

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Evidenčné číslo: FEI-100863-111119

AUTENTIFIKÁCIA EMÓCIÍ OPERÁTORA NA ZÁKLADE
VÝRAZU TVÁRE
DIPLOMOVÁ PRÁCA

2025

Bc. Maroš Kocúr

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Evidenčné číslo: FEI-100863-111119

AUTENTIFIKÁCIA EMÓCIÍ OPERÁTORA NA ZÁKLADE
VÝRAZU TVÁRE
DIPLOMOVÁ PRÁCA

Študijný program:	Robotika a kybernetika
Názov študijného odboru:	kybernetika
Školiace pracovisko:	Ústav robotiky a kybernetiky
Vedúci záverečnej práce:	prof. Ing. Jarmila Pavlovičová, PhD.
Konzultant:	Ing. Michal Tölgyessy

Bratislava 2025

Bc. Maroš Kocúr

SÚHRN

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Študijný program:	Robotika a kybernetika
Autor:	Bc. Maroš Kocúr
Diplomová práca:	Autentifikácia emócií operátora na základe výrazu tváre
Vedúci záverečnej práce:	prof. Ing. Jarmila Pavlovičová, PhD.
Konzultant:	Ing. Michal Tölgyessy
Miesto a rok predloženia práce:	Bratislava 2025

Interakcia človeka s robotom v dynamickom prostredí si čoraz viac vyžaduje pochopenie emocionálneho stavu operátora s cieľom optimalizovať komunikáciu a rozhodovacie procesy. Cieľom tejto práce je navrhnúť a implementovať modul, ktorý poskytuje robotickému systému emocionálnu spätnú väzbu a umožňuje mu zisťovať výrazy tváre operátora a odvodzovať jeho emocionálne stavy. S využitím kamery RGB s možnosťou integrácie kamery RGB-D bude systém využívať biometrické modely tváre a techniky rozpoznávania tváre na identifikáciu emócií v reálnom čase. Medzi kľúčové úlohy patrí analýza súčasných metód detekcie emócií výrazu tváre, štúdium princípov tvorby biometrických modelov tváre a implementácia robustného systému na detekciu emócií. Systém bude overený prostredníctvom testovania na simulovaných aj reálnych súboroch údajov. Okrem toho bude vyvinutý balík ROS2, ktorý zabezpečí bezproblémovú integráciu v rámci robotických systémov. Výsledky budú kriticky posúdené prostredníctvom experimentov s cieľom zabezpečiť presnosť a efektívnosť výkonu v reálnych aplikáciách.

Kľúčové slová: RGB kamera, neurónová sieť

ABSTRACT

SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY

Study Programme:	Robotics and cybernetics
Author:	Bc. Maroš Kocúr
Master's thesis:	Operator Emotion Authentication Based on Facial Expression
Supervisor:	prof. Ing. Jarmila Pavlovičová, PhD.
Consultant:	Ing. Michal Tölgyessy
Place and year of submission:	Bratislava 2025

Human-robot interaction in dynamic environments increasingly requires an understanding of the operator's emotional state to optimize communication and decision-making processes. This work aims to design and implement a module that provides emotional feedback to a robotic system, enabling it to detect the operator's facial expressions and infer emotional states. Leveraging an RGB camera, with the option to integrate an RGB-D camera, the system will employ biometric facial models and facial recognition techniques to identify emotions in real-time. Key tasks include analyzing current facial expression emotion detection methods, studying the principles of facial biometric model creation, and implementing a robust system for emotion detection. The system will be validated through testing on both simulated and real datasets. Additionally, a ROS2 package will be developed to ensure seamless integration within robotic systems. The outcomes will be critically assessed through experiments to ensure accuracy and performance efficiency in real-world applications.

Keywords: RGB camera, neural network

Pod'akovanie

I would like to express a gratitude to my thesis supervisor.

Obsah

Úvod	1
1 Úvod	2
1.1 Motivácia	2
1.2 Bezpečnosť	2
1.3 Produktivita	2
1.4 Ďalšie aspekty	3
1.5 Ciele práce	3
2 Štruktúra práce	4
3 Teoretické základy	5
3.1 Emócie a ich prejav	5
3.2 Analýza obrazu	5
3.3 Biometria	5
4 Existujúce metódy analýzy emócií	6
4.1 Ručne značenie	6
4.2 Automatická analýza emócií	6
5 Návrh riešenia	7
5.1 Architektúra systému	7
5.2 Výber dát	7
5.3 Extrakcia príznakov	7
5.4 Klasifikácia	7
5.5 Vyber hyperparametrov	7
6 Implementácia riešenia	8
6.1 Výber nástrojov	8
6.2 Implementácia jednotlivých komponentov	8
6.3 Vizualizácia výsledkov	8
7 Experimenty a vyhodnotenie	9
7.1 Dátová sada	9
7.2 Metriky	9
7.3 Výsledky	9

7.4	Analýza výsledkov	9
8	Implementácia v ROS2	10
8.1	Konverzia modelu	10
8.2	Integrácia do robotického systému	10
9	Záver	11
9.1	Zhodnotenie práce	11
9.2	Obmedzenia práce	11
9.3	Budúce smerovanie	11
10	Doplňuje poznámky	12
	Záver	13
	Zoznam použitej literatúry	14
	Prílohy	14
A	Štruktúra elektronického nosiča	15
B	Algoritmus	16
C	Výpis subline	17

Zoznam obrázkov a tabuliek

Zoznam algoritmov

B.1	Vypočítaj $y = x^n$	16
-----	-------------------------------	----

Zoznam výpisov

C.1 Ukážka sublime-project	17
--------------------------------------	----

Úvod

Ukazka upraveného šablony FEIStyle.cls (<https://github.com/Kyslik/FEIStyle>) s použitím Times New Roman fontu. Nastavenie fontov som prebral z oficiálneho IEEE šablony, vložil som ho do FEIStyle.cls na riadky 228-230.

Tu bude krásny úvod s diakritikou atď.

A možno aj viac riadkový úvod.

1 Úvod

1.1 Motivácia

Chcem tu este hodit ake typy emocii sa daju rozpoznať a preco je to dolezite. Prečo je analýza emócií dôležitá v kontexte interakcie človeka s robotom?

Únava, najmä v kritických profesiách a každodenných činnostiach, predstavuje značné riziko pre jednotlivcov aj spoločnosť. Detekcia únavy je kľúčová, pretože môže zabrániť nehodám, zvýšiť produktivitu a celkovo prispieť k zlepšeniu kvality života. Pre ľudí v náročných pracovných prostrediach, ako sú vodiči, operátori strojov alebo zdravotnícki pracovníci, môže únava spôsobiť významný pokles výkonnosti a zvýšenie rizika chýb, ktoré môžu mať fatálne dôsledky.

1.2 Bezpečnosť

Doprava: Zníženie počtu nehôd spôsobených únavou vodičov

Jedným z najdôležitejších dôvodov pre detekciu únavy je prevencia dopravných nehôd. Únava vodiča spôsobuje spomalenie reakčných časov, zníženú koncentráciu a vyššiu pravdepodobnosť mikrosnánku. Podľa štatistík je únava zodpovedná za približne 20 % všetkých dopravných nehôd. Systémy detekcie únavy, ktoré analyzujú fyziologické alebo behaviorálne signály vodiča, môžu v reálnom čase varovať pred rizikom mikrosnánku alebo strate koncentrácie a tak potenciálne zachrániť ľudské životy a znížiť škody na majetku.

Priemysel: Zníženie rizika úrazov v náročných pracovných prostrediach

V priemyselných odvetviach, kde sú pracovníci vystavení vysokému fyzickému a psychickému zaťaženiu (napr. ťažký priemysel, nočné smeny, manipulácia s nebezpečnými materiálmi), únava môže viesť k chybám, ktoré môžu mať vážne následky. Monitorovanie únavy pomocou technológií by mohlo byť účinným spôsobom, ako predchádzať pracovným úrazom, zvýšiť bezpečnosť na pracovisku a znížiť počet nehôd spôsobených ľudskou chybou.

1.3 Produktivita

Zvýšenie efektivity a výkonnosti

Únava má priamy vplyv na zníženie koncentrácie, rýchlosti rozhodovania a celkového výkonu. Zamestnanci, ktorí pracujú unavení, sú menej produktívni, robia viac chýb a potrebujú viac času na vykonanie úloh. Systémy na monitorovanie únavy môžu pomôcť identifikovať okamihy, keď je výkon pracovníkov znížený, a navrhnúť prestávky alebo zmeny v pracovnom režime. Tým sa môže optimalizovať pracovný čas a zvýšiť celková efektivita pracovného procesu.

Optimalizácia pracovného času

Moderné technológie umožňujú monitorovanie úrovne únavy v reálnom čase a poskytujú zamestnávateľom a manažérom možnosť upraviť pracovné zaťaženie podľa aktuálnej úrovne únavy jednotlivých zamestnancov. Takáto optimalizácia môže znížiť riziko chýb, zvýšiť efektivitu a zároveň podporiť lepšiu pracovnú pohodu zamestnancov.

1.4 Ďalšie aspekty

Zdravie prevencia zdravotných problémov

Chronická únava môže viesť k rôznym zdravotným problémom, ako sú depresia, úzkosť, oslabenie imunitného systému a zvýšené riziko kardiovaskulárnych ochorení. Monitorovanie únavy a zavádzanie preventívnych opatrení, ako sú pravidelné prestávky alebo úprava pracovných podmienok, môžu pomôcť predchádzať týmto problémom a zlepšiť celkové zdravie jednotlivcov.

Dostatok odpočinku je nevyhnutný pre udržanie duševnej a fyzickej pohody. Chronická únava znižuje kvalitu života, ovplyvňuje medziludské vzťahy a môže viesť k problémom v osobnom a profesionálnom živote. Systémy na detekciu únavy môžu pomôcť jednotlivcom lepšie si plánovať odpočinok a dosiahnuť rovnováhu medzi pracovným a osobným životom.

Sociálne dôsledky únavy

Únava ovplyvňuje nielen pracovný výkon, ale aj medziludské vzťahy. Unavení ľudia majú často problémy s komunikáciou, trpia podráždenosťou a môžu sa vyhýbať spoločenským interakciám. Chronická únava môže viesť k sociálnej izolácii, čo má negatívny vplyv na kvalitu života.

Ekonomické dôsledky únavy

Únava má významné ekonomické dôsledky. Nehody spôsobené únavou vedú k veľkým finančným stratám v dôsledku škôd na majetku, zdravotných výdavkov a zníženej produktivity. Únava na pracovisku znižuje výkon a zvyšuje počet chýb, čo môže viesť k zníženiu kvality produktov a služieb, a tým aj k strate zákazníkov.

1.5 Ciele práce

Cieľom práce je vytvoriť systém, ktorý bude schopný rozpoznať emócie v reálnom čase.

2 Štruktúra práce

Práca je rozdelená do niekoľkých kapitol. V prvej kapitole sa zameriame na analýzu emócií. V druhej kapitole sa zameriame na analýzu dát. V tretej kapitole sa zameriame na návrh riešenia. V štvrtej kapitole sa zameriame na implementáciu riešenia. V piatej kapitole sa zameriame na vyhodnotenie riešenia. V šiestej kapitole sa zameriame na záver.

3 Teoretické základy

3.1 Emócie a ich prejav

Definícia emócií, univerzálne emócie, kultúrne rozdiely v prejave emócií, výrazy tváre ako indikátor emócií.

3.2 Analýza obrazu

Základné pojmy z oblasti analýzy obrazu, detekcia tváre, extrakcia príznakov, klasifikácia.

3.3 Biometria

Princípy biometrických systémov, identifikácia vs. verifikácia.

4 Existujúce metódy analýzy emócií

4.1 Ručne značenie

4.2 Automatická analýza emócií

5 Návrh riešenia

5.1 Architektúra systému

5.2 Výber dát

5.3 Extrakcia príznakov

5.4 Klasifikácia

5.5 Vyber hyperparametrov

6 Implementácia riešenia

6.1 Výber nástrojov

Programovací jazyk, knižnice (OpenCV, TensorFlow, PyTorch).

6.2 Implementácia jednotlivých komponentov

Podrobný popis implementácie.

6.3 Vizualizácia výsledkov

Vizualizácia výsledkov analýzy. Grafy, tabuľky.

7 Experimenty a vyhodnotenie

7.1 Dátová sada

Popis použitého dataset-u (veľkosť, rozdelenie tried, kvalita).

7.2 Metriky

Výber vhodných metrik (presnosť, úplnosť, F1-skóre, ROC krivka).

7.3 Výsledky

Vyhodnotenie výsledkov experimentov. Prehľadné zhrnutie výsledkov, porovnanie s inými prácami.

7.4 Analýza výsledkov

Analýza výsledkov, príčiny chýb, možné zlepšenia.

8 Implementácia v ROS2

8.1 Konverzia modelu

Konverzia trénovaného modelu do formátu vhodného pre ROS2.

8.2 Integrácia do robotického systému

Popis integrácie do ROS2, komunikácia s ostatnými modulmi.

9 Záver

9.1 Zhodnotenie práce

Zhodnotenie dosiahnutých výsledkov.

9.2 Obmedzenia práce

Obmedzenia práce, možné zlepšenia.

9.3 Budúce smerovanie

Možné smerovanie ďalej práce.

10 Doplnujece poznamky

Literatúra: Pravidelne citujte relevantnú literatúru. Obrázky a diagramy: Používajte obrázky a diagramy na ilustráciu komplexných konceptov. Kód: Ak je to možné, pridajte ukážky kódu. Tabuľky: Používajte tabuľky na porovnanie výsledkov. Táto štruktúra poskytuje komplexný rámec pre vašu prácu. Môžete ju prispôbiť podľa svojich konkrétnych potrieb a zistení.

Záver

Conclusion is going to be where?

Here.

Prílohy

A	Štruktúra elektronického nosiča	15
B	Algoritmus	16
C	Výpis subline	17

A Štruktúra elektronického nosiča

/CHANGELOG.md

- file describing changes made to FEIstyle

/example.tex

- main example *.tex* file for diploma thesis

/example_paper.tex

- example *.tex* file for seminar paper

/Makefile

- simply Makefile – build system

/fei.sublime-project

- is project file with build in Build System for Sublime Text 3

/img

- folder with images

/includes

- files with content

/bibliography.bib

- bibliography file

/attachmentA.tex

- this very file

B Algoritmus

Algoritmus B.1 Vypočítaj $y = x^n$

Require: $n \geq 0 \vee x \neq 0$

Ensure: $y = x^n$

$y \leftarrow 1$

if $n < 0$ **then**

$X \leftarrow 1/x$

$N \leftarrow -n$

else

$X \leftarrow x$

$N \leftarrow n$

end if

while $N \neq 0$ **do**

if N is even **then**

$X \leftarrow X \times X$

$N \leftarrow N/2$

else { N is odd }

$y \leftarrow y \times X$

$N \leftarrow N - 1$

end if

end while

C Výpis sublime

```
../.. ./ fei .sublime-project
```

Výpis C.1: Ukážka sublime-project