

DERİN UZAY ARAŞTIRMALARINA UZAKTAN ALGILAMANIN KATKILARI

⁽¹⁾ Metin ALTAN, ⁽¹⁾ Hakan UYGUÇGİL, ⁽¹⁾ Nuri SOYDAN, ⁽¹⁾ Can AYDAY

⁽¹⁾ Anadolu Üniversitesi, Uydular ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü.

ÖZET

Günümüzde teknoloji ve bilim hızla gelişimini sürdürürken, uzay teknolojisinin bir çok yan ürünü günlük yaşantımızın standartlarını daha da yükseltmektedir. Bu sonuca ulaşmamızdaki en büyük rol ise hiç kuşkusuz değişik amaçlı uydulardır. Uyduların artan hassas veri toplama yetenekleri ve hızla geliştirilen uzaktan algılama teknikleri, sadece insan değil tüm canlı yaşamında etkili olan çalışmaların yapıldığı meslek dallarının uygulamalarına her açıdan katkıda bulunmaktadır.

Uzay çalışmalarının daha verimli yapılabilmesi ve yan ürünlerinin günlük teknolojik kullanıma indirgenebilmesi ise uzayı daha ayrıntılı tanımlayabilmek ile mümkündür. Bu amaçla yeryüzünden yapılan çalışmalar, atmosferik koşullardan dolayı yeterince verimli olamamaktadır. Uyduların teknolojisi bu aşamada etkin olarak kullanılabilir. Yörüngeye oturtulan uydular, dünya dışı çeşitli kaynaklardan gelen elektromanyetik dalgaları algılayarak toplamakta, depolamakta ve kullanıcılara çeşitli format tiplerinde ulaştırmaktadır. Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak bu veriler işlenmekte ve değişik yönleri ile evrenin tanımlanması daha ayrıntılı olarak yapılabilmektedir.

1. GİRİŞ

Uyduların teknolojisi ve buna paralel olarak gelişen uzaktan algılama çalışmaları, çok yakın bir geçmişte sahip olmasına karşın inanılmaz bir gelişim göstermiş ve çok geniş bir spektrumda uygulama alanı bulmuştur. Mimarlık, şehir ve bölge planlama, çevre düzenleme, jeoloji, maden, meteoroloji, ziraat, tarım, orman, balıkçılık, arkeoloji ve bunun gibi daha bir çok alandaki çalışmalara, değişik açılardan katkıda bulunan uzaktan algılama teknikleri, insanların bu alanlarda duyduğu gereksinimleri karşılayabilmek amacı ile geliştirilmektedir. Uzaktan Algılama çalışmaları, daha çok uydudan yer yüzeyine yönelik algılayıcıların, çalışma amacı kapsamındaki alan ve cisimler ile elektromanyetik dalga etkileşim sonuçlarını, toplayıp depolaması, kullanıma sunması ve değişik tekniklerin kullanılarak verilerin günlük yaşantıya aktarılması ile sınırlanmış düşünülmemelidir. Uzaktan algılama uygulamaları, dünya dışı kaynaklardan gelen elektromanyetik dalgaların analizinde de kullanılmakta ve uzayın yapısı ve kapsamındaki cisim ve bölgelerin ayrıntılı tanımlanmasını sağlamaktadır.

Uzaktan algılama, bir cisme dokunmadan o cisim hakkında bilgi edinebilme sanatıdır. Dolayısıyla uydudan uzaya yönelik algılama, analiz, modelleme yapabilme ve tanımlayabilme uygulamaları gerçek anlamı ile tam bir uzaktan algılama çalışması kapsamına girer. Çünkü bilinen yaşam formlarına sahip hiç bir canlının gidip analizini yapamayacağı cisimler, bölgeler ve kaynaklar hakkında, matematiğin de katkıları ile detaylı bilgi edinilebilmektedir.

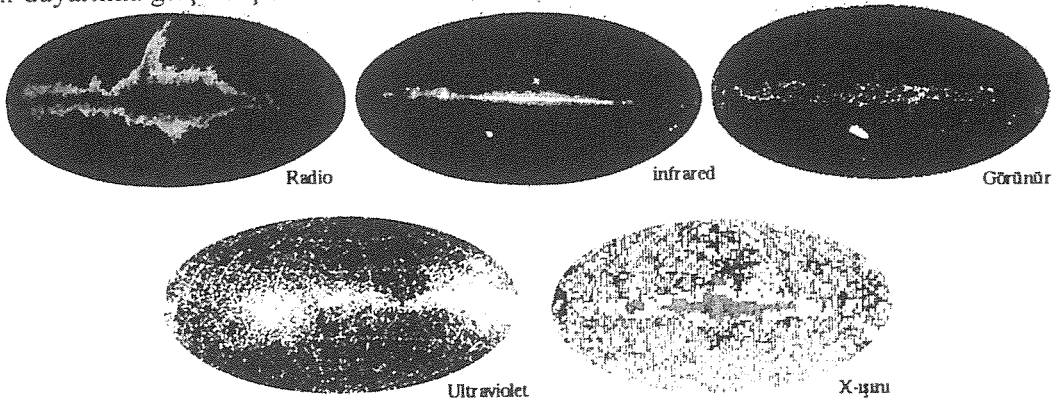
Uydudan yer yüzeyinin değişik amaçlara yönelik analizi ve modellenmesi, bir çok açıdan son derece önemlidir. Tarım ürünlerinin yıllık rekolte miktarının hesaplanması, orman ve bitki örtülerinin, maden sahalarının, jeolojik birimlerin haritalarının, deniz, akarsu ve çevre kirlilik haritalarının ve değişik amaçlı arazi kullanım haritalarının çıkarılması ve bunun gibi daha bir çok uygulama, uydudan yer yüzeyine yönelik algılama çalışmaları ile mümkün olmaktadır. Uydudan uzayın derinliklerine yöneltilen algılayıcıların amacı ise; insanlığın, yaratılışından bu yana beslediği merakı giderebilmek, yani evreni anlayabilmektir. Uzaklarda bir yerlerde olup bitenleri kurgu-bilim katkıları olmadan salt olarak pozitif bilim yelpazesinde analiz edebilmektir. Ticari hiç bir beklentisi olmayan bu çalışmaların temelinde, uzayı anlayabilmek ve buna paralel olarak da uzay çalışmalarının kapsamı ve uygulama alanlarının artmasını sağlamak yatmaktadır. Dolayısıyla uzay çalışmalarına paralel olarak yapılan tüm alanlardaki çalışmalar ve yan ürünlerin günlük teknolojiye aktarılma oranı da artmış olacaktır. Yaşantımızı kolaylaştıran teknolojiyi geliştirebilmemiz, uzayı ne kadar anlayıp tanımlayabildiğimize bağlıdır ve uydudan uzayın derinliklerine yapılan çalışmalar da en az yer yüzeyine yönelik yapılan çalışmalardan insan yaşamını etkilemektedir.

2. X_IŞINI UYDULARI

X_ışınları, oldukça yüksek enerjili fotonlardan oluşmalarına rağmen, atmosferin üst tabakalarında emilerek durdurulmaları nedeni ile, gözlemlerin atmosferin çok üst katmanlarında veya dışında yapılması gereklidir. Uydu teknolojisinin henüz gelişmediği yıllarda x_ışını gözlemleri, balon ve roketlere yerleştirilen dedektörler ile yapılmaktaydı. Ancak balonlar atmosferde yeterince yükseğe çıkamamaktadır. Bu nedenle x_ışını fotonlarının tümüne ulaşamazlar. Roketlerin ise uçuş ve veri toplama süreleri 10-15 dakika ile sınırlı olması nedeni ile yeterli gözlem süresi sağlanamaz. Bu nedenle ilk yıllarda gözlemsel x_ışını astronomisi verimli olarak gelişmemiştir. Bununla birlikte balon ve roket gözlemleri ile 60'lı yıllarda Crab, ScoX-1, CygX-1, CenX-2 gibi güçlü x_ışını kaynakları ve bu kaynakların yaydığı x_ışınlarındaki uzun dönemli, nova benzeri ve parlama biçimindeki değişimler gözlenebilmiştir. 60'lı yılların sonlarına doğru da radyo pulsarlar bulunmuştur.

İlk x_ışını gözlem uydusu olan UHURU, ABD tarafından 12 Aralık 1970'te fırlatılmıştır. Gözlenen x_ışını kaynaklarının sayısının ve gözlem duyarlılığının artması sonucu bu alanda önemli aşamalara gelinmiştir. Bunların başlıcaları x_ışını çift yıldızlarının dönemleri ve yapılarının çalışmaya başlanması; bazı kaynaklardan x_ışını pulsları, x_ışını örtülmeleri ve atmalardaki Doppler kaymalarının saptanması olarak sayılabilir. 1973 yılında veri göndermeyi kesinceye kadar Uhuru, 339 yeni x_ışını kaynağı bulmuştur.

Sonraki yıllarda uzaya bir dizi x_ışını uydusu gönderilmiştir. Bu uydulardan her biri, bir öncekine göre daha da gelişmiş ve gökyüzünün x_ışını görüntüsü gittikçe netleşmiştir (Şekil 4). Önce 1971'de İngiliz yapımı Ariel-V, ardından sırası ile 1974'de ABD-Hollanda ortak yapımı olan ANS, 1975'te yine ABD yapımı SAS-3 ve OSO-8, 1977'de de HEAO-1 uyduları yörüngeye yerleştirilerek gözlenen kaynak sayısında büyük artışlar ve verilerin nitelik ve duyarlığında önemli gelişmeler sağlanmıştır. Bu uyduların ortak özelliği, dedektör yapım ve gözlem ilkelerinin benzer olması idi. 13 Kasım 1978'de yörüngeye yerleştirilen HEAO-2 veya daha yaygın olarak bilinen adı ile Einstein uydusu ise 58 cm'lik x_ışını teleskopu ve gelişmiş kamera özellikleri ile uzak x_ışın kaynaklarının neredeyse resmini çekebiliyordu. Diğer dedektörler ancak 100 keV enerjiye kadar inebilirken, Einstein'ın teleskopu 0.25-4 keV enerji aralığındaki fotonları da algılayabiliyordu. 3 açılı saniyesi ayırma gücüne sahip olması, Einstein'ın kendinden önceki dedektörlerden 1000 kez daha duyarlı olduğu anlamına geliyordu. Süpernova kalıntılarının x_ışını görüntülerinin elde edilmesine önem verildiği Einstein uydusu, uzak galaksilerden gelen x_ışınlarını da gözledi. 1983 yılında Avrupa Uzay Ajansı (ESA), ilk Avrupa uydusu olan EXOSAT'ı uzaya gönderdi. EXOSAT ile değişen x_ışın kaynaklarının periyotları ölçüldü. Düşük kütleli x_ışın çift yıldızları ve yarı-periyodik salınımlar incelendi. Süpernova kalıntılarının ve yıldız kümelerinin x_ışınları bölgesindeki tayfları elde edildi. EXOSAT'ın düşük enerji teleskopunun enerji aralığı 0.04-2 keV aralığına duyarlıdır. X_ışını kaynaklarına ilişkin zaman analizleri 10 mikrosaniye gibi büyük bir duyarlıkla gerçekleştirilebilmektedir.

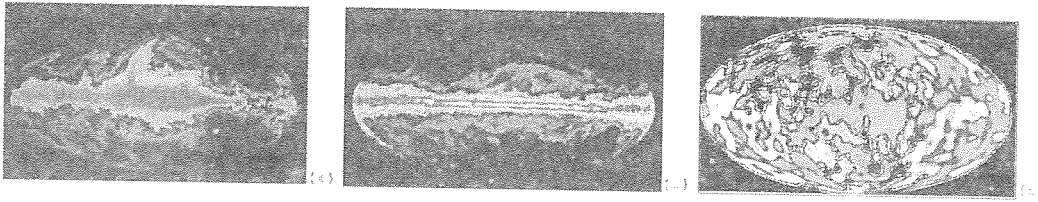


Şekil 1. Değişik dalga boylarında gözlenebilen gökyüzü görünümü.

1987 yılında Japon uydusu Ginga ve Rus yapımı Quant uzaya fırlatıldı. Ginga'nın özelliği, o güne kadarki en büyük dedektörler dizisini taşıması idi. Bilindiği gibi 1987 yılı, son yıllardaki en önemli süpernova patlaması olan Büyük Macellan Bulutu'ndaki 1987A süpernovasının patlamasına da sahne olmuştur. Süpernovadan kaynaklanan x_ışınları hemen hemen aynı anda iki uydu tarafından da gözlenmiştir. 1989 yılında Rus uydusu Granat fırlatıldı. Açılma ayırma gücü 13 açılı dakikası olan Granat,

35-1300 keV aralığını kapsayan 95 enerji aralığında gökyüzünün x_ışını görüntüsünü alabiliyordu. Alman-Amerikan-İngiliz ortak yapımı olan ROSAT'da 1990 yılında yörüngeye yerleştirildi. 1987 yılında uzay mekiği ile yörüngeye fırlatılması planlanan ROSAT'ın programı 1986 yılındaki Challenger faciası nedeni ile ertelenmiş, fırlatma daha sonra Delta II roketi ile gerçekleştirilmiştir. Rosat'ın asıl amacı bir x_ışını teleskopu aracılığı ile tüm gökyüzünü taramaktır. Bu tarama sırasında her sınıftan 100.000 yeni x_ışın kaynağı bulundu. X_ışını teleskopunun odağına yerleştirilen yöne duyarlı dedektör'ün açısal ayırma gücü 25 açı saniye; yüksek ayırma güçlü kameranın açısal ayırma gücü ise 3.7 açı saniye civarındadır. ROSAT'ın, nokta x_ışını kaynakları yanısıra diğer hedeflerin de süpernova kalıntıları, beyaz cüceler, karadelik adayları, kuasarlar ve galaksi kümeleridir. 1993 yılında Japon uydusu (ASCA) fırlatıldı. Bu uydunun özelliği CCD (yük bağlamalı dedektör) kullanılan ilk uydu olmasıdır.

Geleceğe dönük olarak planlanan x_ışın uydularının başında ABD'nin hazırladığı XTE ve Rusya, Danimarka, İngiltere, Almanya ve İtalya'nın yapımında katkıda bulunduğu Spektrum-X Gamma sayılabilir.



Şekil 2. COBE tarafından gözlenen değişik amaçlı gökyüzü haritası.

Uydu teknolojisinin gelişimine paralel olarak algılanabilen evrenin değişik dalgalı boyundaki görüntüsünün hassasiyeti giderek artmaktadır. Uyduların sahip olduğu dedektörlerin elektromanyetik dalga algılama spektrumlarına göre evrenin radyo, infrared, görünür, ultraviyole ve x_ışını bölgelerindeki haritaları çıkarılmaktadır (Şekil 1). Sıcaklık dalgalanmaları mikrok Kelvin mertebesinde olmak üzere, tüm gökyüzü haritası COBE tarafından gözlenerek kısmen çıkarılmıştır. Bu dalgalanmalar yaklaşık milyonda 5 parçacık olup evrenin oluşumundaki, tahminen 15 milyar yıl önceki başlangıcı göstermektedir (Şekil 2-c). Farklı dalga boyundaki bir başka görüntüde ise, doğal hidrojen galaktik düzleme synchrotron radyasyon kaynaklarından daha yakın olduğundan, siyah ve koyu mavi renkler küçük hidrojen yoğunluklarını, kırmızı ve beyaz renkler ise büyük hidrojen yoğunluklarını göstermektedir (Şekil 2-b). Baskın synchrotron radyasyonu altındaki gökyüzü görüntüsü 73-cm dalgalı boyu 408 MHz'de belirlenebilmiştir (Şekil 2-a). Galaktik koordinatlardaki bu harita Samanyolu düzleminde yatay olarak görülür. Galaksinin magnetik alan çizgilerinin elektronları; galaksi düzlemi ve galaktik düzlemin üzerine uzanan "surp" içinde görülen, synchrotron radyasyonuna sebep olurlar. 500 ışık yılı uzakta bulunan merkez üzerindeki kuzey kutup spur'u, yaklaşık 300.000 yıl önceki bir süpernova artığıdır. Bir çok gözlemci ve araştırmacı tarafından derlenerek gerçekleştirilen bu haritadaki bazı kaynaklar, geri plan galaksileridir (Zeilik, 1985).

3. TANIMLANABİLEN BAZI KAYNAKLAR

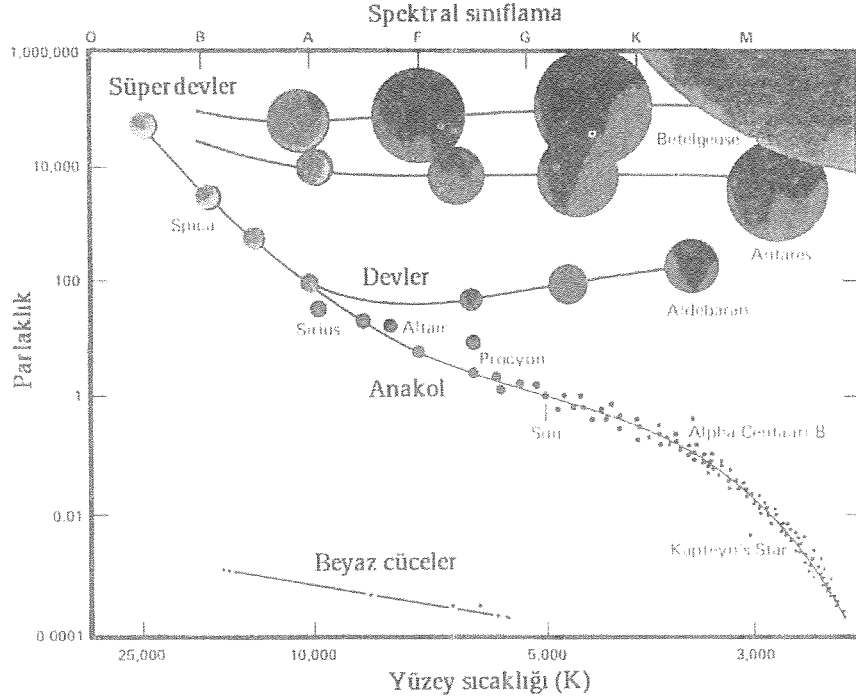
Yıldızlardan hiç birisi bir diğerine tıpatıp benzemez. Ancak farkları ayırt edilip sınıflandırıldıklarında özellikleri belirlenebilmiştir. Yıldızlar da tıpkı canlılar gibi doğar, yaşar ve ölürler. Yaşamları boyunca değişik renk ve parlaklık değerlerine sahip olurlar. Hertzsprung-Russel (H-R) diyagramı yardımı ile yıldızların evrimleri standart bir prensip ile incelenebilmektedir (Şekil 3). Tıpkı periyodik tablonun kimyacıların elementleri temel karakterlerine göre sıralamalarına yardımcı olması gibi, H-R diyagramı da yıldızların temel özelliklerine göre ayrılmasını sağlar.

H-R diyagramı, iki temel yıldız özelliği olan parlaklık ve renk değerlerini baz alarak değerlendirilir.

(i) Yıldız parlaklığı bir yıldızın yaydığı ışık miktarıdır, örneğin; en parlak yıldız, en sönük yıldızın yüz yılda yaydığı ışığı bir saniyede yayabilmektedir. Güneşin parlaklığı bu iki aşırı uç arasında canlı yaşamı açısından çok hassas bir dengede bulunmaktadır. H-R diyagramında en parlak yıldız en tepede, sönük yıldız en altta yer alır.

(ii) Renk, H-R diyagramında kullanılan bir diğer yıldız özelliği olup, bir yıldızın ne kadar soğuk veya sıcak olduğunu gösterir. Yıldızların renkleri mavi ve beyazdan sarı, turuncu ve kırmızıya kadar

değişir. Mavi ve beyaz yıldızlar genelde 7500-50000 derece sıcaklık değerlerinde olduklarından sıcak, sarı yıldızlar genelde 5000-7000 derece sıcaklık değerlerinde olduklarından ılık, turuncu renkli ve kırmızı yıldızlar genelde 2000-5000 derece sıcaklık değerlerinde olduklarından soğuk olarak sınıflandırılırlar. Bu renk değerleri yıldızların yaşları ile ilgilidir. Tıpkı ısıtılan metalin önce kırmızı, sonra sıcaklık artışına paralel olarak turuncu, sarı ve beyaz renkli olması gibi (Malin, Murdin, 1984).



Şekil 3. H-R Diyagramı.

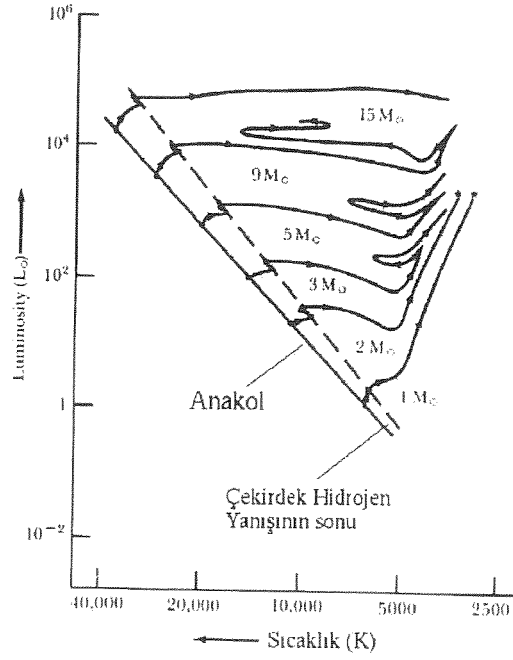
H-R diyagramında sıcak mavi yıldızlar sol tarafta, ılık sarı yıldızlar ortada ve soğuk kırmızı yıldızlar sağ tarafta yer alırlar. Yıldızların çoğu sol üst köşeden (parlak ve mavi) sağ alt köşeye (soluk ve kırmızı) köşegensel olarak uzanan bir band üzerinde bulunurlar (Şekil 3). Yıldızların %90'ı bu band üzerinde olduğundan anakol adını alır. Anakoldaki yıldızlar ne kadar parlak ise o kadar mavidirler. Bunun nedeni, her anakol yıldızı, merkezinde hidrojen çekirdeklerini kaynaştırıp helyuma dönüştürerek aynı şekilde enerji yaymasıdır.

Anakol yıldızlarının parlaklık ve renklerinin farklılaşmasının nedeni yıldızların kütlelerinin farklı olmasıdır. Bir ana dizi yıldızının kütlesi ne kadar büyük olursa, yıldız merkezi o kadar sıcak olur ve hidrojen o kadar hızlı kaynaşır. Böylece yıldız o kadar sıcak ve parlak olur. Yıldızın yaşamı ve sonu kütlesine bağlı olarak değişir, H-R diyagramında zamana bağlı olarak farklı konumlarda bulunur (Şekil 4).

En çok bulunan anakol yıldızları H-R diyagramının sağ alt köşesinde yer alan kırmızı yıldızlardır ve bunlara kırmızı cüceler denir. Galaksideki yıldızların %70'ini temsil eden bu yıldızların sayıları diğer yıldızların toplamından daha fazladır.

Daha kütleli yıldızlar daha fazla hidrojen yakıtına sahip olurlarsa da bu yakıtı daha hızlı tüketirler ve kısa sürede ölürlür. Çünkü kütle çekim kuvvetinin (iç) reaksiyon kuvveti (dış) ile dengede olmasını sağlamaya çalışan yıldız, büyük kütleli olduğu için sahip olduğu kütle çekim kuvvetini dengelemek için hidrojenini helyuma çevirecek reaksiyonu çok daha hızlı gerçekleştireceğinden çok daha çabuk yakıtını tüketecek ve ölecektir (Goldberg, Scadron, 1981).

Her anakol yıldızı bir gün merkezindeki hidrojeni tüketir. Bu aşamada yıldız merkezi dışındaki hidrojeni yakmaya başlar ve böylece artık bir anakol yıldızı olmaktan çıkar. Yıldız genişler ve soğur, H-R diyagramında sağa doğru kayar ve aynı zamanda daha parlak hale gelir. Daha sonra diyagramın yukarı bölgesine kayar ve dev veya süper dev olur (Şekil 4).



Şekil 4. Yıldız Kütlelerine göre H-R diyagramı.

Devlerin ve süper devlerin çoğu sarı, turuncu veya kırmızı olup ılık veya soğukturlar. H-R diyagramında sağ üst köşede yer alırlar. Çekirdeklerindeki tüm hidrojeni tüketmiş olarak kısa sürede helyum, karbon, neon, oksijen, silikon ve sülfür füzyonuna başlarlar. Bunların son ikisi demir haline gelmek üzere füzyon geçirir. Fakat demir daha ağır elementleri meydana getirmek üzere füzyon geçirmez ve o noktada bir süpernova olarak patlar. Normalde süpernova Tip II olarak sınıflanır ve bu da patlayan yıldızın tayfında hidrojen görünmesi anlamına gelir. Hidrojen yıldızın dış atmosferinden gelir. Ancak kütleli bir yıldız patlamadan önce bu hidrojen atmosferini kaybedebilir. Bu aşamada yıldız Tip Ib süpernovası olur ve tayfında hidrojen görünmez. Bir yıldız hem hidrojenini hemde helyumunu (helyum yıldızın daha derinlerindedir) kaybedebilir. Bu durumda patlayan yıldızın tayfında bu elementlerin hiçbiri gözlenmez ve süpernova Tip Ic olarak isimlendirilir. Süpernovalar oksijen ve demir gibi ağır elementleri galaksiye fırlatırlar.

Süpernovanın ardından, yıldızın kalıntıları küçük fakat yoğun bir küre halinde çöker. Yıldızın proton ve elektronlarının çarpışıp nötronlar oluşturması ile nötron yıldızları oluşur. Bir diğer alternatif ise çöken yıldızın karadelik olarak yaşamını sonlandırmasıdır. Işığın bile bu yapılardan kaçamadığı düşünüldüğü için H-R diyagramında gözlenmezler fakat çevre ile etkileşimlerinden yapısal özellikleri belirlenebilmektedir.

Yıldızların bir çoğu sekiz güneş kütlelerinden daha büyük bir kütle ile doğmadıkları için süpernova aşamasından geçemezler. Doğal olarak bir dev haline geldiğinde, helyumu yakarak karbon ve oksijen haline dönüştürür. Yıldızın uzaya fırlatılmaya başlanan dış atmosferinde dengesizlikler oluşur. Yıldızın sıcak çekirdeği ortaya çıkar ve fırlatılan atmosferi kızartır. Bu aşama bir teleskop ile incelendiğinde gezegen diskini andırdığı gözlenir. Bir süre sonra son derece sıcak bir yıldız ortaya çıkar. Ancak yıldız en sıcak ve en mavi ana dizi yıldızının çok solunda kaldığından H-R diyagramında görülemez. Çok kısa bir süre sonra soğur ve söner. H-R diyagramında anakolun altında beyaz cüce olarak yeniden ortaya çıkar (Swihart, Akyol, 1970).

4. X İŞİN KAYNAKLARI

Kütle aktarımı yapan x ışını çiftlerinde manyetik alan şiddeti yaklaşık 10^{12} gauss civarındadır. Dünyamızın manyetik alanının sadece 1 Gauss civarında olduğu düşünülürse bunun büyük bir manyetik alan şiddeti olduğunu görülür. Nötron yıldızının çekim kuvveti ile nötron yıldızına akan madde, nötron yıldızının manyetik kutuplarında birikir. Ulaşılan sıcaklık yaklaşık 10^7 K kadardır. Bu yüksek sıcaklıkta termodinamik dengede ısınan madde x ışını yaymaya başlar. Nötron yıldızı her dönüşünde bir yada iki kez, ısınan kutuplarından x ışını göndermektedir. Tıpkı, karanlık bir ortamda yatay olarak dönen bir fenerin ışığını her turda bir kez algılayabildiğimiz gibi. Eğer çift taraflı bir fener kullanılırsa her turda iki

kez ışık algıladık. Manyetik alanı kuvvetli olan nötron yıldızlarından gelen x_ışınları da bu yüzden periyodiktir. Bu periyodiklik ışın kaynağının bir imzası gibi karakteristik özelliğini yansıtır.

Ancak her x_ışını kaynağı böyle bir yapıya sahip değildir. X_ışınları dünyanın atmosferinden geçemediklerinden gözlenmeleri için bir uydu ile algılanmaları gereklidir. Uydu ile gözlenen x_ışınları geldikleri zamana göre kaydedilirler. Burada önemli olan nokta; uydu bir yörünge üzerinde hareket etmektedir, nötron yıldızı da kendi eş yıldızı etrafında yörüngededir. Dolayısıyla veriler hareketli sistemler tarafından gözlenmiştir. Analiz yapılırken önce verilerin geliş zamanlarını Dünya, uydu ve Güneş'in yarattığı kütle merkezine taşımak gerekmektedir. Kütle merkezine göre düzeltilmiş veriler analiz edilebilir konumdadır. "zaman serisinde" ölçülmesi gereken en önemli olgu nötron yıldızının dönme periyodudur. Bu periyot, verinin üzerinden çok sayıda frekans değeri olan harmonikler geçirilerek bulunabilir. Ya da veri daha önceden tahmin edilen periyotlar serisiyle katlanarak tek bir puls yapısı bulana kadar taranır ve hassas bir periyot ölçümü yapılabilir. Bugüne kadar ölçülen x_ışını kaynaklarında nötron yıldızlarının periyotları 0.069-835 saniye arasında değişmektedir. Ancak bu periyotların da zaman içinde değiştikleri gözlenmiştir. Bu kaynakların üzerine kütle aktarılmaktadır. Yörünge dönmesi nedeni ile oluşan Coriolis kuvveti nötron yıldızının üzerine tek yönlü bir açısal momentum vermektedir. Bu durumda zaman içinde kaynağın periyodunun kısalması (dönme hızının artması) gerekmektedir. Bazı kaynaklar uzun sürede yavaşlar ve yavaşlama hızlarını sık sık ve rasgele değiştirerek yavaşlamaya devam ederler. Bu yavaşlama sırasında genel olarak x_ışını ışınım şiddeti çok fazla değişmez.

Yıldızlar arası ortam yaklaşık 1 keV'den yüksek enerjili x_ışınlarına (x_ışını fotonlarına) duyarlıdır. Kullanılan x_ışın teleskopları bu x_ışın fotonlarına duyarlı bir yapıya sahiptir. Gözlem sistemleri, dalgaboyu $\lambda=10\text{\AA}$ 'den küçük x_ışın fotonlarının çeşitli ortamlar ile etkileşmesinden yararlanılarak çalışmaktadır (Kaufmann, 1991).

Bu etkileşimler şu şekilde özetlenebilir;

Yüksek enerjili fotonlar herhangi bir ortamdan geçerken, ortamda bulunan serbest elektronlar ile çarpışarak enerjilerinin bir kısmını elektronlara aktarırlar. Bu olaya Compton etkileşmesi denir. Çok sayıda çarpışma sonucu bütün enerjisini elektronlara aktaran foton ortam içinde tutulmuş olur. Ortamda bulunan atomlar, çarpışma sırasında bir elektronun serbest kalması için gerekli bütün momentumu alabilirler. Fotonun enerjisinin bir kısmı elektronu atomdan ayırmak için kullanılır, kalan enerji elektronun kinetik enerjisidir. Atom genellikle karakteristik Lyman ışınması yaparak eski durumuna döner. Bu olaya Fotoelektrik olay denir. Ortamda uygun gaz molekülleri ve bir elektrik alan varsa, gelen x_ışını fotonları tarafından ortam içinde yaratılmış ikincil elektronlar, enerjilerini ortamı iyonize ederek (yani atomlardan başka elektronlar ayırarak) kaybederler. Ortaya çıkan yeni elektronlar da bir tutucu anot tarafından toplanır. Bu arada pozitif iyonlar da diğer elektrot (katod) tarafından tutulur. Ortamdaki anot-katod arası voltaj yeteri kadar yüksek tutulursa, ortaya çıkan ikincil elektronların sayısı, gelen x_ışını fotonunun enerjisi ile orantılı olur. Yine ortam içine giren fotonlar enerjilerinin bir kısmını kristal atomlarını uyarıma harcarlar. Kristalin uyarılmış elektronları bu durumda kalamayarak normal durumlarına dönerken genellikle morumsu (400 Å civarı dalga boylarında) floresans ışınması yaparlar. Bu gelen ışınımın karakteristik özelliklerini yansıtması açısından ayırt edici bir özellik olarak kullanılmaktadır.

Eğer gelen x_ışını fotonları uygun bir yarıiletken ortama girerlerse, foton enerjisi yarıiletken içinde soğurularak, elektron-hole çifti oluşur. Gaz içinde negatif ve pozitif yüklü parçacıkların, uygulanan elektrik alanında serbest olarak hareket etmelerine benzer şekilde; yarıiletken içinde de elektronlar ve hole'ler hareket ederek yerleştirilen elektrotlara doğru giderler. Bütün bu olaylarda ortak ilke, x_ışını fotonlarının herhangi bir uygun ortama belirli enerjilere sahip bir uyarı vermesidir. Daha sonra bu uyarılar değerlendirilir ve sınıflandırılarak gelen x_ışın fotonunun enerjisi, geliş zamanı ve yönü bulunabilir.

Enerji ve zaman; kullanılan dedektör tipi ve birlikte çalışan elektronik kontrol ünitesinin özelliklerine göre kolayca hesaplanabilir. Görüntüleme ise fotonun uzayın hangi noktasından geldiğini, yani gelen fotonun koordinatlarını bulmayı gerektirir. Bu durumda tek başına dedektör yeterli olmaz; bu dedektörün bir kolimatör veya optik teleskopa benzer özel teleskop ile birlikte kullanılması gerekir.

5. X_İŞİNİ GÖZLEMLERİ

İnsan gözünün algılayabildiği foton enerji değişimleri sınırlıdır. Yaklaşık 1/24 saniyeden daha kısa süreli foton değişimlerini algılayamaz. Ayırt edilebilen en düşük enerjili fotonlar kırmızı; en yüksek olanları da mor fotonlardır. Teknolojinin gelişimine paralel olarak, doğal gözün görme spektrumundan

daha kapsamlı bir yelpazede elektromanyetik dalgaboyunu algılayabilecek yeni algılayıcılar geliştirilmiştir. Bu algılayıcılar, kızılötesi ışınım ve radyo dalgaları gibi daha düşük enerjili fotonları, yada morötesi, x ve γ ışınları gibi daha yüksek enerjili fotonları algılayabilecek kapasitededir. Yanyana dizilmiş mikro algılayıcılarla oluşturulan ve görüntü oluşturabilme özelliğine sahip olan elektronik araç (CCD) ile x ışını gözlemlerinde son derece kullanışlı veri tipleri elde edilebilmektedir.

CCD'ler, fiziksel açıdan optik teleskoplardan farklı yapıya sahip olan x ışını teleskoplarının odak düzlemlerinde kullanılmaktadır. Odak düzleminde oluşan görüntü x - y düzlemine oturtulursa, görüntünün farklı noktaları, farklı mikroalgılayıcılar tarafından algılanacaktır. Görüntünün algılanmasının yanısıra gelen fotonun enerjisi ve geliş zamanı, temas ettiği mikroalgılayıcıların konumundan bağımsız olarak belirlenebilmektedir. Gözlenen uzay bölgesinden gelerek CCD üzerinde görüntü oluşturmaya katkıda bulunan her foton için, düştüğü mikroalgılayıcının CCD üzerindeki x ve y koordinatlarına bakarak, uzaydan geldiği doğrultuyu; mikroalgılayıcıya bakarak enerjisini (E) ve teleskobun içerdiği mikrosaniye duyarlılığındaki uydu saatiyle geliş zamanını (t) saptamak mümkündür. İlk x ışını teleskoplarından farklı olarak CCD kullanımı ile x , y , z ve t değişkenlerinin hepsinin aynı anda ölçülmesi mümkün olmaktadır.

Bilgisayar ekranın x ve y koordinatında belirlenen renkte bir nokta oluşturularak, ekrandaki noktaların x ve y koordinatı, CCD mikroalgılayıcısının x ve y konumuna indirgenir. Ancak fotonun geliş zamanı ve enerjisi de kullanılması gereken diğer parametrelerden ikisidir. Bilgisayar ekranlarında, her renge karşılık gelen bir sayı aralığı saptanır. CCD'yi oluşturan her mikroalgılayıcıya gözlem boyunca ne kadar x ışını fotonu düştüğünü hesaplayarak karşılık gelen renk belirlenir. Bilgisayar ekranında mikroalgılayıcının CCD üzerindeki konumuna karşılık gelen x ve y koordinatlarına, bu mikroalgılayıcı üzerine düşen foton miktarının karşılık geldiği renkte bir nokta konur. Bu işlem CCD'yi oluşturan tüm mikroalgılayıcılar için tekrarlanırsa bilgisayar ekranında gözlenen alanın x ışını dalga boylarında bir görüntüsü oluşturulmuş olur. Ekrandaki renk dağılımını inceleyerek, uzayın ortama göre daha fazla foton üreten bölgeleri, diğer bir değişle x ışını kaynakları görsel olarak algılanabilir. Belirli bir nokta etrafında yoğunlaşan foton dağılımı incelenerek x ışın kaynağının CCD üzerindeki konumu, buna bağlı olarak da gök küre üzerindeki konumu saptanabilir. Belirli bir kaynağın CCD üzerindeki görüntüsünü oluşturan toplam foton sayısı da hesaplanabildiğine göre, bu sayıyı gözlem süresine bölerek cismin birim zamanda ne kadar x ışını fotonu ürettiği de bulunabilir. Benzer görüntüyü, gelen her fotonun enerjisini kullanarak oluşturmak da mümkündür. Her mikroalgılayıcının üzerine düşen foton sayısı yerine, bu fotonların enerji toplamları aynı şekilde değerlendirilerek, belli bir zaman aralığında gelen toplam enerjinin ya da saniyede gelen enerji akışının gözlenen uzay bölgesi dağılımı görülebilir.

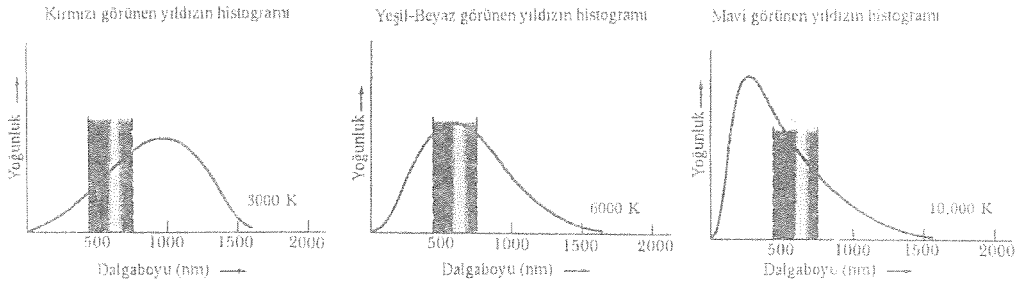
Oluşturulan görüntü üzerinden seçilen bir x ışını kaynağına ait fotonların enerjiye karşı foton sayısı grafiği kullanılarak, tayfsal çalışmalar yapılabilir, ışınım değişimi ölçülebilir. Gerekirse sadece belli bir enerji analizindeki x ışını fotonlarının dağılımı ve nereden geldikleri incelenebilir. Bütün bu yöntemlerle gökyüzünde gözlenen bölgedeki farklı x ışını kaynakları ya da geniş bir alanda algılanan bir kaynağın farklı kısımlarının fiziksel özellikleri incelenebilir (Alpar, Kızıloğlu, 1994).

6. YILDIZLARIN RENKLERİ VE TAYF TİPLERİ

Işık kaynağının tayfı (ışınımın dalgaboyuna göre dağılımı) kaynağın önemli bir özelliğidir. Sıcak bir katı, sıvı, yada yüksek basınç altındaki gaz sürekli tayf'a sahiptir. Yani bütün dalgaboylarında ışınım yaparlar. Basıncı çok yüksek olmayan sıcak bir gaz ışınımı, (yalnızca belli dalgaboylarında) parlak çizgi tayfı verir. Bu dalgaboyları gaz maddesinin karakteristik özelliğidir (yani imzasıdır).

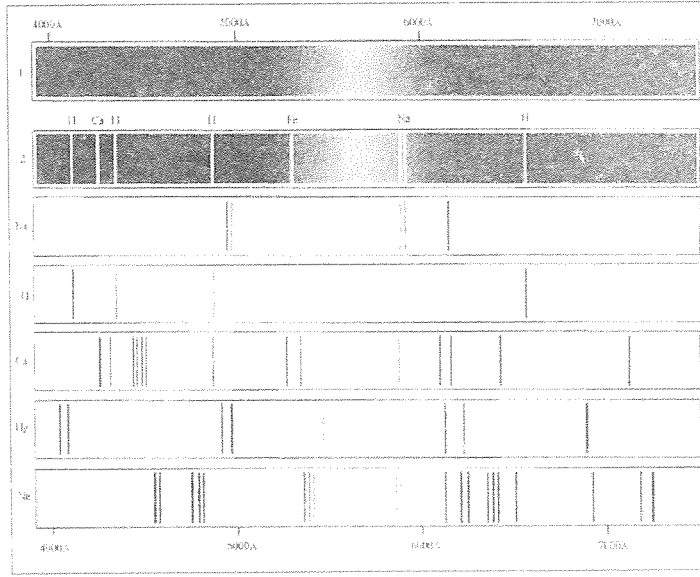
Eğer sürekli ışınım yapan bir kaynağın ışığı bir gaz içinden geçirilirse, gazın çizgileri sürekli tayf üzerinde görülür. Gaz sürekli tayf kaynağından daha sıcaksa çizgiler yörelerine göre parlak salma çizgileri, gaz kaynaktan daha soğuk ise çizgiler yörelerine göre daha sönük soğurma çizgileri olacaktır. Bu siyah çizgilere soğurma (Fraunhofer tayfı) denir.

Her yıldızın kendine ait yoğunluk-sıcaklık bazında karakteristik eğrisi vardır. Bu histogramın görünür bölgedeki karakteristiği, yıldızın yaşı ile orantılı değişen baskın rengini belirler. Dalgaboyuna karşı yoğunluk bazında çizilen histogramlar, yıldızın rengi ile yüzey sıcaklığı arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Şekil 5).



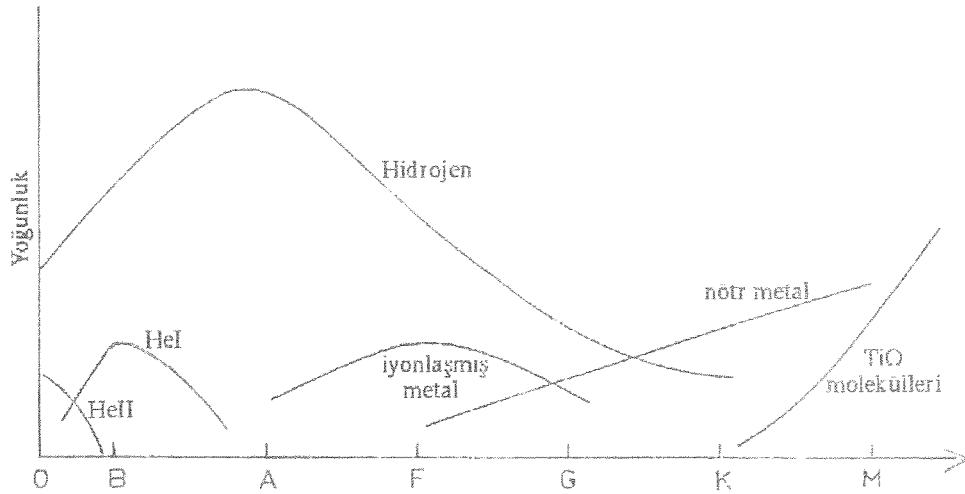
Şekil 5 Dalgaboyuna karşı yoğunluk histogramları.

Farklı renklerdeki yıldızlar farklı sıcaklıklara sahip oldukları ve sıcaklık, farklı atom tiplerini farklı şekilde etkilediği için, astronomlar bir yıldızı, onun tayfını belirleyen atomları ve molekülleri inceleyerek sınıflandırabilirler. Örneğin beyaz yıldızlar hidrojen nedeni ile güçlü tayf çizgilerine sahiptirler. Güneş gibi sarı yıldızlar ise, kalsiyum nedeni ile güçlü çizgilere sahiptirler. Işın kaynağı spektrumunun analizi ile, dalgaboylarının gösterdiği karakteristik özelliklere göre içerdikleri maddeler tespit edilebilmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Işın kaynağından gelen elektromanyetik ışımın dalgaboyuna göre içerdiği maddelerin bulunması.

Farklı tayf türlerindeki yıldız grupları, yapısal içerik olarak farklı maddelere sahiptirler. Bu maddeler yoğunluğa karşı yıldız tipleri grafliğinde açıkça görülebilmektedir. Her yıldız, yoğunluğu ve yaşı ile orantılı olarak belirli zamanlarda değişik miktarlarda maddeler içerir (Şekil 7).



Şekil 7. Yıldızların içerdikleri maddelerin yoğunluk ve zamana göre değişimleri.

Astronomlar yıldızları yedi ana tipe bölmek üzere yıldız tayflarını kullanmışlardır. Bu tipler ve özellikleri şu şekilde özetlenebilir;

O; Çok nadir bulunan bu grup, 20000-35000 K arasında değişen yüzey sıcaklık değerlerine sahip olduğundan en sıcak ve en mavi olan yıldızları içerir. Görsel tayf bölgesinde iyonlaşmış helyum, yüksek mertebeden iyonlaşmış silisyum ve azota ilişkin bir kaç çizgi görülebilir. Hidrojenin Balmer çizgileri de kolayca görülebilir. İyonlaşmış atomların tayfında He-II, CIII, NIII, OIII, SiV, HeI kuvvetli, HI zayıf pikler verir.

B; O tipi yıldızlardan biraz daha soğuk olmalarına rağmen diğerlerinden sıcak ve mavidirler. Nötr helyum iyonlaşmış helyumun yerine geçer. Bir maksimum değere eriştikten sonra geç B sınıflarında gözükmeyecek şekilde azalır. O yıldızlarındaki elementlerin daha alt iyonlaşma düzeylerindeki Balmer çizgileri geç B sınıfında çok kuvvetlidir. Mavi-beyaz renge sahip olan bu yıldızların yüzey sıcaklıkları yaklaşık 15000 K'dir. Tayflarında HeII çizgileri yok olmuştur. B2'de ise HeI güçlü pik verir. HI çizgileri gittikçe güçlenirken, OII, SiII ve MgII çizgileri görünür hale gelmektedir.

A; Galaksimizin ışığına önemli katkılarda bulunan A tipi yıldızlar beyazdır. Erken A sınıflarında hidrojenin Balmer çizgileri hakimdir. Bir kez iyonlaşmış metal çizgileri oldukça kuvvetlidir. Görülen çizgi sayısı geç A sınıflarına doğru artar. Yaklaşık 9000 K yüzey sıcaklığına sahip bu yıldızlar genelde beyaz renge sahiptir. HI çizgileri tayfta hakim durumdadır ve AO'da güçlenmektedir. HeI pikleri uzun süre görülemediğinden nötr metal çizgileri ortaya çıkar.

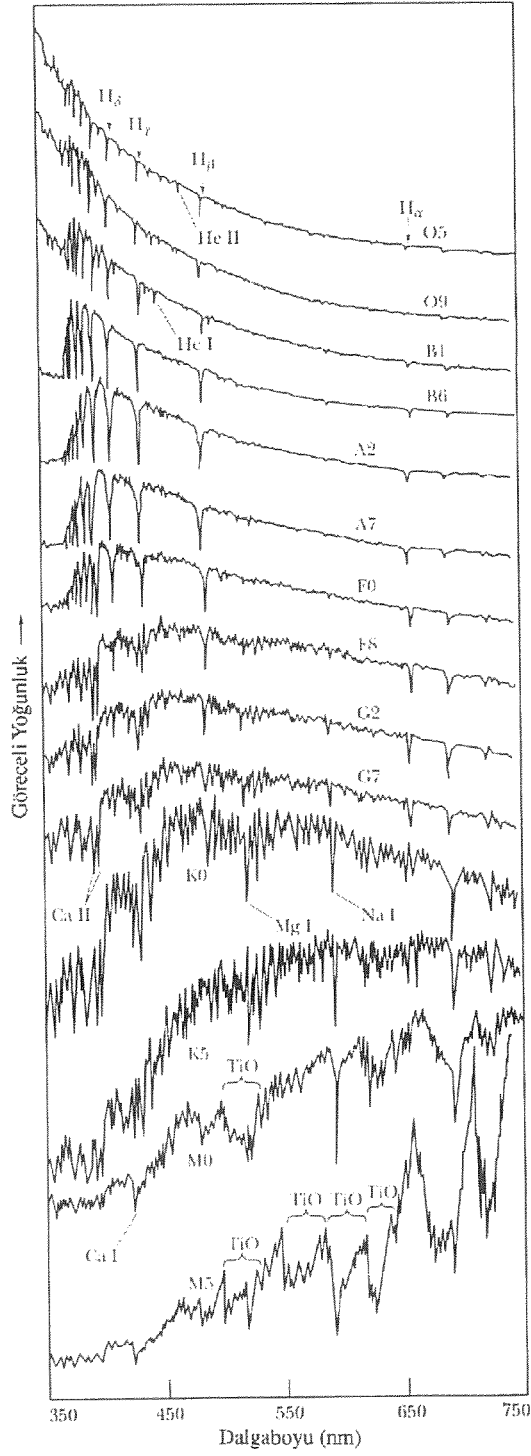
F; Yaklaşık 7000 K yüzey sıcaklığına sahip F tipi yıldızlar sarı-beyaz renge sahiptirler. Balmer çizgileri diğerlerine göre daha zayıf, fakat yine de fark edilebilecek kadar kuvvetlidir. Nötr metallerin arttığı ve iyonlaşmış metallerin daha zayıfladığı görülür. Tayf, genç sınıflara doğru daha karışıktır. HI pikleri zayıflarken CaII pikleri güçlenir. Buna paralel olarak FeI, FeII, CaII ve TiII gibi bir çok metal gittikçe güçlenir.

G; Yaklaşık 5500 K yüzey sıcaklığındaki, Güneş'i de içeren bu tayf türü yıldızlar ılık ve sarıdır. Balmer çizgileri zayıfladığı halde, iyonlaşmış kalsiyumun H ve K çizgileri en kuvvetlidir. Tayf nötr ve iyonlaşmış metal çizgilerinden meydana gelir. CaII pikleri güçlenirken HI pikleri sürekli zayıflar. Bu aşamada metal pikleri giderek güçlenir.

K; Yaklaşık 4000 K yüzey sıcaklığına sahip sarı-turuncu renkli K yıldızları güneşten daha soğuktur. Tayfta nötr metal çizgileri çok kuvvetlidir. Geç K sınıflarında titanyum oksit bantları ve Balmer çizgileri görülmektedir. CaI gittikçe güçlenirken TiO bantları ise K5'de görünür duruma gelir.

M; Yaklaşık 3000 K yüzey sıcaklığına sahip Bu yıldızlar soğuk ve kırmızıdır. Titanyum oksit bantları tayfa hakimdir ve nötr metaller de çok kuvvetli pik verirler. CaI ise 423 nm'de çok belirgindir. M4'den soğuk yıldızlar için, TiO tarafından soğurma çok şiddetli olduğundan sürekliliğin sağlanması çok zordur (Pasachoff, 1993).

Işın kaynağı tayflarında görülen karakteristik pikler, her madde için sabit bir yapıya sahiptir. Kaynağın tayfında gözlenen bu karakteristik pik, o maddenin imzası olarak yorumlanır (Şekil 8).



Şekil 8. Yoğunluğa karşı dalgaboyu grafiği ve karakteristik pikler.

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Uzaktan Algılama çalışmaları iki farklı doğrultuda yapılmaktadır.

- (i) Yörüngedeki uydulardan, yer yüzüne yönelik dedektörlerden alınan veriler ile yapılan çalışmalar,
- (ii) Yörüngedeki uydulardan, uzaya yönelik dedektörlerden alınan veriler ile yapılan çalışmalar.

Yeryüzünde bulunan gözlem sistemleri, atmosferik koşulların etkilerinden dolayı hassas ve kapsamlı veri toplayamamaktadırlar. Gelişen teknolojiye paralel olarak, yörüngeye oturtulan uydulara yerleştirilen algılayıcılar sayesinde giderek daha hassas ve kapsamlı veriler toplanabilmektedir.

Bir çok açıdan prensip olarak benzer teknikler kullanılarak, verilerin işlenmesi sonucunda, değişik amaçlarda analiz ve modellemelerin yapılması sağlanmaktadır. Uzaktan Algılama teknikleri kullanılarak hiçbir cihazın ulaşamayacağı bölgelerin ve cisimlerin analizleri ve modellemeleri yapılabilmekte ve daha detaylı olarak evrenin yapısı ve içeriği tanımlanmaya çalışılmaktadır.

Evreni daha ayrıntılı anlayabilme, beraberinde teknolojik gelişmelerin ve uzay çalışmalarının daha verimli olmasını getirmektedir. Bu çalışmaların günlük kullanım teknolojilerine indirgenmesi sayesinde ise insanlığın yaşam standardı çok daha hızlı bir şekilde artacaktır.

8. KAYNAKLAR

Ampar, M. A., Kızıloğlu, Ü., 1994, Spektrum X_Gamma Uydusu, Bilim Teknik Dergisi, Sayı 319, s. 6-17, TÜBİTAK.

Goldberg, H. S., Scadron, M. D., 1981, Physics of Stellar Evolution and Cosmology, s. 390, Gordon and Breach, Science Publishers, Inc., New York, NY 10016.

Kaufmann, W. J., 1991, Universe, s. 648., W. H Freeman and Company New York.

Malin, D., Murdin, P., 1984, Colors of the Stars, Cambridge University Press.

Pasachoff, J. M., 1993, Astronomy From the Earth to the Universe, s.635., Saunders Golden Sunburst Series.

Swihart, T. L., Akyol, M. Ü., 1970, Astrofizik ve Yıldızlar Bilgisi, s. 320, Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No:30.

Zemk, M., 1985, Astronomy: The Evolving Universe, s. 494, Harper&Row, Publishers, New York.