

RAD-ORQ

Çok Merkezli Tıbbi Görüntüleme Yapay Zekâ Orkestrasyon Platformu

Proje Kapsamı, Problem Analizi, Sistem Mimarisi ve Geliştirme Çerçevesi

Kapsam Dokümanı - Sürüm 1.0
29 Eylül 2026

Bu doküman, mevcut proje vizyonu ile Sparx Enterprise Architect üzerinde geliştirilen süreç ve mimari çalışmalarının güncellenmiş kapsam özetidir.

Dokümanın Amacı ve Kullanımı

Bu dokümanın amacı, RAD-ORQ projesinin neden geliştirildiğini, hangi problemleri çözmeyi hedeflediğini, sistemin hangi ana bileşenlerden oluşacağını ve farklı yapay zekâ çözümlerini nasıl ortak bir iş akışında birleştireceğini tek bir çerçevede açıklamaktır. Metin, teknik ayrıntıları tamamen kaldırmadan, tıp, akademi, hastane yönetimi, bilgi işlem ve proje değerlendirme tarafındaki okuyucuların kesintisiz takip edebileceği bir dilde hazırlanmıştır.

Okuma yaklaşımı

Ana metinde terimler mümkün olduğunca Türkçe ve açıklayıcı biçimde kullanılmıştır. DICOM, PACS ve koregistrasyon gibi alan terimleri ilk geçtikleri yerde açıklanmış, ayrıntılı karşılıkları dokümanın sonundaki terimler sözlüğünde ayrıca toplanmıştır.

İçindekiler

- [1. Projenin Amacı ve Genel Yaklaşımı](#)
 - [2. Problem Analizi ve Mevcut Tıkanıklıklar](#)
 - [3. Mevcut Çözümler ve Projenin Konumlandırılması](#)
 - [4. Yenilikçi Yönü ve Farklılaştırıcı Özellikleri](#)
 - [5. Hedef Kullanıcılar ve Paydaşlar](#)
 - [6. Projenin Çözüm Yaklaşımı](#)
 - [7. Sistem Mimarisi ve Ana Bileşenler](#)
 - [8. Yapay Zekâ Model ve Yazılım Entegrasyon Yapısı](#)
 - [9. Ortak Platform Hizmetleri](#)
 - [10. Uçtan Uca Veri Akışı](#)
 - [11. Veri Güvenliği, KVKK ve Yetkilendirme](#)
 - [12. Hastane Sistemleriyle Entegrasyon](#)
 - [13. Performans, Ölçeklenebilirlik ve İşletim Gereksinimleri](#)
 - [14. Doğrulama ve Başarı Ölçütleri](#)
 - [15. Ar-Ge Niteliği ve Özgün Değer](#)
 - [16. Riskler ve Risk Azaltma Yaklaşımı](#)
 - [17. Proje Aşamaları ve Yol Haritası](#)
 - [18. Beklenen Çıktılar ve Etki](#)
- [Ek A. Terimler Sözlüğü](#)

1. Projenin Amacı ve Genel Yaklaşımı

RAD-ORQ, hastanelerde üretilen manyetik rezonans (MR) görüntülerini güvenli ve kontrollü biçimde işleyerek, görüntünün ne olduğunu anlayan, kalitesini değerlendiren, hangi yapay zekâ analizlerine uygun olduğunu belirleyen ve doğru görüntüyü doğru analize yönlendiren bir tıbbi görüntüleme platformu olarak tasarlanmaktadır.

Platformun temel hedefi, farklı MR cihazı üreticilerinden ve farklı hastane çekim protokollerinden gelen görüntülerin ortak bir iş akışında ele alınmasını sağlamaktır. Sistem, yalnızca görüntü dosyasının adına bakmak yerine görüntüyle birlikte gelen teknik bilgileri, MR çekiminin fiziksel özelliklerini ve gerektiğinde görüntünün kendisini birlikte değerlendirerek daha güvenilir bir karar üretmeyi amaçlar.

RAD-ORQ yalnızca proje kapsamında geliştirilecek yapay zekâ modelleriyle sınırlı düşünülmemektedir. Hastanede hâlihazırda kullanılan ticari yazılımlar, üniversitelerde geliştirilen akademik modeller, yerli girişimlerin çözümleri veya kurumun kendi geliştirdiği modeller uygun teknik bağlantılar tanımlandığında aynı platform üzerinden seçilebilir, çalıştırılabilir veya ilgili yazılıma yönlendirilebilir. Böylece hastanenin her yeni yapay zekâ çözümü için baştan ayrı bir iş akışı kurması yerine ortak bir entegrasyon ve yönetim katmanı oluşturulması hedeflenir.

Projenin ana hedefi

MR görüntüsünü kabul etmekten yapay zekâ sonucunu tekrar hastane sistemine döndürmeye kadar olan süreci; doğru veri seçimi, kalite kontrolü, model yönlendirmesi, gerektiğinde görüntü hizalama ve sonuç standardizasyonu ile tek bir yönetilebilir platform altında birleştirmektir.

1.1 Temel hedefler

- Farklı MR cihazları ve hastane protokollerinden gelen verileri ortak bir yapıda işleyebilmek.
- Görüntünün anatomik bölgesini ve MR çekim türünü mümkün olduğunca otomatik ve güvenilir biçimde belirlemek.
- Görüntü kalitesini yalnız genel bir iyi/kötü etiketiyle değil, yapılacak analize uygunluk açısından değerlendirmek.
- Doğru görüntüyü doğru yapay zekâ modeline veya mevcut yazılıma yönlendirmek.
- Birden fazla görüntünün birlikte kullanılacağı durumlarda gerekli hizalama işlemlerini kontrollü biçimde uygulamak.
- GPU ve diğer işlem kaynaklarını merkezi olarak yöneterek çok sayıda yapay zekâ modelini verimli biçimde çalıştırmak.
- Farklı yapay zekâ çözümlerinden gelen sonuçları hastane görüntüleme sistemine geri aktarılabilir ortak bir yapıya dönüştürmek.
- Kişisel sağlık verilerinin korunmasını, erişimlerin izlenmesini ve araştırma amaçlı kullanımda kimliksizleştirme süreçlerini sistem tasarımının doğal bir parçası hâline getirmek.

2. Problem Analizi ve Mevcut Tıkanıklıklar

MR görüntüleme sürecinde asıl zorluk yalnızca çok sayıda görüntünün üretilmesi değildir. Aynı çekim türünün farklı cihazlarda farklı isimlerle kaydedilmesi, bazı teknik bilgilerin eksik veya hatalı olması, görüntü kalitesinin değişmesi ve her yapay zekâ yazılımının farklı giriş koşulları istemesi birlikte değerlendirildiğinde çok katmanlı bir iş akışı problemi ortaya çıkar.

2.1 Farklı cihaz ve hastanelerde farklı isimlendirme

Aynı veya benzer MR çekimleri farklı cihaz üreticilerinde ve hatta aynı kurumun farklı protokollerinde farklı adlarla kaydedilebilir. Bu durum, yalnız seri adına dayalı otomatik yönlendirmeyi güvenilirmez hâle getirir.

2.2 Eksik veya güvenilir olmayan DICOM bilgileri

DICOM, tıbbi görüntülerle birlikte hasta, tetkik, seri ve çekim bilgilerini taşıyan standarttır. Ancak bu alanların bir kısmı boş, hatalı veya yerel kullanım alışkanlıklarından etkilenmiş olabilir. Bu nedenle tek bir bilgi alanına güvenmek yeterli değildir.

2.3 Doğru görüntüyü doğru yapay zekâya gönderme gücü

Bir yapay zekâ modeli belirli bir anatomi, belirli bir MR çekim türü ve belirli bir kalite düzeyi isteyebilir. Yanlış serinin doğru modele gönderilmesi teknik olarak işlem yapılmasına rağmen klinik olarak anlamsız veya güvenilirmez sonuç üretebilir.

2.4 Görüntü kalitesinin değişken olması

Hasta hareketi, görüntü bozulmaları, eksik anatomik kapsama veya yetersiz çözünürlük gibi sorunlar yapay zekâ analizlerini doğrudan etkileyebilir. Aynı görüntü bir analiz için yeterliken başka bir analiz için yetersiz olabilir.

2.5 Çok sayıda yapay zekâ yazılımının parçalı biçimde çalışması

Beyin, inme, prostat, kalp veya farklı görüntüleme alanları için kullanılan çözümler çoğu zaman ayrı entegrasyon, ayrı kullanıcı hesabı, ayrı sunucu ve farklı sonuç biçimleri gerektirir. Bu durum bilgi işlem yükünü ve işletme karmaşıklığını artırır.

2.6 Farklı görüntülerin aynı anatomik noktayı göstermemesi

Farklı MR çekimleri veya farklı zamanlarda alınan görüntüler hasta hareketi ve organ hareketi nedeniyle tam üst üste gelmeyebilir. Birlikte analiz yapılacaksa aynı anatomik yapının aynı konumda olduğundan emin olunması gerekir.

2.7 Veri güvenliği ve araştırma kullanımı

Klinik verinin işlenmesi ile araştırma amacıyla veri hazırlanması aynı gereksinimlere sahip değildir. Hasta kimliğinin korunması, erişimin sınırlandırılması ve gerektiğinde kimliksizleştirme yapılması sistematik biçimde ele alınmalıdır.

2.8 Sonuçların radyoloğun mevcut iş akışına dönmesi

Yapay zekâ sonucu ayrı bir ekranda veya özel bir dosya biçiminde kalırsa klinik kullanımı zorlaşır. Sonuçların mümkün olduğunca hastanenin mevcut görüntüleme ve raporlama ortamına geri aktarılması gerekir.

3. Mevcut Çözümler ve Projenin Konumlandırılması

Tıbbi görüntüleme alanında bugün farklı amaçlara yönelik çok sayıda yapay zekâ yazılımı bulunmaktadır. Bazı ürünler beyin hacim ölçümü, bazıları inme analizi, bazıları prostat veya kalp görüntülerinin değerlendirilmesi gibi belirli görevlerde uzmanlaşmaktadır. Ayrıca birden fazla yapay zekâ ürününü hastane sistemine bağlamayı amaçlayan kurumsal platformlar da bulunmaktadır.

RAD-ORQ'nun konumlandırması, mevcut çözümleri yok saymak veya her klinik modeli baştan geliştirmek değildir. Platform; kurumun sahip olduğu mevcut yazılımları, proje kapsamında geliştirilen modelleri ve sonradan eklenecek yeni çözümleri ortak bir iş akışı içinde yönetebilecek biçimde tasarlanacaktır. Bu yaklaşım, sağlık kuruluşunun belirli bir yapay zekâ üreticisine veya tek bir modele bağımlı kalmasını azaltmayı ve yeni çözümlerin sisteme eklenmesini kolaylaştırmayı hedefler.

Konu	Parçalı Yaklaşımda Görülen Durum	RAD-ORQ Yaklaşımı
Entegrasyon yapısı	Her yazılım için ayrı bağlantı gerekebilir.	Ortak entegrasyon ve yönlendirme katmanı üzerinden yönetim.
Görüntü seçimi	Kullanıcıya veya yazılıma özel sabit kurallara dayanabilir.	Anatomi, çekim türü, kalite ve model gereksinimi birlikte değerlendirilir.
Model kaynağı	Tek bir ürün ailesiyle sınırlı olabilir.	Dahili modeller, kurum içi mevcut yazılımlar ve uygun harici çözümler birlikte kataloglanabilir.
Sonuç yönetimi	Farklı ekran ve çıktı biçimleri oluşabilir.	Sonuçların ortak yapıda toplanması ve hastane sistemine geri aktarılması hedeflenir.
Genişleme	Yeni ürün yeni entegrasyon gerektirebilir.	Yeni model/yazılım için standart bir entegrasyon profili tanımlanması hedeflenir.

4. Yenilikçi Yönü ve Farklılaştırıcı Özellikleri

Projenin yenilikçi yönü tek bir yapay zekâ algoritmasından değil, görüntünün hastaneye gelişinden sonucun geri dönmesine kadar olan sürecin birlikte ele alınmasından kaynaklanmaktadır. Aşağıdaki özellikler projenin farklılaştırıcı omurgasını oluşturur.

Çoklu kanıtla görüntüyü anlama: Görüntü yalnız dosya veya seri adına bakılarak tanımlanmaz; teknik DICOM bilgileri, MR çekim özellikleri, anatomi ve gerektiğinde görüntünün kendisi birlikte değerlendirilir.

Kullanım amacına göre kalite değerlendirmesi: Sistem yalnız “görüntü iyi mi?” sorusunu sormaz. “Bu görüntü şu analiz için yeterli mi?” sorusuna yanıt üretmeyi hedefler.

Modelden ve yazılımdan bağımsız yönlendirme: Platform, yalnız kendi modelini değil, tanımlı giriş-çıkış kurallarına sahip farklı yapay zekâ yazılımlarını aynı akışta yönetebilir.

Mevcut yazılımları sisteme dahil edebilme: Hastanede zaten çalışan bir çözüm varsa, yeni bir sistem kurmak yerine o yazılıma uygun görüntünün otomatik yönlendirilmesi ve sonucunun geri alınması hedeflenir.

Gerektiğinde görüntü hizalama: Birden fazla seri veya zaman fazı birlikte analiz edilecekse sistem, görüntülerin aynı anatomik noktaları gösterip göstermediğini değerlendirir ve gerektiğinde hizalama işlemini devreye alır.

Belirsizlikte insan kontrolü: Sistem yeterli kanıt yoksa zorla karar vermek yerine manuel inceleme gereksinimi üretebilir.

Sonuçları ortak biçime dönüştürme: Farklı yapay zekâ çözümlerinden gelen ölçüm, işaretleme ve bölütleme sonuçlarının hastane iş akışına geri taşınması için ortak bir sonuç katmanı oluşturulur.

İzlenebilir karar yapısı: Bir kararın hangi bilgiye, hangi kurala veya hangi model sürümüne dayanarak üretildiğinin daha sonra izlenebilmesi hedeflenir.

5. Hedef Kullanıcılar ve Paydaşlar

Terim / Bileşen	Açıklama
Radyologlar	Doğru serilerin daha hızlı bulunması, uygun AI analizlerinin otomatik devreye alınması ve sonuçların mevcut görüntüleme ortamında erişilebilir hâle gelmesi.
Radyoloji teknisyenleri	Çekim veya seri kaynaklı sorunların daha erken fark edilmesi ve tekrar eden manuel kontrollerin azaltılması.
Hastane bilgi işlem birimleri	Birden fazla AI ürününün ayrı ayrı yönetilmesi

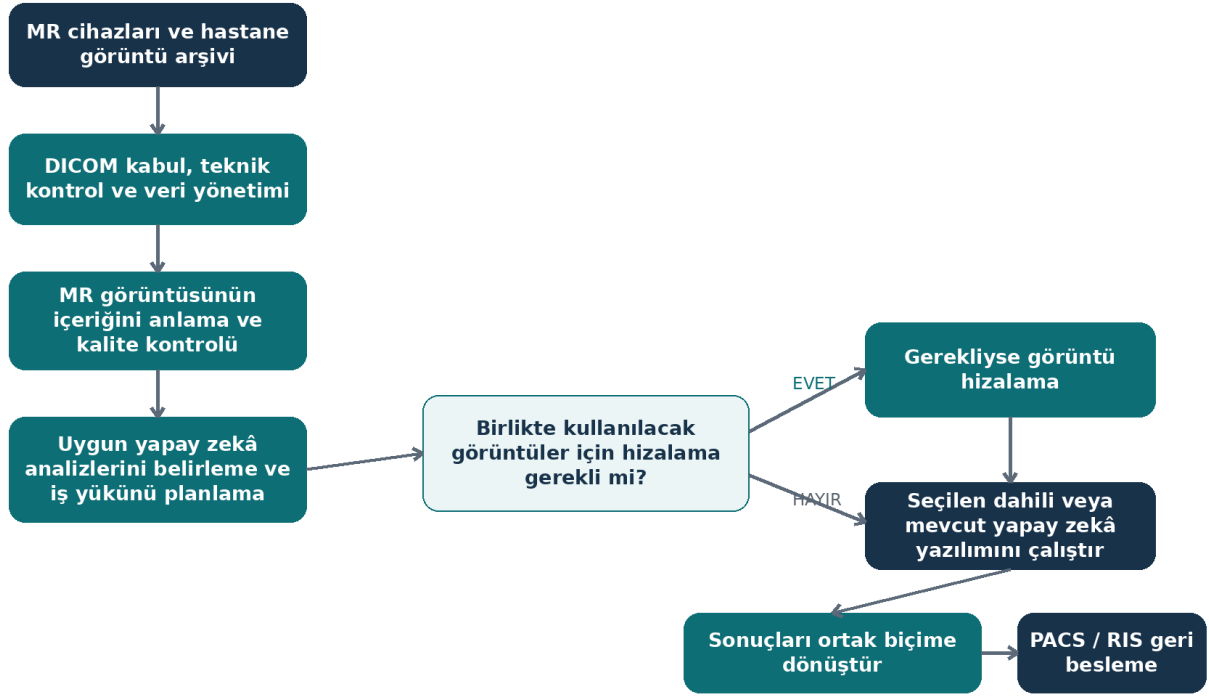
Terim / Bileşen	Açıklama
	yerine ortak entegrasyon, güvenlik, kayıt ve izleme noktası.
Hastane yönetimleri ve sağlık grupları	Yeni yapay zekâ çözümlerinin daha kontrollü devreye alınması, kaynak kullanımının izlenmesi ve kurumlar arası ölçeklenebilirlik.
Üniversiteler ve araştırma merkezleri	Geliştirilen modellerin gerçek hastane iş akışına daha kolay uyarlanması, kontrollü veri hazırlama ve doğrulama altyapısı.
Yerli yapay zekâ firmaları ve girişimler	Her hastane için entegrasyonu sıfırdan kurmak yerine standart bir model/yazılım bağlantı profili üzerinden sisteme dahil olabilme.
Mevcut ticari AI yazılım sağlayıcıları	Teknik bağlantı şartları sağlandığında, platformun ilgili görüntüyü mevcut çözüme yönlendirebilmesi ve sonucu ortak iş akışına alabilmesi.

6. Projenin Çözüm Yaklaşımı

RAD-ORQ çözüm yaklaşımı, tek bir büyük karar yerine birbirini doğrulayan aşamalardan oluşur. Amaç; hatalı veya yetersiz verinin ilerleyen analizlere sessizce taşınmasını önlemek, gerekli kontrolleri doğru yerde yapmak ve her aşamanın çıktısını bir sonraki aşamaya açık biçimde aktarmaktır.

1. MR görüntüsü hastane sisteminden alınır ve teknik olarak geçerli olup olmadığı kontrol edilir.
2. Tetkik ve seri bütünlüğü oluşturulur; tekrar gelen veya çelişkili görüntüler ayırt edilir.
3. Görüntünün anatomik bölgesi ve MR çekim türü belirlenir.
4. Görüntü kalitesi ve analiz için gerekli anatomik kapsama değerlendirilir.
5. Hangi yapay zekâ analizlerinin bu görüntü için uygun olduğu belirlenir.
6. Çalıştırılacak model veya mevcut yazılım seçilir; işlem önceliği ve kaynak ihtiyacı planlanır.
7. Birden fazla görüntünün birlikte kullanılması gerekiyorsa hizalama ihtiyacı değerlendirilir.
8. Seçilen dahili model veya bağlantılı mevcut yapay zekâ yazılımı çalıştırılır.
9. Sonuç ortak bir yapıya dönüştürülür ve hastane sistemine geri gönderilir.

RAD-ORQ - Uçtan Uca Çalışma Akışı



Şekil 1. RAD-ORQ üst seviye çalışma akışı

7. Sistem Mimarisi ve Ana Bileşenler

Sistem mimarisi, kullanıcıya görünen işlevleri ve arka planda ortak kullanılan servisleri birbirinden ayıracak şekilde tasarlanmalıdır. Bu sayede aynı DICOM bilgisinin farklı modüllerde tekrar tekrar okunması, aynı kuralların farklı yerlerde kopyalanması veya yeni bir AI yazılımı eklendiğinde tüm sistemin yeniden düzenlenmesi önlenir.

7.1 DICOM görüntü kabulü ve veri yönetimi

Hastane görüntü arşivinden gelen DICOM nesnelerini teslim alır, geçici olarak saklar, dosyanın temel yapısını kontrol eder, görüntüyü doğru tetkik ve seriyle ilişkilendirir, tekrar gönderimleri veya kimlik çakışmalarını ayırt eder ve analize hazır seri yapısını oluşturur.

7.2 Ortak DICOM bilgi okuma servisi

DICOM dosyaları içerisindeki hasta, tetkik, seri, MR çekim parametreleri, görüntü geometrisi ve diğer teknik alanları ortak bir noktadan okur. Diğer modüller DICOM dosyasını kendi başlarına yeniden yorumlamak yerine ihtiyaç duydukları bilgiyi bu servis üzerinden alır. Servisin görevi bilgiyi okumak ve teknik olarak düzenlemektir; “bu görüntü FLAIR’dır” gibi klinik/semantik kararları bu servis vermez.

7.3 Kişisel verilerin korunması ve kimliksizleştirme

Klinik işlem ile araştırma veya veri dışı aktarımı farklı kurallara sahip olabilir. Bu bileşen; hangi kimlik alanlarının korunacağı, hangilerinin kaldırılacağı, gerektiğinde takma kimlik üretimi, erişim kaydı ve kontrollü dışı aktarım süreçlerini yönetir.

7.4 MR görüntüsünün içeriğini anlama

Görüntünün hangi anatomik bölgeye ait olduğunu ve hangi MR çekim türünü temsil ettiğini belirler. Üreticiye veya kuruma göre değişen isimler ortak bir terminolojiye çevrilir. DICOM bilgileri yeterli değilse görüntünün kendisinden elde edilen kanıtlar devreye alınabilir.

7.5 MR görüntü kalite kontrolü

Hareket, görüntü bozulmaları, sinyal yeterliliği, çözünürlük, görüntünün gerekli anatomik alanı kapsayıp kapsamadığı gibi unsurları değerlendirir. Sonuç, yapılacak analizin gereksinimleriyle birlikte yorumlanır.

7.6 Yapay zekâ uygunluk ve yönlendirme

Her modelin hangi anatomi, çekim türü, görüntü rolü ve kalite düzeyiyle çalıştığı tanımlanır. Sistem bu gereksinimleri mevcut seriyle karşılaştırarak hangi analizlerin uygulanabileceğini belirler.

7.7 İş yükü, öncelik ve kaynak yönetimi

Çalıştırılacak analizleri planlar; acil işlerin önceliğini, GPU gibi işlem kaynaklarının durumunu, kuyrukları ve model çalışma sırasını yönetir.

7.8 Görüntü hizalama

Farklı serilerin veya farklı zaman noktalarının birlikte analiz edileceği durumlarda aynı anatomik yapıların aynı konumda görünmesini sağlamak için gerekli hizalama işlemlerini uygular. Her vaka için otomatik olarak çalışmaz; yalnız seçilen analiz bunu gerektiriyorsa devreye girer.

7.9 Yapay zekâ modelini veya mevcut yazılımı çalıştırma

Orkestrasyon katmanının seçtiği modelin gerçek analizini yürütür. Model RAD-ORQ içinde çalışabilir veya kurumda mevcut başka bir yazılıma görüntü yönlendirilebilir.

7.10 Sonuçların hastane sistemine geri aktarılması

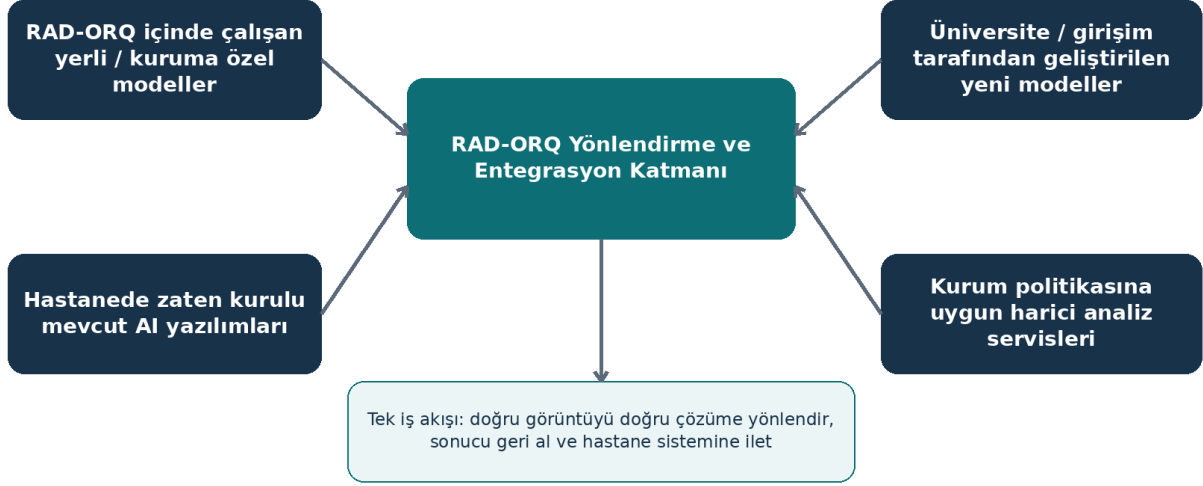
Farklı yapay zekâ çözümlerinden gelen ölçüm, işaretleme, bölütleme ve rapor verilerini ortaklaştırır; uygun olduğunda DICOM'un sonuç ve sunum standartları kullanılarak hastane görüntü arşivine veya raporlama sistemine geri gönderir.

8. Yapay Zekâ Model ve Yazılım Entegrasyon Yapısı

RAD-ORQ'nun önemli özelliklerinden biri, yapay zekâ kaynağını tek bir geliştirme ekibine veya tek bir ticari ürüne bağlamamasıdır. Sisteme dahil edilen her model veya yazılım için ne tür görüntü

istediği ve sonucu nasıl döndürdüğü tanımlanır. Platform daha sonra gelen görüntüyü bu tanıma göre uygun çözüme yönlendirir.

Tek Platform, Birden Fazla Yapay Zekâ Kaynağı



Şekil 2. Farklı yapay zekâ kaynaklarının ortak platform üzerinden yönetilmesi

8.1 Desteklenecek entegrasyon biçimleri

- Dahili model: Model RAD-ORQ altyapısında çalışır ve kaynakları platform tarafından yönetilir.
- Kurum içindeki mevcut yazılım: Hastanede zaten kurulu olan AI çözümüne uygun görüntü yönlendirilir; sonuç tekrar platforma alınır.
- Akademik veya yerli model: Üniversite, araştırma grubu veya girişim tarafından geliştirilen model standart bir çalışma paketi ve giriş-çıkış tanımıyla sisteme eklenebilir.
- Kontrollü harici servis: Kurum politikaları ve veri güvenliği şartları izin veriyorsa, harici bir analiz servisiyle tanımlı ve izlenebilir bir bağlantı kurulabilir.

8.2 Model / yazılım entegrasyon profili

Her AI çözümü için bir “entegrasyon profili” tutulması önerilir. Bu profil, teknik ayrıntıları tek yerde toplar ve yönlendirme kararının temelini oluşturur.

Terim / Bileşen	Açıklama
Model / yazılım kimliği	Çözümün adı, sürümü ve sahibi.
Kullanım amacı	Örneğin beyin hacim analizi, beyaz cevher lezyon analizi veya inme analizi.
Gerekli anatomi	Modelin hangi anatomik bölgeyle çalıştığı.

Terim / Bileşen	Açıklama
Gerekli MR görüntüleri	T1, FLAIR, DWI, ADC gibi hangi seri veya seri grubunun gerektiği.
Kalite gereksinimi	Hareket, kapsama, çözünürlük gibi kabul koşulları.
Tek / çoklu seri ihtiyacı	Modelin bir görüntü serisiyle mi yoksa birden fazla seriyle mi çalıştığı.
Hizalama gereksinimi	Birden fazla görüntü kullanılacaksa aynı anatomik uzaya getirilmesinin zorunlu olup olmadığı.
Çalışma yeri	RAD-ORQ içinde, kurum içi ayrı sunucuda veya izin verilen harici serviste.
Giriş ve sonuç biçimi	Modelin hangi veri biçimini aldığı ve hangi sonucu döndürdüğü.
Aktif sürüm ve durum	Hangi sürümün kullanımda olduğu ve çalıştırmaya açık olup olmadığı.

9. Ortak Platform Hizmetleri

Ana işlevlerin yanında, sistemin birçok bölümünün ortak kullandığı servisler bulunmalıdır. Bu servisler merkezi tasarlandığında hem tekrar eden kod azalır hem de değişikliklerin kontrol edilmesi kolaylaşır.

Terim / Bileşen	Açıklama
DICOM bilgi okuma servisi	DICOM alanlarını ve gelişmiş MR dosyalarındaki gerekli bilgileri tek noktadan okur.
Görüntü verisine erişim servisi	Piksel ve görüntü dilimlerine kontrollü ve ortak erişim sağlar.
Kimliksizleştirme ve gizlilik servisi	Araştırma/dışa aktarım senaryolarında kişisel alanların işlenmesini yönetir.
Ortak anatomi ve MR çekim sözlükleri	Farklı üretici ve kurum terimlerini ortak

Terim / Bileşen	Açıklama
	isimlerle eşleştirir.
Kural ve profil yönetimi	Kalite, yönlendirme, model kabul şartları ve benzeri kuralları sürümlü biçimde tutar.
Karar kanıtı ve izlenebilirlik	Bir sonucun hangi veri, kural veya model sürümüne dayanarak üretildiğini kaydeder.
İşlem ve denetim kayıtları	Kim, ne zaman, hangi veriye erişti; hangi model çalıştı; hangi hata oluştu gibi olayları kaydeder.
Kullanıcı ve yetki yönetimi	Radyolog, teknisyen, yönetici, araştırmacı ve servis hesaplarının yetkilerini ayırır.
Manuel inceleme alanı	Belirsiz veya başarısız durumların uzman tarafından incelenmesi ve gerekirse düzeltilmesi için ortak çalışma alanı sağlar.
Yapay zekâ model kataloğu	Sisteme bağlı tüm modellerin sürüm, kullanım amacı, giriş gereksinimi ve çalışma durumunu tutar.

10. Uçtan Uca Veri Akışı

Aşağıdaki akış, bir MR tetkikin platforma geldiği andan yapay zekâ sonucunun hastane sistemine dönmesine kadar olan ana yaşam döngüsünü gösterir.

- MR görüntüsü hastane görüntü arşivinden RAD-ORQ'a iletilir.
- DICOM dosyası teknik olarak kontrol edilir ve güvenli geçici alana alınır.
- Görüntüler hasta, tetkik ve seri ilişkilerine göre düzenlenir; tekrar veya kimlik çakışmaları kontrol edilir.
- Ortak DICOM bilgi okuma servisi gerekli teknik bilgileri çıkarır.
- Anatomik bölge ve MR çekim türü belirlenir; belirsiz durumda görsel doğrulama veya manuel inceleme devreye girebilir.
- Görüntü kalitesi ve gerekli anatomik kapsama değerlendirilir.
- Görüntünün hangi yapay zekâ analizleri için uygun olduğu belirlenir.
- Çalıştırılacak model/yazılım ve işlem önceliği seçilir.
- Birden fazla seri veya zaman fazı aynı analizde kullanılacaksa görüntü hizalama ihtiyacı değerlendirilir.
- Seçilen model RAD-ORQ içinde çalıştırılır veya görüntü mevcut uygun yazılıma yönlendirilir.

20. AI sonucu ortak bir sonuç yapısına alınır; ölçüm, bölütleme veya işaretleme biçimine göre dönüştürülür.
21. Sonuç hastane görüntü arşivine veya ilgili klinik sisteme geri gönderilir ve süreç kayıt altına alınır.

Örnek yönlendirme

Bir beyin MR tetkikinde FLAIR serisi beyaz cevher lezyon analizi için, DWI + ADC serileri inme analizi için, yüksek çözünürlüklü 3D T1 serisi ise hacim analizi için uygun bulunabilir. Bu analizlerin her biri farklı bir dahili model veya hastanede mevcut farklı bir yazılım tarafından gerçekleştirilebilir.

11. Veri Güvenliği, KVKK ve Yetkilendirme

Tıbbi görüntüler kişisel sağlık verisi içerdiği için güvenlik ve gizlilik sonradan eklenecek bir özellik değil, sistem tasarımının başlangıç koşullarından biri olarak ele alınmalıdır. Proje, KVKK ve kurumun bilgi güvenliği politikalarıyla uyumlu biçimde tasarlanmayı hedeflemektedir; hukuki ve kurumsal yükümlülükler uygulama aşamasında ilgili hukuk, bilgi güvenliği ve klinik birimlerle doğrulanmalıdır.

- Klinik kullanım, araştırma kullanımı ve dışa aktarım senaryoları için farklı veri işleme politikalarının tanımlanması.
- Gerektiğinde DICOM içindeki kimlik alanlarının kaldırılması veya takma kimlikle değiştirilmesi.
- Kimlik eşleştirmesinin gerekiyorsa ayrı ve korumalı bir alanda tutulması.
- Kullanıcılara görevlerine göre yetki verilmesi ve gereğinden fazla erişimin engellenmesi.
- Verinin aktarım sırasında ve saklandığı ortamda korunması.
- Kritik işlemlerin ve erişimlerin denetim kaydının tutulması.
- Araştırma verisi dışa aktarılırken tanımlı kimliksizleştirme profilinin uygulanması.
- Veri saklama süresi, arşivleme ve güvenli silme politikalarının kurumla birlikte belirlenmesi.

12. Hastane Sistemleriyle Entegrasyon

RAD-ORQ'nun değer üretmesi, yalnız algoritmaların doğru çalışmasına değil, hastanenin mevcut bilgi sistemleriyle kesintisiz iletişim kurmasına da bağlıdır. Bu nedenle entegrasyon katmanı görüntünün alınması, tetkik bağlamının korunması ve sonuçların geri verilmesini birlikte ele almalıdır.

Terim / Bileşen	Açıklama
PACS	MR, BT ve diğer tıbbi görüntülerin saklandığı ve hekimlerin eriştiği görüntü arşivleme ve iletişim sistemidir. RAD-ORQ görüntüleri buradan alabilir ve sonuçları buraya geri gönderebilir.
RIS	Radyoloji iş akışı, randevu ve raporlama

Terim / Bileşen	Açıklama
	bilgilerinin yönetildiği sistemdir. Gerekli senaryolarda tetkik bağlamı ve iş akışı entegrasyonu için kullanılabilir.
DICOM	Tıbbi görüntülerin ve görüntüyle ilişkili bilgilerin aktarımı ve saklanması için kullanılan standarttır.
DICOMweb	DICOM verilerine web tabanlı servisler üzerinden erişmeyi sağlayan standart ailesidir; uygun hastane altyapılarında entegrasyon seçeneği olabilir.
HL7 / FHIR	Hasta, tetkik, rapor ve klinik süreç bilgilerinin sistemler arasında taşınmasında kullanılan sağlık bilişimi standartlarıdır. Kapsam, hastanenin mevcut altyapısına göre belirlenir.

13. Performans, Ölçeklenebilirlik ve İşletim Gereksinimleri

Platformun yalnız doğru sonuç üretmesi değil, hastane yoğunluğu altında güvenilir biçimde çalışması da hedeflenmelidir. Bu nedenle performans hedefleri tek bir algoritmanın çalışma süresinden daha geniş ele alınmalıdır.

- Aynı anda çok sayıda tetkikin sisteme girebildiği durumlarda kuyrukların kontrollü yönetilmesi.
- Acil veya zaman kritik analizlerin kurum tarafından tanımlanan öncelik kurallarına göre öne alınabilmesi.
- GPU belleği ve işlem gücünün modeller arasında paylaşılması; kullanılmayan modellerin gereksiz kaynak tüketmemesi.
- Bir model veya entegrasyon başarısız olduğunda diğer işlemlerin etkilenmemesi için hata yalıtımı.
- Geçici ağ veya servis hatalarında güvenli tekrar deneme ve kaldığı yerden devam etme mekanizmaları.
- Hastane, kurum veya veri merkezi sayısı arttığında mimarinin genişletilebilir olması.
- İşlem süresi, kuyruk uzunluğu, hata oranı ve kaynak kullanımı gibi ölçümlerin sürekli izlenmesi.

14. Doğrulama ve Başarı Ölçütleri

Projenin başarı ölçütleri yalnız bir yapay zekâ modelinin doğruluk oranından oluşmamalıdır. Uçtan uca sistem; görüntüyü doğru tanıma, kaliteyi doğru değerlendirme, doğru modele yönlendirme,

görüntü hizalama, işlem süresi ve entegrasyon güvenilirliği açısından ayrı ayrı doğrulanmalıdır. Sayısal hedefler geliştirme ve pilot aşamalarında veriyle desteklenerek kesinleştirilmelidir.

Terim / Bileşen	Açıklama
Anatomi belirleme	Farklı anatomik bölgelerde doğru sınıflandırma oranı ve belirsiz vakaları güvenli biçimde ayırabilme.
MR çekim türü belirleme	T1, T2, FLAIR, DWI, ADC ve kapsam içindeki diğer çekim türlerinde doğruluk, duyarlılık ve hata analizi.
Kalite değerlendirmesi	Hareket, görüntü bozulması, çözünürlük ve kapsama sonuçlarının uzman değerlendirmesiyle uyumu.
AI yönlendirme doğruluğu	Uygun olmayan serinin modele gönderilmemesi ve gerekli serilerin doğru model/yazılımla eşleştirilmesi.
Görüntü hizalama doğruluğu	Hizalama sonrası anatomik uyumun ölçülmesi ve güvenilir olmayan sonuçların ayrılabilmesi.
İşlem performansı	DICOM kabulünden model sonucuna kadar geçen süre, kuyruk bekleme süresi ve kaynak kullanımı.
Çok merkezli genellenebilirlik	Farklı hastaneler, cihaz üreticileri, cihaz modelleri ve çekim protokollerinde performansın korunması.
Entegrasyon güvenilirliği	PACS bağlantısı, model çağırısı ve sonuç dönüşü gibi teknik adımlarda hata ve tekrar oranları.

15. Ar-Ge Niteliği ve Özgün Değer

RAD-ORQ'nun Ar-Ge niteliği, bilinen tekil teknikleri bir araya getirmekten daha ileri bir hedefe dayanır: farklı kaynaklardan gelen MR verisinin güvenilir biçimde anlaşılması, kalite ve kullanım amacıyla birlikte yorumlanması, uygun AI çözümüne yönlendirilmesi ve tüm sürecin farklı hastanelerde tekrar edilebilir bir mimariye dönüştürülmesi.

- DICOM bilgilerinin, MR fiziksel çekim parametrelerinin ve görüntü içeriğinin birlikte yorumlandığı çoklu kanıt yaklaşımı.
- Belirsizlik ve çelişki durumlarında zorunlu sınıflandırma yerine “değerlendirilemedi / manuel inceleme” yolunun desteklenmesi.
- Kalite kararının tek bir genel puan yerine analiz amacına göre üretilmesi.
- Bir görüntünün hangi model veya yazılım için uygun olduğunun model gereksinimleriyle karşılaştırılarak belirlenmesi.
- Görüntü hizalamanın her vakada zorunlu olmaması; seçilen AI analizinin ihtiyacına göre devreye alınması.
- Farklı AI üreticileri, yerli modeller ve akademik çözümler için ortak entegrasyon profilinin oluşturulması.
- Kararların veri, kural ve model sürümü düzeyinde izlenebilir hâle getirilmesi.
- Hastane iş akışı, güvenlik, kaynak yönetimi ve yapay zekâ çalıştırmanın tek sistem mimarisinde birlikte ele alınması.

16. Riskler ve Risk Azaltma Yaklaşımı

Terim / Bileşen	Açıklama
Eksik veya hatalı DICOM bilgisi	Tek alana bağımlı karar verilmemesi; birden fazla bilgi kaynağı ve gerektiğinde görüntü doğrulaması kullanılması.
Yeni cihaz veya bilinmeyen çekim protokolü	Bilinmeyen verinin zorla mevcut sınıfa atanması yerine manuel inceleme ve sözlük/model güncelleme süreci.
Düşük görüntü kalitesi	Analiz öncesi kalite ve kapsama kontrolü; uygun olmayan verinin ilgili modele gönderilmemesi.
Yanlış model yönlendirmesi	Her model için sürümlü giriş gereksinimi profili; yönlendirme kararının kayıt altına alınması.
Hizalama hatası	Rigid/affine/deformable adımların kontrollü kullanımı, nihai hizalama kalite kontrolü ve başarısız durumda manuel inceleme.
AI yazılım entegrasyonunun kesilmesi	Bağlantı sağlık kontrolü, zaman aşımı, tekrar deneme ve model bazlı hata yalıtımı.
GPU kapasitesinin yetersiz kalması	Kuyruk, önceliklendirme, model yükleme/boşaltma ve kapasite izleme

Terim / Bileşen	Açıklama
	mekanizmaları.
Veri güvenliği ihlali	Yetki ayrımı, güvenli veri aktarımı, denetim kaydı, kimliksizleştirme ve kurum güvenlik politikalarıyla uyum.
Model güncellemesiyle performans değişmesi	Model sürümleme, kontrollü devreye alma, doğrulama kaydı ve gerektiğinde önceki sürüme dönüş.
Kurumlar arası farklılık	Çok merkezli doğrulama, üretici/cihaz/protokol alt grup analizleri ve yerel yapılandırma profilleri.

17. Proje Aşamaları ve Yol Haritası

Aşağıdaki yol haritası, mevcut 24 aylık proje vizyonunu güncel mimari kapsamla uyumlu hâle getiren öneri niteliğindedir. Kesin süre ve iş paketleri ekip kapasitesi, veri erişimi ve pilot kurumlarla yapılacak planlamaya göre netleştirilmelidir.

Terim / Bileşen	Açıklama
Faz 1 - Temel altyapı ve veri kabulü	DICOM kabulü, veri bütünlüğü, ortak DICOM bilgi okuma servisi, güvenlik temeli, veri modeli ve ilk entegrasyon altyapısının kurulması.
Faz 2 - MR görüntüsünü anlama ve kalite	Anatomi belirleme, MR çekim türü tanıma, üretici terminolojisi normalizasyonu, kalite güvence, kullanım amacına göre yeterlilik ve manuel inceleme akışlarının geliştirilmesi.
Faz 3 - AI yönlendirme, model entegrasyonu ve orkestrasyon	AI model kataloğu, uygunluk profili, dahili/harici model adaptörleri, kuyruk, öncelik, GPU kaynak yönetimi ve ilk gerçek AI entegrasyonlarının tamamlanması.
Faz 4 - Görüntü hizalama ve çoklu seri analizi	Rigid, affine ve gerektiğinde deformasyonlu hizalama; dinamik zaman fazları ve çoklu seri senaryoları; hizalama kalite kontrolü.
Faz 5 - Hastane geri besleme ve pilot	DICOM sonuç dönüştürme, PACS/RIS geri

Terim / Bileşen	Açıklama
	besleme, kullanıcı arayüzleri, çok merkezli pilot ve teknik/klinik doğrulama.
Faz 6 - Ürünleştirme, regülasyon ve yaygınlaştırma	Dokümantasyon, kalite yönetimi, siber güvenlik doğrulamaları, tıbbi cihaz mevzuatı değerlendirmesi, ölçekleme ve ticarileştirme hazırlıkları.

18. Beklenen Çıktılar ve Etki

Proje tamamlandığında beklenen temel çıktı, tek bir klinik yapay zekâ uygulamasından daha geniş kapsamlı bir hastane AI entegrasyon ve orkestrasyon platformudur. Platformun teknik çıktıları kadar, hastaneler, araştırma grupları ve yerli teknoloji geliştiricileri açısından oluşturacağı ekosistem etkisi de önemlidir.

- Farklı MR cihazları ve protokollerinden gelen görüntüleri ortak biçimde anlayabilen veri işleme altyapısı.
- Görüntü kalitesini ve kullanım amacına uygunluğunu değerlendiren kalite güvence mekanizması.
- Hangi görüntünün hangi AI modeli veya yazılımı için uygun olduğunu belirleyen yönlendirme yapısı.
- Kurumda hâlihazırda bulunan yapay zekâ yazılımlarını ortak iş akışına bağlayabilen entegrasyon katmanı.
- Yeni yerli ve akademik modellerin daha düşük entegrasyon maliyetiyle hastane ortamına alınabilmesini sağlayan model kataloğu ve adaptör yapısı.
- Gerektiğinde çoklu seri ve zaman fazlarını hizalayabilen görüntü kayıt altyapısı.
- AI sonuçlarını hastane sistemine geri taşıyan standart sonuç katmanı.
- Çok merkezli doğrulama ve yeni model geliştirme çalışmalarına temel oluşturacak izlenebilir, sürümlenebilir ve güvenli platform mimarisi.

Ek A. Terimler Sözlüğü

Terim / Bileşen	Açıklama
MR / MRG	Manyetik rezonans görüntüleme. Vücuttaki dokuların manyetik alan ve radyo dalgaları kullanılarak görüntülenmesini sağlayan tıbbi görüntüleme yöntemi.
DICOM	Tıbbi görüntülerin ve bu görüntülere ait teknik/kimlik bilgilerinin saklanması ve

Terim / Bileşen	Açıklama
	sistemler arasında iletilmesi için kullanılan uluslararası standart.
DICOM tag / alan	DICOM dosyası içindeki belirli bir bilgi alanı. Örneğin tetkik kimliği, seri kimliği, çekim parametresi veya görüntü geometrisi.
PACS	Hastanelerde tıbbi görüntülerin saklandığı, görüntülendiği ve dağıtıldığı görüntü arşivleme ve iletişim sistemi.
RIS	Radyoloji iş akışı, randevu ve raporlama süreçlerinin yönetildiği bilgi sistemi.
AI / Yapay zekâ modeli	Belirli bir görevi otomatik gerçekleştiren yazılım modeli. Örneğin lezyon bölütleme, beyin hacmi ölçme veya inme analizi.
Orkestrasyon	Hangi modelin ne zaman, hangi veriyle ve hangi işlem kaynağında çalışacağını planlayan ve yöneten katman.
Koregistrasyon / görüntü hizalama	Farklı görüntülerde aynı anatomik yapının aynı konumda görünmesini sağlamak için görüntülerin geometrik olarak birbirine oturtulması.
Anonimleştirme	Verinin bir kişiyle ilişkilendirilmesini engellemek amacıyla kimlik bilgilerinin geri döndürülemeyecek biçimde kaldırılması veya dönüştürülmesi.
Takma kimlik / pseudonymization	Gerçek kimlik yerine kontrollü bir kod kullanılması. Gerekli yetki ve eşleştirme anahtarı mevcutsa bağlantı yeniden kurulabilir.
Kalite güvence (QA)	Görüntünün teknik ve kullanım amacına yönelik yeterliliğini değerlendiren kontroller bütünü.
Artefakt	Gerçek anatominin parçası olmayan; hareket,

Terim / Bileşen	Açıklama
	manyetik alan, örnekleme veya cihaz etkileri gibi nedenlerle görüntüde oluşan bozulma.
DICOM SR	Ölçüm ve yapılandırılmış bulguların DICOM standardında saklanmasına yarayan sonuç biçimi.
DICOM SEG	Bölütleme sonuçlarının, örneğin lezyon maskesinin, DICOM standardında saklanmasına yarayan biçim.
GSPS	Görüntü üzerinde işaretleme ve sunum bilgisinin DICOM uyumlu biçimde saklanmasını sağlayan yapı.
Model kataloğu	Sistemde kullanılabilen AI modellerinin sürüm, kullanım amacı, giriş gereksinimi ve çalışma durumunu içeren kayıt alanı.

Doküman durumu

Bu sürüm proje kapsamı ve sistem mimarisinin ana çerçevesini tanımlar. Ayrıntılı DICOM alan listeleri, MR sekans kuralları, kalite metrikleri, koregistrasyon algoritmaları, API sözleşmeleri, veri tabanı modeli ve doğrulama protokolleri ayrı teknik tasarım dokümanlarında detaylandırılacaktır.