

Künstliche Neuronale Netze in der Analyse konsekutiver Daten des Telemonitoring bei chronischer Herzinsuffizienz

T. Heinze¹, A. Polze², M. von Löwis², C. Sprenger³, M. Oeff³

¹Fontane-Projekt, Hasso-Plattner-Institut, Potsdam; ²Fachgebiet Betriebssysteme und Middleware, Hasso-Plattner-Institut, Potsdam; ³Klinik f. Innere Med. I, Kardiologie, Pulmologie u. Angiologie, Städt. Klinikum Brandenburg, Brandenburg;

Das telemedizinische Monitoring von Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz ermöglicht durch die regelmäßige Erfassung und tägliche Analyse zahlreicher übertragener Vital-Daten ein frühzeitiges Erkennen einer erneuten Dekompensation. Künstliche Neuronale Netze (KNN) sind ein statistisches Modell, welches durch überwachtes induktives Training Korrelationen in einer Datenschar erfassen kann, deren zusammenfassende Extrapolationen möglicherweise die Progredienz einer Erkrankung erkennen lassen.

Methodik:

Es stehen die über 3,5 Jahre kontinuierlich erhobenen Vital-Daten und Symptome (Gewicht, Blutdruck, Herzfrequenz, EKG, O₂-Sättigung, Atemfrequenz, Arrhythmien, Angaben zum Befinden, Medikamenten-Compliance) von 169 Patienten mit ca. 150.000 Patienten-Tagen und ca. 1,5 Mio Telemonitor-Datenpunkten zur Verfügung. Der primäre Endpunkt ist "stationär behandlungspflichtige Dekompensation".

Als Eingabeparameter für das KNN wurden folgende Messwerte herangezogen: Gewicht, systolischer Blutdruck, diastolischer Blutdruck, Herzfrequenz (jeweils letzte 7 Messungen in Prozent Abweichung vom Mittelwert der letzten 2 Wochen, Tendenz letzte 7 Messungen (lineare Regression), Mittelwert und Standardabweichung von den jeweils letzten 7, 14, 28 und 56 Messungen), insgesamt 72 Eingabewerte. Ziel-Ausgabe-Werte waren 1 für "stationär behandlungspflichtige Dekompensation" und Werte zwischen 0 und 1 für die Tage vor und nach dem Ereignis, wobei die Tage davor für prädiktive Zwecke höher gewichtet wurden.

Für das Training wurden 80% aller validen Datenpunkte zufällig ausgewählt. Daten von Patienten, die kein Dekompensationsereignis hatten, wurden für das Training nicht berücksichtigt. Trainingsbeispiele mit Zielwert >0 wurden für das Training mit Faktor 40 vervielfältigt (Oversampling).

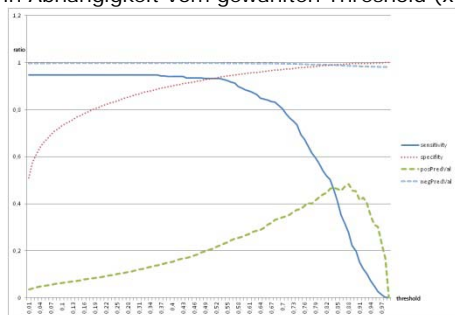
Als KNN wurde ein Multi-Layer Perceptron zur Approximation mit 277 versteckten Neuronen in drei Schichten, Backpropagation-Training und quadratischer Fehlerfunktion eingesetzt. Die Topologie wurde experimentell bestimmt.

Zum Testen wurden die restlichen 20% der Datenpunkte verwendet. Da das KNN für die Ausgabe Werte zwischen 0 und 1 verwendet, kann der Threshold für die Klassifikation „tatsächlich krank“ / gesund flexibel gesetzt werden.

Ergebnisse:

Ein Threshold von 0,4 in diesem KNN weist eine optimale Sensitivität und Spezifität für das frühzeitige Erkennen einer Dekompensation auf.

Im Einzelnen: Prävalenz: 0,019, Sensitivität: 0,94, Spezifität: 0,90, Positiv Prädiktiver Wert: 0,154, Negativ Prädiktiver Wert: 0,999. Das Diagramm veranschaulicht den Verlauf der statistischen Eckdaten in Abhängigkeit vom gewählten Threshold (x-Achse).



Statistische Kennziffern abhängig vom gewählten Threshold

Zusammenfassung:

Auf der Basis langjähriger Erhebung multipler telemedizinischer Parameter bei chronischer Herzinsuffizienz wurde ein Modell eines Künstlichen Neuronalen Netzes entwickelt, das unter Verwendung der täglich erhobenen Tele-Befunde mit hoher Sensitivität und Spezifität an das Eintreten einer erneuten kardialen Dekompensation angepasst werden konnte und damit eine frühzeitige Diagnosestellung erleichtern könnte.