

Bu yayınlı ilgili tartışmalara, istatistiklere ve yazar profillerine şu adresten bakabilirsiniz: <https://www.researchgate.net/publication/338224201>

Çevresel Sürdürülebilirlik ve İklim Değişikliği için Nesnelerin İnterneti

Bölüm - Ocak 2020

DOI: 10.1007/978-3-030-35291-2_2

ATIFLAR

81

OKUYUN

3,249

1 yazar:



Abdul Salam

Purdue Üniversitesi Batı Lafayette

87 YAYIN 3.362 ATIF

PROFİLE BAKIN

Bölüm 2

Çevresel Sürdürülebilirlik ve İklim Değişikliği Nesnelerin İnterneti

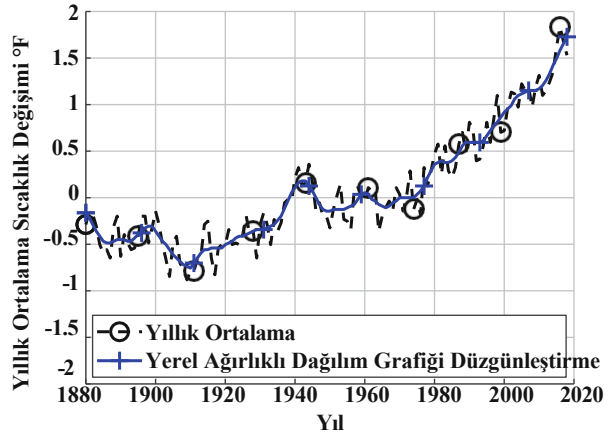


Özet Dünyamız buzulların geri çekilmesi, yükselen sıcaklıklar, daha değişken ve yoğun hava olayları (örneğin seller, kuraklıklar ve donlar), bozulan dağ ekosistemleri, toprak bozulması ve artan su kıtlığı gibi iklim değişikliği risklerine karşı savunmasızdır. Ancak, bölgesel iklimdeki değişiklikleri ve bu değişikliklerin insan ve doğal sistemleri nasıl etkileyeceğini anlamamızda büyük boşluklar vardır ve bu da gelecek değişiklikleri öngörmeyi, planlamayı ve bunlara uyum sağlamayı zorlaştırmaktadır. Bu alandaki IoT paradigması, teknoloji çözümlerini kullanarak bölgesel iklim anlayışımızı geliştirirken, ilgili alanların her birinde (örneğin, çevre kalitesi ve izleme, sürdürülebilir enerji, tarım sistemleri, kültürel koruma ve sürdürülebilir madencilik) iklim değişikliği etkileri değerlendirmelerini desteklemek için gerekli olan entegre çevresel algılama ve iletişime dayalı dinamik iklim unsurlarını sağlayabilir. Çevresel Sürdürülebilirlik ve İklim Değişikliğinde IoT bölümünde, iklim değişikliği projeksiyonlarının bilinçli bir şekilde oluşturulması, yorumlanması ve kullanılması ve kilit toplumsal ve ekonomik paydaşlar tarafından yönlendirilen iklim ve çevre biliminde sürekli yenilikler için bir çerçeve sunulmaktadır. Buna ek olarak, iklim ve çevre biliminde sürekli yeniliklerin geliştirilmesini destekleyecek IoT siber altyapısı tartışılmaktadır.

2.1 Giriş

Küresel iklim, esas olarak son elli yıldaki insan faaliyetleri nedeniyle hızla değişmektedir [80, 137]. Bu değişimin, çevredeki ısı tutucu gaz emisyonlarına ve Dünya ikliminin bu emisyonlara olan duyarlılığına bağlı olarak öngörülebilir gelecekte de devam edeceği tahmin edilmektedir [108]. ABD'de 1895'ten 2020'ye kadar ortalama sıcaklıkta 1,3-1,9° F'lık bir artış gözlenmiştir ve 1970 yılından sonra önemli bir artış olmuştur [7, 25, 110]. Küresel yıllık ortalama yüzey-hava sıcaklıklarındaki değişim (okyanus ve kara birleşik) Şekil 2.1'de gösterilmektedir. 1880'den bu yana küresel deniz seviyelerinde 8 inçlik bir artış gözlemlenmiş olup, bu yüzyılın sonuna kadar 4 ft'ye kadar bir artış öngörülmektedir. Deniz, kara ve göllerdeki buzla kaplı alanlar (yüzey genişliği) sıcaklık artışıyla birlikte azalmaktadır [63, 116]. En sıcak ay rekorları kırılıyorken

Şekil 2.1 Küresel yıllık ortalama yüzey-hava sıcaklıklarındaki değişim (okyanus ve kara birleşik) NASA/GISS/GISTEMP verileri

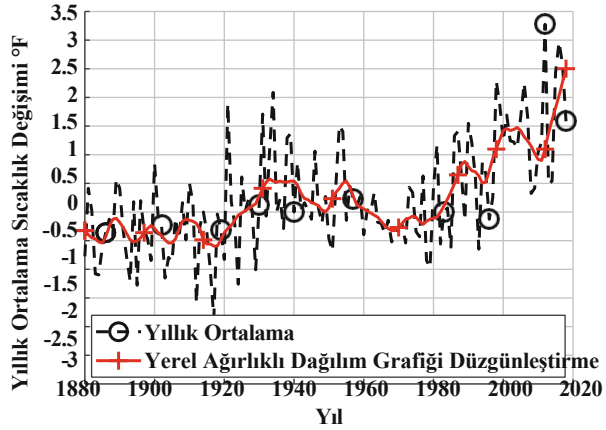


iklimdeki doğal değişikliklerle birlikte insan kaynaklı küresel ısınma, iklim değişikliklerini doğru bir şekilde tahmin etmeyi çok zorlaştırmaktadır [8, 79, 117, 119, 124]. Buna göre, büyüme mevsiminin don olmayan döneme bağlı olması nedeniyle, büyüme mevsiminin uzunluğu artmıştır ve artmaya devam edecektir [4, 30, 38, 62, 68, 74, 142, 157, 158, 173]. Ayrıca, ortalama yağış miktarı artmış ve buna bağlı olarak aşırı sağanak yağışların ve yağışların yoğunluğu da artmıştır [7, 94, 128, 139, 151]. Ayrıca, aşırı hava olaylarında daha fazla varyasyon gözlenmektedir (örneğin, soğuk hava dalgalarının sıklığı azalmış ancak şiddeti artmıştır) [9, 32, 44, 55, 83, 120, 146]. Benzer şekilde, aynı örüntüler kuraklık ve sel baskınları için de gözlemlenmekte olup, kuraklık yoğunluğu artmıştır [49, 82, 121]. 1980'den bu yana, kasırgalar daha sık ve yoğun hale gelmiş ve daha uzun sürelerle yayılmıştır; bu da şiddetli sağanak yağışlar ve yoğun fırtınalarla ilişkilidir [20, 43, 106]. Kış fırtınalarının sıklığı ve yoğunluğu, zarar verici rüzgarlar, fırtına ve hortumlar da iklim değişikliği araştırmalarının konusudur [17, 65, 112, 155]. Okyanus asitleşmesi (okyanusların pH seviyelerindeki düşüş), okyanuslardaki atmosferik karbondioksit emisyonunun dörtte birinin emilmesi nedeniyle artmakta ve bu da deniz eko sistemini etkilemektedir [33]. ABD'de yıllık ortalama yüzey-hava sıcaklıklarındaki değişim Şekil 2.2'de gösterilmektedir.

IoT, iklim değişikliğiyle mücadelede etkili bir araç olarak öngörülmektedir [81]. Algılama ve izleme yetenekleri sayesinde, atmosferimizdeki CO₂ ve farklı sera gazlarının miktarını algılayarak iklim değişikliğinin temel nedenine ilişkin içgörü sağlamaktadır [150]. Fosil yakıtların yakılmasıyla kaynaklanan sera gazı emisyonları gerçek zamanlı olarak algılanabilir. Buna göre, emisyonların dengelenmesine yardımcı olan ormanlarda yakalanan karbonun depolanmasını artırmak için karbon tutma süreçleri ve oranları izlenebilir. Ayrıca, iklim IoT'sine entegre edilerek atmosferik CO₂'yi kalıcı olarak azaltmak için yeni atmosferik "şeyler" ve teknoloji geliştirilebilir.

Şekil 2.2

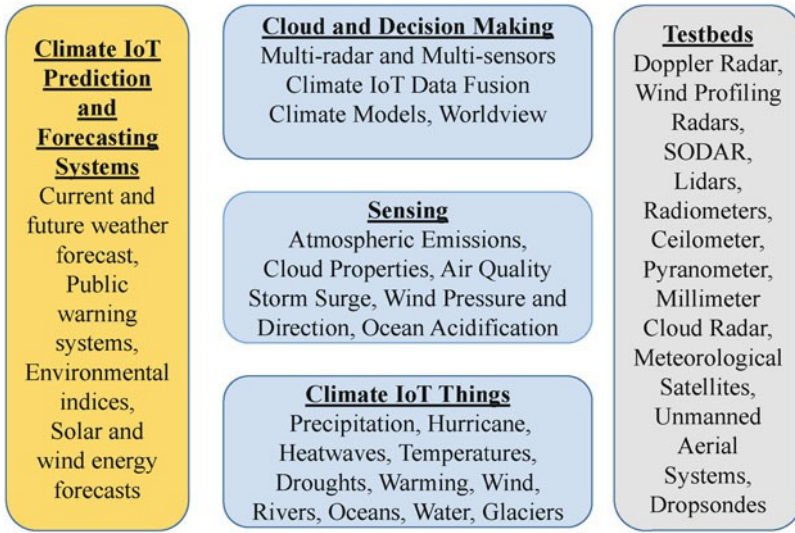
NASA/GISS/GISTEMP'e göre ABD'de yıllık ortalama yüzey-hava sıcaklıklarındaki değişim
Veri



İklim Nesnelerin İnterneti, iklim değişikliği öngörüsü ve adaptasyon hazırlığında da faydalıdır. Algılama ve iletişim teknolojileri, tahmin sistemleri ve modelleriyle birleştiğinde belirsizliği ortadan kaldırır ve iklim değişikliklerinin tam doğası hakkında faydalı bilgiler sağlar. IoT destekli iklim karar verme araçları, iklimin nasıl değişeceğini ve ekosistemin iklim değişikliğine ve onu etkileyen diğer faktörlere nasıl tepki vereceğini tahmin edebilir. IoT teknolojisi, yüksek sera gazlarının etkileri üzerine ampirik araştırmalar yapılmasını sağlamıştır [126]. Ayrıca farklı iklim koşullarında (hem mevcut hem de gelecekteki) ekosistemin tepkisinin simülasyonlarını da desteklemektedir. Bu yeni bilgilerle çevresel ve atmosferik yönetim uygulamaları uyarlanabilir ve buna bağlı olarak yeni yönetim teknikleri geliştirilebilir. İklim Nesnelerin İnterneti, çağdaş bilimsel ve teknolojik gelişmelerden yararlanarak, acil ve uzun vadeli hedefleri ve uygulama ihtiyaçlarını karşılama potansiyeline sahiptir. Bu mimari, küresel ekosistemlerin daha iyi anlaşılmasını ve kavranmasını sağlar ve bilinçli karar almayı destekler. Evrensel ölçekten bölgesel ölçeklere kadar Dünya sisteminin bu şekilde daha iyi anlaşılması, su kaynaklarını değerlendirme, hava durumu modellerini tahmin etme, iklim tahminleri yapma ve ekosistem sağlığını daha iyi anlama becerimizi geliştirme potansiyeline sahiptir. Bu faktörlerin toplumumuz üzerindeki etkisi, topluma faydalı uygulamaların geliştirilmesi ihtiyacını belirlemektedir.

2.2 İklim Değişikliği Çevresel Sürdürülebilirlik için Nesnelerin İnterneti

Dünya çapındaki çevre atmosfer, ekosistemler, hava kalitesi, hidrosfer, litosfer, atmosfer kimyası, kromosfer, biyosfer, kara ve okyanus biyo-jeokimyasal süreçlerinden oluşmaktadır [77]. Aşağıdaki iklim değişikliği unsurları



Şekil 2.3 Çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği IoT mimarisi

IoT'nin çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği alanlarındaki işlevleriyle ilgili temel bağlamsal bileşenleri ana hatlarıyla belirtmektedir (Şekil 2.3):

- Şiddetli yağış, kasırga ve sıcak hava dalgası olayları
- Fırtına dalgası, kıyı ve kara taşkınları ve deniz seviyelerinde artış
- Okyanus asitlenmesi ve deniz ekosistemlerinin değişimi
- Su mevcudiyetindeki azalma ve artan nüfus ve arazi kullanım uygulamaları ile şiddetlenen su rekabeti
- Yükselen karbondioksit seviyeleri
- Artan sıcaklıklar, kuraklık ve orman yangınlarının neden olduğu ısınma
- Enerji ve su için artan su talebi
- Kar erimesinin neden olduğu akarsu akışı zamanlamasındaki değişkenlik
- Küçülen buzullar ve donmuş toprakların çözülmesi
- Su kıtlığı ve tatlı su kaynaklarının azalması

2.3 Sürdürülebilirlik Etkinleştirici Çerçeve Olarak İklim IoT

2.3.1 Bütünsel Sistem

Sensörlerin, iletişim teknolojilerinin, raporlama, tahmin ve öngörü ile yüzey meteorolojik sistemlerinin çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği IoT paradigmasına entegrasyonu birçok potansiyel faydaya sahiptir [159]. Yeni

Çoklu radar ve çoklu sensör IoT unsurları kullanılarak gerçek zamanlı analiz için okyanus sıcaklığı, kıyı su baskını ve deniz seviyesindeki kararlar ilgili ölçekteki değişiklikler için görselleştirme ve karar destek araçları geliştirilebilir. Bu sistemler, okyanus ve kıyı kaynakları ile diğer sektörler üzerindeki iklim etkilerinin göstergeleri olarak hizmet verecek ve deterministik tahmin için 10.000 m ve topluluk tahmini için 20.000 m çözünürlüğe sahip uyarlanabilir atmosferik algılama ve örnekleme ve radar teknolojisi kullanılarak gelişmiş hava tahminine yardımcı olacaktır.

2.3.2 Yeni Algılama Yöntemleri

Biyojeokimyasal, biyoptik ve pH ölçümleri için yeni sensörlerden ve robotik şamandıralardan gelen veriler gerçek zamanlı analiz için bulutta birleştirilebilir [104]. Çok boyutlu atmosferik analiz prototipleri, gerçek zamanlı radar örnekleme teknikleri kullanılarak sağlam uyarılar sağlamak için geniş alan meteoroloji bölgelerinden asimile edilen verilerle sisteme entegre edilebilir. Çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği IoT paradigması, yerel yangınla mücadele uygulamaları için hava durumu ve yangın davranışı modelleme sisteminin prototipinin oluşturulmasına yardımcı olabilir. İklim IoT paradigması, çoklu zaman ölçeklerinde iklim tahminlerine, gelecekteki iklim eğilimlerinin tahminlerine ve politika kararlarını desteklemek için değişime olanak sağlayarak doğru anlayış ve daha iyi planlamada iyileştirmeler sağlar. Aşağıdaki algılama ve izleme sistemlerinin entegrasyonunu sağlar.

2.3.3 Güneş Radyasyonu ve Toprak Nemi Verileri

Çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği IoT paradigmasında, güneş radyasyonu ve toprak nemi verileri, rüzgar, su kontenti ve sıcaklık profilleri hakkında daha iyi bilgiler için birbirine bağlanabilir [37]. Farklı sensör türlerinden (örneğin LiDAR, Doppler radar, spektrometre, dropsondes [131] ve radyometre) oluşan havadan algılama sistemleri de çeşitli bilgiler sağlamaktadır [91, 156]. Bu gözlemler, su buharı taşınımı, yağış, kar, nehir akışı, deniz buzu, dalgalar, su seviyesi ve evapotranspirasyon ve aerosoller dahil olmak üzere yüzey enerji bütçesi terimleri dahil olmak üzere farklı su döngüsü parametrelerinin ölçümlerindeki boşlukları doldurmak için yararlıdır. Ayrıca, güneş ve volkanik faaliyetler, değişen aerosoller ve sera gazları gibi doğal değişikliklerin etkisi büyük ölçekte gözlemlenebilir.

- Tropikal ve ekstra tropikal okyanuslar ve siklonlar, okyanus havzası ve deniz seviyeleri
- Fırtına dalgalanmaları, kuraklık, sıcak hava dalgaları ve orman yangınları
- Kara tabanlı buz tabakaları ve hidrolojik döngü
- Okyanus, atmosfer ve kara yüzeyi süreçlerinin simülasyonları
- Yüzey albedosu, su buharı, bulutlar ve jeomanyetik koşullar

- Sıcaklık, yağış, aşırı olaylar ve kirlilik
- Hava kalitesi modellemesi, orman yangınları ve toz fırtınaları

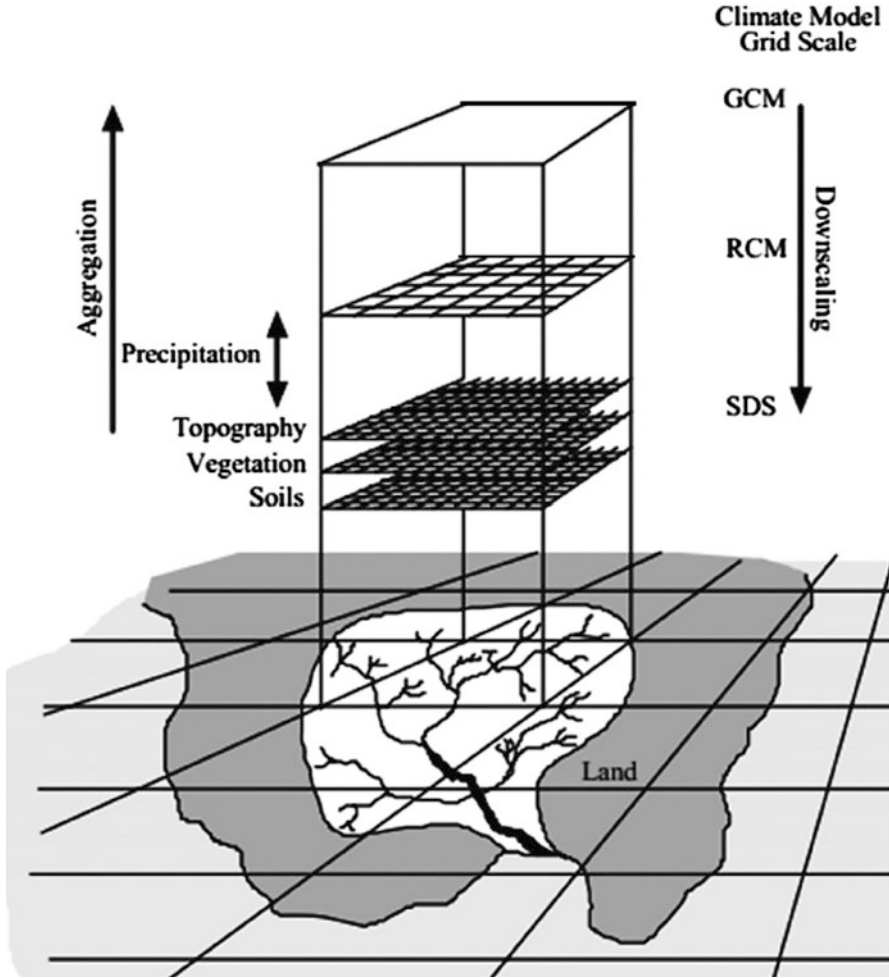
2.3.4 Tahmin Modelleri

İklim değişkenliklerinin, aşırı ve çökel iklim değişikliklerinin etkilerini anlamak ve tahmin etmek için, farklı mekansal ve zamansal ölçeklerde çevresel tahmin ve projeksiyon tahminleri için çok çeşitli araçlara güçlü bir ihtiyaç vardır [11, 123]. İklim IoT paradigması, simülasyonlar aracılığıyla yavaşça değişen Arktik Salınım (AO) hava durumu modellerinin etkilerini tespit etmek için de yararlıdır [8]. Okyanus-atmosfer bağlantısının hava tahmini üzerindeki etkisi hakkında, şu anda birbirinden ayrı olan bu sistemlerin birbirine bağlanması yoluyla yeni bilgiler edinilebilir [40]. Benzer şekilde, küresel tahmin sistemi için kasırga iç yuvası sağlar. Çok modeli, stokastik ve çok fiziksel topluluk üretiminin avantajları, belirsizlik durumu temsiline yeni yöntemleri ile gerçekleştirilebilir [2]. Ayrıca, algılama ve izleme sistemlerinden elde edilen verilerle, güvenilirlik iyileştirmesi için gelişmiş istatistiksel modeller geliştirilebilir (örneğin, tropikal fırtına ve ekstra tropikal fırtına su baskını modeli) [59, 111, 118, 143]. Ayrıca, on yıllar boyunca toplanan verilere erişim sağlayarak fırtına davranışı klimatolojileri gibi yeni disiplinlerin geliştirilmesine de olanak tanır. Ayrıca, farklı zamansal/mekansal ölçeklerdeki iklim sistemleri için yeni ölçek küçültme yöntemleri de dahil olmak üzere yüksek çözünürlüklü iklim modelleri ve tahmin sistemlerinin prototipleri geliştirilebilir [12, 42, 48, 49, 51, 138]. Tahmin modellerinde iyonosfer ve termo-küredeki veri asimilasyon süreci daha iyi içgörüler sağlayabilir. Küresel iklim ızgara ölçeği modeli Şekil 2.4'te gösterilmektedir. Diğer önemli modeller aşağıda listelenmiştir:

- Güzergah su baskını fırtına dalgası
- Fırtına ölçeği
- Yerel jeomanyetik fırtınada jeo-uzay modeli
- Havacılık ve yörünge irtifalarındaki radyasyon ortamı
- Asimilatif modeller
- İyonosfer plazmasferi
- Rüzgar enerjisi
- Birbirine bağlı insan ve doğal sistemler

2.3.5 Emisyon İzleme

Siyah karbon, metan ve azot oksit emisyonları iklim IoT algılama teknikleri ile yüksek kesinlikle ölçülebilmektedir [10, 45, 58, 75, 90, 92, 93, 101, 149, 154, 167, 170]. Buna göre çevre ve bulutlar üzerindeki etkisi şu şekilde olabilir



Şekil 2.4 Küresel iklim ızgara ölçeği modeli [136]

güvenilir akı tahminleri geliştirilerek değerlendirilebilir. Dört ikame bileşiğin aşırı yüksek ozon tabakası, yüzey hava kalitesi ve iklim üzerindeki etkisi solventler, soğutucu akışkanlar ve diğer üfleme maddeleri için değerlendirilebilir [13, 16]. Ayrıca kentsel, gaz ve petrol geliştirme emisyonlarının kentsel hava kalitesi üzerindeki etkilerinin hava kimyası değerlendirmesini de mümkün kılmaktadır [144]. Ayrıca, aşağıdakiler için iklim yutaklarını ve zorlamalarını ölçmek üzere doğru modeller geliştirilebilir:

- Atmosferik aerosoller
- Sera gazları
- Aerosol etkileşimleri
- Stratosferik kimya

2.4 İklim İletişim Teknolojileri ve Sistemleri

Sistemlerin geliştirilmesindeki ilerlemeyle birlikte, birçok yeni atmosferik izleme, haritalama ve iletişim teknolojisi geliştirilmiştir. Bunlar aşağıdaki bölümde ele alınmaktadır.

2.4.1 Doppler Radar

Uzaktaki nesnelerin hızı hakkındaki veriler, Doppler etkilerini ölçen özel bir radar türü kullanılarak elde edilebilir [23, 95]. Bir mikrodalga EM sinyali radardan hareket halindeki istenen hedefe doğru iletilir [22, 41]. Geri dönen sinyalin frekansı (nesneden seken) hedef hızının doğru ölçümünü elde etmek için analiz edilir.

Doppler etkisi dört farklı yöntem kullanılarak üretilebilir:

- Koherent darbeleri (CP)
- Pulse-Doppler
- Sürekli dalga (CW)
- Frekans modülasyonu (FM)

Doppler radarlarında düşük hızlı ve hareketsiz nesnelerden (örneğin, kuşlar, bulutlar, böcekler ve rüzgâr) kaynaklanan parazitleri yok etmek için dar bantlı süzgeçler kullanılır (Şekil 2.5).

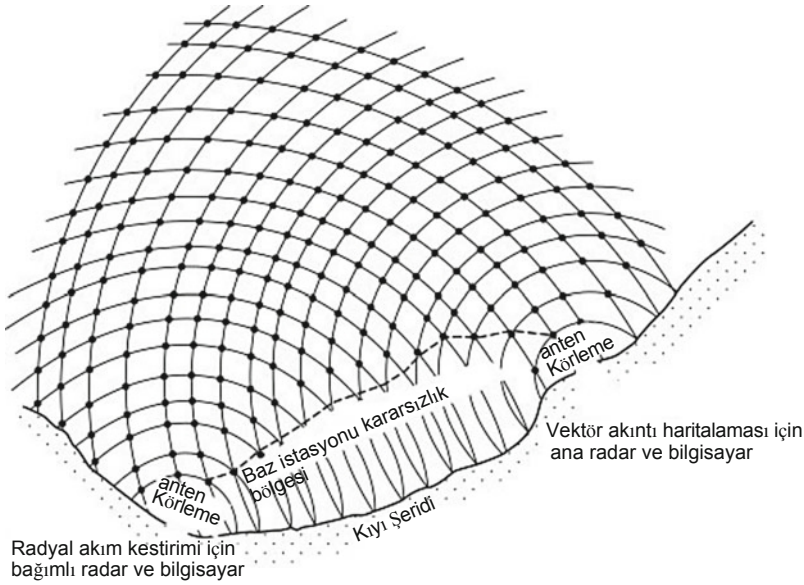
2.4.2 Rüzgâr Profilleme Radarları

Rüzgâr profilleme radarı (rüzgâr profilleyici olarak da adlandırılır) [61, 98] VHF frekans bandında 30 ila 300 MHz ve UHF frekans bandında 300-1000 MHz frekans bantlarında çalışan bir Doppler radar türüdür. Işın enerjisini birkaç derecelik normal ofsete yönlendirerek çalışır. Rüzgâr profilleme radarı, Doppler'in işlenmesi ve üretilmesi açısından taramalı Doppler'den farklıdır [97]. Profilleyicide, Doppler hız spektrumunu oluşturmak için 30 sn bekleme süresine sahip yüzlerce düşük yoğunluklu darbe gönderilir. Doppler tarama radarında ise çözümlenmiş hacim momentleri, birkaç milisaniyelik bekleme süresine sahip sınırlı sayıda darbenin gönderilmesi ile elde edilir.

2.4.2.1 Rüzgâr Profilleme Radarlarının Türleri

Farklı tipteki rüzgâr profilleme radarları aşağıda açıklanmıştır [147]:

- 404 MHz NOAA profiller ağı (NPN) Profiler en derin atmosferik kapsama için kullanılır. Anten ile koaksiyel-kollineer faz dizi anten kullanır



Şek. 2.5 İki geniş demetli gönderim anteni kullanan çift sahali HF/VHF Doppler radar sistemlerinin uzaysal kapsama alanının kavramsal gösterimi. Noktalar, her iki radardan alınan yankılar kullanılarak radyal su akımı vektörlerinin türetildiği deniz yüzeyindeki konumları temsil eder [78].

13 m çapında ve 4° hüzmeye genişliğindedir. 900 m dikey çözünürlükle 16.000 m'ye kadar bir yüksekliği kapsayabilir. 6000 W'lık tepe iletim gücü ile 60 dakikalık zamansal çözünürlüğe ulaşabilir. Sofistike donanımı nedeniyle, imalatı ve işletmesi pahalı olarak kabul edilir.

- 915 MHz sınır katmanı profilleyicisinin yapımı ve kullanımı kolaydır, ancak sınır katmanının ötesinde sınırlı yükseklik ölçüm kabiliyetine sahiptir. Anten çapı 2 m ve hüzmeye genişliği 10° olan düz dikdörtgen mikroşerit yama anten kullanır. Sadece 106 m'lik dikey çözünürlükle 4000 m'ye kadar yüksekliği kapsayabilir. 500 W'lık tepe iletim gücü ile 60 dakikalık zamansal çözünürlüğe ulaşabilir.
- 915-MHz çeyrek ölçekli profilleyicilerin yapımı da kolaydır ve yükseklik ölçüm kabiliyeti sınır tabaka profilleyicisinden daha iyidir. Anten çapı 6 m ve hüzmeye genişliği 10° olan koaksiyel-kollinear faz dizili anten kullanır. Sadece 212 m'lik dikey çözünürlük ile 8000 m'ye kadar bir yüksekliği kapsayabilir. 2000 W'lık tepe gönderim gücü ile 60 dakikalık zamansal çözünürlüğe ulaşabilir.

Rüzgâr profillemeye radarları iki farklı modda çalışabilir: Doppler ışın salınımı (DBS) ve radyo-akustik sondaj sistemi (RASS) modları. Her iki mod aynı anda desteklenmez.

- Doppler ışın salınımında (DBS) ışın, Doppler spektrum ölçümleri için üç ila beş farklı radyal yönde yönlendirilir. Buna göre, hareket

Yatay rüzgar profilini belirlemek için yatay rüzgarların radyal bileşeni her yön için ölçülür. Düşük ve yüksek yükseklik çözünürlüğü için sırasıyla daha uzun süreli yüksek mod darbesi ve daha kısa süreli düşük mod darbeleri kullanılır.

- Radyo-akustik sondaj sistemi (RASS) modunda akustik dalga ve radyo dalgaları eş zamanlı olarak kullanılır. Ses dalgasının hızı, dikey hava hareketini ve sıcaklığı belirlemek için yüksekliğin bir fonksiyonu olarak analiz edilir.

2.4.2.2 Sonik Algılama ve Menzil Belirleme (SODAR)

Sonic detection and ranging (SODAR) meteorolojik amaçlar için kullanılan bir tür rüzgâr profileme radarıdır [26, 97, 99]. Ses dalgaları atmosferde yayılırken türbülansın etkilenir. SODAR, farklı yüksekliklerde yer üstü rüzgar hızını belirlemek için bu saçılma sürecini ölçer. Ayrıca alçak atmosferik bölgenin termodinamik yapısını analiz etmek için de kullanılır. Hareketli hedefe göre ses dalgalarının frekans değişiminin Doppler etkisi mekanizmasına dayanır. 4,5 KHz ses dalgası spektrumunda çalışır. Üç farklı akustik ışın iletilir. Yukarı doğru düz giden dikey bir ışın ve iki ışın Dünya'ya normal olarak 17° adresinden yayılır. Yansıyan sinyal alınır ve frekans alanı analizi için hızlı Fourier dönüşümü (FFT) işlemi gerçekleştirilir. Buna göre, Doppler kaydırmalı frekans rüzgar hızını belirlemek için kullanılır. Bu sistem 200 m'ye kadar olan yükseklik aralığında çalışır.

Bi-statik SODAR'larda gönderici ve alıcı aynı üniteye yerleştirilmek yerine belli bir mesafeye (genellikle 10 m'ye kadar) yerleştirilebilir. Geleneksel ortamda, SODAR'lar yalnızca sabit bir yükseklikten ölçüm alabilmektedir. Elektronik olarak taranan akustik mikrofondan oluşan dizisi ile alıcı, türbülansdaki hız değişimlerinin doğru ölçümleri ile farklı yüksekliklerden çoklu görünüm elde edebilir.

2.4.2.3 Rüzgar Profileme LiDAR'ları

LiDAR (light detection and ranging), lazer ışığı kullanarak hedefi aydınlatmak ve ışık sensörleri kullanarak yansımayı algılamak için kullanılır [114, 123]. Lazer varış zamanı ve dalga boylarındaki gecikme kullanılarak 3 boyutlu sonuçlar üretilebilir. Rüzgâr profili çıkarma da Doppler etkileri prensibine göre çalışır ve ışık parçacıklarının atmosferden geri saçılması farklı yüksekliklerde rüzgâr türbülansını ve hızını ölçmek için kullanılır. Performans, yüksek kaliteli sonuçlar elde etmek için istenmeyen bileşenlerden kaynaklanan parazitlerin azaltılabildiği veya tamamen ortadan kaldırılabilirdiği lazer ışını yönlendirme mekanizması kullanılarak daha da geliştirilebilir.

2.4.3 Mikrodalga Radyometreler

Spektrumdaki daha büyük dalga boylarında, elektromanyetik (EM) radyasyonun mikrodalga ölçümleri 1 mm ile 1 m arasındaki dalga boyları için kullanılır [15]. Mikrodalga ölçümleri uzun dalga ve kısa dalga ölçümleri olarak sınıflandırılır. Bunlar aşağıda açıklanmıştır:

2.4.3.1 Uzun Dalga Ölçümleri

Uzun dalga ölçümleri yaklaşık 4.0 μm 'den daha uzun dalga boyları kullanılarak yapılır. Bunlar ayrıca üç tip olarak sınıflandırılır:

Uzun Dalga Geniş Bant Uzun dalga geniş bant ölçümleri, geniş bant ve kızılötesi dalga boyları içinde dikey yukarı ve aşağı yönde yayılan doğrudan radyant enerji için kullanılır [51].

Uzun Dalga Spektral Uzun dalga spektral ölçümler, kızılötesi dalga boylarındaki spektrumda radyant enerjinin çözülmesi için kullanılır.

Uzun Dalga Dar Bant Dar bant kızılötesi dalga boylarında radyant enerji ölçümlerini içerir.

2.4.3.2 Kısa Dalga Ölçümleri

Kısa dalga ölçümleri, 4.0 μm 'den küçük dalga boyları kullanılarak yapılır. Bunlar ayrıca üç tip olarak sınıflandırılır:

Kısa Dalga Geniş Bant Kısa dalga geniş bant mikrodalga, görünür spektrumdaki ışıma akısının yoğunluğunu ve kısa dalga geniş dalga boyu bantlarının kızılötesi yaklaşan spektrum parçalarını ölçmek için kullanılır.

Kısa Dalga Dar Bant Kısa dalga dar bant, kısa dalga dar dalga boyu bantlarındaki görünür ve kızılötesi yaklaşan spektrum parçalarında ışıma akısının yoğunluğunu ölçmek için kullanılır.

Kısa Dalga Spektral Radyant enerji akı yoğunluğunun kısa dalga spektral ölçümleri, görünür ve kızılötesi yaklaşan dalga boylarını çözen spektrumda yapılır.

Radarlar kendi EM darbelerini yüzeye iletirken, radyometreler dünya yüzeyinden iletilen zayıf EM enerjisinin alıcılarıdır [15, 96]. Radyometrik ölçümler aktif radar, aktif LiDAR, pasif geniş bant radyometreler ve pasif sensörler gibi farklı yöntemler kullanılarak yapılır [127]. Ölçümler, elektromanyetik dalgaların atmosferde ilerlerken enerjisinin azalmasının ölçülmesiyle elde edilen önemli bir atmosferik veri kaynağıdır.

2.4.4 Tavanölçer

Tavometre, bulut yüksekliklerini ve tabanını elde etmek için lazer kullanarak ışık kaynakları üzerinde çalışan bir aerosol konsantrasyon ölçüm cihazıdır [27]. Çok daha az menzile sahip bir LiDAR türü olarak kabul edilir. Tavanometrelerin iki farklı türü vardır.

2.4.4.1 Optik-Tamburlu Tavailometre

Bir optik tamburlu tavailometre, bir dedektör, kaydedici ve hareketli projektörden oluşur ve bulut tabanlı ışık noktası projeksiyonunun yüksekliğini elde etmek için nirengi tekniği üzerinde çalışır.

2.4.4.2 Lazer Tavailometre

Bir lazer tavailometre hem lazer vericisini hem de alıcısını aynı üniteye taşır ve atmosfere birkaç nanosaniye süreli çok kısa darbeler iletilme kapasitesine sahiptir. Bunlar LiDAR ile aynı prensiplerle çalışır ve atmosferik volkanik külleri ve bulutları haritalamak için kullanılabilir.

2.4.5 Mikrobarograflar

Barograf olarak da adlandırılan mikrobarograf, atmosfer basıncını deniz seviyesine göre milibar cinsinden ölçmek için kullanılır. Sürekli basıncı kaydetmek için hareketli silindirik çubuğun etrafına sarılmış bir grafik kağıdı kullanılır [64].

2.4.6 Piranometre

Piranometre, yarım küredeki güneş radyasyonunun akı yoğunluğunu belirleyen bir cihazdır. Düzlemsel şekillerdeki yüzeyler tarafından güneş ışınımını ölçer [107]. Piranometre, 0,285 ila 2,8 μm dalga boyu aralığına sahip özel bir aktinometre türüdür. Düzlemsel bir yüzey üzerindeki güneş ışınımını ölçmek için kullanılır ve 300-3000 nm dalga boyu aralığında yukarıdaki yarım küreden gelen güneş radyasyonu akı yoğunluğunu ölçmek için tasarlanmıştır. Güneş, ısı ve elektrik enerjisi kullanımları için hasat edilebilen güneş radyasyonu yayar. Piranometreden elde edilen verilerden sıcaklık, nem, güneş ve rüzgar (THSW) ve ET gibi birçok çevresel indeks üretilir. Aerosol özellikleri (örn. saçılma, faz, kırılma indisi) fotometre gökyüzü radyans ölçümleri ters çevrilerek üretilebilir. Güneş

fotometre cihazı, çeşitli tarama senaryolarında dört frekansta radyansı ölçmek için kullanılır. Aerosol optik derinliği (AOD) de bu araç kullanılarak ölçülür.

2.4.7 Milimetre Bulut Radarı

Milimetre bulut radarı (MMCR), Doppler hızı olarak da adlandırılan parçacıkların dikey hızının ölçülmesi üzerine çalışır [3, 28]. Bulutlar radarın üzerindeyken MMCR, geri dönen sinyalin yoğunluğunun bir ölçüsü olan yansıtıcılığı kullanarak dikey profilini ölçer. Buna göre, bulut parçacığının boyutu renkler kullanılarak belirlenir. Yükselen bir parçacık sıcak bir renkle, düşen parçacıklar ise soğuk renklerle belirtilir. Benzer şekilde, spektrumun genişliği bulut parçacıklarının çeşitliliğini gösterir (tipik parçacık boyutu yaklaşık 0,2 μm 'dir).

2.4.8 Sonik Anemometreler

Anemometre, meteoroloji istasyonlarında yaygın olarak bulunan bir alettir. Daha yüksek doğrulukla hızlı 3 boyutlu rüzgar hızı ölçümleri için kullanılır. Türbülans ölçümleri için de kullanılır [66]. Ayrıntılı türbülans analizi için yardımcı olan 0,1 KHz hızları ile 6000 cm aralığında metre altı (0,01 m/s çözünürlük) destekler. Sonik anemometreler, bir ses darbesinin bir çift akustik radyo arasında seyahat etmesi için geçen süreyi ölçerek çalışır (her iki radyo da çift yönlü ölçümler için değiştirilen iletim ve alım özelliği ile donatılmıştır). Ses dalgasının hızı birçok faktörden (örneğin sis, toz, sıcaklık ve basınç) etkilendiğinden, doğru ölçüm hassas anemometre ekipmanı gerektirir. Ayrıca, yoğun sağanak yağış da ölçümleri etkilemekte ve darbe hareket süresinde değişikliklere yol açmaktadır. Benzer türde hatalar buzlu koşullarda da gözlemlenir ve buz önleyici ısıtma ekipmanının ekipmana entegre edilmesini gerektirir. Hava akışının neden olduğu bozulmaların etkilerini azaltmak için, yöne ilgili hataları düzeltmek üzere rüzgar tünellerinde kalibrasyonlar gerçekleştirilir. Rüzgar açısı ve yönü ikiden fazla telsiz kullanılarak ölçülebilir. 0,02, 0,05 ve 0,1 kHz frekans bantlarında çalışmayı destekler.

2.4.9 Uzaktan Algılama için Çevresel ve Meteorolojik Uydular

Meteorolojik uydular iklim değişikliği ve değişkenlik analizlerinde hayati bir rol oynamaktadır. Bunlar meteorolojik, oşinografik ve karasal verileri elde etmek için kullanılır

Dünya'nın [6, 18, 19, 35, 36, 130, 160]. Meteorolojik ve çevresel uydular, okyanus ve kara yüzeyi gibi yeryüzünden ve atmosferden yayılan veya yansıyan farklı EM dalga ölçümleri için kullanılmaktadır [18, 39, 67, 71]. Bu uydular görünür ışık spektrumu, mikrodalga ve kızılötesi bantlardaki radyasyonlar da dahil olmak üzere geniş bir EM spektrum aralığını ölçme kapasitesine sahiptir [61, 76]. Bunlar aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır.

2.4.9.1 Yer Sabit Uydular

Yer sabit uydular yörüngelerde işlev görür ve bunlar Dünya'nın dönüş yönünde döner [164]. Bu nedenle, Dünya yüzeyine göre, Dünya üzerinde çok yüksek irtifada (23,922 mil) statik bir pozisyon korunur. Bu faktör nedeniyle, bu uydular Dünya'nın aynı bölgesini gözlemlene kabiliyetine sahiptir ve bulut özelliklerinin algılanması gibi hava durumu uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak alçak irtifa uydularına kıyasla yüksek çözünürlüklü analizler desteklenememektedir. Bu uydular her yarım saatte bir yer istasyonlarına gezegen hakkında tutarlı veri akışı sağlar. GOES uydusu üzerindeki iki ana enstrüman görüntüleme ve sondaj sistemidir. Görüntüleme enstrümanı, bulut suyu ve yüzey sıcaklığının izlenmesi için görünür, su buharı kızılötesi ve termal kızılötesi spektrumda dört farklı frekansta ölçüm yapabilmektedir. Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES) East ve West, jeostasyonier uydulara iki örnektir:

- Geostationary Operational Environmental Satellite East, GOES-12 olarak da bilinir. Ekvator üzerinde 75° batı boylamında 7. Amerika kıtasını kapsamak için kullanılır.
- Geostationary Operational Environmental Satellite West uydusu, 135° batı boylamı üzerinde konumlandırılmıştır, buna GOES-10 da denir. Doğu Pasifik bölgesi bu uydular tarafından kapsamaktadır. Benzer uydular küresel ölçekte kapsama alanı sağlamak için de işletilmektedir
- Jeosenkron Meteoroloji Uydusu (GMS) aynı zamanda GMS- olarak da bilinir. 5. Batı Pasifik bölgesini kapsamak için kullanılır. Ekvator üzerinde 140° doğu boylamında yer almaktadır. Sondaj donanımı haricinde, GOES-West ve GOES-East uydularında bulunan tüm ekipmanlar, aynı görüntüleme yeteneklerine sahip GMS'de de mevcuttur.

2.4.9.2 Kutup Yörüngeli Uydular

Kutupsal yörüngeli uydular genellikle yer-sabit uydulara kıyasla nispeten düşük irtifalarda dolanan yörüngelerde bulunurlar. Tipik yüksekliği yaklaşık 435-500 mildir ve yörüngeyi tamamlaması 1,6 saat sürer. Ayrıca, yer-sabit uydularla karşılaştırıldığında, konumları sabit değildir.

Dünya yüzeyine göre konumlarını sürekli olarak değiştirirler. Bunlar yüksek çözünürlüklü görüntüleme sağlayabilir, ancak birden fazla uydu kullanılarak Dünya'nın tamamen kapsanması günler alır.

Kutupsal yörüngeli uydulara örnekler aşağıda verilmiştir:

- Savunma Meteorolojik Uydu Programı (DMSP). Bunlar gezegenin oşinografik, meteorolojik ve karasal özellikleri hakkında günlük bazda meteorolojik kapsama sağlamak için kullanılır. DMSP uyduları yaklaşık 830 km yükseklikte yörüngeye oturmakta ve hem gündüz hem de gece koşullarında 3000 km'lik bir alanda görüntü toplamaktadır. Her uydu Dünya üzerindeki herhangi bir noktayı günde iki kez görüntüler ve bir yörüngeyi yaklaşık 101 dakikada tamamlar. DMSP uydularındaki ölçüm cihazı, jeofizik parametreler için Özel Sensör Mikrodalga Görüntüleyici (SSM/I) [47, 69, 133, 163], SSM/T ve SSM/T2 (farklı yüksekliklerde mikrodalga sıcaklıkları için atmosferik sondaj cihazları) içerir. Bunlar iki polarizasyon ayarı kullanarak dört farklı frekansta veri toplamak için kullanılır. SSM/I tarafından sağlanan jeofizik veriler, okyanus yüzeyindeki rüzgar hızı ve sıcaklığı, kara ve su yağışları ve atmosferik su buharından oluşmaktadır.
- NOAA Kutup Yörüngeli Operasyonel Çevre Uyduları (POES) günlük kapsama alanı sağlar
- Landsat uyduları. Daha yüksek çözünürlük ve çok spektral görüntülemeyi destekler
- Fransız SPOT uyduları. Günlük kapsama kapasitesi yok

2.4.9.3 Daha Fazla Meteoroloji Uydusu

Avrupa Topluluğu tarafından işletilen Meteosat, Çin tarafından işletilen Feng-Yun, Rusya tarafından işletilen GOMS ve Hindistan tarafından işletilen INSAT uyduları gibi daha fazla hava görüntüleme ve atmosferik izleme uydusu da küresel olarak kullanılmaktadır. Bu uyduların özellikleri aşağıda açıklanmaktadır:

- Meteosat bir tür yer sabit uydudur. Avrupa Meteorolojik Uydulardan Yararlanma Örgütü (EUMETSAT) tarafından işletilmektedir. Meteosat, görünür ışık, termal kızılötesi ve su buharı kızılötesi dalga boylarını kullanarak veri elde etmek için kullanılır.
- Feng-Yun da bir yer sabit meteoroloji uydusu tarafından işletilmektedir. Uydu 105° doğu boylamında yer almaktadır. Bir görünür frekansta ve iki kızılötesi frekansta radyasyonu algılayan görünür dalga boyu sensör sistemi ile donatılmıştır. Bu ekipman, belirli bir günde Dünya'nın görünür görüntülerini üretme kapasitesine sahiptir.
- GOMS kızılötesi ekipmana sahiptir ve aynı zamanda Elektro ve GOMS-1'dir. Jeosenkron hava görüntüleme teknolojisi üzerinde çalışır.
- Hint INSAT uydusu ekvatorun üzerinde yaklaşık 90° doğu boylamında yer almaktadır. Orta Asya ve Hint Okyanusu'nun görüntülerini elde etmek için kullanılır.

2.4.10 Uzaktan Algılama için GPS Sinyalleri

GPS yansıtma verilerinin hava tahmini için kullanıldığı algılama uygulamaları için GPS uydusu sistemlerinden gelen sinyalleri kullanan bir uzaktan algılama aracı önerilmiştir [14, 172]. GPS, yaklaşık 12427 mil yükseklikte yörüngede bulunan 28 uydudan oluşmaktadır. Aşağıda iki farklı yöntem ele alınmaktadır:

2.4.10.1 Atmosferik Yansıtma için GPS UzuV Sondajı

GPS'de alıcının konumu uydudan alıcıya sinyal seyahat süresi ile belirlenir [87]. GPS sinyali alıcıya çevredeki nesnelerden ve yüzeylerden yansıyan çoklu yollardan ulaşır. Bu çok yollu sinyaller, nesnenin konumuna bağlı olarak yıkıcı veya yapıcı girişime neden olabilir. Ancak bu yansıma deniz buzu, okyanus durumu, toprak nemi, kar yığını ve deniz buzu hakkında faydalı bilgiler elde etmek için kullanılmaktadır. GPS tarafından iletilen EM sinyal dalga uzunluğu yaklaşık 0,2 m'dir. Bu çevresel parametrelerden gelen yansımalar araştırılmış ve okültasyon yöntemi olarak da adlandırılan yeni GPS uzuv sondaj teknikleri geliştirilmiştir. Bu teknik, atmosferdeki yansıtıcılığın doğru profillerini üretir.

2.4.10.2 Yağışlanabilir Su için GPS

GPS sinyalleri, bir sütundaki iki nokta arasında atmosferdeki tüm su buharı olan çökebilir su miktarını izlemek için de kullanılır [14]. Su buharının karmaşık geçirgenliği nedeniyle, atmosferde seyahat eden EM dalgalarını emer ve geciktirir. Bu, interferometrik cihaz kullanılarak ölçülebilir ve su buharı içeriği ile eşleştirilir. Bir başka cihaz olan güneş fotometresi de kolimasyonlu güneş radyasyonunu ve sütunlu aerosol optik derinliği (AOD) ölçerek çökebilir suyu ölçmek için kullanılır.

2.5 İklim IoT İzleme Sistemleri

2.5.1 Bulut Özelliklerinin İzlenmesi

Bulutların makroskopik özelliklerinin dikey ve yatay dağılımının algılanması aktif ve pasif uzaktan algılama ekipmanları kullanılarak yapılır [46, 145, 161]. Tavanometre, bulut taban yüksekliği ölçümleri için dikey geri saçılım profilini üretmek için kullanılır. Bulut, Aerosol Polarizasyonu ve Geri Saçılım LiDAR (CAPABL) başka bir bulut özellikleri ölçüm aracıdır. Mikrofiziksel bulut özellikleri de (örneğin, bulut parçacıklarının şekilleri, boyutları, su ve buz fazları) belirlenir.

Bulutların Mikrofiziksel Özellikleri Bulut özelliklerinin algılanması, hidrometeorun (su, su buharı, yağmur ve bulutların zamanla değişen diğer özelliklerini içeren bulutlarla ilgili atmosferik bir fenomen) fiziksel boyutlarının kapsamlı mikrofiziksel ölçümlerini de içerir [27, 29, 56, 88]. Ölçülen bu hidrometeor özellikleri, fazı, su ve buz içeriği, boyutu, optiği ve radarda yinelenen özellikleri ile ilgilidir.

Bulutların Makrofiziksel Özellikleri Bulutların makrofiziksel özellikleri, bulutların yeri ve konumu, boyutları, konumu, türü ve su ve buz yolunu içeren bulut seviyesi parametrelerinin ölçümlerini içerir [28, 84, 85].

Bulut profillemeye cihazı (profilleyici) üç farklı dalga boyunda çalışmaktadır. Bunlar 915 MHz ultra yüksek frekans bandı, 2.835 GHz mikrodalga bandı ve 50 MHz çok yüksek frekanstır. Radar enerji gönderir ve geri saçılan dalgaları alır. Bu bantlarda iki tür türbülans olayı gözlenir: Yansıtıcılıktan kaynaklanan Bragg saçılması ve sert cisimlerden kaynaklanan Rayleigh saçılması. Bu spektrum bantlarında, nem ve sıcaklık Bragg saçılımının birincil kaynakları iken, organik nesneler ve hidrometreler Rayleigh saçılımının ana nedenidir. Bu aletler atmosferik hidrometreleri gözlemlemek için kullanılır.

2.5.2 Atmosferik Emisyonların İzlenmesi

Sera gazları ve aerosoller gibi farklı radyatif aktif maddeleri içeren emisyon senaryoları [108] LiDAR'lar ve optik ve saçılma özelliklerini, boyut dağılımını ve aerosollerin yok olmasını ölçen diğer ekipmanlar kullanılarak izlenmektedir. Bu, dikey ve yatay nem, termal ve kinetik özellikler ve CO₂ ve O₃ gazlarının konsantrasyonu (örneğin, radyatif olarak aktif izler) için hava kaynaklı ve yüzey tabanlı aletler kullanılarak atmosferik izlemeyi içerir.

2.5.3 Dünya Yüzeyinin İzlenmesi

Dünya yüzeyinin izlenmesi, dünyanın toprak-hava ara yüzeyinde, yanında ve altında (yeraltında iki metreden daha az) yapılan ölçümleri içerir. Bu gözlemler toprağın sıcaklığı ve toprağın hacimsel su içeriği, toprak yüzeyinin yansıtıcılığı, momentum akısı, gizli ve hissedilebilir ısı, nem ve CO₂ gibi özellikleri tespit eder [34, 72, 100]. Sayısal hava tahmin modelleri, bu fenomenlerin mevcut ve tahmini değerlerini sağlamak için yer yüzeyi, yer üstü ve yer altı sıcaklığı, toprak nemi, radyatif Dünya kabuğunun sıcaklığı ve yüzey yansıtıcılığına ilişkin bu gözlemleri kullanır.

Yüzey Meteorolojisi Yağış, hava sıcaklığı ve basıncı, nem içeriği, rüzgar hızı ve yönü gibi yeryüzü-hava arayüzüne yakın kara tabanlı gözlemler yüzey meteorolojisi kullanılarak yapılır [70, 73].

Üst Hava Durumu Yeryüzü gözleminin bir diğer önemli unsuru da üst hava durumudur. Ölçüm teknikleri balon kaynaklı, alansal ve uydu tabanlı gözlemleri içerir. Atmosferik profillerin birçok önemli parametresi, bu hayati parametrelerin girdisini sağlayarak hava tahmin modellerini desteklemek için jeo-potansiyel yükseklik, rüzgar, nem, sıcaklık ve hava basıncını içerir.

2.5.4 Deniz Durumu İzleme

Deniz durumu hakkında doğru bilgi, hava tahmini ve deniz trafiği için hayati öneme sahiptir [17]. Deniz durumu bilgisi, ısı ve nem akışları ile birlikte çoklu ölçeklerde faydalı bilgiler sağlar. Deniz durumu izleme radarlar ve insansız hava araçları kullanılarak yapılmaktadır. Diğer önemli deniz durumu izleme parametreleri arasında deniz buzunun erime süreci, deniz buzu kapsamı ve kalınlığındaki azalma, Kuzey Atlantik'teki rüzgar ve okyanus sirkülasyonu gibi Arktik değişikliklerin durumu yer almaktadır. Bunlar bir sonraki bölümde ele alınmaktadır.

2.5.4.1 OkyanusSİTELERİ

OceanSITES, okyanus-deniz tabanı ve hava-deniz etkileşiminin izlenmesi için küresel ölçüm istasyonlarından oluşan bir ağıdır [140]. Sensörler kullanılarak otomatikleştirilmiş yüzey ve su sütununu ölçer. OceanSITES kullanılarak yapılan gözlemler su taşınımı, okyanus asitlenmesi, meteoroloji, biyo-jeo-kimya, karbon döngüsü, fiziksel oşinografi ve jeofiziği içermektedir.

2.5.4.2 Hava-Deniz Isı Akıları

Atlantik gözlem sisteminde, önemli ölçüde güçlü akışların ısı, hacim ve tatlı su akışlarının uzun vadeli verilerini elde etmek için Atlantik Okyanusu'nda taşıma demirleme dizileri (TMA'lar) kullanılmaktadır. Hava-deniz ısı akışı hesaplaması dalga dinamiği, kinematik ve termodinamik hassasiyet analizi için önemlidir [171].

2.5.5 Arktik Ölçümler

Artan sıcaklıklar, deniz örtüsünün azalması nedeniyle Kuzey Kutbu'nun büyük ölçekte hızla ısınmasına neden olmuştur. Aynı zamanda ısı değişimine de neden olmuştur.

okyanustan yansıma ve emilim. Buz, kar ve suyun güneş ışığını saçma, iletme ve emme mekanizmaları farklıdır. Arktik ölçümler, değişen küresel hava durumu modellerine ilişkin bilgi edinmek için hayati bir rol oynayacaktır [24, 31, 53, 57, 85, 86, 115, 125, 148, 152, 156, 161, 169].

2.5.6 Kasırga İzleme

Kasırga yolunu ve şiddetini tahmin etmek için [103] güvenilir hava durumu modelleri gereklidir. Bununla birlikte, kasırgalarda kritik rol oynayan birçok fiziksel model bileşeni çok iyi anlaşılmamıştır ve daha fazla ölçüme ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, deniz-hava ara yüzeyindeki ısı akışlarının ve momentumun tanımlanması ve parametrelendirilmesi gerekmektedir. Benzer analizlerin spray dolu geçiş katmanına genişletilmesi de daha doğru yol tahmini için gereklidir. Atmosferik gözlemler ve laboratuvar ortamlarında ampirik ölçümler yapabilen iklim IoT'si, deniz-hava momentumunun ve ısı akısının bu parametrisasyon modelleriyle birleştiğinde kasırga koşulları daha iyi anlaşılabilir. Farklı kasırga modelleri şunlardır:

- Küresel Tahmin Sistemi (GFS)
- Birleşik Krallık Meteoroloji (UKMET)
- Kasırga Hava Tahmin Modeli (HWRF)
- Jeofiziksel Akışkanlar Dinamiği Laboratuvarı (GFDL)
- Avrupa Orta Menzilli Tahmin Modeli (ECMWF)
- Donanma Operasyonel Küresel Tahmin Sistemi (NOGAPS)

2.5.7 Güneş Radyasyonu İzleme

Güneş Radyasyon Ağı (SolRad-Net), yüksek frekanslı güneş akısı ölçümleri sağlayan bir sensör ağıdır [135]. Aerosol Robotik Ağı (AERONET), okyanusla ilgili farklı uygulamaları mümkün kılmak için dağıtılmış dinamik güneş fotometreleri ağıdır [50]. Aerosol optik derinliği, AERONET'in deniz aerosol ağı (MAN) unsuru kullanılarak yapılır. Bu ölçümler uydu, yer ve diğer aerosol tabanlı ölçümleri doğrulamak için kullanılabilir.

İklim IoT entegrasyonu için işlevsellik ve algılama özelliklerine sahip saha test ortamlarının bir listesi Tablo 2.1'de gösterilmektedir.

2.6 İklim Veritabanlarının IoT ve Buluta Entegrasyonu

İklim IoT, sensörlerden ve izleme sistemlerinden gelen verileri yönetmek ve bunlardan yararlanmak için bir paradigma olarak öngörülmektedir. Bulut entegrasyonu sayesinde, karmaşık konuları ele almak üzere tasarlanmış karar destek sistemlerini desteklemek için yüksek hacimli karmaşık veri setlerini işleyebilir.

Tablo 2.1 İklim IoT entegrasyonu için işlevsellik ve algılama özelliklerine sahip saha test ortamlarının bir listesi

Test Yatağı	Açıklama
Yaz deneyinde kutup bulutları	Buz ve deniz koşullarının, bulutların, atmosferik bileşimin ve dünya yüzeyinin enerji bütçesinin gözlemlenmesi
Boulder Atmosferik Gözlemevi	Aletler için 300 m'lik bir meteoroloji kulesi kullanılarak sınır tabaka analizi ve uzun vadeli iklim temel ölçümleri
Kaliforniya nexus	Hava kalitesi ve iklim değişikliği hava aracı kullanılarak havadan ölçümler ve sabit yer istasyonlarının yanı sıra mobil platform kullanılarak yüzey ölçümleri
CalWater	Alan, yer ve deniz bazı ölçümler kullanılarak bulut ve yağıştaki atmosferik nehirlerin ve aerosollerin analizi
Colorado havadan çok aşamalı çalışma	Bulutlar ve yağış incelemeleri
Alt kutup atmosferinin koordineli gözlemleri	Düşük atmosfer termodinamik analizi
Denver-Julesburg havzası hava kalitesi çalışması	Metanı gözlemlemek için gaz ve petrolden kaynaklanan hidro-karbon emisyonlarının analizi
Madden-Julian salınımının dinamikleri	MJO analizi için akı, sonda ve W-bandı radar ölçümleri
Front range hava kirliliği ve fotokimya test yatağı	Fotokimya, oksidan ve aerosol oluşumu ve akıbeti, akış ve sirkülasyon modelleri için rüzgar profilleyicileri/RASS ve yüzey meteoroloji sensörleri
Hava kalitesi test yatağını keşfedin	Hava kalitesi ve kirlilik ölçümleri
Yüksek rüzgar gazı değişimi	Hava-deniz akısı ve dalga gözlemleri
NOAA hidrometeoroloji test yatağı	Yüksek etkili bölgesel yağış, hava ve kara yüzeyi koşulları analizi
Kasırğa ve şiddetli fırtına habercisi	Atlantik okyanusu havzasında kasırğa oluşumu ve şiddeti değişim analizi
Atmosferin gözlemlenmesi için uluslararası kutup sistemleri	Kuzey Kutbu atmosferik gözlemleri hava-buz akısı, sınır tabaka dinamikleri ve bulutlar
Zirvede enerji, bulutlar, atmosferik durum ve yağışın entegre karakterizasyonu	Radar, LiDAR, yağış ve radyosonde kullanılarak Grönland buz tabakası üzerindeki bulutlar ve yağış analizi
Orta enlem kıtasal konvektif bulutlar test yatağı	Radarlar kullanılarak bulut ve yağış analizi
RV Mirai Arctic	Sonik anemometreler ve radyometreler kullanılarak yüzey akı ölçümleri
Deniz durumu	Sınır tabakada buz genişlemesi sırasında dalga ve enerji akılarının analizi

(devam)

Tablo 2.1 (devam)

Test Yatağı	Açıklama
Operasyonel insansız teknoloji ile tehlikelerin algılanması	İnsansız gözlemler kullanarak yüksek etkili hava tahmini
Fırtına tepe bulutu özellikleri doğrulaması	Hava taşıtları kullanılarak karışık fazlı bulutlar ve yağış analizi
İsveç-Rusya-ABD Arktik test yatağı	Uzaktan algılama ekipmanları ile bulut ve sınır tabaka gözlemleri
Tropikal okyanus troposferik değişimi	Karbon monoksitin hava-deniz akısı ölçümleri
Uinta havzası kış ozonu	Yüzey akılarınin kule tabanlı ölçümleri ve yüzey, net ışınlm ve meteorolojik değişkenlerin yer tabanlı ölçümleri
Rüzgar tahmini iyileştirme test yatağı	Rüzgar tahmini ve rüzgar enerjisi modellemesi ve uygulamaları
Hawaii okyanus zaman serisi test yatağı	Akı referans şamandıra sahaları kullanılarak yapılan iklim gözlemleri
Kış fırtınaları ve Pasifik atmosferik nehirleri	Kış fırtınalarını ve Pasifik atmosferik nehirlerini gözlemek için dropsonde sistemi operasyonları ve veri analizi
Deneyisel PDÖ enstrümantasyon değerlendirmesi	Rüzgar enerjisi için uzaktan algılama enstrümantasyonu
Gelişmiş dikey atmosferik profillemesi sistemi	Atmosferik gözlemler için global hawk dropsonde insansız hava aracı

çevresel sorunlar. İklim IoT ayrıca verilerin aranması, paylaşılması, analizi ve görselleştirilmesi için yeni araçlar tasarlama fırsatı da sunmaktadır. Bu tür veri setlerinin bir listesi Tablo 2.2'de verilmiştir.

2.7 IoT Etkin Endeksler

İklim IoT'si aşağıdaki hayati endekslerin entegrasyonunu sağlar:

2.7.1 Hava Kalitesi Endeksi (AQI)

AQI bir hava kalitesi kirliliği endeksidir [102]. AQI endeksi, sülfür dioksit, partikül kirliliği, yer seviyesi ozon ve karbon monoksit dahil olmak üzere çeşitli hava kirlleticileri için belirlenir. Bu kirleticilerin her biri için AirNow mevcut ve gelecekteki kirlilik tahminlerini raporlamak için kullanılır.

Tablo 2.2 İklim veritabanları

İsim	Veri seti açıklaması	Koleksiyonda kullanılan teknoloji
Uluslararası yüzey basıncı veri bankası	1856'dan 2012'ye kadar dünyanın en büyük basınç gözlemleri koleksiyonu. ISPDv3, istasyon, deniz ve tropikal siklon en iyi iz basınç gözlemlerinin birçok ulusal ve uluslararası koleksiyonunun bir karışımıdır	Çeşitli
Arktik yaz bulutu okyanus bulutu veritabanı	Bulut makro ve mikrofiziksel ölçümleri	Ka-band bulut radarı, çok kanallı radyometre ve tavanölçer
Arktik yaz bulut okyanus rüzgar profili veritabanı	Rüzgar profilleri ve geri saçılım	449 MHz rüzgar profilleyici radar
Meksika, ABD ve Güney Kanada için günlük hidro-meteorolojik veri seti: 1950-2013	Hidrolojik durumlar, yağış, maksimum ve minimum günlük sıcaklık ve akışlar	6 km'lik ızgaralı bir ürün istasyonu
Hidrolojik yağış analizi XMRG veri seti	XMRG ile dört yıllık Kaliforniya Nevada Nehri Tahmin Merkezi (CNRFC) yağış ve sıcaklık veri setleri	Çeşitli
Hava-deniz akısı	Gemi tabanlı akı gözlemleri	Uydu gözlemleri
Küresel topluluk tahmin sistemi yeniden tahmin veri seti	Küresel topluluk tahminlerinden oluşan 150 TB'lık bir veri seti ve bunlara dayalı olarak 2. hafta sıcaklık ve yağış tahminleri, +1. hafta yağış tahminleri de dahil olmak üzere çok çeşitli deneysel tahmin rehberliği tahminler, +1 ila +2. haftalar kasırga tahminleri	Çeşitli
Dünya Görüşü	800'den fazla küresel, Kül bulutları, hava kalitesi, toz, kuraklık, yangınlar, şiddetli fırtınalar, seller, duman, su ve buz, yerleşim yerleri, bitki örtüsü ve sıcaklık için tam çözünürlüklü uydu görüntüsü katmanları	Uydu
Web toprak araştırması (WSS)	Toprakla ilgili kapsamlı bilgi kaynağı	Yerinde toprak nemi ölçümleri
Dalgaya maruz kalma modeli (WEMo)	Rüzgar dalgası enerjisi ve göller, kıyı körfezleri ve haliçler gibi kapalı su kütlelerinde deniz tabanı tortusunun hareketi	Çeşitli
Ekosistem hizmetlerinin çok ölçekli entegre modelleri (MIMES)	Coğrafi referanslı veri setlerinin yanı sıra ekolojik, ekonomik ve sosyal süreçlere ilişkin bilgi	Çeşitli

2.7.2 Kuraklık Endeksi (EDDI)

Evaporatif Talep Kuraklık İndeksi (EDDI) [109] kuraklık izleme ve erken uyarı aracıdır. Gelişmekte olan kuraklık ve mevcut kuraklıkların durumu hakkında erken uyarı sağlar. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) meteorolojik kuraklıkları izlemek için kullanılan bir diğer kuraklık indeksidir.

2.7.3 Çevresel Duyarlılık Endeksi (ESI)

Kıyı kaynakları ve petrol sızıntısı gibi diğer tehlikeler ve hassas kıyı şeritleri hakkındaki bilgiler ESI'den elde edilebilir [52]. ESI haritaları, tehlike planlaması, güvenlik önceliklerinin belirlenmesi ve uygulamalar için kullanılmaktadır.

2.7.4 Tuzluluk Verilerini Kullanan Kıyı Kuraklık İndeksi

Tuzluluk verilerine dayanarak, belirli bir ay için tuzluluk olasılığını belirlemek üzere aylık yağış ile birlikte aylık ortalama tuzluluk verilerini sağlayan bir kıyı tuzluluk endeksi (CSI) geliştirilmiştir [129].

2.7.5 Orman Yangını Tehdit Endeksi (SAWTI)

SAWTI, rüzgar potansiyelini dikkate alarak yangın potansiyelini tahmin eden bir indekstir. Yüzey sıcaklığı ve bağıl nem, bu yangına eğilimli rüzgar olaylarının izlenmesi için hayati parametrelerdir [134].

2.8 Çevresel Algılama Sistemleri

Bu bölümde, farklı atmosferik algılama sistemleri ele alınmaktadır. Bu sistemlerin ayrıntılı bir listesi Tablo 2.3'te verilmiştir.

2.8.1 Yağış Oluşumu Sensör Sistemi

Yağış Olayı Algılayıcı Sistemi (POSS), X-bandında çalışan ve yağış algılayan bir tür Doppler radarıdır. Türünü, yoğunluğunu ve

Tablo 2.3 Çevresel izleme sistemleri

Alet	Açıklama
Yirminci yüzyıl yeniden analizi	Dünya yüzeyinden tropopoz a kadar her 6 saatte bir hava durumunun 1851'e kadar küresel olarak yeniden yapılandırılması
Otomatik don/ısı tahmin sistemi	Bağlarda don ve sıcaklık olaylarının tahmini
Atmosfer. nehir su buharı akısı aracı	Kontrol katmanındaki IWV akısını ölçmek için rüzgar profilleri ve entegre su buharı (IWV) gözlemlerini birleştirir ve operasyonel sayısal hava tahmini önceki ve gelecek tahminleriyle karşılaştırır
Atmosferik nehir tespit aracı	Tahmincilere yardımcı olmak üzere atmosferik nehirlerin tanımlanması ve karakterize edilmesine yardımcı olacak otomatik objektif yazılım paketi
Fairall-Banner deniz spreji akı algoritması	Kasırga rüzgar hızlarında hava-deniz momentumu, ısı ve nem akışlarının tahmin edilmesini sağlayan bir dizi bilgisayar kodu. Deniz sprejinin etkilerini hesaba katar
Referans evapotranspirasyon tahmini (FRET)	FRET'in bias düzeltilmesi
Hidrolojik model performans değerlendirme aracı	Hidrolojik modellemenin performans ölçütlerini hesaplamak için R kodları seti. Geliştirilen metrikler arasında Nash-Sutcliffe verimliliği, akış hacmi farkı, değiştirilmiş korelasyon katsayısı, yüzde yanlışlık ve zirveye ulaşma süresi yer almaktadır. Bu işlevler aynı zamanda USGS akış verilerinin eksikliğini otomatik olarak tespit ederek model değerlendirmesinin elma-elma bazında yürütülmesini sağlayabilir
Enerji, bulutlar, atmosferik durum ve yağışın entegre karakterizasyonu	Grönland buz tabakasının tepesindeki zirve istasyonunda atmosferi, bulutları ve yağışı karakterize eden bir dizi yer tabanlı uzaktan ve yerinde sensörden elde edilen neredeyse gerçek zamanlı ölçümleri ve veri ürünlerini barındıran web sayfası
MRMS NetCDF-XMRG format dönüştürme aracı	1-km çözünürlüklü çok radarlı çok sensörlü (MRMS) QPE'leri NetCDF ve XMRG formatı arasında dönüştürebilen bir dizi Python kodu. Araç ayrıca coğrafi referans ve toplama işlevlerini yerine getirme yeteneklerine de sahiptir.
NOAA COARE toplu akı algoritması	Toplu meteorolojik girdileri kullanarak hava-deniz veya hava-buz akılarının tahmin edilmesini sağlayan bir dizi bilgisayar kodu. Meteorolojik ve çok sayıda eser gaz akısı mevcuttur
Kar seviyesi türünü	Karın yağmura dönüştüğü atmosfer seviyesini tespit etmek için patentli bir yöntem

(devam)

Tablo 2.3 (devam)

Alet	Açıklama
Dikey profil aracı	Web sitesi, kullanıcıların atmosferin dikey profilini gösteren farklı atmosferik ürünler çıkarmasına olanak tanır. Ürünler arasında bir tarihte tek veya çoklu profiller, 2 nokta arasında dikey bir transekt, bir çarpık-T grafiği ve yüksekliğe göre zaman grafiği. Veriler farklı reanalizlerden ve 1871'de başlar.
Dikey olarak entegre su buharı taşınımı (IVT) CBS aracı	Her basınç seviyesinde su buharı taşınımını otomatik olarak hesaplayabilen ve bunların integralini alabilen python tabanlı bir işlev. Etki alanı Pasifik Okyanusu, Batı ABD ve Güney Alaska'yı kapsamaktadır. Araç, MERRA ve NARR veri setlerinden çıkarılan değişkenler için IVT'leri hesaplamak için uygundur.
WRIT: web tabanlı reanaliz karşılaştırma araçları	Kullanıcıların reanaliz ve gözlemlenen veri setlerini karşılaştırmasına olanak tanıyan haritalar ve zaman serileri çizmek için bir dizi web aracı.
Kırılganlığın değerlendirilmesi için iklim kayıtları	Çeşitli doğal ve insan kaynaklarının değişen iklime karşı kırılganlığının değerlendirilmesi
İklim esnekliği araç kiti	Karar vericilerin iklim direncini artırmak için harekete geçmelerini sağlamak üzere veriye dayalı araçlar, bilgiler ve daha akıllı kararlar almak için konu uzmanlığı
İklime dirençli bir ekonomi için planlama çerçevesi	Toplulukların ekonomik kırılganlıklarını fark etmelerine yardımcı olun
İklim adaptasyonu ve dayanıklılık için akıllı büyüme çözümleri	İklim değişikliği için kodlar ve politikalar

Yağış oluşumu ve sıvı yağış ve katı yağış ölçümleri sağlar [122].

2.8.2 Radyosonde Sıcaklık ve Nem Algılama

Bir radyosonde, farklı atmosferik parametreleri ölçmek ve yer istasyonlarına iletmek için bir meteoroloji balonuna monte edilmiş atmosferik algılama aracı (örn. radyometreler) içerir. Bunlar genellikle sıcaklık ve nem ölçümleri için açık denizlerde ve okyanuslarda fırlatılır ve balon uçuş yüksekliğine ve algılama cihazının yeteneklerine bağlı olarak 10 km'ye kadar çözünürlük sağlar [21].

2.8.3 Bulut, Aerosol Polarizasyonu ve Geri Saçılım LiDAR (CAPABL)

CAPBL, depolarizasyon, parçacık yönelimi ve bulutların ve aerosollerin geri saçılımını ölçmek için bir araçtır [145].

2.8.4 Operasyonel Parlak Bant Kar Seviyesi Algılama

Doppler etkisi tabanlı bir atmosferik profillemeye radarı, atmosferik yansıtma ve dikey Doppler hızından parlak bant kar seviyelerini (atmosferde karın yağmura dönüştüğü yükseklikler) algılamak için kullanılır [162]. Bir başka radar türü olan FM-CW kar seviyesi radarı, sadece bir watt'tan daha az gönderim gücü kullanan sürekli dalga formunun gelişmiş düşük gönderim güçlü frekans modülasyonu tekniğini kullanır. Bu frekans spektrumunda radyo dalgalarının nem tarafından çok zayıf zayıflatılması / emilmesi nedeniyle yağış özellikleri ölçümleri için yararlı olan 2835 MHz frekans bandında çalışır.

2.8.5 Akustik Kullanarak Atmosfer Tomografisi

Akustikte, ses dalgalarının seyahat süresi, sıcaklık ve rüzgar hızı analizi için yatay olarak yerleştirilmiş (100 m yüksekliğe kadar) akustik tomografi vericileri ve alıcıları dizisi kullanılarak ölçülür [168].

2.8.6 Otomatik Atmosferik Nehir Tespiti

Atmosferik nehir (AR), sele yol açan yüksek su buharı taşınımının dar tüylerinden oluşur [89, 105, 113, 132, 165, 166]. Atmosferik nehir olaylarının tanımlanması ve karakterizasyonu, entegre su buharı ve taşınımı (IWV ve IVI) alanlarında uydu ve CALJET uçak gözlemleri kullanılarak yapılır [130, 131, 141, 165]. Entegre su buharı eşiklerine dayanmaktadır (örneğin, genişlik, uzunluk, farklı özelliklerin çekirdek IWV içerikleri). Farklı tespit kriterlerinin bir karşılaştırması [165]'te verilmiştir. Çevresel izleme sistemlerinin bir listesi Tablo 2.3'te verilmiştir.

2.9 Vaka Çalışmaları

2.9.1 Hint Okyanusu Tsunami Uyarı Sistemi

Hint Okyanusu tsunami uyarı sisteminde su ve dalga akışı kinetik sensörler kullanılarak ölçülmektedir [60]. Bu sensörler okyanus yatağına yerleştirilmiştir. Bu sensörler okyanus tabanından veri iletebilir ve bu veriler yüzen disk şamandıralar tarafından alınabilir. Tsunami uyarıları bu uyarı sistemleri kullanılarak yapılır. Sensörler, deniz tabanından yüzeye iletişim için akustik teknolojiyi kullanarak şamandıralarla iletişim kurar ve daha sonra uyarı sistemlerine uydu bağlantılarını kullanır.

2.9.2 Sismik Sensörler Olarak Denizaltı Kabloları

Bir ITU projesinde, depremleri ve sismik olayları tespit etmek için denizaltı kablolarına sensörler yerleştirilmiştir. Ayrıca, okyanus tabanındaki fiber optik kablolar sismik sensörler olarak da kullanılabilir, tsunamileri tahmin edebilir ve hizmette herhangi bir kesinti olmaksızın küresel sismik aktivite hakkında bilgi sağlayabilir [54].

2.9.3 Hızlı Hareket Eden Yangınlar için Bağlantılı Alarm Sistemleri

Evlerin birbirine yakın olması nedeniyle yangınlar gecekondü mahallelerinde hızla yayılabilmektedir. Yüksek yoğunluklu kentsel gecekondü mahallelerindeki bir Kızıl Haç projesi, düşük maliyetli, düşük enerjili, güneş enerjisi sensörleri kullanarak ortaya çıkan hızlı hareket eden yangınları, yerini ve tehdidini algılamakta ve yetkilileri uymaktadır. Nairobi ve Cape Town'da konuşlandırılmıştır [153].

2.9.4 Kentsel Hava Kalitesi Algılama

Hava kalitesi sensörleri, kirleticilerin miktarını ve değişimlerini izlemek için Benin kentsel alanlarındaki temiz havayı algılamak için kullanılır. Bu sensörler 3G kablosuz teknolojisini kullanarak 20 dakikalık görev döngüsü süresi ile verileri algılayabilir ve algılayabilir [5].

2.9.5 Su Akış Sensörleri

Nehir seviyeleri ve akışları hakkındaki hidrolojik verileri izlemek için gelişmekte olan ülkelerde su akış sensörleri kullanılmaktadır. Bu sonar menzilli su akış sensörleri su yüzeyine olan mesafeyi belirleyebilir [1].

Referanslar

1. Abegaz, B. W., Datta, T., & Mahajan, S. M. (2018). Enerji-su bağlantısı için sensör teknolojileri- bir inceleme. *Applied Energy*, 210, 451-466.
2. Abramowitz, G., Herger, N., Gutmann, E., Hammerling, D., Knutti, R., Leduc, M. ve diğerleri (2019). ESD incelemeleri: Çok modellenli iklim topluluklarında model bağımlılığı: Ağırlıklandırma, alt seçim ve örneklem dışı test. *Earth System Dynamics*, 10(1), 91-105.
3. Acquistapace, C., Kneifel, S., Löhnert, U., Kollias, P., Maahn, M., & Bauer-Pfundstein, M. (2017). Milimetre dalga boyulu radarlarla çiseleme başlangıcı gözlemlerinin optimizasyonu. *Atmospheric Measurement Techniques*, 10(5), 1783-1802.
4. Adams, R. M., Hurd, B. H., Lenhart, S., & Leary, N. (1998). Küresel iklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkileri: yorumlayıcı bir inceleme. *Climate Research*, 11(1), 19-30.
5. Ahuja, K., & Jani, N. (2019). Kentsel alanlar için hava kalitesi tahmin veri-model formülasyonu. *Uluslararası Bilgisayar Ağları ve İletişim Teknolojileri Konferansı* (s. 111-118). Berlin: Springer.
6. Albergel, C., Munier, S., Bocher, A., Bonan, B., Zheng, Y., Draper, C., ve diğerleri (2018). Uydudan elde edilen gözlemlerin LDAS- monde sıralı asimilasyonu bitişik ABD'ye uygulandı: Arazi yüzeyi değişkenlerinin dönem-5 odaklı bir yeniden analizi. *Remote Sensing*, 10(10), 1627.
7. Alexander, L., Zhang, X., Peterson, T., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A., ve diğerleri (2006). Sıcaklık ve yağışın günlük iklim aşırılıklarında küresel gözlemlenen değişiklikler. *Jeofizik Araştırma Dergisi: Atmospheres*, 111(D5), 1-22.
8. Alexander, M. A., Kilbourne, K. H., & Nye, J. A. (2014). Atlantik çok dalgalı salınımının (AMO) sıcak ve soğuk evreleri sırasında iklim değişikliği 1871-2008. *Deniz Sistemleri Dergisi*, 133, 14-26.
9. Alexander, M. A., Scott, J. D., Friedland, K. D., Mills, K. E., Nye, J. A., Pershing ve diğerleri (2018). Deniz yüzeyi sıcaklıklarında 21. yüzyıl için öngörülen değişimler: Kuzey okyanuslarının büyük deniz ekosistem bölgeleri için ortalama, değişkenlik ve aşırı uçlardaki değişiklikler. *Elementa Science of the Anthropocene* 6(1), 1-25.
10. Bagley, J. E., Jeong, S., Cui, X., Newman, S., Zhang, J., Priest, C. ve diğerleri (2017). Kaliforniya sera gazı emisyonlarının yıllık ters tahminleri için bir atmosferik taşıma modelinin değerlendirilmesi. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 122(3), 1901-1918.
11. Banta, R. M., Pichugina, Y. L., Brewer, W. A., James, E. P., Olson, J. B., Benjamin, S. G. ve diğerleri (2018). Gelecek için NWP tahmin modellerinin değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi: Açık deniz rüzgar enerjisinin ihtiyaçları nasıl yol gösterebilir? *Bulletin of the American Meteorological Society*, 99(6), 1155-1176.
12. Barsugli, J., Anderson, C., Smith, J. B., & Vogel, J. M. (2009). İklim değişikliğine yönelik su hizmetleri planlamasına yardımcı olmak için iklim modellemesini iyileştirme seçenekleri. Water Utility Climate Alliance White Paper. http://www.wucaonline.org/assets/pdf/pubs_whitepaper_120909.pdf
13. Bell, M. L., Goldberg, R., Hogrefe, C., Kinney, P. L., Knowlton, K., Lynn, B., ve diğerleri (2007). ABD'nin 50 şehrinde iklim değişikliği, ortam ozonu ve sağlık. *Climatic Change*, 82(1-2), 61-76.
14. Bevis, M., Businger, S., Chiswell, S., Herring, T. A., Anthes, R. A., Rocken, C., ve diğerleri (1994). GPS meteorolojisi: Zenit ıslak gecikmelerinin çökebilir su üzerine haritalanması. *Uygulamalı Meteoroloji Dergisi*, 33(3), 379-386.
15. Bianco, L., Friedrich, K., Wilczak, J. M., Hazen, D., Wolfe, D., Delgado, R. ve diğerleri (2017). Rüzgar enerjisi uygulamaları için mikrodalga radyometrelerin ve radyo akustik sondaj sistemlerinin doğruluğunun değerlendirilmesi. *Atmospheric Measurement Techniques*, 10(5), 1707.
16. Booker, F., Muntifering, R., McGrath, M., Burkey, K., Decoteau, D., Fiscus, E., ve diğerleri (2009). Küresel değişimin ozon bileşeni: Tarımsal ve bahçecilik bitki verimi, ürün kalitesi ve ıstılacı türlerle etkileşimler üzerindeki potansiyel etkiler. *Journal of Integrative Plant Biology*, 51(4), 337-351.

17. Bourassa, M. A., Gille, S. T., Jackson, D. L., Roberts, J. B., & Wick, G. A. (2010). Uzaktan algılamadan çıkarılan okyanus rüzgarları ve türbülanslı hava-deniz akıları. *Oşinografi*, 23(4), 36-51.
18. Castro, S., Emery, W., Wick, G., & Tandy, W. (2017). İHA ve uydu ölçümlerinden submesoscale deniz yüzeyi sıcaklığı değişkenliği. *Remote Sensing*, 9(11), 1089.
19. Castro, S. L., Monzon, L. A., Wick, G. A., Lewis, R. D., & Beylkin, G. (2018). Yeni bir yüksek çözünürlüklü çok aşamalı spektral enterpolasyon (HRMSI) tekniği kullanılarak uydu deniz yüzeyi sıcaklık verilerinin alt piksel değişkenliği ve kalite değerlendirmesi. *Uzaktan Çevre Algılama*, 217, 292-308.
20. Chisolm, E. I., & Matthews, J. C. (2012). Kasırgaların ve sellerin gömülü altyapı üzerindeki etkisi. *Leadership and Management in Engineering*, 12(3), 151-156.
21. Choi, B. I., Lee, S. W., Woo, S. B., Kim, J. C., Kim, Y. G., & Yang, S. G. (2018). Ultra düşük sıcaklıklı nem odası kullanılarak düşük sıcaklıkta radyosonde nem sensörlerinin değerlendirilmesi. *Advances in Science and Research*, 15, 207-212.
22. Choukulkar, A., Brewer, W. A., Sandberg, S. P., Weickmann, A., Bonin, T. A., Hardesty, R. M., ve diğerleri (2017). XPIA saha kampanyası sırasında karmaşık akışı ölçmek için tekli ve çoklu Doppler lidar tekniklerinin değerlendirilmesi. *Atmospheric Measurement Techniques*, 10(1), 247-264.
23. Collins, III, C., Blomquist, B., Persson, O., Lund, B., Rogers, W., Thomson, J. ve diğerleri (2017). Seyir halindeki gemiler tarafından ölçülen dalga frekansı spektrumlarının Doppler düzeltmesi. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 34(2), 429-436.
24. Creamean, J. M., Kirpes, R. M., Pratt, K. A., Spada, N. J., Maahn, M., Boer, G. D., ve diğerleri (2018). Arktik bir petrol sahası bölgesinde sürekli ilkbahar ölçümleri sırasında buz çekirdekleştirici partiküller üzerindeki deniz ve karasal etkiler. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18(24), 18023-18042.
25. Cynthia, R., David, R., Andrew, L.: *Isınan gezegenimiz: İklim dinamikleri konuları* (cilt 1). Singapur: World Scientific.
26. Shupe, M. D. (2017). Grönland'daki Summit İstasyonu'nda yapılan SONic Detection And Ranging (SODAR) ölçümleri, 2017. <http://doi.org/10.18739/A2V698B7K>.
27. Shupe, M. D. (2018). Grönland, Summit İstasyonu'nda Tavanölçer Bulut Taban Yüksekliği Ölçümleri, 2018. Arctic Data Center. <http://doi.org/10.18739/A2KP7TQ9P>.
28. Shupe, M. D. (2018). Grönland, Summit İstasyonu'nda yapılan Milimetre Bulut Radarı ölçümleri, 2018. Arctic Data Center. <http://doi.org/10.18739/A2F47GT18>.
29. Shupe, M. D. (2018). Grönland, Summit İstasyonu'nda alınan Bulut ve Aerosol Polarizasyonu ve Geri Saçılım LiDAR ölçümleri, 2018. Arctic Data Center. <http://doi.org/10.18739/A25T3FZ9D>.
30. Darwin, R., Tsigas, M. E., Lewandrowski, J., & Raneses, A. (1995). Dünya tarımı ve iklim değişikliği: Ekonomik adaptasyonlar. Teknik rapor.
31. de Boer, G., Ivey, M., Schmid, B., Lawrence, D., Dexheimer, D., Mei, F. ve diğerleri (2018). Kuş bakışı bir bakış: Arktik Alaska'da atmosferik araştırmalar için operasyonel bir ARM insansız hava kabiliyetinin geliştirilmesi. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 99(6), 1197-1212.
32. Diez, J. M., D'Antonio, C. M., Dukes, J. S., Grosholz, E. D., Olden, J. D., Sorte, C. J. ve diğerleri (2012). Aşırı iklim olayları biyolojik istilaları kolaylaştıracak mı? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(5), 249-257.
33. Doney, S. C., Fabry, V. J., Feely, R. A., & Kleypas, J. A. (2009). Okyanus asitlenmesi: Diğer CO2 sorunu. *Annual Review of Marine Science*, 1, 169-192.
34. Dorigo, W., de Jeu, R., Chung, D., Parinussa, R., Liu, Y., Wagner, W., ve diğerleri (2012). Uyumlaştırılmış çoklu uydu yüzey toprak neminde küresel eğilimlerin (1988-2010) değerlendirilmesi. *Geophysical Research Letters*, 39(18), 1-7.
35. Draper, C., & Reichle, R. H. (2019). Atmosferik reanalizlerin iyileştirilmesi için uydu toprak neminin asimilasyonu. *Monthly Weather Review*, 147(6), 2163-2188.

36. Du, Y., Song, W., He, Q., Huang, D., Liotta, A., & Su, C. (2019). Otomatik okyanus girdabı tespiti için uzaktan algılamada çok ölçekli özellik füzyonu ile derin öğrenme. *Bilgi Füzyonu*, 49, 89-99.
37. Duarte-Guardia, S., Peri, P. L., Amelung, W., Sheil, D., Laffan, S. W., Borchard, N., ve diğerleri (2019). Coğrafi verilerden daha iyi toprak karbonu tahminleri: Gözden geçirilmiş küresel bir yaklaşım. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 24(3), 355-372.
38. Easterling, W. E. (2011). *Tarımı iklim değişikliğine adapte etmek için kılavuz ilkeler*. Londra: Imperial College Press.
39. Emery, W., Castro, S., Wick, G., Schluessel, P., & Donlon, C. (2001). Kızılötesi uydu ve in situ sıcaklık verilerinden deniz yüzeyi sıcaklığının tahmin edilmesi. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 82(12), 2773-2786.
40. Fairall, C. W., Bradley, E. F., Rogers, D. P., Edson, J. B., & Young, G. S. (1996). Tropikal okyanus-küresel atmosfer birleşik-okyanus atmosferi tepki deneyi için hava-deniz akılarının toplu parametrelendirilmesi. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 101(C2), 3747- 3764.
41. Fairall, C., Matrosov, S. Y., Williams, C. R., & Walsh, E. (2018). Calwater-2'de havadan Doppler w-band radarından yağmur oranının tahmini. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 35(3), 593-608.
42. Fan, Y., Miguez-Macho, G., Weaver, C. P., Walko, R., & Robock, A. (2007). Su tablası dinamiklerinin iklim modellemesine dahil edilmesi: 1. Su tablası gözlemleri ve denge su tablası simülasyonları. *Jeofizik Araştırma Dergisi: Atmospheres*, 112(D10), 1-17.
43. FEMA. (2013). Zarar azaltma değerlendirme ekibi raporu: New Jersey ve New York'ta Sandy Kasırgası.
44. Fowler, D. R., Mitchell, C. S., Brown, A., Pollock, T., Bratka, L. A., Paulson, J. ve diğerleri (2013). Aşırı sıcak olayından sonra sıcağa bağlı ölümler-dört eyalet, 2012 ve birleşik devletler, 1999-2009. *MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report*, 62(22), 433.
45. Friel, S., Dangour, A. D., Garnett, T., Lock, K., Chalabi, Z., Roberts, I., ve diğerleri (2009). Sera gazı emisyonlarını azaltma stratejilerinin halk sağlığına faydaları: Gıda ve tarım. *Lancet*, 374(9706), 2016-2025.
46. Fu, S., Deng, X., Shupe, M. D., & Xue, H. (2019). Sonbahar arktik karışık fazlı bulut durumunda sürekli buz oluşumu üzerine bir modelleme çalışması. *Atmospheric Research*, 228, 77-85.
47. Gan, T. Y., Barry, R. G., Gizaw, M., Gobena, A., & Balaji, R. (2013). SMMR ve SSM/I pasif mikrodalga kar suyu eşdeğeri verilerinden tespit edilen 1979-2007 yılları arasında Kuzey Amerika kar yığınlarındaki değişimler ve ilgili iklimsel faktörler. *Jeofizik Araştırma Dergisi: Atmospheres*, 118(14), 7682-7697.
48. Gao, Y., Vano, J. A., Zhu, C., & Lettenmaier, D. P. (2011). Bölgesel iklim modelleri kullanılarak Colorado Nehri havzası üzerindeki iklim değişikliğinin değerlendirilmesi. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 116(D13), 1-20.
49. Gao, Y., Leung, L. R., Salathé, Jr, E. P., Dominguez, F., Nijssen, B., & Lettenmaier, D. P. (2012). Bölgesel ve küresel iklim modellerinde nem akısı yakınsaması: İklim değişikliği altında Güneybatı Amerika Birleşik Devletleri'ndeki kuraklıklar için çıkarımlar. *Geophysical Research Letters*, 39(9), 1-5.
50. García, O., Díaz, A., Expósito, F., Díaz, J., Dubovik, O., Dubuisson, P., ve diğerleri (2008). Atmosferik güneş akıları ve aerosol ışınımsal zorlamaya ilişkin AERONET tahminlerinin yer tabanlı geniş bant ölçümleriyle doğrulanması. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 113(D21).
51. Gastineau, G., Soden, B. J., Jackson, D. L., & O'dell, C. W. (2014). Tropikal okyanus açık gökyüzü giden uzun dalga radyasyonunun uydu tabanlı yeniden yapılandırılması ve iklim modelleri ile karşılaştırılması. *İklim Dergisi*, 27(2), 941-957.
52. Gil-Agudelo, D. L., Ibarra-Mojica, D. M., Guevara-Vargas, A. M., Nieto-Bernal, R., Serrano-Gómez, M., Gundlach, E. R. ve diğerleri (2019). Kolombiya nehirlerindeki petrol sızıntıları için çevresel duyarlılık endeksi (ESI-R): Magdalena nehri için uygulama. *CT&F-Ciencia, Tecnología y Futuro*, 9(1), 83-91.

53. Grachev, A. A., Persson, P. O. G., Uttal, T., Akish, E. A., Cox, C. J., Morris, S. M. ve diğerleri (2018). İki arktik karasal alanda yüzey akılarının mevsimsel ve enlemsel değişimleri. *Climate Dynamics*, 51(5-6), 1793-1818.
54. Grall, G., & Moresco, G. (2002). Denizaltı sismik araştırma için sistem. ABD Patenti 6,456,565.
55. Greene, S., Kalkstein, L. S., Mills, D. M., & Samenow, J. (2011). Büyük ABD şehirlerinde aşırı sıcak olayları ve iklim-ölüm ilişkileri üzerine iklim değişikliğinin incelenmesi. *Weather, Climate, and Society*, 3(4), 281-292.
56. Greenwald, T. J., Stephens, G. L., Vonder Haar, T. H., & Jackson, D. L. (1993). Özel sensör mikrodalga/görüntüleyici (SSM/I) gözlemleri kullanılarak küresel okyanuslar üzerindeki sıvı bulut suyunun fiziksel olarak elde edilmesi. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 98(D10), 18471-18488.
57. Guest, P., Persson, P. O. G., Wang, S., Jordan, M., Jin, Y., Blomquist, B. ve diğerleri (2018). Yeni Arktik okyanusu üzerinde düşük seviyeli baroklinik jetler. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 123(6), 4074-4091.
58. Haines, A., McMichael, A. J., Smith, K. R., Roberts, I., Woodcock, J., Markandya, A. ve diğerleri (2009). Sera gazı emisyonlarını azaltma stratejilerinin halk sağlığına faydaları: Genel bakış ve politika yapıcılar için çıkarımlar. *Lancet*, 374(9707), 2104-2114.
59. Hamill, T. M., Engle, E., Myrick, D., Peroutka, M., Finan, C., & Scheuerer, M. (2017). Yağış olasılığı ve deterministik yağış miktarının istatistiksel olarak sonradan işlenmesi için ABD ulusal model karışımı. *Monthly Weather Review*, 145(9), 3441-3463.
60. Hanka, W., Saul, J., Weber, B., Becker, J., Harjadi, P., Rudloff, A. ve diğerleri (2010). Hint okyanusu ve ötesinde tsunami uyarısı için gerçek zamanlı deprem izleme. *Natural Hazards & Earth System Sciences*, 10(12), 2611-2622.
61. Hartten, L. M., Johnston, P. E., Rodríguez Castro, V. M., & Esteban Pérez, P. S. (2019). Tropikal bir UHF profileme radarının yüzey ve uçuş tabanlı yöntemlerle kurulum sonrası kalibrasyonu. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 36, 1729-1751. <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-18-0020.1>.
62. Hatfield, J. L., Boote, K. J., Kimball, B. A., Ziska, L., Izaurrealde, R.C., Ort, D., ve diğerleri (2011). İklimin tarım üzerindeki etkileri: Bitkisel üretim için çıkarımlar. *Agronomy Journal*, 103(2), 351-370.
63. Heimlich, B., & Bloetscher, F. (2011). Deniz seviyesinin yükselmesinin ve diğer iklim değişikliği etkilerinin güneydoğu Florida'nın su kaynakları üzerindeki etkileri. *Florida Su Kaynakları Dergisi*, 63(9), 37-48.
64. Herron, T., Tolstoy, I., & Kraft, D. (1969). Mezoscale aralığında atmosferik basınç arka plan dalgalanmaları. *Journal of Geophysical Research*, 74(6), 1321-1329.
65. Hodgkins, G. A., & Dudley, R. W. (2006). Maine'de kış sonu kar paketi derinliği, su eşdeğeri ve yoğunluğundaki değişimler, 1926-2004. *Hydrological Processes an International Journal*, 20(4), 741-751.
66. Höglström, U., & Smedman, A. S. (2004). Sonik anemometrelerin doğruluğu: Laminer rüzgar tüneli kalibrasyonları ile atmosferik in situ kalibrasyonların bir referans cihazla karşılaştırılması. *Boundary-Layer Meteorology*, 111(1), 33-54.
67. Huang, D., Zhang, Q., Wang, J., Liotta, A., Song, W., & Zhu, J. (2018). Okyanus veri ontolojisi inşasına dayalı deniz bilgi sistemi. 2018 IEEE Uluslararası Sistemler, İnsan ve Siberetik Konferansı (SMC) içinde (s. 2595-2601). Piscataway: IEEE.
68. Izaurrealde, R. C., Thomson, A. M., Morgan, J., Fay, P., Polley, H., & Hatfield, J. L. (2011). İklimin tarım üzerindeki etkileri: Yem ve mera üretimi için çıkarımlar. *Agronomy Journal*, 103(2), 371-381.
69. Jackson, D. L., & Stephens, G. L. (1995). Küresel okyanuslar üzerinde SSM/T'den türetilen sütunlu su buharı üzerine bir çalışma. *İklim Dergisi*, 8(8), 2025-2038.
70. Jackson, D. L., & Wick, G. A. (2010). AMSU-A ve deniz yüzeyi sıcaklık gözlemlerinden elde edilen yüzeye yakın hava sıcaklığı alımı. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 27(10), 1769-1776.

71. Jackson, D. L., & Wick, G. A. (2014). COARE gaz transfer modelinden elde edilen CO₂ transfer hızlarının uydu girdileri kullanılarak belirsizlik analizinin yayılması. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 119(3), 1828-1842.
72. Jackson, D. L., Wick, G. A., & Bates, J. J. (2006). Çok sensörlü mikrodalga uydu gözlemleri kullanılarak yüzeye yakın hava sıcaklığı ve spesifik nemin elde edilmesi. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 111(D10), 1-16.
73. Jackson, D. L., Wick, G. A., & Robertson, F. R. (2009). Uydudan alınan yüzeye yakın özgül nem gözlemleri için geliştirilmiş çok sensörlü yaklaşım. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 114(D16), 1-13.
74. Jagtap, S., Jones, J., Mearns, L., Ojima, D., Paul, E., & Paustian, K. (2003). ABD tarımı ve iklim değişikliği: Yeni sonuçlar. *Climatic Change*, 57, 4369.
75. Jeong, S., Newman, S., Zhang, J., Andrews, A. E., Bianco, L., Dlugokencky, E., ve diğerleri (2018). Kaliforniya'nın azot oksit emisyonlarının yıllık döngüsünün ters tahmini. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 123(9), 4758-4771.
76. Jin, X., Yu, L., Jackson, D. L., & Wick, G. A. (2015). SSM/I uydu dönemi için geliştirilmiş bir yüzeye yakın özgül nem ve hava sıcaklığı klimatolojisi. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 32(3), 412-433.
77. Johnson, D. L., Ambrose, S. H., Bassett, T. J., Bowen, M. L., Crummey, D. E., Isaacson, J. S., ve diğerleri (1997). Çevresel terimlerin anlamları. *Journal of Environmental Quality*, 26(3), 581-589.
78. Joseph, A. (2014). Bölüm 4 - HF Doppler radar ağları kullanılarak deniz yüzeyi akıntılarının uzaktan haritalanması. A. Joseph (Ed.), *Measuring ocean currents* içinde (s. 109-137). Boston: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415990-7.00004-1>.
79. Justic', D., Rabalais, N. N., & Turner, R. E. (2005). İklim değişkenliği ve kıyı ötrofikasyonu arasındaki bağlantı: Kuzey Meksika Körfezi için kanıtlar ve görünüm. *Deniz Araştırmaları Dergisi*, 54(1), 25-35.
80. Karl, T. R., Melillo, J. M., Peterson, T. C., & Hassol, S. J. (2009). *Amerika Birleşik Devletleri'nde küresel iklim değişikliğinin etkileri*. Cambridge: Cambridge Üniversitesi Yayınları.
81. Khan, R., Khan, S. U., Zaheer, R., & Khan, S. (2012). Geleceğin interneti: Nesnelerin interneti mimarisi, olası uygulamalar ve temel zorluklar. İçinde *2012 10. Uluslararası Bilgi Teknolojisinin Sınırları Konferansı* (s. 257-260). IEEE (2012).
82. Kundzewicz, Z. W., Budhagooncharoen, S., Bronstert, A., Hoff, H., Lettenmaier, D., Menzel, L., ve diğerleri (2002). Değişkenlik ve değişimle başa çıkma: Seller ve kuraklıklar. *Doğal kaynaklar forumu* içinde (cilt 26, s. 263-274). Wiley Online Library.
83. Kunkel, K. (2008). Hava ve iklim aşırılıklarında gözlemlenen değişiklikler. *Değişen bir iklimde hava ve iklim aşırılıkları içinde: Odak bölgeleri: Kuzey Amerika, Hawaii, Karayipler ve ABD Pasifik Adaları* (s. 35-80). Scotts Valley: CreateSpace Independent.
84. Lacour, A., Chepfer, H., Shupe, M. D., Miller, N. B., Noel, V., Kay, J. ve diğerleri (2017). CALIPSO-GOCCP'de gözlemlenen Grönland bulutları: Yer tabanlı zirve gözlemleri ile karşılaştırma. *İklim Dergisi*, 30(15), 6065-6083.
85. Liu, Y., Shupe, M. D., Wang, Z., & Mace, G. (2017). İki arktik atmosferik gözlemevinde birleşik yüzey ve uzay radar-lidar gözlemlerinden elde edilen bulut dikey dağılımı. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(9), 5973-5989.
86. Lund, B., Graber, H. C., Persson, P., Smith, M., Doble, M., Thomson, J. ve diğerleri (2018). Gemi deniz radarı ile ölçülen Arktik deniz buzu sürüklenmesi. *Jeofizik Araştırmaları Dergisi: Oceans*, 123(6), 4298-4321.
87. Ma, Z., Kuo, Y. H., Ralph, F. M., Neiman, P. J., Wick, G. A., Sukovich, E. ve diğerleri (2018). NCEP bölgesel GSI sistemi ile yoğun bir atmosferik nehir için GPS radyo okültasyon verilerinin asimilasyonu. *Monthly Weather Review*, 139(7), 2170-2183.
88. Maahn, M., Hoffmann, F., Shupe, M. D., Boer, G. D., Matrosov, S. Y., & Luke, E. P. (2019). Sıvı bulut mikrofiziksel süreçleri dikey işaretli bulut radar kalibrasyonu için kullanılabilir mi? *Atmospheric Measurement Techniques*, 12(6), 3151-3171.

89. Mahoney, K., Jackson, D. L., Neiman, P., Hughes, M., Darby, L., Wick, G. ve diğerleri (2016). Amerika Birleşik Devletleri'nin güneydoğusundaki şiddetli yağışlarda atmosferik nehirlerin rolünü anlamak. *Monthly Weather Review*, 144(4), 1617-1632.
90. Maizlish, N., Woodcock, J., Co, S., Ostro, B., Fanai, A., & Fairley, D. (2013). San Francisco körfez bölgesinde sera gazı emisyonlarında sağlık faydaları ve ulaşım ile ilgili azalmalar. *American Journal of Public Health*, 103(4), 703-709.
91. Malaver Rojas, J. A., Motta, N., Gonzalez, L. F., Corke, P., & Depari, A. (2012). Küçük insansız hava araçları kullanarak alçak troposferdeki kirlenici gazları izlemek için bir gaz sensörü sisteminin geliştirilmesine doğru. R. N. Smith (Ed.), *Çevresel İzleme için Robotik Çalıştay*, 11 Temmuz 2012, Sydney Üniversitesi, N. S. W.
92. Markandya, A., Armstrong, B. G., Hales, S., Chiabai, A., Criqui, P., Mima, S., ve diğerleri (2009). Sera gazı emisyonlarını azaltma stratejilerinin halk sağlığına faydaları: Düşük karbonlu elektrik üretimi. *Lancet*, 374(9706), 2006-2015.
93. Marlier, M. E., DeFries, R. S., Voulgarakis, A., Kinney, P. L., Randerson, J. T., Shindell, D. T. ve diğerleri (2013). El niño ve Güneydoğu Asya'da peyzaj yangını emisyonlarından kaynaklanan sağlık riskleri. *Nature Climate Change*, 3(2), 131.
94. Mass, C., Skalenakis, A., & Warner, M. (2011). Kuzey Amerika'nın batı kıyısı üzerindeki aşırı yağışlar: Bir eğilim var mı? *Journal of Hydrometeorology*, 12(2), 310-318.
95. Matrosov, S. Y. (2017). Ka ve W-band radar frekanslarında dikey Doppler hızlarındaki farklılıkların ölçümlerinden karakteristik yağmur damlası boyutu çıkarımı. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 34(1), 65-71.
96. Matrosov, S. Y., & Turner, D. D. (2018). Mikrodalga radyometre ölçümleri kullanarak atmosferik sıvı su katmanlarının ortalama sıcaklığının elde edilmesi. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 35(5), 1091-1102.
97. McCaffrey, K., Bianco, L., Johnston, P., & Wilczak, J. M. (2017). Rüzgar profillemeye radarları ve sonik anemometrelerden elde edilen dikey hız varyansı ölçümlerinin karşılaştırılması. *Atmospheric Measurement Techniques*, 10(3), 999.
98. McCaffrey, K., Bianco, L., & Wilczak, J. M. (2017). Rüzgar profillemeye radarlarından türbülans dağılım oranlarının iyileştirilmiş gözlemleri. *Atmospheric Measurement Techniques*, 10(7), 2595-2611.
99. McCaffrey, K., Quelet, P. T., Choukulkar, A., Wilczak, J. M., Wolfe, D. E., Oncley, S. P. ve diğerleri (2017). Sonik anemometre ve lidar ölçümleri kullanılarak kule-sarsıntı bozulmalarının tanımlanması. *Atmospheric Measurement Techniques*, 10(NREL/JA-5000-68031), 393-407.
100. McVicar, T. R., Roderick, M. L., Donohue, R. J., Li, L. T., Van Niel, T. G., Thomas, A., ve diğerleri (2012). Gözlemlenen karasal yüzeye yakın rüzgar hızlarındaki eğilimlerin küresel incelemesi ve sentezi: Buharlaşma için çıkarımlar. *Journal of Hydrology*, 416, 182-205.
101. Mir, L. (2008). Çocuklarda solunum ve alerjik etkiler için risk faktörü olarak konut içi kimyasal emisyonlar: Bir gözden geçirme. *Environnement, Risques & Santé*, 7(1), 10-11.
102. Mirabelli, M., Sarnat, S., & Damon, S. (2019). Amerika Birleşik Devletleri'nde yetişkinler arasında hava kalitesi endeksi ve hava kalitesi farkındalığı. *C45* içinde. *Çevrenin akciğer sağlığı üzerindeki etkileri*, s. A4909-A4909. New York: Amerikan Toraks Derneği.
103. Mohanty, U., & Gupta, A. (2008). Tropikal siklon izlerinin tahmini için deterministik yöntemler. *Kıyı deniz süreçlerinin modellenmesi ve izlenmesi* içinde (s. 141-170). Berlin: Springer.
104. Mueller, J. L., Bidigare, R., Trees, C., Balch, W., Dore, J., Drapeau, D., ve diğerleri (2003). *Uydu okyanus renk sensörü doğrulaması için okyanus optiği protokolleri, revizyon 5. Cilt v: Biyojeokimyasal ve biyo-optik ölçümler ve veri analizi protokolleri*. Greenbelt: Goddard Uzay Uçuşu Uzay Merkezi.
105. Mueller, M. J., Mahoney, K. M., & Hughes, M. (2017). Güçlü bir atmosferik nehir olayı sırasında Kuzeybatı Pasifik'e nem taşınmasının yüksek çözünürlüklü model tabanlı araştırması. *Monthly Weather Review*, 145(9), 3861-3879.
106. Murphy, M. (1994). Fırtına ile mücadele: Su sistemleri kasırgalara karşı. *Journal- American Water Works Association*, 86(1), 74-83.

107. Myers, D. R. (2016). *Güneş radyasyonu: Yenilenebilir enerji uygulamaları için pratik modelleme*. Boca Raton: CRC Press.
108. Nakicenovic, N., Alcamo, J., Grubler, A., Riahi, K., Roehrl, R., Rogner, H. H., ve diğerleri (2000). *Emisyon senaryoları özel raporu (SRES), hükümetler arası iklim değişikliği paneli Çalışma Grubu III'ün özel raporu*. Cambridge: Cambridge Üniversitesi Yayınları.
109. Nam, W. H., Feng, S., Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Fuchs, B., Hong, E. M. ve diğerleri (2018). Evaporatif talep kuraklık indeksi (EDDI) kullanılarak Çin ve Kore üzerinde ani kuraklık riski değerlendirmesi. *AGU sonbahar toplantısı özetleri* içinde.
110. Ulusal Araştırma Konseyi, Dünya ve Yaşam Çalışmaları Bölümü, Atmosfer Bilimleri ve İklim Kurulu, Atmosferik Sera Gazı Konsantrasyonları için Stabilizasyon Hedefleri Komitesi. (2011). *İklim stabilizasyon hedefleri: Emisyonlar, konsantrasyonlar ve on yıllar ile bin yıllar arasındaki etkiler*. Washington: Ulusal Akademiler Yayınları.
111. Neiman, P. J., Ralph, F. M., White, A., Kingsmill, D., & Persson, P. (2002). Kaliforniya'nın kıyı dağlarında yamaç yukarı akış ve yağış arasındaki istatistiksel ilişki: CALJET sırasındaki gözlemler. *Monthly Weather Review*, 130(6), 1468-1492.
112. Neiman, P. J., Wick, G. A., Ralph, F. M., Martner, B. E., White, A.B., & Kingsmill, D. E. (2005). CALJET ve PACJET sırasında Kaliforniya ve Oregon'da kış zamanı parlak bant olmayan yağmur: Coğrafi, yıllar arası ve sinoptik değişkenlik. *Monthly Weather Review*, 133(5), 1199-1223.
113. Neiman, P. J., Gaggini, N., Fairall, C. W., Aikins, J., Spackman, J. R., Leung, L.R. ve diğerleri (2017). CalWater-2015 sırasında Kuzey Pasifik üzerinde karaya oturan bir atmosferik nehirde NOAA'nın Ronald H. Brown gemisi ve G-IV uçağından koordineli gözlemlerin analizi. *Monthly Weather Review*, 145(9), 3647-3669.
114. Newsom, R. K., Brewer, W. A., Wilczak, J. M., Wolfe, D., Oncley, S., & Lundquist, J. K. (2017). Bir Doppler lidarından yatay rüzgar ölçümlerinde hassasiyet tahminlerinin doğrulanması. *Atmospheric Measurement Techniques*, 10(3), 1229-1240.
115. Norgren, M. S., Boer, G. D., & Shupe, M. D. (2018). Düşük seviyeli arktik karışık faz bulutlarında bulut buzunun gözlemlenen aerosol baskılanması. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18(18), 13345-13361.
116. Parris, A. S., Bromirski, P., Burkett, V., Cayan, D. R., Culver, M. E., Hall, J. ve diğerleri (2012). Amerika Birleşik Devletleri ulusal iklim değerlendirmesi için küresel deniz seviyesi yükselme senaryoları. NOAA teknik raporu OAR CPO.
117. Patz, J. A., McGeehin, M. A., Bernard, S. M., Ebi, K. L., Epstein, P. R., Grambsch, A. ve diğerleri (2000). İklim değişkenliği ve değişikliğinin Amerika Birleşik Devletleri için potansiyel sağlık etkileri: ABD ulusal değerlendirmesinin sağlık sektörü raporunun yönetici özeti. *Environmental Health Perspectives*, 108(4), 367-376.
118. Perlwitz, J., & Graf, H. F. (1995). Kış aylarında Kuzey Yarımküre'nin troposferik ve stratosferik dolaşımı arasındaki istatistiksel bağlantı. *İklim Dergisi*, 8(10), 2281-2295.
119. Perlwitz, J., Knutson, T., Kossin, J. P., & LeGrande, A. N. (2017). Büyük ölçekli sirkülasyon ve iklim değişkenliği. D. J. Wuebbles, D. W. Fahey, K. A. Hibbard, D. J. Dokken, B. C. Stewart, & T. K. Maycock (Eds.) *İklim Bilimi özel raporu: Dördüncü ulusal iklim değerlendirmesi*. ABD Küresel Değişim Araştırma Programı (Cilt I, s. 161-184). <http://doi.org/10.7930/JORV0KVQ>.
120. Peterson, T. C., Stott, P. A., & Herring, S. (2012). İklim perspektifinden 2011'deki aşırı olayları açıklamak. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(7), 1041-1067.
121. Peterson, T. C., Heim, Jr, R. R., Hirsch, R., Kaiser, D. P., Brooks, H., Diffenbaugh, N. S., ve diğerleri (2013). Amerika Birleşik Devletleri'nde sıcak hava dalgaları, soğuk hava dalgaları, seller ve kuraklıklardaki değişikliklerin izlenmesi ve anlaşılması: Bilgi durumu. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(6), 821-834.
122. Pettersen, C., Bennartz, R., Merrelli, A. J., Shupe, M. D., Turner, D. D., & Walden, V. P. (2018). Grönland'ın merkezi üzerindeki yağış rejimleri 5 yıllık ICECAPS gözlemlerinden çıkarılmıştır. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18(7), 4715-4735.

123. Pichugina, Y. L., Banta, R. M., Olson, J. B., Carley, J. R., Marquis, M. C., Brewer, W. A. ve diğerleri (2017). NWP tahmin modellerinin, gemi tabanlı bir tarama Doppler lidarından alınan ölçümlerle alt sınır tabakası boyunca açık deniz rüzgarlarını simüle etmede değerlendirilmesi. *Monthly Weather Review*, 145(10), 4277-4301.
124. Polvani, L. M., Sun, L., Butler, A. H., Richter, J.H., & Deser, C. (2017). Kuzey Atlantik ve Avrasya üzerindeki kış mevsimi iklim değişkenliğinin temel etkenleri olarak stratosferik ani ısınmaları ENSO'dan ayırmak. *İklim Dergisi*, 30(6), 1959-1969.
125. Popovicheva, O., Diapouli, E., Makshtas, A., Shonija, N., Manousakas, M., Saraga, D., ve diğerleri (2019). HMO Tiksi'de Doğu Sibirya Arktik arka planı ve siyah karbonla kirlenmiş aerosoller. *Science of the Total Environment*, 655, 924-938.
126. Potyailo, R. A. (2016). Nesnelerin interneti ve endüstriyel internet çağında gazların her yerde izlenmesi için çok değişkenli sensörler. *Chemical Reviews*, 116(19), 11877-11923.
127. Privette, J., Fowler, C., Wick, G., Baldwin, D., & Emery, W. (1995). Yörüngesel kaymanın gelişmiş çok yüksek çözünürlüklü radyometre ürünleri üzerindeki etkileri: Normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi ve deniz yüzeyi sıcaklığı. *Remote Sensing of Environment*, 53(3), 164-171.
128. Pruski, F. F., & Nearing, M. A. (2002). Yağıştaki değişikliklere karşı akış ve toprak kaybı tepkileri: Bir bilgisayar simülasyon çalışması. *Journal of Soil and Water Conservation*, 57(1), 7-16.
129. Rahman, M. M., Mostofa, M. G., Rahman, M. A., Miah, M. G., Saha, S. R., Karim, M. A. ve diğerleri (2019). Halofit *Achras sapota*'nın tuz tolerans mekanizmalarına dair içgörü: Kıyı bölgelerinde tarım için önemli bir meyve ağacı. *Protoplasma*, 256(1), 181-191.
130. Ralph, F. M., Neiman, P. J., & Wick, G. A. (2004). 1997/98 kışında doğu kuzey Pasifik okyanusu üzerindeki atmosferik nehirlerin uydu ve CALJET uçak gözlemleri. *Monthly Weather Review*, 132(7), 1721-1745.
131. Ralph, F., Iacobellis, S., Neiman, P., Cordeira, J., Spackman, J., Waliser, D., ve diğerleri (2017). Kuzey Pasifik atmosferik nehirlerinde toplam entegre su buharı taşınımının Dropsonde gözlemleri. *Journal of Hydrometeorology*, 18(9), 2577-2596.
132. Ralph, F. M., Dettinger, M., Lavers, D., Gorodetskaya, I. V., Martin, A., Viale, M., ve diğerleri (2017). Atmosferik nehirler küresel bir bilim ve uygulama odağı olarak ortaya çıkıyor. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(9), 1969-1973.
133. Roberts, J., Clayson, C., Robertson, F., & Jackson, D. (2010). İlk tahmin yaklaşımlarıyla sınır ağları kullanarak SSM/I'den yüzeye yakın özelliklerin tahmin edilmesi. *Jeofizik Araştırma Dergisi*, 115, D19113.
134. Rolinski, T., Capps, S. B., & Zhuang, W. (2019). Santa Ana rüzgarları: Açıklayıcı bir klimatoloji. *Weather and Forecasting*, 34(2), 257-275.
135. Rosário, N. E., Yamasoe, M. A., Brindley, H., Eck, T. F., & Schafer, J. (2011). Güney Amazon'un biyokütle yakma bölgesinde aşağı doğru inen güneş ışıması: Aerosol yoğun optik özelliklerine bağımlılık ve su buharının rolü. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 116(D18), 1-10.
136. Sanchez-Cohen, I., Díaz-Padilla, G., Velasquez-Valle, M., Slack, D. C., Heilman, P., & Pedroza-Sandoval, A. (2015). Meksika'nın yağmurla beslenen tarım alanları için bir karar destek sistemi. *Computers and Electronics in Agriculture*, 114, 178-188.
137. Sands, R. D., & Edmonds, J. A. (2005). ABD için iklim değişikliğinin etkileri: Bütünleşik bir değerlendirme. İçinde: *Climate change impacts for the conterminous USA* (s. 127-150). Berlin: Springer.
138. Schaller, M. F., & Fan, Y. (2009). Yeraltı suyu ihracatçısı ve ithalatçısı olarak nehir havzaları: Su döngüsü ve iklim modellemesi için çıkarımlar. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 114(D4), 1-21.
139. Scheuerer, M., & Hamill, T. M. (2018). GEFS model çıktısına dayalı fiziksel olarak gerçekçi, yüksek çözünürlüklü yağış tahmin alanlarının kalibre edilmiş topluluklarının oluşturulması. *Journal of Hydrometeorology*, 19(10), 1651-1670.

140. Send, U., Wallace, D. W. R., Lampitt, R., Honda, M. C., Lukas, R., Feely R., ve diğerleri (2009). OceanSITES. *OceanObs'09 Bildiriler Kitabı: Sürdürülebilir Okyanus Gözlemleri ve Toplum için Bilgi*. Paris: Avrupa Uzay Ajansı. <http://dx.doi.org/10.5270/OceanObs09.cwp.79>.
141. Shields, C. A., Rutz, J. J., Leung, L. Y., Ralph, F. M., Wehner, M., Kawzenuk, B. ve diğerleri (2018). Atmosferik nehir izleme yöntemi karşılaştırma projesi (ARTMIP): Proje hedefleri ve deneysel tasarım. *Geoscientific Model Development*, 11(6), 2455-2474.
142. Smit, B., & Skinner, M. W. (2002). Tarımda iklim değişikliğine adaptasyon seçenekleri: Bir tipoloji. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 7(1), 85-114.
143. Sossa, A., Liebmann, B., Bladé, I., Allured, D., Hendon, H.H., Peterson, P. ve diğerleri (2017). Madden-Julian salınımı ile Batı Afrika'daki büyük günlük yağış olayları arasındaki istatistiksel bağlantı. *İklim Dergisi*, 30(6), 1999-2010.
144. Spickett, J. T., Brown, H., & Rumchev, K. (2011). İklim değişikliği ve hava kalitesi: Sağlık üzerindeki potansiyel etki. *Asia Pacific Journal of Public Health*, 23(2), 37S-45S.
145. Stillwell, R. A., Neely, III, R. R., Thayer, J. P., Shupe, M. D., & Turner, D. D. (2018). Geliştirilmiş polarimetrik lidar ile düşük seviyeli sıvı ve karışık fazlı bulutların geliştirilmiş bulut fazı tayini. *Atmospheric Measurement Techniques*, 11(2), 835-859.
146. Stone, B., Hess, J. J., & Frumkin, H. (2010). Kentsel form ve aşırı sıcak olayları: Yayılan şehirler iklim değişikliğine karşı kompakt şehirlerden daha mı savunması? *Environmental Health Perspectives*, 118(10), 1425-1428.
147. Strauch, R. G., Merritt, D., Moran, K., Earnshaw, K., & De Kamp, D. V. (1984). Colorado rüzgar profilleme ağı. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 1(1), 37-49.
148. Sun, L., Alexander, M., & Deser, C. (2018). 1990-2090 yılları arasında Arktik deniz buzu kaybına küresel birleşik iklim tepkisinin evrimi ve iklim değişikliğine katkısı. *İklim Dergisi*, 31(19), 7823-7843.
149. Tagaris, E., Manomaiphiboon, K., Liao, K. J., Leung, L. R., Woo, J. H., He, S., ve diğerleri (2007). Küresel iklim değişikliği ve emisyonların Amerika Birleşik Devletleri üzerindeki bölgesel ozon ve ince partikül madde konsantrasyonları üzerindeki etkileri. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 112(D14), 1-11.
150. Tao, F., Zuo, Y., Da Xu, L., Lv, L., & Zhang, L. (2014). Nesnelerin interneti ve ürünlerin enerji tasarrufu ve emisyon azaltımının BOM tabanlı yaşam döngüsü değerlendirmesi. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(2), 1252-1261.
151. Trenberth, K. E. (2011). İklim değişikliği ile yağışlardaki değişimler. *Climate Research*, 47(1-2), 123-138.
152. Turner, D., Shupe, M., & Zwink, A. (2018). Alaska, Barrow'da gözlemlenen kutup bulutlarındaki karakteristik atmosferik radyatif ısıtma oranı profilleri. *Uygulamalı Meteoroloji ve Klimatoloji Dergisi*, 57(4), 953-968.
153. Twigg, J., Christie, N., Haworth, J., Osuteye, E., & Skarlatidou, A. (2017). Düşük gelirli ve gayri resmi yerleşim yerlerinde yangın riski değerlendirmesi için geliştirilmiş yöntemler. *Uluslararası Çevre Araştırmaları ve Halk Sağlığı Dergisi*, 14(2), 139.
154. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı. (2013). *ABD sera gazı emisyonları ve yutakları envanteri: 1990-2011* (cilt 505). Washington DC: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı.
155. Vose, R. S., Applequist, S., Bourassa, M. A., Pryor, S. C., Barthelmie, R. J., Blanton, B., ve diğerleri (2014). Aşırı uçlardaki değişikliklerin izlenmesi ve anlaşılması: Ekstratropikal fırtınalar, rüzgarlar ve dalgalar. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95(3), 377-386.
156. Walden, V., & Shupe, M. (2013). Zirve istasyonunda alınan radyosonde sıcaklık ve nem profilleri, Grönland, Arktik Veri Merkezi.
157. Wall, E., & Smit, B. (2005). Sürdürülebilir tarım ışığında iklim değişikliğine uyum. *Journal of Sustainable Agriculture*, 27(1), 113-123.
158. Walthall, C. L., Hatfield, J., Backlund, P., Lengnick, L., Marshall, E., Walsh, M., ve diğerleri (2012). Amerika Birleşik Devletleri'nde iklim değişikliği ve tarım: Etkiler ve adaptasyon (s. 186). Washington: USDA Teknik Bülteni 1935.

159. Wang, Y., Li, J., & Wang, H. H. (2019). Akış kontrolünde bilimsel metroloji için küme ve bulut bilişim çerçevesi. *Cluster Computing*, 22(1), 1189-1198.
160. Wen, Y., Behrangi, A., Chen, H., & Lambriksen, B. (2018). Erken 2017 Kaliforniya atmosferik nehir yağış olayları uydur ve yer tabanlı radarlar tarafından ne kadar iyi yakalandı? *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 144, 344-359.
161. Wendisch, M., Macke, A., Ehrlich, A., Lüpkes, C., Mech, M., Chechin, D., ve diğerleri (2019). Arktik bulut bulmacası: Arktik amplifikasyonda bulutların ve aerosol partiküllerinin rolünü çözmek için ACLOUD/PASCAL çoklu platform gözlemlerini kullanma. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100(5), 841-871.
162. White, A. B., Gotta, D. J., Ralph, F. M., & Neiman, P. J. (2003). Doppler radarı kullanarak operasyonel parlak bant kar seviyesi tespiti. ABD Patenti 6,615,140.
163. Wick, G. A., Bates, J. J., & Gottschall, C. C. (2000). SSM/I pasif mikrodalga verilerinde bir rüzgar yönü sinyalinin gözlemlenmesi. *IEEE Jeobilim ve Uzaktan Algılama İşlemleri*, 38(2), 823-837.
164. Wick, G. A., Bates, J. J., & Scott, D. J. (2002). Go uydularından alınan deniz yüzeyi sıcaklık ölçümlerinin doğruluğu üzerinde uydur ve deri tabakası etkileri. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 19(11), 1834-1848.
165. Wick, G. A., Neiman, P. J., & Ralph, F. M. (2012). Atmosferik nehirlerin entegre su buharı imzasının tanımlanması ve karakterizasyonu için otomatik bir objektif tekniğin tanımı ve doğrulanması. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 51(4), 2166-2176.
166. Wick, G. A., Neiman, P. J., Ralph, F. M., & Hamill, T. M. (2013). Operasyonel sayısal hava tahmin modellerinde atmosferik nehirlerin su buharı imzası tahminlerinin değerlendirilmesi. *Weather and Forecasting*, 28(6), 1337-1352.
167. Wilkinson, P., Smith, K. R., Davies, M., Adair, H., Armstrong, B. G., Barrett, M. ve diğerleri (2009). Sera gazı emisyonlarını azaltma stratejilerinin halk sağlığına faydaları: Evsel enerji. *Lancet*, 374(9705), 1917-1929.
168. Wilson, D., Ziemann, A., Ostashev, V., & Voronovich, A. (2001). Atmosferdeki akustik seyahat süresi tomografisine ve potansiyel uygulamalarına genel bir bakış. *Acta Acustica United with Acustica*, 87(6), 721-730.
169. Wood, K. R., Jayne, S. R., Mordy, C. W., Bond, N., Overland, J. E., Ladd, C., ve diğerleri (2018). İlk arktik ısı açık bilim deneyinin sonuçları. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 99(3), 513-520.
170. Woodcock, J., Edwards, P., Tonne, C., Armstrong, B. G., Ashiru, O., Banister ve diğerleri (2009). Sera gazı emisyonlarını azaltma stratejilerinin halk sağlığına faydaları: Kentsel kara taşımacılığı. *Lancet*, 374(9705), 1930-1943.
171. Yu, L., & Weller, R. A. (2007). Küresel buzsuz okyanuslar için objektif olarak analiz edilen hava-deniz ısı akışları (1981-2005). *Bulletin of the American Meteorological Society*, 88(4), 527-540.
172. Zhang, J. A., Cione, J. J., Kalina, E. A., Uhlhorn, E. W., Hock, T., & Smith, J. A. (2017). GPS dropsondes kullanarak Edouard Kasırgası'nda (2014) kızılötesi deniz yüzeyi sıcaklığı ve hava-deniz etkileşimi gözlemleri. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 34(6), 1333-1349.
173. Ziska, L. H. (2011). İklim değişikliği, karbondioksit ve küresel bitkisel üretim: Gıda güvenliği ve belirsizlik. *İklim Değişikliği ve Tarım El Kitabı* (s. 9-31). Cheltenham: Edward Elgar.
174. Salam A. (2020) Sürdürülebilir Toplumsal Kalkınma için Nesnelerin İnterneti: Giriş ve Genel Bakış. İçinde: Sürdürülebilir Toplum Kalkınması için Nesnelerin İnterneti. Nesnelerin İnterneti (Teknoloji, İletişim ve Bilgi İşlem). Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35291-2_1
175. Salam A. (2020) Çevresel Sürdürülebilirlik ve İklim Değişikliği için Nesnelerin İnterneti. İçinde: Sürdürülebilir Toplumsal Kalkınma için Nesnelerin İnterneti. Nesnelerin İnterneti (Teknoloji, İletişim ve Bilgi İşlem). Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35291-2_2
176. Salam A. (2020) Tarımsal İnovasyon ve Güvenlikte Nesnelerin İnterneti. İçinde: Sürdürülebilir Toplumsal Kalkınma için Nesnelerin İnterneti. Nesnelerin İnterneti (Teknoloji, İletişim ve Bilgi İşlem). Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35291-2_3
177. Salam A. (2020) Su Sürdürülebilirliği için Nesnelerin İnterneti. İçinde: Sürdürülebilir Toplumsal Kalkınma için Nesnelerin İnterneti. Nesnelerin İnterneti (Teknoloji, İletişim ve Bilgi İşlem). Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35291-2_4

159. Salam A. (2020) Sürdürülebilir Ormancılık için Nesnelerin İnterneti. İçinde: Sürdürülebilir Toplumsal Kalkınma için Nesnelerin İnterneti. Nesnelerin İnterneti (Teknoloji, İletişim ve Bilgi İşlem). Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35291-2_5
160. Salam A. (2020) Sürdürülebilir Enerji Sistemlerinde Nesnelerin İnterneti. İçinde: Sürdürülebilir Toplumsal Kalkınma için Nesnelerin İnterneti. Nesnelerin İnterneti (Teknoloji, İletişim ve Bilgi İşlem). Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35291-2_6
161. Salam A. (2020) Sürdürülebilir İnsan Sağlığı için Nesnelerin İnterneti. İçinde: Sürdürülebilir Toplumsal Kalkınma için Nesnelerin İnterneti. Nesnelerin İnterneti (Teknoloji, İletişim ve Bilgi İşlem). Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35291-2_7
162. Salam A. (2020) Sürdürülebilir Madencilik için Nesnelerin İnterneti. İçinde: Sürdürülebilir Toplumsal Kalkınma için Nesnelerin İnterneti. Nesnelerin İnterneti (Teknoloji, İletişim ve Bilgi İşlem). Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35291-2_8
163. Salam A. (2020) Su Yönetimi ve Arıtımında Nesnelerin İnterneti. İçinde: Sürdürülebilir Toplumsal Kalkınma için Nesnelerin İnterneti. Nesnelerin İnterneti (Teknoloji, İletişim ve Bilgi İşlem). Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35291-2_9
164. Salam A. (2020) Sürdürülebilirlik için Nesnelerin İnterneti: Gizlilik, Siber Güvenlik ve Gelecek Trendleri Perspektifleri. İçinde: Sürdürülebilir Toplumsal Kalkınma için Nesnelerin İnterneti. Nesnelerin İnterneti (Teknoloji, İletişim ve Bilgi İşlem). Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35291-2_10
165. Salam, A.; Hoang, A.D.; Meghna, A.; Martin, D.R.; Guzman, G.; Yoon, Y.H.; Carlson, J.; Kramer, J.; Yansi, K.; Kelly, M.; Skvarek, M.; Stankovic, M.; Le, N.D.K.; Wierzbicki, T.; Fan, X. Gelişen IoT Paradigmalarının Geleceği: Mimariler ve Teknolojiler. Preprints 2019, 2019120276 (doi: <https://doi.org/10.20944/preprints201912.0276.v1>).
166. A. Konda, A. Rau, M. A. Stoller, J. M. Taylor, A. Salam, G. A. Pribil, C. Argyropoulos ve S. A. Morin, "Düzlemsel, kabartmalı ve kavisli yüzeylerde iletken metalik izlerin biriktirilmesi için yumuşak mikro reaktörler," Advanced Functional Materials, vol. 28, no. 40, p. 1803020. [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adfm.201803020>
167. A. Salam, M. C. Vuran, ve S. Irmak, "Pulses in the sand: Impulse response analysis of wireless underground channel," in The 35th Annual IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM 2016), San Francisco, USA, Apr. 2016.
168. A. Salam ve M. C. Vuran, "Impacts of soil type and moisture on the capacity of multi-carrier modulation in internet of underground things," in Proc. of the 25th ICCCN 2016, Waikoloa, Hawaii, USA, Aug 2016.
169. A. Salam, M. C. Vuran, ve S. Irmak, "Akıllı aydınlatmada yeraltı nesnelerinin internetine doğru: A statistical model of wireless underground channel", Proc. 14th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (IEEE ICNSC), Calabria, İtalya, Mayıs 2017.
170. A. Salam ve M. C. Vuran, "Akıllı yeraltı anten dizileri: A soil moisture adaptive beamforming approach," in Proc. IEEE INFOCOM 2017, Atlanta, ABD, Mayıs 2017.
171. --, "Wireless underground channel diversity reception with multiple antennas for internet of underground things," Proc. IEEE ICC 2017, Paris, Fransa, Mayıs 2017.
172. --, "EM-Based Wireless Underground Sensor Networks," in Underground Sensing, S. Pamukcu and L. Cheng, Eds. Academic Press, 2018, s. 247 - 285.
173. A. Salam, M. C. Vuran ve S. Irmak, "Di-sense: In situ real-time permittivity estimation and soil moisture sensing using wireless underground communications," Computer Networks, cilt. 151, s. 31 - 41, 2019. [Çevrimiçi]. Mevcut: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128618303141>
174. A. Salam ve S. Shah, "Kentsel yeraltı altyapısı izleme IoT: yol kaybı analizi," 2019 IEEE 5. Dünya Nesnelerin İnterneti Forumu (WF-IoT) (WF-IoT 2019), Limerick, İrlanda, Nisan 2019.
175. A. Salam, "Kumdaki darbeler: Yeni nesil kablosuz yeraltı ağları için uzun menzilli ve yüksek veri hızlı iletişim teknikleri," Nebraska Üniversitesi için ETD koleksiyonu - Lincoln, no. AAI10826112, 2018. [Çevrimiçi]. Mevcut: <http://digitalcommons.unl.edu/dissertations/AAI10826112>
176. A. Salam ve S. Shah, "Akıllı tarımda nesnelerin interneti: Enabling technologies," in 2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT) (WF-IoT 2019), Limerick, İrlanda, Nisan 2019.
177. A. Salam, M. C. Vuran, X. Dong, C. Argyropoulos, ve S. Irmak, "A theoretical model of underground dipole antennas for communications in internet of underground things," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2019.

159. M. C. Vuran, A. Salam, R. Wong, ve S. Irmak, "Yeraltı nesnelerinin interneti: Hassas tarım için tarlada algılama ve iletişim," 2018 IEEE 4. Dünya Nesnelerin İnterneti Forumu (WF-IoT) (WF-IoT 2018), Singapur, Şubat 2018.
160. --, "Hassas tarımda yeraltı nesnelerinin interneti: Architecture and technology aspects," Ad Hoc Networks, 2018.
161. Salam A. (2020) Sürdürülebilir Toplumsal Kalkınma için Nesnelerin İnterneti. Springer, Cham. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-35291-2>
162. A. Salam, "Underground soil sensing using subsurface radio wave propagation," in 5th Global Workshop on Proximal Soil Sensing, COLUMBIA, MO, Mayıs 2019.
163. --, "A comparison of path loss variations in soil using planar and dipole antennas," in 2019 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation. IEEE, Temmuz 2019.
164. --, "A path loss model for through the soil wireless communications in digital agriculture," in 2019 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation. IEEE, Temmuz 2019.
165. --, Yeraltı Nesnelerinin İnternetinde İletim ve Alıcı Hüzmeleme Kullanarak Yeraltı Ortamına Duyarlı MIMO Tasarımı. Cham: Springer International Publishing, 2019, s. 1-15.
166. A. Salam ve U. Karabiyik, "A cooperative overlay approach at the physical layer of cognitive radio for digital agriculture," in Third International Balkan Conference on Communications and Networking 2019 (BalkanCom'19), Skopje, Macedonia, the former Yugoslav Republic of, Jun. 2019.
167. A. Salam, "An underground radio wave propagation prediction model for digital agriculture," Information, vol. 10, no. 4, 2019. [Çevrimiçi]. Mevcut: <http://www.mdpi.com/2078-2489/10/4/147>
168. S. Temel, M. C. Vuran, M. M. Lunar, Z. Zhao, A. Salam, R. K. Faller ve C. Stolle, "Vehicle-to-barrier communication during real-world vehicle crash tests," Computer Communications, vol. 127, pp. 172 - 186, 2018. [Çevrimiçi]. Mevcut: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140366417305224>
169. A. Salam, "Design of Subsurface Phased Array Antennas for Digital Agriculture Applications", Proc. 2019 IEEE International Symposium on Phased Array Systems and Technology (IEEE Array 2019), Waltham, MA, USA, Oct 2019.
170. A. Salam, "Yüzey Altı MIMO: Dijital Tarım Uygulamaları için Yeraltı Nesnelerinin İnternetinde Bir Hüzmeleme Tasarımı", J. Sens. Actuator Netw., Cilt 8, No. 3, Ağustos 2019. doi: 10.3390/jsan8030041