



Zpracování obrazu pro strojové vidění



Západočeská Univerzita V Plzni
Katedra Kybernetiky
Semestrální práce - HKUI

Jindřich Princ
1. semestr
23. února 2022

Obsah

1	Úvod	2
2	Analýza obrazu	2
2.1	Histogram	2
2.2	Jasový profil linky	3
2.3	Měření a filtrace barev	3
3	Zpracování obraz \rightarrow obraz	3
3.1	Základní úpravy obrazu	3
3.2	Transformace hodnot jasu	4
3.3	Konvoluční matice	5
3.4	Redukce šumu	5
4	Další úpravy obrazu	6
5	Prahování a detekce hran objektů	6
5.1	Prahování	6
5.2	Detekce hran	6
6	Morfologická filtrace	8
7	Závěr	10
8	Zdroje	11

1 Úvod

V tomto referátu bych se chtěl zaměřit na zpracování obrazu pro strojové vidění. Strojové vidění je dnes poměrně rozšířenou technologií v automatizaci. Ovšem vše není tak jednoduché jak se může zdát - nejde pouze o zachycení obrazu a okamžitý zisk výsledku. Obraz je třeba nejdříve pro pokročilé zpracování připravit. K tomu slouží různé filtry a způsoby segmentace, o nichž bude v tomto referátu řeč.

2 Analýza obrazu

Pro úspěšné počítačové zpracování obrazu je důležité již na počátku zajistit dostatečnou kvalitu vstupních dat vhodným nastavením snímacích prvků a následně zvolit vhodných metod. K vyhodnocení globálních vlastností obrazu slouží statistické metody analýzy obrazu kam patří například histogram, monitor šumu, jasový profil linky a filtrace barev.

2.1 Histogram

Histogram je nejdůležitější informací o digitálním obraze. Popisuje rozložení jednotlivých úrovní jasu. Nejčastěji se pro jeho zobrazení využívá sloupcový nebo čárový graf. Jedná se o pole dat (vektor) s počtem složek rovným maximálnímu počtu jasových úrovní, kde hodnota každé složky odpovídá počtu bodů daného jasu v obraze. U barevných obrazů je třeba je třeba popsat samostatně barevné kanály – červený, zelený a modrý. Na základě histogramu je možno vyhodnotit expozici a kontrast snímku, šum nebo vlastnosti dílčích oblastí – pozadí a objektů. Také dává přesnou informaci o barevnosti.

Šum a střední jas

Datově úspornější alternativou ke zpracování celého histogramu je charakteristika vhodně vybraných oblastí obrazu pomocí statistických hodnot charakterizujících rozdělení jasu. Sem patří například průměrný (střední) jas, jeho směrodatná odchylka nebo poměrná hodnota šumu, která se měří v decibelech.

2.2 Jasový profil linky

Jasový profil linky vyjadřuje jas obrazu podél zvolené linky. Tato informace je důležitá pro nastavení prahování pro odlišení objektu od okolí - umístění prahu nad šum pozadí, který se v profilu projeví jako úzké špičky, naopak zaostření pak lze sledovat podle strmosti přechodu mezi objektem a pozadím v okolí obrysů.

2.3 Měření a filtrace barev

Zjištění barev objektů v obraze může být také velmi cennou informací - často je využívána pro vyhledání oblasti zájmu na snímku. Pomocí filtrace barev lze k dalšímu zpracování propustit jen oblasti ve stanovené toleranci podobnosti ke zvolené barvě. Ve spojení s nastavením parametrů snímání jako jsou expoziční doba a vyvážení bílé je při dalším zpracování zajištěno nalezení objektů zájmu.

3 Zpracování obraz \rightarrow obraz

Cílem úprav vstupního obrazu, jejichž výstupem je opět obraz, je potlačení nedostatků a zvýraznění informací potřebných pro následné strojové zpracování.

3.1 Základní úpravy obrazu

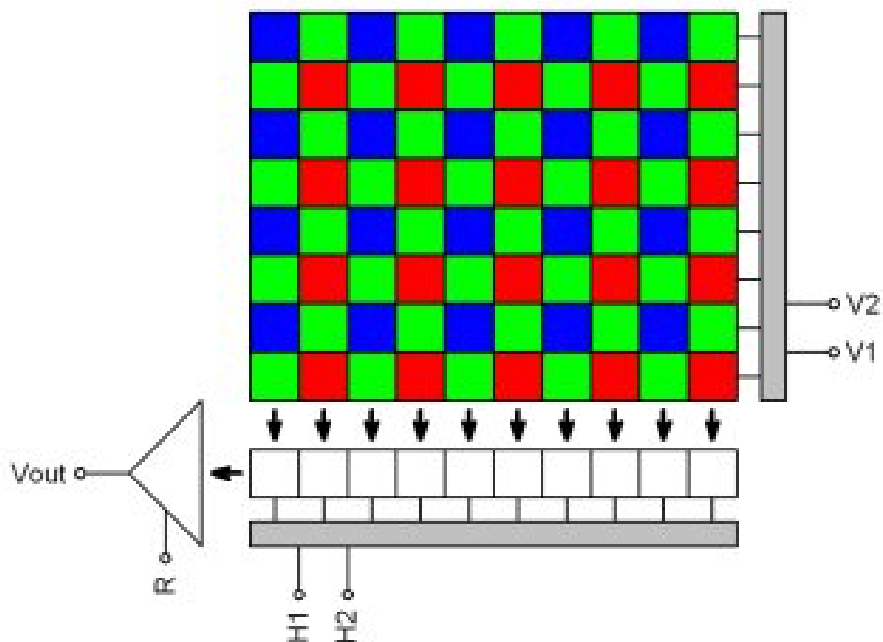
Data ze snímacího senzoru kamery dostáváme ve formě čísel, reprezentujících náboje na pixelech senzoru. Aby byla tato data použitelná jako vstup pro proces strojového vidění, je třeba je nejdříve upravit.

Interpolace Bayerovy masky a vyvážení bílé barvy

Jednočipové kamery většinou využívané pro strojové vidění vrací informaci jen pro jeden barevný kanál, chybějící barvy se dopočítávají ze sousedních pixelů. Filtr, který upravuje CCD snímač tak, aby podání barev odpovídalo pohledu lidským okem, vytvořil v roce 1976 Bryce Bayer. Vycházel z faktu, že lidské oko je přibližně dvakrát více citlivé na světlo zelené barvy, než na světla zbývajících dvou barev (červené a zelené) RGB modelu. Proto filtr obsahuje pixely červené, zelené a modré barvy v poměru

1:2:1 (viz obr. 1). Využití této barevné mozaiky přináší problém posunu barevných kanálů při snímání prostorové scény - způsobuje nežádoucí červené a modré efekty na kontrastních hranách. Další důležitou úpravou je vyvážení bílé barvy, které pomocí nastavení poměrů mezi barevnými kanály zajišťuje co nejvěrnější barevnou reprodukci lidskému oku. To není ve strojovém vidění potřebné, ale v případě měření barevnosti je třeba pokud možno u kamery automatické vyvážení bílé. Pro oba úkony si vystačíme s aditivním mícháním barev a základním RGB prostorem.

Obrázek 1: Bayerova maska



3.2 Transformace hodnot jasu

Správnost kontrastu lze nejlépe zjistit z histogramu - při nedostatečném kontrastu je horní nebo dolní část histogramu prázdná. Úprava spočívá v úpravě jasu jednotlivých pixelů takovým způsobem, že histogram je na konci procesu zaplněn v celé své délce (Poškodí původní data!). Složitější verze - ekvalizace histogramu - výsledkem je lineární růst výsledného kumulativního histogramu v celém jeho rozsahu (nepoškozuje původní obraz

- lze jej získat pomocí reverzního postupu). Tyto postupy se používají jak na černobílý, tak barevný obraz, akorát je třeba brát v potaz, že se zvýšením kontrastu dojde i ke zvýšení úrovně šumu, a zředění histogramu.

Inverze jasů a barev

Jedna z možností transformace jasů - obrazu do negativu. Jednoduchá transformace - každý jas bude převeden na doplněk do plného rozsahu.

Vyvážení a nasycení barev Jde o jednu ze základních úprav obrazu, obzvláště pokud bude obraz vyhodnocovat člověk - úprava barevnosti pro věrnější zobrazení bílé.

3.3 Konvoluční matice

Princip většiny filtrů - postupně se zpracovávají všechny pixely obrázku. Pro každý z nich se hodnota aktuálního pixelu a jeho sousedních pixelů vynásobí odpovídajícími hodnotami matice filtru - jádra. Výsledné hodnoty pak sečte a výsledek je pak hodnotou přiřazenou aktuálnímu pixelu. Nejčastěji se využívají matice 3 x3. Výpočetní operace jsou poměrně náročné na výkon počítače.

3.4 Redukce šumu

Jedna z dnes nejčastějších, avšak poměrně problematických (některé filtry mohou napáchat více škod než užitku) úprav obrazu. Nejčastější způsob redukce šumu je využití Gaussova konvolučního jádra, při kterém je ale také snižována strmost kontrastních hran. Tomu se předchází použitím filtrů, které v okolí kontrastních hran šum neredukují. Lepší výsledky pak poskytují filtry anisotropické (vyhodnocení gradientů jasu všech okolních pixelů; nerozmazávají kontrastní hrany) a filtr mediánový (může posouvat pozice kontrastních hran). Speciální typ redukce šumu je pak "pepř a sůl"- odstraňuje shluky černých/bílých pixelů na bílém/černém pozadí (využívá diskrétní analýzy okolí každého pixelu). Redukce šumu je převážně využívána při pozorování obrazu člověkem, ale její neprovedení může v určitých případech působit potíže i pro strojové vidění (komplikace trasování kontrastních hran, rozpoznávání textu, ...).

4 Další úpravy obrazu

Obraz je možné dále upravovat mnoha dalšími způsoby - rotace, zvětšení/zmenšení, deformace, segmentace/kombinace, ...

5 Prahování a detekce hran objektů

5.1 Prahování

Do skupiny metod, které slouží k rozdělení obrazu na oblasti se společnými vlastnostmi patří hlavně prahování a detekce hran. Nejčastější je prahování na černou a bílou, a s co nejvyšší možnou kvalitou - kvalita má klíčovou důležitost pro přesnost následujícího zpracování. Prahování se řídí prahovou hodnotou - pro pixely s jasnem pod ní je přiřazena černá, pro pixely nad je přiřazena bílá. Prahování můžeme rozdělit na:

Globální Celý obraz je prahován dle jedné rozhodovací úrovně - může být konstantou nebo zjištěna analýzou obrazu (střední jas obrazu, ...); velmi rychlá ale problematická při nerovnoměrném jasu vstupního obrazu.

Lokální Práh je funkcí polohy v obraze - nelze zadat jako konstantu, musí být výsledkem analýzy okolí prahovaného bodu. Tato metoda je náročná na výkon počítače a může jím být limitována. Lokální prahování nemá potíže při nerovnoměrném jasu vstupního obrazu.

Víceúrovňové Výsledkem není oproti ostatním metodám binární obraz, ale obraz s pevně daným počtem jasových úrovní.

Poloprahování Ovlivňuje pouze pixely nad nebo pod rozhodovací úrovní.

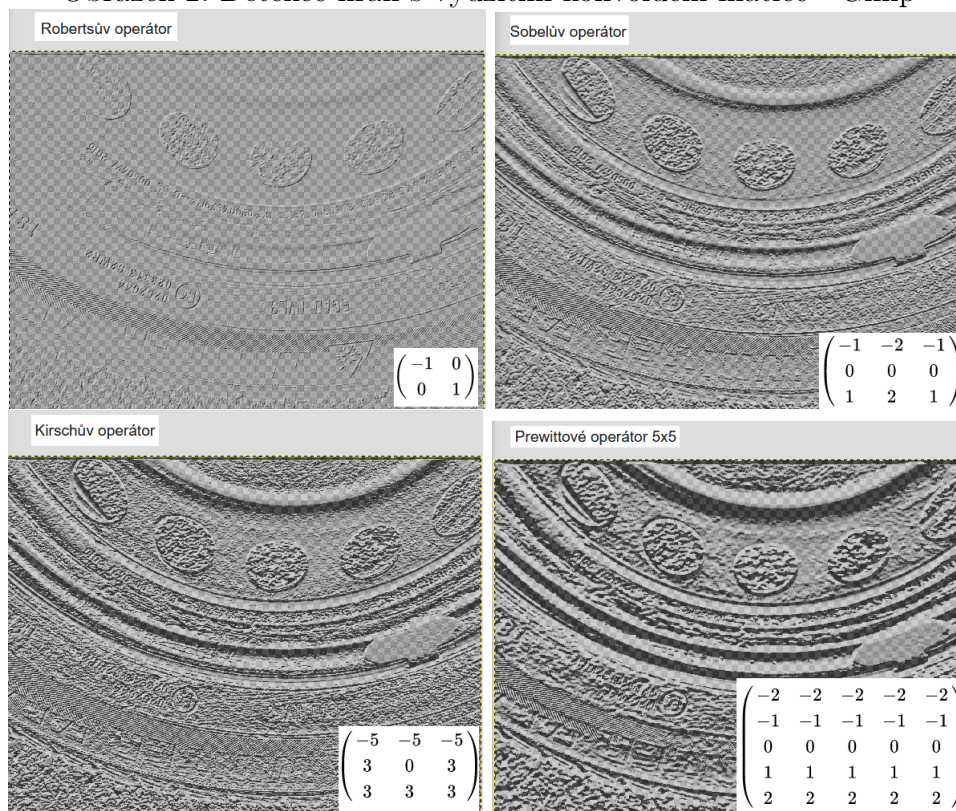
5.2 Detekce hran

Detekce hran vyhledává na obraze místa s největší změnou hodnoty jasu - hrana je určena jasnem pixelu ve vztahu k jasu pixelů v jeho okolí, tedy strmostí změny obrazové funkce (v místě s největší strmostí dosahuje maxima, druhá derivace prochází nulou).

Aproximace derivace obrazové funkce konvolučními jádry

Vhodným postupem může být jednoduchá aproximace první derivace počítající diference každého pixelu od svého okolí, tj. pomocí konvoluce s vhodným jádrem. Na základě prahování získaných diferencí jsou pak umísťovány nalezené hrany. Nevýhodou tohoto detektoru je opakované nalézání hran na sousedních pixelech. Dobrý detektor hran si obvykle nevystačí s jedinou konvolucí. Je třeba nějak ošetřit i problém měřítka, šumu a nakonec výsledky přiměřeně prahovat. Současným pravděpodobně nejlepším detektorem je nejlepší hranový detektor je hranový detektor.

Obrázek 2: Detekce hran s využitím konvoluční matice - Gimp



Morfologické detekce hran

U této metody detekce hran se nevyhodnocuje strmost změny obrazové funkce, ale vycházejí z "pouhého" prahování úrovně jasu. Detekovat je možné

vnitřní nebo vnější hrany prahovaných objektů. Základem je kvalitně prahovaný binární obraz. Algoritmus prahování rozhodne o pozici okraje objektů v gradientech jasů na jejich okrajích. Pro nalezení vnitřních okrajů objektů se následně provede eroze nebo pro vnější obrysy naopak dilatace obrazu.

Trasování hran

V některých případech, jako je např. identifikace geometrických tvarů, měření velikostí objektů atd., se nehodnotí hrany v celém obraze, ale jsou programově trasovány pouze okraje nalezených kontrastních objektů. Principem je opět nalezení maximálních rozdílů jasů pixelů.

6 Morfologická filtrace

Morfologická filtrace obrazu pracuje s postupy odlišnými od výše popsaných principů konvoluce. Nepracuje s konvolučním jádrem, ale s tzv. strukturním elementem. Výsledný pixel je výsledkem (logické) operace mezi množinou mřížky strukturního elementu a množinou bodů zdrojového obrazu, ležících pod body strukturního elementu. Morfologické transformace lze provádět i s barevnými obrazy.

Mezi základní operace binární morfologie patří:

Dilatace eliminuje izolované díry v objektech a rozšiřuje obrysy objektů na úkor okolního pozadí

Eroze eliminuje izolované pixely na pozadí a ubírá obrysy objektů

Otevření eroze následovaná dilatací, přerušuje tenké spoje mezi objekty a zvětšuje mezi nimi v těchto místech mezery

Uzavření dilatace následovaná erozí, potlačuje díry uvnitř objektů

Transformace tref či miň (hit and miss) shoda části binárního obrazu se strukturním elementem = na požadovaných místech jsou černé pixely a na jiných místech jsou požadované pixely bílé

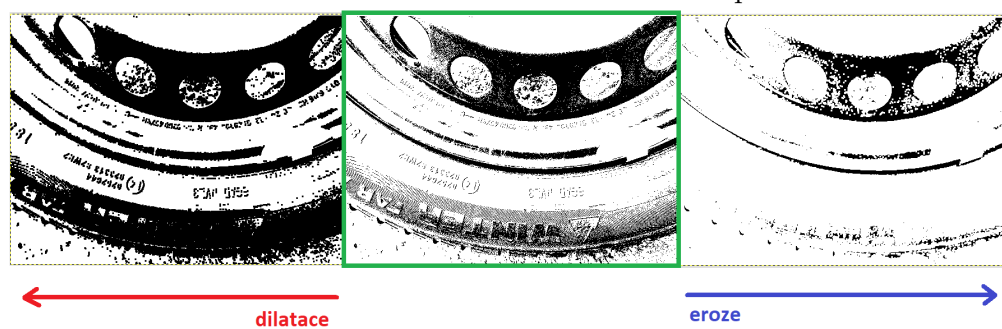
Ztenčení odstranění vybraných pixelů, podobně jako eroze, ale neodečítají se pixely, jejichž zmizení by již způsobilo rozdělení objektu na více částí, objekty je tak možno převést až na jednopixelové kostry

Ztluštění párová operace ke ztenčení; „obalování“ objektů nebo vypnění „zón vlivu“

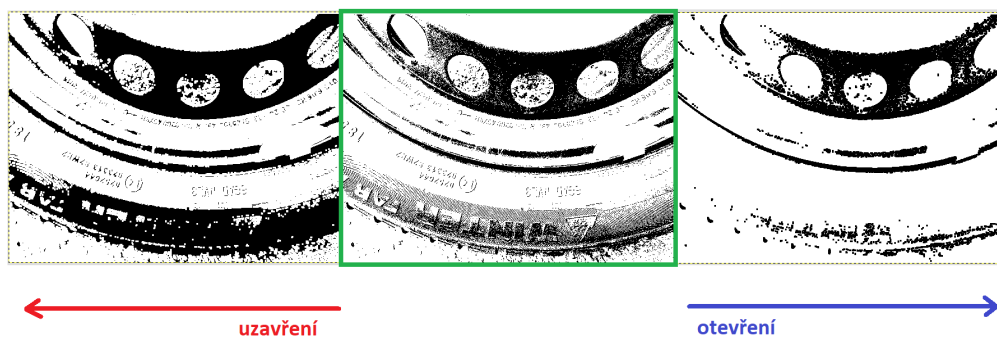
Morfologická detekce vnitřního obrysu

Morfologická detekce vnějšího obrysu

Obrázek 3: Dilatace – eroze – Gimp



Obrázek 4: Otevření – uzavření - Gimp



Zajímavé výsledky poskytuje distanční transformace, na kterou jsem narazil při testování filtrů v programu Gimp.

Obrázek 5: Distanční mapa – Gimp ... výsledek morfologické metody filtrace



7 Závěr

Výše popsané postupy patří metody počáteční přípravy dat pro strojové zpracování obrazů, které je jednou z významných součástí „počítačového vidění“ ve smyslu rozpoznávání a porozumění obrazu. Toto odvětví výpočetní techniky je blízké zkoumání biologického vidění a nachází uplatnění například v oblastech:

- ovládání procesů, například v autonomních vozidlech nebo průmyslových robotech
- detekce jevů, například při sledování změn bezpečnostního kamerového záznamu
- organizace informací, například při indexování databází obrázků nebo videí
- modelování objektů nebo prostředí, například při analýze obrazů z medicínských zobrazovacích technik
- interakce, například pro zpracování vstupu při interakci počítače se člověkem

8 Zdroje

Seznam obrázků

- 1 Bayerova maska 4
 - 2 Detekce hran s využitím konvoluční matice - Gimp 7
 - 3 Dilatace – eroze – Gimp 9
 - 4 Otevření – uzavření - Gimp 9
 - 5 Distanční mapa – Gimp ... výsledek morfologické metody filtrace 10
-
- 1 Uspořádání barevné mozaiky na CCD čipu. *Moravské přístroje, a.s.* [online]. Zlín-Malenovice: Moravské přístroje, [2008], 15.2.2012 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.mii.cz/image?id=1430>
 - 2 Vlastní obrázek
 - 3 Vlastní obrázek
 - 4 Vlastní obrázek
 - 5 Vlastní obrázek

titulní obrázek INTOGRAPHICS. Stroj Inženýr Oko - Obrázek zdarma na Pixabay. *Úžasné obrázky zdarma* [online]. Berlin: Pixabay, 31. října 2016 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://pixabay.com/cs/illustrations/stroj-in%C5%BEEen%C3%BDr-oko-modr%C3%BD-d%C3%ADvej-se-1776925/>

Reference

- [1] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE A.S. Základní principy strojového vidění - 1. díl. *Informace ze světa průmyslu a elektrotechniky - ElektroPrůmysl.cz* [online]. Hajany: Časopis ElektroPrůmysl.cz, © 2011 - 2022, 16. květen 2011 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/automatizace/zakladni-principy-strojoveho-videni-1-dil>
- [2] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE A.S. Základní principy strojového vidění – 2. díl. *Informace ze světa průmyslu a elektrotechniky - ElektroPrůmysl.cz* [online]. Hajany: Časopis ElektroPrůmysl.cz, © 2011 - 2022, 29. červen 2011 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/automatizace/zakladni-principy-strojoveho-videni-2-dil>
- [3] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE A.S. Základní principy strojového vidění - 3. díl. *Informace ze světa průmyslu a elektrotechniky - ElektroPrůmysl.cz* [online]. Hajany: Časopis ElektroPrůmysl.cz, © 2011 - 2022, 8. srpen 2011 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/automatizace/zakladni-principy-strojoveho-videni-3-dil>
- [4] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE A.S. Základní principy strojového vidění – 4. díl. *Informace ze světa průmyslu a elektrotechniky - ElektroPrůmysl.cz* [online]. Hajany: Časopis ElektroPrůmysl.cz, © 2011 - 2022, 1. září 2011 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/automatizace/zakladni-principy-strojoveho-videni-4-dil>
- [5] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE A.S. Základní principy strojového vidění – 5. díl. *Informace ze světa průmyslu a elektrotechniky - ElektroPrůmysl.cz* [online]. Hajany: Časopis ElektroPrůmysl.cz, © 2011 - 2022, 11. říjen 2011 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/automatizace/zakladni-principy-strojoveho-videni-5-dil>
- [6] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE A.S. Základní principy strojového vidění – 6. díl. *Informace ze světa průmyslu a elektrotechniky - ElektroPrůmysl.cz* [online]. Hajany: Časopis ElektroPrůmysl.cz, © 2011 - 2022, 7. listopad 2011 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/automatizace/zakladni-principy-strojoveho-videni-6-dil>

- [7] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE A.S. Základní principy strojového vidění – 7. díl. *Informace ze světa průmyslu a elektrotechniky - ElektroPrůmysl.cz* [online]. Hajany: Časopis ElektroPrůmysl.cz, © 2011 - 2022, 14. prosinec 2011 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/automatizace/zakladni-principy-strojoveho-videni-7-dil>
- [8] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE A.S. Základní principy strojového vidění – 8. díl. *Informace ze světa průmyslu a elektrotechniky - ElektroPrůmysl.cz* [online]. Hajany: Časopis ElektroPrůmysl.cz, © 2011 - 2022, 18. leden 2012 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/automatizace/zakladni-principy-strojoveho-videni-8-dil>
- [9] REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. Bayerova maska. *Encyklopedie Fyziky* [online]. Praha: Jaroslav Reichl, © 2006 - 2022, 2012-07-12 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main/article/view/1533-bayerova-mask>
- [10] Detekce hran - funkce pro měření rozměrů. *Termovizní a průmyslové přístroje, drony DJI* [online]. Praha: W-Technika group [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.w-technika.cz/detekce-hran-funkce-pro-mereni-rozmeru/>
- [11] 7.2. Konvoluční matice. *GNU Image Manipulation Program: Uživatelská příručka* [online]. California: The GIMP Documentation Team, 2007 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://docs.gimp.org/2.2/cs/plugin-convmatrix.html>
- [12] VLACH, Jaroslav. Strojové zpracování obrazu: Fuzzy logika. *Matfyz.cz* [online]. Praha: Univerzita Karlova Matematicko-fyzikální fakulta, © 2022, 19. června 2020 [cit. 2022-02-23]. Dostupné z: <https://www.matfyz.cz/clanky/strojove-zpracovani-obrazu-fuzzy-logika>

- [13] PŘISPĚVATELÉ WIKIPEDIE. Detekce hran. *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online]. Praha: Wikimedia Česká republika, 2022, 09. 08. 2021 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Detekce_hran&oldid=20373932
- [14] PŘISPĚVATELÉ WIKIPEDIE. Počítačové vidění. *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online]. Praha: Wikimedia Česká republika, 2022, 05. 06. 2021 [cit. 2022-02-23]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Dov%C3%A9_vid%C4%9Bn%C3%AD&oldid=20028142
- [15] PŘISPĚVATELÉ WIKIPEDIE. Segmentace obrazu. *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online]. Praha: Wikimedia Česká republika, 2022, 08. 08. 2021 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Segmentace_obrazu&oldid=20344084