



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



DOKTORA TEZİ

**GALAKSİLERİN RADYAL DAĞILIMI:
GENİŞ ÖLÇEKLİ YAPININ ANALİZİNDE
FOTOMETRİK KIRMIZIYA KAYMALARIN
GÜÇLÜ VE ZAYIF YÖNLERİ**

Mukadder İÇDİ ŞEN

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

Danışman

Prof.Dr. Yüksel KARATAŞ

Haziran, 2015

İSTANBUL



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



DOKTORA TEZİ

**GALAKSİLERİN RADYAL DAĞILIMI:
GENİŞ ÖLÇEKLİ YAPININ ANALİZİNDE
FOTOMETRİK KIRMIZIYA KAYMALARIN
GÜÇLÜ VE ZAYIF YÖNLERİ**

Mukadder İÇDİ ŞEN

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

Danışman

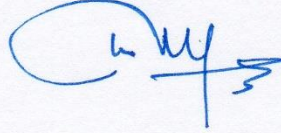
Prof.Dr. Yüksel KARATAŞ

Haziran, 2015

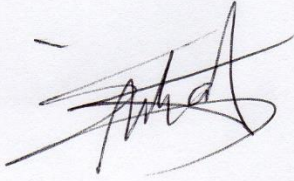
İSTANBUL

Bu çalışma 4/06/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı Astronomi ve Uzay Bilimleri programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi:



Prof. Dr. Yüksel KARATAŞ (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi



Prof. Dr. Nihal ERCAN
Boğaziçi Üniversitesi
Fen – Edebiyat Fakültesi



Doç.Dr. Tolga Güver
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi



Doç. Dr. Gülnur İkis Gün
Çanakkale 18 Mart Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi



Doç. Dr. Hulusi Gülseçen
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

ÖNSÖZ

Doktora eğitimim ve kendisi ile yaptığım çalışmalar sırasında büyük bir istekle bilgilerini aktaran, desteğini her zaman yanımda hissettiğim, derslerine katılmaktan büyük mutluluk duyduğum, danışmanım Sayın hocam Prof. Dr. Yüksel KARATAŞ'a şükranlarımı sunarım.

Tez konusunun seçimi ve tezin hazırlanmasının tüm aşamalarında öneri ve yardımlarını esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan ve emekliliği sebebiyle danışmanlığımı bırakan Sayın hocam Prof. Dr. Füsun LİMBOZ'a teşekkürü bir borç bilirim. Kendisinden sadece bilimsel dersler değil, hayata karşı ayakta durma konularında da tavsiye ve öğütler aldığımız, ince esprili Sayın hocam Prof. Dr. Gökmen TEKTUNALI'ya çok teşekkür ederim.

Doktora eğitimim sırasında tanıştığım, her türlü sorunuma çözüm bulup, gerçekten destek olan Bölüm Başkanımız Sayın hocam Prof. Dr. Mustafa Türker ÖZKAN'a çok teşekkür ederim. Tez konusunun seçimi ve tezin hazırlanması sırasında yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan Sayın hocam Christophe BENOIST'ya teşekkürü bir borç bilirim. Doktora eğitimim sırasında tanıdığım, bilgi ve deneyimlerini bizlerle paylaşan Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'ndeki hocalarıma ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma her türlü destekleri için teşekkür ederim. Okulumuzun Siyasal Bilgiler Fakültesi'nden Sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Oya EKİCİ'ye istatistik bilgilerini benimle paylaşıp ufku açtığı için çok teşekkür ederim.

Astrofizik aşığı Sayın hocam Doç. Dr. Gülnur İKİS GÜN'e her an yanımda olduğu için, X-ışınlarını bana sevdirdiği için ve tüm yol göstericiliği için çok teşekkür ederim. Eşsiz bilgilerini bizlerle paylaşan Sayın hocam Prof. Dr. Nihal ERCAN'a ilerlememiz konusunda bizleri sürekli yüreklendirdiği için ve yazdığı duygu yüklü güzel şiirlerini herkesle paylaştığı için çok teşekkür ederim. Sayın hocam Doç. Dr. Tolga GÜVER'e tezin düzeltilmesi sırasındaki tüm yardımları için ve farklı düşünmeyi öğrettiği için çok teşekkür ederim. Sayın hocam Doç. Dr. Hulusi GÜLSEÇEN'e güleç yüzü, nezaketi ve yardımseverliği için çok teşekkür ederim.

Ukrayna'daki bir konferansa beni davet eden, daha sonra ailece dost olduğumuz, desteklerini her zaman yanımda hissettiğim, sabırla yılmadan çalışmam için beni sürekli teşvik eden Alexander ve Natasha ZHUK'a şükranlarımı sunarım.

Müşerref ablama, İsmail enişteme ve hayatıma neşe katan yeğenim Mehmet Fatih SEDEF'e maddi manevi destekleri için çok teşekkür ederim. Sevgili aileme, özellikle Annem'e herşeyin tek sahibinin yüce yaradan olduğunu ve hayatta iyi insan olmaktan ve iyi düşünmekten daha önemli bir şey olmadığını öğrettiği için sonsuz teşekkür ederim.

Bana her zaman her konuda destek olan sevgili eşim Tekin ŞEN'e çok teşekkür ederim. Herbirinizden çok şey öğrendim. İYİ Kİ VARSINIZ ve İYİ Kİ YANIMDASINIZ.

Haziran, 2015

Mukadder İĞDİ ŞEN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	ix
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	4
3. MALZEME VE YÖNTEM	12
3.1. MALZEME.....	12
3.1.1. CFHTLS ve VIPERS Verileri.....	12
3.1.1.1. CFHTLS Verileri	12
3.1.1.2. VIPERS Verileri	15
3.1.2. Kırmızıya Kayma	16
3.1.2.1. Kırmızıya Kayma Türleri	16
3.1.2.2. Kırmızıya Kayma Değerlerinin Elde Edilme Yöntemleri.....	19
3.1.2.3. Fotometrik Kırmızıya Kayma Yöntemleri	20
3.1.2.4. Kırmızıya Kayma Çölü	21
3.1.3. Spektrumun Sürekliliğindeki Özellikler	21
3.1.3.1. Absorbsiyon Spektrumu	22
3.1.3.2. Hidrojen Atomunun Spektrumu	24
3.1.3.3. Lyman Kesiği.....	26
3.1.3.4. Lyman Alfa Ormanı	27
3.1.3.5. Balmer Kesiği.....	28
3.1.3.6. 4000 Å Kırılması	29
3.1.4. Le PHARE	31
3.1.4.1. Spektrel Kütüphaneler (SED'ler)	33

3.1.4.2. Filtre Setleri	36
3.1.5. AB Kadir Sistemi	39
3.1.6. Super Mongo (SM)	39
3.1.7. CFHTLS ve VIPERS Verileri Kullanılarak z_s - z_p Özelliklerinin Araştırılması ve Karakterize Edilmesi	40
3.1.7.1. Sistemik Hatalar	40
3.1.7.2. Belirsizlikler ve Katastrofik Hatalar	41
3.1.8. Kozmolojik İçerik	42
3.1.8.1. Kozmoloji	42
3.1.8.2. Yoğunluk Parametreleri	49
3.1.8.3. Yapı Oluşumu	51
3.1.9. Evrendeki Yapılar	53
3.1.9.1. Tipik Ölçekler ve Kütleler	53
3.1.9.2. Boşluklar	54
3.1.9.3. Filamentler	54
3.1.9.4. Duvarlar	55
3.1.9.5. Süperkümeler	56
3.1.9.6. Galaksi Kümeleri	57
3.1.9.7. Gruplar	57
3.1.9.8. Galaksiler	58
3.1.9.9. Galaksi Tipleri	58
3.1.10. Verilen Bir Alan İçerisinde Yöne Bağlı Olarak $N(z)$ Araştırması	62
3.1.10.1. Yapıların Belirlenmesi	62
3.1.10.2. Sınırlar	74
3.1.10.3. Büyük Alanlar Durumunda: Kozmik Varyans Kavramı	76
3.1.10.4. Küçük Alanlar Durumunda: Kozmik Varyans Kavramı	78
3.1.11. Fotometrik Kırmızıya Kaymaların Yoğun ve Düşük Yoğunluklu Bölgelerdeki Durumu	78
3.1.12. Kümelerin Durumu	79
3.1.12.1. BCG'ler (En Parlak Küme Galaksileri)	80
3.1.12.2. Friend of Friend Algoritması	83
3.2. YÖNTEM	84
3.2.1. Fotometrik Kırmızıya Kayma Değerlerinin Tespiti	84
3.2.1.1. Sistemik Kaymalar	85
3.2.1.2. Kütüphane Optimizasyonu	87

3.2.1.3. Bayes Yaklaşımı.....	88
3.2.2. Seçilen Spektrel Kütüphanelerin ve Filtre Setlerinin Sonuca Etkileri.....	89
3.2.2.1. Spektrel Kütüphanelerin Sonuca Etkileri.....	89
3.2.2.2. Filtre Setlerinin Sonuca Etkileri	90
3.2.3. CFHTLS ve VIPERS Verileri Kullanılarak z_s - z_p Özelliklerinin Araştırılması ve Karakterize Edilmesi	90
3.2.3.1. Güvenli Aralıklar.....	90
3.2.3.2. $N - i'_{AB}$ Araştırması.....	91
3.2.3.3. Verilen Bir Alan İçerisinde Yöne Bağlı Olarak $N(z) - z$ Araştırması.....	92
3.2.4. Galaksi Kümelerinin Tespiti	92
4. BULGULAR	94
4.1. FOTOMETRİK KIRMIZIYA KAYMA DEĞERLERİNİN TESPİTİ	94
4.2. SEÇİLEN SPEKTREL KÜTÜPHANELERİN VE FİLTRE SETLERİNİN SONUÇ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	95
4.2.1. Spektrel Kütüphanelerin Sonuç Üzerindeki Etkileri.....	95
4.2.2. Filtre Setlerinin Sonuç Üzerindeki Etkileri.....	96
4.3. CFHTLS ve VIPERS VERİLERİ KULLANILARAK $z_s - z_p$ ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE KARAKTERİZE EDİLMESİ	97
4.3.1. Güvenli Aralıkların Tespiti	97
4.3.2. $N - i'_{AB}$ Araştırması	110
4.3.3. Verilen Bir Alan İçerisinde Yöne Bağlı Olarak $N(z) - z$ Araştırması.....	110
4.4. GALAKSİ KÜMELERİNİN TESPİTİ.....	111
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	116
5.1. FOTOMETRİK KIRMIZIYA KAYMA DEĞERLERİNİN TESPİTİ	116
5.2. SEÇİLEN SPEKTREL KÜTÜPHANELERİN VE FİLTRE SETLERİNİN SONUÇ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	116
5.3. CFHTLS ve VIPERS VERİLERİ KULLANILARAK z_s - z_p ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE KARAKTERİZE EDİLMESİ ...	116
5.3.1. Güvenli Aralıkların Tespiti	117
5.3.2. $N - i'_{AB}$ Araştırması	120
5.3.3. Verilen Bir Alan İçerisinde Yöne Bağlı Olarak $N(z) - z$ Araştırması.....	120
5.4. GALAKSİ KÜMELERİNİN TESPİTİ.....	121
KAYNAKLAR	124
ÖZGEÇMİŞ.....	136

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

- Şekil 2.1:** $17,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$ aralığında standart κ^2 yöntemi ile belirlenmiş fotometrik kırmızıya kaymalar ile spektroskopik kırmızıya kaymaların karşılaştırılması. Katı çizgi $z_p = z_s$ 'yi, noktalı çizgiler ise $z_p = z_s \pm 0,15(1 + z_s)$ değerlerini göstermektedir (Ilbert ve diğ., 2006). 6
- Şekil 2.2:** $0,5 < z < 1,4$ 'de RCS gözlemlerini kullanarak a) $\Delta(R_C - z')_{AB} - z'_{AB}$ ve b) $\Delta(V - I)_{AB} - I_{AB}$ için kırmızıya kayma $z = 0,1$ adımlarıyla erken-tip galaksiler için elde edilmiş kırmızı kollar. Yıldız sembolü, her bir z değerinde kümenin konumunu göstermektedir Gladders (2004). 7
- Şekil 2.3:** Rengin fonksiyonu olarak galaksi sayı yoğunlukları. Grafikler, üç farklı kırmızıya kayma aralığında, mutlak kadir ve soldan sağa artan sayı yoğunluğunun fonksiyonu olarak verilmiştir (Ienna ve Pello, 2006). Sayı yoğunluğunda, $M_r = -20$ kadir'den daha parlak en yakın beşinci komşunun uzaklığından hesaplanan lokal yoğunluk ($\Sigma 5$) değeri dikkate alınmıştır (Balogh ve diğ., 2004). 8
- Şekil 2.4:** D1 alanında z_p ve z_s ilişkisi. Kırmızı noktalı çizgiler, $\eta \geq \pm 0,15$ sınırını ve mavi üçgenler ise PDF'de ikinci çözümle bulunan cisimleri göstermektedir. 10
- Şekil 3.1:** CFHTLS geniş (W1, W2, W3 ve W4) ve derin (D1, D2, D3 ve D4) alanlarının konumları. Yakın noktalı kırmızı çizgi ekliptik düzlemini, uzak noktalı çizgi galaktik düzlemini, NGP ise kuzey galaktik kutbu göstermektedir (SNLS Team, 2013). 13
- Şekil 3.2:** T0007 gözlemlerinde 25 bölgeye ayrılarak incelenen W4 alanına ait alt bölgelerin merkezi koordinatları ve konumları (Hudelot ve diğ., 2012). 14
- Şekil 3.3:** Bir galaksi kümesinin Güneş'e göre, spektrumundaki absorpsiyon çizgilerinin kırmızıya kayması. Sağda bir galaksi kümesinin, solda ise Güneş'in spektrumu verilmiştir. Galaksi kümesine ait absorpsiyon çizgilerinin dalgalı boyu spektrumun kırmızı tarafına doğru kaymaktadır (Wiora, 2005). 17
- Şekil 3.4:** Yapay sinir ağı yönteminin temsili gösterimi. Burada m'ler cisimleri göstermektedir. 21
- Şekil 3.5:** Gazdan katıya doğru artan yoğunluk için spektrumlar (Bolte, 2013). 22
- Şekil 3.6:** 1880'lerde Güneş'den alınan ışığın spektrumu (NMSU). 23
- Şekil 3.7:** Farklı sıcaklıktaki karacismin parlaklık – dalgalı boyu ilişkisi (Bolte, 2013). 23
- Şekil 3.8:** Lyman ve Balmer serileri için hidrojenin enerji seviyeleri arasındaki geçişler (Gürol ve Müyesseröğlu, 2005b). 25
- Şekil 3.9:** Lyman geçişlerinin spektrumdaki konumları (Wk1, 2010). 26

Şekil 3.10: Kuazar QSO PSS0209 + 0517'nin spektrumundaki Ly α ormanı ve metal çizgileri. Ly α çizgisi, $z = 3,864$ kırmızıya kayma değerinde, 5915 Å'a kaymaktadır (Wolfe ve diğ., 2005).....	27
Şekil 3.11: Balmer geçişlerinin spektrumdaki konumları (Gürol ve Müyesseroğlu, 2005b).	28
Şekil 3.12: Akı – Dalgaboyu (nm) grafiğinde, $\lambda = 3645$ Å'da Balmer kesikliğinin bir gösterimi (O'Connell, 2013).	28
Şekil 3.13: A Spektrel tipli bir yıldız için, Balmer kesikliğinin (U-B) – (B-V)'de gösterimi (O'Connell, 2013).	29
Şekil 3.14: (a) NGC 4474 eliptik galaksisinin spektrumundaki 4000 Å kırılması. Spektrel kırılma Ca II iki absorpsiyon çizgisinin yakınında görülmektedir. Genliği CN molekülerinin absorpsiyon çizgisi kadar belirgindir. (b) Galaksi spektrumun evrimi. 4000 Å kırılması spektrumun sürekliğinde belirgin olarak görülmektedir (Keel, 2002)...	30
Şekil 3.15: CFHTLS filtrelerinde farklı kırmızıya kaymalardaki 4000 Å kırılmasının yeri. Katı eğriler filtrelerin geçirgenliğini, üçgenler ise farklı z değerlerindeki 4000 Å kırılmasının konumlarını göstermektedir (Lu ve diğ., 2009).....	30
Şekil 3.16: Le PHARE programının akış şeması.	33
Şekil 3.17: (a) CFHT Megacam u*g'r'i'z' ve SDSS ugriz'e ait normalize edilmiş geçirgenlik eğrileri. Katı çizgiler CFHT'ye, kesikli çizgiler ise SDSS'e aittir (MegaCam, 2013), ve (b) CFHT ve VVDS için normalize edilmiş geçirgenlik eğrileri. Katı çizgiler CFHT MegaCam u*g'r'i'z' filtrelerini, kesikli çizgiler ise VVDS'in CFH12K kamerasına ait B, V, R ve I filrelerini göstermektedir (Ilbert ve diğ., 2006).....	38
Şekil 3.18: Galaksilerin uzaklaşma hızları (v) ile uzaklıkları (d) arasındaki ilişki (Haynes, 2011).....	44
Şekil 3.19: x ve y uzaklıkları, t ise zamanı temsil etmektedir. Galaksiler şişmekte olan bir balonun yüzeyi üzerindeki noktalar gibi evrenin genişlemesine bağlı olarak birbirinden uzaklaşmaktadır (Wk2, 2013).	46
Şekil 3.20: Mikrodalga kozmik zemin ışınlamının spektrumu, COBE uydusundaki FIRAS (Far Infrared Absolute Spectrophotometer, Uzak Kırmızıöte Mutlak Spektrum Ölçer) aleti tarafından ölçülmüştür. Ölçümlerdeki belirsizlikler çizginin kalınlığından daha küçüktür (Kınalı ve Adıgüzel, 2011).	47
Şekil 3.21: (a) Homojen ama izotropik değil, (b) izotropik ama homojen değil ve (c) homojen ve izotropik ifadelerinin şekilsel gösterimi (Kalemci, 2012).....	48
Şekil 3.22: Zamanın fonksiyonu olarak $\Omega = 1$ ve $\Omega < 1$ için açık evren, $\Omega > 1$ için kapalı evren grafiği. Siyah düz çizgi ikisi arasındaki sınırı göstermektedir (Gürol ve Müyesseroğlu, 2005a).....	51
Şekil 3.23: Sıcak Karanlık Madde Modeli'nin temsili gösterimi (Schombert, 2012).	52
Şekil 3.24: Soğuk Karanlık Madde Modeli'nin temsili gösterimi (Schombert, 2012).	52
Şekil 3.25: Sloan Büyük Duvarı (Schaap, 2007).....	55

Şekil 3.26: 1 milyar ışık yılı içindeki evren (307 Mpc), yerel süperkümeler ve boşluklar (Powell, 2012).	56
Şekil 3.27: Lokal Grup'un temsili gösterimi (Pearson Prentice Hall, Inc, 2005).	58
Şekil 3.28: Hubble'ın galaksi sınıflandırma diyagramı (SDSS, 2012).	59
Şekil 3.29: E2, E3 ve E5 tipi eliptik galaksilere örnekler (Pearson Prentice Hall, Inc, 2005). ...	60
Şekil 3.30: Sa tipi, Sb tipi ve Sc tipi spiral galaksilere örnekler (Pearson Prentice Hall, Inc, 2005).	61
Şekil 3.31: Spindle Galaksisi (NGC 5866) (NASA/ ESA).	61
Şekil 3.32: Düzensiz galaksilere örnekler (Pearson Prentice Hall, Inc, 2005).	62
Şekil 3.33: ~1300 galaksiden oluşan Virgo Kümesi (Andreo, 2011).	63
Şekil 3.34: Projeksiyon etkisinin kaba bir örneği. Siyah noktalar mevcut galaksilerdir. Oldukça farklı uzaklıklarda olmalarına ve bir küme oluşturmamalarına rağmen, onları gözlediğimiz zaman uzaysal olarak kümelenmiş (kırmızı noktalar) olarak görünürler (Gladders ve Yee, 2000).	64
Şekil 3.35: Abell 1084 kümesinden, kırmızı kolun bir örneği. Her bir nokta kümedeki her bir galaksinin renk (B-R) ve kadirini (R) tanımlar. Net bir kırmızı kol (siyah çizgi) mevcuttur (Gladders ve Yee, 2000).	67
Şekil 3.36: Galaksilerin (B-R) – R ilişkisinde kırmızı kolun varlığı. Galaksiler noktalar olarak görülmektedir. Kümenin kırmızı kolu kesikli çizgiler ile gösterilmiştir. Beyaz oklar kümenin ön alanındaki normal galaksilerin konumunu, gri oklar ise arka plan galaksilerin beklenen konumunu belirtmektedir (Gladders, 2004).	68
Şekil 3.37: $0,19 < z < 0,37$ kırmızıya kaymalarında $(g'-r') - r'$ ilişkisinde farklı kırmızı kollar. Farklı z 'lerde kırmızı kolun görünümü. CFHTLS filtreleri ile W1 geniş alan gözleminden elde edilen $z = 0,25$ 'de, renk dilimindeki galaksiler noktalarla gösterilmiştir. Kırmızıya kayma adımları $\Delta z = 0,03$ 'dür (Lu ve diğ., 2009).	69
Şekil 3.38: Kırmızıya kayma değerine sahip küme alanında yer alan galaksilerin $\alpha - \delta$ dağılımı örneği. Sol panel seçilen örneklemede tüm kadir değerlerindeki galaksileri göstermektedir. Sağ panel ise, aynı verinin kümenin kırmızıya kayma değerinde veri filtreledikten sonraki görünümüdür (Gladders, 2004).	69
Şekil 3.39: COSMOS gözlemlerinden 41300 galaksi için elde edilen $N - z_p$ dağılımı (Pannella ve diğ., 2009).	78
Şekil 3.40: NGC 2207 ve IC 2163 etkileşen galaksilerinde gelgitli sıyırma süreci (Hubble Uzay Teleskobu, 1999).	81
Şekil 3.41: Friend of Friend Algoritması (Kwon ve diğ., 2010).	83
Şekil 3.42: Galaksi kümelerini tespit etmek için alınan 0,25 Mpc yarıçaplı bir kor bölgesi ve 0,5 - 1 Mpc arasındaki halka örneği.	93
Şekil 4.1: Le PHARE programının CE_NEW kütüphanesindeki eliptik ve spiral galaksilere ait model spektrumlar.	94

Şekil 4.2: Spektroskopik ve fotometrik kırmızıya kaymalar arasında kıyaslamak yapmak amacıyla a) CWW_KINNEY, b) CE_NEW ve c) 42GISSEL spektrel kütüphaneleri kullanılarak elde edilen $(1+z_p) - (1+z_s)$ grafiği.....	95
Şekil 4.3: Spektroskopik ve fotometrik kırmızıya kaymalar arasında kıyaslamak yapmak amacıyla (a) CWW_KINNEY, (b) CE_NEW ve (c) 42GISSEL Spektrel Kütüphaneleri kullanılarak elde edilen $(1+z_p) - (1+z_s)$ grafiği.....	96
Şekil 4.4: Spektroskopik ve fotometrik kırmızıya kaymalar arasında kıyaslama yapmak amacıyla CWW_KINNEY Spektrel Kütüphanesinin (a) CFHT filtreleri ve (b) SDSS filtreleri kullanılarak elde edilen $(1+z_p) - (1+z_s)$ grafiği.	96
Şekil 4.5: $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralığında a) Le PHARE, b) ML geliştirilmemiş, c) ML geliştirilmiş ve d) Bayes ile CFHTLS W4 alanına ait z_p ve z_s değerleri için lineer fit. Katastrofik hata oranları sırasıyla, %11,40, %15,60, %21,90 ve %13,40'dir. Doğruluk değerleri ise 0,039, 0,048, 0,050 ve 0,047'dir.	101
Şekil 4.6: $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$, $21,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$, $22,5 \leq i'_{AB} \leq 23,5$ ve $23,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralıkları için CFHTLS SED'lerine ait lineer fit. Katastrofik hata oranları sırasıyla, %8,30, %12,70, %17,40 ve %45,50'dir. Doğruluk değerleri ise 0,031, 0,045, 0,066 ve 0,092'dir.	103
Şekil 4.7: $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$, $21,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$, $22,5 \leq i'_{AB} \leq 23,5$ ve $23,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralıklarında en iyi katastrofik hata ve doğruluk değerlerini veren SED'lere ait lineer fit. Katastrofik hata oranları sırasıyla, %8,30, %12,70, %16,40 ve %40'dir. Doğruluk değerleri ise 0,031, 0,045, 0,062 ve 0,037'dir.	104
Şekil 4.8: Fotometrik kırmızıya kaymanın ve spektroskopik bir fonksiyonu olarak doğruluk değerleri.	107
Şekil 4.9: Fotometrik kırmızıya kaymanın ve spektroskopik bir fonksiyonu olarak katastrofik hata değerleri.	107
Şekil 4.10: $0 < z_s < 5$ ve $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralıklarında, tüm galaksi tipleri için $\Delta z/(1+z_s) - z_s$ ilişkisi. $\Delta z = z_s - z_p$ 'dir. Kesikli yatay çizgiler $\eta = \pm 0,15$ katastrofik hata değerini göstermektedir.	108
Şekil 4.11: $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ 'de CFHTLS SED'lerinin a) eliptik, b) Sbc ve Scd, c) Im ve d) SB (SB2 ve SB3) galaksi tipleri için z_p ve z_s arasındaki ilişki. Katastrofik hata oranları sırasıyla, %4,10, %6, %5,30 ve %9,20'dir. Doğruluk değerleri ise 0,030, 0,040, 0,04 ve 0,04'dir.	109
Şekil 4.12: $i'_{AB} < 23$ ve $i'_{AB} < 24$ için $0 < z < 5$ 'de $N - i'_{AB}$ ilişkisi. i'_{AB} değerleri 0,05 adımlarıyla birleştirilmiştir.	110
Şekil 4.13: $0 < z_p < 5$ 'de a) $i'_{AB} < 23$ ve b) $i'_{AB} < 24$ için CFHTLS W4 fotometrik gözlemlerinden elde ettiğimiz z_p ve VIPERS'dan alınan spektroskopik gözlemlere ait z_s değerlerinin birlikte çizdirilen $N(z) - z$ sayı yoğunluğu grafikleri. z_s kalın düz çizgi ile gösterilmiştir. z_p ve z_s değerleri 0,05 adımlarıyla birleştirilmiştir.	111
Şekil 4.14: CFHTLS W4 alanında tespit edilen galaksi kümelerinin toplu gösterimi.	114
Şekil 4.15: W4 alanında tespit edilen galaksi kümelerine ait toplu gösterimin bulunduğu Şekil 4.14'ün dört ayrı alt bölüme ayrılmış gösterimi.	115

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1: CFHTLS geniş (W1, W2, W3 ve W4) ve derin (D1, D2, D3 ve D4) alanlarının merkezi koordinatları, ilgili bölge için gözlenen toplam alan sayısı ve derece ² olarak toplam alan (Hudelot ve diğ., 2012).	13
Tablo 3.2: T0007 gözlemlerinde 25 bölgeye ayrılarak incelenen W4 alanına ait alt bölgelerin merkezi koordinatları (Terapix1, 2012).	15
Tablo 3.3: VIPERS taramasında W4 alanı için gözlenen ve tespit edilen cisimler ve kırmızıya kayma bilgileri (Garilli ve diğ., 2014).	16
Tablo 3.4: Lyman ve Balmer çizgilerinin enerji seviyeleri arasındaki geçişler ve bu geçişlerde yayınladıkları fotona ait dalgaboyu bilgileri.	26
Tablo 3.5: Kinney-Calzetti galaksi spektrel atlasındaki morötesinden yakın kırmızıöteye (0,12-1 μ m) SB galaksileri için E(B-V) değerleri.	35
Tablo 3.6: CFHTLS geniş alanlarına ait u*g'r'i'z' filtrelerinin efektif dalgaboyu, FWHM ve derinlik bilgileri (Hudelot ve diğ., 2012).	37
Tablo 3.7: CFHTLS'in u*g'r'i'z' ve SDSS'in ugriz filtreleri için Le PHARE programında yer alan dalgaboyu aralıkları.	37
Tablo 3.8: Parametre dosyasında analizler sırasında seçilen parametre bilgileri.	89
Tablo 3.9: Tespit edilen fotometrik kırmızıya kayma değerlerinin kontrolünün yapıldığı W4 geniş alanına ait VIPERS spektrografik taramasının merkezi koordinatları ve kapladığı alan (Garilli ve diğ., 2014).	90
Tablo 4.1: $0 < z < 5$ 'de $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$, $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$, $21,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$, $22,5 \leq i'_{AB} \leq 23,5$ ve $23,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ görünen kadir aralıkları için elde edilen en iyi katastrofik hata ve doğruluk değerleri. Doğruluk değeri, $\sigma_{\Delta z}$ ile ve katastrofik hata ise η sembolü ile gösterilmiştir. Katastrofik hata ölçüsü $\eta > 0,15$ 'dir.	97
Tablo 4.2: $0 < z < 5$ 'de $17,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$ ve $22,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ görünen kadir aralıkları için elde edilen en iyi katastrofik hata ve doğruluk değerleri. Doğruluk değeri, $\sigma_{\Delta z}$ ile ve katastrofik hata ise η sembolü ile gösterilmiştir. Katastrofik hata ölçüsü $\eta > 0,15$ 'dir.	98
Tablo 4.3: $0 < z < 5$ 'de $17,5 \leq i'_{AB} \leq 18,5$ ve $18,5 \leq i'_{AB} \leq 19,5$ görünen kadir aralıkları için elde edilen en iyi katastrofik hata ve doğruluk değerleri. Doğruluk değeri, $\sigma_{\Delta z}$ ile ve katastrofik hata ise η sembolü ile gösterilmiştir. Katastrofik hata ölçüsü $\eta > 0,15$ 'dir.	98
Tablo 4.4: $0 < z < 5$ 'de $19,5 \leq i'_{AB} \leq 20,5$ ve $20,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$ görünen kadir aralıkları için elde edilen en iyi SED'ler, katastrofik hata ve doğruluk değerleri. Doğruluk değeri, $\sigma_{\Delta z}$ ile ve katastrofik hata ise η sembolü ile gösterilmiştir. Katastrofik hata ölçüsü $\eta > 0,15$ 'dir.	99

Tablo 4.5: $0 < z < 5$ 'de $19,5 \leq i'_{AB} \leq 20$ ve $20 \leq i'_{AB} \leq 20,5$ görünen kadir aralıkları için elde edilen en iyi SED'ler, katastrofik hata ve doğruluk değerleri. Doğruluk değeri, $\sigma_{\Delta z}$ ile ve katastrofik hata ise η sembolü ile gösterilmiştir. Katastrofik hata ölçüsü $\eta > 0,15$ 'dir.	99
Tablo 4.6: $0 < z < 5$ 'de $20,5 \leq i'_{AB} \leq 21$ ve $20 \leq i'_{AB} \leq 21$ görünen kadir aralıkları için elde edilen en iyi SED'ler, katastrofik hata ve doğruluk değerleri. Doğruluk değeri, $\sigma_{\Delta z}$ ile ve katastrofik hata ise η sembolü ile gösterilmiştir. Katastrofik hata ölçüsü $\eta > 0,15$ 'dir.	100
Tablo 4.7: CFHTLS W4 alanı için $0 < z < 5$ 'de en iyi sonuçlar ve analizde dikkate alınan parametreler.	102
Tablo 4.8: $0 < z_p < 5$, $0 < z_p < 0,2$, $0 < z_p < 0,4$, $0,4 \leq z_p \leq 0,5$, $0 < z_p \leq 1,5$, $0 < z_p \leq 1,2$, $0,2 \leq z_p \leq 1,5$, $0,2 \leq z_p \leq 1,2$, $0,2 \leq z_p \leq 1$, $0,4 \leq z_p \leq 1,4$, $0,4 \leq z_p \leq 1,2$, $0,4 \leq z_p \leq 1$, $0,4 \leq z_p \leq 1$, $0,5 \leq z_p \leq 1$, $1,2 \leq z_p \leq 1,5$, $1,2 \leq z_p < 5$ ve $1,5 \leq z_p < 5$ aralıklarının $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$, $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$, $21,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$, $22,5 \leq i'_{AB} \leq 23,5$ ve $23,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ parlaklıklarındaki katastrofik hata oranları ve doğruluk değerleri. Tabloda katastrofik hata ve doğruluk değerleri η ve $\sigma_{\Delta z}$ simgeleri ile gösterilmiştir.	105
Tablo 4.9: $0 < z_p < 5$, $0 < z_p < 0,2$, $0 < z_p < 0,4$, $0,4 \leq z_p \leq 0,5$, $0 < z_p \leq 1,5$, $0 < z_p \leq 1,2$, $0,2 \leq z_p \leq 1,5$, $0,2 \leq z_p \leq 1,2$, $0,2 \leq z_p \leq 1$, $0,4 \leq z_p \leq 1,4$, $0,4 \leq z_p \leq 1,2$, $0,4 \leq z_p \leq 1,1$, $0,4 \leq z_p \leq 1$, $0,5 \leq z_p \leq 1$, $1,2 \leq z_p \leq 1,5$, $1,2 \leq z_p < 5$ ve $1,5 \leq z_p < 5$ aralıklarının $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$, $17,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$ ve $22,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ parlaklıklarındaki katastrofik hata oranları ve doğruluk değerleri. Tabloda katastrofik hata ve doğruluk değerleri η ve $\sigma_{\Delta z}$ simgeleri ile gösterilmiştir.	106
Tablo 4.10: $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ 'de CFHTLS SED'lerinin temel galaksi tipleri için katastrofik hatalar ve doğruluk değerleri.	109
Tablo 4.11: CFHTLS W4 alanında tespit edilen kümelerin özellikleri.	112
Tablo 4.11(devam):	113
Tablo 4.12: Tespit edilen en sönük ve en parlak galaksi kümesinin Yer'e uzaklıkları.	115

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler

Açıklama

c	: Işık hızı (3×10^5 km/s)
h	: Planck sabiti ($6,62606957 \times 10^{-27}$ erg s)
H₀	: Hubble sabiti ($71 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$)

Kısaltmalar

Açıklama

Abell	: Abell Kataloğu (Abell Catalogue)
CFHTLS	: Canada France Hawaii Telescope Legacy Survey
CN	: Nebula Kataloğu ve Yıldız Kataloğu (The Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars)
GC	: Küme ve Nebula Genel Kataloğu (General Catalogue of Nebulae and Clusters)
IC	: Yıldız Kümeleri ve Nebula İndeks Kataloğu (Index Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars)
M	: Messier cisimleri (The Messier objects)
NGC	: Yıldız Kümeleri ve Nebula Yeni Genel Kataloğu (The New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars)
NGC 2000.0	: Tamamlanmış Yeni Genel Katalog ve Yıldız Kümeleri ve Nebula İndeks Kataloğu (the Complete New General Catalogue and Index Catalogue of Nebulae and Star Clusters)
NGC/IC	: Yeni Genel Katalog / İndeks Kataloğu (The NGC/IC Project)
RNGC	: Revize Edilmiş (gözden geçirilmiş) Yeni Genel Katalog (Revised New Catalogue of Nonstellar Astronomical Objects)
RNGC/IC	: Revize edilmiş (gözden geçirilmiş) Yeni Genel Katalog ve İndeks Katalog (The Revised New General Catalogue and Index Catalogue)
SED	: Spektrel Enerji Dağılımları
VIMOS	: The Visible Multi-Object Spectrograph, Görülebilir Çoklu-Cisim Spektrografi
VIPERS	: VIMOS Paylaşımlı Galaksi dışı Kırmızıya kayma Taraması (The VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey)
VLT	: The Very Large Telescope, Çok Geniş Teleskop
VVDS	: The VIMOS VLT Deep Survey, VIMOS Derin Taraması
z	: Kırmızıya kayma
z_p	: Fotometrik kırmızıya kayma
z_s	: Spektroskopik kırmızıya kayma
N(z)	: z değerindeki galaksi sayısı

ÖZET

DOKTORA TEZİ

GALAKSİLERİN RADYAL DAĞILIMI: GENİŞ ÖLÇEKLİ YAPININ ANALİZİNDE FOTOMETRİK KIRMIZIYA KAYMALARIN GÜÇLÜ VE ZAYIF YÖNLERİ

Mukadder İĞDİ ŞEN

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Yüksel KARATAŞ

CFHTLS W4'ün $u^*g'r'i'z'$ fotometrik verisinin analizinden elde edilen fotometrik kırmızıya kayma (z_p) değerleri, VIPERS'dan alınan spektroskopik kırmızıya kayma değerleri (z_s) ile karşılaştırılmıştır. Güvenilir aralıkları bulmak amacıyla, $\Delta z = z_s - z_p$ farklarını etkileyen z_p aralıkları, parlaklık aralıkları ve galaksi tipi faktörleri incelenmiştir. Bu alandaki galaksi kümeleri tespit edilmiştir. Ulaşılan sonuçlar: Analiz için seçilen SED kütüphanesi ve filtre seti, sonuçlar üzerinde etkilidir. $0 < z_p < 5$ 'de, $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ için doğruluk değeri $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} = 0,039$ ve katastrofik hatası $\eta = \%11,40$ 'dır. Bu z_p aralığı için, en iyi değerler $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$ 'da $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} = 0,031$ ve $\eta = \%8,30$ olarak bulunmuştur. Görünen parlaklık, z_p hesaplamaları için anahtar bir parametredir. $i'_{AB} \leq 21,5$ limiti, güvenilir değerlere imkan sağlamaktadır. $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ 'de en iyi değerler $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} = 0,030$ ve $\eta = \%4,10$ olup eliptik galaksilerden elde edilmiştir. z_p 'lerin güvenilirliği, galaksi tipine de bağlıdır. $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$ ve $0,4 \leq z_p \leq 1$ aralıkları, $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} = 0,030$ ve $\eta = \%1,92$ değerlerindeki en iyi sonuçlara sahiptir. $z_p < 0,4$ 'de $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ ve $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$ 'da katastrofik hatalar oldukça yüksektir (sırasıyla $\%84,82$ ve $\%76,40$). $0,475 \leq z_s \leq 0,937$ 'de galaksi kümeleri tespit edilmiştir. En sönük küme $i'_{AB}=23,946$ ve en parlak küme ise $i'_{AB}=20,676$ kadir'dir. Yer'e uzaklıkları sırasıyla $3,95 \times 10^6$ kpc ve $2,23 \times 10^6$ kpc'dir. En uzak küme $3,96 \times 10^6$ kpc'de ve en yakın küme ise $2,01 \times 10^6$ kpc'de yer almaktadır.

Haziran 2015, 153 Sayfa.

Anahtar kelimeler: Fotometrik kırmızıya kayma, geniş ölçekli yapı, CFHTLS

SUMMARY

Ph.D. THESIS

THE RADIAL DISTRIBUTION OF GALAXIES: STRENGTHS AND WEAKNESSES OF PHOTOMETRIC REDSHIFTS TO ANALYSE LARGE SCALE STRUCTURES

Mukadder İÇDİ ŞEN

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Astronomy and Space Sciences

Supervisor: Prof.Dr. Yüksel KARATAŞ

The photometric redshifts (z_p) which are obtained from analyzing of CFHTLS W4 u*g'r'i'z' photometric data have been compared with the spectroscopic redshifts (z_s) taken from VIPERS. In order to find the reliable ranges, $\Delta z = z_s - z_p$ differences which are affected from z_p ranges, the brightness ranges and galaxy type factors were examined. Galaxy clusters in this area have been identified. The obtained results: Selected SED library and filter set for analysis are effective on the results. The accuracy value and catastrophic error for $17.5 \leq i'_{AB} \leq 24$ in $0 < z_p < 5$ are $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} = 0.039$ and $\eta = 11.40\%$, respectively. The best values for this z_p range were found in $17.5 \leq i'_{AB} \leq 21.5$ as $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} = 0.031$ and $\eta = 8.30\%$. The brightness is a key parameter for z_p estimations. Limit of $i'_{AB} \leq 21.5$ allows to the reliable values. The best values in $17.5 \leq i'_{AB} \leq 24$ were obtained from elliptical galaxies as $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} = 0.030$ and $\eta = 4.10\%$. The reliabilities of z_p values, also depends on the galaxy type. $17.5 \leq i'_{AB} \leq 21.5$ and $0.4 \leq z_p \leq 1$ ranges have the best results as $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} = 0.030$ and $\eta = 1.92\%$. The catastrophic errors up to $z_p \sim 0.4$ in $17.5 \leq i'_{AB} \leq 24$ and $17.5 \leq i'_{AB} \leq 21.5$ are quite big (respectively 84.82% and 76.40%). The galaxy clusters have been discovered in $0.475 \leq z_s \leq 0.937$. The faintest cluster is $i'_{AB} = 23.946$ mag and the brightest cluster is $i'_{AB} = 20.676$ mag. Their distances to the Earth 3.95×10^6 kpc and 2.23×10^6 kpc, respectively. The most distant cluster is at 3.96×10^6 kpc and the closest cluster is located at 2.01×10^6 kpc.

June 2015, 153 Pages.

Keywords: Photometric redshift, large scale structure, CFHTLS

1. GİRİŞ

Bu tez çalışmasında, evrenin geniş ölçekli yapısının araştırılmasında vazgeçilemez bir unsur haline gelmiş olan fotometrik kırmızıya kaymaların güçlü ve zayıf yönleri incelenmiştir.

Spektroskopiye dayanan spektral kırmızıya kayma yönteminde, her bir sistem için uzun bir gözlem süresiyle tespit edilebilen spektral çizgilerin konumlarının beklenen dalgaboyuna (ya da frekansa) göre ne kadar kaymış olduğuna bakılır ve kırmızıya kayma miktarı hesaplanır. Galaksiler, uzaklıklarından dolayı çoğunlukla oldukça sönüktürler. Ayrıca pek çok durumda, galaksilerin spektrumlarında onların kesin ve hızlı bir şekilde kırmızıya kaymalarının ölçülmesine izin veren baskın spektral yapılar yoktur. Bu sebeplerden ötürü, geniş ölçekli yapıların kırmızıya kaymalarının spektroskopi ile elde edilmesi, gözlemsel çalışmaların (en çok zaman gerektiren) zahmetlilerinden biridir. Uzak (ve sönük) cisimler için, büyük teleskoplara ve uzun gözlem zamanlarına ihtiyaç vardır. Ancak büyük teleskoplardan uzun gözlem zamanları alabilmek oldukça zor, hatta bazen imkansızdır. Bu nedenlerden ötürü, evrenin geniş ölçekli yapısının belirlenebilmesi amacıyla, SDSS (Sloan Digital Sky Survey, Sloan Sayısal Gökyüzü Taraması) ve CFHTLS (Canada France Hawaii Telescope Legacy Survey, Kanada Fransa Hawaii Teleskobu Miras Taraması) vb. gibi büyük gökyüzü taramalarının verileri kullanılarak birkaç teleskop zamanı içinde binlerce, hatta milyonlarca kırmızıya kayma değerinin elde edebildiği fotometrik kırmızıya kayma yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem, evrendeki farklı tür cisimlerin (yıldız, galaksi, kuazar gibi) kırmızıya kaymalarını elde etmek için orta /geniş bant fotometriyi kullanır (orta bandın duyarlı olduğu dalgaboyu aralıkları: $70 \text{ \AA} < \lambda < 400 \text{ \AA}$, geniş bandınki ise: $400 \text{ \AA} < \lambda < 1000 \text{ \AA}$ 'dur). Spektral kırmızıya kayma (z_s) değerlerinin hatası, fotometrik kırmızıya (z_p) kaymalarından genellikle küçüktür. Ancak, bazen uzun süre gözlem yapılmasına rağmen, örneğin bazı eliptik galaksilerde hiçbir spektral çizgi görülemeyebilir. Ayrıca, günümüzde, fotometrik kırmızıya kayma değerinin hatasının azaltılması için önemli çalışmalar yapılmaktadır. Detaylı düşünülerek yazılmış

bilgisayar programı kodundan oluşan fotometrik kırmızıya kayma programları yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve gözlemsel kozmolojinin önemli bir aracıdır. Spektrel kırmızıya kayma değerleri ile kıyaslandığında fotometrik kırmızıya kayma değerlerinin iyileştirilmesi, galaksi dışı astronomi ve kozmoloji alanındaki çalışmalar için özel bir önem taşımaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, tez konusu ile ilgili yapılan çalışmalar verilmiştir. Bölüm 3’de:

- i) CFHTLS, VIPERS (The VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey, VIMOS Paylaşımlı Galaksi dışı Kırmızıya kayma Taraması) verileri, kırmızıya kayma tanımları, kırmızıya kayma türleri, fotometrik kırmızıya kayma tekniklerinin prensipleri, spektrumun sürekliliğindeki özellikler, analiz için kullandığımız Le PHARE programı, model spektrel enerji dağılımları, kullanılan filtre setlerinin özellikleri, AB kadir sistemi, sonuçları grafike etmek için kullanılan Super Mongo programı, z_p değerlerindeki hataların değerlendirilmesinde önemli olan sistematik hatalar, belirsizlikler ve katastrofik hatalar hakkında açıklamalar yapılmıştır.
- ii) Kozmolojik içerik, evrendeki yapılar, tipik ölçekler, kütleler, galaksi tipleri hakkında bilgiler verilmiştir. Yapıların belirlenmesinde kullanılan yöntemler, sınırlar, kozmik varyans kavramı, büyük ve küçük alanlarda kozmik varyansın etkileri açıklanmıştır.

Bölüm 4’de, bu tez çalışmasına ait bulgular yer almaktadır. Bölüm 5’de ise, çalışmamızın bulgularının değerlendirilmesi ile varılan sonuçlar mevcut literatür bilgisi ile birlikte yorumlanmış ve tartışılmıştır. Ayrıca çalışmanın geliştirilmesi için ileride yapılması planlanan araştırmalar da belirtilmiştir.

Bu tezde, fotometrik gözlemleri içeren CFHTLS verileri kullanılmıştır. Bu veriler, Le PHARE programında yer alan mevcut spektrel kütüphaneler ve filtre sistemlerine ait bilgiler kullanılarak indirgenmiştir. Elde edilen parlaklıklar ile gözlenen parlaklıklar karşılaştırılarak en iyi “fit” elde edilmeye çalışılmıştır. Bulunan en iyi uyum, o

galaksinin fotometrik kırmızıya kayma değeri olarak çıktı dosyasına yazılmıştır. Fotometrik kırmızıya kayma değerleri (z_p) ve VIPERS'dan aldığımız spektrel kırmızıya kayma değerleri (z_s) birbiriyle karşılaştırılmıştır. Bu kırmızıya kayma değerleri arasındaki farkların tespiti ve hataların değerlendirilmesi yapılmıştır. İyi neticeler elde edebilmek için geçerli kırmızıya kayma aralığı ve parlaklık limiti tespit edilmiştir. Böylelikle z_p değerlerinde daha yüksek doğruluk ve daha küçük katastrofik hata değeri elde edilmiştir. Spektrel kütüphane seçiminin ve kullanılan filtre setlerinin sonuca etkileri incelenmiştir. Verilen bir alan içerisinde, yöne bağlı olarak $N(z)$ - z dağılımları elde edilmiştir. Ayrıca, W4 alanındaki galaksi kümeleri de tespit edilmiştir.

2. GENEL KISIMLAR

Ilbert ve diğ. (2006), CFHTLS'in D1 derin alanı için $i'_{AB} \leq 24$ verilerini kullanarak analiz yapmışlardır. Yazarlar, tespit ettikleri fotometrik kırmızıya kayma sonuçlarını değerlendirmek amacıyla D1 alanı için, $0 \leq z \leq 5$ arasında VIMOS'la (VVDS-0226-04) yapılan spektroskopik gözlemlerden elde edilmiş 3241 spektroskopik kırmızıya kayma değerini kullanmışlardır. Galaksi tiplerinin sonuçlar üzerinde önemli olduğunu belirterek, yıldız patlamalı galaksiler için daha az güvenilir sonuçlar bulduklarını ifade etmişlerdir. Bu tip galaksilerin spektroskopik örneklemenin %22'sini oluşturmalarına rağmen, katastrofik hataların %50'sinden sorumlu olduğunu açıklamışlardır. Analizler sonucunda en iyi doğruluk ve katastrofik hata değerlerin $0,2 \leq z \leq 1,5$ aralığında bulunduğunu belirtmektedirler. D1 alanı için uyguladıkları yöntemleri kullanarak, D3 derin alanını da incelediklerini ve D1 ile benzer sonuçlar bulduklarını ifade etmişlerdir.

Arnouts ve diğ. (1999), standart χ^2 (ki-kare) yöntemini kullanmışlardır. Çalışmalarında, herhangi bir spektral bilgi kullanılmamıştır. Tespit ettikleri sonuçların Bolzonella ve diğ. (2000)'nin Hyperz program kodundan elde ettikleri sonuçlarla iyi uyum sağladığını belirtmektedirler.

Standart χ^2 (ki-kare) yönteminde, muhtemel z_p değerlerinin ve galaksi tiplerinin elde edilmesi işlemi, model Spektrel Enerji Dağılımları'ndan (bundan böyle SED) elde edilen renkler ile gözlenen renklerin karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Her bir SED, $\Delta z = 0,05$ adımlarında kaydırılmaktadır. Standart χ^2 yöntemi için, (2.1) bağıntısı kullanılmıştır:

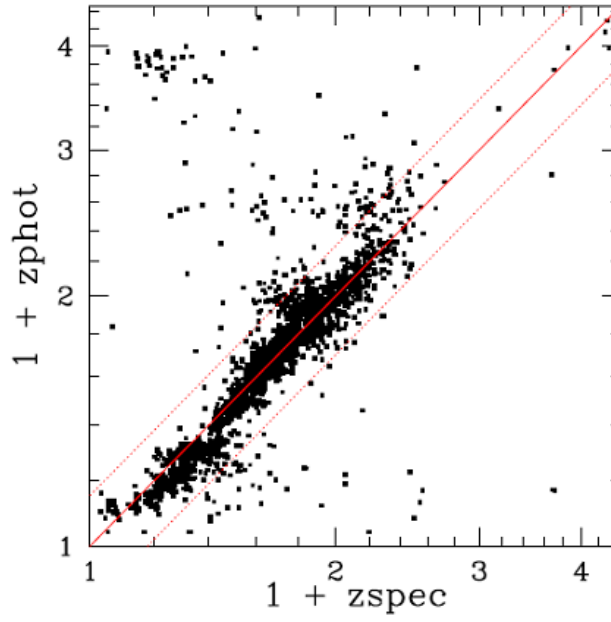
$$X^2(z, T, A) = \sum_{f=1}^{N_f} \left(\frac{F_{göz}^f - A \times F_{model}^f(z, T)}{\sigma_{göz}^f} \right)^2 \quad (2.1)$$

Burada $F_{model}^f(z, T)$, z kırmızıya kayma değerindeki T spektrumu için öngörülen akıdır. $F_{göz}^f$ gözlenen akıdır. $\sigma_{göz}^f$ ise ilgili hata değeridir. f indeksi dikkate alınan filtre ile

ilgilidir. N_f filtrelerin sayısıdır. Fotometrik kırmızıya kayma değeri, üç serbest parametrenin (z , T ve normalizasyon faktörü A) değişimiyle birlikte, χ^2 en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmaktadır.

Spektral kütüphane olarak, yaygın olarak kullanılan Coleman ve diğ. (1980)'nin eliptik, Sbc, Scd ve düzensiz galaksiler için gözlediği spektrumları kullanmışlardır. Daha sonra bu dört SED'e, Kinney ve diğ. (1996)'nden yıldız patlamalı (starburts, SB) bir SED eklemişler ve bunları morötesi ve kırmızıöteye uyarlamışlardır. Scd'den sonraki Hubble sınıfları için, Küçük Macellan Bulutu'nda ölçülmüş yıldızlararası sönmülemenden elde edilen kızarma değerleri $E(B-V)$ uygulanmıştır. $E(B-V) = 0, 0,05, 0,10, 0,15$ değerleri Scd spektral tipi için kullanılmıştır. Daha önceki spektral tipler için hiçbir kızarma değeri uygulanmamıştır. Bu beş SED modeli gözlenen spektrumu tam olarak temsil etmese de, küçük bir kısmı bile öngörülen renkler ve kırmızıya kayma değerleri arasındaki olası bozulmaları önemli derecede azaltmaktadır.

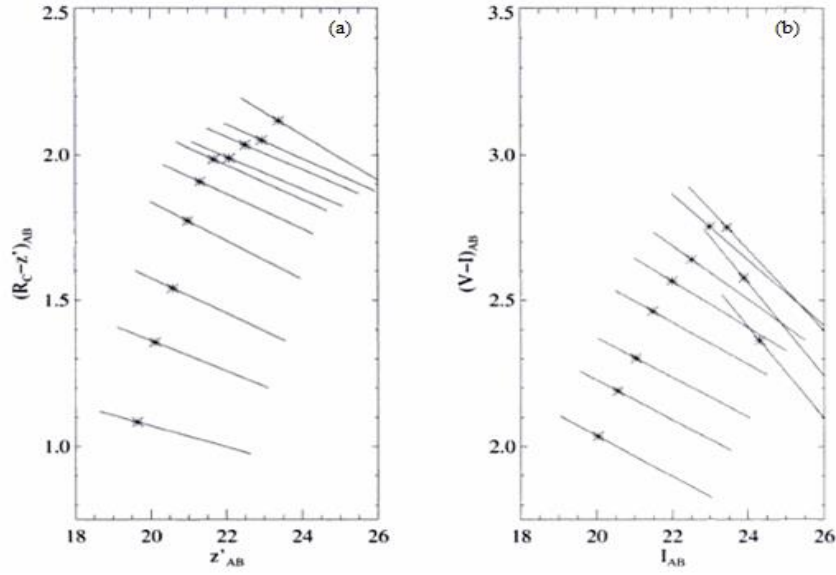
Standart χ^2 yönteminin sonuçları, VIPERS'dan alınan spektroskopik kırmızıya kayma değerleri ile $i' \leq 22,5$ için karşılaştırılmıştır. Şekil 2.1'de $z_s < 0,5$ 'deki sistematik kayma sol üst kısımda görülmektedir. Balmer kesikliğinin u^* ve r' filtreleri arasında bulunduğu bu kırmızıya kayma değerinde, oldukça parlak ($i'_{AB} \leq 22,5$) galaksiler için bu durumun beklenmediği belirtilmiştir. Bu durum, “fotometrik sıfır-nokta kalibrasyonundaki küçük belirsizlikler ya da aygıtın geçirgenlik eğrisi hakkında tam bilginin bulunmayışı” ile açıklanmaktadır. Daha sönük kadirlerde, çoğunlukla $1,5 < z_p < 3$ aralığında, $\Delta z > 1$ olan galaksiler çok miktardadır. Katastrofik hataların çoğu, Lyman ve Balmer kesiklerinin yanlış tanımlanmasından kaynaklanmaktadır. Hataların azaltılmasında, kırmızıöte gözlem verisinin önemli olduğu belirtilmektedir.



Şekil 2.1: $17,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$ aralığında standart χ^2 yöntemi ile belirlenmiş fotometrik kırmızıya kaymalar ile spektroskopik kırmızıya kaymaların karşılaştırılması. Katı çizgi $z_p = z_s$ 'yi, noktalı çizgiler ise $z_p = z_s \pm 0,15(1 + z_s)$ değerlerini göstermektedir (Ilbert ve diğ., 2006).

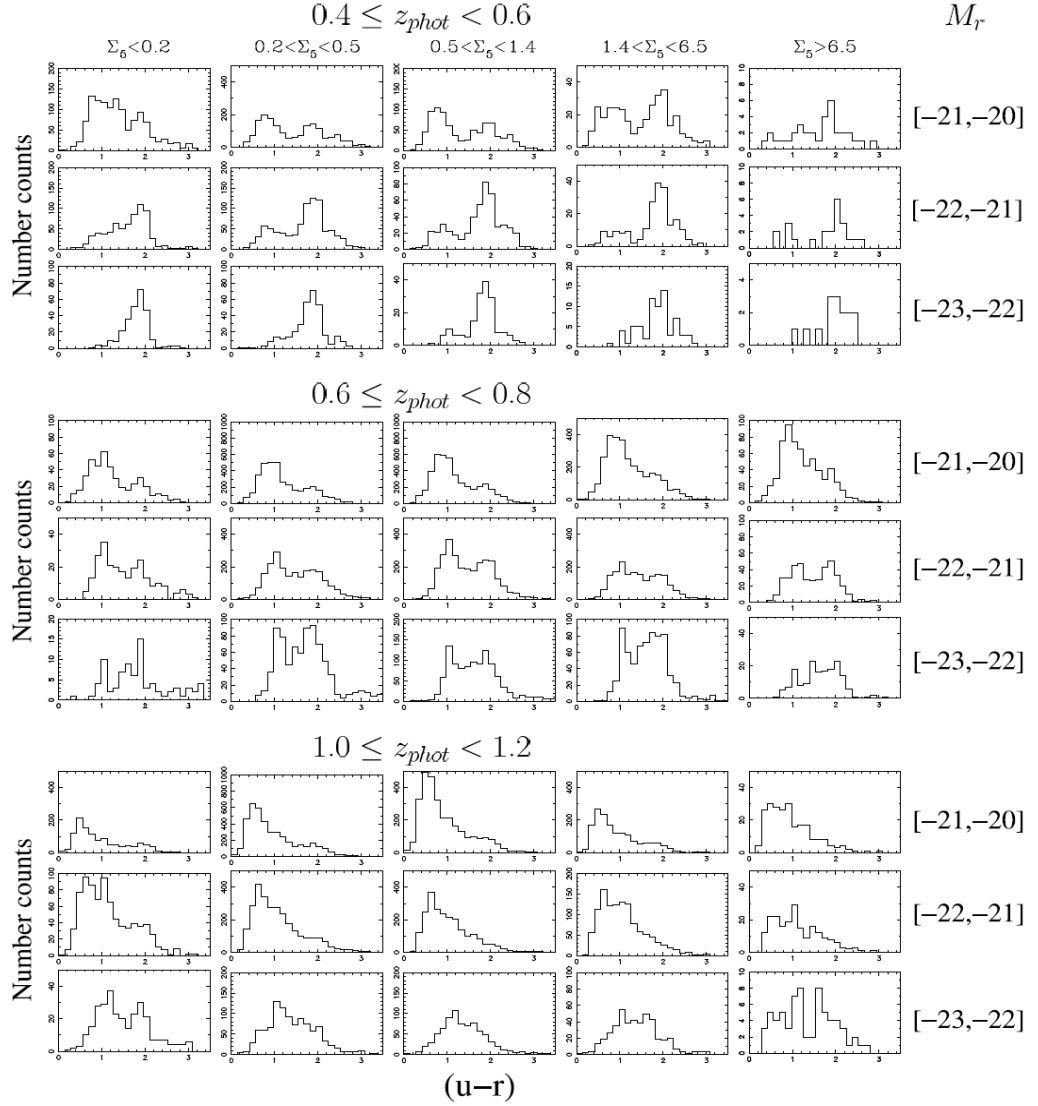
Gladders ve Yee (2000)'nin “galaksi kümesinin tespiti için yeni bir yöntem” başlıklı bir çalışması bulunmaktadır. Yazarlar bu çalışmada, belirli bir renkte küme galaksilerinin bir araya toplanmasını esas alan “kırmızı kol” yöntemini geliştirdiklerini ve doğru tespit edilmiş kırmızıya kayma değerlerinin, sonuçların doğruluğu açısından önemli olduğunu belirtmektedirler.

Gladders (2004), kırmızı kol tekniği ve yüksek kırmızıya kaymalı galaksi kümeleri ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Yazara göre, özellikle yüksek kırmızıya kaymalarda çok başarılı olan algoritmalarından biri, kırmızı kol yöntemidir. Bu yöntem, renk-kadir diyagramında belirgin renk kolu oluşturan, pasif şekilde evrim geçiren yani kırmızıya kayma değişimi ile yeni birleşmeler, yeni oluşumlar ve galaksilerin mevcut yapısında bozulma olmayan ya da alt halolar oluşturmeyen (Seo ve diğ., 2008) erken-tip popülasyona sahip tüm galaksiler için anahtar rolü oynamaktadır. Şekil 2.2'de $0,5 < z < 1,4$ için RCS (the Red-Sequence Cluster Survey, Kırmızı Kol Küme Taraması) gözlemlerinden elde edilmiş kırmızı kollar görülmektedir.



Şekil 2.2: $0,5 < z < 1,4$ 'de RCS gözlemlerini kullanarak a) $\Delta(R_C - z')_{AB} - z'_{AB}$ ve b) $\Delta(V - I)_{AB} - I_{AB}$ için kırmızıya kayma $z = 0,1$ adımlarıyla erken-tip galaksiler için elde edilmiş kırmızı kollar. Yıldız sembolü, her bir z değerinde kümenin konumunu göstermektedir Gladders (2004).

Gladders ve Yee (2000)'de detaylı olarak açıklanan kırmızı kol yöntemi, galaksi popülasyonuna sahip galaksi kümelerinin renk-kadir uzayında sıkı bir ilişki içinde olduğunu göstermektedir. Küme örneklemeleri için öngörülen istatistiksel analizlerde, sistematik belirsizliklerin baskın olması beklendiği için, düşük kirlenme ve iyi belirlenmiş seçim fonksiyonları, büyük taramalarda kritik öneme sahiptir. Kırmızı kolun bulunması, yüksek yoğunluğun da göstergesidir. Kaliteli görüntüleme verisi kullanılarak, galaksiler morfolojik olarak seçilebilmektedirler. Kırmızıya kayma ile pasif olarak evrim geçiren erken-tip galaksilerin fotometrik evrimi, kolayca modellenebilmektedir. Böylece, en muhtemel doğrulukta olan bu galaksiler, fotometrik kırmızıya kaymalar ve diğer ölçümler için esas alınmaktadır. Kırmızı kol algoritması ve en uygun filtrelerin kullanımı, ön plan projeksiyonunun tamamen giderilmesini ve arka plan projeksiyonunun da azaltılmasını sağlamaktadır. Gözlemin yapıldığı filtrelere ait parlaklık limitleri, teleskobun ayna çapı ve alıcının teknik özellikleri, yapıların belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Büyük tarama projelerinin ve yeni nesil aletlerin yardımıyla, birçok dalgaboyunda galaksi kümelerinin çalışılması ve önemli detaylar elde edilmesi günümüzde çok aktif bir konudur.



Şekil 2.3: Rengin fonksiyonu olarak galaksi sayı yoğunlukları. Grafikler, üç farklı kırmızıya kayma aralığında, mutlak kadir ve soldan sağa artan sayı yoğunluğunun fonksiyonu olarak verilmiştir (Ienna ve Pello, 2006). Sayı yoğunluğunda, $M_r = -20$ kadir'den daha parlak en yakın beşinci komşunun uzaklığından hesaplanan lokal yoğunluk (Σ_5) değeri dikkate alınmıştır (Balogh ve diğ., 2004).

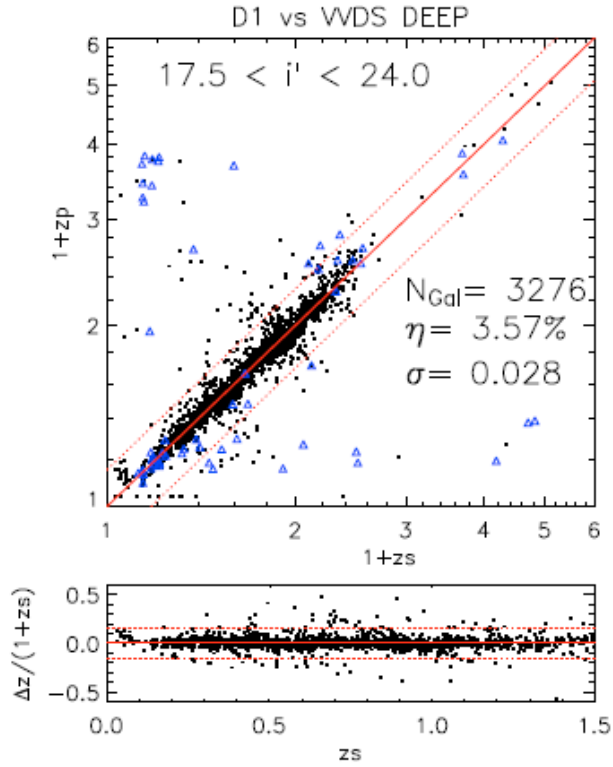
Ienna ve Pello (2006) tarafından, CFHTLS derin alanındaki T0007 gözlem verisi kullanılarak, galaksilerde renk dağılımı ve çevre arasındaki ilişki çalışılmıştır. Çalışmalarında yeni HyperZ programı kullanılarak, SED filtre eşleştirme tekniğini uygulamışlar ve z_p değerlerini hesaplamışlardır. u' ve r' bantlarındaki mutlak parlaklık limitini dikkate almışlardır. $0 < z_p < 1,3$ aralığında iyi belirlenmiş fotometrik kırmızıya kaymalı galaksiler, CFHTLS'in dört derin alanından seçilmiştir. z_p 'nin bir fonksiyonu olarak galaksilerin durağan hal renk dağılımı, mutlak kadir ve lokal yoğunlukla ilgili çalışmalarından biri Şekil 2.3'de verilmiştir. Sonuçların, iki modlu renk dağılımı ile

tutarlı olduğu ve $z_p \sim 0,6$ 'ya kadar yüksek lüminositelerde kırmızı galaksilerin baskın olduğu ifade edilmektedir. Mavi ve parlak galaksilerin büyük bir kısmı bu limitin ötesinde artan z_p 'lerde görülmektedir. Verilen bir z_p 'de lüminositenin bir fonksiyonu olarak galaksilerin renk dağılımı incelenmiş ve $z_p \sim 1,3$ 'e kadar güçlü bir evrim gözlenmiştir. Dağılımda, en düşük yoğunluklu ve en sönük mutlak kadir aralıklarında mavi popülasyon, en yüksek yoğunluklu ve en parlak mutlak kadir aralıklarında ise kırmızı popülasyon baskındır.

Mazure ve diğ. (2007), z_p değerlerini kullanarak CFHTLS W4 geniş alanındaki yapıların tespiti hakkında çalışma yapmışlardır. Alandaki yapıları araştırmak için CFHTLS ve VVDS verilerini kullanmışlardır. Yapıların tespiti için i' bant verileri kullanılmıştır. En iyi doğruluğun $i' \leq 24,5$ için $0,2 \leq z \leq 1,2$ aralığında elde edildiği belirtilmektedir. Yapıların belirlenmesi için daha önceden kullanılan lüminosite fonksiyonu, yoğunluk profili ve galaksilerin renkleri gibi alışılmış yaklaşımlar gerekmediğini ifade etmektedirler. Fotometrik kırmızıya kayma uzayında dar dilimler kullanılarak, artan arka plan dezavantajının üstesinden geldiklerini açıklamaktadırlar. Yazarlara göre, yapı belirlemede 1) yapının yanlış belirlenmesi, 2) tüm örneklemeler için sonuç istendiğinde kısmi olarak kullanılan seçim fonksiyonunun iyi belirlenememesi problemleri vardır. Yazarlar, birinci durum için rastgele dağılımlar aldıklarını; ikinci durum için ise, detaylı hazırlanmış simülasyonlar ile kontroller yaptıklarını belirtmektedirler. Böylece, yapıların doğası ile ilgili herhangi bir hipoteze gerek kalmaksızın $z \sim 1,05$ 'e kadar, iyi bir şekilde yapılar tespit edilmiştir. Fotometrik kırmızıya kayma yöntemi sayesinde, X-ışın tespitleriyle uyumlu sonuçlar bulduklarını ve X-ışın taramalarında gözlenemeyen düşük kütleli yapılar tespit ettiklerini belirtmektedirler.

Koester ve diğ. (2007b), SDSS fotometrik verisinden seçilmiş 13823 galaksi kümesi içeren MaxBCG kataloğunu oluşturmuşlardır. Yazarlara göre, kırmızıya kayma ve sırt çizgisi rengi arasındaki sıkı ilişki, her bir küme için doğru fotometrik kırmızıya kayma değeri elde edilmesine imkan sağlamaktadır. Kırmızıya kayma ile birlikte renkteki sırt çizgisinin düzgün bir şekilde kaydığını ve küme kırmızıya kaymasının oldukça doğru olarak elde edildiğini belirtmişlerdir.

D'Abrusco (2007)'nin "yakın evrendeki geniş ölçekli yapı" başlıklı tez çalışmasında, küme ve gruplardaki erken-tip galaksilerin, renk-kadir diyagramlarındaki kırmızı koldan belirlendiğini ve bunun uzun zamandır yapı mevcudiyetinin ispatı olarak kabul edildiği belirtilmektedir.



Şekil 2.4: D1 alanında z_p ve z_s ilişkisi. Kırmızı noktalı çizgiler, $\eta \geq \pm 0,15$ sınırını ve mavi üçgenler ise PDF'de ikinci çözümle bulunan cisimleri göstermektedir.

Coupon ve diğ. (2009), CFHTLS geniş ve derin alanları için Terapix T0004 versiyonu ile filtre eşleştirme yöntemini kullanarak z_p değerlerini incelemişlerdir. Buldukları z_p sonuçlarını test etmek için birkaç spektroskopik taramadan 16983 adet yüksek doğruluklu z_s değerini kullanmışlardır. Yazarlara göre $0,2 < z_p < 1,5$ aralığı, z_s değerleri ile daha iyi uyumludur. Şekil 2.4'de görüldüğü gibi, D1 alanı için $i'_{AB} < 24$ 'deki doğruluk oranı 0,028 ve katastrofik hata oranı %3,50'dir. Geniş alanlarda, $i'_{AB} < 22,5$ 'daki doğruluk oranı 0,036 ve katastrofik hata oranı %2,80 bulunmuştur. Geniş alanlardaki katastrofik hata oranları $i'_{AB} < 23$ 'de %5 ve $i'_{AB} < 24$ 'de ise %10'dur.

Wen ve diğ. (2009) SDSS DR6'dan elde edilen z_p değerlerini kullanarak, galaksi kümeleri ve özelliklerini tanımlayan bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında, katalogların çoğunda galaksi kümelerinin $z_p \leq 0,3$ 'de bulunduğu belirtilmektedir. $M_r \leq -21$ ve sekizden çok üyesi olan 39716 küme $0,05 < z_p < 0,6$ aralığında bulunmaktadır. Kümelerin kırmızıya kayma değerleri 0,022'den daha küçük belirsizlikle doğru olarak hesaplanmıştır. Üye galaksilerin kirlenme oranı kabaca %20 olarak bulunmuştur. Üye galaksilerin tespiti $\sim 90\%$ 'dır. Monte Carlo simülasyonları $z \leq 0,42$ 'de, $M_{200} > 2 \times 10^{14} M_{\odot}$ 'den daha büyük kütleli kümeler için küme tespit oranının %90 olduğunu göstermiştir (M_{200} tanımı Bölüm 3.1.10.2'de verilmiştir). Kümenin yanlış tespit oranı %5'dir. $M_{200} \sim 1,2 \times 10^{14} M_{\odot}$ kütleli kümelerin tespit oranı $\sim 60\%$ 'dir.

Laurino (2009)'nun tez çalışmasına göre düşük kırmızıya kaymalarda, Bölüm 3.1.7.2'de açıklanan kozmik varyansın etkisi önemlidir. Kozmik varyans nedeniyle, yapıların ve galaksilerin uzaysal dağılımının bozulmamış bir resmini elde etmek neredeyse imkansızdır. Derin olmayan spektroskopik taramalar çok büyük ölçeklerde kümelenme şekillerine duyarsızdır. Küçük ölçeklerde yapının lineer olmayan büyümesi nedeniyle küme tespiti güçleşmektedir.

Wen ve Han (2011), CFHTLS geniş ve derin alanları, COSMOS alanı ve Spitzer SWIRE alanından yüksek kırmızıya kaymalı kümeleri tespit etmeye çalışmışlardır. Yüksek kırmızıya kaymalardaki galaksi kümeleri ve BCG (Brightest Cluster Galaxy, En Parlak Küme Galaksisi)'lerin evrimi ile ilgili çalışmalarına göre, yüksek kırmızıya kayma değerine sahip kümeleri saptamak, kozmoloji ve küme evrimi açısından önemlidir. Galaksilerin fotometrik kırmızıya kayma değerleri kullanılarak CFHTLS geniş alanından 631 küme, CFHTLS derin alanında 202 küme, COSMOS'dan 187 küme ve Spitzer geniş alan morötesi galaksi dışı taramasından ise 737 küme tespit ettikleri belirtilmektedir. Bu kümelerin bulunduğu kırmızıya kayma aralığı $0,1 \leq z_p \leq 1,6$ 'dır. Yüksek kırmızıya kaymalı kümeleri tespit etmek için, derin alandaki alan galaksilerinden kümeye üye galaksileri ayırmak gerekmektedir. Bakış doğrultusu boyunca görülen ve küme ile alakasız sistemlerin kümeye dahilmiş gibi görünmesi nedeniyle meydana gelen projeksiyon etkisi, fotometrik veride çok önemlidir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

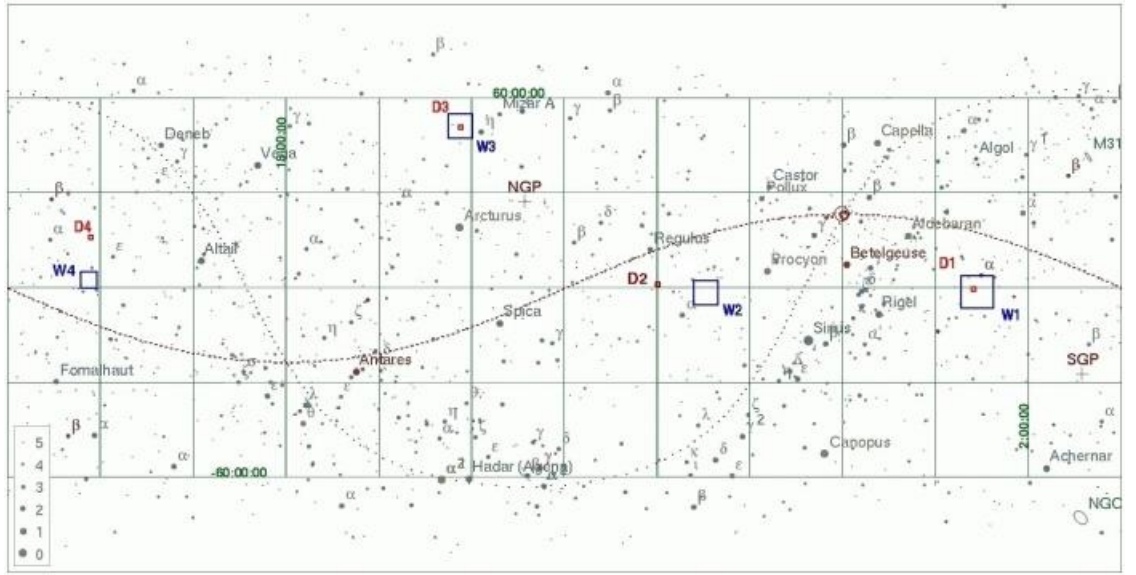
3.1. MALZEME

Bu tez çalışmasında evrendeki yapıları karakterize edebilmek amacıyla, CFHTLS'in Megacam kamerasının u*g'r'i'z' filtreleri ile Terapix tarafından yapılan gözlemlerinden oluşturulmuş T0007 versiyonlu fotometrik renk kataloğunun CFHTLS Geniş 4 (Wide 4, W4) alan verileri kullanılmıştır. Elde ettiğimiz fotometrik kırmızıya kayma değerlerini spektroskopik kırmızıya kayma değerleri ile kontrol etmek amacıyla, CFHTLS W4 alanı için spektroskopik yöntemle elde edilmiş olan VIPERS (The VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey, VIMOS Paylaşımlı Galaksi dışı Kırmızıya Kayma Taraması) kataloğu alınmıştır.

3.1.1. CFHTLS ve VIPERS Verileri

3.1.1.1. CFHTLS Verileri

CFHTLS Terapix tarafından 26 Ekim 2012 tarihinde paylaşımına açılmış olan T0007 versiyonlu veriler D1, D2, D3 ve D4 derin alanları ile W1, W2, W3 ve W4 geniş alanlarını kapsamaktadır. CFHTLS geniş ve derin alanlarının konumları Şekil 3.1'deki gökyüzü haritasında görülmektedir. Şekildeki yakın noktalı kırmızı çizgi ekliptik düzlemini, uzak noktalı çizgi galaktik düzlemini, NGP ise kuzey galaktik kutbu göstermektedir. CFHTLS geniş ve derin alanlarının merkezi koordinatları, ilgili bölge için gözlenen toplam alan sayısı ve derece² olarak toplam alan bilgileri Tablo 3.1'de verilmiştir (SNLS Team, 2013).



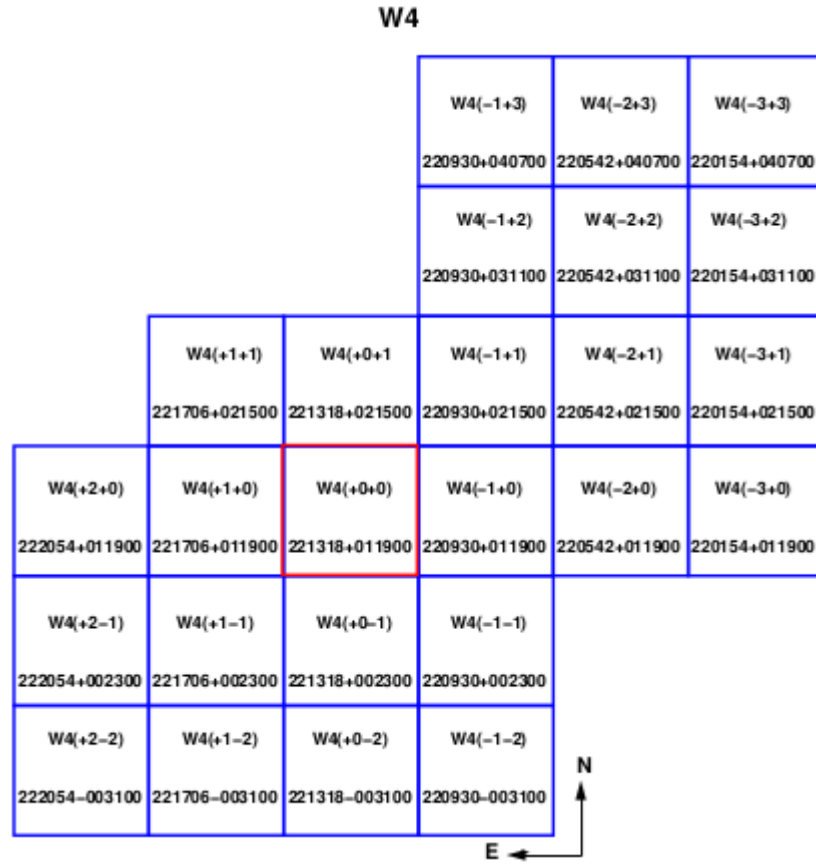
Şekil 3.1: CFHTLS geniş (W1, W2, W3 ve W4) ve derin (D1, D2, D3 ve D4) alanlarının konumları. Yakın noktalı kırmızı çizgi ekliptik düzlemini, uzak noktalı çizgi galaktik düzlemini, NGP ise kuzey galaktik kutbu göstermektedir (SNLS Team, 2013).

Tablo 3.1: CFHTLS geniş (W1, W2, W3 ve W4) ve derin (D1, D2, D3 ve D4) alanlarının merkezi koordinatları, ilgili bölge için gözlenen toplam alan sayısı ve derece² olarak toplam alan (Hudelot ve diğ., 2012).

CFHTLS bölgesi	Referans Merkezinin Koordinatları (α , δ) (J2000)	Gözlenen toplam alan sayısı (nxp)	Toplam alan (derece ²)
D1	02:25:59 -04:29:40	1 x 1	1 x 1
D2	10:00:28 02:12:30	1 x 1	1 x 1
D3	14:19:27 +52:40:56	1 x 1	1 x 1
D4	22:15:31 -17:43:56	1 x 1	1 x 1
W1	02:18:00 -07:00:00	9 x 8	8,5 x 7,5
W2	08:57:49 -03:19:00	5 x 5	4,8 x 4,7
W3	14:17:54 +54:30:31	7 x 7	6,7 x 6,6
W4	22:13:18 +01:19:00	25	23,3

Analizlerimizde Linux işletim sisteminde çalışan Le PHARE programı kullanılarak CFHTLS'in W4 geniş alan gözlem verilerine ait fotometrik kırmızıya kayma (z_p) değerleri elde edilmiştir. Analizlerimizden elde edilen değerler, Super Mongo programı kullanılarak grafiklendirilmiştir.

W4 alanının merkezi koordinatları: RA(2000) = 22 13 18 ve DEC(2000) = +01 19 00'dır. CFHTLS W4 alanında $0 < z < 6$ kırmızıya kayma aralığında 1258700 adet cisim bulunmaktadır. T0007 gözlemlerinde 25 alt bölgeye ayrılarak gözlenmiş olan CFHTLS W4 geniş alanına ait alt bölgelerin konumları Şekil 3.2'de, isimleri ve merkezi koordinatları ise Tablo 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2: T0007 gözlemlerinde 25 bölgeye ayrılarak incelenen W4 alanına ait alt bölgelerin merkezi koordinatları ve konumları (Hudelot ve diğ., 2012).

Tablo 3.2: T0007 gözlemlerinde 25 bölgeye ayrılarak incelenen W4 alanına ait alt bölgelerin merkezi koordinatları (Terapix1, 2012).

No	W4 Alanı	RA(2000)	DEC(2000)
1	w4.+2-2	22 20 53.78	-00 31 00.0
2	w4.+2-1	22 20 53.77	+00 23 00.0
3	w4.+2+0	22 20 53.88	+01 19 00.0
4	w4.+1-2	22 17 05.77	-00 31 00.0
5	w4.+1-1	22 17 05.77	+00 23 00.0
6	w4.+1+0	22 17 05.82	+01 19 00.0
7	w4.+1+1	22 17 05.94	+02 15 00.0
8	w4.+0-2	22 13 17.76	-00 31 00.0
9	w4.+0-1	22 13 17.76	+00 23 00.0
10	w4.+0+0	22 13 17.76	+01 19 00.0
11	w4.+0+1	22 13 17.76	+02 15 00.0
12	w4.-1-2	22 09 29.75	-00 31 00.0
13	w4.-1-1	22 09 29.76	+00 23 00.0
14	w4.-1+0	22 09 29.70	+01 19 00.0
15	w4.-1+1	22 09 29.59	+02 15 00.0
16	w4.-1+2	22 09 29.41	+03 11 00.0
17	w4.-1+3	22 09 29.17	+04 07 00.0
18	w4.-2+0	22 05 41.64	+01 19 00.0
19	w4.-2+1	22 05 41.41	+02 15 00.0
20	w4.-2+2	22 05 41.06	+03 11 00.0
21	w4.-2+3	22 05 40.58	+04 07 00.0
22	w4.-3+0	22 01 53.58	+01 19 00.0
23	w4.-3+1	22 01 53.23	+02 15 00.0
24	w4.-3+2	22 01 52.70	+03 11 00.0
25	w4.-3+3	22 01 51.99	+04 07 00.0

3.1.1.2. VIPERS Verileri

VIPERS (The VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey, VIMOS Paylaşımlı Galaksi dışı Kırmızıya kayma Taraması), burada VIMOS (the Visible Multi-Object Spectrograph) Görülebilir Çoklu-Cisim Spektrografi anlamına gelmektedir.

Analizlerimizde 4 Ekim 2013’de paylaşıma açılmış olan W4_Spectro_PDR1 kataloğu, spektral kırmızıya kayma değerlerinin kontrolü için alınmıştır. VIPERS, $i'_{AB} < 22,5$ ve $0,5 < z < 1,2$ aralıklarındaki ~ 100000 galaksinin spektroskopik örneklemini oluşturmak amacıyla tasarlanmıştır. Taramanın spektroskopik hedefleri, CFHTLS W1 ve W4 alanlarından seçilmiştir. $0,5 < z < 1,2$ için tarama alanı 24° ’dir. CFHTLS W4 alanındaki spektroskopik yöntemle elde edilmiş olan z_s değerlerinin bulunduğu

W4_Spectro_PDR1 kataloğunda, $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ için 30698 cisim bulunmaktadır. Bu veri seti, özellikle fotometrik kırmızıya kaymaların test edilmesi amacıyla oluşturulmuştur. VIPERS taramasında W4 alanı için gözlenen ve tespit edilen cisimler ve kırmızıya kayma bilgileri Tablo 3.3'de verilmiştir (Garilli ve diğ., 2014).

Tablo 3.3: VIPERS taramasında W4 alanı için gözlenen ve tespit edilen cisimler ve kırmızıya kayma bilgileri (Garilli ve diğ., 2014).

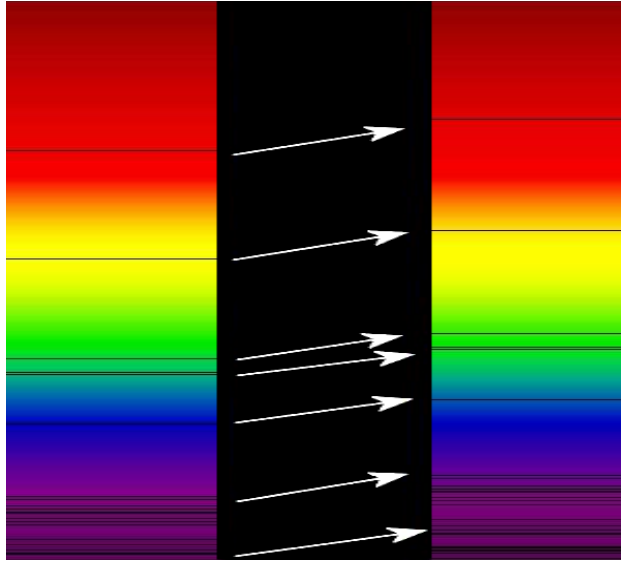
Alan	Gözlenen cisimler	Tespit edilen cisimler	Ölçülen kırmızıya kayma değerleri	Güvenilir kırmızıya kayma değerleri
W4	31260	29897	28041	24050

3.1.2. Kırmızıya Kayma

Kırmızıya kayma, görülebilen ışık için, incelenen cismin spektrumundaki çizgilerin dalgaboyunun artmasıdır. Şekil 3.3'de bir galaksi kümesinin Güneş'e göre, spektrumundaki absorpsiyon çizgilerinin kırmızıya kayması görülmektedir. Dalgaboyunun azalması ise, "maviye kayma" olarak adlandırılmaktadır. Evren'de gözlenen galaksilerden gelen ışığın birkaç istisnâ durum dışında spektrumun hep kırmızı bölgesine kaydığı ve Evren'in yönden bağımsız olarak genişlediği Edwin Hubble tarafından tespit edilmiştir.

3.1.2.1. Kırmızıya Kayma Türleri

Üç tür kırmızıya kayma vardır: i) Doppler kayması, ii) kozmolojik kırmızıya kayma ve iii) gravitasyonel kırmızıya kayma.



Şekil 3.3: Bir galaksi kümesinin Güneş'e göre, spektrumundaki absorpsiyon çizgilerinin kırmızıya kayması. Sağda bir galaksi kümesinin, solda ise Güneş'in spektrumu verilmiştir. Galaksi kümesine ait absorpsiyon çizgilerinin dalgaboyları spektrumun kırmızı tarafına doğru kaymaktadır (Wiora, 2005).

i) Doppler Kayması

Galaksilerin varlıkları 1920'li yıllardan beri bilinmektedir. Bu araştırmaları yapanlardan biri olan E. Hubble, kırmızıya kaymaları tespit etmiş ve açıklamıştır. Hubble, galaksileri incelemeye başladığında galaksilerin spektrumlarındaki spektrel çizgilerin birkaç istisna dışında kırmızıya kaydığını tespit etmiş ve bu durumu “Doppler kırmızıya kayması” olarak açıklamıştır. Doppler kayması, cisimlerin hareketinden meydana gelir. Kaynakla gözlemci arasındaki mesafenin değişimine göre, spektrel çizgilerin yer değiştirdiğini göstermektedir. Cisimler arasındaki mesafe azalırsa spektrel çizgiler maviye, mesafe artarsa kırmızıya kaymaktadır. Çizgideki kayma miktarıyla, kaymaya neden olan hareketin hızı arasında (3.1) bağıntısındaki ilişki bulunmaktadır:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{c} \quad (3.1)$$

Burada, λ_0 cisim durağan haldeyken spektrel çizginin dalgaboyu değeri, $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ olarak çizgideki kayma miktarı, λ gözlenen dalgaboyu değeri, c ışık hızı ve v ise yaklaşma/uzaklaşma hızıdır. Çizgilerdeki kayma miktarlarının tesadüfî olmadığı ve

kaynakla gözlemci arasındaki rölatif hızla ilişkili olduğu, (3.1) bağıntısından görülmektedir. Cisimlerin hızları, spektrumlarındaki çizgilerin Doppler kaymasından tayin edilir.

Birbirinden v hızıyla uzaklaşan cisimler için Doppler kayması (kırmızıya doğru) iki şekilde elde edilmektedir:

a) Rölativistik olmayan yani ışık hızından çok küçük bir v hızı için ($v \ll c$), (3.2) ve (3.3) bağıntıları geçerlidir.

$$\lambda = \lambda_0(1 + v/c) \quad (3.2)$$

$$z = v/c \quad (3.3)$$

b) Rölativistik yani ışık hızı ile mukayese edilebilir hızlar için ise, (3.4) ve (3.5) bağıntıları geçerlidir.

$$\lambda = \lambda_0 \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}} \quad (3.4)$$

$$z = \Delta\lambda/\lambda_0 = \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}} - 1 \quad (3.5)$$

$v = z.c$ eşitliğinde $z = 1$ 'de galaksinin $v = c$ ışık hızıyla birbirlerinden uzaklaşması mümkün değildir.

ii) Kozmolojik Kırmızıya Kayma

Kozmolojik kırmızıya kayma, Doppler kayması ve gravitasyonel kırmızıya kaymadan farklıdır ve evrenin genişlemesinden kaynaklanmaktadır. Kozmolojik kırmızıya kayma ile ilgili detaylı bilgi Bölüm 3.1.8.1. Kozmoloji'de verilmiştir.

iii) Gravitasyonel Kırmızıya Kayma

Einstein Genel Rölative Teorisi'ne göre, ışık büyük bir kütlenin yakınından geçtiğinde, o kütlenin gravitasyonel etkisinden dolayı bükülmekte ve uzay-zaman geometrisi bozulmaktadır. Böylece o cismin kütesine bağlı olarak ışığın enerjisi azalır, dalgaboyu büyür. $E = hc / \lambda$ bağıntısında, enerji ile dalgaboyu arasındaki bu ilişki görülmektedir. Dalgaboyunun artması, spektrumda kırmızıya kaymaya neden olur. Böylece, kütlenin gravitasyonel etkisinden kaynaklanan “gravitasyonel kırmızıya kayma” meydana gelir. Bu etki (3.6) bağıntısı ile verilmektedir.

$$1 + z = 1 / \sqrt{1 - \left(\frac{2GM}{rc^2} \right)} \quad (3.6)$$

Burada G, Newton'un gravitasyonel sabiti ($6,67384 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot (\text{m/kg})^2$), M gravitasyonel çekim yaratan kütle, c ışık hızı ($3 \times 10^5 \text{ km/s}$), r ise gravitasyonel çekim yaratan kütlenin merkeziyle fotonun bulunduğu nokta arasındaki uzaklıktır.

3.1.2.2. Kırmızıya Kayma Değerlerinin Elde Edilme Yöntemleri

Kırmızıya kayma değerleri, spektroskopik ve fotometrik yöntemlerle elde edilmektedir.

i) Spektroskopik Kırmızıya Kayma Yöntemi: Farklı tür sistemlerin (yıldız, galaksi, kuazar gibi) kırmızıya kayma değerlerini elde etmek için spektroskopinin kullanılmasıdır. Spektrel çizgilerin konumlarının bilinen dalgaboyuna (ya da frekansa) göre ne kadar kaymış olduğuna bakılır ve kırmızıya kayma miktarı hesaplanır.

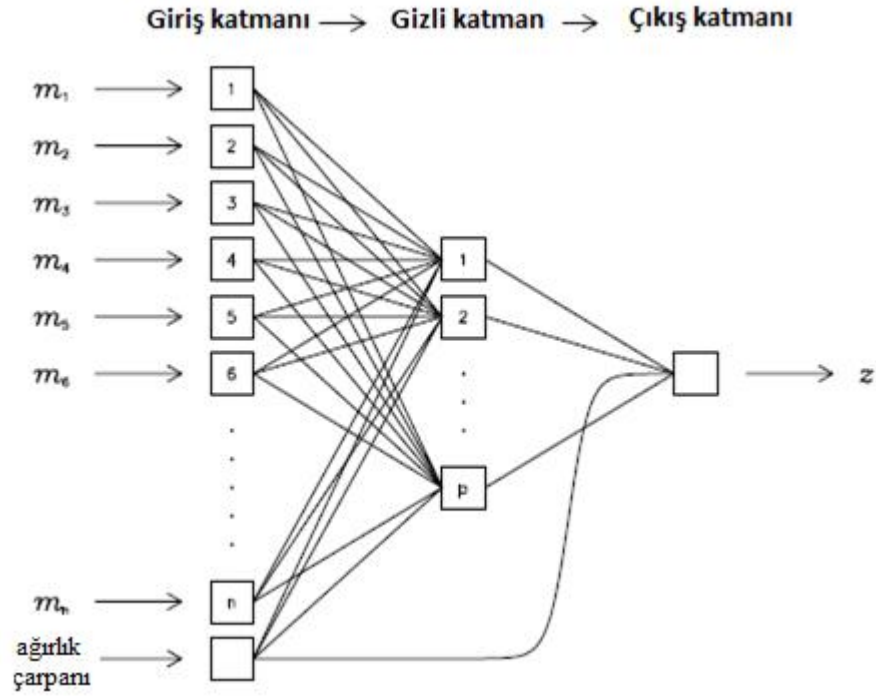
ii) Fotometrik Kırmızıya Kayma Yöntemi: Farklı tür sistemlerin (yıldız, galaksi, kuazar gibi) kırmızıya kayma değerlerini elde etmek için fotometrinin kullanıldığı yöntemdir. Fotometrik kırmızıya kaymalar, gözlem aletinin özelliğine bağlı olarak, spektroskopik yöntemle ulaşılabilecek limitten daha sönük cisimler için kırmızıya kayma değerinin tespitine imkan sağlamaktadır.

3.1.2.3. Fotometrik Kırmızıya Kayma Yöntemleri

Fotometrik kırmızıya kaymaların güvenilirliği, fotometrik kırmızıya kaymaları bulmak için kullanılan yöntemle bağlıdır. Literatürde temel olarak, bu amaç için kullanılan iki farklı yöntem bulunmaktadır: Model spektrumların karşılaştırılması yöntemi ve yapay sinir ağı yöntemi.

i) Model Spektrumların Karşılaştırılması Yöntemi: Bu yöntem, morötesinden yakın kırmızıöteye, geniş dalgaboyu aralığında ve farklı filtrelerle cisimlerin parlaklığının ölçülmesine dayanır. Bu yöntemde, parlaklıklar akı değerlerine dönüştürülür. Elde edilen akı değerleri dalgaboyuna göre çizdirilerek sistemin Spektrel Enerji Dağılımı (SED) bulunmuş olur. Gözlemlerden elde edilen SED'ler ile farklı Hubble tipleri ve farklı z değerleri için oluşturulmuş model spektrumlardan üretilen SED'ler, χ^2 (en küçük kareler) tekniğine göre karşılaştırılarak z değeri bulunur. Model spektrumların karşılaştırılması yöntemi photoz, hyperz, Le PHARE vb. bilgisayar programları ile yapılmaktadır. Model spektrumların karşılaştırılması yöntemini kullanarak sağlıklı sonuçlar elde edebilmek amacıyla yukarıda da belirtildiği gibi, morötesinden kırmızıöteye geniş dalgaboyu aralığında ve çok sayıda filtre kullanarak gözlem yapılmalıdır. Fotometrik kırmızıya kayma değeri, spektrumun sürekliliğindeki özelliklerin tespitine dayanır. Örneğin, 4000 Å dalgaboyu kırılması, Balmer kesiği, Lyman kesiği gibi. $z > 1,5$ 'da güvenilir z değerlerini elde etmek amacıyla, uzun dalgaboyu verisi gereklidir. Çünkü Balmer kesiği, $z > 1,5$ 'da 10000 Å'dan daha büyük dalgaboylarına kaymaktadır. Genellikle geniş bant filtreler sadece kırılmaların tespitine imkan sağlar ve ortalama akıya ~%2 katkısı olan emisyon çizgilerinin mevcudiyetine duyarlı değildir (Ilbert ve diğ., 2006).

ii) Yapay Sinir Ağı Yöntemi: Bu yöntemde her bir cisim için farklı filtrelerdeki akılar, parlaklık değerleri, şekil, büyüklük gibi değerler içeren çok boyutlu veri seti alınır. Bunlara bazı matematiksel fonksiyonlar uygulanarak kırmızıya kayma değeri elde edilir. Yöntem, çok boyutlu veri içerir ve hızlı çalışır. Bu yöntemin işleyişi ile ilgili temsili bir gösterim Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4: Yapay sinir ağı yönteminin temsili gösterimi. Burada m'ler cisimleri göstermektedir.

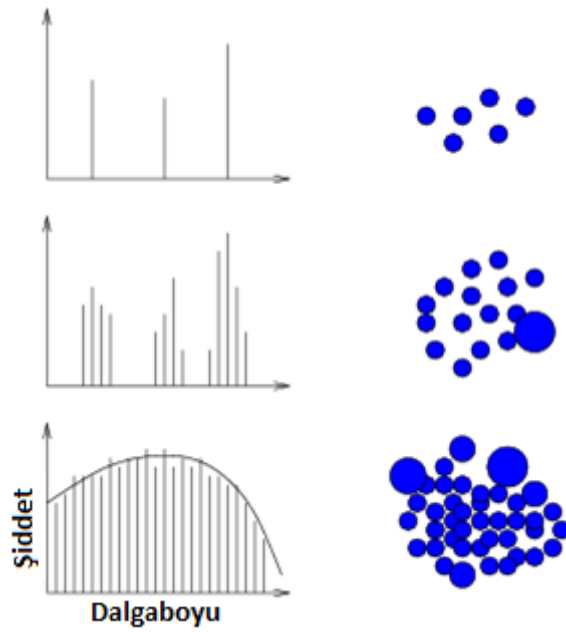
3.1.2.4. Kırmızıya Kayma Çölü

Galaksi dışı astronomide “kırmızıya kayma çölü” olarak bilinen $1,5 < z < 2,2$ aralığında, yıldız oluşum aktiviteleri maksimumdur ve genele yaygın olarak kütle yığılması vardır ancak, galaksi benzeri hiçbir yapı bulunmamaktadır.

3.1.3. Spektrumun Sürekliliğindeki Özellikler

Sürekli spektrum, sürekli ve aralıksız devam eden spektrumdur. Sıcak bir gazda, atomlar birbirleri etrafında bulunmaktadır. Atomlar, bazen birbirleriyle çarpışırlar ve çarpışmayla uyarılabilirler. Çarpışma sırasında bir elektron, bulunduğu enerji seviyesinden daha yüksek enerji seviyelerine çıkar ya da iyonize olmuş bir atomun elektronu serbest olur. Bu elektron tekrar daha düşük enerji seviyesine geri döndüğü zaman bir foton yayınlanır. Kinetik enerjinin, ışıma enerjisine dönüşümü gazı soğutur.

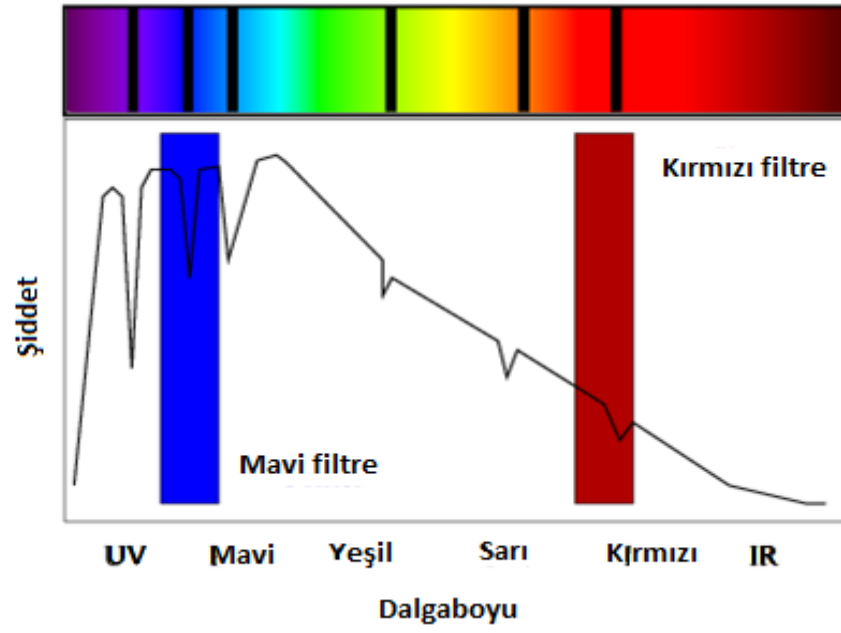
Atomlar (bir katıdaki gibi) bir araya geldiğinde, bir atomda izin verilen enerji seviyeleri, komşu atomların elektrik alanının etkisiyle deforme olmaya başlar. Böylece biraz farklı frekanslı (ya da dalgaboylu) emisyon/absorbsiyon çizgisi meydana gelir. Bozulmaların dağılımı, sonunda bir süreklilik içine harmanlanmış çizgilerin dağılımına yol açar. Şekil 3.5’de (parçacıkların bir araya gelerek kümelenmesi ile) gazdan katıya doğru artan yoğunluk için gösterilmiş spektrumlar verilmiştir (Bolte, 2013).



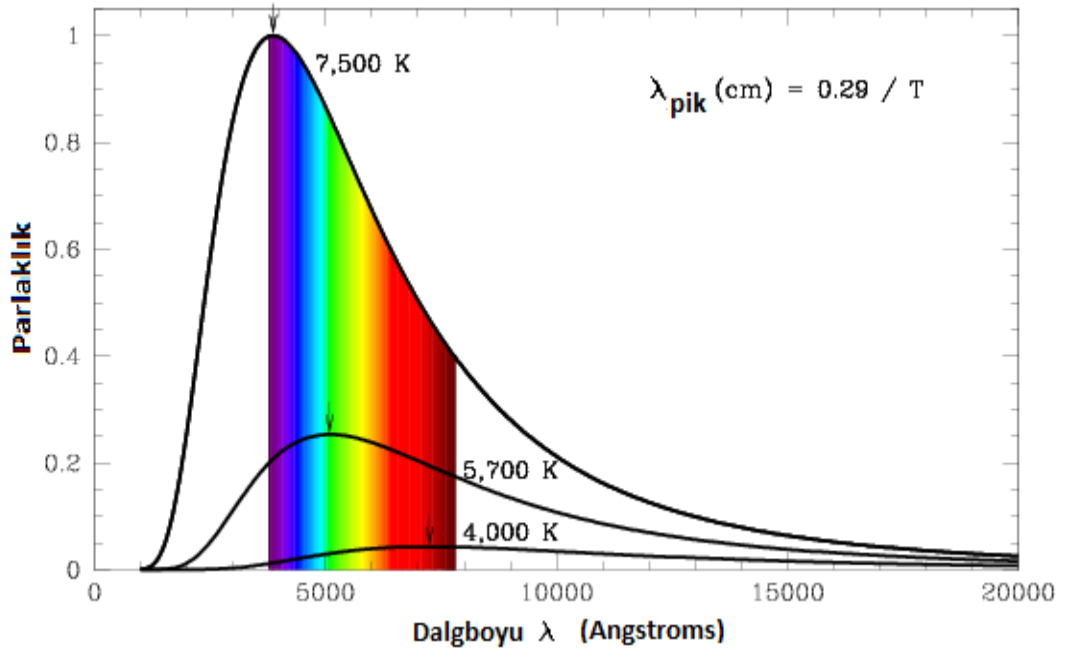
Şekil 3.5: Gazdan katıya doğru artan yoğunluk için spektrumlar (Bolte, 2013).

3.1.3.1. Absorbsiyon Spektrumu

Yıldızlar absorbsiyon çizgilerinden oluşmuş spektruma sahiptirler. Yıldızları, absorbe olan gazdan oluşmuş soğuk atmosferli sıcak bir süreklilik kaynağı olarak düşünebiliriz. Yıldız atmosferindeki gazın içerdiği kimyasal içeriğe bağlı olarak dalgalı boyları absorbe olmaktadır. 1800’lerde Güneş’den alınan ışık, Şekil 3.6’daki gibi belirli dalgalı boylarında absorbsiyon çizgilerinden oluşmuş bir Planck spektrumu (bir karacisim) gibi görünmektedir (Bolte, 2013).



Şekil 3.6: 1880’lerde Güneş’den alınan ışığın spektrumu (NMSU).



Şekil 3.7: Farklı sıcaklıktaki karacismin parlaklık – dalgaboyu ilişkisi (Bolte, 2013).

Karacismin parlaklık – dalgaboyu ilişkisini gösteren spektrum, karakteristik bir şekle sahiptir. Dik bir yükseliş, görsel band geçişinde ya da yakınında bir zirve ve kırmızıötede yavaş azalma. Daha sıcak gazlar, daha yüksek bir maksimum genliğe sahiptir ve daha kısa dalgalıboylarında pik gösterirler. Sıcaklık aralığı 4000 °K'den (soğuk, kırmızı yıldız) 7500 °K'e (sıcak, mor-mavi yıldız) değışen üç yıldız için karacisim eğrileri Şekil 3.7'de görölmektedir. Küçük oklar her bir yıldız için pik dalgalıboylarını göstermektedir (Bolte, 2013). Spektrum sürekliliğindeki özellikler Balmer kesığı, Lyman kesığı ve 4000 Å kırılmasıdır.

3.1.3.2. Hidrojen Atomunun Spektrumu

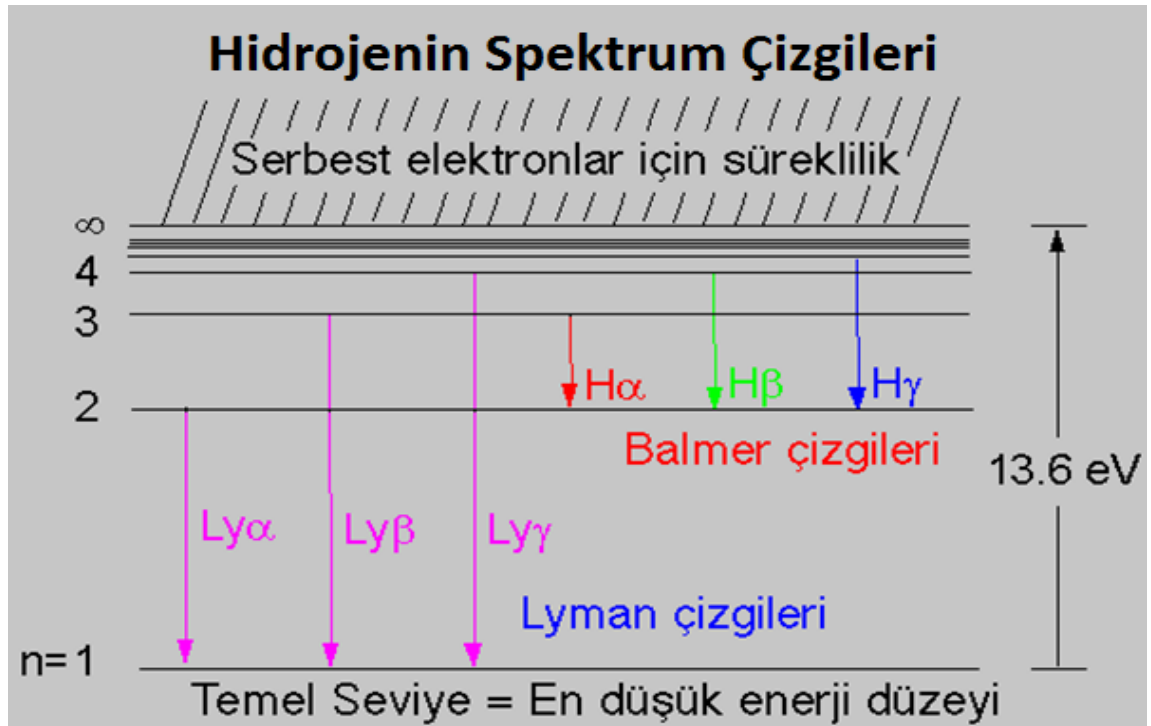
Hidrojen (H) atomu bir tane elektrona sahiptir. Bu nedenle hidrojen, spektrum açısından en basit yapıya sahip element olma özelliğini taşımaktadır. Diğer elementler gibi hidrojenin de kesikli emisyon ya da absorbsiyon çizgileri bulunmaktadır. Bu çizgiler elektronun bir enerji seviyesinden başka bir enerji seviyesine geçişlerinde ortaya çıkar. Elektronun bir ya da birkaç enerji seviyesi kadar yukarıya çıkması için, bir fotonun doğru bir enerjiye (ya da dalgalıboyuna) sahip olması gerekir. Enerji, genellikle elektron volt (eV) biriminde ifade edilir. 1 eV = 1,6 x 10⁻¹⁹ J'dur. Örneğın Hidrojen atomu için n = 2 ile n = 1 enerji seviyeleri arasındaki fark 10,2 eV'dur. Enerji denklemi, (3.7) bağıntısı ile verilmektedir.

$$E = hc / \lambda \quad (3.7)$$

(3.7) bağıntısında, E = 10,2 eV alındığında $\lambda = 1216 \text{ Å}$ olur. Burada h, 6,62606957 x10⁻²⁷ erg s değıerindeki Planck sabiti, c ise 3x10⁸ m/s değıerindeki ışık hızıdır. Hidrojen atomu moröte, görünür bölge, kırmızıöte ve radyo bölgelerinde kesikli dalgalıboylarında enerji absorblayabilir ya da yayınlayabilir. Moröte bölgede olanlarına “Lyman çizgileri”, görünür bölgede olanlarına ise “Balmer çizgileri” adı verilmektedir. Hidrojen için (3.8) bağıntısında Raydberg sabiti $R_H = 1,0973731569 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ (Brehm ve Mullin, 1989) olmak üzere,

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (3.8)$$

dir. Temel seviye, Lyman serileri için $n_1 = 1$ ve Balmer serileri için ise $n_1 = 2$ alınarak seriler hesaplanır. Şekil 3.8’de Lyman ve Balmer serileri için hidrojenin enerji seviyeleri arasındaki geçişler görülmektedir. Simgeler Yunan harfleriyle adlandırılmıştır. Lyman serisinin ilk çizgisi, 1906 yılında Theodore Lyman tarafından bulunmuştur. Serinin adı buradan gelmektedir. Tablo 3.4’de Lyman ve Balmer çizgilerinin enerji seviyeleri arasındaki geçişler ve bu geçişlerde yayınladıkları fotona ait dalga boyu bilgileri verilmiştir.



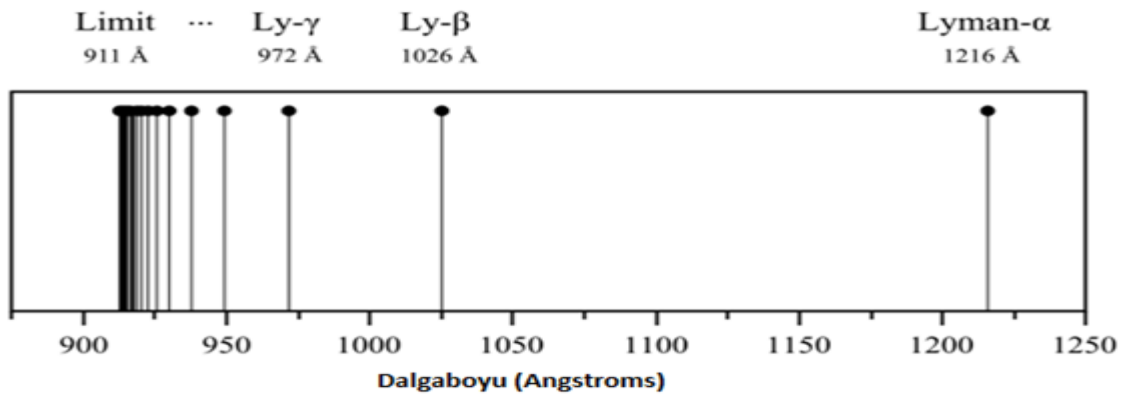
Şekil 3.8: Lyman ve Balmer serileri için hidrojenin enerji seviyeleri arasındaki geçişler (Gürol ve Müyesseroglu, 2005b).

Tablo 3.4: Lyman ve Balmer çizgilerinin enerji seviyeleri arasındaki geçişler ve bu geçişlerde yayınladıkları fotona ait dalgaboyu bilgileri.

Lyman Çizgileri: Moröte Bölgede	Ly-alfa	$n = 2 \rightarrow 1$	$\lambda = 1216 \text{ Å}$
	Ly-beta	$n = 3 \rightarrow 1$	$\lambda = 1026 \text{ Å}$
	Ly-gama	$n = 4 \rightarrow 1$	$\lambda = 972 \text{ Å}$
	Ly- ∞	$n = \infty \rightarrow 1$	$\lambda = 911 \text{ Å}$
Balmer Çizgileri - Görünür Bölgede	H-alfa	$n = 3 \rightarrow 2$	$\lambda = 6563 \text{ Å}$
	H-beta	$n = 4 \rightarrow 2$	$\lambda = 4861 \text{ Å}$
	H-gama	$n = 5 \rightarrow 2$	$\lambda = 4341 \text{ Å}$
	H- ∞	$n = \infty \rightarrow 2$	$\lambda = 3645 \text{ Å}$

3.1.3.3. Lyman Kesiği

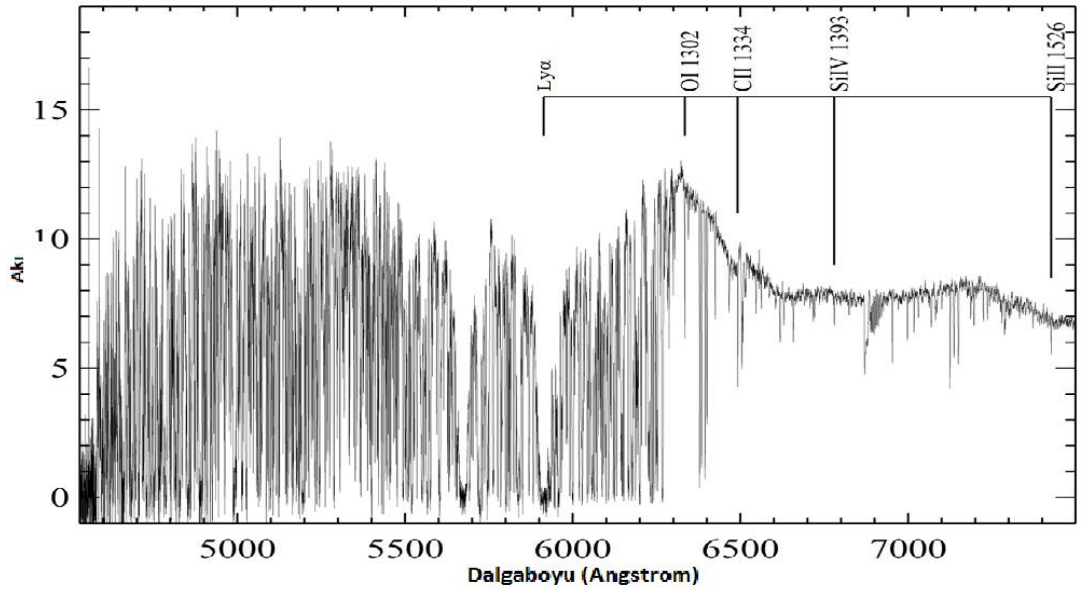
Tüm galaksiler çok miktarda H içermektedir. 911 Å'dan (Lyman limit) daha kısa (uzak morötesi) dalgalaboylarında bizimle yıldız arasındaki H gazının küçük bir miktarı bile, yıldız ışığının çoğunu absorbladığı için, galaksiler 911 Å'dan daha kısa dalgalaboylarında neredeyse karanlıktır. Galaksilerin spektrumunda bu durum, Lyman kesiği olarak adlandırılır (bakınız Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Lyman geçişlerinin spektrumdaki konumları (Wk1, 2010).

3.1.3.4. Lyman Alfa Ormanı

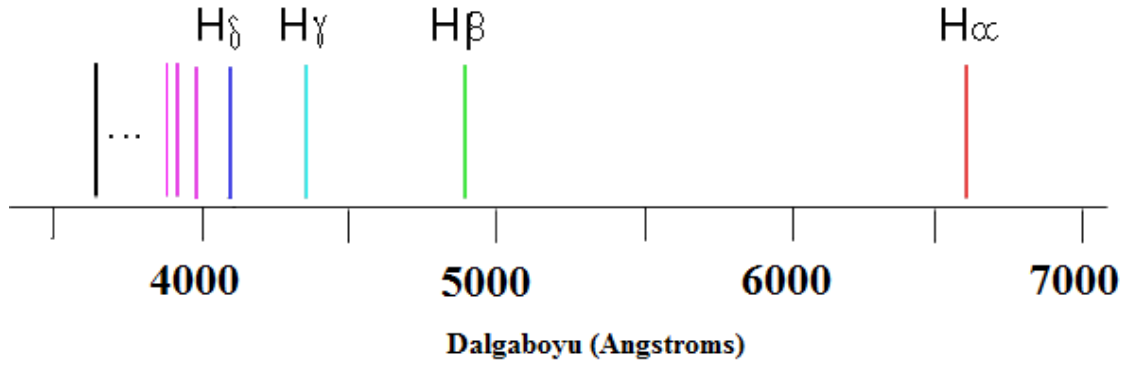
Lyman alfa ormanı, Hubble kayması gösteren uzak ışık kaynağı ile aramızdaki uzaklığa bağlı olarak bize gelen fotonlar tarafından oluşturulmaktadır. Lyman α çizgisinden ($\lambda = 1216 \text{ \AA}$) daha kısa dalgalıboylarında çok miktarda olan absorbsiyon çizgileri, “Lyman-alfa ormanı” olarak adlandırılmaktadır. Bu çizgilerin büyük bölümü kaynak doğrultusundaki görüş çizgisi boyunca bulunan nötr hidrojenin Ly α geçişinden kaynaklanmaktadır. Bu çizgi, spektrumda absorbsiyon olarak görülür. Lyman-alfa ormanı, galaksiler arası ortamın önemli bir delilidir. Galaksiler arası ortamdaki nötr hidrojen bulutları, (Yer’den uzaklığına bağlı olarak) farklı kırmızıya kayma değerlerinde bulundukları için, her bir bulut, gözlenen spektrumda farklı konumdaki bir absorbsiyon çizgisi olarak iz bırakır. Kuazar QSO PSS0209 + 0517’nin spektrumunda gözlenen Ly ormanı ve metal çizgilerinin yer aldığı Şekil 3.10’da, 1216 $\text{\AA}$ dalgalıboyndaki Ly α çizgisinin, $z = 3,864$ kırmızıya kayma değerinde, 5915 $\text{\AA}$ ’a kaydığı görölmektedir.



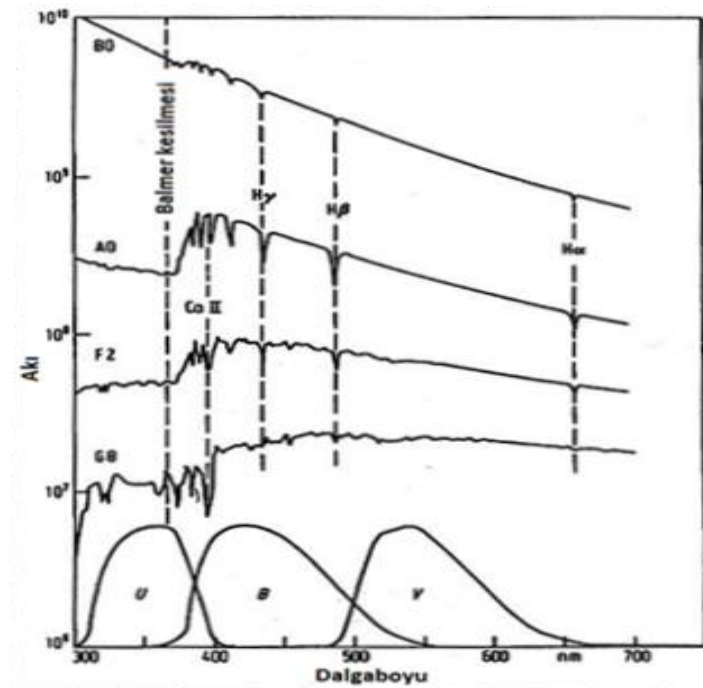
Şekil 3.10: Kuazar QSO PSS0209 + 0517’nin spektrumundaki Ly α ormanı ve metal çizgileri. Ly α çizgisi, $z = 3,864$ kırmızıya kayma değerinde, 5915 $\text{\AA}$ ’a kaymaktadır (Wolfe ve diğ., 2005).

3.1.3.5. Balmer Kesiği

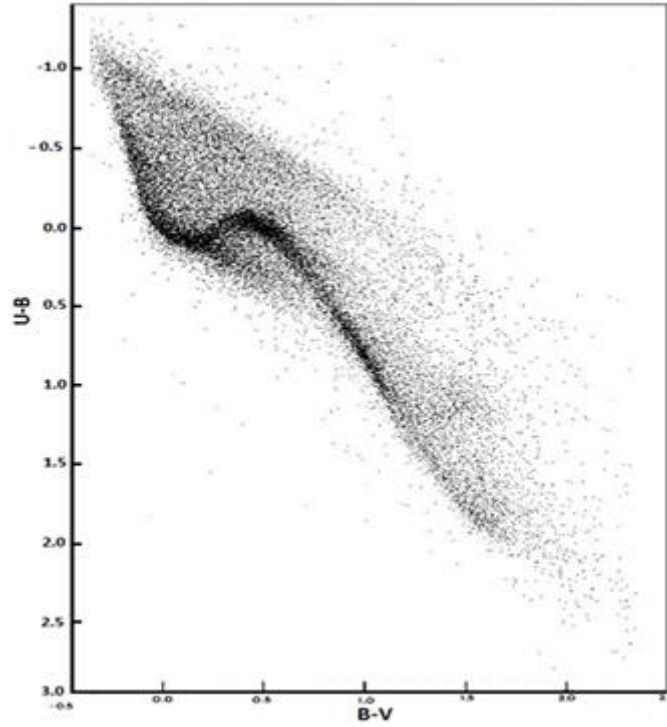
Balmer kesiği, 3645 Å'da başlayan ikinci kuantum düzeyindeki H atomları tarafından kuvvetli absorpsiyon nedeniyle görülmektedir. Şekil 3.11'de Balmer geçişlerinin spektrumdaki konumları, Şekil 3.12'de ise Balmer kesiğinin bir başka gösterimi görülmektedir.



Şekil 3.11: Balmer geçişlerinin spektrumdaki konumları (Gürol ve Müyesseroğlu, 2005b).



Şekil 3.12: Akı – Dalga boyu (nm) grafiğinde, $\lambda = 3645 \text{ Å}$ 'da Balmer kesiğinin bir gösterimi (O'Connell, 2013).



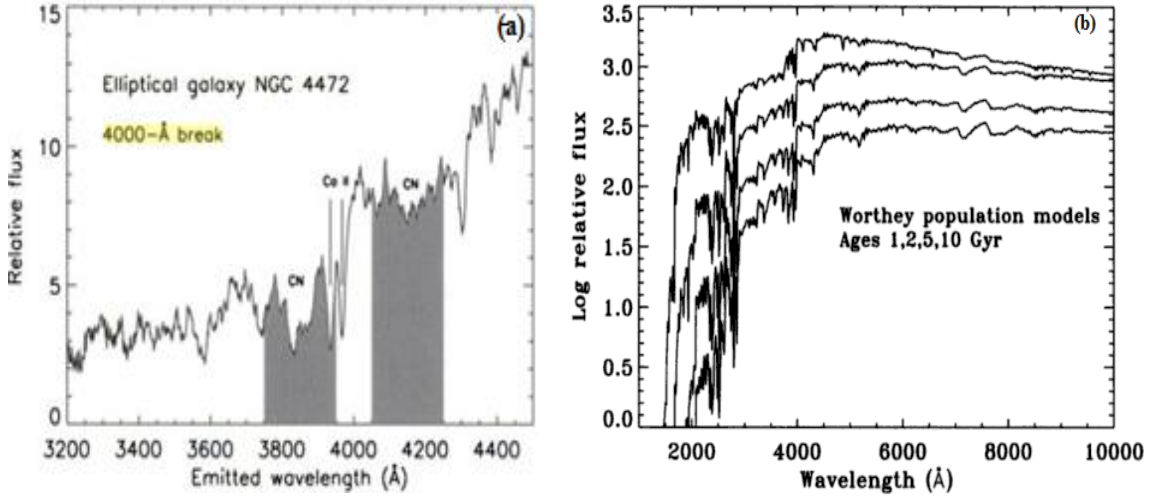
Şekil 3.13: Spektrel tipli bir yıldız için, Balmer kesiğinin (U-B) – (B-V)’de gösterimi (O’Connell, 2013).

Lyman-alfa ve Balmer serilerine ait çizgiler arasındaki uzaklık, bu serilere ait limit değerlere yaklaştıkça, çizgiler birbirine yaklaşırlar ve birbirlerinin içine girerek soğurmanın süreklilik kazanmasına neden olurlar. Bu nedenle Lyman-alfa sınırında (911 Å) ve Balmer sınırında (3645 Å) yıldızın enerji dağılımında hızlı bir düşme meydana gelir, seriye buna göre “Lyman kesiği” ya da “Balmer kesiği” adı verilir. Şekil 3.13’de Balmer kesiğinin (U-B) – (B-V) iki renk diyagramında bir örneği gösterilmiştir (Lynds, 1971, Brehm ve Mullin, 1989, Schneider, 2006, Lallement ve diğ., 2011).

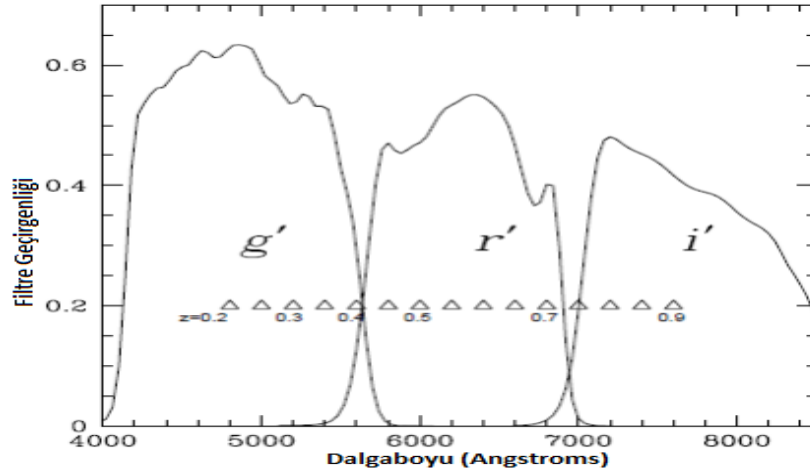
3.1.3.6. 4000 Å Kırılması

4000 Å kırılması, yıldız atmosferindeki metaller tarafından yüksek enerjili ışınımın absorpsiyonudur. Böylece ilgili metal çizgilerinin bulunduğu dalga boylarında spektrumun sürekliliğinde bir düşme meydana gelir. Sıcak-mavi yıldızların eksikliği ya da azlığı durumunda oluşur. Yaşlı yıldız popülasyonlarının bulunduğu galaksilerde, genç yıldız popülasyonlarına göre metaller daha fazla olduğu için, spektrumda bu kırılma daha belirgindir. Bu nedenle 4000 Å kırılması, eliptik galaksilerde güçlü, spiral galaksilerde ise zayıftır (Hathi, 2008). Ca II kırılması ya da HK kırılması olarak da

bilinir (Keel, 2002). 4000 Å kırılmasının iki örneği Şekil 3.14 ve Şekil 3.15’de verilmiştir.



Şekil 3.14: (a) NGC 4474 eliptik galaksisinin spektrumundaki 4000 Å kırılması. Spektrel kırılma Ca II iki absorpsiyon çizgisinin yakınında görülmektedir. Genliği CN molekülerinin absorpsiyon çizgisi kadar belirgindir. (b) Galaksi spektrumun evrimi. 4000 Å kırılması spektrumun sürekliğinde belirgin olarak görülmektedir (Keel, 2002).



Şekil 3.15: CFHTLS filtrelerinde farklı kırmızıya kaymalardaki 4000 Å kırılmasının yeri. Katı eğriler filtrelerin geçirgenliğini, üçgenler ise farklı z değerlerindeki 4000 Å kırılmasının konumlarını göstermektedir (Lu ve diğ., 2009).

3.1.4. Le PHARE

Literatürde spektral enerji dağılımları yardımıyla fotometrik kırmızıya kayma hesabı için kullanılan çeşitli programlar bulunmaktadır: Le PHARE, Photoz, Hyperz vb. Bu programlar içinde en önemlilerinden biri olan ve CFHTLS'in çalışmalarında da kullanılan, Marsilya Astrofizik Laboratuvarı'ndan Stephan Arnouts ve Oliver Ilbert tarafından yazılan ve geliştirilen Le PHARE (**PH**otometric **A**nalysis of **R**edshift **E**stimation, Kırmızıya Kayma Hesaplamalarının Fotometrik Analizi) programı bu doktora tez çalışmasında kullanılmıştır. Bu program, Fransız tabanlı büyük projelerin hepsinde kullanılmaktadır. Linux işletim sistemi üzerinde çalışmaktadır. Çalışmalarımız için Linux'un Ubuntu 8.4 versiyonu kullanılmıştır. Program, <http://www.cfht.hawaii.edu/~arnouts/LEPHARE/lephare.html> internet adresinden indirilerek kurulmuştur.

Le PHARE, Fortran programlarından oluşan bir analiz paketidir. Program, galaksilerin, kuazarların ve yıldızların fotometrik kırmızıya kayma değerlerinin ölçümü için bazı kütüphaneler kullanılmaktadır. Bu kütüphaneler tüm spektral tiplerdeki kaynaklar için, Model galaksi spektrumlarına ait Spektral Enerji Dağılımları (SED) içermektedir. Galaksilerin gözlenen SED'i ile modele ait SED'ler karşılaştırılarak kırmızıya kayma değerleri hesaplanmaktadır. Spektrumların karşılaştırılması yöntemini kullanabilmek için, farklı filtrelerle yapılmış parlaklık ölçümleri olmalıdır. En az üç filtre kullanılarak gözlem yapılması iyi sonuç vermektedir. Filtre sayısının çok olması, cisimlerin farklı dalgaboylarında incelenmesine olanak sağladığından, elde edilecek fotometrik kırmızıya kayma değerlerinin hatası da azalacaktır.

Le PHARE programı, fotometrik kırmızıya kaymaların hesaplanması amacıyla, önce Şekil 3.16'da görüldüğü gibi bir hazırlık aşaması gerektirmektedir. Bu hazırlık aşamasında, üç farklı Fortran programı çalışır: 1) "Sedtolib" alt programı kullanılarak SED kütüphane dosyası binary formatında oluşturulur. Böylece SED'ler kullanıma hazırlanır. Le PHARE programının SED kütüphanesinde literatürde yer alan SED'lerin büyük bir bölümü bulunmaktadır. \$LEPHAREDIR/config/zphot.para adresindeki dosyaya, seçilen SED'ler belirtilir. 2) "Filter" alt programı kullanılarak, filtre seti dosyası ascii formatında oluşturulur. Le PHARE programının filtre kütüphanesinde

bugün bilinen en önemli fotometri sistemlerine ait filtre setlerinin bilgileri bulunmaktadır. Ayrıca kullanıcıya kendi filtre bilgilerini girme imkanı da tanınmaktadır. Böylece kullanılan filtre setine ait filtrelerin geçirgenlik fonksiyonları (duyarlılık eğrileri) oluşturulur. \$LEPHAREDIR/config/zphot.para adresindeki dosyaya seçilen filtre seti belirtilir. 3) “Mag_gal” alt programı kullanılarak parlaklık kütüphanesi dosyası ascii formatında oluşturulur. İlk iki adımda oluşturulan SED ve filtre kütüphaneleri, \$LEPHAREDIR/config/zphot.para adresindeki dosyada yer alan parametreleri dikkate alarak, parlaklık kütüphanesi elde edilir. Buraya kadar yapılan işlemler girdi kataloğu sürece dahil olmadan “sedtolib, filter ve maggal” alt programları çalıştırıldıktan sonra, model spektrum oluşturmak için farklı Hubble tipleri ve belirlenen adımlarla farklı z değerleri için elde edilen SED kütüphanesi ismi.dat dosyası ile yapılanlardır. Input katalog dosyası oluşturularak config klasörünün altındaki zphot.para dosyasına bu dosyanın adresi belirtilir. Karşılaştırma süreci olan ikinci aşamada, “zphota” alt programı çalıştırılarak, çalışma dizininde ascii formatında bir çıktı kataloğu elde edilir. Oluşan ascii formatındaki .dat uzantılı dosyanın içeriği, seçilen Spektrel kütüphanenin içeriğine göre hesaplanan parlaklıkları ve bu parlaklıklar için K-düzeltilmesi değerlerini kapsamaktadır. K-düzeltilmesi değerleri, herhangi bir kırmızıya kayma (z) değerinde gözlenmiş ölçümleri, durağan hal (rest frame) olarak adlandırılan z 'nin sıfır olduğu değere dönüştürme değerleridir. Taylor-Mager ve diğ. (2007)'ne göre, galaksilerin nasıl bir araya geldiğini ve zaman içindeki evrimini ortaya çıkarmak amacıyla, z 'nin bir fonksiyonu olarak galaksilerin detaylı karşılaştırılmaları gerekmektedir. Bu karşılaştırmaları yapmak için $z \sim 0$ 'da temsili bir temel yapının olması çok önemlidir.

Bu çalışmada 0 ile 5 arasında 0,05 adımlarıyla z değerleri için yapılan hesaplamalar .dat uzantılı ascii dosyasına kaydedilmiştir. Hazırlık aşamasında oluşturulan SED kütüphaneleri ve fotometrik girdi kataloğu, \$LEPHAREDIR/config/zphot.para adresindeki dosyada yer alan parametreleri dikkate alarak gözlemlerden elde edilen SED'ler ile farklı Hubble tipleri ve farklı z değerleri için oluşturulmuş model spektrumlarından üretilen SED'ler χ^2 (en küçük kareler) yöntemine göre karşılaştırılır ve en iyi “fit” elde edilir. Bulunan en iyi uyum, incelenen cisimler için z_p değeri olarak çıktı dosyasına yazılır. Böylece tüm katalog verileri için, en muhtemel fotometrik kırmızıya kayma değerleri elde edilmiş olur. Hesaplanan z_p değerleri ve

zphot_output.para dosyasındaki çıktı parametrelerine ait değerleri içeren .out uzantılı dosya, zphot.para dosyasında belirtilen adreste oluşur. Bu çıktı dosyasındaki verileri değerlendirmek amacıyla Super Mongo programı kullanılarak yazılan program kodları çalıştırılarak grafikler elde edilmiştir.



Şekil 3.16: Le PHARE programının akış şeması.

3.1.4.1. Spektrel Kütüphaneler (SED'ler)

Le PHARE programı galaksilerin, kuazarların ve yıldızların fotometrik kırmızıya kayma değerlerinin ölçümü için bazı kütüphaneler kullanmaktadır. Bu kütüphanelerde bu amaç için “model spektrumlar” olarak adlandırılan Spektrel Enerji Dağılımları (SED) bulunmaktadır. SED’ler eldeki en iyi spektrumlardır. Model spektrumlarının oluşturulmasında bazı kabuller yapılmaktadır. Örneğin, bir galaksi için oluşturulan bir model spektrumda, galaksilerin uygun oranlarda bulge ve diskten oluştuğu kabul edilmektedir. Bulge, yaşlı ve kırmızı yıldızlardan oluşur ve yıldız oluşumu yoktur. Disk, genç ve mavi yıldızlardan oluşur ve yıldız oluşumu sürmektedir. Eliptik galaksiler

sadece bulge'dan oluşurken, düzensiz galaksiler sadece diskten oluşmaktadır. Spiral galaksiler ise, uygun oranlarda bulge ve diskin birleşimidir. Böylece eliptik ve düzensiz galaksi spektrumları uygun oranlarda bir araya getirilerek tüm galaksi tipleri için spektrumlar oluşturulur. Farklı Hubble tipleri için, belirtilen z aralığında \$LEPHAREDİR/config/zphot.para dosyasında belirtilen z adımlarıyla model spektrumlar meydana getirilir. Bir spektrumu herhangi bir z değerindeki spektruma dönüştürmek için, λ değerleri $(1 + z)$ ile çarpılır ve spektrum normalize edilir. Model spektrumlar, filtrenin dalgaboyu boyunca integre edilerek ortalaması alınır. Böylece, gözlemin yapıldığı filtrelerin merkezi dalgaboylarına model spektrumlar indirgenmiş olur. Model spektrumlar ve gözlemlerden oluşturulan spektrumlar, χ^2 yöntemine göre karşılaştırılarak, en iyi uyum sağlayan model spektrum, incelenen cismin spektrumu olarak çıktı dosyasına kaydedilmektedir. Kırmızıya kayma değeri arttıkça, dolayısıyla uzaklık arttıkça, galaksilerin evrimi de söz konusu olduğu için, evrim hesaba katılmadan elde edilen model spektrumların kullanılması hatalı kırmızıya kayma değerleri verecektir. Bu nedenle, doğru fotometrik kırmızıya kayma değerlerini elde edebilmek amacıyla doğru oluşturulmuş model spektrumların seçimi çok önemlidir. Analizlerimizde galaksileri tespit etmek için kullandığımız SED kütüphaneleri 42GISSEL, AVEROI_NEW, BC03_CHAB, CE_NEW, CFHTLS_SED, COSMOS_SED, CWW_KINNEY, PEGASE2, POGGIANTI, VIRGO ve GISSEL'dir.

42 GISSEL spektrel kütüphanesi: 898 Å- 24974 Å dalgaboyu arasında 3220 elemente ait spektrel çizgiye sahiptir. Eliptik, Sab, Scd ve Im (düzensiz) galaksileri için GISSEL'den alınmış SED'lerde yıldız oluşum hızı (τ), yaş, sönmüleme değerleri ve metalisite oranlarının değiştirilmesiyle elde edilmiş 42 SED'den oluşmaktadır. AVEROI_NEW spektrel kütüphanesi: VVDS-CFHTLS-SWIRE fotometrilerini esas alarak CE_NEW spektrel kütüphanesinden ayarlanmış 3,6 – 4,5 μ m dalgaboyu arasında 62 spektrum içermektedir. Eliptik, Sbc, Scd, Im, SB1 ve SB2 spektrel tiplerini içermektedir. BC03 spektrel kütüphanesi: Bruzual & Charlot (2003)'dan alınmıştır. Sönmüleme bilgisi içermemektedir. 3 farklı metalisite içermektedir. $\tau = 0,1, 0,3, 1, 2, 3, 5, 10, 15$ ve 30 olan SFR (Star Formation Rate, yıldız oluşum oranı) değeri eksponansiyel olarak azalmaktadır. CE_NEW spektrel kütüphanesi: 0,01 μ m – 1000 μ m dalgaboyu arasında 1062 elemente ait çizgiye sahiptir. CWW'nin orijinal dört SED'inden (CWW_Ell.sed, CWW_Sbc.sed, CWW_Scd.sed ve CWW_Irr.sed) bazı

parametre değerlerinin değiştirilmesiyle interpolasyonla elde edilmiş 66 SED'den oluşmaktadır. BC96'dan bir tane SB galaksisi de içermektedir. CFHTLS_SED spektrel kütüphanesi: CFHTLS derin alanları için oluşturulmuş 66 SED'den oluşur. $E(B-V)$ değerleri 0, 0,05, 0,1, 0,15, 0,2 ve 0,25 arasında değişmektedir. Ell, Sbc, Scd, Im, SB2 ve SB3 spektrel tiplerini içermektedir. COSMOS_SED spektrel kütüphanesi: COSMOS gözlemlerinden fotometrik kırmızıya kayma değerlerini elde etmek amacıyla hazırlanmış 32 SED'den oluşur. $E(B-V)$ değerleri 0, 0,10, 0,20, 0,30, 0,40 ve 0,50 arasında değişmektedir. CWW_KINNEY spektrel kütüphanesi: GISSEL kodu ile 0,12-1 mikron aralığında yani morötesinden yakın kırmızıöteye, Coleman ve diğ. (1980)'den dört spektrum (E/Sbc/Scd/Im) ve Calzetti ve diğ. (1994) ile Kinney Atlası'ndan 2,5 μ m'den küçük dalgaboylarında alınan altı spektrumdan oluşmaktadır. KINNEY-CALZETTI galaksi spektrel atlası, morötesinden yakın kırmızıöteye (0,12-1 μ m) eliptikten geç-tip spirallere galaksiler için spektrumları içermektedir. Bu atlastaki yıldız patlamalı (SB) spektrel kütüphaneler, düşük ($E(B-V) < 0,10$) ve yüksek ($0,61 < E(B-V) < 0,70$) sönümlemeler için Tablo 3.5'de belirtildiği şekilde tanımlanmıştır.

Tablo 3.5: Kinney-Calzetti galaksi spektrel atlasındaki morötesinden yakın kırmızıöteye (0,12-1 μ m) SB galaksileri için $E(B-V)$ değerleri.

SED ismi	Spektrel Aralık (angstrom)	Yorumlar
Eliptik	1235 - 9935	-
Bulge	1235 - 7545	-
S0	1235 - 9940	-
Sa	1235 - 9940	-
Sb	1235 - 9940	-
Sc	1235 - 7660	-
SB1	1235 - 9945	$E(B-V) < 0,1$
SB2	1235 - 9945	$0,11 < E(B-V) < 0,21$
SB3	1235 - 9945	$0,25 < E(B-V) < 0,35$
SB4	1235 - 9945	$0,39 < E(B-V) < 0,50$
SB5	1235 - 9945	$0,51 < E(B-V) < 0,60$
SB6	1235 - 9945	$0,61 < E(B-V) < 0,70$

PEGASE2 spektrel kütüphanesi: Farklı Hubble tipleri için sekiz temel SED'den (Eliptik, Sa, Sb, Sbc, Sc, Sd, S0 ve Im) oluşan 194 farklı yaşta, 91 Å - 1600000 Å arasında 1221 element çizgisi içerir. SFR ve metalisite değerleri değişmektedir. POGGIANTI spektrel kütüphanesi: Ell, S0, Sa, Sb, Sc, Sd, SB1 ve SB2 spektrel tiplerinden oluşmaktadır. 1012 Å ile 18000-27000 Å arasında değişen 294 element çizgisi içerir. SFR değeri, spektrel tiplere göre değişmektedir. VIRGO spektrel kütüphanesi: Virgo kümesi için uzak morötesinden radyo gözlemlerini esas alan 10 SED'den oluşmaktadır. 100 Å – 100000 Å arasında 1209 element çizgisi içermektedir. dE (cüce eliptikler), Eliptik, S0, S0a, Sa, Sb, Sc, Sd, Im ve BCD (mavi kompakt cüce galaksi) spektrel tiplerinden oluşmaktadır. GISSEL spektrel kütüphanesi: 91 Å - 1600000 Å arasında 1221 element bilgisi içermektedir. Galaksi tipine bağlı olarak SFR değeri eksponansiyel şekilde azalmaktadır. Metalisite oranı 0,04 – 0,2 arasında değişmektedir. Galaksilere ait model spektrumların detaylı bilgileri, Coleman ve diğ. (1980), Calzetti ve diğ. (1994), Kinney ve diğ. (1996), Arnouts ve diğ. (1999), Dwek ve diğ. (2000), Bolzonella ve diğ. (2000)'nin çalışmalarından bulunabilir.

3.1.4.2. Filtre Setleri

Verinin elde edildiği gözlemler, CFHTLS'in Megacam kamerasının u*g'r'i'z' filtreleri ile yapılmıştır. MegaCam, 28,5 kadir'e kadar ölçüm yapabilen, 3,6 metrelik Kanada Fransa Hawaii Teleskobunun bir derece² görüş alanlı kamerasıdır. Toplamda 340 Megapiksel'lik 36 yüksek çözünürlüklü mozaik CCD'den oluşmaktadır (Boulade ve diğ., 2003). Tablo 3.6'da CFHTLS geniş alanlarına ait u*g'r'i'z' filtrelerinin efektif dalgaboyu, FWHM (Full width half maximum, yarı dalgaboyu genişliği) ve derinlik bilgileri verilmiştir. Tablo 3.7'de CFHTLS'in u*g'r'i'z' filtreleri ve filtre seti etkilerini karşılaştırmak amacıyla kullandığımız SDSS'in ugriz filtreleri için Le PHARE programında yer alan dalgaboyu aralıkları görülmektedir.

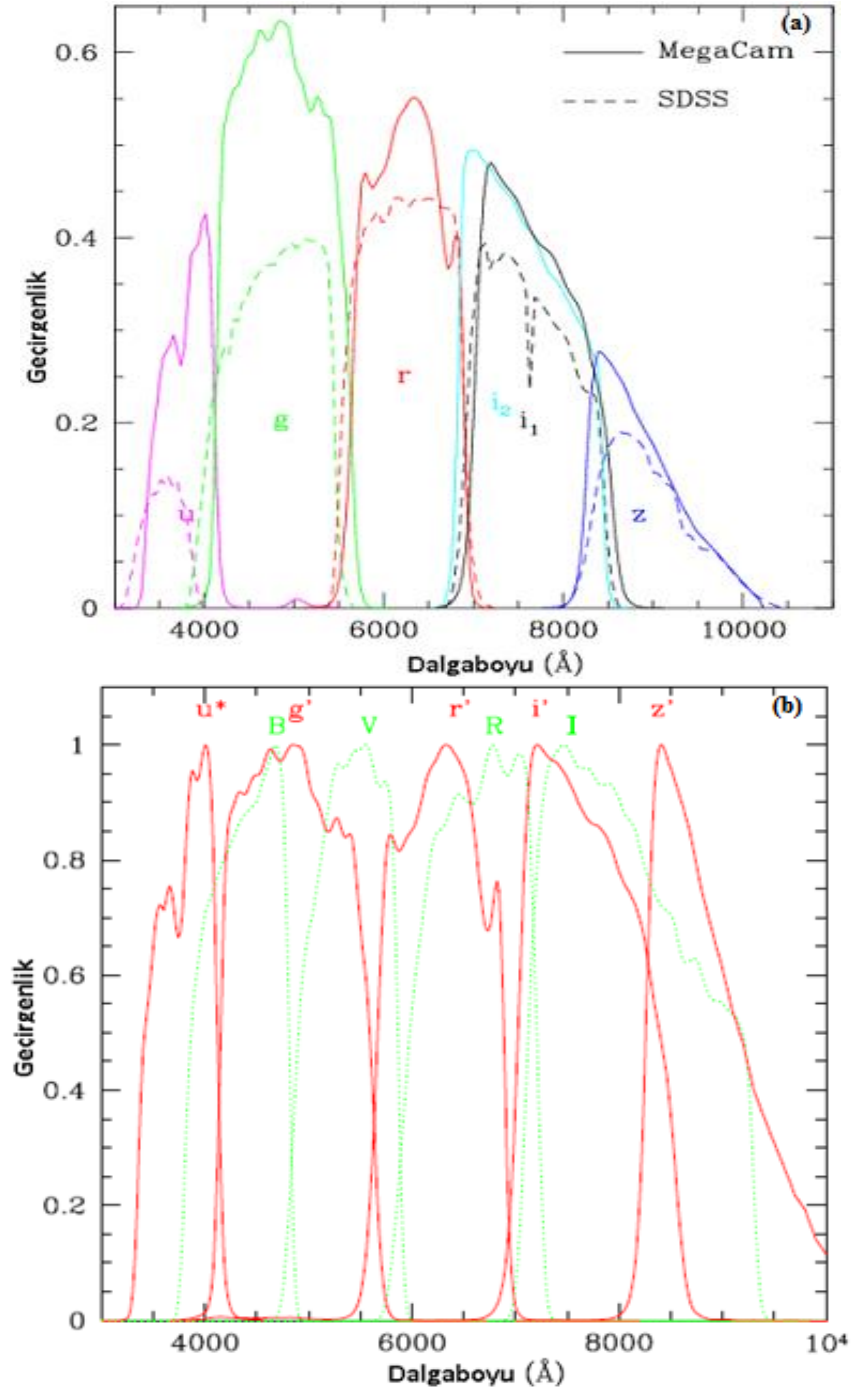
Tablo 3.6: CFHTLS geniş alanlarına ait $u^*g'r'i'z'$ filtrelerinin efektif dalgaboyu, FWHM ve derinlik bilgileri (Hudelot ve diğ., 2012).

Filtre	λ_{eff}	FWHM	Derinlik limiti (AB) (kadir)
u^*	3740Å	0,85	25,2
g'	4870Å	0,78	25,5
r'	6250Å	0,71	25
i'/y	7700Å	0,64	24,8
z'	8900Å	0,68	23,9

Tablo 3.7: CFHTLS'in $u^*g'r'i'z'$ ve SDSS'in ugriz filtreleri için Le PHARE programında yer alan dalgaboyu aralıkları.

	Filtreler	Minimum	Maksimum
CFHTLS	u^*	3000	4560
	g'	3660	6720
	r'	3800	8200
	i'	6000	10000
	z'	7000	11000
SDSS	u	2980	4130
	g	3630	5830
	r	5380	7230
	i	6430	8630
	z	7755	11205

CFHT Megacam $u^*g'r'i'z'$ ve SDSS ugriz filtrelerinin karşılaştırması ve CFHTLS ve SDSS için normalize edilmiş geçirgenlik eğrileri Şekil 3.17'de görülmektedir.



Şekil 3.17: (a) CFHT Megacam u*g*r'i'z' ve SDSS ugriz'e ait normalize edilmiş geçirgenlik eğrileri. Katı çizgiler CFHT'ye, kesikli çizgiler ise SDSS'e aittir (MegaCam, 2013), ve (b) CFHT ve VVDS için normalize edilmiş geçirgenlik eğrileri. Katı çizgiler CFHT MegaCam u*g*r'i'z' filtrelerini, kesikli çizgiler ise VVDS'in CFH12K kamerasına ait B, V, R ve I filtrelerini göstermektedir (Ilbert ve diğ., 2006).

3.1.5. AB Kadir Sistemi

Vega spektrumu $\lambda \geq 160 \mu\text{m}$ 'de tanımlı olmadığı için, Le PHARE programında $160 \mu\text{m}$ 'den büyük dalga boyu bölgelerinde AB kadir sistemi kullanılır. AB kadir sistemi, monokromatik bir sistemdir, yani tek bir dalga boyunda cismin parlaklık değeridir. Belirli bir sistem, farklı filtrelerle gözlemlendiği zaman, büyüklükteki beklenen değişimleri değerlendirmek amacıyla AB kadir değerleri önemlidir (Oke, 1974, Fukugita ve diğ. 1996, Wirth, 2013). Bu sistemin en büyük üstünlüğü, büyüklüğün doğrudan fiziksel birimlere bağlı olmasıdır. (3.9) bağıntısı ile ifade edilmektedir:

$$m(\text{AB}) = -2,5 \log(f_\nu) - 48,60 \quad (3.9)$$

$$f_\nu = 10^{(m(\text{AB}) + 48,6)/2,5} \quad (3.10)$$

Burada (3.10) bağıntısı ile verilen f_ν , cisimden birim frekans başına alınan akıdır, birimi $\text{erg sec}^{-1}\text{cm}^{-2} \text{Hz}^{-1}$ 'dir. 48,60 sabitinin değeri, düz bir spektrum kaynağı için $m(\text{AB}) = V$ 'yi tanımlamak amacıyla seçilmiştir. Burada $V=mV$ 'dir. Yani cismin görsel banttaki (V) kadir değeridir. AB kadir sistemi, dikkate alınan herhangi bir bant ya da filtre için 3631 Jy 'lik spektrel akı yoğunluğuna denk olan monokromatik (sıfır renk) kadir değeri olarak tanımlanır. $1 \text{ Jansky (Jy)} = 10^{-26} \text{ W Hz}^{-1} \text{ m}^{-2} = 10^{-23} \text{ erg s}^{-1} \text{ Hz}^{-1} \text{ cm}^{-2}$,dir (Fraye, 2013).

3.1.6. Super Mongo (SM)

Super Mongo programı Princeton Üniversitesi Astronomi Bölümü'nden Robert Lupton ve Patricia Monger tarafından yazılmış bir grafik çizim programıdır (SM1, 2013). Unix ya da Linux komut satırından erişilerek çalıştırılır. Fortran ya da C programlarından çağrılarak da çalıştırılabilir (SM2, 2013).

3.1.7. CFHTLS ve VIPERS Verileri Kullanılarak $z_s - z_p$ Özelliklerinin Araştırılması ve Karakterize Edilmesi

Fotometrik ve spektroskopik kırmızıya kayma değerleri arasındaki farkların ($z_s - z_p$) araştırılmasında sistematik hataların, belirsizliklerin ve katastrofik hataların iyi değerlendirilmesi önemlidir.

3.1.7.1. Sistematik Hatalar

Sistematik hatalar, kullanılan aletlerden veya yöntemlerden kaynaklanan ve hep aynı yönde birikimli olarak ortaya çıkan hatalardır, bunlara “teknik hatalar” da denilmektedir. İstatistiksel araştırmaların sağlığı açısından sakıncalı olan hata türüdür. Sistematik hataların tipik örneği, rakamların yuvarlanması sırasında ortaya çıkan hatalardır. Bu şekilde gerçek durumdan az veya çok uzaklaşmış olunur.

Deneysel sonuçlar çoğunlukla $N \pm XX \pm YY$ şeklinde gösterilir. Burada “N” ölçülen ya da tespit edilen niceliğin değeridir. “XX” istatistik hatayı gösterirken “YY” sistematik hatayı göstermektedir. İstatistiksel hataların genellikle Gaussian dağılımlı olduğu kabul edilir. Ölçüm yeterli sayıda tekrarlanırsa istatistiksel hatalar sıfıra gidebileceğinden, duyarlılığı tesadüfidir. Sistematik hataları hesaplamak zordur, dağılımı genellikle bilinmemektedir. Sistematik hatalar tekrarlamayla sıfıra gitmez. Örneğin, voltmetrorenin iyi ayarlanamaması ya da ölçüm yapılan cetvelin uzunluğunun olması gerekenden kısa olması sistematik hataların kaynağı olabilir. Sistematik hatalar nedeniyle deney sonucu hassas olabilir ama kesin doğru olmayabilir. Hassasiyeti elde etmek amacıyla sistematik ve istatistiksel hataların birleştirilmesi (σ_{tot}) büyük problemdir. Bu amaç için iki yöntem mevcuttur: Ya her iki hata lineer olarak toplanır ($\sigma_{tot} = XX + YY$); ya da kareleme yöntemiyle toplanır, yani karelerinin toplamının karekökü alınır ($\sigma_{tot} = (XX^2 + YY^2)^{1/2}$).

Fotometrik kırmızıya kayma değerlerindeki hataların olası nedenleri, kırmızıya kayma uzayı bozulmaları, projeksiyon etkisi, parametreleme, Gaussian olmayan fotometrik kırmızıya kayma, teori ya da seçim etkisi olabilmektedir. Doğru z değerleri elde edebilmek için, sistematik hataların etkisini minimuma indirmek önemlidir. Projeksiyon etkisi, kırmızıya kayma aralığının genişliği nedeniyle, görüş çizgisi doğrultusunda kümeye dahil olmayan farklı z 'lerdeki cisimlerden kaynaklanır. Sistematik hataların

belirlenmesi, kaldırılması ya da azaltılması için, spektroskopik kırmızıya kayma değeri kullanılarak z_p 'yi kalibre etmek etkili bir yöntemdir. Kalibrasyon yöntemleri, renk-z ilişkisinin kalibrasyonu (Brodwin ve diğ. 2006, Ilbert ve diğ. 2006) ya da SED şablonlarının yeniden düzenlenmesi şeklindedir (Budavari ve diğ. 2000, Feldmann ve diğ. 2006). Teleskop açıklığının büyüklüğüne ve filtreye bağlı olan sıfır noktalarının kalibrasyonundaki belirsizlikler, sistematik hatalara neden olabilmektedir. Ayrıca, filtre geçirgenlik eğrilerindeki hatalar ya da eksik modeller de sistematik hatalara sebep olabilmektedir (Ilbert ve diğ. 2008).

3.1.7.2. Belirsizlikler ve Katastrofik Hatalar

z_p değerlerindeki belirsizliklerin tespit edilmesi önemlidir. Ölçme esnasında meydana gelen ve çoğunlukla insan faktöründen kaynaklanan hatalara “ölçüm hataları (belirsizlik)” denir. Örneğin, herhangi bir yanlış okuma, hatalı yazım, bir sayfadan ötekine rakamları hatalı aktarma, işlem hataları gibi. Belirsizlik konusuna geçmeden önce doğruluk ve hassasiyet hakkında bilgi vermek gerekmektedir. Doğruluk, hesaplanan ya da ölçülen değerin gerçek değerine ne kadar yakın olduğunu ifade etmektedir. Hassasiyet ise, gerçek değere bakmaksızın hesaplanan ya da ölçülen değerin ne kadar iyi belirlenebildiğini göstermektedir. Bir deneyin sadece hassas olması, onun doğru olduğu anlamına gelmez.

Ölçümün ne kadar iyi olduğunu göstermek amacıyla, istatistiksel hesaplamalar yapılmaktadır. Bölgesel haritalamalarda baskın hata kaynakları kozmik varyans ve hatalı elde edilen fotometrik kırmızıya kaymalardır. Kozmik varyans, çok uzak mesafelerde evrenin gözlemlerindeki istatistik belirsizliktir ve belirli bir zamanda evrenin sadece belirli bir kısmını gözlemlemenin mümkün olduğu fikrine dayanır. Bu nedenle gözlenen bölge, tüm evren ölçeğinde çok küçük olduğu için kozmoloji hakkında istatistik ifadeleri hesaplamak zordur. Fotometrik kırmızıya kayma değerlerinin doğruluğu, söz konusu galaksilere ait SED'lerin doğruluğuna büyük oranda bağlıdır. Belirsizliğin ana kaynağı, özellikle sinyal-gürültü oranının (S/N) düşük olduğu sönük kadirlerdeki fotometrik hatalardır. Ayrıca, çok-bantlı taramalarda, farklı teleskoplar ve aletler ile yapılan ölçümler de hataya sebep olabilmektedir. Farklı aletler ve görüş kalitesi koşulları nedeniyle, Nokta Yayılma Fonksiyonları (NYF) arasındaki

farklılıklar, SED’lerin doğruluğunu tehlikeye sokar. Ayrıca, çok farklı NYF’li veri kullanılarak, çok-bantlı katalogların oluşturulmasında ya da kötü görüş kalitesi koşullarının biraraya geldiği aletlerle alınmış görüntülerde karışıklıklarla karşılaşılır ve böylece fotometri (ve hatta bazı durumlarda kaynak tanımlama) zorlaşmaktadır. Galaksi yıldız kütlelerinin evrimini ve lüminositelerini çalışmak maksadıyla doğruluk değeri ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)}$) $\sim 0,02 - 0,04$ aralığında bulunan tipik z_p değerleri geniş çapta kullanılmaktadır (Arnouts ve diğ. 2007). Düşük sinyal-gürültü oranına sahip kaynaklar için z_p doğruluğu daha düşüktür (Bolzonella ve diğ. 2000). Balmer kesigi ve Lyman-alfa ormanı z_p bilgisinin çoğunu içermektedir, bu nedenle bu özelliklerin filtre seti tarafından iyi örneklenmeyen kırmızıya kayma aralıklarında, z_p doğruluğu düşüktür. Fotometrik doğruluk azaldıkça, Balmer kesiginin ve Lyman-alfa ormanının konumlarını belirlemek daha zor olur ve z_p tespitinde daha düşük doğruluğa yol açar.

Fotometrik kırmızıya kayma (z_p) ve spektroskopik kırmızıya kayma (z_s) değerleri birbiri ile karşılaştırılırken, doğruluk değeri ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)}$) ve katastrofik hata oranı olmak üzere iki tür belirsizlik dikkate alınmaktadır. Doğruluk değeri ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)}$) = $1,48 \times$ medyan($|\Delta z|/(1+z_s)$) ve katastrofik hata $\eta = |\Delta z|/(1+z_s)$ bağıntıları ile hesaplanmaktadır. Fotometrik ve spektroskopik kırmızıya kayma değerleri arasındaki farkın beklenen belirsizlikten (günümüzdeki değeri: 0,15) daha büyük olması “katastrofik hata” olarak tanımlanmaktadır. Analizlerimizde katastrofik hata değeri, $|\Delta z| / (1+z_s) > 0,15$ olarak Ilbert ve diğ. (2006)’nin makalesinden alınmıştır. Burada $|\Delta z|$ ifadesi, $|z_s - z_p|$ ’yi göstermektedir.

3.1.8. Kozmolojik İçerik

Bu tez çalışması kapsamında kozmoloji (evrendeki yapılar, tipik ölçekler, kütle ve evrendeki yapı tipleri) hakkında gerekli görülen bilgiler, alt başlıklar halinde sunulmuştur.

3.1.8.1. Kozmoloji

Kozmoloji, evrenin ve onun bileşenlerinin incelendiği bilim dalıdır. Evren nasıl oluşmuştur, nasıl bir evrim geçirmiştir ve geleceği nasıl olacaktır sorularına cevap

aranır. Teleskoplardaki teknolojik gelişim ve uzay gözlemvlerinin kurulmasıyla birlikte, son yıllarda evrendeki büyük ve küçük ölçekli yapılar hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir.

Kozmolojik evrim, evrenin evrimini karakterize eden fiziksel parametrelerin zamanın fonksiyonu olarak ifade edilmesiyle incelenir. Bu fiziksel parametreler yoğunluk, sıcaklık, büyüklük ve basınç olup ve sırasıyla $\rho = \rho(t)$, $T = T(t)$, $R = R(t)$, $P = P(t)$ ile gösterilirler. Evren evrim geçirmeseydi ρ , T , R ve P 'nin sabit olması beklenirdi. Ancak aşağıda belirtilen üç temel astronomik bulgu bu parametrelerdeki değişimi açıklarken, evrenin evrimi hakkında da bilgi vermektedir. Bu bulgular:

- i) Galaksi spektrumlarındaki kırmızıya kaymalar,
- ii) Gözlenen Helyum (He) bolluğu,
- iii) Mikrodalga kozmik zemin ışıdır.

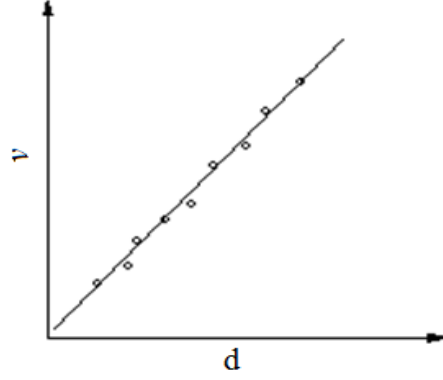
Bu üç bulgu, evrenin statik olmadığını ve bir başlangıçtan itibaren evrimleştiğini, yani fiziksel parametrelerin zamanın fonksiyonu olarak değiştiğini göstermektedirler.

Astronomik olarak evrene bakıp gözlemlediğimiz ve çıkarımlar elde ettiğimiz bulguları, temel matematik ve fizikle açıklamaya çalışan yapıya “Evren Modeli” denir. Literatürdeki binlerce evren modeli arasında “Standart Büyük Patlama Modeli” genel olarak kabul görmektedir. Yukarıda belirtilen üç temel astronomik bulgu “model” tarafından açıklanabilmelidir. Standart Büyük Patlama Modeli dışında, bu açıklamayı yapan bir model yoktur. Modelin başındaki “standart” kelimesinin anlamı budur. Üç temel astronomik bulgunun açıklanması:

- i) Galaksi spektrumundaki kırmızıya kaymalar (Kozmolojik Kırmızıya Kayma)

Bölüm 3.1.2.1. Kırmızıya Kayma Türleri'nde i) Doppler Kayması'nda açıklandığı üzere, Edwin Hubble ilk olarak, çok az sayıdaki maviye kayma ihmal edildiğinde, çoğunlukta görülen kırmızıya kaymaları dikkate alarak, spektrel çizgilerin kırmızıya kaydığını bulmuş ve bütün galaksilerin bizden uzaklaştığını tespit etmiştir. Buna “Hubble genişlemesi” de denilmektedir.

İkinci olarak bu uzaklaşma hareketinin tesadüfi olmadığını; uzaklaşma hızı ile uzaklıklar arasında Şekil 3.18’de görülen kabaca lineer bir ilişkinin bulunduğunu belirlemiştir.



Şekil 3.18: Galaksilerin uzaklaşma hızları (v) ile uzaklıkları (d) arasındaki ilişki (Haynes, 2011).

Uzaklaşma hızı (3.1) bağıntısı ile verilen Doppler bağıntısından bulunmaktadır (λ_0 ve c bilinmektedir, $\Delta\lambda$ ise gözlemlerden elde edilir ve v hızı bulunur). Eğim $H = v/d$ ’dir. Mevcut yöntemlerle bulunan uzaklıklar ve uzaklaşma hızı karşılaştırıldığında, aralarındaki ilişki (3.11) bağıntısı ile verilir:

$$v = H \cdot d \quad (\text{Hubble Kanunu}) \quad (3.11)$$

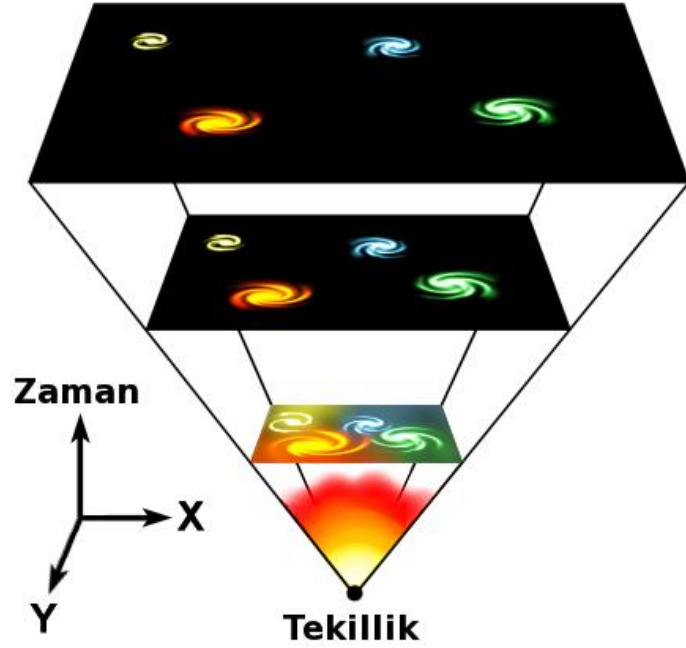
$H = H(t)$ zamanın bir fonksiyonu olarak değişir. Bunu $v = H_0 \cdot d$ ile gösterirsek $H_0 =$ Hubble sabiti, $H_0 = H(t = t_0)$ olur (t_0 bugünü göstermektedir) ($_0$ indisi kozmolojide şimdiki zamanı ifade etmektedir). Günümüzde kabul edilen Hubble değeri, $60 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1} \leq H_0 \leq 80 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ aralığındadır (Freedman, 1998). Bu, Mpc başına km/s cinsinden uzaklaşmayı ifade etmektedir. H_0 değeri değişir, çünkü evrenin genişleme hızı zamanla değişmektedir (Hubble, 1929).

İçinde bulunduğumuz zamandan önceki zamanda galaksiler arası mesafenin ne olduğunu bu bulgulardan çıkarabiliriz ve galaksiler arası mesafenin yakın olduğunu görürüz. Zamanda yeteri kadar geri gidildiğinde, yüksek yoğunluklu, yüksek sıcaklıklı tekil bir noktaya varılır.

Büyük patlama, uzayın sıfır hacimden ya da sonsuz küçük hacimden itibaren genişlemeye başlamasıdır, yoksa enerjinin patlayarak uzaya yayılması değildir. Uzay boşluğu genişledikçe, içindeki maddelerde onunla birlikte sürüklenmektedir. Evrenin genişlediğinin en önemli kanıtı uzak galaksilerin ışığındaki kırmızıya kaymadır. Bu da, galaksilerin hareketinden değil uzayın genişlemesinden kaynaklanmaktadır. Şekil 3.19'da görüldüğü gibi galaksiler şişmekte olan bir balonun yüzeyi üzerindeki noktalar gibi evrenin genişlemesine bağlı olarak birbirinden uzaklaşmaktadır.

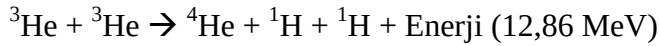
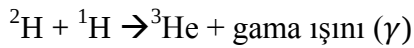
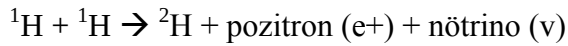
z arttıkça cisim bizden daha uzaktadır. Giderek daha uzaktaki galaksilere ait ölçüm yapmak mümkün oldukça, daha büyük z değerleri tespit edilmiştir. Şu anda $z = 7,6$ olan kırmızıya kayma değeri, $d = 12,88$ milyar ışık yılına tekabül etmektedir.

Evrenin büyüklüğü sıfıra yaklaştığında, Sıcaklık (T) ve yoğunluk (ρ) $\rightarrow \infty$ 'a giderken bir tekillik noktası oluşur (Hawking ve Ellis, 1973). Bunun nedeni temel fiziğin belli şartlar altında geçerli olmasıdır. Bu durum, bildiğimizden öte bir şey olduğundan yani büyüklüğün sıfıra gitmesi T ve ρ 'un ∞ 'da olması, burada fizik yasalarını çalışamaz hale getirmektedir. Böylece orada ne olup bittiğine dair bir bilimsel açıklama yapılamaz, ancak iddialar oluşturulabilir. Bu iddiaların doğrulanabilmesi, örneğin He bolluğu gibi gözlenebilir cinsten büyüklüklerle ifade edilebilmesine bağlıdır, yani iddialar doğrulanabilir veya yanlışlanabilir olmalıdır.



Şekil 3.19: x ve y uzaklıkları, t ise zamanı temsil etmektedir. Galaksiler şişmekte olan bir balonun yüzeyi üzerindeki noktalar gibi evrenin genişlemesine bağlı olarak birbirinden uzaklaşmaktadır (Wk2, 2013).

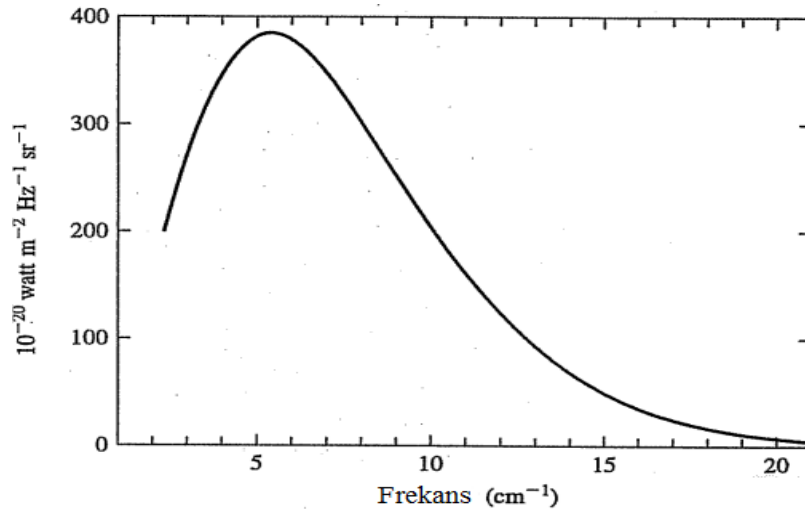
ii) Gözlenen He bolluğu: Evrende ağır elementler nükleer füzyon yoluyla yıldızlarda üretilir. Yıldızlarda en bilinen ve yıldız ömrünün büyük kısmında gerçekleşen reaksiyon aşağıda ifade edilen proton-proton zincirindeki H'den He oluşturan reaksiyondur. Böylece, kütle farkı ışıınım olarak yayınlanır.



Gözlenen He miktarı, yıldızın içinde meydana gelen He'dan daha fazla olduğundan, gözlenen He bolluğu yıldızların içinde oluşan He'dan kaynaklanmamaktadır. Erken evrende ilk birkaç dakika içinde %25 oranında He oluştuğunu hesaplayan teori, "Standart Büyük Patlama Teorisi'dir.

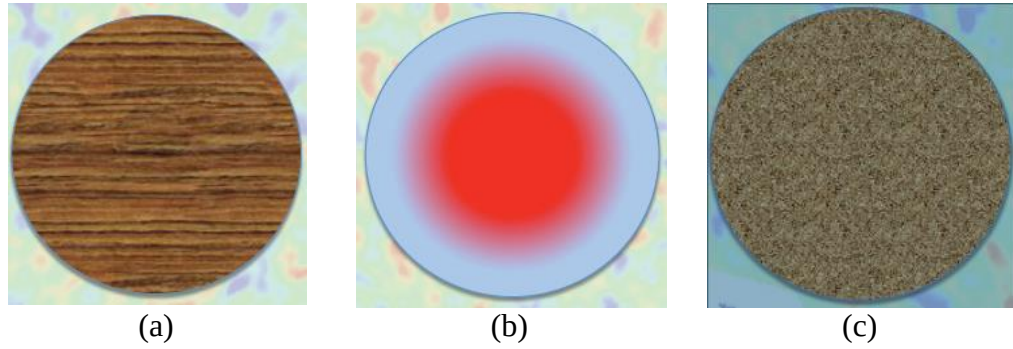
iii) Mikrodalga kozmik zemin ışıını: Penzias ve Wilson'ın 1964 yılında yaptıkları radyo gözlemlerinde, tamamen tesadüfi olarak, bir gürültü tespit edilmiş ve gidermek için uğraşılmasına rağmen sonuç alınamamıştır. Bu gürültünün Güneş'den veya evrendeki herhangi bir gök cisminde gelmediği ve büyük patlamadan kalan ışıını olduğu anlaşılmıştır (Penzias ve Wilson, 1965).

2,7 K⁰ sıcaklıklı bu ışıının spektrumu, Şekil 3.20'deki gibi muntazam bir Planck eğrisi vermektedir. Hubble'ın evrenin genişlediği vurgusu bizi başlangıçta sıcaklığın ve yoğunluğun çok yüksek olduğu sonucuna götürmüştür. Burada birinci dereceden hakim olan unsur radyasyondur. Evren genişlerken sıcaklık azalacağından geçmişe dönerek sıcaklığın ne kadar azaldığını bulmak mümkün olmaktadır.



Şekil 3.20: Mikrodalga kozmik zemin ışıının spektrumu, COBE uydusundaki FIRAS (Far Infrared Absolute Spectrophotometer, Uzak Kırmızıöte Mutlak Spektrum Ölçer) aleti tarafından ölçülmüştür. Ölçümlerdeki belirsizlikler çizginin kalınlığından daha küçüktür (Kınalı ve Adıgüzel, 2011).

Evren modeli, görünen astronomik yapının başlangıcını ve ilerde nasıl bir şekil alacağını açıklamalıdır. Ayrıca fizik kanunlarına bağlı kalmalı, dil olarak matematiği kullanmalı ve gözlemsel olarak doğrulanabilir veya yanlışlanabilir olmalıdır. Uzayın belli bir noktasındaki gözlemci hangi yöne bakarsa baksın, bir yönün diğer herhangi bir yönden farkı yoktur, özellikleri değişmez yani evren izotropiktir ve temel fizik kanunları evrenin her yerinde geçerlidir. Homojenlik ise uzayın özelliklerinin bakış doğrultusu boyunca değişmemesi demektir. Bu tanımla evren, temel fizik kanunlarının geçerli olduğu homojen ve izotropik bir yapıdır ve büyüklüğü zamanla değişmektedir. Merkezdeki bir gözlemci için homojenlik ve izotropi Şekil 3.21'deki gibi gösterilebilir.



Şekil 3.21: (a) Homojen ama izotropik değil, (b) izotropik ama homojen değil ve (c) homojen ve izotropik ifadelerinin şekilsel gösterimi (Kalemci, 2012).

Homojen olması: Mevcut galaksi küme kataloglarına bakıldığında zengin küme sayısı azdır. Daha ziyade, ortalama büyüklükte ya da küçük ölçekli galaksi kümeleri çok sayıdadır. Evrene küçük ölçekte bakıldığında homojen olduğunu söylemek zordur. 150 Mpc'e kadar homojen olmadığı Eingorn ve Zhuk (2012)'un çalışmalarında belirtilmiştir. Ancak evren, geniş ölçekte homojen olarak görülebilir ve yeteri kadar geniş ölçekte homojen kabul edilir. Geniş ölçekte bakıldığında, hücre benzeri yapıların kenarlarında yoğunluk yığılması gözlenir.

İzotropik olması: Astronomik nesneler tesadüfi olarak dağılmıştır ve 2,7 K⁰'lık zemin ışınlamının dağılımı buna bir örnektir. Yöne göre bu sıcaklıktaki değişim incelendiğinde,

$$\frac{\Delta T}{T} \leq 10^{-5} \text{ olduğu tespit edilmiştir.}$$

3.1.8.2. Yoğunluk Parametreleri

Evrenin içeriğini karakterize etmede önemli bir rol oynayan yoğunluk parametrelerinin her biri, kritik yoğunluk ($\rho_c(t)$) cinsinden tanımlanmıştır. Yoğunluk parametresi (3.12) bağıntısıyla verilir:

$$\Omega = \frac{\rho_0}{\rho_c} \quad (3.12)$$

Burada ρ_c kritik yoğunluktur ve değeri,

$$\rho_c(t) = \frac{3H_0^2(t)}{8\pi G} \quad (3.13)$$

dir. Madde yoğunluk parametresi,

$$\Omega_m(t) = \frac{\rho(t)}{\rho_c(t)} \quad (3.14)$$

baryonik madde yoğunluk parametresi,

$$\Omega_b(t) = \frac{\rho_b(t)}{\rho_c(t)} \quad (3.15)$$

ve kozmolojik sabit yoğunluk parametresi,

$$\Omega_\Lambda(t) = \frac{\rho_\Lambda}{\rho_c(t)} \quad (3.16)$$

dir. Burada, $\rho(t)$ her türlü maddenin (baryonik ve baryonik olmayan) ortalama kozmik yoğunluğunu ve $\rho_b(t)$ baryonik madde yoğunluğunu temsil eder. ρ_Λ 'nın basit bir fiziksel yorumu bulunmamaktadır.

$$\rho_\Lambda = \frac{\Lambda c^2}{8\pi G} \quad (3.17)$$

kozmozolojik sabiti temsil eden en iyi parametre olarak kabul edilir. (Ω_Λ karanlık enerji yoğunluk parametresi olarak kullanılır.) Burada $\Omega_m(t)$, $\Omega_b(t)$, $\Omega_\Lambda(t)$ ile ifade edilen üç yoğunluk parametresi zamana bağlıdır ve $\rho_c(t)$, $\rho_b(t)$ ve $\rho(t)$ zamanla değişmektedir. Zamana bağlı bu parametrelerin bugünkü değerleri:

$$\begin{aligned}
H_0 &= (71 \pm 4) \text{ (km /s /Mpc)}, \\
\Omega_m &= 0,27 \pm 0,04 \\
\Omega_A &= 0,73 \pm 0,04 \\
\Omega_b &= 0,044 \pm 0,004
\end{aligned}
\tag{3.18}$$

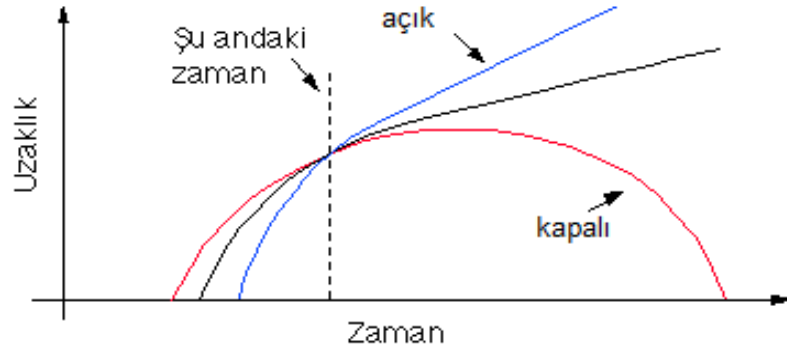
dir (Feuerbacher ve Stoewer, 2006). ρ_c değeri H_0 'ın zamanla değişiminden dolayı değişmektedir. Ω değeri de, evrenin evrimi boyunca değişen parametrelere bağlı olarak değişir. ρ_0 ile ρ_c 'nin arasındaki ilişkiye göre evrenin kaderi değişmektedir:

1- $\rho_0 > \rho_c$ yani $\Omega > 1$ ise Kapalı Evren'dir, yani belirli bir noktada genişlemenin duracağı ve evrenin büzüleceği ifade edilmektedir.

2- $\rho_0 = \rho_c$ ya da $\rho_0 < \rho_c$ ise Açık Evren'dir. $\rho_0 < \rho_c$ halinde, genişleme hep devam eder. Hız sıfırdan büyüktür. $\rho_0 = \rho_c$ ise, $R \rightarrow \infty$, $v \rightarrow 0$ 'dır.

Yukarıda da ifade edildiği üzere $\Omega > 1$, $\Omega = 1$, $\Omega < 1$ olması evrenin kaderini belirlemektedir. Başka bir ifadeyle, “evrenin açık veya kapalı oluşu Ω 'ya bağlıdır” denilebilir. Ω 'nın değişimine ait grafik Şekil 3.22'de görülmektedir

Açık Evren'de evreni bekleyen son, termal ölümdür. Genişleme hep devam edecek ve toplam kütle miktarı da korunduğundan yoğunluk seyrelecektir. Yıldızların ömür süreleri de yakıt olarak kullandıkları kütle miktarı ile sınırlı olduğundan, sonları beyaz cüce, kahverengi cüce, nötron yıldızı ya da karadelik olacaktır. Genişleme ile yoğunluk azaldığından yeni yıldız oluşumu olmayacaktır. Bu durumda, mevcut yıldızlar sönecek ve yeni yıldız oluşmayacaktır. Bu sona, “termal ölüm” denir.



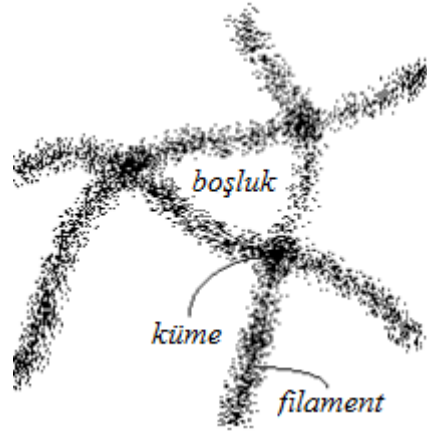
Şekil 3.22: Zamanın fonksiyonu olarak $\Omega = 1$ ve $\Omega < 1$ için açık evren, $\Omega > 1$ için kapalı evren grafiği. Siyah düz çizgi ikisi arasındaki sınırı göstermektedir (Gürol ve Müyesseroğlu, 2005a).

3.1.8.3. Yapı Oluşumu

Galaksi sistemlerinde hiyerarşik yapının bulunduğu fikri ilk kez de Vaucouleurs tarafından 1970 yılında savunulmuştur. Galaksi konumlarının taramalarından elde edilen haritalar sayesinde, evrendeki galaksilerin ızgaradaki noktalar gibi eşit bir şekilde dağılmadığı ve ayrıca, evrenin filamentler, boşluklar ve kümeler içerdiği görülmüştür.

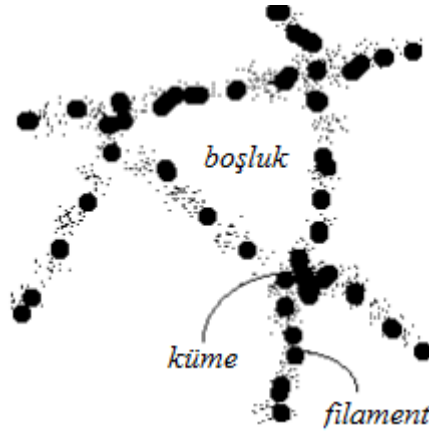
Bu yapıların oluşumu için öngörülen modellerin yapı taşı “karanlık madde”dir. Bugünkü teknolojik aletler tarafından gözlemlenemeyen ve evrenin %90’ını oluşturan karanlık maddenin oluşumuna dair iki senaryo bulunmaktadır. Sıcak karanlık madde (Hot Dark Matter, HDM) ve soğuk karanlık madde (Cold Dark Matter, CDM).

Sıcak Karanlık Madde: Madde ile çok zayıf etkileşir. Sıcak karanlık maddeyi meydana getiren tanecikler yüksek hızlarda hareket ettikleri için, büyük ve girintili çıkıntılı olmayan yapılar meydana getirirler. Nötrinolar ışık hızına yakın hızlarla hareket ederler ve madde ile çok zayıf etkileşirler. Bu nedenlerden ötürü, nötrinoların sıcak karanlık madde parçacığına iyi bir aday olacağı belirtilmektedir. Sıcak Karanlık Madde Modeli, galaksilerin geniş ölçekte dağılımında düzgün ve zayıf etkileşimli özellikler gösterir. Bu model Şekil 3.23’de temsili olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.23: Sıcak Karanlık Madde Modeli'nin temsili gösterimi (Schombert, 2012).

Soğuk Karanlık Madde: Büyük kütleli, yavaş hareket eden parçacıklardan oluşur. Böylece kütle yığınlarını küçük bölgelere ayırırlar. Küçük yığınlar küçük galaksileri oluşturarak büyük ölçekli yapılar bölünür. Soğuk Karanlık Madde Modeli, zayıf bağlı filamentlerden oluşan keskin özellikler gösterir. Bu modelin temsili gösterimi Şekil 3.24'de verilmiştir.



Şekil 3.24: Soğuk Karanlık Madde Modeli'nin temsili gösterimi (Schombert, 2012).

Filamentler, boşluklar ve kümeler Sıcak Karanlık Madde ve Soğuk Karanlık Madde Modelleri tarafından öngörülen bir evrimi yansıtır. Bu modellerin, haritalar veya yüzlerce milyon ışık yılını kapsayan kırmızıya kayma taramaları tarafından test

edilebilir olduğu belirtilmektedir. Kırmızıya kayma taramaları sayesinde, Sıcak Karanlık Madde ve Soğuk Karanlık Madde Modellerinin biraraya getirilmesi ile oluşacak model, gözlenen yapıyı izah etmek için gereklidir.

3.1.9. Evrendeki Yapılar

Galaksi sistemleri ve boşlukların dağılımının hiyerarşik resmi, Linder ve diğ.'nin 1995 yılındaki Kuzey Lokal Boşluğu'nu inceledikleri çalışmada onaylanmıştır. Böylece bugünkü ölçüm aletlerinin sınırları sebebiyle incelenebilecek maksimum seviyede, iki ana bileşenden oluşmuş bir evren görülmektedir. Birincisi, boşluk olarak adlandırılan geniş boşluklar, diğeri filamentler olarak bilinen ipliksi yapılardır. Şekil 3.23 ve Şekil 3.24'de görülen filamentler, geniş ölçekte hiyerarşik olarak süperkümeler, kümeler, galaksi grupları ve galaksiler içermektedir. Küçük ölçekte galaksiler bizim galaksimizde olduğu gibi yıldızlardan ve diğ. bileşenlerden oluşmaktadır (Einasto, 2012).

3.1.9.1. Tipik Ölçekler ve Kütleler

Önce uzaklık ve kütle büyüklükleri için temel astronomik birimler hakkında bilgi vermek gerekmektedir. Işık yılı, ışığın bir yılda aldığı mesafedir. Işık bir saniyede 3×10^5 km yol alır. O halde, bir ışık yılı (1y) $\sim 10^{13}$ km'dir. Bir Güneş kütlesi ($1 M_{\odot}$) $= 2 \times 10^{30}$ kg'dır. Bu temel bilgiler ışığında gözlemler yoluyla tespit edilen astronomik cisimlerin tipik ölçekleri ve kütleleriyle ilgili bilgiler aşağıda verilmektedir. En yakın yıldız Proxima Centauri'nin Güneş'den uzaklığı 1,3 pc'dir. Güneş'in galaksi merkezine uzaklığı 8,5 kpc (25600 ışık yılı)'dir. Işığın bize ulaştığı en uzak kuazar ULAS J1120+0641'in uzaklığı 28,5 milyar ışık yılı'dır. Hubble yarıçapı (gözlenebilen evrenin yarıçapı) 4300 Mpc'dir. c/H_0 a eşittir. Burada H_0 Hubble sabiti'dir ve bugünkü değeri $71 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ 'dir (Feuerbacher ve Stoewer, 2006). Galaktik uzaklıklar bazen $h^{-1} \text{ Mpc}$ biriminde verilmektedir ($50 h^{-1} \text{ Mpc}$ gibi). h [0,5;0,75] aralığında bir parametredir. Evrenin genişleme oranı için ($h = H / (100 \text{ km/s/Mpc})$) Hubble sabiti (H)'nin değerindeki belirsizliği yansıtmaktadır. Diğ. büyüklükler hiyerarşik yapılar içinde verilmektedir.

3.1.9.2. Boşluklar

Astronomi’de boşluklar (void), filamentler arasındaki boş alanlardır ve evrendeki en büyük ölçekli yapılardır. Boşlukların çapı genel olarak 11 - 150 Mpc’dir. Az sayıda galaksi kümesi ve $40 h^{-1}$ Mpc’e kadar ortalama çapa sahip parlak eliptik galaksiler içerebilir. Sönük geç-tip galaksiler bu boşlukları daha küçük boşluklara bölmektedir. En sönük galaksiler $\sim 8 h^{-1}$ Mpc ortalama çaplı boşlukları belirler, bunlar en küçük boyutlara sahip boşluklardır (Lindner ve diğ., 1995). Küçük boşlukların ortalama çapının ~ 25 Mpc olduğu belirtilmektedir.

Geniş boşluk parçaları, “süper boşluklar” adıyla bilinmektedir. Ortalama çapları $100 h^{-1}$ Mpc’dir. Yüksek yoğunluk çevrelerinde saptanan boşluklar, düşük yoğunluklu bölgelere yerleşenlerden daha küçüktür. Süperkümelerin yüksek yoğunluklu bölgelerindeki cüce galaksiler tarafından çevrelenmektedirler. Süper boşluklarda, küçük galaksi sistemleri ve az sayıda zengin olmayan galaksi kümesi bulunabilmektedir. Kuzey Lokal Boşluğu Lokal, Coma ve Herkül Süperkümeleri arasında yer alır. En büyük boşluklar, zengin galaksi kümeleri ve süperkümelerle çevrilidir. Bootes Boşluğu bu tip boşluklara bir örnektir ve bizden uzaklığı $\sim 150 h^{-1}$ Mpc’dir (Lindner ve diğ., 1995). Çapı ~ 124 Mpc’dir. Bu boşluk Herkül, Corona Borealis ve Bootes Süperkümeleri ile çevrilidir.

Lindner ve diğ. (1995)’nin çalışmalarında, Kuzey Lokal Boşluğu’nun boş olmadığı belirtilmektedir. Burada süper boşluklardaki fakir kümeler ve galaksi sistemleri ağının oluşumundaki hiyerarşik ince yapının bulunduğu tespit edilmiştir. Tüm boşluk-filament yapının hiyerarşik olduğu ispat edilmiştir.

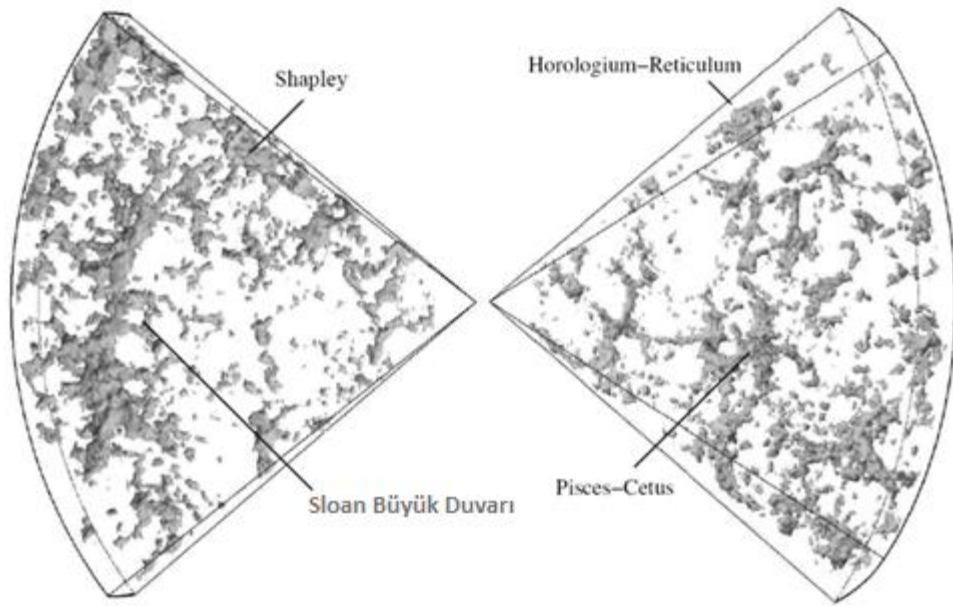
3.1.9.3. Filamentler

“Süperküme Kompleksleri ya da Büyük Duvar” da denilmektedir. Boşluklar arasındaki sınırlardır. İpliksi yapıdadırlar. Ortalama büyüklükleri $\sim 50 - 80 h^{-1}$ Mpc’dir. Geniş ölçekte hiyerarşik olarak süperkümeler, kümeler, galaksi grupları ve galaksiler içermektedirler.

3.1.9.4. Duvarlar

Filamentlerin alt tipidir. Süperkümeler arasında yer almaktadırlar. Lindner ve diğ. (1995)'ne göre duvarlar çok sayıda galaksi içermektedirler. Bu sistemler süperkümelerdeki benzer sistemlerden daha az zengindir fakat süper boşluk bölgelerindeki sistemlerden daha çok sayıda galaksi bulundurmaktadırlar.

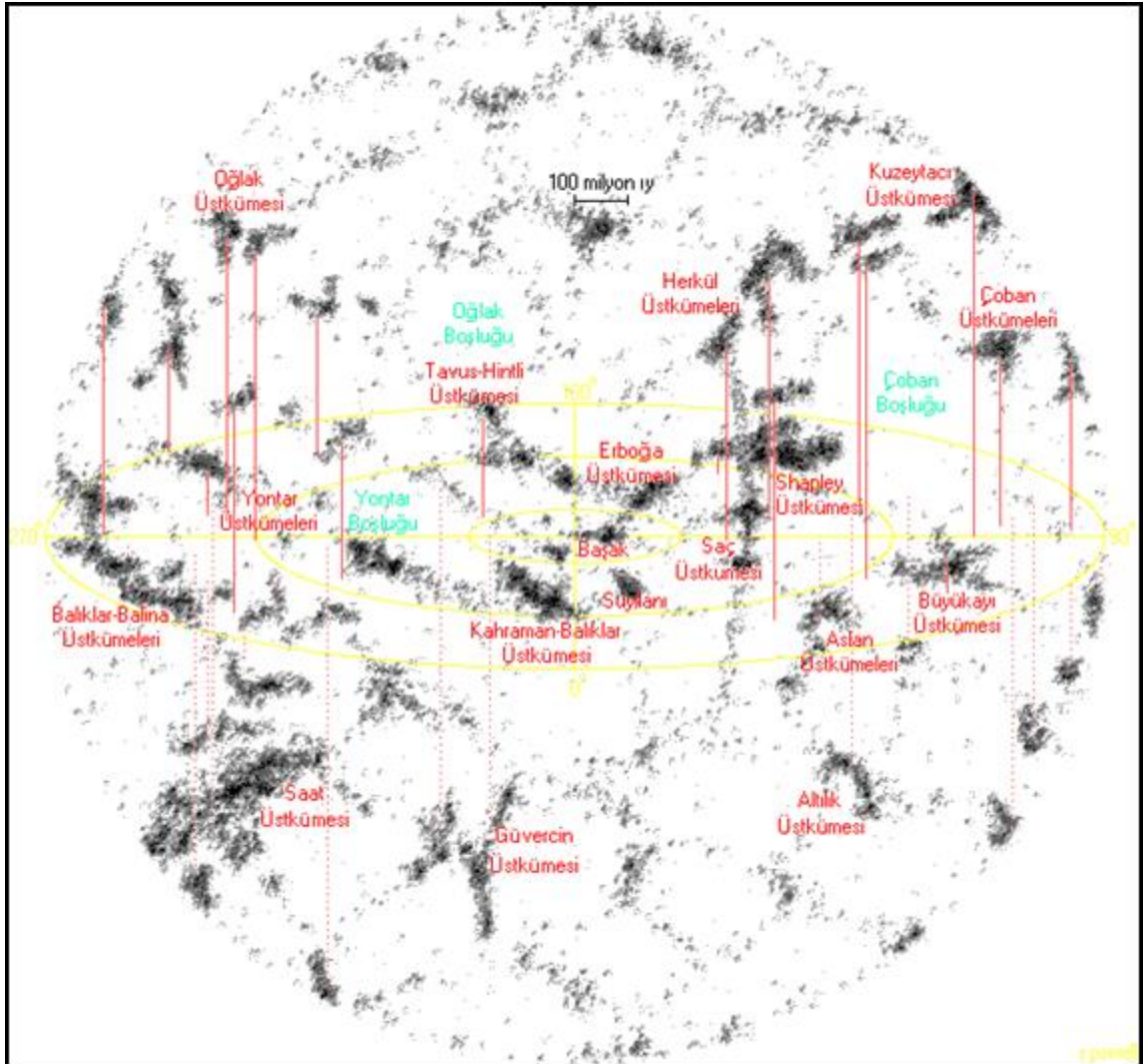
Bugüne kadar tespit edilmiş olan en büyük yapılardan biri Sloan Büyük Duvarı'dır. SDSS gözlem verileri kullanılarak Princeton Üniversitesi'nden J. Richard Gott ile Mario Jurić ve ekibi tarafından 20 Ekim 2003 tarihinde keşfedilmiştir. 1,37 milyar ışık yılı ($1,30 \times 10^{25}$ m) uzunluğunda ve gözlenen evrenin çapının 1/60'ı büyüklüğündedir. Yer'den ~ 1 milyar ışık yılı uzaklıktadır (Einasto ve diğ., 2011). 200 milyon ışık yılı genişliğinde ve sadece 15 milyon ışık yılı kalınlığındadır. Bu yapı Şekil 3.25'de görülmektedir. Sloan Büyük Duvarı, 1989 yılında Harvard Üniversitesi'nden Margaret Geller ve John Huchra tarafından keşfedilen CfA2 Büyük Duvarı'ndan 2,74 kat daha uzundur. Bu, yapının en yoğun bölgesinde, en büyüğü ve en zengini SCI 126 olarak adlandırılan birkaç süperküme bulunmaktadır. Onu SCI 111 Süperkümesi izlemektedir. (Einasto ve diğ., 2011).



Şekil 3.25: Sloan Büyük Duvarı (Schaap, 2007).

3.1.9.5. Süperkümeler

Süperkümeler, çok sayıda galaksi grubu ve kümelerden oluşmaktadır. Süperkümeler, evrende şu ana kadar keşfedilmiş olan en büyük yapılar arasındadır. Karakteristik ölçeği $\sim 130 h^{-1} \text{ Mpc}$ 'dir. Bu değerin hiyerarşik yapılar için bir üst sınır olduğu Linder ve diğ. (1995) tarafından belirtilmektedir. Süperkümelere örnek olarak Virgo, Coma ve Herkül verilebilir. Samanyolu Galaksisi'nin de içinde yer aldığı $\sim 10^{15} M_{\odot}$ kütleli Virgo Süperkümesi'ne Samanyolu Galaksisi'nin uzaklığı 20 Mpc'dir. Şekil 3.26'da bir milyar ışık yılı içindeki evrende, yerel süperkümeler ve boşluklar görülmektedir.



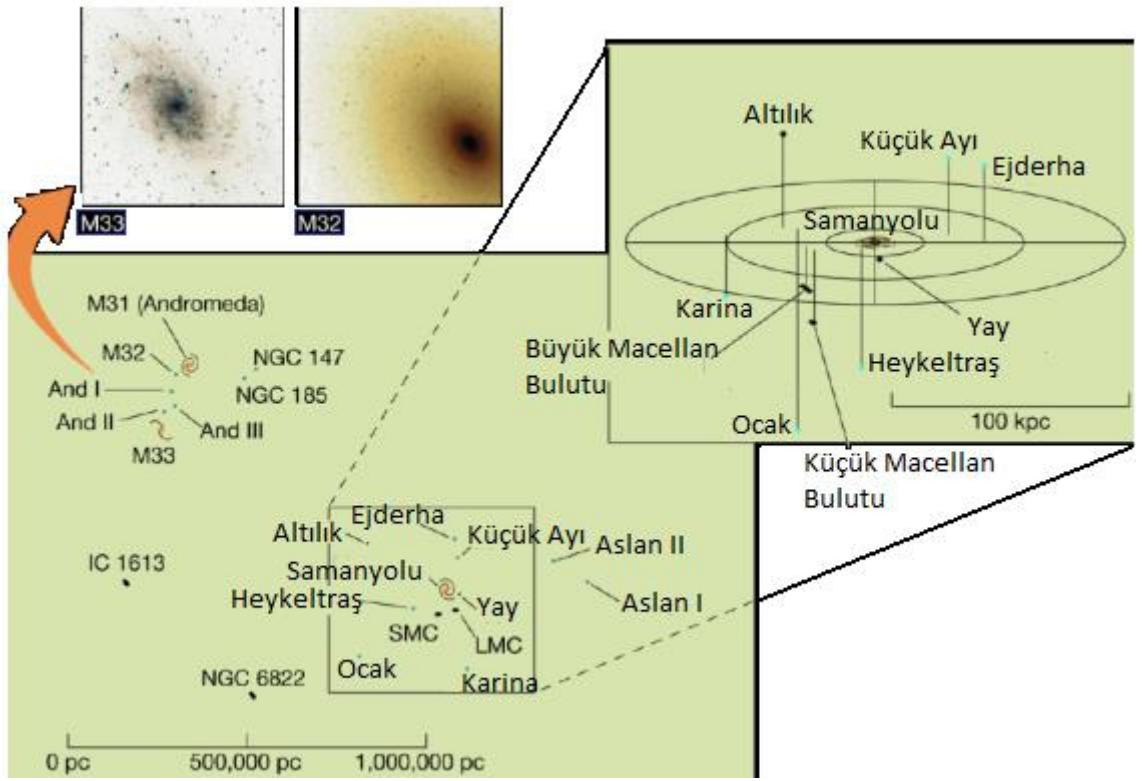
Şekil 3.26: 1 milyar ışık yılı içindeki evren (307 Mpc), yerel süperkümeler ve boşluklar (Powell, 2012).

3.1.9.6. *Galaksi Kümeleri*

Genellikle kümeler, 50 - 1000 arasında galaksi içermektedir. Maksimum 32 milyon ışık yılı (~ 10 Mpc) büyüklüğündedirler. Yakın kümeler $150 h^{-1}$ Mpc uzaklıktadır. Bu kümelerin çoğu parlak galaksiler içermektedir. Parlak galaksiler sayesinde, kümelerin uzaklıkları tespit edilebilmektedir. Zengin kümeler Herkül ve Coma Süperkümeleri'nin bulunduğu bölgede yer almaktadır. Parlak galaksiler, özellikle parlak eliptik galaksiler, galaksi kümelerinin merkezi kısımlarında bulunurlar (Lindner ve diğ., 1995). Galaksi kümelerinin toplam kütleleri 10^{14} - $10^{15} M_{\odot}$ 'dir (Tully, 1982). Merkez etrafında yoğunlaşmış ve küresel yapıda olan düzenli kümeler, 1- 10 Mpc büyüklüğüne ve $10^{15} M_{\odot}$ kütesine sahiptir. Belirli bir merkez etrafında yoğunlaşma göstermeyen düzensiz kümeler ise aynı büyüklüklere sahip olmalarına karşın 10^{12} - $10^{15} M_{\odot}$ kütesi içermektedirler.

3.1.9.7. *Gruplar*

Gruplar daha küçüktür, genellikle 50'den daha az sayıda galaksi içermektedirler ve çapları altı milyon ışık yılı ($\sim 1,84$ Mpc) büyüklüğüne ulaşabilmektedir. Samanyolu ve Andromeda (M31) galaksileri bulundukları Lokal Grup'da yer alan en büyük galaksilerdir. Mevcut 45 galaksiden 42'si cüce galaksidir. Lokal grubun büyüklüğü 1 Mpc'dir (Kalemci, 2012). Lokal Grup, Yerel Süperküme de denilen Virgo Süperkümesi'nin içindeki bulutumsu yapının bir parçasıdır (Tully, 1982). Şekil 3.27'de Lokal Grup'un temsili gösterimi yer almaktadır.



Şekil 3.27: Lokal Grup'un temsili gösterimi (Pearson Prentice Hall, Inc, 2005).

3.1.9.8. Galaksiler

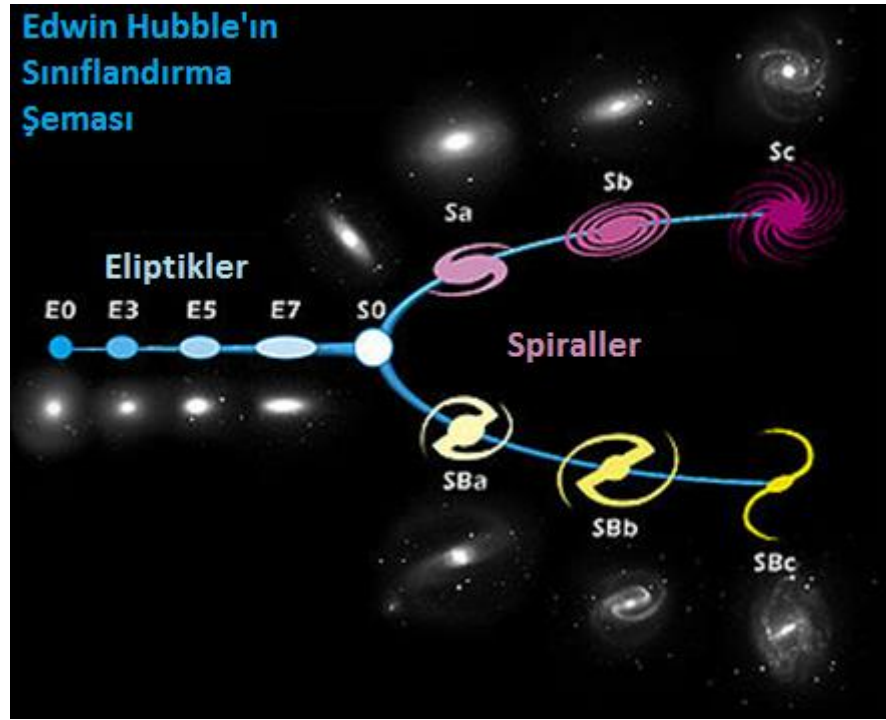
Galaksiler, ortak gravitasyonel çekimle birbirine bağlı yıldızlar, gaz ve tozdan oluşmaktadır. 10000 - 200000 ışık yılı büyüklüğündedirler. $10^9 - 10^{14} L_{\odot}$ parlaklığına sahiptirler. Samanyolu Galaksisi'nin yıldız kütlesi $\sim 1 \times 10^{11} M_{\odot}$, dinamik kütlesi $\sim 1 \times 10^{12} M_{\odot}$ 'dir. Büyük bir eliptik galaksinin kütlesi $\sim 1 \times 10^{13} M_{\odot}$ 'dir. Andromeda Galaksisi'nin Samanyolu Galaksisi'ne uzaklığı 2,5 Milyon ışık yılı'dır.

3.1.9.9. Galaksi Tipleri

Edwin Hubble, yakın evrende gözlenen galaksi morfolojilerine bir düzen getirmek için çalışan ilk kişiler arasındadır. Onun sınıflandırması daha sonra de Vaucouleurs tarafından incelenerek genişletilmiştir (Taylor-Mager ve diğ. 2007). Şekil 3.28'de görülen Hubble diyapozon diyagramında galaksi merkezindeki bulge'nin şişkinliğine, spiral kolların varlığına ve görünümüne dayanarak galaksiler morfolojik olarak sınıflandırılır. Hubble diyapozon diyagramının sağ kısmındaki spiral galaksiler "Geç-tip

galaksiler" olarak adlandırılırken, tarihsel nedenlerden dolayı, sol kısımdaki eliptik ve merceksi galaksiler “Erken-tip galaksiler” adını almaktadır.

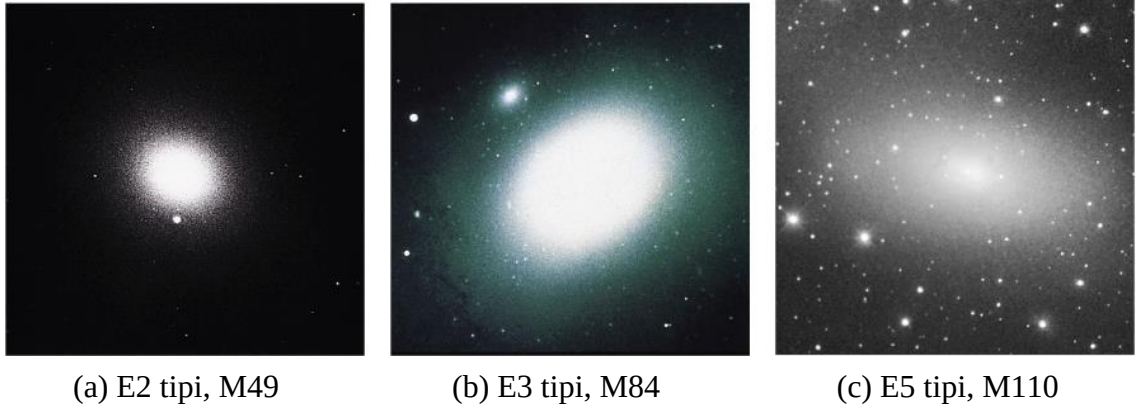
Takamiya (1999); Bershadsky ve diğ. (2000); Conselice ve diğ. (2000, 2003); Conselice (2003) ile benzer sonuçlar tespit ettiğini ifade eden Taylor-Mager ve diğ. (2007)’ne göre, erken-tip galaksiler geç-tip galaksilerden çok net bir şekilde ayrılmaktadır, çünkü onlar daha uzun dalgaboylarında oldukça kırmızıdırlar, daha yoğundurlar, çok az asimetrikler ve eliptik şekillidirler. Geç-tip galaksiler ise, erken-tip galaksilere göre gittikçe artan mavilikte, daha az yoğun, daha asimetrik ve daha belirgin şekillidirler. Geç-tipten galaksilerde yeni yıldız oluşumları bulunduğundan, daha mavi görünürler.



Şekil 3.28: Hubble'ın galaksi sınıflandırma diyagramı (SDSS, 2012).

İki temel tür galaksi vardır: Eliptikler ve spiraller (Samanyolu Galaksi'si benzeri). Bu ikisinin yanında, düzensiz ve cüce galaksiler, aktif galaksiler ve normal galaksilere kıyasla çok yüksek yıldız oluşum oranına sahip yıldız patlamalı galaksiler bulunmaktadır (Schneider, 2006).

Yuvarlak ya da elips şekiller gösteren, pürüzsüz ve başka şekilsel özelliği olmayan görünümdeki galaksiler “Eliptik ya da E-tipi galaksiler” olarak adlandırılır ve görünen şekline göre sınıflandırılırlar. Tiplerine eklenen bir son ek (E3 gibi) galaksilerin mevcut eksen oranlarını ifade etmektedir. Eliptik galaksiler, çoğunlukla yaşlı yıldız içermektedirler ve yeni yıldız oluşumu uzun zaman önce sona ermiştir (Schneider, 2006, Kotulla, 2010). Merkeze yaklaştıkça yoğunluk artmaktadır. Şekil 3.29’da eliptik galaksilere ait örnekler görülmektedir.



Şekil 3.29: E2, E3 ve E5 tipi eliptik galaksilere örnekler (Pearson Prentice Hall, Inc, 2005).

Spiral galaksiler, düz ve parlak bir disk içinde spiral kollara sahiptirler. Yıldız yoğunluğu merkeze yaklaştıkça artmaktadır (Kalemci, 2012). Bugün dahi, aktif yıldız oluşumu bulunan yıldız sistemleridir. Diskleri farklı hızla dönmektedir (Schneider, 2006). Şekil 3.30’da spiral galaksilere ait örnekler yer almaktadır.



(a) Sa tipi, M81

(b) Sb tipi, M51

(c) Tip Sc, NGC 2997

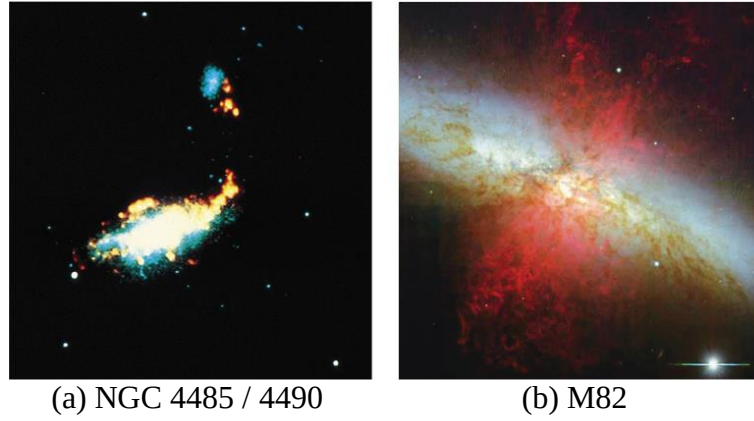
Şekil 3.30: Sa tipi, Sb tipi ve Sc tipi spiral galaksilere örnekler (Pearson Prentice Hall, Inc, 2005).

Eliptik ve spiral galaksiler arasında yer alan “merceksi galaksiler”in (S0 tipi) ışığı, bulge (şişkin bölge) tarafından bastırılmaktadır. Merceksi galaksiler ara tiptir. Spiral kolları yoktur, ama spiral galaksiler gibi disk benzeri yapı göstermektedirler. Fakat eliptikler gibi çok sayıda düşük kütleli ve düşük sıcaklıklı yaşlı yıldızlar da içermektedirler. Hem bulge hem de diskleri pürüzsüzdür (Kotulla, 2010). Şekil 3.31’de merceksi galaksilerden Spindle Galaksisi (NGC 5866) görülmektedir.



Şekil 3.31: Spindle Galaksisi (NGC 5866) (NASA/ ESA).

Düzensiz galaksiler gaz, toz ve genç yıldızlar açısından zengindir. Spiralleri andıranlar ve hiçbir şekle benzemeyen tipleri bulunmaktadır. Spirallerden küçük, cüce eliptiklerden büyüktürler (Kalemci, 2012). Şekil 3.32’de düzensiz galaksilere ait örnekler yer almaktadır.



Şekil 3.32: Düzensiz galaksilere örnekler (Pearson Prentice Hall, Inc, 2005).

Geniş ve derin gökyüzü taramalarının ortaya çıkmasıyla birlikte, binlerce galaksi için yüzlerce görüntüyü tek bir gözlemde üretmek mümkün olmaktadır. Işık dağılımlarının şeklinden, galaksilerin fiziksel özellikleri hakkında tanımlamalar yapan bir sistem kullanılarak, galaksileri otomatik olarak sınıflandıran bir yöntemin geliştirilmesi önemlidir (Taylor-Mager ve diğ. 2007).

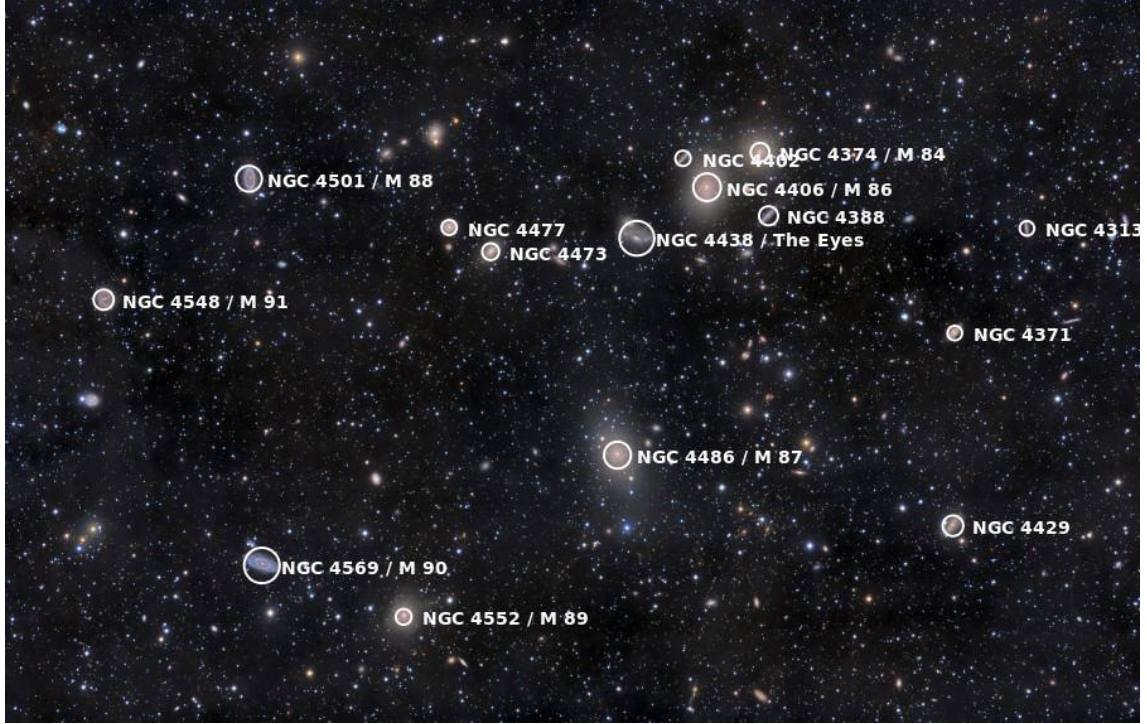
3.1.10. Verilen Bir Alan İçerisinde Yöne Bağlı Olarak $N(z)$ Araştırması

3.1.10.1. Yapıların Belirlenmesi

Galaksi kümeleri, evrendeki gravitasyonel olarak bağlı en büyük cisimlerdir ve geniş ölçekli yapının en gözle görülür özellikleridir. İlk olarak 18. yüzyılda, galaksilerin gökyüzünde önemli miktarda yüksek yoğunluk göstermesi sebebiyle galaksi kümeleri tespit edilmiştir. 20. yüzyıl başlarında, Zwicky'nin Coma çalışmasında karanlık maddeyi keşfetmesiyle birlikte, kümelerin fiziksel özelliklerinin ilk tespitleri görülmüştür. Geniş alan taramalarının başlamasıyla birlikte benzer seçim yöntemlerinin uygulanması, küme popülasyonlarının istatistiksel çalışmalarına imkan sağlamıştır (Koester ve diğ., 2007b).

Evrendeki yapılar dikkatli bir çalışma ile belirlenebilir. Gökyüzünün geniş bir kısmını gözlemek için, gökyüzü bölgelere ayrılır ve bölge başına kaç tane galaksi bulunduğu sayılır. Yüksek sayı yoğunluklu bölgelerin kümeler olması muhtemeldir. Şekil 3.33'de

görülen Virgo kümesi, bize yakın olan (~ 50 milyon ışık yılı) en büyük kümedir. Bulge kısmı gökyüzünün ~ 7 derece²'sini kaplar (Gladders ve Yee, 2000).



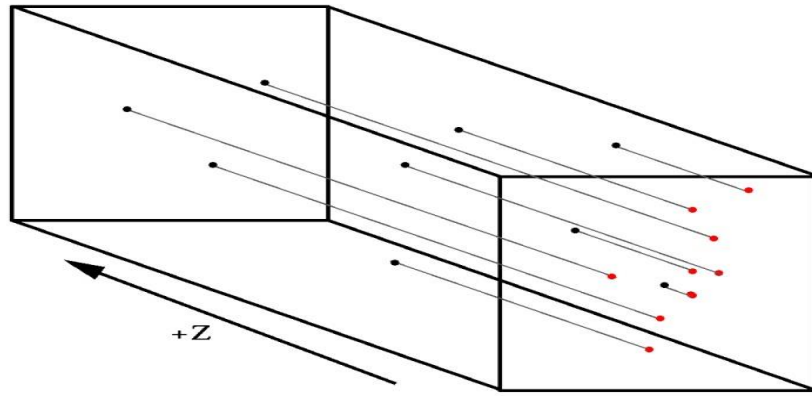
Şekil 3.33: ~ 1300 galaksiden oluşan Virgo Kümesi (Andreo, 2011).

Gruplar ve kümeler ise galaksiler, karanlık madde ve sıcak gazın birlikte yer aldığı güçlü gravitasyonel potansiyele sahip kaynaklardır. Bu bileşenlerin her biri, prensipte bulundukları yapının tespiti için kullanılabilir (Mazure ve diğ., 2007). Bu tez çalışmasında a) galaksiler, b) karanlık madde ve c) sıcak gaz başlıkları altında yapıların tespiti için kullanılan yöntemler açıklanmıştır.

a. Galaksiler

George Abell tarafından tarihi Abell galaksi kümeleri kataloğunu oluşturmak amacıyla, Palomar Gözlemevi'nden alınmış bir yığın fotoğrafın üzeri büyüteçle incelenmiş ve galaksiler elle tek tek sayılarak ilk küme taraması yapılmıştır. Bu çalışma sonunda Abell tarafından, 4000'den fazla küme bulunmuş ve sonuçlar 1958'de yayınlanmıştır (Gladders ve Yee, 2000). Abell'in çalışmaları, geniş bir yelpazede diğer taramaları ve küme özellikleri üzerine çok detaylı çalışmaları teşvik etmiştir (Gladders, 2004).

Abell'in ilk bulgularındaki en parlak küme üyelerinin kadir değerlerini esas alarak, uzaklıklar hesaplanmıştır. Koester ve diğ. (2007b), benzer katalogların Zwicky ve diğ. tarafından 1961 yılında geliştirildiğini belirtmektedir. 1977'de Bahcall daha eksiksiz ilk optik küme kataloğu oluşturmuştur (Gladders, 2004). Kümelerdeki en parlak galaksiler, Hubble diyagramlarının oluşturulması amacıyla da kullanılmıştır (Koester ve diğ., 2007b).



Şekil 3.34: Projeksiyon etkisinin kaba bir örneği. Siyah noktalar mevcut galaksilerdir. Oldukça farklı uzaklıklarda olmalarına ve bir küme oluşturmamalarına rağmen, onları gözlediğimiz zaman uzaysal olarak kümelenmiş (kırmızı noktalar) olarak görünürler (Gladders ve Yee, 2000).

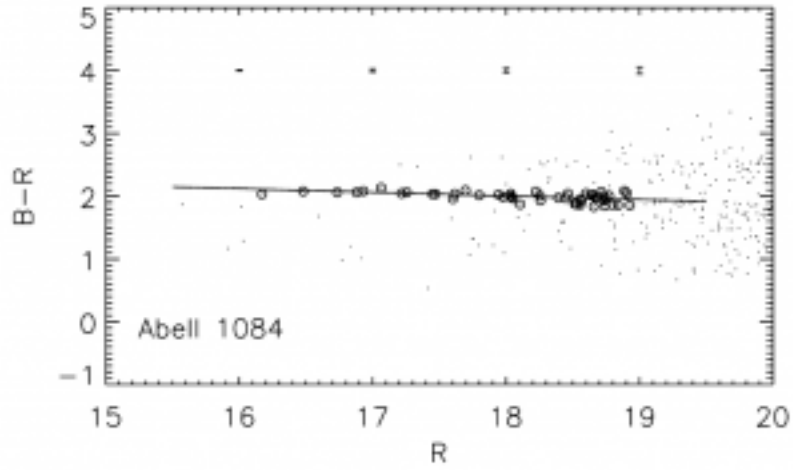
Farklı uzaklıklardaki bir grup galaksi, görüş çizgisi üzerinde sıralanmışlarsa ve Şekil 3.34'de görüldüğü gibi sürekli bir yapının gerçekten bir parçası değilse, projeksiyon etkisi meydana getirerek, görüş çizgisi üzerinde yüksek galaksi yoğunluğu oluştururlar. Bu durum yanlış tespiti yol açabilir (Gladders ve Yee, 2000). Galaksi kümelerinin tespiti için, sadece görsel olarak yüksek yoğunluk değil, aslında yaklaşık aynı kırmızıya kayma değerinde yer alan galaksilerin bulunduğu yüksek yoğunluğu bulan bir yöntem önemlidir. Projeksiyon problemleri, yanlış kümeler ve belirsiz seçim fonksiyonu nedeniyle Abell'in ilk küme kataloğu çalışmaları problemliydi. Aslında küme ile ilişkisi olmayan, projeksiyon nedeniyle yüksek yoğunluk yaratan ve söz konusu kümeye fiziksel olarak bağlı olmayan ön plan ve arka plandaki cisimler, kümelerin ölçülen özellikleri üzerinde istenmeyen etkilere (zenginlik, kütle vs.) neden olmuştur. Seçim fonksiyonundaki belirsizlikler görsel seçim kullanılmasından ve fotoğrafik verinin oldukça düşük çözünürlüğünden kaynaklanmıştır. Bu problemlerin tespiti, optik

dalgaboyunda sayısallaşan fotoğraflık malzeme ve otomatik küme seçim algoritmalarının kullanıldığı yeni küme örneklemelerinin yapılmasına yol açmıştır. Son yıllarda CCD fotometrisindeki gelişmeler, optik küme seçiminde yeni bir dönem başlatmıştır (Koester ve diğ., 2007b). Büyük tarama projelerinin ve yeni nesil aletlerin yardımıyla, çoklu dalgaboylarında galaksi kümelerinin çalışılması ve önemli detaylar elde edilmesi günümüzde çok aktif bir konu teşkil etmektedir (Gladders, 2004). CCD'leri kullanmanın ilk önemli etkisi, uzak galaksi kümelerini bulmak amacıyla geliştirilmiş bir algoritmanın kullanıldığı Palomar Uzak Küme Taraması'dır. Bu taramanın analizinde, "filtre eşleştirme" algoritması kullanılmıştır. (Gladders, 2004). Bu süreçte uzak kümelerin tespiti için, bir filtre ile birlikte galaksi dağılımı oluşturulmuştur (Koester ve diğ., 2007b). Bu algoritmanın amacı, galaksilerin lüminosite fonksiyonunu ve radyal konum bilgilerini kullanarak gerçek kümelerden projeksiyonu ayırmaktır. Filtre eşleştirme yönteminin düşük kırmızıya kaymalarda çok başarılı olduğu, SDSS verisine uygulanarak ispatlanmıştır. $z > 0,5$ 'de ilk Palomar Uzak Küme Taraması, küme adaylarını doğrulamıştır. Uzak galaksi kümeleri gözlem için çok sönük olduğundan dolayı, onlara ait verinin verimli şekilde elde edilmesi önem kazanmıştır. Çoklu filtre verisine dayanan yöntemlere kıyasla, prensipte sadece tek bir filtrede görüntüleme gerektiren filtre eşleştirme yöntemleri oldukça çekici olabilmektedir. Ancak, Postman ve diğ. (2002)'nin çalışması hariç, birçok filtre eşleştirme taraması, farklı dalgaboyları arasında çapraz kontrol sonuçlu en az iki filtrede görüntüleme kullanmaktadır. Ayrıca, geniş alan görüntüleme verisinin elde edilmesi için sık sık en az bir filtre daha tercih edilmektedir.

İlk adayların belirlenmesinde, verimli olduğu savunulan bir başka optik yöntem de, Las Campanas Uzak Küme Taraması'nda kullanılan Dalcanton (1996)'un "arka plan ışık dalgalanmaları" yöntemidir. Bu yöntemde kümeler, başlangıçta galaksi dışı arka plan ışığı içinde çözülmemiş artışlar olarak tanımlanmaktadır. Daha derin görüntülemeyi kullanarak, fotometrik bilgiyi tespit etmek amacıyla, en uygun açıklıklı teleskoplar kullanılmaktadır. Ancak tek bir görüntüde, birçok kümenin görülebildiği büyüklükte geniş alan mozaik kameralar, tarama modunda daha derin verinin elde edilmesinde daha verimli olmuştur (Gladders, 2004).

a1. Kırmızı Kol

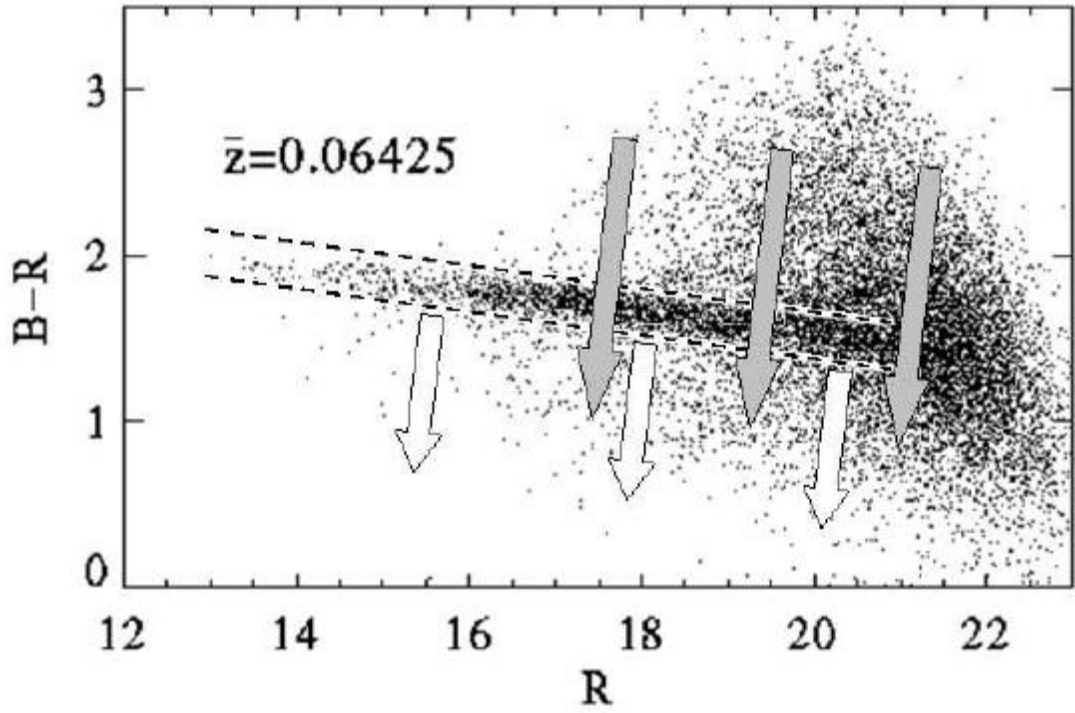
Geniş alanlar üzerinde çok-renk fotometrisi kullanılması ile birlikte, galaksilerin fotometrik renk indekslerinin elde edilmesi, galaksi kümelerini bulmaya yeni bir boyut eklemiştir. Kümelerdeki erken-tip yaşlı eliptik ve merceksi (E/S0) galaksiler renk-kadir uzayında, Şekil 3.35'deki E/S0 sırt çizgisi olarak bilinen dar bölgede görülürler. Galaksilerin kümelenmesinde, renk ve kadir arasındaki bu sıkı ilişki, küme bulmada önemli gelişmelere izin vermektedir (Koester ve diğ., 2007b). Gladders ve Yee (2000), eliptik ve merceksi galaksiler içeren galaksi kümelerinin dikkate alındığı “Kırmızı Kol” olarak adlandırılan bir yöntem geliştirdiler. Kümeleri seçmek için, iki filtre verisi esas alınmaktadır (Gladders ve Yee, 2000). Bu yöntemde galaksi kümelerinin renk-kadir grafiklerinde, belirli bir renkte küme galaksilerinin bir araya toplandığı kırmızı kol olarak ifade edilen doğrusal bir yapı vardır. Kırmızıya kayma ile pasif olarak evrim geçiren erken-tip galaksiler, küme izleri olarak çalışmalarda avantaj sağlamaktadır. Tüm eliptik galaksiler, yıldız oluşumu durduğu veya çok düşük seviyede olduğu için benzer yapısal özelliklere sahiptirler ve aynı renkte görünürler. Kırmızı kol sayesinde galaksi kümeleri, renk-kadir uzayında tespit edilebilmektedir (Gladders, 2004). Kırmızıya kayma ile birlikte renkteki sırt çizgisinin güzel bir şekilde kayması (bakınız Şekil 3.37), küme kırmızıya kaymasının oldukça doğru bir şekilde elde edilmesini sağlar. Kırmızı kol yöntemi, projeksiyon etkilerini ve optik küme kataloglarından yanlış kümeleri büyük miktarda yok etmektedir (Koester ve diğ., 2007b). Morfoloji yoğunluk ilişkisi, en iyi kümelenmiş küme üyelerin erken-tip galaksiler olduğunu göstermektedir. Kümelerde kırmızı kolun bulunması yüksek yoğunluğun da göstergesidir. Pasif olarak evrim geçiren yıldız popülasyonlarının fotometrik evrimi kolayca modellenmektedir. Böylece fotometrik kırmızıya kaymalar ve diğer ikincil ölçümler için en muhtemel doğrulukta olan bu galaksiler esas alınmaktadır. Bu yöntem özellikle yüksek kırmızıya kaymalarda çok başarılıdır (Gladders, 2004).



Şekil 3.35: Abell 1084 kümesinden, kırmızı kolun bir örneği. Her bir nokta kümedeki her bir galaksinin renk (B-R) ve kadirini (R) tanımlar. Net bir kırmızı kol (siyah çizgi) mevcuttur (Gladders ve Yee, 2000).

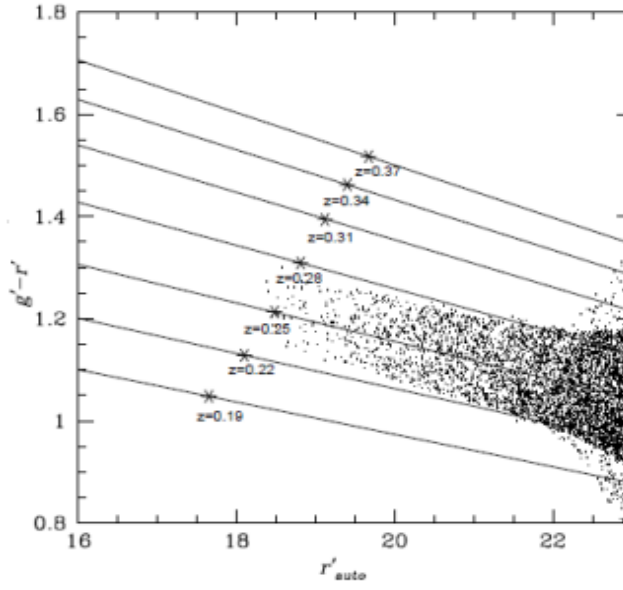
Abell 1084 kümesinde yer alan kırmızı kolun görüldüğü Şekil 3.35’de yatay eksenle, sola doğru parlak, sağa doğru sönük olur. Dikey eksenle (B-R) renk indeksi üst tarafta daha kırmızı, alt tarafta ise mavidir. Bu çizimdeki her bir nokta kümedeki galaksinin renk ve kadir değerini göstermektedir ve dairesel noktalar eliptik ve merceksi galaksilerdir. Şekil 3.35’de bu tür galaksiler için lineer bir ilişki olduğu görülmektedir. Bugüne kadar gözlenen her galaksi kümesi, galaksiler için iyi tanımlanmış bir kırmızı kol içermektedir. Böylece, kırmızı kolu oluşturan galaksilerin yüksek yoğunluklarına bakarak kümeler bulunabilmektedir. Arka plan galaksiler ya daha mavi ya da daha kırmızı görünür fakat genellikle daha sönüktürler. Daha yüksek kırmızıya kayma değerinde daha kırmızı olan galaksiler (tahminen erken-tip), küme kırmızı kolundakinden daha kırmızı görünür. Bu nedenle, bir kırmızı kenar kesilmesi birçok arka plan galaksiyi eler. Kalan galaksiler, daha sönük kadirlerdeki birkaç kirlenme ile birlikte dar bir renk diliminde, genelde belli bir kırmızıya kayma değerindeki erken-tip galaksilerdir. Projeksiyon etkisi artık problem değildir, çünkü farklı kırmızıya kaymalardaki galaksilerin rastgele seçimi tutarlı bir kırmızı kol oluşturmayacaktır (Gladders ve Yee, 2000). Belirli kırmızıya kayma değerindeki galaksilerin bu basit izolasyonu sayesinde, filtre 4000 Å kırılmasını kapsadığı sürece, herhangi bir kırmızıya kayma kolayca elde edilmektedir (Gladders, 2004).

Düşük kırmızıya kaymalı kümelerin bir araya gelmesiyle oluşan kırmızı kol Şekil 3.36'da görülmektedir. Kırmızı kolun rengi kümenin kırmızıya kayma değerine bağlıdır yani bu renk, kümenin kırmızıya kaymasını tahmin etmek için de kullanılabilir (Gladders, 2004).

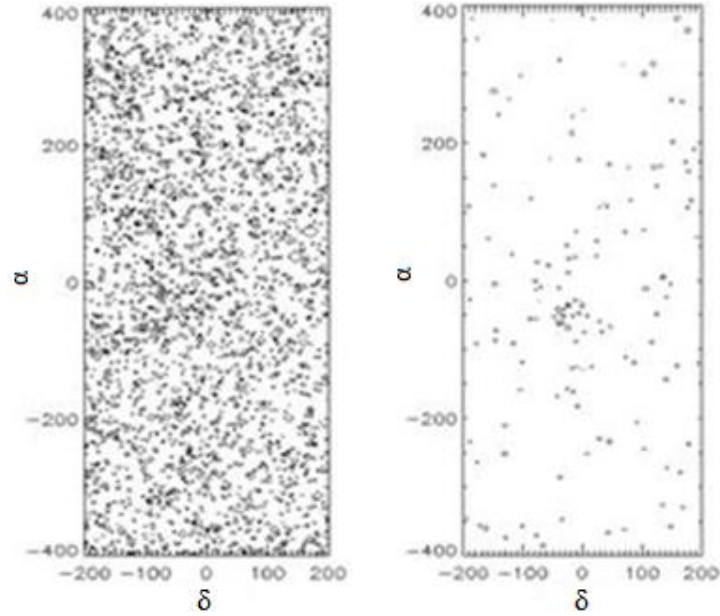


Şekil 3.36: Galaksilerin (B-R) – R ilişkisinde kırmızı kolun varlığı. Galaksiler noktalar olarak görülmektedir. Kümenin kırmızı kolu kesikli çizgiler ile gösterilmiştir. Beyaz oklar kümenin ön alanındaki normal galaksilerin konumunu, gri oklar ise arka plan galaksilerin beklenen konumunu belirtmektedir (Gladders, 2004).

Kırmızı kol yönteminde pratikte, kırmızı kolun farklı kırmızıya kaymalarda nasıl görüldüğüne bakılır. Galaksilerin tamamı alınarak, bilimsel bir kırmızıya kayma için kırmızı kola ait olma olasılığındaki galaksiler belirlenir. Kırmızı kol çizgisine tam olarak düşen galaksiler tespit edilir ve belirli bir kırmızıya kaymada bir küme adayı tespit edilmiş olur. Bu galaksiler kabaca aynı kırmızıya kayma değerindedir. Kırmızı kol yöntemi, Pan-STARRS Taraması'na ve Kırmızı Kol Küme Taraması'nın Spitzer uyarlamasına da uygulanmıştır (Gladders ve Yee, 2000). Belirli bir kırmızıya kaymada kırmızı kola ait olma olasılığının bir örneği Şekil 3.37'de görülmektedir.



Şekil 3.37: $0,19 < z < 0,37$ kırmızıya kaymalarında $(g'-r') - r'$ ilişkisinde farklı kırmızı kollar. Farklı z 'lerde kırmızı kolun görünümü. CFHTLS filtreleri ile W1 geniş alan gözleminden elde edilen $z = 0,25$ 'de, renk dilimindeki galaksiler noktalarla gösterilmiştir. Kırmızıya kayma adımları $\Delta z = 0,03$ 'dür (Lu ve diğ., 2009).



Şekil 3.38: Kırmızıya kayma değerine sahip küme alanında yer alan galaksilerin $\alpha - \delta$ dağılımı örneği. Sol panel seçilen örneklemede tüm kadir değerlerindeki galaksileri göstermektedir. Sağ panel ise, aynı verinin kümenin kırmızıya kayma değerinde veri filtreledikten sonraki görünümüdür (Gladders, 2004).

Kırmızı kol yönteminde, birçok yüksek yoğunluklu renk dilimi gerekir. Belirgin yüksek yoğunluklar için pik değeri içeren dilim, küme adayının en muhtemel kırmızıya kayma değerini vermektedir. Bir kırmızıya kayma değerine sahip küme alanında yer alan galaksilerin örneği Şekil 3.38’de görülmektedir. Sol panel, seçilen örneklemede tüm kadir değerlerindeki galaksileri; sağ panel ise, aynı verinin kümenin kırmızıya kayma değerindeki renk dilimi için veri filtreledikten sonraki görünümüdür. Bu yöntem, özellikle erken-tip sistemleri tespit etmede oldukça iyidir ve projeksiyon etkisi nedeniyle aynı bakış doğrultusu boyunca görülen ve küme ile alakasız sistemlere çok duyarlıdır. Kırmızı kol yöntemi filtre eşleştirme yöntemine göre, projeksiyon açısından daha az kirlenmiştir (Gladders, 2004).

Diğer yollarla seçilmiş bir küme adayına göre kırmızı kolun tespiti, küme tanımlanmasını doğrulamanın gözlemsel olarak en kolay yoludur. Kırmızı kolu göstermek için gerekli veri, çok uzak sistemler için kolayca elde edilebilir (Gladders ve Yee 2000). ROSAT Uzak Küme Taraması’nda $z > 1$ ’deki X-ışınlarında seçilmiş kümeleri içeren önemli kırmızı kol gösteren küme örnekleri mevcuttur ve ESO Görüntüleme Taraması’nda $z \sim 1$ ’de filtre eşleştirme yöntemi uygulanarak tespit edilmiş kümeler mevcuttur (Gladders, 2004).

a2. Diğer Yöntemler

Evrendeki kozmolojik yapı ve küme evrimi özelliklerinin elde edilmesi amacıyla, yüksek kırmızıya kayma değerine sahip kümeleri saptamak çok önemlidir. Galaksilerin fotometrik kırmızıya kayma değerleri kullanılarak kümeler, dolayısıyla evrendeki yapılar tespit edilebilir (Wen ve Han, 2011). Bu amaçla, prensipte spektroskopik kırmızıya kayma taramaları en uygun araçlardır, çünkü onlar doğrudan sistemlerin dinamiklerini dikkate alırlar. Ancak, yüksek kırmızıya kaymalı kümeler, uzaklıkları ve ipliksi ağ yapılar nedeniyle spektroskopik yöntemle incelenememektedir (Mazure ve diğ., 2007). Şu an mevcut olan spektroskopik yüksek kırmızıya kayma taramaları (ör. DEEP2), ~ 10 derece²’lik açıları kapsar ve kümeleşmenin tespiti hakkında açıklama yapmak için yetersizdirler. Tarama projeleri, gözlem yapılan aygıtın özellikleri oranında sınırlıdır. Daha büyük kozmik hacimlerin haritalanması için, daha uzun dalga boyları ile inceleme yapmak gerekmektedir. Bu durumda, derin görüntüleme taramalarından elde

edilen fotometrik kırmızıya kayma katalogları yukarıda bahsedilen bilimsel hedefleri ele alma konusunda büyük önem taşımaktadır.

$r \sim 22$ 'ye uygun derinlikler içeren ve $\sim 10\,000$ derece²'lik geniş kapsamlı görüntüleme taramaları son yıllarda tamamlanmaktadır. Bu taramalardan birkaçı, 2MASS ve UKIDSS (yakın kırmızıötesi); SDSS ve POSS-2 (optik); FIRST, COBE ve WMAP (radyo), GSC-II (optik astrometri), ROSAT (X-ışınları) ve GALEX'dir (morötesi ve X-ışınları). Her tarama birkaç bantta neredeyse tüm gökyüzü için bilgi sağlamaktadır. Bu taramaların veri tabanları iyi kalibre edilmiştir ve sistematik hatalar üzerinde iyi bir kontrole sahiptirler. Gelecek birkaç yıl içinde Planck taraması, VST (ör. KIDS) ve VISTA (ör. VIKING) taramaları, CTIO karanlık enerji taramaları ve LSST taramaları gibi daha derin görüntüleme taramaları yapılması planlanmaktadır. Bu taramalar, galaksi kümelenme modellerindeki özelliklerin güçlü ölçümlerini sağlayacaktır. Ayrıca, fotometrik kırmızıya kaymaların hesaplanması için kullanılan yöntemler, bu hesaplamaları etkileyen belirsizliklerin doğru ölçümü ve güvenilir tahminini elde etmede yardımcı olacaktır. Bu taramalardan elde edilen her bir katalog birkaç terabayt boyutundadır ve 100 milyondan fazla cisim içermektedir.

Bilimsel girişimlerin sonuçlarından biri, $z \sim 1$ 'e kadar galaksilerin kümelenmelerini ölçmek için yeterli yoğunluktaki kozmik uzaklıklarda, kırmızıya kayma dağılım haritalarının elde edilmesini sağlamaktır (Laurino, 2009).

Geniş kapsamlı görüntüleme taramaları sayesinde, geniş ölçekli dağılımın genellikle “kozmetik-ağ” olarak adlandırılan kümeler, boşluk bölgeleri, duvarlar ve filamentlerden oluşan ağ-benzeri yapı gösterdiği bulunmuştur. Bu yapılar, nümerik karanlık madde simülasyonlarında ya da SDSS gibi geniş ölçeklerde galaksilerin gözlenen dağılımlarında çıplak gözle kolayca tespit edilebilmektedir (González ve Padilla, 2010).

Kümeler ve boşluklar için yaygın olarak kullanılan bazı iyi hesaplanmış otomatik tanımlama yöntemleri mevcuttur. Bunlar: Halo/küme tespiti için Friend-of-Friend algoritması (Davis ve diğ. 1985, FOF) ve boşlukların güvenilir tespiti için Padilla ve diğ. (2005) tarafından verilen algoritmadır.

Filamentler ve duvarların durumunda otomatik tanımlama biraz zordur, çünkü filamentler ve duvarlar karmaşık 3-boyutlu şekiller gösterdiği için genellikle onları karakterize edecek net bir fikir birliği yoktur (González ve Padilla, 2010).

Yüksek kırmızıya kayma değerine sahip kümeleri doğru tespit edebilmek için, kümeye ait üye galaksileri derin alandaki alan galaksilerinden ayırmak gerekir. Projeksiyon etkisi, fotometrik veride çok önemlidir. Projeksiyonu kesmek amacıyla, önceden “renk kesilmesi” veya “kırmızı kol” yöntemleri kullanılmaktaydı. Kırmızıya kayma değerleri, projeksiyon etkisinin kesilmesi için başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Galaksi kırmızıya kaymaları kümelerin tespitinde kullanıldığı zaman, galaksilerin renklerini ve kırmızıya kayma aralığını dikkate alma zorunluluğu bulunmamaktadır. Filtre 4000 Å kırılmasını kapsadığı sürece herhangi bir kırmızıya kayma aralığındaki galaksi kümeleri tespit edilebilmektedir. Farklı renk kesilmeleri ile belirlenen küme zenginliği birbiriyle iyi uyuşmayabilir. Yüksek kırmızıya kaymalı galaksi kümelerindeki artan yıldız oluşumu renk kesilmesi yoluyla kümeyi zor tespit edilebilir yapar (Wen ve Han, 2011). Artan kırmızıya kayma değeri ile birlikte, kümelerdeki kırmızı galaksilerin sayısı azaldığı için, kırmızı kol tekniği yüksek z 'lerde daha az verimlidir. Bu nedenle, optik görüntüleme yoluyla yüksek kırmızıya kayma değerli kümeleri tespit etmede, en az dört ya da daha fazla bantta görüntülemeyi kapsayan fotometrik kırmızıya kayma bilgisi gerekmektedir.

Uzaklığı esas alan kümelenme kriteri için şu tanım yapılabilir: İki ya da daha fazla cisim, eğer verilen uzaklığa göre birbirlerine yakınsalar aynı kümeye ait olma olasılıkları yüksektir (Laurino, 2009). Cisim hangi küme merkezine yakın bulunuyorsa o kümeye ait olma olasılığı, diğer kümelere ait olma olasılığından daha büyük olacaktır (Işık ve Çamurcu, 2007).

b. Karanlık Madde

Kümenin büyük bir bölümünü kapsayan karanlık maddenin tespiti oldukça önemlidir. Karanlık madde, genellikle mercek çalışmaları yoluyla tespit edilebilir çünkü karanlık madde, doğrudan kütleyi izler. Ancak mercek çalışmalarıyla tespit yöntemi, projeksiyon etkileri ve küçük gruplara duyarlılığın olmaması nedeniyle çok yüksek kırmızıya kayma değerine sahip sistemler için verimli değildir. Hatta, karanlık madde halolarının

karmaşık kütle dağılımı ve galaksilerin içsel ortaklıklarının bozulma etkisi sebebiyle, mercek yöntemiyle seçilmiş kümeler hatalı olabilmektedirler (Mazure ve diğ., 2007).

c. Sıcak Gaz

Sıcak gaz, iki yolla tespit edilebilir. X-ışınları ve Sunyaev-Zeldovich (SZ) Tekniği (Mazure ve diğ., 2007).

c1. X-ışınları

Kümeler çok miktarda sıcak gaz içerir ve Bremsstrahlung ışıınımı olarak bilinen bir süreçte X-ışınları yayınlr. Böylece yayınladıkları X-ışınları sayesinde bulunabilirler (Gladders ve Yee, 2000).

X-ışın taramaları özellikle uzak galaksi kümeleri için standart bir yöntem olarak kabul edilmiştir. Örneğin, Genişletilmiş Orta Hassasiyetli Tarama Küme Örnekleme ve ROSAT Uzak Küme Taraması. Galaksi kümelerinin gözlemsel imzası X-ışın dalgaboyunda benzersiz olduğu için, X-ışın taramaları özellikle caziptir. Projeksiyon etkisi nedeniyle kirlenme ve optik olarak seçilmiş küme taramalarının seçim fonksiyonlarındaki zorluklar, X-ışın yöntemlerinin gelişile birlikte eş zamanlı olarak ortadan kalkmıştır. Ancak CCD kameralarındaki iyileştirmeler ve gelişmiş analiz yöntemleri bu eğilimi tersine çevirmeye başlamıştır (Gladders, 2004).

c2. Sunyaev-Zel'dovich (SZ) Tekniği

Sunyaev-Zel'dovich (SZ) Tekniği, ters Compton saçılması yoluyla CMB ışıınının ((Cosmic Microwave Background, Kozmik Mikrodalga Arka plan) veya "kalıntı ışıınım") saptırdığı yüksek enerjili elektronlar nedeniyle meydana gelmektedir. Düşük enerjili CMB fotonları, yüksek enerjili küme elektronları ile çarpışmaları sırasında ortalama enerjileri artar. Böylece spektrumda gözlenen sapma (biçim bozulması), evrenin yoğun bölgelerini tespit etmek için kullanılmaktadır. Sunyaev-Zel'dovich Tekniği'ni kullanarak yoğun galaksi kümeleri gözlenebilmektedir (Gladders ve Yee, 2000).

Kozmolojide, kozmik mikrodalga arka plan ışıınımı, Büyük Patlama'dan arta kalan termal ışıınımdır. Compton saçılması, fotonun serbest yüklü parçacık (genellikle bir

elektron) nedeniyle esnek olmayan saçılmasıdır. Fotonun enerjisinde azalmaya (dalga boyunda artışa) neden olur. Buna “Compton etkisi” denir. Fotonun enerjisinin bir kısmı saçılan elektrona transfer olur. Ters Compton saçılmasında ise, yüklü parçacık enerjisini fotona transfer eder. Sunyaev-Zeldovich Tekniği, herhangi bir kırmızıya kaymada çalışabilir fakat pratikte, uzaysal çözünürlüğün kısıtlı olması nedeniyle uzak cisimler için sınırlıdır (Mazure ve diğ., 2007). X-ışın emisyonu, Sunyaev-Zeldovich azalması ya da son zamanlarda araştırma imkanı gelişen radyo dalga boyunda ışıınım yapan parlak galaksiler, galaksi kümelerini tespit etmek amacıyla büyük ölçüde kullanılmaktadır.

Yapıların belirlenmesinde gözlemin yapıldığı filtrelerle ait parlaklık limitleri, teleskobun ayna çapı ve alıcının teknik özellikleri de büyük önem taşımaktadır (Gladders, 2004). Sonuçlar fotometrik kataloğun derinliği ile sınırlıdır (Mazure ve diğ., 2007).

3.1.10.2. Sınırlar

Küme kütlesi ve yarıçapı, kümeler için iki temel parametredir (Wen ve diğ., 2012). Küme kütle fonksiyonunun evrimi, karanlık enerjiyi ve geniş ölçekli yapıyı tanımlamada önemli rol oynar. Kütle hesaplamaları ve küme üyelerinin çalışılması, belirli kütleli kümenin büyüklüğünün bilinmesine dayanmaktadır. Bir kümenin kütlesini belirlemek için gereken küme yarıçapı, bazı tanımlamalar sayesinde belirlenir. Toplam kütle, bu yarıçap içinde yer alan kütledir. Küme büyüklüğünü ve kütleyi belirlemek için kullanılan tanımlar, kütle ile küme büyüklüğü arasında bir ilişki olduğunu gösterir. Kümeleri ve grupları incelemek için, uygun bir büyüklük ölçeği belirlenmelidir (Hansen ve diğ., 2005). Astronomide bir galaksinin kütlesi ve büyüklüğü, “virial kütlesi” ya da “virial yarıçapı” terimleriyle ifade edilmektedir. Galaksiler ve sürekli akışkanlardaki yüksek yoğunluklar çok genişlemiş olabilir (hatta bazı modellerde sonsuza). Bu nedenle, galaksilerin kütlelerini ve büyüklüklerini bilimsel olarak tanımlamak zor olabilir. Virial teoremi ve ilgili kavramlar bu özellikleri ölçmek için kullanışlı anlamlar sağlamaktadır (Collins, 1978). Galaksilerdeki bir araya gelme süreci sürekli olarak devam etmez. Bu süreç, küme virialize olduğu zaman durur. Virializenin anlamı, gravitasyonel olarak etkileşen parçacıkların olduğu bir sistemin kararlı olmasıdır. Virialize olmuş bir sistemde, küçük yapılar birbirleriyle etkileşirler, fakat küme

genişlemez ya da çökmez. Virial Teoremine göre, kendi çekim gücü etkisi altında bir arada ve dengede bulunan madde için, maddeyi oluşturan cisimlere ait toplam kinetik enerji (K), potansiyel enerji (U)'nin -1/2 katıdır. Bunu, potansiyel enerji kinetik enerjinin -2 katı olduğu zaman, bir sistem virializedir şeklinde de ifade edebiliriz. Küme virialize olduğu zaman, bir araya gelme süreci ve maddenin çöküşü bitmiştir ve galaksi kümesinin oluşum süreci tamamlanmıştır. Bir küme hiyerarşik olarak kümelenerek oluşur. Virialize olmuş kümeler diğer bir ifadeyle oluşumunu tamamlamış kümeler, yarıçapına ve yoğunluğuna bakılarak bulunabilir. Potansiyel enerji kinetik enerjinin eksi iki katıdır şeklindeki virializasyon tanımından, yeni bir koşul bulunabilir: $r_{\text{vir}} \approx r_{\text{maks}}/2$ koşulu olduğu zaman, küme virializedir. r_{vir} kümenin virialize olduğu yarıçaptır. r_{maks} ise, cisim çöktüğü andaki dönüş yarıçapıdır. Bu koşuldan dolayı, cisim kendi etrafındaki dönüşüne göre virializasyonda sekiz kat daha yoğundur. Böylece bir kümenin yarıçapına ve yoğunluğuna bakılması, kümenin virializasyonunun tamamlanıp tamamlanmadığı hakkında bilgi verir. Gravitasyonel olarak bağlı astronomik cisimlerden oluşan bir sistemin

$$\text{Kinetik enerjisi: } K = (1/2) M v^2 \quad (3.19)$$

$$\text{Gravitasyonel potansiyel enerjisi: } U = (-1/2) G M^2 / r \quad (3.20)$$

bağıntıları ile ifade edilir. Kinetik enerji ve potansiyel enerjinin aralarındaki ilişki: $K = -1/2 U$ 'dur. Başka bir ifadeyle, $2K+U=0$ yani $-U=2K$ 'dır. (3.19) ve (3.20) bağıntıları, bu eşitlikte yerine konulduğunda, Virial teoreminden elde edilen küme kütleleri Güneş kütlesi cinsinden,

$$M = 2 v^2 r / G M_{\odot} \quad (3.21)$$

olarak hesaplanabilmektedir. Burada v değeri ortalama hız dağılımı ve r değeri ise maksimum yarıçaptır (r_{maks}) (Bahcall, 1999, Sarazin, 2013). Hız dağılımı (v , literatürde σ olarak da temsil edilmektedir), açık kümeler, küresel kümeler, galaksi, galaksi kümeleri ya da süper kümeler gibi grup halindeki cisimler için ortalama hız bakımından hızların istatistiksel dağılımıdır. Üyelerin radyal hızlarının ölçülmesiyle, bir kümenin

hız dağılımı hesaplanabilir ve virial teoreminden kümelerin kütlesi bulunabilir (Collins, 2000).

Virial kütlesi ve yarıçapının alternatif tanımı, kozmolojide sık sık kullanılmaktadır. Bu tanım, “içinde virial dengenin bulunduğu bir galaksi ya da galaksi kümesi merkezli bir kürenin yarıçapı anlamındadır” şeklindedir. Bu yarıçapı gözlemsel olarak belirlemek zor olduğu için, ortalama yoğunluğun kritik yoğunluktan ($\rho_{\text{kritik}} = 3H^2 / 8\pi G$) belirli bir çarpan kadar büyük olduğu yarıçap olarak kabul edilir. Burada H , Hubble parametresidir ve G ise gravitasyonel sabittir. Çarpan için yaygın seçim 200’dür. Bu durumda virial yarıçapı $r_{\text{vir}} \approx r_{200} = r$ ($\rho = 200 \rho_{\text{kritik}}$) olarak kabul edilir. Virial kütlesi de bu yarıçapa bağlı olarak $M_{\text{vir}} \approx M_{200} = (4/3) \pi r_{200}^3 \cdot 200 \rho_{\text{kritik}}$ şeklinde tanımlanır (Collins, 1978). Yaygın kullanımıyla r_{200} , kümenin ortalama yoğunluğunun, evrenin kritik yoğunluğunun (ρ_{kritik}) 200 katı olduğu yarıçaptır. M_{200} ise r_{200} içindeki küme kütlesidir (Wen ve diğ., 2012).

Küme sınırları kümenin yarıçapı ile belirlenmektedir (Wen ve diğ., 2012). Ancak bu tez çalışmasının amacı büyük ölçekli yapının analizinde fotometrik kırmızıya kaymaların en iyi şekilde elde edilmesi olduğu için kümelerin yarıçapı ya da kütlelerinin elde edilmesi hesabı bu tezin kapsamı dışındadır.

3.1.10.3. Büyük Alanlar Durumunda: Kozmik Varyans Kavramı

Tüm gökyüzüne bakıldığında evren, bakış doğrultusunda neredeyse aynı görünür. Ancak, gökyüzünün küçük bir kısmına bakıldığında, küçük alanlar arasında farklar dikkat çeker. Astronomlar bunu “kozmetik varyans” olarak tanımlar. Kozmik varyans, derin gökyüzüne ait taramalardan alınan veri analiz edildiğinde, var olan istatistiksel belirsizliktir (Sibthorpe ve diğ., 2013).

Bir taramadaki galaksilerin sayı miktarları farklı örneklemelerden, tamamlanmamış gözlemlerden ve geniş ölçekli yapıdan etkilenmektedir. Ortalama $\langle N \rangle$ ve varyanslı $\langle N^2 \rangle$ sayı miktarları için verilen bir olasılık dağılımında, N miktarının toplam kısmi hatası (3.22) bağıntısıyla tanımlanır:

$$v_r = \frac{\sqrt{\langle N^2 \rangle - \langle N \rangle^2}}{\langle N \rangle} \quad (3.22)$$

Fotonlar gibi enerji taşıyan parçacıkların doğasından kaynaklanan gürültüyü aşan belirsizlikler, genellikle (3.23) bağıntısında verilen rölatif kozmik varyans ile ölçülür (Somerville ve diğ., 2004, Trenti, 2008).

$$\sigma_v^2 \equiv \frac{\langle N^2 \rangle - \langle N \rangle^2}{\langle N \rangle^2} - \frac{1}{\langle N \rangle} \quad (3.23)$$

Gözlenebilen gökyüzü daha büyük evrenin küçük bir bölümüdür (Hartley, 2010). Standart modelin doğru olduğu kabul edilerek, fiziksel evren gözlenen evrenden daha büyüktür denilebilir (Waterhouse ve Zibin, 2008). Kozmolojik varyans teriminin en yaygın kullanımı, bir kısmi zamanda evrenin sadece bir kısmının gözlenebileceği fikrine dayanmaktadır. Gözlenebilen büyüklükler ve gözlemlerin sayısının azlığı nedeniyle tüm evren ölçeğinde kozmoloji hakkında istatistiksel genellemeler yapmak zordur. Diğer bir deyişle, evrenin gözlenen bir parçası, gözlemcinin sadece bir kısmını görebildiği sürecin bir sonucudur. Araştırılan cisimler, kendine özgü kümelenme ölçeği ile karşılaştırıldığında, örneklenen hacim çok büyükse, kozmik varyans önemsiz olacaktır (Somerville ve diğ., 2004). Bu, küçük alanları kapsayacak küme ölçümlerinde belirsizliğin önemli bir kaynağı olmaktadır (Somerville ve diğ., 2004, Grogin ve diğ., 2011). Genellikle küçük ölçeklerde gökyüzünün sadece bir kısmı örneklendiği için varyans büyük olur (Scott ve diğ., 1994). Düşük kırmızıya kaymalarda tespit edilebilir hacim küçüktür. Bu nedenle kozmik varyansın etkisi önemlidir. Böylece, yapıların ve galaksilerin uzaysal dağılımının etkilenmemiş bir resmini elde etmek neredeyse imkansızdır (D'Abrusco, 2007, Laurino, 2009). Son zamanlardaki geniş görüntüleme kapasitelerinin avantajına sahip olmayan daha önceki taramalarda, küçük alanlardaki kozmik varyansın ilave karmaşıklığı ile uğraşılacak zorunda kalınmıştır. Tarama alanı büyüklükleri arttıkça, örnekleme büyüklükleri de artmış ve böylece daha geniş yapılar incelenebilmiştir. Bu sayede, istatistiksel olarak daha anlamlı örneklemeler elde edilmiştir. Bu taramaların kapsama alanının genişlemesi, kozmik varyansın etkisini azaltmaktadır (Kanwar ve diğ., 2008). Geniş alan büyüklüğü, derece² ölçeklerinde bile

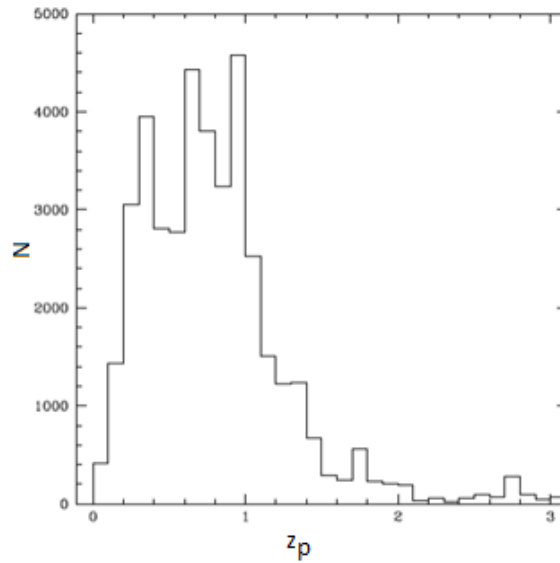
önemli olabilen kozmik varyansın etkilerini önemli ölçüde azaltmaktadır (Smorville ve diğ., 2004, Trenti ve Stiavelli, 2008, Kanwar ve diğ., 2008).

3.1.10.4. Küçük Alanlar Durumunda: Kozmik Varyans Kavramı

Bölüm 3.1.10.3’de ifade edildiği gibi, gözlem alanının büyüklüğü, kozmik varyansı etkilemektedir. Bu etkiden kurtulmak için geniş alan taramaları tercih edilmektedir. Bunun nedeni, küçük alanlar durumunda kozmik varyansın tesirinin önemli olmasıdır.

3.1.11. Fotometrik Kırmızıya Kaymaların Yoğun ve Düşük Yoğunluklu Bölgelerdeki Durumu

Alanların sınırlanmasında, cisim yoğunluğunun azalması önemli bir etkiye sahiptir (Jonathan ve diğ., 2010). Düşük yoğunluk, cismin sınırlarını belirlemeyi güçleştirir. Pannella ve diğ. (2009)’nin COSMOS gözlemlerinden elde ettikleri kataloğa ait 41300 galaksinin kırmızıya kayma dağılımının yer aldığı Şekil 3.39’da, $z_p = 0,5$ ve $0,8$ ’deki düşük yoğunluklar kadar, $z_p = 0,4$ ve $0,7$ ’deki yüksek yoğunluklar da göze çarpmaktadır. Tüm kırmızıya kaymalardaki yoğun bölgelerde, büyük kütleli erken-tip (eliptik) galaksilerin bulunduğu yazarlar tarafından belirtilmektedir.



Şekil 3.39: COSMOS gözlemlerinden 41300 galaksi için elde edilen $N - z_p$ dağılımı (Pannella ve diğ., 2009).

Nabokov ve Baryshev (2008), fotometrik kırmızıya kaymanın ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,03(1+z_s)$) değerindeki doğruluğunun, ~ 1000 Mpc’lik ölçeklerde kümelerin doğrudan çalışılmasına izin verdiğini belirtmektedirler. Fotometrik taramalarda Jasche ve Wandelt (2012) tarafından, düşük yoğunluklu bölgelerde kırmızıya kayma doğruluğu $\sim 0,03$, yüksek yoğunluklu bölgelerde kırmızıya kayma doğruluğu ise $\sim 0,003$ olarak verilmektedir. Gözlenen kırmızıya kaymalardaki belirsizlik, gözlem stratejisi ya da gözlem aletinden kaynaklanabilir.

Yüksek yoğunluklu bölgeler, düşük yoğunluklu bölgelerden konum olarak daha iyi belirlenip sınırları tespit edilebilmektedir. Özellikle, filamentler ya da boşluklar gibi düşük yoğunluklu bölgeler kırmızıya kaymaya bağlı olarak incelendiğinde, görüş çizgisi boyunca uzamış yapılar olarak görülür. Yüksek yoğunluklu bölgeler daha doğru olarak elde edilebilir. Tespit edilen her yapı içerdiği galaksilerin ortalama kırmızıya kaymasından elde edilen, nispeten doğru kırmızıya kayma değerine sahiptir. Kırmızıya kayma belirsizlikleri, kozmolojik yapıya ait özelliklerin elde edilmesini etkilemektedir. Bu nedenle kırmızıya kayma belirsizliklerinin doğru olarak ele alınması, bu taramaları etkin olarak kullanabilmek amacıyla gereklidir. (Jasche ve Wandelt, 2012).

3.1.12. Kümelerin Durumu

Genellikle birkaç Mpc’lik bir bölgede bir araya gelmiş çok sayıda galaksi içeren yapılar “küme” olarak adlandırılır. Bir galaksi kümesi, kütle çekimi (gravitasyon) sayesinde birbirlerine bağlı galaksilerden oluşmaktadır. Galaksi kümeleri biçimleriyle (ör., küresel, simetrik vs.), dağılımlarıyla veya galaksi sayılarıyla (sayı birkaç bine çıkabilir) nitelenirler. Bir grup ya da kümeye bağlı kalabilmek için her üyenin, yani her galaksinin hızının topluluktan kaçıp gidecek derecede yüksek olmaması, bir başka deyişle bunu önleyecek derecede düşük bir hıza sahip olması gerekmektedir. Buna karşılık küme, yetersiz kinetik enerji söz konusu olduğunda da, galaksi birleşmelerinin olacağı bir evrim geçirir. Küme, evrim sonucunda daha az sayıda galaksiden oluşur.

3.1.12.1. BCG'ler (En Parlak Küme Galaksileri)

Galaksi kümelerinde genellikle tek bir "dev eliptik galaksi" baskın olur. Bu dev eliptik galaksiler, “en parlak küme galaksisi ya da galaksi kümelerinin merkezi parlak galaksileri” (Brightest Cluster Galaxy, BCG) olarak adlandırılan galaksi kümesinin merkezindeki en parlak galaksidir. BCG'ler, zamanla, uydu haline getirdiği diğer galaksileri gelgit etkisiyle tahrip eder ve yutup kendi kütesine katar. Bunlar, evrendeki en büyük kütleli galaksilerdendir. BCG'ler genellikle, kendi ana galaksi kümesinin geometrik ve kinematik merkezine yakın eliptik galaksilerdir. BCG'lerin %70'i, virial yarıçapının (r_{200}) %5'inin içinde bulunan küme merkezinde yer alırlar.

BCG'ler İçin Oluşum Teorileri:

- 1) Soğumalı akış: Küme halolarının yüksek yoğunluklu merkezi soğuma akışından yıldız oluşumudur. Astronomlar ışımsal soğumalı kümelerde, soğumalı akışın hiçbir kanıtını görememişlerdir (Motl ve diğ., 2004).
- 2) Galaktik yamyamlık: BCG'ler dinamik sürtünme ve gelgitli sıyırma nedeniyle küme merkezinde yer alırlar. Dinamik sürtünme, hareket eden cisimlerin etraflarındaki madde ile gravitasyonel olarak etkileşimi nedeniyle, kinetik enerji ve momentumun kaybıdır. Gelgitli sıyırma, daha büyük bir galaksinin, küçük bir galaksiden yıldızları ve diğer yıldız maddelerini çekmesi ile oluşur. Şekil 3.40'da NGC 2207 ve IC 2163 galaksilerinin gelgitli sıyırma süreci görülmektedir.
- 3) Galaktik birleşme: Küme çöküşü sırasında, bazı galaksiler arasında görülen hızlı galaktik birleşmedir.



Şekil 3.40: NGC 2207 ve IC 2163 etkileşen galaksilerinde gelgitli sıyrma süreci (Hubble Uzay Teleskobu, 1999).

BCG'lerin oluşum periyodunu dikkate alarak, Galaktik Yamyamlık Modeli'ni Galaktik Birleşme Modeli'nden ayırt etmek mümkündür. Galaktik Yamyamlık Modeli'nde, evrimleşmiş kümede birçok küçük galaksi bulunmaktadır. BCG'ler komşularından daha büyüktür ve daha çok yıldız bulundurlar, çünkü daha küçük galaksileri tüketirler ve onların yıldızlarını alırlar. Bu nedenle evrenin yamyamlarıdır. Galaktik Birleşme Modeli'nde ise, kümelerin çökmesi nedeniyle hiyerarşik yapıda bir kozmolojik oluşum beklenmektedir. Küme galaksilerinin yörüngelerinin bozulması, BCG'lerin büyümesini izah etmek için yeterince etkili değildir. Birleşme Modeli, son zamanlarda çok muhtemel bir model olarak kabul görmektedir ancak, son gözlemler bu modelin öngörülerinde biraz şüphe oluşturmaktadır. Örneğin, BCG'lerin yıldız kütleleri, birleşme modelinin öngördüklerinden çok daha önce bir araya geldiğini göstermektedir.

BCG'ler çeşitli galaksi sınıflarına ayrılmaktadır: D galaksileri ve cD galaksileri. D galaksileri, yaygın görülen dev eliptik galaksilerdir. cD galaksileri ise D galaksilerinin bir alt türüdür ve merkezi baskın dev galaksilerdir. Yıldızlı büyük haloya sahiptirler. Bu galaksiler, çekirdek etrafında genişlemiş yaygın zarf yapı gösterdikleri için normal eliptik galaksilere benzemektedirler. Fakat çoğu zaman bir milyon ışık yılı yarıçapını aşan zarflara sahiptirler. Galaksi birleşmelerinin sonucunda oluştukları düşünülmektedir. BCG'ler bulundukları kümelerin gerçek üyeleridir. Projeksiyon nedeniyle diğer kümelerden ya da alan galaksilerden biri değildirler. Örneklemelerdeki

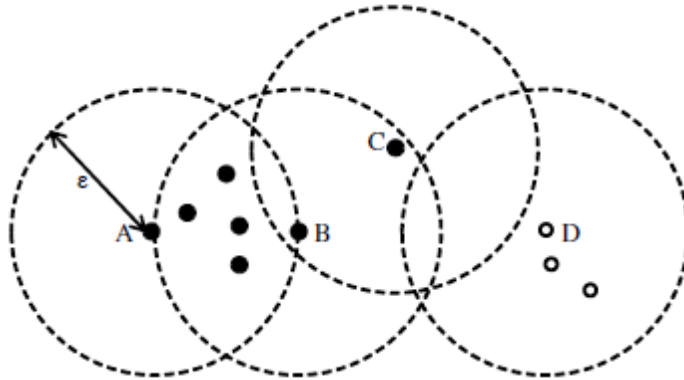
tüm kümeler cD ya da D galaksisi olarak sınıflanmış bir BCG'ye sahiptirler (Witting, 2006).

Yüksek kırmızıya kaymalı kümeler, BCG'lerin oluşumunu ve evrimini çalışmak amacıyla gereklidir (Wen ve Han, 2011). BCG'ler parlaklıkları ve tipik özellikleri ile galaksi kümelerinin tespitinde de kullanılmaktadır. SDSS gözlemleriyle elde edilen galaksi kümesi kataloglarının önemli bir kısmı BCG'ler kullanılarak oluşturulmuştur (Koester ve diğ., 2007a). Ayrıca, BCG'lerin evrimi ve özellikleri yüksek kırmızıya kaymalı kümelerin tespiti sayesinde çalışılmaktadır. Bernardi (2009)'ye göre, düşük kırmızıya kayma değerine sahip BCG'ler daha büyük boyutlara sahiptirler ve hız dispersiyonları daha küçüktür. Ayrıca erken-tip BCG'ler birçok küçük birleşme sayesinde büyük boyutlara ulaşmıştır. Ascaso ve diğ. (2011) tarafından BCG'lerin yapısal parametreleri, yakın kümelerdeki ($0,04 < z < 0,07$) ve orta kırmızıya kayma değerindekilerle ($0,3 < z < 0,6$) karşılaştırıldığında, kırmızı kayma değerindeki artış ile BCG'lerin büyüklüğünde bir azalış olduğu doğrulanmıştır. Çok parlak, daha geniş ve daha merkezde bulunan BCG'ler, çok büyük ve zengin galaksi kümelerinde görülmektedir (Wen ve Han, 2011). BCG'ler, küme galaksilerini kütle çekimsel olarak yönetmekte ve galaksi kümelerinin evriminde önemli bir rol oynamaktadır (Koester ve diğ., 2007a). Genellikle devam eden yıldız oluşumu gözlenmemektedir (Wen ve Han, 2011). Ancak, galaksi kümelerinin merkezlerinde yer alan BCG'ler, küme içi etkileşmenin en yoğun olduğu yerde bulunurlar. Bu durum onların galaksi birleşmeleri yoluyla boyutlarını büyüttüğünü düşündürmektedir. BCG'lerdeki yıldız oluşumunun, küme içi etkileşmelerden kaynaklanabileceği belirtilmektedir. O'Dea ve diğ. (2008) Spitzer Uzay Teleskobu verilerini kullanarak yaptıkları çalışmada, 62 BCG'yi kırmızıöte bölgede gözlemişler ve bu cisimlerin yarısında yıldız oluşumu için en önemli göstergelerden biri olan kırmızıöte ışıyım fazlalığı tespit etmişlerdir (O'Dea ve diğ., 2008). BCG'ler (Abell 1835, Zw3146 ve MACS J0913.7+4056 galaksileri gibi çok küçük bir kısım hariç) yıldız oluşumu özellikleri (O'Dea ve diğ., 2008) ya da yıldız patlaması sonrası özellikleri (Liu ve diğ., 2012) göstermektedirler. (Wen ve Han, 2011). BCG'lerdeki yıldız oluşumu Voit ve diğ. (2008) tarafından H α verileri ile de ortaya konmuştur (O'Dea ve diğ., 2008, Wen ve Han, 2011).

BCG'lerdeki yaşlı yıldız popülasyonları en az $z = 2$ 'den itibaren bulunmaktadır ve $z \sim 1,5$ tan itibaren BCG'lerin ortalama yıldız kütleleri sabit kalmaktadır. Ayrıca, BCG'lerin yıldız popülasyonlarının $z \sim 5$ 'de %50 ve $z \sim 3$ 'de %80 oranlarıyla çok önceden oluştuğu belirtilmektedir. BCG'ler diğer üye galaksilerden daha parlak olduğu için, bazılarının örneğin, CFHTLS alanı için Le Fevre ve diğ. (2005), COSMOS alanı için Lilly ve diğ. (2007), SWIRE alanı için Rowan-Robinson ve diğ. (2008) ve SDSS'in DR7 veritabanı için Abazajian ve diğ. (2009) tarafından tespit edilmiş spektroskopik kırmızıya kayma değerleri bulunmaktadır. BCG'lerin parlaklıkları, kümenin zenginliği ve kümenin toplam parlaklığı ile ilişkilidir. Zengin kümeler çok daha parlak BCG'lere sahip olma eğilimindedirler. En güçlü ilişki, COSMOS BCG'sinin mutlak kadiri ile toplam parlaklığı arasında görülmektedir (Wen ve Han, 2011).

3.1.12.2. Friend of Friend Algoritması

Bu algoritmada, kümeleri hesaplamak için sadece cisimler arasındaki uzaklıklar incelenir. Eğer iki cisim arasındaki uzaklık ϵ eşik değerinden küçükse, iki cisim arkadaş olarak dikkate alınır. Şekil 3.41'de görüldüğü gibi, A ve B arkadaşır, ayrıca B ve C'de birbiriyle arkadaşır, fakat A ve C arkadaş değildirler. Şekil 3.41'deki gibi eğer A ve C geçişli olarak arkadaş ilişkisindeyseler, arkadaşın arkadaş ilişkisi (FoF) iki cisim arasında tanımlanmaktadır (ör. A ve C cisimleri B aracılığıyla arkadaşın arkadaşlarıdır). Şekil 3.41'de FoF ilişkisi görülmektedir. Tüm siyah noktalar bir kümededir ve tüm beyaz noktalar ise farklı bir kümeye aittir (Kwon ve diğ., 2010).



Şekil 3.41: Friend of Friend Algoritması (Kwon ve diğ., 2010).

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Fotometrik Kırmızıya Kayma Değerlerinin Tespiti

Bu çalışmada, CFHTLS'in $u^*g'r'i'z'$ filtreleri ile elde edilen T0007 gözlem verileri CFHTLS internet veri arşivinden indirilerek, W4 geniş alanı için $u^*g'r'i'z'$ gözlem kataloğu oluşturulmuştur. (Bakınız Tablo 3.1). VIPERS'dan bu W4 alanı için spektroskopik yöntemle elde edilmiş olan spektroskopik (z_s) kırmızıya kayma değerlerinin bulunduğu katalog da internetten indirilmiştir. Daha sonra iki gözlem kataloğunun (α, δ) koordinatları yazılan program ile karşılaştırılmıştır. 28108 astronomik cismin her iki katalogda yer aldığı görülmüştür. z_p değerlerini elde etmek için gerekli girdi dosyası oluştururken, CFHTLS'in W4 alanı için $u^*g'r'i'z'$ filtrelerine ait görünen kadirler ve renk indeksleri üzerinde renk artığı düzeltmeleri yapılmıştır. Bu kızarmadan arındırma süreci için kullanılan bağıntılar: $u^*_o = u^* - 4,716 E(B-V)$; $g'_o = g' - 3,654 E(B-V)$; $r'_o = r' - 2,691 E(B-V)$; $i'_o = i' - 2,691 E(B-V)$ ve $z'_o = z' - 2,691 E(B-V)$ 'dir. CFHTLS W4'ün $u^*g'r'i'z'$ gözlem kataloğunda, (α, δ) koordinatı verilmiş her bir cisim için, yüksek çözünürlüklü uydulardan elde edilen Schlegel haritalarından alınmış $E(B-V)$ değerleri mevcuttur.

Veri setine ait fotometrik kırmızıya kayma değerlerini tespit etmek amacıyla, Bölüm 3.1.2.3'de açıklanan fotometrik kırmızıya kayma yöntemlerinden biri olan “spektrumların karşılaştırılması yöntemi” kullanılmıştır. Oluşturulan girdi gözlem kataloğu kullanılarak, $0 < z < 5$ aralığında $\Delta z = 0,05$ adımlarıyla CFHTLS'nin Megacam kamerasının $u^*g'r'i'z'$ filtreleri seçilerek, CFHTLS'in çalışmalarında kullanılan Le PHARE programı ile analizler yapılmıştır (Bakınız Bölüm 3.1.4).

En düşük saçılmayı (yani en yüksek doğruluk değerini, $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)}$) ve en düşük katastrofik hatayı (η) bulmak için kesin bir program kodu bulunmamakla birlikte, eldeki en iyi spektrumlardan oluşan SED kütüphaneleri kullanılarak elde edilen z_p değerlerine 1) sıfır-nokta kaymaları ilave eden, 2) SED kütüphanesini optimize eden ve 3) ilave hata-iyileştiriciler ekleyen yeni kodlar üretilmelidir. Bu amaçla, CFHTLS araştırmaları için kullanılan ve hassas değerler elde edilmesine imkan veren Le PHARE programı, fotometrik kırmızıya kayma değerlerinin iyileştirilmesine önemli katkılar

sağlamaktadır. Bu programda, hiçbir spektrel bilgi gerektirmeyen standart χ^2 metodundan elde edilen fotometrik kırmızıya kayma (z_p) değerlerini iyileştirmek yani onları spektroskopik kırmızıya kayma değerlerine yaklaştırmak için “sistemik kaymaların tespit edilmesi, kütüphane optimizasyonu ve Bayesyen benzeri yaklaşım” adımları izlenmektedir:

3.2.1.1. Sistemik Kaymalar

z_p değerlerinin iyileştirilmesi amacıyla SED kütüphaneleri ve gözlemler arasındaki uyumsuzlukların neden olduğu sistemik kaymaların olup olmadığı araştırılmıştır. Yıldız oluşum oranı (SFR) yanlış olan bir SED seçildiği zaman, sistemik kaymalar ya da saçılmalar olabilmektedir. SED’in kendisi de bu belirsizliği çözmek için yeterli bilgi içermiyor olabilir yani mevcut içerik yeterli olmayabilir. Analizlerdeki spektroskopik veri VIPERS’den, fotometrik veri ise CFHTLS’den alındığı için, her iki gözlemde kullanılan filtrelerin farklı olması da sistemik kayma oluşturabilir. Bu maksatla, fotometrik girdi kataloğu / kütüphane setinin ayarlanması için sistemik kayma değeri analize eklenmektedir.

Eğer, girdi kataloğunda z_s değerleri mevcutsa, cisimlere önce SED kütüphaneleri fit edilir, daha sonra her bir filtre için, öngörülen ve gözlenen kadir değerleri arasındaki farklar yani sistemik kaymalar minimize edilir. Bu işlem sistemik kayma değerlerinin yakınsanmasına kadar tekrarlanır ancak 10 iterasyonu geçmez. Genellikle üçüncü iterasyonda en uygun sonuca ulaşılır. Eğer katalog çok sayıda cisim içeriyorsa, zaman tasarrufu açısından, büyük katalogun z_s ’li daha küçük bir bölümü için, iterasyon yoluyla sistemik kayma değeri tespit edilir ve analize APPLY_SYSSHIFT parametresi ile dahil edilir. Bu sistemik kayma değerlerinin tespiti Ilbert ve diğ. (2006)’nde belirtildiği gibi adım adım şu şekilde yapılır:

- a) Spektroskopik kırmızıya kayma değerine sahip, parlak ($i'_{AB} \leq 22,5$) galaksi örnekleme seçilir.

- b) En iyi değerleri veren kütüphane için elde edilen χ^2 değerleri Ilbert ve diğ. (2006)'nde yer alan (3.24) bağıntısından Standart χ^2 yöntemi ile elde edilir. f indeksi dikkate alınan filtre ile ilgilidir. N_f filtrelerin sayısıdır. $\sigma_{göz}^f$ ifadesi ilgili filtredeki hata değeridir. Burada $F_{göz}^f$ gözlenen akı ve $F_{model}^f(z, T)$ ise z kırmızıya kayma değerindeki T spektrumu için öngörülen akıdır.

$$\chi^2(z, T, A) = \sum_{f=1}^{N_f} \left(\frac{F_{göz}^f - A \times F_{model}^f(z, T)}{\sigma_{göz}^f} \right)^2 \quad (3.24)$$

- c) Her filtredeki gözlem değeri için Bölüm 3.1.5'de açıklanan AB kadir sisteminde akı ($F_{göz}^f$) hesaplanır.
- d) $A \times F_{model}^f$ değeri, en iyi fitten türetilen akıdır. Çıktı dosyasında analizlerden hesaplanan öngörülen kadir değerleri kullanılarak, $A \times F_{model}^f$ yukarıda (c şıkında) verilen yöntemle hesaplanır.
- e) $A \times F_{model}^f$ değeri, (3.24) bağıntısındaki A normalizasyon faktörü kullanılarak yeniden ölçeklenir. Bunun için, Ilbert ve diğ. (2006)'ndeki (3.25) bağıntısı dikkate alınır.

$$\psi^2 = \sum_{i \leq 21,5}^{N_{gal}} \left(\frac{A \times F_{model}^f - F_{göz}^f + s^f}{\sigma_{göz}^f} \right)^2 \quad (3.25)$$

Her f filtresi için, s^f yi serbest parametre bırakarak, toplam (χ^2 değeri) minimize edilir ($d\chi^2/ds = 0$). Akı ölçümünde normal dağılımlı belirsizliklerde s^f ortalama sapması sıfır olmalıdır. A normalizasyon faktörü, Le PHARE programındaki (3.26) bağıntısından hesaplanır.

$$A = \sum_j \left[\frac{F_{göz,j} F_{model,j}}{\sigma_j^2} \right] / \sum_j \left[\frac{F_{model,j}^2}{\sigma_j^2} \right] \quad (3.26)$$

$A \times F_{\text{model}}^f$ değeri A normalizasyon değerine bölünerek F_{model}^f değeri her bir cisim için bulunur ve gözlemden elde edilen $F_{\text{göz}}^f$ 'den çıkarılır. Aradaki fark (3.9) bağıntısı kullanılarak kadir değerine dönüştürülür.

- f) Sistematik farkları düzeltmek amacıyla, verilen filtreler için, görünen kadirlerle bu s^f farkları eklenerek SED kütüphaneleri tekrar fit edilir. Bu sürecin yakınsak olup olmadığı (tek bir noktaya doğru yönelip yönelmediği) kontrol edilir. Dört iterasyondan sonra s^f değeri 0,003'den daha az değişir. Birkaç iterasyondan sonra en iyi SED değişebilir ancak bu çok az miktardadır.

3.2.1.2. Kütüphane Optimizasyonu

Gözlemin yapıldığı filtrenin efektif dalgaboyunda ölçülen (λ_{eff}) görünen parlaklık değeri, spektroskopik kırmızıya kayma değerine (z_s) sahip bir galaksi için $\lambda_{\text{eff}} / (1+z_s)$ de durağan hal (rest-frame) akısı sağlar. Tüm galaksiler farklı kırmızıya kayma değerlerinde yer aldıkları için, spektroskopik değerlerin bulunduğu örnekleme kullanarak, durağan hal dalgaboylarının aralığında kalan durağan hal akısı tahmin edilebilir. Böylece, kütüphaneler optimize edebilir. Bu süreç, Ilbert ve diğ. (2006)'nde belirtildiği gibi şu şekilde yapılır:

- a) Kırmızıya kayma değerine sahip galaksi kullanılır. En iyi fit kütüphanesine göre galaksiler spektroskopik örnekleme ayrılır (dört CWW kütüphanesi ve olası ilave sönümlemeli bir SB kütüphanesi).
- b) CFHTLS $u^*g'r'i'z'$ filtrelerinin efektif dalgaboylarına ve z_s değerlerine göre $\lambda_{\text{eff}}/(1+z_s)$ değerleri hesaplanır.
- c) Gözlenen kadirlerden hesaplanan akılar, maksimum değerine bölünerek normalize edilir. $F_\lambda - \lambda$ grafiği oluşturulur.

- d) Her bir cisim akısı, normalizasyon faktörü A kullanılarak yeniden ölçeklenir. Durağan hal akısı dalgalılarına göre sıralanır. 50 noktalık gruplar halinde bir araya getirilir. Optimize edilmiş kütüphaneleri üretmek için, her aralıktaki medyan akı kullanılır. SB kütüphanesi, emisyon çizgilerini korumak için optimize edilmez.

3.2.1.3. Bayes Yaklaşımı

Bayes yaklaşımı, bazı ön bilgilerin ışığında bir PDF (Probability Distribution Function, olasılık dağılım fonksiyonu) ile bilgilerimizin iyileştirilmesini sağlar. Benitez (2000) ve Ilbert ve diğ. (2006)'nde yer alan Bayesyen formülasyonunu kullanarak, VIPERS kırmızıya kayma dağılımına göre ön bilgi uygulanır. Bayesyen yaklaşımının ön bilgi kullanımına olanak vermesi sayesinde çok daha iyi parametre tahmini yapılabilmektedir. Önsel bilgi, (3.27) bağıntısından bulunur:

$$p(z, T | i'_{AB}) = p(T | i'_{AB}) p(z | T, i'_{AB}) \quad (3.27)$$

Burada $p(z, T | i'_{AB})$ ifadesi, T spektral tipli ve i'_{AB} kadırlı galaksiler için kırmızıya kayma olasılık dağılımıdır. $p(z | T, i'_{AB})$ ise (3.28) bağıntısı ile ifade edilir:

$$p(z | T, i'_{AB}) \propto z^{\alpha_t} \exp\left(-\left[\frac{z}{z_{0t} + k_{mt}(i'_{AB} - 20)}\right]^{\alpha_t}\right) \quad (3.28)$$

burada α_t , z_{0t} , k_{mt} serbest parametrelerdir ve t simgesi tipe bağımlılığı göstermektedir. $p(T | i'_{AB})$ ifadesi de, spektral tip olasılık dağılımıdır ve (3.29) bağıntısı ile ifade edilir:

$$p(T | i'_{AB}) = f_t e^{-k_t(i'_{AB} - 20)} \quad (3.29)$$

f_t değeri $i'_{AB} = 20$ 'de her bir tipin kesridir. Benitez (2000)'de kabul edilen formülasyonu ve VIPERS'ın kırmızıya kayma dağılımı kullanılarak, serbest parametre değerleri tekrar hesaplanır. Örnekleme, optimize edilmiş kütüphanelere ayrılır. SB ve Im kütüphaneli en iyi fit edilmiş galaksiler, analiz için tek bir sınıfta bir araya getirilir. Daha sonra

spektroskopik örneklemenin olabilirliğini (likelihood) maksimize etmek için z_{0t} , k_{mt} parametreleri ayarlanır.

3.2.2. Seçilen Spektrel Kütüphanelerin ve Filtre Setlerinin Sonuca Etkileri

3.2.2.1. Spektrel Kütüphanelerin Sonuca Etkileri

Le PHARE programında, CFHTLS'in çalışmalarında kullanılan 11 farklı SED kütüphanesi (42GISSEL, AVEROI_NEW, BC03_CHAB, CE_NEW, CFHTLS_SED, COSMOS_SED, CWW_KINNEY, PEGASE2, POGGIANTI, VIRGO ve GISSEL) için parametre dosyasından (zphot.para) farklı parametreler seçilerek analizler yapılmış ve fotometrik kırmızıya kayma değerleri elde edilmiştir. 11 farklı SED kütüphanesi için seçilen her bir parametre değişiminde (bakınız Tablo 3.8), analiz programı tekrar çalıştırılmış ve doğruluk ve katastrofik hata değerleri bakımından parametrelerin etkisi araştırılmıştır. Diğer parametreler ise Le PHARE programı kurulduğu zamandaki gibi (default) bırakılmıştır.

Tablo 3.8: Parametre dosyasında analizler sırasında seçilen parametre bilgileri.

1.	Teorik parlaklıkları hesaplamada emisyon çizgileri dikkate alınmasın.
2.	Teorik parlaklıkları hesaplamada emisyon çizgileri dikkate alınsın.
3.	Ön bilgi değerleri (Priors) dikkate alınsın.
4.	En iyi z_p değerini elde etmek için parabolik interpolasyon yapılsın.
5.	PDZ (z aralıkları başına olasılık dağılımı) dosyası oluşturulsun.
6.	PDZ analizi için referans filtre verilsin.
7.	Renk-uzay indirgemesi dahil edilsin.
8.	z_s değerleri referans alınsın.
9.	Gözlenen ve öngörülen kadir değerleri arasında farka göre karesel olarak hata değeri eklensin.
10.	Renk-uzay indirgemesi dahil edilmesin.
11.	PDZ analizi için referans filtre verilmesin
12.	z_p değerlerini hesaplarken emisyon çizgileri eklensin.
13.	Kütüphanelere her bir band için sistematik kayma değeri eklensin (0,003 bulundu eklendi)
14.	Ön bilgilerden kütle dikkate alınmasın.

3.2.2.2. Filtre Setlerinin Sonuca Etkileri

Farklı filtre setlerinin seçilmesiyle elde edilen fotometrik kırmızıya kayma değerleri (z_p), spektroskopik kırmızıya kayma değerleriyle (z_s) karşılaştırılmıştır. Görüş kalitesi yüksek olan i' filtresi referans olarak alınmıştır. Burada, farklı filtre setleri, farklı SED kütüphaneleri ve farklı parametreler için seçilerek elde edilen z_p değerlerinin z_s değerlerine hangi durumda ne kadar yakın olacağı, bir başka ifadeyle doğruluk ve katastrofik hata değerlerinin ne kadar iyileşebileceğini görmek amaçlanmıştır.

3.2.3. CFHTLS ve VIPERS Verileri Kullanılarak z_s - z_p Özelliklerinin Araştırılması ve Karakterize Edilmesi

Fotometrik kırmızıya kayma değerlerinin en iyi sonuç veren aralıklarını bulmak amacıyla, z_p ve z_s değerleri a) fotometrik kırmızıya kayma ve parlaklık aralıkları ve b) galaksi tipleri için istatistiksel olarak incelenmiştir. Ayrıca CFHTLS W4 alanı (bakınız Tablo 3.9) için a) $N - i'_{AB}$ araştırması yapılmıştır, b) z_p ve z_s 'ye ait $N(z)$ sayı yoğunlukları elde edilmiştir. CFHTLS W4 alanındaki galaksi kümeleri tespit edilmiştir.

Tablo 3.9: Tespit edilen fotometrik kırmızıya kayma değerlerinin kontrolünün yapıldığı W4 geniş alanına ait VIPERS spektrografik taramasının merkezi koordinatları ve kapladığı alan (Garilli ve diğ., 2014).

Alan	RA	DEC	PDR-1 tarama alanı (derece ²)	PDR-1 efektif alanı (derece ²)	Spektroskopik limit ($z < 1,2$ 'de)
22 17+00	22h17m50.4s	+00derece 24'00''	7,851	5,120	$i'_{AB} < 22,5$

3.2.3.1. Güvenli Aralıklar

Fotometrik kırmızıya kayma, parlaklık ve galaksi tiplerini açısından güvenli aralıkları tespit etmek amacıyla, analizlerimizden elde edilen z_p 'ler ile CFHTLS W4 alanı için VIPERS'dan alınan z_s 'ler arasındaki doğruluk değerleri ve katastrofik hata oranları, korelasyon katsayısı (r), lineer fit grafikleri ve lineer fit denklemleri elde edilmiştir. Korelasyon katsayısı (r) değerleri katastrofik hata sınırı dahilinde kalan ($\eta < 0,15$) değerler için hesaplanmaktadır.

a) Fotometrik Kırmızıya Kayma Aralığı ve Parlaklık Aralığı

Güvenli aralıkları tespit etmek amacıyla, elde edilen z_p değerleri ile mevcut z_s değerleri, fotometrik kırmızıya kayma aralığı ve parlaklık aralığı açısından doğruluk ve katastrofik hata değerleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Hangi kırmızıya kayma aralığında daha iyi doğruluk ve katastrofik hata elde edilebildiğini görmek amacıyla $0 < z_p < 5$ aralığı daha küçük z_p aralıklarına ayrılmıştır. Bu aralıklar: $0 < z_p < 0,2$, $0 < z_p < 0,4$, $0,4 \leq z_p \leq 0,5$, $0 < z_p \leq 1,5$, $0 < z_p \leq 1,2$, $0,2 \leq z_p \leq 1,5$, $0,2 \leq z_p \leq 1,2$, $0,2 \leq z_p \leq 1$, $0,4 \leq z_p \leq 1,4$, $0,4 \leq z_p \leq 1,2$, $0,4 \leq z_p \leq 1,1$, $0,4 \leq z_p \leq 1$, $0,5 \leq z_p \leq 1$, $1,2 \leq z_p \leq 1,5$, $1,2 \leq z_p < 5$ ve $1,5 \leq z_p < 5$ 'dir. Sonuçların parlaklıkla değişimini görebilmek amacıyla $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralığı da, önce $17,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$ ve $22,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ 'e, daha sonra $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$, $21,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$, $22,5 \leq i'_{AB} \leq 23,5$ ve $23,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ görünen kadir aralıklarına bölünmüştür. Sonuçlar tablolar halinde verilmiştir (Bakınız Bölüm 4.3.1). Ayrıca z_p ile z_s arasındaki ilişkileri araştırmak maksadıyla, $1 + z_s - 1 + z_p$ grafikleri elde edilmiş, iki z değeri arasındaki korelasyon katsayısı (r), lineer fit denklemleri hesaplanmış ve lineer fitler çizdirilmiştir. Fotometrik ve spektroskopik kırmızıya kaymanın bir fonksiyonu olarak doğruluk değerleri ve katastrofik hata oranları hesaplanmış ve sonuçlar grafiklendirilmiştir. $\Delta z/(1+z_s) - z_s$ grafikleri oluşturulmuştur.

b) Galaksi Tipleri

$17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ 'de en iyi doğruluk ve katastrofik hata değerini veren SED kütüphanesi için, bu kütüphanedeki galaksi tiplerine göre ayırım yapılarak katastrofik hata ve doğruluk değerleri bulunmuştur. Sonuçlar tablo halinde verilmiştir. İlgili SED kütüphanesini oluşturan temel galaksiler (eliptik, Sbc ve Scd, Im ve SB) için elde z_p ve z_s arasındaki ilişki lineer fit grafiklerinde çizdirilmiştir.

3.2.3.2. $N - i'_{AB}$ Araştırması

$0 < z < 5$ kırmızıya kayma aralığında i'_{AB} bandı için görünen kadir limitlerini bulmak amacıyla, $i'_{AB} < 23$ ve $i'_{AB} < 24$ için $N(i'_{AB}) - i'_{AB}$ dağılımı çizdirilmiştir (Bakınız Şekil 4.12).

3.2.3.3. Verilen Bir Alan İçerisinde Yöne Bağlı Olarak $N(z)$ - z Araştırması

Hangi z değerinde ne kadar galaksi bulunduğunun dağılımı $N(z)$ - z sayı yoğunluğu grafikleri ile incelenmektedir. z_p ve z_s değerleri arasında kıyaslama yapabilmek amacıyla, $0 < z < 5$ kırmızıya kayma aralığında $i'_{AB} < 23$ ve $i'_{AB} < 24$ için, z_p ve z_s değerleri 0,05 adımlarıyla bir araya getirilerek $N(z)$ - z dağılımları Şekil 4.13'de elde edilmiştir.

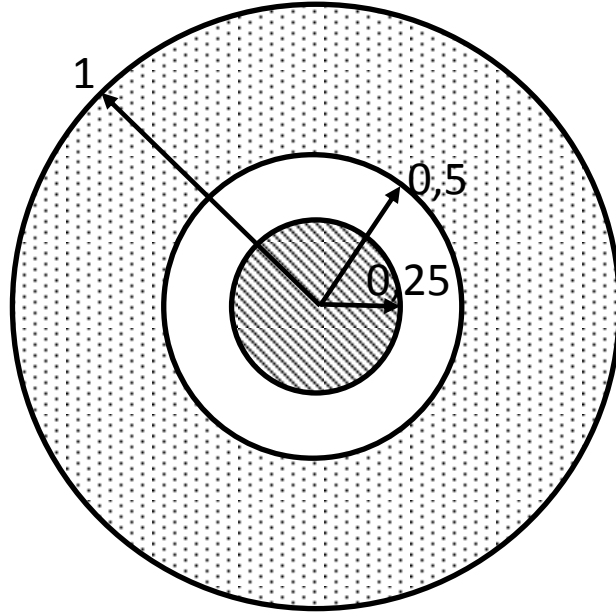
3.2.4. Galaksi Kümelerinin Tespiti

Kırmızıya kayma dağılımından küme üyelerini belirlemek için, her bir z 'deki cisim sanki kümenin merkeziymiş gibi alınır. $z \pm 1,44 \sigma_{\Delta z/(1+z_s)}$ limit aralığı kümenin sınırları olarak seçilir. Burada $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)}$ ifadesi doğruluk değerini göstermektedir. 1,44 değeri ise, 1σ değerini ifade etmektedir ve kümeye üye galaksilerin %85'inden fazlasını kapsamaktadır. Wen ve Han (2011)'a göre, "daha büyük z aralığı daha fazla sayıda galaksi içermektedir. Ancak, daha fazla sayıda arkaplan galaksisi de içermektedir. Bu nedenle daha az parlak galaksiler küme tespitinde hariç tutulur ve $M(i') < -21,5$ limiti konulmalıdır". Analizlerimizde bu açıklamalar dikkate alınarak küme tespiti yapılmıştır.

Galaksi kümelerinin tespiti için, $N - z_s$ dağılımının histogramı alınır. Her bir küme için farklı spektroskopik dağılım bulunur. Küme üyeleri gravitasyonel olarak birbirine bağlı olduğu için, histogramlarda, küme üyelerinin çoğunluğu, kümenin toplam kütlesini yansıtan genişlikli bir zirveye sahip olarak, yaklaşık aynı z 'de olmalıdır. Küme üyelerinin sayısı toplam kütleyi belirlediği için, bu genişlik kümenin kütlesine bağlıdır. Eğer en büyük kütleye sahip bir galaksi, kümenin potansiyel merkezinde bulunuyorsa, kümenin z değeri, pik değerine eşittir.

Karşılaştırma yapılan ikinci cisim, eğer kümenin bir üyesi ise z değeri, $z - 1,44 \times 0,029 < z < z + 1,44 \times 0,029$ aralığındadır ve iki cisim arasındaki uzaklık, 0,5 Mpc'den küçük ya da 0,5 Mpc'e eşit olmalıdır. Galaksilerin yoğunluklarını hesaplamak amacıyla, bakış doğrultusundaki alanlar belirlenmiştir. Önce açısal çap uzaklığı (Da) ve gözlenen θ açısı arasındaki ilişki ve standard Λ CDM kozmolojisini kabul eden açısal birimlerde,

açısal çaplar hesaplanır. Bu $\theta = s/D_a$ ve $D_a = D_M/(1+z)$ eşitlikleri $\theta = s(1+z)/D_M$ 'yi verir. Burada s , Mpc olarak fiziksel büyüklük; D_M ise öz hareket uzaklığıdır. Önce bizimle cisim arasındaki öz hareket uzaklığı hesaplanır, daha sonra küme kırmızıya kaymasında 0,5 Mpc alınan fiziksel çap için açısal çap hesaplanır ($D_a=0,5/(1+z_s)$). Bu hesaplama için yazılan fortran programı ve script kullanılarak bu spesifik çaplarda yer alan galaksiler tespit edilir. Bu amaçla, 0,5 Mpc çaplı bir küme için Şekil 3.42'deki gibi 0,25 Mpc yarıçaplı bir kor bölgesi (D0) ve 0,5 – 1 Mpc arasındaki halka (D1) içinde kalan galaksiler tespit edilerek, sayıları hesaplanır ve kapsadıkları dairesel alanlara (πr^2) bölünerek yüzey yoğunluk oranları (D0/D1) bulunur.

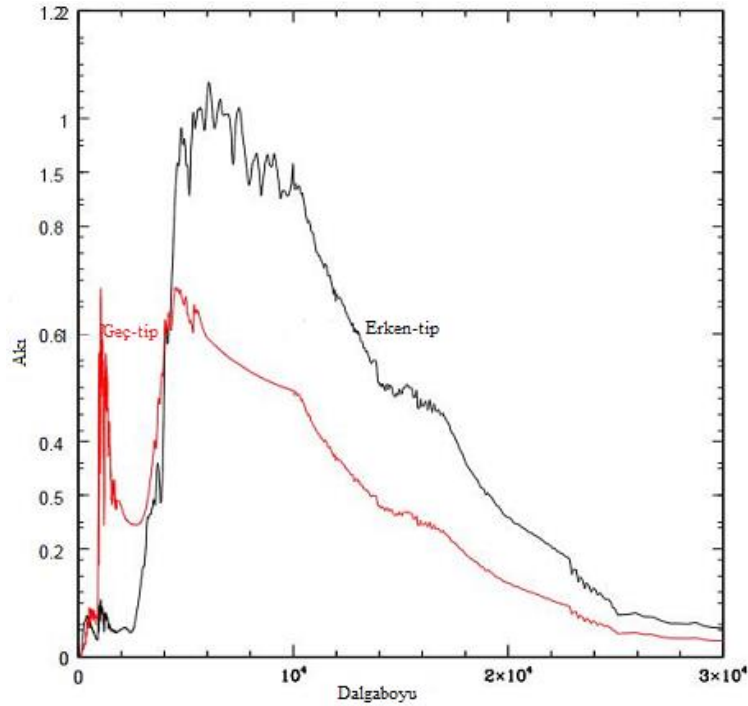


Şekil 3.42: Galaksi kümelerini tespit etmek için alınan 0,25 Mpc yarıçaplı bir kor bölgesi ve 0,5 - 1 Mpc arasındaki halka örneği.

4. BULGULAR

4.1. FOTOMETRİK KIRMIZIYA KAYMA DEĞERLERİNİN TESPİTİ

Le PHARE'ın CE_NEW kütüphanesindeki eliptik (erken-tip) ve spiral (geç-tip) galaksilere ait model spektrumların ikisi, Super Mongo programı kullanılarak dalgaboyu - akıya göre Şekil 4.1'de çizdirilmiştir. Fotometrik kırmızıya kayma değerlerini elde ederken referans olarak seçtiğimiz erken-tip ve geç-tip galaksilere ait Akı – Dalgaboyu ($F_\lambda - \lambda$) dağılımı (seçilen referansların kontrolünü yapmak amacıyla) çizdirilmiştir. Şekil 4.1'de, erken-tip galaksilerden alınan akının geç-tip galaksilere göre daha fazla olduğu görülmektedir.

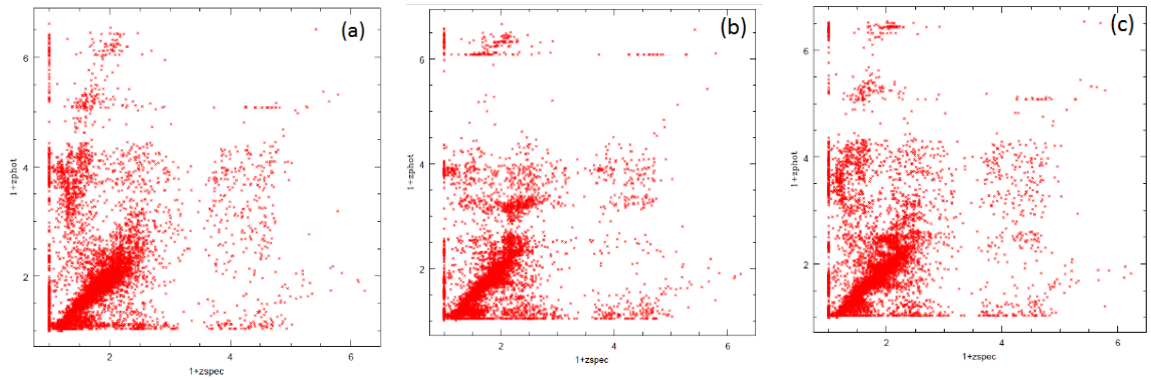


Şekil 4.1: Le PHARE programının CE_NEW kütüphanesindeki eliptik ve spiral galaksilere ait model spektrumlar.

4.2. SEÇİLEN SPEKTREL KÜTÜPHANELERİN VE FİLTRE SETLERİNİN SONUÇ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

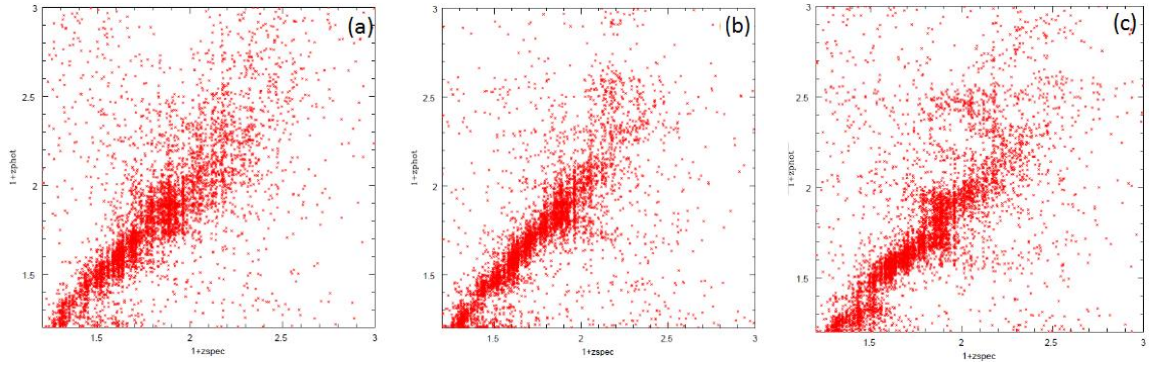
4.2.1. Spektrel Kütüphanelerin Sonuç Üzerindeki Etkileri

CWW_KINNEY, CE_NEW ve 42GISSEL spektrel kütüphaneleri kullanılarak elde edilen fotometrik kırmızıya kayma değerleri (z_p) ile spektroskopik kırmızıya kayma değerleri (z_s) arasındaki ilişki Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2: Spektroskopik ve fotometrik kırmızıya kaymalar arasında kıyaslamak yapmak amacıyla (a) CWW_KINNEY, (b) CE_NEW ve (c) 42GISSEL spektrel kütüphaneleri kullanılarak elde edilen $(1+z_p) - (1+z_s)$ grafiği.

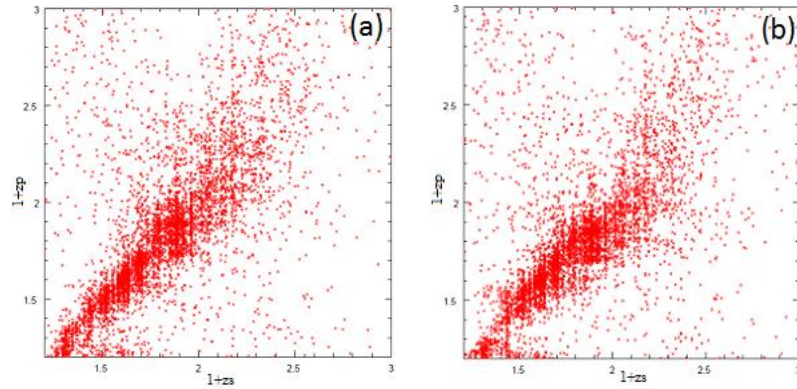
z ’lerin tüm değerleri için elde edilen bu grafikler bize iyi bir bilgi vermez. Yapılması gereken $0,2 \leq z \leq 1,5$ aralığını incelemektir. Çünkü, fotometrik kırmızıya kayma değeri, spektrumun sürekliliğindeki özelliklerin tespitine dayanır. Örneğin, 4000 Å kırılması, Balmer kesiği, Lyman kesiği gibi. $z_s < 0,4$ ve $1,5 < z_p < 3$ arasındaki sönük galaksiler nedeniyle, katastrofik hataların değeri $z < 0,2$ ’de artmaktadır. $z > 1,5$ ’da Balmer kesiğinin 10000 Å’dan daha büyük dalgaboylarına kayması sebebiyle kırmızıya kayma çölündeki doğru fotometrik kırmızıya kayma değerlerini elde edebilmek için yakın kırmızıöte gözlemleri gerekmektedir (Ilbert ve diğ.,2006). Ancak CFHTLS’de şu anda sadece 3000 Å - 11000 Å dalgaboyu aralığındaki $u^*g'r'i'z'$ filtreleri ile gözlem yapılmaktadır. Daha uzun dalgaboyunda yapılması gereken gözlemler için 11470 Å - 23820 Å aralığındaki JHKs filtreleri ile gözlem yapılmamaktadır. Eldeki verileri kullanarak, z_p ve z_s durumunu gösteren grafikler Şekil 4.3’de oluşturulmuştur.



Şekil 4.3: Spektroskopik ve fotometrik kırmızıya kaymalar arasında kıyaslamak yapmak amacıyla (a) CWW_KINNEY, (b) CE_NEW ve (c) 42GISSEL Spektrel Kütüphaneleri kullanılarak elde edilen $(1+z_p) - (1+z_s)$ grafiği.

4.2.2. Filtre Setlerinin Sonuç Üzerindeki Etkileri

Kullanılan filtre setlerinin sonuç üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla, CWW_KINNEY SED kütüphanesi için Le PHARE’da önce CFHTLS’in Megacam kamerasının 3000 Å-11000 Å dalgaboyu aralığındaki u*g*r’i’z’ filtreleri ile, daha sonra SDSS’in 2980 Å-11205 Å dalgaboyu aralığındaki ugriz filtreleri seçilerek analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.4’de çizdirilmiştir.



Şekil 4.4: Spektroskopik ve fotometrik kırmızıya kaymalar arasında kıyaslama yapmak amacıyla CWW_KINNEY Spektrel Kütüphanesinin (a) CFHT filtreleri ve (b) SDSS filtreleri kullanılarak elde edilen $(1+z_p) - (1+z_s)$ grafiği.

Tablo 4.2: $0 < z < 5$ 'de $17,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$ ve $22,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ görünen kadir aralıkları için elde edilen en iyi katastrofik hata ve doğruluk değerleri. Doğruluk değeri, $\sigma_{\Delta z}$ ile ve katastrofik hata ise η sembolü ile gösterilmiştir. Katastrofik hata ölçüsü $\eta > 0,15$ 'dir.

$17,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$			$22,5 \leq i'_{AB} \leq 24$		
SED'ler	η	$\sigma_{\Delta z}$	SED'ler	η	$\sigma_{\Delta z}$
CFHTLS_SED_allModlist04			PEGASE2_Mod3list11		
CFHTLS_SED_allModlist05			PEGASE2_Mod3list12		
CFHTLS_SED_allModlist06	11,10	0,038	PEGASE2_Mod3list13	16,90	0,064
CFHTLS_SED_allModlist10			PEGASE2_Mod3list14		
CFHTLS_SED_allModlist11					

Tablo 4.3: $0 < z < 5$ 'de $17,5 \leq i'_{AB} \leq 18,5$ ve $18,5 \leq i'_{AB} \leq 19,5$ görünen kadir aralıkları için elde edilen en iyi katastrofik hata ve doğruluk değerleri. Doğruluk değeri, $\sigma_{\Delta z}$ ile ve katastrofik hata ise η sembolü ile gösterilmiştir. Katastrofik hata ölçüsü $\eta > 0,15$ 'dir.

$17,5 \leq i'_{AB} \leq 18,5$			$18,5 \leq i'_{AB} \leq 19,5$		
SED'ler	η	$\sigma_{\Delta z}$	SED'ler	η	$\sigma_{\Delta z}$
COSMOS_SED_allModlist07			VIRGO_allModlist04		
COSMOS_SED_allModlist08	33,30	0,015	VIRGO_allModlist05		
COSMOS_SED_allModlist09			VIRGO_allModlist06	7,50	0,023
			VIRGO_allModlist10		
			VIRGO_allModlist11		
42GISSEL_allModlist07					
42GISSEL_allModlist08	50	0,015			
42GISSEL_allModlist09					
POGGIANTI_allModlist01					
POGGIANTI_allModlist02	40	0,013			
POGGIANTI_allModlist03					
CE_NEW_allModlist04					
CE_NEW_allModlist05	28,60	0,025			
CE_NEW_allModlist06					
CE_NEW_allModlist10					
GISSEL_MODlist04					
GISSEL_MODlist05					
GISSEL_MODlist06	14,30	0,027			
GISSEL_MODlist10					
GISSEL_MODlist11					

Tablo 4.4: $0 < z < 5$ 'de $19,5 \leq i'_{AB} \leq 20,5$ ve $20,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$ görünen kadir aralıkları için elde edilen en iyi SED'ler, katastrofik hata ve doğruluk değerleri. Doğruluk değeri, $\sigma_{\Delta z}$ ile ve katastrofik hata ise η sembolü ile gösterilmiştir. Katastrofik hata ölçüsü $\eta > 0,15$ 'dir.

$19,5 \leq i'_{AB} \leq 20,5$			$20,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$		
SED'ler	η	$\sigma_{\Delta z}$	SED'ler	η	$\sigma_{\Delta z}$
CFHTLS_SED_allModlist04			CFHTLS_SED_allModlist04		
CFHTLS_SED_allModlist05			CFHTLS_SED_allModlist05		
CFHTLS_SED_allModlist06	5,20	0,029	CFHTLS_SED_allModlist06	9,20	0,032
CFHTLS_SED_allModlist10			CFHTLS_SED_allModlist10		
CFHTLS_SED_allModlist11			CFHTLS_SED_allModlist11		

Tablo 4.5: $0 < z < 5$ 'de $19,5 \leq i'_{AB} \leq 20$ ve $20 \leq i'_{AB} \leq 20,5$ görünen kadir aralıkları için elde edilen en iyi SED'ler, katastrofik hata ve doğruluk değerleri. Doğruluk değeri, $\sigma_{\Delta z}$ ile ve katastrofik hata ise η sembolü ile gösterilmiştir. Katastrofik hata ölçüsü $\eta > 0,15$ 'dir.

$19,5 \leq i'_{AB} \leq 20$			$20 \leq i'_{AB} \leq 20,5$		
SED'ler	η	$\sigma_{\Delta z}$	SED'ler	η	$\sigma_{\Delta z}$
COSMOS_SED_allModlist04			CFHTLS_SED_allModlist04		
COSMOS_SED_allModlist05			CFHTLS_SED_allModlist05		
COSMOS_SED_allModlist06	18,30	0,030	CFHTLS_SED_allModlist06	4,50	0,028
COSMOS_SED_allModlist10			CFHTLS_SED_allModlist10		
COSMOS_SED_allModlist11			CFHTLS_SED_allModlist11		
COSMOS_SED_nodust_allModlist04			PEGASE2_Mod3list04		
COSMOS_SED_nodust_allModlist05			PEGASE2_Mod3list05		
COSMOS_SED_nodust_allModlist06	18,30	0,030	PEGASE2_Mod3list06	6,30	0,032
COSMOS_SED_nodust_allModlist10			PEGASE2_Mod3list10		
COSMOS_SED_nodust_allModlist11					
CFHTLS_SED_allModlist04					
CFHTLS_SED_allModlist05					
CFHTLS_SED_allModlist06	6,70	0,031			
CFHTLS_SED_allModlist10					
CFHTLS_SED_allModlist11					

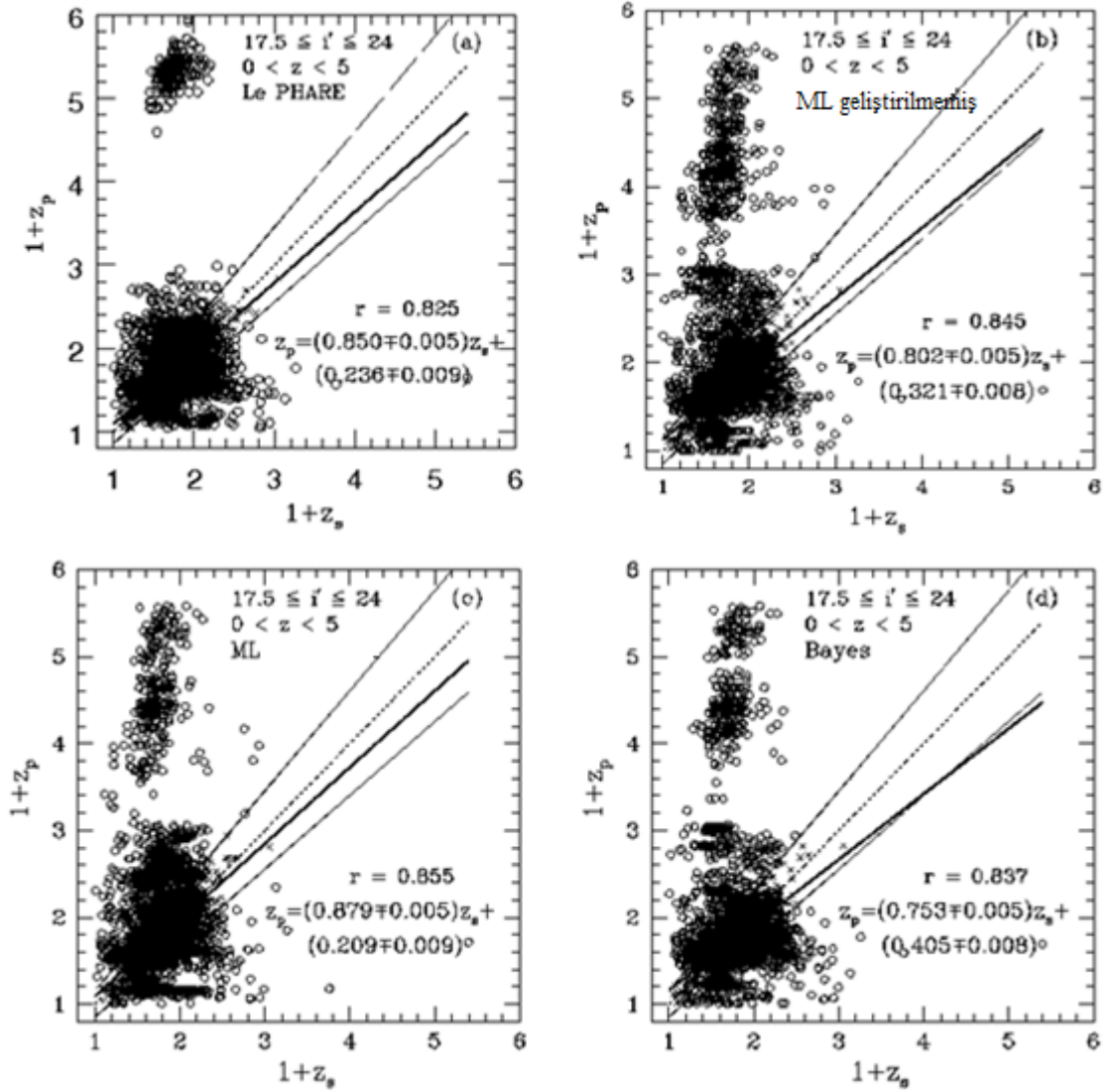
Tablo 4.6: $0 < z < 5$ 'de $20,5 \leq i'_{AB} \leq 21$ ve $20 \leq i'_{AB} \leq 21$ görünen kadir aralıkları için elde edilen en iyi SED'ler, katastrofik hata ve doğruluk değerleri. Doğruluk değeri, $\sigma_{\Delta z}$ ile ve katastrofik hata ise η sembolü ile gösterilmiştir. Katastrofik hata ölçüsü $\eta > 0,15$ 'dir.

$20,5 \leq i'_{AB} \leq 21$			$20 \leq i'_{AB} \leq 21$		
SED'ler	η	$\sigma_{\Delta z}$	SED'ler	η	$\sigma_{\Delta z}$
CFHTLS_SED_allModlist04			CFHTLS_SED_allModlist04		
CFHTLS_SED_allModlist05			CFHTLS_SED_allModlist05		
CFHTLS_SED_allModlist06	8	0,030	CFHTLS_SED_allModlist06	6,90	0,029
CFHTLS_SED_allModlist10			CFHTLS_SED_allModlist10		
CFHTLS_SED_allModlist11			CFHTLS_SED_allModlist11		
AVEROI_NEW_allModlist04			PEGASE2_Mod3list04		
AVEROI_NEW_allModlist05			PEGASE2_Mod3list05	7	0,034
AVEROI_NEW_allModlist06	8	0,032	PEGASE2_Mod3list06		
AVEROI_NEW_allModlist10					
AVEROI_NEW_allModlist11					
PEGASE2_Mod3list11					
PEGASE2_Mod3list12	8,30	0,035			
PEGASE2_Mod3list13					
PEGASE2_Mod3list14					

Le PHARE ile yapılan analizler, kütüphane optimizasyonu ve Bayes açısından da incelenmiştir. Bayes kısmı, parametre dosyasında, analizlerimizde de kullandığımız bir parametre ile sisteme dahil edilmektedir. z_p ile z_s arasındaki ilişkileri araştırmak amacıyla $(1+z_p) - (1+z_s)$ grafikleri oluşturulmuş, bu iki z değeri arasındaki korelasyon katsayısı (r) ve lineer fit denklemleri elde edilmiş ayrıca, lineer fit grafikleri çizdirilmiştir.

Fotometrik kırmızıya kayma değeri hesaplayan ZEBRA (The Zurich Extragalactic Bayesian Redshift Analyzer) programı ile Le PHARE'dan elde ettiğimiz sonuçlar karşılaştırılmıştır. $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ kadir aralığı için, ZEBRA programının 1) herhangi bir kütüphane optimizasyonu yapılmadan, 2) kütüphane optimizasyonu yapılarak ve 3) Bayes ile yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen sonuçlar Şekil 4.5'de görülmektedir. Katastrofik hata sınırı ($\pm|\Delta z|/(1+z_s) = 0,15$), $x = y$ diyagonal ekseninin etrafındaki kalın çizgilerle gösterilmiştir. Katastrofik hata sınırından büyük olan z_p değerleri bu kalın çizgilerin dışında küçük içi boş dairelerle işaretlenmiştir. z_p ve z_s değerleri için elde edilen lineer fit denklemi, şekil üstünde hata değerleri ile birlikte verilmiş ve araştırılan kırmızıya kayma aralığının başlangıç noktasından başlayan kalın

düz çizgi olarak çizdirilmiştir. Şekil 4.5'den görüldüğü gibi $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralığında en iyi değer ZEBRA programı ile elde edilmiştir. Ancak, bu aralık için Le PHARE'da yapılan analizlerimize göre CFHTLS SED'lerinden elde edilen sonuçlar ($\eta = \%11,40$ ve $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} = 0,039$) daha iyi bulunmuştur. Bu nedenle $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralığı için CFHTLS SED'lerinin sonuçları kullanılmıştır.

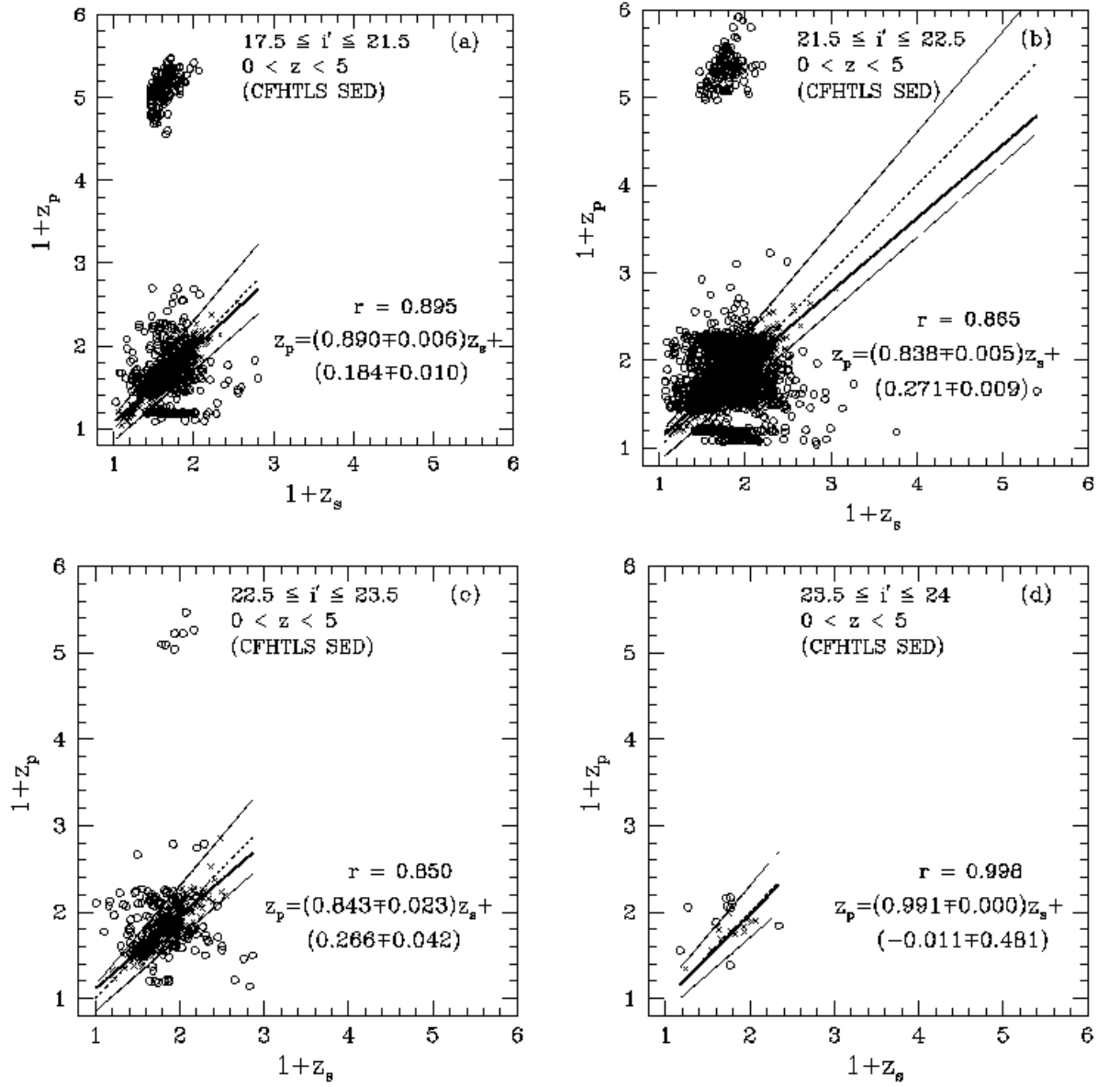


Şekil 4.5: $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralığında a) Le PHARE, b) ML geliştirilmemiş, c) ML geliştirilmiş ve d) Bayes ile CFHTLS W4 alanına ait z_p ve z_s değerleri için lineer fit. Katastrofik hata oranları sırasıyla, $\%11,40$, $\%15,60$, $\%21,90$ ve $\%13,40$ 'dir. Doğruluk değerleri ise $0,039$, $0,048$, $0,050$ ve $0,047$ 'dir.

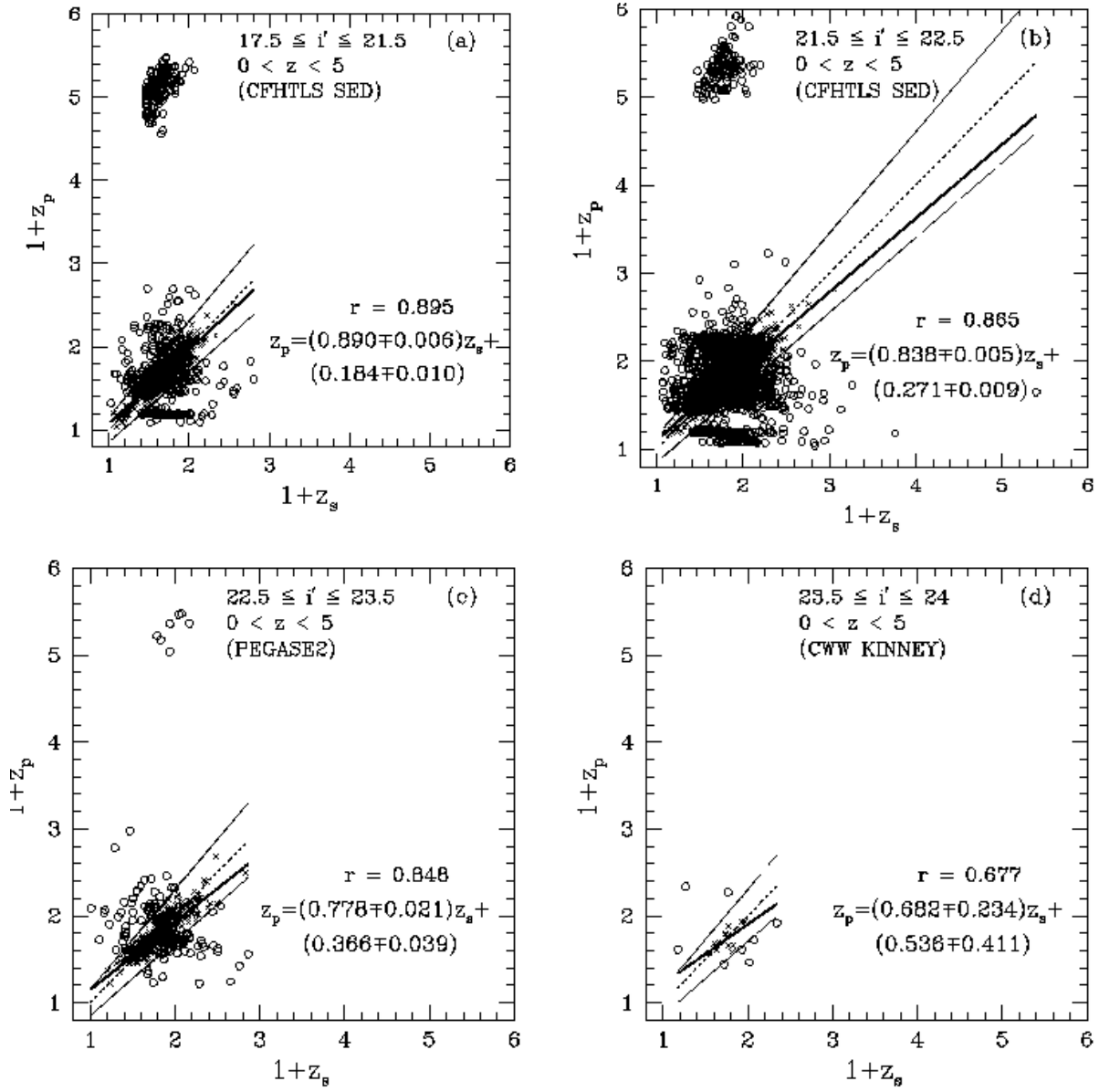
$17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$, $21,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$, $22,5 \leq i'_{AB} \leq 23,5$ ve $23,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralıkları için CFHTLS SED'lerine ait lineer fit grafikleri Şekil 4.6'da verilmiştir. Analizlerimize göre bu parlaklık aralıkları için “en iyi” sonuçları veren SED'ler ve seçilen parametreler Tablo 4.7'de, r korelasyon katsayısı, lineer fitleri ve lineer fit denklemlerinin grafikleri Şekil 4.7'de verilmiştir. Kesikli çizgiler, Ilbert ve diğ. (2006)'nin makalesinde belirttiği katastrofik hata belirteci değerini ($\pm|\Delta z|/(1+z_s) = 0,15$) göstermektedir. Şekil üstünde hata sınırının dışında kalan değerler, içi boş dairelerle gösterilmiştir.

Tablo 4.7: CFHTLS W4 alanı için $0 < z < 5$ 'de en iyi sonuçlar ve analizde dikkate alınan parametreler.

Parlaklık aralığı	En iyi değer veren SED kütüphanesi	En iyi değer veren parametreler	Katastrofik hatalar (%)	Doğruluk değerleri
$17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$	CFHTLS SED	4,5,6,10 ve 11	11,40	0,039
$17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$	CFHTLS SED	4,5,6,10 ve 11	8,30	0,031
$21,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$	CFHTLS SED	4,5,6,10 ve 11	12,70	0,045
$22,5 \leq i'_{AB} \leq 23,5$	PEGASE2 MOD3	11,12,13,14	16,40	0,062
$23,5 \leq i'_{AB} \leq 24$	CWW_KINNEY	14	40	0,037



Şekil 4.6: $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$, $21,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$, $22,5 \leq i'_{AB} \leq 23,5$ ve $23,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralıkları için CFHTLS SED'lerine ait lineer fit. Katastrofik hata oranları sırasıyla, %8,30, %12,70, %17,40 ve %45,50'dir. Doğruluk değerleri ise 0,031, 0,045, 0,066 ve 0,092'dir.



Şekil 4.7: $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$, $21,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$, $22,5 \leq i'_{AB} \leq 23,5$ ve $23,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralıklarında en iyi katastrofik hata ve doğruluk değerlerini veren SED'lere ait lineer fit. Katastrofik hata oranları sırasıyla, %8,30, %12,70, %16,40 ve %40'dır. Doğruluk değerleri ise 0,031, 0,045, 0,062 ve 0,037'dir.

$17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ için elde edilen en iyi değerlerin bulunduğu CFHTLS_SED kütüphanesinin sonuçları $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$, $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$, $21,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$, $22,5 \leq i'_{AB} \leq 23,5$, $23,5 \leq i'_{AB} \leq 24$, $17,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$ ve $22,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ parlaklıkları için, $0 < z_p < 5$, $0 < z_p < 0,2$, $0 < z_p < 0,4$, $0,4 \leq z_p \leq 0,5$, $0 < z_p \leq 1,5$, $0 < z_p \leq 1,2$, $0,2 \leq z_p \leq 1,5$, $0,2 \leq z_p \leq 1,2$, $0,2 \leq z_p \leq 1$, $0,4 \leq z_p \leq 1,4$, $0,4 \leq z_p \leq 1,2$, $0,4 \leq z_p \leq 1,1$, $0,4 \leq z_p \leq 1$, $0,5 \leq z_p \leq 1$, $1,2 \leq z_p \leq 1,5$, $1,2 \leq z_p < 5$ ve $1,5 \leq z_p < 5$ kırmızıya kayma aralıklarında katastrofik hata oranları ve doğruluk değerleri açısından incelenmiştir. Sonuçlar Tablo 4.8 ve Tablo 4.9'da görülmektedir.

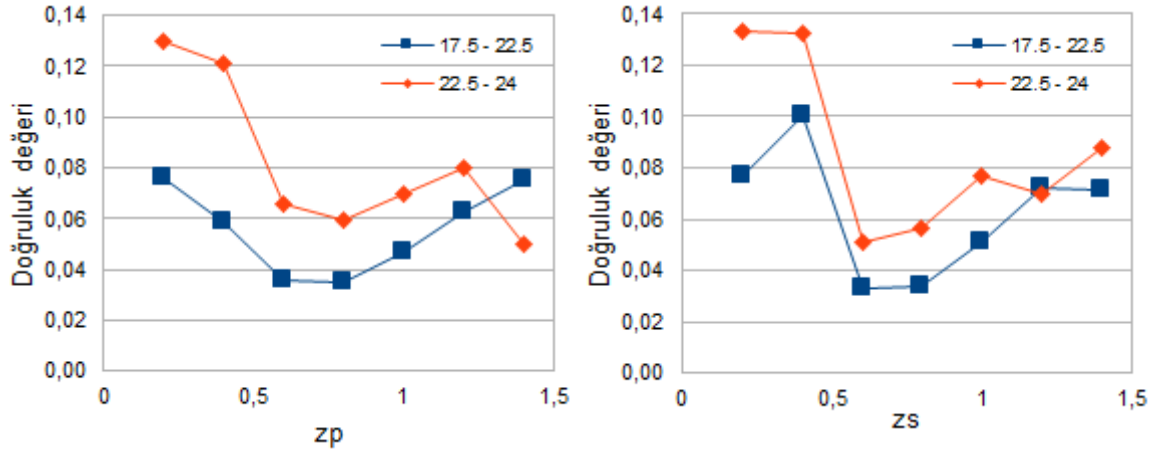
Tablo 4.8: $0 < z_p < 5$, $0 < z_p < 0,2$, $0 < z_p < 0,4$, $0,4 \leq z_p \leq 0,5$, $0 < z_p \leq 1,5$, $0 < z_p \leq 1,2$, $0,2 \leq z_p \leq 1,5$, $0,2 \leq z_p \leq 1,2$, $0,2 \leq z_p \leq 1$, $0,4 \leq z_p \leq 1,4$, $0,4 \leq z_p \leq 1,2$, $0,4 \leq z_p \leq 1$, $0,4 \leq z_p \leq 1$, $0,5 \leq z_p \leq 1$, $1,2 \leq z_p \leq 1,5$, $1,2 \leq z_p < 5$ ve $1,5 \leq z_p < 5$ aralıklarının $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$, $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$, $21,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$, $22,5 \leq i'_{AB} \leq 23,5$ ve $23,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ parlaklıklarındaki katastrofik hata oranları ve doğruluk değerleri. Tabloda katastrofik hata ve doğruluk değerleri η ve σ_{Az} simgeleri ile gösterilmiştir.

	z_p aralığı		$17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$			$17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$			$21,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$			$22,5 \leq i'_{AB} \leq 23,5$			$23,5 \leq i'_{AB} \leq 24$		
			adet	değer	toplam	adet	değer	toplam	adet	değer	toplam	adet	değer	toplam	adet	değer	toplam
1	$0 < z_p < 5$	η	1784	11,32	15749	473	8,32	5683	1199	12,69	9448	107	17,40	615	10	45,45	22
		σ_{Az}	13965	0,039		5210	0,030		8249	0,045		508	0,066		12	0,092	
2	$0 < z_p < 0,2$	η	419	95,01	441	142	90,50	157	272	97,49	279	5	100	5	0		0
		σ_{Az}	22	0,076		15	0,07		7	0,099		0			0		
3	$0 < z_p < 0,4$	η	486	84,82	573	159	76,40	208	316	91,07	347	10	62,50	16	1	50	1
		σ_{Az}	87	0,072		49	0,050		31	0,082		6	0,117			0,121	
4	$0,4 \leq z_p \leq 0,5$	η	57	3,94	1448	14	1,60	874	40	7,25	552	4	17,39	23	0		0
		σ_{Az}	1391	0,034		860	0,030		512	0,051		19	0,072		0		
5	$0 < z_p \leq 1,5$	η	1455	9,44	15411	297	5,39	5506	1055	11,35	9298	96	15,95	602	10	45,45	22
		σ_{Az}	13956	0,039		5209	0,030		8243	0,045		506	0,066		12	0,092	
6	$0 < z_p \leq 1,2$	η	1320	8,38	15168	274	5	5481	954	10,48	9106	85	14,76	576	10	45,45	22
		σ_{Az}	13848	0,039		5207	0,030		8152	0,045		491	0,066		12	0,092	
7	$0,2 \leq z_p \leq 1,5$	η	1040	6,60	14974	155	2,90	5349	787	8,72	9023	91	15,24	597	10	45,45	22
		σ_{Az}	13934	0,039		5194	0,040		8236	0,045		506	0,066		12	0,092	
8	$0,2 \leq z_p \leq 1,2$	η	905	5,74	14731	132	2,48	5324	686	7,77	8831	80	14,01	571	10	45,45	22
		σ_{Az}	13826	0,039		5192	0,030		8145	0,045		491	0,066		12	0,092	
9	$0,2 \leq z_p \leq 1$	η	690	4,38	13820	117	2,22	5264	516	6,39	8079	56	11,76	476	4	25	16
		σ_{Az}	13130	0,038		5147	0,030		7563	0,044		420	0,064		12	0,128	
10	$0,4 \leq z_p \leq 1,4$	η	960	6,09	14828	137	2,59	5298	731	8,18	8941	86	14,68	586	9	45,00	20
		σ_{Az}	13868	0,039		5161	0,030		8210	0,045		500	0,065		11	0,084	
11	$0,4 \leq z_p \leq 1,2$	η	834	5,29	14596	115	2,18	5274	638	7,28	8759	75	13,39	560	9	45	20
		σ_{Az}	13762	0,039		5159	0,030		8121	0,045		485	0,066		11	0,084	
12	$0,4 \leq z_p \leq 1,1$	η	727	4,61	14247	110	2,09	5257	554	6,54	8473	59	11,46	526	7	38,89	18
		σ_{Az}	13520	0,038		5147	0,030		7919	0,044		467	0,066		11	0,084	
13	$0,4 \leq z_p \leq 1$	η	619	3,93	13685	100	1,92	5214	468	5,84	8007	51	11,06	465	3	21,43	14
		σ_{Az}	13066	0,038		5114	0,030		7539	0,044		414	0,064		11	0,084	
14	$0,5 \leq z_p \leq 1$	η	562	3,57	12237	86	1,98	4340	428	5,74	7455	47	10,63	442	3	21,43	14
		σ_{Az}	11675	0,038		4254	0,030		7027	0,043		395	0,062		11	0,084	
15	$1,2 \leq z_p \leq 1,5$	η	135	55,56	243	23	92	25	101	52,60	192	11	42,31	26	0		0
		σ_{Az}	108	0,074		2	0,130		91	0,074		15	0,053		0		
16	$1,2 \leq z_p < 5$	η	464	79,86	581	199	98,51	202	245	71,64	342	22	56,41	39	0		0
		σ_{Az}	117	0,074		3	0,100		97	0,074		17	0,073		0		
17	$1,5 \leq z_p < 5$	η	329	97,34	338	176	99,4	177	144	96	150	11	84,62	13	0		0
		σ_{Az}	9	0,095		1	0,010		6	0,089		2	0,157		0		

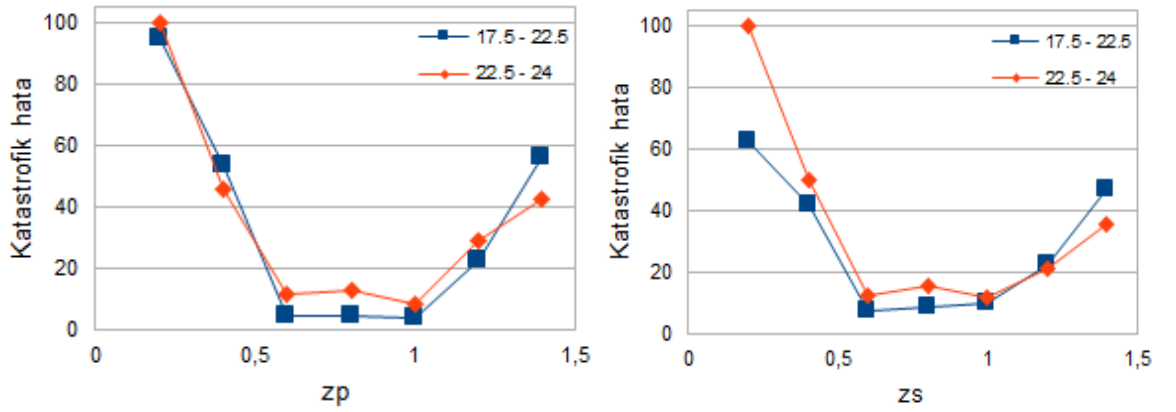
Tablo 4.9: $0 < z_p < 5$, $0 < z_p < 0,2$, $0 < z_p < 0,4$, $0,4 \leq z_p \leq 0,5$, $0 < z_p \leq 1,5$, $0 < z_p \leq 1,2$, $0,2 \leq z_p \leq 1,5$, $0,2 \leq z_p \leq 1,2$, $0,2 \leq z_p \leq 1$, $0,4 \leq z_p \leq 1,4$, $0,4 \leq z_p \leq 1,2$, $0,4 \leq z_p \leq 1,1$, $0,4 \leq z_p \leq 1$, $0,5 \leq z_p \leq 1$, $1,2 \leq z_p \leq 1,5$, $1,2 \leq z_p < 5$ ve $1,5 \leq z_p < 5$ aralıklarının $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$, $17,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$ ve $22,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ parlaklıklarındaki katastrofik hata oranları ve doğruluk değerleri. Tabloda katastrofik hata ve doğruluk değerleri η ve $\sigma_{\Delta z}$ simgeleri ile gösterilmiştir.

			17,5 ≤ i'_{AB} ≤ 24			17,5 ≤ i'_{AB} ≤ 22,5			22,5 ≤ i'_{AB} ≤ 24		
	z _p aralığı		adet	değer	toplam	adet	değer	toplam	adet	değer	toplam
1	0 < z _p < 5	η	1784	11,32	15749	1670	11,04	15124	117	18,37	637
		σ _{Δz}	13965	0,039		13454	0,038		520	0,066	
2	0 < z _p < 0,2	η	419	95,01	441	414	94,95	436	5	100	5
		σ _{Δz}	22	0,076		22	0,076	0			
3	0 < z _p < 0,4	η	486	84,82	573	475	85,59	555	11	61,11	18
		σ _{Δz}	87	0,072		80	0,066		7	0,121	
4	0,4 ≤ z _p ≤ 0,5	η	57	3,94	1448	54	3,79	1426	4	17,39	23
		σ _{Δz}	1391	0,034		1372	0,034		19	0,072	
5	0 < z _p ≤ 1,5	η	1455	9,44	15411	1352	9,14	14799	106	16,99	624
		σ _{Δz}	13956	0,039		13447	0,038		518	0,032	
6	0 < z _p ≤ 1,2	η	1320	8,38	15168	1228	8,42	14582	95	15,89	598
		σ _{Δz}	13848	0,039		13354	0,038		503	0,066	
7	0,2 ≤ z _p ≤ 1,5	η	1040	6,60	14974	942	6,56	14367	101	16,32	619
		σ _{Δz}	13934	0,039		13425	0,038		518	0,066	
8	0,2 ≤ z _p ≤ 1,2	η	905	5,74	14731	818	5,78	14150	90	15,18	593
		σ _{Δz}	13826	0,039		13332	0,038		503	0,066	
9	0,2 ≤ z _p ≤ 1	η	690	4,38	13820	633	4,75	13338	60	12,20	492
		σ _{Δz}	13130	0,038		12705	0,037		432	0,065	
10	0,4 ≤ z _p ≤ 1,4	η	960	6,09	14828	868	6,10	14234	95	15,68	606
		σ _{Δz}	13868	0,039		13366	0,038		511	0,066	
11	0,4 ≤ z _p ≤ 1,2	η	834	5,29	14596	753	5,37	14028	84	14,48	580
		σ _{Δz}	13762	0,039		13275	0,038		496	0,066	
12	0,4 ≤ z _p ≤ 1,1	η	727	4,61	14247	664	4,84	13725	66	12,38	533
		σ _{Δz}	13520	0,038		13061	0,038		467	0,065	
13	0,4 ≤ z _p ≤ 1	η	619	3,93	13685	568	4,30	13216	54	11,27	479
		σ _{Δz}	13066	0,038		12648	0,037		425	0,065	
14	0,5 ≤ z _p ≤ 1	η	562	3,57	12237	514	4,36	11790	50	10,96	456
		σ _{Δz}	11675	0,038		11276	0,037		406	0,063	
15	1,2 ≤ z _p ≤ 1,5	η	135	55,56	243	124	57,14	217	11	42,31	26
		σ _{Δz}	108	0,074		93	0,075		15	0,053	
16	1,2 ≤ z _p < 5	η	464	79,86	581	442	81,55	542	22	56,41	39
		σ _{Δz}	117	0,074		100	0,075		17	0,072	
17	1,5 ≤ z _p < 5	η	329	97,34	338	318	97,85	325	11	84,62	13
		σ _{Δz}	9	0,095		7	0,061		2	0,157	

Fotometrik ve spektroskopik kırmızıya kaymanın bir fonksiyonu olarak doğruluk değerleri ve katastrofik hata oranları $0,001 < z < 1,4$ aralığında incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da görülmektedir.



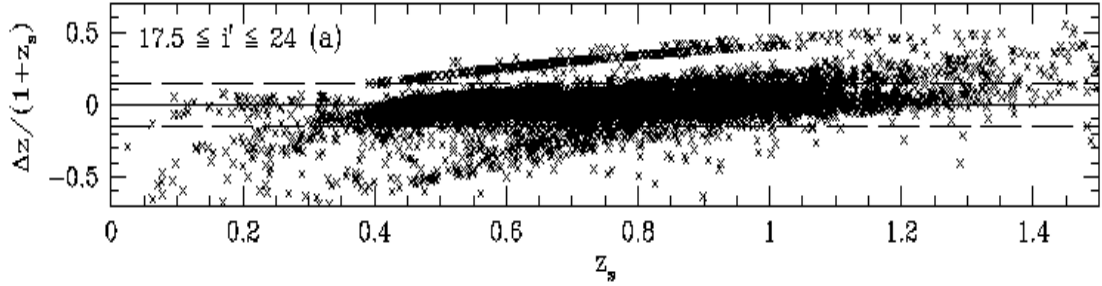
Şekil 4.8: Fotometrik kırmızıya kaymanın ve spektroskopik bir fonksiyonu olarak doğruluk değerleri.



Şekil 4.9: Fotometrik kırmızıya kaymanın ve spektroskopik bir fonksiyonu olarak katastrofik hata değerleri.

$0 < z_s < 5$ ve $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralıklarında tüm galaksi tipleri için kırmızıya kaymanın bir fonksiyonu olarak $\Delta z/(1 + z_s)$ grafiği Şekil 4.10'da görülmektedir. Burada $\Delta z = z_s - z_p$

alınmıştır. Katastrofik hata değeri ($\pm\Delta z/(1+z_s) > 0,15$) bu grafikler için uzun kesikli çizgilerle gösterilmiştir. $z_s > 1,5$ 'da az sayıda galaksi bulunduğu için grafik $0 \leq z \leq 1,5$ için çizdirilmiştir.



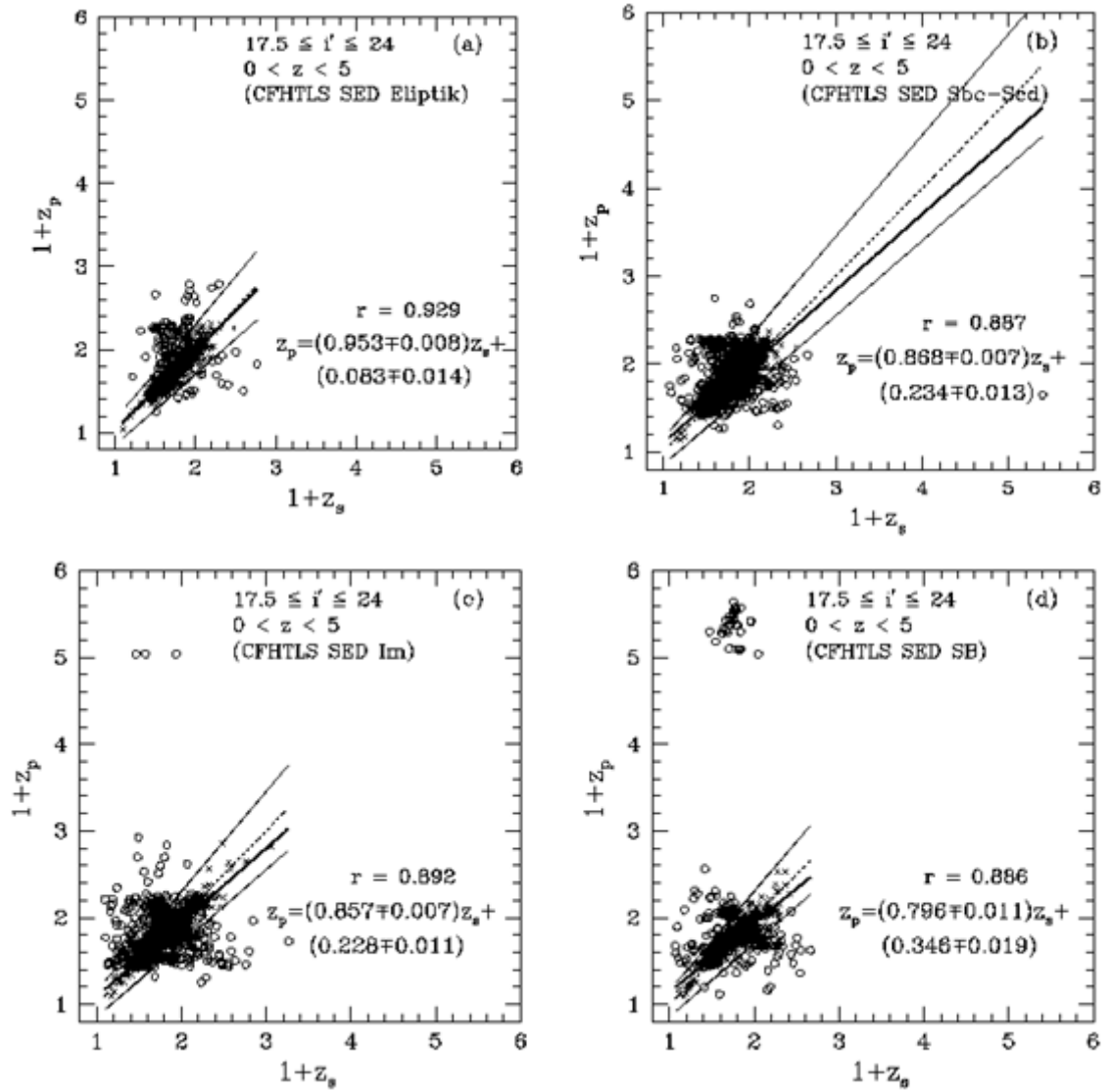
Şekil 4.10: $0 < z_s < 5$ ve $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralıklarında, tüm galaksi tipleri için $\Delta z/(1+z_s) - z_s$ ilişkisi. $\Delta z = z_s - z_p$ 'dir. Kesikli yatay çizgiler $\eta = \pm 0,15$ katastrofik hata değerini göstermektedir.

b) Galaksi Tipleri

$17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ 'de CFHTLS SED'i ile elde edilen sonuçlar daha iyi olduğu için, bu aralıkta CFHTLS SED'i ile yapılan sonuçları galaksi tiplerine (eliptik, Sbc ve Scd, Im, SB (SB2 ve SB3) göre ayırarak elde edilen katastrofik hata ve doğruluk değerleri Tablo 4.10'da verilmiştir. Sbc ile Scd galaksileri ve SB2 ile SB3 yıldız patlamalı galaksiler bir araya getirilmiştir. Bu parlaklık aralığında CFHTLS SED'lerini oluşturan temel galaksiler (eliptik, Sbc ve Scd, Im ve SB) için elde edilen z_p ve z_s değerlerine ait grafikler Şekil 4.11'de görülmektedir. Kesikli çizgiler, Ilbert ve diğ. (2006)'nin makalesinde belirttiği katastrofik hata belirteci değerini ($\pm|\Delta z|/(1+z_s) = 0,15$) göstermektedir. Şekil üstünde hata sınırının dışında kalan değerler içi boş dairelerle gösterilmiştir.

Tablo 4.10: $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ 'de CFHTLS SED'lerinin temel galaksi tipleri için katastrofik hatalar ve doğruluk değerleri.

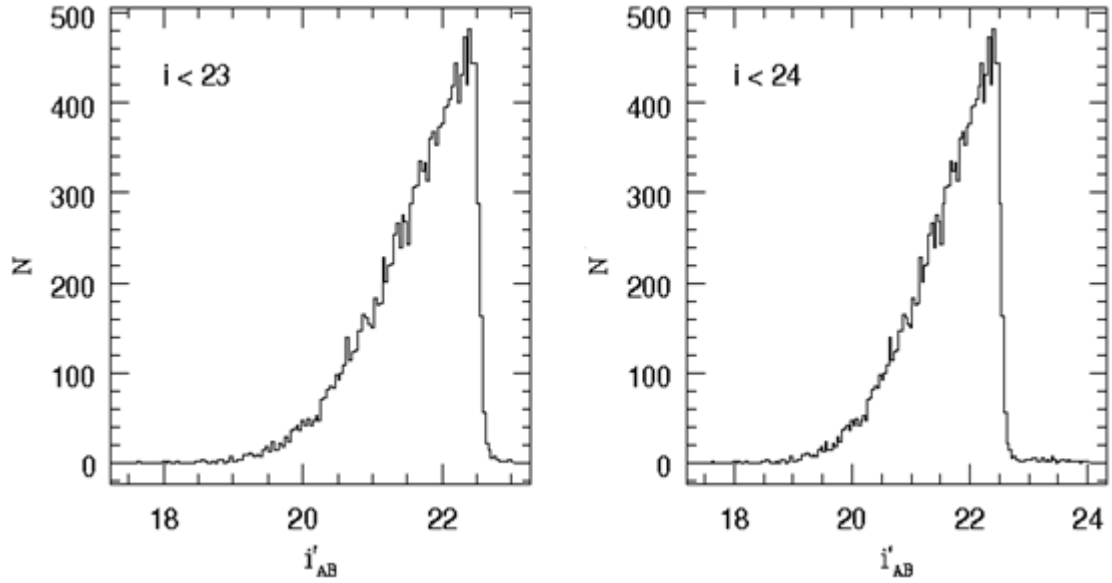
	Katastrofik Hata (% 0,15 (n/N))	Doğruluk değeri
Eliptik	4,10	0,030
Sbc Scd	6	0,040
Im	5,30	0,040
SB (SB2 ve SB3)	9,20	0,040



Şekil 4.11: $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ 'de CFHTLS SED'lerinin a) elıptik, b) Sbc ve Scd, c) Im ve d) SB (SB2 ve SB3) galaksi tipleri için z_p ve z_s arasındaki ilişki. Katastrofik hata oranları sırasıyla, %4,10, %6, %5,30 ve %9,20'dir. Doğruluk değeri ise 0,030, 0,040, 0,04 ve 0,04'dir.

4.3.2. $N - i'_{AB}$ Araştırması

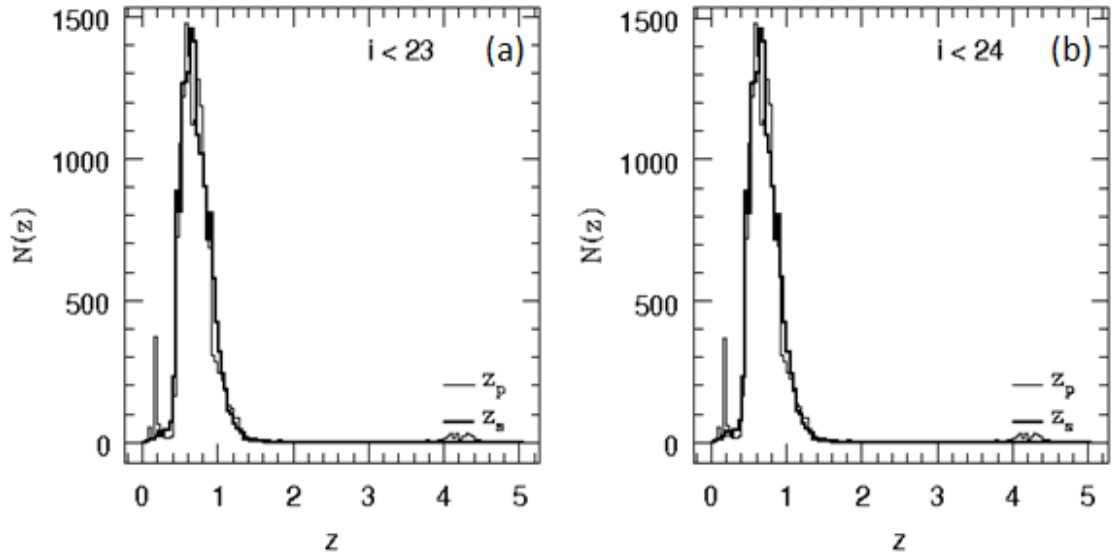
$0 < z < 5$ 'de $i'_{AB} < 23$ ve $i'_{AB} < 24$ için i'_{AB} görünen parlaklıklarına göre sayı yoğunluğunu gösteren $N - i'_{AB}$ grafikleri Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.12: $i'_{AB} < 23$ ve $i'_{AB} < 24$ için $0 < z < 5$ 'de $N - i'_{AB}$ ilişkisi. i'_{AB} değerleri 0,05 adımlarıyla birleştirilmiştir.

4.3.3. Verilen Bir Alan İçerisinde Yöne Bağlı Olarak $N(z) - z$ Araştırması

$0 < z < 5$ kırmızıya kayma aralığında $i'_{AB} < 23$ ve $i'_{AB} < 24$ için, z_p ve z_s değerleri 0,05 adımlarıyla bir araya getirilerek elde edilen $N(z_p) - z_p$ ve $N(z_s) - z_s$ grafikleri Şekil 4.13'de görülmektedir.



Şekil 4.13: $0 < z_p < 5$ 'de a) $i'_{AB} < 23$ ve b) $i'_{AB} < 24$ için CFHTLS W4 fotometrik gözlemlerinden elde ettiğimiz z_p ve VIPERS'dan alınan spektroskopik gözlemlere ait z_s değerlerinin birlikte çizdirilen $N(z) - z$ sayı yoğunluğu grafikleri. z_s kalın düz çizgi ile gösterilmiştir. z_p ve z_s değerleri değerleri 0,05 adımlarıyla birleştirilmiştir.

4.4. GALAKSİ KÜMELERİNİN TESPİTİ

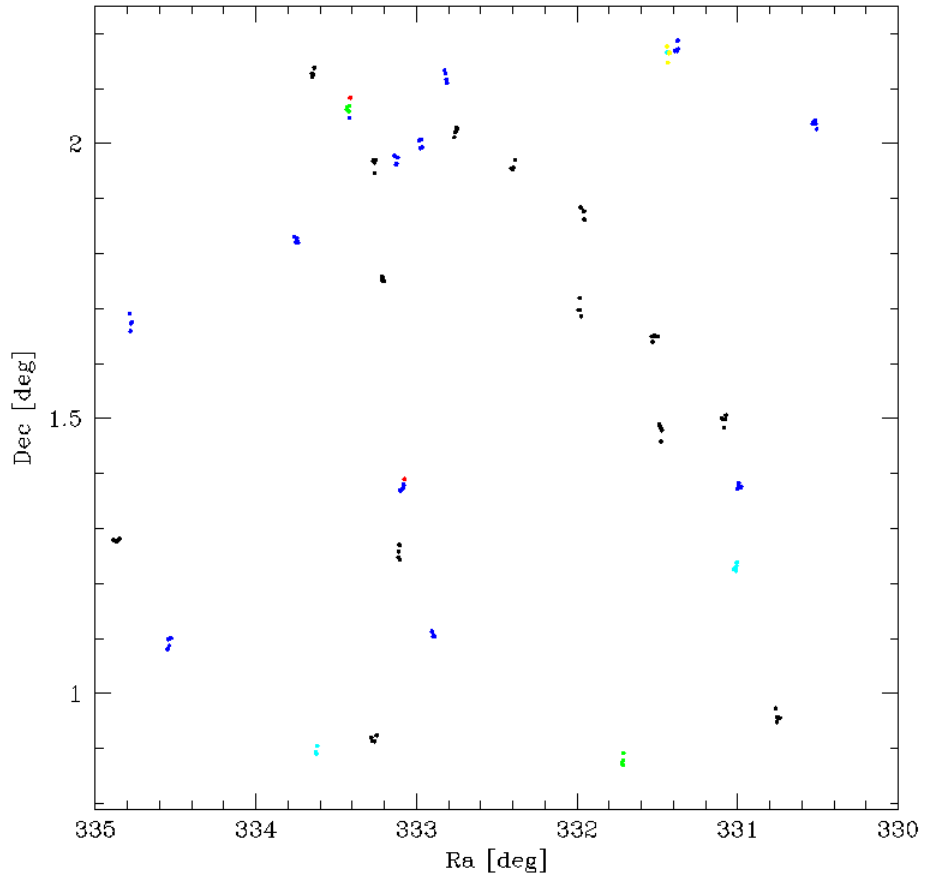
Küme sınırlarını belirlemek için kullanılan $z \pm 1,44 \sigma_{\Delta z/(1+z_s)}$ ifadesindeki doğruluk değeri için $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} = 0,029$ değeri, tespit edilen en iyi değerdir ve Ilbert ve diğ. (2006)'nden alınmıştır. $M(i') < -21,5$ limiti konulduğunda, kataloğumuzdaki galaksi sayısı 28108'den 7164'e azalmıştır. z_s değerine sahip galaksilerden tespit edilen 55 kümenin bilgisi Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11: CFTHLS W4 alanında tespit edilen kümelerin özellikleri.

No	ID	RA merkezi deg	DEC merkezi deg	Parlaklık i'	z_p	z_s	$M(i')$	Küme yüzey yoğunluk oranı	Galaksi sayısı		
								D0/D1	0,5 Mpc	0,25 Mpc	0,5-1 Mpc halkada
1	2063	330,5135	2,0356	21,750	0,630	0,639	-21,457	8	4	2	1
2	2083	330,5161	2,0418	21,653	0,633	0,661	-21,48	6	4	2	0
3	3321	330,7523	0,9564	21,390	0,472	0,483	-20,871	6	4	2	0
4	4696	330,9906	1,3828	21,854	0,476	0,581	-20,149	24	4	2	3
5	4705	330,9926	1,3764	21,962	0,502	0,549	-20,313	12	4	3	1
6	4769	331,0037	1,2378	21,369	0,543	0,529	-21,309	12	4	2	2
7	4773	331,0050	1,2316	21,658	0,560	0,533	-21,408	12	5	4	1
8	4789	331,0077	1,2226	22,396	0,486	0,547	-19,837	12	5	3	2
9	4828	331,0140	1,2281	21,270	0,542	0,563	-20,757	24	5	4	3
10	5218	331,0761	1,4992	21,496	0,533	0,574	-20,804	8	4	2	1
11	6923	331,3690	2,1721	21,295	0,529	0,638	-21,358	8	4	2	1
12	6960	331,3760	2,1682	21,655	0,488	0,639	-20,58	12	4	2	2
13	7245	331,4229	2,1651	21,233	0,459	0,515	-21,032	4,8	5	2	0
14	7286	331,4277	2,1641	20,676	0,466	0,527	-21,411	4,8	5	2	0
15	7327	331,4330	2,1469	22,460	0,478	0,492	-19,318	4	4	1	1
16	7357	331,4370	2,1763	21,828	0,526	0,528	-20,261	8	4	2	1
17	7372	331,4387	2,1660	21,205	0,463	0,528	-20,605	3	4	1	0
18	7561	331,4704	1,4783	21,624	0,546	0,558	-20,626	12	5	2	3
19	7812	331,5144	1,6508	22,211	0,539	0,571	-20,196	12	4	1	3
20	8883	331,7081	0,8914	22,016	0,483	0,513	-20,493	3	4	1	0
21	8895	331,7108	0,8784	22,303	0,591	0,515	-20,654	9	4	3	0
22	8937	331,7183	0,8732	22,111	0,543	0,513	-20,639	9	4	3	0
23	10255	331,9575	1,8767	21,754	0,596	0,628	-20,617	12	4	2	2
24	10372	331,9794	1,6975	20,810	0,448	0,475	-21,313	3	4	1	0
25	12380	332,3962	1,9555	21,485	0,497	0,547	-20,476	6,99	4	2	0
26	14397	332,7555	2,0213	22,533	0,511	0,591	-19,265	8	4	2	1
27	14717	332,8140	2,1163	21,764	0,532	0,476	-20,952	6	4	2	0
28	14742	332,8177	2,1271	21,805	0,495	0,484	-20,719	6	4	2	0
29	15173	332,8932	1,1051	21,146	0,186	0,574	-18,42	18	4	3	2
30	15183	332,8952	1,1036	21,976	0,560	0,573	-18,627	12	4	2	2
31	15621	332,9674	2,0070	22,521	0,790	0,589	-21,052	6	4	1	2
32	15677	332,9752	1,9914	22,432	0,601	0,588	-20,446	12	4	2	2
33	16274	333,0765	1,3778	21,889	0,598	0,857	-20,679	36	4	3	3
34	16327	333,0832	1,3733	22,401	0,192	0,855	-17,237	36	4	3	3
35	16510	333,1094	1,2573	22,415	0,579	0,716	-18,869	12	4	1	3
36	16603	333,1233	1,9637	22,501	0,469	0,590	-19,723	12	4	2	2

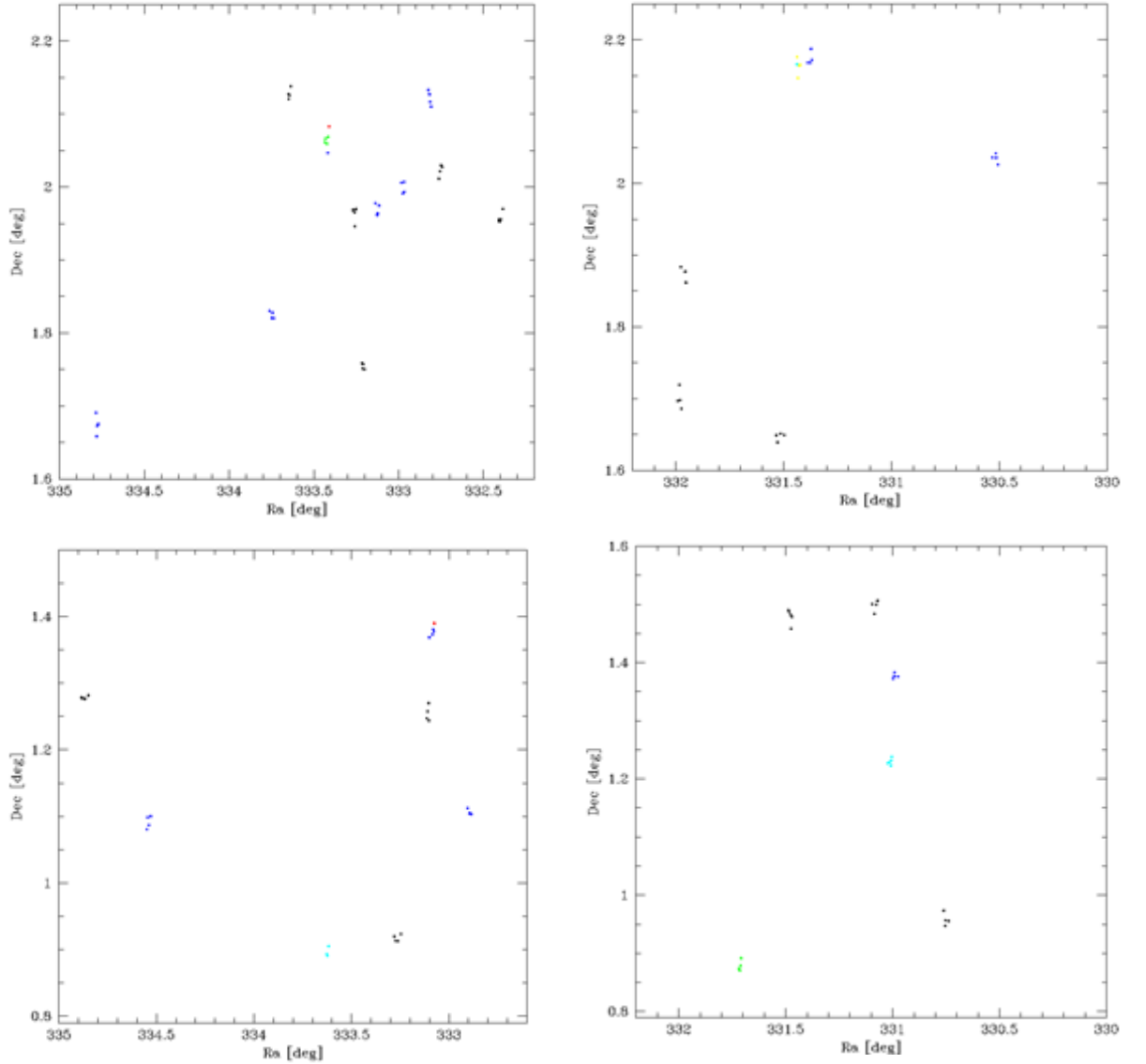
Tablo 4.11(devam):

No	ID	RA merkezi deg	DEC merkezi deg	Parlaklık i'	z _p	z _s	M(i')	Küme yüzey yoğunluk oranı	Galaksi sayısı		
								D0/D1	0,5 Mpc	0,25 Mpc	0,5-1 Mpc halkada
37	16632	333,1265	1,9614	22,023	0,534	0,590	-20,251	12	4	2	2
38	17226	333,2136	1,7584	21,442	0,187	0,691	-16,467	9	4	3	0
39	17537	333,2602	1,9650	22,285	0,513	0,582	-19,959	18	4	3	2
40	17541	333,2610	0,9126	22,494	0,594	0,666	-19,362	4	4	1	1
41	18469	333,4162	2,0687	21,794	0,584	0,671	-20,78	4	5	1	1
42	18505	333,4219	2,0590	21,913	0,635	0,666	-20,732	3	5	1	1
43	18565	333,4316	2,0661	21,925	0,636	0,672	-20,987	12	4	2	2
44	19588	333,6155	0,9048	22,559	0,611	0,933	-20,125	8	4	2	1
45	19592	333,6160	0,9046	23,946	0,770	0,935	-19,292	8	4	2	1
46	19628	333,6237	0,8903	22,079	0,587	0,937	-19,506	6	4	2	0
47	19641	333,6265	0,8934	21,852	0,185	0,933	-15,755	6	4	2	0
48	19736	333,6435	2,1255	21,993	0,692	0,670	-21,132	18	4	3	2
49	20282	333,7431	1,8277	22,372	0,523	0,543	-19,838	6	4	2	0
50	20300	333,7477	1,8204	21,847	0,473	0,512	-19,969	6	4	2	0
51	25099	334,5393	1,0867	21,780	0,610	0,623	-21,237	3	4	1	0
52	25129	334,5448	1,0982	21,700	0,614	0,640	-21,153	4	4	1	1
53	26154	334,7720	1,6752	22,595	0,697	0,561	-20,745	6	4	2	0
54	26176	334,7777	1,6727	21,144	0,570	0,548	-21,442	6	4	2	0
55	26501	334,8659	1,2764	21,145	0,557	0,612	-21,335	4	4	1	1



Şekil 4.14: CFHTLS W4 alanında tespit edilen galaksi kümelerinin toplu gösterimi.

Tespit edilen galaksi kümelerinin, küme üyeleri ile birlikte toplu gösterimi Şekil 4.14’de verilmiştir. Daha açık görülebilmesi amacıyla, şekil dört ayrı bölüme ayrılmış ve Şekil 4.15’de gösterilmiştir.



Şekil 4.15: W4 alanında tespit edilen galaksi kümelerine ait toplu gösterimin bulunduğu Şekil 4.14'ün dört ayrı alt bölüme ayrılmış gösterimi.

Hubble sabiti değeri $71 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ (Feuerbacher ve Stoewer, 2006) alınarak, tespit edilen en sönük ve en parlak galaksi kümesine ait uzaklıklar hesaplanmış ve Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.12: Tespit edilen en sönük ve en parlak galaksi kümesinin Yer'e uzaklıkları.

En Sönük Küme ($i'_{AB}=23,946$ kadir)	En Parlak Küme ($i'_{AB}=20,676$ kadir)
$3,95 \times 10^6 \text{ kpc}$	$2,23 \times 10^6 \text{ kpc}$

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar tartışmaları ile birlikte şu şekildedir:

5.1. FOTOMETRİK KIRMIZIYA KAYMA DEĞERLERİNİN TESPİTİ

Le PHARE'ın CE_NEW kütüphanesindeki eliptik (erken-tip) ve spiral (geç-tip) galaksilere ait model spektrumların yer aldığı Şekil 4.1'deki Akı-Dalgaboyu grafiğinde, erken-tip galaksilerin geç-tip galaksilere göre daha fazla akıya sahip olduğu görülmektedir.

5.2. SEÇİLEN SPEKTREL KÜTÜPHANELERİN VE FİLTRE SETLERİNİN SONUÇ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Spektroskopik ve fotometrik kırmızıya kayma değerleri arasında kıyaslama yapmak amacıyla çizdirilen Şekil 4.4'deki CWW_KINNEY Spektrel Kütüphanesinin (a) CFHTLS filtreleri (b) SDSS filtreleri kullanılarak elde edilen z_p ve z_s 'ye ait grafik incelendiğinde, SDSS'deki saçılmanın daha yüksek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla analizlere başlarken gözlem yapılan filtrelerin seçilmesi, elde edilen değerlerin doğruluğu açısından önemlidir.

$z_p < 0,2$ 'de saçılmanın fazla olduğu görülmektedir. Burada katastrofik hataların kesri de büyüktür. Le Fevre ve diğ. (2005) ve Ilbert ve diğ. (2006) bunun $z_s < 0,4$ ve $1,5 < z_p < 3$ arasındaki sönük galaksilerden kaynaklandığını belirtmektedirler. Bu saçılmanın kaynağı, Balmer kesiği ve Lyman-alfa ormanıdır. Ayrıca morötesinde spektrel özelliklerin azlığı spektroskopik kırmızıya kayma ölçümünü zorlaştırmaktadır. Bu etkiler $z > 1,5$ 'da fotometrik ve spektroskopik kırmızıya kayma değerleri arasındaki farkı açıklamaktadır. $z > 1,5$ 'daki güvenilir kırmızıya kayma değerlerini sağlamak için 10000 Å'dan büyük gözlem verisi gerekmektedir. Çünkü $z > 1,2$ 'nin ötesinde Balmer kesiği $\lambda > 10000$ Å'a yani kırmızıöteye kaydığı için, z 'nin limit değeri 1,2'dir ve $z \geq 1,2$ 'den sonra 11470 Å - 23820 Å aralığındaki JHKs gözlemleri gerekmektedir. Ancak

CFHTLS’de şu anda JHKs filtreleri ile gözlem mevcut değildir. Bu nedenlerden dolayı $0,2 \leq z \leq 1,2$ aralığı Le Fevre ve diğ. (2005), Ilbert ve diğ. (2006)’nin de ifade ettiği gibi CFHTLS gözlemleri için uygundur.

5.3. CFHTLS VE VIPERS VERİLERİ KULLANILARAK z_s-z_p ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE KARAKTERİZE EDİLMESİ

Bilindiği üzere, fotometrik kırmızıya kayma değerleri sayesinde spektroskopik limitin ötesindeki yapılara ait kırmızıya kayma değerleri elde edilebilmektedir.

5.3.1. Güvenli Aralıkların Tespiti

a) Fotometrik Kırmızıya Kayma Aralığı ve Parlaklık Aralığı

En iyi doğruluk ve katastrofik hata değeri $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralığı için, CFHTLS SED’lerinden 4, 5, 6, 10 ve 11 nolu parametreler kullanılarak elde edilmiştir (bakınız Tablo 4.1). Tablo 4.2’de $17,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$ ve $22,5 \leq i'_{AB} \leq 24$, Tablo 4.3’de $17,5 \leq i'_{AB} \leq 18,5$ ve $18,5 \leq i'_{AB} \leq 19,5$, Tablo 4.4’de $19,5 \leq i'_{AB} \leq 20,5$ ve $20,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$, Tablo 4.5’de $19,5 \leq i'_{AB} \leq 20$ ve $20 \leq i'_{AB} \leq 20,5$ ve Tablo 4.6’da ise $20,5 \leq i'_{AB} \leq 21$ ve $20 \leq i'_{AB} \leq 21$ aralıklarında elde edilen en iyi değerler görülmektedir.

Tablo 4.1’e göre $0 < z < 5$ için, $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$ ’da en iyi değerler bulunmuştur ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,031$ ve $\eta \sim \%8,30$). $22,5 \leq i'_{AB} \leq 23,5$ ’da katastrofik hata oranı CFHTLS SED’inde %17,40, PEGASE2 MOD3 SED’inde ise %16,40 olarak hesaplanmıştır. Doğruluk değerleri ise, CFHTLS SED’i için 0,066, PEGASE2 MOD3 SED’i için 0,062’dir. $23,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ ’de CFHTLS SED’den elde edilen katastrofik hata %45,5 iken CWW_KINNEY SED’inde %40’dır. Doğruluk değerleri, CFHTLS SED’i için 0,066, CWW_KINNEY SED’i için 0,037’dir. Bu aralık için CWW_KINNEY SED’i seçildiğinde, katastrofik hata %5 iyileşirken, doğruluk değeri $\sim \%44$ oranında daha doğru değer vermektedir. $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralığını iki ayrı parlaklık aralığında incelediğimizde ($17,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$ ve $22,5 \leq i'_{AB} \leq 24$) doğruluk değeri $17,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$ ’da daha iyi sonuçlar vermektedir ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,038$ ve $\eta \sim \%11,10$) (bakınız Tablo 4.2). Tablo 4.3’e göre, $17,5 \leq i'_{AB} \leq 18,5$ ’da en iyi doğruluk COSMOS_SED’lerinden ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,015$ ve $\eta \sim \%33,30$), en iyi katastrofik hata değeri ise GISSEL

SED'lerinden elde edilmiştir ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,027$ ve $\eta \sim \%14,30$). $18,5 \leq i'_{AB} \leq 19,5$ 'da ise en iyi doğruluk ve katastrofik hata değeri VIRGO SED'lerinden bulunmuştur ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,023$ ve $\eta \sim \%7,50$). Tablo 4.4'e göre, $19,5 \leq i'_{AB} \leq 20,5$ aralığı $20,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$ 'a göre daha iyi istatistiksel sonuçlar vermiştir (sırasıyla $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,029$ ve $\eta \sim \%5,20$ ile $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,032$ ve $\eta \sim \%9,20$). Tablo 4.5'e göre, $19,5 \leq i'_{AB} \leq 20$ için en iyi doğruluk COSMOS_SED'inden elde edilirken ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,030$ ve $\eta \sim \%18,30$), en iyi katastrofik hata ise CFHTLS_SED'den bulunmuştur ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,031$ ve $\eta \sim \%6,70$). $20 \leq i'_{AB} \leq 20,5$ 'deki en iyi değerler $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,028$ ve $\eta \sim \%4,50$ olarak CFHTLS_SED'den elde edilmiştir. Tablo 4.6'ya göre, $20,5 \leq i'_{AB} \leq 21$ 'deki en iyi değerler CFHTLS_SED'dendir ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,030$ ve $\eta \sim \%8$) ve AVEROI_NEW ile elde edilen değerlere ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,032$ ve $\eta \sim \%8$) yakındır. $20 \leq i'_{AB} \leq 21$ 'de en iyi değerler CFHTLS_SED'e aittir ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,029$ ve $\eta \sim \%6,90$) ve PEGASE2_Mod3 SED'inin sonuçları ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,034$ ve $\eta \sim \%7$), CFHTLS_SED'inkilere yakın olarak tespit edilmiştir.

Şekil 4.5'den görüldüğü gibi $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralığında korelasyon katsayısı ($r = 0,855$) ve lineer fit denklemi ($z_p = (0,879 \pm 0,005) z_s + (0,209 \pm 0,009)$) açısından en iyi değer ZEBRA programındaki "ML geliştirilmiş" program kodu çalıştırılarak elde edilmiştir. ML geliştirilmiş programı ile elde edilen doğruluk ve katastrofik hata değerleri $\eta = \%21,90$ ve $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} = 0,050$ 'dir. Ancak bu parlaklık aralığı için, Le PHARE'da yapılan analizlerimize göre, CFHTLS SED'lerinden elde edilen sonuçlar ($\eta = \%11,40$ ve $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} = 0,039$) daha iyi bulunmuştur. Bu nedenle $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralığı için CFHTLS SED'lerinin sonuçları kullanılmıştır. CFHTLS_SED'leri CWW_KINNEY kütüphanesine ait altı temel (eliptik, Sbc, Scd, Im, SB2 ve SB3) spektrumdan kütüphane optimizasyonu yoluyla elde edilmiş olan 66 adet spektrumdan oluşmaktadır (bakınız Bölüm 3.1.4.1).

CFHTLS W4 alanı için $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$, $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$, $21,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$, $22,5 \leq i'_{AB} \leq 23,5$ ve $23,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ 'deki en iyi katastrofik hata ve doğruluk değerlerini veren SED'lere ait bilgiler Tablo 4.7 ve Şekil 4.7'de verilmiştir. Bu tablo ve şekildeki veriler, doğruluk değeri, katastrofik hata, korelasyon katsayısı (r) ve lineer fit denklemi açısından incelendiğinde, en iyi değerler $\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,031$, $\eta \sim \%8,30$, $r = 0,895$ ve $z_p = (0,890 \pm 0,006) z_s + (0,184 \pm 0,010)$ olarak $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$ 'da CFHTLS_SED'lerinden

elde edilmiştir. z_s 'nin katsayısının 1'e yakın olması ve hatasının da küçük olması, tespit edilen z_p değerlerinin z_s değerlerine oldukça yakın olduğunu göstermektedir. $21,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$, $22,5 \leq i'_{AB} \leq 23,5$ ve $23,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ için doğruluk değerleri sırasıyla 0,045, 0,062 ve 0,037'dir, katastrofik hata oranları ise %12,70, %16,40 ve %40'dır. CFHTLS SED kütüphanesinin sonuçları, $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$, $21,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$, $22,5 \leq i'_{AB} \leq 23,5$ ve $23,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralıkları için incelenmiştir. Bu parlaklık aralıkları için elde edilen $(1 + z_p) - (1 + z_s)$ grafiğinin bulunduğu Şekil 4.6'ya göre, $23,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralığında, z_s değerine sahip az sayıda cisim bulunmaktadır ve katastrofik hata oranı yüksek ($\eta \sim \%45,50$), doğruluk değeri ise düşüktür ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,092$). En iyi değerler ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,031$ ve $\eta \sim \%8,30$), $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$ 'dadır. Bu parlaklık aralığı için korelasyon katsayısı $r = 0,895$ 'dir ve $z_p = (0,890 \pm 0,006) z_s + (0,184 \pm 0,010)$ lineer fit denklemi elde edilmiştir. Burada, z_s 'nin katsayısı 0,890 ve hata değeri 0,006'dır. z_s 'nin katsayısının 1'e yakın olması ve binler seviyesindeki küçük hata değeri, z_p ve z_s arasında iyi bir ilişki olduğunu göstermektedir. Fotometrik ve spektroskopik kırmızıya kaymanın bir fonksiyonu olarak doğruluk değerleri ve katastrofik hata oranlarının görüldüğü Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'a göre, $17,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$ 'daki gözlemlere ait doğruluk değerleri, $22,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ 'dekilere göre daha iyidir. Katastrofik hatalar ise birbirine yakındır. $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ 'de tüm galaksi tiplerinin birlikte yer aldığı $\Delta z/(1 + z_s) - z_s$ grafiğinin bulunduğu Şekil 4.10'a göre, $0,35 \leq z_s \leq 1,3$ arasında galaksiler yoğun olarak bulunmaktadır. Bu aralıkta $\Delta z/(1+z_s)$ değerlerinin büyük bir kısmı katastrofik hata sınırları içinde kalırken, $z_s < 0,2$ ve $z_s > 1,3$ 'de $\Delta z/(1+z_s)$ değerlerinin çoğunluğu katastrofik hata sınırlarının dışına çıkmaktadır. Genel olarak, sonuçlarımızın büyük bir bölümünün katastrofik hata sınırı içinde bulunduğu söylenebilir.

Kırmızıya kayma ve parlaklık aralıkları için elde edilen sonuçların verildiği Tablo 4.8 ve Tablo 4.9'a göre en iyi sonuçlar $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$ ve $0,4 \leq z_p \leq 1$ 'de elde edilmiştir (0,030 ve %1,92). $z_p \sim 0,4$ 'de kadar elde edilen z_p değerlerinin katastrofik hata oranları oldukça yüksektir.

b) Galaksi Tipleri

$17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ 'de CFHTLS SED'lerinin temel galaksi tipleri için, katastrofik hatalar ve doğruluk değerlerinin bulunduğu Tablo 4.10'dan görüldüğü gibi, en iyi sonuçlar eliptik galaksiler için elde edilmiştir ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,030$ ve $\eta \sim \%4,10$). Sbc-Scd, Im ve

SB galaksi tiplerinin doğruluk değerleri aynıdır ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,040$), katastrofik hataları ise sırasıyla $\eta \sim \%6$, $\%5,30$ ve $\%9,20$ 'dir. İkinci iyi sonuçlar, düzensiz (Im) galaksiler için bulunmuştur ($\sigma_{\Delta z/(1+z_s)} \sim 0,040$ ve $\eta \sim \%5,30$). Galaksi tipleri için, $(1+z_p) - (1+z_s)$ grafiğinin bulunduğu Şekil 4.11 incelendiğinde en iyi korelasyon katsayısı, eliptik galaksilere aittir ($r = 0,929$). Sbc-Scd, Im ve SB galaksi tiplerinin korelasyon katsayıları sırasıyla $r = 0,887$, $0,892$ ve $0,886$ 'dır. Eliptik galaksiler için lineer fit denklemindeki z_s 'nin katsayısı ($0,953 \pm 0,008$)'dir. Galaksi tipleri arasında lineer fit denkleminin en iyi değeri Şekil 4.11'deki (a) grafiğinde görülen eliptik galaksilere aittir. Burada $z_p = (0,953 \pm 0,008) z_s + (0,083 \pm 0,014)$ denklemi elde edilmiştir. z_s 'nin katsayısının 1'e yakın olması, z_p ve z_s arasında iyi bir ilişki olduğunu göstermektedir. Hatasının küçük olması da, sonucun iyi olduğunu belirtmektedir. Dolayısıyla 1'e eşit ya da yakın r değeri, z_p ve z_s arasında iyi bir korelasyon olduğunun göstergesidir. Elde edilen bu iyi korelasyon, analizlerimizden tespit edilen z_p değerlerinin doğruluğunun kanıtıdır.

5.3.2. $N - i'_{AB}$ Araştırması

$0 < z < 5$ kırmızıya kayma aralığında $i'_{AB} < 23$ ve $i'_{AB} < 24$ için elde edilen $N - i'_{AB}$ sayı yoğunluğu grafiklerine göre (Bakınız Şekil 4.12), i'_{AB} bandı, 22,5 kadirde maksimum değere sahiptir (15124 galaksi). 22,5 kadir değeri, CFHTLS W4 alanı için, $i'_{AB} < 23$ ve $i'_{AB} < 24$ 'de parlaklık limitidir.

5.3.3. Verilen Bir Alan İçerisinde Yöne Bağlı Olarak $N(z) - z$ Araştırması

Fotometrik ve spektroskopik kırmızıya kayma değerlerinin dağılımlarını görmek amacıyla çizdirilen Şekil 4.13'deki $N(z_p) - z_p$ ve $N(z_s) - z_s$ sayı yoğunluğu grafikleri incelendiğinde, $z < 1,4$ 'de (kırmızıya kayma değerlerinin yoğunluk gösterdiği bölgelerde), z_s değerlerine yaklaşık olarak yakın z_p değerleri elde edildiği görülmektedir. $0,54 < z < 0,58$ arasında görülen sayıca fazlalık, bir/birkaç galaksi kümesinin varlığını işaret edebilir. Nitekim, bu kırmızıya kayma aralığında, tespit edilen galaksi kümelerine ait "küme yüzey yoğunluk oranları"ndaki yüksek değerler, buralarda galaksi kümelerinin varlığını doğrulamaktadır (bakınız Tablo 4.11). Tespit ettiğimiz $(331,4370 + 2,1763)$ ve $(331,4387 + 2,1660)$ koordinatlı iki kümenin XMM Newton ile yapılan bir küme tespiti çalışmasında da saptandığı görülmüştür.

5.4. GALAKSİ KÜMELERİNİN TESPİTİ

Tablo 4.11’de görülen küme yüzey yoğunluk oranlarına göre, küme üyelerinin yüzey yoğunluk oranları oldukça yüksektir. Bu durum, küme üye seçim yöntemimizin doğru olduğunu gösterir, çünkü küme üyeleri, hesaplamalarımızdaki küçük yarıçaplı dairesel alandaki küme bölgesinde daha yüksek yüzey yoğunluğuna sahip olmalıdır. CFHTLS W4’de z_s değerine sahip küme adaylarının spektroskopik kırmızıya kayma değerleri 0,475 - 0,937 aralığında bulunmuştur. En sönük küme $i'_{AB} = 23,946$ kadir ve en parlak küme ise $i'_{AB} = 20,676$ kadir parlaklığındadır.

CFHTLS W4 alanı için sonuç olarak şunları da belirtebiliriz: En iyi fotometrik kırmızıya kayma değerlerini elde edebilmek için seçilecek SED kütüphanesi, sonuçlar üzerinde önemlidir. z_s 'ye eşit ya da yakın z_p değerleri elde edebilmek amacıyla analiz yaparken gözlemin yapıldığı filtre seti seçilmelidir, çünkü farklı dalgaboyu aralığındaki ve farklı geçirgenliğe sahip filtre seti yüksek saçılmaya neden olmaktadır.

Analizlerimizden elde edilen en muhtemel galaksi tipleri için inceleme yapıldığında, katastrofik hata değerlerinin, eliptik galaksilerden yıldız patlamalı (SB) galaksilere doğru arttığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar ışığında, z_p değerlerinin güvenilirliğinin, galaksi tipine de bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, eliptik galaksilerin daha çok gözlenmesi ve dolayısıyla özelliklerinin daha iyi belirlenmesi ve böylece model spektrumların daha iyi oluşturulması sebebiyle olabilir. Zaman içinde diğer galaksi tiplerinin daha çok sayıda ve gelişmiş cihazlarla gözlenmesi, eliptiklerden daha geç-tip olan galaksilere ait model spektrumların, günümüze göre çok daha doğru oluşturulmasına imkan sağlayacaktır.

Ilbert ve diğ. (2009) standart χ^2 yöntemiyle CFHTLS D1 alanında, $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralığı için doğruluğu 0,047, katastrofik hatayı ise %7,40 bulmuşlardır. Hesaplamalarımızda kullandığımız katastrofik hata belirtecinin değeri $|\Delta z|/(1+z_s) > 0,15$ olarak Ilbert ve diğ. (2006)’nin makalesinden alınmıştır. Tez çalışmamızda bu parlaklık aralığı için CFHTLS W4 alanında, $0 < z_p < 5$ ’de z_p doğruluğu 0,039, katastrofik hatası %11,40 olarak tespit edilmiştir.

$0 < z_p < 5$ için $17,5 \leq i'_{AB} \leq 22,5$ ve $22,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ aralıklarındaki doğruluk değerleri sırasıyla 0,038 ve 0,064, katastrofik hatalar ise %11,10 ve %16,90'dır. Tablo 4.1, Tablo 4.2, Tablo 4.3, Tablo 4.4, Tablo 4.5 ve Tablo 4.6 incelendiğinde, görünen parlaklığın fotometrik kırmızıya kayma hesaplamaları için anahtar bir parametre olduğu anlaşılır. Kırmızıya kayma dağılımına parlaklık limiti eklemek, herhangi sistematik eğilim yaratmaksızın katastrofik hataların kesrini azaltmaktadır. CFHTLS'in W4 alanı için $17,5 \leq i'_{AB} \leq 24$ parlaklık aralığında, $0,4 \leq z_p \leq 1$ 'deki fotometrik ve spektroskopik kırmızıya kayma değerleri arasında, daha yüksek doğruluk ve daha düşük katastrofik hata bulunmuştur (13685 galaksi için, 0,038 ve %3,93. Bakınız Tablo 4.8 ve Tablo 4.9). $0,5 \leq z_p \leq 1$ aralığının sonuçları da iyidir (12237 galaksi için, 0,038 ve %3,57), ancak galaksi sayısı dikkate alındığında, $0,4 \leq z_p \leq 1$ aralığının daha iyi sonuç verdiği anlaşılmaktadır. Bu parlaklık aralığı için, 3000 Å - 11000 Å dalgaboyu aralığındaki u*g'r'i'z' filtreleri ile yapılan fotometrik gözlemlerde, fotometrik kırmızıya kayma değerlerinin tespiti için, $0 < z_p < 5$ yerine $0,4 \leq z_p \leq 1$ aralığı incelenmelidir. Ayrıca, $0,2 \leq z_p \leq 1$, $0,2 \leq z_p \leq 1,2$ ve $0,4 \leq z_p \leq 1,2$ için doğruluk değerleri sırasıyla 0,038, 0,039 ve 0,039, katastrofik hata değerleri ise %4,38, %5,74 ve %5,29'dur. $0 < z_p \leq 1,2$ ve $0 < z_p \leq 1,5$ için doğruluk değerleri sırasıyla 0,039 ve 0,039, katastrofik hata değerleri ise %8,38 ve %9,44'dür. Artan z_p ile birlikte, doğruluk değeri aynı kalırken katastrofik hata oranı artmıştır. $0 < z_p < 0,2$ ve $0 < z_p < 0,4$ 'de doğruluk değerleri sırasıyla 0,076 ve 0,072, katastrofik hata değerleri ise %95,01 ve %84,82'dir. Elde edilen bu sonuçlar ışığında $z_p < 0,4$ 'de, tespit edilen z_p değerlerinin güvenilir olmadığı söylenebilir. $0,4 \leq z_p \leq 0,5$ 'de ise doğruluk 0,034 ve katastrofik hata oranı %3,94 olup, z_p 'lerin bu aralıkta iyileşmeye başladığı anlaşılmaktadır. $17,5 \leq i'_{AB} \leq 21,5$ ve $0,4 \leq z_p \leq 1$ 'deki 5214 galaksi için elde edilen doğruluk (0,030) ve katastrofik hata (%1,92) değerleri, en iyi parlaklık aralığı ve kırmızıya kayma sonuçlarıdır. W4 alanının detaylı sonuçları için Bölüm 5.3.1'e bakınız.

Ayrıca çalışmamızın geliştirilmesi için, ileride yapılması planlanan araştırmalardan bazıları şunlardır: Ilbert ve diğ. (2006)'nin belirttiği, "kırmızıya kayma değerleri tespit edildikten sonra model spektrumların optimizasyonu"na gerek kalmadan ilk başta neler yapılabileceği araştırılacaktır. Başka kırmızıya kayma analiz programları da kullanılarak

(ör: Hyperz, easy, step vb.) z_p değerleri elde edilecek ve bu tez çalışmasında tespit edilen sonuçlarımızla karşılaştırılacaktır. CFHTLS ve diğer gökyüzü taramaları ile analizler yapılarak galaksi kümeleri tespit edilecek ve BCG'ler belirlenecektir. Bölüm 3.2.4'de metodun uygulanabilirliğini test etmek için yaptığımız “galaksi kümelerinin tespiti” çalışmamız neticesinde elde edilen bulgular ve sonuçlara göre (bakınız Bölüm 4.4 ve Bölüm 5.4), yüzey yoğunluk oranlarının yüksek olduğu bölgelerde galaksi kümeleri tespit edilmiştir. Tespit edilen galaksi kümeleri $0,475 \leq z_s \leq 0,937$ aralığındadır. $i'_{AB} = 23,946$ kadir olan en sönük kümenin Yer'e uzaklığı $3,95 \times 10^6$ kpc'dir. En parlak küme ($i'_{AB} = 20,676$) ise $2,23 \times 10^6$ kpc'de bulunmuştur. En uzak küme ($z_s = 0,937$ ve $i'_{AB} = 22,079$), $3,96 \times 10^6$ kpc'de ve en yakın küme ise $2,01 \times 10^6$ kpc'de tespit edilmiştir.

Özetle, CFHTLS ve VIPERS verileri kullanılarak z_p ve z_s özelliklerinin araştırılması ve karakterize edilmesi amacıyla elde ettiğimiz fotometrik kırmızıya kayma değerleri, a) fotometrik kırmızıya kayma aralığı ve parlaklık aralığı, b) galaksi tipleri, c) z_p ve z_s 'nin $N(z_p) - z_p$ ve $N(z_s) - z_s$ dağılımları, d) r korelasyon katsayısı ve e) lineer fit denklemleri ve grafikleri açısından istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, z_p ve z_s değerleri arasındaki farkların (Δz) tolere edilebilir seviyelerde olduğu görülmüştür. Fotometrik yöntemin çok sayıda galaksinin z değerini, çok daha kısa zamanda bulmak için kullanıldığı hatırlanırsa bu Δz farkları önemini yitirecektir.

6. KAYNAKLAR

- Abazajian, K. N. et al., 2009, The Seventh Data Release of the Sloan Digital Sky Survey, *The Astrophysics of Journal Supplement*, 182, 543A.
- Adami, C. et al., 2010, Galaxy Cluster Searches by Photometric Redshifts in the CFHTLS, *Astronomy & Astrophysics*, 509A, 81A.
- Adams, E.A.K., 2006, *Photometric Redshifts*, Indiana University, 2006, Reu Student Research Projects.
- Andreo, R. B., 2011, *Astronomy Picture of the Day APOD*, <http://apod.nasa.gov/apod/ap110422.html>, [Ziyaret tarihi: 1 Haziran 2013].
- Annis, J., et al., 1999, The maxBCG technique for finding galaxy clusters in SDSS data, *American Astronomical Society*, 195, 1202.
- Arnouts, S. et al., 1999, Measuring and modelling the redshift evolution of clustering: the Hubble Deep Field North, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 310, 540.
- Arnouts, S. et al., 2007, The SWIRE-VVDS-CFHTLS surveys: stellar mass assembly over the last 10 Gyr. Evidence for a major build up of the red sequence between $z = 2$ and $z = 1$, *Astronomy & Astrophysics*, 476, 137A.
- Ascaso, B. et al., 2011, Evolution of Brightest Cluster Galaxy Structural Parameters in the Last ~ 6 Gyr: Feedback Processes Versus Merger Events, *The Astrophysics of Journal*, 726, 69A.
- Bahcall, N. A., 1991, Superclusters and pencil-beam surveys - The origin of large-scale periodicity, *The Astrophysics of Journal*, 376, 43B.
- Bahcall, N. A., 1999, *Formation of Structure in the Universe*, Cambridge University Press, http://ned.ipac.caltech.edu/level5/Sept01/Bahcall2/Bahcall_contents.html, ISBN: 0 521 58422 1 [Ziyaret Tarihi: 1 Agustos 2013].
- Balogh, M. et al., 2004, The Bimodal Galaxy Color Distribution: Dependence on Luminosity and Environment, *The Astrophysics of Journal*., 615:L101–L104.

- Banerji, M., 2009, *Galaxies in the Distant Universe: Colours, Redshifts and Star Formation*, Thesis (Phd), University College London.
- Benitez, N. 2000, Bayesian Photometric Redshift Estimation, *The Astrophysics of Journal*, 536, 571.
- Barbara, R., 2006, *Introduction to Cosmology*, The Ohio State University, <http://www.if.ufrgs.br/oei/santiago/fis02012/Introduction-Cosmology-Ryden.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 5 Kasım 2012].
- Bernardi, M. 2009, Evolution in the structural properties of early-type brightest cluster galaxies at small lookback time and dependence on the environment, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 395, 1491.
- Bernstein, G. and Huterer, D., 2010, Catastrophic photometric redshift errors: weak-lensing survey requirements, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 401, 1399B.
- Bershady, M. A. et al., 2000, Structural and Photometric Classification of Galaxies. I. Calibration Based on a Nearby Galaxy Sample, *Astrophysics of Journal*, 119, 2645.
- Bolte, M., 2013, *Continuum, Absorption & Emission Spectra*, New Mexico State University, <http://astronomy.nmsu.edu/geas/lectures/lecture19/slide02.html>, [Ziyaret tarihi: 1 Haziran 2013].
- Bolzonella, M. et al., 2000, Photometric redshifts based on standard SED fitting procedures, *Astronomy & Astrophysics*, 363, 476.
- Boulade, O. et al., 2003, MegaCam: the new Canada-France-Hawaii Telescope wide-field imaging camera, *The international society for optics and photonics*, 4841, 72B.
- Brammer, G. B. et al., 2008, EAZY: A Fast, Public Photometric Redshift Code, *The Astrophysics of Journal*, 686, 1503.
- Brehm, J. and Mullin, W., 1989, *Introduction to the Structure of Matter*, John Wiley & Sons, Inc., ISBN 0-471-60531-X.
- Brinchmann, J., 2013, *CFHTLS D3*, Leiden University, <http://home.strw.leidenuniv.nl/~jarle/Surveys/DeepFields/CFHTLS-03.html>, [Ziyaret tarihi: 1 Haziran 2013].
- Brodwin, M. et al., 2006, The Canada-France Deep Fields Survey. III. Photometric Redshift Distribution to $I_{AB} = 24$, *The Astrophysics of Journal Supplement*, 162, 20.

- Bruzual, G. and Charlot, S., 2003, Stellar population synthesis at the resolution of 2003, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 344, 1000.
- Budavári, T. et al., 2000, Creating Spectral Templates from Multicolor Redshift Surveys, *Astrophysics of Journal*, 120, 1588.
- Budavári, T. et al., 2001, Photometric Redshifts from Reconstructed Quasar Templates, *The Astrophysics of Journal*, 122, 1163.
- Calzetti, D. et al., 1994, Dust extinction of the stellar continua in starburst galaxies: The ultraviolet and optical extinction law, *The Astrophysics of Journal*, 429, 582C.
- Carroll, B. W. and Ostlie, D. A., 1996, *The Interaction of Light and Matter. An Introduction to Modern Astrophysics*. New York, New York: Addison-Wesley Publishing Company, Inc. pp. 134–142. ISBN 0-201-54730-9.
- Cfhtls, *Checks on Photometry*, The Canadian Astronomy Data Centre, <http://www2.cadc-ccda.hia-ihp.nrc-cnrc.gc.ca/community/CFHTLS-SG/docs/quality/photometry.html>, [Ziyaret Tarihi: 1 Ocak 2011].
- Coleman, G. D. et al., 1980, Colors and magnitudes predicted for high redshift galaxies, *The Astrophysics of Journal Supplement*, 43, 393C.
- Collins, *Collins Dictionary of Astronomy*, 2nd Ed., 2000, Harper Collins Publishers, 444, 449.
- Collins, G. W., 1978, *The Virial Theorem in Stellar Astrophysics*, Pachart Press, Introduction, ISBN: 0912918136.
- Connolly, A. J. et al., 1995, Slicing Through Multicolor Space: Galaxy Redshifts from Broadband Photometry, *Astrophysics of Journal*, 110, 2655C.
- Conselice, C. J. et al., 2000, The Asymmetry of Galaxies: Physical Morphology for Nearby and High-Redshift Galaxies, *The Astrophysics of Journal*, 529, 886.
- Conselice, C. J., 2003, The Relationship between Stellar Light Distributions of Galaxies and Their Formation Histories, *The Astrophysics of Journal Supplement*, 147, 1C.
- Conselice, C. J. et al., 2003, A Direct Measurement of Major Galaxy Mergers at $z < 3$, *Astrophysics of Journal*, 126, 1183.
- Coupon, J. et al., 2009, Photometric redshifts for the CFHTLS T0004 deep and wide fields, *Astronomy & Astrophysics*, 500, 981C.

- D'Abrusco, R., 2007, *The Large Scale Structure of the Nearby Universe*, Thesis (M.Sc), Università Degli Studi Di Napoli Federico 2.
- Dahlen, T. et al., 2010, A Detailed Study of Photometric Redshifts for GOODS-South Galaxies, *The Astrophysics of Journal*, 724, 425D.
- Dalcanton, J. J. 1996, A Proposal for Finding Clusters of Galaxies at $Z \gtrsim 1.5$, *The Astrophysics of Journal*, 466, 92.
- Davis, M. et al., 1985, The evolution of large-scale structure in a universe dominated by cold dark matter, *The Astrophysics of Journal*, 292, 371D.
- De Vittori, L., 2010, *Lecture Notes, Redshift Space Distortions*, Institut für Theoretische Physik, ETH Zürich, March 7, 2010.
- Desroches, L. B., 2012, *Redshift-space Distortions*, Berkeley University, <http://astro.berkeley.edu/~louis/astro228/redshift.html>, [Ziyaret Tarihi: 1 Nisan 2012].
- Dwek, E. et al., 2000, The Effect of Dust Evolution on the Spectral Energy Distribution of Galaxies, *Lecture Notes in Physics*, 548, 157D.
- Einasto, J., 2012, Large Scale Structure of The Universe - A Powerful Probe For Fundamental Physics, 2nd Galileo–XuGuangqi Meeting, *International Journal of Modern Physics: Conference Series*, Vol. 12 (2012) 100–109.
- Einasto, M. et al., 2011, The Sloan Great Wall. Morphology and Galaxy Content, *The Astrophysics of Journal*, 736, 51E.
- Eingorn, M. and Zhuk, A., 2012, Hubble flows and gravitational potentials in observable Universe, *arXiv:astro-ph*, 1205.2384v2.
- Feldmann, R. et al., 2006, The Zurich Extragalactic Bayesian Redshift Analyzer and its first application: COSMOS, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 372, 565F.
- Feuerbacher, B. and Stoewer, H., 2006, *Utilization of Space: Today and Tomorrow*, Springer, ISBN: 354029970X.
- Freyer, C., 2013, *Level 5 A Knowledgebase for Extragalactic Astronomy and Cosmology*, Caltech University, <http://ned.ipac.caltech.edu/level5/index.html>, [Ziyaret tarihi: 1 Haziran 2013].
- Freedman, W. L., 1998, Measuring the Hubble constant, *Physics Reports*, 307, 45F.

- Fukugita, M. et al., 1996, The Sloan Digital Sky Survey Photometric System, *Astrophysics of Journal*, 111,1748F.
- Garilli, B., et al., 2014, The VIMOS Public Extragalactic Survey (VIPERS). First Data Release of 57 204 spectroscopic measurements, *Astronomy & Astrophysics*, 562A, 23G.
- Geha, M., 2011, *Galactic Science with BigBOSS*, Yale University, http://www.noao.edu/meetings/bigboss/files/mgeha_BB.pdf, [Ziyaret tarihi: 1 Haziran 2013].
- Gladders, M. D. and Yee, H. K. C., 2000, A New Method For Galaxy Cluster Detection . I. The Algorithm, *Astrophysics of Journal*, 120, 2148G.
- Gladders, M. D., 2004, *Clusters of Galaxies: Probes of Cosmological Structure and Galaxy Evolution*, Cambridge University Press, 89, ISBN 10: 0521755778.
- González, R. E. and Padilla, N. D., 2010, Automated detection of filaments in the large-scale structure of the Universe, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 407, 1449G.
- Goto, T., et al., 2002, The Cut-and-Enhance Method: Selecting Clusters of Galaxies from the Sloan Digital Sky Survey Commissioning Data, *The Astrophysical Journal*, 123, 1807.
- Grogin, N. A. et al., 2011, Candels: The Cosmic Assembly Near-Infrared Deep Extragalactic Legacy Survey, *The Astrophysics of Journal Supplement*, 197, 35G.
- Gürol, B. ve Müyesseroğlu, Z., 2005a, *Ders 34: Kozmoloji*, Ankara Üniversitesi, http://astronomy.science.ankara.edu.tr/old/astro/turkce_ast/ders/genel_ders/win_ders34.html, [Ziyaret Tarihi: 1 Temmuz 2012].
- Gürol, B. ve Müyesseroğlu, Z., 2005b, *Ders 6: Hidrojen Atomu*, Ankara Üniversitesi, http://astronomy.science.ankara.edu.tr/old/astro/turkce_ast/ders/genel_ders/win_ders06.html, [Ziyaret Tarihi: 1 Temmuz 2012].
- Gwyn, S., 2011a, *Checks on Photometric Redshifts*, CFHTLS, <http://www2.cadc-ccda.hia-ihp.nrc-cnrc.gc.ca/community/CFHTLS-SG/docs/quality/zphot.html>, [Ziyaret Tarihi: 1 Ocak 2011].

- Gwyn, S., 2011b, *Photometry, Checks on Photometry*, <http://www2.cadc-ccda.hia-ihp.nrc-cnrc.gc.ca/community/CFHTLS-SG/docs/quality/photometry.html>, [Ziyaret tarihi: 1 Haziran 2013].
- Hansen, S. M. et al., 2005, Measurement of Galaxy Cluster Sizes, Radial Profiles, and Luminosity Functions From SDSS Photometric Data, *The Astrophysics of Journal*, 633, 122.
- Hartley, W. G., 2010, *Large-scale structure in the distant universe and the build-up of the passive population*, Thesis (Phd), University of Nottingham.
- Hawking, S. W. and Ellis, G. F. R., 1973, *The Large-Scale Structure of Space-Time*. Cambridge University Press. ISBN 0-521-20016-4.
- Hathi, N.P., 2008, *Structural and physical properties of high redshift galaxies in the Hubble Ultra Deep Field*, Thesis (Phd), Arizona State University.
- Haynes, M., 2011, *Hubble's Law*, University of Cornell, http://www.astro.cornell.edu/academics/courses/astro201/hubbles_law.htm, [Ziyaret Tarihi: 25 Kasım 2012].
- Hogg, D.W. et al., 2002, The K correction, *arXiv:astro-ph*, 10394H.
- Hubble, E., 1929, A Relation Between Distance and Radial Velocity Among Extra-Galactic Nebulae, *Publication of the National Academy of Science*, 15, 168H.
- Hubble Uzay Teleskobu, 1999, *A Grazing Encounter between Two Spiral Galaxies*, <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/1999/41/image/a/>, [Ziyaret tarihi: 1 Haziran 2013].
- Hudelot, P. et al., 2012, *T0007: The Final CFHTLS Release*, *CFHTLS*, <http://www.cfht.hawaii.edu/Science/CFHLS/T0007/>, [Ziyaret tarihi: 1 Haziran 2013].
- Ienna, F. and Pelló, R., 2006, Color distribution of galaxies in the CFHTLS-Deep fields, *sf2a.conf: Proceedings of the Annual meeting of the French Society of Astronomy and Astrophysics*, 347I.
- Ilbert, O. et al., 2006, Accurate Photometric Redshifts for the CFHT Legacy Survey Calibrated Using the VIMOS VLT Deep Survey, *Astronomy & Astrophysics*, 457, 841.
- Ilbert, O. et al., 2008, Photometric Redshifts and Stellar Mass Assembly in the 2-deg² COSMOS Field, *Astronomical Society of the Pacific Conference Proceedings*, 399, 169I.

- Ilbert, O. et al., 2009, COSMOS Photometric Redshifts with 30 bands for 2-deg² , *The Astrophysics of Journal*, 690.1236I.
- Iovino, A. et al., 2005, The VIRMOS deep imaging survey. IV. Near-infrared observations, *Astronomy & Astrophysics*, 442, 423I.
- Işık, M. ve Çamurcu, Y., 2007, K-Means, K-Medoids ve Bulanık C-Means Algoritmalarının Uygulamalı Olarak Performanslarının Tespiti, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11, 31-45.
- Jasche, J. and Wandelt, B. D., 2012, Bayesian inference from photometric redshift surveys, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 425.1042J.
- Jonathan, B. et al., 2010, Photometric redshifts: estimating their contamination and distribution using clustering information, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 408, 1168B.
- Kalemci, E., 2012, *Kozmoloji*, Sabancı Üniversitesi, <http://myweb.sabanciuniv.edu/ekalemci/kozmozoloji>, [Ziyaret Tarihi: 6 Kasım 2012].
- Kanwar, A. et al., 2008, The Size Function of Galaxy Disks out to $z \sim 1$ from the Canada-France-Hawaii-Telescope Legacy Survey, *The Astrophysics of Journal*, 682, 907.
- Karagöz, M., 2009, *İstatistik Yöntemleri*, Ekin Basım Yayım Dağıtım, Bursa, 975-8768-91-3.
- Keel, W. C., 2002, *The road to galaxy formation*, Springer, ISBN-10: 1852335742.
- Kınalı, A. ve Adıgüzel, Z. N., 2011, *Gözlemsel Kozmolojiden Kozmolojik Parametrelerin Belirlenmesi*, Diploma çalışması, Ege üniversitesi.
- Kinney, A. L. et al., 1996, Template Ultraviolet to Near-Infrared Spectra of Star-forming Galaxies and Their Application to K-Corrections, *The Astrophysics of Journal*, 467, 38.
- Koester, B. P. et al., 2007a, MaxBCG: A Red-Sequence Galaxy Cluster Finder, *The Astrophysics of Journal*, 660, 221K.
- Koester, B. P. et al., 2007b, A MaxBCG Catalog of 13,823 Galaxy Clusters from the Sloan Digital Sky Survey, *The Astrophysics of Journal*, 660, 239K.

- Kotulla, R. C., 2010, *Galaxy Evolution and the Redshift Desert*, Thesis (PhD). University of Hertfordshire.
- Kwon, Y. et al., 2010, *Scalable Clustering Algorithm for N-Body Simulations in a Shared-Nothing Cluster*, 6187, 132.
- Lallement, R., et al., 2011, Voyager Measurements of Hydrogen Lyman- α Diffuse Emission from the Milky Way, *Science*, 334, 1665.
- Laurino, O., 2009, *Deprojecting the AGN Universe Within the Virtual Observatory*, Thesis (M.Sc), Università Degli Studi Di Napoli Federico 2.
- Le F`Evre, O. et al., 2004, The VIRMOS deep imaging survey. I. Overview, survey strategy, and CFH12K observations, *Astronomy & Astrophysics*, 417, 839.
- Le Fèvre, O. et al., 2005, The VIMOS VLT deep survey. First epoch VVDS-deep survey: 11 564 spectra with $17.5 \leq I_{AB} \leq 24$, and the redshift distribution over $0 \leq z \leq 5$, *Astronomy & Astrophysics*, 439, 845L.
- Lilly, S. J. et al., 2007, zCOSMOS: A Large VLT/VIMOS Redshift Survey Covering $0 < z < 3$ in the COSMOS Field, *The Astrophysics of Journal Supplement*, 172, 70L.
- Lindner, U. et al., 1995, The structure of supervoids. I. Void hierarchy in the Northern Local Supervoid, *Astronomy & Astrophysics*, 301, 329L.
- Liu, F. et al., 2012, Five E+A (post-starburst) galaxies as Brightest Cluster Galaxies, *Science China Physics, Mechanics and Astronomy*, 55, 354L.
- Limboz, F., 2010, *Kozmolojiye Giriş Dersi Ders Notları*, İstanbul Üniversitesi.
- Lu, T. et al., 2009, Recent Arrival of Faint Cluster Galaxies on the Red-sequence: Luminosity Functions from 119 deg^2 of CFHTLS, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 399, 1858L.
- Lynds, R., 1971, The Absorption-Line Spectrum of 4c 05.34, *The Astrophysics of Journal*, 164, L73.
- Mazure, A. et al., 2007, Structure detection in the D1 CFHTLS deep field using accurate photometric redshifts: a benchmark, *Astronomy & Astrophysics*, 467, 49.

- Mccracken, H.J. et al., 2003, The VIRMOS deep imaging survey. II: CFH12K BVRI optical data for the 0226-04 deep field, *Astronomy & Astrophysics*, 410, 17.
- Megacam, 2013, *The MegaCam ugriz filter set*, The Canadian Astronomy Data Centre, <http://www1.cadc-ccda.hia-ihp.nrc-cnrc.gc.ca/megapipe/docs/filters.html>, [Ziyaret tarihi: 1 Haziran 2013].
- Mellier, Y. et al., 2008, *The CFHTLS T005 Release*. <http://terapix.iap.fr/cplt/oldSite/Descart/CFHTLS-T005-Release.pdf>, [Ziyaret tarihi: 1 Haziran 2012].
- Motl, P. M. et al., 2004, Formation of Cool Cores in Galaxy Clusters via Hierarchical Mergers, *The Astrophysical Journal*, 606, 635M.
- Nabokov, N. V. and Baryshev, Y. V., 2008, *A search for super-large structures in deep galaxy*, pc1 conf, 69N, ISBN 978-5-902632.
- Nmsu, 2013, *Properties of Galaxies*, New Mexico State University, <http://astronomy.nmsu.edu/geas/labs/manual/>, [Ziyaret Tarihi: 1 Haziran 2013].
- O'Dea, C. P. et al., 2008, An Infrared Survey of Brightest Cluster Galaxies. II. Why are Some Brightest Cluster Galaxies Forming Stars?, *The Astrophysics of Journal*, 681, 1035.
- O'connell, R., 2013, *ASTR 511: Astronomical Techniques*, Virginia University, <http://www.astro.virginia.edu/class/oconnell/ast511/lec15-f03.pdf>, [Ziyaret tarihi: 1 Eylül 2013].
- Oke, J. B., 1974, Absolute Spectral Energy Distributions for White Dwarfs, *The Astrophysics of Journal Supplement*, 27, 21O.
- Padilla, N. D. et al., 2005, Spatial and dynamical properties of voids in a Λ cold dark matter universe, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 363, 977P.
- Pannella, M. et al., 2009, The Evolution of Early- and Late-type Galaxies in the Cosmic Evolution Survey up to $z \approx 1.2$, *The Astrophysics of Journal*, 701, 787P.
- Penzias, A. A. and Wilson, R. W., 1965, A Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 Mc/s., *The Astrophysics of Journal*, 142, 419P.

- Pettini, M., 2012, *Physical Cosmology Basic Concepts Lecture 1*, University of Cambridge, <http://www.ast.cam.ac.uk/~pettini/PhysicalCosmology/lecture01.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 5 Kasım 2012].
- Postman, M. et al., 1996, The Palomar Distant Clusters Survey. I. The Cluster Catalog, *Astrophysics of Journal*, 111, 615.
- Postman, M. et al., 2002, The KPNO/Deeprange Distant Cluster Survey. I. The Catalog and the Space Density of Intermediate-Redshift Clusters, *The Astrophysics of Journal*, 579, 93.
- Rauch, M., 1998, *The Lyman Alpha Forest In The Spectra Of QSOS*, California Institute of Technology, <http://ned.ipac.caltech.edu/level5/Sept01/Rauch/frames.html>, [Ziyaret tarihi: 1 Haziran 2013].
- Relativity & Gravitation Group, 2012, *Galaxy Clusters and Large-Scale Structure*, University of Cambridge, Http://Www.Damtp.Cam.Ac.Uk/Research/Gr/Public/Gal_Lss.Html, [Ziyaret Tarihi: 5 Kasım 2012].
- Powell, R., 2012, *Mathematics*, Wikipedia, <Http://En.Wikiversity.Org/Wiki/Mathematics>, [Ziyaret Tarihi: 1 Haziran 2013].
- Rowan-Robinson, M. et al., 2008, Photometric Redshifts In The Swire Survey, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 386, 697r.
- Sarazin, C. L., 2013, *X-ray Emission from Clusters of Galaxies*, University of Caltech, <http://nedwww.ipac.caltech.edu/level5/March02/Sarazin/frames.html>, [Ziyaret Tarihi: 1 Haziran 2013].
- Schaap, W., 2007, *Sloan Great Wall*, Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Sloan_Great_Wall, [Ziyaret tarihi: 1 Eylül 2013].
- Schneider, P., 2006, *Extragalactic Astronomy and Cosmology*, Springer Berlin Heidelberg, New York, ISBN-10 3-540-33174-3, 978-3-540-33175-9.
- Schombert, J., 2012, *Astronomy 123: Galaxies and the Expanding Universe*, University of Oregon, <http://abyss.uoregon.edu/~js/ast123/>, [Ziyaret Tarihi: 1 Temmuz 2012].
- Scott, D. et al., 1994, 'Sample variance' in small-scale cosmic microwave background anisotropy experiments, *The Astrophysics of Journal*, 421L, 5S.
- Sdss, 2012, *The Hubble Tuning Fork*, Sloan Digital Sky Survey, <http://skyserver.sdss.org/dr1/en/proj/advanced/galaxies/tuningfork.asp>, [Ziyaret Tarihi: 10 Haziran 2012].

- Seo, H. J. et al., 2008, Passive Evolution of Galaxy Clustering, *The Astrophysics of Journal*, 681, 998S.
- Sezen, Ş. ve diğ., 2006, Fotometrik Kırmızıya Kayma Yöntemi Ve Uygulamaları, *XV. Ulusal Astronomi Kongresi*, İstanbul Kültür Üniversitesi, 689-698.
- Sezen, Ş., 2008, *Fotometrik Kırmızıya Kayma Yöntemi ile Lüminozite Fonksiyonu Hesabı*, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi.
- Sibthorpe, B. et al., 2013, Extragalactic number counts at 100 μ m, free from cosmic variance, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 428L, 6S.
- Sm1, 2013, SM, Princeton University, <http://www.astro.princeton.edu/~rhl/sm/>, [Ziyaret tarihi: 1 Eylül 2013].
- Sm2, 2013, *AST325: Making plots with SM (SuperMongo)*, University of Florida, <http://www.astro.ufl.edu/~lee/ast325/helpfiles/sm/>, [Ziyaret tarihi: 1 Eylül 2013].
- Snls Team, 2013, *CFHTLS Deep & Wide Fields*, University of Toronto, <http://www.cfht.hawaii.edu/Science/CFHLS/cfhtlsdeepwidefields.html>, [Ziyaret tarihi: 1 Eylül 2013].
- Somerville, R. S. et al., 2004, Cosmic Variance in The Great Observatories Origins Deep Survey, *The Astrophysics of Journal*, 600:L171.
- Takamiya, M., 1999, Galaxy Structural Parameters: Star Formation Rate and Evolution with Redshift, *The Astrophysics of Journal*, 122, 109T.
- Taylor-Mager, V. A. et al., 2007, Dependence of Galaxy Structure on Rest-Frame Wavelength and Galaxy Type, *The Astrophysics of Journal*, 659, 162T.
- Terapix1, 2012, *CFHTLS-Deep & Wide targets*, Terapix, http://terapix.iap.fr/cplt/T0007/table_syn_T0007.html, [Ziyaret tarihi: 1 Ocak 2015].
- Trenti, M. and M. Stiavelli 2008, Cosmic Variance and Its Effect on the Luminosity Function Determination in Deep High-z Surveys, *The Astrophysics of Journal*, 676,767.
- Tully, R. B., 1982, The Local Supercluster, *The Astrophysics of Journal*, 257, 389T.
- Van de Weygaert, R, 1991, Quasi-periodicity in deep redshift surveys, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 249, 159.

- Vettolani, G. et al., 1997, The ESO Slice Project (ESP) galaxy redshift survey. I. Description and first results, *Astronomy & Astrophysics*, 325, 954.
- Villanueva, J. C., 2009, *Structure of the Universe*, universetoday, <http://www.universetoday.com/37360/structure-of-the-universe/>, [Ziyaret Tarihi: 6 Kasım 2012].
- Voit, G. M. et al., 2008, Conduction and the Star Formation Threshold in Brightest Cluster Galaxies, *The Astrophysics of Journal*, 681L, 5V.
- Waterhouse, T. P., and Zibin, J. P., 2008, The cosmic variance of Ω , *arXiv:astro-ph*, 0804, 1771W.
- Weiner, B. J. et al., 2005, The DEEP Groth Strip Galaxy Redshift Survey. III. Redshift Catalog and Properties of Galaxies, *The Astrophysics of Journal*, 620, 595W.
- Wen, Z. L. et al., 2009, Galaxy Clusters Identified from the SDSS DR6 and Their Properties, *The Astrophysics of Journal*, 183,197.
- Wen, Z. L. and Han, J. L., 2011, Galaxy Clusters at High Redshift and Evolution of Brightest Cluster Galaxies, *The Astrophysics of Journal*, 734, 68W.
- Wen, Z. L. et al., 2012, A Catalog of 132,684 Clusters of Galaxies Identified From Sloan Digital Sky Survey III, *The Astrophysics of Journal*, 199, 34.
- Wk1, 2010, *Lyman series*, Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Lyman_series, [Ziyaret tarihi: 1 Eylül 2012].
- Wk2, 2013, *Büyük Patlama*, Wikipedia, [http://tr.wikipedia.org/wiki/Büyük Patlama](http://tr.wikipedia.org/wiki/Büyük_Patlama), [Ziyaret tarihi: 1 Eylül 2013].
- Wiora, G., 2005, *Redshift*, Wikipedia, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Kırmızıyakayma>, [Ziyaret tarihi: 20 Eylül 2014].
- Wirth, G. D., 2013, *Astronomical Magnitude Systems*, University of Victoria, <http://www.astro.utoronto.ca/~patton/astro/mags.html>, [Ziyaret tarihi: 1 Eylül 2013].
- Witting, S., 2006, *Gravitational redshift in clusters of galaxies*, Thesis (M. Sc.), Dark Cosmology Centre Niels Bohr Institute Faculty of Science University of Copenhagen.
- Wolfe, A. M. et al., 2005, Damped Ly α Systems, *Astronomy & Astrophysics*, 43, 861.

7. ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Mukadder İGDI ŞEN
Uyruğu	T.C.
Doğum Yeri	Bursa
E-mail	mukaddersen@trakya.edu.tr

Eğitim

Derece	Kurum/Anabilim Dalı/Programı	Yılı
Doktora	İstanbul Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü/ Astronomi ve Uzak Bilimleri	2015
Yüksek Lisans	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü/ Fizik / Astrofizik	2008
Lisans	İstanbul Teknik Üniversitesi / Uçak ve Uzak Mühendisliği Fakültesi / Uzak Mühendisliği	1995

Makaleler / Bildiriler

1. Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler:

- **Sen, M.** İGDI.; Limboz, F.; Gün, G. İKİS, 2010, "XMM-Newton Data Analysis of WX Hydri", ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY AFTER GAMOW: Proceedings of the 4th Gamow International Conference on Astrophysics and Cosmology After Gamow and the 9th Gamow Summer School "Astronomy and Beyond: Astrophysics, Cosmology, Radio Astronomy, High Energy Physics and Astrobiology". AIP (American Institute of Physics) Conference Proceedings, Volume 1206, pp. 462-468.

2. Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve bildiri kitabında basılan Bildiriler:

- **İğdi-Şen M.**, “CFHTLS D2 Alanının Fotometrik Kırmızıya Kayma Analizi”, Türk Fizik Derneği 31. Uluslararası Fizik Kongresi (Sözlü Sunum), 21-24 Temmuz 2014, Bodrum, Türkiye
- **İğdi-Şen M.**, Karataş Y., “CFHTLS D4 Derin Alanının Fotometrik Analizi”, Türk Fizik Derneği 31. Uluslararası Fizik Kongresi (Sözlü Sunum), 21-24 Temmuz 2014, Bodrum, Türkiye
- **İğdi-Şen M.**, “X-rays of Cataclismic Variables”, Azarquiel School of Astronomy - A bridge between East and West (Sözlü Sunum), 4-11 July 2010, Granada University, Granada, Spain
- **İğdi-Şen M.**, “X-rays of Some Special Systems”, Astrophysics of Neutron Stars Workshop - Third Circular (Poster), 31 August – 4 September 2009, Sabanci University, Istanbul, Turkey
- **İğdi-Şen M.**, Limboz F., İkis-Gün G., “XMM-Newton Data Analysis of WX Hydri”, "Astrophysics and Cosmology after Gamow: recent progress and new horizons" : 4-th Gamow International Conference in Odessa and 9-th Gamow Summer School “Astronomy and beyond: Astrophysics, Cosmology, Radio Astronomy, High Energy Physics and Astrobiology”, (Sözlü Sunum) 17-23 August 2009, Odessa University, Odessa, Ukraine

3. Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan Bildiri ve Posterler ile Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler:

- **İğdi-Şen M.**, “Ülkemizdeki Hava Aracı Bakım, Onarım ve Yenileştirme Faaliyetleri”, VIII. Ulusal Uçak, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı 22-23 Mayıs 2015, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Eskişehir, Türkiye (Sözlü Sunum).
- **İğdi-Şen M.**, İkis-Gün G., Limboz F., “Bir Katakлизмik Değişenin XMM-Newton İle X-ışın Veri Analizi”, XVIIth National Astronomy Congress of Turkey (Sözlü Sunum), 31 August- 4 September 2010, Cukurova University, Adana, Turkey
- **İğdi-Şen M.**, “Güneş Gözlem Uyduları ve Astrofiziğe Katkıları”, Güneş ve Güneş Benzeri Yıldızlar Sempozyumu (Poster), 11 Haziran 2010, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
- **Amateur Astronomy Symposium** (Poster), 4-11 July 2009, Istanbul Kültür University, Istanbul, Turkey
- **XVIth National Astronomy Congress of Turkey** (Sözlü Sunum), 08-12 September 2008, Canakkale Onsekiz Mart University, Canakkale, Turkey
- **İğdi-Şen M.**, İkis-Gün G., Eker Z. “ Coşkun Değişen VW Hyi", Amatör Astronomi Kongresi, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul, 10-14 July 2007