

Návrh a konstrukce laboratorního optického třídícího zařízení pro zpracování vzorků olejnatých semen

Jan Prachenský^{*1}, Ing. Jan Hoidekr²

¹ ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Technická 4, 166 07 Praha 6, Česká republika

² ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav konstruování a částí strojů, Technická 4, 166 07 Praha 6, Česká republika

Abstrakt

Cílem projektu je navrhnout a sestavit optické třídící zařízení pro zpracování olejnatých semen pro využití v laboratorní třídící lince k analýze výstupu z prototypů loupacích strojů. Výsledný stroj by měl oproti průmyslovým řešením mít menší rozměry a pořizovací náklady. Zařízení pracuje na principu lineárního vedení vozíku konturovanou kulisou. Ovládání je řešeno pomocí desky Teensy.

Průmyslová řešení

V průmyslu se řeší optické třídění semen většinou fotografováním, vyhodnocením a případným odkloněním semen za letu. K tomu jsou využívány kamery s vysokou snímkovací frekvencí, silné světelné zdroje a pneumatické trysky vychylující dráhu letících semen. Samotné vyhazování do vzduchu se potom děje buď během volného pádu z výšky, nebo následkem setrvačnosti z rychloběžného dopravníku. Důraz je kladen především na vysokou kapacitu třídění.

1. Motivace

V průmyslu je problém optického třídění již velmi dobře vyřešen. Stroje jsou přesné a pracují s vysokou rychlostí. Jsou ale také velmi nákladné a pro laboratorní účely předimenzované. Cílem tohoto projektu je tedy navrhnout a sestavit optické třídící zařízení s nízkými pořizovacími náklady, které je součástí laboratorní třídící linky pro třídění olejnatých semen. Tato linka slouží k vyhodnocení kvality vyloupání vzorků z průmyslových loupacích strojů. Při vyhodnocování vzorku neplatí přísné časové omezení z důvodu umístění v laboratoři. Proto nemusí optické třídící zařízení splňovat vysoké nároky na kapacitu.

2. Třídící linka

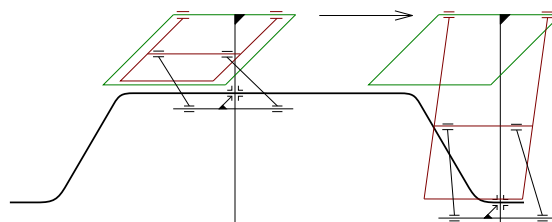
Laboratorní třídící linka [1] se skládá ze tří třídících zařízení, a to z vibračního třídícího zařízení, aspirační komory, optického třídícího zařízení a transportních zařízení mezi jednotlivými stroji.

Vibrační třídící zařízení roztřídí hrubý vzorek loupacího semena na 4 velikostní frakce podle rozměrů semen a na jemný prach a drobné úlomky. Oddělené frakce se shromáždí v samostatných násypkách a postupně jsou transportovány do aspirační komory.

V aspirační komoře se vzorky rozdělí v závislosti na hmotnosti částic. Tím se oddělí lehké slupky od těžších semen stejné velikosti. Oddělená semena dvou největších frakcí se potom přemístí do vstupní násypky optického třídícího zařízení.

3. Princip činnosti optické třídičky

Ze vstupní násypky je pomocí podtlakového podavače vzorek po jednotlivých semenech dávkován do snímacího prostoru na čírou skleněnou destičku. Postupným pohybem ramene je semínko umísťováno nejprve pod jednu, pak pod druhou kameru, kde je pořízen snímek ze shora a snímek zdola. Pohled na semeno z obou stran je nezbytný protože semeno může být vyloupeno jen částečně, tedy pouze zbaveno jedné poloviny slupky, což nemusí být při pohledu z jedné strany patrné. Tyto snímky jsou vyhodnoceny programem v řídicím počítači. Následně je semeno upuštěno do jedné výsypky, pokud je plně vyloupené, nebo do druhé výsypky, které se nacházejí v krajních úvratích.



Obr. 1. Kinematické schéma mechanismu

4. Konstrukce

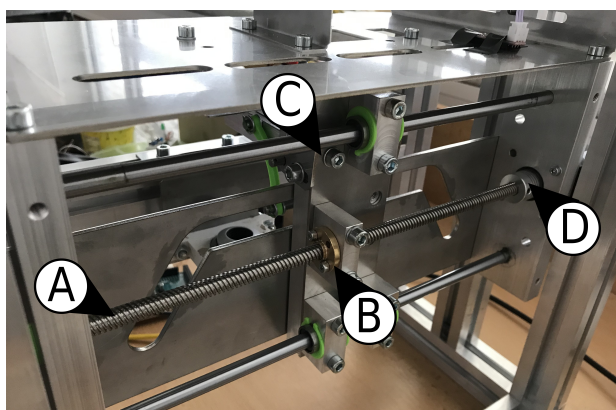
Konstrukce optického třídícího zařízení se zakládá na kulisovém mechanismu s horizontálním lineárním posuvem. Za kulisou je umístěn mechanismus posuvu (Obr.2). Posuv je realizován pomocí trapézové závitové tyče(A) s maticí(B) uchycené na vozíku(C). Pohon je zajištěn krokovým motorem. Rám zařízení je sestaven z hliníkových Kombi profilů pro snadnější úpravu rozměrů během sestavování a vývoje. Podavač využívá drážek hliníkových profilů(L) pro posuv šoupátka(Obr.6). Přesun semene z šoupátka do pozorovacího prostoru zajišťuje lopatka na rameni servomotoru.

Kulisový mechanismus pracuje na principu průsečíku dvou křivek. V tomto případě jsou to kontu-

*Kontakt na autora: Jan.Prachensky@fs.cvut.cz

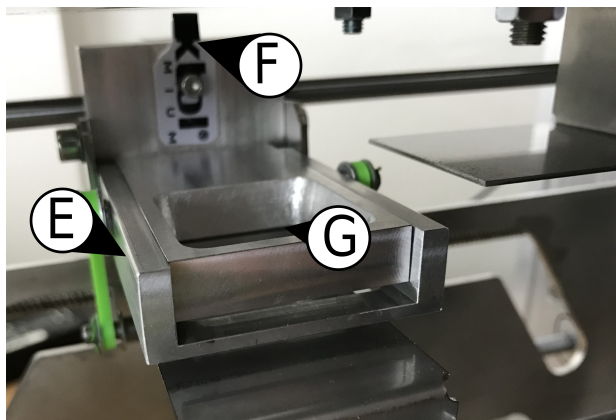
rovaná drážka v kulise a vertikální rovná drážka ve vozíku posuvu. V jejich průsečíku je osa spojená s kamenem ve vertikální drážce a malým ložiskem pracujícím jako kladička(H) v konturované drážce. Na této ose je také spodní závěs nosiče skla. Horní závěs nosiče skla je pevně upevněn k vozíku posuvu. Konturovaná drážka je tvarovaná tak, aby kladička plynule v krajních úvratích posuvu poklesla, což způsobí naklonění nosiče skla(Obr.4) a zkoumané semeno vlastní vahou sklouzne do výsypky. Tato konfigurace umožní stroji provádět dva různé pohyby, posuv a vyklopení, pomocí jednoho motoru.

Čtyřchodá závitová tyč umožňuje přesné polohování a dostatečný převod pro překonání stoupání v kontuře drážky. Kvůli vyrovnání nesouososti motoru a závitové tyče je napojena na hřídel motoru pomocí spirálové pružné spojky(D). Závitová tyč posune maticí připevněné v domečku na zadní straně vozíku.

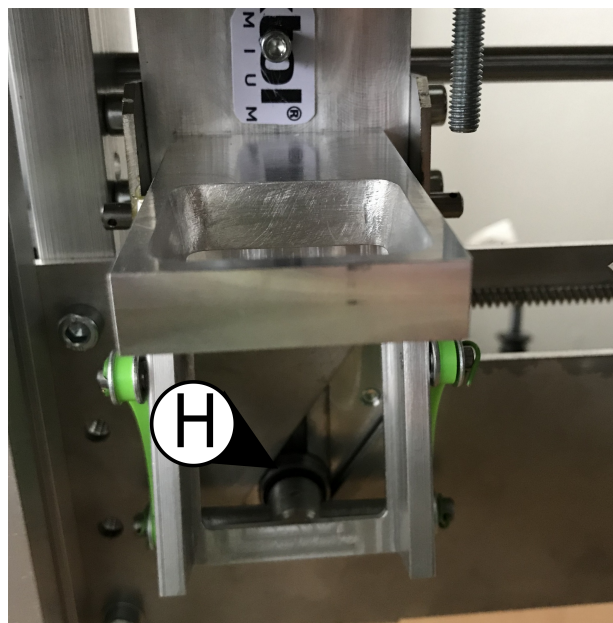


Obr. 2. Mechanismus posuvu

Vozík posuvu je nesen dvojicí vodících tyčí rovnoběžných s osou závitové tyče pomocí tří lineárních kuličkových ložisek. Ložiska jsou uložena v samostatných domečcích, jejich axiální zajištění je realizováno pomocí 3D tištěných pojistných kroužků. Ve spodní části vozíku je vyfrézována vertikální drážka, ve které se pohybuje kámen nesoucí osu spodního závěsu nosiče skla. Na horní části vozíku je umístěna destička(F) přerušující paprsek optické brány pracující jako koncový spínač. Na přední straně vozíku je upevněn rámeček pozorovacího prostoru(G). Zesponu je pozorovací prostor uzavřen sklem ve sklopitelném nosiči(E). Nosič skla je zavěšen na vozíku pomocí dvojice čepů v ocelových destičkách.

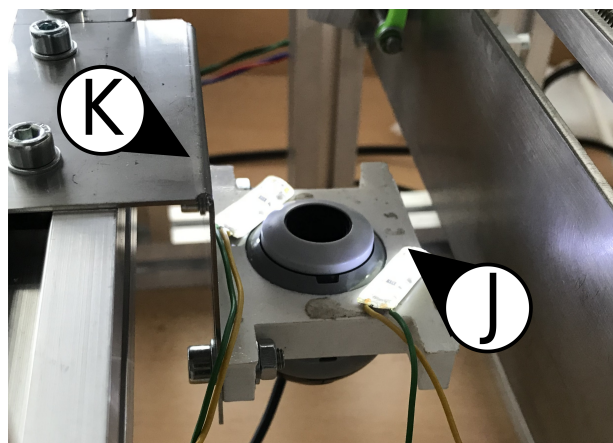


Obr. 3. Závěs nosiče skla v horní úvratí



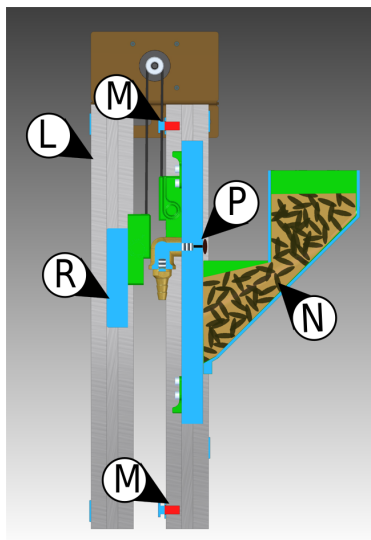
Obr. 4. Závěs nosiče skla v dolní úvratí

Kamery jsou umístěny v 3D tištěných dílech a připevněny do rámu pomocí ohýbaných plechových výpalků(K) s drážkami umožňujícími jejich vertikální stavění. Proti kamerám jsou za snímávaný objekt umístěny clony z ohýbaných plechů pro umístění kontrastního pozadí. Osvětlení je realizováno pomocí LED pásků(J).



Obr. 5. Umístění kamery

Podavač je tvořen šoupátkem s malým otvorem(P) na straně přilehlé ke vstupní násypce(N). Na zadní straně šoupátka je upevněn řemen převlečený přes řemenici na ose krokového motoru. Napnutý řemen je zajištěno použitím ocelového protizávaží(R). Šoupátko je vybaveno optickými koncovými spínači kvůli řízení motoru(M).



Obr. 6. Koncept podavače

5. Řízení

Řízení pohonů je realizováno pomocí Arduino kompatibilní desky Teensy 3.2. Deska Teensy vysílá příkazy do ovladačů krokových motorů A4998 ve formě jednotlivých kroků a směrů, dále do servomotoru ve formě cílového úhlu natočení osy. Deska Teensy současně komunikuje na sériové lince s počítačem vyhodnocujícím obraz z kamer.

6. Rozpoznání obrazu

Pro porovnání obrazu je použito značného zjednodušení. Díky vysokému kontrastu barev světlého jádra a tmavé slupky slunečnicových semen lze rozpoznat slupku od jádra pomocí vhodně nastavených prahových hodnot. Ty jsou zjištěny experimentálně na základě předem pořízených obrazů z kamer. Pro jiné druhy semen nemusí být tato metoda použitelná a pro další vývoj je to vhodná oblast zaměření.

Literatura

- [1] FARMET a.s. Zařízení pro testování loupateľnosti olejnatých semen. Původce: Ing. Jan HOIDEKR. Česká Republika. Užiténý vzor PUV 2015-31860



Obr. 7. Slunečnicová semena s různým stupněm vyloupenutí

Obraz z kamer je pomocí skriptu v programu Matlab vyhodnocen na pozorované semeno a pozadí. Pomocí průměrné barvy pixelů v oblasti semene lze pomocí porovnání s prahovými hodnotami určit, zda je semeno vyloupenuté plně, nebo jen částečně, či vůbec. Desce Teensy je potom vydán příkaz k vyhození semene na příslušnou stranu. Vytříděné vzorky jsou na závěr vyhodnoceny hmotnostně. Skript také provede záznam pro vyhodnocení statistiky.

Závěr

Projekt je v současnosti v průběhu sestavování. Mechanismus posuvu je plně sestaven a schopný spolehlivého provozu. Mechanismus podavače je navržen a probíhá výroba jeho součástí. Skript pro rozpoznání obrazu zatím není plně integrován.

V průběhu sestavování byla úspěšně použita technologie 3D tisku na výrobu některých součástí.

Po dokončení současné koncepce stroje by bylo vhodné zhodnotit jeho časovou efektivitu a případně prozkoumat cesty k jejímu vylepšení. Nabízí se též možnost vylepšení rozpoznání obrazu, například za využití trénovaných neurálních sítí, které by mohly umožnit třídění na základě složitě abstrahovatelných kritérií, například v případě potřeby třídění semen se stejnou barvou slupky a jádra.

Poděkování

Projekt vznikl za podpory SGS ČVUT: Kontinualizace třídícího procesu laboratorní třídící linky.