

## Programmieraufgabe 2

In dieser Programmieraufgabe werden wir ein erstes Neuronales Netz mittels eines Abstiegsverfahrens lernen um handgeschriebene Ziffern maschinell zu klassifizieren. Als Grundlage verwenden wir einen Ausschnitt des MNIST-Datensatzes, welcher aus Trainings- und Testdaten sowie der Zuordnung zu den richtigen Ziffern besteht.



A 10x10 grid of handwritten digits from 0 to 9, used as training data. The digits are arranged in a 10x10 pattern, with each digit being a 28x28 pixel image.

Wir werden das Python package `sklearn` benutzen. Die Bilder der Trainingsdaten können aus `sklearn.datasets` mit den Funktionen

- `load_digits().data`, `load_digits().target`
- `mask = np.isin(y, [1,5,7])`, `label_map = {1:0,5:1,7:2}`

geladen und nach den Klassen  $\{1, 5, 7\}$  gefiltert werden. Das Trainigset wird anschließend gesplittet mittels `sklearn.model_selection`

- `train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42, stratify=y)`
- `scaler = StandardScaler()`, `scaler.fit_transform`

und passend skaliert aus `sklearn.preprocessing`.

Das Ziel der Aufgabe ist, ein Neuronales Netz mit  $D = n_0 = 28^2$  input Dimensionen, zwei hidden layern der Größe  $n_1 = 64$  und  $n_2 = 32$  und  $K = n_3 = 3$  output Dimensionen (Anzahl der möglichen Klassen) zu konstruieren und zu lernen.

1. Schreiben Sie alle nötigen Hilfsfunktionen, die in Ihrem Program auftreten, d.h. `one_hot encoding`, mit Ausgabe eines Binären 3-dimensionalen Arrays, der `softplus-function` und die `sigmoid-function`, und den zugehörigen Ableitung.
2. Zum Auswerten des Neuronalen Netzes schreiben Sie ferner eine Funktion `forward`, die Ihnen das Neuronale Netz vorwärts auswertet.
3. Ferner benötigt das Gradient-Abstiegsverfahren eine Funktion, die den Loss und die Gradienten mittels der Backpropagation ermittelt. Nutzen Sie ferner einmal die quadrierte Euklidische Norm als Loss und einmal die empirische log-Entropie Funktion.
4. Zum Durchführen des Gradient-Abstiegsverfahrens schreiben Sie eine gesonderte Funktion, die die gelernten Parameter updated.
5. Schreiben Sie eine Funktion `train_full_bath` die das Gradienten-Abstiegsverfahren ausführt. Innerhalb berechnen Sie sowohl den Loss auf den Trainings- als auch auf den Testdaten mittels der Function `accuracy_score` aus `sklearn.metrics`.

6. Speichern Sie den Verlauf über alle Epochen und plotten Sie diesen. Ferner visualisieren Sie das Klassifizierungsergebnis durch eine Confusionmatrix.

Verwenden Sie außer skimage, sklearn, numpy und matplotlib keine weiteren Pakete. Kommentiere Sie den Quellcode! Fügen Sie der Abgabe ein Hauptprogramm (Python-Skript) bei, welches eigenständig alle Ausgaben erzeugt. Beschriften Sie die Ausgaben direkt oder erläutern Sie in einer Readme-Datei in welcher Reihenfolge die Ausgaben erfolgen.