

# ROBOTIZÁCIA V POĽNOHOSPODÁRSTVE

Juraj Mikuš

Fakulta strojnínho inženírství, Vysoké učení technické v Brně  
Ústav automatizace a informatiky  
Technická 2898/2, Brno 616 69, Czech Republic  
249133@vutbr.cz

*Abstract: Seminárna práca je zameraná na uplatnenie robotov v poľnohospodárstve. V úvode práce si predstavíme stručnú históriu poľnohospodárskych robotov. Ďalej sa budeme zaoberať jednotlivými odvetvami implementácie robotov uvedením príkladov priamo z praxe.*

*Keywords: robotizácia poľnohospodárstva, automatizácia, senzory, technológie, autonómne roboty*

## 1 Úvod

Poľnohospodárstvo patrí už od počiatkov ľudskej existencie na tejto planéte k nevyhnutnej súčasťi života, čo sa nám potvrdzuje už pri jednom z prvých rozdelení ľudstva a to na kategórie lovci a zberači. Podľa odhadov OSN sa svetová populácia zvýši z dnešných 7,3 miliardy na 9,7 miliárd v roku 2050. [1] Na základe týchto štatistík sa dostávame k posudku, že po ekonomickej stránke bude omnoho väčší dopyt po poľnohospodárskych produktoch, čo ovplyvní vyťaženie priemyslu naprieč najbližších rokov. Ako reaguje toto odvetvie na túto výzvu? Poľnohospodárske odvetvie odpovedá prepojením ručnej práce a techniky obrábania pôdy s nástupom nových technológií, ktoré dokážu zvýšiť produkciu a tak odpovedať na výzvu zvýšenia svetovej populácie v najbližších rokoch. Jedným z nich je práve cesta robotikou.

Zavádzaním robotiky a automatizácie dokážeme v poľnohospodárskom priemysle nielen zvyšovať výrobné kapacity ale aj eliminovať dopad nezamestnanosti v určitých oblastiach sveta, čím sa naplní dopyt a rovnako vyrovná ekonomický stav zamestnanosti. Aj napriek rýchlemu pokroku technológií zatiaľ nedokážeme eliminovať ľudský faktor pri niektorých procesoch v poľnohospodárstve. Príkladom môže byť pestovanie osivovej kukurice. Nakoľko kastrácia matiek kukurice je vykonávaná len v určitej výške, nižšie kukurice zostávajú v pôvodnom stave ako pred kastráciou a môže dôjsť k následnému opeleniu, čo je v prípade osivovej kukurice nežiaducim faktorom jej produkcie.

## 2 História

Výskumníci sa pokúšali o výrobu robotov už v staroveku, kedy Egypťania vyrábali vodné hodiny s ľudskými figurínami, ktoré udierali do zvonov, pre udávanie času. Zmienky o podstatných krokoch prepojenia robotiky v oblasti poľnohospodárstva, ich implementácia, siahajú do dvadsiatych rokov dvadsiateho storočia, kedy prichádzajú pokusy o vynájdenie autonómnych systémov pre použitie na farme, ktoré mali slúžiť po pripojení zväčša ku traktorom. Autonómne traktory sa pokúšali vyrábať už v päťdesiatych a šesťdesiatych rokoch minulého storočia. [9].

Veľký rozvoj poľnohospodárskej robotiky nastal v osemdesiatych rokoch minulého storočia s obrovským rozvojom elektrotechnických technológií. Boli vyvinuté menšie komponenty, spojené s inteligentnejšími čipmi a menšími počítačmi s vysokým výpočtovým výkonom. To vyvolalo záujem o väčšiu implementáciu autonómnych systémov v poľnohospodárstve. Výskumy boli väčšinou založené na strojovom videní. Napríklad výskum podľa Searcy a Reid (1986) ukázal možnosť extrahovať navigačný signál autonómneho vozidla z obrazu. Výskum použil traktor ako svoje testovacie vozidlo. Searcy úspešne spolupracoval s Brandonom v roku 1992 na navigačných systémoch, vývoji počítačových algoritmov potrebných na riadenie poľnohospodárskeho traktora. V neskorších desaťročiach došlo k ďalšiemu znižovaniu nákladov na počítače a zvýšenému využívaniu elektrickej energie pre motory, prevodovky a riadenie poľnohospodárskych zariadení, ktoré umožnili zavedenie takzvaného presného poľnohospodárstva a napomohli k vtedy vytúženej implementácii.[9].

### 3 Moderná doba

V dnešnej dobe sa využívanie robotov pre poľnohospodárske účely značne rozšírilo. Farmári musia čeliť energetickej kríze a zároveň eliminovať náklady na pestovanie na minimum. Už v rokoch 2000 až 2010 boli zavedené na trh samohybné roboty ako traktory, postrekovače a kombajny. V súčasnosti sú tieto stroje komerčne dostupné a tvoria veľkú časť poľnohospodárskych robotov a stávajú sa priam bežnými pre užívateľov. Do prevádzky sú zavádzané nielen autonómne roboty na vyšší výkon (operácie ako orba, hnojenie, postrekovanie...) ale aj menšie samohybné mobilné roboty na špeciálne účely s nižším výkonom. Napríklad roboty na siatie, prenášanie črepníkov v škôlkach a pod. [10]

#### 3.1 Autonómne roboty

S využitím pokročilých technológií ako sú senzory, GPS a počítačové videnie dokážeme pomôcť farmárom dosiahnuť zvýšenie produktivity autonómnymi vozidlami. Jednou z najvýznamnejších výhod autonómných vozidiel v poľnohospodárstve je ich schopnosť pracovať 24 hodín denne. Medzi ďalšie výhody patrí ich presnosť. Pomocou senzorov a počítačového videnia môžu autonómne vozidlá presne aplikovať pesticídy a hnojivá na špecifické oblasti poľa a predísť tak nežiadúcim účinkom, ktoré by mohli nastať pri nepresnej manipulácii. [7]

Navigačné systémy autonómných vozidiel sa začali vyvíjať už v minulom storočí. Postupne sa prechádzalo na diaľkové ovládanie autonómných robotov a začalo sa využívať spracovanie obrazu. Digitálnym spracovaním obrazu sa umožnilo použitie širšej škály algoritmov. Tieto algoritmy bolo možné aplikovať na vstupné dáta a vyhnúť sa problémom, ako je hromadenie hluku a skreslenie signálu počas spracovania obrazu. [7]



Obrázok č. 1: Autonómny traktor Lueven [5]

#### 3.2 Roboty na zber ovocia

Robot na zber je zvyčajne integrovaný multidisciplinárny systém, ktorý zahŕňa pokročilé vlastnosti a funkcie z viacerých oblastí vrátane snímania, vnímania, mapovania, plánovania pohybu a robotickej manipulácie. Existujúce roboty na zber ovocia vo všeobecnosti pozostávajú z viacerých podsystémov:

- mobilnú základňu na prenášania robota okolo cieľa,
- systém strojového videnia na detekciu a vnímanie prostredia,
- riadiaci systém na dosiahnutie celkovej kontroly robota,
- zberač na uskladnenie nazbieraných plodov,
- jeden alebo viacero manipulátorov,
- jeden alebo niekoľko koncových efektorov na oddelenie cieľového ovocia od rastliny.[11]

Na lokalizáciu a detekciu ovocia sa využívajú buď dvojrozmerné alebo trojrozmerné zobrazovacie snímače. Vďaka práci so senzormi môžu tradičné algoritmy videnia extrahovať a zakódovať vlastnosti, ako je farba, geometrický tvar a textúra. Farba ovocia zohráva v rozpoznávacích systémoch najdôležitejšiu pozíciu. (Tang a kol., 2020) spracovali informácie o farbách z priestorov RGB na detekciu zrelej rajčiny v skleníkovom prostredí. Pri rajčinách detekovali presnosť 93,36%. [6] Väčšina metód založených na farbe je však vhodná pre konkrétne ovocie, pričom farebný priestor je starostlivo vybraný aby sa odlíšil od pozadia. Jeho výkonnosť je obmedzená pri spracovaní plodov s podobnou farbou ako listy a podobne. [11]



Obrázok č. 2: Selektívny zber rajčín [11]

### 3.3 Roboty na kontrolu buriny

Regulácia buriny je životne dôležitý proces pretože druhy burín sa dynamicky menia a sú značným parazitom. Čím ďalej tým viac výskumov sa podieľa na minimalizácii používania herbicídov a vývoji alternatívnych spôsoboch likvidácie burín. Taktiež zníženie používania herbicídov má ekonomické aj environmentálne výhody.[2]

Jedným zo zástupcov je napríklad ‘Robot Ladybird’ vyvinutý v Austrálskom centre pre poľnú robotiku. Lítiovo-želetofosfátové batérie sú dobíjané solárnymi panelmi ktoré sú namontované na “krídlach” robota. Hnacie ústrojenstvo je založené na štyroch elektromotoroch a každý má dve mechanicky oddelené osi na orientáciu a pohon kolies, ktoré dávajú robotovi vysoký stupeň manévratelnosti. Pomocou jednotlivých komponentov je robot schopný detekovať buriny, aplikovať vhodné množstvo herbicídu. V prípade zlého stavu plodiny je schopný aplikovať hnojivo. [2]



Obrázok č. 3: Austrálsky robot "Ladybird" [2]

### 3.4 Roboty na siatie a sadenie

Tradičné sietie a výsadba sa vykonáva pomocou špecializovaného zariadenia na sadenie, ktoré je pripojené za traktorom. Problém ktorý sa snaží riešiť implementácia robotiky v tejto oblasti je práve ten, že traktory svojou váhou zhutňujú pôdu. Zhutňovanie pôdy má niekoľko škodlivých účinkov na poľnohospodárske prostredie, ako je zvýšenie zdanlivej hustoty a odolnosti pôdy, zníženie pôrovitosti a prevzdušňovanie pôdy. [8]

V roku 1996 už v Sakaue v Japonsku vyvíjali robotické systémy na automatizáciu procesu sadenia, pričom vypracoval štyri varianty kolesového robota. Nevýhodou bolo že systém sa nedokázal pohybovať autonómne. Austrálske centrum pre poľnú robotiku na univerzite v Sydney začalo v roku 2015 s vývojom projektu Digital Farmland. Zostavili robota Di-Wheel ktorý pozostáva z dvoch kolies, čím sa znižuje jeho veľkosť, hmotnosť a mechanická náročnosť robota. Navyše sa zjednodušuje jeho preprava. Robot má viacero funkcionalít ako je sadenie, postrekovanie a taktiež aj odstraňovanie buriny.[8]

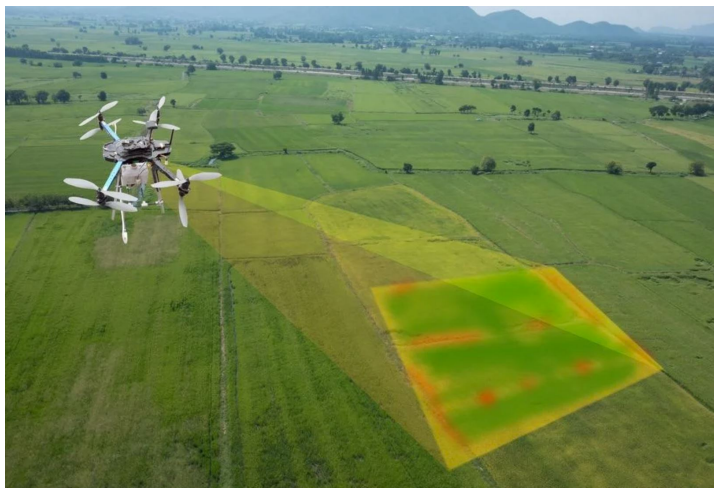


Obrázok č. 4: Dvojkoľesový robot Di-Wheel[8]

### 3.5 Drony v poľnohospodárstve

V pestovaní rastlín a plodín zohráva dôležitú rolu sledovanie ich zdravia a stavu. Kontroly je možné vykonávať dvojmo, fyzicky alebo dronmi. Očakáva sa, že snímky z dronov budú mať kľúčovú úlohu v presnom poľnohospodárstve a zároveň budú poskytovať široký priestor pre vedecký výskum a vývoj vďaka ich presnosti ktorá je k výskumom a validným výsledkom potrebná.[4]

Drony sa používajú nielen na kontrolu zdravia rastlín ale taktiež aj na včasnú analýzu pôdy alebo pri sadení semien. Pravidelným sledovaním polí je možné predvídať zmeny plodín a adekvátne a najmä v predstihu, na tieto zmeny reagovať (napríklad správny moment zberu plodín). Pomocou hyperspektrálnych, multispektrálnych alebo LIDAR senzorov namontovaných na UAS môžu farmári a pestovatelia včas monitorovať potreby rastlín a zároveň aj zasiahnuť. Okrem monitorovania sa drony používajú na sadenie semien. Drony strieľajú semená do pôdy. Týmto spôsobom sa dokáže ušetriť až 70 percent prevádzkových nákladov.[4]



Obrázok č. 5: Dron DJI T20[4]

Vedci v Japonsku vyvinuli dron vo veľkosti hmyzu ktorý je schopný opelovania rastlín. Experiment sa uskutočnili na ľaliách. Dron si pomocou umelej inteligencie a GPS vyberie optimálnu dráhu letu na opelenie všetkých rastlín v danej oblasti. Stojí však za zmienku že používanie dronov na opelenie je stále v experimentálnej fáze. Drony je potrebné naprogramovať tak, aby presne napodobňovali správanie prirodzených opelovačov a taktiež je potrebné zvýšiť ich presnosť aby nedošlo k poškodeniu kvetov.[3]



Obrázok č. 6: Spodná časť umelého opelovača zobrazuje štetiny z konských vlasov.[3]

## 4 Záver

Roboty majú potenciál spôsobiť revolúciu v poľnohospodárskom priemysle zvýšením efektívnosti, znížením nákladov na pracovnú silu, zlepšením presnosti a udržateľnosti. S pokrokom robotiky a umelej inteligencie môžeme očakávať príchod a objavenie viac špecializovaných a autonómnych robotov vyvinutých pre širokú škálu poľnohospodárskych úloh ako je sadenie, zber, prerezávanie a odstraňovanie buriny. Zároveň treba podotknúť že nie všetci farmári si budú môcť dovoliť zaviesť robotov do ich podnikov pretože náklady na ich nákup a údržbu sú vysoké, čo môže priniesť s revolúciou robotov aj revolúciu poľnohospodárov.

## Zdroje

- [1] ALEXANDRATOS, N., BRUINSMA, J., ALEXANDRATOS, N., AND BRUINSMA, J. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision.
- [2] BOGUE, R. Robots poised to revolutionise agriculture. *Industrial Robot: An International Journal* 43, 5 (Aug. 2016), 450–456.
- [3] CHECHETKA, S. A., YU, Y., TANGE, M., AND MIYAKO, E. Materially engineered artificial pollinators. *Chem* 2, 2 (2017), 224–239.
- [4] DAPONTE, P., DE VITO, L., GLIELMO, L., IANNELLI, L., LIUZZA, D., PICARIELLO, F., AND SILANO, G. A review on the use of drones for precision agriculture. In *IOP conference series: earth and environmental science* (2019), vol. 275, IOP Publishing, p. 012022.
- [5] KAYACAN, E., KAYACAN, E., RAMON, H., KAYNAK, O., AND SAEYS, W. Towards agrobots: Trajectory control of an autonomous tractor using type-2 fuzzy logic controllers. *IEEE/ASME transactions on mechatronics* 20, 1 (2014), 287–298.
- [6] LIN, G., TANG, Y., ZOU, X., CHENG, J., AND XIONG, J. Fruit detection in natural environment using partial shape matching and probabilistic hough transform. *Precision Agriculture* 21 (2020), 160–177.
- [7] MOUSAZADEH, H. A technical review on navigation systems of agricultural autonomous off-road vehicles. *Journal of Terramechanics* 50, 3 (2013), 211–232.
- [8] OLIVEIRA, L. F. P., MOREIRA, A. P., AND SILVA, M. F. Advances in agriculture robotics: A state-of-the-art review and challenges ahead. *Robotics* 10, 2 (2021).
- [9] SULEIMAN, I., BABAWUYA, A., ADEDIPE, O., SALIHU, B., O., A., AND YAMAN ALHAJI, S. A review on agricultural field robots.
- [10] VOUGIOUKAS, S. G. Agricultural robotics. *Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems* 2, 1 (May 2019), 365–392.
- [11] 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 (2022), 1856–1907.