

RTT150 TELESKOBU İLE KIRMIZIYA KAYMASI BELİRLENEN EN UZAK GALAKSİLER

Korhan YELKENCİ, Sinan ALIŞ

İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 34119 Beyazıt, İstanbul
(e-posta: yelkenci@istanbul.edu.tr)

Özet: Bu çalışmada TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ndeki RTT150 teleskobu ile tayfları alınan ve kırmızıya kaymaları hesaplanan galaksiler sunulmaktadır. CFHTLS projesi çerçevesinde tespit edilen galaksi kümelerinden bazılarının merkezi parlak galaksilerinin (BCG) kırmızıya kaymalarını hedef alan çalışmanın sonuçları verilmektedir. Parlaklık limitleri, teleskobun ayna çapı ve alıcının teknik özellikleri dikkate alındığında RTT150 teleskobu ve buna bağlı TFOSC alıcısı ile $z \sim 0.3$ 'lere kadar olan galaksilerin kırmızıya kaymalarını belirlemek mümkün olmaktadır. Bu kırmızıya kayma değerleri $d \sim 1.1$ Gpc'lik (3.6 milyar İY) uzaklıklara karşılık gelmektedir. Bu çalışma boyunca, standart Λ CDM kozmolojisi çerçevesinde $\Omega_m = 0.3$, $\Omega_\Lambda = 0.7$ ve $H_0 = 75 \text{ km sn}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ olarak alınmışlardır.

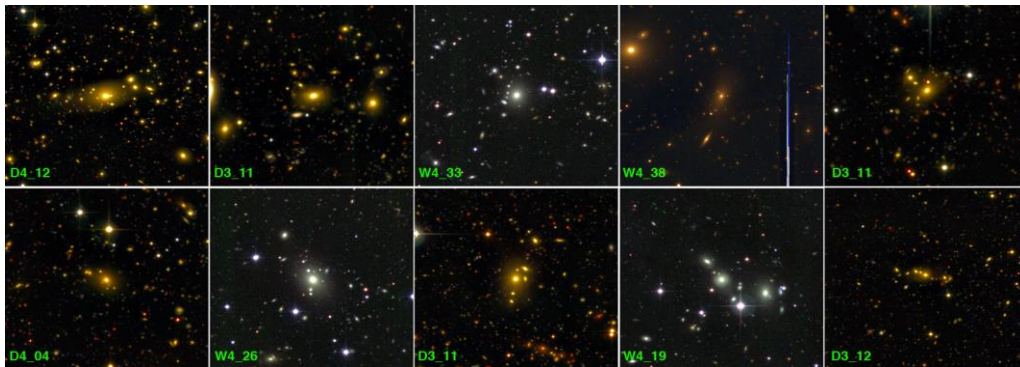
1. Giriş

Galaksi kümelerinin merkezi parlak galaksileri (Brightest Cluster Galaxy-BCG) evrendeki en parlak ve en büyük kütleli galaksilerdir. Bu galaksiler, galaksi kümelerinin merkezlerinde bulunmakta, küme galaksilerini kütleçekimsel olarak yönetmekte ve galaksi kümelerinin evriminde önemli bir rol oynamaktadırlar.

Galaksilerin bir çok derin uzay taraması ile kırmızıya kaymaları (z) fotometrik olarak hesaplanmaktadır. Ancak fotometrik kırmızıya kaymaları doğrulamak için spektroskopik olarak da kırmızıya kaymaların elde edilmesi gereklidir. Bu çalışmada, CFHTLS (Canada-France-Hawaii Telescope Legacy Survey) tarafından fotometrik kırmızıya kaymaları elde edilen bazı BCG galaksilerinin RTT150-TFOSC tayflarından tayfsal kırmızıya kaymaları hesaplanmıştır. Ayrıca kırmızıya kaymaların hesaplanma yöntemi ve derin uzay cisimlerinin gözlemlerinde karşılaşılan zorluklar tartışılmıştır.

2. Veriler ve İndirgeme Yöntemi

CFHTLS gökyüzü taraması derin (Deep) ve geniş (Wide) olmak üzere iki alanda "ugriz" filtreleri ile yapılmıştır. CFHTLS, $0.2 < z < 1.2$ aralığında galaksileri çalışmamıza izin veren ve 170 derece karelik geniş-uzay ve 4 derece karelik derin-uzay alanlarına sahiptir. TÜBİTAK-EVRENA projemiz kapsamında, BCG adayları CFHTLS alanlarından belirlenerek, bu galaksilerin fotometrik kırmızıya kaymaları CFHTLS kataloglarından elde edilmiştir.



Şekil 1. CFHTLS'den elde edilen ve TUG-TFOSC ile gözlenen 10 BCG'nin "gri" bantlarındaki birleştirilmiş görüntüleri. BCG'ler merkezde parlak olarak görülmektedir.

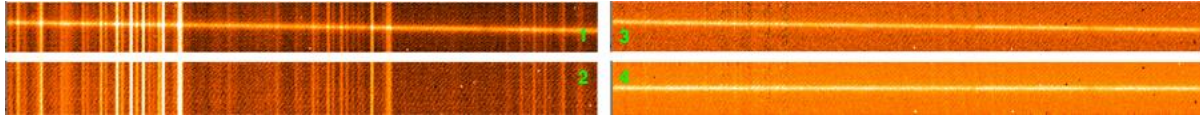
Tayfsal kırmızıya kaymaları çalışılacak olan BCG galaksilerinden TUG'da gözlenebilir olanları, TUG-09BRTT150-474-0 numaralı RTT150 gözlem projesinde TFOSC tayfçeki ile gözlenmiştir. Belirlenen 90 BCG'den RTT150-TFOSC ile gözlenebilen 10 BCG'nin gözlem zamanları ve özellikleri Tablo 1'de verilmektedir. Ayrıca SDSS (Sloan Digital Sky Survey) tarafından gözlenen ve nispeten daha yakın ve parlak olan NGC6042 galaksisinin de RTT150-TFOSC ile tayfı elde edilerek diğer BCG'ler için model (template) tayfı olarak kullanılmıştır [BCG tayflarının ön-indirgeme ve "longslit" indirgemeleri, IRAF (Image Reduction and Analysis Facility – <http://iraf.noao.edu>) ile gerçekleştirilmiştir].

Tablo 1. TUG'da TFOSC ile tayfları alınan seçilmiş CFHTLS BCG'lerinin özellikleri ve SDSS "template" tayfı

No	Tarih	Tarama	Cisim	m(i-Band)	Z_phot
1	11/10/10	CFHTLS-CL-J022508-040118	D1_06	16.32	0.216
2	11/10/10	CFHTLS-CL-J022531-041422	D1_08	16.25	0.175
3	09/10/10	CFHTLS-CL-J221655-172519	D4_12	15.36	0.201
4	10/10/10	CFHTLS-CL-J221106-003834	W4_19	15.88	0.168
5	10/10/10	CFHTLS-CL-J221140+014214	W4_26	15.46	0.180
6	11/10/10	CFHTLS-CL-J221236-014143	W4_33	16.06	0.174
7	10/10/10	CFHTLS-CL-J221313-003751	W4_38	16.10	0.206
8	10/08/11	CFHTLS-CL-J141721+523541	D3_11	17.36	0.310
9	09/08/11	CFHTLS-CL-J141722+525444	D3_12	17.08	0.290
10	09/08/11	CFHTLS-CL-J221400-172335	D4_04	17.34	0.390
11	10/08/11	SDSSobjid587739707420836311	NGC_6042	13.41	0.036

3. IRAF ile Otomatik Tayfsal İndirgeme

BCG'lerin sönük olmasından dolayı tayflarındaki bazı gözlemsel problemlerin giderilmesi için, BCG tayflarına indirgemenin çeşitli aşamalarında bazı testler uygulanmıştır. Uzun poz sürelerine bağlı olarak tayf üzerinde oluşan atmosfer çizgilerinin giderilmesi için de temiz alan çıkarması yöntemi kullanılmıştır:



- 1. Ham tayf:** Yatay çizgi BCG tayfı, üzerindeki dikey çizgiler uzun poz süresinden oluşan atmosfer çizgileridir. Tayf, CCD'ye göre eğimli olarak durmaktadır.
- 2. Atmosfer çizgileri:** Çıkarma işlemi için BCG tayfını içermeyen 50 piksel ötesindeki boş CCD alanı. Ham tayfı barındıran CCD alanı ölçülerinde hazırlanır.
- 3. Atmosfer çıkartılmış tayf:** Ham tayf görüntüsünden atmosfer çizgileri görüntüsü çıkarıldığında elde edilen tayf. Tayf, CCD'ye göre eğimlidir.
- 4. Eğimi düzeltilmiş tayf:** IRAF ile CCD eğikliği düzeltilmiş BCG tayfı.

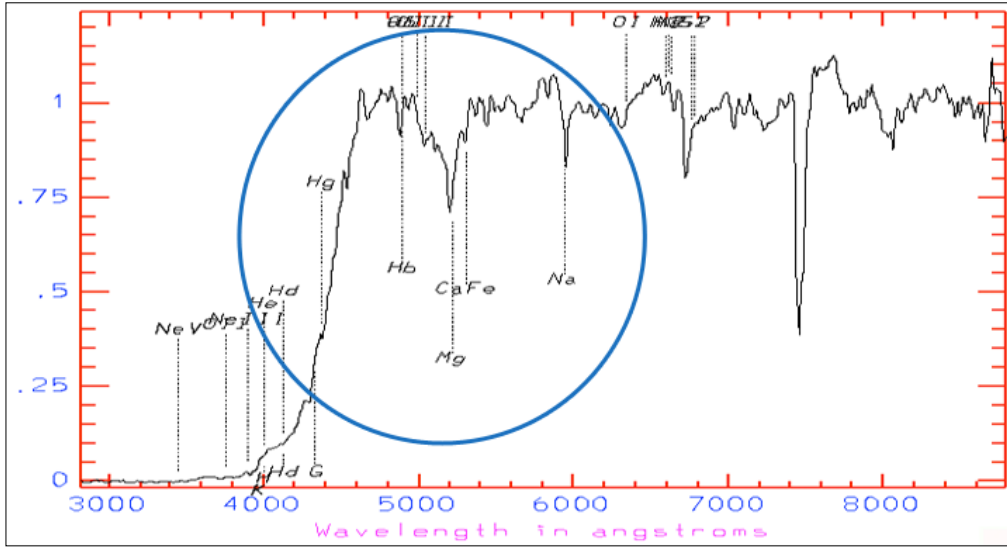
Kozmik ışın temizlemesi için "lacos_spec" (<http://www2.keck.hawaii.edu/>) kodu kullanılmıştır. Elde edilen tayfların görüntü kalitelerinin artırılmasına yönelik birleştirilme, görüntü kaymalarındaki düzeltmeler ya da S/N oranını artırmak için çeşitli uygulamalar, proje araştırmacıları tarafından yazılan otomatik IRAF kodları sayesinde hızlı olarak test edilebilmiştir.

Hazırlanan otomatik kod, ön indirgemesi tamamlanmış tüm tayflar için kesme, döndürme, çıkarma işlemi yapan ve yaptığı sonuçları ds9 programı ile aynı anda gösteren ve tayf çıkarma (apall-extract), dalgaboyu kalibrasyonu vb. aşamaları tüm tayflara interaktif olarak uygulayan koddur. Birleştirme işlemlerinde IRAF imcombine (sum) ve imcombine (average) ölçütleri kullanıldı. Ayrıca tayfların birleştirilmesi iki aşamada test edildi. Birinci aşamada IRAF-apall

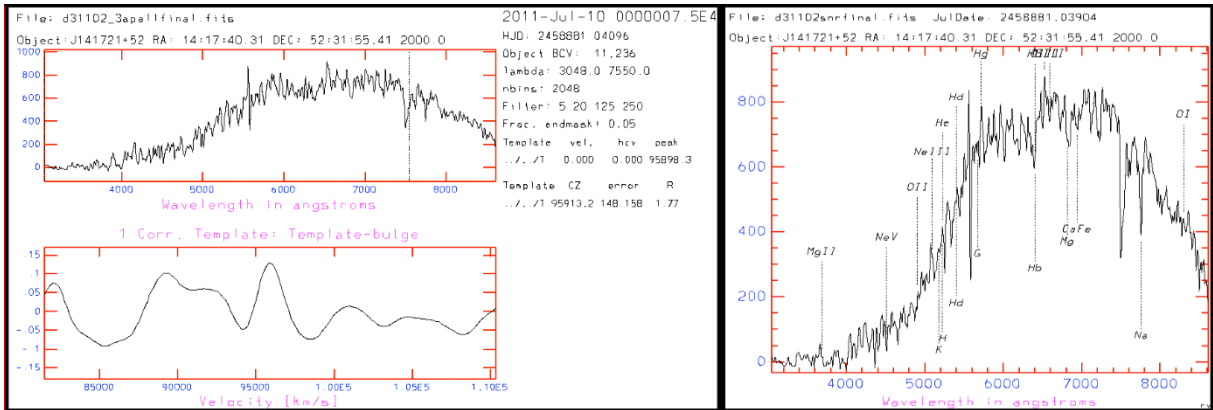
ile çıkartılmış tayflar birleştirildi. İkinci aşamada ise görüntüler tayf çıkarılmadan önce birleştirildi. Bu iki farklı durum için ve bu durumlardaki birleştirilme ölçütleri için testler yapıldı. BCG tayfı için oluşturulan toplam test tayfları 169 tanedir. 169 tayf, geliştirilen kodlar ile otomatik olarak indirgenmiştir.

4. IRAF-XCSAO ile Kırmızıya Kayma

Galaksilerin kırmızıya kayma değerlerinin bulunması için IRAF–RVSAO paketinin XCSAO (<http://tdc-www.harvard.edu/iraf/rvsao/xcsao/>) uygulaması kullanılmıştır. XCSAO, çapraz eşleme (cross-match) için template (sıfır hız düzeltmesi yapılmış) tayflara ihtiyaç duymaktadır. Bunun için TUG'da gözlenen NGC 6042 galaksi tayfı sıfır hız düzeltmesi yapılarak model olarak kullanılmıştır.



Şekil 2. RTT150-TFOSC ile gözlenen NGC-6042 galaksisinin kırmızıya kayması, SDSS'de $z = 0.036$ olarak verilmektedir. NGC-6042'nin TUG'da yapılan gözlemler sonucunda XCSAO ile kırmızıya kayma değeri $z = 0.038$ olarak bulunmuştur. Bu da yapılan gözlemlerin doğruluğunu sunma imkânı vermiştir.



Şekil 3. D3_11 BCG'si için IRAF-XCSAO ile elde edilen tayfsal kırmızıya kayma sonuçları. Bu BCG'nin çizgileri olması gerekenden yaklaşık $\text{\AA}1500$ kayarak, $z=0.320$ 'lik bir kırmızıya kayma vermektedir.

5. Bulgular

Seçilmiş 10 BCG'nin Tablo 2'de verilen tayfsal kırmızıya kayma değerleri IRAF-XCSAO paketi kullanılarak elde edildi. WINGS gökyüzü taramasına göre XCSAO duyarlılık değeri (R); $R < 3$ kötü, $3 < R < 5$ orta, $R > 5$ kaliteli belirtilmiş, ancak $R > 2$ değerleri WINGS taramasında kullanılmıştır.

Tablo 2. BCG'lerin IRAF-XCSAO ile elde edilen tayfsal kırmızıya kayma sonuçları

Spectrum	Exptime	Grism	S/N	cz(km/s)	cz_error	Z_phot	Z_spec	R	Temp
D1_06	2x3600	8	7.74	68492.99	63.18	0.216	0.228	Elle	-
D1_08	2x3600	8	11.47	45328.17	104.93	0.175	0.151	2.71	Spiral
D3_11	2x3600	15	21.51	95913.15	148.16	0.310	0.320	1.77	Bulge
D3_12	2x2600	15	5.78	70007.78	150.19	0.290	0.233	3.20	Spiral
D4_04	2x3600	15	13.20	90735.23	351.01	0.390	0.302	3.11	Bulge
D4_12	3x1800	7	3.82	61975.82	214.42	0.201	0.207	2.54	Bulge
W4_19	3x1800	7	10.09	39628.52	93.32	0.168	0.132	3.55	Bulge
W4_26	3x1800	8	11.04	55701.12	114.08	0.180	0.186	1.81	Elliptical
W4_33	5400+3600	8	9.58	53552.75	75.03	0.174	0.179	2.53	Spiral
W4_38	3x1800	7	2.40	60784.31	94.63	0.206	0.203	2.25	Bulge

BCG tayflarından, XCSAO çapraz eşleme yöntemi ile kırmızıya kaymaları belirlenirken çeşitli model (template) tayflar kullandı. Kırmızıya kaymaların en güvenilir ve yüksek S/N ile tespit edilebildiği modeller eliptik galaksi modelleri olmuştur. Bu da, ilgili BCG'lerin eliptik galaksi özellikleri göstermesinin başka karşılaştırma ölçütüdür.

Bu çalışmada, elde edilen XCSAO-R değerleri WINGS taramasıyla karşılaştırılabilir mertebelere sahiptir.

BCG kaynakları için CFHTLS gökyüzü taraması ile elde edilen fotometrik kırmızıya kayma değerleri ve TUG'da yapılan gözlemlerden tayfsal olarak elde edilen kırmızıya kayma değerleri birbiri ile uyumludur. CFHTLS taramasında kırmızıya kayma değerleri $z \sim 0.1$ 'lik hata payı içermektedir. TUG'dan elde edilen değerlerde bu hata payı oldukça düşüktür.

RTT150-TFOSC şebekelerinden 7, 8, 15 kullanılmıştır. BCG tayflarından kırmızıya kaymanın elde edilmesi için, Mg, Na, Ca, Fe, H β çizgilerinin tayflarda belirlenmesinin ve kırmızı kaymaya bağlı olarak bu çizgileri kapsayacak dalgaboyu aralıklarının seçilmesinin uygun olduğu görülmüştür.

6. Tartışma ve Sonuç

Parlaklık limitleri, teleskobun ayna çapı ve alıcının teknik özellikleri dikkate alındığında RTT150 teleskobu ve buna bağlı TFOSC alıcısı ile $z \sim 0.3$ 'e kadar olan galaksilerin kırmızıya kaymalarını belirlemek mümkün olmaktadır. RTT150-TFOSC tayfçeki ile tayfları alınan bu galaksiler TUG'da tayfı alınan en uzak galaksiler olarak belirtilebilir. $z \sim 0.3$ kırmızıya kayma değeri $d \sim 1.1$ Gpc'lik (3.6 milyar IY) uzaklıklara karşılık gelmektedir. Bu proje çerçevesinde $z = 0.4$ 'e kadar olan seçilmiş bazı BCG'ler TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ndeki RTT150-TFOSC ile ilk kez gözlenmiş ve tayfsal kırmızıya kaymaları elde edilebilmiştir. Ancak sözü edilen kırmızıya kayma değerindeki hassasiyetin artırılması ve daha uzaktaki cisim gözlemleri için daha büyük çaplı teleskop ve daha duyarlı ve çoklu cisim tayfçekerlerine (MOS) ihtiyaç duyulmaktadır. Bu konuda ülkemizde başlatılmış olan iki büyük girişim, TUG'un 3.5m'lik optik teleskop projesi ile DAG 4m'lik kırmızıötesi (IR) teleskop projeleri, yakın gelecekte bu ihtiyaca karşılık verebilir olacaktır.

Teşekkür: Bu çalışma, 108T226 numaralı TÜBİTAK-EVRENA projesi tarafından desteklenmiştir. Bu çalışmaya önemli katkılarda bulunan Nice Gözlemevi'nden Dr. Christophe Benoist, Dr. Chiara Ferrari ve Dr. Alberto Cappi'ye çok teşekkür ederiz.

7. Referanslar

- <http://iraf.noao.edu>
- <http://tdc-www.harvard.edu/iraf/rvsao/xcsao/>
- <http://www2.keck.hawaii.edu/>