

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar

Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Rekurentní neuronové sítě pro modelování časových řad

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

Realizace sítě

Návrh struktury
Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Lake

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji

Vypracoval: Martin Vejvar

Vedoucí: Prof. Ing. Jan Náhlík CSc.

Ústav počítačové a řídicí techniky
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

28.5.2018

Úvod

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar

Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

- zpracování sekvenčních dat
- porozumění problematice
- návrh a realizace rekurentní sítě



NumPy



ANACONDA®



GitHub

Obrázek 1: Využitý software.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

Realizace sítě

Návrh struktury
Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Lake

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji

Neuron dopředné sítě

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar

Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

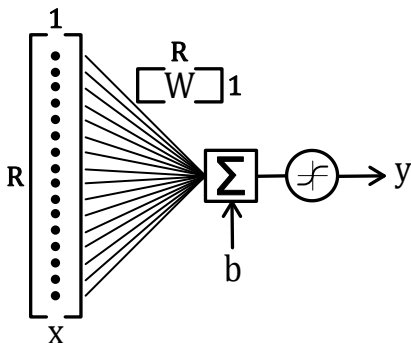
Realizace sítě

Návrh struktury
Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Lake

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji



Obrázek 2: Vážený součet skrze aktivační funkci.

$$y = W \cdot x + b \quad (1)$$

Buňka rekurentní sítě

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar

Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

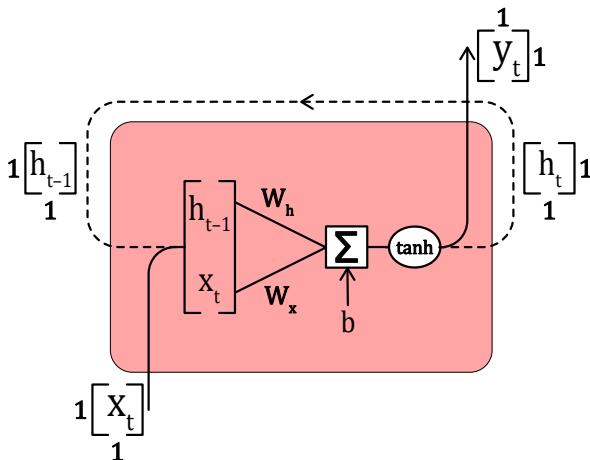
Realizace sítě

Návrh struktury
Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Labe

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji



Obrázek 3: Základní rekurentní buňka s 1 neuronem.

Vrstva s hyperbolickou tangentou

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar

Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

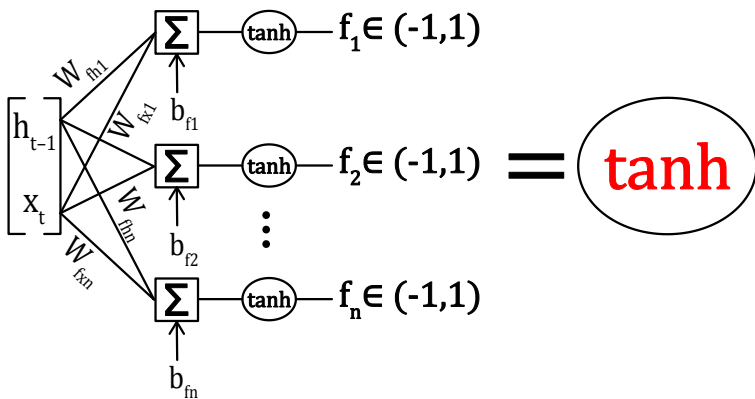
Realizace sítě

Návrh struktury
Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Labe

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji



Obrázek 4: Dopředná vrstva s tanh aktivační funkcí.

Rozvinutí buňky

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar

Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

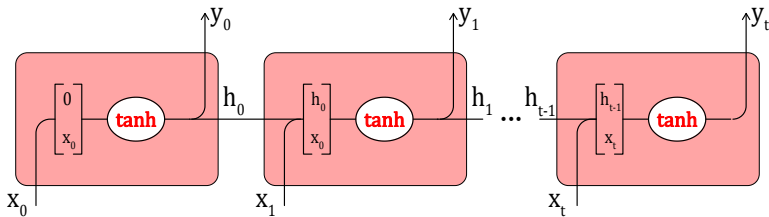
Realizace sítě

Návrh struktury
Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Labe

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji



Obrázek 5: Rozvinutí od počátku vstupní sekvence.

Vrstvení buňek

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar

Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

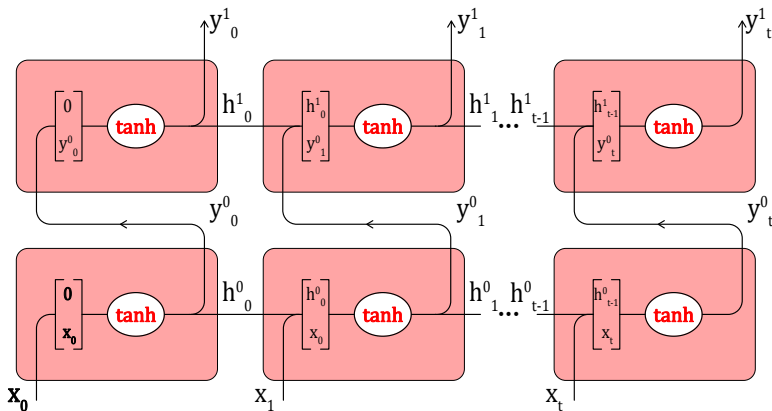
Realizace sítě

Návrh struktury
Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Labe

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji



Obrázek 6: Rozvinutá dvouvrstvá rekurentní síť.

LSTM architektura buňky

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar

Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

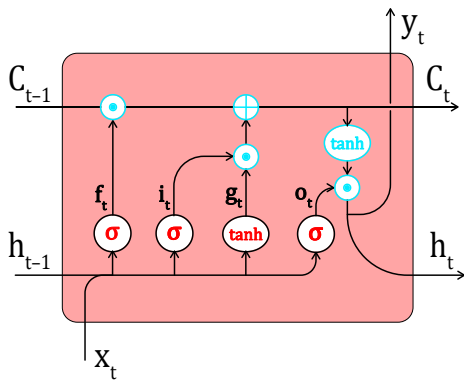
Realizace sítě

Návrh struktury
Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Labe

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji



Obrázek 7: LSTM architektura s bránou zapomínání.

Hyperparametry

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar
Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

Realizace sítě

Návrh struktury
Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Lake

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji

Let X_1, X_2, \dots, X_n be a sequence of independent and identically distributed random variables with $E[X_i] = \mu$ and $\text{Var}[X_i] = \sigma^2 < \infty$, and let

$$S_n = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_i^n X_i$$

denote their mean. Then as n approaches infinity, the random variables $\sqrt{n}(S_n - \mu)$ converge in distribution to a normal $\mathcal{N}(0, \sigma^2)$.

Struktura jedné buňky

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar

Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

Realizace sítě

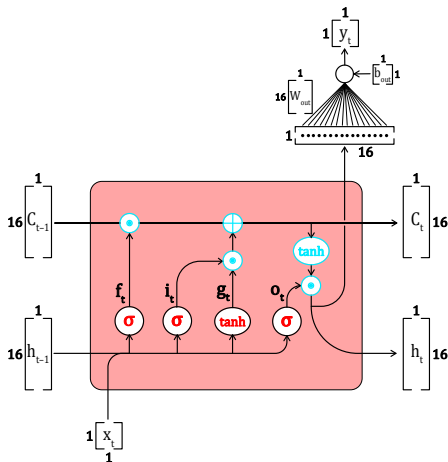
Návrh struktury

Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Labe

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji



Obrázek 8: Instance buňky navržené sítě v čase t .

Struktura sítě

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar

Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

Realizace sítě

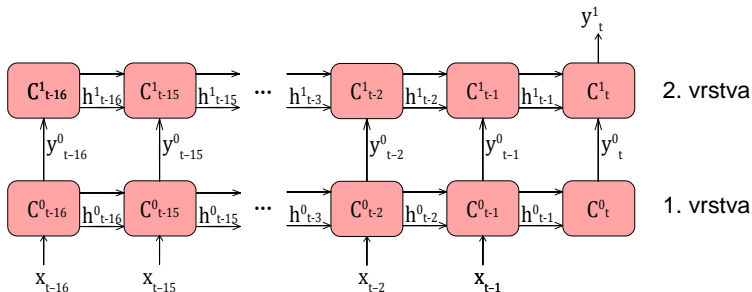
Návrh struktury

Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Labe

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji



Obrázek 9: Rozvinutá síť se zvolenými hyperparametry.

Časové řady pro predikci

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar

Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

Realizace sítě

Návrh struktury

Datové sady

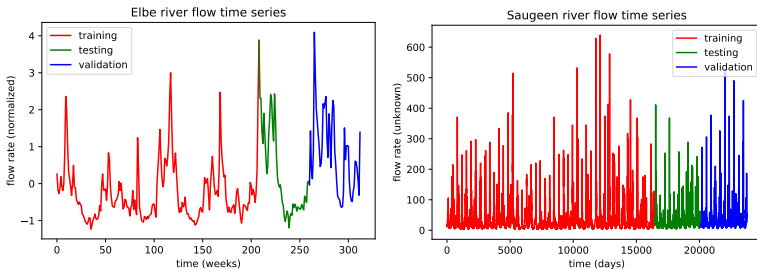
Výsledky predikce

Průtok Saugeen
Průtok Labe

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji



Obrázek 10: Časové řady pro učení a testování sítě.

Jednokroková predikce průtoku Saugeen

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar
Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

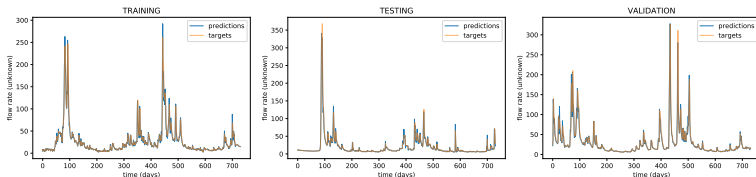
Realizace sítě

Návrh struktury
Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Labe

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji



Obrázek 11: Porovnání předpovědí se skutečnými hodnotami.

- SMAPE = 7,85 %
- epoch učení: 40
- doba učení: 4 minuty 42 sekund

Jednokroková predikce průtoku Labe

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar

Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

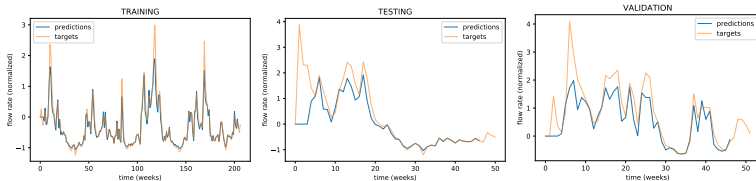
Realizace sítě

Návrh struktury
Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Labe

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji



Obrázek 12: Porovnání předpovědí se skutečnými hodnotami.

- SMAPE = 62,3 %
- epoch učení: 240
- doba učení: 58 sekund

Závěr

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar

Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

Realizace sítě

Návrh struktury
Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Labe

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji

- co bylo provedeno
 - rekurentní síť s LSTM architekturou
 - otestována na predikci průtoků Labe a Saugeen
- dosažené výsledky
 - Saugeen:
 - Labe:
- co bude dál
 - víceukroková predikce
 - dropout
 - naučení na jedné sadě a testování na druhé

Brány

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar

Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

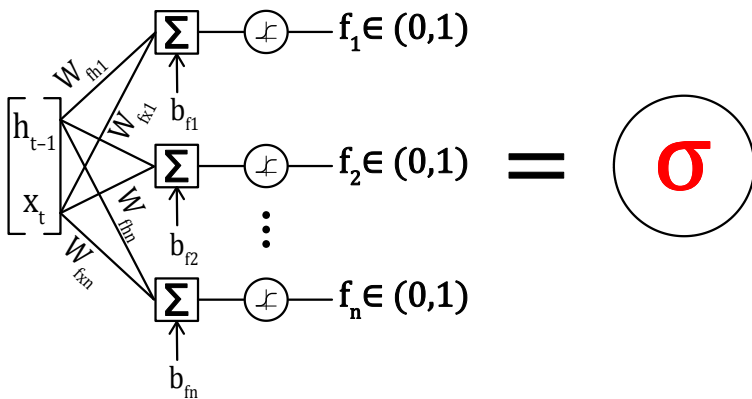
Realizace sítě

Návrh struktury
Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Labe

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji



Obrázek 13: Vnitřní struktura brány zapomínání.

Brána zapomínání

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar

Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

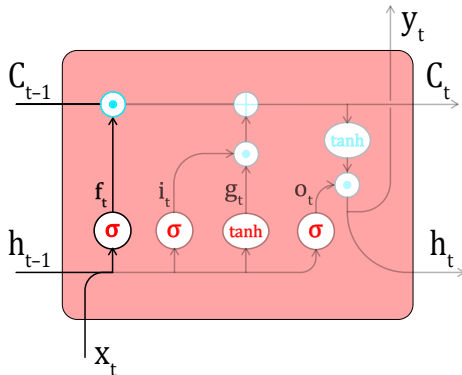
Realizace sítě

Návrh struktury
Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Labe

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji



Obrázek 14: Zapomínání částí vnitřního stavu.

Vstupní část

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar

Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

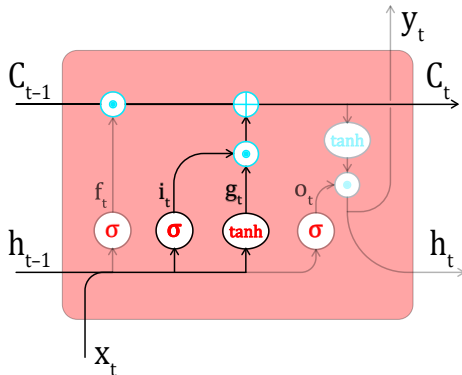
Realizace sítě

Návrh struktury
Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Labe

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji



Obrázek 15: Ukládání nových hodnot do vnitřního stavu.

Výstupní část

Rekurentní
neuronové
sítě

Vypracoval:
Martin Vejvar

Vedoucí: Prof.
Ing. Jan
Náhlík CSc.

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
LSTM architektura
Hyperparametry

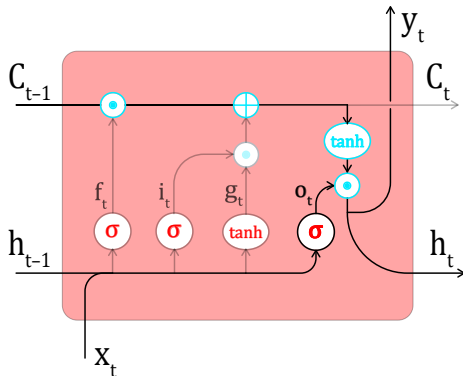
Realizace sítě

Návrh struktury
Datové sady
Výsledky predikce
Průtok Saugeen
Průtok Labe

Závěr

Přílohy

LSTM podrobněji



Obrázek 16: Průchod vnitřního stavu skrz tanh a bránou na výstup.