

M101 YILDIZ ALANININ GELİŞTİRİLMİŞ DÖNUŞÜM FORMÜLLERİ İLE İNCELENMESİ

GÜNGÜR, S. ; KARAALI, S.

İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi
Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü
34452 Universite-iSTANBUL

1. RGU FOTOMETRİSİ

M101 yıldız alanının incelenmesine geçmeden önce bu çalışmanın daha iyi anlaşılabilmesi için RGU Fotometrisi, Fotoğrafik Steinlin Sistemi ve Fotoğrafik Buser Sistemi hakkında bilgi vermek yararlı olacaktır.

Çalışmalarda kullanılan çeşitli fotometri sistemleri vardır. Bunlardan biri olan RGU Fotometrisi, bir geniş band fotometrisi olup Becker (1938) tarafından galaksinin yapısının incelenmesi amacıyla kurulmuştur. Fotoelektrik UBV Fotometrisinin tersine fotoğrafik olarak tanımlanmıştır. Bundan dolayı plakların ölçülmesinden elde edilen iris okumalarını kadırlere dönüştüren kararma eğrileri Johnson ve Morgan'ın (1953) UBV fotometri sistemi aracılığı ile çizilebilmektedir. Bu yüzden RGU Fotometrisi, UBV Fotometrisine bağlıdır. Ancak 1983' te R,G,U kadırlarının fotoelektrik yöntemle ölçülmesine başlanmış olup deneme safhasındadır. Iris okumalarını kadırlere dönüştüren kararma eğrilerinin çizimi için standart yıldızların fotoelektrik yolla tayin edilen U,B,V kadırları R,G,U kadırlarına dönüştürülmektedir.

2. FOTOĞRAFİK STEINLIN SİSTEMİ

U,B,V kadırlarını R,G,U kadırlarına dönüştüren formüller zamanla geliştirilmiştir. 1968'de Steinlin (1968), Arp'in 1958 de elde ettiği U-B, B-V iki renk diyagramını, Becker'in deneysel olarak bulduğu U-G, G-R iki renk diyagramına görüntüleyecek şekilde, dönüşüm formüllerini bulmuştur. Bu dönüşüm formülleri cetvel 1 de verilmiştir. Steinlin'in dönüşüm formüllerinin kullanılmasında bir noktayı belirtmek gereklidir; o da kırmızı yıldızlar için ($B-V > 1^m.0$) bu formüller uygulandıktan sonra G ve R kadırlarına sırası ile $-0^m.22$ ve $-0^m.15$ kadırlık bir düzeltme yapılması gereğidir.

R,G,U kadırları tayin edilen alan yıldızları, ordinat ekseniinde U-G ve apsis ekseniinde G-R renk indeksi bulunan bir diyagrama yerleştirilirler ki bu diyagrama "iki-renk diyagramı" denir. Bu diyagram G_1 , G_2 görünün kadir aralıklarına göre çizilir ($G_1 < G_2$). Steinlin sis-

temindeki iki renk diyagramı, Güneş ile incelenen yıldız alanı arasındaki absorpsiyon bulutunun (veya bulutlarının) uzaklığını ve bulutun sebep olduğu absorpsiyon miktarının bulunmasında kullanıldığı gibi yıldızların disk (PopI), halo (PopII) ve geç tipten devler şeklinde populasyon tiplerine ayrılması ile bunların mutlak kadirleriinin tayininde de kullanılır. Böyle, örnek bir iki renk diyagramı şekil 1 de gösterilmiştir. Disk anakol yıldızları şekilde görülen eğri üzerinde bulunurlar. Halo anakol yıldızları ise, bilindiği gibi metal bakımından fakir yıldızlar olup, disk yıldızlarına göre morötesi (ultraviolet) fazlalığı gösterirler. Bu fazlalık derecesine göre yıldız şekilde gösterildiği gibi disk yıldızlarının yukarısında bulunur. Geç tipten devler ise şekildeki eğrinin sol alt ucunda bulunurlar. Bunların disk anakol yıldızlarından ayrimi "boşluk kriteri" ile yapılır. Ancak G de ki limit kadir daha sönük ve galaktik enlem daha büyük olduğu takdirde bu özellik kaybolmakta, mutlak kadir bakımından sönük anakol yıldızları ile geç tipten devler karışmaktadır ve hatta eğrinin sağ tarafında bile dev yıldızlar bulunabilemektedir.

Steinlin sisteminde mutlak kadirlerin tayini ise şöyle yapılır: Bir disk anakol yıldızının mutlak kadirı, yıldızın anakol eğrisine en yakın olduğu noktadaki MCG mutlak kadiridir; halo anakol yıldızları metal bakımından fakir olup aynı mutlak kadirdeki bir disk anakol yıldızına göre eğrinin yukarısında bulunduğuundan, bunların mutlak kadirı, yıldız "blanketing vektörü" boyunca aşağıya, disk anakol yıldızlarının bulunduğu eğriye kadar kaydırılarak bulunur.

Mutlak kadirler bulunduktan sonra yoğunluk fonksiyonları çizilir. Güneşten itibaren belirli uzaklık aralıklarına karşılık gelen hacimler hesaplanır ve bu uzaklık aralıklarındaki yıldız sayısı bu hacimlere bölünür; elde edilen değerin logaritması ile sözkonusu uzaklık aralıkları arasındaki bağıntı yoğunluk fonksiyonunu verir. $D = \log D + 10$, $D = N / \Delta V$ Steinlin sisteminde yoğunluk fonksiyonları disk ve halo yıldızları ile geç tipten devler için ve birleştirilmiş (disk + halo) olarak ayrı ayrı hesaplanır. Disk anakol yıldızları ile geç tipten dev yıldızların kısa uzaklıklar için bulunan yoğunluk değerlerinin doğruluğu, Güneş civarı için Gliese (1969) tarafından tayin edilen yoğunluk değerleri ile karşılaştırılarak sureti ile kontrol edilir. Bundan başka galaksi düzlemine dik doğrultuda çeşitli z uzaklıklarında bulunan yıldızların spektrumlarını tayin etmek sureti ile hesaplanan yoğunluk değerleri de karşılaştırmada bir ölçü olarak kullanılır. (Allan, 1973; Scheffer ve Elsasser, 1965; Upgren, 1963)

3. GALAKSİ MODELLERİ

1980'li yılların ortalarına doğru, elde edilen uzay yoğunluk değerleri, galaksi modelleri ile karşılaştırıl-

maya başlanmıştır. Bu galaksinin yapısı ile ilgili çalışmalarında yeni bir evredir. Şu ana kadar ortaya konan Üç galaksi modeli vardır:

- 1) Bahcall-Soneira modeli,
- 2) Üç Bileşenli Gilmore-Wyse modeli,
- 3) Dört Bileşenli Gilmore-Wyse modeli.

Modellere ait parametreler cetvel 2 de verilmiştir.

Çok bileşenli galaksi modelleri ile uzay yoğunluk değerlerinin karşılaştırılması ile ilgili ilk çalışmalar, del Rio ve Fenkart (1987) ile Fenkart ve Karaali (1987) tarafından yapılmıştır. Ayrıca Fenkart, Basel Halo Programı'ndaki yıldız alanlarını da modellerle karşılaştırmıştır (Fenkart, 1989 a,b,c,d). Bu çalışmalarda Steinlin dönüşüm formülleri ve iki renk diyagramı kullanılmıştır. Gözlemeel veriler ile çeşitli modellerin karşılaştırılması sonucunda ince disk ve halo arasında bir ara popülasyon olan "kalın disk" i içeren Gilmore-Wyse'in (1985) dört bileşenli modeli en iyi model olarak seçilmiştir.

Ancak Steinlin'in dönüşüm formüllerinin sistematik bir hata içерdiği anlaşıldığından (Buser, 1978) yeni dönüşüm formüllerine ihtiyaç duyulmuştur. Bu da RGU fotometrisinde yeni bir evrenin başlamasına neden olmuştur.

4. FOTOĞRAFİK BUSER SİSTEMİ

Buser (1978) atmosfer modellerini kullanarak elde ettiği suni spektrumlara ait enerji dağılımları yardımcıla popI anakol yıldızları ve geç tipten devler için cetvel 3 te gösterilen dönüşüm formüllerini bulmuştur. Galaksimizin yapısılarındaki gelişmeleri de dikkate alan Buser, iki renk diyagramını genç ince disk, yaşlı ince disk, kalın disk ve sferoid olmak üzere dört popülasyona ayırmıştır (Buser ve Fenkart, 1990). Bu diyagram tamamen teorik olarak ve yıldız modellerinden yararlanılarak elde edilmiştir. Şekil 2 de etkin sıcaklık ve metal bolluğuına göre kalibre edilmiş böyle bir iki renk diyagramı verilmiştir. Bu iki renk diyagramına göre popülasyon tipleri belirlenen yıldızların mutlak kadirleri yine Buser'in elde ettiği renk kadir diyagramından yararlanılarak bulunur. Bu diyagram şekil 3 te gösterilmiştir. Burada her bir popülasyon tipi için farklı eğriler vardır. Yıldızların G-R renk indeksleri bilindiğinden, yıldız hangi popülasyondan ise, o popülasyona ait eğri kullanılarak yıldızın mutlak kadirı bulunur.

Buser sisteminde iki renk diyagramları yıldızları anakol ve geç tipten yıldızlar olarak ayırimına imkan verdiği gibi, anakol yıldızlarının da ince disk, kalın disk ve sferoid olarak popülasyon tiplerine ayrılmasını sağladığından, bu farklı popülasyon tipleri için ayrı ayrı yoğunluk fonksiyonları elde edilebilir ve bunlar galaksi modelleri ile karşılaştırılabilir.

Burada şunu belirtmekte yarar vardır; Steinlin sisteminde anakol yıldızlarının popülasyon tiplerine ayrılışı, bir miktar, kişiden kişiye değişmektedir. Buser sisteminde ise yıldızların popülasyon tiplerine ayrılışı me-

tal bolluğuna dayanmakta olup objektiftir.

Buser sistemi ilk defa 1987'de Fenkart ve Karaali tarafından (1990) galaktik koordinatları $\ell = 4^\circ$, $b = +47^\circ$ olan M5 yıldız alanına uygulanmış, birleştirilmiş model eğrilerinin birleştirilmiş gözlemlisel veriler ile uyuştuğu fakat bileşenler için ayrı ayrı yapılan karşılaştırmada aynı uyumun olmadığı görülmüştür. Mutlak olarak sonuç kadir aralıkları içinör; $MCG = 6^m - 7^m$ de, özellikle kalın disk ve sferoid bileşenlerinde, daha fazla yıldız var ve bu aralık için elde edilen yoğunluk değeri Gliese'in değerinden yüksektir. Buna karşılık daha parlak kadir aralıklarında ise az yıldız var ve bu aralıklar için elde edilen yoğunluk değerleri Gliese'in değerlerinden düşüktür. Daha sonra bu uyumsuzluğun diğer alanlarda da olup olmadığını anlamak için Karaali, aynı yöntemle galaksinin farklı bir doğrultusunda bulunan galaktik koordinatları $\ell = 210^\circ.6$, $b = +32^\circ.2$ olan M67 yıldız alanını inceledi (Karaali, 1990). Bu alanda da aynı uyumsuzluk tespit edilince bunun bir fizik sebebi olması gerektiği düşünülmüşdür. Gerçekten de, yaşılı olan kalın disk ve sferoid yıldızlarının bir kısmı daha parlak anakol yıldızı evresine veya alt dev koluna evrimleşmiş olabilirler.

$MCG > 6^m$ mutlak kadirlerindeki kalın disk ve sferoid yıldızları için gözlemlerden bulunan yoğunluk değerleri, model eğrilerinden çok fazla idi. $MCG = 10^m$ mutlak kadirine kadar hesaplanan yoğunluk fonksiyonları, güneş civarında çok sayıda kalın disk ve sferoid yıldızı bulumasını gerektiriyordu; bu ise mümkün değildir. Modellerin öngördüğü güneş civarındaki yoğunluk değerleri,

$$\text{ince disk : kalın disk : sferoid} = 1.2 : 0.02 : 0.001$$

Bu durumda kalın disk ve sferoid yıldızlarından bir kısmının evrimleşmiş olabileceği (özellikle yakın yıldızların) düşüncesi deneysel olarak ilk defa M67 alanına uygulanmış ve iyi bir sonuç alınmıştır. Böylece "evrimleşmiş yıldız" kavramı literatüre girmiş oldu. Ancak bu gibi deneysel çalışmaların fiziki esaslara dayandırılması gereklidir ve bunun üzerinde çalışılmaktadır.

Bu çalışmamızda, M101 doğrultusunda galaktik koordinatları $\ell = 101^\circ$, $b = +60^\circ$ olan, $G = 19^m.5$ limit kadiré kadar 1806 yıldız içeren 2 derece karelük yüksek enlemli bir yıldız alanı incelendi. Bu alanda da diğer çalışmaların uyumsuzluk gözlendi. Kalın disk ve sferoid yıldızlarının evrimleşmiş olması varsayımlı altında güneş civarına ait yoğunluk değerleri $4^m < MCG \leq 5^m$ aralığı hariç (bu aralık evime duyarlıdır) iyi düzeye ulaşır ve gözlemlenen uzay yoğunluk değerleri Gilmore-Wyse (1985) modeli ile uyuşur. Bu çalışma ile ilgili örnek diyagramlar şekil 4 ve 5 te gösterilmiştir.

Ayrıca çalışmalarında ışıma gücü fonksiyonları da elde edilir. "Işıma gücü fonksiyonu" belirli bir uzaklık aralığı için hesaplanan yıldız yoğunluğu ile MCG mutlak kadir arasındaki bağıntıdır. Söz konusu uzaklık aralığı yine genellikle güneş civarı alınır. Yıldız alanımız için

böyle bir bağıntı şekil 6 da verilmiştir. Şekil de görüldüğü gibi evrimleşmemiş durumda $6^m - 7^m$ aralığında güneş değerleri Gliese değerinden fazla, $3^m - 4^m$ aralığında ise azdır. Evrimleşmiş durumda, $4^m - 5^m$ aralığı hariç iyi bir uyum vardır.

5. SONUÇ

Buser sisteminin bir uygulaması olan bu çalışmada gözlemlisel yoğunluk değerleri Gilmore-Wyse modeline ait eğrilerle karşılaştırılmış ve yıldızlardan bir kısmının evrimleşmiş olduğu varsayımu altında, birleştirilmiş yoğunluk değerlerinden başka galaksinin farklı bileşenlerine ait değerlerinde modeller ile uyuştuğu, ışima gücü fonksiyonunun da Gliese'inki ile uyuştuğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar cetvel 4 te verilmiştir.

REFERANSLAR

- Allan, C. W. , 1973, *Astrophysical Quantities*, 3. Edit.
250.
- Becker, W. , 1938, *Zs. Astrophys.* 15, 225.
- Buser, R. , 1978, *Astron. Astrophys.* 62, 425.
- Buser, R. , Fenkart, R. P. , 1990, *Astron. Inst. Univ. Basel Preprint Series No. 41.*
- Fenkart, R. P. , 1989a, *Astron. Astrophys. Suppl.* 78, 217.
- Fenkart, R. P. , 1989b, *Astron. Astrophys. Suppl.* 79, 51.
- Fenkart, R. P. , 1989c, *Astron. Astrophys. Suppl.* 80, 89.
- Fenkart, R. P. , 1989d, *Astron. Astrophys. Suppl.* 81, 187.
- Fenkart, R. P. , Karaali, S. , 1987, *Astron. Astrophys. Suppl.* 69, 33.
- Fenkart, R. P. , Karaali, S. , 1990, (henüz yayınlanmamış).
- Gilmore, G. , Wyse, R.F.G. , 1985, *Astron. J.* 90, 2015.
- Gliese, W. , 1969, *Veröff. Astron. Rechen Inst. Heidelberg*, No. 22.
- Johnson, H.L. , Morgan, W.W. , 1953, *Astrophys. J.* 117, 313.
- Karaali, S. , 1990, (henüz yayınlanmamış).
- del Rio, G. , Fenkart, R.P. , 1987, *Astron. Astrophys. Suppl.* 68, 397.
- Scheffer, H. , Elsasser, H. , 1965, *Landolt-Börnstein*, Ed. by H.H. Voight, VI, 1, 612.
- Steinlin, U.W. , 1968, *Zs. Astrophys.* 69, 276.
- Upgren, A.R. , 1963, *Astron. J.* 68, 475.

Z. ASLAN: M67 bir açık küme, o alanda kümeyi elemanları yıldız alanındaki istatistiği bozmuyor mu? Onları birbirinden nasıl ayıriyorsunuz?

S. KARAALI: M67 kümeyi hemen yanında değil, o doğrultuda olduğu için bu ismini verdik. Küme yıldızları alanın içinde yok. Praesep'e küme yıldızları alan yıldızlarını etkiledi ve çok büyük değerler elde ettik. O zaman alanın küme yıldızlarından etkilendiğini anladık. Küme yıldızlarını verilen yöntemlerle ayırdık.

Cetvel 1. Steinlin (1968) in Denizüm Formülleri

$$\begin{aligned} R &= V - 0.04(U-B) - 0.22(B-V) - 0.32 - 0.39 E(B-V) + 0.03 E^2(B-V) \\ G &= V - 0.08(U-B) + 0.93(B-V) - 0.12 E(B-V) + 0.045 E^2(B-V) \\ U &= U_{UBV} + 1.2t \end{aligned}$$

E(B-V): B-V renk indeksine ait renk eksesi

Cetvel 2. Modelleme Ait Parametreler

Model	Toplam Yögünlik	Parametre	Güneş ait Toplam Yögünlik
B.S. _{U_i} (i=1,2,3)	D(z,l,b) = D ^d _i (z,l,b) + D ^s _i (z,l,b)	n _i = 1 (i=1,2,3), n = 0.002 H ₁ = 0.1 Kpc H ₂ = 0.2 Kpc H ₃ = 0.3 Kpc	1.002
G.W _{III}	D(z,l,b) = $\frac{2}{3} \sum_{i=1}^3 D_i^d(z,l,b) + D^s(z,l,b)$	n ₁ = 0.2, n ₂ = 1, n = 0.001 H ₁ = 0.1 Kpc H ₂ = 0.3 Kpc	1.201
G.W _{IV}	D(z,l,b) = $\sum_{i=1}^3 D_i^d(z,l,b) + D^s(z,l,b)$	n ₁ = 0.2, n ₂ = 1, n = 0.001 n ₃ = 0.02 H ₁ = 0.1 Kpc H ₂ = 0.3 Kpc H ₃ = 1.0 Kpc	1.221

Cetvel 3. Buser (1973) in Dönüştürüm Formülleri

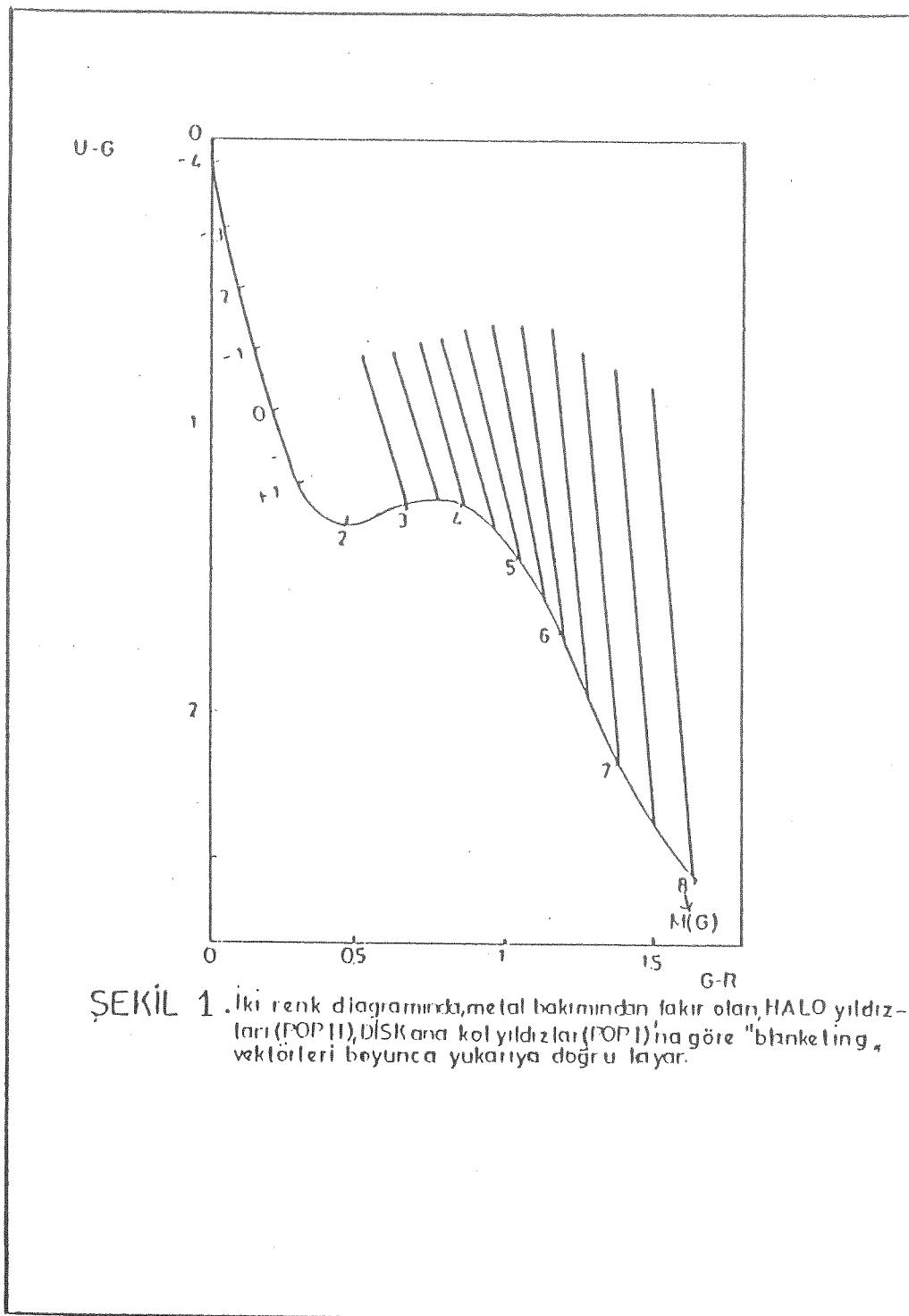
Anakol yıldızları için ;

$$\begin{aligned} U - G &= 1.17(U-B) + 0.15(B-V) + 1^m.24 + \Delta_1 \\ G - R &= 1.22(B-V) - 0.09(U-B) + 0^m.33 + \Delta_2 \\ G &= V + 0.65(B-V) - 0.02(U-B) - 0^m.01 + \Delta_1 \\ U &= V + 1.10(U-B) + 0.80(B-V) + 1^m.23 + \Delta_4 \\ R &= V - 0.57(B-V) + 0.07(U-B) - 0^m.34 + \Delta_5 \end{aligned}$$

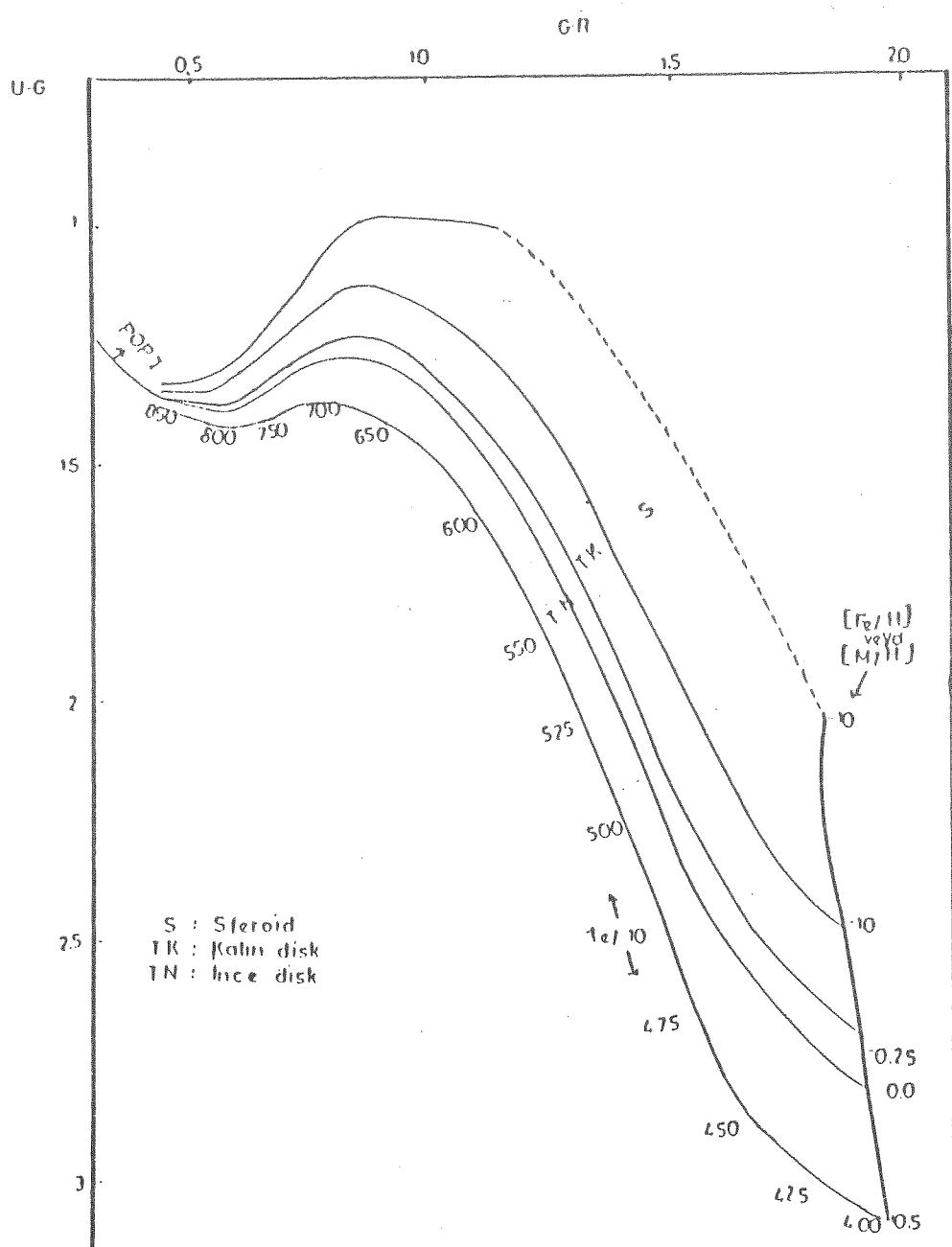
Bu eşitliklerdeki Δ_i ler $\Sigma(B-V)$ renk etisini bir fonksiyonu olup şöyle tanımlanmıştır ;
 $\Delta_i = \alpha_i E(B-V) + \beta_i E^2(B-V) + \gamma_i \Sigma^2(B-V)$ $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ değerleri gerek $(B-V)_0$ renk indeksinin
fonksiyonu olarak cetveller halinde veriliş.

Cetvel 4. M10 Yıldız Alanının Buser ve Steinlin Sisteminde Dört Bilgisiği Günlük G_{B-V}
Modeline Göre Elde Edilen İçme Gücü Pomicayıonu Değerleri

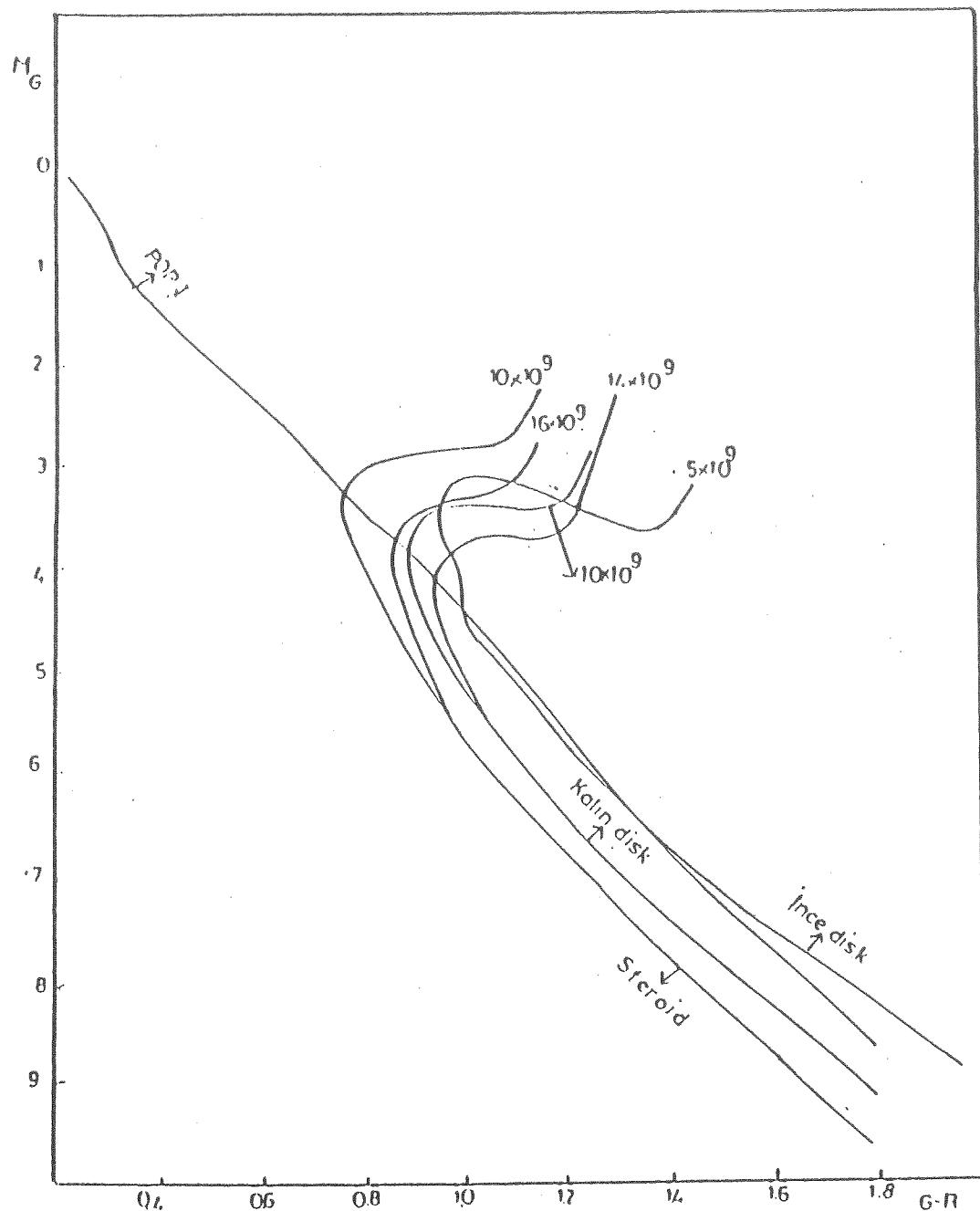
	$M(G)$ Muttak Kadar Aralıkları				
$2^m - 3^m$	$3^m - 4^m$	$4^m - 5^m$	$5^m - 6^m$	$6^m - 7^m$	$7^m - 8^m$
-	6.10	7.01	7.74	7.90	7.66
Steinlin Sistemi					6.55
Buser Sistemi	6.75	7.25	6.75	7.30	7.60
Güneş'in Güneş Değerleri	6.78	7.18	7.41	7.52	7.48
					7.42
					6.64



ŞEKİL 1. İki renk diagramındaki metal bakırından fakir olan, HALO yıldızları (POP II), DISK ana kol yıldızları (POP I)’na göre “blanketing” vektörleri boyunca yukarıya doğru kayar.



ŞEKİL 2. Buse'nin populasyon tiplerine ve metatlitiğe göre kalibre edilmiş teorik iki renk diagramı.



ŞEKİL 3. Buser'in tarklı populasyonları için teorik renk-kadır diagramı.

