



Semestrální práce

Pohledová inspekce produktů s užitím hlubokého učení

Studijní program:

N0613A140028 – Informační technologie

Studijní obor:

N0613A140028AI – Aplikovaná informatika

Autor práce:

Kevin Daněk

Vedoucí práce:

Ing. Igor Kopetschke

Liberec 2025

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou semestrální práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé semestrální práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou semestrální práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé semestrální práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li semestrální práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že má semestrální práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

28. 4. 2025

Kevin Daněk

POHLEDOVÁ INSPEKCE PRODUKTŮ S UŽITÍM HLUBOKÉHO UČENÍ

ABSTRAKT

Tato zpráva popisuje třídu `tulthesis` pro sazbu absolventských prací Technické univerzity v Liberci pomocí typografického systému \LaTeX .

Klíčová slova: \LaTeX , třída, TUL

VISUAL PRODUCT INSPECTION WITH DEEP-LEARNING

ABSTRACT

This report describes the `tulthesis` package for Technical university of Liberec thesis typesetting using the \LaTeX typographic system.

Keywords: \LaTeX , class, TUL

OBSAH

Obsah	4
1 Proč jsem něco hledal	5
2 Co jsem hledal aneb vyhledávací dotaz	6
3 Kde jsem hledal	7
4 Výsledek	8
5 Vyhodnocení	9

1 PROČ JSEM NĚCO HLEDAL

Téma pohledové inspekce produktů je mi velmi blízké. Denně na něj narážím ve své profesní praxi a zajímalo mě, jakým způsobem je tato oblast reflektována v odborné literatuře a zda mohu načerpat cenné poznatky pro svou budoucí diplomovou práci. Ve společnosti CLOUDCODE se věnuji návrhu architektury inspekčních systémů a vývoji uživatelského rozhraní pro aplikace v oblasti strojového vidění. Od roku 2018 mám možnost pravidelně se setkávat s výrobními linkami, na kterých jsou moderní techniky pohledové inspekce využívány v praxi, a sledovat, jak rychle se tyto technologie vyvíjejí.

Problematicke strojového vidění a jeho využití pro pohledovou inspekci jsem se podrobněji věnoval již ve své bakalářské práci. Tato zkušenost mě přirozeně vedla k hlubšímu zájmu o danou oblast. V rámci této semestrální práce jsem se chtěl podívat, jaké nové přístupy, metody a technologie jsou dnes k dispozici a jak jsou v odborných kruzích prezentovány a diskutovány.

2 CO JSEM HLEDAL ANEB VYHLEDÁVACÍ DOTAZ

Jako výchozí dotaz jsem zvolil klíčová slova „*Product inspection*“. Tam jsem narazil na svoji perlu v podobě (Kim et al., 2021). S tímto dotazem jsem listoval výsledky.

Abych rozšířil spektrum vyhledaných prací směrem k moderním technologiím, zaměřil jsem se i na specifické dotazy spojené s využitím hlubokého učení při inspekcích. Konkrétně jsem použil dotazy „*quality inspection deep learning*“ a „*automated visual inspection deep learning*“. Tyto klíčové výrazy mi pomohly najít publikace (Gutierrez et al., 2021; Hütten et al., 2024).

Celkově jsem se snažil přistupovat k rešerši kombinací cílených vyhledávacích dotazů a strukturovaného rozšiřování pomocí souvisejících a citovaných zdrojů.

3 KDE JSEM HLEDAL

Při vyhledávání jsem primárně využil nástroj Google Scholar. Během procházení výsledků mě zaujal zejména článek „*Product Inspection Methodology via Deep Learning: An Overview*“ (Kim et al., 2021), který se mi jevil jako perla pro mojí další rešerši.

Dále jsem se zaměřil na články, které článek (Kim et al., 2021) cituje, konkrétně (Wei et al., 2018) a (Zhang et al., 2018), a poté jsem se podíval na související články. Tento postup mi umožnil objevit další zdroje.

4 VÝSLEDEK

Výsledkem mého bádání je vesměs 15 dokumentů, které se více či méně zaobírají pohledovou inspekcí pomocí hlubokého učení. Z moje perly se po hlubším přečtení vyklubala jenom vyschlá škeble, která má hezký abstrakt, hezký obrázky, hezký nadpisy, ale nic revolučního, ani prakticky užitečného, nepřináší. Na pozitivní notu musím poznamenat, že jsem se díky této rešerši dozvěděl o algoritmu *Grad-Cam* a idee vytvářet syntetická trénovací data (Gutierrez et al., [2021](#)).

5 VYHODNOCENÍ

Zcela upřímně mi tento druh rešerše moc nevyhovuje. Líbí se mi to, že vykopíruju DOI nebo ISBN a mám všechny relevantní údaje, ovšem u odborných zdrojů bývá tolik nezajímavé omáčky. Chápu potřebu znít odborně a vědecky, ovšem tento přístup mi je proti srsti. Vždycky si pak vzpomenu na XKCD 2456 a na žertovný článek s názvem [How to be more impressive](#), který krásně vyobrazuje potřebu všechno zbytečně komplikovat.

Svoje rešerše zpravidla tvořím tak, že si na dané téma vytvořím myšlenkovou mapu, ve které pomocí *brainstormingu* vypíšu relevantní okruhy. Z této myšlenkové mapy vytvářím na okruhy menší rešerše tak, abych dostal základní pojem o problematice. Poté, co cítím, že mám dost informací, začnu vytvářet základní osnovu práce z daných témat tak, aby na sebe jednotlivé celky navazovaly. Následně iteruji nad danou strukturou a dohledávám ke každému okruhu relevantní zdroje.

Příkladem může být moje bakalářská práce, kterou jsem měl na téma rapidního vývoje algoritmů strojového vidění. Myšlenková mapa rostla zejména do tří větví, a to je *strojové vidění*, *rapid prototyping* a *potřeby společnosti CLOUDCODE*. Konkrétní obrázek své mapy již nemám, ovšem každé téma se mi dále rozvíjelo, dokud jsem necítil, že jsem našel základní okruhy (např. u strojového vidění pojem diskrétní obrazové funkce a barevné modely). Z této myšlenkové mapy jsem vytvořil základní osnovu, kterou jsem následně lehce upravoval podle nalezených zdrojů k původním tématům.

Během semestru jsem si vyzkoušel ještě ScienceDirect a Scopus, které se mi osvědčily jako dobré zdroje statistiky a relevantních zdrojů. Nejvíce si ale odnáším zkušenost s programem *JabRef*, který je na správu citací fajn a rozhodně příjemnější alternativou než dělat citace v editoru TexStudio a nebo je manuálně editovat v `.bib` souboru. O tom víc musím ocenit Jabref poté, co jsem prakticky vzato upustil od kancelářských balíčků (vyjma tabulkových procesorů) a všechny dokumenty píši převážně v \LaTeX .

Pro citaci používám převážně příkaz `parencite`. Abych doplnil kompletně seznam zdrojů, použil jsem `nocite{*}`.

REFERENCE

- BENBARRAD, Tajeddine; SALHAOUI, Marouane; KENITAR, Soukaina Bakhat; ARIOUA, Mounir, 2021. Intelligent Machine Vision Model for Defective Product Inspection Based on Machine Learning. *Journal of Sensor and Actuator Networks*. Roč. 10, č. 1, s. 7. ISSN 2224-2708. Dostupné z DOI: [10.3390/jsan10010007](https://doi.org/10.3390/jsan10010007).
- GUTIERREZ, Pierre; LUSCHKOVA, Maria; CORDIER, Antoine; SHUKOR, Mustafa; SCHAPPERT, Mona; DAHMEN, Tim, 2021. Synthetic training data generation for deep learning based quality inspection. In: KOMURO, Takashi; SHIMIZU, Tsuyoshi (ed.). *Fifteenth International Conference on Quality Control by Artificial Vision*. SPIE. Dostupné z DOI: [10.1117/12.2586824](https://doi.org/10.1117/12.2586824).
- HRIDOY, Monowar Wadud; RAHMAN, Mohammad Mizanur; SAKIB, Saadman, 2022. A Framework for Industrial Inspection System using Deep Learning. *Annals of Data Science*. Roč. 11, č. 2, s. 445–478. ISSN 2198-5812. Dostupné z DOI: [10.1007/s40745-022-00437-1](https://doi.org/10.1007/s40745-022-00437-1).
- HUANG, Yi-Cheng; HUNG, Kuo-Chun; LIU, Chun-Chang; CHUANG, Ting-Hsueh; CHIOU, Shean-Juinn, 2022. Customized Convolutional Neural Networks Technology for Machined Product Inspection. *Applied Sciences*. Roč. 12, č. 6, s. 3014. ISSN 2076-3417. Dostupné z DOI: [10.3390/app12063014](https://doi.org/10.3390/app12063014).
- HÜTTEN, Nils; A. GOMES, Miguel; HÖLKEN, Florian; ANDRICEVIC, Karlo; MEYES, Richard; MEISEN, Tobias, 2024. Deep Learning for Automated Visual Inspection in Manufacturing and Maintenance: A Survey of Open-Access Papers. *Applied System Innovation*. Roč. 7, s. 11. Dostupné z DOI: [10.3390/asi7010011](https://doi.org/10.3390/asi7010011).
- JIAN, Bo-lin; HUNG, Jui-Pin; WANG, Cheng-Chi; LIU, Chun-Chang, 2020. Deep Learning Model for Determining Defects of Vision Inspection Machine Using Only a Few Samples. *Sensors and Materials*. Roč. 32, č. 12, s. 4217. ISSN 0914-4935. Dostupné z DOI: [10.18494/sam.2020.3101](https://doi.org/10.18494/sam.2020.3101).
- KAZMI, Majida; HAFEEZ, Basra; AFTAB, Fakhra; SHAHID, Jamal; QAZI, Saad Ahmed, 2023. A Deep Learning-Based Framework for Visual Inspection of Plastic Bottles. *IEEE Access*. Roč. 11, s. 125529–125542. ISSN 2169-3536. Dostupné z DOI: [10.1109/access.2023.3329565](https://doi.org/10.1109/access.2023.3329565).

- KIM, Tae-Hyun; KIM, Hye-Rin; CHO, Yeong-Jun, 2021. Product Inspection Methodology via Deep Learning: An Overview. *Sensors*. Roč. 21, s. 5039. Dostupné z DOI: [10.3390/s21155039](https://doi.org/10.3390/s21155039).
- PARK, Joon-Hyung; KIM, Yeong-Seok; SEO, Hwi; CHO, Yeong-Jun, 2023. Analysis of Training Deep Learning Models for PCB Defect Detection. *Sensors*. Roč. 23, s. 2766. Dostupné z DOI: [10.3390/s23052766](https://doi.org/10.3390/s23052766).
- REICHENSTEIN, Tobias; RAFFIN, Tim; SAND, Christian; FRANKE, Jörg, 2022. Implementation of Machine Vision based Quality Inspection in Production: An Approach for the Accelerated Execution of Case Studies. In: sv. 112. Dostupné z DOI: [10.1016/j.procir.2022.09.058](https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.09.058).
- SILVA, Carlos; PALADINI, Edson, 2025. Smart Machine Vision System to Improve Decision-Making on the Assembly Line. *Machines*. Roč. 13, s. 98. Dostupné z DOI: [10.3390/machines13020098](https://doi.org/10.3390/machines13020098).
- WEI, Peng; LIU, Chang; LIU, Mengyuan; GAO, Yunlong; LIU, Hong, 2018. CNN-based reference comparison method for classifying bare PCB defects. *The Journal of Engineering*. Roč. 2018, č. 16, s. 1528–1533. ISSN 2051-3305. Dostupné z DOI: [10.1049/joe.2018.8271](https://doi.org/10.1049/joe.2018.8271).
- ZAKARIA, S S; AMIR, A; YAAKOB, N; NAZEMI, S, 2020. Automated Detection of Printed Circuit Boards (PCB) Defects by Using Machine Learning in Electronic Manufacturing: Current Approaches. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Roč. 767, č. 1, s. 012064. ISSN 1757-899X. Dostupné z DOI: [10.1088/1757-899x/767/1/012064](https://doi.org/10.1088/1757-899x/767/1/012064).
- ZHANG, Xinman; ZHANG, Jiayu; MA, Mei; CHEN, Zhiqi; YUE, Shuangling; HE, Tingting; XU, Xuebin, 2018. A High Precision Quality Inspection System for Steel Bars Based on Machine Vision. *Sensors*. Roč. 18, č. 8, s. 2732. ISSN 1424-8220. Dostupné z DOI: [10.3390/s18082732](https://doi.org/10.3390/s18082732).
- ZHENG, Xiaoqing; ZHENG, Song; KONG, Yaguang; CHEN, Jie, 2021. Recent advances in surface defect inspection of industrial products using deep learning techniques. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Roč. 113, č. 1–2, s. 35–58. ISSN 1433-3015. Dostupné z DOI: [10.1007/s00170-021-06592-8](https://doi.org/10.1007/s00170-021-06592-8).