
Pink Floyd

F4191: Praktikum z astronomie 2

Artem Gorodilov

1. ledna 2025

1. Abstrakt

V této práci jsem vytvořil sRGB obraz loga vynikajícího alba Pink Floyd The Dark Side of the Moon ze snímků pořízených CCD kamerou ve třech BVR filtroch.

Výpočty byly provedeny pomocí skriptu v Pythonu^[2].

2. Úvod

2.1. Pink Floyd

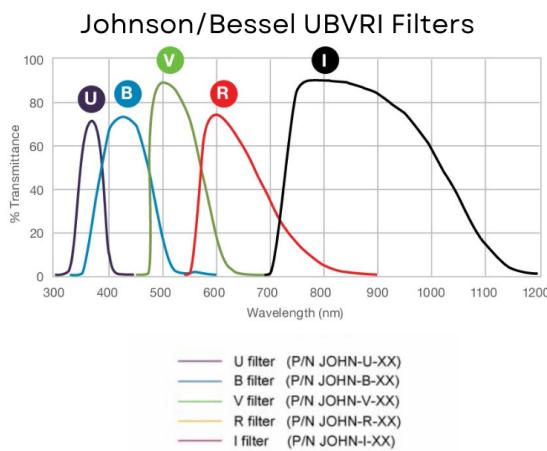
Pink Floyd je britská rocková skupina, která vznikla v roce 1965. Je známá svými konceptuálními albami a progresivním rockem. Jedním z nejznámějších alb skupiny je The Dark Side of the Moon, které bylo vydáno v roce 1973. Obal alba byl navržen Stormem Thorgersonem a Hipgnosis (viz. obr 1) a je považován za jedno z nejlepších alb všech dob. A s pisničkou Time je to prostě bomba.

2.2. Johnson BVR

Johnsonův BVR^[1] systém je fotometrický systém používaný k měření jasnosti hvězd ve třech specifických pásmech: B (blue, modré), V (visual, viditelné) a R (red, červené) (viz. obr 2). Tyto filtry odpovídají různým částem spektra: modrému světlu (410 nm), zelenému světlu blízkému



Obrázek (1) Obal alba zobrazuje světlo lámající se v trojúhelníkovém disperzním hranolu.



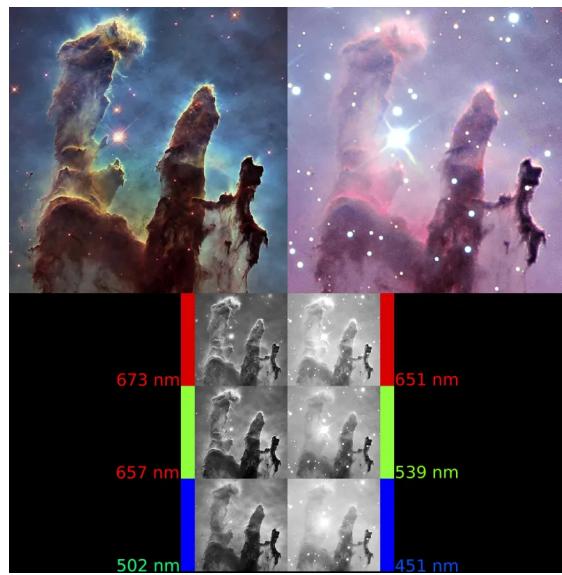
Obrázek (2) Johnsonův UBVRI systém.

lidskému vnímání (550 nm) a červenému světlu (700 nm).

Důležitost BVR systému spočívá v jeho schopnosti přesně zaznamenat světlo z astronomických objektů přes různé filtry, což umožňuje rekonstruovat barevné obrázky. Kombinací snímků z jednotlivých filtrů lze vytvořit věrný barevný obraz, který odpovídá skutečnému vzhledu objektů (viz. obr 3). Tento postup nejen poskytuje esteticky působivé snímky, ale také slouží jako cenný nástroj pro studium fyzikálních vlastností hvězd, galaxií a mlhoven, jako jsou jejich teplota, složení a rozložení prachu.

2.3. CIE 1931

CIE 1931^[3] barevný systém je jedním z prvních matematických modelů pro popis lidského vnímání barev. Založen je na třech primárních barvách (X, Y, Z), které nejsou skutečnými barvami, ale matematickými konstrukcemi. Hodnota Y odpovídá jasu (luminance), zatímco X a Z reprezentují barevné informace (chromaticity). Barevný prostor CIE 1931 zahrnuje všechny barvy, které průměrný člověk dokáže vidět,



Obrázek (3) “Pillars of Creation” in the Eagle Nebula (M16, NGC 6611). The image on the left was taken by the Hubble Space Telescope, the image on the right by the MPG/ESO 2.2-meter telescope.

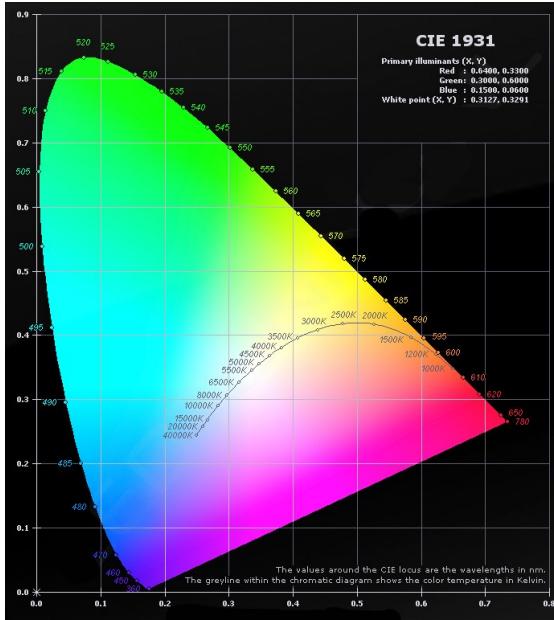
a je často zobrazován jako diagram barevného trojúhelníku (viz. obr 4).

Pro převod z BVR (fotometrický systém) do CIE XYZ používáme transformaci definovanou maticí, která závisí na transmisních vlastnostech filtrů B, V, R a spektrální citlivosti systému XYZ:

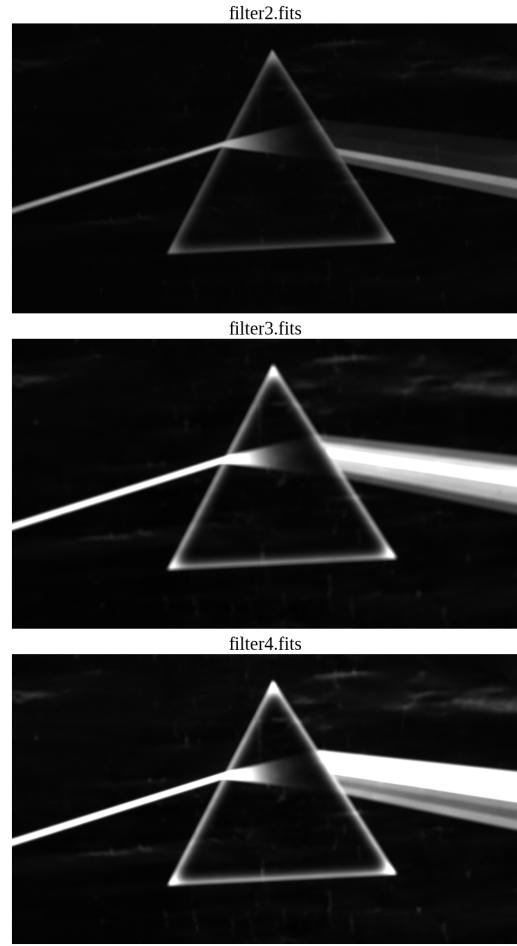
$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.19362 & 0.59315 & 0.31060 \\ 0.08265 & 1.10069 & 0.08009 \\ 1.38826 & -0.11459 & 0.01970 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B \\ V \\ R \end{bmatrix} \quad (1)$$

Hodnoty matice jsou experimentálně určeny a liší se podle použitých filtrů.

CIE XYZ je standardní model a pro převod do RGB barevného prostoru (např. sRGB) se opět používá transformační matice. Pro sRGB prostor je matice následující:



Obrázek (4) CIE 1931 barevný prostor.



Obrázek (5) Snímky plakátu PF TDSotM pořízené ve filtroch B, V, R (zhora dolů).

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.2410 & -1.5374 & -0.4986 \\ -0.9692 & 1.8760 & 0.0416 \\ 0.0556 & -0.2040 & 1.0570 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (2)$$

Výsledné hodnoty R, G, B mohou být mimo rozsah $[0, 1]$, a je potřeba je oříznout na tento interval.

Pro zobrazení na monitorech (které mají nelineární odezvu) je nutné aplikovat gamma korekci. Pro sRGB standard je gamma korekce definována takto:

$$g(x) = \begin{cases} 12.92x, & x \leq \tau, \\ 1.055x^{1/2.4} - 0.055, & x > \tau. \end{cases} \quad (3)$$

kde $\tau = 0.0031308$.

Tento proces se aplikuje na všechny kanály $g(R), g(G), g(B)$. Výsledkem je obraz optimalizovaný pro lidské vnímání na digitálních zobrazovacích zařízeních.

3. Zpracování dat

Ke složení barevného obrazu sRGB jsem použil snímky plakátu PF TDSotM pořízené CCD kamerou ve třech filtroch B, V, R . Všechny snímky měly expozici 1 s. Pro kvalitativní analýzu jsem vybral pouze oblast snímku, kde se nachází plakát. Použité snímky, názvy souborů a jim odpovídající filtry jsou uvedeny na obrázku (5).

Poté jsem vybral oblast pozadí snímku, zjistil medián intenzity pro každý snímek a provedl jeho odečtení. Oblast pozadí je

vidět na obrázku (6). Poté jsem normalizoval BVR snímku tak, aby intenzity jednotlivých pixelů byly v rozmezí [0,1]. K tomuto účelu jsem použil vzorec:

$$I_{\text{norm}} = \frac{I - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \quad (4)$$

kde I_{\min} a I_{\max} jsou minimální a maximální intenzity pixelů v oblasti pozadí.

Poté jsem převedl snímky BVR na XYZ pomocí vzorce (1). Poté jsem získané hodnoty také normalizoval.

Potom bylo nutné vyvážit bílou barvu. Pro tento účel jsem vybral snímek na snímku Y, kde světlo vstupuje do hranolu a má bílou barvu. Vybranou oblast můžete vidět na obrázku (6). Zjistil jsem medián intenzity I_Y v této oblasti a poté jsem podle vzorců vypočítal škálovací koeficienty pro obrazy X a Z:

$$k_X = 0.9505 \frac{I_Y}{I_X}, \quad k_Z = 1.0890 \frac{I_Y}{I_Z} \quad (5)$$

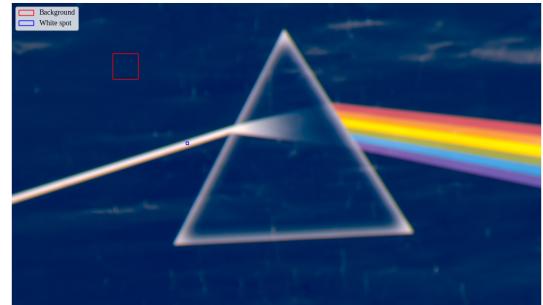
Z toho jsem upravil hodnoty intenzity jednotlivých snímků:

$$I_X = k_X I_X, \quad I_Z = k_Z I_Z \quad (6)$$

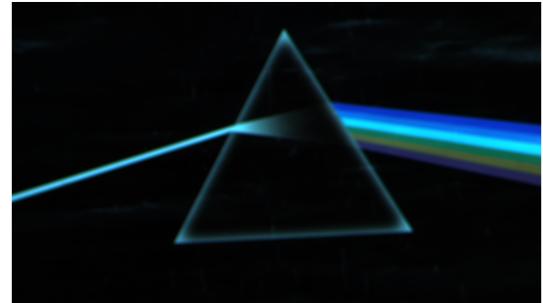
Poté jsem převedl obrázky XYZ na RGB pomocí vzorce (2). Před použitím funkce Gamma jsem se ujistil, že hodnoty intenzity v obrázcích RGB budou v hodnotách [0,1]. K tomuto účelu jsem použil funkci `np.clip(rgb_images, 0, 1)`, která se často používá pro Gamma korekce. Gama korekci jsem provedl podle vzorce (3).

4. Výsledky

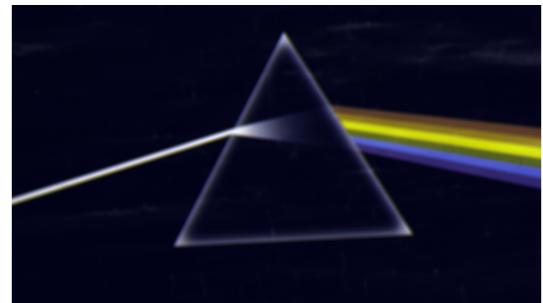
Výsledné sRGB, BVR a XYZ obrazy plakátu PF TDSotM jsou zobrazeny na obrázcích (6), (7) a (8).



Obrázek (6) Výsledný sRGB obraz plakátu PF TDSotM.



Obrázek (7) Výsledný BVR obraz plakátu PF TDSotM (pozadí odečteno).



Obrázek (8) Výsledný XYZ obraz plakátu PF TDSotM.



Obrázek (9) Původní snímek plakátu PF TDSotM pomocí zrcadlovky.

5. Závěr

Výsledné sRGB obrazy jsou věrnými reprezentacemi barev plakátu a zachovávají jeho estetickou hodnotu. Jako reference je uveden obrázek plakátu (9) pořízený zrcadlovkou. Zásadní rozdíl je v pozadí. Na rozdíl od původní barvy plakátu (černá) má pozadí tmavě modrý nádech. Domnívám se, že by to mohlo být způsobeno tím, že světlo, které bylo v tu chvíli v místnosti, mělo teplotu $2700 - 3000$ K a mělo teplocentru žlutou barvu. Potvrzuje to i vysoká intenzita žluté čáry v prizmatem rozloženém spektru ve V a R filtru.

Barevné rozdíly mezi snímky jsou způsobeny různými transmisemi filtrů BVR a spektrální citlivostí lidského oka. Výsledné XYZ obrazy jsou věrnými reprezentacemi barev plakátu v CIE 1931 barevném prostoru. BVR obrazy ukazují intenzitu světla v jednotlivých pásmech a umožňují studium spektrálních vlastností plakátu.

Reference

- [1] H. L. Johnson and W. W. Morgan. Fundamental stellar photometry for standards of spectral type on the Revised System of the Yerkes Spectral Atlas. *ApJ*, 117:313, May 1953.
- [2] PoruchikRzhevsky. Praktikum-z-astronomie. <https://github.com/PoruchikRzhevsky/Praktikum-z-astronomie>.
- [3] T. Smith and J. Guild. The C.I.E. colorimetric standards and their use. *Transactions of the Optical Society*, 33(3):73–134, January 1931.