



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

AKCELERACE NEURONOVÝCH SÍTÍ PRO ROZPOZNÁVÁNÍ OBLIČEJE V PŘIROZENÉM PROSTŘEDÍ

THESIS TITLE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

VOJTĚCH ORAVA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ GOLDMANN

BRNO 2023

Abstrakt

Cílem této práce je vytvořit detektor obličejů v záznamech s důrazem na rychlost a přesnost s využitím technologie neuronových sítí a specializovaného hardwaru pro tyto sítě. Práce obsahuje sumarizaci dosavadních řešení detektorů a navrhuje řešení pro akceleraci detektorů. Toto řešení spočívá v **[[TODO]]**. Navržené řešení bylo implementováno a bylo dosaženo výsledků **[[Výsledky experimentů]]**. Na základě výsledků bylo docíleno **[[zrychlení detekce o XX%]]** Přínosem této práce je hlavně **[[přínos]]**

Abstract

Do tohoto odstavce bude zapsán výtah (abstrakt) práce v anglickém jazyce.

Klíčová slova

Detekce obličejů, akcelerace neuronových sítí, NCS 2, detekce v reálných podmínkách, neuronové sítě, Python, počítačové vidění

Keywords

Face detection, Neural Networks acceleration, NCS 2, detection in real conditions, Neural Networks, Python, Compute Vision

Citace

ORAVA, Vojtěch. *Akcelerace neuronových sítí pro rozpoznávání obličejů v přirozeném prostředí*. Brno, 2023. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Ing. Tomáš Goldmann

Akcelerace neuronových sítí pro rozpoznávání obličej v přirozeném prostředí

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana X... Další informace mi poskytli... Uvedl jsem všechny literární prameny, publikace a další zdroje, ze kterých jsem čerpal.

.....
Vojtěch Orava
24. října 2022

Poděkování

V této sekci je možno uvést poděkování vedoucímu práce a těm, kteří poskytli odbornou pomoc (externí zadavatel, konzultant apod.).

Obsah

1	Úvod	2
2	Kamery a systémy pro detekci obličejů	3
2.1	Kamery	3
2.2	Dostupná řešení	3
3	Detekce obličejů v reálných podmínkách	5
3.1	Detekce obličejů	6
3.2	Problémy a omezení	7
3.3	Detektory nevyužívající neuronové sítě	8
4	Neuronové sítě pro detekci obličejů	9
4.1	Neuronové sítě	9
4.2	Datasety	9
4.3	Detektory obličejů	9
4.4	Akcelerace detekce	9
5	Implementace algoritmu pro akceleraci detekce obličejů	10
5.1	Použité nástroje	10
5.2	Trénování neuronové sítě	10
5.3	Detekce obličejů natrénovanou sítí	11
6	Porovnání výkonnosti řešení s existujícími detektory	12
6.1	Postup testování	12
6.2	Porovnání výsledků	12
6.3	Shrnutí	13
7	Závěr	14
	Literatura	16
A	Priloha	17

Kapitola 1

Úvod

Neuronové sítě (anglicky neural networks) mají v dnešním světě mnoho využití. Jelikož se jedná o jednu z aplikací umělé inteligence (anglicky artificial intelligence), lze neuronové sítě použít například k rozpoznávání řeči, zpracování přirozeného jazyka či k detekci objektů. Tyto akce jsou pro běžného člověka poměrně snadné, avšak pro počítače znamenají relativně náročnou činnost.

Aby byly počítače schopné tyto akce vykonávat v rozumném čase (případně v reálném čase), je potřeba aby neuronové sítě byly dostatečně rychlé. Tato práce se zabývá akcelerací neuronových sítí v oblasti detekce obličeje. Zrychlení neuronové sítě lze dosáhnout buď optimalizací kódu, lepším trénováním neuronové sítě nebo také využitím speciálních hardwarových zařízení. Jedním z těchto specializovaných zařízení je Intel Neural Compute Stick 2, na něž se v této práci zaměřím.

Následující kapitola se obecně věnuje problematice detekce obličeje v reálných podmínkách s využitím neuronových sítí. Je zde detailně popsáno **[[CO JE DETAILNĚ Popsáno?]]**.

V kapitole ?? je nastíněn návrh akcelerace neuronové sítě pro detekci obličeje. **[[Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.]]**

Kapitola 5 se věnuje implementaci programu ke zrychlení detekce, také obsahuje informace o využitých prostředcích.

Předposlední kapitola (kapitola č.6) poskytuje přehled experimentů a testů provedených s implementovaným řešením a s řešeními již existujícími. Hlavním tématem v této části je porovnání výkonnosti a zobrazení dosažených výsledků.

Kapitola 2

Kamery a systémy pro detekci obličejů

Detekci obličejů s využitím počítačových programů lze provádět nad snímkem (fotografií, obrázkem), sadou snímků, videozáznamem nebo tzv. real–timově pomocí kamer a kamerových systémů. V této kapitole jsou popsány aktuálně využívané prostředky pro vytváření podkladů k detekci obličejů (kamery) a také dostupná řešení zabývající se detekcí, a to jak placené komerční, tak neplacené open-source systémy.

2.1 Kamery

Nezbytnou součástí oboru detekce obličejů jsou kamery a kamerové systémy. Existují kamery specializované k detekci či rozpoznávání obličejů a kamery obyčejné, které pouze zprostředkovávají obraz dále ke zpracování.

Specializované kamery se používají například k zabezpečení objektů nebo jako domovní videozvonky, kdy kamera (respektive její software) v zachyceném obraze detekuje a rozpozná obličej, a následně může vykonat přiřazenou akci (spustit alarm, poslat notifikaci, umožnit osobě vstup...) [5].

Další oblastí, kde se kamery s detekcí a rozpoznáváním obličejů uplatní je bezesporu dohled ve veřejných prostorech (anglicky CCTV surveillance). Detekce obličeje může sloužit k hledání podezřelých osob v záznamech z dohledových kamer. Tyto záznamy jsou shromažďovány na serveru, pomocí detekce jsou z obrazu vyřezány fragmenty s obličejem lidí a poté jsou tyto fragmenty porovnány rozpoznávacím algoritmem s obličejem hledaných osob. Při shodě dochází k informování administrátora systému, který podnikne další kroky [9].

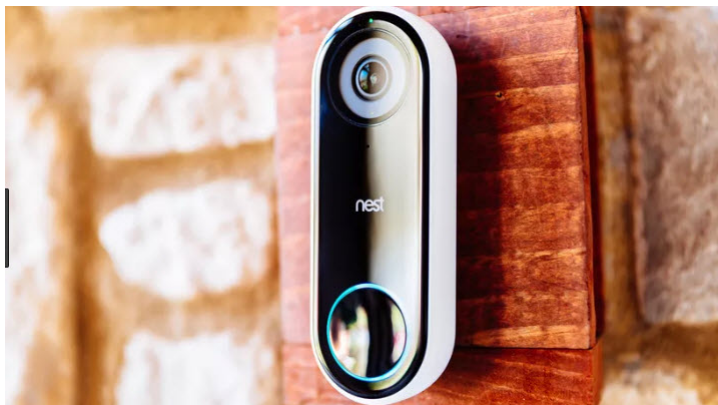
Kamery tedy mají v doméně detekce obličejů nezastupitelnou roli, na jejich praktické využití v systémech a řešení pro detekci se zaměřuje následujících podkapitola.

2.2 Dostupná řešení

Řešení umožňující detekci (a často i rekognici) obličejů lze rozdělit do dvou kategorií: komerční (placené, profesionální) a nekomerční (zdarma, open-source, amatérské). V následujících dvou podkapitolách jsou popsány konkrétní systémy poskytující detekci obličejů s jejich výhodami a nevýhodami.

Komerční

Komerčně využívaná zařízení pro detekci, případně rekognici lze běžně zakoupit a používat ve firemním nebo domácím prostředí. Mezi zástupce těchto zařízení patří například produkty firem Netatmo, Google, Nest [6].



Obrázek 2.1: Nest Hello [6]

Nekomerční

Nekomerční řešení pro detekci obličejů zahrnují frameworky s otevřeným zdrojovým kódem (open-source). Tyto frameworky využívají neuronové sítě, které jsou trénovány pomocí datasetů a následně je framework využit k detekci obličeje [3]. Frameworky TinaFace [2] a MTCNN [1] mají zdrojové kódy volně dostupné na webu GitHub.com.

Kapitola 3

Detekce obličeje v reálných podmínkách

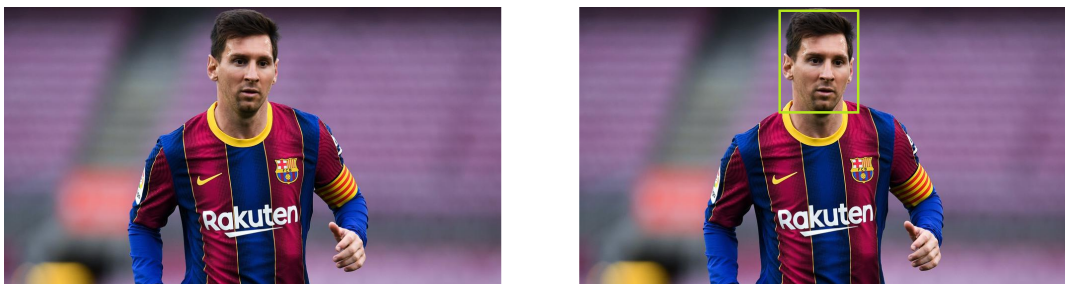
Detekce obličeje (anglicky face detection) [4, 7] je technologie, která umožňuje v digitálním obrázku lokalizovat lidský obličej. Detekovat obličej je poměrně jednoduchý úkol pro lidi, ale zároveň se jedná o relativně náročný úkol pro počítače. Detekce obličeje je výchozím bodem pro další algoritmy analyzující lidský obličej, jako je například (v závorce za pojmem následuje anglický překlad):

- rozpoznávání obličeje (face recognition),
- zarovnání obličeje (face alignment),
- ověřování pomocí obličeje (face verification/authentication),
- sledování pohybu hlavy (head pose tracking),
- určování věku nebo pohlaví (age/gender recognition),

a mnoho dalších.

Samotná detekce obličeje se v reálném prostředí využívá například v oblasti fotografování (automatické ostření na tvář), marketingu (zjišťování zájmu zákazníku o produkty podle počtu výskytu obličejů) nebo bezpečnosti (bezpečnostní kamery a systémy).

Následující podkapitoly se zabývají principem fungování detekce obličeje v reálných podmínkách a problémy a omezeními, které se v běžném světě vyskytují a detekce by si s nimi měla umět poradit (špatné světelné podmínky, příliš členité pozadí, přílišný počet obličejů v obrázku, barva kůže, nízké rozlišení atd.). Na konci této kapitoly se nachází popis algoritmů a detektorů, které ke svému fungování nepoužívají žádným způsobem neuronové sítě.



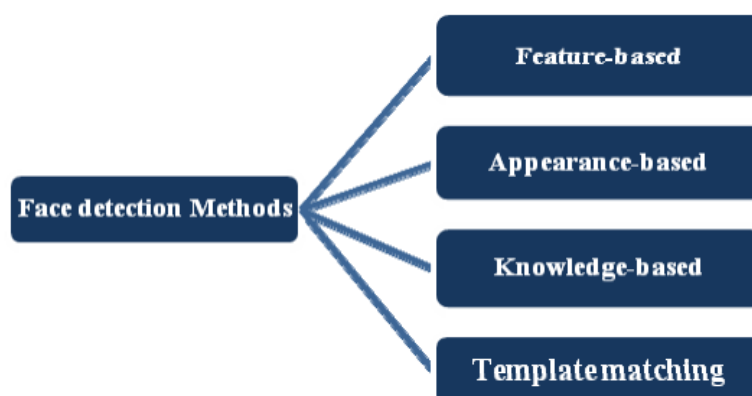
Obrázek 3.1: Příklad detekce obličeje

3.1 Detekce obličeje

Detekci obličeje lze rozdělit do několika přístupů, vědecké práce na toto téma se liší a nelze jasně říci zda to či ono dělení je jediné korektní.

Dle [4] existují 2 různé přístupy k hledání tváří v obrázcích, a to **přístup založený na vlastnostech** (anglicky feature based approach) a **přístup založený na obrázku** (anglicky image based approach). **Přístup založený na vlastnostech** nepoužívá přímo k detekci obličeje umělou inteligenci a neuronové sítě. Využívá vlastností obličeje jako takového (rysy, pozice očí, uší, obočí. . .). Naproti tomu **obrazový přístup** uplatňuje schopnosti neuronových sítí a umělé inteligence k natrénování modelu neuronové sítě a následné přímé detekci pomocí tohoto modelu.

Podle [8] lze rozdělit metody detekce obličeje do 4 základních kategorií (viz obrázek 3.2) a 2 zvláštních kategorií (Haarovy vlastnosti a umělá inteligence).



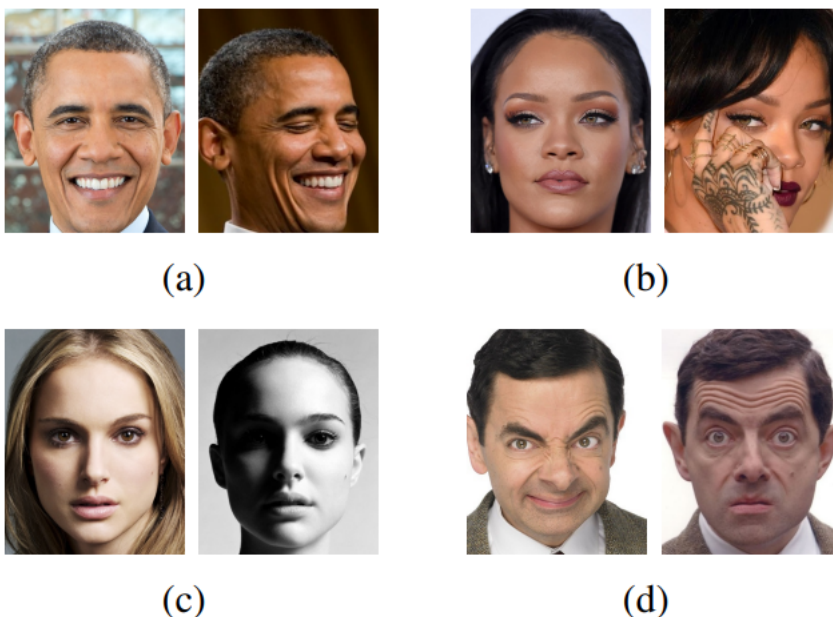
Obrázek 3.2: Dělení metod detekce obličeje dle [8]

Detekce pracující na principu rozpoznávání vlastností v obraze jsou popsány v sekci 3.3, detekce s využitím obrazového přístupu popisuje sekce 4.3.

3.2 Problémy a omezení

Algoritmy pro detekci obličejů čelí několika výzvám a omezením spojených s ne vždy perfektním zobrazením obličeje v obrázku. Lidské obličeje na fotografiích a obrázcích mohou být částečně zakryté (např. sluneční brýle), mohou být pořízené za nevhodných světelných podmínek (např. zastínění části tváře) nebo mohou nabývat nedostatečné kvality (nízké rozlišení).

Jelikož tedy vstupní obrázek detekce obličeje nemusí být vždy ideální, nemusí být obličej vždy správně detekován. V této sekci jsou popsány některé problémy [8], které mohou bránit v úspěšné detekci. Minimalizace dopadu těchto jevů na detekci je klíčem k navýšení úspěšnosti detekce. Mezi problémy a omezení (viz obrázek 3.3) pro detekci patří pozice hlavy, zakrytí části/částí obličeje, špatně osvětlená scéna nebo výraz tváře.



Obrázek 3.3: Vybrané problémy při detekci obličejů. Převzato z [7]. (a) Pozice hlavy; (b) Zakrytí části obličeje; (c) Špatné světelné podmínky; (d) Výraz tváře

Pozice hlavy

Výraz tváře

Orientace obrázku

Špatné světelné podmínky

Zakrytí části obličeje

Nedostatečně výkonná detekce

Příliš členité pozadí

Přílišný počet obličejů v obrázku

Barva kůže

zdroj 7 z citace [8]

Nízké rozlišení

3.3 Detektory nevyužívající neuronové sítě

Kapitola 4

Neuronové sítě pro detekci obličeje

4.1 Neuronové sítě

4.2 Datasety

4.3 Detektory obličeje

4.4 Akcelerace detekce

Intel Neural Compute Stick 2

Kapitola 5

Implementace algoritmu pro akceleraci detekce obličejů

[[Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.]]

5.1 Použité nástroje

[[Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.]]

5.2 Trénování neuronové sítě

[[Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie

ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.]]

5.3 Detekce obličejů natrénovanou síťí

[[Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.]]

Kapitola 6

Porovnání výkonnosti řešení s existujícími detektory

[[Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.]]

6.1 Postup testování

[[Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.]]

6.2 Porovnání výsledků

[[Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie



Obrázek 6.1: TODO

ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.]]

6.3 Shrnutí

[[Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.]]

Kapitola 7

Závěr

[[Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ip-

sum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

]]

Literatura

- [1] *MTCNN* [online]. [cit. 2022-10-19]. Dostupné z: <https://github.com/ipazc/mtcnn>.
- [2] *TinaFace: Strong but Simple Baseline for Face Detection* [online]. [cit. 2022-10-19]. Dostupné z: <https://github.com/Media-Smart/vedadet/tree/main/configs/trainval/tinaface>.
- [3] DAVID WANYONYI, T. C. Open-Source Face Recognition Frameworks: A Review of the Landscape. Květen 2022, sv. 10. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3170037. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9762647>.
- [4] KUMAR, A., KAUR, A. a KUMAR, M. Face detection techniques: a review. *Artificial Intelligence Review*. Aug 2019, sv. 52, č. 2, s. 927–948. DOI: 10.1007/s10462-018-9650-2. ISSN 1573-7462. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10462-018-9650-2>.
- [5] RUSSO, A. E. *Are Face Recognition Security Cameras Worth It?* [online]. [cit. 2022-10-18]. Dostupné z: <https://www.aitimejournal.com/@alessandro.eric.russo/are-face-recognition-security-cameras-worth-it>.
- [6] RUSSO, A. E. *Best Home Security Cameras with Face Recognition* [online]. [cit. 2022-10-18]. Dostupné z: <https://www.aitimejournal.com/@alessandro.eric.russo/best-wifi-security-cameras-with-face-recognition>.
- [7] SAEZ-TRIGUEROS, D., MENG, L. a HARTNETT, M. Face Recognition: From Traditional to Deep Learning Methods. *CoRR*. 2018, abs/1811.00116. Dostupné z: <http://arxiv.org/abs/1811.00116>.
- [8] SHARIFARA, A., MOHD RAHIM, M. S. a ANISI, Y. A general review of human face detection including a study of neural networks and Haar feature-based cascade classifier in face detection. In: *2014 International Symposium on Biometrics and Security Technologies (ISBAST)*. 2014, s. 73–78. DOI: 10.1109/ISBAST.2014.7013097.
- [9] V D, A. K., KUMAR, V., SUBRAMANIAN, M., VENGATESAN, K. a RAMAKRISHNAN, M. Facial Recognition System for Suspect Identification Using a Surveillance Camera. *Pattern Recognition and Image Analysis*. Červenec 2018, sv. 28, s. 410–420. DOI: 10.1134/S1054661818030136.

Příloha A

Priloha