

# XMM-NEWTON X IŞINI UYDUSU İLE GÖZLENMİŞ BEŞ TANE İKİLİ GALAKSİ KÜMESİNİN YAPISAL ANALİZİ

**Burcu BEYGU<sup>1</sup>, Murat HÜDAVERDİ<sup>1</sup>, Nihal ERCAN<sup>1</sup>**

*1- Boğaziçi Üniversitesi, Fizik Bölümü, Bebek, 34342, İstanbul*

*e-posta: [burcu.beygu@boun.edu.tr](mailto:burcu.beygu@boun.edu.tr)*

## Özet

Galaksi kümeleri evrendeki en büyük ölçekli yapılardır. Bu nesnelerin gözlemleri evrendeki madde dağılımı ve miktarı hakkında önemli bilgiler verir. Galaksi kümeleri'nin X ışını gözlemleri, "Küme İçi Gaz" (KİG) hakkında detaylı analiz yapılmasını sağlar. Bu çalışmada XMM-Newton X Işını uydusunun gözlemlerinden yararlanılarak beş tane kırmızıya kayması düşük olan (yakın uzay) İkili (çift çekirdekli) Galaksi Kümesi' nin: Abell 3705 ( $z=0.0895$ ), Abell 2440 ( $z=0.0906$ ), Abell 2933 ( $z=0.0925$ ), Abell 3888 ( $z=0.1529$ ), Abell 115 ( $z=0.1930$ ) XMM Newton veri analizi yapılmıştır. Sıcaklık ve metal haritaları çıkarılarak bu kümelerin detaylı yapısal analizleri çalışılmıştır, bunlardan yola çıkarak oluşum süreçleri araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** X ışını; Galaksiler, Galaksi Kümeleri; A3705, A2440, A2933, A115, A3888

## Abstract

Cluster of galaxies are the largest structures in the universe. Study of ICM ( Intra Cluster Medium) in X- ray gives clues about the dynamical structures of cluster of galaxies. In this work five nearby binary cluster of galaxy are investigated; Abell 3705 ( $z=0.0895$ ), Abell 2440 ( $z=0.0906$ ), Abell 2933 ( $z=0.0925$ ), Abell 3888 ( $z=0.1529$ ), Abell 115 ( $z=0.1930$ ). We constructed wavelet maps to study temperature and metal abundances variations over ICM.

**Key Words:** X- ray; Galaxies, Cluster of Galaxies; A3705, A2440, A2933, A115, A3888

## 1.GİRİŞ

Galaksi kümeleri evrendeki en parlak x ışını kaynaklarıdır. Işınım güçleri yaklaşık  $10^{43} - 10^{46}$  erg.s<sup>-1</sup> mertebesindedir. Galaksi Kümesi'nin tanımı gözlemlediğiniz dalgaboyuna şu şekilde bağlıdır; eğer galaksi kümesini görünür dalgaboyunda gözlüyorsanız sadece galaksileri görürsünüz. Zaten galaksi kümeleri ilk önce görünür dalgaboyunda keşfedildiğinden bu şekilde adlandırılmaları da gayet doğaldır. Basitçe aynı kütleçekim potansiyelinde bulunan galaksiler topluluğuna galaksi kümesi denir. İsim zaten tanımını da içinde barındırmaktadır. Ancak görünür bölgedeki gözlemler, kümenin fiziksel yapısı ve onu oluşturan elemalar hakkında yetersiz bilgi verir. X ışını gözlemlerinden öğrenilmişirki bir galaksi kümesi optik görüntüsünün aksine birbirine bağlı sürekli bir yapıdır. Galaksi kümesinin asıl şeklini veren, küme içi gazdır. Bu gaz aslında milyarlarca derece sıcaklıkta olan ve de düşük enerjili x ışını bölgesinde ışınım yapan küme içi plazmadır. Kümelerin x ışını gözlemleri kümelerin yapıları, bileşimleri, oluşum tarihleri gibi konularda çok detaylı bilgiler vermektedir. Galaksi kümeleri evrende 1~3 Mpc mertebesinde alanlar kaplarlar, bu yüzden de en büyük ölçekli yapılar olarak adlandırılırlar. Günümüzde galaksi kümeleri, küme popülasyonu ve de büyük ölçekli yapıların oluşumunun altında yatan kozmolojik model bilgileri x ışını gözlemlerine dayanır. Bugün galaksi kümelerinin kabaca %87 karanlık madde, %11 sıcak termal plazma ve %2 oranında da galaksiden meydana gelen devasa kütleçekim potansiyelleri olduğunu biliyoruz.

Bu çalışmada beş tane galaksi kümesinin x ışını veri analizi yapılmıştır. Amaç küme içi gazın spektral analizini yaparak sıcaklık ve metal bolluğunu belirlemektir. Bu bilgiler kullanılarak kümelerin iç dinamikleri hakkında yorum yapılabilir, örneğin kümeyi oluşturan galaksilerin hareketleri, birbirleriyle olan etkileşimleri, kümenin geçirmiş olduğu ve geçirebileceği evrimler vb.

Veriler XMM-Newton X Işını Uydusu'ndan alınmıştır, hepsi arşivde bulunan verilerdir. Bu kümelerin dört tanesi ikili küme bir tanesi tek çekirdekli bir kümedir ve hepsi Abell kümesidir. Analizleri yapılan kümeler ve diğer bilgiler tablo 1`de verilmiştir.

Tablo 1

Adı	Kırmızıya kayma	$\alpha$	$\delta$	Obsid
A3705	0.0895	20 42 00.72	-35 13 54.8	0203020201
A2440	0.0906	22 23 49.34	-01 37 48.3	0401920101
A2933	0.0925	01 40 41.05	-54 34 33.6	0305060101
A3888	0.1529	22 34 34.07	-37 43 06.9	0404910801
A115N	0.1930	00 55 50.48	+26 24 43.1	0203220101

Verilerin indirgenmesi, filtrelenmesi, görüntü ve spektrumları XMM-Newton Uydusu'nun analiz programı SAS (Scientific Analysis Software) ile yapılmıştır. Ancak Analiz kısmında bahsedileceği üzere galaksi kümelerinin x ışını veri analizinin bir çok zorluğu vardır. Bunların esas nedeni özet olarak gözlenen kümenin (özellikle ikili kümenin) ccd' de birden fazla çipe yayılmasıdır. Bu da beraberinde ardalan analizinde ve bunu takiben spektral analizde bir çok soruna yol açar. Galaksi kümeleri gibi geniş alanların x ışını veri analizlerinin önemli bir kısmı ardalanın doğru bir şekilde belirlenmesi ve modellenmesinden oluşur. Bu zorlukları aşmak için öne sürülen bir kaç analiz yöntemi, modeller ve iki tane de program vardır. Bu iki program da bu çalışmada kullanılmıştır. Biri XMM-ESAS (XMM-Extended Source Analysis Software ) diğeri XWSM (The X-Ray Wavelet Spectral Mapping)'dir. Spektrumların modellenmesi ise XSPEC v12 ile yapılmıştır.

## 2.ANALİZ

### 2.1.XMM-Newton X Işını Uydusu

XMM (X-ray Multi Mirror Mission) Newton X Işını Uydusu 1999 yılında fırlatılmış Avrupa Uzay Ajansı ESA'nın şimdiye kadarki en büyük bilimsel amaçlı uydusudur. Uydunun üç temel alıcısı vardır; üç tane EPIC (European Photon Imaging Camera) kamera: MOS1, MOS2 ve PN, bir tane RGS (Reflection Grating Spectrometer) ve bir tane de optik monitör. Bu çalışmada EPIC kameralarının verileri analiz edilmiştir. MOS1 ve MOS2 yedi tane çipten oluşur PN ise oniki. EPIC kameraları 30 yay dakikalık görüş alanına ve 0.15 ile 15

keV enerji aralığında duyarlılığa sahiptirler. Daha detaylı bilgi <http://xmm.esac.esa.int/> adresinden elde edilebilir.

## **2.2.XMM-ESAS**

Bu program temel olarak analizde SAS'ın paketlerini kullanmıştır, analiz perl script ve Fortran 77 programları yardımıyla yapılarak kullanıcı dostu bir paket program haline gelmiştir. Şu an sadece MOS kameralarının analizini yapmaktadır. PN için çalışmalar sürmektedir. Kullanıcının seçtiği bölgelerin parçacık ardalan modelini farklı yöntemlerle çıkarmak, pozlama süresi düzeltilmiş görüntüler yaratmak, ardalan çıkarılmış spektrum elde etmek gibi özellikleri vardır. Daha detaylı bilgi için Snowden & Kuntz (2007)'ye bakınız.

## **2.3.XWSM**

Bu program özellikle x ışınında parlak olan galaksiler, galaksiler arası madde ve galaksi kümelerinin spektral analizi için geliştirilmiştir. Şu anki versiyonu XMM-Newton uydusu için hazırlanmıştır. Kullanılan yazılımların çoğu açık olmasına karşın IDL gibi lisanslı yazılımlar da kullanılmıştır. Bu çalışmada XWSM'yi kullanarak sıcaklık ve metak haritaları çıkarılmıştır. Daha sonra bu haritalar XMM-ESAS ile oluşturulan ve daha sonra modellenen spektrumlarla karşılaştırılmıştır. Daha detaylı bilgi için Bourdin.H (2003)'ye bakınız.

## **2.4.Ardalan**

Veri analizinde ardalan terimiyle kastedilen ilgilendiğimiz nesneden gelen fotonlar hariç geri kalan herşeydir. Ardalanı oluşturan elemanları basitçe tablo 2'de olduğu gibi sınıflandırabiliriz. Bu tabloda parametrelerin zamana ve konuma göre olan değişimleri, profilleri diğer optik etkileri gösterilmemiştir.

Tablo 2

	PARÇACIKLAR			FOTONLAR	
	Düşük Enerjili Protonlar	Cihaz Kaynaklı Ardan	Elektronik Gürültü	Yüksek Enerjili X Işınları	Düşük Enerjili X Işınları
Kaynak	Birkaç 100 keV'lik Güneş'ten gelen protonlar, manyetosfer tarafından ivmelendiriliyorlar	Yüksek enerjili parçacıkları n (kozmetik ışınlar) ccd'lerle etkileşmesi	Parlak pikseller, MOS da düşük enerji çizgileri vb..	X ışını ardanı, AGN' ler örneğin	Galaktik Disk, Galaktik Halo

### 3. Analiz Yöntemi

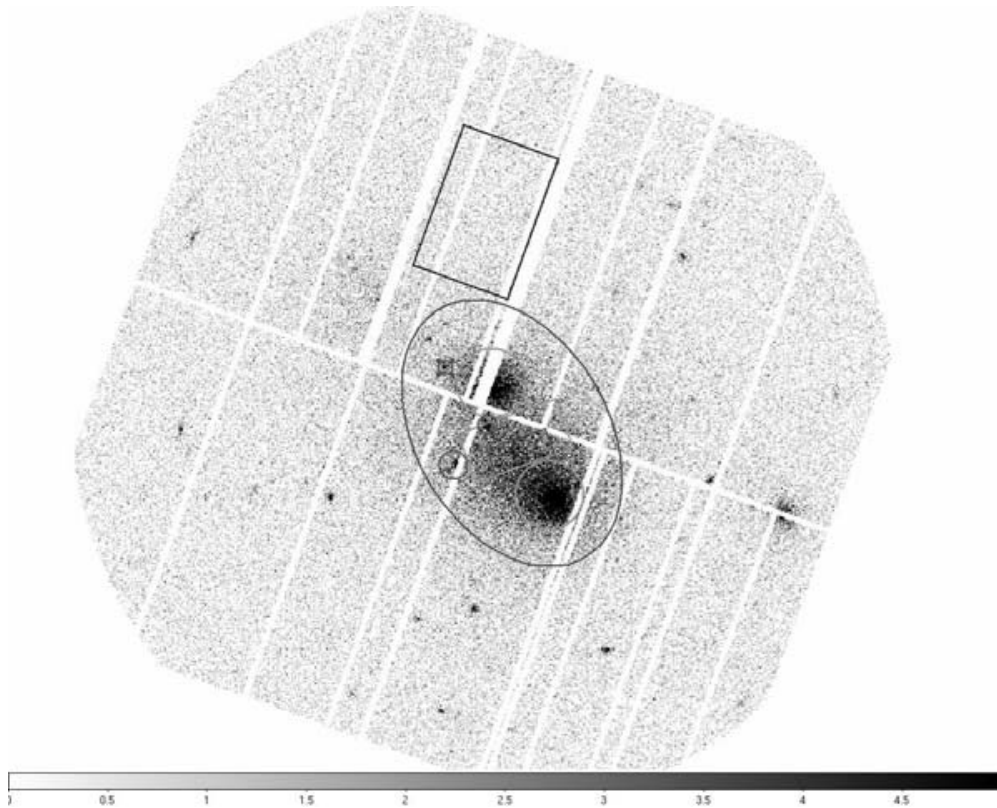
Çalışma konusu olan beş kümenin spektral analizinde izlenen yol ve yöntem şu şekildedir: Veriler arşivden alınıp ilk indirgemeler ve filtreleme işlemleri yapıldıktan sonra elde edilen temiz dosyalar ve görüntüler üzerinden hangi bölgelerin spektrumuna bakılacağına karar verilir. Bu çalışmadaki önemli bir detay şudur; sadece küme içi gazın spektral analizi yapılmaya çalışılmıştır. Kümedeki diğer x ışını nokta kaynakların (bunlar olası x ışını galaksileridir) sıcaklığa ve metal bolluğuna katkıları çıkarılmıştır. Çalışılan kümeler ikili olduklarından en basit yaklaşım iki çekirdeğin birbirine göre hareketlerini bulmaktır. Bu amaçla bölgelerin seçimi ve adlandırılması şu şekilde olmuştur:

- Önce görüntüden elle ya da SAS yardımıyla spektrumu çıkarılacak bölgelerdeki nokta kaynaklar parlaklıktan yola çıkarak tespit edilmiştir. Bunlar aşağıda bahsedilen bölgelerin spektrumlarından çıkarılmıştır.
- İlk başta dört bölgenin spektrumu oluşturulmuştur. A,B,C ve D. A ve B bölgeleri kümenin iki çekirdeği, C bölgesi A ve B bölgeleri arasında kalan bölgedir. Son olarak D bölgesi ise üç bölgeyi de kapsar (Şekil 1). Buradaki amaç çekirdeklerin arasındaki bölgenin sıcaklığını diğer bölgelerle karşılaştırmaktır. Böylece iki çekirdeğin aralarındaki gazı sıkıştırıp sıkıştırmadığına bakarak birbirlerine göre olan

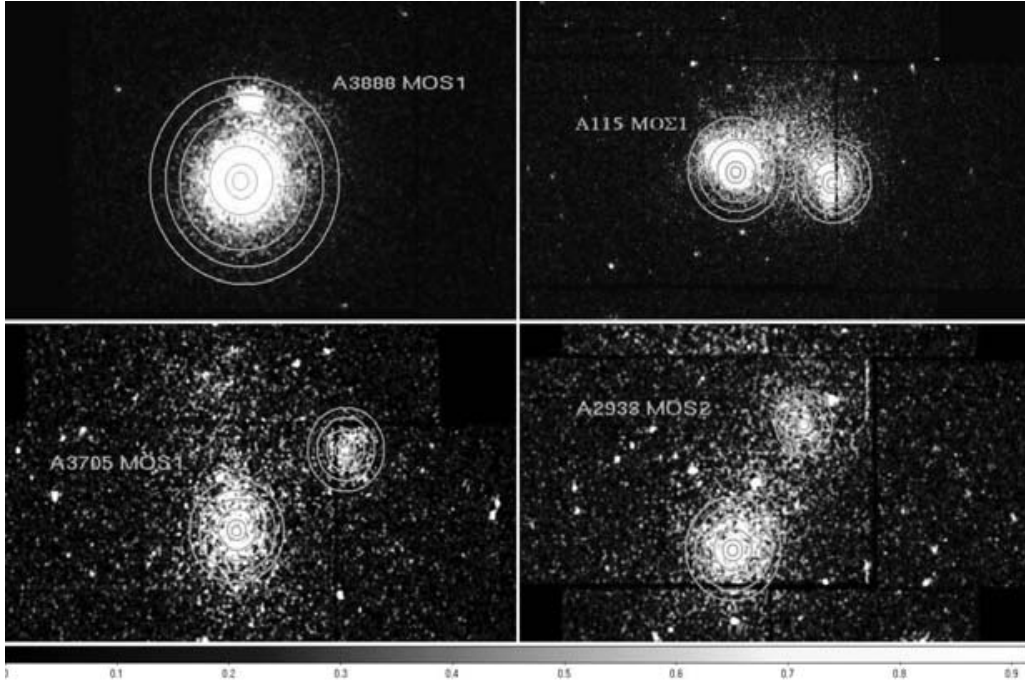
hareketlerini görebiliriz. Tabii burada iki boyutlu bir analiz yaptığımızı unutmamak gerekir. Gerçekte küme üç boyutlu bir dinamiğe sahiptir.

- c) Daha sonra A ve B bölgelerinin daha detaylı spektrumları çıkarılmıştır. Yarı çapı 0.25 yay dakikası olan bir çember çekirdek merkezine yerleştirilip spektrumu çıkarılmıştır. Daha sonra merkezleri aynı olan ve yarıçapları da 0.5 yay dakikası artırılarak oluşturulan çemberlerin spektrumları çıkarılmıştır (Şekil 2). Buradaki amaç çekirdeklerin sıcaklıklarının ve metal bolluklarının içten dışa doğru değişip değişmediğine bakarak iç dinamiği anlamaktır. Çekirdek bölgesinde parlaklıktan yola çıkarak nokta kaynak belirlemek çok zordur. Bu şekilde iç içe geçmiş bölgelerin spektrumuna bakarak ve hepsi için ayrı ayrı farklı ışınım modelleri kullanarak çekirdek içindeki olayları daha iyi anlayabiliriz.

**Şekil 1**



Şekil 2



Tüm bölgelerin spektrumları modellenirken altı farklı model herbirine uygulanmıştır. Bunlar sırasıyla;

- i) phabs (apec)
- ii) phabs (apec) + gauss + gauss
- iii) phabs (apec +apec)
- iv) phabs (apec +apec) +gauss +gauss
- v) phabs (apec+ pow)
- vi) phabs (apec+ pow) +gauss +gauss

Bu modellerin açılımları XSPEC v12 kullanım klavuzundan bulunabilir.

### Kaynaklar

Bourdin,H, 2003, "*Temperature map computation for X-ray cluster of galaxies*"

Bourdin,H, 2006, "*XWSM 3.3 user guide*" Snowden,S,L, 2004, "*XMM-Newton Observation of Solar Wind Charge Exchange Emission*"

Snowden & Kuntz ,2007, "*Cookbook for analysis procedures for XMM-Newton EPIC MOS observations of extended objects and the diffuse background*"