

METEOROLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ISSN 1301 - 1103

TMMOB METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI YAYIN ORGANI • YIL 1997 • SAYI: 3



Mete TURKSOY
1936 - 09 Mart 1997

METEOROLOJİK KARAKTERLİ DOĞAL AFETLER SEMPOZYUMU

**TMMOB
METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI**

**İTÜ
METEOROLOJİ
MÜHENDİSLİĞİ
BÖLÜMÜ**



BİLDİRİLER KİTABI

**7-9 Ekim 1997
DSİ Genel Müdürlüğü
Konferans Salonu - ANKARA**

TMMOB METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI YAYIN ORGANI

YIL 1997 • SAYI: 3

ISSN 1301 - 1103

**TMMOB
METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ
ODASI ADINA
SAHİBİ ve SORUMLU
YAZI İŞLERİ MÜDÜRÜ**

İsmail KÜÇÜK

YAYIN KURULU

İsmail KÜÇÜK
Cüneyt GEÇER
Meral ŞENOCAK
Hamza ÖZGÜLER
Gökhan YÜCEL
Mahmut KAYHAN

YÖNETİM YERİ

Sümer 1. Sk. No: 12/8 Kızılay-ANKARA
TEL: (0.312) 231 55 35

Meteoroloji Mühendisliği TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası Yayınıdır. Üç ayda bir yayınlanır. Odamızın amaç ilke ve yayın koşullarına uygun bilimsel ve teknik yazılar yayınlanır. Yayınlanan yazıların sorumluluğu yazarına aittir. Dergide yayınlanan yazılar kaynak gösterilmeden kullanılamaz.

ODAMIZIN HESAP NUMARALARI

Posta Çeki No:
TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası
105616

BANKA HESAP NO:

T.C. Ziraat Bankası
304-40 2053

Yapı Kredi Bankası Anafartalar Şubesi
1035019-9

Türkiye İş Bankası Yenişehir Şubesi
4218-3419634

DİZGİ ve TASARIM

P-YAYINCILIK

Tel: (0.312) 432 54 22 Faks: (0.312) 432 01 93

İÇİNDEKİLER

Bu Sayıda _____	2
METEOROLOJİK VERİDEN MEVSİMLİK SALINIMLARIN ÇIKARILMASI İÇİN BİR YÖNTEM Dr. Kasım Kocak • Prof. Dr. Zekai ŞEN _____	3
EKSİK NEHİR AKIM VERİLERİNİN DEBİ SÜREKLİLİK ÇİZGİSİ METODU İLE TAHMİNİ Hikmet Kerem CİGİZOĞLU _____	7
HAVACILIKTA METEOROLOJİNİN ÖNEMİ Doç. Dr. Yunus BORHAN _____	11
İKLİM VE TARIM Şükrü ÖZTEPE • Doç. Dr. Levent ŞAYLAN _____	19
YAPAY SİNİR AĞLARI YARDIMIYLA METEOROLOJİDE SICAKLIK ÖNGÖRÜSÜ İbrahim SÖNMEZ • Prof. Dr. Zekai ŞEN _____	24
OZON VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TÜRKİYEYE OLASI ETKİLERİ Doç. Dr. Mikdat KADIOĞLU _____	34
TROPİKAL SIKLONLAR Dr. Ayşe YILMAZ _____	38

YAYIM KOŞULLARI:

Dergide aşağıdaki konularda çalışmalar ve tercüme yayınlanır. Meteoroloji Klimatoloji, Hidroloji, Çevre, Şehir Meteorolojisi, Hava Kirliliği, Enerji (Hidro-Elektrik, Güneş, Rüzgar, Nükleer) Uzaktan Algılama (Hidroloji ve Meteoroloji konularında) Meteorolojik Doğal Afetler, Oşinografi, Açık Kanal Hidroloji Tarımsal Meteoroloji, İstatistik, Genel Matematik, genel Fizik, Bilgisayar Uygulamaları.

Dergiyeye gönderilecek yazılar, A4 kağıdının bir yüzüne daktilo (veya yazıcı) ile çift aralıklı olarak ve 10 sayfayı geçmeyecek, kenarlardan 2.5 cm boşluk olacak şekilde yazarının imzasını taşıyacak bir ön yazı ile gönderilmelidir.

Şekiller, tablolar ve resimler net olmalı. Yapılabiliriyorsa şekiller aydınlatıcı kağıdına 0.3-0.4 mm uçlu kalemle çizilmelidir.

Gönderilen eserler şu kısımlardan oluşturulmalıdır. Başlık, Yazarla (Görevler ve yazışma adresleri), özet (150 kelimeyi geçmemelidir). Metin (Giri Materyal ve Metot, Bulgular, Tartışma, gerekirse Sonuç ve Öneriler), Kaynaklar.

Yazıların yayınlanabilmesi için daha önce başka bir dergide yayınlanmamış olması gerekir. Yazıların her türlü sorumluluğu yazarına aittir.

Yayınlanmayan yazılar geri gönderilmez.

Lisans, Master ve Doktora tezlerinin bir sayfayı geçmeyecek olan özetleri yayınlanır.

DERGİ REKLAM ÜCRETLERİ

Arka Kapak	75.000.000.- TL.
Arka Kapak İç	50.000.000.- TL.
Ön Kapak İç	60.000.000.- TL.
Ön Kapak İç Karısı	40.000.000.- TL.
İç Sayfalar	20.000.000.- TL.

NOT: Bütün fiyatlar tam sayfa üzerinden verilmiştir. Yarım sayfa reklamlarda ücretin %65'i alınır. Kaak sayfaları için reklamlarla renkli baskı olarak yapılır. İç sayfalar için fiyatlar siyah-beyaz olarak verilmiştir. Bu sayfalar için renkli baskı isteminde ayrıca %50 ilave ücret istenir. Sürekli ilanlarda %15 indirim yapılır. (En az üç sayı)

Bu Sayıda

Bu sayımıza Odamızın kurucularından ve 1 nolu üyesi Mete TÜKSOY'u yitirmenin üzüntüsü ile başlıyoruz.

Mete TÜKSOY aramızdan ayrılmış gibi görünse de Meteoroloji Mühendisleri Odası ve Meteoroloji Mühendisliği disiplini için yaptıkları ile aramızda yaşamaya devam etmektedir. Özellikle Meteorolojik Karakterli doğal afetler konusunda yaptığı çalışmaları, Ülkemiz için çok geç kalınmış bu alanda önemli bir adım olarak görmekteyiz.

Birileri Mete TÜKSOY için bu söylediklerimizin ne anlama geldiğini anlayamayabilirler. Bunu çok olağan karşılıyoruz. Bunları yazan kalem onu tanıdığı için bu satırları yazma gereğini duyuyor.

Ülkemizde, bir çok alan meslekle ilgisi olmayan kişilerin elinde yada sahipsiz olarak beklemektedir. Bu alanların sahiplerine teslim edilmesi gerektiğini ve her geçen günün ise onarılması zor sonuçlar doğuracağını vurgulayanlardan dı, Mete TÜKSOY. Bu konuda net bir örnek vermek istiyoruz. Devlet Meteoroloji İşleri (DMI) Genel Müdürlüğü yıllardır meteorolojik olaylarda erken uyarı yapmak gibi bir görevimiz yoktur deyip duruyordu. Bugün ise bazı konularda yetersizde olsa erken uyarı yaptığını söylemeye başlamıştır. Bu durum odamızın uzun yıllardır verdiği mücadelenin sonucunda gerçekleşmiştir. DMI'nin olması gerektiği şekilde yapılması için çalışmalar devam edecektir.

Bu sayımıza Meteorolojik veriden mevsimlik salınımların çıkarılması için önerilen bir yöntemle devam ediyoruz.. Ayrıca Hidrolojide en büyük sorunlardan birisi olan eksik debilerin tamamlanması konusunda bir çalışmaya yer veriyoruz

Meteoroloji hayatın her alanında etkilidir. Bu etkisinden dolayıda önemlidir. Fakat bazı alanlarda bu konuyu biraz daha özel duruma getirerek açılımlar yapma gereğini duyuyoruz. Önceki sayılarımızda da meteoroloji ile ilgili özel konulara girmiştik. Bu sayımızda da Havacılıkta Meteorolojinin Önemi, Tarım ve İklim makalelerini bulacaksınız.

Meteorolojide en önemli konulardan birisi öngörüdür. Bu konuda yeni yöntemler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu konuda ki bir çalışmayı da (yapay sinir ağıları yardımıyla sıcaklık öngörüsü) sizlere ulaştırıyoruz.

Dünyanın gündemini işgal eden ozon ve iklim değişikliği konularının Türkiye'de ki olası etkileri üzerinde bir değerlendirmeyi de dergimizde bulacaksınız. Ayrıca tiropikal siklonlar üzerine bir çalışma da bu sayımızda yer almaktadır.

Bir sonraki sayıda buluşmak dileğiyle.

İsmail KÜÇÜK

METEOROLOJİK VERİDEN MEVSİMLİK SALINIMLARIN ÇIKARILMASI İÇİN BİR YÖNTEM

Dr. Kasım Kocak • Prof. Dr. Zekai ŞEN

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi
Meteoroloji Mühendisliği Bölümü.*

ÖZET

Meteoroloji, hidroloji vb. bilim dallarında kullanılan stokastik modeller, genellikle ele alınan serinin stasyoner olduğu kabulü üzerine kurulmuşlardır. Bu nedenle verilen bir serinin stasyoner hale getirilmesi de o derecede önemlidir. Bunun için uygulamada en sık kullanılan yöntem Fourier analizidir. Bu çalışmada, meteorolojik veriden mevsimlik salınımların çıkarılması için Fourier analizi temeline dayanan, bir yöntem geliştirilmiştir. Sonuçta önerilen yöntemin, meteorolojik veriden mevsimlik salınımların çıkarılmasına yönelik olarak başarıyla kullanılabileceği ortaya konmuştur. Uygulamada Kandilli Sathanesi'nde ölçülmüş olan maksimum ve minimum sıcaklık verileri kullanılmıştır.

1. Giriş

Uygulamada kullanılan stokastik modeller, genellikle ele alınan serinin stasyoner olduğu kabulü üzerine kurulmuşlardır. Bu nedenle verilen bir serinin stasyoner hale getirilmesi önemlidir. Uygulamada, genellikle birinci veya ikinci mertebeden stasyonerlik yeterli görülmektedir, (Şen, 1976). Herhangi bir serinin ortalamasının belli parametrele bağlı olarak (örneğin zamanla) değişmediği şeklinde tanımlanabilir. İkinci mertebeden stasyonerlik ise ortalama ile birlikte serinin varyansının da değişmemesi ile tanımlanabilir.

Bir serinin stasyoner hale getirilebilmesi için önce bu seriden gidiş (trend) ve sıçrama (jump) gibi deterministik bileşenler çıkarılmalıdır. Bilindiği gibi herhangi bir örneğe istatistiksel analiz uygulanırken, söz konusu örneğin aynı topluma ait olup olmadığına dikkat edilmesi gerekir. Aksi takdirde yapılacak istatistik hesaplar bir anlam taşımayacaktır. Bazı durumlarda örneğin (verilerin) tamamı aynı topluma ait olmayabilir. Bu durum, özellikle ölçüm istasyonunun yerinin, ölçüm aygıtının yerinin/ tipinin değiştirilmesi vb. hallerde meydana gelir. Bunun sonucu olarak önceki ölçümlerle, yeni ölçümler aynı bir topluma ait olmayabilirler (homojen olmama).

Bir serideki homojen olmama durumunu ortaya çıkarmak için pratikte en çok kullanılan yöntemler ise trend, çift toplam eğri vb. analizidir.

Bir seri yukarıda kısaca anlatıldığı şekilde homojen bir seriye dönüştürülmüş olsun, bu sefer de seride stasyonerliği bozan periyodik bileşenler bulunabilecektir. Bu bileşenler de orijinal seriden çıkarıldıktan sonra stasyoner bir seri elde edilir.

2. Meteorolojik Veriden Mevsimlik Salınımların Çıkarılması

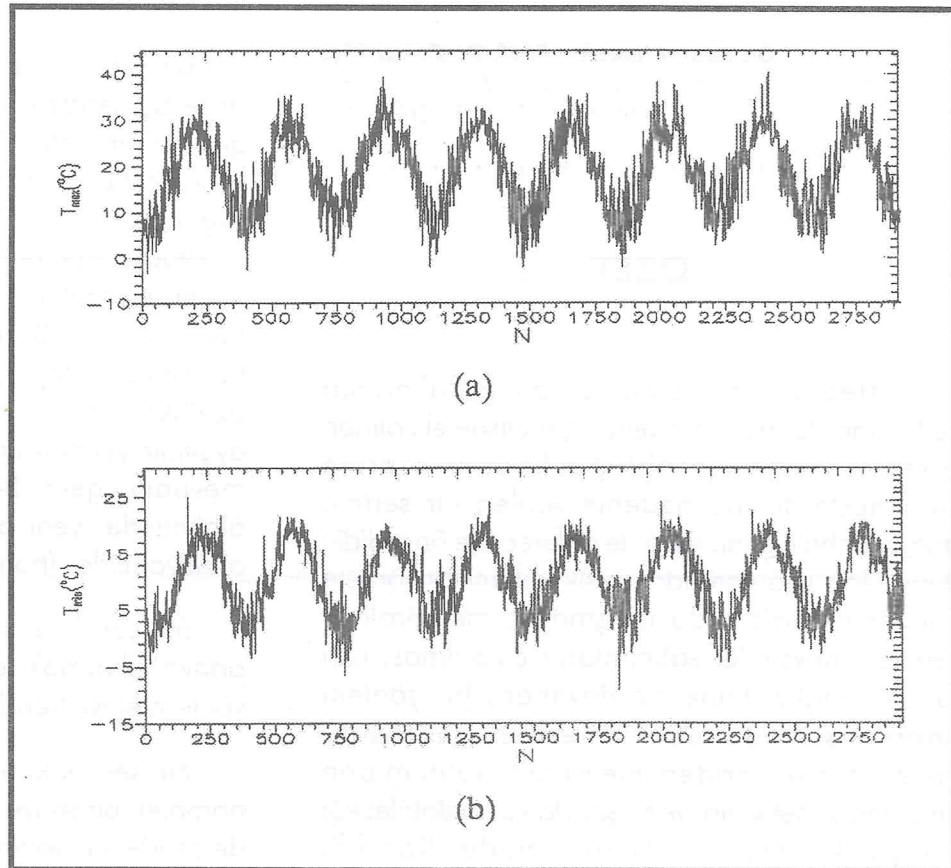
Bilindiği gibi meteoroloji ve hidrolojide karşılaştığımız süreçlerin pek çoğu periyodik-stokastik süreçlerdir. O nedenle bu tür süreçlerin üretmiş olduğu serilerden periyodikliğin de çıkarılması gerekmektedir. Bunun için uygulamada en sık kullanılan yöntem Fourier analizidir. Bu analizin sonucunda elde edilen seriye stasyoner gözüyle bakabiliriz. Bu çalışmada, meteorolojik veriden mevsimlik salınımların çıkarılması için Fourier analizi temeline dayanan bir yöntem önerilmiştir, (Koçak, 1996).

Yukarıda anlatılanları, önerilen yöntemi daha iyi anlamak bakımından, bir serinin birinci mertebeden stasyoner hale getirilmesi konusunu biraz daha açmak yararlı olacaktır. Bunun için uygulanan klasik yaklaşım, örnek ortalamalarından oluşan serinin periyodik bileşeninin, orijinal seriden çıkarılması şeklindedir. Diğer bir deyişle, elimizdeki şablonu (ortalamanın periyodik bileşeni) birinci yıl üzerine koyup, veriler ile şablon arasındaki fark hesaplanır ve bu işlem diğer yıllar için de tekrarlanır. Eğer ele alınan herhangi bir yılın bir kısmı şablonun üzerinde, diğer kısımları altında gerçekleşmiş ise bu salınım birinci mertebeden stasyoner seriye aynen yansiyacak ve genelde mevsimlik salınımlar giderilemeyecektir. Bir seriden mevsimlik salınımları tam olarak gidermeye yönelik belirgin bir yöntem yoktur. Bu

güçlük nedeniyle uygulamada, aynı mevsimler örneğin sadece kış mevsimleri veya yaz mevsimleri birleştirilerek, mevsimlik salınımların olmadığı bir seri elde etme yoluna gidilir. Ancak doğru yaklaşım, seriyi bir bütün olarak ele almaktır.

3. Yöntemin Uygulanması

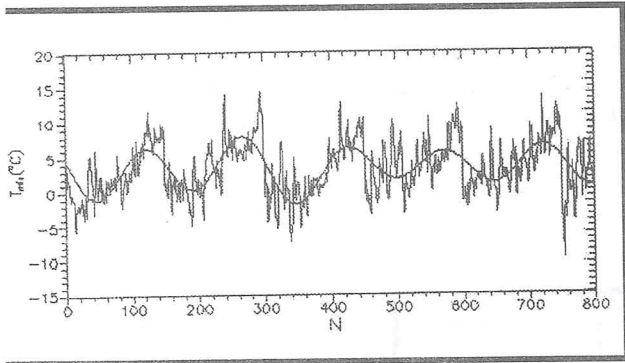
Çalışmada, Şekil 1 a, b ile verilen, İstanbul Kandilli Rasathanesinde ölçülen günlük maksimum ve minimum sıcaklık verileri kullanılmıştır. Bu şekillerden de görüldüğü gibi veriler 365 günlük bir hakim periyoda sahiptir. Seriden mevsimlik salınımların çıkarılması için izlenen yol ise aşağıda özetlendiği gibidir. Kandilli rasathanesinde ölçülen günlük maksimum ve minimum sıcaklıkla kullanılarak klimatolojik olarak belirlenen mevsimlerin, meteorolojik mevsimlerden baz



Şekil 1. Çalışmada kullanılan zaman serileri. (a) Maksimum sıcaklık, (b) Minimum sıcaklık.

omalar gösterdiği ortaya konmuştur. Buna göre, Ocak-6 Mart Kış, 6 Mart-30 Mayıs İlkbahar, 30 Mayıs-29 Eylül Yaz ve 29 Eylül-3 Ocak Sonbahar mevsiminin başlangıç ve bitiş tarihlerini belirlemektedir, (Çağlar, 1995). Ancak bu çalışmada Kış ile İlkbahar, Yaz ile Sonbahar mevsimleri birleştirilerek, bir yıl iki mevsim şeklinde ele alınmıştır. Bu durumda birinci mevsim, 3 Ocak-30 Mayıs, ikinci mevsim ise 31 Mayıs-2 Ocak tarihlerini kapsamaktadır.

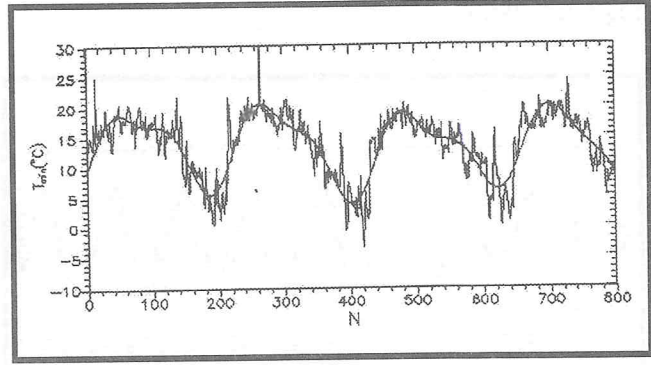
Mevsimleri bu şekilde ayırmamızın iki önemi vardır. Birincisi, birbirine benzeyen paternleri arada incelemenin sağladığı kolaylık, ikincisi ise, mevsimlerin incelenen periyot içindeki sıralarına göre tekrar birleştirilmeleri esnasında meydana gelebilecek süreksizlik durumlarını en aza indirmektir. Fourier analizi ile seriden mevsimlik salınımları gidermek mümkündür. Ancak bu durumda yeterli harmonik sayısını doğru bir şekilde belirlemek zordur. Oysa benzer paternlerin bir yana gelmesi durumunda, yeterli harmonik sayısı daha doğru bir şekilde belirlenebilecektir. Örneğin Şekil 2, minimum sıcaklık verisi içindeki birinci (Kış+İlkbahar) mevsimlerden oluşmuş bir seriyi göstermektedir.



Şekil 2. Minimum sıcaklık verisinden elde edilen birinci mevsimlerin oluşturduğu seri.

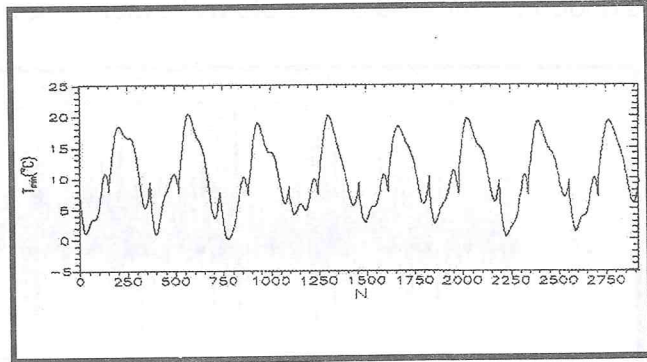
Şekilde, seriyi temsil eden toplam harmonikler çözülmüştür. Birinci mevsimlerden oluşan seri için toplam harmonikler her 10 adımda bir hesaplanmış ve sonuçta elde edilen toplam

harmonikler Şekil 2'de verilen seri ile tek tek karşılaştırılmıştır. Harmoniklerin, mevsimlik salınımlardan daha küçük salınımları yakalamaya başladığı adımda karşılaştırma işlemine son verilmiştir. Benzer yaklaşım Şekil 3'de verilen ikinci mevsim (Yaz+Sonbahar) serisine de uygulanmıştır.



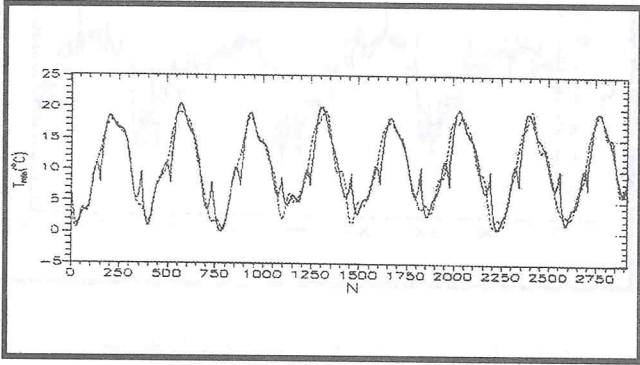
Şekil 3. Minimum sıcaklık verisinden elde edilen ikinci mevsimlerin oluşturduğu seri.

Birinci ve ikinci mevsim serilerini en iyi temsil eden toplam harmonikler belirlendikten sonra, bu harmoniklerde her bir mevsime karşılık gelen kısım Şekil 4'de görüldüğü gibi minimum sıcaklık serisi içindeki sıralarına göre birleştirilmiştir. Mevsimlerin ikiye ikiye birleştirilmesi düşüncesi, yıl içindeki süreksizlik noktalarının sayısını (bu durumda bir nokta) minimuma indirmek içindir. Eğer mevsimleri ayrı ayrı ele almış olsaydık, yıl içindeki süreksizlik noktalarının sayısı üçe çıkacaktı.



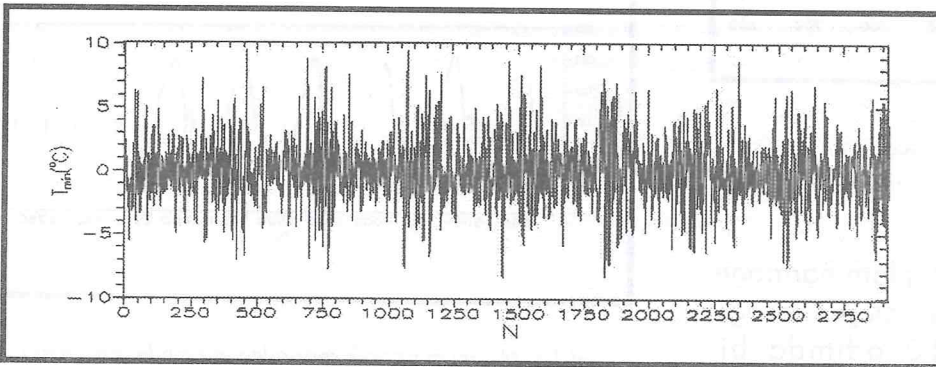
Şekil 4. Minimum sıcaklık serisinden mevsimlik salınımları gidermek için oluşturulan şablon.

Yukarıda anlatılan adımlardan sonra, minimum sıcaklık serisi (orijinal seri) için aynı şekilde her 10 adımda bir hesaplanan toplam harmonikler Şekil 4'de verilen şablon ile karşılaştırılmış ve şablonu en iyi temsil eden harmonikte karşılaştırma işlemine son verilmiştir (bak. Şekil 5). Şablon, karşılaştırma amacıyla kullanıldığı için süreksizlik noktaları içermesi önem taşımamaktadır.



Şekil 5. Minimum sıcaklık verisinden hesaplanan harmoniklerin (kesikli eğri) şablon (sürekli eğri) ile karşılaştırılması.

Son adımda ise, Şekil 6 görüldüğü gibi şablonu en iyi temsil eden harmonik, minimum sıcaklık serisinden çıkarılarak, mevsimlik salınımların giderilmiş olduğu bir seri elde edilmiştir. Bu serinin ortalaması sıfır, standart sapması ise 2.5 °C'dir. Buraya kadar minimum sıcaklık için yapılan işlemler benzer şekilde maksimum sıcaklık verisi için de yapılmıştır. Sonuçta elde edilen serinin ortalaması sıfır, standart sapması ise 3.6 °C olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6. Mevsimlik salınımları giderilmiş minimum sıcaklık verisi.

4. Sonuçlar

Bir yıllık süreden daha küçük aralıklarla ölçülmüş olan meteorolojik ve hidroloji değişkenlerin zaman serileri trend ve özellikle derya periyodiklik içerirler. Bu bileşenlerin zaman serilerinde bulunmaları onların stasyoner (kararlı veya homojen yani tektür) olmadıklarına bir işaretidir. Bu tür zaman serilerinin stokastik modellemelerinin yapılabilmesi için periyodikliği önceden giderilmesi gerekir. Bu işe, bir seriyi sinüs ve kosinüs dalgalarının toplamı şeklinde ele almak ve literatürde yaygın olarak kullanılan Fourier çözümlemesi ile mümkündür. Bu çalışmada Kandilli Rasathanesinde ölçülmüş olan maksimum ve minimum günlük sıcaklık verilerinin Fourier çözümlemesi ile ortalamaları sıfır ve varyansları sabit olan stasyoner seriler haline getirilmiştir. Özetle mevsimlik salınımlar içermeyen kararlı zaman serileri, stokastik modellemede kullanılabilir hale getirilmiş olmaktadır.

KAYNAKLAR

- Çağlar, Z. N., 1995: İstanbul İçin Klimatolojik Mevsimleri Belirlenmesi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri ENstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Koçak, K., 1997: Kaotik Davranış Kriteri Olarak Fraktal Boyut Değişimi ve Dinamik Sistemlere Uygulanması, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Şen, Z., 1976: Hidrolojik Zaman Serilerinin Özellikleri, İ.T.Ü. Dergisi, 34(2).

EKSİK NEHİR AKIM VERİLERİNİN DEBİ SÜREKLİLİK ÇİZGİSİ METODU İLE TAHMİNİ

Hikmet Kerem CİGİZOĞLU

İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Hidrolik Anabilim Dalı.

ÖZET

Eksik akım verisi konusu su kaynakları mühendisliğinde sıkça rastlanılan bir sorundur. Hughes ve Smakhtin (1996) tarafından günlük akım debi süreklilik çizgilerinin kullanımına dayalı bir metod geliştirilmiştir. Metod, aynı anda birbirine yakın istasyonlarda gözlemlenen akımların buldukları debi süreklilik çizgilerindeki farklılıkların olasılığı değerlerinin birbirine eşit olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bu çalışmada metod, Türkiye'deki bazı akım verisine uygulanmış ve sonuçlar klasik regresyon analizi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Debi süreklilik çizgisi metodu ile elde edilen sonuçların regresyon analizinininkilere oranla daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

GİRİŞ

Su kalitesine ve su kaynakları yönetimine gösterilen çevresel ve ekolojik ilginin artması daha ayrıntılı akım bilgisini ve günlük nehir akım verisinin analizini gerektirmektedir. Ancak havza genelindeki günlük akım rejimlerinin analizi ve mevcut gözlenmiş verinin alansal değişiminin belirlenmesi ile ilgili birçok sorun bulunmaktadır (Hughes ve Smakhtin, 1996):

(i) mevcut zaman serilerinin çoğunda eksik veri nedeniyle boşluklar bulunmaktadır;

(ii) havza içindeki farklı istasyonlara ait zaman serileri zaman açısından nadiren çakışmaktadır ve farklı kurak ve yağışlı iklimsel koşulları temsil edebilmektedirler;

(iii) herhangi bir istasyona ait zaman serileri zamanla değişen toprak kullanımı veya su çekilmesi metodları nedeniyle stasyonere olmayabilir; ve

(iv) havza içindeki kritik noktalar bir ölçüm istasyonu ile temsil edilmeyebilir.

Bu sorunlarla ilgili birçok yaklaşım geliştirilmiştir:

1. Aylık nehir akımları kullanılmış ve günlük akım özelliklerini belirlemek için bir ayrıştırma modeli geliştirilmiştir. Bu metodun uygulanması için bir havza içinde birçok istasyonun hep birlikte dikkate alınması ve bazı akımların zamansal çakışması önemlidir.

2. Günlük zaman serisi simülasyon modelleri havza içindeki bütün ölçüm istasyonları için model parametresi değerlerinin kalibrasyon ve doğrulama çalışmaları ile belirlenmesine ve daha

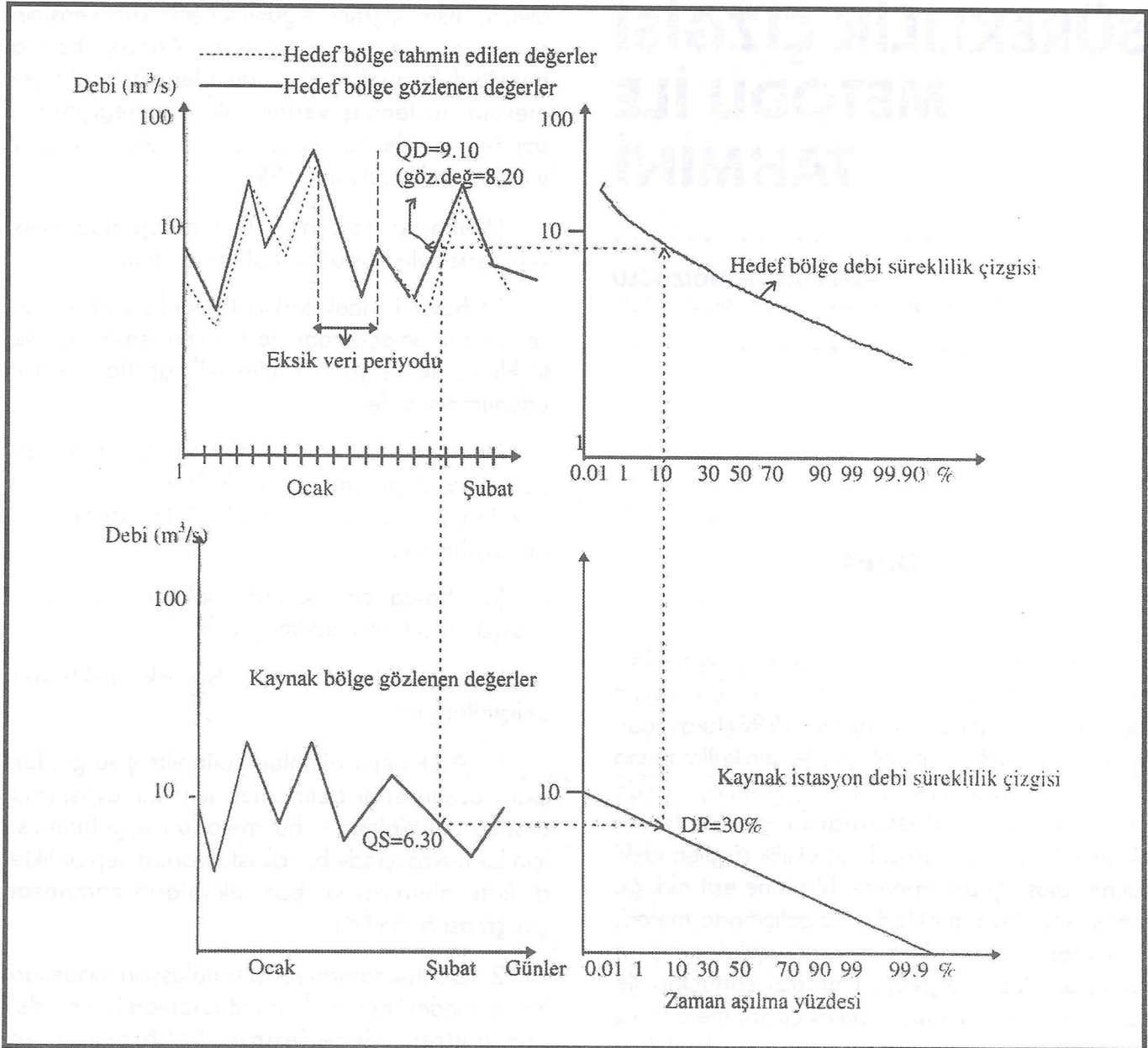
Eksik Nehir Akım Verilerinin Debi Süreklilik Çizgisi Metodu İle Tahmini

sonra bu parametre değerlerinin ilgilenilen ölçüm yapılmamış istasyonlar için kullanılmasına dayalıdır (Schulze, 1991). Metotta, günlük modelin kalibrasyonu için büyük çaba ve zaman harcanması yanında aynı zamanda uygun yağmur ve buharlaşma verisi gerekmektedir.

3. Alansal enterpolasyon yaklaşımları mevcut gözlenmiş nehir akım kayıtlarını kullanmaktadır. Bu yaklaşım için en basit örnek bir ölçüm istasyonundaki (veya istasyonlarındaki) gözlenmiş

nehir akımına ilgilenilen istasyonun temsil ettiği havza alanı ile ölçüm yapılmış istasyona (istasyonlara) ait havza alanı arasındaki oran kadar bir ağırlık değeri verilmesidir. Buradaki sınırlayıcı nokta birbirlerine çok yakın istasyonlardaki nehir akım değerlerinin bile havza alanına nadiren lineer olarak bağlı olduğudur. Sınırlamalara karşın bu tip yaklaşımların kullanımı basittir.

Hughes ve Smakhtin'in (1996) çalışması bu son kategoriye girmektedir. Bu metoda göre nehir



Şekil 1. Bir kaynak istasyonunun bir aydaki debi süreklilik çizgisini kullanarak hedef bölge istasyonundaki eksik değerlerin tahmin edilmesi.

Tablo 1. Kaynak ve hedef istasyonların özellikleri

İstasyon	Havza	Havza alanı (km ²)	Gözlem periyodu
Karahacılı	Doğu Akdeniz Suları	10065	1963-1982
Kızılgeçit	Doğu Akdeniz Suları	1055	1963-1982
Homa	Orta Akdeniz Suları	928	1963-1982
Beşkonak	Orta Akdeniz Suları	1992	1963-1982

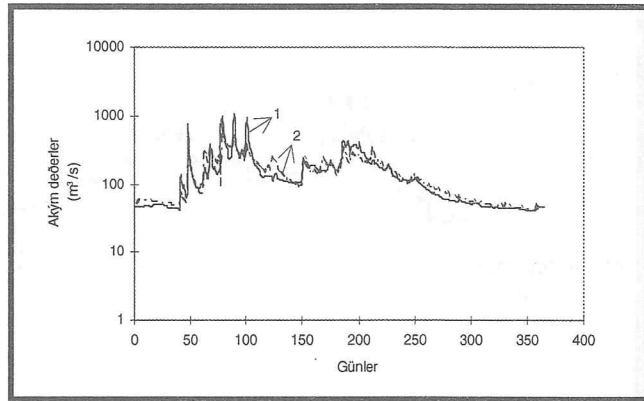
İlk olarak 1963-1981 dönemi için dört istasyona ait debi süreklilik çizgileri elde edilmiştir. Daha sonra hedef istasyonundaki 1982 yılına ait akım değerleri (365 değer) yukarıda anlatıldığı şekilde kaynak istasyonlarındaki aynı yılın gözlenmiş akım değerlerine karşı gelen akım süreklilik çizgisi değerleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Hedef istasyonu için 1982'nin her günü için üç QD_j değeri bulunduktan sonra QD değeri yalnızca aritmetik ortalama alınarak bulunmaktadır:

$$QD = (QD_1 + QD_2 + QD_3) / 3 \dots\dots\dots (2)$$

Ağırlık katsayısı değerleri, W_j, birbirlerine eşit olarak kabul edildikleri için Denklem (2)'de gözükmemektedirler. 1982 yılı için hedef istasyona ait gözlenen ve tahmin edilen değerler Şekil 2'de verilmiştir. Buradan görüleceği gibi iki hidrografta yılın büyük bölümünde birbiriyle uyumaktadır. Yalnızca bazı pik değerler iyi tahmin edilememiştir. Kaynak istasyon sayısı artırılarak, akım süreklilik çizgileri için daha uzun gözlem süreleri dikkate alınarak ve muhtelif fiziksel faktör gözönüne alınıp kaynak istasyonlar için ağırlık katsayılarının belirlenmesi ile pik değerlerindeki uyuşmanın daha fazla olacağı sanılmaktadır.

$$QD = \sum(QD_j \times W_j) / \sum W_j \dots\dots\dots (1)$$

Hedef bölgesindeki her değer (QD_j) daha sonra kaynak bölgenin ağırlık katsayısı (W_j) ile çarpılır ve bu çarpımların toplamı ağırlıkların toplamına bölünerek aranan QD debisi belirlenir.



Şekil 2. Karahacılı istasyonu için 1982 yılına ait gözlenmiş (1) ve debi süreklilik metodu ile tahmin edilmiş (2) akım değerleri.

METODUN NEHİR AKIM VERİSİNE UYGULANMASI

Metod "Batı Akdeniz Suları" havzasında bulunan Göksu Nehrindeki Karahacılı istasyonundaki günlük akım verilerinin tahmin edilmesinde kullanılmıştır. Kaynak istasyonları hedef istasyonla aynı havzada bulunan Lamas Nehrindeki Kızılgeçit istasyonu, komşu "Orta Akdeniz Suları"nda bulunan Manavgat nehrindeki Homa istasyonu ile Köprüçay nehirlerindeki Beşkonak istasyonlarıdır. Kaynak ve hedef istasyonlar ile ilgili bilgileri Tablo 1'de verilmiştir.

LİNEER REGRESYON ANALİZİ

Çalışmanın bu bölümünde biri bağımsız ikisi bağımlı üç değişken için lineer regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu durumda bağımlı değişken Karahacılı istasyonuna ait y , akım değerleri ve bağımsız değişkenler ise Kızılgeçit x_1 , ve Homa x_2 , istasyonlarına ait akım değerleridir. Regresyon denklemi şu şekildedir:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 \dots\dots\dots (3)$$

burada a , b_1 ve b_2 regresyon katsayılarıdır ve bu değerlerin nasıl bulunduğu Bayazıt (1981 ve 1984) tarafından anlatılmıştır. Bağımsız değişken sayısı üçe çıktığında regresyon katsayılarını bulmak için kullanılan denklemler çok karmaşık bir hal aldığı için çalışma iki bağımsız değişkenle sınırlı tutulmuştur.

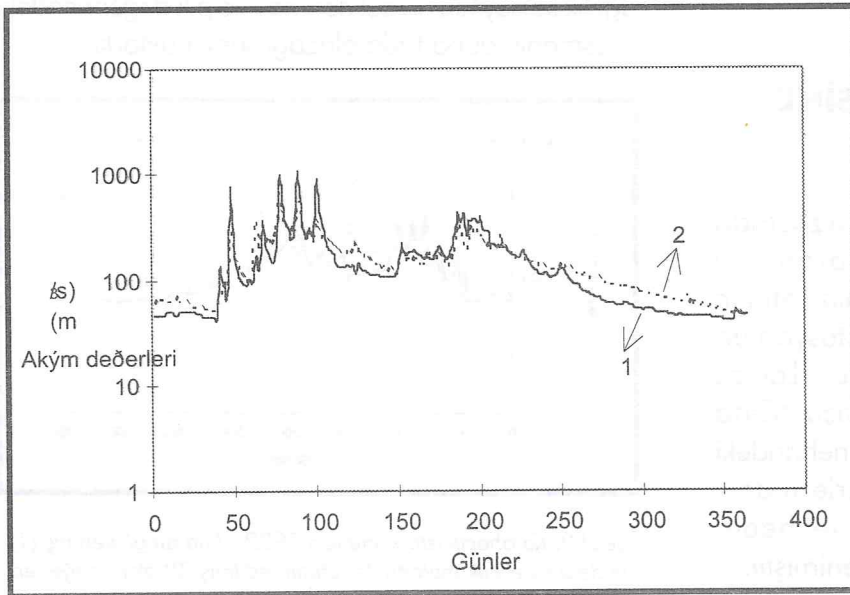
Karahacılı-Kızılgeçit ve Karahacılı-Homa arasındaki birinci derece korelasyon katsayıları sırasıyla 0.70 ve 0.75'e eşittir. Buna göre bu iki istasyon çiftinde çok kuvvetli olmamasına karşın bağımlılık sözkonusudur. Karahacılı istasyonu için Denklem (3) ile 1982 yılı için tahmin edilen değerler gözlenen değerlerle karşılaştırılmıştır. Burada hidrografın önemli kısmında ve özellikle son kısmında iki eğri arasında ihmal edilemeyecek sapmalar bulunduğu görülmektedir.

SONUÇ

Yapılan çalışmada yeni geliştirilmiş debi süreklilik metodu klasik lineer regresyon analizine oranla daha iyi sonuç vermiştir. Debi süreklilik metodunda herhangi bir parametre hesabına ihtiyaç olmaması metodu regresyon analizine göre daha tercih edilir ve daha kolay uygulanabilir kılmaktadır. Sunulan metodun eksik veri sorunu bulunan akım ölçüm istasyonlarında rahat bir şekilde kullanılabileceği umulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Bayazıt, M. (1981), *Hidrolojide İstatistik Yöntemler (Statistical Methods in Hydrology)*, I.T.U. Civil Engineering Faculty.
- Bayazıt, M. (1984), *Mühendisler İçin İstatistik (Statistics for Engineers)*, Birsen Yayınevi, p.61..
- Hughes, D.A., Smakhtin, V. (1996), *Daily Flow Time Series Patching or Extension: A Spatial Interpolation Approach Based on Flow Duration Curves*, *Hydrological Sciences*, 41(6).
- Schulze, R.E. (1991), *Background to, Structure and Application of ACRU: A Multipurpose, Multilevel Distributed Agrohydrological Model. In Recent Advances in the Modeling of Hydrologic Systems. Ed D.S. Bowles ve O.E. Connell, 655-656. NATO ASI Series, Vol. 345, Kluwer Academic, The Netherlands.*



Şekil 3. Karahacılı istasyonu için 1982 yılına ait gözlenmiş değerler (1) and regresyon analizi ile bulunmuş değerler (2).

HAVACILIKTA METEOROLOJİNİN ÖNEMİ

Doç. Dr. Yunus BORHAN

İ.T.Ü. Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji
Mühendisliği Bölümü.

HAVALANI YERLERİNİN SEÇİMİ

Havaalanlarının yerlerinin seçiminde ve tasarımında dikkate alınacak başlıca faktör şüphesiz, sadece meteorolojik koşullar değildir. Bu seçimde, pist yapımına uygun düz bir arazi, pist çevresinde tehlike yaratabilecek doğal engebelerin ve insan yapısı tesislerin olmaması, yaydıkları çeşitli kirleticiler nedeniyle görüş uzaklığının azalmasına yol açan endüstri tesislerinden uzaklık gibi özellikler de önemlidir. Bununla beraber, bu seçimde en önemli etken meteorolojik faktörlerdir.

Havaalanı yerlerinin seçimi için gerekli meteorolojik inceleme iki aşamada yapılır. Önce havaalanının kurulacağı yeri içine alan bölgenin zayıf görüş uzaklığı, alçak bulut oluşumu, rüzgar ve diğer meteorolojik elemanların frekanslarını gösteren geniş bir klimatolojik inceleme yapılır. Bu inceleme ile araştırılan bölge içinde sadece iletişim kolaylıkları gibi meteorolojik karakterde olmayan kısıtlamalarla sınırlanmış en uygun yerin seçimi amaçlanır. Havaalanının yeri seçildikten sonra, ikinci aşama olarak, pist doğrultusunun saptanması gibi havaalanının uçuş amaçları bakımından en iyi şekilde planlanabilmesi için daha detaylı meteorolojik inceleme yapılır.

Görüş Uzaklığı

Havaalanlarında yatay görüş uzaklığının kritik derecede azalmasına sebep olan en önemli meteorolojik faktör sisdir. Havada asılı vaziyette bulunan çok küçük su damlacıkları veya buz kristalleri nedeniyle görüş uzaklığı 1 km'nin altına indiği zaman sis olduğu rapor edilir. Yoğun sislerde görüş uzaklığı 300 metrenin altına düşer.

“Sisli bir gün” deyimi gün boyunca en az bir saat süre ile sis görülmesi anlamına gelmektedir. Sisli yerler çoğunlukla sahil bölgeleridir. Yağış nedeniyle oluşan görüşdeki düşüşü önlemek mümkün değildir. Oysa, maliyeti yüksek de olsa havaalanlarındaki sisi ortadan kaldırmak veya en azından görüş uzaklığını arttırmak için çeşitli teknikler vardır.

Sisin uçuş faaliyetlerini aksatması, temizlenmesinin ekonomik olmaması ve tahmin edilmesinin kolay olmaması nedeniyle havalimanlarının kurulacağı bölgelerde sis ve pus frekanslarının minimum olması istenir.

Bulutluluk

Sis, yere ulaşan buluttan başka birşey değildir. Havaalanı yerinin seçiminde sise benzer şekilde görüşü kısıtlayan alçak taban yükseklikli bulutların oluşum frekansının yüksek olduğu yerlerden kaçınılır. Bu tür bölgeler genellikle denizden nemli hava getiren hakim rüzgarlara maruz, özellikle orografik bulut oluşumuna uygun yüksek yerlerdir.

Yağış

Yağış, görüşü düşürmesi ve pistlerdeki fren mesafesini uzatması bakımından önemlidir. Özellikle düşük hızda uçan helikopter üzerinde aşırı miktarda kar birikebilir ve motora hava girişini engelleyebilir. Bazen helikopter üzerinde biriken kar buza dönüşebilir. Buz parçaları motora girerse türbine zarar verebilir. Bununla beraber yer yüzeyi karla kaplı olduğu zaman helikopter ve uçaklar iniş ve kalkarken savrulan kar görüşü büyük ölçüde düşürür.

Yoğun kar yağışı ve kar sürüklenmesi havalimanlarında büyük problemler oluştururlar ve hatta pistleri kapatabilirler. Bir kaç saat süren bir kar fırtınası dahi iniş ve kalkışları sekteye uğratabilir. Her ne kadar karlı günlerin sayısı yağmurlu günlerden az ise de, karlı günler uçuş faaliyetlerini yağmurlu günlerdekinden daha kötü

bir şekilde etkilemektedir. Kar, görüşü engellemel ve eriyip buza dönüşmek bakımından özellikle geceleyin daha tehlikeli olmaktadır.

Rüzgar

Uçak ve helikopterlerin kalkış ve inişlerinde maruz kalacağı rüzgarın hız ve yönü de son derece önemlidir. İniş ve kalkışlarda, özellikle geceleri, dağlık alanlar ve vadilerde görülen türbülans ile birlikte değişik yüksekliklerdeki rüzgarın yön ve şiddetindeki büyük ani değişiklikler kazalara neden olabilmektedir. Örneğin, bazı helikopter tipleri 20 m/sn'den daha kuvvetli rüzgar altında motorunu çalıştıramaz. Aynı zamanda kuvvetli çapraz rüzgarlar altında helikopterin ve uçakların taksit hareketleri de oldukça güçleşir.

Kalkış ve iniş esnasında pist doğrultusuna dik rüzgarların oluşması veya rüzgarın ani olarak yön değiştirmesi ayrı bir problem oluşturur. Uçak pist boyunca havalanmak veya inmek zorunda olduğundan kuvvetli bir yan rüzgar pistten çıkmasına sebep olabilir. Rüzgar yönündeki ani ve beklenmedik değişimler orajlar esnasında veya cephe geçişlerinde meydana gelebilir. Normal olarak bu tip hava koşulları tesbit edilir ve büyük havaalanlarında rüzgardaki önemli değişimler pilotlara ve trafik kontrolörlerine bildirilir.

Yukarı seviyelerdeki rüzgarlar uçuş zamanı ve uzaklığını etkilerler. Eğer rüzgarlar uçağın gidiş yönünde esiyorsa (kuyruk rüzgarı) uçuş zamanı azalır, karşı yönden esiyorsa (baş rüzgarı) uçuş zamanı artar. Orta enlemlerde yukarı seviyelerdeki rüzgarlar genellikle batıdan doğuya doğru estiğinden, batıdan doğuya doğru uzun mesafeli uçuşlar ters yönde olanlardan daha kısa zamanlarda yapılırlar. Uzun mesafeli ticari taşımacılıkta kullanılan uçuş seviyelerinde genellikle batılı jet akımları bulunduğundan pilotlar batı-doğu yönündeki uçuşlarını jet akımı içinde yapmaya çalışırlar. Böylece hız saatte 100-200 mil kadar arttırılabilir. Oysa, doğu-batı yönündeki uçuşlarda pilotlar jet akımı içine girmemeye dikkat ederler.

Jet akımı ile ilgili olan ve "Açık Hava Türbülansı" (CAT) olarak bilinen tehlikeli bir olay jet akımları içindeki kuvvetli rüzgar kayması sonucunda meydana gelir. CAT ayrıca, bir tepeli veya dağ sırasını geçerken saptırılan kuvvetli rüzgarlardan da meydana gelebilir. Dağ sırasının etkisi bazan dağ sırasının binlerce feet üzerinde ve yüzlerce kilometre ilerisinde de görülebilir. CAT yukarı seviyelerde bulut dışında açık hava içinde olduğundan görülemez. Bununla beraber, CAT'in oluşumuna sebep olan rüzgar kaymasının büyük olduğu bölgelerde pilotlar uyarılabilirler.

ORAJLAR

Uçuş sırasında bir pilotun karşılaşacağı en önemli hava olaylarından biri oraj'dır. Oraj atmosferik süreçlere bağlı olarak meydana gelen meteorolojik bir olaydır. Orajın oluşması için ön şart, atmosferde elektriksel yüklerin oluşması ve bu yüklerin lokal olarak ayrılmasıdır. Orajlar içlerinde oldukça dar bölgelerde yukarı ve aşağı doğru kuvvetli hava akımlarını bulunduğu kümülonimbus bulutlarından oluşur.

Yükselici akımların oluşumuna göre orajlar;

- Cephe orajları
- Orografik orajlar
- Konvektif orajlar

olmak üzere üç tipe ayrılır.

Cephe orajları, maritim soğuk havanın sokulması ile kararsız tabakalaşmış sıcak havanın ani olarak yükselmeye zorlanması sonucunda meydana gelirler. Cephe orajlarının avantajı hava haritalarında belirgin olarak tanınabilmeleri ve hareket yönü ve hızlarının tahmin edilebilmeleridir.

Orografik orajlar, kararsız tabakalaşmış hava kütlelerinin dağ silsilelerinin rüzgar üstü tarafından yükselmeye zorlanmaları ile meydana gelirler. Bu tip orajların hava haritasından öngörüsü cephe orajlarının öngörüsüne nazaran çok daha zordur. Burada pilotun tecrübesi ve gözlemleri yardımcı olabilir. Eğer sabahın erken saatlerinden itibaren tepe veya bir dağ üzerinde şüpheli bulutlar

oluşmaya başlıyorsa, öğleden sonra dağ tepesinde oraj oluşacağından pilot emin olmalıdır.

Konvektif orajlar, karasal alanların iç kısımlarında ilkbahar aylarında yerden ısınan nemli havanın oldukça yüksek seviyelere kadar taşınması sonucunda oluşurlar. Bu tip orajlar çok zor tahmin edilirler. Bu nedenle bu durumda da pilotlar gözlemleri ile kendilerine yardımcı olmak zorundadırlar. İlkbaharda açık güneşli bir havada daha sabahın erken saatlerinde altokümüls seviyesinde kastellanüs bulutları görülürse, büyük bir olasılıkla bu yükselici hareketlerden çok hızlı kümüls ve kümülonimbüs bulutlarının gelişeceği ve öğleden sonra olgunlaşmış bir konvektif orajın oluşacağını hesaba katmak gerekir. Havacılık açısından en tehlikeli orajlar konvektif orajlardır.

Orajın Havacılık İçin Yarattığı Tehlikeler

Oraj bulutu ile birlikte görülen türbülans, buzlanma, dolu gibi olaylar uçaklar için büyük tehlikeler oluştururlar.

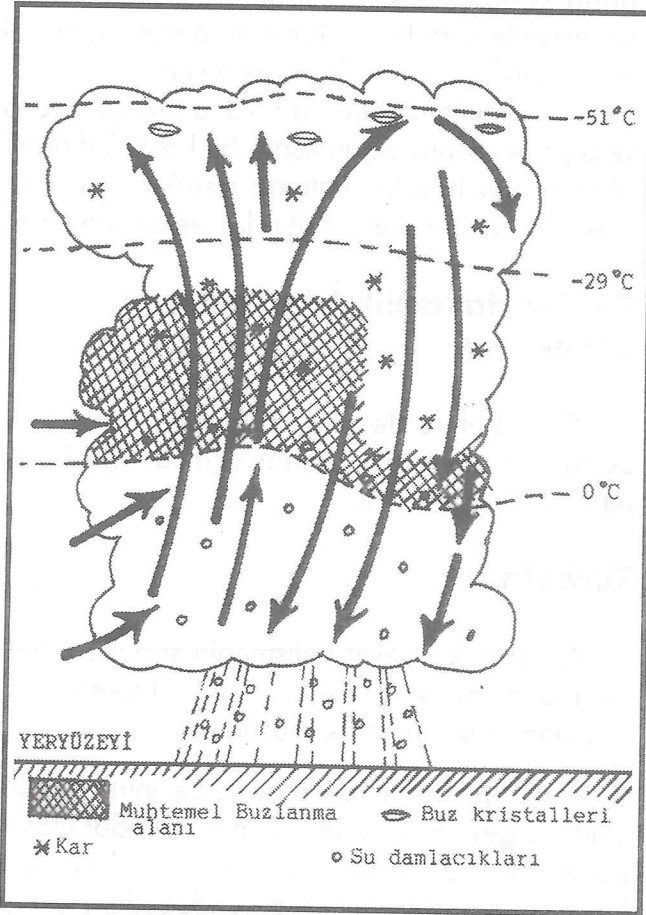
Türbülans

Orajda, konvektif gelişmenin sonucu olarak ortaya çıkan ve uçaklar için tehlikeli olan türbülansın iki tipi söz konusudur:

1- Olgunlaşmış bir oraj hüccresinin yükselici akım bölgesinde uçaklar 30 m/s'ye kadar ulaşan düşey hızlara maruz kalırlar. Kümülonimbüs hüccresinde inici akımların bulunduğu kısımda ise uçak inici akımlar vasıtasıyla birkaç bin feet aşağı doğru itilir (Şekil 1). Yükselici ve inici hareket alanlarının çapları 1 ila 3 km arasında değişir. Yükselici akımlar oraj bulutunun yaklaşık üst üçte birlik kısmına kadar artar. Olgunlaşmış bir kümülonimbüste inici hareketler örsün yukarısında 500-1000 m kalınlıktaki bir tabakada başlarlar ve bulutun alt sınırında en büyük şiddete ulaşırlar. Böylece, pilotun düz bir arazi üzerinde uçağı kontrol altında tutması mümkündür, fakat dağlar üzerinde oraj bulutunun genellikle dağa yamanmış

olması nedeniyle pilot uçağın kontrolünü kaybedebilir. Dağlarda meydana gelen ve tecrübeli mürettebatın bile hayatlarını kaybettikleri uçak kazalarının çoğunun nedeni budur.

2- Oraj bulutunun orta kısmında yükselici ve iniçici akımlar arasındaki kayma kuvvetleri oldukça etkili türbülansa (bumpiness) sebep olurlar. Bu tür türbülansın da uçak kazalarına sebep olduğu saptanmıştır.



Şekil 1. Olgunlaşma safhasındaki bir Kümülonimbüs bulutundaki düşey hareketler ve muhtemel buzlanma alanları

Orajlı havalarda, hem oraj bulutunun altındaki bulutsuz alanda görülen hamleli rüzgar ve hem de orajın ön ve arka tarafında görülen rüzgar kayması nedeniyle iniş ve kalkışlar yasaktır.

Bir oraj bulutu içindeki türbülans olaylarının uçak için yarattığı tehlikeler şu şekilde özetlenebilir:

a) Sabit bir yükseklikte kalmak zorunda olan uçak, kümülonimbüs bulutunun ön tarafındaki kuvvetli yükselici akımlar nedeniyle yukarı doğru itilmesi sonucunda kritik hız alanına girebilir.

b) Kümülonimbüs bulutunun arka tarafındaki kuvvetli iniçici akımlar bölgesinde kısa sürede çok fazla irtifa kaybetmesi nedeniyle uçak yere çakılabilir.

c) Kuvvetli hamle alanında, özellikle kümülonimbüsün orta kısımlarında uçak parçalarının kopması şeklinde zararlar görülebilir. Kritik hamle değeri uçağın tipine ve uçağın hızına bağlıdır. Eğer pilot uçağı sabit bir yükseklikte tutmak isterse, hamlenin zarar verme olasılığı artar.

Uçakta türbülansın sebep olduğu titreşimlerin frekansı ile uçak parçalarının serbest salınımlarının frekansı aynı olduğu zaman rezonans meydana gelebilir. Bu rezonans olaylarının oluşması durumunda daha düşük kritik hamle değerlerinde bile kırılmalar görülebilir. Görülemeyen yapımlar veya metal parçaların zamanla yıpranmaları durumunda, uçak sık sık kuvvetli türbülans zonlarından geçerse uçak parçalarında kırılmalar olabilir.

Ayrıca, yeryüzeyinin farklı ısınmasının sebep olduğu konvektif akımların ve havaalanları yakınlarındaki binaların ve engebeli arazinin mevcudiyetinden dolayı mekanik olarak oluşan büyük-boyutlu konvektif akımların mevcudiyeti uçağın havaalanı pistinin ilerisine veya önüne inmesine sebep olabilir. Eğer süzülme yörüngesi boyunca konvektif akımların toplam bileşeni yukarı doğru ise uçak pistin ilerisine, toplam bileşen aşağı doğru ise uçak pistin çok önüne inebilir (Şekil 2).

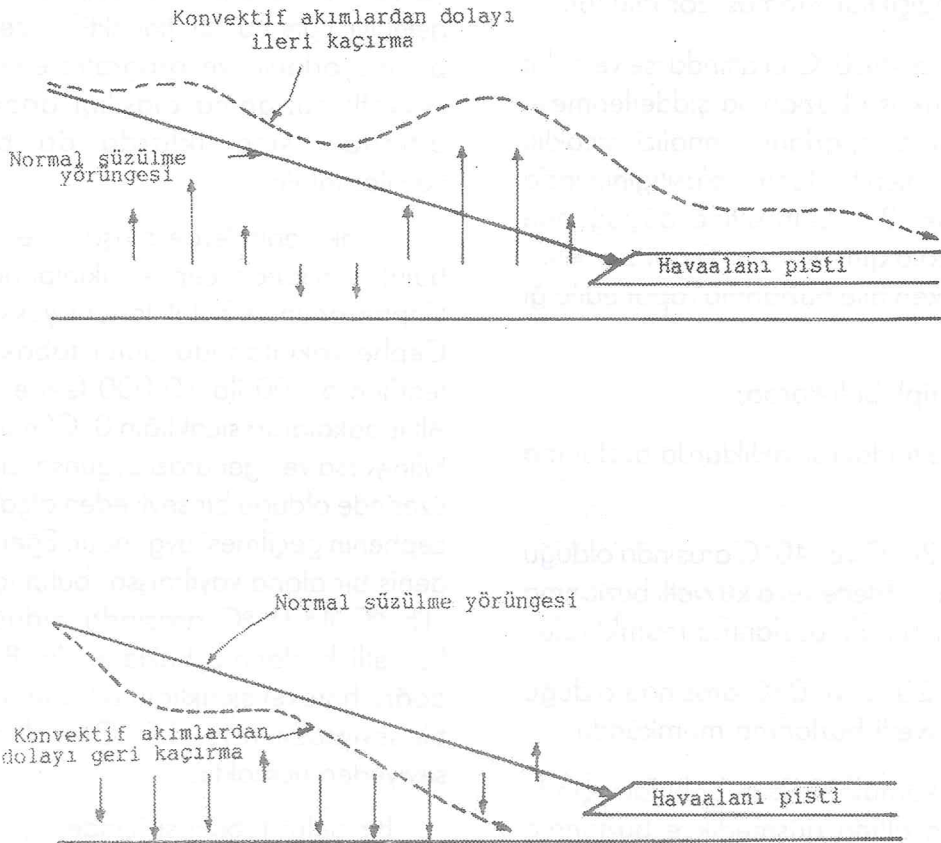
BUZLANMA

Uçak üzerinde meydana gelen buzlanma olayı uçuşun en ciddi tehlikelerinden biridir. Uçak 0°C'den daha düşük sıcaklıklarda, bulutlar arasında veya yağmurda uçtuğu zaman gövdesi üzerinde buz gelişebilir. Buz gelişmesini önlemek veya meydana gelen buz birikintisini ortadan kaldırmak

çin çeşitli metotlar uygulanabilirse de, bunlar ancak kısmi korunma sağlayabilir. Bu nedenle, pilotun mümkün olduğu kadar tehlikeden kaçınabilmesi ve buzlanma oluşmaya başladığında ne şekilde davranacağını bilmesi gerekir.

Uçak üzerindeki buzlanma atmosferdeki su buharının direkt olarak donması (şüblümleşme) sonucu kırağı (hoar frost) veya kar şeklinde buzlanma (rime ice) ya da yağmur damlalarının oğuk yüzeylere çarparak donması ile saydam buz glaze ice veya clear ice) şeklinde meydana gelir. Kırağı şeklinde buzlanma açık havada donma noktasının altına kadar soğumuş yüzeyler üzerinde meydana gelir.

Beyazimsı tüy gibi bir yapıya sahiptir. Kar şeklinde buzlanma (rime ice) sıcaklığı 0°C 'ın altında bulunan bir yüzeye temas eden küçük aşırı soğumuş su damlalarının donmasıyla oluşur. Saydam buz (clear ice), uçak gövdesi üzerinde büyük damlaların birleşerek donmasıyla meydana gelir. Bazen damlacıklar arasında havada kalabilir. Buz yüzeyi düzdür, pürüzler ihtiva etmez. Saydam buz uçağın geniş bir kısmını kaplayabilir. Uçak yüzeyine sıkıca yapışır ve kolaylıkla kırılmaz. Uçuşta sıcaklık 0°C 'ın hemen altındayken büyük su damlalarına (yağmur, çisenti büyük bulut damlacığı gibi) rastlanırsa saydam buzlanma meydana gelir. Uçak üzerinde buz oluşumuna neden olan en önemli faktör, uçağı yapışan aşırı soğumuş damlaların donmasıdır.



Şekil 2. Konvektif akımların bir uçağın inişine etkisi

Buzlanmanın şiddeti, birim zaman ve birim alanda buzun birikme miktarı olarak tanımlanır. Buzlanma şiddeti "hafif", "orta şiddette" ve "kuvvetli" olmak üzere üç gruba ayrılır. Bu üç durumu ölçmek için alet mevcut değildir. Uçuşta kullanılmak üzere ICAO (International Civil Aeronautical Organization) tarafından şu tanımlar verilmiştir.

a) Hafif buzlanmada 5 dakikalık sürede 5 mm'den daha az buz birikir. Uçağın yön veya yükseklik değişikliği yapmasına gerek yoktur.

b) Orta şiddette buzlanmada 5 dakikalık sürede 5 mm ile 38 mm arasında buz birikir. Uçağın yön veya yükseklik değişikliği yapması istenir.

c) Kuvvetli buzlanmada 5 dakikalık sürede 38 mm'den daha fazla buz birikir. Uçağın yön ve/veya yükseklik değişikliği yapması zorunludur.

Bulut içinde sıcaklık 0°C'in altında ise ve bulut damlacıkları büyük ise buzlanma şiddetlenmeye meyleder. Buzlanma raporlarının analizi, sıcaklık -10°C'in üzerinde iken buzlanma olasılığının fazla olduğu ve sıcaklık -20°C'in altına düştüğünde frekansın hızla azaldığını gösterir. Fakat sıcaklık -40°C'in altındayken bile buzlanma rapor edildiği görülmüştür.

Kümüliform tipli bulutlarda;

a) -40°C'in altındaki sıcaklıklarda buzlanma ihtimali azdır.

b) Sıcaklığın -20°C ve -40°C arasında olduğu yüksekliklerde orta şiddette veya kuvvetli buzlanma olasılığı azdır. Fakat hafif buzlanma mümkündür.

c) Sıcaklığın -20°C ve 0°C arasında olduğu yüksekliklerde kuvvetli buzlanma mümkündür.

Kümülüs ve kümülonimbüs bulutları içinde sıcaklık -40°C'in altına düşmedikçe buzlanma riskini ihmal etmemek gerekir. Büyük bir kümüliform tipli bulut içinde uçarken buzlanma meydana gelirse, irtifa azaltılabilir veya buluttan çıkılincaya kadar irtifa veya istikamet değişikliği

düşünülmeyen uçuşa devam edilebilir. Bu tip bulutların yatay boyutu nadiren birkaç mili geçer. Oysa, cephe boyunca birleşen kümüliform tipli bulutlar yüzlerce mil uzunluğunda ve ekstrem durumlarda birkaç on mil genişliğinde bir bant meydana getirirler. Böyle bir bulut bandı altında uçarken radar kullanılması daha tehlikeli bölgelerden kaçınılması açısından yararlı olabilir. Eğer, kümüliform tipli bulutlar geniş bir dağlık arazi üzerinde meydana gelmişse, bulutlardan sakınacak kadar yüksekten uçuş tavsiye edilir.

Stratiform tipli bulutlardan Altostratüs (As) ve Nembostratüs (Ns) bulutları genellikle geniş bir alan üzerindeki büyük bir hava kütesinin yavaş olarak yükselmesiyle oluşurlar. Bu bulutların düşey kalınlığı binlerce feet olabilir. Bu türdeki geniş bulutların bir kısmı muhtemelen aşırı soğumuş su damlaları ihtiva eder. Eğer bu kısımda sıcaklık 0°C ve -15°C arasında ise, buzlanma meydana gelebilir. Eğer bu bulutlar aktif bir cephe ile beraber bulunuyorlarsa ve orografik etki altında iseler kuvvetli buzlanma olasılığı artar ve normalin altındaki sıcaklıklarda da buzlanma ile karşılaşılabilir.

Sıcak cephelerde oluşan Nembostratüs (Ns) bulutunun tabanı cephe yakınlarında çok alçaktır. Cephe önünde bulut tabanı yükselmeye başlar. Cephe yakınlarında bulut tabakası birkaç yüz feet'ten 5 000 ila 10 000 feet'e kadar genişler. Alt tabakalarda sıcaklığın 0°C'in üzerinde olduğu biliniyorsa ve eğer arazi uygunsuzsa, sıcaklığın 0°C'in üzerinde olduğu bir seviyeden alçak uçuş yaparak cephenin geçilmesi uygundur. Eğer cephesel yağış geniş bir alana yayılmışsa, bulut içinde sıcaklığın -15°C ila 0°C arasında olduğu seviyelerde kuvvetli buzlanma beklenebilir. Bu durumda en doğru hareket sıcaklığın 0°C'in üzerinde olduğu bir seviyeden veya -15°C'in altında olduğu bir seviyeden uçmaktır.

Bir bulut tabakası içinde uçarken buzlanma başlarsa, yükselme yerine alçalma daha uygun olacaktır. Çünkü uçak yükselmeye başladığında kanat altında oluşan ve görülemeyen buzlanma riski artacaktır.

Sıcak cephe yakınlarındaki yüksek engebeler oldukça tehlikelidir. Çünkü bulutlar sadece dağların doruklarını gizlemekle kalmaz, tepeler üzerinde yükselirken havadaki serbest su miktarını da arttırmaları.

Uçuşta gövdenin çeşitli bölümleri değişik şekillerde buz oluşumu ile karşı karşıyadır. Gövdenin ön taraflarında buz oluştuğu zaman, etkilenen kısımlar etrafında hava akımı modeli değişmeye başlar. Bu durum havanın aerodinamik direncinde artışa, yükselme gücünde azalışa ve kuyrukta darbeye neden olur.

Buzlanma hareketli parçalardaki kontrolü ciddi şekilde etkiler. Ön camlar üzerinde oluşacak buz örtüsü, görüşün bozulmasına neden olur. Ayrıca jet motorlarının ön taraflarında oluşan buzlar havanın içeri girmesine engel olur. Bunun sonucu olarak çekme gücü azalır ve eksoz gazı sıcaklığı hızla artar. Sonuç olarak buzlanmanın uçak üzerindeki başlıca etkileri şu şekilde özetlenebilir:

- 1) Çekiş azalır
- 2) Sürtünme artar
- 3) Ağırlık artar
- 4) Kaldırma azalır.

Buzlanmanın şiddeti uçağın yapısına, hızına, damlacıkların büyüklüğüne ve sıvı su muhtevasına bağlıdır. Uçak yüzeyi, akan havanın sürtünmesi ve sıkışması ve uçuş hızının karesi ile artan bir sıcaklık yükselmesine maruz kaldığından gerçek buzlanma sınırı 0 °C sınırından daima daha yüksekte bulunur. Yüksek hızla uçan uçaklar hızı düşük uçaklara nazaran çok daha düşük sıcaklıklarda buzlanırlar. Kural olarak, buzlanma zonlarında uçuş hızını düşürmek buzlanma tehlikesini artırır. Buna karşılık uçuş hızının artması buzlanma tehlikesini azaltır. Çok süratli uçaklarda nadir durumlarda buzlanma meydana gelir. Helikopterler buzlanmaya karşı çok hassastırlar. Rotorun buzlanması ve buna bağlı olarak düzensiz bir şekilde oluşan buz örtüsünün yarattığı balans bozukluğu tehlikeli durumlar yaratabilir. Buzlanma

tehlikesi her ne kadar bugün modern tekniklerle önlenilebilirse de buzlanmaya karşı mutlak bir korunma yoktur. Pilot kalkıştan önce uygun rota ve zaman için meteorolojik uçuş tahmini almalıdır. Rota tahmini genellikle sıfır izotermi seviyesindeki bilgileri içerir. Böylece pilot, rotası üzerinde beklenen bulut cinsleri, sıcaklık ve tehlike bölgeleri ile ilgili bilgiler ışığında ya buzlanma tehlikesi olmayan zonlar üzerinden uçar veya buzlanma tehlikesi olan bölgeleri zaman açısından minimuma indirecek bir rota seçebilir.

Rotada bulunan belli hava alanlarındaki tahminler bir seri kart ve iniş tahminlerini içerirler. Önemli hava kartlarında (Significant Weather Chart) buzlanma riski gösterilir ve buzlanma beklenen yerler bir sembol ile işaret edilir. Buzlanma tahmin edilen seviyeler için bulut tabakaları gösterilir. Tahminlerde gösterilen önemsiz bir riskte bile, pilot buzlanma için hazır olmalıdır. Buzlanma ihtimali uçağın karakteristiklerine göre değişir. Bu nedenle pilot tahminlerin ışığında karar verirken kendi uçağının özelliklerini de dikkate almalıdır.

Buzlanmanın meydana gelebileceği çeşitli durumlar şu şekilde özetlenebilir:

1) Buz kristallerinden meydana gelmiş bulutlarda buzlanma beklenmez.

2) Genel olarak buzlanma tehlikesi sıcaklık düştükçe azalır ve -40 °C'dan daha düşük sıcaklıklarda buzlanma tehlikesi ortadan kalkar.

3) Sıcak cephe yağışı geniş bir alana yayılmışsa, bulut içinde sıcaklığın 0 °C ile -15 °C arasında olduğu seviyelerde kuvvetli buzlanma beklenebilir.

4) Sıcaklık 0 °C veya daha düşük olduğunda, sıvı su damlacıkları içeren bulutlar içinde uçuş yapılıyorsa her zaman için buzlanma meydana gelebilir.

5) Sıcaklık 0 °C veya daha düşük olduğunda, sulu kar veya yağmur içinden uçuş yapılıyorsa, mutlaka buzlanma meydana gelir.

6) Sıcaklık 0 °C veya daha düşük olduğunda, sağnak şeklinde yağış olan sahalardan uçuluyorsa, orta şiddette veya kuvvetli buzlanma meydana gelir.

7) Kümülüform tipli bulutlarda sıcaklığın -20 °C ile -40 °C arasında olduğu yerlerde genellikle hafif buzlanma görülür.

8) Kümülüform tipli bulutlarda sıcaklığın -20 °C ile 0 °C arasında olduğu yerlerde kuvvetli buzlanma görülür.

9) Kümülüform tipli bulutlarda buzlanma, yazın kıştan daha şiddetlidir.

10) Orografik bulutlarda diğer bulutlara nazaran daha şiddetli buzlanma ile karşılaşılır.

11) As ve Ns bulutları içinde sıcaklığın 0 °C ile -15 °C arasında olduğu sahalarda buzlanma meydana gelebilir.

12) Donan yağmur içinde yapılan uçuşlarda genellikle saydam buzlanma meydana gelir.

13) Şiddetli buzlanma ihtimali -15 °C'dan daha düşük sıcaklıklarda çok azdır.

14) Kümülüform tipli bulutlar içinde yükselici

akımlar ne kadar kuvvetli olursa, buzlanma tehlikesi ve şiddeti o kadar fazla olacaktır.

15) 0 °C ile -10 °C arasındaki sıcaklıklarda ve büyük damlacıkların mevcudiyeti halinde saydam buzlanma meydana gelir.

16) Hava kütlelerini denizsel olması halinde, buzlanmanın meydana gelme olasılığı daha fazladır.

17) Dağlık bölgeler üzerinde bulunan bulutlarda genellikle buzlanma meydana gelir. En şiddetli buzlanmaya dağ tepelerinin 1500 m üzerindeki yüksekliklerde rastlanır.

KAYNAKLAR

Borhan, Y., 1984: Havaalanı Yerlerinin Seçimi ve Tasarımı, Havacılık Meteorolojisi Semineri, s. 74-81, Yeşilköy.

Erdoğan, F., 1984: Orajın Havacılıktaki Yeri, Havacılık Meteorolojisi Semineri, s. 10-21, Yeşilköy.

Handbook of Aviation Meteorology, 1971: Her Majesty's Stationary Office, London.

Hardy, R., 1996: Weather, Cox and Wyman Ltd. Reading.

Miller, A. and J. C. Thompson, 1970: Elements of Meteorology, Charles E. Merrill Publishing Comp., Ohio.

Tüzünsoy, A. G., 1984: Havacılıkta Buzlanma ve Öngörüsü, Yüksek lisans tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, 63 s., İstanbul.

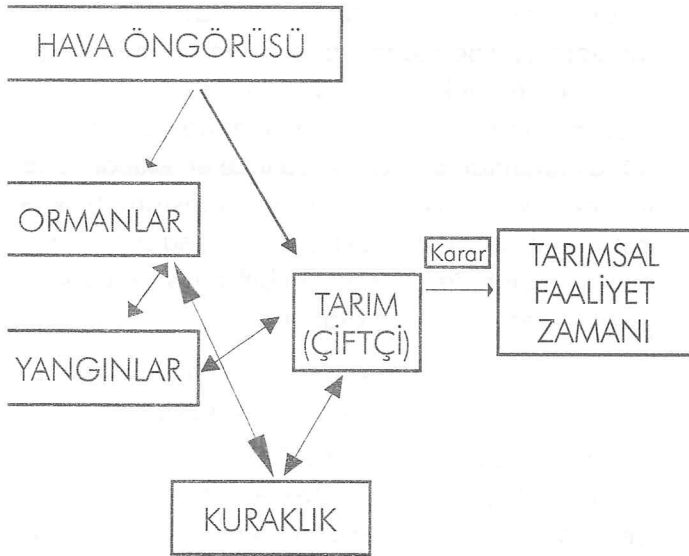
İKLİM VE TARIM

Şükrü ÖZTEPE • Doç. Dr. Levent ŞAYLAN

İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi,
Meteoroloji Mühendisliği Bölümü.

GİRİŞ

Tarımda iklim koşulları denildiğinde, bundan bitkilerin ve hayvanların nasıl etkileneceği bilinmemektedir. Karşılıklı etkileşim içindeki kümeler değerlendirilmediğinde, meteorolojik çalışmalar sonsuz sayılardan oluşan faydasız bir kütle olur. Meteorolojik olaylar hem tarımı, hem de ormancılığı yakından ilgilendiren ve yönlendiren olaylardır.



İklimin tarıma etkenliği, paleoklimatoloji ve dendroklimatoloji yönünden incelendiğinde farklı görünüşler sergiler. Eski çağlarda tarımsal üretim, doğa şartları altında teknoloji olmaksızın yapılmıştır. Son buzul çağının sonlarında yer yüzeyinin ısınması sonucunda, Avrupa ve Kuzeybatı Afrika'nın iklimi nemli ve yağışlı hale dönerken, özellikle sahra ve buna benzeyen alanlarda kuraklık meydana gelmiştir. Bu, yağış ve sıcaklık artışına neden olmuş, dolayısıyla iklimleri değiştirmiştir. Bu değişim, daha sonra doğaya yansımıştır. Araştırmacılar tarafından bu dönemde buzulların çekilmesi ile yeni bitki ve hayvan türlerinin ortaya çıktığı belirtilmektedir. Bazı türler ise, iklime uyum sağlayamadıklarından yok olmuşlardır. Buzul çağından sonra özellikle ormanlık alanlarda ve tarım alanlarında bir artış meydana gelmiştir. Neolitik çağ ile birlikte insanoğlu doğaya egemen olmaya doğru adımlar atmaya başlamıştır.

Dünya iklimi bugüne kadar birçok değişiklikler geçirmiştir. Klimatolojinin tarihçesi incelendiğinde, bu biliminin, 17. yüzyıldan itibaren ölçme tekniği ve aletleri ile doğayı tanıma ve ona egemen olma amacıyla giderek gelişme gösterdiği belirlenmektedir.

Toprak, su ve atmosfer, hem kültür hem de yabani bitkilerin yaşam ortamıdır. Bitkisel üretimi arttırmak amacıyla, toprak ve atmosferden yararlanma yolları ve onların zararlı etkilerini en aza indirme çalışmaları yapılmaktadır. Diğer yandan insan ve hayvanların çevresini oluşturan orman, tarım alanları, meralar gibi yeşil alanların sağlıklı kalabilmesi için çaba harcanmaktadır (Eimern et al., 1979, Çölaşan, 1959).

Ancak, verimin artırılabilmesi için, atmosferdeki olaylar ile ilgili bilgilerin yanı sıra,

toprak, atmosfer, su ve bitki arasındaki karşılıklı etkileşimin bilinmesi şarttır. Uzun süre bir yerde cereyan eden atmosferik olaylar ve bunların durumu, o yörenin iklimini belirler. İklim, o ölçüde bitki çeşidinin ne kadar alanda yetiştirilebileceğini belirleyen en önemli etmenlerden biridir. Bu nedenle, meteoroloji bilimi içerisinde, tarımsal meteoroloji dalı oluşturulması zorunlu olmuştur.

Dünyanın birçok ülkesinde tarım ve ormancılık en önemli ekonomik faaliyettir. Hızla artan nüfus artışının sonucu, dünyadaki insanların yaşamlarını sürdürebilmesi için tarımsal üretime ihtiyaç vardır. Tarım ve ormancılıkta iki türlü gelişme mümkündür. Biri yatay genişleme, kullanılacak araziye arttırmak, diğeri de dikey gelişme, birim alandan elde edilen ürün miktarını arttırmaktır. Ülkemizde yapılaması gereken dikey gelişmenin sağlanmasıdır. Halen ülkemizde özellikle dikey gelişmede üç önemli faktör bulunmaktadır. Bunlar üretim girdileri, teknoloji ve meteorolojik şartlardır. Üretim girdileri ve teknoloji kontrol edilebilse dahi, dikey gelişmeyi sınırlandıran meteorolojik şartlardır. Bu da tarım ve orman meteorolojisi alanında yapılacak çalışmalar ile ilgilidir. Dünyadaki bu gelişmelerin farkına varılması sonucunda WMO bünyesinde tarımsal meteoroloji ile ilgili ayrı bir bölüm oluşturulmuştur. Bunda amaç, çevreye daha uyumlu çeşitlerde verimin kalite ve kantitesini arttırmaya yönelik tarımsal meteorolojik yardımdır. Bununla birlikte, meteorolojik bilgilerin planlama ile uygulama aşamasında tarım ve ormancılık alanında çalışanlarca daha iyi anlaşılması ve bu kapsamda meteorolojinin temsil edilmesidir.

Tarımsal Meteorolojinin Amacı

Tarımsal meteorolojinin görevi, bütün meteorolojik ve klimatolojik bilgileri ve metotları, tarım ve ormancılıkta mevcut çevre şartları altında, ekonomik şartları da dikkate alarak, üretimin miktar ve kalitesini arttırmaktır. Bunun yanı sıra, canlıların dolayısıyla, insanların yaşadığı çevreyi mümkün olduğu kadar iyi korumak ve kollamakta, Tarımsal Meteorolojinin bir diğer görevidir.

Bütün bunların yanı sıra tarımsal meteorolojinin bir başka görevi, toprak, su ve atmosfer arasındaki etkileşim ile toprak sayısı, toprağın nem ve sıcaklık durumlarının incelenmesidir.

Tarımsal üretim çok sayıda faktör tarafından sınıflandırılmaktadır. Özellikle bitkisel üretimde toprak, bitki ve atmosfer, bitki gelişiminde rol oynayan ana bileşenlerdir. Günümüz teknolojisinde bitkisel üretimin artırılması için yapılan tüm teknolojik çalışmalara rağmen bitki ve toprak faktörlerinin dışında iklim faktörü (seraların dışında) tarımsal üretimi sınırlandırıcı en önemli faktördür. Bu sebeple hava şartları tarımla uğraşanlar için daima en önemli problemlerden biri olmuştur. Sözü edilen nedenlerden dolayı, tarımsal meteoroloji bilimi doğmuştur. Bu bilim dalında, gelişen bitki ve hayvan organizmalarının fiziksel özelliklerinin incelenmesi ve bunun tarım yararına saptanan sonuçlarla etkileşimi, araştırılmaktadır.

Tarımsal Meteorolojinin İlgili Alanı

Tarım ve Orman meteorolojisi bu sebeple, tarımsal üretime etkili olan tüm meteorolojik parametreler ile yakından ilgilidir. Özellikle tarımsal meteoroloji bitkilerin atmosfer ile ilişkili olduğu, büyüyüp geliştiği tabaka, bu tabakanın ısı dengesi ve toprak yüzeyi ile olan ilişkilerini kapsamaktadır. Diğer yandan, tarımsal meteoroloji sadece toprağa yakın hava tabakası ile ilgilenmemekte, aynı zamanda don, kuraklık gibi tarımda ve ormancılıkta atmosferik şartlar olarak tanımlanan olayları da incelemektedir. Eğer toprağa yakın olan hava tabakasının fiziksel durumunu bugünkü teknoloji ile değiştirebilmek mümkün olabilseydi, istenilen bitkinin veya canlının yetiştirilmesi mümkün olabilirdi.

Tarımsal meteorolojide, kendine özgü en önemli olaylardan biri de gözlemlerdir. Zira tarımsal olayların gözlem sonuçlarının meteorolojik ölçümlerle birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Tarımsal

meteoroloji, meteoroloji mühendisliğinin uygulamadaki en önemli dalıdır. Zira, alımlardan elde edilecek sonuçlar, doğrudan uygulamadaki sorunların çözümüdür. Sayısız uygulamaya dönük çalışmalarda, güneşin, üzgarın, yağmurun bitkiler için önemini vurgulamışlardır. Bu meteorolojik faktörlerin sadece ölçülmesi yeterli değildir. Eğer bu veriler uygulamaya aktarılırsa, işte o zaman yapılan bu çalışmalar tarımsal açıdan değerlendirilmiş olur.

Klim ve Çiftçi İlişkisi

Tarım ve Ormanlıkta en önemli konulardan biri de hava öngörüsüdür. Zira tarımla uğraşanlar, tarımsal faaliyetlerine bu hava tahminlerine göre yön vermektedir. Ekimden tutun tohumlama, sulama, gübreleme, ilaçlama, hasad gibi bir çok olayın zamanına etkili olan iklimdir. 19. yüzyıldan itibaren tarımsal meteoroloji ile ilgili bilimsel yayınlar dünyada yayılmaya başlamıştır. Bu yıllarda yapılan çalışmalarda, daha çok hava tahminlerinin bitki için önemi vurgulanmış ve ürün miktarının tahmini ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bunların yanı sıra farklı bölgelerin ikliminin incelenmesi, değişik ürünlerin yetişip yetişmeyeceği ile ilgili uyum problemleri ile uğraşmıştır. Başlangıçta ormanlar ve iklim arasında ilişki incelenirken, 1888 yıllarında tarım ve iklim arasındaki ilişki incelenmeye başlanmıştır. 1857-1927 yılları arasında ilk defa tarım ve ekolojisi çalışmaları göçmen kuşlar ve ağaçların omurcuklanma zamanı gibi gözlemler yapılmış ve kaydedilmiştir.

Tarımsal meteorolojide en önemli olaylardan biri diğeri de, Tarım ve Orman Ekolojisi yönünden, agro ekolojik zonların, yani bitkilerin ülke içerisinde yetiştirilebileceği yerlerin tespit edilmesidir. Zira günümüzde tarım alanlarının genişletilmesi söz konusu değilken, mevcut tarım alanlarının iklimine, toprak özelliklerine v.s. göre en iyi şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Ekosistem olarak, bir başka tanımlamaya göre tarımsal meteoroloji bitki ve hayvanların gelişme dönemlerinde birbiri

ile etkileşim içinde bulunduğu çevrenin fiziki olarak tanımlanmaktadır. Tarımsal meteorolojinin ilgi alanı son derece geniştir. Bitki hastalıkları ve böceklerin bitki gelişimine etkileri de, tarımsal meteorolojik açıdan incelenmektedir.

Çeşitli kültür bitkileri yer yüzeyinde sadece gelişmeleri için gerekli minimum iklim koşullarının bulunduğu bölgelerde yetişebilirler. Bitkisel üretimin gelişmekte olan ülkelerde artırılması için WMO (World Meteorological Organization) ve FAO (Food and Agricultural Organization) gibi kuruluşlar çalışmalar yapmaktadır. Bu kuruluşların amaçları, kalitatif ve kantitatif olarak, üretimin artırılması ve üçüncü dünya ülkelerindeki açlığın azaltılmasıdır. Bu amaçla, WMO'da Tarımsal Meteoroloji konularında özel olarak çalışan bir bölüm bulunmaktadır.

Bir yerde iklim koşullarındaki değişiklikler sonucunda meydana gelen kuraklık, don, aşırı nem, şiddetli rüzgarlar bitkilerin gelişimine büyük zararlar verebilir. Bir bölgede, hangi bitki türünün yetiştirilebileceğine iklim etmenlerinin ayrı ayrı veya birlikte etkileri bulunmaktadır. Bitkilerin kendi isteğine göre iklim şartları bulmadığında, önce bu iklime uymaya çalışırlar. İklimle uyum sağlayamazlarsa, verimleri azalır ve aynı zamanda yaşam koşulları son bulur.

Hava Kirliliği-İklim-Tarım İlişkisi

Dünya nüfusunun son 50 yıl içinde 2 kattan daha fazla artması, enerji kullanımını yaklaşık dört kat arttırmıştır. Hızlı nüfus artışı beraberinde fosil yakıt tüketimine ve atmosfer kirliliğine neden olan sanayileşmeyi de getirmiştir. Bu kirlilik, küresel ısınma, asit yağışları gibi problemleri de beraberinde getirmiştir.

Bu nedenle, 1992'de yapılan dünya çevre konferansının gündemindeki ilk madde "iklim değişiklikleri ve biyolojik çeşitlilik" olmuştur. İklim değişikliğinin çevre, tarım ormanlık ve su kaynakları üzerindeki etkilerinin araştırılması son yüzyılın en çok ilgi çeken konularından birisidir (Şekil 1).



Şekil 1: İklim değışikliklerinin etkilediği alanlar

Bugün dünyada Tarımsal Meteoroloji alanında, küresel sıcaklıktaki artışın, asit yağışlarının, UV radyasyonun, bitkilere ne gibi etkilerde bulunacağı konusunda çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Zira bitki ile iklim arasında oldukça karmaşık bir ilişki söz konusudur. Çoğu zaman bu değışiklikler, o yıl elde edilecek ürün miktarını doğrudan veya dolaylı olarak etkiler. Yağışdaki artma veya azalma, hava sıcaklığı, nemi, don v.b. olaylarının miktar ve dağılımındaki değışikliklerin bitkileri nasıl etkileyeceği bilinmek istenir. Ancak bitki ve iklim arasındaki ilişkiyi değerlendirirken belki de en çok göz ardı edilen hava kirliliği ve bunun bir sonucu olan küresel ısınma ve asit yağışlarına karşı bitkilerin göstereceği reaksiyonlardır. Bitki ve atmosfer arasındaki ilişkinin zamanında tespit edilmesi, bu problemlere çözüm bulunabilmesi ve bitki gelişimi ile bitkinin reaksiyonlarının daha iyi analiz edilebilmesi amacıyla özellikle tarımsal meteoroloji alanında modeller geliştirilmiştir (Şaylan, 1994; Penning de Vries, 1989).

İklim ve Tarım İlişkinin Belirlenmesinde Model Kullanımı

Bitki sistemine etki eden çeşitli meteorolojik parametrelerin karmaşıklığı, hangi parametrenin ne derecede bitki gelişimine etkide bulunduğu sorusuna yanıt vermeyi oldukça güçleştirmektedir. Bu tür yanıtların bulunabilmesi, oldukça fazla

zaman, inceleme ve araştırma gerektirmektedir. Bitki-iklim ilişkilerinin daha kolay analizi amacıyla "Bitki-İklim modelleri" geliştirilmiştir. Bu konuda belirlenen modeller, bitki gelişimi sırasında etkili olan oldukça fazla sayıdaki faktörlerin etkilerini analiz etmeye yarayan karmaşık sistemlerin, basitleştirilmiş matematiksel ifadeleridir. Modeller konusundaki çalışmalar bundan yaklaşık 70 sene öncesine dayanmasına karşın, tam uyarlı modellerin elde edilmesi konusunda katedilmesi gereken oldukça fazla aşama vardır (Wit, 1970). Gelişen bilgisayar teknolojisi ve imkanları, gelecekte tarımsal meteorolojik çalışmalarda daha yaygın olarak kullanılacak, dolayısıyla teknik ve teknolojideki gelişmeler sorunların çözümünde arzu edilen yere gelmiş olacaktır.

Tarıma Meteorolojik Destek

Ülkemiz nüfusunun yaklaşık yarısına yakını tarım alanından geçimini sağlamaktadır. Bu alanda çalışan toplumlara onların ihtiyaçlarına göre meteorolojik bilgi verilmelidir. Bugün dünyada bir çok ülkede tarım ile uğraşanlara, tarımsal meteorolojik hizmetler sunulmaktadır (Flynn, 1994; Şaylan, 1997). Meteoroloji yönünden tarımsal hizmetlerden amaç, tarım ile uğraşanların, kentlerde yaşayan ve geçimini tarımdan sağlamayan insanlara göre, meteorolojik bilgiden beklentilerinin daha farklı olması olarak özetlenebilir.

Ülkemizde İklim ve Tarım ilişkisinin daha iyi analiz edilebilmesi için yapılması gerekenler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Tarım ve Orman Meteorolojisi ölçüm ağıının kurulması
- Tarım ve Orman Meteorolojisi alanındaki araştırmaların desteklenmesi
- Özel sektörün bu çalışmalara desteğinin sağlanması
- Tarım ve Orman Ekolojisi haritalarının hazırlanması
- Çeşitli bitkiler için makro ve mikro klimanın belirlenmesi
- Modellerin kullanılması ve geliştirilmesi
- Farklı disiplinlerin ortak çalışmaları
- Tarımsal meteorolojik bilgilerin bölgesel olarak hazırlanması ve iletişim araçları ile bilgi transferi
- Agroekolojik zonların araştırılması
- Hayvanların mikrokliması konusunda araştırmalar
- Özellikle yarı kurak olan ülkemizde suya bağımlı olan tarımımız için sulama ve toprak rutubeti konularında bilgi transferi
- GAP alanında tarımsal meteorolojik hizmet sunacak ağıın teşekkülü
- Hastalık ve zararlılarla meteoroloji ilişkisinin araştırılması, bu konularda erken uyarılar yapılması
- Hava kirliliği-Tarım ilişkisinin araştırılması
- Gelecekte meydana gelecek iklim değişikliğinin ülkemiz tarım ve ormancılığına etkilerinin belirlenmesi

Tarımın ve tarıma dayalı sanayinin son derece önemli olduğu ülkemizde, gelişmiş ülkeler ile karşılaştığımızda tarımsal meteoroloji alanında istenilen seviyede olmadığımız bir gerçektir. Ancak ne yazık ki bu kol ülkemizde biraz zayıf kalmıştır. Bu konuda ülkemizde yapılacak oldukça fazla çalışma vardır. Bu alanda yapılacak olan çalışmaların sonuçları ülkemize son derece yararlı olacak ve bu çalışmalar bu alanda yapılan çok sayıda uzun zaman, emek ve para isteyen deneme çalışmalarının ortadan kalkmasına sebep olacaktır. Tarım ve Ormancılıkta planlamaların yapılabilmesi için tarımsal meteorolojiye yeterli önem ve destek verilmesi zorunluluğu vardır.

KAYNAKLAR

Çölaşan, U. E., 1959: *Meteoroloji, İklim ve Ziraat*, Ankara Gürsoy Kitabevi, Ankara.

Eimern, J. van, ve H, Haeckel, 1979: *Wetter, und Klimakunde für Landwirte, Gaertner, Winzer und Landschaftspfleger*, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 221-234.

Flynn, M. S., 1994: *Weather services for agriculture*, Ed: J. F. Griffiths, *Handbook of Agricultural Meteorology*, Oxford Uni. Press, New York, 256-264.

Penning de Vries, F. W. T. ve ark., 1989: *Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops*. Pudoc, Wageningen.

Şaylan, L. 1994: *Bitki gelişimi modelleri*, *Hasad Dergisi, İstanbul*, 106, 18-20.

Şaylan, L. 1997: *Tarımsal Meteorolojik Hizmet*, *Meteoroloji Mühendisliği Dergisi*, 1, 21-26.

Wit, C. T. de., 1970: *Dynamic concept in biology. In predicting and measurement of photosynthetic productivity. Proceedings of IBP/PP technical meeting, Trebon, Czechoslovakia, PUDOC, Wageningen, The Netherlands.*

YAPAY SINIR AĞLARI YARDIMIYLA METEOROLOJİDE SICAKLIK ÖNGÖRÜSÜ

İbrahim SÖNMEZ • Prof. Dr. Zekai ŞEN

İstanbul Teknik Üniversitesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü.

ÖZET

Meteoroloji alanında yapılan çalışmaların en önemlilerinden biri de meteorolojik parametrelerin öngörülmesidir. Bu konuda yapılan çalışmalar ilk insanlara kadar dayanır. Önceleri gözlem ve tecrübelerle dayanılarak yapılan öngörüler, teknolojik gelişmeler sonucunda sayısal hesaplamalar yardımıyla yapılmaya başlanmıştır. Fakat meteorolojik parametrelerin rastgele karaktere sahip olması zaman ve konum ile olan öngörülerin yapılmasını zorlaştırmaktadır. Buna rağmen birçok değişik yöntemler içeren kapsamlı modeller yardımıyla sağlıklı öngörüler yapılmaya çalışılmaktadır. Bu makalenin konusu olan yapay sinir ağları ise, birçok alanda olduğu gibi bu alandaki yeni uygulanan yöntemlerden biridir.

GİRİŞ

Yaşadığımız çağda teknolojik gelişmelerin çok hızlı olduğu bir gerçektir. Özellikle bilgisayar dünyasındaki gelişmeler, hesaplamalarda kolaylık, mikro ve makro alemlerin incelenmesi, bilgi üretiminin artması gibi birçok konularda insanlığı kolaylık sağlamıştır. Çünkü bilgisayarlar kendileri için hazırlanmış komut dizilerinin yürütülmesini çok hızlı bir şekilde başarabilmektedirler. Öte yandan insan beyni ise, gürültülü ortamda ve eksik bilgi ile, görme, konuşma, bilgi düzeltme ve şekil tanıma gibi işlerde oldukça başarılı olmaktadır. İlginç olan şudur ki, beyin işleme elemanları olarak tanınan sinirler birer elektrokimyasal eleman olup, milisaniye (10^{-3}) mertebesinde cevap verirken, bugünkü elektronik teknoloji ürünleri ise nanosaniye (10^{-9}) mertebesinde cevap vermektedir. Elektronik teknoloji ürünleri 10^6 kat daha hızlı çalışmasına rağmen, beyin belirtilen bu işleri nasıl daha iyi yapabilmektedir? Teknolojik gelişmelere rağmen söz konusu yeteneklere sayısal bilgisayarlar vasıtasıyla alışlagelmiş yapay zeka yöntemleri kullanarak doyurucu bir şekilde erişilememesi, bilimadamlarını böyle yeteneklere sahip makinaların tasarlanması için insan beyninin incelenmesine itmiştir (Özmeteler, 1989).

Beyin ve beyin dokusunun incelenmesi sonucunda elde edilen çarpıcı sonuç, insan beynindeki sinirlerin bilgileri paralel olarak incelediğinin anlaşılması olmuştur. Bu gerçekten hareketle, bilim adamları aynen insan beyninde olduğu gibi bilginin paralel bir şekilde işlenerek, insan davranışlarına yakın davranışların elde edilebilmesi için çalışmalara hız vermişlerdir. Böylece, insan davranışlarını modelleyebilecek akıllı sistemlerin kurulması için Yapay Sinir Ağları (YSA) gibi yöntemlerin geliştirilmesi büyük ilgi

jörmüştür. YSA'nın ilgi görmesinin nedeni ise, paralel çalışma yeteneğinin olması, öğrenerek kendini geliştiren bir sisteme sahip olması ve donanım olarak kolay gerçekleştirilebilir olmasıdır. YSA'nın tanımını Kohen (1988) genellikle adaptif olan basit elemanların yoğun bir şekilde paralel bağlanmasıyla oluşan ağlar şeklinde yapmıştır.

YSA YÖNTEMLERİ

Bilgi süreçleme sistemleri olarak nitelendirebileceğimiz YSA, esasında verdiğimiz girdilere karşı bize çıktılar üreten bir **kara kutu** olarak da düşünülebilir. Şekil 1'de klasik bir YSA hücresi gösterilmektedir. Buradan görüleceği gibi X_j 'ler j . sinir hücresi için giriş bilgileri, W_{ij} 'ler ise i . giriş bilgisi ile j . sinir hücresi arasındaki bağlantı ağırlıklarıdır. Böylece her bir sinir giriş bilgilerini ve bağlantı ağırlıklarını işleyerek tek bir çıkış olan y_j çıktısını verir. Burada unutulmaması gereken önemli husus, elde edilen çıkış değerinin sadece o anki giriş değerlerine ait olduğu ve her giriş için sadece ve sadece bir tek çıkışın üretileceğidir.

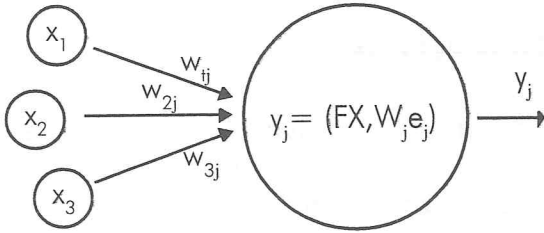
değerden q gibi bir eşik değeri çıkartılır. Elde edilen sonuç değer ise f gibi bir tasvir uygulanarak hücrenin y_j çıktısı elde edilir.

Toplamda q değerinin çıkartılmasının sebebi ise, hücre içerisinde toplanan bilgilerin belli bir referans değerine göre kıyaslandıktan sonra çıktı üretilmesidir. Buradaki amaç sistemin davranışını gerçek sinirlerin davranışına benzetmektir. Örneğin elimize bir sinek konduğu zaman onu gözümüzle görmesek dahi, bu dürtü bilgi olarak sinirler yardımıyla beynimize iletilir. Aynı dürtü elimize bir sinek yerine bir dal parçası dokunsa da iletilir. Fakat elimize hiçbir şey konmadığı zaman dahi atmosfer basıncının elimize bir dürtü uyguladığı kesindir. Buna rağmen beynimize herhangi bir bilgi iletilmemektedir. Buradan da görüldüğü gibi elimizdeki sinir hücresinde toplanan bilgiler belli bir eşik değerini aşmadan iletilmemektedir.

YSA'da hücre içerisinde toplanan bilgiler bir fonksiyondan geçirilmektedir. Bu sayede kümülatif toplam olarak elde edilen bilgilerin istenilen bir aralığa tasviri mümkün hale gelmektedir. Ayrıca seçilen fonksiyon, elimizdeki bilgilerin isteğe göre doğrusal veya doğrusal olmayan tasvirlerini de mümkün kılmaktadır. Sadece doğrusal tasvir kullanılsaydı hücreye gelen bilgiler kümülatif olarak toplandığından çok büyük değerler ile uğraşmak zorunda kalınacak ve doğrusallıktan da kurtulunamayacaktı.

Çıkış olarak yapılacak tasvirin doğrusal olması veya olmaması yapılan çalışmaya bağlıdır. Bununla birlikte, doğrusal olmayan model bazen doğrusal bir modele göre daha az çıkış hatası verebilir. Unutulmamalıdır ki; giriş ve çıkış değerleri arasında doğrusal bir tasvir yapılması çoğu zaman en uygun çözümü vermez. Bu yüzden geçerli çıkış değerleri elde etmek için, yapılacak tasvirin doğrusal olup olmayacağına karar verilmelidir.

Denklem (1)'deki f için birçok fonksiyon önerilmiştir. Her ne kadar seçilecek f fonksiyonu yapılacak çalışmaya bağlı ise de, Şekil 2'de gösterilen ve en çok kullanılan fonksiyonlar şöyledir:

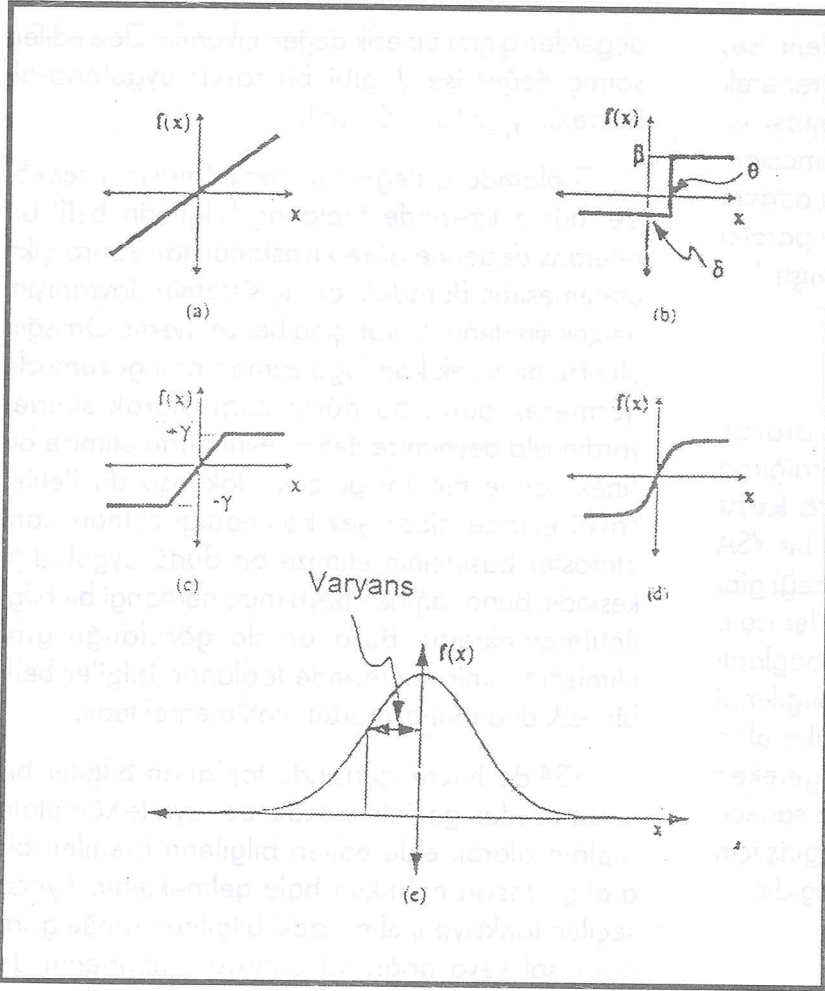


Şekil 1: YSA Hücresi

Hücreye gelen bilgilerin tümü hücre içerisinde toplandıktan sonra çıkış üretilir. Çıkış ise matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir:

$$y_j = f\left(\sum_{i=1}^3 X_j V_{ij} - \theta\right) \dots \dots \dots (1)$$

Burada sinir hücresine gelen her bir bilgi, ağırlık bağlantıları ile çarpılarak toplanır ve bu



Şekil 2: Hücre çıkışı için kullanılan fonksiyonlar

Şekil 2a'da gösterilen doğrusal fonksiyon herhangi bir α değerine karşılık a bir skaler sayı olmak üzere $f(x) = \alpha x$ gibi bir çıktı üretir.

Herhangi bir girdi değerine karşı basamak fonksiyonu iki çeşit çıktı verebilir (Şekil 2b). Eğer giriş değeri olan x , θ gibi belirlenen bir eşit değerini aşarsa çıktı olarak β , aksi takdirde ise $-\delta$ değerini alır. Burada β ve δ birer skaler büyüklüktür. Yapılan çalışmanın türüne göre β , ve δ değerleri atanabilir. Fakat yapılan birçok çalışmada $q = 0$ olmak üzere, $\beta = 1$ ve $\theta = 0$ veya $\beta = 1$ ve $\theta = -1$ olarak seçilir.

Rampa fonksiyonu doğrusal ve basamak fonksiyonlarının birleşmesinden meydana gelir

(Şekil 2c). Burada $-y \leq x \leq y$ aralığında doğrusal fonksiyon özelliği gösterirken, $x \geq y$ ve $x \leq -y$ için $f(x) = y$ olmak üzere basamak fonksiyonu özelliği göstermektedir. Fakat tam geçiş noktalarında ise fonksiyon süreksizdir. Ayrıca y ve $-y$ değerleri ise bu fonksiyon için doyma değerleri olarak adlandırılır.

S fonksiyonu olarak da bilinen sigmoid fonksiyonu, Rampa fonksiyonunun sürekli halidir (Şekil 2d). Matematik olarak $f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$ şeklinde ifade edilen sigmoid fonksiyonu $[0, 1]$ aralığında çıkışlar verir. İstenildiği takdirde fonksiyonun çıkışları $[-1, 1]$ aralığına düşecek şekilde de formüle edilebilir.

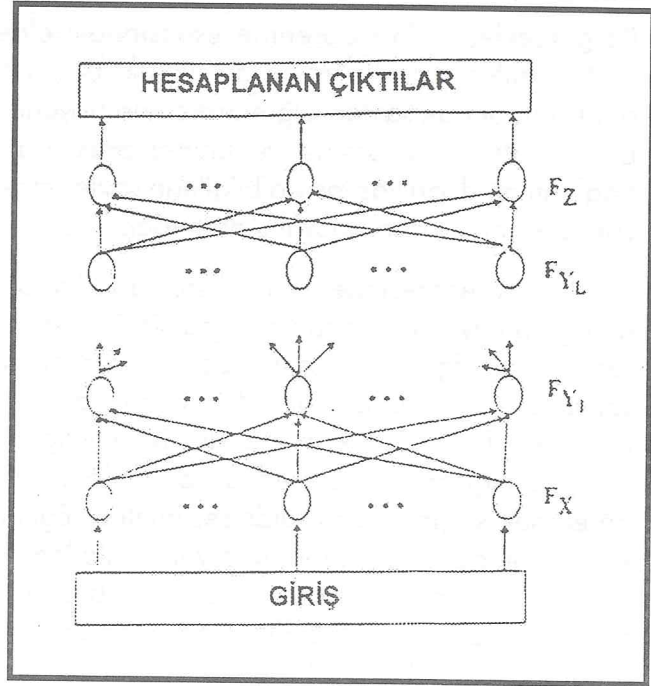
Şekil 2e'den görüleceği gibi Gauss fonksiyonu x eksenine göre simetriktir ve sıfırdan büyük olmak üzere bir varyans değerine sahiptir. Varyans V olmak üzere matematik formülasyonu $f(x) = \exp\left(-\frac{x^2}{V}\right)$ olarak ifade edilir.

KATMANLIYSA

Katman belirli sayıdaki sinir hücrelerinin düzgün veya düzgün olmayan bir geometri ile birbirlerine bağlanmalarından meydana gelir. Genellikle hesaplamalarda kolaylık olması açısından hücrelerin birbirlerine düzgün bir geometri ile bağlandıkları kabulü yapılır. Şekil 3'te iki katmanlı bir YSA modeli gösterilmektedir. Şekilden görüleceği gibi ilk katman F_x katmanı **giriş katmanı** ve F_y ise **çıkış katmanıdır**. W ise giriş katmanında bulunan her bir hücrenin, çıkış katmanındaki her bir hücre ile olan bağlantılı ağırlık değeridir. İki taraflı YSA'da giriş ve çıkışlar arasındaki en uygun tasvirden yararlanarak a_{ki} ($i = 1, 2, \dots, n$) girişlerine karşılık b_{kj} ($j = 1, 2, \dots, n$) çıktıkları üretilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, çıkış katmanındaki her bir sinir hücresine

giriş katmanındaki her bir sinir hücresinden bilgi taşınmasıdır. Taşınan bilginin büyüklüğü ise giriş katmanındaki hücrelerin çıkış değerleri ile, hücreler arası ağırlık değerlerinin çarpımı kadardır.

Çok katmanlı ağ, giriş ve çıkış düğümleri arasında birden fazla tabakaya sahip ileri beslemeli bir ağıdır. Bu ilave tabakalar, giriş ve çıkış tabakalarındaki sinir hücreleri ile direk bağlantısı olmayan **saklı hücre** adı verilen sinir hücrelerinden meydana gelir. Bu tabakalara ise **gizli katman** adı verilir. Çok katmanlı YSA'nın yeteneği, tabakalı bir yapıya sahip olmasından ve sinir hücre çıkışlarında doğrusal olmayan fonksiyonlar kullanılmasından kaynaklanmaktadır (Ölmez, 1995).



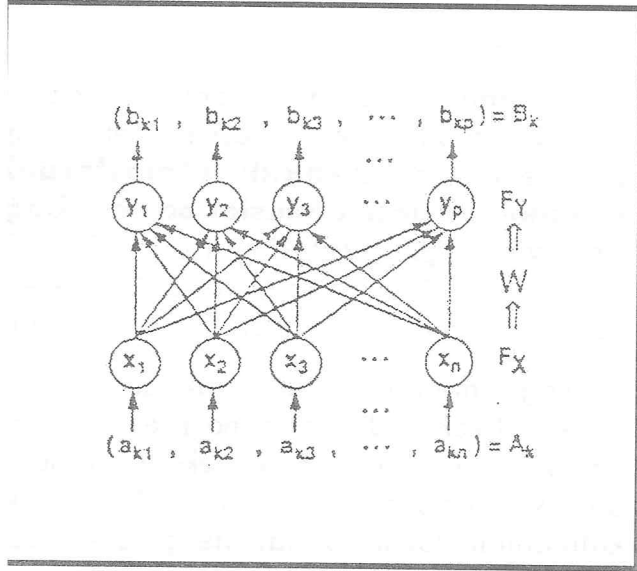
Şekil 4: Çok katmanlı YSA modeli

Giriş ve çıkış katmanları arasında gizli katman konması veya gizli katman sayısının artırılmasının verimi artırıp artırmayacağı hususunda kesin bir cevap vermek yanlış olur. Fakat genel kanı, iki katmanlı YSA lineer tasvirlerde ve çok katmanlı YSA'nın ise non-lineer tasvirde iyi sonuçlar verdiği yönündedir. Herhangi bir problemin çözümü için kaç katmanlı bir YSA kullanılması gerektiği akla gelebilir. Katman sayısı hakkında bir genelleme yapmak her ne kadar yanlış olsa da, birtek gizli katmanın kullanıldığı üç katmanlı bir YSA'nın birçok doğrusal olmayan tasviri başarıyla gerçekleştirdiği gözlenmiştir (Simpson, 1992).

YSA ÖĞRENİMİ

YSA'da öğrenme, sadece sinir hücrelerindeki bağlantı ağırlıklarının değiştirilmesi şeklinde olur. Öğrenme ise,

1. Yeni bağlantı ağırlıkları oluşturmakla,
2. Bağlantı ağırlıklarının değiştirilmesi ile,
3. Bazı bağlantı ağırlıklarının yok edilmesi



Şekil 3: 2 Katmanlı YSA modeli

Çok katmanlı YSA'ya örnek Şekil 4'te gösterilmiştir. Buradaki F_x giriş katmanı, F_y çıkış katmanı, $F_{y_i} = (i= 1,2,\dots,L)$ ler ise gizli katmanlardır. Gizli katmanlar sadece giriş katmanı ve çıkış katmanları arasında bilgi taşırlar. Şekilde her ne kadar gizli katmandaki sinir hücreleri sadece bir sonraki gizli katmandaki sinir hücrelerine bilgi aktarıyorsa da, katmanlar arası bilgi aktarımı da mümkündür.

ile gerçekleşir. YSA öğrenme esnasındaki elde ettiği bilgileri sinir hücreleri arasındaki bağlantı ağırlıkları olarak saklar. Öğrenme süresi boyunca bilgiye ihtiyaç duyulması ve sınırlar arasındaki bağlantı ağırlıkları vasıtasıyla bilgilerin saklanması yönüyle sınırlar insan beynini andırırlar.

YSA öğrenmesindeki önemli noktalardan biri de öğrenmeyi sağlayacak olan eğitim kümesinin seçilmesidir. Eğitim kümesinin seçimi hususundaki yanlış kanılardan birisi, eğitim kümesinin ne kadar büyük seçilirse eğitmenin o kadar iyi olacağıdır. Halbuki eğitim kümesi en az bilgi ile en iyi öğrenmeyi sağlayacak şekilde seçilmelidir. Eğitim kümesi oluşturulurken birbirine yakın bilgilerden ziyade, birbirinden farklı ve bağımsız bilgilerin seçilmesi daha verimli bir öğrenme sağlar. Aksi takdirde zayıf bir eğitime olacağından test kümesindeki giriş bilgilerine karşı düşürülen tasvirler gerçek değerlerden uzak değerler olacaktır.

YSA öğrenmesi *eğitici öğrenme* ve *eğitici öğrenme* şeklinde iki sınıfta incelenebilir (Güzeliş, 1996)

Eğitici yardımı ile öğrenmede, öğrenmeye dışarıdan müdahale eden bir eğitici vardır. Eğitici, eğitim kümesinin belirlenmesine, eğitimin hangi aşamaya kadar sürdürüleceğine ve eğitimin nerede bitirileceğine karar verir. Eğitici yardımıyla öğrenme ise iki sınıfta incelenebilir.

Eğitcinin doğru sonucu söylediği öğrenme şeklinde eğitici YSA'ya giriş bilgilerini verir ve YSA bir çıkış bilgisi üretmesini sağlar. Eğitici vermiş olduğu giriş bilgilerine karşı gelen arzu edilen çıkış bilgilerini de vererek, YSA'nın bu gerçek çıkış bilgilerine göre kendi içerisindeki bağlantı ağırlıklarının yenilenmesini sağlar. Böylece eğitcinin arzû edilen çıkış bilgisini vermesiyle YSA'nın kendisini eğitmesi sağlanmış olur. *Eğitcinin salt ödül-ceza verdiği öğrenme* de ise, eğitici doğru cevabı vermek yerine YSA'nın bulmuş olduğu sonucun sadece *doğru* veya *yanlış* olduğunu belirterek eğitimi gerçekleştirilmesi sağlanır.

Ayrıca eğitici öğrenmede hiç bir şekilde dışarıdan eğitme sözkonusu değildir. Bu öğrenmede sadece giriş bilgileri verilir. Verilen giriş bilgileri ise YSA tarafından işlenerek ayrıştırılmalar yapılır. Ayrıştırma yapılmasındaki amaç ise mümkün olduğu kadar farklı sınıfların belirlenmesidir.

UYGULAMA

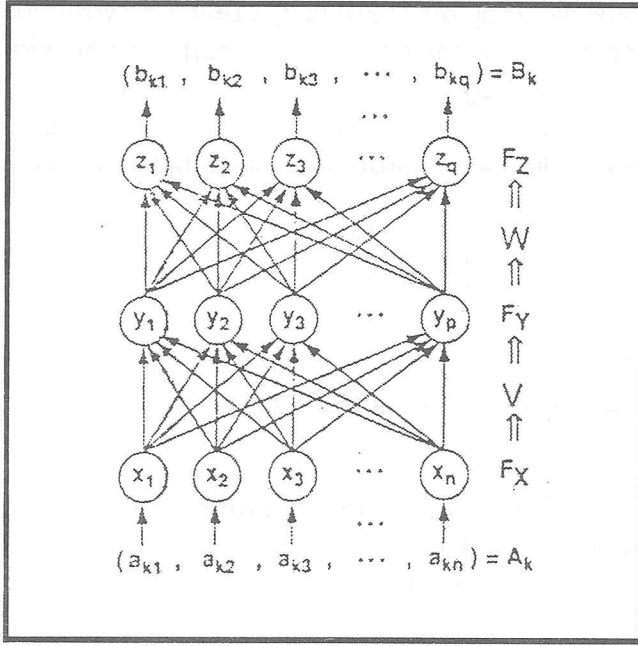
Eğitilebilirlik özelliği ve donanımın kolayca gerçekleştirilmesi YSA'nın birçok alanda kullanılabilmesine yol açmıştır. Yapılan bu çalışmada YSA'nın elimizdeki verilerle eğitilerek, meteorolojik bir parametrenin öngörüsünün ne kadar doğrulukla yapılabildiğini tesbit etmektir. Diğer bir ifade ile, YSA'nın meteorolojik bir parametrenin öngörüsündeki veriminin araştırılmasıdır.

Kullanılan veriler İstanbul Göztepe İstasyonuna ait verilerdir. Seçilen meteorolojik parametreler ise, **sıcaklık, atmosferdeki subuharı basıncı, atmosfer basıncı, bağıl nem ve rüzgar şiddeti**dir. 1 Mart 1996 - 20 Nisan 1996 tarihleri arasındaki bu değişkenlere ait günlük ortalama değerler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Uygulama için model olarak, giriş, çıkış ve bir tek gizli katmandan meydana gelen 3 katmanlı bir YSA modeli kullanılmıştır (Şekil 5). Şekilde F_1 giriş katmanı, F_2 gizli katman, F_3 ise çıkış katmanıdır. Gizli katman ile çıkış katmanı arasındaki bağlantı ağırlıkları W , giriş katmanı ile gizli katman arasındaki bağlantı ağırlıkları da V ile gösterilmiştir. Çıkış katmanındaki hücre çıkışları z_i ($i=1, \dots, q$) ile, gizli katmandaki hücre çıkışları y_j ($j=1, \dots, p$) ile ve giriş katmanındaki hücre çıkışları ise X_h ($h=1, \dots, n$) ile ifade edilmiştir.

Gizli katman ve çıkış katmanındaki hücre çıkışlarında doğrusal olmayan yapıya sahip ve $f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ şeklinde ile ifade edilen sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyonu yardımıyla F_3 tabakasındaki hücre çıkış değerleri $z_j = f\left(\sum_{i=1}^p y_j w_{ij}\right)$ ile elde edilebilir. Aynı şekilde

Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Meteorolojide Sıcaklık Öngörüsü



Şekil 5: Çalışmada kullanılan 3 katmanlı YSA modeli

F_y gizli katman hücre çıkışları ise $y_i = f(\sum_{k=1}^n a_{ki} k_{hi})$ ile elde edilir. Giriş değerleri, giriş katmanındaki hücre çıkışları olarak düşünüldüğünden giriş değerleri sigmoid fonksiyonundan geçirilmemiştir.

Elimizde tahmin ettirici 4 tane değişken bulunduğundan, giriş katmanında 4 tane sinir hücresi kullanılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda gizli katmanda 4 sinir hücresi kullanmanın daha verimli olduğu gözlenmiştir. Sadece sıcaklık parametresinin öngörüsü yapıldığı için çıkış katmanında ise bir tek hücre kullanılmıştır.

Kurulan tek gizli katmanlı YSA modelinin eğitilmesinde, yöntem olarak eğitici yardımıyla öğrenmenin bir dalı olan eğiticinin doğru sonucu söylediği öğrenme yöntemi uygulanmıştır. Algoritma olarak ise geriye olarak ise geriye yayılma algoritması kullanılmıştır. Geriye yayılma algoritması, hata düzeltme öğrenmesi olarak da bilinir. Çünkü bu algoritmadaki amaç, YSA'nın verdiği çıktı değeri ile arzu edilen çıktı arasındaki hata değerinin bilgi akışının tersi yönünde geriye doğru yayılmasını sağlamaktır. Diğer bir ifade ile, hatayı geriye doğru yayarak hata değerinin en aza indirilmesini sağlayacak şekilde sinir hücreleri

Sıcaklık (°C)	Hava Basıncı (mb)	Su Buharı Basıncı (mb)	Bağıl Nem (%)	Rüzgar Şiddeti (m/s)
3.6	1008.0	5.8	82.3	4.6
2.9	1004.1	5.3	68.3	1.5
2.4	1005.3	5.6	77.0	2.4
3.3	1012.5	4.9	65.0	1.6
4.2	1010.2	5.3	71.7	3.9
3.5	1012.0	5.0	64.7	5.3
3.3	1016.9	6.1	74.7	4.3
2.3	1021.6	6.4	82.5	3.6
2.3	1020.1	6.7	84.3	3.2
2.4	1016.0	6.7	95.3	4.1
5.1	1017.1	6.6	81.3	3.7
6.5	1014.5	7.8	74.0	4.9
6.3	1012.4	7.6	80.0	3.5
6.2	1013.7	7.9	79.3	4.3
6.3	1014.9	7.8	83.3	3.5
5.1	1012.4	8.1	82.3	3.4
3.1	1007.2	6.8	92.0	3.1
3.2	1011.9	5.9	89.0	2.8
4.5	1013.5	6.8	77.3	2.7
5.5	1012.7	7.1	80.7	2.9
5.1	1013.4	7.0	77.7	3.2
4.7	1014.9	7.3	78.3	4.5
4.7	1015.5	7.1	83.0	3.8
5.3	1018.8	7.1	82.3	3.6
5.7	1016.6	7.3	77.7	1.2
8.1	1014.2	7.8	80.0	1.7
12.6	1012.5	10.8	70.7	2.0
11.7	1002.3	11.8	72.3	1.8
8.2	1004.0	9.7	91.0	1.5
12.9	1006.9	9.6	88.7	2.7
8.9	1012.0	8.7	81.7	3.6
9.2	1016.5	8.5	75.6	3.0
11.9	1014.6	9.4	63.7	2.3
7.9	1010.9	9.1	82.3	5.1
7.1	1004.8	9.8	92.7	2.2
6.6	1003.6	8.8	94.7	2.1
6.2	1009.1	9.0	92.7	1.8
5.7	1014.3	7.7	87.3	2.4
6.4	1016.0	7.9	85.7	1.6
9.1	1012.4	7.6	65.7	1.6
8.8	1007.5	8.9	79.3	3.5
8.6	1006.4	7.5	69.0	3.2
7.3	1010.9	7.4	69.7	1.5
11.2	1010.1	7.2	52.7	1.2
11.2	1003.2	9.3	70.7	1.6
8.7	1005.7	7.7	69.0	1.8
7.2	1002.8	7.9	77.7	2.0
5.8	1008.2	8.6	92.7	2.2
8.4	1013.6	9.6	79.3	1.6
7.8	1013.3	10.1	92.7	2.1

Tablo 1: Çalışmada Kullanılan Veri Değerleri

arasındaki bağlantı ağırlıklarının yenilenmesidir. YSA'nın eğitilmesinde ise şu sıra takip edilir:

1. İlk olarak katmanlar arası ağırlık bağlantıları olan W ve V değerleri rastgele bir şekilde atanır.

2. L ölçüm sayısı olmak üzere, atanan bağlantı ağırlıkları kullanılarak her bir giriş kümesi için z_{kj} ($k=1, \dots, L, j=1, \dots, q$) çıktıları elde edilir.

3. Gerçek değerler olan b_{kj} ve YSA'nın vermiş olduğu değerler olan z_{kj} değerleri kullanılarak toplam hata değeri bulunur. Toplam hata değeri,

$$E_j = \sum_{k=1}^L \sum_{j=1}^q (b_{kj} - z_{kj})^2 \dots \dots \dots (2)$$

ile hesaplanır.

4. Elde edilen bu hata değeri hücreler arasındaki bağlantı ağırlıklarına yayılarak öğrenmenin ilk adımı gerçekleşir. Hatanın ağırlıklara yayılması ise, hata terimi olan E'nin bağlantı ağırlıklarına göre teker teker türevinin alınması ile gerçekleşir. Hatanın geriye doğru yayılmasına çıkış katmanı ile gizli katman arasındaki ağırlıklardan başlanır. Hata terimi olan E'nin w_{ij} ağırlık bağlantılarına göre türevi grup uyarlanmalı bir algoritma için şu şekilde alınır:

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ij}} = \frac{1}{w_{ij}} \left[\sum_{k=1}^L \sum_{j=1}^q (b_{kj} - z_{kj})^2 \right] \Rightarrow$$

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ij}} = 2 \sum (b_{kj} - z_{kj})(-1) f'(z_j) y_i \dots \dots \dots (3)$$

5. Hata teriminin her bir w_{ij} bağlantı ağırlıklarına göre değişimi hesaplandıktan sonra, w_{ij} ağırlıkları şu bağıntı yardımıyla yenilenir:

$$w_y^{\text{yeni}} = w_y^{\text{eski}} - \eta \frac{\partial E}{\partial w_{ij}} \dots \dots \dots (4)$$

Burada η **öğrenme oranı** olmak üzere, sıfırdan farklı sayısal bir değerdir.

6. Hatanın w_{ij} bağlantı ağırlıkları üzerine

yayıldığı gibi, aynı şekilde v_{hi} üzerine de yayılması gerekir. Bu yüzde E teriminin v_{hi} bağlantı ağırlıkları boyunca değişiminin bulunması gerekir. E'nin v_{ij} 'ye göre türevinin alınması için zincir kuralı kullanılır. Zincir kuralı yardımıyla türev şu şekilde elde edilir:

$$\frac{\partial E}{\partial v_{hi}} = \frac{\partial E}{\partial z_j} \frac{\partial z_j}{\partial y_i} \frac{\partial y_i}{\partial x_h} \frac{\partial x_h}{\partial v_{hi}} \Rightarrow \frac{\partial E}{\partial v_{hi}} =$$

$$2 \sum_{k=1}^L \sum_{j=1}^q (b_{kj} - z_{kj})(-1) f'(z_j) w_{hj} f'(y_i) a_{kh} \dots \dots \dots (5)$$

f fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanıldığından, sigmoid fonksiyonunun türevi $f'(\infty) = \infty (1 - \infty)$ olarak alınır.

7. Hata teriminin her bir v_{hi} bağlantı ağırlıklarına göre dağılımını bulduktan sonra her bir v_{hi} bağlantı değeri

$$v_{hi}^{\text{yeni}} = v_{hi}^{\text{eski}} - \eta \frac{\partial E}{\partial v_{hi}} \dots \dots \dots (6)$$

işlemiyle yenilenir. Böylece eğitimin ikinci ayağı da gerçekleşmiş olur.

8. Artık bağlantı ağırlıkları olarak başta rastgele atadığımız değerler tamamen değişmiştir. Bu sayede YSA'nın bir kez eğitilmesi tamamlanmış oldu.

YSA'da önemli noktalardan biri eğitime işlemine kadar devam edileceğidir. Birinci eğitime sonucu bağlantı ağırlıklarının değiştirilmesiyle veriler için en uygun olan bağlantı ağırlık değerlerine bir adım yaklaşmış oldu. Her eğitime sonunda E toplam hata değerinin biraz daha azaldığı gözlenecektir. Çünkü geri yayılma algoritması her eğitime sonunda elde edilen toplam hata değerini daima geriye doğru yaydığından, toplam hata değerinin azalması gerekir.

Bağlantı yenileme denklemlerine bakılacak olursa, denklemin sağ tarafında hatanın bağlantı ağırlıklarına göre türevi görülür. Her bir eğitime

sonunda hata değeri azalacağından bu türevler gittikçe azalacak ve ideal bir durum için sıfır değerine ulaşacaktır. Türevler sıfıra ulaştınca artık eğitime işlemi ne kadar sürdürülürse sürdürülsün v_{ij} ve v_{hi} değerleri durağan hale gelecektir. Bu gibi ideal durumlar için eğitimin durdurulma safhası hata teriminin sıfıra ulaştığı noktadır.

Fakat hata teriminin sıfıra ulaşması özel durumlar hariç pek mümkün değildir. Hata fonksiyonu genellikle yerel ve genel minimum noktalarına sahip bir fonksiyondur. Bu yüzden eğitime sonucunda yerel minimum veya genel minimum noktalarına ulaşırız. Eğitime esnasında hata değerinin daima azalması beklenmemelidir. Eğitime müdahale edilmediği takdirde yerel veya genel minimuma inildikten sonra seçilen öğrenme oranına bağlı olarak hata değeri artmaya başlayabilir. Hata değerinin artması genellikle çözümden uzaklaştığımızın belirtisidir. Fakat yersel bir minimum noktasında iken eğitime devam edilirse, hata terimi belli bir miktar artar. Daha sonra yerel minimumdan kurtulup diğer bir minimuma doğru gitmeye başladığınızda ise hata değeri yeniden azalmaya başlar.

Sonuç olarak bazan az miktarda bir eğitime ile çözüme gidilebilirken bazen eğitmenin çok fazla olması gerekebilir. Genel olarak eğitimi durdurma zamanı, bağlantı ağırlıklarındaki veya hata değerindeki değişimin belirlenen bir kıstasdan düşük olması olarak seçilir. İyi bir eğitimin gerçekleştirilebilmesindeki önemli etkenlerden biri de öğrenme oranının doğru seçilmesidir. Öğrenme oranı, hata fonksiyonu üzerinde minimuma doğru yaklaşırken atılan adımın büyüklüğü olarak ifade deilebilir. Bu yüzden yerel veya genel minimum noktasına ulaşabilmesi açısından öğrenme oranı (h) tayini önemlidir. Öğrenme oranı değerinin küçük tayin edilmesi durumunda, bağlantı ağırlıklarında ve hata değerindeki değişim çok az miktarda olacağından gerçek çözüme ulaşmamız için eğitime sayısını yüksek tutmamız gerekecektir. Bu gibi durumlarda değişim miktarı çok düşük olduğundan dolayı, çoğu zaman minimum noktasına ulaştığımız zannıyla eğitmenin

durdurulması olasıdır. h değerinin büyük seçilmesi durumunda ise, bağlantı ağırlıklarındaki ani ve hızlı değişimler sonucu kararsızlıklar meydana gelecektir (Haykin 1994)

Öğrenme oranının tayini en iyi şekilde yapılabilmesi için hata fonksiyonunda bulunduğumuz noktadaki eğim dikkate alınmalıdır. Şayet eğim küçük ise, adımların artırılması, yani öğrenme oranının büyük seçilmesi minimum noktasına ulaşılması açısından faydalı olacaktır. Çünkü hata fonksiyonunda değişim çok düşük olduğundan dolayı büyük adım atmakta bir sakınca yoktur. Fakat eğim yüksek ise bu defa adımların olabildiğince küçük atılması gerekir. Çünkü minimuma doğru giderken, eğimin yüksek olduğu yerde adımın yüksek seçilmesi sıçramalara neden olacağından kararsızlığa yol açar.

Öğrenme oranının büyük seçilmesi sıçramalara neden olmasına rağmen bazen faydalı olabilir. Örneğin, yerel bir minimuma yaklaştığımız zaman h değerinin büyük seçilmesinden dolayı sıçrayarak yerel minimuma takılmaktan kurtulabiliriz. Fakat kararsızlığa neden olma olasılığı daha fazla olduğundan küçük seçilmesi daha faydalıdır.

Çoğu zaman elimizde hata fonksiyonunu bulunmadığından, eğimleri göre h değerinin atanması zordur. Bu yüzden ortalama bir değer atanabilir veya kontrol yoluyla h değerinin değiştirilmesi sağlanabilir. Doğru bir h seçiminin daha az sayıda eğitime ile doğru sonuca götüreceği unutulmamalıdır.

SONUÇLAR

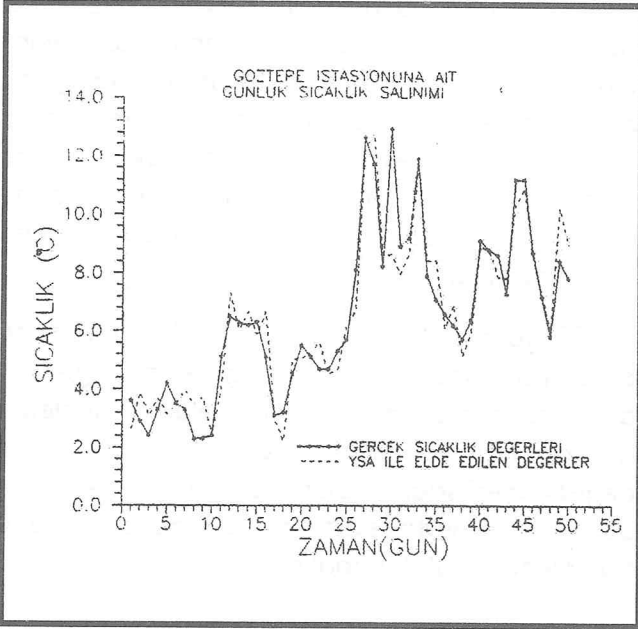
Bu çalışmada ilk olarak elimizdeki, atmosfer basıncı, rüzgar şiddeti, su buharı basıncı ve bağıl nem verileri birtek gizli katman içeren 3 katmanlı YSA ile eğitilmiştir. Eğitim kümesi olarak elimizdeki verilerin tümü kullanılmıştır. Eğitime esnasında öğrenme oranı değeri **0.04**, eğitime sayısı ise **6000** olarak alınmıştır. Eğitime sonucunda elimizdeki bu meteorolojik parametreler kullanılarak sıcaklık

değeri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Şekil 6'da ölçülen gerçek sıcaklık değerleri ile YSA yardımıyla elde edilen sıcaklık değeri gösterilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi, YSA yardımıyla hem sıcaklık trendi yakalanmış hem de gerçek sıcaklık değerlerine çok yakın tahminler elde edilmiştir.

Gerçek değerler ile tahmini değerler arasındaki hata değeri

$$E = \sum_{i=1}^{50} (|T_{\text{Gerçek}}^i - T_{\text{Tahmin}}^i|) \dots\dots\dots (7)$$

ifadesi ile hesaplanarak 35.99 °C değeri elde edilmiştir. Toplam hata olarak ifade edilen bu değer veri sayısına bölüldüğünde, modelimizin öngörüdeki ortalama hatası olarak 0.719 °C değeri elde edilir.

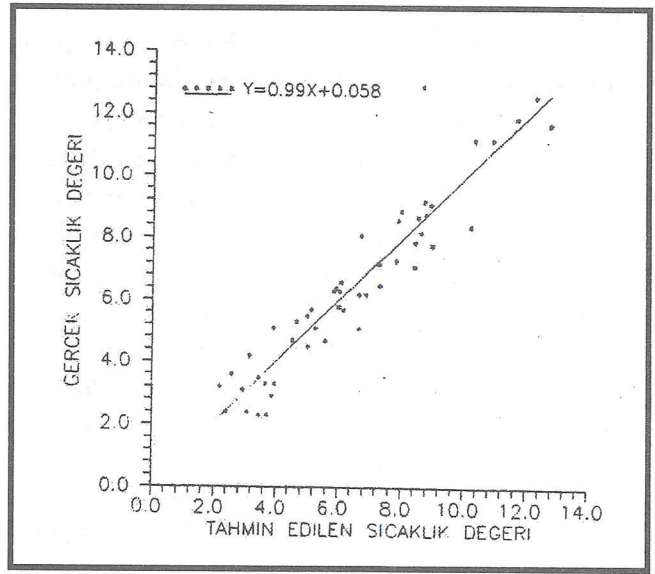


Şeil 6: Gerçek ve YSA verileri salınımı

Şekil 7'de gerçek sıcaklık değerleri ile YSA yardımıyla tahmin edilen sıcaklık değerlerinin saçılma diyagramı görünmektedir. Saçılma diyagramına regresyon analizi uygulanmış ve

$$T_{\text{Gerçek}} = 0.99 T_{\text{Tahmin}} + 0.058 \dots\dots\dots (8)$$

denklemini elde edilmiştir. İstatiksel olarak bir modelin iyi bir model olabilmesi için saçılma diyagramında elde edilen regresyon doğrusunun 45 derecelik bir eğime sahip olması ve aynı doğrunun orijinden geçmesi gerekir. Diğer bir ifade ile, elde edilecek $y = ax + b$ gibi bir regresyon denkleminde a terimi 1'e, b terimi ise 0'a yakınsamalıdır. Bu ise, öngörü sonucunda artı ve eksi hata değerlerinin olduğunu ve geneli itibarıyla tahmin edilen değerlerin gerçek değere eşit olduğunu gösterir.

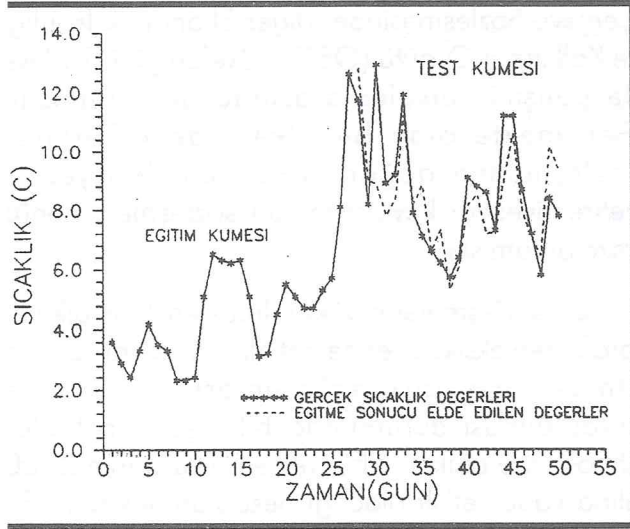


Şekil 7: Gerçek ve tahmin değerleri saçılma diyagramı

Eğitim kümesinin test kümesi olarak seçilmesiyle elde edilen sonuç da bir noktada modelin iyi olabilmesi için yeterli değildir. Şayet modelimiz elimizdeki eğitim kümesinin dışındaki bir test kümesine uygulandığı takdirde iyi sonuç veriyorsa o zaman iyi bir model olarak nitelendirilebilir. Amacımız sıcaklık değerini öngörüsünü yapmak olduğundan test kümemiz mutlaka eğitim kümesi dışından olacaktır.

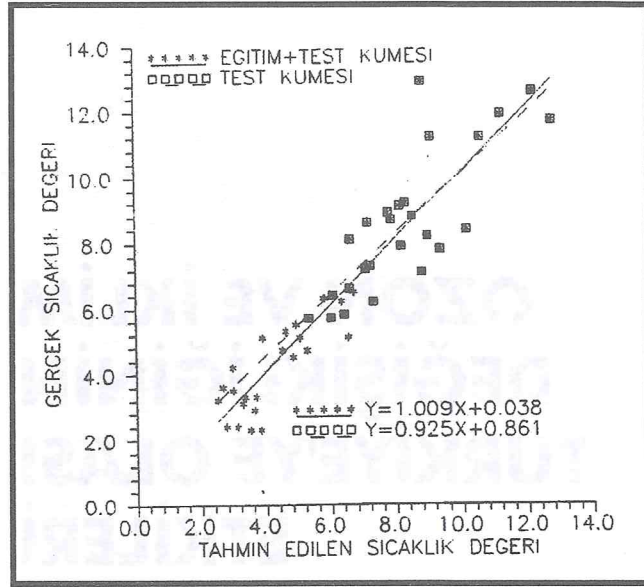
Acaba test kümesini eğitim kümesi olarak aldığımız zaman elde ettiğimiz verimi, test kümesinin eğitim kümesinden farklı aldığımız zaman da elde edebilir miyiz? Bunu öğrenmek için elimizde bulunan 50 günlük verilerden bir kısmını

ğitim kümesi diğer kısmını ise test kümesi olarak yırdı. İlk 27 günlük veriler eğitim kümesi olarak eğildi ve YSA bu verilerle eğitildi. Eğitilen YSA ardımıyla 27-50 günlük zaman zarfındaki sıcaklık leğlerinin tahmin edilmesine çalışıldı. Şekil 8'e ğitim kümesi ile eğitilen YSA'nın test kümesine arşı ürettiği değerler görülmektedir.



Şekil 8: Gerçek ve test değerleri salınımı

Şekil 8'de Şekil 7'deki grafiğe yakın bir durum elde edilmiştir. Genel trend yine korunmakla beraber sadece maksimum ve minimum noktalarında biraz daha düşük değerler elde edilmiştir. Ayrıca bazı dönüm noktalarında ise önceki şekle göre daha keskin geçişler gözlemlenmiştir. Fakat iki şekil arasındaki aynı bölgeye ait sıcaklık değerleri farkı ise çok küçük olarak kabul edilebilir. Bu kez sadece test bölgesi için elde edilen ortalama hata **0.987** °C olarak bulunmuştur. Tüm verilerdeki ortalama hata değeri ise **0.798** °C olarak elde edilmiştir. Test kümesinden elde edilen değerlerin öngörü leğeleri ve öngörüsü yapılan meteorolojik parametrenin sıcaklık parametresi olduğu da düşünülmüşse, 0.987'lik bir ortalama hata değeri normal olarak karşılanabilir. Tahmin edilen ve gerçek sıcaklık değerlerine ait saçılma diyagramı Şekil 9'da verilmiştir. Şekilde sadece test ve eğitim kümesine ait saçılma diyagramları ayrı ayrı verilmiştir.



Şeki 9: Gerçek ve YSA test değerleri saçılma diyagramı

Henüz bir çok alanda yeni yeni uygulanmaya başlanan YSA, yaygın bir uygulama alanına sahip değildir. Fakat bilgi işlemede sağladığı kolaylık yüzünden hızla yaygınlaşmaktadır. Özellikle meteorolojide birçok parametre ve bu parametrelere ait fazla miktarda veri bulunduğundan, verilerin seri bir şekilde YSA kullanımının yaygınlaşacağı bir gerçektir. Meteorolojinin temel konularından olan meteorolojik parametrelerin öngörülmesinde YSA'nın büyük kolaylıklar sağlayacağı ortadadır. Bu çalışmada sınırlı parametre ve veriler ile sadece sıcaklık parametresinin tahminine çalışılmıştır. Gerekli veriler elde edilerek ve daha kapsamlı modellerin kurulması halinde, YSA yardımı ile birçok parametrenin öngörüsü daha sağlıklı olarak yapılabilecektir.

KAYNAKLAR

- Güzeliş, C., 1996. Yapay sinir ağlarına giriş Yüksek Lisans Ders Notu, İTÜ
 Haykin, S., 1994. Neural Networks, Macmillan College Publishing Company, 696
 Kohen, T., 1988. An Introduction to neural computing, Neural Networks, Vol. 1, pp 3-16
 Ölmez, T., 1995. YSA yardımıyla biomedikal dokuların sınıflandırılması, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi., Elektrik-Elektronik Fak., 130
 Özmeteler, E., 1989. Yapay nöron ağlar, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elektrik-Elektronik Fak., 95
 Simpson P., 1992. Artificial Neural Networks, Paradigms, Applications and Hardware Implementations, IEEE Press

OZON VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TÜRKİYE'YE OLASI ETKİLERİ

Doç. Dr. Mikdat KADIOĞLU

İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü.

Sanayileşme ile beraber insanın bilinçsizce davranış ve yaşam tarzıyla doğayı tahrip etmesi sonucu dünya atmosferinin bileşimindeki gazlarda büyük değişiklikler ortaya çıkmıştır. Bu değişimler de, dünya üzerindeki tüm canlı yaşamı için tehlike oluşturmaktadır.

Şu an stratosferik ozon gazındaki seyrelme ve küresel ısınma gibi iki büyük problemle karşı karşıyayız. Bu problemlere, insan etkinliklerinden kaynaklanan emisyonla birlikte ozon (O₃)'ü seyrelten kloroflorokarbon (CFC) gazları ve karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ile diazot monoksit (N₂O) gibi sera gazlarının atmosfere aşırı miktarlarda salınması neden olmuştur.

Uluslararası toplumun bu konudaki duyarlılığı son yıllarda oldukça artmıştır. Böylece Ozon Tabakasının Korunması ve İklim Değişikliği Sözleşmeleri gibi hükümetler arası sözleşmeler imzaya açılmıştır. Haziran 1992'de Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı

(UNCED)'de imzaya açılan İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinde, diğer Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) üyeleri gibi, Türkiye de gelişmiş ülkeler arasında gösterilmiştir. Gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye, Sözleşmeden doğan yükümlülükleri yerine getiremeyeceği kaygısıyla, bu sözleşmeyi henüz imzalamamıştır.

Bu sözleşmelerin yükümlülükleri tüm ülkeler tarafından eksiksiz yerine getirilmesi ve artık dünya atmosferine gaz salınımlarının tümüyle durdurulması durumunda bile, şu ana kadar atmosferde biriken CFC ve sera gazlarının 2100 yılına kadar etkili olacağı hesaplanmaktadır. Bu nedenle, bu iki problem ve onların olası sosyo-ekonomik etkileri günümüzde ayrıntılı olarak incelenip araştırılmaktadır.

OZONDAKİ DEĞİŞİM

1974'de iki Amerikan bilimcisi CFC'lerin ozon tabakasını tahrip ettiği uyarısında bulunmuştu. Bu, bilimsel alanda tartışılırken CFC'lerin üretimi çok hızlı artışlar gösterdi ve 1986 ilkbaharında Antartika'da tespit edilen "Ozon Deliği", dünyada alarm zillerini çaldırarak CFC'lerin kullanımını kısıtlamak ve mümkünse durdurmak için girişimlerin başlamasına neden oldu.

Günümüzde kamuoyunu oldukça ilgilendiren ozon gazı, atmosferde bulunduğu yere göre yaşamın dostu veya düşmanıdır. Yeryüzeyinden 15 km yüksekliğe kadar olan ve troposfer olarak adlandırılan atmosfer katmanındaki (troposferik) ozon tüm canlılar için zararlıdır. Bunun yanında dünya atmosferindeki toplam ozonun %90'ının bulunduğu 15 ila 50 km arasındaki (strotosferik)

ozon ise güneşin canlılar için zararlı olan, özellikle kısa dalgalı UV-B, mor-ötesi (ultraviyole) ışınlarına karşı bir kalkan gibi davranarak yeryüzündeki canlıları korur. Bu nedenle ozon gazı; troposferik ve stratosferik ozon olarak ayrı ayrı ele alınmalıdır.

Kamuoyunun daha çok dikkatini çeken ve yaşamın dostu olan stratosferik ozonun, özellikle kutuplarda, konsantrasyonundaki azalmalarıdır. Her yıl eylül ve ekim aylarında, Güney Kutpu üzerindeki ozon tabakasının daha çok incelendiği gözlenmektedir.

Troposferik ozon ise küresel ısınmada rol oynayan sera gazları arasında 4'üncü sırada yer almaktadır. Atmosferde artan sera etkisinin yarısından CO₂ sorumluyken bu ozonunun sadece %8'lik bir etkisi vardır. Yeryüzü ile atmosferin 15 km'lik yüksekliği arasındaki havanın oturduğu tabakadaki troposferik ozon miktarının, Türkiye'nin yer aldığı orta enlemlerde, son 50 yılda iki kat arttığı ve yılda %1'lik bir hızla da artmaya devam ettiği tespit edilmiştir.

13 Ocak 1994'dan beri Türkiye üzerindeki troposferik ve stratosferik ozon gazlarının konsantrasyonlarındaki değişimleri tespit etmek için gerekli olan ölçümler Türkiye'de DMİ tarafından yapılmaya çalışılmaktadır. Ekonomik nedenlerden dolayı bu ölçümler şu an ancak 15 günde bir yapılabilmektedir. Bu güne kadarki gözlemler Türkiye üzerindeki stratosferik ozon yoğunluğunun Avrupa ülkelerinkinden pek farklı olmadığını ortaya koymuştur.

KÜRESEL ISINMA

Son zamanlarda dünyanın yüzeye yakın seviyedeki hava sıcaklığı artan bir hızla artmaktadır. Sadece son 100 yılda sıcaklıklar 0.6 derece C artmış ve artmaya da devam etmektedir. Bu sıcaklık artışının ne kadar büyük olduğunu, 15 000 ila 50 000 yılları öncesi buzul çağından sonra sadece 5 derece C'lık bir sıcaklık artışı olması gerçeğini gözönüne alırsak görebiliriz.

İklim değişimine karşı hangi strateji takip edilirse edilsin yakın gelecekte görülecek olan iklim değişiminin kötü etkileri artık önlenemez. Her yürlü durumda, gelecek 40 yıl içindeki her 10 yılda 0.1 derece C'den daha fazla olan bir miktarda küresel ısınmanın devam edeceği tahmin edilmektedir. Küresel ısınma ile birlikte deniz seviyelerindeki yükselme de, önümüzdeki yüzyılın sonuna kadar 65-100 cm'ye ulaşabilecektir.

Küresel ölçekteki bu ısınmanın ülkelere nasıl yansıtacağı, ısınma sonucu kutup ve dağ buzullarındaki erime dolayısı ile yükselen deniz suyu seviyelerinin ada ve kıyı ülkelerini nasıl etkileyeceği konusundaki bilimsel araştırmalar tüm dünyada yoğun bir şekilde yapılmaktadır.

Türkiye kıyıları için deniz suyu seviye ölçümlerinin mevcut olup olmadığı, mevcut ise analiz edilip edilmediklerini bilemiyoruz. Benzer şekilde küresel iklim değişiminin Türkiye'deki izleri de, Türkiye'de henüz yeterince incelenmiş değildir. Bu nedenle, bizin bu konuda yeni yaptığımız bir çalışmanın sonuçları da burada kısaca özetlenecektir.

TÜRKİYE'DE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Türkiye geneline dağılmış 18 ilimize ait meteorolojik ölçümler üzerinde yaptığımız çalışmalardan Türkiye iklimindeki değişim üzerine ilk bulgularımızı elde ettik. Bu ilk bulgulara göre Türkiye'de gözlenen gece ile gündüz sıcaklıkları ve yağış miktarlarında son 60 yıllık zaman dilimi içinde tespit edilen değişimler kısaca şöyledir.

Gündüz Sıcaklıkları:

Türkiye'nin, kış ve ilkbahar mevsimi gibi ısınma ihtiyacımızın yüksek olduğu yılın soğuk yarısında, gündüz sıcaklıklarında bir artış eğilimi vardır. Gündüz sıcaklıklarındaki bu trend şu an istatistiki manada önemli değildir. Bu küçük miktarlardaki ısınmada, atmosferin küresel ölçekteki ısınması ile

birlikte yılın soğuk kısmında fosil yakıtlarından atmosferik çevreye yoğun bir şekilde salınan kirleticiler ve şehirleşmenin neden olduğu "ısı adaları" gibi etkenlerin de rol oynadığı sanılmaktadır.

Yılın sıcak yarısındaki gündüz sıcaklıklarında da, önemli olmayan bir azalma eğilimi (negatif trendler) vardır. Bu da kükürt ve diğer gaz atıklarının bulutların parlaklığını artırıp bulutların güneş ışınlarını daha fazla yansıtmasına bağlanmaktadır.

Sonuç olarak istatistiki anlamda, Türkiye genelinde gündüz sıcaklıklarında şu an önemli bir değişim görülmemektedir.

Gece Sıcaklıkları:

Gece sıcaklıklarında ise (gündüz sıcaklıklarına benzer bir şekilde) yılın soğuk yarısındaki trendler genelde pozitif, yılın sıcak yarısında da negatiftir. Bunlar da yine şehirleşmeden dolayı ortaya çıkan yerel ısınmaları yansıtmaktadır. Ayrıca yılın soğuk kısmında ısınma ihtiyacımızı karşılarken atmosfere saldığımız fosil yakıt atıkları, geceleyin yeryüzeyinin soğumasını önleyen bir "battaniye" görevi de görmektedir.

Gece sıcaklıklardaki değişimin gündüz sıcaklıklarından farkı, istatistiki manada, gece sıcaklıklarındaki trendlerin daha önemli olmasıdır. Özellikle ilkbaharda daha yaygın ve kuvvetli olmak üzere, Türkiye genelinde gece sıcaklıklarında önemli artışlar gözlenmektedir.

Yağışlar:

Bir kaç ilimiz hariç, Türkiye genelindeki yağış miktarlarında önemli bir değişim görülmemektedir. Ancak şu an önemsiz olan bu trendlerin büyük çoğunlukla negatif olması, Türkiye'nin aldığı yağışların azalma eğilimine girmiş olduğunu gösterir. Hızla artan su ihtiyacımız yanında, yağışlarımızdaki bu azalma eğilimine özellikle yakın gelecekte ortaya çıkabilecek su problemleri için dikkat etmeliyiz.

OZON VE İKLİMDEKİ DEĞİŞİMİN TÜRKİYE'DEKİ MUHTEMEL ETKİLERİ

Türkiye genelinden seçilen bir kaç ilin sıcaklık ve yağış verilerinden elde ettiğimiz ilk sonuçlarımıza göre, Türkiye'de gece sıcaklıklarında önemli artışlar gözlenmektedir; gündüz sıcaklıkları ve yağışta ise henüz önemli bir değişiklik olmamıştır. Bu ilk bulgularımız ABD, Çin ve eski Sovyetler Birliği'nde incelenen toplam 747 meteoroloji istasyonunun sonuçlarına benzerdir. Türkiye'de sıcaklıklardaki bu değişimler 1955-60 yılları arasında başlamaktadır.

Türkiye'de ozon miktarlarındaki değişimin de, orta enlemlerdeki diğer ülkelere benzer olacağını kabul edebiliriz. Böyle bir kabul ile, Türkiye üzerindeki troposferik ozonun arttığını ve bunun yanında da stratosferik ozonun azaldığını söyleyebiliriz.

Dünyanın diğer bölgelerine benzer şekilde, bu ozon miktarlarında ve iklimdeki değişimin Türkiye'de çevre, toplum ve ekonomiye etkisi daha çok olumsuz yönde olacaktır. Küresel ısınma ile birlikte alt Tropiklerdeki yüksek basınç kuşağının kuzeye doğru Türkiye üzerine kayması beklenmektedir. Böylece Türkiye'nin büyük bir kısmı oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisine girecektir.

Bütün bunların sonucunda:

Stratosferik ozonun azalması ile büyük miktarda (mor-ötesi ışınların tehlikeli olan kısmı) UV-B radyasyonu kara ve deniz yüzeyine ulaşacaktır. Bu da deniz yüzeylerindeki plankton ve benzeri mikro organizmaları büyük ölçüde tahrip eder. Bunun sonucunda da bozulan besin zinciri balıklardan insanlara kadar etkili olur. Denizlerdeki ekosistemin bozulmasına benzer şekilde bitkiler ve hayvanları da etkileyecek olan UV-B radyasyonu insanlarda cilt kanseri ve katarak gibi göz hastalıklarının artmasına neden olabilecektir.

• Denizlerdeki planktonların azalması, okyanusların CO₂ gazını emebilmesini büyük ölçüde durduracaktır. Planktonlar küresel CO₂'in %65'ini fotosentetik organizmalar yoluyla kullanmaktadır. Bu işlemin yavaşlaması, sera gazı olan CO₂'in miktarını dünya atmosferinde daha da fazla artırarak, CO₂'in küresel ısınmadaki rolünün büyümesine ve küresel ısınmanın artmasına neden olacaktır.

• Canlıların nefes alıp verdiği seviyede bulunan troposferik ozon miktarındaki büyük artışlar da atmosferin ısınmasına katkıda bulunmakla beraber insanlarda daha fazla kalp, astım ve akciğer hastalıkları görülebilecektir.

• ABD'de şu an tarım ve orman alanlarında 2 milyar dolarlık zarara neden olduğu hesaplanmış ve orta enlemlerle beraber Türkiye üzerinde sürekli olarak artan troposferik ozon, bitkilerde fotosentez işlemi yavaşlatarak, ormanlarımızı etkileyecek ve tarımsal ürünlerimizde rekolte düşüşlerine neden olabilecektir.

• Hangi senaryoya bakılırsa bakılsın ozon ve iklim değişikliğinden Türkiye, diğer Akdeniz ülkeleri Yunanistan, Portekiz, İtalya ve İspanya gibi kuzey enlemlerindeki ülkelere farklı olarak tamamen olumsuz bir şekilde etkilenecektir. Bu olumsuzluklar da daha çok deniz suyu seviyesindeki yükselme, tatlı su sıkıntısı ile beraber Türkiye'nin, turizm ve tarım sektöründe de büyük kayıplara neden olabilecektir.

• Böylece diğer Akdeniz ülkeleri gibi Türkiye için de en büyük problem, deniz seviyesindeki yükselmeler olacaktır. Kıyı şeritindeki yerleşim alanları yükselen deniz suyu ile kaplanır veya bunu önlemek için ekonomik boyutu çok büyük olacak setler inşa edilmesi gerekebilir. Benzer şekilde turistik plajlar ve yat limanları yükselen deniz suyu ile kullanılamaz hale gelebilecektir. Tuzlu deniz suyu, nehirler ve yer altı suları gibi tatlı su kaynaklarını da yok edebilir. Ayrıca kıyı şeritinde ve deltalarındaki tarım alanları da kullanılamaz hale gelebilecektir.

• Isınma ile birlikte kışları kar yağışlarının yerini yağmurlar alacaktır. Daha az kar yağışı ve/veya çabuk erimeden dolayı da, Uludağ gibi kış spor merkezlerinden daha kısa sürelerde yararlanılabilecek, ya da hiç kullanılamayacaklardır.

• Türkiye genelinde yağışlar azalınca GAP alanı başta olmak üzere tüm nehirlerin taşıdığı su miktarı düşer. Nehirlerle daha az beslenen baraj göllerinin su seviyesi de önemli ölçüde azalarak hidroelektrik enerji üretimi aksar. Van gibi göllerde su taşımacılığı zorlaşır.

• Bu nedenle, Türkiye'den Suriye ve Irak'a verilen veya verilmesi teklif edilen su miktarı, değişen iklim şartlarımıza bağlanmazsa "su" problemi büyür.

• Yüksek basınç kuşağının kuzeye kayması ile ülkemizde hakim olabilecek tropikal iklime benzer bir iklim, düzensiz, ani ve şiddetli yağışlar seller, heyelan ve erozyonu artırır. Daha kuru hava, daha sık, uzun süreli kuraklıklara neden olur.

• Kuş cenneti ve benzeri milli parklar tahrip olur, kuşların göç yolları ve konaklama yerleri değişir.

• Isınma ile beraber denizlerimizdeki su akıntıları ve sıcaklık rejimleri değişir. Bunlar da balıkların göç paternlerini bozup farklılaştırabilir.

• Kıyılarına hakim olan nemli hava yüksek sıcaklıklarla birleşince, havanın bunaltıcılığı artar ve bir çok sağlık probleminde artışlar olur. Isı dalgaları daha sık, uzun süreli ve şiddetli olacaktır.

• Kuru kesimlerde yüksek sıcaklıklar ile birlikte orman yangınları ve tarımsal hastalık ve böcek zararlılarında büyük artışlar görülür.

• Tarım için bir çok yerde sulama gereği ortaya çıkacaktır. Geleneksel tarım ürünleri yerine daha sıcak ve kuru iklim şartlarına uygun tarım ürünlerine geçiş bir zorunluluk haline gelebilecektir.

TROPİKAL SIKLONLAR

Dr. Ayşe YILMAZ
İ.T.Ü. Denizcilik Fakültesi

Tropikal bölgelerde çok güçlü fırtınalar halinde beliren tropikal siklonlar, bir merkeze doğru esen, sürtünme ve koriolis kuvvet etkisiyle dönüş gösteren tipik birer girdaptırlar. Bu sebepten denizcilikte "Dönen Fırtınalar" olarak da nitelenirler. Tropikal fırtına sırasında gözlenen şiddetli yağış, 12 bofora kadar çıkabilen rüzgar şiddeti, oluşan büyük ve karışık dalgalar deniz ulaşımında ve sahil bölgelerinde tehlike oluştururlar.

Tropikal bölgede oluşan alçak basınç merkezleri rüzgar şiddetlerine göre;

- 7 Beaufort-Tropikal depresyon,
- 8-11 Beaufort-Tropikal Fırtına,
- 12 Beaufort-Hurricane

olarak ifade edilirler.

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Bölge	Kuzeyarımküre											
N Atlantik Okyanusu												
NE Pasifi Okyanusu												
NW Pasifi Okyanusu												
Arap Denizi												
Bengal Körfezi												
Bölge	Güneyarımküre											
SW Hint Okyanusu												
SE Hint Okyanusu												
S Pasifik Okyanusu												

Tablo-1 Tropikal Siklonun Bölgelere Göre Oluştığı Dönemler

Tropikal siklonlar, oluştukları bölgeye göre de değişik isimler alırlar.

Kuzey Atlantik ve Kuzeydoğu Pasifik-Hurricane
Kuzeybatı Pasifik-Tayfun

Arap Denizi, Bengal Körfezi, Güney Hindistan ve Güney Pasifik-Siklon

Kuzey ve Batı Avustralya-Willy Willies

Oluşum Bölgeleri

Tropiklerarası bölgede, denizler üzerinde doğan tropikal siklonlar, gerçekte kuvvetli konvektif hareketler sonucunda yani termal kararsızlık nedeniyle oluşurlar. Yükselen hava içindeki su buharının yoğunlaşması da kararsızlığı büsbütün artırarak tropikal siklonların olağanüstü enerjisini doğurur. Bu yükselen hava dünyanın dönüşü etkisiyle tahrip edici bir siklon halini alır.

Tropikal siklonların uygun koşullarda geliştiği doldrum kuşağı, Temmuz, Ağustos aylarında kuzey yarım küreye, Ocak, Şubat, Mart aylarında güney yarım küreye kayar. Söz konusu bu aylar tropikal siklonların oluştuğu aylardır. Farklı olarak, Arap Denizi ve Bengal körfezinde sonbaharın sonlarında oluşan daha kuvvetli fırtınaları, Asya da esen muson rüzgarlarının etkisi ile açıklayabiliriz

Tropikal Siklonların bu şekilde belirli zamanlarda ve 8 ayı bölgede geliştiği belirlenmiştir (Tablo-1).

Yapısı ve Hareketleri

Çapı ortalama olarak 400-500 deniz mili arasında değişen tropikal siklonun merkezi kısmında hava açık ve sakin, deniz karışık dalgalıdır. Merkezi kısmına Siklonun Gözü (Vortex) denir ve çapı 10 ila 20 deniz milidir. Merkez

Tropikal Siklonlar

yaklaşırken sırasıyla Ci, Cs, As, St, Cu, Cb bulutları gözlenir. Gözün çevresinde 25 ila 40 millik kesimde hava hareketi çok kuvvetlidir. Tropikal fırtınalar, gökgürültüsü, şimşek ve sağnak yağışı da beraberinde getirirler. Göze yakın bölgelerde maksimum düzeye ulaşan yağış, görüş uzaklığını düşürür. Gözün içinde yağmur kesilip görüş uzaklığı artarken, bulutlar dağılarak rüzgar şiddeti gittikçe azalır. Merkezi geçince gökyüzü tekrara bulutlanır, yağmur başlar, görüş uzaklığı azalır, eski şiddetine ulaşan rüzgar ters yönden eser.

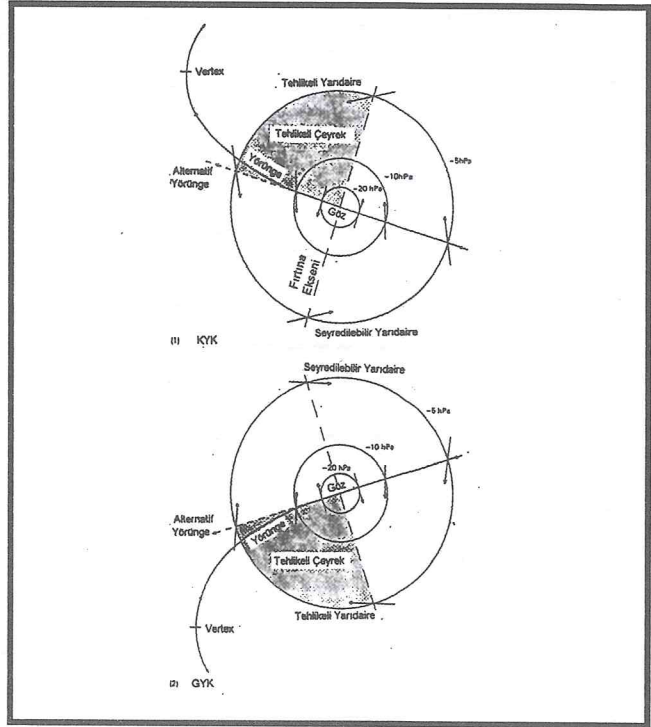
Tropikal siklonlar genelde, kuzey yarım kürede önce batıya sonra kuzey ve kuzey doğuya, güney yarım kürede önce batıya sonra güney ve güneydoğuya yönelerek yüksek basınçların çevresinde ilerlerler. Bu yaklaşık C şekilli olan parabolik yörüngeyi dönüş noktasına Vertex denir. Sistemin yörünge üzerinde hareket hızı, ortalama 20-30 mil/saat iken şiddetli fırtınalarda 50 mil/saate çıkabilir.

Yörüngeye dik olan fırtına eksenini basınç merkezini 4 yarı daireye ayırır. Siklonun gidiş yönüne göre yörüngeyi iki tarafındaki yarı daireler sağ ve sol yarı daireler olarak adlandırılır. Kuzey yarım kürede sağdaki güney yarım kürede soldaki yarı daireler tehlikeli yarı dairelerdir. Tehlikeli yarı dairelerde siklonun hareket hızı ile yörüngeyi hareket hızı birleştiğinden rüzgar oldukça şiddetlidir. Tehlikeli yarı dairelerin ön çeyrek daireleri ise en tehlikeli kesimlerdir (Şekil-1).

Belirtiler

• Tropikal siklonların ilk belirtilerinden birisi sistemdeki rüzgarların meydana getirdiği dalga kabarmasıdır. Dalgaların genel özelliği; dalga boylarının uzun, dalga yüksekliklerinin az olmasıdır.

• Fırtınalardan önce gökyüzü olağanüstü bir açıklıkta olup görüş uzaklığı fazladır. 500-1000 mil uzaktan gözlenen Ci bulutlarını Cs, As, St, Cu, Cb bulutları izler. İlerleyen alçak bulutlar, şiddeti devamlı artarak devam eden sağnak yağmurlara neden olurlar. Dış bölgelerde aralıklı olan yağış merkeze doğru şiddetlenir.



Şekil -1 Tropikal Siklon-Yüzey Görünüşü

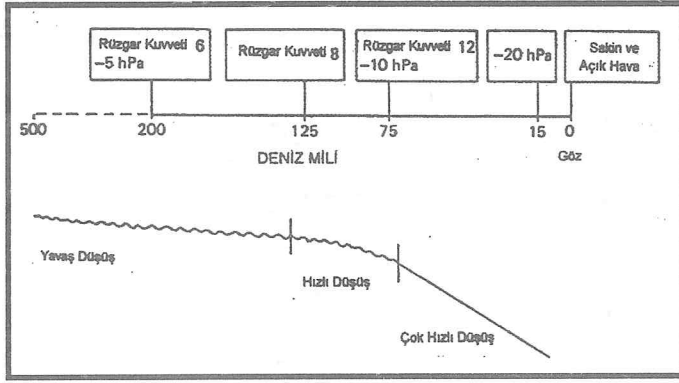
- Rüzgar yönünde değişiklik, rüzgar şiddetinde ise dış kısımda 8, merkeze yakın kısımlarda 12 bofora çıkabilen artışlar gözlenebilir.
- Atmosfer basıncında meydana gelen ani düşüş tropikal siklonun habercisi olabilir. Çevrede 5hPa olan basınç düşüşü göze doğru 20hPa'a ulaşabilir.

Tropikal siklonun varlığını belirlemek için aşağıdaki yöntem tavsiye edilmiştir.

a) Barometreyi okuyun ve okunan değeri düzeltin.

b) Düzeltilmiş değeri yılın o zamanında varolan basınç değerleri ile karşılaştırın. Eğer bu değer normal basıncın 3hPa altında ise tropikal siklon oluşma olasılığı vardır. Eğer 5hPa veya daha altında ise tropikal siklonun yakınlarda hatta 200 milden daha yakın olduğu düşünülmelidir. Fırtına dönemlerinde bu bölgelerde seyrederken barometreye sık sık bakılmalıdır.

Tropikal siklonun yakınından geçerken, yükseklik, enlem ve sıcaklık indirgemeleri yapılmış barometrede aşağıdaki durumlar gözlenir (Şekil-2).



Şekil-2 Tropikal Siklon-Rüzgar ve Basınç Dağılışı

Hurricanelerin İsimlendirilmesi

Tropikal depresyonlar, tropikal fırtına büyüklüğüne eriştiğinde isimlendirilir. İsimlendirme yönteminden önce kullanılan enlem-boylam ile tanıma metodu aynı okyanusta birden fazla fırtına oluştuğu zaman karışıklığa yol açıyordu. Bu karışıklığı ortadan kaldırmak amacıyla 1953'ten itibaren "National Weather Service" Hurricanelerin tanımlanması için kadın adlarını kullanmaya başladı. 1978'den sonra Doğu Pasifik Bölgesi, 1979'dan itibaren de Kuzey Atlantik Bölgesi için erkek ve kadın adları birlikte kullanıldı. Dünya Meteoroloji Örgütüncə kabul edilen isimler Tablo-2'de verilmiştir.

Kuzey Atlantik Hurricane İsimleri				Doğu Pasifik Hurricane İsimleri			
1991	1992	1993	1994	1991	1992	1993	1994
Ana	Andrew	Arlene	Alberto	Andress	Agatha	Adrian	Aletta
Bob	Bonnie	Bret	Beryl	Blanca	Blas	Beatriz	Bud
Claudette	Charley	Cindy	Chris	Carlos	Celia	Calvin	Carlota
Danny	Danielle	Dennis	Debby	Delores	Dorby	Dora	Daniel
Erika	Earl	Emily	Ernesto	Enrique	Estelle	Eugene	Emilia
Fabian	Frances	Floyd	Florence	Fefa	Frank	Fernanda	Fabio
Grace	Georges	Gert	Gordon	Guillermo	Georgette	Greg	Gilma
Henri	Hermine	Harvey	Helene	Hilda	Howard	Hilary	Hector
Isabel	Ivan	Irene	Isaac	Ignaco	Isis	Irwin	Iva
Juan	Jeanne	Jose	Joyce	Jimena	Javier	Jova	John
Kate	Karl	Katrina	Keith	Kevin	Kay	Knut	Kristy
Larry	Lisa	Lenny	Leslie	Linda	Lester	Lidia	Lane
Mindy	Mitch	Maria	Michael	Marty	Madeline	Max	Miriam
Nicholas	Nicole	Nate	Nadine	Nora	Newton	Norma	Norman
Odetta	Otto	Oplelia	Oscar	Olaf	Orlene	Otis	Olivea
Peter	Paula	Philippe	Patty	Pauline	Paine	Pilar	Paul
Rose	Richard	Rita	Rafael	Rick	Roslyn	Ramon	Rosa
Sam	Shary	Stan	Sandy	Sandra	Seymour	Selma	Sergio
Teresa	Tomas	Tammy	Tony	Terry	Tina	Todd	Tara
Victor	Virginie	Vince	Valeria	Vivian	Virgil	Veronica	Vicente
Wanda	Walter	Wilma	William	Waldo	Winifred	Wiley	Willia
				Xino	Xavier	Xina	Xavier
				York	Yolanda	York	Yolanda
				Zelda	Zete	Zelda	Zeke

Tablo-2 Hurricane İsimleri

Son yıllarda Kuzey Atlantikte oluşan tropikal siklonlar, rüzgar ve basınç bilgileri, ölü sayıları tablo 3, 4 ve 5'de verilmiştir.

İsim	Sınıf	Tarih Ay/Gün	Max Rüzgar Şid. (kn)	En Düşük Basınç (mb)	Can Kaybı
Alberro	T	8/5-8	35	1002	-
Berly	T	8/8-8-10	45	1001	1
Chris	T	8/21-29	45	1005	4
Debby	H	8/31-9/5	65	991	10
Ernesto	T	9/3-5	55	994	-
Floence	H	9/7-11	70	982	1
Unamed	T	9/7-10	50	994	-
Gilbert	H	9/8-19	160	888	3
Helene	H	9/19-30	125	938	-
Isaac	T	9/28-10/1	40	1005	-
Joan	H	10/10-23	115	932	6
Keith	T	11/17-24	60	985	-
T-Tropikal Fırtına-Rüzgar Hızı 34-63 knot					
H-Hurricane-Rüzgar Hızı 64 knot ve daha fazla					

Tablo-3 1988 yılı Kuzey Atlantik Tropikal Siklonları

İsim	Sınıf	Tarih Ay/Gün	Max Rüzgar Şid. (kn)	En Düşük Basınç (mb)	Can Kaybı
Arthur	T	7/22-27	60	995	-
Bertha	H	7/24-8/2	70	973	-
Cesar	H	8/4-9	85	980	96
Edouard	T	8/2-11	40	1003	-
Fran	T	8/11-14	35	1005	-
Gustav	H	8/24-9/3	105	956	-
Hortense	T	8/25-31	55	993	-
Isidore	H	9/4-17	85	978	-
Josephine	H	9/21-10/6	75	980	-
Klaus	H	10/3-9	70	985	-
Lili	H	10/6-14	65	987	-
Marco	T	10/9-12	55	989	7
Nana	H	10/16-21	75	989	-

Tablo-4 1990 yılı Kuzey Atlantik Tropikal Siklonları

İsim	Sınıf	Tarih Ay/Gün	Max Rüzgar Şid. (kn)	En Düşük Basınç (mb)	Can Kaybı
Ana	T	7/02-05	45	1000	-
Bob	H	8/16	100	950	18
Claudette	H	9/04-9/14	115	944	-
Danny	T	0/07-9/11	45	988	-
Erika	T	9/08-9/12	50	997	-
Fabian	T	10/15-10/17	40	1002	-
Grace	H	10/25-10/29	90	980	-
Unamed	H	10/28-11/02	65	980	-

Tablo5 1991 yılı Kuzey Atlantik Tropikal Siklonları

KAYNAKLAR

AHRENS, C. D. : Meteorology Today, San Francisco, 1991
 BURGESS, C. R. : Meteorology For Seafarers, Glasgow, 1988
 EROL, O. : Genel Klimatoloji, Ankara, 1985
 Meteorological Office: Meteorology For Mariners, London, 1992
 NOAA: Mariners Weather Log, Vol 33, 1989, Vol 35 1990, Vol 36 1991

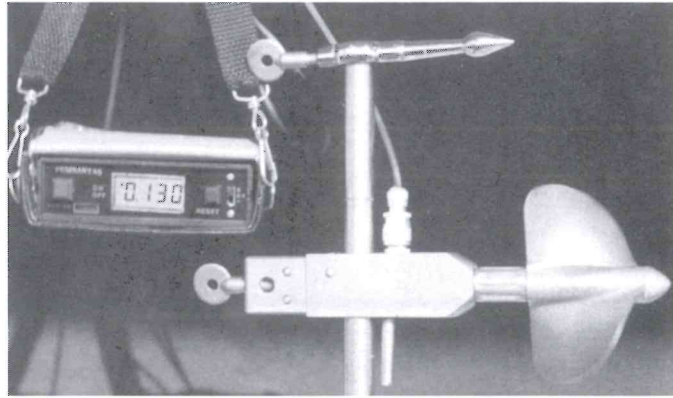
PEMSANTAS

“Doğudan Yükselen Güneş”



MAMULLERİMİZ

- Elektronik Limnigraf (96 Model DSİ Şartnamesine Uygun)
- Elektronik Muline (Pervaneli ve Kovalı Tip)
- Elektronik Çıkrık
- Elektronik Kuyumetre (Yeraltı Su Seviye Ölçer)
- Emaye Eşeller (Çeşitli Boylarda)
- Buharlaşma Leğeni
- Plüviometre
- Kurşun Ağırlıklar (Çeşitli Boylarda)
- Muline Yedek Parçaları
- Limnigraf Yedek Parçaları
- Özel Çıkrık Teli
- Modem veya Telefon Hatlı Limnigraf Sistemleri Kurulur



DİKKAT !

- 1 Ürünlerimiz TSEK belgesine haizdir.
- 2 Cihaz arızalarında tamir edilinceye kadar yedek cihaz gönderilir.
- 3 Ürünlerimiz emsallerinden daha ucuzdur.

PEMSANTAS

PALANDÖKEN ELEKTRO-MEKANİK SAN. ve TİC. A.Ş.

FABRİKA ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ ERZURUM

BÜRO Milli Eğemenlik Caddesi Özdoğukent C/1 Dadaşkent ERZURUM

Tel: 0 (442) 327 15 19 - 03

Fax: 0 (442) 327 15 03



AKIM ELEKTRONİK

Hidroloji, Hidro-Jeoloji ve Meteoroloji
Rasat Aletleri İmalat ve Tic.



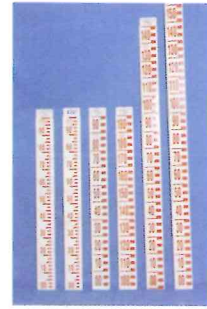
İmalatını Yaptığımız RASAT ALETLERİ



Elektronik LİMNİGRAF Seti
(Elekt. Su Seviyesi Kayıtedici)



Elektronik PLÜVİGRAF
(Elektronik Yağış Ölçer)



Emaye EŞEL



Buharlaştırma Leğeni

- 3 Yıl Garanti
- İmalattan Satış
- TSEK Belgeli



PLÜVİOMETRE

T. Özal Bulvarı No: 45/1 Tlf: (322) 234 10 17 - 234 54 44 • Fax: (322) 234 54 44 ADANA

Siparişlerinizi Fax., Tlf. veya Mektupla verebilirsiniz