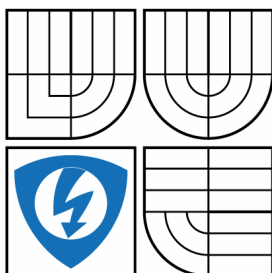


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

PROJEKT 3 – 2D TRAJEKTORIE KAMERY **SEMESTRÁLNÍ PRÁCE DO PŘEDMĚTU MAPV**

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Adam Chromý

Bc. Jaromír Polák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Tomáš Babinec

BRNO 2012

ZADÁNÍ PROJEKTU

Je zapotřebí trasovat pohyb objektu pomocí kamery k tomuto objektu upevněné. Tato kamera sleduje rovinný vzor. Pohyb objektu je omezen na translaci a rotaci v rovině rovnoběžné s rovinou sledovaného vzoru. Kamera vždy vidí pouze malou část vzoru, nad kterým se pohybuje.

Vstupy:

- Slovní popis problému vedoucím projektu viz výše.
- Kamera a objektiv v laboratoři E617.
- Vámi navržený rovinný vzor.

Výstupy:

- Analýza problémů spojených se zadaným úkolem.
- Rozvržení měřicího pracoviště.
- Fungující implementace algoritmů pro automatické zpracování obrazu a vyhodnocení polohy a trajektorie kamery.
- Stručná, ale vyčerpávající písemná dokumentace vašeho řešení.

Poznámky:

- Realizujte v prostředí MatLab s vybavením dostupným v laboratoři E617.
- Minimalizujte dobu potřebnou pro zpracování obrazových dat za účelem dosažení real-time odezvy.
- Forma výstupu výsledků měření z vašich algoritmů může mít podstatný vliv na hodnocení.
- Pohyb kamery v rovině rovnoběžné s rovinou vzoru lze snadno nahradit pohybem vzoru pod fixní kamerou.
- Základní funkčnost zahrnuje schopnost detekce relativního pohybu (vůči počáteční pozici).
- Pokročilá funkčnost je doplněna absolutní lokalizací vůči předem stanovenému bodu rovinného vzoru. Měření proto může zahrnovat kalibrační fázi, implementovat průběžnou lokalizaci nebo obojí.
- Nezapomeňte, že obsah a kvalita dokumentace vašeho řešení tvoří významnou část výsledného bodového hodnocení projektu.

ANALÝZA PROBLÉMU

Podstatou zadání je výpočet polohy a natočení kamery na základě sledování námí navrženého vzoru a to pokud možno v reálném čase. Protože pohyb kamerou v rovině je těžko realizovatelný, můžeme tuto situaci simulovat pomocí pevně umístěné kamery a pohyblivého vzoru.

Při volbě vzoru budeme muset uvažovat vhodné prvky pro analýzu natočení kamery, ale také vhodné značky, které budou unikátní a umožní nám tak aboslutní lokalizaci v prostoru. tyto značky musí být ve vzoru umístěny tak, aby při každém možném záběru kamery byla snímána alespoň jedna značka.

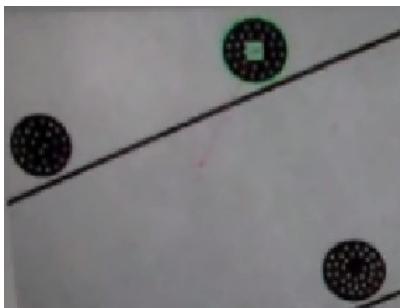
Celé zpracování obrazu bude nutné provádět co nejjednoduššími operacemi, abychom byly schopni provádět výpočty v co nejkratším čase a co nejvíce se tak přiblížili reálnému času.

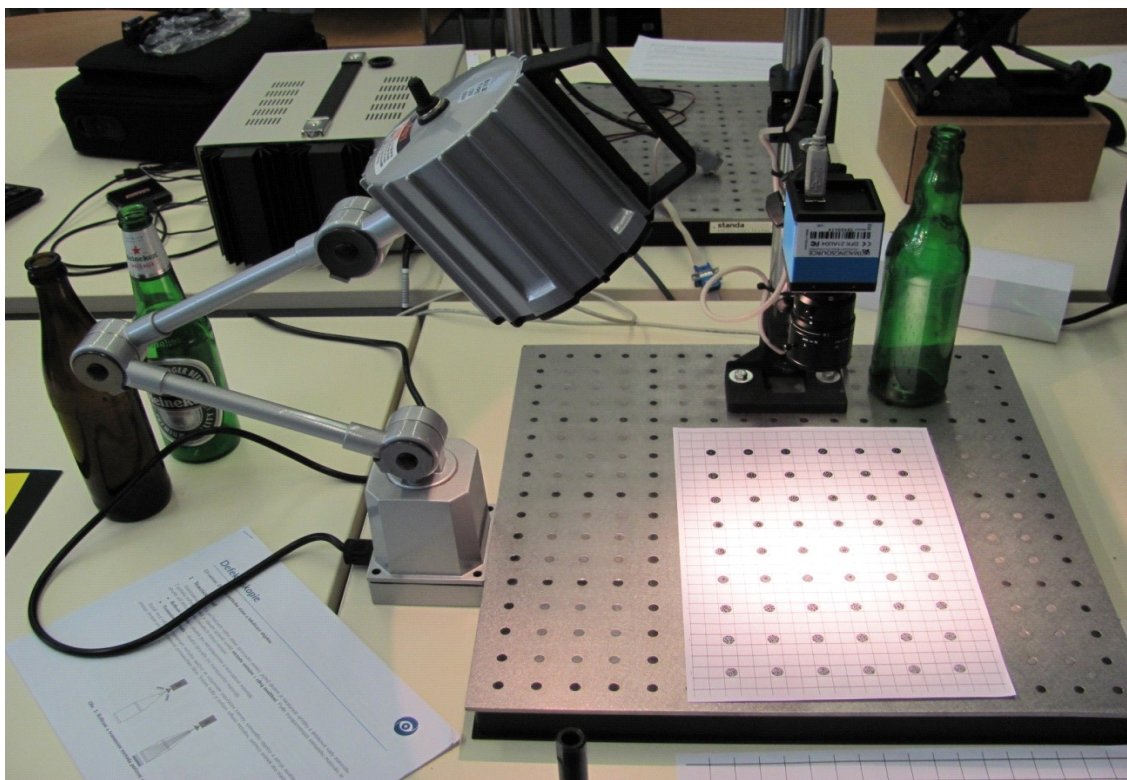
HARDWAROVÉ ŘEŠENÍ

Hlavním hardwarovým prvkem řešení je černobílá **CCD kamera**, která je staticky upevněna v konstantní výšce nad rovinou, ve které snímáme pohyb vzoru. Objektiv je nastaven na největší možné přiblížení, tedy na polohu nejbližší značce "T". Následně je ručně nastaveno zaostření tak, aby byly hrany snímaného obrazu co nejvíce ostré. Pro vhodné snímání je nastavena expozice a k ní příslušná clona, které jsme nasvili experimentálně. Tyto parametry se dále v průběhu snímání nemění.

Scéna je osvětlována **halogenovým reflektorem**, jehož osvětlení na snímané ploše můžeme považovat za konstantní, neboť plocha snímaná kamerou je mnohem menší než osvětlovaná plocha a leží přibližně v jejím středu. Celá situace je zachycena na obrázku 2. Na obrázku 1 je zobrazena ukázka pohledu kamery

Obrázek 1: Pohled snímací kamery





Obrázek 2: Sestavení snímané scény

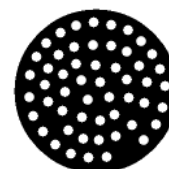
VOLBA SNÍMANÉHO VZORU

Protože snímáme scénu pomocí černobílé kamery, je vhodné dosáhnout velkého kontrastu mezi vzorem a pozadím, abychom mohli objekty segmentovat pomocí jednoduchého prahování. Z tohoto důvodu jsme vybrali bílé pozadí a černý vzor.

Abychom mohli na základě snímání vzoru určit natočení kamery, součástí vzoru jsou rovnoběžné linie o ekvidistantní vzdálenosti 3cm. Tato vzdálenost byla volena tak, aby v každé možné kombinaci natočení a pozice byla snímána alespoň jedna linie.

Abychom mohli určit absolutní pozici ve vzoru, umístili jsme do vzoru pravidelnou síť unikátních značek (viz. obr. 3). Výhody této realizace značky jsou:

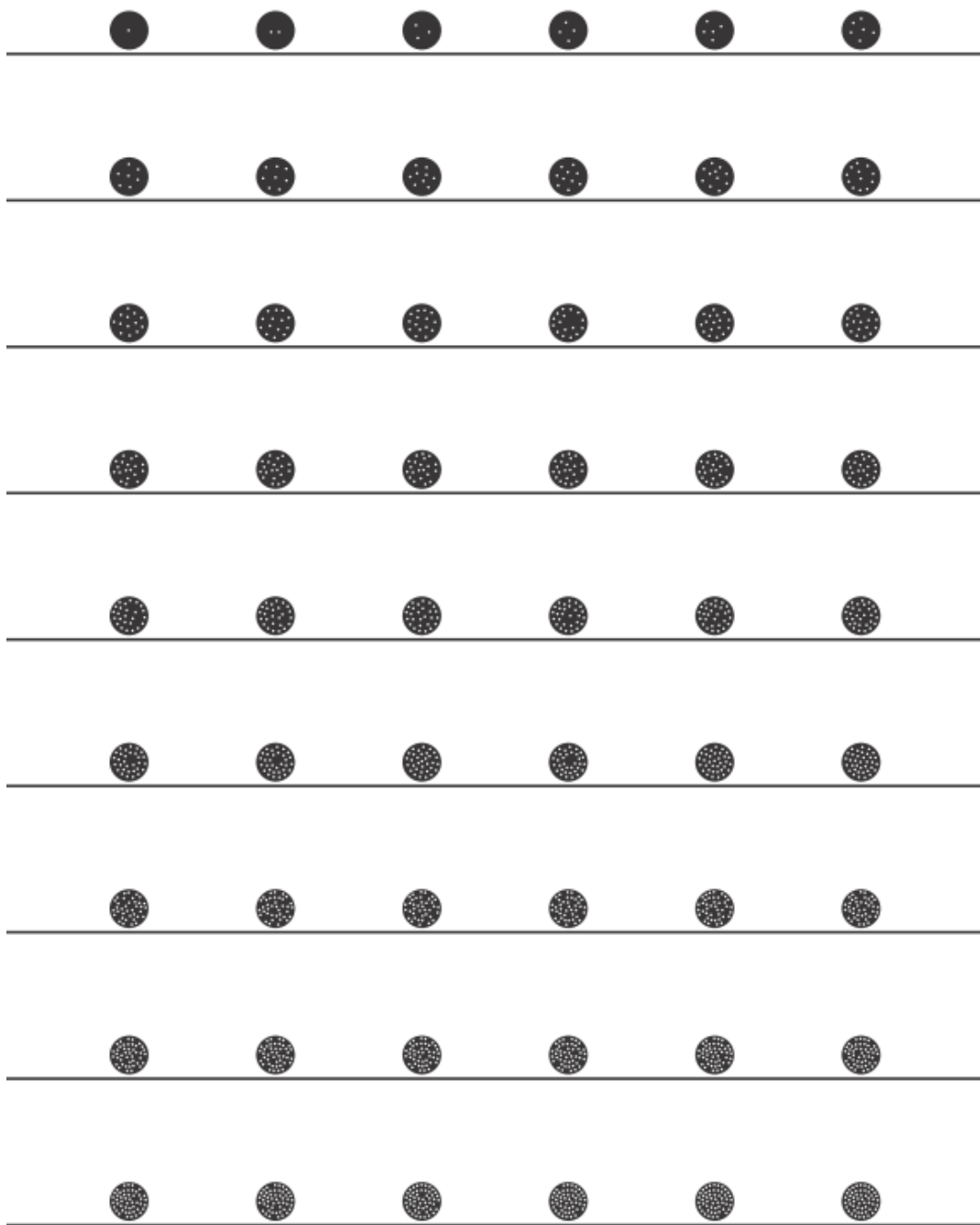
- nezávislost na natočení, zkreslení a přiblížení
- jednoduchá detekce čísla značky podle Eulerova čísla



Obrázek 3: značka

Každá značka má na sobě unikátní počet teček, který symbolizuje její číslo, na základě kterého je možné dohledat její polohu v databázi.

Tyto značky (dále označovány jako „absolutní značky“) jsou umístěny ve čtvercovém rastru o hraně 3cm, z důvodu přítomnosti alespoň jedné značky v každém možném obraze snímaném kamerou. Celý vzor je ve zmenšené podobě zobrazen na obrázku č. 4.



Obrázek 4: Navržený vzor

SOFTWAREVÉ ŘEŠENÍ

Veškeré softwarové řešení je realizováno v programu MATLAB za užití Image Processing Toolboxu. Zdrojový text naleznete v přiloženém souboru *projekt.m*, který je tvořen funkcí *CloseHandler*, která je vyvolána při pokusu o zavření Figure, na kterém zobrazujeme veškeré výsledky. Tato funkce nastaví flag *AppRunning* a informuje tak hlavní funkci *Projekt* o žádosti o ukončení.

Hlavní částí souboru je funkce *Projekt*, která vykonává veškeré ostatní činnosti. Po jejím spuštění dojde nejprve k deklaraci běhových konstant, které dále využíváme v našem programu. Následuje tvorba databáze souřadnic středů jednotlivých absolutních značek. Tato databáze je tvořena maticí o dvou sloupcích, které udávají X a Y souřadnici středu příslušné značky, jejíž číslo je udáno číslem řádku.

V další části probíhá spojení s kamerou a nastavení její expozice, které je následováno rozsáhlou sekcí, která nastavuje prvky GUI rozhraní. V této sekci jsou veškeré grafy apod. vytvořeny a v dalším kódu jsou již jen aktualizována jejich data, což výrazně snižuje náročnost na paměť a zvyšuje rychlost aktualizace GUI.

Nyní však k hlavní části softwarového řešení, kterou je smyčka zpracování obrazu. Nejprve získáme aktuální snímek scény z kamery, získaný obraz naprahujeme a invertujeme. Následně provedeme dilataci obrazu, aby došlo k uzavření splývajících děr uvnitř absolutních značek a současně k vyhlazení čar.

Na takto upravený snímek aplikujeme Houghovu transformaci, pro kterou má MATLAB nástroje *hough*, *houghpeaks* a *houghlines*, jejichž výstupem je přímo struktura obsahující informace o nalezených liniích. V případě, že tato struktura žádné linie neobsahuje, kamera nesnímá vzor což je uživateli oznámeno chybovým hlášením.

V případě, že Houghova transformace linií našla, je nutné pro účely dalších výpočtů určit nejen její natočení, ale i její orientaci (tj. není jedno, jestli jsme detekovali např. natočení 0 nebo 180 stupňů). Toho dosáhneme tak, že pomocí funkce *improfile* určíme průřez obrazem dle rovnoběžných přímek ve vzdálenosti 0,5cm na jednu stranu od linie a 2,5cm na druhou stranu od linie. Můžou nastat tyto případy:

- obě přímky řezu prochází absolutními značkami – linie je tedy orientována tak jak udává úhel *theta* detekovaný funkcí *houghlines*.
- ani jedna řezová přímka neprochází absolutními značkami – linie je tedy orientována opačně než udává úhel *theta* detekovaný funkcí *houghlines*, od hodnoty *theta* tedy odečteme 180°.

Následuje sekce pro výpočet aktuální polohy. Pomocí *bwboundaries* detekujeme objekty v naprahaném obraze a určíme jejich příznaky pomocí *regionprops*. Odstraníme všechny malé objekty a následně vybereme „málo kulaté“ objekty na základě hodnoty excentricity, která je rovna 0 pro kruh a 1 pro úsečku. Výhodou tohoto příznaku je, že od sebe oddělujeme kruhové objekty a liniové objekty, které leží přesně na opačných koncích rozsahu excentricity a je tedy jednoduché je rozlišit. Všechny objekty, jejichž excentricita je větší než 0,2 odstraníme a zbavíme se tak linií pro detekci natočení.

Nyní nám tedy v obraze zbývají pouze absolutní značky, z nichž vybereme tu „nejvíce kruhovou“, tedy tu s nejmenší excentricitou. Pomocí Eulerova čísla určíme počet teček na ní a parametrem *centroid* určíme její střed v obraze.

Ze souřadnic středu určíme vektor posunutí ze středu snímání kamery ke středu absolutní značky, který přepočteme do reálných souřadnic v milimetrech a odečteme od něj natočení kamery. Když pak sečteme tento vektor s vektorem středu příslušné absolutní značky (který máme uložený v databázi), získáme aktuální polohu kamery.

Souřadnice se postupně ukládají do matice *pozice*, která zaznamenává vykonanou trajektorii.

Jakmile je nastaven flag *AppRunning*, smyčka je opuštěna a dojde k ukončení spojení s kamerou a uzavření GUI rozhraní.

UKÁZKOVÁ VIDEOPREZENTACE

O funkčnosti řešení se můžete převědčit shlédnutím videa na internetové adrese:

<http://www.adam-chromy.cz/software-self-locating-by-pattern-tracking.htm>

ZÁVĚR

Při testování výsledné aplikace nedošlo k žádným chybám, trajektorie byla bezchybně zaznamenávána a její zpracovávání bylo realizováno v reálném čase. Splnili jsme tak stanovené požadavky. Systém navíc bezchybně rozpoznával přítomnost a nepřítomnost měřicího vzoru. Měření polohy touto metodou se zdá velmi přesné, neboť jsme při několika po sobě jdoucích měřeních dosahovali opakovatelnosti 0,05 – 0,3mm.

Literatura

- [1] Kolektiv autorů: *Matlab R2012a Help Center* [online]. 2011 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z WWW: <<http://www.mathworks.com/help/>>.
- [2] Rábová, Z., Hanáček, P., Peringer, P., Příkryl, P., Křena, B.: *Užitečné rady pro psaní odborného textu* [online]. Brno: c1993-2008, aktualizováno 2008-11-01 [cit. 20081128]. Dostupné na URL: <http://www.fit.vutbr.cz/info/statnice/psani_textu.html>
- [3] Kolektiv autorů: *Pravidla českého pravopisu*. Academia, Praha, 1993. ISBN 802000475-0