



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

DETEKCE POHYBU V DIGITÁLNÍM OBRAZE PRO PRŮMYSL OVÉ APLIKACE

MOTION DETECTION USAGE FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LUKÁŠ VRAŽINA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. TOMÁŠ KUBELA

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Lukáš Vražina

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Detekce pohybu v digitálním obraze pro průmyslové aplikace

v anglickém jazyce:

Motion detection usage for industrial applications

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem práce je seznámit se s problematikou detekce pohybu v obraze a vytvořit demonstrační aplikaci pro porovnání min. dvou zvolených metod detekce pohybu v obraze pro účely průmyslové aplikace synchronizace pohybu robotu s pohybujícím se prvkem.

Cíle bakalářské práce:

1. Seznamte se s metodami pro detekci pohybu v obraze a vytvořte jejich přehled.
2. Zhodnoťte výhody/nevýhody těchto metod.
3. Vytvořte demonstrační aplikaci, na které odzkoušíte min. dvě metody detekce pohybu v obraze a následně porovnáte jejich vhodnost/ možnost využití pro průmyslovou aplikaci synchronizace pohybu robotu s pohybujícím se prvkem.

Seznam odborné literatury:

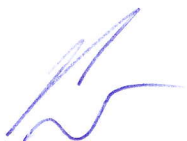
1. R. Szeliski: Computer Vision: Algorithms and Applications.
2. Sonka, Hlavac, Boyle: Image Processing, Analysis, and Machine Vision.
3. K. Horák: Počítačové vidění: přednášky.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Kubela

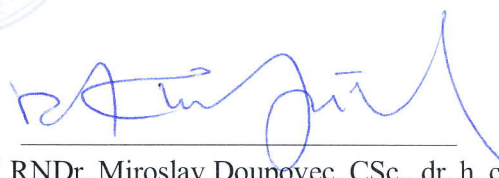
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 21.11.2012

L.S.



prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Lukáš Vražina

DETEKCE POHYBU V DIGITÁLNÍM OBRAZE PRO PRŮMYSLOVÉ APLIKACE

Bakalářská práce, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, 2013

Bakalářská práce se zabývá metodami detekce pohybu v digitálním obraze pro průmyslové aplikace. Úvodní teoretická část pojednává o počítačovém vidění, strojovém vidění a jejich aplikaci. Součástí práce je také demonstrační aplikace zabývající se rozpoznáváním objektů kamerovým systémem SICK IVC 2D.

Klíčová slova:

průmyslové vidění, inteligentní kamera, rozpoznávání objektů

ABSTRACT

Lukáš Vražina

MOTION DETECTION USAGE FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS

Bachelor's thesis, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, 2013

Bachelor's thesis deals with methods for motion detection in a digital image for industrial applications. The theoretical part focuses on a computer vision, machine vision and their application. Thesis also includes demonstration applications dealing with object recognition camera system SICK IVC 2D

Key words:

Industrial vision, smart camera, object recognition

Bibliografická citace:

VRAŽINA, L. *Detekce pohybu v digitálním obraze pro průmyslové aplikace*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 40 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Tomáš Kubela.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Detekce pohybu v digitálním obraze pro průmyslové aplikace* vypracoval samostatně pod vedením Ing. Tomáše Kubely a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně, dne 24. května 2013

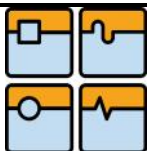
.....
Lukáš Vražina

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl poděkovat především Ing. Tomáši Kubelovi za jeho čas a cenné rady při řešení této bakalářské práce.

OBSAH

Úvod.....	11
1. Počítačové vidění.....	12
1.1 Obraz jako základ počítačového vidění.....	12
1.2 Digitalizace obrazu.....	13
1.2.1 Kvantování obrazové funkce.....	14
1.3 Předzpracování obrazu.....	15
1.4 Filtrace.....	15
1.5 Segmentace obrazu.....	16
2. Strojové vidění.....	17
3. Smart kamery.....	19
3.1 Hardware.....	19
3.1.1 Obrazový snímač.....	20
3.1.2 Osvětlení.....	22
3.1.3 Optická soustava.....	24
3.1.4 Komunikační rozhraní.....	27
4. O společnosti SICK.....	28
5. Kamera IVC-2DM1122.....	29
5.1 IVC STUDIO.....	30
5.1.1 Popis IVC studia.....	32
6. Demonstrační aplikace.....	34
6.1 Výhody a nevýhody metod.....	35
Závěr.....	36
Seznam použité literatury.....	37
Seznam použitých obrázků a tabulek.....	39
Seznam příloh.....	40



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 11
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Úvod

Tématem bakalářské práce je detekce pohybu v digitálním obraze pro průmyslové aplikace. Už v sedmdesátých letech se začala psát historie zpracování obrazu v počítači. Začal vznik a vývoj oboru nazývaného počítačové vidění (computer vision), který je používán v systémech vykonávajících automatizovanou výrobu. Do budoucna to vedlo k aplikaci počítačového vidění v průmyslové automatizaci a vznikl obor strojové vidění. Mezi úlohy řešené pomocí strojového vidění patří detekce pohybu v obraze, počítání objektů, kontrola povrchů, třídění apod.

V současnosti již tyto úlohy není možno v praxi provádět pomocí lidského personálu, proto je využíváno výhradně inteligentních kamer v kombinaci s průmyslovými roboty. Inteligentní kamery jsou prostředky schopné řešit prakticky jakýkoliv typ úlohy strojového vidění. S pomocí inovací a rozšíření výroby se nám otevírají široké možnosti uplatnění kamer i tam, kde se ještě v blízké minulosti využívaly klasické senzory. Dokáží v jedné operaci řešit kombinaci několika úloh.

Tato bakalářská práce má za úkol charakterizovat metody detekce pohybu v digitálním obraze pro průmyslové aplikace, jejich výhody a nevýhody, včetně vytvoření vlastní demonstrační aplikace s pomocí inteligentní kamery.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 12
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

1. Počítačové vidění

Počítačové vidění je technická disciplína výpočetní techniky, jejímž cílem je získávat informace ze zachyceného obrazu. Je snahou se co nejpřesněji přiblížit lidskému vidění.

Postup zpracování obrazu je:

1. snímání, digitalizace a uložení obrazu
2. předzpracování
3. filtrace
4. segmentace obrazu na objekty
5. popis a klasifikace objektů [1]

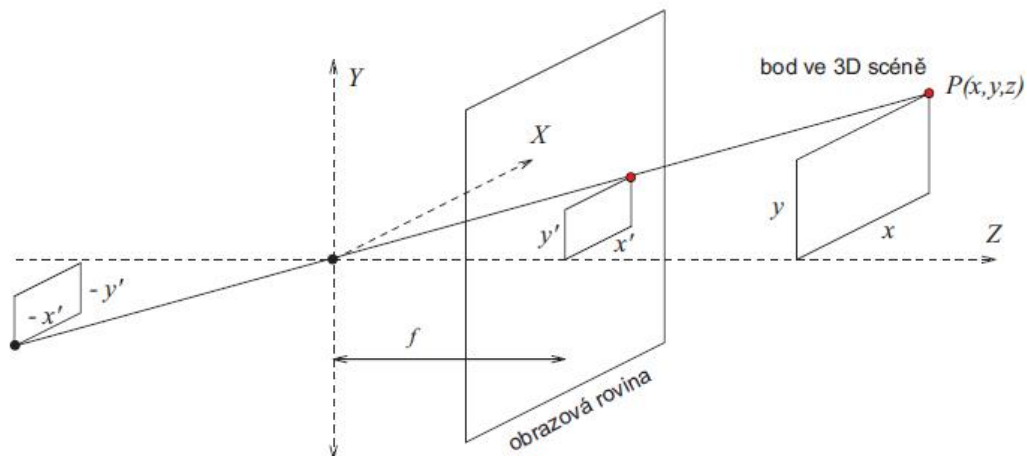
1.1 Obraz jako základ počítačového vidění

Pojem obraz můžeme chápat jako obraz na sítnici, nebo na snímacím čipu TV kamery. Matematickým modelem obrazu je spojitá funkce $f(i,j)$. Obvykle se funkci $f(i,j)$ říká obrazová funkce a její hodnotou je nejčastěji jas neboli intenzita, protože je to veličina měřená většinou čidel pro vstup obrazu.

Prostředí, ve kterém se běžně pohybujeme, má trojrozměrnou (3D) povahu. Výsledkem perspektivního zobrazení části 3D prostředí je dvojrozměrná (2D) obrazová funkce. Dvojrozměrná (2D) obrazová funkce je výsledkem perspektivního zobrazení části 3D prostředí. Necht' (x, y, z) jsou souřadnice bodu ve 3D prostoru a f je ohnisková vzdálenost. Pak bod má v obrazové rovině souřadnice:

$$x' = \frac{xf}{z}; y' = \frac{yf}{z}$$

Nelineární perspektivní zobrazení se nahrazuje ortogonálním (pravoúhlým) zobrazením pro zjednodušení, kde se předpokládá nekonečná vzdálenost objektivu. [2]



Obr.2 Perspektivní promítání geometrie [3]

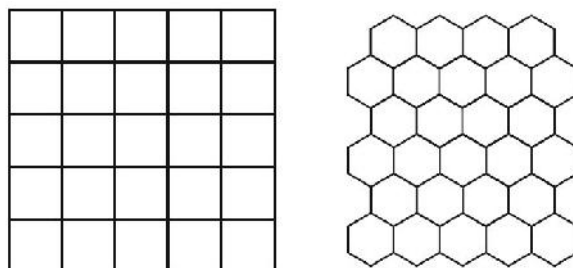
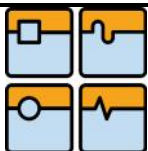
Jde o to, že při perspektivním zobrazení z 3D prostředí do 2D prostředí se ztrácí podstatná část informací, kvůli čemuž vyobrazení některých vlastností není možné.

1.2 Digitalizace obrazu

Pro zpracování obrazové funkce je nutné dostat její digitální ekvivalent. To vede k digitalizaci obrazu, který získáme vzorkováním obrazové funkce do matice o velikosti $M \times N$ bodů a ve kvantování spojité jasové úrovně každého vzorku do nějakého K intervalu. Obrazová funkce tedy nabývá na celočíselných hodnotách. Čím vyšší rozlišení $M \times N$ a vyšší počet kvantovacích úrovní K , tím lépe je původní spojitý obraz aproximován. Je nutné vyřešit dvě úlohy, které souvisí se vzorkováním spojité obrazové funkce $f(i,j)$. Těmi úlohami rozumíme:

1. **Určení intervalu vzorkování** – Je třeba určit vzdálenost mezi nejbližšími vzorkovacími body.
2. **Volba uspořádání bodů pro vzorkování** - Považuje se za vhodné využít pravidelnou mřížku. Obvykle se využívá čtvercové nebo hexagonální mřížky. Technicky snadnější je realizace čtvercové mřížky, proto se využívá častěji.

Naopak výhoda u hexagonální mřížky je pravidelnost vzhledem k sousedním šesti bodům a jejich stejně velká vzdálenost.[2]



Obr.3 Čtvercová a hexagonální mřížka [4]

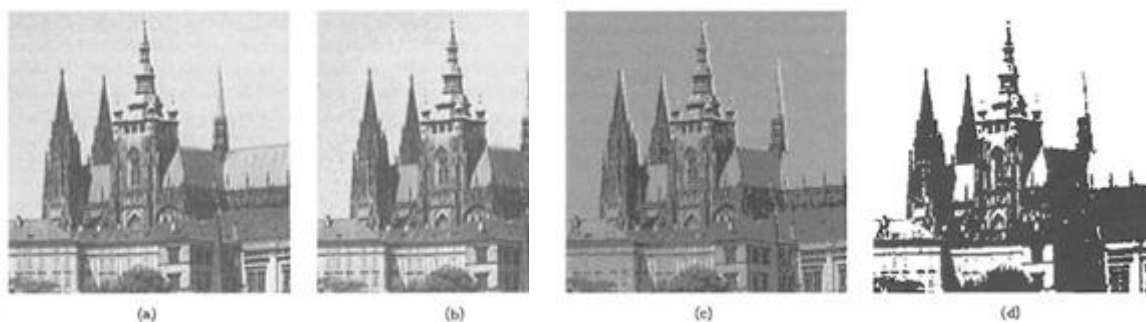
Každému bodu vzorkování patří jeden obrazový element, jinak řečeno pixel. Akronym pixel se využívá spíše v anglosaské literatuře, jenž je zkratkou termínu picture element. Po uspořádání do vzorkovací mřížky pokrývají obrazové elementy celý digitalizovaný obraz.

1.2.1 Kvantování obrazové funkce

Čím vyšší počet kvantovacích úrovní je, tím přesnější jsou detaily na obraze. Cílem je zamezení vzniku falešných obrysů a maximální přiblížení citlivosti zařízení k citlivosti lidského oka. Počet kvantovacích úrovní je dán druhou mocninou, tedy:

$$k = 2^b$$

kde b je počet bitů, které bylo využito. Obvykle je využíváno 8, 6, popřípadě někdy postačí 4 bity.[2]

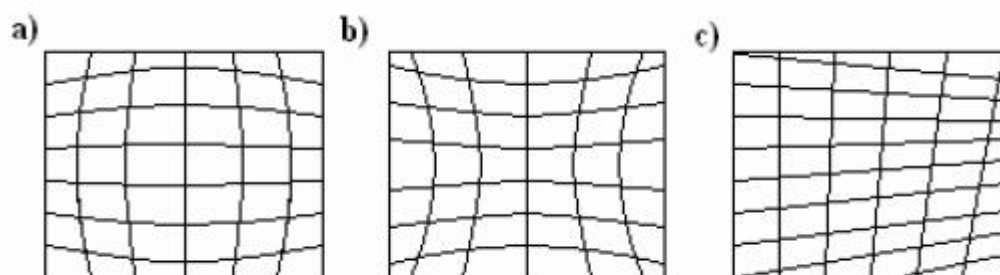


Obr.4 Počet kvantovacích úrovní (a) 64 (b) 16 (c) 4 (d) 2 [5]

Odstranění šumu se provádí pomocí předzpracování obrazu (kap.1.3)

1.3 Předzpracování obrazu

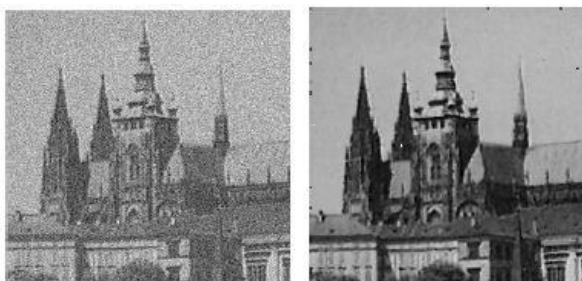
Cílem metod předzpracování obrazu je zkvalitnění obrazu z hlediska dalšího zpracování nebo zdůraznění reprezentačních rysů obrazu. To znamená, že našim úkolem je potlačení šumu a zkreslení, vzniklého při digitalizaci a přenosu obrazu, jako příklad lze uvést korekci zakřivení zemského povrchu, nebo zdůraznění reprezentačního rysu obrazu.[2]



Obr.5 Radiální zkreslení a) soudek, b) poduška, c) natočení detektoru [1]

1.4 Filtrace

Je to soubor transformací obrazu, jejichž výsledkem je zvýraznění nebo potlačení některých vlastností jasu obrazu. Nejčastější úlohou filtrace je vyhlazování šumu v obraze. Využívá se zde hojně konvoluce, průměrování nebo taky filtrace mediánem. (obr.6)



Obr.6 Srovnání obrazu a) původní obraz b) filtrace pomocí mediánu[9]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 16
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

1.5 Segmentace obrazu

Výsledkem segmentace je nalezení hledaných objektů v obraze. Je to jedna z nejdůležitějších částí zpracování obrazu. Existují různé typy segmentací. Jako například segmentace prahováním, což je nejjednodušší metodou segmentace, založená na detekci hran a segmentace založená na hledání oblastí.

2. Strojové vidění

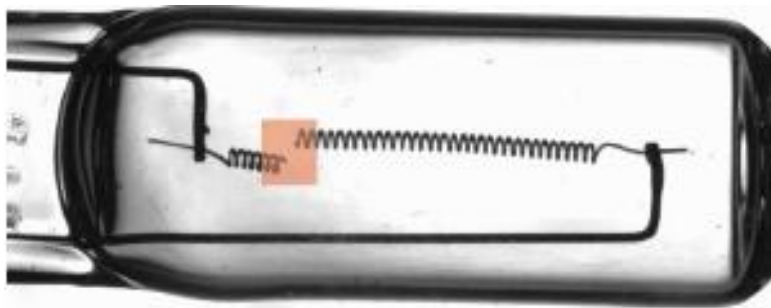
Pojmem strojové vidění si lze představit systém, jenž je kombinací hardware a software a jejich vzájemné integrování do funkčního celku. Základy systémů strojového vidění sahají až do sedmdesátých let minulého století. Markantní rozvoj v průmyslové výrobě přineslo teprve první desetiletí dvacátého prvního století především díky výkonným procesorům. Nastalo rapidní zvyšování kvality a snižování cen na trhu. Strojové vidění se obvykle využívá pro aplikace počítačového vidění v průmyslové výrobě a automatizaci. Je typické svým vztahem k výrobnímu procesu a orientací na typické úlohy spojené s řízením výrobního procesu. Kontrolní úlohy řešené s pomocí strojového vidění můžeme rozdělit do několika tříd [6]:

Počítání, kontrola úplnosti

Využití lze nalézt většinou v potravinářském a farmaceutickém průmyslu zejména při kontrole hladiny láhví, počítání láhví v přepravce nebo třeba správné nasazení zátky. Můžeme také kontrolovat úplnost a správnost obsahu láhve před uzavřením.

Kontrola sestavení a montáže

Nejčastějšími úlohami je kontrola zalisování vodiče do konektoru nebo třeba kontrola osazení pojistkové skříně správnými pojistkami.



Obr.7 Kontrola sestavení [8]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 18
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Identifikace barev

Můžeme kontrolovat, zda byla pro tisk nebo nátěr využita vhodná barva, nebo zda je správně aplikovaná. V potravinářském průmyslu například můžeme pomocí rozboru barvy detekovat zkažené zboží.

Čtení a verifikace kódů

V automobilovém průmyslu je nezbytná identifikace pomocí čárového nebo matrixového kódu. To zajistí kamera i bez použití dodatečného scanneru. Strojové vidění je také vhodným prostředkem k verifikaci kódů.

Kontrola povrchů a potisků

Mezi vady patří mechanické poškození hran, poškrábání povrchů, vady nátěru a další povrchové úpravy. Dále tam patří například nedokonalý potisk, poškozená nálepka nebo například nedoleptané logo (obr.8)



Obr.8 Nedoleptané logo [8]

Testování a cejchování měřidel

Příkladem může být vizuální kontrola ukazatelů, displejů, poloh součástek závislých na funkcích zařízení. Je možné zjistit zda ukazatel na měřidle odpovídá cejchované hodnotě.

Měření a kontrola tolerancí

Využitelné zejména ve strojírenství. Mezi velmi časté úlohy patří kontrola předpětí pružin, kontrola tolerancí třeba u průměrů otvorů, roztečí děr, úkosy kuželů atd.

Čtení textu

Existují také aplikace pro čtení textů. Lze se díky tomu vyhnout expedici zboží s prošlou expirační dobou, naplnění obalu jiným obsahem než je uvedeno. Jde o to, že nemůže při montáži dojít k záměně podobných součástí.[7]

3. Smart kamery

Prakticky jakoukoliv libovolnou úlohu strojového vidění umožňují řešit univerzální inteligentní „smart kamery“. Respektive „smart kamery“ jsou autonomní zařízení k řešení několika úloh na jednom přístroji, jakými jsou snímání, zpracování a odesílání výsledků dané úlohy. Typickými znaky „smart kamer“ jsou kompaktnost a použití výkonného jednočipového mikropočítače jako vyhodnocovací jednotky. Kamery se liší softwarovou výbavou rychlostí čipu a rozlišením.

Společnosti nabízející smart kamery v ČR

FESTO – nadnárodní společnost zabývající se průmyslovou automatizací. Jejími výrobky jsou kamery pro zpracování obrazu pro sledování funkcí kontroly kvality a polohy. [11]

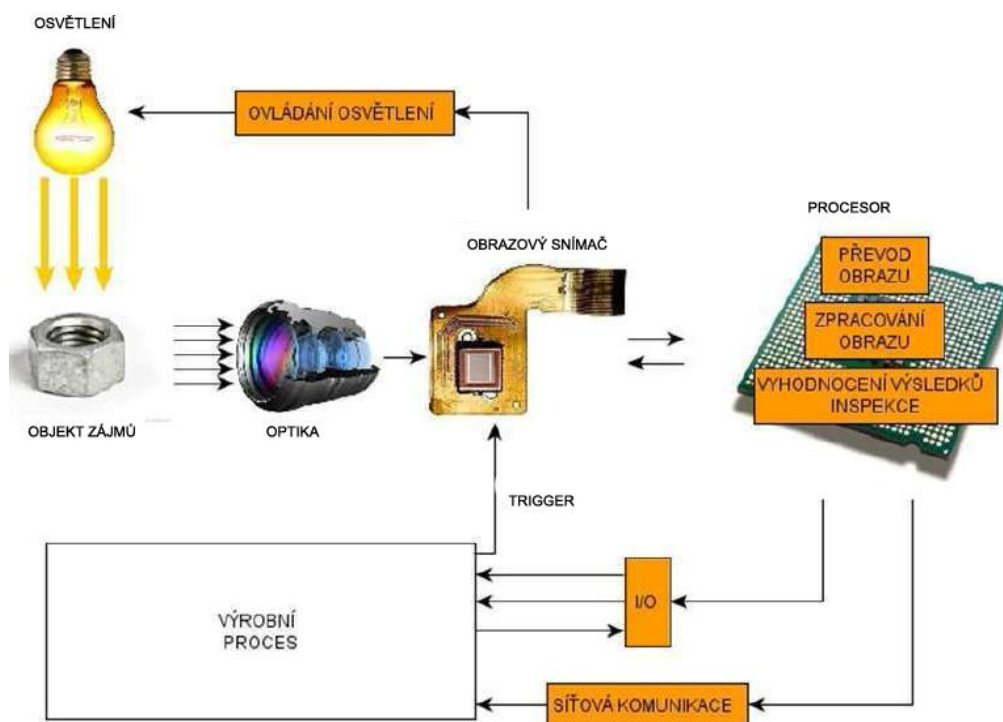
FCC průmyslové systémy s.r.o - jediným distributorem společností **Siemens** a **PPT vision** v ČR. Německá společnost Siemens má v nabídce kamery typu SIMATIC. Americká společnost PPT Vision nabízí smart kamery IMPACT obsahující procesory 1320 MIPS a paměť 512 MB RAM. [10]

SICK - německá společnost založena v roce 1946. Řadí se mezi největší výrobce senzorů a senzorových systémů. Nabízí jak 2D kamery, tak 3D řady Ranger a Smart Camera. Více v kapitole 4. [12]

3.1 Hardware

Smart kamera se skládá zpravidla z několika následujících komponent (obr.9), kam obvykle patří:

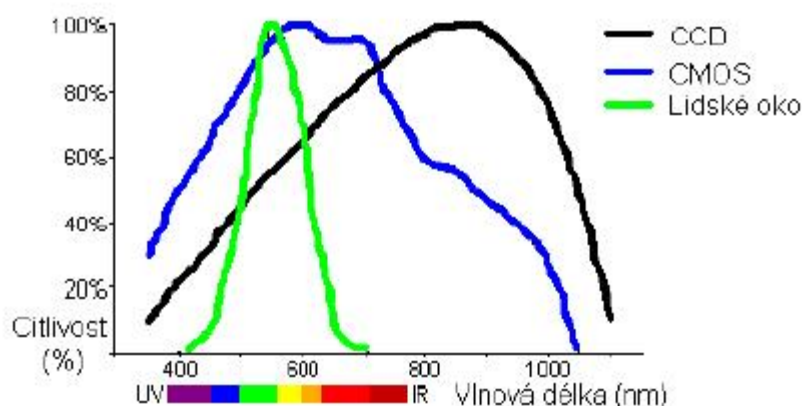
1. Snímací prvek
2. Osvětlení
3. Optická soustava
4. procesor
5. komunikační rozhraní
6. I/O linky



Obr.9 Schéma kamerového systému [13]

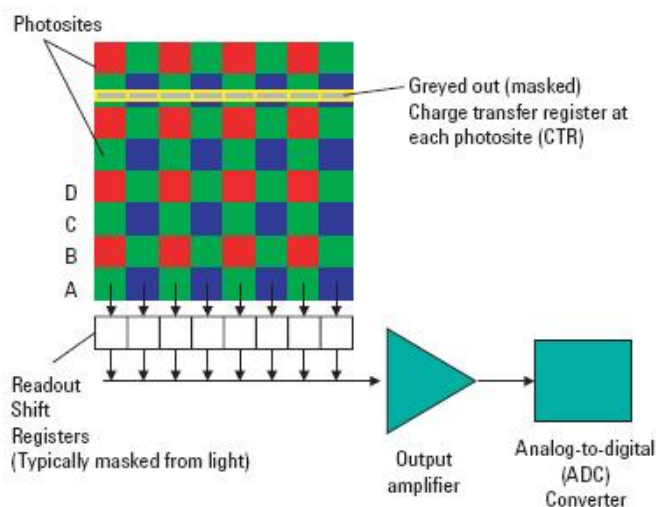
3.1.1 Obrazový snímač

Je zařízení na převod optického signálu na elektrický signál. Existují dva druhy technologií obrazových snímačů. Jedná se o technologie CCD nebo CMOS, kdy snímače založené na těchto technologiích jsou nezbytně důležité pro funkci snímání obrazu a lze je označit za „oko“ systému.



Obr.10 Spektrální citlivost [13]

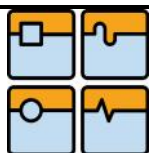
CCD - Roku 1969 vyvinul Dr. Willard Boyle a Dr. George Smith technologii CCD (Charged Coupled Device), která se začala využívat až v sedmdesátých letech v televizních kamerách a později ve čtečkách čárových kódů a fotoaparátech. Významnou úlohu ve využití a pozdějším masovém rozšíření měla NASA, která vzhledem malé náchylnosti k záření a díky nízké spotřebě začala tuto technologii využívat ve svých zařízeních. Čip se skládá z mnoha světlocitlivých buněk, které v reakci na dopadající světlo produkují elektrický náboj. Čím více světla dopadne, tím větší náboj vznikne. Data jsou čtena po řádcích, mimo samotné světlocitlivé buňky čipu je tedy posuvný registr, kam se nejprve přesune náboj z prvního řádku (v tomto případě řádku A). Ten projde přes zesilovač do A/D převodníku, jehož výstupem jsou digitální data. Protože je zesílení aplikováno na celý řádek, nemají CCD čipy příliš velký šum (resp. v celém obraze je téměř stejný, pokud jde o šum přidáný tímto zesilovačem).



Obr.11 CCD snímač [14]

Poté se všechny řádky přesunou (B do A, C do B,...) a do posuvného registru se načte řádek B, zesílí, převede na digitální data, a tak to pokračuje, dokud se nepřečtou všechny řádky. Tento způsob je poněkud pomalý a nedovoluje číst např. jen výřez střední části obrazu, vždy se musí načíst celý snímek.

Snímací čipy CMOS - CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) snímače se s velkým úspěchem začaly používat i u digitálních zrcadlovek, kde výrobci potlačili chyby CMOS snímačů, přičemž ponechali jejich výhody. Předně je to mnohem nižší spotřeba, ta může být o jeden desítkový řád lepší než u CCD.



U vyspělejších CMOS čipů fotomobilů se pohybuje jen kolem desítek mW (u vysokých rozlišení do 200 mW). Aby CMOS čip dosahoval rozumné zobrazovací kvality, musí mít spoustu různých optimalizací, které spotřebu nakonec zvýší, stále je ale mnohem lepší než u CCD.

Další výhodou CMOS jsou výrobní náklady. Protože jsou vyráběny jednoduchou technologií jako procesory, je cena jednoho waferu čipů (zpravidla 200mm kruhová deska s čipy) asi třetinová.

Ruku v ruce s tím je také rychlost výroby. CMOS čipů lze vyrobit na desítky až stovky milionů ročně, zatímco u CCD čipů je to díky náročnější výrobě jen několik milionů. Souhrn rozdílů CCD a CMOS je znázorněn v tab. 1 [14]

Rozdíly CCD versus CMOS		
Snímací čip	CCD	CMOS
Cena	vysoká	nízká
Rozměry řešení	vyšší	nízké
Spotřeba	vysoká	nízká
Kvalita obrazu	vysoká	nížší až nízká
Rozlišení	vysoké	střední
Komplexnost čipu	vysoká	nížší až nízká
Fill faktor (činná plocha)	vysoký	nízký až střední
Digitální šum	nízký	vysoký
Rychlost	nížší až vysoká	vysoká
Dynamický rozsah	vysoký	nížší
Možnost výřezu	nativně žádná	ano

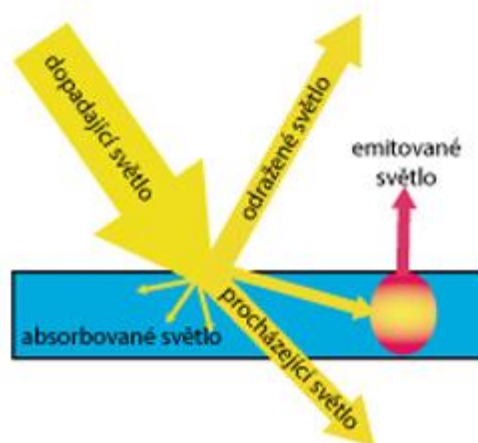
Tab.1 Rozdíly mezi CCD a CMOS [14]

3.1.2 Osvětlení

Další nedílnou součástí uspořádání kamerových systémů je osvětlení. Úlohou prvků osvětlení je co nejvíce minimalizovat kontrast v okolí našeho objektu zájmu a zároveň zesílit kontrast snímaného objektu.

Vlastnosti osvětlení

Pro správnou viditelnost sledovaných objektů jsou v praxi rozhodujícími faktory parametry osvětlení, intenzita, barva a směrování. Můžeme tedy říct, že je potřeba analyzovat, jak se bude použité světlo chovat v interakci se sledovaným objektem. Také je nesmírně důležité všimnout si, jak následně bude reagovat obrazový senzor kamery. Na obr.12 můžeme vidět působení světla na objekt.



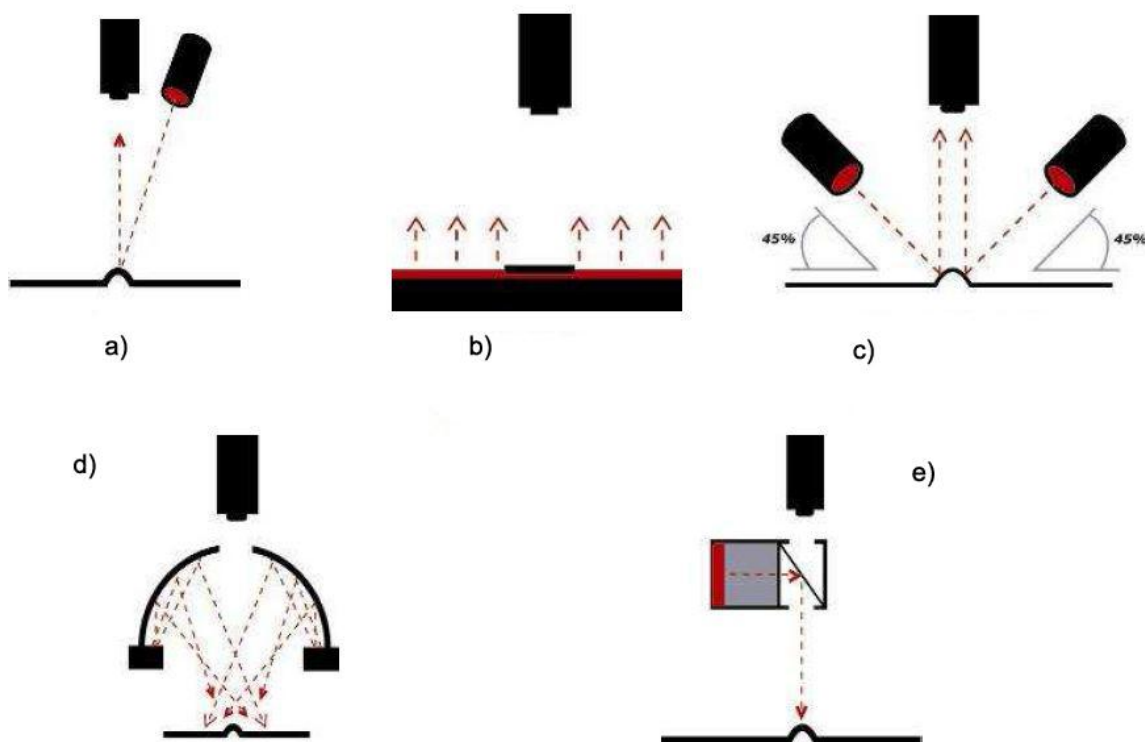
Obr.12 Působení světla na objekt [15]

Světlo dopadající na sledovaný objekt se rozdějí díky zákonům optiky na část světla, která se odrazí a část, která způsobí v materiálu objektu emisi sekundárního záření. Obě tyto části můžeme využít. Na vlnové délce světla závisí citlivost kamery.[15]

Geometrie osvětlení

Modifikaci kontrastu sledovaného objektu lze u osvětlovačů využít s pomocí různých variant geometrie osvětlení mezi které patří:

- Přední osvětlení s jasným obrazovým polem (bright-field lighting)
- Přední osvětlení s tmným zorným polem (dark-field lighting)
- Zadní světlo (back lighting)
- Difuzní světlo (diffuse dome lighting)
- Osové osvětlení (DOAL) [8]

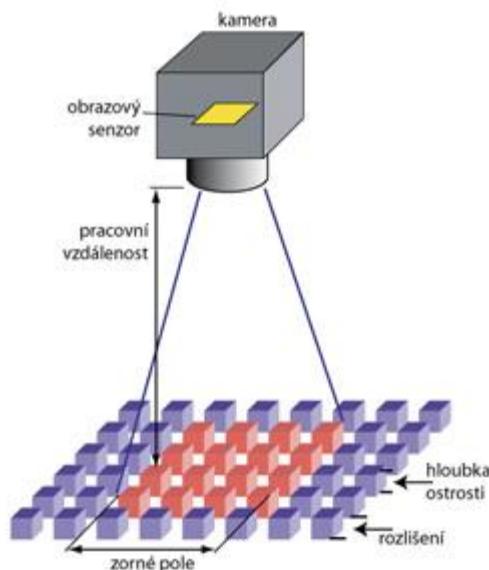


Obr.13 Geometrie osvětlení a) přední osvětlení s jasným obrazovým polem, b) přední osvětlení s temným zorným polem, c) zadní světlo, d) difuzní světlo, e) osové osvětlení [8]

V současnosti se pro průmyslové aplikace strojového vidění nejčastěji využívá osvětlení LED, xenonové zdroje, halogenové zdroje, fluorescenční osvětlení, infračervené a ultrafialové osvětlení. Pro 3D systémy se nejčastěji využívá laserového osvětlení. [13]

3.1.3 Optická soustava

Optickou soustavou v kamerovém systému bývá nejčastěji kamerový objektiv, jehož cílem, spolu s vhodně zvoleným osvětlením, je vytvoření 2D nebo 3D obrazové skutečnosti v obrazovém senzoru. Na obr.14 jsou znázorněny základní veličiny při snímání 3D objektu kamerou.



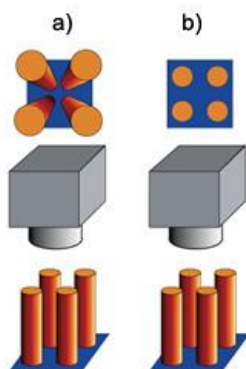
Obr.14 Znázornění základních veličin při snímání [16]

Optická soustava tvoří obraz, který musí splňovat následující podmínky:

- Vysoké rozlišení
- Požadovaný kontrast
- Dostatečnou hloubku ostrosti
- Akceptovatelné geometrické zkreslení
- Akceptovatelné perspektivní zkreslení

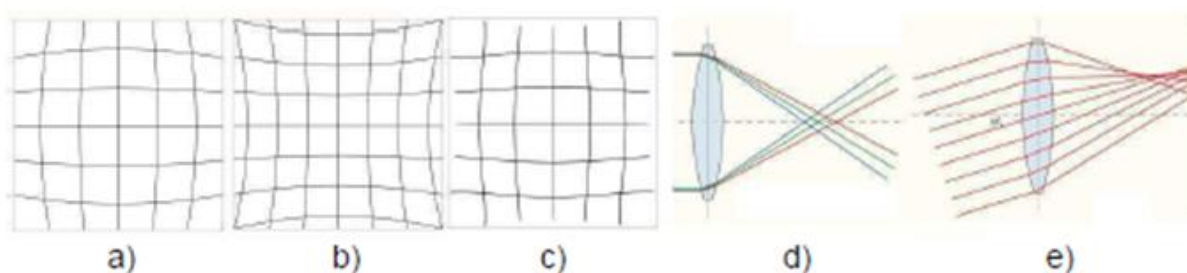
Tyto parametry jsou nezávislé a jsou ovlivňovány ostřením a cloněním objektivu. V praxi velmi často podléhají ještě dalším vlivům. Například při úloze měření není možné přesně splnit extrémní požadavky vysokého rozlišení ve velkém zorném poli.

Zvláštní postavení mezi chybami optické soustavy má **perspektivní zkreslení obrazu**. Vždy se projeví při promítání standardním objektivem. Nepříjemné je hlavně v úlohách měření, neboť velikost obrazu objektu na obrazovém senzoru se mění podle vzdálenosti objektu od kamery. Perspektivní zkreslení nemá tzv. telecentrický objektiv – viz obr.15.



Obr.15 Srovnání projekce a) standardním objektivem b) telecentrickým objektivem[16]

Různé tvary čoček mohou mít negativní vliv na obraz a zapříčinit tak jeho pokřivení. Chyby čoček jsou podmíněné parametry daných čoček a výrobními nepřesnostmi povrchu čoček. Mezi velmi časté vady patří vydutí a vydutí obrazu nebo jeho kombinace (obr.16). Jsou to chromatická aberace, astigmatismus a jev coma. První zmiňované je vada, při níž dochází k lámání částí spektra různě a způsobuje tak rozmazané okraje objektů. Astigmatismus vytváří také neostře hrany, ale je způsoben odlišným bodem ostření. Coma způsobuje měnící se jas světla směrem od středu obrazu.[1][13]



Obr.16 Geometrické vady optiky a) vydutí, b) vypuknutí, c) kombinace vydutí a vypuknutí, d) chromatická aberace, e) coma [1]

Odstranění geometrických vad optiky se provádí pomocí softwaru, a to kalibrací kamery, jelikož mechanické odstranění je nákladné jak časově, tak finančně.

V tabulce 2 jsou vypsány další veličiny vyskytující se v některých úlohách geometrické optiky.

Veličina	Užívaný anglický termín	Užívaná anglická zkratka
Základní zvětšení objektivu	Primary Magnification	PMAG
Zorné pole	Field of View	FOV
Zorný úhel	Angular Field of View	AFOV
Rozlišení v rovině snímaného objektu	Object Space Resolution	
Rozlišení v rovině obrazového senzoru	Image Space Resolution	
Rozlišovací schopnost kamery	Camera Resolution	
Ohnisková vzdálenost	Focal Length	
Pracovní(snímací) vzdálenost	Working Distance	WD
Hloubka ostrosti	Depth of Field	DOF

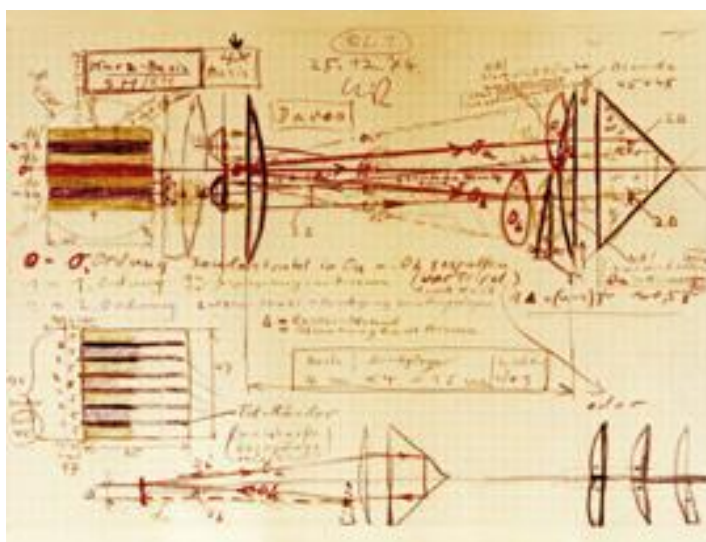
Tab.2 Další veličiny [16]

3.1.4 Komunikační rozhraní

Jako komunikační rozhraní se ve většině případů používá RS-232/422/485 a Ethernet. Druhé jmenované je v současnosti nejrozšířenější technologie pro budování sítě typu LAN. Pro kameru IVC-2D od společnosti SICK se používá 100BASE-TX(též nazývaný Fast Ethernet), což je Ethernet s rychlostí 100 Mbit/s, který využívá pro konektivitu kroucenou dvojlinku. U jiných typů kamer můžeme použít jiné varianty typů Ethernetu, např. Gigabit Ethernet. Komunikační rozhraní RS-485 používané u stejné kamery se využívá pro komunikaci se členy automatizačního procesu jako např. PLC.

4. O společnosti SICK

V roce 1909 se v Německu narodil Erwin Sick, budoucí zakladatel společnosti SICK. Vystudoval obor jemná mechanika a optika v Göttingen. Zkušenosti začal sbírat v roce 1932 ve společnosti SIEMENS & Halske v Berlíně jako matematik a během dalších 14 let pracoval v oblastech vývoje barevného filmu, kinematografie, astronomických a fyzikálních přístrojů. Roku 1946 v Mnichově založil společnost SICK, která zaměstnávala v prvním desetiletí kolem 20 000 zaměstnanců. Průlomovým okamžikem bylo přihlášení patentu světelného závěsu na autoklimačním principu v roce 1951, což znamenalo technický průlom a základ pro celý program přístrojů.[17]



Obr.17 Světelný závěs na autoklimačním principu z roku 1951 [17]

V sedmdesátých letech byla založena první dceřiná společnost ve Francii a na konci sedmého desetiletí expandovala společnost do USA. Dnes je v koncernu SICK s více než 40ti dceřinými společnostmi a ve více jak dvaceti zemích světa zaměstnáno přes 4 000 pracovníků. Společnost SICK dnes zaujímá přední místa ve výrobě senzorů a senzorových řešení. Produktem SICK je také kamera IVC-2DM1122 (viz kap.5), kterou využiji při tvorbě demonstrační aplikace pro synchronizaci pohybu robotu s pohybujícím se prvem.

5. Kamera IVC-2DM1122



Obr.18 Kamera IVC-2DM1122 [18]

Jedním z cílů bakalářské práce je vytvoření demonstrační aplikace pro synchronizaci pohybu robotu s pohybujícím se prvkem. K tomu využijeme kameru IVC-2DM1122 (dále jen kamera) a IVC studio 3.0., s níž se seznámíme v následující kapitole. Následující tabulka obsahuje shrnutí vlastností, výkonu a rozhraní kamery.

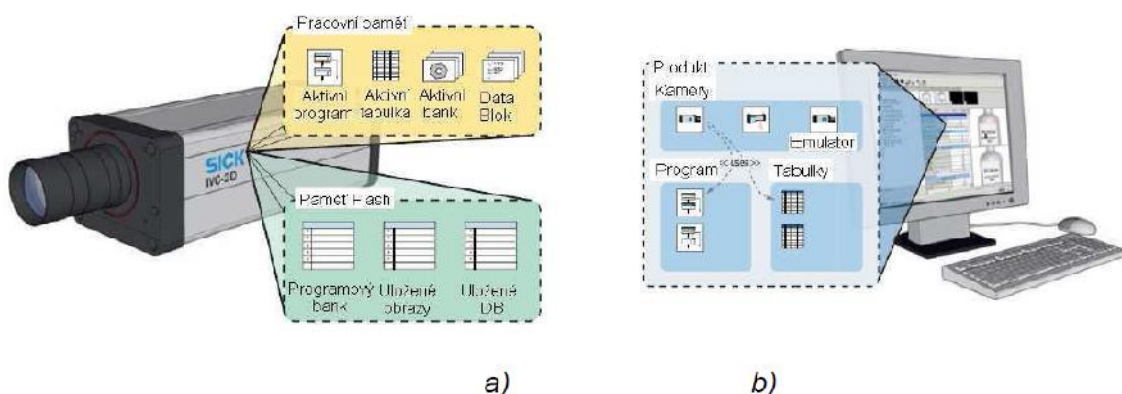
Technologie	2D, snímání obrazu, obrazová analýza
Stanovení úlohy	Pozicování, měření, čtení, inspekce
Offline podpora	Emulátor
Spektrální citlivost	400 nm ... 750 nm
Obrazový senzor	1/3" CCD
Procesor	800 MHz
Rozlišení	1024x768 px
Maximální výkon	24 Hz
Paměť	128 MB RAM, 16 MB flash
Vlastní rozhraní	IVC studio
Uložení a načtení dat	Flash nebo externí FTP servery
Digitální výstup	Trigger
Digitální vstup	Trigger, výška = 10 V ... 28.8 V
Komunikační rozhraní	RS-485, Fast Ethernet(10/100 Mbit/s

Tab.3 Parametry kamery [19]

5.1 IVC STUDIO

Software „IVC Studio“ společnosti SICK nabízí výborný výkon v oblasti ovládání a programování 2D i 3D kamer. Rozhraní nabízí nástroje pro navrhování programů obsahující přes 130 nástrojů na zpracování obrazu rozdělených do 13 kategorií. Kamera obsahuje paměť dvojího typu. První je **paměť RAM** (working memory), která pracuje s aktuálním aktivním programem přesněji obsahuje následující prvky:

- Aktivní program – je posloupnost příkazů, které jsou využity pro analýzu obrazů
- Aktivní tabulka – používá se pro čtení a ukládání hodnota použitých při analýze
- Aktivní bank – každá z nich obsahuje obraz zachycený a zpracovaný kamerou
- Datové bloky – jsou používány některými nástroji pro ukládání nebo čtení dalších dat. Například pro některé nástroje rozpoznávání (teach tools), vytváření a ukládání dat, které mohou být později použity dalšími nástroji (match tools).

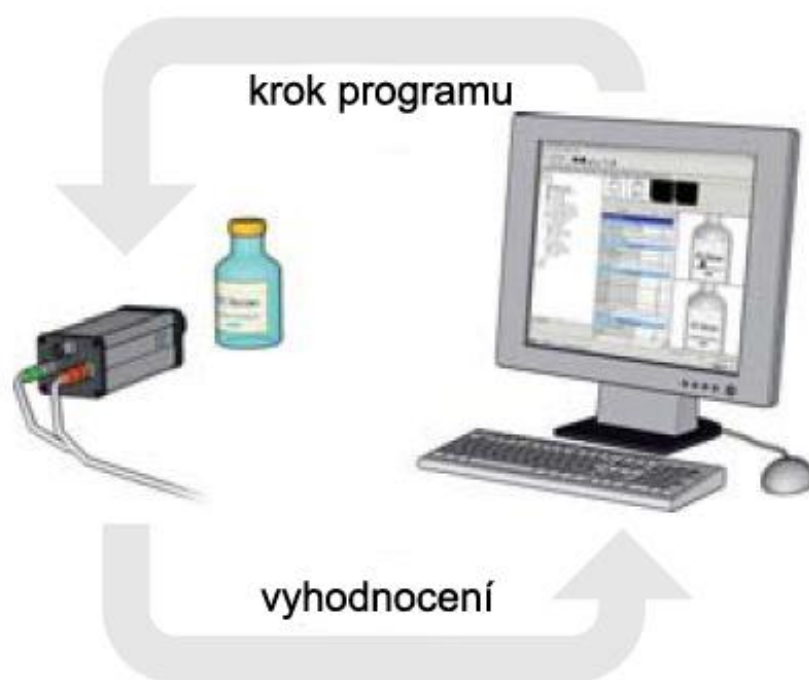


Obr.19 Schéma uložení dat a) v kameře, b) v IVC studiu [20]

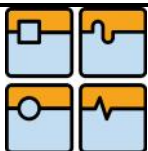
Druhým typem je paměť **FLASH**, kde jsou uloženy následující prvky:

- Programový bank – používají se pro ukládání programů a tabulek, které lze vložit do pracovní paměti kamery. Programový bank vždy obsahuje jeden program a jednu tabulku
- Uložené obrazy – dříve snímané obrazy využívané ke tvorbě programu. Lze je použít pro učení kamery rozpoznávat konkrétní objekty.
- Uložené datové bloky – obsahuje ostatní data, například údaje o rozpoznávání obrazů

Každé zařízení má jeden program a přidruženou tabulku. Aby bylo možné pracovat se studiem, musí být propojeno s přístrojem. Jako přístroj můžeme uvažovat hardware nebo emulátor. Hardware jak už bylo řečeno je většinou kamera. Emulátor je software, který se chová jako kamera IVC a může být použit místo kamery. Emulátor je k dispozici ve vývojovém IVC prostředí a je možné vytvořit programy i když není IVC kamera k dispozici. Emulátor může emulovat 2D i 3D kamery. Hlavním rozdílem mezi emulátorem a kamerou je ten, že emulátor využívá nahranou sadu obrázků uložených v obrazové složce na PC, zatímco druhé zmiňované používá živé záběry. Je-li proveden program (nebo krok programu) v kameře, výsledky jsou posílány zpět do IVC studia, kde jsou vyznačeny (obr.20). [20]

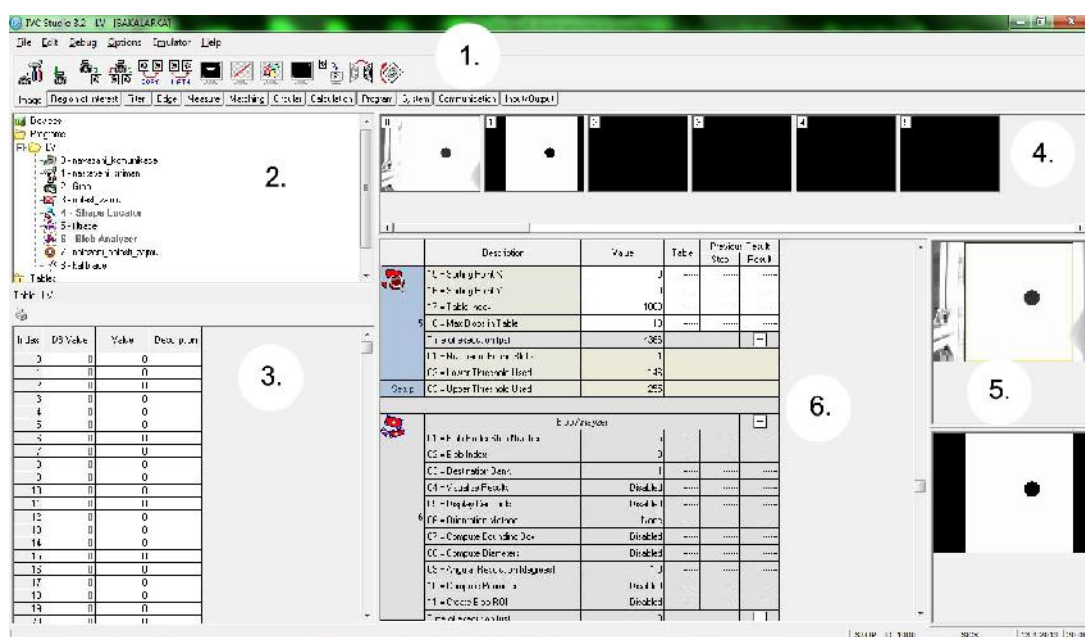


Obr.20 Průběh zpracování [20]



5.1.1 Popis IVC studia

Jedná se o aplikaci určenou pro operační systém Windows. Po zapnutí programu se zobrazí hlavní programovací okno, které se skládá z několika částí, kterými jsou:



Obr.21 IVC studio [zdroj vlastní]

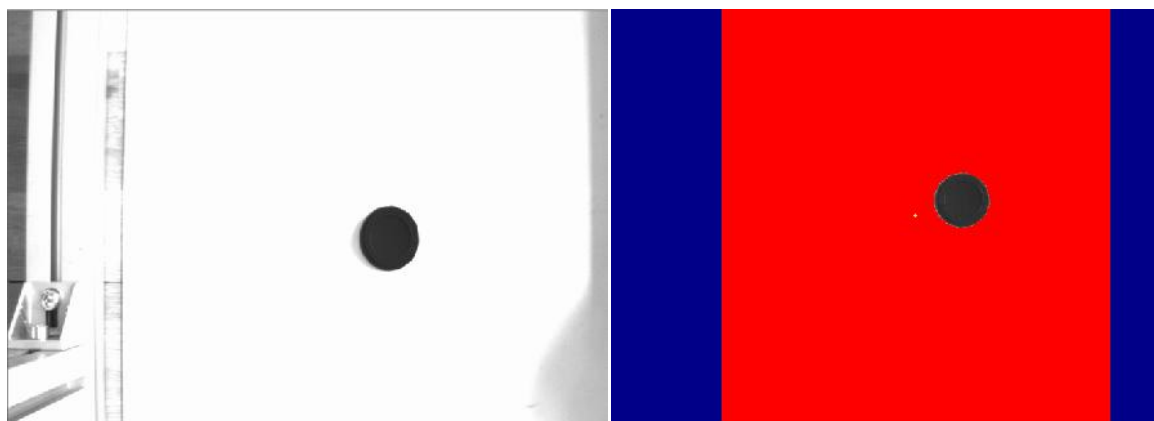
1. Panel nástrojů (toolbar) – obsahuje nástroje, které mohou být použity v přístroji. Tyhle nástroje jsou rozděleny do několika kategorií, které můžeme přepínat a různě s nimi manipulovat.
2. Stromové zobrazení kroků programu (tree view) - zobrazí nástroje používané v programu
3. Tabulka (table) – zobrazí obsah hodnot tabulky
4. Obrazový zásobník (image banks) obsahuje snímky pořízené z kamery
5. Náhled (preview) – Jsou dva náhledy. Vrchní náhled zobrazuje náhled původního snímku a spodní náhled představuje snímek po úpravě pomocí programového prostředí
6. Kroky programu (program steps) - zobrazí všechny kroky nástrojů používaných v programu a parametry v rozšířenější formě v porovnání s bodem 2.

Každý krok programu obsahuje:

- a) Vstupní údaje
- b) Lhůta pro provedení nástroje při spuštění
- c) Výstupní údaje

6. Demonstrační aplikace

Jedním z cílů práce je vytvoření demonstrační aplikace metod detekce pohybu. Naším objektem zájmů byl kruhový objekt černé barvy. Aplikace byla programována „IVC Studiu“. Výstupem bylo několika způsoby nalézt objekt v obraze. Jedno z řešení bylo provedeno pomocí nástroje „Blob finder“. Díky tomu jsem byl schopen filtrace nečistot a zároveň nalézt polohu těžiště a objem blobů (skupiny sousedních pixelů). Nástroj dokáže kooperovat s nástroji dalšími, jako například „blob analysis“ pro výhodnější zjištění podrobnějších parametrů, ale pro samotou identifikaci objektů je jedním z hlavních nástrojů „Blob finder“. Obecně není moc přesný. Přesnost je 3 pixely pro určení polohy.



Obr.22 Ukázka programu a) původní obraz, b) blob finder [zdroj vlastní]

Dalšími nástroji pro identifikaci jsou nástroje „External perimeter“ a „Shape locator“.

První zmiňovaný je vhodný pouze pro identifikaci objektů kruhového tvaru. Což je značnou nevýhodou daného nástroje. Naopak, výhodná je jeho přesnost, jež je 1/3 pixelů pro určení polohy. Identifikace objektů se určuje podle zadané úsečky a na základě nastavené hodnoty gradientu.

Posledním nástrojem je „Shape locator“, díky kterému si můžeme předem nadefinovat vyhledávaný tvar. Nevýhodou je větší prodleva u výpočtu a menší přesnost identifikace polohy.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 35
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

6.1 Výhody a nevýhody metod

Cílem této práce je seznámit se s metodami pro detekci pohybu v obraze, vytvořit jejich přehled a následně zhodnotit výhody a nevýhody těchto metod s pomocí demonstrační aplikace.

Uvažujeme-li objekt zájmů jedoucí po dopravníku, tak metody jsou dvě. První, s pomocí snímače a následného spuštění kamery. Druhá, je metoda řešení detekce s pomocí neustálého snímkování bez použití snímače. Při srovnávání obou metod bychom zjistili, že druhá metoda nám udržuje kameru neustále v chodu, proto se kamera zahřívá a její životnost se snižuje. Je někdy třeba také vyšší kapacity paměti při neustálém chodu a zvyšujícím se počtu snímků. Což není v dnešní době až tak důležitým faktorem, pokud se záznamy nebudou uchovávat moc dlouho. Naopak, druhý způsob nám redukuje celkový čas chodu kamery. Díky tomu zvyšuje životnost kamery. Některé společnosti chtějí kontinuální záznam o tom, co se přesně děje a maximálně požadují, aby se kamera vypnula jen při zastavení pásu. V dnešní době je snahou vybrat řešení, které se z hlediska ekonomiky jeví jako nepříjemnější. Často však dochází k inverzní situaci, kdy šetření na nesprávných místech konverguje ke krizovým situacím. Východiskem je tedy najít vhodné komplexní řešení, které je kompromisem mezi cenou a kvalitou.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 36
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo seznámit se s metodami detekce pohybu a vytvoření demonstrační aplikace detekce pohybu v digitálním obraze pro průmyslové aplikace. V demonstrační aplikaci je řešen problém snímání jednoho prvku pomocí kamery IVC 2D M1122 a příslušného softwaru IVC studio 3.0 od společnosti SICK. Řeší se identifikace a třídění objektu zájmů pomocí několika nástrojů a hodnocení výhod a nevýhod daných řešení.

Teoretická část v úvodu práce se zabývá počítačovým viděním, co je snahou a cílem počítačového vidění. Dále pojednává o průběhu zpracování obrazu. V druhé části práce je popsáno strojové vidění, jejím principem a realizací v praxi.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 37
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Seznam použité literatury

1. HORÁK KAREL. *Počítačové vidění: Počítačové cvičení* [online]. Brno, 2008 [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: http://www.uamt.feec.vutbr.cz/vision/TEACHING/MPOV/Pocitacove_videni_P.pdf
2. HLAVÁČ, Václav a Milan ŠONKA. *Počítačové vidění*. Praha: Grada, 1992, 272 s. ISBN 80-854-2467-3.
3. HLAVÁČ, Václav. *Počítačové vidění vs. digitální zpracování obrazu: Digitální obraz a jeho vlastnosti* [online]. Fakulta elektrotechnická ČVUT, katedra kybernetiky [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://cmp.felk.cvut.cz/~hlavac/Public/TeachingLectures/Uvod+DigObraz.pdf>
4. ŠEBEK, Jiří. *Multimédia: Seminární práce* [online]. [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://seminarka.wu.cz/>
5. ŠONKA, Milan, Václav HLAVÁČ a Roger BOYLE. *Image processing, analysis, and machine vision*. 3rd ed. Toronto: Thomson, 2008. xxv, 829 s. ISBN 978-0-495-08252-1
6. FCC PRŮMYSLOVÉ SYSTÉMY. *Systémy strojového vidění: Co je strojové vidění* [online]. [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: <http://www.strojove-videni.cz/default.asp?inc=inc/co-je-strojove-videni.htm&id=11>
7. FCC PRŮMYSLOVÉ SYSTÉMY. *Systémy strojového vidění: Na co strojové vidění* [online]. [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: <http://www.strojove-videni.cz/default.asp?inc=inc/na-co-strojove-videni.htm&id=19>
8. HAVLE a VOJANEC. *Simatic Machine Vision: Strojové vidění* [online]. září 2007 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: [http://www.siemens.cz/siemjetstorage/files/48019_tia\\$machine\\$vision\\$general\\$fcc.pdf](http://www.siemens.cz/siemjetstorage/files/48019_tia$machine$vision$general$fcc.pdf)
9. HLAVÁČ, Václav. *Předzpracování v prostoru obrazů* [online]. Fakulta elektrotechnická ČVUT v Praze [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://cmp.felk.cvut.cz/~hlavac/Public/TeachingLectures/PredzpracObr.pdf>
10. FCC PRŮMYSLOVÉ SYSTÉMY [online]. [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.fccps.cz/>
11. Festo AG & Co KG, Průmyslová automatizace [online]. [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: http://www.festo.com/cms/cs_cz/index.htm
12. SICK [online]. [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <http://www.sick.com>
13. RUSNÁK, J. *Návrh kamerového systému s průmyslovým robotem Kuka. Diplomová práce*, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 75 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Tomáš Kubela.

14. Digimanie: Fotomobily: snímací čipy CMOS vs. CCD. ŠURKALA, Milan. [online]. [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <http://www.digimanie.cz/fotomobily-snimaci-cipy-cmos-vs-ccd/2885>
15. FCC PRŮMYSLOVÉ SYSTÉMY. Systémy strojového vidění: Osvětlení ve strojovém vidění [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: http://www.strojove-videni.cz/default.asp?inc=inc/tp_osvetleni.htm&id=23
16. FCC PRŮMYSLOVÉ SYSTÉMY. Systémy strojového vidění: Optická soustava [online]. [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: http://www.strojove-videni.cz/default.asp?inc=inc/tp_optika.htm&id=22
17. SICK: Historie - Zakladatel Erwin Sick [online]. [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: http://www.sick.com/cz/cs-cs/home/about_sick/historie/Pages/founder_erwin_sick.aspx
18. SICK: Smart Kamera IVC-2D UXGA [online]. [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: http://www.sick.com/group/DE/home/pr/press_releases/PublishingImages/Smart_Kamera_IVC-2D_UXGA.jpg
19. SICK AG: Smart Kamera IVC-2D Reference manual
20. SICK AG: Smart Kamera IVC-2D Operating instructions

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 39
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Seznam použitých obrázků a tabulek

- Obr.2 Perspektivní promítání geometrie
- Obr.3 Čtvercová a hexagonální mřížka
- Obr.4 Počet kvantovacích úrovní
- Obr.5 Radiální zkreslení
- Obr.6 Srovnání obrazu
- Obr.7 Kontrola sestavení
- Obr.8 Nedoleptané logo
- Obr.9 Schéma kamerového systému
- Obr.10 Spektrální citlivost
- Obr.11 CCD snímač
- Obr.12 Působení světla na objekt
- Obr.13 Geometrie osvětlení
- Obr.14 Znázornění základních veličin při snímání
- Obr.15 Srovnání projekce
- Obr.16 Geometrické vady optiky
- Obr.17 Světelný závěs na autoklimačním principu z roku 1951
- Obr.18 Kamera IVC-2DM1122
- Obr.19 Schéma uložení dat
- Obr.20 Průběh zpracování
- Obr.21 IVC studio
- Obr.22 Ukázka programu

Tab.1 Rozdíly mezi CCD a CMOS

Tab.2 Další veličiny

Tab.3 Parametry kamery

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 40
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Seznam příloh

Příloha na CD – inspekční program kamery