**Vývoj a hodnocení robota pro sklízení jahod odvíjecího zařízení**

**Development and field evaluation of a strawberry harvesting robot with a cable-driven gripper**

Ya Xionga, Cheng Pengb, Lars Grimstada, Pål Johan Froma, Volkan Islerb. 2019. Development and field evaluation of a strawberry harvesting robot with a cable-driven gripper. Computers and Electronics in Agriculture, Volume 157, February 2019, Pages 392-402

**Klíčová slova:** robot, zemědělství, systémová integrace, uchopovací zařízení robota, sběr jahod

**Dostupné z:** <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.01.009>

Tento článek představuje vývoj a vyhodnocení autonomního robota pro sklizeň jahod pěstované na pěstebních stolech v tunelovém skleníku. Robot je tvořen nově navrženým úchopovým zařízením připevněným na průmyslovém rameni, které je upevněno na mobilní základně spolu s kamerou RGB-D. Nové kabelově řízené uchopovací zařízení je schopné otevřít tzv. prsty pro uchopení cílového objektu. Protože je navrženo tak, aby zacílilo na ovoce, nikoli na stonek, pro vlastní sběr jahod potřebuje zjistit samotnou prostorovou polohu plodu.

Uchopovací zařízení robota je dále vybaveno interními senzory, a proto může korigovat polohové chyby a je odolné vůči lokalizačním chybám pomocí modulu pro strojové vidění. Dalším důležitým prvkem úchopového zařízení je vnitřní kontejner, který je používán k ukládání jahod během sběru. Protože se manipulátor nemusí pohybovat tam a zpět mezi každou jahodou a samostatným košíkem, doba sběru je tak výrazně zkrácena. Systém vidění používá prahování barev kombinované se screeningem oblasti objektu a hloubkovým rozsahem pro výběr zralých a dosažitelných jahod, což umožňuje rychlý proces sběru. Tyto komponenty jsou integrovány do kompletního systému, jehož výkonnost je analyzována počínaje čtyřmi hlavními případy selhání systému vidění: nedetekováno, duplicitní detekce, nepřesná lokalizace a selhání segmentace. Integrace umožňuje robotovi sklízet nepřetržitě pohybem plošiny pomocí joysticku. Polní experimenty ukazují, že průměrná doba cyklu nepřetržitého sběru jahod je 7,5s a 10,6s při zahrnutí všech procedur.

Robot je navíc schopen sbírat izolované jahody s téměř dokonalou úspěšností (96,8%). V prostředí farmy je však průměrná míra úspěšnosti 53,6% a 59,0%, včetně „úspěchu s poškozením“, testování proběhlo na jahodovém kultivaru „FAVORI“. Případy selhání jsou analyzovány a k většině těchto případů dochází při sběru jahod v trsech, při kterém je pro detekční algoritmus i úchopové zařízení těžké jahody oddělit.

Hardware robota zahrnuje kameru RGB-D, průmyslové rameno, úchopové zařízení a mobilní platformu. Úchopové zařízení je odolné vůči polohovým chybám díky svému designu orientovanému na ovoce, vnitřním snímacím schopnostem a schopnosti sbírat několik jahod za sebou za pomoci interního kontejneru. Podsystém strojového vidění používá metodu jednoduchého prahování barev pro rychlou detekci jahod. Systémová integrace umožňuje robotu sklízet kontinuálně pomocí manuálního ovládání mobilní platformy. Test výkonu ukazuje, že průměrná doba cyklu kontinuálního sběru jednotlivé jahody je 7,5s v případě samotného sběru, a 10,6s při zahrnutí všech kroků, což je rychlejší než ostatní reportované průzkumy sběru. Ovladač úchopového zařízení určený k úpravě chybových poloh a shromažďování jahod při sběru jsou hlavními důvody dosažení vysoké rychlosti. Experimenty dokazují, že robot je schopen sbírat izolované jahody s téměř dokonalou mírou úspěšnosti (96,8%). V terénu však míra úspěšnosti výrazně klesá kvůli překrytí plodů nebo jiným případům selhání. V přirozené situaci je průměrná úspěšnost sběru pro jeden pokus 53,6% bez poškození jahod a 59,0% při zahrnutí poškození. Hlavní výzvou je sběr trsů jahod, při kterém jak detekce, tak úchopové zařízení bojují s oddělením jednotlivých jahod.

V budoucnu je plánováno řešení problematiky sběru trsů jahod, zejména v oblasti implementace pokročilejších algoritmů při slučování detekce z vícero záběrů tak, aby byly překryté jahody viditelné z jiného úhlu pohledu. Práce uvedená v Roy a kol. (2018) prezentuje přístup použitelný pro jablka, který může být použitý se jako výchozí bod pro tuto problematiku.

**Zpracoval**: Ing. Radek Pražan, Ph.D., Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha Ruzyně, [prazan@vuzt.cz](mailto:prazan@vuzt.cz)