

Deep Learning in Wissenschaft

Proseminar Softwareentwicklung in Wissenschaft 2021

Jona Zantz

Fachbereich Informatik
Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften
Universität Hamburg

2021-06-21



informatik
die zukunft

Gliederung

- 1 Einführung
 - Was ist Deep Learning?
 - Nachbeben
- 2 Anwendung in der Wissenschaft
 - Herkömmliche Methoden
 - Deep Learning
- 3 Zusammenfassung
- 4 Literatur

Was ist Deep Learning?

- Form der Künstlichen Intelligenz
- Der Lernprozess läuft auf einer Basis von markierten Daten ab
- Diese bieten die Grundlage auf der Muster erkannt werden können, um neue, unbekannte Daten zu klassifizieren oder Werte vorherzusagen
- Daten bestehen aus Trainings- und Test-Satz
- Es basiert auf dem Modell des Neuronalen Netzes

Was ist Deep Learning?

Neuronale Netze

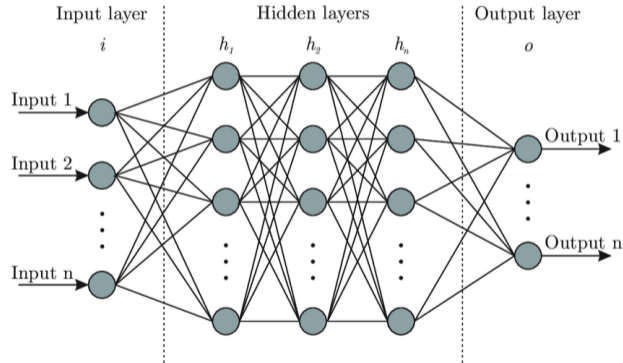


Figure: Neuronales Netz (www.researchgate.net)

Was ist Deep Learning?

Wie lernt ein Neuronales Netz?

- Die Grundlage bilden markierte Daten
- Diese werden in zwei Gruppen aufgeteilt, Training und Test
- Anhand der Trainingsdaten soll das Netz lernen
- Die Gewichte zwischen den Neuronen werden hierbei angepasst
- Ob der Lernprozess erfolgreich war, wird mit den Test-Daten geprüft
- Gefahr von Overfitting, das Modell passt sehr gut zu Trainingsdaten, ist aber außerhalb nutzlos

Was ist Deep Learning?

Backpropagation

- Genauigkeit eines Netzes wird in Form von Loss angegeben
- Loss entspricht der Abweichung des Ausgabewertes zum erwarteten Ausgabewert
- Verringerung durch Anpassung der Weights
- Backpropagation-Algorithmus
- Verbindungen zwischen letztem Hidden-Layer und Output anpassen
- Layer für Layer von hinten nach vorne
- Mittelwerte der einzelnen Durchläufe

Wie entstehen Erdbeben?

- Verschiebung durch Brüche in der Erdkruste
- tritt hauptsächlich an Grenzen von tektonischen Platten auf
- Ursachen können Verschiebung von einander weg, aufeinander zu oder aneinander vorbei sein
- setzen elastische Energie frei
- Vorhersage bisher nicht möglich, dafür Frühwarnsysteme
- Können schwächere Nachbeben zur Folge haben

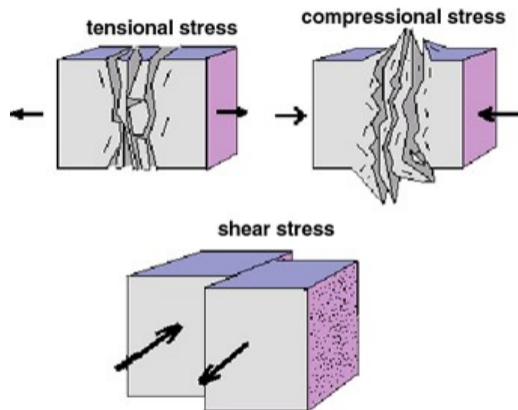


Figure: Verschiedene Spannungsarten [9]

Was sind Nachbeben?

- entstehen aufgrund von Restspannungen, die vom Hauptbeben nicht gelöst wurden
- Anzahl kann mit *Omori's Law* beschrieben werden: $n(t) = \frac{k}{(c+t)^p}$
- Stärke kann durch *Båth's Law* angenähert werden (zumindest die des Stärksten Nachbebens)
- verschiedene Arten von Spannungen sind hierbei relevant

Anwendung in Wissenschaft

Deep Learning of Aftershock Patterns Following Large Earthquakes

- Beispiel: Aftershock Patterns
- Aftershocks oder Nachbeben entstehen aufgrund größerer Erdbeben
- Sie sind eine Reaktion auf sich ändernde Spannungs- bzw. Belastungsverhältnisse
- Vorhersage sowohl mit DL, als auch ohne möglich
- Artikel: *Deep learning of aftershock patterns following large earthquakes* (Nature)[2]
- Antwortbrief: *One Neuron Versus deep Learning In Aftershock Prediction* (Nature)[6]

Vorgehensweise der Studie

- Daten stammen aus der Earthquake Source Model Database
- Das Modell verwendet stress-change Tensoren aus verschiedenen Zellen
- Eine Zelle hat die Maße 5km x 5km x 5km und stammen aus dem Umfeld der Hauptbeben (100km horizontal, 50km vertikal)
- Vergleich von Deep Learning und drei anderen Methoden

Herkömmliche Methoden

- Coulomb failure stress change (ΔCFS)
- maximum change in shear stress ($\Delta\tau_{max}$)
- von Mises yield criterion ($\sqrt{3\Delta J_2}$)
- Abstand und durchschnittliche Verschiebung (average Slip) [6]

One neuron versus deep learning in aftershock prediction

Während die meisten der alternativen Methoden schon in [2] genannt werden, zeigen A. Mignan und M. Broccardo [6] in einem Brief eine weitere Methode zur Vorhersage von Nachbeben auf:

$$Pr(y) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 \log r + \beta_2 \log d)}}$$

Wobei $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ empirisch bestimmt sind und r der minimale Abstand zum Hauptbeben und d die Verschiebung sind.

Deep Learning

Spezifikationen des Neuronalen Netzes

- 6 hidden layers
- 50 Neuronen auf jedem Layer
- Output-Layer ist ein Neuron, die Wahrscheinlichkeit eines Aftershocks
- Eingabe besteht aus den Beträgen der 6 unabhängigen Komponenten der stress-change Tensoren des Mittelpunkts einer Zelle
- $\tanh(x)$ Aktivierungsfunktion
- 13.451 Weights und Biases

Deep Learning

- Die Zellen wurden mit einer 0 für kein und einer 1 für ein Aftershock-Event markiert
- 75% der Daten dienten zum Training, die restlichen 25% zum Testen des Modells
- das Modell kann Aftershocks mit einer höheren Genauigkeit vorhersagen, als einige herkömmliche Methoden
- Training erfolgte mit Keras
- Keras ist ein Python Interface für TensorFlow und Theano

Auswertung des Versuchs

- Zum Auswerten der Performanz wird das Area-Under-Curve-Kriterium verwendet
- Ein größerer Wert steht hierbei für eine höhere Genauigkeit
- Δ CFS erreicht hierbei 0.583
- Das Neurale Netz hingegen 0.849
- Im Vergleich ist das Neuronale Netz um einiges genauer

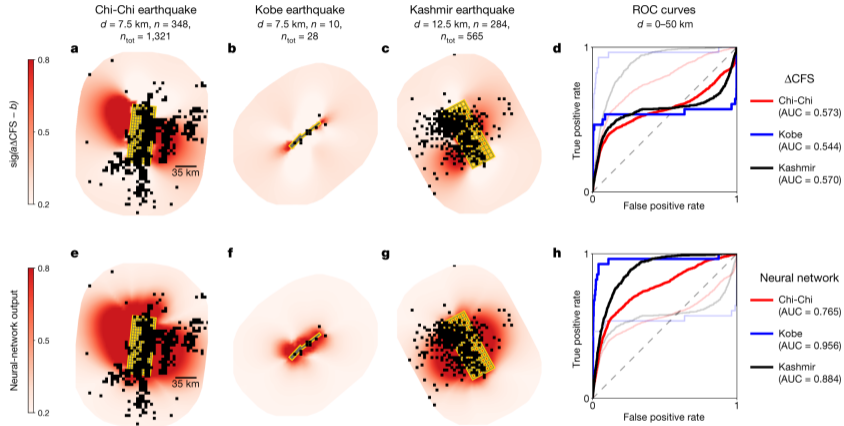


Figure: Vergleich des Neuronalen Netzes zum Coulomb-Failure-Stress-Change (Δ CFS) [2]

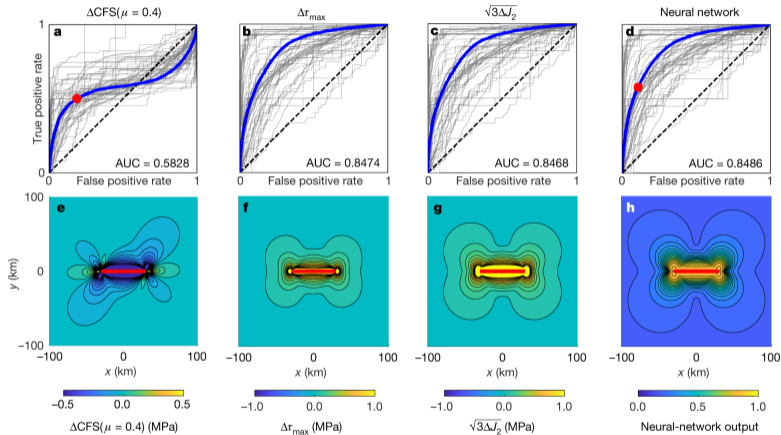


Figure: Vergleich verschiedener Methoden zur Vorhersage von Aftershocks [2]

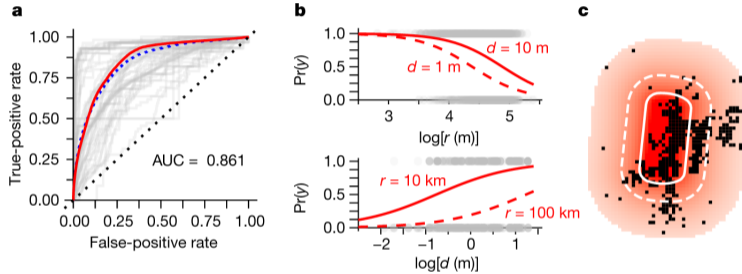


Figure: Ergebnisse der Formel aus [6]

Bewertung des Nutzens/Zusammenfassung

- Deep Learning *kann* genauere Ergebnisse in der Vorhersage von Nachbeben liefern als ΔCFS
 - Aber, es gibt andere Methoden, die dies auch erreichen
 - Neuronale Netze sind schwieriger Wissenschaftlich zu interpretieren
 - Gerade bei größeren Netzen nimmt die Verständlichkeit ab
- Der Nutzen ist also vom Anwendungsfall und der Interpretierbarkeit des Modells abhängig

Literatur

- [1] CodeBullet. What are neural networks || how ais think. <https://www.youtube.com/watch?v=JeVDjExBf7Y>, (aufgerufen am 06.04.2020), 2018.
- [2] P. M. R. DeVries, F. Viégas, M. Wattenberg, and B. J. Meade. Deep learning of aftershock patterns following large earthquakes. *Nature*, 560:632–634, 8 2018.
- [3] T. Dietterich. Overfitting and undercomputing in machine learning. *ACM Comput. Surv.*, 27(3):326–327, Sept. 1995.
- [4] ESKP. Wie entstehen erdbeben. <https://www.eskp.de/grundlagen/naturgefahren/wie-entstehen-erdbeben-935103/> (aufgerufen am 15.06.2021).
- [5] D. D. Janssen. Machine learning in der schule. <https://www.science-on-stage.de/sites/default/files/material/machine-learning-in-der-schule.pdf>, (aufgerufen am 02.05.2020), 2020.
- [6] A. Mignan and M. Broccardo. One neuron versus deep leraning in aftershock prediction. *Nature*, 574:E1–E3, 10 2019.
- [7] G. Sanderson. Neural networks. https://youtube.com/playlist?list=PLZHQ0b0WTQDNU6R1_67000Dx_ZCJB-3pi, 2018.
- [8] Spektrum. Nachbeben. <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/nachbeben/10891> (aufgerufen am 15.06.2021).
- [9] USGS. Definition of shear stress. <https://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/?term=shear%20stress>, (augerufen am 11.06.2021).
- [10] USGS. Definition of slip. <https://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/?term=slip>, (augerufen am 09.06.2021).
- [11] Wikipedia. Aftershock. <https://en.wikipedia.org/wiki/Aftershock>, (abgerufen am 11.06.2021).
- [12] Wikipedia. Tensor. <https://de.wikipedia.org/wiki/Tensor>, (abgerufen am 07.06.2021).