

Yakın Erken-Tür Galaksilerin Fotometrik Verileriyle TED Modelleme Yöntemlerinin Karşılaştırması: NGC 680

Merve Şahin¹  , Mustafa Kürşad Yıldız^{2,3} 

¹ Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Ana Bilim Dalı, 38039, Kayseri, Türkiye

² Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Ana Bilim Dalı, 38039, Kayseri, Türkiye

³ Erciyes Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Gözlemevi Uygulama ve Araştırma Merkezi (UZAYBİMER), 38281, Kayseri, Türkiye

Accepted: May 9, 2025. Revised: May 9, 2025. Received: December 5, 2024.

Özet

Erken-tür galaksilerin yıldız oluşum süreci genellikle düşük seviyelerde olduğu düşünülmektedir. Ancak bu galaksilerde gaz ve diğer yıldız oluşum malzemelerinin varlığı, düşük seviyede de olsa yıldız oluşumunun devam ettiğini göstermektedir. Bu çalışmada, ATLAS^{3D} projesinde yer alan yakın erken-tür galaksilerden ve H I bakımından zengin olan NGC 680'in yıldız oluşum geçmişi ve süreçleri analiz edilmiştir. AKARI ve WISE teleskoplarından elde edilen orta ve uzak kızılötesi fotometrik veriler kullanılarak galaksinin Tayfsal Enerji Dağılımı (TED) modellenmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan otomatik TED modelleme algoritmasının etkinliği değerlendirilmiş ve manuel yöntemle yapılan modelleme ile karşılaştırılmıştır. Modelleme sonucunda, NGC 680 galaksisinin genel yıldız oluşum oranı $(1.20 \pm 1.82) \times 10^{-14} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Yıldız oluşum geçmişi çıktıları incelendiğinde, son 100 milyon yılda yıldız oluşum oranında artış gözlemlenirken, son 10 milyon yılda bu oranın azaldığı tespit edilmiştir. Sonuçlar, zaman aralıkların güncel yıldız oluşum oranları olarak hesaplanmıştır. Bu nedenle, söz konusu bulgular, erken-tür galaksilerin geneline değil, yalnızca NGC 680'e özgüdür. Ancak daha geniş bir galaksi örnekleme ile erken-tür galaksilerdeki yıldız oluşum süreçlerinin evrimi hakkında çıkarımlar yapmak mümkündür.

Abstract

Star formation in early-type galaxies is generally thought to occur at low levels. However, the presence of gas and other star-forming materials in these galaxies indicates that star formation may persist, even if at slower rate. In this study, the star formation history and processes of NGC 680, one of the nearby early-type and H I rich galaxies included in the ATLAS^{3D} project, was analyzed. The Spectral Energy Distribution (SED) of the galaxy was modeled using mid- and far-infrared photometric data obtained from the AKARI and WISE telescopes. Additionally, the effectiveness of the automated SED modeling algorithm used in this study was evaluated and compared with a manually conducted modeling method. As a result of the modeling, the overall star formation rate of NGC 680 was calculated as $(1.20 \pm 1.82) \times 10^{-14} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$. Star formation increased in the last 100 million years but decreased significantly in the last 10 million years. The results have been calculated as recent star formation rates over the specified time intervals. Therefore, these findings are specific to NGC 680 and should not be generalized to early-type galaxies as a whole. However, broader conclusions about the evolution of star formation processes in early-type galaxies could be drawn through the analysis of a larger galaxy sample.

Anahtar Kelimeler:

galaxies: elliptical and lenticular, cD; galaxies: ISM, galaxies: star formation

1 Giriş

Erken-tür galaksilerin yıldız popülasyonu oranı genellikle yaşlı yıldızlardan oluştuğu ve soğuk yıldızlararası ortamın bulunmadığı düşünülmektedir. Ancak, son yüz yılda çoklu dalga boyu gözlemlerin gelişmesiyle bu anlayış yıkılmıştır. Erken-tür galaksiler, soğuk (Knapp ve diğ. 1985; Wardle & Knapp 1986), ılık (Caldwell 1984; Phillips ve diğ. 1986; de Zeeuw 1987) ve sıcak (Forman ve diğ. 1985; Canizares ve diğ. 1987) gazlar gibi çok fazla yıldızlararası ortama sahiptir.

Yıldızlararası toz, yıldızların ürettiği yüksek enerjili fotonları soğurarak kızılötede yeniden yaymaktadır. Bu tozun etkisi, yıldız oluşumunu dolaylı olarak izlemek için önemli bir araçtır (Draine & Li 2007). Yıldız oluşum süreçlerini, erken-tür galaksilerin enerji dağılımlarını incelenmesiyle daha iyi anlaşılır.

SDSS (York ve diğ. 2000) ve 2MASS (Skrutskie ve diğ.

2006) yer tabanlı teleskoplarla yakın, Spitzer (Werner ve diğ. 2004), WISE (Wright ve diğ. 2010) ve AKARI (Murakami ve diğ. 2007) uzay teleskoplarıyla da orta ve uzak kızılöte gözlemlerin artışıyla yıldızlararası ortama tozun etkisi de görülmüştür. Bununla birlikte tozun farklı derecelerde sıcaklığa sahip olduğu tespit edilmiştir. Uzak kızılötesi gözlemler, birçok erken-tür galaksinin yayılmış ve soğuk bir toz bileşeni içerdiğini göstermiştir (Jura ve diğ. 1987; Knapp ve diğ. 1989). Orta kızılötesi araştırmalarında ise erken-tür galaksilerdeki yıldızların beklenenden fazla akıya sahip oldukları tespit edilmiş ve bu fazla akının polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) veya çok küçük toz tanelerinden kaynaklandığı öne sürülmüştür (Tielens ve diğ. 1999; Ferrari ve diğ. 2002; Pahre ve diğ. 2004; Xilouris ve diğ. 2004). Bu PAH'lar yıldızlardan gelen morötesi ışın tarafından uyarıldıkları için yıldız oluşumunun bir göstergesi olarak kabul edilir. Dolayısıyla erken-tür galaksilerde yıldız oluşumunun devam ettiği açık bir şekilde görülmektedir.

* merve_sahin@live.at

Çizelge 1. NGC 680'e ait genel özelliklerin sırasıyla değerleri, birimleri ve referanslarıdır. Referanslar: (1): Sulentic ve diğ. (1973), (2): Yu ve diğ. (2022), (3): Haynes ve diğ. (2018), (4): Cappellari ve diğ. (2011), (5): Serra ve diğ. (2012), (6): Young ve diğ. (2011), (7): Cappellari ve diğ. (2013a), (8): Cappellari ve diğ. (2013b).

Özellik	Birim	Değer	Ref.
RA (J2000)		01 ^h 49 ^m 47 ^s .1	(1)
DEC (J2000)		+21°58'15''	(1)
Hız	(km s ⁻¹)	2728±4	(2)
Uzaklık	(Mpc)	38.4±4.2	(3)
M_K	(kadir)	-24.17	(4)
A_B	(kadir)	0.34	(4)
Etkin Yarıçap	(")	1.16	(4)
log $M(H I)$	($M_\odot$)	9.47	(5)
log $M(H_2)$	($M_\odot$)	7.87	(6)
log $L(r)$	($L_\odot$)	10.276	(7)
log($M_\odot/L_\odot$)		0.713	(8)

Young ve diğ. (2011), ATLAS^{3D1} örneklemindeki (Cappellari ve diğ. 2011) yakın çevredeki yerel erken-tür galaksilerin oluşum ve evrim süreçlerini incelemek adına moleküler gaz bileşenini araştırmışlardır. Araştırma sonucu, yakın erken-tür galaksilerin ~%22'sinde moleküler gaz tespit etmişlerdir ve bu da erken-tür galaksilerin halen yıldız oluşturmabildiklerini göstermiştir.

Ayrıca, yine ATLAS^{3D}'nin bir parçası olan Serra ve diğ. (2012) çalışması nötr Hidrojenin (H I) erken-tür galaksilerde bol miktarda bulunduğunu ve bunun yıldız oluşumu için gerekli malzemeyi sağlayabileceğini göstermektedir (örn., Yıldız ve diğ. 2015). Özellikle galaksi merkezi etrafında yaklaşık bir etkin yarıçap içinde H I bulunan erken-tür galaksilerin ~%70'inde aktif yıldız oluşumu belirtileri gözlenmiştir. Bu oran, merkezi H I barındırmayan galaksilerde gözlemlenen yıldız oluşumu oranından beş kat daha yüksektir. Bu, H I varlığının yıldız oluşum sürecini doğrudan etkilendiğini ifade etmektedir.

Erken-tür galaksiler, dış bölgelerinde H I disk ya da yüzük yapısı gösterebilirler. Erken-tür galaksilerin dış bölgelerindeki yıldız oluşum etkinliğinin ise sarmal ve küce galaksilerin dış bölgelerindeki yıldız oluşum etkinliğine benzediği literatürde gösterilmiştir (Yıldız ve diğ. 2017).

Kokusho ve diğ. (2017) ise ATLAS^{3D} erken-tür galaksilerinin orta kızılötesi parlaklıklarının, moleküler gaz kütleleri ile sıkı bir korelasyon gösterdiğini ve bu galaksilerin halen düşük seviyelerde de olsa yıldız oluşum sürecine devam ettiğini ortaya koymuştur. Bunun için, her bir galaksinin Tayfsal Enerji Dağılımını (TED) oluşturmuşlar ve bu dağılımlardan PAH, toz ve yıldızlardan kaynaklanan akıyı modelleyerek yıldız oluşum oranlarını tahmin etmişlerdir.

Manuel TED modellemesi mümkündür, ancak süreç oldukça zahmetli ve zaman alıcıdır. Bu nedenle günümüzde birçok otomatik olan farklı ve komplike TED modelleri bulunmaktadır (örn. CIGALE: Boquien ve diğ. 2019, Prospector: Johnson ve diğ. 2021, Bagpipes: Carnall ve diğ. 2018, MAGPHYS: Poglitsch ve diğ. 2010, BEAGLE: Chevallard & Charlot 2016). Bu çalışmamızda belirli bir galaksi için otomatik ve manuel TED modellerinin farklılıklarını deneme vakası olarak çalıştık. §2'de ATLAS^{3D} projesinden

Çizelge 2. NGC 680 galaksisine ait farklı dalgaboylarında ve teleskoplarla ölçülmüş fotometrik akı değerleridir. AKARI 9, 18, 90 ve 140 μ m dalga boylarından alınan veriler ile kalibrasyon sonucu elde edilen WISE teleskobu 3.4, 4.6, 12 ve 22 μ m dalga boylarındaki veriler sırasıyla listelenmiştir. Her ölçüm için akı değerleri mJy biriminden sunulmuş olup hata payları da belirtilmiştir.

Bant	λ_{et} (μ m)	Teleskop	Akı (mJy)	Belirsizlik (mJy)
S9W	9	AKARI	4.68	8.38
L18W	18	AKARI	21.22	13.66
Wide-S	90	AKARI	202.88	82.63
Wide-L	140	AKARI	376.06	220.11
W1	3.4	WISE	52.96	1.07
W2	4.6	WISE	28.67	0.53
W3	12	WISE	9.73	0.24
W4	22	WISE	8.50	0.92

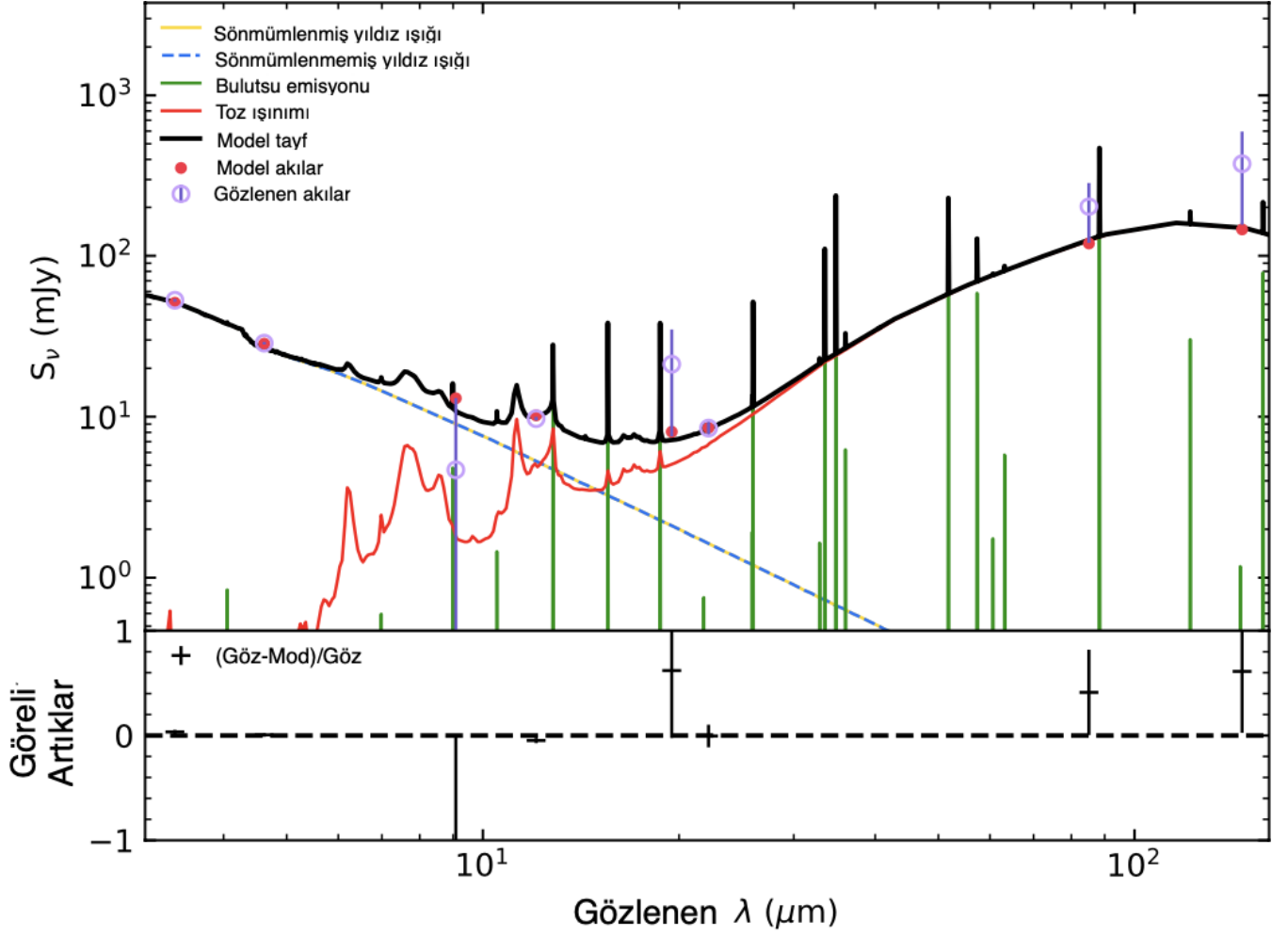
seçilen NGC 680 için orta ile uzak kızılötesi fotometrik veriler kullanılarak TED'ini çıkardık. §3'te elde edilen yıldız oluşum oranları analiz edip otomatik TED modelleme algoritmasını manuel modelleme yöntemiyle karşılaştırdık. Son olarak gelecekteki çalışmalara yönelik önerilerimizi sunduk.

2 Yöntem

Bu çalışmada incelenen NGC 680 galaksisi, 260 erken-tür galaksinin detaylı bir analizini içeren ATLAS^{3D} araştırmasından seçildi. Bu galaksiler arasından, Serra ve diğ. (2012) çalışması, 166 galaksi için H I kütlelerini sunmaktadır. Bu değerler, Toribio ve diğ. (2011)'in algılama limiti analiziyle karşılaştırıldı ve H I kütlesi $10^9 M_\odot$ üzerinde olup, önemli gaz rezervlerine sahip galaksilerin seçilmesi güvenilir bir ölçüt olarak kabul edildi. Böylece 260 galaksi içerisinde H I kütlesi $10^9 M_\odot$ üzerinde olan 12 tane aşırı H I zengini erken-tür tespit ettik ve bir ön-örneklem grubu oluşturduk. Yıldız oluşumu sırasında moleküler gaz ve tozun büyük rol oynaması nedeniyle, aralarından H I bakımından zengin olan NGC 680 galaksisini bu çalışmada inceledik ve genel özelliklerini Çizelge 1'de gösterdik.

Yıldızlararası toz, özellikle büyük ve sıcak yıldızlardan gelen morötesi ve optik aralıklarındaki ışığı soğurarak galaksinin TED'inin değişmesine neden olur. Normalde galaksilerdeki yıldızların morötesi, optik ve yakın kızılötesi olarak yaydıkları enerjinin önemli bir kısmı toz tarafından soğurulur ve daha uzun dalgaboylarında (5 μ m-1 mm aralığında orta ve uzak kızılötede) yeniden yayılır. Bu da galaksinin toplam enerjisinin ciddi bir kısmının kızılöte bölgede ortaya çıkmasına neden olur. Galaksinin TED'ini doğru bir şekilde modellemek ve yorumlamak için tozun kızılötesi özellikleri dikkate almak esastır (Conroy 2013). Bu nedenle, yıldız oluşumun önemli bir göstergesi olan tozun etkilerini incelemek için orta ve uzak kızılötesi fotometrik ölçümler kullanmak önemlidir. Çizelge 2'de NGC 680 için kullandığımız kızılötesi fotometrik akı değerlerini sıralanmıştır. Kokusho ve diğ. (2017) tarafından derlenen orta kızılötesi ve uzak kızılötesi fotometrik verilerini kullandık. Burada AKARI ile elde edilen 9, 18, 90 ve 140 μ m dalga boylarında fotometrik akı ölçümleri ve hata değerleri yer almaktadır. Her bir ölçüm mJy cinsinden verilmiştir. Ayrıca WISE All-Sky (WISE Team 2020) kataloğundan 3.4 μ m (W1), 4.6 μ m (W2), 12 μ m (W3), 24 μ m (W4) dalgaboylarındaki değerlerini kullanarak orta kızılötesi verilerini elde ettik. Bu orta kızılöte değerler kullanılarak, fotometrik ölçümleri Jy cinsinden akı değerlerine (F_ν) dönüştürmek için aşağıdaki denklemi

¹ ATLAS^{3D} projesi, morfolojisine göre seçilen ve $M_K < -21.5$ olan 260 yerel erken-tür galaksiyi 42 Mpc içinde incelemeyi hedeflemiştir.



Şekil 1. NGC 680 için en iyi TED modeli gösterilmiştir. Yatay eksen μm biriminde dalga boyu, düşey eksen ise mJy biriminde akı değerleri yer almaktadır. En iyi TED modelinden elde edilen χ^2 değeri (0.61) başlık altında verilmiştir. Mor noktalar gözlenen akı değerleri, kırmızı noktalar ise hesaplanan model akı değerleridir. TED'in modellenmesinde etki eden bileşenler çeşitli renklerde sunulmuştur. Artık grafiği (alt panel), model akıları ile gözlenen akıların arasındaki bağıl farkı göstermektedir.

uyguladık:

$$F_{\nu}(\text{Jy}) = \left(\frac{F_{\nu 0}}{f_c} \right) 10^{-\frac{m_{\text{vega}}}{2.5}} \quad (1)$$

Burada $F_{\nu 0}$, sıfır büyüklüğüne karşılık gelen akı değerlerini ve f_c ise renk düzeltme faktörlerini temsil etmektedir. W1, W2, W3 ve W4 bantlarındaki sıfır büyüklüğüne karşılık gelen akı değerlerini sırasıyla 309.540, 171.781, 31.674 ve 8.363 Jy olarak aldık. Renk düzeltme faktörleri ise sırasıyla 1.0086, 1.0328, 1.9737 ve 2.9882 olarak kabul edilmiştir (Cutri ve diğ. 2012).

Verilerin modellenmesi için CIGALE algoritması kullandık. CIGALE bir TED modelleyicisidir; galaksilerdeki gaz miktarını tahmin etmek için enerji dengesini kullanmaktadır. Morötesinde toz tarafından soğurulan ve daha sonra kızılöteside yayılan enerjiye tekil yıldız popülasyon modelini uydurmaktadır. Böylelikle galaksideki toz miktarından yıldız oluşum oranını tahmin etmektedir.

Seçtiğimiz galaksi için orta ve uzak kızılötesi fotometrik verilerle birlikte farklı modeller ve parametreler kullanılarak en iyi model uyumu aradık. Bu uyum χ^2 ifadesinin 1 değerinin

altında olmasını yeterli olarak kabul ettik. Sonuç olarak elde edilen en iyi TED modeli ve artık grafiği Şekil 1'de gösterilmiştir. NGC 680'a ait en iyi TED modeli (siyah) gösterilmiştir. Bu çalışmadaki galaksiyi modellerken elde edilen en iyi sonuçta, CIGALE algoritmasında yer alan aşağıdaki modellerden faydalandık:

- Yıldız oluşum geçmişi için gecikmeli yıldız oluşum oranı (Eşitlik 2),
- Tekil yıldız popülasyonu için Bruzual & Charlot (2003).
- Bulutsu emisyonu için Inoue (2011) (yeşil).
- Toz sönümlenmesi için Charlot & Fall (2000) (sönümlenme etkisinden arındırılmış TED sarı ile gösterilmektedir).
- Toz ışıması Dale ve diğ. (2014) (kırmızı).
- Durağan çerçeve parametreleri.
- Kırmızıya kayma.

ATLAS^{3D}'deki galaksi grubu 42 Mpc'ten daha yakın galaksiler olduklarından, kırmızıya kayma değerleri TED'e herhangi bir etki etmemektedir. Bu nedenle $z=0$ olarak alınmıştır.

Çizelge 3. NGC 680 için son 100 milyon yıllık ve son 10 milyon yıllık zaman dilimleri için hesaplanan yıldız oluşum oranları gösterilmiştir.

Zaman Aralığı	Yıldız Oluşum Oranı ($M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$)
Son 100 milyon yıl	2.56×10^{-12}
Son 10 milyon yıl	3.37×10^{-19}

Galaksinin zamanla nasıl değiştiğini gecikmeli yıldız oluşum oranı modelleri ile anlarız. Bu da şöyle verilmiştir:

$$\text{SFR}(t) \propto \frac{t}{\tau^2} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \quad | \quad 0 \leq t \leq t_0 \quad (2)$$

Burada t_0 yıldız oluşumun başlangıç yaşını, t zamandaki herhangi bir anı ve τ yıldız oluşum oranını maksimuma ulaştığı zamanı ifade etmektedir. Bu model, yıldız oluşum oranının doğrusal bir artış göstermesini sağladıktan sonra $t=\tau$ 'da zirve yaparak yavaşça düşmesini sağlamaktadır (Małek ve diğ. 2018).

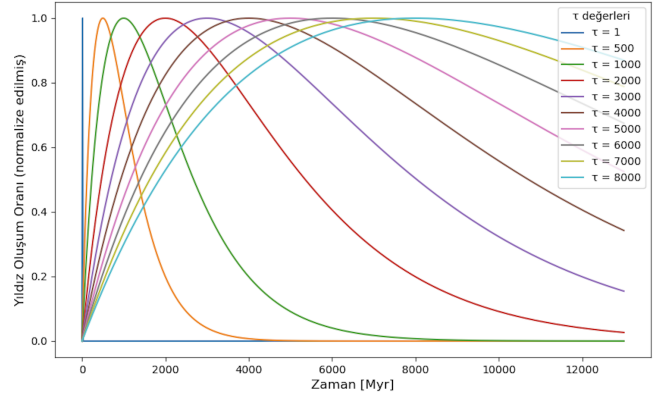
3 Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada, ATLAS^{3D} örneklemesindeki erken-tür galaksiler arasından NGC 680 için TED modellemesini gerçekleştirdik ve yıldız oluşum süreçlerini inceledik.

NGC 680 galaksisinin son 100 milyon yılda yıldız oluşum oranında önemli bir artış gözlemlenmiş ve bu oran $2.56 \times 10^{-12} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ olmuştur. Ancak, son 10 milyon yıllık dönemde bu oran $3.37 \times 10^{-19} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ düşmüştür¹. Bu düşüş, galakside yıldız oluşumunun tarihsel olarak daha aktif olduğunu ancak son dönemlerde yavaşladığını göstermektedir. Buna rağmen, bu tür galaksilerde yıldız oluşumu hala devam etmekte ancak önemli bir yıldız popülasyonu oluşumunun erken dönemde gerçekleştiği söylenebilir. NGC 680 için belirli zaman aralıklarında hesaplanan yıldız oluşum oranları Çizelge 3'de verilmiştir. Gecikmeli yıldız oluşum oranı modeli için girdiğimiz τ değerleri için yıldız oluşum geçmişi Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu modelde yıldız oluşum hızı başlangıçta artar ve zamanla doğal olarak azalır. NGC 680 için en iyi τ değeri CIGALE tarafından 1 olarak hesaplanmıştır. NGC 680 için bu düşük τ değeri, yıldız oluşumunun erken evrelerde hızlı gerçekleştiğini gösterir. Ancak burada belirtmemiz gerekir ki TED modellemesi sırasında morötesi verileri kullanılmadığı için hesaplanan değerler literatürdeki erken-tür galaksilerin yıldız oluşum oranı değerlerinden farklı çıkmaktadır (örn., Kokusho ve diğ. 2019). Örneğin, Yıldız ve diğ. (2017) erken-tür galaksilerin dış bölgelerindeki yıldız oluşum oranlarını $10^{-1}-10^{-6} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ olarak hesaplamışlardır. İleri çalışmalarda morötesi bantları da TED modellemesine katılarak daha doğru yıldız oluşum oranları hesaplanacaktır.

Çizelge 1'de verilen özelliklerden $\log(M_{\odot}/M(\text{H I}))$ değeri 1.160 şeklindedir. CIGALE ile yapılan analizde $M_{\odot}/M_{\text{gaz}}$ değeri 1.115 olarak hesaplanmıştır. Bu iki değer arasındaki uyum, modelleme sonucunun güvenilir ve fiziksel gerçeklik ile tutarlı olduğunu göstermektedir.

Otomatik modelleme yöntemi, yıldız oluşum geçmişi için gecikmeli yıldız oluşum geçmişi, tekil yıldız popülasyonu için Bruzual & Charlot (2003), bulutsu emisyonu için Inoue (2011),



Şekil 2. Farklı τ değerleri için gecikmeli yıldız oluşum geçmişi modelidir. Yıldız oluşum oranı normalize edilmiş ve zaman 13 milyar yıl ile sınırlandırılmıştır. τ arttıkça yıldız oluşum oranı daha da uzun süre yüksek kalır ve daha yavaş azalır.

toz sönümlemesi için Charlot & Fall (2000), toz ışınlı Dale ve diğ. (2014) ve son olarak durağan çerçeve parametreleri ile kırmızıya kayma modelleri gibi farklı parametreyi kullanarak geniş kapsamlı bir analiz sunmuştur. CIGALE algoritması ile, hata analizi imkanı sağlayarak $\chi^2=0.61$ ile model uyumunu değerlendirdik (Şekil 1). Buna karşılık, Kokusho ve diğ. (2017) manuel modelleme yöntemi için yıldız akısı için süreklilik soğurma güç yasası, PAH'lar için Draine & Li (2007) ve sıcak ile soğuk toz için karacisim modeli olmak üzere dört parametre ile sınırlı kalmakta ve herhangi bir hata analizi sunmamaktadır.

Kokusho ve diğ. (2017) çalışması modelleme işlemini manuel olarak gerçekleştirmiştir ancak biz otomatik modelleme aracını kullanıyoruz. Otomatik modelleme yöntemi, daha hızlı veri işleme ve kolay kullanım gibi avantajlar sunarken, manuel modelleme yöntemi daha yavaş veri işleme ve daha yorucu bir süreç olarak öne çıkmıştır. CIGALE algoritmasının sağladığı hız ve hata analizi, büyük örneklemelerle çalışırken önemli bir avantaj sağlayacaktır.

Sonuç olarak, bu çalışma, CIGALE algoritmasının erken-tür galaksilerde yıldız oluşum süreçlerini modellemek için etkin ve güvenilir bir araç olduğunu göstermektedir.

Gelecekteki çalışmalarımızda, ATLAS^{3D} projesindeki tüm galaksileri detaylı bir şekilde incelemeyi ve H I zengini bir alt örneklem oluşturarak bu galaksiler üzerinde geniş kapsamlı analizler yapmayı planlıyoruz. Bu alt örneklemde yer alan H I zengini galaksiler ile H I açısından zengin olmayan galaksilerin TED'lerini ve yıldız oluşum oranlarını karşılaştırarak, farklı gaz içeriklerinin galaksi evrimindeki rolünü anlamayı hedefliyoruz.

Bu hedefler doğrultusunda, hem galaksilerin yıldız oluşum geçmişi daha iyi anlamayı hem de bu süreçlerin modelleme yöntemleriyle nasıl daha hassas bir şekilde ortaya konulabileceğini araştırmayı amaçlıyoruz.

Teşekkür

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2024-13883 numaralı Lisansüstü ve Uzmanlık Tez Projesi ile desteklenmiştir. Projeye verdiği destekten ötürü Erciyes Üniversitesi'ne teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

Boquien M., Burgarella D., Roehly Y., Buat V., Ciesla L., Corre D.,

¹ CIGALE modelleme aracında, 10 milyon ve 100 milyon yıl zaman dilimlerinde yıldız oluşum geçmişi analiz etme yeteneğine sahiptir. Bu ölçekler, gözlemsel verilerle model sonuçlarını karşılaştırmada standart olarak kullanılır.

- Inoue A. K., Salas H., 2019, *A&A*, 622, A103
- Bruzual G., Charlot S., 2003, *MNRAS*, 344, 1000
- Caldwell N., 1984, *PASP*, 96, 287
- Canizares C. R., Fabbiano G., Trinchieri G., 1987, *ApJ*, 312, 503
- Cappellari M., ve diğ., 2011, *MNRAS*, 413, 813
- Cappellari M., ve diğ., 2013a, *MNRAS*, 432, 1709
- Cappellari M., ve diğ., 2013b, *MNRAS*, 432, 1862
- Carnall A. C., McLure R. J., Dunlop J. S., Davé R., 2018, *MNRAS*, 480, 4379
- Charlot S., Fall S. M., 2000, *ApJ*, 539, 718
- Chevallard J., Charlot S., 2016, *MNRAS*, 462, 1415
- Conroy C., 2013, *ARA&A*, 51, 393
- Cutri R. M., ve diğ., 2012, Explanatory Supplement to the WISE All-Sky Data Release Products, Explanatory Supplement to the WISE All-Sky Data Release Products
- Dale D. A., Helou G., Magdis G. E., Armus L., Díaz-Santos T., Shi Y., 2014, *ApJ*, 784, 83
- Draine B. T., Li A., 2007, *ApJ*, 657, 810
- Ferrari F., Pastoriza M. G., Macchetto F. D., Bonatto C., Panagia N., Sparks W. B., 2002, *A&A*, 389, 355
- Forman W., Jones C., Tucker W., 1985, *ApJ*, 293, 102
- Haynes M. P., ve diğ., 2018, *ApJ*, 861, 49
- Inoue A. K., 2011, *MNRAS*, 415, 2920
- Johnson B. D., Leja J., Conroy C., Speagle J. S., 2021, *ApJS*, 254, 22
- Jura M., Kim D. W., Knapp G. R., Guhathakurta P., 1987, *ApJ*, 312, L11
- Knapp G. R., Turner E. L., Cuniffe P. E., 1985, *AJ*, 90, 454
- Knapp G. R., Guhathakurta P., Kim D.-W., Jura M. A., 1989, *ApJS*, 70, 329
- Kokusho T., Kaneda H., Bureau M., Suzuki T., Murata K., Kondo A., Yamagishi M., 2017, *A&A*, 605, A74
- Kokusho T., ve diğ., 2019, *A&A*, 622, A87
- Małek K., ve diğ., 2018, *A&A*, 620, A50
- Murakami H., ve diğ., 2007, Publications of the Astronomical Society of Japan, 59, S369
- Pahre M. A., Ashby M., Fazio G., Willner S., 2004, The Astrophysical Journal Supplement Series, 154, 229
- Phillips M. M., Jenkins C. R., Dopita M. A., Sadler E. M., Binette L., 1986, *AJ*, 91, 1062
- Poglitsch A., ve diğ., 2010, *A&A*, 518, L2
- Serra P., ve diğ., 2012, *MNRAS*, 422, 1835
- Skrutskie M., ve diğ., 2006, The Astronomical Journal, 131, 1163
- Sulentic J. W., Tifft W. G., Dreyer J. L. E., 1973, The revised new catalogue of nonstellar astronomical objects. University of Arizona Press
- Tielens A., Hony S., Van Kerckhoven C., Peeters E., 1999, ESA-SP, 427
- Toribio M. C., Solanes J. M., Giovanelli R., Haynes M. P., Martin A. M., 2011, *ApJ*, 732, 93
- WISE Team 2020, WISE All-Sky Source Catalog, NASA IPAC DataSet, IRSA142, doi:10.26131/IRSA142
- Wardle M., Knapp G. R., 1986, *AJ*, 91, 23
- Werner M. W., ve diğ., 2004, The Astrophysical Journal Supplement Series, 154, 1
- Wright E. L., ve diğ., 2010, *AJ*, 140, 1868
- Xilouris E. M., Madden S., Galliano F., Vigroux L., Sauvage M., 2004, Astronomy & Astrophysics, 416, 41
- Yıldız M. K., Serra P., Oosterloo T. A., Peletier R. F., Morganti R., Duc P.-A., Cuillandre J.-C., Karabal E., 2015, *MNRAS*, 451, 103
- Yıldız M. K., Serra P., Peletier R. F., Oosterloo T. A., Duc P.-A., 2017, *MNRAS*, 464, 329
- York D. G., ve diğ., 2000, The Astronomical Journal, 120, 1579
- Young L. M., ve diğ., 2011, *MNRAS*, 414, 940
- Yu N., Ho L. C., Wang J., Li H., 2022, *ApJS*, 261, 21
- de Zeeuw P. T., ed. 1987, Structure and dynamics of elliptical galaxies Proceedings of the 127th International Astronomical

Union (IAU) Symposium Vol. 127, doi:10.1007/978-94-009-3971-4.

Access:

M25-0341: *Turkish J.A&A* — Vol.6, Issue 3.