



**Multi-Object Spectroscopy (MOS) ile Tayfsal Gzlem Kılavuzu**

**Hazırlayan**

**Dr. İrek HAMİTOĞLU**

**OĐuzhan OKUYAN**

**Haziran 2020**

**Antalya**

## Multi-Object Spectroscopy (MOS) ile Tayfsal Gözlem Kılavuzu

Çok yarıkli maskelerle yapılan gözlemler temelde 4 ana adımdan oluşmaktadır. Bunlar aşağıda sıralanmıştır. Bu dokümanda sırası ile açıklanacaktır.

1. Maske alanının konumsal ince ayarı
2. Teleskopun yönlendirmesi (pointing)
3. Kalibrasyon görüntüleri
4. Bilimsel gözlemler

### 1. Maske Alanının Konumsal İnce Ayarı

Çok yarıkli tayfsal gözlemler için *TFOSC* yarık tekerleğinde 2 tane yuva kullanılmaktadır (*RotMaskA*, *RotMaskB*). Bu yuvalar içine önceden hazırlanmış delikli maskeler yerleştirilir. Maske değiştirme prosedürü, maske ile çerçeve uygun sokete takmasıyla, yaklaşık 1 dakika gibi kısa bir süre almaktadır. Gözlem sürecini hızlandırmak amacıyla 4 çerçeve yapılmıştır. Maske ile birlikte iki halka gözlem öncesi ilgili yuvalara monte edilir ve maskeli kalan iki parça değiştirilmek üzere hazırlanır. Ortalama olarak bir maske ile gözlemlere yaklaşık 2 saat harcanır. 4 biniş halkası kullanıldığında ise tüm gözlem gecesi bitmiş olur. Böylece, iki maske ile gözlem yapıldıktan sonra, gözlemevinin teknik personeli kısa sürede kullanılan maskeleri iki adet yeni maske ile değiştirecektir. Gözlemci, önemli ölçüde gözlemsel zaman kaybı olmadan, gözlem yapmaya devam edebilecektir. Dönme ve sokete tutturulan çerçevenin mekaniği gereği alan 10 yay dakikalık hassaslıkla el ile yerleştirilebilmektedir. Kullanılan CCD alanının doğrusal bir ölçeğinde, yaklaşık 20 mm, bu dönüş 60 mikrona kadar bir konum hatasına yol açacaktır. Bu sapma, yaklaşık 2 yay saniyeye denk gelen 100 mikron boyutu deliklerde önemlidir, ancak büyük boyutlarda daha az etkilidir. Görüşün 2 yay saniyesi olduğu gecelerde 200 mikronluk deliklerden geçen gök kaynaklarının akısı konumsal hatadan etkilenmeden alınabilecektir. Bu dönüşü ortadan kaldırmak için özel bir yazılım paketi ve *MDU* (**M**ask **D**river **U**nit) ekipmanı geliştirilmiştir.

*Raspberry PI Board* ([pi@193.140.96.92](mailto:pi@193.140.96.92)) kartına dayalı *MDU* yönetimi uzaktan bağlantı ile sağlanmaktadır. Tablo 1'de temel *MDU* komutları gösterilmektedir.

Tablo 1. Temel *MDU* komutları

Task	Example	Description
Move the Forward Relative Position A/B on X steps	mdu /dev/ttyUSB forward A 100	Rotate the mask in the RotMaskA socket on 100 steps clockwise
Move the Rear Relative Position A/B on X steps	mdu /dev/ttyUSB rear B 1500	Rotate the mask in the RotMaskB socket on 1500 steps counterclockwise
Move the Forward Relative Position A/B on X arcsec	mdu /dev/ttyUSB forward A 60 arcsec	Rotate the mask in the RotMaskA socket on 60 arcsec clockwise
Move the Rear Relative Position A/B on X arcsec	mdu /dev/ttyUSB rear B 120 arcsec	Rotate the mask in the RotMaskB socket on 120 arcsec counterclockwise
1 step = 0.66 arcsec		

*USB*-port adresi *Linux* komutu ile elde edilebilir: **dmesg | grep tty**

*MDU* alanın dönüşünü 1 yay dakikaya kadar ayarlamanızı sağlar.

Alan çevirmesinin ayar algoritması aşağıdaki gibidir:

- a. CCD parametreleri ayarlanır:

```
resetxy
readout 1
preamp 4
bin 1
baselineclamp 1
```

- b. *TFOSC* konfigürasyonu ayarlanır:

```
Mirror      IN
Lamp        FeAr
Slit        RotMaskA/B
FASUA       Empty
FASUB       Empty
Grizm       Empty
Filter      Empty
```

- c. Maske ve *FeAr* lambasıyla bir görüntü alınır: **exp 1**  
d. Tüm delik görüntülerinin *X*, *Y* koordinatları belirlenir.  
e. Bu liste, verilen maske listesi *X0*, *Y0* ile tanımlayıp yay saniye biriminde dönüş miktarı belirlenir.  
f. Pozitif dönüş değerinde *MDU*'nun **forward** komutu, negatif yönde ise **rear** komutu kullanılır.

Bu algoritmayı yürütmek için özel bir komut geliştirilmektedir:

**get\_angle SourceList [A, B]**

## 2. Teleskopun Yönlendirilmesi (Pointing)

Bir maske oluştururken, incelenen alandaki en az bir yıldızın bulunduğu yere delik açılır. Bu seçim aşağıdaki nedenlerden kaynaklanmaktadır:

- i. Maskenin üretim ve alana tam yerleşip yerleşmediğinin kontrolü
- ii. Atmosferik  $H_2O$ ,  $O_2$  moleküler çizgilerdeki soğurmasını hesaba katılması.
- iii. MOS tayflarının akı kalibrasyonu için bir referans tayf olarak yıldızın tayfını kullanılması.

Teleskopu yönlendirmeden önce, CCD referans çerçevesindeki yıldızlara atanan deliklerin konumlarını  $(X,Y)$  görsel olarak tanımlamak amacıyla maskeli bir görüntü elde edilir:

- a. CCD parametreleri ayarlanır:

resetxy  
readout 1  
preamp 4  
bin 1  
baselineclamp 1

- b. **TFOSC** konfigürasyonu ayarlanır:

Mirror	IN
Lamp	FeAr
Slit	RotMaskA/B
FASUA	Empty
FASUB	Empty
Grizm	Empty
Filter	Empty

- c. Maske ve **FeAr** lambasıyla bir görüntü alınır: *exp 1*

Ortaya çıkan görüntü, kaynakları işaretlenen (*ds9*'daki region dosyası) referans görüntüsü ile karşılaştırılır ve referans yıldızla denk gelen deliğin koordinatı belirlenir ( $X_{star}, Y_{star}$ ).

**BIAS2**'ye ait *ds9* arayüzünde yeni bir pencere açılır, görüntü elde etmek için **TFOSC** konfigürasyonu ayarlanır ve *tel\_offset* komutuyla teleskop verilen koordinatlara yönlendirilir.

Komutun formatı aşağıdaki gibidir:

*tel\_offset* HH MM SS.SS DD MM SS.S

Bu komuttaki 3 parametrelilik ilk grup **RA** (sırasıyla saat (HH), dakika (MM) ve saniye (SS.SS)) ile ilgilidir. İkinci 3'lü grup **DEC** (sırasıyla derece (DD), açılal dakika (MM) ve saniye (SS.S)) ile ilgilidir. **RA**, **DEC** yönlendirme bitince CCD'nin merkezine (1024, 1024) karşılık gelecektir.

Görüntü merkezinin koordinatları, maske oluşturma prosedürü (ilk satır) sırasında kullanıcıya sağlanan *template\_mask.txt* dosyasından alınır.

*template\_mask.txt* dosyasında örnek bir giriş aşağıda verilmiştir:

```
# center= 06 03 19.04 +42 17 06.7
# delX,delY= 200 0
06 03 16.67 +42 14 41.2 3510 8596
06 03 13.67 +42 15 18.2 3257 8309
06 03 14.21 +42 15 34.5 3147 8183
```

Bu alana yönlendirmesi için aşağıdaki komut kullanılır:

```
tel_offset 06 03 19.04 +42 17 06.7
```

*tel\_offset* komutunu uyguladıktan sonra elde edilen görüntü, maskenin görüntüsü ile karşılaştırılır ve yıldızın koordinatlardan sapması görsel olarak belirlenir [ $X_{star}, Y_{star}$ ]. Bunu kontrol etmenin en iyi yöntemi ds9'daki görüntülerin “blink” edilmesidir (Blink Frames), klavyedeki **Tab** düğmesine tekrar tekrar basılarak yapılır. Ancak, önce görüntü eşleşme seçeneği ile iki görüntü birbirine ayarlanmalıdır (*Frame/Match/Frame/Image*). Daha hassas bir yönlendirme gerekirse, *coord.par* yarı otomatik hassas yönlendirme komutu kullanılır.

Yakın gelecekte, teleskopu maskeye otomatik olarak yönlendirmek için bir yazılım paketi de hazırlanacaktır. Bununla birlikte, yeni teleskop yönlendirme algoritmasının başarısız olması durumunda, gözlemci yukarıda açıklanan prosedürlere müdahale etme ve gerekli konumsal düzeltmeleri başlatma fırsatına sahip olacaktır.

### 3. Kalibrasyon Görüntüleri

Dispersiyonların pozisyonlarını belirlenmesi, düz alanı dikkate alınması ve 1D tayflarının dispersiyon kalibrasyonun yapılması için kalibrasyon lambalarının: *Halogen, FeAr*, maskeli tayflarını uyumlu Grizm'larla elde edilmesi gerekir.

- Kalibrasyon tayflarının alımını hızlandırmak için görüntüler hızlı okuma modunda alınabilir: *readout 1*.
- Tavsiye edilen görüntü sayısı: 3.
- Tavsiye edilen poz süreleri (*preamp 1* modunda): *Halogen* – 2 s, *FeAr* – 60 s

## 4. Bilimsel Gözlemler

Sönük kaynaklar ( $r > 16.0^m$ ) gözlenirken poz süresinin 1800 saniye olması ve en az 3 adet görüntü alınması önerilir. Pozun uzun sürmesi nedeniyle görüntülerde çok sayıda yüksek enerjili kozmik parçacık olayı gözlemlenecektir. Seri şekilde 3 adet görüntü alarak kozmik ışıklardan arındırma yapılabilir.

Önerilen bilimsel gözlem prosedürü aşağıda açıklanmıştır:

- Hedef gök cisimlerinin ilgili yarıklara tam denk gelecek şekilde yönlendirilmesi; ilgili gözlem gecesindeki seeing göre en iyi odaklamanın yapılması; Yönlendirmede sırasında alınan maskeli ve maskesiz görüntülerin kaydedilmesi
- Kalibrasyon görüntüleri: **Halogen ve FeAr** lamba tayfları alınır.
- Nesnenin tayfı alınır. Teleskop yönlendirme kalitesinin kontrolü için her pozlamadan sonra teleskopun konumunu kontrol edilir. Herhangi bir kayma olması durumunda kaynakların yarıklara tam oturtulması sağlanır.
- Serinin sonunda yönlendirme kalitesinin kontrolü için bir kez daha alanın filtresiz (grism ve mask kullanmadan) görüntüsü alınır.
- Akı kalibrasyon için uzun yarıkla standart yöntemle (slit100 + G#15) alandaki referans yıldızın tayfı alınır. Referans yıldız için uygun standart spektrofotometrik yıldız:

<https://www.eso.org/sci/observing/tools/standards/spectra/stanlis.html>

Bu gözlemler (akı kalibrasyonu ve standart yıldız gözlemi) MOS gözlemlerinden farklı bir günde gerçekleştirilebilir. RTT150 TFOSC sisteminde kullanılan G#15 iki order'lı olması nedeniyle standart yıldızın tayf türüne dikkat edilmesi gerekir. Eğer projedeki dalga boyu aralığı 7000Å aşılırsa erken tür yıldızlar gözlenemez. Bu tür kaynaklar için tavsiye edilen standart yıldızlar:

Star Name	RA (2000)	Dec	V mag.	Spec
<a href="#">G158-100</a>	00 33 54.32	-12 07 57.1	14.89	dG-K
<a href="#">LTT1020</a>	01 54 49.68	-27 28 29.7	11.52	G
<a href="#">HZ4</a>	03 55 21.70	+09 47 18.7	14.52	DA4
<a href="#">LB227</a>	04 09 28.76	+17 07 54.4	15.34	DA4
<a href="#">G60-54</a>	13 00 09.53	+03 28 55.7	15.81	DC
<a href="#">G138-31</a>	16 27 53.59	+09 12 24.5	16.14	DC
<a href="#">G24-9</a>	20 13 56.05	+06 42 55.2	15.72	DC
<a href="#">LTT9239</a>	22 52 40.88	-20 35 26.3	12.07	F
<a href="#">LTT9491</a>	23 19 34.98	-17 05 29.8	14.11	DC
<a href="#">GD248</a>	23 26 06.69	+16 00 21.4	15.09	DC