

Detekce vybraných aktivit diabetického pacienta 1. typu

Bc. David Pivovar

Vedoucí práce: Doc. Ing. Tomáš koutný, Ph.D.

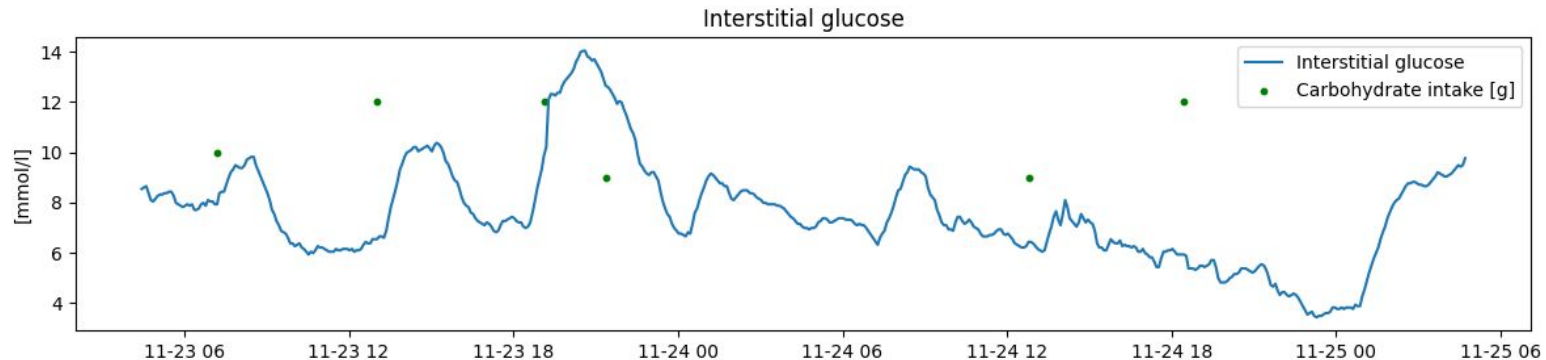
Cíle práce

- Diabetes mellitus 1. typu - chronické metabolické onemocnění
- Continuous glucose monitoring system (CGMS)
- Inzulínové pumpy
- Artificial pancreas
 - **SmartCGMS**

1) Detekce příjmu karbohydrátů

- a) rekurentní neuronové sítě
- b) detekce hran průběhu intersticiální glukózy

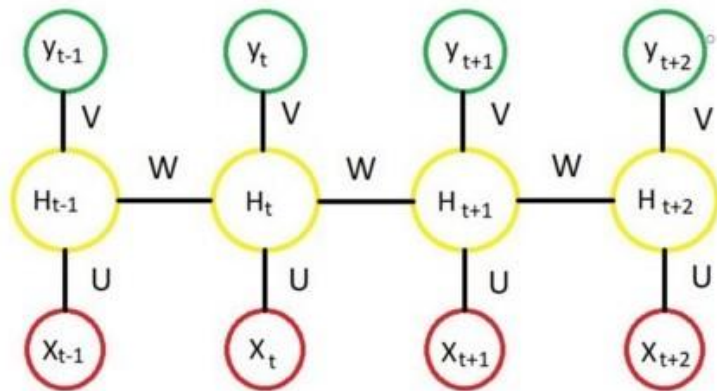
2) Detekce fyzické aktivity



Rekurentní neuronové sítě

- Obousměrná LSTM nebo GRU (128 neuronů, dropout 0.2, tanh)
- Dropout vrstva (0.5)
- Dense vrstva (128, ReLU)
- Dense vrstva (1)
- optimizer: Adam
- ztrátová funkce: MeanSquaredRoot
- N vstupních prvků
- velikost okna W

$$\begin{bmatrix} X_1^1 & X_1^2 & \dots & X_1^N \\ X_2^1 & X_2^2 & \dots & X_2^N \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_W^1 & X_W^2 & \dots & X_W^N \end{bmatrix}$$



Detekce hran

Derivace funkce:

$$f'(x) = \frac{d}{dx}f(x) = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}$$

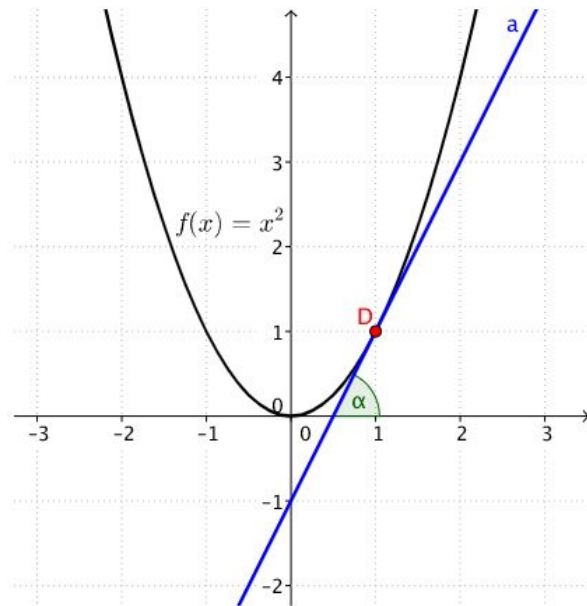
$\text{tg}(\alpha)$ - směrnice tečny

$\text{tg}(\alpha) > 0 \Rightarrow f(x)$ je rostoucí

$\text{tg}(\alpha) < 0 \Rightarrow f(x)$ je klesající

První difference:

$$\Delta IST = \frac{IST_t - IST_{t-1}}{\Delta t}$$



Detekce hran

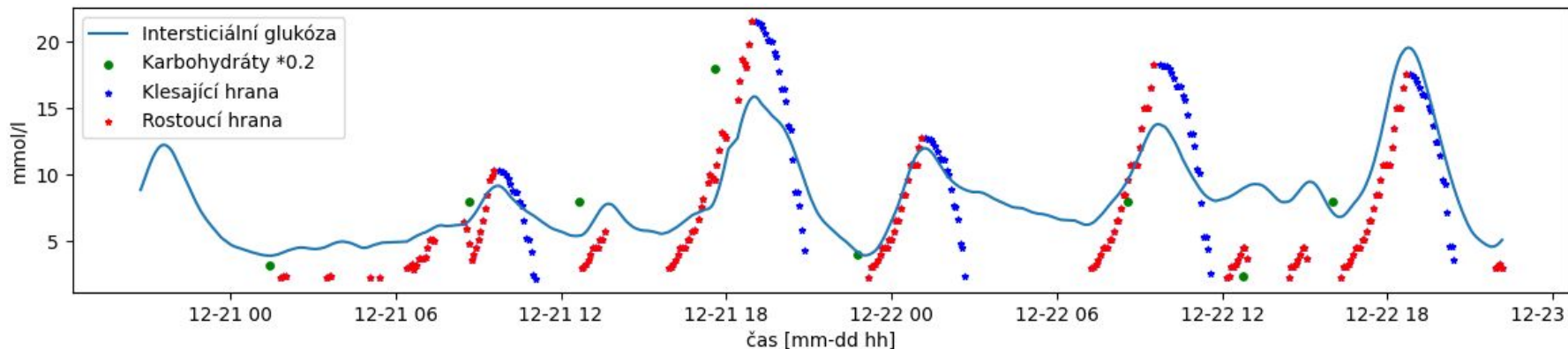
Ohodnocení podle ΔIST :

th = [0.0125, 0.018]

w = [2.25, 3]

Vývoj v čase:

```
if activation[i] > 2:  
    for j in range(24):  
        if activation[i-j] >= 2+0.2*j:  
            activation[i] += 0.1*j
```



Výsledky detekce karbohydrátů

- 340 jídel
- měření 10 - 11 dnů / pacient
- 2 úrovně detekce - nízká/vysoká pravděpodobnost

| | Detekce hran | RNN | Detekce hran + RNN |
|--------------------------|---------------------|--------------|---------------------------|
| Detekováno | 289 (85 %) | 169 (49,7 %) | 299 (87,9 %) |
| Potvrzeno | 167 (57,8%) | - | 116 (38,8 %) |
| Falešně pozitivní | 112 | 188 | 89 |
| Zpoždění | 27,54 min | 21,04 min | 22 min |

Detekce fyzické aktivity

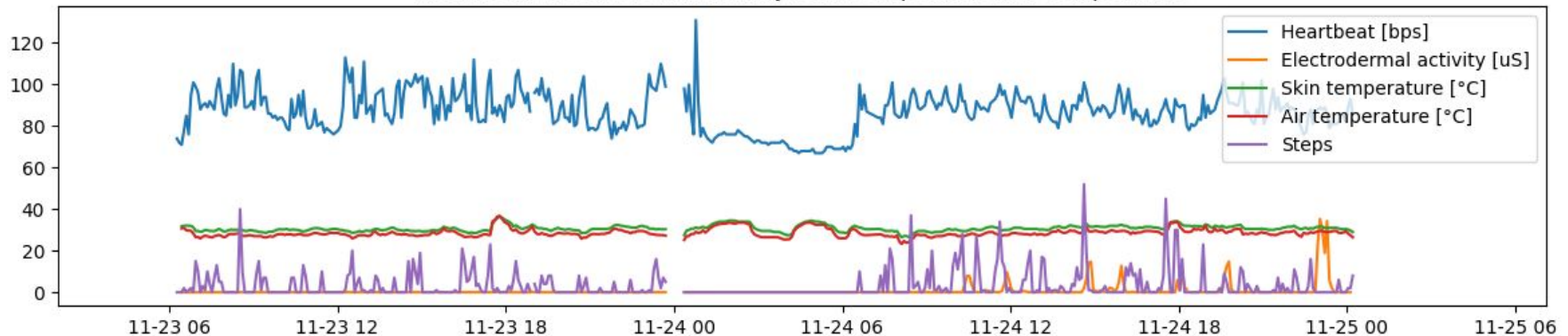
1. sada dat:

- srdeční tep
- počet kroků
- elektrodermální aktivita

2. sada dat :

- akcelerace
- elektrodermální aktivita

Heartbeat, Electrodermal activity, Skin temperature, Air temperature



Detekce fyzické aktivity

Testované metody detekce:

- Metody strojového učení
- Hranice pro detekci

Volba ukazatelů:

- aktuální hodnota
- průměr za časové okno
- medián
- rozptyl
- rozdíl kvartilů

Výsledky detekce fyzické aktivity

1. sada dat:

- 5 pacientů
- 19 zadaných aktivit

| | Srdeční tep | Kroky | Elektroderm. aktivita | Tep + Kroky | Tep + elektroderm. | Kroky + elektroderm. |
|------------------------------|--------------------|--------------|----------------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Detekováno | 16 | 17 | 13 | 15 | 8 | 10 |
| Falešně pozitivní | 122 | 73 | 8 | 28 | 1 | 2 |
| Zpoždění | 10,22 min | 5,26 min | 18,62 min | 10,42 min | 12,09 min | 12,40 min |

Výsledky detekce fyzické aktivity

2. sada dat:

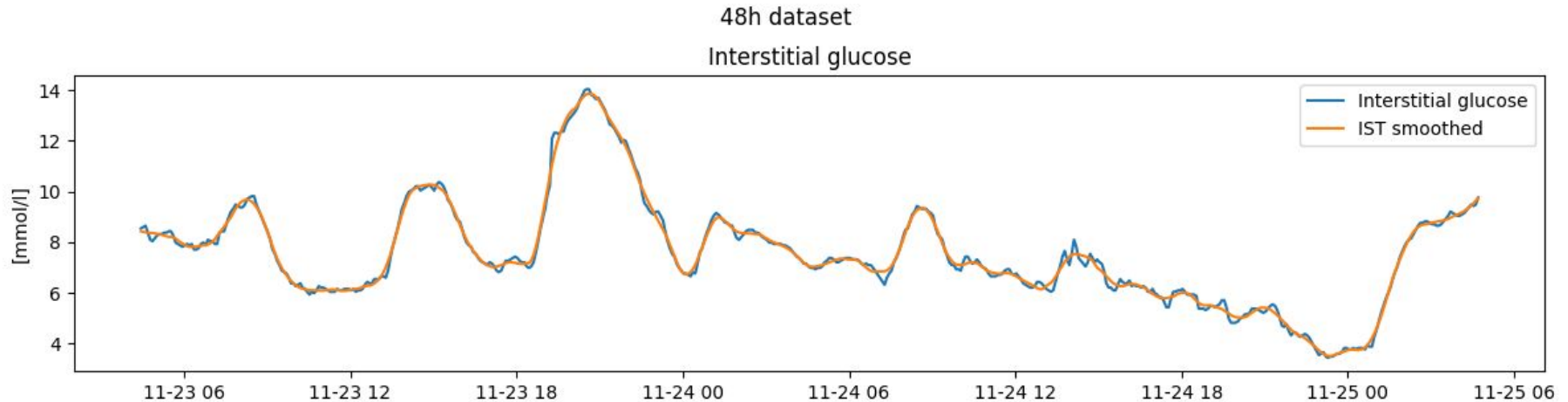
- 4 pacienti
- 17 zadaných aktivit

| | Akcelerace | Elektroderm. aktivita | Akcelerace + elektroderm. |
|------------------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Detekováno | 16 | 10 | 6 |
| Falešně pozitivní | 64 | 43 | 10 |
| Zpoždění | 25,46 min | 22,98 min | 24,85 min |

Děkuji za pozornost

Čím by bylo vhodné nahradit filtr Savitzky-Golay, aby umožnil výpočetně únosné on-line vyhlazování signálu?

- Akima spline
- Kalmanův filtr (+ Bergmanův model)



Dala by se metoda modifikovat tak, aby bylo možné přijaté karbohydráty kvantifikovat, popř. jak?

- Výpočet plochy pod křivkou detekovaných hran IST
-> navzorkování dle zadaného množství karbohydrátů
- problém s vícečetným zadáním příjmu karbohydrátů
- možnost stanovit glykemický index

Jak by bylo vhodné implementovat realistický „error metric“ signál, aby SmartCGMS mohl sám optimalizovat parametry pro jednotlivé pacienty?

- Problém detekce se zpožděním
- Metrika: Čas detekce
- V případě nedetekování do určité doby hraniční hodnota
- Snaha solveru o minimalizaci času detekce