

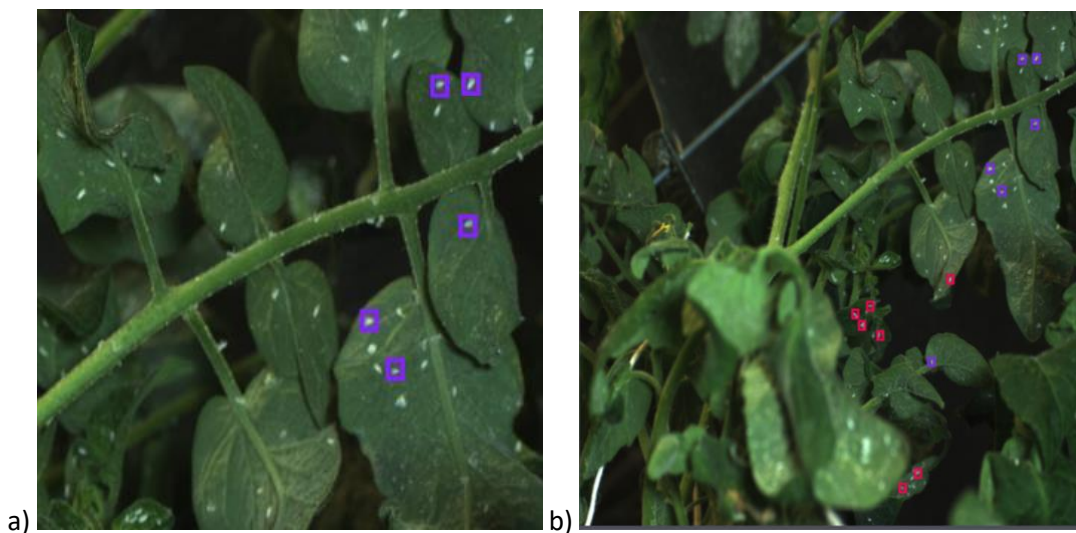
Projekt č. FW01010381

Inteligentní robotická ochrana zdraví ekosystému hydroponického skleníku

## Popis výsledku projektu dokazující dosažení výsledku - Software pro detekci škůdců a chorob na listech

*Tento dokument popisuje naplnění cíle projektu a postup dosažení výsledku projektu. Data, jednotlivé kódy a funkční algoritmy jsou uloženy u hlavního řešitele projektu.*

Detekce škůdců a chorob přímo na listech byla v rámci projektu řešena v několika fázích. Nejprve byl hledán dostupný dataset, který by bylo možné využít pro trénování vlastních modelů neuronových sítí pro detekci a lokalizaci škůdce na listu. Při podrobné analýze datasetu<sup>1</sup> publikovaného 2019 bylo zjištěno, že obsahuje velké množství chyb v ground truth anotacích (pravdivé označení pozorování), viz ukázka (Obr. 1.). Některé molice nebyly vůbec označeny. Algoritmus strojového učení pak může být zmaten v tom, co se má učit. A především analýza výsledků je zcela zkreslená. Pokud algoritmus zaznačí škůdce na listu, který v ground truth anotaci nebyl označen, vykáže algoritmus chybu a sníží se procento přesnosti a úspěšnosti.



Obr. 1: Ukázka datasetu z 2019.

Dále byly prozkoumány dostupné datasety zabývající se klasikační úlohou. Nalezený dataset Plant Village Dataset<sup>2</sup> obsahuje mimo jiné následujících 10 tříd týkajících se chorob na listech rajčete: Late\_blight,

<sup>1</sup> Aitor Gutierrez, Ander Ansuategi, Loreto Susperregi, Carlos Tub-o, Ivan RankiT, Libor LenDa. A Benchmarking of Learning Strategies for Pest Detection and Identification on Tomato Plants for Autonomous Scouting Robots Using Internal Databases. Hindawi Journal of Sensors Volume 2019

<sup>2</sup> <https://github.com/spMohanty/PlantVillage-Dataset>

healthy, Early\_blight, Septorialeafspot, TomatoYellowLeafCurlVirus, Bacterial\_spot, Target\_Spot, Tomatomosaicvirus, Leaf\_Mold, Spidermites Two-spottedspider\_mite, Powdery Mildew. Model Resnet50 natrénovaný na tomto datasetu dosáhl přesnosti (accuracy): pro top-1 hodnoty 98.17 a top-5 rovnou 99.72. Při detailní analýze datasetu bylo zjištěno, že neodpovídá realitě prostředí skleníku. Listy jsou často foceny na umělém pozadí (černém či modrém) a také obsažené třídy neodpovídají požadavkům na detekci chorob vzneseným ze strany skleníku Farmy Bezdínek. Na Farmě Bezdínek se vyskytují v určité míře pouze 2 třídy z výše jmenovaných.

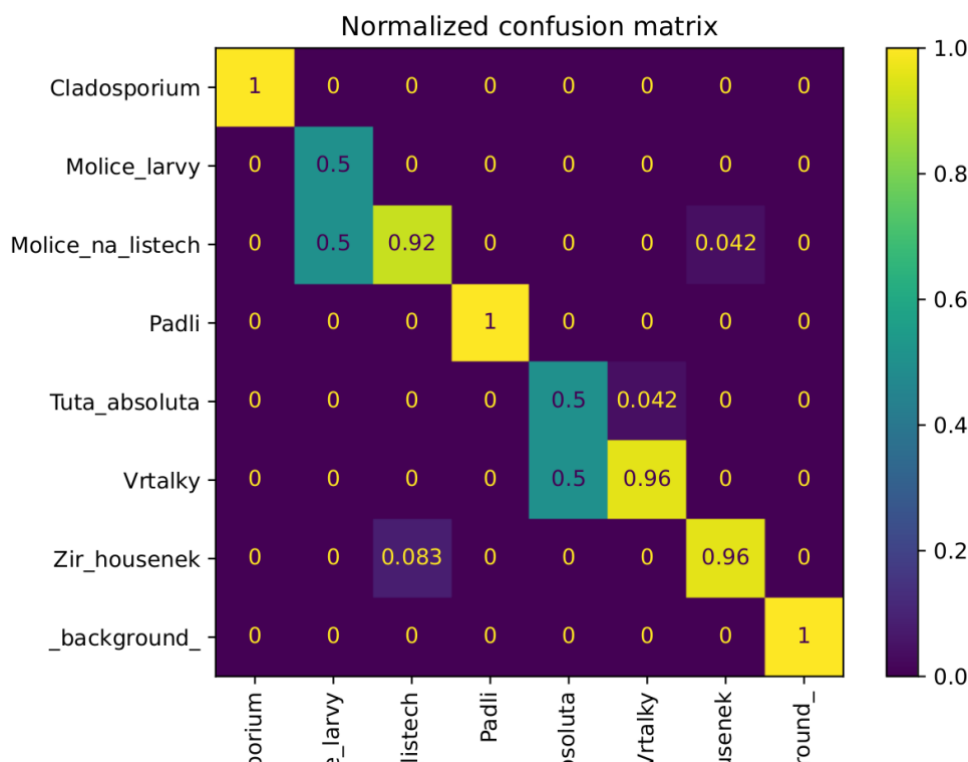
Z výše zmíněných důvodů bylo přistoupeno k sestavení vlastního datasetu z pořízených fotografií listů porostu ve skleníku. Tento dataset měl být postupně doplňován. Ve skleníku nedošlo k výrazné invazi zmiňovaných škůdců, pro skleník výborná zpráva, pro získání vhodných instancí do datasetu zpráva horší. Dataset tedy není nijak rozsáhlý a bude jej v budoucnu třeba obohacovat a klasifikátor dotrénovávat. Aktuálně vytvořený dataset obsahuje celkem 388 fotografií listů s výskyty následujících škůdců, chorob a poškození typickými škůdci:

- výskyt molice skleníkové (117 obrázků)
- výskyt larev molice skleníkové (3 obrázků)
- poškození chorobou padlí (19 obrázků)
- poškození vrtalkami (115 obrázků)
- poškození žírem housenek motýla Tuta absoluta (19 obrázků)
- poškození žírem housenek bez určení přesného druhu (108 obrázků)
- poškození houbou Cladosporium (7 obrázků)

Jako klasifikátor byla také využita hluboká konvoluční neuronová síť. Bylo natrénováno několik modelů s různými konfiguracemi. Doposud nejlepší výsledek (Tab. 1) byl dosažen s modelem sítě ResNet50 v kombinaci se ztrátovou funkcí FocalLoss a zmenšováním fotografií na rozlišení 678x678 pixelů. Detaily záměn lze pozorovat v normalizované konfúzní matici (Obr. 2), např. molice na listech byla zaměněna se žírem housenek nebo molice dospělci se svými larvami.

Tab.1: Přesnost (accuracy) klasifikace fotografií škůdců a chorob na listech pro vybrané kombinace parametrů

Rozlišení	Velikost dávky (batch size)	Přesnost Validační množina	Přesnost Testovací množina
512x512	13	0.93	0.86
640x480	14	0.87	0.87
678x678	7	0.89	0.87



Obr. 2 Normalizovaná konfúzní matice dokumentující úspěšnost klasifikace.

Pro softwarové zpracování bylo vytvořeno komunikační rozhraní v podobě univerzálního API pro klasifikaci, tedy zda-li vstupní fotografie obsahuje některý z uvedených druhů škůdců bez jejich lokalizace v obraze. Vzhledem k dalšímu zpracování konvolučními neuronovými sítěmi nebylo třeba předem hledat obrys listu. Algoritmus klasifikace reprezentuje algoritmus vyhodnocení typického poškození listu škůdci.

Software obsahuje funkci *inference\_engine*, která se stará o inicializaci modelu, který je popsán konfiguračním *.py* souborem dle knihovny MMClassification<sup>3</sup> a natrénovanými váhami uloženými ve formátu *.pth*. V případě potřeby je možné model jednoduše zaměnit za jiný. Dalším povinným vstupem je cesta k vstupnímu obrázku, který je třeba klasifikovat. Podporované formáty vstupních obrázků jsou následující: JPG, JPEG, BMP, PNG. Posledním vstupem je cesta k adresáři, kde jsou po spuštění programu uloženy výsledky predikce.

Program pracuje ve dvou krocích. Nejdříve dojde k inicializaci modelu a jeho přípravě pro predikci. V případě potřeby je možné upravit podrobnější podmínky predikce, například vybrat, zda výpočty budou probíhat na CPU či GPU. Poté probíhá samotná inference, jejímž výstupem je určení, zda je přítomno některé z poškození či se jedná o fotku zdravého porostu. Volitelně je možné na konci běhu programu vizualizovat vstupní obrázek s popiskem detekované třídy.

<sup>3</sup> Contributors, M. (2020). Openmmlab’s image classification toolbox and benchmark. URL: <https://github.com/open-mmlab/mmlab/mmlabclassification>.

Výsledky detekce jsou uloženy do JSON souboru results.json, který obsahuje název a id predikované třídy a skóre predikce určující jistotu modelu, že je dané predikce správná.

Software využívající API rozhraní je schopný uchovávat historické záznamy z provedených kontrol.

Po vyhodnocení softwarem lze v případě pozitivního nálezu aplikovat vhodné opatření dle typu a rozsahu poškození / napadení škůdcem:

- 1) **Molice skleníková** je klíčovým škůdcem na rajčatech ve skleníku a vyskytuje se prakticky vždy. Při zanedbané ochraně dokáže tento škůdce způsobit zásadní ekonomické škody na porostu. Základním prostředkem pro monitoring molice jsou žluté lepové desky. Detailnější popis se speciálně vyvíjenou aplikací pro detekci a počítání množství molic na žlutých lepových deskách je v kapitole 3.4. Na nich se počítají zachycené molice jednou týdně. Přibližně do v průměru 20 jedinců/žlutá lepová deska lze postupovat proti molicím pouze biologickou ochranou. Nad tuto hranici je obvykle vhodné použít korekční postřik vybraným insekticidem. Detekce larev či dospělců molic na listech lze považovat za vhodný doplňkový nástroj. Především při odhalování ohnisek výskytu takzvaných hot spotů. Díky tomu je možné ochranu proti molicím lépe organizovat a vyšší dávku biologické ochrany či postřiky směřovat selektivně přímo do těchto ohnisek.
- 2) **Padlí** je obligátní parazitická houba, která se na listech rajčete projevuje tvorbou bílých povlaků, které jsou tvořeny myceliem. Obvykle se padlí ve skleníku objevuje buď na velmi citlivých odrůdách rajčat nebo při rozkolísání vnitřního klimatu. Je-li padlí zjištěno včas na počátku vývoje je možné vhodnými opatřeními dosáhnout jeho vymizení. Mezi ta patří úprava klimatu popřípadě aplikace fungicidů na bázi síry. Tedy rozpoznání padlí v rané fázi vývoje na listech je důležitý předpoklad pro zvládnutí ochrany bez nutnosti zapojení intenzivního fungicidního programu.
- 3) **Vrtalky** patří spíše mezi méně významné škůdce. Larva tvoří typické chodbičky v listech (miny). Proto, aby jejich poškození mělo reálný vliv na úroveň výnosu muselo by dojít k opravdu kalamitnímu přemnožení. Tedy detekce vrtalek na listech obvykle neznamena nutnost okamžitého zásahu. Avšak je dobré její výskyt průběžně sledovat a případně nasadit vhodnou biologickou ochranu.
- 4) **Tuta absoluta** – před poškozením listů motýlem Tuta absoluta by měl předcházet jeho záchyt ve feromonových lapačích. Tedy agronom obvykle díky záchytu dospělců v lapači může počítat s tím, že dojde k poškození porostu housenkami. Je-li pomocí obrazové detekce indikováno možné poškození motýlem T. absoluta je s ohledem na jeho škodlivost nutné provést ošetření vhodným larvicidním přípravkem. Zároveň s ohledem na to, že poškození je podobné jako v případě vrtalek, je vhodné vyloučit tuto případnou záměnu.
- 5) Poškození **žírem housenkami** na listové ploše je obvykle indikace k ošetření vybraným larvicidem. Plošná analýza obrazových dat z celého skleníku může pomoci odhalit rozsah tohoto napadení. Na základě toho se pak rozhoduje o aplikaci jen do vybrané oblasti nebo v celém skleníku.
- 6) **Cladosporium fulvum (černá rajčatová)** je choroba, která se projevuje tvorbou tmavého/černého mycelia na povrchu listu. Dochází tak ke tvorbě černých skvrn různé velikosti. Jde o problematičtější chorobu než padlí a její výskyt je obvykle možné jen omezovat. Analýza obrazových data může přispět k časně detekci a přispět tak k celkově lepšímu výsledku v managementu ochrany rostlin.