

Основне академске студије  
Информациони инжењеринг

Методе и технике науке о подацима

# Рекурентне неуронске мреже

(материјали за вежбе)

## Рекурентна неуронска мрежа

неуронска мрежа код које постоји повратна веза

могућност преношења сигнала и уназад

употреба меморијских ћелија

делови неуронске мреже који поседују стање

рекурентни неурон, ћелија типа *LSTM*, ћелија типа *GRU*...

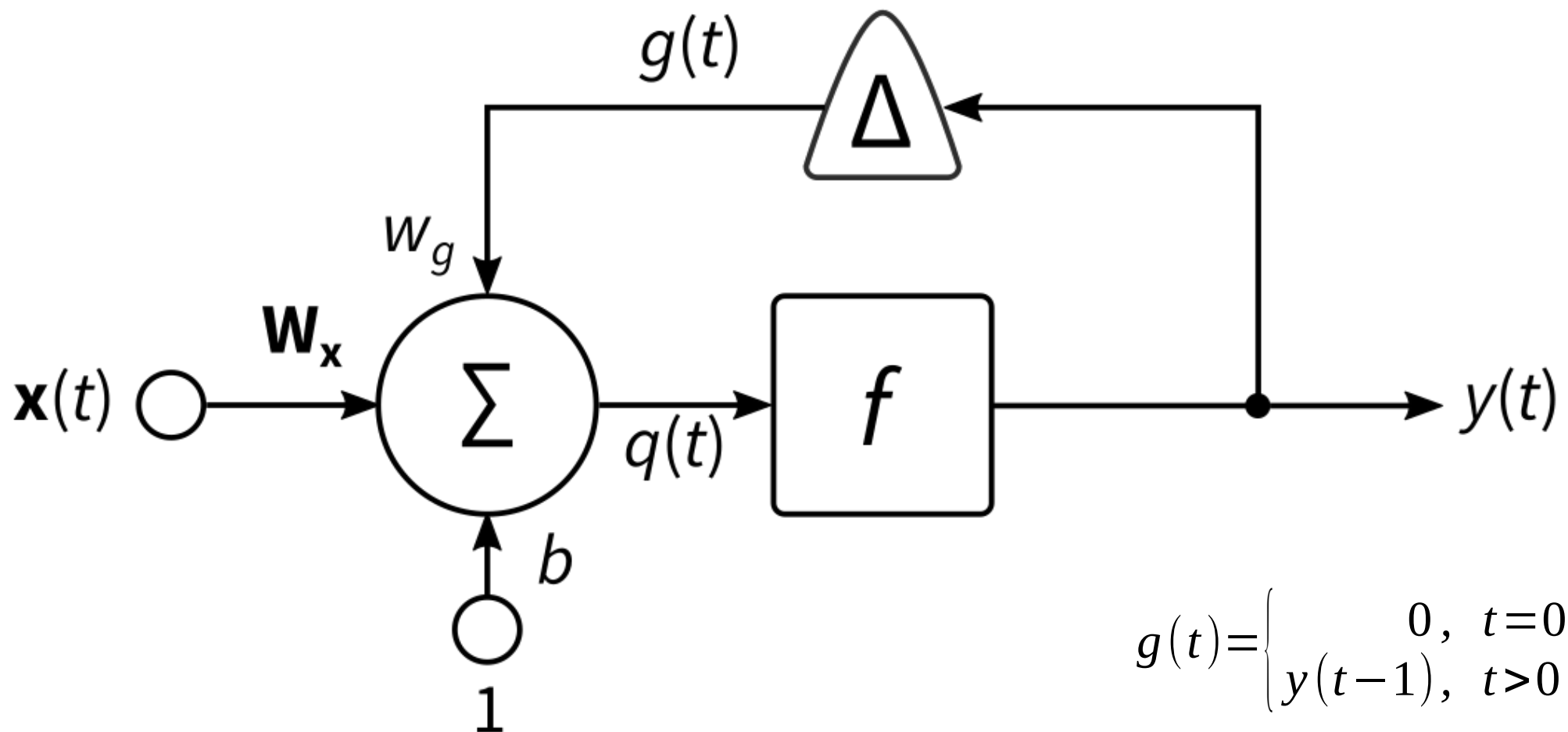
погодност за примену над подацима код којих постоји

секвенцијалност

временски низови, текстови...

# Рекурентна неуронска мрежа

## Пример рекурентног неурона

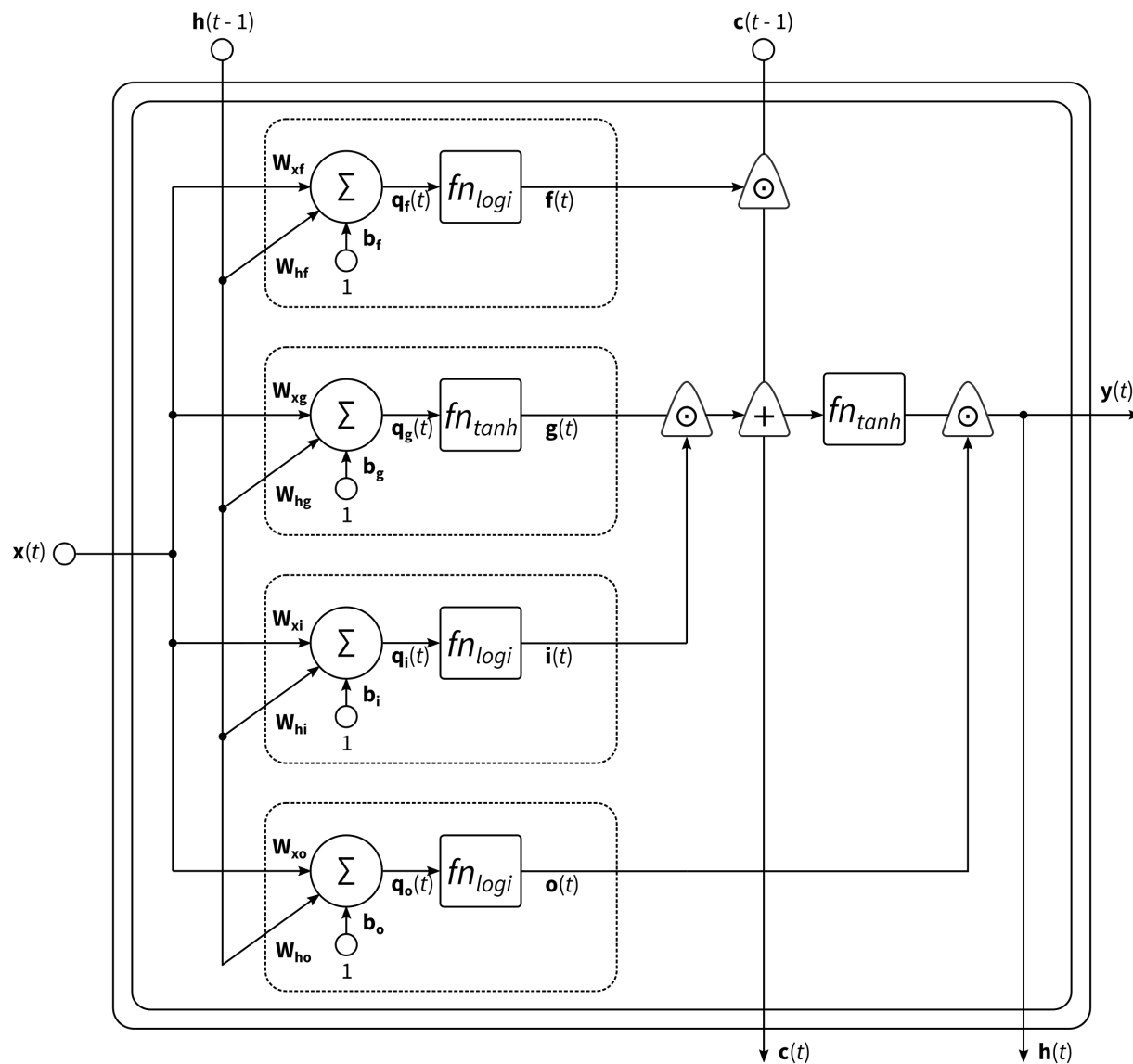


$$g(t) = \begin{cases} 0, & t=0 \\ y(t-1), & t>0 \end{cases}$$

$$y(t) = f(\mathbf{W}_x \mathbf{x}(t) + w_g g(t) + b)$$

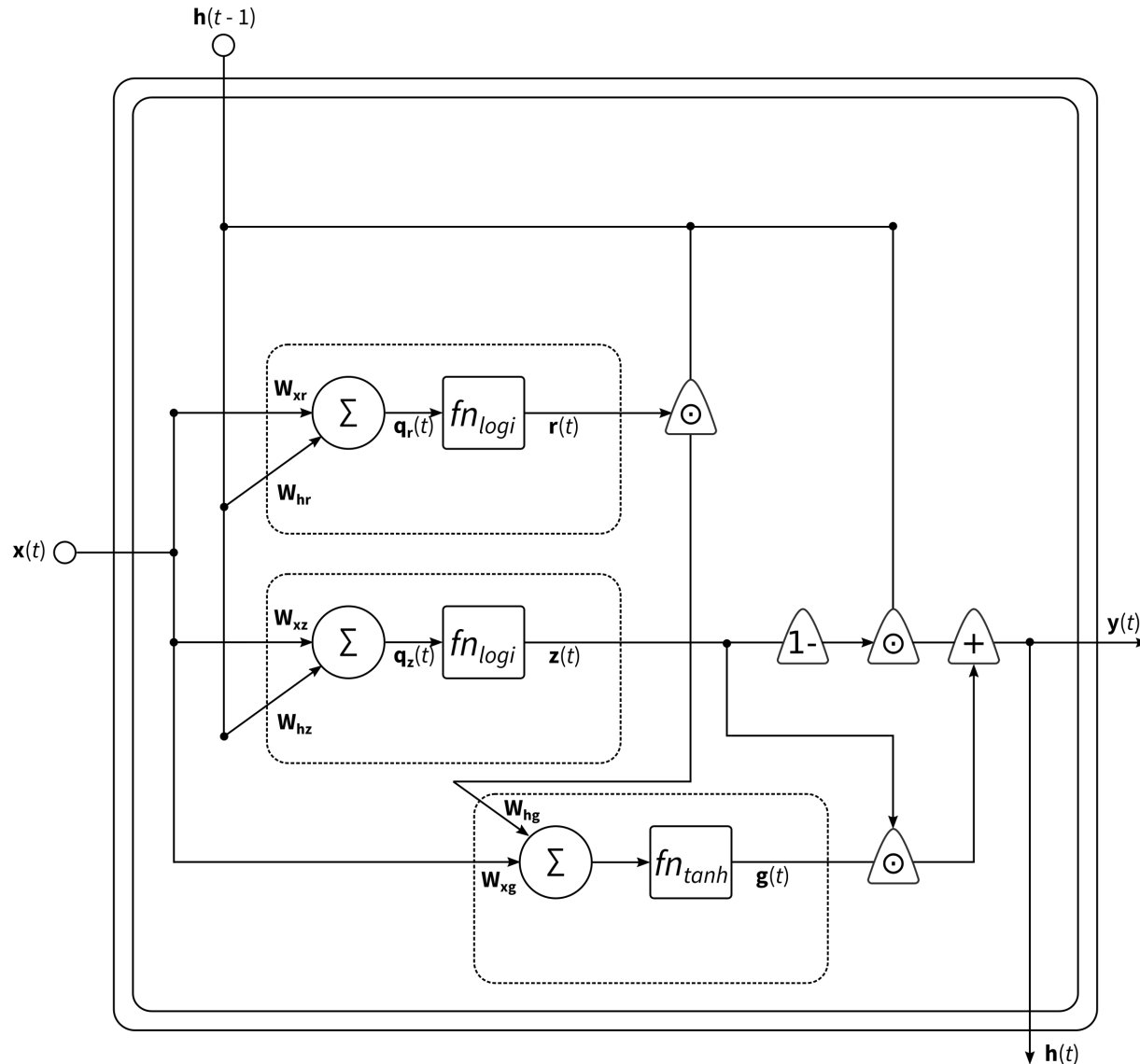
# Рекурентна неуронска мрежа

## Пример ћелије типа *LSTM*



# Рекурентна неуронска мрежа

## Пример ћелије типа *GRU*



## Библиотека *Keras*

библиотека за језик *Python* намењена раду с неуронским мрежама  
подржава рад и с рекурентним неуронским мрежама  
подржава коришћење додатних врста слојева

обични рекурентни слој

*SimpleRNN*

слој типа *LSTM*

*LSTM*

слој типа *GRU*

*GRU*

...

# Рекурентне неуронске мреже

## Библиотека *Keras*

пример склапања рекурентне неуронске мреже

```
rnm = Sequential()  
rnm.add(Input(shape=(10, 1)))  
rnm.add(LSTM(units=64))  
rnm.add(Dense(1))  
  
rnm.compile(loss="mean_squared_error",  
            optimizer="adam")
```

## Подаци

скуп података о преласцима бицикала преко моста Фримонт у Сијетлу (САД)

постоје 118283 појаве и 4 обележја

свака појава односи се на период од једног сата

обележја за датум и време, укупни број прелазака, број прелазака западном стазом и број прелазака источном стазом

извор скупа података

скуп података *Fremont Bridge Bicycle Counter*

матична Интернет страна

[https://data.seattle.gov/Transportation/Fremont-Bridge-Bicycle-Counter/65db-xm6k/about\\_data](https://data.seattle.gov/Transportation/Fremont-Bridge-Bicycle-Counter/65db-xm6k/about_data)

у оквиру портала отворених података Сијетла (САД)

подаци доступни у више формата

може се користити формат CSV (CSV датотека доступна кроз опцију *Export*)

скуп података креиран 14. 3. 2013. а најновије повезано ажурирање 13. 4. 2026.

за ентитет који је учинио скуп података доступним назначен је Град Сијетл (*City of Seattle*)

назначени власник скупа података је *Zuniga, Rafael*

лиценца и могућности коришћења скупа података

подаци у јавном домену

## Задатак 1.

Учитати скуп података из одговарајуће CSV датотеке.

Формирати посебну колону за годину.

Формирати посебну колону за дан у седмици.

Формирати посебну колону за сате.

Уредити називе колона.

Сортирати податке хронолошки.

Проверити присуство недостајућих вредности у подацима.

Скуп података поделити на подскуп за обучавање и подскуп за валидацију.

Подскупом за обучавање обухватити податке из 2016, 2017. и 2018. године.

Подскупом за валидацију обухватити податке из 2019. године.

...

## Задатак 1.

...

Обучити рекурентну неуронску мрежу за процену укупног броја прелазака за један сат.

Процену спровести за подневни период на основу стања за подневне периоде из претходних седам дана.

Испитати понашање обучене неуронске мреже и над подацима за обучавање и над подацима за валидацију.

Исцртати графикон на којем ће бити приказана промена у вредности губитка по епохама засебно за обучавање и засебно за валидацију.

Експериментисати с различитим подешавањима поступка обучавања и слојева рекурентне неуронске мреже у циљу побољшања перформанси у процењивању укупног броја прелазака за један сат.

## Основна литература

Hagan MT, Demuth HB, Beale MH, De Jesús O. Neural Network Design. 2nd edition. eBook. Internet: <https://hagan.okstate.edu/nnd.html>

Géron A. Mašinsko učenje: Scikit-Learn, Keras i TensorFlow: koncepti, alati i tehnike za izgradnju inteligentnih sistema. Prevod 2. izdanja. O'Reilly (Sebastopol, CA, USA), Mikro knjiga (Beograd, Srbija); 2021.

Chung J, Gulcehre C, Cho K, Bengio Y. Empirical Evaluation of Gated Recurrent Neural Networks on Sequence Modeling. arXiv:1412.3555. Internet: <https://arxiv.org/abs/1412.3555>

Keras. Keras: Deep learning for humans. Internet: <https://keras.io/>

Keras. Getting started with Keras. Internet: [https://keras.io/getting\\_started/](https://keras.io/getting_started/)

Keras. Keras 3 API documentation. Internet: <https://keras.io/api/>