

2021



**T.C. Cumhurbaşkanlığı
Bilim, Teknoloji ve
Yenilik Politikaları
Kurulu**

**T.C. Cumhurbaşkanlığı
Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Kurulu**

Yapay Zekâ Teknoloji Yol Haritası

Ağustos 2021

İÇİNDEKİLER

KAPSAM.....	1
DÜNYADA YAPAY ZEKÂ	7
TÜRKİYE'DE YAPAY ZEKÂ.....	18
YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİ YOL HARİTASI HAZIRLANMASI METODOLOJİSİ VE TAMAMLANAN ÇALIŞMALAR.....	25
Yapılabilirlik Endeks Değerleri Sıralamaları	30
Etki Potansiyeli Endeks Değerleri Sıralamaları	34
Ülkemizde Yapay Zeka Teknolojilerinin İlerlemesine Yönelik Kritik Hususlar	37
Etki Potansiyeli ve Yapılabilirlik Kuadrantları (Delfi Ve Odak Grup Değerlendirmeleri)	39
TEKNOLOJİ HAZIRLIK SEVİYESİ (THS)-ZAMAN-BÜTÇE-PERSONEL PLANLAMALARI ..	48
Öncelikli Sektörel Uygulamaların Yerleşmesine Katkısı Olan Kritik Ürün ve Teknolojiler.....	49
Öncelikli Sektörel Uygulamalara Ait Detaylı Çizelgeler	50
TEKNOLOJİK HEDEFLER.....	64
Teknolojik Hedef 1: Az Etiketli Veriyle Modelleme	64
Teknolojik Hedef 2: Performansı Yüksek Pekiştirmeli Derin Öğrenme	73
Teknolojik Hedef 3: İstatistiksel Üretken Modeller.....	82
Teknolojik Hedef 4: Açıklanabilirlik Düzeyi En Az 4 Olan Derin Denetimli Öğrenme	88
Teknolojik Hedef 5: Alan Bilgisine Sahip, Verimli, Güvenilir Modeller	95
KRİTİK ÜRÜN VE TEKNOLOJİLER.....	102
Kritik Ürün/Teknoloji 1: Akıllı Robotik	102
Kritik Ürün/Teknoloji 2: Planlama ve Tahmin	108
Kritik Ürün/Teknoloji 3: Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme	114
Kritik Ürün/Teknoloji 4: Doğal Dil İşleme (NLP).....	120
Kritik Ürün/Teknoloji 5: Türkçe Konuşma Tanıma/Sentezleme	125
Kritik Ürün/Teknoloji 6: Federe Öğrenme Platformları	130
Kritik Ürün/Teknoloji 7: Diferansiyel Mahremiyet ile Verilerin Anonimleştirilmesi .	136
Kritik Ürün/Teknoloji 8: Biliş ve Davranış Analizi.....	140
Kritik Ürün/Teknoloji 9: Yerli AutoML	145
Kritik Ürün/Teknoloji 10: DLaaS	152
ÖNCELİKLİ SEKTÖREL UYGULAMALAR.....	156
Öncelikli Sektörel Uygulama 1: Teşhisi Zor Hastalıklar.....	156
Öncelikli Sektörel Uygulama 2: Yardımcı Sağlıkta Açıklanabilir Yapay Zekâ	162
Öncelikli Sektörel Uygulama 3: Potansiyel Hastalık Belirleme ve Takip	170
Öncelikli Sektörel Uygulama 4: İlaç Geliştirme.....	176

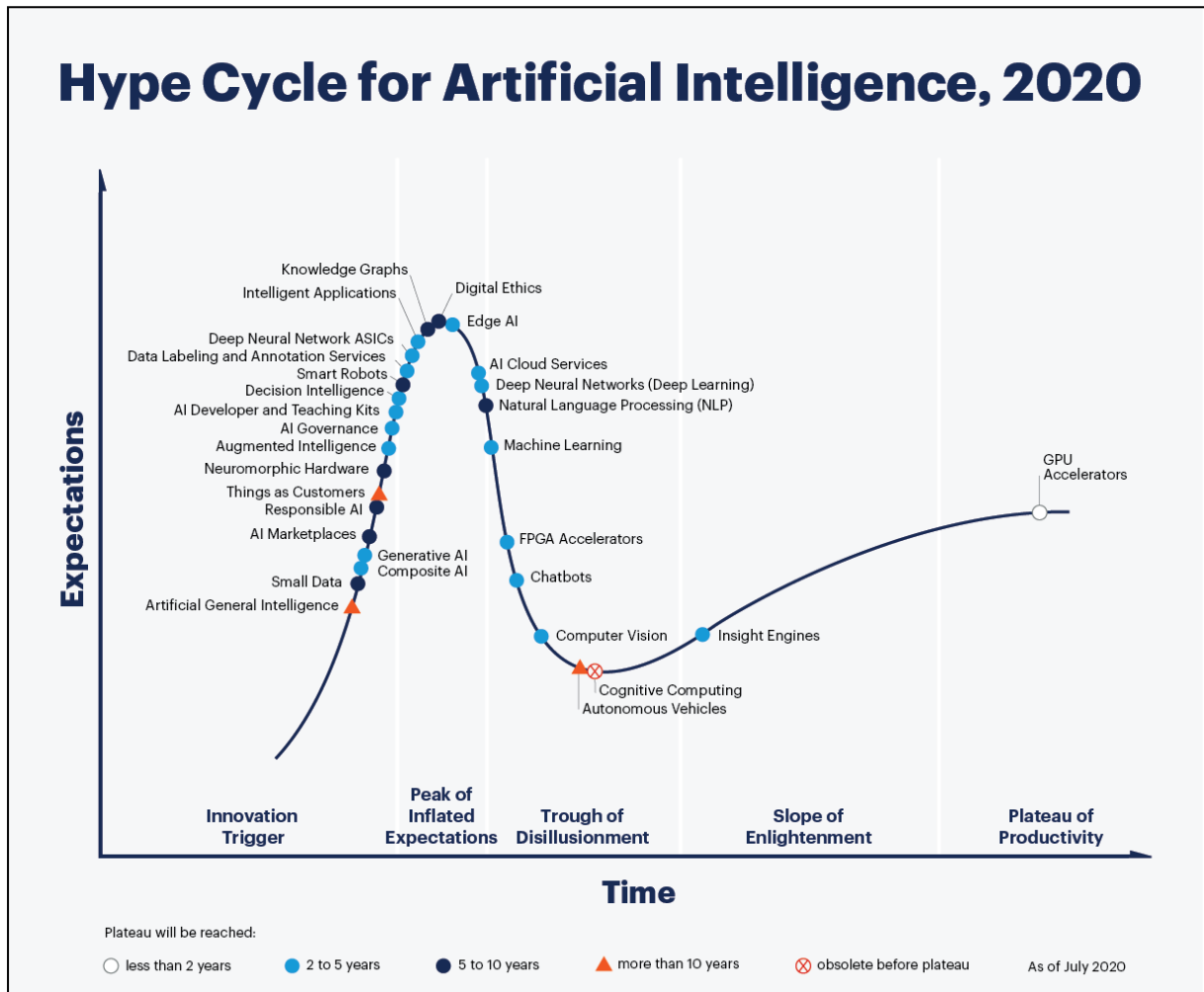
Öncelikli Sektörel Uygulama 5: Bulaşıcı Hastalık Tespiti	181
Öncelikli Sektörel Uygulama 6: Otonom Sürüler	185
Öncelikli Sektörel Uygulama 7: Çok Amaçlı Otonom Robot.....	191
Öncelikli Sektörel Uygulama 8: Kestirimci Bakım.....	197
Öncelikli Sektörel Uygulama 9: E-Öğrenme ve Ölçme.....	203
Öncelikli Sektörel Uygulama 10: Enerji Kayıp / Kaçak Önleme Sistemleri	208
Öncelikli Sektörel Uygulama 11: Finans, Ticaret ve Lojistikte Verimlilik Sistemleri.....	214
Öncelikli Sektörel Uygulama 12: Tarım ve Hayvancılıkta Kalite ve Verim.....	219
Öncelikli Sektörel Uygulama 13: Uydu / Hava Görüntü Tanıma Sistemleri	224
Öncelikli Sektörel Uygulama 14: (Mobilité) Otonomi	228
EK 1: TÜRKİYE’DE VE DÜNYADA TEKNOLOJİ HAZIRLIK SEVİYELERİ	233
EK 2: YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİ YOL HARİTASI ÇALIŞMA GRUBU ÜYELERİ	234
EK 3: YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİ YOL HARİTASI DANIŞMA GRUBU ÜYELERİ	236
EK 4: YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİ YOL HARİTASI ODAK GRUP ÜYELERİ	237

KAPSAM

Yapay Zekâ ve alt teknolojileri, gelişmekte olan ülkelere sanayilerini geliştirebilmeleri için önemli fırsatlar vermektedir. Bu konuda yapılan bir araştırma, teknolojik değişimlerin önde gelen ülkelerin konumunu güçlendirdiği kadar, gelişmekte olan ülkelerin büyüme süreçlerine katkı sağladığını göstermektedir [1]. Örneğin, Güney Kore'nin dünya da ortaya çıkan teknolojik yeniliklere uyum sağlamak ve söz sahibi olabilmek amacıyla yarı iletkenlerde, akıllı TV ve akıllı telefon endüstrisinde liderlik rolünü üstlenmesi gibi, diğer ülkeler benzer amaçlarla çeşitli faaliyetlerde bulunuyorlar. Benzer biçimde Çin'de çok hızlı büyüyen Alibaba, Baidu, Tencent ve Huawei gibi firmalar dünyadaki birçok firma ile işbirliği yapıyor ve Çin Devleti Yapay Zekâ pazarlarını dönüştürmek için bu şirketlerin bu alandaki faaliyetlerini koordine ediyor. Bu sayede Çin'in en büyük dört Yapay Zekâ şirketi, ABD'li 5 şirket ile birlikte dünyanın en büyük on Yapay Zekâ şirketi arasında yer alıyor.

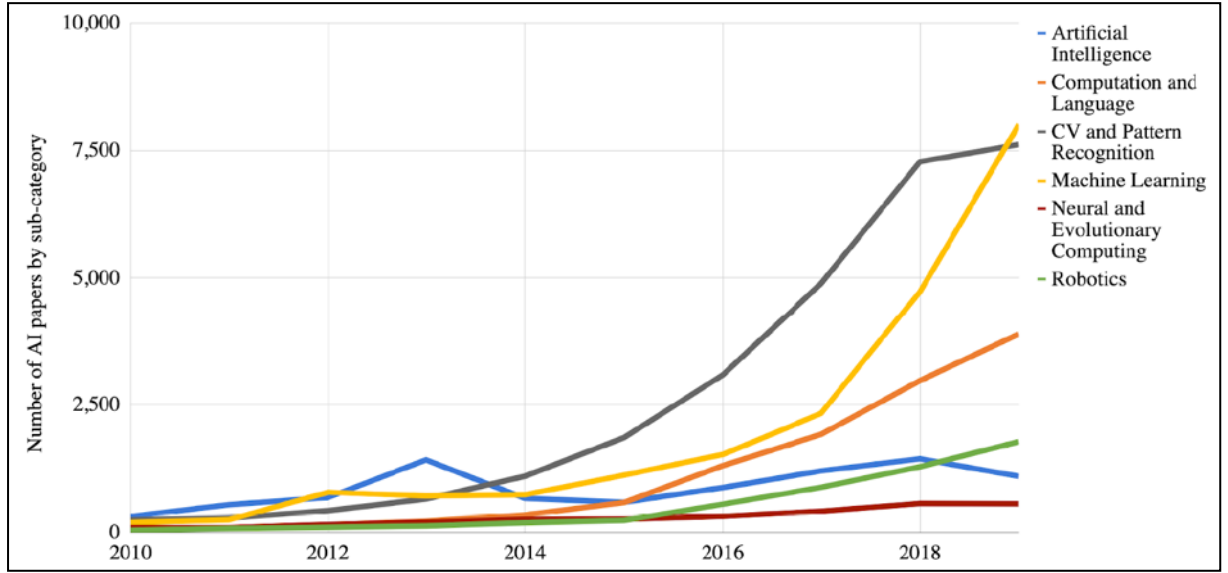
Gartner'ın, Yapay Zekâ kapsamındaki alt teknolojilerle ilgili 2020 yılında yayınladığı HypeCycle Şekil 1'de yer almaktadır. Buna göre, Yapay Zekâ kapsamındaki birçok alt teknoloji halen Yenilik Tetikleyici (Innovation Trigger) aşamasındadır. Yani, yapılan araştırmalar ve tasarlanan konseptlerin büyük bir çoğunluğunun halen yaygın bir uygulama alanı bulamadığı görülmektedir. Bu aşamada olan önemli alt alanlar arasında genel Yapay Zekâ (artificial general intelligence), Yapay Zekâ yönetişimi (AI governance), artırılmış zekâ (augmented intelligence), nöromorfik donanım (neuromorphic hardware), karar zekâsı (decision intelligence) gibi alanlar göze çarpmaktadır. Her geçen gün bu alanlar kapsamındaki araştırmalara bir yenisinin eklenmesi ve bu alt teknolojilerin kabiliyetlerinin anlaşılmasıyla toplumsal ve endüstriyel beklenti hızla artmaktadır. Bu da teknolojileri Şişirilmiş Beklentiler Zirvesi (Peak of Inflated Expectations) aşamasına getirmektedir. Bu aşamada belli başlı bazı şirketler harekete geçer ve başarı öyküleri duyulmaya başlanır. Ama birçok uygulama ve yatırım da başarısızlıkla sonuçlanır. Bu aşamada olan alt alanlar arasında sınırda Yapay Zekâ (edge AI), etiketleme ve betimleme hizmetleri (data labeling and annotation services), akıllı robotik (smart robotics), derin sinir ağlarına özel entegre devreler (deep neural network ASICs), dijital etik (digital ethics), derin sinir ağları (deep neural networks), doğal dil işleme (NLP) ve makine öğrenmesi (machine learning) gibi alanlar bulunmaktadır. Beklentinin tavan yaptığı bu dönemin ardından Hayal Kırıklığı Çukuru (Trough of Disillusionment) gelmektedir. Bu aşamada, büyük Yapay Zekâ yatırımları sonucunda hayatta kalan üreticiler hayatlarına devam ederler. Bunun için ürünlerini erken benimseyenlerin memnuniyetine göre geliştirmek zorundadırlar. Bu aşamadaki belli başlı alt teknolojiler sohbet robotları (chatbots), bilgisayarlı görü (computer vision), içgörü motorları (insight engines), bilişsel hesaplama (cognitive computing) ve otonom araçlar (autonomous vehicles) şeklindedir. HypeCycle'ın dördüncü

aşaması Aydınlanma Eğimi (Slope of Enlightenment) adını alır ve bu teknolojiler ile ilgili ürünler sayesinde endüstride nasıl faydalanabileceği ortaya çıkar ve anlaşılır. Geleneksel yönetime sahip, Ar-Ge yatırımı yapmak istemeyen işletmeler temkinli olmaya devam ederken, yatırımcıların öncü işletmelere fon sağlamayı artırdığı görülür. HypeCycle'a göre bu aşamada bulunan herhangi bir alt teknoloji görülmemektedir. Son aşama, Verimlilik Platosu (Plateau of Productivity) aşamasıdır. Bu aşamada, teknolojilerin uygulanabilirliğini değerlendirmeye ilgili kriterleri üreticiler tarafından daha açık şekilde tanımlanır. Teknolojiler pazarda geniş şekilde uygulanma şansı bulurlar ve uygulayan şirketler karşılığını alırlar. Bu aşamada yer alan tek alt teknoloji grafik işlemcili hızlandırıcılardır (GPU accelerators).



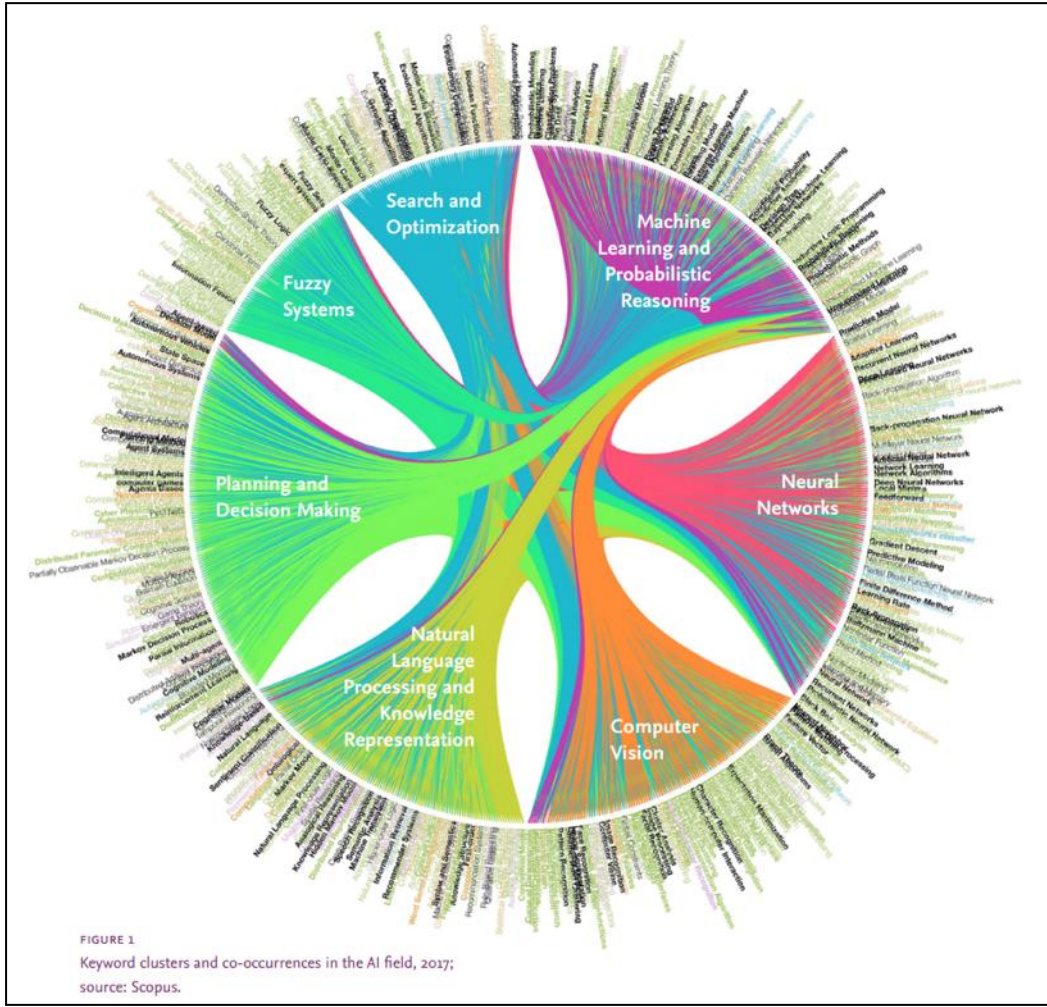
Şekil 1 - Gartner'ın Yapay Zekâ için Hazırladığı Hype Cycle [2]

Yapay Zekânın alt alanlarında yıllar bazında yapılan yayınlara bakıldığında (Şekil 2), bilgisayarlı görme ve örüntü tanımanın uzun yıllar önde olduğu, ancak son yıllarda çok hızlı artan makine öğrenmesi (derin öğrenme dâhil) ile ilgili yayınların 2019 yılında öne geçtiği görülmektedir [3].



Şekil 2 - Yıllar bazında Yapay Zekâ alt alanlarındaki bilimsel yayın sayıları [3]

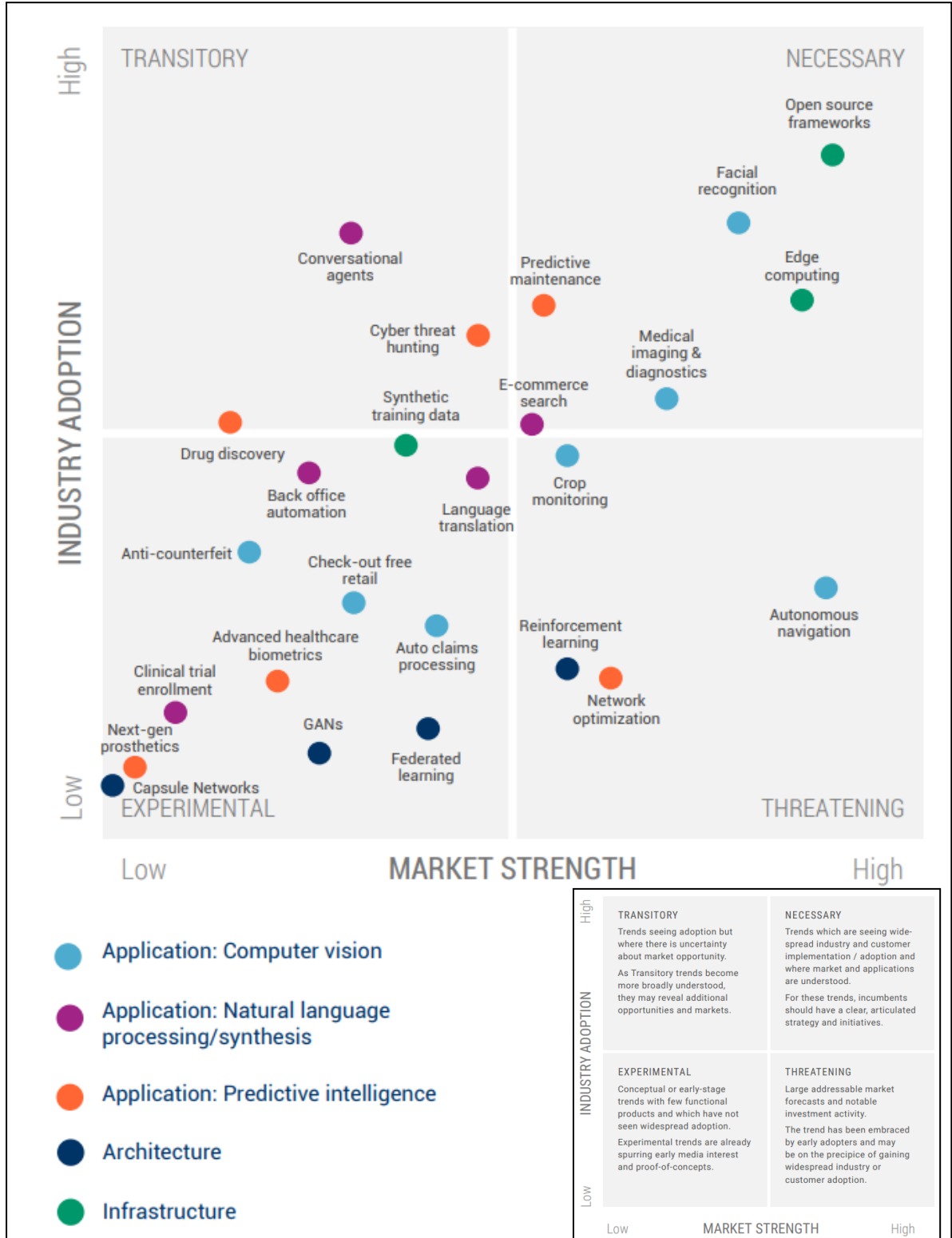
Yapay Zekânın alt araştırma alanları ile ilgili bilimsel yayınların diğer yayınlar içindeki oranı yıllar bazında artmaktadır. Scopus'tan alınan verilere göre, 1998 yılında %1'in altında olan oran, 2018 yılı itibarıyla %3'e yaklaşmıştır [3]. Scopus'tan 2017 yılına ait yayınlarla ilgili alınan veriler yardımıyla oluşturulan ağ grafiği de hangi alanların bilimsel yayınlarda öne çıktığı ve hangi diğer alanlarla birlikte daha çok kullanıldığı açısından önemlidir (Şekil 3).



Şekil 3 - Yapay Zekâ alt başlıklarının makalelerde birlikte kullanımı [4]

Grafiğe göre öne çıkan alanlar planlama/karar verme, sinir ağları, bilgisayarlı görü, makine öğrenmesi/olasılıksal muhakeme, doğal dil işleme/bilgi gösterimi, arama/optimizasyon ve bulanık sistemlerdir. Ağdaki ilişkilere bakıldığında, makine öğrenmesinin planlama/karar verme, doğal dil işleme ve bilgisayarlı görü ile sık kullanıldığı görülür. Diğer alanlarla birlikte de kayda değer şekilde kullanılmıştır. Dolayısıyla, 2017 yılında makine öğrenmesi araştırmalarının Yapay Zekâ alanını şekillendirici ve yön verici özelliği olduğu söylenebilir.

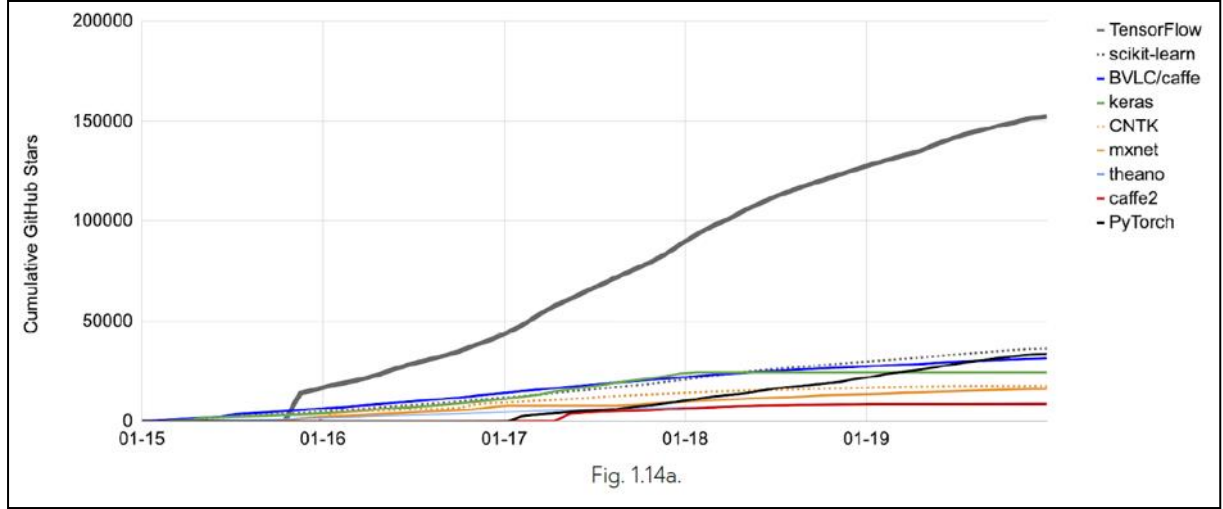
Her ne kadar teknolojilerin çıkış noktası bilimsel yayınlar olsa da Yapay Zekâ bilim kurumlarında başlayıp özel sektörün girişimleriyle büyüyen bir araştırma alanıdır. Şekil 4'te Yapay Zekâya ait alt alanların özel işletmelerde kullanımına dair, pazar gücü ve endüstri tarafından benimsenmesi eksenlerinde 2019 yılında gerçekleştirilen bir analizin sonuçları yer almaktadır. Grafiğe göre açık kaynak çalışmaları, yüz tanıma, sınırdan hesaplama, öngörülebilir bakım/onarım, medikal görüntüleme ve tanılama ile e-ticaret aramalarının özel sektör tarafından daha çok benimsendiği, uygulandığı alanlar olduğu (sağ üst quadrant) görülmektedir.



Şekil 4 - Yapay Zekânın firmalarda kullanım alanları [5]

Sağ üst bölgede en üstte yer alan açık kaynak çalışmaları ile ilgili yapılan bir analizde yazılımcıların GitHub profilleri 2015 yılından itibaren incelenmiş ve hangi açık kaynak kodlu kütüphaneleri kullandıkları ile ilgili istatistikler çıkarılmıştır. Şekil 5'te yer alan grafiğe göre en çok kullanılan kütüphane Tensorflow'dur. Onu sırasıyla SciKit Learn, PyTorch ve BVLC/caffe

takip etmektedir. Grafiğe göre, kullanımı yıllar bazında azalan tek kütüphane Keras olmuştur. [3].



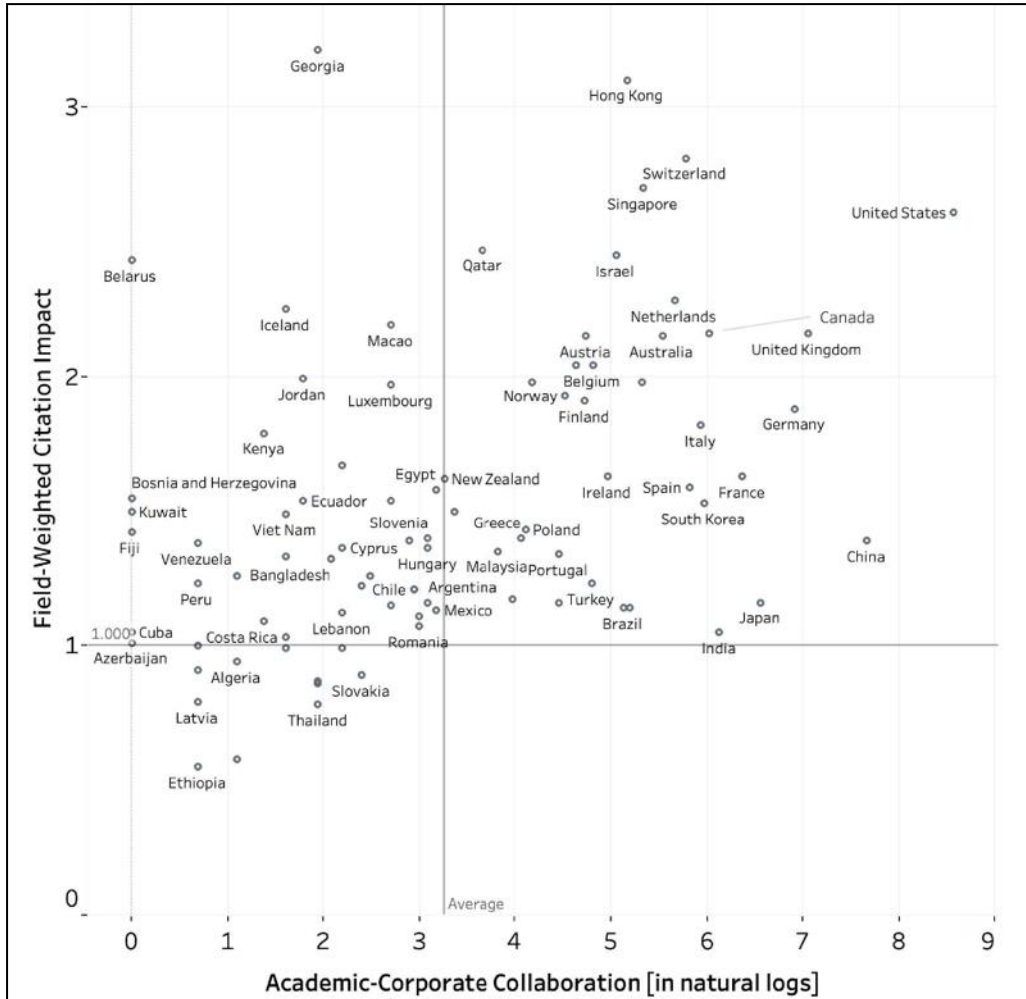
Şekil 5 - GitHub profillerinin kullandıkları kütüphanelerin yıllar bazındaki dağılımı [3]

Yapay zekâ teknolojileri sistemlerin önemli bir parçasıdır. Ancak bunun yanında birçok temel yazılım teknolojisine de hâkim olmak zorunluluğu vardır. Yapay zekâ teknolojilerinin uygulandığı geniş ölçekli sistemlerde karşılaşılabilecek teknik problemler sadece Yapay Zekâ ile çözülemez. Bu bağlamda, Yapay Zekâ konusunu diğer yazılım teknikleri ile entegre bir şekilde ele almak gerekir. Diğer bir deyişle, Yapay Zekâ teknolojilerin en önemli uygulama alanlarından birisi yazılım teknolojilerinin kendisidir. Örnek olarak, Yapay Zekâ teknolojileri aşağıda yazılım teknolojileri ile entegre edilmekte ve bu teknolojilerin daha etkin ve verimli hale gelmesinde rol oynamaktadır:

- Dağıtık büyük ölçekli altyapılar, hizmete-dayalı mimariler, bulut ve kenar sistemleri, sistemlerin sistemleri, ekosistemler,
- Nesnelerin İnterneti,
- Büyük veri ve veri analitiği,
- Güvenlik ve siber-güvenlik,
- Doğruluk, güvenilirlik, hataya dayanıklı sistemler ve kritik altyapılar,
- Siber-fizik sistemler, robotik,
- Grafik işleme, görüntüleme, paralel mimariler,
- Algoritmalar ve otomatik çözümler,
- Yazılım mühendisliği konularının tümü: Alan modellemesi ve modele-dayalı mühendislik, ürün mimarileri, kendi-kendine uyarlayan sistemler, evrimleşme, doğrulama, yazılım kaliteleri, sertifikasyon.

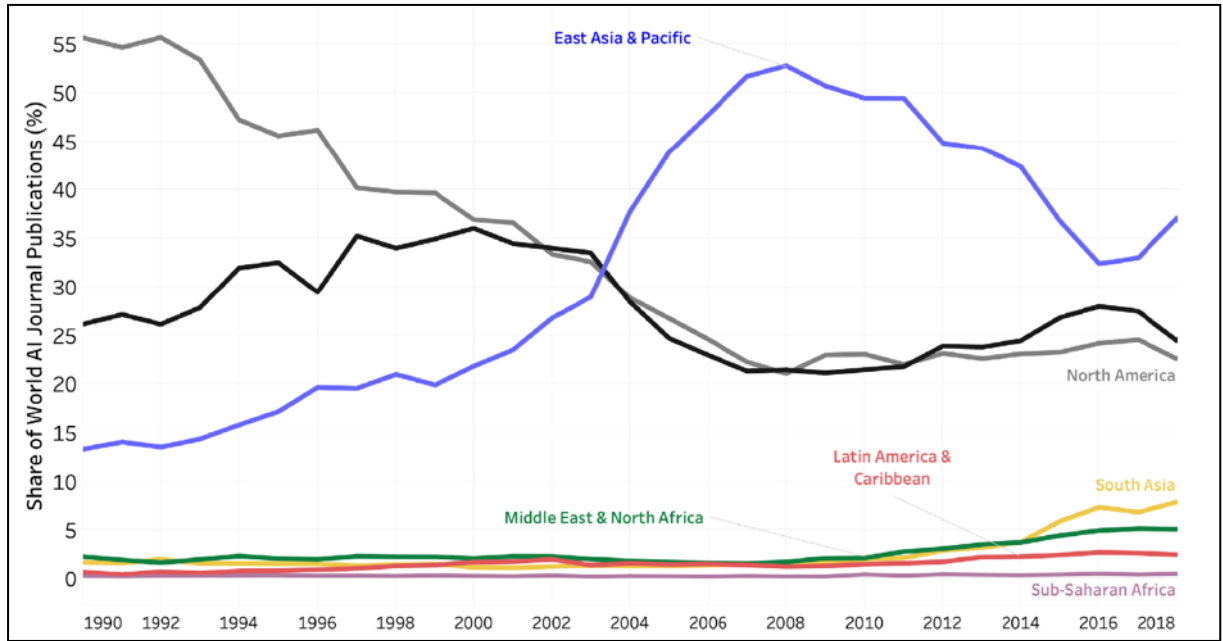
DÜNYADA YAPAY ZEKÂ

Yapay Zekâ dünyada son yıllarda önemli bir ivme kazanmıştır. Deloitte'in raporuna göre, küresel çapta Yapay Zekâ çalışmalarına 2019'da yapılan 35 milyar doların üzerindeki harcamanın, 2022 yılında 79,2 milyar dolar düzeyine ulaşacağı tahmin edilmektedir [6]. Ülkeler özelinde bakılırsa, Yapay Zekâ alanında lider halen ABD olmasına karşın, Çin'in son yıllarda bu alandaki yükselişi hızlanarak devam etmektedir. Özellikle Çin Devleti, üniversiteleri ve firmalarıyla buna odaklanmış durumdadır. Ayrıca Çin'in bilimsel çıktı ve atıfları hızlı bir yükseliş göstermektedir. Avrupa da ise Yapay Zekâ ile ilgili bilimsel çıktılar önde olmasına karşın dünya ile aynı hızda artmamaktadır. Buna karşın Avrupa'daki geniş kapsamlı Yapay Zekâ araştırma yelpazesi ve uygulama alanlarının çeşitliliği dikkat çekmektedir. Tüm dünyada, gerçekleştirilen araştırmaların kalitesi, etkisi ve kuruluşların yaptıkları işbirlikleri Yapay Zekâ alanının ve uygulamalarının gelişmesine olumlu etkide bulunmaktadır. Yapay Zekâ konusunda ülkeler özelinde, Scopus'tan alınan 2019 yılı verilerine göre alan-ağırlıklı atıf etkileri ve üniversite-sanayi işbirlikleri açısından aynı düzlemde düşünüldüğünde Şekil 6'daki gibi bir grafik oluşmuştur [3].



Şekil 6 - Tüm ülkelerin alan ağırlıklı atıf etkisi ve üniversite-sanayi işbirliği düzleminde değerlendirilmesi [3]

Grafikte sağ üst bölgede öne çıkan ülkeler (ABD, İsviçre, Singapur, Hong Kong, İngiltere, Hollanda, İsrail, Almanya gibi) hem işbirliği açısından hem de yayınların kalitesi bakımından önde görünmektedir. Önemli olan bir bulgu da Türkiye'nin sağ üst bölgede yer almasıdır. Ayrıca Çin'in üniversite-sanayi işbirlikleri konusunda ABD'den sonra en yüksek değere sahip olduğu, buna bağlı olarak yapılan çalışmaların sanayiye yansması ya da sanayinin ihtiyaçlarının çözümüne yönelik olduğu biçiminde yorumlanabilir. Dünyaya bölgesel bazda bakıldığında (Şekil 7), Kuzey Amerika (ABD, Kanada, Küba ve Meksika) ve Avrupa'nın 90'lar ve 2000'lerin başındaki avantajlarını yitirdikleri ve Çin, Japonya, Singapur, Hong Kong ve Güney Kore gibi ülkeleri içine alan Doğu Asya&Pasifik bölgesinin öne geçtiği görülmektedir [3]. Aynı grafiğe göre, Hindistan, Pakistan, Bangladeş, Sri Lanka, Nepal, Butan, Maldivler ve Afganistan'ı içine alan Güney Asya bölgesinin de son yıllarda önemli bir aşama kaydettiği göze çarpmaktadır.



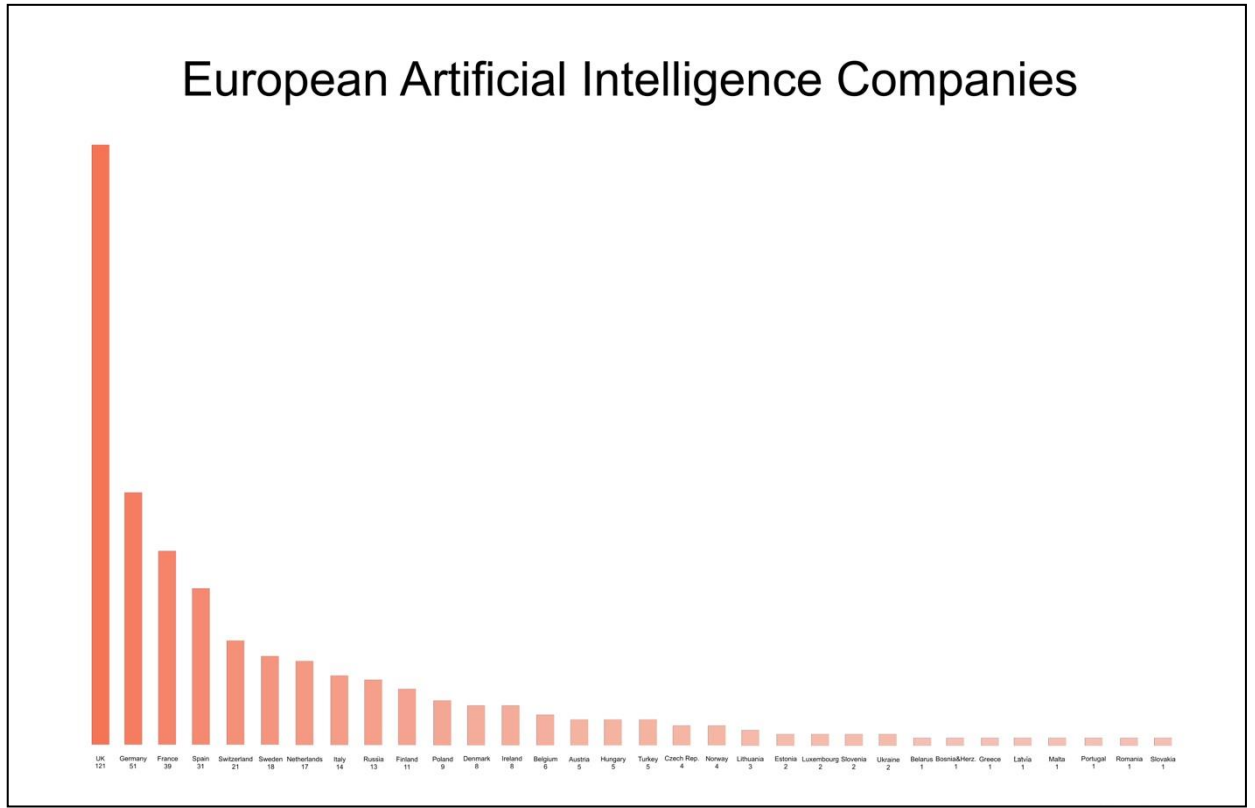
Şekil 7 - Dünyadaki Yapay Zekâ ile ilgili bilimsel yayınların yıllar bazında ve bölgesel/yüzdesel dağılımı [3]

ABD'deki Yapay Zekâ araştırmaları hem bilimsel çıktılar hem de yeteneklerin ortaya çıkarılması açısından önde görünüyor. Bu noktada ABD'nin en önemli avantajının, güçlü bir özel sektör altyapısı olduğu söylenebilir. Zira Elsevier'in son 20 yıllık bilimsel yayın verisi ışığında ABD menşeli bilimsel yayınlarda, özel sektörün önde olduğu görülmektedir [3]. Ayrıca Çin ve AB ile kıyaslandığında, yayınların alan-ağırlıklı atıf etkisi de görece yüksektir [3]. Bunun yanında ABD 2020 mali yılında yapay istihbarat ve makine öğrenimi faaliyetlerine 4 milyar dolar tahsis etmeyi

planlamıştır. Ortak Yapay Zekâ İnisiyatifi ile Birleşik Yapay Zekâ Merkezi'nin (JAIC) bu fondan 209 milyon dolar alacağı belirtilmiştir [7]. Ayrıca, NSF bünyesinde son 4 yılda (2016-2019) açılan 343 çağrıdan 65'inin (yaklaşık yüzde 19) Yapay Zekâ veya alt alanlarından birisini içerdiği görülmektedir.

Çin'in birçok alanda olduğu gibi Yapay Zekâ alanında da ciddi aşama kaydettiği ve ivmelendiği görülmektedir. Çin'de, 2030 yılına kadar 1 trilyon yuanı geçen sanayi çıktısı ile ülkenin 2030 yılında dünyanın en büyük yenilik merkezi olma hedefini belirleyen Yeni Nesil Yapay Zekâ Geliştirme Planı'nı 2017 yılında yayınladı [8]. Bu belge, özel sektörün Yapay Zekâ ile ilgili yerel sorunlara duyarlılığını artırmak için teşvikler verilmesini sağlamak üzere tasarlanmıştır. Ayrıca, Aralık 2017'de Çin Sanayi ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı yeni nesil Yapay Zekâ endüstrisinin gelişimini teşvik etmek için üç yıllık bir eylem başlattı [9]. Elsevier verilerine göre, son 20 yılda Çin menşeli bilimsel yayınlarda devlet kurumlarının açık ara önde olduğu, ancak son yıllarda özel sektör kuruluşlarının da anlamlı bir aşama kaydettiği göze çarpmaktadır [3]. Aynı kaynağa göre, Çin'in Yapay Zekâda alan-ağırlıklı atıf etkisi de artmaktadır. Ancak, halen AB ve ABD'nin altındadır.

Avrupa Birliği Ufuk 2020 programı sayesinde mevcut bilginin, algoritmaların, araçların ve kaynakların birleştirilmesine olanak sağlayan Avrupa Yapay Zekâ ekosistemine ev sahipliği yapacak bir platform oluşturulmuştur. Ufuk 2020 programı kapsamında 2014-2019 yılları arasında açılan 3021 çağrıdan 116 tanesi (yaklaşık yüzde 4) Yapay Zekâ veya alt alanları ile ilgilidir. Ayrıca, Avrupa'nın üst düzey yeteneklerini desteklemek ve geliştirmek için tasarlanmış dünya standartlarında Yapay Zekâ araştırmalarına adanmış çok uluslu bir enstitü hayata geçirilmiştir. Bu enstitüye "ELLIS" (European Laboratory for Learning and Intelligent Systems) adı verilmektedir. [10] Tüm Avrupa'ya bakıldığında, Avrupa'da yer alan Yapay Zekâ şirketlerinin ülkelere göre dağılımı 2017 yılı itibarıyla Şekil 8'deki gibi gerçekleşmektedir. Grafikten de anlaşılacağı üzere Türkiye'nin 17. sırada kendine yer bulduğu, o nedenle yerli ekosistemin halen gelişime açık olduğu görülmektedir.



Şekil 8 - Avrupa’da yer alan Yapay Zekâ şirketlerinin ülkelere göre dağılımı [11]

Avrupa Komisyonu Nisan 2018’de “Communication Artificial Intelligence for Europe” başlıklı bir belge yayınladı [12]. Belgede, Avrupa’daki Yapay Zekâya yönelik Ar-Ge ve yenilik yatırımlarının 2020 sonuna kadar en az 20 milyar Euro artırılacağı duyuruldu. Bu çabayı destekleyen Avrupa Komisyonu, Ufuk 2020 kapsamında 2018-2020 dönemi için Yapay Zekâya tahsis ettiği yatırımı 1,5 milyar Euro’ya yükseltti. AB üyesi ülkeler 2018’de Yapay Zekâ konusunda İşbirliği Beyanı’nı imzaladılar [12]. Ayrıca, AB Yapay Zekâ konusunda bir Üst Düzey Uzman Grubu kurdu ve bu başlık altında kılavuzlar oluşturdu [13]. Son 20 yıldaki Avrupa menşeli bilimsel yayınlara bakıldığında, kamu kuruluşlarının hep önde olduğu, ancak son yıllarda özel sektörün de önemli bir aşama kaydettiği görülmektedir [3]. Alan-ağırlıklı atıf etkisine bakıldığında ise, ABD’nin altında, Çin’in ise üstünde kalmaktadır. Ancak, Çin ile AB arasındaki fark gitgide azalmaktadır [3].

Almanya’da ise 29 kuruluşun (özel ve üniversite) katkısı ve ortaklığı ile 1988’de kurulan Yapay Zekâ Araştırma Merkezi’nde (DFKI) toplamda 20 çalışma grubu bulunmaktadır ve 11 uygulama alanı belirlenmiştir. Bunlar finans, sağlık ve tıp, ticaret ve lojistik, endüstri 4.0, tarım ve hayvancılık teknolojileri, eğitim ve öğretim, hareketlilik, akıllı ev ve engelli yaşam, çevre ve enerji, bilgi ve iş zekâsı ve diğer alanlardır. DFKI Yapay Zekâyı 11 alt başlıkta tanımlamaktadır. Bunlar otonom sistemler, veri yönetimi ve analizi, görüntü tanıma ve işleme, bilgi güvenliği, makine öğrenmesi ve derin öğrenme, insan-makine etkileşimi, robotik, algılayıcılar ve ağlar, dil ve yazı tanıma, sanal ve artırılmış gerçeklik ve diğer alanlardır. Kuruluş bünyesinde toplamda

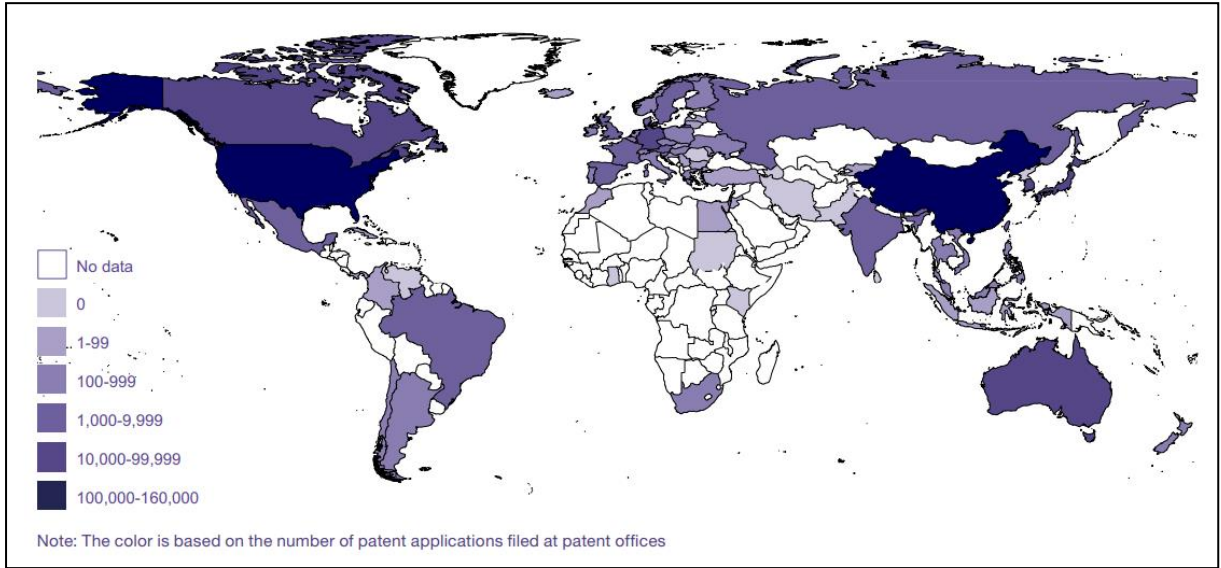
632 proje gerçekleştirilmiş veya desteklenmiştir. Kuruluşundan bu yana 95 spin-off kurulmuş, bunlardan 59'u aktifliğini devam ettirmiş ve hayatta kalmıştır. Diğer yandan Almanya Yapay Zekâ çalışmaları için 2025 yılına kadar yaklaşık 3 milyar avroluk ek kaynak ayrılacağını açıklamıştır. Kaynağın hem araştırma hem de Yapay Zekânın kullanımı alanlarında harcanacağı belirtiliyor ve bu yatırımların özel sektörden de 3 milyar avro dolayında yatırımı çekeceği düşünülüyor. Otomasyon ve Yapay Zekânın uygulanmasıyla 2025 yılına kadar yaklaşık 1 milyon 600 bin geleneksel işyerinin kaybolacağı, ancak dijitalleşme atağıyla birlikte Almanya'da 2 milyon 300 bin kadar da yeni işyeri açılacağı öngörülüyor [14].

Güney Kore'de, önde gelen savunma sanayi şirketi ile bilim araştırma üniversitesi olan Kore İleri Bilim ve Teknoloji Enstitüsü (KAIST), silahlara uygulanacak Yapay Zekâ teknolojilerini birlikte geliştirmek için bir proje başlattı. Taraflar KAIST'te ortak bir araştırma merkezi açtı. Araştırmacılar, Endüstri 4.0 teknolojilerinin gelecekte savaş alanlarında nasıl kullanılabileceği konusunda çeşitli çalışmalar yapıyorlar. [15]

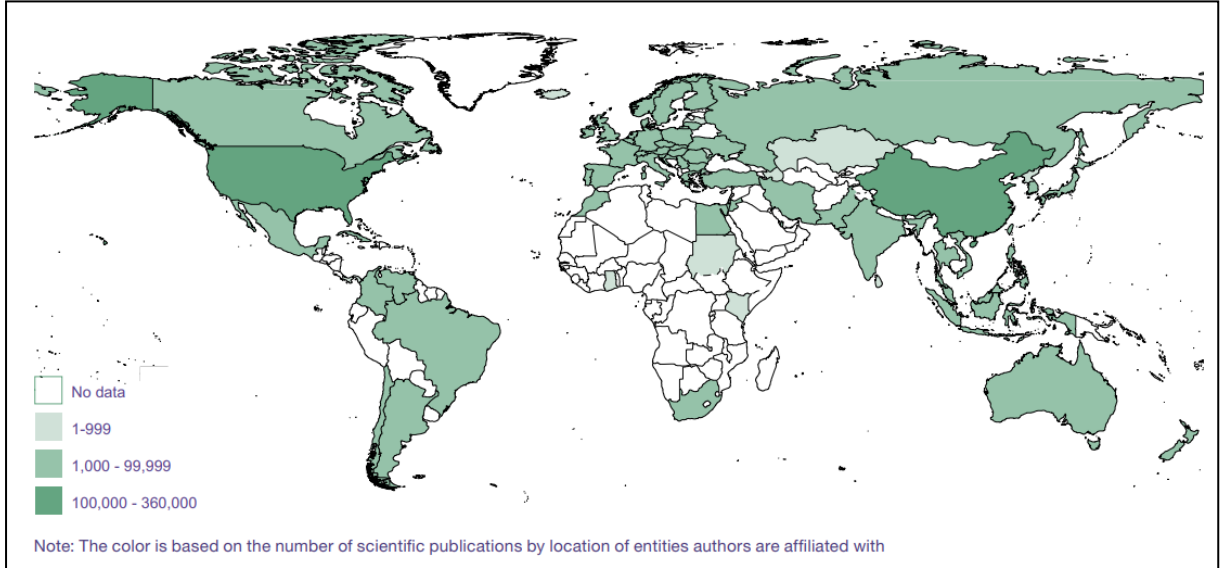
OECD de son yıllarda Yapay Zekâ üzerinde yoğun şekilde çalışmaktadır. Kasım 2016'da OECD Dijital Ekonomi Politikası Komitesi tarafından Yapay Zekânın sunduğu faydalara ve zorluklara odaklanacak olan Yapay Zekâ ile ilgili Teknoloji Öngörü Forumu kurulmuştur.[16] Ayrıca, OECD güvenilir Yapay Zekâ çalışmalarını artırmak amacıyla aşağıdaki gibi bir ilkeler seti yayınlamıştır:

- Yapay Zekâ kapsayıcı büyüme, sürdürülebilir kalkınma ve refahı artırarak insanlara ve gezegene fayda sağlamalıdır.
- Yapay Zekâ sistemleri, hukukun üstünlüğüne, insan haklarına, demokratik değerlere ve çeşitliliğe saygı duyacak şekilde tasarlanmalı ve adil bir toplum sağlamak için uygun önlemleri içermelidir. (Örneğin, gerektiğinde insan müdahalesini mümkün kılmalıdır)
- İnsanların Yapay Zekâ tabanlı sonuçları anlamalarını ve bunlara karşı alternatifler üretebilmelerini sağlamak için Yapay Zekâ sistemleri şeffaf ve sorumlu olmalıdır.
- Yapay Zekâ sistemleri yaşam döngüleri boyunca sağlam ve güvenli bir şekilde çalışmalı ve potansiyel riskler sürekli olarak değerlendirilerek yönetilmelidir.
- Yapay Zekâ sistemlerini geliştiren, dağıtan veya işleten kuruluşlar ve bireyler, yukarıdaki ilkelere uygun olarak, sistemlerin düzgün işleyişlerinden sorumlu tutulmalıdır.

Dünyada bu alanda çalışan ülkelere genel olarak bakıldığında patent bazlı dağılımın Şekil 9'daki gibi ve akademik yayın bazlı dağılımın Şekil 10'daki gibi olduğu görülür. Hem patent sayısında hem de akademik yayınlarda ABD ve Çin diğer ülkelere kıyasla daha öndedir. Avrupa'da ise Almanya'nın ağırlığı göze çarpmaktadır.

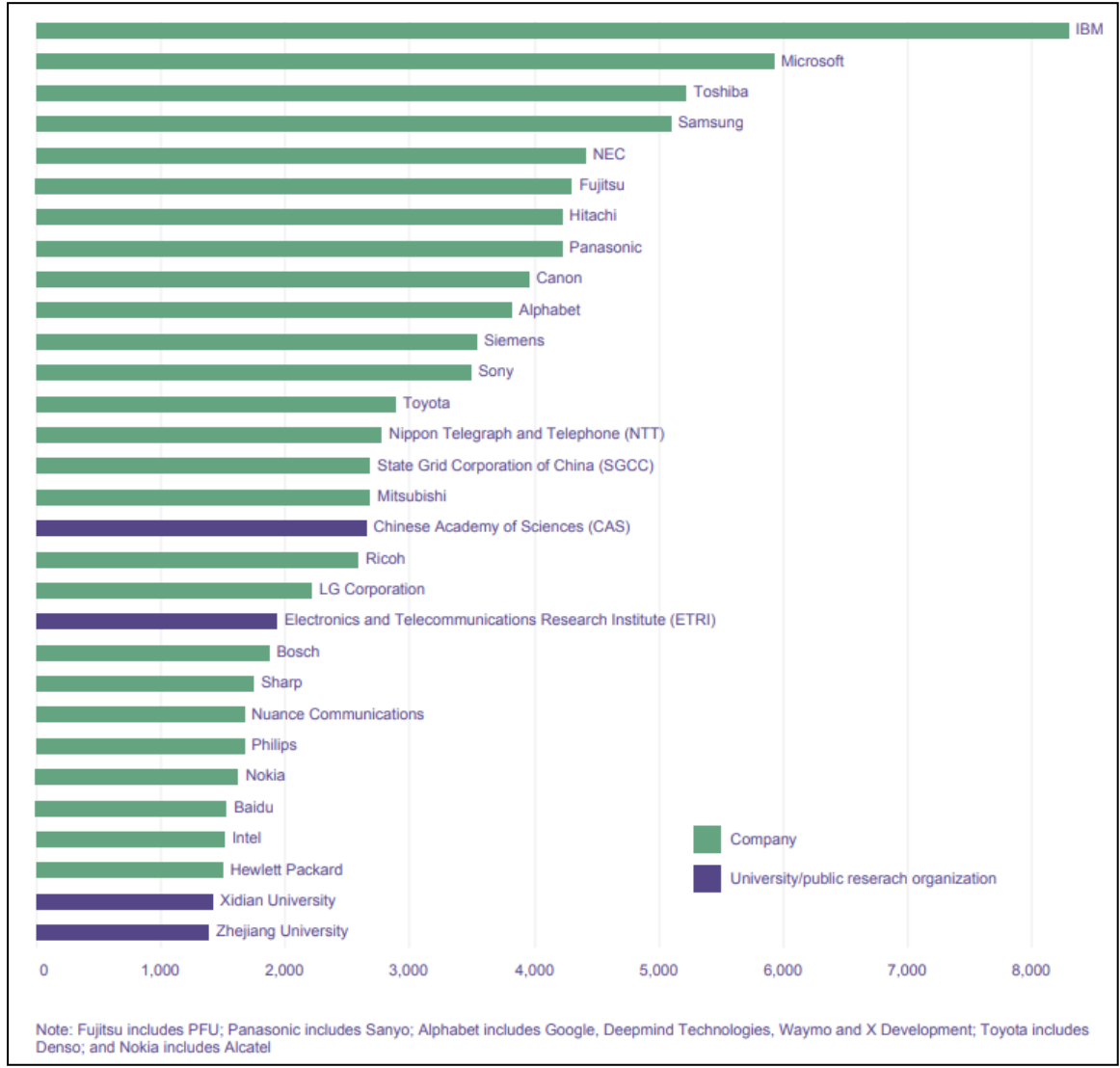


Şekil 9 - Yapay Zekâ alanında ülkelerin aldığı patentler [17]



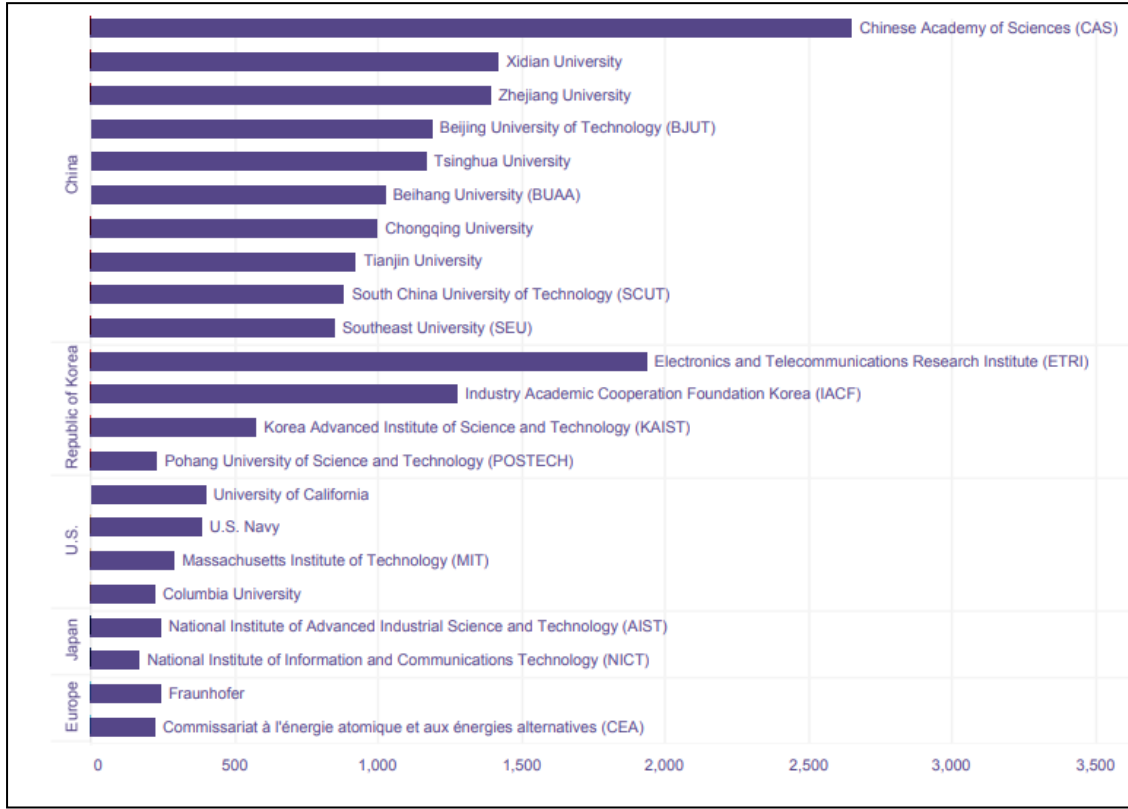
Şekil 10 - Yapay Zekâ alanında ülkelerin akademik yayınları [17]

Endüstriyel bazda yetkinliğin ve inovasyonun ölçüsü olarak patentler kullanılmaktadır. Yapay Zekâ alanında çalışan şirketlerin, bu alanda aldıkları patentlerin dağılımı Şekil 11’de verilmiştir. Grafiğe göre ilk iki şirket (IBM ve Microsoft) ABD menşeli, büyük ve köklü firmalardır. Özellikle IBM’in bu alanda öncü olduğu görülmektedir. Ardından uzak doğu ülkeleri (Japonya ve Güney Kore) gelmektedir. AB ülkelerinin ve Çinli markaların/kuruluşların orta ve alt bölümde yer aldıkları görülmektedir.



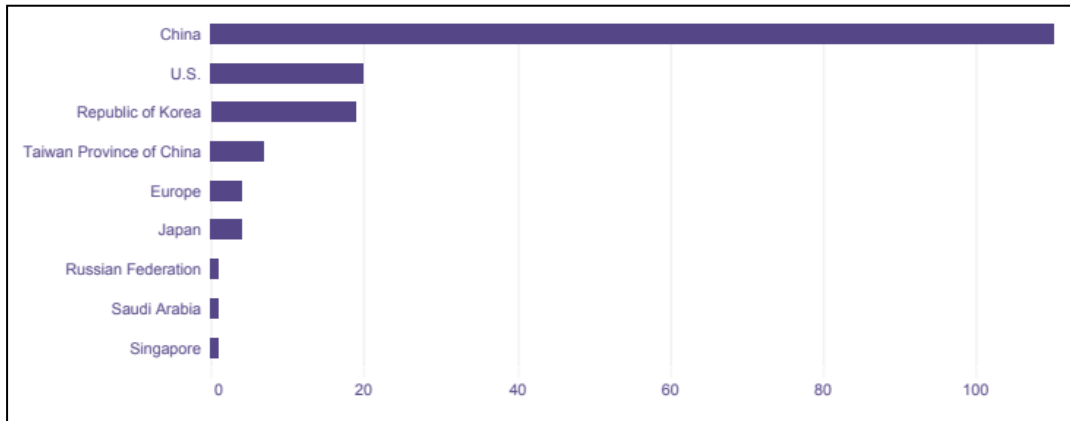
Şekil 11 - Yapay Zekâ alanında en çok patent alan kuruluşlar [17]

Ancak, Şekil 12’de yer aldığı gibi, dünyada Yapay Zekâ alanında en fazla patent alan üniversite ve kamu enstitüleri Çin ve Güney Kore’de yer almaktadır. Uzak doğu ülkelerinde üniversitelerin da yoğun şekilde Yapay Zekâ alanında Ar-Ge yaptığı anlaşılmaktadır. ABD ve AB ülkelerinde Ar-Ge daha çok özel sektör üzerinden yürümektedir ve üniversitelerin ağırlığı azdır.



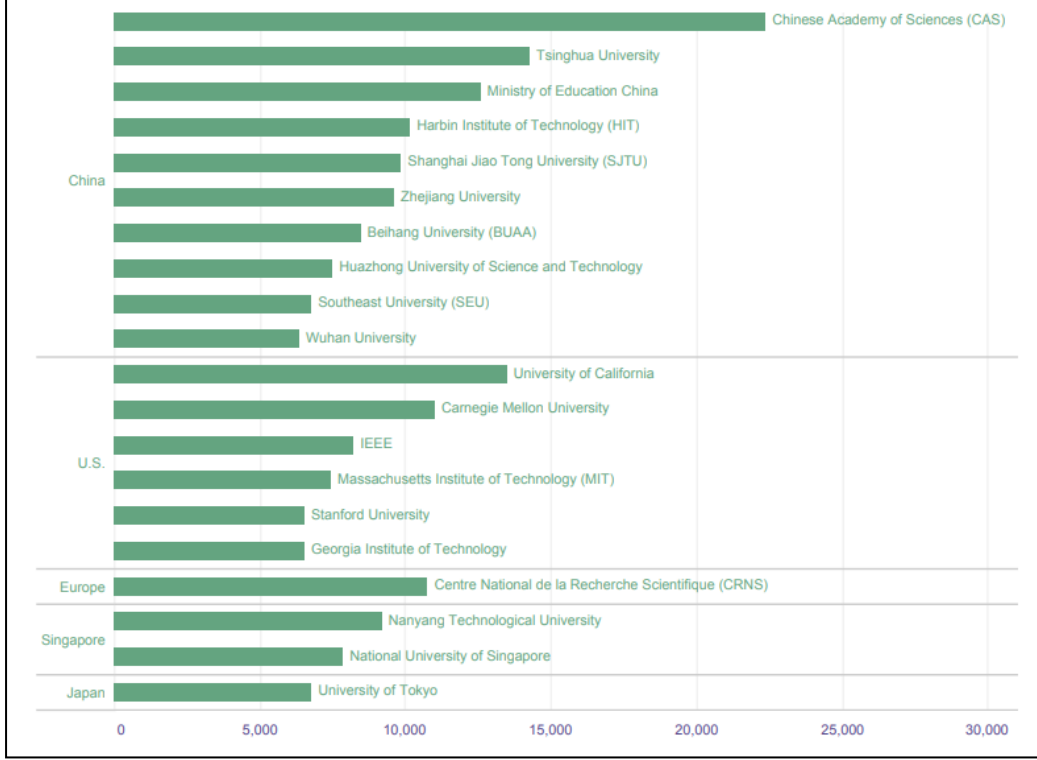
Şekil 12 - Yapay Zekâ alanında en çok patent alan üniversite ve kamu enstitüleri [17]

Ülke bazlı bakıldığında, Yapay Zekâ ve alt konularında en fazla patente sahip kuruluşu barındıran ülkenin açık ara Çin olduğu görülebilir (Şekil 13). Ardından ABD ve Güney Kore gelmektedir. Çin haricindeki diğer ülkelerde Yapay Zekâ çalışmaları çoğunlukla büyük aktörler tarafından yapılmaktadır. Bu nedenle patent almış kuruluş sayısı bu ülkelerde Çin'e göre daha düşük görünmektedir. Ancak elbette Çin bu alanda hem üniversiteleriyle hem de endüstrisiyle hızlı bir gelişme kaydetmektedir.



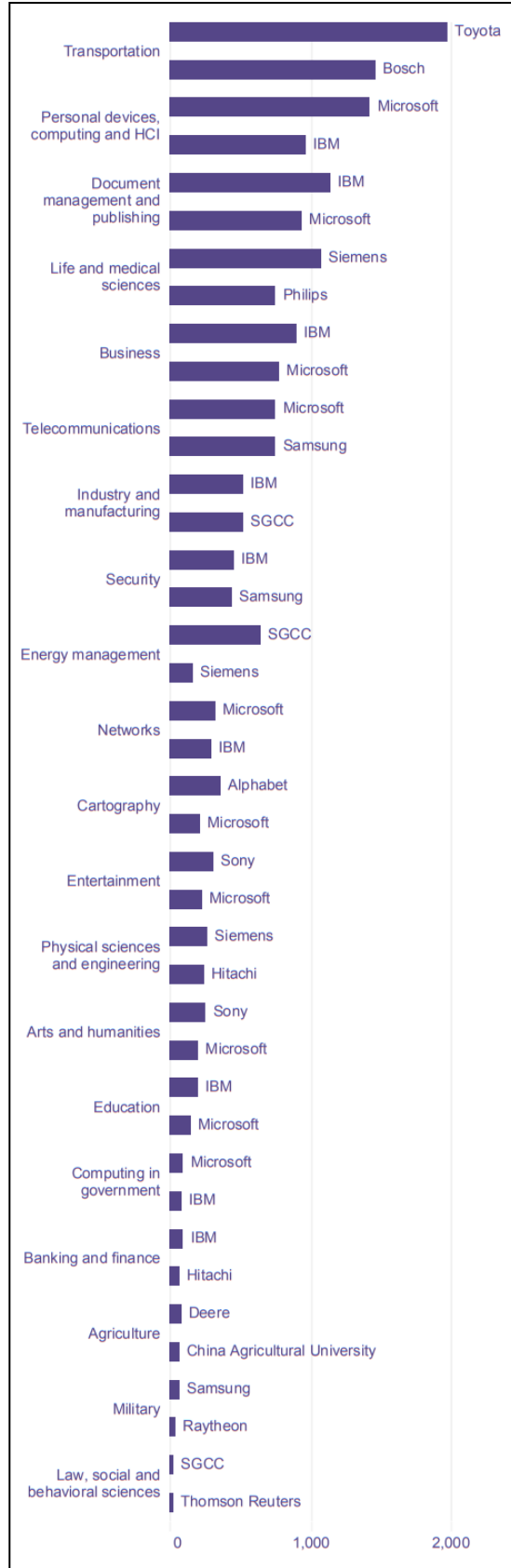
Şekil 13 - Yapay Zekâ alanında en çok patent alan kuruluşa sahip olan ülkeler [17]

Bilimsel yayınlarda da Çin'in önemli bir aşama kaydettiği görülmektedir (Şekil 14). Bu konuda ABD'yi geçmiş görünmektedir.



Şekil 14 - Yapay Zekâ alanında en çok yayın yapan üniversite ve kamu enstitüleri [17]

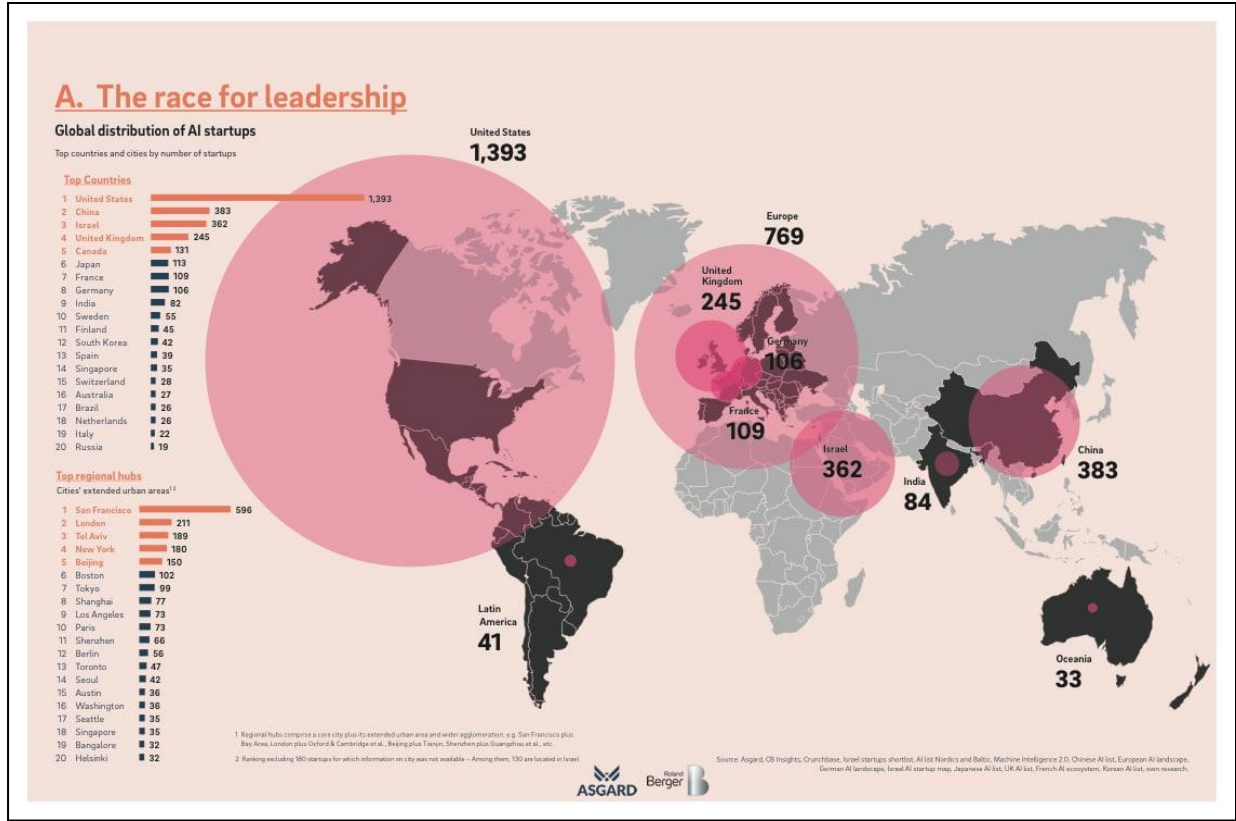
İlk bölümde de bahsedildiği üzere, Yapay Zekâ tekniklerinin geniş uygulama alanları bulunmaktadır. Şekil 15'te bu alanlarda faaliyet gösteren şirketler arasından en çok patent alanlar görülmektedir.



Şekil 15 - Yapay Zekâ uygulama alanlarına göre en çok patent alan kuruluşlar [17]

Son olarak, bu alanda faaliyet gösteren start-up girişimlerin ülkelere ve bölgelere göre dağılımı Şekil 16'da verilmiştir. Ülke bazında ABD'nin önemli bir üstünlüğü söz konusudur. Arkasından

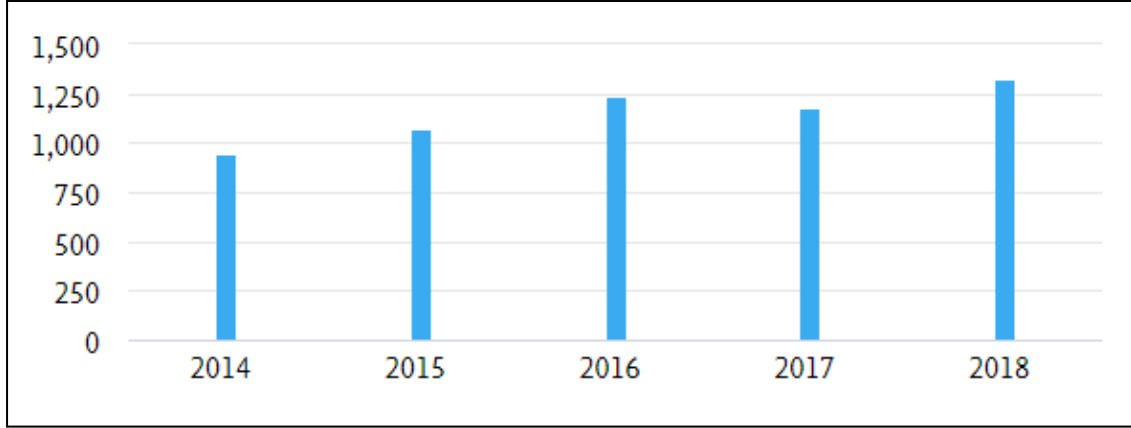
Çin, İsrail, İngiltere ve Kanada gelmektedir. Bölgesel bazda ise Silikon Vadisine sahip olan San Francisco açık ara öndedir. Onu Londra, Tel Aviv, New York ve Pekin takip etmektedir.



Şekil 16 - Yapay Zekâ tabanlı Start-up'ların dağılımı [11]

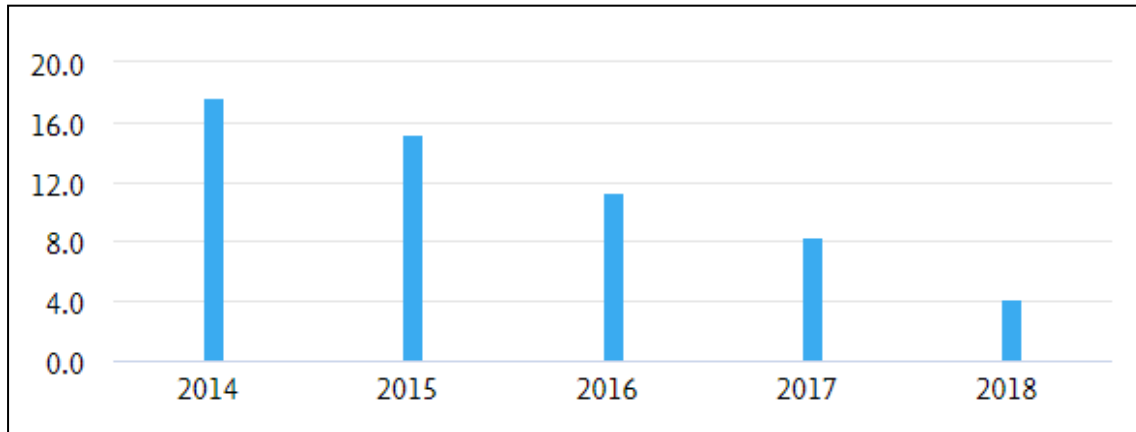
TÜRKİYE'DE YAPAY ZEKÂ

Türkiye’de Yapay Zekâ konusundaki çalışmaların sayısının az olmadığı görülmektedir. Ancak, bu çalışmalar bilimsel yayınlarla sınırlı kalmakta, endüstriye yeteri kadar (patent ve ürün olarak) yansımamaktadır. 2014-2018 yılları arasında Türkiye menşeli uluslararası endeksli yayınların dağılımı Şekil 17’de verilmiştir. 5 yıllık zaman dilimindeki toplam yayın sayısı 5.758’dir.



Şekil 17 - 2014-2018 yılları arasında Türkiye menşeli uluslararası endeksli bilimsel yayınlar (Scopus)

Yine Türkiye’de aynı yıllarda atıf sayısı ise 62.223’dir ve yayın başına düşen atıf sayısı 10,8 olmuştur. Yıllar bazında dağılım Şekil 18’de verilmiştir.



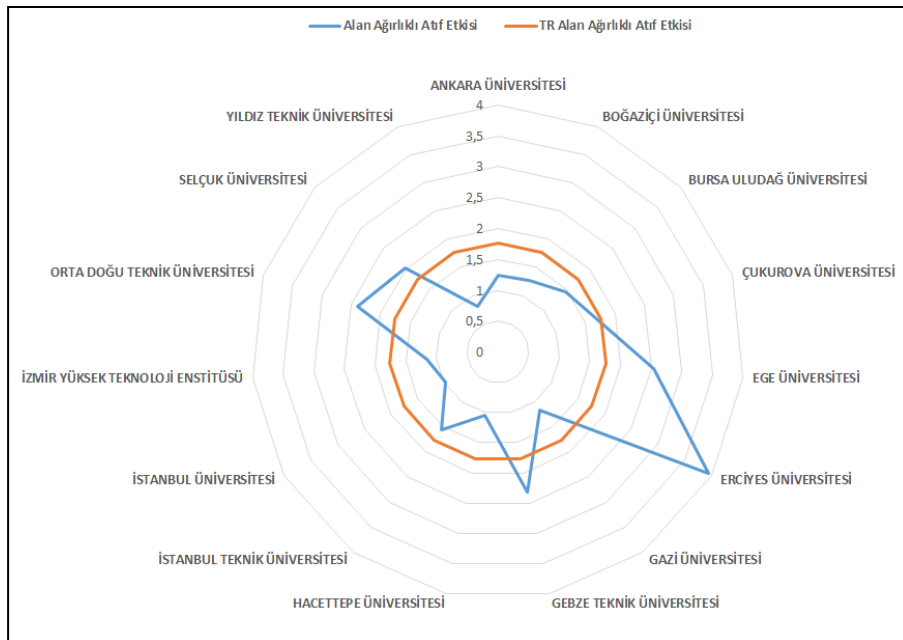
Şekil 18 - 2014-2018 yılları arasında Türkiye menşeli uluslararası endeksli bilimsel yayınlara yapılan atıflar (Scopus)

Türkiye menşeli yayınlara ait en sık bahsedilen konu kümeleri (topic clusters) ve ilgili yayın sayısı Tablo 1’de verilmiştir. Bilgisayarlı görü ve bulanık kümelerin en fazla yayın yapılan alanlar olduğu görülmektedir.

Tablo 1 - 2014-2018 yılları arasında Türkiye menşeli Yapay Zekâ yayınlarının konu kümelerine (topic clusters) göre dağılımı (Scopus)

Konu	Yayın Sayısı
Algorithms; Computer Vision; Models	248
Decision Making; Fuzzy Sets; Models	240
Climate Models; Model; Rainfall	163
Scheduling; Algorithms; Optimization	138
Optimization; Algorithms; Evolutionary Algorithms	119
Classification (Of Information); Learning Systems; Algorithms	107
Electric Power Transmission Networks; Wind Power; Electric Power Distribution	103
Semantics; Models; Recommender Systems	99
Supply Chains; Supply Chain Management; Industry	92

Araştırma üniversiteleri olarak belirlenen 15 üniversitede çalışan araştırmacıların 2014-2018 yılları arasında Yapay Zekâ alanında yaptıkları uluslararası endeksli yayınlara aldıkları atıfların dağılımı Şekil 19’da verilmiştir. Buna göre, Erciyes Üniversitesi’ndeki araştırmacıların alan ağırlıklı atıf etkisi (field weighted citation) diğer üniversitelere kıyasla daha fazladır. Ardından sırasıyla Ege Üniversitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi ve Gebze Teknik Üniversitesi gelmektedir.



Şekil 19 - 2014-2018 yılları arasında Araştırma Üniversitelerinin Yapay Zekâ alanındaki yayınlarına aldıkları atıfların dağılımı (Scopus)

TÜBİTAK’ın 2007-2020 Mart yılları arasında Yapay Zekâ alanında üniversitelere vermiş olduğu 460 akademik proje desteğinin içeriği metin madenciliği ve çift kelime frekans analizi (bigrams frequency analysis) yöntemi ile analiz edilmiş ve frekanslarına göre Şekil 20’deki kelime

bulutunda verilmiştir. Akademik desteklerde (ARDEB) derin öğrenme, 3d video, makine öğrenmesi gibi konuların başı çektiği anlaşılmaktadır. Bu kapsamda ARDEB tarafından desteklenen projelerin toplam bütçesi 354 milyon TL'dir (2020 yılı sabit fiyatlarıyla).



Şekil 20 - TÜBİTAK'ın Yapay Zekâ alanında verdiği akademik desteklerin konu bazlı frekans dağılımı

Aynı zaman diliminde TÜBİTAK TEYDEB tarafından özel sektöre sağlanan Ar-Ge ve yenilik desteği kapsamında destek kararı verilen projelerin bütçesi 1.57 milyar TL (2020 sabit fiyatlarıyla), toplam desteklenen proje sayısı 1.290'dır. Bu projelerin çift kelime frekans analizi sonuçları Şekil 21'de yer almaktadır. Ağırlığın karar destek sistemleri, e-ticaret, görüntü işleme ve büyük veri olduğu görülmektedir.

TÜBİTAK'ın yanı sıra Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, SSB, KOSGEB ve TTGV gibi kurum ve kuruluşlar da bu alandaki çalışmalara önemli miktarlarda destek vermektedir.

da çalışan çok değerli Yapay Zekâ uzmanları vardır. Bu uzmanlar ile işbirliği yapılarak yurt içindeki nitelikli bilgi ve nitelikli insan miktarı artırılabilir.

Türkiye merkezli akademik projelerde ön plana çıkan alt alanlar derin öğrenme, makine öğrenmesi, 3d video, uzaktan algılama, MR, doğal dil işleme (NLP) şeklindedir. Fakat, özel sektörde daha çok karar destek sistemleri, e-ticaret uygulamaları, görüntü işleme ve büyük veri kapsamındaki projelerin ağırlıkta olduğu görülmektedir. Akademi ve özel sektörün işbirliği yapabilmesi için ortak çalışılan alt alanlar artırılmalıdır. Araştırma üniversiteleri arasında Yapay Zekâ alanında yoğun atıf alan kurumların (Erciyes Ü. ve Ege Ü. gibi) diğer kurumlarla işbirliği geliştirilmeli ve yayınların ürüne ve patente dönüşmesi sağlanmalıdır. Türkiye menşeli akademik yayınların genel olarak bilgisayarlı görü (computer vision), bulanık kümeler (fuzzy sets), iklim modelleme (climate models), optimizasyon (optimization) ve evrimsel algoritmalar (evolutionary algorithms) alanlarında yoğunlaştığı görülmektedir. Dolayısıyla kısa vadede bu alanlarda ve dünyada gelişmekte olan içgörü motorları (insight engines), sanal asistanlar (virtual assistants), robotik süreç otomasyon yazılımı (robotic process automation software) ve FPGA hızlandırıcı (FPGA Accelerators) teknolojilerine yatırım yapmanın getirisinin yüksek olacağı değerlendirilmektedir. Bunların yanında, kısa vadede ses tanıma (speech recognition) ve GPU hızlandırıcı (GPU Accelerator) teknolojilerinin işletmeler için önem kazanacağı görülmektedir.

Akademik çalışmalarda makine öğrenmesi ve sinir ağları ön plana çıkmaktadır. Bunların yanında, özellikle robotik alanında kullanılan takviyeli öğrenme (reinforcement learning) ve büyük veri ile çalışmayı olanaklı hale getiren derin öğrenme (deep learning) algoritmalarının geliştirilmesi ve uygulanması ile ilgili yayınların artmakta olduğu görülmektedir. Ancak, pekiştirmeli öğrenmenin özel sektördeki benimsenmesi henüz beklenen düzeye ulaşamamıştır. Bunun yerine yüz tanıma, sınırdan hesaplama, öngörülü onarım, medikal tanılama, açık kaynak yazılımları (özellikle Tensorflow ve Pytorch) sektör tarafından daha çok benimsenmekte ve risk algısının bu alanlarda daha düşük olduğu görülmektedir. Bu nedenle, üniversite ile özel sektörün işbirliği bu alanlarda kurulabilir. Diğer yandan, Yapay Zekâ uygulama alanları içinde, Türkiye için de önem arz eden konular arasında olan finans, lojistik, tarım, hayvancılık, eğitim, enerji ve çevre gibi alanlar da mevcuttur. Ayrıca, Yapay Zekâ teknolojilerini içeren patentlere genel olarak bakıldığında, uygulama alanı olarak ulaşımın (transportation) da önemli yeri olduğu görülebilir. Bunda en önemli etken otonom araçlar ve bilgisayarlı görü teknolojilerindeki gelişmelerdir. Güney Kore'de yapıldığı üzere Yapay Zekâ teknolojilerinin savunma sanayinde yaygın şekilde kullanılması da düşünülebilir.

Özel sektörün Yapay Zekâyı benimsemesi konusunda Türkiye önemli bir aşama kaydetmiştir. Microsoft ve Ernst&Young'ın Orta Doğu ve Afrika bölgesindeki şirketlerin Yapay Zekâ

kullanımıyla ilgili hazırladığı “Artificial Intelligence in Middle East and Africa” başlıklı raporda, Yapay Zekâ olgunluğu açısından Türkiye’nin bölgede lider ülke olarak öne çıktığı belirtilmektedir. [18] Raporda Türkiye’deki şirketlerin yüzde 80’inin Yapay Zekâ stratejilerini doğrudan üst düzey yönetimde ele aldığı, şirketlerin yüzde 25’inin Yapay Zekâyı stratejik dijital öncelikleri arasında gördüğü, yüzde 60’ının ana faaliyetleri için Yapay Zekânın önemini kabul ettiği vurgulanmıştır. Bölge genelindeki yüzde 28 oranına kıyasla Türkiye’deki şirketlerin yüzde 35’inin, pilot Yapay Zekâ teknolojilerini aktif olarak kullandığı, şirket yapılarını buna göre şekillendirdiği belirtilmektedir.

11.Kalkınma Planında, Tablo 2’deki maddeler aracılığı ile Yapay Zekânın sosyal ve ekonomik gelişim sürecindeki önemi özellikle vurgulanmıştır:

Tablo 2 - 11.Kalkınma Planı’nda Yapay Zekâ ile ilgili maddeler

Madde	Açıklama
346.2	Teknoloji tedarikçileri, endüstriyel bulut platformu üzerinde sunulabilecek Yapay Zekâ, ileri veri analitiği, simülasyon ve optimizasyon, ürün yaşam döngüsü, üretim yönetim sistemleri gibi uygulama ve hizmetlerin geliştirilmesini sağlayacak şekilde teşvik edilecek, firmaların bu platformu kullanımı dijital dönüşüme yönelik destekler vasıtasıyla özendirilecektir.
355	Ülkemizde Milli Teknoloji Hamlesinin gerçekleştirilmesine yönelik olarak Yapay Zekâ, nesnelerin interneti, artırılmış gerçeklik, büyük veri, siber güvenlik, enerji depolama, ileri malzeme, robotik, mikro/nano/opto-elektronik, biyoteknoloji, kuantum, sensör teknolojileri ve katmanlı imalat teknolojilerine ilişkin gelişim yol haritalarının hazırlanması, gerekli altyapının tesis edilmesi, ihtiyaç duyulan nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesi ve toplumsal yönelimin bu alanlara odaklanması sağlanacaktır.
403.2	Dijitalleşme, Yapay Zekâ ve veriye dayalı iş modelleri ile tarımsal bilgi sistemleri geliştirilecek ve tüm kesimlerin kullanımına açılacaktır.
473	Yapay zekâ teknolojilerinin üretilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik ulusal politika belirlenecektir.
473.1	Yapay zekâ teknolojileri alanında yerli teknoloji üretme kabiliyetlerinin geliştirilmesi ve bu teknolojilerin ekonominin genelinde etkin kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik ulusal ölçekteki çalışmalar için yol haritası hazırlanacaktır.
554.1	Eğitim sistemine ilişkin veri tabanlarının bütünleştirildiği eğitsel veri ambarı oluşturulacak, veriler Yapay Zekâ teknolojileriyle işlenecektir.
809.2	Kamu hizmetlerinin iyileştirilmesinde büyük veri, bulut bilişim, mobil platformlar, nesnelerin interneti, Yapay Zekâ, blokzincir gibi yeni teknolojilerden faydalanılabilmesi için süreç ve teknolojik altyapı iyileştirmeleri yapılacaktır.

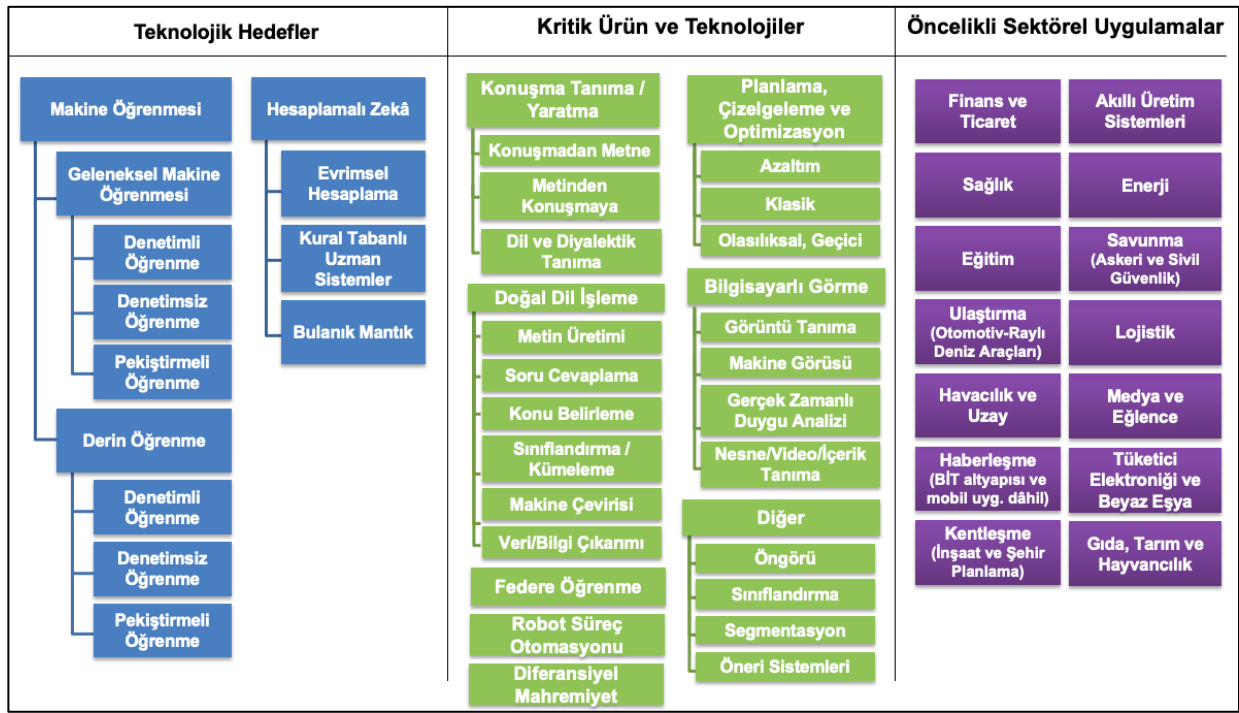
Kaynaklar

- [1] Brezis, E., Krugman, P. R., & Tsiddon, D. (1993). Leapfrogging: A Theory cycles in national technology leadership, American Economic Review, 83(5), s.1211-1219.
- [2] Gartner, 2 Megatrends Dominate the Gartner Hype Cycle for Artificial Intelligence (2020), URL: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/2-megatrends-dominate-the-gartner-hype-cycle-for-artificial-intelligence-2020>
- [3] Stanford University. (2019). The 2019 AI Index Report. URL: https://hai.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj10986/f/ai_index_2019_report.pdf
- [4] De Kleijn, M., Siebert, M., & Huggett, S. (2017). Artificial Intelligence: how knowledge is created, transferred and used.
- [5] CBInsights, What's next in AI? Artificial intelligence trends (2019), URL: <https://iec2020.aaru-confs.org/1557734229831170.pdf>
- [6] Hupfer, Susan (2019), Capitalizing on the promise of artificial intelligence: Perspectives on AI adoption from around the World, URL: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/cognitive-technologies/global-perspectives-ai-adoption.html>.
- [7] Cornillie, C. (2019), loomberg Government: Finding Artificial Intelligence Money in the Fiscal 2020 Budget, URL: <https://about.bgov.com/news/finding-artificial-intelligence-money-fiscal-2020-budget>.
- [8] China Policy, Next Generation AI Development Plan Released (2017), URL: https://policycn.com/policy_ticker/next-generation-ai-development-plan-released.
- [9] Sun, Yitting (2017), China Has a New Three-Year Plan to Rule AI, MIT Technology Review, URL: <https://www.technologyreview.com/f/609791/china-has-a-new-three-year-plan-to-rule-ai>.
- [10] Ellis, European Laboratory for Learning and Intelligent Systems (2019), URL: <https://ellis.eu>.
- [11] ASGARD, The Global Artificial Intelligence Landscape (2019), URL: <https://asgard.vc/global-ai>.
- [12] European Commission, Communication Artificial Intelligence (2018), URL: https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=51625
- [13] European Commission, Launch of call for experts for group on liability and new technologies (2018), URL: https://ec.europa.eu/newsroom/just/item-detail.cfm?item_id=615947.
- [14] Deutsche Welle, Almanya'dan "Yapay Zekâ" atağı (2019), URL: <https://www.dw.com/tr/almanyadan-yapay-zeka-ata%C4%9F%C4%B1/a-46295380>.
- [15] The Korea Times, Hanwha, KAIST to develop AI weapons (2018), URL: https://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2018/02/133_244641.html
- [16] OECD, Going Digital: Artificial Intelligence (2019), URL: <https://www.oecd.org/going-digital/ai>.
- [17] WIPO, Technology Trends 2019, Artificial Intelligence (2019), URL: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_1055.pdf
- [18] Anadolu Ajansı, Türkiye Yapay Zekâda bölgenin lideri, URL: <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/turkiye-yapay-zekada-bolgenin-lideri/1511007>

YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİ YOL HARİTASI HAZIRLANMASI METODOLOJİSİ VE TAMAMLANAN ÇALIŞMALAR

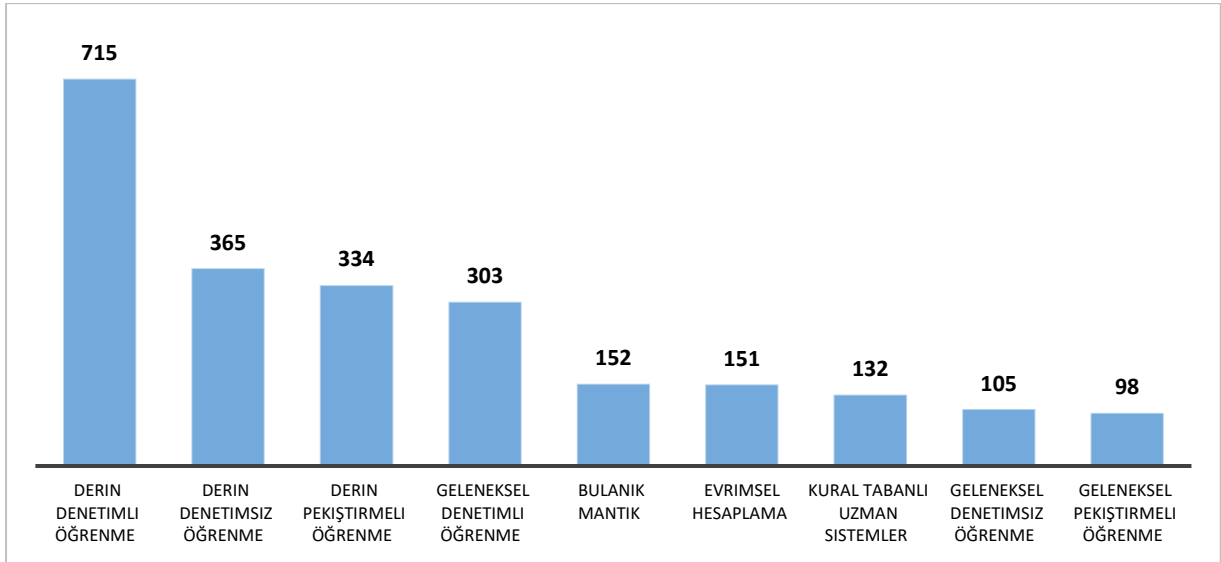
Ülkemizin ihtiyaçları ve önceliklerine istinaden; T.C. Cumhurbaşkanlığı Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Kurulu (BTYPK) bünyesinde, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile TÜBİTAK'ın eşgüdümlü teknik desteği ile Ocak 2020 itibarıyla "Yapay Zekâ Teknoloji Yol Haritası" hazırlanması çalışmaları başlatılmıştır. Yapay Zekâ Teknoloji Yol Haritasının; Yapay Zekâ ile ilgili teknolojiler özelinde belirlenecek stratejik hedefler, ülkemizin bu hedeflere ulaşması için geliştirilmesi kritik olan ürün ve teknolojiler, bunların geliştirilmesine yönelik Ar-Ge projeleri ve son olarak da geliştirilen kritik ürün/teknolojilerin öncelikli sektörel uygulamaları şeklinde çok katmanlı bir yapıda oluşturulmuştur.

İlk adım olarak, Teknoloji Yol Haritasının hazırlık aşamalarında ilgili kamu kurumları ve temsil yeteneği yüksek olan şemsiye kuruluşlar ile koordinasyonun etkin şekilde sağlanması ve katılımcı tüm Kurum/Kuruluşların Yapay Zekâ teknolojileri özelindeki faaliyetlerinin teknoloji yol haritasının içeriğine katkıda bulunmasının sağlanması amacıyla tüm süreç boyunca işlevsel olacak bir "Yapay Zekâ Teknoloji Yol Haritası Çalışma Grubu" oluşturulmuştur. Bu çalışma grubuna T.C. Cumhurbaşkanlığı (Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Savunma Sanayi Başkanlığı, Dijital Dönüşüm Ofisi), T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu ve TÜBİTAK Bilişim ve Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi'nin (BİLGEM) yanı sıra Müstakil Sanayici ve İşadamları Derneği (MÜSİAD), Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (TÜSİAD), Türkiye Bilişim Derneği, Türkiye İhracatçılar Meclisi (TİM), Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) ve Yazılım Sanayicileri Derneği (YASAD) da birer temsilci ile katılmışlardır. Çalışma Grubunun ilk toplantısı 14 Ocak 2020'de TÜBİTAK Başkanının da katılımı ile TÜBİTAK'ta yapılmıştır. Toplantı ve sonrasında gelen katkılar sayesinde Yapay Zekâ teknolojilerinin kapsamı Şekil 22'deki gibi oluşturulmuş ve tüm katılımcılar ile paylaşılmıştır.



Şekil 22 – Yapay Zekâ Teknoloji Yol Haritası Çalışmasının Kapsamı

İkinci adım olarak, ülkemizde Yapay Zekâ ekosisteminin hedef önerileri, 14 Şubat 2020 - 2 Mart 2020 tarihleri arasında açık olan çevrim içi (online) form aracılığıyla alınmıştır. Bu ankette temel soru "**Ülkemizin Yapay Zekâ alanında dünyadaki seviyeyi (state of the art) yakalaması ve üstüne çıkması için, önümüzdeki dönemde Yapay Zekâ alanında ülkemizin Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinde odaklanması gereken stratejik hedefler neler olmalıdır?**" şeklinde katılımcılara yöneltilmiştir. Yapay Zekâ Teknolojik Hedefler (1.katman), Yapay Zekâ Kritik Ürün ve Teknolojileri (2.katman) ve Öncelikli Sektörel Uygulamalar (3.katman) altında katılımcılardan katkı talep edilmiştir. Anket Yapay Zekâ alanında kamu destekli Ar-Ge ve yenilik projeleri yürütmüş olan, sanayi Ar-Ge ve yenilik desteklerinden yararlanan ve ARBİS'te faaliyet alanları arasında Yapay Zekâ teknolojileri bulunan toplamda 12.643 kişiye gönderilmiştir; 3.712 kişiden nitelikli katkı alınmıştır. **Bunun 2.137'si Yapay Zekâ algoritmalarının geliştirilmesinde bizzat çalışan araştırmacılar iken, 1.575'i ise Yapay Zekâ ürünlerini kendi alanında/sektöründe uygulayan son kullanıcılardır. 1.katmanda 2.355 hedef önerisi, 2.katmanda 2.154 hedef önerisi ve 3.katmanda 5.524 ihtiyaç önerisi olmak üzere toplamda 10.033 öneri elde edilmiştir.** Yapay zekâ teknolojik hedefleri ile ilgili 2.355 hedef önerisinin dağılımı Şekil 23'te verilmiştir.



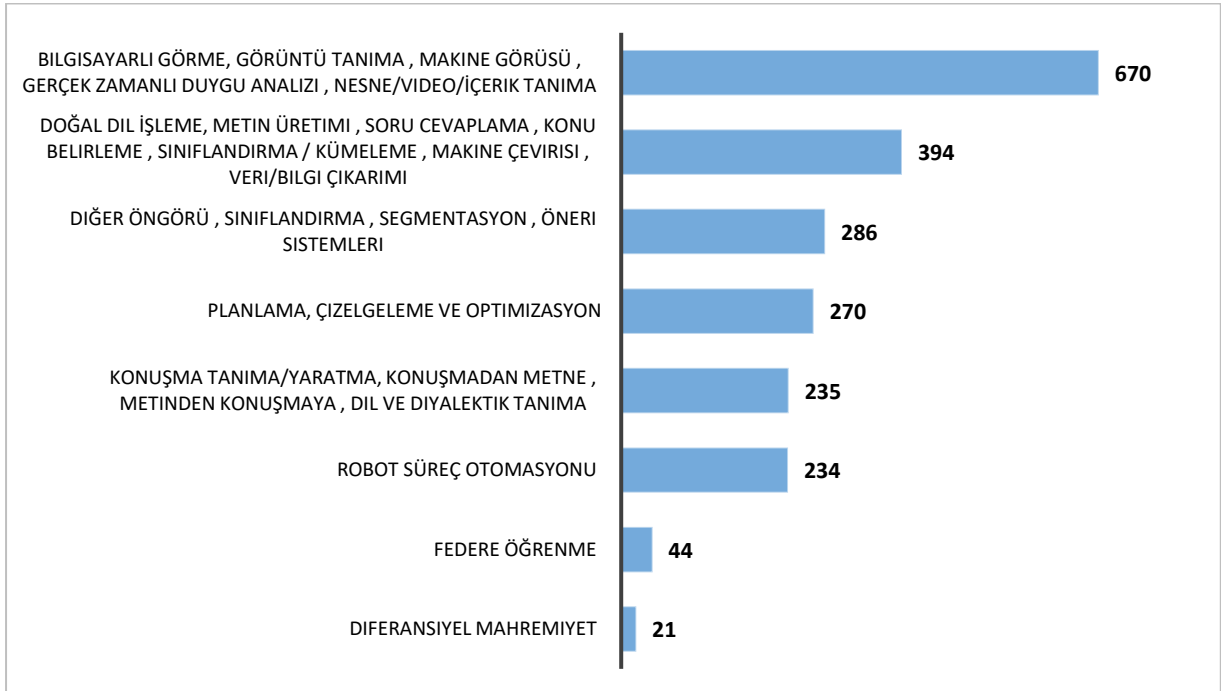
Şekil 23 – Teknolojik Hedef Önerilerinin Sayısal Dağılımı

Yapay zekâyı bizzat geliştiren ekosistem aktörlerinden alınan katkılara bakıldığında, Derin Denetimli Öğrenme ön plana çıkmaktadır. Bu yöntemi sırasıyla

- Derin Denetimsiz Öğrenme,
- Derin Pekıştirmeli Öğrenme,
- Geleneksel Denetimli Öğrenme

takip etmektedir.

Diğer yandan, Yapay Zekâ kritik ürün ve teknolojileri ile ilgili 2.154 hedef önerisinin dağılımı Şekil 24’te verilmiştir.



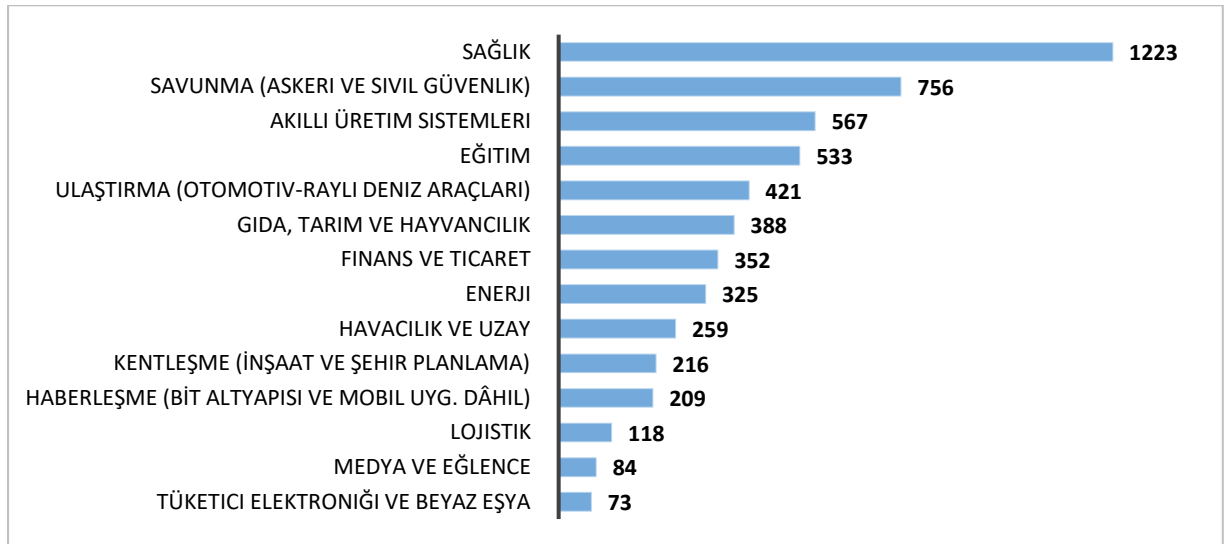
Şekil 24 – Kritik Ürün ve Teknoloji Önerilerinin Sayısal Dağılımı

Yapay zekâyı bizzat geliştiren ekosistem aktörlerinden alınan katkılara bakıldığında, Bilgisayarlı Görme (Görüntü Tanıma, Makine Görüsü, Gerçek Zamanlı Duygu Analizi, Nesne/Video/İçerik Tanıma) ön plana çıkmaktadır. Bu alt alanı sırasıyla

- Doğal Dil İşleme (Metin Üretimi, Soru Cevaplama, Konu Belirleme, Sınıflandırma/Kümeleme, Makine Çevirisi, Veri/Bilgi Çıkarımı),
- Planlama, Çizelgeleme ve Optimizasyon
- Konuşma Tanıma/Yaratma (Konuşmadan Metne, Metinden Konuşmaya, Dil ve Diyalektik Tanıma),
- Robot Süreç Otomasyonu

takip etmektedir.

Öncelikli sektörel uygulamalar ile ilgili 5.524 ihtiyaç önerisinin 14 sektörel uygulama alanına göre dağılımı ise Şekil 25'te verilmiştir.



Şekil 25 – Sektörel İhtiyaçların Sektörlere Göre Sayısal Dağılımı

Yapay zekâyı kendi süreçlerinde kullanan ve Ar-Ge-Yenilik faaliyetleriyle ön plana çıkan ekosistem aktörlerinden alınan katkılara bakıldığında:

- Sağlık
- Savunma
- Akıllı Üretim Sistemleri
- Eğitim
- Ulaştırma

sektörleri ön plana çıkmaktadır.

Gelen tüm öneriler, toplam 115 hedef/ihtiyaç ifadesi altında konsolide edilmiştir (1.katmanda 33 hedef önerisi, 2.katmanda 22 hedef önerisi, 3.katmanda 60 ihtiyaç önerisi). Elde edilen öncelikli sektörel uygulamalarda Sağlık, Savunma, Akıllı Üretim Sistemleri, Eğitim ve Ulaştırma sektörlerinin ön plana çıktığı görülmüştür.

Üçüncü adım olarak, konsolide edilen hedef ve ihtiyaçlarının ileri konsolidasyonu ve delfi anketinin tasarımına ilişkin teknik çalışmaların tamamlanması amacıyla en yetkin akademisyenler ile Ar-Ge-yenilik faaliyetleriyle ön plana çıkan özel sektör kuruluşlarının temsilcilerinden oluşan bir Danışma Grubu kurulmuştur. Grup, ilgili kamu araştırma enstitülerinden ve kurumlarından 2 uzman, alanlarında en yetkin 10 akademisyen ve 12 özel sektör temsilcisi olmak üzere toplam 24 üyeden oluşmuştur. 115 hedef/ihtiyaç ifadesi 20-21 Mayıs 2020'de çevrim içi (online) olarak gerçekleştirilen Danışma Grubu toplantısında analiz ve konsolide edilerek 49'a indirilmiştir. Aynı zamanda hedeflerin ve sektörel uygulamaların yapılabirlik ve etki potansiyeli açısından delfi analizinde sorgulanmalarına ilişkin kriterler de fikirbirliği ile belirlenmiştir. Bu kriterler Şekil 26'da yer almaktadır.

Yapılabilirliğin Değerlendirildiği Kriterler	Etki Potansiyeli Kriterleri -1	Etki Potansiyeli Kriterleri -2
Akademik Ar-Ge Birikimi	Üretim Kapasitesinde Artış/Etkin Kullanım	Cari Açığın Azalması
Nitelikli İnsan Kaynağı	Ürün Çeşitliliğinde Artış	Farklı Teknolojik Gelişmelerin Önünün Açılması (Spillover Effect)
Yazılım Altyapısının (Açık kaynak kütüphaneler, paket programlar, programlama dilleri) Yeterliliği	İş Gücü Verimliliğinde Artış	Çığır Açıcı (breakthrough) Yeniliklerin Önünün Açılması
Hesaplama Altyapısının (Sistem, GPU, çekirdek) Yeterliliği	Üretim Hatlarının Çalışma Sürelerinde Verimlilik	Yurtiçi ve Yurtdışı Pazar Potansiyelinin Artması
Veri altyapısının (Veritabanları, Veri Yapıları) Yeterliliği	Piyasa Taleplerine Göre Öngörü Hassasiyeti	Ulusal Güvenlik Açısından Stratejik Öneme Sahip Alanlarda Yerleşme
Mevcut mevzuatın teknolojik ilerlemeye uygunluğu	Sayesinde Üretim Hızında Esneklik	Ulusal Ar-Ge Kapasitesinin Geliştirilmesi
Sanayi Ar-Ge-Yenilik Yetkinliği	Düşük Depolama Süreleri ve Maliyeti	
Yenilikçi Firmaların/Kuruluşların Varlığı	Üretime İlişkin Ticari Bilgilerin Korunması	
Ulusal ve uluslararası pazar potansiyeli	Yeni Teknolojilerin/Ürünlerin Pazarı	
Yabancı yazılım/donanıma bağımlılık durumu	Sunulmasının Hızlandırılması	
	Araştırma ve Teknoloji Geliştirme Sürecinin Kısılması	

Şekil 26 – Önerilerin Seçiminde Dikkate Alınan Kriterler

Dördüncü adımda, Danışma Grubu ile birlikte anket mimarisi oluşturulan "**T.C. Cumhurbaşkanlığı BTYPK Yapay Zekâ Teknoloji Yol Haritası Delfi Anketi**", 31 Mayıs – 17 Haziran 2020 tarihlerinde Yapay Zekâ Ar-Ge ve yenilik ekosistemine uygulanmış ve **toplam 771 katılımcıdan etki potansiyeli ile yapılabirlik açılarından değerlendirmeler alınmıştır**. Anket katılımcıları **49 hedef/ihtiyaç önerisinin etki potansiyellerine ve yapılabirliklerine ilişkin 6.502 değerlendirme** yapmışlardır. Bu değerlendirmelerin sonucunda her bir hedef/ihtiyaç önerisi için **etki potansiyeli-yapılabirlik kuadrantları** oluşturulmuştur. Ayrıca, her hedef önerisine ilişkin dünyadaki ve Türkiye'deki teknolojik hazırlık seviyesi, en uygun aktör/işbirliği modeli ve gerçekleşme zamanına yönelik değerlendirmeler de alınmıştır. Bu değerlendirmeler ve ayrıntılı grafikler **Ek1**'de verilmektedir.

Yapılabilirlik Endeks Değerleri Sıralamaları

Tablo 3 - Teknolojik Hedeflerin Yapılabilirlik Sıralamaları (Delfi İfadesi No: 1-10)

No	Teknolojik Hedef Önerileri	Yapılabilirlik Endeksi
7	Literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren İstatistiksel üretken modellerin geliştirilmesi	2,174
10	Mevcut Yapay Zekâ yöntemlerine alan bilgisinin entegre edilerek, verim ve/veya güvenilirliğin iyileştirildiği algoritmaların geliştirilmesi ve bu algoritmaların çeşitli sektörlerde uygulanması	2,139
4	Etiketli veri gereksinimini etkin şekilde azaltacak ve literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren denetimsiz ve yarı denetimli öğrenmeye yönelik Yapay Zekâ yöntem ve algoritmaların geliştirilmesi	2,085
6	AutoML (Automated Machine Learning) olarak adlandırılan ve gerçek hayat problemleri üzerinde uygulanacak makine öğrenmesi işlem adımlarını otomatikleştiren ve tüm süreci büyük oranda hızlandıran yerli AutoML altyapılarının / yöntemlerinin geliştirilmesi ve/veya birer servis/hizmet/kütüphane/platform olarak sunulması	2,030
5	Pekiştirmeli derin öğrenme modellerinin eğitimi için yüksek verimliliğe sahip yöntemlerin geliştirilmesi ve literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren gerçek dünya uygulamaların artırılması	2,030
9	Veri toplanmasının zor olduğu problemler için sentetik eğitim verilerini tutarlı ve homojen şekilde sentezleyebilen ve yeni veriler üretebilen hesaplamalı yenilikçi algoritmaların geliştirilmesi	2,026
1	Derin denetimli öğrenme yaklaşımıyla, yeni sınıfları az sayıda etiketli veri kullanarak modellemeye yönelik; literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren yenilikçi yaklaşımlar ve/veya tekniklerin geliştirilmesi	2,025
2	Merkezi olarak faaliyet gösterecek ve farklı uygulamalar için kütüphaneler sunacak bir derin öğrenme geliştirme uygulaması ve platformu (Deep Learning as a Service) geliştirilmesi	2,019
3	Derin denetimli öğrenme yöntemlerinin açıklanabilirlik düzeyinin en az 4 (DARPA sınıflandırmasıyla) seviyesine veya mevcut dünyadaki seviyenin üzerine yükseltilmesi	1,988
8	Kuantum makinelerde çalışabilecek Yapay Zekâ algoritmalarının geliştirilmesi ile çalışma zamanının hızlandırılması ve veriminin artırılması	1,735

Tablo 4 - Kritik Ürün/Teknolojilerin Yapılabilirlik Sıralaması (Delfi İfadesi No 11-25)

No	Kritik Ürün/Teknoloji Önerileri	Yapılabilirlik Endeksi
13	Farklı teknoloji grupları veya sektörler için alandan bağımsız gerçek zamanlı bilgisayarlı görü, örüntü tanıma, görüntü işleme ve video işleme tekniklerini kullanan ve literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren algoritmaların geliştirilmesi	2,160
24	Planlama ve tahmin alanlarında literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren yeni Yapay Zekâ yöntemlerin geliştirilmesi	2,148
21	Mevcut yaklaşımlara kıyasla daha başarılı çalışan Türkçe'ye özel konuşma tanıma yaklaşımlarının geliştirilmesi	2,143
25	Robotik süreç otomasyonunda belirlenecek/işaret edilecek sonuca ulaşmayı sağlayacak eylemleri bir uzmanı izleyerek kendi kendine öğrenebilen literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren robot algoritmalarının geliştirilmesi	2,119
22	Mevcut yaklaşımlara kıyasla daha başarılı çalışan Türkçe'ye özel konuşma sentezleme yaklaşımlarının geliştirilmesi	2,089
16	Türkçe'ye özgü bir açık kaynaklı doğal dil işleme platformunun oluşturulması, kapsamlı sayıda kavram ve ifadeler (kelime, deyiş, terim vb.) içerecek bir kavramsal harita oluşturulması	2,080
20	Federe Öğrenme süreçlerinin esnek ve hızlı bir biçimde gerçekleştirilmesine imkân veren, veri mahremiyetine uygun, veri çeşitliliğini destekleyen çok-platforumlu, yüksek başarımlı, yerli uygulama geliştirme platformunun oluşturulması	2,072
23	Türkçe ses tanıma yönelik etiketlenmiş ses derlemelerinin oluşturulması ile Türkçede standart bir konuşma tanıma başarımlarının geliştirilmesi	2,054
15	Veri büyüklüğünün çok fazla olduğu mahrem alanlarda diferansiyel mahremiyet ile verilerin anonimleştirilmesine yönelik yenilikçi algoritmaların geliştirilmesi	2,044
18	Temel doğal dil işleme algoritmalarının literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösterecek şekilde geliştirilmesi	2,019
14	İnsan analizi (cognitive recognition) (duygu analizi, niyet tahmini, psikiyatrik tanımlama, fiziksel analiz, etkileşim analizi ve diğer) yapabilen literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren algoritmaların geliştirilmesi	2,005
17	Doğal dil işleme uygulamalarına yönelik mevcut derlemelerin genişletilmesi ve/veya yeni açık kaynak derlemelerin oluşturulması	1,987
19	Doğal dil anlama ve doğal dil üretme algoritmalarının literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösterecek şekilde geliştirilmesi	1,982
12	Farklı veri kaynaklarından gelen ve/veya çok kipli (multi-modal) verileri işleyen verimli teknik ve yenilikçi Yapay Zekâ yaklaşımlarının geliştirilmesi	1,929
11	Sosyal fayda sağlayan (AI for social goods) ve/veya insan merkezli Yapay Zekâ (Human centric AI) uygulamalarının geliştirilmesi	1,908

Tablo 5 - Öncelikli Sektörel Uygulamaların Yapılabilirlik Sıralaması (Delfi İfadesi No: 26-49)

No	Öncelikli Sektörel Uygulama Önerileri	Yapılabilirlik Endeksi
40	Finans ve ticaret alanında geçmiş verileri kullanarak maliyeti azaltan, süreci optimize eden, iş stratejileri üretebilen, arz-talep verimliliğini tahmin edebilen, daha kaliteli ürün ve hizmetlerin geliştirilmesine ve sunulmasına yönelik Yapay Zekâ temelli yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesi	2,388
48	Lojistik sektöründe verimin artırılmasına yönelik en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansa sahip Yapay Zekâ yaklaşımlarının geliştirilmesi	2,375
39	Enerji üretim, iletim ve dağıtım şirketlerine yönelik kayıp/kaçak tespiti yapabilen ve bu sayede enerji kayıp/kaçak oranını %5 altına indirebilecek Yapay Zekâ yöntemlerinin geliştirilmesi	2,346
31	Savunma sanayinde, hedef tespiti/takibi yapabilen Yapay Zekâ algoritmalarının en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansa sahip olacak şekilde geliştirilmesi	2,338
45	Uçak, drone ve diğer hava araçlarındaki otonomi seviyesinin artırılması ve bu araçların sivil uygulamalarda kullanılmasına yönelik Yapay Zekâ temelli sistemlerin geliştirilmesi	2,314
42	Tarım ve hayvancılıkta kalite ve verimin artırılması, iş gücü ve enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansa sahip Yapay Zekâ uygulamalarının geliştirilmesi	2,293
33	Savunma Sanayinde, belirli görevleri icra edebilen, istihbarat ve taktik amaçlı deniz/kara/hava araçlarından oluşan otonom sürülerin en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansla çalışacak şekilde geliştirilmesi	2,290
38	Toplam enerji verimine yönelik enerji tüketim verilerini analiz ederek çeşitli tüketici grupları için tahmin ve optimizasyon önerileri oluşturan Yapay Zekâ temelli sistemlerin geliştirilmesi	2,279
32	Kamu kurumları, stratejik veri tabanları, bankacılık sektörü ve uzaktan erişime açık savunma silah ve donanımlarına erişimler de karşılaşılabilecek siber saldırıların tespiti ve engellenmesi için sistem durdurma/kapatma/askıya alma/son güvenilir durumu devam ettirme gibi kararlarda etkili olabilecek Yapay Zekâ tabanlı uygulamaların geliştirilmesi	2,261
46	Yapay zekâ destekli akıllı şehircilik uygulamalarının en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansa sahip olacak şekilde tasarlanması, çevrim içi bir platform üzerinden takibinin ve erişiminin gerçekleştirilmesi	2,246
35	Nesnelerin internetinden toplanılan verilerin Yapay Zekâ yöntemleri ile işlenmesi ile endüstriyel üretimde en başarılı uygulamaları yakalayacak ve/veya üzerine geçecek şekilde verimin artırılması	2,226
26	Kanser, kalp hastalıkları, alzheimer ve parkinson başta olmak üzere teşhisi zor olan veya erken teşhisi kritik öneme sahip hastalıkların tespiti için her çeşit tıbbi kayıtları kullanan; en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansa sahip Yapay Zekâ algoritmalarının geliştirilmesi	2,195
37	Yapay zekâ yöntemlerinin (doğal dil işleme, sesten metine, metinden sese ve bilgisayar görüşü ve benzeri) yanında diğer güncel dijital teknolojiler (sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve benzeri) kullanılarak; yerinde ve uzaktan teorik/uygulamalı eğitime yönelik e-öğrenme, izleme, ölçme, değerlendirme ve öneri sistemlerinin geliştirilmesi	2,192

No	Öncelikli Sektörel Uygulama Önerileri	Yapılabilirlik Endeksi
41	Yapay zekâ teknolojileri kullanılarak çapalama, ilaçlama, hasat ve benzeri tarımsal işlemleri; en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansla yapacak akıllı ve otonom robot kontrol sistemleri geliştirilmesi	2,192
34	Tarım, tıp, savunma ve diğer birçok endüstriyel alanda kullanılabilecek Yapay Zekâya sahip otonom robotun geliştirilmesi ve seri üretime geçilmesi	2,187
27	Yardımcı sağlık sistemlerinde açıklanabilir Yapay Zekâ yöntemleri ile doktorların hasta başına harcadığı toplam zamanın azaltılması, teşhis ve tedavi süreçlerinin daha etkin hale getirilmesi	2,184
49	Otonom hava/kara/deniz araçlarında, raylı sistemlerde ve ticari araçlarda kullanılacak, sürüş güvenliğini ve otonomi seviyesini artıracak Yapay Zekâ temelli algılama, karar verme ve kontrol yöntemlerinin geliştirilmesi	2,169
43	5G ve sonrası hücresel haberleşme teknolojilerinde iletişim verimliliğinin artırılması, maliyetlerin azaltılması ve tasarım optimizasyonu sağlanmasına yönelik; en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansa sahip Yapay Zekâ yaklaşımlarının geliştirilmesi	2,168
44	Uydu sistemlerinde ve hava araçlarında düşük çözünürlükteki görüntülerde dahi kullanılabilecek, görüntü tanıma ve makine görüşü odaklı, tanıma-tanımlama başarımları yüksek Yapay Zekâ temelli uzaktan algılama sistemlerinin geliştirilmesi	2,158
28	Geçmişe yönelik tüm tanı ve tedavi yöntemleri ve verilerin analizi ile potansiyel hastalık belirleme, durum tahmini ve takip sistemlerinin geliştirilmesi; bu sayede kişisel sağlık takibi, kişiye özel tedavi yöntemleri, asistans hizmeti ve önleyici hekimliğe yardımcı olabilecek veriye dayalı Yapay Zekâ modellerinin geliştirilmesi	2,148
47	Acil durum ve afet yönetiminde farklı verileri değerlendirerek afet riski, durum tespiti, kaynak yönetimi, güvenli bölge tahmini ve sosyal iletişime yardımcı olacak ve can/mal kaybını azaltacak Yapay Zekâ sistemlerinin geliştirilmesi	2,132
36	Havacılıkta ve akıllı üretim sistemlerinde Yapay Zekâ tabanlı kestirimci bakım yaklaşımlarının en başarılı uygulamaları yakalayacak ve/veya üzerine geçecek şekilde geliştirilmesi	2,115
29	İlaç geliştirme çalışmalarının hızlandırılmasına yönelik Yapay Zekâ yöntemlerinin geliştirilmesi	2,109
30	Bulaşıcı hastalıkların tespiti, yayılım tahmini ve yayılmasının önlenmesine yönelik veriye dayalı Yapay Zekâ modelleri geliştirilmesi	2,102

Etki Potansiyeli Endeks Değerleri Sıralamaları

Tablo 6 - Teknolojik Hedef Adaylarının Etki Potansiyeli Sıralamaları (Delfi İfadesi No: 1-10)

No	Teknolojik Hedef Önerileri	Etki Potansiyeli Endeksi
10	Mevcut Yapay Zekâ yöntemlerine alan bilgisinin entegre edilerek, verim ve/veya güvenilirliğin iyileştirildiği algoritmaların geliştirilmesi ve bu algoritmaların çeşitli sektörlerde uygulanması	3,170
6	AutoML (Automated Machine Learning) olarak adlandırılan ve gerçek hayat problemleri üzerinde uygulanacak makine öğrenmesi işlem adımlarını otomatikleştiren ve tüm süreci büyük oranda hızlandıran yerli AutoML altyapılarının / yöntemlerinin geliştirilmesi ve/veya birer servis/hizmet/kütüphane/platform olarak sunulması	3,080
1	Derin denetimli öğrenme yaklaşımıyla, yeni sınıfları az sayıda etiketli veri kullanarak modellemeye yönelik; literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren yenilikçi yaklaşımlar ve/veya tekniklerin geliştirilmesi	3,071
2	Merkezi olarak faaliyet gösterecek ve farklı uygulamalar için kütüphaneler sunacak bir derin öğrenme geliştirme uygulaması ve platformu (Deep Learning as a Service) geliştirilmesi	3,058
8	Kuantum makinelerde çalışabilecek Yapay Zekâ algoritmalarının geliştirilmesi ile çalışma zamanının hızlandırılması ve veriminin artırılması	3,030
4	Etiketli veri gereksinimini etkin şekilde azaltacak ve literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren denetimsiz ve yarı denetimli öğrenmeye yönelik Yapay Zekâ yöntem ve algoritmaların geliştirilmesi	3,013
3	Derin denetimli öğrenme yöntemlerinin açıklanabilirlik düzeyinin en az 4 (DARPA sınıflandırmasıyla) seviyesine veya mevcut dünyadaki seviyenin üzerine yükseltilmesi	2,967
5	Pekiştirmeli derin öğrenme modellerinin eğitimi için yüksek verimliliğe sahip yöntemlerin geliştirilmesi ve literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren gerçek dünya uygulamaların artırılması	2,940
7	Literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren İstatistiksel üretken modellerin geliştirilmesi	2,922
9	Veri toplanmasının zor olduğu problemler için sentetik eğitim verilerini tutarlı ve homojen şekilde sentezleyebilen ve yeni veriler üretebilen hesaplamalı yenilikçi algoritmaların geliştirilmesi	2,823

Tablo 7 - Kritik Ürün/Teknolojilerin Etki Potansiyeli Sıralamaları (Delfi İfadesi No 11-25)

No	Kritik Ürün/Teknoloji Önerileri	Etki Potansiyeli Endeksi
25	Robotik süreç otomasyonunda belirlenecek/işaret edilecek sonuca ulaşmayı sağlayacak eylemleri bir uzmanı izleyerek kendi kendine öğrenebilen literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren robot algoritmalarının geliştirilmesi	3,208
13	Farklı teknoloji grupları veya sektörler için alandan bağımsız gerçek zamanlı bilgisayarlı görü, örüntü tanıma, görüntü işleme ve video işleme tekniklerini kullanan ve literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren algoritmaların geliştirilmesi	3,122
24	Planlama ve tahmin alanlarında literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren yeni Yapay Zekâ yöntemlerin geliştirilmesi	3,083
20	Federe Öğrenme süreçlerinin esnek ve hızlı bir biçimde gerçekleştirilmesine imkân veren, veri mahremiyetine uygun, veri çeşitliliğini destekleyen çok-platformlu, yüksek başarımlı, yerli uygulama geliştirme platformunun oluşturulması	3,076
14	İnsan analizi (cognitive recognition) (duygu analizi, niyet tahmini, psikiyatrik tanılama, fiziksel analiz, etkileşim analizi ve diğer) yapabilen literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren algoritmaların geliştirilmesi	2,998
19	Doğal dil anlama ve doğal dil üretme algoritmalarının literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösterecek şekilde geliştirilmesi	2,966
16	Türkçe'ye özgü bir açık kaynaklı doğal dil işleme platformunun oluşturulması, kapsamlı sayıda kavram ve ifadeler (kelime, deyiş, terim vb.) içerecek bir kavramsal harita oluşturulması	2,962
18	Temel doğal dil işleme algoritmalarının literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösterecek şekilde geliştirilmesi	2,942
11	Sosyal fayda sağlayan (AI for social goods) ve/veya insan merkezli Yapay Zekâ (Human centric AI) uygulamalarının geliştirilmesi	2,939
12	Farklı veri kaynaklarından gelen ve/veya çok kipli (multi-modal) verileri işleyen verimli teknik ve yenilikçi Yapay Zekâ yaklaşımlarının geliştirilmesi	2,910
17	Doğal dil işleme uygulamalarına yönelik mevcut derlemlerin genişletilmesi ve/veya yeni açık kaynak derlemlerin oluşturulması	2,907
23	Türkçe ses tanıma yönelik etiketlenmiş ses derlemlerinin oluşturulması ile Türkçede standart bir konuşma tanıma başarımlarının geliştirilmesi	2,817
22	Mevcut yaklaşımlara kıyasla daha başarılı çalışan Türkçe'ye özel konuşma sentezleme yaklaşımlarının geliştirilmesi	2,815
15	Veri büyüklüğünün çok fazla olduğu mahrem alanlarda diferansiyel mahremiyet ile verilerin anonimleştirilmesine yönelik yenilikçi algoritmaların geliştirilmesi	2,813
21	Mevcut yaklaşımlara kıyasla daha başarılı çalışan Türkçe'ye özel konuşma tanıma yaklaşımlarının geliştirilmesi	2,796

Tablo 8 - Öncelikli Sektörel Uygulamaların Etki Potansiyeli Sıralamaları (Delfi İfadesi No: 26-49)

No	Öncelikli Sektörel Uygulama Önerileri	Etki Potansiyeli Endeksi
34	Tarım, tıp, savunma ve diğer birçok endüstriyel alanda kullanılacak Yapay Zekâya sahip otonom robotun geliştirilmesi ve seri üretime geçilmesi	3,389
41	Yapay zekâ teknolojileri kullanılarak çapalama, ilaçlama, hasat ve benzeri tarımsal işlemleri; en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansla yapacak akıllı ve otonom robot kontrol sistemleri geliştirilmesi	3,384
42	Tarım ve hayvancılıkta kalite ve verimin artırılması, iş gücü ve enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansla sahip Yapay Zekâ uygulamalarının geliştirilmesi	3,349
29	İlaç geliştirme çalışmalarının hızlandırılmasına yönelik Yapay Zekâ yöntemlerinin geliştirilmesi	3,334
35	Nesnelerin internetinden toplanılan verilerin Yapay Zekâ yöntemleri ile işlenmesi ile endüstriyel üretimde en başarılı uygulamaları yakalayacak ve/veya üzerine geçecek şekilde verimin artırılması	3,223
31	Savunma sanayinde, hedef tespiti/takibi yapabilen Yapay Zekâ algoritmalarının en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansla sahip olacak şekilde geliştirilmesi	3,215
49	Otonom hava/kara/deniz araçlarında, raylı sistemlerde ve ticari araçlarda kullanılacak, sürüş güvenliğini ve otonomi seviyesini artıracak Yapay Zekâ temelli algılama, karar verme ve kontrol yöntemlerinin geliştirilmesi	3,195
28	Geçmişe yönelik tüm tanı ve tedavi yöntemleri ve verilerin analizi ile potansiyel hastalık belirleme, durum tahmini ve takip sistemlerinin geliştirilmesi; bu sayede kişisel sağlık takibi, kişiye özel tedavi yöntemleri, asistans hizmeti ve önleyici hekimliğe yardımcı olabilecek veriye dayalı Yapay Zekâ modellerinin geliştirilmesi	3,186
46	Yapay zekâ destekli akıllı şehircilik uygulamalarının en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansla sahip olacak şekilde tasarlanması, çevrim içi bir platform üzerinden takibinin ve erişiminin gerçekleştirilmesi	3,177
40	Finans ve ticaret alanında geçmiş verileri kullanarak maliyeti azaltan, süreci optimize eden, iş stratejileri üretebilen, arz-talep verimliliğini tahmin edebilen, daha kaliteli ürün ve hizmetlerin geliştirilmesine ve sunulmasına yönelik Yapay Zekâ temelli yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesi	3,176
26	Kanser, kalp hastalıkları, alzheimer ve parkinson başta olmak üzere teşhisi zor olan veya erken teşhisi kritik öneme sahip hastalıkların tespiti için her çeşit tıbbi kayıtları kullanan; en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansla sahip Yapay Zekâ algoritmalarının geliştirilmesi	3,173
27	Yardımcı sağlık sistemlerinde açıklanabilir Yapay Zekâ yöntemleri ile doktorların hasta başına harcadığı toplam zamanın azaltılması, teşhis ve tedavi süreçlerinin daha etkin hale getirilmesi	3,166
32	Kamu kurumları, stratejik veri tabanları, bankacılık sektörü ve uzaktan erişime açık savunma silah ve donanımlarına erişimler de karşılaşılabilecek siber saldırıların tespiti ve engellenmesi için sistem durdurma/kapatma/askıya alma/son güvenilir durumu devam ettirme gibi kararlarda etkili olabilecek Yapay Zekâ tabanlı uygulamaların geliştirilmesi	3,163
43	5G ve sonrası hücresel haberleşme teknolojilerinde iletişim verimliliğinin artırılması, maliyetlerin azaltılması ve tasarım optimizasyonu sağlanmasına yönelik; en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansla sahip Yapay Zekâ yaklaşımlarının geliştirilmesi	3,157

No	Öncelikli Sektörel Uygulama Önerileri	Etki Potansiyeli Endeksi
30	Bulaşıcı hastalıkların tespiti, yayılım tahmini ve yayılmasının önlenmesine yönelik veriye dayalı Yapay Zekâ modelleri geliştirilmesi	3,155
37	Yapay zekâ yöntemlerinin (doğal dil işleme, sestten metine, metinden sese ve bilgisayar görüşü ve benzeri) yanında diğer güncel dijital teknolojiler (sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve benzeri) kullanılarak; yerinde ve uzaktan teorik/uygulamalı eğitime yönelik e-öğrenme, izleme, ölçme, değerlendirme ve öneri sistemlerinin geliştirilmesi	3,145
38	Toplam enerji verimine yönelik enerji tüketim verilerini analiz ederek çeşitli tüketici grupları için tahmin ve optimizasyon önerileri oluşturan Yapay Zekâ temelli sistemlerin geliştirilmesi	3,141
45	Uçak, drone ve diğer hava araçlarındaki otonomi seviyesinin artırılması ve bu araçların sivil uygulamalarda kullanılmasına yönelik Yapay Zekâ temelli sistemlerin geliştirilmesi	3,138
33	Savunma Sanayinde, belirli görevleri icra edebilen, istihbarat ve taktik amaçlı deniz/kara/hava araçlarından oluşan otonom sürülerin en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansla çalışacak şekilde geliştirilmesi	3,116
39	Enerji üretim, iletim ve dağıtım şirketlerine yönelik kayıp/kaçak tespiti yapabilen ve bu sayede enerji kayıp/kaçak oranını %5 altına indirebilecek Yapay Zekâ yöntemlerinin geliştirilmesi	3,095
48	Lojistik sektöründe verimin artırılmasına yönelik en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansa sahip Yapay Zekâ yaklaşımlarının geliştirilmesi	3,083
36	Havacılıkta ve akıllı üretim sistemlerinde Yapay Zekâ tabanlı kestirimci bakım yaklaşımlarının en başarılı uygulamaları yakalayacak ve/veya üzerine geçecek şekilde geliştirilmesi	3,018
47	Acil durum ve afet yönetiminde farklı verileri değerlendirerek afet riski, durum tespiti, kaynak yönetimi, güvenli bölge tahmini ve sosyal iletişime yardımcı olacak ve can/mal kaybını azaltacak Yapay Zekâ sistemlerinin geliştirilmesi	3,013
44	Uydu sistemlerinde ve hava araçlarında düşük çözünürlükteki görüntülerde dahi kullanılabilecek, görüntü tanıma ve makine görüşü odaklı, tanıma-tanımlama başarımı yüksek Yapay Zekâ temelli uzaktan algılama sistemlerinin geliştirilmesi	2,962

Ülkemizde Yapay Zeka Teknolojilerinin İlerlemesine Yönelik Kritik Hususlar

Yapay Zekâ teknolojilerinin ilerlemesi, belirlenen teknolojik hedeflere erişilmesi ve ülkemizde yapay zekâ temelli yenilikçi sektörel uygulamaların ortaya çıkmasına ilişkin, çözümlenmesi gereken 3 kritik husus; Danışma ve Odak Gruplarındaki akademisyenler, araştırmacılar ve sanayi temsilcileri tarafından tespit edilmiştir. Ülkemizde yapay zekâ alanında Ar-Ge ve yenilik çalışmalarının dünyadaki seviyeyi yakalaması amacıyla veriye erişim ve hesaplama altyapılarının iyileştirilmesi; halihazırda açık kaynak kütüphanelerinden elde edilen algoritmaların yerleştirilmesi yoluna gidilmesi elzemdir.

1. Veri Altyapısının ve Veriye Erişimin İyileştirilmesi

Yapay zekâ algoritmalarının dünyadaki başarılı örneklerin performansına erişmesi ve üzerine geçmesi, çoğunlukla erişilen verinin büyüklüğü ve kalitesine bağlıdır. Bu sebeple özellikle

sektörel verilerin yapay zekâ alanında araştırma, geliştirme ve sektörel uygulama çalışmaları yapan akademisyenlerin ve araştırmacıların erişimine açılması; ülkemizin bu alandaki ilerlemesini doğrudan etkileyecek olan bir faktördür. Özellikle sağlık, eğitim, enerji gibi alanlarda kamu verilerinin bir merkezde toplanması ve Ar-Ge çalışmalarında kullanılmak üzere erişime açılması gerekmektedir. KVKK'nın bu yönde güncellenmesi çalışmalarının, tüm taraflarla birlikte ivedilikle tamamlanması gerekmektedir.

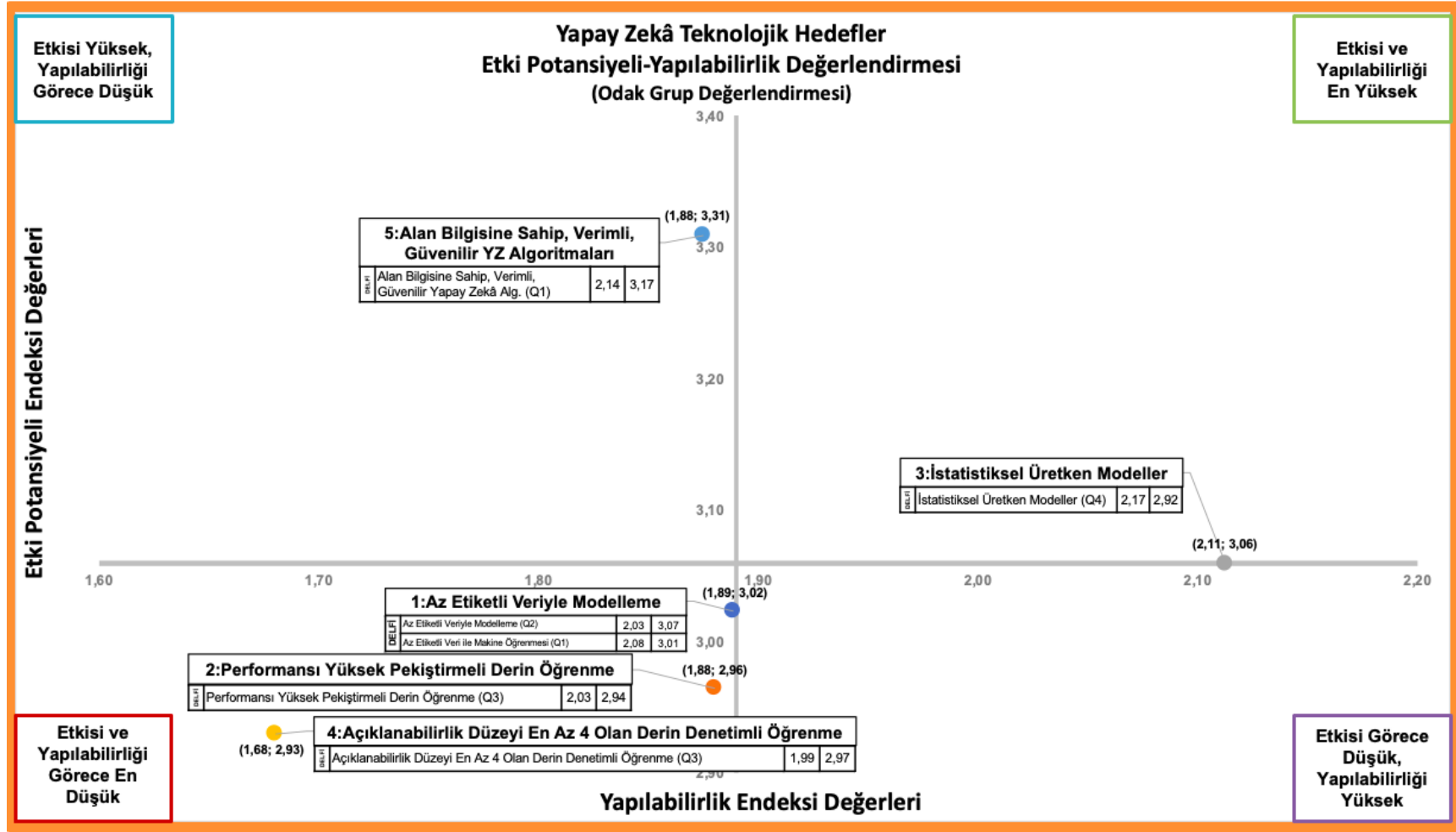
2. Hesaplama Altyapılarının İyileştirilmesi

Yapay zekâ alanında yapılan çalışmaların bazılarında, özellikle büyük veri işleme kapasitesinin gerekliliği söz konusu olduğunda, yüksek performanslı hesaplama (HPC) altyapılarına erişim önemli bir etmen haline gelmektedir. Ülkemizde TÜBİTAK ULAKBİM tarafından kurulan “Yüksek Başarımli ve Grid Hesaplama Merkezi”, ülkemizdeki tüm araştırma kurumları ve araştırmacılarımıza yüksek başarımli hesaplama ve veri depolama alanı sağlayan ulusal bir merkezdir. Bu merkez, TÜBİTAK Bilim Kurulu kararı ile Türk Ulusal Bilim e-Altyapısı (TRUBA) ismi ile anılmaktadır. Araştırmacılarımızın ulusal ve uluslararası alanlarda meslektaşları ile rekabet edebilmeleri için ihtiyaç duyulan hesaplama ve veri depolama kaynaklarının, genişletilerek güçlendirilmesi hedeflenmektedir. Buna ek olarak, ülkemiz Avrupa Yüksek Başarımli Hesaplama Merkezi'ne (EuroHPC) Ekim 2020 itibarıyla üye olmuştur. Ülkemizdeki akademisyenlerin, araştırmacıların ve özel sektörün kolaylıkla erişim sağlayabileceği hesaplama altyapılarının, sayılarının ve kapasitelerinin artırılması, bu alandaki çalışmaları ivmelendirecektir.

3. Açık Kaynak Kütüphanelerinin Getirdiği Riskler

Günümüzde yapılan birçok yapay zekâ çalışması, uluslararası kuruluşların sundukları açık kaynak kütüphanelerinden edinilen algoritmalarla yapılmaktadır. Bu çalışmalar ilerledikçe ve başarılı uygulamalarla ülkelere ekonomik katma değer sağlamaya başladıkça, açık kaynak kütüphanelerinde erişime sunulan algoritmaların kapanmasının söz konusu olabileceği öngörülmektedir. Bu sebeple, özellikle tespit edilen kritik ürün/teknolojilere ilişkin açık kaynak olarak sunulan ürünler bulunsa bile yerileştirme çalışmalarının yapılması önem arz etmektedir.

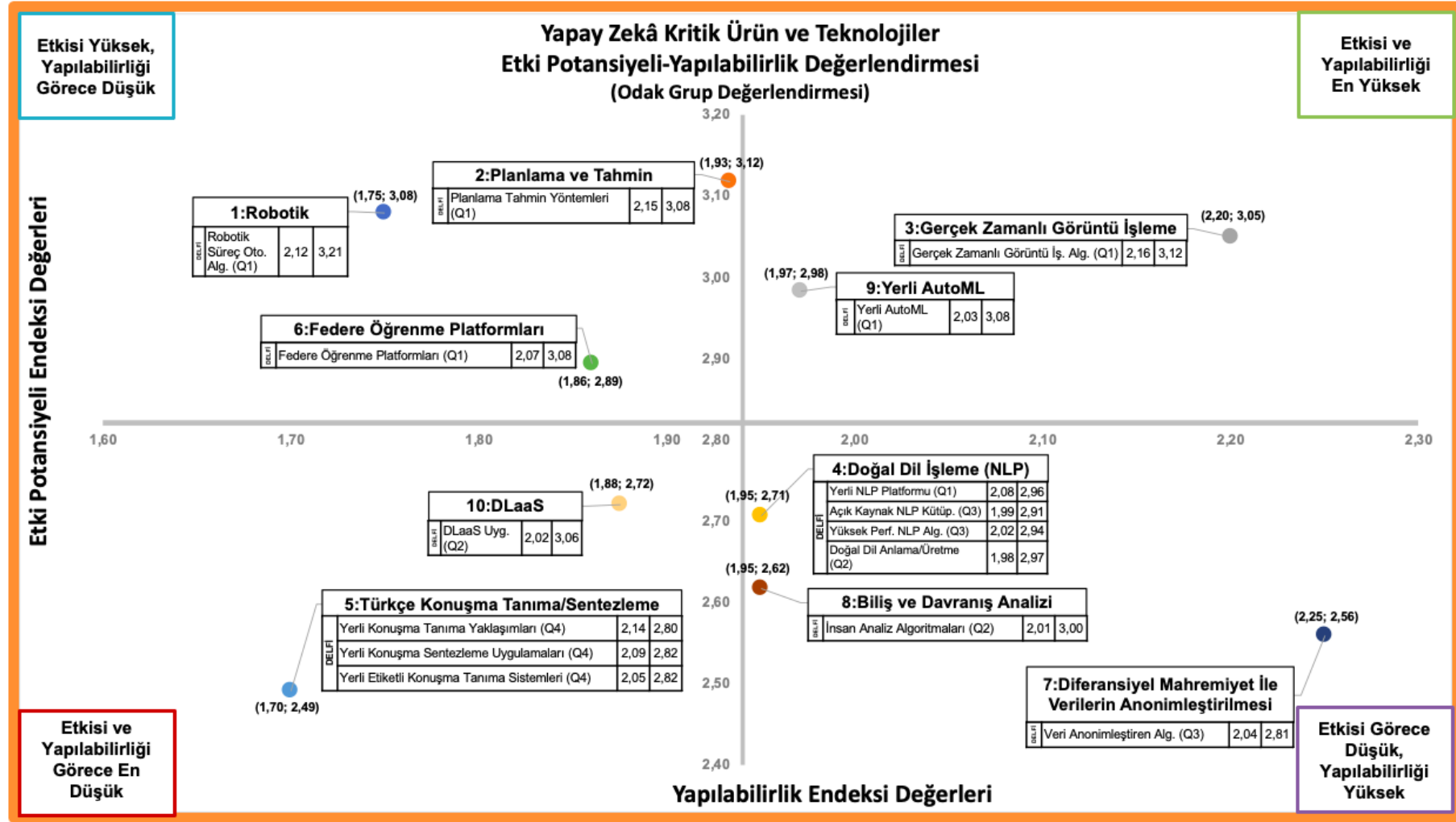
Etki Potansiyeli ve Yapılabilirlik Kuadrantları (Delfi ve Odak Grup Değerlendirmeleri)



Şekil 27 - Teknolojik Hedef Adaylarının Etki Potansiyeli ve Yapılabilirlik Kuadrantı^{1,2}

¹ Tüm kuadrantlarda Etki Potansiyeli ve Yapılabilirlik eksenleri, medyan değerlerinde kesişmektedir.

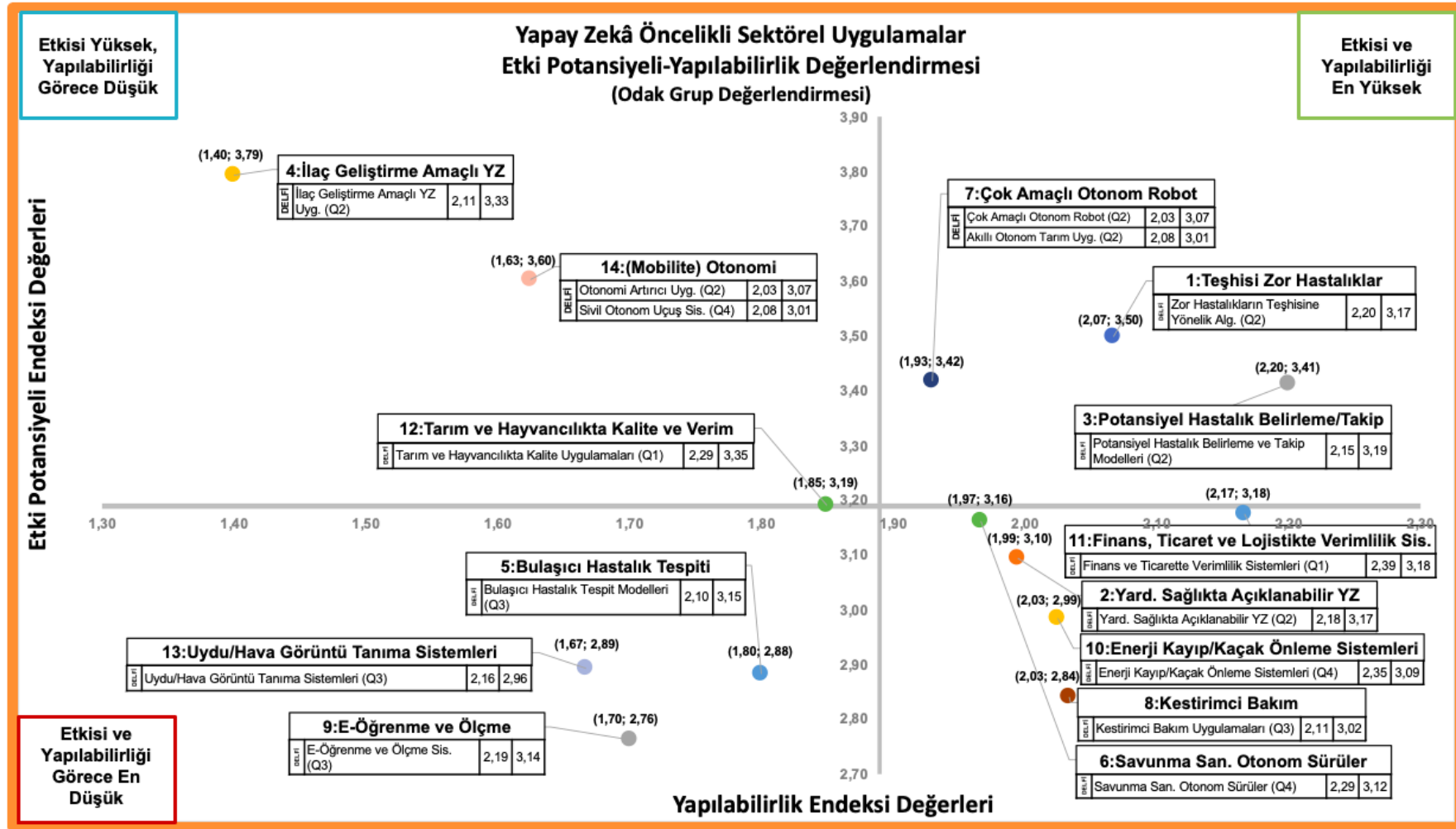
² Her etiketin altında, ilgili ifadenin delfi anketi değerlendirmesine göre hesaplanan yapılabilirlik ve etki potansiyeli ortalamaları da verilmiştir. Delfi değerlendirmesinden sonra Danışma Grubu toplantısında birleştirilen ifadeler de bu sayede görülebilmektedir.



Şekil 28 - Kritik Ürün/Teknoloji Adaylarının Etki Potansiyeli ve Yapılabilirlik Kuadrantı^{3,4}

³ Tüm kuadrantlarda Etki Potansiyeli ve Yapılabilirlik eksenleri, medyan değerlerinde kesişmektedir.

⁴ Her etiketin altında, ilgili ifadenin delfi anketi değerlendirmesine göre hesaplanan yapılabilirlik ve etki potansiyeli ortalamaları da verilmiştir. Delfi değerlendirmesinden sonra Danışma Grubu toplantısında birleştirilen ifadeler de bu sayede görülebilmektedir.



Şekil 29 - Öncelikli Sektörel Uygulama Adaylarının Etki Potansiyeli ve Yapılabilirlik Kuadrantı^{5,6}

⁵ Tüm kuadrantlarda Etki Potansiyeli ve Yapılabilirlik eksenleri, medyan değerlerinde kesişmektedir.

⁶ Her etiketin altında, ilgili ifadenin delfi anketi değerlendirmesine göre hesaplanan yapılabilirlik ve etki potansiyeli ortalamaları da verilmiştir. Delfi değerlendirmesinden sonra Danışma Grubu toplantısında birleştirilen ifadeler de bu sayede görülebilmektedir.

Beşinci adım olarak, Danışma Grubu 8 Temmuz 2020'de çevrim içi ortamda tekrar toplanmış ve delfi analizinin bulguları ışığında teknoloji yol haritasında yer alacak teknoloji temelli stratejik hedefleri ve öncelikli sektörel uygulamaları oluşturmuşlardır. Grup çalışmasında, 3 katmanda yer alan 49 hedef/ihtiyaç ifadesin etki ve yapılabirlik bulguları açılardan değeriendirilmiş ve 29 hedef/ihtiyaç seçilmiştir (1.katmanda 7 hedef önerisi, 2.katmanda 8 hedef önerisi, 3.katmanda 14 ihtiyaç önerisi). Yapay Zekâ Teknoloji Yol Haritasında yer alan nihai hedefler ve ihtiyaçlar Tablo 7, 8 ve 9'da verilmiştir:

Tablo 9 - Danışma Grubunun İkinci Toplantısında Mutabık Kalınan Teknolojik Hedefler (Katman 1)

No	Kısa Başlık	Uzun Başlık
1	Az Etiketli Veriyle Modelleme	Yeni sınıfları veya kavramları az sayıda etiketli veri kullanarak modellemeye yönelik; literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren yenilikçi yaklaşımlar (denetimli, yarı-denetimli, denetimsiz, meta-öğrenme vb.) ve/veya tekniklerin geliştirilmesi
2	Performansı Yüksek Pekiştirmeli Derin Öğrenme	Pekiştirmeli derin öğrenme modellerinin eğitimi için yüksek verimliliğe sahip yöntemlerin geliştirilmesi ve literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren gerçek dünya uygulamaların artırılması
3	İstatistiksel Üretken Modeller	AutoML (Automated Machine Learning) olarak adlandırılan ve gerçek hayat problemleri üzerinde uygulanacak makine öğrenmesi işlem adımlarını otomatikleştiren, uygulamalar için kütüphaneler sunan ve tüm süreci büyük oranda hızlandıran yerli AutoML altyapılarının / yöntemlerinin geliştirilmesi ve/veya birer servis/hizmet/kütüphane/platform olarak sunulması
4	Açıklanabilirlik Düzeyi En Az 4 Olan Derin Denetimli Öğrenme	Derin denetimli öğrenme yöntemlerinin açıklanabilirlik düzeyinin en az 4 (DARPA sınıflandırmasıyla) seviyesine veya mevcut dünyadaki seviyenin üzerine yükseltilmesi
5	Alan Bilgisine Sahip, Verimli, Güvenilir Modeller	Mevcut Yapay Zekâ yöntemlerine alan bilgisinin entegre edilerek, verim ve/veya güvenilirliğin iyileştirildiği algoritmaların geliştirilmesi ve bu algoritmaların çeşitli sektörlerde uygulanması

Tablo 10 - Danışma Grubunun İkinci Toplantısında Mutabık Kalınan Kritik Ürün ve Teknolojiler (Katman 2)

No	Kısa Başlık	Uzun Başlık
1	Akıllı Robotik	Belirlenecek/işaret edilecek sonuca ulaşmayı sağlayacak eylemleri bir uzmanı izleyerek kendi kendine öğrenebilen literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren robot algoritmalarının geliştirilmesi
2	Planlama ve Tahmin	Planlama ve tahmin alanlarında literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren yeni Yapay Zekâ yöntemlerin geliştirilmesi
3	Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme	Farklı teknoloji grupları veya sektörler için alandan bağımsız gerçek zamanlı bilgisayarlı görü, örüntü tanıma, görüntü işleme, video işleme ve çok kipli veri işlemeye yönelik, literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren algoritmaların geliştirilmesi
4	Doğal Dil İşleme (NLP)	Türkçe öncelikli olmak üzere, açık kaynaklı doğal dil işleme kaynaklarının (derlem, thesaurus vb.) ve doğal dil anlama/üretme uygulamalarının en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösterecek şekilde oluşturulması/geliştirilmesi
5	Türkçe Konuşma Tanıma/Sentezleme	Mevcut yaklaşımlara kıyasla daha başarılı çalışan Türkçe'ye özel konuşma tanıma/sentezleme yaklaşımlarının geliştirilmesi ve etiketlenmiş ses derlemelerinin oluşturulması ile Türkçede standart bir konuşma tanıma başarımlarının geliştirilmesi
6	Federe Öğrenme Platformları	Federe Öğrenme süreçlerinin esnek ve hızlı bir biçimde gerçekleştirilmesine imkân veren, veri mahremiyetine uygun, veri çeşitliliğini destekleyen çok-platformlu, yüksek başarımlı, yerli uygulama geliştirme platformunun oluşturulması
7	Diferansiyel Mahremiyet ile Verilerin Anonimleştirilmesi	Veri büyüklüğünün çok fazla olduğu mahrem alanlarda diferansiyel mahremiyet ile verilerin anonimleştirilmesine yönelik yenilikçi algoritmaların geliştirilmesi
8	Biliş ve Davranış Analizi	Biliş ve davranış gibi insan kaynaklı verilerin analizlerini (duygu analizi, niyet tahmini, psikiyatrik tanılama, etkileşim analizi, fiziksel analiz, algı analizi vb.) yapabilen, öğrenebilen ve muhakeme yapabilen literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren modellerin geliştirilmesi
9	Yerli AutoML	AutoML (Automated Machine Learning) olarak adlandırılan ve gerçek hayat problemleri üzerinde uygulanacak makine öğrenmesi işlem adımlarını otomatikleştiren, uygulamalar için kütüphaneler sunan ve tüm süreci büyük oranda hızlandıran yerli AutoML altyapılarının / yöntemlerinin geliştirilmesi ve/veya birer servis/hizmet/kütüphane/platform olarak sunulması
10	DLaaS	Merkezi olarak faaliyet gösterecek ve farklı uygulamalar için kütüphaneler sunacak bir derin öğrenme geliştirme uygulaması ve platformu (Deep Learning as a Service) geliştirilmesi

Tablo 11 - Danışma Grubunun İkinci Toplantısında Mutabık Kalınan Öncelikli Sektörel İhtiyaçlar (Katman 3)

No	Kısa Başlık	Uzun Başlık
1	Teşhisi Zor Hastalıklar	Kanser, kalp hastalıkları, alzheimer ve parkinson başta olmak üzere teşhisi zor olan veya erken teşhisi kritik öneme sahip hastalıkların tespiti için her çeşit tıbbi kayıtları kullanan; en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansa sahip Yapay Zekâ algoritmalarının geliştirilmesi
2	Yardımcı Sağlıkta Açıklanabilir Yapay Zekâ	Yardımcı sağlık sistemlerinde açıklanabilir Yapay Zekâ yöntemleri ile doktorların hasta başına harcadığı toplam zamanın azaltılması, teşhis ve tedavi süreçlerinin daha etkin hale getirilmesi
3	Potansiyel Hastalık Belirleme/Takip	Geçmiş sağlık verilerin analizi ile kişiye özel potansiyel hastalık belirleme, durum tahmini ve takip sistemlerinin geliştirilmesi; bu sayede kişisel sağlık takibi, kişiye özel tedavi yöntemleri, asistans hizmeti ve önleyici hekimliğe yardımcı olabilecek veriye dayalı Yapay Zekâ modellerinin geliştirilmesi
4	İlaç Geliştirme	İlaç geliştirme çalışmalarının hızlandırılmasına yönelik Yapay Zekâ yöntemlerinin geliştirilmesi
5	Bulaşıcı Hastalık Tespiti	Bulaşıcı hastalıkların tespiti, yayılım tahmini ve yayılmasının önlenmesine yönelik veriye dayalı Yapay Zekâ modelleri geliştirilmesi
6	Otonom Sürüler	Savunma Sanayinde, belirli görevleri icra edebilen, istihbarat ve taktik amaçlı deniz/kara/hava araçlarından oluşan otonom sürülerin en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansla çalışacak şekilde geliştirilmesi
7	Çok Amaçlı Otonom Robot	Tarım (çapalama, ilaçlama, hasat vb.), tıp, savunma ve diğer birçok endüstriyel alanda kullanılabilecek en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansa sahip, Yapay Zekâ temelli, akıllı ve otonom robot kontrol sistemleri geliştirilmesi
8	Kestirimci Bakım	Havacılıkta ve akıllı üretim sistemlerinde Yapay Zekâ tabanlı kestirimci bakım yaklaşımlarının en başarılı uygulamaları yakalayacak ve/veya üzerine geçecek şekilde geliştirilmesi
9	E-Öğrenme ve Ölçme	Yapay zekâ yöntemlerinin (doğal dil işleme, sesten metine, metinden sese ve bilgisayar görüşü ve benzeri) yanında diğer güncel dijital teknolojiler (sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve benzeri) kullanılarak; yerinde ve uzaktan teorik/uygulamalı eğitime yönelik e-öğrenme, izleme, ölçme, değerlendirme ve öneri sistemlerinin geliştirilmesi
10	Enerji Kayıp/Kaçak Önleme Sistemleri	Enerji üretim, iletim ve dağıtım şirketlerine yönelik kayıp/kaçak tespiti yapabilen ve bu sayede enerji kayıp/kaçak oranını azaltabilecek Yapay Zekâ yöntemlerinin geliştirilmesi
11	Finans, Ticaret ve Lojistikte Verimlilik Sistemleri	Finans, ticaret ve lojistik alanında geçmiş verileri kullanarak maliyeti azaltan, süreci optimize eden, iş stratejileri üretebilen, arz-talep verimliliğini tahmin edebilen, daha kaliteli ürün ve hizmetlerin geliştirilmesine ve sunulmasına yönelik Yapay Zekâ temelli yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesi

No	Kısa Başlık	Uzun Başlık
12	Tarım ve Hayvancılıkta Kalite ve Verim	Tarım ve hayvancılıkta kalite ve verimin artırılması, iş gücü ve enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik en başarılı uygulamaları yakalayan ve/veya üzerine geçen performansa sahip Yapay Zekâ uygulamalarının geliştirilmesi
13	Uydu ve Hava Görüntü Tanıma Sistemleri	Uydu sistemlerinde ve hava araçlarında düşük çözünürlükteki görüntülerde dahi kullanılabilecek, görüntü tanıma ve makine görüşü odaklı, tanıma-tanımlama başarımı yüksek Yapay Zekâ temelli uzaktan algılama sistemlerinin geliştirilmesi
14	(Mobilité) Otonomi	Sivil kullanım amaçlı otonom hava/kara/deniz araçlarında, raylı sistemlerde ve ticari araçlarda kullanılacak, sürüş güvenliğini ve otonomi seviyesini artıracak Yapay Zekâ temelli sistemlerin geliştirilmesi

Bu çalışmayı müteakip, Danışma Grubu üyeleri ile eşgüdüm içerisinde katmanlar arası ilişkiler belirlenerek, kritik ürün/teknolojiler ile öncelikli sektörel uygulamalar arasında ilişkiler kurulmuştur (Şekil 30).

No	Seçilen Kritik Ürün Kısa Adı	İlişkili Olduğu Öncelikli Sektörel Uygulamalar
1	Robotik	6, 7, 12, 14
2	Planlama ve Tahmin	6, 7, 8, 10, 11, 12, 14
3	Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme	1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 14
4	Doğal Dil İşleme (NLP)	2, 5, 7, 9, 11, 14
5	Türkçe Konuşma Tanıma/ Sentezleme	1, 2, 5, 7, 9, 11, 14
6	Federe Öğrenme Platformları	1, 2, 3, 5, 8, 9, 11,
7	Diferansiyel Mahremiyet İle Verilerin Anonimleştirilmesi	1, 2, 5, 9, 11,
8	Biliş ve Davranış Analizi	1, 2, 3, 5, 9, 11, 12,
9	Yerli AutoML	1, 3, 4, 8, 9, 11,
10	DLaaS	1, 3, 8, 9, 11,

No	Seçilen Öncelikli Sektörel Uyg. Kısa Adı
1	Teşhisi Zor Hastalıklar
2	Yard. Sağlıkta Açıklanabilir YZ
3	Potansiyel Hastalık Belirleme/Takip
4	İlaç Geliştirme Amaçlı YZ
5	Bulaşıcı Hastalık Tespiti
6	Savunma San. Otonom Sürüler
7	Çok Amaçlı Otonom Robot
8	Kestirimci Bakım
9	E-Öğrenme ve Ölçme
10	Enerji Kayıp/Kaçak Önleme Sistemleri
11	Finans, Ticaret ve Lojistikte Verimlilik Sistemleri
12	Tarım ve Hayvancılıkta Kalite ve Verim
13	Uydu/Hava Görüntü Tanıma Sistemleri
14	(Mobilité) Otonomi

Şekil 30 - Katmanlar Arası İlişkiler

Ekim 2020'de, teknoloji yol haritasında yer alan 29 hedef/sektörel uygulamanın teknik isterlerinin belirlenmesi, somut Ar-Ge-yenilik projelerinin ve uygun işbirliği modellerinin ortaya konması, Ar-Ge-yenilik faaliyetlerinin ivme kazanması için ihtiyaç duyulan diğer konularının belirlenmesi amacıyla toplam 6 odak grup oluşturulmuştur. Odak grup üyelerinden çevrim içi katkı almak amacıyla çevrim içi form doldurma sistemi oluşturulmuştur ve bu sistemin kullanımıyla beklenen katkılara yönelik olarak tüm odak grup üyelerinin katıldığı çevrim içi bir bilgilendirme toplantısı düzenlenmiştir. Bu toplantıda üyelere katkı formları ve süreç hakkında bilgi verilmiştir. Üyelere Kasım-Aralık 2020 tarihleri arasında katkı verebilme imkânı sağlanmıştır.

1. Katman: Teknolojik Hedefler	2. Katman: Kritik Ürün ve Teknolojiler	3. Katman Sektörel Uygulamalar
• Yenilikçi Özellikler, Performans Kriterleri, Teknik Metrikler • Biraraya Gelmesi Gereken Disiplinler • Zaman • Kriterler Bazında Yetkinlik Değerlendirmesi • Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Değerlendirmesi • Türkiye'deki THS • Dünyadaki THS • Ar-Ge ve Yenilik Çalışmaları / İşbirlikleri • Bütçe Öngörüsü • Ürünleşme/Ticarileşmeyi Destekleyici Konularda Yapılması Gerekenler	• Yenilikçi Özellikler, Performans Kriterleri, Teknik Metrikler • Zaman • Kriterler Bazında Yetkinlik Değerlendirmesi • Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Değerlendirmesi • Türkiye'deki THS • Dünyadaki THS • Ar-Ge ve Yenilik Çalışmaları / İşbirlikleri • Bütçe Öngörüsü • Ürünleşme/Ticarileşmeyi Destekleyici Konularda Yapılması Gerekenler	• Ekonomik/Toplumsal Katma Değer • Zaman • Kriterler Bazında Yetkinlik Değerlendirmesi • Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Değerlendirmesi • Türkiye'deki THS • Dünyadaki THS • Ar-Ge ve Yenilik Çalışmaları / İşbirlikleri • Bütçe Öngörüsü • Ürünleşme/Ticarileşmeyi Destekleyici Konularda Yapılması Gerekenler

Şekil 31 - Odak Grup Üyelerinden Çevrim İçi Alınan Katkılar

Yazılım içerikli teknolojik ilerlemede temel alınan Teknoloji Hazırlık Seviyeleri aşağıda verilmiştir:

- THS 1 - Temel Bilimsel Araştırmalar: Yazılım ürününün matematiksel formülasyonları ve temel özelliklerine ilişkin bilimsel bilginin geliştirildiği aşamadır.
- THS 2 - Temel Bilimsel Araştırmalardan Yazılım Konsepti Tasarımı: Yazılım konseptinin, temel özelliklerinin ve modellemeyle sınıranan potansiyel uygulamalarının formüle edildiği aşamadır.
- THS 3 - Yazılımın kritik performans özelliklerinin doğrulanması amacıyla, entegre edilmemiş yazılım bileşenleri kullanılarak, sınırlı işlevselliğin (limited functionality) geliştirildiği aşamadır.
- THS 4 - Yazılımın kritik bileşenlerinin entegre edildiği, fonksiyonellik bakımından doğrulandığı, bir arada çalışabilirliğin (interoperability) ve sistem mimarisinin geliştirilmeye başlandığı aşamadır.
- THS 5 - Simüle edilmiş (benzetimli) ortamda, uçtan uca yazılım unsurlarının (işlevler/modüller) entegre edildiği, arayüzlerin geliştirildiği ve fiziki gösteriminin (demonstration) yapıldığı aşamadır.
- THS 6 - Yazılım prototipinin tasarlandığı, tam ölçekteki gerçekçi problemler ile test edildiği ve fiziki gösteriminin (demonstration) yapıldığı aşamadır. (Yazılımın ön versiyonu - Alpha version)
- THS 7 - Gerçek (Operasyonel) Ortamda Yazılım Prototipinin Fiziki Gösterimi: Yazılım prototipinin gerçek (operasyonel) ortamda tüm fonksiyonlarının fiziki gösteriminin (demonstration) yapıldığı aşamadır. (Yazılımın çalışır versiyonu - Beta version)
- THS 8 - Gerçek Ortamda Yazılım Performans Değerlendirmesi ve Belgelendirmesi: Yazılımın geliştirme sürecinin tamamlandığı, belgelendirildiği ve son halinin beklenen koşullar altında çalışır durumda olduğu aşamadır. (Yazılımın ilk versiyonu - v.1.0)

- THS 9 - Gerçek Ortamda Başarı ile Performans Gösteren Yazılım: Geliştirilen teknoloji/sistemin gerçek ortamında çalışır durumda olduğunun kanıtlandığı aşamadır.

Teknoloji Yol Haritasının içeriği, Odak Grup Üyelerinin katkılarıyla hazırlanmıştır. Her teknolojik hedef, kritik ürün/teknoloji ve sektörel uygulamaya özel içerik, sırasıyla sonraki bölümlerde verilmektedir.

TEKNOLOJİ HAZIRLIK SEVİYESİ (THS)-ZAMAN-BÜTÇE-PERSONEL PLANLAMALARI

Tüm Hedef, Teknoloji ve Uygulamalar																
Katman	No	THS		2022	2023	2024	2025	2026	2027	Sektör	Proje Başına*					
		Türkiye	Dünya								Bütçe	Personel Bütçesi	Adam-Ay	Personel Sayısı	Yüksek Lisanslı + Doktoralı Sayısı	
Teknolojik Hedefler	1	THS 2-3	THS 5-8	Az Etiketli Veriyle Modelleme							-	5 milyon TL	4.5 milyon TL	340	20	5
	2	THS 2-4	THS 7	Performansı Yüksek Pekİstirmeli Derin Öğrenme							-	5-7 milyon TL	2.5-3.5 milyon TL	145-245	11-15	3-4
	3	THS 2-4	THS 4-9	İstatistiksel Üretken Modeller							-	6 milyon TL	5.3 milyon TL	429	24	6
	4	THS 2	THS 3-5	Açıklanabilirlik Düzeyi En Az 4 Olan Der. Den. Öğr.							-	7 milyon TL	6.2 milyon TL	518	28	7
	5	THS 4-9	THS 9	Alan Bilgisine Sahip, Verimli, Güvenilir Modeller							-	3-10 milyon TL	2.7-5 milyon TL	162-395	12-22	3-6
Kritik Ürün ve Teknolojiler	1	THS 2-3	THS 5	Akıllı Robotik							-	7-10 milyon TL	3.5-5 milyon TL	245-395	15-22	4-6
	2	THS 2-4	THS 9	Planlama ve Tahmin							-	3-6 milyon TL	2.7-5.3 milyon TL	162-429	12-24	3-6
	3	THS 2-3	THS 6-9	Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme							-	10 milyon TL	5 milyon TL	395	22	6
	4	THS 3-4	THS 8-9	Doğal Dil İşleme (NLP)							-	5 milyon TL	4.5 milyon TL	340	20	5
	5	THS 3-9	THS 9	Türkçe Konuşma Tanıma/Sentez							-	10 milyon TL	5 milyon TL	395	22	6
	6	THS 1-3	THS 5-6	Federe Öğrenme Platformları							-	5 milyon TL	4.5 milyon TL	340	20	5
	7	THS 1-3	THS 7-9	Diferansiyel Mahremiyet ile Verilerin Anonimleştirilmesi							-	5-7 milyon TL	4.5-6.2 milyon TL	340-518	20-28	5-7
	8	THS 2-3	THS 5-6	Biliş ve Davranış Analizi							-	5-8 milyon TL	4.5-7.1 milyon TL	340-607	20-31	5-8
	9	THS 2-6	THS 9	Yerli AutoML							-	3-5 milyon TL	1.5-2.5 milyon TL	45-145	7-11	2-3
	10	THS 2-3	THS 9	DLaaS							-	5-7 milyon TL	2.5-3.5 milyon TL	145-245	11-15	3-4
Öncelikli Sektörel Uygulamalar	1	THS 4-9	THS 7-9	Teğhisi Zor Hastalıklar							Sağlık	4-5 milyon TL	3.6-4.5 milyon TL	251-340	16-20	4-5
	2	THS 2-3	THS 5-7	Yardımcı Sağlıkta Açıklanabilir Yapay Zekâ							Sağlık	4-5 milyon TL	3.6-4.5 milyon TL	251-340	16-20	4-5
	3	THS 3-5	THS 5-6	Potansiyel Hastalık Belirleme ve Takip							Sağlık	8-10 milyon TL	4-5 milyon TL	295-395	18-22	4-6
	4	THS 4-5	THS 6-7	İlaç Geliştirme							Sağlık	5-6 milyon TL	4.5-5.3 milyon TL	340-429	20-24	5-6
	5	THS 1-4	THS 5-6	Bulaşıcı Hastalık Tespiti							Sağlık	3-4 milyon TL	2.7-3.6 milyon TL	162-251	12-16	3-4
	6	THS 4-7	THS 5-7	Otonom Sürüler							Savunma	200-500 milyon TL**	-	-	-	-
	7	THS 2-3	THS 6-8	Çok Amaçlı Otonom Robot							Savunma	20 milyon TL	10 milyon TL	895	44	11
	8	THS 4-6	THS 7-9	Kestirimci Bakım							Makine-İmalat	15 milyon TL	7.5 milyon TL	645	33	8
	9	THS 4-6	THS 7-9	E-Öğrenme ve Ölçme							Eğitim	3-4 milyon TL	2.7-3.6 milyon TL	162-251	12-16	3-4
	10	THS 3-5	THS 5-7	Enerji Kayıp/Kaçak Önleme Sistemleri							Enerji	2-5 milyon TL	1.8-4.5 milyon TL	73-340	8-20	2-5
	11	THS 7-9	THS 7-9	FTL Verimlilik Sıst.							Finans	2-3 milyon TL	1.8-2.7 milyon TL	73-162	8-12	2-3
	12	THS 3-4	THS 7-8	Tarım ve Hayvancılıkta Kalite ve Verim							Tarım ve Hayvancılık	3-5 milyon TL	2.7-4.5 milyon TL	162-340	12-20	3-5
	13	THS 6-7	THS 8	Uydu/Hava Görüntü							Havacılık ve Uzay	3-5 milyon TL	2.7-4.5 milyon TL	162-340	12-20	3-5
	14	THS 4-6	THS 7-8	(Mobiliite) Otonomi							Ulaştırma	15-20 milyon TL	7.5-10 milyon TL	645-895	33-44	8-11

* 24 aylık bir proje baz alınarak hesaplanmıştır. Örneğin, 36 aylık projeler hesaplanırken değerlerin 1.5 katı, 48 ay olan projeler hesaplanırken değerlerin 2 katı alınmalıdır.
 ** Toplam bütçedir.

Notlar:

-Ar-Ge ve Yenilik faaliyetleri ve destek sürecinde Teknolojik Hedefler ve Kritik Ürünler/Teknolojiler ayrı olarak ele alınacaktır. Ayrıca, Öncelikli Sektörel Uygulamaların yerlilik oranının artırılmasına katkıda bulunacaktır.
 -Dünyada ve Türkiye'de THS'lerin ilerlemesi akademik olgunluğa (yayınlar, tezler, kitaplar, konferanslar vb.) ve uygulama olgunluğa (ürün, marka, patent, faydalı model vb.) bağlıdır.
 -Teknolojik Hedef, Ürün ve Uygulamaların THS 9'a geleceği, bu sayede çalışmaların ürünlere yansımaları ve ürünlerin performansını artırması planlanmıştır.
 -Tüm THS'ler uzman görüşleri temel alınarak tahmini olarak hesaplanmış ve planlanmıştır.

Şekil 31 - THS-Bütçe-Personel Planlamaları

Öncelikli Sektörel Uygulamaların Yerleşmesine Katkısı Olan Kritik Ürün ve Teknolojiler

			ÖNCELİKLİ SEKTÖREL UYGULAMALAR													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			Teşhisi Zor Hastalıklar	Yardımcı Sağlıkta Açıklanabilir YZ	Potansiyel Hastalık Belirleme/Takip	İlaç Geliştirme	Bulaşıcı Hastalık Tespiti	Otonom Süratler	Çok Amaçlı Otonom Robot	Kestirimci Bakım	E-Öğrenme ve Ölçme	Enerji Kayıp/Kaçak Ölçme	FTL Verimlilik Sıst.	Tarım ve Hayvancılıkta K ve Verim	Uydu/Hava Görüntü Tanıma	(Mobilité) Otonomi
KRITİK ÜRÜN VE TEKNOLOJİLER	1	Akıllı Robotik														
	2	Planlama ve Tahmin														
	3	Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme														
	4	Doğal Dil İşleme (NLP)														
	5	Türkçe Konuşma Tanıma/Sentezleme														
	6	Federe Öğrenme														
	7	Diferansiyel Mahremiyet														
	8	Biliş ve Davranış Analizi														
	9	Yerli AutoML														
	10	DLaaS														

Şekil 32 - Uygulamalarda Yerleşmeye Katkı Sağlayacak Kritik Ürün ve Teknolojiler

Öncelikli Sektörel Uygulamalara Ait Detaylı Çizelgeler

Öncelikli Sektörel Uygulama No: 1				Uygulama Adı: Teşhisi Zor Hastalıklar			Sektör: Sağlık		
Proje Başına	Bütçe: 4-5 milyon TL			Personel Bütçesi: 3.6-4.5 milyon TL			Adam-Ay: 251-340		
	Personel Sayısı: 16-20			Yüksek Lisanslı+Doktoralı Sayısı: 4-5					
Katman	No	Türkiye THS	Dünya THS	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Öncelikli Sektörel Uygulama	1	THS 4-9	THS 7-9	Teşhisi Zor Hastalıklar					
				THS: 4-9	THS: 6-	THS: 9			
	3	THS 2-3	THS 6-9	Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme					
				THS: 2-3	THS: 6-	THS: 9			
	5	THS 3-9	THS 9	Türkçe Konuşma Tanıma/Sentezleme					
				THS: 3-9	THS: 6-	THS: 9			
	6	THS 1-3	THS 5-6	Federe Öğrenme Platformları					
				THS: 1-3	THS: 6-	THS: 9			
	7	THS 1-3	THS 7-9	Diferansiyel Mahremiyet ile Verilerin Anonimleştirilmesi					
Yerleşmeye Katkıda Bulunacak Kritik Yapay Zekâ Ürünleri				THS: 1-3	THS: 6-	THS: 9			
	8	THS 2-3	THS 5-6	Biliş ve Davranış Analizi					
				THS: 2-3	THS: 6-	THS: 9			
	9	THS 2-6	THS 9	Yerli AutoML					
				THS: 2-6	THS: 5-	THS: 9			
	10	THS 2-3	THS 9	DLaaS					
				THS: 2-3	THS: 6-	THS: 9			
Kritik Hususlar: -Yapay zekâ ürünlerinin sağlık alanındaki uygulamalarının geliştirilme sürecinin, veri paylaşımının ve test-sertifikasyon işlemlerinin tanımlanması, -Yasal mevzuat ve veri toplama / kullanma kanunları uygun hale getirilmeli, kişi mahremiyeti korunarak gelişmenin önü açılması.									
Notlar: -Dünyada ve Türkiye’de THS’lerin ilerlemesi akademik olgunluğa (yayınlar, tezler, kitaplar, konferanslar vb.) ve uygulama olgunluğa (ürün, marka, patent, faydalı model vb.) bağlıdır. -Ürün ve Uygulamaların THS 9’a geleceği, bu sayede çalışmaların ürünlere yansması ve ürünlerin performansını artırması planlanmıştır. -Tüm THS’ler uzman görüşleri temel alınarak tahmini olarak hesaplanmış ve planlanmıştır. -Sektörel uygulamada belirlenen konularda, konu başına 24 aylık ardışık 2 proje ile THS-9’a ulaşılabilceği öngörülmektedir.									

Şekil 33 - Öncelikli Sektörel Uygulama-1

Öncelikli Sektörel Uygulama No: 2				Uygulama Adı: Yardımcı Sağlıkta Açıklanabilir Yapay Zekâ			Sektör: Sağlık		
Proje Başına	Bütçe: 4-5 milyon TL			Personel Bütçesi: 3.6-4.5 milyon TL			Adam-Ay: 251-340		
	Personel Sayısı: 16-20			Yüksek Lisanslı+Doktoralı Sayısı: 4-5					
Katman	No	Türkiye THS	Dünya THS	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Öncelikli Sektörel Uygulama	2	THS 2-3	THS 5-7	Yardımcı Sağlıkta Açıklanabilir Yapay Zekâ					
				THS: 2-3	THS: 6	THS: 9			
	3	THS 2-3	THS 6-9	Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme					
				THS: 2-3	THS: 6	THS: 9			
	4	THS 3-4	THS 8-9	Doğal Dil İşleme (NLP)					
				THS: 3-4	THS: 6	THS: 9			
	5	THS 3-9	THS 9	Türkçe Konuşma Tanıma/Sentezleme					
				THS: 3-9	THS: 6	THS: 9			
Yerleşmeye Katkıda Bulunacak Kritik Yapay Zekâ Ürünleri	6	THS 1-3	THS 5-6	Federe Öğrenme Platformları					
				THS: 1-3	THS: 6	THS: 9			
	7	THS 1-3	THS 7-9	Diferansiyel Mahremiyet ile Verilerin Anonimleştirilmesi					
				THS: 1-3	THS: 6	THS: 9			
	8	THS 2-3	THS 5-6	Biliş ve Davranış Analizi					
				THS: 2-3	THS: 6	THS: 9			
Kritik Hususlar: -Veriye erişim, veri kullanımı ve veri yönetimi için kamu destekli ve ulusal hizmet verecek test, araştırma laboratuvarı, merkezler kurulması, -Test koşulları, sertifikasyon süreçleri ve diğer altyapıların; hem protokoller/prosedürler hem de yasal düzenlemeler açısından, çok disiplinli bir uzman grubuyla tasarlanması, -KVKK ile uyumlu süreçlerin belirlenmesi.									
Notlar: -Dünyada ve Türkiye'de THS'lerin ilerlemesi akademik olgunluğa (yayınlar, tezler, kitaplar, konferanslar vb.) ve uygulama olgunluğa (ürün, marka, patent, faydalı model vb.) bağlıdır. -Ürün ve Uygulamaların THS 9'a geleceği, bu sayede çalışmaların ürünlere yansımaları ve ürünlerin performansını artırması planlanmıştır. -Tüm THS'ler uzman görüşleri temel alınarak tahmini olarak hesaplanmış ve planlanmıştır.									

Şekil 34 - Öncelikli Sektörel Uygulama-2

Öncelikli Sektörel Uygulama No: 3				Uygulama Adı: Potansiyel Hastalık Belirleme ve Takip			Sektör: Sağlık		
Proje Başına	Bütçe: 8-10 milyon TL			Personel Bütçesi: 4-5 milyon TL			Adam-Ay: 295-395		
	Personel Sayısı: 18-22			Yüksek Lisanslı+Doktoralı Sayısı: 4-6					
Katman	No	Türkiye THS	Dünya THS	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Öncelikli Sektörel Uygulama	3	THS 3-5	THS 5-6	Potansiyel Hastalık Belirleme ve Takip					
				THS: 3-5	THS: 7	THS: 9			
Yerleşmeye Katkıda Bulunacak Kritik Yapay Zekâ Ürünleri	3	THS 2-3	THS 6-9	Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme					
				THS: 2-3	THS: 6	THS: 9			
	6	THS 1-3	THS 5-6	Federe Öğrenme Platformları					
				THS: 1-3	THS: 6	THS: 9			
	8	THS 2-3	THS 5-6	Biliş ve Davranış Analizi					
				THS: 2-3	THS: 6	THS: 9			
	9	THS 2-6	THS 9	Yerli AutoML					
				THS: 2-6	THS: 5	THS: 9			
	10	THS 2-3	THS 9	DLaaS					
				THS: 2-3	THS: 6	THS: 9			
Kritik Hususlar: -Sağlık Bakanlığı'nın bu ürünler için sertifikasyon süreçlerinin belirlenmesi sayesinde ürünün yurtiçi ve yurtdışı pazarlarda güvenilirlik açısından rekabet gücünün artması, -Son kullanıcıların geliştirilecek ürünlere güvenlerinin sağlanmasına yönelik farkındalık çalışmaları, pazardaki güvenin ve talebin oluşturulması. -Hastanelerin ve sağlık verisi üreten kuruluşların bu alandaki Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerini önceliklendirmesi, bütçe ayırması ve faaliyetlerin içinde bizzat yer almalarına ilişkin teşvik ve destekler verilmesi.									
Notlar: -Dünyada ve Türkiye'de THS'lerin ilerlemesi akademik olgunluğa (yayınlar, tezler, kitaplar, konferanslar vb.) ve uygulama olgunluğa (ürün, marka, patent, faydalı model vb.) bağlıdır. -Ürün ve Uygulamaların THS 9'a geleceği, bu sayede çalışmaların ürünlere yansımaları ve ürünlerin performansını artırması planlanmıştır. -Tüm THS'ler uzman görüşleri temel alınarak tahmini olarak hesaplanmış ve planlanmıştır.									

Şekil 35 - Öncelikli Sektörel Uygulama-3

Öncelikli Sektörel Uygulama No: 4				Uygulama Adı: İlaç Geliştirme			Sektör: Sağlık		
Proje Başına	Bütçe: 5-6 milyon TL			Personel Bütçesi: 4.5-5.3 milyon TL			Adam-Ay: 340-429		
	Personel Sayısı: 20-24			Yüksek Lisanslı+Doktoralı Sayısı: 5-6					
Katman	No	Türkiye THS	Dünya THS	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Öncelikli Sektörel Uygulama	4	THS 4-5	THS 6-7	İlaç Geliştirme					
				THS: 4-5	THS: 7	THS: 9			
Yerleşmeye Katkıda Bulunacak Kritik Yapay Zekâ Ürünleri	9	THS 2-6	THS 9	Yerli AutoML					
				THS: 2-6	THS: 5-	THS: 9			
Kritik Hususlar: -Veri altyapısının oluşturulması, -İlaç firmalarının, bu konu özelinde rekabet öncesi işbirlikleri yapması ve bu sayede kendi ilaç geliştirme süreçlerini kısaltacak ve maliyetleri azaltacak bu konuya bütçe ayırmaları.									
Notlar: -Dünyada ve Türkiye'de THS'lerin ilerlemesi akademik olgunluğa (yayınlar, tezler, kitaplar, konferanslar vb.) ve uygulama olgunluğa (ürün, marka, patent, faydalı model vb.) bağlıdır. -Ürün ve Uygulamaların THS 9'a geleceği, bu sayede çalışmaların ürünlere yansması ve ürünlerin performansını artırması planlanmıştır. -Tüm THS'ler uzman görüşleri temel alınarak tahmini olarak hesaplanmış ve planlanmıştır.									

Şekil 36 - Öncelikli Sektörel Uygulama-4

Öncelikli Sektörel Uygulama No: 5				Uygulama Adı: Bulaşıcı Hastalık Tespiti			Sektör: Sağlık		
Proje Başına	Bütçe: 3-4 milyon TL			Personel Bütçesi: 2.7-3.6 milyon TL			Adam-Ay: 162-251		
	Personel Sayısı: 12-16			Yüksek Lisanslı+Doktoralı Sayısı: 3-4					
Katman	No	Türkiye THS	Dünya THS	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Öncelikli Sektörel Uygulama	5	THS 1-4	THS 5-6	Bulaşıcı Hastalık Tespiti					
				THS: 1-4	THS: 6-	THS: 9			
Yerleşmeye Katkıda Bulunacak Kritik Yapay Zekâ Ürünleri	3	THS 2-3	THS 6-9	Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme					
				THS: 2-3	THS: 6	THS: 9			
	4	THS 3-4	THS 8-9	Doğal Dil İşleme (NLP)					
				THS: 3-4	THS: 6	THS: 9			
	5	THS 3-9	THS 9	Türkçe Konuşma Tanıma/Sentezleme					
				THS: 3-9	THS: 6-	THS: 9			
	6	THS 1-3	THS 5-6	Federe Öğrenme Platformları					
				THS: 1-3	THS: 6	THS: 9			
	7	THS 1-3	THS 7-9	Diferansiyel Mahremiyet ile Verilerin Anonimleştirilmesi					
				THS: 1-3	THS: 6	THS: 9			
	8	THS 2-3	THS 5-6	Biliş ve Davranış Analizi					
				THS: 2-3	THS: 6	THS: 9			
Kritik Hususlar:									
-Veri paylaşımına yönelik yasal düzenlemelerin ve teknik protokollerin tasarlanması,									
-Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerine ilişkin teşvik ve desteklerin, veriye erişime ilişkin düzenlemelerle de tamamlanması.									
Notlar:									
-Dünyada ve Türkiye'de THS'lerin ilerlemesi akademik olgunluğa (yayınlar, tezler, kitaplar, konferanslar vb.) ve uygulama olgunluğa (ürün, marka, patent, faydalı model vb.) bağlıdır.									
-Ürün ve Uygulamaların THS 9'a geleceği, bu sayede çalışmaların ürünlere yansması ve ürünlerin performansını artırması planlanmıştır.									
-Tüm THS'ler uzman görüşleri temel alınarak tahmini olarak hesaplanmış ve planlanmıştır.									

Şekil 37 - Öncelikli Sektörel Uygulama-5

Öncelikli Sektörel Uygulama No: 6				Uygulama Adı: Otonom Sürüler			Sektör: Savunma		
Proje Başına	Bütçe: 200-500 milyon TL*			Personel Bütçesi: -			Adam-Ay: -		
	Personel Sayısı: -			Yüksek Lisanslı+Doktoralı Sayısı: -					
Katman	No	Türkiye THS	Dünya THS	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Öncelikli Sektörel Uygulama	6	THS 4-7	THS 5-7	Otonom Sürüler					
				THS: 4-7	THS: 6-	THS: 9			
Yerleşmeye Katkıda Bulunacak Kritik Yapay Zekâ Ürünleri	1	THS 2-3	THS 5	Akıllı Robotik					
				THS: 2-3	THS: 6	THS: 9			THS: 9
	2	THS 2-4	THS 9	Planlama ve Tahmin					
				THS: 2-4	THS: 6-	THS: 9			
	3	THS 2-3	THS 6-9	Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme					
				THS: 2-3	THS: 6	THS: 9			
Kritik Hususlar:									
-Otonom sürülerin donanımsal ve yazılımsal olarak çok ciddi test senaryolarından geçirilmesi,									
-Askeri sistemlerin ihtiyaç duyduğu standartların sağlandığını gösteren çevresel ve operasyonel test altyapılarının oluşturulması.									
-Üniversitelerin ilgili bölümleriyle savunma sanayi firmalarının işbirlikleri, ortak yüksek lisans ve doktora çalışmalarında bulunulması.									
*Toplam Bütçedir.									
Notlar:									
-Dünyada ve Türkiye'de THS'lerin ilerlemesi akademik olgunluğa (yayınlar, tezler, kitaplar, konferanslar vb.) ve uygulama olgunluğa (ürün, marka, patent, faydalı model vb.) bağlıdır.									
-Ürün ve Uygulamaların THS 9'a geleceği, bu sayede çalışmaların ürünlere yansımaları ve ürünlerin performansını artırması planlanmıştır.									
-Tüm THS'ler uzman görüşleri temel alınarak tahmini olarak hesaplanmış ve planlanmıştır.									

Şekil 38 - Öncelikli Sektörel Uygulama-6

Öncelikli Sektörel Uygulama No: 7				Uygulama Adı: Çok Amaçlı Otonom Robot			Sektör: Savunma			
Proje Başına	Bütçe: 20 milyon TL			Personel Bütçesi: 10 milyon TL			Adam-Ay: 895			
	Personel Sayısı: 44			Yüksek Lisanslı+Doktoralı Sayısı: 11						
Katman	No	Türkiye THS	Dünya THS	2022	2023	2024	2025	2026	2027	
Öncelikli Sektörel Uygulama	7	THS 2-3	THS 6-8	Çok Amaçlı Otonom Robot						
Yerleşmeye Katkıda Bulunacak Kritik Yapay Zekâ Ürünleri	1	THS 2-3	THS 5	Akıllı Robotik						
	2	THS 2-4	THS 9	Planlama ve Tahmin						
	3	THS 2-3	THS 6-9	Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme						
	4	THS 3-4	THS 8-9	Doğal Dil İşleme (NLP)						
	5	THS 3-9	THS 9	Türkçe Konuşma Tanıma/Sentezleme						
Kritik Hususlar: -Yerli sertifikasyon merkezlerinin ve robot test altyapılarının geliştirilmesi, -İç piyasada talep yaratılması, -Nicelik olarak yeterli olan insan kaynağımızın, otonomi ve otonom robotlar konularında nitelik olarak da geliştirilmesi.										
Notlar: -Dünyada ve Türkiye’de THS’lerin ilerlemesi akademik olgunluğa (yayınlar, tezler, kitaplar, konferanslar vb.) ve uygulama olgunluğa (ürün, marka, patent, faydalı model vb.) bağlıdır. -Ürün ve Uygulamaların THS 9’a geleceği, bu sayede çalışmaların ürünlere yansımaları ve ürünlerin performansını artırması planlanmıştır. -Tüm THS’ler uzman görüşleri temel alınarak tahmini olarak hesaplanmış ve planlanmıştır.										

Şekil 39 - Öncelikli Sektörel Uygulama-7

Öncelikli Sektörel Uygulama No: 8				Uygulama Adı: Kestirimci Bakım			Sektör: Makine-İmalat			
Proje Başına	Bütçe: 15 milyon TL			Personel Bütçesi: 7.5 milyon TL			Adam-Ay: 645			
	Personel Sayısı: 33			Yüksek Lisanslı+Doktoralı Sayısı: 8						
Katman	No	Türkiye THS	Dünya THS	2022	2023	2024	2025	2026	2027	
Öncelikli Sektörel Uygulama	8	THS 4-6	THS 7-9	Kestirimci Bakım						
				THS: 4-6	THS: 7-	THS: 9				
Yerleşmeye Katkıda Bulunacak Kritik Yapay Zekâ Ürünleri	2	THS 2-4	THS 9	Planlama ve Tahmin						
				THS: 2-4	THS: 6-	THS: 9				
	6	THS 1-3	THS 5-6	Federe Öğrenme Platformları						
				THS: 1-3	THS: 6				THS: 9	
	9	THS 2-6	THS 9	Yerli AutoML						
				THS: 2-6	THS: 5-	THS: 9				
	10	THS 2-3	THS 9	DLaaS						
				THS: 2-3	THS: 6	THS: 9				
Kritik Hususlar: -Cihazların bakım süreçlerine ilişkin sertifikasyon süreçlerine ve düzenlemelere, yapay zekâ temelli kestirimci bakıma ilişkin unsurların da eklenmesi, -İlgili cihazların ve kestirimci bakım uygulamalarının son kullanıcısı olan firmaların rekabet öncesi işbirlikleriyle veri havuzları oluşturması, -Firmaların cihaz verilerinin paylaşılmasına ilişkin de rekabet öncesi işbirliklerine açık olmalarını sağlayacak adımlar atılması.										
Notlar: -Dünyada ve Türkiye'de THS'lerin ilerlemesi akademik olgunluğa (yayınlar, tezler, kitaplar, konferanslar vb.) ve uygulama olgunluğa (ürün, marka, patent, faydalı model vb.) bağlıdır. -Ürün ve Uygulamaların THS 9'a geleceği, bu sayede çalışmaların ürünlere yansması ve ürünlerin performansını artırması planlanmıştır. -Tüm THS'ler uzman görüşleri temel alınarak tahmini olarak hesaplanmış ve planlanmıştır.										

Şekil 40 - Öncelikli Sektörel Uygulama-8

Öncelikli Sektörel Uygulama No: 9				Uygulama Adı: E-Öğrenme ve Ölçme			Sektör: Eğitim		
Proje Başına	Bütçe: 3-4 milyon TL			Personel Bütçesi: 2.7-3.6 milyon TL			Adam-Ay: 162-251		
	Personel Sayısı: 12-16			Yüksek Lisanslı+Doktoralı Sayısı: 3-4					
Katman	No	Türkiye THS	Dünya THS	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Öncelikli Sektörel Uygulama	9	THS 4-6	THS 7-9	E-Öğrenme ve Ölçme					
				THS: 4-6	THS: 5-	THS: 9			
Yerileşmeye Katkıda Bulunacak Kritik Yapay Zekâ Ürünleri	3	THS 2-3	THS 6-9	Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme					
				THS: 2-3	THS: 6	THS: 9			
	4	THS 3-4	THS 8-9	Doğal Dil İşleme (NLP)					
				THS: 3-4	THS: 6	THS: 9			
	5	THS 3-9	THS 9	Türkçe Konuşma Tanıma/Sentezleme					
				THS: 3-9	THS: 6-	THS: 9			
	6	THS 1-3	THS 5-6	Federe Öğrenme Platformları					
				THS: 1-3	THS: 6	THS: 9			
	7	THS 1-3	THS 7-9	Diferansiyel Mahremiyet ile Verilerin Anonimleştirilmesi					
				THS: 1-3	THS: 6	THS: 9			
	8	THS 2-3	THS 5-6	Biliş ve Davranış Analizi					
				THS: 2-3	THS: 6	THS: 9			
	9	THS 2-6	THS 9	Yerli AutoML					
				THS: 2-6	THS: 5-	THS: 9			
	10	THS 2-3	THS 9	DLaaS					
				THS: 2-3	THS: 6	THS: 9			
Kritik Hususlar:									
-Okul veya eğitim kurumlarının verilerini paylaşmasına dair yasal düzenlemelerin oluşturulması,									
-Bu sistemlerin uygulanmasına yönelik olarak eğitim / değerlendirme / ölçme uzmanlarına ve öğretmenlere hizmet içi eğitimlerin hazırlanması.									
Notlar:									
-Dünyada ve Türkiye'de THS'lerin ilerlemesi akademik olgunluğa (yayınlar, tezler, kitaplar, konferanslar vb.) ve uygulama olgunluğa (ürün, marka, patent, faydalı model vb.) bağlıdır.									
-Ürün ve Uygulamaların THS 9'a geleceği, bu sayede çalışmaların ürünlere yansımaları ve ürünlerin performansını artırması planlanmıştır.									
-Tüm THS'ler uzman görüşleri temel alınarak tahmini olarak hesaplanmış ve planlanmıştır.									

Şekil 41 - Öncelikli Sektörel Uygulama-9

Öncelikli Sektörel Uygulama No: 10				Uygulama Adı: Enerji Kayıp/Kaçak Önleme Sistemleri			Sektör: Enerji		
Proje Başına	Bütçe: 2-5 milyon TL			Personel Bütçesi: 1.8-4.5 milyon TL			Adam-Ay: 73-340		
	Personel Sayısı: 8-20			Yüksek Lisanslı+Doktoralı Sayısı: 2-5					
Katman	No	Türkiye THS	Dünya THS	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Öncelikli Sektörel Uygulama	10	THS 3-5	THS 5-7	Enerji Kayıp/Kaçak Önleme Sistemleri					
				THS: 3-5	THS: 5-7		THS: 9		
Yerleşmeye Katkıda Bulunacak Kritik Yapay Zekâ Ürünleri	2	THS 2-4	THS 9	Planlama ve Tahmin					
				THS: 2-4	THS: 6-	THS: 9			
Kritik Hususlar:									
-Enerji kayıp tespit ve önleme sistemlerinin performans değerlendirmesinde, yerli test altyapılarının güncellenmesi ve yeni merkezlerin oluşturulması, -Uygulamalara yatırım sağlayacak olan kamu kurumları ve enerji iletim, dağıtım şirketleri nezdinde bu yenilikçi uygulamanın avantajları konusunda farkındalık yaratılması.									
Notlar:									
-Dünyada ve Türkiye'de THS'lerin ilerlemesi akademik olgunluğa (yayınlar, tezler, kitaplar, konferanslar vb.) ve uygulama olgunluğa (ürün, marka, patent, faydalı model vb.) bağlıdır. -Ürün ve Uygulamaların THS 9'a geleceği, bu sayede çalışmaların ürünlere yansması ve ürünlerin performansını artırması planlanmıştır. -Tüm THS'ler uzman görüşleri temel alınarak tahmini olarak hesaplanmış ve planlanmıştır.									

Şekil 42 - Öncelikli Sektörel Uygulama-10

Öncelikli Sektörel Uygulama No: 11				Uygulama Adı: FTL Verimlilik Sist.			Sektör: Finans				
Proje Başına	Bütçe: 2-3 milyon TL			Personel Bütçesi: 1.8-2.7 milyon TL			Adam-Ay: 73-162				
	Personel Sayısı: 8-12			Yüksek Lisanslı+Doktoralı Sayısı: 2-3							
Katman	No	Türkiye THS	Dünya THS	2022		2023	2024		2025	2026	2027
Öncelikli Sektörel Uygulama	11	THS 7-9	THS 7-9	FTL Verimlilik Sist.							
Yerileşmeye Katkıda Bulunacak Kritik Yapay Zekâ Ürünleri	2	THS 2-4	THS 9	Planlama ve Tahmin							
	4	THS 3-4	THS 8-9	Doğal Dil İşleme (NLP)							
	5	THS 3-9	THS 9	Türkçe Konuşma Tanıma/Sentezleme							
	6	THS 1-3	THS 5-6	Federe Öğrenme Platformları							
	7	THS 1-3	THS 7-9	Diferansiyel Mahremiyet ile Verilerin Anonimleştirilmesi							
	8	THS 2-3	THS 5-6	Biliş ve Davranış Analizi							
	9	THS 2-6	THS 9	Yerli AutoML							
	10	THS 2-3	THS 9	DLaaS							
	Kritik Hususlar: -İlk başarılı uygulamaların gösteriminden sonra sertifikasyon süreçlerinin de eş zamanlı olarak ilerlemesi, -Kamu tarafından bu alanda yatırım, istihdam ve girişim destekleri sağlanması.										
Notlar: -Dünyada ve Türkiye’de THS’lerin ilerlemesi akademik olgunluğa (yayınlar, tezler, kitaplar, konferanslar vb.) ve uygulama olgunluğa (ürün, marka, patent, faydalı model vb.) bağlıdır. -Ürün ve Uygulamaların THS 9’a geleceği, bu sayede çalışmaların ürünlere yansımaları ve ürünlerin performansını artırması planlanmıştır. -Tüm THS’ler uzman görüşleri temel alınarak tahmini olarak hesaplanmış ve planlanmıştır.											

Şekil 43 - Öncelikli Sektörel Uygulama-11

Öncelikli Sektörel Uygulama No: 12				Uygulama Adı: Tarım ve Hayvancılıkta Kalite ve Verim			Sektör: Tarım ve Hayvancılık			
Proje Başına	Bütçe: 3-5 milyon TL			Personel Bütçesi: 2.7-4.5 milyon TL			Adam-Ay: 162-340			
	Personel Sayısı: 12-20			Yüksek Lisanslı+Doktoralı Sayısı: 3-5						
Katman	No	Türkiye THS	Dünya THS		2022	2023	2024	2025	2026	2027
Öncelikli Sektörel Uygulama	12	THS 3-4	THS 7-8		Tarım ve Hayvancılıkta Kalite ve Verim					
				THS: 3-4	THS: 6- THS: 9					
Yerleşmeye Katkıda Bulunacak Kritik Yapay Zekâ Ürünleri	1	THS 2-3	THS 5		Akıllı Robotik					
				THS: 2-3	THS: 6 THS: 9					
	2	THS 2-4	THS 9		Planlama ve Tahmin					
				THS: 2-4	THS: 6- THS: 9					
	3	THS 2-3	THS 6-9		Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme					
				THS: 2-3	THS: 6 THS: 9					
	8	THS 2-3	THS 5-6		Biliş ve Davranış Analizi					
				THS: 2-3	THS: 6 THS: 9					
Kritik Hususlar:										
-Çiftçiler ve uzmanlarda, bu teknolojilerin kullanımıyla elde edilecek fayda konusunda farkındalık yaratılması, -İç piyasaya girişin kamu yönlendirmesiyle ve çiftçi birlikleri, kooperatifleri ile eşgüdüm içerisinde ele alınması.										
Notlar:										
-Dünyada ve Türkiye’de THS’lerin ilerlemesi akademik olgunluğa (yayınlar, tezler, kitaplar, konferanslar vb.) ve uygulama olgunluğa (ürün, marka, patent, faydalı model vb.) bağlıdır. -Ürün ve Uygulamaların THS 9’a geleceği, bu sayede çalışmaların ürünlere yansımaları ve ürünlerin performansını artırması planlanmıştır. -Tüm THS’ler uzman görüşleri temel alınarak tahmini olarak hesaplanmış ve planlanmıştır.										

Şekil 44 - Öncelikli Sektörel Uygulama-12

Öncelikli Sektörel Uygulama No: 13				Uygulama Adı: Uydu/Hava Görüntü T.			Sektör: Havacılık ve Uzay			
Proje Başına	Bütçe: 3-5 milyon TL			Personel Bütçesi: 2.7-4.5 milyon TL			Adam-Ay: 162-340			
	Personel Sayısı: 12-20			Yüksek Lisanslı+Doktoralı Sayısı: 3-5						
Katman	No	Türkiye THS	Dünya THS	2022	2023	2024	2025	2026	2027	
Öncelikli Sektörel Uygulama	13	THS 6-7	THS 8	Uydu/Hava Görüntü T.						
				THS: 6-7	THS: 8	THS: 9				
Yerleşmeye Katkıda Bulunacak Kritik Yapay Zekâ Ürünleri	3	THS 2-3	THS 6-9	Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme						
				THS: 2-3	THS: 6	THS: 9				
Kritik Hususlar: -Geliştirilecek uygulamalara ilişkin ihtiyaç duyulan verilerin gizlilik ve güvenlik korunarak kullanıma açılması, -Akademisyenlere ve teknoloji tedarikçisi firmalara uydu görüntüleri, şehir / tarım veri tabanları gibi veri kaynaklarının sunulması.										
Notlar: -Dünyada ve Türkiye'de THS'lerin ilerlemesi akademik olgunluğa (yayınlar, tezler, kitaplar, konferanslar vb.) ve uygulama olgunluğa (ürün, marka, patent, faydalı model vb.) bağlıdır. -Ürün ve Uygulamaların THS 9'a geleceği, bu sayede çalışmaların ürünlere yansması ve ürünlerin performansını artırması planlanmıştır. -Tüm THS'ler uzman görüşleri temel alınarak tahmini olarak hesaplanmış ve planlanmıştır.										

Şekil 45 - Öncelikli Sektörel Uygulama-13

Öncelikli Sektörel Uygulama No: 14				Uygulama Adı: (Mobilité) Otonomi			Sektör: Ulaştırma			
Proje Başına	Bütçe: 15-20 milyon TL			Personel Bütçesi: 7.5-10 milyon TL			Adam-Ay: 645-895			
	Personel Sayısı: 33-44			Yüksek Lisanslı+Doktoralı Sayısı: 8-11						
Katman	No	Türkiye THS	Dünya THS		2022	2023	2024	2025	2026	2027
Öncelikli Sektörel Uygulama	14	THS 4-6	THS 7-8		(Mobilité) Otonomi					
				THS: 4-6	THS: 7-				THS: 9	
Yerleşmeye Katkıda Bulunacak Kritik Yapay Zekâ Ürünleri	1	THS 2-3	THS 5		Akıllı Robotik					
				THS: 2-3	THS: 6				THS: 9	
	2	THS 2-4	THS 9		Planlama ve Tahmin					
				THS: 2-4	THS: 6-	THS: 9				
	3	THS 2-3	THS 6-9		Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme					
				THS: 2-3	THS: 6		THS: 9			
	4	THS 3-4	THS 8-9		Doğal Dil İşleme (NLP)					
				THS: 3-4	THS: 6				THS: 9	
	5	THS 3-9	THS 9		Türkçe Konuşma Tanıma/Sentezleme					
				THS: 3-9	THS: 6-	THS: 9				
Kritik Hususlar:										
-Mobilité alanında geliştirilecek otonomi sahibi araçların test edilmesi ve sertifikalandırılmasına yönelik yerli test ve sertifikasyon merkezlerinin sayısının ve kapasitesinin artırılması,										
-Ülkemizdeki ilgili kuruluşların, uluslararası kuruluşların çalışmalarına aktif olarak katılması.										
Notlar:										
-Dünyada ve Türkiye’de THS’lerin ilerlemesi akademik olgunluğa (yayınlar, tezler, kitaplar, konferanslar vb.) ve uygulama olgunluğa (ürün, marka, patent, faydalı model vb.) bağlıdır.										
-Ürün ve Uygulamaların THS 9’a geleceği, bu sayede çalışmaların ürünlere yansımaları ve ürünlerin performansını artırması planlanmıştır.										
-Tüm THS’ler uzman görüşleri temel alınarak tahmini olarak hesaplanmış ve planlanmıştır.										

Şekil 46 - Öncelikli Sektörel Uygulama-14

TEKNOLOJİK HEDEFLER

Teknolojik Hedef 1: Az Etiketli Veriyle Modelleme

Yeni sınıfları veya kavramları az sayıda etiketli veri kullanarak modellemeye yönelik; literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren yenilikçi yaklaşımlar (denetimli, yarı-denetimli, denetimsiz, meta-öğrenme vb.) ve/veya tekniklerin geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar

Az etiketli veriyle modelleme konusu bu çalışmada söz konusu olan **diğer katmanlara katkı sağlayacak önemde bir konudur**. Az etiketli veriyle başarılı modeller oluşturulduğu takdirde, Yapay Zekânın önündeki en büyük engellerden biri olan **“çok miktarda, nitelikli/az gürültülü veriye erişim ihtiyacı” azalacaktır**. Ürün ve teknoloji geliştirme süreleri kısalarak, belirlenmiş öncelikli alanlarda hedefe ulaşmak ve öne geçmek kolaylaşacaktır.

Performans kriteri veya teknik metrikler açısından en önemlisi makine öğrenmesi veya sınıflandırıcının başarımlı çıktılarıdır ve bu çıktıların çok-etiketli geçerleştirilmiş büyük örneklerle modellenmiş sonuçlarla karşılaştırılmasıdır. Dikkat edilmesi gereken noktalar; öznelik uzayının çok büyük boyutlu olduğu durumda az veri miktarının neden olacağı büyük sıkıntılar, gürültüsüz veriye olan ihtiyaçtır. Diğer yandan, etiketli eğitim verisi arttıkça sınıflandırma başarısının ölçülmesi, kabul edilebilir başarıya ne kadar eğitim verisi ile ulaşılabilirdiğinin belirlenmesi önemlidir.

Günümüzde giderek artan *self-supervised representation learning* (denetimsiz / yarı-denetimli öğrenme), *few-shot learning* ve *life-long learning* gibi araştırma konuları da bu başlık altındadır. Genel olarak amaç, tıpkı bir insan için olduğu gibi **kısıtlı sayıda örneği sağlanmış yeni sınıfları kapsamına alabilecek yaklaşımlar geliştirmektir**. Günümüzdeki en başarılı yaklaşımların sınıf başına onlarca/yüzlerce örnek üzerinden elde edildiği ve potansiyel olarak on binlerce/yüz binlerce sınıfın/alt-sınıfın modellenmesini gerektiren problemlerin bulunduğu düşünüldüğünde, anlamsal olarak bu detayda tanımayı başarabilecek yöntemlerin oluşturulmasında, az örnekle öğrenmenin kritik bir rolü vardır.

Performans ölçümü için genellikle **yeni sınıfları tanımadaki başarının, sağlanan veri miktarına bağlı olarak değişimi** ölçülmektedir. Tanıma başarısı problem-spesifik olup; görüntü sınıflandırma, nesne tespiti ve benzeri problem tiplerinde yaygın olarak kullanılmakta olan metrikler kullanılacaktır. Bu türden algoritmaların en önemli performans kriteri doğruluk (*accuracy*) değeridir. İkinci olarak, hata yapıldığı durumlarda (örneğin bir hastaya yanlış teşhis konması) hatanın maliyetinin en aza indirgenmesidir. Üçüncü performans kriteri sınıflama için gereken süredir. Son performans kriteri olarak da öğrenme algoritmasının yeni bir model öğrenmeye (veya var olan modeli yenileme) için gereken süredir.

Bu hedefe ulaşmak için birlikte çalışması gereken disiplinler

Hedefin başarıyla gerçekleştirilebilmesi için bilgisayar bilimleri, bilgisayar mühendisliği, matematik ve istatistik disiplinlerinin ortak çalışması gerekir. Diğer yandan, bilişsel bilim kapsamında çalışan mühendis, psikolog ve nörologların da katkısı önemlidir. Mühendislik disiplini tek başına ele alınırsa, özellikle yapay öğrenme ve uygulamalar üzerine çalışan araştırmacıların bir araya gelmesi gereklidir.

Modelleme ve optimizasyon gibi alanlara katkı verecek araştırmacılara ve uygulamanın yapılacağı alanlarda doğru veri toplamaya katkı verecek alan uzmanlarına ihtiyaç olacaktır. Bu kişiler robotik alanlarında makine mühendisleri ve endüstri mühendisleri, planlama ve tahmin alanında endüstri mühendisleri, gerçek zamanlı görüntü işleme alanında uygulama alanından uzmanlar (güvenlik, askeri, üretim gibi), doğal dil işleme (NLP) alanında Türkçe dili konusundaki uzmanlar, biliş ve davranış analizi alanında psikologlar, psikiyatristlerdir.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 2-3

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 5-8

Dünya ve Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Dünyada *Google*, *Facebook* gibi büyük şirketlerin de çalışmaları ile ürünleşmiş az sayıda uygulama mevcuttur. Ancak halen gelişmeye açık bir konudur. Çok hızlı gelişen bu alanda Türkiye'deki teknolojik olgunluk seviyesi dünyanın gerisindedir ancak bu konudaki akademik birikimimiz dolayısıyla Türkiye'deki ekosistemin de benzer seviyelere erişme potansiyeli bulunmaktadır.

Türkiye’de makine öğrenmesi alanında üniversitelerce araştırmalar yürütülmekte ve geliştirilen tekniklerin potansiyel uygulama alanları konusuna yayınlar yapılmaktadır. Fakat pazarlanabilir ürüne dönüşmüş uygulamaların sayısı azdır.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Teknopark firmaları ve üniversiteler, özellikle *cutting-edge AI* tabanlı ortak Ar-Ge projelerine yönelmelidir. Araştırma için üniversiteler ve kamu araştırma merkezleri işbirliği yapmalıdır. Büyük ölçekli sanayi kuruluşları bu araştırmalara destek vermeli ve ürünleşme aşamasında tüm paydaşlar birlikte çalışmalıdır. KOBİ’ler, Teknopark firmaları ve üniversitelerde ilgili alanlarda çalışanların bir araya gelmesi şarttır. Çıktı ise, hedef alanda kullanılabilecek gürbüz (*robust*) model teknolojileridir.

Bu konu özelinde, veriyi elde edebilmek de önemli bir kriterdir. Özellikle veriye sahip büyük ölçekli kuruluşlarla (bunlara sanayi, bakanlıklar vb. dahildir) üniversiteler, kamu araştırma merkezleri bir araya gelmelidir. Bu konuda, uluslararası işbirlikleri de değerli olabilir.

İlgili Ürün/Teknolojinin Geliştirilmesi için Öngörülen Bütçe

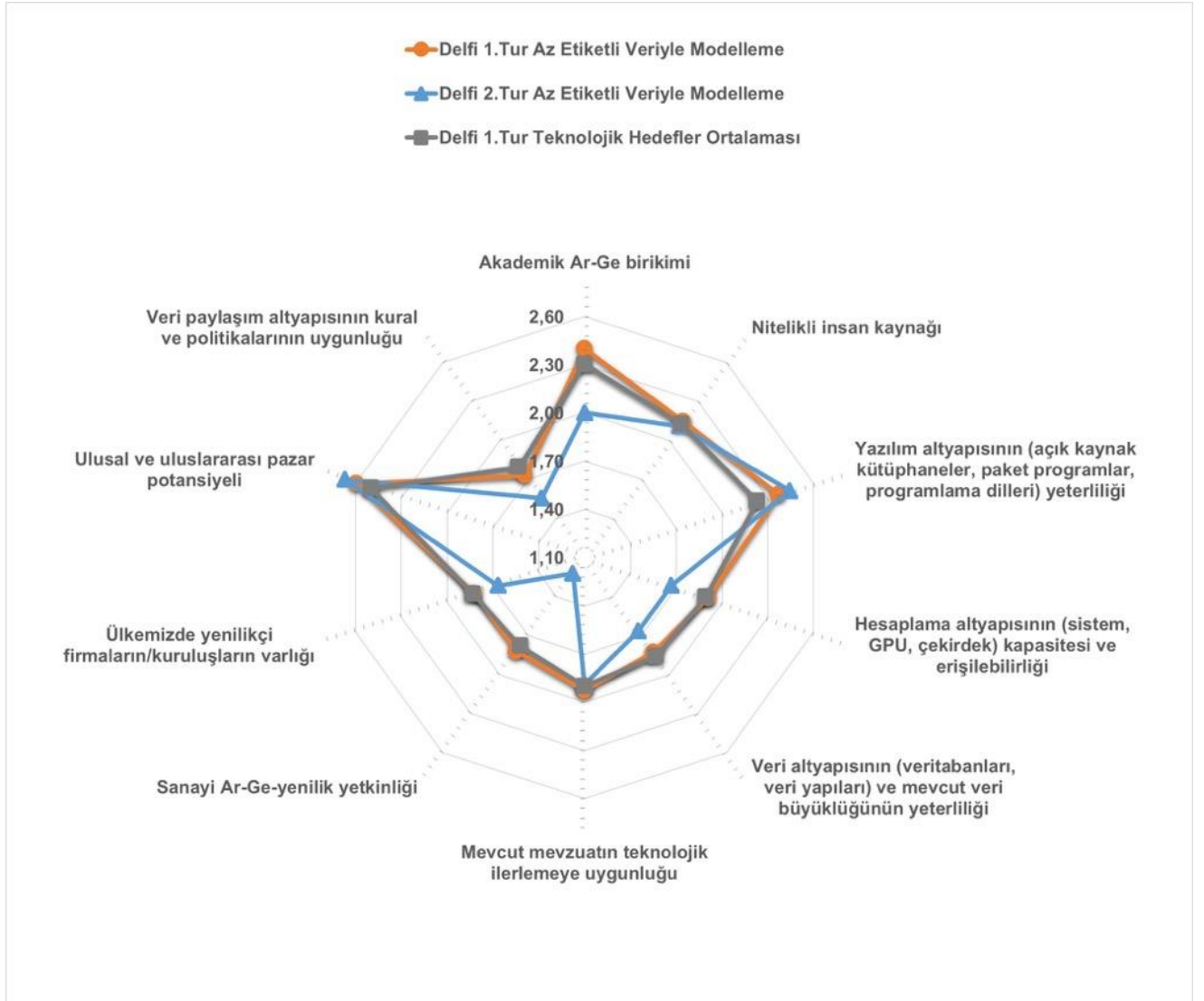
Bu bütçenin büyük kısmı araştırma altyapısı oluşturmak ve üniversitelerde / araştırma merkezlerinde araştırmacı istihdam etmek için ayrılabilir. Dolayısıyla, bütçenin ana kaleminin altyapı olması gereklidir. Sonrasında veri toplama gelmelidir. Tabii ki işgücü de bütçenin önemli bir parçası olacaktır. Proje başına 5 milyon TL gerekmektedir. (Veriyi elde etme maliyeti hariç)

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Bu Konuda Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Akademik Ar-Ge birikimine yönelik **farkındalığın ve ilginin artırılması** gerekmektedir. Ortak çalışma ve ürün geliştirmeye yönelik araştırmalar yetersizdir. Literatürde de bu konuda çalışma sayımız azdır.

Bu alanda çalışmalar yapmak için **yazılım altyapısında bir eksik olmadığı düşünülmektedir**. Açık kütüphaneler, yazılım altyapısındaki açığı kapatmaktadır (pytorch, tensorflow, keras, jax, vb.). Bu yazılımları kullanmanın veya katkıda bulunmanın önünde bir engel bulunmamaktadır. Fakat, dünyadaki çoğu ülkenin Yapay Zekâ araştırmalarında ücretsiz kullanıma açtığı altyapılarla karşılaştırdığımızda görece yetersiz olduğu düşünülmektedir. Örneğin, Fransa'daki Jean Zay GPU altyapısı araştırmacılara ücretsiz sunulmakta olup, TRUBA'ya kıyasla yaklaşık 7 kat daha büyüktür. Özellikle derin öğrenme çalışmaları için GPU ve yüksek bellek kapasitesine sahip sistemler bulmak kolay değildir. Özellikle makine öğrenmesi model eğitimlerinde şart olan GPU destekli sunucuların maliyetleri hem satın alınması durumunda hem de bulut üzerinden kullanımı durumunda oldukça fazladır. **Daha makul maliyetlerle bu tip sunucuların kullanımının sağlanması gerekmektedir.**

Veriye ulaşımında ise genel amaçlı model geliştirmeye yönelik bir sorun olmadığı, ancak sağlık ve benzeri sektörlere yönelik çalışmalar için gerekli veriye ulaşımında sorun olabileceği düşünülmektedir. **Bu konudaki temel problemlerden birisi veriye ulaşımındaki gizlilik konusudur.** Kişisel ve ticari paylaşımın erişilebilir olması, düzenlenmesi her zaman sorunlar yaratabilir. Tüm dünyada kişisel ve ticari verilerin gizliliği konusu, makine öğrenmesi araştırmalarının uygulamaya dönüşmesi için en temel girdi olan veri konusundaki en büyük engel olarak görünmektedir. **Çok daha fazla anonimleştirilmiş veriye gereksinim duyulmaktadır.** Örneğin hastanelerde ve polikliniklerde hastalar hakkında çok değerli veriler toplanmaktadır. Bu veriler daha başarılı tanı koyma konusunda doktorlara yardımcı olabilecek modellerin makine öğrenmesi yöntemleri ile işlenmesi için kullanılabilir. Ancak bu veriler kişisel veri olduğu için ne makine öğrenmesi konusunda çalışan araştırmacılar, ne de tıp doktorları bu veriler üzerinde çalışmak istememektedirler.

Diğer yandan, **veri paylaşım altyapısının kural ve politikalarının hem üniversiteler ve hem de firmalar tarafından açık ve net bir şekilde anlaşılmadığı düşünülmektedir.** Bu durum, yapılabilişin önündeki en önemli engellerden birisidir.

Az sayıda etiketli veriyle modelleme konusunda **hem ulusal ve hem de uluslararası pazarın potansiyelinin yüksek olduğu düşünülmektedir.**

Araştırmaya tam zaman ayırabilen doktora ve doktora sonrası araştırmacı istihdamının artırılması, hesaplama ve veri depolama için altyapının güçlendirilmesi ve bu altyapıya erişimin yaygınlaştırılması gerekmektedir. Ayrıca, veriye kolay erişim için mevzuat ve veri paylaşım konusunda politikalar geliştirilebilir ve düzenlemeler yapılabilir. **Veriye sahip olan sektörlerdeki kuruluşlarla üniversite ve Ar-Ge yapan kuruluşların işbirlikleri cesaretlendirilebilir.** İlgiyi ve farkındalığı artırmak için Ar-Ge fonları ayrılabilir, çağrılar açılabilir. Özellikle **ortak veri kullanımı ve**

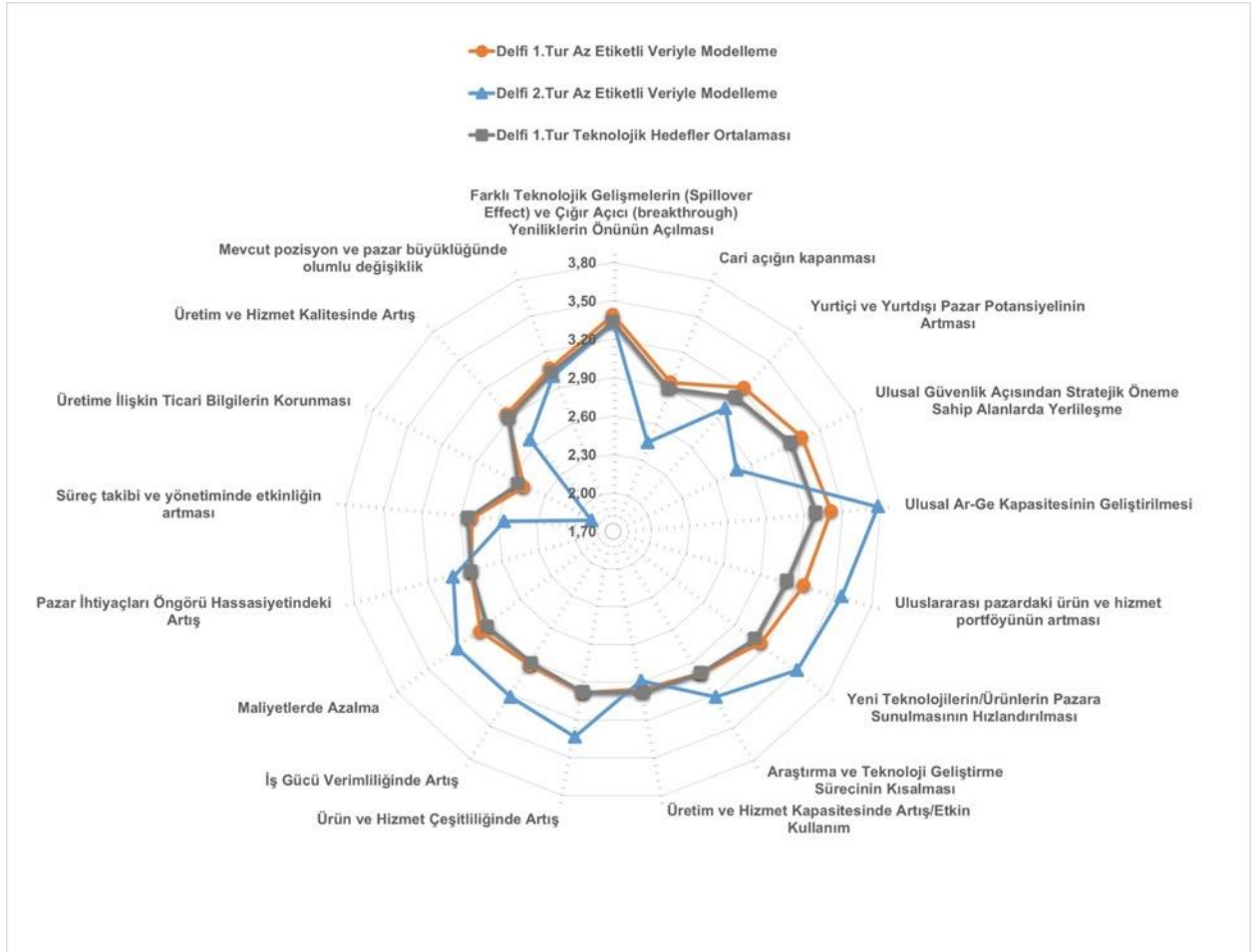
hesaplama altyapısının belirgin şekilde iyileştirilmesi gerekmektedir. Kurumların anonimleştirilmiş veri kümeleri yayınlamaları teşvik edilebilir. Yapay zekâ teknolojileri alanında iyi yetişmiş bilgisayar mühendislerinin ülkemizde Yapay Zekâ alanında araştırmalar yapan kurumlarda çalışmalarını özendirecek teşvik sistemleri geliştirilebilir.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyelinin Değerlendirilmesi

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]:

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Az Etiketli Veriyle Modelleme konusunda geliştirilecek ürünlerin ve teknolojilerin, sanayi kuruluşlarının rekabet gücünün artmasında çok etkili olduğu düşünülmektedir. Bu alanda

geliştirilecek ürünlerin ihracıyla cari açığın kapatılmasına da katkı sağlanacaktır. Bu alanda geliştirilecek teknolojiler ve ürünler yurt içinde ve yurt dışında yeni pazarların bulunması açısından da faydalı olacaktır.

Bu teknolojik hedefe başarıyla ulaşıldığı takdirde kazanılacak **en önemli katma değer, Yapay Zekâ temelli ürün veya sistem geliştirme sürelerinin hızlanması ve bu hızlanma sonucu gelecek geri beslemelerle başarıım ivmesinin daha da artarak rekabette öne geçmenin kolaylaşacak olmasıdır.** Beklenen katma değer, az verinin olduğu veya toplanmasının güç olduğu alanlarda gerçekleşecektir. Bu çalışmaların **ilk ürün çıkışını hızlandıracağı** öngörülebilir. Ayrıca, az etiketli veriyle modelleme konusunda yapılacak çalışmaların firmaların hem ulusal hem de uluslararası pazarlara açılacak ürünlerin üretilmesine ve cari açığın düşürülmesinde önemli katkıda bulunacağını düşünülmektedir. Bu ürünler, daha az işaretli veri ile yapılabilecek her uygulamada olumlu etki yaratacaktır.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Test altyapısının bulunması faydalı olmakla birlikte, bu aşamada kritik olmadığı düşünülmektedir. Uzun vadede başarımin doğrulanması ve değerlendirilmesi açısından bu alana yönelik yerli sertifikasyon merkezlerinin varlığı önemlidir. **Farklı alanlarda testler için ortaklaştırılmış veri setleri hazırlanabilir.**

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Bu konu hedefe ulaşmadaki en önemli başlıklardan biridir. **Veriye erişimi ve paylaşımı kolaylaştırmak için yasal düzenlemeler yapılmalıdır.** Ayrıca, kişisel verilerin anonimleştirilecek makine öğrenmesi çalışmalarında kullanılabilmesinin sağlanması büyük yarar sağlayacaktır. Kullanılabilir veri setlerinin lisans, kişisel veri gibi düzenlemelerinin de yapılması; Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinin ivmelenmesi için önem arz etmektedir.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Küresel çapta faaliyet gösteren *Google* ve *Facebook* gibi büyük firmalarla rekabet zorluğu yaşanacağı düşünülmektedir. Makine öğrenmesi alanlarında çoğu dünya teknoloji devi çalışmaktadır. Bu firmalar çok fazla sayıda veriye sahiptir. Az veriden eğitilecek modellerin bu firmaların çok büyük verilerden eğitecekleri modellerle yarışması zor olabilir.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Bu alanlara yatırım yapan şirketlere ve araştırma merkezlerine yatırım teşvikleri verilebilir. Halihazırdaki destek ve teşvik mekanizmaları yeterlidir.

İnsan Kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Genel olarak makine öğrenmesi tekniklerine dayalı ürünlerin geliştirilebilmesi için en önemli gereksinim **iyi eğitim almış ve deneyim kazanmış bilgisayar mühendisleridir**. Ancak bu durumdaki kişilerin özellikle Avrupa'da çalışma ve deneyim kazama isteğinde olduğu görülmektedir. Mühendislerin bu ülkelerde çalışmaları kendilerini geliştirme açısından yararlıdır. Ancak hem Türk vatandaşı hem de diğer ülke vatandaşları arasında iyi eğitim ve deneyim sahibi mühendislerin, **ülkemizdeki firmalarda çalışmak isteyecekleri ortamların yaratılması** yararlı olacaktır. Bunun için de yukarıda sayılan niteliklerde olup yurt dışına gitmek isteyen mühendisler ile ilgili bir çalışma yapıp beklentileri araştırılabilir.

Bu alanda tecrübeli insan gücünün artırılması gerekmektedir. Bunun için üniversitelere bu alanlarda araştırmacı yetiştirmek için destekler verilebilir. Üniversitelerde bu konuda yüksek lisans ve doktora tezleri verilebilir. **Öğrenciler bu konulara çok ilgi göstermektedir ve önümüzdeki yıllarda hızlı bir şekilde kalifiye eleman sayısında artış mümkündür**. Makine öğrenmesi özellikle yeni kuşaklarda çok popülerdir ve üniversiteler bu alanda hevesli ve kalifiye öğrenciler yetiştirebilmektedir. **Bu öğrencilerin gerçek hedef uygulamalarında çalışan şirketlere yönlendirilmesi sağlanabilir**.

Firmadan Kaynaklı Sebepler (Maddi sebepler, strateji değişikliği, yönetim değişikliği, vb.)

Firmaların bu alanlarda uzman istihdam etmesi ve yeniliklere açık olması gerekmektedir. Ayrıca, elde edilecek sonuçlardaki belirsizlik, veri toplama ve veriye erişim zorlukları, kısa vadede sonuç alma zorluğu maddi yük yaratmaktadır. Firmaların çoğunun yaptığı kısa dönem (3-6 ay) çalışmalarla bu konuda belirgin ilerleme sağlanması zordur. **Firmalar makine öğrenmesi gibi Ar-Ge çalışmalarına yeterli sabrı göstermeyebilmekte, ya da sürekli farklı dallara atlayıp odaklarını kaybedebilmektedir.** Bu konuda teşviklerle ve projelerle daha uzun soluklu ilgilenilebilmesi sağlanmalıdır.

Teknolojik Hedef 2: Performansı Yüksek Pekiştirmeli Derin Öğrenme

Pekiştirmeli derin öğrenme modellerinin eğitimi için yüksek verimliliğe sahip yöntemlerin geliştirilmesi ve literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren gerçek dünya uygulamalarının artırılması

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar

Gerçek dünya uygulamaları “Toplumun Dikkatini Çeken Uygulamalar”, “Eğitim Odaklı Uygulamalar” ve “Endüstriyel Uygulamalar” olarak 3 bölümde ele alınmıştır.

1. **Toplumun Dikkatini Çeken Uygulamalar:** Genel olarak mobil uygulamalar üzerinde, artık ortak bir özellik haline gelen **lidar sensörleri ile yapılagelen uygulamalardır**. Yüz tanıma, nesne tanıma ve bunlar üzerinden çeşitli oyunlar halinde sunulmaktadır. Bu konuda sektör kendi iç dinamiği içinde, kullanıcıların en çok kullandıkları özellik (*feature*) yapısına göre yol almaya devam etmektedir.

2. **Eğitim Odaklı Uygulamalar:** Bu konuda birkaç uygulama görünmüş olsa da henüz bu teknolojilerin eğitim için nasıl kullanılacağına dair **başarı kazanmış bir iş fikri ortaya atılmamıştır**. Eğitimi basamaklara ayırarak ele almak faydalı olacaktır. Üniversite eğitiminde, **ilgili eğitimin içeriğinde uzman olan kişilere bu teknolojinin imkanları anlatılmalı ve bu bağlamda olası iş fikirleri toparlanmalıdır**. Örneğin, ziraat mühendisliği eğitiminde bitkiler ve ağaçlar üzerin analiz, tıp eğitiminde insan bedeni üzerinde analiz, veteriner hekim eğitiminde sanal modellerin kullanımı gibi bir çok alanda insanların kullanımına sunulan modellerin, insanlardan gelen veriler bağlamında geliştirilmesi önemli fayda sağlayacaktır.

3. **Endüstriyel Uygulamalar:** Derin öğrenmede en çok ürün çıkartılan alan endüstriyel kullanımdır. Günümüzde **önce nesne tanıma, sonrasında nesnelerin ayrıştırılması ve kimliklendirilmesi alanlarında hizmetler verilmektedir**. Derin öğrenme modellerinde en verimli kullanım, öğrenim sürecinin devam ettiği modellerin kurulmasıdır. Örneğin, büyükbaş hayvanların kimliklendirilmesi, tarım sektöründe kullanılacak bazı makinelerin başlangıç teknolojisi olma durumundadır. Büyükbaş hayvanların her birinin sistem tarafından tanınarak, sıra halinde geçişlerinde muayene için işaretlenmiş olanların otomatik ayrılması gibi önemli etki yaratacak konular çalışılmalıdır.

4. **Elektronik Ticaret:** Sahip olunan verinin hacmi ve uygulama ortamının maliyet etkin olması dolayısıyla, bu sektör bu tür algoritmaların uygulanması için uygun bir ortam sunabilir.

Pekiştirmeli derin öğrenme modellerinin eğitimi için yüksek verimliliğe sahip yöntemlerin geliştirilmesinin **federe öğrenme, robotik, planlama ve tahmin gibi kritik teknolojiler ile sağlık, enerji, lojistik, ulaşım ve tarım gibi çeşitli sektörel uygulamaların etkinliğini artırmada potansiyel etkileri yüksektir.** Örneğin, yüksek başarımlı pekiştirmeli öğrenme yöntemlerinin enerji üretim, iletim ve dağıtım şirketlerine yönelik kayıp/kaçak tespiti sistemlerinde kullanılması, bölgesel ve küresel rekabette üstünlük kazandıracak potansiyele sahiptir. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarının bilimsel ve teknolojik çözümler desteğiyle güvenli değişimi ve verimli yönetimine katkı sağlayacaktır.

Performans kriterleri uygulama alanı ve şekline göre değişiklik göstermesi dolayısıyla, uygulama alanına özel *state of the art*'in hedeflenmesi doğru bir yaklaşım olacaktır. Genel olarak ise, bilinen büyük ve açık birden fazla veri seti üzerinde, geliştirilen algoritmaların etkinliklerinin diğer mevcut teknikler ile karşılaştırıldığında daha fazla performans göstermesi, bir başarı kriteri olarak yer alabilir. Başarı metriği olarak *mean average precision, recall, accuracy, F1, area under the curve* gibi metrikler birçok uygulamada ortak olarak kullanılmaktadır.

Bu Hedefe Ulaşmak İçin Birlikte Çalışması Gereken Disiplinler

Bilgisayar mühendisliği ve matematik bölümlerinin yanında, uygulamanın yapıldığı sektörün uzmanları da çalışmalarda yer almalıdır (sağlık, enerji, ulaşım, tarım gibi sektörel alanlar). Sistem tasarımı, bilgisayar ağları, donanım ve yazılım katmanlarını bir araya getiren disiplinlerin de katkısı olacaktır.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 2-4

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 7

Dünya ve Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Bu konuda Türkiye'de akademik bilgi birikimi yeterli düzeydedir. Ancak bu bilginin kullanıma sunulması konusunda henüz somut uygulamalar geliştirilememiştir. Derin öğrenme ile ekonomik öngörülerin yapılması, şehir trafiğinin analizi ya da öğrencilerin eğilimi gibi hususlarda yeterince kullanım alanı bulamamıştır. Bunun temelinde yatan sebep, **büyük veri bağlamındaki eksiklik**dir.

Devlet kurumları faaliyetleri ile ilgili büyük veriyi sunmak konusunda cesaretlendirilmelidir. Örneğin, kimlik bilgilerinden arındırılmış bir milli eğitim verisi, eğitimin varsa olumsuz gidişatına ilişkin bilgi vereceği için endişe sebebi olabilir; ancak araştırmacıların bilgi içerisindeki öngörülerini ortaya çıkarması ile geçmişte uygulanmış pratiklerin analizi yapılabilir. Dolayısıyla **ülkemizde öncelikle veri paylaşımı teşvik edilmelidir, verinin güvenilirliği sağlanmalıdır.**

Dünya ve Türkiye'deki teknolojik olgunluk düzeyi karşılaştırıldığında, Türkiye'nin yüksek performanslı pekiştirmeli derin öğrenme araştırmaları kapsamında yenilikçi ve özgün yaklaşımların geliştirilmesi ve bu yaklaşımların kritik teknolojiler (federe öğrenme, robotik, planlama ve tahmin gibi) desteği ile çeşitli sektörel uygulama alanlarında (sağlık, enerji, lojistik, ulaşım ve tarım gibi) etkilerinin gösterilmesi hedeflenmelidir. **Farklı sektörel uygulamalar için yazılım sisteminin geliştirilmesi, gerçekçi problemler ile test edilmesi, fiziki gösteriminin yapılması ve başarımların değerlendirilmesi amaçlanmalıdır.** Yurt dışında *Tesla*, *Cruise*, *DeepMind* gibi şirketler sürekli veri toplayıp, onları yüksek verimli sistemlerde eğitip, tekrar otonom araçlar üzerinde kullanmaktadır. Türkiye'de ise Eatron dahil olmak üzere az sayıda firma, otonom araçlarla ilgili yaptıkları çalışmalarda bu yöntemi kullanmaktadır.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Hedeflere ulaşılması için derin öğrenmenin en önemli girdisi veridir. Ülkemizde veri üretim yoğunluğu devlet kurumlarındadır. Ancak devlet kurumları anlaşılabilir endişelerle veriyi değil, verinin özetini sunmaktadır. Halbuki veri özeti hem yanlış yönlendirmelere açıktır hem de araştırmacıların çalışmasına imkân vermeyecektir. O nedenle, **işbirliğinin bir tarafı daima kamu kurumları olmalıdır. Kamunun, üniversitelerin, uluslararası işbirliklerinin, araştırma merkezlerinin ve büyük ölçekli sanayi kuruluşlarının yer aldığı modeller** üzerinde durulmalıdır.

Büyük ölçekli sanayi kuruluşları, KOBİ'ler, teknopark firmaları ve üniversiteler bir araya gelip, ucuz ve kolay programlanabilir robotik donanımlar üretmek için bir araya gelmelidir. Üniversite ve teknopark firmaları ise ilgili bilgi ve tecrübe açığını kapatmak için ortak projeler geliştirmelidir.

Üniversiteler, kamu araştırma enstitüleri/merkezleri, büyük ve küçük ölçekli teknoloji tedarikçisi firmalardan oluşan bir konsorsiyum oluşturularak; büyük ölçekte tasarlanmış yüksek verimli hesaplama ortamlarının altyapısını kurmalı, bu altyapılara yazılım hizmeti vermeli ve bunların bakım (*maintenance*) hizmetlerini sağlamalıdır. Kurulan bu büyük konsorsiyum hem akademisyenlere hem de diğer küçük veya büyük ölçekteki şirketlere gerekli yazılım ve donanım hizmetini "*pay-as-you-go*" (farklı şekillerde ölçeklenmiş ödeme sistemi) temelli verebilir. Bu ortam, içinde olmak isteyen ve

bünyesinde kayıtlı olarak görünmek isteyen akademisyenlere bir kurumsal destek (*affiliation* şeklinde) de verebilir; bu tip bir destek, yurt dışındaki projelere ortak olmak isteyen akademisyenler açısından kullanışlı olabilir.

İlgili Ürün/Teknolojinin Geliştirilmesi için Öngörülen Bütçe

Performansı yüksek pekiştirmeli derin öğrenme araştırmaları ve teknolojik hedefleri kapsamında üniversite-sanayi işbirliğinin artırılmasına, nitelikli insan kaynağının artırılmasına, yazılım ve veri altyapısının iyileştirilmesine yönelik destek ve teşvik mekanizmalarının geliştirilmesi için bu konuya özel Ar-Ge bütçesi ayrılması önem taşımaktadır. Örneğin, bu konuya özel proje çağrıları açılıp, farklı kritik teknolojiler (federe öğrenme, robotik, planlama ve tahmin gibi) desteği ile çeşitli sektörel uygulama alanlarında (sağlık, enerji, lojistik, ulaşım ve tarım gibi) en az 10 projeyi 3 yıl süre ile desteklenmesi hedeflenebilir. Proje başına 5-7 milyon TL öngörülmektedir. Algoritmaların geliştirilmesi ve geliştirilen algoritmaların deneneceği ortamların oluşturulması donanım açısından maliyetlidir. Bu nedenle diğer hedeflerden görece yüksek bütçe ile desteklenmesi öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki yapılabirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]:

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Pekiştirmeli öğrenme uzun yıllardır havacılık, makine ve endüstri gibi alanlarda kullanılıyor olsa da **akademide yeterince yaygınlaşmamış durumdadır**. Özellikle derin pekiştirmeli öğrenme konusunda çalışan ve bilimsel çıktı üreten akademisyen sayısı çok azdır. **Benzer kavramlarla çalışan akademisyenlerin kısa zamanda adapte olacakları bir alan** olduğu için, akademik Ar-Ge temelindeki yapılabirlik düzeyi orta olarak değerlendirilmiştir.

Türkiye’de veri madenciliği konusu, birçok farklı sektörde yazılmış onlarca makale ile yerel literatürde güçlüdür. Örneğin, ülkemizde *Artificial Neural Network* ile çalışılmamış bir alt başlık neredeyse yoktur. Halihazırda bu konuda akademik **çıktı üreten insan kaynağının daha nitelikli hale getirilmesi için adımlar atılması** gerekmektedir.

Bu konuda gelişim kaydetmek için büyük bir yazılım altyapısına gereksinim yoktur. **Derin öğrenme genel olarak açık kaynak kodla işletilmektedir.** Çözüm yaklaşımlarının detayları bilinmektedir. Bu yaklaşımların bir alana özelleşmesi için alan bilgisine sahip olmuş bir matematik uzmanı ya da bilgisayar mühendisi hızlıca çalışmaları başlatabilir. Bu alanda dünyada yapılan çalışmaların da büyük bir kısmı açık kaynaklı olarak araştırmacıların kullanımına sunulmaktadır. Ancak yüksek verimli pekiştirmeli öğrenme algoritmalarının da temel platformları ve uygulamaları destekleyecek şekilde yazılmaları gerekmektedir.

Hesaplama altyapısı ile ilgili ön plana çıkan **en önemli sorun maliyettir.** Derin öğrenmenin bulut tabanlı bir çok sistemin eğitildiği bir ortamda ele alınabilmesi için, donanımsal destek arttıkça, testlerin tekrarlanması o kadar hızlı ve verimli olmaktadır. **Türkiye’de gerekli altyapıya sahip olan ve araştırmacıların kullanımına sunan çok az kuruluş bulunmaktadır.** Dünyada ise *Google Colab* gibi ücretsiz hizmetler sayesinde GPU/TPU’ya ulaşılabilir. Türkiye’de tüm sorunların okunabildiği güvenilir veri problemi yaşanmaktadır, araştırmacıların kullanabilecekleri yerel veri setleri kaliteli değildir ve az sayıdadır. Ancak dünyada mevcut açık kaynak veri setleri belirli alanlarda (örneğin standart resimlerde nesne takibi gibi) yeterlidir. Bu sebeple, veri setlerinin yeterli olduğu alanlarda dünyadaki Ar-Ge birikimi, diğer alanlara göre daha doygun ve kullanılabilir bir noktadadır.

Veri temizliği konusunda mevzuatın geliştirilmesi gerekmektedir. Düzenli ve güvenilir veri, bu konudaki ilerlemenin en temel unsurudur. Teknolojik katkı sağlamak için, öğrenmek ve makinelerle öğretmek için **nitelikli veriyi zorunlu hale getirecek düzenlemelerin bu alanda yapılacak çalışmalara kaldıraç etkisi büyük olacaktır.**

Türkiye’nin bu konudaki yetkinliğini artırmak ve Ar-Ge çalışmalarının önünü açmak için **veri sağlayan kurum ve kuruluşların teşvik edilmesi** gerekmektedir. Örneğin Millî Eğitim Bakanlığının, öğrencilerin derslerde ilerlemesine yönelik anonimleştirdiği bir veri, bir çok alanda kullanılabilir. Benzer şekilde, şehir trafik görüntülerinin uzman tarafından etiketlenmiş hallerinin paylaşılması, bir çok bilim insanı ve üniversite öğrencisi için çok büyük bir kaynak haline dönüşecektir.

Bunlarla birlikte, derin pekiştirmeli öğrenme kavramının **üniversitelerde müfredatta daha fazla yer alması gereklidir**. Bu konularda yapılacak akademik ve sanayi Ar-Ge faaliyetlerine daha çok teşvik verilmelidir. Bu kavramın öğrenilebilmesi ve yaygınlaştırılması kapsamında **genele açık eğitimler ve konferanslar** düzenlenebilir. Bu alanda uluslararası kapsamdaki başarılı araştırmacılar, konuşmalar yapması için ülkemize davet edilebilir.

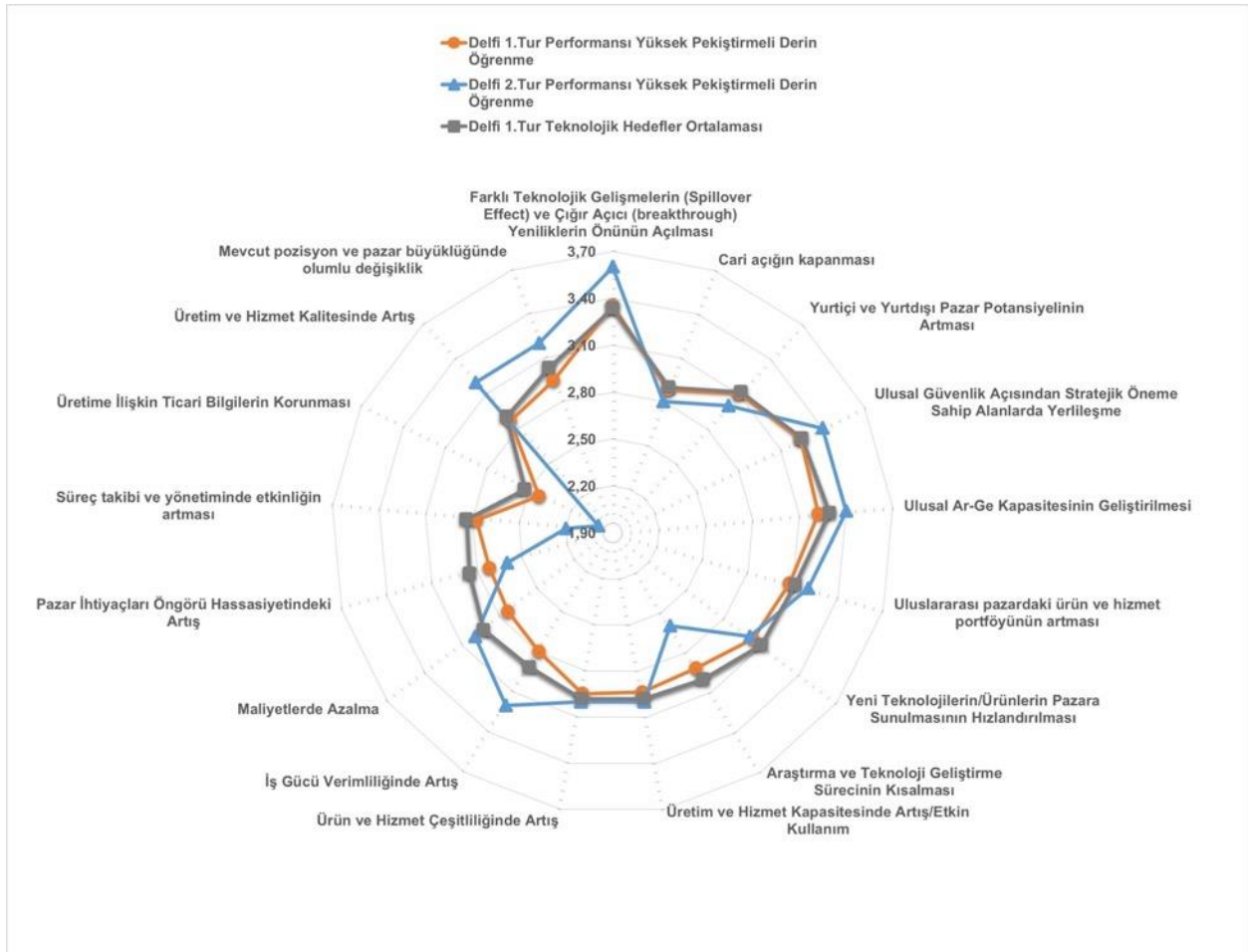
Daha iyi bir donanım altyapısı desteğinin; büyük ölçekte kamu araştırma enstitüleri/merkezleri bünyesinde büyük GPU destekli makineler kurularak tüm araştırmacıların kullanımına açılması gerekmektedir.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyelinin Değerlendirilmesi

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]:

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Derin pekiştirmeli öğrenme, doğrudan cari açığa veya verim artışına katkı yapmamakla birlikte, diğer öğrenme tekniklerine göre daha az veriye bağımlı, daha çok uygulamaya bağımlı olmasından dolayı; özellikle teknolojik boşluk olan alanlarda teknolojik ilerlemenin hızlanmasını sağlayacak potansiyele sahiptir. Bu alanda geliştirilecek ürünler hızlıca yaygınlaştırılabilir ve satılabilir. Veri erişimi ya da veri etiketleme ile uzayan süreçlerin kısaltılması, Yapay Zekâ alanındaki ürünleşme süreçlerini kısaltacaktır.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Performansı yüksek pekiştirmeli derin öğrenme araştırmalarının değerlendirilmesinde, yerli test altyapılarının oluşturulması önemlidir. Test ve insanlar ile bir arada çalışma için kapsamlı güvenlik mekanizmaları eklenmeli/test edilmelidir. Özellikle otonom araçlar için kullanılmasına yönelik olarak, bu teknolojinin **otonom araçlarda test edilmesi için altyapıya ihtiyaç bulunmaktadır.**

Yasal / teknik düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Performansı yüksek pekiştirmeli derin öğrenme araştırmalarından çıkan yenilikçi yaklaşımlarının standartlar ve patent sistemi ile desteklenmesi gerekmektedir. Ayrıca, **endüstriyel robotik ve otonom araçlarda bu teknolojinin kullanılması için gerekli mevzuat oluşturulmalıdır.**

Pazara giriş sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

--

Bu konuda ilerleme ancak **pazar beklentilerinin karşılanması** ile sağlanabilir. Son kullanıcının ihtiyaçları analiz edilmeli, bu ihtiyaçların geliştirilen performansı yüksek pekiştirmeli öğrenme teknikleriyle aşılabileceğine ilişkin farkındalık oluşturularak, **piyasada talep yaratılmalıdır**. Teknolojinin uygulama şekli ve avantajlarını son kullanıcıya aktarmak için bilgilendirme/egitim faaliyetleri gerçekleştirilmelidir.

Teşvik ve destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Performansı yüksek pekiştirmeli derin öğrenme teknolojilerinin geliştirilmesi ve ürünleşmesi, katma değere dönüşmesi **sürecinin farklı aşamalarında veriye erişimi de kolaylaştıracak destekler verilmesi; pazara giriş ve yatırım teşviklerinin sağlanması** gerekmektedir. Küçük ölçekli şirketlerin bu gibi yeni alanlara yönelmeleri ve adapte olmalarını kolaylaştıracak destek ve teşviklerin artırılması yararlı olacaktır.

İnsan kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Derin öğrenme alanında insan kaynağının nitelik ve nicelik olarak artırılması amacıyla, derin öğrenmenin verinin anlaşılmasıyla başladığından hareketle, **matematik ve istatistik alanındaki uzmanların bu alana yönlendirilmesi** faydalı olacaktır.

Performansı yüksek pekiştirmeli derin öğrenme araştırmaları kapsamında üniversite-sanayi işbirliğinin ve nitelikli insan kaynağının artırılmasına yönelik **akademik Ar-Ge projeleri ve doktora burs destekleri gibi teşviklerin sağlanması** faydalı olacaktır. Üniversitelerden başlayarak bu alanla ilgili nitelikli insan sayısı artırılmalıdır.

Firmadan kaynaklı sebepler (Maddi sebepler, strateji değişikliği, yönetim değişikliği, vb.)

Derin öğrenme yöntemlerine ilişkin firmaların farkındalığının artırılması ve derin öğrenme ile yenilikçi uygulamalar geliştirebileceklerine ilişkin motivasyon sağlayacak adımlar atmak gereklidir.

Teknolojik Hedef 3: İstatistiksel Üretken Modeller

Literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren İstatistiksel Üretken Modellerin geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar

Yeni algoritmaların geliştirilmesi ve doğal dil üretme (soru cevaplama, özetleme vb.) ve ilaç geliştirme (yeni ilaç molekülleri önerme) gibi alanlara uyarlanması, geliştirilen modellerin bu alanlarda eğitilmeleri fayda sağlayacaktır. Bu alanda elde edilecek ilerlemeyle, çeşitli sektörlerdeki/alanlardaki çalışma aşamaları için ihtiyaç duyulan insan gücü nitelik ve nicelik olarak azalacaktır.

İstatistiksel Üretken Modeller alanında halihazırda yürütülen yenilikçi çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, bulduğu parametreleri görsel olarak da açıklayabilen algoritmalar geliştirilmektedir ve bu algoritmalar hem destek vektör makineleri sınıfına girmekte hem de derin olmayan sinir ağı sınıfına girmektedir. Bu ve bu tip **algoritmaları kütüphane olarak sunabilecek platformların ve kaynakların erişime açılması; yerli algoritmaların sayısını artıracak, bu konudaki bilgi birikimini artıracak ve araştırmacıların daha iyi ve gelişmiş modelleri üretmesine olanak sağlayacaktır.**

Bu Hedefe Ulaşmak İçin Birlikte Çalışması Gereken Disiplinler

Bilgisayar bilimleri, bilgisayar mühendisliği, istatistik ve matematik ile ilgili uygulamaların geliştirileceği disiplinler birlikte çalışmalıdır.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 2-4

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 4-9

Dünya ve Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Bu konu özelinde Türkiye'de büyük kütüphaneler sağlayan, bilinen bir örnek bulunmamaktadır. Dünyada az sayıda da olsa örnekler (Google, IBM vb.) bulunmaktadır. Türkiye ile dünyadaki

uygulamalar arasında teknolojik hazırlık seviyesi konusunda, az sayıdaki birkaç örnek dışında, büyük bir fark olmadığı değerlendirilmiştir.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Google, IBM gibi şirketler ile bazı üniversitelerin bu konu özelindeki işbirlikleri gibi ülkemizde de büyük ölçekli sanayi kuruluşları ve üniversitelerin işbirlikleri kurmaları gerekmektedir. Bu alanda deneyimli akademisyenler, bu alanda Ar-Ge ve yenilik faaliyetleri bulunan firmalar, veri toplayan firmalar ve araştırma kuruluşlarının bir araya gelmesi ve birlikte proje üretmesine ilişkin etkinlikler (konferanslar, çalıştaylar, proje pazarları) gerçekleştirilmelidir. Açık kaynak yazılım platformları ve veri kümelerinin biriktirilmesi iş modeli ile çalışan Kitware firması gibi şirketleşme oluşumları da desteklenebilir.

İlgili Ürün/Teknolojinin Geliştirilmesi için Öngörülen Bütçe

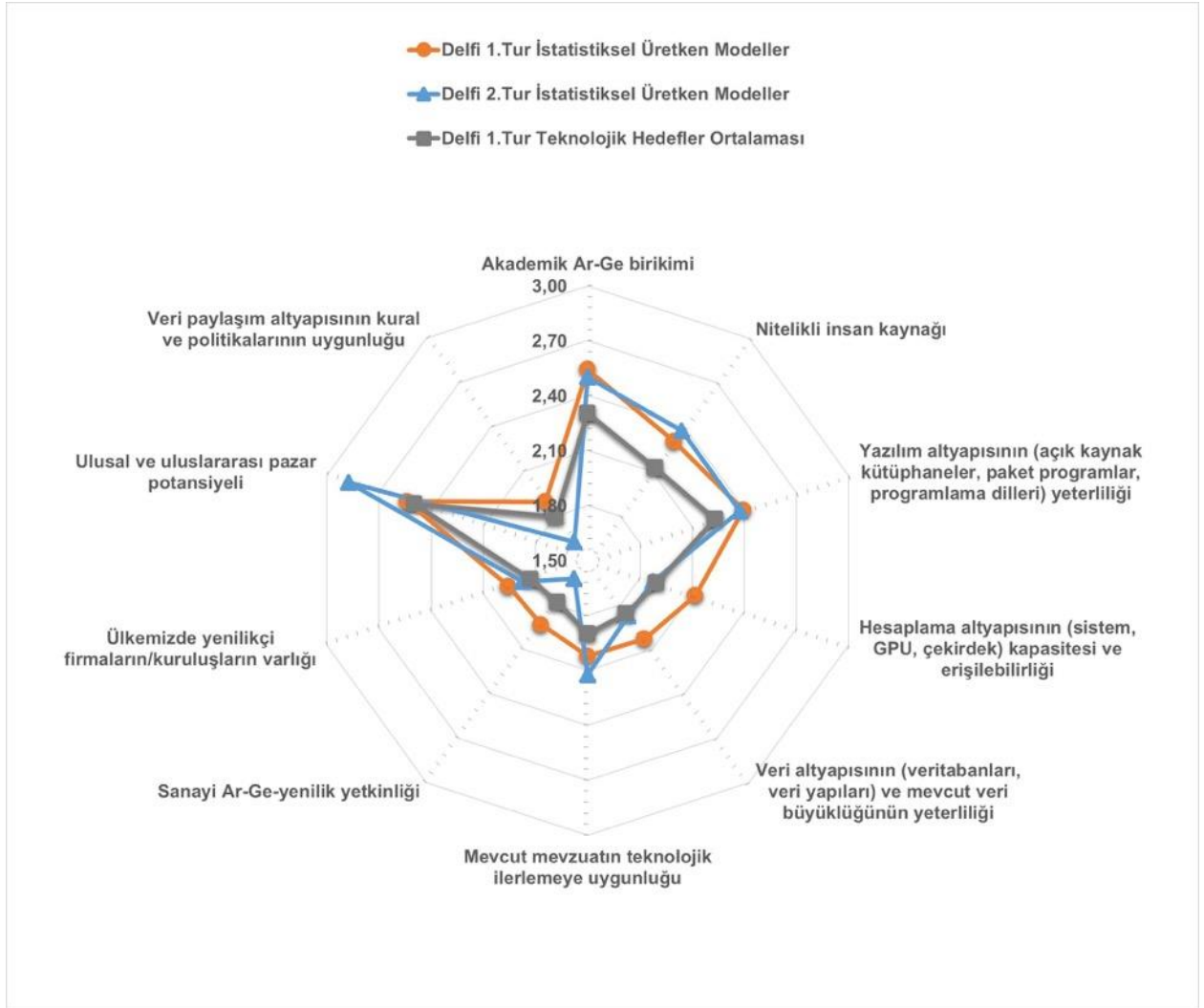
Bu bütçenin büyük kısmı veri işleme ve saklama altyapısının oluşturulması ve bu konu özelinde yetkin araştırmacıların yetiştirilmesine yönelik kullanılacaktır. Proje başına 6 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]:

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Bu alandaki **akademik ve sanayi Ar-Ge birikiminin artırılması** gerekmektedir. **Yetkin araştırmacıların sayısının artmasına** yönelik adımlar atılmalıdır. Araştırmacıları bu alandaki Ar-Ge çalışmalarına yönlendirmek için ise, **veri işleme ve saklama için altyapısının güçlendirilmesi** gerekmektedir. Projeler sonucu ortaya çıkacak ürünlerin, **makine öğrenmesinin olabildiğince fazla yöntemi için uygun olması ve gerçek uygulamalarda karşılaşılan problemlere çözüm**

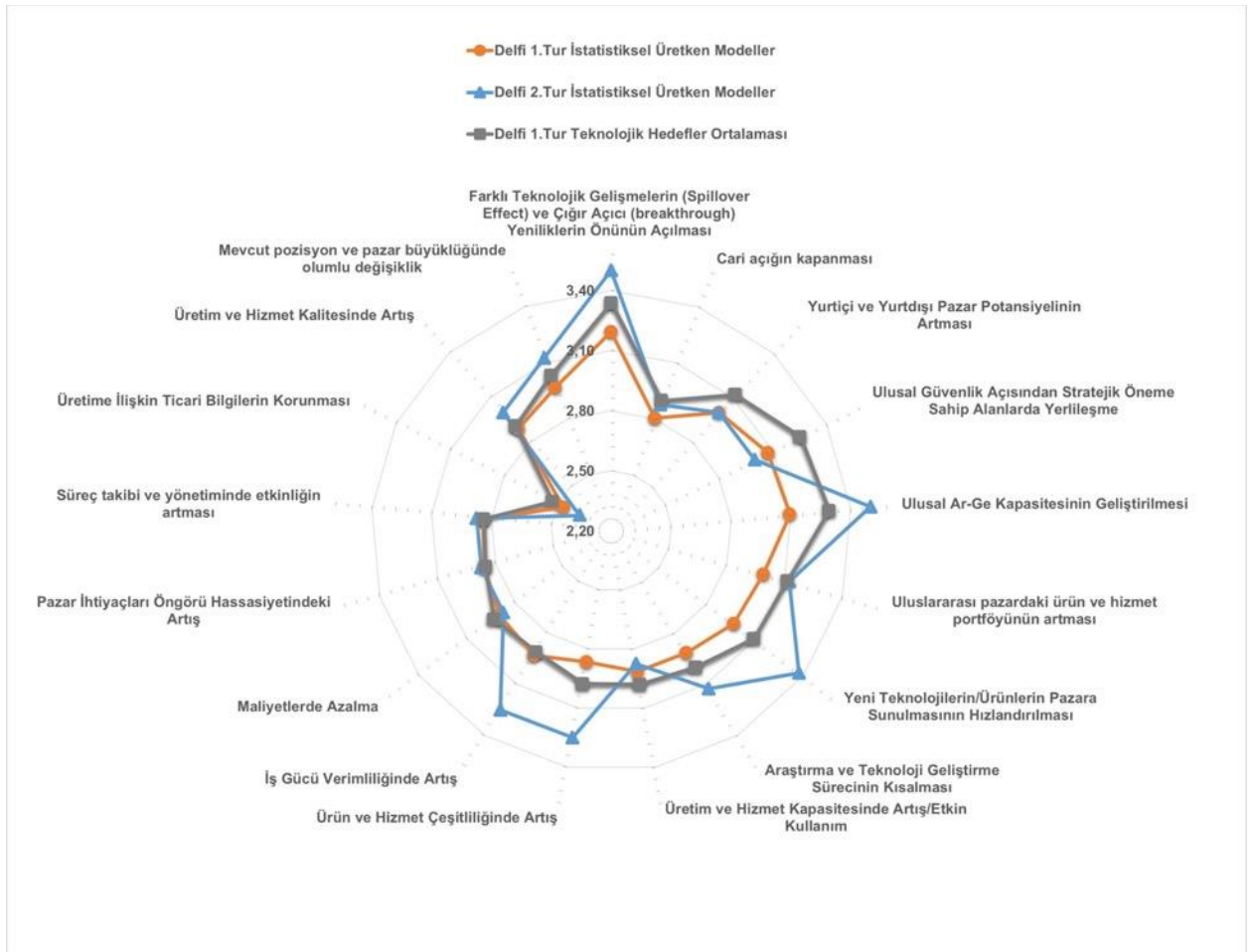
sunabilmesi gerekmektedir. Ar-Ge faaliyetleri, uygulama alanındaki problemler ve uygulama ortamındaki şartlar dikkate alınarak Ar-Ge ve yenilik projelerinin hazırlanması gerekmektedir.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyelinin Değerlendirilmesi

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]:

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Bu konuda beklenen katma değer ile ilgili genel değerlendirmeler ve öneriler

Özellikle sağlık alanında, **radyolojik görüntülerin ve tanıya dayalı cihaz verilerinin otomatikleştirilmiş analizini amaçlayan sistemlerin geliştirilmesinde çığır açıcı gelişmeler sağlama potansiyeli** barındırmaktadır. Geliştirilen istatistiksel üretken modeller sağlık dışında da

bir çok alanda ve sektörde kullanılabilir. Mevcut süreçlerin iyileştirilmesi, yeni ürünlerin ortaya çıkması, ülkemizin Ar-Ge potansiyelinin artması ve pazar payının büyümesi için katkı sağlayabilir.

Önerilen modellerin başarıyla tamamlanması durumunda **makine öğrenmesine gereksinim duyan bir çok gerçek ortam problemi otomatik bir şekilde, yüksek başarımlı ve hızla çözülebilecektir**. Bu modeller bir çok projede kullanılabilir ve modelin sağladığı faydalar ile projeler daha az insan kaynağıyla daha hızlı gerçekleştirilebilir.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Bu konu özelinde görev yapacak bir test ve sertifikasyon merkezi kurulması, Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerini artıracaktır. İlgili test ihtiyaçları, büyük ölçekli sanayi kuruluşlarından destek alınarak da karşılanabilir; kamu-özel sektör ortaklığında bir merkez kurulabilir. Sertifikasyon konusunda, uluslararası geçerliliği olan merkezlerin sertifikasyonuna yönelik kamunun adımlar atması gerekmektedir.

Yasal / teknik düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Veri saklama ve işleme ile ilgili genel yasal düzenlemeler bu konunun ilerlemesi için de gereklidir.

Pazara giriş sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Bu ürünleri geliştiren firmalarımızın uluslararası pazarda *Google* ve *Facebook* gibi büyük şirketlerle rekabet etmeleri zordur. Bu büyük şirketlerin halihazırdaki sistemleri, sunucuları ve veriyi aynı noktada/serviste birleştirdiğinden avantajlı konumdadırlar. Ancak, iç piyasada yerli ürün tercih edilmesi ve kamu alımlarındaki teşvik edici şartlar yerli teknoloji tedarikçilerinin iç piyasaya girmelerini kolaylaştırabilir.

Teşvik ve destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

İnsan kaynağının geliştirilmesine ilişkin burslar ve destekler; girişimcilik destekleri ve yatırım teşviklerinin bu konu özelinde verilmesi çok faydalı olacaktır. Ar-Ge ve yenilik desteklerinin yanı sıra ürün geliştirme sonrası tanıtım, tasarım konularına destek ayrıca sağlanmalıdır.

İnsan kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Bu konu özelinde nitelikli insan kaynağının, öncelikle üniversitelerdeki akademik araştırmaların bu konuya yönlendirilmesiyle geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Teknolojik Hedef 4: Açıklanabilirlik Düzeyi En Az 4 Olan Derin Denetimli Öğrenme

Derin denetimli öğrenme yöntemlerinin açıklanabilirlik düzeyinin en az 4 (DARPA sınıflandırmasıyla) seviyesine veya mevcut dünyadaki seviyenin üzerine yükseltilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar

Açıklanabilir Yapay Zekâ sistemleri, kritik görevlerde/kararlarda kullanılacak Yapay Zekâ sistemlerinin kabulünü, kontrolünü, doğrulanmasını ve sertifikaya edilebilmesini sağlayarak bu sistemlerin yaygınlaşmasına imkân sağlamaktadır. Derin öğrenme algoritmalarının veriden ne öğrendikleri, hangi veriyi neden belirli bir sınıfa koydukları tam olarak açıklanabilir değildir. Dolayısıyla, bir veri seti üzerinde çalışan bir algoritmanın kritik ve başka bir uygulamada da düzgün ve güvenilir olarak çalışıp çalışmayacağı net kestirilememektedir. Bu anlamda açıklanabilir algoritmalar, **kritik uygulamalarda kullanılabilirmeleri yönüyle önem taşımaktadır.**

Derin öğrenme modelleri büyük kapalı kutu modeller olduklarından verdikleri kararların yorumlanabilirlikleri düşüktür. Bu konuda yapılacak çalışmalar ile **bu modellerin verdikleri kararları hangi nedenden verdiklerinin açıklanmasına yönelik modeller geliştirilmeli ve böylece mevcut derin modellerin açıklanabilirlik düzeyleri artırılmalıdır.** Bu konuda DARPA⁷ tarafından da son dönemde bir proje çağrısı açılmıştır.⁸

Bu konu dünyada yeni çalışmaya başlanmış bir konudur. Yapay zekâ sistemlerinin sadece başarılı olması değil; açıklanabilir olması, bu sistemlerin daha adil, daha şeffaf, daha işe yarar olmalarını sağlayacak; bu sayede yaygın kullanımlarını artıracaktır. Performans kriterleri, istenen cevaplara yönelik Yapay Zekâ sisteminden alabildiğimiz çıktılara göre şekillenmektedir. *Accuracy, precision, recall, F1-score, ROC, AUC, MSE, MAE, BLEU* gibi parametreler performans metriği olarak kullanılmaktadır. Bu konu başlığındaki **çalışmaların açıklanabilirlik düzeylerini DARPA sınıflamasıyla en az 4. seviyeye çıkarması** hedeflenmektedir.⁹

⁷ The Defense Advanced Research Projects Agency – ABD İleri Savunma Araştırmaları Ajansı

⁸ DARPA, <https://www.darpa.mil/program/explainable-artificial-intelligence> (Erişim: Şubat 2021)

⁹ Gunning, D., & Aha, D. (2019). DARPA's explainable artificial intelligence (XAI) program. *AI Magazine*, 40(2), 44-58

Bu Hedefe Ulaşmak için Birlikte Çalışması Gereken Disiplinler

Matematik, bilgisayar bilimleri, istatistik alanındaki araştırmacılar bu konu özelinde birlikte çalışmalıdır. Bununla birlikte ele alınan uygulamaya yönelik olarak da bilgisayar mühendisliği, elektrik-elektronik mühendisliği, veri bilimi, psikoloji gibi disiplinler ile uygulama alanlarından uzmanlar (örneğin tıbbi bir uygulama için tıp doktorları) bir araya gelmeli ve böylece çok disiplinli çalışmalar yürütülmelidir.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 2

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 3-5

Dünya ve Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

ABD ve Avrupa Birliğinde ilgili konuda araştırma ve çalışmalar hız kazanmaktadır. Askeri alanda da bu çalışmalar yoğunluklu olarak ABD tarafından DARPA'da yapılmaktadır. Henüz yeni gelişmekte olan bu konuya akademik camiadan da yoğun bir ilgi gösterilmektedir. Çalışmalar son 3-4 yıldır yoğunlaşmıştır. Dünyada farklı araştırmacıların ve şirketlerin bu alana yönelik geliştirdikleri yöntemler ortaya çıkmıştır. Ancak Türkiye'de, bu konudaki çalışmalar ve geliştirilen yöntemler, dünyadaki örnekleriyle kıyaslandığında az da olsa geriden gelmektedir. Türkiye'de TÜBİTAK BİLGEM ve ROKETSAN tarafından bu konuda çalışmalar yapılmaktadır. Türkiye'de de (tıpkı DARPA'nın yarışmaları gibi) yarışmalar düzenlenebilir.¹⁰

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Bu konudaki çalışmaların ivmelenmesine yönelik olarak üniversiteler ve kamu araştırma enstitüleri/merkezleri bir araya gelerek öncü projeler ortaya koymalıdır. Açıklanabilir Yapay Zekâ üzerine üniversitelerde sayılı akademisyen mevcuttur, bu sebeple Ar-Ge ve yenilik projelerinin sayısından ziyade, tüm disiplinlerin bir araya geldiği ve somut çıktıları olan az sayıda projeye öncelik verilmelidir. Açıklanabilirlik probleminin çözümünde hem veri toplama hem de model geliştirme esnasında, alan bilgisine sahip olmak önem arz ettiğinden ele alınan uygulama alanlarında faaliyet gösteren büyük ölçekli sanayi kuruluşları, teknopark firmaları, kamu araştırma enstitüleri/merkezleri ve kamu kurumları bir araya gelmelidir.

¹⁰ Prize Challenges, DARPA, <https://www.darpa.mil/work-with-us/public/prizes> (Erişim: Haziran 2021)

İlgili Ürün/Teknolojinin Geliştirilmesi İçin Öngörülen Bütçe

Bu teknoloji alanı için açıklanabilirliğe yönelik veri toplamanın çok kritik olduğu düşünüldüğünde **bütçeyi belirleyecek ana unsur temiz, güvenilir ve büyük ölçekli veri toplanmasının sağlanmasıdır.** Ele alınan problem alanı için veri toplanması esnasında çok sayıda alan uzmanına ihtiyaç vardır. Yöntem geliştirme esnasında da bu uzmanların bilgi ve deneyimi yönlendirici olacaktır. Teknoloji alanının çok disiplinli yapısı gereği öngörülecek bütçenin, diğer hedeflere görece yüksek olması faydalı olacaktır. Yıllık ayrılacak bütçenin en az 30 Milyon TL olması, bu konudaki çalışmalara ivme kazandırabilir. Bu konuda ulusal bir konsorsiyum kurularak, özel sektörün de Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerine mali katkısı sağlanabilir. ABD’de bu konuyu da içeren ve 2018 yılında oluşturulan çok yıllık ulusal Ar-Ge ve yenilik programının bütçesi 2 Milyar ABD Dolarıdır.¹¹ THS 4’e getirilecek projelere 7 milyon TL, 4’ten 7’ye getirilecek projeler için 7 milyon TL’den daha az bütçe öngörülmektedir.

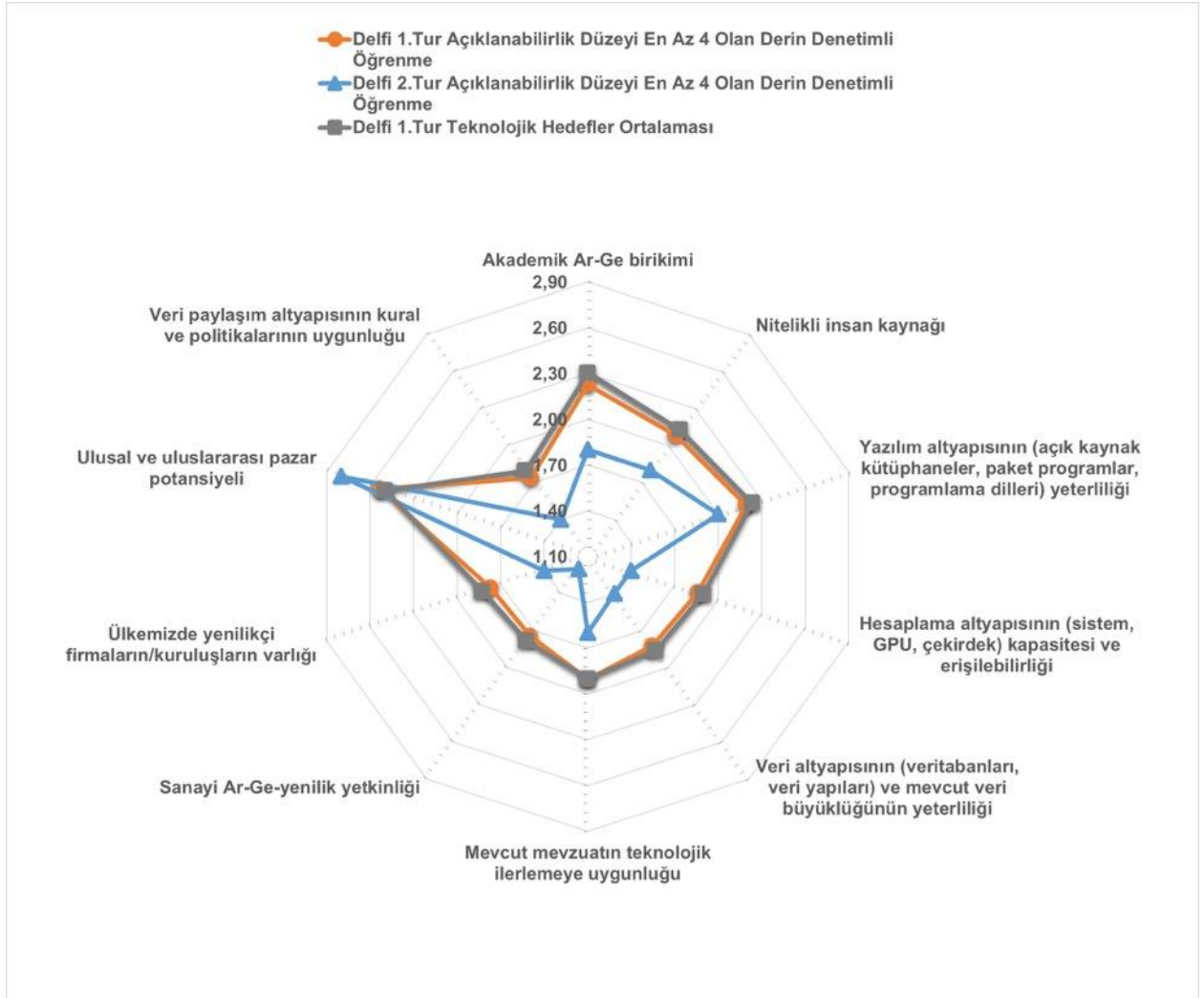
¹¹ "AI Next" programı, DARPA, <https://www.darpa.mil/work-with-us/ai-next-campaign> (Erişim: Şubat 2021)

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]:

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Bu konudaki **nitelikli insan kaynağımız sayı bakımından çok yetersizdir**. Ancak, doğru yönlendirme ve işbirlikleri sonucu bu alana kayabilecek pek çok araştırmacı ve akademisyen bulunmaktadır.

Bu konudaki yetkinliği geliştirmek için, doğrudan kamu destekli Ar-Ge ve yenilik projelerinin başlatılması veya ulusal programlar başlatılması faydalı olacaktır. En büyük eksikliğin akademik

alanda olduğu düşünülürse, **akademisyenlere ve öncelikli olarak akademik çalışan, doktoralı insan kaynağı çalıştıran ve bu alanda faaliyet gösteren küçük ve orta ölçekteki firmalara;** çalışmalarının sonuçlarını akademik yayınlara dönüştürmek ve yaygınlaştırmak koşuluyla destek verilmesinin faydalı olabileceği değerlendirilmektedir.

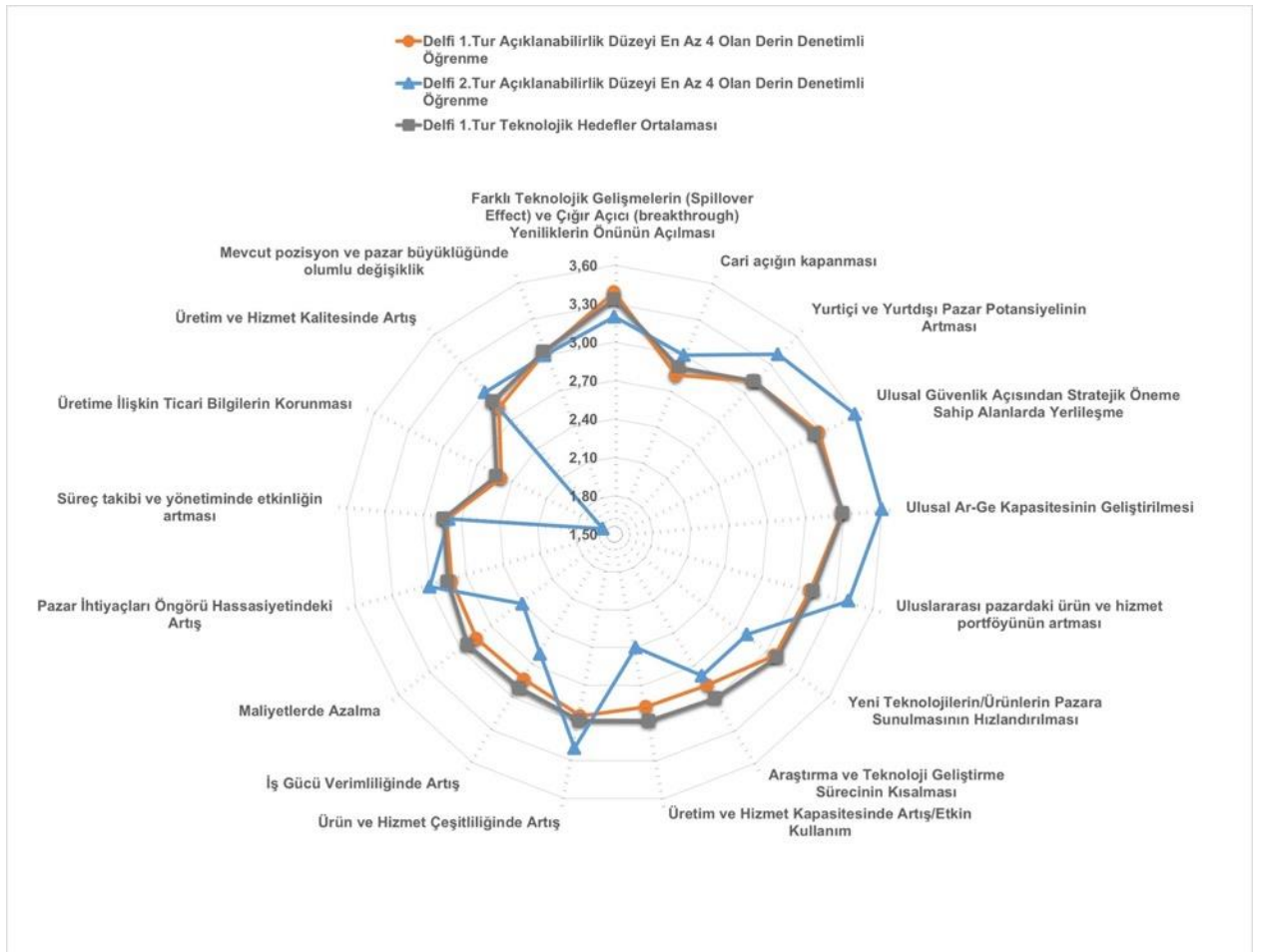
Bu konuda **özel sektör ve akademi işbirliklerinin de geliştirilmesi önem arz etmektedir.** Akademik çalışmaların, özel sektörün ihtiyaçları doğrultusunda yönlendirilmesi ve çıktıların katma değere dönüşmesi; bu konudaki akademik çalışmaların ve araştırmacı sayılarının artmasına neden olacaktır.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyelinin Değerlendirilmesi

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]:

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Açıklanabilir Yapay Zekâ özellikle tıp ve güvenlik uygulamalarında patentlenebilecek ürünler ve modeller geliştirme potansiyelini barındırmaktadır. Akademik olarak dünyada da henüz geliştirilmeye çalışılan bir alan olduğu için, **bu alanda yapılan herhangi bir ciddi yenilik, prestij ve teknolojik birikim getirecektir**. Dolayısıyla da birçok alanda daha iyi, güvenilir algoritmaların üretilmesine ve bunların yurt dışına ihracatının kolaylaşmasına yardımcı olacaktır.

Derin öğrenme modellerine dayalı Yapay Zekâ yöntemlerinin belli alanlarda diğer yapay öğrenme yaklaşımlarına kıyasla üstün performans verdikleri bir gerçektir. Buna bağlı olarak farklı uygulama alanlarındaki problemlerin çözümünde bu derin modelleri kullanan ürünler ortaya çıkmıştır. Ancak Yapay Zekâ teknolojileri kullanılarak verilen kararlara güvenilmesinin kritik olduğu **tıbbi, askeri, finansal sektörlerde ve otonomi gibi alanlarda bu modellerin verdikleri kararlarının açıklanabilirliği büyük önem arz etmektedir**. Bu bağlamda değerlendirildiğinde yukarıda tanımlanan teknolojinin mevcut ürünlere dahil edilmesinin ürünlerin katma değerini arttıracığı değerlendirilmektedir.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Bu konuda **bir sertifikasyon otoritesi** kurulmalı ve kamu alımlarının şartnamelerinde veya Ar-Ge ve yenilik desteklerinde yazılımların açıklanabilirlik seviyesinin bu otorite tarafından derecelendirilmiş olması talep edilmelidir. Ürünlerin açıklanabilirlik seviyesinin test edildiği (hedeflenen dört seviyesine ulaşıldığının ölçüldüğü) **yerli sertifikasyon merkezleri ve yerli test altyapılarına ihtiyaç bulunmaktadır**.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Açıklanabilir Yapay Zekâ öğeleri ve standartları, ulusal ve uluslararası çalışmalarla belirlendikten sonra; bu **yazılımların takibi, garantisi ve benzeri süreçler için mevzuatın hazırlanması**

gerekmektedir. Bu konudaki **uluslararası standartların ve mevzuatın geliştirilmesi çalışmalarına Türkiye'nin de yetkin akademisyenlerle temsil edilerek katılması** önem arz etmektedir.

İnsan Kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Ele alınan teknoloji alanı için yapay öğrenme ve onun alt alanları, insan makine etkileşimi, psikoloji gibi alanlarda ilgili yetkinlikte nitelikli insan kaynağına ihtiyaç vardır. Bu konunun akademide yeni ele alınan bir konu olduğu dikkate alındığında, **akademisyenlerin bu konudaki çalışmalarına kariyerinin başındaki araştırmacılara da dahil ederek yetiştirmesine yönelik destekler** verilmelidir.

Teknolojik Hedef 5: Alan Bilgisine Sahip, Verimli, Güvenilir Modeller

Mevcut Yapay Zekâ yöntemlerine alan bilgisinin entegre edilerek, verim ve/veya güvenilirliğin iyileştirildiği algoritmaların geliştirilmesi ve bu algoritmaların çeşitli sektörlerde uygulanması

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar

Bir uygulamada yüksek performansla çalışan algoritmalar, mevcut parametreleri ile başka bir uygulama üzerinde kullanıldığında aynı performansla çalışmamaktadır. Bu problem, daha önce kullanılmış parametrelerin yeni uygulama için alan bilgisine sahip kişiler tarafından yeniden ayarlanmasıyla çözülebilmektedir. Bu hedef kapsamındaki çalışmalar, **alan bilgisinin Yapay Zekâ algoritmalarına etkin bir şekilde entegre edilerek ilgili uygulamalarda performansın artırılmasını** içermektedir.

Mevcut yöntemlerin üzerine geliştirilecek ve önerilecek algoritmaların başarımı açısından **doğruluk en önemli performans metriğidir**. Dikkat edilmesi gereken önemli noktalar veri setlerinin doğruluğu ve sınıflandırmasıdır.

Diğer yandan, **sağlık sektöründe yürütülen tüm süreçleri kolaylaştıran ve kalitesini artıran Yapay Zekâ yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır**. Bu Yapay Zekâ algoritmalarının sunacağı hizmetler geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Tıbbi görüntülerin analizi ile otomatik tanı sistemleri, tıbbi verilerden öngörü üreterek planlama ve organizasyon faaliyetleri, Yapay Zekâ destekli sohbet botları ile rutin ve klinik süreçlerinin iyileştirilmesi, genetik düzeyde yapılan araştırmalar üzerinde yapılan geliştirmeler gibi katma değeri yüksek uygulamaların geliştirilmesine yönelik yöntemlerin ve algoritmaların geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Alan bilgisinin entegre edilmesinin kritik öneme sahip olduğu uygulamalara örnek olarak radyoloji görüntülerinin işlenmesi gösterilebilir. Birçok organ (prostat, beyin, akciğer, göz vb.) ve hastalık (kitle, nodül, enfeksiyon) için radyoloji görüntülerinden yararlanılmaktadır. Her organ ve hastalık içinde farklı çekim teknikleri (MRI, CT, CR, USG, OCT vb.) kullanılabilir. Bir organ-hastalık-görüntüleme sistemi için geliştirilen algoritmaların bu sürece büyük katkısı olacaktır. Ancak, **sistemin başarısı %70'in üzerinde olmalıdır**.

Bu hedefe ulaşmak için birlikte çalışması gereken disiplinler

Bilgisayar mühendisliği, yazılım mühendisliği, veri bilimciler ve algoritmaların uygulanacağı disiplinlerin bir araya gelmesi gereklidir.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 4-9

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 9

Dünya ve Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Dünya'da çalışmalar kapsamlı olarak **sektörler arası işbirliği** ile yapılmaktadır. Türkiye'de çalışmalar başlatılmış fakat Yapay Zekâ algoritmalarının gelişimine katkı olacak veri seti platformlarının henüz hazır olmadığı görülmüştür. Geniş bir ürün yelpazesine sahip olan bu alanda ürün haline gelmiş çalışmalar da bulunmaktadır. Bu konu, **Türkiye için görece yeni bir alan olup, dünyada bu teknolojiler gerçek sistemlere büyük şirketler tarafından adapte edilmektedir.** Ülkemize Organon, InventAnalytics vb. şirketler tarafından geliştirilmiş ürünler bulunmaktadır. Kredi-risk analizi ve bankacılık konusunda dünya ile aynı seviyede ürünlerimiz bulunmaktadır. Ancak Türkiye sağlık, haberleşme, perakende ve üretim sektörlerinde dünyanın gerisinden gelmektedir.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Büyük veri sahibi şirketler, akademisyenler ve üniversiteler, proje bazlı bir araya gelmelidir. **Bir Ar-Ge ve yenilik platformu olarak ise araştırma kuruluşlarının, ilgili kamu kurumlarının, teknoloji tedarikçisi ve son kullanıcı sektörlerden temsilcilerin bir araya gelmesi** faydalı olacaktır. Bu platformla belirlenen gerçek sektörel problemler, üniversitelerde özellikle lisansüstü programlarda tezlere dönüştürülerek yenilik süreçlerine ve nitelikli insan kaynağının gelişmesine katkı sağlanabilir. Büyük ölçekli sanayi kuruluşları, teknopark firmaları, üniversite ve kamu kurumları birlikte çalışarak, **sağlanabilecek verilerin neler olabileceği, verinin kullanımı ve adaptasyonu** konusunda ilerleme kaydetmelidirler.

İlgili ürün/teknolojinin geliştirilmesi için öngörülen bütçe

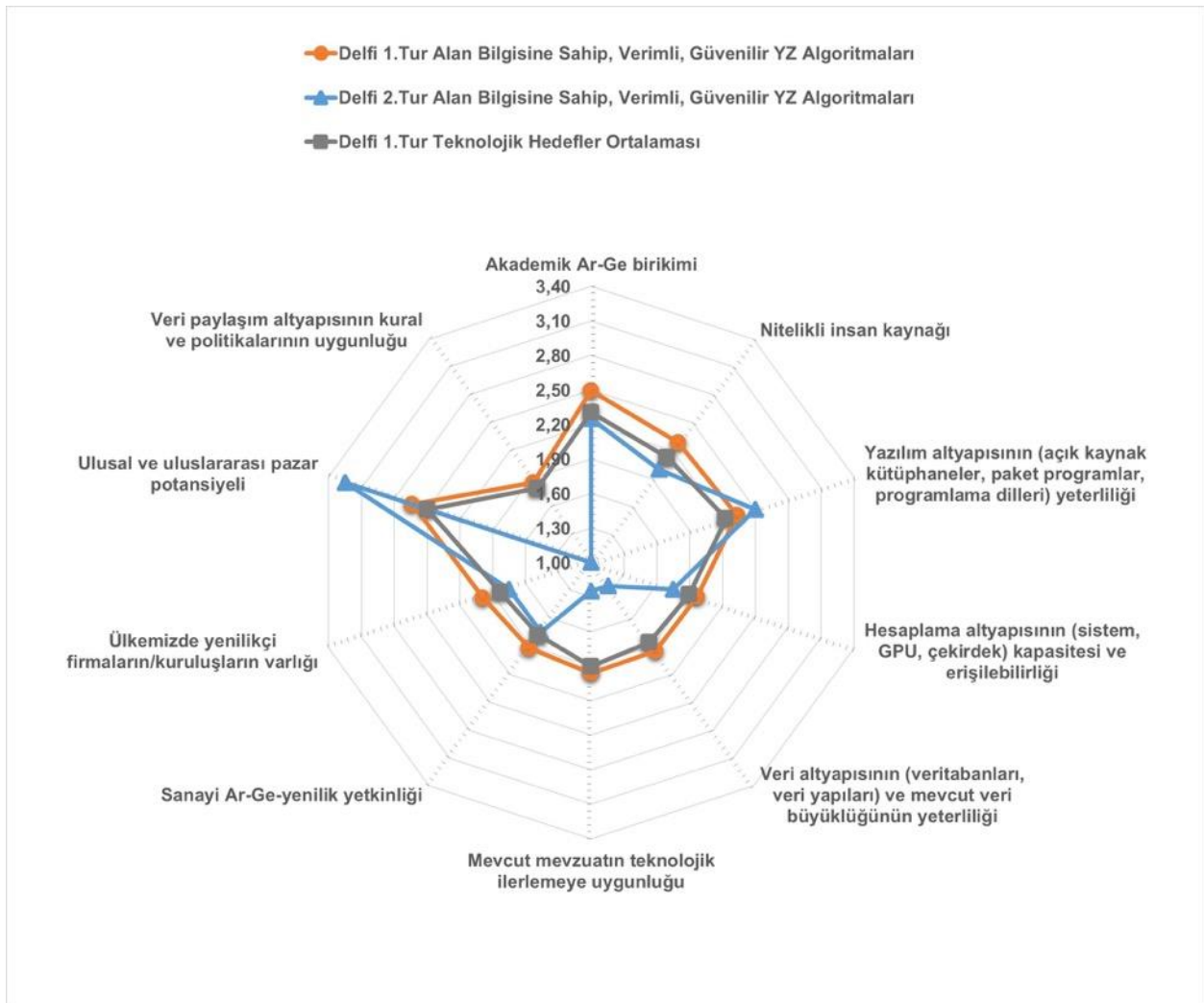
Ortalama olarak bu alanda geliştirilen teknolojiler, **3-10 Milyon TL (proje bazlı)** arasında bir bütçeye ihtiyaç duymaktadır. Geliştirilen sektöre göre bütçe ihtiyacı değişkenlik gösterebilmektedir. Ürün geliştirme aşamasında sürdürülebilirlik ve izleme açısından bütçe artabilmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]:

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Ülkemizde **açık kaynak veri setleri bulunmasına rağmen yeterli seviyede değildir**. Ayrıca çoğu açık kaynak veri setlerinin etiketleme kaliteleri yetersizdir. Mevcut veri tabanları yetersiz ancak veri büyüklüğü yeterlidir. Mevcut veri tabanlarının geliştirilmesi, dijitalleşmeyle arttırılabilecektir.

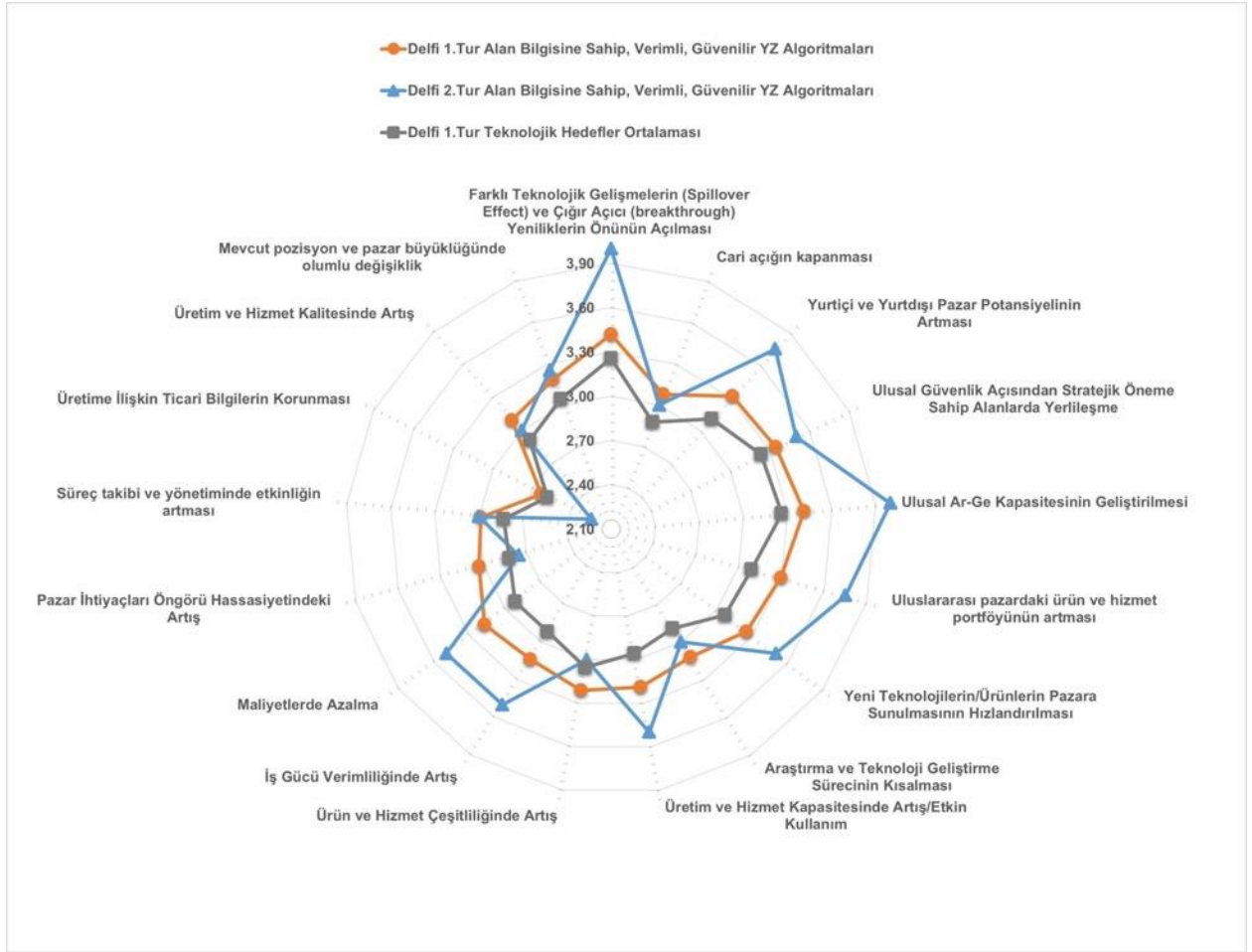
Halihazırdaki **mevzuat kısıtlar sunmasa da verileri paylaşacak ilgili kurumlar bilgi gizliliği ihlali ve KVKK çekincesiyle, anonimleştirme gibi tüm şartlar sağlansa bile veri paylaşmaya olumlu yaklaşmamaktadırlar**. Özellikle sağlık alanında bu teknolojilerin katma değere dönüşmesi amacıyla, anonimleştirilmiş ve KVKK'ya uygun verilerin paylaşılması önem arz etmektedir. Elde edilen işlenmeye uygun verilerin depolanması için de altyapıların kamu tarafından oluşturulması gereklidir. Bu alanda yetkinliğin gelişmesi ve yetenekli insan kaynağının artması için **özellikle lisans ve lisansüstü öğrencileri arasında motivasyonu ve farkındalığı sağlayacak yarışmalar** düzenlenebilir.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyelinin Değerlendirilmesi

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]:

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Bu konuda beklenen katma değer ile ilgili genel değerlendirmeler ve öneriler

Verinin elde edilmesi ve işlenmesi süreçlerinin mümkün olduğunca otomatikleştirilmesi Yapay Zekâ algoritmalarının kullanımını yaygınlaştıracaktır. Diğer yandan, üniversite-sanayi işbirlikleri daha fazla teşvik edilerek akademinin **sektörün ihtiyacı olan problemler üzerinde çalışması** sağlanmalıdır.

Sağlık alanında geliştirilecek çözümler, verilen hizmetin kalitesini artıracak, yoğun olarak çalışan sağlık personelinin en büyük yardımcısı olarak insan kaynaklı hataların en aza indirilmesini

sağlayacaktır. Bu sayede, **mevcut sağlık teknolojilerinde dışa bağımlılığın azalması ve/veya bitirilmesiyle hem cari açığa hem sağlık çalışanlarının çalışma ortamının iyileştirilmesine hem de stratejik zafiyetlerin önüne geçilmesine katkı** sağlanacaktır.

Bu konuda geliştirilecek çözümlerinin uluslararası pazar payı da yüksektir. Zamanında atılan doğru adımlar ile cari açığın kapanmasında faydalı bir unsur olacak, alınan patentler ve lisanslama ile de teknoloji ihraç eden bir ülke konumuna gelinebilecektir.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Bu alanda geliştirilen ürünlerin **performans test kriterlerinin ve sertifikasyon merkezi bulunmamaktadır**. Geliştirilecek veya ithal edilecek ürünlerin performans yanında siber güvenlik test süreçlerinin yapılabileceği test merkezi kurulumları ve regülasyonlar üzerine adımlar atılmalıdır. Özellikle **test kriterlerinin belirlenmesi ve performans testlerinin düzenlenmesi ve teknoloji sertifikasyonu verilmesi, ürün kalitelerinin üst seviyelere çıkmasına yardımcı olacaktır**. Aynı zamanda yerli üreticinin uluslararası pazar faaliyetlerine olumlu katkıları olacaktır.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Veri toplama ve işleme ile ilgili düzenlemeler KVKK kapsamında yapılmalıdır. Geliştirilen ürünler için yasal ve teknik düzenlemeler kısmen bulunmaktadır, standartlarının da belirlenmesi ürün kalitesini artıracaktır. Aynı zamanda **standartların belirlenmesi, kaliteli ürün hedefi olarak firmalarda bir motivasyon yaratacak, yatırım yapılan projelerin başarı oranlarının artmasını** sağlayacaktır.

Pazara giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Son kullanıcılar Yapay Zekâ destekli ürünlere karşı ön yargılı davranmaktadır. Bu çözümleri çoğu kullanıcı rakip olarak görmektedir. Aksine bu çözümlerin **son kullanıcının işlerini kolaylaştıracak**

ve alternatif bir görüş sunan yardımcıları oldukları konusunda bilgilendirme ve farkındalık faaliyetleri yapılmalıdır. Bu farkındalık ve yaklaşım benimsenmediği takdirde, geliştirilen ürünler faydalı ve eksiksiz çalışsa bile, son kullanıcının ön yargılarını ve eski alışkanlıklarını bırakarak ürünü kullanma ihtimali düşük olacaktır.

Son kullanıcı geri bildirimleri olmadan ürünün daha faydalı ve gelişmiş bir hale gelmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle **pilot uygulama alanları seçilmesi** gerekebilir. Son kullanıcı ile etkileşimi sağlamak için büyük tanıtım bütçeleri ayırılabilir. Rekabet koşulları ve ürün fiyatları da pazara girişi ciddi anlamda etkilemektedir. **Ticarileşme aşamasında da firmalara finansal destek** sağlanması faydalı olacaktır.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Bu alanda yapılan çalışmaların pazara sunulması ve yatırımların geri dönüşü uzun süreler alabilmektedir. Bu nedenle ilk basamaktan son basamağa kadar bu alanda faaliyet gösteren girişimcilerin, akademisyenlerin ve firmaların desteklenmesi önemlidir. Sadece maddi destek bu alanda yeterli olmayacaktır. Desteklenen Ar-Ge ve yenilik projelerinin **veriye erişim ve kullanım konusunda da desteklenmesinin** faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

İnsan Kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

İnsan kaynağı gelişimi açısından **sektör odaklı tez projeleri artırılmalı ve üniversite-sanayi işbirliği sağlanmalıdır**. İlgili alanda insan kaynağının ve kalitesinin artırılması tıp, veri bilimi ve görüntü işleme gibi **disiplinleri bir araya getiren lisansüstü eğitim bölümleri** açılabilir.

Firmadan kaynaklı sebepler (Maddi sebepler, strateji değişikliği, yönetim değişikliği, vb.)

Bu alandaki girişimciler ürünlerini ticarileştirme aşamasına getirdikten sonra, ticarileşme konusunda sıkıntılar yaşamaktadır. Ticarileşme aşamasında gereken bütçeyi karşılayamayan girişimcilerin hem mali hem de mentorluk anlamında desteklenmesi geliştirilen teknolojilerin katma değere dönüşmesi için önemlidir.

KRİTİK ÜRÜN VE TEKNOLOJİLER

Kritik Ürün/Teknoloji 1: Akıllı Robotik

Belirlenecek/işaret edilecek sonuca ulaşmayı sağlayacak eylemleri bir uzmanı izleyerek kendi kendine öğrenebilen literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren robot algoritmalarının geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Robotik alanındaki algoritmalar, belli ortamlarda (*engineered cases*) çalışan algoritmalar. Öğrenme algoritmasında yapılacak yeniliklerin robot ortamlarında kendilerine verilen veriyi (geribildirim) gerçek zamana yakın bir şekilde kullanıp, kendini geliştirmesi hedeflenmektedir. Robotikte Yapay Zekâ algoritmalarının performansı, çok az sayıda gelen veriden yapılabilecek en iyi öğrenmeyi sağlamalarıyla tanımlanmaktadır. Akademik olarak “meta learning, few-shot learning” gibi alanlarda bu hedefe yönelik çalışılmaktadır. Akademik literatürde henüz tam olarak olgunlaşmamış bir alandır.

Robotik alanındaki aşağıda örnekleri verilen en güncel ve yenilikçi uygulamalar hedeflenmektedir:

- “**Öğrenen Robotlar**”: Değişik algılayıcılar kullanılarak (görüntü, yakınlık, sıcaklık, basınç , nem vb.) genel ve özel amaçlı öğrenme algoritmalarının birlikte kullanılması,
- “**İşbirlikçi Robotlar**”: Bu algoritmalar, özellikle işbirlikçi öğrenme algoritmalarının (derin öğrenme vb.) uygulanması,
- “**Yerli Robotik Kütüphaneler**”: Robotik uygulamalar için temel yazılım dillerini kullanarak yerli öğrenme algoritma ve kütüphanelerinin yazılıp robotik sistemlere uyarlanması,
- “**Özel Kullanım Alanlarına Yönelik Robotlar**”: Robotik uygulamaların bazı özel işlerde kullanmak üzere (özel tıbbi müdahaleler, güvenlik operasyonları vb.) projelendirip gerçekleştirilmesi.

Yukarıda hedeflenen yenilikçi uygulamaların sistemler üzerindeki demonstrasyonları hedeflenmektedir. Uygulama alanına göre performans metrikleri değişecektir.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi :THS 2-3

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 5

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Dünya'da ReThink Robotics'in Baxter robot uygulaması gibi akıllı robot uygulamaları mevcuttur. Türkiye'de ise söz konusu alandaki çalışmalar daha çok bu amaçla geliştirilmiş hazır robotik sistemlerin çekirdek teknolojilerin geliştirilmesini sağlamak için kullanılması şeklindedir. O nedenle, Türkiye bu alanda dünya ile kıyaslandığında yeterli değildir. Robotik alanında sensör ve kontrol teknolojilerinde büyük oranda dışa bağımlı olduğumuz için, bu sistemlerin bedelleri yüksektir. Bu nedenle de yaygınlığı azdır. Ülkemizde hazır kütüphaneler bulunmamaktadır. Hazırlanmakta olan kütüphanelerin de güvenilirliğinin doğrulanması gerekmektedir. Bu konuda yerli Ar-Ge ihtiyacı THS 2-3 seviyesinden başlamaktadır.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Robotik Araştırma Merkezleri olan üniversiteler, akademisyenler, araştırmacılar ile veri toplayabilecek veya paylaşabilecek tüm özel veya kamu kurum/kuruluşlar/kişiler bir araya gelerek Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerini gerçekleştirmelidir.

İlgili Ürün/Teknolojinin Geliştirilmesi için Öngörülen Bütçe

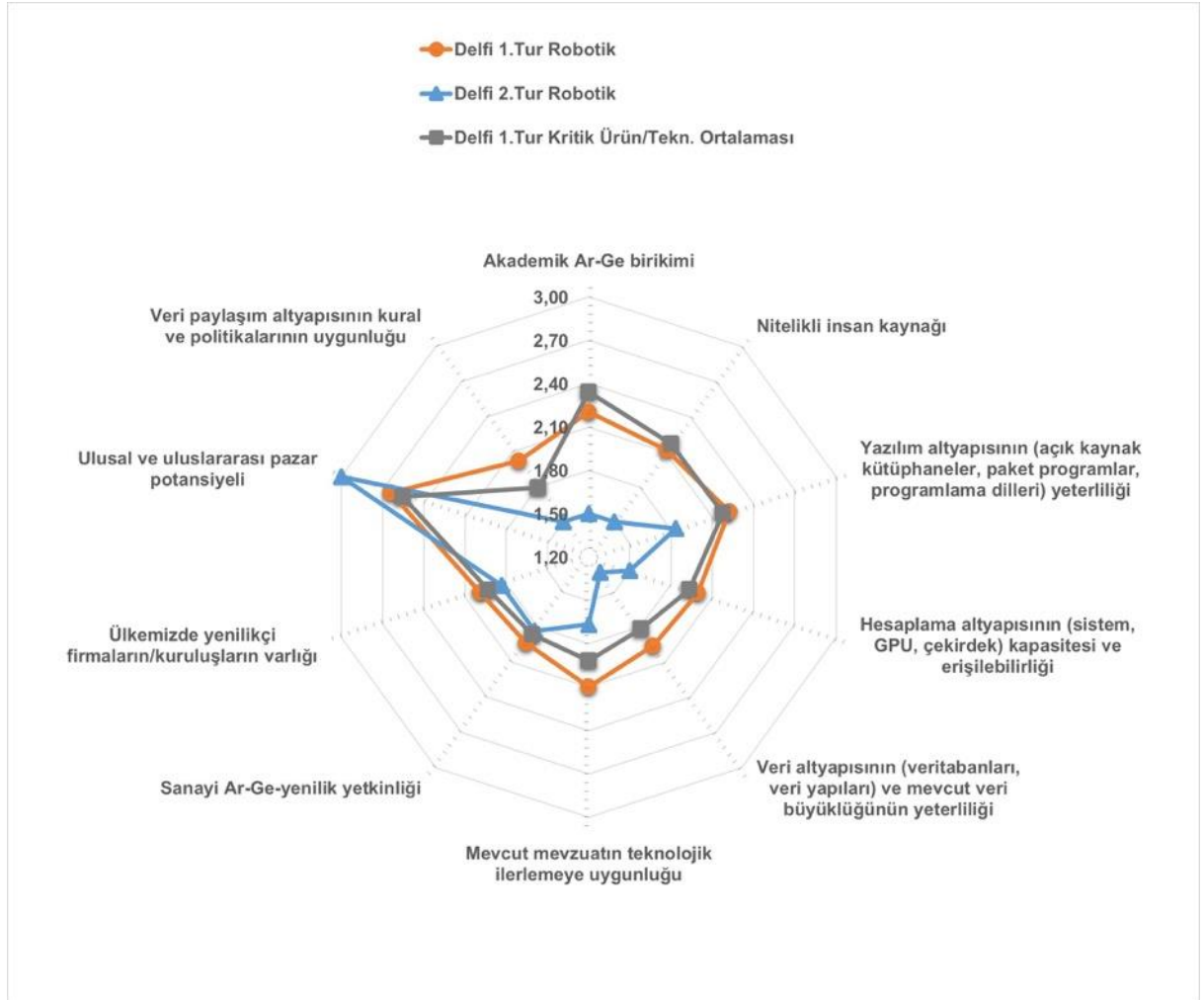
Robotik alanında ergonomi ve tasarım çalışmalarının da kapsanması gerektiği için THS 6'ye getirilecek prototip hazırlama projeleri için 7 milyon TL, fabrikasyon/sanayi projesi için 10 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Ülkemizde derin öğrenme teknolojilerine olan yatkınlık, robotik yani makine ve elektronik mühendisliği alanlarında yok denecek kadar azdır. Zira bu mühendislik kolları, algoritmik yaklaşımın (işin doğası gereği) vazgeçilmez derecede esas alındığı mesleklerdir. Derin öğrenmede yer alan minimum düzeydeki belirsizlik, çoğu uygulamada bu sektörler için kabul edilebilen aralığın dışında olabilir. Teorik bilgi eksikliği de mevcuttur. Genelde açık kaynak kütüphaneler kullanılarak projeler yapılmaktadır. Teorik açıdan tam olarak oturmamış bir alan olmasından dolayı, ilgili yazılım altyapısı da yeterli değildir. Dünya'da bu alandaki çalışmalar açık kaynaklı olarak aktif bir şekilde

paylaşılmaktadır. Fakat **yerli yazılım kütüphaneleri** yetersizdir. Hesaplama altyapısı (GPU bazlı bilgisayarlar ve donanımlar) olarak düşünüldüğünde, bu tip bilgisayarlara genelde erişim kolaydır. Ancak, robot ile ilgili donanıma erişim çok daha kısıtlıdır. Türkiye'de bu **hesaplama ve işlemci gücüne açık erişim sağlayan kurumların sayısı** da yetersizdir. Robotik alanında yapılan çalışmalar daha çok üretime odaklandığı için ve bu alanda kullanılan robotların bir çoğu uluslararası firmalardan kaynak kodları ve verileri kapalı bir şekilde temin edildiği için veri konusunda da yetersizlik söz konusudur. Bunun geliştirilmesi için robotik alanı ile **ilgili mevzuatların geliştirilmesi** gerekmektedir.

Sanayide dijital dönüşüm süreçlerinin hızlanması ile robot kullanımı sayısı artmıştır. Fakat henüz kullanıcı seviyesinde sahip olunan tecrübe ve uluslararası firmalardan temin edilen robotların bilgilerine ulaşamama nedeniyle yetkinlik kısıtlıdır. Dünyada robotik alanında hem üretici hem de teknoloji geliştirici/servis sağlayıcı firma sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Çünkü **robotik alanda özellikle güdümlü olarak kendi kendine öğrenebilecek sistemler önemli bir pazar potansiyeline sahiptir.**

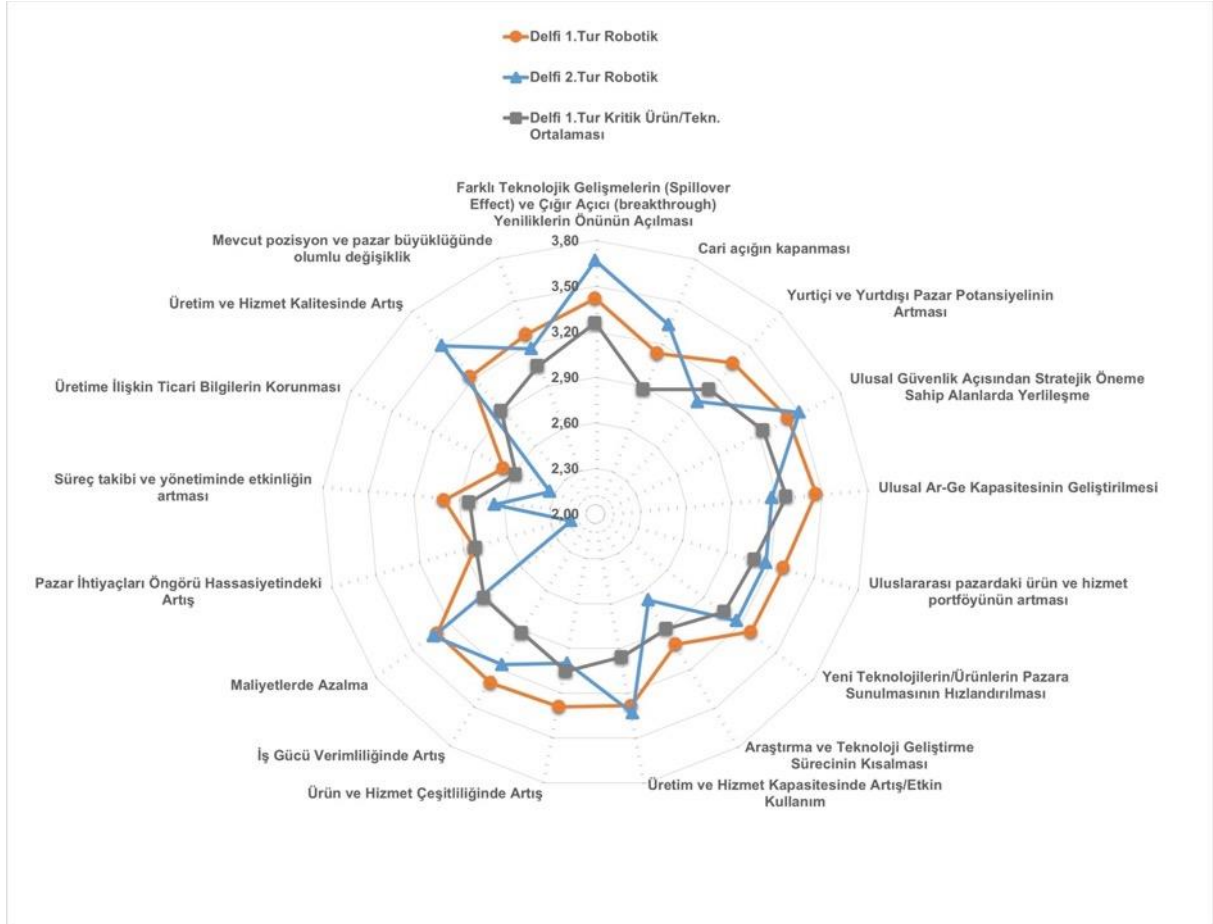
Bu konuda, **belirli ve büyük robotik laboratuvarlarının, tüm araştırmacılara açık olacak şekilde yapılandırılması**, bu şekilde bu konuda araştırma yapmak isteyen kişilerin bu laboratuvarlara rahatça gidip, ortak veya bireysel çalışma yapabilmeleri ve robotik ekipmanı kullanabilmeleri yararlı olacaktır. Diğer yandan, Yapay Zekâ konusunda çalışan öğrencilerin de verilerini bu tip ortamlarda kendilerinin toplaması da teşvik edilirse, daha fazla veri toplanmasına ve bu alanda Yapay Zekâ algoritmalarının oluşturulmasına yardımcı olacaktır.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]:

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Robotik alanda özellikle **güdümlü olarak kendi kendine öğrenebilecek sistemler önemli bir pazar potansiyeline sahiptir**. Yapay zekâ algoritmalarının robotik alanında kullanılmasıyla birlikte otonom yapılara ihtiyaç duyulan ortamlarda, insana duyulan gereksinimi azaltacak şekilde yapılandırılarak ve insan-temelli hataları azaltmak için kullanılması ilgili sektörde verimi artıracaktır. Bu teknoloji alanındaki gelişmeler, **somut çıktılar ile kısa zamanda ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır**.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Geliştirilecek teknolojinin **test edilmesi için altyapılara ihtiyaç** bulunmaktadır. Bu konuda ülkemizde yeterli test ve sertifikasyon yoktur, henüz gelişme aşamasındadır. Robotik alanında test ortamları birçok işletme tarafından yerelde kurulabilir.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Endüstriyel robotik ve otonom araçlarda bu teknolojinin kullanılması için gerekli mevzuatlar oluşturulmalıdır.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Maliyetler, özellikle geliştirme aşamasında yüksek olacaktır ancak elde edilecek verim artışı bu maliyetleri kısa sürede karşılayacaktır. Ülkemizde **son kullanıcıya teknolojinin uygulama şekli ve avantajlarını aktarmak için farkındalık faaliyetleri** gerçekleştirilmelidir.

İnsan Kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Hem Yapay Zekâ konularında hem de robotik alanında yetkin insan kaynağı sayısı ülkemizde yeterli değildir. Üniversitelerden başlayarak bu alanla ilgili kalifiye insan sayısı artırılmalıdır. Bu alan yönlendirilebilecek **insan kaynağı sayısal olarak yeterli gibi görünmekle birlikte, nitelik yönünden çok disiplinlilik açısından artırılması için tedbirler alınmalıdır.**

Kritik Ürün/Teknoloji 2: Planlama ve Tahmin

Planlama ve tahmin alanlarında literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren yeni Yapay Zekâ yöntemlerin geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Planlama ve tahmin çalışmaları birçok sektörel uygulamada aktif olarak kullanılmaktadır. Bu alanlarda geliştirilecek teknolojiler, yatay olarak birçok dikey sektörü kesecek ve çok geniş uygulama alanları bulacaktır. Özellikle bu alanda mevcutta kullanılan teknoloji ve yazılımların büyük bir kısmı yurtdışında tedarik edilmektedir. Bu hedef ile **otonom ve mobil robotların kendi yollarını belli sınırlamalar (koşullar) altında yapabilmelerinin sağlanması** amaçlanmaktadır. Aynı zamanda **daha kısa sürede sorunları tespit ederek, operasyonel giderlerin düşürülmesi** de bu kapsamda değerlendirilmektedir. Ülkemiz şartlarına özgün çözümler planlama ve tahmin çalışmalarının ulusal verimliliğini artıracaktır. Özellikle belirli bir 'kullanım alanı' olan, örneğin tedarik zinciri için oluşturulmuş, ürünleşmiş ve sürekli geliştirilen, model performansı ve iş etkisi takibinin de model içinde yapılabildiği çözümler bu alandaki yenilikçi çözümlerdir.

MSE, MAE, F1-score, Accuracy, Precision, Recall gibi parametreler, uygulama alanına göre performans metriği olarak ele alınacaktır.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 2-4

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 9

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Dünyadaki bazı firmalar bu alanda özgün çalışmalar ortaya koymaktadır. Örneğin *Amazon drone* ile sipariş (kargo) teslimi için çalışmaktadır ve bazı bölgelerde prototip olarak bunu gerçekleştirmiştir. Otonom araçlar için de neredeyse tüm büyük teknoloji firmaları çalışmaktadır.

Dolayısıyla, Türkiye'de başlangıç aşaması yeni geçilmiş ve bu konuda çalışan akademik grupların sayısı az iken, dünyada ise bu teknolojiler gerçek dünya problemlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknoloji alanlarında **ürünleşme süreçlerinin Türkiye'de hızlandırılmasına ihtiyaç vardır**. Bu alana dünyada çok yatırım yapılmaktadır. İhtiyaç net ve çıktı hesaplanabilir olduğundan teknolojik

olgunluk seviyesinde zaman serisi analizinin ötesine geçmek için, **kullanım senaryoları kütüphanesi çalışılıp; sadece akademik değil, aynı zamanda teknolojinin entegrasyonu ve uygulamaları ile ilerlenirse** daha hızlı sonuç alınabilir.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikler

Akademi'de geliştirilecek çekirdek teknolojinin araştırma merkezleri ve özel sektör temsilcileri ile önce **prototiplere dönüştürülmesi** gerekmektedir. Sektörel bazda ise büyük ölçekli sanayi kuruluşları, KOBİ'ler, teknopark firmaları, üniversiteler, kamu araştırma merkezleri, kamu kurumları ve STK'lar aynı konsorsiyumda birlikte çalışmalıdır.

İlgili Ürün/Teknolojinin Geliştirilmesi için Öngörülen Bütçe

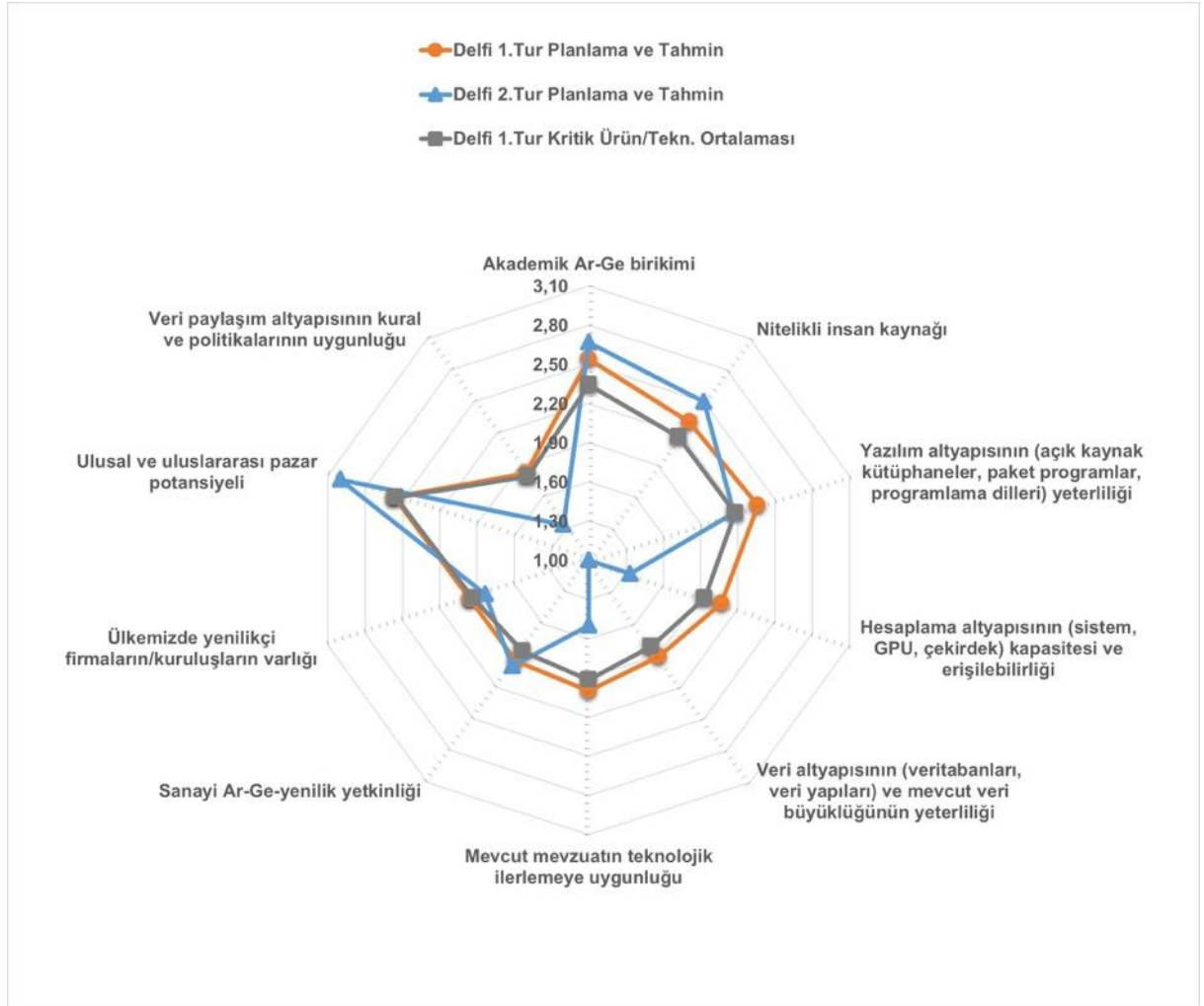
Donanım gereksiniminin az olması, yalnızca veri setleri ile çalışılabilmesi dolayısıyla proje başına 3-6 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Planlama ve tahmin konusunda Türkiye’de akademik camiada çok sayıda kaliteli çalışma bulunmaktadır. Planlama ve tahmin bir çok sektörel alanda farklı şekillerde gerçekleştirildiği için, bu alanda yetişmiş nitelikli insan kaynağı da vardır. Fakat, mevcutta kullanılan teknoloji ve yazılımların büyük bir kısmı yurtdışında tedarik edilmektedir.

Yerel veri genelde halka açık değildir, kısıtlı erişim vardır. Dolayısıyla bu teknolojiler kullanılarak gerçekleştirilen faaliyetlerin yaygınlaştırılamamaktadır. Aynı kurum/firma içinde bile

geliştirilen/kullanılan çözümler, problem aynı olmasına rağmen farklılık gösterebilmektedir. Veri paylaşımı farkındalığının geliştirilmesi, bu uygulamaların da gelişmesinin önünü açacaktır.

Bu konuda **sanayide teknolojik bilgi birikimi ve mali olarak daha çok kaynak bulunmaktadır ve bu kaynakların akademisyenler ile paylaşılması durumunda daha verimli ve başarılı sonuçlar alınacağı değerlendirilmektedir.**

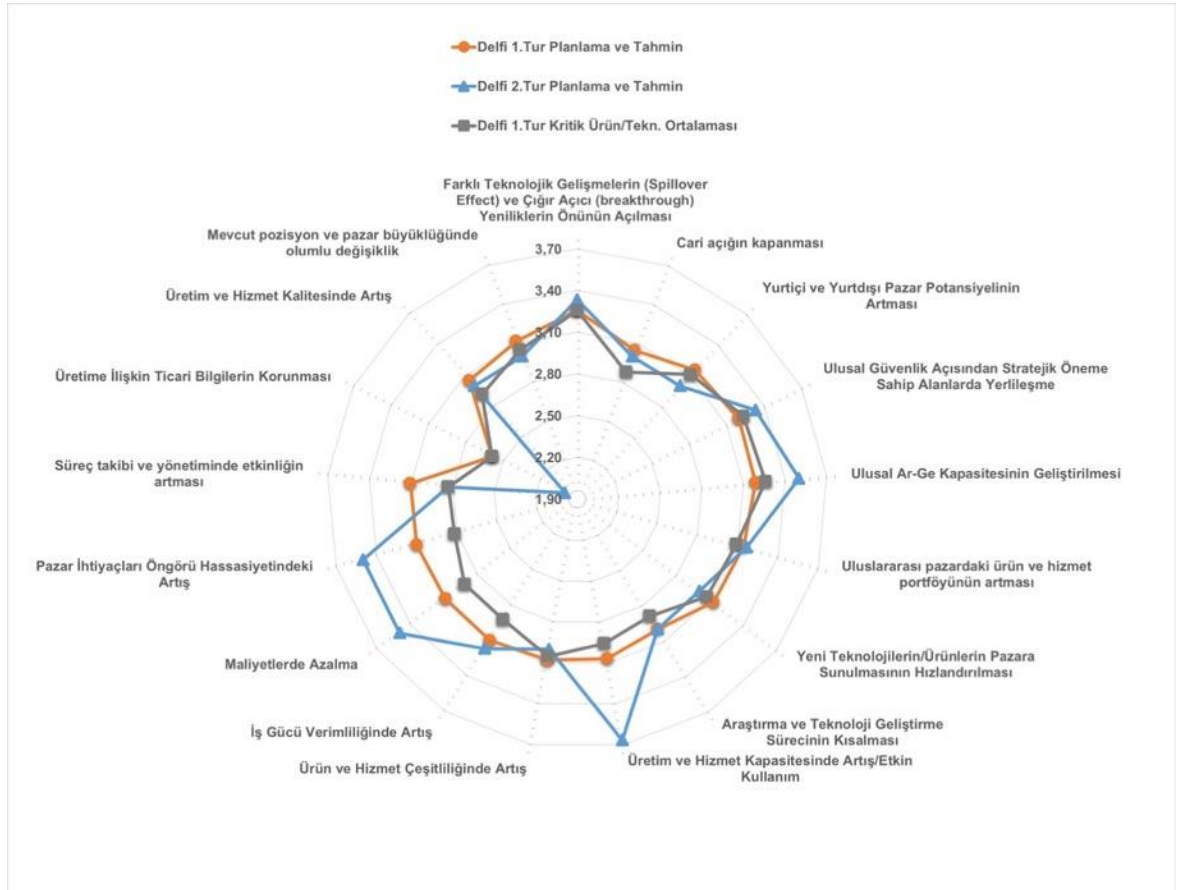
Gerekli standart ve yasal düzenlemelerinin de yapılması gerekmektedir. Ar-Ge personelinin yenilikçi teknolojiler açısından eğitime katılması sağlanmalı ve alt yapı için çalışmalar için bütçe ayrılmalıdır. Yapılan çalışmaların yaygınlaştırılması/ortaklaştırılması konusuna özel bir hassasiyet gösterilmeli ve özellikle bir alanda gerçekleştirilen çözümlerin genelleştirilmesine önem verilmelidir.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]:

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler:

Bu alanda uygulamalı Ar-Ge çalışmaları arttıkça, Ar-Ge süreçleri de kısılacaktır. En önemli katma değer, **araç veya benzeri mobil sistem üretiminde güvenilir ve yerli yazılımlara sahip olmak**, hatta bu alanda çeşitliliğin olması olacaktır. Bu hem savunma konularında hem de ticari konular gibi birçok alanda otomatikleşmeyi mümkün kılacaktır (örneğin drone'lar ile sipariş teslimi). Yapılan operasyonel çalışmaların süresinin kısılması ve maliyetlerin düşmesinin de olumlu etkileri olacaktır.

Bu alanda mevcutta kullanılan teknoloji ve yazılımların büyük bir kısmı yurtdışında tedarik edildiği için bu alanda geliştirilecek teknoloji ve yazılımların ülke ekonomisine doğrudan ve dolaylı katkısı büyük olacaktır.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Standartların belirlenmesi ve buna yönelik mevcut mevzuatın güncellenmesi ihtiyacı bulunmaktadır.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Ülkemizde bu konuda çalışan akademisyenlerin yenilikçi fikirleriyle büyük firmaların yatırımlarının bir araya getirilmesi önem arz etmektedir. Bununla birlikte son kullanıcıya bu alandaki yerli çözümlerin güvenilirliğini aktarmak da faydalı olacaktır.

Pazara girişte önemli sıkıntılardan birisi de kullanım senaryolarının rafine biçimde tarif edilememesidir. Problemi hızlı çözen ve tam entegre, sürdürülebilir Yapay Zekâ ürünlerine ilişkin detaylı ihtiyaç analizleri yapılmalıdır.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Girişim, istihdam ve eğitim desteklerinin artarak devam etmesi gereklidir. Uygulama alanının uzmanları, Yapay Zekâ uzmanları, istatistik uzmanlarının bir araya geldiği ortak Ar-Ge ve yenilik faaliyetleri desteklenmelidir.

Last-mile problemi gibi **çok karmaşık problemlerin çözülmesine ilişkin konularda alınacak patentler, ekonomiye kaldıraç etkisi** yapabilir. Bu alandaki patentleşmenin artması amacıyla, konu bazlı özel destek ve teşvikler tasarlanmalıdır.

İnsan Kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Bu alanda yetişen iş gücünün beyin göçü ve yurtdışında çalışma eğilimi, diğer alanlara göre daha fazladır. Bu problemin çözümü için, bu alandaki çalışma ortamlarının günümüz şartlarına uygun hale getirilmesi, gençlerin ilgisini çekecek ortamlara dönüştürülmesi faydalı olacaktır.

Firmadan Kaynaklı Sebepler (Maddi sebepler, strateji değişikliği, yönetim değişikliği, vb.)

Firmalar bu uygulamalardan kısa vadede büyük etki beklemektedirler. İlk yatırım maliyetine ilişkin mali güçlerinin olmaması ve kısa dönemde kar artışı beklentisi, veri girişinin sürdürülebilirliği ve nitelikli insan kaynağının bulunamaması firmaların bu konudaki uygulamalara çekinceyle yaklaşmasına sebep olmaktadır.

Kritik Ürün/Teknoloji 3: Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme

Farklı teknoloji grupları veya sektörler için alandan bağımsız gerçek zamanlı bilgisayarlı görü, örüntü tanıma, görüntü işleme, video işleme ve çok kipli veri işlemeye yönelik, literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren algoritmaların geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Gerçek zamanlı görüntü işleme, teknik olarak algoritmaların üzerinde çalışacakları sistemin, algoritmalara sağladıkları hız ile ilgilidir. Gerçek zamanlı görüntü işleme uzay ve havacılık başta olmak üzere birçok sektörde ve endüstriyel uygulamalarda kendine yer bulurken, aynı zamanda insan merkezli Yapay Zekâ uygulamaları açısından da büyük önem arz etmektedir.

Gerçek zamanlı görüntü işleme teknolojileriyle endüstriyel Yapay Zekâ uygulamaları artacak ve insan merkezli Yapay Zekâ uygulamalarının yaygınlaşacaktır. Görüntü işleme sistemleri, **yazılım/bilgisayar ile çevrenin doğal ara yüzü olarak bu alandaki her gelişme büyük atılımlara kapı açacaktır.**

Gerçek zamanlı görüntü işleme, görüntü odaklı Yapay Zekâ uygulamalarının hayata geçirilmesinde merkezi bir rol oynamaktadır. Günümüzde çok çalışılan spesifik problemlerde, örneğin nesne tanıma ve nesne tespiti, güçlü GPU'larda ve bazen daha düşük işlem gücüne sahip platformlarda başarılı sonuçlar veren gerçek zamanlı algoritmalar bulunmaktadır. Ancak, spesifik az sayıdaki problemin dışında yer alan çoğu problemde, **gerçek dünyada modellerin kullanımının önünde işlem süresi ve/veya işlemci gücü gereksinimi büyük bir engel olarak durmaktadır.** Bu hedef altında yapılacak çalışmaların, özellikle genel amaçlı (problem spesifik olmayan) yaklaşımların ve Yapay Zekâ modellerinin gerçek hayat teknolojilerine dönüşmesinde önemli bir rol oynaması beklenmektedir.

Bir alanda ya da bir veri setinde başarılı olan modellerin ya da algoritmaların diğer alanlarda ve veri setlerinde benzer performansları göstermesi amacıyla **gelişmiş transfer öğrenme yöntemleri geliştirilmelidir.** Uluslararası birçok büyük veri seti bulunmasına rağmen ülkemize has nesnelerin ve yapıların tanımlanacağı **büyük veri seti eksikliği** mevcuttur.

Performans göstergesi olarak, algoritmanın belirli bir imge çözünürlüğü için gerektirdiği maksimum süre ve bu sürede alınabilecek en iyi mAP değerleri belirlenebilir.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 2-3

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 6-9

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Dünyada **birçok otonom araç şirketi, bu tip çözümlerin demonstrasyonlarını yapmaktadırlar. Apple, Tesla** ve benzeri şirketlerin bu konuda özellikle çip-tasarımı ve gerçek zamanlı Yapay Zekâ uygulamalarını ürünlerine entegre ederek öncü rol oynadığı gözlemlenmektedir. İlgili bilgi birikiminin bu alanda hali hazırda çalışan şirketlerde giderek artacağı öngörülürse, **Türkiye'nin teknolojik ilerlemeyi acilen hızlandırmasının gerekliliği** ortaya çıkmaktadır. Tüm dünyada çeşitli sektörlerde belirtilen çözümlere büyük ihtiyaç vardır, bu sebeple **Türkiye'deki şirketlerin bu konudaki ilerlemelerinin başarılı uluslararası ürünlere dönüşme potansiyeli** bulunmaktadır.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Üniversitelerde ve araştırma merkezlerinde geliştirilen çekirdek teknolojilerin, teknoparklarda ve diğer özel sektör kuruluşlarıyla prototiplere dönüştürülmesi projelerine öncelik verilmelidir.

İlgili Ürün/Teknolojinin Geliştirilmesi için Öngörülen Bütçe

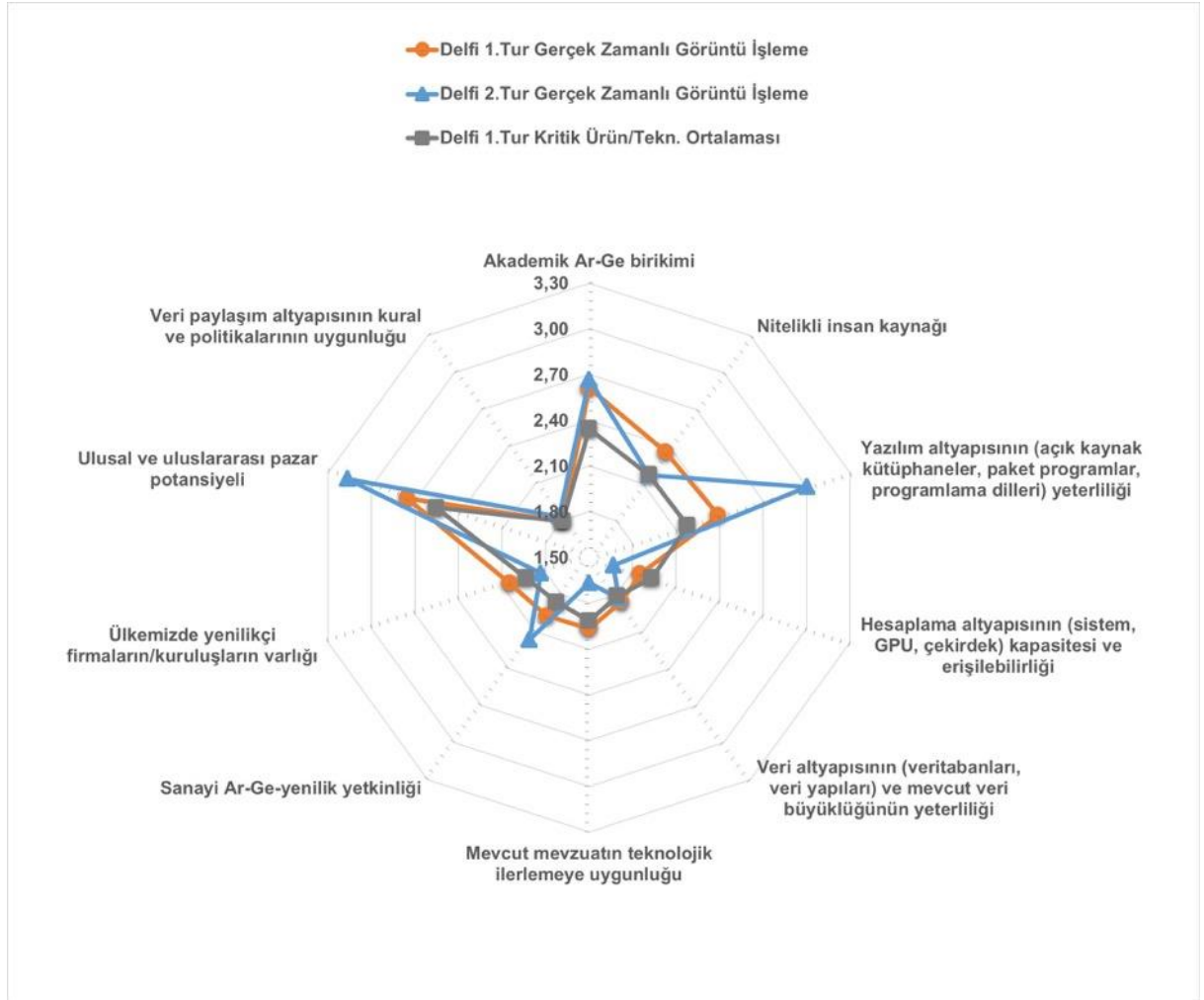
Gerçekleştirilecek projenin büyüklüğüne göre değişiklik göstermekle birlikte, veri eksikliği ve yüksek hesaplama altyapısı gerektirmesi, bu altyapıya erişim maliyetinin yüksek olması dolayısıyla proje başına 10 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]:

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Yapay zekâ çalışma alanları arasında görüntü işleme en yaygın çalışılan alanlardan biridir. Görüntü işleme alanı **diğer Yapay Zekâ alanlarından daha fazla nitelikli yetişmiş insan gücüne sahiptir.** Bu alanda ihtiyaç duyulan veri, günlük hayatta kullanılan birçok farklı cihazdan elde edilebildiği ve sektörel uygulamaları diğer alanlardan yaygın olduğundan yazılım altyapısı gelişmiştir. Görüntü verisi kolay ulaşılabilir bir veri olmasına rağmen; **iyi etiketlenmiş, zengin görüntü işleme veri setleri ülkemizde yeteri kadar bulunmamaktadır.** Bununla birlikte, görüntü işleme çalışmalarının büyük bir kısmının KVKK'ya dayalı olması ve **mevzuatımızın bu anlamda yeterince olgun**

olmaması önemli bir eksiklik olarak değerlendirilmektedir. Gerçek zamanlı görüntü işleme alanında teknolojilerinin geliştirilmesi için hem gerçek zamanlı veri üretebilecek donanımsal altyapıların geliştirilmesi ve yazılımın eğitimi aşamasında kullanılabilecek iyi etiketlenmiş, büyük açık kaynaklı veri setleri oluşturulması önem arz etmektedir.

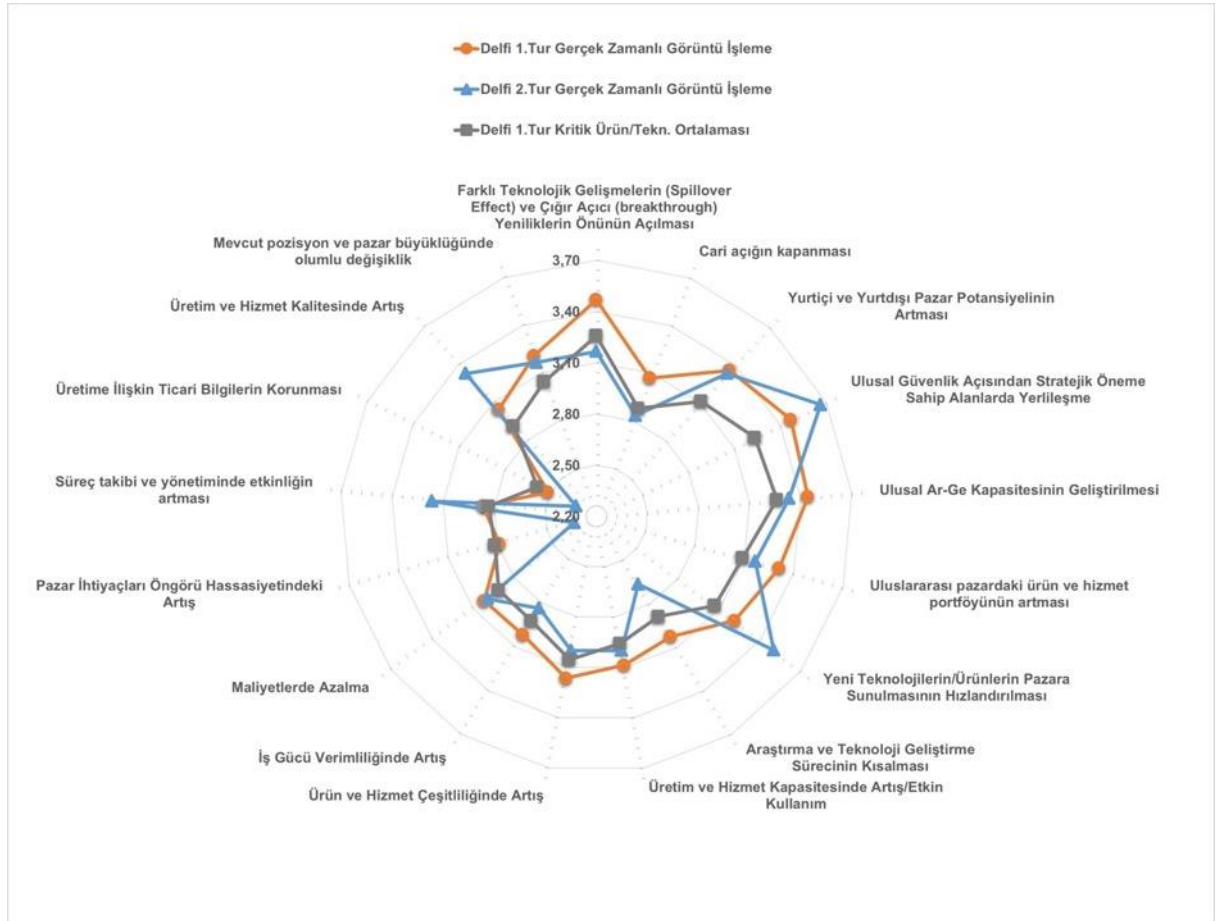
Yüksek performanslı hesaplama (HPC) altyapıları bu başlık altındaki çalışmalar için önem arz etmektedir. Türkiye’de TÜBİTAK ULAKBİM tarafından sunulan TRUBA altyapısı bulunmaktadır. Ek olarak, EuroHPC kapsamındaki süper bilgisayarlara da Türkiye tarafından ortak olunmuştur. Diğer hesaplama altyapılarının da geliştirilmesine ve maliyet etkin erişime açılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]:

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Akıllı sistemlerin ve robot teknolojisinin en önemli ihtiyaçlarından birisi insanın yetisine yaklaşık seviyede görme kabiliyetine sahip olmalarıdır. Bu sebeple **bu alanda geliştirilecek her ürün büyük katma değer oluşturma potansiyeli taşımaktadır**. Çok kipli algoritmaların gerçek zamanlı olarak geliştirilmesi, birçok otonom sistemin daha iyi çalışması açısından katma değer sağlayacaktır. Bu teknoloji, yaratacağı ekonomik katkının yanında özellikle insan merkezli Yapay Zekâ için oluşturabileceği yeni kullanım alanları ile de öne çıkma potansiyeline sahiptir.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Son kullanıcıların bu teknolojinin sunacağı avantajlar konusunda farkındalıklarının artırılması gerekmektedir. Piyasada bu alandaki kullanım alanlarıyla ilgili talep oluşturulmalıdır.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Bu alandaki start-up ve girişim ekosisteminin özellikle ticarileşme aşamasında da desteklenmesi gerekmektedir.

İnsan Kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Üniversitelerde ve özel sektörde nitelikli insan kaynağı artırılmalıdır. Bu amaçla üniversitelerin ilgili bölümlerinde hesaplamalı performans odaklı konuların ve linux tabanlı sistemlerin müfredatta zorunlu olarak öğrenciler tarafından tecrübe edilmiş ve kullanılabilir olması gerekmektedir. İnsan kaynaklarına ilişkin bu alandaki burslar ve destekler, lisans seviyesinden başlamalıdır.

Kritik Ürün/Teknoloji 4: Doğal Dil İşleme (NLP)

Türkçe öncelikli olmak üzere, açık kaynaklı doğal dil işleme kaynaklarının (derlem, thesaurus vb.) ve doğal dil anlama/üretme uygulamalarının en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösterecek şekilde oluşturulması/geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Diğer alt alanlarda olduğu gibi bir çok doğal dil işleme problemi için en güncel yaklaşımlar derin öğrenmeye dayalı yaklaşımlardır. Derin öğrenme yöntemlerinin performansını etkileyen en önemli noktaların başında yazılımın eğitimi esnasında kullanılan verinin hacmi gelmektedir. Kaynak/derlem açısından zengin diller için (İngilizce, Almanca, Fransızca, vb.) derin öğrenmeye dayalı yaklaşımlar, etkin çözümlerin üretilmesinde, diğer yaklaşımlara kıyasla üstün performans sergilemektedir. Ancak Türkçe'nin de dahil olduğu diller için bu modellerin eğitiminde kullanılabilecek veri miktarı istenen boyutta değildir ve bu nedenle **mevcut derin doğal dil işleme modellerinin Türkçe özelinde performansları kısıtlı kalmaktadır**. Özellikle Türkçe dil işleme kaynakları çok azdır ve bu durum NLP alanında gelişmeleri kısıtlamaktadır. Dilimizin sondan eklemeli bir dil olması, Dünya genelinde NLP konusunda gelişmiş diller ile yapısal bir fark getirmekte; kendine özgü özellikleri diğer diller ile ilgili gelişmelerin Türkçe'ye uygulanmasını kısıtlamaktadır. **NLP ile geliştirilen sistemler ise insan-makine etkileşiminde en etkin çözüm olduğu için yakın gelecekte teknoloji ve teknolojik ürünler için bu alanın Türkçe özelinde geliştirilmesi önem arz etmektedir**.

Türkçe için toplanan veri miktarının görece az olması ve bu kaynakların genelde açık kaynak olarak paylaşılmıyor olması, Türkçe için geliştirilen modellerin önündeki en büyük engeldir. Bu hedefin yenilikçi yönü **Türkçe'nin yapısına uygun yöntemlerin geliştirilmesidir**.

Farklı doğal dil işleme uygulamaları için farklı teknik metrikler kullanılmaktadır. **Bu metriklerin bazılarının Türkçe'ye özel uyarlanması da bu çalışmanın bir parçasını oluşturmaktadır**. Bu çalışmada hedeflenen performans kriteri doğal dil anlama/üretme uygulamalarının en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösterecek yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesi ve bu yaklaşımların eğitiminde kullanılabilecek ve onların etkinliklerini arttırabilecek kaynakların açık kaynaklı bir şekilde toparlanmasıdır. Başarım ölçütleri uygulamaya göre değişmekle beraber **hata oranı, F1 ölçütü, BLEU, ROUGE** gibi metrikler kullanılabilir.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi :THS 3-4

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 8-9

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Doğal dil işleme üzerinde uzun yıllardır çalışılan bir araştırma konusudur. Doğal dil işlemenin bir çok pratik uygulaması (makine çevrimi, metin özetleme, duygu analizi vb.) söz konusu olduğunda tüm dünyada farklı araştırmacılar ve şirketler bu alana yatırım yapmaktadır. Bu bağlamda veri kaynağı açısından zengin diller için günlük hayatımızda kullanılan uygulamalar ve çözümler geliştirilmeye başlanmıştır. Ülkemizde özellikle Türkçe üzerinde giden çalışmalarla birlikte belli ilerlemeler gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, etiketli veri miktarının görece az olması etkin doğal dil işleme yaklaşımlarının geliştirilmesini engelleyen en önemli husustur. Bu bakımdan Türkiye'de bu konuda dünyadaki örnekleriyle kıyaslandığında aynı teknolojik hazırlık seviyesinde olan başarılı kabul edebileceğimiz uygulama ve ürünler yeteri kadar mevcut değildir. Türkiye'de SESTEK başta olmak üzere az sayıda firma ve kamu araştırma enstitüleri/merkezleri bünyelerinde bu konu çalışılmaktadır.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Yapay öğrenme ve doğal dil işleme konusunda uzman olan araştırmacıların, ele alınan problem alanından uzmanların, kamu kurum ve kuruluş ve sektör temsilcilerin, **öncelikle prototip sistemler üzerinde çalışmaları** ve bu sistemlerin eğitiminde kullanılabilecek verilerin toplanmasını sağlamaları gerekmektedir. Prototip gösterimlerin belirli bir seviyeye ulaşmasının ardından kapsamlı ve **çok daha büyük ölçekli çalışmalar** yine üniversiteler, büyük ölçekli sanayi kuruluşları, teknopark firmaları, kamu araştırma merkezleri ve kamu kurumlarının bir araya geldiği ve uluslararası işbirliklerinin de yer aldığı **platformların kurulması gerekmektedir**. Böylece katma değeri yüksek çözüm ve ürünler geliştirilebilecektir.

İlgili Ürün/Teknolojinin Geliştirilmesi için Öngörülen Bütçe

Bu ürün/teknoloji alanında geliştirilecek olan çözümlerde Türkçe öncelikli dil olacağından ve Türkçe üzerine giden derlemlerin sayısının azlığı düşünüldüğünde, bütçenin önemli bölümünün Türkçe veri toplanması ve toplanan bu verinin etiketlenmesine ayrılmasının gerekli olduğu değerlendirilmektedir. Bu işlemin genelde manuel yapılması gerektiğinden, zaman açısından ve temiz-güvenilir etiketler

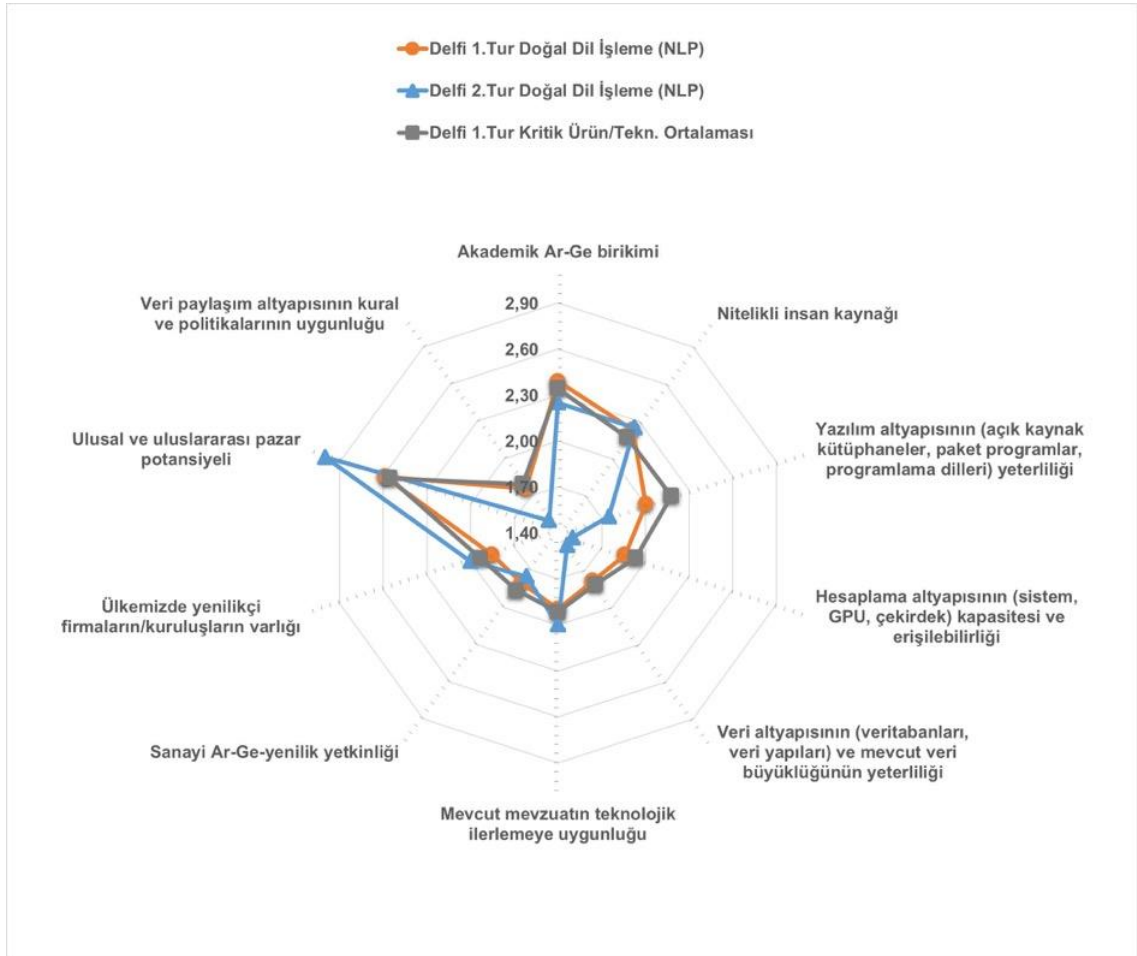
için uzman kişilere ihtiyaç duyulacaktır. Yöntem geliştirme esnasında da bu uzmanların bilgi ve deneyimi yönlendirici olacaktır. Proje başına 5 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

İlgili hedefte Türkçe'ye öncelik verildiğinden dolayı burada en kritik nokta Türkçe Yapay Zekâ modellerinin eğitilmesine imkân veren **veri kümelerinin oluşturulmasıdır**. Bu verilerden açık kaynak derlemlerin oluşturulması ve Türkçe'ye özel doğal dil işleme kütüphanelerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın farklı alanlardan araştırmacılar, kamu kurumları ve sektör temsilcileriyle birlikte bir çalışma ortaya koyması önem arz etmektedir.

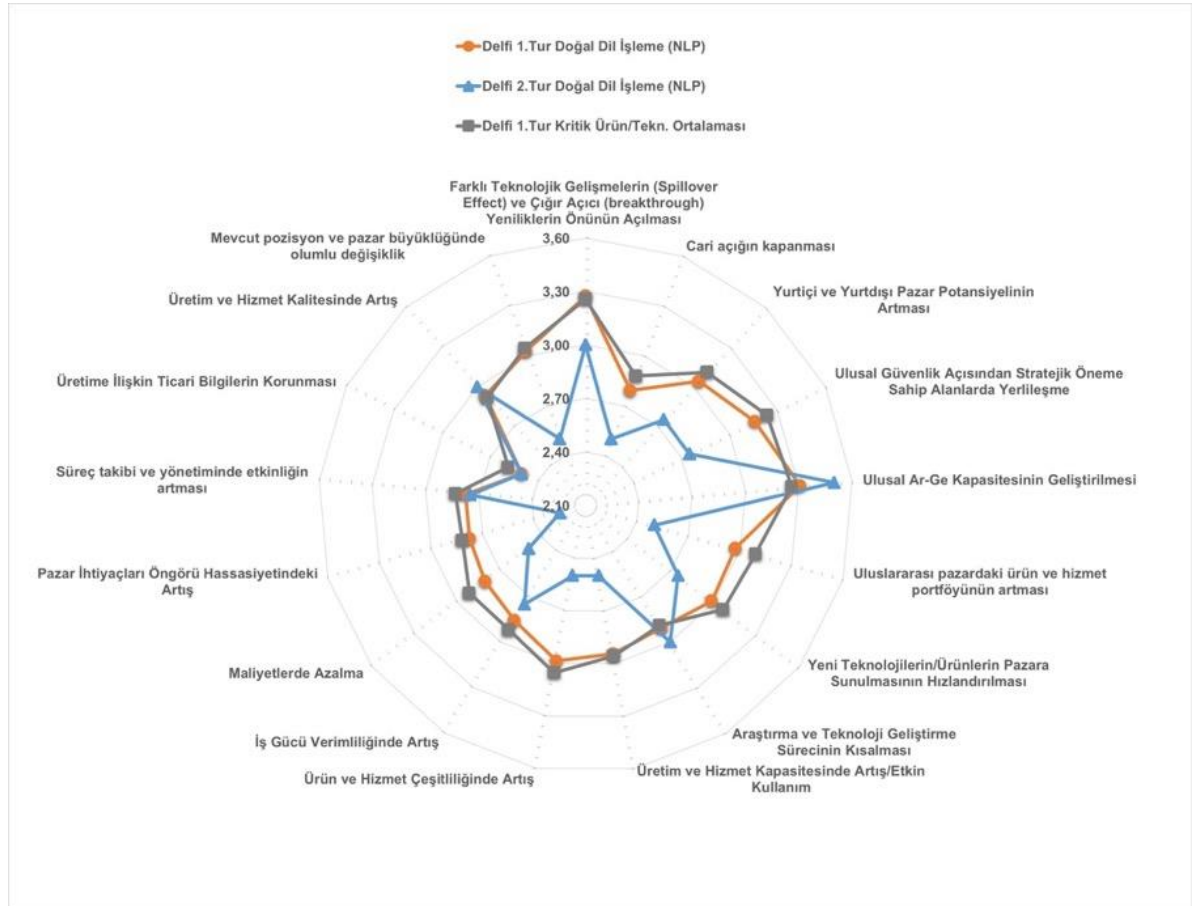
Özellikle ortamın güçlendirilmesi için **açık veri kaynaklarının oluşturulması gerekmektedir**. Bu kaynakların ortak kullanımının sağlanması ve hesaplama altyapısının iyileştirilmesi gerekmektedir.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Türkçe'ye özel doğal dil işleme uygulamalarının pratik alanda daha çok yer bulmasının yolu, **Türkçe derlemlerin oluşturulmasından, bunların herkesin kullanımına açık olmasından ve bunlar üzerinden Türkçe doğal dil işleme kütüphanelerinin geliştirilmesinden** geçmektedir. Bu bağlamda değerlendirildiğinde yukarıda tanımlanan teknolojinin mevcut ürünlere dahil edilmesi;

mevcut ürünlerin katma değerini fazlaca arttıracak ve yeni uygulamalara kapı açacaktır. Beklenen katma değer Türkçe uygulamalarda belirgin bir başarıml artışı sonrası ürün ve hizmetlerin iyileştirilmesidir.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

İnsan Kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Ele alınan Ar-Ge faaliyetleri için yapay öğrenme ve doğal dil işleme gibi alanlarda ilgili yetkinlikte nitelikli insan kaynağına ihtiyaç vardır. Bu konuda yetkin araştırmacıların, bu konuda kendini geliştirecek doktora öğrencilerinin yetiştirilmesi çok önemlidir. Maddi kaynak ayrıldığı ve doğru adımlar atıldığı takdirde, kısa sürede yeterli insan kaynağına erişilebileceği değerlendirilmektedir.

Kritik Ürün/Teknoloji 5: Türkçe Konuşma Tanıma/Sentezleme

Mevcut yaklaşımlara kıyasla daha başarılı çalışan, Türkçe'ye özel konuşma tanıma/sentezleme yaklaşımlarının geliştirilmesi ve etiketlenmiş ses derlemlerinin oluşturulması ile Türkçe'de standart bir konuşma tanıma başarımlarının geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Ortak kullanılabilecek bir test setinin olmaması da farklı kurumlar tarafından eğitilen modellerin performans karşılaştırmalarını olanaksız hale getirmektedir. Türkçe konusunda kaynak azlığı ve Dünya'da NLP teknolojilerinin geliştiği diller ile Türkçe'nin yapısal farklılığı bu alandaki Türkçe sistemlerinin gelişmesini sınırlandırmaktadır.

Türkçe özeline uygun modellerin seçilmesi/geliştirilmesi ve ulaşılabilirliği kolay veri setlerinin oluşturulması bu konularda dünya çapında daha başarılı uygulamaların yapılmasını sağlayacaktır. Bu çalışmanın yenilikçi yönü Türkçe'ye özel yaklaşımların geliştirilmesidir. Self-supervising algoritmalarının geliştirilmesi de bu kapsamda düşünülmelidir. Konuşma tanıma alanında **kelime hata oranlarının temiz kayıtlar üzerinde %4-5'in altında olması** hedeflenmelidir.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 3-9

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 9

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Dünya genelinde ellerinde çok fazla sayıda veriye sahip olan *Microsoft/Google/Amazon* gibi şirketlerin başarılı Türkçe konuşma tanıma motorları mevcuttur, bunların kullanımı özellikle yoğun miktarda konuşma tanıma gerektirecek alanlarda olabilmektedir. Türkiye'de de bu konuda çalışan ürünleri olan firmalar mevcuttur. Özellikle son yıllardaki gelişmelerle bu ürünler, diğer ürünlerde ve hizmetlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Türkçe için başarımın artırılması adına yapılacak Ar-Ge ve yenilik çalışmalarının bu ürünlere katkısı yüksek olacaktır.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikler

Bu alanda açık bir derlem ve başarı setinin oluşturulması ve paylaşılması konusundaki en büyük görev kamu araştırma enstitüleri/merkezlerine düşmektedir. Derlem ve başarı setinin paylaşılması sonrasında kamu araştırma merkezleri eşgüdümünde büyük ölçekli sanayi kuruluşları, KOBİ'ler, teknopark firmaları ve üniversiteler kapsamlı projeler temelinde bir araya gelmelidir. ABD'de DARPA/IARPA destekli ve NIST tarafından düzenlenen yarışmalar gibi, genç girişimcileri teşvik eden etkinliklerin düzenlenmesi de faydalı olacaktır.

İlgili Ürün/Teknolojinin Geliştirilmesi için Öngörülen Bütçe

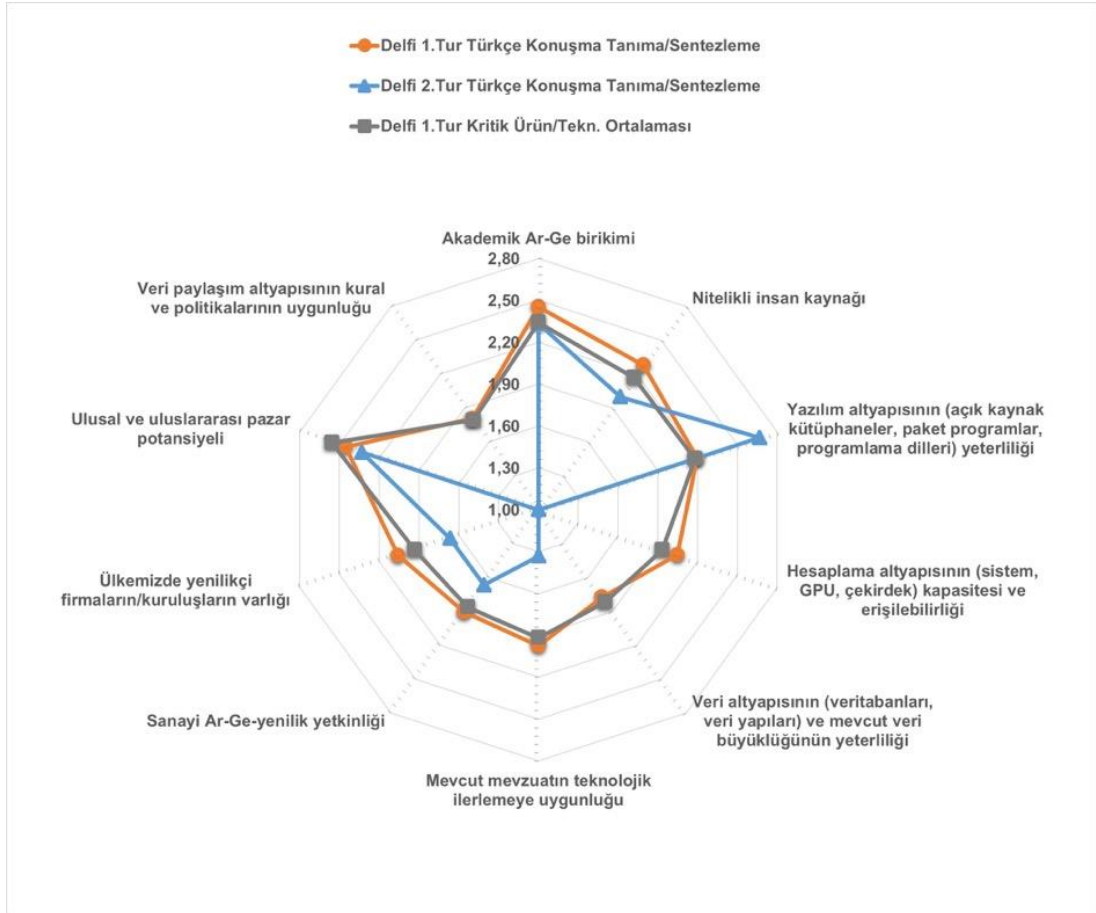
Veri etiketlenmesi ve hesaplama altyapısının oluşturulması maliyetli süreçlerdir. En büyük bütçe kalemi hesaplama altyapısı olacaktır ancak veri toplama kalemi en büyük öneme sahiptir. Proje başına 10 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]:

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

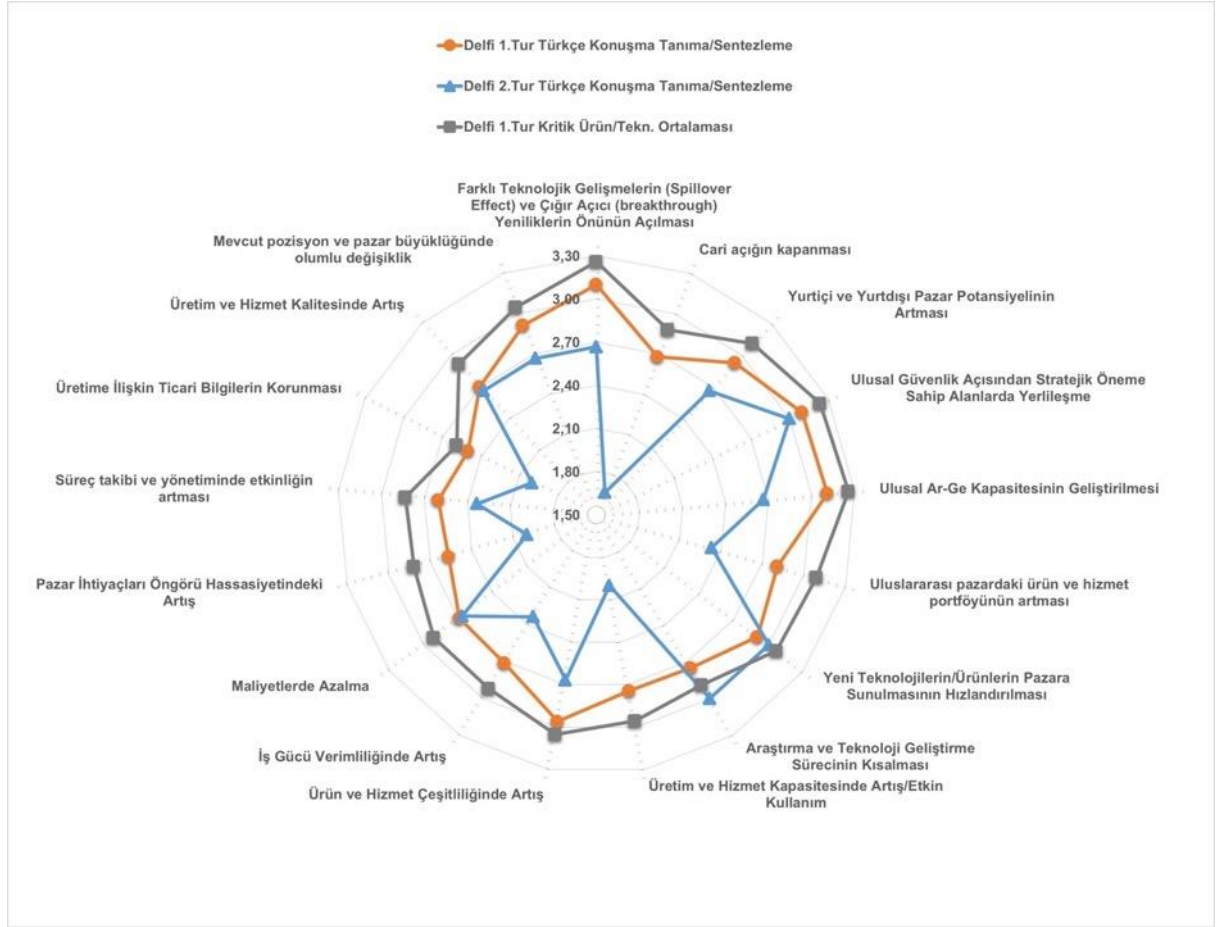
Türkiye'de bu konuda yetkin gruplar vardır, ancak sayıları azdır. Buna karşın, uluslararası mecralarda *GitHub* gibi ortamlarda, konularda kullanılabilecek çok fazla açık kaynaklı kod mevcuttur. Konuşma tanıma *Kaldi* ve *EspNet* benzeri yazılımlar kullanılmaktadır, yenileri de geliştirilme aşamasındadır. Türkçe diline özel doğrudan erişilebilir veri oldukça azdır. Türkçe için de CommonVoice veri seti benzeri setler geliştirilmelidir. Veri setlerinin ve hesaplama altyapısının artırılması yenilikleri hızlandıracaktır. Ortamın güçlendirilmesi **için açık veri kaynakları en öncelikli adımdır**. Bunlara ek olarak, bu konudaki bulut çözümler oldukça maliyetlidir ve bu durum kurumların GPU gerektiren sunuculara erişimlerini kısıtlamaktadır.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]:

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler:

Başarılı sonuçlar üreten Türkçe konuşma tanıma motorları tıp/bankacılık/telekom gibi bir çok alanda süreçleri kolaylaştırabilecektir ve bu sektörlerde yerli yazılımların kullanılmasını sağlayacaktır.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Verilerin paylaşımı açısından kritik önemi vardır, lisanslanmış Eğitim/test setleri oluşturulması gerekmektedir.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Bu teknoloji, dünya teknoloji devleri olan firmalar tarafından sunulmaktadır, bu sebeple yerli bir ürün geliştirildiğinde, yurt içinde bile olsa, bu firmalarla rekabet ortamı oluşmaktadır. Rekabette yerli ürüne avantaj sağlanabilmesi için kamu alımlarında mümkün olduğunca yerli ürünlerin teşvik edilmesi faydalı olacaktır.

İnsan Kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Üniversitelerde bu konu özelinde çalışan lisans veya lisansüstü öğrencilerin, girişimciliğe veya ilgili teknopark firmalarına yönlendirilmesi sağlanmalıdır. Bu alanda daha çok ürün çıkartılması ve nitelikli insan kaynağının geliştirilmesi amacıyla öncelikli yeterli veri ve hesaplama altyapısının oluşturulmasıyla katma değeri yüksek Ar-Ge ve yenilik projelerinin görünürlüğünün artırılması önemlidir.

Kritik Ürün/Teknoloji 6: Federe Öğrenme Platformları

Federe Öğrenme süreçlerinin esnek ve hızlı bir biçimde gerçekleştirilmesine imkân veren, veri mahremiyetine uygun, veri çeşitliliğini destekleyen çok-platformlu, yüksek başarımlı, yerli uygulama geliştirme platformlarının oluşturulması

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar

Federe öğrenme, makine öğrenmesinin dağıtık hesaplama sistemleri üzerindeki bir uygulaması olarak tanımlanmaktadır. **Dağıtık bir sistemdeki farklı bilgisayarlar (*nodes*) kendi verileri üzerinde öğrenme yapmayı başarabilmekte**, bu sayede verinin diğer bilgisayarlar ile paylaşılmasını önlemektedirler. Bu da **hem hesaplamada daha iyi performans alınmasını hem de veri gizliliğinin korunmasını** sağlamaktadır.

Federe öğrenme platformları, özellikle kişisel verilerin kullanılacağı ve veri gizliliğinin önem arz ettiği durumlar için uygun olmaktadır. Örneğin tıbbi tanı koyma konusunda, farklı hastanelerde tutulan belirli bir hastalığa ait veriler kullanılarak bir tanı koyma modeli oluşturabilir. Bu tanı koyma modelinin geliştirilmesi için hastanelerin hastaların korunması gereken bilgilerini koruması ve farklı hastanelerden farklı yapılarda gelen verilerin işlenmesi gerekmektedir. Federe öğrenme teknikleriyle hastanelerin verileri kendi bilgisayarlarında korunarak kullanılabilmekte ve ortak bir tanı modeli oluşturabilmektedir. Bu sayede hem kullanılan veri seti büyük olacak hem de modelin performansı yükselecektir.

Türkiye'nin **akıllı şehir sistemlerine yönelik federe öğrenme yaklaşımlarının, yerli ve milli bulut bilişim altyapısının güçlendirilmesi ve sınır bilişim mekanizmalarıyla bütünleşik hale getirilmesi, yerli federe öğrenme platformunun gerçek ortamda gösterimi ve başarımlı değerlendirilmesi** hedeflenmelidir.

Federe öğrenme platformlarında, olumsuz ağ koşulları ve yarıda düşen katılımcı cihazlar öğrenme performansını olumsuz etkileyebilmektedir. Yenilikçi bir özellik olarak, **model parametre toplama protokolleri istemci / ağ kesintilerine karşı verimli ve güvenilir şekilde geliştirilmelidir**.

Bu sistemlerin en önemli performans kriteri, yapılan tahminlerin doğruluğudur (*accuracy*). Bunun yanında veri gizliliğinin garanti edilmesi ve tahmin hızı da başarı faktörleri olarak kullanılmaktadır. Federe Öğrenme yöntemleri ile elde edilen sonuçların doğruluk oranı, parametre toplama

protokollerinin verimliliği, yöntemlerin sistem maliyeti, yöntemlerin enerji verimliliği gibi performans metrikleri kullanılmaktadır.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 1-3

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 5-6

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Yurt dışında bu konuda aktif olarak çalışan kuruluşlar ve araştırmacılar mevcuttur. Türkiye'de bu konuda farkındalık ve çalışmalar henüz çok yenidir. Hızlı atılacak adımlarla, dünyadaki seviyenin yakalanması mümkün olacaktır. Sağlık ve perakende sektörlerinde veriler merkezî olarak toplandığı için Türkiye hızlı uygulama alanları oluşturarak ilerleyebilir.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Büyük verinin işlenmesine ve dağıtık hesaplama olanağı sağlayan büyük hesaplama kümelerine erişim sağlayabilen yapıların oluşturulması gerekmektedir. Büyük ölçekli sanayi kuruluşları, üniversiteler, kamu araştırma merkezleri bir araya gelerek Federe Öğrenme Kümelenmesi oluşturabilirler. İlgili uygulama alanlarının uzmanlarının da (örneğin sağlık alanındaki uygulamalar için tıp hekimleri) katılımıyla katma değeri yüksek çıktılar elde edilebilir.

İlgili Ürün/Teknolojinin Geliştirilmesi için Öngörülen Bütçe

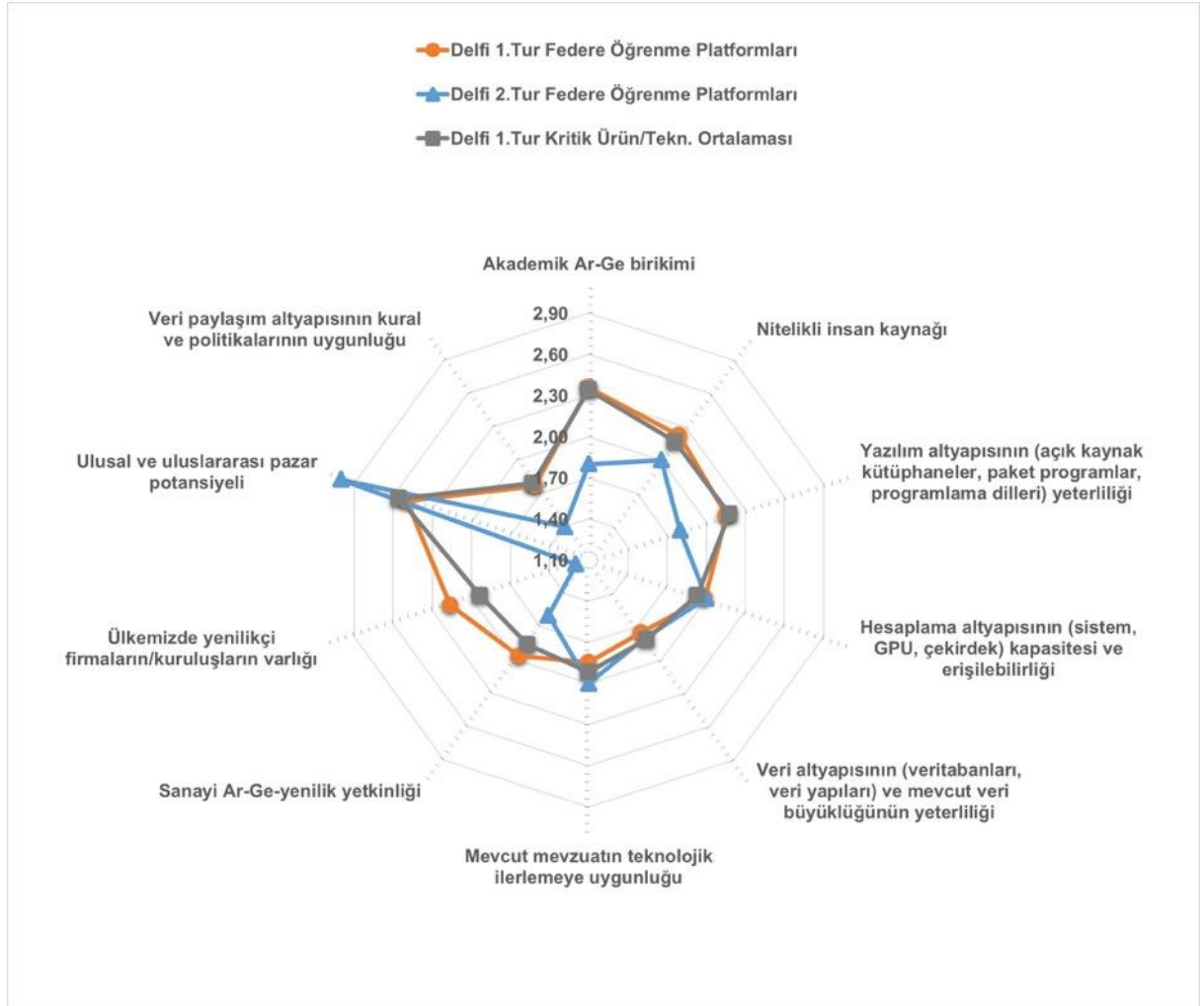
Bu çalışmaların en önemli gideri işgücü maliyetidir. Donanım altyapısı olarak ise, var olan donanımlar yeterlidir, ihtiyaç duyulduğunda maliyet etkin şekilde alınabilir. Yazılım lisansı gereksinimi de bulunmamaktadır. Proje başına 5 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]:

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Bu konuda *tensorflow* kütüphanesi altında hazırlanmış bir paket bulunmaktadır. Buna ek olarak diğer makine öğrenmesi algoritmalarının federe öğrenme yapısına dönüştürülebilmesi de mümkündür. Dolayısıyla **açık kaynak kütüphaneler ile çalışmalar gerçekleştirilebilir**. Yerli donanım altyapısı ise çalışmaların başlaması için yeterlidir. Bu konuda araştırma için kullanılabilecek bir yerli veri tabanı bulunmamaktadır.

Federe öğrenme konusu özellikle kişisel veya paylaşılması uygun olmayan ve farklı kurumların elinde bulunan bilgilerin kullanılarak bir ortak model geliştirilmesi için çok uygundur. Ancak tüm

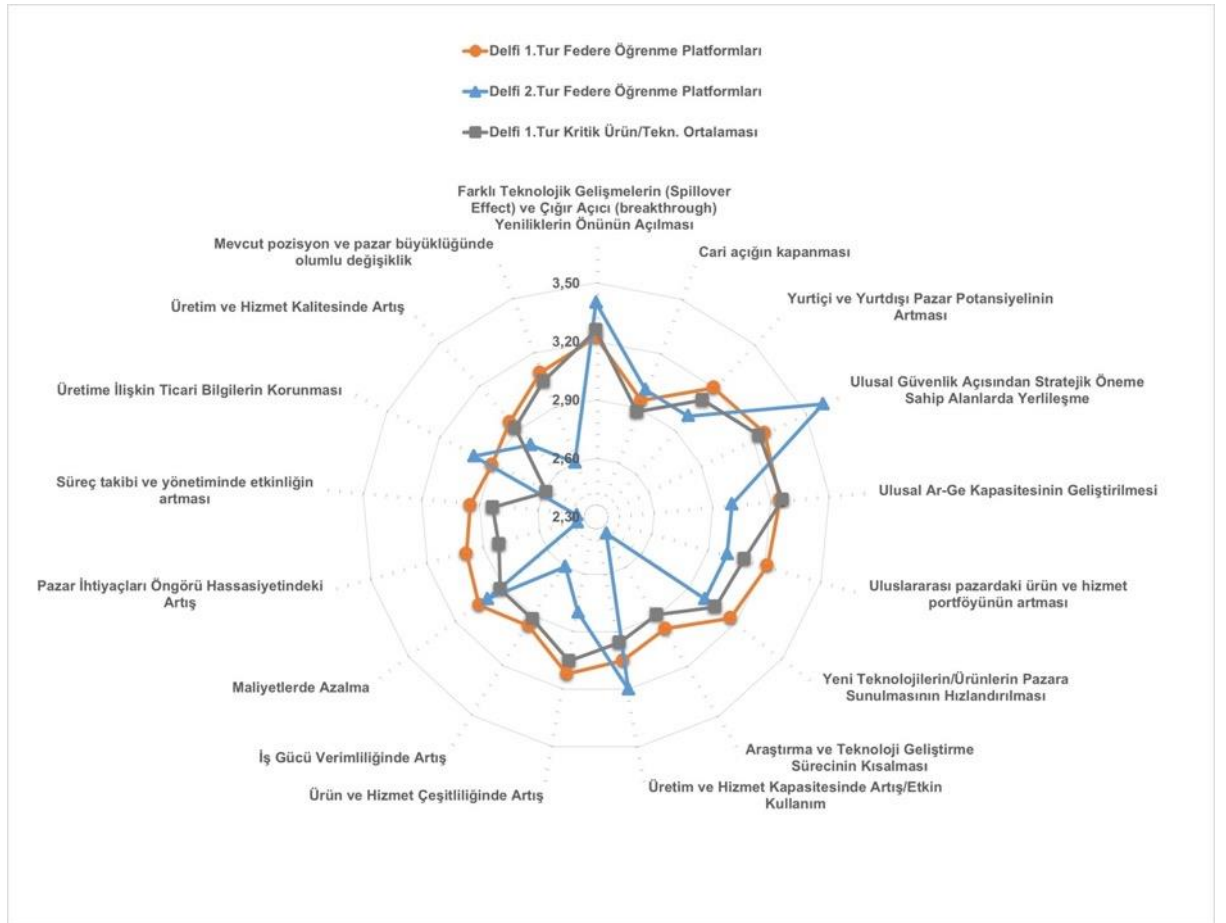
dünyada **mevcut mevzuatın bu şekildeki bir veri kullanımında yeterli netliği içermediği değerlendirilmektedir**. Ancak yasal düzenlemeler ve veri erişimi sağlandığında bu ürünlerin ulusal ve uluslararası pazar potansiyelinin yüksek olduğu değerlendirilmektedir. Federe öğrenme süreçlerinin esnek ve hızlı bir biçimde gerçekleştirilmesini sağlayan, veri mahremiyetini destekleyen, yüksek başarılı ve yerli uygulama geliştirme platformunun oluşturulması; katma değeri yüksek ürünlerin ortaya çıkmasını sağlayacaktır.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Federe öğrenme çok sayıda kurumun fayda sağlayacağı ürünlerin ortaya çıkmasına neden olabilir, bu alanda uzmanlaşan firmalar çığır açıcı uygulamalar geliştirebilir. Geliştirilecek sistemlerin ihracı ile cari açığın azaltılmasına da katkı sağlanabilir. Başarılı uygulamaların hem yurt içinde hem de yurt dışında pazar bulma potansiyeli yüksek olacaktır.

Bu sistemler verinin kurumlar arasında paylaşılmaması gereken durumlar için özellikle uygundur. Bu nedenle **ulusal güvenlik için stratejik öneme sahip alanlarda yerleşmeye katkıda** bulunabilirler.

Federe Öğrenme platformlarının geliştirilmesi sonucunda özellikle farklı teknolojik gelişmelerin ve yeniliklerin tetiklenmesi, yurtiçi ve yurtdışı pazar potansiyelinin artması, ulusal güvenlik açısından öneme sahip alanlarda yerleşme, ulusal Ar-Ge kapasitesinin geliştirilmesi, farklı süreçlerde maliyetlerde azalma gibi gelişmeler meydana gelecektir.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Öğrenme algoritmalarının geliştirilmesi sürecinde verilerden öğrenme ve model geliştirmeyi takiben, geliştirilen modeller çok sık bir şekilde test edilmektedir. Başarı oranları uzmanlar tarafından yeterli görülebilecek eşiklerin aşılmasından sonra kullanıma alınmaktadır. Federe öğrenme platformunun performans değerlendirmesinde, **yerli test altyapılarının oluşturulması** önem arz etmektedir.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Federe öğrenme platformunun yenilikçi yaklaşımlarının **patent sistemi ile desteklenmesi** ve akademisyenlerin bir araya geldiği bir grubun önerileriyle **mevzuatta iyileştirmeler** yapılmalıdır.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Federe öğrenme platformunun geliştirilmesi kapsamında üniversite-sanayi işbirliğinin artırılmasına, nitelikli insan kaynağının artırılması, yazılım ve veri altyapısının iyileştirilmesine yönelik destek ve teşvik mekanizmalarının etkinleştirilmesi gerekmektedir. Yalnızca bu konuya özel proje çağrılarının yayınlanması ve farklı sektörlerdeki uygulamalardan projeler desteklenmelidir.

İnsan Kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Bu konuda çalışan az sayıda firma vardır ve akademide bu konuda çalışan araştırmacı sayısı azdır. Ancak **makine öğrenmesi konusundaki nitelikli insan kaynağı, kısa sürede federe öğrenme konusunda alacakları eğitimlerle uzmanlaşabilirler.**

Kritik Ürün/Teknoloji 7: Diferansiyel Mahremiyet ile Verilerin Anonimleştirilmesi

Veri büyüklüğünün çok fazla olduğu mahrem alanlarda diferansiyel mahremiyet ile verilerin anonimleştirilmesine yönelik yenilikçi algoritmaların geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar

Diferansiyel mahremiyet aslında, veri korumaya yönelik bir alandır. Mevcut verinin her birini vermek yerine, genelde veriyi belli oranlarda temsil edecek bir şekilde vermek/sunmak üzerine şekillenmektedir. Verinin gerekli doğruluğu bozulmadan, az özellikle etkin anonimleştirme algoritmaları üzerine yapılan çalışmalar hedeflenmektedir. Hedeflenen yöntemle gerçekleştirilecek çalışmalar, **veri mahremiyetinin sağlanması ve dolayısıyla kurumlar arası iş birliğini tesis etmede öncü bir rol oynayacaktır.**

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 1-3

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 7-9

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Ülkemizin bu alandaki **akademik Ar-Ge yoğunluğu, dünyadaki Ar-Ge yoğunluğundan daha azdır.** Fakat bu başlık altında az sayıda da olsa akademik çalışmalar bulunmaktadır. Bazı ülkelerde bilimsel anlamda anonimleştirilmiş veriler sunulmakta, ancak bu veriler ticari olarak tüm alanları kapsayacak şekilde açılmamaktadır. **Ülkemizde ise e-devlet ve benzeri projeler ile başlanan çalışmaların tüm alanlara yaygınlaştırılması, hedeflenen teknolojilerin geliştirilmesiyle sağlanabilir.** *Google*, diferansiyel mahremiyet kütüphanesini Nisan 2020'de açık kaynak haline getirmiştir. Ancak, bu kütüphane yeteri kadar kapsayıcı değildir.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikler

Bu aslında, internet üzerinde satış yapan bir çok firma için uygun olabilecek bir başlıktır. Dolayısıyla bu firmalarla bir araya gelmesi ve akademisyenlerin de katılımıyla kurulacak bir konsorsiyumun ortak çalışması faydalı olacaktır. Konsorsiyum içinde firmalardan gelen gerçek veri üzerinde çalışılması, firmaların akademisyenlerden gelen geribildirimler sonucu veri üzerinde çeşitli

uygulamalar geliştirmesi katma değerli ürünlerin çıkması ve teknolojinin ilerlemesi açılarından önem arz etmektedir.

İlgili Ürün/Teknolojinin Geliştirilmesi için Öngörülen Bütçe

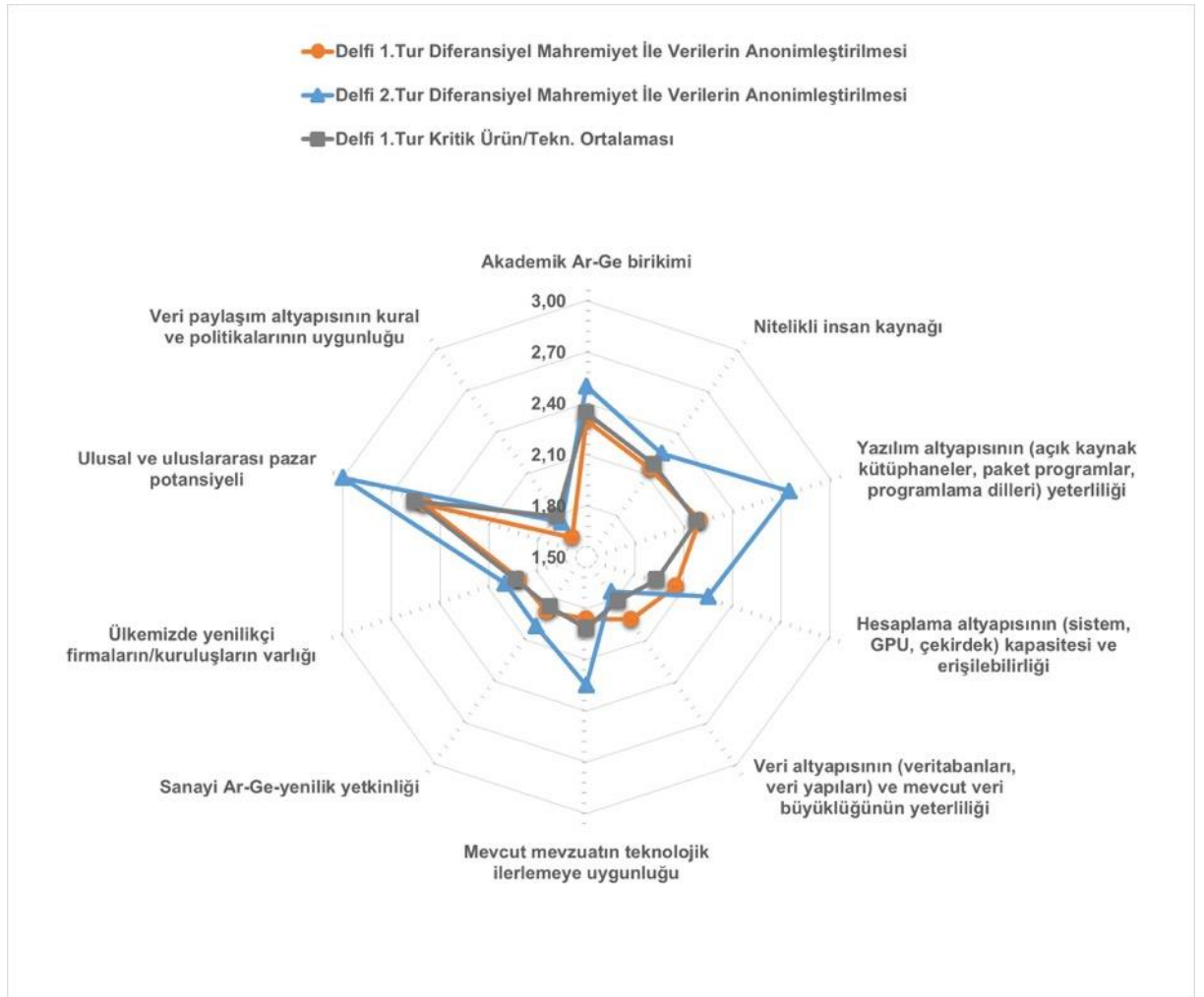
Proje başına 5-7 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]:

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

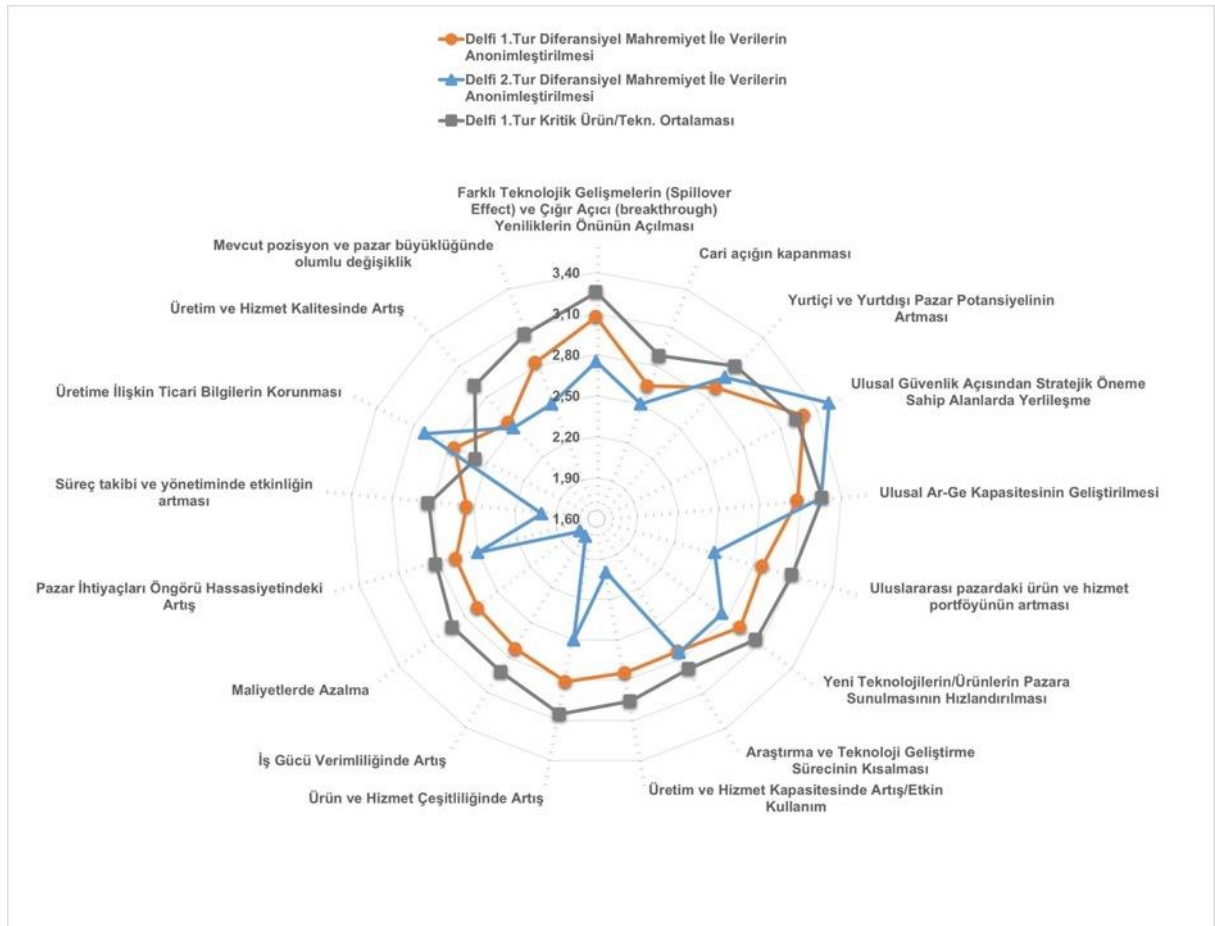
Yetkinliği artırmak amacıyla üzerinde çalışılabilecek gerçek/anlamalı veri setlerinin bulunması ve bu konular üzerine daha fazla akademik çalışma yapılmasının teşviki edilmesi elzemdir. Veri paylaşımı teşvik modelleri üzerine çalışılarak da katkı sağlanabilir.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler:

Diferansiyel mahremiyetle anonimleştirilmiş verilerin geliştirilmesi, veri güvenliğinin sağlanması ve Yapay Zekâ ürünlerinin yaygınlaşmasına katkı sağlayacaktır. Daha fazla veri üzerinde çalışmalar yapılabilecek ve dolayısıyla doğru tahminleme mekanizmalarının geliştirilmesine katkı sağlanacaktır. **Mahremiyet sorununun önüne geçildiğinde diğer pek çok Yapay Zekâ alt dallarında da katma değerli iş üretilbilecektir.**

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Algoritmaların güvenlik ve performans testi için TRTest ile iş birliği yapılabilir.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Geliştirilen yöntemlerin mevzuatta da değişiklik ihtiyacını doğuracağı değerlendirilmektedir.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Küçük/orta/büyük ölçekli firmaların akademisyenlerle kurdukları büyük konsorsiyumlar desteklenmelidir.

Kritik Ürün/Teknoloji 8: Biliş ve Davranış Analizi

Biliş ve davranış gibi insan kaynaklı verilerin analizlerini (duygu analizi, niyet tahmini, psikiyatrik tanılama, etkileşim analizi, fiziksel analiz, algı analizi vb.) yapabilen, öğrenebilen ve muhakeme yapabilen literatürdeki en başarılı uygulamalara (state-of-the-art) kıyasla daha iyi performans gösteren modellerin geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Son zamanlarda Yapay Zekâ alanında gerçekleşen yenilikler, davranış analizi konularındaki çalışmaları yeniden canlandırmıştır. Ancak bu alandaki çoğu çalışma, ufak veri setleri üzerinde çalışılan kısıtlı deneyleri yansıtmakta ve dolayısıyla da bu tip algoritmaların çıktılarının sorgulanmasına neden olmaktadır.

Bu tip algoritmalarda başarı, üzerinde çalışılan veri setinin büyüklüğü ve davranış bilimleri uzmanları tarafından yönlendirilmiş olma durumuyla elde edilebilir. Çıktıların performansı hem mühendisler tarafından tanımlanan metrikler hem de davranış bilimleri uzmanları tarafından belirlenen kriterler temelinde değerlendirilmelidir.

Farklı sektörlerde kritik görevlerde (komuta kontrol merkezi operatörü, pilot, mayın arama operatörü, itfaiyeci gibi) çalışan kişilerin eğitimleri ve gerçek operasyonlar esnasında sağlık, iş yükü, stres gibi durumlarının performanslarına olan etkisinin nesnel olarak ölçülmesi; proaktif olarak öngörülmesi ve ayrıca görevden kaynaklanan dikkat, bilinç ve sağlık durumlarının önceden tespit edilmesine katkı sağlayacak ürünler ve teknolojiler hedeflenmektedir. Bu ürünler ve teknolojiler, süreçlerin verimliliğinin artmasını ve kritik görevlerdeki kişilerin sağlık ve emniyetlerini sağlayacaktır. Eğlence, eğitim ve diğer sektörlerde de katkılarının olacağı değerlendirilmektedir. Giyilebilir teknolojilerle bu ürünlerin birleştirilmesine yönelik çok disiplinli Ar-Ge ve yenilik çalışmaları da hedeflenmektedir.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 2-3

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 5-6

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Türkiye'de yapılan akademik çalışmalarda kullanılan veri setlerinin hacmi görece düşüktür. Bu konuda çok-modlu (multi-modal) veri ile çalışmak gereklidir. Dünyada bilinen bir ürün yoktur. Akademik yayın yoğunluğu olarak incelendiğinde, bu konuda ülkemizde daha çok akademik Ar-Ge ihtiyacı olduğu gözlemlenmektedir.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikler

Akademisyenler, veri toplayan kurum/kuruluşlar ve davranış bilimcilerin bir araya geldiği konsorsiyumların oluşması gereklidir. Psikologlar ve davranışbilimciler ile Yapay Zekâ uzmanlarının bir arada çalışması gerekmektedir.

İlgili Ürün/Teknolojinin Geliştirilmesi için Öngörülen Bütçe

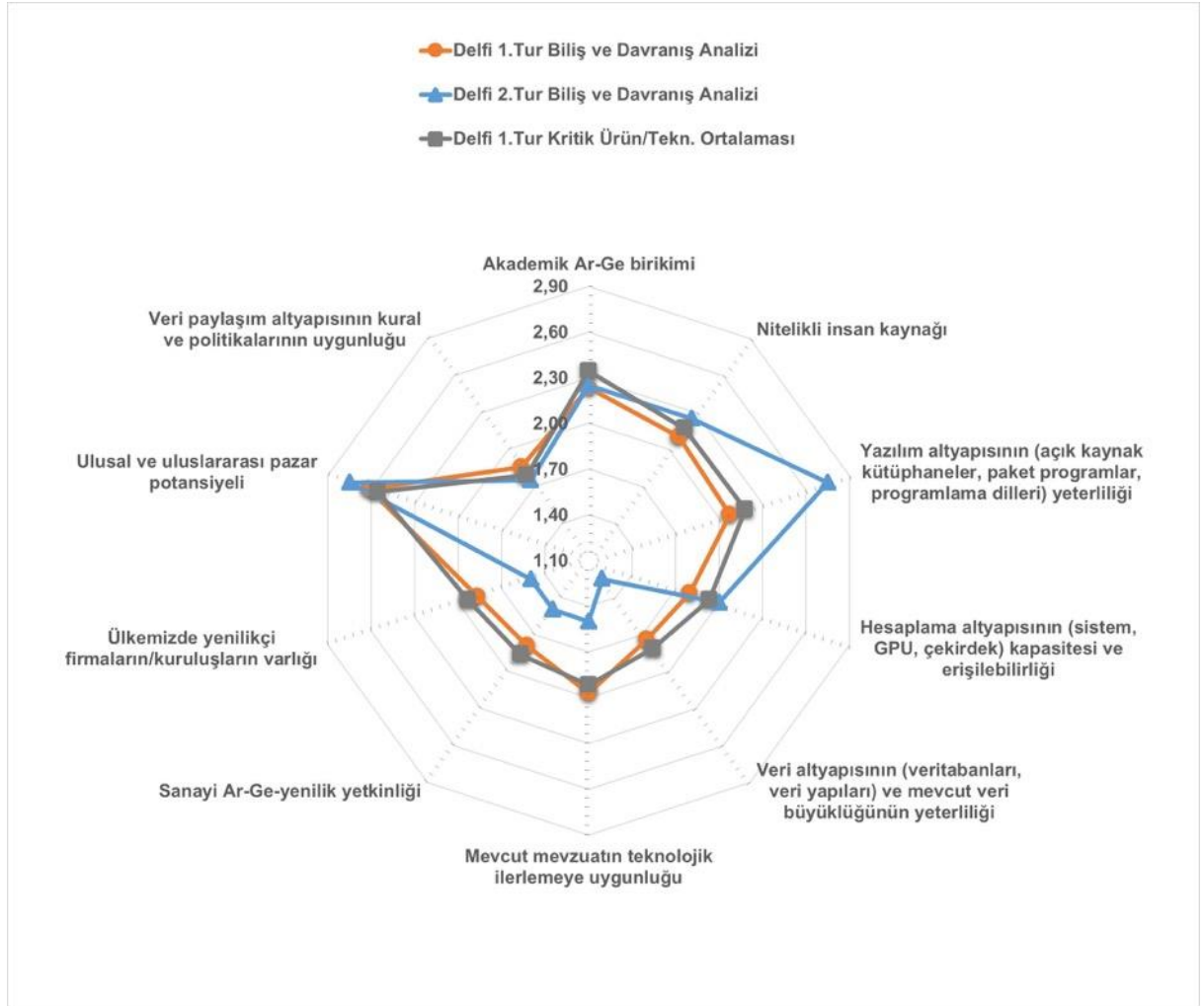
Büyük algoritmik yük bulunmaktadır. Saha çalışmaları ve çok disiplinli insan kaynağı gereklidir. Bu durumlar maliyeti yükseltecektir. Proje başına 5-8 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Hesaplama altyapısı kadar veriye erişim ve donanım altyapısı da önemlidir. Algılayıcılara dayalı çalışmalarda çok kanallı veri kaydı için tasarlanacak veya sahip olunacak donanımlar (*data acquisition*, analog-sayısal çeviriciler) konusunda yetkin insan kaynağının bulunması önem arz etmektedir. Diğer Yapay Zekâ ürünlerinde olduğu gibi, veri altyapısının (veri tabanları, veri yapıları) ve mevcut veri büyüklüğünün iyileştirilmesi; bu konudaki Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerini tetikleyecektir.

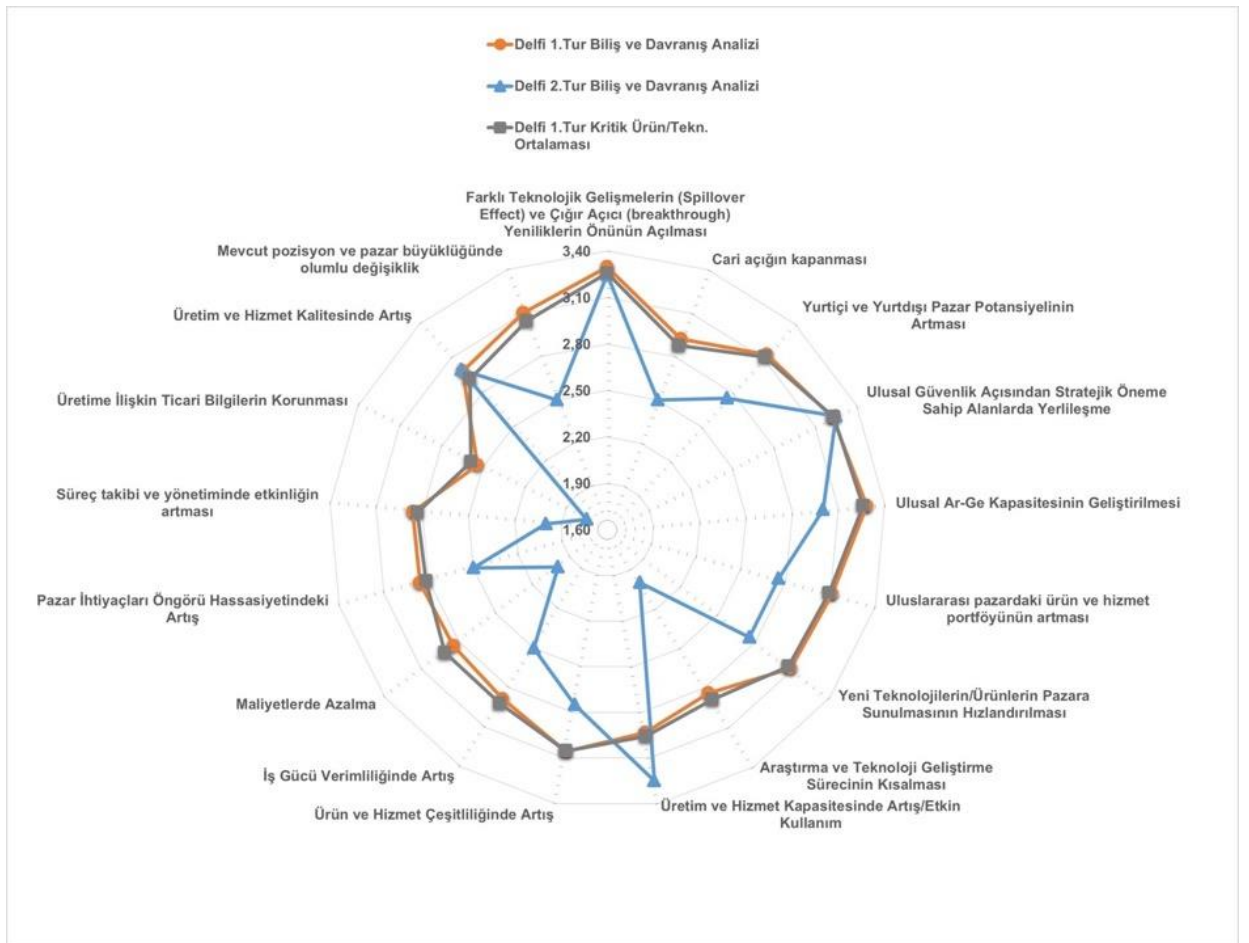
Özel sektörde bu konudaki Ar-Ge ve yenilik çalışmalarının artması gerekmektedir. Ar-Ge çıktılarının kalitesinin artırılmasına yönelik olarak, bu konudaki tüm Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinde Yapay Zekâ uzmanları ile davranış bilimleri uzmanlarının bu faaliyetlerde mutlaka işbirliği yapmaları gerekmektedir. Bu alan giyilebilir teknolojiler ve açıklanabilir Yapay Zekâ ile ele alındığında çığır açıcı yeni ürünlerin geliştirilmesinin önü açılabilir.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler:

Bu alandaki Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinin çıktılarının; savunma, güvenlik, operasyonel eğitimler, otonomi gibi konularda katma değer yaratma potansiyeli yüksektir.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Bu konuyla ilgili, ülkemizde bu konuda yapılacak tüm çalışmalara katkıda bulunacak kamu destekli ulusal araştırma merkezi/enstitüsü, test altyapılarıyla birlikte kurulması büyük fayda sağlayacaktır.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Bu konuda yapılacak Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinde, KVKK'ya uygun olarak verilerin toplanması ve işlenmesine ilişkin bir "iyi uygulama rehberi" hazırlanması faydalı olacaktır.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Rekabet koşulları açısından dış menşeli bir çok giyilebilir teknolojinin bu yöntemlerle veri işlemesi ve piyasada olması; bu alanda yerli ürün geliştiren firmalar için bir dezavantaj yaratabilir. Ancak savunma, güvenlik gibi yerli teknolojilerin stratejik olduğu alanlarda piyasa avantajı bulunmaktadır.

Kritik Ürün/Teknoloji 9: Yerli AutoML

AutoML (Automated Machine Learning) olarak adlandırılan ve gerçek hayat problemleri üzerinde uygulanacak makine öğrenmesi işlem adımlarını otomatikleştiren, uygulamalar için kütüphaneler sunan ve tüm süreci büyük oranda hızlandıran yerli AutoML altyapılarının / yöntemlerinin geliştirilmesi ve / veya birer servis / hizmet / kütüphane / platform olarak sunulması

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Mevcut **makine öğrenmesi algoritmalarını otomatikleştirip, herkesin kullanabileceği bir hale getirmeyi amaçlayan bir alan** olan AutoML, otomatikleştirmenin en basit yapılabileceği yöntemlerden birisi de olmasından dolayı, farklı kütüphaneler sunmayı da imkanı kılmaktadır. Bu alandaki rekabetçi çalışmalar, farklı veri tipleri/setleri üzerinde ve farklı alanlarda çalışabilmeye imkân veren çalışmalardır. Hedeflenen kritik ürün/teknoloji, verilerin ön işleme, probleme özel kullanılacak makine öğrenmesi algoritmasının seçilmesi, eğitme ve test verilerin belirlenmesi işlemlerini otomatik olarak yapılabilecektir.

Mevcut sistemlerin çoğu, daha eski olan ve artık güncelliğini kaybetmeye başlayan (*hand-crafted* diye ifade edilen) teknikler üzerine odaklanıp, onlar üzerinde öznelilik (*feature*) hesaplamayı veya *hyperparameter tuning* yapmayı amaçlamaktadır. Ancak, **derin öğrenme temelli teknikler üzerine odaklanılmasının ve onları temel alan kütüphaneler oluşturulmasının**, bu alanda daha çok yenilik elde edilmesine olanak sağlayacağı ve daha verimli olacağı değerlendirilmektedir.

Veri bilimciye zaman ve kaynak tasarrufu sağlayarak hızlı ve verimli çözümlere ulaşılmasına yardımcı olan ve alana özel problemlerin soyutlanması sürecini otomatikleştiren ve hızlandıran bütünleşik yerli bir AutoML sisteminin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Son yıllarda uluslararası ölçekte ML uygulayıcıları için geliştirilmiş bulut platformlarını (*Google Cloud AutoML, Salesforce Einstein, AWS SageMaker Autopilot, H2O AutoML*) ve yazılımları (*TPOT, AutoSklearn, TransmogriAI*) içeren birçok araç sunulmuştur. Ancak uluslararası çalışmalarda da AutoML yöntemi, uzman katkısı ile manuel olarak geliştirilen modellere dayalı makine öğrenmesi çözümlerini devre dışı bırakacak bir başarı oranına henüz ulaşamamıştır. Bunun başlıca sebepleri, AutoML yönteminin aynı kümeler üzerinde farklı öznelilik belirleme, model seçimi ve hiperparametre optimizasyonu metotları cinsinden parametrize edilmiş yüksek varyasyonlu çok sayıda örnek

gerektirmesi ve derin öğrenme modellerinin otomatik seçimini hedefleyen NAS (*neural architecture search*) gibi hedefler için yüksek donanım gereksinimi olmasıdır.

Yerli bir AutoML platformunun, birden fazla programlama dilini destekleyen bir API üzerinden geliştirmeye açık şekilde sunulması, AutoML ile elde edilen son ürünlerin yayımlanarak paylaşılabileceği bir model havuzu ile bütünleşik olarak çalışması faydalı olacaktır (*model repository, MLaaS*).

Makine algoritmasında kullanılan geleneksel kriterler olan *accuracy, precision, recall, F-measure* ve AUC değerleriyle birlikte, hızlı cevap süresi ve kullanıcıya sunulan kural veya modelin anlaşılabilirliğinin ve açıklanabilirliğinin yüksek olması hedeflenmektedir. Ele alınacak probleme özgü sınıflandırma, kümeleme, tahmin, tavsiye, optimizasyon gibi performans ölçütleri belirlenecektir. Sınıflandırmaya ilişkin başarı ölçütleri (f-skor, recall, sensitivite vb.), kümeleme seçenekleri (tümevarım-tümdengelim vb.), veri seti *train-validation-test* dağılımları için kullanılan bilimsel metrikler; uygulamaya özgü belirlenmektedir. AutoML sisteminin halihazırda yaygınlık kazanmış olan auto-sklearn, Auto-WEKA, H2O AutoML, TPOT gibi sistemlerle deneye dayalı kıyaslama olanağı sunan “*AutoML benchmarking*” araçları ile performans ölçümü gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, tasarlanan sistem böyle bir performans kıyaslama bileşenini de barındırmalıdır.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 2-6

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 9

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Küresel firmaların AutoML ürünleri piyasaya sunulmuş olmasına karşın, bu konuda Türkiye'deki teknolojik birikim dünyanın çok gerisinde değildir. Ülkemizdeki teknolojik çalışmalar yurtdışı muadilleriyle denk seviyededir. Organon ve TaziAI başta olmak üzere ülkemizdeki firmaların da bu konuda ürünleri bulunmaktadır. Gerektiği gibi odaklanılırsa dünyadaki seviyeyi yakalayıp geçme durumunun gerçekleşebileceği değerlendirilmektedir.

Küresel firmaların desteklediği AutoML projelerinin birçoğu bulut üstünden hizmet temelli olarak kullanıma da açılmış durumdadır (*Google Mlflow* gibi). Bu ortamların kullanımı verinin de aynı ortamlara taşınması anlamına geldiğinden, birçok uygulama alanı için kullanılamamaktadır. Türkiye'de bu konulara yatırım yapan firmaların ölçekleri küçüktür ve sayıları azdır. Fakat Savunma Sanayii Başkanlığı Geniş Alan Ar-Ge (SAGA) Çağrısı kapsamında başlatılan ve tamamlanan Derin

Öğrenme Büyük Veri Analiz Platformu (DEĞİRMEN) Projesi'nin Lansmanı 9 Nisan 2021 tarihinde çevrimiçi olarak gerçekleştirilmiştir. DEĞİRMEN platformu, TSK ve kamu kurum/kuruluşlarının metin ve görüntü verilerinin işlenebilmesi, işlenen veriler içerisinde kıymetli bilgilerin çıkarılabilmesi için Derin Öğrenme Modelleri ve bu modellerin çalıştırılabildiği web tabanlı bir Derin Öğrenme Platformudur.¹²

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Automated Machine Learning modelinin geliştirilmesinde akademik çalışmaların ağırlığı yüksek olduğundan, bu alandaki Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinin ana paydaşları üniversiteler ve kamu araştırma enstitüleri/merkezleri olmalıdır. kamu araştırma merkezleri, sanayi kuruluşlarıyla beraber çalışarak modeli test etmede gerçek dünya problemlerini inşa etmelidirler. Üniversiteler ise bizzat yerli AutoML altyapılarının ve yöntemlerinin geliştirilmesi; birer platform olarak sunulmasında aktif rol oynamalıdır.

Büyük kuruluşların verilerini detaylandırması, teknopark firmalarının çevik bir şekilde veri analizleri ve sonuçlarını üretebilmelerini sağlayacaktır.

İlgili Ürün/Teknolojinin Geliştirilmesi için Öngörülen Bütçe

Makine öğrenmesi işlem adımlarını otomatikleştiren, uygulamalar için kütüphaneler sunan ve tüm süreci büyük oranda hızlandıran ve donanım altyapısını da kapsayan yerli AutoML çalışmaları için proje başına yaklaşık 3-5 Milyon TL'lik bir bütçeye ihtiyaç bulunmaktadır. Diğer yandan, altyapı hariç olursa proje başına 0,5-1 Milyon TL bütçe ayrılmalıdır.

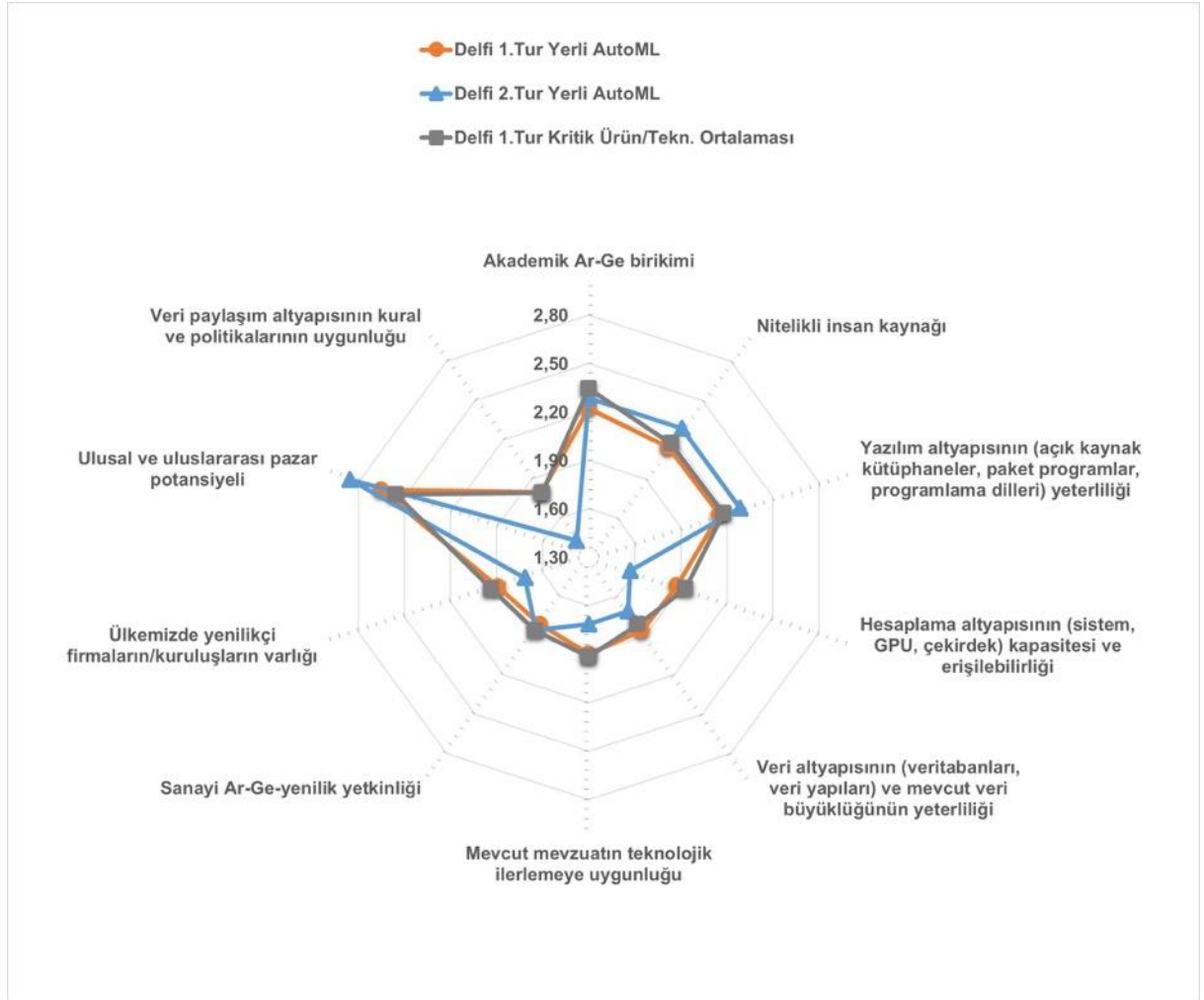
¹² SSB, DEĞİRMEN Platformu Lansmanı Gerçekleştirildi, <https://arge.ssb.gov.tr/HaberDuyuru/Sayfalar/default.aspx?q=3861> (Erişim: Haziran 2021)

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Makine öğrenmesi alanında bilimsel çıktılar üreten çok sayıda akademisyen bulunmaktadır. Ancak akademik Ar-Ge birikiminin yakalanması için makine öğrenmesi yetkinliğinin yanı sıra, özellikle ürün/teknoloji hedefi olan Ar-Ge ve yenilik projelerinde veri mühendisliği, yazılım, iş analizi gibi disiplinlerin de bulunması gerekmektedir.

Özel sektörde son yıllarda makine öğrenmesine artan bir yönelim bulunmaktadır. Sektörlerde yaşanan problemlerin çözümünde bu yöntemlerin kullanılmasına ilişkin en önemli sorun sektör

aktörlerinin ellerindeki veriyi paylaşmakta çekimser kalmalarıdır. Veri anonimleştirme yöntemlerinin geliştirilmesi önemli bir katkı sağlayabilir.

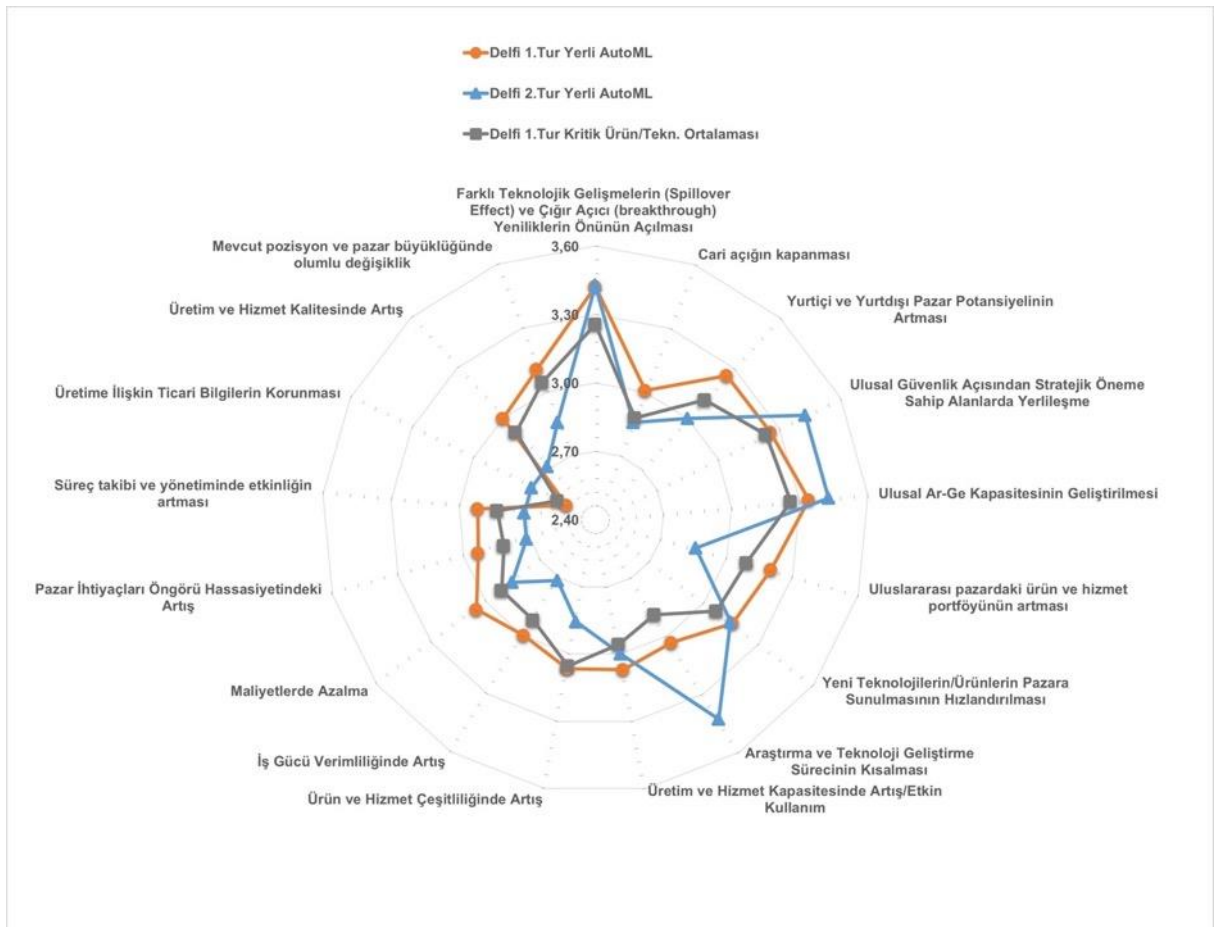
Geliştirilecek olan ürünlerin birçok gerçek hayat problemine çözüm sunabilmesi ve makine öğrenmesinin olabildiğince fazla yöntemi için uygun olması gerekmektedir. Geliştirilecek altyapı herkesin kullanabileceği basitlikte ve ulaşabileceği kolaylıkta tasarlanmalıdır. Buluta yerleşik web tabanlı hizmet veren yapıda olmalıdır.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler:

Önerilen modelin başarıyla tamamlanması durumunda makine öğrenmesine gereksinim duyan birçok gerçek dünya problemi otomatik bir şekilde, yüksek başarımla ve hızla çözülebilecektir. Böyle bir model birçok projede kullanılabilir ve modelin sağladığı faydalar ile projeler daha az insan kaynağıyla daha hızlı gerçekleştirilebilir. Bu yönüyle, katma değere doğrudan etki eden bir teknolojidir.

Pazarda bu teknolojiye olan ihtiyaç çok belirginleşmiştir. Yerli ve bütünleşik bir AutoML platformunun varlığı, iş süreçlerinde sağlayacağı ticari katkı ve katma değer yanı sıra; kısa zamanda, ulusal önem taşıyan stratejik alanlara ilişkin büyük verinin analiz amaçlı olarak yurt dışı kaynaklı hizmet sağlayıcılarla paylaşılması gereksinimini ortadan kaldırma potansiyeline sahiptir. Bu yanı sıra veri güvenliği açısından da önem ve öncelik taşımaktadır.

Özellikle büyük sanayi ve kamu kuruluşlarında Yapay Zekâ ve makine öğrenmesi gerektiren senaryoların hızlı prototiplenip devreye alınması önem arz etmektedir.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Test ihtiyaçlarının giderilmesine ilişkin büyük ölçekli sanayi kuruluşları yönlendirilmesi ve teşvik edilmelidir. Sertifikasyon için ise kamu araştırma enstitüleri/merkezlerine görev verilmelidir. Teknolojinin bulut hizmeti şeklinde sunulması durumunda, standartlar çerçevesinde test edilmeleri gerekmektedir.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Özellikle kamu araştırma enstitüleri/merkezlerindeki teknolojik birikimin patentlere dönüşmesi hususuna önem verilmelidir. Bulut servisi şeklinde sunulması durumunda ise, ilgili standartlar (Ör: ISO/IEC 27017) yeterlidir.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Sistemin başarıyla tamamlanması durumunda bir çok üniversite ve sanayi kuruluşlarında sistem çıktısı kullanılabilir. Bu nedenle pazara girişte bir problem yaşanmayacaktır. Ancak, küresel çaptaki büyük firmalar ile rekabet devlet desteği olmadan zor olacaktır.

Bu ürünün pazara girişinde aşılması gereken en büyük bariyer, son kullanıcıların teknik yetersizliğidir. Yerli AutoML geliştirilirken, özellikle ürünleşme ve ticarileşme aşamalarında son kullanıcıların sistemlerinin güncelliği ve bu hizmeti kullanabilecekleri teknik altyapıya sahip olmalarına yönelik yönlendirmeler yapılmalıdır.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Altyapı yatırımları ve pazara giriş destekleri özellikle önemlidir. Girişimcilik eko sistemi açısından Makine Öğrenmesi Parkı gibi bir teknoloji kümesi oluşturulması fayda sağlayacaktır.

Firmadan Kaynaklı Sebepler (Maddi sebepler, strateji değişikliği, yönetim değişikliği, vb.)

Bu ürünün geliştirilmesi için firmaların, üniversiteler ve kamu araştırma enstitülerine/merkezlerine makine öğrenmesiyle çözülebilecek gerçek dünya problemlerini sunmaları beklenmektedir. Firmaların bu konuda yönlendirmeye ve teşviklere ihtiyacı bulunmaktadır.

Kritik Ürün/Teknoloji 10: DLaaS

Merkezi olarak faaliyet gösterecek ve farklı uygulamalar için kütüphaneler sunacak bir derin öğrenme geliştirme uygulaması ve platformu (Deep Learning as a Service) geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Derin öğrenme tabanlı sistemler, bulut sistemler üzerinde eğitime ve bulut üzerinde optimize etme odaklı bir çalışma modelidir. Ülkemizdeki firmalara bulut üzerinden sunulacak olan derin öğrenme hizmeti, firmaların ürünlerine ve süreçlerine büyük katma değer sağlayabilir; yeni ürünler, süreçler ve hizmetler tasarlanmasına yol açabilir. Derin öğrenme hizmeti, birçok sektörden firmanın ürünlerini iyileştirmesi veya güncellemesi sonucu yeni pazarlara girilebilmesi adına kaldıraç etkisi yapacak bir platformdur.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 2-3

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi : THS 9

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

IBM'in ve Google'ın DLaaS çözümleri bulunmaktadır. Ülkemiz bu alanda henüz çalışmaya başlamıştır ve yeni ortaya çıkan bu platformlar konusunda teknolojik birikimin yakalanmasını takiben hızla rekabet edebilir düzeye gelinebilir.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikler

DLaaS geliştirilmesi konusundaki Ar-Ge ve yenilik faaliyetleri mutlaka üniversiteler veya araştırma enstitüleri/merkezleri ile özel sektör kuruluşlarının (hem teknoloji tedarikçisi em de son kullanıcılar) bir araya gelmesiyle gerçekleştirilmelidir. Bu konsorsiyumlarda veri gizliliği konusunun da faaliyetlere başlanmadan netleştirilmesi gerekmektedir.

İlgili Ürün/Teknolojinin Geliştirilmesi için Öngörülen Bütçe

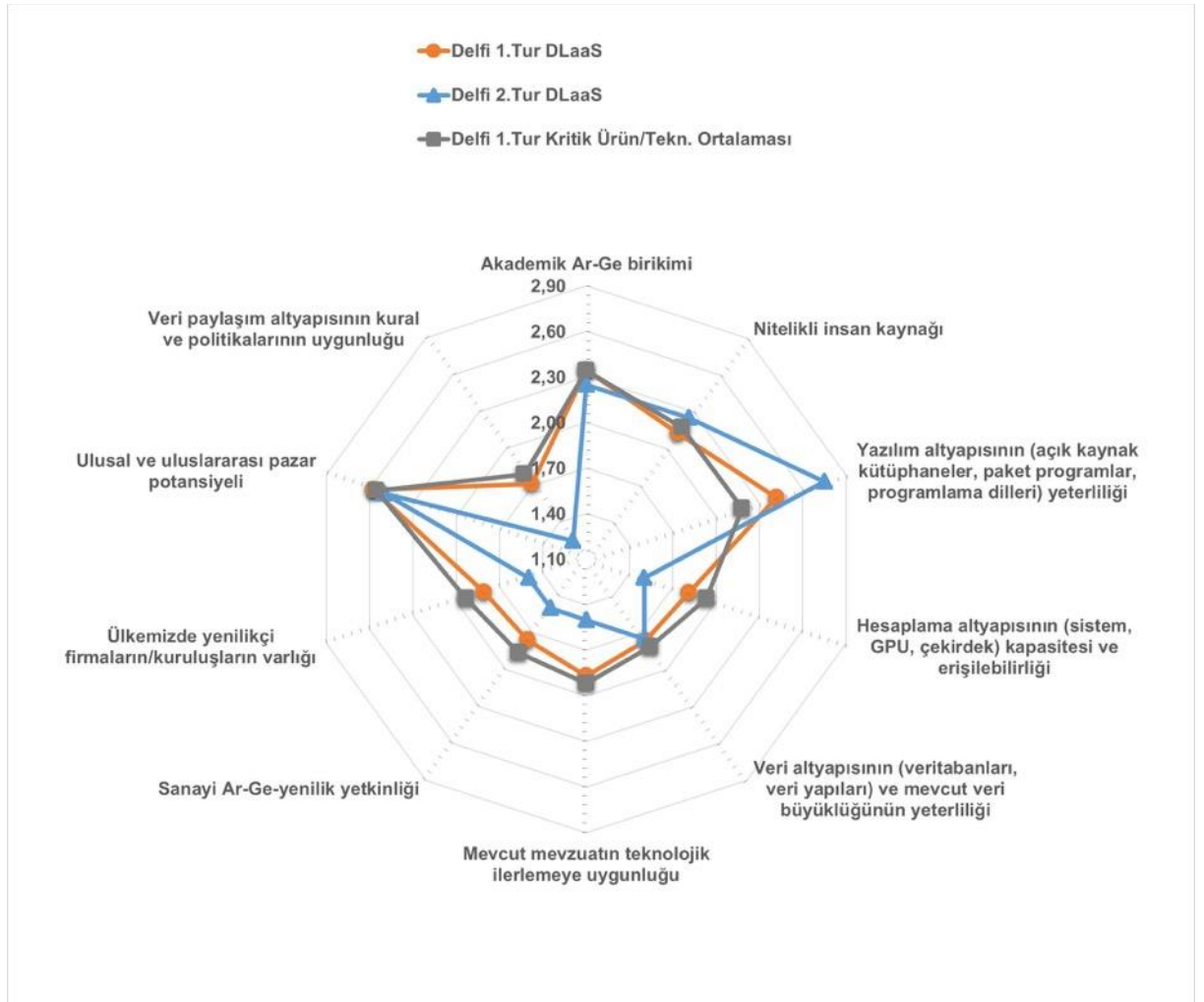
Bu konudaki en önemli gereksinim güçlü donanımlardır. Bu yüzden bütçedeki en önemli kalem donanım maliyeti olacaktır. Proje başına 5-7 milyon TL öngörülmektedir. Fakat, donanım maliyetinin olmadığı bir çalışmada proje başına 1-1,5 Milyon TL ayrılmalıdır.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

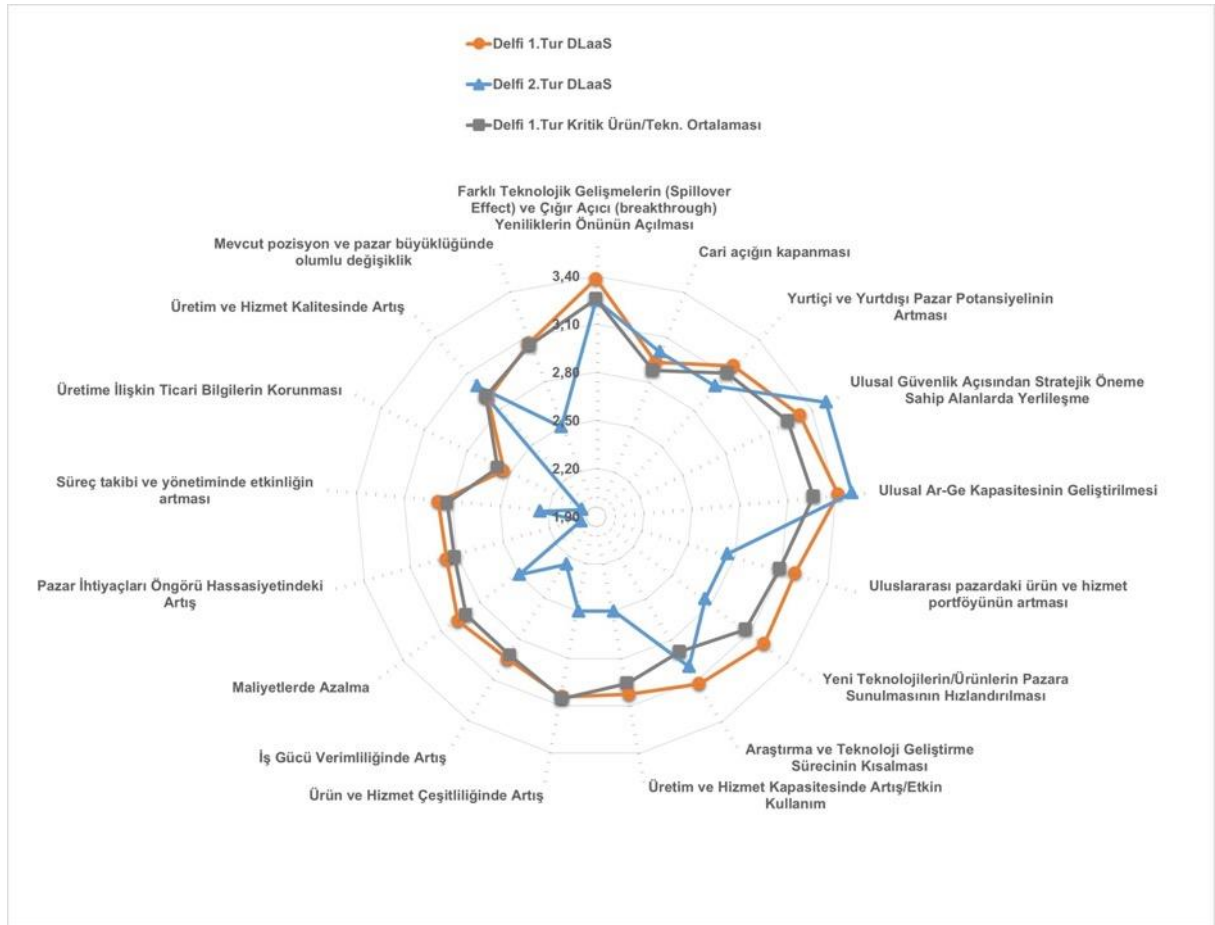
Kişilerin/ kullanıcıların, verilerini ve ağ modellerini bulut sistem üzerine yüklemek konusunda çekimser davranmaları, alanın güçlenmesinin önünde bir risk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu alandaki yenilikçi yöntemlerin ortaya çıkması, bulut hizmetlerinin ve sağladığı katma değer in yaygınlaştırılmasını sağlayacaktır.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri[

Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]:

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler:

Bu teknolojinin diğer alanların gelişmesine, diğer sektörlerdeki ürünlerin daha yenilikçi olmasına ve süreçlerinin daha etkin yönetilmesine büyük katma değeri olacaktır.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Henüz yeni bir alan olduğundan, test ve sertifikasyon altyapısına ilişkin ihtiyaçlar belirlenmelidir. Bu ihtiyaçların giderilmesine ilişkin adımlar atılmalıdır.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Veri paylaşımı bu alanın gelişmesi için kritik öneme sahip olduğundan, KVKK'ya uygun veri paylaşımına ilişkin “İyi Uygulama Örnekleri” hazırlanmalı, son kullanıcılara ve teknoloji tedarikçilerine yön gösterilmelidir.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Bu konuda küresel firmaların sunduğu hizmetlerle teknolojik açıdan rekabet edilebilir hale gelinmelidir. Stratejik olarak güvenlik açısından bu hizmetlerin yerli ürünlerle sunulması yurt içinde rekabet açısından avantajlıdır.

Firmadan Kaynaklı Sebepler (Maddi sebepler, strateji değişikliği, yönetim değişikliği, vb.)

Özellikle son kullanıcı firmalara, bu hizmetin kendi ürün ve süreçlerine sağlayacağı katma değer aktarılmalı, bu konuda farkındalık oluşturulmalıdır. Piyasada talep olmadan, yatırım maliyeti yüksek olan bir alana teknoloji tedarikçisi firmalar girmekte çekimser davranabilirler.

ÖNCELİKLİ SEKTÖREL UYGULAMALAR

Öncelikli Sektörel Uygulama 1: Teşhisi Zor Hastalıklar

Kanser, kalp hastalıkları, Alzheimer ve Parkinson başta olmak üzere teşhisi zor olan veya erken teşhisi kritik öneme sahip hastalıkların tespiti için her çeşit tıbbi kayıtları kullanan; en başarılı uygulamaları yakalayan ve / veya üzerine geçen performansla sahip Yapay Zekâ algoritmalarının geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar

Özellikle sağlık hizmetlerine aynı kalitede ve aynı kolaylıkta erişilemeyen bölgelerde, teşhisi zor hastalıklarda hızlı ve doğru tanı konmanın önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu alanda geliştirilecek Yapay Zekâ algoritmaları sağlık alanında tüm vatandaşların eşit kalitede hizmet almaları sağlanacaktır. Aynı zamanda teşhis koyma sürecinde yapılabilen insandan kaynaklı hataların da önüne geçilecektir. **Ülkemizde yaygın görülen hastalıkların teşhisine yönelik tıp hekimlerinin, diyagnostik bilimi uzmanlarının da bulunduğu projelerle, teşhis algoritmaları geliştirilmesi hedeflenmektedir.** Pilot hastalıklar seçilebilir ve pilot uygulamaların başarısının uzun süre tıp hekimleri tarafından test edilmesi; geri bildirimlerle algoritmaların performansının artırılması gerekmektedir.

Dünya'daki mevcut uygulamalarda yaklaşık %70-80'ler seviyesinde başarı yakalanmaktadır. Bu seviyenin ötesine geçilmesi hedeflenmektedir.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 4-9

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 7-9

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

ABD'de FDA'nın onay verdiği ve sektörel açıdan kullanımda olan bazı uygulamalar bulunmaktadır. Ülkemizde ise Bayındır Sağlık Grubu ile Softtech firmasının %92 başarımlı seviyesine ulaşmış olan ve Covid19 tanısında kullanılan Yapay Zekâ temelli bir tetkik sistemi bulunmaktadır. Bu tür uygulamaların yukarıda belirtilen hastalıklar için de geliştirilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Bu konudaki veri sıkıntısı bütün dünyanın yaşadığı bir problemdir. Bu durum mevzuat ile aşılabılırsa dünyada öncü olmak mümkün olacaktır.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Kamu-özel sektör-üniversite işbirliği modeli en verimli model olarak değerlendirilmektedir. Uygulayıcı olarak özel sektör, proje sahibi ve yürütücü olarak kamu ve Ar-Ge desteği için üniversitenin bulunduğu bir konsorsiyumda, tıp hekimlerinin ve Yapay Zekâ uzmanlarının bir arada çalıştığı projeler desteklenmelidir.

Uygulamaya ilişkin Öngörülen Bütçe

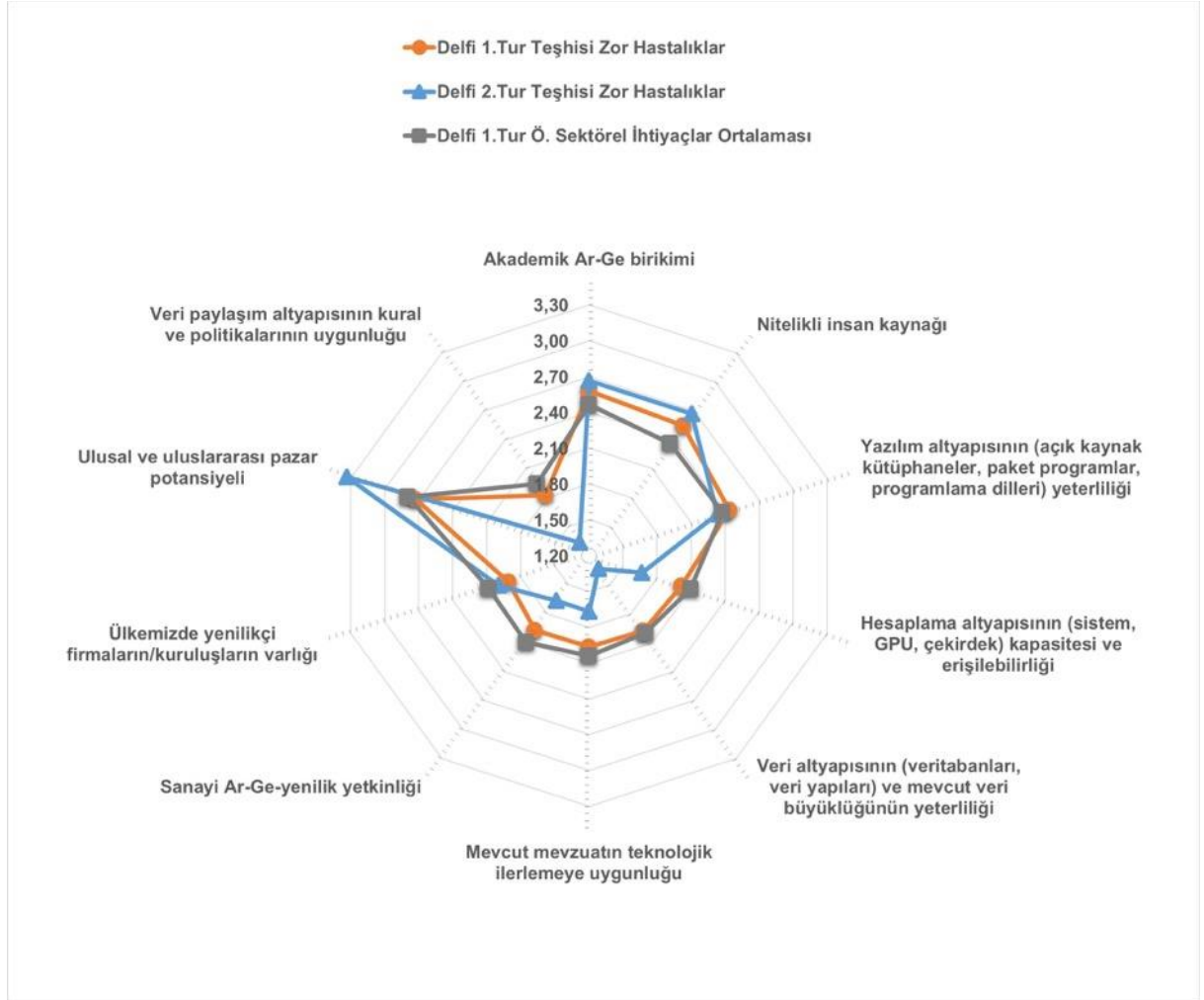
Üzerinde çalışılacak hastalığa bağlı olarak proje başına 4-5 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]:

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Bu alanda **akademik birikim yeterlidir, fakat uygulamaya dökülmemiş durumdadır**. Bu konu özelinde nitelikli insan kaynağının geliştirilmesine yönelik olarak tıp, veri bilimi, bilgisayarlı görü alanlarında ortak lisansüstü eğitim programlarının açılması faydalı olacaktır.

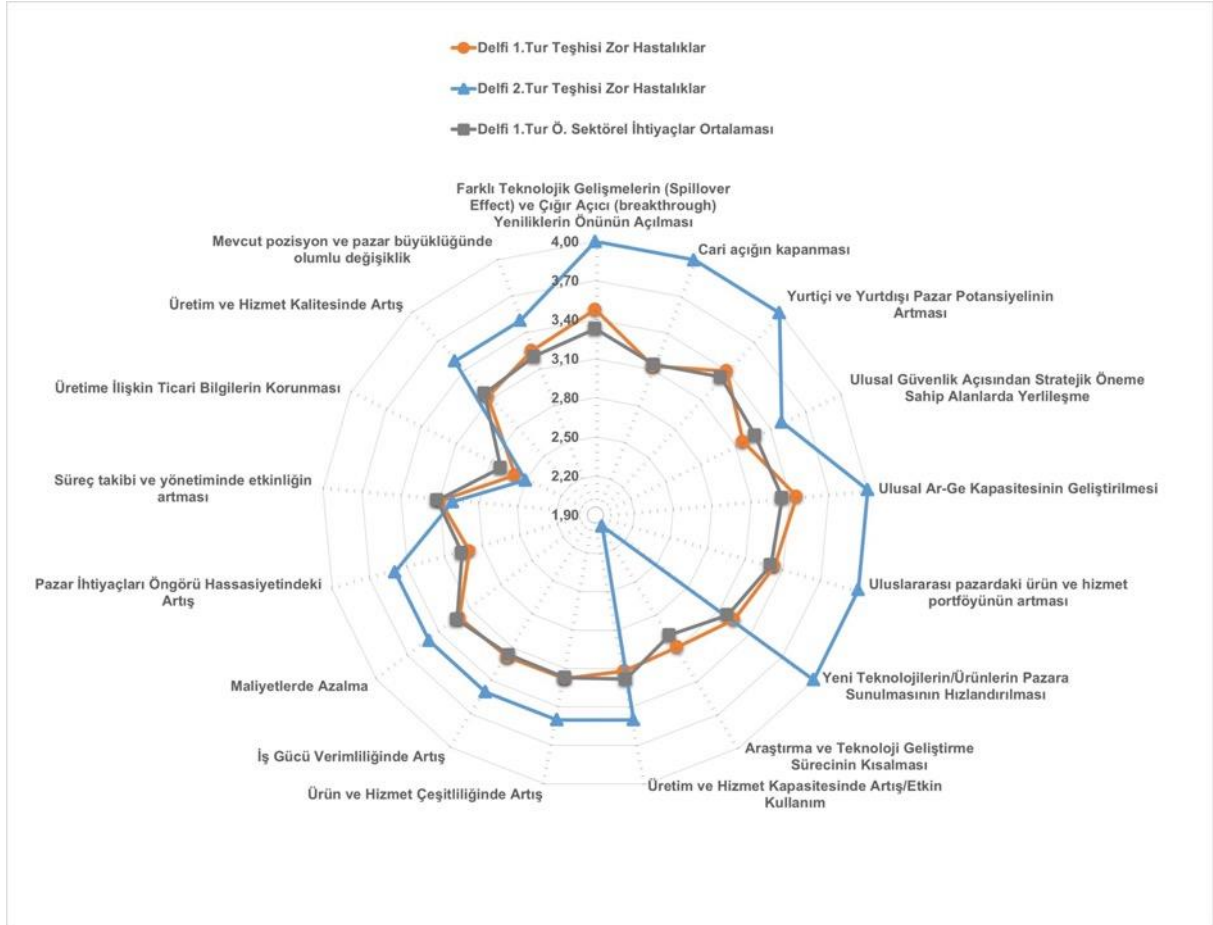
Bu alanda geliştirilecek uygulamaların en kritik bileşeni tıbbi verilerdir. Bilgi gizliliği ihlali çekincesiyle, mevzuatta bulunan tüm şartlar sağlanmasına rağmen, veri paylaşımı oranı oldukça düşüktür. Bu uygulamalarda dünyadaki öncü ülkelere bir olmamız amacıyla Ar-Ge ve yenilik ortamının güçlendirilmesi için **tıbbi veri paylaşımının artırılması gerekmektedir**.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4):

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Bu alanda geliştirilecek ürün ve teknolojilerin **ulusal ve uluslararası pazarda çok büyük potansiyeli vardır**. Ekonomik getirilerinin yanı sıra; sağlık hizmetlerinin hızlanması, kalitesinin artması, sağlık çalışanlarının yükünün hafifletilmesi gibi alanlarda da önemli katkı sağlayacaktır.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Genel olarak tüm Yapay Zekâ ürünlerinin sağlık alanındaki uygulamalarının geliştirilme sürecinin, veri paylaşımının ve test-sertifikasyon işlemlerinin tanımlanması; tüm dünyada henüz üzerinde çalışılan hususlardır. Bu konudaki uluslararası çalışmaların tasarım aşamasında ülkemizin temsil edilmesi, ulusal süreçlerimizin tasarımının yapılması büyük önem arz etmektedir.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Yasal ve teknik düzenlemeler ile veri paylaşımının kolaylaştırılması ve ürün hakkında teknik özelliklerin belirlenmesi önemlidir. Yasal mevzuat ve veri toplama / kullanma kanunları uygun hale getirilmeli, **kişi mahremiyeti korunarak gelişmenin önü açılmalıdır.**

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Pazara girişteki en büyük sıkıntı son kullanıcının, tıp hekimlerinin ve hastaların ürüne olan güvensizliği olacaktır. Bu sistemler uzman doktorlara öncül bir görüş sunarak yardımcı olmaktadır. Doktorlar ve toplum nezdinde bu ürünlerin çalışma prensipleri ve sağlayacakları katkı konusunda farkındalık oluşturulması önemlidir. Pilot uygulamalar seçilerek bu farkındalık çalışmaları yürütülebilir. Teşhis konusunda güven tesis edilmesi için görece az odaklanılan ve az riskli alanlardan başlanması faydalı olabilir.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Maddi geri dönüşüm süresi uzun olan bu tür ürünler için teşvik ve desteklerin bütüncül bir şekilde yürütülmesi, ürün sayısını ve bilgi birikimini artıracaktır. Teşvik ve desteklerle sağlanan maddi kaynakların yanında veriye ulaşma konusunda da sağlanacak destekler önemlidir.

İnsan Kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Mühendislik ve tıp fakültelerinin hazırladığı ortak lisansüstü programlar, gelecekte çok daha fazla ön plana çıkacak bu alanda uzman nitelikli insan kaynağının geliştirilmesinde etkili olacaktır.

Firmadan Kaynaklı Sebepler (Maddi sebepler, strateji değişikliği, yönetim değişikliği, vb.)

Özellikle start-up firmalarında ticarileşme maliyetlerinin büyük olmasından dolayı, geliştirilen kaliteli çözümlerin etkin bir şekilde kullanıcılara ulaştırılamamaktadır.

Öncelikli Sektörel Uygulama 2: Yardımcı Sağlıkta Açıklanabilir Yapay Zekâ

Yardımcı sağlık sistemlerinde açıklanabilir Yapay Zekâ yöntemleri ile doktorların hasta başına harcadığı toplam zamanın azaltılması, teşhis ve tedavi süreçlerinin daha etkin hale getirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Özel Yapay Zekâ teknikleriyle geliştirilecek ürünlerle **tıp doktorlarının hasta başına harcadığı zamanın kısaltılması, teşhis koyma aşamasında tüm olasılıkların değerlendirilmesi ve hastaya uygun tedavi protokolünün belirlenmesi** hedeflenmektedir.

Özellikle derin öğrenmeye dayalı Yapay Zekâ modelleri son yıllarda sağlık alanında da fark yaratmaya başlamış ve hem hastalık teşhisi hem de hastalık takibi noktasında gerçekleştirilen bazı çalışmaların otomatik olarak gerçekleştirilmesinin önünü açmıştır. Bununla birlikte derin öğrenme modelleri, genellikle kapalı kutu modeller olduklarından, verdikleri kararların yorumlanabilirlikleri düşük olmaktadır. Bu hedefe konu olan **sağlık alanına uyarlanmış uygulamalarla, bu modellerin verdikleri kararların nedenlerinin ve kaynaklarının açıklanmasına yönelik Ar-Ge ve yenilik çalışmaları hedeflenmektedir**. Böylece bu sistemlerin verdikleri kararlar ve ürettikleri çıktılar, doktorlar tarafından teşhis ve tedavi süreçlerinin daha etkin hale getirilmesi amaçlı kullanılacak ve doktorların hasta başına harcadığı toplam zamanın azaltılmasına yardımcı olacaktır.

Bu çalışmanın en önemli ekonomik katkısı, yardımcı sağlık sistemlerinde açıklanabilir Yapay Zekâ modülüne sahip bir sistemin rekabette yaratacağı üstünlük sonucu pazarlarda öne geçmek olacaktır. Ayrıca **teşhis ve tedavi süreçlerinin hızlanmasına, doktora yapacağı yardımcı katkı sonucu süreçlerin iyileşmesine fayda sağlayıp, toplum sağlığına ve sağlık hizmetlerinin kalitesinin artmasına katkı sağlayacaktır**. Ayrıca, açıklanabilirlik hataların takip edilmesi, giderilmesi, yanlılığın kaldırılmasına neden olacaktır. Daha çok ve çeşitli verinin birlikte analiz edilmesi ile daha doğru tanımlar konulabilecektir. Nesnelerin interneti uygulamalarıyla anlık sağlık takibi ve ön teşhislerle, **yaşlanan nüfusun sağlık takibi konusunda da dünyada rekabet avantajı elde edilebilecektir**.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 2-3

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 5-7

Dünya ve Türkiye’deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Derin öğrenmeye dayalı modellerin açıklanabilirlik düzeylerinin artırılmasına yönelik çalışmalar henüz son 3-4 yılda başlamıştır. Yardımcı sağlık faaliyetlerinde makine öğrenmesi tekniklerinin kullanımı hem ülkemizde hem de dünyada; sağlık hizmetlerinde teşhis, müdahale ve tedavi alanlarında zaman, maliyet ve kalite arttıracak beklentileri ile öncelikli araştırma alanlarıdır.

Dünyada başarılı bir şekilde kullanımda ve tam ölçekli gerçekçi problemlerle test edilmekte olan uygulamalar bulunmaktadır. Türkiye’de bu konuda çeşitli girişimler bulunmaktadır. Ancak geliştirilen bu sistemler genellikle sınırlı işlevselliğe sahiptir. Türkiye’nin bu konudaki teknolojik olgunluğu dünyadaki örnekleriyle kıyaslandığında, **aynı teknolojik hazırlık seviyesinde olan uygulama ve ürünler daha azdır.**

Yukarıdaki Hedefe Ulaşılması İçin Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Bu konuda tıp doktorları, makine öğrenmesi alanında uzmanlaşmış akademisyenler ve yazılım geliştirme firmalarının işbirliği içerisinde Ar-Ge ve yenilik projeleri gerçekleştirmeleri gerekmektedir.

Öncelikle üniversiteler ve kamu araştırma enstitüleri/merkezlerinin ortak araştırma ve teknoloji geliştirme projelerinin desteklenmesi; teknolojik seviyenin ilerlemesiyle ve prototip safhasının gerçek ortamlarda test edilmesi aşamasına gelindiğinde; bu projelere büyük ölçekli sanayi kuruluşları, KOBİ’ler, teknopark firmalarının katılmasıyla yenilik faaliyetleri desteklenmelidir. Tüm projelerde ve faaliyetlerde tıp hekimlerinin ve uygulamaların yapılacağı hastanelerin, sağlık merkezlerinin yer alması gerekmektedir.

Açıklanabilirlik üzerinde yapılan çalışmalarda en kritik nokta açıklanabilirliğin öğrenilmesine imkân veren veri kümelerinin oluşturulmasıdır. Sağlık alanındaki bazı problemlerin açıklanabilir yapıda çözülmesi için büyük ölçekli verilerin toplanması gerekmektedir. Bu çalışma konusu çok disiplinli bir yapıda olduğu için ele alınan problemlerin çözümünde; veri toplama ve model geliştirme sırasında farklı disiplinlerden ve kendi alanlarında (yapay öğrenme, tanı-diyagnostik uzmanları, temel klinik tıp uzmanları ve benzeri) uzman kişilerin bilgi ve deneyimlerinin bir araya gelmesi gerekmektedir.

Uygulamaya ilişkin Öngörülen Bütçe

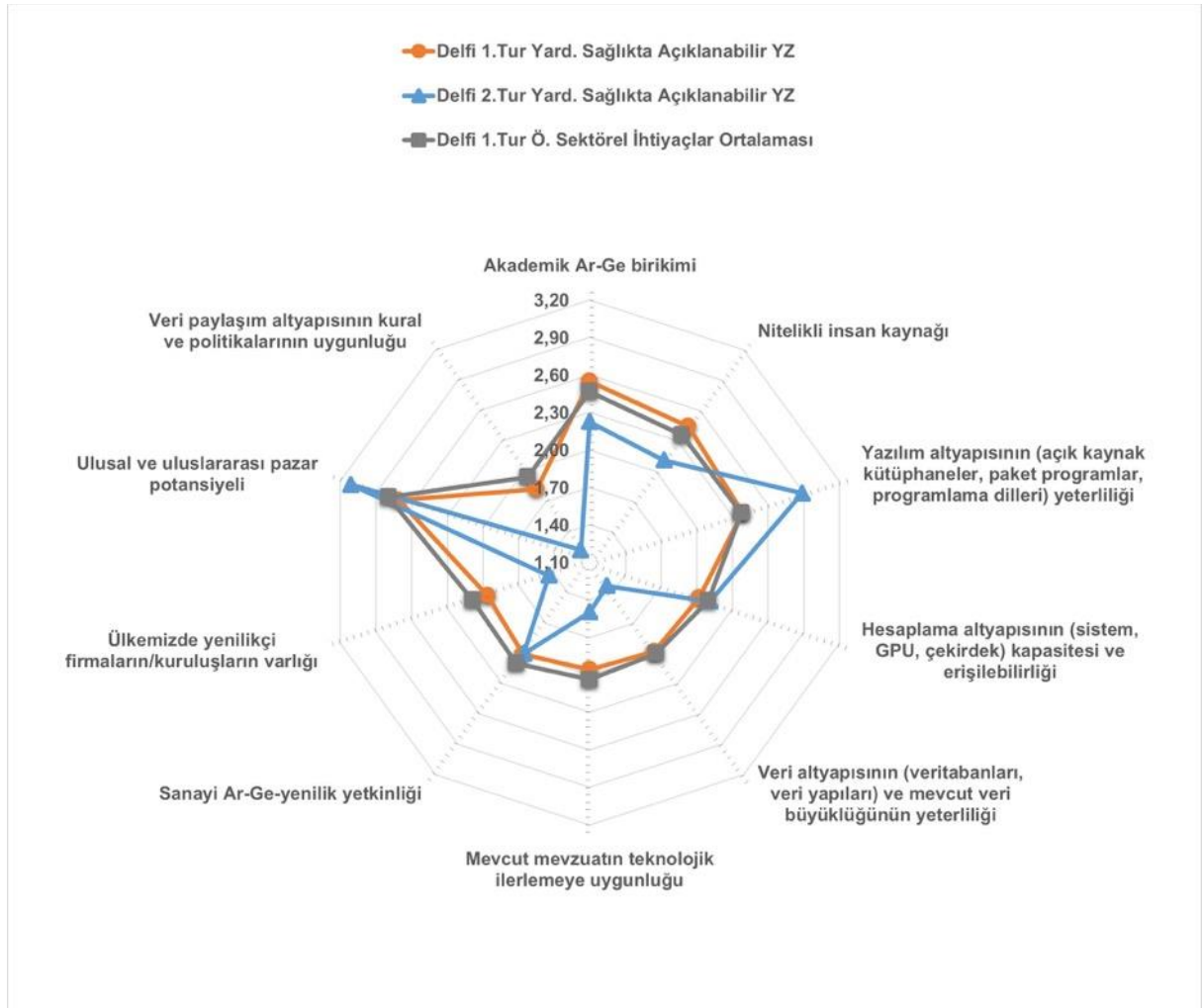
Bu ürün/teknoloji geliştirilirken toplanacak veri miktarının hacmi ve etiketleme maliyetleri dolayısıyla maliyeti diğer ürün/teknolojilere göre daha yüksek olacaktır. Proje başına 4-5 milyon TL uygundur.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Ülkemizde bu konuda araştırma yapan **çok sayıda yetkin akademisyen** bulunmaktadır. Konunun özellikle açıklanabilirlik kısmı, tüm dünyada akademik olarak yeni çalışılan bir konu olduğu için Ar-Ge birikimi fazla değildir. Ar-Ge çalışmalarında birçok problemin çözümünde makine öğrenmesi, derin öğrenme, büyük veri konuları ülkemizde ve yurt dışında çalışmakta ve iyi sonuçlar alınmaktadır. Gerekli veri ortamı sağlandığında, açıklanabilirlikle ilgili ilerleme sağlanmasını müteakip mevcut yöntemler uygulanarak yukarıda bahsedilen çözümler gerçekleştirilebilecektir.

Ar-Ge sürecinde ihtiyaç duyulan yazılımlar açık kaynak kodlu olarak hazır kütüphanelerin kullanılması veya akademisyenlerin geliştirdiği özgün algoritmaların uygulama şeklinde mühendisler tarafından gerçekleştirilmesiyle sağlanmaktadır. Bu açılarından **yazılım alt yapısı açısından Türkiye iyi durumdadır.**

Yapay zekâ uygulamalarında veri hacminin büyüklüğü nedeniyle oldukça yüksek işlem gücü ve büyük bellek kapasitesine ihtiyaç duyulmaktadır. Kamu araştırma enstitüleri/merkezleri ve üniversiteler ortak kullanım için gerekli platformları kullanıcılara sunmaktadır. Ücret karşılığı işlem gücü ve bellek kapasitesi bulut üzerinden de satın alınabilmektedir.

Ulusal **genel kullanıma açık veri kümeleri oluşturulması, bu ürünlerin geliştirilmesini kolaylaştıracaktır.** Bu sayede işaretlenmiş veri için ihtiyaç duyulan insan kaynağı azalacak ve mevcut sağlık verisine erişim kolaylaşacaktır. **Sağlık kurumlarının verilerinin anonimleştirilerek işaretlenmesi ile Ar-Ge ve yenilik projelerinde kullanılmasına imkân verilmesi** yapılabilirliği büyük ölçüde artıracaktır.

Bu konuda **Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerini kolaylaştıracak yasal düzenlemeler, tüm dünyada da henüz olgunlaşmamıştır.** Bir Yapay Zekâ sisteminin yaptığı önerinin uygulanmasının sonucunda doğabilecek zararların sorumluluğunun kime ait olacağı konusu henüz net değildir. Son kararı verenin doktor olması bir ölçüde çözüm oluşturabilmektedir. Yasal düzenlemeler konusunda hukuk, tıp, mühendislik alanlarındaki uzmanların bir arada çalışması; STK'lardan da toplumun çekincelerine ilişkin hususların aktarılması önem taşımaktadır.

Özel sektör tarafından bu konuda gerçekleştirilen Ar-Ge ve yenilik projelerinin çoğunda personel giderleri bütçenin büyük bölümünü oluşturmakta ve projeler genellikle mevcut tekniklerin tanımlanmış bir problemin çözümüne uygulanması şeklindedir. **Ürün veya yöntem geliştirilmesinde özgün katkı sağlanması için açıklanabilirlik ele alınmalı ve mutlaka**

üniversite-sanayi işbirliğinde çalışılmalıdır. Yapılan çalışmaların sonucunda, şu anda çok az sayıda olan patentlerin çıkması teşvik edilmelidir.

Yardımcı sağlık uygulamalarında açıklanabilir Yapay Zekâ yöntemlerinin kullanılmasının ulusal ve uluslararası pazar potansiyeli çok yüksektir. Bu ürünler henüz çalışılmaya başlanmış olduğu ve yaygın kullanımda olmadığı için **pazarı domine eden firmalar henüz bulunmamaktadır.** Ülkemizin **sağlık teknolojileri konusunda yenilikçi ve katma değerli ürünlerle dünyada ön plana çıkmasına ilişkin önemli bir fırsat** bulunmaktadır.

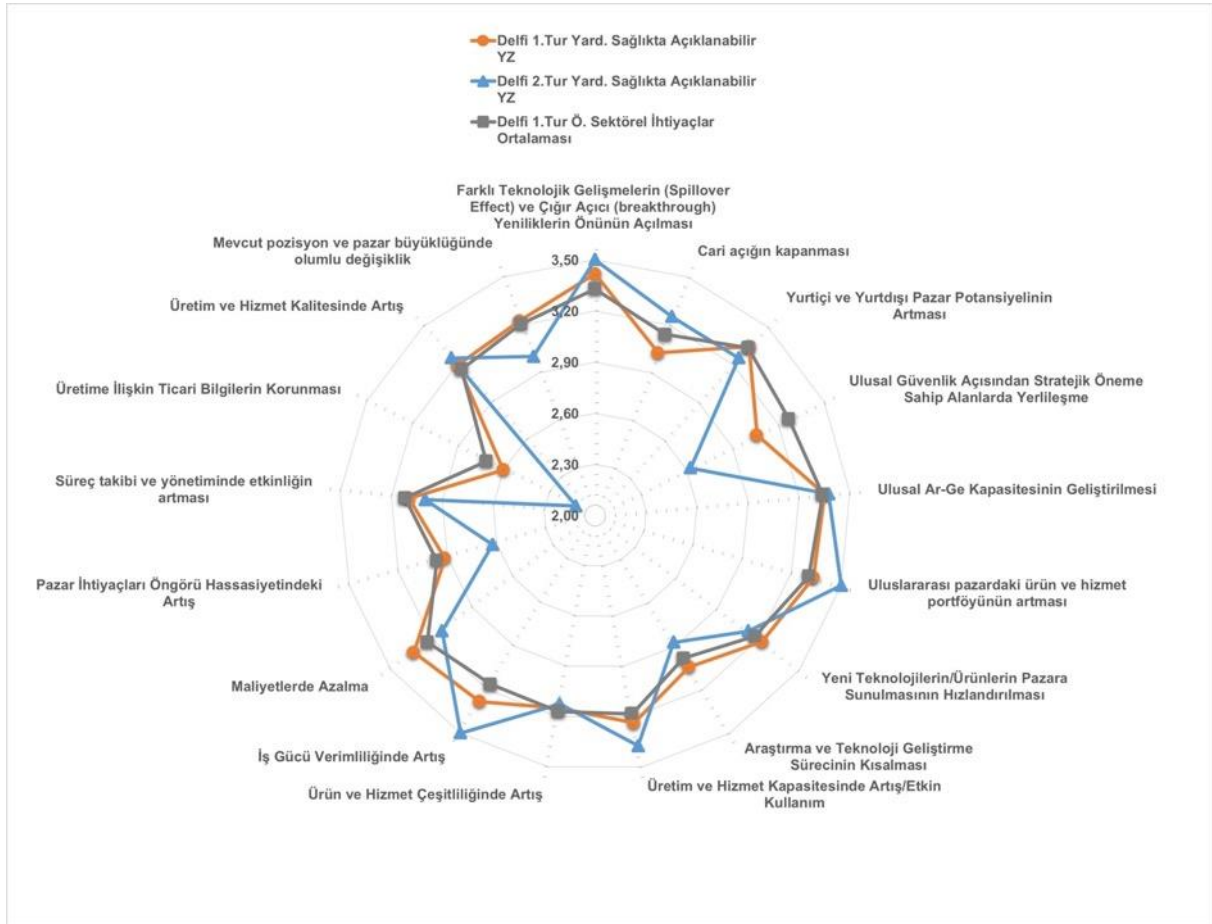
Ar-Ge ve yenilik desteklerinin ve teşviklerinin devam etmesi; açıklanabilir Yapay Zekâ temelli yardımcı sağlık sistemleri için insan-makine ara yüzlerinin geliştirilmesi öncelikli konular arasında bulunmalıdır.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Özgün ve farklılık yaratıcı teknolojik gelişmeler, uygulamaların başarımını da doğrusal olarak etkileyeceğinden rekabet gücüne büyük katkı sağlayacaktır. Bu alanda geliştirilecek ürünlerin yurtdışı piyasalara sunulması ile katma değerli ürünlerin ihracattaki payının artmasına da katkı sağlanacaktır. Özellikle karar verme başarımını arttıran teknolojilerin ihraç edilme olasılığı yüksektir. Bu alanda geliştirilecek ürünler özellikle yurt içinde, ilgili kamu kurumlarının da yönlendirmesiyle kolayca pazarda yerini alabilecektir.

Bununla birlikte sağlık hizmetlerinin yerleşmesi, özellikle pandemide ve acil durumlarda ulusal güvenlik açısından önem kazanacak bir alandır. Yardımcı sağlık uygulamalarına yönelik Yapay

Zekâ sistemleri üzerine yapılacak çalışmalar ulusal Ar-Ge kapasitesinin artmasına çok büyük ölçekte katkı sağlayacaktır. **Ürünün ya da hizmetin kullanıma hızlı sunulması, rekabet açısından önemli bir avantaj olacaktır.** Bu alandaki çalışmaların sağlık alanındaki hizmet kapasitesinin artırılmasına da büyük katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Geliştirilen sistem yardımcı sağlıkta süreç takibi yapabildiği ölçüde sağlık sisteminin çalışmasında verimlilik artışı ve maliyet düşüşüne neden olacaktır.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Geliştirilen ürünlerin açıklanabilirlik seviyesinin test edildiği (hedeflenen dört seviyesine ulaşıldığının ölçüldüğü) **yerli sertifikasyon merkezleri ve yerli test altyapılarına ihtiyaç** olduğu değerlendirilmektedir. **Veriye erişim, veri kullanımı ve veri yönetimi için kamu destekli ve ulusal hizmet verecek test, araştırma laboratuvarı, merkezler** kurulmalıdır.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Kişisel bilgi olan hasta kayıtlarının kullanımı konusunda **KVKK ile uyumlu süreçlerin belirlenmesi gerekmektedir.** Sağlık verilerine erişimden, veri kaydına ve kullanımına yasal ve teknik düzenlemelerin; Ar-Ge ve yenilik çalışmalarını tetikleyici şekilde tasarlanması önem arz etmektedir.

Test koşulları, sertifikasyon süreçleri ve diğer altyapıların; hem protokoller/prosedürler hem de yasal düzenlemeler açısından, çok disiplinli bir uzman grubuyla tasarlanması gerekmektedir.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Hedeflenen ürün/teknolojinin geliştirilmesi maliyetlidir, sağlık sektöründe bu alanın katma değerine ilişkin farkındalık da henüz olgunlaşmamıştır. Bu sebeple pazara girmek için Ar-Ge ve yenilik

faaliyetlerini gerçekleştirmek isteyen firmaların sayısını azaltabilir. Teknolojinin hızlı gelişimi de pazar gecikmesi üzerinde ek bir risk oluşturmaktadır.

İnsan Kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Gerçekleştirilen/önerilen Ar-Ge projeleri yetkin insan kaynağına sahip olduğumuzu göstermektedir. Ancak, üniversite müfredatları gelişen yeni teknolojiler doğrultusunda ihtiyaç duyulan insan gücünü yetiştirecek şekilde revize edilirse daha faydalı olacaktır. Öğrenci stajlarına, özellikle sağlık alanındaki Yapay Zekâ uygulamaları konusunda kurumların kontenjan ayırmaları ve stajların proje tabanlı planlanması önemlidir.

Firmadan Kaynaklı Sebepler (Maddi sebepler, strateji değişikliği, yönetim değişikliği, vb.)

Firmaların, bu alandaki Ar-Ge ve yenilik maliyetleri ve piyasadaki talep belirsizliği nedeniyle kendi stratejilerinde bu alanı önceliklendirmeyebilirler. Kamu destek ve teşvikleriyle bu alan firmalar nezdinde desteklenmeli ve farkındalık faaliyetleriyle sağlık sektöründe talep oluşturulmalıdır.

Öncelikli Sektörel Uygulama 3: Potansiyel Hastalık Belirleme ve Takip

Geçmiş sağlık verilerin analizi ile kişiye özel potansiyel hastalık belirleme, durum tahmini ve takip sistemlerinin geliştirilmesi; bu sayede kişisel sağlık takibi, kişiye özel tedavi yöntemleri, asistans hizmeti ve önleyici hekimliğe yardımcı olabilecek veriye dayalı Yapay Zekâ modellerinin geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Sağlık süreçlerinde veriye dayalı Yapay Zekâ modellerinin kullanılması, toplum sağlığına ilişkin kilit performans indikatörlerinin güçlendirilmesinin yanı sıra, sağlık personellerinin verimliliğini arttırmaya dönük sonuçlar ortaya koyma potansiyeli de taşımaktadır. **Geçmiş sağlık verilerinin hem kural tabanlı hem de veriye dayalı analizi** ile toplum sağlığı alanında pek çok katma değerli uygulama geliştirilmesi mümkündür. Sağlık Bakanlığı tarafından işletilen ulusal yazılım sistemleri bünyesinde, toplumun çok büyük bir kısmında mevcut olan diyabet, hipertansiyon ve kalp-damar rahatsızlıkları gibi **temel kronik hastalıkların erken dönemde tespitine ve izlem altına alınmasına; tedavi süreçlerinin kişiselleştirilmesine ve tedavi etkinliğinin izlenmesine dönük sistemlerin geliştirilmesine** imkân verecek veri toplama altyapısı ve veri büyüklüğü mevcuttur.

Veriye dayalı Yapay Zekânın etkin kullanımı ile, kronik hastalıkların yanı sıra, **girişimsel cerrahi süreçlerine hazırlık, gebelik ve yeni doğan takibi gibi süreçlerde sürveyans ve erken uyarı amaçlı uzman karar destek sistemleri** geliştirilebileceği gibi; **Covid-19 tedavi etkinliği takibi** gibi güncel konularda asistans veren sistemler de hedeflenmektedir.

Bütün bunlara ek olarak, **sağlık alanında kullanılan ilaç ve malzemenin arz-talep tahminlemesinde konvansiyonel olarak kullanılan tekniklere daha güçlü bir alternatif sağlayacak sistemler** de geliştirilebilecektir.

Kişiselleştirilmiş sağlık uygulamaları, hastalık tahminleme ve önleme faaliyetlerine yardımcı olmak amacıyla medikal kayıtlardan ve akıllı cihazlar kullanılarak hastalardan toplanan verileri birleştirecek şekilde büyük veri kütüphanelerinin oluşturulması ve bulut tabanlı büyük veri analitiği çözümlerinin geliştirilmesi de bu kapsamda düşünülebilir.

Türkiye’deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 3-5

Dünya’daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 5-6

Dünya ve Türkiye’deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Çeşitli ülkelerde sağlık sistemlerinin verimliliğini artıracak bu tür uygulamaların geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle İngiltere’de bu kapsamda etkin çalışmalar mevcuttur. Ülkemizde de e-nabız ve benzeri sistemlerle bu çalışmalar bulunmaktadır. Bu alandaki akademik Ar-Ge çalışmalarının oluşturulan bu veri setlerinde yapılması sağlanarak, hızlı teknolojik ilerleme sağlanabilir.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Kamu-özel sektör-üniversite işbirliği en verimli model olacaktır; ilgili tüm disiplinlerin ve uygulayıcı özel sektör kuruluşlarının Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinde bir araya gelmesi önem arz etmektedir. Faaliyetlerin planlanmasında Sağlık Bakanlığı’nın da yer alması, ihtiyaç duyulan verilerin paylaşımı açısından faydalı olacaktır.

Uygulamaya İlişkin Öngörülen Bütçe

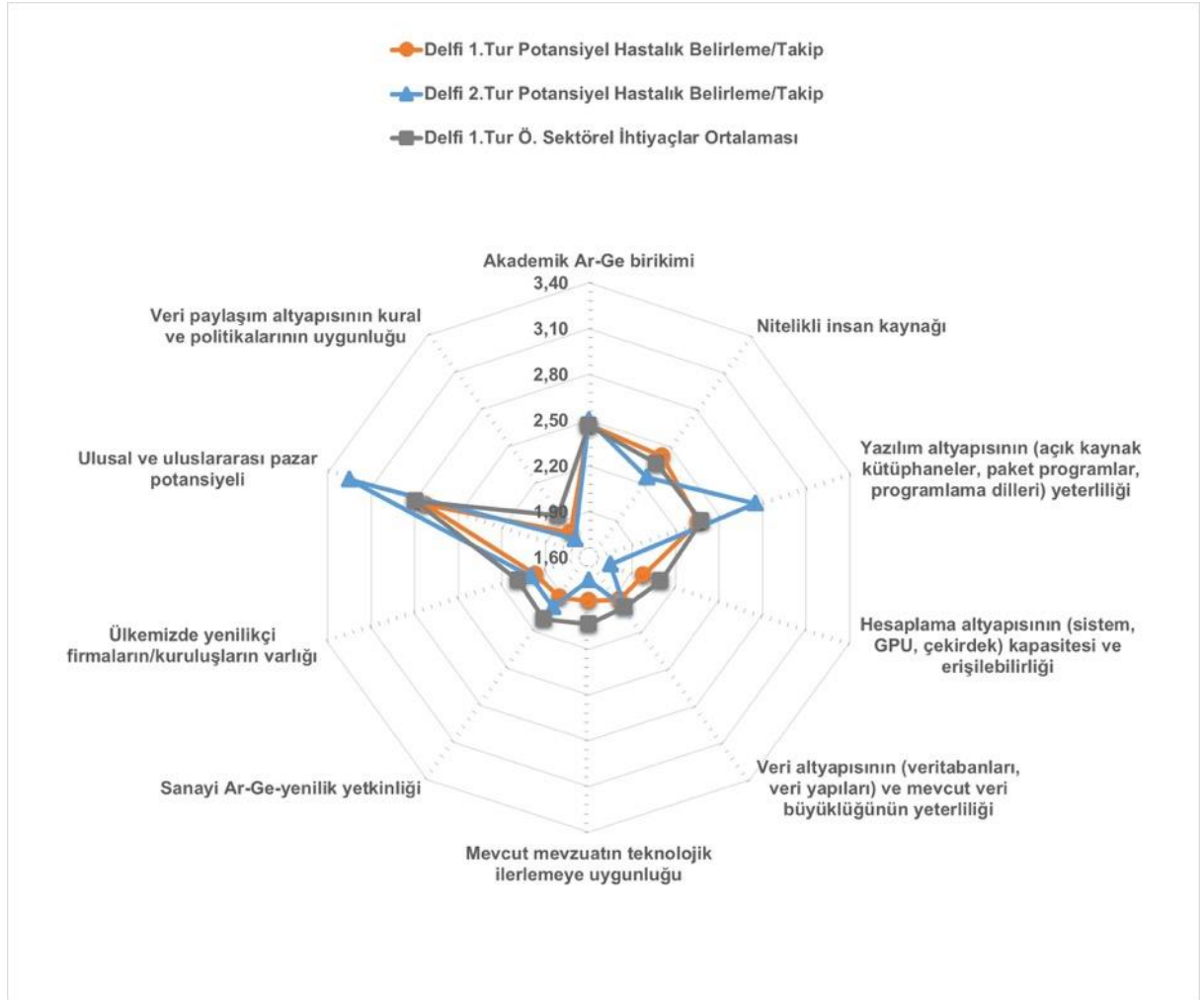
Sağlık verilerinin kullanıma açılması ile tüm bu veriyi işleyecek hesaplama altyapısının maliyeti yüksek olacaktır. O nedenle, bu alandaki Ar-Ge ve yenilik projeleri için proje başına 8-10 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Sağlık Bakanlığı ve SGK bünyesindeki e-Nabız, TeleTıp, Medula gibi merkezi sistemler pek çok açıdan belirli düzeyde olgunluğa erişmiş ve ulusal / uluslararası standartlarla uyumluluğu yüksek bir yapısalılık içinde biriktirilmiş büyük veri havuzları barındırmaktadır. Bu verilerin Ar-Ge ve yenilik çalışmalarıyla katma değerli uygulamalara dönüşmesi için adımlar atılmalıdır.

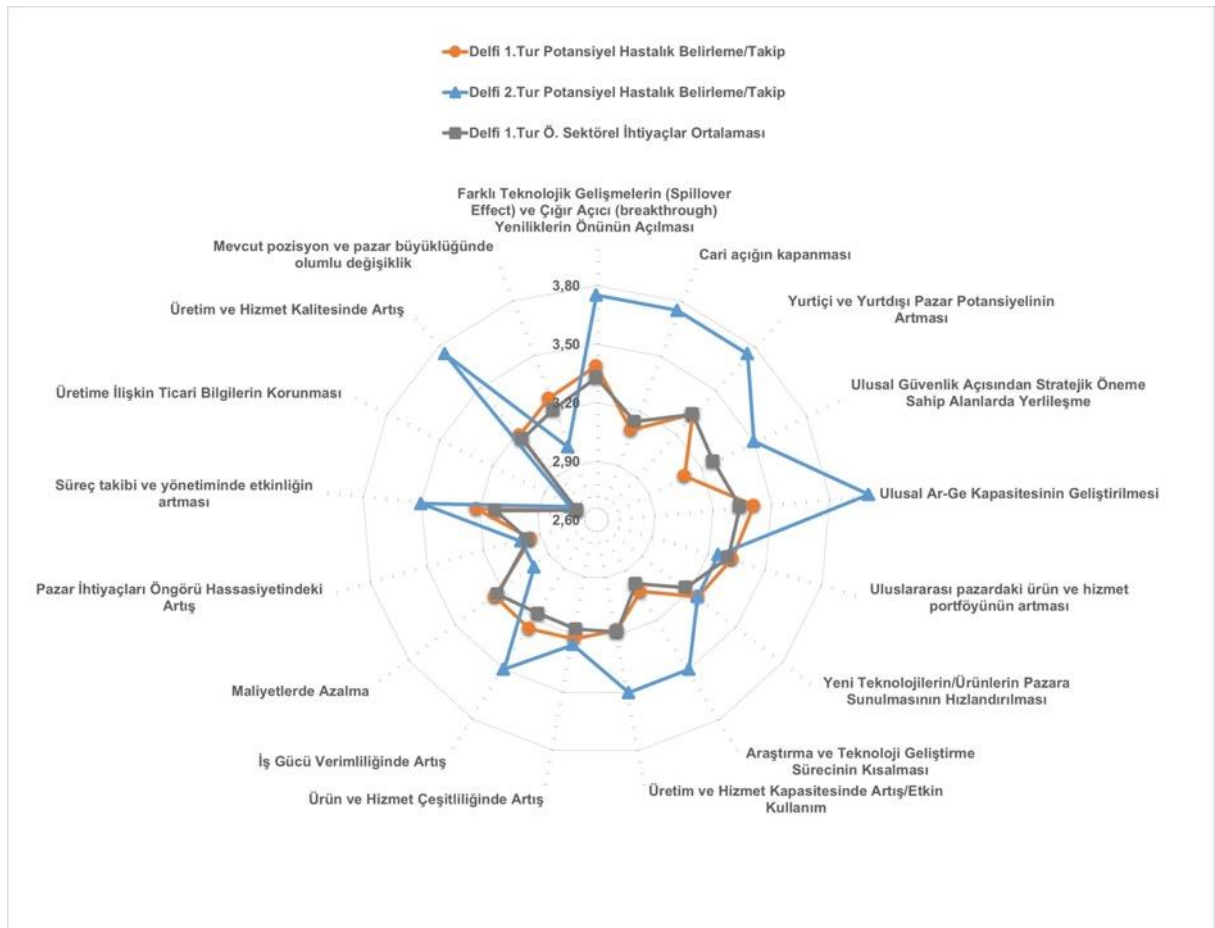
Farklı sistemlerde tutulan sağlık verilerinin işlenebilir formatta olması, veri depolama platformlarının ileri teknolojik yapıda olması ve verilere ve platformlara erişimin kolaylaştırılması; bu alandaki Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinin yapılabilirliğini artıracaktır.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]:

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Bu alanda geliştirilecek çalışmaların ulusal ve uluslararası pazarda büyük potansiyeli vardır.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Geliştirilen algoritmaların test süreçleri; TRTest ve benzeri kurumlar veya Sağlık Bakanlığı tarafından yapılabilir. **Sağlık Bakanlığı'nın bu ürünler için sertifikasyon süreçlerinin olması da ürünün yurtiçi ve yurtdışı pazarlarda güvenilirlik açısından rekabet gücünü artıracaktır.**

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Hasta mahremiyeti kapsamında verilerin işlenebilmesi için düzenlemeler yapılmalıdır. Bu alanda geliştirilecek ürünlerin uygulamalardaki performanslarına dayalı standartların Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenmesi, üreticilerin desteklenmesi ve ürün kalitelerinin yüksek olması açılarından önem arz etmektedir.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Son kullanıcıların geliştirilecek ürünlere güvenlerinin sağlanmasına yönelik farkındalık çalışmaları, pazardaki güvenin ve talebin oluşturulması açısından faydalı olacaktır.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Hastanelerin ve sağlık verisi üreten kuruluşların bu alandaki Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerini önceliklendirmesi, bütçe ayırması ve faaliyetlerin içinde bizzat yer almalarına ilişkin teşvik ve destekler verilmesi önemlidir. Teknoloji tedarikçisi firmaların desteklenmesi ve ihtiyaç duyulan verilerin paylaşılması açısından bu adımların katkısı olacaktır.

Firmadan Kaynaklı Sebepler (Maddi sebepler, strateji değişikliği, yönetim değişikliği, vb.)

Özellikle teknoloji tedarikçisi özel sektör firmalarının, teknolojik hazırlık seviyesi ileride (7-8) olan faaliyetleri desteklenirse, firmaların bu alandaki akademik birikimi katma değere dönüştürmek için gereken yüklü maliyet konusundaki çekinceleri ortadan kalkacaktır.

Öncelikli Sektörel Uygulama 4: İlaç Geliştirme

İlaç geliştirme çalışmalarının hızlandırılmasına yönelik Yapay Zekâ yöntemlerinin geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Son zamanlarda derin öğrenme ve hesaplamalı biyoloji alanındaki gelişmeler (*DeepMind Alphafold* algoritması gibi), bu konuda büyük bir potansiyel olduğunu göstermiştir. Eğer bu potansiyel verimli şekilde değerlendirilirse ilaç geliştirme sürecinde ciddi hızlanmalar elde edilebilecek ve ilaç sektörüne etkisi büyük olacaktır. Etkin madde adayları veya moleküler kompozisyonlara ilişkin veri tabanlarının oluşturulması, bu veri tabanlarından tasarlanan tedaviye ilişkin ön plana çıkan adayların belirlenmesine Yapay Zekâ algoritmalarının uygulamalarının geliştirilmesi, uygulama çıktılarının doğrulanması ve gerekiyorsa algoritmaların güncellenmesine dayanan çok disiplinli bir Ar-Ge alanıdır. Diğer yandan, yeni ilaç etkin maddelerinin keşfine yönelik maliyeti ve riskleri azaltmak amacıyla bulut tabanlı büyük veri analitiği çözümlerinin geliştirilmesi bu alanda önemli çıktıların önünü açacaktır.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 4-5

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 6-7

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Türkiye'de ilk kez Türkiye Covid-19 Platformu kapsamındaki ilaç çalışmalarında Yapay Zekâ algoritmaları kullanılarak, ilaç geliştirme Ar-Ge sürecinin kısaltılması yolunda bir adım atılmıştır. Henüz çok yaygınlaşmamış olan bu uygulamanın diğer ilaç Ar-Ge ve yenilik süreçlerinde kullanılmasına ilişkin adımlar atılmalıdır.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Bu algoritmaların geliştirilmesi ve ilaç Ar-Ge-Yenilik süreçlerinde uygulanmalarına ilişkin **büyük ilaç firmaları, derin öğrenme algoritmaları geliştiren teknopark firmaları, üniversiteler ve kamu**

araştırma enstitüleri/merkezleri bir araya gelmelidir. Az sayıda ve büyük konsorsiyumlu projelerin kamu tarafından desteklenmesi daha faydalı olacaktır.

Uygulamaya ilişkin Öngörülen Bütçe

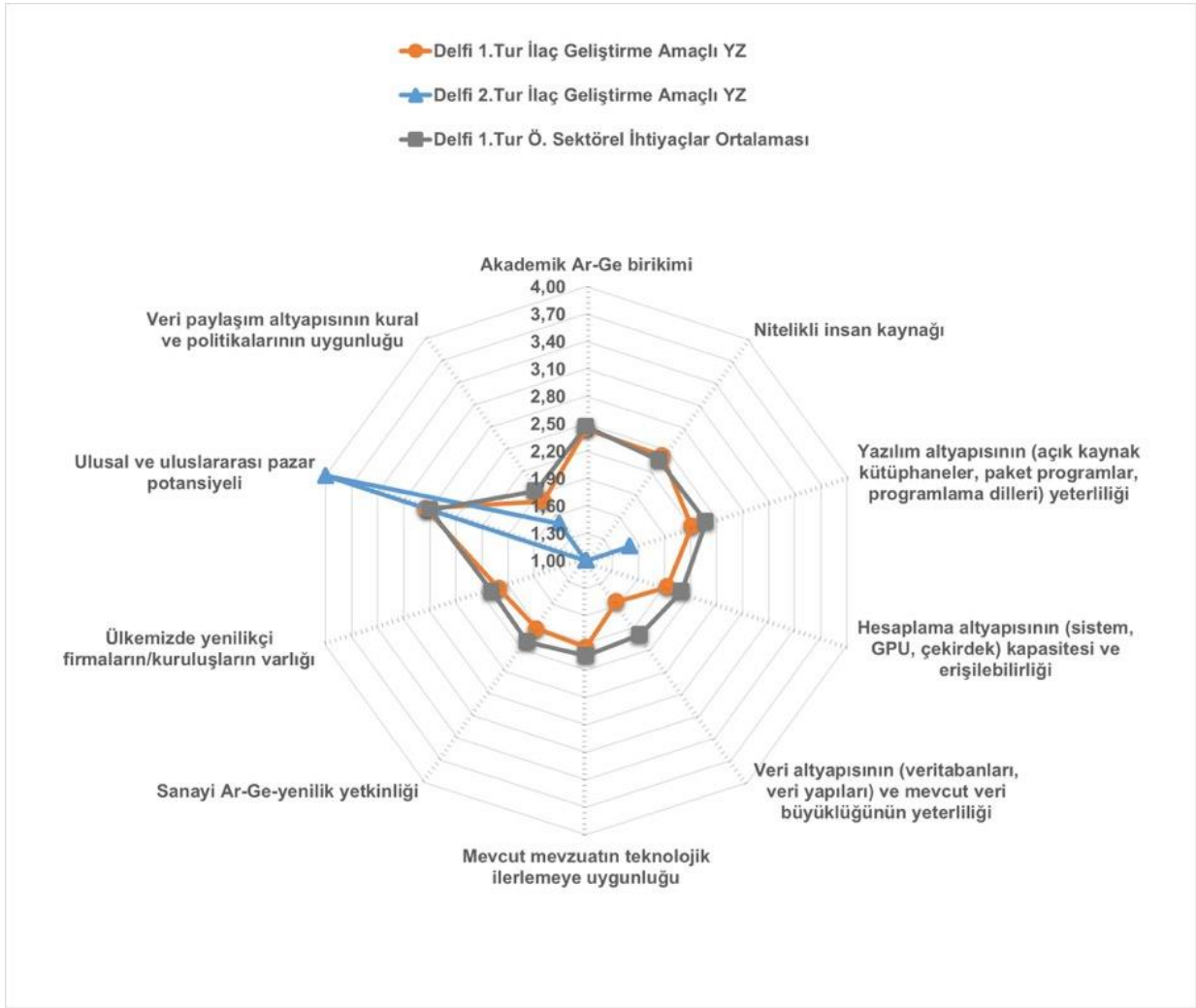
Veri tabanlarının oluşturulması, hastalığın ve tedavinin moleküler temellerinin ortaya konması ve aday moleküler kompozisyonların belirlenmesine ilişkin altyapılar ve geniş bir uzmanlar grubunun bir araya gelmesi gerektiğinden; az sayıda büyük konsorsiyumlu ve büyük bütçeli projelerin desteklenmesi faydalı olacaktır. O nedenle, bütçe diğer Yapay Zekâ uygulamalarından daha fazla olacaktır. Proje başına 5-6 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

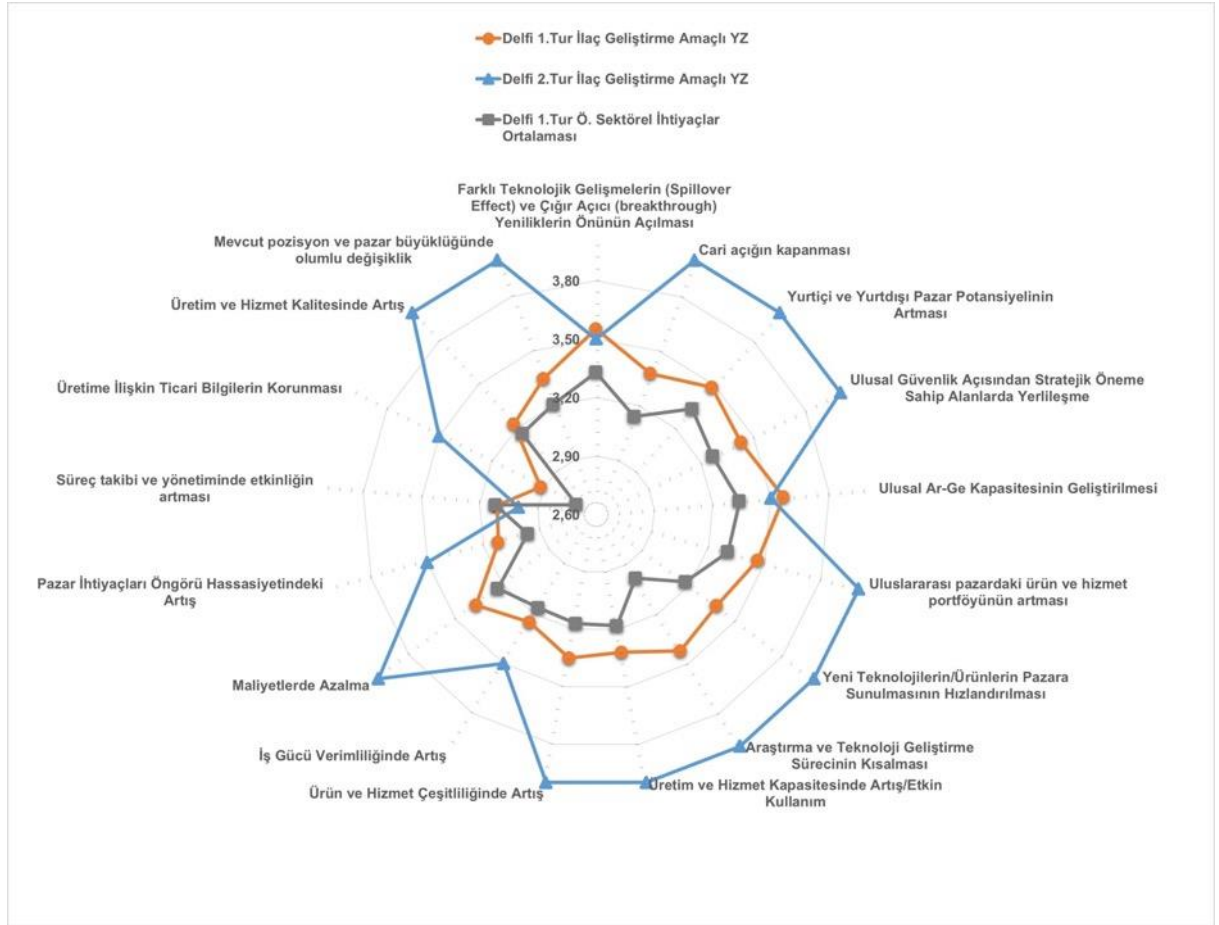
Veri altyapısının oluşturulması, ülkemizde bu konudaki uygulamaların artmasına büyük katkı sağlayacaktır.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyelinin Değerlendirilmesi

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

İlaç geliştirmeye ilişkin Ar-Ge süreçlerinin kısaltılması, maliyetin düşmesine ve bu alandaki Ar-Ge yoğunluğunun artmasına neden olacaktır. Bununla beraber, biyolojik sistemlerin Yapay Zekâ sayesinde daha iyi anlaşılması birçok hastalığın tedavisinin bulunmasında önemli bir adım olacaktır.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Bu alanın son kullanıcıları, ilaç alanında Ar-Ge ve yenilik yapan akademisyenler, araştırmacılar ve firmalardır. Süreçlerin kısılması ve maliyet etkinliği sebebiyle, özellikle iç piyasadaki potansiyelin yüksek olduğu değerlendirilmektedir.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

İlaç firmalarının, bu konu özelinde rekabet öncesi işbirlikleri yaparak, kendi ilaç geliştirme süreçlerini kısaltacak ve maliyetleri azaltacak bu konuya bütçe ayırmaları gerekmektedir. Bu doğrultuda kamu yönlendirmesine ihtiyaç vardır.

Öncelikli Sektörel Uygulama 5: Bulaşıcı Hastalık Tespiti

Bulaşıcı hastalıkların tespiti, yayılım tahmini ve yayılmasının önlenmesine yönelik veriye dayalı Yapay Zekâ modelleri geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Halen yaşamakta olduğumuz Covid-19 salgını gibi salgın hastalıkların, küresel verilerle öngörülmesi; ekonomik ve toplumsal etkilerinin en aza indirilmesi konusunda katkı sağlayacaktır. Salgın hastalıkların tespitine yönelik tıp hekimlerinin belirlediği parametreleri, gerçek zamanlı olarak izleyecek ve bölge, nüfus, etkilenmesi muhtemel kırılgan gruplar, önlemler gibi çıktıları verebilecek Yapay Zekâ algoritmalarının ve ürünlerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Diğer yandan, akan verinin anlık analiz edilip yorumlanabilmesi ve hızlı kararlar alınabilmesi açısından ilgili Bakanlıklar ve Kurumlar ile işbirliği içerisinde çalışılması hedeflenmelidir.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 1-4

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 5-6

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Bu konudaki dünyada geline nokta, Türkiye'deki çalışmaların kısa sürede erişebileceği değerlendirilmektedir.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Belirlenecek çeşitlilikteki verilerin ülkemizdeki farklı bölgelerden ve farklı ülkelerden alınması önemli olacaktır. Bu sebeple, Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinde tıp ve Yapay Zekâ uzmanlarının yer almasının yanı sıra; farklı verileri de sağlayacak kuruluşların yer almasına dikkat edilmelidir. Dünya Sağlık Örgütü, Birleşmiş Milletlerin farklı birimleri gibi uluslararası kuruluşlarla; bölgemizdeki ülkelerle işbirlikleri de sürece ve çıktıların kalitesine fayda sağlayacaktır.

Uygulamaya ilişkin Öngörülen Bütçe

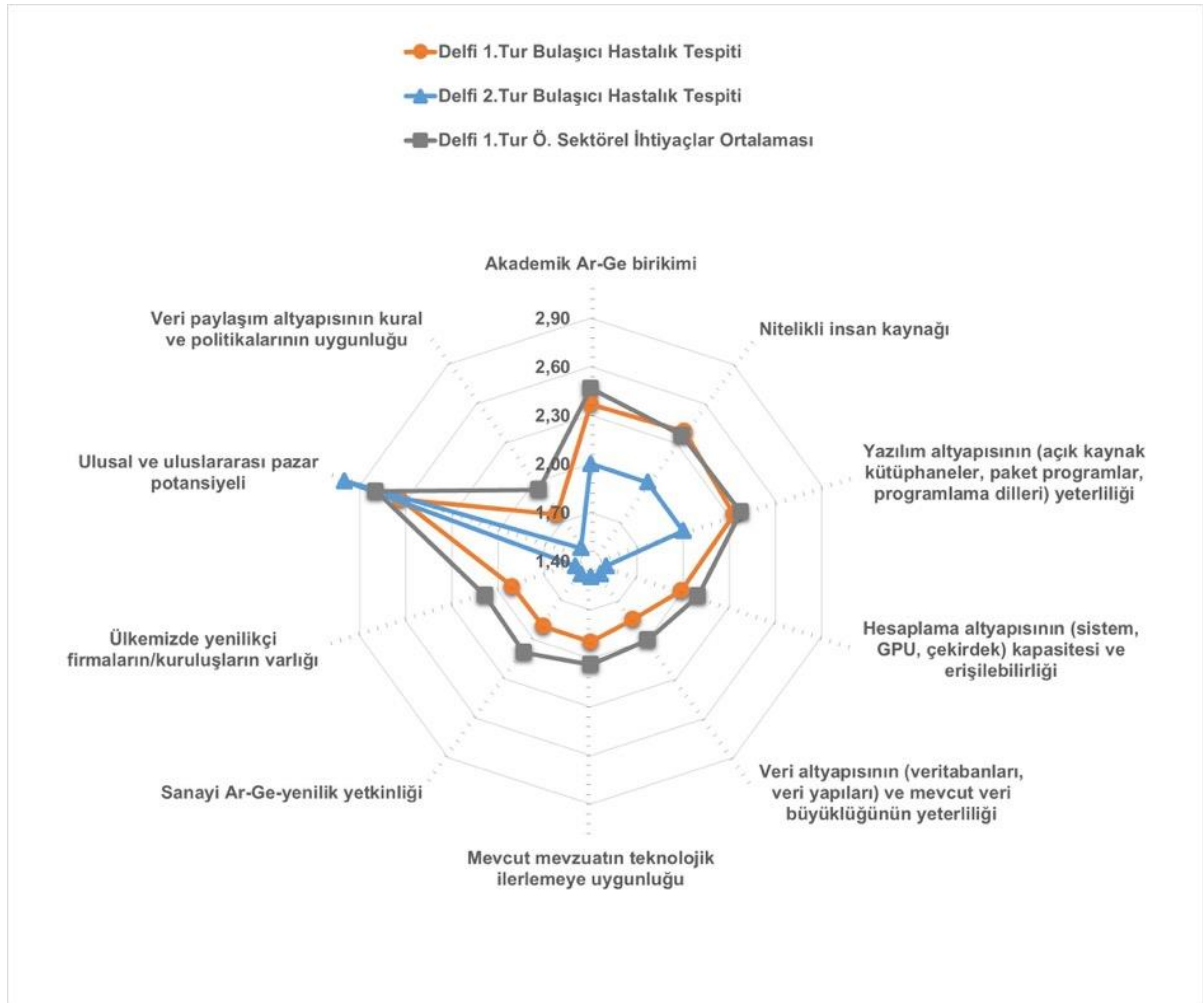
Proje başına 3-4 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

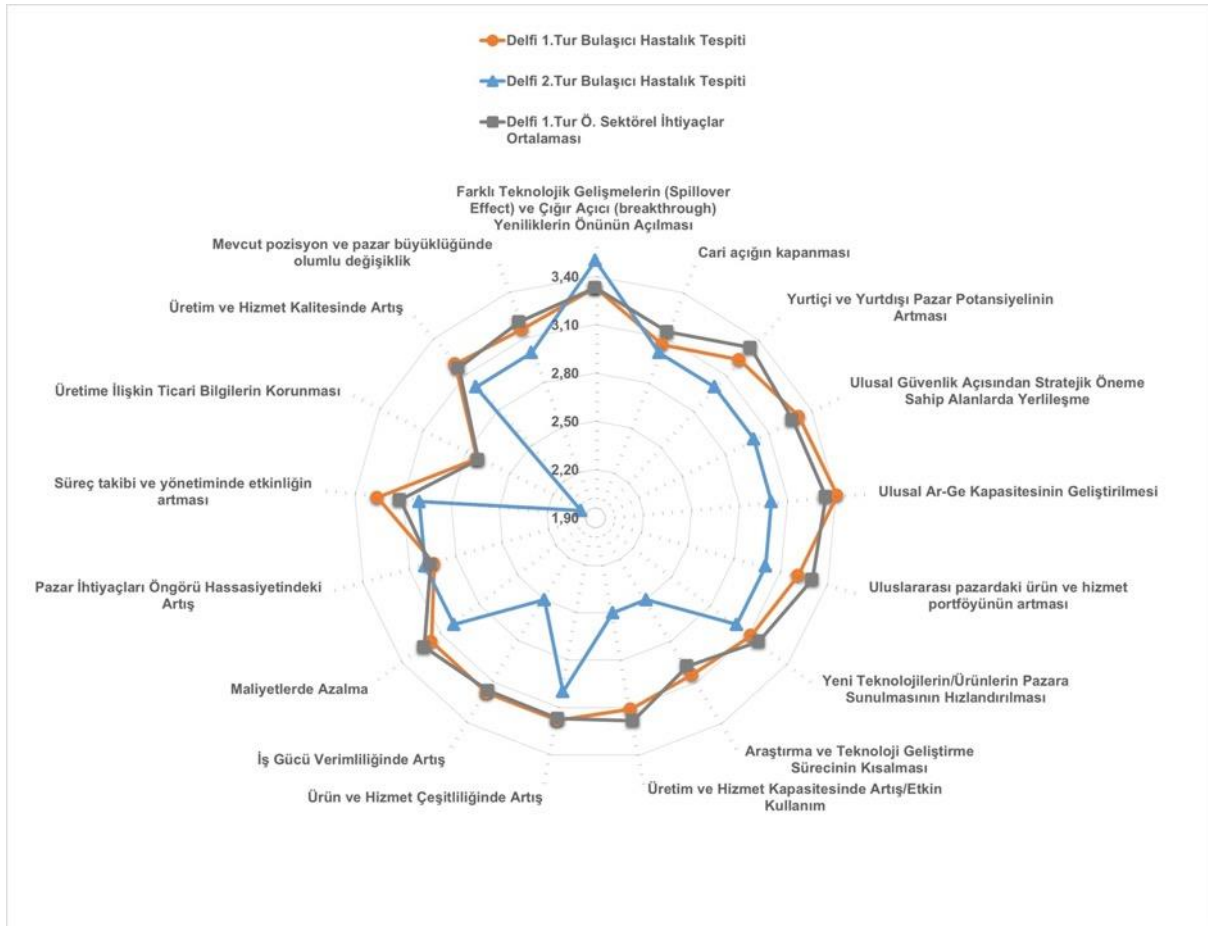
Veriye dayalı bu sistemlerin geliştirilmesi için veri paylaşım politikalarının veri paylaşımını teşvik edici şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Yapılabilirlik için en kritik unsurun, sağlık verilerine erişim olduğu değerlendirilmektedir.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Bu alanda gerçekleştirilecek Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinin çıktıları, ulusal ve uluslararası bir çok kuruluş tarafından salgınlar ve bulaşıcı hastalıkların önceden tahmin edilmesini sağlayacaktır. Bu

sebeple etki potansiyeli uluslararası kuruluşlarda, Türkiye'deki kamu kurumlarında başta olmak üzere yüksek olacaktır.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Veri paylaşımına yönelik yasal düzenlemelerin ve teknik protokollerin tasarlanması; Ar-Ge ve yenilik faaliyetleri için kritik öneme sahiptir.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Hedeflenen uygulama küresel, bölgesel ve ulusal çapta kullanılabileceği gibi; kurumsal olarak da (örneğin kuruluştaki grip salgınlarının önceden tahmin edilmesi, tedbirlerin alınması ve işgücü kaybını önlenmesi) kullanılabilecektir. Ulusal çapta yapılacak çalışmaların son kullanıcıları kamu kurumları, uluslararası çapta işbirlikleriyle yapılacak çalışmaların son kullanıcıları uluslararası kuruluşlar olacaktır. Kurumsal, belirli bir topluluğa yönelik çalışmalar için de yurtiçi ve yurtdışı pazar potansiyeli bulunmaktadır.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerine ilişkin teşvik ve desteklerin, veriye erişime ilişkin düzenlemelerle de tamamlanması gerekmektedir.

Öncelikli Sektörel Uygulama 6: Otonom Sürüler

Savunma Sanayinde belirli görevleri icra edebilen, istihbarat ve taktik amaçlı deniz / kara / hava araçlarından oluşan otonom sürülerin en başarılı uygulamaları yakalayan ve / veya üzerine geçen performansla çalışacak şekilde geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Savunma sanayiinde bu tip uygulamaların geliştirilmesi az maliyetle daha yaygın alanlardan istihbarat toplanmasını ve oluşan şartlar karşısında daha çabuk aksiyon alınmasını sağlayacaktır. Askeri amaçla alınan kararların daha hızlı ve isabetli olması da sağlanacaktır. Askeri müdahalelerde can kaybı azalacak ve başarımlar artacaktır. **Sürü olarak çalışan sistemler büyük çaplı görevleri etkin şekilde halletme ve olası kayıplar durumunda dahi göreve devam edebilme özelliklerinden dolayı modern savunma teknolojilerinin en öncelikli alanlarından biri haline gelmişlerdir.** Ayrıca, bu alanda yapılan çalışmalar birçok farklı alana (akıllı şehirler, afet yönetimi, vb.) da taşınabilecektir.

Savunma amacıyla otonom sürülerin kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır. Bu unsurlar deniz harbi açısından keşif-arama, tespit ve teşhis amacıyla açık denizlerde ve liman savunması amacıyla kullanılmaktadır. Aynı şekilde hava ve kara kuvvetlerine destek olarak kullanılabilecek bu otonom araç sürülerinin milli imkanlarla geliştirilmesi hem ekonomik olarak önemli bir katkı sağlayacak, hem de savunma amacıyla kullanılan milli araçlar sayesinde ulusal güvenliğe katkı sağlayacaktır.

Daha hızlı bir şekilde geniş alanların taranabilmesi; belirli koşullar altında, daha yüksek oranda ve daha güvenli bir şekilde hedef nesnelerin bulunması ve konumlanmasına ilişkin uygulamalar hedeflenmektedir. Örneğin, maliyeti yüksek uçaklarla birçok uçuştan sonra elde edilecek sonuçlar; otonom sürüler ile daha büyük bir alanda, küçük nesneleri algılama kabiliyeti yüksek maliyet ve zaman açısından çok daha etkin ve küçük nesneleri algılama konusunda daha iyi performans gösterecek şekilde elde edilecektir.

Savunma sanayinin yanı sıra orman yangınları, sınır güvenlik ihlalleri, inşaata yasak alanlara kaçak yapılar yapılması gibi birçok konuda otonom sürüler kullanılarak daha hassas bir şekilde eş zamanlı ve anlık olarak tespit ve önleme çalışmaları yapılabilmesine imkân tanınacaktır.

Türkiye’deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 4-7

Dünya’daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 5-7

Dünya ve Türkiye’deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Dünyada otonom sürü uygulamaları konusunda THS 6-7-8 seviyelerinde ürünleşmiş çözümler bulunmaktadır. Ülkemizin İHA ve SİHA’lar konusundaki teknolojik başarısı, otonom sürüler açısından da tekrarlanabilir. Dünyadaki teknolojik seviye bakımından ülkemiz, otonom sürüler için kullanılacak teknolojilerdeki başarılarıyla ön plana çıkan ülkeler arasında yer alma potansiyeline sahiptir. **Dünyadaki geline seviyeye ülkemizdeki teknolojik seviye birbirine yakındır.**

İnsansız sistemler ile ilgili savunma sanayimizde ciddi bir birikim vardır. Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinin hızlandırılmasıyla bu birikim sürü sistemlere genişletilerek hem ülkemizin savunma sanayinin gelişmesi hem de savunma teknolojilerinde katma değerli ürün ihracatı konusunda kısa sürede ivme yakalanabilecektir.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Askeri kurumlar, Savunma Bakanlığı, istihbarat teşkilatları, büyük ölçekli Ar-Ge kuruluşları ile üniversiteler ve kamu araştırma enstitüleri/merkezlerinin; Ar-Ge ve yenilik sürecinin her safhasında bir araya gelmesi etkin olacaktır. Bu konuda büyük konsorsiyumlu ve büyük bütçeli tek bir projenin tasarlanması uygun olacaktır.

Uygulamaya ilişkin Öngörülen Bütçe

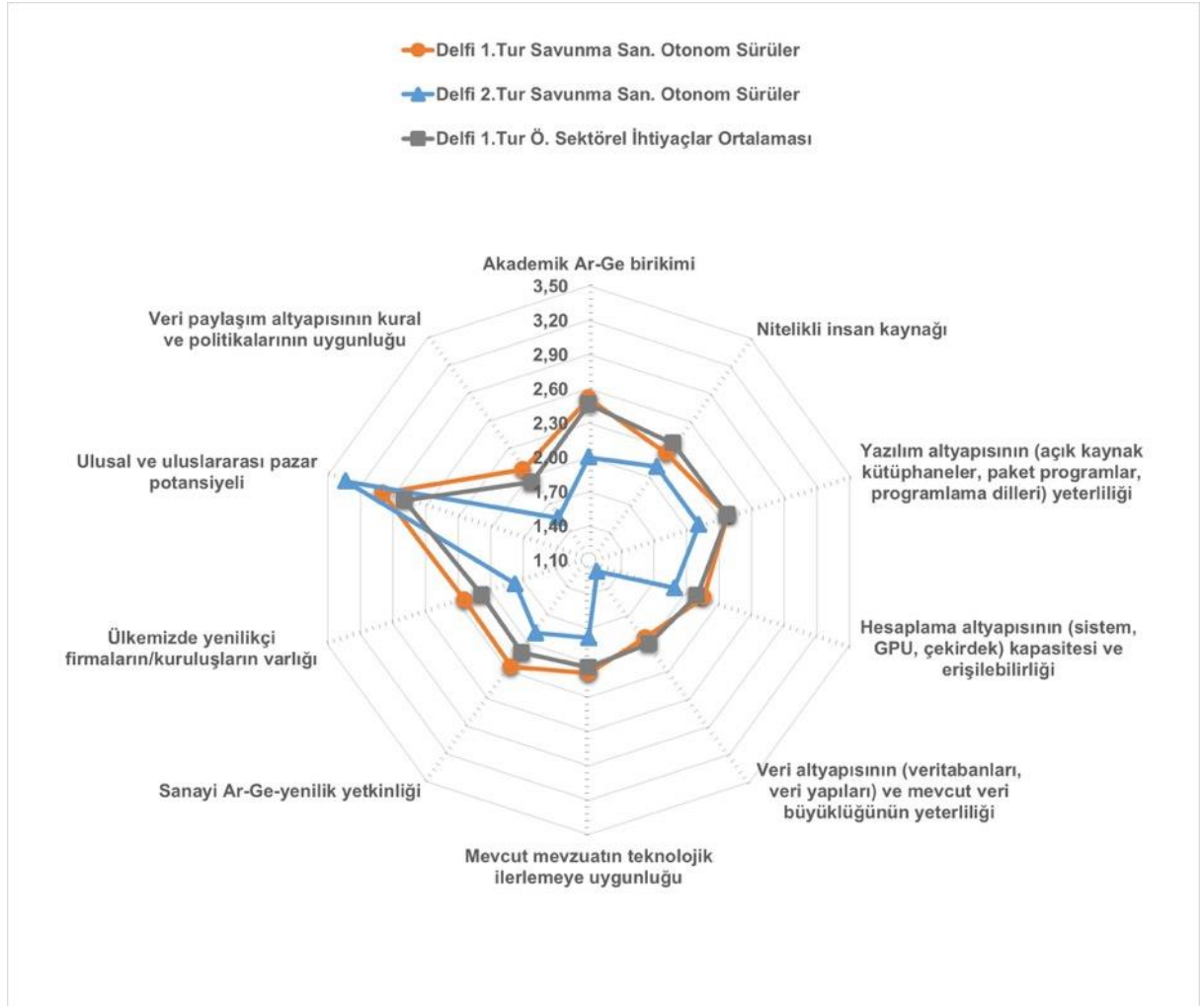
Maliyetler, sürü olarak kullanılacak hedef malzemelere, bileşenlere ve büyüklüklerine göre değişkenlik gösterebilir. Yerlilik oranı yüksek uygulama projeleri için toplam 200-500 Milyon TL bütçe öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Ülkemizdeki akademik çalışmaların sayısı azdır ve yarı otonom sistemlerin test edilmesi ve simülasyonu aşamasındadır. **Otonom araçların geliştirilmesi ve otonom araç sürülerinin optimizasyonu konusunda ülkemizde önemli akademik bilgi birikimi bulunmaktadır.** Aselsan, Havelsan, Baykar gibi firmalarda yetkin Ar-Ge insan kaynağı ve birikim bulunmaktadır.

Otonom araçların sürü olarak karar vermesi ve hareket etmesine ilişkin açık kaynak kodlu kütüphanelerin sayısı oldukça azdır. Bu durum yapılabilirliğe olumsuz olarak yansımaktadır.

Hesaplama altyapısının maliyetin çok yüksektir, mevcut ortak kullanıma açık sistemlerin sayısının da az olması nedeniyle Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinin bütçesi yüksek olmaktadır.

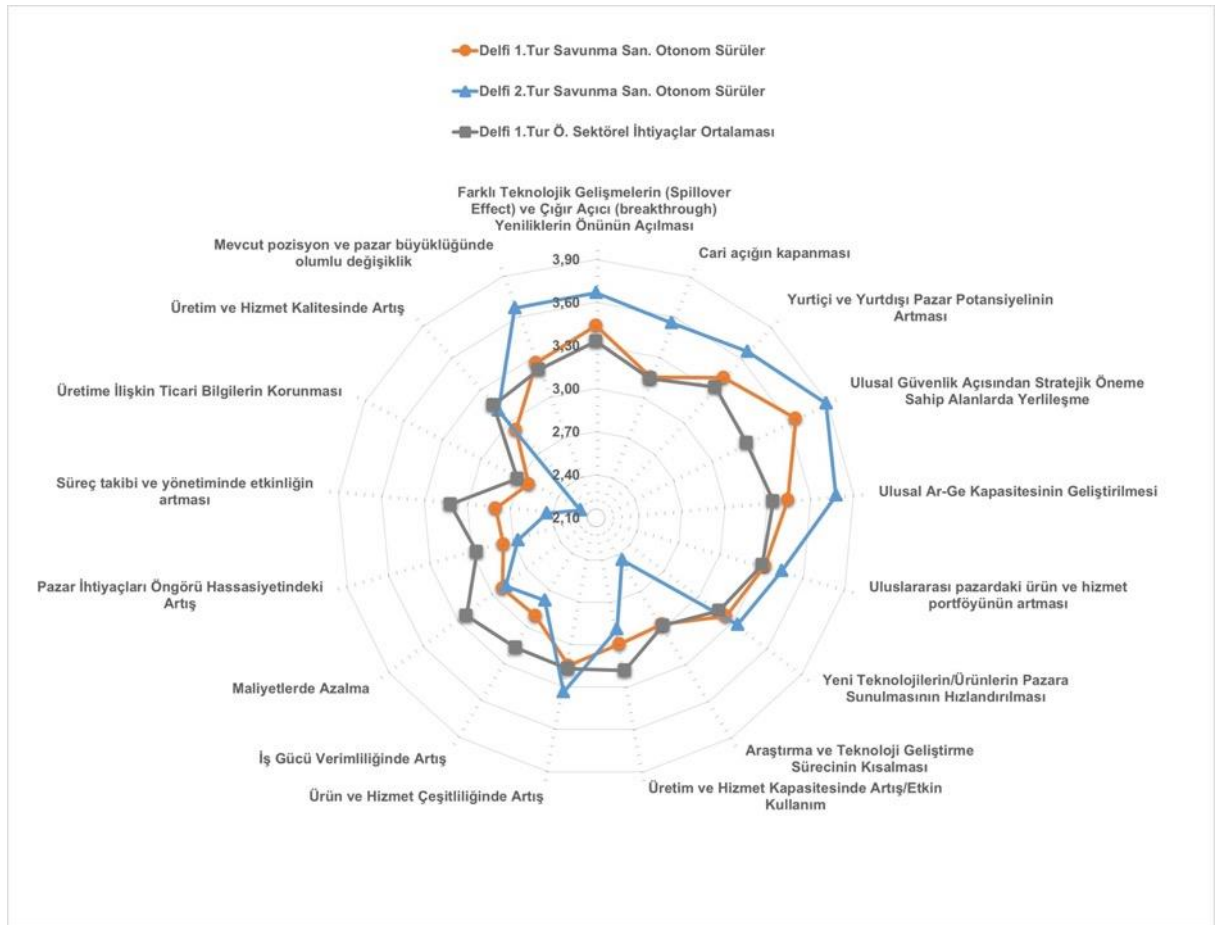
Mevcut veri hacminin büyük ancak etiketlenmiş verilerin az olması yol kesici bir faktör olabilir. Askeri alanda veri ve bilgi paylaşımı konusundaki mevzuat, bu alandaki uygulamalarda akademik insan kaynağından etkin şekilde yararlanılmasını engelleyebilmektedir. Savunma sanayii firmalarına yazılım ve Yapay Zekâ alanlarında yapacakları Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinde ihtiyaç duyulan verilere erişim için esneklik tanınması; yapılabirliği artıracak önemli bir çözüm olacaktır.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Otonom sistemlerin geliştirilmesinin oldukça maliyetli ve dünyada da bu alanda az olan nitelikli insan gücü gerektirmesi nedeniyle, böyle bir ürünün **ulusal ve uluslararası pazar potansiyeli oldukça yüksektir**. Otonom sürülerle ilgili Ar-Ge ve yenilik faaliyetleri özgün geliştirmeler barındıracağı için, özellikle hızlı bir şekilde patent alınması faydalı olacaktır. Gelişmekte olan ülkelere ihracat açısından da büyük bir potansiyeli barındırmaktadır. Yerli ve milli çözümlerin geliştirilmesinin ekonomi ve ulusal güvenlik açılarından önemi büyüktür.

Başarımı yüksek bu tür araçların geliştirilmesi henüz başlangıç noktasındadır ve geliştirilen yöntemin farklı birçok alanda daha kullanım olasılığı vardır. Dolayısıyla yaygın etki ve rekabet gücü üzerinde çok etkili olacaktır. Uluslararası pazarda satılma potansiyeli yüksek olması nedeniyle cari açığın kapanması yönünde olumlu etkisi olacaktır.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

İstihbarat ve karar mekanizmalarını içermesi, ulusal güvenlik gibi stratejik öneme sahip olması nedeniyle otonom sürülerin donanımsal ve yazılımsal olarak çok ciddi test senaryolarından geçirilmesi gerekmektedir. Askeri sistemlerin ihtiyaç duyduğu standartların sağlandığını gösteren **çevresel ve operasyonel test altyapılarının oluşturulması gerekmektedir**.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Küresel sertifikasyon ihtiyaçlarına ve küresel mevzuata hâkim bir uzman grubunun da Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerini yürüten konsorsiyumda yer alması, **ihracat konusunda önceden mevzuatsal hazırlığın yapılması** açısından önem arz etmektedir.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Büyük ve kapsamlı bir konsorsiyum oluşturulmalı ve Ar-Ge-yenilik faaliyetleri ilgili kamu kurumlarının gözetiminde yürütülmelidir. Konsorsiyuma yazılım, donanım platformları ve veriye erişim hususlarında çözümler sunulması gerekmektedir.

İnsan Kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Özellikle savunma sanayi kuruluşlarımızda bu alanda Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinde aktif olarak yer alan nitelikli insan kaynağı nicelik ve nitelik olarak artmaktadır. Bu durumun devamı için **üniversitelerin ilgili bölümleriyle savunma sanayi firmalarının işbirlikleri, ortak yüksek lisans ve doktora çalışmaları yapılması** faydalı olacaktır.

Öncelikli Sektörel Uygulama 7: Çok Amaçlı Otonom Robot

Tarım (çapalama, ilaçlama, hasat vb.), tıp, savunma ve diğer birçok endüstriyel alanda kullanılabilecek en başarılı uygulamaları yakalayan ve / veya üzerine geçen performansa sahip, Yapay Zekâ temelli, akıllı ve otonom robot kontrol sistemleri geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Tarım, tıp, savunma ve diğer endüstriyel alanlarda kullanılmak üzere otonom robotların geliştirilmesi ile bilimsel ve teknolojik bilgi birikiminin yanı sıra büyük ekonomik ve toplumsal fayda sağlanacaktır. Tarımda daha büyük alanlar, yüksek verimlilikte; gübre ve sulama optimizasyonu ile daha az maliyetle ve zamanında hasat edilebilecek, elde edilen mahsul işlenebilecektir. Aynı şekilde hayvancılıkta da her hayvanın kendi ihtiyaçları çerçevesinde beslenme ve bakımının yapılması ve sağlığının takip edilmesi, böylece hayvan başına verimliliğin artırılması sağlanabilecektir. Tıpta ameliyat, yoğun bakım birimlerinde başarımlı yüksek otonom robotların kullanımı, dünyada bu alanda ön plana çıkan ülkeler arasına girme avantajını elde etmemizi sağlayacaktır. Uygulama alanlarında daha çok verinin sağlıklı ve hızlı toplanması, işlenmesi neticesi olası durumlar daha hızlı fark edilip, gerekli kararlar alınabilecektir.

Otonom robotlar, çok fazla sektörde ve alanda aktif olarak kullanım alanına sahiptir. Geliştirilecek otonom robotlar, sektörel uygulamaların verimini artırarak, değerlendirilen iş gücünün daha nitelikli işlere kanalize edilmesini sağlayacaktır. Otonom robotların kullanılması verimliliği ve rekabet gücünü artırır, işgücü kapasitesini yükseltir. Bugün birçok robot hali hazırda yalnızca tek görev için hizmet edecek şekilde kullanılmaktadır. Otonomi kazandırılmış robotların birden çok görevi aynı anda yapabilecek kapasiteye sahip olmaları nedeniyle, oluşturacakları katma değer çok daha yüksek olacaktır.

Otonom robotlar üretim kapasitesinin artırılması ve maliyetlerin düşürülmesine ek olarak; tıp, savunma, imalat gibi sektörlerde kritik veya tehlikeli görevlerin gerçekleştirilmesinde kullanılarak insan kaynaklı hataların engellenmesi ve çalışan güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunacaklardır.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 2-3

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 6-8

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Ülkemizde dünyadaki başarımı yakalayan veya üstüne çıkan yerli ve milli otonom robot uygulamaları henüz bulunmamaktadır. Dünyada ise tarım, sağlık, uzay ve havacılık gibi alanlarında uygulamaları görülmektedir.

Türkiye'de yapılan otonom robot geliştirme çalışmaları genellikle sınırlı işlevselliğe sahip robotlar üzerinedir. Diğer ülkelerde aynı anda birden fazla amaca hizmet eden otonom robotlara ilişkin ilk ürünler geliştirilmeye başlanmıştır. Uygulama açısından dünyadaki çalışmalarla Türkiye'dekiler arasındaki farkın kapanmasına ilişkin akademik birikimin uygulamalara dönüşmesi sürecinin hızlandırılması gerekmektedir. Akın Robotics tarafından geliştirilen ve tarım uygulamalarında kullanılabilecek robotlar mevcuttur.

Hedefe Ulaşılması İçin Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Uygulamaların alanına göre Sağlık Bakanlığı, Savunma Sanayi Başkanlığı, Tarım ve Orman Bakanlığı ve ilgili diğer kamu kurumlarının öncelikli uygulama alanlarına ilişkin metrikleri ortaya koymaları ve Ar-Ge-yenilik sürecini takip etmeleri faydalı olacaktır. İlgili üretim ve uygulama kurumları (üniversiteler, hastaneler, askeri kurumlar, tarım birlikleri gibi) Ar-Ge ve yenilik sürecinin planlanmasında en erken safhalarda yer almalıdır. Teknoloji tedarikçisi KOBİ'ler, büyük ölçekli firmalar, kamu araştırma enstitüleri/merkezleri, özel sektör Ar-Ge merkezleri ve akademisyenlerin bir araya geldiği çok paydaşlı ve çok disiplinli konsorsiyumlarla uygulamalar geliştirilmelidir. Pratikte uygulama fazlarının, ortam ve imkanlarının (fiziksel, maddi, insan gücü gibi) oluşturulmasına katkı vermelidir.

Uygulamaya İlişkin Öngörülen Bütçe

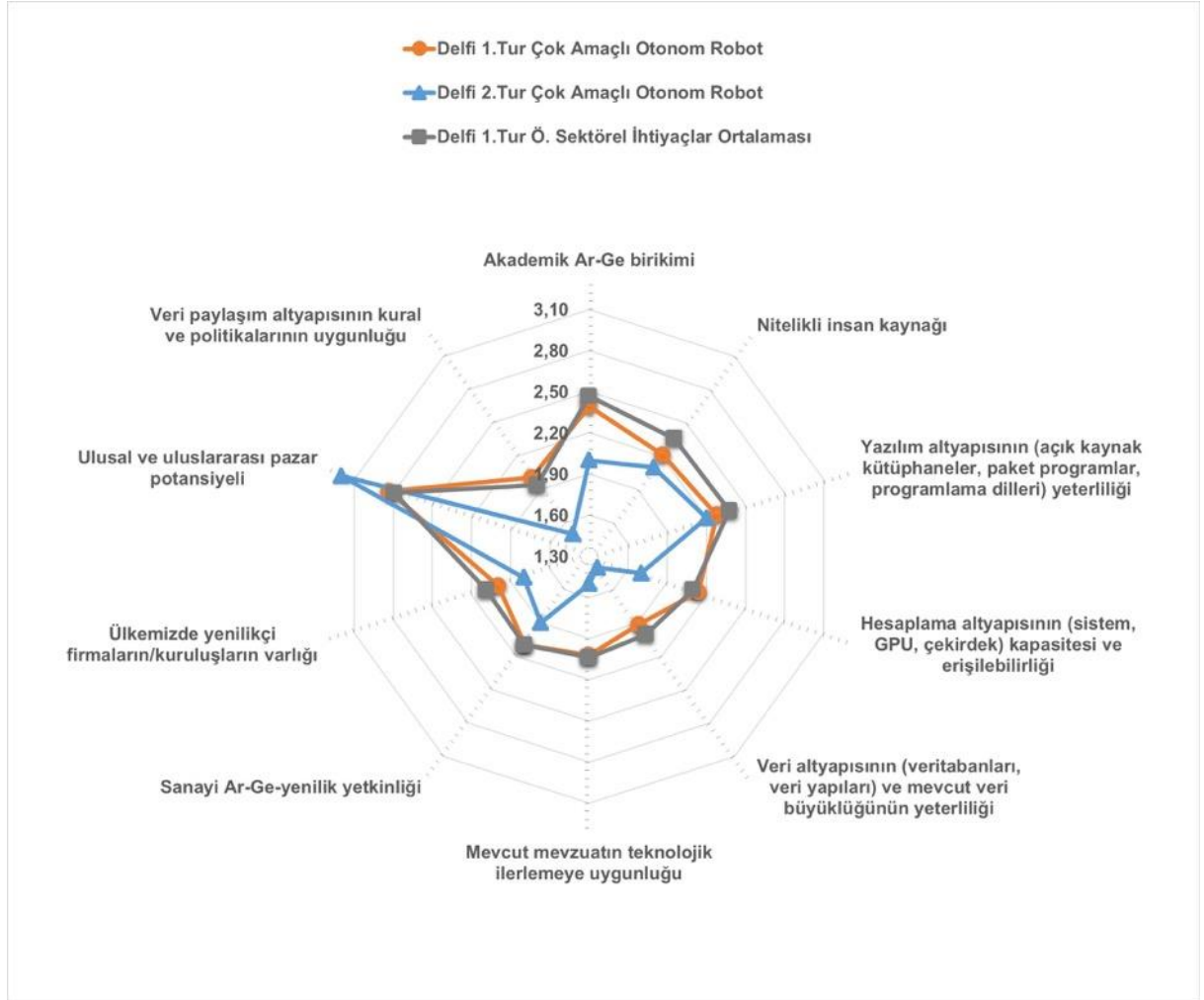
Ar-Ge ve yenilik sürecinin bütünsel olarak ele alınması, ilgili projeler arasında bağlantı kurulması ve tıp, savunma ile tarım alanlarında bu uygulamaların yaygınlaşmasına ilişkin; test ve sertifikasyon altyapıları ve prosedürleri de dikkate alındığında proje başına 20 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Otonom robotların geliştirilebilmesine ve ürünleşmesine yönelik teknolojik altyapının tamamlanmamış olması ve maliyetli bir Ar-Ge süreci olmasından dolayı; akademik araştırmalarda bu alanın tercih edilmesi konusunda çekimserlik söz konusudur. Robot programlama tabanlı akademik çalışmalar yaygın olmakla birlikte, ilgili sektörlerde robotik alanda çalıştırılan nitelikli iş gücü endüstriyel robotların klasik kullanımı için yetiştirilmektedir. Bu teknolojiye katkı yapacak insan gücünün nicelik ve nitelik olarak artırılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Mevcut başarımların üstünde

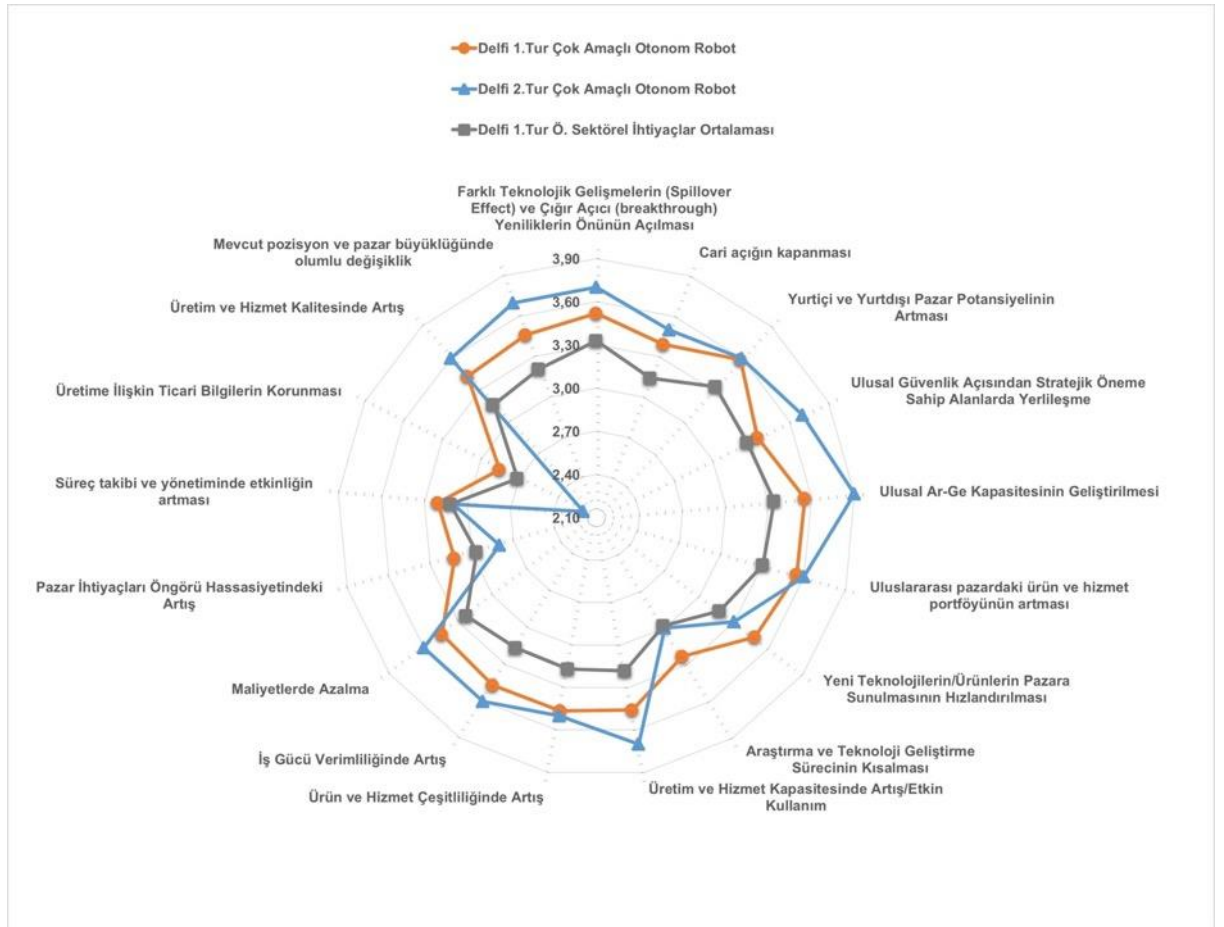
sistemler geliştirilebilir ve tıp, tarım gibi sektörlerde uygulamalara aktarılabilirse, uluslararası pazarda ciddi bir rekabet avantajı sağlanacaktır. Ürünleşme ve test süreçleri için gereken teknolojik özelliklere sahip bölgesel ortak laboratuvarların/merkezlerin kurulması faydalı olacaktır. Veri altyapısı otonom robotlar için de yapılabilirlikte kritik bir husustur. Firmaların kendi üretim verilerini araştırmacılara sunmaları, hatta rekabet öncesi işbirlikleri kapsamında aynı sektördeki firmaların, sektörel Yapay Zekâ uygulamalarının geliştirilmesine temel teşkil edecek veri tabanları oluşturulması; ülkemizin bu alanda yükselmesini sağlayacaktır.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Otonom robot teknolojilerinin tarım, sağlık, savunma ve diğer alanlarda mevcut başarımları yakalayan ya da üstüne çıkan uygulamalar geliştirilmesinin sağlayacağı verimlilik artışı, maliyet düşüşü, zaman açısından kritik işlemlerin yerine getirilebilmesi gibi birçok alanda katma değer sağlayacaktır. Otonom robotlar, özellikle işgücünün önemli olduğu sektörlerde, işgücünün kritikliğini ortadan kaldırarak bu sektörlerdeki katma değeri artıracaktır.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Bu sistemlerin geliştirilmesine ilişkin halihazırda yerli sertifikasyon merkezlerinin sayısı çok azdır. **Yerli sertifikasyon merkezlerinin ve robot test altyapılarının geliştirilmesine ihtiyaç** vardır.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Otonom robotların kullanımına, özellikle tıp ve savunma alanındaki uygulamalar için, gerçekleştirdikleri görevlere ilişkin **yasal düzenlemeler oluşturulmalıdır.**

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Özellikle tıp ve tarım sektörlerinde otonom robotların getireceği katma değer konusunda son kullanıcılarda farkındalık yaratılarak **iç piyasada talep yaratılmalıdır.** İç piyasada yaratılacak talep, büyük firmaların, maliyetli olan sektörel otonom robotlar geliştirilmesi sürecine yatırım yapmalarını teşvik edecektir.

Savunma alanında geliştirilecek uygulamaların diğer sektörlerde de olumlu yansımaları olacaktır. Savunmada olduğu gibi diğer sektörlerde de **kamu alımlarıyla yönlendirilecek Ar-Ge ve yenilik**

projeleri hem iç piyasadaki talebi hem de dış piyasadaki son kullanıcılarda güveni sağlamak açısından etkili olacaktır.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Otonomi veya otonom robotlar konusunda teknoloji geliştirecek, ürünleşme sağlayacak başlangıç firmalarına (*start-up*) kamu Ar-Ge ve yenilik destekleri/teşvikleri ve/veya son kullanıcı büyük firmaların mali destek sağlaması çok etkin olacaktır.

İnsan Kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Robotik ve Yapay Zekâ alanlarında **nicelik olarak yeterli olan insan kaynağımızın, otonomi ve otonom robotlar konularında nitelik olarak da geliştirilmesi ihtiyacı** bulunmaktadır. Bununla birlikte, tıp, savunma, tarım başta olmak üzere uygulamaların yer alacağı sektörlerde de otonom robotların kullanılmasına ilişkin **yetkin insan kaynağı ve ara eleman yetiştirilmesi** önemli olacaktır.

Firmadan Kaynaklı Sebepler (Maddi sebepler, strateji değişikliği, yönetim değişikliği, vb.)

Otonom robotların Ar-Ge ve yenilik süreçlerinin maliyeti yüksek olduğundan, **firmaların piyasada net bir talep görmeden bu alana girmesi zor olacaktır**. Son kullanıcı büyük firmaların, bu alandaki girişimleri veya başlangıç firmalarını desteklemeleri, ekosistemin gelişmesine katkı sağlayacaktır.

Öncelikli Sektörel Uygulama 8: Kestirimci Bakım

Havacılıkta ve akıllı üretim sistemlerinde Yapay Zekâ tabanlı kestirimci bakım yaklaşımlarının en başarılı uygulamaları yakalayacak ve / veya üzerine geçecek şekilde geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Kestirimci bakım, cihazların periyodik bakımı yerine cihaz sağlığının sürekli izlenerek bakım zamanının ve arızaların öngörülmesi prensibine dayamaktadır. Bu şekilde, cihazın normal çalışma sürecinde periyodik bakım zamanı geldiği gerekçesiyle durdurulması önlenerek, verim artışı ve maliyet azalması sağlanmaktadır. Geliştirilecek kestirimci bakım sistemlerinin, **arızalar nedeniyle oluşan kayıpların en aza indirilmesine ilişkin yüksek performans göstermesi** hedeflenmektedir.

Havacılık sektöründe ve akıllı üretim sistemlerinde kullanılan araçların, cihazların ve altyapı varlıklarının idamesinin maliyet etkin yönetiminin; kesintisiz ve güvenilir hizmet verilmesinin sağlanması hedeflenmektedir. Üretim maliyetlerinin yaklaşık %30'unu bakım maliyetleri oluşturmaktadır. Ürün ağaçlarının çıkarılmasından başlanarak, tüm ürünler için bakım şemaları net olarak ortaya konulmalı; standart hale getirilmeye çalışılmalı ve daha sonra ürüne özel bakım reçetelerinde birlik oluşturulmalıdır. Bakıma etki eden parametre havuzu da mutlaka üretilmelidir. Öncelikle bakım maliyeti pahalı olan sektörlerle başlanmalıdır. Son kullanıcı sektörlerde/sistemlerde, kestirimci bakım dolayısıyla maliyetin azalmasının en az %25 olması hedeflenmektedir.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 4-6

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 7-9

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Özellikle son 4-5 yılda dünyada kestirimci bakım alanındaki teknolojilerde ilerleme kaydedilmiştir. Havacılık sektörünün öncülüğünde pilot uygulamalar ve hatta ticari ürünler ortaya çıkmıştır.

Ülkemizde ise, üretim sistemlerinin dijitalleşmesinin henüz yeterli seviyede olmaması dolayısıyla; bu konudaki uygulamalar az sayıdaki büyük firmaların uygulamalarıyla sınırlıdır.

Bu firmaların dışında ortalama teknolojik ilerleme prototip geliştirme çalışmaları seviyesindedir. İhracatçı firmalar yurtdışındaki müşterilerden gelen talepler sonucunda kestirimci bakım sistemleri konusunda çalışmalar yapmaktadırlar. Ülkemizde kestirimci bakımın geliştirilmesinde ihtiyaç duyulan verilerin miktarı, özellikle büyük ölçekli üretici firmalarda yeterlidir. **Dijitalleşme yatırımlarının tamamlanması sonrası, kestirimci bakım sistemlerinin kolaylıkla kurulabileceği** değerlendirilmektedir. Ülkemizin bu anlamda dünyadaki seviyeyi hızla yakalama potansiyeli bulunmaktadır. Üretim sistemlerinde kestirimci bakım uygulamalarında THS 6-7 seviyesi yakalanmıştır. Ancak havacılık uygulamalarında THS 3-4 seviyesinde uygulamalar yer almaktadır.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Bilgisayar mühendisliği ve endüstri mühendisliği bölümlerinden akademisyenler, uygulamanın yapılacağı sektörlerden uzmanlar, yazılım geliştiren firmalar bir araya gelerek yüksek performanslı kestirimci bakım uygulamalarının geliştirilmesi projelerinde yer almalılardır.

Uygulamaya ilişkin Öngörülen Bütçe

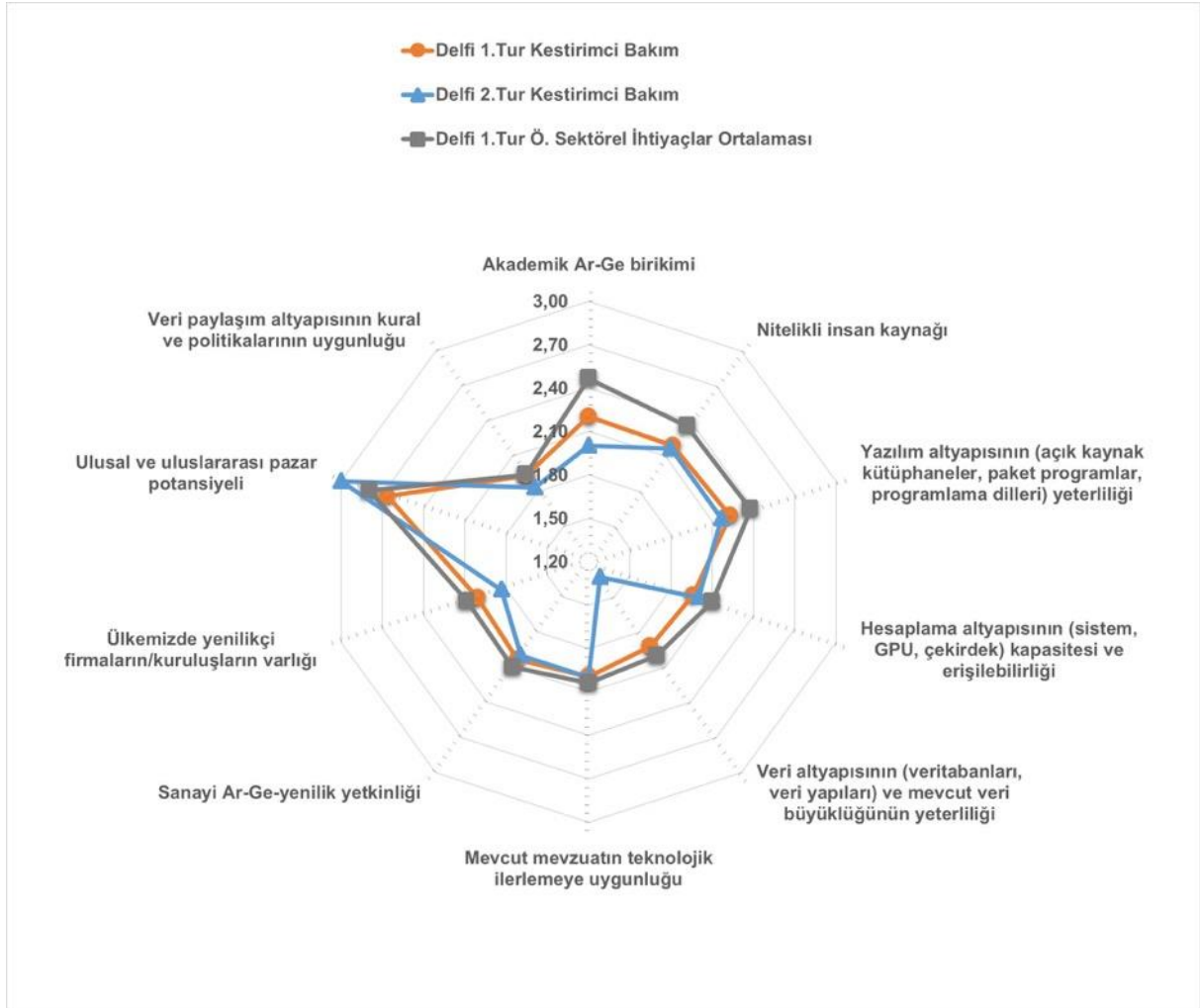
Kestirimci bakım uygulamalarının geliştirilmesine ilişkin Ar-Ge ve yenilik projelerinde en büyük bütçe kalemi nitelikli insan kaynağı olacaktır. İhtiyaç duyulan yazılımlar açık kaynak algoritmalarından kullanılabilir veya proje içerisinde geliştirilebilir. Havacılıkta ve üretim sistemlerinde donanım maliyetleri yüksek olduğundan proje başına 15 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Üniversitelerimizde kestirimci bakım konusunda lisansüstü programlarda tez çalışmaları yürütülmektedir, ancak bu çalışmaların; **akademik birikimi ve nitelikli insan kaynağı sayısını artıracak şekilde gerçek uygulamalarla pekiştirilmesi ve sayılarının artırılması gerekmektedir.** Bu alanda desteklenecek Ar-Ge ve yenilik projeleriyle, yazılım altyapısının da iyileşmesi sağlanabilecektir.

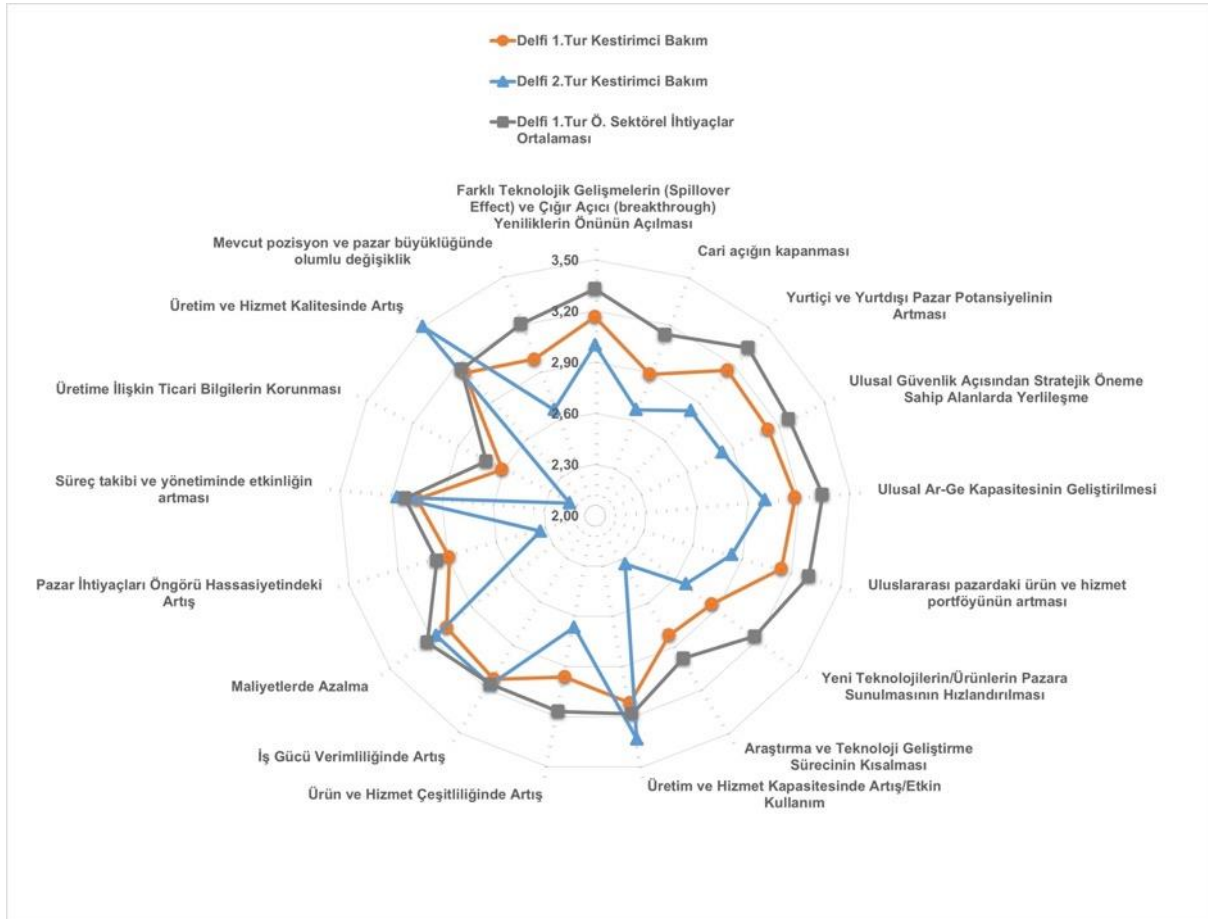
Kestirimci bakım uygulamalarının yapılabilirliği ile ilgili önemli hususlardan birisi de kestirimci bakımın yapılacağı **makinenin verilerinin ve bu verilerle ilgili kütüphanelerinin erişilebilir olmasıdır**. Kestirimci bakım amacıyla kullanılacak Yapay Zekâ sistemlerinin uygulanması için gereken donanım alt yapısının ülkemizdeki üretim tesislerinde bulunmaktadır, düşük maliyetlerle de erişilebilir durumdadır. Kestirimci bakım uygulamalarının geliştirilmesi için ihtiyaç duyulan veri altyapısının oluşturulması için, üretim tesislerindeki ilgili cihazlara ait zaman verilerinin bulunması gerekmektedir. Bakım gerektiren cihazlarda kullanılan ERP türevi yazılımlardan veri alınmasına ilişkin zorluklar çıkabilecektir. Bu sebeple, verilerin alınabileceği alternatif milli yazılımlar geliştirilmeli ve kullanılmalıdır. Bakım operasyonları üzerine sanayimizdeki önemli bir tecrübe birikimi vardır, bu tecrübenin Yapay Zekâ algoritmalarına yansıtılmasıyla kestirimci bakım yazılımlarının geliştirilmesi kolaylaşacaktır.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Havacılık sektöründe ve akıllı üretim sistemlerinde, cihazların sağlıklı çalışmasına ilişkin verilerin gerçek zamanlı toplanması ve analiz edilmesi; **arıza ve bakım yüzünden tüm hattın durma sürelerini azaltarak verimi artırmakta ve maliyetleri düşürmektedir.**

Bakım problemleri, kestirim ve optimizasyon açısından önemli alt problemler barındırdığı için, bu konuda ulaşılabilecek çözümlerin katma değeri yüksek olacaktır. Tüm endüstrilerde ve tüm dünyada benzer problemler bulunduğu için iç ve dış piyasada karşılıklarının bulunması zor olmayacaktır. Bu çalışmaların **yerli kontrol ve otomasyon sistemleriyle de tamamlayıcı şekilde ilerlemesi**, katma değerlerini artıracaktır.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Cihazların bakım süreçlerine ilişkin sertifikasyon süreçlerine ve düzenlemelere, **Yapay Zekâ temelli kestirimci bakıma ilişkin unsurların da eklenmesi** gerekmektedir.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

AB mevzuatıyla uyumlu, cihazların Yapay Zekâ temelli kestirimci bakım yazılımlarının gereksinim duyduğu verilerin paylaşımı konusunda yasal düzenlemeler oluşturulmalıdır.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Kestirimci bakım uygulamalarının performansı, ilgili cihazların kullanım verilerinin büyüklüğü ile artmaktadır. Bu sebeple ilgili cihazların ve kestirimci bakım uygulamalarının son kullanıcısı olan firmaların rekabet öncesi işbirlikleriyle veri havuzları oluşturması çok faydalı olacaktır. **Kestirim**

bakım uygulamalarını geliştiren teknoloji tedarikçisi firmaların bu sayede yurtiçi pazara girmesi, iyi uygulama örnekleri sunması; yurtdışı pazara girişini de kolaylaştıracaktır.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Bu uygulamanın geliştirilmesine yönelik olarak dijital ikiz, büyük veri, nesnelerin interneti ve Yapay Zekâ teknolojilerinin bir araya getirileceği Ar-Ge ve yenilik projeleri desteklenmelidir.

İnsan Kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Kestirimci bakım uygulamalarının geliştirilmesine yönelik üniversitelerde ve teknoloji tedarikçisi firmalarda **nitelikli insan kaynağı bulunmaktadır**. Ancak, son kullanıcı firmalarda bu uygulamalarda yer alacak **ara elemanların yetkinliklerinin oluşturulmasına yönelik hizmet içi eğitim programları** oluşturulmalıdır.

Firmadan Kaynaklı Sebepler (Maddi sebepler, strateji değişikliği, yönetim değişikliği, vb.)

Son kullanıcı firmaların, Yapay Zekâ temelli kestirimci bakım uygulamalarının maliyet ve verim açısından faydalarını öngörmeleri ve bu alana yatırım yapmaları gerekmektedir. Firmaların cihaz verilerinin paylaşılmasına ilişkin de rekabet öncesi işbirliklerine açık olmalarını sağlayacak adımlar atılmalıdır.

Öncelikli Sektörel Uygulama 9: E-Öğrenme ve Ölçme

Yapay zekâ yöntemlerinin (doğal dil işleme, sestten metine, metinden sese ve bilgisayar görüşü ve benzeri) yanında diğer güncel dijital teknolojiler (sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve benzeri) kullanılarak; yerinde ve uzaktan teorik / uygulamalı eğitime yönelik e-öğrenme, izleme, ölçme, değerlendirme ve öneri sistemlerinin geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Doğal dil işleme, konuşma tanıma ve sentezleme gibi teknolojiler Türkçe ya da diğer yabancı dillerin öğreniminde ve/veya bu dillerde yapılan eğitimlerde kolaylık sağlamaktadır. Özellikle Covid-19 salgını döneminde de ivmelenmiş olan uzaktan eğitim uygulamaları, gelecekte de sıklıkla kullanılacaktır. Bu eğitimlerde otomatik altyazı oluşturma gibi sistemler kullanım kolaylıkları sağlayacaktır.

Sanal öğrenme ortamlarının, NLP ve Türkçe konuşma tanıma/sentezleme uygulamalarıyla geliştirilmesi; erken dönem, ilköğretim ve yükseköğretime ilişkin uygulamalar geliştirilmesi hedeflenmektedir. Eğitim sektöründe kaliteli hizmete erişimde eşitliğin sağlanmasına yönelik belirteçlerin tespit edilmesi ve sayısallaştırılmasına yönelik uygulamaların geliştirilmesi, hayat boyu öğrenme ihtiyaçlarına göre çalışma programı ve içerikler sağlayabilen doğrudan ve periferik (kendiliğinden) öğrenme sistemlerin geliştirilmesi de yine bu kapsamda gerçekleştirilebilir. E-öğrenme sistemlerinin ölçme ve değerlendirme modülleri ise tüm dünyada ve ülkemizde henüz tam olgunlaşmamıştır, gelişime ihtiyaçları bulunmaktadır.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 4-6

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 7-9

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Tüm dünyada yaygın olarak kullanılan uzaktan etkileşim platformlarında, konuşma tanıma benzeri teknolojiler kullanılmaktadır. Türkçe için de altyapı sağlayacak uygulamalar mevcuttur, ancak bu uygulamaların tek bir platformda birleştirildiği bir ürün henüz ortaya çıkmamıştır. Dünya'da ve ülkemizde bu konudaki uygulamalar halen iyileştirmeye açıktır. Ülkemizde bu alanda çalışan firmalar bulunmaktadır ve hızlıca dünyadaki seviyeyi yakalayacak potansiyelimiz mevcuttur.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik işbirlikleri

Teknoloji tedarikçisi KOBİ'ler ve/veya teknopark firmaları; eğitim veya lme-değerlendirme içeriğini hazırlayan eğitim uzmanları, ilgili kamu kurumları, kamu araştırma merkezleri ve yetkin akademisyenlerin bir araya gelerek yenilikçi uygulamalar geliştirilmeleri hedeflenmektedir. Eğitim uzmanları, psikolojik danışmanlık ve rehberlik uzmanlarının sürece içerik ve gerçeğe yakın sanal uygulamaların özellikleri konusunda önemli katkıları olacaktır.

Uygulamaya ilişkin ngrlen Bütçe

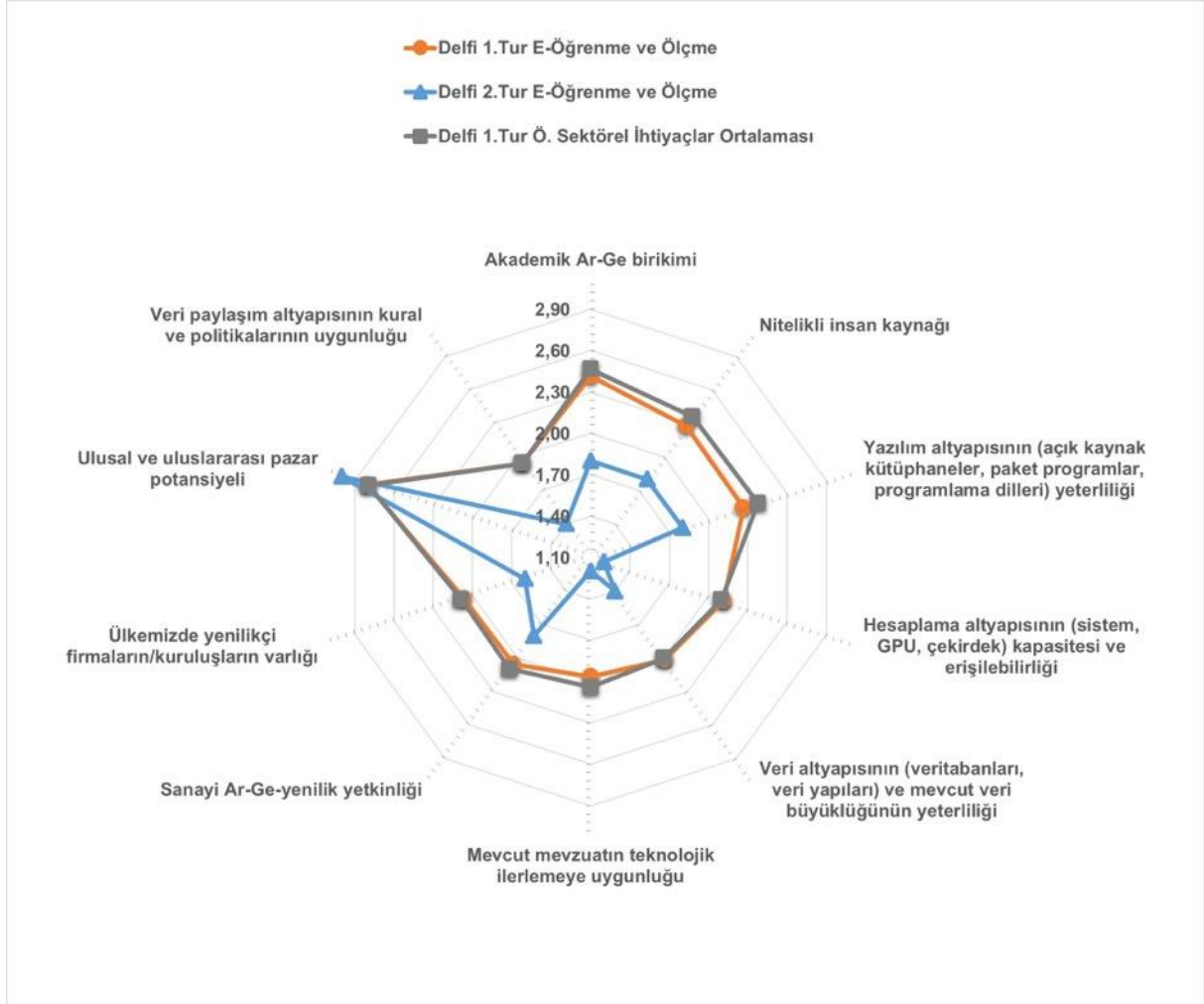
Tüm seviyelerdeki e-eğitim ve e-ölçüm örnek uygulamaların geliştirilmesine yönelik proje başına 3-4 milyon TL ngrlmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

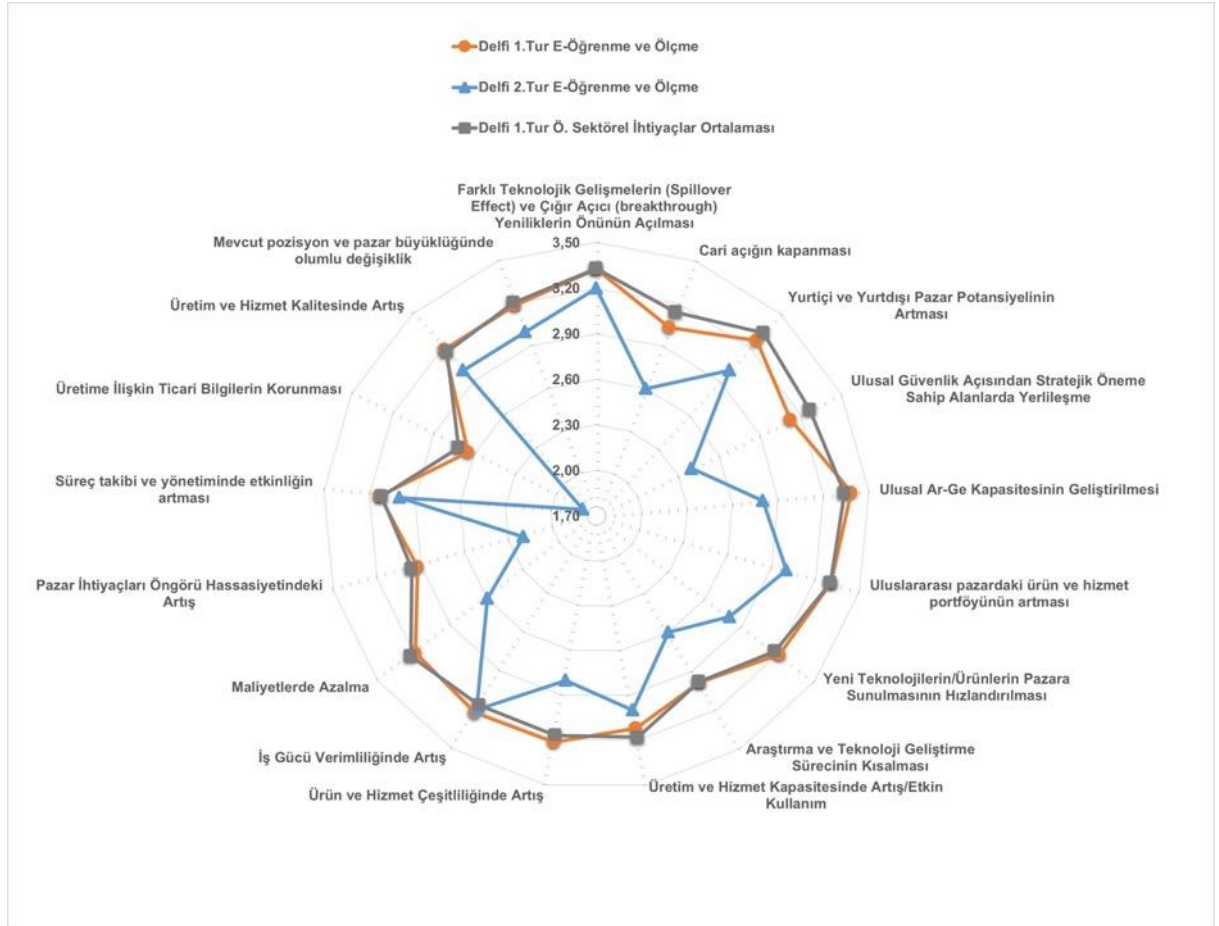
Covid-19 salgını sebebiyle zorunlu olarak yapılan uzaktan eğitim sebebiyle oluşan verilerin, yenilikçi e-öğrenme uygulamaları geliştirilmesi için kullanılması, süreci güçlendirecektir. **Uzaktan eğitim verilerinin paylaşılmasına dair kamu kurumlarının yönlendirmesi**, bu uygulamaların yapılabilirliğini önemli ölçüde artıracaktır.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

E-öğrenme ve E-ölçme, gelecekte tüm dünyada çok daha yaygın olarak kullanılacağı öngörülen uygulamalardır. Yapay zekâ temelli, Türkçe çalışabilen, yenilikçi uygulamaların geliştirilmesi yurtiçi pazarda önemli bir yere sahip olacaktır. Ülkemizdeki okulların ve/veya eğitim kurumlarının verileriyle beslenerek geliştirilecek Yapay Zekâ uygulamaları, verinin ülkemizde kalması sağlanarak güvenlik konusunda da katkı sağlayacaktır.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

E-öğrenme verilerinin Yapay Zekâ algoritmalarının geliştirilmesi için kullanılması gerekecektir, bu sebeple okul veya eğitim kurumlarının verilerini paylaşmasına dair yasal düzenlemelerin oluşturulması gerekmektedir.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Geliştirilecek ürünün en büyük son kullanıcısı kamu kurumları olacaktır. Kamu alımları yoluyla yenilikçi ürünlerin pazara girişi kolaylaşacaktır.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Bu alanda özellikle girişimcilerin ve başlangıç firmalarının (start-up) desteklenmesi önemlidir.

İnsan Kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Yapay zekâ temelli e-öğrenme sistemlerinin geliştirilmesine yönelik olarak nitelikli insan kaynağımız bulunmaktadır. Bu sistemlerin uygulanmasına yönelik olarak eğitim/değerlendirme/ölçme uzmanlarına ve öğretmenlere hizmet içi eğitimlerin hazırlanması gerekmektedir.

Öncelikli Sektörel Uygulama 10: Enerji Kayıp / Kaçak Önleme Sistemleri

Enerji üretim, iletim ve dağıtım şirketlerine yönelik kayıp / kaçak tespiti yapabilen ve bu sayede enerji kayıp / kaçak oranını azaltabilecek Yapay Zekâ yöntemlerinin geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Enerji ihtiyacının en çok olduğu elektrik, ısıtma-soğutma, binalar, ulaşım gibi alanlara teknolojinin ilerlemesiyle birlikte veri depolama ve veri bankalarında soğutma gibi alanlar da eklenmektedir. Enerjinin verimli kullanılması gittikçe önemi artan bir konudur. **Enerji üretim, iletim ve dağıtım şirketlerine yönelik kayıp / kaçak tespiti yapabilen ve kayıp / kaçak oranını azaltabilecek Yapay Zekâ yöntemlerinin geliştirilmesi** hedeflenmektedir.

“Enerji İnterneti” kavramı; dağıtık enerji toplama ve depolama cihazlarından gelen yüklerin en etkin şekilde talebe göre dağıtılmasını sağlayan akıllı enerji yönetim sistemlerinin geliştirilmesine yönelik dijital teknolojilerle tüm sistemin birbirine bağlanmasını ifade etmektedir. Enerji İnterneti modelinde dağıtık enerji kaynaklarının yönetimi ve güvenli enerji alışverişinde görevdeş dağıtık sistemler, blok zinciri ve akıllı sözleşmeler öncü bilimsel ve teknolojik çözümlerdir. Enerji düğümleri (nodları), **çift yönlü enerji akışıyla enerji alışverişi ve paylaşım ağı elde etmek için akıllı bir şekilde birbirine bağlanmasına imkân tanıyacak Yapay Zekâ yöntemlerinin geliştirilmesi** hedeflenmektedir. Enerji İnternetine geçiş sürecinde geliştirilecek Yapay Zekâ algoritmalarının/yöntemlerinin katkısı çok önemli olacaktır.

Türkiye’deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 3-5

Dünya’daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 5-7

Dünya ve Türkiye’deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Oldukça disiplinler arası olan bu alanda ülkemiz henüz teknoloji geliştirme seviyesine gelmiştir. Dünyada ise az sayıda bölgede kullanılmaya başlanmıştır. Dünya ve Türkiye’deki teknolojik olgunluk düzeyi karşılaştırıldığında, Türkiye’nin aradaki farkı kapatması amacıyla “Enerji İnterneti” modelinin güçlendirilmesi ve akıllı şebeke sistemleri ile bütünleşik hale getirilmesi, yerli enerji kayıp önleme sisteminin gerçek ortamda gösterimi ve başarımların değerlendirilmesi hedeflenmektedir.

Ülkemizde demonstrasyon aşamasında uygulamalar mevcuttur. Gerçek ortam uygulamaları için altyapılar ve enerji iletim ve dağıtım şirketlerinin dijital altyapılarının hazırlanması gerekmektedir.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Enerji kayıp/kaçak tespit ve önleme sistemlerinin Yapay Zekâ temelli yöntemlerle geliştirilmesi için en etkin işbirliği modeli; **büyük ölçekli enerji üretim, iletim ve dağıtım şirketleri, üniversiteler, kamu araştırma merkezlerinin tüm süreçte bir arada çalışmaları ve uluslararası işbirliklerinin de kurulmasıdır.**

Uygulamaya ilişkin Öngörülen Bütçe

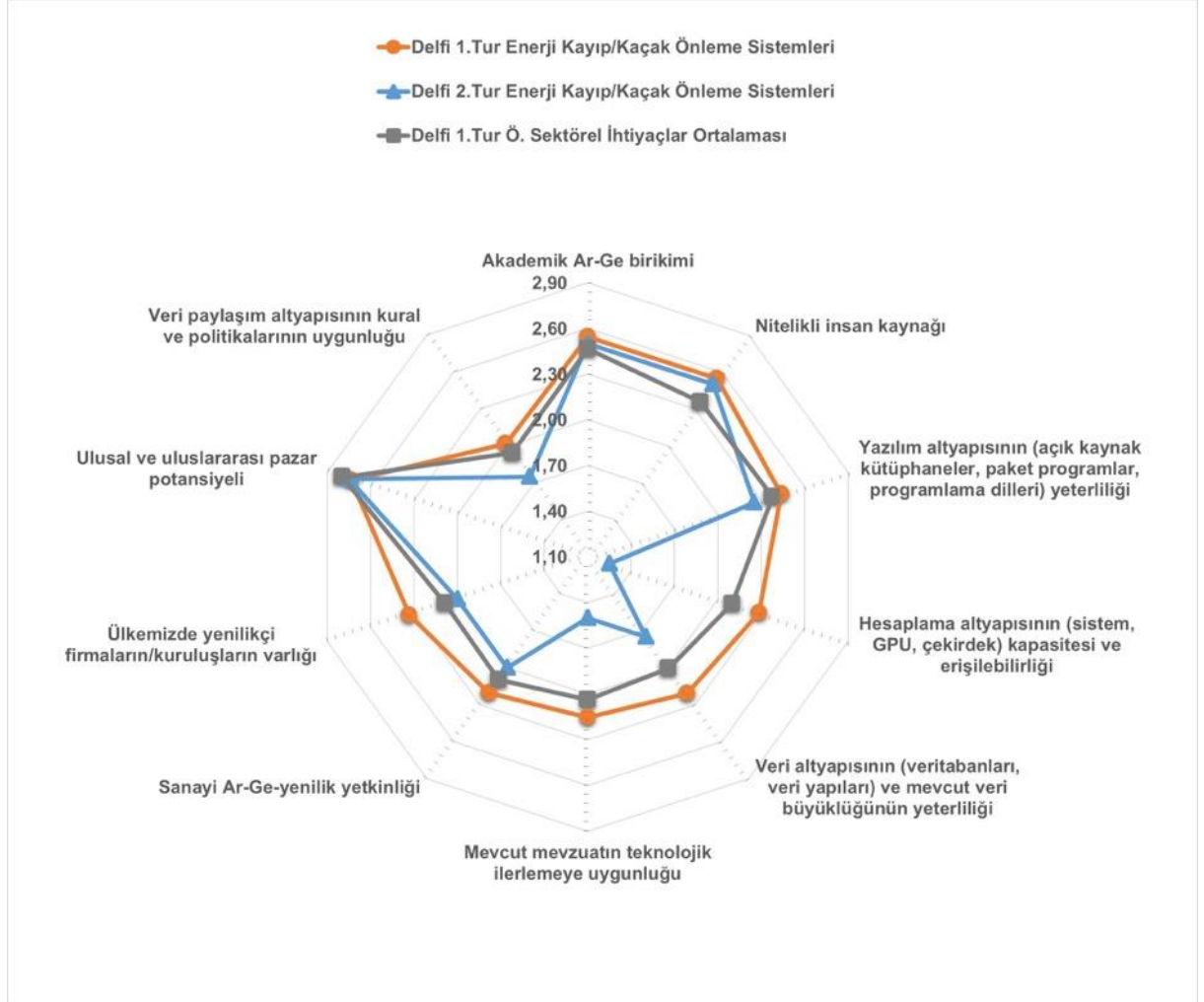
Projelerdeki en büyük bütçe kalemi yazılım geliştirme ve nitelikli insan kaynağı olacaktır. Proje başına, hazır veri kullanılacaksa 2-3 milyon TL, veri toplama aşaması da olacak ise 3-5 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

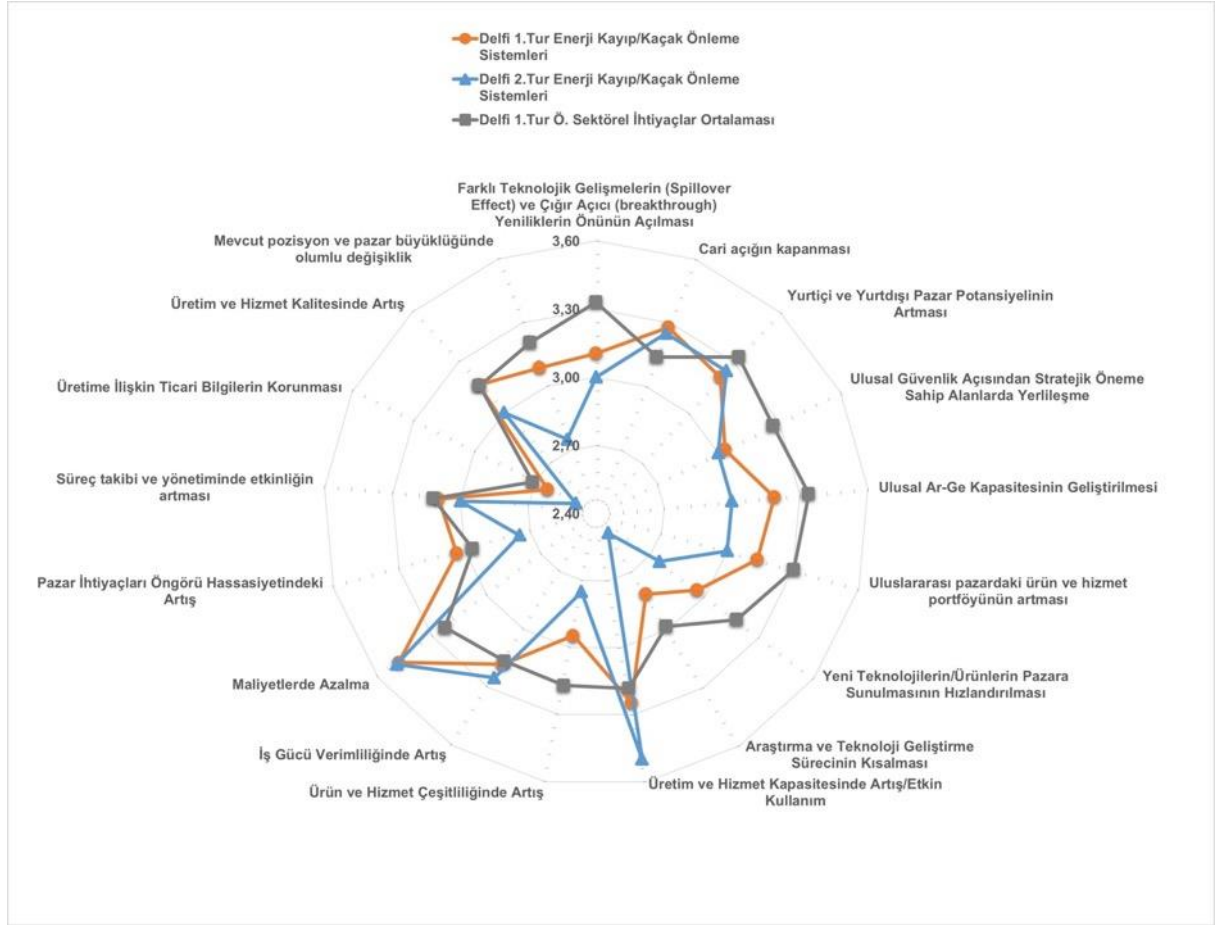
Bu uygulamanın yapılabilirliği, enerji sistemlerinin yapısına da bağlı olduğu için, diğer uygulama alanlarından daha düşüktür. Özellikle enerji verilerinin toplanması ve işlenmesi konusunda uzman insan kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Akademisyenlerin enerji iletim ve dağıtım şirketlerinden uzmanlar ile birlikte çalışması; üniversite-sanayi işbirliğinin kuvvetlendirilmesi gerekmektedir. Enerji sektöründeki veri paylaşımının yatırımcılar ve devlet kurumları nezdinde teşvik edilmesi, bu uygulamaların geliştirilmesi için kritik öneme sahiptir.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Enerjideki kayıpların azaltılmasına yönelik Yapay Zekâ temelli yöntemlerin başarılı uygulamaları, ülkemizin cari açığının kapatılması ve enerji sektöründe iletim ve dağıtım maliyetlerinin azalmasına büyük katkı sağlayacaktır. Enerji yatırımlarında ve operasyonel alanlarda yenilikçi teknolojilerin kullanılması iç ve dış pazarda cazibe oluşturarak; santrallerin zararının azalmasına, sorunların zamanında tespiti ile ekipman yıpranma oranlarının düşmesine ve yeni ekipman alım sürelerinin uzamasına olanak sağlayabilecektir.

Daha geniş kapsamda ise Enerji İnterneti konusunda teknolojik gelişmeler konusunda öncü ülke olma ve bu sayede yurtiçi ve yurtdışı pazar potansiyelinin artmasında bu uygulamalar etkili olacaktır. Enerji optimizasyonu yapan Yapay Zekâ yöntemlerinin ticari ürüne dönüştürülmesi küresel pazarlarda katma değerli ürün ihracatımıza katkıda bulunacaktır.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Enerji kayıp tespit ve önleme sistemlerinin performans değerlendirmesinde, yerli test altyapılarının güncellenmesi ve yeni merkezlerin oluşturulması gerekmektedir.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

İlk pilot uygulamalar başarıyla performans gösterdikten sonra, kullanımın yaygınlaşmasına yönelik yasal düzenlemeler oluşturma ihtiyacı doğacaktır. Performansın standartları konusunda da akademisyenler ve sanayi temsilcilerinden oluşan bir uzman grubuyla yeni standartların oluşturulması gerekmektedir. Uluslararası standartların oluşmasında ülkemizin etkin bir şekilde temsil edilmesi, Ar-Ge ve yenilik çalışmalarının ve başarılı uygulamanın uluslararası mecrada etkin tanıtımı yapılmalıdır.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Bu yenilikçi uygulamanın son kullanıcıları ilgili kamu kurumları ve enerji üretim, iletim ve dağıtım şirketleridir. Uygulamanın gerektirdiği yatırımın sağlanması konusunda, uygulamanın etki potansiyeli ve avantajları konusunda son kullanıcı nezdinde farkındalık yaratılmalıdır.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Ar-Ge ve yenilik desteklerinin yanı sıra, başarılı örnek uygulamadan sonra, bu uygulamaların enerji iletim ve dağıtım şebekesine tam adaptasyonuna yönelik yatırım desteklerinin de sağlanması önem arz etmektedir.

İnsan Kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Özellikle akıllı şebekeler konusunda uzman olan insan kaynağının, Yapay Zekâ uzmanlarıyla birlikte **enerji konusundaki Yapay Zekâ algoritmaları alanında uzman insan kaynağını** yetiştirmeleri önem arz etmektedir. Bu uzmanlık alanı, gelecekte çok daha fazla ihtiyaç duyulacak bir uzmanlık alanıdır. Sanayide bu uygulamalarda görev yapacak uzmanların da yetiştirilmesi amacıyla hizmet içi eğitim programları oluşturulmalıdır.

Firmadan Kaynaklı Sebepler (Maddi sebepler, strateji değişikliği, yönetim değişikliği, vb.)

Enerji kayıp tespit ve önleme konusunda Yapay Zekâ yöntemlerinin geliştirilmesi konusunda teknoloji tedarikçisi olan firmaların sürdürülebilir veri elde etme ve değerlendirme alt yapısına ihtiyacı vardır. Bu ihtiyaç karşılanmadan, teknoloji tedarikçilerinin bu alanda Ar-Ge ve yenilik yapma motivasyonu düşük olacaktır. Aynı zamanda bu uygulamalara yatırım sağlayacak olan kamu kurumları ve enerji iletim, dağıtım şirketleri nezdinde bu yenilikçi uygulamanın avantajları konusunda farkındalık yaratılmalıdır.

Öncelikli Sektörel Uygulama 11: Finans, Ticaret ve Lojistikte Verimlilik Sistemleri

Finans, ticaret ve lojistik alanında geçmiş verileri kullanarak maliyeti azaltan, süreci optimize eden, iş stratejileri üretebilen, arz-talep verimliliğini tahmin edebilen, daha kaliteli ürün ve hizmetlerin geliştirilmesine ve sunulmasına yönelik Yapay Zekâ temelli yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Finans ve ticaret sektörlerinde katma değer yaratmak ve iş gücü verimliliğini artıracak yenilikçi yazılım çözümlerine ihtiyaç artmaktadır. Süreçlerin optimize edilmesinin yanı sıra dolandırıcılık/sahtekarlık tespiti, vergi kaçakçılığının tespit edilmesi gibi sorunlara da Yapay Zekâ temelli yazılımlarla katkı sağlanması hedeflenmektedir. Finans ve ticaret sektörlerinde Yapay Zekâ temelli yazılımlarla hedeflenen katma değer, bu sektörlerdeki operasyonların maliyetlerini de düşürecektir.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 7-9

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 7-9

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Türkiye'nin bu alandaki teknolojik hazırlık seviyesi dünya ile yakın düzeydedir. Nüfusumuzun yüksek ve genç olması, finans ve ticaret konusundaki özel ürün ve hizmetlere ilişkin politikaların erken zamanda oluşturulması nedenleriyle; finans ve ticarete Yapay Zekâ temelli ürünlerin geliştirilmesi konusunda ülkemizin öncü olma potansiyeli yüksektir. Ülkemiz finans ve e-ticarete Yapay Zekâ temelli yazılımlar konusunda Avrupa Birliğinde en önde gelen ülkeler arasında yer almaktadır. Fakat lojistik sektöründe henüz bu olgunluğa erişememiştir.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Büyük ölçekli finans ve ticaret kuruluşları, teknoloji tedarikçisi KOBİ'ler, teknopark firmaları, akademisyenlerin bir araya gelmesi gerekmektedir. Bu ürünleri geliştirilmesi için ihtiyaç duyulan veri,

gizliliği özel olarak korunması gereken verilerdir. Bu sebeple siber güvenlik uzmanlarının/firmalarının da proje konsorsiyumlarında yer alması gerekmektedir.

Uygulamaya ilişkin Öngörülen Bütçe

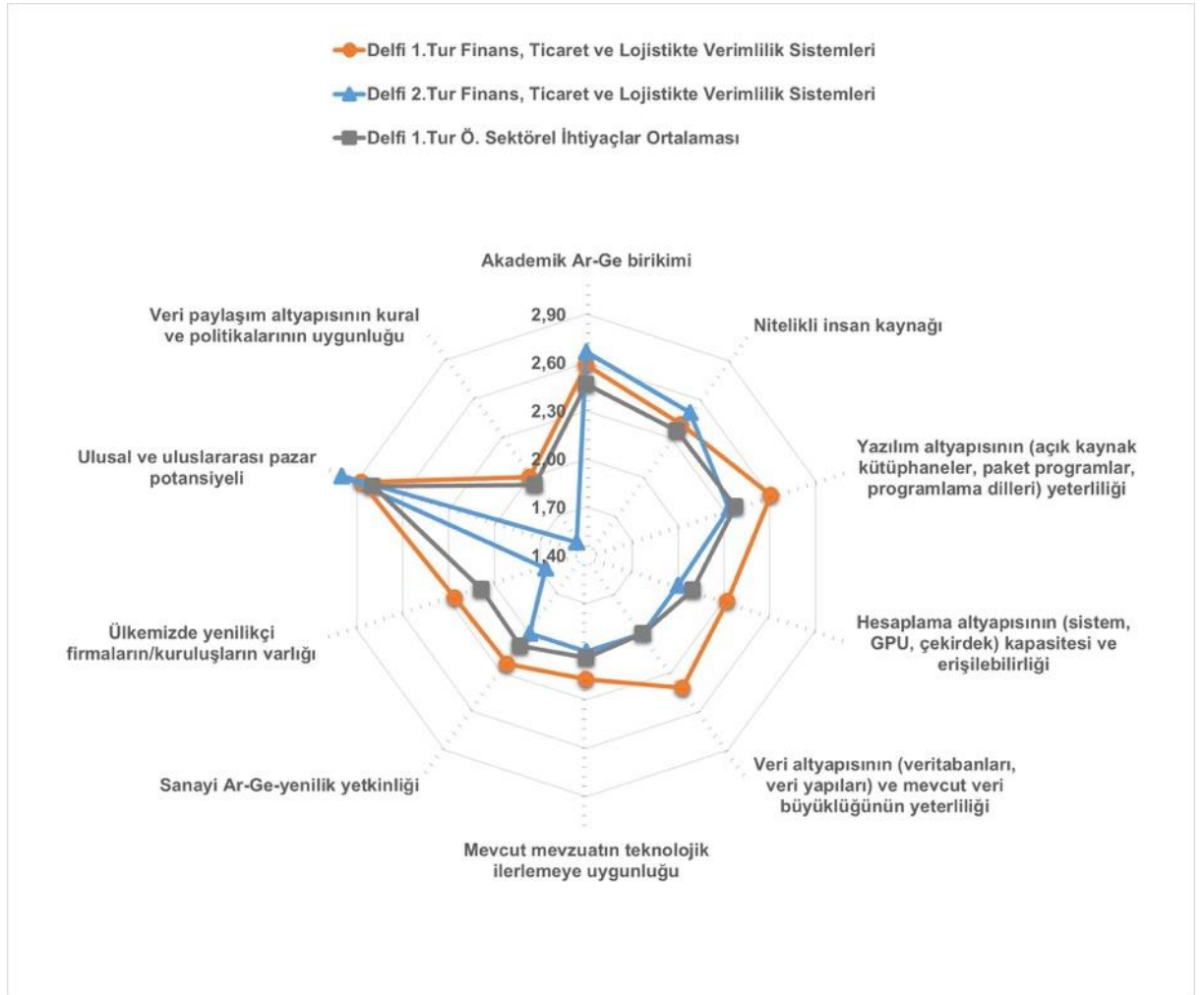
Bu bütçe, yazılım geliştirme araçlarına yönelik lisans, donanım ve insan kaynağı maliyetlerine ilişkindir. Proje başına 2-3 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

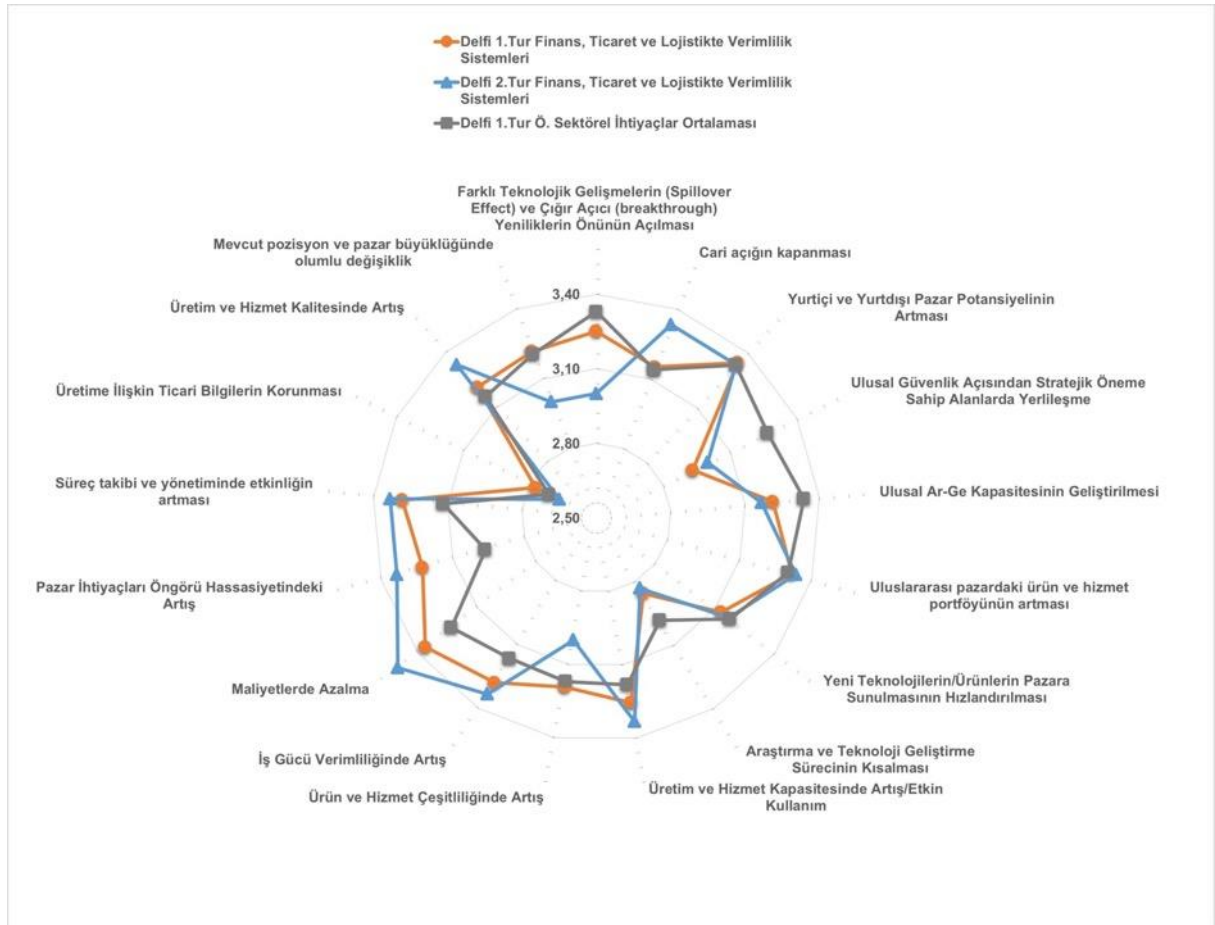
Veri paylaşım altyapısının oluşturulması, finans ve ticarete Yapay Zekâ temelli ürünlerin ortaya çıkması için kritik bir unsurdur. Diğer unsurlar (insan kaynağı, akademik ve sanayi Ar-Ge yetkinliği vb.) konusunda ülkemizdeki yapılabilirlik gelişmiş durumdadır. Özellikle bankacılık sektöründeki Yapay Zekâ temelli ürünlerin kullanımına yönelik ülkemizdeki girişimler, hedeflenen sektörel uygulamaların önünü açmaktadır.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Finans ve ticaret sektöründe ortaya koyacak yaklaşımlar sayesinde yüksek oranda ekonomik veya toplumsal katma değer oluşacaktır. Halihazırda kârlı olan bu sektörlerde Yapay Zekâ tabanlı akıllı sistemler katma değeri daha da artıracaktır. Bu ürünlerin yurtiçi ve yurtdışı pazar potansiyeli yüksektir. Geliştirilen ürünlerin siber güvenlik unsurlarının da güçlü olması, pazardaki rekabet avantajını artıracaktır.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Finansal süreçlerde Yapay Zekâ temelli ürünlerin kullanımına yönelik, ilk başarılı uygulamaların gösteriminden (demonstrasyon) sonra sertifikasyon süreçlerinin de eş zamanlı olarak ilerlemesi gerekmektedir.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

BDDK mevzuatlarının, Yapay Zekâ temelli ürünlerin geliştirilmesinde ihtiyaç duyulan verilerin elde edilmesi ve bu ürünlerin bankacılık ve finans hizmetlerinde kullanılmasına ilişkin güncellenmesi gerekmektedir. Verilerin elde edilmesi ve işlenmesi konusu, platform/işletme sahipleri ve teknoloji tedarikçileri gibi farklı aktörlerin rollerini kolaylaştırıcı; aynı zamanda da siber güvenliği en yüksekte tutan bir yaklaşımla, çok boyutlu olarak ele alınmalıdır.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Finans ve ticaret sektörlerine özel Yapay Zekâ temelli ürünlerinin, doğrudan satışlarından önce, teknoloji tedarikçilerinin bu ürünlerle hizmet vermesi şeklinde pazara giriş olacağı öngörülmektedir. Başarılı uygulama örnekleri, iç ve dış piyasadaki talebi ivmelendirecektir.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Bu uygulamalar için kamu finans kuruluşlarının da içinde bulunduğu bir konsorsiyum, teknoloji tedarikçisi girişimler ve başlangıç firmalarıyla bir araya gelmelidir. Kamu tarafından bu alanda yatırım, istihdam ve girişim destekleri sağlanmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Öncelikli Sektörel Uygulama 12: Tarım ve Hayvancılıkta Kalite ve Verim

Tarım ve hayvancılıkta kalite ve verimin artırılması, iş gücü ve enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik en başarılı uygulamaları yakalayan ve / veya üzerine geçen performansa sahip Yapay Zekâ uygulamalarının geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Tarım ve hayvancılık alanında kalite ve verimin artırılması amacıyla geleneksel yöntemlerin yanı sıra Yapay Zekâ çözümlerinin geliştirilmesi ve kullanımına ilişkin örnek iyi uygulamaların ortaya çıkması hedeflenmektedir.

Tarım alanında üretim verimini arttırmak için Yapay Zekâ temelli yazılımlar kullanılarak optimum ekim ve hasat dönemlerinin belirlenmesi; tarım alanlarındaki toprak kalitesinin iyileştirilmesine ilişkin sistemlerin kurulması, bitki koruma yazılımlarının geliştirilmesi, hızlı hastalık tespitleri ve öngörülere oluşturulması sağlanacaktır.

Hayvancılıkta Yapay Zekâ tabanlı yazılımlar ve sistemler ile hayvanların sağlıkları ve verimlerine ilişkin parametrelerin anlık izlenmesi, karar destek sistemlerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu sektörel uygulamanın, öncelikle dijital olgunluğu yüksek tarım ve hayvancılık işletmelerinde hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 3-4

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 7-8

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Tarım ve hayvancılık sektörlerinde dijital teknolojilerin kullanımı konusunda ülkemiz, dünyadaki uygulamaların gerisindedir. Bu sebeple Yapay Zekâ temelli yazılımların bu sektörlerde kullanılması konusunda da ülkemizde başarılı uygulamalar henüz gerçekleştirilememiştir. Diğer ülkelerde ise Yapay Zekâ temelli karar destek sistemleri tarım ve hayvancılık süreçlerinde kullanılmaya başlanmış ve yaygınlaşmaktadır. Dünyada ön plana çıkan ülkeler İsrail ve Hollanda'dır.

Ülkemizde dijital olgunluğu yüksek olan tarım ve hayvancılık işletmelerine yönelik Yapay Zekâ temelli yazılımlar kullanılarak maliyetin azaltılması ve verimin artırılmasına ilişkin uygulamalar kısa zamanda hayata geçirilmelidir.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Tarım konusunda dijitalleşme ve Yapay Zekâ temelli uygulamaların geliştirilmesi, tarım birlikleri ve kooperatiflerle akademisyenlerin ve teknoloji tedarikçisi firmaların bir araya geleceği büyük ölçekli projelerle gerçekleştirilebilecektir.

Uygulamaya ilişkin Öngörülen Bütçe

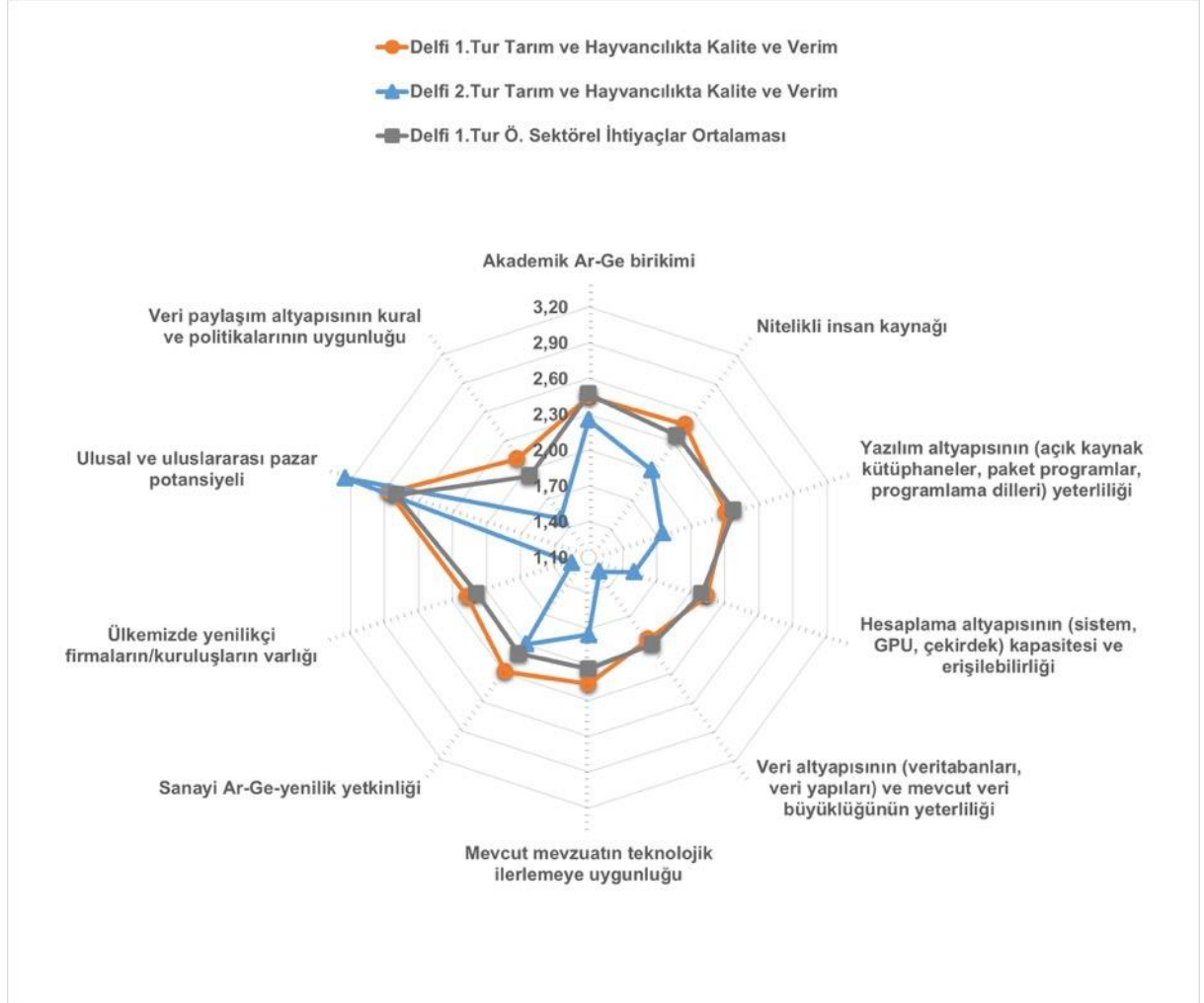
Tarımda dijital teknolojilerin kullanımına ilişkin donanım, yazılım ve nitelikli insan kaynağı maliyetlerini içeren, iyi uygulama örneklerinin geliştirileceği birçok proje desteklenmelidir. Proje başına 3-5 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

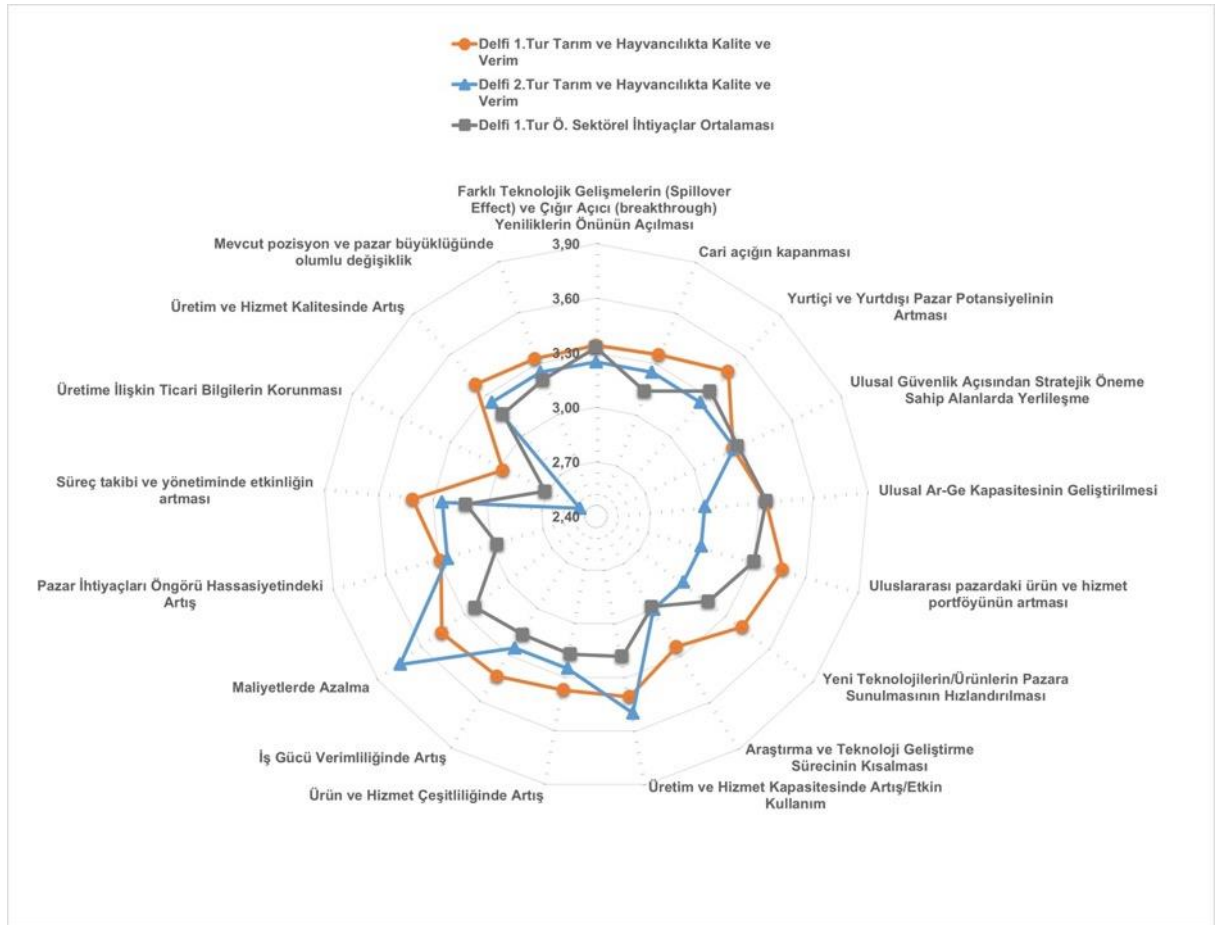
Tarım ve hayvancılıkta dijital teknolojilerin kullanımı konusunda üniversitelerde akademik çalışmalar ve yazılım/ Yapay Zekâ firmalarında projeler bulunmaktadır. Akademi ve sanayideki Ar-Ge birikimi ve nitelikli insan kaynağı yeterlidir. Tarım ve hayvancılıkta dijital teknolojilerin kullanılmasına yönelik altyapının (sensörler ve nesnelerin interneti uygulamaları) oluşturulması, bu sektörlerdeki Yapay Zekâ temelli sistemlerin kurulmasına yönelik yapılabilirliği artırmak için kritik bir unsurdur.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Tarım ve hayvancılıkta Yapay Zekâ temelli sistemlerin kurulması, her tarımsal ve hayvansal ürüne yönelik iyi uygulama örneklerinin ortaya çıkması; bu sektörlerde Yapay Zekâ yaklaşımlarının yaygınlaşmasına yol açacaktır. Bu uygulamaların, ülkemizin önemli bir hedefi olan tarım ve hayvancılıkta verimin artırılmasına büyük katkısı olacaktır. İyi uygulama örneklerinin gösterimi (demonstrasyon) yurtiçi ve yurtdışı pazarda rekabet avantajı getirecektir.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

İyi uygulamalar geliştirildikten ve başarılı gösterimi gerçekleştirildikten sonra, bu uygulamaların yaygınlaştırılmasına yönelik mevzuatlarda güncelleme ihtiyacı doğacaktır.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Özellikle tarım ve hayvancılıkta görev yapan çiftçiler ve uzmanlarda, bu teknolojilerin kullanımıyla elde edilecek fayda konusunda farkındalık yaratılmalıdır. İç piyasaya giriş, kamu yönlendirmesiyle ve çiftçi birlikleri, kooperatifleri ile eşgüdüm içerisinde ele alınmalıdır. İç piyasadaki başarılı uygulamalar, özellikle ülkemizin dünyada yer aldığı bölgede yurtdışı pazarlarda avantaj yaratacaktır.

Teşvik ve Destekler (Girişimcilik destekleri, pazara giriş destekleri, yatırım teşvikleri, vb.)

Ar-Ge ve yenilik destekleri; sürecin en başından beri son kullanıcıların (tarım ve hayvancılık firmaları, çiftçi birlikleri ve kooperatifler vb.) içinde yer aldığı projelere verilmelidir. Tarım ve hayvancılık işletmelerinin Yapay Zekâ temelli sistemlere geçişine yönelik altyapılarının oluşturulması amacıyla da teşvik ve destekler sağlanmalıdır.

Öncelikli Sektörel Uygulama 13: Uydu / Hava Görüntü Tanıma Sistemleri

Uydu sistemlerinde ve hava araçlarında düşük çözünürlükteki görüntülerde dahi kullanılabilecek, görüntü tanıma ve makine görüşü odaklı, tanıma-tanımlama başarımı yüksek Yapay Zekâ temelli uzaktan algılama sistemlerinin geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Özellikle hava sahamızın güvenliği açısından performansı yüksek Yapay Zekâ temelli uzaktan algılama sistemleri önem arz etmektedir. Düşman-dost tanımlarının daha hızlı ve isabetli yapılması, olası hataların engellenmesi ve gerekli müdahalelerin zamanında yapılabilmesi konusunda önemli katkılar sağlanacaktır. Bu alan, güvenlik ile ilgili konuların yanında, tarım ve hayvancılık sektörlerine de katkı sağlayabilecek bir alandır.

“Yüksek çözünürlük”, hedeflenen sektörel uygulama için kritik bir başarı göstergesidir. Eski sistemlerden gelen düşük çözünürlüklü veriler üzerinde geliştirilecek algoritmaların çalıştırılması, yalnızca yüksek çözünürlükle tekrar elde edilemeyecek durumlarda başvurulacak bir yöntem olmalıdır.

Uzaktan algılamanın, uydu görüntülerinin sıklığı ve çözünürlüğündeki artışlara bağlı olarak şehircilik, tarım, kriz yönetimi gibi pek çok alanda kritik rol üstlenmesi veya var olan rolünün gittikçe artması beklenmektedir. Buna bağlı olarak hem önemli toplumsal etkilerinin olması hem de ilgili ürünlerin geliştirilmesi ve verimliliğin artmasıyla ekonomik katma değerin de artacağı düşünülmektedir.

Türkiye’deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 6-7

Dünya’daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 8

Dünya ve Türkiye’deki Teknolojik Hazırlık Seviyelerine İlişkin Görüşler

Türkiye’de bu konuda başarıyla çalışan sistemler mevcuttur. Bu sistemlerin literatürde geliştirilen en son derin öğrenme tabanlı teknikleri de entegre ederek performanslarının yükseltilmesi hedeflenmektedir. Dünyadaki ve Türkiye’deki teknolojik seviye birbirine çok yakındır.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Büyük veri toplayıp bunu işleyebilen ve bu sistemi donanım olarak da üretebilen herkes oluşturulacak bir konsorsiyuma katılabilir. Ancak öncelikle üniversiteler, kamu araştırma merkezleri ve özel şirketlerin yer alması çok önemlidir.

Uygulamaya ilişkin Öngörülen Bütçe

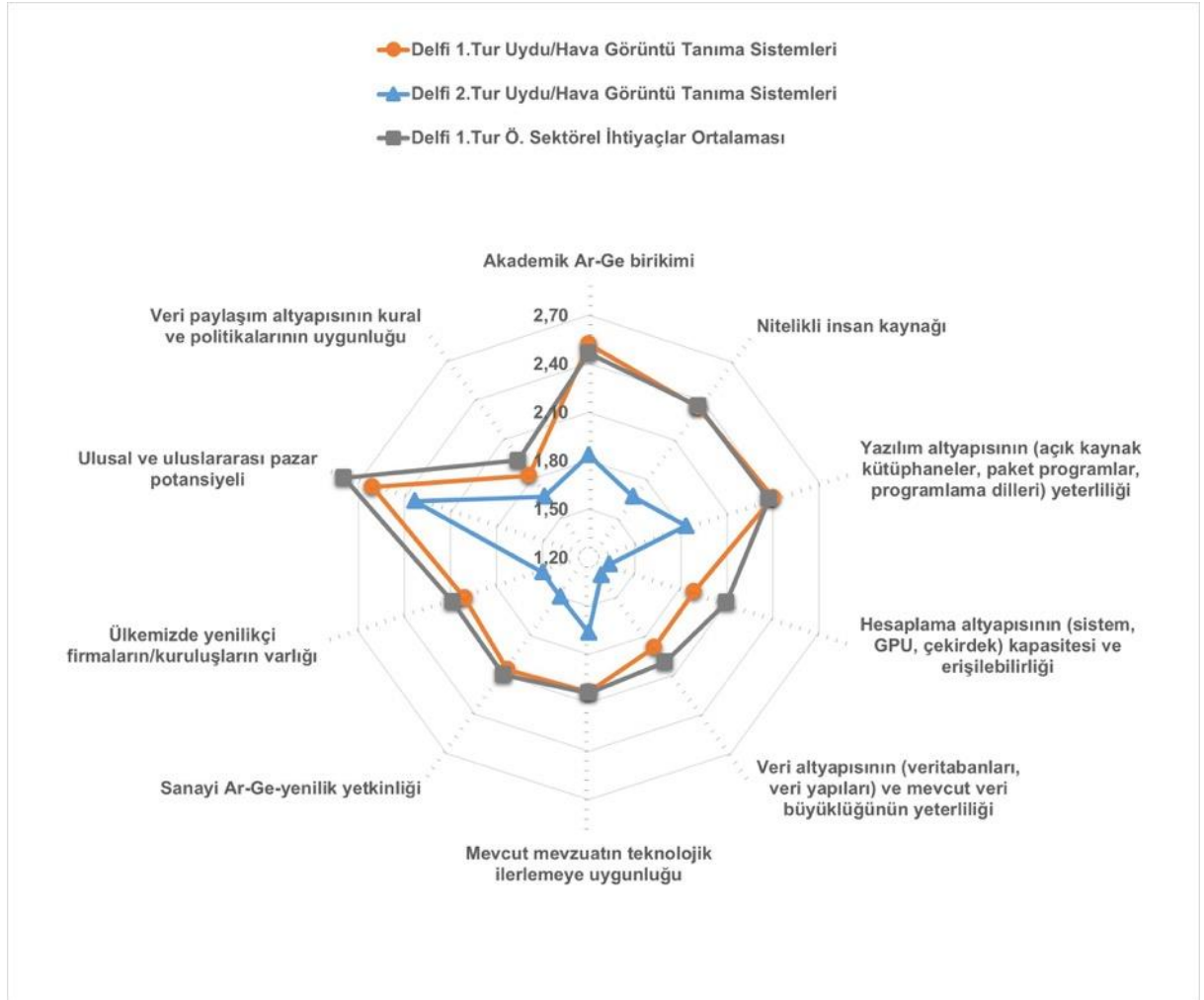
Proje başına 3-5 milyon TL öngörülmektedir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirliğin Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Geliştirilecek bu uygulamalara ilişkin ihtiyaç duyulan veriler, ulusal güvenlik sebebiyle ortak erişime açık değildir. Bu sebeple askeri ve sivil güvenlik konusunda inisiyatif, görev ve sorumlulukları olan paydaşların bir araya gelerek ortak geliştirme platformları ve uygun veri tabanları oluşturmaları sonucu; bu konudaki yapılabilirlik artabilir. Uzaktan algılamayla ilgili ulusal veri kaynaklarının oluşturulması ve kullanıcı dostu bir ara yüz ile Ar-Ge-yenilik çalışmalarında kullanımları için erişim sağlanması; bu alanda yapılan çalışmaların kalitesini artırarak, teknolojik ilerlemenin ivmelenmesini sağlayacaktır. Akademisyenlere ve teknoloji tedarikçisi firmalara uydu görüntüleri, şehir / tarım veri

tabanları gibi veri kaynaklarının sunulması çok önemlidir. GPU / yüksek başarılı hesaplama alt yapısının da güçlendirilmesi gerekmektedir.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]:

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Bu alanın en büyük katma değeri, ulusal güvenlikle ilgili süreçlere sağlayacağı katkılardır. Ülkemize ait uydu görüntülerinden kaynaklı verilerin, yerli Yapay Zekâ temelli yazılımlarla analitiği güvenlik açısından olduğu kadar diğer alanlardaki çift kullanımları (dual-use) açısından önem arz etmektedir. Tarım ve hayvancılık, lojistik, şehir-bölge planlama gibi alanlarda da benzer uygulamalara öncü olma potansiyeli bulunmaktadır.

Öncelikli Sektörel Uygulama 14: (Mobilite) Otonomi

Sivil kullanım amaçlı otonom hava / kara / deniz araçlarında, raylı sistemlerde ve ticari araçlarda kullanılacak, sürüş güvenliğini ve otonomi seviyesini artıracak Yapay Zekâ temelli sistemlerin geliştirilmesi

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

Yenilikçi Yönler / Performans Kriterleri / Teknik Metrikler / Çıktılar:

Mobilite alanında kara / deniz / hava ve raylı sistemlerde otonomiye yönelik Ar-Ge ve yenilik süreçleri, yoğun bir şekilde tüm dünyada çalışılmaktadır. Özellikle araç güvenliğinin artırılması, sürücü hatalarından kaynaklanan kazaların azaltılması, sürüş için harcanan iş gücünün farklı nitelikli amaçlarla kullanılması gibi amaçlara yönelik uygulamaların geliştirilmesi hedeflenmektedir. Mobilite sektörlerinde araçların ve sistemlerin, zaman açısından daha hassas çalışmaları; sınırlı olan yollarda, artan nüfus ile gelen kalabalık araç kullanımına yönelik alternatif çözümler geliştirmeleri, otonom araçların otonomi seviyelerinin artırılması hedeflenmektedir.

Diğer yandan, hareketlilik rejimlerinin (mobility regime) sayısallaştırılması ve analizine yönelik teknoloji ve bilgi servislerinin geliştirilmesi, tahmini varış süresi, karayolu güvenliği, trafiğin hava kalitesine etkisi vb. geliştirilmesi, akıllı ulaşım ve yeşil seyahat uygulamalarında kullanılmak üzere büyük veri kütüphanelerinin oluşturulması, erişilebilirlik analizlerinin yapılması ve karar destek sistemlerinin geliştirilmesi, otomotiv sektöründe araç sistem ve parçalarının farklı koşullarda performans ve enerji verimliliği gibi konularda toplanan verilere yönelik büyük veri kütüphanelerinin oluşturulması ve üreticiler/sürücüler/filo sahiplerine anlık geri bildirim yapabilecek bulut tabanlı büyük veri analitiği çözümlerinin geliştirilmesi gibi konular da bu başlık altında yer alabilecek önemli çıktılardır. Yine otomotiv sektöründe otonom araçların V2V/V2X haberleşmelerine ve araç içi-dışı sensörlerden toplanan verilerin analiz edilip, karar verme mekanizmalarının oluşturulmasına yönelik teknolojilerin ve uygulamaların geliştirilmesi, büyük veri ve sınır bilişim (edge computing) teknolojileriyle desteklenmiş otonom sistemlerin bulut üzerinde PaaS ve SaaS servisleri ile farklı kullanım ortamlarında hızlı öğrenbilme, uyum sağlayabilme, yüksek doğrulukla algılama, hızlı karar verebilme ve birlikte hareket edebilme özelliklerini taşıyacak şekilde uygulamaları önem arz etmektedir.

Türkiye'deki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 4-6

Dünya'daki Teknoloji Hazırlık Seviyesi: THS 7-8

Dünya ve Türkiye'deki Teknolojik Hazırlık Seviyesine İlişkin Görüşler

Dünyada otonom araç üreten büyük şirketler dışında, yalnızca otonomi konusunda uzmanlaşmış, "Toyota Research Center" örneğinde olduğu gibi Ar-Ge ve yenilik odaklı firmalar da kurulmaktadır.

Türkiye'de Eaton ve Ford Otosan'ın prototip ürünleri (THS 6) bulunmaktadır. Ülkemizde bu konu üzerine olgunlaşmış Ar-Ge ve yenilik çalışmaları bulunmaktadır, ancak dünyada olduğu gibi büyük ölçekte doğrulama (validasyon) faaliyetleri henüz tamamlanmamıştır. Sahip olduğumuz birikim ve insan kaynağıyla, dünyadaki seviyeyi kısa sürede yakalama potansiyelimiz bulunmaktadır.

Hedefe Ulaşılması için Kurulması Gereken Ar-Ge ve Yenilik İşbirlikleri

Araç üreticileri, kamu araştırma enstitüleri/merkezleri, düzenleyici kuruluşları ve kamu kurumları, akademisyenler ve araştırma merkezlerinin bir araya geldiği büyük ölçekli bir konsorsiyum ve bu konsorsiyum bünyesinde gerçekleştirilecek Ar-Ge ve yenilik projeleri tasarlanmalıdır.

Uygulamaya İlişkin Öngörülen Bütçe

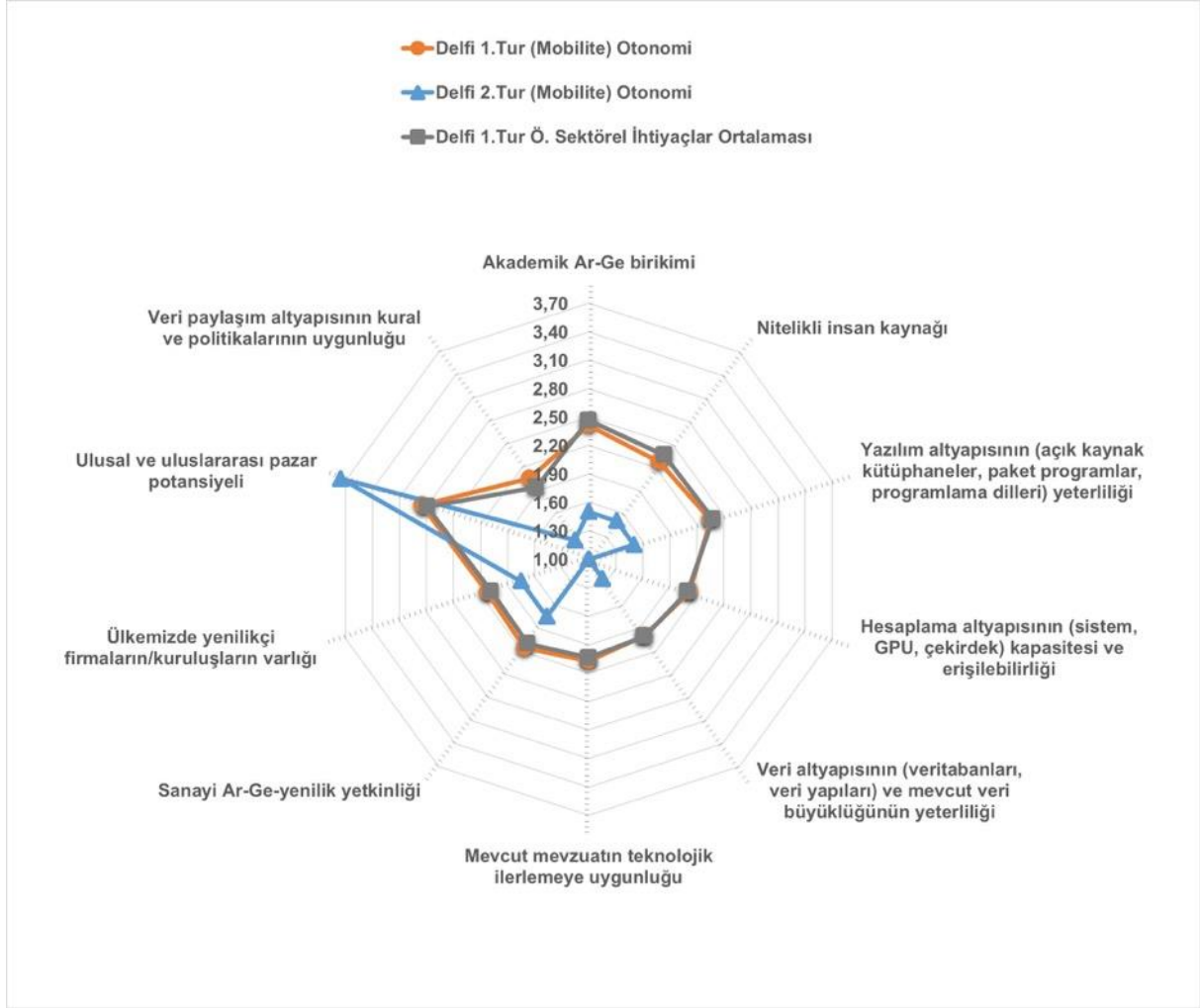
Yürütülecek Ar-Ge ve yenilik projelerinde donanım, yazılım ve insan kaynağı kalemleri ağırlıkta olacaktır. Deniz ve hava taşıtlarında maliyetler yüksek olduğu için, proje başına 15-20 milyon TL öngörülmektedir. Kara taşıtlarında daha küçük bütçelerle uygulamalar oluşturulabilir.

BÖLÜM 2 - YAPILABİLİRLİK

Ülkemizdeki Yapılabilirlik Değerlendirilmesi

[Yetersiz (1), Orta (2), İyi (3), Çok İyi (4)]

Kriterler Bazında Yapılabilirlik Şeması



Yapılabilirlik ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Bu alandaki uygulamaların geliştirilebilmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla ihtiyaç duyulan insan kaynağının, üniversiteler ve özel sektör nezdinde, nicel ve nitel olarak geliştirilmesi ihtiyacı bulunmaktadır.

Üniversiteler, araştırma merkezleri ve enstitüler, teknoloji tedarikçisi firmalar ile araç üreticilerinin Ar-Ge ve yenilik işbirliklerinin kuvvetlendirilmesi önem arz etmektedir. Otonom sürüş sistemlerinin test altyapılarının kurulması, halihazırdaki altyapıların güncellenmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir.

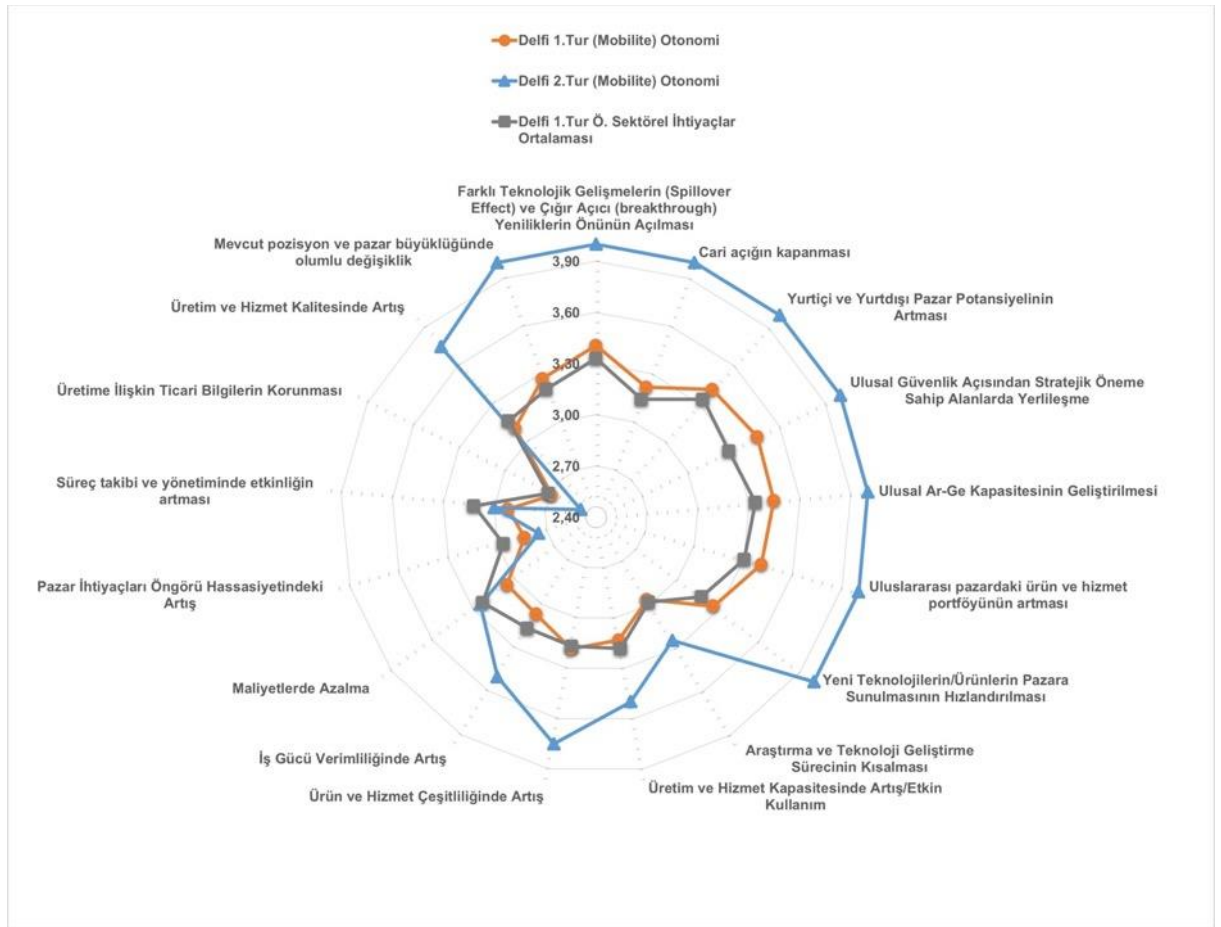
Otonom araçlar konusundaki mevzuat çalışmalarının da başlatılması ve olgunlaşması, uygulamaların yapılabilirliğini artıracaktır.

BÖLÜM 3 - ETKİ POTANSİYELİ

Etki Potansiyeli Değerlendirmeleri

[Katkısı Olmaz (1), Az Katkısı Olur (2), Katkısı Olur (3), Çok Katkısı Olur (4)]

Kriterler Bazında Etki Potansiyeli Şeması



Etki Potansiyeli ile İlgili Genel Değerlendirmeler ve Öneriler

Otonomi sahibi kara/hava/deniz araçlarının ekonomik katma değeri yüksek olacaktır. Bu araçların, diğer birçok sektörde de yenilikçi uygulamalarda kullanım potansiyeline sahip olmalarından dolayı; istihdam, katma değerli ürün ihracatı, cari açığın kapatılması gibi hususlarda etki potansiyelleri yüksektir.

BÖLÜM 4 - AR-GE VE YENİLİĞİ İVMELENDİRECEK HUSUSLAR

Hedefin ürünleşmesi/ticarileşmesi ve ülkemize ekonomik katkı sağlaması için ön plana çıkan kritik hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Test ve Sertifikasyon İhtiyaçları (Yerli sertifikasyon merkezleri, yerli test altyapıları, vb.)

Mobilite alanında geliştirilecek otonomi sahibi araçların test edilmesi ve sertifikalandırılmasına yönelik yerli test ve sertifikasyon merkezlerinin sayısının ve kapasitesinin artırılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Otonom araçların test ve sertifikasyon süreçlerinin tasarımına ilişkin olarak Yapay Zekâ ve hukuk alanındaki akademisyenlerin ve tüm ilgili paydaşlardan (araç üreticileri, yan sanayi, yazılım firmaları, düzenleyici kurumlar vb.) uzmanların bir araya gelmesi gerekmektedir.

Yasal / Teknik Düzenlemeler (Standartlar, mevzuatlar, patent sistemi, vb.)

Halihazırda dünyada uluslararası kuruluşlar (WEF, OECD vb.) nezdinde otonom mobilite araçlarıyla ilgili standartların, mevzuatların ve hukuki süreçlerin tasarım çalışmaları sürmektedir. Bu süreçlere ülkemizdeki muadil kuruluşların aktif katılımı gerekmektedir. Ülkemizdeki standart ve mevzuat çalışmalarının da uluslararası çalışmalarla eş zamanlı olarak ilerlemesi önem arz etmektedir.

Pazara Giriş Sıkıntıları (Son kullanıcıyla etkileşim, rekabet koşulları, kamu alımlarının etkisi, vb.)

Otonom sivil araçlar konusunda pazara giriş sıkıntıları, son kullanıcılarda güvenin tesis edilmesi ve ilgili mevzuatların olgunlaşması ile aşılabilecektir. Yurtiçi ve yurtdışı pazarlara, belli görevlere hizmet eden butik araçlarla girilmesi daha etkin olacaktır.

İnsan Kaynakları (İlgili yetkinlikte kalifiye eleman, ara teknik eleman, vb.)

Kontrol, sinyal işleme gibi mühendislik alanlarının yanı sıra ve Yapay Zekâ yöntemlerine de hâkim, çok disiplinli yetkinliklere sahip mühendislerin yetiştirilmesi, gelecekte yaygın kullanılacağı öngörülen bu uygulamalara yönelik nitelikli insan kaynağının geliştirilmesi için önem arz etmektedir. Bu amaçla çok disiplinli yüksek lisans, doktora programları açılması faydalı olacaktır.

EK 1: TÜRKİYE’DE VE DÜNYADA TEKNOLOJİ HAZIRLIK SEVİYELERİ

Katman	No	Kısa Başlık	Türkiye THS	Dünya THS
Teknolojik Hedefler	1	Az Etiketli Veriyle Modelleme	THS 2-3	THS 5-8
Teknolojik Hedefler	2	Performansı Yüksek Pekiştirmeli Derin Öğrenme	THS 2-4	THS 7
Teknolojik Hedefler	3	İstatistiksel Üretken Modeller	THS 2-4	THS 4-9
Teknolojik Hedefler	4	Açıklanabilirlik Düzeyi En Az 4 Olan Derin Denetimli Öğrenme	THS 2	THS 3-5
Teknolojik Hedefler	5	Alan Bilgisine Sahip, Verimli, Güvenilir Modeller	THS 4-9	THS 9
Kritik Ürün/Teknolojiler	1	Akıllı Robotik	THS 2-3	THS 5
Kritik Ürün/Teknolojiler	2	Planlama ve Tahmin	THS 2-4	THS 9
Kritik Ürün/Teknolojiler	3	Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme	THS 2-3	THS 6-9
Kritik Ürün/Teknolojiler	4	Doğal Dil İşleme (NLP)	THS 3-4	THS 8-9
Kritik Ürün/Teknolojiler	5	Türkçe Konuşma Tanıma/ Sentezleme	THS 3-9	THS 9
Kritik Ürün/Teknolojiler	6	Federe Öğrenme Platformları	THS 1-3	THS 5-6
Kritik Ürün/Teknolojiler	7	Diferansiyel Mahremiyet ile Verilerin Anonimleştirilmesi	THS 1-3	THS 7-9
Kritik Ürün/Teknolojiler	8	Biliş ve Davranış Analizi	THS 2-3	THS 5-6
Kritik Ürün/Teknolojiler	9	Yerli AutoML	THS 2-6	THS 9
Kritik Ürün/Teknolojiler	10	DLaaS	THS 2-3	THS 9
Öncelikli Sektörel Uygulamalar	1	Teşhisi Zor Hastalıklar	THS 4-9	THS 7-9
Öncelikli Sektörel Uygulamalar	2	Yardımcı Sağlıkta Açıklanabilir Yapay Zekâ	THS 2-3	THS 5-7
Öncelikli Sektörel Uygulamalar	3	Potansiyel Hastalık Belirleme ve Takip	THS 3-5	THS 5-6
Öncelikli Sektörel Uygulamalar	4	İlaç Geliştirme	THS 4-5	THS 6-7
Öncelikli Sektörel Uygulamalar	5	Bulaşıcı Hastalık Tespiti	THS 1-4	THS 5-6
Öncelikli Sektörel Uygulamalar	6	Otonom Sürüler	THS 4-7	THS 5-7
Öncelikli Sektörel Uygulamalar	7	Çok Amaçlı Otonom Robot	THS 2-3	THS 6-8
Öncelikli Sektörel Uygulamalar	8	Kestirimci Bakım	THS 4-6	THS 7-9
Öncelikli Sektörel Uygulamalar	9	E-Öğrenme ve Ölçme	THS 4-6	THS 7-9
Öncelikli Sektörel Uygulamalar	10	Enerji Kayıp/Kaçak Önleme Sistemleri	THS 3-5	THS 5-7
Öncelikli Sektörel Uygulamalar	11	Finans, Ticaret ve Lojistikte Verimlilik Sistemleri	THS 7-9	THS 7-9
Öncelikli Sektörel Uygulamalar	12	Tarım ve Hayvancılıkta Kalite ve Verim	THS 3-4	THS 7-8
Öncelikli Sektörel Uygulamalar	13	Uydu/Hava Görüntü Tanıma Sistemleri	THS 6-7	THS 8
Öncelikli Sektörel Uygulamalar	14	(Mobilité) Otonomi	THS 4-6	THS 7-8

EK 2: YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİ YOL HARİTASI ÇALIŞMA GRUBU ÜYELERİ

No	Ad-Soyad	Kurum/Kuruluş	Görevi
1	Abdullah Cemil Akçam	T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu	Bilişim Uzmanı
2	Agah Reha Turan	T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı	Uzman
3	Ahmet Bahadır Bülbül	T.C. Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayi Başkanlığı	Bilgi Teknolojileri Grup Müdürü
4	Dr. Ali Görçin	TÜBİTAK BİLGEM	Merkez Başkanı
5	Dr. Atilla Yardımcı	Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB)	Bilgi Hizmetleri Dairesi Başkanı
6	Caner Otrakçı	Türkiye İhracatçılar Meclisi (TİM)	TİM Dijital İş Geliştirme Direktörü
7	Emre Elgün	T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı	Uzman
8	Fahrettin Oylum	Müstakil Sanayici ve İşadamları Derneği (MÜSİAD)	MÜSİAD Dijital Dönüşüm Komitesi Başkanı ve Yönetim Kurulu Üyesi
9	Gönül Kamalı	Yazılım Sanayicileri Derneği (YASAD)	Yönetim Kurulu Üyesi ve Başkan Yardımcısı
10	Güldane Benan Akbaş	T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	AB Uzmanı
11	Prof. Dr. Mehmet Akşit	Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB)	TOBB ETÜ Bilgisayar Mühendisliği Öğretim Üyesi
12	Dr. Mehmet Haklıdır	TÜBİTAK BİLGEM	Başuzman Araştırmacı
13	Prof. Dr. Oğuz Ergin	Türkiye Bilişim Derneği	TOBB ETÜ Bilgisayar Mühendisliği Öğretim Üyesi
14	Osman Musa Aydın	T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Bakan Yardımcısı Danışmanı

No	Ad-Soyad	Kurum/Kuruluş	Görevi
15	Özkan Altuntaş	Türkiye İhracatçılar Meclisi (TİM)	TİM Strateji, İnovasyon ve Girişimcilik Uzmanı
16	Turgut Haspolat	T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi	Uzman
17	Dr. M. Umut Demirezen	T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi	Birim Müdürü
18	Utku Barış Pazar	Türk Sanayicileri ve İş Adamları Derneği (TÜSİAD)	TÜSİAD Yazılım Çalışma Grubu Başkanı ve Arçelik Genel Müdür Y.
19	Zafer Uygun	T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	AB Uzmanı

Çalışmanın Yürütülmesinde Görevli Uzmanlar

Ad Soyad	Kurum/Kuruluş
Hande Alpaslan	TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanı
Melis Kocatürk	TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Dairesi Müdür V.
Dr. Fatih Sinan Esen	TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Dairesi Bilimsel Programlar Başuzmanı

EK 3: YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİ YOL HARİTASI DANIŞMA GRUBU ÜYELERİ

No	Ad-Soyad	Kurum/Kuruluş
1	Dr. M. Umut Demirezen	T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi
2	Dr. Mehmet Haklıdır	TÜBİTAK BİLGEM
3	Dr. Bahadır Durak	Obase
4	Deniz Köksal	Inveon
5	Feride Aytül Erçil	Isra Vision
6	Mehmet Bilginsoy	Compugroup Medical
7	Reyzi Devrim Pamir	Organon Analytics
8	Şakir Yaman Tunaoğlu	Karel Elektronik
9	Serkan Öztürk	Turkcell Teknoloji Araştırma ve Geliştirme
10	Tanju Çataltepe	Tazi Bilişim Teknolojileri
11	Temel Akgün	Akgün Bilgisayar
12	Tuba Arslan Kır	Sestek
13	Prof. Dr. Ahmet İbrahim Ethem Alpaydın	Özyeğin Üniversitesi
14	Doç. Dr. Arzucan Özgür Türkmen	Boğaziçi Üniversitesi
15	Prof. Dr. Bahar Karaoğlu	Ege Üniversitesi
16	Prof. Dr. Erkan Ülker	Konya Teknik Üniversitesi
17	Prof. Dr. Ferda Nur Alpaslan	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
18	Prof. Dr. Hasan Fehmi Ateş	İstanbul Medipol Üniversitesi
19	Doç. Dr. Mehmet Erkut Erdem	Hacettepe Üniversitesi
20	Dr. Nazım Kemal Üre	İstanbul Teknik Üniversitesi
21	Dr. Ramazan Gökberk Cinbiş	Orta Doğu Teknik Üniversitesi

EK 4: YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİ YOL HARİTASI ODAK GRUP ÜYELERİ

No	Ad Soyad	Kurum/Kuruluş
1	Ali Haznedaroğlu	Sestek
2	Alper Çevik	Hemosoft
3	Doç. Dr. Arzucan Özgür Türkmen	Boğaziçi Üniversitesi
4	Prof. Dr. Ayşe Berrin Yanıkoglu Yeşilyurt	Sabancı Üniversitesi
5	Prof. Dr. Bahar Karaoğlu	Ege Üniversitesi
6	Doç. Dr. Berk Canberk	İstanbul Teknik Üniversitesi
7	Bilge Köroğlu	Yapı Kredi Teknoloji
8	Doç. Dr. Deniz Kılınç	İzmir Bakırçay Üniversitesi
9	Dr. Emin Çağatay Güler	TÜBİTAK BİLGEM
10	Prof. Dr. Erkan Ülker	Konya Teknik Üniversitesi
11	Ersin Kılıç	Akgün Bilgisayar
12	Dr. Fatih Mehmet Güleç	Algan Yazılım
13	Dr. Öğr. Ü. Füsün Servin Tut Haklıdır	İstanbul Bilgi Üniversitesi
14	Güven Orkun Tanık	TUSAŞ Havacılık ve Uzay
15	Prof. Dr. Halil Altay Güvenir	İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi
16	Doç. Dr. Mehmet Erkut Erdem	Hacettepe Üniversitesi
17	Dr. Mehmet Haklıdır	TÜBİTAK BİLGEM
18	Prof. Dr. Mehmet Kaya	Fırat Üniversitesi
19	Dr. Öğr. Ü. Muhammed Ali Aydın	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
20	Prof. Dr. Murat Saraçlar	Boğaziçi Üniversitesi
21	Mustafa Uğuz	Arçelik
22	Dr. Öğr. Ü. Nazım Kemal Üre	İstanbul Teknik Üniversitesi
23	Dr. Orçun Dayıbaş	Havelsan
24	Doç. Dr. Özlem Durmaz İncel	Galatasaray Üniversitesi
25	Prof. Dr. Öznur Özkasap	Koç Üniversitesi
26	Pınar Köse Kulacz	Arçelik
27	Dr. Öğr. Ü. R. Gökberk Cinbiş	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
28	Dr. Sedat Özer	İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi
29	Dr. Tanju Çataltepe	Tazi Bilişim Teknolojileri

No	Ad Soyad	Kurum/Kuruluş
30	Dr. Uğur Sopaoğlu	Havelsan
31	Prof. Dr. Yaşar Becerikli	Kocaeli Üniversitesi
32	Ömer Faruk Alış	Organon Analytics



**T.C. Cumhurbaşkanlığı
Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Kurulu**

© Ağustos 2021