

Aufgabenblatt 5

Einführung in die Bildverarbeitung

Christian Wilms und Simone Frintrop
SoSe 2020

Ausgabe: 29. Mai 2020 - **Abgabe bis:** 12. Juni 2020, 10:00

abgegeben am 11. Juni 2020 von:

Abdulssatar Khateb (6976879), Merle Hoffmann (7031673), Felix Swimmer (7162123)

Aufgabe 1 — Interpretation von Farbwerten

1. Beschreibt die Farbe jeweils natürlichsprachlich. Geht dabei auf Eigenschaften wie Farbton, Helligkeit und Sättigung ein.

a) Ein heller, nicht sehr gesättigter Pink-Ton.  ✓

b) Ein gesättigtes Blau, weder besonders dunkel noch hell.  ✓ (dunkler als (a))

c) Ein beige-braun, weder dunkel noch hell.  ✓

rot-braun, eher, geringe Sättigung

2. Rechnet die Farbwerte in den jeweils anderen Farbraum (RGB bzw. CMY) um.

a)

$$\begin{bmatrix} 256 \\ 256 \\ 256 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 256 \\ 192 \\ 192 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 64 \\ 64 \end{bmatrix} \quad \checkmark$$

b)

$$\begin{bmatrix} 256 \\ 256 \\ 256 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 64 \\ 128 \\ 256 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 192 \\ 128 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \checkmark$$

c)

$$\begin{bmatrix} 256 \\ 256 \\ 256 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 128 \\ 192 \\ 192 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 128 \\ 64 \\ 64 \end{bmatrix} \quad \checkmark$$

(Werte nur bis 255:)

$$\begin{bmatrix} 255 \\ 255 \\ 255 \end{bmatrix} = 1$$

$$a) \quad \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 255 \\ 255 \\ 255 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 255 \\ 255 \\ 255 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 255 \\ 192 \\ 192 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 64 \\ 64 \end{bmatrix}$$

$$b) \quad \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 255 \\ 255 \\ 255 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 255 \\ 255 \\ 255 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 64 \\ 128 \\ 255 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 192 \\ 128 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$c) \quad \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 255 \\ 255 \\ 255 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 255 \\ 255 \\ 255 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 128 \\ 192 \\ 192 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 128 \\ 64 \\ 64 \end{bmatrix}$$

HSI-Werte im Bereich 0-1

3. Berechnet die den Farbton, die Sättigung und die Intensität der Farbwerte im HSI-Modell.

a)

$$I = \frac{1}{3} \cdot (R + G + B) = \frac{1}{3} \left(\frac{255}{255} + \frac{191}{255} + \frac{191}{255} \right) \approx 0,832$$

$$S = 1 - \frac{3}{R+G+B} [\min(R, G, B)] = 1 - \frac{3}{\frac{255}{255} + \frac{191}{255} + \frac{191}{255}} \left[\min\left(\frac{255}{255}, \frac{191}{255}, \frac{191}{255}\right) \right] \approx 0,100$$

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}} \right] = \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2} \left[\left(\frac{255}{255} - \frac{191}{255} \right) + \left(\frac{255}{255} - \frac{191}{255} \right) \right]}{\left[\left(\frac{255}{255} - \frac{191}{255} \right)^2 + \left(\frac{255}{255} - \frac{191}{255} \right) \left(\frac{191}{255} - \frac{191}{255} \right) \right]^{1/2}} \right] = 0^\circ$$

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B > G \end{cases} = \theta = 0^\circ$$

$$RGB = \begin{bmatrix} 255 \\ 191 \\ 191 \end{bmatrix} \Rightarrow HSI = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,100 \\ 0,832 \end{bmatrix}$$

b)

$$I = \frac{1}{3} \cdot (R + G + B) = \frac{1}{3} \left(\frac{63}{255} + \frac{127}{255} + \frac{255}{255} \right) \approx 0,582$$

$$S = 1 - \frac{3}{R+G+B} [\min(R, G, B)] = 1 - \frac{3}{\frac{63}{255} + \frac{127}{255} + \frac{255}{255}} \left[\min\left(\frac{63}{255}, \frac{127}{255}, \frac{255}{255}\right) \right] \approx 0,575$$

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}} \right] = \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2} \left[\left(\frac{63}{255} - \frac{127}{255} \right) + \left(\frac{63}{255} - \frac{255}{255} \right) \right]}{\left[\left(\frac{63}{255} - \frac{127}{255} \right)^2 + \left(\frac{63}{255} - \frac{255}{255} \right) \left(\frac{127}{255} - \frac{255}{255} \right) \right]^{1/2}} \right] \approx 139,107^\circ$$

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B > G \end{cases} = 360 - \theta \approx 220,893^\circ$$

$$RGB = \begin{bmatrix} 63 \\ 127 \\ 255 \end{bmatrix} \Rightarrow HSI = \begin{bmatrix} 0,614 \\ 0,575 \\ 0,582 \end{bmatrix} \rightarrow \left(\frac{H}{360} = \frac{220,893}{360} \approx 0,614 \right)$$

c)

Hier werden die RGB-Werte aus 1.2 übernommen:

$$I = \frac{1}{3} \cdot (R + G + B) = \frac{1}{3} \left(\frac{128}{255} + \frac{64}{255} + \frac{64}{255} \right) \approx 0,335$$

$$S = 1 - \frac{3}{R+G+B} [\min(R, G, B)] = 1 - \frac{3}{\frac{128}{255} + \frac{64}{255} + \frac{64}{255}} \left[\min\left(\frac{128}{255}, \frac{64}{255}, \frac{64}{255}\right) \right] = 0,25$$

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}} \right] = \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2} \left[\left(\frac{128}{255} - \frac{64}{255} \right) + \left(\frac{128}{255} - \frac{64}{255} \right) \right]}{\left[\left(\frac{128}{255} - \frac{64}{255} \right)^2 + \left(\frac{128}{255} - \frac{64}{255} \right) \left(\frac{64}{255} - \frac{64}{255} \right) \right]^{1/2}} \right] = 0^\circ$$

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B > G \end{cases} = \theta = 0^\circ$$

$$CMY = \begin{bmatrix} 127 \\ 191 \\ 191 \end{bmatrix} \Rightarrow RGB = \begin{bmatrix} 128 \\ 64 \\ 64 \end{bmatrix} \Rightarrow HSI = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,25 \\ 0,335 \end{bmatrix}$$

Aufgabe 2 — Umrechnung von CMY zu HSI

Gebt die Formeln für die Umrechnung vom CMY-Farbraum in den HSI-Farbraum und umgekehrt an. Nehmt dabei an, dass die Farbwerte im CMY-Farbraum bereits auf den Bereich 0 ... 1 normiert sind.

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix}$$

$$R = 1 - C$$

$$G = 1 - M$$

$$B = 1 - Y$$

$$I = \frac{1}{3} ((1-C) + (1-M) + (1-Y))$$

$$S = 1 - \frac{3}{((1-C) + (1-M) + (1-Y))} * [\min((1-C), (1-M), (1-Y))]$$

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } (1-Y) \leq (1-M) \\ 360 - \theta & \text{if } (1-Y) > (1-M) \end{cases}$$

$$\theta = \arccos \left(\frac{\frac{1}{2} [(1-C) - (1-M)] + [(1-C) - (1-Y)]}{\sqrt{[(1-C) - (1-M)]^2 + [(1-C) - (1-Y)][(1-M) - (1-Y)]}} \right)$$

"cos⁻¹"

Aufgabe 3 — Farbräume umrechnen in Python

Siehe `blatt05_3.py`

Aufgabe 4 — Umgang mit Farbbildern in Python

Siehe `blatt05_4.py`

2. Invertiert das Bild, indem ihr jeden Farbwert einzeln im RGB-Modell invertiert. Welche Farben des Ursprungsbildes werden dabei auf welche Farben im neuen Bild abgebildet?

Die Farben werden in ihre Komplementärfarben im RGB-Farbraum umgewandelt:
Rot → Cyan, Grün → Magenta, Blau → Gelb

3. Zerlegt das Bild in seine einzelnen Farbkanäle als Graustufenbilder und zeigt diese an. Was sagen euch die Helligkeitswerte in den drei Einzelbildern?

- Rot Töne vor allem auf der Nase und in den Augen
- Grün Töne vor allem neben der Nase und im Mundbereich
- Blau Töne überlappen mit den Grün Tönen am meisten, gar nicht in den Augen vorhanden

Rothkanal: Helle Werte zeigen Bereiche, die viel Rot enthalten.

Grünkanal: Helle Werte zeigen Bereiche, die viel Grün enthalten.

Blaukanal: Helle Werte zeigen Bereiche, die viel Blau enthalten.

Aufgabe 2 - Zusatz:

HSI nach CMY

RG-Sektor ($0^\circ \leq H < 120^\circ$):

$$Y = 1 - [I(1-S)]$$

$$C = 1 - \left[I \left[1 + \frac{S \cdot \cos(H)}{\cos(60^\circ - H)} \right] \right]$$

$$M = 1 - [3 \cdot I - ((1-C) + (1-Y))]$$

GB-Sektor ($120^\circ \leq H < 240^\circ$):

$$C = 1 - [I(1-S)]$$

$$M = 1 - \left[I \left[1 + \frac{S \cdot \cos(H-120^\circ)}{\cos(60^\circ - H - 120^\circ)} \right] \right]$$

$$Y = 1 - [3 \cdot I - ((1-C) + (1-M))]$$

BR-Sektor ($240^\circ \leq H < 360^\circ$):

$$M = 1 - [I(1-S)]$$

$$Y = 1 - \left[I \left[1 + \frac{S \cdot \cos(H-240^\circ)}{\cos(60^\circ - H - 240^\circ)} \right] \right]$$

$$C = 1 - [3 \cdot I - ((1-M) + (1-Y))]$$

4. Setzt nun die drei Farbkanäle wieder zusammen zu einem RGB-Bild. Tauscht dabei aber die Kanäle Rot und Blau. Wie verändert sich das Bild und warum ist das so?

Mittelteil der Nase: leuchtend blau, Umliegende Bereiche: orange-rötlich

Das Bild verändert sich da wir die Farbkanäle gewechselt von RGB zu BGR haben, und dies führt zur Änderung an der Farbe. Am auffälligsten ist die Nase und Augen die stark blau werden

6. Wie verändert sich das Bild, wenn ihr die Sättigung des Bildes voll aufdreht (1) oder komplett herunterdreht (0)? Probiert es aus und erklärt die Veränderungen.

- Bei $S = 1$ werden alle Farben im Bild noch stärker bei voller Sättigung gibt es weniger Abstufungen.
- Bei $S = 0$ wird das Bild zu einem Grayscale image bei fehlender Sättigung bleiben nur Grauwerte über.

7. Verändert die Farbtöne (*hue*) des Bildes indem ihr alle Farbtöne im Bild um jeweils 60° ; 120° und 240° im HSI-Farbkreis dreht (bspw. $0^\circ \rightarrow 60^\circ$; $0^\circ \rightarrow 120^\circ$ bzw. $0^\circ \rightarrow 240^\circ$). Welche Auswirkungen haben diese Veränderungen?

Der Effekt ist das alle Farben verschoben werden:

- ~~- Bei 60° : Nase wird ein Neon-Grün, der Bereich um die Nase herum wird Pink, die Augen ebenfalls Grün, das Fell kriegt eine cyane Farbe~~
- ~~- Bei 120° : Nase wird zu einem blauen Lila, der Bereich um die Nase wird zu einem grünen Gelb, das Fell wird pink, die Augen sind lila~~
- ~~- Bei 240° : Gleich wie 120° Grad~~

Als Ergebnis werden die Farben durch den HSI-Farbkreis rotiert.

Farbe der Nase: $60^\circ \rightarrow$ Gelb, $120^\circ \rightarrow$ Grün, $240^\circ \rightarrow$ Blau

Aufgabe 5 — Grauwert vs. Farbtton

Siehe `blatt05_5.py`