Rekurentní neuronové sítě pro modelování časových řad

Vypracoval: Martin Vejvar

Vedoucí: Prof. Ing. Jan Náhlík CSc.

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

28.5.2018

Úvod

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka Dopředný neuron Buňka 1 neuron Buňka n neuronů Rozvinutí buňky Vrstvení buněk

LSTM architektu Zapomínání Vstupní část Výstupní část

Realizace sítě

Datové sady

Výsledky prediko Průtok Saugeer

7ávěr

Přílohy LSTM podrobněi

- Cíle:
 - zpracování sekvenčních dat

Využitý software:











Úvod

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka Dopředný neuron Buňka 1 neuron Buňka n neuronů Rozvinutí buňky Vrstvení buněk

LSTM architektu Zapomínání Vstupní část Výstupní část

Realizace sítě

Datové sady

Výsledky predik Průtok Saugee

Závěr

Přílohy LSTM podrobněj

Cíle:

- zpracování sekvenčních dat
- porozumění problematice
- Využitý software:











Úvod

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka Dopředný neuron Buňka 1 neuron Buňka n neuronů Rozvinutí buňky

LSTM architektur Zapomínání Vstupní část Výstupní část

Realizace sítě

Datové sady

Návrh struktury

Výsledky predik Průtok Saugee

Závěr

Přílohy LSTM podrobněi

Cíle:

- zpracování sekvenčních dat
- porozumění problematice
- návrh a realizace rekurentní sítě
- Využitý software:





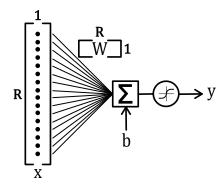






Neuron dopředné sítě

Dopředný neuron



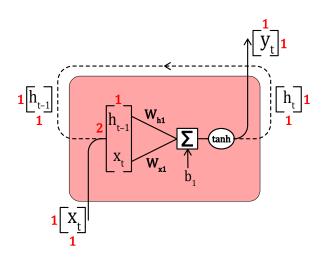
výstup neuronu

$$y = f(W \cdot x + b) \tag{1}$$

Buňka rekurentní sítě s 1 neuronem

Buňka 1 neuron

Datové sady



Buňka rekurentní sítě s n neurony

Úvod

Teorie

kurentní buňka opředný neuron

Buňka n neuronů

Vrstvení buněk LSTM architektura

Zapomínání Vstupní část

) - - !:-- - - -

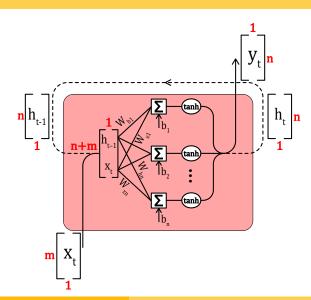
Datové sady

Návrh struktury Vyhodnocení

Výsledky prediko Průtok Saugee

Závě

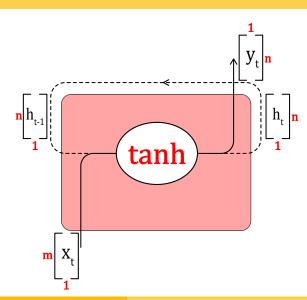
Přílohy LSTM podrobni



Buňka rekurentní sítě s n neurony

Buňka n neuronů

Datové sady



Rozvinutí buňky od počátku sekvence

Úvod

Teorie

předný neuro iňka 1 neuron

Rozvinutí buňky

LSTM architekti Zapomínání

Vstupní část Výstupní část

Realizace sítě

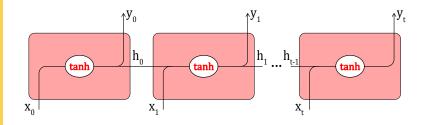
Datové sady

Vyhodnocení

Výsledky predil

Průtok Sauge Průtok Labe

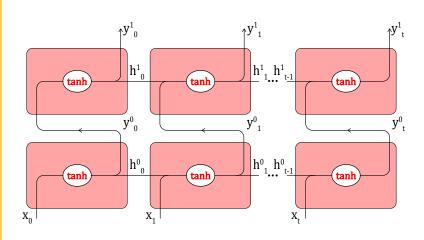
Závě



Vrstvení buněk sítě

Vrstvení buněk

Datové sady



LSTM architektura buňky

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka Dopředný neuron Buňka 1 neuron Buňka n neuronů Rozvinutí buňky Vrstvení buněk

LSTM architektura

Vstupní část Výstupní část

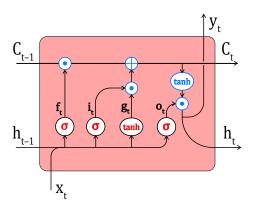
Realizace si

Datové sady Návrh struktury

Vyhodnocení přesnosti

Výsledky prediko Průtok Saugee

Závě



Brána zapomínání

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka Dopředný neuron Buňka 1 neuron Buňka n neuronů Rozvinutí buňky Vrstvení buněk

Zapomínání

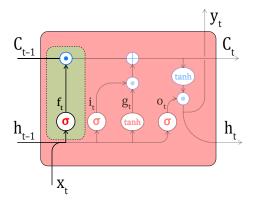
Vstupní část Výstupní část

Realizace si

Datové sady Návrh struktury Vyhodnocení

Výsledky predik Průtok Saugee

_, ,



Vstupní část

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka Dopředný neuron Buňka 1 neuron Buňka n neuronů Rozvinutí buňky Vrstvení buněk LSTM architektura

Vstupní část

Výstupní část

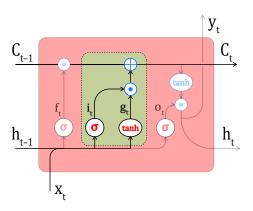
Realizace si

Datové sady Návrh struktury Vyhodnocení přesnosti Výsledky predik

Výsledky prediko Průtok Saugee

7ávěr

Přílohy LSTM podrobn



Výstupní část

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
Dopředný neuron
Buňka 1 neuron
Buňka n neuronů
Rozvinutí buňky
Vrstvení buněk
LSTM architektura
Zapomínání
Vstupní část

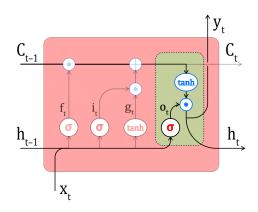
Výstupní část Realizace s

Datové sady Návrh struktury Vyhodnocení přesnosti Výsledky predikce

Průtok Saugee Průtok Labe

Závě

Přílohy LSTM podrobně



LSTM podrobněji

Predikce časových řad

Úvod

Teorie

Dopředný neuron
Buňka 1 neuron
Buňka n neuronů
Rozvinutí buňky
Vrstvení buněk
LSTM architektura
Zapomínání

Realizace sítě

Datové sady Návrh struktury

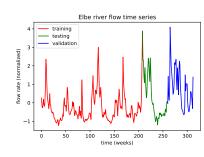
Výsledky predikce Průtok Saugeen

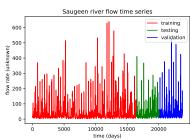
Závěr

Přílohy LSTM podrobněi

cíl

- jednokroková predikce
- týdenní průtoky Labe (313 vzorků)
- denní průtoky Saugeen (23741 vzorků)





Instance buňky navržené sítě v čase t

Úvod

Teorie

Rekurentif buñka Dopfedný neuron Buňka 1 neuron Buňka n neuronů Rozvinutí buňky Vrstvení buněk LSTM architektura Zapomínání Vstupní část

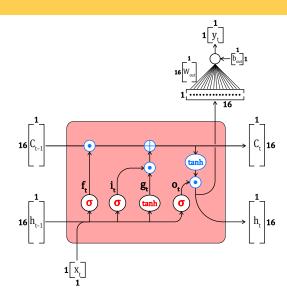
Realizace s

Návrh struktury

Vyhodnocení

Výsledky predil Průtok Sauge

Závě



Vrstvení a rozvinutí v čase

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka Dopředný neuron Buňka 1 neuron Buňka n neuronů Rozvinutí buňky Vrstvení buňky

Zapomínání Vstupní část Výstupní část

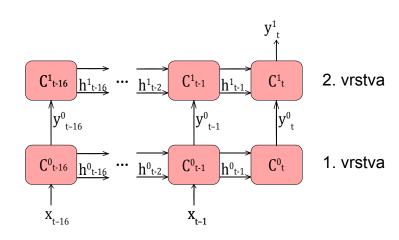
Datové sady Návrh struktury

Navrn struktur

přesnosti

Výsledky predik Průtok Saugee

7ávěr



Hodnoty parametrů sítě

Úvod

Teorie

Rekurentní buňk
Dopředný neuro
Buňka 1 neuror
Buňka n neuror
Rozvinutí buňky
Vrstvení buněk
LSTM architektu

Zapomínání Vstupní část Výstupní část

Realizace s

Návrh struktury

Vyhodnocen

Výsledky predil Průtok Sauge

FILLOR

Zave

název	hodnota
počet vrstev	2
velikost paměti (C)	16
rozvinutí do minulosti	16
velikost dávky	4
max. epoch	1000
early stopping (epoch)	20

Vyhodnocení přesnosti

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka Dopředný neuron Buňka 1 neuron Buňka n neuronú Rozvinutí buňky Vrstvení buňky LSTM architektura Zapomínání Vstupní část

Realizace s

Návrh struktury

Vyhodnocení

přesnosti Výsledky predik

Průtok Saugeer Průtok Labe

Závěr

Přílohy LSTM podrobně

- Symmetric Mean Absolute Prediction Error
- nástavba relativní chyby predikce (MAPE)

$$SMAPE = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^{N} \frac{|y_i - t_i|}{|y_i| + |t_i|}$$
 (2)

- \bullet y_i ... predikované hodnoty
- t_i ... skutečné hodnoty

Jednokroková predikce průtoku Saugeen

Úvod

Teorie

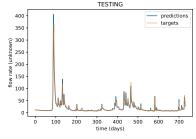
Rekurentní buňka Dopředný neuron Buňka 1 neuron Buňka n neuronů Rozvinutí buňky Vrstvení buněk LSTM architektura Zapomínání Vstupní část

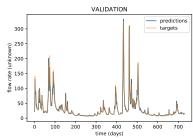
Realizace sítě Datové sady Návrh struktury Vyhodnocení přesnosti

Průtok Saugeen
Průtok Labe

Závěr

Přílohy LSTM podrobně základní nastavení (paměť 16, rozvinutí 16, dávka 4)





- SMAPE = 9,08 %
- epoch učení: 70
- o doba učení: 23 minut 43 sekund

Jednokroková predikce průtoku Saugeen

Úvod

Teorie

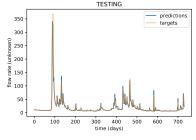
Rekurentní buňka
Dopředný neuron
Buňka 1 neuron
Buňka n neuronů
Rozvinutí buňky
Vrstvení buněk
LSTM architektura
Zapomínání
Vstupní část
Výstupní část

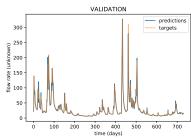
Realizace sítě Datové sady Návrh struktury Vyhodnocení přesnosti

Průtok Saugeen

Závěr

Přílohy LSTM podrobně nejlepší výsledky (paměť 16, rozvinutí 16, dávka 16)





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

Jednokroková predikce průtoku Labe

Úvod

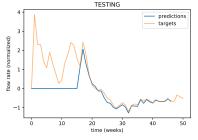
Teorie

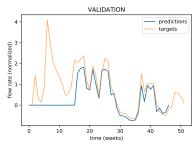
Rekurentní buňka Dopředný neuron Buňka 1 neuron Buňka n neuronů Rozvinutí buňky Vrstvení buněk LSTM architektura Zapomínání Vstupní část

Realizace sítě Datové sady Návrh struktury Vyhodnocení přesnosti Výsledky predikce Průtok Saugeen

Průtok Labe Závěr

Přílohy LSTM podrobně základní nastavení (paměť 16, rozvinutí 16, dávka 16)





- SMAPE = 64,9 %
- epoch učení: 70
- doba učení: 36 sekund

Jednokroková predikce průtoku Labe

Úvod

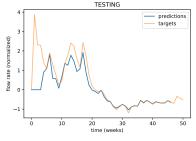
Teorie

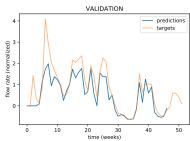
Rekurentní buňka
Dopředný neuron
Buňka 1 neuron
Buňka n neuronú
Rozvinutí buňky
Vrstvení buněk
LSTM architektura
Zapominání
Vstupní část
Výstupní část

Healizace sité
Datové sady
Návrh struktury
Vyhodnocení
přesnosti
Výsledky predikce
Průtok Saureen

Průtok Labe Závěr

Přílohy LSTM podrobně nejlepší výsledky (paměť 4, rozvinutí 4, dávka 2)





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

Závěr

Závěr

- co bylo provedeno
 - rekurentní síť s LSTM architekturou
 - otestována na predikci průtoků Labe a Saugeen
- dosažené výsledky

Saugeen: 7,85 %

Labe: 64.9 %

- co bude dál
 - vícekroková predikce
 - dropout
 - grid search
 - naučení na jedné sadě a testování na druhé
 - jiná data

Brány

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
Dopředný neuron
Buňka 1 neuron
Buňka n neuronů
Rozvinutí buňky
Vrstvení buněk
LSTM architektura
Zapomínání
Vstupní část

Realizace sítě Datové sady

Návrh struktury

Vyhodnocení

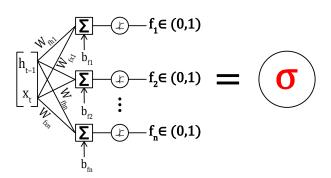
Výsledky predik Průtok Saugee

Závě

Přílohy

LSTM podrobněji

vnitřní struktura brány zapomínání

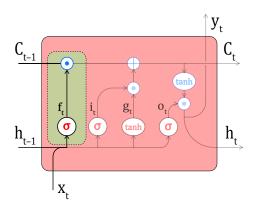


Brána zapomínání

LSTM podrobněji

• zapomínání části vnitřního stavu

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f)$$



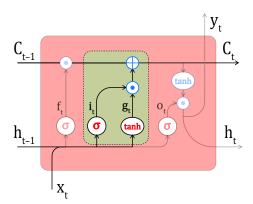
Vstupní část

LSTM podrobněji

ukládání nových hodnot do vnitřního stavu

$$i_{t} = \sigma(W_{i} \cdot [h_{t-1}, x_{t}] + b_{i})$$

$$g_{t} = \tanh(W_{g} \cdot [h_{t-1}, x_{t}] + b_{g})$$



Výstupní část

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka Dopředný neuron Buňka 1 neuron Buňka n neuronů Rozvinutí buňky Vrstvení buněk LSTM architektura Zapomínání Vstupní část

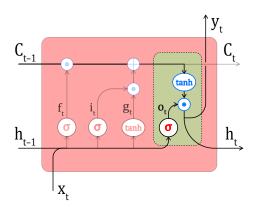
Realizace sít Datové sady Návrh struktury

Výsledky prediko Průtok Saugeen

Závěi

Přilohy LSTM podrobněji průchod vnitřního stavu tanh funkcí na výstup:

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o)$$



Aktualizace výstupů

Úvod

Teorie

Rekurentní buňka
Dopředný neuron
Buňka 1 neuron
Buňka n neuronů
Rozvinutí buňky
Vrstvení buněk
LSTM architektura
Zapomínání
Vstupní část

Realizace

Návrh struktury

Vyhodnocení

Výsledky prediko Průtok Saugee

Závěi

Přílohy

LSTM podrobněji

výstupy vrstev

$$\begin{split} f_t &= \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f) \\ i_t &= \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i) \\ g_t &= \tanh\left(W_g \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_g\right) \\ o_t &= \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o) \end{split}$$

výstupy buňky

$$C_t = f_t \odot C_{t-1} + i_t \odot g_t$$
$$y_t = o_t \odot \tanh(C_t)$$
$$h_t = o_t \odot \tanh(C_t)$$

