

Naše riešenie

Na meranie odporu vzduchu sme postavili robota, ktorý zhadzuje guľičky (balóniky) z vrchu bielej skrinky a oproti nemu sme na stoličku položili laptop, ktorý pomocou kamery zaznamenáva pád červeného predmetu na bielom pozadí, spracuje všetky obrázky a následne vyhodnotí, kde sa červený predmet nachádzal počas pádu v rozličnom čase.

Na meranie sme použili okrúhly balónik, keďže odpor vzduchu sa najlepšie dá zmerať pri páde predmetov s nízkou hustotou a dá sa pomerne ľahko počítať pre guľaté predmety.

Konštrukcia

Náš robot má jeden large servo motor, ktorý poháňa pás na ktorom je balónik. Ďalej má jeden touch senzor, ktorý slúži na kalibráciu, aby vždy začal z rovnakej polohy. Neskôr sme na robot pridali aj infračervený senzor, aby sme pomocou diaľkového vedeli spúšťať balónik.

Program

Robotov program je jednoduchý – na začiatku posúva pás, až kým touch senzor nenarazí do steny, potom čaká na príkaz od diaľkového a vtedy zhodí jeden balónik.

Program na našom laptope je urobený tak, že najprv pomocou knižnice OpenCV urobí 100 fotiek za sebou (jednu fotku trvá urobiť asi 0.06 sekundy), uloží ich a následne ich ide spracovať pomocou PIL knižnice. Každý obrázok si otvorí a pre každý pixel v obdĺžniku zodpovedajúcom skrinke urobí jednu z dvoch možností:

- Ak sú všetky RGB hodnoty približne rovnaké, ide o odtieň sivej a tento pixel nastaví na bielu.
- Ináč ide o časť červeného balónika a zachová len hodnotu červenej. Modrú a zelenú nastaví na 0.

Na konci urobí priemer x-ových súradníc červených pixelov a tak zistí výšku stredu balónika. Aby sa to ľahšie odlaďovalo, na obrázok vykreslí červenú úsečku zodpovedajúcu tomuto priemeru a robot na konci vykreslí jeden Tkinter graf zodpovedajúci polohe balónika vzhľadom na čas.

Výpočet odporu vzduchu

Najskôr sme chceli odpor vzduchu merať tak, že pád balóniku bude merať druhý robot pomocou ultrazvukového senzora, ale toto riešenie bolo veľmi nepresné, robot zakaždým nameral iný čas a niekedy nedetekoval guľatý povrch vôbec, preto sme sa rozhodli snímať balónik pomocou kamery na laptope.

Program na konci vypísal čas a výšku balónika v asi 10-tich bodoch, takže sme mohli začať so spracovávaním nameraných dát a na tento účel sme použili Scilab. Začali sme s tým, že sme vypočítali rýchlosť balónika ako deriváciu polohy vzhľadom na čas.

Pohyb balónika je určený pohybovou rovnicou: $m \cdot a = m \cdot \frac{dv}{dt} = F_{tiaz} - F_{odporova} = m \cdot g - \frac{1}{2}(\rho C \cdot S v^2)$

Z tejto rovnice sme vypočítali odporový koeficient $C = \frac{2 \times m \cdot (g - \frac{dv}{dt})}{S \times \rho \times v^2}$. Jednotlivé veličiny sme

získovali nasledovne:

- m je hmotnosť balónika → odvážili sme 10 prázdnych balónikov, mali 20 gramov, takže jeden balónik vážil 2 gramy.
- g je gravitačné zrýchlenie → použili sme hodnotu 9.78
- $\frac{dv}{dt}$ je zrýchlenie → my sme sa rozhodli brať rýchlosť s maximálnou absolutnou hodnotou, takže tento člen nám vypadne.

- S je obsah kružnice, ktorá má rovnaký polomer ako náš balónik \rightarrow obvod balóniku bol 40 cm , takže jeho polomer vychádzal na $r = \frac{39\text{ cm}}{2\pi} \approx 6.2\text{ cm}$, a potomasu:

$$S \approx 120.76\text{ cm}^2$$

- ρ je hustota vzduchu, my sme použili hodnotu 1.225 kg/m^3 .
- v^2 je rýchlosť, zobrali sme bod kde v^2 je najväčšie, tam platilo $v^2 = -2.37^2 = 5.616$.

Po prevode na vhodné jednotky a dosadení do vzorca sme dostali

$$C = \frac{2 \times 0.0002 \times 9.78}{0.0012 \times 1.225 \times 5.616} \approx 0.4738$$

Táto hodnota sedí s tabuľkovou hodnotou odporového koeficientu guľe, ktorá je 0.47.

Keďže odporová sila $S_{odporova} = \frac{1}{2} \cdot c \cdot S \cdot \rho \cdot v^2$, vďaka nameranej rýchlosti a koeficientu sme vedeli

potom zostrojiť graf závislosti odporovej sily od času.

Vyšlo nám, že odporová sila je vždy 0.006 N až 0.016 N.

Počas odľadovania sme robili veľa pokusov, namerané hodnoty boli vždy podobné a rýchlosť nám vychádzala približne konštantná (okolo -2 m/s).