Galaktik Novaların Uzaklıkları

Program Kodu: 3001

Proje No: 114F271

Proje Yürütücüsü:
Doç. Dr. Tolga GÜVER

Araştırmacı(lar):
Prof. Dr. Tansel AK

Bursiyer(ler):
Aykut ÖZDÖNMEZ
Muhammed Diyaddin İLHAN

AĞUSTOS 2016
İSTANBUL

ÖNSÖZ

Projede yıldızlararası kızarma miktarı farklı yollarla tayin edilmiş Galaksimizdeki Galaktik novalar için kırmızı yığın yıldızlarının kızılötesi gözlemlerinin kullanılması ile uzaklık ölçümlerinin yapılması amaçlanmaktadır Bu amaç doğrultusunda çalışılan proje Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir.

Proje sonucunda İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsünde bir doktora tezi yaptırılmaktadır ve projenin bulgu ve sonuçları derlenerek SCI kapsamındaki uluslararası bir dergi olan Monthly Notices of the Royal Astronomical Society'de (MNRAS) yayımlanmıştır. Uzaklık tayini çalışmalarımızın devamı olan bir başka makale tamamlanmak ve yayına gönderilmek üzeredir. Son olarak proje kapsamında sağlanan imkanlar ile bir de Yüksek Lisans tezi yapılmış ve başarıyla sunularak tamamlanmış, proje bursiyeri doktora öğrencimizinde doktora tezi tamamlanmak üzeredir. Projeyi destekleyen ve projenin sonuçlanması için emek harcayan tüm araştırmacılara ve bursiyerlere içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....i
İÇİNDEKİLER.....ii
TABLO ve ŞEKİL LİSTELERİ.....iii
ÖZET.....iv
SUMMARY.....iv
1. GİRİŞ.....1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....2
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....9
3.1. Galaktik Novaların Kızarma Ölçümleri.....9
3.2. Standart Kaynak Olan Kırmızı Yığın Yıldızları.....11
3.3. Fotometrik Veriler.....12
3.4. Kırmızı Yığın Yıldızlarının Seçimi ve Kızarma-Uzaklık İlişkilerinin Belirlenmesi.....13
3.5. Uzaklıkların Hesabı.....19
3.6. Galaktik Novaların Maksimum Parlaklık ve İniş Oranları.....20
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....22
4.1. Galaktik Novaların Kızarma Ölçümlerinin Karşılaştırılması.....22
4.2. Galaktik Novaların Uzaklıkları.....24
4.3. Galaktik Novaların MMRD İlişkisi.....30
5. SONUÇLAR.....32
KAYNAKLAR.....35
EKLER.....44
EK A. Galaktik Novalar.....44
A1. Genişleme Paralaksı Ölçümlerine Sahip Novalar.....44
A2. Genişleme Paralaksı Ölçümleri Olmayan Novalar.....51
Ek B: Uzaklıkları Hesaplanamayan Novalar.....67
Ek C: Kızarma – Uzaklık İlişkileri.....67
Ek D: MMRD İlişkisinin İncelenmesinde Kullanılan Galaktik Novalar.....72

TABLO ve ŞEKİL LİSTELERİ

Tablo Listesi

Tablo 1. Her bir kızarma ölçüm yöntemine göre $E(B-V)_{lit}$ ve $E(B-V)_{mean}$ arasındaki farkların medyan ve standart sapması 23
Tablo 2. Genişleme paralaksı bilinen novalar için sonuçlar 27
Tablo 3. Genişleme paralaksı bilinmeyen novaların uzaklıkları. 28
Tablo 4. Uzaklıkların alt/üst limitlerinin hesaplanabildiği novalar için sonuçlar. 30
Tablo Ek B. Uzaklıkları hesaplanamayan Galaktik novalar.....67
Tablo Ek D. MMRD ilişkisinin incelenmesinde kullanılan Galaktik novaların özellikleri ….72

Şekil Listesi

Şekil 1. Kızarma ölçümü bulunan novaların Galaktik koordinatlara göre dağılımı. 11
Şekil 2. V1500 Aql doğrultusundaki 0.8x0.8 derece karelik alan için (a) gözlemsel ve (b) kuramsal renk-parlaklık diyagramları.....14
Şekil 3. Dört farklı doğrultuda cüce karışım oranları. 9
Şekil 4. (a) V407 Cyg ve (b) V496 Sct novalarının uzaklıkları üzerinden olasılık dağılımı..... 20
Şekil 5. Her bir nova için kızarma ölçümlerinin ($E(B-V)_{lit}$) novaya ait ortalama kızarma değerinden ($E(B-V)_{mean}$) farklarının kızarma ölçüm yöntemlerine göre dağılımı.....23
Şekil 6. WY Sge doğrultusunda dört farklı yarıçap için elde edilen kızarma-uzaklık ilişkileri.....24
Şekil 7. Dört senaryo için kızarma – uzaklık ilişkileri; (a) net uzaklık ölçümü, (b) modellerden yardım alınarak belirlenen uzaklık ölçümü, (c) sadece uzaklıktaki alt limitin verilebildiği ölçüm ve (d) uzaklığın hesaplanamadığı ölçüm.....26
Şekil 8. Çalışmamızda hesaplanan uzaklıkların (d_c) literatürdeki genişleme paralakslarıyla (d_{exp}) karşılaştırması.....28
Şekil 9. Galaktik novaların Güneş merkezli Galaktik uzaklıklarının Galaktik düzlemdeki (X, Y) ve kutupsal düzlemdeki (X, Z) dağılımları.....29
Şekil 10. $M_{V,max} - t_{2,3}$ dağılımları.....32
Şekil Ek C1. Genişleme paralaksları bilinen novalar doğrultusunda elde edilen kızarma uzaklık ilişkileri.....68
Şekil Ek C2. Tablo 3'de listelenen novaların kızarma-uzaklık ilişkileri.....70
Şekil Ek C3. Tablo 4'te yer alan novaların kızarma-uzaklık ilişkileri.....71

ÖZET

GALAKTİK NOVALARIN UZAKLIKLARI

Birçok yakın kızılötesi gökyüzü tarama verilerinden elde edilen renk-parlaklık diyagramlarındaki kırmızı yığın yıldızlarının kendine özgü konumlarının tesbit edilmesiyle, kızarma ölçümleri bulunan 119 Galaktik nova doğruldusunda kızarma-uzaklık ilişkileri elde edilmiştir. Kızarma-uzaklık ölçümlerinin novaların kızarma ölçümleri ile karşılaştırılması vasıtasıyla, örnekte yer alan her nova için en olası uzaklıklar hesaplanmıştır. Çalışmada uzaklık ölçüm yöntemleri ve sonuçların detayları verilmiş olup, 73 Galaktik novanın uzaklığı ve 46 sistemin de uzaklıklarının alt limiti hesaplanabilmiştir. Örnekteki her nova doğrultusundaki kızarma-uzaklık ilişkileri çalışmamızda sunulmuştur. Bu ilişkiler görüş doğrultusundaki farklı Galaktik bileşenlerin analizinde kullanışlı olabilir.

Galaktik novaların maksimum parlaklık düşüş oranının (Maximum Magnitude Rate of Decline, MMRD) tekrardan belirlenebilmesi için, kızarma-uzaklık ilişkilerinden ve genişleme paralakslarından gelen uzaklıklar kullanılmıştır. Uzaklık ölçümü, nova patlamasındaki maksimum parlaklık ve maksimum parlaklıktan düşüş oranı bilinen yaklaşık 60 Galaktik nova kullanılarak MMRD ilişkisi elde edilmiştir. Elde edilen MMRD ilişkisi Galaksimiz ve diğer galaksiler için elde edilmiş ilişkiler ile karşılaştırılmıştır. MMRD ilişkisi standart uzaklık ölçüm metodu olarak kullanılabilir. Ayrıca, Galaksimiz ve diğer Galaksiler için elde edilen ilişkilerin karşılaştırılması, galaksilerdeki nova dağılımlarındaki farklılıkların anlaşılmasında yardımcı olabilir.

THE DISTANCES of GALACTIC NOVAE

Utilising the unique location of the red clump giants on colour-magnitude diagrams obtained from various near-IR surveys, we derived specific reddening-distance relations towards 119 Galactic novae for which independent reddening measurements are available. Using the derived distance-extinction relation and the independent measurements of reddening we calculated the most likely distances for each system. We present the details of our distance measurement technique and the results of this analysis, which yielded the distances of 73 Galactic novae and allowed us to set lower limits on the distances of 46 systems. We also present the reddening-distance relations derived for each nova, which may be useful to analyze the different Galactic components present in the line of sight.

In order to re-establish the Maximum Magnitude Rate of Decline (MMRD) relation of Galactic novae, we used the distances of them obtained from the reddening-distance relations and expansion parallaxes. We investigated the relation using ~60 Galactic novae, which have the distance measurement, the magnitude at maximum of the nova outburst and the decline rate. It is possible to use the MMRD relation as a standard tool for distance measurement. In addition, the relations for our Galaxy and the ones obtained from other galaxies can be compared to understand the differences of nova distributions in different galaxies.

1. GİRİŞ

Novalar beyaz cüce ve beyaz cüceye kütle aktaran bir bileşen yıldızdan oluşan kısa yörünge dönemli kataklismik değişenlerin (KD; bkz. Warner, 1995; Bode ve Evans, 2008; Woudt ve Ribeiro, 2014) bir sınıfıdır. Kataklismik değişenlerin diğer sınıfları arasında en yüksek genlikli patlamaya sahip sistemler olarak tanımlanırlar ve nova patlamaları, beyaz cücenin yüzeyinde biriken hidrojence zengin tabakanın termonükleer reaksiyonları neticesinde kabuğun beyaz cüceden dışa atılmasıyla gerçekleşir. Nova patlamaları bir novanın gözlem tarihi boyunca sadece bir kere gözlenirken, daha yüksek kütle transfer oranına ve daha büyük kütleli beyaz cüceye sahip sistemler olan tekrarlayan novalardan daha küçük genlikli birden fazla nova patlaması gerçekleşir (bkz. Schaefer, 2010).

Novalar sadece patlama sırasında keşfedildiğinden, bu sistemlerin kendi içinde sınıflandırılması genellikle patlamanın gözlemsel parametrelerine göre yapılmaktadır. Bunlar sönükleşme hızı (örn. Gaposchkin 1957) veya patlama sırasında alınan tayfsal (Williams 1992) özelliğidir. Bileşen yıldızın evrimindeki aşamasına (Darnley vd. 2012) veya patlama maksimumundan üç kadir azalması için gereken zaman ile patlama ışık eğrisinin şekline göre (Strope vd., 2010) alternatif sınıflamalar ileri sürülmüştür. Buna ek olarak novaların yer aldığı galaksideki konumlarına ve yıldız popülasyonlarına göre ‘disk’ veya ‘şişkin bölge’ novaları olmak üzere de sınıflandırılmıştır. Özellikle He/N sınıfındaki novalar ≤100 pc yükseklik ölçeğinde Galaktik düzlem boyunca yığılmışken, Fe II novaları $z \leq 1000$ veya daha ötesinde yüksekliklerde daha homojen olarak dağılmaktadır (Della Valle vd., 1998). Burada z; Galaktik diskten dikine uzaklığı temsil etmektedir. Galaksimiz için yapılan novaların uzay dağılımları analizleri, bu sistemlerin ~125 pc yüksek ölçeğinde daha çok Galaktik düzleme yakın bölgelerde yer aldıklarını öngörmektedir (Duerbeck, 1981; Della Valle vd., 1992; Özdönmez vd., 2015). Ancak, uzaklık ölçümlerindeki dikkate değer belirsizlikten dolayı novaların uzay dağılımları üzerine yapılan bu çalışmaların istatistik önemi nispeten azdır. Novaların uzaklıklarının duyarlı bir yöntem ile hesaplanması, bu nesnelerin hem astrofiziksel parametrelerinin hem de uzay dağılımlarının hesaplanmasına imkan tanır.

Nova patlamasıyla atılan kabuğun açısal genişlemesi çözümlenebildiği takdirde, novaların uzaklıklarını genişleme paralaksı yöntemiyle belirlemek mümkündür. Ancak, genişleme paralaksından hesaplanan uzaklıklarda dikkati çeker düzeyde belirsizlikler bulunmaktadır. Bu belirsizlikler genişleme hızlarının ve kabuğun boyutunun ölçümünden kaynaklanmaktadır. Tüm bu belirsizlikler bir kenara konulursa, genişleme paralaksı yönteminden belirlenen uzaklıkların trigonometrik paralakstan sonraki en duyarlı yöntem olduğu ileri sürülmektedir.

Ancak tüm gözlemsel tarih boyunca genişleme paralaksı ölçülebilmiş novaların sayısı 30'u geçmemektedir. Dahası, tüm bu novalar yakın sistemler olup genellikle 2 kpc'ten daha yakındadır (Slavin vd. 1995; Downes ve Duerbeck, 2000). Novaların uzaklıkları fotometrik olarak da hesaplanabilir. Eğer bir novanın patlama ışık eğrisi gözlenebilirse, Galaktik novalar için (örn. Cohen, 1985; Downes ve Duerbeck, 2000) ve ekstra galaktik nova popülasyonu için (örn. Capaccioli vd., 1990; della Valle ve Livio, 1995; Darnley vd., 2006) MMRD ilişkisinden uzaklıklar belirlenebilir. Ancak yakın zamanda Kasliwal vd. (2011) sönük ve hızlı ekstra Galaktik nova örneği keşfetmiştir. Bu örnekten elde edilen dağılımlar, araştırmacıların MMRD ilişkisinin varlığını sorgulanmasına neden olmuş ve aynı çalışmada MMRD ilişkisinin tekrarlayan novalar için kullanılamayacağı da ortaya konulmuştur.

Bu projede Galaktik novaları içeren büyük bir örneğin uzaklıklarının hesaplanması amaçlanmıştır. Yıldızlararası kızarma ölçümleri bulunan novalar doğrultusunda standart kaynak olarak kırmızı yığın yıldızları kullanılarak elde edilen kızarma-uzaklık ilişkileri elde edilmiş ve her novanın kızarma ölçümü ile bu ilişki karşılaştırılarak örneğimizde yer alan her bir nova için uzaklıklar ölçülmüştür. Böylesi sistematik bir yöntem ile uzaklıkların hesaplanması bu sistemlerin uzay dağılımlarının ve ışıma gücü fonksiyonlarının anlaşılmasında çok önemlidir. Örneğin MMRD ilişkisinin varlığı uzun yıllar boyunca sorgulanmıştır. Projede kullanılan yöntem ile hesaplanan uzaklıklar ve patlama ışık eğrisi parametreleri kullanılarak, Galaktik novalar için MMRD ilişkisi yeniden elde edilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Çalışmamıza konu olan novalar kataklismik değişenlerin bir sınıfıdır. Bu sistemler birincil bileşeni bir beyaz cüce, ikincil bileşeni (bileşen yıldız veya bileşen) geç tayf türünden bir anakol yıldızı olan ve bileşenden beyaz cüceye doğru madde aktarımı başlamış yarı ayrık çift yıldız sistemleridir. Roche lobunu doldurmuş olan anakol yıldızından taşan madde iç Lagrange noktasından beyaz cücenin Roche lobuna $\sim 10^{-10}$-10^{-9} $M_\odot$/yıl'lık oranlarla aktarılır; ancak, gerek maddenin yüksek açısal momentumu gerekse beyaz cücenin boyutunun küçük olması sebebiyle bu madde doğrudan beyaz cüce üzerine düşmektense spiraller çizer ve yeni gelen madde ile buluşarak beyaz cücenin etrafında simit (torus) şeklinde bir yapı oluşturur. Bu simitteki sürtünme kuvvetleri bir kısım maddeye açısal momentum kazandırırken bir kısmına kaybettirir ve simit zamanla yayılarak bir yığılma diskine dönüşür. Yeni gelen madde tarafından sürekli beslenen bu disk bir kataklismik değişenin en belirgin göstergesidir. Bileşen yıldızdan gelen maddenin diske çarparak kinetik enerjisini ışınıma çevirmesiyle çarpışma bölgesinde bir sıcak leke (veya parlak leke) oluşur. Beyaz cücenin manyetik alanından doğan manyetik basınç ile diskin gaz basıncının dengelendiği Alfven

yarıçapı civarında yığılma diski kesilerek, bundan sonra beyaz cüceye kadar bir geçiş bölgesi meydana gelir. Diskin iç kısmındaki madde beyaz cüce üzerine manyetik alan çizgileri boyunca yol alarak düşer. Yeterince şiddetli manyetik alana sahip beyaz cücelerin etrafında disk oluşumu engellenebilir ki bu durumda madde beyaz cüceye yığılma kolonları ile yığışır. Daha az (orta) şiddetteki manyetik alanlarda disk beyaz cüceden daha uzakta kesilerek yığılma işlemi yığılma perdeleri ve kolonları ile gerçekleşebileceği gibi, böyle sistemlerde disk zaman zaman tümüyle ortadan kaybolabilir. Kataklismik değişenler hakkında ayrıntılı bilgi için Warner (1995), Hellier (2001) ve Knigge (2011) önerilir. Kataklismik değişenler standart evrim modeline göre, uzun yörünge dönemlerinde ($P \gtrsim 3$ saat) yörüngesel açısal momentumun manyetik frenleme ve kısa yörünge dönemlerinde ise ($P \lesssim 2$ saat) çekimsel ışınım sebebiyle kaybedilmesi neticesinde, sistem oluştuğu yörünge döneminden daha kısa yörünge dönemlerine doğru evrimleşir (Knigge 2011). Sistemlerin kataklismik değişen olarak gözlenemedikleri yaklaşık 2-3 saatlik yörünge dönemi aralığına *yörünge dönemi boşluğu* adı verilir. Novalar genellikle dönem boşluğunun üzerinde yer alan kataklismik değişenlerin diğer sınıflarına göre kısmen daha büyük kütle aktarım oranına sahip sistemlerdir.

Novanın gözlendiği konumda çoğu zaman daha önce başka bir nesne gözlenmemiştir ve kataklismik değişenlerin diğer sınıfları arasında en yüksek genlikli nova patlaması ile parlaklığı 1-3 günde 8-20 kadir artar (Strope vd., 2010). Nova patlamaları genel kabul gören aşamalar sonucunda oluşur: Bileşen yıldızdan aktarılan maddenin beyaz cücenin üzerinde yavaşça birikmesiyle zamanla boyutu büyüyen hidrojen bakımından zengin bir tabaka oluşur. Buradaki madde beyaz cücenin yüksek kütle çekim kuvvetinden dolayı çok fazla sıkışır ve bu güçlü basıncın altında elektronlar dejenere olur. Basıncın zamanla artmasıyla sıcaklık da artar. Ancak basıncı sıcaklığa bağlı olan ideal gazlardan farklı şekilde, dejenere gazda basınç mol sayısına bağlıdır ve hidrojen tabakasında artan gazdaki sıcaklık gazın termal genişlemesiyle karşılanamaz. Hidrojen tabakası için kritik basınç değerine ulaşılana kadar sıcaklık ve gazın kütlesi artmaya devam eder. Bu kritik değerde tabakadaki hidrojen yanmaya başlar ve nükleer-füzyon reaksiyonları meydana gelir. Bunun bir sonucu olarak hidrojen tabakasının büyük bir bölümü beyaz cüceden fırlatılır ve novanın etrafında bir kabuk oluşur. Beyaz cücenin yüzeyi üzerindeki bu termonükleer olay *nova patlaması* olarak isimlendirilir. Nova patlamasından sonra sistemin sakin evreye sönükleşmesi ise birkaç yıl veya daha fazla sürebilir. Patlama maksimumdan sönükleşme süresi sistemden sisteme çok farklılaşabilir. Novalar patlama maksimumundan sönükleşirken 2 (Payne-Gaposchkin, 1957) veya 3 (Duerbeck, 1981) kadir sönükleşme süresine göre sınıflanırlar. Bu parametreler sırasıyla t_2 ve t_3 sembolleriyle gösterilir ve iniş oranı diye de anılır. Sınıflama şemasına göre t_2 değeri 10 günden kısa olan sistemler çok yavaş, 11-25 gün olanlar hızlı nova, 26-80 gün olanlar orta hızlı, 81-150 gün olanlar yavaş, 151-250 gün olanlar ise çok yavaş nova olarak

sınıflanır (Warner, 1995). Strope vd. (2010) 200 kadar novanın AAVSO (American Association of Variable Star Observers) ışık eğrilerini inceleyerek bunların içinden 93'ünün iyi gözlenmiş ışık eğrilerini seçmiş ve ışık eğrisi yapılarını değerlendirerek yeni bir sınıflama şeması önermiştir. Strope vd.'nin (2010) sınıflama şemasında yedi sınıfa ayrılan novalardan S sembolü ile etiketlenenlerin ışık eğrileri patlama maksimumundan eksponansiyel olarak sönükleşirken, P sınıfı olanlar S sınıfının ışık eğrisine ilaveten sönükleşme sırasında düzlükler gösterir. D sınıfı novalarda toz oluşumundan kaynaklandığı düşünülen ani sönükleşmeler, C sınıfı olanlarda iniş sırasında yeni bir parlaklık artışı, O sınıfı olanlarda sakin evre parlaklığı öncesi yüksek genlikli parlaklık salınımları, F sınıfı olanların ışık eğrilerinin maksimumu civarında düzleşme, J sınıfı olanlarda ise inişin son kısımlarında 2-3 kadir genlikli parlamalar gözlenir. Bu sınıflama şeması nova ışık eğrilerindeki zengin çeşitliliğin de bir göstergesidir.

Nova patlamaları sırasında veya kısa bir süre sonra sistemden alınan tayflar da oldukça çeşitlidir. Ancak, Williams (1992) novaların optik bölgede alınmış patlama tayflarını elde ederek, novaların Fe II ve He/N olmak üzere iki farklı tayfsal sınıfa ayrılacağı ileri sürmüştür. Patlamadan kısa bir süre sonra Fe II novaları kolayca belirlenen Balmer ve Fe II emisyon çizgileri (genellikle P Cygni profili) gösterirken, He/N novalarında güçlü H, He ve N çizgileriyle birlikte çok az veya hiç Fe II emisyonu gözlenir. Fe novalarının He/N novalarına göre daha yavaş evrimleştiği, daha düşük genişleme hızlarına sahip olacağı ve iyonizasyon seviyelerinin daha düşük olacağı genelde kabul edilmektedir. M31 galaksisindeki novaların ~ %80'inin Fe II, %20'sinin He/N sınıfı sistemler olduğu ileri sürülmüştür (Shafter 2011); bunun Galaktik novalar için de benzer olduğu düşünülmektedir. Novaların küçük bir oranı da her iki sınıfın karakteristiğini gösterir ve bunlar "hybrid" veya geniş çizgili Fe II (FeIIb) novaları olarak isimlendirilir. Bu sistemler patlamadan kısa bir süre sonra Fe II novalarına benzer, fakat emisyon çizgileri daha geniştir. Sonrasında klasik He/N tayfı gösterebilir, ama tipik dar çizgili Fe II novalarına evrimleştikleri görülmemiştir. Yakın zamanda Williams (2012) Fe emisyon tayfının büyük çoğunluğunun patlama sırasında bileşen yıldızdan kopan gazda oluştuğunu ileri sürmüştür. Diğer bir deyişle büyük kütle oranlı ($q = M_{bileşen} / M_{beyaz\,cüce}$) nova sistemlerin (düşük kütleli beyaz cüceye sahip) Fe II tayfı oluşturmasının daha muhtemeldir.

Daha küçük genlikli nova patlamalarını birden fazla geçiren kataklismik değişenlere tekrarlayan novalar (TN) denir (bkz. Schaefer, 2010) ve bunlar kataklismik değişenlerin diğer bir alt grubunu oluşturur. Klasik novalardan (KN) farklı olarak, bu sistemler yüksek kütle transfer oranı (~10^{-8} $M_\odot$ yıl^{-1}) ile daha kütleli beyaz cüceye ($M_1 > 1M_\odot$) sahiptir ve bu sebeple patlamaları 10-100 yılda bir tekrarlanır. Nova patlamasının tetiklenmesi için beyaz cüceye yığılan kütlenin belirli bir miktara ulaşması gereklidir, bu tetikleme için gerekli kütle büyük

kütleli beyaz cücelerde daha azdır (Yaron vd., 2005) ve büyük kütle aktarım oranlarında tetiklenme kütlesine daha hızlı ulaşılır. Bu sebeple bu iki faktörün kombinasyonu TN'lerde görülen kısa tekrarlama zamanlarını sağlar (Sekiguchi, 1995; Townsley, 2008). Benzer şekilde bu iki faktör bir beyaz cücenin Tip Ia süpernova (SN Ia) patlaması geçirmesi için gereklidir. Bu sebeple TN'ler, uzun zamandan beri süre gelen SN Ia öncesi ata yıldız sorunun çözümünde en iyi olasılıklardan biridir. Aslında SN Ia PTF 11kx, ata yıldızının bir simbiyotik (dev bileşenli sistem) TN olabileceğine dair kanıt sergilemiştir.

Her ne kadar KN'ler sadece bir kez nova patlaması gözlenmiş sistemler olarak tanımlansa da gözlem tarihimiz boyunca ikinci veya daha fazla nova patlaması gizli kalmış, aslında TN olan sistemler olabilir. Pagnotta ve Schaefer (2014), Galaksimizdeki TN'lerin oranını ve kaç TN'nin KN olarak gizlendiğinin üzerine çalışmıştır. Bunun için 237 Galaktik KN ve 10 iyi bilinen Galaktik TN'nin tayfına ve ışık eğrisi üzerine bilgileri toplayarak ve istatistiğini oluşturarak, 7 duruma göre TN adaylarını tanımlamıştır: (1) Patlama genliği $14.5 - 4.5 \times \log(t3)$'ten küçük, (2) yörünge dönemi >0.6 gün, (3) kızılötesi renklerinin $J - H > 0.7$ ve $H - K > 0.1$ kadir, (4) FWHM Hα > 2000 km/s, (5) Patlama maksimumuna yakın zamanda Fe X yada He II gibi yüksek eksitasyon çizgilerinin varlığı (6) Işık eğrilerinde düzlük (plato) gözlenmesi ve (7) beyaz cüce kütlesinin >1.2 $M_\odot$ olma. Bu koşullardan birden fazlasına sahip olanların TN adayı olmaya daha yakın olduğunu varsayılarak bir istatistik oluşturulmuştur. Böylelikle bir kez nova patlaması gösteren bazı novaların aslında TN adayı olduğunu ileri sürmüştür. Bunun yanı sıra Pagnotta ve Schaefer (2014) üç farklı model kullanarak KN olarak sınıflanan sistemler arasından %24, %32 ve %35'inin TN olduğunu belirlemiştir. Bu Galaksimizdeki bilinen tüm novaların (394 adet) arasında yaklaşık 100 TN olduğunu göstermektedir. Nova patlama mekanizması hem KN hem de TN için aynıdır, fakat tekrarlama zamanları genliklerine göre değişkenlik gösterir ve TN'ler en azından yüzyılda bir kere patlama gerçekleştirir. KN olarak sınıflanan bir sistemde sadece bir kere nova patlaması gözlenmiştir, ancak daha önceki yüzyıllarda gözlenmemiş nova patlamaları gerçekleşmiş olabilir veya gelecekte patlama gösterebilir. Diğer bir taraftan T Pyx'in geçtiğimiz yüzyıl boyunca patlamalar ile birlikte daha da sönükleştiği, patlama tekrarlama süresinin arttığı, yörünge döneminin ve beyaz cücenin kütlesinin azaldığı belirlenmiştir (Schaefer 2010, Schaefer & Collazzi 2010, Schaefer vd. 2013). Tüm bu sonuçlar ışığında, nova olarak sınıflanan sistemlerin aslında TN olabileceği ve nova patlamaların gerçekleşmesiyle sistemlerin zamanla sönükleştiği ortaya çıkmaktadır.

Novaların astrofiziksel parametrelerinin, uzay dağılımlarının ve ışıma gücü fonksiyonlarının belirlenebilmesi için duyarlı uzaklık ölçümlerine ihtiyaç vardır. Bu sebeple çalışmamızda duyarlı uzaklıkların hesaplanabileceği bir yöntem geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Kabukları görüntülenebilen novaların uzaklıklarını, trigonometrik paralaks gibi geometrik bir yaklaşım kullanarak belirlemek mümkündür. Nova patlamasından sonra beyaz cücenin üzerine yığışan madde (~10^{-4} $M_\odot$) sistemden dışarı doğru atılır ve bu madde sistemin etrafında bir kabuk oluşturur. Kabuk paralaksı, novaların etraflarındaki bu kabukların genişleme hızlarının ve açısal büyüklüklerinin ölçümüne dayanır. Novaların patlama sonrasındaki aşamalarında kabuk genişlemesinin ölçülmesi için yıllar süren çok sayıda gözlem ve açısal çözünürlüğü yüksek teleskoplar gerekir. Nova patlamasının belirlenmesi halinde, çözümlenmiş bir nova kabuğunun açısal yarıçapı;

$$\theta_r(t) = 0.207 \left(\frac{V_g}{10^3 \text{ km sn}^{-1}} \right) d(\text{kpc})^{-1} (t- \quad (1)$$

formülü ile belirlenebilir. Burada $\theta_r(t)$ kabuğun zamana bağlı açısal yarıçapı, V_g kabuğun genişleme hızı, d kaynağın kiloparsek (kpc) biriminde uzaklığı ve ($t - t_0$) ise hesaplanan açısal ayrıklık için geçen yıl biriminde süredir. Genişleme hızı ve açısal genişleme parametrelerin yeterince hassas ölçülememesi durumu uzaklıklarda önemli belirsizlikler ortaya çıkarabilir. Üstelik, iyi gözlenmiş novalar patlama sonrası madde atımının küresel olmadığını ve kabuğun şeklinde kaynağın eğim açısının önemli rol oynadığı da gösterilmiştir (Cohen, 1985). Ayrıca nova kabuklarında hızlı ve yavaş madde bulunmaktadır ve yavaş maddenin bazen hızlanma gösterdiği bilinmektedir. Buna benzer olarak, farklı tayfsal çizgi profillerinden belirlenen genişleme hızlarının ~2 faktör farklılık gösterir. İkinci olarak genişleyen kabuğun düzgün dairesel yapıda olduğu kabul edilir. Fakat karmaşık yapıya sahip bu kabuklar genellikle çemberimsi yapıdan uzak olup, bir kısmı katmanlı yapıya da sahiptir. Diğer bir problem ise kabuğun açısal boyutunun belirlenmesindeki belirsizliktedir. Nova kabuğunun çemberimsi yapıdan uzak çok katmanlı karmaşık bir yapıya sahip oluşu, açısal boyutunun belirlenmesini sağlan yarıçapın hesabında büyük bir belirsizliğe yol açmaktadır. Tüm bu belirsizlikleri bir kenara konulursa, genişleme paralaksı yönteminden novaların uzaklıkları hesaplanabilir. Bu yöntem geometrik ölçümlere dayandığından, trigonometrik paralakstan sonraki en duyarlı yöntem olduğu ileri sürülmektedir. Ancak, tüm gözlemsel tarih boyunca genişleme paralaksı bilinen novaların sayısı 30'u geçmemektedir. Dahası tüm bu sistemler yakın sistemler olup, uzaklıkları genellikle 2 kpc'ten daha azdır (Slavin vd. 1995; Downes ve Duerbeck 2000).

Novaların uzaklıkları fotometrik olarak da hesaplanabilmektedir. Nova patlamalarında ulaşılan maksimum mutlak parlaklık ile görünen parlaklığın azalma süresi arasında bir ilişki bulunmuştur (McLaughlin, 1945). Başka galaksilerdeki novaların veya Galaktik novaların patlama sırasındaki gözlemleri elde edilerek, maksimum mutlak parlaklık ile görünen parlaklığın azalma oranı (Maksimum Magnitude Rate of Decline, MMRD) ilişkisinden,

novaların uzaklıklarının belirlenebileceği bir kalibrasyon oluşturmak mümkündür (de Vaucouleurs, 1978; Pfau, 1976; Cohen, 1985; Downes ve Duerbeck, 2000). Novalar farklı popülasyonlarda bulunabileceğinden (della Valle ve diğ., 1992; della Valle, 2002), farklı türden galaksilerde farklı popülasyonlardaki novaların iniş oranları da farklıdır (della Valle ve Livio, 1998). Della Valle ve Livio (1995) tüm kullanılabilir nova gözlemlerinden yeni bir MMRD ilişkisi geliştirmiştir. Araştırmacılar bu ilişkide S-eğrisi kullanmayı tercih etmiştir. Bu konuda yapılan son çalışma olan ve yaygın şekilde dikkate alınan Downes ve Duerbeck'in (2000) çalışmasında, 28 Galaktik novanın genişleme paralakslarından elde edilen mutlak parlaklıklar için doğrusal bir ilişkinin daha uygun olacağı belirtilmiştir. Downes ve Duerbeck (2000) üç kadir sönükleşme için geçen t_3 zamanının daha uygun olabileceğini de düşünerek, hem t_2 hem de t_3 için optik bölgede iki maksimum mutlak parlaklık ($M_{V,\ max}$) kalibrasyonu geliştirmiştir:

$$M_{V,max} = -11.99(\pm 0.56) + 2.54(\pm 0.35)\log t_3$$
$$M_{V,max} = -11.32(\pm 0.44) + 2.55(\pm 0.32)\log t_2 \qquad (2)$$

MMRD ilişkisi için genellikle t_2 zamanı kullanılsa da t_3 zamanında novalar daha kararlı olacağından, bu parametre daha uygun olacaktır. Ekstra-galaktik çalışmalarda t_2 zamanının kullanılma sebebi, novanın t_3 zamanlarının kaçırılması ve/veya novanın gözlenememesinden kaynaklanmaktadır. Galaktik novalar için elde edilen MMRD ilişkisinde (Downes ve Duerbeck, 2000) mutlak parlaklıkta 1σ saçılma 0.6 kadir ve en büyük saçılma ise 1.6 kadirdir, ilişkinin farklı versiyonları dahi 1.0 kadire kadar değişkenlik gösterir. Ekstra galaktik novaların kullanılması her ne kadar MMRD ilişkisini geliştirse de 1σ saçılma ~0.3 kadir ve en büyük saçılma 1.1 kadir (della Valle ve Livio, 1995). Ancak Kasliwal vd. (2011), ekstra Galaktik bazı novaların yüksek çözünürlüklü ve tayfsal olarak takibi yapılmış yeni ışık eğrilerini elde etmiştir. Bu ışık eğrileri ve eski verileri kullanarak oluşturduğu veri seti MMRD ilişkisinin aslında ekstra Galaktik novalar için geçerli olmadığını, aynı zamanda MMRD ilişkisinin detaylı nova patlama modelleri veya TN'ler için çalışmadığını göstermiştir. Kasliwal vd. (2011) keşfettiği hızlı ve sönük sistemlerin varlığı, Yaron vd. (2005) tarafından kuramsal olarak da öne sürülmüştür. MMRD ilişkisi üzerine yapılan tüm çalışmalardaki ortak bulgu MMRD ilişkisindeki dikkate değer yapısal saçılmanın varlığıdır. Bu saçılma sadece gözlemsel duyarlılık ile açıklanamamaktadır. Hachisu & Kato (2010), MMRD ilişkisinin ana trendini oluşturan temel parametrenin sistemdeki beyaz cücenin kütlesi ve saçılmada etkili olan ikinci parametrenin de ısınmış maddenin (patlama öncesi kabuğun) kütlesi diğer bir değişle beyaz cüceye kütle aktarımının olduğunu kuramsal olarak ileri sürmüştür. Eğer beyaz cüceye aktarılan kütle oranı göreli olarak büyük ise ısınmış maddenin kütlesinin küçük ve böylelikle parlaklık maksimumu daha sönük olacaktır. Bu ikinci parametre MMRD ilişkisinde belirli

novaların saçılmasını makul bir şekilde açıklayabilir (Hachisu & Kato, 2010). Ancak nova ışık eğrilerindeki çeşitlilik tek bir parametrenin ışık eğrisini iyi bir şekilde karakterize edemeyeceğini göstermektedir. Geleneksel olarak ışık eğrisindeki azalma maksimum parlaklıktan iki veya üç kadir parlaklığın azalması ile karakterize edilmektedir. Bazı novaların ışık eğrileri çok daha kompleks ve tek bir parametre ile açıklanamayacak kadar basitlikten uzaktır (Strope vd., 2010). Bu sebeple TN olması, ışık eğrisinin şekli, tayfsal davranış gibi özellikler MMRD ilişkisindeki saçılmayı açıklığa kavuşturabilir.

Duyarlı bir MMRD ilişkisinin elde edilmesine bu kadar önem verilmesinin sebebi, bu ilişki sayesinde novalar için bir uzaklık kalibrasyonunun geliştirilebilecek olmasıdır. Bu ilişki kullanılarak iniş oranı bilinen bir novanın patlama maksimumundaki mutlak parlaklığı hesaplanabilir ve eğer maksimumdaki görünen parlaklığı da ölçülebilmişse, novanın uzaklığı kolayca belirlenebilir. Çünkü çoğu novanın patlama ışık eğrisi bilhassa amatör astronomlar sayesinde genellikle iyi gözlenir. Eğer patlama maksimumundaki görünen parlaklığı bilinen çok sayıda Galaktik novanın uzaklıkları kabul edilebilir duyarlıkla belirlenebilirse bu kalibrasyon yapılabilir. Ancak böyle bir araştırma için öncelikle çok sayıda Galaktik novanın uzaklığının kendi içerisinde istatistiksel olarak tutarlı bir yöntem ile belirlenmesi gerekir. Sadece sistem bileşenlerinin mutlak astrofiziksel parametrelerinin hesaplanması için değil, novaların Galaktik model parametreleri ve uzay yoğunluklarının hesaplanmasının yanısıra, evrim ve patlama modellerinin sınanması için de çok sayıda nesnenin uzaklığının bilinmesi bilinmesi gerekir (bkz. Özdönmez vd 2015).

Tüm bu bilgilerin ışığında şimdiye kadar kullanılanlardan farklı, çok sayıda novaya, ama özellikle uzak novalara uygulanabilecek bir uzaklık tayini yöntemine ihtiyaç vardır. Lopez-Corredoria (2002) ve Cabrera-Lavers vd. (2005) tarafından ayrıntılı şekilde tartışılmış olan ve kırmızı yığın yıldızlarının kullanılması yoluyla uzaklık tayini yapılmasını sağlayan yöntem, nova uzaklıklarının tayini için kullanılabilir. Belli bir doğrultudaki yıldız sayı yoğunluğu ve yıldızlararası kızarmayı veren bu yöntem Güver vd. (2010) tarafından, benzeri bir yöntem ise Durant ve van Kerkwijk (2006) tarafından başarıyla kullanılmıştır. Yöntemin özü belli bir doğrultudaki kırmızı yığın yıldızlarının kullanılmasıyla bu doğrultuda yıldızlararası kızarmanın uzaklıkla nasıl değiştiğinin belirlenmesine dayanır. Bu ilişki bilindikten sonra eğer aynı doğrultuda başka bir cisme, örneğin bir novaya ait yıldızlararası kızarma miktarı biliniyorsa, bu cismin uzaklığı söz konusu ilişkiden hesaplanabilir. Novaların yıldızlararası kızarma ölçümlerine dair tartışma ve değerlendirme Bölüm 3.1'de sunulmuştur.

Hertzsprung-Russell diyagramında dar bir mutlak parlaklık aralığına yığılmış oldukları için kırmızı yığın yıldızları standart uzaklık belirteci olarak uzun zamandır kullanılmaktadır

(Paczynski ve Stanek, 1998; Bilir vd, 2013). Kırmızı yığın yıldızlarının değişik fotometrik bantlar için ortalama mutlak parlaklıkları çeşitli çalışmalarda verilmiştir (Alves, 2000; Groenewegen, 2008; Laney vd., 2012; 2013; Yaz Gökçe vd., 2013). Bilir vd. (2013) bu yıldızların optik bölgedeki mutlak parlaklıklarının renk indekslerine bağlı olduğunu da göstermişse de gerek renk gerekse metal bolluğu bağlılığının (Salaris ve Girardi, 2002) özellikle uzun dalgaboyuna karşılık gelen fotometrik bantlarda son derece zayıftır. Dolayısı ile mutlak parlaklıkları iyi bilindiği için bu yıldızların uzaklıkları ve kızarma miktarları kolaylıkla hesaplanabilir. Kırmızı yığın yıldızlar hakkında detaylı bilgi Bölüm 3.2'de verilmiştir.

Çalışmanın amacı yıldızlararası kızarma miktarları bilinen novaların uzaklıklarının, her nova doğrultusundaki kırmızı yığın yıldızlarından elde edilecek yıldızlararası kızarma-uzaklık ilişkileri kullanılarak hesaplanması ve novalar için bilinen Galaktik MMRD ilişkisinin bu uzaklıklar yardımıyla kalibre edilmesidir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Galaktik Novaların Kızarma Ölçümleri

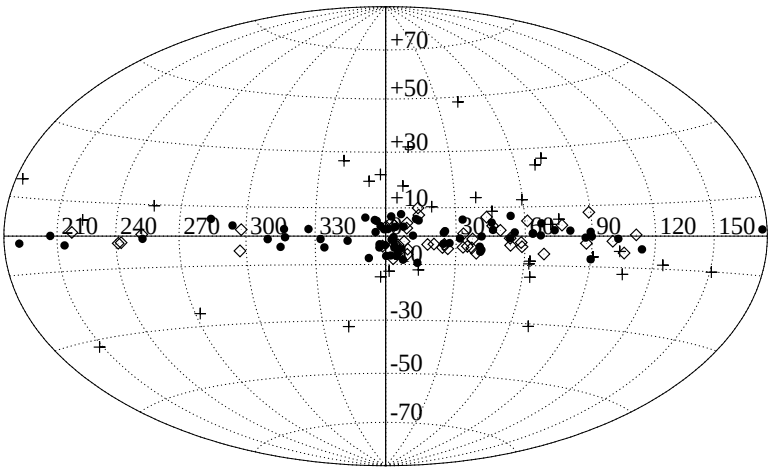
Yıldızlararası kızarmanın ölçümünde duyarlılığı az ya da çok bir çok yöntem bulunmaktadır. Tüm yöntemlerin uygulama şartları ve duyarlılıkları farklılık gösterse de, geniş bir havuza sahip tayfsal yöntemler en duyarlı olanı ve tercih edilenidir. Yıldızlararası kızarmanın, $E(B-V)$, en iyi ölçüm yolu incelenen nesnenin akılarının kızarmaya sahip olmayan ve tayfsal olarak çözümlenmiş standart yıldızınkiyle karşılaştırmaktır. Novaların standart yıldız eksikliğinden ve kuramsal modellerinin tam gelişmediği karmaşık yapılar olmasından dolayı hem bu yöntem hem de sürekliliğe fit geçirme işlemi novalar için yeterince uygun değildir. Bu sebeple dolaylı yöntemlere başvurulması gerekir. Yüksek çözünürlüklü bir tayf çekerin olması halinde Na I (λ5890.0, λ5895.9 Å) ve K I (λ7699.0 Å) yıldızlararası çizgilerinden (Munari ve Zwitter, 1997), OI çizgilerinin şiddetlerinden (Rudy vd., 1989) veya renk artığı ile ilişkili herhangi bir tayf çizgisinden duyarlı yıldızlararası kızarma ölçümlerinin yapılması mümkündür. Ancak novalardan alınan tayf çizgileri genellikle asimetrik profil gösteren karmaşık yapılı ve geniş olduklarından, etrafındaki diğer çizgilerden ayırmak zordur. Diğer bir zorluk ise novanın tayfsal evrimi (özellikle patlama sırasında) tahmin edilemez ve özgün olduğundan, aynı tayf çizgisinin analizinin farklı zamanlarda yapılması mümkün olmamasıdır. Bu iki zorluk, tayf çizgilerinden kızarma ölçümlerinin yapılabilirliğini ve/veya ölçümlerin duyarlılıklarını etkilemektedir. Diğer bir yıldızlararası kızarma tayin yöntemi 2200 Å özelliğidir. Bu özellik, tayfsal enerji dağılımlarında geniş yer kaplayan yıldızlararası soğurma fazlalığının varlığı ile karakterizedir. UV dalgaboyları kızarmadan daha çok

etkilendiğinden, küçük bir kızarma için dahi bu yapı süreklilikte belirmektedir ve tayfsal enerji dağılımındaki fazlalığı kaldıran en uygun kızarma değeri rahatlıkla tespit edilebilmektedir. Ancak düşük duyarlılıklı tayflarda UV bölgedeki yüksek gürültü ölçümü engelleyebilir.

Tayfsal ölçümlerin yanı sıra yıldızlararası kızarma fotometrik yollarla da belirlenmektedir. Tüm novaların belirli bir patlama aşamasında benzer kızarmadan arındırılmış renklere sahip olduğu varsayımı altında, belirli bir patlama aşamasındaki novanın rengi kullanılarak yıldızlararası kızarma ölçülebilir. Van den Bergh ve Younger (1987) nova patlama ışık eğrilerindeki renk evriminin genel trendinden, patlama maksimumu ve t_2 zamanındaki kızarmadan arındırılmış özgün renkleri sırasıyla $(B - V)_{0,\,max} = 0.23 \pm 0.06$ ve $(B - V)_{0,\,t2} = -0.02 \pm 0.04$ kadir belirlemiştir. Benzer bir şekilde Miroshnichenko (1988), patlamanın optik maksimumundan sonra novanın renk evriminin denge durumuna geldiği zaman olan stabilizasyon aşamasındaki özgün rengin $(B - V)_0 = -0.11 \pm 0.02$ kadir olduğunu ileri sürmüştür. Bir novanın patlama sırasındaki belirli bir aşamasında alınan gözlemsel ($B - V$) rengi ile aynı aşamaya denk gelen özgün rengin karşılaştırılmasından yıldızlararası kızarma değeri ölçülmektedir. Yakın zamanda yapılan Hachisu ve Kato (2014) çalışmasında, novaların uzaklıkları ve kızarmaları yeniden gözden geçirilerek renk-renk evrimleri geliştirilmiştir ve özgün renk ilişkileri karşılaştırılmıştır. Hachisu ve Kato (2014), özgün renk yönteminin kendi içinde büyük farklılıklar gösterdiğini ve stabilizasyon aşamasındaki ilişkiden elde edilen sonuçlar bazı durumlarda gerçek kızarma değerine göre büyük farklılık gösterse de genelinde diğerlerine göre daha kuvvetli bir ilişki olduğunu ileri sürmüştür. Nova patlamaları anlık gerçekleşen ve tahmin edilemeyen prosesler olduğundan, bahsi geçen aşamalarda fotometrik gözlemlerin kaçırılması veya iyi çözümlenememiş ışık eğrisinde aşamaların denk geldiği zamanların yanlış değerlendirilmesi, istatistiksel ilişkilere dayanan bu yöntemin en büyük dezavantajlarındandır.

Sonuç olarak Nisan 2016'a kadar yayımlanan kızarma ölçümleri literatürden toplanmıştır ve 152 adet Galaktik novadan oluşan bir örnek oluşturulmuştur. Ancak çalışmamızda kızarma haritalarına dayanan ölçümler dikkate alınmamıştır. Örneği oluşturan novaların Galaktik koordinatlarının dağılımı Şekil 1'de verilmektedir. Uzaklık hesabı sırasında öncelikli olarak tayfsal yöntemlerden gelen ölçümler, özellikle etrafındaki çizgilerle karışım göstermeyen çizgiler örn. Na I, KI ya da hidrojen kolon yoğunluğu, sonrasında 2200 Å özelliği ve son olarak çizgi oranları, dikkate alınmıştır. Fotometrik ölçümler tek/son seçenek ise tercih edilmiştir. Bir nova için birden fazla kızarma ölçümü bulunması halinde genellikle ortalama değer kullanılsa da her ölçümden gelecek olası sonuç dikkate alınmıştır. Ayrıca bir çalışmada birden fazla yolla kızarma ölçümü yapılmışsa, genellikle yazarın önerdiği değer

kabul edilmiştir. Örneğimizde yer alan Galaktik novaların yıldızlararası kızarma ölçümleri ve ölçümler arası karşılaştırmalar Ek A'de verilmiştir.



Şekil 1. Kızarma ölçümü bulunan novaların Galaktik koordinatlara göre dağılımı. (•) uzaklığı ölçülebilen, (△) sadece uzaklığın alt limiti ölçülebilen ve (+) uzaklık ölçümü yapılamayan. Uzaklık ölçümleri Bölüm 4.1'de açıklanmıştır.

3.2 *Standart Kaynak Olan Kırmızı Yığın Yıldızları*

Yatay dev kolundaki normal bir yıldız gibi kırmızı yığın (KY) yıldızları çekirdeğinde helyum yakan dev yıldızlardır. Hem açık hem küresel kümelerden elde edilmiş renk-parlaklık diyagramlarında (RPD) dar bir bölgedeki yoğun dağılımlarından dolayı uzun bir süredir standart kaynak olarak ileri sürülmüştür (Paczyński ve Stanek 1998; López–Corredoira vd. 2002). Bir RPD üzerindeki KY yıldızlarının konumu ortalama mutlak parlaklığının ve ortalama özgün renginin elde edilmesinin imkanı tanımaktadır. Dahası özellikler yakın kırmızı öte RPD'de bu yıldızların konumunun metal bolluğuna bağlılığı oldukça zayıftır. Bu sebeple bu yıldızlar verilen doğrultu boyunca Galaktik kızarma-uzaklık ilişkisinin bir belirteci olarak kullanılması mümkündür. Ancak mutlak parlaklığında ve özgün renginde küçük bir saçılma dikkate alınmalıdır. Böylesi bir ilişki aynı doğrultudaki ve yıldızlararası kızarma ölçümü olan belirli bir kaynağın uzaklığını belirlemede kullanılabilir. Benzer bir yöntem birçok X-ışın kaynağına daha önceden başarılı bir şekilde uygulanmıştır (Durant ve van Kerkwijk, 2006; Güver vd., 2010).

Uzaklık hesaplamasında KY yıldızlarının ortalama mutlak parlaklıklarının kullanılabilmesi için belirli bir fotometrik sistemdeki mutlak parlaklıkları ve özgün renkleri metal bolluğundan ve yaştan bağımsız olması beklenir. Çalışmamızda kullanılan 2MASS K_S ve J bantları dikkate alındığında, kırmızı öte parlaklıkların (özellikle K_S) metal bolluğuna ve yaşa çok az bağımlı olduğu gözlemsel (bkz. Grocholski ve Sarajedini 2002; Pietrzyński vd. 2003) ve

kuramsal (Salaris ve Girardi, 2002) çalışmalarda ileri sürülmüştür. *J* bandının metalliğe ve yaşa daha fazla bağlı olmasından dolayı KY yıldızlarının özgün rengi, $(J - K_S)_0$, bu parametrelerden daha fazla etkilenir. Ancak Galaktik diskte büyük metallik gradyenti olmamasından (Ibata ve Gilmore 1995a,b; Sarajedini vd., 1995) dolayı çalışmamızda bu etki göz ardı edilebilir. Çalışmamızda tekrar indirgenmiş Hipparcos verileri kullanılarak KY popülasyonu için belirlenen $M_{K_s}=-1.595\pm0.025$ kadir (Yaz Gökçe vd., 2013) mutlak parlaklık ve $\left(J-K_S\right)_0=0.625\pm0.030$ kadir (Yaz Gökçe vd. 2013) özgün renk kullanılmıştır. Bu parametrelerin belirlenmesi literatürde genel olarak kullanılan Alves (2000) ve Laney vd (2012) çalışmaları ile aynı metodolojidedir. Ayrıca bu ölçümler sadece en yakın zamanda çalışmaya ait olmasının yanı sıra literatürdeki çalışmalar ile de uyumludur. Literatürde Hipparcos verilerinden $M_{K_s}=-1.61\pm0.03$ kadir (Alves 2000), 14 açık kümeden $M_{K_s}=-1.62\pm0.06$ kadir ve NGC2158 kümesinden $\left(J-K_S\right)_0=0.625\pm0.030$ kadir (Grocholski ve Sarajedini, 2002), 24 açık kümeden $M_{K_s}=-1.57\pm0.05$ kadir (van Helshoecht ve Groenewegen, 2007), tekrar indirgenmiş Hipparcos kataloğundan $M_{K_s}=-1.54\pm0.03$ kadir (Groenewegen, 2008), Güneş komşuluğundaki KY yıldızları için $M_{K_s}=-1.613\pm0.015$ ve $\left(J-K_S\right)_0=0.63\pm0.2$ kadir (Laney vd., 2012) belirlenmiştir.

3.3. Fotometrik Veriler

Belirli bir Galaktik novayı içeren bir Galaktik alandaki KY yıldızlarından belirlenen kızarma-uzaklık ilişkilerinin belirlenebilmesi için öncelikle ($J - K_S$, K_S) renk parlaklık diyagramının oluşturulması gereklidir. Bu doğrultuda çeşitli yakın kızıl ötesi gökyüzü taramaları kullanılmıştır. Bunlar sırasıyla; (i) İki Mikron Angstron Gökyüzü Taraması (2MASS, Two-Micron Angstron Sky Survey; Skrutskie vd., 2006), (ii) Astronomi için Görünür ve Kızılötesi Taraması Teleskobu (VISTA, Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy; Saito vd. 2012) Via Lactea'daki VISTA Değişenleri (Vista Variables in the Via Lactea, VVV) taraması ve (iii) Birleşik Krallık Kızılötesi Teleskobu (United Kingdom Infrared Telescope, UKIRT) Derin Kızılötesi Gökyüzü (the UKIRT Infrared Deep Sky Survey, UKIDSS) Galaktik Düzlem Taraması'dır (GPS, Lucas vd. 2008). Her bir tarama parlaklık derinliği ve gözlediği gökyüzünü alanları bakımından birbirini tamamlamaktadır. Bu tercih çoğu alanda KY yıldızlarının takibinin yanı sıra geniş bir aralıkta Galaktik novaların uzaklıkları üzerine çalışılmasına imkan vermektedir. Örneğin, UKIDSS-GPS sadece Galaktik düzlemde ($-0.5^\circ \leq l \leq +110^\circ$, $|b| < 5^\circ$) ve VISTA VVV Galaktik şişkin bölge doğrultusunda ($-10^\circ \leq l \leq +10^\circ$, $-10^\circ \leq b \leq +5^\circ$) ve Galaktik düzlemde ($-295^\circ \leq l \leq +350^\circ$, $|b| \leq 2^\circ$) gözlem yaptığından, tüm

gökyüzünü gözlemleyen 2MASS Galaktik düzlem ve şişkin bölge dışındaki alanlar için de fotometrik veri imkanı sağlamaktadır. Ayrıca VISTA ve UKIDSS K bandı parlaklığının üst limiti çoğu alan için 18 kadir, Galaksinin iç bölgeleri için de ~16.5 kadir olması sebebiyle, bu limit 2MASS fotometrisine göre dört kadir daha derindir ve sönük kaynakların fotometrik verilerinin elde edilmesine imkan vermektedir. Diğer taraftan VISTA ve UKIDSS K bandındaki ~12 kadirlik doygunluk limitinin 2MASS'ten dört kadir daha küçük olmasından dolayı, 2MASS fotometrisi RPDdeki ~8 kadir parlaklığa kadar yakın KY yıldızlarının belirlenmesini sağlamaktadır.

VISTA fotometrisi 2MASS'e göre kalibre edildiğinden, üzerinde herhangi bir işlem yapılmamıştır. Tüm fotometrik verilerin ortak fotometrik sistemimiz olan 2MASS fotometrisine dönüştürülmesi için Wegg vd.nin (2015) dönüşüm denklemleri kullanılmıştır.

$$J_2 = J_U - 0.02\left(J_U - H_U\right) - 0.03 H_2 = H_U + 0.12\left(H_U - K_U\right) K_2 = K_U + 0.02\left(H_U - K_U\right) + 0.01 \quad (3)$$

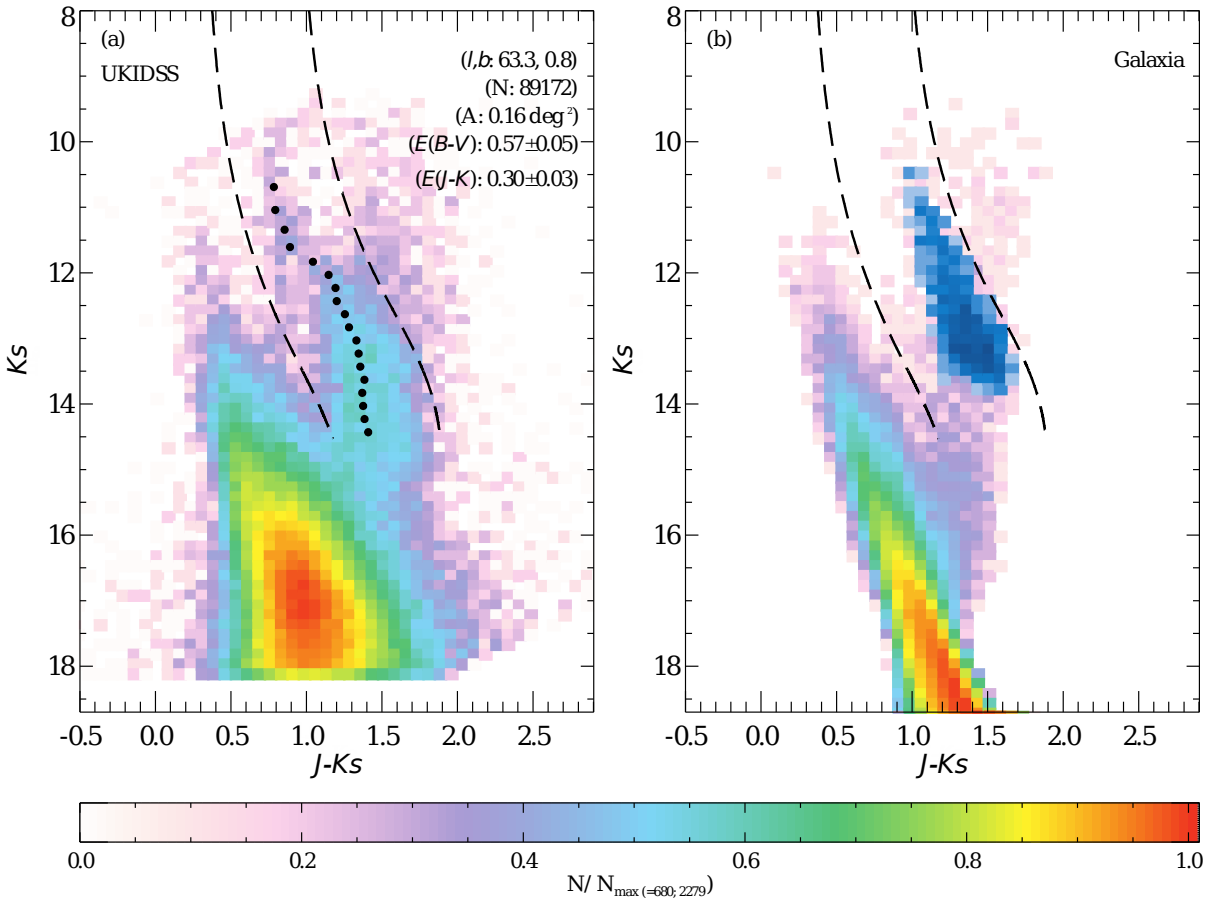
Burada "2" alt indisi 2MASS'i, "U" da UKIDSS'i belirtmektedir.

En duyarlı kızarma - uzaklık ilişkisinin belirlenebilmesi için verisi bulunan alanlarda her bir taramadan gelen J ve K_S parlaklıkları kullanılarak RPD'ler oluşturulmuştur. Analizlerimizde öncelikle VVV, sonrasında UKIDSS ve son olarak 2MASS fotometrik verileri tercih edilmiştir. Ancak bazı doğrultularda iki/üç kataloğun birleştirilmesi gereksinimi bulunması halinde, bu kataloglar çapraz eşleştirme yöntemiyle birleştirilmiştir. Bunun için göre 1"lik bir eşleştirme yarıçapı ile parlaklık ve renk farklılığı için $|K| \leq 0.5$ ve $|J - K_S| \leq 0.2$ kadir limitleri kullanılmıştır.

3.4. *Kırmızı Yığın Yıldızlarının Seçimi ve Kızarma-Uzaklık İlişkisinin Belirlenmesi*

RPD üzerindeki KY yıldızların konumları onların mutlak parlaklığına, özgün rengine, uzaklığına ve yıldızlararası kızarmasına bağlıdır. KY yıldızların mutlak parlaklıkları ve özgün renkleri benzer olduğundan, sadece kızarmadaki bir değişim pozisyonlarının yatay olarak yer değiştirmesine sebep olurken, dikine yer değişimi uzaklığın ve kızarmanın bir sonucudur. Bu sebeple yıldızlararası kızarma değeri özgün renk ile ortalama gözlemsel rengin karşılaştırılmasından belirlenebilir. Bu bilgi ve KY yıldızlarının ortalama mutlak parlaklıkları varsayılarak, uzaklıklar Pogson denkleminden hesaplanabilir. Buna karşılık düşük yıldızlararası soğurmanın olduğu Galaksideki bir bölgede görüş doğrultusu boyunca KY yıldızları RPD üzerinde neredeyse dikine bir çizgiyi takip edecektir.

Her bir novanın görüş doğrultusu için öncelikle 1° yarıçaplı alanlar belirlenip, alana giren yıldız sayılarına ve KY yıldızlarının yığılmasının (Şekil 2) belirginliğine bakılmıştır. Eğer 1°



Şekil 2. V1500 Aql doğrultusundaki 0.8×0.8 derece karelik alan için (a) gözlemsel ve (b) kuramsal renk-parlaklık diyagramları: Siyah kesikli çizgiler, KY yıldızlarının seçimi için kullanılan sınırlar; siyah noktalar, KY yıldızlarının gözlemlerden hesaplanan ortalama $J - K_s$ renklerini; N, toplam yıldız sayısını; A, katı açıyı; *l* ve *b,* Galaktik boylam ve enlemi ifade etmektedir. Renk skalası şeklin aşağısında belirtilmiştir. Maksimum yıldız sayısı, kırmızı renk ile gösterilmiş olup, kırmızı renge ait maksimum sayılar parantez içinde belirtilmiştir. Kuramsal renk-parlaklık diyagramında KY yıldızları mavi ve tonları ile gösterilmiştir.

yarıçaplı alan içindeki yıldız sayısı ve KY yıldızlarının belirginliği düşük ise yarıçap 0.1° büyültülerek, tam tersi durumda yarıçap 0.1° küçültülerek yeni alanlar oluşturulmuştur. Yarıçapın daha küçük olması durumunda yıldız sayısı da daha az olacağından, istatistikteki duyarlılık azalacaktır. Ancak daha büyük yarıçaplarda da kızarma-uzaklık ilişkisini temsil eden alanın çözünürlüğü düşeceğinden, hesaplamalar tüm alanlar/yarıçaplar için yapılmıştır. Böylelikle her nova doğrultusu için ideal RPDları elde edilmiştir. KY yıldızlarının RPDlarındaki konumlarının belirlenmesi için *JHK* fotometrik bantlarını barındıran GALAXIA (Sharma vd., 2011) modeli kullanılmıştır. GALAXIA modeli Galaksimizin istenen bir alanı veya tümü için, istenilen limit parlaklık aralıklarında sentetik veriler oluşturabilmektedir. Bu model toz

yoğunluğunun uzaklığa bağlı olarak değişimini $\rho(x)$, aşağıdaki gibi vermektedir (Sharma vd., 2011):

$$\rho(x)=\frac{\rho_0}{k_{fl}}\times\exp\left(\frac{R_0-R}{h_R}-\frac{|z-z_W|}{k_{fl}h_z}\right) \tag{4}$$

Burada ρ_0 = 0.54 mag kpc^{-1} toz yoğunluğu; h_R = 4.2 kpc ve h_z = 0.088 kpc tozun sırası ile yükseklik ve uzunluk ölçeği; z Galaksi düzleminden dik uzaklık, R tozun ve R_0=8000 kpc ise Güneş'in Galaksi merkezinden uzaklığıdır (Sharma vd. 2011). Denklemde $k_{fl}(R)$ alevlenmiş ve $z_W(R)$ bükülmüş diski ifade etmektedir ve diskin yapısal özelliğini ortaya koyan bu parametreler aşağıdaki denklemler ile tanımlanmıştır (Sharma vd. 2011).

$$k_{fl}(R)=1+\gamma_{fl}\,min(R_{fl},R-R_{fl})z_W=\gamma_W\,min(R_W,R-R_W)\sin\phi \tag{5}$$

Burada ϕ Galaktik rotasyon doğrultusunda artan Galaksi merkezli azimut açısını gösterirken, R_{fl} = 1.12 $\times$ R_0, γ_{fl} = 0.0054 kpc^{-1}, R_W = 8.4 kpc, γ_W = 0.18 kpc^{-1}dir (Sharma vd. 2011). Buradaki R_{fl}, $R_w$ve γ_{fl}, γ_W; sırasıyla alevlenmenin ve bükülmenin etkin yarıçapı ile etkinlik ölçeğidir. Toz yoğunluk kanunu kullanılarak yıldızlararası kızarma 10 pc'lik uzaklık adımları için aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir (Sharma vd. 2011).

$$E_d(B-V)=E_\infty(B-V)\frac{\int_0^s\rho(x(s))ds}{\int_0^\infty\rho(x(s))ds} \tag{6}$$

Burada $x(s)$, (l, b) görüş doğrultusu boyunca s uzaklığına kadar uzanan konum vektörüdür. Belirli bir doğrultu için Schlegel vd. (1998) tarafından verilen $E_\infty(B-V)$ sonsuzdaki kızarma değeri kullanılarak bu denklem ile istenilen uzaklığa göre kızarma değeri $E_d(B-V)$ elde edilebilir. Ancak literatürde birçok çalışma Schlegel vd.'nin (1998) kızarma haritalarının olması gerektiğinden fazla değerler verdiğini göstermektedir (Arce ve Goodman, 1999; Schlafly vd., 2011). Bu sorunu ortadan kaldırmak için $E_\infty(B-V)$ değeri Binney vd.'nin (2014) çalışmasında olduğu gibi bir çarpan ile indirgenmiştir:

$$f(E(B-V))=c_1+c_2\left[1-\tanh\left(\frac{E_\infty(B-V)-c_3}{c_4}\right)\right] \tag{7}$$

Burada c_1, c_2, c_3 ve c_4 katsayıları kızarma tayini yapılacak alana ve sonsuzdaki kızarma değerine göre değişkenlik göstermektedir. GALAXIA'nın kızarma eğrisi için renk-parlaklık diyagramlarında KY yıldızların yığıldığı bölgeye denk gelecek şekilde katsayılar belirlenmiştir. Elde edilen $E_d(B-V)$ değerleri Rieke ve Lebofsky (1985) tarafından verilen katsayı ile çarpılarak uzaklığa bağlı yıldızlar arası soğurma değerleri elde edilebilmektedir:

$$A_J = 0.871 \times E_d(B-V)$$
$$A_{Ks} = 0.346 \times E_d(B-V) \quad (8)$$

KY yıldızlarının *J* ve K_s bandındaki mutlak parlaklıkları (M_J = -0.970 ± 0.016, M_{Ks} = -1.595 ± 0.025; Yaz Gökçe vd. 2013) klasik uzaklık modülü bağıntısında yerine yazılarak, herbir uzaklık adımı için KY yıldızlarının GALAXIA'dan elde edilen görünür K_s bandı parlaklığı ile yıldızlararası kızarmadan etkilenmiş *J-K* rengi aşağıdaki ifadeler ile elde edilmiştir.

$$m_{J,Ks} = M_{J,Ks} + 5 - 5\,logd + A_{J,Ks}$$
$$(J-K_s) = M_J - M_{Ks} + A_J - A_{Ks} \quad (9)$$

KY yıldızlarının gözlemsel RPG üzerinde izleyeceği yol 5 pc uzaklık adımı için kızarmaların ölçülmesiyle belirlenmiştir. KY yıldızlarının gözlemsel renk-parlaklık diyagramında (Şekil 2) yığıldığı bölgenin seçimi için gerekli olan sınır çizgileri, KY yıldızları için elde edilen iz çizgisinin renk ekseninde her iki yöne doğru eşit miktarda genişletilmesi ile belirlenmiştir ve sınır çizgileri hem gözlemsel hem de GALAXIA'dan elde edilen kuramsal RPDları üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 2). Bu işlem için gerekli genişleme miktarı, olabildiğince fazla sayıda KY yıldızını içerecek ancak diğer taysal sınıftaki yıldızlardan kaçınacak şekilde birçok deneme sonrasında belirlenmiştir.

İşlem yapılacak sınırların belirlenmesinin ardından, sınırların içerisinde kalan yıldızlar K_s bandındaki belirli parlaklık aralıklarına göre gruplandırılmıştır. Parlaklık aralıklarının seçiminde izlenen yol şu şekildedir: 1) Yığılmanın belirgin olarak başladığı minimum K_s parlaklığı belirlenir. 2) İlk sınırdan itibaren verilen uzaklık adımlarına (genellikle 300-500 pc) göre K_s parlaklık aralıkları belirlenir. 3) Parlaklık aralığı içine giren yıldız sayısının 20'den az olması durumunda, parlaklık aralığı 20 yıldızı barındırana dek büyük değerlere kadar uzatılarak, belirlenen sınır değerinden itibaren 2. aşama tekrar uygulanır ve yeni sınır değerleri tekrar belirlenir. 4) Asimetri ve/veya sınır değerlerinin birbirine çok yakın olmasından kaçınmak için parlaklık aralığının genişliğine bir limit (genellikle 0.2 veya 0.3 kadir) verilmektedir. Parlaklık aralığının genişliğinin verilen alt limit değerinden küçük olması durumunda, parlaklık aralığının genişliği alt limite eşit olacak şekilde yeniden belirlenir.

Belirlenen parlaklık aralıklarındaki KY yıldız gruplarının renk-parlaklık diyagramındaki merkezi konumlarını belirlemek için, öncelikle her bir aralıktaki yıldızların $J - K_s$ renklerine göre histogramları elde edilmiştir. Histogramdaki bir maksimum noktası daha çok KY yıldızları ve bazı dev yıldızlardan ortaya çıkmaktadır. KY yıldızları ve kırmızı devler arasındaki renk farkının çok küçük olmasından dolayı bahsi geçen dev yıldızlar arka plandaki yıldız dağılımında baskındır ve genellikle ikincil dereceden bir polinom ile ifade edilir. Benzer bir durum her iki popülasyonun sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi içinde geçerlidir. Bu sebeple çalışmamızda dev yıldızlar tarafından olası bir kirlenme beklenmektedir ve bu etki çalışmamızda dikkate alınmıştır. Histogram dağılımlarına geçirilen bir Gaussian fiti RC yıldızlarının ($J - K_s$) renklerinin belirlenmesine olanak sağlar. Bu model (denklem 10) bir çok yazar tarafından tanımlanmış ve kullanılmıştır (örn. Stanek 1995, Cabrera-Lavers vd. 2008, Nataf vd. 2013, Wegg vd., 2015):

$$N(m) = \frac{N_{KY}}{\sigma_{KY}\sqrt{2\pi}} \times \exp ¿ \qquad (10)$$

Burada N_{KY} parlaklık aralığındaki KY yıldızların sayısı, μ_{KY} fit edilen eğrinin merkezi (diğer bir değişle KY yıldızların ($J - K_s$) rengi), μ ($J - K_s$) cinsinden ilişkinin bağımsız değişkeni, σ_{KY} rengin dispersiyonudur. A ve B kırmızı dev yıldızların renk dağılımlarına geçirilen üssel profilin katsayılarıdır. Basit gaussian fitlerin yerine bu fitin tercih edilmesindeki sebep, arka plana yayılmış olan dev yıldızların oluşturacağı tepelerin elimine edilmesidir. Eğer parlaklık aralığı içine giren yıldız sayısı 50'den küçük ise histograma uygulanacak Gauss fiti istatistiksel olarak duyarlı sonuç vermeyeceğinden, bu aralıklar için medyan değer kabul edilmiştir. Her parlaklık aralığı için belirsizlik (σ_{JKm}) renkteki standart sapmadan hesaplanmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı renklerin ve buna bağlı hataların hesaplanmasıyla, $J - K_s$ rengindeki yıldızlararası kızarma değeri $E(J - K_s)$, renk-parlaklık diyagramlarında KY yıldızlarından elde edilen gözlemsel $J - K_s$ renk indeksi ile ortalama gerçek renk indeksi ($(J - K_s)_0 = 0.625 \pm 0.030$ kadir; Yaz Gökçe vd., 2013) arasındaki farktan elde edilir: $E(J - K_s) = (J - K_s) - (J - K_s)_0$. Hesaplanan kızarma değeri Rieke ve Lebofsky (1985) tarafından verilen $A_{Ks} = 0.657 \times E(J - K_s)$ denklemiyle K bandındaki yıldızlararası soğurma miktarına çevrilerek, Pogson formülünden (Denklem 9) uzaklık hesaplanmıştır. Bu sayede her alan için uzaklıkla kızarma arasındaki ilişki elde edilmiştir.

Kızarma eğrisi yukarıda anlatılan yöntem ile belirlenebilmesine rağmen, belirli bir parlaklık aralığı için KY yıldızlarının sayısı yeterince baskın olmayabilir ve genel trendden saçılmış kızarma değerinin hesaplanmasına neden olabilir. Bu saçılma farklı tayfsal sınıftan

yıldızlardan da kaynaklanabilir. Böylesi olası bir saçılmanın düzeltilmesi için GALAXIA'dan elde edilmiş kuramsal kızarma eğrisi gözlemsel eğriye fit edilmiştir. Belirli bir uzaklıktaki gözlemsel kızarma ölçümü GALAXIA'nın öngördüğü derğerden ve gözlemsel genel trendden ~2σ saçıldığında, ele alınan parlaklık aralığı için aşağıda belirtilen yöntem kullanılarak kızarma ölçümü yeniden analiz edilmiştir: Kullanılan K_S parlaklık aralığı için

(i) $(J - K_s)$ histogramının tepe noktasında

(ii) $(J - K_s)$ histogramının medyan değerinden

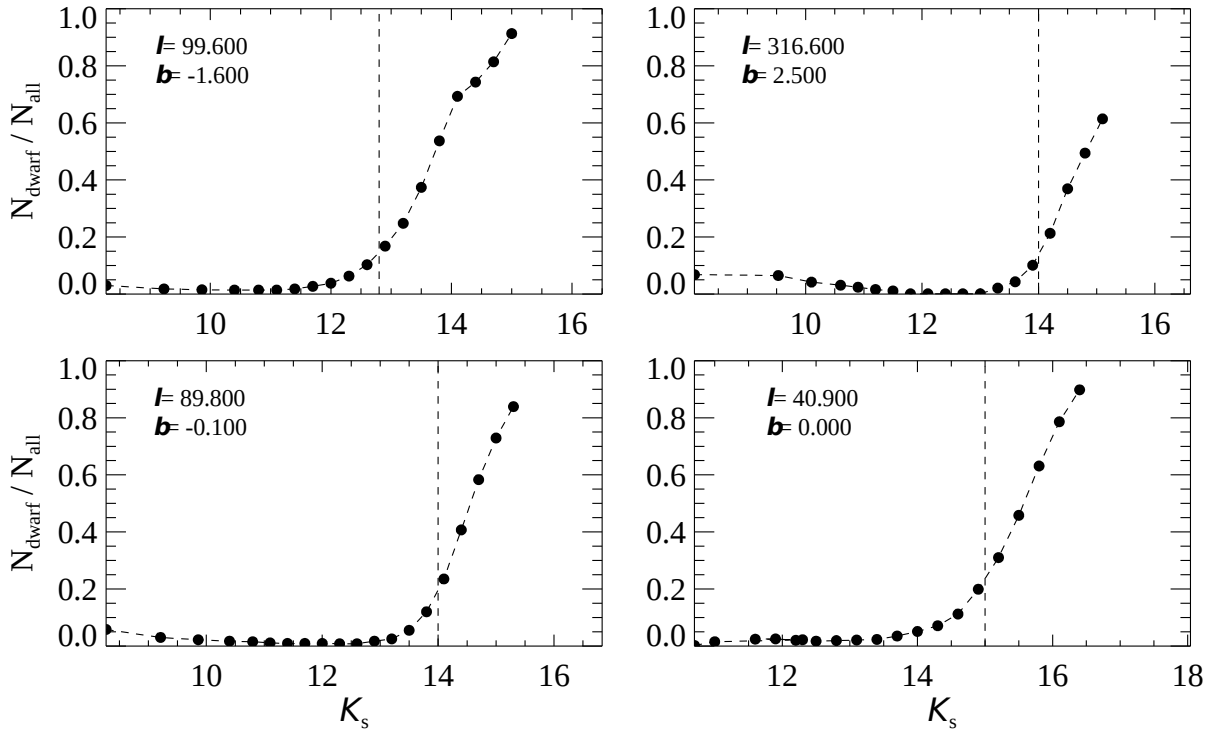
(iii) $(J - K_s)$ histogram dağılımına geçirilen çift tepeli gaussian fitinden

(iv) $(J - K_s)$ histogram dağılımına geçirilen çift tepeli polinomal gaussian fitten

$(J - K_s)$ renk indeksleri tekrar hesaplanmıştır. Eğer yeniden hesaplanan renk eksesi genel trend ile daha uyumlu ise kullanılmıştır. Aksi taktirde orjinal (saçılan) değer kabul edilmiştir. Böylesi bir hesaplamanın sadece saçılan kızarma ölçümleri için yapıldığı ve KY yıldızlarından gözlemsel olarak belirlenen trendi (kızarma eğrisini) değiştirmek için yapılmadığını dikkate alınız. Sonuç olarak ele alınan nova görüş doğrultusu için kızarma-uzaklık ilişkisi yukarıda tanımlanan yöntemler ile belirlenir.

KY yıldız örneğinin cüce yıldızlar tarafından olası kirlenmesi ayrıca dikkate alınmalıdır. Çalışmamızda kullanılan KY yıldızlarının seçim yöntemi cüce ve dev popülasyonu ayrımında kullanılamaz. Cüce/dev kirlenmesinin anlaşılabilmesi için gözlemsel RPD'ye yerleştirilen sınır çizgileri GALAXIA'dan elde edilen kuramsal RPD'ye de yerleştirilmiştir (Şekil 2b) ve cüce ve dev + cüce arasındaki kuramsal oran Sharma vd (2011) tarafından verilen yıldız atmosfer parametreleri kullanılarak hesaplanmıştır: Cüceler için $T_{\rm eff} > 5000$ K, log g >3.3, KY ve kırmızı devler için $T_{\rm eff} \leq 5000$ K, log $g \leq 3.3$. Galaksimizin dört farklı doğrultusu için örnekler Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 3'teki ilk noktaların yıldız sayısının azlığından dolayı istatistiksel olarak anlamlı olmadığı dikkate alınmalıdır. K_S =13 – 14 kadir parlaklığından daha sönük değerler için cüce karışımının önem kazandığı açıkça görülmektedir. Galaktik düzleme yakın bölgelerde cüce karışımının daha az olması, diğer bir değişle etkinliğinin daha sönük parlaklıklarda başladığı beklenmektedir. Bunun sebebi bu bölgelerdeki yüksek kızarmanın dev yıldızları daha kırmızı renklere itmesi, cüce yıldızlarında dev yıldızlara göre RPDde mavi bölgede kalmasıdır. Çünkü cüce yıldızların renginin kızarmadaki etkisi daha azdır. Bunun bir sonucu olarak cüce ve dev yıldızlar birbirinden ayrılır. Bu sayede her bir Galaktik nova için hesaplanan kızarma-uzaklık ilişkilerinde bahsi geçen kirlenme etkisi dikkate alınmıştır ve parlaklık aralıklarına cüce kirlenmesinin ~%30'dan küçük olduğu üst limitler getirilmiştir. Kızarmadaki belirsizlikler Gaussian fitten gelen ortalama renkteki belirsizlikten hesaplanmıştır: $\sigma_{JKm} = \sigma_{KY} / (1.52 \times N_{KY})$. Ancak bu belirsizlik sadece istatistiksel hatanın bir göstergesidir. Kızarmadaki toplam hata KY yıldızlarının özgün renklerden gelen

belirsizliğinde ($(J - K_s)_0$ = 0.03 kadir) dikkate alınmasıyla hesaplanmıştır ve bu sayede toplam hata tümlev yoluyla belirlenmiştir: $\sigma^2_{JK} = \sigma^2_{JKm} + \sigma^2_{JK\,0}$.



Şekil 3. Dört farklı doğrultuda cüce karışım oranları. Kesikli çizgiler parlaklık aralıklarının üst limitlerini temsil etmektedir.

3.5. Uzaklıkların Hesabı

Galaktik novaların uzaklıkları KY yıldızlarından elde edilen kızarma-uzaklık ilişkileri ile novaların $E(J - K) = 0.524 \times E(B - V)$ (Rieke ve Lebofsky, 1985) renk ekseslerinin karşılaştırılmasından belirlenmiştir. Bölüm 3.1'de bahsedildiği üzere novaların renk artıkları literatürden toplanmıştır. Karşılaştırma için kızarmaların olasılık dağılımları yönteminin kullanılması tercih edilmiştir. Bu yönteme göre novanın literatürden ve KY yıldızlarından elde edilen kızarma değerlerinin hatalarıyla birlikte denklem 10'deki gibi gaussian dağılımlar gösterdikleri varsayılmıştır.

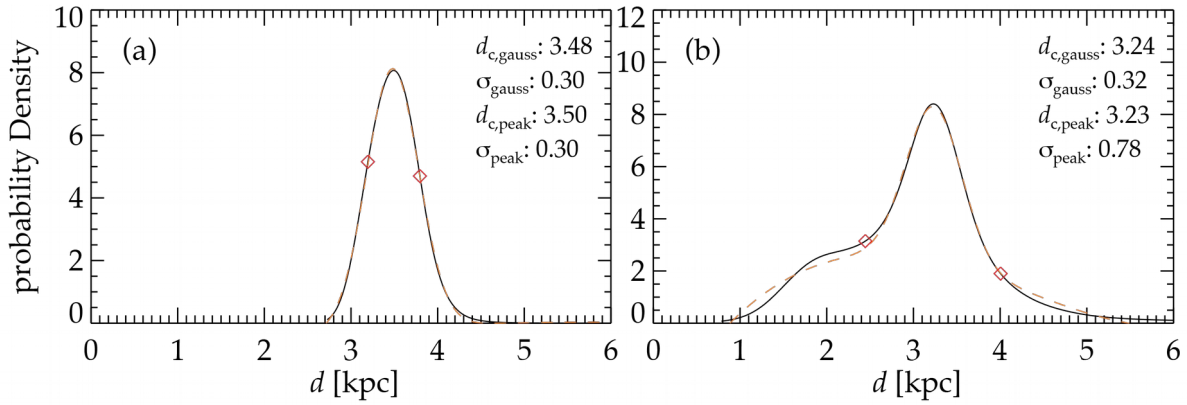
$$f(x;A,\mu,\sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \times \exp ¿ \qquad (10)$$

Burada $f(x;A,\mu,\sigma)$; $A = 1/\sigma\sqrt{2\pi}$ yüksekliğindeki, μ tepe noktasındaki, σ sigmaya sahip gaussian dağılımdır. Alandan hesaplanan her bir kızarma değeri ile novanın literatürden elde edilen kızarma değerlerinden oluşturulan gaussian dağılımlardaki birim $E(J - K)$ değerlerine

karşılık gelen değerler birbiri ile çarpım toplamı alınarak toplam olasılık yoğunlukları hesaplanmıştır.

$$P(D) = \int P_{nova}(EJK)\, P_{KY}(D \vee EJK)\, d\,EJK \qquad (11)$$

Burada *P*(*D*) toplam olasılık yoğunluğunu, $P_{nova}(EJK)$ novanın literatürdeki kızarma değeri üzerinden gaussian fonksiyonunu ve $P_{KY}(EJK|D)$ de KY yıldızlardan hesaplanan kızarma değeri için gaussian fonksiyonunu temsil etmektedir. Kızarma veya uzaklık arasında bir ilişki bulunduğundan $P_{KY}(EJK|D)=P_{KY}(D|EJK)$ eşitliği mevcuttur. Denklem 13'deki integral Newton-Cotes yöntemiyle çözümlenerek, uzaklığa bağlı olasılık yoğunluğu dağılımı elde edilmiştir. Bu dağılımda en olası uzaklığın bulunabilmesi için dağılım spline fonksiyonu ile düzeltilerek maksimum değer alınmıştır. Eğer dağılım bir gaussian profile gösteriyorsa, maksimum değerin ve uzaklıklardaki hataların belirlenebilmesi için dağılıma bir Gaussian eğri fit edilmiştir. Ancak dağılım her zaman basit bir Gaussian eğri ile temsil edilememektedir. Böylesi durumlarda olasılık dağılımının altında kalan alan hesaplanarak bir değerine normalize edilmiştir ve maksimum değerinden itibaren toplam alan oranının 0.68'e geldiği yer uzaklığın hatası ve maksimuma denk gelen değer uzaklık olarak kabul edilmiştir. Bunun için bir örnek Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. (a) V407 Cyg ve (b) V496 Sct novalarının uzaklıkları üzerinden olasılık dağılımı. Kırmızı kesikli çizgi en uyumlu Gaussian fonksiyonu ve elmas şekli normalizasyon yönteminden hesaplanan uzaklığın hatalarını temsil etmektedir.

3.6. Galaktik Novaların Maksimum Parlaklık ve İniş Oranları

MMRD ilişkisinin incelenmesi amacıyla öncelikle çalışmamızda geliştirilen kızarma-uzaklık ilişkilerinden uzaklıkları hesaplanabilen veya genişleme paralakslarına sahip Galaktik novalar için literatürden patlama maksimumundaki görünür parlaklığı ($m_{V,max}$) ve maksimum parlaklıktan 2 ve 3 kadir inmesi için geçen gün (t_2 ve t_3) elde edilmiştir. Böylelikle 88 Galaktik novadan oluşan öncü bir örnek oluşturulmuştur. Örnekte yer alan novaların maksimumdaki

mutlak parlaklıkları ($M_{V,max}$), çalışmamızda belirlenen veya genişleme paralakslardan elde edilen uzaklıklar kullanılarak Pogson formülünden hesaplanmıştır. MMRD ilişkisini incelenebilmesi için bu ilişkiyi yansıtan parametrelerin duyarlı olması gerekmektedir. Bu sebeple 88 novanın ışık eğrileri AAVSO ve/veya literatürden elde edilerek duyarlılıkları incelenmiştir. Eğer bir novanın ışık eğrisini oluşturan gözlemler yeterli yoğunluğa ulaşmıyor ve/veya gözlemler arasında zaman fazla olduğunda ışık eğrisinde genel trendin anlaşılmasına imkan vermiyor ise bu tarz ışık eğrisine sahip novalar MMRD ilişkisinin araştırılmasında kullanılmamıştır. Benzer bir şekilde uzaklık hesaplamalarında belirsizlik bulunan sistemler de istatistik dışı bırakılmıştır. Böylelikle 47 KN, 7 TN ve 10 TN adayından örnek oluşturulabilmiştir ve bu sistemler Ek.D'de listelenmiştir. Duyarlı gözlemsel verilere sahip olan bu örnek ile MMRD ilişkisinin geliştirilebileceği $M_{V,max}$ - $t_{2,\ 3}$ dağılımları elde edilecektir.

Literatür özetinde de belirtildiği gibi Maksimumdaki mutlak parlaklık ve $t_{2,3}$ zamanına göre dağılımlarda, MMRD ilişkisine özgün saçılmanın varlığı daha önceki çalışmalarda da öne sürülmüştür. Bu saçılmanın olası sebeplerinin ve dağılımı açıklayabilecek üçüncü bir parametrenin varlığının araştırılması için $M_{V,max}$ - $t_{2,\ 3}$ dağılımları sekiz farklı parametre için ayırca incelenmiştir. Bunlardan ilki ışık eğrisi şekline göre yapılan sınıflamadır (Strope vd. 2010). Kasliwal vd. (2011) çoğu novanın ışık eğrilerinin şekillerini karakterize edecek yeterli veriye sahip olmadığından, bu sınıflamayı MMRD analizinde kullanamamıştır. Örneğimizde yer alan novaların 49 tanesinin ışık eğrileri bu sınıflamaya dahildir. Işık eğrisi sınıflaması yapılmış sistemlere ait bilgiler Ek.D'de listelenmiştir. İkinci bir sınıflama türü olan tayfsal sınıflama da çalışmamızda dikkate alınmıştır. Bu sınıflama türlerine ait bilgiler literatürden toplanarak, FeII, He/N ve hybird,tayf türünde sınıflanan 29 Galaktik novaya ait tayf sınıflamaları Ek.D'de verilmiştir. Pagnotta & Schaefer (2014) çalışmasında TNların istatistiksel analizini yapmak üzere ortaya koyduğu FWHM Hα, eksitasyon derecesi, Fe çizgilerinin eksitasyon seviyesi, He çizgilerinin varlığı, yörünge dönemi, evrimleşmiş yıldızın varlığı gibi koşullar çoğunlukla bahsi geçen çalışmadan elde edilmiştir. Son olarak TN ve TN adayları çalışmamızda ayrıca dikkate alınmıştır. Pagnotta & Schaefer (2014)'nin TN olma adayı olduğunu belirten koşullardan birden fazlasına sahip olanlar TN adayı olmaya daha yakın olduğunu varsayarak bir istatistik oluşturmuştur. Örneğimizde yer alan CP Cru, V1721 Aql, V2672 Oph, V4160 Sgr, V4643 Sgr olmak üzere 5 novayı TN adayı olarak sınıflamıştır. Bu sistemler yanı sıra BT Mon, V2491 Cyg ve V4444 Sgr literatürde bazı çalışmalarda TN olabileceği öne sürülmüştür (bkz. Pagnotta & Schaefer 2014). BT Mon'nin büyük yörünge dönemine ve olası bir dev bileşene sahip olması, FWHM Hα=2010 km/s ve He II özelliği taşıması kısa tekrarlama süresine işaret ettiği ileri sürülmüştür. Ancak beyaz cücesinin kütlesinin 1.04±0.06 $M_{\odot}$ (Smith vd. 1998), 122 yıllık gözlemsel arşivde tekrar nova patlaması

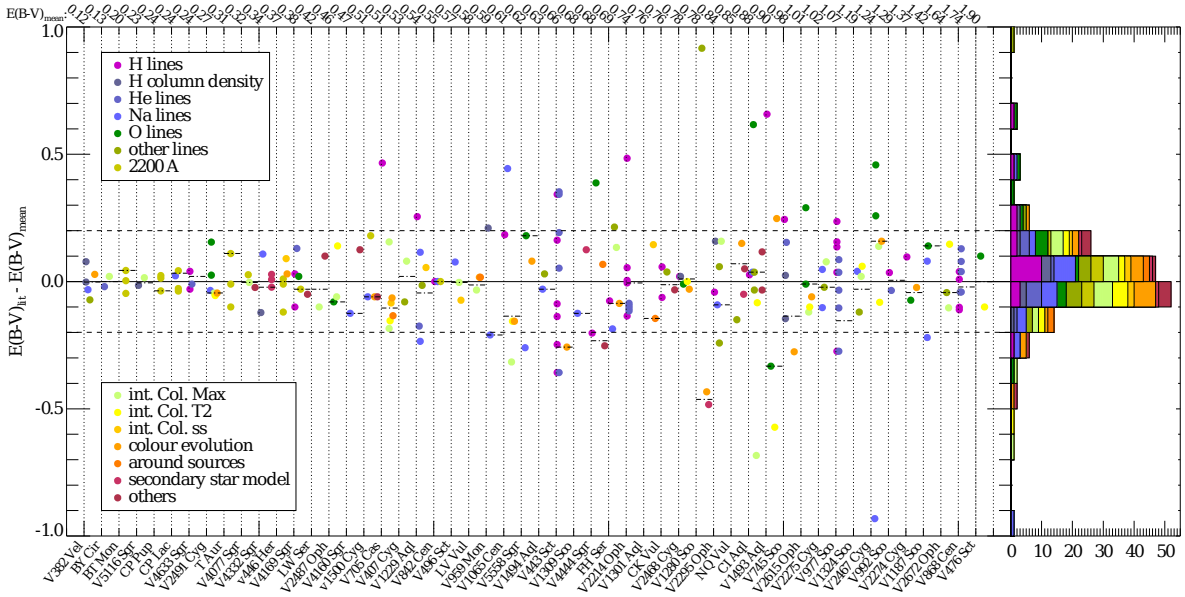
göstermemesi tersi durumu göstermektedir. V2491 Cyg'nin tayfının bilinen iki TNya benzemesi, FWHM Hα=4800 km/sn, t_3=16 gün olması TN olduğunu betimlerken, demir çizgilerinin düşük enerjili olması (Fe II), ışık eğrisinin C sınıfı olması TN olmadığını işaret etmektedir. Ancak bu sistem tekrarlaya nova adayı olarak görülebilecek daha fazla özelliğe sahiptir. V4444 Sgr sisteminin patlama öncesinde sistemi çevreleyen diske ve P sınıfı ışık eğrisine sahip olmasından dolayı bu sistem tekrarlaya nova olarak ileri sürülmüştür. Ancak düşük hızlı, düşük enerjili eksitasyon çizgilerine sahip olması bu sistemin TN olmasında şüphe yaratmaktadır. Bu sistemlerin detaylı tartışmaları Pagnotta & Schaefer (2014) çalışmasında yapılmış olup, bahsi geçen çalışmada bu sistemler TN adayı olarak ele alınmamıştır. Ancak çalışmamızda TN olup olmadığı konusunda büyük belirsizliğe sahip olan bu novalar TN adayı olarak kabul edilmiştir. Örneğimizde ise iyi bilinen 7 TN (Schaefter 2010) bulunmaktadır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. *Galaktik Novaların Kızarma Ölçümlerinin Karşılaştırılması*

Örneğimizde yer alan her Galaktik nova için literatürden kızarma ölçümleri çalışmamızda (Ek A) tartışılmış ve ölçümler kendi arasında karşılaştırılmıştır. Her ne kadar kızarma ölçümleri çalışmamızda hesaplanmamış olsa da belirli bir yöntem ile belirlenmiş kızarma ölçümlerinin sistematik olarak duyarlılıklarının karşılaştırılması ve herhangi bir yanlılığa sebebiyet verip vermediği sorgulanması gerekmektedir. Bunun için birden fazla yöntem ile kızarmaları belirlenmiş 51 novanın kızarma ölçümleri tesbit edilmiştir. Her bir novaya ait kızarma ölçümleri ($E(B-V)_{lit}$) ile bu ölçümlerin ortalamaları ($E(B-V)_{mean}$) arasındaki farkın dağılımları (Şekil 5, sol panel) ve kızarma yöntemlerine göre bu dağılımın histogram dağılımı (Sekil 5, sağ panel) elde edilmiştir. Dağılımda hem ortalama değer ile uyumlu hem de ortalama değerden çokça saçılmış absürt değerler bulunmaktadır, fakat tümünün standart sapması 0.20 kadirdir ve bu ölçüm çalışmamızda kullanılan kızarma ölçümlerin hatalarının ortalaması olan ~0.12 kadir ile uyumludur. Ayrıca çalışmamızda bir novanın kızarma ölçümünün hatası bulunmaması durumunda, hatası kızarma değerinin %20'si kabul edilmiştir, bu varsayım ile bahsi geçen standart sapma değeri uyumludur. Bu dağılıma ek olarak her bir kızarma ölçüm yöntemine göre kızarma ölçümlerinin ortalamadan olan farklarının medyan ve standart sapma değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'de verilen medyan ve standart sapma değerleri, kızarma ölçüm yönteminden kaynaklanan herhangi bir belirgin sistematik yanlılığın olmadığını göstermektedir. Yanlılığın olmaması durumu Şekil 5'den de açıkça görülmektedir. Fakat OI çizgilerinden elde edilen ölçümlerin ortalamadan farkı, diğer yöntemlere göre daha büyüktür. Na, O ve diğer çizgilerden ve ayrıca ikinci yıldız

modelinden hesaplanan kızarma ölçümleri en büyük standart sapma değerine sahiptir. 2200 Å özelliği ile belirlenen kızarma ölçümlerinin ortalamadan farkları en küçüktür, ancak bu karşılaştırma en duyarlı yöntemi göstermeye



Şekil 5. Her bir nova için kızarma ölçümlerinin ($E(B-V)_{lit}$) novaya ait ortalama kızarma değerinden ($E(B-V)_{mean}$) farklarının dağılımı kızarma ölçüm yöntemlerine göre gösterilmektedir. Burada •; hidrojen çizgilerinden (akı oranı, çizgi şiddeti, eşdeğer genişlik vb), •; H kolon yoğunluğundan, •; helyum çizgilerinden, •; sodyum çizgilerinden, •; oksijen çizgilerinden, •; bahsi geçen çizgiler dışındaki diğer çizgilerden, •; 2200 Å özelliğinden, •; nova patlama maksimumundaki özgün renkten, •; nova patlama maksimumundan iki kadir azaldığı sıradaki özgün renkten, •; nova patlaması stabilizasyon aşamasındaki özgün renkten, •; novanın etrafındaki kaynaklardan, •; bileşen yıldızın tayf türüne bağlı kuramsal modellerden, •; polarizasyon, UV/Optik süreklilik, tayfsal enerji dağılımları gibi geriye kalan yöntemlerden belirlenmiş kızarma ölçümlerini belirtmektedir. Bu renklendirme sağ panelde yer alan kızarma ölçümlerinin ortalamadan farklarının histogram dağılımları içinde geçerlidir. Her nova için kızarma ölçümlerinin ortalama değeri üst panelde, nova isimleri alt panelde verilmiştir. Kızarma ölçümlerine ait noktalar, novanın isminin belirtildiği çizgiden itibaren verilmektedir.

Tablo 1. Her bir kızarma ölçüm yöntemine göre $E(B-V)_{lit}$ ve $E(B-V)_{mean}$ arasındaki farkların medyan ve standart sapması.

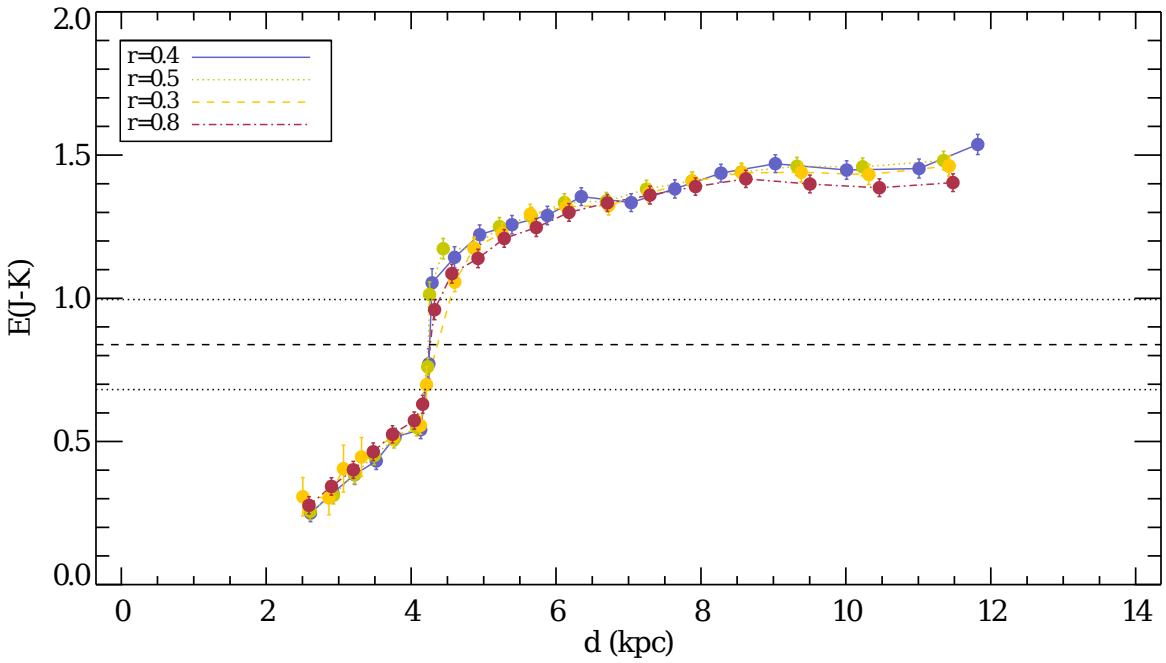
Yöntem	medyan	Standart sapma	Yöntem	medyan	Standart sapma
H çizgisinden	0.035	0.196	Nova patlaması maksimumundaki özgün renkten	-0.003	0.195
H kolon yoğunluğundan	0.024	0.107	Nova patlaması maksimumundan iki kadir azaldığı zamandaki özgün renkten	-0.082	0.186
He çizgisinden	-0.010	0.117	Nova patlaması stabilizasyon aşamasındaki özgün renkten	0.055	0.101
Na çizgisinden	-0.030	0.249	Renk evriminden	-0.030	0.165
O çizigisinden	0.140	0.253	Novanın etrafındaki kaynaklardan	0.017	0.107
Diğer çizgilerden	-0.015	0.273	Bileşen yıldıza ait modellere dayanan varsayımlardan	0.008	0.266
2200 Å özelliğinden	0.000	0.064	Diğer yöntemlerden	-0.023	0.119

yönelik değildir. Çünkü karşılaştırmada kızarma ölçümünün yapıldığı sıradaki gözlem koşulları, nova patlamasındaki evre, tayf çizgilerinin ölçümlerini etkileyebilecek vb. etkenler

göz önüne alınmamıştır. Hali hazırda her bir nova için gözlemsel duyarlılık ve/veya kızarma ölçüm yönteminin duyarlılığına yönelik tartışma çalışmamızda verilmiştir.

4.2. Galaktik Novaların Uzaklıkları

Çalışmamızda çok sayıda yıldız barındıran büyük alanlar hem KY yıldızlarının renklerinin belirlenmesi hem de yıldız sayılarındaki Gaussian gürültüyü minimal seviyede tutması ve sonrasında yoğunluk profillerine geçirilecek fitin de geliştirmesi için gereklidir. Diğer bir taraftan gökyüzünde geniş bir alanın seçilmesi çözünürlüğü düşüreceğinden alanda küçük gaz/toz yığılmalarının olup olmadığına bakmaksızın ortalama kızarma değerinin hesaplanmasına neden olur. Bu sebeple RPD'lerin elde edilirken mümkün olduğunca yeterli sayıda KY yıldızı barındıran ve gerçek kızarma-uzaklık ilişkinin belirlenebileceği küçük alanlar tercih edilmiştir. İncelenen görüş doğrultusu boyunca kızarma eğrilerinde belirgin farklılıklarının olmadığından emin olmak için her bir Galaktik nova doğrultusu için birçok büyüklükte alanlar için hesaplamalar yapılmıştır. WY Sge doğrultusunda 0.3, 0.4, 0.5 ve 0.8 derece yarıçaplarında dört farklı alan için elde edilen kızarma – uzaklık ilişkilerinin bir örneği Şekil 6'da gösterilmektedir. Şekil 6'dan görüldüğü gibi WY Sge merkezde olacak şekilde seçilen alanlardaki kızarma evriminde belirgin bir değişim bulunmamaktadır. Çalışmasında WY Sge'nin uzaklığı (Ek A1.30) 4.2 ± 0.4 kpc kabul edilmiştir. Benzer bir şekilde 0.3, 0.4, 0.5, ve 0.8 derece yarıçap kullanılarak sırasıyla 4.24 ± 0.52 kpc, 4.20 ± 0.37 kpc, 4.2 ± 0.35 kpc ve 4.24 ± 0.32 kpc hesaplanmıştır. Yarıçaplara göre yapılan ölçümler, WY Sge için kabul edilen değerler ile de uyumludur. Çalışmamızda farklı yarıçaplara göre yapılan hesaplamalar dikkate alınarak kızarma evriminde değişikliğin olmadığı en uyumlu yarıçap için elde edilen kızarma-uzaklık ilişkileri kullanılmıştır ve bu ilişkilerden en olası uzaklık değerleri dikkate alınmıştır.



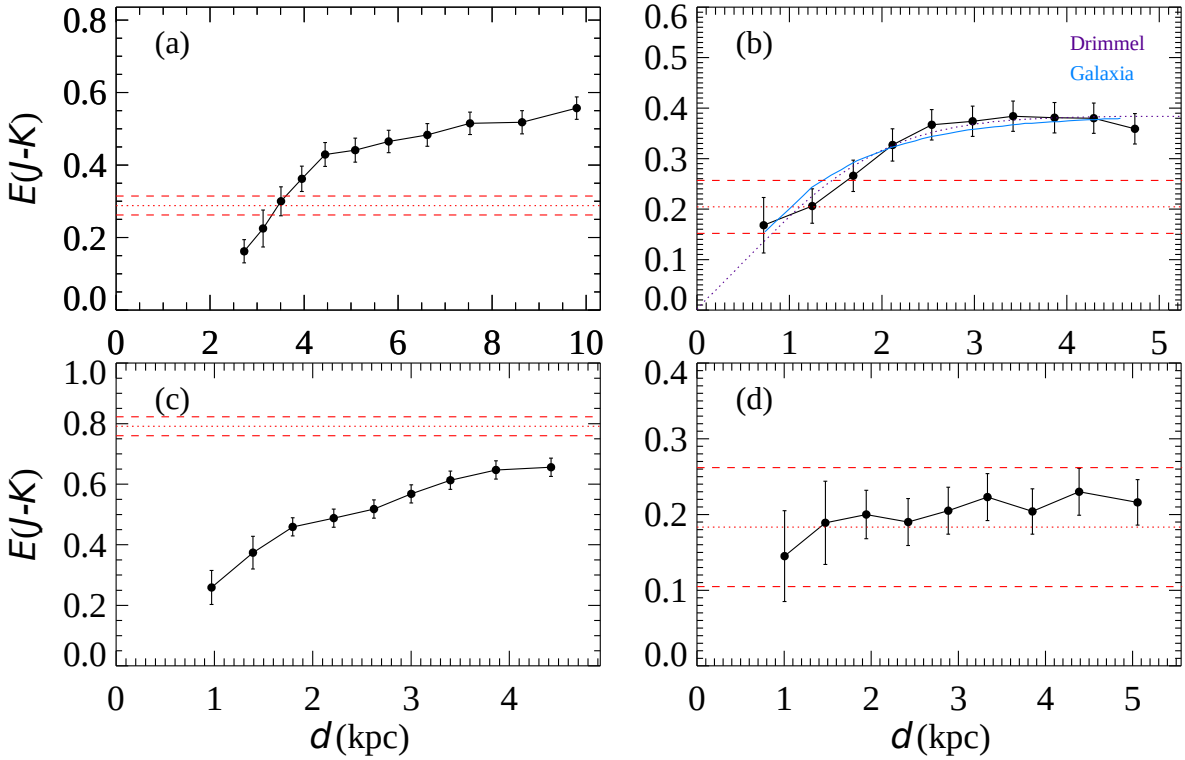
Şekil 6. WY Sge doğrultusunda dört farklı yarıçap için elde edilen kızarma-uzaklık ilişkileri.

Yıldızlararası kızarma ölçümleri bulunan 152 Galaktik nova doğrultusunda kızarma eğrileri oluşturularak, novaların uzaklıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. KY yıldızlarından elde edilen kızarma-uzaklık ilişkileri ayrıca görüş doğrultusunda farklı Galaktik bileşenlerin analizinde de kullanılabilir. Çünkü kızarma eğrisinin şekli bu bileşenlere direk olarak bağlantılıdır. Yıldızlararası soğurucu madde düşük Galaktik enlemlerde Galaktik düzlem boyunca yoğunlaşırken, yüksek enlemlerde toz yoğunluğu hızla düşeceğinden kızarma eğrisinin eğimi sığ olacaktır. Galaktik enlemi 6 dereceden büyük olan QV Vul veya LW Ser (Şekil C1) bu duruma açık bir örnek olarak gösterilebilir. İnce disk bileşeni içerisindeki toz ilk 1-2 kpc içerisinde yoğunlaşmaktadır. Galaktik düzlemden uzaklaştıkça ilave soğurucu materyal yoktur ve kızarma-uzaklık ilişkisi aşağı yukarı düz hale gelir. Diğer bir taraftan disk içerisinde kalan görüş doğrultularında, buna örnek olarak V1500 yg (Şekil C1), yıldızlararası soğurma görüş doğrultusunun limit değerlere veya diskin sonuna kadar doğrultu boyunca durmadan artmaktadır.

Diskten farklı diğer Galaktik bileşenlerin yer aldığı doğrultularda bu bileşenler çalışmamızda sunulan sonuçlardan açıkça tespit edilebilmektedir. Bu bağlamda spiral kollarda yığılan tozun miktarı, bir spiral kolu geçtiği zaman kızarmanın uzaklıkla beraber keskin bir biçimde artmasıyla ilişkilidir. LV Vul (Şekil C2) ve WY Sge (Şekil C2) Saggitarius kolunun bulunduğu doğrultuda yer aldıklarından bu durum için iyi örneklerdir. Kol ile alakalı toz, kolu geçtiğindeki (~4 kpc uzaklıkta) birkaç parsek içerisinde ekstra kızarmaya neden olmaktadır ve kızarma-uzaklık ilişkilerinde belirgin bir dikine artışa sebep olur. Galaksinin iç bölgelerine doğru gidildikçe şişkin bölge bileşeni en belirgin öğedir ve şişkin bölgenin yer

aldığı uzaklıklara kadar kızarmada artışa neden olur. Böylesi bir durumlar için V4643 Sgr ve V732 Sgr (Şekil C2) örnek gösterilebilir.

Soğurucu madde düşük Galaktik enlemlerde ,Galaktik düzlem boyunca, özellikle Galaktik şişkin bölge doğrultusunda yoğunlaştığından bu alanlarda kızarma eğrisinin eğimi duyarlı uzaklıkların ölçümüne imkan vermektedir. Tersi doğrultularda ise toz yoğunluğu hızla azalacağından kızarma eğimini azaltarak, elde edilen sonuçlardaki belirsizliği arttırmaktadır. Uzaklık hesaplamalarımız yıldızlararası kızarmanın uzaklıkla birlikte nasıl değiştiğine dayandığından, incelenen Galaktik nova doğrultusundaki yıldızlararası ortamın varlığı önem taşımaktadır. Eğer bir nova doğrultusunda yıldızlar arası ortamın etkisi gözlenemiyorsa, kızarma eğrisinin eğimi çok küçük kalıyorsa veya novanın kızarması hatasıyla birlikte tüm kızarma evrimini kapsayacak bir biçimde ise uzaklık ölçüm yöntemimiz düzgün çalışmamaktadır (Şekil 7d). Bu sebeplerden ötürü örneğimizdeki 33 Galaktik novanın uzaklıkları hesaplanamamıştır. Uzaklık hesaplamaları sırasında üç farklı senaryo ile karşılaşılmıştır. Bunlardan ilki novanın kızarma ölçümünün yüksek eğime sahip kızarma eğrisinin orta bölümlerine geldiği net kızarma hesabıdır (Şekil 7a). Bu senaryoda novanın hatasıyla birlikte duyarlı uzaklık tayini yapılabilmiştir. Eğer bir novanın kızarma ölçümü kızarma-uzaklık ilişkisinin ilk/son noktaları civarına denk geliyorsa, ikinci senaryo belirmektedir (Şekil 7b). Bu durumda Drimmel vd.nin (2003) üç boyutlu kızarma modeli ve GALAXİA'dan yardım alınmıştır. Drimmel'in kızarma modelinde spiral kolların da dikkate alması, gözlemsel kızarma eğiminin uzaklıkla birlikte değişimini daha iyi desteklemektedir. GALAXİA ile birlikte Drimmel'in kızarma haritalarının kullanılması, kızarma eğrimizin test edilmesini kuvvetlendirmiştir. 2. senaryoda eğer kızarma eğrimiz Drimmel ve/veya GALAXİA'nın kızarma evrimi ile aynı trendi gösteriyorsa, kızarma eğrimizdeki ilk/son noktalardan belirlenen uzaklıkların güvenilir olduğu varsayılmıştır. Tersi durumda, ilk/son noktalardan belirlenen uzaklıkların belirsiz olduğu varsayılarak uzaklığın alt/üst sınırları verilmiştir. Son senaryo, bir novanın kızarma ölçümünün çalışmamızda elde ettiğimiz kızarma eğrisinin üstünde veya altında bir değere sahip olması yada asimptotik kızarma eğrisinin sabit kızarma değerine yaklaşık eşit olması durumlarında oluşmaktadır. Bu senaryo için bir örnek Şekil 7c'de verilmiştir. Böylesi durumlarda kızarma evriminin nasıl değişeceğini varsayamayacağımızdan ilk/son noktayla ilişkili uzaklığın alt/üst sınırları yada asimptotik davranışın başladığı değerden itibaren uzaklığın üst sınırı verilebilmiştir. Bu senaryolar dahilinde 119 Galaktik novanın uzaklıkları hesaplanabilmiştir ve kızarma uzaklık ilişkileri Ek C'de verilmiştir.



Şekil 7. Dört senaryo için kızarma – uzaklık ilişkileri; (a) net uzaklık ölçümü, (b) modellerden yardım alınarak belirlenen uzaklık ölçümü, (c) sadece uzaklıktaki alt limitin verilebildiği ölçüm ve (d) uzaklığın hesaplanamadığı ölçüm.

Genişleme paralaksı bilinen 18 Galaktik novanın çalışmamızda hesaplanan uzaklıkları genişleme paralakslarından hesaplananlar ile karşılaştırılmıştır (Ek A) ve Tablo 2'de listelenmiştir. Genişleme paralaksının belirlenmesi; genişleme hızı farklı tayf çizgilerinin kullanılmasına göre değişkenlik göstermesi, genişleme geometrisinin küresel varsayımı ve kabuğun kompleks yapısından dolayı açısal büyüklüğünün belirlenmesindeki belirsizlik gibi sorunlara rağmen geometrik yönteme dayanan ve trigonometrik paralakstan sonra gelen en duyarlı ölçüm olduğu söylenebilir. Sonuçlarımızın genişleme paralaksından gelen uzaklıklar ile karşılaştırmasından (Şekil 8), farkların medyan değeri Δd = 0.11 kpc ve standart sapması $\sigma_{\Delta d}=¿$ 0.7 kpc hesaplanmıştır. Bu sonuçlar hesaplanan uzaklıklarının medyan hatası 0.5 kpc ile uyumludur. Ayrıca LV Vul, LW Ser ve QV Vul dışında hesaplanan uzaklıklar genişleme paralaksları ile uyumludur. Çalışmamızda öne sürülen bu yöntem duyarlı kızarma ölçümlerine sahip tüm yıldız tiplerine uygulanabilir.

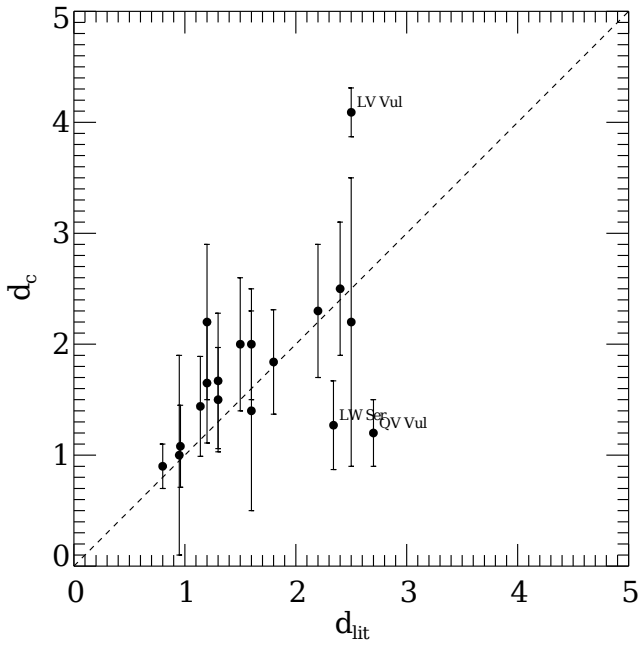
Genişleme paralaksı bulunmayan 55 Galaktik novanın da uzaklıkları hesaplanmış ve Tablo 3'de listelenmiştir. Ancak bu novaların literatürdeki uzaklıkları genellikle Galaksimiz için istatistiksel olarak yetersiz MMRD ilişkisine dayandığından, sonuçlarımız MMRD ilişkisinden gelen uzaklıklar ile karşılaştırılmamıştır. MMRD ilişkisine (Downes ve Duerbeck 2000) dayanan uzaklıklar, ilişkideki saçılmadan kaynaklı güçlü belirsizliğe sahiptir. Bu saçılma 1.6

kadire kadar ulaşan 0.6 kadirdir. Ayrıca MMRD ilişkisi hem Galaksimiz hem diğer galaksiler

Tablo 2. Genişleme paralaksı bilinen novaların sonuçları. Burada *l* ve *b* Galaktik koordinatlar, $E(B-V)$ novanın literatürden temin edilmiş kızarma ölçümü, $E(B-V)_c$ literatürdeki genişleme paralaksına (d_{exp}) göre çalışmamızda belirlenen kızarma ölçümleri, d_c çalışmamızda hesaplanan uzaklığı belirtmektedir.

Nova	*l* (°)	*b* (°)	$E(B-V)$ (kadir)	d_c (kpc)	d_{exp} (kpc)	$E(B-V)_c$ (kadir)	Ref[a]
V1229 Aql	40.537	-5.437	0.50 ± 0.08	2.5 ± 0.6	2.4	0.48	Shafter (1997)
V1494 Aql	40.974	-4.742	0.6 ± 0.1	2.2 ± 0.7	1.2	0.36	Barsukova et al. (2013)
T Aur	177.143	1.698	0.42 ± 0.08	1.08 ± 0.37	0.96	0.36	Slavin vd. 1995
V705 Cas	113.66	-4.096	0.41 ± 0.06	2.2 ± 1.3	2.5	0.42	Eyres vd. (1996)
V842 Cen	316.574	2.453	0.55 ± 0.05	1.65 ± 0.54	1.2	0.5	Downes ve Duerbeck (2000)
V1500 Cyg	89.823	-0.073	0.45 ± 0.07	2.0 ± 0.6	1.5	0.35	Slavin vd. 1995
v446 Her	45.409	4.707	0.37 ± 0.04	1.5 ± 0.47	1.3	0.32	Cohen (1985)
CP Lac	102.141	-0.837	0.27 ± 0.06	1.67 ± 0.61	1.3	0.18	Cohen ve Rosenthal (1983)
BT Mon	213.86	-2.623	0.24 ± 0.06	1.84 ± 0.47	1.8	0.23	Gill ve O'Brien (1998)
V959 Mon	206.341	0.076	0.38 ± 0.06	2.3 ± 0.6	0.9-2.2	0.06-0.36	linford vd. (2015)
CP Pup	252.926	-0.835	0.20 ± 0.04	1.44 ± 0.45	1.14	0.12	Downes ve Duerbeck (2000)
V1280 Sco	351.331	6.553	0.32 ± 0.05	1.4 ± 0.9	1.6	0.38	Chesneau vd. (2008)
FH Ser	32.909	5.786	0.6 ± 0.1	1.0 ± 0.9	0.95	0.56	Gill (2000)
LW Ser	12.959	6.047	0.39 ± 0.1	1.27 ± 0.40	2.34	0.66	Cohen ve Rosenthal (1983)
V382 Vel	284.167	5.771	0.12 ± 0.03	0.9 ± 0.2	0.8	0.11	Tomov vd (2015)
LV Vul	63.303	0.846	0.57 ± 0.05	4.09 ± 0.22	2.5	0.32	Della Valle vd. (1998)
NQ Vul	55.355	1.29	0.92 ± 0.2	2.0 ± 0.5	1.6	0.78	Slavin vd. 1995
QV Vul	53.858	6.974	0.4 ± 0.05	1.2 ± 0.3	2.7	0.52	Downes ve Duerbeck (2000)

[a] genişleme paralaksları için referanslar.



Şekil 8. Çalışmamızda hesaplanan uzaklıkların (d_c) literatürdeki genişleme paralakslarıyla (d_c) karşılaştırması.

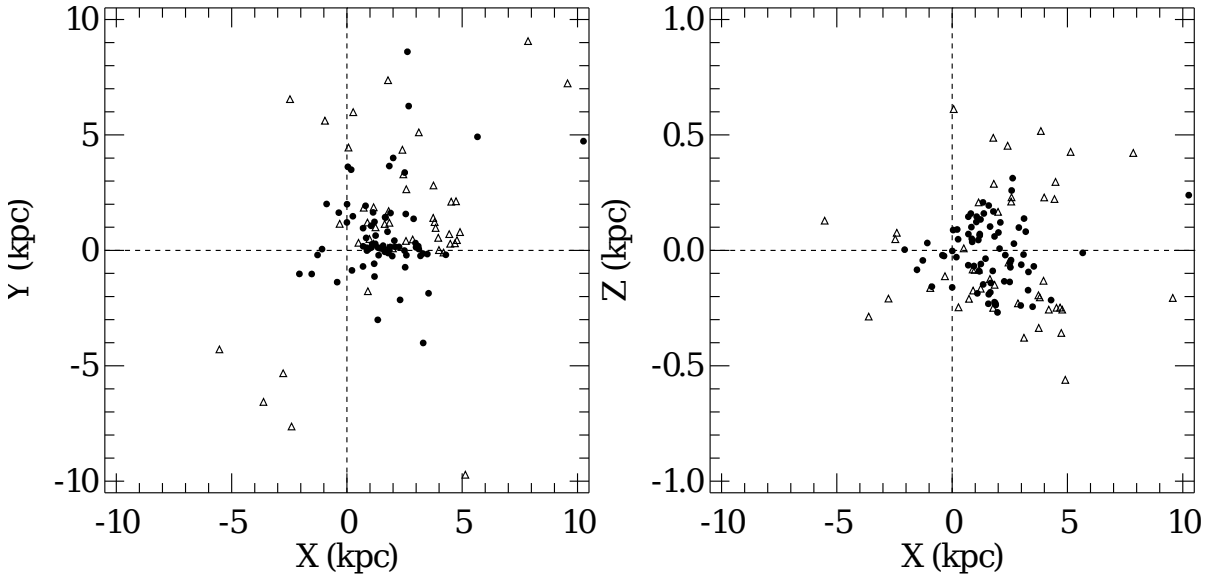
Tablo 3. Genişleme paralaksı bilinmeyen novaların uzaklıkları. Kolon tanımlamaları Tablo 2'de olduğu gibidir.

Nova	*l* (°)	*b* (°)	$E(B-V)$ (kadir)	d_c (kpc)	Nova	*l* (∘)	*b* (∘)	$E(B-V)$ (kadir)	d_c (kpc)

CI Aql	31.688	-0.812	0.92 ± 0.22	3.0 ± 0.5	V1187 Sco	355.724	1.451	1.56 ± 0.08	3.2 ± 0.12
V1301 Aql	40.225	-3.68	0.61 ± 0.05	2.2 ± 0.3	V1309 Sco	359.786	-3.135	0.55 ± 0.05	2.5 ± 0.4
V1493 Aql	45.908	2.155	0.57 ± 0.14	1.72 ± 0.66	V1324 Sco	357.425	-2.872	1.16 ± 0.12	4.3 ± 0.9
V1721 Aql	40.972	-0.083	3 ± 0.6	7.5 ± 2.0	V745 Sco	357.358	-3.999	0.84 ± 0.15	3.50 ± 0.85
OY Ara	333.902	-3.937	0.32 ± 0.06	1.32 ± 0.7	V977 Sco	357.603	-2.998	0.92 ± 0.1	3.3 ± 0.6
V1065 Cen	293.984	3.613	0.47 ± 0.05	3.3 ± 0.5	V992 Sco	343.824	-1.602	1.3 ± 0.1	2.63 ± 0.35
V868 Cen	309.508	-1.028	1.72 ± 0.1	5.2 ± 0.4	V368 Sct	24.669	-2.629	0.5 ± 0.1	1.94 ± 0.95
AR Cir	317.039	-0.372	2.0 ± 0.4	3.15 ± 0.56	V443 Sct	27.218	-2.421	0.40 ± 0.05	1.4 ± 0.5
BY Cir	315.022	-3.723	0.13 ± 0.06	0.99 ± 0.22	V476 Sct	24.741	1.213	1.9 ± 0.1	11.3 ± 1.9
V394 CrA	352.822	-7.723	0.2	:2.0	V496 Sct	25.284	1.768	0.57 ± 0.07	3.2 ± 0.8
Q Cyg	89.929	-7.552	0.26 ± 0.06	1.22 ± 0.9	MU Ser	14.066	5.555	0.4 ± 0.1	0.73 ± 0.53
V2274 Cyg	73.041	1.991	1.33 ± 0.1	9.0 ± 2.0	WY Sge	53.368	-0.739	1.6 ± 0.3	4.2 ± 0.4
V2275 Cyg	89.317	1.391	1.0 ± 0.1	3.62 ± 0.47	V1172 Sgr	7.639	3.336	0.4 ± 0.08	0.86 ± 0.14
V2467 Cyg	80.069	1.842	1.4 ± 0.2	1.5 ± 0.3	V4077 Sgr	7.427	-8.319	0.32 ± 0.03	1.6 ± 1
V2468 Cyg	66.808	0.245	0.78 ± 0.1	6.8 ± 1.0	V4160 Sgr	0.2	-6.968	0.35 ± 0.04	1.85 ± 1.2
V2491 Cyg	67.229	4.353	0.23 ± 0.01	2.1 ± 1.4	V4169 Sgr	4.558	-6.964	0.35 ± 0.05	1.9 ± 0.7
V407 Cyg	86.983	-0.482	0.55 ± 0.05	3.5 ± 0.3	V4332 Sgr	13.628	-9.4	0.32 ± 0.1	1.14 ± 1.0
IM Nor	327.098	2.485	0.8 ± 0.2	2.4 ± 0.8	V4444 Sgr	3.817	-3.388	0.45 ± 0.1	2.27 ± 0.58
V382 Nor	332.29	-0.995	0.85 ± 0.15	4.0 ± 0.53	V4633 Sgr	5.128	-6.231	0.26 ± 0.05	1.36 ± 0.46
V2214 Oph	355.372	5.724	0.73 ± 0.1	2.6 ± 1.0	V4643 Sgr	3.346	-0.337	1.47 ± 0.2	3.1 ± 0.2
V2295 Oph	2.378	6.973	0.75 ± 0.2	1.6 ± 1.3	V5113 Sgr	3.721	-4.091	0.1 ± 0.02	0.95 ± 0.21
V2487 Oph	6.604	7.775	0.38 ± 0.08	1.08 ± 0.28	V5115 Sgr	6.046	-4.567	0.53 ± 0.05	3 ± 1
V2576 Oph	356.2	5.369	0.62 ± 0.12	1.8 ± 1	V5116 Sgr	2.136	-6.833	0.23 ± 0.06	1.6 ± 0.8
V2615 Oph	4.148	3.302	0.95 ± 0.15	2.1 ± 0.8	V5117 Sgr	3.337	-1.429	0.5 ± 0.1	1.45 ± 0.33
V2672 Oph	1.019	2.529	1.6 ± 0.1	3.12 ± 0.69	V5558 Sgr	11.611	0.207	0.8 ± 0.1	2.1 ± 0.4
V2674 Oph	357.842	3.579	0.7 ± 0.1	1.65 ± 0.38	V732 Sgr	2.529	-1.188	0.81 ± 0.16	3.0 ± 0.2
V972 Oph	359.376	2.428	0.5 ± 0.1	0.87 ± 0.15	CK Vul	63.383	0.99	0.75 ± 0.05	4.48 ± 0.24
V529 Ori	188.935	-1.937	0.32 ± 0.02	1.29 ± 0.35					

için çalışmadığı ortaya konulmuştur (Kasliwal vd. 2011). Bu 55 nova ile birlikte uzaklıkları duyarlı bir şekilde belirlenen örnekteki nova sayısı 73'e yükselmiştir. Örneğimizdeki novaların uzaklıkları genellikle 5 kpc içinde kalmakla birlikte 11 kpc uzaklığa kadar uzanmaktadır. Bu, Galaktik novaların veya kızarma ölçümlerine sahip herhangi bir popülasyonun Galaksi sınırından Galaktik şişkin bölgenin ötesine kadar uzay dağılımlarının haritalandırılması imkanını tanımaktadır. Novaların Güneş merkezli Galaktik uzaklıkları hesaplanarak, Galaktik düzlemde (X, Y) ve kutupsal düzlemdeki (X, Z) dağılımları Şekil 8'de gösterilmiştir. Galaktik dağılımlardan, yöntemimizin şişkin bölge doğrultusunda ve sadece $|z| < 0.5$ kpc dikine uzaklıklarda etkin çalıştığı söylenebilir. Yıldızlararası kızarmanın bu bölgelerde daha etkin olduğu göz önüne alındığında, bu beklenilen bir durumdur.

Bazı novaların literatürde verilen kızarma ölçümleri 2MASS, UKIDISS veya VISTA verilerinden elde edilen kızarma eğrilerinin alt/üst limitlerini aşmaktadır. Böylesi durumlarda novanın uzaklığının, kızarma-uzaklık ilişkisinin alt/üst limitlerine denk gelen uzaklık hesabından daha küçük/büyük olduğu varsayılmıştır. Uzaklık ölçümlerinin alt/üst limitleri Tablo 4'te listelenmiştir. Şekil 1'den de görüldüğü üzere bahsi geçen bu novaların Galaktik enlemleri genellikle $|b| \geq 2^{o}$ veya onlar yakın sistemlerdir. Her iki durum için novanın kızarması düşük olması KY yıldızların fotometrisinden bir hesaplama yapılmasını zorlaştırmaktadır. Uzaklıkların alt limitleri bu novaların genellikle Galaktik düzlemden 0.2 kpc daha uzak olduğunu göstermektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Galaktik novaların Güneş merkezli Galaktik uzaklıklarının Galaktik düzlemdeki (X, Y) ve kutupsal düzlemdeki (X, Z) dağılımları. Semboller Şekil 1'de tanımlandığı gibidir.

Tablo 4. Uzaklıkların alt/üst limitlerinin hesaplanabildiği novalar için sonuçlar. Tanımlamalar Tablo 2'deki gibidir.

Nova	*l* (°)	*b* (°)	$E(B-V)$ (kadir)	d_c (kpc)	Ref[a]	Nova	*l* (°)	*b* (°)	$E(B-V)$ (kadir)	d_c (kpc)	Ref[a]
V1370 Aql	38.813	-5.946	0.35 ± 0.05	≥1.6	1	V597 Pup	252.529	0.546	0.3	≥8.0	21
V1419 Aql [c]	36.811	-4.1	0.7-1.2	≥4.70	2	V960 Sco	358.72	-3.506	1.3	≥4.2	22
V1425 Aql	33.011	-3.893	0.65,0.76	≥2.20	3	V373 Sct	26.504	-4.397	0.32 ± 0.05	≥1.1	23
V1680 Aql	45.779	3.56	1	≥3.70	4	V444 Sct	25.012	-2.854	0.79-1.05	≥ 5.0	24
V1722 Aql	49.085	2.014	1.35 ± 0.1	≥12.0	5	V463 Sct	17.838	-2.917	0.8 ± 0.1	≥4.0	25
V1830 Aql	37.097	-0.985	2.6	≥12.0	6	V475 Sct	24.202	-3.947	0.69 ± 0.05	≥5.20	26
V603 Aql	33.164	0.829	0.08 ± 0.02	≤0.60	7	V477 Sct	20.568	-2.789	1.2 ± 0.2	≥4.0	27
IV Cep	99.614	-1.638	0.65 ± 0.05	≥5.70	1	RT Ser	13.895	9.971	0.64 ± 0.1	≥1.2	28
V809 Cep	110.647	0.399	1.7 ± 0.34	≥7.0	6	V378 Ser	14.167	7.428	0.74	≥4.00	29
CP Cru[b]	297.872	2.223	1.9 ± 0.1	≥11.0	8	HM Sge[b]	53.567	-3.15	0.43-0.75	≥1.5	30
V1974 Cyg[b]	89.134	7.819	0.26 ± 0.03	≥4.50	9	V3888 Sgr[b]	9.083	4.66	1.0 ± 0.2	≥2.6	31
V2361 Cyg	76.406	3.676	1.2	≥7.60	10	V3890 Sgr	9.204	-6.443	0.8-1	≥5.00	32
V2362 Cyg	87.372	-2.357	0.56 ± 0.05	≥6.0	11	V4157 Sgr	5.321	-3.066	0.94-1.07	≥4.8	24
V838 Her	43.316	6.619	0.4-0.6	≥2.50	12	V4171 Sgr	9.38	-4.54	0.61 ± 0.12	≥2.90	24
DK Lac[b]	105.237	-5.351	0.22 ± 0.06	≥1.20	7	V4642 Sgr	8.991	2.83	1.51 ± 0.06	≥4.5	33
V838 Mon	217.798	1.052	0.87	≥7.0	13	V4739 Sgr	3.211	-7.966	0.46 ± 0.04	≥1.80	34
GQ Mus	297.212	-4.996	0.45 ± 0.05	≥2.0	14	V5579 Sgr	3.734	-3.023	1.2	≥4.7	35
V2575 Oph	2.415	4.782	1.42 ± 0.28	≥2.0	15	V5588 Sgr	7.84	-1.884	1.56 ± 0.1	≥4.0	36
V2670 Oph	3.666	3.78	1.3	≥4.50	16	PW Vul[b]	61.098	5.197	0.57 ± 0.03	≥5.00	37
V2671 Oph	0.199	3.285	2	≥4.0	17	QU Vul[b]	68.511	-6.026	0.55 ± 0.05	≥2.00	14, 38
V351 Pup	53.368	-0.739	0.72 ± 0.01	≥4.1	18	V458 Vul	58.633	-3.617	0.50-0.63	≥6.00	1,39
V445 Pup[b]	241.124	-2.192	0.51 ± 0.1	≥7.5	19	V459 Vul	58.214	-2.167	0.86 ± 0.12	≥2.2	40
V574 Pup	242.57	-1.993	0.5 ± 0.1	≥6.0	20	NSV 11749	34.872	-3.556	0.75 ± 0.15	≥2.0	41

[a] kızarma ölçümleri için referanslar: (1) Hachisu ve Kato (2016a) (2) Lynch vd. (1995) (3) Arkhipova vd. (2002); Kamath vd. (1997) (4) Lloyd ve Guilbault (2002) (5) Munari vd. (2010a) (6) Munari vd. (2014) (7) Selvelli ve Gilmozzi (2013) (8) Lyke, J.E., vd. (2003) (9) Chochol vd. (1997) (10) Russell vd. (2005a) (11) Siviero vd. (2006); Munari vd. (2008a); Mazuk vd. (2006); Lynch vd. (2008a); Russell vd. (2006) (12) Vanlandingham vd. (1996) (13) Munari vd. (2005); Tylenda (2005) (14) Hachisu ve Kato (2014) (15) Rusell vd. (2006) (16) Russell vd. (2008a) (17) Rudy vd. (2008c) (18) Saizar vd. (1996) (19) Iijima ve Nakanishi (2008) (20) Ness vd. (2007); Schwarz vd. (2011a) (21) Ness vd. (2008) (22) Richtler ve Liller (1986) (23) van Genderen ve Utterwaal (1979); Warner (1987) (24) Williams (1994) (25) Kato vd. (2002) (26) Chochol vd. (2005) (27) Mazuk vd. (2005) (28) Rudy vd. (1999) (29) Russell vd. (2005b) (30) Schmid ve Schild (1990) (31) Vogt ve

Maitzen (1977) (32) Gonzalez-Riestra (1992); Anupama ve Sethi (1994); Schaefer (2010) (33) Venturini vd. (2004) (34) Livingston vd. (2001) (35) Russell vd. (2008b) (36) Munari vd. (2015a) (37) Andrea vd. (1991); Williams vd. (1996); Burnashev (1995) (38) Rosino vd. (1992); Saisar vd. (1992); Della Valle vd. (1997) (39) Lynch vd. (2007); Wesson vd., (2008); Poggiani (2008) (40) Poggiani (2010) (41) Bond ve Kasliwal (2012)

[b] verilen genişleme paralaksları için kızarma hesaplamaları: Cp Cru; $E(B-V)_c$ =0.5 kadir için 3.2 kpc (Downes ve Duerbeck 2000) , V1974 Cyg ; $E(B-V)_c$ = 0.2 kadir için 1.8 kpc (Chochol vd. 1997) , DK Lac , $E(B-V)_c$ = 0.21 kadir için 3.9 kpc (Cohen 1985) , V445 Pup ; $E(B-V)_c$ = 0.48 kadir için 8.2 kpc (Woudt vd . 2009) , HM Sge ; $E(B-V)_c$ =0.44 kadir için 1.78 kpc (Hack ve Paresce1993) , V3888 Sgr; $E(B-V)_c$ =0.82 kadir için 2.5 kpc (Downes ve Duerbeck 2000) , PW Vul; $E(B-V)_c$ =0.34 kadir için 1.8 kpc (Downes ve Duerbeck 2000) , QU Vul; $E(B-V)_c$ =0.46 kadir için 1.75 kpc (Downes ve Duerbeck 2000).

[c] $E(B-V)$=0.5 kadir (Hachisu ve Kato 2014) kızarma ölçümü için $d_c \geq 2.5$ kpc.

4.3. Galaktik Novaların MMRD İlişkisi

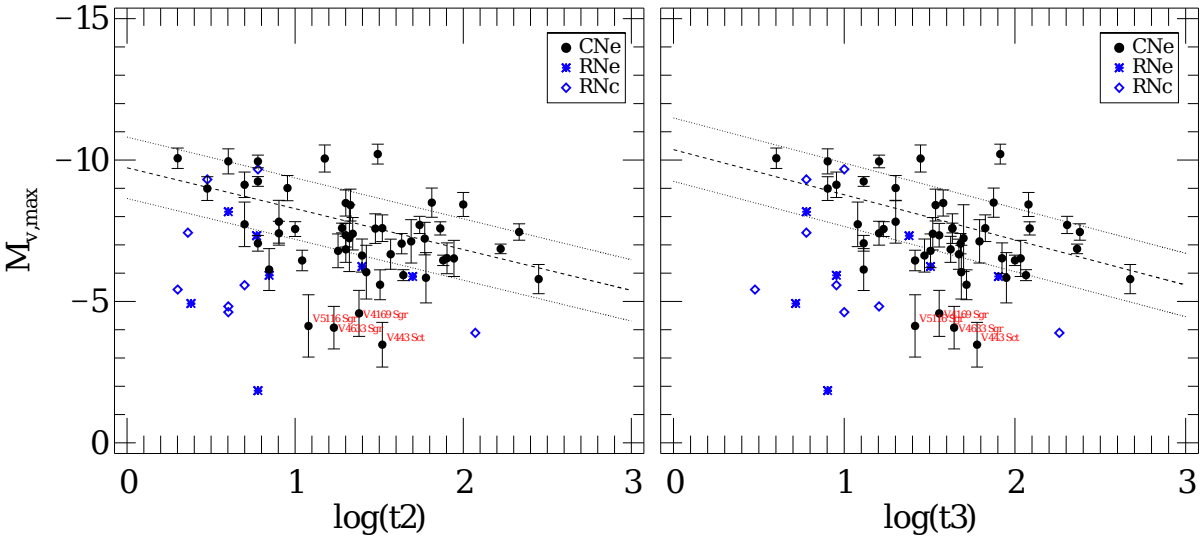
Çalışmamızda novalar üzerine uzun yıllar boyunca sorgulanan ve hala tartışmalı olan MMRD dağılımı da incelenmiştir. Bunun için duyarlı gözlemsel parametrelere sahip 64 novadan oluşan bir örnek oluşturulmuştur. Örneğimizdeki novalarının uzaklık hesaplamaları iki yönteme dayanmaktadır. İlki çalışmamızda geliştirilen kızarma-uzaklık ilişkilerinden, diğeri de genişleme paralakslarından ölçümlerdir. Kızarma-uzaklık ilişkisinden hesaplanan uzaklıklardaki en büyük belirsizlik, novanın literatürden edinilmiş kızarma ölçümlerinden gelmektedir. Eğer bir novanın kızarma ölçümü literatürde duyarsız yöntemlere veya ölçümlere dayanıyorsa (örneğin etrafındaki çizgiler tarafından kirlenmiş, düşük çözünürlüklü tayflardan) hesaplanan uzaklık da hatalı olacaktır. Benzer bir durumda genişleme paralaksında da görülmektedir. Her ne kadar genişleme paralaksı duyarlı yöntem olarak görülse de genişleme hızının ölçüldüğü çizginin/tayfın duyarlılığı ve genişleyen kabuğun geometrisi oldukça önemlidir. Yine de bu ölçümler istatistiksel olarak kendi içerisinde duyarlı homojen bir örneğin oluşturmasına imkan vermektedir. Oluşturulan örnekteki uzaklıklar 32 novanın uzaklığı genişleme paralaksına ve 32 novanın da kızarma-uzaklık ilişkilerine dayanmaktadır. Uzaklık bilgisinin yanı sıra bu örnekteki her bir sistem için ışık eğrileri kontrol edildiğinden ve sadece duyarlı, iyi bilinen ışık eğrilerine sahip novalar kullanıldığından, oluşturulan örnek duyarlı gözlemsel parametrelere sahip kendi içinde homojen olduğu söylenebilir.

MMRD ilişkisinin elde edilebilmesi amacıyla 64 novadan oluşan örnek kullanılarak, $M_{V,max}$ - $t_{2,\ 3}$ dağılımları (Şekil 9) elde edilmiştir. Kuramsal modellere ve MMRD ilişkisini araştıran çalışmalar, MMRD ilişkisi için çalışmadığını öngörmektedir. Benzer bir sonuç çalışmamızda elde edilen $M_{V,max}$ - $t_{2,\ 3}$ dağılımlarında (Şekil 9) bulunmuştur. Ayrıca V5116 Sgr, V4169 Sgr, V4633 Sgr ve V443 Sct novaları dağılımın genel trendinden ~4 kadir kadar saçılmaktadır. Bu sistemlerden V4633 Sgr'nin FWHM H α hızı 1600 km/sn, P tipi ışık eğrisine sahip, yüksek eksitasyonlu bir novadır. Bu bilgiler V4633 Sgr'nin bir TN olup olmadığı sorusunu akla

getirmektedir. Ancak V443 Sct orta hızlı (FWHM H α =1600 km/sn) ve düşük eksitasyonlu, V5116 Sgr düşük hızlı (FWHM H α = 970 km/sn) sistemlerdir. V4116 Sgr hakkındaki tek bilgi Fe II tipi nova olduğudur. Bu novaların TN olduğuna dair analizlerin yapılabileceği veya $M_{V,max}$ - $t_{2,3}$ dağılımlarından neden bu kadar saçıldıklarına dair literatürde yeterince karakterize özellik bulunmamaktadır. Yine de bu sistemler MMRD ilişkisinin belirlenmesinde istatistik dışı bırakılmıştır. Böylelikle kızarma-uzaklık ilişkilerinden ve genişleme paralakslarından uzaklıkları hesaplanan ve duyarlı ışık eğrisi parametrelerine sahip 43 nova kullanılmıştır. Maksimum parlaklıktan azalma oranı için t_2 ve t_3 zamanları kullanılarak, lineer bir ilişki elde edilmiştir.

$$M_{V,max} = -9.73(\pm 0.14) + 1.45(\pm 0.09)\log t_2$$
$$M_{V,max} = -10.37(\pm 0.19) + 1.59(\pm 0.11)\log t_3 \qquad (12)$$

Her iki ilişkide de 1 sigmalık saçılma yaklaşık 1.1 kadirdir ve lineer ilişkiler dağılımlarla uyumludur. Ancak, her iki MMRD ilişkileri için maksimum saçılma oranı sırasıyla 2.6 ve 3.2 kadirdir. Elde edilen ilişki Downes ve Duerbeck (2000) tarafından verilen MMRD ilişkisine (Denklem 2) benzerdir, 0.6 kadir (Downes ve Duerbeck 2000) standart saçılma değerine göre



Şekil 10. $M_{V,max}$ - $t_{2,3}$ dağılımları. Burada CNe klasik novaları, RNe tekrarlayan novaları ve RNc tekrarlayan nova adaylarını belirtmektedir.

daha büyük saçılmaya sahiptir. Bu dikkate değer saçılma MMRD ilişkileri üzerine yapılan tüm çalışmalar için ortak problemdir. Çalışmamızda sadece duyarlı gözlemsel veriler kullanıldığından, bu saçılma sadece gözlemsel duyarsızlık ile açıklanamaz. Bu sebeple

üçüncü bir parametrenin bu saçılmayı açıklayabileceği çalışmamızda göz önüne alınmıştır. Çalışmamızda elde edilen dağılım (Şekil 10) beyaz cücenin kütlesi, kütle transfer oranı ve patlama ışık eğrisinin bir göstergesi olan gözlemsel özellikler -patlama ışık eğrisinin şekli, tayf sınıfı, FWHM H_α, yörünge dönemi, kırmızı dev bileşen yıldız, yüksek eksitasyonlu tayf çizgilerinin varlığı gibi - ile araştırılmış olsa da hiç biri tek başına saçılmayı açıklayamamıştır. Ancak FWHM $H_\alpha \gtrsim 2000$ km/sn olan novalar ve TN ile TN adayları elde edilen MMRD ilişkisine göre daha sönüktür.

5. SONUÇLAR

Çalışmamızda; kızarma ölçümleri bulunan Galaktik novalar doğrultusundaki KY yıldızlarından kızarma-uzaklık ilişkileri belirlenerek, novaların uzaklıklarının hesaplanabileceği yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem, uzaklık bilgisi eksikliğine sahip nova popülasyonu gibi popülasyonlarının uzaklıklarını, tek parametre olan kızarma ölçümünden hesaplanması ve büyük örneğin oluşturulması avantajını sağlamaktadır. Yöntemin diğer bir avantajı novalar gibi Galaktik düzlemde yer alan herhangi bir popülasyona da uygulanabilecek olmasıdır. Bu yöntem kullanılarak çalışmamızda 73 Galaktik novanın uzaklıkları duyarlı bir biçimde hesaplanabilmiş ve 46 novanın uzaklıklarının alt limitleri elde edilebilmiştir. Az sayıda örneğe dayanmasına rağmen uzaklık sonuçlarımızın genişleme paralaksları ile karşılaştırmasından, her iki yöntemin hata payları içerisinde birbiri ile uyumlu olduğu bulunmuştur.

Çalışmamızdaki Galaktik novalar ağırlıklı olarak Galaktik şişkin bölge doğrultusunda ve $|z| \leq 0.5$ kpc dikine uzaklık içerisinde Galaktik düzlemde yer almaktadır. Bu dağılım, novaların yükseklik ölçeklerini ~125 pc (Duerbeck 1981; Della Valle vd., 1992; Özdönmez vd., 2015) veren Galaktik yapı çalışmalarıyla uyumludur. Ancak kızarma ölçümleri yapılabilmiş novaların Galaktik koordinatlarının dağılımlarına bağlı gözlemsel seçim etkisi gözlenmektedir. Bu sebeple elde edilen uzay dağılımları seçim etkisine maruz kaldığından böylesine bir sonuç elde edilmiş olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Yapılan hesaplamalarda en büyük belirsizlikler, yetersiz gözlemlerden ve eksik değerlendirilmiş kızarma ölçümlerinden doğmaktadır. Bu sebeple belirli bir nova için tüm kızarma ölçümleri dikkate alınarak kendi içlerinde karşılaştırılmıştır. Bazı novalar sadece bir veya oldukça üstün körü hesaplanmış kızarma ölçümlerine sahiptir. Blend etkisi, genişleyen kabuktaki tozdan kaynaklı ekstra kızarma tarafından kirlenme, düşük çözünürlüklü gözlemler, kızarma ile herhangi bir tayf çizgi veya renk arasında ilişkinin katsayılarının eksik hesaplanmasından dolayı novanın kızarma ölçümleri gerçek değeri yansıtmayabilir. Örneğin

V5558 Sgr, V1172 Sgr, BY Cir ve V2295 Oph (detaylı bilgi için Ek A) gibi bazı novaların kızarma ölçümleri kullanılan yönteme ve gözlem zamanına göre büyük farklılıklar göstermektedir ve bu kızarma ölçümlerinden farklı uzaklıkların hesaplanmasına neden olur. Böylesi sistemler için kızarma-uzaklık ilişkilerinden hesaplanan uzaklıklar güvenilir değildir. Buna rağmen birden fazla kızarma ölçümü bulunan novaların kızarma ölçümlerinin ortalamadan farklarının standart sapması 0.20 kadir olarak hesaplanmıştır. Bu değer çalışmamızda kabul edilen kızarma ölçümlerinin ortalama hatası ~0.12 kadir ile uyumludur. Gelecekte yapılacak tayfsal gözlemler, kızarma ölçümlerinin ve ayıca bu yöntem ile hesaplanan uzaklıkların belirsizliğinin azalmasına yardımcı olabilir.

Galaktik novaların böylesi sistematik bir yöntem ile uzaklıklarının hesaplanması bu sistemlerin uzay dağılımları, ışınım gücü fonksiyonlarının anlaşılmasında önemli bir kaç çıkarımı bulunmaktadır. Örneğin Galaksimiz için MMRD ilişkisinin varlığı uzun süre boyunca sorgulanmaktadır. Uzaklıkları hesaplanmış ve patlama ışık eğrisi parametreleri bilinen Galaktik nova örneği için MMRD ilişkisi çalışmamızda incelenmiştir. Ayrıca 119 nova için belirlenen kızarma uzaklık ilişkileri, örneğimizdeki bir novaya yakın konumda yer alan herhangi bir kaynak için kızarmasının veya uzaklığının hesaplanmasında kullanılabilir. Galaktik novaların uzaklıklarının hesaplanmasına olanak tanıyan yöntem ve bu yöntemden elde edilen sonuçlar SCI kapsamında hakemli bir dergi olan MNRAS'de (Monthly Notices of the Royal Astronomical Society) yayımlanmıştır.

Her novanın ışık eğrisi kendine özgü olmasa da bu sistemlerin patlama ışık eğrilerinin bazı ortak özellikleri de vardır. Bunlardan en önemlisi maksimum parlaklık ile bu parlaklıktan düşme oranı arasındaki ilişkidir. Çalışmamızda bu ilişkinin varlığı araştırılmıştır. Çalışmamızda TN ile TN adayları ve dört sorunlu nova istatistik dışı bırakılarak, 43 Galaktik novadan oluşan örnek ile bir MMRD ilişkisi elde edilmiştir. Bu ilişki Downes ve Duerbeck (2000) çalışmasında verilene benzemekle beraber, saçılma daha büyüktür. Özellikle sönük novalardan kaynaklanan bu saçılma tüm MMRD ilişkilerinde gözlenmektedir.

Bu sönük sistemlerin doğasını anlamak için novaların temel fiziksel parametrelerine bakılmalıdır. Bunlar beyaz cücenin kütlesi, sıcaklığı, kütle aktarım oranı ve bileşen yıldızdır. Çalışmamız yer alan MMRD ilişkisindeki sistemler bu parametrelerinin göstergesi olan gözlemsel özellikler ile araştırılmış olsa da hiç biri tek başına saçılmayı açıklayamamıştır. İncelenen özellikler dışında başka bir keşfedilmemiş sınıflama veya parametrelerinin kullanımının tek başına saçılmayı açıklaması hala bir soru işaretidir. Yeterince nova için birden fazla karakterize özellik kullanılarak 3-4 boyutlu uzayda MMRD ilişkisinin dağılımı incelenmesi gereken konulardan biridir. Klasik nova olarak sınıflanan sistemlerin %25'inin

aslında sadece bir nova patlaması gözlenmiş TN olduklarını gösteren popülasyon modelleri (Pagnotta ve Schaefer 2014) ve şu ana kadar yapılan analizler de göz önüne alındığında, saçılmayı açıklayan en muhtemel adayın sönük tekrarlayan novalar olmalarıdır. Tekrarlayan novalar ve adayları örnekten çıkarıldığında elde edilen dağılım (Şekil 10), büyük saçılma ile birlikte hem kullanılan veri hemde literatür ile uyumlu bir MMRD ilişkisinin varlığına işaret etmektedir. Her ne kadar novalardan elde edilen bazı parametreler; büyük FWHM H_α hızları, yüksek eksitasyon çizgileri, dev bileşen yıldızlı sistemler gibi olgular tekrarlayan nova olduğuna işaret etse de (Pagnotta ve Schaefter, 2014) bir novanın tekrarlayan nova olduğunun anlaşılması için en iyi yöntem KN'lerin tekrarlayan patlamalarının gözlenmesidir. Tüm gözlem tarihimiz boyunca sadece 10 novanın birden fazla patlama geçirdiği gözlenebilmiştir. Bu oranın çok düşük olduğu aşikardır. Ancak şu anki gözlemsel veriler ile saçılmanın asıl nedeninin TN'ler olup olmadığı gösterilemez.

MMRD ilişkisine bu kadar önem verilmesinin sebebi, bu ilişki sayesinde, sadece nova patlamaları sırasında alınmış fotometrik ölçümler ile uzaklıklarının belirlenebilecek olmasıdır. Ayrıca MMRD dağılımı novaların doğasını anlamak için bir laboratuvar niteliğindedir ve 1940'lı yıllardan bu yana bu dağılımlar çeşitli çalışmalarda incelenmiştir, fakat dağılımın doğası gözlemsel olarak henüz tam anlamıyla açıklığa kavuşturulamamıştır. Galaktik nova popülasyonundan MMRD ilişkisinin elde edilmesi, MMRD ilişkilerinin karşılaştırılmasıyla diğer galaksilerdeki nova popülasyonlarının birbiri arasındaki farklılıklarının anlaşılmasına imkan tanıyabilir. Çalışmamızda ele aldığımız MMRD ilişkisine dair analizler ve sonuçların da, uzaklık hesaplarımız gibi SCI kapsamında hakemli bir dergide yayımlanması planlanmaktadır. Makalenin yazımı henüz hazırlık aşamasındadır.

Son olarak çalışmamızdaki tüm veriler, analizler ve sonuçlar doktora öğrencisi olan Aykut Özdönmez'in doktora tezinde de kullanılacaktır.

KAYNAKLAR

Alves, D. R. 2000, ApJ, 539, 732.

Andrea, J., Drechsel, H., Snijders, M. A. J., Cassatella, A. 1991, A&A, 244, 111.

Andrea, J., Drechsel, H., Starrfield, S. 1994, A&A, 291, 869.

Anupama, G. C., & Sethi, S., 1994, MNRAS, 269, 105.

Anupama, G. C., Duerbeck, H. W., Prabhu, T. P., Jain, S. K., 1992, A&A, 263, 87.

Arce, H. G., & Goodman, A. A.,1999, ApJ, 512, 135.

Arkhipova V. P., Burlak M. A., Esipov V. F., 2002, AstL, 28, 100.

Arkhipova, V. P., Burlak, M. A., Esipov, V.F. 2000, AstL, 26, 372.

Arkhipova, V. P., Esipov, V. F., Ikonnikova, N. P., Komissarova, G. V., 2008, AstL, 34, 474.
Ashok, N.M., Banerjee, D. P. K., Varricatt, W. P., Kamath, U. S., 2006, MNRAS, 368, 592.
Barsukova, E. A., Valeev, A. F., Goranskij, V. P., Zharova, A. V., 2013, ATel, 5454, 1.
Bilir, S., Önal, Ö., Karaali, S., Cabrera-Lavers, A.;, Çakmak, H., 2013, 2013, Ap&SS, 344, 417
Bode M. F. , & Evans A., 2008, Classical Novae (Cambridge University Press).
Bond, H. E., & Kasliwal, M. M., 2012, PASP, 124, 1262.
Bonifacio, P., Selvelli, P. L., Caffau, E. 2000, A&A, 356, L53.
Bruch, A., & Engel, A. 1994, A&AS, 104, 79.
Bullock, E., Szkody, P., Mukadam, A. S., vd., 2011, AJ, 141, 84.
Burlak, M. A., & Esipov, V. F., 2001, AstL, 27, 574.
Burnashev, V.I., 1995, IzKry, 90, 169.
Barsukova, E. A., Valeev, A. F., Goranskij, V. P., Zharova, A. V., 2013, ATel, 5454, 1.
Cabrera-Lavers, A., Garzón, F., Hammersley, P. L., 2005, A&A, 433, 173.
Cabrera-Lavers, A., Gonzalez-Fernandez, C., Garzon, F., Hammersley, P. L., Lopez-Corredoira, M. 2008, A&A, 491, 781.
Capaccioli, M., Della Valle, M., D'Onofrio, M., & Rosino, L. 1990, ApJ, 360, 63
Carney, B. W. 1977, BAAS, 9, 556.
Chesneau, O., Banerjee, D. P. K., Millour, F., vd., 2008, A&A, 487, 223.
Chochol, D., Grygar, J., Pribulla, T., vd., 1997, A&A, 318, 908
Chochol, D., Katysheva, N. A., Pribulla, T., vd., 2005, CoSka, 35, 107.
Chochol, D., Shugarov S., Pribulla T., Volkov I., 2012, MmSAI, 83, 767.
Chochol, D., Shugarov, S., Pribulla, T., Volkov, I., 2014, CoSka, 43, 330.
Ciatti F., & Rosino, L., 1974A&AS...16..305C
Cohen, J. G., & Rosenthal, A. J. 1983, ApJ, 268, 689.
Cohen, J.G., 1985, ApJ, 292, 90.
Csak, B., Kiss, L. L., Retter, A., Jacob, A., Kaspi, S. 2005, A&A, 429, 599.
Darnley, M. J., Bode, M. F., Kerins, E., vd. 2006, MNRAS, 369, 257.
Darnley, M. J., Ribeiro, V. A. R. M., Bode, M. F., Hounsell, R. A., & Williams, R. P. 2012, ApJ, 746, 61.
Das, R., vd., 2015, MNRAS, 447, 806.
de Freitas Pacheco, J.A., dell'Aglio Dias da Costa, R., Codina, S. J. 1989, ApJ, 347, 483.
de Vaucouleurs, G., 1978, ApJ, 223, 730.
della Valle, M. & Livio, M. 1995, ApJ, 452, 704
della Valle, M., & Duerbeck, H. W. 1993, A&A, 275, 239.
Della Valle, M., Bianchini, A., Livio, M., Orio, M. 1992, A&A, 266, 232.
della Valle, M., Gilmozzi, R., Bianchini, A., Esenoglu, H. 1997, A&A, 325, 1151.

della Valle, M., Mirabel I. F., Rodriguez L. F., 1994, A&A, 290, 803.
Della Valle, M., Pasquini, L., Daou, D., Williams, R. E. 2002, A&A, 390, 155.
Della Valle, Massimo, Livio, Mario, 1998, ApJ, 506, 818.
Diaz, M. P., & Bruch, A. 1997, A&A, 322, 807.
Diaz, M. P., Costa, R. D. D., Jatenco-Pereira, V. 2001, PASP, 113, 1554.
Downes, R. A., & Duerbeck, H. W., 2000, AJ, 120, 2007.
Drechsel, H., Wargau, W., Rahe, J., 1984, Ap&SS, 99, 85.
Drimmel R., Cabrera-Lavers A., Lopez-Corredoira M., 2003, A&A, 409, 205.
Duerbeck, H. W. 1981, PASP, 93, 165.
Duerbeck, H. W. 1988, A&A, 197, 148.
Duerbeck, H. W. 1992, Acta Astron., 42, 85.
Duerbeck, H. W., Grebel, E. K., 1993, MNRAS, 265L, 9.
Duerbeck, H. W., Sterken, C., Baptista, R., vd., 2002, AIPC, 637, 299.
Durant, M., & van Kerkwijk, M. 2006, ApJ, 650, 1070
Ederoclite, A., Mason, E., dall, T. H., 2005, CBET, 124, 1.
Ederoclite, A., Mason, E., della Valle, M., vd. 2006, A&A, 459, 875.
El'Kin, V. G. 1995, AstL, 21, 670.
Erwin, P, Lynch, D. K., Rudy, R. J., Rossano, G. S., Puetter, R. C., 1992, AJ, 103, 1970.
Evans, A., Yudin, R. V., Naylor, T., Ringwald, F. A., Koch Miramond, L., 2002, A&A, 384, 504.
Eyres, S. P.S., Davis, R.J., Bode, M.F., Lloyd, H. M. 1996, IAUC, 6292, 2.
Ferland, G.J. 1977, ApJ, 215, 873.
Fernie, J. D. 1969, PASP, 81, 374.
Finzell, T., Chomiuk, L., Munari, U., Walter, F. M., 2015, ApJ, 809, 160.
Gallagher, J. S., Hege, E. K., Kopriva, D. A., Butcher, H. R., Williams, R. E. 1980, ApJ, 237, 55.
Gaposchkin, C. H. P. 1957, The galactic novae, Amsterdam, North-Holland Pub. Co. (New York: Interscience Publishers).
Gehrz, R. D., vd. 1992, ApJ, 400, 671.
Gehrz, R.D., Grasdalen, G.L., Hackwell, J.A., Ney, E.P., 1980, ApJ, 237, 855.
Gill, C. D. 2000, MNRAS, 314, 175.
Gill, C. D., & O'Brien, T. J. 1998, MNRAS, 300, 221.
Gilmore, A. C., & Kilmartin, P. M. 2005, IAUC 8559
Gilmozzi, R., & Selvelli, P. 2007, A&A, 461, 593
Gilmozzi, R., Selvelli, P. L., Cassatella, A., 1994, MmSAI, 65, 199.
Gonzalez-Riestra, R., 1992, A&A, 265, 71
Greeley, B. W., Blair, W. P., Long, K. S., 1995, ApJ, 454L, 43.

Grocholski, A.J., & Sarajedini, A. 2002, AJ, 123, 1603.
Groenewegen, M. A. T. 2008, A&A, 488, 935
Güver, T., & Özel, F. 2009, MNRAS, 400, 2050.
Güver, T., Özel, F., Cabrera-Lavers, A., Wroblewski, P., 2010, ApJ, 712, 964.
Hachisu, I., & Kato, M., 2001, ApJ, 553L, 161.
Hachisu, I., & Kato, M., 2002, ASPC..261, 627.
Hachisu, I., & Kato, M., 2014, ApJ, 785, 97
Hachisu, I., & Kato, M., 2016a, ApJS, 223, 21.
Hachisu, I.,& Kato, M., 2016b, ApJ, 816, 26.
Hack, W. J., & Paresce, F., 1993, PASP, 105, 1273.
Hajduk, M., van Hoof, P. A. M., Zijlstra, A. A., 2013, MNRAS, 432, 167.
Harrison, T. E., & Gehrz R.D., 1988, AJ, 96, 1001.
Harman, D.J., O'Brien,T.J., 2003, MNRAS, 344, 1219
Harrison, T.E., vd., 2013, ApJ, 767, 7.
Hounsell, R., Bode, M. F., Hick, P. P., vd., 2010, ApJ, 724, 480
Hauschildt, P.H., Starrfield, S., Shore, S.N., Gonzalez-Riestra, R., Sonneborn, G., Allard, F. 1994, AJ, 108, 1008.
Hellier, C., 2001, Cataclysmic Variables - How and Why They Vary, Springer - Praxis, Springer in London, isbn: 18523322115.
Helton, L. A., Woodward, C. E., Vanlandingham, K., Schwarz, G. J., 2008, IAUC, 8989, 2.
Helton, L. A., Woodward, C. E., Walter, F. M., vd., 2010, AJ, 140, 1347.
Hric, L., Petrik, K., Urban, Z., Han\v{zl, D. 1998, A&AS, 133, 211.
Hutchings, J. B.,& Fisher, W. A. 1973, PASP, 85, 122.
Ibata, R. A., & Gilmore, G. F. 1995a, MNRAS, 275, 591
Ibata, R. A., & Gilmore, G. F. 1995b, MNRAS, 275, 605
Iijima T., & Esenoglu H. H., 2003, A&A, 404, 997.
Iijima, T., & Naito, H., 2011, A&A, 526, 73.
Iijima, T., & Nakanishi, H. 2008, A&A, 482, 865.
Iijima, T., 2012a, MmSAI, 83, 835.
Iijima, T., 2012b, A&A, 544, A26.
Kamath, U. S., Anupama, G. C., Ashok, N. M., Chandrasekhar, T., 1997, AJ, 114, 2671.
Kamath, U. S., Ashok N.M., Anupama G.C., 2008, BASI, 36, 141.
Kaminski, T., Schmidt, M., Tylenda, R. 2010, A&A, 522, A75.
Kasliwal, M. M., Cenko, S. B., Kulkarni, S. R., vd. 2011, ApJ, 735, 94
Kato, T., Uemura, M., Haseda, K., vd., 2002, PASJ, 54, 1009.
Kawabata, K. S., Hirata, R., Ikeda, Y., vd., 2000, ApJ, 540, 429.
Kenyon, S. J., Berriman, G., 1988, AJ, 95, 526.

Knigge, C, Baraffe, I., Patterson, J., 2011, ApJS, 194, 28.
Kimeswenger, S. 2006, Astron. Nachr., 327, 44.
Kiss, L. L., Gogh, N., Vinko, J., vd., 2002, A&A, 384, 982.
Kiss, L. L., Thomson, J. R., Ogloza, W., Furesz, G., Sziladi, K., 2001, A&A, 366, 858.
Klare, G.,& Wolf, B. 1978, A&AS, 33, 327.
Kodaira, K. 1970, PASJ, 1970, PASJ, 22, 447.
Laney, C. D., Joner, M. D., Pietrzyski, G. 2012, MNRAS, 419, 1637
Lederle, C., & Kimeswenger, S., 2003, A&A, 397, 951.
Liller, W. 2005, IAUC., 8559, 1.
Linford, J. D., Ribeiro, V. A. R. M., Chomiuk, L., vd., 2015, ApJ, 805, 136.
Lipkin, Y., Leibowitz, E. M., Retter, A., Shemmer, O., 2001, MNRAS, 328, 1169.
Liszt, H. S. 2014, ApJ, 780, 10.
Livingston, C. M., Hearnshaw, J. B., Gilmore, A. C., Kilmartin, P. M., 2001, IBVS, 5172, 1.
Lloyd, C., & Guilbault, P. R., 2002, IBVS, 5324, 1
Lopez-Corredoira, M., Cabrera-Lavers, A., Garzon, F., Hammersley, P. L. 2002, A&A, 394, 883.
Lucas, P. W., Hoare, M. G., Longmore, A., vd., 2008, MNRAS, 391, 136.
Luna, G. J. M., & Costa, R. D. D., A&A, 435, 1087.
Lyke, J. E., Koenig, X. P., Barlow, M. J., vd. 2003, AJ, 126, 993.
Lynch D. K., Woodward, C. E., Gehrz, R., vd., 2008a, AJ, 136, 1815.
Lynch D.K, Woodward, C. E., Geballe, T. R., vd. 2006a, ApJ, 638, 987.
Lynch, D. K., Rossano, G. S., Rudy, R. J., Puetter, R. C. 1995, AJ, 110, 2274.
Lynch, D. K., Rudy R. J., Rossano, G. S., Erwin, P., Puetter, R.C., 1989, AJ, 98, 1682.
Lynch, D. K., Rudy, R. J., Venturini, C. C., Mazuk, S., Puetter, R. C., 2001, AJ, 122, 2013.
Lynch, D. K., Rudy, R.J., Mazuk S., Puetter R.C., 2000, ApJ, 541, 791.
Lynch, D. K., Russell, R. W., Rudy, R. J., Woodward, C. E., 2006b, IAUC, 8706, 2.
Lynch, D. K., Russell, R. W., Rudy, R. J., Woodward, C. E., 2007, IAUC, 8883, 1
Lynch, D. K., Russell, R. W., Rudy, R. J., Woodward, C. E., Schwarz, G. J., 2008b, IAUC, 8935.
Lynch, D. K., Wilson, J. C., Rudy, R. J., vd., 2004, AJ, 127, 1089.
Maehara, H., 2010, CBET, 2205, 4.
Marsh, T. R., Oke, J. B., Wade, R. A., 1983, MNRAS, 205, 33P.
Martin, P. G., & Maza, J. 1977, Nature, 265, 314.
Martini, P., Wagner, R. M., Tomaney, A., vd. 1999, AJ, 118, 1034
Mason, E., 2011, A&A, 532L, 11.
Mason, E., della Valle, M., Bianchini, A. 2002, in AIP Conf. Proc. 637, Classical Nova Explosions, ed. M. Hernanz & J. Jose (New York: AIP), 214.

Mason, E., Diaz M., Williams, R. E., Preston, G., Bensby, T., 2010, A&A, 516A, 108.
Mazeh, T., Tal, Y., Shaviv, G., Bruch, A., Budell, R., 1985, A&A, 149, 83.
Mazuk S., Lynch, D. K., Rudy, R. J., vd., 2007, IAUC, 8848, 1.
Mazuk, S., Lynch, D. K., Rudy, R. J., vd., 2005, IAUC, 8644, 1.
Mazuk, S., Rudy, R. J., Lynch, D. K., vd., R. B., 2006, IAUC, 8731, 2.
McLaughlin, D.B., 1945, PASP, 57, 69.
McLean, I. S. 1976, MNRAS, 176, 73.
Miroshnichenko, A. S., 1988, SvA, 32, 298.
Mukai K., & Ishida M. 2001, ApJ, 551, 1024.
Munari U., Dallaporta S., Valisa P., 2012, ATel, 4320, 1.
Munari U., Ochner, P., Dallaporta, S., vd., 2014, MNRAS, 440, 3402.
Munari U., Siviero, A., Henden, A., vd., 2008a, A&A, 492, 145.
Munari, U., & Zwitter, T., 1997, A&A, 318, 269.
Munari, U., Dalla Via, G., Valisa, P., Dallaporta, S., Castellani, F. 2007a, CBET, 897, 1.
Munari, U., Dallaporta, S., Castellani, F., vd., 2013, MNRAS, 435, 771.
Munari, U., Dallaporta, S., Ochner, P., 2010b, IBVS, 5944, 1.
Munari, U., Goranskij, V. P., Popova, A. A., vd., 1996, A&A, 315, 166.
Munari, U., Henden A., Valisa P., Dallaporta S., Righetti G. L., 2010a, PASP, 122, 898.
Munari, U., Henden, A., Banerjee, D. P. K., vd., 2015a, MNRAS, 447, 1661.
Munari, U., Henden, A., Pojmanski, G., vd., 2006, MNRAS, 369, 1755.
Munari, U., Henden, A., Valentini, M., vd. 2008b, MNRAS, 387, 344.
Munari, U., Henden, A., Vallenari, A., vd., 2005, A&A, 434, 1107.
Munari, U., Joshi, V. H., Ashok, N. M., vd. 2011b, MNRAS, 410, L52.
Munari, U., Margoni, R., Stagni, R., 1990, MNRAS, 242, 653.
Munari, U., Ribeiro, V. A. R. M., Bode, M. F., Saguner, T. 2011c, MNRAS, 410, 525.
Munari, U., Siviero A., Dallaporta S., Valisa, P., Iijima, T., 2007b, CBET, 965, 1.
Munari, U., Siviero, A., Dallaporta, S., vd., 2011a, NewA, 16, 209.
Munari, U., Walter, F. M., Henden, A., vd., 2015b, IBVS, 6139, 1.
Naito H., Mizoguchi, S., Arai, A., vd., 2012, A&A, 543A, 86.
Nataf, D. M., Udalski, A., Gould, A., Fouqué, P., Stanek, K. Z., 2010, ApJ, 721L, 28.
Neckel, T., & Klare, G., 1980, A&AS, 42, 251.
Ness, J. U., Schwarz, G. J., Retter, A., vd., 2007, ApJ, 663, 505.
Ness, J. U., Starrfield, S., Schwarz, G. J., vd. 2008, IAUC, 8911, 2.
Orio, M., Covington, J., {Ogelman, H. 2001, A&A, 373, 542.
Orio, M., Rana, V., Page, K. L., Sokoloski, J., Harrison, F., 2015, MNRAS, 448L, 35.
Orio, M., Tepedelenlioglu, E., Starrfield, S., Woodward, C. E., Della Valle, M. 2005, ApJ, 620, 938.

Özdönmez A., Ak T., Bilir S., 2015, NewA, 34, 234.
Paczynski, B., & Stanek, K.Z. 1998, ApJ, 494, 219
Pagnotta, A. & Schaefer, B. E., 2014, AJ, 788, 25
Payne-Gaposchkin, C.H., 1957, The Galactic novae, New York Interscience.
Penston, M. V., & Allen, D. A. 1985, MNRAS, 212, 939.
Perry, R. B., Venturini, C. C., Rudy, R. J., vd., 2005, IAUC, 8638, 1.
Pfau, W., 1976, A&A, 50, 113.
Pietrzynski, G., Gieren, W., & Udalski, A. 2003, AJ, 125, 2494
Poggiani, R. 2009, Astronomische Nachrichten, 330, 77.
Poggiani, R., 2008, Ap&SS, 315, 79.
Poggiani, R., 2010, NewA, 15, 170.
Prabhu, 1987, JApA, 8, 369.
Puebla, R. E., Diaz, M. P., Hubeny, I. 2007, AJ, 134, 1923.
Puetter, R. C., Rudy, R. J., Lynch, D. K., vd., 2007, IAUC, 8845, 1.
Ragan, E., Brozek, T., Suchomska, K., vd., 2009, ATel, 2327, 1.
Raj, A., Ashok, N. M., Banerjee, D. P. K., vd. 2012, MNRAS, 425, 2576.
Raj, A., Ashok, N. M.; Rudy, R. J., vd., 2015, AJ, 149, 136.
Richtler, T., & Liller, W., 1986, IBVS, 2871, 1.
Rieke G. H., & Lebofsky M. J., 1985, ApJ, 288, 618.
Ringwald, F. A., & Naylor, T., 1997, A&A, 326, 629.
Ringwald, F. A., Naylor, T., Mukai, K., 1996, MNRAS, 281, 192.
Rosino, L., Iijima, T., Benetti, S., vd. 1992, A&A, 257, 603.
Rossano, G.S., Rudy, R.J., Puetter, R.C., Lynch, D.K., 1994, AJ, 107, 1128.
Ruch, G., Polomski, E., Woodward, C. E., vd., 2003, IAUC, 8204, 2.
Rudy, R. J., Meier, S. R., Rossano, G. S., vd., 1999, ApJS, 121, 533
Rudy, R. J., Dimpfl, W. L., Lynch, D. K., vd. 2003, ApJ, 596, 1229
Rudy, R. J., Lynch, D. K., Russell, R. W., Gilbert, A. M., Woodward, C. E., 2008a, IAUC, 8957, 1.
Rudy, R. J., Lynch, D. K., Russell, R. W., Woodward, C. E., 2007, IAUC, 8884, 2.
Rudy, R. J., Rossano, G., Puetter, R. 1989, ApJ, 383, 344.
Rudy, R. J., Russell, R. W., Lynch, D. K., Widths, I., 2005,IAUC, 8523, 4.
Rudy, R.J., Lynch, D.K., Russell, R.W., Woodward, C.E., Covey, K., 2008c, IAUC, 8938, 2.
Rudy, R.J., Russell, R. W., Lynch, D. K., Woodward, C. E., 2008b, IAUC 8936, 2.
Russell R. W., Rudy R. J., Lynch D. K., Gilbert A. M., Woodward C. E., 2008a, IAUC, 8956, 1.
Russell R. W., Rudy, R. J., Lynch, D. K., vd., 2008b, IAUC, 8948, 1.
Russell, R. J., Rudy, R. J., Lynch, D. K., Woodward, C. E. 2007b, IAU Circ., 8888, 1.

Russell, R. W., Lynch, D. K., Rudy, R. J., 2005b, IAUC, 8527, 1.
Russell, R. W., Rudy R. J., Lynch D. K., Golisch W., 2005a, IAUC, 8524, 2.
Russell, R. W., Rudy, R. J., Lynch, D. K., vd., 2007a, IAUC, 8846, 2.
Russell, R. W., Rudy, R. J., Lynch, D. K., Woodward, C. E., 2006, IAUC, 8710, 2.
Saito, R. K, Hempel, M., Minniti, D., vd., 2012, A&A, 537A, 107.
Saizar, P., Pachoulakis, I., Shore, S.N., vd., 1996, MNRAS, 279, 280.
Saizar, P., Starrfield, S., Ferland, G. J., vd. 1992, ApJ, 398, 651.
Sala G., Hernanz M., Ferri C., Greiner J., 2010, AN, 331, 201.
Sala, G., Hernanz, M., Ferri, C., Greiner, J. 2008, A&A, 675, L93
Salaris, M., & Girardi, L. 2002, MNRAS, 337, 332.
Sarajedini, A., Lee, Y. W., Lee, D. H., 1995, ApJ, 450, 712.
Schaefer, B. E. 2010, ApJS, 187, 275.
Schaefer, B. E., & Collazzi, A. 2010, AJ, 139, 1831
Schaefer B. E., vd., 2013, ApJ, 773, 55
Schlafly, E. F., & Finkbeiner, D. P. 2011, ApJ, 737, 103.
Schlegel, D. J., Finkbeiner, D. P., Davis, M. 1998, ApJ, 500, 525.
Schmid, H. M., Schild, H., 1990, MNRAS, 246, 84.
Schmidt, Th., 1957, ZA, 41, 182.
Schmidtobreick, L., Tappert, C., Bianchini, A., Mennickent, R. E., 2005, A&A, 432, 199.
Schwarz, G. J., Osborne, J. P., Page, K., vd., 2011b, ATel, 3754, 1.
Schwarz, G. J., Ness, J. U., Osborne, J. P., vd. 2011a, ApJS, 197, 31S.
Schwarz, G.J., Shore, S.N., Starrfield, S., Vanlandingham, K.M., 2007, ApJ, 657, 453.
Scott, A. D., Evans, A., Rawlings, J. M. C. 1994, MNRAS, 269L, 21.
Scott, A.D., Duerbeck, H. W., Evans, A., vd., 1995, A&A, 296, 439.
Sekiguchi, K., Feast, M.W., Fairall, A.P., Winkler, H. 1989, MNRAS, 241, 311.
Sekiguchi, K. 1995, Ap&SS, 230, 75
Selvelli, P. 2004, Baltic Astr., 13, 93.
Selvelli, P., & Gilmozzi, R. 2013, A&A, 560A, 49.
Selvelli, P., Danziger, J., & Bonifacio, P. 2007, A&A, 464, 71
Shafter, A. W. 1997, ApJ, 487, 226.
Shafter, A. W., vd., 2011, ApJ, 734, 12
Shara, M. M., Moffat, A. F. J., 1983, ApJ, 264, 560.
Shara, M. M., Moffat, A. F. J., Webbink, R. F., 1985, ApJ, 294, 271.
Sharma, S., Bland-Hawthorn, J., Johnston, K. V., Binney, J. 2011, ApJ, 730, 3
Shore, S. N., De Gennaro Aquino, I., Schwarz, G. J., vd., 2013, A&A, 553A, 123.
Shore, S. N., Schwarz, G., Bond, H. E., vd. 2003, AJ, 125, 1507
Shore, S. N., Wahlgren, G. M., Augusteijn, T., vd., 2011, A&A, 527A, 98.

Shugarov, S., Chochol, D., Volkov, I. & Pribulla, T. 2010, Binaries - Key to Comprehension of the Universe.

Siviero, A., Munari, U., Valentini, M., Valisa, P., 2006, IAUC, 8702, 2.

Skrutskie M. F., Cutri, R. M., Stiening, R., vd., 2006, AJ, 131, 1163.

Slavin, A. J., O'Brien, T. J., Dunlop, J. S., 1995, MNRAS, 276, 353.

Slovak, M. H., & Vogt, S. S. 1979, Nature, 277, 114.

Smith, D. A., Dhillon, V. S., Marsh, T. R., 1998, MNRAS, 296, 465.

Snijders, M. A. J. 1987, Ap&SS, 130, 243,

Somers, M. W., Mukai, K., Naylor, T., 1996, MNRAS, 278, 845.

Stanek, K. Z., Mateo, M., Udalski, A., vd. 1994, ApJ, 429, L73

Steeghs, D., Drew, J., Greimel, R., vd. 2007, ATel, 1031,1.

Strope R. J., Schaefer B. E., Henden A. A., 2010, AJ, 140, 34.

Szkody, P. 1994, AJ, 108, 639.

Tappert, C., Schmidtobreick, L., Vogt, N., Ederoclite, A., 2013, MNRAS, 436, 2412.

Tarasova T. N., 2013, ARep, 57, 95.

Tempesti, P. 1972, A&A, 20, 63.

Tomkin, J., Lambert, D. L., Woodman, J. 1976, AA, 48, 319.

Townsley, D. M. 2008, ASP Conf. Ser., 401, 131

Tomov T., Swierczynski E., Mikolajewski M., Ilkiewicz K., 2015, A&A, 576A, 119.

Tomov, T., Mikolajewski, M., Brozek, T., vd., 2008b, ATel, 1485, 1

Tomov, T., Mikolajewski, M., Ragan, E., Swierczynski, E., Wychudzki, P., 2008a, ATel, 1475, 1

Tylenda R., 2005, A&A, 436, 1009.

Tylenda, R., Hajduk, M., Kamiski, T., vd., 2011, A&A, 528A, 114.

Tylenda, R., Crause, L. A., Gorny, S. K., Schmidt, M. R. 2005, A&A, 439, 651.

Tylenda, R., Gorny, S. K., Kaminski, T., Schmidt, M., 2015, A&A, 578A, 75.

van den Bergh, S., & Younger, P. F. 1987, A&AS, 70, 125.

van Genderen A. M., & Utterwaal G. M., 1979, A&AS, 36, 265.

van Helshoecht, V., & Groenewegen, M. A. T. 2007, A&A, 463, 559

Vanlandingham, K. M., Schwarz, G., Starrfield, S., vd. 2007, BAAS, 38, 99.

Vanlandingham, K. M., Starrfield, S., Wagner, R. M., Shore, S. N., Sonneborn, G., 1996, MNRAS, 282, 563

Venturini, C. C., Rudy, R. J., Lynch, D. K., vd. 2004, AJ, 128, 405.

Venturini, C.C., Rudy, R.J., Lynch, D. K., Mazuk, S., Puetter, R.C., 2002, AJ, 124, 3009.

Vogt, N., & Maitzen, H. M. 1977, A&A, 61, 601.

Vrba, F. J., Schmidt, G. D., Burke, E. W. Jr., 1977, ApJ, 211, 480.

Wade, R. A., Ciardullo, R., Jacoby, G. H., Sharp, N. A., 1991, AJ, 102, 1738.

Walter, F.M., vd., 2012, PASP, 124, 1057.
Wargau, W., Drechsel H., Rahe, J., vd., 1983, I.A.U. Circ. No. 3782.
Warner, 1987, MNRAS, 227, 23.
Warner, B., 1995, Cataclysmic Variable Stars, Cambridge University Press, Cambridge.
Wegg C., Gerhard O., Portail M., 2015, MNRAS, 450, 4050.
Weight, A., Evans, A., Albinson, J. S., Krautter, J., 1993, A&A, 268, 294.
Weight, A., Evans, A., Naylor, T., Wood, J. H., Bode, M. F. 1994, MNRAS 266 761.
Wesson R. ,Barlow, M. J., Corradi, R. L. M., vd., 2008, ApJ, 688L, 21.
Whitney, B. A., & Clayton, G. C. 1989, AJ, 98, 297.
Williams, P.M., Longmore, A.J., Geballe, T. R. 1996, MNRAS, 279, 804.
Williams, R. E., 1982, ApJ, 261, 170.
Williams, R. E., 1992, AJ, 104, 725.
Williams, R. E., 1994, ApJ, 426, 279.
Williams, R., 2012, AJ, 144, 98
Woodward, C. E., Wooden, D. H., Pina, R. K., Fisher, R. S., 1999, IAUC, 7220, 3.
Woudt, P. A., & Ribeiro, V. A. R. M. (ed.) 2014, ASP Conf. Ser. 490, Stellar Novae: Past and Future Decades (San Francisco, CA: ASP)
Woudt, P. A., Steeghs, D., Karovska, M., vd. 2009, ApJ, 706, 738.
Wu C., & Kester D. 1977, A&A, 58, 331.
Yamashita, Y., Ichimura, K., Nakagiri, M., vd. 1977, PASJ, 29, 527
Yaron, O., vd., 2005, ApJ, 623, 398
Yaz Gökçe, E., Bilir, S., Öztürkmen, N. D., vd., 2013, NewA., 25, 19.
Young, P. R., Berrington, K. A., & Lobel, A. 2005, A&A, 432, 665.
Younger, J. W., 1980, AJ, 85, 123.
Zhao, P., & McClintock, J. E., 1997, ApJ, 483, 899.
Zwitter T., & Munari U., 1996, A&AS, 117, 449.

EKLER

Ek A. Galaktik Novalar

Bu bölümde, çalışmada yer alan her nova için yıldızlararası kızarma ve uzaklık ölçümlerinin özeti ve tartışması yer almaktadır.

A1. Genişleme Paralaksı Ölçümlerine Sahip Novalar

A1.1. V1229 Aql

V1229 Aql'nin yıldızlararası kızarma değeri della Valle ve Duerbeck (1993) tarafından iyi bir tartışma ile bir çok yöntemden belirlenen ölçümlerin ortalaması E($B - V$) = 0.50 ± 0.08 olarak kabul edilmiştir. Bahsi geçen ölçümler sırasıyla, patlamaya özgün renklerin gözlemsel renkler ile karşılaştırılmasından E($B - V$) = 0.49 ± 0.05 kadir, Hα/Hβ oranından 0.79 kadir, He I λ5876/ 4471 oranından 0.36 kadir, λ6678/ 4471 oranından 0.25, Na I eşdeğer genişliğinden 0.65 ve 0.30 kadirdir. Ayrıca della Valle ve Duerbeck (1993) kabuk paralaksından uzaklığı 2.1 ± 0.9 kpc belirlemiştir. Bu çalışmaya ek olarak Duerbeck (1981) yıldızlararası çizgi şiddetlerinden kızarmayı 0.52 ± 0.13 kadir ve CaII K çizgisine dayanan genişleme hızından 1.73 kpc belirlemiştir. Son olarak Miroshnichenko (1988) tarafından verilen stabilizasyon aşamasındaki özgün renk ilişkisi kullanılarak E(B-V) = 0.59 ± 0.02 kadir belirlenmiştir. V1229 doğrultusunda 4 kpc'ten daha büyük uzaklıklar için kızarma evrilimi ~0.6 kadirde neredeyse sabit kaldığından, 0.6 kadirden daha büyük kızarma değerleri için V1229'un uzaklığına sadece alt limit getirilebilmiştir. Bu çalışmada della Valle & Duerbeck (1993) yıldızlararası kızarma değeri E($B - V$) = 0.50 ± 0.08 kadir değeri kabul edilmiştir. Bu değer aynı zamanda Duerbeck (1981) ve Miroshnichenko (1988) tarafından verilen ölçümler ile de uyumludur. Bu kızarma değeri kullanılarak V1229 Aql'nın uzaklığı d_c = 2.5 ± 0.6 kpc hesaplanmıştır ve bu sonuç 2.4 kpc (Shafter 1997) 2.1 ± 0.9 kpc (Della Valle ve Duerbeck 1993) ile uyumludur.

A1.2. V1494 Aql

Iijima ve Esenoğlu (2003) Na I D1 ve D2'nin yıldızlararası soğurma çizgilerinin eş değer genişliklerinden E($B - V$) = 0.6 ± 0.1 kadir belirlemiştir. Bu ölçüm için kullanılan yöntem çizgi oranlarından belirlenen 0.66 kadir (Arkhipova vd., 2002) kızarmaya göre daha duyarlı olduğundan, çalışmamızda 0.6 ± 0.1 kadir renk artığı kabul edilmiştir. V1494 Aql doğrultusunda ki kızarma değeri ile d_c = 2.2 ± 0.7 kpc hesaplanmıştır. Barsukova vd. (2013) tarafından H alfa emisyon çizgisi etrafındaki yapıya dayanan 0.24 yaysaniyesi / yıl genişleme hızı V1494 Aql için 1.2 ± 0.2 kpc uzaklığı göstermektedir. Çalışmamızda hesaplanan uzaklık, bu değerden daha büyüktür. Ancak genişleme paralaksı tek bir çizgiye bağlı olduğundan, uzaklık ölçümünde belirsizliği beraberinde getirmektedir.

A1.3. T Aur

T Aur doğrultusunda yıldızlararası kızarma değeri bir çok çalışmada (Gallagher vd., 1980; Duerbeck 1981; Warner 1987; Gilmozzi, vd., 1994; Bruch & Engel 1994; Diaz & Bruch 1997; Shafter 1997; Downes & Duerbeck 2000; Selvelli 2004; Puebla vd., 2007; Selvelli & Gilmozzi

2013) verilse de yakın zamanda 2200 Å özelliği ile hesaplanan E($B - V$) = 0.42 ± 0.08 (Selvelli & Gilmozzi 2013) değeri diğer çalışmalardan daha duyarlıdır. Ayrıca bu değer çalışmamızda genişleme paralaksından 960 ± 220 pc (Slavin vd., 1995). hesaplanan kızarma değeri E($B - V$)$_c$ = 0.43 kadir değeri ile uyumludur. Selvelli & Gilmozzi (2013)'nin kızarma değeri kullanılarak T Aur'un uzaklığı d_c = 1.08 ± 0.37 kpc hesaplanmıştır. Bu değer 960 ± 220 pc (Slavin vd., 1995) uzaklığı ile uyumludur.

A1.4. V705 Cas

V705 Cas'ın yıldızlararası kızarma değeri Hric vd. (1998) tarafından novanın etrafındaki yıldızların renk artıklarının karşılaştırılmasıyla E($B - V$) = 0.38 kadir ve Miroshnichenko (1988)'nin yönteminden E($B - V$) = 0.43 kadir verilmiştir. Hachisu & Kato (2014) nova patlamasının maksimumdaki ve t_2 zamanındaki renk artıklarından (verileri Hric vd.nden (1998) temin ederek) E($B - V$) = 0.33 ve 0.36 kadir hesaplamıştır. Ancak çalışmasındaki renk – renk diyagramlarından elde ettiği E($B - V$) = 0.45 ± 0.05 kadir değerini kabul etmiştir. Hauschildt vd. (1994) patlama başlangıcındaki toplam (optik + UV) ışınımın sabit olduğunu varsayarak renk artığı için E($B - V$) = 0.5 kadir değerini öne sürmüştür. Diğer bir taraftan bahsi geçen bu ölçümlerden daha büyük kızarma değerleri de literatürde yer almaktadır. El'Kin (1995) maksimumdaki renk artığından 0.67, Arkhipova vd. (2000) Balmer düşmesini kullanarak 0.98 ve istatistiksel ilişkilerden de 0.7 kadir kızarma değeri belirlemiştir. Ancak Arkhipova vd.nin (2000) diğer sonuçlara göre farklılık gösteren sonucu çalışmamızda hesaba katılmamıştır. Bu farklılık, yıldız çevresindeki toz kabuğundan kaynaklanan ekstra kızarmadan kaynaklanabilir (Arkhipova vd., 2000). Literatürdeki iki farklı kızarma ölçümü için uzaklıklar hesaplanmıştır. Kızarma eğrilerinde düşük değerde olanların (E($B - V$) $\leq$ 0.5) ortalaması E($B - V$) = 0.41 ± 0.06 için d_c = 2.2 ± 1.3 kpc, büyük ortalama değer ise 5 kpc uzaklığı belirtmektedir. İki kpc'ten sonra kızarma eğrisi küçük eğime sahip olduğundan hesaplanan uzaklıktaki hata değeri büyüktür. Ancak küçük kızarma değerinden hesaplanan uzaklık genişleme paralakslarından tespit edilen 2.9 (Diaz vd., 2001) ve 2.5 kpc (Eyres vd., 1996) ile uyumludur. Bu sebeple V705 Cas için E($B - V$) = 0.41 ± 0.06 kızarma ve d_c = 2.2 ± 1.3 kpc uzaklık değeri daha olasıdır ve çalışmamızda kabul edilmiştir.

A1.5. V842 Cen

Hızlı novalardan biri olan V842 Cen için ortalama kızarma değeri E($B - V$) = 0.55 ± 0.05 kadir Hα//Hβ oranından (de Freitas Pacheco vd., 1989), Na I çizgisinin eşdeğer genişliğinden (Sekiguchi vd., 1989) ve 2200 Å özelliğinden (Andrea vd., 1991) belirlenmiştir. Bu renk artığı kullanılarak ölçülen d_c = 1.65 ± 0.54 kpc uzaklık hesabı, genişleme paralaksından belirlenen

1.2 ± 0.1 (Downes & Duerbeck 2000) ve 1.3 ± 0.5 kpc (Gill & O'Brien 1998) uzaklığın hata sınırları içindedir.

A1.6. V1500 Cyg

V1500 Cyg iyi bilinen çok hızlı bir novadır. V1500 Cyg doğrultusunda yıldızlararası kızarma bir çok çalışma tarafından hesaplanmıştır. Tomkin vd., (1976) yıldızlararası Na KI 7699 Å çizgisinden E($B - V$) = 0.45 ± 0.07 kadir, McLean (1976) optik polarizasyon kullanarak Hachisu & Kato (2014)'in renk-renk evriminden belirlediği aynı değeri E($B - V$) = 0.45 ± 0.02 belirlemiştir. Bu ölçümler, Ferland (1977)'nin gözlemsel ve kuramsal akı karşılaştırması sonucunda ortalama E($B - V$) = 0.5 ± 0.05 ile uyumludur. 2200 Å özelliği daha duyarlı bir yöntem olmasına rağmen, bu yöntem ile hesaplanan 0.69 ± 0.03 kadir (Wu & Kester 1977) kızarma değeri, Ferland (1977) çalışmasında da bahsedildiği gibi çizgi emisyonu etkisine maruz kalmıştır. Bu sebeple kızarma değeri, etrafındaki çizgiler ile karışmış, "blend", Balmer çizgilerilerinden belirlenen 0.57 kadirden (Ferland, 1977) daha küçük olmalıdır. Bu sebeple Tomkin vd., (1976) tarafından verilen ve diğer çalışmalar ile de uyumlu E($B - V$) = 0.45 ± 0.07 kadir kızarma değeri varsayılmıştır. V1500 Cyg'nin uzaklığı 2.0 ± 0.6 kpc hesaplanmıştır. Bu genişleme paralakslarından hesaplanan uzaklar 1.5 (Slavin vd., 1995), 1.56 ve 2.11 kpc (Wade vd., 1991) uzaklıkları ile uyumludur.

A1.7. V446 Her

V446 Her doğrultusunda yıldızlararası kızarma değeri; stabilizasyon evresindeki renk artığı ilişkisinden E($B - V$) = 0.46 ± 0.04 (Miroshnichenko, 1988), renk-renk evriminden 0.40 ± 0.05 (Hachisu & Kato 2014), 2200 Å özelliğinden 0.35 (Gilmozzi, vd., 1994), 0.25 (Selvelli, 2004) ve 0.38 ± 0.04 kadir (Selvelli & Gilmozzi, 2013) hesaplanmıştır. Çalışmamızda tüm bu ölçümlerin ortalama değeri olan 0.37 ± 0.04 kadir kabul edilmiştir. Bu değer Selvelli & Gilmozzi'nin (2013) diğer ölçümlere göre daha duyarlı olan sonucuyla uyumludur. Ortalama kızarma değeri kullanılarak genişleme paralaksıyla (1.3 kpc, Cohen 1985) uyumlu d_c = 1.50 ± 0.47 kpc uzaklık ölçümü yapılmıştır.

A1.8. CP Lac

Çalışmamızda E($B - V$) = 0.27 ± 0.06 kadir varsayılarak CP Lac'ın uzaklığı d_c = 1.67 ± 0.61 kpc hesaplanmıştır ve bu ölçüm genişleme paralaksından gelen uzaklık 1.3 kpc (Cohen & Rosenthal, 1983) ile uyumludur. Kabul edilen kızarma değeri NaI çizgilerinden belirlenen

E($B - V$) = 0.26 (Cohen & Rosenthal 1983) ve 2200 Å özelliğinden hesaplanan 0.28 ± 0.06 kadir (Selvelli & Gilmozzi 2013) renk artıklarının ortalamasıdır.

A1.9. BT Mon

Selvelli & Gilmozzi (2013) 2200 Å özelliğini kullanarak BT Mon'un renk artığını E($B - V$) = 0.24 ± 0.04 kadir belirlemiştir. Bu değer kızarma-uzaklık ilişkisinde novanın d_c = 1.84 ± 0.47 kpc uzaklığına denk gelmektedir. Hesaplanan uzaklık değeri genişleme paralakslarından hesaplanan 1.8 kpc (Marsh vd. 1983; Gill & O'Brien 1998) ile oldukça uyumludur.

A1.10. V959 Mon

Munari vd. (2013) yakın zamanda keşfedilen nova olan Nova Mon 2012'nin genişleme evrimini incelemiştir ve Na I çizgisinin eşdeğer genişliğinden yıldızlararası kızarmayı E($B - V$) = 0.38 ± 0.01 kadir olarak belirlemiştir. Önceki ölçümlerinde Munari vd. (2012) kızarmayı E($B - V$) = 0.30 kadir olarak vermiştir. Bu ölçümler hidrojen kolon yoğunluğundan belirlenen E($B - V$) = 0.8 ± 0.05 kadirden (Shore vd. 2013) küçüktür ve bu değer çalışmamızda $d_c \geq 6$ kpc uzaklığını işaret etmektedir. E($B - V$) = 0.38 ± 0.01 kadir kızarma değeri kullanılarak çalışmamızda V959 Mon'un uzaklığı d_c = 2.3 ± 0.6 kpc hesaplanmıştır. Linford vd. (2015) genişleme paralaksını belirlemek için V959 Mon'den atılan kabuğu incelemiştir. Çalışmalarında küresel olmayan genişleme 0.9 ± 0.2 ve 2.2 ± 0.4 kpc aralığında bir uzaklığı işaret etmektedir. Ayrıca onlar en olası uzaklığın 1.4 ± 0.4 kpc olduğunu ileri sürmüşlerdir. Sonuçlarımız Linford vd. (2015) tarafından verilen büyük uzaklık değeri ile uyum içerisindedir.

A1.11. CP Pup

CP Pup'un yıldızlararası kızarma değeri genellikle kızarma haritalarından ve 2200 Å özelliği kullanılarak 0.20 – 0.26 aralığında (Duerbeck 1981; Gilmozzi, vd. 1994; Bruch & Engel 1994; Diaz & Bruch 1997; Downes & Duerbeck 2000; Selvelli 2004; Puebla vd. 2007; Selvelli & Gilmozzi, 2013) hesaplanmıştır. Bu çalışmalar arasında Selvelli ve Gilmozzi (2013)'nin çalışması, bir önceki çalışmalardaki 2200 Å özelliği ile yapılan hesaplamaları aynı yöntemi kullanarak geliştirdiğinden, daha ön plana çıkmaktadır ve çalışmasında CP Pup için E($B - V$) = 0.20 ± 0.04 kadir belirlemiştir. Bu değer kullanarak 1.2 derece yarıçaplık alan için CP Pup'un uzaklığı 1.44 ± 0.45 kpc olarak hesaplanmıştır. Alanın çözünürlüğü düşük olmasına rağmen sonucumuz, son genişleme paralaksı üzerine yapılan çalışmada belirlenen 1.14 kpc (Downes & Duerbeck, 2000) ve önceki uzaklık tayinleri (1.5 kpc Duerbeck, 1981;

1.6 kpc Williams, 1982; 1.8 ± 0.4 kpc Gill & O'Brien, 1998) ile uyumludur. Cohen & Rosenthal (1983) kabuk geometrisini göz önüne almadığından, bu ve literatürdeki diğer çalışmalardan daha küçük uzaklıkta 0.85 kpc belirlemiştir. Bu sebeplerden dolayı çalışmamızda hesaplanan uzaklığın duyarlı olduğu sonucu çıkarılabilir.

A1.12. V1280 Sco

Chesneau vd. (2008) V1280 Sco'nun bileşen yıldızının sıcaklığını 7000 K ve bir A veya F tayf türünden yıldız ve kızarmadan arındırılmış renginin $(B\text{-}V)_0 = 0.03$ olduğunu varsayarak, yıldızlararası kızarmanın $E(B - V) = 0.3$ olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu ölçüm V1280 Sco'nun özgün renginden belirlenen $E(B - V) = 0.35$ kadir (Hachisu ve Kato, 2016a) değeri ile uyumludur. Puetter vd. (2007) yıldızın düşük eksitasyon evresinde olduğu varsayımı altında OI çizgilerinden $E(B - V) = 1.7$ kadir belirlemiş olsa da, çalışmamızdaki kızarma evrimi bu değere kadar yükselmemektedir ve bu kızarma ölçümü çalışmamızda *5* kpc'ten daha büyük uzaklığı öngörmektedir. Ayrıca genişleme paralakslarından (1.1 kpc; Naito vd. 2012, 1.6 kpc, Chesneau vd. 2008) hesaplanan kızarma 0.25-0.39 kadir aralığında kalmaktadır. Bu sebeple ortalama yıldızlararası kızarma değeri $E(B - V) = 0.32 \pm 0.05$ kadir kabul edilmiştir ve $d_c = 1.4 \pm 0.35$ kpc belirlenmiştir. Hesaplanan uzaklık ölçümü Naito vd. 2012 ve Chesneau vd. (2008) sonuçları ile hata payları içerisinde iyi uyumludur.

A1.13. FH Ser

Della Valle vd. (1997) FH ser doğrultusundaki yıldızlararası kızarmayı üç farklı yöntem kullanarak incelemiştir. Kızarma ölçümleri sırasıyla; patlama maksimumundaki renkten $E(B - V) = 0.82$ kadir, $H\alpha/H\beta$ çizgi oranından 0.61 kadir, Na I λ5890 çizgisinin eşdeğer genişliğinden 0.5 kadirdir. Della Valle vd. (1997) bu ölçümlerin bir ortalaması olan $E(B - V) = 0.64 \pm 0.16$ kadir kızarma değerini kabul etmiştir. Bu değer hatasıyla birlikte, Kodaira (1970) tarafından yıldızlararası kızarma ilişkilerinden elde edilen 0.6 kadir ve Weigh vd.nin (1994) varsaydığı 0.74 kadir kızarma değeri ile uyumludur. Bahsi geçen bu ölçümlere ek olarak Hutchings & Fisher (1973) FH Ser'in patlama sonrası erken evresinden aldığı tayflardaki 5780 ve 5796 Å difüz yıldızlararası çizgilerinden 0.9 kadir renk artığı belirlemiştir. Ancak bu değer diğer kızarma ölçümlerinden büyüktür. Çalışmamızda FH Ser doğrultusunda kızarma-uzaklık ilişkisi belirlenerek, yukarıda bahsedilen tayfsal ve özgün renk evrimlerinden ölçülen kızarma değeri ile uyumlu $E(B - V) = 0.6 \pm 0.1$ kadir renk artığı için uzaklık $d_c = 1.0 \pm 0.9$ kpc hesaplanmıştır. Sonucumuz HST görüntülerine dayanan paralaks ölçümü 950 ± 50 pc (Gill, 2000) ve yer tabanlı gözlemlere dayanan diğer paralaks ölçümleriyle, sırasıyla 920 ± 130

(Slavin vd., 1995), 870 ± 90 (Della Valle vd., 1997) ve 850 ± 50 (Duerbeck 1992) ile iyi uyum içerindedir.

A1.14. LW Ser

LW Ser'in nova patlaması sonrası genişleme evriminin analizi Gehrz vd., (1980) tarafından yapılarak, açısal kabuk genişlemesinin oranından uzaklığı 5 kpc olarak belirlemişlerdir. Ayrıca patlama maksimumundan 0.32 renk artığını belirlemişlerdir. Balmer çizgilerinin şiddetleri kızarmayı 1.0 kadirden daha düşük olduğunu belirtmektedir ve benzer bir şekilde Cohen & Rosenthal (1983) da yıldızlararası kızarmayı 0.32 olarak kabul etmiştir. Buna ek olarak Prabhu (1987) kızarma değerini patlama maksimumundan 15 gün sonraki rengine bağlı olarak 0.52 kadir olarak hesaplamıştır. Ancak LW Ser doğrultusundaki yıldızlararası kızarma ölçümleri duyarlı yöntemlere dayanmamaktadır. Yine de çalışmamızda ortalama değer olan 0.39 ± 0.1 kadir kızarma kullanılarak d_c = 1.27 ± 0.4 kpc belirlenmiştir. Uzaklık hesabı kızarma eğrisindeki ilk noktalara dayanmaktadır. Galaxia ve Drimmer modelleri kızarma eğrisi ile uyumlu oluğundan, hesaplanan uzaklığın duyarlı olduğu kabul edilmiştir. Bu ölçümüün genişleme paralakslarından elde edilen 2.34 kpc (Cohen & Rosenthal 1983) ve 5 kpc (Gehrz vd., 1980) uzaklıklarından çok daha küçük olduğu dikkat çekmektedir. Çalışmamızdaki kızarma-uzaklık ilişkisinde bu paralaks ölçümlerine denk gelen kızarma değerleri 0.66 ve 0.72 kadirdir. Beklenildiği gibi bu değerler çalışmamızda kabul edilen kızarma ölçümlerinden büyüktür.

A1.15. V382 Vel

V382 Vel neon tipi hızlı patlama evrimi gösteren bir novadır (Wood-ward vd., 1999). Çalışmamızda V382 Vel doğrultusunda yıldızlararası kızarma değeri literatürdeki ölçümlerin kızarma ortalaması olan E(B – V) = 0.12 ± 0.03 kadir kabul edilmiştir. Kronolojik olarak della Valle vd. (2002) çeşitli çizgi oranlarında E(B – V) = 0.05 ve Na I D eşdeğer genişliğinden 0.09 kadir, Shore vd. (2003) akı oranları ve tayf analizinden 0.20 kadir, renk-renk evriminden E(B – V) = 0.15 ± 0.05 (Hachisu ve Kato 2014, 2016a), ayrıca farklı kızarma-kolon yoğunluğu ilişkileri için Mukai & Ishida (2001) hidrojen kolon yoğunluğundan farklı katsayılar için 0.2 ve 0.12 kadir belirlenmiştir. Kabul edilen kızarma kullanarak V382 Vel için uzaklığı 0.9 ± 0.2 kpc belirlenmiştir. V382 Vel doğrultusundaki kızarma-uzaklık ilişkisinin ilk noktalarına dayandığından ve KY yıldızlarından elde edilen renk eksesindeki hatanın büyük olmasından dolayı ölçümümüzdeki belirsizlik bulunmaktadır. Yine de bu sonuç, 1800 ± 100 km/s hızına sahip genişle hızına sahip kabuktan belirlenen 0.8 ± 0.1 kpc (Tomov vd. 2015) ile uyumludur.

A1.16. LV Vul

Fernie (1969) LV Vul doğrultusunda B tayf türünden yıldızların renk artıklarını kullarak LV Vul'un kızarmasını E(*B* – *V*) = 0.6 ± 0.2 kadir belirlemiştir. Bu değer Hachisu & Kato (2014)'nun LV'un renk-renk evriminden belirlediği E(*B* – *V*) = 0.6 ± 0.05 ile bire bir uyumludur. Tempesti (1972) patlama maksimumdaki renk ilişkisini (Schmidt 1957) kullanarak kızarmayı E(*B* – *V*) = 0.55 kadir hesaplamıştır. Ortalama değer olan E(*B* – *V*) = 0.57 ± 0.05, LV Vul'u d_c= 4.09 ± 0.22 uzaklığa yerleştirmektedir. LV Vul üzerine yapılan tayfsal analizler, genişleme hızının 900 - 2700 km/s aralığında ve uzaklığının 0.92 (Slavin vd., 1995) ve 2.5 kpc (Della Valle vd., 1998) olduğunu belirtmektedir. Slavin vd. (1995) kabuğun yeterince iyi çözümlenemediğini belirtse de, sonuçlarımız LV Vul için hesaplanan en yüksek genişleme hızına dayanan uzaklıktan dahi daha büyüktür. Kabuğun küresel olduğu varsayımı genişleme paralaksı ölçümlerini daha kısa uzaklıklara taşımış ve hesaplanan uzaklık ile paralakslar arasındaki farklılığa neden olmuş olabilir.

A1.17. NQ Vul

NQ Vul için yıldızlararası kızarma değeri sırasıyla 6614 Å'daki yıldızlararası bandın eşdeğer genişliğinden E(*B* – *V*) = 0.7 ± 0.2 (Younger, 1980), F tayf türünden devlerin renklerinin NQ Vul'unki ile karşılaştırılmasından E(*B* – *V*) = 0.8 (Yamashita vd., 1977), yıldızlararası polarizasyondan E(*B* – *V*) = 0.9 ± 0.3 (Martin & Maza 1977), renk-renk diyagramlarından E(*B* – *V*) =1.00 ± 0.05 (Hachisu & Kato 2014) ve yıldızlararası CH ve CH+ çizgisinin eşdeğer genişliğinden E(*B* – *V*) = 1.2 ± 0.2 kadir (Carney 1977) bulunmuştur. Ayrıca Hachisu ve Kato (2016a) NQ Vul'un renk-renk evrimini tekrar analiz ederek bir önceki çalışmasında (Hachisu ve Kato, 2014) verilen değer ile aynı kızarma değerini E(*B* – *V*) = 1.00 ± 0.05 kadir belirlemiştir. Bu ölçümlere ek olarak Klare & Wolf (1978) polarizasyon-A_V ilişkisinden E(*B* – *V*) = 0.56, kızılötesi karacisim ışıması - açısal yarıçap ilişkisinden 0.58 ve yıldızlararası polarizasyondan 0.9 kadir renk artıkları belirlemiştir. NQ Vul için duyarlı uzaklık ölçümleri yapılmıştır. Genişleme paralakslarından Slavin vd. (1995) 1.6±0.8 kpc ve Downes & Duerbeck (2000) de 1.16 ± 0.21 kpc hesaplamıştır. Klare ve Wolf (1978) tarafından önerilen kızarma ölçümü hariç tüm sonuçların aritmetik ortalaması E(*B* – *V*) = 0.92 ± 0.2 kadir kabul edilerek, çalışmamızda d_c = 2.0 ± 0.5 kpc hesaplanmıştır. Bu sonuç genişleme paralakslarından gelen uzaklıktan kısmen daha büyüktür.

A1.18. QV Vul

QV Vul tayfsal gözlemler ile üzerinde iyi çalışılmış novalardan biridir. Andrea vd. (1994) H ve He rekombinasyon çizgileri ve Neckel & Klare'nin (1980) kızarma haritasından Scott vd. (1994) ile aynı değeri E($B - V$) = 0.4 ± 0.05 kadir belirlemiştir. Yıldızlararası kızarma değeri ayrıca nova-dev aşamasından 0.60 ± 0.05 kadir (Hachisu & Kato 2014) ve QV Vul'un fotometrik ve tayfsal özelliklerinden 0.32 kadir (Gehrze vd. 1992) belirlenmiştir. Tayfsal yöntemlere dayanan kızarma ölçümlerinin ortalaması E($B - V$) = 0.4 ± 0.05 kadir kabul edilerek, uzaklık 1.13 ± 0.31 kpc hesaplanmıştır. Bu sonuç, OIII 5007 and NII 6584 Å çizgilerinden belirlenen ortalama genişleme hızlara dayanan 2.7 kpc (Downes & Duerbeck, 2000) uzaklığından daha küçüktür. Downes & Duerbeck'in (2000) belirlemiş olduğu uzaklık için çalışmamızda kızarma değeri 0.52 kadir olarak hesaplanmıştır.

A2. Genişleme Paralaksı Ölçümleri Olmayan Novalar

A2.1. CI Aql

Iijima (2012a), CI Aql doğrultusundaki kızarma değeri için NaI D1, D2 ve DIB'larından elde ettiği altı ölçümün ortalamasını E($B - V$) = 0.92 ± 0.15 kabul etmiştir. Bu ölçüm 584.9, 661.3 nm dalgaboyundaki DIB ve Ca II 393.4 nm çizgisinden hesaplanan ve nispeten büyük hatalara sahip E($B - V$) = 0.85 ± 0.3 (Kiss vd., 2001) ile uyumludur. Benzer bir sonuç E($B - V$) = 0.91 ± 0.11 Balmer düşmesinden belirlenmiştir (Burlak & Esipov, 2001). Tayfsal ölçümlerin yanı sıra Lederle & Kimeswengenr (2003) kırmızı band patlama öncesi ışık eğrisi modelleri (E($B - V$) = 0.86, tekrar incelenen değeri 1.0 kadir; Hachisu & Kato 2001, 2002) ve literatürdeki tayfsal ölçümlerin ortalaması olan E($B - V$) = 0.98 ± 0.1 kadir kızarma değerini kabul etmiştir. Ayrıca Schaefer (2010) patlama sonrası t_2 zamanındaki renkten 0.8 kadir belirlemiştir. Yukarıda bahsi geçen tüm ölçümler birbiri ile uyumlu olmasına rağmen OI çizgi oranlarından hesaplanan E($B - V$) = 1.5 ± 0.15 (Lynch vd., 2004) ve maksimumdaki renkten hesaplanan E($B - V$) = 0.2 kadir kızarma ölçümleri diğer ölçümlere göre farklılık göstermektedir. Bu farklılığın sebebi bilinmemesine rağmen, çalışmamızda Lynch vd. (2004) çalışması hariç tayfsal yöntemlerden belirlenmiş kızarma ölçümlerinin ortalaması olan E($B - V$) = 0.92 ± 0.22 kadir kabul edilmiştir ve uzaklık d_c = *3*.89 ± 0.44 kpc hesaplanmıştır. Bu sonuç, MMRD ilişkisinden hesaplanan d = 2.6±1.3 (Lynch vd. 2004) ve 5.0+5.0 (Schaefer 2010) uzaklıklar arasında iyi bir yere denk gelmektedir.

A2.2. V1301 Aql

van Genderen & Utterwaal (1979), V1301 Aql'nın renk-renk evriminden yıldızlararası kızarmanın 0.8 kadirden daha büyük olmayacağını ileri sürmüştür. Bu sonuç Vrba vd.nin (1977) komşu yıldızların kızarmalarından belirlediği E(B – V) = 0.61 kadir ile uyumludur. Bu kızarma ölçümü için çalışmamızda V1301 Aql'nın uzaklığı d_c = 2.2 ± 1.26 kpc belirlenmiştir. Diğer taraftan Miroshnichenko'nun (1988) stabilizasyon aşamasındaki UBV renklerinden kızarmayı E(B – V) = 0.9 ± 0.06 kadir hesaplamıştır. Bu kızarma ölçümü kızarma eğrisinden daha büyük değerdedir ve $d_c > 7$ kpc uzaklığını belirtmektedir.

A2.3. V1493 Aql

Nova Aql 1999'un (=V1493 Aql) yıldızlararası kızarma ve uzaklık ölçümleri birbirinden farklılık göstermektedir. Bonifacio vd. (2000) novanın t_2 zamanındaki gözlemsel rengini özgün renk ile karşılaştırarak E($B - V$) = 0.33 ± 0.1 kadir belirlemiştir. Ayrıca aynı çalışmada üç farklı yaklaşım ile 17.6'dan 40.6 kpc kadar uzanan uzaklıklar hesaplanmış ve novanın Galaksinin kenarında veya dışında olabileceği belirtilmiştir. Diğer bir taraftan Arkhipova vd. (2002) Balmer hidrojen çizgilerini kuramsal olanlarla karşılaştırarak kızarmayı 1.56 ± 0.3 ve uzaklığı da 4.3 ± 0.3 kpc hesaplamıştır. Venturini vd. (2004) ise 844.6, 1128.7 ve 1316.4 nm dalga boyundaki OI çizgi oranlarından E($B - V$) = 0.57 ± 0.14 kadir ve MMRD ilişkisinden uzaklığı 25.82 ± 1.81 kpc hesaplamıştır. Munari vd. (2008b) özgün renklerden ve renk evriminden kızarmanın 0.57 kadir (Venturini vd. 2004) olmasının daha olası olduğunu ve Bonifacio vd. (2000) tarafından verilen renk evriminin büyük şüpheler içerdiğini, tekrar dikkate alınması gerektiğini ileri sürmüştür. Buna ek olarak Hachisu ve Kato (2016a) V1493 Aql'nın bulunduğu konum için kızarma haritaları ve novanın renk-renk evrimini incelemiştir ve kızarmayı E($B - V$) = 1.15 kadir olarak kabul etmişlerdir. Her ne kadar E($B - V$) = 1.15 ± 0.2 kadir kızarma değerinden çalışmamızda uzaklık $d_c \geq 4.2$ kpc hesaplansa da çalışmamızda tayfsal ölçümlere dayanan E($B - V$) = 0.57 ± 0.14 kadir kabul edilerek, diğer uzaklık ölçümlerine göre çok daha küçük olan d_c = 1.72 ± 0.66 kpc belirlenmiştir.

A2.4. V1721 Aql

Helton vd. (2008), V1721 Aql'yı benzer patlama evrimi gösteren novalar ile karşılaştırarak yıldızlararası kızarmayı E($B - V$) = 3.0 kadir belirlemiştir. Bu kızarma değeri için uzaklık 7.5 ± 2.0 kpc hesaplanmıştır.

A2.5. OY Ara

Zhao vd.nin (1997) tayfsal süreklilikten belirlediği 0.32 ± 0.06 kadir kızarma ölçümü dışında literatürde başka bir yıldızlararası kızarma hesabı bulunmamaktadır. Bu ölçüm için çalışmamızda dc = 1.3 ± 0.7 kpc belirlenmiştir.

A2.6. V1065 Cen

Heltone (2010), V1065 Cen'in tayfsal evriminin analizini dikkatlice yaparak; Na I DI eşdeğer genişliğinden E($B - V$) = 1.05 ± 0.5 kadir, maksimum ve t_2 zamanındaki renklerden 0.29 ± 0.07 ve 0.45 ± 0.06 kadir, ve Hα/Hβ akı oranından 0.79 ± 0.01 kadir belirlemiştir. Na I eşdeğer genişliği duyarlı bir kızarma ölçüm yöntemi olsa da, Heltone (2010) çizgilerin satüre olma durumuna netlik getirecek yeterli tayfsal çözünürlüğe sahip olmadığından bu ölçümü dikkate almamıştır. Bu sebepte çalışmalarında E($B - V$) = 0.5 ± 0.1 kadir kızarmayı kabul etmişlerdir. Ayrıca Hachisu & Kato (2016a) novanın özgün renk evriminden Heltone (2010) çalışması ile uyumlu E($B - V$) = 0.45 ± 0.05 kadir değerini belirlemiştir. Bu sebeple bu iki çalışmanın sonuçlarından elde edilen ortalama değeri E($B - V$) = 0.47 ± 0.05 kadir kullanılarak uzaklık d_c = 3.3 ± 0.5 kpc hesaplanmıştır. Kızarma eğrisi nova için kabul edilen kızarma ölçümünün sınırlarını tam olarak geçmediğinden, uzaklığın üst limiti kısmen belirsizdir.

A2.7. V868 Cen

Çalışmamızda, William (1994) çalışmasındaki HI ve He II rekombinasyon çizgilerinden hesaplanan 1.63-1.87 (ortalaması 1.75) kadir ve Orio vd (2001) çalışmasındaki 1.7 kadir kızarma ölçümlerinin ortalaması E($B - V$) = 1.72 ± 0.1 kadir kabul edilmiştir. Bu değer için kızarma-uzaklık ilişkisi d_c = 5.2 ± 0.4 kpc öngörmektedir.

A2.8. AR Cir

Tappert vd. (2013) AR Cir'den alanınan tayfı farklı kızarma değerlerine göre inceleyerek, süreklilik eğiminin diğer novalarla benzerlik göstermesini sağlayan en uygun kızarma olan E($B - V$) = 2 kadiri kabul etmiştir. Ancak bu değer Bruch & Engel (1994) çalışmasında kabul edilen uzaklık ve parlaklık için (Duerbeck vd., 1993) kızarma haritasından (Neckel & Klare 1980) elde edilen 0.78 kadirden oldukça büyüktür. Dolayısıyla, Tapper vd. (2013) çalışmasında da belirtildiği gibi bu nova için yıldızlararası çizgilere dayanan duyarlı kızarma ölçümlerine ihtiyaç bulunmaktadır. Yine de E($B - V$) = 2.0 ± 0.4 kadir için d_c = 3.15 ± 0.56 kpc belirlenmiştir.

A2.9. BY Cir

Greeley vd. (1995), kısa dalgaboylarındaki tayf çizgilerinin belirgin kızarma gösterdiğini ve He II λ1140/ He II λ1085 çizgi oranını göz önüne alarak çalışmasında elde ettiği akıları E(*B* – *V*) = 0.11 kadir ile kızarmadan arındırmıştır. Buna ek olarak Greeley vd. (1995) patlama maksimumdaki renkten E(*B* – *V*) = 0.15 ± 0.06 kadir ve gök aydınlığından temelli N II emisyonundan etkilenen He II akısının kızarma için 0.56 kadir üst limiti işaret ettiğini belirlemişlerdir. Evans vd. (2002) görüş doğrultusu boyunca belirlediği polarizasyondan E(*B* – *V*) = 0.55 kadir tespit etmiştir. Greeley vd. (1995) ve Evans vd. (2002) tarafından verilen ölçümler arasındaki farklılığın belirgin ve büyük olmasından dolayı BY Cir doğrultusunda belirlenen kızarmanın belirsiz olduğu söylenebilir. Alt limit dışındaki tüm kızarma ölçümleri için uzaklık $\leq$0.95, 1.0 ± 0.2 ve $\geq$3.25(+0.68) kpc belirlenmiştir. Kızarma-uzaklık ilişkisi Drimmel ve Galaxia kızarma eğrisi ile iyi bir şekilde eşleştiğinden, Geeley vd.nin (1995) ölçümlerinin ortalaması olan E(*B* – *V*) = 0.13 ± 0.06 kadir kullanılarak kızarma ilişkisinin ilk noktalarından belirlenen d_c = 1.0 ± 0.2 kpc hesabı kabul edilmiştir.

A2.10. V394 CrA

Schaefer (2010), patlama maksimumu ve t_2 zamanındaki gözlemsel renkleri kuramsallar ile karşılaştırarak V394 CrA doğrultusundaki kızarmayı E(*B* – *V*) = 0.2 ± 0.2 kpc belirlemiştir. Aynı sonuç komşu yıldızların kızarmalarından da elde edilmiştir (Duerbeck, 1988). Ancak bu ölçümün hatası kendine eşit ve büyük olduğundan, çalışmamızdaki kızarma uzaklık ilişkisinin tamamını kapsamaktadır. Bu sebeple kızarmadaki hatayı dikkate almadan yaptığımız uzaklık hesabı d_c = 2.0 kpc yüksek belirsizliğe sahiptir.

A2.11. Q Cyg

Q Cyg doğrultusunda yıldızlararası kızarma değerli 2200 Å özelliğinden E(*B* – *V*) = 0.26 ± 0.06 (Selvelli & Gilmozzi 2013) kadir belirlenmiştir. Bu ölçüm literatürde yer alan diğer kızarma ölçümlerden küçük (bkz., Selvelli & Gilmozzi 2013) olsa da, duyarlı bir yönteme dayanmaktadır ve bu ölçüm ile uzaklık d_c = 1.22 ± 0.9 kpc belirlenmiştir.

A2.12. V2274 Cyg

Rudy vd.nin (2003) OI çizgilerini ve ayrıca Paschen çizgilerini kullanarak belirlediği E(*B* – *V*) = 1.30 ± 0.2 ve 1.47 ± 0.15 kadir kızarma değeri, Hachisu & Kato (2014) çalışmasında renk-renk evriminden hesaplanan 1.35 ± 0.1 kadir ile uyumludur. 13 kpc uzaklığa kadar

oluşturulan kızarma eğrisi, Paschen çizgilerinden gelen ölçüm olan 1.47 kadir kızarma değerine kadar ulaşmadığından, bu kızarma ölçümü istatistik dışı bırakılmıştır. Böylelikle kızarma ölçümlerin ortalamasından olan E(B – V) = 1.33 ± 0.1 kadir kullanılarak uzaklık d_c = 9.0 ± 2.0 kpc hesaplanmıştır.

A2.13. 2275 Cyg

V2275 Cyg doğrultusundaki kızarma, birçok farklı yönteme dayanan ölçümler ile iyi bir şekilde belirlenmiştir. Bu ölçümler sırasıyla, 6613 Å dalgaboyundaki DIB eşdeğer genişliğinden 1.0 ± 0.2 kadir, Ca II çizgisinden 1.3 ± 0.2 kadir, Na çiftinden 0.7 kadir, maksimumdaki ve t_3 zamanındaki özgün renkten 0.9 ve 1.0 kadirdir (Kiss vd., 2002). Ölçümler arasında farklılık olsa da çalışmamızda Kiss vd. (2002) çalışmasında kabul edilen E(B – V) = 1.0 ± 0.1 kadir kızarma kullanılarak, uzaklık d_c = 3.62 ± 0.47 kpc hesaplanmıştır.

A2.14. V2467 Cyg

Steeghs vd. (2007) çalışmasında ata sistemin renk ve parlaklık değerlerinden V2467 Cyg doğrultusundaki yıldızlararası kızarmayı E(B-V) = 1.0 – 1.5 kadir olarak belirlerken, Munari vd. (2007a) Na I D2 eş değer genişliğinden E(B-V) = 0.31 kadir hesaplamıştır. Mazuk vd (2007) ve Russell vd. (2007b) tarafından OI çizgileri kullanılarak V2467 Cyg'nin kızarması sırasıyla 1.5 ve 1.7 kadir elde edilmiştir. Mazuk vd (2007) çalışmasında, tayflarında toz oluşumuna dair her hangi bir kanıt görünmediği sonucunu ortaya koymuştur. Buna ek olarak t_2 zamanındaki özgün renk kullanılarak E(B – V) = 1.16 ± 0.12 kadir (Poggiani 2009) ve maksimumdaki gözlemsel ve mutlak parlaklığın ve yıldızlararası kızarmanın karşılaştırmasından E(B – V) = 1.38 ± 0.12 kadir (Shugarov vd. 2010) yıldızlararası kızarma ölçümleri yapılmıştır. Son olarak, Hachisu ve Kato (2016a) çalışmasında V2467 Cyg'nin özgün renklerini benzer novalarınki ile karşılaştırarak kızarmayı E(B – V) = 1.40 ± 0.05 kadir elde etmiştir. Munari vd (2007a) dışındaki tüö sonuçlar bir biriyle uyum içerisindedir. Bu sebeple bu ölçüm ortalama kızarma hesaplanmasında kullanılmamıştır. Ortalama kızarma E(B – V) = 1.40 ± 0.2 kadir kullanılarak, V2467 Cyg'nin uzaklığı d_c = 1.5 ± 0.3 kpc belirlenmiştir.

A2.15. V2468 Cyg

OI çizgilerinin nova tayfında baskın olması halinde OI çizgilerinden belirlenen kızarma ölçümlerinin duyarlı olduğu söylenebilir. Raj vd. (2015) ve Rudy vd. (2008a), OI çizgilerini kullanarak V2468 Cyg doğrultusundaki kızarmayı E(B – V) = 0.77 ± 0.15 kadir

belirlemişlerdir. Benzer kızarma ölçümleri; Balmer düşmesinden 0.8 kadir (Schwarz vd., 2011b; Tarasova, 2013), Na çizgilerinden dönüştürülmüş hidrojen kolon yoğunluklarından 0.8 ± 0.1 kadir (Iijima & Naito 2011), t_2 zamanındaki renkten 0.78 kadir (Chochol vd., 2012), özgün renk evriminden 0.75 ± 0.05 kadir belirlenmiştir. Çalışmamızda ortalama bir değer olan E($B - V$) = 0.78 ± 0.1 için uzaklık d_c = 6.8 ± 0.1 kpc belirlenmiştir.

A2.16. V2491 Cyg

Klasik bir nova olan V2491 Cygni, 4.6 gün (Tomov vd., 2008b) içerisinde maksimum parlaklıktan iki kadir azalma gösteren çok hızlı novalardan biridir (Tomov vd., 2008a). OI çizgilerinden yıldızlararası kızarma E(B – V) = 0.3 kadir (Lynch vd. 2008b) ve E($B - V$) = 0.43 kadir (Rudy vd., 2008b) hesaplanmıştır. Munari vd. (2011b) V2491 Cyg'nin fotometrik ve tayfsal evriminin detaylı bir çalışmasını sunarak, çalışmalarında Na I eşdeğer genişliğinden E(B – V) = 0.24 kadir, patlama maksimumdaki ve t_2 zamanındaki renklerden E(B – V) =0.23 ve 0.22 kadir belirlediği üç ölçümden ortalama E($B - V$) = 0.23 ± 0.01 kadirini kabul etmiştir. Aynı ölçüm değeri Hachisu ve Kato (2016a) tarafından da kabul edilmiştir. Munari vd. (2011b) sonucu diğer ölçümlerden daha küçük olmasına rağmen daha detaylı analizler sonucu elde edildiğinden bu değer çalışmamızda kullanılmıştır ve d_c = 2.1 ± 1.4 kpc hesaplanmıştır.

A2.17. V407 Cyg

V407 Cyg 2010 yılında klasik nova patlamasına işaret eden ilk kütle atımını (Maehara, 2010) gerçekleştirene kadar simbiyotik bir yıldız olarak sınıflandırışmış, ardından kırmızı bir dev bileşene sahip simbiyotik tekrarlayan nova sınıfından bir nova (Munari vd., 2011c) olduğu anlaşılmıştır. Munari vd. (1990) tayfsal enerji dağılımına (SED) geçirilen en uyumlu fitten kızarma değerini 0.57 kadir belirlerken, Shore vd. (2011) difüz yıldızlararası band (DIB) üzerine yapılan analizler sonucu 0.45 ± 0.09 kadir belirlemiştir. Ancak Shore vd. (2011) DIB, SED ve bileşenin tayf türünü dikkate alarak E($B - V$) = 0. 5± 0.05 kadir değerini kabul etmiştir. Bu ölçümler patlamaya özgün renkten belirlenen E($B - V$) = 0.61 ± 0.05 kadir (Iijima, 2012b) ile uyumludur. Farklı yöntemlerin birbirine yakın ölçümleri göz önüne alındığında, çalışmamızda E($B - V$) = 0.55 ± 0.05 kadir varsayılarak d_c = 3.50 ± 0.30 kpc hesaplanmıştır.

A2.18. IM Nor

Tekrarlayan bir nova olan IM Nor, Schaefer (2010) tarafından detaylıca incelenmiştir. Bahsi geçen çalışmada maksimumdaki ve t_2 anındaki özgün renklerden sırasıyla 0.5 ve 0.7

kadir kızarma ölçümleri yapılmasına rağmen, çalışmalarında IM Nor doğrultusundaki kızarma E($B - V$) = 0.8 ± 0.2 kadir ölçülmüştür. Bu değer E($B - V$) ≥ 0.8 kadir (Duerbeck vd. 2002) ile uyumludur ve Orio (2005) tarafından öne sürülen 0.5-1.1 kadir kızarma aralığının içinde yer almaktadır. Schaefer (2010) tarafından kabul edilen kaba ölçüm varsayılarak, IM Nor'un uzaklığı d_c = 2.4 ± 0.8 kpc belirlenmiştir.

A2.19. V382 Nor

Literatürde V382 Nor doğrultusundaki yıldızlararası kızarma üzerine yeterince iyi çalışma bulunmamaktadır. Ness vd.nin (2007) muhtemelen renk evriminden 0.6-1.1 kadir ölçümü, literatürdeki tek kızarma tayinidir. Bu değer, Ederoclite vd.nin (2005) yüksek kızarmayı işaret eden sature Na I yıldızlararası kızarma çizgileri ile uyumludur. Başka bir ölçüm bulunmasa da verilen değerler için uzaklık 3-5 kpc aralığında ve ortalama kızarma 0.85 ± 0.15 kadir için 4.0 ± 0.53 kpc belirlenmiştir.

A2.20. V2214 Oph

Lynch vd. (1989) Paschen çizgilerinin oranından V2214 Oph için E($B - V$) = 0.73 ± 0.13 kadir yıldızlararası kızarma değeri belirlerken, Erwin vd. (1992) hidrojen çizgi oranlarından 0.74 ± 0.07 kadir hesaplamıştır. Benzer bir sonuç HI ve He II rekombinasyon çizgilerinden 0.65 kadir belirlenmiştir. Çalışmamızda 0.73 ± 0.1 kızarma değeri için, V2214 Oph için en olası değer d_c = 2.6 ± 1.0 kpc ölçülmüştür.

A2.21. V2295 Oph

della Valle vd. (1994), V2295 Oph doğrultusundaki yıldızlararası kızarmayı, Na D eşdeğer genişliğinden ve yıldızlararası sönümleme bantlarından araştırmıştır, ve sırasıyla E($B - V$) = 0.75 ± 0.2 ve 0.6-0.9 kadir ölçmüştür. Ayrıca Balmer düşmesinden belirledikleri E($B - V$) = 1.15 kadir kızarma ölçümü, atomik hidrojenin 21 cm çizgisinin kolon yoğunluğundan elde ettikleri 1.0 kadir ile uyumludur. Buna ek olarak daha az duyarlı olan maksimumdaki özgün renkten 1.0 kadri kızarma ölçümü de bulunmaktadır. Bahsi geçen tüm ölçümlere göre della Valle vd. (1994) çalışmalarında 0.9 ± 0.2 kadir kabul etmişlerdir. Bu kızarma değeri hatasıyla birlikte çalışmamızdaki kızarma-eğrisini neredeyse tamamen kapladığından, uzaklık 1.4 kpc'ten büyük herhangi bir değer olabilir. Na eşdeğer genişliğinden belirlenen E($B - V$) = 0.75 ± 0.2 kadir için d_c = 1.64 ± 1.30 kpc ölçülmüştür. Uzaklığın 2.5 kpc'ten büyük olduğu

değerlerde kızarma eğrisinin 1.0 kadir değerlerinde neredeyse sabit olduğu dikkate alınmalıdır.

A2.22. V2487 Oph

Lynch vd. (2000) 8446 ve 11287 Å OI çizgilerinin kızılötesi tayf gözlemlerinden, E($B - V$) = 0.38 ± 0.08 kadir kızarma ölçmüşlerdir ve bu değer çalışmamızda d_c = 1.08±0.28 kpc uzaklığı işaret etmektedir. Buna ek olarak Schaefer (2010) max ve t_2 zamnındaki renklerden 0.4 ve 0.6 kadir kızarma belirlemiştir. Bu değerler için çalışmamız 1.12 ± 0.33 ve 1.91 ± 0.90 kpc öngörmektedir. MMRD ilişkisinden elde edilen uzaklıklar 12-27.5 kpc aralığında (Schaefer 2010; Lynch vd., 2000) verilse de bu kızarma değerleri için uzaklık ölçümleri çok büyüktür. Ancak sonuçlarımız V2487 Oph için 1-2 kpc uzaklığını öngörmektedir. Çalışmamızda Lynch vd.nin (2000) daha duyarlı yönteme dayanan kızarma ölçümü ve bu değerden gelen uzaklık kabul edilmiştir.

A2.23. V2576 Oph

V2576 Oph için yıldızlararası Russel vd. (2006) tarafından kızarma kızılötesi tayftan 0.62 kadir hesaplanmıştır. 0.12 kadir hata ile birlikte, bu kızarma ölçümünden d_c = 1.8 ± 1.0 kpc belirlenmiştir.

A2.24. V2615 Oph

Patlama sonrası toz oluşumundan önceki aşamada için yıldızlararası kızarma, OI çizgileri kullanılarak 1.0-1.3 kadir (Russell vd., 2007a) belirlenmiştir. Munari vd. (2008a) patlama maksimumdaki ve t_2 zamanındaki renklerden 0.89 ve 0.91 kadir, Na I D çizgilerinin eşdeğer genişliklerinden kızarmanın alt limitini E($B - V$) >0.7 kadir tespit etmiştir. Bunlara ek olarak Hachisu ve Kato (2016a) çalışmasında V2615 Oph'ın özgün renklerini FH Ser, QV Vul ve V795 Cas ile karşılaştırarak kızarmayı E($B - V$) = 0.95 ± 0.05 kadir belirlemiştir. Çalışmamızda median kızarma ölçümü olan E($B - V$) = 0.95 ± 0.15 kadir kabul edilerek, uzaklık d_c= 2.1 ± 0.8 kpc belirlenmiştir.

A2.25. V2672 Oph

Çok hızlı novalardan V2672 Oph patlama maksimumuna yakın parlaklıkta keşfedilmiştir. Munari vd. (2011a) çalışmasında tayfsal ve fotometrik ölçümlerden ortalama kızarmayı E($B - V$) = 1.6 ± 0.1 kadir kabul etmiştir. Bu ölçümler sırasıyla 6614 Å dalga boyundaki DIB

eşdeğer genişliğinden 1.6 kadir, patlama maksimumu ve t_2 zamanındaki özgün renklerden 1.79 ve 1.54 kadirdir. Ortalama kızarma kullanılarak d_c = 3.12 ± 0.69 kpc hesaplanmıştır. Bu doğrultuda ~2.5 kpc'ten daha uzak mesafeler için kızarma eğrisinin eğimi küçük olduğundan, hesaplanan uzaklık kızarma ölçümüne kuvvetli bağlıdır.

A2.26. V2674 Oph

Munari vd. (2010b), BVRI fotometrisinini elde ederek patlama eğrisine özgün V_{max} = 9.4 kadir, t_2 = 18, t_3 = 31 gün belirlemiştir. Munari vd. (2010b) ayrıca patlama maksimumu ve t_2 zamanındaki renklerden ortalama kızarmayı E($B - V$) = 0.7 ± 0.1kadir belirlemiştir. Bu değer kızarma ilişkimizde d_c = 1.65 ± 0.38 kpc ile ilişkilidir.

A2.27. V972 Oph

Na I D soğurma çizgilerinin şiddetinden belirlenen E($B - V$) = 0.5 ± 0.1 kadir (Zwitter & Munari 1996) dışında literatürde başka kızarma ölçümü bulunmamaktadır. Bu değer için kızarma-uzaklık ilişkisinin ilk noktalarından uzaklıktaki alt limitinin belirsiz olduğu d_c = 0.87 ± 0.15 kpc uzaklık hesaplanmıştır.

A2.28. V529 Ori

V529 Ori doğrultusunda iki kızarma ölçümü yapılmıştır. Bunlardan ilki bileşen yıldızın K7 M0 cücesi olduğu varsayımı altında hesaplanan E($B - V$) = 0.32 ± 0.02 kadir (Ringwald & Naylor, 1997) ve diğeri Hα/Hβ akı oranı ve optik süreklilikten 1.5 kadir (Schmidtobreick vd., 2005) ölçümleridir. Bu iki farklı ölçüm için yapılan hesaplamalarda d_c = 1.29 ± 0.35 ve ≥7 kpc belirlenmiştir. Çalışmamızda 7 kpc uzaklığa kadar elde edilen kızarma evrimi 0.8 kadir kızarma değerinin ötesine geçme eğilimi gösterse de, Schmidtobreick vd.nin (2005) sonucu fazla ölçülmüş gibi görünmektedir. Ancak diğer ölçüm duyarlı olmayan yönteme ve/veya yaklaşıma dayanmaktadır. Bunlara ek olarak Schmidtobreick vd., (2005) yüksek kızarmadan dolayı birçok nötral veya kolay iyonize olabilecek elemente ait çizgilerin görülmesi gerektiğini, ancak böylesi çizgilerin bulunmadığını ve bu sebeple V529 Ori'nin T Tauri yıldızı olabileceğini ileri sürmüştür. V529 Ori tipi ve kızarması kuşkuludur ve daha detaylı olarak incelenmesi gereklidir.

A2.29. V1187 Sco

Lynch vd. (2006b) çalışmasında OI çizgilerinden E($B - V$) = 1.56 ± 0.08 kadir ve Na I D eşdeğer genişliklerinden E($B - V$) = 1.2 – 1.5 kadir kızarma ölçümleri birbiri ile uyumludur. Lynch vd. (2006b) ayrıca V1187 Sco'nun patlama sırasında elde edilen eski fotoğraf plaklarını analiz ederek renklerini belirlemiş ve bu renklerin özgün renklerle karşılaştırmasından kızarmanın 1.3 kadir olması gerektiğini tespit etmiştir. Tayfsal gözleme dayanan OI çizgilerinden elde edilen kızarma ölçümü kullanılarak çalışmamızda V1187 Sco'nun uzaklığı 3.20 ± 0.12 kpc belirlenmiştir.

A2.30. V1309 Sco

Mason vd. (2010), 18 farklı tayftan elde ettiği Na KI 7699 Å yıldızlararası çizgisinin eşdeğer genişliğinden V1309 Sco'nun patlama sırasındaki kızarmasını 0.55 kadir ölçmüştür. Tylenda vd. (2011) ise bileşen yıldızın tayf türü ile BVRI parlaklıklarını karşılaştırarak E($B - V$) = 0.8 kadir belirlemiştir. E($B - V$) = 0.55 ± 0.05 kadir (Mason vd., 2010) kızarma ölçümü daha duyarlı yönteme dayandığından, bu ölçüm için d_c = 2.5 ± 0.4 kadir belirlenmiştir.

A2.31. V1324 Sco

Nova Sco 2012 (V1324 Sco) nova patlaması henüz başlamışken, Mayıs 2012 yılında keşfedilmiştir. Bu sebeple patlama ışık eğrisi iyi belirlenmiştir. Munari vd. (2015b) çalışmasında V1324 Sco'nun maksimumdaki ve t_2 zamanındaki özgün renklerini kullanarak, kızarmayı sırasıyla E($B - V$) = 1.21 ve 1.25 kadir belirlemiştir. Çalışmalarında kabul ettikleri ortalama kızarma değeri 1.23 kadir, Finzell vd. (2015) çalışmasında Na I D ve KI absorbsiyon çizgilerinin eş değer genişliklerinden hesaplanan E($B - V$) = 1.23 ± 0.15 kadir ile uyumludur. Finzell vd. (2015) çalışmasında difüz yıldızlararası bandların eşdeğer genişliklerinden bir başka kızarma değeri E($B - V$) = 1.07 ± 0.20 kadir elde etmişlerdir ve çalışmalarında E($B - V$) = 1.16 ± 0.12 kadir kızarma değerini kabul etmişlerdir. Finzell vd (2015) tarafından verilen kızarma V1324 Sco'nun yüksek çözünürlüklü tayflarına dayandığından, çalışmamızda E($B - V$) = 1.16 ± 0.12 kadir kızarma değeri kullanılarak, novanın uzaklığı d_c = 4.3 ± 0.9 kpc hesaplanmıştır. Ancak çalışmamızda elde edilen uzaklık, kızarma eğrisinin son noktalarına dayanmaktadır ve ~1.4 kadirden daha büyük kızarma değerleri novanın uzaklığını bir alt limite $d_c \leq 5$ kpc değiştirecektir.

A2.32. V745 Sco

Orio vd. (2015) çalışmasında tekrarlayan bir nova olan V745 Sco'nun X-ışın tayfı incelenmiştir ve $N_H = (6.9 \pm 0.9) \times 10^{21} c\,m^{-2}$ hidrojen yoğunluğu ile $E(B-V) = N_H / 6.8 \times 10^{21} c\,m^{-2}$ (Güver ve Özel 2009) ilişkisi kullanılarak E(*B* – *V*) = 1.0 kadir kızarma değeri ölçülmüştür. Ancak Hachisu ve Kato (2016a), Orio vd. (2015) çalışmasında verilen hidrojen kolon yoğunluğunu Liszt (2014) çalışmasındaki kızarma-hidrojen kolon yoğunluğu ilişkisini kullanarak kızarmanın E(*B* – *V*) = 0.83 ± 0.1 kadir olduğunu ileri sürmüştür. Fakat çalışmalarında V745 Sco'nun renk-renk diyagramları ve kızarma haritalarının karşılaştırmasını yaparak, kızarmayı E(*B* – *V*) = 0.7 kadir kabul etmişlerdir. Bu kızarma ölçümleri dikkate alınarak çalışmamızda E(*B* – *V*) = 0.84 ± 0.15 kadir kabul edilmiştir ve V745 Sco'nun uzaklığı d_c = 3.5 ± 0.85 kpc olarak hesaplanmıştır. Buna ölçümlere ek olarak Williams (1994) HI ve He II rekombinasyon çizgilerinden daha büyük kızarma değerleri 1.22 ve 1.13 kadir belirlemiştir. Bu büyük kızarmalar çalışmamızda 4.5 kpc'ten daha büyük uzaklıkları öngörmektedir.

A2.33. V977 Sco

Williams (1994) HI ve HII rekombinasyon çizgilerinden 0.97 – 1.31 kadir kızarma hesaplamış ve ölçümlerin ortalaması olan E(*B* – *V*) = 1.05 ± 0.09, kadir kabul etmiştir. Aynı zamanda Andrea vd. (1994) aynı tayf çizgilerinden 0.8 kadir ortalama kızarma değerini kullanmıştır. Bu ölçümler doğrultusunda 0.92 ± 0.10 kadir ortalama kızarma değeri kullanılarak, d_c = 3.3 ± 0.6 kpc hesaplanmıştır.

A2.34. V992 Sco

Nova Scorpii 1992 (=V992 Sco) doğrultusundaki yıldızlararası kızarma sadece Williams (1994) tarafından HI ve He II çizgilerinden 1.33 ve 1.26 kadir olarak belirlenmiştir. Kızarmanın E(*B* – *V*) = 1.3 ± 0.1 kadir olduğunu varsayarak, d_c = 2.63 ± 0.35 kpc hesaplanmıştır.

A2.35. V368 Sct

Nova Scuti 1970 (=V368 Sct) eski bir nova olmasına rağmen, Ciatti & Rosino (1974) çalışmasının dışında yakın zamana ait kızarma ölçümü yayımlanmamıştır. Bu çalışmada novanın tayfsal ve fotometrik verilerinden E(*B* – *V*) = 0.5 kadir belirlemiştir. Ancak bu ölçümün belirsiz olmasından (Ciatti & Rosino, 1974) dolayı, E(B V) = 0.5 ± 0.1 kadir renk artığı için hesaplanan d_c = 1.94 ± 0.95 kpc de belirsizlik bulunmaktadır.

A2.36. V443 Sct

V443 Sct doğrultusunda yıldızlararası kızarma birçok farklı yöntem ile detaylı olarak incelenmiştir. Anupama vd. (1992); Balmer/Paschen çizgi oranlarından E($B - V$) = 0.41 ± 0.03 kadir, polarizasyondan 0.07 kadir, patlama ışık eğrisindeki renk indekslerinden 0.25 kadir ve NGC 6705 küresel kümesi ile karşılaştırmadan 0.9 kadir kızarma belirlemiştir. Çalışmasında ise E($B - V$) = 0.4 kadir kızarma değerini kabul etmiştir. Williams (1994) ortalaması 0.85 kadir olan, dört günlük gözlemlerden elde ettiği H ve He rekombinasyon çizgilerinden 0.57-1.1 kadir geniş aralığında kızarma değeri hesaplamıştır. Ancak bu ölçüm aynı çizgilerden hesaplanan E($B - V$) = 0.30 kadir değeri ile uyumlu değildir. Son olarak Hachisu & Kato (2014) patlama maksimumundan sonra sadece bir kaç veriye dayanan renk-renk evriminden E($B - V$) = 0.40 ± 0.05 kadir belirlemiştir. Çalışmamızda elde edilen kızarma-uzaklık ilişkisi 9 kpc uzaklığa ve 0.8 kadir kızarmaya kadar uzanmaktadır. Bu üstündeki tüm kızarma değerleri 9 kpc'ten büyük uzaklıklar ile ilişkilidir. Williams (1994) çalışmasındaki ölçümler olması gerekenden büyük ölçülmüş olabilir. Bu sebeple diğer çalışmalarda da kabul edilen ortalama kızarma 0.40 ± 0.05 kadir kullanılarak, d_c = 1.4 ± 0.5 kpc hesaplanmıştır.

A2.37. V476 Sct

Çalışmamızda V476 Sct doğrultusundaki yıldızlararası kızarma değeri olarak ortalama E($B - V$) = 1.9 ± 0.1 kadir kabul edilmiştir. Bu değer, t_2 zamanında patlamaya özgün renklerden 1.8 kadir (Munari vd., 2006) ve OI çizgilerinden 2.0 kadir (Perry vd., 2005) ölçümlerinden gelmektedir. Ayrıca, Munari vd. (2006) 6614 Å dalgaboyundaki difüz yıldızlararası çizgisinin eşdeğer genişliğinden novanın yoğun kızarmadan etkilendiğini ileri sürmüştür. Benzer bir şekilde V476 Sct doğrultusunda elde edilen CMD'den ve kızarma-uzaklık ilişkisinden, bu doğrultuda kızarmanın büyük olduğu ve varsaydığımız kızarma değeri için novanın uzaklığının d_c = 11.3 ± 1.9 kpc olduğu tespit edilmiştir.

A2.38. V496 Sct

Raj vd. (2012) çalışmasında novanın patlama maksimumundaki özgün renk ilişkisinden V496 Sct doğrultusundaki yıldızlararası kızarma E($B - V$) = 0.57 ± 0.06 kadir ve yıldızlararası Na I çizgisi kullanılarak E($B - V$) = 0.65 kadir belirlenmiştir. Ayrıca Hachisu vs Kato (2016a) çalışmasında novanın özgün renk evriminden E($B - V$) = 0.50 kadir hesaplanmıştır. 0.50 – 0.65 kadir arasında yer alan kızarma ölçümleri, çalışmamızda 2.5 ve

2.9 kpc uzaklığı işaret etmektedir. Raj vd (2012) ve Hachisu ve Kato (2016a) tarafından verilen kızarma ölçümlerinin ortalaması olan E($B - V$) = 0.57 ± 0.07 kadir için V496 Sct'nin uzaklığı d_c = 3.2 ± 0.8 kpc hesaplanmıştır.

A2.39. MU Ser

MU Ser yıldızlararası kızarma bakımından iyi bilinmeyen novalardan biridir. UV süreklilikten hesaplanan E($B - V$) = 0.4 ± 0.1 kadir (Wargau vd., 1983) dışında başka bir kızarma bilgisi bulunmamaktadır. Kuramsal modeller ile uyumlu olan kızarma eğrimizin ilk noktalarından d_c = 0.73 ± 0.53 kpc belirlenmiştir.

A2.40. WY Sge

Kenyon & Berriman (1988) bileşen yıldızın tayf türünü, kızılötesi renklerini ve maksimumdaki mutlak parlaklığını inceleyerek kızarmanın 0.32-1 kadir aralığında olması gerektiğini ileri sürmüştür. Benzer bir aralık olan 0.39-1 kadir, Somers vd. (1996) tarafından WY Sge'nin renklerinin karşılaştırmasından belirlenmiştir. Bu ölçümlerin bir ortalaması olan 0.67 kadir bir çok çalışmada kabul gören 0.6 kadir kızarma (örn., Harrison & Gehrz 1988, Orio vd., 2001, Shafter 1977) ile uyumlu olmasına rağmen kuvvetli 4428 Å yıldızlararası soğurma çizgisinden belirlenen E($B - V$) = 1.6 kadirden (Shara ve Moffat, 1983) oldukça küçüktür. Çalışmamızda her iki kızarma ölçümü için 3.1± 0.3 kpc ve 4.2 ± 0.4 kpc belirlenmiştir.

A2.41. V1172 Sgr

Weight vd. (1994) V1172 Sgr'den alınan optik renklerin bileşen yıldızı cüce bölgesine soktuğunu ancak V1172 Sgr'nin tekrarlayan nova olması gerektiği çalışmasında belirtmiştir. Bu durumu göz önüne alarak yeterli bir kızarma değeri olan 0.4 kadir değerini kabul etmiştir. Ringwald vd. (1996) yetersiz optik tayf gözlemlerine dayanan E($B - V$) = 2.1±0.5 kadir kızarma ölçümü yerine, analizlerinde Weight vd.nin (1994) belirlediği kızarma ölçümünü kullanmıştır. Çalışmamızdaki kızarma uzaklık ilişkisinin 1.4 kadir kızarma değerine yükselmediğini göz önüne alarak, E($B - V$) = 0.4 ± 0.08 kadir ölçümünden şüpheli bir uzaklık olan d_c = 0.86 ± 0.14 kpc belirlenmiştir.

A2.42. V4077 Sgr

Drechsel vd. (1984) V4077 Sgr'den alınan UV tayflarını E($B - V$) = 0.3 ± 0.1 kadir ile kızarmadan arındırırken, Mazeh vd. (1985) 2200 Å özelliğinden 0.35 ± 0.1 kadir belirlemiştir. Her iki ölçüm de 0.32 kadir (Warner vd. 1995) ile uyumludur. Tüm bu ölçümler E($B - V$) = 0.32 ± 0.03 kadir ile iyi bir şekilde ifade edilmektedir ve bu değer için çalışmamız d_c = 1.6 ± 1.0 kpc uzaklık öngörmektedir.

A2.43. V4160 Sgr

Schwarz vd. (2007) V4160 Sgr'nin patlama ışık eğrisinin V838 Her'inkine benzerlik gösterdiğini varsayarak, çalışmasındaki tayfları E($B - V$) = 0.6 kadir ile kızarmadan arındırmıştır. Çalışmalarında eşdeğer genişliğini azaltıcı etki yapan He I emisyon çizgisiyle karışımından dolayı Na I eş değer genişliğinden belirlenen E($B - V$) = 0.35 ± 0.04 kadir (Mason vd. 2002) kızarma ölçümünü dikkate almamışlardır. Ancak çalışmamızda ~5 kpc uzaklığa kadar üretilen kızarma eğrisi 0.6 kadir kızarmaya kadar yükselmemektedir. Bu durumda şüpheli E($B - V$) = 0.35 ± 0.04 kadir (Mason vd. 2002) kızarma ölçümü kullanılarak d_c = 1.8 ± 1.2 kpc hesaplanmıştır.

A2.44. V4169 Sgr

Scott vd. (1995), 2200 Å özelliğinden E($B - V$) = 0.35 ± 0.05 kadir belirlerken, Williams (1994) HI ve He II rekombinasyon çizgilerinden daha büyük değerler olan 0.41 ve 0.51 kadir belirlemiştir. Rossano vd. (1994) ise kızarma ölçümü için birden fazla yöntem kullanmıştır. Bunlar; OI çizgilerinden 0.4 ± 0.2 kadir, Paschen çizgilerinden 0.29 ± 0.1 kadirdir. Ancak Rossano vd. (1994) çalışmasında nova etrafındaki toz oluşumunun ve çizgilerin iç içe girmelerinden dolayı novadan alınan tayf çizgilerinin etkilenebileceğini, bu sebeple kızarma ölçümlerinin gözlem zamanına ve blend etkisine bağlı olduğunu belirtmiştir. Dolayısıyla çalışmamızda blend etkisinden daha az etkilenen ve diğer ölçümler ile de uyumlu E($B - V$) = 0.35 ± 0.05 kadir kızarma değeri ile uzaklık 1.9 ± 0.7 kpc ölçülmüştür.

A2.45. V4332 Sgr

V4332 Sgr'nin fotometrik ve tayfsal gözlemlerinin dev şablonlarıyla, genellikle M devi, karıştırmasından Martini vd. (1999), Tylenda vd. (2005), Kimeswenger (2006) ve Tylenda vd. (2015) kızarmanın sırasıyla E($B - V$) = 0.32 ± 0.02, 0.32 ± 0.10, 0.37 ± 0.07 ve 0.35 kadir olması gerektiğini ileri sürmüşlerdir. Buna ek olarak daha duyarlı yöntem olan NaI D eşdeğer genişliğinden de 0.45 ± 0.05 kadir (Kamiński vd. 2010) kızarma ölçülmüştür. Ancak Na I D

çizgileri muhtemelen doygundur. Kamiński vd. (2010) moleküler hidrojenin katkısını göz ardı eder HI kolon yoğunluğundan E($B - V$) = 0.22 ± 0.04 ölçmüş olsada çalışmasında 0.32 kadir değerini kabul etmiştir. Benzer bir şekilde bizde diğer ölçümlerle de uyumlu 0.32 ± 0.07 kadir değerini kabul ederek, uzaklığı 1.14 ± 1.0 kpc belirlenmiştir. HI kolon yoğunluğundan ölçülen kızarma değeri için uzaklık 0.75 kpc uzaklığa indiğini ayrıca tespit edilmiştir.

A2.46. V4444 Sgr

V4444 Sgr doğrultusunda duyarlı kızarma ölçümlerinin eksikliği uzaklık ölçümlerimizde saçılmalara neden olmaktadır. OI çizgilerinden belirlenen E($B - V$) = 1.07 ± 0.10 kadir (Venturini vd., 2002) kızarma değeri için çalışmamızda uzaklık d_c > 5 kpc hesaplanmıştır. Hidrojen Paβ akı oranlarından hesaplanan 0.48 ± 0.15 kadir (Venturini vd., 2002) d_c ~ 2.3 kpc uzaklığını işaret etmektedir. V4444 Sgr'ye yakın komşu yıldızların karşılaştırmasından hesaplanan ~0.75 kadir (Kawabata vd., 2000) kızarma ölçümü için uzaklık $d_c \geq 3.7$ kpc tesbit edilmiştir. Ayrıca çalışmamızda komşusu olan NGC 520 açık kümesinden 0.431 kadir (Kamath vd., 2008) kızarma ölçümü için d_c = 2.2 kpc hesaplanabilmiştir. Bu doğrultudaki kızarma-uzaklık ilişkimiz, cüce karışım oranının yüksek olmasından dolayı kızarma evrimi 5 kpc uzaklığa ve 0.7 kadir kızarmaya kadar belirlenebilmiştir. Ancak kızarma trendi ilişkinin sabit devam edeceği yönündedir. Bu sebeple 0.7 kadir kızarma değerinden büyük ölçümlerin ya kızarmaları fazla ölçülmüştür yada novanın uzaklığı 5 kpc'ten büyüktür. Diğer ölçümlerin ortalama değeri E($B - V$) = 0.45 ± 0.1 kadir için de d_c = 2.27 ± 0.58 kpc ölçülmüştür.

A2.47. V4633 Sgr

Lynch vd. (2001) Hidrojen çizgilerini kullanarak E($B - V$) = 0.28 ± 0.13 kadir ve He II çizgilerinden 0.13-0.49 kadir yıldızlararası kızarma değerlerini ölçmüştür. Bu ölçümlerin birleşiminden kızarmayı E($B - V$) = 0.3 ± 0.2 kabul etmiştir. Ancak aynı çalışmada blend etkisi, kompleks çizgi profilleri ve sinyal gürültü oranından çizgi şiddetlerinin etkilendiğini ve kızarma ölçümlerinde belirsizliğe götürdüğünü ifade edilmiştir. Bu çalışmaya ek olarak Lipkin vd.nde (2001) yıldızlararası kızarma üç farklı yol ile belirlenmiştir. Bunlar, Balmer düşmesinin analizlerinden E($B - V$) = 0.21 ± 0.03 kadir, He λ5876 / λ4471 çizgi oranından E($B - V$) ~ 0.23 kadir, ve patlama maksimumu ve t_2'deki renklerden E($B - V$) $\leq$ 0.25 kadir ölçümleridir. Bu sonuçların ortalaması olan E($B - V$) =0.26 ± 0.05 kadir kullanılarak, kızarma-uzaklık ilişkisinden d_c = 1.36 ± 0.46 kpc belirlenmiştir.

A2.48. V4643 Sgr

V4643 Sgr'nin uzaklığını belirlemek için patlama ışık eğrisi özgün renklerinden elde edilen E($B - V$) = 1.47 ± 0.2 (Ashok vd., 2006) kızarma ölçümü kullanılmıştır ve kızarma-uzaklık ilişkisinden d_c = 3.10 ± 0.20 kpc elde edilmiştir.

A2.49. V5113 Sgr

Bu çalışmada 578 nm dalga boyundaki difüz yıldızlararası çizgisinden belirlenen E($B - V$) = 0.1 ± 0.02 kadir (Ruch vd. 2003) kullanılarak V5113 Sgr'nin uzaklığı d_c = 0.95 ± 0.21 kpc hesaplanmıştır.

A2.50. V5115 Sgr

Rudy vd.nin (2005) OI çizgilerinden belirlediği E($B - V$) = 0.53 ± 0.05 kadir kullanılarak, çalışmamızda d_c = 3.0 ± 1.0 kpc hesaplanmıştır. Ancak kızarma eğrisinin eğiminin küçük olmasından dolayı kızarma ölçümündeki küçük bir değişim uzaklıkta büyük farklılıklara neden olabilir.

A2.51. V5116 Sgr

V=8 kadir parlaklıkta (Liller 2005) keşfedilen V5116 Sgr (Nova Sagittarii 2005) sonrasında süper yumuşak X-ışın kaynağı olmuştur (Sala vd., 2008). Maksimumdan 24 saat önce yapılan gözlemler sayesinde, bu novanın maksimumdaki parlaklığı ve zamanı yeterince iyi bilinmektedir. Patlama maksimumundaki $B - V$ = +0.48 kadir renk (Gilmore ve Kilmart 2005) kullanılarak yıldızlararası kızarma E($B - V$) = 0.25 ± 0.06 kadir hesaplanmıştır. Bu sonuç hidrojen kolon yoğunluğundan hesaplanan E($B - V$) = 0.22 ± 0.02 kadir (Sala vd. 2010) ve Swift X-ışın gözlemlerinden kabul edilen 0.24 ± 0.8 kadir (Ness vd., 2007) ile uyumludur. Bu sebeple çalışmamızda, E($B - V$) = 0.23 ± 0.06 kadir kabul edilerek d_c = 1.55 ± 0.70 kpc hesaplanmıştır.

A2.52. V5117 Sgr

V5117 Sgr standart bir Fe II türünden novadır. OI çizgilerinden yıldızlararası kızarmadan kaynaklı renk artığı E($B - V$) = 0.5 kadir (Lynch vd., 2006a) hesaplanmıştır. Bu ölçüm ile uzaklık d_c = 1.45 ± 0.33 kpc elde edilmiştir.

A2.53. V5558 Sgr

Munari vd. (2007b), NaI D1 ve D2 çizgisinden E($B - V$) = 0.36 kadir belirlerken, Rudy vd. (2007a) O1 8446 ve 12187 Å çizgilerinin göreli oranlarına dayanan E($B - V$) = 0.8 kadir ölçümüdür. Her iki ölçümde duyarlı kızarma tayin yöntemlerine dayansa da, birbirlerinden çok farklıdır. Her iki ölçüm kullanılarak çalışmamızda uzaklık 1.1 ± 0.2 ve 2.1 ± 0.4 kpc, ortalama kızarma değeri için de 1.6 kpc belirlenmiştir. Buna ek olarak Hachisu & Kato (2014), V5558 Sgr, HR Del ve V723 Cas novalarının aynı özgün $(B - V)_0$ rengine sahip olduğunu varsayarak kızarmayı 0.7 kadir belirlemiştir. Bu değer Rudy vd. (2007) ile uyumludur. Bu yaklaşımların ışığı altında Rudy vd.nden (2007) belirlenen uzaklık daha olası olduğu söylenebilir.

A2.54. V732 Sgr

Weight vd.nin (1993) CO kolon yoğunluğundan belirlediği E($B - V$) = 0.81 ± 0.16 kadir kızarmayı kullanarak, d_c = 3.0 ± 0.2 kpc hesaplanmıştır.

A2.55. CK Vul

Hajduk vd. (2013) ve Shara vd. (1985) Balder düşmesine denk gelen çizgileri kullanarak birbirine yakın E($B - V$) = 0.7 ve 0.82 ± 0.23 kadir kızarma değeri ölçmüşlerdir. Orio vd. (2001) ROSAT gözlemlerinden kızarmayı 0.73 kabul ederken, Weight vd. (1993) CO ile alakalı emisyon çizgilerinin analizini yaparak E($B - V$) = 0.8 kadir belirlemiştir. Tüm tayfsal ölçümler birbirine yakın sonuçlar vermektedir ve bunların ortalaması olan E($B - V$) = 0.75 ± 0.05 kullanılarak, CK Vul'un uzaklığı d_c = 4.48 ± 0.24 kpc hesaplanmıştır.

Ek B: Uzaklıkları Hesaplanamayan Novalar

Bu bölüm, çalışmamızda uzaklıkları hesaplanamamış ancak literatürde kızarma değerleri elde edilebilmiş novaların kızarma ölçümlerini ve uzaklıklarının neden hesaplanamadığına dair kısa bir açıklamayı içeren Tablo Ek.B'yi içermektedir.

Tablo Ek. B. Uzaklıkları hesaplanamayan Galaktik novalar

Nova	$l°$	$b°$	E(B-V)	ref[a]	notlar[b]	Nova	$l°$	$b°$	E(B-V)	ref[a]	notlar[b]
OS And	106.052	-12.118	0.15	1	l	GI Mon	222.93	4.749	0.10 ± 0.04	8	l, c:
V723 Cas	124.961	-8.807	0.45	2	c, e:	RS Oph	19.799	10.372	0.73 ± 0.1	12	c
V693 CrA	357.83	-14.391	0.05 ± 0.05	3	l	V841 Oph	7.621	17.778	0.44 ± 0.06	8	s, c:
T CrB	42.374	48.165	0.1 ± 0.1	4	l	V849 Oph	39.233	13.48	0.27	13	l
V1016 Cyg	75.173	5.678	0.28	5	s, c:	AG Peg	69.278	-30.887	0.12 ± 0.04	14	l
V1668 Cyg	90.837	-6.76	0.38 ± 0.08	6	c	GK Per	150.956	-10.104	0.34 ± 0.04	8	s
V1819 Cyg	71.372	3.978	0.35 ± 0.15	7	e	RR Pic	272.355	-25.672	0.00 ± 0.02	8	l
HR Del	63.43	-13.972	0.17 ± 0.02	8	l	T Pyx	257.207	9.707	0.25 ± 0.2	15	c
V339 Del	62.199	-9.423	0.18 ± 0.035	9	l	T Sco	352.675	19.462	0.19	16	c

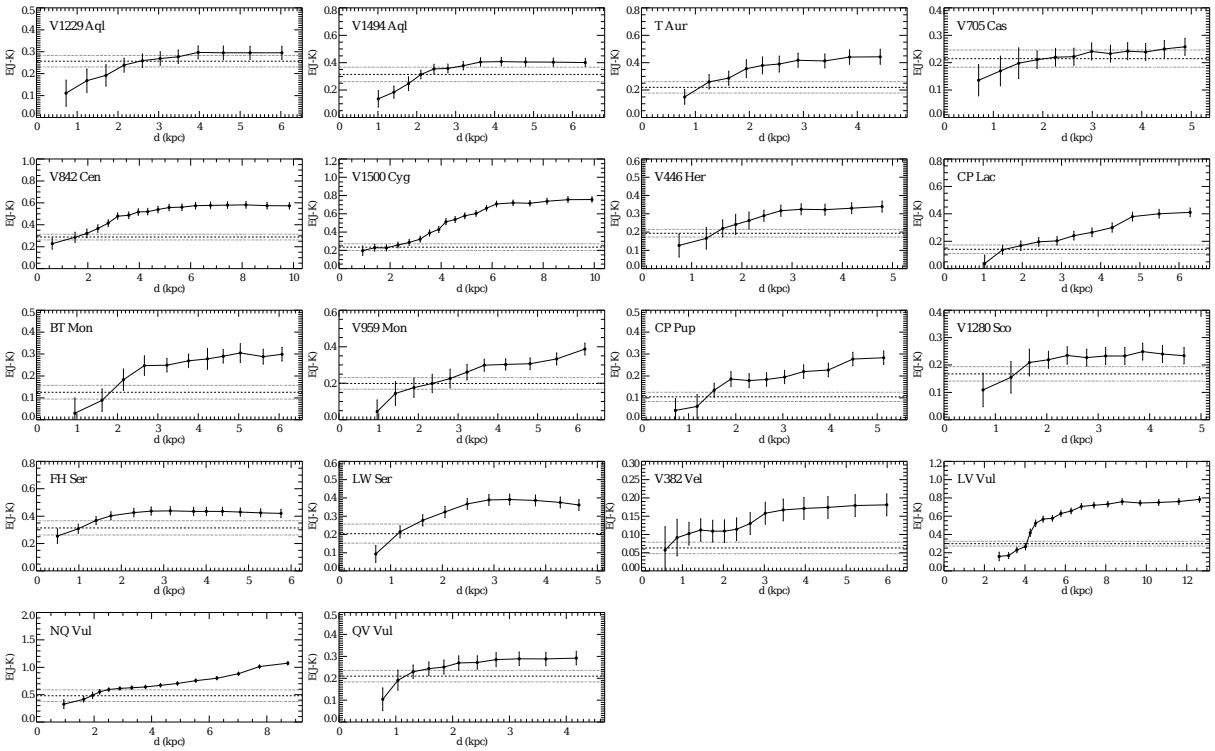
KT Eri	207.986	-32.02	0.08	10	l	U Sco	357.669	21.869	0.15	17	c
DN Gem	184.018	14.714	0.17 ± 0.04	8	l, s:	X Ser	10.841	31.872	0.25	18	l
DQ Her	73.153	26.444	0.05 ± 0.02	8	l	V4743 Sgr	14.124	-11.877	0.25	19	s
V533 Her	69.189	24.273	0.03 ± 0.02	8	l	V4745 Sgr	1.493	-12.382	0.1	20	l, c:
V827 Her	45.808	8.594	0.44 ± 0.06	8	c	V5114 Sgr	3.943	-6.312	0.45	21	c, e:
DI Lac	103.108	-4.855	0.26 ± 0.04	8	e	RR Tel	342.163	-32.242	0.0-0.1	22	l
GW Lib	340.707	26.767	0.03	11	l	PU Vul	62.575	-8.532	0.43 ± 0.05	23	e
HR Lyr	59.584	12.47	0.18 ± 0.06	8	l, c:						

[a] kızarma ölçümleri için referanslar: for reddening estimates: (1) Hachisu ve Kato (2014) (2) Munari vd. (1996) (3) Hachisu ve Kato (2016b) (4) Schaefer (2010) (5) Arkhipova vd. (2008) (6) Slovak ve Vogt (1995) (7) Whitney ve Clayton (1989) (8) Selvelli ve Gilmozzi (2013) (9) Chochol vd. (2014) (10) Ragan vd. (2009) (11) Bullock vd. (2011) (12) Snijders (1987) (13) Szkody (1994) (14) Penston ve Allen (1985) (15) Gilmozzi ve Selvelli (2007) (16) Cohen (1985) (17) Mason (2011) (18) Selvelli (2004) (19) Vanlandingham vd. (2007) (20) Csak vd. (2005) (21) Ederoclite vd. (2006) (22) Young vd. (2005); Selvelli vd. (2007) (23) Luna ve Costa (2005)

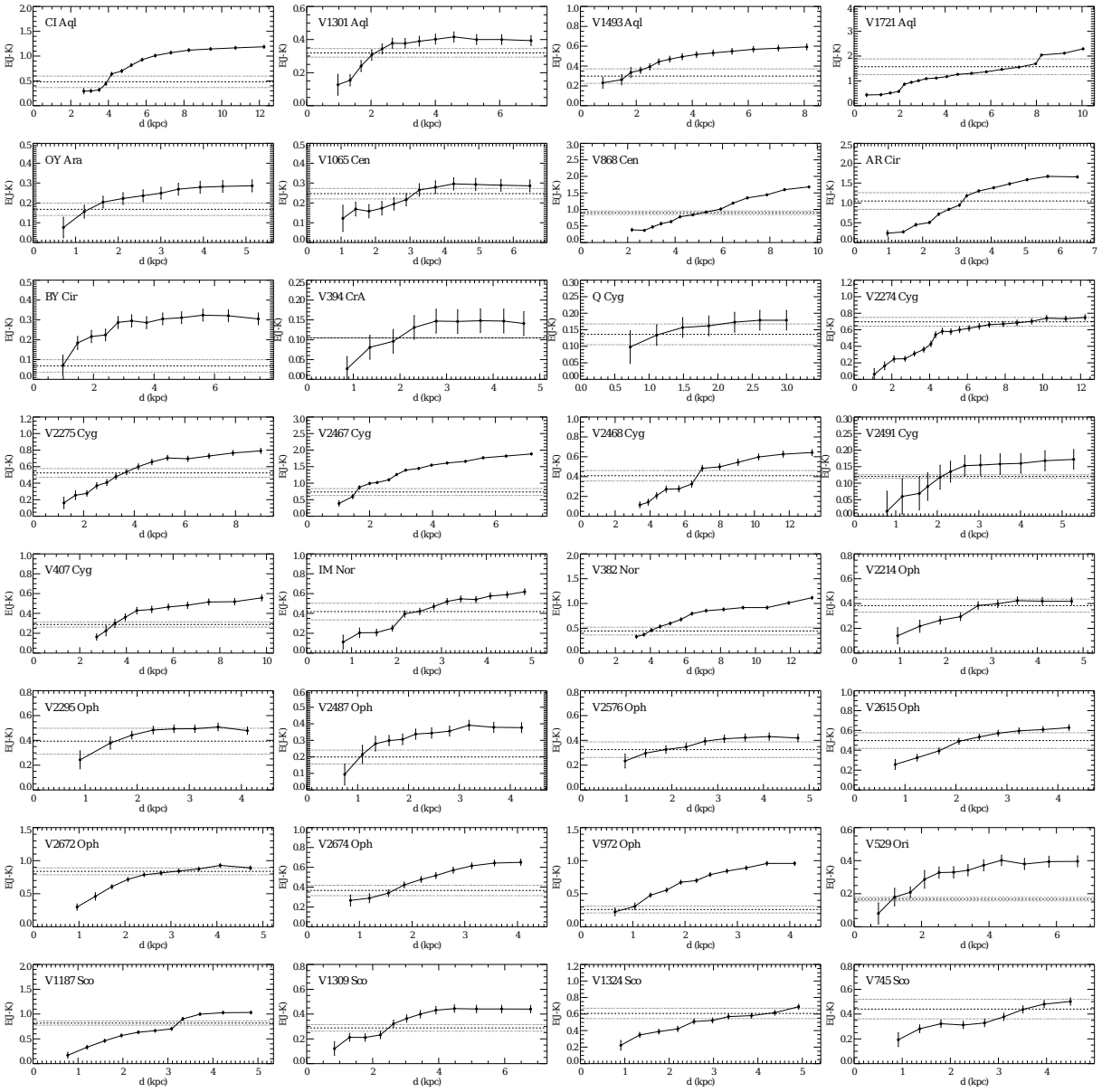
[b] (c) Elde edilen kızarma eğrisi parlaklık aralıkları içerisinde neredeyse sabittir. (e) Uzaklıkla birlikte kızarma kısmen artmasına rağmen, novanın kızarma ölçümü ilişkideki her bir kızarmanın hata limitleri içerisinde kalmaktadır. (l) Görüş doğrultusu boyunca yıldızlararası kızarma çok düşük olduğundan, düzgün bir kızarma eğrisinin belirlenememektedir. (s) Görüş doğrultusundaki KY yıldızlarının azlığından dolayı RPD üzerinde KY yıldızlarının konumları net görülememektedir. (:) İlk verilen sebebe göre daha az etkili ikinci nedeni ifade etmektedir.

Ek C: Kızarma – Uzaklık İlişkileri

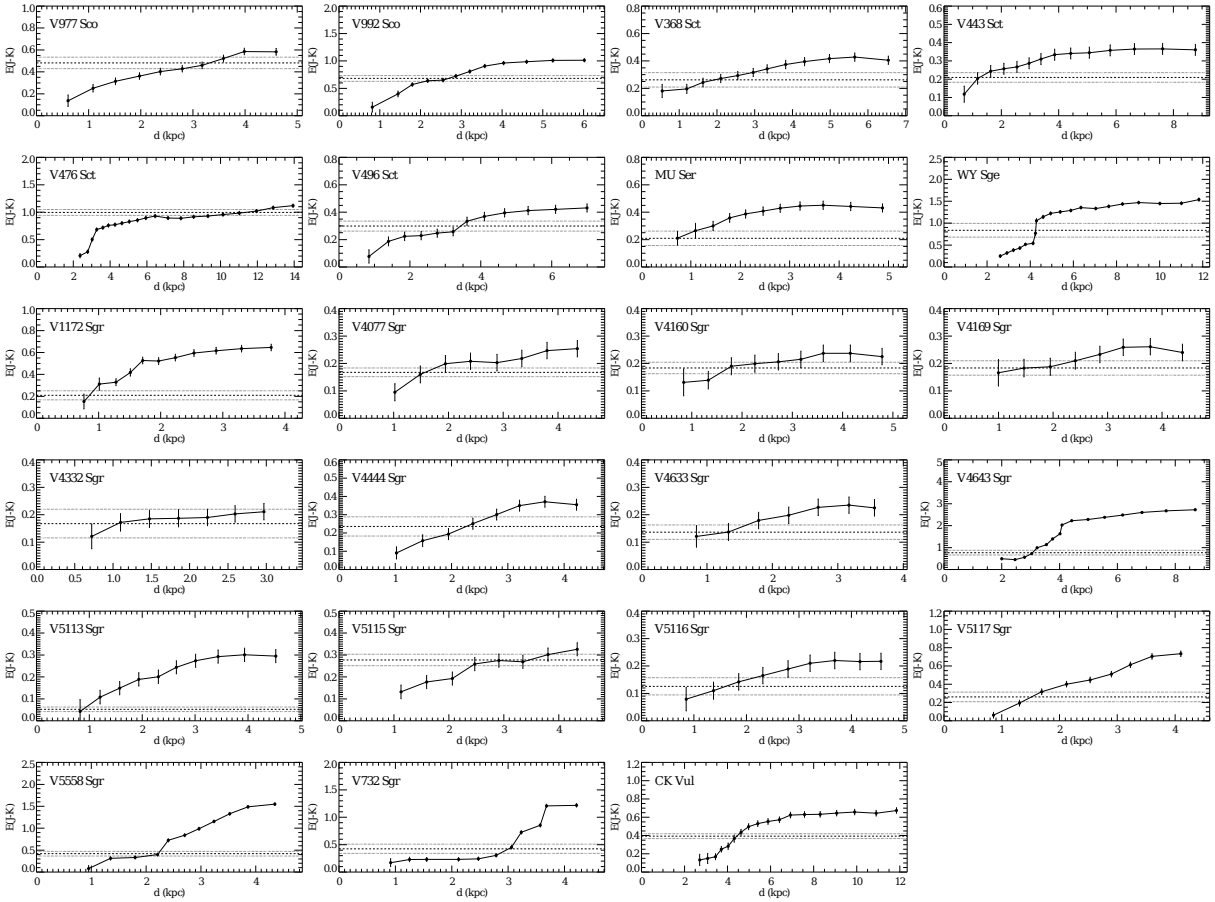
Bu bölümde çalışmamızda uzaklıkları hesaplanabilen novaların kızarma-uzaklık ilişkileri verilmektedir.



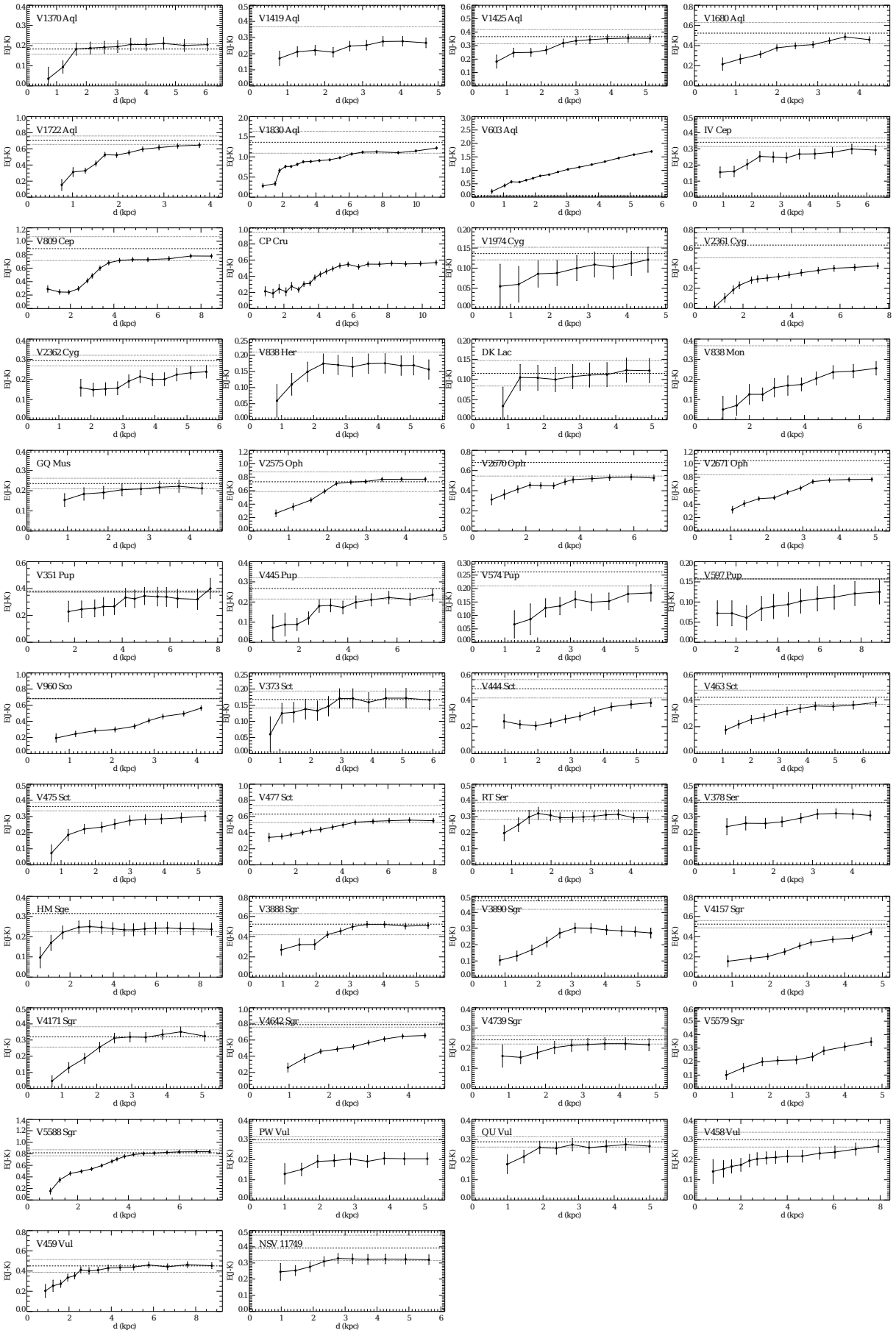
Şekil Ek C1. Genişleme paralaksları bilinen novalar doğrultusunda elde edilen kızarma uzaklık ilişkileri. Bu novalar Tablo 3'de listelenmektedir.



Şekil Ek C2. devamı diğer sayfada...



Şekil Ek C2. Tablo 3'de listelenen novaların kızarma-uzaklık ilişkileri



Şekil Ek C3. Tablo 4'te yer alan novaların kızarma-uzaklık ilişkileri.

Ek D: Mmrd İlişkisinin İncelenmesinde Kullanılan Galaktik Novalar

Bu bölümde MMRD ilişkisinin incelenmesinde kullanılan Galaktik novaların özellikleri listelenmiştir.

Tablo Ek D. MMRD ilişkisinin incelenmesinde kullanılan Galaktik novaların özellikleri.

Nova	l (°)	b (°)	V_{max}[a] (kadir)	t_2[a] (gün)	t_3[a] (gün)	uzaklık (kpc)	Yöntem[b]	E(B-V) (kadir)[c]	Işık Eğrisi Sınıfı[d]	Tayfsal Sınıfı[e]	TN[e]	FWHM Hα[e] (km/sn)	Eksitasyon Derecesi[e]	P_{orb} (gün)	En Yüksek Fe[e]	He[e]	Kırmızı Dev[e]
CI Aql	40.5373	-5.4372	9	25	32	3.00 ± 0.50	ku	0.92 ± 0.22	P		TN	2250	Yüksek	0.618	FeVII	Evet	Hayır
V1229 Aql	87.3675	12.4176	6.6	18	32	2.4 ± 0.6	par	0.48 ± 0.08	P	FeII							Hayır
V1494 Aql	45.4092	4.7075	1.4	8	16	1.2 ± 0.2	par	0.36 ± 0.07	O	FeII		2470	Düşük	0.135	FeII		Hayır
V1721 Aql	102.1412	-0.8374	14	6	10.00	7.50 ± 2.00	ku	3.00 ± 0.60			TN adayı	6450					
V603 Aql	2.5297	-1.1882	-0.5	5	12	0.249 ± 0.09	par	0.08 ± 0.02	O	Hybrid			Yüksek	0.138	FeII	Evet	Hayır
T Aur	66.8084	0.2455	5.4	80	84	0.96 ± 0.22	par	0.36 ± 0.07	D	FeII			Düşük	0.204	FeII	Hayır	Hayır
V705 Cas	284.1674	5.7715	7.5	33	67	2.5 ± 0.5	par	0.42 ± 0.06	D					0.228			Hayır
V1065 Cen	86.9826	-0.482	6.7	11	26	3.30 ± 0.50	ku	0.47 ± 0.05		FeII							
V842 Cen	61.0983	5.1967	9.4	43	48	1.2 ± 0.1	par	0.50 ± 0.10	D	FeII		760		0.164			Hayır
V868 Cen	68.5108	-6.0263	7.8	31	82	5.20 ± 0.40	ku	1.72 ± 0.10	J	FeII		700					
V394 CrA	355.7241	1.4505	2.7	2.40	2.5	2.00 ± 2.00	ku	0.2 ± 0.04			TN	4600	Yüksek	1.516		Evet	Hayır
T CrB	67.2287	4.3531	5.2	4	6	1.1 ± 0.2	par	0.15 ± 0.03	S		TN	4980	Yüksek	0.204	FeX,XIV	Evet	Evet
CP Cru	40.9735	-4.7422	9.25	4	10	2.6 ± 0.5	par	0.58 ± 0.10			TN adayı	2000	Yüksek	0.944		Evet	
V1500 Cyg	69.1887	24.2733	9.1	2	4	1.5 ± 0.2	par	0.35 ± 0.07	S	Hybird				0.14			
V1974 Cyg	105.2369	-5.3515	3.4	19	43	1.8 ± 0.1	par	0.2 ± 0.04	P	FeII				0.081			Hayır
V2274 Cyg	27.098	2.4854	5.11	22	33	9.00 ± 2.00	ku	1.33 ± 0.1	D			950	Düşük		FeII		
V2275 Cyg	355.3725	5.7245	9.6	3	8	3.62 ± 0.47	ku	1 ± 0.1	S			2100		0.315			
V2467 Cyg	6.6044	7.7748	4.7	8	20	1.50 ± 0.30	ku	1.4 ± 0.2	O	FeII			Düşük				
V2468 Cyg	4.1475	3.3015	7.57	9	20	6.80 ± 1.00	ku	0.78 ± 0.1		Hybird		1800-2300		0.14525			
V2491 Cyg	150.956	-10.1041	5.7	4	16	2.10 ± 1.40	ku	0.23 ± 0.01	C	He/N		4800	Düşük	0.0958			
V407 Cyg	351.3311	6.5534	1.7	9.5	24	3.50 ± 0.30	ku	0.55 ± 0.05		He/N	TN			766.4			Evet
V450 Cyg	32.909	5.786	5.7	88	108	3.5 ± 0.8	par	0.42 ± 0.13					Düşük		FeII	Hayır	
V476 Cyg	4.5578	-6.9638	9.1	6	16	1.62 ± 0.12	par	0.26 ± 0.05	D				Düşük		FeII	Hayır	Hayır
HR Del	309.508	-1.0284	6.3	167	231	0.97 ± 0.07	par	0.17 ± 0.02	J	Neon				0.214			Hayır
DQ Her	113.6595	-4.0959	6.1	76	100	0.38 ± 0.03	par	0.05 ± 0.02	D	FeII			Düşük	0.194	FeII	Hayır	Hayır
V446 Her	25.2838	-1.7678	8.4	20	42	1.35 ± 0.26	par	0.32 ± 0.06	S	He/N			Yüksek	0.207	FeX, XI		Hayır
V533 Her	2.1363	-6.8326	3	30	43	1.25 ± 0.3	par	0.03 ± 0.02	S	FeII				0.21			Hayır
CP Lac	40.9719	-0.0831	2	5	9	1.3 ± 0.26	par	0.18 ± 0.04	S	Hybrid			Yüksek	0.145	FeII	Hayır	Hayır
DK Lac	177.1429	-1.6985	9.5	55	202	3.9 ± 0.5	par	0.21 ± 0.04	J	FeII			Düşük		FeII	Hayır	Hayır
BT Mon	31.6876	-0.812	1.8	118	182	1.8 ± 0.3	par	0.23 ± 0.05	F			2100	Yüksek	0.334		Evet	Hayır
IM Nor	352.8222	-7.7228	5.8	50	80	2.4 ± 0.8	ku	0.80 ± 0.2	P		TN	2380	Yüksek	0.103			
V2214 Oph	213.8594	-2.6229	5.8	60	89	2.60 ± 1.00	ku	0.73 ± 0.10	S	FeII		1025	Düşük	0.118	FeII	Hayır	
V2487 Oph	1.0188	2.529	5.9	6	8	1.08 ± 0.28	ku	0.38 ± 0.08	P		TN	10000	Yüksek			Evet	Hayır
V2615 Oph	272.355	-25.6719	8.52	26.5	48.5	2.10 ± 0.80	ku	0.95 ± 0.15		FeII							

V2672 Oph	252.926	-0.8352	10	3.2	6	3.12 ± 0.69	ku	1.6 ± 0.1		He/N	TN adayı	8000	Yüksek			Evet	
GK Per	316.574	2.4525	0.2	6	13	0.477 ± 0.026	par	0.34 ± 0.04	O	FeII			Düşük	1.997	FeII	Hayır	
RR Pic	80.069	1.8418	1	73	122	0.521 ± 0.054	par	0.00 ± 0.02	J					0.145	FeII	Hayır	Hayır
CP Pup	33.1637	0.8287	0.7	4	8	1.14 ± 0.23	par	0.12 ± 0.02	P	He/N			Yüksek	0.061	FeX	Evet	Hayır
V445 Pup	24.7407	1.2126	6.8	215	240	8.2 ± 0.3	par	0.48 ± 0.09	D	He/N			Düşük	0.650654	FeII		Hayır
V1187 Sco	79.1285	-6.4576	8.9	10	17	3.20 ± 0.12	ku	1.56 ± 0.08	S	FeII		3000					
V1280 Sco	63.4304	-13.9721	3.79	21.3	34.3	1.6 ± 0.4	par	0.38 ± 0.05		FeII							
V1324 Sco	73.1531	26.4436	10.14	25	29.5	4.30 ± 0.90	ku	1.16 ± 0.12						0.133			
V745 Sco	55.3552	1.2899	4.9	7	9	3.50 ± 0.85	ku	0.84 ± 0.15		He/N	TN	3600	Yüksek	510	FeX,XI	Evet	Evet
V992 Sco	53.8585	6.9741	7.7	100	120	2.63 ± 0.35	ku	1.30 ± 0.10	D			800	Düşük	0.173	FeII		Hayır
V443 Sct	343.8243	-1.6017	5.8	33	60	1.40 ± 0.50	ku	0.4 ± 0.05	J	FeII		1400	Düşük		FeII	Hayır	
V476 Sct	3.8175	-3.3885	1.11	15	28	11.30 ± 1.90	ku	1.9 ± 0.1		FeII			Düşük		FeII		
V496 Sct	5.1282	-6.2308	07.07	59		3.20 ± 0.80	ku	0.57 ± 0.06		Fe II							
FH Ser	293.9836	3.6129	5.4	49	62	0.95 ± 0.3	par	0.56 ± 0.11	D	FeII							Hayır
LW Ser	297.8722	2.2227	3.8	32	52	2.34 ± 0.46	par	0.66 ± 0.1	D								
V4160 Sgr	357.4255	-2.8723	7	2	3	1.85 ± 1.20	ku	0.35 ± 0.04	S	He/N	TN adayı	4500	Yüksek			Evet	
V4169 Sgr	357.3583	-3.9989	9.7	24	36	1.90 ± 0.70	ku	0.35 ± 0.05	S	FeII							
V4444 Sgr	27.2183	-2.4211	6.7	5	9	2.27 ± 0.58	ku	0.45 ± 0.10	S			800	Düşük		FeII		Hayır
V4633 Sgr	12.9588	6.0468	4.7	17	44	1.36 ± 0.46	ku	0.26 ± 0.05	P			1600	Yüksek	0.126	FeII	Evet	Hayır
V4643 Sgr	0.1997	-6.9682	7.7	3	6	3.10 ± 0.20	ku	1.47 ± 0.2	S		TN adayı	4700					
V5115 Sgr	3.3454	-0.337	9.7	7	13	3.00 ± 1.00	ku	0.53 ± 0.05	S			1300	Düşük		FeII		
V5116 Sgr	6.0464	-4.5674	6.7	12	26	1.60 ± 0.80	ku	0.23 ± 0.06	S			970				Hayır	
V5558 Sgr	11.6107	0.2067	3.8	281	473	2.10 ± 0.40	ku	0.8 ± 0.1		hybird							
V732 Sgr	63.3024	0.8464	4.6	65	75	3.00 ± 0.20	ku	0.81 ± 0.16	D				Düşük				Evet
V382 Vel	241.1238	-2.1915	8.2	6	13	0.8 ± 0.1	par	0.11 ± 0.02	S	FeII		2390	Düşük	0.158	FeII		
LV Vul	42.3738	48.1647	5.4	20	38	2.5 ± 0.5	par	0.32 ± 0.05	S	FeII							Hayır
NQ Vul	89.8233	-0.072	2.6	21	50	1.6 ± 0.8	par	0.78 ± 0.15	D	FeII							Hayır
PW Vul	89.1338	7.8193	4.6	44	116	1.8 ± 0.05	par	0.34 ± 0.06	J	FeII				0.214			
QU Vul	73.0415	1.991	3.5	20	36	1.75 ± 0.25	par	0.46 ± 0.09	P	Neon				0.112			
QV Vul	89.3171	1.3907	1.7	37	47	2.7 ± 0.54	par	0.52 ± 0.1	D	FeII		920					

[a] belirtilmiş novaların dışında tüm sistemlerin ışık eğrisi parametrelerine ait tüm veriler strope vd. (2010) çalışmasından alınmıştır.Bunlar: V1721 Aql için Hounsel (2011); V1065 Cen için Helton vd. (2010); V394 CrA için Schaefer (2010); CP Cru için Downes ve Duerbeck (2000), Lyke vd. (2003); V2468 Cyg için Chochol (2012); V407 Cyg için Munari vd. (2011); V450 Cyg için Downes ve Duerbeck (2000); V2615 Oph için Munari vd. (2008); V2672 Oph için Munari vd. (2011); V1280 Sco için Hounsell vd. (2010); V1324 Sco için Munari vd. (2015); V745 Sco için DellaVella ve Livio 1998, Schaefer (2010); V476 Sct için Munari vd., (2006); V496 Sct için Munari vd.(2009), Raj vd., (2012); V5558 Sgr için Das vd. (2015)

[b] ku: kızarma-uzaklık ilişkisinden, par: paralakslardan uzaklık ölçümlerini temsil etmektedir. Paralaks referanslar için V1229 Aql: Shafter (1997}; V1494 Aql: Barsukova vd (2013); V603 Aql: Harrison vd. (2013); T Aur: Slavine (1995); V705 Cas: Eyres vd (1996); V842 Cen: Downes ve Duerbeck (2000); T CrB: Cohen (1985); CP Cru: lyke vd. (2003); V1500 Cyg: Slavine (1995); V1974 Cyg: Chochole (1997b); V450 Cyg: Slavin (1995); V476 Cyg: Slavin (1995); HR Del: Harman and O'Brien (2003); DQ Her: Harrison vd. (2013); V446 Her: Cohen (1985); V533 Her: Gill & OÏBrien (2000) ; CP Lac: Cohen ve Rosenthal (1983); DK Lac: Cohen (1985); BT Mon: Gill & OÏBrien (1998) ; GK Per: Harrison vd. (2013); RR Pic: Harrison et al. 2013; CP Pup: Downes ve Duerbeck (2000); V445 Pup: Woudt vd. (2009); V1280 Sco: Chesneau vd. (2008); FH Ser: Gill & OÏBrien (2000) ; LW Ser: Cohen ve Rosenthal (1983); V382 Vel: Tomov vd. (2015); LV Vul: Della valle (1998); NQ Vul: Slavine (1995); PW Vul: Downes ve Duerbeck (2000); QU Vul: Downes ve Duerbeck (2000); QV Vul: Downes ve Duerbeck (2000)

[c] çalışmamızda uzaklıkları hesaplanan novaların kızarma ölçümleri çalışmamızda tartışılmış olup Tablo 1,2,3'de verilmiştir. Diğer novaların genişleme paralaksları için çalışmamızda belirlenen kızarma-uzaklık ilişkilerinden kızarma ölçümleri yapılmıştır

[d] tüm sınıflamalar Strope vd (2010) çalışmasından derlenmiştir.

e veriler strope vd (2010), pagnotta ve schaefer (2014) çalışmasından derlenmiştir. Ancak bazı novaların tayfsal sınıflamalar için V2468 Cyg: Raj vd. (2015); V2491 Cyg: Naik vd (2009); V407 Cyg: Munari vd. (2011); V2214 Oph: williams (2013); V2615 Oph: Walter vd. (2014); V2672 Oph: Walter vd. (2014); V1187 Sco: Walter vd. (2014); V1280 Sco: Walter vd. (2014); V745 Sco: willams, vd. (1994); V443 Sct: willams, vd. (1994); V476 Sct: Walter vd. (2014); V496 Sct: Walter vd. (2014); V4160 Sgr: willams, vd. (1994); V5558 Sgr: Das, vd. (2015) çalışmaları kullanılmıştır

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Doç. Dr. TOLGA GÜVER
Proje No:	114F271
Proje Başlığı:	Galaktik Novaların Uzaklıkları
Proje Türü:	3001 - Başlangıç AR-GE
Proje Süresi:	24
Araştırmacılar:	TANSEL AK
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	İSTANBUL Ü. FEN F. ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	15/08/2014 - 15/08/2016
Onaylanan Bütçe:	69620.0
Harcanan Bütçe:	52419.65
Öz:	Birçok yakın kızılötesi gökyüzü tarama verilerinden elde edilen renk-parlaklık diyagramlarındaki kırmızı yığın yıldızlarının kendine özgü konumlarının tesbit edilmesiyle, kızarma ölçümleri bulunan 119 Galaktik nova doğruldusunda kızarma-uzaklık ilişkileri elde edilmiştir. Kızarma-uzaklık ölçümlerinin novaların kızarma ölçümleri ile karşılaştırılması vasıtasıyla, örnekte yer alan her nova için en olası uzaklıklar hesaplanmıştır. Çalışmada uzaklık ölçüm yöntemleri ve sonuçların detayları verilmiş olup, 73 Galaktik novanın uzaklığı ve 46 sistemin de uzaklıklarının alt limiti hesaplanabilmiştir. Örnekteki her nova doğrultusundaki kızarma-uzaklık ilişkileri çalışmamızda sunulmuştur. Bu ilişkiler görüş doğrultusundaki farklı Galaktik bileşenlerin analizinde kullanışlı olabilir. Galaktik novaların maksimum parlaklık düşüş oranının (Maximum Magnitude Rate of Decline, MMRD) tekrardan belirlenebilmesi için, kızarma-uzaklık ilişkilerinden ve genişleme paralakslarından gelen uzaklıklar kullanılmıştır. Uzaklık ölçümü, nova patlamasındaki maksimum parlaklık ve maksimum parlaklıktan düşüş oranı bilinen yaklaşık 60 Galaktik nova kullanılarak MMRD ilişkisi elde edilmiştir. Elde edilen MMRD ilişkisi Galaksimiz ve diğer galaksiler için elde edilmiş ilişkiler ile karşılaştırılmıştır. MMRD ilişkisi standart uzaklık ölçüm metodu olarak kullanılabilir. Ayrıca, Galaksimiz ve diğer Galaksiler için elde edilen ilişkilerin karşılaştırılması, galaksilerdeki nova dağılımlarındaki farklılıkların anlaşılmasında yardımcı olabilir.
Anahtar Kelimeler:	Novalar, uzaklık tayini
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır
Projeden Yapılan Yayınlar:	1- Aktif Galaksi Çekirdeklerinin X ve Gama-Işınlarında Gözlenen Zamansal Özellikleri (Tez (Araştırmacı Yetiştirilmesi) - Yüksek Lisans Tezi), 2- The distances of the Galactic novae (Makale - İndeskli Makale),

TÜBİTAK