).

Tablo 17. İdrar kültüründe üreyen mikroorganizmaların yaş gruplarına göre dağılımı

Etken	<18 yaş		18-65 yaş		≥ 65 yaş	
	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
<i>E. coli</i> (n, %)	581	69,2	1623	71,8	1588	64,9
<i>Klebsiella spp.</i> (n, %)	168	19,9	432	19,1	541	22,1
<i>Enterococcus spp.</i> (n, %)	91	10,9	205	9,1	317	13,0

Birden fazla etkenle üreme* (sütun yüzdesi).

Çeşitli Parametrelerin İdrar Kültür Sonucu İle İlişkisi

İdrar kültüründe üreme olanların üre, kreatinin ve CRP değerleri üreme olmayanlara göre daha yüksektir ve bu fark istatistiki olarak anlamlıdır ($p<0,005$). Hastaların renal fonksiyon testleri ve CRP ile idrar kültür sonuçlarının analizi Tablo 18’de sunulmuştur.

Tablo 18. Katılımcıların renal fonksiyon testleri ve CRP ile idrar kültür sonuçları arasındaki ilişki

Parametre	Üreme var		Üreme yok		P
	Medyan	25 -75 persentil	Medyan	25 -75 persentil	
Üre	40,0	(25,0-72,0)	30,0	(21,0-47,0)	<0,005
Kreatinin	0,8	(0,6-1,4)	0,7	(0,5-1,0)	<0,005
CRP	6,8	(1,1-20,9)	1,9	(0,3-12,4)	<0,005

*Mann Whitney U testi.

İdrar kültüründe üreme olanların hemogram parametrelerinden lökosit, mpv, nötrofil, nötrofil/lenfosit oranı ve platelet/lenfosit oranı üreme olmayanlara göre yüksek; hemoglobin, lenfosit değerleri ise düşük olup bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,005$). Hemogram parametreleri ile idrar kültür sonuçları arasındaki ilişki Tablo 19’da sunulmuştur.

Tablo 19. Hemogram parametreleri ile idrar kültür sonuçları arasındaki ilişki

Hemogram Parametreleri	Üreme var	Üreme yok	p
	Medyan (25-75 persentil) (Ortalama ± ss)	Medyan (25-75 persentil) (Ortalama ± ss)	
Lökosit	9,9 (7,2 -23,7)	8,9 (6,7-12,7)	<0,005*
Hemoglobin	11,3 ± 2,0	11,9 ± 2,2	<0,005**
Mpv	9,5 ± 1,4	9,4 ± 1,3	<0,005**
Nötrofil	6,8 (4,4-10,7)	5,5 (3,5-9,0)	<0,005*
Lenfosit	1,5 (0,9-2,3)	1,8 (1,1-2,7)	<0,005*
Nötrofil/lenfosit oranı	4,6 (2,3-10,0)	3,0 (1,5-6,9)	<0,005*
Platelet/lenfosit oranı	167,7 (109,1-275,5)	138,8 (95,8-223,5)	<0,005*

ss: Standart sapma.

*Mann Whitney U.

**Independent Sample t Test.

İdrar kültüründe üreme olanların olmayanlara göre idrarın bulanık, kahverengi veya kehribar renginde, nitrit-lökosit esteraz pozitifliği olan, pyüri, hematüri, bakteri 2+ ve üzeri olan örnekler olduğu görülmüştür. Tam idrar tetkiki parametreleri ile idrar kültür sonuçları arasındaki ilişki Tablo 20’de sunulmuştur.

Tablo 20. Tam idrar tetkiki kategorik parametreleri ile idrar kültür sonuçları arasındaki ilişki

Tam idrar tetkiki parametreleri	Üreme var (n, %)	Üreme yok (n,%)	p
Fiziksel görünüm			
Berrak	2483 (34,5)	15323 (82,4)	<0,005
Bulanık	4710 (65,5)	3280 (17,6)	
İdrar rengi			
Sarı	4183 (58,2)	13861 (74,5)	<0,005
Diğer (kahverengi, kehribar)	3010 (41,8)	4742 (25,5)	
İdrar kan			
Pozitif	5592 (77,7)	9521 (51,2)	<0,005
Negatif	1601 (22,3)	9082 (48,8)	
İdrar nitrit			
Pozitif	2694 (37,5)	1384 (7,4)	<0,005
Negatif	4499 (62,5)	17219 (92,6)	
İdrar lökosit esterase			
Negatif	918 (12,8)	11582 (62,3)	<0,005
Bir pozitif	744 (10,3)	2791 (15,0)	
İki pozitif	1277 (17,8)	2260 (12,1)	
Üç pozitif	4254 (59,1)	1970 (10,6)	
Pyüri			
Pozitif	5062 (70,4)	3356 (18,0)	<0,005
Negatif	2131 (29,6)	15247 (82,0)	
Hematüri			
Pozitif	2842 (39,5)	4612 (24,8)	<0,005
Negatif	4351 (60,5)	13991 (75,2)	
Bakteri kategori			
1	2680 (37,3)	11337 (60,9)	<0,005
2	2040 (28,4)	4925 (26,5)	
3	2473 (34,4)	18603 (12,6)	

n: Sayı, %: Yüzde.
Ki-kare.

Üreme olan grubun idrar pH'sı, idrarda lökosit sayısı, idrarda eritrosit, idrarda epitel sayısı üreme olmayan gruba göre istatistiksel anlamlı olarak yüksekken, idrar dansitesi ise anlamlı olarak düşük bulunmuştur ($p < 0,005$). Bulgular Tablo 21'de sunulmuştur.

Tablo 21. Tam idrar tetkiki sürekli değişkenleri ile idrar kültürü arasındaki ilişki

İdrar tetkiki değişkenleri	Üreme var	Üreme yok	p
	Medyan (25-75 persentil) (Ortalama $\pm$ ss)	Medyan (25-75 persentil) (Ortalama $\pm$ ss)	
İdrar dansite	1015,5 $\pm$ 7,8	1017,1 $\pm$ 8,5	<0,005**
İdrar pH	5,8 $\pm$ 0,9	5,7 $\pm$ 0,8	<0,005**
İdrar lökosit	35,4 (6,9-122,5)	1,8 (0,4- 6,0)	<0,005*
İdrar eritrosit	1,2 (0,0-8,5)	0,6 (0,0-2,7)	<0,005*
İdrar epitel	0,3 (0,0-2,1)	0,00 (0,0-1,2)	<0,005*

* Mann Whitney U.

** Independent Sample t Test.

ss: Standart sapma.

İdrar kültür sonuçlarını tahmin etmek amacıyla veri setimizde yer alan bağımsız değişkenlerin validite analizleri, tanısal performanslarını değerlendirmek amacıyla araştırılmıştır. Lökosit esterazın duyarlılığı % 87,2, özgüllüğü % 62,2 ve nitritin duyarlılığı % 37,4 ve özgüllüğü % 92,5 bulunmuştur.

İdrar kültür sonuçlarının farklı makine öğrenme yöntemleri ile karşılaştırılması

25796 klinik örnek ve 46 farklı parametre ile idrar kültür sonuçları öngörülmeyle çalışılan makine öğrenmeleri arasında en iyi model Random Forest olarak bulunmuştur (Tablo 22 ve 23). Random Forest, % 86,7 doğrulukla, % 70,5 duyarlılık ve % 93,0 özgüllüğe sahiptir.

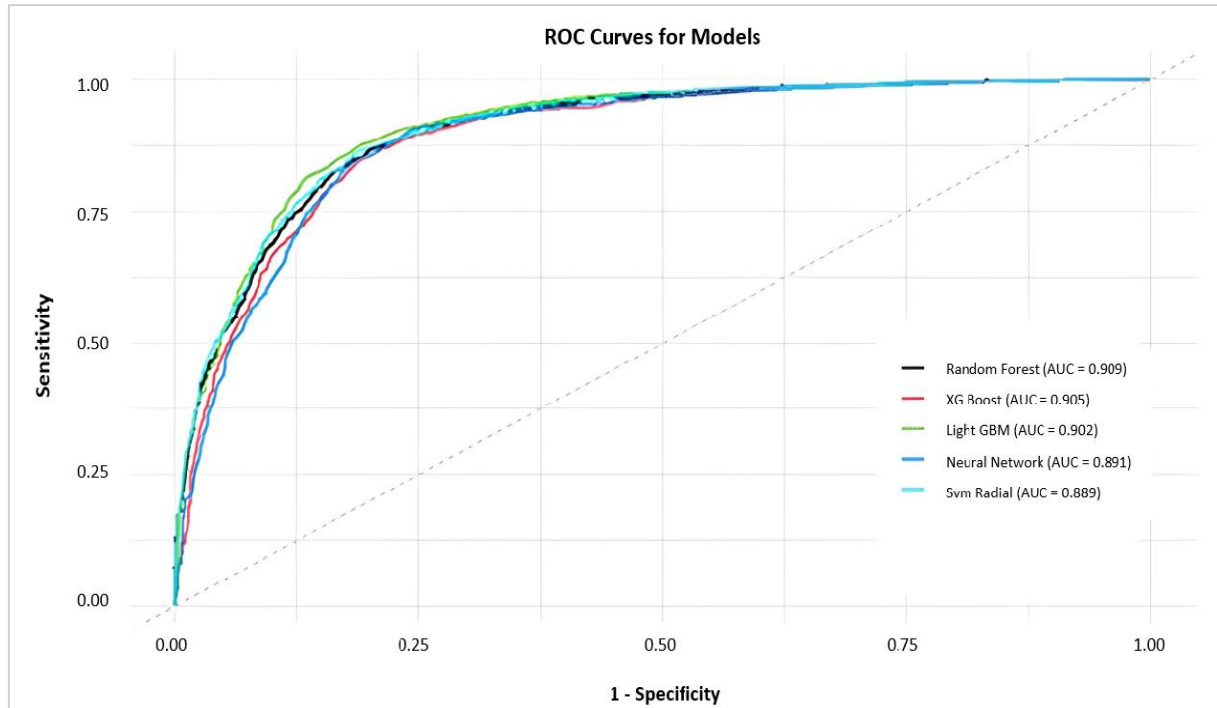
Tablo 22. Tüm yaş grupları ve her iki cinsiyette Random Forest modeli karışıklık matrisi

Tahmini değerler	Gerçek sonuçlar	
	Üreme var	Üreme yok
Üreme var	1015	260
Üreme yok	424	3461

Tablo 23. Tüm yaş grupları ve her iki cinsiyette farklı makine öğrenme modellerinin karşılaştırılması

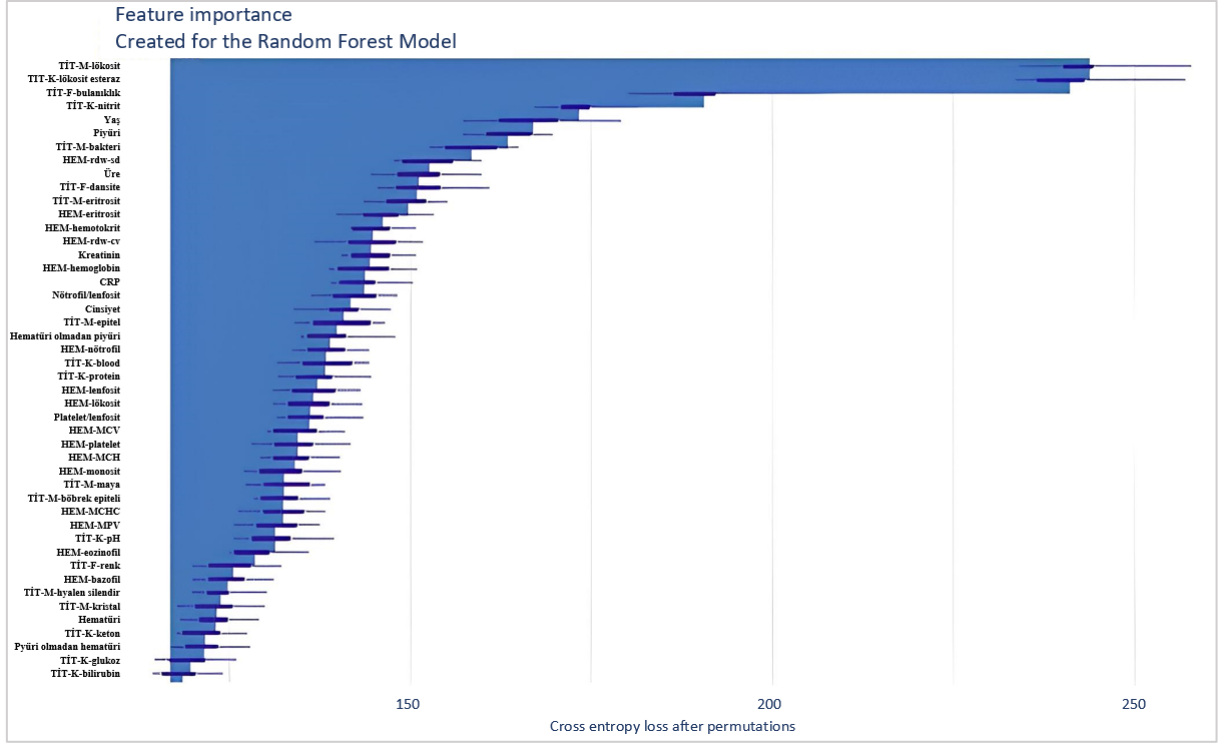
Model	Doğruluk	F1 Skoru	Pozitif Prediktif Değer	Duyarlılık	Özgüllük
Random Forest	0,8674419	0,7479735	0,7960784	0,7053509	0,9301263
XG Boost	0,8631783	0,7375465	0,7929656	0,6893676	0,9303951
Light GBM	0,8612403	0,7383041	0,7787201	0,7018763	0,9228702
Neural Network	0,8577519	0,7338651	0,7672479	0,7032662	0,9174953
Svm Radial	0,8498062	0,6855984	0,8235867	0,5872133	0,9513572

Farklı makine öğrenme modellerinin sınıflandırma performanslarını karşılaştırmak amacıyla ROC analizinin sonuçları incelenmiş ve değerlendirme Area Under Curve (AUC) değerleri kullanılarak yapılmıştır. Random Forest modeli en yüksek AUC değerine (0,909) sahip olup diğer modellere kıyasla en iyi sınıflandırma performansını sergilemiştir. Ayrıca XG Boost, Light GBM, Neural Network, Svm Radial modellerinin AUC değerleri sırasıyla 0,905; 0,902; 0,891; 0,889 olup, tüm modeller yüksek sınıflandırma başarısı göstermiştir. Sonuçların ROC eğrisi analizi Şekil 13'te sunulmuştur.



Şekil 13. Tüm yaş grupları ve her iki cinsiyette farklı makine öğrenme modellerinin ROC eğrilerinin karşılaştırılması

Tüm yaş grupları ve her iki cinsiyet için en uygun makine öğrenmesi olan Random Forest modelinen en çok katkı sağlayan parametreler; tam idrar tetkikinde mikroskobi lökosit, lökosit esterase, bulanıklık, nitrit ve yaş iken en az katkı sağlayan parametre idrar bilirubin testidir. Model için parametrelerin önem grafiği Şekil 14’de sunulmuştur.



Şekil 14. Tüm yaş gruplarında her iki cinsiyet için Random Forest modeli için değişken önemlilik grafiği

45 farklı parametre kullanılarak kadın cinsiyete ait 13665 klinik örnek ile idrar kültür sonuçları öngörülme çalışılan makine öğrenmeleri arasında en iyi model Random Forest olarak bulunmuştur. Random Forest, % 83,8 doğrulukla; % 69,2 duyarlılık ve % 90,7 özgüllüğe sahiptir (Tablo 24 ve 25).

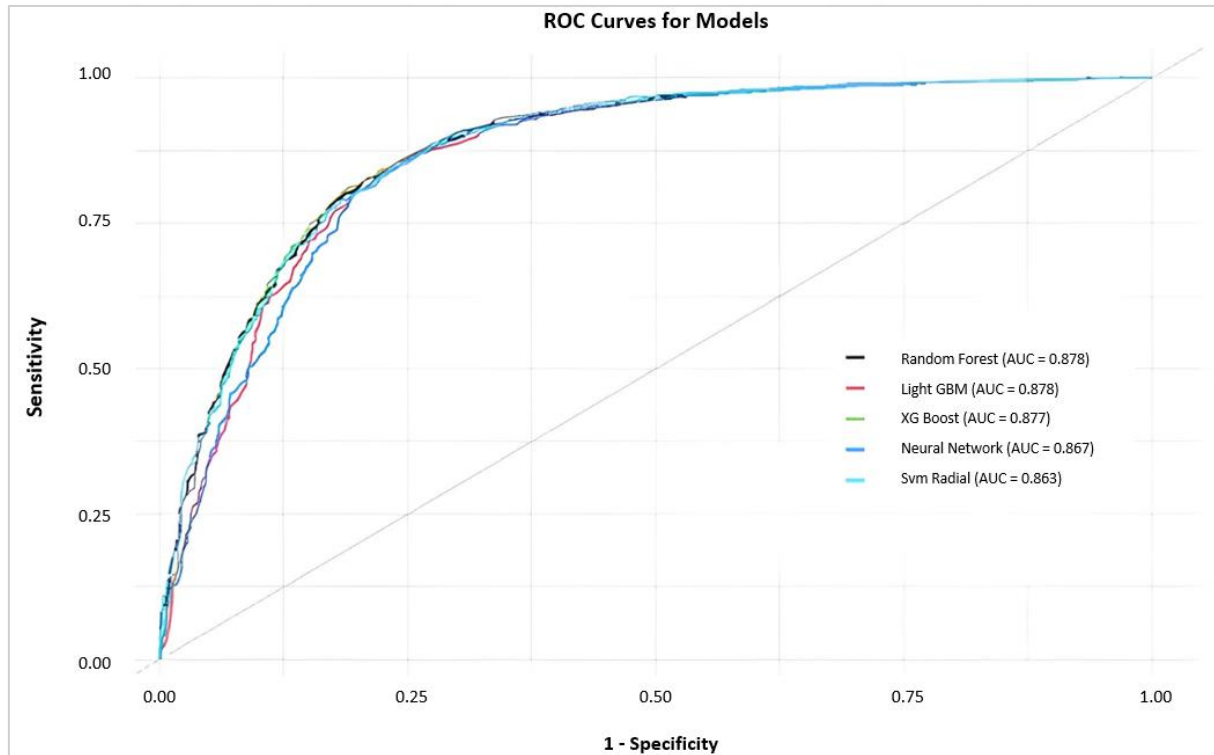
Tablo 24. Tüm yaş gruplarında kadınlarda Random Forest modeli karışıklık matrisi

Tahmini değerler	Gerçek sonuçlar	
	Üreme var	Üreme yok
Üreme var	609	171
Üreme yok	271	1683

Tablo 25. Tüm yaş gruplarında kadınlarda farklı makine öğrenme modellerinin karşılaştırılması

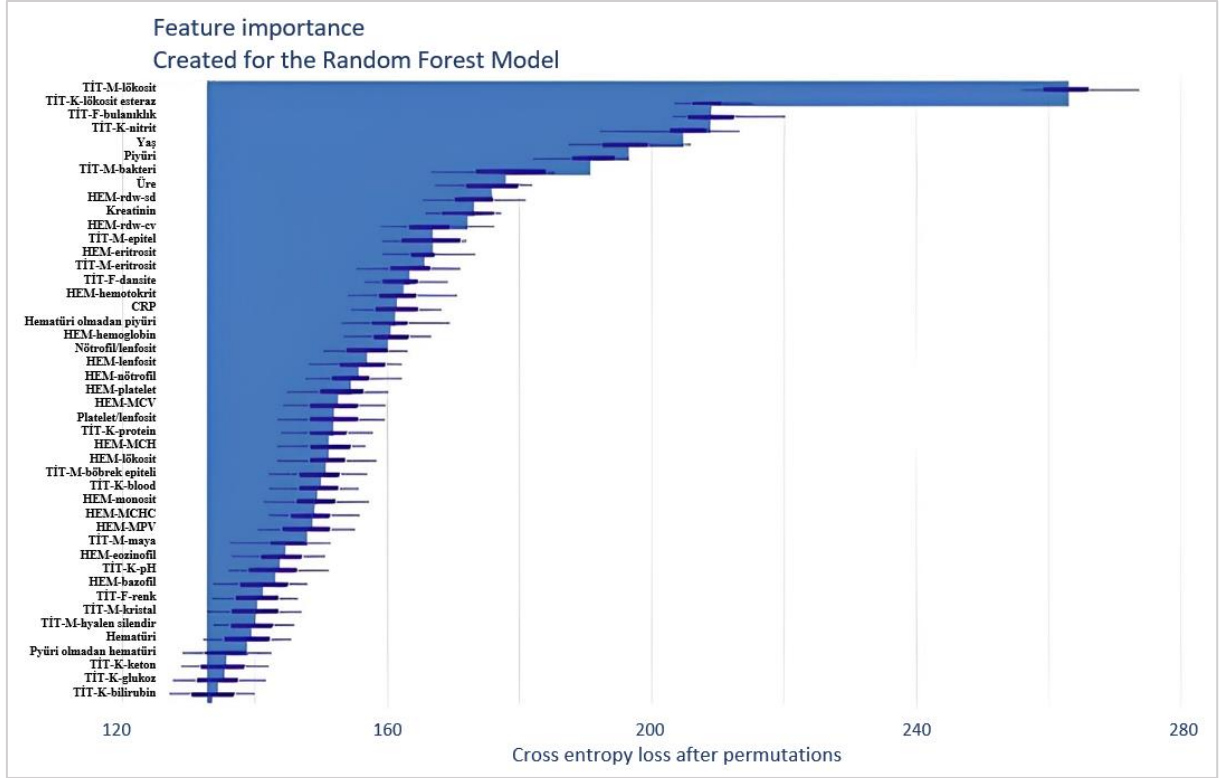
Model	Doğruluk	F1 Skor	Pozitif prediktif değer	Duyarlılık	Özgüllük
Random Forest	0,8383321	0,7337349	0,7807692	0,6920455	0,9077670
XG Boost	0,8321141	0,7185776	0,7802929	0,6659091	0,9110032
Light GBM	0,8379663	0,7306991	0,7856209	0,6829545	0,9115426
Neural Network	0,8288222	0,7184116	0,7634271	0,6784091	0,9002157
Svm Radial	0,8299195	0,6942801	0,8237129	0,6000000	0,9290507

Tüm yaş gruplarında sadece kadın cinsiyete ait örneklerin idrar kültür sonuçlarının tahmininde Random Forest modeli en yüksek AUC değerine (0,878) sahip olup, diğer modellere kıyasla en iyi sınıflandırma performansını sergilemiştir. Ayrıca Light GBM, XG Boost, Svm Radial, Neural Network modellerinin AUC değerleri sırasıyla 0,878; 0,877; 0,863; 0,867 olup, tüm modeller yüksek sınıflandırma başarısı göstermiştir. Sonuçların ROC eğrisi analizi Şekil 15’te sunulmuştur.



Şekil 15. Tüm yaş gruplarında kadınlarda modellerin ROC eğrilerinin karşılaştırılması

Tüm yaş gruplarında kadın cinsiyet için en uygun makine öğrenmesi olan Random Forest modelinen en çok katkı sağlayan parametreler; tam idrar tetkikinde mikroskobi lökosit, lökosit esterase, bulanıklık, nitrit ve yaş iken en az katkı sağlayan parametre idrar bilirubin testidir. Model için parametrelerin önem grafiği Şekil 16’da sunulmuştur.



Şekil 16. Tüm yaş gruplarında kadınlarda Random Forest modeli için değişken önemlilik grafiği

45 farklı parametre ile erkek cinsiyete ait 12131 klinik örneğin idrar kültür sonuçlarını öngörmeye çalışılan makine öğrenme modelleri arasında en iyi model Random Forest olarak bulunmuştur. Random Forest, % 89,0 doğrulukla; % 71,0 duyarlılık ve % 94,4 özgüllüğe sahiptir (Tablo 26 ve 27).

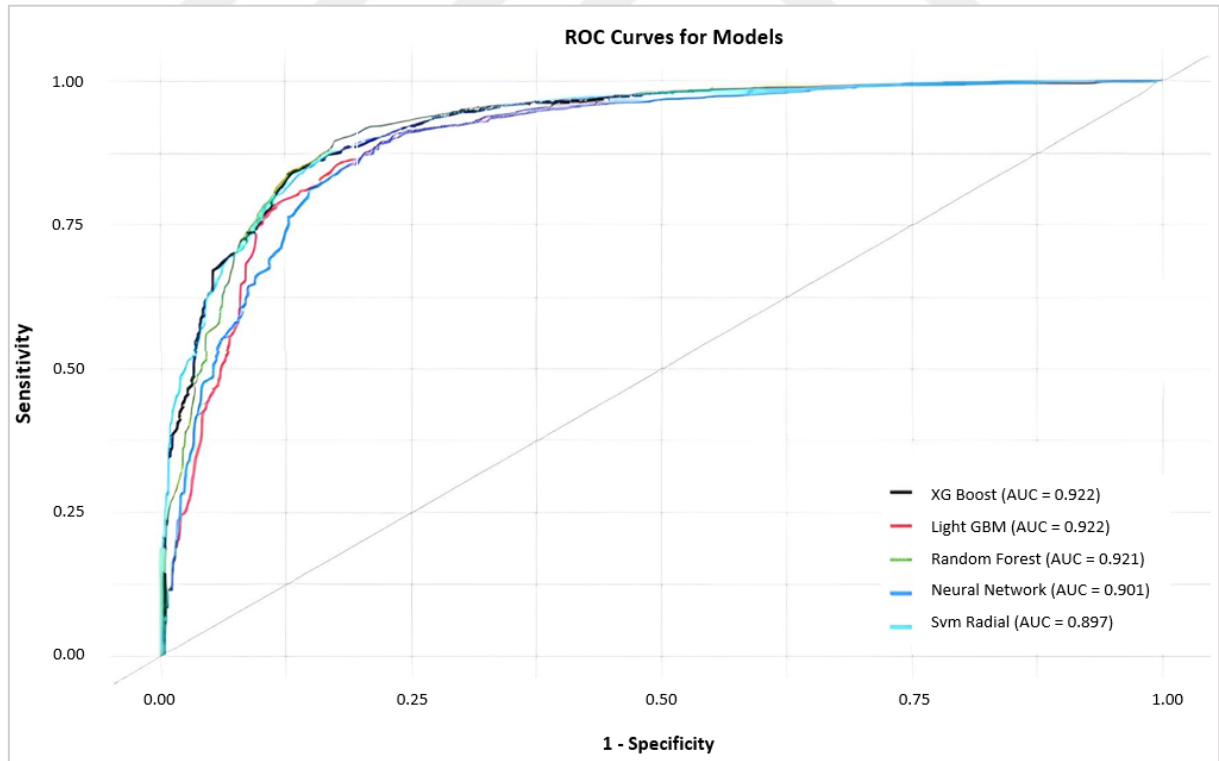
Tablo 26. Tüm yaş gruplarında erkeklerde Random Forest modeli karışıklık matrisi

Tahmini değerler	Gerçek sonuçlar	
	Üreme var	Üreme yok
Üreme var	398	103
Üreme yok	162	1764

Tablo 27. Tüm yaş gruplarında erkeklerde farklı makine öğrenme modellerinin karşılaştırılması

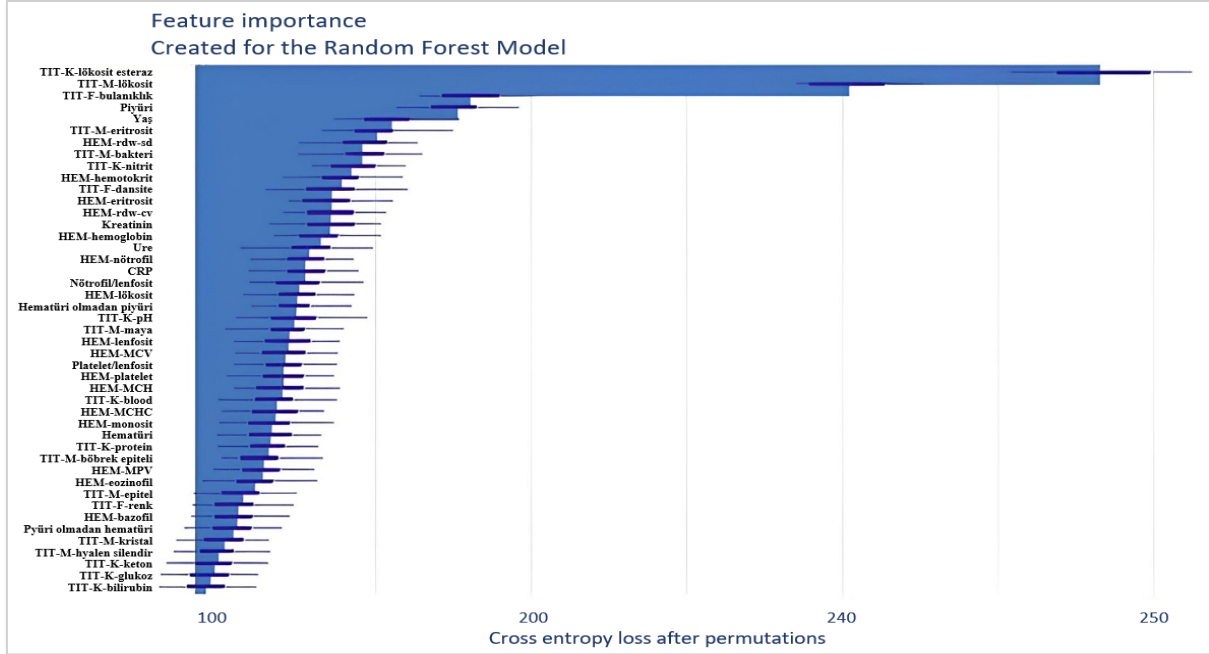
Model	Doğruluk	F1 Skor	Pozitif Prediktif Değer	Duyarlılık	Özgüllük
Random Forest	0,8908117	0,7502356	0,7944112	0,7107143	0,9448313
XG Boost	0,8842192	0,7305849	0,7888199	0,6803571	0,9453669
Light GBM	0,8899876	0,7478754	0,7935872	0,7071429	0,9448313
Neural Network	0,8759786	0,7125119	0,7659138	0,6660714	0,9389395
Svm Radial	0,8665019	0,6538462	0,8138298	0,5464286	0,9625067

Tüm yaş gruplarında sadece erkek cinsiyete ait örneklerin idrar kültür sonuçlarının tahmininde en iyi model olan Random Forest modelinin AUC değeri 0,921’dir. Light GBM, XG Boost, Neural Network, Svm Radial modellerinin AUC değerleri sırasıyla 0,922; 0,922; 0,901; 0,897 olup, tüm modeller yüksek sınıflandırma başarısı göstermiştir. Modellerin ROC eğrisi analizi Şekil 17’de sunulmuştur.



Şekil 17. Tüm yaş gruplarında erkeklerde modellerin ROC eğrilerinin karşılaştırılması

Tüm yaş gruplarında erkek cinsiyet için en uygun makine öğrenmesi olan Random Forest modeline en çok katkı sağlayan parametreler; tam idrar tetkikinde lökosit esteraz, mikroskobi lökosit, bulanıklık, pyüri ve yaş iken en az katkı sağlayan parametre idrar bilirubin testidir. Model için parametrelerin önem grafiği Şekil 18’de sunulmuştur.



Şekil 18. Tüm yaş gruplarında erkeklerde Random Forest modeli için değişken önemlilik grafiği

Bu çalışmada farklı yaş grupları ve cinsiyetlere göre makine öğrenmesi modellerinin performans değerlendirmesi için subgrup analizleri yapılmıştır.

65 yaş üstü bireylerde her iki cinsiyete ait 7834 klinik örnek ve 46 parametre kullanılarak yapılan değerlendirmede en iyi model Random Forest olarak bulunmuştur. Random Forest, % 82,6 doğrulukla, % 76,7 duyarlılık ve % 86,9 özgüllüğe sahiptir (Tablo 28 ve 29).

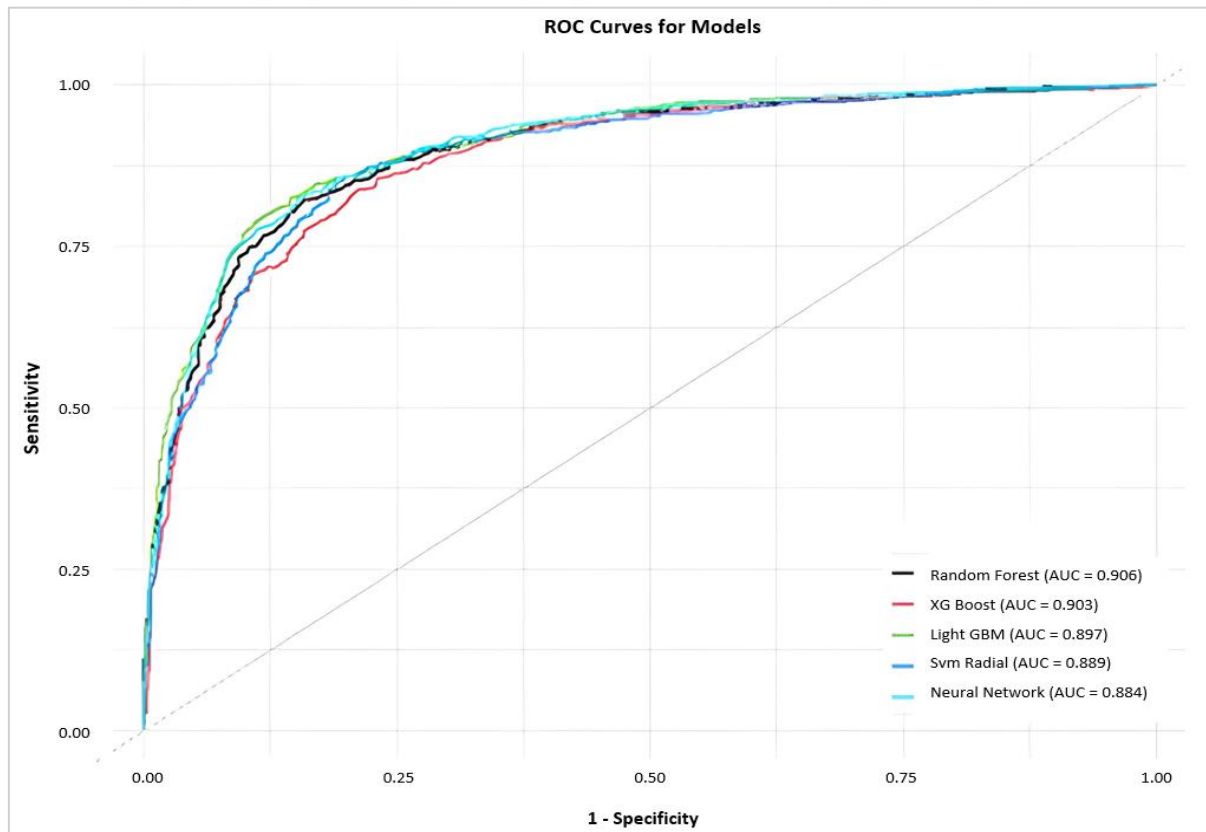
Tablo 28. 65 yaş ve üstü her iki cinsiyette Random Forest modeli karışıklık matrisi

Tahmini değerler	Gerçek sonuçlar	
	Üreme var	Üreme yok
Üreme var	508	118
Üreme yok	154	787

Tablo 29. 65 yaş ve üstü her iki cinsiyet için farklı makine öğrenme modellerinin karşılaştırılması

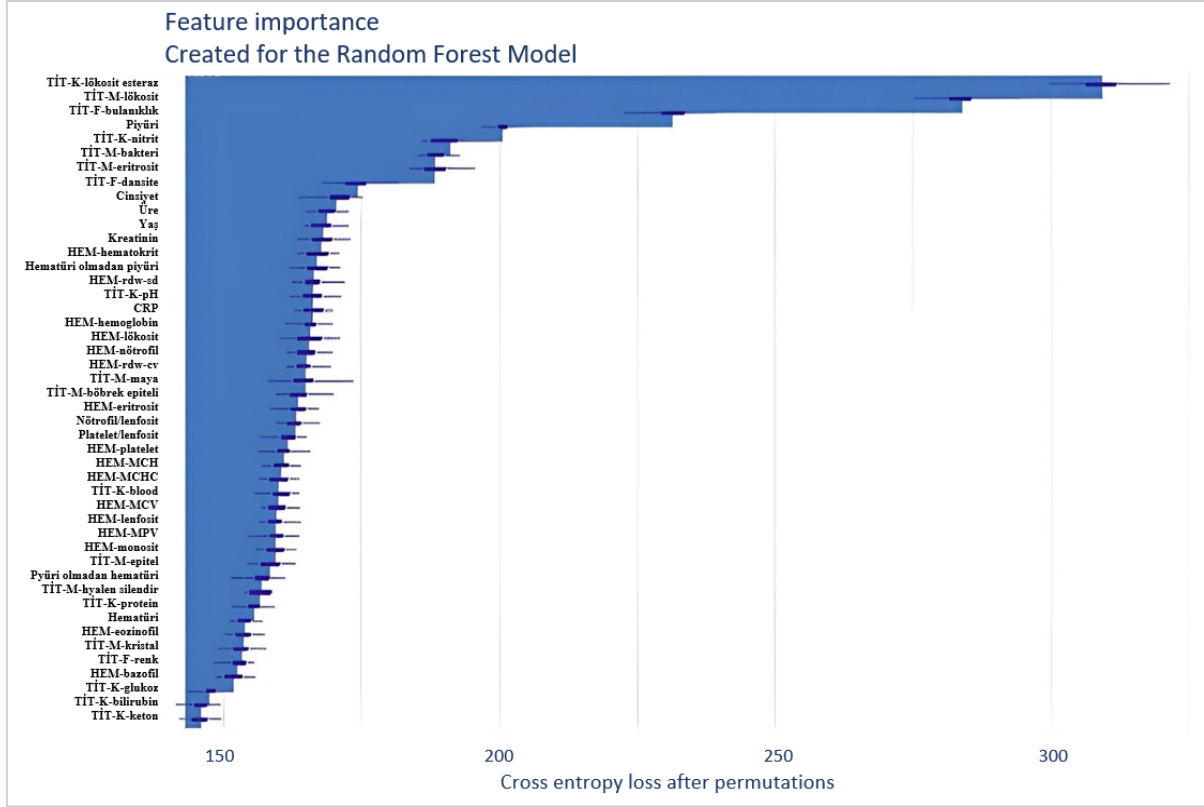
Model	Doğruluk	F1 Skor	Pozitif Prediktif Değer	Duyarlılık	Özgüllük
Random Forest	0,8264199	0,7888199	0,8115016	0,7673716	0,8696133
XG Boost	0,8251436	0,7845912	0,8180328	0,7537764	0,8773481
Light GBM	0,8232291	0,7837627	0,8109855	0,7583082	0,8707182
Neural Network	0,8149330	0,7741433	0,7990354	0,7507553	0,8618785
Svm Radial	0,8232291	0,7760711	0,8347826	0,7250755	0,8950276

65 yaş ve üstü hastalarda farklı makine öğrenme modellerinin sınıflandırma performanslarını karşılaştırıldığında Random Forest modeli en yüksek AUC değerine (0,906) sahip olup, diğer modellere kıyasla en iyi sınıflandırma performansını sergilemiştir. Ayrıca XG Boost, Light GBM, Svm Radial, Neural Network modellerinin AUC değerleri sırasıyla 0,903; 0,897; 0,889; 0,884 olup, tüm modeller yüksek sınıflandırma başarısı göstermiştir. Sonuçların ROC eğrisi analizi Şekil 19’da sunulmuştur.



Şekil 19. 65 yaş üstü grupta her iki cinsiyette modellerin ROC eğrilerinin karşılaştırılması

65 yaş ve üstü grupta her iki cinsiyet için en uygun makine öğrenmesi olan Random Forest modelinen en çok katkı sağlayan parametreler; tam idrar tetkikinde lökosit esteraz, mikroskobi lökosit, bulanıklık, pyüri ve nitrit iken en az katkı sağlayan parametre idrar keton testidir. Model için parametrelerin önem grafiği Şekil 20’de sunulmuştur.



Şekil 20. 65 yaş ve üzeri grupta her iki cinsiyet için Random Forest modeli için değişken önemlilik grafiği

65 yaş ve üstü sadece kadın cinsiyete ait toplam 3527 klinik örnek ve 45 farklı parametre ile idrar kültür sonuçları öngörölmeye çalışılan makine öğrenmeleri arasında en iyi model XG Boost olarak bulunmuştur. XG Boost, % 80,1 doğrulukla, % 80,3 duyarlılık ve % 79,9 özgüllüğe sahiptir (Tablo 30 ve 31).

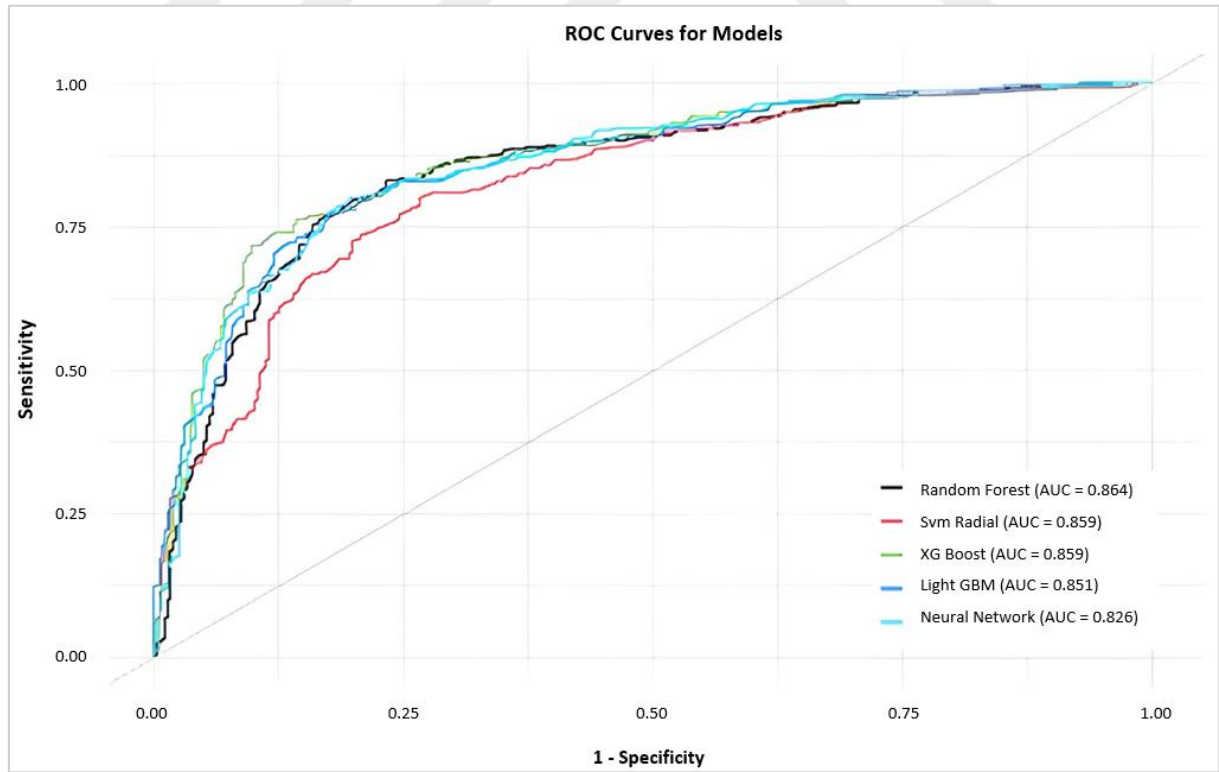
Tablo 30. 65 yaş ve üstü kadınlarda Random Forest modeli karışıklık matrisi

Tahmini değerler	Gerçek sonuçlar	
	Üreme var	Üreme yok
Üreme var	287	70
Üreme yok	70	279

Tablo 31. 65 yaş ve üstü kadınlarda farklı makine öğrenme modellerinin karşılaştırılması

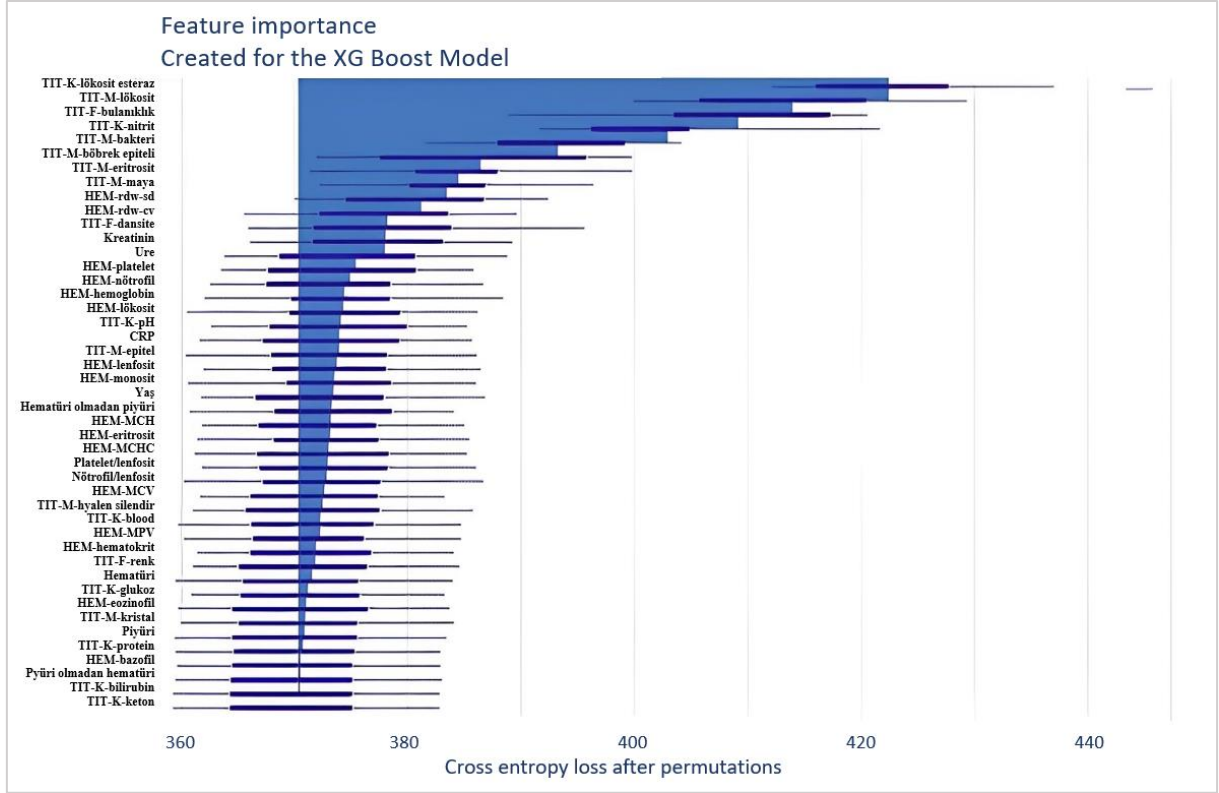
Model	Doğruluk	F1 Skor	Pozitif Prediktif Değer	Duyarlılık	Özgüllük
Random Forest	0,7932011	0,7960894	0,7938719	0,7983193	0,7879656
XG Boost	0,8016997	0,8039216	0,8039216	0,8039216	0,7994269
Light GBM	0,7974504	0,7994390	0,8005618	0,7983193	0,7965616
Neural Network	0,7577904	0,7594937	0,7627119	0,7563025	0,7593123
Svm Radial	0,7903683	0,8016086	0,7686375	0,8375350	0,7421203

65 yaş ve üstü sadece kadın cinsiyet için farklı makine öğrenme modellerinin sınıflandırma performanslarını karşılaştırıldığında XG Boost modelinin AUC değeri 0,859 olup iyi sınıflandırma performansını sergilemiştir. Ayrıca Light GBM, Random Forest, Svm Radial, Neural Network modellerinin AUC değerleri sırasıyla 0,851; 0,864; 0,859; 0,826 olup, tüm modeller yüksek sınıflandırma başarısı göstermiştir. Sonuçların ROC eğrisi analizi Şekil 21’de sunulmuştur.



Şekil 21. 65 yaş ve üstü grupta sadece kadın cinsiyette modellerin ROC eğrilerinin karşılaştırılması

65 yaş ve üstü grupta sadece kadın cinsiyette en uygun makine öğrenmesi olan XG Boost modeline en çok katkı sağlayan parametreler; tam idrar tetkikinde lökosit esteraz, mikroskobi lökosit, bulanıklık ve mikroskobi bakteri iken en az katkı sağlayan parametre idrar keton testidir. Model için parametrelerin önem grafiği Şekil 22’de sunulmuştur.



Şekil 22. 65 yaş ve üzeri grupta kadınlarda XG Boost modeli için değişken önemlilik grafiği

65 yaş ve üstü erkek cinsiyete ait 4307 klinik örnek ve 45 parametre ile idrar kültür sonuçları öngörülme çalışılan makine öğrenmeleri arasında en iyi model Random Forest olarak bulunmuştur. Random Forest, % 85,0 doğrulukla, % 78,6 duyarlılık ve % 88,5 özgüllüğe sahiptir (Tablo 32 ve 33).

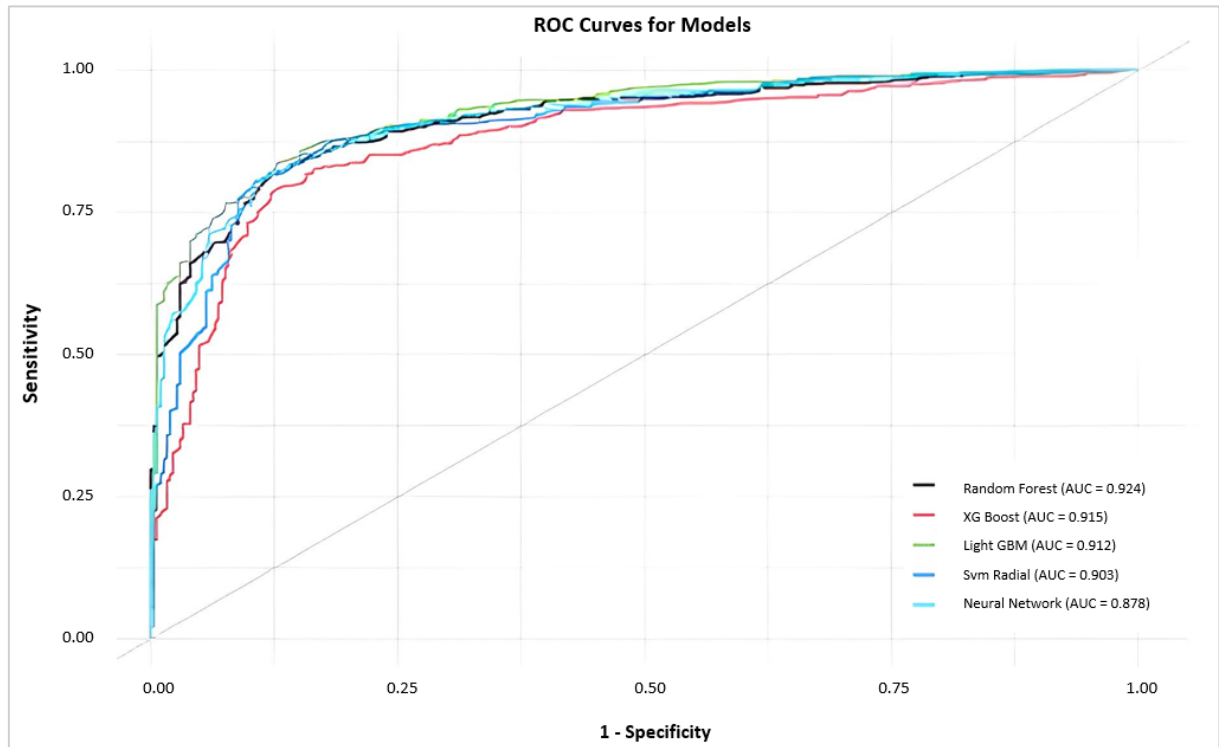
Tablo 32. 65 yaş ve üstü erkeklerde Random Forest modeli karışıklık matrisi

Tahmini değerler	Gerçek sonuçlar	
	Üreme var	Üreme yok
Üreme var	240	64
Üreme yok	65	493

Tablo 33. 65 yaş ve üstü ve erkeklerde farklı makine öğrenme modellerin karşılaştırılması

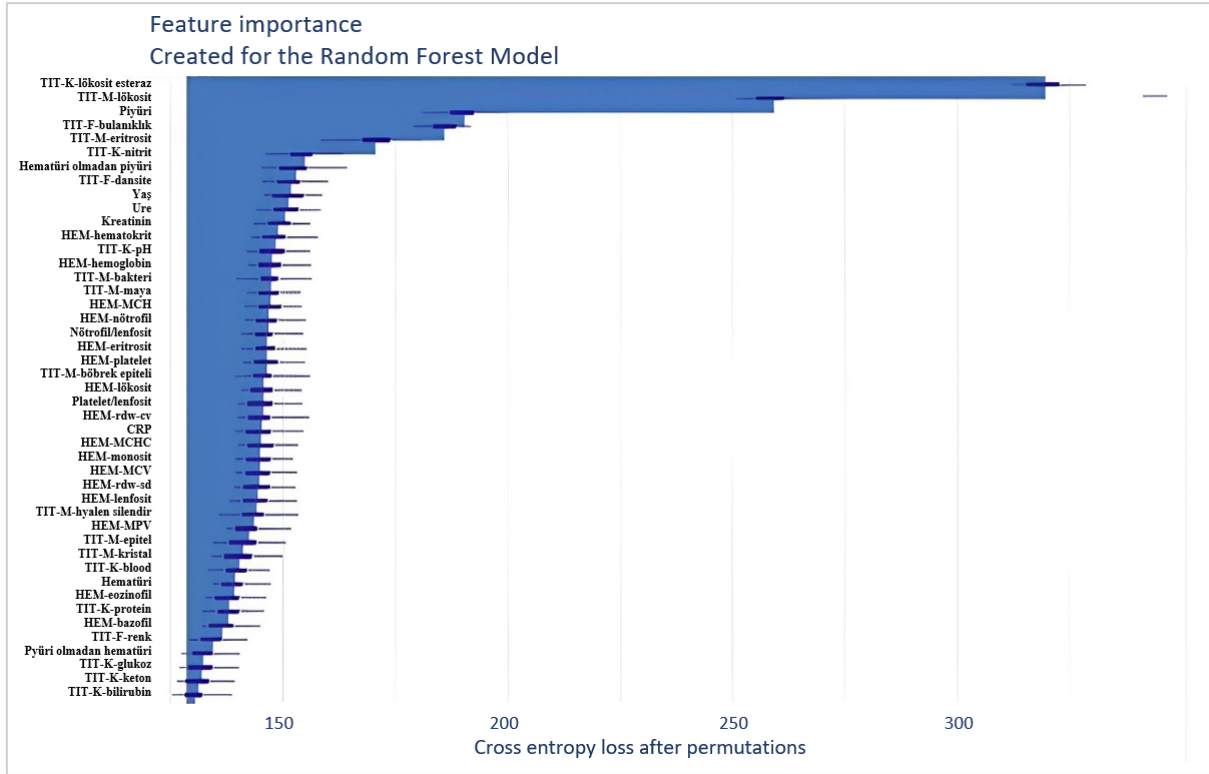
Model	Doğruluk	F1 Skor	Pozitif Prediktif Değer	Duyarlılık	Özgüllük
Random Forest	0,8503480	07881773	07894737	0,7868852	0,8850987
XG Boost	0,8433875	0,7761194	0,7852349	0,7672131	0,8850987
Light GBM	0,8399072	0,7715232	0,7792642	0,7639344	0,8815081
Neural Network	0,8225058	0,7544141	0,7389937	0,7704918	0,8509874
Svm radial	0,8109049	0,6930320	0,8141593	0,6032787	0,9245961

65 yaş ve üstü sadece erkek cinsiyet için farklı makine öğrenme modellerinin sınıflandırma performanslarını karşılaştırıldığında Random Forest modeli en yüksek AUC değerine (0,924) sahip olup, diğer modellere kıyasla en iyi sınıflandırma performansını sergilemiştir. XG Boost, Light GBM, Neural Network ve Svm Radial modellerinin AUC değerleri sırasıyla 0,915; 0,912; 0,878; 0,903 olup, tüm modeller yüksek sınıflandırma başarısı göstermiştir. Sonuçların ROC eğrisi analizi Şekil 23’de sunulmuştur.



Şekil 23. 65 yaş ve üstü grupta sadece erkeklerde modellerin ROC eğrilerinin karşılaştırılması

65 yaş ve üzeri grupta sadece erkek cinsiyet için en uygun makine öğrenmesi olan Random Forest modeline en çok katkı sağlayan parametreler; tam idrar tetkikinde lökosit esteraz, mikroskobi lökosit, pyüri, bulanıklık ve mikroskobi eritrosit iken en az katkı sağlayan parametre idrar bilirubin testidir. Model için parametrelerin önem grafiği Şekil 24'te sunulmuştur.



Şekil 24. 65 yaş ve üzeri grupta erkeklerde Random Forest modeli için değişken önemlilik grafiği

18-65 yaş arası, 11699 klinik örnek ve 46 farklı parametre ile idrar kültür sonuçları öngörülme çalışılan makine öğrenmeleri arasında en iyi model Random Forest olarak bulunmuştur. Random Forest, % 86,7 doğrulukla, % 63,6 duyarlılık ve % 94,2 özgüllüğe sahiptir (Tablo 34 ve 35).

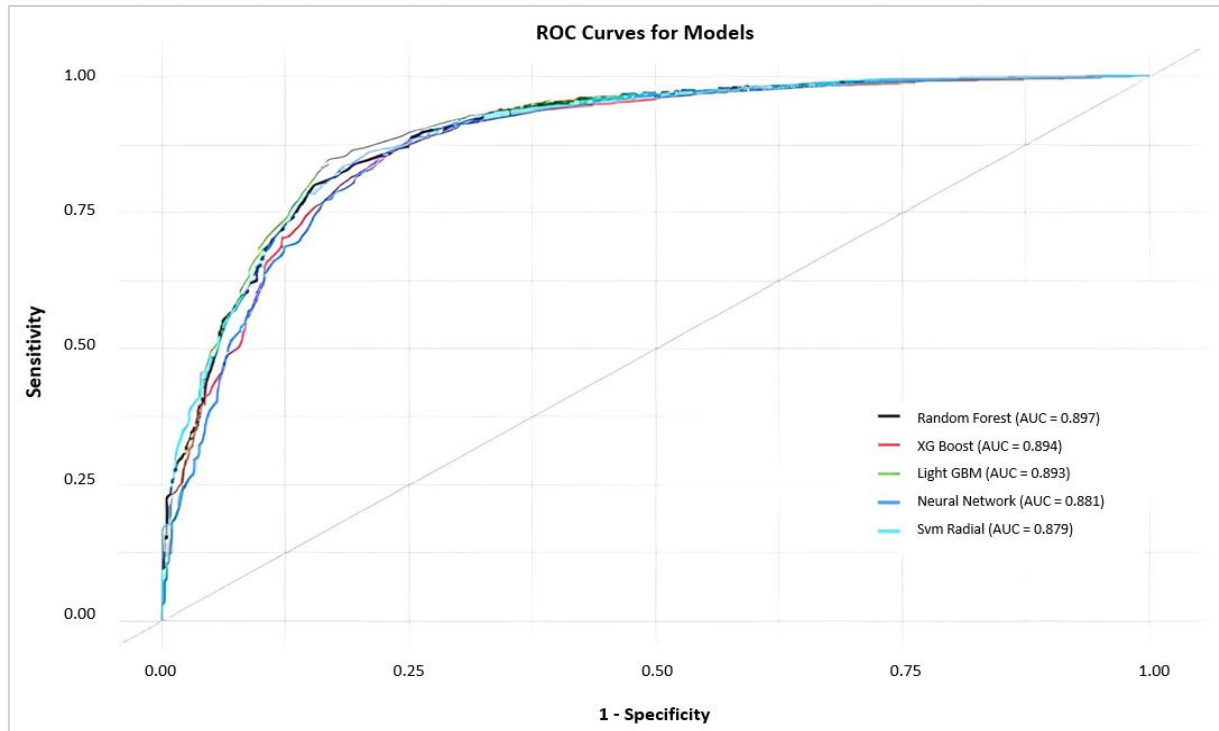
Tablo 34. 18-65 yaş arası her iki cinsiyette Ranfom Forest modeli karışıklık matrisi

Tahmini değerler	Gerçek sonuçlar	
	Üreme var	Üreme yok
Üreme var	366	101
Üreme yok	209	1665

Tablo 35. 18-65 yaş arası grupta her iki cinsiyette farklı makine öğrenme modellerinin karşılaştırılması

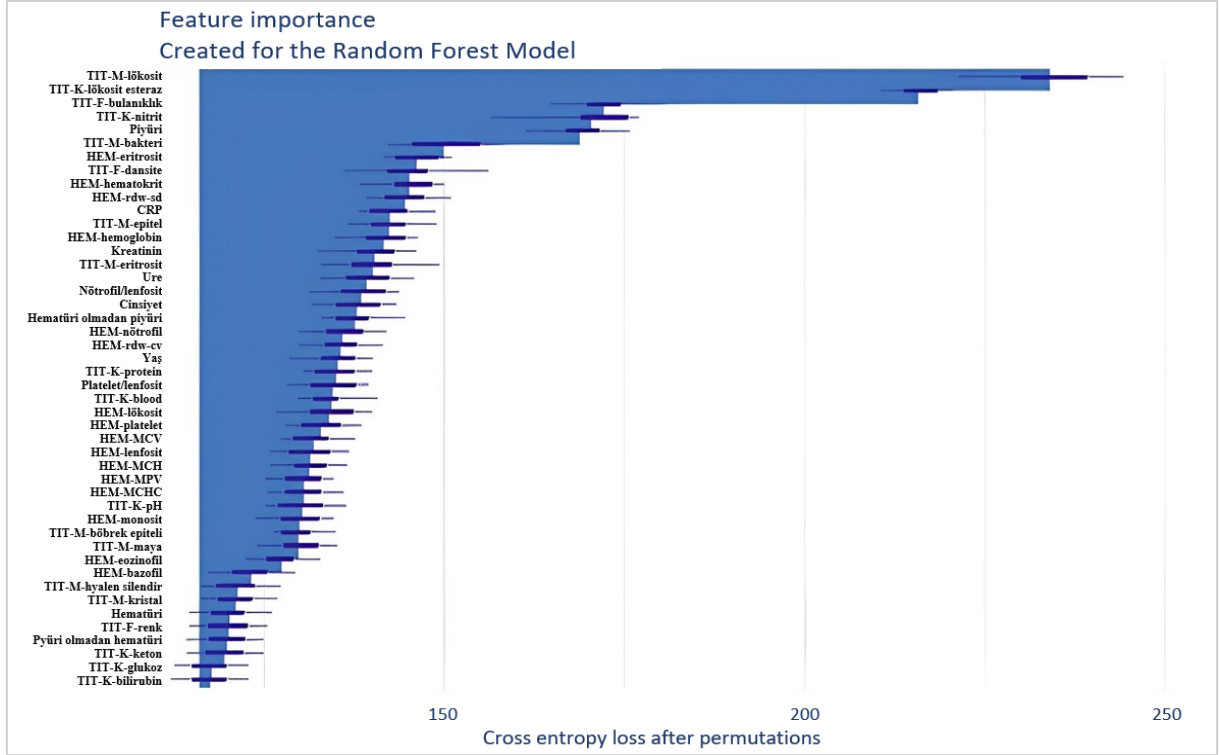
Model	Doğruluk	F1 Skor	Pozitif Prediktif Değer	Duyarlılık	Özgüllük
Random Forest	0,8675780	0,7024952	0,7837259	0,6365217	0,9428086
XG Boost	0,8624519	0,6950758	0,7629938	0,6382609	0,9354473
Light GBM	0,8662965	0,7021884	0,7752101	0,6417391	0,9394111
Neural Network	0,8590346	0,7000000	0,7333333	0,6695652	0,9207248
Svm Radial	0,8496369	0,6231263	0,8195850	0,5060870	0,9614949

18-65 yaş grubu hastalarda farklı makine öğrenme modellerinin sınıflandırma performanslarını karşılaştırıldığında Random Forest modeli en yüksek AUC değerine (0,897) sahip olup, diğer modellere kıyasla en iyi sınıflandırma performansını sergilemiştir. Ayrıca Light GBM, XG Boost, Neural Network ve Svm Radial modellerinin AUC değerleri sırasıyla 0,893; 0,894; 0,881; 0,879 olup, tüm modeller yüksek sınıflandırma başarısı göstermiştir. Sonuçların ROC eğrisi analizi Şekil 25'te sunulmuştur.



Şekil 25. 18-65 yaş arası her iki cinsiyette modellerin ROC eğrilerinin karşılaştırılması

18-65 yaş grubunda her iki cinsiyet için en uygun makine öğrenmesi olan Random Forest modeline en çok katkı sağlayan parametreler; tam idrar tetkikinde mikroskobi lökosit, lökosit esteraz, bulanıklık, nitrit ve pyüri iken en az katkı sağlayan parametre idrar bilirubin testidir. Model için parametrelerin önem grafiği Şekil 26’da sunulmuştur.



Şekil 26. 18-65 yaş arası her iki cinsiyette Random forest modeli için değişken önem grafiği

18-65 yaş arası kadınlara ait 6551 klinik örnek ve 45 farklı parametre ile idrar kültür sonuçları öngörülme çalışılan makine öğrenmeleri arasında en iyi model Random Forest olarak bulunmuştur. Random Forest, % 84,3 doğrulukla, % 61,0 duyarlılık ve % 94,0 özgüllüğe sahiptir (Tablo 36 ve 37).

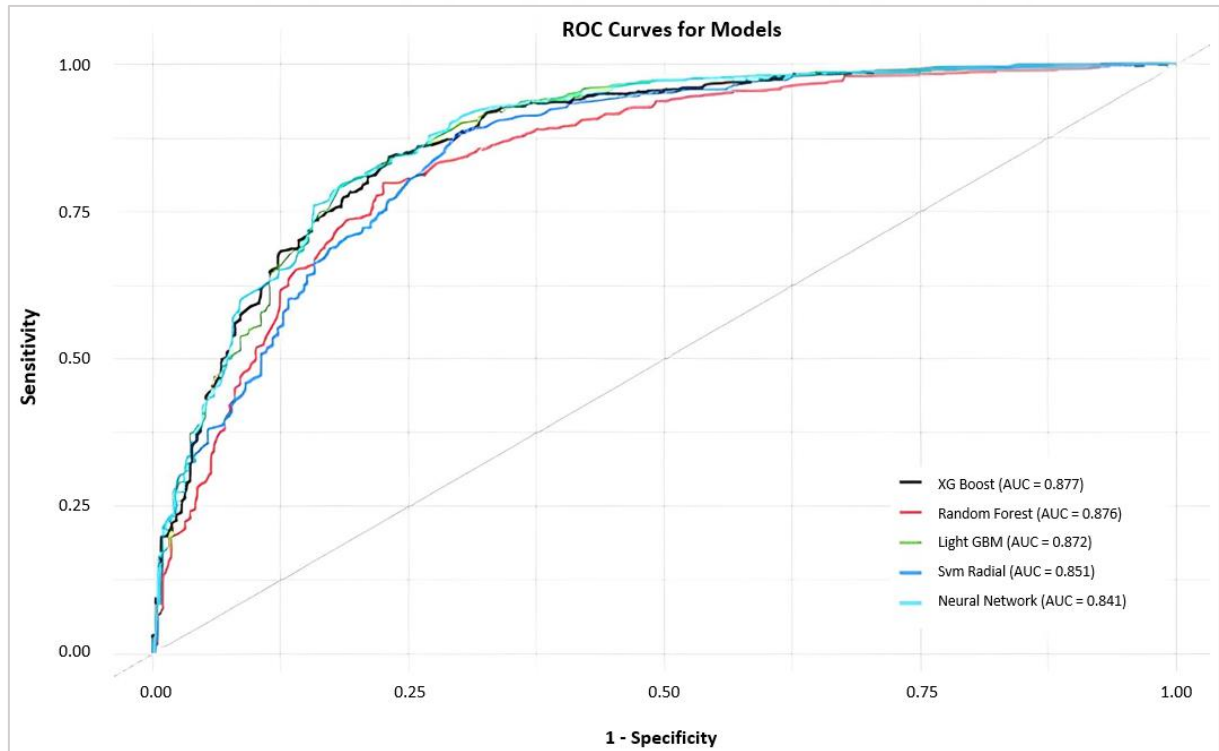
Tablo 36. 18-65 yaş arası kadınlarda Random Forest modeli karışıklık matrisi

Tahmini değerler	Gerçek sonuçlar	
	Üreme var	Üreme yok
Üreme var	235	55
Üreme yok	150	871

Tablo 37. 18-65 yaş arası kadınlarda farklı makine öğrenme modellerinin karşılaştırılması

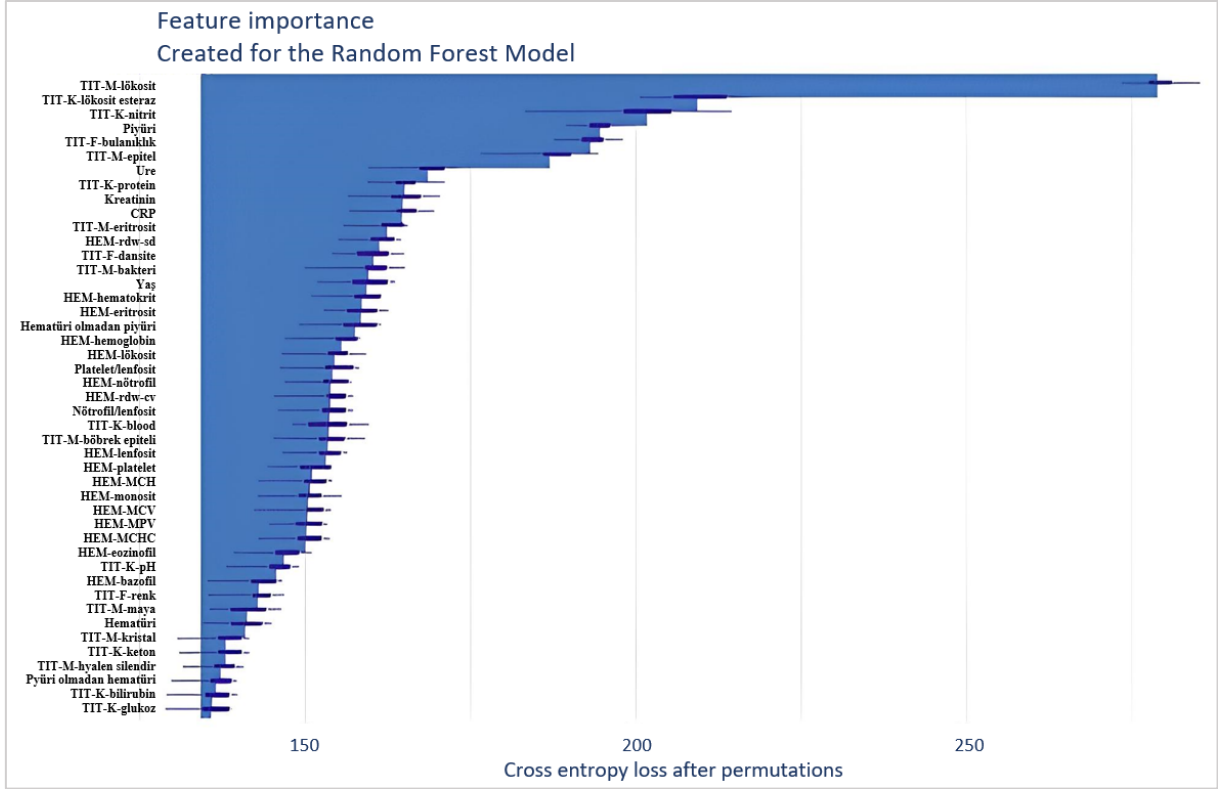
Model	Doğruluk	F1 Skor	Pozitif Prediktif Değer	Duyarlılık	Özgüllük
Random Forest	0,8436308	0,6962963	0,8103448	0,6103896	0,9406048
XG Boost	0,8428680	0,6961652	0,8054608	0,6129870	0,9384449
Light GBM	0,8405797	0,6948905	0,7933333	0,6181818	0,9330454
Neural Network	0,8085431	0,6409156	0,7133758	0,5818182	0,9028078
Svm Radial	0,8161709	0,6068515	0,8157895	0,4831169	0,9546436

18-65 yaş arası kadın hastalarda farklı makine öğrenme modellerinin sınıflandırma performanslarını karşılaştırıldığında Random Forest iyi sınıflandırma performansı sergilemiş olup modelin AUC değeri 0,876'dır. Ayrıca XG Boost, Light GBM, Svm Radial, Neural Network modellerinin AUC değerleri sırasıyla 0,877; 0,872; 0,851 ve 0,841 olup, tüm modeller yüksek sınıflandırma başarısı göstermiştir. Sonuçların ROC eğrisi analizi Şekil 27'de sunulmuştur.



Şekil 27. 18-65 yaş arası kadınlarda modellerin ROC eğrilerinin karşılaştırılması

65 yaş üstü kadınlarda en uygun makine öğrenmesi olan Random Forest modeline en çok katkı sağlayan parametreler; tam idrar tetkikinde mikroskopi lökosit, lökosit esteraz, nitrit, pyüri ve bulanıklık iken en az katkı sağlayan parametre idrar glukoz testidir. Model için parametrelerin önem grafiği Şekil 28’de sunulmuştur.



Şekil 28. 18-65 yaş arası kadınlarda Random forest modeli için değişken önemlilik grafiği

18-65 yaş grubu erkeklerde 5148 klinik örnek ve 45 farklı parametre ile idrar kültür sonuçları öngörülme çalışılan makine öğrenmeleri arasında en iyi model Random Forest olarak bulunmuştur. Random Forest, % 91,6 doğrulukla, %70,5 duyarlılık ve % 96,4 özgüllüğe sahiptir (Tablo 38 ve 39).

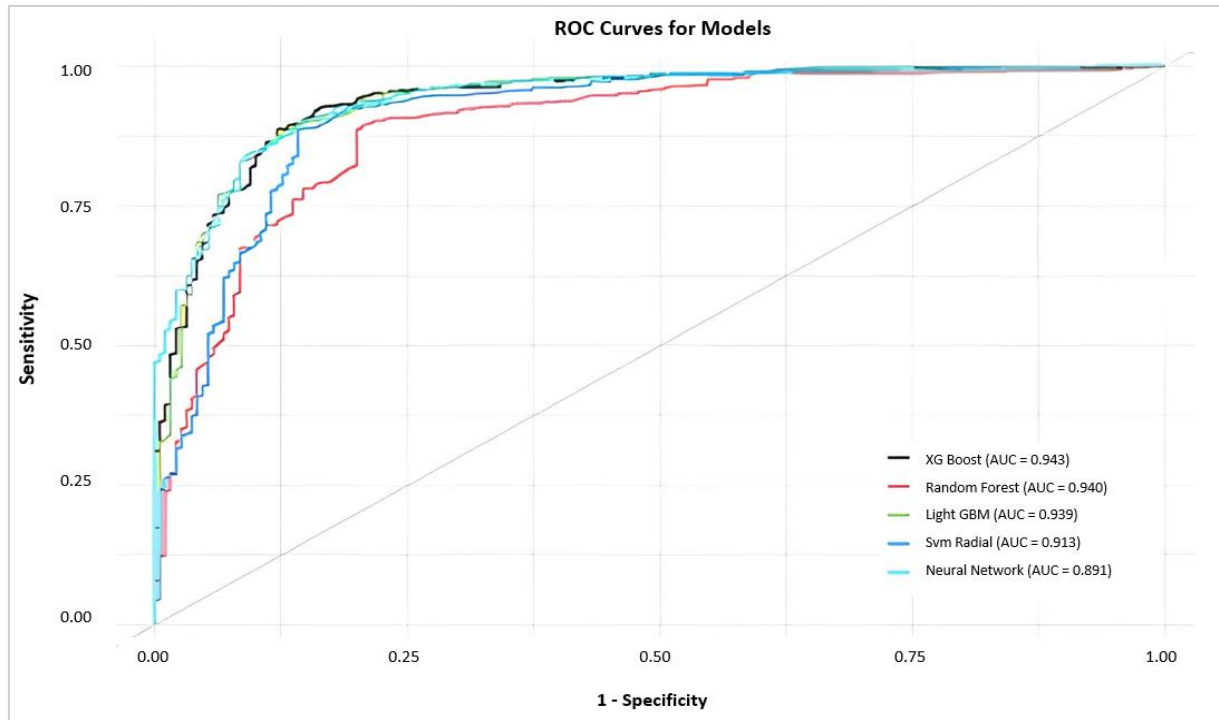
Tablo 38. 18-65 yaş arası erkeklerde Random Forest modeli karışıklık matrisi

Tahmini değerler	Gerçek sonuçlar	
	Üreme var	Üreme yok
Üreme var	134	30
Üreme yok	56	810

Tablo 39. 18-65 yaş arası grupta erkeklerde farklı makine öğrenme modellerinin karşılaştırılması

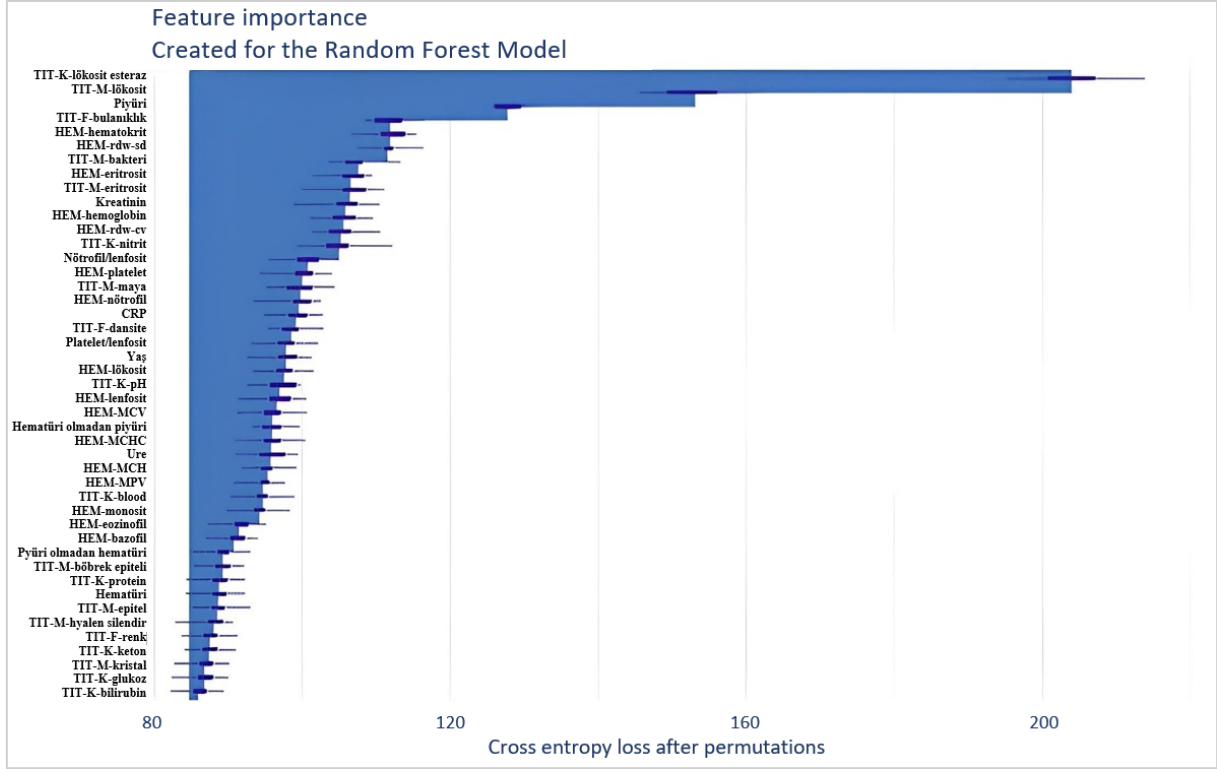
Model	Doğruluk	F1 Skor	Pozitif Prediktif Değer	Duyarlılık	Özgüllük
Random Forest	0,9165049	0,7570621	0,8170732	0,7052632	0,9642857
XG Boost	0,9155340	0,7507163	0,8238994	0,6894737	0,9666667
Light GBM	0,9145631	0,7541899	0,8035714	0,7105263	0,9607143
Neural Network	0,8796117	0,6820513	0,6650000	0,7000000	0,9202381
Svm Radial	0,8844660	0,5795053	0,8817204	0,4315789	0,9869048

18-65 yaş arası erkeklerde farklı makine öğrenme modellerinin sınıflandırma performanslarını karşılaştırıldığında Random Forest modelinin AUC değeri 0,940 olup, iyi sınıflandırma performansını sergilemiştir. Ayrıca XG Boost, Light GBM, Svm Radial, Neural Network modellerinin AUC değerleri sırasıyla 0,943; 0,939; 0,913; 0,891 olup, tüm modeller yüksek sınıflandırma başarısı göstermiştir. Sonuçların ROC eğrisi analizi Şekil 29’da sunulmuştur.



Şekil 29. 18-65 yaş arası erkeklerde modellerin ROC eğrilerinin karşılaştırılması

18-65 yaş arası erkek cinsiyet için en uygun makine öğrenmesi olan Random Forest modeline en çok katkı sağlayan parametreler; tam idrar tetkikinde lökosit esteraz, mikroskobi lökosit, pyüri, bulanıklık ve hematokrit iken en az katkı sağlayan parametre idrar bilirubin testidir. Model için parametrelerin önem grafiği Şekil 30’da sunulmuştur.



Şekil 30. 18-65 yaş arası erkeklerde Random forest modeli için değişken önemlilik grafiği

18 yaş altı çocuklara ait 6263 klinik örnek ve 46 farklı parametre ile idrar kültür sonuçları öngörülme çalışılan makine öğrenmeleri arasında en iyi model Random Forest olarak bulunmuştur. Random Forest, % 90,5 doğrulukla, % 52,2 duyarlılık ve % 97,9 özgüllüğe sahiptir (Tablo 40 ve 41).

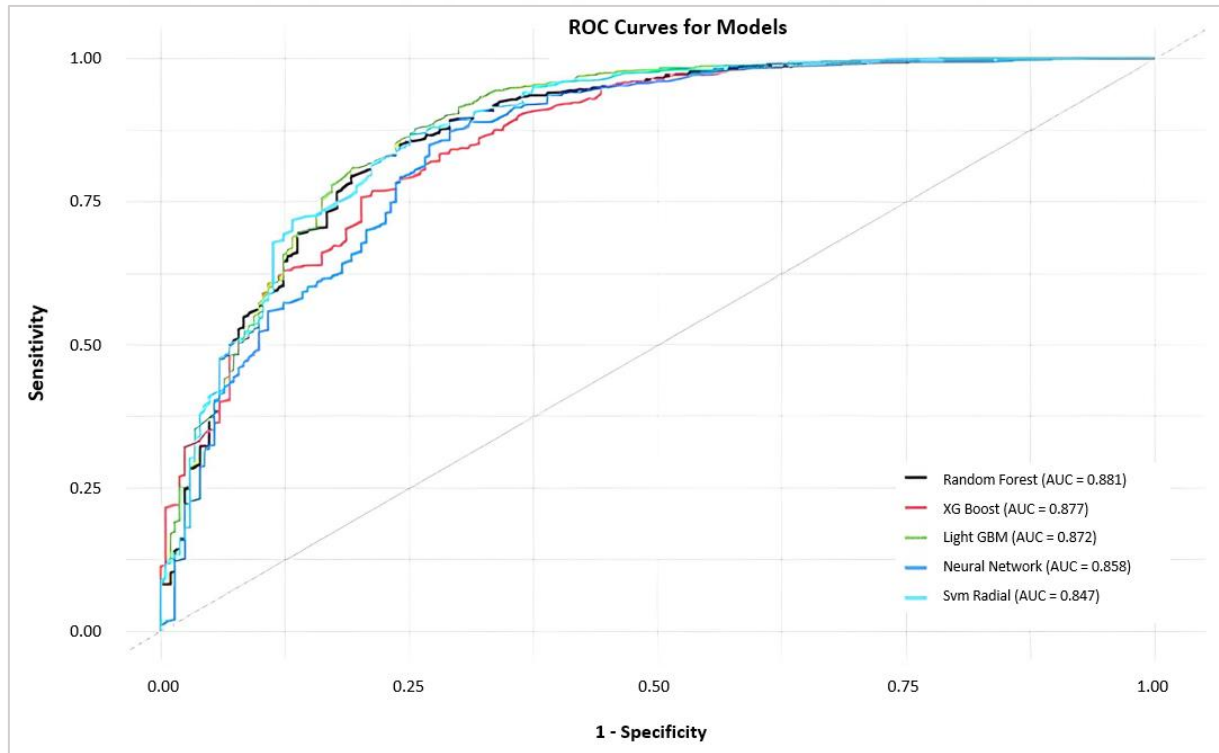
Tablo 40. 18 yaş altı kız ve erkek çocuklarda Random Forest karışıklık matrisi

Tahmini değerler	Gerçek sonuçlar	
	Üreme var	Üreme yok
Üreme var	106	22
Üreme yok	97	1028

Tablo 41. 18 yaş altı grupta her iki cinsiyette farklı makine öğrenme modellerinin karşılaştırılması

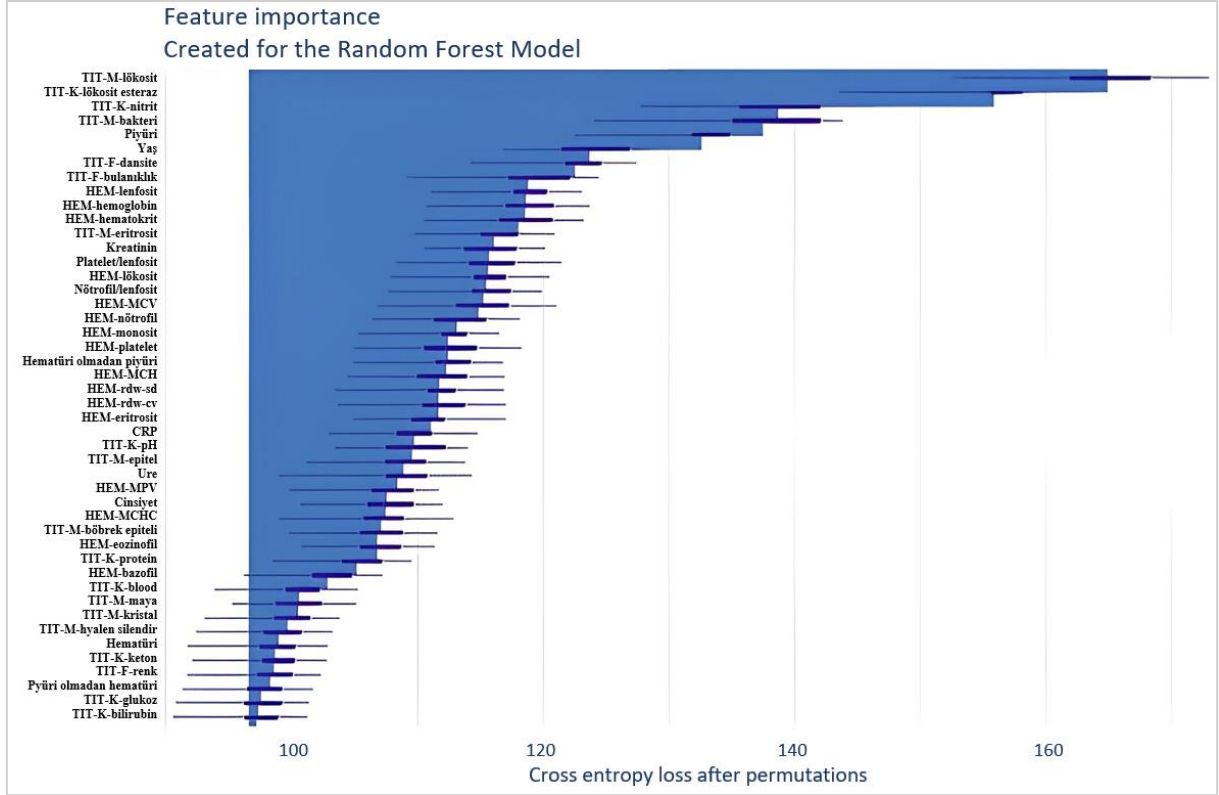
Model	Doğruluk	F1 Skor	Pozitif Prediktif Değer	Duyarlılık	Özgüllük
Random Forest	0,9050279	0,6404834	0,8281250	0,5221675	0,9790476
XG Boost	0,9002394	0,6376812	0,7746479	0,5418719	0,9695238
Light GBM	0,8890662	0,5899705	0,7352941	0,4926108	0,9657143
Neural Network	0,8802873	0,6010638	0,6531792	0,5566502	0,9428571
Svm Radial	0,8762969	0,4150943	0,8870968	0,2709360	0,9933333

18 yaş altı çocuklarda farklı makine öğrenme modellerinin sınıflandırma performanslarını karşılaştırıldığında Random Forest modeli en yüksek AUC değerine (0,881) sahip olup, diğer modellere kıyasla en iyi sınıflandırma performansını sergilemiştir. Ayrıca XG Boost, Light GBM, Neural Network ve Svm Radial modellerinin AUC değerleri sırasıyla 0,877; 0,872; 0,858; 0,847 olup, tüm modeller yüksek sınıflandırma başarısı göstermiştir. Sonuçların ROC eğrisi analizi Şekil 31’de sunulmuştur.



Şekil 31. 18 yaş altı çocuklarda modellerin ROC eğrilerinin karşılaştırılması

18 yaş altı çocuklarda her iki cinsiyet için en uygun makine öğrenmesi olan Random Forest modeline en çok katkı sağlayan parametreler; tam idrar tetkikinde mikroskobi lökosit, lökosit esterase, nitrit, mikroskobi bakteri ve pyüri iken en az katkı sağlayan parametre idrar bilirubin testidir. Model için parametrelerin önem grafiği Şekil 32’de sunulmuştur.



Şekil 32. 18 yaş altı her iki cinsiyette Random forest modeli için değişken önemlilik grafiği

18 yaş altı kız çocuklarda 3587 klinik örnek ve 45 farklı parametre ile idrar kültür sonuçları öngörülme çalışılan makine öğrenmeleri arasında en iyi model Random Forest olarak bulunmuştur. Random Forest, % 87,7 doğrulukla, % 48,9 duyarlılık ve % 97,0 özgüllüğe sahiptir (Tablo 42 ve 43).

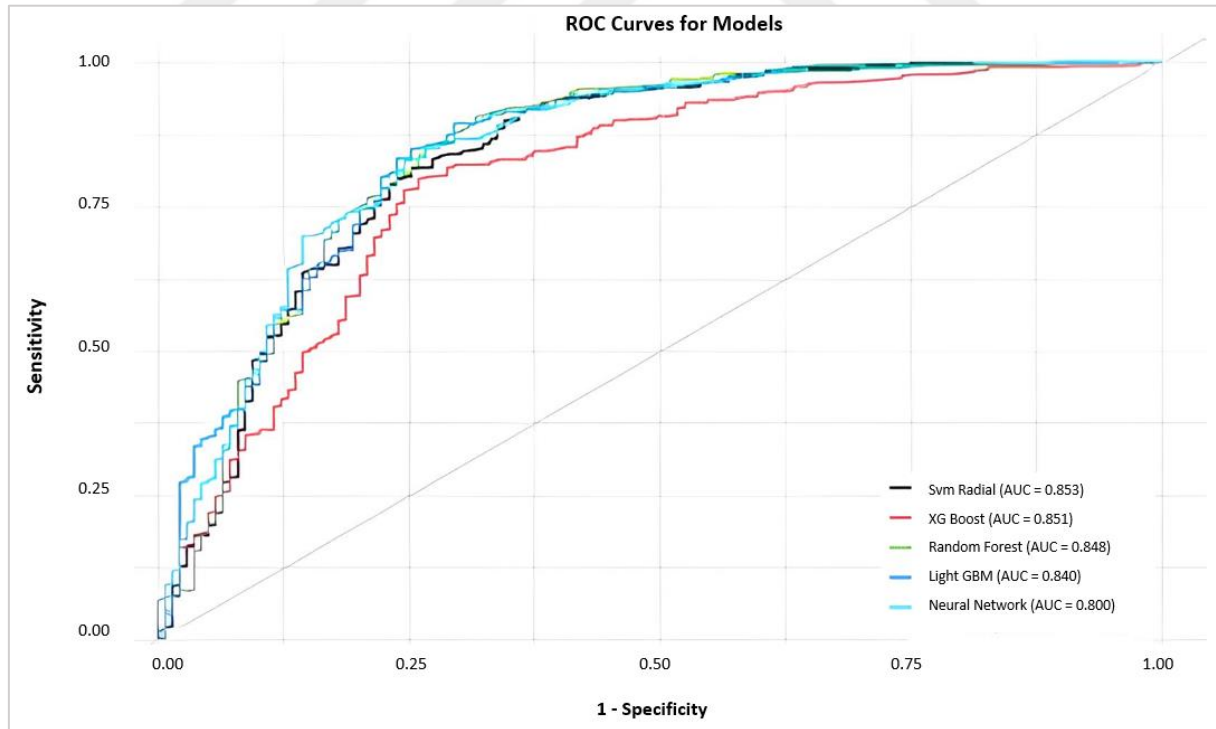
Tablo 42. 18 yaş altı kız çocuklarda Random Forest modeli karışıklık matrisi

Tahmini değerler	Gerçek sonuçlar	
	Üreme var	Üreme yok
Üreme var	68	17
Üreme yok	71	563

Tablo 43. 18 yaş altı kız çocuklar için farklı makine öğrenme modellerinin karşılaştırılması

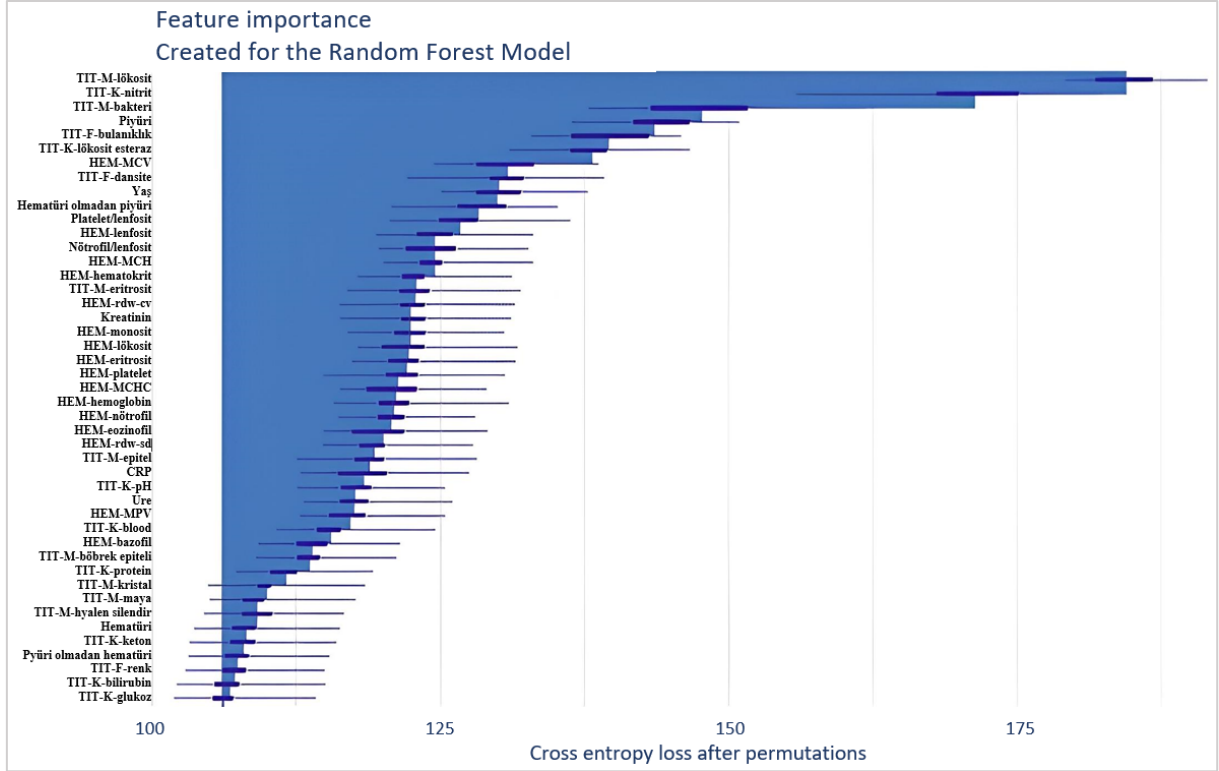
Model	Doğruluk	F1 Skor	Pozitif Prediktif Değer	Duyarlılık	Özgüllük
Random Forest	0,8776078	0,6071429	0,8000000	0,4892086	0,9706897
XG Boost	0,8734353	0,6094421	0,7553191	0,5107914	0,9603448
Light GBM	0,8623088	0,5676856	0,7222222	0,4676259	0,9568966
Neural Network	0,8289191	0,5323194	0,5645161	0,5035971	0,9068966
Svm Radial	0,8609179	0,4505495	0,9534884	0,2949640	0,9965517

18 yaş altı kız çocuklarında farklı makine öğrenme modellerinin sınıflandırma performanslarını karşılaştırıldığında en yüksek özgüllüğe sahip Random Forest modelinin AUC değeri 0,848'tir. Ayrıca XG Boost, Light GBM, Svm Radial, Neural Network modellerinin AUC değerleri sırasıyla 0,851; 0,840; 0,853; 0,800 olup, tüm modeller yüksek sınıflandırma başarısı göstermiştir. Sonuçların ROC eğrisi analizi Şekil 33'te sunulmuştur.



Şekil 33. 18 yaş altı kız çocuklarda modellerin ROC eğrilerinin karşılaştırılması

18 yaş altı kız çocuklarda en uygun makine öğrenmesi olan Random Forest modeline en çok katkı sağlayan parametreler; tam idrar tetkikinde mikroskobi lökosit, nitrit, mikroskobi bakteri, pyüri ve bulanıklık iken en az katkı sağlayan parametre idrar glukoz testidir. Model için parametrelerin önem grafiği Şekil 34’te sunulmuştur.



Şekil 34. 18 yaş altı kız çocuklarda Random Forest modelinin değişken önemlilik grafiği

18 yaş altı erkek çocuklarda 2676 klinik örnek ve 45 farklı parametre ile idrar kültür sonuçları öngörülme çalışılan makine öğrenmeleri arasında en iyi model XG Boost olarak bulunmuştur. XG Boost, % 91,9 doğrulukla, % 44,6 duyarlılık ve % 98,5 özgüllüğe sahiptir (Tablo 44 ve 45).

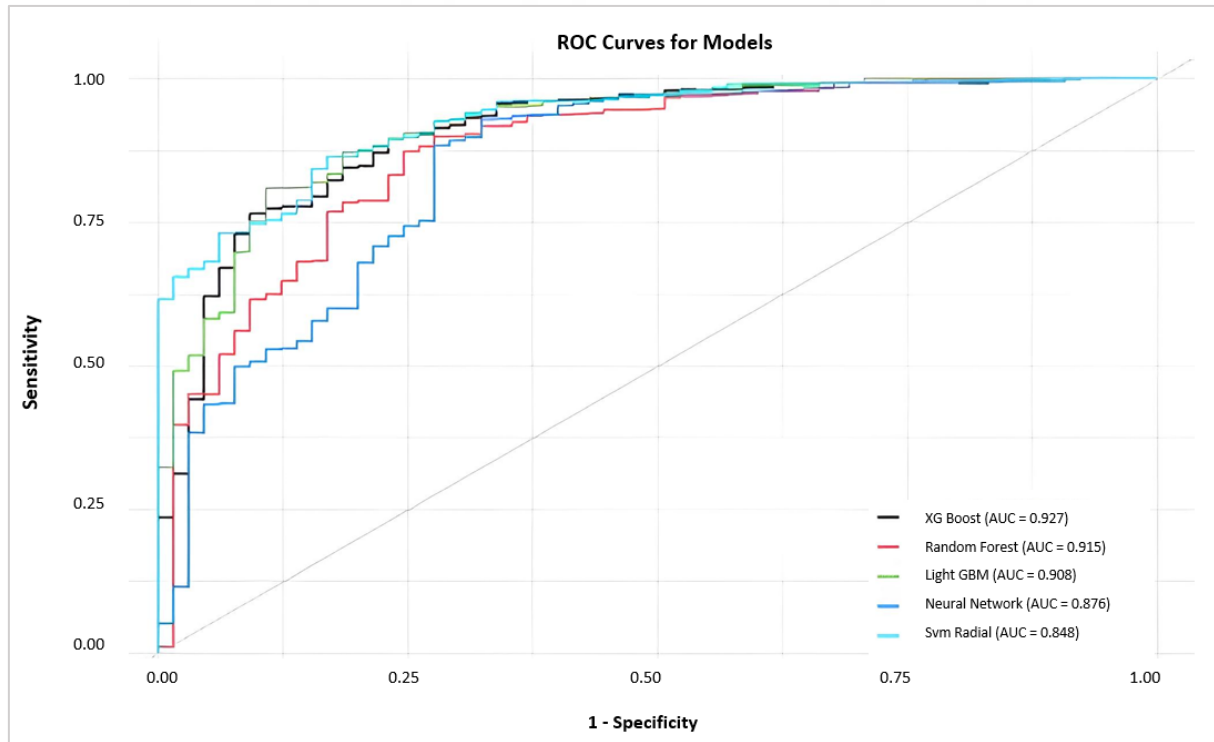
Tablo 44. 18 yaş altı erkek çocuklarda XG Boost modeli karışıklık matrisi

Tahmini değerler	Gerçek sonuçlar	
	Üreme var	Üreme yok
Üreme var	29	7
Üreme yok	36	464

Tablo 45. 18 yaş altı erkek çocuklarda farklı makine öğrenme modellerinin karşılaştırılması

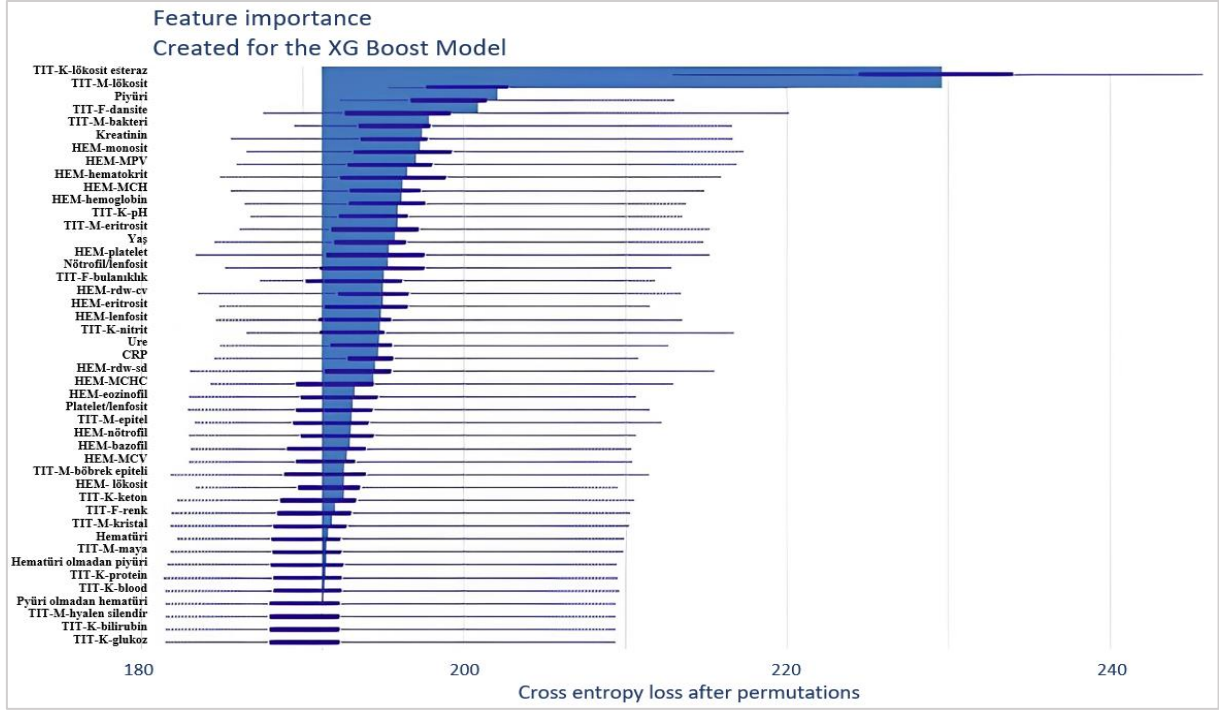
Model	Doğruluk	F1 Skor	Pozitif Prediktif Değer	Duyarlılık	Özgüllük
Random Forest	0,9160448	0,5360825	0,8125000	0,40000000	0,9872611
XG Boost	0,9197761	0,5742574	0,8055556	0,44615385	0,9851380
Light GBM	0,9160488	0,5631068	0,7631579	0,44615385	0,9808917
Neural Network	0,9085821	0,5663717	0,6666667	0,49230769	0,9660297
Svm Radial	0,8880597	0,1428571	1,0000000	0,07692308	1,0000000

18 yaş altı erkek çocuklarda farklı makine öğrenme modellerinin sınıflandırma performanslarını karşılaştırıldığında XG Boost modeli en yüksek AUC değerine (0,927) sahip olup, diğer modellere kıyasla en iyi sınıflandırma performansını sergilemiştir. Ayrıca Light GBM, Random Forest, Neural Network ve Svm Radial modellerinin AUC değerleri sırasıyla 0,908; 0,915; 0,876; 0,848 olup, tüm modeller yüksek sınıflandırma başarısı göstermiştir. Sonuçların ROC eğrisi analizi Şekil 35'te sunulmuştur.



Şekil 35. 18 yaş altı erkek çocuklarda modellerin ROC eğrilerinin karşılaştırılması

18 yaş altı erkek çocuklar için en uygun makine öğrenmesi olan XG Boost modeline en çok katkı sağlayan parametreler; tam idrar tetkikinde lökosit esterase, mikroskobik lökosit, pyüri, dansite ve mikroskobik bakteri iken en az katkı sağlayan parametre idrar glukoz testidir. Model için parametrelerin önem grafiği Şekil 36’da sunulmuştur.



Şekil 36. 18 yaş altı erkek çocuklarda XG Boost modelinin değişken önemlilik grafiği

Tüm yaş gruplarında ve her iki cinsiyette 25796 klinik örnek için literatürden faydanılarak seçilen, invaziv girişim gerektirmeyen 12 parametre (yaş, cinsiyet, bulanıklık, dansite, renk, pH, kan, nitrit, lökosit esterase, mikroskobik lökosit, pyüri, mikroskobik bakteri) ile idrar kültür sonuçları öngörülme çalışıldığında en iyi model Random Forest olarak bulunmuştur. Random Forest % 85,6 doğrulukla, % 68,9 duyarlılık ve % 92,1 özgüllüğe sahiptir (Tablo 46 ve 47).

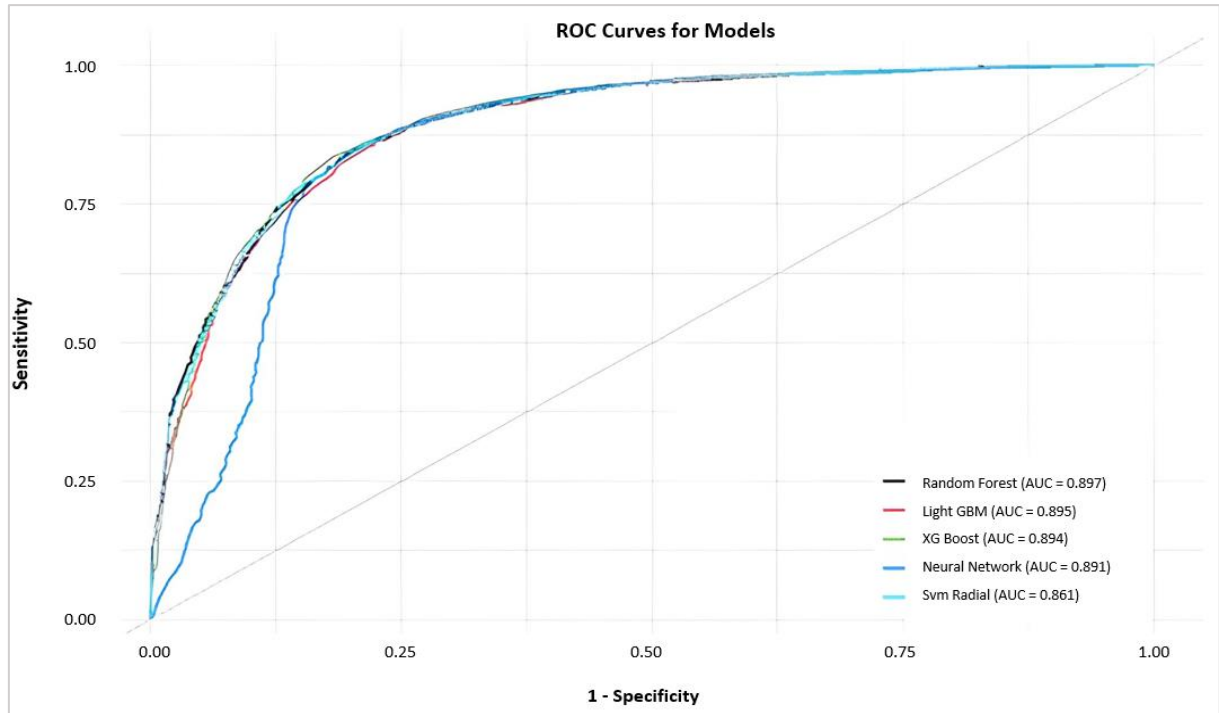
Tablo 46. Tüm yaş grupları ve her iki cinsiyette daraltılmış veri seti ile Random Forest modeli karışıklık matrisi

Tahmini değerler	Gerçek sonuçlar	
	Üreme var	Üreme yok
Üreme var	992	293
Üreme yok	447	3428

Tablo 47. Tüm yaş grupları ve her iki cinsiyette daraltılmış veri seti için farklı makine öğrenme modellerinin karşılaştırılması

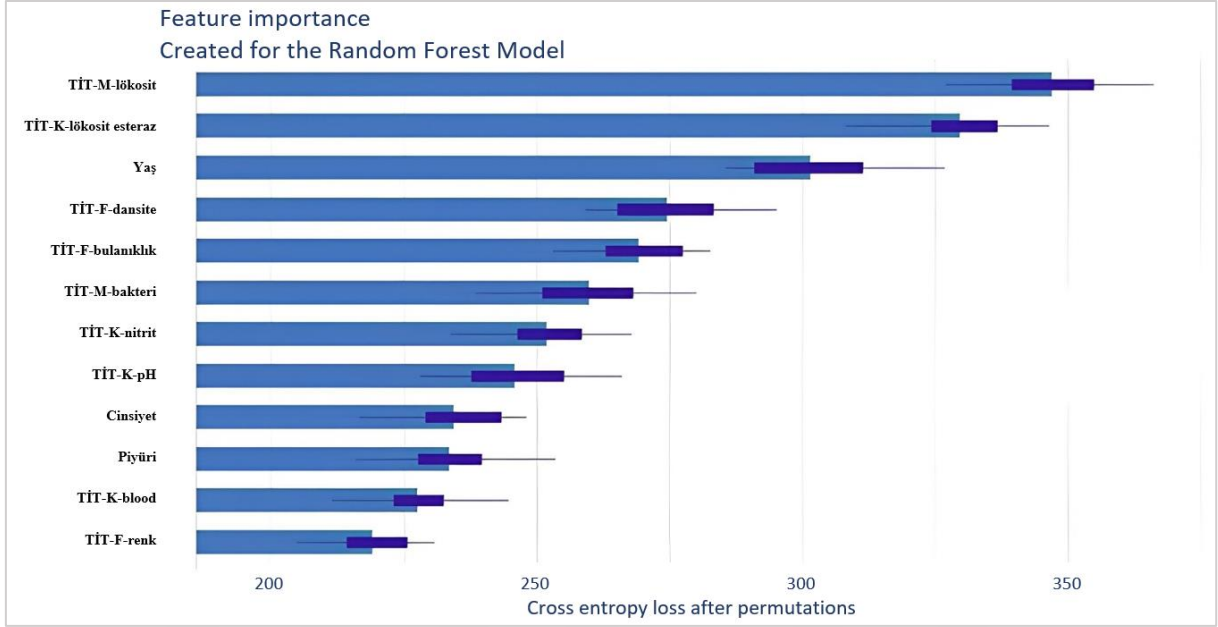
Model	Doğruluk	F1 Skoru	Pozitif Prediktif Değer	Duyarlılık	Özgüllük
Random Forest	0,8565891	0,7283407	0,7719844	0,6893676	0,92122577
XG Boost	0,8515504	0,7175516	0,7643362	0,6761640	0,9193765
Light GBM	0,8517442	0,7184395	0,7636933	0,6782488	0,9188390
Neural Network	0,8529070	0,7214679	0,7643857	0,6831133	0,9185703
Svm Radial	0,8550388	0,7196402	0,7811229	0,6671300	0,9277076

Tüm yaş gruplarında, her iki cinsiyette, daraltılmış veri seti kullanılarak farklı makine öğrenme modellerinin sınıflandırma performanslarını karşılaştırıldığında Random Forest modeli en yüksek AUC değerine (0,897) sahip olup, diğer modellere kıyasla en iyi sınıflandırma performansını sergilemiştir. Ayrıca Svm Radial, Neural Network, Light GBM, XG Boost modellerinin AUC değerleri sırasıyla 0,861; 0,891; 0,895; 0,894 olup, tüm modeller yüksek sınıflandırma başarısı göstermiştir. Sonuçların ROC eğrisi analizi Şekil 37’de sunulmuştur.



Şekil 37. Tüm yaş grupları ve her iki cinsiyette daraltılmış veri seti için farklı modellerin ROC eğrilerinin karşılaştırılması

Tüm yaş grupları ve her iki cinsiyet için daraltılmış veri seti en uygun makine öğrenmesi olan Random Forest modelinen en çok katkı sağlayan parametreler; tam idrar tetkikinde mikroskobi lökosit, lökosit esteraz, yaş, dansite ve bulanıklık iken en az katkı sağlayan parametre idrar rengidir. Model için parametrelerin önem grafiği Şekil 38’de sunulmuştur.



Şekil 38. Tüm yaş grupları ve her iki cinsiyette daraltılmış veri seti Random Forest modelinin değişken önemlilik grafiği

TARTIŞMA

ÜSE, tüm yaş gruplarında, toplum veya hastane kökenli enfeksiyonlar içinde en sık karşılaşılan bakteriyel enfeksiyonlardan olup tanısı klinik bulgular ve idrar analizi ile konulur. Bu çalışmada, ÜSE laboratuvar tanısında altın standart test kabul edilen idrar kültür sonuçlarının biyokimyasal parametreler kullanılarak yapay zeka algoritmalarıyla öngörülmesi amaçlanmıştır.

Araştırmaya Ocak 2013 - Aralık 2024 tarihleri arasında Trakya Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne başvuran ve idrar kültürü ile aynı gün içinde tam idrar tetkiki, hemogram, üre, kreatinin, CRP istenen 18272 kişiye ait toplam 25796 klinik örnek dahil edilmiş ve idrar kültür sonuçları bağımlı değişken olarak ele alınarak veri setindeki sonuçlar “üreme oldu” ve “üreme olmadı” şeklinde iki kategoriye ayrılarak incelenmiştir.

Çalışmada kullanılan klinik örneklerin yıllara göre dağılımı incelendiğinde, en az örneğin 2014 yılına ve en çok örneğin 2018 yılına ait olduğu görülmüştür. 2014 yılına ait idrar kültür örneğinin az olmasının nedeni hastane laboratuvar sistemlerindeki değişiklikten kaynaklanmış olabilir. Ayrıca 2020-2022 yılları arasında görece düşük sayıda idrar kültür örneğinin değerlendirilmiş olması, Covid-19 pandemisi dönemiyle ilişkilendirilebilir.

Çalışmaya dahil edilenlerin % 53,0'sı kadın, % 47,0'ı erkek olup örneklerin cinsiyete göre dağılımı birbirine yakındır. Katılımcıların % 24,3'ü 18 yaş altı ve % 36,4'ü 65 yaş üstü olup yaş ortalaması $44,5 \pm 27,5$ 'tir. Örneklerin % 31,4'ü yatan hastalara aittir. Örneklerin % 88,1'i dahili birimlerden, % 11,9'u cerrahi birimlerden gönderilmiştir. Cerrahi birimlerden gönderilen örneklerde ayaktan ve yatan hasta sayıları birbirine yakınken, dahili branşlardan gönderilen örnekler daha çok poliklinik başvuruları üzerindendir. Yetişkin acil servisten gönderilen örnekler, veri setinin % 40,0'ını ve çocuk acil servisten gönderilen örnekler veri

setinin % 4,3'ünü oluşturmakta olup çalışmaya dahil edilen örneklerin neredeyse yarısını, acil servis başvuruları oluşturmaktadır.

En sık girilen ICD-10 kodu 3415 adet ile “Üriner sistem enfeksiyonu, yer tanımlanmamış (N39.0)” olup bu sayı girilen tüm ICD-10 kodlarının % 4,0'üne ve tüm katılımcıların % 13,2'sine tekabül etmektedir. Veri setinde “üreme oldu” olarak raporlanan kültürlerin sayısının yaklaşık iki katı olduğu göz önüne alındığında bu fark, ICD kodlarının eksik girilmesinden, öncelikli tanıların farklı olmasından veya semptom olmaksızın idrar kültürü istenmesinden kaynaklanmış olabilir.

Çalışmaya dahil edilen idrar kültürlerinin % 27,9'unda üreme saptanmıştır. Çocuk yaş grubunda yapılan bir çalışmada gönderilen idrar kültürlerinin % 24'ünde üreme saptanmıştır (104). Tıbbi Mikrobiyoloji Laboratuvarı'na gönderilen iki yıllık idrar kültür sonuçlarının değerlendirildiği bir çalışmada idrar kültürlerinin % 33,9'unun pozitif olduğu saptanmıştır. (105). Çalışmamızda da gönderilen klinik örneklerin yaklaşık üçte birinde üreme olduğu saptanmış olup bulgumuz literatür ile uyumludur. İdrar kültürü istemlerinin genellikle ÜSE ön tanısı ile yapıldığı göz önüne alındığında, kültür sonuçları elde edilmeden ampirik antibiyotik tedavisine başlanması, çalışma grubumuz açısından uygun bir yaklaşım olmayabilir. Ayrıca gönderilen idrar örneklerinin yaklaşık üçte biri pozitif sonuçlanırken, büyük bir kısmının negatif olarak raporlanması laboratuvarın iş yükü açısından da önem taşıyabilir.

Üreme olan idrar kültürlerinin % 61,1'i kadın, % 38,9'u erkektir. Toplum kökenli ÜSE tanısı alan hastaların irdelendiği bir çalışmada, ÜSE tanısı alanların % 68,7'sinin kadın olduğu saptanmıştır (106). Bir başka çalışmada ise ÜSE tanısı alan kadınlar, toplam hastaların % 66,5'ünü oluşturmaktadır (15). Çocukluk dönemine benzer şekilde erişkin dönemde ÜSE, kadınlarda daha sık gözlenmektedir (15). Çalışmamızda idrar kültür sonucu pozitif saptananların büyük çoğunluğu kadın cinsiyette olup bu bulgu daha önce yapılan çalışmalarla uyumludur.

Çalışmamızda “üreme oldu” şeklinde raporlanan 7193 idrar kültüründe 7838 mikroorganizma üremesi saptanmıştır. Kalyoncu ve ark.'nın (107) yaptığı bir çalışmada, idrar kültüründe bakteri üremesi olan numunelerin % 57,6'sında *E. coli*, % 14,6'sında *Klebsiella pneumoniae* ve % 9,4'ünde *E. faecalis* üremiştir. Yine aynı çalışmada idrar kültürlerinden en sık izole edilen mikroorganizmalar olan *E. coli*, çoğunlukla poliklinik hastalarında (% 61,8), *K. pneumoniae* yoğun bakım hastalarında (% 21,2) ve *E. faecalis* ise klinik hastalarında (% 14,2) gözlenmiştir. Bizim çalışmamızda da ilk üç sırada üreyen üç bakteri sırasıyla *E. coli* (% 48,4), *Klebsiella spp.* (% 14,6), *Enterococcus spp.* (% 7,8)'dir. Yoğun bakım hastaları ve servise yatışı

üzerinden 48 saatten fazla süre geçmiş olanların çıkarılmış olduğu çalışmamızda ayakta ve yatan hastalardan gönderilen örneklerde üreyen mikroorganizmalar arasında farklılık yoktur. Postmenapozal durum, inkontinans ve artan düşkünlüğün, daha fazla antibiyotik maruziyetinin yaşlı kadınların vajinal mikrobiyomunu değiştirerek, toplumda yaşayan ve bakım evinde kalan kadınlarda ÜSE'ye neden olan üropatojenlerin de değişmesinden sorumlu olduğu düşünülmekte olup yapılan bir çalışmada *Pseudomonas spp.* ve ayrıca *Enterococcus spp.*, *Enterobacter spp.* gibi patojenler yaşlı grupta daha sık gözlenmiştir (108). Çocuklar üriner sistem enfeksiyonu etkenlerinin değerlendirildiği bir çalışmada en sık ÜSE etkeni *E. coli* (% 56.6) olarak tespit edilmiştir (109). Bizim çalışmamızda farklı yaş gruplarında en sık üreyen bakteriler arasında farklılık saptanmamıştır.

Çalışmamızda 2020 yılı ve sonrasında üreme olmayan idrar kültür sayısında azalma olduğu görülmüştür. Bu durum pandemi döneminde daha belirgin semptomları olan hastaların hastaneye başvurmasından kaynaklanmış olabilir.

Daha önce yapılan bir çalışmada laboratuvara gönderilen 16521 idrar kültürü örneğinin 15674'ünün çeşitli polikliniklerden geldiği belirtilmiştir (110). Bizim de çalışmamızda polikliniklerden gönderilen istemlerin, servislerden yapılan istemlere göre sayıca fazla olduğu görülmüştür ki bu durum poliklinikte daha fazla sayıda hasta bakılmasından ya da daha geniş endikasyonla tetkik istenmesinden kaynaklanmış olabilir. Öte yandan servislerden istenen örneklerin yaklaşık üçte birinde üreme tespit edilirken, poliklinikten gönderilen örneklerin yaklaşık dörtte birinde üreme saptanmış olması, yatan hastalardan kültür istemlerinin daha seçici yapıldığını gösterebilir.

Çocuklarda yapılan bir çalışmada idrar kültüründe *E. coli* üremesi olan ve olmayan iki grup karşılaştırılmış ve *E. coli* üremesi olan grupta, üre, kreatinin ve CRP değerleri istatistiksel anlamlı daha yüksek bulunmuştur (111). Bizim sonuçlarımızda idrar kültüründe üreme olanların üre, kreatinin ve CRP değerlerinin üreme olmayanlara göre anlamlı derecede yüksek olduğu görülmüştür ancak eşlik eden başka bir enfeksiyon tablosunun varlığı bilinmediği için CRP yüksekliğini sadece ÜSE'ye bağlı sistemik bir yanıt olarak değerlendirmek doğru olmayabilir. Hastaların önceki klinik verilerinin bilinmemesi nedeniyle üre ve kreatinin düzeylerindeki artışın ÜSE'nin renal fonksiyon testleri üzerindeki doğrudan etkisinden mi yoksa daha önceden mevcut olan bir böbrek yetmezliğinden mi kaynaklandığını ayırt etmek güç olabilir.

İdrar kültüründe üreme olanların hemogram parametrelerinden lökosit, mpv, nötrofil, nötrofil/lenfosit oranı ve platelet/lenfosit oranı üreme olmayanlara göre anlamlı yüksek;

hemoglobin, lenfosit değerleri ise anlamlı dūřuk bulunmuştur. ÜSE’de hemogram parametrelerinin tamamının incelendiği spesifik bir çalışma olmamakla beraber bazı hemogram parametrelerinin ÜSE ile ilişkisinin incelendiği çalışmalar mevcuttur. Çocuklarda akut pyelonefriti, alt ÜSE’den ayırmak için yürütülen bir çalışmada nötrofil sayısının akut pyelonefritte anlamlı yüksek olduğu grlmştur (112). İdrar kültüründe *E.coli* remesi olan ve olmayanların karşılaştırıldığı 0-16 yař grubunda yapılan bir çalışmada her iki grup arasında nötrofil/lenfosit oranı, platelet, mpv arasında istatistiksel anlamlı farklılık saptanmamıştır (111).

Literatürde tam idrar tetkiki parametreleri ile idrar kültür sonuçlarının karşılaştırıldığı bazı çalışmalar mevcuttur. Çocuklarda yapılan bir çalışmada idrar rengine koyulaşma olan ve olmayan grupların kültür sonuçları arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmamıştır (104). 141 katılımcı ile yapılan bir çalışmada pyuri, hematüri ve lökosit esteraz sonuçları ile idrar kültüründe üreme olma ve olmama durumları arasında farklılık saptanmamıştır (113). Bizim alışmamızda ise idrarın rengi, berraklığı, hematüri, idrarda nitrit ve lökosit esteraz pozitifliği, idrar kültüründe üreme olanlarda olmayanlara göre istatistiksel anlamlı bulunmuştur. Bu durumun olası sebepleri, çalışma grubumuzun klinik özelliklerinin farklı olması ve katılımcıların sayıca yüksek olması olabilir.

Turan ve ark.’nın (114) yaptığı çalışmada, piyüri oranı % 67,4; hematüri % 49,5; lökosit esteraz pozitifliği % 74,7; nitrit pozitifliği % 20,9 oranında saptanmıştır. Bizim alışmamızda idrar kültüründe üreme olanların % 37,5’ında ve üreme olmayanların % 7,4’nde nitrit pozitifliği ve bu fark anlamlıydı. Çalışmamızda nitritin özgüllüğü % 92,5 olarak bulundu. İdrar lökosit esteraz testi, idrar kültüründe üreme olanların % 87,2’sinde ve üreme olmayanların % 62,3’nde pozitif saptandı ve idrar lökosit esteraz için duyarlılık % 87,2 saptandı. Meister ve ark.’nın (115) acil servise başvuranlarda ÜSE tahmininde kullanılmak üzere idrar tahlili sonuçlarını incelediği bir sistematik derlemede, yalnızca nitrit varlığının hastalığı belirlemek için yeterli spesifikliğe sahip olduğunu, tek bir testin veya basit bir test kombinasyonunun hastalığı dışlayamayacağını bulmuşlardır. Çocuklarda yapılan çalışmaları inceleyen bir meta-analizde, yatak başı yapılan hızlı testlerden, lökosit esterazın duyarlılığı % 79,0, özgüllüğü % 89,0; nitritin duyarlılığı % 49,0; özgüllüğü % 98,0 bulunmuştur (60). Bulgularımız, daha önce yapılan çalışmalara benzer şekilde, idrar kültür sonucu tahmininde nitritin daha yüksek spesifiteye sahip olduğunu gösterir nitelikte olmakla beraber tek bir testin ÜSE’ye kesin tanı koymak veya ÜSE’yi dışlamak için yeterli olmadığını, testlerin beraber yorumlanması gerektiğini vurgulamaktadır.

Tıp literatüründe yapay zeka uygulamalarının kullanımı gittikçe artmaktadır. 19-84 yaş aralığında 212 kadının poliklinik başvuruları üzerinden ÜSE tahmini yapıldığı bir çalışmada yapay sinir ağlarının ÜSE'yi öngörmek için hem doğru hem de minimum değişken setlerini belirleyebileceği ve semptomlar, idrar analizi bulguları ve enfeksiyon arasındaki yeni ilişkileri ortaya çıkarabileceğine değinilmiştir (116). ÜSE tanısında yapay zeka ve makine öğrenmesi yöntemlerinin incelendiği bir metaanalizde en sık kullanılan makine öğrenmesi yöntemlerinin Random Forest, ANN, XG Boost ve SVM olduğu belirtilmiştir (117).

İdrar kültür sonucunun tahmin edilmeye çalışıldığı bu çalışmada yapay zeka algoritmalarının performansını değerlendirmek için Random Forest, XG Boost, Light GBM, Neural Network ve Svm Radial algoritmaları kullanılmıştır. İdrar kültür sonuçları “üreme oldu” ve “üreme olmadı” olarak iki kategoriye ayrılarak dikotom sınıflandırma algoritmaları oluşturulmuştur. Veri seti yaş ve cinsiyete göre 12 alt gruba bölünerek 46 farklı parametre ile daha önce belirlenen beş farklı yapay zeka algoritması ile test edilmiştir. Bunun yanı sıra veri seti daraltılarak tüm yaş gruplarında 12 parametre ile model performansı yeniden değerlendirilmiştir.

Acil servise başvuran 80387 yetişkinin klinik ve laboratuvar verilerinin dahil edildiği 212 değişken kullanılarak idrar kültür sonuçlarını öngörmek için oluşturulan makine öğrenmesi modellerinde, en iyi performans % 87,5 doğruluk, % 61,7 duyarlılık ve % 94,9 özgüllükle XG Boost olmuştur. Aynı çalışma 10 farklı değişkenle yapıldığında % 85,9 doğruluk, % 54,7 duyarlılık ve % 94,7 özgüllükle en iyi model XG Boost olmuştur (3). 196932 kişinin dahil edildiği ÜSE ve ÜSE'ye bağlı bakteriyeminin yapay zeka yöntemleri ile tahmin edilmeye çalışıldığı ve 81 parametre kullanılan araştırmada en iyi model % 95,5 doğruluk, % 88,3 duyarlılık ve % 97,9 özgüllükle XG Boost olmuştur. Aynı çalışmada 10 farklı parametre kullanılarak yapılan değerlendirmede en iyi model % 92,2 doğruluk, % 79,0 duyarlılık ve % 96,7 özgüllükle yine XG Boost olmuştur (118). Post operatif dönemde ÜSE tahmini için geliştirilen bir yapay zeka algoritmasında duyarlılık % 80,0 ve özgüllük % 92,0 bulunmuştur (119). Burton ve ark.'nın (120) yaptığı, yapay zeka yöntemleri kullanarak ÜSE tanısını atlamadan tanısal iş yükünü azaltmayı hedefleyerek 212554 idrarın, 16 klinik ve laboratuvar parametresi ile değerlendirildiği çalışmada ise % 71,9 doğruluk, % 95,9 duyarlılık ve % 63,4 özgüllükle Random Forest en yüksek AUC değerine sahip algoritma olarak bulunmuş ve farklı gruplar için oluşturulmuş boosting algoritmaları ile iş yükünün % 41,0 civarında azaltılabileceği belirtilmiştir. 46 farklı laboratuvar parametresi kullanarak idrar kültür sonucunu öngörmeye çalıştığımız bu araştırmada % 86,7 doğruluk, % 70,5 duyarlılık ve % 93,0 özgüllük

ile en iyi model Random Forest olmuştur. Daraltılmış veri seti kullanılarak model performansı değerlendirildiğinde % 85,6 doğruluk, % 68,9 duyarlılık ve % 91,2 özgüllükle en iyi model Random Forest olarak bulunmuştur. Literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak, modelimizin sübjektif sayılabilecek klinik bulguları içermeksizin yalnızca nesnel laboratuvar bulgularına dayanarak yüksek özgüllüğe sahip olması önceki çalışmalara göre daha güvenilir bir sonuç sunabilir.

Çalışmamızda ayrıca subgrup analizleri yapılmıştır. 65 yaş üstü kadınlarda en iyi algoritma XG Boost olmuştur. Over kanseri tanısı alan ve sitoreduktif cerrahi uygulanmış, postoperatif dönemdeki 60 yaş üzeri 674 hastanın dahil edildiği ve ÜSE tahmin etmek için geliştirilen bir makine öğrenmesi algoritmasında 12 değişken dahil edilmiş ve en iyi model Random Forest olarak bulunmuştur (121). Çocuk yaş grubunda geliştirilen algoritmalar sınırlı olup 5-18 yaş aralığında 100 çocuğun ÜSE riski tahmininde en iyi performansı Fine Gaussian Destek Vektör Makinesi, Fine K-En Yakın Komşu Algoritması, Weighted K-En Yakın Komşu Algoritması, Subspace K-En Yakın Komşu Algoritması, RUSBoostedTrees ve Essemble algoritmaları olmuştur (122). Bizim çalışmamızda ise 0-18 yaş aralığında en iyi model Random Forest olmuştur.

ÜSE tahmini için 183 kadın hastanın verilerinin retrospektif olarak elde edildiği ve 17 klinik 42 immunolojik belirteç kullanılarak Random Forest ve Svm modellerinin kullanıldığı bir çalışmada en iyi öngörücü sonuç idrar bulanıklığıdır (123). Over kanseri tanılı hastalarda ÜSE'yi öngörmede yaş, vücut kitle indeksi, kateter, kateter süreleri, kan kaybı, diyabet ve hipoproteinemi en fazla kritik öneme sahip parametreler olarak değerlendirilmiştir (121). Bizim çalışmamızda tüm yaş gruplarında en önemli parametreler tam idrar tetkikinde lökosit sayısı, lökosit esteraz, bulanıklık, nitrit ve yaş olmuştur.

Sonuç olarak çalışmamız idrar kültür sonuçlarının öngörülmesinde yapay zeka tabanlı modellerin etkinliğini değerlendirmiş ve modellerin yüksek özgüllük gösterebildiğini ortaya koymuştur. Seçilen algoritmalar tam idrar tetkiki, hemogram, üre, kreatinin, CRP, yaş ve cinsiyet parametrelerini kullanarak idrar kültür sonuçlarının daha erken tahmin edilebileceğini göstermiştir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, üriner sistem enfeksiyonlarında altın standart test olarak kabul edilen idrar kültür sonuçlarının biyokimyasal parametreler kullanarak yapay zeka yöntemleri ile öngörülmesi amaçlanmıştır.

Çalışma sonuçlarından öne çıkan önemli noktalar şunlardır:

1. Çalışmaya dahil edilen idrar kültürlerinin % 27,9'unda üreme olmuştur.
2. Üreme olan örneklerin % 61,1 'i kadınlardan, % 65,7'si ayaktan hastalardan, % 87,8'si dahili branşlardan gönderilmiş olup, tüm yaş gruplarında ve her iki cinsiyette en çok üreyen mikroorganizma *E. coli*'dir.
3. Çalışma grubumuzda lökosit esterazın duyarlılığı % 87,2; nitritin özgüllüğü % 92,5 olarak bulunmuştur.
4. Tüm yaş gruplarındaki kadın ve erkeklerde, 46 farklı parametre ile idrar kültür sonuçlarını öngörmeye en iyi makine öğrenmesi modeli Random Forest'tir. Modelin doğruluğu % 86,7; duyarlılığı % 70,5; özgüllüğü % 93,0 ve pozitif prediktif değeri % 79,6'dır.
5. Modele göre idrar kültür sonucunu tahmine etmeye en etkili beş parametre sırasıyla tam idrar tetkikinde yer alan mikroskopi lökosit, lökosit esteraz, bulanıklık, nitrit ve yaştır.
6. Farklı yaş grupları ve cinsiyetlere göre yapılan subgrup analizlerinde tüm yaş gruplarında kadınlarda en iyi model Random Forest (doğruluk % 83,8; duyarlılık % 69,2; özgüllük % 90,7), tüm yaş gruplarında erkeklerde en iyi model Random Forest (doğruluk % 89,0; duyarlılık % 71,0; özgüllük % 94,4), 65 yaş ve üzeri kadın ve erkeklerde en iyi model Random Forest (doğruluk % 82,6; duyarlılık % 76,7; özgüllük % 86,9), 65 yaş ve üzeri kadınlarda en iyi model XG Boost (doğruluk %80,1; duyarlılık

% 80,3; özgüllük % 79,9), 65 yaş ve üzeri erkeklerde en iyi model Random Forest (doğruluk % 85,0; duyarlılık % 78,6; özgüllük % 88,5), 18-65 yaş arasında her iki cinsiyette en iyi model Random Forest (doğruluk % 86,7; duyarlılık % 63,6; özgüllük % 94,2), 18-65 yaş arası kadınlarda en iyi model Random Forest (doğruluk % 84,3; duyarlılık % 61,0; özgüllük % 94,0), 18-65 yaş arası erkeklerde en iyi model Random Forest (doğruluk % 91,6; duyarlılık % 70,5; özgüllük % 96,4), 18 yaş altı kız ve erkek çocuklarda en iyi model Random Forest (doğruluk % 90,5; duyarlılık % 52,2; özgüllük % 97,9), 18 yaş altı kız çocuklarında en iyi model Random Forest (doğruluk % 87,7; duyarlılık % 48,9; özgüllük % 97,0) ve 18 yaş altı erkeklerden en iyi model XG Boost (doğruluk % 91,9; duyarlılık % 44,6; özgüllük % 98,5) olarak bulunmuştur.

7. Tüm yaş grupları ve her iki cinsiyette noninvaziv 12 parametre ile en iyi model Random Forest (doğruluk % 85,6; duyarlılık % 68,9; özgüllük % 91,2) olmuştur.

Bu sonuçlar doğrultusunda geliştirilen öneriler aşağıda sıralanmıştır:

8. Random Forest modeli yüksek özgüllüğe sahip olup, bu model klinik karar destek sistemlerine entegre edilebilir ve böylece negatif sonuçlanacak idrar kültür sonuçları daha hızlı şekilde öngörülebilir. Modelin klinik olarak daha geniş veri setleri ile test edilmesi için hastane bilgi işlem sistemlerine entegre edilmesi önerilir.
9. Veri setimiz tek bir hastanede belirli bir zaman diliminde yapılan klinik örneklerden oluşmaktadır. Farklı bölgelerden ve hastanelerden elde edilecek veriler modelin daha genellenebilirliğini artırabilir.
10. Farklı yaş gruplarında ve cinsiyetlerde modellerin validitesi arasında farklılıklar mevcut olup ileride yapılacak çalışmalarda yaş ve cinsiyet farklılıklarına özel hassas modeller geliştirmesi önerilir.
11. Noninvaziv parametreler kullanılarak ulaşılan özgüllük göz önüne alındığında, invaziv olmayan tekniklerle elde edilebilecek ilave değerler, modelin gelecekte daha iyi sonuçlar vermesini sağlayabilir.
12. Klinik karar verme aşmasında fayda sağlayabilecek modellerin doğru ve etkin kullanımı için hekimler için eğitim planları oluşturulmalıdır.
13. Gelecekteki çalışmalarda katılımcıların klinik bulgularını da içeren daha kapsamlı bir veri seti kullanılması model performansını iyileştirebileceği gibi sonuç çıktısı olarak antibiyotik dirençlerinin ele alınacağı çalışmalar da kıymetli olacaktır.

14. Sık görülen enfeksiyonlardan biri olan üriner sistem enfeksiyonlarında, altın standart laboratuvar testi olan idrar kültürü sonuçlarını öngörmeye yarayacak yapay zeka modelleri sağlık hizmet sunumunda önemli bir yere sahip olacaktır.



ÖZET

Üriner sistem enfeksiyonları sık karşılaşılan enfeksiyonlardan olup laboratuvar tanısında altın standart test idrar kültürüdür. Ancak idrar kültürünün sonuçlanması belirli bir zaman gerektirmesi klinik yönetimde gecikmelere yol açabilmektedir.

Bu çalışmada, biyokimyasal parametreler kullanılarak idrar kültürü sonuçlarını daha kısa sürede öngörmek amacıyla farklı yapay zeka modellerin etkinliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Tek merkezli, kesitsel ve metodolojik tipte olan çalışmamız Ocak 2014 - Aralık 2023 tarihleri arasında idrar kültürü ile aynı gün içinde hemogram, tam idrar tetkiki, üre, kreatinin, CRP istenen hastalara ait sağlık verileri retrospektif olarak taranarak gerçekleştirilmiştir. Toplam 25796 klinik örnek 46 değişkenin olduğu tam değişken seti ve invaziv işlem gerektirmeyen 12 değişkenin olduğu daraltılmış değişken seti ile beş farklı makine öğrenmesi yöntemi ile test edilmiştir. Ayrıca yaş ve cinsiyet gibi değişkenlere göre subgroup analizleri gerçekleştirilmiştir.

Tam değişken seti ile en iyi performans gösteren algoritma Random Forest (AUC: 0,909; doğruluk: 0,867; duyarlılık: 0,705 ve özgüllük: 0,930) ve daraltılmış değişken setiyle en iyi performans gösteren algoritma Random Forest (AUC: 0,897; doğruluk: 0,856; duyarlılık: 0,689 ve özgüllük 0,912) olmuştur. 65 yaş üstü kadınlarda ve 18 yaş altı erkeklerde en iyi performansı ise XG Boost göstermiştir.

Nesnel laboratuvar parametreleri eşliğinde makine öğrenmesi algoritmalarının kullanımı idrar kültür sonuçlarını yüksek özgüllükle tahmin etme potansiyeline sahiptir.. Random Forest algoritması, hem tam hem de daraltılmış değişken setlerinde en iyi performansı sergilemiş olup yaş ve cinsiyet gibi faktörlere bağlı olarak XG Boost'un da kullanılabileceği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İdrar Kùltürü, Makine Öğrenmesi, Üriner Sistem Enfeksiyonu,
Yapay Zeka



INVESTIGATION THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN PREDICTING URINE CULTURE RESULTS USING BIOCHEMICAL PARAMETERS

SUMMARY

Urinary tract infections (UTIs) are among the most frequently encountered infections, with urine culture serving as the gold standard for laboratory diagnosis. However, obtaining culture results requires time, which may delay appropriate treatment decisions.

This study aimed to evaluate the effectiveness of different artificial intelligence (AI) models in predicting urine culture results more rapidly by utilizing biochemical parameters.

Our single-center, cross-sectional and methodological study was conducted by retrospectively scanning the health data of patients who had hemogram, complete urinalysis, urea, creatinine, and CRP tests performed on the same day as urine culture between January 2014 and December 2023. A total of 25,796 clinical samples were tested using five different machine learning algorithms, employing two variable sets: a full variable set consisting of 46 features and a reduced variable set consisting of 12 non-invasive features. Additionally, subgroup analyses were conducted based on age and sex.

The best-performing algorithm for the full variable set was Random Forest (AUC: 0.909; accuracy: 0.867; sensitivity: 0.705; specificity: 0.930). The best-performing algorithm for the reduced variable set was also Random Forest (AUC: 0.897; accuracy: 0.856; sensitivity: 0.689; specificity: 0.912). XG Boost demonstrated the best performance in women over 65 years and males under 18 years.

The use of machine learning algorithms alongside objective laboratory parameters has the potential to predict urine culture results with high specificity. The Random Forest algorithm

outperformed other models in both full and reduced variable sets, while XG Boost also emerged as a viable option depending on age and sex-related factors.

Keywords: Artificial Intelligence, Machine Learning, Urinary Tract Infection, Urine Culture



KAYNAKLAR

1. Gülcan A, Aslantürk A, Gülcan E. İdrar kültürlerinden izole edilen mikroorganizmalar ve in vitro antibiyotik duyarlılık durumları. Abant Tıp Dergisi 2012;1(3):129-35.
2. Öztürk R, Murt A. Epidemiology of urological infections: a global burden. World J Urol 2020;38(11):2669–79.
3. Taylor RA, Moore CL, Cheung KH, Brandt C. Predicting urinary tract infections in the emergency department with machine learning. PLoS One 2018;13(3): e0194085. doi. org/10.1371/journal.pone.0194085
4. Schmiemann G, Kniehl E, Gebhardt K, Matejczyk MM, Hummers-Pradier E. The Diagnosis of Urinary Tract Infection: A Systematic Review. Deutsches Ärzteblatt International 2010;107:361–67.
5. Dhanda G, Asham M, Shanks D, O'Malley N, Hake J, Satyan MT, et al. Adaptation and External Validation of Pathogenic Urine Culture Prediction in Primary Care Using Machine Learning. Annals of family medicine 2023;21(1):11-8.
6. Stanford University. From Here to Human-Level AI. [Internet] Access date: 13.09.2024. Available from:<http://jmc.stanford.edu/articles/human.html>.
7. Janiesch C, Zschech P, Heinrich K. Machine learning and deep learning. Electronic Markets 2021;31(3):685-95.
8. Pan Y. Heading toward artificial intelligence 2.0. Engineering 2016;2(4):409-13.
9. Akalın B, Veranyurt Ü. Sağlıkta Dijitalleşme ve Yapay Zeka. SDÜ Sağlık Yönetimi Dergisi 2020;2(2):128-37.
10. Bonkat G, Pickard R, Bartoletti R, Bruyère F, Geerlings SE, Wagenlehner FWB. EAU guidelines on urological infections. European Association of Urology 2018;22–6.
11. Rubin RH, Shapiro ED, Andriole VT, Davis RJ, Stamm WE. Evaluation of new anti-infective drugs for the treatment of urinary tract infection. Clin Infect Dis 1992;15(1):216–27.

12. Johansen TE, Botto H, Cek M, Grabe M, Tenke P, Wagenlehner FM, Naber KG. Critical review of current definitions of urinary tract infections and proposal of an EAU/ESIU classification system. *Int J Antimicrob Agents* 2011;38 Suppl:64–70.
13. Sobel JD, Brown P. Urinary tract infections. In: Bennett JE, Dolin R, Blaser MJ (Eds). *Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases*. 7th ed. Philadelphia: Elsevier; 2010. p. 267–81.
14. Mattoo TK, Shaikh N, Nelson CP. Contemporary management of urinary tract infection in children. *Pediatrics* 2021;147(2):e2020012138. doi: 10.1542/peds.2020-012138.
15. Nicolle LE, Gupta K, Bradley SF, Colgan R, DeMuri GP, Drekonja D, et al. Clinical practice guideline for the management of asymptomatic bacteriuria: 2019 update by the Infectious Diseases Society of America. *Clin Infect Dis* 2019;68(10):e83–e110.
16. Norris DL 2nd, Young JD. Urinary tract infections: diagnosis and management in the emergency department. *Emerg Med Clin North Am* 2008;26(2):413–30.
17. Sobel JD, Brown P. Urinary tract infections. In: Bennett JE, Dolin R, Blaser MJ (Eds). *Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases*. 8th ed. Philadelphia: Elsevier Inc.; 2020. p. 962–89.
18. Nicolle LE, Evans G, Laverdieu M, Phillips P, Quan C, Rotstein C. Complicated urinary tract infection in adults. *Can J Infect Dis Med Microbiol* 2005;16(6):349–60.
19. Guglietta A. Recurrent urinary tract infections in women: risk factors, etiology, pathogenesis and prophylaxis. *Future Microbiol* 2017;12(3):239–46.
20. Singer M, Deutschman CS, Seymour C, Shankar-Hari M, Annane D, Bauer M, et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (sepsis-3). *JAMA* 2016;315(8):801–10.
21. Flores-Mireles AL, Walker JN, Caparon M, Hultgren SJ. Urinary tract infections: epidemiology, mechanisms of infection and treatment options. *Nat Rev Microbiol* 2015;13(5):269–84.
22. Rajakaruna GK, Harber M. Urinary tract infection. In: Harber M (Eds). *Practical Nephrology*. London: Springer; 2014. p. 35.
23. Vallejo-Torres L, Pujol M, Shaw E, Wiegand I, Vigo JM, Stoddart M, et al.; RESCUING Study Group and Study Sites. Cost of hospitalised patients due to complicated urinary tract infections: a retrospective observational study in countries with high, prevalence of multidrug-resistant Gram-negative bacteria: the COMBACTE-MAGNET, RESCUING study. *BMJ Open* 2018;8(4):e020251. doi: 10.1136/bmjopen-2017-020251.
24. Foxman B. Epidemiology of urinary tract infections: incidence, morbidity, and economic costs. *Am J Med* 2002;113 Suppl 1A:5S–13S.
25. Ma JF, Shortliffe LM. Urinary tract infection in children: etiology and epidemiology. *Urol Clin North Am* 2004;31(3):517–26.

26. Montini G, Tullus K, Hewitt I. Febrile urinary tract infections in children. *N Engl J Med* 2011;365(3):239–50.
27. Nicolle LE. Urinary tract infections in the older adult. *Clin Geriatr Med* 2016;32(3):523–38.
28. Nicolle LE. Update in adult urinary tract infection. *Curr Infect Dis Rep* 2011;13(6):552–60.
29. Nicolle LE. Uncomplicated urinary tract infection in adults including uncomplicated pyelonephritis. *Urol Clin North Am* 2008;35(1):1–12.
30. Griebing TL. Urologic diseases in America project: trends in resource use for urinary tract infections in men. *J Urol* 2005;173(4):1288–94.
31. Ruben FL, Dearwater SR, Norden CW, et al. Clinical infections in the noninstitutionalized geriatric age group: methods utilized and incidence of infections. The Pittsburgh Good Health Study. *Am J Epidemiol* 1995;141(2):145–57.
32. Curns AT, Holman RC, Sejvar JJ, Owings MF, Schonberger LB. Infectious disease hospitalizations among older adults in the United States from 1990 through 2002. *Arch Intern Med* 2005;165(21):2514–20.
33. Gupta K, Scholes D, Stamm WE. Increasing prevalence of antimicrobial resistance among uropathogens causing acute uncomplicated cystitis in women. *JAMA* 1999;281(8):736–8.
34. Saltoglu N, Karali R, Yemisen M, Ozaras R, Balkan II, Mete B, et al. Comparison of community-onset healthcare-associated and hospital-acquired urinary infections caused by extended-spectrum beta-lactamase-producing *Escherichia coli* and antimicrobial activities. *Int J Clin Pract* 2015;69(7):766–70.
35. Swami SK, Liesinger JT, Shah N, Baddour LM, Banerjee R. Incidence of antibiotic-resistant *Escherichia coli* bacteriuria according to age and location of onset: a population-based study from Olmsted County, Minnesota. *Mayo Clin Proc* 2012;87(8):753–9.
36. Carter P. Report of the review of NHS pathology services in England. House of Lords, NHS Improvement; 2006. p. 25.
37. Hooton TM. Pathogenesis of urinary tract infections: an update. *J Antimicrob Chemother* 2000;46(Suppl 1):1–7.
38. Lee JBL, Neild GH. Urinary tract infection. *Medicine* 2007;35(8):423–8.
39. Sobel JD, Kaye D. Urinary tract infections. In: Mandell GL, Bennett JE, Dolin R (Eds). *Principles and Practice of Infectious Diseases*. 7th ed. Philadelphia: Churchill Livingstone; 2010. p. 875–905.
40. https://www.msmanuals.com/professional/genitourinary-disorders/urinary-tract-infections-utis/bacterial-urinary-tract-infections#Pathophysiology_v1052785.

41. Bacterial urinary tract infections. MSD Manuals [internet]. Accessed December 2024. Available at: https://www.msdmanuals.com/professional/genitourinary-disorders/urinary-tract-infections-utis/bacterial-urinary-tractinfections#Pathophysiology_v105278
42. Introduction to urinary tract infections (UTIs). MSD Manuals [internet]. Accessed December 2024. Available at: <https://www.msdmanuals.com/professional/genitourinary-disorders/urinary-tract-infections-utis/introduction-to-urinary-tract-infections-utis>.
43. Foxman B. The epidemiology of urinary tract infection. *Nat Rev Urol* 2010;7(12):653–60.
44. Foxman B. Urinary tract infection syndromes: occurrence, recurrence, bacteriology, risk factors, and disease burden. *Infect Dis Clin North Am* 2014;28(1):1–13.
45. Geerlings SE. Clinical presentations and epidemiology of urinary tract infections. *Microbiol Spectr* 2016;4(5): doi: 10.1128/microbiolspec.UTI-0002-2012.
46. Kaur R, Kaur R. Symptoms, risk factors, diagnosis, and treatment of urinary tract infections. *Postgrad Med J* 2021;97(1154):803–12.
47. Little P, Merriman R, Turner S, Rumsby K, Warner G, Lowes JA, et al. Presentation, pattern, and natural course of severe symptoms, and role of antibiotics and antibiotic resistance among patients presenting with suspected uncomplicated urinary tract infection in primary care: observational study. *BMJ* 2010;340:b5633.
48. Bent S, Nallamothu BK, Simel DL, Fihn SD, Saint S. Does this woman have an acute uncomplicated urinary tract infection? *JAMA* 2002;287(20):2701–10.
49. Sabih A, Leslie SW. Complicated urinary tract infections. In: StatPearls [internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan–. Updated 2023 Nov 12. (sayfa no)
50. Yoshikawa TT, Norman DC. Geriatric infectious diseases: current concepts on diagnosis and management. *J Am Geriatr Soc* 2017;65(3):631–41.
51. Ruiz-Mesa JD, Marquez-Gomez I, Sena G, Buonaiuto VA, Mora-Ordoñez J, Salido M, et al. Factors associated with severe sepsis or septic shock in complicated pyelonephritis. *Medicine (Baltimore)* 2017;96(43):e8374.
52. Mody L, Juthani-Mehta M. Urinary tract infections in older women: a clinical review. *JAMA* 2014;311(8):844–54.
53. Bono MJ, Leslie SW, Reygaert WC. Uncomplicated urinary tract infections. In: StatPearls [internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan–. Updated 2023 Nov 13.
54. Klinik Mikrobiyoloji Uzmanlık Derneği. Üriner Sistem Örneklerinin Laboratuvar Tanısı Rehberi. <https://www.klimud.org/icerik/rehberler-38/klimud-rehberleri-8265> (Erişim tarihi: 24.12.2024).

55. Garcia LS, Isenberg HD. Klinik Mikrobiyoloji Yöntemleri El Kitabı. 3. Baskı, Ed. Başustaoğlu A, Yıldırım ŞT (Çeviri başeditörleri), Atlas Kitapçılık Tic. Ltd. Şti, Ankara, 2014. s. 41-4.
56. Hooton TM, Stamm WE. Diagnosis and treatment of uncomplicated urinary tract infection. *Infect Dis Clin North Am* 1997;11:551–81.
57. Wise GJ, Schlegel PN. Sterile pyuria. *N Engl J Med* 2015;372(11):1048–54.
58. Stamm WE. Measurement of pyuria and its relation to bacteriuria. *Am J Med* 1983;75(1B):53–8.
59. Wiwanitkit V, Udomsantisuk N, Boonchalermvichian C. Diagnostic value and cost utility analysis for urine Gram stain and urine microscopic examination as screening tests for urinary tract infection. *Urol Res* 2005;33(3):220–2.
60. Williams GJ, Macaskill P, Chan SF, Turner RM, Hodson E, Craig JC. Absolute and relative accuracy of rapid urine tests for urinary tract infection in children: a meta-analysis. *Lancet Infect Dis* 2010;10(4):240–50.
61. Selmi V. Ürolojik açıdan idrar analizi. In: Sağlık & Bilim 2024 Güncel Tıp-I. Üroloji YBÜTF, editor. 2024. p. 95.
62. Karki N, Leslie SW. Struvite and triple phosphate renal calculi. In: StatPearls [internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan–. Updated 2023 May 30.
63. Suresh J, Krishnamurthy S, Mandal J, Mondal N, Sivamurukan P. Diagnostic accuracy of point-of-care nitrite and leukocyte esterase dipstick test for the screening of pediatric urinary tract infections. *Saudi J Kidney Dis Transpl* 2021;32(3):703–10.
64. Chernaya A, Søborg C, Midttun M. Validity of the urinary dipstick test in the diagnosis of urinary tract infections in adults. *Dan Med J* 2021;69(1): A07210607.
65. Lala V, Leslie SW, Minter DA. Acute cystitis. In: StatPearls [internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan–. Updated 2023 Jul 10.
66. Pappas PG. Laboratory in the diagnosis and management of urinary tract infections. *Med Clin North Am* 1991;75(2):313–25.
67. Li R, Leslie SW. Cystitis. In: StatPearls [internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan–. Updated 2023 May 30.
68. Hooton TM, Bradley SF, Cardenas DD, Colgan R, Geerlings SE, Rice JC, et al.; Infectious Diseases Society of America. Diagnosis, prevention, and treatment of catheter-associated urinary tract infection in adults: 2009 International Clinical Practice Guidelines from the Infectious Diseases Society of America. *Clin Infect Dis* 2010;50(5):625–63.
69. Gupta K, Hooton TM, Naber KG, Wullt B, Colgan R, Miller LG, et al.; Infectious Diseases Society of America; European Society for Microbiology and Infectious Diseases. International clinical practice guidelines for the treatment of acute

- uncomplicated, cystitis and pyelonephritis in women: a 2010 update by the Infectious Diseases Society of America and the European Society for Microbiology and Infectious Diseases. *Clin Infect Dis* 2011;52(5):e103–20.
70. Kranz J, Bartoletti R, Bruyère F, Cai T, Geerlings S, Köves B, et al. European Association of Urology guidelines on urological infections: summary of the 2024 guidelines. *Eur Urol* 2024;86(1):27–41.
 71. Ghosh M, Thirugnanam A. Introduction to artificial intelligence. In: Srinivasa KG, GM S, Sekhar SRM, editors. *Artificial intelligence for information management: a healthcare perspective*. Studies in Big Data, vol 88. Singapore: Springer; 2021. p. 72-4.
 72. Keskenler MF, Keskenler EF. Geçmişten günümüze yapay sinir ağları ve tarihçesi. *Takvim-i Vekayi* 2017;5(2):8–18.
 73. McCulloch WS, Pitts WA. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bull Math Biophys* 1943;5:115–33.
 74. Hebb DO. The organization of behaviour. The first stage of perception: growth of the assembly. 1949;4:60–78.
 75. Turing AM. Computing machinery and intelligence. *Mind* 1950;49:433–60.
 76. Dick S. Artificial intelligence. *Harvard Data Sci Rev* 2019;1(1):1–8.
 77. Toosi A, Sadeghi-Niaraki A, Choi S-M. A brief history of AI: how to prevent another winter (a critical review). *arXiv [Internet]*. 2021 [cited 2024 Oct 1]; Available from: <https://arxiv.org/abs/2109.01517>.
 78. Haenlein M, Kaplan A. A brief history of artificial intelligence: on the past, present, and future of artificial intelligence. *Calif Manage Rev* 2019;61(4):5–14.
 79. Öcal EE, Atay E, Önsüz MF, Algın F, et al. Tıp fakültesi öğrencilerinin tıpta yapay zeka ile ilgili düşünceleri. *Türk Tıp Öğrencileri Araştırma Dergisi* 2020;2(1):9–16.
 80. Atan S. KNN, Naive Bayes ve karar ağacı makine öğrenme algoritmaları, bu algoritmaların sosyal bilimlerde kullanım imkânları. 2020: doi:10.31235/osf.io/8r5pu.
 81. Gökalp ÖM. Makine öğrenmesi. Gazi Üniversitesi, Gazi Bilişim Enstitüsü, Adli Bilişim Bölümü; 2022:1–14.
 82. İyilikci V. Pihti dalga formu analizi kullanarak makine öğrenmesi temelli mortalite tahminleme modeli geliştirilmesi. (Tez). Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İzmir Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Tıbbi Biyokimya Ana Bilim Dalı, İzmir; 2023.
 83. Peng J, Jury EC, Dönnies P, Ciurtin C. Machine learning Techniques for Personalised Medicine Approaches in Immune-Mediated Chronic Inflammatory Diseases: Applications and Challenges. *Front Pharmacol* 2021;12:720694.
 84. Alpaydin E. *Introduction to Machine Learning*. 2nd ed. Cambridge, MA: The MIT Press; 2009. p. 97.

85. Öztemel E. Yapay sinir ağıları. İstanbul: Papatya Yayıncılık; 2003.
86. Özgür A, Erdem H. Saldırı tespit sistemlerinde kullanılan kolay erişilen makine öğrenme algoritmalarının karşılaştırılması. Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi. 2012;5(2):41–48.
87. Bengisu E, Şahin EA, Toydemir MS, Dökeroğlu T. Makine öğrenmesi algoritmaları ile trol hesapların tespiti. Dokuz Eylül Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi; 2021;9(1):430–442.
88. Korkmaz Ağaoğlu Ö, Gürcan S. Veteriner hekimliği alanında karar ağaçları uygulamalarının incelenmesi. Vet Hekim Der Derg. 2023;94(2):177-8.
89. Song Y, Lu Y. Decision tree methods: applications for classification and prediction. Shangai Arch Psychiatry 2015; 27(2):130-135.
90. Adua E, Kolog EA, Afrifa-Yamoah E, Amankwah B, Obirikorang C, Anto EO, et al. Predictive model and feature importance for early detection of type II diabetes mellitus. Transl Med Commun. 2021;6:17.
91. Breiman L. Random forests. Mach Learn 2001;45(1):5–32.
92. Murphy KP. Machine learning: a probabilistic perspective. Cambridge, MA: MIT Press; 2012. p. 122.
93. Navlani, A. (2019, 05 27). Datacamp. <https://www.datacamp.com/community/tutorials/adaboost-classifier-python>.
94. Marksfield, A. E. (2018). Machine Learning in Sociodemographic Segmentation of a Telco Company Customers. (Bachelor Thesis). Czech Technical University, Department of Theoretical Computer Science, Prague.
95. Dikker, J. (2017). Boosted Tree Learning for Balanced Item Recommendation In Online Retail. (Master Thesis). Eindhoven University of Technology, Business Information System, Netherlands.
96. Yangın G. XG Boost ve karar ağacı tabanlı algoritmaların diyabet veri setleri üzerine uygulaması (Tez). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul; 2019.
97. Master SR, Julian RK Jr, Haymond S. Machine learning and big data in laboratory medicine. In: Rifai N, Chiu RWK, Young I, Burnham CAD, Wittwer CT, editors. Tietz textbook of laboratory medicine. 7th ed. St. Louis (MO): Elsevier; 2022:197–197.e27.
98. Burkov A. The hundred-page machine learning book. 1st ed. [S.l.]: Andriy Burkov; 2019. p. 240-1.
99. Bilgin M. Gerçek veri setlerinde klasik makine öğrenmesi yöntemlerinin performans analizi. J Bilimsel 2017;2(9):683.
100. Sra S, Nowozin S, Wright SJ, editors. Optimization for machine learning. Cambridge (MA): MIT Press; 2011. p. 88-9.

101. Trakya Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Merkezi [İnternet]. tuh.trakya.edu [Erişim tarihi: 01 Ekim 2024]. Available from: <https://tuh.trakya.edu.tr/pages/hastanemiz>.
102. George D. SPSS for windows step by step: A simple study guide and reference, 17.0 update, 10/e: Pearson Education India; 2011. p. 71-4.
103. Korkmaz S., Göksülük D., Karaismailoğlu E. (paket program). fastml: Fast Machine Learning Model Training and Evaluation-R Version 0.4.0. 2025.
104. Yılmaz ZB. İdrar yolu enfeksiyonu geçiren çocuklarda başvuru şikayetlerinin yapay zeka verisi olma yeterliliğinin değerlendirilmesi (Tez). Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İzmir Behçet Uz Çocuk Hastalıkları ve Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İzmir; 2022.
105. Arı N, Şölen EY, Yılmaz N. Bir üniversite hastanesinde idrar kültürü kontaminasyon oranları. Klimik Derg 2021;34(3):182-5.
106. Korkmazer R. Toplum kökenli idrar yolu enfeksiyonlarında antibiyotik dirençli mikroorganizmalar ve risk faktörleri (Tez). Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara; 2021.
107. Kalyoncu BN, Koçoğlu E, Özekinci T, Biçer RT, Aydın G, Önder N, et al. İstanbul’da bir şehir hastanesinde izole edilen üriner sistem patojenleri ve antibiyotik direnç profillerinin değerlendirilmesi. ANKEM Derg 2023;37(1):18-27.
108. Alkan S. Hastanede yatarak tedavi alan geriatric hastalarda toplum ve hastane kökenli idrar yolu enfeksiyonlarının değerlendirilmesi (Tez). İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, İstanbul; 2021.
109. Kafa AHT, Çubuk F, Akbulut RE. Çocuklarda üriner sistem enfeksiyon etkenlerinin dağılımı ve antibiyotiklere duyarlılıklarının değerlendirilmesi. Güncel Pediatri Derg 2024;22(1):24-30.
110. Avcıküçük H, Altın N. Evaluation of the distribution and antibiotic resistance profile of strains isolated from urine specimens. Klimik Derg 2022;35(2):95-102.
111. Akgül S, Özel A, Erol M, Tenekeciogil A, Bostan Gayret Ö. E. coli ve non-E. coli üriner sistem enfeksiyonu tanısı alan çocuk hastaların klinik ve laboratuvar özelliklerinin karşılaştırılması. J Pediatr Inf 2024;18(2):95-105.
112. Gören Ketenci F. Akut Pyelonefrit Tanısında İnflamatuvar Belirteçler (Tez). Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak; 2012.
113. Gülcan A, Çelik G, Gülcan E, Cansever Z, Aladağ DM. İdrar Yolu Enfeksiyonu Şüpheli Hastalarda Tam İdrar Analizi ve Kültür Sonuçlarının Performans Değerlendirmesi. Abant Med J 2012;1(2):61-64.
114. Öztürk Turan Ç. Çocukluk çağında idrar yolu enfeksiyonu tanısı ile yatırılarak takip ve tedavi edilen hastaların retrospektif olarak değerlendirilmesi (Tez). Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Prof. Dr. Cemil Taşcıoğlu Şehir Hastanesi, İstanbul; 2021.

115. Meister L, Morley EJ, Scheer D, Sinert R. History and physical examination plus laboratory testing for the diagnosis of adult female urinary tract infection. *Acad Emerg Med* 2013;20(7):631–45.
116. Heckerling PS, Canaris GJ, Flach SD, Tape TG, Wigton RS, Gerber BS. Predictors of urinary tract infection based on artificial neural networks and genetic algorithms. *Int J Med Inform* 2007;76(4):289–96.
117. Shen L, An J, Wang N, Wu J, Yao J, Gao Y. Artificial intelligence and machine learning applications in urinary tract infections identification and prediction: a systematic review and meta-analysis. *World J Urol* 2024;42(1):464.
118. Choi MH, Kim D, Park Y, Jeong SH. Development and validation of artificial intelligence models to predict urinary tract infections and secondary bloodstream infections in adult patients. *J Infect Public Health* 2024;17(1):10–17.
119. Colborn KL, Bronsert M, Hammermeister K, Henderson WG, Singh AB, Meguid RA. Identification of urinary tract infections using electronic health record data. *Am J Infect Control* 2019;47(4):371-5.
120. Burton RJ, Albur M, Eberl M, Cuff SM. Using artificial intelligence to reduce diagnostic workload without compromising detection of urinary tract infections. *BMC Med Inform Decis Mak* 2019;19:171.
121. Ai J, Hu Y, Zhou FF, Liao YX, Yang T. Machine learning-assisted ensemble analysis for the prediction of urinary tract infection in elderly patients with ovarian cancer after cytoreductive surgery. *World J Clin Oncol* 2022;13(12):967–79.
122. Yılmaz ZB. İdrar Yolu Enfeksiyonu Geçiren Çocuklarda Başvuru Şikayetlerinin Yapay Zeka Verisi Olma Yeterliliğinin Değerlendirilmesi (Tez). Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İzmir Dr.Behçet Uz Çocuk Hastalıkları ve Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Ana Bilim Dalı, İzmir; 2022.
123. Gadalla AAH, Friberg IM, Kift-Morgan A, Zhang J, Eberl M, Topley N, et al. Identification of clinical and urine biomarkers for uncomplicated urinary tract infection using machine learning algorithms. *Sci Rep* 2019;9(1):19694.

EKLER



Ek-1

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI			
GİRİŞİMSSEL OLMAYAN BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU Edirne, Türkiye			
ARAŞTIRMA BAŞVURUSU/ ONAYIBAŞVURU BİLGİLERİ	PROTOKOL KODU	TUTF-GOBAEK/2024/53	
	PROTOKOL ADI	Biyokimyasal Parametreler Kullanılarak İlaç Kalite Sonuçlarının Öngörülmesinde Yapay Zeka Teknolojilerinin Rolinin Araştırılması	
	SORUMLU ARAŞTIRICI UNVANI/ADI	Prof. Dr. Galip EKUKLU	
	ARAŞTIRMA MERKEZİ		
	DESTEKLEYİCİ		
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	Tek Merkez Ulusal	Çok Merkez Uluslararası
KARAR BİLGİLERİ	Karar No:85/11	Tarih:19.02.2024	
	Fakültemiz Halk Sağlığı Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Galip EKUKLU'nun sorumluluğunda yapılması planlanan ve yukarıda başvuru bilgileri verilen Araş. Göz. Dr. Fırat Zehra DAVARCI'nın tez çalışmasının araştırma başvurusu dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gereği, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş; araştırmaya ilişkin giderlerin gönüllüye ve/veya bağlı bulunduğu sosyal güvenlik kurumuna ödendiği/kapılında ve veri toplanacak yerlerden gerekli izinler alındıktan sonra gerçekleştirilmesinde etik bilimsel standartlar açısından sakınca bulunmadığına mevcudun oy birliği ile karar verilmiştir.		
ETİK KURUL BİLGİLERİ			
ÇALIŞMA ESASI: Halkın Bilişimi, İyi Klinik Uygulamalar Kılavuzu, TUTF-GOBAEK Yönergesi			

ÜYELİK

Üyeliğin Adı / Soyadı	Üyeliğin Dalı	Kararı	Üyeliğin	Bilgi(*)	Kararı (**)	İmza
Doç. Dr. Fatma Gülşen ONAL Başkan	Tıp Tarihi ve Etik	T.Ü.T.F. Tıp Tarihi ve Etik A.D.	K	E H	E H	
Prof. Dr. Hakan GÜRKAN Başkan Yardımcısı	Tıbbi Genetik	T.Ü.T.F. Tıbbi Genetik A.D.	E	E H	E H	
Doç. Dr. Selçuk KORKMAZ Üye	Biyostatistik	T.Ü.T.F. Biyostatistik A.D.	E	E H	E H	
Prof. Dr. Mehmet Erdal VARDAR Üye	Halk Sağlığı ve Hastalıkları	T.Ü.T.F. Halk Sağlığı ve Hastalıkları A.D.	E	E H	E H	
Prof. Dr. Hasan ÜMIT Üye	İç Hastalıkları	T.Ü.T.F. İç Hastalıkları A.D.	E	E H	E H	
Prof. Dr. Semra TOPALOĞLU Üye	İç Hastalıkları	T.Ü.T.F. İç Hastalıkları A.D.	K	E H	E H	
Doç. Dr. Sezgi SARIKAYA SOLAK Üye	Deri ve Zührevi Hastalıklar	T.Ü.T.F. Deri ve Zührevi Hastalıklar A.D.	K	E H	E H	
Doç. Dr. Oktay KAYA Üye	Fizyoloji	T.Ü.T.F. Fizyoloji A.D.	E	E H	E H	
Prof. Dr. Galip EKUKLU Üye	Halk Sağlığı	T.Ü.T.F. Halk Sağlığı A.D.	E	E H	E H	
Prof. Dr. Rahvan DURAN Üye	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	T.Ü.T.F. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları A.D.	E	E H	E H	
Dr. Öğr. Üyesi Sinan ATEŞ Üye	Kadın Hastalıkları ve Doğum	T.Ü.T.F. Kadın Hastalıkları ve Doğum A.D.	E	E H	E H	
Prof. Dr. Servet HEKİMOĞLU ŞAHİN Üye	Anestezi ve Reanimasyon	T.Ü.T.F. Anestezi ve Reanimasyon A.D.	K	E H	E H	
Doç. Dr. Doğan ALBAYRAK Üye	Genel Cerrahi	T.Ü.T.F. Genel Cerrahi A.D.	E	E H	E H	
Doç. Dr. Ayşegül KURT Üye	Protetik Diş	T.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	K	E H	E H	
Doç. Dr. Hilal KEKLİÇEK Üye	Protetik-Ortez ve Biyomekanik	T.Ü. Sağlık Bilimleri Fakültesi	K	E H	E H	
Avukat Emine NURLU Üye		T.Ü. Reklamcılık	K	E H	E H	
Emekli Öğretim Üyesi SECKİN Üye	Emekli Öğretim Üyesi	Serbest Üye	E	E H	E H	

*Araştırma ile ilgili
**Toplamda Bulunan

Ek-2

Evrak Tarih Sayısı: 13.03.2024-615887



T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Tıp Fakültesi Dekanlığı
İdari İşler Birimi



Sayı : E-35727477-010.99-615887
Konu : Gerekli Kurum İzinlerinin alınması hk.

13.03.2024

HALK SAĞLIĞI ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

İlgi : 06.03.2024 tarihli ve 010.99-E.611349 sayılı yazı

Anabilim Dalımız Öğretim Üyesi Prof. Dr. Galip EKUKLU'nun sorumluluğunda planlanan, Arş. Gör. Dr. Pınar Zehra DAVARCI'nın "Biyokimyasal Parametreler Kullanılarak İdrar Kültür Sonuçlarının Öngörülmesinde Yapay Zeka Teknolojilerinin Rolünün Araştırılması" adlı tez çalışması için izin isteği Fakültemiz Sağlık Araştırma ve Uygulama Merkez Müdürlüğünce uygun görülmüştür.
Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Filiz AKATA
Dekan

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :B1SPA1HAB1EDN Pin Kodu :55572

Belge Takip Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/trakya-universitesi-sbys>

Adres : Trakya Üniversitesi Rektörlüğü Tıp Fakültesi Dekanlığı Balıkan Yerleşkesi 22030 Edirne

Telefon : 2842357653 Faks : 2842357652

e-Posta: dekanlik@trakya.edu.tr Web: <https://tipfik.trakya.edu.tr>

Kapı Adresi : trakyauni@hs01.kap.tr

Bilgi için : Selma DANAÇI

Orman : Bilgiyayır İşletmeni

Tel No : 1314

