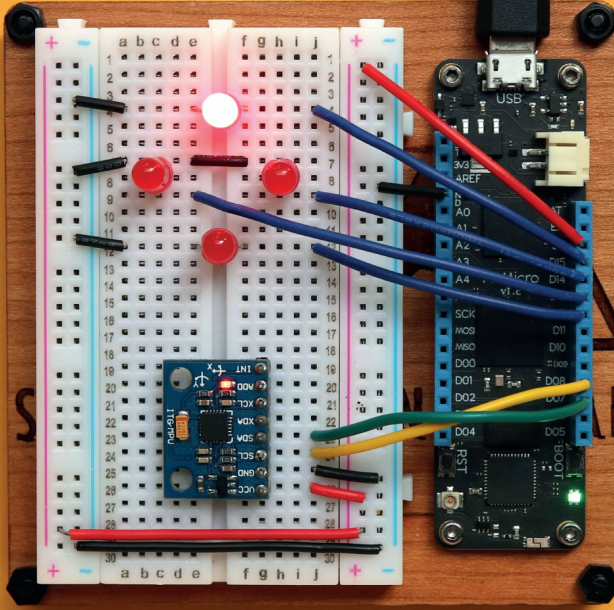


Gelişen teknolojiden de yararlanılarak, etrafımızdaki çeşitli fiziksel kaynaklardan çıkan değerler, elektrik işaretlerine dönüştürülürler. İşte bu dönüşümü gerçekleştiren cihazlara "sensör" denir.



ALGILAYICILAR

Veri Toplama ve Aktüatörler



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Akıllı Şehirler Kapasite Geliştirme ve Rehberlik Projesi

Eğitim Kitapçığı



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI

ALGILAYICILAR VERİ TOPLAMA VE AKTÜATÖRLER

Akıllı Şehirler Kapasite Geliştirme ve Rehberlik Projesi

www.akillisehirler.gov.tr

Tüm hakları saklıdır. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın izni olmadan bu yayının hiçbir kısmı elektronik ya da mekanik yollarla (fotokopi, kayıtların ya da bilgilerin arşivlenmesi, vs.) çoğaltılamaz.

ARALIK **2020**



"Akıllı şehirler ile şehircilikte yeni ufuklar açacağız. Belediye hizmetlerine erişimden ulaşımın, enerjinin, binaların ve cihazların yönetimine kadar insanlarımızın günlük hayatını kolaylaştıracak tüm Akıllı Şehir uygulamalarını destekleyeceğiz."

"Akıllı şehirler inşa etmenin peşinden koşuyoruz."

"Şehirlerimizin geçmişteki yahut bugünkü ihtiyaçlarını değil, gelecekteki ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik ilkeleri ortaya koyuyoruz."

"Gelecek nesillerimize medeniyetimizin izlerini bulacakları, iftihar edecekleri, kimliği olan şehirler bırakacağız."

"Aslolan nedir? Aslolan insandır. İnsana imkân hazırlayacağız."



Recep Tayyip ERDOĞAN
T.C. Cumhurbaşkanı



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI

“Teknolojik gelişmelerin nimetleri, akıllı şehirler kavramıyla kent hayatına yansıyor. Şehri oluşturan unsurlardan biri kültür, diğeri insanın mutluluğudur. Dikkate alınması gereken kültürel dokuyu koruyan, kendi öz kimliğini yansıtan şehirler inşa etmektir. Şehirleri akıllandırırken tarihe de, kültüre de sıkı sıkıya sahip çıkılması gerektiğine inanıyorum.”



Murat KURUM

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanı

ALGILAYICILAR, VERİ TOPLAMA VE AKTÜATÖRLER

Akıllı Şehirler Kapasite Geliştirme ve Rehberlik Projesi

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı**Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü**

İsmail TÜZGEN

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKTAR

Dursun Yıldırım BAYAR

Genel Müdür

Genel Müdür Yardımcısı

Akıllı Şehirler ve Coğrafi

Teknolojiler Daire Başkanı

Şube Müdürü

Yüksek Harita Mühendisi

Harita Mühendisi

Harita Mühendisi

Çevre ve Şehircilik Uzmanı

Şehir Plancısı

Şehir Plancısı

Hakan GÜVEN

Eda SOYLU SENGÖR

Gökhan BİLGİN

Bestami KARA

Harun BADEM

Buket GÜLŞEN

Gülenay ŞAHİN

Hazırlayan

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Naci ÜNAL

Dr. Öğr. Üyesi Şafak DURUKAN ODABAŞI

Bahçeşehir Üniversitesi

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Proje Danışmanları

Prof. Dr. Murat ŞEKER

Dr. Fatih GÜNDOĞAN

İstanbul Üniversitesi

Asis CT

Proje Koordinatörü

Emre ÖZTÜRK

Asis CT

Proje Teknik Kontrol Sorumlusu

Necip GÜZEL

Asis CT

Düzenleme ve Redaksiyon

Arş. Gör. Hüseyin Burak ÖZGÜL

Çağlar MESÇİ

İstanbul Üniversitesi

İstanbul Üniversitesi

Tasarım

Cavit Can PEKTEZEL

Fatih AVŞAR

Kapak Fotoğrafi

Jorge RAMIREZ

Önsöz

Ülkemizde ve dünyada şehir nüfusları gün geçtikçe artmakta, bu hareketliliğin sonucu olarak şehirler altyapı, uygun fiyatlı konut, su, çevre temizliği, sağlık hizmetleri, ulaşım ve güvenlik gibi birçok konuda meydana gelen yeni ihtiyaçlarla başa çıkmak zorunda kalmaktadır.

Bu ihtiyaçlara cevap verilmesinde ve hatta bu beklentilerin kentsel kalkınmaya yönelik fırsatlar oluşturmada "akıllı şehir" kavramı öne çıkmaktadır.

Akıllı şehir; sunduğu bilgiyi toplumsal faydaya dönüştürebilme kabiliyeti ile sürdürülebilir kalkınma, rekabet gücü ve çevresel sürdürülebilirlik başlıklarında kazanımlar oluşturacak, yaşam kalitesini artıracak, ekonomik gelişmeye katkı sağlayacak, şehirlerimizin tarih ve medeniyet perspektifini yansıtacak şekilde hazırlanmasına hizmet edecektir. Bununla birlikte, akıllı şehirlerin hayata geçirilmesi Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'nda belirtilen "Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar", "Erişilebilir ve Temiz Enerji", "Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı" ve "İklim Eylemi" gibi birçok amacın gerçekleştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Ülkemizde tüm dünyaya paralel olarak akıllı şehir uygulamaları her geçen gün yaygınlaşmakta, dolayısıyla akıllı şehir çalışmalarının ulusal ölçekte planlanması ve bu çalışmalara yön verilmesi amacıyla tüm kamu kurumlarının, yerel yönetimlerin, üniversitelerin, özel sektörün ve sivil toplum kuruluşlarının ortak bir eylemler bütünü içerisinde hareket etmesi önem arz etmektedir.

Bu motivasyonla ülkemizde akıllı şehir politikalarına ulusal katmanda bütüncül bir bakış getirerek birlikte çalışabilme yetisi kazanmak, belirlenen politikalarla uyumlu yatırımları önceliklendirerek yatırımların doğru proje ve faaliyetlerle uygulandığını güvence altına almak amacıyla ulusal ihtiyaçları ve öncelikleri bütüncül olarak göz önünde bulunduran, ekosistem paydaşlarının ortak akli ile inşa edilen 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı hazırlanmış olup 2019/29 sayılı 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı Genelgesi ile 24 Aralık 2019 tarihli ve 30988 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı kapsamında tanımlanan eylemlerin, görev ve sorumlulukların gerçekleştirilmesine ulusal ölçekte katkı sağlanması ve başta yerel yönetimlerimiz olmak üzere tüm paydaşların kapasitesinin artırılması amacıyla "Akıllı Şehirler Kapasite Geliştirme ve Rehberlik Projesi" Bakanlığımızca hayata geçirilmiştir.

Okumakta olduğunuz bu doküman bahsi geçen proje kapsamında hazırlanmış rehberlik dokümanlarından biri olup, rehberlik dokümanlarının tümüne www.akillisehirler.gov.tr adresinden erişilebilmektedir.

İçindekiler

10 GİRİŞ

14 SENSÖRLER

17 SENSÖR TÜRLERİ

38 Sensör Seçimi

40 Sensör Mimarileri

41 Sensör Topolojileri

46 Sensör Parametreleri

48 VERİ TOPLAMA FAALİYETİ

51 VERİNİN SAKLANMASI, DEPOLANMASI VE ANALİZİ

51 Klasik Yöntemlerle Verinin Saklanması/Depolanması

53 Büyük Veri Yöntemleriyle Verinin Saklanması/
Depolanması/Analizi

56 AKTÜATÖRLER

58 ELEKTRİKLİ AKTÜATÖRLER

60 Elektrikli Aktüatörlerin Kullanım Alanları

60 Elektrikli Aktüatörlerin Avantajları

60 Elektrikli Aktüatörlerin Dezavantajları

62 PNÖMATİK AKTÜATÖRLER

63 Pnömatik Aktüatörlerin Kullanım Alanları

63 Pnömatik Aktüatörlerin Avantajları

63 Pnömatik Aktüatörlerin Dezavantajları

64 HİDROLİK AKTÜATÖRLER

64 Hidrolik Aktüatörlerin Kullanım Alanları

65 Hidrolik Aktüatörlerin Avantajları

65 Hidrolik Aktüatörlerin Dezavantajları

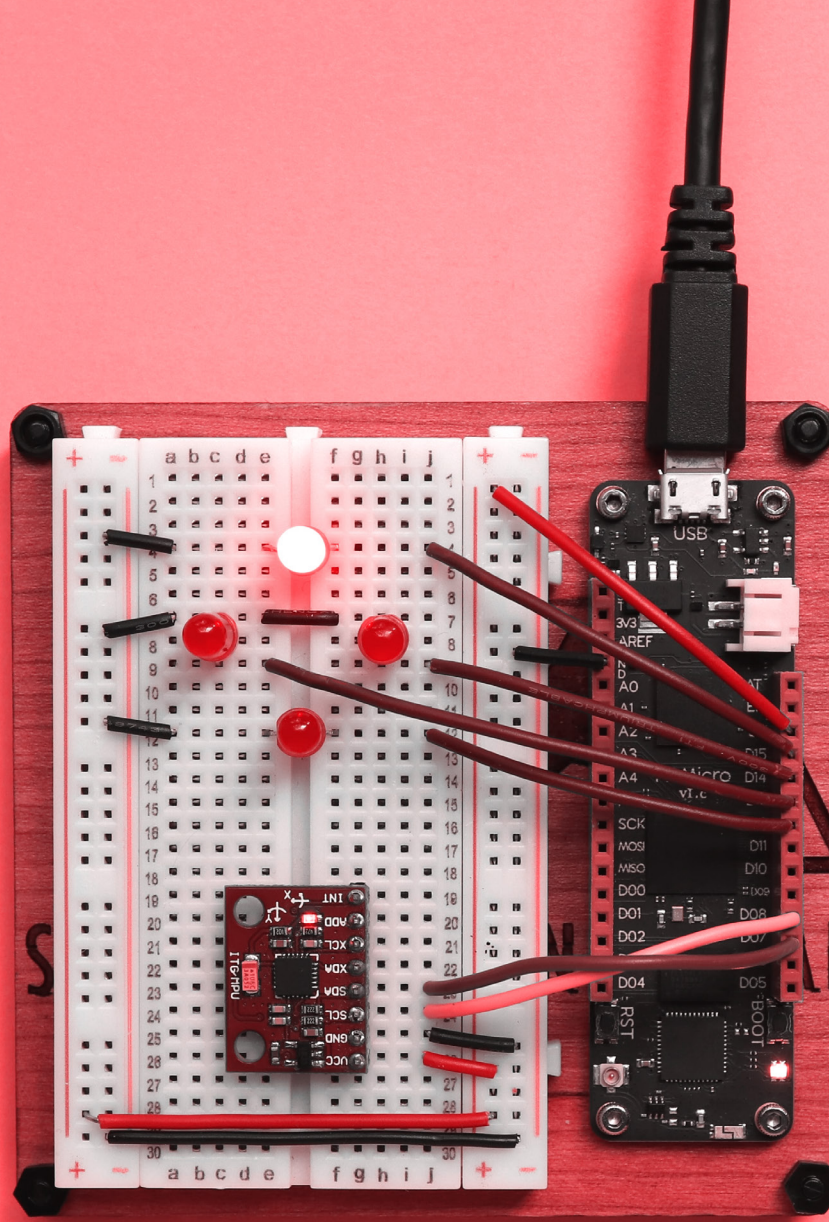
66 KULLANIM ALANLARINA GÖRE AKTÜATÖR BELİRLENMESİ

68 AKTÜATÖRLERİN AKILLI ŞEHİRLERDEKİ YERİ ve ÖNEMİ

70 DEĞERLENDİRME

74 KAYNAKÇA

1



GİRİŞ

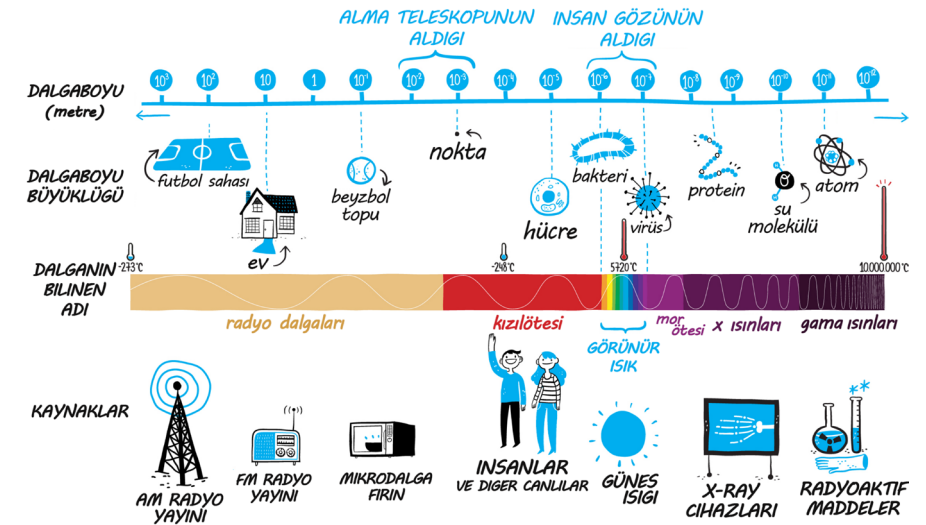
Akıllı şehir; kurumlar tarafından verilen hizmetlerde verimlilik, çevreyle etkileşimli olacak şekilde sürdürülebilir büyüme, şehirde bulunan insanların bireysel ya da toplu olarak ulaşmalarının kolaylaştırılması, kamu güvenliğine ek olarak doğal afetlere karşı şehir paydaşlarına güvenli/emniyetli ortam sağlama ve şehrin ürettiği ekonomiyi iyileştirme gibi alanları kapsamaktadır.

Şehirlerin küresel olarak birbirine bağlı bir ekonomide rekabet etme ve şehirde yaşayanların refahını sürdürülebilir bir şekilde sağlayabilme ihtiyacı, ülkeleri ve şehirleri yeni teknoloji ve yenilikçi yaklaşımları değerlendirmeye yönlendirmektedir. Bu motivasyon, söz konusu teknoloji ve yaklaşımların getirdiği karmaşıklık ve değişim hızı, geleneksel silo çözümleri geliştiren ekosistem paydaşlarını zorlamakta, şehir çözümlerinin bütüncül ve sistematik olarak ele alınması ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bu ihtiyacın karşılanmasında, paydaşlar arası iş birliği ile geliştirilen birlikte çalışabilir sistemlerin veri ve uzmanlığa dayalı olarak gelecek öngörülerine beklenti ve problemleri karşıladığını güvence altına alan Akıllı Şehir yaklaşımı çözüm olmaktadır. Bu kapsamda akıllı şehir ile amaçlanan:

- Şehrin mevcut ve gelecek beklenti ve problemlerini şehrin tüm mekânlarında ve sistemlerinde tetikleyici güç hâline getirmek,
- Fiziksel, sosyal ve dijital planlamayı birlikte ele alabilmek,
- Ortaya çıkan zorlukları sistematik, çevik ve sürdürülebilir bir şekilde öngörmek, tanımlamak ve karşılamak,
- Şehir içindeki organizasyonel yapılar arası etkileşimi sağlayarak bütünleşik hizmet sunumu ve yenilik üretme potansiyelini ortaya çıkarmaktır.

Bu amaçlara erişebilmek için hem insanlar insanlarla hem insanlar nesnelere hem de nesnelere sürekli iletişim halinde olmak zorundadırlar. İnsanlar birbirleriyle ve çevreleriyle olan

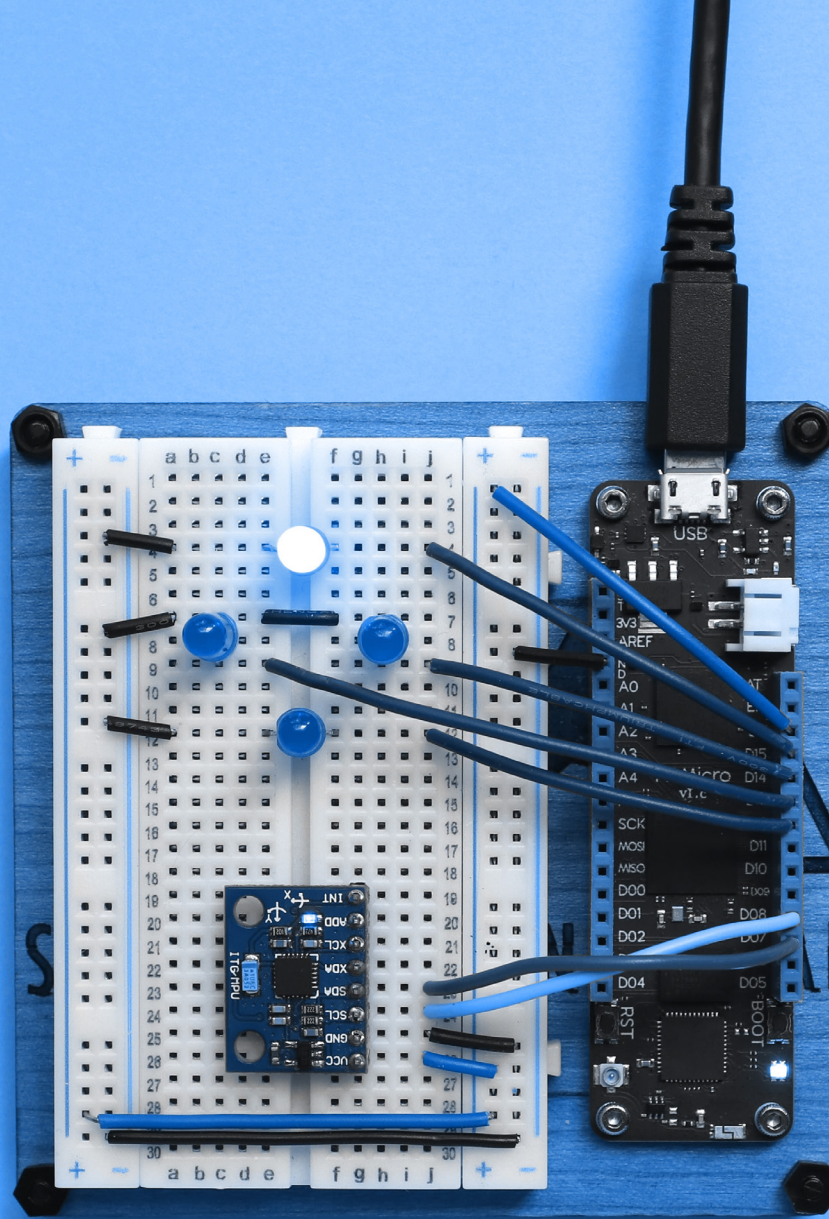
iletişimlerini öncelikle duyu organlarıyla yapmaktadır. Bu iletişimde çok farklı frekans gruplarında ürettikleri işaretleri ya da diğer kaynaklar tarafından üretilen işaretleri kullanırlar. İnsanlar duyu organlarıyla hissettikleri değişimleri, beyinleriyle algırlar. Ancak bu duyum oldukça sınırlı olup Şekil 1'de gösterilen tüm elektromanyetik (E.M.) tayf (spektrum)'ü kapsayamaz. Bu sebeple, gelişen teknolojiye de yararlanılarak, etrafımızdaki çeşitli fiziksel kaynaklardan çıkan değerler, elektrik işaretlerine dönüştürülürler. İşte bu dönüşümü gerçekleştiren cihazlara "sensör" denir.



Şekil 1. Elektromanyetik Tayf (Ünal, 2015: 130)

Şekil 1'de gösterilen EM tayf (spektrum), tüm EM yayılım türlerinin belirlendiği aralıktır. Elektromanyetik spektrumu oluşturan diğer yayılım türleri mikrodalgalar, kızılötesi ışık, ultraviyole ışık, X ışınları ve gama ışınlarıdır (NASA, 2018).

2



SENSÖRLER

Etrafımızdaki olayları algılamak ve değişik sektörel alanlarda kontrolü sağlamak için sensörlerden yoğun olarak yararlanılmaktadır. Genellikle etrafımızdaki olayları bu sensörler aracılığıyla tespit etmekte, ardından elektrik işaretlerine dönüştürmekte ve bir bilgi sistemi aracılığıyla tanımlamaktayız. Dolayısıyla sensörleri; üretilen malzemelerin kalite kontrolünün yapılmasından sayılmasına, sıcaklığın sabit tutulmasından ışık miktarlarının ayarlanmasına kadar pek çok farklı alanda kullanılmaktadır. Bu kullanım sadece sanayi ile kısıtlı kalmamakta, günlük hayatımızda binalara girerken kendiliğinden açılan kapılardan otomatik yanan aydınlatma sistemlerine, otomatik ısı ayarlama sistemlerinden odaya girdiğimizde kendiliğinden açılan televizyonlara kadar pek çok alanda kullanılmaktadır. Akıllı telefonlarımızda ise çevre sıcaklığının belirlenmesinden basıncın değerinin öğrenilmesine, ortamın deniz seviyesine göre yüksekliğinin ölçülmesinden konumumuzun koordinatlarına kadar pek çok farklı alanda sensörlerden faydalanılmaktadır. Bu sensörleri etkin kullanabilmek için ölçüm yapacağımız ortama göre sensör türünü belirlememiz gerekmektedir.



2.1. SENSÖR TÜRLERİ

Sensörler ortamdaki kimyasal, ultrasonik, kızılötesi, lazer gibi pek çok farklı kaynak tarafından üretilen farklı işaretleri algılamak için tasarlanmış cihazlardır. Duyu organlarımızla tanımlayamadığımız ya da tanımlanması çok uzun ölçümlere dayanan verilerin tespitinde bu sensörlerden yararlanabiliriz. Sensörler, kullanım alanlarına göre ve özellikle akıllı şehir konsepti bazında incelendiğinde, sıcaklık, yakınlık, basınç, su kalitesi, kimyasal, gaz, duman ve kızılötesi (Infrared-IR) sensörler olarak incelenebilir. Bu sensörlerin özellikleri aşağıda verilmektedir.

Sıcaklık Sensörleri: Sıcaklık ölçümleri akıllı şehir uygulamaları için önemli veri kaynaklarından bir tanesidir. Şehirlerin hava durumlarının takip edilmesinden akıllı fabrikalarda ve santrallerde aşırı ısınmanın tespiti ve uyarı sistemlerinin aktif hale getirilmesine kadar bir çok alanda sıcaklık sensörlerinden faydalanılmaktadır. Farklı ihtiyaçlar için farklı sıcaklık sensörleri kullanılmaktadır. Ölçüm yapılacak olan ortamın iç ya da dış mekan olması, sıcaklık ölçümü değer aralıkları, ölçüm hassasiyeti gibi birçok parametre kullanılacak sensörün tipi ve niteliğini etkilemektedir. Yüksek sıcaklık, düşük sıcaklık, nemli ortam, sıvı veya katı ortam gibi farklı şartlara göre en uygun sensör belirlenir.

Termokupl sensörler sık kullanılan sıcaklık sensörleridir. Bu sensörlerde kullanılan iletkenlerin türüne göre ölçebileceği sıcaklık aralığı değişmektedir. Termokupl sensörler -200°C 'den $+2320^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar çeşitli süreçlerde kullanılabilirler. Kullanıldıkları ortama göre fiziksel etkilere ve zarara maruz kalmamaları için genellikle metal, seramik kaplama ve koruma kılıfları ile çevrelenmektedirler. Bu sensörler çoğunlukla endüstri tesislerinde ve santrallerde ısı değişimini kontrol ve takip etmek için güvenlik amacıyla kullanılırlar. Dış kaplamaları ve sıcaklık ölçüm aralıklarının geniş olmasından dolayı hem iç mekan hem de dış mekan uygulamalarında



kullanım için idealdirler. Bu sensörlerin birçok avantajı vardır. Termokupl sensörler dışsal bir enerji kaynağına ihtiyaç duymadan çalışabilirler. Basit tasarımları ve yapılarında bulunan alüminyum, demir, bakır ve platin gibi güçlü metaller sayesinde zor koşullar altında da kolaylıkla çalışabilirler. Düşük maliyete sahiptirler ve geniş ölçüm aralığı ile özellikle akıllı şehirlerdeki endüstriyel uygulamalarda tercih edilirler. Tüm bunların yanı sıra hızlı haberleşme yetenekleri ile uygulamalarla kısa süre içerisinde iletişim kurabilirler. Doğrusal olmamaları, düşük güvenilirliğe ve hassasiyete sahip oluşları ise zayıf yönleridir. WiFi, Termokupl sensörden verinin alınıp iletilmesi için en çok kullanılan teknolojidir. Bunun yanı sıra piyasada Zigbee ve LoRa kullanarak veri iletimi yapan sensörler de bulunmaktadır.

Termistör yarı iletken malzemeden yapılmış pasif bir devre elemanıdır ve sensör olarak da kullanılmaktadır. Pozitif ve negatif sıcaklık katsayılı olmak üzere iki çeşittir. Bu sensörler sıcaklık değişikliklerini hızlı bir şekilde algılar ve hassas ölçümler yapabilirler. Ancak çalışma sıcaklıkları düşüktür. -100°C ile $+260^{\circ}\text{C}$ arasında ölçüm yapabilmektedirler. Günlük hayatımızda kullandığımız birçok uygulamada termistörlere yer verilmektedir. Dijital termometrelerde, akıllı fabrikalarda bulunan ve sıcaklığın belirlenen limitler dışına çıkması

halinde devrenin çalışmasını durduran sistemlerde, 3B yazıcılarda, uzaktan hasta izleme, katater ve diyaliz ekipmanları gibi medikal uygulamalarda ve gıda sağlığının takibinde termistör sensörlerden sıklıkla yararlanılmaktadır. Operasyonları hızlı bir şekilde gerçekleştirmeleri ve yüksek çıktı seviyesi avantajları arasında sayılabilir. Doğrusal olmamaları, sınırlı ölçüm aralığı, mevcut bir kaynağa ihtiyaç duymaları ve kırılğan yapıları bu türdeki sensörleri zayıf hale getirmektedir. Bluetooth ve WiFi bu tipteki sensörler için kullanılan iletişim teknolojilerindedir.

Dirençsel termometreler, pozitif sıcaklık katsayılı sensörlerdir. Bu sensörde iletken malzemeler bir sargıya sarılır ya da film halinde kullanılır. Sıcaklıkla beraber değişen direnç değerine göre çıkış üretirler. Ölçümün yapılacağı mesafe, hassaslık ve ölçüm doğruluğu kriterlerine göre farklı tipte dirençsel termometre bulunmaktadır. Ölçüm aralığı -200°C ile $+850^{\circ}\text{C}$ 'dir. Bu tipteki sensörler çalışabilmek için bir güç kaynağına ihtiyaç duymaktadır. Dirençsel termometreler fabrikalarda makinelerin sıcaklıklarını ölçmekte, medikal cihazlarda ve havalandırma sistemlerinde kullanılırlar. Yalıtım malzemeleri platin, nikel ya da bakır olabilir. Bu nedenle kullanım alanının koşullarına uygun seçilmesi şartıyla hem iç hem de dış mekanlarda kullanılabilirler. Termokupl sensör ile karşılaştırıldığında daha kararlıdır ve yüksek güvenilirlik ve doğrusallığa sahiptir. Termokupl sensörlere göre mutlak direncinin düşük olması, yüksek maliyete sahip oluşu, güç kaynağına ihtiyaç duyması ve daha kırılğan oluşu dezavantajları arasında yer almaktadır. Bu tipteki sensörler bir LoRaWAN ağı ya da ağ geçidi üzerinden bağlantı kurabilirler.

Akıllı şehir uygulamalarında önemli bir yeri olan sıcaklık sensörlerinin seçiminde sıcaklık ölçüm aralığı, nemli ortam, sıvı veya katı ortam gibi farklı şartlar göz önüne alınarak uygun sensör belirlenmelidir. Sıcaklık sensörlerinin ömürleri yine kullanım amacı ve koşullarına göre değişse de bakımın iyi yapılması koşulu ile bu süre 10 yıldan fazla olabilmektedir.

Yakınlık Sensörleri: Yakınlık sensörleri yakındaki nesnelere fiziksel temas olmadan algılayabilen sensörlerdir. Endüstriyel otomasyonda ve üretimde sıklıkla kullanılmaktadırlar. Akıllı şehirlerde otomatik araç sistemlerinin geliştirilmesine yardımcı olduklarından oldukça önemli bir yere sahiptirler. Kullanım amaçlarına, ölçüm kriterlerine ve hassasiyet derecelerine göre farklı tipte bulunmaktadırlar.

Ultrasonik sensörler ses dalgaları aracılığıyla uzaklık ölçme ve nesnelere tespit etme işlemini gerçekleştirmektedir. Bir verici ve alıcıdan oluşan ultrasonik sensörler gönderilen ve alınan sinyal arasındaki zaman farkını kullanarak uzaklığı belirlerler. Bu tipteki sensörler ses dalgalarından faydalandığı için uzaklığı ölçülecek nesnenin rengi ve saydamlığı sensörün çalışmasını etkilememektedir. Işık ya da kamera kullanan yakınlık sensörleriyle karşılaştırıldığında karanlık ortamlarda da çalışabilmesi avantaj sağlamaktadır. Düşük maliyetli olan ultrasonik sensörler, toz, kir ya da nemden yüksek seviyede etkilenmezler. Doğruluk oranları yüksektir ve yüksek

frekansa, hassasiyete ve etki gücüne sahip oldukları için dıştaki ya da derindeki nesnelere tespit etmeleri kolaydır. Bu sensörlerin ölçümüne etki eden faktörlerden bir tanesi hava sıcaklığıdır. Hava sıcaklığındaki değişim sensörün doğruluğunu büyük ölçüde etkileyebilmektedir. Bu olumsuzluğun önüne geçmek için hava sıcaklığını da ölçümlere dahil etmek yerinde olacaktır. Çoğu ultrasonik sensör -25°C ile $+70^{\circ}\text{C}$ arasında sağlıklı bir şekilde çalışabilmektedir. Ses dalgalarının emilebileceği ya da yansımaya izin verilmeyecek malzemeler ultrasonik sensörlerin çalışmasını olumsuz etkileyebilmektedir. Benzer şekilde su altında ve ses iletimi için bir aracın bulunmadığı vakumlu ortamlarda bu tipteki sensörler çalışmamaktadır. Aynı zamanda kısıtlı bir tespit aralığına sahiptirler. En fazla 16.5 metreye kadar ölçüm yapan sensörler bulunmaktadır. Ultrasonik sensörler akıllı şehir uygulamalarında çoğunlukla robotik, sıvı seviyesi kontrolü, yükseklik kontrolü, bir ortamdaki insan mevcudunu saymak için geliştirilen uygulamalarda ve üretim alanında kullanılmaktadır. ZigBee ve LoRa bu tipteki sensörlerin verisini iletmek için kullanılmaktadır.



Fotoelektrik sensörler, aynı ultrasonik sensörlerde olduğu gibi bir alıcı ve bir vericiden oluşmaktadır. Verici bir ışık kaynağı gibi davranmakta, alıcı ise kullanılan tasarıma göre değişmektedir. Vericiden gönderilen ışın, alıcı modüle cisimden yansımali, direkt ya da reflektörden olmak üzere farklı şekillerde ulaşabilir. Bu sensörlerin yapısında hareketli parça bulunmadığından uzun ömürlüdürler. Işığın yansımalarını engelleyecek şeffaf malzemeler ölçüm sonuçlarını olumsuz etkilemektedir. Uzun algılama menzilleri ve hızlı tepki sürelerine sahiptirler. Sensör lensi kirlenmediği sürece kirli ortamlar ölçümü etkilememektedir, ancak nesnenin rengi ve ışığı emme oranı ölçümü etkileyen parametrelerdir. Kalabalık ve yoğun ortamlarda özellikle karşılıklı ve reflektörlü tasarımlarda montaj ve hizalama gerektiğinden bu türdeki sensörlerin yoğun ve kalabalık ortamlarda kullanılması iyi bir seçenek değildir. Fotoelektrik sensörlerin avantajları arasında tüm materyalleri algılayabilmeleri, uzun yaşam süresine ve algılama menziline sahip olması, düşük maliyetle kurulumlarının gerçekleştirilebilmesi ve hızlı cevap süresine sahip olmaları sayılabilir. Sensörler 55°C ile 60°C arasında doğru bir şekilde çalışabilmektedir.

Kapasitif sensörler levha ya da plaka adı verilen iletken malzemelerin yalıtkan bir malzeme tarafından ayrılmasıyla oluşmaktadır. İletken bir nesne sensöre yaklaştığında osilasyon genliği artmakta ve belirlenen bir değere ulaşıldığında bir çıkış sinyali verilmektedir. Bu çıkış sinyali algılama mesafesinde bir nesnenin bulunduğunu göstermektedir. Kapasitif sensörler tüm materyal tipleri üzerinde ölçüm gerçekleştirilebilmektedir. Algılanacak nesnenin özelliklerine göre sensörün algılama başarımı da değişmektedir. Yüksek yoğunluğa (metaller) ya da yüksek bağıl geçirgenliğe (su) sahip nesnelere kapasitif sensörler tarafından daha kolay algılanmaktadır. Algılama mesafeleri 50mm'den daha azdır. Gaz ve nem, ölçümü olumsuz yönde etkilemektedir. Kapasitif sensörler dış mekanlarda kullanıma uygun değildirler. Bu sensörler, akıllı fabrikalardaki üretim bantlarında ve akıllı atık sistemlerinde (akıllı çöp kutuları) kullanılmaktadır.

Endüktif sensörler, yalnızca metalin endüktif özellik göstermesi nedeniyle metal nesnelere tespit etmek için kullanılan, sensör üzerinde bir elektromanyetik alanın oluşturulması ile nesnelere varlığını algılayan bir yakınlık sensörü tipidir. Bu tipteki sensörler birkaç milimetreden birkaç metreye uzanan geniş bir algılama aralığında çalışabilmektedirler. İç ve dış mekanda kullanılabilen bu sensörler, metal dedektörleri, trafik ışıkları ve otomatik endüstriyel işlemlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Zorlu koşullar altında çalışabilen ve diğer yakınlık sensörleri ile karşılaştırıldığında daha yüksek doğrulukla ölçüm yapabilen bu sensörlerin kurulumu da oldukça kolaydır. Ayrıca uzun süreler boyunca dayanabilecek fiziksel özelliklere sahiptirler. Algılama menzili tespit edilecek olan metalin cinsine göre değişmektedir. Metalik kirleticiler sensörün çalışmasını engellerken kir, toz ya da duman etkili değildir. Sıcaklık değişimleri de ölçüm başarımını olumsuz etkileyen bir parametredir.



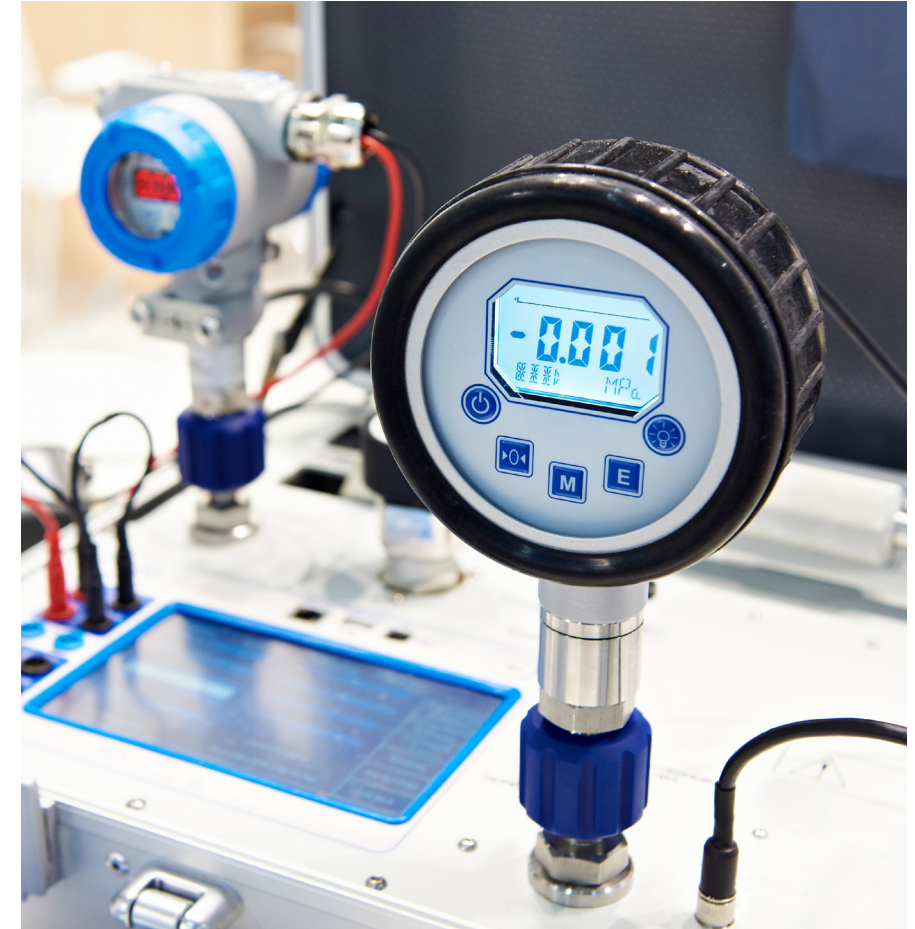
Basınç Sensörleri: Basınç sensörleri kullanıldığı yerde bulunan basıncı algılayıp elektrik işaretlerine dönüştürürler. Farklı boyut ve şekillerde olabilirler. Kapasitif, piezoelektrik ve piezorezistif olmak üzere 3 grupta incelenebilirler.

Kapasitif sensörler, kapasitans değişimine göre basınç ölçümü yaparlar. Gaz ya da sıvı basıncını ölçmek için akış uygulamalarında kullanılmaları uygundur. Oldukça hassas ölçüm yapabilirler. 10mbar altındaki ya da çok yüksek seviyedeki basıncı algılama özellikleri bulunmaktadır. 250 Pa ile 70 Mpa arasında ölçüm yapabilir. Diğer basınç sensörlerine göre birçok avantaja sahiptirler. Enerji harcamaları düşüktür, mekanik açıdan basit ve sağlam bir yapıya sahiptirler, zorlu koşullarda kullanıma uygundur, sıcaklık hassasiyetleri düşüktür. Titreşime hassas yapıları ve materyale bağlı kısıtlamalar dezavantajları arasında sayılabilir.

Piezoelektrik basınç sensörleri, elektrik etkisine dayanan bir prensip ile ölçüm yapar. Piezoelektrik etkisinde, belirli maddelere uygulanan basınç veya kuvvet malzeme üzerinde düşük seviyelerde gerilim indüklenmesine yol açar. Bu sensörler özellikle hızlı ve dinamik basınç değişimlerinin olduğu alanlarda kullanılmaktadır. Oldukça küçük ve hassas sensörlerdir. 0.7 kPa ile 70 MPa aralığında yüksek doğruluğa sahip ölçümler yapabilmektedir. Zorlu koşullarda kullanıma uygun dirençli bir yapıya sahiptir. Dışsal bir enerji kaynağına ihtiyaç duymadan çalışabilmektedir ve maliyeti düşüktür. 1000 °C gibi yüksek sıcaklıklarda bile çalışabilir. Bu avantajlarının yanında yüksek empedanslı devreye olan ihtiyacı, dinamik yapısı nedeniyle katı hal basıncını ölçememesi, sadece sinamik basınç ölçümü yapabilmesi, titreşime karşı hassas olması gibi önemli dezavantajları da bulunmaktadır. Ayrıca çıkış sinyali zayıftır ve piezorezistif sensörler ile karşılaştırıldığında daha düşük bir ölçüm doğruluğuna sahiptir.

Piezorezistif sensörler en çok kullanılan basınç sensörleridir. Yarı iletken malzeme üzerindeki mukavemetten yararlanılarak ölçüm

yapar. Ölçüm aralığı 21 kPa ile 150 MPa'dır. Kurulumu kolay, düşük maliyetli ve uzun süre çalışabilir sensörlerdir. Doğrusal çıktıya sahip olan sensör aynı zamanda milisaniye gibi kısa bir sürede cevap üretir. Yüksek sıcaklık seviyelerinde çalışabilir. Ancak, dışsal enerji kaynağına ihtiyaç duyduğu için düşük enerjili sistemler için uygun değildir. Çıkış sinyali sıcaklığa bağlıdır ve yüksek sıcaklık ya da basınç altında ölçüm sağlıklı şekilde yapılamamaktadır.



Hava Kalitesi Sensörleri: Soluduğumuz havanın %21'i Oksijen, %78'i Azot, geri kalan %1'i de Karbondioksit dahil diğer gazlardan oluşmaktadır. Bu oran sanayi yerleşkeleri ile büyük şehirlerde insanın aleyhinde bir değişime uğramaktadır. Özellikle partiküller, zararlı gazlar ve çeşitli kimyasallar sebebiyle hava kalitesi bozulmakta ve insanlar üzerinde hem fiziksel hem de ruhsal anlamda zararlı etkiler oluşturmaktadır. Partiküller 0,1-2,5 mikrometre boyutlarındaki; is, kurum, diğer yanma yan ürünleri, sigara dumanı, toz, polen ve küf gibi alerjenleri içermektedir. Bu maddeler akciğerlere yerleşerek astım, solunum yolu iltihabı ve kalp rahatsızlıklarına sebep olabilirler. Yine benzer şekilde havada formaldehit(formaldehyde) ve uçucu organik bileşikler de bulunabilir. Bunlar da canlılar üzerinde zararlı etkilere sebep olabilirler. Bu noktada, bulunulan ortamda söz konusu zararlı partikül ve uçucu maddelerin tanımlanarak tespit edilmesi hava kalitesi sensörleri aracılığıyla yapılmaktadır.

İç mekan hava kalitesi ölçüm sistemlerinde kullanılan 3 sensör bulunmaktadır: oksijen, karbonmonoksit ve karbondioksit. Oksijen sensörü elektrokimyasal bir sensördür. Bu sensör sürekli bir şekilde oksijene maruz kaldığından kullanım ömrü 1-2 yıldır. Karbonmonoksit sensörü de bir elektrokimyasal sensördür ve oksijen sensörü ile aynı mantıkta çalışır. Karbondioksit sensörü ise bir kızılötesi sensördür. Ölçüm yapılacak nesneye kızılötesi ışın gönderilir ve bu enerjinin ne kadarının karbondioksit tarafından emildiği ölçülerek

karbondioksit seviyesi belirlenir. Bu sensörler bluetooth yardımıyla veri iletimi yapabilmektedir.

Dış mekan sensörleri, binaların dışında farklı kaynaklardan gelen gazların ölçümünü yaparak hava kalitesini ölçmektedir. Ozon ve nitrojen dioksit sensörleri en çok kullanılan sensörlerdendir. Fosil yakıtlar, fabrikalar, araç egzoz dumanları insanların sağlığını tehdit eden gazların ana kaynaklarıdır.

Akıllı Sulama Sensörleri: Gelişen teknoloji ve su kaynaklarının gittikçe azalması nedeniyle akıllı şehirlerde suyun daha verimli bir şekilde kullanılması için çözümler geliştirilmiştir. Akıllı sulama sistemleri bu ihtiyaca yönelik tasarlanmış sistemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Sulamanın daha kontrollü ve etkili bir şekilde yapılması için farklı sensör kaynaklı verileri, meteorolojik koşulları, sulama yapılacak alanı ve toprak tipini de sürece dahil eden bu sistemler otomatik sulama çözümlerine göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir.

Bu sistemlerde bitkinin ihtiyacı kadar su verilmesi ve maksimum verim alınması temel hedeftir. Akıllı sulama sistemlerinde toprak değil bitki beslendiği için maliyet düşmektedir. Daha da önemlisi bitkiler daha sağlıklı olmakta ve alınan verim artmaktadır. Bu sistemlerde tek bir sensör değil sensör grupları kullanılarak farklı ölçümler sonucunda optimal çözüme gidilmektedir. En temel bileşenleri toprak ve hava nem ölçümü, rüzgar ve yağış ölçümü, topraktaki minerallerin ölçümü sonucu elde edilen veriler oluşturmaktadır. Toprak nem ölçüm sensörleri, su sayacı akış ölçümü, ortam sıcaklık ve nem ölçümü, buzlanma uyarı sensörleri, rüzgar ve yağış sensörleri, iklimsel ve meteorolojik veriler, toprak ölçüm verileri, akıllı veya otomatik vana sistemleri, güneş panelli uzaktan kontrol sistemleri, kablosuz pilli vana ve sensörler akıllı sulama sistemlerinin bileşenleridir. Tüm bu bileşenlerin bir araya gelmesi sonucunda elde edilen veriler makine öğrenmesi ya da yapay zeka kullanılarak analiz edilir ve su ihtiyacı belirlenerek sulama gerçekleştirilir.



Damla sulama sistemleri, sera otomasyonları ve yeşil alan sulama sistemleri akıllı sulama sistemlerinin akıllı şehirlerdeki uygulama örneklerindedir. Klasik sulama ile karşılaştırıldığında akıllı sulama sistemleri hem sudan ve kaynak tüketiminden tasarruf edilmesini hem de daha verimli ve kaliteli ürün elde edilmesini sağlamaktadır. Geçmiş yıllara ait verilerin kullanılması ile ileriki yıllar için planlamalar gerçekleştirilebilir. Değişen hava koşullarına uyum sağlayabilen yeni sulama senaryoları üretilebilir. Daha az kaynakla maksimum verim sağlanırken iş yükü de azalmaktadır.

Akıllı sulama sistemindeki sensörler WiFi, bluetooth ve LoRa gibi kablosuz iletişim teknolojilerini kullanarak verilerini iletebilirler.

Su Kalitesi Sensörleri: Su kalitesi sensörleri, suyun kalitesini belirlemek için kimyasal, biyolojik ve fiziksel ölçümler gerçekleştirirler. Bu karakteristiklerin herhangi birinde meydana gelecek ufak bir değişim bile insan hayatını ya da suya bağlı olarak çalışan sistemleri olumsuz yönde etkilemektedir. Su kalitesini ölçmek için kullanılan birçok sensör bulunmaktadır.

Klor, suyu dezenfekte etmek için kullanılan maddelerden biridir. Bu maddenin gerekenden az ya da çok olması sorun teşkil etmektedir. Su arıtma ve dağıtım tesislerinde atık klor sensörü sayesinde gerekli ölçümler yapılmaktadır. Bulanıklık sensörü, sudaki katı maddelerin tespiti için sudan geçebilen ışık miktarını ölçen bir sensördür. Bu tipteki sensörler dere yatakları, atık su merkezleri, içme suyu dağıtım tesisleri ve laboratuvar testlerinde kullanılmaktadır. Geçirgenlik sensörü, suda çözülmüş bileşen miktarı gibi değerleri ölçmeye yarayan bir sensördür. Su arıtma tesislerinde bu sensörler kullanılmaktadır. pH sensörü suyun ne kadar asidik/bazik olduğunu ölçen bir sensördür. Su arıtma tesisleri, atık yönetim tesisleri, akıllı fabrikalar ve binalarda sıklıkla kullanılmaktadırlar. Su kalitesini ölçen sensörler WiFi, ZigBee ya da bluetooth kullanarak veri iletimi yapabilirler. Şehirlerin tatlı su dağıtım şebekelerinde kullanılırlar. Bu şebekelerde hem rutin olarak yapılan kontroller sonrası hem de özellikle doğal afetler sonrası sellerde oluşan su kalitesinin insan sağlığı için zararlı olması halinde kullanılırlar.



Kimyasal Sensörler: Bu sensörler de insan sağlığı için kullanılan ve anlık tepki vermesi gereken sensörlerdendir. Çalışma prensibine göre optik ve elektrokimyasal gibi birçok çeşidi bulunmaktadır.

Optik sensörler alıcı ve verici arasındaki optik etkileşimin analizi esasına dayanmaktadır. Elektrik tabanlı sensörler ile karşılaştırıldığında birçok avantaja sahiptir. Elektromanyetik girişimden etkilenmemesi, patlayıcı ve ateş alıcı maddelerle çalışırken daha güvenli olmasının yanı sıra hassas ölçüm yapan ucuz sensörlerdir. Bunların yanı sıra önemli dezavantajlara da sahiptir. Ortam ışığı, ölçümü olumsuz etkileyebilir. Uzun süreli kararlılık sinyal özütlemeyen kaynaklı sınırlıdır. Seçebilirlik bazı durumlarda zayıf olabilir.

Elektrokimyasal sensörler oksijen ve toksik gazların algılanması için kullanılan en popüler sensörlerdir. Bu sensörler, gaz konsantrasyonu ile orantılı olarak bir elektrik sinyali üreterek ölçüm yapılacak nesne ile olan etkileşimi ölçme esasına dayanmaktadır. Doğrusal çıktı sağlaması, yüksek çözünürlük ve düşük enerji ihtiyaçları temel avantajlarındandır. Ölçümlerin doğruluk oranı yüksektir, diğer gazlar tarafından etkilenmezler. Diğer gaz tespit teknolojileri ile karşılaştırıldığında maliyeti düşüktür. Fakat bu sensörler sıcaklıktan etkilendiklerinden ortam sıcaklığının stabil durumda tutulması önemlidir. Sensör ömürleri 6 ay ile 1 yıl arasında değişmektedir. Ne kadar çok ölçüm yapılacak gaza maruz bırakılırlarsa ömürleri de o oranda kısalmaktadır.

Kimyasal sensörler, en çok kimya tesislerinde üretim ve depolama sahalarında olası sızıntıların erken tespiti ve kontrol altına alınması amacıyla kullanılırlar. Çevresel felaketlerin yanı sıra can kayıpları ve yaralanmaların önüne geçilebilmesi için oldukça önemli unsurlardır.

Kızılötesi Sensörler: Kızılötesi sensörler (IR), çevresindeki ortamda kızılötesi radyasyonu ölçen cihazlardır. Tüm maddeler mutlak sıfır değerinin üzerinde oldukları için etraflarına düşük ya da yüksek

ısı yayarlar. Bu ısı yayılımı kızılötesi dalga boylarında oluşur. Bu yüzden kızılötesi ışınların yansımalarındaki değişimleri takip ederler. Hareket algılayabildiği gibi nesnelere tarafından emilen ısıyı da algılayabilirler. Termal kameraların çalışma prensibi de buna dayanır. Kan akışı ve kalp ritmi izlemede, akıllı telefon ve saatler, uzaktan kumandalar, gece görüş teknolojileri otomobillerin kör nokta algılama teknolojileri gibi birbirinden farklı alanlarda kullanılırlar.

Kızılötesi sensörler 2 kategoriye ayrılmaktadır: pasif ve aktif IR. Aktif IRler, hem kızılötesi radyasyon yayan hem de bunu tespit eden cihazlardır. Bu sensörler yakınlık sensörleri gibi çalışırlar ve genellikle engel tespit sistemlerinde kullanılırlar. Pasif IRler (PIR) sadece radyasyonu tespit edebilirler. Otomatik aydınlatma sistemlerinde, insan ya da hayvan tespitinde ve izinsiz girişlerin tespit edilmesinde kullanılırlar. Kendi aralarında termal ve kuantum olarak 2'ye ayrılmaktadırlar. Termal PIR kızılötesi enerjiyi ısı olarak kullanır ve ışığa duyarlılıkları da dalga boyundan bağımsızdır. Soğutma gerektirmezler, ancak yanıt ve algılama süreleri yavaştır. Kuantum PIR ise daha yüksek algılama performansı ve daha hızlı tepki hızına sahiptirler. Doğru ölçüm yapılabilmesi için bu sensörlerin soğutulma ihtiyaçları bulunmaktadır. Doluluk algılama, proses takibi, gaz analizi gibi uygulama alanlarında kullanılmaktadır.



Ses Sensörleri: Akıllı şehir uygulamalarında sıklıkla kullanılan sensör çeşitlerinden biri de ses sensörleridir. Ses sensörleri birçok amaçta hizmet etmekte ve kullanılan uygulamaya ve çevresel faktörlere göre farklı tipleri kullanılmaktadır. En çok kullanılan ses sensörü çeşidi ultrasonik ses sensörüdür. Ultrasonik sensörler genellikle platformlarda engellerden kaçınmak, otonom seyrüsefer (navigasyon), bulunulan konumun haritasını çıkarmak amacıyla kullanılırlar. Ultrasonik ses dalgaları 20 KHz ile 500 KHz arasındaki frekans bandında çalışırlar. İnsan kulağı 20 Hz. – 20 KHz. arasındaki sesleri duyabilir. Dolayısıyla belirtilen ultrasonik sensör frekansları insan algılamasının üzerindedir. Bu sensörler, ultrasonik ses dalgaları yayan ve bunların engellere çarpıp geri dönmesine kadar geçen süreyi hesaplayarak aradaki uzaklığı belirleyebilen sistemlerdir. Kullanılan yüksek frekans sayesinde dalgaların düzgün doğrusal şekilde ilerlemeleri, enerjilerinin yüksek olması ve sert yüzeylerden kolayca yansımaları sağlanır. Ultrasonik sensörler daha çok katı nesnelere tespit edilmesinde kullanılmaktadırlar. Sıvı ortamlarda kullanıldıklarında ses dalgalarının tam olarak yansımaları mümkün olmadığından bu ortamlarda kızılötesi sensörlerin kullanılmaları daha yerinde olacaktır. Ultrasonik sensör ölçümleri; nesnenin renginden, yüzeyinden ya da çok yumuşak bir maddeden yapılmadığı sürece materyalinden etkilenmezler. Optik teknolojilerin sağlıklı ölçüm yapmadığı şeffaf yüzeylerde ultrasonik sensörler kullanılabilir. Ultrasonik sensörler kir, nem ve buz gibi dış etkenlerden etkilenmektedir. Kendini temizleyebilen ultrasonik sensörler ile bu sorunların önüne geçilebilir. Bu tipteki sensörler çoğunlukla yakınlık tespitinde kullanılmaktadır, ancak üretim alanında da kullanıldığı uygulamalar bulunmaktadır. Ultrasonik sensörler iç ve dış mekanlarda ışıktan etkilenmeden rahatlıkla kullanılabilir. Akıllı çöp kutusu uygulamalarında, su seviyelerinin tespit edilmesi gereken durumlarda, drone uygulamalarında ve araç tespitinde, engel tespitinde ve otonom navigasyon uygulamalarında ultrasonik sensörler tercih edilmektedir. Söz konusu sensörler zorlu koşullarda kullanılacak ise sensörü koruyacak ek önlemler alınması gerekebilir. Ultrasonik sen-

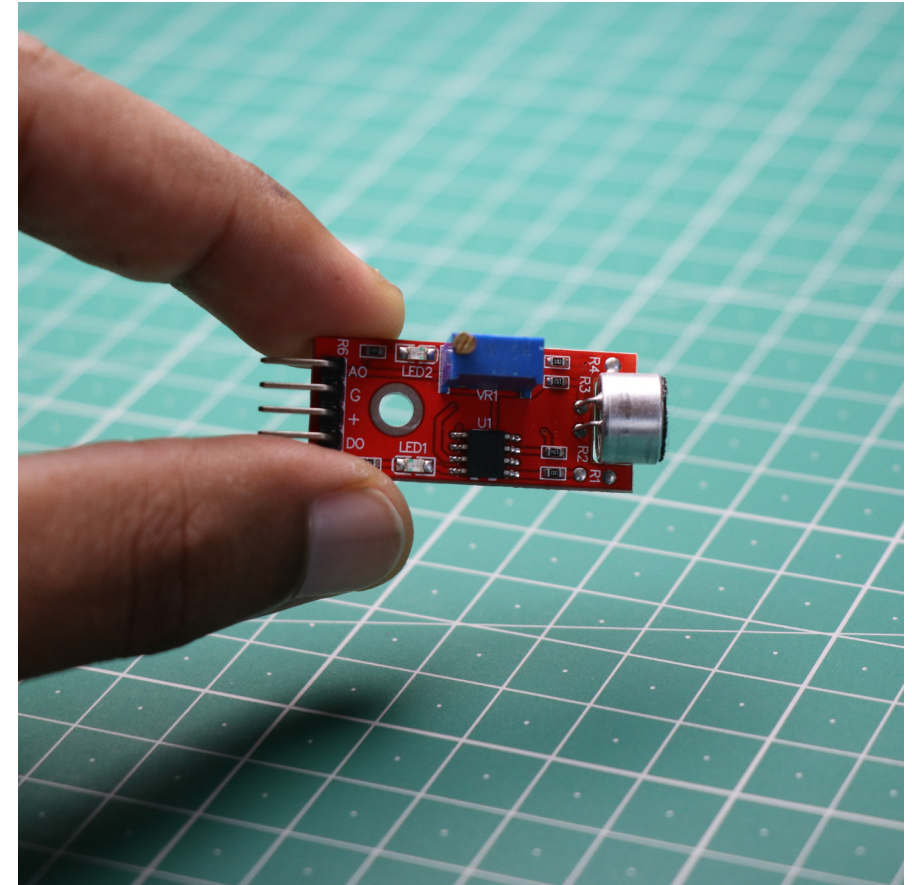
sörler ışık, duman, toz, renk ve materyalden etkilenmedikleri için IR sensörlerin kullanılmadığı durumlar için idealdir.

Mikrofonlar, gürültü belirleme amaçlı kullanılan ses sensör sistemleridir. Ortamdaki gürültü seviyeleri belirlendikten sonra bu mikrofonlar yardımıyla algılanan ses dalgaları bilişim sistemlerince değerlendirilerek gürültü seviyesi ölçülebilir. Mikrofonlar, mekanik titreşimlerden elektriksel voltaj sinyali üretmek için ışık modülasyonu, piezoelektrik üretimi, kapasite değişimi ve elektromanyetik indüksiyon kullanmaktadır. Farklı tipteki mikrofonlar enerjiyi dönüştürmek için çeşitli yöntemlere başvururlar. Mikrofonlar dinamik ve bağımsız kondansatör olmak üzere 2 grupta sınıflandırılmaktadır. Dinamik mikrofonlar, elektromanyetik indüksiyon ile çalışmaktadır. Genel kullanım için uygundur. Mikrofon içindeki bir mıknatıs manyetik alan yaratarak bobin üzerinden akışı mümkün hale getirir. Kondansatör mikrofonlar, elektrostatik alanla çalışırlar. Dışsal bir güç kaynağına ihtiyaç duyarlar. Üretilen ses sinyali dinamik mikrofondan daha güçlüdür. Bu mikrofonlar hassastırlar ve dinamik mikrofondan daha etkili şekilde cevap verirler. Telefonlar, ses tanıma sistemleri, alarm ve güvenlik sistemleri mikrofonların kullanıldığı örnek uygulamalardandır.

Gürültü sensörleri akıllı şehir uygulamalarında kullanılan bir başka ses sensörüdür. Bu sensörler, gürültüyü tespit ederek seviyesini ölçebilir, hatta bu gürültüyü kaydedebilirler. Belli bir eşik değerinin aşılması durumunda uyarı mesajı ya da sinyal üretilerek kullanıcı ya da ilgili kişiler uyarılabilmektedir. Teknolojik gelişmelerle beraber yeni tasarlanan gürültü ölçüm sensörleri uygun maliyetle sürekli olarak bir ortamın gürültü seviyesini dinlemeyi mümkün hale getirmiştir. İç ve dış mekan gürültü sensörleri bulunmaktadır. Akıllı şehirlerde birçok uygulamada kendine yer bulan gürültü sensörleri kamuya açık alanlarda gürültü seviyesinin ölçülmesinde, akıllı fabrikalarda işçi güvenliği kapsamında gürültünün takibinin yapılmasında, akıllı binaların yaşam alanlarında gürültü seviyelerinin

belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu sensörlerin kullanıldığı mimarilerde kablosuz iletişim teknolojilerinden yararlanılarak veri iletimi sağlanabilir.

Günümüzde kullanılan akıllı telefonlar ve giyilebilir cihazlar da bunyelerinde çok farklı sensörler bulundurmaktadır. Bu sensörler kısaca mobil sensörler olarak adlandırılmaktadır. Aktivite tanıma için sıkça kullanılan sensörler ivmeölçer, jiroskop, mıknatıs ölçer, GPS ve mikrofondur.



İvme Ölçme Sensörü: İvmeölçer, mobil cihazın maruz kaldığı X, Y ve Z eksenlerindeki ivmelenme değeri G (G yerçekimi alanı tarafından uygulanan yerçekimi kuvvetine eşittir) hakkında bilgi verir. X eksen cihazın yan yüzü üzerinde, Y eksen dik bir pozisyonda, Z eksen ise sırtüstü durup durmadığı hakkında bilgi verir. Z değeri 0 veya çok yakın bir değere sahipse cihazın köşeleri kenarların birinin üzerinde duruyor demektir. İvmeölçer ile işlem yaparken, ivme ölçerin cihazın doğrusal ivmesini hesapladığı, elde edilen sayısal değerlerin cihaza etki eden yerçekimi kuvveti olduğu ve eğer cihaz hareket halinde ise cihazın ivmesi ve yerçekimi kuvveti olduğu akılda bulundurulmalıdır.

Jiroskop Sensörü: Jiroskop yön tespiti veya ölçümünde kullanılan bir cihazdır. Bu cihaz 1817 yılında Bohnenberger tarafından icat edilmiştir. Gündelik hayatta uçak ve gemilerde yön bulmak için kullanılmaktadır. Jiroskop ve ivmeölçer verilerinin kombinasyonu ile cihazın başlangıç noktasına göre yaptığı fiziksel hareket hesaplanabilir. Bu veriler sağlık uygulamalarında, adım saymada, oyun uygulamalarında karakterleri yönlendirmede ve buna benzer eylemlerde kullanılmaktadır.



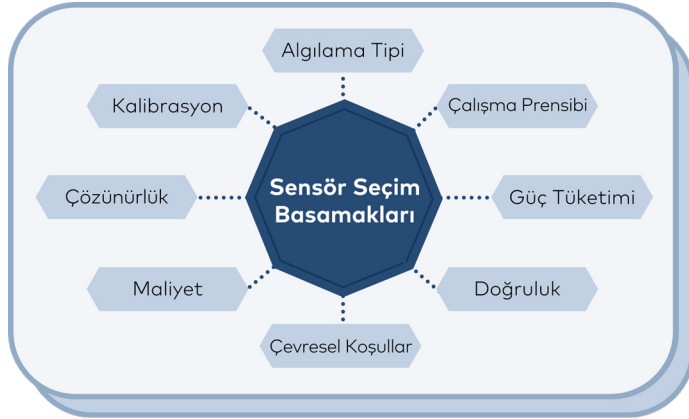
Manyetometre Sensörü: Manyetometre, cihazı çevreleyen manyetik alanın gücünü ölçmektedir. Veriler mikrottesla biriminden elde edilmektedir (μT). X, Y ve Z eksenlerinde -128 ile +128 arasında normalize edilmiştir. Cihaz tarafından gözlemlenen toplam manyetik alan dünyanın jeomanyetik alanı ve cihazın kendi çevresindeki manyetik alanın toplamıdır. Manyetometre, dijital pusula için kullanılabilir. Bu sensörden elde edilen verilerin ivmeölçer, jiroskop verileri ile birleştirilmesi sonucunda gerçek zamanlı hareketi ve sapmayı tespit etmesi gerçekleştirilir.

GPS (Global Positioning System) Sensörü: Küresel konumlandırma sistemi, düzenli olarak kodlanmış bilgi yollayan bir uydu ağıdır. Bu sistem Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı'na ait 24 uydudan oluşmaktadır. Bu uydular düşük güçlü radyo sinyalleri yaymaktadır. Yeryüzündeki GPS alıcıları bu sinyallerin yardımı ile konum tespitini gerçekleştirebilmektedir. GPS verisi enlem ve boylam, hareket hızı ve yönü ile rakım (yükseklik) parametrelerini içerir.

Bu sensörlere ilave olarak; yakınlık algılayıcı, ışık sensörü, basınçölçer, ısı ölçer, nemlilik sensörü, adım sayıcı, kalp atış hızı ölçer, parmak izi sensörü, kamera ve bluetooth sayılabilir.

2.1.1. Sensör Seçimi

Sensörlerin kullanım amaçlarına göre seçiminin yapılması kullanım etkinliğini artırıcı bir faktördür. Bu kapsamda sensör seçimi sırasında Şekil 2'de gösterildiği gibi adımlara dikkat edilir.



Şekil 2. Sensör Seçim Basamakları

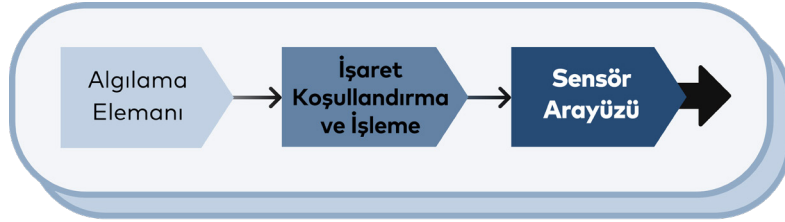
- Alanda algılanması istenen parametrenin (sıcaklık, basınç, mesafe vb.) ne olduğunun belirlenmesi, mevcut ihtiyacı karşılama anlamında ilk ve en önemli basamaktır.
- Algılama tipi belirlendikten sonra algılanması yapılacak işarete göre en optimum çalışma prensibini belirlemek gerekir.
- Tüm sensörlerin faaliyetlerini sürdürebilmeleri ve iletişimde kalmaları için bir besleme gerilimine ihtiyaçları vardır. Bu sebeple etkin bir güç kaynağı kullanılmalıdır.
- Sensörün, ortamdan süzeceği işaretlerin belirlenen limitlerde olması o sensörün ölçtüğü verilerin doğru olduğunun göstergesidir. Belirlenecek işaret tipine uygun sensörlerin belirlenmesi doğruluk açısından önemlidir.



- Sis, ışık, sıcaklık, nem, gürültü gibi doğal ya da yapay etkiler sensörlerin bulunduğu ortamlarda olumsuz yönde etkili olabilir. Bu sebeple çevresel koşulların belirlenmesi gereklidir.
- Sensörler tarafından belirlenen işaretlerin gözlemlenecek en düşük değeri çözünürlük olarak adlandırılır. Dolayısıyla sensörün kullanılma amacına göre çözünürlük değeri belirlenmelidir. Çünkü çok az çözünürlük gerektiren bir alanda yüksek çözünürlük gerektiren bir sensörün kullanılması hem amaç açısından hem de maliyet açısından uygun olmayacaktır.
- Çevre şartları ve sensörlerin üretim şekilleri sebebiyle zaman içerisinde sapmalar görülebilir. Dolayısıyla bu durum ölçüm hatalarına sebep olabilir. Bu ölçüm hatalarına fırsat vermemek için sensörlerin belli periyotlarla kalibre edilmeleri gerekir.
- Sensörün üretim şekli, kullanım ömrü, bakım sıklığı, kalibrasyon ihtiyacı gibi hususlar, seçilecek sensörün maliyetini belirleyen etkenlerdendir.

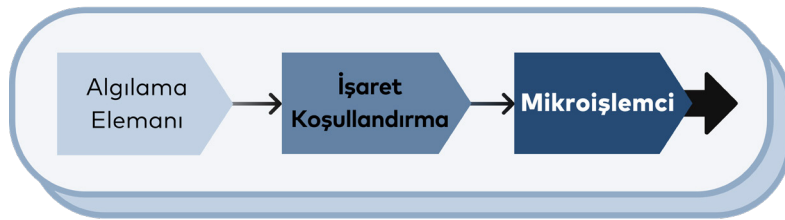
2.1.2. Sensör Mimarileri

Günümüzde kullanılan sensörler; geleneksel tümleşik sensörler (Şekil 3) ve akıllı sensörler (Şekil 4) olmak üzere iki grupta incelenebilir.



Şekil 3. Geleneksel Tümleşik Sensörler (Spencer vd., 2004)

Şekil 3'te incelendiği üzere; çevredeki işaret/işaretler (koku, basınç, vb.) algılama elemanı tarafından elektrik işaretine dönüştürülür. Ardından işaret koşullandırma ve işleme katında uygun formata dönüştürülerek sensör ara yüzüne aktarılır. Ardından sensör ara yüzü aracılığıyla bir diğer işlemci katabileceği kullanıcıya sunulur (Spencer vd., 2004).



Şekil 4. Akıllı Sensörler (Spencer vd., 2004)

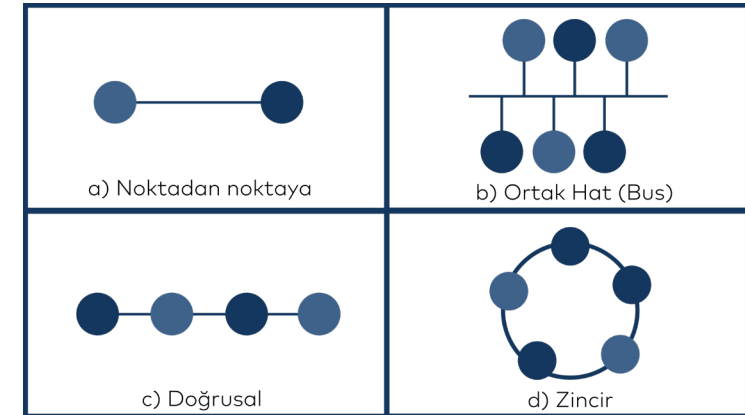
Şekil 4'te ise çevreden alınan değerler (koku, basınç vb.) yine algılama elemanında elektrik işaretine dönüştürülür. Ardından işaret koşullandırma katında belirlenen formata dönüştürülerek herhangi

başka bir sisteme ihtiyaç duymadan mikroişlemciye aktarılır. Aktarılan bu işaret, mikroişlemci tarafından doğrudan kullanıma hazır hale getirilir. Bu tür sensörler gömülü sistemler olarak da adlandırılırlar. Boyutları küçüktür. Akıllı sensörler ile geleneksel tümleşik sensörler; hassasiyet, hızlı veri işleme ve etkin kullanım açılarından birbirlerinden farklıdır. Sensörler kullanım amaçlarına göre olduğu kadar kurulumları ve birbirleriyle haberleşme mimarileri bakımından da farklılıklar gösterir. Bu farklılıklar sensör topolojileri olarak adlandırılır.

2.1.3. Sensör Topolojileri

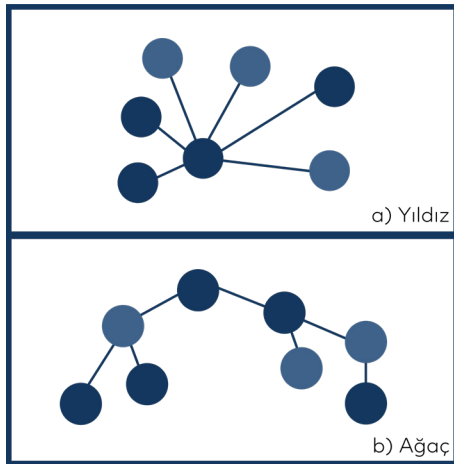
Sensör ağları, homojen ve heterojen olmak üzere iki tür ağ yapısında kurulabilir. Homojen sensör ağları; bir bölgeye dağıtılmış aynı verileri sağlayan aynı tipte sensörlerden oluşur. Heterojen sensör ağlarıysa bir bölgeye dağıtılmış farklı verileri sağlayan farklı tipte sensörlerden oluşur (McGrath and Sanaill, 2013:80).

Ayrıca sensörlerin veri aktarımı için çeşitli bağlantı şekilleri de bulunmaktadır. Bu bağlantı tipleri Şekil 5, 6 ve 7'de gösterilmiştir.



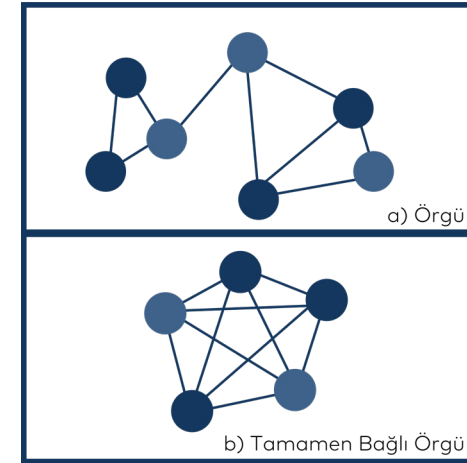
Şekil 5. Sensör Topolojileri (McGrath and Sanaill, 2013:80)

Şekil 5 (a)'da iki nokta arasında kurulu bağlantı üzerinden veri alış-verişi görülürken, Şekil 5 (b)'de ortak bir hat üzerinden veri paylaşımı görülmektedir. Şekil 5 (c) ve Şekil 5 (d)'de ise tıpkı Şekil 5 (a)'daki modele benzer şekilde fakat önceki ve sonraki sensörlerle ortak noktalara bağlı diğer veri yapılarının irtibatlanması görülmektedir. Burada gösterilen her dört bağlantı şeklinde oluşabilecek bağlantı hatalarından tüm sistem etkilenmekte, sistemdeki herhangi bir sensörün ya da ortak hattın arızası halinde veri kayıpları yaşanabilmektedir. Şekil 6 (a) ve Şekil 6 (b)'de yer alan topolojiler ise Şekil



Şekil 6. Sensör Topolojileri 2 (McGrath and Sanaill, 2013:80)

5'te belirtilen hataları gidermek üzere oluşturulmuş yapılardır. Ancak bu tip bağlantılarda dikkat çeken husus verilerin bir merkezde toplanıyor olmasıdır. Örneğin, Şekil 6 (a)'da tüm sensörler tek merkezde toplanırken, Şekil 6 (b)'deki ağaç yapısı Şekil 5'teki bağlantılarla Şekil 6 (a)'nın karması bir yapı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yapıdaki kurulumlarda da sensörlerden birinin arızası büyük veri kayıplarına sebep olabilmektedir.



Şekil 7. Sensör Topolojileri 3 (McGrath and Sanaill, 2013:80)

Bu istenmeyen durumların önüne geçebilmek için Şekil 7 (a)'da gösterilen örgü ağ yapısı geliştirilmiştir. Ancak bu yapıda da tüm sensör bağlantı noktaları birbirleriyle iletişimde bulunmamaktadır. Bu yüzden tıpkı Şekil 5 ve Şekil 6'daki bağlantılara benzer şekilde veri kayıpları yaşanabilmektedir. Bu bağlantıdan yola çıkılarak Şekil 7 (b)'de gösterilen tamamen bağlı örgü yapısı geliştirilmiştir. Bu şekilde gerçekleştirilen bir bağlantı topolojisinde tüm sensörler birbirleriyle bağlantılı oldukları için herhangi bir sensörde ya da hatta oluşabilecek arızalar veri kayıplarını minimize edebilmektedir. Ancak tamamen bağlı örgü ağlar, gerekli bağlantı sayısı yönetilemez hale geldiğinden dolayı büyük sensör ağları için risk içerirler. Fakat uygun algoritma ve yazılımlarla bu tür yapılar son derece verimli kullanılabilirler.

Yeni bilgilerin oluşmasındaki bu süreç kısaldıkça teknolojik gelişim süreci ve bu teknolojiye ulaşmanın maliyeti de olumlu yönde değişmektedir.

Bu kapsamda; Claude Elwood Shannon ve Robert Metcalfe tarafından farklı zamanlarda ve bilişimin farklı alanlarını kapsamak üzere ortaya atılan iki yasa ile bu durum açıklanabilir. Kuramcılardan sadece Shannon bilimsel bir çıkarımda bulunurken, diğer kuramcı Metcalfe mevcut gözlemlerine ve iş tecrübelerine dayanarak bir öngörüde bulunmuştur (Kocovic, 135, 139).

Shannon; herhangi bir iletim hattının kapasitesine etki eden faktörleri Denklem (1)'de;

$$C = W \log_2 (1+S/N) \quad (1)$$

ifadesiyle belirtmiştir. Burada;

- » *C: Maksimum iletim kapasitesi [bit/sn.]*
- » *W: Bant Genişliği [Hz.]*
- » *S: İşaret (signal)*
- » *N: Gürültü (noise)*
- » *S/N: İşaret/Gürültü oranıdır.*

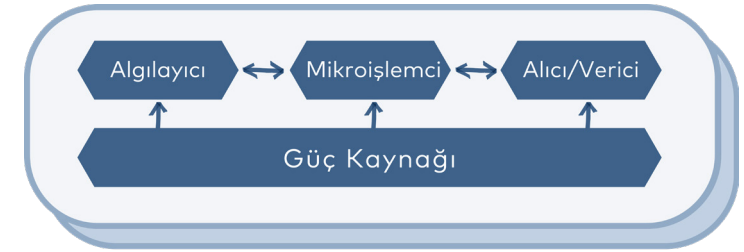
Bu denklem incelendiğinde iletim kapasitesine olumlu yönde katkı sağlayan unsurların; bant genişliği (W) ile işaret gücünün (S) artırılması, gürültü seviyesinin (N) ise azaltılması olduğu görülmektedir. Shannon'un bu ifadesi günümüzde de (pratikte bazı kayıplar bulunsada) geçerliliğini korumaktadır. Bu kurama sensörler açısından bakıldığında yüksek işaret, düşük gürültü oranları nedeniyle önemli olduğu görülebilir.

Metcalfe ise bilgisayar ağlarının değeri ile ilgili bir öngörüde bulunarak bilişim ağlarının değerinin, bu ağlara bağlı sistemlerin (düğüm noktalarının) karesiyle doğru orantılı olduğunu belirtmiştir. Bu durum denklem 2'de gösterilmiş olup, N düğüm sayısını temsil etmektedir.

$$N(N-1)/2 \quad (2)$$

Kısaca bir bilişim ağına ne kadar çok katılan olursa ağın değeri katılımcı sayısının karesiyle doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu da sensörler yardımıyla oluşturulacak sensör ağları ve sensör düğümlerinin önemi açısından değer kazanmaktadır.

Günümüzde ağ yapıları çoğunlukla kablosuz olarak tasarlanmaktadır. Bu tür ağlar Kablosuz Algılayıcı Ağlar (KAA) olarak isimlendirilmektedir. KAA temel yapısı Şekil 8'de modellenmiştir.



Şekil 8. Algılayıcı Düğüm (Koşunak ve Arucu, 2018:3)

Bu modele göre KAA'lar algılayıcı, mikroişlemci, Radyo Frekans (RF) alıcı/vericisi ve güç kaynağından oluşmaktadır. Algılanan işaret mikroişlemci tarafından incelenmekte, tanımlanmakta ve verici yardımıyla çevreye yayılmaktadır. Aynı zamanda alıcı yardımıyla elde edilen işaret yine mikroişlemci yardımıyla incelendikten sonra tekrar yayınlanmaktadır. Bu tür yapılar hem aktarma istasyonu gibi hem de bilgiyi süzüp ilgili birime iletmek gibi çok yönlü hizmet sunumunda kullanılmaktadır.

KAA'lar çok geniş uygulama alanlarına sahiptir. Örneğin bir fabrikada üretim süreçlerindeki sıcaklık veya nem bilgisinin düğümler tarafından tespit edilip ana bir istasyonda gözlemlenmesi güncel bir uygulama sahasıdır. Ancak algılayıcıların; kısa mesafe haberleşme

olanaklarının olması, kısıtlı güç kaynağı imkânlarının bulunması ve sınırlı ölçekte bilgi depolayabilmeleri gibi kıt kaynaklara sahip olması önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sorunun ortadan kaldırılmasında nesnelerin interneti yapısından yararlanılmaktadır.

Bu kapsamda Şekil 8'de gösterilen alıcı/verici katında kullanılan klasik bir RF alıcı-vericisi yerine internete erişim sağlayan bir wi-fi veya GSM modülünün kullanımıyla klasik ağ yapısı nesnelerin interneti mimarisine dahil olmuş olur. Böylece sensör tarafından tespit edilen bir bilgi, internette bulut bilişimde saklanarak uzaktan analiz imkânı sağlamaktadır (Koşunalp ve Arucu, 2018:3).

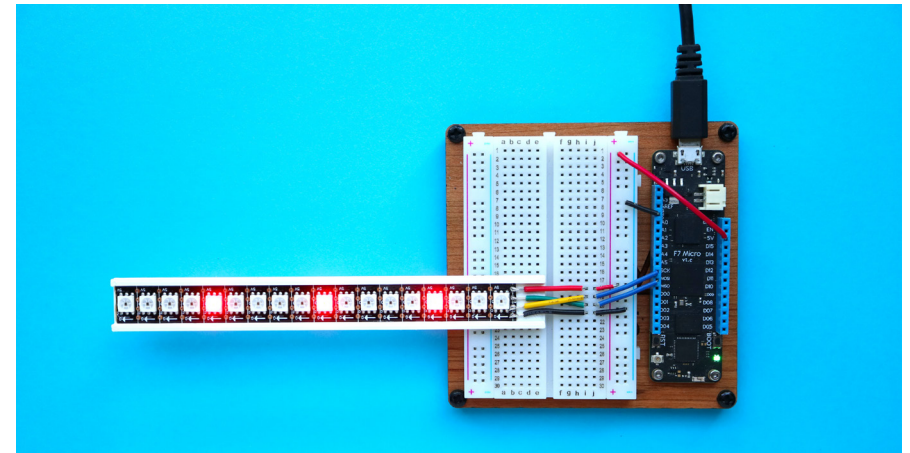
2.1.4. Sensör Parametreleri

Sensörlerin, özellikle de KAA'larda kullanılan sensörlerin parametreleri kullanım alanlarındaki etkinliklerini artırma adına önemlidir. Bu kapsamda sensör parametrelerini Engin D. (2004) çalışmasından yararlanarak Şekil 9'da gösterildiği gibi sekiz alt başlıkta incelemek mümkündür. Gerekli açıklamalar ilgili şeklin altında alıntılanmıştır.



Şekil 9. Sensör Parametreleri

- » **Aralık:** Bir sensörün aralığı giriş ya da çıkışındaki minimum ve maksimum değerler ile ifade edilir.
- » **Açıklık:** Ölçülebilen minimum ve maksimum aralık değerleri arasındaki farktır.
- » **Duyarlık:** Bir sensörün girişindeki birim değişime karşı gösterdiği yanıt yeteneği olarak tanımlanır.
- » **Doğruluk:** Ölçülen değer beklenen değerle ne kadar bağıdaştığını gösteren bir ölçüdür. Beklenen (teorik) değer ile ölçülen değer arasındaki fark ise "hata" olarak tanımlanır.
- » **Tekrarlanabilirlik:** Aynı koşullar altında, aynı sensörle, aynı değişkenin değerinin ölçülmesinde alınan birden çok sonucun birbirine yakınlığı olarak tanımlanır.
- » **Çözünürlük:** Sensörler tarafından belirlenen işaretlerin gözlemlenecek en düşük değeridir.
- » **Hassasiyet:** Tam veya kesin olarak tanımlanmış ya da ifade edilmiş olma niteliğidir.
- » **Ölü Zaman:** İki ilgili hareket arasındaki gecikmedir.



2.2. VERİ TOPLAMA FAALİYETİ

İnsanlık var olduğu günden beri sahip olduğu varlıkları çoğaltma, depolama ve bu varlıkları diğer insanların kullanımına belli bir bedel karşılığında sunma gayreti içinde olmuştur. Günümüzde en önemli varlık Vercellis (2009:6)'in "bir olgunun yapısal kodu olarak" tanımladığı "veri"dir. Özellikle bilişim teknolojilerindeki hızlı gelişme verinin dönüşüm sürecine de olumlu yönde etki etmektedir. Bu sebeple veri dediğimiz varlık çok kısa bir zaman diliminde doğru bilgiye dönüşmektedir. Bu dönüşüm verinin inovatif bir ürün olarak yüksek oranda bir değer kazanmasına neden olmaktadır. Soyut bir kavram olarak yola çıkan veri kazandığı değerle birlikte günümüzün en önemli varlıklarından biri olarak değerlendirilmektedir.

Bu varlık; yönetim sistemlerinin üretimden, teknolojiye, ulaşımdan, tedarik zincirine, sağlıktan, uzay teknolojilerine kadar her alanında etkili olarak kullanılmaktadır. Bu kullanım sırasında elde edilen ya da üretilen verilerin tasnif edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sınıflandırma ise yapısal, yarı yapısal ya da yapısal olmayan formlarda oluşturulmaktadır. Bu sınıflandırma Gahi vd. (2016:953) tarafından aşağıdaki gibi özetlenmektedir:

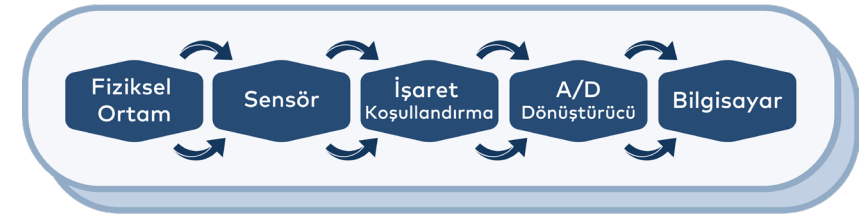
Yapısal Veri: Modellemesi, girilmesi, depolanması, sorgulanması, işlenmesi ve görselleştirilmesi kolay tüm veri türleridir. Genellikle ilişkişel veri tabanlarında veya elektronik tablolarda yönetilen, belirli tür ve boyutlara sahip önceden tanımlanmış verilerdir.

Yarı Yapısal Veri: Yarı yapılandırılmış veya kendi kendini tanımlayan veriler olarak da adlandırılırlar. Aslında yapılandırılmış bir veri türü olmasına rağmen katı bir modeli takip etmez.

Yapısal Olmayan Veri: Tanımlı bir format haricinde sunulan ve depolanan kayıt türleridir.

Veri toplama; sistematik bir süreç dahilinde ve hedefli bir şekilde gerçekleştirilen bir faaliyettir. Başka bir ifadeyle ihtiyaç duyduğumuz değişkenler hakkında bilgi toplama, tanımlama ve ölçme işlemlerini içeren bir süreçtir. Bu süreç fen bilimleri, tıp dahil sağlık bilimleri, sosyal bilimler, savunma teknolojileri gibi farklı disiplinler tarafından aktif ve etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Yani disiplinler arası bir faaliyettir. Her bilim alanı ile ilgili farklı veri toplama yöntemleri vardır.

Veri toplamanın temeli, araştırılacak konu hakkında bilimsel gözlem yapmayı gerektirmektedir. Gözlem, insan duyularıyla uzun süreçlere dayalı olarak yapılabileceği gibi belli bir konuda anket uygulayarak da gerçekleştirilebilir. Sensörlerle yapılan teknik anlamdaki veri toplamadaysa araştırma amacına uygun işaretler toplanır. Bu duruma örnek oluşturabilecek bir sistem mimarisi Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Veri Toplama Sistem Mimarisi (Soylu, Erişim: 2020)

Burada sıcaklık, basınç, konum gibi fiziksel ortamdaki analog işaretler ilgili sensör tarafından belirlenir. Belirlenen bu işaret tespit edilmek istenen işaretle birlikte çevrenin etkisiyle oluşan gürültüleri de içermektedir. Öncelikle bu gürültülü işaretin süzülerek gürültü işaretlerinden arındırılması ve yükseltilmesi işaret koşullandırma katında yapılır. Hala analog olan işaret A/D dönüştürücüde sayısal işarete dönüştürülür. Ardından da yorumlanmak üzere bilgisayara aktarılır.

Endüstride üretilen son ürünün belirli tanımlanmış özelliklerinin bulunması gerekmektedir. Bu özellikler ürünün üretilmesindeki tepkime koşullarına ve işlemlere dayanmaktadır. Ürünün istenen özellikleri taşımamasını sağlamak amacıyla bu koşullar ve işlemlerin doğruluğunun sağlanması amacıyla kontrol edilmesi süreç kontrolü olarak adlandırılır. Bu süreç kontrolündeki başarı ve etkinlik süreç boyunca toplanacak verilerin değerlendirilmesiyle doğru orantılıdır.



2.3. VERİNİN SAKLANMASI, DEPOLANMASI VE ANALİZİ

Verinin elde edilmesi, analizi ve depolanması süreçleri esnasında en önemli unsurlardan biri verinin bozulmadan depolanabilmesidir. Bu depolama sistemlerinin tasarımında esas belirleyici unsur kullanıcının hedefleridir. Bu kapsamda veriyi klasik yöntemler olan Doğrudan Bağlı Depolama (Direct Attached Storage-DAS), Ağa Bağlı Depolama (Network Attached Storage-NAS) ve Depolama Alanı Ağı (Storage Area Network-SAN) şeklinde ya da büyük veri saklama/depolama teknikleri olarak gruplandırabiliriz.

2.3.1. Klasik Yöntemlerle Verinin Saklanması/Depolanması

Doğrudan Bağlı Depolama (Direct Attached Storage-DAS): Bireysel olarak bilgisayarımızda hazırladığımız bir dosyayı harici bellekte saklamamıza benzer bir yöntemdir. Yani depolama sistemi doğrudan bilgi sistemine bağlı olarak çalışır. Ağda bulunan bilgi sistemlerinin doğrudan bağlı veri saklama/depolama alanına erişebilmek için sunucuya erişmeleri gerekir. Bu sistemin zayıf halkasını da sunucu sistemi oluşturmaktadır. Çünkü sunucuda gerçekleşebilecek bir hata ya da arıza, depolama alanına erişimi mümkün kilmayacaktır. Bu sebeple benzer türdeki saklama/depolama sistemlerinde sistematik yedekleme yapılması gerekmektedir.

Ağa Bağlı Depolama (Network Attached Storage-NAS): Ağa bağlı depolama sistemleri farklı yetkilerdeki kullanıcılara hizmet sunabilen ve bu kullanıcılar tarafından ortak kullanılabilen depolama yöntemidir. Halihazırda bireysel olarak kullanılan bulut bilişim sistemlerinin bir üst seviyesi gibi değerlendirilebilir. Bu sistemlerin maliyetleri düşük olup üretilen verilerin hepsi ağ üzerinde bulunduğu için kullanıcılar yetkileri dahilindeki verilere erişimde sıkıntı yaşamazlar.

Ancak ağ üzerinde depolama yapması, ağın yavaşlamasına sebep olabilir. Bu sebeple anlık sensör verileri gibi çok yüksek performans- ta veri yedeklemesi için uygun değildir.

Depolama Alanı Ağı (Storage Area Network-SAN): Depolama Alanı Ağı sistemleri verinin yönetilebilirliği, yedeklenebilirliği, hızlı veri iletimi ve maliyet açılarından ön plana çıkmaktadır. SAN sistemlerini yönetmek için çok fazla bir gayrete gerek duyulmamaktadır. Böyle bir ihtiyaç olması halinde SAN ağındaki en az sayıda sistemin etkileneceği, yedekli yapılarda ise hiçbir sistemin etkilenmeyeceği şekilde yönetim algoritmaları oluşturulabilmektedir. Yedeklenebilirlik açısından SAN sistemi hem yeni ağ cihazlarını mevcut ağa katarak yedekli erişim kolaylığı sunmakta hem de çevrim içi yedek alma işlemini hızlı ve güvenli olarak gerçekleştirmektedir. Sunucuların doğrudan SAN ağında bulunması sebebiyle veri iletim hızı yüksektir. Aynı zamanda SAN sistemi içindeki ağ trafiğinin, genel amaçlı veri trafiğinden ayrı olması da veri iletim hızının yüksek olmasını sağlamaktadır. Maliyet açısından ise SAN sisteminde yapılan genişletme çalışmalarında tüm sistemi ya da sistemin büyük bir kısmını değiştirme gereksinimi bulunmaz. Bu sebeple maliyet etkin bir sistemdir.

Bu üç sisteme ek olarak çok miktarda veriyi depolamak için dağıtık depolama sistemlerinden de yararlanılmaktadır. Ancak dağıtık sistemler sürekli çalışmalıdır. Ayrıca sunucu hatasını önlemek yani tutarlılığı sağlamak için aynı verinin birden fazla kopyasının sistemde olması gerekmektedir. Yine sistemde fazla sunucu olması verinin kullanılabilirliği açısından daha fazla sorun ve arızaya sebep olabilmektedir. Aynı zamanda ağda bir arızanın olması, tüm sistemin düzgün çalışmasına engel olabileceğinden dağıtık tüm sistemlerin bağlantı, düğüm ve ağ sorunları için belirli toleranslara sahip olması gerekmektedir.

2.3.2. Büyük Veri Yöntemleriyle Verinin Saklanması/ Depolanması/Analizi

Günümüzde veri üretiminin ve veri üretim kaynaklarının çok çeşitlenmesi, verinin değerlendirilmesinde geleneksel veri tabanı tekniklerinin yetersiz kalmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple farklı hacimlerde ve heterojen veriyi tanımlayan yeni bir kavram olarak büyük veri ortaya çıkmıştır. Aktan (2018) tarafından bu veri kaynakları şu şekilde aktarılmıştır:

- **Taşımacılık, lojistik, perakendecilik, kamu hizmeti ve telekomünikasyon:** Bu endüstriyel alanlarda kullanılan GPS verileri, RFID etiket okuyucuları, akıllı sayaçlar ve telefonlarda yer alan sensörler vasıtasıyla gittikçe artan bir hızda veri toplanmaktadır. Toplanan bu veri, operasyonları optimize etmek, anlık olarak ortaya çıkan iş fırsatlarının farkına varmak ve örgütsel iş zekâsını (business intelligence) çalıştırmak amaçlı kullanılabilir.
- **Sağlık hizmetleri:** Bu alanda hemen tüm tanı ve teşhis cihazları ile raporlama sistemleri elektronik ortamda veri üretmektedir. Bu veri çeşitliliği kısa dönemde halk sağlığının gözlemlenmesinde, uzun dönemde ise salgın hastalıkların araştırılması, tespiti ve önlenmesinde kullanılabilir.
- **Devlet:** Birçok devlet kuruluşu, nüfus sayımı, enerji kullanımı, bütçe raporları, kanunsal yaptırım sonuçları, seçim sonuçları gibi halka ait raporları sayısal ortama aktarmakta ve halkın erişimine sunmaktadır. Bu tarz veriler, kamu kuruluşları ve bölgesel topluluklar tarafından tutulan ve geniş yelpazede faaliyet gösteren iş ve yönetim uygulamalarında kullanılabilir. Bu verilerin büyük çoğunluğu web ortamında serbestçe erişilebilecek durumdayken bazıları da belirli bir ücret karşılığı elde edilebilir.

- **Eğlence medyası:** Kitap, gazete, magazin, televizyon, radyo, film, sinema, müzik ve oyun gibi birçok alanda hizmet veren eğlence endüstrisi, son yıllarda artan bir hızda sayısal kayıt, üretim ve dağıtımına doğru bir geçiş sergilemiştir. Bugün eğlence medyasında kişi ve toplumların davranışlarını gözlemleyen geniş içerikte veri toplanmaktadır.
- **Yaşam bilimleri:** Yaşam bilimleri endüstrisindeki veri üretimine örnek olarak düşük maliyetli gen sayımı verilebilir. 1.000 Amerikan dolarından daha düşük maliyette gerçekleştirilebilen gen sayımı, genetik çeşitliliği araştırmada ve potansiyel tedavi etkinliğini belirlemede analiz edilebilecek onlarca terabaytlık veriyi oluşturmaktadır.
- **Video görüntüleme:** Video görüntüleme endüstrisinde, alt yazılı televizyon teknolojilerinden IP temelli televizyon kameralarına ve kayıt sistemlerine doğru ilerleme kaydedilmiştir. IP temelli yeni teknolojik kamera verisi, güvenlik ve servis hizmetlerinin geliştirilmesi amacıyla analiz edilmek üzere toplanmaktadır.

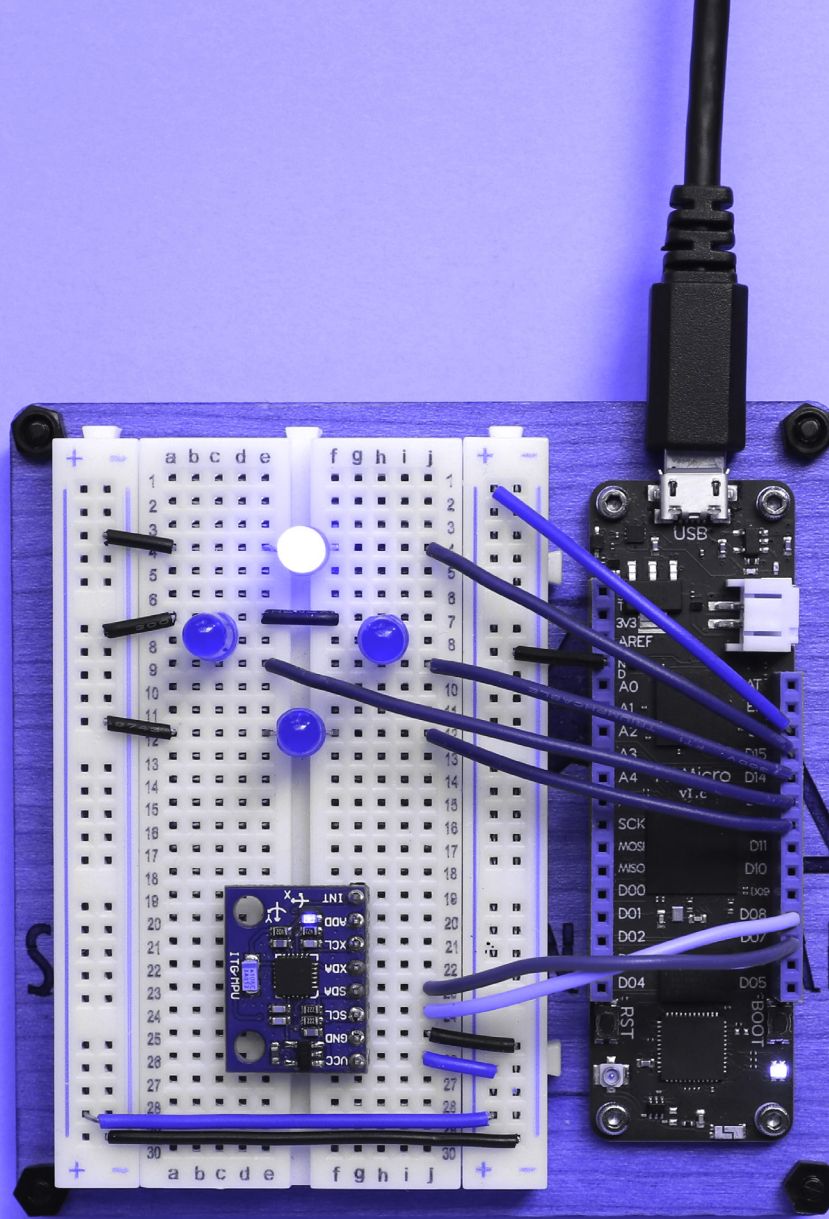
Büyük veri depolama sistemleri, veri tabanları ve programlama modelleri açısından sınıflandırılabilirler. Dosya sistemleri, büyük veri depolama sistemleri uygulamaları için temel oluşturmaktadır. Hadoop, Cosmos ve Haystack büyük veri sistemleri için geliştirilen bazı dosya sistemleridir. Büyük veri depolama alanı ile birlikte büyük veri veritabanları da geliştirilmektedir. Bunun sebebi geleneksel ilişkisel veri tabanlarının yetersiz olmasıdır. Büyük verilerin depolanması için son zamanlarda NoSQL veri tabanları geliştirilmektedir. NoSQL veri tabanları özelliklerine göre Anahtar-değer (Key-value), Sütun-tabanlı (column-oriented), Doküman-tabanlı (document-oriented) ve Grafik-tabanlı (graph-based) veri tabanları olmak üzere dört türden oluşmaktadır.

Sağiroğlu vd. (2016:22-23) büyük veri analitiği analizlerinde kullanılan araçları şu şekilde özetlemiştir:

- Büyük veri, veri tabanlarından bağımsız yapılandırılmamış verilerin analizi olarak tanımlandığı için bilindiği gibi SQL türevi bir dille analize uygun değildir. Bu sebeple bu süreçte NoSQL tabanlı araçlar kullanılmaktadır. Bu araçlardan en çok kullanılan ve en iyi bilinenleri MongoDB, CouchDB, Cassandra, Redis, BigTable, Hbase, Hypertable, Voldemort, Riak, Zookeeper olarak gösterilebilir.
- Büyük veri analitiğinden bahsedildiğinde MapReduce kavramını vurgulamak da gereklidir. MapReduce kavramı, dağıtık mimari üzerinde çok büyük verilerin kolay bir şekilde analiz edilebilmesini sağlayan bir sistemdir. "Map" aşamasında analiz edilen veri içerisinden almak istediğimiz veriler çekilir, "Reduce" aşamasında ise bu çektiğimiz veri üzerinde istediğimiz analiz gerçekleşir. Bu aşamada kullanılan araçlar Hadoop, Hive, Pig, Cascading, mrjob, Caffeine, S4, MapR, Acunu, Flume, Kafka, Azkaban, Oozie, Greenplum olarak ifade edilebilir.
- Büyük veriyi depolayabilmek için kullanılan araçlar arasında S3, HDFS (Hadoop Distributed File System) gösterilebilir. Depolama sürecinde kullanılan sunuculara EC2, Google App Engine, Elastic, BeanStalk ve Heroku örnek verilebilir.

Son olarak büyük verinin analitiği işleme sürecinde R, Yahoo Pipes, Mechanical Turk, Soir/Lucene, ElasticSearch, Datameer, BigSheets, Tinkerpop gibi araçlar kullanılabilir.

3

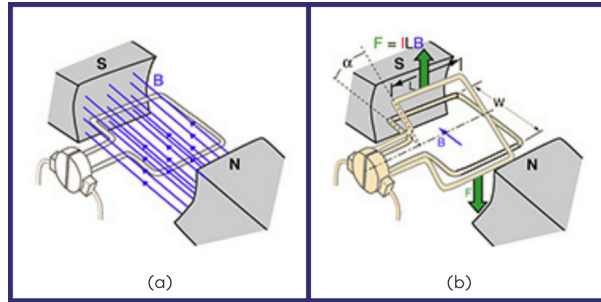


AKTÜATÖRLER

Sensörler kadar hayatımızda olan ve kimi zaman sensörlerle karıştırılan bir algılayıcı türü de aktüatörlerdir. Aktüatörler bir enerji türünü kullanarak, bu enerjiyi harekete dönüştüren algılayıcı türüdür. Enerji kaynağı olarak elektrik, pnömatik ve hidrolik kullanılır.

3.1. ELEKTRİKLİ AKTÜATÖRLER

Elektrikli aktüatörler kullanım kaynağı olarak elektrik enerjisini kullanırlar. Yani elektriği harekete çevirirler. Bu kapsamda ilk akla gelen elektrikli aktüatör örneği, elektrik motorlarıdır. Elektrik motorlarının çalışma prensibi Şekil 11 yardımıyla anlatılabilir.

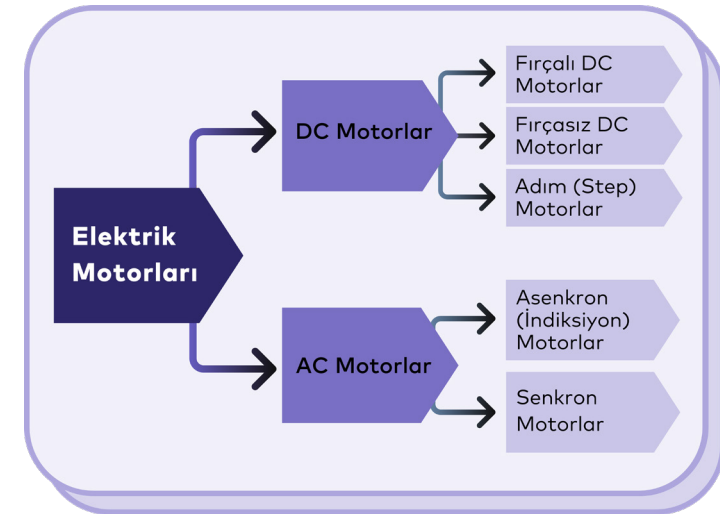


Şekil 11. Elektrik Motoru Çalışma Prensibi (Erol 2015:1)

Şekil 11 (a)'da gösterilen kısımda N ve S mıknatıs kutupları arasında metal bir çerçeve (telle sarılmış bobin) bulunmaktadır. Mıknatıs kutuplarının oluşturduğu manyetik alanın yönü N kutbundan S kutbuna doğrudur. Çerçevenin uçlarına gerilim uygulandığında çerçevenin içinden I akımı akar. Akan bu akım çerçevenin etrafında da bir manyetik alan oluşturur. Yeni oluşan bu manyetik kuvvet ile mıknatıs sebebiyle zaten oluşmuş olan manyetik alan çakışması sebebiyle

bir kuvvet ortaya çıkar. Metal çerçeve kendi mili etrafında dönmeye başlar. Bu durum çerçeveye elektrik uygulandıkça devam eder. Bu şekilde en temel elektrik motoru elde edilmiş olur (Erol, 2015:1).

Elektrik motorları zamana göre değişmeyen doğru akım (DC) ve zamana göre değişen akım (AC) olmak üzere iki ana türden oluşur. Bu motorların çeşitleri Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 12. Elektrik Motor Çeşitleri (Akın, Erişim: 2020)

Robotik, elektronik, kontrol gibi alanlarda DC motorlar hız kontrolü gerilim değerine göre ayarlanabildiği için daha çok tercih edilirler. Ancak bazı yönlerden her iki motor türünün tercih edildiği alanlar farklılık gösterir. Bu farklılıklar kapsamında elektrikli aktüatörlerin kullanım alanları, avantajları ve dezavantajları aşağıda belirtildiği gibi sıralanabilir (Akın,Ö.).

3.1.1. Elektrikli Aktüatörlerin Kullanım Alanları

- Konveyörler,
- Asansörler,
- Vinçler,
- Denizcilik uygulamalarında,
- Malzeme taşımada,
- Kâğıt, plastik, çelik, tekstil vb. uygulamalarda,
- Otomotiv sektöründe,
- Havacılık sektöründe,
- Mobil robotların hız kontrolünde

etkin olarak kullanılırlar.

3.1.2. Elektrikli Aktüatörlerin Avantajları

- DC motorların hız kontrolünün kolay olması,
- DC motorların hız-tork karakteristiklerinin AC motorlardan daha basit olması sebebiyle çekiş gücü yüksek olan raylı sistemler gibi platformlarda kullanılabilmesi,
- DC motorların boyutlarının küçük olması nedeniyle yer tasarrufu sağlaması.

3.1.3. Elektrikli Aktüatörlerin Dezavantajları

- DC motorların rotor sargılarına fırça düzeneği bağlamak gerektiğinden, fırçalarda aşınma meydana geleceği için periyodik bakım yapılması,

- Fırçalı DC motorlar hayati önem gerektiren yapay kalpler, uydular vb. alanlara ek olarak motorlardaki fırçalar kıvılcım çıkarabileceği için patlayıcı madde içeren ortamlarda da kullanılamaması,
- Maliyet açısından ise DC motorlar AC motorlara göre daha pahalı olması.



3.2. PNÖMATİK AKTÜATÖRLER

Pnömatik aktüatörler ise gaz basıncını harekete dönüştürürler. Bu amaçla hava kullanılabileceği gibi başka gazlardan da yararlanabilmektedir. Bu tip aktüatörler, tıpkı hidrolik aktüatörler gibi doğrusal ya da dairesel hareket sağlanmasında kullanılmaktadırlar. Yine benzer şekilde pnömatik aktüatörlerin kullanım alanları, avantajları ve dezavantajları yanda belirtildiği gibi sıralanabilir (Akin, t.y.)



3.2.1. Pnömatik Aktüatörlerin Kullanım Alanları

- Haddeleme, bükme ve çekme gibi şekil verme işlemlerinde,
- Otomasyon sistemleri ve elektronik sanayisinde,
- Robot teknolojilerinde,
- Malzeme taşımacılığında,
- Takım tezgâhları ve el aletlerinde,
- Boya, sprey ve vernik işlemlerinde,
- Tekstil sanayinde,
- Gıda, kimya, ilaç ve maden sanayinde

etkin olarak kullanılırlar.

3.2.2. Pnömatik Aktüatörlerin Avantajları

- Ucuz olması,
- Hızlı olması,
- Temiz çalışması,
- Laboratuvar ortamında da kullanılabilmesi,
- Hasar almadan durabilmesi.

3.2.3. Pnömatik Aktüatörlerin Dezavantajları

- Havanın sıkıştırılması sebebiyle kontrolünün ve hassasiyetinin az olması,
- Egzoz sisteminin gürültü kirliliği yaratması,
- Hava sızıntısı meydana gelebilmesi,
- Ekstra kurulum ve filtreleme gerekmesi,
- Hız kontrolünün zor olması.

3.3. HİDROLİK AKTÜATÖRLER

Hidrolik aktüatörler enerji kaynağı olarak çeşitli sıvıları kullanırlar. Akışkan olarak ilk başlarda su kullanılmıştır. Ancak suyun belli ısı-larda donması, paslanmaya sebep olması gibi etkenler sebebiyle günümüzde daha çok yağlar bu amaçla kullanılmaktadır. Bu kapsamda kullanılan yağlar hidrolik yağlar olarak adlandırılmaktadır. Hidrolik aktüatörler hem doğrusal hem de dairesel hareket sağ-layan sistemlerde kullanılabilirlerdir. Bu sistemler araç bakım tesislerinde kullanılan cenderelerden, araçlardaki hidrolik kontrol sistemlerine kadar çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. Hidrolik aktüatörlerin de kullanım alanları, avantaj ve dezavantajları aşağı-da gösterilmiştir (Akın, t.y.)

3.3.1. Hidrolik Aktüatörlerin Kullanım Alanları

- Deniz ve havacılık sektöründe kullanılan platformlarda,
- İş tezgâhlarında,
- Kaldırma makinalarında,
- Enerji üretim alanlarında,
- Takım tezgahlarında,
- Preslerde,
- Enjeksiyon makinalarında,
- Sanayi tipi robotlarda,
- Otomotiv endüstrisinde,
- Kaldırma ve iletme makinalarında (forklift vb.),
- İş makinalarında (beton pompaları, greyderler, mobil vinçler, ekskavatörler vb.),
- Tarım makinalarında, ...

3.3.2. Hidrolik Aktüatörlerin Avantajları

- Büyük kaldırma kapasitesine sahip olması,
- Hafif olmasına rağmen güçlü olması,
- Yağ sıkışmadığından bağlantıların sabit bir halde tutulabilmesi,
- Çok iyi servo kontrol yapılabilmesi,
- Kendini soğutabilmesi,
- Çabuk tepki verebilmesi,
- Alev alabilir ortamlarda güvenli olması,
- Düşük hızlarda yumuşak hareket edebilmesi.

3.3.3. Hidrolik Aktüatörlerin Dezavantajları

- Pahalı olması,
- Yüksek hızlarda dairesel hareket için uygun olmaması,
- Boyutlarını küçültmenin zor olması,
- Uzak güç kaynağına ihtiyaç duyması sebebiyle yer kaplaması.



3.4. KULLANIM ALANLARINA GÖRE AKTÜATÖR BELİRLENMESİ

Aktüatörlerin özelliklerine göre kullanım alanları da farklılık göstermektedir. Bazı sahalarda çok yüksek güce ihtiyaç varken, bazı faaliyetler pozisyon doğruluğu gerektirmektedir. Dolayısıyla herhangi bir iş yaparken kullanılacak aktüatörün belirlemede aktüatörlerin özellikleri önemli bir rol oynamaktadır. Aktüatörlerin özelliklerine göre kıyaslaması Tablo 1’de görülmektedir. Tablo 1 ve benzeri kıyaslamalar aktüatör seçiminde bize en iyi seçeneği bulmamızda yardımcı olmaktadır. Bu kapsamda aktüatör seçerken aşağıda sayılan hususlara dikkat edilmesi önemlidir:

- Tablo 1’den de yararlanarak önce elektrik, hidrolik ya da pnömatik aktüatörlerden hangisini kullanacağımıza karar vermemiz gerekmektedir.
- Aktüatör açma/kapama işleminde kullanılacaksa açma/kapama sisteminin momenti tespit edilmelidir.
- Seçilen aktüatör tipine bağlı olarak elektrik besleme gerilimi, basınç değeri vb. gibi çalışma gereksinimleri belirlenmelidir.
- Sürece uygun nasıl bir iletişim sistemi kurulması gerektiği belirlenmelidir.

Özellik	Pnömatik	Hidrolik	Elektrik
Karmaşıklık	Basit sistem bileşimi	Orta derecede karmaşık sistem bileşimi	Kontrol sistemleri ve hareket bileşeni birden fazla karmaşık kurulumla birlikte çalışabilir.
Maksimum Güç	Yüksek	Çok yüksek	Yüksek
Kontrol	Basit vanalar	Orta derece hızlar	Orta derece hızlar
Pozisyon Doğruluğu	Konum doğruluğunu sağlamak çok zordur	Orta strok konumlandırma için ek bileşenler ve kullanıcı desteği gerektirir	Konumlandırma kabiliyeti ve hız kontrolü senkronizasyona imkân sağlar
Hız	Çok yüksek hızlar	Orta derece hızlar	Orta derece hızlar
Yük Katsayısı	Yüksek yük katsayısı	Son derece yüksek yük katsayısı	İstenilen hız ve konuma bağlı olarak yüksek olabilir
Ömür	Orta ömür garantili ve gerektiğinde değiştirilmesi kolay	Uygun bakım ile uzun ömürlü olabilir	Uygun bakım ile uzun ömürlü olabilir
İvme	Çok yüksek	Çok yüksek	Orta
Şok Yükler	Şok yükleri kaldırabilir	Patlamaya, darbeye ve kıvılcıma dayanıklı	-
Çevresel	Yüksek gürültü seviyeleri	Hidrolik sıvı sızıntısı ve atığı	Minimal
Gereksinim	Kompresör, güç, borular	Pompa, güç, borular	Yalnızca güç
Verim	Düşük	Düşük	Yüksek
Güvenilirlik	Mükemmel	İyi	İyi
Bakım	Yüksek miktarda bakım	Sistemin ömrü boyunca yüksek kullanıcı bakımı	Değiştirme gerektiğinde çok az bakım gerektirir veya hiç bakım gerektirmez
Satın Alma Maliyeti	Düşük maliyet	Yüksek maliyet	Yüksek maliyet
İşletme Maliyeti	Orta maliyet	Yüksek maliyet	Düşük maliyet
Bakım Maliyeti	Düşük maliyet	Yüksek maliyet	Düşük maliyet

Tablo 1. Aktüatörlerin Kıyaslanması
(mekatronikmuhendisligi.com, Erişim: 2020)

3.5. AKTÜATÖRLERİN AKILLI ŞEHİRLERDEKİ YERİ ve ÖNEMİ

Bir akıllı şehir aynı zamanda nesnelerin interneti sistemi olarak da tanımlanabilir. Bu sistem, sensörler ve aktüatörler ile donatılmış akıllı nesnelere kullanılmaktadır. Sensörler veriyi toplayarak merkezi bir bulut yönetim platformuna göndermekle görevliken, aktüatörler cihazların çalışmasına izin verir. Bir diğer deyişle sensörlerin topladığı verinin kullanılması için mekanik bir aksiyonu tetikler.

IoT sadece veriyi okumak ya da işlemek ile ilgilenmez, aynı zamanda verinin dinamiğine bağlı olarak cihazların tetiklenmesini de gerektirir. Aktüatörler bir cihazdaki enerjiyi harekete çevirirler. IoT senaryolarında aktüatörler bir güç uygulayarak başka bir cihazı açıp kapamak gerektiğinde devreye girerler. IoT'deki birçok otomasyon sistemi sensörler ve aktüatörlerin bir kombinasyonu şeklinde kullanılmaktadır. Bu nedenle de IoT'nin, dolayısıyla akıllı şehirlerin omurgasını bu iki bileşen oluşturmaktadır.

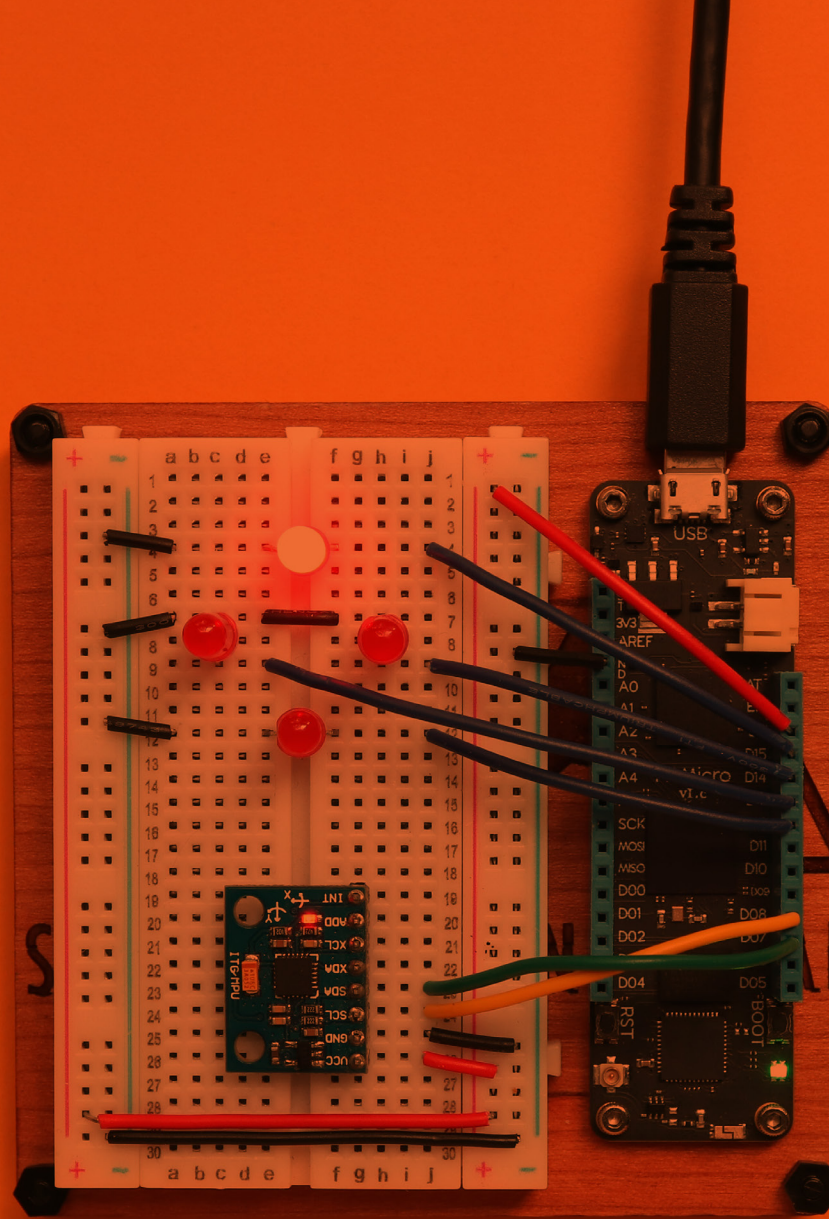
Bugünün endüstriyel uygulamaları otomatik proseslerle yürütülmeye başlanmıştır. Otomasyon sistemleri sayesinde üretim işlemlerinin kalitesi ve verimliliği artmıştır. Otomatik ekipmanlar hem performans sonuçları bakımından hem de üretim işlemleri esnasında meydana gelebilecek tehlikeli durumları azaltmaları açısından daha fazla tercih edilir hale gelmişlerdir. Aktüatörler de bu sistemlerin fonksiyonelliğini devam ettirmelerinde anahtar bir yere sahiptir.

Aktüatörler bir mekanizma ya da sistemin taşınması, kontrol edilmesi ya da hareket ettirilmesinden ve otomatik ekipmanın çalışmasını kolaylaştırmaktan sorumludurlar. Aktüatörler ayrıca akıllı sağlık, otomotiv, üretim ve besin tedariki alanlarında da işlemlerin otomatik hale getirilmesine yardımcı olmaktadır.

Aktüatörler, IoT sistemlerinde oldukça önemli bir yere sahip olduklarından doğru aktüatörü seçmek kritik bir öneme sahiptir. En iyi performansı alabilmek için yüksek standartlarda üretilmiş, uygulama odaklı olan aktüatörlerin uygulama ihtiyaçları ve mevcut altyapının gözönüne alınarak seçilmesi gerekmektedir.



4



DEĞERLENDİRME

Bilişim teknolojisinin hızlı gelişimi hemen her sektörde bilgi üretimini artırmış, üretilen bu bilgi, üretimden pazarlamaya kadar hemen her alanda doğrudan kullanılmaya başlamıştır. Bu kullanım, akıllı üretim süreçlerini ortaya çıkarmıştır.

Zhou vd. (2015:2148) bu süreci; "Akıllı üretim; son derece esnek, kişiselleştirilmiş ve ağa bağlı bir endüstriyel zincir oluşturmak için tüm endüstriyel sürece uygulanabilen insan-bilgisayar etkileşimi, lojistik yönetimi, 3B baskı ve diğer gelişmiş teknolojilere odaklanır" şeklinde tanımlamaktadır.

Bu tanımlı tüm akıllı kelimesi ile başlayan bileşenlerle ilişkilendirmek mümkündür. Bu ilişkilendirmede; sensörlerin/aktüatörlerin bilişim sistemleri kontrolünde sistem-insan arasında belirlenen görev dağılımı şeklinde kısaca tanımlayabileceğimiz otomasyon kavramı etkili olmaktadır. Başka bir ifadeyle insan-makine ilişkisinde otomasyona bağlı gelişim süreçleriyle insan kaynağını verimli ve en az güç kullanılacak şekilde kullanmaktır. Aslında insan faktörünün etkisinin azaltılmasıyla insan kaynaklı hataların minimize edilmesi, iş güvenliği standartlarının yükseltilmesi, yüksek üretim seviyesine ulaşılması düşük maliyetle yüksek kaliteye erişim gibi sonuçlara ulaşılmaktadır. Bu kapsamda akıllı üretim süreçleri algılama amaçlı olarak sensörleri; iş yapan akıllı robotların ağır malzemeleri kaldırmaları ya da işleyebilmeleri için de aktüatörleri etkin olarak kullanmaktadır.

Bu süreçte fiziksel olarak çalışan sistemlerin, siber uzay boyutundaki imkanları da kullanarak birbirleriyle sürekli iletişim halinde olmaları halineyse siber fiziksel ortamlar denilmektedir. Bu ortamın gerçekleştirilmesinde de sensörler ve aktüatörler kilit rol oynamaktadır.

Elbette bu akıllı üretim süreçlerinin gerçekleştirilmesinde sensörler tarafından elde edilen, aktüatörler tarafından kullanılan ve ağlar yardımıyla paylaşılan bilgilerin doğru ve güvenilir olması büyük önem taşımaktadır. Bu anlamda etkili bir siber fiziksel sistem ortamının oluşturulması, çok çeşitli kaynaklardan elde edilen verilerin etkin bir şekilde yönetilmesi ve merkezi sunucuya kesintisiz aktarılmasına bağlıdır. Siber fiziksel sistemler birbirleriyle sürekli haberleşen farklı sistemlerden oluşmaktadır. Bu farklı yapılar; temelde iletişim ve kontrol amaçlı donanımlar, üretilen ya da kullanılan verilerle bu verilerin yönetilmesi ve süreci oluşturan tüm sistemlerin iletişim halinde olmalarıyla görevlerini yerine getirmektedirler. Bu birbirlerinden farklı sistemlerin, etkili, verimli ve değer katan bir üretim sürecini oluşturabilmeleri için bir arada ve uyum içerisinde çalışmaları gerekmektedir. İşte birbirlerinden farklı tüm bu ve benzer sistemlerin yeni bütünleşik bir sistem gibi çalışabilmesi için sistem entegrasyonunun yapılması gerekmektedir. Bu sayede gerçek zamanlı olaylara sensörler, aktüatörler ve iletişim sistemleri; birbirleriyle uyumlu, seri ve çevik bir şekilde tepki verebileceklerdir.

Kaynakça

Araştırma Makalesi

Kocovic P. (2008). "Four Laws for Today and Tomorrow" Journal of Applied Research and Technology, Vol 6. No.3. Pgs. 133-146 <http://www.jart.icat.unam.mx/index.php/jart/issue/view/42>

Koşunalp, S. ve Arucu, M. (2018). Nesnelerin interneti ve akıllı ulaşım. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 1(1), 1-7. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/pub/jitsa/issue/35759/393470>

Spencer, B.F., Ruiz-Sandoval, M.E., Kurata, N. (2004). Smart sensing technology: opportunities and challenges. 2004 Structural Control and Health Monitoring, 11: 349–368 (DOI: 10.1002/stc.48), <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/stc.48>

Sempozyum, Konferans

Gahi, Y., Guennoun, M. ve Mouftah, H.T. (2016). Big Data Analytics: Security and privacy challenges. 2016 IEEE Symposium on Computers and Communication (ISCC), içinde (952-957), Messina: doi: 10.1109/ISCC.2016.7543859.

Zhou, K., Liu, T. ve Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. 2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), Zhangjiajie. pp. 2147-2152. doi: 10.1109/FSKD.2015.7382284.

Kitap

McGrath, M. and Scanail, C. N. (2013), "Sensor Technologies Healthcare, Wellness, and Environmental Applications", Apress Open, Springer, <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4302-6014-1> (Accessed: 19 July 2018).

Sağiroğlu vd. (2016). "Büyük Veri Analitiği, Güvenliği ve Mahremiyeti" Ankara. <http://bigdatacenter.gazi.edu.tr/wp-content/uploads/buyukverikitabi.pdf>

Ünal, A.N. (2015). Siber Güvenlik ve Elektronik Bileşenleri. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Vercellis, C. (2009). Business Intelligence: Data Mining and Optimization for Decision Making. West Sussex. John Wiley & Sons Ltd.

Web Sitesi

Akın, Ö. https://www.ozgurakin.com.tr/download/3-Aktuatorler_ve_Aktuator_Secimi.pdf

Çalapkulu, S. <https://www.emlakdergisi.net/akilli-binalar-ve-otomasyon-sistemleri.html>

Engin, D. (2014). <http://tec.ege.edu.tr/dersler/sensorler.pdf>

Erol, Y. (2015). <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/kendimiz-yapalim-basit-elektrik-motoru>

<https://www.mekatronikmuhendisligi.com/hidrolik-ve-pnomatik-aktuatorler.html>

NASA. (2018). <https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html>

Soylu, E. <https://web.karabuk.edu.tr/emelkocak/dersler/MTM326.html>

İletişim ve kontrol amaçlı donanımlar, üretilen ya da kullanılan veriler ve süreci oluşturan tüm sistemlerin iletişim halinde olmalarıyla görevlerini yerine getirmektedirler. Bu birbirlerinden farklı sistemlerin, etkili ve verimli bir üretim sürecini oluşturabilmeleri için bir arada ve uyum içerisinde çalışmaları gerekmektedir. Algılayıcılar, aktüatörler ve iletişim sistemlerinin birbirleriyle uyumlu, seri ve çevik bir şekilde gerçek zamanlı olarak olaylara tepki verebilmeleri için bütünleşik bir sistem entegrasyonuna sahip olması zorunlu bir ihtiyaçtır. Elinizdeki bu çalışma algılayıcılar ve aktüatörleri tüm yönleri ile el almaktadır.



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Akıllı Şehirler Kapasite Geliştirme ve Rehberlik Projesi



www.akillisehirler.gov.tr