

YENİ NESİL YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ:

VERİ, MEKÂN, ETKİLEŞİM VE AKILLI SİSTEMLER



Editör

Prof. Dr. Mehmet Nafiz AYDIN

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Aralık 2025

ISBN • 978-625-8682-79-3

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruyenyayinevi.com

e-mail: seruyenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 42488

YENİ NESİL YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ:

VERİ, MEKÂN, ETKİLEŞİM VE AKILLI SİSTEMLER

Editör
Prof. Dr. Mehmet Nafiz AYDIN

Editörün Önsözü

Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS), veri yoğun, akıllı ve birbirine bağlı teknolojilerin giderek artan bir şekilde kurumsal ve kullanıcı karar alma süreçlerini şekillendirmesiyle derin bir dönüşüm geçirmektedir. Artık operasyonel destekle sınırlı olmayan çağdaş YBS, yönetişimi, hesap verebilirliği ve uzun vadeli sürdürülebilirliği etkileyen stratejik sosyo-teknik altyapılar olarak işlev görmektedir. Bu kitap, YBS'nin ileriye dönük ve değişim-dönüşüm bilincine sahip bir bakış açısıyla, yeni nesil YBİS'in dayanıklı, şeffaf ve insan merkezli karar alma süreçlerini desteklemek üzere nasıl tasarlanabileceğini ve yönetilebileceğini ele almaktadır.

Bölümler, bu dönüşümün temel boyutlarını farklı odaklarda ancak tamamlayıcı bir yaklaşımla ele almaktadır. Veri, sistem ve analitiğin stratejik bir yetenek olarak entegrasyonunu; mekan tabanlı ve öngörücü yönetişimi sağlamak için mekansal verilerin, uzaktan algılamanın dahil edilmesini; ve yorumlanabilirliği, güveni ve analitiğin sorumlu kullanımını sağlamak için veri biliminin insan-bilgisayar etkileşimiyle birleşmesini incelemektedir. Diğer katkılar, düzenlenmiş ve veri açısından zengin ortamlarda görüntü tabanlı veri ve yazılım altyapılarının artan rolünün yanı sıra, güvenilirlik ve yönetişime özel önem verilerek, üretken yapay zeka ve dijital ikiz teknolojileriyle ilişkili fırsatları ve riskleri ele almaktadır.

Bu katkılar birlikte, verimlilik ve otomasyonun ötesine geçerek akıllı yönetişim, etik uygulama ve sürdürülebilir değer yaratmaya yönelik bir MIS vizyonunu ortaya koymaktadır. Bu cilt, örgütsel ve toplumsal alanlarda kritik kararlara aracılık eden yeni nesil bilgi sistemlerini şekillendirmekle meşgul olan araştırmacıları, uygulayıcıları ve karar vericileri bilgilendirmeyi amaçlamaktadır.

Prof.Dr. Mehmet Nafiz Aydın

Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü

Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

Yeni Nesil Yönetim Bilişim Sistemlerinde Veri, Sistem ve Analitik Bütünleşmesi.....	1
---	---

Şahin AYDIN

BÖLÜM 2

Yönetim Bilişim Sistemlerinde Mekânsal Veri, CBS ve Uzaktan Algılama Yaklaşımları.....	27
--	----

Gülsüm Çiğdem ÇAVDAROĞLU

BÖLÜM 3

Yönetim Bilişim Sistemlerinde Veri Bilimi ve İnsan-Bilgisayar Etkileşimi	47
--	----

Habibe AKTAY

BÖLÜM 4

Bilgi Sistemlerinde Görüntü Tabanlı Veri Analizi ve Yazılım Yaklaşımları.....	63
---	----

Elif Deniz YELMENOĞLU

BÖLÜM 5

Yönetim Bilişim Sistemlerinde Üretken Yapay Zekâ, Dijital İkiz ve Güvenirlik Sorunları	77
--	----

Muhammet Emre ÖZKAN

Hüseyin DENİZ

Deniz ALTINTAŞ



YENİ NESİL YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİNDE VERİ, SİSTEM VE ANALİTİK BÜTÜNLEŞMESİ

“ ”

Şahin AYDIN¹

¹ Dr., sahin.aydin@isikun.edu.tr <https://orcid.org/0000-0001-7355-5339>
Işık Üniversitesi İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi Yönetim Bilişim Sistemleri

1. Giriş

Dijital dönüşüm süreciyle birlikte örgütlerin karşı karşıya kaldığı veri hacmi, çeşitliliği ve karmaşıklığı önemli ölçüde artmıştır. Yapay zekâ, nesnelerin interneti, coğrafi bilgi sistemleri ve dijital ikizler gibi teknolojilerin yaygınlaşması, farklı kaynaklardan üretilen verilerin birlikte ele alınmasını ve anlamlı bilgiye dönüştürülmesini zorunlu kılmıştır. Bu gelişmeler, yönetim bilişim sistemlerinin yalnızca veri toplayan ve raporlayan yapılar olmaktan çıkarak, veri, sistem ve analitik bileşenleri bütünlük bir çerçevede yöneten yapılara evrilmesine neden olmuştur. Bu bölüm, söz konusu dönüşümü yönetim bilişim sistemleri (YBS) perspektifinden ele almayı ve yeni nesil YBS yaklaşımını kavramsal bir çerçeve içinde tartışmayı amaçlamaktadır.

YBS, günümüz iş dünyasında, özellikle karar alma süreçlerinde yöneticilerin doğru, eksiksiz, zamanında ve istenilen miktarda bilgiye duyduğu hayati ihtiyacı karşılamak üzere tasarlanmış sistemler bütünüdür (Gümüştekin, 2004). Literatürde YBS, örgüt içi ve örgüt dışı çevreden elde edilen ham verileri toplayan, filtreleyen ve anlamlı bilgi haline getirdikten sonra yöneticilere sunan bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Murdick ve Munson, 1986; Özgen ve Yalçın, 1992). Daha geniş bir perspektifle YBS; yönetimin karar alma sürecini destekleyen bütünlük bir bilgi sistemi (Holt, 1990) veya örgütün operasyon, analiz ve karar verme işlevlerini destekleyen entegre bir insan-makine sistemi olarak kabul edilir (Davis ve Olson, 1985; Kişi, 2020). Yönetim bilişim sistemleri, bilgisayar bilimleri ve yönetim bilimi disiplinlerini bir araya getirerek, teknolojinin stratejik ve yönetsel açıdan etkili kullanımına odaklanan çok disiplinli bir alandır (Damar ve Bölen, 2021; Laudon ve Laudon, 2006).

Klasik YBS'nin temel rolü, işletme faaliyetlerine ilişkin verilerin toplanması, kaydedilmesi ve işlenmesi işlevlerini yerine getirmektir (Gümüştekin, 2004). Bu sistemler, yöneticilere karar almayı desteklemek amacıyla seçilmiş, işlenmiş ve düzenlenmiş bilgiyi (ham veri değil) sağlar (Özgen ve Yalçın, 1992; Gümüştekin, 2004). Geleneksel olarak YBS, rutin veri işlemlerini gerçekleştirmek ve karar vericilere gerekli bilgileri sunmak üzere tasarlanmıştır (Fuori ve Aufiero, 1989). YBS'ler başlangıçta, çoğunlukla maliyet tasarrufu yoluyla yalnızca operasyonel verimliliği hedefleyen "aşağıdan yukarıya" (bottom-up) yaklaşımlarla tasarlanmıştır ve bu durum, sistemin örgütsel etkinliğe katkısını ölçmek yerine kolayca ölçülebilir hedeflere odaklanmıştır (King, 1978; Hamilton ve Chervany, 1981). Ayrıca, klasik YBS genellikle karmaşık matematiksel modeller yerine özetler ve karşılaştırmalar gibi temel yöntemleri kullanır ve önceden iyi bilinen yapısal konularla ilgilenir (Laudon ve Laudon, 1996).

Hızla değişen ve karmaşıklaşan iş çevresi, yöneticileri dinamik koşullara hızla adapte olmaya ve daha hızlı karar almaya zorlamaktadır (Özgen ve Yalçın, 1992). Endüstri 4.0 ile birlikte gelen dijitalleşme süreci, üretim süreçlerinde köklü değişimleri ve yeni iş modellerini ortaya çıkarmıştır (Akıncı ve Kahraman, 2024; Yüksel ve Şener, 2017). Klasik yönetim bilişim sistemleri yaklaşımları, ağırlıklı olarak operasyonel verimliliği desteklemeye odaklanmış; ancak artan çevresel belirsizlik ve değişkenlik karşısında esnek, bütünsel ve dinamik bilgi akışlarını yönetmede sınırlı kalmıştır. Ayrıca, geleneksel bilgi işlem yapıları arasında proje grupları arasında ortak bir koordinasyonun veya bütünsel bilgi akışının sağlanamaması, sistemik dönüşümü güçleştirmiştir (Damar ve Coşkun, 2016).

Bu kısıtlar ve dijitalleşmenin yarattığı zorluklar karşısında, işletmelerin rekabet gücünü artırmak ve kurumsal amaçlara ulaşmak için yeni nesil YBS yaklaşımlarına olan ihtiyaç artmıştır (Akıncı ve Kahraman, 2024; Karim, 2011). Yeni nesil YBS'nin temel motivasyonu, iç ve dış çevreden gelen verileri bütünsel bir yapıda toplayarak veri bütünselmesini ve sistem birlikte çalışabilirliğini sağlamaktır (Gümüştekin, 2004; Hicks, 1987). Endüstri 4.0'ın temel bileşenleri olan büyük veri ve yapay zekâ gibi analitik teknolojiler, karar verme süreçlerini iyileştirerek, müşteri ihtiyaçlarını daha iyi anlayarak ve üretim süreçlerinde verimlilik artışı sağlayarak yeni nesil YBS'nin temelini oluşturmaktadır (Akıncı ve Kahraman, 2024; Özışık ve Erdil, 2022). Bu bağlamda YBS disiplini, yalnızca teknik unsurlara değil, aynı zamanda sosyoloji, psikoloji ve ekonomi gibi sosyal yaklaşımları da içeren çağdaş bir sosyoteknik yaklaşımla ilerlemektedir (Laudon ve Laudon, 2006).

Bu bölüm, YBS disiplininin, Endüstri 4.0'ın getirdiği köklü değişimler karşısında veri, sistem ve analitik bütünselmesi odağında nasıl yeniden konumlandığını incelemeyi amaçlamaktadır. Akademik literatürde yapılan çalışmaların, bilişim sistemlerinde karar verme konusunun son yıllarda en çok ilgi çeken alan olduğunu göstermesi, analitik boyutun kritik önemini doğrulamaktadır (Yarlıkaş, 2015; Akıncı ve Kahraman, 2024). Bu çalışma, yeni nesil YBS'nin, kurumsal karar alma mekanizmalarını daha rasyonel, hızlı ve stratejik hale getirmek için veri, sistem ve analitik unsurlarını bütünsel olarak yönetimin planlama, organizasyon ve kontrol fonksiyonlarını daha etkin hale getirecek bütünsel bir mimarinin teorik çerçevesini sunmayı amaçlamaktadır (Damar ve Coşkun, 2016; Yozgat, 1998).

2. Yeni Nesil Yönetim Bilişim Sistemlerinin Temel Özellikleri

Bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan hızlı ilerleme, bilişim dünyasının farklı alanlarında köklü dönüşümlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu bağlamda bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan bu köklü dönüşüm, yazılım geliştirme yaşam döngüsü içerisinde yer alan tüm dinamiklerin

yeniden şekillenmesine neden olmuştur. Programlama dilleri ve veri tabanı yönetim sistemleri başta olmak üzere, yazılım geliştirme metodolojileri ile kullanıcı arayüzü tasarım yaklaşımlarında da zaman içerisinde önemli ölçüde değişiklikler yaşanmıştır. Söz konusu değişimler, veriyi stratejik değere dönüştüren yapısı sayesinde bilişim dünyasında merkezi bir rol üstlen YBS'yi de kaçınılmaz biçimde etkilemiştir. Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS), yalnızca geleneksel fonksiyonlarıyla sınırlı kalan bir yapı olmaktan çıkarak, günümüzün hızla değişen teknolojik ve organizasyonel gereksinimlerine cevap verebilmek adına pek çok yeni özelliği bünyesine entegre etmiş ve bu sayede daha gelişmiş ve modern bir yapıya dönüşmüştür.

Bütünleşik bir sistem olarak YBS, örgüt kaynaklarına ilişkin bilgileri yönetimde etkinlik sağlamak amacıyla bir araya getirir ve sistem tek bir yapıdan çok alt sistemlerin bileşimi olarak tasarlanır; yönetim için gerekli bilgiler ortak bir veri tabanından sağlanır (Gümüştekin, 2004; Erkut, 1989; Scott, 1985). Günümüzde ise Yönetim Bilişim Sistemleri, yalnızca örgüt içi kaynaklara ait verilerin tek bir merkezi veri tabanında toplanması anlayışının ötesine geçerek, dağıtık, esnek ve çok katmanlı bir bütünleşik yapı haline gelmiştir. Yeni nesil YBS mimarilerinde entegrasyon, yalnızca alt sistemlerin bir araya getirilmesiyle sınırlı kalmamakta; farklı veri kaynakları, uygulamalar, servisler ve analitik bileşenler arasında gerçek zamanlı ve çift yönlü bir etkileşim kurulmasını hedeflemektedir. Bu kapsamda YBS, kurumsal veri tabanlarının yanı sıra büyük veri platformları, bulut tabanlı servisler, harici açık veri kaynakları ve sensör temelli sistemlerle bütünleşik biçimde çalışabilen bir yapı kazanmıştır. Böylece yönetim için gerekli bilgiler statik raporlar yerine, anlık olarak güncellenen, bağlamsal ve analitik açıdan zenginleştirilmiş bilgi setleri şeklinde sunulmakta; YBS, yalnızca veriyi birleştiren değil, veri-sistem-analitik entegrasyonunu yöneten stratejik bir platform niteliğine bürünmektedir.

Yönetim ihtiyaçlarına yönelik olarak YBS, örgütün yaşama ve gelişmesini sağlamak ve örgütsel eylemleri yerine getirebilmek için, yönetimin gereksinim duyduğu doğru, zamanlı ve anlamlı bilgiyi sağlamayı amaçlar (Ülgen, 1990; Davis ve Olson, 1985). Ancak bugün YBSYi yönetimin bilgi gereksinimleri, yalnızca doğru, zamanlı ve anlamlı bilgi sağlanmasıyla sınırlı bir çerçevede ele alabilmemiz mümkün değildir. Güncel YBS yaklaşımları, yönetsel karar alma süreçlerini desteklemek üzere öngörü üretme, alternatif senaryolar oluşturma ve karar sonuçlarını simüle edebilme yeteneklerini de sistemin doğal bir parçası haline getirmiştir. Bu bağlamda YBS, geçmiş ve mevcut verilere dayalı betimleyici bilgi sunmanın ötesine geçerek, tahmine dayalı ve yönlendirici analitik çıktılar üretebilen bir yapıya evrilmiştir. Yönetimin gereksinim duyduğu bilgi artık yalnızca “ne oldu” veya “ne oluyor” sorularına yanıt vermekle kalmamakta; aynı zamanda “ne olabilir” ve “hangi karar daha uygundur” gibi ileri düzey yönetsel sorguları da desteklemektedir. Böylece

YBS, örgütsel eylemleri besleyen bir bilgi kaynağı olmaktan çıkarak, karar süreçlerine aktif biçimde katılan analitik bir karar destek altyapısı niteliği kazanmıştır.

Karar süreçlerine destek sağlayan YBS, yöneticilere karar almalarını kolaylaştıracak bilgileri zamanında ve anlamlı bir biçimde sunar; karar alma sürecini destekleyen bütünle ik bir bilgi sistemi niteliğindedir (Holt, 1990; Stoner vd., 1994; Gümüştekin, 2004). Günümüzde YBS’nde karar süreçlerine destek sağlama anlayışı, yöneticilere yalnızca karar almayı kolaylaştıracak bilgilerin sunulmasıyla sınırlı kalmamaktadır. YBS, karar alma sürecinin öncesi, sırası ve sonrası olmak üzere tüm aşamalarına entegre olan bir yapı kazanmıştır. Bu çerçevede sistem, alternatiflerin oluşturulması, olası sonuçların analiz edilmesi ve kararların örgütsel etkilerinin değerlendirilmesi gibi süreçleri analitik modeller, simülasyonlar ve akıllı karar mekanizmaları aracılığıyla desteklemektedir. Karar destek işlevi, statik ve tek yönlü bilgi sunumundan uzaklaşarak, etkileşimli, uyarlanabilir ve bağlama duyarlı bir yapıya evrilmiştir. Böylece yeni nesil YBS, yöneticilere yalnızca “karar almada yardımcı olan” bir araç değil, karar süreçlerini birlikte şekillendiren ve yönlendiren bütünlük bir karar destek platformu olarak konumlanmaktadır.

Bilgisayar temelli bir insan-makine sistemi olarak YBS, bilgisayar donanımı, yazılımı, veri tabanı ve ilgili iletişim araçlarını içeren, organizasyon içinde yer alan bir insan-makine sistemi olarak işlev görür (Kanter, 1984; Davis & Olson, 1985; Gümüştekin, 2004). Günümüzde YBS’nde insan-makine sistemi anlayışı, yalnızca bilgisayar donanımı, yazılımı ve veri tabanları arasındaki etkileşimi tanımlayan bir yapı olmaktan çıkarak, kullanıcı merkezli, akıllı ve etkileşimli dijital ekosistemler biçiminde yeniden şekillenmiştir. YBS, klasik masaüstü tabanlı uygulamaların ötesine geçerek; bulut bilişim altyapıları, mobil platformlar, web servisleri ve gerçek zamanlı iletişim teknolojileriyle bütünlük olarak çalışmaktadır. Bu dönüşümle birlikte sistem, kullanıcıdan gelen girdilere pasif biçimde yanıt veren bir yapı yerine, kullanıcı davranışlarını öğrenebilen, bağlama duyarlı ve proaktif öneriler sunabilen bir niteliğe kavuşmuştur. İnsan-makine etkileşimi, yalnızca bilgi giriş ve çıkışıyla sınırlı kalmamakta; görsel analitik arayüzler, etkileşimli panolar ve akıllı asistanlar aracılığıyla karar süreçlerini destekleyen bir etkileşim katmanına dönüşmektedir. Böylece yeni nesil YBS, teknik bileşenlerle insan unsuru arasında köprü kuran bir sistem olmanın ötesinde, insanı sistemin merkezine alan akıllı bir yönetsel çalışma ortamı olarak konumlanmaktadır.

İşlenmiş bilgiyi sunan bir sistem olarak YBS, yöneticilere karar almaları için ham veri değil, seçilmiş, işlenmiş ve düzenlenmiş veri, başka bir deyişle bilgi sağlar; bu bilgiyi toplayıp aktaran bilgisayar destekli bir sistemdir (Gümüştekin, 2004; Hicks, 1987). Yeni nesil YBS’de bilginin sunumu,

yöneticilere yalnızca seçilmiş, işlenmiş ve düzenlenmiş verinin aktarılması anlayışının ötesine geçmiştir. Günümüzde YBS, farklı kaynaklardan gelen büyük hacimli ve heterojen verileri bütünleştirerek, bu veriler üzerinde ileri analitik, veri madenciliği ve makine öğrenmesi teknikleri aracılığıyla anlam üretme yeteneği kazanmıştır. Bu dönüşümle birlikte sistem, yalnızca geçmişe yönelik özet bilgiler sunan bir yapı olmaktan çıkarak, örüntüleri ortaya çıkaran, ilişkileri keşfeden ve geleceğe yönelik içgörüler üreten bir analitik platforma evrilmiştir. Sunulan bilgi artık statik raporlar biçiminde değil; dinamik, görselleştirilmiş ve etkileşimli çıktılar aracılığıyla yöneticilere aktarılmaktadır. Böylece yeni nesil YBS, veriyi bilgiye dönüştüren bir araç olmanın ötesinde, bilgidен yönetsel değer ve içgörü üreten akıllı bir karar altyapısı niteliği kazanmıştır.

Verimliliği ve etkinliği artıran bir sistem olarak YBS, olağan işlerin daha iyi ve hızlı yapılmasına yardımcı olurken, örgütü iç problemler ve dış tehditler konusunda önceden uyarır ve işletme için önemli olabilecek fırsatlara dikkati çeker (Scott, 1985; Özgen & Yalçın, 1992). Yeni nesil Yönetim Bilişim Sistemlerinde verimlilik ve etkinlik kavramları, yalnızca rutin işlerin daha hızlı ve hatasız yürütülmesiyle sınırlı bir anlayıştan çıkarak, örgütün çevresel değişimlere uyum sağlayabilme ve stratejik çevikliğini artırma hedefi doğrultusunda yeniden tanımlanmaktadır. Güncel YBS yapıları, operasyonel süreçlerin izlenmesinin ötesinde, iç ve dış çevreden gelen verileri sürekli analiz ederek erken uyarı mekanizmaları, risk göstergeleri ve fırsat sinyalleri üretebilmektedir. Bu sayede sistem, ortaya çıkabilecek problemleri yalnızca raporlayan bir araç olmaktan çıkarak, olasılık temelli değerlendirmelerle yönetime proaktif geri bildirim sunan bir yapıya evrilmiştir. Verimlilik artık sadece süreç hızını ifade etmemekte; kaynakların en uygun şekilde kullanılması, belirsizliklerin yönetilmesi ve stratejik fırsatların zamanında değerlendirilmesi gibi boyutları da içermektedir. Böylece yeni nesil YBS, örgütsel performansı artıran operasyonel bir destek sistemi olmanın ötesinde, örgütün sürdürülebilir rekabet gücünü besleyen analitik ve öngörücü bir yönetim altyapısı haline gelmektedir.

Kapsam ve zaman perspektifini temel parametreler olarak ele alan bir sistem olan YBS, genellikle günlük operasyonel faaliyetlerden ziyade haftalık, aylık ve yıllık sonuçlara odaklanan, daha çok önceden tanımlanmış ve yapısal nitelik taşıyan konularla ilgilenen orta ve alt düzey yöneticilere bilgi desteği sunar (Laudon ve Laudon, 2021; Gümüştekin, 2004). Yeni nesil YBS'de kapsam ve zaman perspektifi, belirli raporlama dönemleri ve önceden tanımlanmış yapısal konularla sınırlı bir çerçeveden çıkarak, çok katmanlı ve esnek bir zaman ufku anlayışıyla ele alınmaktadır. Güncel YBS yapıları, günlük operasyonel veriler ile uzun vadeli stratejik göstergeleri aynı anda izleyebilen, gerçek zamanlı, kısa dönemli ve uzun dönemli analizleri bütünleşik biçimde sunabilen bir yapıya sahiptir. Bu dönüşümle birlikte YBS, yalnızca orta ve alt

düzey yöneticilere yönelik bir bilgi kaynağı olmaktan çıkarak, operasyonel, taktiksel ve stratejik karar seviyelerinin tamamını destekleyen kapsayıcı bir yönetsel platforma evrilmiştir. Önceden tanımlı ve yapısal raporların yerini, kullanıcı ihtiyaçlarına göre uyarlanabilen, etkileşimli ve senaryo bazlı analizler almaktadır. Böylece yeni nesil YBS, zaman ve kapsam açısından statik bir sistem olmaktan uzaklaşarak, örgütün tüm karar düzeylerinde anlık içgörü ve uzun vadeli yönelimleri birlikte sunabilen dinamik bir yönetim altyapısı haline gelmektedir.

Dış ve iç çevreden bilgi sağlayan bir sistem olan YBS, işletme ve çevresi hakkında, geçmiş, bugün ve geleceğe yönelik bilgiyi sağlayan bir işletme sistemi olarak hem örgüt içinden hem de dışından veri ve bilgi toplar (Kroenke & Nolan, 1987; Gümüştakin, 2004). Yeni nesil YBS’de iç ve dış çevreden bilgi toplama anlayışı, belirli periyotlarda ve sınırlı kaynaklardan veri derleyen bir yapıdan, sürekli, geniş kapsamlı ve çok kaynaklı bir veri ekosistemi yaklaşımına evrilmiştir. Güncel YBS’ler, örgüt içi işlemsel verilerin yanı sıra; açık veri platformları, sosyal medya akışları, sensör ve IoT tabanlı sistemler, sektörel veri servisleri ve diğer harici dijital kaynaklarla bütünleşik biçimde çalışabilmektedir. Bu sayede sistem, geçmiş ve mevcut duruma ilişkin bilgilerin ötesine geçerek, çevresel eğilimleri, pazar dinamiklerini ve olası gelecek senaryolarını analiz edebilen bir yapıya kavuşmuştur. İç ve dış çevre verilerinin bütünleşik olarak ele alınması, YBS’nin yalnızca durumu raporlayan bir araç değil, çevresel değişimleri izleyen, yorumlayan ve yönetime stratejik içgörü sunan bir yönetim altyapısı haline gelmesini sağlamaktadır. Böylece yeni nesil YBS, örgütü çevresinden yalıtın bir bilgi sistemi olmaktan çıkarak, örgüt ile çevresi arasında sürekli etkileşim kuran analitik bir arayüz niteliği kazanmaktadır.

Merkezi koordinasyonu esas alan bir sistem olarak YBS’de, örgüt bünyesindeki bilgi işlem, ofis otomasyonu ve karar destek sistemleri gibi YBS bileşenleri tüm bölümler tarafından kullanılabilmekte; ancak bu bileşenlerin kurulumu, geliştirilmesi ve yönetimi tek bir merkezden koordine edilmektedir (Scott, 1985; Özgen ve Yalçın, 1992). Yeni nesil Yönetim Bilişim Sistemlerinde merkezi koordinasyon anlayışı, tüm bilişim bileşenlerinin tek bir merkezden yönetildiği katı bir yapıdan, dağıtık ancak yönetişim temelli bir koordinasyon modeline evrilmiştir. Günümüzde YBS bileşenleri, örgütün farklı birimlerinde esnek biçimde kullanılabilen modüler ve servis tabanlı yapılar şeklinde tasarlanmakta; bu bileşenlerin geliştirilmesi ve işletilmesi yalnızca merkezi bir birimin sorumluluğu olmaktan çıkmaktadır. Bunun yerine, standartların, veri politikalarının, güvenlik ilkelerinin ve entegrasyon kurallarının merkezi olarak belirlendiği; uygulama ve kullanımın ise yerel ihtiyaçlara göre uyarlanabildiği hibrit bir yönetişim yaklaşımı benimsenmektedir. Bu dönüşüm, örgüt genelinde tutarlılığı korurken aynı zamanda çevikliği ve yenilik kapasitesini artırmaktadır. Böylece yeni nesil

YBS, katı merkezi kontrol anlayışının ötesine geçerek, merkezi ilke ve politikalarla yönlendirilen, ancak dağıtık biçimde çalışan esnek bir dijital yönetim altyapısı niteliği kazanmaktadır.

Tablo 1’te özetlenen bu dönüşüm, YBS’nin yalnızca operasyonel verimliliği destekleyen araçlar olmaktan çıkarak, veri, sistem ve analitik bileşenlerin bütünleştiği stratejik yönetim platformlarına evrildiğini göstermektedir.

Tablo 1. Yönetim Bilişim Sistemlerinin Özellikleri

Özellik	Geleneksel YBS Yaklaşımı	Yeni Nesil YBS’de Dönüşen Yaklaşım
Bütünleşik Bir Sistem Olması	Alt sistemlerin merkezi bir veri tabanı etrafında bütünleştirilmesi esas alınır.	Dağıtık, modüler ve çok katmanlı mimariler üzerinden veri, sistem ve analitik bileşenlerin gerçek zamanlı entegrasyonu sağlanır.
Yönetim İhtiyaçlarına Yönelik Olması	Yöneticilere doğru, zamanlı ve anlamlı bilgi sunarak karar almayı desteklemeyi amaçlar.	Yalnızca mevcut durumu raporlamakla kalmaz; öngörü, senaryo analizi ve yönlendirici analitik çıktılar üretmek karar süreçlerine aktif katılım sağlar.
Karar Sürecine Destek Sağlaması	Karar almaya yardımcı olacak bilgileri sunan bütünleşik bir bilgi sistemi niteliğindedir.	Karar sürecinin tüm aşamalarına entegre olan, etkileşimli, uyarlanabilir ve analitik modellerle desteklenen bir karar platformu haline gelmiştir.
Bilgisayar Temelli İnsan-Makine Sistemi	Donanım, yazılım, veri tabanı ve iletişim araçlarından oluşan bilgisayar destekli bir insan-makine sistemi olarak işler.	Kullanıcı merkezli, bağlama duyarlı, öğrenebilen ve görsel analitik arayüzlerle zenginleştirilmiş akıllı bir dijital çalışma ortamına dönüşmüştür.
İşlenmiş Bilgi Sunması	Ham veriyi işleyerek yöneticilere düzenlenmiş ve anlamlı bilgi sunar.	Büyük veri ve ileri analitik tekniklerle veriden içgörü üreten, dinamik ve etkileşimli bilgi sunumuna odaklanır.
Verimliliği ve Etkinliği Artırması	Rutin işlerin daha hızlı ve doğru yapılmasını sağlar, yöneticileri sorun ve fırsatlar konusunda bilgilendirir.	Erken uyarı mekanizmaları, risk göstergeleri ve fırsat sinyalleriyle örgütsel çevikliği ve stratejik uyumu destekler.
Kapsam ve Zaman Perspektifi	Haftalık, aylık ve yıllık raporlar üzerinden orta ve alt düzey yöneticilere yönelik yapılandırılmış bilgi sunar.	Gerçek zamanlıdan uzun vadeli stratejik ufka kadar tüm karar seviyelerini kapsayan esnek ve çok katmanlı bir zaman perspektifi sunar.
Dış ve İç Çevreden Bilgi Sağlama	Örgüt içi ve sınırlı dış kaynaklardan geçmiş ve mevcut duruma ilişkin veri toplar.	Açık veri, IoT, sosyal medya ve harici dijital kaynaklarla bütünleşerek çevresel eğilimleri ve olası gelecek senaryolarını analiz eder.
Merkezi Koordinasyon	YBS bileşenlerinin kurulumu, geliştirilmesi ve yönetimi tek bir merkezden yürütülür.	Merkezi ilke ve standartlarla yönlendirilen, ancak dağıtık ve esnek kullanım imkânı sunan hibrit bir yönetim modeli benimsenir.

Bu başlık altında, Yönetim Bilişim Sistemlerinin geleneksel olarak tanımlanan temel özelliklerinin, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler doğrultusunda nasıl değiştiği ve yeniden şekillendiği ayrıntılı biçimde ele alınmıştır. Klasik YBS yaklaşımlarında daha çok merkeziyetçi,

dönemsel raporlamaya dayalı ve operasyonel verimlilik odaklı bir yapı öne çıkarken; yeni nesil YBS'lerin dağıtık mimariler, gerçek zamanlı veri akışları ve ileri analitik yeteneklerle donatılmış bütünleşik yönetim platformlarına dönüştüğü görülmektedir. Bu dönüşüm, YBS'nin yalnızca bilgiyi toplayan ve sunan bir sistem olmaktan çıkarak, karar süreçlerine aktif biçimde katılan, çevresel değişimleri izleyen ve yönetsel içgörü üreten stratejik bir rol üstlenmesini sağlamıştır. Dolayısıyla günümüz YBS anlayışı, veri, sistem ve analitik bileşenlerin bütünleştiği dinamik bir yapı olarak ele alınmakta; bu bütünleşme, bir sonraki bölümde ayrıntılı biçimde tartışılacak olan yeni nesil yönetsel analitik ve sistem mimarilerinin de temelini oluşturmaktadır.

3. YBS'de Veri Bütünleşmesi ve Veri Yaşam Döngüsü

Günümüzde YBS, yalnızca geleneksel operasyonel ya da finansal kayıtlardan oluşan yapılandırılmış veri kaynaklarıyla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda fiziksel çevreden, üretim süreçlerinden ve çevresel koşullardan sürekli olarak üretilen büyük ve heterojen veri setlerini de bütünleşik biçimde ele almaktadır (Hong vd., 2020; Rigakis vd., 2023). Bu çeşitlilik, YBS'nin ele aldığı veri türlerinin uygulama alanına göre farklılaşmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Özellikle tarımsal üretim sistemleri gibi çevresel belirsizliklerin yüksek olduğu alanlarda, YBS'nin etkinliği, farklı kaynaklardan gelen verileri anlamlı bir bütün içerisinde işleyebilme yeteneğiyle doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda hassas arıcılık uygulamaları, heterojen veri yapılarının YBS içinde nasıl bütünleştirildiğini ve yönetsel karar süreçlerine nasıl dönüştürüldüğünü göstermek açısından açıklayıcı bir örnek sunmaktadır. Hassas arıcılık gibi tarımsal alt sistemlerde YBS'nin başarısı, sistemin çevresel girdileri gerçek zamanlı olarak algılayabilmesi ve bu girdilere hızlı ve doğru biçimde tepki verebilmesiyle yakından ilişkilidir (Zacepins vd., 2015; Komasilovs vd., 2019). Bu çerçevede çağdaş Yönetim Bilişim Sistemleri, yalnızca geleneksel kurumsal verilerle değil; Nesnelerin İnterneti (IoT) tabanlı cihazlar aracılığıyla üretilen sıcaklık, nem, ağırlık, gaz konsantrasyonu ve titreşim gibi çevresel ve yapısal parametrelere ilişkin sensör verileriyle de bütünleşik biçimde çalışmaktadır (Rigakis vd., 2023; Edwards-Murphy et al., 2016). Bu tür veriler, fiziksel ortamdan sürekli ve yüksek frekansta üretilmeleri nedeniyle, YBS içinde gerçek zamanlı izleme, durum değerlendirme ve karar destek süreçlerinin etkinliğini artıran önemli bir bilgi kaynağı oluşturmaktadır. Bu sensörler, kovan içindeki metabolik süreçleri, koloni sağlığını ve aktivite düzeyini yansıtan çok değişkenli zaman serileri üretmekte ve genellikle düşük güçlü mikroişlemciler aracılığıyla sürekli veri toplama esasına dayalı olarak çalışmaktadır (Hong et al., 2020; Rigakis et al., 2023; Komasilovs et al., 2019). YBS'ye aktarılan bu veri akışına ek olarak, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknolojileri, arazi kullanımı, bitki örtüsü dağılımı, iklim koşulları ve topografya gibi mekânsal verilerin analiz edilmesi ve görselleştirilmesinde kritik bir rol üstlenmektedir (Abou-Shaara, 2019;

Zoccali et al., 2017; Elmastas et al., 2022). CBS, mekânsal bilgileri elde etme, dönüştürme, analiz etme ve görselleştirme yetenekleri sayesinde, büyük hacimli veri kümelerinin etkin biçimde yönetilmesinde önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir (Burrough ve McDonnell, 1998; Zoccali vd., 2017). Ayrıca video ve görüntü verileri, kovan girişindeki trafiğin sayılması, davranış kalıplarının izlenmesi ve parazit istilalarının (örneğin Varroa) tespit edilmesi amacıyla kullanılırken (Su vd., 2025; Tashakkori vd., 2021), arıcılık günlükleri gibi yapısal olmayan veri kaynakları, sensör ölçümleriyle senkronize edilerek karar süreçlerini destekleyen bağlamsal bilgi üretimine katkı sağlamaktadır (Dupont vd., 2021; Johannsen vd., 2020).

Bu denli geniş ve çeşitli veri setlerinin YBS içerisinde anlamlı çıktılara dönüştürülebilmesi, veri bütünleşmesi, veri kalitesi ve standardizasyon gibi unsurların yönetsel birer zorunluluk olarak ele alınmasını beraberinde getirmektedir. Veri bütünleşmesi, heterojen kaynaklardan gelen bilgilerin bir araya getirilerek tek bir analitik çerçevede ele alınması yoluyla, herhangi bir tekil kaynaktan elde edilene kıyasla daha tutarlı, doğru ve kullanışlı çıktılar üretilmesini sağlayan bir süreçtir. Özellikle mekânsal planlama ve çevresel risk analizi gibi YBS'nin kritik karar süreçlerinde, sensör verileri, CBS katmanları ve manuel gözlemlerin birlikte ele alınması, elde edilen çıktılarının güvenilirliğini artırmaktadır (Abou-Shaara, 2019; Edwards-Murphy vd., 2016). Yönetsel bir zorunluluk olarak veri kalitesi, kullanılan sensörlerin doğru biçimde kalibre edilmesi, verilerin tutarlılığının düzenli olarak doğrulanması ve ölçümlerin gürültüden arındırılmasıyla doğrudan ilişkilidir (Rigakis vd., 2023; Mutinelli vd., 2021; Abdollahi vd., 2022). Örneğin arıların iletişim kurmak amacıyla kullandığı akustik sinyallerin analizi, yüksek frekanslı sinyal işleme ve karmaşık özellik çıkarımı gerektirmekte; bu süreçlerde ön işleme adımlarının ihmal edilmesi, yanlış karar verme riskini artırmaktadır (Szcurek vd., 2019; Abdollahi vd., 2022). Ayrıca YBS'nin farklı platformlarda ölçeklenebilirliğini, esnekliğini ve güvenilirliğini desteklemek amacıyla, sistemin tek bir veritabanına bağımlı olmaması ve tekil sorumluluk ilkesine dayanan gevşek bağlı birimler sunan mikro hizmet mimarisi gibi çağdaş yaklaşımları benimsemesi önemli bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır (Aydin ve Aydin, 2022). Bu yaklaşım çerçevesinde sağlanan standardizasyon, YBS'nin JSON, XML veya RDF gibi farklı veri formatlarını işleyebilmesini ve paydaşlar arasında şeffaf ve birlikte çalışabilir bir veri paylaşımını desteklemesini mümkün kılmaktadır (Aydin ve Aydin, 2022). YBS'de veri, veri yaşam döngüsü boyunca ele alınarak stratejik bir varlığa dönüşmekte; bu döngü veri üretimi, depolanması, işlenmesi ve karar süreçlerinde kullanımı gibi aşamalardan oluşmaktadır. Örneğin hassas arıcılık uygulamalarında veri üretimi, IoT ve Kablosuz Sensör Ağları (WSN) kullanılarak kovanlar ve çevresel bileşenlerden sürekli veri akışının sağlanmasıyla gerçekleşmektedir; sensörler, verileri anlık olarak

toplamakta ve zaman damgalı çok değişkenli paketler halinde, ilk veri işleme ve iletim işlevini üstlenen mikroişlemciler aracılığıyla üst katman sistemlere aktarmaktadır (Gil-Lebrero vd., 2017; Rigakis vd., 2023; Hong et al., 2020). Depolama aşamasında veriler, yerel SD kartlar ve yerel sunucular üzerinde geçici olarak saklanmakta; ardından daha büyük ölçekli depolama ve analitik işlemleri destekleyen bulut tabanlı sunuculara aktarılmaktadır (Gil-Lebrero vd., 2017; Komasilovs vd., 2019). İşleme aşamasında YBS, yalnızca temel istatistiksel analizlerle sınırlı kalmayarak, koloni davranışlarının anlaşılmasına yönelik olarak makine öğrenimi (ML) ve derin öğrenme (DL) algoritmalarından yararlanmaktadır (Rigakis vd., 2023; Edwards-Murphy vd., 2016; Šabić vd., 2025). Bu algoritmalar, ağırlık, sıcaklık, gaz ölçümleri ve giriş-çıkış trafiği gibi farklı veri türlerini eş zamanlı biçimde analiz ederek koloni durumlarını sınıflandırmakta ve gelecekte ortaya çıkabilecek olası durumlara ilişkin öngörüler üretmektedir (Edwards-Murphy vd., 2016). Kullanım aşamasında ise işlenen veriler, arıcının hızlı ve doğru biçimde müdahalede bulunabilmesini destekleyen alarmlar, görselleştirilmiş gösterge panelleri (dashboardlar) ve eyleme dönüştürülebilir öngörüler şeklinde sunulmaktadır (Rigakis vd., 2023; Edwards-Murphy vd., 2016). Bu bütünleşik veri yönetim yapısı, verilerin stratejik karar süreçlerini desteklediği tarım ve çevre yönetimi gibi alanlarda YBS'nin etkinliğini artırmaktadır. Entegre verilerin kullanımı, özellikle tarım ve çevre yönetiminde kritik öneme sahip kararların daha bütüncül ve güvenilir biçimde alınmasına olanak tanımaktadır. Örneğin arıcılık gibi tarımsal faaliyetlerin planlanmasında, CBS tabanlı çok kriterli karar verme teknikleri; sıcaklık, yağış, rakım, flora yapısı ve yollara olan mesafe gibi çevresel faktörleri bir arada değerlendirerek arazi uygunluk analizlerinin gerçekleştirilmesini sağlamaktadır (Elmastas vd., 2022; Zoccali vd., 2017; Amiri ve Shariff, 2012). Bu tür mekânsal analizler, arıcılık açısından en uygun alanların belirlenmesine katkı sunarak verimlilik hedeflerinin desteklenmesine yardımcı olmakta (Zoccali vd., 2017); aynı zamanda pestisit maruziyeti veya arıların besin toplama alanlarının azalması gibi çevresel risklerin görünür kılınmasını mümkün hale getirmektedir (Kotovs vd., 2025; Vadnais vd., 2025).

Özetle, YBS'nin veri bütünleşmesi ve veri yaşam döngüsü yönetimine odaklanması, farklı alanlarda geliştirilen karmaşık sistemlerin izlenmesini ve denetlenmesini mümkün kılarak, sistemi salt bir kayıt tutma mekanizmasının ötesine taşımakta ve stratejik bir karar destek platformuna dönüştürmektedir. Bu bölümde örnek uygulama alanı olarak hassas arıcılık ele alınmış olsa da, burada tartışılan heterojen veri kaynaklarının bütünleştirilmesi ve verinin yaşam döngüsü boyunca etkin biçimde yönetilmesi yaklaşımı, farklı alanlarda benzer biçimde geçerlidir. Ancak bu bütünleşik yapının sürdürülebilir, ölçeklenebilir ve birlikte çalışabilir biçimde hayata geçirilebilmesi, YBS'nin yalnızca veri odaklı değil, aynı zamanda sistem bütünleşmesini

ve mimari yaklaşımları merkeze alan bir tasarım anlayışıyla ele alınmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda bir sonraki bölümde, farklı sistemlerin YBS çatısı altında nasıl entegre edildiği ve bu entegrasyonu mümkün kılan mimari yaklaşımlar ele alınmaktadır.

4. Sistem Bütünleşmesi ve Mimari Yaklaşımlar

Günümüzün değişen ve gelişen YBS anlayışı kapsamında, heterojen sistemlerin mimari düzeyde bütünleştirilmesi; küresel rekabetin yoğunlaştığı ve işbirlikçi ekosistemlerin giderek karmaşıklaştığı bir ortamda, işletmelerin rekabet gücünü ve operasyonel verimliliğini sürdürebilmesi açısından temel bir gereklilik haline gelmiştir (Agostinho vd., 2016). Geleneksel kurumsal bilişim sistemleri, büyük ölçüde önceden tanımlanmış işlevselliklere dayanmaları nedeniyle katı ve durağan yapılara sahip olmuş; bu durum, söz konusu sistemlerin pazar ortamındaki hızlı değişimlere uyum sağlama ve uzun vadeli sürdürülebilirliği koruma yeteneklerini önemli ölçüde sınırlamıştır (Agostinho vd., 2016). Bu bağlamda kurumsal bütünleşme, YBS alan amaçlarını etkin biçimde yerine getirebilmesi için, ilgili sistemlerin sürekli olarak entegre bir durumda tutulmasını ve bu bütünleşmeyi destekleyecek biçimde tasarlanmasını ifade eden bir süreç olarak ele alınmaktadır (Panetto ve Molina, 2008; Agostinho vd., 2016). Ancak arayüzlerin hızla güncelliğini yitirdiği dinamik ağ ortamlarında, statik bütünleşme çözümleri yetersiz kalmakta; bu durum, sistemlerin belirli bir süre boyunca birlikte çalışabilme ve bilgi alışverişini sürdürebilme yeteneği olarak tanımlanan birlikte çalışabilirliğin, modern YBS için temel bir gereklilik haline gelmesine yol açmaktadır (Agostinho vd., 2016). Bilişim sistemlerinin doğasında bulunması beklenen birlikte çalışabilirlik, karmaşık altyapıların otomatik bilgi alışverişini gerçekleştirebilmesi ve koordineli biçimde çalışabilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir (Panetto vd., 2016).

Günümüz bilişim ortamı temelde dağıtık bir yapı sergilemektedir. Bağlanabilirlik maliyetlerinin düşmesi ve ağ erişiminin neredeyse her yerde mümkün hale gelmesi, bilgi sistemlerinin çalışma biçimini köklü şekilde dönüştürmüştür. Aynı zamanda bu ortam, çok sayıda farklı teknoloji, platform ve çerçevenin bir arada bulunduğu yüksek düzeyde çeşitlilik içeren bir yapı sunmaktadır. Kısa bir süre öncesine kadar bağlantı ve veri senkronizasyonu açısından mümkün görülmeyen pek çok uygulama, bugün sıradan gereksinimler haline gelmiş; küresel ölçekte dağıtık veri kaynaklarıyla çevrim içi bilgi paylaşımı ve eş zamanlı çalışabilirlik temel bir beklenti olarak ortaya çıkmıştır. Bu gelişmelere paralel olarak, daha karmaşık uygulamaların daha düşük maliyetlerle geliştirilmesi yönünde artan bir baskı söz konusudur. İş dünyası da benzer biçimde daha çevik bir yapıya evrilmiştir. Şirket birleşmeleri, devralmalar ve yeni iş birlikleri giderek daha

sık gerçekleşmekte; bu dinamik yapı, bilgi teknolojileri altyapıları üzerinde doğrudan etkiler yaratmaktadır. İş birliği içinde çalışan kurumların yalnızca organizasyonel düzeyde değil, bilişim altyapıları açısından da uyumlu ve birlikte çalışabilir olması gerekmektedir. Ancak özellikle bilgi sistemleri söz konusu olduğunda, entegrasyon karmaşık ve çok boyutlu bir problem alanı olarak öne çıkmaktadır. Uygulamaların desteklemesi gereken veri hacmi ve işlem sayısı sürekli artmakta; bu durum, ölçeklenebilirlik sorunlarını geçmişe kıyasla çok daha kritik hale getirmektedir. Buna ek olarak, kullanıcı beklentilerinin yükselmesi ve hata toleransının azalması, güvenilirlik ve erişilebilirlik konularını vazgeçilmez gereksinimler haline getirmiştir. Bilgi güvenliği farkındalığının artmasıyla birlikte, uyulması gereken standartlar ve düzenlemeler de çoğalmıştır. Günümüz uygulamalarının bir yandan birlikte çalışması beklenirken, diğer yandan bu etkileşimin güvenli biçimde sağlanması zorunlu hale gelmiştir. Tüm bu gelişmeler, modern uygulamaların çok daha karmaşık ve çok yönlü zorluklarla karşı karşıya olduğunu göstermektedir. Bu gereksinimlerin karşılanabilmesi için, entegrasyon, ölçeklenebilirlik, güvenilirlik ve güvenliği birlikte ele alan yeni bir mimari yaklaşımın geliştirilmesi kaçınılmaz hale gelmiştir.

Bu mimari zorluklara bir yanıt olarak, servis tabanlı mimari (STM) ve mikrohizmet yaklaşımları, sistem bütünleşmesinin mimari düzeyde yeniden ele alınmasını sağlamıştır. STM, gevşek bağlı bir mimari yaklaşım olarak tanımlanmakta olup, sistemler arasında yeniden kullanılabilirlik, çeviklik, verimlilik ve birlikte çalışabilirlik gibi özelliklerin desteklenmesini amaçlamaktadır (Niknejad vd., 2020). Bu yaklaşım, yazılım uygulamalarını ve altyapıyı; işletim sistemleri, platformlar, programlama dilleri ve ağlar arasında etkileşim kurabilen bir dizi hizmet olarak yeniden yapılandırarak, modülerlik, ölçeklenebilirlik ve bakım etkinliğinin artırılmasına olanak tanımaktadır (Alves vd., 2025; Niknejad vd., 2020).

Mikrohizmetler ise STM'nin daha somut bir yorumu olarak, tek bir sorumluluğa odaklanan, bağımsız biçimde konuşlandırılabilen, ölçeklenebilir ve test edilebilir küçük uygulamalar şeklinde tanımlanmaktadır (Thönes, 2015; Butzin vd., 2016). Mikrohizmet mimarisi, sınırlanmış bağlam kavramını benimseyerek mümkün olduğunca az paylaşım ilkesine dayanan bir yapı sunmakta ve bu yaklaşım sayesinde bileşenler arasındaki bağımlılıkların en aza indirilmesini amaçlamaktadır (Richards, 2015). Gevşek bağlı sistem bütünleşmesinin sağlanmasında kritik bir rol üstlenen Uygulama Programlama Arayüzleri (API) aracılığıyla iletişim, mikrohizmetlerin; geleneksel servis tabanlı mimarilerde yaygın olarak kullanılan merkezi Kurumsal Servis Veri Yolu (Enterprise Service Bus - ESB) yaklaşımı yerine, HTTP/REST gibi hafif mekanizmalar üzerinden doğrudan etkileşim kurabilmesini mümkün kılmaktadır (Başkarada vd., 2020; Alves vd., 2025).

Mikrohizmet mimarisinde API katmanı, hizmet tüketicileri için bir soyutlamacephesi işlevi göerek, tüketicilerin hizmetlerin fiziksel konumunu ya da içsel ayrıntılarını bilme gereksinimini ortadan kaldırmaktadır (Richards, 2015). Bu bağlamda kurumsal birlikte çalışabilirlik, sistemlerin gevşek bağlı bir biçimde bütünleştirilmesiyle sağlanan ve farklı bileşenlerin tutarlı bir şekilde etkileşim kurabilmesine olanak tanıyan bu mimari yaklaşımın doğal bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Romero ve Vernadat, 2016).

Modern YBS, veri kaynaklarının giderek daha dağıtık hale gelmesi ve gerçek zamanlı sistem gereksinimlerinin artması doğrultusunda, mimari modellerini de buna paralel biçimde geliştirmiştir. Bu bağlamda bulut bilişim, paylaşılan ve yapılandırılabilir bilgi işlem kaynaklarına geniş ağ erişimi üzerinden talep üzerine erişim imkânı sunan bir model olarak; esneklik, ölçeklenebilirlik ve operasyonel maliyetler açısından önemli avantajlar sağlamaktadır (Panetto vd., 2016). Ancak bulut sunucuları ile veri kaynakları arasındaki fiziksel mesafenin yol açabildiği gecikme sorunlarına yanıt olarak, uç bilişim (edge computing) paradigması geliştirilmiştir (Alves vd., 2025). Uç bilişim, bilgi işlem kaynaklarını veri kaynaklarına yaklaştırarak gerçek zamanlı performansı ve yerel kontrol yeteneklerini artıran dağıtık bir bilgi işlem yaklaşımı olarak öne çıkmaktadır. Bu yaklaşımın bir uzantısı olan sis (fog) bilişimi, bulut ile uç katman arasında konumlanan ek bir ara katman aracılığıyla gecikmenin azaltılmasını ve kritik verilerin öncelikli olarak işlenmesini mümkün kılmaktadır. Bulut ve uç bilişimi bir arada ele alan hibrit mimari yaklaşımlar ise, endüstriyel süreçlerin değişken gereksinimlerine göre dinamik kaynak tahsisini destekleyerek sistem performansının dengeli biçimde optimize edilmesine olanak tanımaktadır. Genel olarak dağıtık sistem mimarileri, merkezi modellere kıyasla daha yüksek güvenilirlik, esneklik ve operasyonel dayanıklılık sunmaktadır (Alves vd., 2025). Sürdürülebilir birlikte çalışabilirlik, mevcut gereksinimlerin karşılanması yanı sıra, gelecekte ortaya çıkabilecek değişikliklere ve yeni sistem ihtiyaçlarına uyum sağlama yeteneğinin korunmasını hedeflemektedir. Bu nedenle kurumsal bütünleşmenin etkin biçimde sağlanabilmesi için, birlikte çalışabilirliğin sistemin ilk kavramsal tasarım aşamasından itibaren temel bir gereklilik olarak ele alınması zorunlu hale gelmektedir (Agostinho vd., 2016).

Nihayetinde bu modern mimari yaklaşımlar, dinamik ve sürekli değişen bir iş ortamında Yönetim Bilişim Sistemlerinin yalnızca teknik altyapısını değil; aynı zamanda tasarım anlayışını, yönetim biçimlerini ve uzun vadeli sürdürülebilirliğini de yeniden şekillendirmektedir. Servis tabanlı ve mikrohizmet odaklı mimariler, API temelli entegrasyon yaklaşımları ile bulut, uç ve hibrit bilişim modellerinin birlikte ele alınması, YBS'lerin

farklı sistem ve bileşenleri gevşek bağlı ancak tutarlı bir yapı içerisinde bütünleştirebilmesini mümkün kılmaktadır. Bu bütünleşik mimari yapı sayesinde YBS’ler, değişen iş gereksinimlerine daha hızlı uyum sağlayabilen, farklı paydaşlar ve sistemler arasında birlikte çalışabilirliği destekleyen ve operasyonel sürekliliği koruyan bir sistem ortamı sunmaktadır. Dolayısıyla modern mimari yaklaşımlar, YBS’lerin yalnızca mevcut ihtiyaçlara yanıt veren çözümler üretmesini değil, aynı zamanda gelecekteki dönüşümlere uyum sağlayabilecek esnek, ölçeklenebilir ve sürdürülebilir bir yönetsel altyapı olarak konumlanmasını da sağlamaktadır.

5. Analitik ve Akıllı Yöntemlerin YBS İçindeki Rolü

YBS, günümüzün karmaşık ve yüksek veri yoğunluğuna sahip iş ortamlarında, organizasyonların stratejik, taktiksel ve operasyonel çerçevelerinin ayrılmaz bir bileşeni haline gelmiştir (Biswas vd., 2024). İşletme, bilişim ve endüstriyel uygulamaların kesişim noktasında konumlanan YBS, sahip olduğu disiplinlerarası yapı sayesinde karar destek süreçlerinde bütünleştirici bir şemsiye kavram işlevi görmektedir (Cebeci, 2021). Tarihsel süreç incelendiğinde, bu sistemlerin başlangıçta ana bilgisayarlar üzerinden yürütülen basit kayıt tutma ve veri işleme faaliyetlerinden, zaman içerisinde evrilerek günümüzün daha sofistike karar destek platformlarına dönüştüğü görülmektedir (Biswas vd., 2024). Bu evrim, YBS’nin odağını yalnızca geçmiş verilere dayalı raporlamadan uzaklaştırarak, geleceğe yönelik tahminler üreten ve karar süreçlerine yönelik aksiyon önerileri sunan akıllı sistemlere doğru kaydırmıştır (Janiesch vd., 2022). Geleneksel olarak bilişim sistemleri, verilerin entegrasyonu ve betimsel analitiğe dayalı raporlama işlevlerine odaklanırken; modern yaklaşımlar, teşhis, tahmin ve yönlendirici görevleri merkeze alan ve doğası gereği ileriye dönük bir yapı sergileyen sistemler olarak öne çıkmaktadır (Hindle ve Vidgen, 2018; Janiesch vd., 2022). Bu dönüşümün temelinde yer alan analitik yöntemler ise, yöneticilere sundukları içgörü düzeyine bağlı olarak kademeli bir yapı oluşturmaktadır. Yönetimsel içgörünün aşamaları olarak kabul edilen analitik süreçler; betimsel, teşhis edici, tahminsel ve yönlendirici analitik olmak üzere dört temel evrede ele alınmaktadır (Rahman ve Ashfaq, 2021). Bu evrelerden ilki olan betimsel analitik, “ne oldu?” ve “ne oluyor?” sorularına odaklanarak, işletme içindeki mevcut durumun özetlenmesini amaçlamaktadır (Sun vd., 2017). Teşhis edici analitik, verilerde gözlemlenen sapmaların ve ortaya çıkan sonuçların altında yatan nedenleri incelemeye odaklanırken; tahminsel analitik, tarihsel ve gerçek zamanlı verilerden yararlanarak “ne olacak?” sorusuna yanıt aramayı amaçlamaktadır (Shmueli ve Koppius, 2011). Analitiğin en olgun aşaması olarak değerlendirilen yönlendirici analitik ise, farklı faktörleri ve kısıtları birlikte ele alarak “ne yapılmalı?” sorusuna yanıt üretmekte ve istenen sonuçlara ulaşabilmek için

en uygun eylem planının belirlenmesini amaçlamaktadır (Wissuchek ve Zschech, 2025; Lepenioti vd., 2020). Bu aşamalar, yöneticilerin belirsizliği azaltmalarına ve rasyonel kanıtlara dayalı kararlar almalarına olanak tanımaktadır. Özellikle büyük veri çağında, verinin hacmi ve üretim hızı geleneksel yöntemlerle yönetilemeyecek bir düzeye ulaştığından, analitik yetkinlikler organizasyonel performansın artırılması ve sürdürülebilir rekabet avantajı elde edilmesi açısından stratejik bir zorunluluk haline gelmiştir (Holsapple vd., 2014; Hossain vd., 2024).

Veriye dayalı yöntemlerin ve makine öğrenmesinin YBS içindeki rolü; gizli örüntülerin keşfedilmesi, öngörülerin oluşturulması ve anomalilerin tespit edilmesi bağlamlarında belirginleşmektedir (Lv vd., 2021). Makine öğrenmesine dayalı yaklaşımlar, çok büyük ölçekli veri setlerini otonom biçimde analiz ederek, insan analistlerin gözden kaçırabileceği korelasyonları ve davranış kalıplarını ortaya çıkarabilme potansiyeline sahiptir (Müller vd., 2016). Bu süreçte kümeleme teknikleri, benzer özellikler taşıyan veri gruplarının belirlenmesini sağlayarak pazar segmentasyonu ya da risk profili oluşturma gibi yönetsel açıdan kritik görevlerde önemli bir rol üstlenmektedir (Cebeci, 2021; Iurgel ve Santos, 2009). Tahminsel modelleme, zaman serisi analizi ve karar ağaçları gibi yöntemler aracılığıyla gelecekteki talep değişimlerinin ya da finansal dalgalanmaların öngörülmesini mümkün kılmaktadır (Cebeci, 2021). Anomali tespiti yöntemleri ise, gerçek zamanlı veri akışlarını izleyerek sistemdeki düzensizlikleri, sahtecilik girişimlerini veya operasyonel darboğazları anında belirleyebilme yeteneği sunmaktadır (Lv vd., 2021; Wissuchek ve Zschech, 2025). Bu tür akıllı yöntemler, veriyi yalnızca operasyonel bir yan ürün olmaktan çıkararak, ekonomik büyümeyi ve inovasyonu tetikleyen stratejik bir varlığa dönüştürmektedir (Khan vd., 2025).

Analitik süreçlerin yönetsel karar desteğine katkısı, görsel analitik yaklaşımlar ve etkileşimli gösterge panelleri aracılığıyla daha da güçlenmektedir. Görsel analitik, büyük ve karmaşık veri kümelerinin görselleştirme teknikleri yoluyla analiz edilmesini ve yöneticilerin bu veriler üzerinden daha etkin içgörüler geliştirmesini amaçlayan bir yaklaşım olarak ele alınmaktadır (Nazemi vd., 2023; Park vd., 2016). Bu kapsamda, yüksek boyutlu veri setlerinin grafiksel temsilleri, yöneticilerin bilişsel yükünü azaltarak bilgiyi daha hızlı yorumlamalarına ve karar süreçlerini daha etkin biçimde yönetmelerine katkı sağlamaktadır (Kohlhammer vd., 2009; Park vd., 2016). İyi tasarlanmış bir görsel analitik sistemi, verileri anlamlı anahtar performans göstergelerine (KPI) dönüştürerek, yöneticilerin durum farkındalığını hızlı bir biçimde kazanmalarını sağlamaktadır (Kohlhammer vd., 2009; Tabassum vd., 2025). Örneğin tedarik zinciri yönetimi bağlamında kullanılan görselleştirme teknikleri, ağ içerisindeki

darboğazların ve risk dağılımının anlık olarak fark edilmesine olanak tanıyarak, yönetsel müdahale süresinin kısaltılmasına katkı sunmaktadır (Khakpour vd., 2021). Etkileşimli gösterge panelleri, kullanıcıların verileri farklı bakış açılarından incelemesine ve “ya olursa” senaryoları üzerinden denemeler yapmasına imkân tanıyarak, karar verme sürecini daha esnek ve şeffaf bir yapıya kavuşturmaktadır (Park vd., 2016; Han ve Schulz, 2023). Bu tür görsel araçlar, teknik uzmanlığa sahip olmayan yöneticilerin dahi karmaşık analitik modellerin çıktılarının yorumlanabilmesini mümkün kılarak, veriye dayalı karar verme kültürünün organizasyon genelinde yaygınlaşmasına katkı sağlamaktadır (Mamun, 2025).

Analitiğin otomasyon ve yarı otonom karar süreçlerindeki rolü, insan-sistem iş birliğini merkeze alan yeni bir paradigmanın ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Günümüzde bilişim sistemleri, yalnızca veri sunan pasif araçlar olmanın ötesine geçerek, belirli karar ve uygulama adımlarında sorumluluk üstlenen birer “eylem birimi” olarak konumlanmaktadır (Baird ve Maruping, 2021).

Bu noktada analitik sistemler, karar alma süreçlerinde üstlendikleri yetki düzeyine bağlı olarak; danışmanlık, yürütücü, uyarlanabilir ve kendi kendini yöneten sistem türleri şeklinde sınıflandırılmaktadır (Wissuchek ve Zschech, 2025). Danışmanlık odaklı sistemler, en iyi eylem planını önerip kararı insana bırakırken; yürütücü sistemler, rutin ve standartlaşmış görevlerde kararı otonom olarak uygulayabilmektedir (Wissuchek ve Zschech, 2025). Uyarlanabilir sistemler ise, alınan kararların sonuçlarını ve çevresel değişimleri sürekli olarak izleyerek kendi modellerini dinamik biçimde güncellemekte ve bu sayede öğrenme döngüsünü kapatmaktadır (Bousdekis vd., 2020; Wissuchek ve Zschech, 2025). Bu süreçte insan ile yapay zekâ arasındaki sinerji, sistemin yüksek hesaplama kapasitesi ile insanın yaratıcılık ve etik yargı yeteneğini bir araya getirerek, literatürde “hibrit zekâ” olarak adlandırılan bir yapının ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır (Nazemi vd., 2023; Dellermann vd., 2019). Sonuç olarak, analitik yöntemlerin YBS içerisindeki bu kapsamlı entegrasyonu, organizasyonların tepkisel yönetim anlayışından uzaklaşarak daha öngörülü ve proaktif bir yönetim modeline geçişini mümkün kılmakta; bu dönüşüm, sürdürülebilir başarı ve kalıcı rekabet gücünün elde edilmesine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (Janiesch vd., 2022; Biswas vd., 2024).

Bu bölümde, YBS’nin analitik ve akıllı yöntemlerle geçirdiği dönüşüm, betimsel raporlamadan öngörülü ve yarı otonom karar destek yapılarına uzanan bir gelişim çizgisi içerisinde ele alınmıştır. Analitik olgunluk aşamaları, makine öğrenmesi temelli yaklaşımlar, görsel analitik araçlar ve insan-sistem iş birliğine dayalı karar mekanizmaları aracılığıyla YBS’nin

yalnızca bilgiyi sunan bir altyapı olmaktan çıkarak, karar süreçlerine aktif biçimde katılan bir yönetim bileşeni haline geldiği ortaya konmuştur. Bu bağlamda analitik yöntemlerin YBS'ye entegrasyonu, yöneticilerin belirsizlikle başa çıkma kapasitesini artırmakta, karar alma süreçlerini daha şeffaf, esnek ve kanıta dayalı hale getirmekte ve organizasyonların değişen çevresel koşullara uyum yeteneğini güçlendirmektedir. Böylece YBS, insan yargısı ile veri temelli analitik gücü bir araya getiren hibrit bir yapı içerisinde, sürdürülebilir rekabet avantajını destekleyen stratejik bir yönetim aracına dönüşmektedir.

6. Sonuç ve Değerlendirme

Bu bölümde, YBS dijital dönüşüm, Endüstri 4.0 ve veri odaklı karar alma dinamikleri doğrultusunda geçirdiği yapısal ve işlevsel dönüşüm, veri, sistem ve analitik bütünleşmesi ekseninde ele alınmıştır. Klasik YBS yaklaşımlarının ağırlıklı olarak operasyonel verimlilik ve dönemsel raporlamaya odaklanan yapıları, günümüzün belirsiz, hızlı değişen ve çok kaynaklı veri üreten iş ortamlarında yetersiz kalmakta; bu durum YBS'nin rolünün yeniden tanımlanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede bölüm boyunca, YBS'nin yalnızca bilgiyi toplayan ve sunan bir araç olmaktan çıkarak, karar süreçlerine aktif biçimde katılan, öngörü üreten ve yönetsel içgörü sağlayan bütünleşik bir yönetim platformuna evrildiği ortaya konmuştur.

Yeni nesil YBS yaklaşımı, veri bütünleşmesi ve veri yaşam döngüsü yönetimini merkeze alarak, heterojen ve yüksek hacimli veri kaynaklarının anlamlı ve güvenilir çıktılara dönüştürülmesini mümkün kılmaktadır. Özellikle IoT, CBS ve yapılandırılmamış veri kaynaklarının entegrasyonu, YBS'nin çevresel değişimleri daha duyarlı biçimde algılayabilmesini ve karar süreçlerini bağlamsal olarak desteklemesini sağlamaktadır. Bu bağlamda veri, yalnızca operasyonel bir girdi değil; üretimden kullanıma uzanan yaşam döngüsü boyunca yönetilen stratejik bir varlık haline gelmektedir.

Bu dönüşümün sürdürülebilir biçimde hayata geçirilebilmesi ise, sistem bütünleşmesini ve mimari tasarımı merkeze alan çağdaş yaklaşımlarla mümkündür. Servis tabanlı ve mikrohizmet mimarileri, API temelli entegrasyon modelleri ile bulut, uç ve hibrit bilişim yaklaşımları, YBS'lerin birlikte çalışabilirlik, ölçeklenebilirlik ve çeviklik gereksinimlerini karşılamasına olanak tanımaktadır. Böylece YBS, yalnızca mevcut sistemleri bağlayan bir altyapı değil, değişen iş gereksinimlerine uyum sağlayabilen esnek ve sürdürülebilir bir dijital yönetim zemini sunmaktadır.

Analitik ve akıllı yöntemlerin YBS'ye entegrasyonu ise bu dönüşümün karar alma boyutunu derinleştirmektedir. Betimsel analitikten yönlendirici ve yarı otonom analitik yapılara uzanan bu gelişim, yöneticilerin belirsizlikle

başta çıkma kapasitesini artırmakta; makine öğrenmesi, görsel analitik ve insan-sistem iş birliğine dayalı yaklaşımlar aracılığıyla YBS'yi proaktif bir karar destek bileşeni haline getirmektedir. Bu süreçte insan yargısı ile analitik sistemlerin hesaplama gücünün birlikte çalıştığı hibrit yapılar, etik, yaratıcılık ve bağlamsal değerlendirme gibi unsurların karar süreçlerinde korunmasını da mümkün kılmaktadır.

Sonuç olarak bu bölüm, YBS'nin veri, sistem ve analitik bileşenlerin bütünleştiği sosyoteknik bir yapı olarak yeniden konumlandığını göstermektedir. Yeni nesil YBS yaklaşımı, organizasyonların yalnızca mevcut durumu yönetmelerine değil, geleceği öngörmelerine ve stratejik olarak şekillendirmelerine imkân tanıyan bir yönetsel kapasite sunmaktadır. Bu bütünlük bakış açısı, YBS'nin sürdürülebilir rekabet avantajı, kurumsal çeviklik ve uzun vadeli değer yaratımı açısından kritik bir rol üstlendiğini ortaya koymakta; alan yazını ve uygulama açısından YBS'nin geleceğine yönelik güçlü bir kavramsal çerçeve sunmaktadır.

Referanslar

- Akıncı, H. ve Kahraman, Ü. G. (2024). Endüstri 4.0: Yönetim Bilişim Sistemleri Bakış Açısıyla Değerlendirme. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi, 8(1), 76-99. <https://doi.org/10.31200/makuubd.1442339>.
- Damar, M. ve Bölen, M. C. (2021). Türkiye’de yönetim bilişim sistemleri alanındaki araştırmacıların genel dokusu üzerine bir değerlendirme. Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi, 7(2), 86-97.
- Damar, M. ve Coşkun, E. (2017). Üniversitelerde Bilgi İşlemden Yönetim Bilişim Sistemlerine Geçiş: Mevcut Durum ve Beklentiler. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 10(1), 21.
- Davis, G. B. ve Olson, M. H. (1985). Management Information Systems, Conceptual Foundations, Structure and Development. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Fuori, W. M. ve Aufiero, L. J. (1989). Computers and Information Processing. Prentice Hall, Englewood Cliffs, USA.
- Gümüştekin, G. E. (2004). İşletmelerde Yönetim Bilişim Sistemleri. Celal Bayar Üniversitesi Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 11(1), 125-141.
- Hamilton, S. ve Chervany, N. L. (1981). Evaluating Information System Effectiveness - Part I: Comparing Evaluation Approaches. MIS Quarterly, 5(3), 55-69.
- Hicks, J. O. (1987). Management Information Systems: A User Perspective. West Publishing Company.
- Holt, D. H. (1990). Management Principles and Practices. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Karim, A. J. (2011). The Significance of Management Information Systems for Enhancing Strategic and Tactical Planning. Journal of Information Systems and Technology Management, 8(2), 459-470.
- King, W. R. (1978). Strategic Planning for Management Information Systems. MIS Quarterly, 2(1), 27-37.
- Kiş, N. (2020). Endüstri 4.0’ın Yönetim Bilişim Sistemleri Üzerine Etkileri. Gazi Kitabevi, Ankara.
- Laudon, K. C. ve Laudon, J. P. (1995). Management Information Systems: Organization, and Technology. Prentice-Hall, New Jersey.
- Laudon, K. C. ve Laudon, J. P. (2006). Management Information Systems: Managing the Digital Firm. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Murdick, R. G. ve Munson, J. C. (1986). MIS, concept and design. Prentice-Hall, Inc.
- Özgen, H. ve Yalçın, A. (1992). İşletmelerde «Yönetim Bilişim Sistemi» ve Yönetim Kararlarında Kullanılması. Eskişehir Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, X(1-2), 249-264.
- Özışık, T. ve Erdil Şahin, B. (2022). Endüstri 4.0 teknolojilerinin iş gücü ve işin geleceğine etkileri. Journal of Life Economics, 9(2), 81-96.

- Yarlıkaş, S. (2015). Yönetim Bilişim Sistemleri Disiplininin Türkiye'deki Mevcut Durumu Üzerine Bir İnceleme. *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*(2), 136-147.
- Yozgat, U. (1998). Yönetim Bilişim Sistemleri. Beta Yayınları.
- Yüksel, A. N. ve Şener, E. (2017). The reflections of digitalization at organizational level: Industry 4.0 in Turkey. *Journal of Business Economics and Finance*, 6(3), 291-300.
- Erkut, H. (1989). Yönetim Bilişim Sistemleri. Bilgisayar Destekli Yönetim Sistemleri, 1988 Yılı Seminerleri- I Eğitim Kitapları Dizisi-20, MESS Türkiye Metal Sanayicileri Sendikası, İstanbul.
- Gümüştekin, G. E. (2004). İşletmelerde Yönetim Bilişim Sistemleri. Celal Bayar Üniversitesi Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 11(1), 125–141.
- Scott, G. M. (1985). *Principles of Management Information Systems*. McGraw-Hill, USA.
- Ülgen, Hayri (1990). İşletme Yönetiminde Bilgisayarlar, B.2, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yay. No: 225, İstanbul.
- Davis, G. B. ve Olson, M. H. (1985). *Management Information Systems, Conceptual Foundations, Structure and Development*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Holt, D. H. (1990). *Management: Principles and Practices*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Kanter, J. (1984). *Management information systems* (3rd ed.). Prentice-Hall.
- Hicks, J. O. (1987). *Management information systems: A user perspective* (2nd ed.). West Publishing Company.
- Stoner, J. F., Freeman, R. E. ve Gilbert, D. R. (1994). *Management* (6th ed.). Pearson.
- Özgen, H. ve Yaçın, A. (1992). İŞLETMELERDE «YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMİ» VE YÖNETİM KARARLARINDA KULLANILMASI. *Anadolu Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(1), 249-264.
- Laudon, K. C. ve Laudon, J. P. (2021). *Management information systems: Managing the digital firm* (17th ed., Global ed.). Pearson.
- Kroenke, D. M. ve Dolan, K. A. (1987). *Business computer systems: An introduction* (3rd ed.). Mitchell Publishing.
- Abdollahi, M., Giovenazzo, P., & Falk, T.H. (2022). Automated Beehive Acoustics Monitoring: A Comprehensive Review of the Literature and Recommendations for Future Work. *Appl. Sci.*, 12(8), 3920.
- Abou-Shaara, H.F. (2019). Geographical information system for beekeeping development. *J. Apic. Sci.*, 63(1), 5–16.
- Amiri, F., & Shariff, A.R.B.M. (2012). Application of geographic information systems in land-use suitability evaluation for beekeeping: A case study of Vahregan watershed (Iran). *African J. Agric. Res.*, 7(1), 89–97.

- Aydin, S., & Aydin, M.N. (2022). Design and implementation of a smart beehive and its monitoring system using microservices in the context of IoT and open data. *Comput. Electron. Agric.*, 196, 106897.
- Burrough, P.A., & McDonnell, R.A. (1998). *Principles of Geographic Information Systems*. Oxford University Press.
- Dupont, Y.L., Capela, N., Kryger, P., Alves, J., Axelsen, J.A., Greve, M.B., Bruus, M., Castro, S., Frederiksen, J., Groom, G.B., Henriksen, L.A., Petersen, J., Raudmets, A., Settele, J., Van Der Steen, J.J.M., & Vandecasteele, B. (2021). Research project on field data collection for honey bee colony model evaluation—Datasets. *Zenodo Dataset*.
- Edwards-Murphy, F., Magno, M., Whelan, P.M., O'Halloran, J., & Popovici, E.M. (2016). b+WSN: Smart beehive with preliminary decision tree analysis for agriculture and honey bee health monitoring. *Comput. Electron. Agric.*, 124, 211–219.
- Elmastas, N., Olmez, I., & Vural, E. (2022). Suitability Analysis of Apiculture (Beekeeping) Activity Areas with Multi-Criteria Method: A Case Study of Adıyaman. *Coğrafya Dergisi*, (44), 19–30.
- Gil-Lebrero, S., Quiles-Latorre, F.J., Ortiz-López, M., Sánchez-Ruiz, V., Gámiz-López, V., & Luna-Rodríguez, J.J. (2017). Honey Bee Colonies Remote Monitoring System. *Sensors*, 17(1), 55.
- Hong, W., Xu, B., Chi, X., Cui, X., Yan, Y., & Li, T. (2020). Long-Term and Extensive Monitoring for Bee Colonies Based on Internet of Things. *IEEE Internet Things J.*, 7(8), 7148–7155.
- Johannsen, C., Senger, D., & Kluss, T. (2020). A DIY sensor kit, Gaussian Processes and a multi-agent system fused into a smart beekeeping assistant. 2020 16th International Conference on Intelligent Environments (IE), 92–99.
- Komasilovs, V., Zacepins, A., Kviesis, A., Fiedler, S., & Kirchner, S. (2019). Modular sensory hardware and data processing solution for implementation of the precision beekeeping. *Agron. Res.*, 17(2), 509–517.
- Kotovs, D., Krievina, A., & Zacepins, A. (2025). Enhancing Precision Beekeeping by the Macro-Level Environmental Analysis of Crowdsourced Spatial Data. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 14(2), 47.
- Mutinelli, F., Mazzucato, M., Barbujani, M., Carpana, E., Di Salvo, V., Gardi, T., Greco, D., Bonizzoni, L., Benvenuti, M., Casarotto, C., Bortolotti, L., & Costa, C. (2021). The Italian National Beekeeping Registry (BDNA) as a Tool to Identify Areas Suitable for Controlled Mating of Honey Bees in Italy. *Appl. Sci.*, 11(11), 5279.
- Rigakis, I., Potamitis, I., Tatlas, N.-A., Psirofonis, G., Tzagaraki, E., & Alissandrakis, E. (2023). A Low-Cost, Low-Power, Multisensory Device and Multivariable Time Series Prediction for Beehive Health Monitoring. *Sensors*, 23(3), 1407.

- Šabić, J., Perković, T., Šolić, P., & Šerić, L. (2025). Buzzing with Intelligence: A Systematic Review of Smart Beehive Technologies. *Sensors*, 25(17), 5359.
- Su, T.-S., Wu, C.-C., Lin, T.-Y., & Liu, C.-H. (2025). Beehive-entrance imaging and deep learning for real-time monitoring of Varroa destructor in apiculture. *J. Invertebrate Pathol.*, 214, 108465.
- Szczurek, A., Maciejewska, M., Bąk, B., Wilde, J., & Siuda, M. (2019). Semiconductor gas sensor as a detector of Varroa destructor infestation of honey bee colonies—Statistical evaluation. *Comput. Electron. Agric.*, 162, 405–411.
- Tashakkori, R., Hamza, A.S., & Crawford, M.B. (2021). Beemon: An IoT-based beehive monitoring system. *Comput. Electron. Agric.*, 190, 106427.
- Vadnais, J., Perez, L., & Coallier, N. (2025). Assessing foraging landscape quality in Quebec's commercial beekeeping through remote sensing, machine learning, and survival analysis. *J. Environ. Manag.*, 374, 124157.
- Zacepins, A., Brusbardis, V., Meitalovs, J., & Stalidzans, E. (2015). Challenges in the development of Precision Beekeeping. *Biosyst. Eng.*, 130, 60–71.
- Zoccali, P., Malacrinò, A., Campolo, O., Laudani, F., Algeri, G.M., Giunti, G., Strano, C.P., Benelli, G., & Palmeri, V. (2017). A novel GIS-based approach to assess beekeeping suitability of Mediterranean lands. *Saudi J. Biol. Sci.*, 24(5), 1045–1050.
- Agostinho, C., Ducq, Y., Zacharewicz, G., Sarraipa, J., Lampathaki, F., Poler, R., ve Jardim-Goncalves, R. (2016). Towards a sustainable interoperability in networked enterprise information systems: Trends of knowledge and model-driven technology. *Computers in Industry*, 79, 64–76.
- Alves, J., Sousa, P., Cruz, T., ve Mendes, J. (2025). A review of architecture features for distributed and resilient industrial cyber–physical systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 82, 1069–1090.
- Başkarada, S., Nguyen, V., ve Koronios, A. (2020). Architecting Microservices: Practical Opportunities and Challenges. *Journal of Computer Information Systems*, 60(5), 428–436.
- Butzin, B., Golatowski, F., ve Timmermann, D. (2016). Microservices approach for the Internet of Things. 2016 IEEE 4th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud), 521–528.
- Niknejad, N., Ismail, W., Ghani, I., Nazari, B., Bahari, M., ve Che Hussin, A. R. B. (2020). Understanding Service-Oriented Architecture (SOA): A systematic literature review and directions for further investigation. *Information Systems*, 91, 101491.
- Panetto, H., Zdravkovic, M., Jardim-Goncalves, R., Romero, D., Cecil, J., ve Mezgár, I. (2016). New perspectives for the future interoperable enterprise systems. *Computers in Industry*, 79, 47–63.
- Panetto, H., & Molina, A. (2008). Enterprise integration and interoperability in manufacturing systems: Trends and issues. *Computers in industry*, 59(7), 641–646.

- Richards, M. (2015). *Microservices vs. Service-Oriented Architecture*. O'Reilly Media.
- Romero, D., ve Vernadat, F. (2016). Enterprise information systems state of the art: Past, present and future trends. *Computers in Industry*, 79, 3–13.
- Thönes, J. (2015). Microservices. *IEEE Software*, 32(1), 116–116.
- Biswas, T. R., Hossain, M. Z., & Comite, U. (2024). Role of Management Information Systems in enhancing decision-making in large-scale organizations. *Pacific Journal of Business Innovation and Strategy*, 1(1), 5–18.
- Cebeci, H. İ. (2021). Artificial Intelligence applications in Management Information Systems: A comprehensive systematic review with business analytics perspective. *Artificial Intelligence Theory and Applications*, 1(1), 25-56.
- Janiesch, C., Dinter, B., Mikalef, P., & Tona, O. (2022). Business analytics and big data research in information systems. *Journal of business analytics*, 5(1), 1-7.
- Hindle, G. A., & Vidgen, R. (2018). Developing a business analytics methodology: A case study in the foodbank sector. *European Journal of Operational Research*, 268(3), 836-851.
- Rahman, M. M., & Ashfaq, S. (2021). Data-driven decision support in information systems: Strategic applications in enterprises. *International Journal of Scientific Interdisciplinary Research*, 1(2), 1–33.
- Sun, Z., Strang, K., & Firmin, S. (2017). Business analytics-based enterprise information systems. *Journal of Computer Information Systems*, 57(2), 169-178.
- Shmueli, G., & Koppius, O. R. (2011). Predictive analytics in information systems research. *MIS Quarterly*, 35(3), 553–572.
- Wissuchek, C., & Zschech, P. (2025). Prescriptive analytics systems revised: A systematic literature review from an information systems perspective. *Information Systems and e-Business Management*, 23, 279–353.
- Lepenioti, K., Bousdekis, A., Apostolou, D., & Mentzas, G. (2020). Prescriptive analytics: Literature review and research challenges. *International Journal of Information Management*, 50, 57–70.
- Holsapple, C., Lee-Post, A., & Pakath, R. (2014). A unified foundation for business analytics. *Decision support systems*, 64, 130-141.
- Hossain, Q., Yasmin, F., Biswas, T. R., & Asha, N. B. (2024). Integration of big data analytics in Management Information Systems for business intelligence. *Saudi Journal of Business and Management Studies*, 9(9), 192-203.
- Lv, Z., Lou, R., Feng, H., Chen, D., & Lv, H. (2021). Novel machine learning for big data analytics in intelligent support information management systems. *ACM Transactions on Management Information Systems*, 13(1), Article 7.
- Khan, R., Alam, R., & Sarker, S. (2025). Data-driven decision-making for national progress: Leveraging MIS, AI, and predictive analytics. *MSI Journal of Multi-disciplinary Research*, 2(7), 1-18.

- Nazemi, K., Secco, C. A., Sina, L. B., Eliseeva, U., Correll, E., & Blazevic, M. (2023). Visual analytics for decision-making. *Human-Computer Interaction and Visual Analytics*, Darmstadt University, 1506-1585.
- Park, H., Bellamy, M. A., & Basole, R. C. (2016). Visual analytics for supply network management: System design and evaluation. *Decision Support Systems*, 91, 89–102.
- Kohlhammer, J., May, T., & Hoffmann, M. (2009). Visual analytics for the strategic decision making process. R. De Amicis et al. (Eds.), *GeoSpatial Visual Analytics*, Springer, 299-310.
- Tabassum, M., Rokibuzzaman, M., Islam, M. I., & Bristy, I. J. (2025). Data-driven financial analytics through MIS platforms in emerging economies. *Saudi Journal of Engineering and Technology*, 10(9), 440-446.
- Khakpour, A., Colomo-Palacios, R., & Martini, A. (2021). Visual analytics for decision support: A supply chain perspective. *IEEE Access*, 9, 3085496.
- Han, W., & Schulz, H.-J. (2023). Providing visual analytics guidance through decision support. *Information Visualization*, 22(2), 140–165.
- Mamun, M. N. H. (2025). Role of AI and data science in data-driven decision making for IT business intelligence: A systematic literature review. *ASRC Procedia: Global Perspectives in Science and Scholarship*, 1(1), 564-588.
- Baird, A., & Maruping, L. M. (2021). The next generation of research on IS use: A theoretical framework of delegation to and from agentic IS artifacts. *MIS Quarterly*, 45(1), 315–341.
- Bousdekis, A., Papageorgiou, N., Magoutas, B., Apostolou D., & Mentzas, G. (2020). Sensor-driven learning of time-dependent parameters for prescriptive analytics. *IEEE Access*, 8, 92383–92392.
- Dellermann, D., Ebel, P., Söllner, M., & Leimeister, J. M. (2019). Hybrid intelligence. *Business & Information Systems Engineering*, 61(5), 637–643.
- Janiesch, C., Dinter, B., Mikalef, P., & Tona, O. (2022). Business analytics and big data research in information systems. *Journal of Business Analytics*, 5(1), 1–7.
- Iurgel, I. A., & Santos, M. Y. (2009). Advanced clustering analysis for environmental indicators. R. De Amicis et al. (Eds.), *GeoSpatial Visual Analytics*, Springer, 235-250.
- Müller, O., Junglas, I., vom Brocke, J., & Debortoli, S. (2016). Utilizing big data analytics for information systems research: Challenges, promises and guidelines. *European Journal of Information Systems*, 25(4), 289–302.



YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİNDE MEKÂNSAL VERİ, CBS VE UZAKTAN ALGILAMA YAKLAŞIMLARI

“ ”

Gülsüm Çiğdem ÇAVDAROĞLU¹

¹ Dr., Işık Üniversitesi İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi Yönetim Bilişim Sistemleri

1. Giriş

Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS), tarihsel olarak kurumsal verilerin toplanması, raporlanması ve yönetsel karar süreçlerinin desteklenmesi amacıyla geliştirilmiştir. Klasik YBS yaklaşımları genellikle tablo temelli, yapılandırılmış ve çoğu zaman zamansal boyutu sınırlı veriler üzerine kuruludur. Ancak dijital dönüşümle birlikte karar süreçleri yalnızca “ne oldu?” sorusuna değil, aynı zamanda “nerede oldu?” ve “hangi mekânsal bağlamda gerçekleşti?” sorularına da yanıt vermek zorunda kalmıştır. Bu noktada mekânsal veri, YBS’lerin kapsamını genişleten temel bir bilgi bileşeni olarak öne çıkmaktadır (Laudon vd., 2020).

Mekânsal verinin YBS içine dâhil edilmesi, karar destek süreçlerinin sayısal göstergelere ve bu göstergelerin fiziksel çevreyle olan ilişkilerine dayandırılmasını mümkün kılar. Konum bilgisi, yönetsel kararların bağlamsallaştırılmasını sağlayarak veri ile gerçek dünya arasındaki kopukluğu azaltır. Bu bağlamda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknolojileri, YBS içinde güçlü teknik araçlar ve karar verme sürecinin algısal ve analitik boyutunu zenginleştiren bütüncül bileşenler olarak değerlendirilmelidir (Goodchild, 2004).

Şekil 1’de yer alan infografik, YBS, CBS ve UA alanları arasındaki ilişkiyi veriden karara uzanan bütüncül bir süreç olarak açık biçimde ortaya koymaktadır. Görselde bu süreç üç temel katman üzerinden kurgulanmıştır ve her katman bir sonrakini besleyen tamamlayıcı bir rol üstlenmektedir. YBS, Karar Destek Sistemleri (KDS) kurmak için veriyi anlamlı bilgiye dönüştürür. Mekânsal Veri, bu ekosistemin “nerede?” sorusuna yanıt veren temel yapı taşıdır. Bu ilişkide UA, uydu veya hava araçları aracılığıyla yeryüzünden ham veri toplayan bir “veri kaynağı” görevi görerek sürekli güncel girdi sağlar. Uydu ve hava araçları aracılığıyla yeryüzüne ilişkin ham mekânsal veriler sürekli, geniş alanlı ve zamansal olarak tekrarlanabilir biçimde üretilir. Arazi kullanımı, bitki örtüsü, yapılaşma yoğunluğu veya çevresel değişimler gibi olgular bu aşamada ölçülür. Ancak bu veriler henüz yönetsel kararlar için doğrudan kullanılabilir nitelikte değildir. UA bu yönüyle sistemin saha gözü olarak konumlanmakta ve mekânsal verinin temel girdisini sağlamaktadır. CBS ise bu ham verileri işleyen, depolayan ve diğer öznitelik verileriyle çakıştıran merkezi “analiz motoru” olarak konumlanır. CBS, farklı katmanlar hâlinde düzenlenen mekânsal veriler üzerinde analizler yaparak mekânsal ilişkileri, örüntüleri ve karşılaştırmaları görünür kılar. Bu aşamada veri, yalnızca kurumsal bir kayıt olmaktan çıkarak anlamlandırılmış bilgiye dönüşür. Yoğunluk analizleri, erişilebilirlik değerlendirmeleri veya bölgesel karşılaştırmalar gibi işlemler, mekânsal verinin karar süreçlerine temel oluşturabilecek bir yapıya kavuşmasını sağlar. Çerçevenin işleyiş şekli şöyle özetlenebilir:

- UA'dan gelen pikseller ve saha verileri CBS platformuna aktarılır,
- CBS bu verileri anlamlandırarak YBS stratejilerine sunar,
- YBS, bu mekânsal analizleri kullanarak yer seçimi, lojistik optimizasyonu veya pazar analizi gibi konularda yönetsel kararların verildiği üst çatıyı oluşturur.



Şekil 1. Veriden karara: YBS, CBS ve UA iş birliği

İnfoğrafikte gösterilen örnek kapsamında, bir perakende zinciri (YBS), yeni açacağı şube için en doğru lokasyonu belirlemek istemektedir. Bu süreçte zincir, bölgenin fiziksel yapısını ve güncel durumunu görmek için uydu görüntülerini (UA) kullanır. Bu görüntüler, CBS aracılığıyla bölgedeki demografik katmanlar (gelir düzeyi, nüfus yoğunluğu vb.) ile birleştirilip analiz edilir. Bu entegre analiz sonucunda perakende zinciri, en kârlı yeni mağaza konumunu (mekânsal veri) tespit ederek veri temelli bir yatırım kararı alır. Sonuç olarak UA veriyi toplar, CBS veriyi işleyip analiz eder, YBS ise bu işlenmiş bilgiyi kullanarak stratejik kararı verir.

Tablo 1, çerçevenin bileşenleri arasındaki ilişkileri, bileşenlerin rollerini ve birbirlerine katkılarını özetlemektedir. Bu sistemler birlikte çalışarak, örneğin bir perakende zincirinin (YBS), uydu görüntüleri (UA) ve demografik katmanları (CBS) kullanarak en kârlı yeni mağaza konumunu (mekânsal veri) belirlemesini sağlar.

Tablo 1. *Bileşenlerin rolleri ve birbirlerine katkıları*

Bileşen	Rolü	Diğer Bileşenlere Katkısı
Mekânsal Veri	Hammadde	CBS ve YBS'nin konum bazlı analiz yapmasını sağlar.
UA	Veri toplayıcı	CBS'ye güncel görüntü ve katman beslemesi yapar.
CBS	İşlemci ve entegratör	UA'dan gelen veriyi yönetsel kararlara dönüştürmek için YBS'ye hazırlar.
YBS	Karar verici	CBS'den gelen sonuçları iş süreçlerine ve stratejik planlamaya dahil eder.

Bir benzetme ile açıklarsak; UA bir yemeğin ham maddelerini (sebze, et) tarladan toplayan tedarikçidir. CBS, bu malzemeleri mutfakta işleyip, doğrayıp pişirerek yenilebilir bir yemeğe dönüştüren şeftir. YBS ise bu yemeğin kime, ne zaman ve hangi menüyle sunulacağına karar veren restoran müdürüdür.

2. Mekânsal Verinin Temel Özellikleri ve YBS Açısından Önemi

Mekânsal veri, klasik kurumsal verilerden farklı olarak konum bilgisi içerir. Bu nedenle mekânsal bağımlılık, ölçek ve çözünürlük gibi kendine özgü özelliklere sahiptir. Aynı veri değeri, farklı mekânsal bağlamlarda farklı anlamlar taşıyabilir. Bu durum, mekânsal verinin niceliksel ve ilişkisel bir yapıya sahip olmasını sağlar. YBS bağlamında bu özellik, kararların tekil göstergelere değil, mekânsal örüntülere dayandırılmasına olanak tanır (Longley vd., 2015).

Mekânsal verinin zamansal boyutla birlikte ele alınması, özellikle çevresel izleme, tarım, afet yönetimi ve kentsel planlama gibi alanlarda YBS'nin analitik kapasitesini artırır (Liakos vd., 2018). Zaman içinde değişen mekânsal örüntüler, yalnızca mevcut durumu değil, eğilimleri ve olası gelecek senaryolarını da görünür kılar. Bu nedenle mekânsal veri, YBS içinde ayrı bir veri sınıfı olarak ele alınmalı ve klasik veri yönetim yaklaşımlarından farklı biçimde değerlendirilmelidir (Shekhar ve Xiong, 2008).

Şekil 2'de de gösterildiği üzere yeni nesil YBS artık sadece sayısal tablolarla değil, dünyanın fiziksel gerçekliğiyle de entegre bir şekilde çalışmaktadır. YBS'de kararların büyük bir bölümü doğrudan ya da dolaylı olarak mekâna bağlıdır. Günümüz karmaşık sistemlerinde kaynak tahsisi, hizmet sunumu, pazar analizi, risk yönetimi veya sürdürülebilirlik değerlendirmeleri gibi yönetsel süreçler, sadece “ne kadar” veya “ne zaman” sorularıyla artık cevaplanamamaktadır. Bu sorulara ek olarak “nerede” sorusu da sistem tarafından ele alınmalıdır. Bu nedenle yeni nesil YBS, klasik sistemlerden farklı

olarak karar süreçlerini fiziksel çevreyle ilişkilendirebilme gereksinimi duyar. Mekânsal veri bu noktada, YBS'nin gerçek dünya ile kurduğu bağı güçlendiren ve kararları bağlam içine yerleştiren kritik bir bileşen olarak öne çıkar.



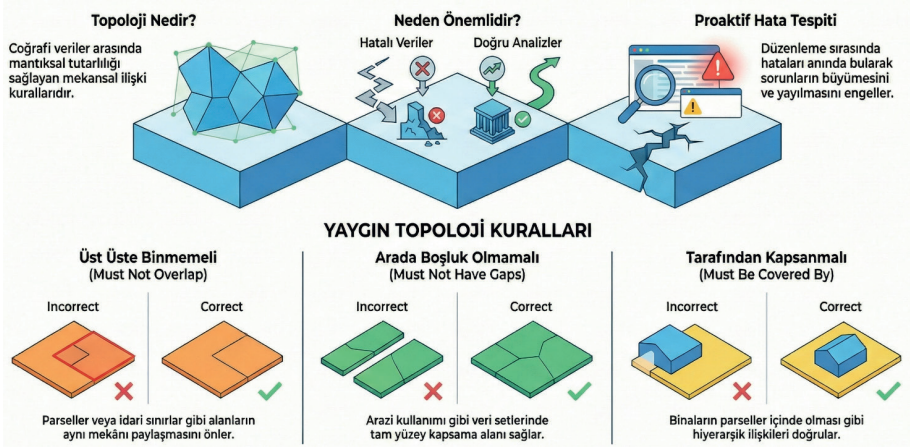
Şekil 2. Yeni nesil YBS: Veriye "nerede?" sorusunu sormak

Bu çerçevede mekânsal veri, klasik tablosal verilerden temel olarak ayrılır. Mekânsal veri değerleri yalnızca bir ölçümü değil, aynı zamanda belirli bir konumu, çevresel bağlamı ve diğer mekânsal birimlerle olan ilişkileri de içerir. Aynı nicel değer, farklı mekânsal bağlamlarda farklı anlamlar taşıyabilir ve bu durum mekânsal veriyi bağlamsal olarak zengin, ancak yönetimi daha karmaşık bir veri türü hâline getirir. Bu özellik, mekânsal verinin YBS içinde ayrı bir veri sınıfı olarak ele alınmasını zorunlu kılar.

2.1 Mekânsal Veri Neden Klasik Veriden Farklıdır?

Tablosal veri olarak da isimlendirebileceğimiz klasik veri, bir nesnenin "ne" olduğunu ve "özelliklerini" tanımlar. Örnek olarak bir müşterinin adını, yaşını saklayan ve kullanan bir sistem için bu veri klasik bir veridir. Mekânsal veri ise buna "nerede?" sorusunun cevabını ekler. Bu cevabın eklenmesi için mekânsal veri farklı özelliklere sahip olmalıdır. Bu özellikleri iki ana başlık altında ele alabiliriz:

- **Topolojik İlişkiler:** Klasik veride iki satır arasında "yakınlık" veya "içinde olma" ilişkisi kurulamaz. Mekânsal veride ise bir mağazanın bir sel bölgesinin içinde olup olmadığı bulunabilir, rakip mağazaya kuş uçuşu mesafesi hesaplanabilir.
- **Geometri:** Mekânsal veri; nokta, çizgi ve poligon gibi geometrik şekillerle ifade edilir. Bu da veriye görsel ve matematiksel bir boyut katar.



Şekil 3. CBS topolojisi: veri kalitesinin temel kuralları

Şekil 3, topoloji kavramının mekânsal veri kalitesinin temel yapı taşlarından biri olduğunu göstermektedir. Topoloji, coğrafi veriler arasındaki mantıksal ve mekânsal ilişkileri tanımlayan ve bu ilişkilerin tutarlılığını güvence altına alan kurallar bütünüdür. Bu bağlamda topoloji, mekânsal nesnelerin birbirleriyle nasıl temas ettiğini, örtüştüğünü, ayrıştığını ya da kapsandığını tanımlar. Görselde vurgulanan “st üste binmemeli”, “arada boşluk olmamalı” ve “tarafından kapsanmalı” gibi kurallar, mekânsal verinin geometrik ve anlamsal olarak tutarlı olmasını sağlar. Bu tutarlılık, YBS açısından kritik öneme sahiptir. Çünkü YBS, karar süreçlerini büyük ölçüde bu veriler üzerine inşa eder. Topolojik hatalar içeren mekânsal veriler, yanlış analizlere, hatalı raporlamalara ve dolayısıyla yanlış yönetsel kararlara yol açabilir. Bu nedenle topoloji, CBS içinde yalnızca bir teknik kontrol mekanizması değil, YBS’nin beslendiği mekânsal bilginin güvenilirliğini ve doğruluğunu sağlayan temel kalite katmanı olarak işlev görür. Şekilde gösterilen proaktif hata tespiti yaklaşımı da topolojik kontrollerin veri düzenleme aşamasında yapılmasının, hataların büyümeden ve YBS süreçlerine taşınmadan engellenmesini mümkün kıldığını göstermektedir. Böylece topoloji, mekânsal veri ile YBS arasındaki ilişkide, veriden karara uzanan zincirin sağlamlığını güvence altına alan kritik bir bağlayıcı unsur hâline gelmektedir.

2.2 YBS Mekânsal Veriye Neden İhtiyaç Duyar?

Günümüzde, modern işletmelerin ve kamu kurumlarının verilerinin yaklaşık %80’i belli bir konumla ilişkilidir. YBS, stratejik karar destek sağlamak için şu nedenlerle bu veriye muhtaçtır:

- Lojistik ve Rota Optimizasyonu: Sadece “ne kadar ürün gittiği” değil, “en kısa ve az maliyetli yolun hangisi olduğu” maliyeti doğrudan etkiler.

- Pazar Analizi (Geomarketing): Müşterilerin nerede yoğunlaştığını bilmeden yapılan bir pazarlama stratejisi eksik kalacaktır.
- Risk Yönetimi: Bir tesisin deprem hattına veya su kaynaklarına olan mesafesi, işletme sürekliliği için hayati önem taşımaktadır.

Günümüz sistemleri, artık “kapalı devre” sistemler değildir. Mekânsal veri, yeni nesil sistemlerdeki çok kaynaklı veri yapılarının en kritik bileşenini oluşturur. Örnek olarak statik olan bir müşteri listesi, konum verisiyle bütünleştirilerek, “yaşam tarzı ve hareket desenleri” haline getirilebilir. Nesnelerin interneti ve UA ile sistemlere anlık saha bilgisi akışı sağlanabilir. Sosyo-ekonomik verilerle coğrafi veriler çakıştırılarak verinin içerisindeki gizli desenler ortaya çıkarılabilir. Bu bütünleşik yapı sayesinde, YBS “satışlar %10 düştü” mesajını yazmakla sınırlı kalmaz. Bu mesajı mekânsal verinin getirdiği bilgilerle zenginleştirir ve “satışlar rakip firmanın 2 km yakına açtığı yeni şubesi ve bölgedeki yol çalışması nedeniyle düştü” haline getirir.

Mekânsal verinin karar verme sürecindeki ağırlığını daha iyi anlamak için, somut perakende zinciri yönetimi örneğimize odaklanalım. Bir perakende zinciri yöneticisi için satış rakamlarına bakmak (klasik YBS) sorunu ortaya çıkarır. Ancak satış rakamları, mekânsal analiz (CBS ve UA) ile sunulduğunda çözüm de beraberinde gelir. Somut bir senaryo üzerinden ilerlemek gerekirse, perakende zincirinin yeni bir mağaza lokasyonu seçmek istediğini ve bu lokasyona ilişkin performans takibi yapmak istediğini düşünelim. Veri toplama aşamasında sahaya yüzlerce anketör göndermek yerine, uydu görüntüleri ve mobil sinyal verileri (UA teknikleri) kullanılabilir. Bu sayede hedeflenen bölgedeki otopark doluluk oranları, araç trafiği yoğunluğu ve hatta bölgedeki binaların gece/gündüz ışık yoğunluğuna bakılarak bölgenin ekonomik canlılığı saptanabilir. UAdan gelen trafik verisini, belediyeden alınan demografik verilerle (nüfus, gelir düzeyi) ve şirketin mevcut müşteri veri tabanı ile üst üste bindirilir. Bir ısı haritası oluşturulur. Bu harita üzerinde rakip mağazalara olan uzaklık, hedef kitlenin (örneğin 25-40 yaş arası beyaz yakalı) yürüme mesafesindeki yoğunluğu ve ulaşım aksları analiz edilebilir. YBS paneline şu kritik bilgi düşer: “A bölgesi en yüksek satış hacmine sahip ancak B bölgesi, düşük kira maliyeti ve yüksek yaya trafiği kesişimiyle yatırımın geri dönüşü (ROI) açısından %20 daha avantajlıdır.” Sonuç olarak yönetici, sadece tablolara bakarak göremeyeceği en kârlı nokta kararsızlığını, mekânsal kanıtlarla netleştirir. Bu şekilde mekânsal veri kâğıt üzerindeki bir sayı olmaktan çıkarak yaşayan bir pazar haritasına dönüşür.

2.3 CBS ve UA, YBS İçinde Nasıl Bir Boşluğu Doldurur?

Verinin YBS içinde etkin biçimde kullanılabilmesi, bu verinin yalnızca sisteme eklenmesiyle değil, doğru araçlar ve yöntemlerle işlenmesiyle mümkündür. CBS ve UA teknolojileri, YBS içinde tam bu noktada önemli bir

boşluğu doldurmaktadır. UA, geniş alanlara ilişkin güncel ve nesnel mekânsal veriyi sürekli biçimde üreterek YBS'ye saha düzeyinde bir gözlem kapasitesi kazandırır. CBS ise bu verileri farklı kaynaklardan gelen diğer bilgilerle bütünleştirir, analiz eder ve görselleştirerek karar süreçlerinde kullanılabilir bilgiye dönüştürür. Böylece CBS ve UA, mekânsal verinin ham bir girdiden stratejik bir karar bileşenine evrilmesini sağlayan tamamlayıcı sistemler olarak YBS'nin ayrılmaz parçaları hâline gelir.

Bu bütünlük yapı, yeni nesil YBS'lerin neden çok kaynaklı veri mimarileri üzerine inşa edildiğini açık biçimde ortaya koymaktadır. Mekânsal veri; sensör verileri, idari kayıtlar ve analitik çıktılarla birlikte değerlendirilerek, YBS'yi bilgi üreten, mekânsal farkındalığa sahip, bağlamsal ve öngörücü karar destek sistemlerine dönüştürmektedir. Dolayısıyla “yeni nesil YBS” kavramı, mekânsal veri olmaksızın eksik kalmaktadır. CBS ve UA bu eksikliği gideren temel bileşenler olarak konumlanmaktadır.

Bir benzetme ile özetlersek; klasik veri bir adresi kâğıda yazılı olarak bilmek gibidir. Mekânsal veri entegrasyonu ise o adrese giden yolu, trafiği ve çevredeki binaları gösteren canlı bir navigasyon sistemi kullanmak gibidir.

3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin YBS İçindeki Rolü

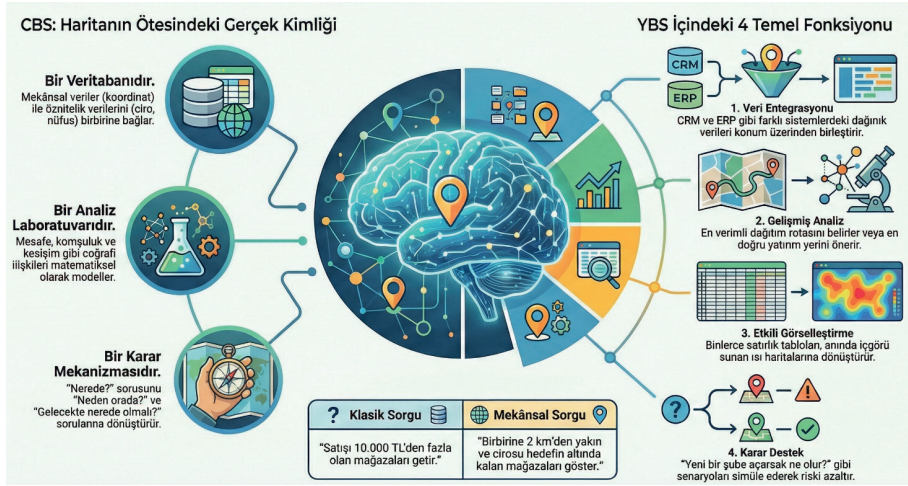
CBS çoğu zaman yalnızca harita üretim araçları olarak algılsa da YBS bağlamında CBS'nin rolü çok daha kapsamlıdır. CBS, mekânsal verilerin toplanması, bütünleştirilmesi, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi yoluyla karar destek süreçlerinin temel bileşenlerinden biri hâline gelir. YBS içinde CBS, farklı veri kaynaklarını ortak bir mekânsal referans çerçevesinde birleştirerek bütüncül analizlerin yapılmasını mümkün kılar. Bu bakış açısı, CBS'nin YBS içinde karar destek, görsel analitik ve politika geliştirme süreçleriyle bütünlük bir bileşen hâline gelmesini açıklamaktadır (Nyerges vd., 2011).

CBS'nin YBS içindeki en önemli katkılarından biri, mekânsal karar destek sistemlerinin geliştirilmesine olanak sağlamasıdır. Mekânsal sorgulamalar, senaryo karşılaştırmaları ve çok ölçütlü değerlendirmeler, yöneticilerin karmaşık problemleri daha sistematik biçimde ele almasına yardımcı olur. Bu yönüyle CBS, YBS'nin yalnızca bilgi sunan değil, karar süreçlerini yönlendiren bir yapıya dönüşmesinde kritik bir rol üstlenir (Malczewski, 1999).

CBS, uzun yıllar boyunca harita üretimi ve mekânsal veri görselleştirme araçları olarak algılanmıştır. Bu algı, CBS'nin yönetsel ve analitik potansiyelinin büyük ölçüde göz ardı edilmesine yol açmıştır. Oysa günümüzde CBS, yalnızca mekânsal veriyi görselleştiren bir yazılım değildir. Verinin toplanmasından analizine, yorumlanmasından karar süreçlerine aktarılmasına kadar uzanan

çok katmanlı bir bilgi üretim ve karar destek bileşenidir. YBS bağlamında CBS, mekânsal boyutu karar süreçlerine dâhil eden ve yönetsel analizleri fiziksel çevreyle ilişkilendiren temel bir yapı taşı olarak konumlanmaktadır. Harita üretim ve mekânsal veri görselleştirme aracı olmanın ötesinde CBS şu bileşenleri beraberinde getirir:

- CBS bir veri tabanıdır: Mekânsal ve öznitelik verilerini ilişkilendiren karmaşık bir yapıdır.
- CBS bir analiz laboratuvarıdır: Veriler arasındaki mesafe, komşuluk ve kesişim gibi ilişkileri matematiksel olarak modeller.
- CBS bir karar mekanizmasıdır: “Nerede?” sorusunu “neden orada?” ve “gelecekte nerede olmalı?” sorularına dönüştürür.



Şekil 4. CBS’nin YBS içerisindeki temel fonksiyonları

Şekil 4’te te gösterildiği üzere, CBS, YBS’ye dört temel fonksiyon sağlar:

- **Veri Entegrasyonu:** YBS’de farklı kaynaklardan elde edilen veriler, anlamlı bilgiye dönüştürülerek yönetsel kararlar desteklenir. Bu bağlamda CBS, YBS içinde mekânsal verinin entegrasyonunu sağlayan kritik bir ara katman işlevi görür. Kurumsal kayıtlar, demografik bilgiler, sensör verileri veya uzaktan algılama çıktıları gibi farklı veri türleri, CBS aracılığıyla ortak bir mekânsal referans altında birleştirilebilir.
- **Gelişmiş Analiz:** CBS’yi klasik bilgi sistemlerinden ayıran en temel özellik, veriye “nerede?” ve “bununla ne ilişkilidir?” sorularını sorabilme yeteneğidir. CBS, YBS içinde sadece koordinatları depolamaz. Nesnelerin birbiriyle olan mekânsal ilişkilerini sorgular. Bağlantılılık (connectivity) özelliği sayesinde altyapı veya lojistik ağlarında hangi hattın hangisine bağlandığını analiz edilebilir. Bağlantısı kopuk bir boru hattı veya yol verisi, akış analizlerinin yanlış çıkmasına neden

olur. Kapsama (containment) özelliği sayesinde hangi mağazanın hangi demografik bölge içinde kaldığı veya belirli bir hizmet alanının hangi noktaları kapsadığı belirlenebilir. Bu sorgulamalar, YBS yöneticisinin “satışlarımız neden düştü?” sorusunun ötesine geçip, “rakip firmanın yeni şubesi hizmet alanımızın ne kadarını kapsıyor?” sorusuna yanıt vermesini sağlar.

- Etkili Görselleştirme: YBS’de toplanan karmaşık ve büyük hacimli verilerin yöneticiler tarafından hızla algılanması kritik öneme sahiptir. CBS, satırlarca uzayan tablosal verileri (koordinat listeleri, öznitelik tabloları) insan beyninin hızlıca işleyebileceği görsel desenlere dönüştürür. Bu görselleştirme, verinin topolojik doğruluğuna dayanan analitik bir süreçtir. Hatalı bir mekânsal veri (örneğin bağlanmamış ağ segmentleri), haritada doğru gözükse bile analizde yapay engeller yaratarak karar vericiyi yanıltabilir. Dolayısıyla CBS’deki görsel analitik, “görüneni” değil, “doğrulanmış mekânsal gerçeği” sunar.
- Karar Destek: CBS ve YBS’nin tam entegrasyonu, mekânsal karar destek sistemlerini (MKDS) ortaya çıkarır. Bu sistemler, acil durum müdahalesi, altyapı planlaması veya kaynak tahsisi gibi kritik kararlarda devreye girer.
- Mekânsal veri kalitesinin düşük olduğu bir senaryoda, karar vericiler hatalı analizlere dayanarak kaynakları yanlış tahsis edebilir. Örneğin, bir su şebekesi yönetiminde boruların topolojik olarak bağlı görünmemesi, bakım ekiplerinin yanlış noktalara yönlendirilmesine ve hizmet kesintilerine yol açabilir. CBS, bu tür senaryolarda veriyi doğrular, analiz eder ve YBS üzerinden yöneticiye “en uygun” senaryoyu sunar.

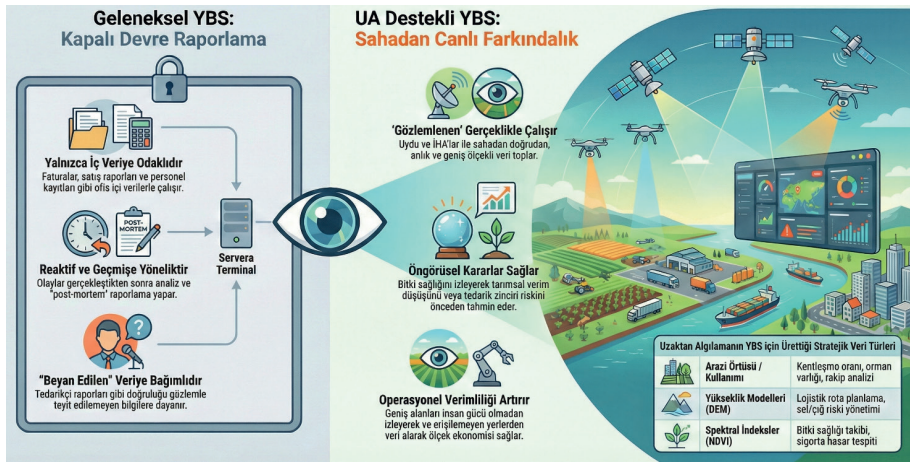
Bir benzetme ile açıklarsak; YBS bir otomobilin kokpiti ise, CBS bu otomobilin sensörlerini ve navigasyon sistemini yöneten işlemcidir. Harita sadece ekrandaki görüntüdür. Ancak o görüntünün sizi doğru yola sokması, arka planda yolların birbirine bağlı olduğunu (bağlantılılık) ve aracın yoldan çıkmadığını (kapsama) hesaplayan topolojik kurallar ve analiz motoru sayesinde mümkündür.

4. Uzaktan Algılama Verilerinin YBS’ye Entegrasyonu

UA teknolojileri, YBS için sürekli, geniş alanları kapsayan ve zamansal olarak tekrarlanabilir veri üretme kapasitesi sunar. Uydu ve hava platformlarından elde edilen veriler, saha çalışmalarına duyulan bağımlılığı azaltırken, karar vericilere güncel ve nesnel bilgi sağlar. Bu özellik, UA’yı YBS içinde yalnızca destekleyici değil, doğrudan veri üreten bir bileşen hâline getirir (Lillesand vd., 2015).

UA verilerinin CBS ile bütünleşik biçimde kullanılması, YBS'nin mekânsal farkındalığını önemli ölçüde artırır. Örneğin bitki örtüsü indeksleri, arazi kullanım değişimleri veya çevresel stres göstergeleri, yönetsel kararların bilimsel temellere dayandırılmasına katkı sağlar. Bu bağlamda UA, YBS'nin "saha görüşünü" genişleterek karar süreçlerinin daha kapsayıcı ve öngörücü olmasına imkân tanır (Weng, 2010).

UA verilerinin yönetim bilişim sistemleri içinde etkin biçimde kullanılabilmesi, bu verilerin coğrafi bilgi sistemleriyle bütünleşik olarak ele alınmasına bağlıdır. UA tek başına büyük miktarda veri üretse de bu verilerin yönetsel karar süreçlerine anlamlı katkı sağlayabilmesi için mekânsal referans sistemleri, veri entegrasyonu ve analiz altyapılarıyla ilişkilendirilmesi gerekir. UA ve CBS entegrasyonu, karmaşık mekânsal problemlerin yorumlanabilir ve karşılaştırılabilir hâle gelmesini sağlayan temel bir bilgi üretim sürecidir (Weng, 2010). Bu yaklaşım, YBS'nin statik veri depolama yapılarından çıkarak, dinamik ve sürekli güncellenen karar destek platformlarına dönüşmesini mümkün kılar.



Şekil 5. UA ile canlı saha verisi edinimi

UA, yeryüzündeki fiziksel değişimleri dijital verilere dönüştürerek YBS'nin "saha görüşünü" genişletir. Ona kilometrelerce öteden, fiziksel temas kurmadan görme ve analiz etme yeteneği kazandırır. Uzaktan algılama, elektromanyetik radyasyonu kullanarak objelerin özellikleri hakkında bilgi toplar. YBS için üretilen temel veri tipleri şunlardır:

- **Arazi Örtüsü ve Kullanımı:** Bir bölgenin betonlaşma oranı, orman varlığı veya tarım arazisi dağılımı.
- **Yüzey Sıcaklığı ve Nem:** Enerji yönetimi veya tarımsal planlama için kritik çevresel veriler.

- Yükseklik ve Topografya (DEM): İnşaat, lojistik ve risk yönetimi (sel, çığ) için sayısal yükseklik modelleri.
- Spektral İndeksler: Gözle görülemeyen değişimlerin (bitki sağlığı, kirlilik) matematiksel modellerle görünür kılınması.

Şekil 5'te görüldüğü üzere UA'nın sisteme dahil edilmesi ile sahadan canlı olarak veri akışı sağlanır. Bu adımda elde edilen veri ham bir görüntüdür. CBS ile bu görüntü yönetilebilir bir bilgi katmanına dönüştürülür. Bu bütünleşme, YBS içinde otomatik durumsal farkındalık yaratır.

4.1 Uydu ve Hava Platformları

UA verileri, farklı platformlar aracılığıyla YBS'ye akar. Her platformun yönetsel açıdan farklı bir stratejik değeri vardır:

- Uydu Platformları: Bu platformlar, küresel ölçekte veri sağlar. Bir perakende devinin dünya genelindeki tüm şubelerinin çevresindeki ekonomik hareketliliği aynı anda izlemesine olanak tanır. Tablo 2, yaygın kullanılan uydu platformlarını özetlemektedir.
- Hava Platformları (Uçak ve İHA/Drone): Bu platformlar, daha yerel ve çok yüksek çözünürlüklü veri sağlar. Örneğin, bir şantiye yönetimi veya hassas tarım uygulaması için santimetre hassasiyetinde detay sunar.

Tablo 2. Yaygın kullanılan uydu platformları

Platform	Tanım ve Kullanım
Sentinel Uydu Programı (ESA)	Avrupa Uzay Ajansı tarafından yürütülen ve açık veri politikası sayesinde Türkiye’de hem kamu kurumları hem de akademik çevreler tarafından yaygın biçimde kullanılan en önemli uzaktan algılama kaynaklarından biridir. Sentinel-1 radar tabanlı gözlemler sunarken, Sentinel-2 optik görüntüler aracılığıyla arazi örtüsü, tarımsal faaliyetler ve kentsel alanlar hakkında düzenli ve karşılaştırılabilir veriler üretir. YBS açısından Sentinel uydularının en önemli katkısı, yüksek zamansal tekrar ve ülke genelini kapsayan tutarlı veri akışı sağlamasıdır. Örneğin Türkiye genelinde faaliyet gösteren büyük bir perakende zinciri, Sentinel-2 verileri aracılığıyla mağazalarının çevresindeki kentsel yoğunluk değişimlerini, yeni yapılaşma alanlarını ve nüfus hareketliliğini izleyebilir. Bu bilgiler, YBS içinde pazar potansiyeli analizleri ve yeni mağaza yatırımlarının yönlendirilmesi için stratejik bir girdi hâline gelir.
Landsat Uydu Programı (NASA–USGS)	Landsat programı, dünyanın en uzun süreli yer gözlem uydu serilerinden biri olarak YBS için benzersiz bir tarihsel veri kaynağı sunmaktadır. Uzun arşivi sayesinde Landsat verileri, mekânsal değişimlerin uzun dönemli analizine olanak tanır. Türkiye’de arazi kullanımı değişimleri, kentlerin zamansal yayılımı ve çevresel dönüşümler bu verilerle geriye dönük olarak incelenebilmektedir. YBS bağlamında Landsat, “bugün ne oluyor?” sorusundan çok “zaman içinde ne değişti?” sorusuna yanıt verir. Örneğin bir belediye veya merkezi kamu kurumu, Landsat verilerini kullanarak son 30–40 yılda kentsel büyümenin hangi yönlerde gerçekleştiğini analiz edebilir ve bu bilgiyi altyapı yatırımlarını planlayan YBS modüllerine entegre edebilir.
Göktürk-2 Uydusu (Türkiye)	Göktürk-2, Türkiye’nin kendi yer gözlem kapasitesini güçlendirmek amacıyla geliştirilmiş ulusal bir uydu platformudur. Göktürk-2, özellikle orta-yüksek çözünürlüklü görüntüler sağlayarak Türkiye ölçeğinde detaylı mekânsal gözlemler yapılmasına olanak tanır. YBS açısından Göktürk-2’nin önemi, ulusal önceliklere odaklı veri üretimi ve kritik alanlarda yerli veri kaynağı sağlamasıdır. Örneğin tarım ve çevre yönetimiyle ilgili bir YBS uygulamasında, Göktürk-2 verileri kullanılarak belirli bölgelerdeki arazi kullanım türleri, tarımsal alanların dağılımı ve çevresel baskılar izlenebilir. Bu bilgiler, merkezi yönetim düzeyinde alınan planlama ve destekleme kararlarının daha güvenilir mekânsal verilere dayanmasını sağlar.
İMECE Uydusu (Türkiye)	İMECE, Türkiye’nin yüksek çözünürlüklü yer gözlem kapasitesini temsil eden en yeni ve en stratejik uydu platformlarından biridir. İMECE, özellikle kentsel alanlar, altyapı unsurları ve kritik tesislerin izlenmesi gibi detay gerektiren uygulamalar için yüksek mekânsal çözünürlük sunar. YBS bağlamında İMECE’nin katkısı, mikro ölçekte karar destek süreçlerini mümkün kılmasıdır. Örneğin büyükşehir belediyelerine ait bir YBS içerisinde, İMECE verileri kullanılarak yeni gelişen yapılaşma alanları, ulaşım aksları çevresindeki yoğunluklar veya sanayi bölgelerindeki mekânsal değişimler detaylı biçimde analiz edilebilir. Bu sayede YBS, parsel ve mahalle ölçeğinde stratejik kararları da destekleyen bir yapıya kavuşur.

4.2 UA Verisinin CBS ile Bütünleşmesi

UA ile elde edilen ham görüntüler, tek başına bir yönetim kararı üretmez. Bu noktada devreye, veriyi işleyen bir analiz laboratuvarı ve karar mekanizması olarak tanımlandığımız CBS girer. UA verisinin CBS içinde işlenerek YBS'ye sunduğu en kritik çıktılardan biri spektral indekslerdir. Örneğin, tarımsal bir YBS uygulamasında sıkça kullanılan NDVI (Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) buna en net örnektir. NDVI, bitkilerin sağlıklı olup olmadığını anlamak için ışığın farklı dalga boylarını kullanır. Ancak YBS yöneticisi arka plandaki matematiksel formülle ilgilenmez. CBS, bu indeksi işleyerek yöneticiye basit bir renk haritası sunar: “Yeşil alanlar sağlıklı, kırmızı alanlar stres altında.” Bu veri CBS’de işlendikten sonra YBS, “hangi bölgelere daha fazla gübre gönderilmeli?” veya “hangi tarlada rekolte düşük olacak?” gibi sorulara yanıt veren bir MKDS çıktısına dönüşür.

Bu şekilde UA, YBS’nin saha görüşünü iki temel boyutta genişletir:

- Görünmeyeni Görünür Kılmak: İnsan gözünün algılayamadığı (kızılötesi gibi) bantları kullanarak bitki sağlığı veya zemin nemi gibi gizli verileri ortaya çıkarır.
- Sürekli Gözlem: İnsan kaynağı ile 7/24 izlenmesi imkânsız olan geniş coğrafyaları sürekli tarayarak, YBS’ye anlık anomalileri (örneğin kaçak yapılaşma veya orman yangını başlangıcı) raporlar.

Bu sayede YBS, geçmiş verileri raporlayan bir arşivci olmaktan çıkarak, sahadaki canlı durumu izleyen ve analiz eden bir operasyon merkezi haline gelir.

Bir benzetme ile somutlaştırsak; klasik YBS, geniş bir fabrikanın güvenliğini sağlamak için belirli saatlerde tur atan bir gece bekçisine benzer. Bekçi turunu tamamlayana kadar geçen sürede (veri boşluğu) gerçekleşen olaylar raporda yer almaz. UA entegrasyonu ise, tüm tesisi kör nokta bırakmadan izleyen, hareket veya ısı değişimi algıladığında merkeze anlık görüntü ileten akıllı bir kamera ve sensör ağıdır. Bu sistem, olay gerçekleştikten sonra değil, gerçekleştiği anda sistemi uyarak ‘değişim takibini’ canlı hale getirir.

5. Mekânsal Analitik ve Görsel Karar Destek

Mekânsal analitik, mekânsal veriler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmaya yönelik yöntem ve yaklaşımları kapsar. Yoğunluk haritaları, bölgesel karşılaştırmalar ve zaman-mekân analizleri, yönetsel problemlerin yalnızca sonuçlarını değil, altında yatan mekânsal dinamikleri de görünür kılar. Bu analizler, YBS içinde kararların sezgisel değil, kanıta dayalı biçimde alınmasını destekler (Andrienko ve Andrienko, 2006).

Görsel karar destek yaklaşımları ise mekânsal analitik sonuçlarının kullanıcı tarafından daha kolay algılanmasını sağlar. Haritalar ve etkileşimli görseller, karmaşık veri yapılarını sadeleştirerek karar vericinin bilişsel yükünü azaltır. Bu durum, YBS'nin teknik doğruluğunu ve karar kalitesini doğrudan etkiler. Görselleştirme bu bağlamda bir sunum aracı değil, karar verme sürecinin ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirilmelidir (MacEachren, 2004).

YBS literatüründe veri, uzun yıllar boyunca satırlar, sütunlar ve istatistiksel özetler olarak sunulmuştur. Ancak insan beyni, görsel desenleri metinsel verilerden çok daha hızlı işleme kapasitesine sahiptir. Mekânsal analitik, YBS'nin sunduğu karmaşık veri setlerini harita tabanlı görsellere dönüştürerek, karar vericilerin problemleri algılama biçimini kökten değiştiren bir disiplindir. Bu süreç, veriyi haritaya dökmek ile sınırlı değildir. Veriler arasındaki gizli coğrafi ilişkileri, yoğunlukları ve hareketleri görünür kılmaktır. Şekil 6, yönetimde mekânsal analitiğin gücünü göstermektedir.



Şekil 6. Yönetimde mekânsal analitiğin gücü

5.1 Mekânsal Yoğunluk Haritaları ve Kümelendirme Analizi

Karar vericiler için binlerce satırlık bir müşteri listesini veya suç kaydını incelemek bilişsel bir yük oluşturur. Mekânsal yoğunluk haritaları, bu noktaları birleştirerek verinin sıcak noktalarını (hot spots) ortaya çıkarır. Örneğin, bir perakende yöneticisi satış rakamlarını tablo olarak incelediğinde genel bir düşüş görebilir. Ancak bu veri mekânsal analitik ile bir yoğunluk haritasına dönüştürüldüğünde, düşüşün tüm şehre yayılmadığı, belirli bir lojistik hattı üzerindeki bölgelerde kümelendiği (cluster) fark edilir. Bu görselleştirme, sorunun satış stratejisinde değil, o bölgeye hizmet veren tedarik zincirinde olduğunu anında işaret eder. Uzaktan algılama verileriyle entegre edildiğinde bu haritalar, bir bölgedeki betonlaşma yoğunluğunu veya tarımsal alanlardaki stres bölgelerini renk kodlarıyla (örneğin NDVI analizi ile kırmızı/yeşil alanlar) sunarak yöneticinin odağını sorunlu bölgeye çeker.

5.2 Bölgesel Karşılaştırmalar ve Bağlam

Mekânsal görselleştirme, performansı coğrafi bağlam içinde değerlendirmeyi sağlar. Klasik YBS raporlarında “A Bölgesi” ve “B Bölgesi” sadece birer isimdir. Ancak mekânsal analitik, bu bölgeleri fiziksel gerçeklikleriyle karşılaştırır.

UA teknolojisinin sağladığı küresel veri akışı sayesinde, çok uluslu bir şirket farklı kıtalardaki şubelerinin çevresel ve ekonomik hareketliliğini aynı ekranda yan yana karşılaştırabilir. Görsel analitik, A bölgesindeki ciro düşüklüğünün, o bölgedeki yeni yol inşaatları veya değişen arazi kullanımıyla (örneğin konut alanının sanayiye dönüşmesi) ilişkili olup olmadığını görsel olarak kanıtlar. Bu, yöneticinin farklı varlıkları kıyaslamasını engeller ve kararları yerel gerçekliklere dayandırır.

5.3 Zaman-Mekân İlişkileri: Değişimi İzlemek

Karar vericinin algısını en çok değiştiren boyut, haritalara zaman boyutunun eklenmesidir. Statik bir harita durumu gösterirken, zaman serisi analizi içeren mekânsal görseller trendi gösterir.

Uydu platformlarının aynı nokta üzerinden düzenli aralıklarla geçmesi, YBS'ye dinamik bir film şeridi sunar. Örneğin, bir liman işletmecisi için son beş yıldaki konteyner yoğunluğunun uydu görüntüleriyle oluşturulmuş hızlandırılmış videosu, limanın hangi mevsimlerde tıklandığını ve genişleme yatırımının nereye yapılması gerektiğini raporlardan çok daha net anlatır. Bu görsel yaklaşım, yöneticinin geçmişe bakıp “ne oldu?” sorusunu sormasından ziyade, trende bakıp “ne olacak?” sorusuna odaklanmasını sağlar.

5.4 Görsel Analitik Karar Vericinin Algısını Nasıl Değiştirir?

Mekânsal görselleştirme, karar vericinin zihninde üç temel dönüşüm yaratır:

- Soyuttan Somuta Geçiş: Finansal tablolar soyuttur. Ancak bir sel risk haritası veya kuraklık indeksi somuttur. Görsel analitik, beyan edilen verilerle (raporlar) yetinmeyip, UA ile elde edilen gözlemlenen gerçekliği (bina varlığı, bitki sağlığı vb.) ortaya koyar. Bu, yöneticinin manipüle edilmiş raporlar yerine fiziksel gerçekliğe güvenmesini sağlar.
- Bütüncül (Holistik) Görüş: Klasik raporlar departman bazlıdır (satış raporu ayrı, lojistik raporu ayrı). Mekânsal bir pano, satış verilerini, trafik yoğunluğunu ve demografik katmanları üst üste bindirerek gösterir. Yönetici, bu katmanlar arasındaki nedensellik ilişkisini tek bakışta kavrar.

- Hız ve Odaklanma: İnsan beyni görsel uyaranlara metinden 60.000 kat daha hızlı tepki verir. Kırmızıya boyanmış bir riskli bölge, yöneticinin yüzlerce sayfalık raporda gözden kaçırabileceği bir detayı anında fark etmesini ve o noktaya müdahale etmesini sağlar.

Bu özelliklerle mekânsal analitik ve görsel karar destek sistemleri, YBS'yi sadece bir kayıt sistemi olmaktan çıkararak bir içgörü motoruna dönüştürür.

Mekânsal veri, CBS ve UA yaklaşımları, YBS'nin birçok uygulama alanında bütünleşik biçimde kullanılmaktadır. Tarımda ürün izleme ve verim değerlendirme, çevresel izleme sistemlerinde değişim analizi, afet yönetiminde risk haritalama ve akıllı şehir uygulamalarında altyapı planlaması bu alanlara örnek olarak verilebilir. Bu uygulamalarda mekânsal bilgi, karar süreçlerinin merkezinde yer alarak YBS'nin stratejik değerini artırır (Liakos vd., 2018; Batty vd., 2012).

Bu örnekler, mekânsal bileşenlerin YBS içinde yalnızca destekleyici değil, dönüştürücü bir rol oynadığını göstermektedir. Mekânsal veri temelli yaklaşımlar, yönetsel kararların daha şeffaf, izlenebilir ve sürdürülebilir biçimde alınmasına katkı sağlar.

Süreci trafik yönetimi üzerinden örneklendirirsek; klasik bir YBS raporu, yoğun trafiğin olduğu bir yolda sadece radyo yol durumu anonsunu dinlemeye benzer. 'Köprüde trafik var' bilgisini alırsınız ancak yoğunluğun tam olarak nerede başladığını veya alternatif kaçış yollarını zihninizde canlandıramazsınız. Mekânsal görselleştirme ve analitik ise, sürücünün önündeki canlı navigasyon ekranıdır. Bu ekran, sıklıkla kırmızı hatlarla (yoğunluk haritası) gösterebilir; kazanın tam konumunu, çevre yollardaki akışı ve en hızlı alternatif rotayı (karar destek) bir bütün olarak sunarak 'tablo körlüğünü' ortadan kaldırabilir.

6. Sonuç ve Değerlendirme

Sonuç olarak mekânsal veri, CBS ve UA yaklaşımları, YBS'nin analitik derinliğini ve gerçek dünya ile kurduğu bağ güçlendiren temel unsurlardır. Bu teknolojilerin bütünleşik kullanımı, YBS'yi statik raporlama sistemlerinden dinamik ve bağlamsal karar destek platformlarına dönüştürmektedir. Kitabın diğer bölümleriyle birlikte değerlendirildiğinde, mekânsal bileşenlerin yeni nesil YBS mimarisinin vazgeçilmez bir parçası olduğu açıkça görülmektedir (Turban vd., 2011). YBS, CBS ve UA teknolojilerinin entegrasyonu; organizasyonların karar alma süreçlerinde köklü bir paradigma değişimini temsil etmektedir. Geleneksel YBS yaklaşımları, veriyi “ne” ve “ne kadar” soruları üzerinden sayısal tablolara hapsederken;

bu üçlü yapının oluşturduğu yeni nesil ekosistem, veriye “nerede?” sorusunu ekleyerek ona fiziksel bir gerçeklik ve bağlam kazandırmıştır. Bu yönleriyle bu çerçevenin şekil 7’de de gösterildiği üzere klasik YBS’ye mekânsal zekâ kazandırdığı sylenabilir.



şekil 7. Yönetimin yeni boyutu: mekânsal zekâ

Ortaya konan mimaride her bileşen, stratejik zincirin vazgeçilmez bir halkasını oluşturmaktadır. UA, sistemin gözleri olarak sahayı sürekli tarar. Geniş alan kapsama avantajı ve zamansal tekrar yeteneği ile YBS’ye kesintisiz veri akışı sağlar. CBS, bu ham veriye işler, topolojik kurallarla doğrular ve farklı veri katmanlarını çakıştırarak anlamlandırır. Bu fonksiyonlarıyla CBS analitik motor işlevini üstlenir. YBS ise bu işlenmiş mekânsal bilgiyi, işletme hedefleriyle birleştirerek nihai kararın verildiği stratejik merkez olarak konumlanır.

Bu entegrasyonun yönetim kademesindeki en somut etkisi, mekânsal analitik ve görselleştirme yetenekleriyle ortaya çıkmaktadır. İnsan beyini, binlerce satırlık karmaşık veri setlerini analiz etmekte zorlanırken, görsel örüntüleri tanıma konusunda son derece yeteneklidir. Mekânsal görselleştirme, yöneticileri tablo krlğinden kurtararak büyük resmi görmelerini sağlar. Bir satış raporunda sadece sayısal bir düşüş olarak görülen veri, mekânsal analiz ile harita üzerine döküldüğünde; sorunun belirli bir coğrafi bölgede kümelendiği veya rakip firmaların etki alanlarıyla çakıştığı anında fark edilebilir.

Yeni nesil YBS’ler, veriye izole bir şekilde değil, çevresel faktörlerle birlikte bağlamsal olarak sunar. Bir mağazanın performans düşüklüğü, yan parseldeki inşaat çalışması veya değişen trafik akışıyla ilişkilendirildiğinde anlam kazanır. Bu bağlamsal zenginlik, karar vericilerin gri alanları tespit etmesine, pazarın doymuş veya hizmet gitmemiş bölgelerini analiz etmesine ve kaynakları en

verimli sıcak noktalara yönlendirmesine olanak tanır. Sonuç olarak mekânsal analitik, YBS'nin ürettiği bilgiyi soyut bir rapordan, gözle görülür, elle tutulur ve güvenilir bir karar destek aracına dönüştürür.

Sonuç olarak; çok kaynaklı veri yapılarının (uydu, sensör, saha verisi) mekânsal bir düzlemde birleşmesi, işletmeleri reaktif bir yönetim anlayışından proaktif bir yapıya taşır. Yöneticiler geçmiş verileri raporlayan tarihçi rolünden sıyrılarak sahadaki değişimi, hareketi ve trendleri anlık olarak izleyip yönetebilen stratejistlere dönüşürler.

Referanslar

- Andrienko, N., & Andrienko, G. (2006). Exploratory analysis of spatial and temporal data: A systematic approach. Springer.
- Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., Ouzounis, G., & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 481–518. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2012-01703-3>
- Goodchild, M. F. (2004). GIScience, geography, form, and process. *Annals of the Association of American Geographers*, 94(4), 709–714. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2004.00414.x>
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). Management information systems: Managing the digital firm (16th ed.). Pearson Education.
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2015). Remote sensing and image interpretation (7th ed.). Wiley.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). Geographic information science and systems (4th ed.). Wiley.
- MacEachren, A. M. (2004). How maps work: Representation, visualization, and design. Guilford Press.
- Malczewski, J. (1999). GIS and multicriteria decision analysis. John Wiley & Sons.
- Nyerges, T. L., Couclelis, H., & McMaster, R. (Eds.). (2011). The SAGE handbook of GIS and society. SAGE Publications.
- Shekhar, S., & Xiong, H. (Eds.). (2008). Encyclopedia of GIS. Springer.
- Turban, E., Sharda, R., Delen, D., & Aronson, J. E. (2011). Decision support and business intelligence systems (9th ed.). Pearson Education.
- Weng, Q. (2010). Remote sensing and GIS integration: Theories, methods, and applications. McGraw-Hill.



YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİNDE VERİ BİLİMİ VE İNSAN-BİLGİSAYAR ETKİLEŞİMİ

“ ”

Habibe AKTAY¹

¹ Dr., habibe.aktay@isikun.edu.tr ORCID: 0000-0002-2917- 6187

Işık Üniversitesi İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi Yönetim Bilişim Sistemleri

1. Giriş

Endüstri 4. 0 ile teknoloji üssel olarak ivmelenmiş yapay zekâ ve veri bilimi algoritmaları tüm çağı domine etmeye başlamıştır. Büyük verinin dijital dünyada büyük bir güç haline gelmesiyle veri bilimi alanında metodolojik sıçramalar gerçekleşmiştir. Dolayısıyla gerçekleşen tüm bu değişim ve dönüşümler yönetim bilişim sistemleri alanını da teorik ve uygulamalı olarak dönüştürmüştür. Davenport ve Harris'in (2017) ifade ettiği gibi veri bilimi, verinin salt işlenmesi anlamına gelmemekte olup, verilerin anlamlandırılması sonrasında örgütsel değer yaratan bir girdi olması anlamı taşımaktadır. Endüstri 4.0'da her gün üretilen büyük miktarda verilerin algoritmik süreçlerde kullanılması, örgütlerin sürdürülebilir rekabet avantajı yaratmasının yöntemini köklü bir şekilde değiştirmiştir. Verilerin amaca yönelik işlenme biçimi tüm örgütsel süreçleri optimize edip dönüştürerek; küresel rekabetin şiddetini de önemli ölçüde arttırmıştır. Bu değişim ve dönüşümlerde iki disiplin ön plana çıkmıştır. Bunları insan bilgisayar etkileşimi ve veri bilimi olarak sıralamak mümkündür. Veri biliminin odak noktası büyük ve kompleks yapıdaki veri setlerinden anlamlı ve amacı yönelik bilgi üretmek “ne” ve nasıl sorularına analitik cevaplar üretmek iken; insan bilgisayar etkileşiminin odak noktası bu üretilen teknik bilgilerin kullanıcıya nasıl sunulduğu ve kullanıcıların bu bilgilerle etkileşime girerken arka planda ne tarz bilişsel, sosyal ve analitik mekanizmaların dinamik olarak işlediğini anlamak ve anlamlandırmaktır.

Modern YBS literatürünün geleceği İnsan-Bilgisayar Etkileşimi ve Veri Bilimi disiplinleri arasındaki denge ekseninde şekillenmektedir. Yönetim bilişim sistemlerinin etkinlik derecesi ve bütünsel bakış açısının başarısı, bu iki alanla uyumlu bir entegrasyon süreci ile mümkün olmaktadır. Norman'ın (2013) kullanıcı merkezli tasarım ifadesi ile kavramsallaştırdığı gibi teknik bir sistemin başarısı kullanıcıların zihinsel modelleri ile örtüştüğü oranda başarıya ulaşmaktadır. Bu örtüşme derecesi ve gücü örgütsel-operasyonel başarının bir anahtarı olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla veri bilimi algoritmaları sonucu üretilen çıktılar ne kadar kusursuz olursa olsun, kullanıcılar bu çıktıları kendi bilişsel sistemlerinde benzer şekilde anlamlandıramaz ve özümseyemezse bu bilgiler âtıl olarak kalmak ve önemini yitirmeye mahkumdur. İlgili alan yazında teknik anlamda kusursuz geliştirilmiş bir sisteminin bile kullanıcı ihtiyaç ve beklentileri ile uyuşmadığında başarısız olabileceğine dair güçlü kanıtlar ve argümanlar mevcuttur (Nielsen, 1994).

Shneiderman'nin (2020) İnsan Merkezli Yapay Zekâ (HCAI) yaklaşımında, bireysel ya da örgütsel karar kalitesinin salt verinin matematiksel doğruluk oranı ile ölçülmediği, son kullanıcıların bu veriye güvenme, veriyi anlamlandırma ve bu veriyi eyleme dökme noktasında istekli olmasına bağlı

olduğunu ifade etmiştir. Dolayısıyla Veri Bilimi çıktılarının İnsan-Bilgisayar Etkileşimi disiplini ile uyumlu bir yol izlemesi gerekmektedir. Bu noktada YBS, Veri Biliminin teknik analitik çıktılarını İBE disiplininin sağladığı kullanıcı deneyimi ve bilişsel ergonomi ilkeleri ile harmanlamaktadır. Bu bağlamda YBS, işlenmemiş veriyi çoklu adımlarla işleyerek ortaya stratejik değeri yüksek ve örgütsel bilgelik yolunu açan sürdürülebilir rekabet avantajına zemin hazırlayan bir köprü yaratmaktadır. Sonuç olarak modern Yönetim Bilişim Sistemlerinin başarısının anahtarı, işlenen verinin analitik derinliği ile insan merkezli bir tasarımın harmonik bir dengede buluşması ile mümkün olmaktadır. Bu bağlamda veri bilimi ve insan bilgisayar etkileşimini YBS içerisinde birbirini tamamlayan iki disiplin olarak ifade edilebilir. Literatürde bu iki alanın ayrı ayrı ele alındığı çalışmalar mevcut iken, bu iki alanı birlikte inceleyen çalışmalar görece sınırlıdır. Bu çalışma, bu iki ayrı disiplini YBS çatısı altında incelemekte ve oluşan bu sinerjinin sürdürülebilir rekabete ve örgütsel başarıya etkisini incelemeye odaklanmaktadır.

2. YBS Bağlamında Veri Bilimi Yaklaşımları

Veri bilimi, verilerin toplanması, yapılandırılması ve karar destek sistemlerinde kullanılması üzere veriyi işleyen veriden bilgi ve içgörü çıkaran disiplinlerarası bir alandır. Veri Bilimi, büyük veri, veri madenciliği ve iş analitiği gibi alanlarla bütünleşmiş durumdadır. YBS alan yazınında veri bilimi karar destek sistemleri ve iş zekâsı uygulamalarıyla çoğunlukla ilişkilendirilmektedir (Provost ve Fawcett, 2013; Medeiros vd., 2020).

Yönetim Bilişim Sistemleri Disiplini içerisinde Veri bilimi, karar verme süreçlerini desteleyen ve bu süreçlere yardımcı olan analitik katmanı oluşturmaktadır. Geleneksel YBS'ler ağırlıklı olarak özet bilgi sunma ve raporlama gibi örgütsel süreçlere işlevsel olarak katkıda bulunurken, veri bilimi temelli modern YBS'ler ileri düzey analitik çıktılar üreten, geleceğe dair tahmin algoritmaları kullanarak modellemeler yapan mimarileri içermektedirler (Laudon & Laudon, 2021).

Delen ve Ram (2018) tarafından yapılan bir araştırmada, YBS ve veri bilimi uygulamaları gelişmişlik düzeyi ve sunduğu değer ekseninde incelenmiş olup; hiyerarşik bir taksonomiye ayrılmıştır. Bunlar tanımlayıcı, kestirimci (tanısal), öngörücü (tahminleyici) ve kuralcı (yol gösterici) analitikler olarak sıralanmaktadır.

Tanımlayıcı analitikler “ne oldu? “Ya da “ne oluyor?” sorularını incelerken; iş raporlama sistemleri, gösterge panelleri, veri ambarları ve karneler kullanmaktadır. YBS bir örgütün mevcut durumunun tam bir resmini çizerek örgüt içi problemlerin teşhis edilmesi noktasında örgütlere faydalı içgörüler kazandırmaktadır. Tanısal analitikler “neden oldu”

sorusuna yanıt aramaktadırlar. Burada kullanılan araçlar veri görselleştirme, detaylı inceleme ve veri keşfi olarak özetlenebilmektedir. YBS örgütün mevcut durumunun kök sebeplerine vurgu yaparak tanımlayıcı analitiği bu noktada bir üst seviyeye taşımaktadır. Tahminleyici analitik “ne olacak” ve “neden olacak” gibi geleceğe yönelik soruları odağına almaktadır. Bunu yaparken kullandığı araçlar ise istatistiksel modeller, derin öğrenme, makine öğrenmesi, metin madenciliği, veri madenciliği olarak sıralanabilir. YBS örgütlere gelecekte gerçekleşme olasılığı bulunan olaylar ve bunların sonuçları ile ilgili bilgiler vererek, örgütlerin bu olası senaryolara karşı hazır olmalarına olanak tanımaktadır. Son olarak tanımlanan analitik türü ise yol gösterici analitiklerdir. Bunlar “ne yapmalıyım” ve “neden yapmalıyım” sorularının yanıtları ile ilgilenmektedirler. Kullanılan araçlar ise ağ analizi, optimizasyon, simülasyon ve karar modelleme olarak listelenmektedir. Özetle Delen ve Ram (2018) tarafından yapılan çalışmada YBS ve veri bilimi bağlamının, salt veri analiz sürecinden ibaret olmadığı; istatistik, yönetim, matematik ve bilgisayar bilimi gibi disiplinlerin birleşiminden meydana gelen çok disiplinli bir metodoloji olduğu vurgulanmaktadır.

Endüstri 4.0 ile büyük veri ile çalışma ihtiyacı YBS’lerde veri biliminin önemini kritik bir noktaya taşımıştır. Günümüzde YBS’ler verileri sadece kurumsal veri tabanlarından almamakta bunun yanı sıra sensörlerden, sosyal medya platformlarından, coğrafi bilgi sistemlerinden ve nesnelerin interneti gibi birçok kaynaktan toplamaktadırlar. Toplanan bu verilerin çeşitliliği, hacmi ve hızı geleneksel bilgi sistemleri yaklaşımları ile analiz edilememekte, dolayısıyla bu yaklaşımların ötesinde sofistike çözümler gerektirmektedir. Bu karmaşık veri ekosisteminden anlamlı, amaca uygun bilgi üretme veri bilimi metodolojisi ile olanaklıdır. Veri bilimi bu noktada örgütlere müşteri kaybı, dolandırıcılık tespiti ve talep tahmini gibi konularda doğrudan çözüm önerileri sunarak süreçleri hızlandırıp iyileştirmektedir(Chen, Chiang & Storey, 2012; Kitchin, 2021).

Atan (2016) “büyük verinin” büyük diye adlandırılmasının sebebinin, verinin miktarının çeşitliliği ve çokluğundan ziyade; aslında verinin değerinin yeniden keşfi olduğunu ifade etmiştir. Çalışmasında büyük verinin örgütler için büyük bir kaynak olduğunu vurgulayan Atan, büyük verinin örgütlerin bizzat asıl işleri olabileceğini vurgulamıştır.

Simon (1968) yönetimin kalbinin karar vermek olduğunu ifade etmiştir. Verilen kararın kalitesi sürdürülebilir rekabetin kazanılması için büyük önem arz etmektedir. Holt’a (1987) göre YBS örgütlerin planlama kontrol, karar alma ve organize etmek gibi süreçlerini desteklemek için bilgi teknolojilerini kullanan bir çalışma alanıdır. Veri biliminin YBS süreçlerine etkisi ve katkısı, model üretmekten ziyade analitik sonuçların yorumlanması, karara bağlanması ve kullanıcıya uygun hale getirilerek sunulmasını kapsamaktadır.

Veri bilimi YBS içinde kaynak planlamaya, risk analizi yapmaya, performans çıktılarını değerlendirmeye yardımcı olmaktadır.

Veri bilimi karar verme süreçlerine iki şekilde katkıda bulunur. İlki keşif odaklı kararlar iken ikincisi otomatikleştirilmiş kararlardır. Keşif odaklı karar verme sisteminde, veriler içerisindeki gizil yapılar ortaya çıkarılarak yöneticilere karar verme süreçlerini optimize etme noktasında katkı sağlanmaktadır. Otomatikleştirilmiş karar sistemlerinde, finans alanında dolandırıcılık tespiti ve telekomünikasyon alanında ürün veya reklam yerleştirme gibi birçok müşteriye doğrudan etkileyen ve ilgilendiren kararlar, veri bilimi algoritmaları sayesinde milisaniyeler içerisinde verilebilmektedir. Veri bilimi modern örgüt yapılanmasında sezgiye dayalı yönetim anlayışından kanıt temelli yönetime geçmeye yardımcı olarak, örgütsel karar sitemlerine doğrudan etkide bulunmaktadır. Veri bilimi örgütlerin yoğun belirsizlik ve risk anlarında önceden belirledikleri hedeflere ulaşmalarında yardımcı olacak tüm araçları sunmaktadır. (Delen & Ram, 2018; Provost & Fawcett, 2013; Maderios vd., 2020).

3. İnsan-Bilgisayar Etkileşimi ve YBS

İnsan- bilgisayar etkileşimi, kullanıcıların bilgisayar tabanlı sistemlerle etkileşimine odaklanan, bu etkileşimin altında yatan dinamikleri inceleyen ve bu etkileşimin daha etkili ve verimli olması için sistemler tasarlayan bir araştırma alanıdır. Kullanılabilirliği odak noktasına alan insan- bilgisayar etkileşimi, kullanıcı deneyiminin en az teknik performans ve işlevsellik kadar önemseyen bir alandır (Nielsen, 1994; Shneiderman vd., 2016).

İBE çalışmaları, insan bilgisayar etkileşimini incelerken davranış bilimleri, psikoloji, sosyoloji, bilişsel bilimler, bilişim teknolojileri, yazılım mühendisliği, ergonomi, endüstriyel tasarım, grafik tasarım, eğitim bilimleri gibi birçok disiplinden faydalanmaktadır (Sevindik vd., 2025).

YBS alanında yapılmış İBE çalışmalarının odağında sıklıkla kullanıcı memnuniyeti ve sistem kabulü yer almaktadır. Davis (1989) Teknoloji Kabul Modeli (TAM) ile bilişim teknolojilerinin kullanıcılar tarafından neden benimsenip kabul edildiğini ya da edilmediğini açıklamaktadır. Bu kapsamda TAM, **Algılanan Kullanışlılık (PU)** ve **Algılanan Kullanım Kolaylığı (PEOU)** kavramlarıyla incelenmektedir. Çalışmada, bir kullanıcının bir sistemi kullandığında iş performansının artacağına inanmasını “kullanışlılık”, kullanıcıların bir sistemi çaba harcamadan kullanabileceklerine ilişkin inançlarını ise “kullanım kolaylığı” olarak ifade edilmiştir. Davis (1989) tarafından yapılan bu araştırmanın sonucunda “algılanan kullanılabilirliğin” bireylerin kullanım davranışları üzerinde “kullanım kolaylığından” daha güçlü bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Teknoloji Kabul Modeli

yaklaşımında, algılanan fayda ve kullanım kolaylığı gibi faktörlerinin bilgi sistemlerinin benimsenmesinde büyük bir rol oynadığı savunulmaktadır.

Norman (2013), İBE'nin temel ilkelerini kullanılabilirlik, öğrenilebilirlik ve etkinlik olarak sıralamaktadır. Preece ve arkadaşları (2015) İBE'nin temel ilkelerini görünürlük, geri bildirim ve kısıtlamalar olarak açıklamakta ve bunun kullanıcı temelli hataları azalttığını vurgulamaktadır. Yapılan çalışmada, kritik bileşenin kullanıcı deneyimi olduğu ifade edilmiştir. Bir sistemde kullanıcı deneyiminin (UX) zayıf olmasının en doğru verinin bile yorumlanmasında hatalara yol açarak stratejik kararları etkileyeceği vurgulanmıştır. Nielsen (1994) kullanılabilirlik kavramını öğrenilebilirlik, hata toleransı ve kullanıcı memnuniyeti gibi çeşitli etmenler üzerinden analize tabi tutmaktadır.

Veri biliminin aktif olarak kullanıldığı YBS uygulamalarında, ileri düzey analitiklerin kullanıcılara aktarılma biçimi, geliştirilen sistemin algılanan faydasını ve dolayısıyla memnuniyet derecesini etkilemektedir (Hevner vd., 2004).

YBS kullanıcıları çoğunlukla veri bilimi alanında uzmanlaşmamış ya da istatistikten çok fazla anlamayan yöneticilerden ve kullanıcılardan oluşmaktadır. Bu sebeple verilerin analizi akabinde görselleştirme teknikleri kullanılarak etkileşimli paneller tasarlanması ve sezgisel arayüzlerle yöneticilerin karar almalarına yardımcı olunması gerekmektedir. İBE ilkeleri kullanılarak iyi tasarlanmış bir sistemin kullanıcıların verilere güvenlerini arttırmakta ve bu sistemlerin kabulünü kolaylaştırmaktadır (Keim vd., 2008; Shneiderman vd., 2016; Davis, 1989). Ayrıca iş zekâsı ve diğer karmaşık veri setlerinin doğru yorumlanabilmesi ve karar sistemlerinde kullanılabilmesi için İBE ilkeleri kullanılarak etkileşimli olarak görselleştirilip özetlenmesi gerekmektedir (Chen vd., 2012).

Teknolojinin üssel olarak büyümesi dolayısıyla örgütlerin yeni teknolojilere hızlıca uyum sağlamaları gerekmektedir. Fakat örgütsel gelişime direnme genelde teknolojiyi Kabul etme noktasında yaşanmaktadır. Dolayısıyla İBE ilkelerinin YBS'lerde kullanılması bu sürece daha kolay uyum sağlanmasına yardımcı olmaktadır. İBE yönetim bilişim sistemlerinin örgütsel başarı ve performans için vazgeçilmez bir unsurdur. Veriye ve teknolojiye güvenme ancak İBE ilkeleri kullanılarak insan zihnini anlama ve algılama şekillerini öğrenme ile mümkün olabilmektedir. Ayrıca YBS'lerde İBE prensiplerinin kullanılması bir örgütteki çalışanların bilişsel yükünü azaltarak hata yapma oranlarını azaltmaya yardımcı olmaktadır (Chen vd., 2012; Card vd., 1983; Davis, 1989).

İBE prensipleri birçok hizmetin kişiselleştirilmesinde kritik bir öneme sahiptir. İBE prensipleri kullanılarak yenilikçi etkileşimler sağlamak mümkündür. Özellikle robotik alanında, tele-operasyon ve otonom robotlar için sezgisel arayüz tasarlanmasında İBE ilkeleri kullanılmaktadır (Chandran, 2022). Bunun yanı sıra geliştirilen insan-makine öğrenmesi arayüzleri, karmaşık veri kümelerinin özetlenmesi için insan uzmanlığını model eğitim sürecine dahil etmeye yardımcı olmaktadır. Bu sayede geliştirilen modeller iş performanslarının arttırılmasına imkân tanımaktadır (Erskine vd., 2024).

İnsan bilgisayar etkileşimi prensipleri tüm arayüz ve bilişim sistemlerinde kullanılabilir. Kullanıcı deneyimini iyileştirmek, uygulama geliştirme sürecinde karmaşıklığı azaltma maksadıyla modüler yazılım tekniği kullanılması önemli olmaktadır. Bu vesileyle kullanıcı merkezli, daha az maliyetli ve estetik açıdan daha kusursuz arayüzlerin geliştirilmesi mümkün olmaktadır (Nielsen, 1994; Kandel vd., 2012).

İnsan homo-ludens'tir. Homo-ludens oyuncu insan manasına gelmektedir. Yaşamın ilk yıllarından itibaren oyun oynayarak öğrenen insan, toplumsallaşma sürecinde dış dünya ile ilk etkileşimlerini oyun vasıtasıyla kurar (Köse & Ük, 2019). Oyunlaştırma insan bilişsel yapısına uygun olarak etkileşimi arttıran İBE yöntemlerden biridir. Oyunlaştırma yöntemi kullanılarak etkileşimli arayüzler tasarlanabilmektedir. Pazarlama, reklamcılık, bankacılık vb. birçok alanda sıklıkla oyunlaştırma kullanılmaktadır. Kullanıcıların sistemleri kullanma ve benimseme motivasyonlarını arttırmak maksadıyla İBE ilkeleriyle kullanılarak oyunlaştırılmış sistemler tasarlanmaktadır. Bu sayede hedef kitle ile duygusal bir bağ kurularak, örgütsel hedeflere ulaşmaya çalışılmaktadır (Akıllıbaş & Ceylan, 2020). Son yıllarda arttırılmış gerçeklik (AR) ve derin öğrenme modelleri kullanılarak birçok soruna çözüm aranmaya başlamıştır. İBE 2.0 olarak adlandırılan bu yeni dönemde otizm tanısı almış çocuklara yardım eden sistemlerden, su borularından sızıntıları tespit eden yapay zekâ sistemlerine kadar İBE birçok bilişim sistemi alanında çözümler üretmeye devam etmektedir (Meen vd., 2023).

Yapılan güncel araştırmalar neticesinde İBE alanındaki teorik bilgilerin tasarım psikolojisi ile birleştirildiğinde, arayüzlerin yalnızca fonksiyonel değil, aynı zamanda kullanıcıların psikolojik ve duygusal iyi oluşları üzerinde etkili olacak şekilde tasarlanması gerektiğinin altı çizilmektedir. Tasarlanan arayüzlerin ve sistemlerin kullanıcılarca kabul edilmesi ve benimsenmesi için İBE prensipleri ile tasarlanması gerekliliği araştırmalarla desteklenmektedir (Anusha vd., 2024; Balcombe & De Leo, 2022; Feng, 2024).

Veri bilimi ve İnsan-Bilgisayar Etkileşimi arasındaki ilişki, YBS'nin örgütlerin stratejik değerine vurgu yapmaktadır. Sonuç olarak İBE veri

bilimi tarafından üretilen çıktıları YBS'lerin gereksinim duyduğu stratejik ve taktiksel kararlara dönüştüren bir rol üstlenmektedir. Veri bilimi modellerinin başarılı olabilmesi için, bu modellerin bireyler tarafından benimsenmesine ve bireylerin bilişsel yapısı ile uyumlu olmasına bağlıdır (Card vd., 1983; Davis, 1989; Shneiderman, 2020).

4. Veri Görselleştirme ve Etkileşimli Analitik

Bilişsel algı, veri görselleştirme ve YBS arasında bir köprü görevi görmektedir. Bu disiplin insan beyninin görsel bir veriyi, hangi yöntemi kullanarak filtrelediği, analiz ettiği ve yorumladığını incelemektedir. Veri görselleştirme yalnızca estetik maksatlarla yapılmamaktadır. Veri görselleştirme insan zihninin veriyi işleme sürecini optimize eden bilişsel kuramları baz alınarak yapılmaktadır. Bu kuramları **Dikkat Öncesi Özellikler (Pre- attentive Attributes)**, **Gestalt İlkeleri** ve **Bilişsel Yük Teorisi** olarak sıralamak mümkündür. **Dikkat Öncesi Özellikler** bireylerin biyolojik ve nörolojik özelliklerine vurgu yapmaktadır. Bireyin bilinçli bir odaklanma durumuna geçmeden evvel görsel uyarıları mili saniye içinde fark etmesini sağlamaktadır. Bu doğrultuda Ware (2020), renk, form ve mekânsal bilgilerin doğru kullanımının yöneticilere kritik verileri seçme ve önden uyarılmaları konusunda yardımcı olacağını ifade etmektedir. **Gestalt İlkeleri**, grafik tasarımların nasıl pratik sonuçlar üreteceğine odaklanmaktadır. Bu kuram dağınık veri ünitelerinin insan zihni tarafından nasıl anlamlı bir şekilde gruplandığına dikkat çekmektedir (Kirk, 2019). **Bilişsel Yük Teorisi**, bilişsel yükün azaltılması ve bir verideki önemli noktaların, gürültüden ayırt edilmesini sağlamak üzerine öneriler sunmaktadır. Bu teori, çalışma belleği sınırlılıkları baz alınarak görsel tasarımdaki gürültünün azaltılması gerektiğini savunmaktadır. Özetle karmaşık ve detaylı bir raporun karar verme sürecini yavaşlattığı düşünülmekte, görselleştirme ile bilişsel yük hafifletilmelidir (Knaflıç, 2019; Few, 2021; Sweller, 1988).

Veri miktarının hızla artması sonucunda, bilginin aşırı yüklenmesi sorunu doğmaktadır. Bu aşamada veri görselleştirme, görsel algı ilkelerini odağına alarak; bilginin işleme sürecini optimize etmeye olanak tanımaktadır (Ware, 2020; Wang vd., 2015). Örgütler için veri görselleştirmenin sağladığı en büyük fayda iş zekâsı araçlarını kullanımını kolaylaştırarak bir farkındalık ve zekâ oluşturmada yatmaktadır. Veri görselleştirme veriyi anlamlandırma, içgörü kazanma ve iş zekâsının kullanımı konusunda büyük fark yaratmaktadır (Few, 2013; Few & Edge, 2007).

Karmaşık algoritmaların çıktılarının, grafik arayüzleri ve gösterge panelleri ile görselleştirilmesi, karar vericilerin örüntüleri ve anomalileri saptamalarını %70 oranında kolaylaştırmaktadır. Bilhassa İş Zekâsı

platformlarında yer alan gösterge paneli tasarımları örgütsel verimliliği anlık olarak kontrol etmeyi mümkün kıldığından örgütsel ve operasyonel çevikliği arttırmaktadır (Sharda vd., 2020). Bunun yanı sıra etkileşimli analitik sistemler de kullanıcıların farklı veri katmanlarını keşfetmelerine olanak tanıyarak karar alma sistemlerini desteklemektedir. (Shneiderman vd., 2016).

Yakın gelecekte veri görselleştirmenin odağının teknik özelliklerden ziyade insan bilişine kayması beklenmektedir (Few, 2021). Veri görselleştirme bir örgütte örgüt içi iletişim süreçlerini iyileştirerek analitik çıktıların organizasyon genelinde paylaşılmasına olanak tanıyarak verinin tercümesini yapmaktadır (Knaflıç, 2019). Bu sayede veriye dayalı öğrenen örgütlerin oluştuğu ve inovatif çıktıların artmasına yardımcı olunduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak YBS ve veri görselleştirme arasında simbiyotik bir ilişki bulunmaktadır. Veri görselleştirme YBS ekosistemindeki karmaşık veri setlerinin bireyin bilişsel işleme sistemine uygun bir şekilde tasarlanması aşamasıdır. İBE ilkeleri gözetilerek tasarlanmış veri görselleştirme işlemi, kullanıcıların bilişsel rahatlatma sağlamakta; bu sayede veri setlerindeki gizil yapıları ve örüntüleri daha hızlı fark etmelerine olanak tanımaktadır (Kirk, 2019). Örgütlerin sürdürülebilir rekabet avantajı kazanmaları, endüstri 4.0'ın yarattığı belirsizlik ortamında veri görselleştirme stratejik bir çözüm olarak örgütlere yardımcı olmaktadır.

5. Kullanıcı Profilleri ve Karar Destek Etkileşimi

Karar Destek Sistemlerinin (KDS), kullanıcılarının bilişsel düzeylerine ve uzmanlık alanlarına göre farklı formatlarda tasarlanması gerekmektedir. Veri bilimi kullanıcıların etkileşim geçmişlerine bakarak bir analiz yapıp bunu raporlama yoluna giderken; **İnsan- Bilgisayar Etkileşimi (İBE)** ise bu raporların kullanıcıya özgü şekilde sunulması sürecini optimize etmektedir (Bazarova & Helme, 2015). Bu yaklaşım, güncel literatürde **“İnsan Merkezli Veri Bilimi”** (Human-Centered Data Science) olarak geçmektedir.

Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS) projelerinin karar alma modelleri tasarlanırken kullanıcıların teknik yetkinlikleri ve bunların farklılaştığı gerçeğinin baz alınması gerekmektedir. Bu sebeple tek tip tasarımlar yerine, farklı kullanıcı tiplerine yönelik kişiselleştirilmiş tasarımların kullanılması önerilmektedir (Bazarova & Helme, 2015; Gulliksen vd., 2003; Karat & Karat, 2003). Tasarım sürecinde dikkate alınması gereken bazı unsurlar bulunmaktadır. Bunları bilişsel çeşitliliğe göre tasarım, açıklanabilir sistemler, kullanıcı kabulünü kolaylaştıran arayüzler olarak sıralanabilmektedir (Zhang & Li, 2005; Abdul vd., 2018; Venkatesh vd., 2003).

Kullanıcı profilleri, YBS literatüründe sistem tasarımının ayrılmaz ve kritik bir bileşeni olarak incelenmektedir. Bir sistemi oluşturan yöneticilerin, analistlerin ve operasyonel kullanıcıların sistemden beklentileri farklılaşmaktadır. Bir KDS'nin etkili ve verimli olması için bu sistemin kullanıcılarının profillerine uygun etkileşim mekanizmalarını bünyesinde barındırması gerekmektedir (Power, 2002). Teknik uzmanlığı olmayan ya da bu alanda uzmanlığı sınırlı olan kullanıcılar için açıklayıcı ve sezgisel arayüzlerin geliştirilmesi verimlilik açısından kritik bir önem taşımaktadır. Alan yazında, kullanıcı profillerine uygun olarak geliştirilen tasarımların KDS'nin başarısını ve kullanıcı kabulünü pozitif yönde anlamlı olarak etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Kullanıcıların uzmanlık düzeyindeki farklılaşmalar kullanıcı beklentilerini de farklılaştırmaktadır. Teknik uzmanlığı bulunan kullanıcılar, ayrıntılı analitik çıktılara odaklanma yoluna giderken, uzman olmayan kullanıcıların ise özet ve görsel bilgilere odaklandığı gözlemlenmiştir (Turban vd., 2011).

6. YBS Bünyesinde Veri Bilimi ile İnsan-Bilgisayar Etkileşiminin Bütünleşik Kullanımı ve Etik

YBS'lerde veri bilimi ve İBE entegrasyonu stratejik bir öneme sahiptir. Veri bilimi örgütlere akıllı modeller sunarken, İBE bu modellerin kullanıcılar tarafından güvenli olarak algılanmasını sağlamaktadır. Bu konuda sinerji, gelecek projeksiyonu ve özet ön plana çıkan gereksinimler arasında yer almaktadır. Sinerji, analitik modellerin gücünü kullanıcıların bunları doğru yorumlama kapasitesi ile ilişkili olduğunu açıklamaktadır (Shneiderman, 2020). Gelecek projeksiyonu gelecekteki YBS uzmanlarının hem algoritma hem de kullanıcı deneyimini anlayan profesyoneller olması gerektiğidir (Laudon & Laudon, 2021). Özetleme ile veri bilimi ve kullanıcı merkezli tasarımın değer yaratma sürecindeki ortak katkısını vurgulanmaktadır. Veri bilimi, sistemin zekasına vurgu yaparken; İBE bu zekanın kullanıcılar arasındaki iletişim sürecine vurgu yapmaktadır. Örgütsel başarı, teknik derinlik ve kullanıcı deneyimin kesişim kümesinde yer almaktadır.

YBS kapsamında geliştirilen karar destek sistemlerinde, kullanıcılar etkileşimli arayüzler aracılığıyla analiz sürecine aktif olarak katılabilmektedir. Yöneticilerin durum senaryolarını canlı veriler üzerinden yapabilmesi, veri bilimi modellerinin örgütsel süreçlere ve çıktılara etkisini göstermektedir. Veri bilimi ve kullanıcı güveni arasında bu sayede anlamlı bir ilişki kurulabilmektedir. Bu bağlamda teknolojik inovasyonlar veri bilimine yeni bakış açıları kazandırmıştır. Açıklanabilir yapay zekâ (Explainable AI) yaklaşımları, veri bilimi ve İBE entegrasyonunun önemine dikkat çekmiştir. Veri Biliminin ürettiği analitik çıktıların nasıl elde edildiği konusunda kullanıcılara açıklama yapılması YBS'nin şeffaflığını ve hesap verebilirliğini artırmaktadır.

Yönetim Bilişim Sistemlerinin bir çatı vazifesi görerek bütünleştirdiği bu iki alan şeffaf ve etik sorumluluk bilincinin yaratılmasını da şart koşmaktadır. Veri biliminin yarattığı karmaşık öğrenme modelleri ve derin öğrenme gibi algoritmalar, karar vericilerin eleştirel olarak bu çıktıları incelemesini gerektirmektedir. Bu noktada İBE, Açıklanabilir Yapay Zekâ (XAI) prensipleri ile algoritmik şeffaflık sağlamaktadır. Bu da bir sistemin karar alırken izlediği yöntemi ve yolu kullanıcıya rasyonel bir formatta sunmaktadır. Floridi ve Cows (2022) tarafından yapılan bir çalışmada yapay zekâ ve etik ilkeler konusunda beş ilke geliştirilmiştir. Bunlar iyilikseverlik (beneficence), özerklik (autonomy), kötülük yapmama (non-maleficence), açıklanabilirlik (explicability) ve adalet (justice) olarak gruplanmaktadır.

Floridi ve Cows (2022) tarafından vurgulanan etik bilişim ilkeleri YBS uzmanlarının yalnızca verimlilik konusuna değil insan denetiminin de sürece ne derecede dahil olduğunu incelemesini zorunlu koşmaktadır. Bu sebeple modern YBS mimarileri, veri biliminin öngörü kabiliyeti ile İBE'nin şeffaflık ve denetlenebilirlik standartlarını bir araya getirmesini gerektirmektedir. Bu sayede güvenilir ve hesap verilebilir bir örgütsel zekâ inşa edilmesine olanak tanınmaktadır.

7. Sonuç ve Değerlendirme

Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS), örgütlerin amaçlarına ulaşması ve sürdürülebilir rekabet avantajı kazanabilmeleri için tüm örgütsel süreçleri optimize etmelerine yardımcı olan disiplinler arası bir alandır. Yönetim bilişim sistemleri bu çoklu katman yapısından ötürü sosyoteknik bir ekosistem olarak kabul edilmektedir. Endüstri 4.0 ile küresel düzlemde rekabetin artması ve rekabetin şeklinin değişmesi sebebiyle yönetim bilişim sistemleri, sadece teknik altyapıların inşası ve kurulumu ile değil, aynı zamanda bu teknolojilerin örgütsel süreç ve kültür ile nasıl bir bağ kurduğunu inceleyen bir paradigma haline gelmiştir. Endüstri 4.0 ile siber fiziksel sistemlerin gelişmesiyle, dijitalleşmenin son sürat yaygınlaşmasıyla yapay zekâ ve veri bilimi alanında çok büyük dönüşümler gerçekleşmiştir. Teknolojik determinizm perspektifi ile incelediğimizde bu sıçramalar toplumsal dönüşümlerin de fitilini ateşlemiştir. Toplumsal dönüşümler teknolojik inovasyonları tetiklemiş ve bu döngü insanlık tarihinin teknoloji tarihine evrilmesine ön ayak olmuştur.

YBS endüstri 4.0 ortamının getirdiği dinamik ekosisteminde ham veriyi işleyerek stratejik bilgi üreterek örgütsel başarının kalbinde yer almaktadır. Modern işletme yönetiminde yönetim bilişim sistemleri veri toplayan bir altyapıdan ziyade ham veriyi stratejik bir güce dönüştüren bir sistemdir. Bu dönüştürme sürecinde veri görselleştirme verinin karmaşıklık düzeyini

azaltan, insan algısının sınırlarını dikkate alarak algılamayı kolaylaştıran bir araçtır (Laudon & Laudon, 2021). Dolayısıyla veri görselleştirme veri bilimi çıktılarına İBE ilkelerini kullanarak kullanıcılara ulaştıran temel araçlardan birisidir. Etkili veri görselleştirme kullanıcıların bilişsel yükünü azaltarak veri ile anlamlı ilişkiler kurmalarına yardımcı olmaktadır (Few, 2013; Tufte, 2001; Ware, 2020; Kirk, 2019; Knaflig, 2019; Few, 2021).

Yönetim Bilişim Sistemlerinde veri bilimi ve insan-bilgisayar etkileşimi birbirini tamamlayan ve birlikte incelenmesi gereken iki önemli bileşendir. Veri bilimi büyük ve karmaşık veri kümelerini analiz ederek içgörü ve tahminler üretirken, insan-bilgisayar etkileşimi bu içgörü ve tahminlerin kullanıcılar tarafından doğru bir şekilde anlaşılması ve etkin şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. YBS'lerde sürdürülebilir çıktıların üretilmesi, örgütsel başarının sağlanması ve pazar payının korunması için İBE ve Veri Biliminin birlikte ele alınması gerekmektedir.

Sonuç olarak tüm bu bilgiler ve literatür ışığında, yönetim bilişim sistemlerini devasa bir metropole benzetebiliriz. Veri bilimi ve yapay zekâ bu karmaşık ve devasa metropolün elektrik ve su şebekesi gibi kritik altyapıları oluştururken; İnsan Bilgisayar Etkileşimi ise bu devasa şehirde yaşayan insanların yaşamını kolaylaştıran ve yollarını bulmalarına olanak tanıyan yollar, parklar, yapılar ve trafik işaretleri olarak düşünülebilir. Bu devasa şehrin işlevselliği ve kalitesi; kent tasarımının çarpık olmayan bir planlamayla, yolların genişliği ve kusursuzluğuyla, trafik işaretleri ve lambalarının işlevselliği ile ölçülebilir. Tüm bunlar İBE prensiplerinin, Veri Bilimi ile entegre olarak Yönetim Bilişim Sistemleri çatısı altında birleşmesi ile mümkündür.

Uluslararası literatürde veri bilimi ve İBE'nin birlikte kullanıldığı çalışmalar karar destek sistemleri ve etkileşimli analitik konuları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bilişsel süreçlerle uyumlu etkileşimli sistemlerin, kullanıcıların karmaşık sistemleri anlamasını kolaylaştırdığı çeşitli araştırmalarla desteklenmiştir (Card, Mackinlay ve Shneiderman ,1999).

Türkiye'de Yönetim Bilişim Sistemleri alanında yapılan çalışmalarda veri bilimi ve analitik uygulamalarının karar alma süreçleri ile ilişkisi ve bu süreçlere olan dolaylı ve doğrudan katkıları incelenmektedir. Bilhassa iş zekâsı ve analitik araçları kullanan büyük ölçekli işletmelerin, yönetsel performanslarının arttığına dair sonuçlara rastlanmaktadır. Ancak ilişkili alan yazında, teknik analizlerin yöneticiler ya da kullanıcılar tarafından anlaşılabilirliği konusuna yönelik yapılan çalışmalar sınırlı durumdadır.

Bu çalışmada, YBS çalışmalarının analitik yeteneklerle, kullanıcı merkezli tasarımları bir araya getiren bütünleştirici bir yaklaşım izlenmesin

önemli olacağı savunulmuştur. Yerli literatürde bu iki alanın bütünleşik olarak incelendiği çalışmalar sınırlıdır. Bu sebeple, gelecekte yapılacak araştırmaların bu boşluğu doldurmaya yönelik olması önerilmektedir. Bu bütünleşik yaklaşımın hem literatüre teorik katkı sağlayacağı hem de uygulayıcılara örgütsel başarı ve performansta önemli içgörüler sağlayacağı düşünülmektedir.

Referanslar

- Abdul, A., Vermeer, J., Wang, D., Lim, B. Y., & Kankanhalli, M. (2018). Trends and trajectories for explainable AI in HCI. *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–13.
- Akıllıbaş, E., ve Ceylan, K. E. (2020). Oyunlaştırmanın pazarlamadaki gücü (The power of gamification in marketing). *Anasay*, (14), 43–80.
- Anusha, N. T., Jahnavi, V., Jayaprakash, P., Vimalkumar, U. R., ve Pushparani, M. K. (2024). A review on user design psychology in human computer interaction. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, 8(6), 1–38.
- Atan, S. (2016). Veri, büyük veri ve işletmecilik. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(35), 137–154.
- Balcombe, L., ve De Leo, D. (2022). Human-computer interaction in digital mental health. *Informatics*, 9(1), Makale 14.
- Bazarova, N. N., & Helme, S. (2015). Interpersonal systems in MIS and HCI. *MIS Quarterly*, 39(1).
- Card, S. K., Mackinlay, J. D., & Shneiderman, B. (1999). *Readings in information visualization: Using vision to think*. Morgan Kaufmann.
- Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A. (1983). *The psychology of human-computer interaction*. CRC Press.
- Chandran, R. (2022). Human-computer interaction in robotics: A bibliometric evaluation using Web of Science. *Metaverse Basic and Applied Research*, 1, Makale 22.
- Chen, H., Chiang, R. H. L., ve Storey, V. C. (2012). Business intelligence and analytics: From big data to big impact. *MIS Quarterly*, 36(4), 1165–1188.
- Davenport, T. H., & Harris, J. G. (2007). *Competing on analytics: The new science of winning*. Harvard Business School Press.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340.
- Delen, D., & Ram, S. (2018). Research challenges and opportunities in business analytics. *Journal of Business Analytics*, 1(1), 2–12.
- Erskine, J., Clifford, M., Hepburn, A., ve Santos-Rodríguez, R. (2024). *An interactive human-machine learning interface for collecting and learning from complex annotations*. University of Bristol.
- Feng, Y. (2024). The latest progress in human-computer dialogue system. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 85, 880–908.
- Few, S. (2013). *Information dashboard design* (2. baskı). Analytics Press.
- Few, S. (2021). *Now you see it: An introduction to visual data sensemaking* (2. baskı). Analytics Press.

- Few, S., & Edge, P. (2007). Data visualization: Past, present, and future. *IBM Cognos Innovation Center*, 1–12.
- Floridi, L., & Cowsls, J. (2022). A unified framework of five principles for AI in society. *Machine learning and the city: Applications in architecture and urban design*, 535–545.
- Gulliksen, J., Göransson, B., Boivie, I., Blomkvist, S., Persson, J., & Cajander, Å. (2003). Key principles for user-centred systems design. *Behaviour and Information Technology*, 22(6), 397–409.
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75–105.
- Holt, D. H. (1987). *Management: Principles and practices* (Cilt 1). Prentice Hall.
- Kandel, S., Paepcke, A., Hellerstein, J. M., & Heer, J. (2012). Enterprise data analysis and visualization: An interview study. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 18(12), 2917–2926.
- Karat, J., & Karat, C. M. (2003). The evolution of user-centered focus in the human-computer interaction field. *IBM Systems Journal*, 42(4), 532–541.
- Keim, D. A., Mansmann, F., Schneidewind, J., Thomas, J., & Ziegler, H. (2008). Visual analytics: Scope and challenges. *Visual Data Mining*, 76–90.
- Kirk, A. (2019). *Data visualisation: A handbook for data driven design* (2. baskı). SAGE Publications.
- Kitchin, R. (2021). *Data lives: How data are made and shape our world*. Policy Press.
- Knaflic, C. N. (2019). *Storytelling with data: Let's practice!*. John Wiley & Sons.
- Köse, B., ve Ük, Z. Ç. (2019, Aralık). Oyunlaştırma üzerine yapılan sosyal bilimler alanındaki tezlerin bibliyometrik analizi. *SETSCI-Conference Proceedings*, 11, 119–129. SETSCI-Conference Proceedings.
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2021). *Management information systems: Managing the digital firm* (17. baskı). Pearson.
- Medeiros, M. M. de, Hoppen, N., & Maçada, A. C. G. (2020). Data science for business: Benefits, challenges and opportunities. *The Bottom Line*, 33(2), 149–163. <https://doi.org/10.1108/BL-12-2019-0132>
- Meen, T.-H., Tijus, C., ve Chang, C.-Y. (2023). Special issue on human-computer interactions 2.0. *Applied Sciences*, 13(7), 4260.
- Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
- Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. Basic Books.
- Power, D. J. (2002). *Decision support systems*. Greenwood.
- Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2015). *Interaction design: Beyond human-computer interaction* (4. baskı). Wiley.

- Provost, F., & Fawcett, T. (2013). Data science and its relationship to big data and data-driven decision making. *Big Data*, 1(1), 51–59. <https://doi.org/10.1089/big.2013.1508>
- Sevindik, T., Kılıç, B., Binol, U., & Özer, B. Y. (2025). İnsan bilgisayar etkileşiminde artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik uygulamalarının karşılaştırılması. *ART7 Sanat ve İletişim Dergisi*, 2(1), 27–39.
- Sharda, R., Delen, D., & Turban, E. (2020). *Analytics, data science, & artificial intelligence: Systems for decision support* (11. baskı). Pearson.
- Shneiderman, B. (2020). Human-centered artificial intelligence: Reliable, safe & trustworthy. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 36(6), 495–504.
- Shneiderman, B., Plaisant, C., Cohen, M., Jacobs, S., Elmqvist, N., & Diakopoulos, N. (2016). *Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction* (6. baskı). Pearson.
- Simon, H. A. (1968). *Administrative behavior*. The Macmillan Company.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.
- Tufte, E. R. (2001). *The visual display of quantitative information* (2. baskı). Graphics Press.
- Turban, E., Sharda, R., Delen, D., & Aronson, J. E. (2011). *Decision support and business intelligence systems* (9th ed.). Pearson Education.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478.
- Wang, L., Wang, G., & Alexander, C. A. (2015). Big data and visualization: Methods, challenges and technology review. *Journal of Big Data*, 2(1), 1–20.
- Ware, C. (2020). *Information visualization: Perception for design* (4. baskı). Morgan Kaufmann.
- Witten, I. H., Frank, E., Hall, M. A., & Pal, C. J. (2016). *Data mining: Practical machine learning tools and techniques* (4. baskı). Morgan Kaufmann.
- Zhang, P., & Li, N. (2005). The importance of human-computer interaction research in management information systems. *Communications of the Association for Information Systems*, 15(1).



BİLGİ SİSTEMLERİNDE GÖRÜNTÜ TABANLI VERİ ANALİZİ VE YAZILIM YAKLAŞIMLARI

“

Elif Deniz YELMENOĞLU¹

¹ Dr., Işık Üniversitesi İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi Yönetim Bilişim Sistemleri

1. Giriş

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte verinin ve veriden elde edilen anlamlı bilgilerin değeri sürekli artmaktadır. Bilgi sistemleri, iş süreçlerine destek olmak, yönetimde karar almayı hızlandırmak ve geleceğe yönelik stratejik planlamaları desteklemek için elde edilen anlamlı bilgileri kullanan yapılardır. Bu sistemler daha çok düzenli bilgilerle çalışır ve ilişkisel veri tabanlarındaki bu bilgiler, raporlama ve karar verme işlemlerinin temelini oluşturur.

Son zamanlarda, nesnelerin interneti, uzaktan algılama ve yapay zekâ teknolojilerinin gelişmesi ile yönetim sistemlerinin bilgi dünyasında büyük bir değişim olmuştur. Kurumsal sistemler artık sadece düzenli bilgilerle değil; aynı zamanda görüntüler, videolar, sensör bilgileri ve sosyal medya içerikleri gibi karmaşık bilgi türleriyle de uğraşmak zorundadır (Chen vd., 2014; Kitchin, 2021).

Görsel veriler, içerisinde bulunduğumuz dijital dönüşüm sürecinde önemli bir yere sahiptir. Görüntüler, gerçek dünyanın dijital temsilleridir ve bilgi sistemlerine algısal bir boyut kazandırır. Geleneksel veriler önceden tanımlı anlamlara sahipken, görüntü verilerindeki anlam, piksel seviyesinde gizlidir ve görüntü işleme yöntemleriyle ortaya çıkarılabilir (Gonzalez & Woods, 2018). Bu durum, görüntü tabanlı veri analizini sadece bir teknik işlem olmaktan çıkararak, bilgi üretiminin merkezinde yer alan bir yönetim bilişim sistemi süreci haline getirmektedir.

Görüntü verisinin elde edilmesi, kaydedilmesi, işlenmesi ve bilişim sistemleri bileşenleriyle entegrasyonu; uygun yazılım mimarileri, veri yönetim stratejileri ve analitik altyapılar gerektirir (Bass vd., 2013). Bu nedenle, görüntü tabanlı veri analizi, yönetim bilişim sistemleri açısından hem veri hem de yazılım perspektifinden ele alınması gereken çok boyutlu bir araştırma alanıdır.

2. Görüntü Verisinin Bilgi Sistemleri İçindeki Yeri

Bilgi sistemleri alanında, veri, bir sistemin ne kadar iyi çalıştığını ve ne kadar iyi karar verebildiğini doğrudan etkileyen en önemli unsurdur. Geleneksel bilgi sistemleri uygulamalarında, veri ağırlıklı olarak ilişkisel veri tabanları aracılığıyla temsil edilir. Ancak dijital dönüşüm süreci sayesinde, işletmeler artık sadece tablo tabanlı verilerden daha fazlasından bilgi üretebiliyor (Laudon & Laudon, 2020; Kitchin, 2021).

Yapılandırılmamış veri türleri arasında, görüntü verisi, analiz edilmesi gereken en karmaşık ve bilgi açısından zengin türlerden biridir. Görüntüler piksellerden oluştuğu için yüksek boyutludur ve içerdiği anlamsal bilgilere doğrudan erişilemez. Bilgi sistemleri bağlamında, bu, geleneksel veri yönetimi

yöntemlerinin görüntü verilerini işlemek için yeterli olmadığı anlamına gelir (Gonzalez & Woods, 2018). Öte yandan, görüntüler, bilgi sistemlerine gerçek dünyanın dijital versiyonlarını göstererek şeyleri algılamanın özel bir yolunu sunar.

Çağdaş bilgi sistemlerinde, görüntü verisi sadece pasif bir depolama ortamı olarak değil, bilgi üretim sürecine aktif bir katkıda bulunan unsur olarak kabul edilir. Bu bağlamda, görüntü verilerinin bilgi sistemlerine nasıl uyduğunu anlamamıza yardımcı olabilecek üç ana işlev vardır. Birincisi, görüntüler sensörlerden, kameralardan, uydulardan ve tıbbi cihazlardan gelen birincil veri kaynaklarıdır. İkincisi, bu görüntüler onları bilgiye dönüştüren analitik süreçlerden geçer. Son olarak, çıktılar karar destek sistemlerinde ve yönetim bilgi sistemlerinde kullanılabilir (Stonebraker vd., 2018).

Bu değişim gerçek hayattaki durumlarda açıkça görülmektedir. Avrupa Birliği'nin Copernicus Programı'ndan alınan Sentinel uydu görüntüleri, kamu politikasının şekillenmesine yardımcı olmak için çevresel izleme, tarımsal planlama ve afet yönetimi bilgi sistemlerinde kullanılmaktadır (Avrupa Komisyonu, 2023). Sağlık bilgi sistemlerinde kullanılan PACS (Picture Archiving and Communication System) altyapıları, tıbbi görüntülerin elektronik sağlık kayıtlarıyla birleştirilmesine izin vererek klinik karar verme süreçlerini kolaylaştırmaktadır (Huang, 2020).

Bu noktada, görüntü verilerinin depolanması ve yönetimi bilgi sistemleri için büyük bir sorundur. Geleneksel ilişkisel veri tabanları, büyük miktarda görüntü verisini depolamak ve hızlı bir şekilde erişmek için yeterli değildir. Dolayısıyla, modern bilgi sistemleri mimarileri genellikle nesne yönelimli depolama sistemleri, dağıtılmış dosya yapıları ve bulut tabanlı veri gölleri kullanmaktadır (Buyya vd., 2019). Ancak meta verilerin yönetimi, görüntüleri bağlam içinde anlamak için çok önemlidir. Bu nedenle, görüntü verileri, bilgi sistemlerinde özel yönetim, analiz ve entegrasyon stratejileri gerektiren bir veri türü olarak düşünülmelidir. Görüntülerin bilgi sistemlerine eklenmesi sadece teknik bir gereklilik değil, aynı zamanda kurumsal karar alma süreçlerini iyileştirecek stratejik bir gerekliliktir.



Şekil 1. Görüntü tabanlı verinin bilgi sistemlerinde bilgi üretim sürecine dönüşümü

3. Görüntü Tabanlı Veri Analizi Yaklaşımları

Görüntü tabanlı veri analizinin temel amacı, ham görsel verileri kullanışlı, anlaşılabilir ve karar vermeyle uyumlu bilgilere dönüştürmek olan çok adımlı bir süreci gerçekleştirmektir. Bu süreç, klasik veri analitiğinde olduğu gibi doğrudan değerleri ölçmekle ilgili değildir; bunun yerine, gizli bilgileri bulmakla ilgilidir (Gonzalez & Woods, 2018).

İlk adım, bazı temel görüntü işleme işlemlerini yapmaktır. Gürültü azaltma, kontrast iyileştirme, geometrik düzeltme ve yeniden örnekleme, görüntü verilerinin analiz için hazır olmasını sağlayan adımlardır. Bilgi sistemleri bakış açısından, bu adım verilerin kalitesini yönetmekle ilgilidir. Kalitesiz veya sorunlu görüntüler, yanlış bilgi üretilmesine ve yanlış karar destek çıktılarının oluşturulmasına neden olabilir (Han vd., 2012).

Görüntülerden özellik çıkarma aşaması, görüntü tabanlı analizin en önemli kısımlarından biridir. Piksel düzeyindeki veriler, renk, doku, şekil veya spektral özellikler gibi daha soyut biçimlere dönüştürülür. Bu değişiklik, görüntü verilerinin bilgi sistemlerinde diğer veri türleriyle birlikte kullanılmasını mümkün kılar (Jain vd., 2000). Bu özellikler, özellikle uzaktan algılama ve endüstriyel izleme sistemlerinde karar destek sistemleri için ana girdiyi oluşturmaktadır.

Sınıflandırma ve tanıma süreçleri, görüntü tabanlı veri analizinin bilgi sistemlerine doğrudan fayda sağladığı noktalardır. Bu noktada, görüntüler gruplara veya anlamsal kategorilere ayrılır ve karar vermeye yardımcı olan sistemlere gönderilir. Örneğin, tarımsal bilgi sistemlerinde, uydu görüntülerinin sınıflandırılması, hangi tür mahsullerin yetiştirileceği ve ne kadar verim verecekleri gibi stratejik planlama görevlerine yardımcı olmaktadır (Liakos vd., 2018). Akıllı şehir uygulamalarında, kamera görüntülerinin incelenmesi, trafik yönetimi ve güvenlik bilgi sistemlerine gerçek zamanlı veri sağlamaktadır (Zhang vd., 2020).

Bir bilgi sistemi perspektifinden bakıldığında, görüntü tabanlı veri analizi yalnızca teknik bir analiz süreci olarak değil, bilgi üretim zincirinin analitik bileşeni olarak değerlendirilmelidir. Raporlama sistemleri, görsel gösterge panelleri ve karar destek araçları, yöneticilere görüntü analizinin sonuçlarını gösterir. Bu durum, organizasyonda karar alma süreçlerini doğrudan etkiler ve görüntü işleme metodolojilerinin bilgi sistemleri mimarileriyle yakından uyumlu bir şekilde incelenmesini gerektirir (O'Leary, 2013).

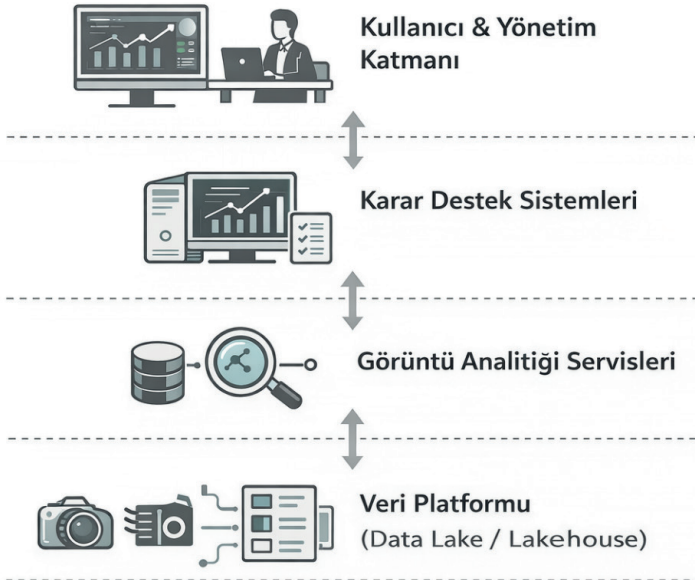
Son araştırmalar, bilgi sistemlerinde görüntü tabanlı analitik metodolojilerinin artan önemine işaret etmektedir. Özellikle yapay zekâ destekli görüntü analizinin, kapsamlı bilgi sistemlerinde otomatik karar alma süreçlerini geliştirdiği vurgulanmaktadır (Kitchin, 2021; Chen vd., 2022). Bu

eğilim, görüntülere dayalı veri analizinin bilgi sistemleri literatüründe kalıcı ve önemli bir araştırma alanı haline geldiğini göstermektedir.

4. Yazılım Mimarileri ve Sistem Entegrasyonu

Geleneksel bilgi sistemlerinin aksine, görüntü işleme sistemleri çok fazla işlem gücüne ihtiyaç duyar ve aynı anda çok miktarda veriyi işler. Sonuç olarak, bu sistemlerin yazılım mimarileri, yalnızca veri depolama ve sorgulamaya odaklanan geleneksel bilgi sistemlerinden farklıdır. Ayrıca yüksek işlem hızlarını kaldırabilmeli, aynı anda veri işleyebilmeli ve diğer sistemlerle kolayca entegre edilebilmelidirler. Bilgi sistemlerinde görüntü tabanlı analitiğin etkinliği, mimari kararların hassasiyetine önemli ölçüde bağlıdır (Bass vd., 2013).

Geçmişte, görüntü işleme fonksiyonları genellikle monolitik sistemlerde bulunuyordu. Bu yöntem, görüntü işleme, veri yönetimi ve kullanıcı arayüzü gibi tüm parçaları tek bir yazılım yapısına yerleştirmektedir. Bu durum, ölçeklendirmeyi ve sistemin çalışır durumda kalmasını zorlaştırmaktadır. Monolitik yapılar performans sorunlarına neden olur ve özellikle veri miktarı ve kullanıcı sayısı arttıkça güncellemeleri çok daha zor hale getirir. Bu nedenle, görüntü işleme parçalarının ayrı katmanlar veya hizmetler olarak kurulması önerilmektedir (Richards, 2015). Bu yöntem aynı zamanda görüntü analizinin bilgi sistemleri içinde ayrı bir çalışma alanı olarak görülmesine de olanak tanır.



Şekil 2. Görüntü analizi bileşenlerinin bilgi sistemleri mimarisi içindeki konumu

4.1 Görüntü İşleme Sistemlerinin Yazılım Mimarileri

Görüntü işleme sistemleri, normal bilgi sistemlerine göre daha karmaşık yazılım mimarilerine ihtiyaç duyar. Bunun başlıca nedeni, görüntü verilerinin çok fazla alan ve işlem gücü gerektiren ve genellikle neredeyse gerçek zamanlı olarak işlenmesi gereken bir veri türü olmasıdır. Bu özellikler, görüntü işleme bileşenlerinin yüksek performanslı işlemeyi, eşzamanlılığı ve esnek entegrasyonu ele alacak şekilde tasarlanması gerektiği anlamına gelir; bu da yalnızca veri depolama ve sorgulamaya odaklanan klasik bilgi sistemleri mimarilerinden farklıdır (Bass vd., 2013).

Görüntü işleme sistemleri, modern bilgi sistemleri uygulamalarında artık ayrı uygulamalar olarak görülmemektedir. Bunun yerine, kurumsal bilgi sistemlerinin önemli bir parçası olan çok katmanlı ve dağıtılmış mimarilerin bir parçasıdır. Bu bağlamda, yazılım mimarisi, yalnızca teknik bir altyapı seçiminden, bilgi sistemi içindeki karar alma süreçlerine görüntü tabanlı bilgilerin oluşturulmasını, yayılmasını ve entegrasyonunu belirleyen stratejik bir tasarım bileşenine dönüşmüştür.

4.1.1. Bulut-Yerel (Cloud-Native) ve Konteyner Tabanlı Mimariler

Görüntü işleme sistemlerinin tasarımında bulut tabanlı yöntemlerin kullanımı, son yıllardaki en büyük trendlerden biri olmuştur. Bu yöntem, konteyner teknolojileri, görüntü işleme, veri ön işleme ve analiz bileşenlerinin ayrı hizmetler olarak dağıtılmasını ve ölçeklendirilmesini mümkün kılar. Böylece, görüntü analizi, standart arayüzler aracılığıyla diğer bilgi sistemi hizmetleriyle çalışabilen modüler bir yapı kazanır.

Akademik araştırmalar, bulut tabanlı mimarilerin görüntü işleme sistemlerine esneklik, taşınabilirlik ve ölçeklenebilirlik sağladığını göstermektedir (Deng vd., 2023). Bu tür mimariler, özellikle değişen iş yüklerine sahip bilgi sistemi uygulamalarında faydalı olan görüntü analiz hizmetlerinin dinamik yönetimini sağlar. Ayrıca sistem kaynaklarının en iyi şekilde kullanılmasına da yardımcı olurlar.

4.1.2. MLOps (Machine Learning Operations) ve Sürekli Yapay Zekâ Geliştirme İşlem Hatları

Görüntü işleme sistemlerinin bilgi sistemlerine entegrasyonunda, mimari bileşenlerin yaşam döngüsü yönetimi kritik bir konudur. Mevcut yaklaşımlar, görüntü analizine dayalı sistemlerin geliştirme, test etme, dağıtım ve izleme süreçlerine bütünsel bir yaklaşım önermektedir. Bu yaklaşım, literatürde MLOps veya sürekli yapay zekâ geliştirme işlem hatları olarak tanımlanmaktadır.

Görüntü işleme modelleri diğer bilgi sistemi bileşenlerinin işlemleriyle birlikte incelenir; sonuç olarak, bilgi sistemleri içinde sağlam ve ölçeklenebilir analitik çözümler formüle edilebilir (Steidl vd., 2023). MLOps yaklaşımları, görüntü tabanlı analizlerin deneysel prototipler olarak kalmasını önler ve kurumsal bilgi sistemlerinde güvenilir ve tekrarlanabilir bileşenler haline gelmelerini sağlar.

4.1.3. Sunucusuz (Serverless) Mimari Yaklaşımlar

Bilgi sistemlerinde görüntü analiz hizmetleri genellikle değişen ve tahmin edilmesi zor işlem yüklerine sahiptir. Bu nedenle, sunucusuz mimariler görüntü işleme sistemleri için popüler bir tercih haline gelmiştir. Sunucusuz mimariler, otomatik olarak ölçeklenebildikleri ve olayları tetikleyebildikleri için görüntü analiz hizmetlerinin yalnızca ihtiyaç duyulduğunda çalıştırılmasını mümkün kılar.

Güncel çalışmalar, sunucusuz yaklaşımların özellikle çıkarım (inference) aşamasında maliyet etkinliği ve esneklik sağladığını göstermektedir (Werner vd., 2024).

4.1.4. Uç-Bulut (Edge-Cloud) İş Birliği ve Dağıtık Mimariler

Görüntü verileri çoğunlukla akıllı şehirler, endüstriyel izleme ve sağlık bilgi sistemleri gibi alanlarda uç cihazlarda üretilir. Bu, görüntü işleme mimarilerinin hem bulut hem de uç cihazlarla çalışacak şekilde tasarlanması gerektiği anlamına gelir. Uç cihazlarda ön işleme veya temel analiz, gecikmeyi ve ağ yükünü azaltır.

Uç-bulut mimarileri, gecikme, bant genişliği ve veri gizliliği ihtiyaçlarını çok faydalı bir şekilde karşılamının bir yolu olarak görülmektedir (Xu vd., 2025). Bu yöntem, görüntü tabanlı analitik çıktılarına daha hızlı ulaşmayı ve merkezi bilgi sistemleriyle tutarlı bir şekilde bağlantı kurmayı kolaylaştırır.

4.1.5. Veri Platformu Katmanı: Veri Gölü (Data Lake) ve Veri Ambarı (Lakehouse) Yaklaşımları

Görüntü işleme sistemlerinin yazılım mimarisinin bir diğer önemli parçası da veri platformu katmanıdır. Görüntü verileri ve bu verilerden elde edilen analitik sonuçlar veri platformlarında depolanır. Veri gölleri ve veri ambarı mimarileri, yapılandırılmamış görüntü verilerine olan ihtiyacı karşılarken, geleneksel veri ambarları bunu karşılamaz.

Veri gölü ve veri ambarı yaklaşımı, aynı platformda hem yapılandırılmış hem de yapılandırılmamış verileri işlemenize olanak tanıyarak, görüntü analitiği ile bilgi sistemleri raporlama ve karar destek süreçleri arasındaki bağlantıyı geliştirir (Armbrust vd., 2021; Azzabi vd., 2024). Görüntü tabanlı

bilgi sistemleri uygulamalarında, bu tür veri platformları, verileri hem ölçeklenebilir hem de uzun ömürlü bir şekilde yönetmek için çok önemlidir.

4.2. Modüler ve Servis Tabanlı Yaklaşımlar

Modüler ve servis tabanlı mimariler, görüntü tabanlı analizleri bilgi sistemlerine entegre etmek için yaygın ve verimli yöntemlerdir. Bu mimarilerde, görüntü işleme, özellik çıkarma ve analiz, bilgi sisteminin diğer bölümleriyle standart arayüzler aracılığıyla iletişim kuran ayrı hizmetlerdir. Bu yapı, sistemin parçalarının birbirine olan bağımlılığını azaltarak yazılımı daha esnek hale getirir.

Özellikle mikroservis mimarilerinde bu yaklaşım daha belirgin hale gelmektedir. Görüntü analiz servisleri, karar destek sistemleri, veri görselleştirme modülleri ve kullanıcı arayüzleriyle gevşek bağlı (loosely-coupled) bir şekilde çalışır (Newman, 2021). Bu, bilgi sistemlerinin çalışma şeklinin farklı iş ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde değiştirilebilmesine ve sisteme minimum müdahaleyle yeni analitik parçalar eklenebilmesine olanak tanır. Ayrıca modüler yapı, farklı görüntü analiz yöntemlerinin aynı bilgi sistemi altyapısı üzerinde paralel olarak denenmesine de olanak tanımaktadır.

4.3. Görüntü Analizi Bileşenlerinin Bilgi Sistemleri ile Entegrasyonu

Bilgi sistemleri ile görüntü analiz bileşenlerinin birlikte incelenme aşaması sadece teknik bir bağlantı süreci olarak görülmemelidir. Görüntülerden elde edilen çıktılar, sensör verileri, sayısal ölçümler ve metin kayıtları gibi bilgi sistemlerindeki diğer veri kaynaklarıyla karşılaştırılmalıdır. Bu entegre yapı, duruma daha uygun ve daha tutarlı bilgiler üretmeyi mümkün kılar.

Meta verilerin yönetimi, entegrasyon sürecinin çok önemli bir parçasıdır. Görüntü elde etme zamanı, konum, kaynak, çözünürlük ve analiz sonuçlarına ilişkin meta veriler, bilgi sistemleri içindeki görüntü tabanlı verilerin hassas yorumlanmasını garanti eder (Halevy vd., 2016). Örneğin, uzaktan algılama tabanlı bir bilgi sisteminde, görüntü analiz sonuçlarını coğrafi bilgi sistemi verilerinin katmanlarıyla birleştirmek, konum hakkında karar vermeyi çok daha kolaylaştırır. Sağlık bilgi sistemlerinde, tıbbi görüntüleri klinik kayıtlarla birleştirmek de tanı süreçlerini daha doğru hale getirir.

4.4. Performans ve Ölçeklenebilirlik

Görüntü tabanlı bilgi sistemlerinin iyi çalışmasını sağlayan en önemli iki unsur performans ve ölçeklenebilirliktir. Büyük miktarda görüntü verisini işlemek için paralel işlemeye, dağıtılmış sistemlere ve çok fazla bant genişliği gerektiren mimari çözümlere ihtiyaç duyulur. Bu bağlamda, bulut bilişim altyapıları, esnek kaynak kullanımı ve yüksek kullanılabilirlik sağlayarak bilgi sistemlerinin görüntü analizi kapasitesini büyük ölçüde geliştirir (Buyya vd., 2019).

Güncel çalışmalar, bulut tabanlı görüntü işleme hizmetlerinin kurumsal bilgi sistemleriyle birleştirilmesinin hem maliyet hem de performans açısından önemli faydalar sağladığını göstermiştir (Zhang vd., 2021). Bu değişiklikler, görüntü tabanlı analitiğin artık geçici bir trend değil, bilgi sistemleri mimarilerinin kalıcı ve stratejik bir parçası olduğunu göstermektedir.

5. Uygulama Alanları ve YBS Bağlamında Senaryolar

Görüntü tabanlı veri analizi, birçok farklı alanda geliştirilen bilgi sistemlerinin karar verme, olayları takip etme ve planlama yeteneklerini büyük ölçüde geliştirir. Görüntülerden elde edilen analitik sonuçlar, bilgi sistemlerinde diğer yapılandırılmış ve yarı yapılandırılmış verilerle birleştirilir. Bu, daha ayrıntılı ve bağlama duyarlı bilgiler oluşturmayı mümkün kılar. Bu bağlamda, görüntü analizi yalnızca teknik bir çözüm olarak değil, bir bilgi sisteminin bağımsız bir bileşeni olarak kabul edilir (Chen vd., 2014; Kitchin, 2021).

5.1. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Entegrasyonu

Görüntü tabanlı veri analizinin bilgi sistemleriyle birlikte çalışmasının en iyi ve en temel yollarından biri uzaktan algılama sistemlerindedir. Uydu ve insansız hava aracı (İHA) görüntüleri, coğrafi bilgi sistemleriyle (CBS) birleştirildiğinde, mekânsal karar destek sistemleri için ana girdiyi oluşturur (Li vd., 2020; Weng vd., 2019; Ma vd., 2021). Bu tür bilgi sistemlerinde, görüntü analizi, arazi kullanımını ve örtüsünü sınıflandırmak, çevresel değişiklikleri izlemek, kentsel büyümeyi incelemek ve afetleri yönetmek gibi önemli karar verme görevlerine yardımcı olur (Zhu vd., 2017; Camps-Valls vd., 2021). Görüntü verileri CBS katmanlarıyla birleştirildiğinde, mekânsal bilgi sistemleri yalnızca tanımlayıcı değil, aynı zamanda tahmin edici ve yardımcı kararlar alabilir.

Avrupa Birliği'nin Copernicus Programı, bu yöntemin en iyi gerçek dünya örneklerinden biridir. Program kapsamında oluşturulan Sentinel uydu görüntüleri; Görüntü tabanlı veriler, iklim değişikliği analizi, afet risk yönetimi, çevre izleme ve tarımsal planlama gibi alanlarda kamu bilgi sistemlerine eklenmektedir (Avrupa Komisyonu, 2023; Drusch vd., 2012; Gascon vd., 2017). Bu entegrasyon, görüntü tabanlı verilerin artık kuruluşların bilgi sistemlerinde karar vermelerine yardımcı olan doğrudan bir bilgi kaynağı olduğunu göstermektedir.

5.2. Sağlık Bilgi Sistemleri

Bilgi sistemlerinde görüntü tabanlı veri analizinin en iyi kullanım alanlarından biri sağlık bilgi sistemleridir. Radyolojik görüntüler, patoloji kesitleri ve diğer tıbbi görüntüler, elektronik sağlık kayıtlarıyla entegre edilerek klinik karar destek sistemlerinin en önemli parçalarından biri haline gelmiştir (Huang, 2020; Shortliffe & Sepúlveda, 2018).

Görüntü analizi, sağlık bilgi sistemlerinde doğrudan bir karar verme aracı değildir. Bunun yerine, doktorlara karar vermelerine yardımcı olan çıktılar sağlayan sistemin bir parçasıdır. Bu yöntem, insan uzmanlığı ve yapay zekâ destekli analitik sistemlerin birlikte çalışmasını mümkün kılar (Topol, 2019; Amann vd., 2020).

Son çalışmalar, görüntü tabanlı analizlerin tanı doğruluğunu artırdığını, iş yükünü hafiflettiğini ve sağlık bilgi sistemlerinde klinik süreçlerin standardizasyonunu kolaylaştırdığını göstermiştir (Esteva vd., 2017; Rajpurkar vd., 2018; Kelly vd., 2019). Ancak literatür, bu sistemlerin bilgi sistemi mimarileriyle düzgün bir şekilde entegre edilmedikçe klinik uygulamada gerektiği kadar iyi çalışmayacağı yönünde güçlü bir argüman ortaya koymaktadır (Reddy vd., 2020).

5.3. Akıllı Üretim ve İzleme Sistemleri

Görüntü tabanlı analizler, Endüstri 4.0 paradigmasının bir parçası olarak geliştirilen akıllı üretim sistemlerinde kalite kontrolü, süreç izleme ve operasyonel optimizasyon için çok önemlidir. Üretim hatlarına entegre edilen kameralar, üretim bilgi sistemleriyle birleştirilen fotoğraflar çekerek hataların gerçek zamanlı olarak bulunmasını ve izlenmesini sağlar (Lee vd., 2020; Qin vd., 2016).

Görüntü analizi, operasyonel karar destek sistemlerini daha hızlı ve doğru hale getirir ve üretim süreçlerine insanların dahil olma ihtiyacını azaltır (Tao vd., 2018; Wang vd., 2021). Görüntü tabanlı veriler sensör ve makine verileriyle birlikte incelendiğinde, üretim sistemleri daha eksiksiz ve esnek hale gelir. Araştırmalar, üretim bilgi sistemlerine görüntü tabanlı izleme sistemlerinin eklenmesinin, daha yüksek verimlilik, daha az hata ve daha iyi bakım süreçleri gibi gerçek faydalar sağladığını göstermektedir (Kang vd., 2016; Lu vd., 2020). Bu durumda, görüntü analizi, akıllı üretim bilgi sistemlerinin destekleyici ancak önemli bir parçası olarak görülmektedir.

5.4. Tarım ve Çevresel Gözlem

Tarımsal uygulamalarda ve çevresel gözlem çalışmalarında, görüntü tabanlı bilgi sistemlerinden oldukça fazla yararlanılmaktadır. Tarımsal bilgi sistemleri üzerine yapılan son araştırmalar, uydu ve İHA görüntülerinin mahsulleri izlemek, hastalıkları tespit etmek, verimi tahmin etmek ve tarımın ne kadar çevre dostu olduğunu kontrol etmek için kullanılabileceğini göstermektedir (Wolfert vd., 2017; Liakos vd., 2018).

Tarımsal bilgi sistemlerinde görüntü analizi ana amaç olarak değildir; bunun yerine, karar vermeye yardımcı olan ek bir araç olarak nitelendirilmektedir. Görüntü tabanlı çıktılar, hava durumu verileri, toprak verileri ve yönetim kayıtlarıyla birleştirildiğinde, daha güvenilir ve duyarlı karar destek sistemleri oluşturulabilmektedir (Zhang vd., 2022; Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018). Tarımda görüntü tabanlı bilgi sistemleri üzerine yapılan çalışmalar, bu sistemlerin pek çok farklı alanda kullanılabileceğini göstermektedir.

6. Değerlendirme ve Gelecek Yönelimleri

Bilgi sistemleri alanı, çok çeşitli veri türlerinin ortaya çıkması ve bunların giderek karmaşıklaşması nedeniyle büyük ölçüde değişiyor. Eskiden yapılandırılmış verilere dayalı olan bilgi sistemleri mimarileri, artık yapılandırılmamış ve yarı yapılandırılmış veri türlerini hızlı ve kolay bir şekilde işleyebilen daha eksiksiz sistemler haline geliyor. Görüntü tabanlı veriler, bu değişimin en önemli ve zorlu kısımlarından birini oluşturuyor (Laudon & Laudon, 2020; Kitchin, 2021).

Görüntü tabanlı veri analizi, bilgi sistemlerinde ikincil bir teknik süreç değil; doğrudan bilgi üretimi ve karar destek sistemlerinin önemli bir parçasıdır. Görüntü verileri, doğru yazılım mimarileri ve analitik yöntemler kullanılarak işlenmediği sürece, bilgi sistemleri için sadece depolanmış bir veri yığınıdır. Öte yandan, bilgi sistemleri mimarilerine eklendiğinde, görüntü analizi sistemlerin olayları daha iyi anlamasını sağlar ve bu da daha iyi, daha zamanında ve bağlama daha duyarlı kararlar alınabilmesine imkan yaratır (O’Leary, 2013; Chen vd., 2014).

Yazılım mimarileri belirleyici bir rol üstlenmektedir. Bu mimari yaklaşımlar, görüntü analizi modüllerinin bilgi sistemlerindeki diğer fonksiyonel modüllerle daha az bağımlı çalışmasını sağlamaktadır. Bu durum görüntü analizi modüllerinin, sistemin değişen iş ihtiyaçlarına hızlı bir şekilde uyum sağlamasını kolaylaştırmaktadır.

Hem güncel araştırmalar hem de gerçek dünya örnekleri, görüntü tabanlı veri analizine dayalı bilgi sistemlerinin birçok alanında daha yaygın hale geldiğini göstermektedir. Görüntü analitiği, sağlık bilgi sistemlerinde doktorların karar vermesine yardımcı olmak için bir bilgi katmanı olarak kullanılmaktadır (Esteve vd., 2017; Topol, 2019). Uzaktan algılama ve CBS tabanlı sistemlerde, mekansal karar destek süreçleri için ana girdidir (Li vd., 2020). Görüntü tabanlı analitik, operasyonel bilgi sistemlerinin gerçek zamanlı olarak izleme ve optimizasyon yapma yeteneğini artırır (Lee vd., 2020).

Görüntü tabanlı veri analizinin, bilgi sistemleri uygulamalarındaki rolünün gelecekte daha da artması beklenmektedir. Yapay zekâ destekli görüntü analitiği, büyük ölçekli veri yönetimi ve bulut bilişim altyapılarının birlikte kullanılması, bilgi sistemlerinin yalnızca geçmişe dayalı raporlama yapan sistemler olmaktan çıkıp öngörücü ve yönlendirici sistemler haline gelmesini mümkün kılacaktır (Kitchin, 2021; Chen vd., 2022). Bu gelişmeler, bilgi sistemleri literatüründe görüntü tabanlı analitik yaklaşımların kalıcı ve merkezi bir araştırma alanı olarak ele alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Referanslar

- Amann, J., Blasimme, A., Vayena, E., Frey, D., & Madai, V. I. (2020). Explainability for artificial intelligence in healthcare: A multidisciplinary perspective. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 20, 310. <https://doi.org/10.1186/s12911-020-01332-6>
- Armbrust, M., Xin, R. S., Kini, S., Zaharia, M., & others. (2021). Lakehouse: A new generation of open platforms that unify data warehousing and AI workloads. *Proceedings of the CIDR 2021 Conference*. https://www.cidrdb.org/cidr2021/papers/cidr2021_paper17.pdf
- Azzabi, A., Aissani, D., & Mohamed, L. (2024). Data lake architectures for big data analytics: A comprehensive survey and future research directions. *Computers & Electrical Engineering*, 108, 108723. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.108723>
- Bass, L., Clements, P., & Kazman, R. (2013). *Software architecture in practice* (3rd ed.). Addison-Wesley.
- Buyya, R., Calheiros, R. N., & Dastjerdi, A. V. (2019). *Cloud computing: Principles and paradigms*. Wiley.
- Camps-Valls, G., Tuia, D., Zhu, X. X., & Reichstein, M. (2021). Deep learning for the Earth sciences: A comprehensive review and list of challenges. *Earth-Science Reviews*, 216, 103588. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103588>
- Chen, J., Wang, Y., & Zhang, L. (2022). AI-enabled analytics in information systems: Opportunities and challenges. *Information & Management*, 59(4), 103628. <https://doi.org/10.1016/j.im.2022.103628>
- Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2014). Big data: A survey. *Mobile Networks and Applications*, 19(2), 171–209. <https://doi.org/10.1007/s11036-013-0489-0>
- Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., ... Meygret, A. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment*, 120, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026>
- European Commission. (2023). *Copernicus programme: Earth observation for Europe*. <https://www.copernicus.eu>
- Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., & Thrun, S. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, 542(7639), 115–118. <https://doi.org/10.1038/nature21056>
- Gascon, F., et al. (2017). Copernicus Sentinel-2 calibration and products validation status. *Remote Sensing*, 9(6), 584. <https://doi.org/10.3390/rs9060584>
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). *Digital image processing* (4th ed.). Pearson.
- Halevy, A., Norvig, P., & Pereira, F. (2016). The unreasonable effectiveness of data. *IEEE Intelligent Systems*, 24(2), 8–12. <https://doi.org/10.1109/MIS.2009.36>

- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data mining: Concepts and techniques* (3rd ed.). Morgan Kaufmann.
- Huang, H. K. (2020). *PACS and imaging informatics: Basic principles and applications* (3rd ed.). Wiley.
- Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 70–90. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>
- Kang, H., et al. (2016). Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3(1), 111–128. <https://doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5>
- Kelly, C. J., Karthikesalingam, A., Suleyman, M., Corrado, G., & King, D. (2019). Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence. *BMC Medicine*, 17, 195. <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1426-2>
- Kitchin, R. (2021). *Data lives: How data are made and shape our world*. Policy Press.
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management information systems: Managing the digital firm* (16th ed.). Pearson.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2020). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- Li, S., Dragicevic, S., Castro, F. A., Sester, M., Winter, S., Coltekin, A., ... Cheng, T. (2020). Geospatial big data analytics for smart cities. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 162, 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.01.014>
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>
- Lu, Y., Liu, C., Wang, K., Huang, H., & Xu, X. (2020). Digital twin-driven smart manufacturing: Connotation, reference model, applications and research issues. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 61, 101837. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101837>
- Ma, L., Liu, Y., Zhang, X., Ye, Y., Yin, G., & Johnson, B. A. (2021). Deep learning in remote sensing applications: A meta-analysis and review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 152, 166–177. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.04.015>
- Newman, S. (2021). *Building microservices: Designing fine-grained systems* (2nd ed.). O'Reilly Media.
- O'Leary, D. E. (2013). Artificial intelligence and big data. *IEEE Intelligent Systems*, 28(2), 96–99. <https://doi.org/10.1109/MIS.2013.39>

- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 52, 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>
- Rajpurkar, P., et al. (2018). Deep learning for chest radiograph diagnosis. *npj Digital Medicine*, 1, 8. <https://doi.org/10.1038/s41746-017-0016-5>
- Reddy, S., Allan, S., Coghlan, S., & Cooper, P. (2020). A governance model for the application of AI in health care. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 27(3), 491–497. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocz192>
- Shortliffe, E. H., & Sepúlveda, M. J. (2018). Clinical decision support in the era of artificial intelligence. *JAMA*, 320(21), 2199–2200. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.17163>
- Tao, F., Qi, Q., Liu, A., & Kusiak, A. (2018). Data-driven smart manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 48, 157–169. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.01.006>
- Topol, E. J. (2019). *Deep medicine: How artificial intelligence can make healthcare human again*. Basic Books.
- Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., & Zhang, C. (2021). Towards smart factory for Industry 4.0: A self-organized multi-agent system with big data-based feedback and coordination. *Computer Networks*, 101, 158–168. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2015.12.017>
- Weng, Q., Fu, P., & Gao, F. (2019). Generating land cover maps with GIS and remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 40(5–6), 1785–1806. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1500738>
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
- Zhang, Y., Wang, S., & Chen, X. (2020). Smart traffic systems based on video analytics: A review. *IEEE Access*, 8, 181012–181025. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3027498>
- Zhang, Q., Chen, M., Li, L., & Wang, Y. (2021). Cloud-based image analytics for large-scale information systems. *Future Generation Computer Systems*, 117, 80–91. <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.11.021>
- Zhu, X. X., Tuia, D., Mou, L., Xia, G. S., Zhang, L., Xu, F., & Fraundorfer, F. (2017). Deep learning in remote sensing: A comprehensive review and list of resources. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 5(4), 8–36. <https://doi.org/10.1109/MGRS.2017.2762307>



YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİNDE ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ, DİJİTAL İKİZ VE GÜVENİRLİK SORUNLARI

“ ”

Muhammet Emre ÖZKAN¹

Hüseyin DENİZ²

Deniz ALTINTAŞ³

1 Muhammet Emre Özkan, Işık Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi/ Yönetim Bilişim Sistemleri, ORCID: 0009-0009-7196-2112

2 Hüseyin Deniz, Işık Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi/Yönetim Bilişim Sistemleri, ORCID: 0009-0001-0436-7665

3 Deniz Altıntaş, Işık Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi/Yönetim Bilişim Sistemleri, ORCID: 0009-0008-6012-7763

1. Giriş

Çağdaş iş dünyası, küresel tedarik zincirlerinin artan karmaşıklığı, pazar dinamiklerindeki öngörülemezlik ve sürekli yenilik baskısıyla karakterize edilmektedir. Bu ortamda, işletmelerin çevikliklerini, dayanıklılıklarını ve sürdürülebilirliklerini korumaları zorunludur. Geleneksel Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS) ve bu sistemlerin bir parçası olan Klasik Karar Destek Sistemleri (KDS), çoğunlukla bu yeni nesil zorluklara yanıt vermekte yetersiz kalmaktadır. Klasik KDS mimarileri, büyük ölçüde geçmişe dönük verilerin analizi üzerine kurulmuş statik yapılar barındırır. Bu sistemler, önceden tanımlanmış kurallara ve deterministik modellere dayanarak çalışır ve çoğunlukla yalnızca yapılandırılmış verileri (örneğin, finansal kayıtlar veya operasyonel metrikler) işler. Oysa modern karar alma süreçleri, doğal dil metinleri, sosyal medya yorumları ve gerçek zamanlı sensör akışları gibi yüksek hacimli ve yapılandırılmamış verilerin anında yorumlanmasını gerektirir. Geleneksel YBS'ler, bu tür dinamik, gerçek zamanlı verileri etkin bir şekilde işleyemediği için geleceği simüle etme yeteneğinden yoksundur. Bu durum işletmeleri statik “raporlama” işlevine hapsederken, proaktif “öngörü” kapasitelerini zayıflatmaktadır. Klasik KDS'lerin bu yetersizliği, YBS'nin temel rolünü yeniden tanımlayan, derin ve yapısal bir eksen kaymasının kapısını aralamıştır.

Bu dönüşümün merkezinde, iki çığır açan teknoloji yer almaktadır: **Üretken Yapay Zekâ (Generative Artificial Intelligence - ÜYZ)** ve **Dijital İkizler (Digital Twin - Dİ)**. ÜYZ ve Dİ teknolojilerinin YBS ortamlarına entegrasyonu, işletmelerin karar alma süreçlerini temelden değiştirmektedir. ÜYZ, **Büyük Dil Modelleri (Large Language Models - BDM)** gibi bağlantısal mimariler üzerine kuruludur ve sadece dilbilgisel olarak akıcı değil, aynı zamanda bağlamsal olarak ilgili yeni içerikler üretebilme yeteneğine sahiptir. Bu teknoloji, kural tabanlı, kısıtlı otomasyonun ötesine geçerek, otonom muhakeme, planlama ve karmaşık hedefleri bağımsız olarak takip etme kapasitesine sahip **otonom akıllı ajanların** geliştirilmesini sağlamaktadır. Literatürde, bu yeni dönemin etkileri derinlemesine incelenmektedir. Gopal (2025), ÜYZ'nin, hipotez üretme, engin literatürleri sentezleme ve insan analizi sınırlarını aşan örüntüleri belirleme yeteneğiyle, bilginin keşfedilme biçimini bizzat yeniden şekillendirdiğini, bunun “inovasyonun otomasyonu” potansiyelini taşıdığını belirtmektedir. Öte yandan, Susarla (2023), ÜYZ'nin getirdiği bu büyük potansiyeli bir “Janus Etkisi” olarak nitelendirmiştir; yani, teknoloji bir yandan muazzam fırsatlar sunarken, diğer yandan etik, güvenilirlik ve sorumlu kullanım konusunda eşi benzeri görülmemiş riskler barındırmaktadır. Bu, YBS profesyonellerinin ve akademisyenlerin, bu teknolojileri entegre ederken şeffaflık, kaynak takibi ve çıktıların doğrulanması gibi temel bilimsel değerleri koruma zorunluluğunu vurgulamaktadır.

Dİ teknolojisi ise, fiziksel varlıkların, süreçlerin veya sistemlerin gerçek zamanlı sanal temsillerini oluşturarak bu yeni YBS paradigmasının mimari temelini atmaktadır. Dİ, sensör verileri, simülasyon modelleri ve analitik araçları birleştirerek, fiziksel ortamın durumunu, davranışını ve performansını sürekli olarak yansıtır. ÜYZ'nin bilişsel ve üretken yetenekleri ile Dİ'nin gerçek zamanlı modelleme ve simülasyon yeteneklerinin birleşmesi, literatürde **Dinamik Veri Odaklı Üretken Dijital İkiz (Dynamic Data-Driven Generative Digital Twin - DDD-GenDT)** mimarisi gibi yeni çerçevelerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu sinerji, YBS'nin işlevini radikal bir şekilde dönüştürmektedir: Sistemler artık sadece geçmiş performansı kayda alıp raporlayan bir yapıdan, geleceği simüle eden, potansiyel riskleri öngören ve en uygun yanıt stratejilerini sanal ortamda test etme yeteneğine sahip platformlara dönüşmektedir.

Bu bölüm, YBS bağlamında ÜYZ ve Dİ entegrasyonunun temelini, potansiyelini ve yol açtığı güvenilirlik sorunlarını incelemektedir. İlerleyen kısımlarda, bu iki teknolojinin birleşiminden doğan yeni YBS mimarileri, bu sistemlerin işleyişini zorlayan halüsinasyon, etik ve gözetim gibi temel güvenilirlik zorlukları ve bu zorluklara karşı geliştirilen çözüm stratejileri ele alınacaktır.

2. Yönetim Bilişim Sistemlerinde Üretken Yapay Zekâ Yaklaşımları

Klasik KDS'lerin statik doğası ve geçmişe dönük veri analizine olan aşırı bağımlılığı, dinamik ve öngörülemez iş ortamlarında yetersiz kaldığı tespit edildikten sonra, YBS yeni nesil, bilişsel yeteneklere sahip teknolojilere yönelmiştir. Bu yeni yaklaşımın merkezinde, BDM ve bu modelleri çevreleyen mimariler yer almaktadır. ÜYZ'nin YBS'ye entegrasyonu, sistemlerin sadece veri işlemekle kalmayıp, aynı zamanda kurumsal bilgiyle derinlemesine etkileşime giren, karar alma stratejilerini proaktif olarak yönlendiren ve hatta otonom eylemler gerçekleştiren aktif bileşenlere dönüşmesini sağlamaktadır. Bu dönüşüm, özellikle kurumsal belleği harekete geçiren, model adaptasyon süreçlerini optimize eden ve tam otonomiye doğru ilerleyen üç temel teknik yaklaşım etrafında şekillenmektedir.

2.1. Kurumsal Belleğin Aktivasyonu: RAG Mimarileri

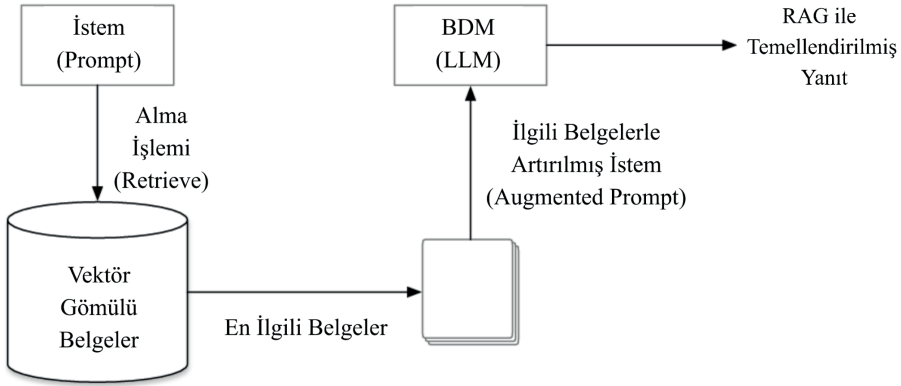
Büyük Dil Modelleri, trilyonlarca kelimelik genel internet verisi üzerinde eğitilmiş olsalar da, bir kuruluşun kendi iç dinamiklerini, tüzüklerini, müşteri kayıtlarını veya tedarik zinciri evraklarını doğal olarak bilmezler. Bu bağlamda, ÜYZ'nin kurumsal ortamda yüksek doğrulukla ve güvenilir bir şekilde görev yapabilmesi için, model çıktılarının şirketin onaylanmış, güncel ve özel bilgileriyle desteklenmesi kritik öneme sahiptir. Bu gereksinimi karşılamak için **Bilgi Erişim Destekli Üretim (Retrieval-Augmented**

Generation - RAG) mimarileri geliştirilmiştir. RAG, ÜYZ'nin en büyük sorunlarından biri olan halüsinasyon riskini başka bir ifadeyle; modelin akıcı ancak tamamen yanlış veya kaynaksız bilgi üretme eğilimini azaltmanın en etkili yollarından biridir.

RAG, ÜYZ'yi harici, doğrulanmış ve yönetilen bir bilgi tabanına (kurumsal bellek) bağlayarak çalışır. Bir kullanıcı bir sorgu girdiğinde (örneğin, "Yeni tedarikçi sözleşmemizdeki garanti şartları nelerdir?"), RAG sistemi iki aşamalı bir süreç izler:

1. Alma (Retrieval): Sorgu, öncelikle bir vektör veritabanında (vektör gömme modelleri kullanılarak) kurumsal belgeler (PDF'ler, e-tablolar, sunumlar, veri tabanı kayıtları) arasında semantik olarak aranır. Bu arama, sorguyla en alakalı, küçük bilgi parçacıklarını geri getirir.

2. Üretim (Generation): Bu alakalı bilgi parçacıkları, orijinal kullanıcı istemiyle birlikte tek bir "artırılmış istem" (augmented prompt) olarak BDM'ye sunulur. BDM, daha sonra cevabı *sadece kendisine sunulan bu harici bağlamı* kullanarak oluşturmakla görevlendirilir, böylece genel eğitim verilerinden spekülasyon yapma yeteneği büyük ölçüde kısıtlanır.



Şekil 1. Bilgi Erişim Destekli Üretim (RAG) mimarisinin çalışma prensibi ve bilgi akış şeması.

Bu mimarinin YBS için faydası derin ve dönüşümseldir. Joshi (2025), RAG'ın BDM sonuçlarını belirlenmiş ve kalite kontrollü belgelere kısıtladığını, bu sayede kullanıcının sonuçları yorumlamasını belirgin şekilde kolaylaştırdığını vurgular. Lin ve diğerleri (2025), RAG benzeri mekanizmaların, fiziksel bir sistemden (örneğin bir CNC makinesinden) gelen yapılandırılmış gözlem verilerini ("Fiziksel İkiz Gözlem Grafiği" -

FİGG) işleyerek, herhangi bir yeniden eğitim gerektirmeksizin gelecekteki davranışları tahmin etme yeteneğine sahip bir ÜYZ tabanlı tahmin motoru geliştirebileceğini göstermiştir. Bu, YBS'nin kurumsal politikaları, prosedürleri veya operasyonel kılavuzları temel alarak anında, doğrulanabilir içgörüler üretebileceği anlamına gelmektedir. Dolayısıyla RAG, ÜYZ'yi pasif bir sohbet aracından, kurumsal bellekle aktif olarak etkileşim kuran ve karar almayı bilgilendiren kritik bir bilgi kaynağına dönüştürmektedir.

2.2. İstem Mühendisliği ve İnce Ayar

ÜYZ'yi kurumsal uygulamalara entegre etmeye çalışan yöneticilerin karşılaştığı temel stratejik ikilem, modelin performansını artırmak için hangi adaptasyon mekanizmasını seçecekleri sorusudur: Harici veriye ihtiyaç duymayan ve hızlı sonuç veren **İstem Mühendisliği (Prompt Engineering)** mi, yoksa modeli özel verilerle eğiten, daha maliyetli ancak kesinlik vaat eden **İnce Ayar (Fine-Tuning)** mı? Bu karar, yatırım maliyetlerini, uygulama süresini, performansı ve uzun vadeli sürdürülebilirliği doğrudan etkilemektedir.

İstem Mühendisliği, mevcut bir BDM'nin parametrelerini değiştirmeden, sadece kullanıcı sorgusunun veya komutunun formülasyonunu optimize etmeye odaklanır. Ramakrishnan (2025), İstem Mühendisliğini en az çaba gerektiren adaptasyon tekniği olarak konumlandırır.

- **Faydalar (Düşük Maliyet ve Hız):** İstem Mühendisliği, modelin eğitimi için pahalı GPU kümelerine ihtiyaç duyulmasını ortadan kaldırır, bu nedenle başlangıç maliyeti ve yatırım engeli düşüktür. Çözümler saatler veya günler içinde tasarlanabilir ve devreye alınabilir, bu da çevikliği artırır. Ayrıca, temel model sağlayıcısı (örneğin OpenAI) modelini yükselttiğinde, İstem Mühendisliği tabanlı çözümler genellikle otomatik olarak (Ramakrishnan'ın ifadesiyle “ücretsiz yükseltme yolu”) bu gelişmelerden yararlanır.
- **Zorluklar (Kırılganlık ve Ölçeklenebilirlik Maliyeti):** Golani (2025), İstem Mühendisliğinin teknik veya niş alanlarda özelleşme kapasitesinin sınırlı olduğunu belirtir. Dahası, dikkatle tasarlanmış istemler bile, küçük bir kelime değişikliğinde performans düşüşü yaşayabilir (“kırılganlık”). Ayrıca, karmaşık istemler “jeton ek yükü” (token overhead) yaratır; bu, her sorgu için daha fazla jeton maliyeti demektir ve yüksek hacimli uygulamalarda işletme maliyetlerinin hızla artmasına neden olabilir.

İnce Ayar, önceden eğitilmiş BDM'nin ağırlıklarını, kuruluşun kendi etiketli, alan adına özel verilerini kullanarak ek eğitimle güncellemeyi içerir.

- **Faydalar (Yüksek Doğruluk ve Marka Uyumu):** İnce Ayar, genel modellere kıyasla alan adına özgü karmaşık görevlerde belirgin

şekilde daha yüksek doğruluk sağlar. Ayrıca, modelin kuruluşun benzersiz marka diline, stiline ve değerlerine uyumunu garantiler.

- Zorluklar (Kaynak Yoğunluğu ve Bakım): İnce Ayar, büyük modeller için önemli ölçüde hesaplama kaynağı (GPU'lar) ve uzmanlık gerektirir, bu da onu küçük şirketler için erişilemez kılar. Golani (2025), etkin İnce Ayar için büyük, yüksek kaliteli veri kümelerine ihtiyaç duyulduğunu ve alan bilgisinin gelişimine paralel olarak modelin güncel kalması için periyodik yeniden eğitim (model bakımı) maliyeti olduğunu vurgular.

Karar vericiler için nihai seçim, ÜYZ Maliyet Denklemi (Ramakrishnan, 2025) çerçevesinde değerlendirilmelidir. Bu denklem, temel görevi ÜYZ olmadan yapmanın maliyeti ile ÜYZ'nin kullanım, adaptasyon ve çıktıları kontrol etme/düzeltilme dahil tüm maliyetlerini karşılaştırır. Buna göre:

- Ne Zaman İstem Mühendisliği? Düşük riskli, genel amaçlı görevler (e-posta taslağı hazırlama, yaratıcı içerik üretme) veya pazar doğrulaması için hızlı iterasyonun öncelikli olduğu başlangıç aşamalarındaki ürünler için İstem Mühendisliği tercih edilmelidir.
- Ne Zaman İnce Ayar? Finansal hizmetler, sağlık veya hukuki danışmanlık gibi yüksek riskli ve düzenlenmiş alanlarda, hatasızlık, markaya mutlak uyum ve uzun vadeli ölçeklenebilirlik zorunlu olduğunda İnce Ayar yapmak daha maliyet etkin olabilir.

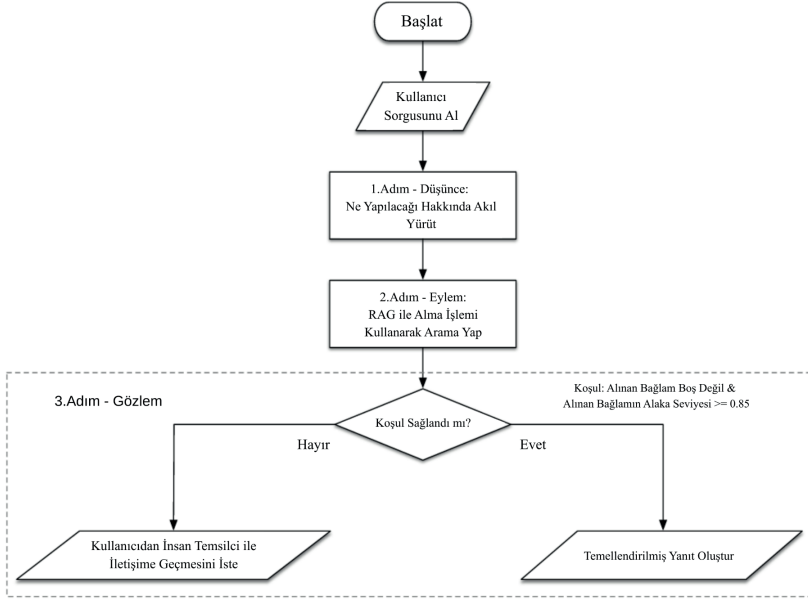
Hibrit Yaklaşımların Rolü: Günümüzde, İnce Ayara harcanan maliyeti azaltmak için **Parametre Açısından Verimli İnce Ayar (Parameter-Efficient Fine-Tuning - PEFT)** gibi yeni teknikler bulunmaktadır. Bu tür teknikler, geleneksel İnce Ayarlamanın getirdiği yüksek maliyetleri düşürerek, İnce Ayarın sunduğu performansı daha geniş bir kitle için erişilebilir kılmaktadır. Dolayısıyla, maliyet düşürme vurgusu (Akadal, 2025) sayesinde bu hibrit çözümler, bütçe kısıtlaması olan kuruluşlar için dengeyi sağlayabilir.

2.3. YBS'nin Geleceği: Otonom Ajanlar (Agentic AI)

ÜYZ teknolojisinin bir sonraki evrimi, sistemlerin sadece karmaşık soruları yanıtlayan araçlar olmaktan çıkıp, "iş yapan" (aksiyon alan) ve görevleri otonom olarak yürüten varlıklara dönüşmesini ifade eden otonom ajanlar kavramında somutlaşmaktadır. Klasik YBS'ler, genellikle insan operatörlerin önceden tanımlanmış kurallara dayalı olarak yönettiği süreçlere dayanırken, otonom ajanlar bu yapıyı temelden değiştirmektedir.

Otonom ajanlar, karmaşık hedefleri gerçekleştirmek için bağımsız inisiyatif alma kapasitesine sahiptir; bu da, görevi alt görevlere ayırma, açık uçlu keşif yapma ve yeni zorluklara yaratıcı bir şekilde adapte olma becerisini

içerir. Bu ajanlar, sürekli olarak ortamlarını (verileri) algılar, muhakeme yeteneklerini kullanarak bir plan oluşturur ve bu planı uygulamak için harici araçları veya uygulama programlama arayüzlerini (API) kullanır. Örneğin, Vu vd. (2025), bu yeni sistemlerin otonom karar alma, öngörücü analiz ve gerçek zamanlı süreç yürütme gibi dinamik görevleri ele alacak şekilde tasarlandığını belirtmektedir. Bu, sistemin artık sadece “cevap veren” değil, aynı zamanda belirlenmiş bir iş hedefine ulaşmak için “hareket eden” bir yapıya dönüştüğü anlamına gelir.



Şekil 2. Otonom ajanların karar alma ve eylem döngüsü (Düşünce-Eylem-Gözlem Modeli).

Yönetim bilimleri bağlamında bu değişim, **Geleneksel İş Süreçleri Yönetimi'nin (Business Process Management - BPM)** yerini **Ajan Tabanlı İş Süreçleri Yönetimi'ne (Agentic BPM)** bırakması anlamına gelir. Robotik Süreç Otomasyonu gibi önceki otomasyon dalgaları, basit ve kural tabanlı görevleri otomatikleştirirken, Agentic BPM, ÜYZ'nin bilişsel ve uyarlanabilir yeteneklerini kullanarak tüm uçtan uca iş akışlarını otonom olarak yönetebilen akıllı yazılım ajanlarının stratejik dağıtımını ve işletilmesini tanımlar. Narayanan ve Vishwakarma (2024), bir BDM risk değerlendirme motorunun, metin tabanlı kullanıcı girdilerinden özel tehditleri belirlemek ve sıralamak için otuz adede kadar bağlama duyarlı akıllı ajanı entegre edebileceğini, bunun da bu teknolojinin karmaşık görevlerdeki potansiyelini gösterdiğini açıklar.

Ancak bu otonomi, yeni bir yönetim zorunluluğunu da beraberinde getirir: **Gözetim (Oversight)** ve **Yönetişim (Governance)**. Otonom ajanların

stokastik doğası (belirsizlik içeren), etik sorunlara ve istenmeyen sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle, kurumsal API'ler, otonom ajanların dinamik, amaca yönelik davranışlarını desteklemek için statik uç noktalardan (endpoint) uzaklaşarak “ajan hazır” mimarilere evrilmek zorundadır (Tupe ve Thube, 2025). Yöneticiler, bu sistemlerin sorumlu ve etik bir şekilde uygulanmasını sağlamak için sağlam yönetim çerçeveleri ve insan gözetimi sağlamalıdır.

3. Dijital İkiz Kavramının Tarihsel Gelişimi

Kitabın bu bölümünde Dijital İkiz (Dİ) kavramının ortaya çıkışından günümüze kadar uzanan süreçte, yapısal ve teorik bağlamda geçirdiği dönüşüm kronolojik bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Bu inceleme, Dİ tek bir disiplin ya da tanıma indirgenemeyecek bir kavram olduğunu; aksine, zaman içerisinde farklı ihtiyaçlar ve uygulama alanları doğrultusunda gelişerek çok katmanlı bir yapı kazandığını ortaya koymaktadır.

Dİ yaklaşımına benzer ilk uygulamalardan biri, 1970 yılında NASA tarafından Apollo 13 görevi sırasında geliştirilmiştir. Bu süreçte mühendislerin uzaktan ve eş zamanlı olarak sisteme erişimini sağlamak amacıyla oluşturulan simülasyon sayesinde, kumanda modülünün işlevsel bir kopyası üretilmiş ve elektriksel sistemler yeryüzünden izlenerek kontrol edilmiştir. Dİ kavramının teorik temelleri, 2000'li yılların başında ürün yaşam döngüsü yönetimi (Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi - PLM) bağlamında Michael Grieves tarafından ortaya konan çalışmalarla atılmıştır. Grieves, Dİ'yi; fiziksel bir varlık ve bu varlığın dijital temsili olmak üzere iki yapı olarak tanımlamıştır. Bu yaklaşım, fiziksel sistem ile dijital temsil arasında süreklilik arz eden bir ilişki kurulmasını mümkün kılmıştır. Erken dönem uygulamalarda Dİ, ağırlıklı olarak tasarım ve üretim süreçlerinin izlenmesi, analiz edilmesi ve iyileştirilmesi amacıyla konumlandırılmıştır. NASA tarafından yapılan çalışmalarda Dİ'ler, fiziksel sistemlerin yüksek doğrulukta dijital kopyaları olarak ele alınmıştır. Bu yapıların sensör verileriyle sürekli güncellenerek sistem davranışlarının izlenmesi, öngörülmesi ve risklerin önceden değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Grieves'in 2000'li yılların başındaki Dİ çalışmaları kavramsal ve mimari temelini oluştururken, NASA'nın 2010 yılında getirmiş olduğu yaklaşımı gerçek zamanlı, öngörücü bir mühendislik aracı hâline getirmiştir. Bu çalışmalar sonucunda Grieves bu iki yaklaşımı birleştirerek Dİ'yi yaşam döngüsü boyunca karar destek sağlayan, bütüncül ve genellenebilir bir sistem olarak literatürde olgunlaştırmıştır (Grieves, 2014; National Aeronautics and Space Administration, 2010).

2016–2020 yılları arasında gerçekleştirilen çalışmalar, Dİ kavramının erken dönem kavramsal ve tanımsal çerçevesini aşarak, siber-fiziksel sistemler, gerçek zamanlı veri akışı ve karar destek mekanizmaları ile bütünleşen olgun bir yapıya evrildiğini açıkça göstermektedir. Bu dönüşüm sürecinin ilk

önemli çalışmalarından birinde Dİ'i yalnızca bir simülasyon modeli olarak ele almanın yetersiz olduğunu vurgulanmıştır. Fiziksel sistemler, sürekli veri temelli etkileşim içinde olan dinamik yapılar ile klasik, statik simülasyon modelleri arasında net bir kavramsal ayrım ortaya koymuştur. Bu çalışma, Dİ'in temel ayırt edici özelliğinin fiziksel sistemle kurduğu süreklilik arz eden veri ilişkisi olduğunu vurgulaması bakımından literatürde önemli bir referans noktası hâline gelmiştir.

Böylece Dİ, yalnızca fiziksel bir sistemin dijital temsili olmaktan çıkarılarak, üretim ve operasyonel süreçlerde aktif rol oynayan bir karar destek mekanizması olarak konumlandırılmıştır. Tao ve arkadaşları, Dİ'i ürün tasarımı, üretim ve servis süreçlerini kapsayan bütüncül bir yaşam döngüsü çerçevesi içinde ele alarak, kavramın endüstriyel uygulamalardaki pratik karşılığını somut biçimde göstermiştir. (Tao, F., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A. Y. C., 2018)

Dijital model, fiziksel bir nesnenin dijital temsilidir ancak fiziksel nesne ile dijital nesne arasında otomatik bir veri akışı bulunmaz (Metcalf, Ellul, Morley & Stoter, 2024). Fiziksel nesnedeki bir durum değişikliği dijital modele otomatik olarak yansımaz; tüm veri transferi manuel olarak gerçekleştirilir. Bu yapılar genellikle tasarım aşamasındaki planlar veya statik CAD modelleri olarak işlev görür (Attaran & Çelik, 2023; Liu, Fang, Dong & Xu, 2021; Tekinerdogan & Verdouw, 2020).

Dijital gölge, fiziksel nesne ile dijital nesne arasında tek yönlü otomatik veri akışının olduğu sistemdir ve fiziksel nesnenin durumundaki değişiklikler sensörler aracılığıyla dijital nesneye anlık veya periyodik olarak aktarılır. Ancak dijital nesne üzerinden fiziksel nesneye otomatik bir geri besleme veya müdahale yapılamaz (Dong & Xu, 2021; Tekinerdogan & Verdouw, 2020). Dijital gölgeler genellikle analiz ve izleme süreçlerinde, kararların insanlar tarafından alındığı senaryolarda kullanılır (Metcalf, Ellul, Morley & Stoter, 2024; Attaran & Çelik, 2023; Dong & Xu, 2021; Tekinerdogan & Verdouw, 2020).

Bir sistemin gerçek anlamda Dİ olarak nitelendirilebilmesi için fiziksel ve dijital nesne arasındaki veri akışının çift yönlü ve tam entegre olması gerekir (Metcalf, Ellul, Morley & Stoter, 2024; Attaran & Çelik, 2023). Bu yapıda fiziksel nesneden gelen veriler Dİ'i güncellerken, Dİ üzerinde yapılan analizler veya simülasyonlar sonucunda oluşan komutlar da fiziksel nesneye otomatik olarak geri gönderilir (Liu vd., 2023; Liu, Fang, Dong, & Xu, 2021; Tekinerdogan & Verdouw, 2020). Bu sürekli ve otomatik döngü, sistemin gerçek zamanlı olarak kendini optimize etmesine ve otonom kontrol süreçlerine olanak tanır (Tekinerdogan, 2023; Verdouw vd., 2021).

Literatürde bazı çalışmalar simülasyon olarak düşünürken bazıları ise 3B modeller olarak ele alıyordu. Fakat Dİ kavramı bu farklı alt disiplinleri barındıran kapsamlı bir çatı terim olarak düşünülmelidir. Bu durum neticesinde standartlaştırma ve kurumsal bir yapıya kavuşturma ihtiyacı hasıl olmuştur ve şu soru gündeme gelmiştir. “Ne zaman bir şeye gerçekten Dİ diyebiliriz? Tam bu noktada bu soruya bir yanıt vermek adına Dİ kavramı, standartlaştırma çalışmaları ve disiplinler arası yaklaşımlarla daha genel bir çerçeveye oturtulmuştur. ISO standartları ve Digital Twin Consortium gibi oluşumlar, Dİ’i fiziksel veya soyut bir sistemin, yaşam döngüsü boyunca veriyle senkronize edilen ve belirli amaçlar doğrultusunda kullanılan dijital temsili olarak tanımlamaktadır. Bu tanımlar, Dİ’i yalnızca mühendislik sistemleriyle sınırlı olmaktan çıkararak; tarım, şehirler, çevresel sistemler ve organizasyonel süreçler gibi alanlarda da uygulanabilir bir yaklaşım haline getirmiştir.

Güney Kore’de yürütülen bir çalışmada, her bir mandalina ağacı için ayrı Dİ’ler oluşturulmuştur. Bu sistemde toprak özellikleri, hava durumu ve meyve kalitesi (şeker oranı) ağaç bazında izlenmektedir. Araştırmalar, bahçe düzeyindeki analizlerin meyve kalitesindeki değişimi %38 oranında açıklayabildiğini, ancak ağaç bazlı Dİ analizlerinin bu oranı %66’ya çıkardığını göstermiştir (Kim & Heo, 2024). Bu tarihsel gelişim çizgisi, Dİ kavramının zaman içerisinde fiziksel sistemlerin birebir kopyalanmasına odaklanan dar bir teknik yaklaşımdan, karar verme süreçlerini destekleyen, veri güdümlü ve çok katmanlı bir sistem yaklaşımına evrildiğini göstermektedir. Dolayısıyla literatürde yer alan farklı tanımlar, bir çelişki değil; Dİ’in kullanım amacına ve bağlamına göre şekillenen tamamlayıcı perspektifler olarak değerlendirilmelidir.

3.1. Dijital İkiz Kavramının Temel Bileşenleri

Dİ kavramına ilişkin literatürde yer alan tanımlar incelendiğinde, farklı disiplinlerde yapılmış çalışmaların belirli ortak bileşenler etrafında toplandığı görülmektedir. Bu çalışmalar, Dİ’i yalnızca dijital bir model ya da simülasyon olarak ele almak yerine, fiziksel sistemle sürekli etkileşim halinde olan bütünlük bir yapı olarak tanımlamaktadır (Grieves & Vickers, 2017; Tao vd., 2019; Fuller vd., 2020).

Dİ’lerin ilk ve temel bileşeni fiziksel varlık veya süreç olarak tanımlanmaktadır. Öne çıkan çalışmalarda Dİ yaklaşımının mutlaka bir fiziksel sistem referansına dayanması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu fiziksel unsurun ürün, makine, süreç veya daha geniş bir sistem olabileceğini belirtilmektedir. İkinci temel bileşen, dijital temsildir (model). Bu temsil, fiziksel sistemin birebir kopyası olma iddiası taşımamakta; belirli

kullanım amaçları doğrultusunda sadeleştirilmiş ve hesaplanabilir bir yapı sunmaktadır. (Tao vd., 2019; Grieves, 2014)

Literatürde Dİ'lerde kullanılan modellerin farklı doğruluk seviyelerinde ve farklı karar ihtiyaçlarına göre tasarlanabileceğini belirtmekte; bu durumun Dİ'leri tekil simülasyon modellerinden ayıran önemli bir özellik olduğunu vurgulamaktadır (Fuller vd., 2020). Tao ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise Dİ'lerin çoğu durumda birden fazla modelin birlikte kullanıldığı çok katmanlı yapılar içerdiğini ifade etmektedir (Tao vd., 2019) Dİ'i klasik simülasyon ve dijital model yaklaşımlarından ayıran en önemli bileşen, fiziksel ve dijital sistemler arasındaki sürekli veri bağlantısıdır. Grieves'in çalışmasında, Dİ'in ayırt edici özelliğini fiziksel sistemden dijital ortama ve gerektiğinde dijital ortamdan fiziksel sisteme doğru gerçekleşen veri akışı olarak tanımlamaktadır (Grieves ve Vickers, 2017).

National Academies of Sciences tarafından yapılan çalışmada da Dİ'lerin, fiziksel sistemlerden elde edilen verilerle düzenli olarak güncellenen ve zamansal değişimi yansıtan yapılar olduğu vurgulanmaktadır. Bu sürekli veri bağlantısı, yalnızca sensör tabanlı IoT altyapılarıyla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda kurumsal bilgi sistemleri (örneğin ERP, MES ve tedarik zinciri yönetim sistemleri) üzerinden elde edilen operasyonel verilerle de beslenmektedir. Bu bütünleşik yapı sayesinde Dİ'ler, fiziksel sistemlerin yalnızca teknik durumunu değil, aynı zamanda yönetsel ve operasyonel bağlamını da yansıtan kapsamlı temsiller sunabilmektedir. (National Academies of Sciences, 2023)

Bir diğer önemli bileşen, yaşam döngüsü perspektifidir. Literatürde Dİ'ler, yalnızca tasarım veya analiz aşamalarında kullanılan araçlar olarak değil; sistemin tasarım, üretim, işletme ve bakım süreçlerini kapsayan tüm yaşam döngüsü boyunca kullanılabilen yapılar olarak ele alınmaktadır (Grieves, 2014; Tao vd., 2019). Bu yaklaşım, Dİ'leri kısa vadeli simülasyonlardan ayırarak uzun vadeli izleme, bakım ve iyileştirme süreçlerinin bir parçası haline getirmektedir.

Son olarak literatürde Dİ'lerin değer üretme ve karar destek işlevi ön plana çıkmaktadır. Bazı çalışmalar, Dİ'lerin yalnızca fiziksel sistemlerin durumunu yansıtan pasif yapılar olmadığını; analiz, öngörü ve senaryo değerlendirme süreçleri aracılığıyla karar verme mekanizmalarını destekleyen aktif sistemler olduğunu belirtmektedir (Tao vd., 2019; Fuller vd., 2020).

Dİ'ler, yönetim bilişim sistemleri bağlamında yalnızca veri üreten veya analiz yapan yapılar olarak değil, karar süreçleri için fiziksel gerçekliğe

dayalı bir “gerçeklik çapası” (reality anchor) işlevi gören sistemler olarak değerlendirilmektedir. Fiziksel sistemlerden sürekli olarak beslenen dijital temsiller, yönetsel kararların soyut varsayımlara değil, doğrulanabilir ve bağlamsal verilere dayanmasını mümkün kılmaktadır. Bu yönüyle Dİ’ler, YBS içinde karar alma süreçlerini destekleyen bilişsel bir referans çerçevesi sunmakta; karmaşık ve belirsiz ortamlarda karar vericinin fiziksel sistemle olan bağını koparmadan analiz yapabilmesini sağlamaktadır (Grieves & Vickers, 2017; Fuller vd., 2020). Özellikle gerçek zamanlı veri senkronizasyonu sayesinde Dİ’ler, karar süreçlerinde kullanılan bilginin güncelliğini ve bağlamsal tutarlılığını koruyarak, yönetsel güvenin temelini oluşturmaktadır (Tao vd., 2019).

3.2 Dijital İkizlerin Temel Konsept Yapıları ve YBS ile İlişkisi

Literatürde Dİ’ler, tekil bir yazılım ya da izole bir model olarak değil; fiziksel sistemler, dijital temsiller ve analitik süreçlerin bütünleşik biçimde çalıştığı katmanlı yapılar olarak ele alınmaktadır. Bu yaklaşım, fiziksel sistemlerden elde edilen verilerin dijital ortamda işlenmesi ve elde edilen çıktılar aracılığıyla karar süreçlerinin desteklenmesine dayanmaktadır (Grieves & Vickers, 2017; Tao vd., 2019; Fuller vd., 2020).

Bu çerçevede Dİ yapısı genellikle üç temel katman üzerinden açıklanmaktadır. İlk katman, sensörler ve operasyonel sistemler aracılığıyla sürekli veri üreten fiziksel sistemi temsil etmektedir

(NASA, 2012). İkinci katman olan dijital temsil katmanında, bu veriler farklı amaçlara hizmet eden modeller aracılığıyla yapılandırılarak sistemin güncel durumu dijital ortamda yansıtılmaktadır (Tao vd., 2019). Son katmanda ise dijital temsil üzerinde analitik değerlendirmeler gerçekleştirilmekte; sistem davranışları izlenmekte ve kestirimci ile öngörücü analizler yoluyla karar destek mekanizmaları güçlendirilmektedir (Fuller vd., 2020). Bu durum, Dİ’leri salt izleme araçlarından ayırarak karar süreçlerini besleyen aktif yapılar haline getirmektedir.

Analitik katman bağlamında Dİ’ler, yalnızca mevcut durumun betimlenmesiyle sınırlı kalmamakta; geçmiş ve anlık verilerden yararlanarak öngörücü (predictive) analizlere de olanak tanımaktadır. Bu analizler sayesinde olası sistem davranışları ve senaryolar değerlendirilebilmekte, böylece karar vericiler için yalnızca “ne oldu?” sorusu değil, “ne olabilir?” sorusu da yanıtlanabilir hale gelmektedir. Son katman ise karar destek ve geri besleme katmanıdır. Analitik süreçler sonucunda elde edilen çıktılar, yönetsel karar süreçlerini desteklemekte ve gerektiğinde fiziksel sisteme müdahale edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu geri besleme döngüsü, Dİ’in YBS bağlamında yalnızca bilgi üreten değil, aynı zamanda eylemi

yönlendiren bir bileşen olarak konumlandırılmasını sağlamaktadır (Grieves & Vickers, 2017).

Bu katmanlı yapı birlikte değerlendirildiğinde, Dİ'lerin yönetim bilişim sistemleri içinde veri, sistem ve analitik bileşenleri arasında köprü kuran bütünleştirici yapılar olduğu görülmektedir. Fiziksel sistemlerden elde edilen veriler, dijital temsiller aracılığıyla anlamlandırılmakta; analitik süreçlerle karar vericiler için yorumlanabilir hale getirilmekte ve YBS'nin temel işlevleriyle bütünleşmektedir. Bu yönüyle Dİ'ler, YBS mimarisi içerisinde bağımsız teknolojiler değil, izleme, analiz ve karar destek süreçlerini bütünleştiren konsept yapılar olarak ele alınmalıdır.

3.3 Fiziksel ve Dijital Sistem İlişkisi: Temsil, Geri Besleme ve Karar

Dİ yaklaşımının YBS bağlamında ayırt edici yönlerinden biri, fiziksel ve dijital sistemler arasında kurulan ilişkinin salt bir veri aktarımı düzeyinde kalmayarak fiziksel sistemlerden elde edilen veriler, dijital ortama birebir aktarılacak yerine, belirli amaçlar doğrultusunda yapılandırılmış temsiller aracılığıyla işlenmektedir. Bu ilişki, Dİ'i fiziksel gerçekliğin basit bir yansıması olmaktan çıkarak, karar verme süreçlerini destekleyen işlevsel bir araca dönüştürmektedir. Fiziksel ve dijital sistemler arasındaki bu bağ, sürekli veri akışı ve geri besleme döngüsü üzerinden tanımlanmaktadır.

Fiziksel sistemin mevcut durumu, sensörler ve bilgi sistemleri aracılığıyla dijital temsile aktarılmakta; dijital ortamda gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen çıktılar ise karar destek süreçlerini beslemektedir. Bu geri besleme mekanizması sayesinde Dİ, olası senaryoların değerlendirilmesine olanak tanıyan dinamik bir sistem haline gelmektedir. Bu noktada Dİ'lerin fiziksel sistemleri tüm karmaşıklığı ile yeniden üretme iddiası taşımadığı özellikle vurgulanmalıdır. Aksine Dİ'ler, fiziksel gerçekliğin karar süreçleri açısından anlamlı olan boyutlarını öne çıkaran, diğer unsurları ise bilinçli olarak dışarıda bırakan temsiller sunmaktadır. Bu yaklaşım, Dİ'i fiziksel sistemin birebir kopyası olarak değil, belirli yönetsel amaçlar doğrultusunda tasarlanmış bilişsel bir araç olarak konumlandırmaktadır.

Simon, insan tarafından tasarlanan sistemlerin doğayı olduğu gibi açıklamak yerine, karmaşıklığı yönetilebilir hale getiren işlevsel temsiller aracılığıyla karar verme süreçlerini desteklediğini vurgulamaktadır. Bu çerçevede Dİ'ler, fiziksel ve dijital sistemler arasında kurulan ilişkinin merkezinde yer almakta; sınırlı rasyonellik koşulları altında karar vericilere sadeleştirilmiş ve anlamlandırılmış bilgi yapıları sunmaktadır. Sistem düşüncesi literatüründe yer alan diğer yaklaşımlar da bu görüşü desteklemektedir. (Simon, H. A., 1996).

Edward de Bono ve yalın düşünce yaklaşımı ise, karmaşıklığı artıran yapıların sistem değil, bilişsel yük ve gürültü ürettiğini savunarak, Dİ'lerin temel amacının karmaşıklığı yönetilebilir bir işlevselliğe dönüştürmek olduğunu vurgulamaktadır. Bu bağlamda fiziksel ve dijital sistemler arasındaki ilişki, Dİ yaklaşımında yalnızca teknik bir eşleştirme süreci değil; karmaşıklığın bilinçli biçimde işlenerek yönetsel karar süreçlerine dönüştürüldüğü bir temsil ve geri besleme mekanizması olarak ele alınmalıdır. Dİ'ler, bu mekanizma sayesinde yönetim bilişim sistemleri içinde veri analitiği ve karar destek bileşenlerini bütünleştiren bilişsel ve analitik uzantılar olarak konumlanmaktadır. Bununla birlikte, fiziksel sistemlerin bu şekilde dijital temsiller aracılığıyla yönetilmesi, Dİ çıktılarının doğruluğu, model sapmaları ve bu çıktılara ne ölçüde güvenilebileceği gibi kritik soruları da beraberinde getirmektedir. Dİ'lerin karar süreçlerinde giderek merkezi bir rol üstlenmesi, güvenilirlik konusunu teknik bir ayrıntı olmaktan çıkarak yönetsel bir problem haline getirmekte; bu husus, izleyen bölümde üretici yapay zekâ bağlamında ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. (De Bono, E., 2017).

4. Üretken Yapay Zekâ ve Dijital İkiz Entegrasyonu

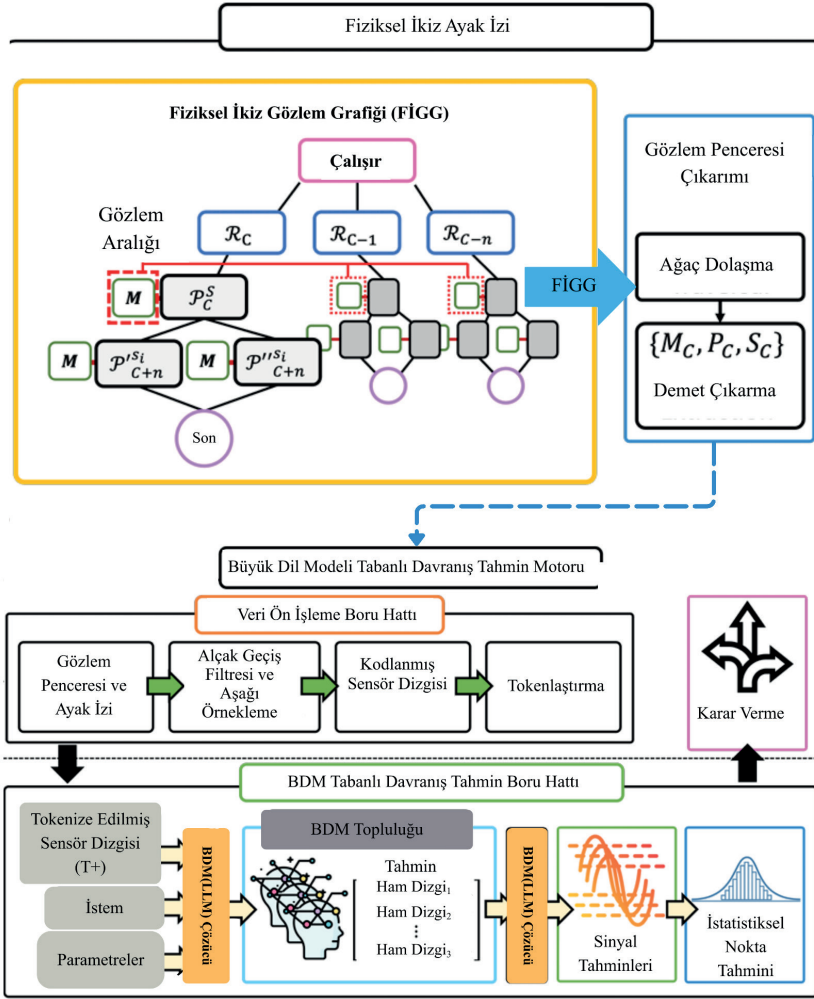
Bir önceki bölümde incelenen ÜYZ yaklaşımlarının (RAG, İnce Ayar, Otonom Ajanlar) temel katkısı, KDS'ye kazandırdığı bilişsel yetenekler ve dinamik adaptasyon mekanizmalarıdır. Dİ teknolojisi ise, fiziksel varlıkların, süreçlerin veya sistemlerin gerçek zamanlı sanal replikasını oluşturarak, bu bilişsel yetenekler için gereken gerçek zamanlı veri akışını ve operasyonel simülasyon altyapısını sağlamaktadır. Bu iki dönüştürücü teknolojinin birleşimi, YBS'yi pasif bir kayıt ve raporlama işlevinden, aktif bir bilişsel karar alma ve otonom eylem platformuna (kapalı döngü optimizasyonu) taşımaktadır.

4.1. Entegrasyonun Temeli: LLM-Twin Kavramı

ÜYZ'nin temel bileşenleri olan Büyük Dil Modelleri (BDM) ve üretken derin öğrenme teknikleri, Dİ'lere adeta bir "zihin" ekleyerek, konuşma, akıl yürütme (muhakeme) ve planlama yeteneği kazandırmaktadır. Klasik Dİ mimarileri, genellikle sensör verilerini kullanarak fiziksel sistemin durumunu yansıtır ve önceden tanımlanmış fizik tabanlı veya makine öğrenmesi modelleriyle tahminler üretir; ancak bu sistemler, bu verileri insan dilinde yorumlama, karmaşık hedeflere ulaşmak için mantıksal eylemler dizisi planlama veya sonuçları doğal dil olarak açıklama yeteneğinden yoksundur. ÜYZ, bu bilişsel boşluğu doldurarak, Dİ'yi bağlamsal farkındalığa sahip bir "akıllı ajana" dönüştürmektedir.

Literatürde bu derin ve yapısal sinerji, “Generative Digital Twin” (Üretken Dijital İkiz) veya bu çalışmada benimsenen adıyla “**LLM-Twin**” gibi kavramlarla ele alınmaktadır. Chiaro vd. (2025), ÜYZ destekli Dİ’lerin, içgörüler ve optimizasyonları önemli ölçüde geliştirme potansiyelini vurgulayarak, bu teknolojilerin modelleme, simülasyon ve optimizasyon alanlarında ileri yetenekler sunduğunu belirtmektedir. Hong vd. (2024) ise LLM-Twin çerçevesinin, Büyük Dil Modellerini kullanarak ikizler arası iletişimi ve hesaplamayı semantik düzeyde yeniden şekillendirdiğini, bu sayede geleneksel ağ yapılarındaki verimsizlikleri ve iletişim yükünü aştığını ortaya koymaktadır. Özellikle **DDD-GenDT (Dinamik Veri Odaklı Üretken Dijital İkiz)** gibi ileri mimariler, BDM’leri doğrudan kullanarak, sıfır vuruş (zero-shot) öngörüye dayalı çıkarım yapabilme kapasitesi sunar; bu da, pahalı ve büyük eğitim veri setlerine olan ihtiyacı azaltır ve modelin dinamik ortamlara adaptasyonunu kolaylaştırır.

Bu entegrasyonun yönetsel faydası, Dİ’nin rolünün pasif bir görselleştirme aracından, proaktif bir yönetim ortağına dönüşmesidir. Sistemler artık sadece fiziksel dünyadan gelen veriyi göstermekle kalmaz, aynı zamanda bu veriyi yorumlar, olası gelecek durumları simüle eder ve yöneticiye kanıt temelli, doğal dilde ifade edilmiş eylem tavsiyeleri (preskriptif rehberlik) sunar. Örneğin, bir üretim hattındaki sensör verilerini analiz eden bir LLM-Twin, sadece arızayı raporlamak yerine, “son 3 saatteki titreşim anormallikleri, C bileşenindeki yorulmaya işaret ediyor; bakım ekibini uyarak operasyonel hızı %15 düşürmeniz önerilir” şeklinde doğal dilde bir gerekçeli eylem planı sunabilir.



Şekil 3. Fiziksel İkiz Gözlem Grafiği (FİGG) ve BDM tabanlı davranış tahmin motorunun entegre çalışma mimarisi. Sol tarafta fiziksel sistemden gelen verilerin yapılandırılması (FİGG), sağ tarafta ise bu verilerin BDM tarafından işlenerek karar destek mekanizmasına dönüşmesi gösterilmektedir (Lin vd., 2025'ten uyarlanmıştır).

Not: Orijinal literatürde PTOG olarak geçen yapı, bu çalışmada FİGG olarak Türkçeleştirilmiştir.

4.2. Senaryo Üretimi ve Simülasyon

ÜYZ'nin simülasyon yeteneklerine en kritik katkısı, yöneticilerin stratejik kararlar almadan önce “Ne Olurdu (What-if)” senaryolarını test etmeleri için gereken sentetik veriyi hızlı ve güvenilir bir şekilde üretebilmesidir. Kuruluşlar genellikle gerçek dünya verilerinin kıtlığı veya yüksek toplama maliyetleri nedeniyle tam ve eksiksiz bir Dİ modeli oluşturamazlar. ÜYZ,

bu veri eksikliğini, mevcut dağılımlara yüksek oranda benzeyen, gerçeğe yakın yeni veri örnekleri (sentetik veri) oluşturarak kapatır. Bu, özellikle sağlık hizmetleri ve üretim gibi veri toplamanın pahalı olduğu veya gizlilik endişeleri taşıdığı endüstriler için hayati öneme sahiptir.

Gebreab vd. (2024), ÜYZ'nin, Dİ geliştirme aşamalarını otonom olarak hızlandırma yeteneğine sahip olduğunu göstermiştir. Özellikle Dİ'nin görselleştirme çekirdeği olan 3B modellerin oluşturulması geleneksel olarak zaman alıcı ve uzmanlık gerektirirken, ÜYZ bu süreci metin tabanlı komutlarla basitleştirir. Dahası, BDM tabanlı otonom ajanlar, doğal dil komutlarını yorumlayarak, IoT sensör verilerini Dİ'ye bağlamak için gereken karmaşık konfigürasyon ve veri dönüşüm (entegrasyon) fonksiyonlarını otomatik olarak oluşturabilir.

Somut Yönetim Senaryosu: Tedarik Zinciri Kesintisi Yönetimi

Tedarik Zinciri Yönetimi alanında, bölgesel bir grev veya doğal afet nedeniyle kritik bir tedarik zinciri kesintisi yaşandığını varsayalım. Geleneksel YBS'ler sadece durumu bildirirken, ÜYZ ve Dİ entegrasyonuyla çalışan bir LLM-Twin, bu dinamiği proaktif olarak yönetir.

1. Gerçek Zamanlı Durum Algılama (Dİ): Etkilenen gönderileri, envanter stok seviyelerini ve tahmini gecikmeleri izler.

2. Senaryo Üretimi (ÜYZ): BDM, harici jeopolitik verileri (liman kapanışları) ve dahili operasyonel kısıtlamaları (maliyet, kapasite) analiz ederek, yüzlerce olası alternatif nakliye rotası (örneğin, hava kargo veya farklı limanlar üzerinden demiryolu) için sentetik veri simülasyonları üretir.

3. Öngörüsül Analiz ve Tavsiye (LLM-Twin): Sistem, bu simülasyonları anında değerlendirerek, belirlenen hedeflere (örneğin, en düşük maliyetle 72 saat içinde teslimat) göre optimize edilmiş alternatif rota seçeneklerini ve bunların risk/ödül profillerini hesaplar. Yöneticiler, doğal dilde sunulan bu “öngörüsül eylem planı” arasından seçim yapar ve sistemi buna göre eyleme geçmeye yönlendirir.

4.2.1. Teknik Uygulama Akışı: Veriden Karara

Bu entegrasyonun soyut bir kavramdan somut bir sisteme dönüşmesi, dört aşamalı bir veri işleme mimarisi ile mümkündür. Tedarik zinciri örneği üzerinden bu teknik akış şu şekilde işler:

1. **Veri Toplama ve Dijital İkiz Beslemesi: Kurumsal Kaynak Planlama (Enterprise Resource Planning - ERP)** sistemlerinden stok seviyeleri (yapılandırılmış veri) ve IoT sensörlerinden gelen gerçek zamanlı liman yoğunluk verileri, Dİ katmanına akar.

2. **Vektörleştirme ve RAG Hazırlığı:** Gelen bu veriler ve ilgili lojistik raporları, vektör veritabanlarında sayısal karşılıklarına dönüştürülür. Bu aşama, ÜYZ'nin veriyi anlamsal olarak sorgulayabilmesi için kritiktir.
3. **ÜYZ Tabanlı Simülasyon Üretimi:** Yönetici “En düşük maliyetli alternatif rota nedir?” sorusunu sorduğunda, BDM bu soruyu SQL veya API çağrılarına dönüştürür. Dİ üzerinde 100'den fazla “What-if” senaryosu çalıştırır.
4. **Kapalı Döngü (Closed-Loop) Geri Bildirim:** Model, simülasyon sonuçlarını analiz eder ve en iyi 3 rotayı maliyet/risk skorlarıyla birlikte doğal dilde sunar. Yöneticinin seçimi sisteme geri beslenerek modelin gelecekteki doğruluk oranı artırılır.

4.3. YBS İçin Bütünleştirici Rol: Reaktiften Proaktif Geçiş

ÜYZ ve Dİ entegrasyonu, YBS'nin kurumsal karar alma süreçlerindeki rolünü kökten değiştirmektedir. Sistemler artık sadece geçmiş verileri işleyerek olaylara “Reaktif” (tepki veren) bir yapıda yanıt vermek yerine, gelecekteki potansiyel durumları sürekli olarak modelleyip simüle eden “Proaktif” (öngören) ve “Preskriptif” (yönlendirici) bir yapıya dönüşmektedir.

Bu entegre yaklaşım:

- **Öngörü Kapasitesini Güçlendirir:** ÜYZ, karmaşık süreçlerin (örneğin, endüstriyel tesislerdeki arıza tespiti veya kaotik sistemlerin davranışları) öngörüsünü etiketli alan verisi gerektirmeden tahmin ederek, geleneksel sistemlerin ötesinde gerçek zamanlı modelleme ve adaptasyon sağlar.
- **Sürekli Güvenilirliği Temin Eder:** Bu kapanan döngü (closed-loop) mimarisi, Dİ'nin sürekli yaşanmaya uyum sağlamasını, yani sanal modelin fiziksel ikizin aşınma ve yıpranma yörüngesiyle eş zamanlı olarak otonom bir şekilde gelişmesini sağlayarak, tahminlerin doğruluğunu ve sistemin uzun vadeli güvenilirliğini artırır.
- **Yönetişimi Bilişselleştirir:** Dİ'ler, yalnızca verinin akışını değil, aynı zamanda ÜYZ'nin muhakeme zincirlerini (**Chain-of-Thought**) ve karar alma süreçlerini de izlemeyi sağlayan bir mimari sunar; bu da, otonom kararların şeffaflığını ve hesap verebilirliğini artırır.

Sonuç olarak, ÜYZ ve Dİ'nin birleşimi, karar vericilere yalnızca ne olduğunu değil, aynı zamanda ne olabileceğini ve bu durumu en iyi nasıl yönetebileceğini gösteren, sabit kurallar yerine akıl yürütme ve adapte olma yeteneğine dayalı güçlü bir bilişsel araç seti sunmaktadır.

5. Yönetim Bilişim Sistemlerinde Güvenilirlik, Yanlış Bilgi ve Riskler

ÜYZ ve Dİ teknolojilerinin YBS entegrasyonu, kurumsal karar alma süreçlerinde eş benzeri görülmemiş bir hız, öngörü ve otomasyon seviyesi sunmaktadır. Ancak bu dönüşüm, salt teknik sorunların ötesinde, kararların doğruluğu ve güvenilirliği ile ilgili temel sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu yeni paradigmadaki en kritik tehditlerden biri, ÜYZ'nin stokastik doğasından kaynaklanan halüsinasyon problemidir.

5.1. Temel Sorun: Halüsinasyon ve Karar Maliyeti

Klasik YBS'lerde hata genellikle veri girişi, model kalibrasyonu veya kural setlerindeki deterministik aksaklıklardan kaynaklanırken, ÜYZ'deki halüsinasyon, modelin akıcı, mantıklı görünen ancak tamamen asılsız veya kaynak temelli olmayan bilgiler üretmesi anlamına gelir. Bu problem, basit bir teknik hata olarak değil, doğrudan finansal, operasyonel ve itibarî bir risk olarak ele alınmalıdır.

Joshi (2025), halüsinasyon riskinin yüksek riskli alanlarda –örneğin finans ve hukukta– yayılabilecek yanlış bilgiler, itibar kaybı, yasal sorumluluk ve üretkenlik düşüşü gibi ciddi sonuçlar doğurduğunu vurgulamaktadır. Özellikle finans sektöründe, yanlış bir ÜYZ çıktısının yol açtığı maliyetler somut olarak ölçülebilmektedir. Joshi (2025)'nin analizlerine göre, “**Birleşme ve Devralma**” hedef değerlendirmelerinde %22, düzenleyici uyumluluk süreçlerinde ise %31 oranında halüsinasyon kaynaklı hata oranları gözlemlenmektedir. Bu, yüz milyonlarca dolarlık kararların, temelsiz ÜYZ çıkarımları üzerine inşa edilebileceği anlamına gelir.

Tedarik Zinciri Yönetimi ve operasyonlar bağlamında ise bu risk, operasyonel verimlilik kayıplarına dönüşmektedir. ÜYZ'nin tedarik zincirlerine entegrasyonunda karşılaşılan model yanlılığı (bias) ve halüsinasyon gibi sorunların, gereksiz ve maliyetli operasyonel hatalara veya risk yönetimi süreçlerinde yetersizliğe yol açabileceği açıktır. Tedarik zinciri kesintileri sırasında ÜYZ'nin simüle ettiği alternatif rotanın (Dİ ortamında) yanlış temellere dayanması, sevkیاتların felaketle sonuçlanmasına neden olabilir.

Bu risklerin yönetilmesi için, geleneksel denetim mekanizmalarının ötesine geçen kapsamlı bir yaklaşıma ihtiyaç vardır. Bhattacharyya vd. (2025), finansal kurumlar gibi yüksek düzeyde düzenlenen kuruluşların, ÜYZ'nin getirdiği bu yeni ve artan risklere, halüsinasyon ve toksisite gibi, karşı mevcut **Model Risk Yönetimi (Model Risk Management - MRM)** çerçevelerini güçlendirmeleri gerektiğini savunmaktadır.

5.2. Çözüm Mimarisi: Çok Katmanlı Risk Yönetimi

YBS uzmanları ve profesyonelleri için, bu güvenilirlik sorunlarına karşı tek bir teknik çözüm -örneğin daha büyük bir model kullanmak- yeterli değildir. Kaynaklarda da önerildiği gibi, ÜYZ'nin stokastik doğası, çoklu, birbirini tamamlayan katmanlardan oluşan bir savunma hattı gerektirir. Hiriyanna ve Zhao (2025), halüsinasyonu azaltmak için üç katmanlı entegre bir azaltma çerçevesi önermektedir:

1. **Girdi Yönetişi (Temel Katman / Foundational Layer):** İstem Mühendisliği ve veri hazırlığı, modelin en başından itibaren güvenilir çıktılar üretmesini sağlamayı amaçlar. Yönetişim, sadece doğal dil istemlerinin dikkatli bir şekilde hazırlanmasını değil (İstem Mühendisliği), aynı zamanda modelin çıktısının formatını ve tonunu belirleyen birkaç örnekle öğrenme veya role yapma gibi teknikleri içerir. Bu sayede modelin bilgi alanını kısıtlayarak sapma olasılığı azaltılır.
2. **Kanıt Temelli Üretim (Mimari Katman / Architectural Layer):** RAG yapısı ve veri geri getirme, en güçlü savunma mekanizmasıdır. Modelin statik eğitim verisine güvenmek yerine, gerçek zamanlı, doğrulanmış harici bilgi kaynaklarına (örneğin, şirket politikaları, yasal düzenlemeler, Dİ sensör verileri) erişimini sağlar. RAG, yanıtları bu güvenilir kaynaklara dayandırarak halüsinasyon riskini belirgin ölçüde (%42'ye kadar) azaltır. Bu katman, özellikle Dİ entegrasyonunda kritik öneme sahiptir, çünkü ÜYZ'nin simülasyon çıktısı, fiziksel sistemden gelen kanıtlanmış gözlem verileriyle desteklenmiş olur.
3. **Çıktı Doğrulama (Davranışsal Katman / Behavioral Layer):** Bu son katman, üretilen bilginin tutarlılığını ve doğruluğunu kontrol eder. Bu, çıktının beklenen biçimsel ve üslupsal standartlara uymasını sağlamak için İnce Ayar yapmayı ve modelin ne zaman emin olmadığını işaret eden belirsizlik sinyallerini (confidence calibration) uygulamayı içerir.

Bu mimarinin etkinliğini artırmak için, Narayanan ve Vishwakarma (2024), otuz kadar akıllı ajanı entegre eden, ÜYZ tabanlı bir risk değerlendirme motoru olan **GUARD-D-LLM** gibi araçların kullanılmasını önermiştir. Bu tür bir sistem, metin tabanlı girdi verilerinden ilgili tehditleri belirleyerek ve sıralayarak, ÜYZ uygulamalarıyla ilişkili riskleri erkenden tespit edip hafifletmeye yardımcı olur.

5.2.1. Uygulama Parametreleri ve İnsan Denetimli Döngü (Human-in-the-Loop - HITL) Protokolü

Kurumsal hayatta bu risk mimarisini hayata geçirirken, soyut prensipler yerine somut parametreler belirlenmelidir.

- **RAG Optimizasyonu:** Halüsinasyonu minimize etmek için bilgi parçacıklarının (chunk size) 512-1024 token aralığında tutulması ve “Top-K” (sorgu başına getirilen belge sayısı) değerinin 5 ile 10 arasında sınırlandırılması önerilir.
- **İnsan Denetimli Döngü (HITL) Karar Matrisi:** Her karar otonom bırakılamaz. Otomasyon seviyesi, risk skoruna göre belirlenmelidir:
- *Düşük Risk (Rutin Raporlama):* %100 Otonom + Aylık Rastgele Denetim.
- *Orta Risk (Düşük Bütçeli Stok Siparişi):* %80 Otonom + Yönetici Onayı.
- *Yüksek Risk (Birleşme ve Devralma Analizi, Stratejik Yatırım):* %0 Otonom. ÜYZ sadece taslak sunar, nihai karar ve analiz tamamen insan uzmanlığındadır.

5.3. Yönetmel Zorunluluk: İnsan Denetimli Döngü (HITL) ve Güven

Yönetimsel düzeyde, tüm bu teknik çözümlerin üzerinde durduğu temel ilke, tam otonomiden kaçınma ve insanın karar alma döngüsünde kalması zorunluluğudur. Modern YBS’ler karmaşık, opak ve otonom hale geldikçe, anlamlı insan gözetiminin sağlanması zorlaşmaktadır. Ancak Holzinger (2025), özellikle biyoteknoloji gibi yüksek riskli alanlarda dahi, insan gözetiminin sistem doğruluğunu, güvenliğini artırmak, insani değerleri sürdürmek ve teknolojiye olan güveni teşvik etmek için kritik bir mekanizma olarak ortaya çıktığını belirtir.

Tam otonomi, sadece teknik hataların bileşke etkileri nedeniyle değil, aynı zamanda otomasyon yanlılığı (automation bias) riskinden dolayı da tehlikelidir; bu, insanların ÜYZ çıktılarını eleştirel düşünceye tabi tutmadan kabul etme eğilimine yol açar. Yöneticiler, ÜYZ’nin, özellikle karmaşık veya belirsiz senaryolarda muhakeme ve yargı gerektiren durumlarda, her zaman nihai onay mercii olarak kalmasını sağlamalıdır. İnsan, modelin güvenilirlik, şeffaflık ve hesap verebilirlik ilkelerine uygun hareket ettiğini doğrulayan son kapı olmalıdır.

Bu bağlamda güven, soyut bir kavram olmaktan çıkarılıp, yönetilebilir bir performans göstergesine (KPI) dönüştürülmelidir. Güven, sistemin performansı (doğruluk, hata oranları), süreçleri (şeffaflık, açıklanabilirlik) ve amacı (etik değerlere ve kurumsal hedeflere uyum) gibi somut kriterler üzerinden sürekli olarak ölçülmelidir. Bu, yöneticilerin ÜYZ destekli kararları körü körüne kabul etmek yerine, kanıtlanabilir bir güven seviyesine dayanarak eyleme geçmelerini sağlar.

6. Değerlendirme ve Gelecek Perspektifi

Bu çalışma, YBS içerisindeki köklü değişimi; pasif veri raporlamadan, ÜYZ ve Dİ entegrasyonu ile desteklenen, geleceği simüle eden aktif bir karar alma platformuna geçişi incelemiştir. Elde edilen bulgular, LLM-Twin mimarisinin şirketlere “Öngörüşel (Predictive)” yeteneklerin ötesinde “Yönlendirici (Preskriptif)” bir güç kazandırdığını göstermektedir.

Bu bölümdeki tartışmalar, kitabın diğer bölümleriyle organik bir bütünlük içindedir. Burada ele alınan verinin güvenilirliği sorunu, Dr. Habibe Aktay tarafından incelenen İnsan-Bilgisayar Etkileşimi (Human-Computer Interaction - HCI) ve kullanıcı güveni konusuyla doğrudan ilişkilidir. ÜYZ’nin ürettiği çıktıya kullanıcının ne kadar güveneceği, arayüz tasarımıyla (HCI) teknik doğruluğun kesişim noktasıdır.

Aynı şekilde, Dİ’lerin beslendiği sensör ve görüntü verileri, Dr. Elif Deniz Yelmenoğlu’nun bölümünde detaylandırılan teknik altyapıya dayanmaktadır.

6.1. Gelecek Araştırma Soruları ve Yönetsel Tavsiyeler
YBS’nin geleceği, “Multimodal” (Çok kipli) Dİ’lere doğru evrilmektedir. Gelecek araştırmalar, sadece metin ve sayısal veriyi değil, fabrika kamera görüntülerini ve ses kayıtlarını da aynı anda işleyen modellerin güvenilirlik protokollerine odaklanmalıdır.

Yöneticiler için nihai tavsiyemiz şudur: ÜYZ’yi bir “sihirli değnek” değil, yetenekli ama hata yapmaya meyilli bir “**dijital çalışan**” gibi konumlandırın. Pilot projelerinizi, hatanın tolere edilebileceği alanlarda başlatın, MRM çerçevelerinizi güncelleyin ve en önemlisi, etik pusulası olan insan uzmanlığını döngünün dışına asla çıkarmayın. Vizyonumuz, insan bilgeliği ile makine hızının birleştiği “**Güvenilir Otonom İşletmeler**” inşa etmektir.

Referanslar

- Akadal, E. (2025). Reducing artificial intelligence costs in business through prompt optimization. *International Journal of Management and Data Analytics*, 5(1), 111-123. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15331028>
- Attaran, M., & Celik, B. G. (2023). Digital twin: Benefits, use cases, challenges, and opportunities. *Decision Analytics Journal*, 6, 100165. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100165>
- Bhattacharyya, A., Yu, Y., Yang, H., Singh, R., Joshi, T., Chen, J., & Yalavarthy, K. (2025). *Model risk management for generative AI in financial institutions* (White paper). Wells Fargo. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.15668>
- Chiaro, D., Qi, P., Pescapè, A., & Piccialli, F. (2025). Generative AI-empowered digital twin: A comprehensive survey with taxonomy. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. <https://doi.org/10.1109/TII.2025.3540473>
- De Bono, E. (2017). Six thinking hats: The multi-million bestselling guide to running better meetings and making faster decisions. London, UK: Penguin.
- Fuller, A., Fan, Z., Day, C., & Barlow, C. (2020). Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research. *IEEE Access*, 8, 108952-108971.
- Gebreab, S., Musamih, A., Salah, K., Jayaraman, R., & Boscovic, D. (2024). Accelerating digital twin development with generative AI: A framework for 3D modeling and data integration. *IEEE Access*, 12, 1–15. <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3514175>
- Golani, R. R. (2025). LLM fine-tuning vs prompt engineering for consumer products. *International Journal on Science and Technology (IJSAT)*, 3(1), 1-12. <https://doi.org/10.71097/IJSAT.v16.i2.3098>
- Gopal, R. D., Li, J., Riemer, K., Sarker, S., Singh, P. V., Susarla, A., Bichler, M., & Thatcher, J. B. (2025). Inventing with machines: Generative AI and the evolving landscape of IS research. *Information Systems Research*, 36(4), 1949–1967. <https://doi.org/10.1287/isre.2025.editorial.v36.n4>
- Grieves, M. (2014). Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication (White paper). Florida Institute of Technology.
- Grieves, M., & Vickers, J. (2017). Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In *Transdisciplinary perspectives on complex systems* (pp. 85-113). Springer.
- Hiriyanna, S., & Zhao, W. (2025). Multi-layered framework for LLM hallucination mitigation in high-stakes applications: A tutorial. *Computers*, 14(8), 332. <https://doi.org/10.3390/computers14080332>
- Holzinger, A., Zatloukal, K., & Müller, H. (2025). Is human oversight to AI systems still possible? *New Biotechnology*, 85, 59–62. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2024.12.003>

- Hong, Y., Wu, J., & Morello, R. (2024). LLM-Twin: Mini-giant model-driven beyond 5G digital twin networking framework with semantic secure communication and computation. *Scientific Reports*, 14(1), 19065. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-69474-5>
- Joshi, S. (2025). Comprehensive review of AI hallucinations: Impacts and mitigation strategies for financial and business applications. *International Journal of Computer Applications and Technology Research (IJCATR)*, 14(6), 1-10. <https://doi.org/10.7753/IJCATR1406.1003>
- Kim, S., & Heo, S. (2024). An agricultural digital twin for mandarins demonstrates the potential for individualized agriculture. *Nature Communications*, 15, 1561. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-45725-x>
- Lin, Y.-Z., Shi, Q., Yang, Z., Latibari, B. S., Satam, S., Shao, S., Salehi, S., & Satam, P. (2025). DDD-GenDT: Dynamic data-driven generative digital twin framework. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.00051>
- Liu, M., Fang, S., Dong, H., & Xu, C. (2021). Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications. *Journal of Manufacturing Systems*, 58, 346-361. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.06.017>
- Liu, X., Jiang, D., Tao, B., Xiang, F., Jiang, G., Sun, Y., Kong, J., & Li, G. (2023). A systematic review of digital twin about physical entities, virtual models, twin data, and applications. *Advanced Engineering Informatics*, 55, 101876. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.101876>
- Metcalfe, J., Ellul, C., Morley, J., & Stoter, J. (2024). Characterizing the role of geospatial science in digital twins. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(9), 320. <https://doi.org/10.3390/ijgi13090320>
- Narayanan, S., & Vishwakarma, S. (2024). *GUARD-D-LLM: An LLM-based risk assessment engine for the downstream uses of LLMs* (Technical report). Symbiosis Institute of Technology. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.11851>
- National Aeronautics and Space Administration. (2010). Draft modeling, simulation, information technology & processing roadmap: Technology area 11. Washington, DC: Author.
- National Aeronautics and Space Administration. (2012). Modeling, simulation, information technology & processing roadmap: Technology area 11. Washington, DC: Author.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2023). Foundational research gaps and future directions for digital twins. Washington, DC: The National Academies Press.
- Piasek, R., Vickers, J., Lowry, D., Scotti, S., Stewart, J., & Calomino, A. (2010). Technology area 12: Materials, structures, mechanical systems, and manufacturing road map. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration.

- Ramakrishnan, R. (2025). A practical guide to gaining value from LLMs. *MIT Sloan Management Review*, 66(2), 50-55. <https://sloanreview.mit.edu> adresinden erişildi.
- Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial* (3rd ed.). Cambridge, MA: MIT Press.
- Susarla, A., Gopal, R., Thatcher, J. B., & Sarker, S. (2023). The Janus effect of generative AI: Charting the path for responsible conduct of scholarly activities in information systems. *Information Systems Research*, 34(2), 399–408. <https://doi.org/10.1287/isre.2023.ed.v34.n2>
- Tao, F., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A. Y. C. (2019). Digital twin in industry: State-of-the-art. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(4), 2405-2415.
- Tekinerdogan, B. (2023). On the notion of digital twins: A modeling perspective. *Systems*, 11(1), 15. <https://doi.org/10.3390/systems11010015>
- Tekinerdogan, B., & Verdouw, C. (2020). Systems architecture design pattern catalog for developing digital twins. *Sensors*, 20(18), 5103. <https://doi.org/10.3390/s20185103>
- Tupe, V., & Thube, S. (2025). *AI agentic workflows and enterprise APIs: Adapting API architectures for the age of AI agents* (White paper). Equinix & IBM. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.17443>
- van Dinter, R., Tekinerdogan, B., & Catal, C. (2022). Predictive maintenance using digital twins: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 151, 107008. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2022.107008>
- Verdouw, C., Tekinerdogan, B., Beulens, A., & Wolfert, S. (2021). Digital twins in smart farming. *Agricultural Systems*, 189, 103046. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.103046>
- Vu, H., Klievtsova, N., Leopold, H., Rinderle-Ma, S., & Kampik, T. (2025). Agentic business process management: The past 30 years and practitioners' future perspectives. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.03693>