

Bc. David Pivovar

Diplomová práce

Inženýrská informatika
Medicínská informatika
2020/2021

Vedoucí práce:

Doc. Ing. Tomáš Koutná, Ph.D.

Detekce vybraných aktivit diabetického pacienta 1. typu

Abstrakt

Práce se zabývá detekcí karbohydrátů a fyzické aktivity diabetického pacienta 1. typu. Cílem práce bylo zhodnotit existující metody detekce a implementovat vlastní řešení jako modul do aplikace SmartCGMS. Pro detekci karbohydrátů byly navrženy a implementovány dvě metody. První využívá rekurentní neuronové sítě, druhá detekuje hrany průběhu intersticiální glukózy měřené senzorem kontinuální monitorace glukózy. Detekce fyzické aktivity je na základě hodnot srdečního tepu a pohybových dat.

Úvod

Diabetes mellitus je chronické metabolické onemocnění. Vyznačuje se zvýšenou koncentrací glukózy v krvi. Tu nejvíce ovlivňuje příjem karbohydrátů (cukrů) a fyzická aktivita. Cílem práce bylo zhodnotit existující metody detekce příjmu karbohydrátů a fyzické aktivity, navrhnout vlastní řešení detekce a implementovat ho jako modul do aplikace SmartCGMS.

Detekce příjmu karbohydrátů

Pro detekci karbohydrátů byly navrženy 2 metody. Metoda detekce hran průběhu intersticiální glukózy detekuje vzestupné a klesající hrany pomocí thresholdů první difference hodnot intersticiální glukózy měřených senzorem CGMS v pětiminutových intervalech. Hodnota první difference je definována:

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

a udává velikost změny průběhu intersticiální glukózy. Pokud je křivka rostoucí, je hodnota difference kladná, pakliže je klesající, je hodnota difference záporná. Data jsou před samotným výpočtem vyhlazena pomocí Savitzky-Golay filtru. Detekce hran je na obrázku dole.

Druhá metoda detekuje karbohydráty pomocí rekurentní neuronové sítě. Ty se vyznačují schopností udržet informaci o aktivaci předchozích neuronů. Použité neuronové sítě jsou Long short-term memory a Gated recurrent unit.

Detekce fyzické aktivity

Při fyzické zátěži dochází ke zvýšení srdečního tepu, pocení a zvýšení elektrodermální aktivity (vodivosti) pokožky. Sledováním těchto a pohybových dat lze detekovat fyzickou aktivitu. Navržený algoritmus detekuje fyzickou aktivitu pakliže některý z těchto ukazatelů, nebo jejich kombinace překročí určitý threshold.

Implementace do SmartCGMS

Do aplikace SmartCGMS byly implementovány celkem čtyři filtry. SavitzkyGolay filtr pro vyhlazení dat, filtr detekce karbohydrátů umožňující detekci pomocí hran průběhu intersticiální glukózy, pomocí rekurentních neuronových sítí, nebo jejich kombinace, filtr detekce fyzické aktivity a evaluační filtr pro vyhodnocení výsledků. Parametry filtrů jsou nastavitelné, pro ukázkou bylo vytvořeno několik konfigurací. U detekčních filtrů jsou thresholdy ve formě parametrů modelu a je možné aplikaci rozšířit o solver, který by našel neoptimálnější thresholdy pro každého pacienta.

Dosažené výsledky

Všechny formy detekce hran průběhu intersticiální glukózy dosahovaly citlivosti nad 85 %. Nejlepších výsledků (89 %) dosahuje detekce hran s potvrzením GRU neuronovou sítí. U některých pacientů dosahovala citlivost až 95 %. Tato metoda má i nejnižší počet falešně pozitivních detekcí. Naopak samostatná neuronová síť dosahovala úspěšné detekce jen kolem 50 %. Zpoždění v průměru 22 minut je srovnatelné, nebo i lepší, než výsledky ostatních algoritmů.

Dobré citlivosti u detekce fyzické aktivity dosahovala detekce při použití srdečního tepu, kroků a akcelerace, přičemž akcelerace dosahovala citlivosti 94 %. Nejvyšší zpoždění mělo měření počtu kroků. Nejmenší citlivost má elektrodermální aktivita. Kombinací více ukazatelů se podařilo značně snížit počet falešně pozitivních detekcí. Nejlépe pak vychází kombinace srdečního tepu a počtu kroků.

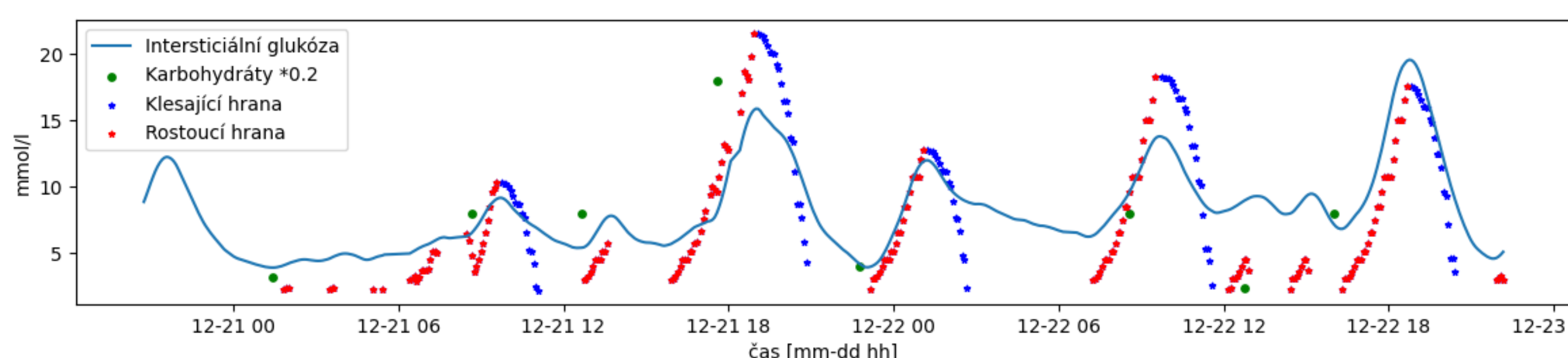
Algoritmy mají vysoký počet falešně pozitivních detekcí. To je dáno tím, že měřená data jsou ovlivněna mnoha faktory, které nemusí souviset s příjmem karbohydrátů a intenzivní fyzickou aktivitou souviset. V datech se také vyskytují oblasti, kdy aktivita nebylo pacientem zaznamenána, nebo bylo zaznamenána se zpožděním.

Závěr

V rámci práce byly navrženy a implementovány metody detekce příjmu karbohydrátů pomocí rekurentních neuronových sítí a detekce hran průběhu intersticiální glukózy.

Detekce fyzické aktivity je realizována na základě pohybových dat, srdečního tepu a elektrodermální aktivity.

Tyto metody byly následně implementovány do aplikace SmartCGMS.



Detekce hran průběhu intersticiální glukózy