

# AUTOMATIZACE V ZEMĚDĚLSTVÍ

Jiří Hula

Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology  
Institute of Automation and Computer Science  
Technicka 2896/2, Brno 616 69, Czech Republic  
jiri.hula@vutbr.cz

**Abstract:** In this paper, we focus on innovative approaches in agriculture related to automation, especially using mobile robotics and machine vision. Mobile robots such as autonomous ground vehicles and drones bring new opportunities for more efficient and sustainable agricultural practices. Machine vision in turn enables more accurate monitoring and management of fields, leading to optimised resource use and improved crop quality. The aim of this paper is to explore the potential of these technologies for agricultural modernisation and to identify the main challenges and limitations associated with their wider deployment.

**Keywords:** Agricultural Automation, Smart Farming, Machine Vision, Mobile Robotics, Precision Agriculture, Sustainable Practices, FarmBot

## 1 Úvod

Automatizace v zemědělství je jedním z velkých témat dneška, které může zásadně změnit jak velké farmy, tak malé zahrádky. S pomocí moderních technologií můžeme zvýšit množství jídla, které vyprodukuje, a zároveň snížit to, co při pěstování zbytečně vyhodíme. Automatizace tak může farmářům ušetřit nejen peníze, ale i spoustu práce.

Hlavní roli v tom hraje použití pokročilých technologií jako jsou strojové vidění a umělá inteligence. Díky nim můžeme lépe sledovat, co se na polích děje, a přesněji tak například zavlažovat nebo hnojit. Tyto technologie se stávají stále běžnějšími, ale jejich rozšíření mezi farmáři není úplně jednoduché a bez problémů. Různé typy zemědělství – velké průmyslové farmy a malé komunitní zahrádky – mají různé potřeby a možnosti, co se týče automatizace.

V této práci se podíváme na to, jak automatizace mění zemědělství od velkých farem až po malé zahrádky. Prozkoumáme, jaké problémy automatizace řeší, ale i to, kde tradiční metody zemědělství stále vedou. Podíváme se na to, co nové technologie nabízejí, a jak by mohly pomoci jak velkým, tak malým pěstitelům.

Tento úvod nastavuje scénu pro hlubší zkoumání toho, jak se automatizace používá v zemědělství, jaké přináší výhody a jaké výzvy před ní stojí. V dalších kapitolách se podrobněji podíváme na konkrétní problémy a řešení, které automatizace přináší do různých typů zemědělství.

## 2 Aspekty automatizace v zemědělství

V oblasti automatizace v zemědělství narazíme na několik klíčových problémů, které se liší podle velikosti a typu zemědělského provozu. Tyto výzvy jsou významné jak pro velká agrokomplexní zařízení, tak pro malé zahrádkáře, a vyžadují specifická řešení pro každou situaci.

### 2.1 Problémy velkozemědělství

Pro velké farmy představují hlavní překážku vysoké náklady na zavedení automatizace. Počáteční investice do pokročilých technologií, jako jsou autonomní traktory nebo drony pro snímání dat, mohou být pro mnohé zemědělské podniky značné. Kromě finančních nákladů je zde také výzva spojená se začleněním nových technologií do existujících procesů, což vyžaduje čas a zdroje na školení personálu a možná i změnu pracovních postupů.

### 2.2 Problémy maloformátového zemědělství

Naopak menší zemědělci a komunitní zahradky se setkávají s úplně jinými problémy. Technologie, jako je FarmBot, jsou sice ideální pro menší plochy, ale jejich cena může být pro běžného zahrádkáře stále vysoká. Tyto technologie navíc často vyžadují větší míru přizpůsobení pro různé typy plodin, což může být překážkou v jejich širším přijetí.



Figure 1: FarmBot Genesis.[1].

### 2.3 Technologické výzvy

Strojové vidění a umělá inteligence, které jsou často vnímány jako budoucnost zemědělské automatizace, přinášejí své vlastní výzvy. Efektivní využití těchto technologií vyžaduje složité algoritmy a obrovské množství dat, což může být pro mnohé zemědělce překážkou. Navíc, technologie musí být robustní a odolné vůči náročným venkovním podmínkám, což může komplikovat jejich rozvoj a údržbu.

### 2.4 Sociální a ekonomické dopady

Automatizace může výrazně změnit zemědělský trh práce, často na úkor tradičních pracovních pozic. To vyvolává otázky týkající se sociální spravedlnosti a rovnováhy mezi zvyšováním produktivity a udržením pracovních míst. Je třeba najít způsoby, jak tyto změny zvládnout tak, aby byly přínosné pro všechny zúčastněné strany a nevedly k sociálním nepokojům.

### 2.5 Výzvy pro přijetí

Celkově automatizace v zemědělství stojí před řadou technických, ekonomických a sociálních výzev, které musí být řešeny. Aby bylo možné plně využít její potenciál pro zlepšení efektivity a udržitelnosti zemědělské výroby. Jak se technologie vyvíjejí, bude klíčové najít rovnováhu mezi využíváním nových příležitostí a řešením dopadů, které mohou tyto změny přinést pro zemědělské pracovníky a celé komunity.

## 3 Automatizační technologie v zemědělství

### 3.1 Strojové vidění

#### 3.1.1 Detekce plodů

Systémy pro detekci a rozpoznání ovoce, které jsou klíčové pro inteligentní zemědělství a automatické sklízení, procházejí pěti fázemi: akvizicí obrazu, předzpracováním, extrakcí rysů, segmentací a rozpoznáním obrazu. Výzkumy se zaměřují nejčastěji na jablka, rajčata a citrusy, které jsou ideální pro automatické sklízení díky svým charakteristikám. Také navrhují zlepšení přesnosti a rychlosti detekce, zkoumají různé metody založené na hlubokém učení a navrhují budoucí vývoj v této oblasti.

Většina současných výzkumů v oblasti detekce a rozpoznávání ovoce využívá dvoufázové metody. Z těchto metod je Faster R-CNN velmi oblíbený kvůli vysoké přesnosti, avšak jeho rychlosť je omezena složitými mechanismy kotvy. Pro rychlé rozpoznání, zejména v mobilních aplikacích, se často používá YOLO, které je rychlé, ale méně účinné pro malé cíle, jako jsou drobné plody. ResNet a AlexNet jsou mezi nejpopulárnějšími základními sítěmi. Výzvy jako nedostatek kvalitních datových sad ovoce a potřeba adaptace metod na různé odrůdy ztěžují rozvoj těchto technologií. Budoucí vývoj by měl zaměřit na zlepšení přesnosti, rychlosti a robustnosti detekčních systémů, což zahrnuje předzpracování dat, augmentaci a fúzi rysů, aby bylo možné lépe detektovat malé a různě velké plody. [3]

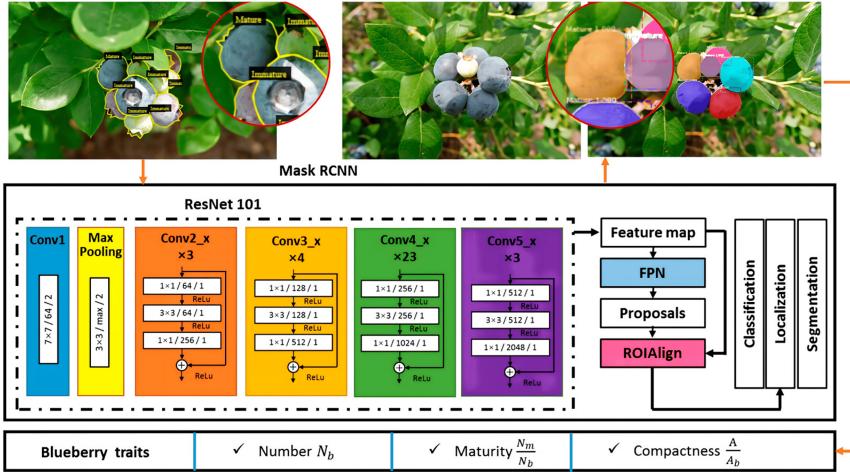


Figure 2: Typická maska R-CNN pro detekci a rozpoznávání ovoce.[3].

### 3.1.2 Detekce chorob

V poslední době se hodně mluví o tom, jak umělá inteligence a techniky strojového vidění mohou pomoci v zemědělství, hlavně při detekci chorob na rostlinách. Přitom se ukazuje, že neuronové sítě jsou fakt užitečný nástroj pro analýzu a klasifikaci různých chorob. Například, když se použijí sítě jako AlexNet a GoogLeNet na obrázcích z datasetu PlantVillage, můžou poskytnout opravdu dobré výsledky.

Speciálně s GoogLeNetem a metodou Transfer Learning se podařilo dosáhnout úspěšnosti až 99,35%, což je super. Ale když byl použit AlexNet, výsledky nebyly tak dobré. To nám ukazuje, že GoogLeNet je asi lepší volba pro tyhle úkoly. Co je ale trochu problém, tak když se experimentovalo s menšími vlastními datovými sadami, přesnost klesla na něco málo přes 31%. To nám napovídá, že máme co dělat hlavně s kvalitou a množstvím dat, která používáme.

Je jasné, že kvalitní a rozsáhlé datové sady jako PlantVillage můžou hodně pomoci zlepšit přesnost modelů. Naopak, když data nejsou ideální, výsledky můžou být mnohem horší. I když modely fungují dobře na připravených datasetech, v reálných podmínkách, jako jsou různé růstové podmínky nebo rozdílné osvětlení, můžou se objevit problémy.

Závěrem, výzkum v oblasti detekce chorob na rostlinách s použitím metod hlubokého učení slibuje dobré výsledky, ale ještě je potřeba vyřešit několik výzev, aby bylo možné tyto technologie široce používat v praxi. V budoucnosti by se mělo pracovat na vylepšení modelů, aby lépe zvládaly různorodé podmínky a byly univerzálnější. [2]

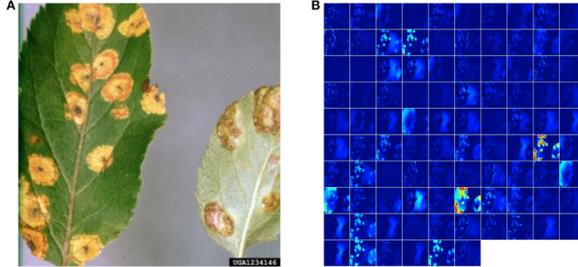


Figure 3: Vizualizace aktivace v počátečních vrstvách architektury AlexNet, která ukazuje, že se model naučil účinně aktivovat proti nemocným místům na ukázkovém listu.[2].

### 3.2 Mobilní robotika

Mobilní robotika v zemědělství představuje revoluční prvek smart farming, který zásadně mění tradiční zemědělské operace. Využití autonomních pozemních vozidel (UGV) a bezpilotních letounů (UAV) je stále rozšířenější a zahrnuje široké spektrum aplikací, od přesného monitorování stavu plodin po cílenou aplikaci agro-chemikálií. Tyto technologie umožňují farmářům efektivněji spravovat jejich pole s větší přesností a menšími náklady, což vede k lepšímu využití zdrojů a zvýšení udržitelnosti.

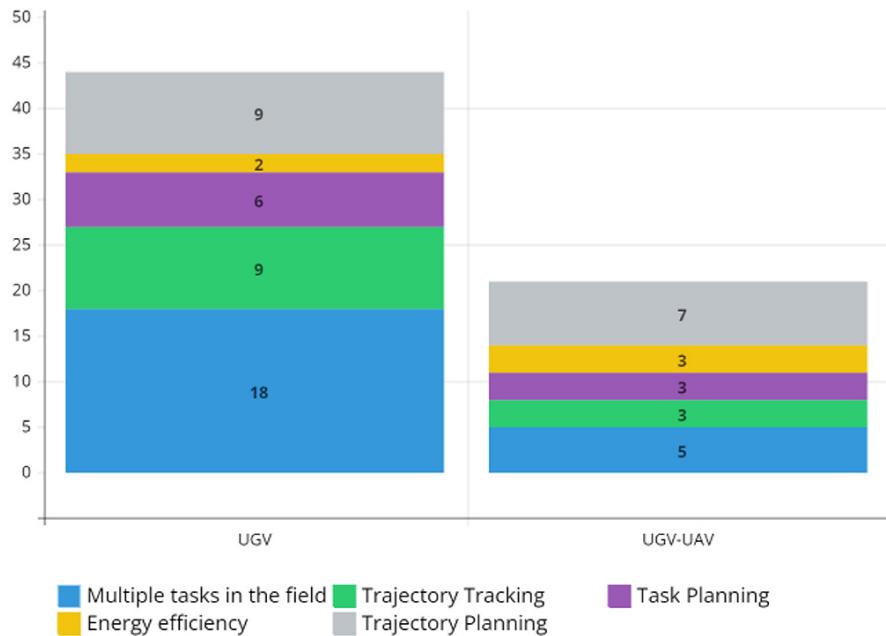


Figure 4: Mobilní robotika v zemědělství.[4].

UGV jsou vybaveny různými senzorickými systémy, které umožňují detailní sběr dat přímo z půdy a mezi plodinami, zatímco UAV poskytují širší pohled z výšky a mohou rychle pokrýt velké plochy. Společné využití UGV a UAV vytváří komplexní obraz o stavu polí, který je dále analyzován pro optimalizaci zemědělských postupů. Tento integrovaný přístup umožňuje nejen přesné mapování a plánování, ale také rychlou reakci na změny v životním prostředí nebo zdravotní stav plodin.

Vedle efektivity a zvýšené produkce se mobilní roboti v zemědělství zaměřují i na snížení environmentálního dopadu zemědělské činnosti. Autonomní systémy umožňují cílenější aplikaci vody a hnojiv, což minimalizuje plýtvání a znečištění. Dále, díky přesnému monitorování a datové analýze mohou roboti identifikovat a řešit problémy, jako jsou škůdci a choroby, s větší přesností a efektivitou.

Přestože mobilní robotika přináší mnoho výhod, stále existují výzvy, jako jsou vysoké počáteční investice a potřeba pokročilého technického know-how pro ovládání a údržbu těchto systémů. Budoucí vývoj v této oblasti se proto bude muset soustředit na zjednodušení technologií a zpřístupnění těchto pokročilých řešení širšímu spektru zemědělců. Integrace a širší přijetí mobilních robotů v zemědělství tak může hrát klíčovou roli v zajištění potravinové bezpečnosti a udržitelnosti v rostoucím globálním měřítku. [4]

Application	Control	Hardware	Citation
Fusion of color and depth images	Remote-controlled	Kinect v2 sensor and laptop computer	Gai et al., 2020
Artificial vision and weed algorithms	Remote-controlled and autonomous	AgBotII Robotic platform: RGB camera, GPS, PLC, laptop, others	Bawden et al., 2017
Grid-based using Neural Network	Autonomous	Laptop and obstacle sensor	Arindam et al., 2018
Sampling-Based Method and PSO	Autonomous	Laptop computer	Prakash et al., 2020
Non-holonomic A*	Autonomous	An all-terrain vehicle developed by Polaris with LiDAR, IMU, and GPS	Zhang et al., 2019
D-S evidence theory	Autonomous	Laptop, camera, and laser scanner	Zhao et al., 2019
Genetic algorithm	Autonomous	Laptop	Tsiogkas and Lane, 2018
Automated Deployment of IoT Networks	Autonomous	Pioneer 3-AT, Raspberry Pi B2, IMU, GPS, Arduino Nano, and laptop	Romeo et al., 2020
UTR control using VSC and Hyper Schemes, and Fuzzy potential motion	Autonomous	Computer	Banhani et al., 2021
Heuristic path planning	Autonomous	Computer	Wang et al., 2021
Grid-based algorithms Dijkstra, A*, and the sampling-based algorithms RRT and RRT*	Autonomous	Jackal from Clearpath Robotics with Jetson TX2, and LiDAR	Pak et al., 2022
Kalman filter estimation	Autonomous	Car-like-type, GPS, a 3D orientation sensor, and KNRm controller	Sun and Liang, 2022
Allan Variance in a Kalman Filter	-	Laptop and GPS	Luo et al., 2019
Ant Colony Optimization with a Probability – based random – walk strategy and an Adaptive waypoints	Autonomous	Laptop	Liu et al., 2022
Robust model predictive control (RMPC)	Autonomous	Husky A200 with IMU, LiDAR, laptop	Khan et al., 2022
Traveling salesman problem (TSP) enhanced with – Coverage path planning (CPP)	Autonomous	Computer	Xie and Chen, 2020
Generation optimal polynomial trajectories	Autonomous	Rover Dedalo	Gentilini et al., 2021
Compound Fuzzy Control	Autonomous	Jingguan PZ-60 with STM32 controller, laptop, and position sensors	Li et al., 2020
A* Algorithm	Manual controlled	The Kinect sensor, and laptop	Nerlekar et al., 2022
Dynamic analysis of skid-steering tracked vehicles	Autonomous	Robot smaller than a standard tractor	Tazzari et al., 2020
Auto-guidance algorithm	Manual controlled	Stereo camera, angle sensor, electric power steering, GPS, and workstation ZBOX QK7P3000	Changho et al., 2021
Voronoi diagram	Autonomous	Multi-robot	Kim and Son, 2020
Algorithm row – change maneuver	Autonomous	Robotic platform with LiDAR	Mengoli et al., 2021
Machine vision algorithms	Wheels	RGB camera, and laser distance sensor	Berenstein and Edan, 2018
Harvesting	Convolutional neural networks	Platform Vegebot with camera, UR10 controller, and laptop	Birrell et al., 2020
Smart irrigation	Teleoperation	NodeMCU, water level sensor, Arduino, temperature and humidity sensor	Srinivas and Sangeetha, 2021

Figure 5: Různé typy UGV v zemědělství 4.0.[4].

## 4 Závěr

Zadaný rozsah této práce neumožnil hlubší nebo širší prozkoumání tématu, které je velmi rozsáhlé a zasloužilo by si mnohem více pozornosti. V této práci bylo zmíněno, jak mobilní robotika a strojové vidění mění zemědělství. Tyto technologie nabízejí obrovské možnosti pro zvýšení efektivity na polích a snížení environmentálního dopadu zemědělských operací. Díky autonomním vozidlům a dronům, které jsou vybaveny systémy pro strojové vidění, mohou farmáři získávat přesnéjší data o stavu svých plodin a efektivněji spravovat zemědělské procesy.

Strojové vidění je zásadní pro identifikaci stavu plodin, umožňuje lépe cílit aplikaci pesticidů a zvyšovat kvalitu sklizně tím, že přesně rozpozná zdravé a postižené rostlinky. Přestože to zní skvěle, nesmíme přehlédnout řadu technických a praktických výzev. Ty zahrnují složitost systémů, vysoké náklady na začáteční investice a potřebu speciálního školení pro obsluhu těchto technologií.

Velkým úkolem je zajistit, aby byly tyto systémy odolné vůči různorodým podmínkám, které panují venku na polích. Vývoj adaptabilních a robustních technologií, které si poradí s proměnlivým počasím a terénem, je klíčový pro jejich širší nasazení. Za zmínu stojí také iniciativy jako FarmBot, které ukazují, jak automatizace může být aplikována i na menších plochách a v osobních zahradách, přičemž nabízí flexibilní a uživatelsky přívětivé řešení pro individuální zahradníky. [1]

Závěrem, integrace mobilní robotiky a strojového vidění do zemědělských operací slibuje zlepšení produktivity a udržitelnosti. Překonání technických, sociálních a finančních bariér bude rozhodující pro to, aby se tyto pokročilé technologie staly běžnou součástí zemědělské praxe po celém světě. Je to výzva, ale s velkým potenciálem pro budoucnost udržitelného zemědělství. [5]

## References

- [1] FARMBOT INC. Farmbot - open-source cnc farming, 2024. Accessed: 2024-04-20.
- [2] MOHANTY, S. P., HUGHES, D. P., AND SALATHÉ, M. Using deep learning for image-based plant disease detection. *Frontiers in Plant Science* 7 (2016).
- [3] XIAO, F., WANG, H., XU, Y., AND ZHANG, R. Fruit detection and recognition based on deep learning for automatic harvesting: An overview and review. *Agronomy* 13, 6 (2023).
- [4] YÉPEZ-PONCE, D. F., SALCEDO, J. V., ROSERO-MONTALVO, P. D., AND SANCHIS, J. Mobile robotics in smart farming: current trends and applications. *Frontiers in Artificial Intelligence* 6 (2023).
- [5] ZHOU, H., WANG, X., AU, W., KANG, H., AND CHEN, C. Intelligent robots for fruit harvesting: recent developments and future challenges. *Precision Agriculture* 23, 5 (Oct 2022), 1856–1907.