
Extraindo informações de espectros de galáxias com o código STARLIGHT

Paula Coelho • pcoelho@usp.br

Elaborado para a disciplina AGA0299 - Junho 2015, versão 1.0

Neste exercício, utilizaremos o código STARLIGHT (Cid Fernandes et al. 2005) para extrair informações de população estelar em espectros integrados de galáxias.

1 Introdução

O STARLIGHT é um código escrito por pelo Prof. Dr. Roberto Cid Fernandes e equipe, da Universidade Federal de Santa Catarina em Florianópolis. Em linhas gerais, o STARLIGHT analisa um espectro observado integrado de uma galáxia (chamada de O_λ no manual), comparando-o pixel-a-pixel a um conjunto de modelos de populações estelares simples (daqui em diante chamadas de SSP, do inglês *Simple Stellar Populations*). Na verdade, as aplicações possíveis do STARLIGHT são bem mais gerais do que isso, mas nesta atividade vamos nos focar apenas na aplicação citada acima. O código irá procurar a combinação de SSPs que melhor descrevem o espectro observado da galáxia. O melhor ajuste é descrito por uma somatória de SSPs, $M_\lambda = \sum x_j \times SSP_i$, onde x_j é chamado de vetor população, que especifica o percentual de luz de cada SSP_{*i*} usado para reproduzir O_λ .

O código é público e pode ser obtido neste endereço: <http://astro.ufsc.br/starlight/>. Uma versão do STARLIGHT já está instalada para esta atividade, mas para seguir esse tutorial, você precisará baixar o Manual de Uso do STARLIGHT http://www.starlight.ufsc.br/papers/Manual_StCv04.pdf e o artigo Coelho et al. (2009) <http://adsabs.harvard.edu/abs/2009MNRAS.396..624C>. Faremos aqui uma análise muito semelhante ao que foi feito em Coelho et al. (2009), analisando espectros de galáxias obtidos do Sloan Digital Sky Survey¹ e aglomerados globulares galácticos de Schiavon et al. (2005). Os modelos de SSPs que utilizaremos são os de Vazdekis et al. (2010).

2 Atividades práticas

Vamos executar a seguinte seqüência de passos:

1. Inspecionar visualmente uma pequena amostra de espectros de galáxias e aglomerados aglomerados

¹<http://www.sdss.org>

2. Inspecionar visualmente os espectros de populações estelares simples (chamados de ‘Base’ pelo STARLIGHT)
3. Rodar um exemplo do STARLIGHT
4. Rodar o STARLIGHT para nossa amostra de galáxias e aglomerados
5. Ilustrar os resultados
6. Calcular parâmetros médios da população estelar
7. Criar CMD para algumas dessas populações

2.1 Passos iniciais

Inicialmente será necessário entrar na máquina onde o STARLIGHT está instalado, e copiar para seu próprio diretório os arquivos que serão usados. Abra um terminal e digite o comando abaixo (a password é `guest12#`):

```
ssh -X guest@10.180.2.211
```

Em seguida entre no seu diretório e copie os arquivos do STARLIGHT:

```
cd <seu_nome>  
cp -r ~/paula/* .
```

2.2 Visualizando os espectros de galáxias e de modelos

Nos sub-diretórios `espectros` e `miles9.1` estão os arquivos dos espectros observados e espectros de modelos, respectivamente. Você pode ver quais arquivos estão em cada diretório com o comando `ls`:

```
ls espectros/*
```

```
ls miles9.1/*
```

A listagem de parâmetros dos modelos (idades e metalicidades) pode ser vista no arquivo `Base.MILES9.1`. A descrição deste arquivo é dada na seção 4.3.1 do Manual. Você pode olhar o conteúdo deste arquivo digitando no terminal:

```
gedit Base.MILES9.1 &
```

Q1. Use o seu aplicativo preferido para gráficos (ex. TOPCAT, GNUPlot, rotinas de Python, Excel...) para inspecionar os espectros observados. Você consegue visualmente classificar os espectros em ordem de idade da população estelar?

Q2. No diretório dos modelos, visualize modelos de idades bem diferentes. Você consegue atribuir uma idade aproximada a cada espectro observado?

2.3 Rodando o STARLIGHT

Para rodar o STARLIGHT é necessário um arquivo de entrada que indicará os arquivos a serem usados e algumas outras configurações. Um exemplo de arquivo de entrada é o `grid_example1.in`. Abra esse arquivo com o `gedit`, e leia a explicação na seção 4.5 do Manual. Para rodar esse arquivo de exemplo, digite no terminal:

```
./StarlightChains_v05.exe < grid_example1.in
```

O STARLIGHT começara a rodar, analisando os dois espectros que estão listados no arquivo. Os arquivos de saída aparecerão no seu diretório com a extensão `.out`. A descrição completa do arquivo de saída é dada na seção 6 do Manual. As informações mais importantes para nós são o bloco chamado “Synthesis Results - Best model” (pág. 22 do Manual) e o bloco “Synthetic spectrum” (pág 24).

Em seguida, crie um novo arquivo de entrada para o STARLIGHT:

```
cp grid_example1.in grid_example2.in
```

e edite-o (abra com o comando `gedit`, como já fez anteriormente) pra conter todos os espectros observados no diretório espectros. Após alguns (vários) minutos, o STARLIGHT irá gerar um arquivo de saída para cada espectro observado.

2.4 Ilustrando os resultados

Q3. Use seu programa de gráficos preferido para ilustrar o ajuste do espectro e as misturas de populações. No arquivo de saída isso corresponde aos blocos “Synthetic spectrum” e “Synthesis Results”, mencionados anteriormente.

Passos:

- plotar alguns espectros observados e seu ajuste de modelo (veja exemplo na Figura 2 a 4 em Coelho et al. 2009)
- plotar a distribuição de idades encontradas nos espectros (*Age Distribution Function*, ADF, Figura 6 em Coelho et al. 2009)
- plotar a distribuição de metalicidades encontradas nos espectros (*Metallicity Distribution Function*, MDF, Figura 7 em Coelho et al. 2009)

Q4. Calcule as idades e metalicidades médias de cada população estelar (veja a seção 4.3 de Coelho et al. 2009).

Q5. Classifique as galáxias em ordem crescente de idade média. Os resultados do STARLIGHT coincidem com sua análise visual feita para a Q1?

2.5 Construção de CMDs

Agora que temos a mistura de populações que descrevem essas galáxias, podemos fazer um paralelo com nossa segunda atividade do semestre onde construímos diagramas cor-magnitude (CMD do inglês *Color-Magnitude Diagrams*). Para tal, iremos utilizar um serviço `web` que gera o CMD de populações estelares simples, disponível em <http://www.astro.yale.edu/demarque/SCMD/cgi-bin/SCMD.cgi>.

Q6. Escolha 2 galáxias da sua amostra. Para cada uma delas, veja quais são as 2 ou 3 principais SSPs que melhor descrevem o espectro integrado, conforme dadas pelo STARLIGHT. Use os parâmetros dessas SSPs para construir CMD para essas 2 galáxias. Elas se assemelham a alguma população da nossa Galáxia, que você tenha visto com o TRILEGAL na segunda atividade do semestre?

Referências

- Cid Fernandes, R., Mateus, A., Sodré, L., Stasińska, G., & Gomes, J. M. 2005, MNRAS, 358, 363
- Coelho, P., Mendes de Oliveira, C., & Cid Fernandes, R. 2009, MNRAS, 396, 624
- Schiavon, R. P., Rose, J. A., Courteau, S., & MacArthur, L. A. 2005, ApJS, 169, 163
- Vazdekis, A., Sánchez-Blázquez, P., Falcón-Barroso, J., et al. 2010, MNRAS, 404, 1639