Seminar Visuelle Psychophysik 2005

Volker Franz, Thorsten Hansen, Felix Wichmann

Übungsblatt Nr. 1 Abgabe: 17. Okt. 2005

1 Erste Schritte in Matlab

Bitte anschauen Sie sich im Dokument „Matlab Getting Started“ die Kapitel 1–3 und die Seiten 5.17 und 5.18 an.

Denken Sie daran, dass Matlab umfangreiche Hilfefunktionen anbietet: `doc`, `help`, `lookfor`.

1. Schreiben Sie ein Script `hello.m`, dass die folgende Zeile ausgibt:

   ```
   Hello World!
   ```

   Nützliche Funktion: `disp`.

2. Erweitern Sie das Skript `hello.m`, so dass Ihr Alter und die Kreiszahl π ausgegeben wird. Nützliche Funktionen: `int2str`, `pi`, `num2str` sowie der Gruppierungsoperator `[ ]`.

3. Schreiben Sie ein Script `duerer.m`, das bei Aufruf (also mittels: `duerer`), Dürer's Matrix (S. 3.4) ausgibt.

   Erweitern Sie das Script `duerer.m`, so dass bei Aufruf die Zeilensummen, Spaltensummen und die Summen der Diagonalen von Dürer's Matrix ausgegeben wird (S. 3.4–3.6). Bitte immer mit Kommentar. Also zum Beispiel:

   ```
   Zeilensummen von Dürer's Matrix:
   34 34 34 34
   ```

   Geben Sie schliesslich noch auch noch die Mittelwerte der Zeilen, und Spalten von Dürer's Matrix aus. Bitte kommentieren Sie ihr Programm. Nützliche Funktion: `mean`.

Dokumentieren Sie Ihre Arbeit, indem Sie zuerst den Inhalt jedes Scriptes ausgeben (mit der Funktion `type`), dann jedes Script einmal aufrufen und schliesslich alles ausdrucken. Also zum Beispiel so:

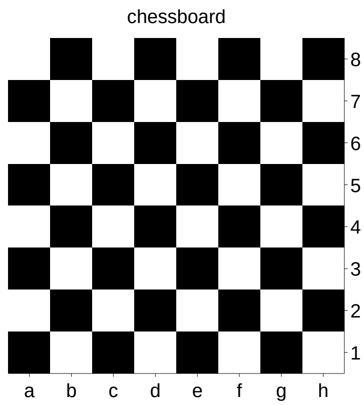
```
type duerer
duerer
```

Markieren Sie zum Ausdrucken den Bereich, den Sie drucken wollen und wählen Sie dann im File-Menü den Eintrag: „Print–Selection“.

2 Bildverarbeitung

2.1 Schachbrett

Schreiben Sie eine Funktion `chessboard`, die ein Schachbrett auf dem Bildschirm ausgibt.



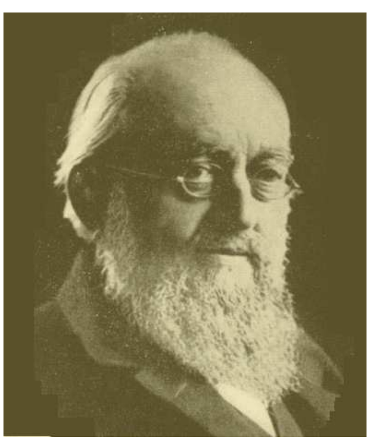
Definieren Sie dazu zunächst ein weisses Feld als 4×4 Matrix von Einsen und ein schwarzes Feld als 4×4 Matrix von Nullen, und replizieren Sie dann diese Felder. Verwenden Sie die Funktion `imshow` zum Anzeigen des Schachbretts, und geben Sie dem Bild einen aussagekräftigen Titel.

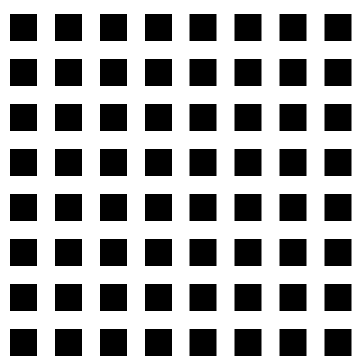
Nützliche Funktionen: `ones`, `zeros`, `repmat`, `title`.

Für Fortgeschrittene: Beschriften Sie die Achsen des Schachbrettes nach der üblichen Konvention (auf der x-Achse die Buchstaben von a bis h, auf der y-Achse die Zahlen 8 bis 1 von oben nach unten). Nützliche Befehle: `axis on`, `set(gca)`, `box off`.

2.2 Hermann-Gitter

Im Jahre 1870 entdeckte Ludimar Hermann eine neue Kontrasttäuschung, die er als "Eine Erscheinung simultanen Kontrastes" veröffentlichte. Seine kurze Veröffentlichung wurde zunächst kaum beachtet. Erst seit der Darstellung durch Ewald H. Hering (1834–1918) spielt diese Illusion in der Sehforschung eine zunehmend wichtige Rolle. An dem Muster können Modelle zur Informationsverarbeitung im visuellen System geprüft werden. (nach B. Lingelbach, W. H. Ehrenstein, "Das Hermann-Gitter und die Folgen" in `http://www.optikum.at`).





Ewald H. Hering

Schreiben Sie eine Funktion `hermanngrid`, die das oben gezeigte Hermanngitter zurückliefert, und zeigen Sie das Bild an. Das Grundelement des Hermanngitters ist soll ein weißes Quadrat der Größe 10×10

sein, mit einem 6×6 großen schwarzen Quadrat in der Mitte.

2.3 Gaußfunktion

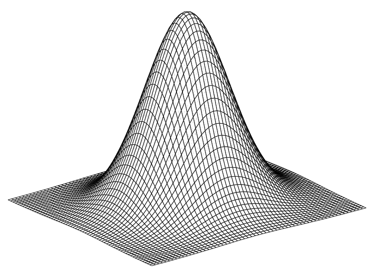
Die nach dem Mathematiker Carl Friedrich Gauß (1777–1855) benannte Funktion ist eine der wichtigsten Funktionen überhaupt, die in den verschiedensten Disziplinen auftaucht. Eine wichtige Rolle spielt sie z. B. in der Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechung, wo sie unter dem Namen Normalverteilung bekannt ist. Aber auch für das Glätten von Bildern und die Modellierung von rezeptiven Feldern ist die Gaußfunktion unentbehrlich.

Die Gaußfunktion hat als Parameter die Standardabweichung σ, der die Höhe und Weite der Gaußfunktion bestimmt. Die (eindimensionale) Gaußfunktion ist definiert als

$$g_\sigma(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \quad .$$

Schreiben Sie ein Skript `plotgauss`, dass die Funktion im Intervall $[-10, 10]$ für verschiedene Werte der Standardabweichung $\sigma = 1, 2, 3$ zeichnet. Nützliche Funktionen: `fplot`, `hold on`.

Schreiben Sie nun eine Funktion `gauss` mit einem Parameter `sigma`, die als Ergebniss einen Vektor mit den Werten der Gaußfunktion an den diskreten ganzzahligen Stützstellen $\sigma, \ldots, -2, -1, 0, 1, 2, \ldots, \sigma$ im Intervall $[-3\sigma, 3\sigma]$ zurückliefert. Beachten Sie, dass die Gaußfunktion die Eigenschaft hat, dass die Fläche unter der Funktion immer gleich 1 ist. Damit dies auch für die diskrete Version der Gaußfunktion zutrifft, müssen die Werte noch normiert werden. Schreiben Sie ein Skript `stemgauss`, dass mittels der Funktion `stem` die Ausgabe der Funktion `gauss` für verschiedene Werte der Standardabweichung $\sigma = 1, 2, 3, 10$ in vier Graphen ausgibt. Überprüfen Sie, dass die Summe der Elemente 1 ergibt. Nützliche Funktionen: `sum`, `subplot`.



Die Gaußfunktion hat auch eine zweidimensionale Version, die definiert ist als

$$G_\sigma(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \quad .$$

Wie Mathematiker leicht sehen können, läßt sich die 2D Gaußfunktion aus der 1D Gaußfunktion basteln:

$$G_\sigma(x, y) = g_\sigma(x)\, g_\sigma(y) \quad .$$

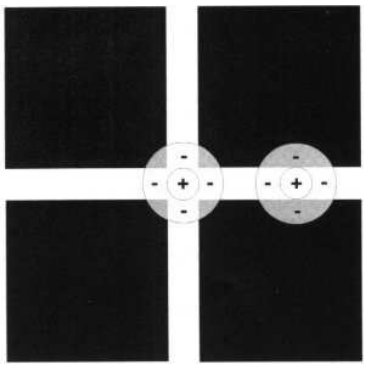
Verwenden Sie diese Eigenschaft (die sogenannte “Separierbarkeit“ der Gaußfunktion), um aus mit der bereits vorhandenen Funktion `gauss` eine neue Funktion `gauss2` zu schreiben, welche die 2D Gaussfunktion zurückliefert (Nützliche Funktionen: Matlabs Operator zur Transposition von Vektoren `'` und zur Matrizenmultiplikation `*`).

Stellen Sie die 2D-Gaussfunktion für den Parameter `sigma = 10` auf verschiedene Weise dar. Verwenden Sie die Funktionen `subplot`, `imshow`, `surf`, `mesh`, `contour`, `colormap`,... und experimentieren Sie mit verschiedene Parametern dieser Funktionen, um besonders aussagekräftige oder ästhetisch ansprechende Darstellungen zu erzeugen.

2.4 Filterung und die Modellierung retinaler Ganglienzellen

Aufgabenstellung kurz: Filtern Sie das Hermanngitter mit einer DoG Funktion und zeigen Sie es an.

... und etwas ausführlicher: In vielen Lehrbüchern der Psychologie und Physiologie findet sich eine Erklärung des Hermann-Gitters, die auf der rezeptiven Feldorganisation der Netzhaut beruht. Die rezeptiven Felder (RFs) der retinalen Ganglienzellen (RGC) bestehen aus einem kreisförmigen Zentrum und einen antagonistischen kreisförmigen Umfeld. Zellen mit einem On-Zentrum und einem Off-Umfeld reagieren z. B. am besten auf einen kleinen hellen Kreis vor dunklem Hintergrund. An den Kreuzungspunkten des Hermanngitters bekommt das Off-Umfeld nun aus vier Richtungen die „falsche“ weiße Eingabe, was zu einer schwächeren Antwort führt.



Diese Erklärung wollen wir nun überprüfen. Dazu brauchen wir als erstes ein geeignetes Modell für unsere RGC. Das RF einer RGC läßt sich durch die Differenz zweier Gaußfunktionen sehr gut beschreiben. Für das kreisförmige Umfeld und das kreisförmige Zentrum nehmen wir also jeweils eine Gaußfunktion mit unterschiedlichen Standardabweichungen. Der Einfachheit halter verwenden wir für das Zentrum eine Gaußfunktion mit sehr kleiner Standardabweichung $\sigma < 0.3$, so dass wir als „Gaußfunktion“ die Identität erhalten (d. h., 1). Für die Gaußfunktion im Umfeld wählen wir $\sigma = 3$.

Die Antwort unserer Modell RGC ergibt sich dann durch Faltung $*$ des Eingabebildes I mit der Differenz zweier Gaußfunktion, dem sogenannte DoG („difference of Gaussians“) Operator.

Nach etwas elementarer Faltungsalgebra

$$R = I * \mathrm{DoG} = I * (G_{\sigma_\mathrm{c}} - G_{\sigma_\mathrm{s}}) = I * (\delta - G_{\sigma_\mathrm{s}}) = I - (I * G_{\sigma_\mathrm{s}})$$

ist klar, daß, wir für unseren Spezialfall, bei dem das Zentrum nur aus einem Pixel besteht, die Antwort unsere retinalen Ganglienzellen modellieren können, indem wir vom Ausgangsbild I eine tiefpassgefilterte Version $I * G_{\sigma_\mathrm{s}}$ subtrahieren.

Schreiben Sie eine Funktion `rgc` mit dem Eingabebildes `I` als Parameter, die nach dem oben beschriebenen Schema die Antwort einer retinalen Ganglienzelle simuliert. Rufen Sie diese Funktion mit dem Hermanngitter auf und zeigen Sie das Eingabebild und die Modellantwort der RGC mit der Funktion `imshow` an. Beachten Sie, dass `imshow` mit einem zweiten Parameter `[]` aufzurufen ist, wenn die darzustellenden Werte nicht im Bereich $[0, 1]$ liegen. Benutzen Sie die bereitgestellte Funktion `convolve2` zur Filterung, die eine Faltung mit Neumannscher Randbedingung realisiert, d. h., die Randpixel werden fortgesetzt.

2.5 Fouriertransformation

Laden sie das Bild `lena.tif`. Berechnen Sie die Fouriertransformation des Bildes und zeigen Sie das logarithmierte Amplitudenspektrum an. Schreiben Sie eine Funktion `showfft`, mit dem Eingabebild als Parameter, die die Fouriertransformation des Bildes zurückliefert und das Bild und seine Fouriertransformation anzeigt.

Hinweise: Wandeln Sie das Bild nach dem Einlesen in Fließpunktzahlen um (mit der Funktion `double`), damit die auf dem Bild die FFT berechnen können. Verwenden Sie die Funktion `fftshift` um in dem fouriertransformierten Bild die tiefen Frequenzen in der Bildmitte zu zentrieren. Nützliche Funktionen: `imread`, `fft2`, `abs`, `log`.

Berechnen Sie die Faltung durch Multiplikation im Frequenzbereich. Vergleichen Sie die Ergebnisse und die Berechnungszeit. Schreiben Sie dazu eine Funktion `conv2fft` mit dem Bild `I` und dem Filter `F` als Parameter. Füllen Sie innerhalb der Funktion den Filter geeignet mit Nullen auf, damit Filter und Bild dieselbe Größe haben. Nützliche Funktionen: `ifft2`, `tic`, `toc`.