

METEOROLOJİ UYDULARINDAN YAĞIŞ İLE İLGİLİ GÖZLEMLER

Cüneyt GEÇER, Fırat ÇUKURÇAYIR
D.M.İ. Genel Müdürlüğü, Araştırma Şubesi
Kalaba 06120, ANKARA

Ö Z E T

Yağış ölçümleri sadece meteoroloji için değil, bir çok meslek disiplini için de son derece önemlidir. Özellikle iklim, hidroloji ve osinografi bilimlerinde tahmin, analiz ve verifikasyon çalışmalarında yağış ile ilgili bilgiler anahtar bir rol oynamaktadır. Aynı şekilde atmosferik bilimler dışında kalan bilim dallarında da yağış ile ilgili bilgilere gereksinim duyulmaktadır. Buna örnek olarak ormancılık, su kaynakları ve tarımsal sektörler verilebilir.

Uydu datalarından yağış ile ilgili bilgilerin elde edilmesi çalışmaları son yıllarda üzerinde önemle durulan belli başlı çalışmalardan birisidir. Bunun temel nedeni ise, özellikle meteorolojik gözlem şebekesinin eksik veya hiç olmadığı alanlarda yağış datasına duyulan büyük ihtiyaçtır.

Bu makalede, VIS ve IR uydu datalarından yağış ile ilgili bilgiler elde edilmesi ve karşılaşılan bazı zorluklar ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Bunun için öncelikle meteorolojide yağışın karakteristikleri tanımlanmış, daha sonra da halen uydu datalarından yağış ile ilgili gözlemlerin yapılabildiği bir çok metoddan sadece yaygın olarak kullanılan metodlar üzerinde durulmuştur.

ANAHTAR KELİMELEER : Yağış Ölçümleri, VIS ve IR uydu dataları, Uydudan yağış ölçme metodları.

YAĞIŞIN KAREKTERİSTİKLERİ

Unutulmamalıdır ki meteorolojik gözlem datalarından yağış ile ilgili bilgilerin elde edilmesi son derece kompleks bir olaydır. Bunun temel nedeni ise yağışın frekans, süre, hacim ve yoğunluk ile ilgili parametrelere bağlı olarak değişimler göstermesidir. Genel olarak basit bir yağış olayının birkaç saat sürdüğünü söyleyebiliriz. Bu süre bazı etkenlere bağlı olarak kısalabilme eğilimindedir. Örneğin yağışın günlük ısınma ve soğumalardan etkilenmesi durumunda yağış süresinin kısalma eğiliminde olduğu, aynı şekilde topoğrafik etkenlerin devreye girmesiyle yağış süresinin uzama eğiliminde olduğu söylenebilir.

Yağış yoğunluk olarak oldukça geniş bir yelpazeye sahiptir. Aynı şekilde her bölge, yağış yoğunluğu ile ilgili olarak kendi bazı özel karakteristiklerine sahiptir. Global yağış dağılımı genel sirkülasyon ile ilgili olmakla beraber yağışlar kısa ve orta süreli akışların dağılımından kolaylıkla etkilenebilmektedir.

Yağış ile ilgili hesaplama yöntemlerini tanımlarken basit olarak

farklı yağış tiplerini göz önüne almamız gerekmektedir. Bu konudaki yaklaşımlardan birisi ise ani soğuma, yoğunlaşma ve yağış ile ilgili mekanizmaların göz önüne alınmasıyla yapılan sınıflandırmadır. Bu durumda genelde iki tip önemli yağış gözlenebilir. Birincisi, kararlı ve yavaş yavaş değişen yağışlardır. Bu yağışlar nispeten sürekli ve orta şiddette, orta miktarda yağış oluşturlar. İkincisi ise, klasik olarak tanımladığımız yağış tipidir. Bu tip yağışlar daha kısa süreli fakat çok daha fazla yağış miktarlarını oluşturmaktadırlar. Burada ayrıca dikkat edilmesi gereken nokta ise topoğrafik yapının göz önüne alınması gerekliliğidir. Yüzeyden gelen akışlar nedeniyle nem oranındaki değişimler yağışın artmasına neden olurlar. Bu nedenle topoğrafik yapı mutlak suretle göz önüne alınması gereken bir faktör olarak değerlendirilir.

Yağış ile ilgili çalışmalarda diğer bir faktör ise, bulut tipleridir. Farklı bulut tiplerinden farklı cins ve miktarlarda yağış meydana gelmesi nedeniyle bulutların çok iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Uydu görüntülerinde hemen hemen bütün bulut tiplerini analiz edebilme imkanı mevcuttur. Özellikle son yıllarda uydu dataları yardımıyla bulut sınıflandırmasında çok önemli adımlar atılmıştır.

Günümüze kadar yapılagelen istatistiksel çalışmalar sonucunda Siklonik ve Oroğrafik yağışların, çoğunlukla tabaka şeklindeki bulutlardan (Stratiform) meydana geldiği belirlenmiştir. Aynı şekilde klasik olarak adlandırılan yağışlar, genellikle konvektif bulutlardan meydana gelmektedir. Bununla beraber hem konvektif bulutlardan hem de tabaka şeklindeki bulutlardan oluşan bulut kütlelerinden de yağışların görülebilmesi mümkündür. Burada gözden kaçırılmaması gereken nokta, her ne kadar yağışlar bulutlar ile ilgili olsa da bu ilişki, temelde matematiksel temellerden yoksundur. Bu nedenle istatistiksel olarak elde edilen bu bilgiler, kesinlikle özel coğrafik yapı, mevsimsel veya sinoptik durumlara göre değerlendirilmelidir.

YAĞIŞ ÖLÇÜMLERİ İÇİN KLASİK SİSTEMLER

Fiziksel olarak arzu edilen detaylar ile ve istenilen doğrulukla yağış datasını ölçebilmek oldukça güçtür. Bunun temel nedenlerinden biri de yağış olayının çok geniş bir alan içinde meydana gelmesi ve bu alan içinde yağış olayını gözleyebilecek şebekenin yeterli sıklıkta olamamasıdır. Bugün için bu temel problem, az yada çok dünyanın bütün ülkelerinde mevcuttur.

Klasik gözlem şebekesi ile yapılan gözlemler, uydular ile yapılacak gözlemlerin ne kadar gerekli ve yararlı olduğunu anlamamıza yardımcı olmaktadır. Özellikle yurdumuzda yağış ölçümleri sadece mekanik yağış ölçüm sistemleri ile yapılmaktadır. Bu tip sistemleri kullanan ülkelerin temel problemleri ise ülkenin topoğrafik yapısına bağlı olarak yağış ölçüm sistemlerinin konumu, sistemlerin rüzgar alma durumu ve bunlardan daha önemlisi bu sistemlerin dizayn edilmesi problemleri olarak özetlenebilir. Ülkemizde özellikle dağlık alanlar olarak kabul edilen Karadeniz bölgesinde ve Doğu - Güneydoğu Anadolu bölgesinde hem kullanılan yağış ölçüm sistemleri hem de bu sistemlerin konumu konusunda büyük problemler

yaşanılmaktadır. Zaman zaman yağışlar nedeniyle meydana gelen taşkın ve seller yine arazi yapısına bağlı olarak yetersiz yağış ölçüm sistemleri nedeniyle zamanında tahmin edilemediği gibi araziye düşen toplam yağış hakkında da doğru bilgi elde edilememektedir. İlk bakışta mekanik yağış ölçüm sistemlerinin sayısını arttırılabilmek mümkün gibi görünse de bunların bakımını ve işletimini yapabilecek yeterli insan gücünün oluşturulabilmesinin verimlilik ve işletme açısından uygun olmadığı anlaşılır.

Şu anda yağış ölçüm sistemlerinde yeni bir devir olarak kabul edilen radar ile yağış ölçüm sisteminde bile bazı sınırlamaların olduğunu kabul etmek zorundayız. Her ne kadar Doppler Radar teknolojisi ile bazı problemler minimize edilse de şehirleşme neticesi oluşacak yansımalar, radar sinyal kalibrasyon problemleri ve diğer bazı teknik problemler nedeniyle bazı zorluklar yaşanılmaktadır. Bununla birlikte Doppler radarlar yağış ölçümü konusunda en kullanışlı sistemlerdir.

Klasik yağış gözlem sistemlerinin dezavantajlarından birisi de, ölçümü yapılan datanın istenilen çabuklukta istenilen merkezlere iletilmemesidir. Halbuki uydu dataları global yağış gözlemi konusunda en hızlı bilgiyi sunabilen tek kaynaktır.

Her ne kadar klasik yüzey gözlem şebekesinin sayısız sınırlandırması mevcut ise de uydu datalarının kalibrasyonu ve yeni sistemlerin test edilmesi için bu sistemlere ihtiyaç vardır. Ne kadar emin olursanız olun uydu datalarını ancak yüzey dataları ile karşılaştırdıktan sonra kullanabilirsiniz.

YAĞIŞIN GÖZLENMESİ İÇİN MEVCUT UYDU SİSTEMLERİ

Uydu sistemleri, sadece yağış tahminleri için kullanılan sistemler değildir. Yağış ölçümlerinde kullanılan sensörler kutupsal yörüngeli ve geostationary uydulardaki scanning radyometrelerdir. Diğer bir alet olan dikey profilli radyometre nem sondajlarını sağlar. Yağış ölçümleri, yağışa dönüşebilecek su miktarından hesaplanabilmektedir. Bununla birlikte bu konu halen ön araştırmalar safhasındadır ve henüz doğrulanmamıştır.

Yağış çalışmalarını içeren ve en yaygın olarak kullanılan dalga boyu bantları:

1- Visible(VIS): Genellikle 0.5-0.7 mikrometre arasındaki dalga boylarındaki radyasyon gözlenir. Bu spektrum aralığından elde edilen datalar albedoya dayanan datalardır. Yüksek oranda yansıtıma sahip yüzeyler Visible görüntülerde parlak alanlar olarak gözlenir. Bununla ilgili bilgiler Tablo 1 içinde tanımlanmıştır.

2- Infrared(IR): 3.5-4.2 ile 10.5-12.5 mikrometrelik değerlere sahiptir. Infrared görüntü dataları sıcaklık ile ilgili olduğu için bulut analizi ve yağış ile ilgili gelişmelerin analizinde kullanılabilir. Farklı bulut yüksekliklerinin farklı sıcaklık değerlerine sahip olması nedeniyle bulutların yüksekliklerinin belirlenmesinde de Infrared görüntüler kullanılmaktadır.

3- Mikrodalgalar: 0.85-1.55 cm'lik band içinde yer alırlar. Bu spektrumda bulutları tespit edebilmek mümkün olmasa da bulutlar içerisinde yer alan yağış alanlarını tespit edebilmek mümkündür. Kara yüzeylerinin çok kuvvetli olarak radyasyonu geri yansıtması nedeniyle mikrodalga dataları denizler üzerindeki alanlarda kullanılmaktadır. Mikrodalga radyometreleri radyasyon ile yağış arasındaki ilişkiyi IR, VIS kanallarına göre çok daha doğrulukla verebilmektedir.

UYDULAR İLE YAĞIŞIN İZLENMESİ

1960 yılında uzaya atılan ilk meteoroloji uydusu TIROS 1 ile bulut tipleri ile ilgili olarak ilk bilgileri elde etmek mümkün olmuştur. Bulutların yapısı, parlaklığı, boyutları; bulutların belirlenebilmesi ve yağış haritalarının yapılabilmesi için oldukça önemlidir. Bulutların parlaklıkları; reflektivitelerine, kalınlıklarına, bulut içerisindeki likit su miktarına bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle bütün parlak bulutların yağış oluşturmayaacağı, bunlara ilave olarak konvektif özelliklerinin de göz önüne alınmasının gerekli olduğunu belirtmek zorundayız. Çok büyük konvektif aktivitenin olduğu alanlar uydu görüntülerinde parlak bulutların olduğu alanlar olarak ortaya çıkar. 1967 yılında ATS sabit yörüngeli meteoroloji uyduları ile özellikle tropikal bulutların sebep olduğu yağışların belirlenebilmesi mümkün olabilmıştır. Bu tip uydu görüntüleri ile ilk defa ardışık olarak görüntülerin elde edilebilmesi mümkün olmuştur. Bunun neticesinde tropikal Cb bulutlarının diğer konvektif bulutlardan ayırd edilebilmesi için kriterler oluşturulabilmıştır.

Cb bulutlarının örs yapılarına bakarak Cb bulutlarından meydana gelebilecek yağışlar hesap edilebilmektedir. Örs yapılarından başka diğer önemli bir faktör de IR diliminde ölçülen bulut tepe sıcaklıklarıdır. Araştırmalar göstermiştir ki yağışlar hem parlak hemde soğuk bulutlardan meydana gelmektedir.

Günümüze kadar farklı amaçlar için farklı spektrumlarda uydu gözlemleri yapılmasına imkan tanıyan teknolojilerin geliştirilebilmesi mümkün olabilmıştır. Bu konu ile ilgili bilgiler Tablo 2'de gösterilmiştir. Bütün yağış ölçüm metodları, zaman ve/veya alan bazında klasik gözlem şebekesi tarafından sağlanamayan ve eksikliği duyulan dataları sağlamak amacını hedeflemektedir.

Dünyadaki global olarak yağış miktarını rutin hesaplayabilecek herhangi bir metod henüz mevcut değildir. Bizlerin bu noktada tercih ettiği yöntem, ihtiyaçlara göre en uygun metodu seçmeye çalışmaktır. Araştırmalar neticesinde uygun metod olarak tercih edilen başlıca iki metod ortaya konulmuştur. Bunlar Bulut Indexleme ve Life History metodlarıdır. Her iki metod da IR ve VIS uydu datalarına dayanmaktadır.

INDEXLEME TEKNİĞİ, zamandan bağımsız bir tekniktir. Yağış bulutlarının tanımlanmasına, oluşum sıklıklarının sayı olarak belirlenmesine ve alan olarak yağış ölçümleri esasına dayanmaktadır. LIFE HISTORY tekniği ise demet halinde bulunan konvektif bulutlar veya bireysel konvektif bulutlardaki parametrelerin değişiminin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Her

iki yöntem, bulut-yağış ilişkisinden elde edilen istatistik katsayıları kullanarak yağış miktarı hesaplamaya çalışmaktadır. Bu konuda Applied Climatology Laboratory of the Department of Geograpy, University of Bristol, UK, ve Application Group of the National Environmental Satellite Service (NESS) of NOAA, Camp Springs, Maryland, USA'da önemli çalışmalar yapılmaktadır. IR/VIS datalardan yağış hesaplayabilmek için fonksiyon olarak en kısa formda aşağıdaki ifade verilebilir.

$$R = a + f(I , \Delta I, @ , A(I), \Delta A / \Delta t, \dots)$$

Burada: R= Düşen yağış miktarı,
I= Yoğunluk parametreleri (Sıcaklık, Parlaklık),
A= Alan,
@= Variance.

Diğer bir ifade ise:

$$R = a + g \sum_i a_i x f_i$$

Burada: g= Diğer kaynaklardan elde edilen bir değer,
a_i= Sabit bir katsayı,
f_i= Bağımsız değişken.

BULUT İNDEXLEME METODLARI

Bu metod geniş klimatolojik bölgelere uygulanmaktadır. Zaman olarak bir ay veya daha uzun, alan olarak 250 km veya daha geniş bir değer aralığına sahiptir. Bu metod özellikle çok geniş alanlarda real-time dataya ihtiyaç duyulduğu zaman kullanılır. Bu tip uygulamalarda çok komplike olan Life History tekniklerine ihtiyaç yoktur. Bununla birlikte günlük sirkülasyonun konvektif yağışlarda etkisinin çok fazla olduğu durumları ayrıca değerlendirmek gereklidir.

Özellikle yerleşime açılmamış büyük kara alanlarında indexleme yoluyla düşebilecek yağışları hesaplamak mümkün olabilmektedir. Bunun için öncelikle lokal şartların çok iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Yüzey lokal şartlarıyla kalibrasyonu yapılmadan bu metodlar kullanılırsa ciddi problemlerle karşılaşılabilir. Indexleme tekniği hemen hemen her gün ürün şartlarını belirleyebilmek amacı için kullanılan bir yöntemdir. Bununla birlikte nispeten karmaşık software ve hardware sistemlerine gereksinim duyulmaktadır. Indexleme metodları için bir grid, uydu görüntüsünde süperempose edilmiştir. Nümerik değerler veya indisler, her biri önceden saptanmış olan grid karesine tahsis edilir. Bu gibi indisler çoğunlukla bulut tipiyle ve her grid karesi içindeki bulut tabakasıyla ilişkilidir. Bu indisler bulut tipinden beklenen yağış yoğunluğu ve olasılığı esasına göre belirlenir. Sinoptik hava durumu ve lokal arazi etkileri için indislerin düzeltilmesinde ilave faktörler kullanılabilir. Bu şekildeki indisler bir çizelge veya regresyon diyagramı vasıtasıyla seçilerek yağış tahmini verilir.

En çok kullanılan, bazı zamandan bağımsız bulut indexleme yöntemleri:

-Montreal/Mc Gill (Bellon et al,1980)

- CEDDA (Arkin,1979)
- Hawaii (Kilonsky and Ramage,1976)
- NESS/CEAS (Follansbee,1973)
- BRISTOL (Barrett,1981)
- CROPT (Merritt,1976)
- NESS (Whitney and Herman,1979)

BRISTOL YÖNTEMİ

Bulut indexleme metodunu temsil etmesi nedeniyle Bristol metodu ile ilgili olarak detaylı bilgi verilmesine çalışılacaktır. Bu metodun ana başlıkları şu şekilde belirlenebilir:

- Doğru ve Tam olarak düşen yağış miktarının belirlenmesini sağlamak,
 - Yağış dataları ile ilgili olarak özel ihtiyaçları da kapsayacak şekilde operasyonel metodlar geliştirmek,
 - Klasik data kaynağı olarak GTS Global Telekomünikasyon Sistemlerinden SYNOP mesajlarından yararlanmak,
 - Operasyonel uygulamalarda her türlü hava şartlarında uygulanabilir olmasını sağlamak,
 - Hardware ve Software olarak bağımsız olmak,
- Bristol metodu, yağışın zamana bağlı olarak hesaplanmasını şu şekilde ifade eder:

$$R = f(c, i(A))$$

Burada: R= Belli bir periyotta hesaplanan yağış,
A= Enlem,
C= Bulut alanı,

Bristol metodu hem manuel olarak hem de interactive formda kullanılabilir. Sulama amaçlı çalışmalarda 18.5 km'lik grid alanlarında uygulamaları yapılmıştır. Aynı şekilde su kaynaklarının kontrolü, çöl çekirgelerinin izlenmesi ve ürün tahmin çalışmalarında da aynı grid değerleriyle uygulamaları yapılmıştır.

Bu çalışmalarda, grid kareleri GTS istasyonlarını da kapsıyacak şekilde ölçüm birimleri (Gauge Cells) ve GTS istasyonları olmaksızın Uydu birimlerinden (Satellite Cells) oluşmuştur. Daha sonra üzerinde çalışılan alan morfolimatolojik olarak bölünmüştür. Daha sonra ise, Bulut Index/Gözlenmiş yağış regresyon diyagramlarından bulut indexlerinin yağış hesaplamalarına dönüştürülmesi sağlanır.

Regresyon diyagramları genellikle üzerinde çalışılan alanlara bağlı olarak özel hazırlanır. Bununla birlikte son yıllarda Global regresyon diyagramları çeşitli klimatolojik bölgelerden elde edilen bilgilere dayanılarak oluşturulmuştur.

Bristol metodunda hem Visible hemde Infrared uydu görüntüleri kullanılmaktadır. Bir grid karesi birden fazla yağış bulutunu içine aldığı zaman en çok iki önemli farklı yağış bulutu dikkate alınır ve grid karesinin bulut index sonucu onların toplamı olarak değerlendirilir. Bu teknik kutupsal yörüngeli uydulardan data alımında da kullanılır. Son zamanlarda bu tekniğin sabit yörüngeli uydu datalarında kullanılabileceği öne sürülmüştür.

Bristol Metodunu kısaca iki temel aşamalı tanımlayabiliriz. Birinci aşama, seçilmiş bir zaman periyodu süresince seçilmiş herhangi bir alan için bulut indexi veya düşen yağış katsayısını elde edebileceğimiz bir eşitliğin oluşturulmasıdır. Bu katsayı veya index uydu görüntülerindeki bulutluluk alanlarının özelliklerine bağlı olarak elde edilmektedir. İkinci aşama, raingauge gözlemlerinden elde edilen yağış ile bulut indexi arasındaki ilişkiden yola çıkarak uygun regresyon diyagramlarının kullanılmasını gerektirir. Bu nedenle bu metod, uydu bulut görüntüleri ile yağış ölçüm datalarının birleştirildiği bir metoddur. Raingauge dataları çok spesifik lokal bir alanı temsil etse de çok doğru ölçümler vermektedir. Uydu dataları ise çok geniş bir alandaki tüm bulut dağılımlarını vermekle birlikte quantatif olarak yağış hesabı yapmak oldukça güçtür. Çünkü yağış miktarlarındaki çok büyük bir değişim görünüşte birbirinin aynı olan bulut alanlarından meydana gelir. Bristol metodu ile gözlenen bulut ve gözlenen yağış ilişkisinden yola çıkarak gözlenen bulut ve yağış ölçümü yapılamayan alanlardaki ilişkiyi bulmak mümkün olabilmektedir. Şekil 1'deki diyagram bu tekniği tanımlamaktadır.

ESOC YAĞIŞ İNDEKSİ

Avrupa Uzay Ajansı 1985 yılında Meteosat datalarının kullanıldığı bir bulut indexini geliştirmiştir. Bu indexin formülasyonu, yağış oranlarıyla bulut tepesi efektif siyah cisim sıcaklığı (effective black body temperature) ilişkisine dayanılarak geliştirilmiştir. Bu ilişki, nispeten global ölçekli olması nedeniyle ilgi görmüştür. Burada temel yaklaşım " yüksek konvektif bulutlardan daha fazla yağış meydana gelir " şeklindedir ve belli bir sıcaklık değerinin üstündeki sıcaklıklara sahip olan bulutlardan oluşabilecek yağışlar hesaplanmaktadır.

Bu index ile global olarak çıktı alabilmek için, daha önce NOAA uyduları için kullanılan bir metod ile mukayasesi yapılmaktaydı. Daha sonraları ise ESOC'da üretilen diğer ürünlerde olduğu gibi azda olsa bir insanın müdahalesini gerektiren yeni bir metod geliştirildi. Çok basit bir formülasyona sahip olan bu index $PI = T * A / B$ şeklindedir.

Burada : T = Zaman (Tüm dataların toplandığı zaman dilimi).

A = Segment içindeki pixel sayısı (32*32) ile belli bir sıcaklık değerinin üzerinde olan IR kanal Brightnest Temperature değerleri.

B = Tüm segment içindeki toplam pixel sayısı (Bu sayı 1024 olarak alınmaktadır).

ESOC çalışma alanı olarak " 40 S/N , 50 E/W ve 1.5 * 1.5 derecelik alanlar seçilmektedir. ESOC yağış indexinin önemli özelliklerinden birisi de, yağış olayında nemlilik büyük önem taşımasından dolayı METEOSAT Su Buharı kanalının da göz önüne alınmış olmasıdır. Bu indexin çok kısa periyotta geçerliliğinin az olduğunu belirtmeliyiz.

LIFE HISTORY METODLARI

Life History Metodları zamana bağımlı metodlardır ve Sabit yörüngeli uydularda kullanılır. Özel olarak konvektif bulutlardan düşebilecek yağışların hesaplanabilmesi amacı ile geliştirilmiştir.

Life History teknikleri yüzeydeki yağış hesaplamaları için bulutların tüm yaşama safhalarında izlenmesini ve tanımlanmalarını gerektirmektedir. Aynı şekilde bu teknikler kuvvetli fırtınalar içindeki yağış alanları ve yoğunluk alanlarının belirlenmesinde çok olumlu sonuçlar verir. Bu özelliklerinden dolayı Taşkın ve Sel amaçlı olarak kullanılabilmesi mümkün olmaktadır. Bu durumda yağış hesaplamalarında iki önemli faktör söz konusudur. Bunlardan birisi doğru bir konumlama, diğeri de sürekli görüntü alınmasıdır.

Orta ölçekli hava olaylarının çok çabuk değişmesi nedeniyle, zamansal ve yersel rezulasyon önem arzeder. Life History teknikleri hem manuel hemde interactive formlarda olabilir. Hadley ve Griffith metodlarında olduğu gibi tamamen objektif formda da olabilmektedir. Büyük ölçekli çalışmalarda, bilgisayar tekniklerine bağlı algoritmalar kullanılması durumunda, otomatik olarak bulutları izlemek ve tanımlamak mümkün olsa bile yöntem pahalı bir yöntemdir. Life History metodları arasında en çok kullanılan metodlar şunlardır:

Wisconsin (Stout et al, 1979)

ERL (Griffith, 1981)

NESS (Scofield-Oliver, 1977)

SCOFIELD - OLIVER TEKNİĞİ

Sabit yörüngeli uydulardan Infrared ve Yüksek Rezulasyonlu Visible görüntüler alınarak konvektif özellikli bulutlardan saatlik ve yarım saatlik yağış hesaplamalarının yapılabilmesini sağlayan bir tekniktir. Bu teknik özellikle yüksek tropopozda, tropikal hava kütleleri içinde oluşan derin konvektif sistemler ile ilgili olarak geliştirilmiştir. Bununla birlikte diğer alanlara da uygulanabilmesi amacıyla çalışmalar yapılmaktadır. Konvektif yağışların son derece karmaşık bir yapıda olması nedeniyle bu tekniğin kullanımında sınırlamalar mevcuttur.

Bu metod bulut özelliklerindeki değişimleri tanımlamak için ardışık olarak alınan IR görüntülerin birbiri ile kıyaslanmasını sağlar. Bulutların parlaklığı, bulut tepe sıcaklığı, bulut büyüklüğü ve yapısı yağış için temel kıstas noktalarını oluşturur. Bu metodla bir dizi sorunun cevabını almak mümkündür. Bunun için bulutların konvektif ve soğuk olup olmadıklarını tanımlamak gereklidir. Daha sonra Şekil 2'deki diğer elementler yardımıyla analiz ve yağış oranları tayin edilebilmektedir. Bu elementler bulutun büyümesi, yapısı, pozisyonu, Cb ve konvektif bulut hatları içinde olup olmamasıdır. 6 saatlik yağış yapısı bu şemayla tayin edilebilir.

Hali hazırda uydudan elde edilen yağış hesaplamaları ve konvektif sistemler ve tropikal sistemler için 3 saatlik yağış trendleri, NESDIS INTERACTIVE FLASH flood analyzer ile hesaplanmakta ve hava tahmin merkezleri ve nehir gözlem merkezlerine gönderilmektedir. Bu hesaplamalar ve trendler, hidrologist ve meteorologistlere yoğun yağış olaylarının gözlenmesi ve bunun neticesinde oluşabilecek olan tehlikeler için gerekli uyarıları yapma imkanı tanır.

Diğer Metodlar

Yağış hesaplamaları ile ilgili diğer metodlar, bulut modelleme metodları ve Bispectral metodlar olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilir.

BULUT MODELLEME METODLARI

Daha önce de değinildiği gibi bulut modelleme metodları son derece karmaşık metodlardır. Bulutların karakteristik özellikleriyle düşen yağış arasındaki ilişkiye dayanır. Bu teknikler özellikle tropikal hava kütleleri içindeki konvektif olayları araştırmak amacıyla kullanılır. Bu metod ile düşecek yağışı hesaplayabilmek için her şeyden önce mükemmel bir bulut fiziği bilgisine ihtiyaç vardır.

BISPECTRAL METODLAR

Bu metodlar, IR ve VIS görüntülerin aynı anda kullanılmasıyla, yağışın dağılımıyla ilgili olarak haritaların oluşturulmasını sağlar. VIS ve IR görüntülerin aynı anda kullanılmasıyla bulutlar hakkında daha detaylı bilgilerin elde edildiği bilinmektedir. IR sensörler indirekt olarak bulutların tepe noktalarının tespiti ve direkt olarak bulutların sıcaklıklarıyla ilgili bilgi verirken VIS görüntüler de bulutların kalınlıkları, geometrisi ve pozisyonu ile ilgili bilgiler vermektedir.

GELECEKLE İLGİLİ BEKLENTİLER

Yağış hesaplamalarıyla ilgili olarak son yıllarda üzerinde durulan yaklaşımlardan bir tanesi de çok değişkenli objektif analiz yöntemleridir. Bu yaklaşımın amacı, optimum çözüm için çok değişik kaynaklardan, radarlar, rain gaugeler, uydular, v.s. gibi, data alabilmek ve bunların yardımıyla sorunu çözebilmektir. Şu anda en uygun görünen çözümlerden bir tanesidir. Uydu görüntülerinin otomatik olarak yağış ölçüm sınıflandırması tekniği büyük potansiyel arz etmektedir. Bu tekniğin uygulaması, işlem süresinin önemli ölçüde azaltılmasını ve tutarlı sonuçlar alınmasını sağlar. Modelin kabul işleminin iki unsuru, eğitim ve sınıflandırmadır. Mevcut bilgiler, radar görüntüleri yardımıyla yağış sınıflandırması yapacak olan meteorolojistler tarafından değerlendirilir. Yağış sınıflarını belirleyen sınırlar özelliklerine göre belirlenir. Sınır bilgileri, her yağış sınıfının örneklerinden elde edilen özelliklerine uygulanır.

SONUÇ

Yağış tahminleri için VIS ve IR uydu tekniklerinin diğer metodlardan farklı olarak birkaç avantajı vardır. Real-Time uydu datası kullanılmak suretiyle mevcut uydu sistemlerinden pahalı olmayan yöntemlerle yararlanılması esasına dayanır. Daha önce de belirtildiği gibi VIS ve IR teknikler zaman ve yer ölçeğinde kutuplar hariç bir çok iklim bölgelerine uygulanmıştır.

Bu metodlarda temel zorluk, bulutların karakteristiklerinden gerekli bilgiyi elde edebilme problemidir. VIS ve IR sensörler yağışı değil sadece bulutları görür. Halbuki yağış bulutların içinde oluşan bir olaydır. Bu metodların diğer bir dezavantajı ise sabit yörüngeli uydu datalarının yüksek enlemler için kullanılmama problemleridir. Bu bölgeler için kutupsal yörüngeli uydulardan alınacak dataların da zaman olarak problemleri vardır. Tablo 3'de çeşitli IR ve VIS metodlar uygulamalarına göre sınıflandırılmıştır.

ÖRNEK ÇALIŞMA

Bu çalışma, METEOSAT IR dataları yardımıyla Cb bulutlarından oluşan yağışla ilgili bir metodu tanımlar.

TEMEL YAKLAŞIM

Bu çalışma İtalya Meteoroloji Teşkilatı tarafından ulusal amaçlarla yapılmıştır. Merkez alan olarak 256*256 pixellik bir alan üzerinde her 3 saatte data alınmıştır. Ayrıca ilgilenilen diğer alanlar için her 30 dakikada bir görüntü alınmıştır. Gece boyunca da bu metodun işlerliği olabilmesi için IR data ile çalışılmış ve gerekli ardışık görüntü seti oluşturulmuştur.

Başlangıçta çok basit bir korelasyon olarak bulut tepe noktası sıcaklıklarıyla yüzeyde gözlenen yağış alanları arasında bir ilişki gerçekleştirilmiştir. Akdeniz enlemlerinde bulut tiplerinin çok değişken olması ve orografi nedeniyle sonuçlar oldukça olumsuz çıkmıştır. Bu nedenle sadece konvektif yağışların olduğu Cb bulutları üzerinde çalışılması zorunlu olmuştur.

CB BULUTUNDAN YAĞIŞ HESABI:

Şekil 3'de gösterildiği gibi tropikal bölgeler için geliştirilmiş konvektif hücrelerin analizi metoduyla çalışılmıştır. Giriş datası, gözlenen bulut tepe yüzeyini ve en yakın radyozonde istasyonundan hesaplanan toplam yağışa dönüşebilecek su miktarını kapsamaktadır. Bu şekilde ortaya çıkan ilişki:

$$P = 0.9 W \frac{d(\log S)}{dt}$$

Burada: S= Gözlenen bulut yüzeyi,
W= Yağışa dönüşebilir su (mm),
P= Yağış oranı (mm/s).

Formülde gördüğümüz 0.9 katsayısı, yağışa dönüşebilecek su miktarının %90 olduğunu varsaymaktadır. Bu metodla alınan sonuçlar oldukça umutlandırıcıdır. Özellikle Cb bulutunun ilk gelişim safhasında ve bundan sonraki iki saat süresince olumlu sonuçlar alınmıştır. Daha sonraki sürelerde Cb bulutunda olan bozulmalar nedeniyle sonuçlar tatminkar olamamıştır.

En yakın radyozonde istasyonundan elde edilen düşen yağış değerleri, uydulardan hesaplanan yağış oranlarıyla karşılaştırılmış ve aralarında çok iyi uyum görülmüştür. Fakat ülkenin tamamı üzerinde toplanan suyun gözlenmesinde, yağış hesaplaması için bulunan ön sonuçlar Meteosat görüntüleriyle açıklanmıştır.

Geçmiş olaylardan düşen yağışın hesabı çok önemlidir. Bu hesaplamalar yağışın önceden tahmininden çok daha gereklidir. İyi havadan sonra oluşan bir karışıklık tehlike yaratmaz. Ancak sürekli yağış periyotlarından sonra oluşursa jeolojik yapıda, hidroloji ve tarımda kötü etkilere sebep olur. Bu yüzden, yağış olayından sonra 3-6 saatlik gecikme ile üretilen data da çok yararlı olabilir.

TABLO 1
Visible Görüntülerde Bulutların Karakteristikleri

Bulut Tipi	Ölçüsü	Biçimi	Shadow	Tone	Yapı
Cirriiform	Geniş tabaka veya bandlar, Yüzlerce Km Uzunluk, Onlarca Km genişlik	Bandlar, Çizgili veya sınırı belli değil	Özellikle bulutların altında uzanan düz bir hat	Açık gri beyaz, bazen yarı şeffaf	Uniform veya Lifli
Stratiform	Değişken	Değişken, dikey, bandlı, belirsiz veya topografyaya bağımlı	Cephesel sistemler haricinde nadiren görülür	Beyaz veya gri	Uniform veya çok üniform
Strato Kumülüform	Binlerce Km bandlar, Band veya tabaka şeklinde 3-15 Km genişlik	Caddeler, bandlar veya çok iyi tanımlanan marjinli parçalar	Rüzgarlar boyunca ince çizgiler halinde	Karalar üzerinde gri Denizler üzerinde beyaz	Düzensiz açık veya hücrese olarak değişir
Cumuliform	Görüntü rezulasyonunun daha düşük limitinden 5-15 Km'ye kadar yayılır	Doğrusal caddeler, düzenli hücreler veya düzensiz görünüm	Kule yapan bulutlar güneşin batan tarafında görülebilir	Gelişim derecesine bağlı olarak koyu griden beyaza doğru değişkendir	Beyaz, gri ve koyu grinin üniform olmayan değişik örnekleri
Cumulo Nimbus	Onlarca Km'ye yayılı ayrı bulutlar, Yüzlerce Km şeklinde parçalar	Hemen hemen yuvarlak ve iyi sınırlanmış veya bozulmuş, bir kenarı belirgin diğer kenarı yaygın	Genellikle halihazırda iyi gelişmiş bulutlardır	Belirgin olarak çok beyaz	Uniform, ana hücrelerden uzakta oldukça sık dağılmış Cirrus örs genişlemeleri

TABLO 2

Hali hazırda kullanılan uydu yağış gözlem metodları

Metod	Temel Uygulamaları	Uydu	Sensörler
Bulut İndexleme	Meteoroloji, Klimatoloji, Hidroloji, Ürün Tahmini	Kutupsal ve/veya Sabit Yörüngeli	VIS ve/veya IR

Life History	Şiddetli Fırtınaların Belirlenmesi, Meteorolojik Araştırmalar	Sabit Yörüngeli	VIS ve/veya IR
Bispectral	Meteorolojik Araştırmalar	Sabit Yörüngeli	VIS ve IR
Pasif Mikrodalga	Deniz Meteorolojisi	Kutupsal Yörüngeli	Mikrodalga
Aktif Mikrodalga	Bulut ve Yağış Araştırma, Tahmin	Kutupsal Yörüngeli	Uydu/Radar

TABLO 3

Yağış Klimatolojisi, Su Kaynakları ve Nehir Akışları

- Farklı çevre koşulları için bulut indexlemesi.
E.Barrett(Bristol Üniversitesi, İngiltere)
- Bulut Indexlemesi(Yüksek reflektiviteli bulut)
B.J.Kilonsky ve C.S.Ramage(Hawaii Üniversitesi)
- Bulut Indexlemesi(Soğuk bulut)
P.Arkin(İklim Analiz Merkezi, NWS/NOAA)
- Farklı çevre koşulları için Life History
C.Griffith ve W.Woodley(NOAA/ERL)
- Kuru çevre koşulları için Life History
R.Scofield ve V.Oliver(NOAA/NESS)
- Uydu ve Sinoptik değişkenler ile yağışın istatistiksel kurumu
L.Whitney ve L.Herman(NOAA/NESS)

Ürün Yoklaması ve Tahmini, Çekirge Kontrolü ve Kuraklık Tayini

- Farklı çevre koşulları için bulut indexlemesi.
E.Barrett(Bristol Üniversitesi, İngiltere)
- Bulut indexlemesi
W.Follansbee ve V.Oliver(NOAA/NESS)
- Bulut indexlemesi
E.Merritt(Dünya Uydu Şirketi)
- Bulut indexlemesi
D.Le Comte(NOAA/EDIS/CEAS)

Yağış ve Taşkın Tahmini İçin Orta Ölçek Analizleri

- Kuru çevre koşulları için Life History
R.Scofield ve V.Oliver(NOAA/NESS)
- Farklı çevre koşulları için Life History
G.Griffith ve W.Woodley(NOAA/ERL)
- Bulut modeli ile bulut indexlemesi
D.Wylie(Wisconsin Üniversitesi)
- Life History
D.Martin, D.Sikdar ve J.Stout(Wisconsin Üniversitesi)
- Süratle taranan Life History
R.Adler ve A.Negri(NASA)

Yağış Tahmini

- Radar ile Bispectral
S.Lovejoy ve G.Austin(Mc Gill Üniversitesi)
- Life History(Kasırgalar)
C.Griffith ve W.Woodley(NOAA/ERL)

ŞEKİL 1

HAZIRLIK AŞAMASI	OPERASYONEL AŞAMA
	T zamanı için kutupsal yörüngeli uydulardan yüksek rezulasyonlu data almak
Üzerinde çalışılan alanları uygun alt alanlara bölmek	Grid Haritaları ile Uydu görüntülerini üst üste çakıştırmak
Bulut tipi,alanı,uydu bulut indexine bağlı regresyon hesaplamaları ve gözlenen yağış için uygun ölçeği belirlemek	Tüm gözlem raporlarına göre seçilmiş hava gözlem durumlarına göre basit İstasyon modellerini oluşturmak
Yükseklikten dolayı oluşabilecek düzeltmeler için uygun ölçeği belirlemek	Yükseklikten dolayı oluşacak yağış gözlemlerinde düzeltmeler yapılması
	T zamanı için Grid alanlarında tüm yağış bulutları için bulut indexlerinin oluşturulması
	Her bulut alanı için gözlenen yağış miktarı ile bulut indexlerinin hesaplanması
	Regresyon diyagramları vasıtasıyla bulut indexlerinin yağış hesaplamalarına dönüşümü
	T zamanı ile " T-1 " zamanının yağış alanları için kıyaslamasının yapılması
	Yağış haritaları için birim zamanlık periyodun tamamlanması

ŞEKİL 2

Aktif Thunderstormlardan Yağış Hesaplanması

- Aşağıdaki ipuçları karar vermenize yardımcı olabilecektir:
- IR Sıcaklık gradyanları İstasyon civarında sıkışık ve Dikey rüzgar Shear ile birlikte Örs yapmış Thunderstormlar olması,

- Sıkışık ve Uniform bir IR sıcaklık gradyanı ile birlikte İstasyonun Örs Thunderstorm merkezi civarında konumlanmış olması ve bu durumda Dikey rüzgar Shear olmaması hali,
- Aktif bulut tepesinin İstasyonun hemen üzerinde olması hali,
- Örs Thunderstorm'un daha parlak ve/veya daha düzgün yapıda olabilmesi hali,
- Son iki resimin kıyaslanması ile; İstasyonun yarısının çok az hareket eden Örs thunderstorm'un altında kalması hali,
- Üst seviye dataları mevcut ise bu dataların yardımıyla 300 Mb seviye analizinde; Üst seviye rüzgarlarının bu seviye civarında son bulması hali,
- Alt seviye rüzgarlarının İstasyona doğru esmesi hali,
- İstasyonun bir hava radarı içinde olması hali,

YARIM SAATLİK YAĞIŞ HESAPLAMALARI

Bulut Büyüme Faktörü (IR))1/3			Değişim Oranı	En Soğuk Alanlar
)2/3	(2/3	(1/3		
Orta Gri (-32 ile -41)	0.25	0.15	0.10	0.95	T
Açık Gri (-41 ile -52)	0.50	0.30	0.15	0.10	
Koyu Gri (-52 ile -58)	0.75	0.40	0.20	0.15	
Siyah (-58 ile -62)	1.00	0.60	0.30	0.20	
Gri (-62 ile -80)	1-2.0	0.6-1.	0.3 0.6	0.30	
Beyaz (-80 ile -xx)	2.00	1.00	0.60	0.40	0.10

VEYA

DİVERJANS FAKTÖRÜ

(200 Mb ve IR data Analizi)

Orta Gri	Açık Gri	Koyu Gri	Siyah	Gri	Beyaz
0.15	0.30	0.40	0.60	0.60-1.00	1.00

IR DATA ÖRS THUNDERSTORM'U , 200 MB ANALİZİ İSE POLAR JET GİBİ RÜZGAR ANALİZLERİNDE YARARLIDIR.

2-Bulut tepe Faktörü(VIS - IR)

Orta Gri	Açık Gri	Koyu Gri	Siyah	Gri	Beyaz
0.50	0.45	0.40	0.30	0.30	0.30

BU DATA İÇİN VIS GÖRÜNTÜLER DAHA YARARLIDIR

3- THUNDERSTORM VEYA KONVEKTİF BULUT HATLARININ BİRLEŞMESİ FAKTÖRÜ

Karışımın olduğu alanlarda 0.50 ilave edilmeli

4- DOYMA FAKTÖRÜ

	O.GRİ	A.GRİ	K.GRİ	SIYAH	GRİ	BEYAZ
) 1 SAAT , (2 SAAT	0.20	0.20	0.20	0.20	0.30	0.30
) 2 SAAT	0.40	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50

5- YAĞIŞA DÖNÜŞEBİLECEK SU FAKTÖRÜ

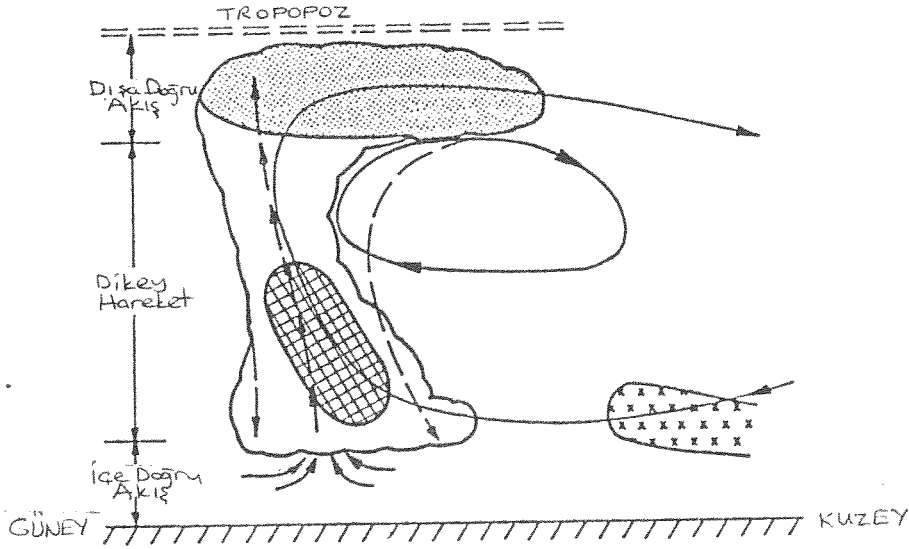
(Yüzey ve 500 Mb analizi ile)




TOPLAM YARIM SAATLIK KONVEKTİF YAĞIŞ (İNC OLARAK)

[(Bulut Tepe Yüksekliği ve bulut büyüme faktörü veya Diverjans Faktörü) + (Bulut Tepe Faktörü) + (Karışım Faktörü) + (Doymuş Çevre Faktörü)]

[(500 Mb ve Yüze arasında kalan Yağışa dönüştürülebilir su) + 1.5 (Standart yüze ile 500 Mb arası Yağışa dönüştürülebilir su)]

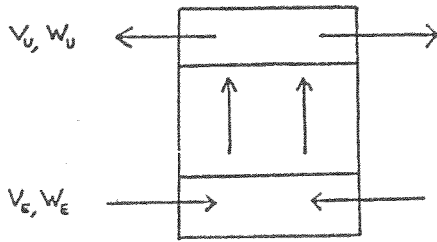
ŞEKİL 3



-  YOĞUNLAŞMA ALANI
-  CUMULUS ALANI
-  SİRRUS ALANI

GENİŞ BİR TROPİKAL CB ALANI BOYUNCA MERİDYONAL BÖLGE

İZOLE EDİLMİŞ CB'DEN OLUŞAN YAĞIŞ



- V_o = Dışa doğru hız.
- W_o = Çıkan havada yağışa dönüştürülecek olan su.
- V_e = İçe doğru hız.
- W_e = Giren havada yağışa dönüştürülecek olan su.

KAYNAKLAR

1. " Satellite Meteorology And Its Extension To Agriculture " Proceedings Of A Course Of The Regional Meteorological Training Centre Of The WMO ERICE, SICILY: 13-20 Kasım 1986
2. " 8th Meteosat Scientific Users' Meeting " NORRKÖPING, SWEDEN: 28-31 Ağustos 1990