

Aplikace systému strojového vidění

Application of machine vision

Eva Knápková



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Eva KNÁPKOVÁ**
Osobní číslo: **A09622**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Aplikace systémů strojového vidění**

Zásady pro vypracování:

- 1. Pojednejte o principech, významu a aplikacích systému strojového vidění.**
- 2. Analyzujte technické požadavky na jednotlivé prvky systému strojového vidění.**
- 3. Na modelovém příkladu provedte návrh systému strojového vidění.**
- 4. Vymezte vývojové trendy v technologii a aplikaci systémů strojového vidění.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **HLAVÁČ, V., ŠONKA, M.. Počítačové vidění. Praha: Grada, 1992. ISBN 80-85424-67-3.**
2. **RAK, R., MATYÁŠ, V. ŘÍHA, Z. a kol. Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích. Praha: Grada 2008. Edice profesionál. 664 s. ISBN 978-80-247-2365-5.**
3. **VLACH, J. Řízení a vizualizace technologických procesů. Praha: BEN 2002. 160 s. ISBN 80-86056-66-X.**
4. **HORÁK, K., KALOVÁ, I., PETYOVSÝ, P., RICHTER, M. Počítačové vidění. [online]. Brno: VUT v Brně, 2008. 132 s. [cit. 2012-01-10]. Dostupné http://www.uam1.feec.vutbr.cz/vision/TEACHING/MPOV/Pocitacove_videni_S.pdf.**
5. **FCC PS: Systémy strojového vidění. [online]. Praha: FCC průmyslové systémy, 2011. [cit. 2012-01-10]. Dostupné z <http://www.strojove-videni.cz>.**
6. **HAVLE, O. Strojového vidění. [online]. Praha: Automa, 2008. [cit. 2012-01-10]. Dostupné z http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=36550.**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Valouch, Ph.D.

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

24. února 2012

Termin odevzdání bakalářské práce:

25. května 2012

Ve Zlině dne 24. února 2012



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan

L.S.

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Bakalářská práce pojednává o významu a využití systémů strojového vidění v oblasti průmyslové automatizace. V úvodní teoretické části práce je proveden popis principu systému strojového vidění v oblasti řízení průmyslových procesů a kontroly výrobních postupů vedoucích k dosažení maximální kvality, snižování nákladů a bezchybnosti výrobků. Dále je provedena analýza požadavků na jednotlivé komponenty, z kterých se celý systém skládá a shrnuty výhody, které systém potenciálnímu zákazníkovi přináší. V praktické části je popsán význam a uplatnění systémů strojového vidění ve výrobě. Stěžejní výstup představuje návrh modelového příkladu, který řeší aplikaci čtení čárového kódu výrobků, při pohybu po výrobní lince a jejich následná evidence v databázi. V závěrečné fázi jsou analyzovány vývojové trendy strojového vidění.

Klíčová slova: aplikace, systém strojového vidění, kamera, osvětlovací jednotka, automatizace, kvalita, kontrola.

ABSTRACT

The thesis deals with the importance and use of machine vision systems in industrial automation. The introductory theoretical part describes the principle of the machine vision system in the field of industrial process and manufacturing procedures control to reach the quality maximization, cost reduction and product's correctness. Furthermore, analysis of the requirements for individual components of the system was carried out and the benefits of the system for the potential customer were reported. In the practical part the importance and use of machine vision systems in manufacture are described. The key output is a model example proposal that addresses the application of barcode scanning of products, moving around the production line and their subsequent records in the database. In the final stage, the evolutionary trends in machine vision were analyzed.

Keywords: applications, machine vision system, camera, lighting unit, automation, quality, control.

Chci poděkovat všem profesorům Fakulty aplikované informatiky za předané vědomosti v oblasti bezpečnostních technologií a vedení mé výuky po celou dobu mého bakalářského studia na FAI. Zejména bych chtěla poděkovat za podporu a odborné rady při vedení mojí bakalářské práce Ing. Valouchovi, Ph.D, za jeho ochotu, připomínky a čas, který mi při zpracování práce věnoval.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 SYSTÉM STROJOVÉHO VIDĚNÍ	11
1.1 PRINCIP A VÝZNAM.....	11
1.2 STRUKTURA SYSTÉMU	12
1.2.1 Aplikace systému strojového vidění	16
1.2.2 Řídící strategie vedoucí k porozumění obrazu.....	20
1.2.3 Technické a programové prostředky zpracování obrazových dat.....	21
1.2.4 Kamera a objektiv	23
1.2.5 Osvětlení	27
2 POŽADAVKY NA PRVKY SYSTÉMU STROJOVÉHO VIDĚNÍ.....	30
2.1 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY	30
2.1.1 Právní předpisy.....	30
2.2 TECHNICKÉ POŽADAVKY	32
2.2.1 Technické předpisy	32
2.3 POŽADAVKY NA PRŮMYSLOVÉ KAMERY DATACAM.....	34
2.3.1 Vlastnosti kamer.....	34
2.3.2 Typové řady dle digitalizace obrazu	35
2.3.3 Hlavní znaky CCD kamer DataCam	35
2.4 OBJEKTIVY PRO KAMERY DATACAM	36
2.4.1 Volba objektivu	36
2.4.2 Objektivy s pevným ohniskem.....	37
2.4.3 Telecentrické objektivy	37
2.5 POŽADAVKY NA OSVĚTLOVACÍ JEDNOTKY DATALIGHT	38
2.5.1 Charakteristika jednotek DataLight	38
2.5.2 Typové řady jednotek DataLight	39
2.6 SYSTÉM CONTROL WEB	41
2.6.1 Tvorba aplikačních programů	42
2.6.2 Aplikační knihovny	42
2.6.3 Úlohy strojového vidění	43
2.6.4 Grafika a virtuální realita	43
2.7 SYSTÉM STROJOVÉHO VIDĚNÍ VISIONLAB	44
2.7.1 Analýza obrazu v prostředí VisionLab	44
2.7.2 Datové objekty systému VisionLab	45
2.7.3 Etapy zpracování obrazu	45
2.7.4 Požadavky na vizualizaci technologických procesů	46
II PRAKTICKÁ ČÁST	48
3 MODELOVÝ PŘÍKLAD NÁVRHU SYSTÉMU.....	49

3.1	VOLBA PROGRAMOVÉHO SYSTÉMU	49
3.2	TYP A PARAMETRY KAMERY	50
3.3	TYP A PARAMETRY OSVĚTLOVAČE	51
3.4	TYP A PARAMETRY OBJEKTIVU	51
3.5	ETAPY APLIKAČNÍHO PROCESU	52
4	VÝVOJOVÉ TRENDY	57
4.1	MODERNÍ APLIKAČNÍ TECHNOLOGIE SYSTÉMU STROJOVÉHO VIDĚNÍ	57
4.1.1	Kontrola skleněných lahviček ve farmaceutickém průmyslu	57
4.1.2	Snímače barev pro náročné úlohy	59
4.1.3	Vizuální inspekce teplotních snímačů	60
4.1.4	Automatické čtení registračních značek automobilů	61
4.1.5	Integrované snímače čárových kódů	62
4.1.6	Strojové rozpoznávání lidských tváří	63
	ZÁVĚR	65
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ	67
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	69
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	72
	SEZNAM OBRÁZKŮ	73
	SEZNAM TABULEK	75

ÚVOD

Systémy strojového vidění představují jednu z nedílných součástí dnešní moderní průmyslové automatizace, do které přinášejí nové možnosti a umožňují řešit úlohy, které se ještě nedávno zdály neřešitelné.

Dalo by se definovat jako odvětví výpočetní techniky a vývoje softwaru zabývající se vytvářením zařízení schopných získávat informace ze zachyceného obrazu. Tím se blíží vyhodnocení reality, jaké provádí člověk: co je možné vidět, je možné i zkontrolovat, změřit a vyhodnotit. Systém strojového vidění umožňuje provádět na jednom sejmutém obraze několik měření a kontrol najednou. V průmyslové automatizaci se aplikuje převážně z důvodu realizace kontroly zaručující úplnou bezchybnost výrobků produkovaných ve výrobním procesu. Existuje mnoho teoretických prací, které se zabývají vlivem organizace výrobního procesu na kvalitu výrobku, vždy však obsahují podmínku bezchybného provedení alespoň některých výrobních operací k tomu, aby byl vyroben bezchybný výrobek. Právě strojové vidění umožňuje tuto podmínku splnit. Výpočetní výkon běžných současných počítačů již umožňuje práci s velkými objemy obrazových dat v reálném čase. Klíčovým faktorem při realizaci systému strojového vidění je především programové vybavení. Dnešní moderní systémy využívají intuitivní vývojová prostředí, ve kterých lze kontrolní postupy snadno vyvíjet a modifikovat. V současnosti systémy strojového vidění rychle ztrácejí svou dřívější pověst složité, nespolehlivé a především drahé technologie. Rozvoj v oblasti obrazových senzorů a především výkon dnešních procesorů přiblížil možnosti strojového vidění požadavkům mnoha uživatelů. Růst počtu nasazení je ve značné míře vyvoláván také rostoucími požadavky na tzv. totální kvalitu výroby, které je možno dosáhnout jen kontrolou každého vyrobeného kusu. Často je pak strojové vidění nejen nejlepším, ale také jediným možným způsobem, jak požadovanou kontrolu realizovat.

Cílem mé práce je co nejsrozumitelnější formou přiblížit čtenáři problematiku kontroly kvality ve výrobním procesu, výhody jaké systém strojového vidění přináší a jaké aspekty jsou při návrhu systému rozhodující.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SYSTÉM STROJOVÉHO VIDĚNÍ

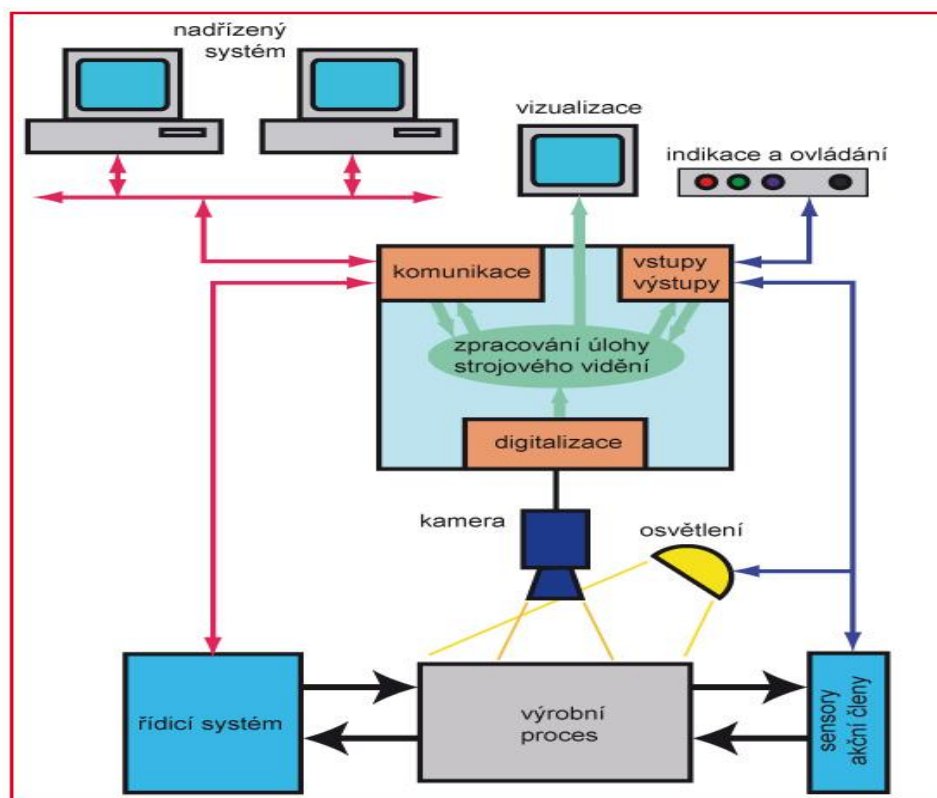
Historie zpracování obrazu v počítači se začíná psát v sedmdesátých letech, kdy existující výpočetní technika již umožnila zpracování objemu dat, který je spojen s obrazovou informací. Pro aplikace počítačového vidění v průmyslové výrobě se dnes obvykle používá termínu strojové vidění. Je charakterizováno vazbou na výrobní proces a orientací na typické úlohy spojené s řízením výrobního procesu. K těmto úlohám patří hlavně vizuální inspekce předepsaných viditelných parametrů, počítání objektů, hledání defektů a podobně.

Úlohou vnímání obrazu počítačem je najít relaci mezi vstupním obrazem a vytvořenými modely reálného světa. Přejedem od vstupního obrazu k modelu se obrazová informace zhušťuje a přitom se stále více využívá znalostí interpretace obrazových dat. Mezi vstupním obrazem a modelem se definuje několik úrovní reprezentace obrazové informace. Počítačové vidění se potom skládá z návrhu těchto přechodových reprezentací a algoritmů pro jejich vytváření a zavedení vztahů mezi nimi. [1]

1.1 Princip a význam

Činnost systému strojového vidění je svou podstatou velmi podobná tomu, jak na stejném úkolu pracuje člověk. Stejně jako lidské oko zachytí kamera obraz zkoumaného předmětu, systém jej vyhodnotí podle předepsaného algoritmu a provede akci na základě výsledku vyhodnocení. V nejobecnějším popisu systému strojového vidění je daný snímaný objekt osvětlen zdrojem světla, nebo jiného záření. Na snímacím prvku kamery se vytvoří dvourozměrný jasový obraz objektu. Měronosnou veličinou jsou v kameře s polovodičovým snímacím prvkem náboje poskytované světlocitlivými elementy obrazového snímače. Protože jediným efektivním a vlastně i jediným prakticky možným způsobem vyhodnocení obrazové informace je dnes zpracování výpočetní technikou, je nutné přenést analogové měronosné veličiny do digitálního tvaru - neboli provést digitalizaci obrazu. Informace v digitální podobě je v počítači zpracována vhodnými algoritmy tak, aby byla získána požadovaná informace o objektu. Tato informace má rovněž digitální podobu a předává se do okolí prostřednictvím digitálních výstupů, nebo pomocí digitálního komunikačního rozhraní. Komunikační rozhraní slouží většinou i k

připojení **MMI**¹ zařízení, které umožňuje systém nastavovat a programovat. Pro strojové vidění je typické, že se výměna získané informace s okolím realizuje jako zpětná vazba na výrobní proces. Na jedné straně získává systém z procesu nezbytné vstupní údaje. Typicky to bývá povel k pořízení snímku v okamžiku, kdy je sledovaný objekt ve vhodné poloze. Na druhé straně se v závislosti na výsledku vyhodnocení obrazu provádí akční zásah ve výrobě, nejčastěji indikace, nebo vyřazení vadného kusu. Zásah mohou zprostředkovat přímo digitální výstupy systému strojového vidění, nebo je informace o výsledku vyhodnocení předána do řídicího systému. [2]



Obr. 1 Schéma systému strojového vidění [2]

1.2 Struktura systému

Systémy strojového vidění jsou zařízení, které zachycují a analyzují vizuální informace a slouží k automatizaci úloh, které vyžadují “vidět”. Jsou primárně zaměřeny na počítačové vidění v rámci průmyslových výrobních procesů.

¹ **MMI** - z angl. Man Machine Interface, rozhraní člověk – stroj.

Na bázi průmyslové **výpočetní techniky** včetně **programového a vizualizačního vybavení** lze sestavit kompletní inspekční systém. Pro řešení projektů systému strojového vidění se využívají **kamerové senzory**, které jsou vhodné pro oblast jednoduché kontroly úplnosti kontrolovaného objektu na základě porovnání obrysů. Dále pak **inteligentní kamery**, které umožňují řešit libovolnou, jakkoliv složitou úlohu strojového vidění. Některé úlohy mohou být náročné na kvalitu osvětlení, proto na základě světelných podmínek volíme **osvětlovací jednotku**. [3]



Obr. 2 Jednotlivé komponenty systému strojového vidění

Volbou prostorového uspořádání již do jisté míry předurčujeme typ a počet kamer, osvětlovacích jednotek a požadavky na ohniskové vzdálenosti objektivů. Měli bychom mít jasno v jakém směru a vzdálenosti bude kamera snímat, dále musíme stanovit dostatečné rozlišení kamery, případně nutnost použití více kamer.

Současně bychom měli zvolit způsob osvětlení a jeho barvu, která souvisí i s eliminací rušivého světla a tedy s návrhem zastínění a s případnou nutností použití barevných či polarizačních filtrů v kameře. Technickou realizaci hardwaru systému strojového vidění lze sestavit mnoha způsoby. Je možné použít různou výpočetní techniku, části systému lze různě seskupovat a integrovat. [4]

V průběhu vývoje se ustálilo rozdělení systémů strojového vidění do čtyř všeobecně uznávaných kategorií: [4]

KATEGORIE	CHARAKTERISTICKÉ ZNAKY
Kamerový senzor	kompaktnost, zjednodušený hardware, omezené softwarové nástroje, omezené komunikační schopnosti, omezené I/O
Inteligentní kamera	kompaktnost, výkonný mikroprocesor, universální softwarové nástroje, více I/O, vyšší komunikační možnosti
PC systém	modularita, možnost více kamer, výkonný hardware PC, možnosti rozšíření, universální softwarové nástroje
Zákaznický systém	nepatří do žádné z předchozích tříd, úplná podřízenost požadavkům zákazníka, speciální použití

Tab. 1 Charakteristické znaky jednotlivých kategorií systému [5]

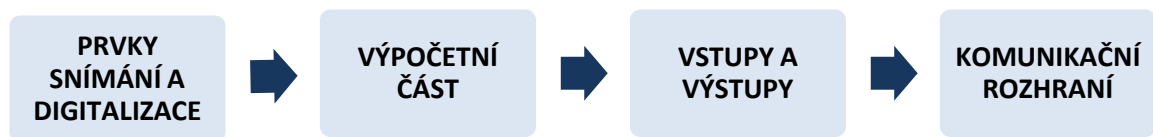
- **Kamerový senzor** je zařízení, které převádí optický obraz na elektronický signál. Pro účely praktického nasazení systému strojového vidění stačí znát základní vlastnosti dvou nejužívanějších snímacích senzorů nazývaných **CCD** a **CMOS**.² CCD technologie je poměrně nákladná a snímače potřebují k činnosti několik různých napájecích napětí. Navíc je nutné jejich analogový signál digitalizovat v následných obvodech. Sensory CMOS poskytují již digitalizovaný signál, což umožňuje zjednodušit konstrukci kamery. Stále ovšem platí, že CMOS snímače nejsou schopny poskytnout tak kvalitní obraz jako CCD. [6]
- **Inteligentní kamery** se objevily přibližně před dvaceti lety. Byly odpovědí na požadavek přiblížit komplikované a drahé systémy strojového vidění technice běžných senzorů, např. optických. Vznik inteligentní kamery právě v této době umožnilo spojení dvou relativně nových prvků: polovodičového snímače obrazu a mikroprocesoru. Inteligentní kamery jsou již doplněny o řídicí, komunikační a vyhodnocovací jednotku. Použitím inteligentních kamer lze proto v současnosti

² **CCD** z angl. Charged Coupled Device, skládá se z velkého počtu světlocitlivých pixelů, které se dopadem světla nabíjí.

CMOS z angl. Complementary Metal Oxide Semiconductor, světlocitlivé buňky generují elektrický náboj úměrně energii dopadajících paprsků.

řešit i úlohy vyhrazené ještě před nedávnem velkým systémům strojového vidění. Do nedávné doby byl nejčastěji používaným senzorem obrazu v inteligentních kamerách snímač CCD. Poskytuje v principu analogový signál, který musí být digitalizován převodníkem A/D. Celý proces snímání u jednodušších kamer bývá řízen přímo výpočetní jednotkou, u výkonnějších kamer jsou snímání a digitalizace řízeny zvláštním mikropočítačem nebo hardwarovou řídicí jednotkou, která je výpočetní jednotkou pouze synchronizována. Výpočetní částí inteligentní kamery je vlastně mikropočítač. Protože zpracování obrazu vyžaduje rychlé zpracování velkého množství dat, bývají použity výkonné mikroprocesory a vzhledem k charakteru výpočtu často i digitální signálové procesory. Komunikační rozhraní plní u inteligentních kamer několik funkcí a to především připojení k zařízení HMI, které umožňuje kameru programovat. Dále pak může přenášet data do nadřazeného řídicího systému, může k němu být připojen modul pro rozšíření počtu vstupů a výstupů, případně může v případě složitější aplikace zprostředkovat komunikaci mezi více kamerami.

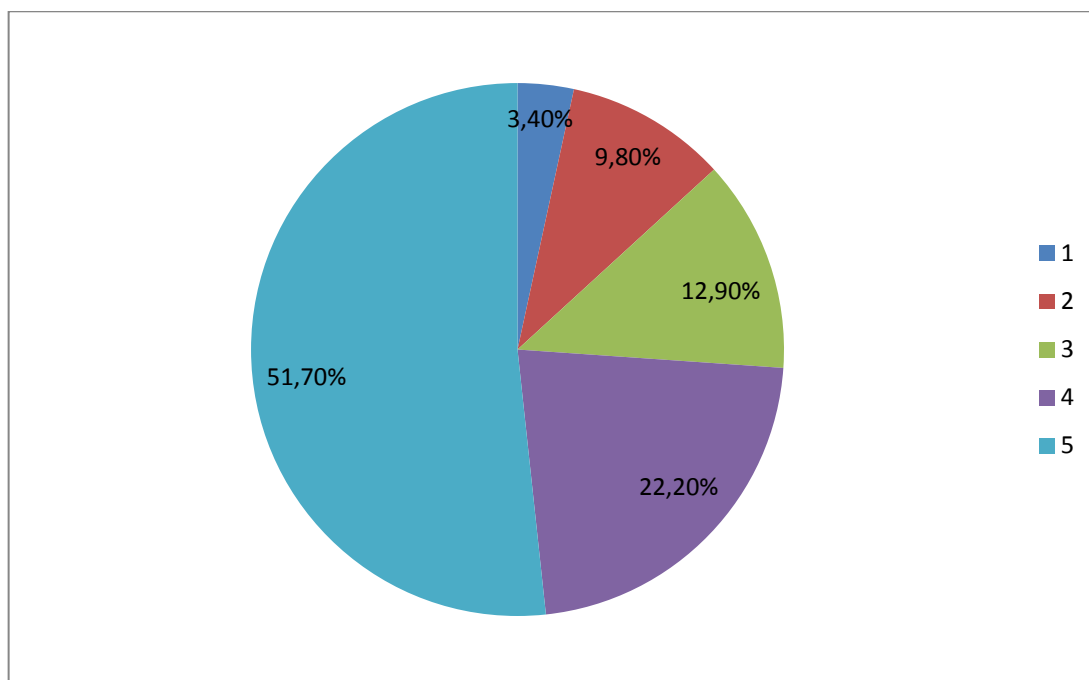
Inteligentní kamera se skládá z těchto základních částí:



Obr. 3 Základní části inteligentních kamer

- **PC systém** nabízí největší flexibilitu a výkon. Zpracování obrazu provádí počítač, ke kterému je připojena jedna, nebo více kamer. Pro PC systémy je charakteristické použití počítače se standardním operačním systémem na místě vyhodnocovací jednotky. V poslední době se objevují specializovaná průmyslová PC s rozhraním pro připojení kamery. Aby bylo možné využít všech výhod PC řešení, musíme použít komerčně dostupný operační systém. Systém strojového vidění však z principu provádí zpracování dat a řízení v reálném čase.
- **Zákaznický systém** zde řadíme systémy stavěné na míru a to v případě, že nelze využít žádnou z předchozích variant. Většinou se jedná o aplikace, které vyžadují vysokou rychlost zpracování, speciální algoritmy nebo nestandardní kamery.

Provedení zákaznického systému odpovídá danému účelu. Nejčastěji se realizuje s využitím rychlých signálových procesorů a softwarem vytvořeným na míru. [7]



Obr. 4 Grafické znázornění využití prostředků strojového vidění

1. Inteligentní senzory - 3,40%

2. Kompaktní systémy pro zpracování obrazu - 9,80%

3. Inteligentní kamery - 12,90%

4. Převodníky obrazu - 22,20%

5. Kamery - 51,70%

1.2.1 Aplikace systému strojového vidění

Systémy vizuální inspekce nalézají uplatnění v průmyslové automatizaci ve stále větším rozsahu. Přinášejí nové možnosti a umožňují řešit úlohy, které se ještě nedávno zdály neřešitelné. Přes všechny současné technologické pokroky má obor strojové vidění svá specifika. Již první principiální návrh koncepce totiž vyžaduje značnou zkušenost.

Oproti jiným oblastem průmyslové automatizace je specifickým aplikací strojového vidění vysoký počet neúspěšných řešení. Návrh systému strojového vidění je relativně velmi náročný na porozumění a respektování základních principů zobrazování a práce s obrazovými daty. Nejdůležitější je právě první část návrhu, tj. stanovení geometrického uspořádání inspekčního systému, volba kamery, objektivu, osvětlení a výběr vhodných technických a programových prostředků pro zpracování obrazových dat. [8]

Systémy strojového vidění lze využít v nejrůznějších oblastech průmyslu:

- **Nalezení vad opracování** - tato úloha je typická pro fázi shromáždění materiálu k operaci provázené vstupní kontrolou, ale rovněž také ve fázi výstupní kontroly výsledného produktu. Může se jednat o identifikaci poškození povrchu, vady nátěru, nebo povrchových úprav otřepů při stříhání, nebo lisování, nedokonalé výlisky, deformace či poškození při skladování, nebo dopravě. V oblasti elektrotechnické výroby především kontrola pájení na plošném spoji či kontrola správného usazení součástek.



Obr. 5 Nalezení vad opracování [9]

- **Měření a kontrola tolerancí** - zde je základní otázkou dosažitelná přesnost měření. Pro tvářené díly jsou obvyklé tolerance rozměrů v setinách milimetru, pro obráběné součásti už to často bývají mikrometry. Parametrem kamery určujícím přesnost měření je rozlišení (počet pixelů) jejího obrazového čipu. Pokud potřebujeme získat maximálně kvalitní a stabilní obraz měřené součásti je potřeba zvolit vhodné osvětlení. Pro měření rozměrů se nejčastěji používá zadní osvětlení, kdy snímáme siluetu. Navíc je třeba správně zvolit barvu i intenzitu světla a eliminovat vliv okolních nekontrolovatelných světelných zdrojů jako jsou sluneční světlo, osvětlení pracoviště, atd. Perspektivní zkreslení koriguje tzv. telecentrický objektiv, kterým se úsečka stejného rozměru promítne na čip kamery stejně dlouhá bez ohledu na to, jak je od kamery daleko. Toto zkreslení umožňuje vidět i plochy, které jsou rovnoběžné s osou objektivu. Nejčastější úlohou bývá kontrola tolerancí – rozteče děr, průměry otvorů, závity.



Obr. 6 Měření tolerancí [9]

- **Čtení textu** - čtení textů je typické pro první fázi operace, kdy je zjišťováno, zda je k operaci připraven správný díl na správném místě a k identifikaci jednotlivých dílů produkovaných v daném výrobním procesu. V poslední fázi se používá ke kontrole vytvořených identifikačních znaků, např. potisků s typem a datem expirace výrobku. Pomocí přečtení textu strojovým viděním se lze vyhnout expedici zboží s prošlou expirační dobou, či nalepení jiného štítku, než je předepsáno.



Obr. 7 Čtení textu [9]

- **Kontrola povrchu a potisku** - posuzování shodnosti a neshodnosti výrobků dle jejich vzhledu, barvy, poškrábání povrchů, vady nátěrů a jiných povrchových úprav.



Obr. 8 Kontrola povrchu a potisku [9]

- **Čtení a verifikace kódů** - kódy, ať již čárové nebo maticové, se čtou hlavně v první a druhé fázi výrobní operace, kdy je zjišťováno, zda je k operaci připraven správný díl na správném místě. V průběhu operace někdy bývá vytvořen další kód, jenž se verifikuje v poslední fázi operace. Čtení nebo verifikace kódů jsou málokdy samostatnou úlohou strojového vidění ve výrobní operaci, ale je-li tomu tak, je výhodnější svěřit ji specializované čtečce. Vykonává-li však systém strojového vidění v dané operaci více úloh, je výhodné použít ho i pro čtení kódů. V automobilovém, nebo farmaceutickém průmyslu patří k nejrozšířenějšímu způsobu značení 2D neboli maticovým kódem. Důvodem je velké množství informace,

kteřé je možné do značky s 2D kódem umístit, spolehlivost značení a redundance kódu, která zvyšuje spolehlivost čtení a dovoluje přečíst i obsah poškozené značky.



Obr. 9 Čtení a verifikace kódů [9]

- **Rozpoznání, polohování a třídění** - tato úloha může mít mnoho podob. Nejčastěji se v ní zjišťuje, je-li správný objekt na správném místě. Například před provedením operace zalisování je nutné se přesvědčit, zda jsou připraveny všechny díly ve správné poloze. Při vstupní kontrole lze rovněž využít k identifikaci deformovaných částí, otřepů po stříhání, nevyvrtaného otvoru, nebo poškozené hrany. Pro správnou montáž je potřeba kontrolovat, zda bude použitý správný díl. K identifikaci lze využít nápisu, kódu, nebo charakteristického znaku.



Obr. 10 Rozpoznání, polohování, třídění [9]

- **Identifikace barev** - barvy je třeba rozpoznávat při vstupní, nebo výstupní kontrole, případně se může jednat o jeden ze znaků při identifikaci typu materiálu. V potravinářství může barva potraviny signalizovat sníženou kvalitu produktu. Dále lze používat ke kontrole, zda byla pro tisk či nátěr správně aplikovaná barva.



Obr. 11 Identifikace barev [9]

- **Kontrola sestavení a montáže** - před montáží je nutné zkontrolovat každý smontovaný díl, jsou-li všechny jeho části na místě a ve správné poloze. Častou

úlohou může být například kontrola zalisování vodiče do konektoru, nebo kontrola osazení pojistkové skříně správnými pojistkami.



Obr. 12 Kontrola sestavení a montáže [9]

- **Počítání, kontrola úplnosti a zabalení** - nasazení systémů strojového vidění je vhodné ke kontrole výrobků v sériové výrobě, kde lidský faktor může způsobit chybu a k zákazníkovi by se dostal výrobek, který neodpovídá daným požadavkům. Tyto systémy se nasazují ke kontrole kvality a úplnosti produktů na výrobní lince v potravinářském průmyslu, například k počítání komponent, zjišťování chybějících, nebo poškozených produktů, ke kontrole hladiny v láhvi, popřípadě ke správnému nasazení zátky. Dále pak kontrola nepoškozenosti produktů a obalových materiálů. Ve farmaceutickém průmyslu se používá ke zjištění, zda je v balení správný počet správných tablet. [10]



Obr. 13 Kontrola úplnosti a zabalení [9]

1.2.2 Řídící strategie vedoucí k porozumění obrazu

Porozumění obsahu obrazu je možné jen na základě vzájemné spolupráce komplexních úloh zpracování informace. Systémy používají k tomuto účelu značně složité řídicí strategie opírající se o paralelní procesy, dynamické přiřazování vnímacích podsystémů. Stejně jako u řady ostatních problémů umělé inteligence, tak i v počítačovém vidění je úkolem dosáhnout technicky dostupnými postupy stejných funkcí.

V průběhu zpracování obrazu je informace o jeho obsahu ukládána do řady rozdílných přístupů, dle zpracování informací obsažených v původních obrazových datech. Tyto přístupy lze charakterizovat jako:

- **řízení obrazovými daty** - zpracování postupuje od rastrového obrazu k segmentovanému, k popisu a rozpoznání objektů a oblastí obrazu.
- **řízení podle vnitřního modelu** - na základě znalostí vyšší úrovně je vytvořen souhrn předpokladů a očekávaných vlastností, jejichž pravdivost je ověřována v obrazových reprezentacích různých úrovní směrem shora dolů až po původní obrazová data. [1]

1.2.3 Technické a programové prostředky zpracování obrazových dat

V rámci realizace zpracování obrazových dat lze využít následující technická řešení:

- **využití tzv. inteligentních kamer a zpracování obrazu v rámci schopnosti těchto kamer.**
- **připojení kamer k počítači a zpracování obrazových dat standardním počítačem.**

Důležitý je především požadavek na výpočetní výkon, pružnost a variabilitu programového vybavení. Inteligentní kamery samy zpracovávají obrazová data a navenek bývají vybaveny binárními výstupy umožňujícími signalizovat výsledek procesu. Většinou neumožňují volné programování, lze je pouze zkonfigurovat prostřednictvím sériové linky, nebo Ethernetového připojení. Obvykle jsou vybaveny specializovanými signálovými procesory a jednoduchými operačními systémy reálného času. Inteligentní kamery jsou vybaveny jen několika základními prostředky pro zpracování obrazu a hodí se jen pro jednoduché úlohy. Na druhé straně velké množství úloh je obvykle řešeno překvapivě prostými prostředky. Odhadnout situaci předem vyžaduje hodně znalostí a zkušeností. Jakmile je totiž nutno např. si poradit s proměnlivou scénou, reagovat na změny pozic, počtu a tvarů objektů, změny osvětlení, nebo řešit složité a výkonově náročné algoritmy, rychle narazíme na limity, které jsou pevné a nepřekonatelné. Připojení kamer ke standardnímu počítači je nutnou volbou pro složitější aplikace. Výkon moderních procesorů převyšuje i ty nejlepší kamery. Mnoho typických operací s obrazovými daty lze navíc zrychlit paralelním zpracováním na více jádrech současně. Systémy strojového vidění stále častěji nepracují odděleně od zbytku světa, ale bývá vyžadována jejich integrace do informačních systémů podniku. [11]

Ve zpracování obrazu se dá rozlišit několik úrovní. Na nejvyšší úrovni jde o proces porozumění. Předpokladem porozumění však je práce s obrazem na nejnižší úrovni. Na

základě jasu, barvy, nebo jiných jednoduchých vlastností se v obraze snažíme odlišit objekty od pozadí, omezit vliv šumu a podobně.

Reprezentace obrazu dělíme dle organizace dat do čtyř úrovní. Hranice mezi nimi však nejsou přesné a v aplikacích se často používá mnohem jemnějšího odstupňování. I když jsou reprezentace volně seřazeny od signálů nízké úrovně abstrakce k popisu vhodnému pro vnímání, nemusí být tok informace mezi jednotlivými úrovněmi jednosměrný.

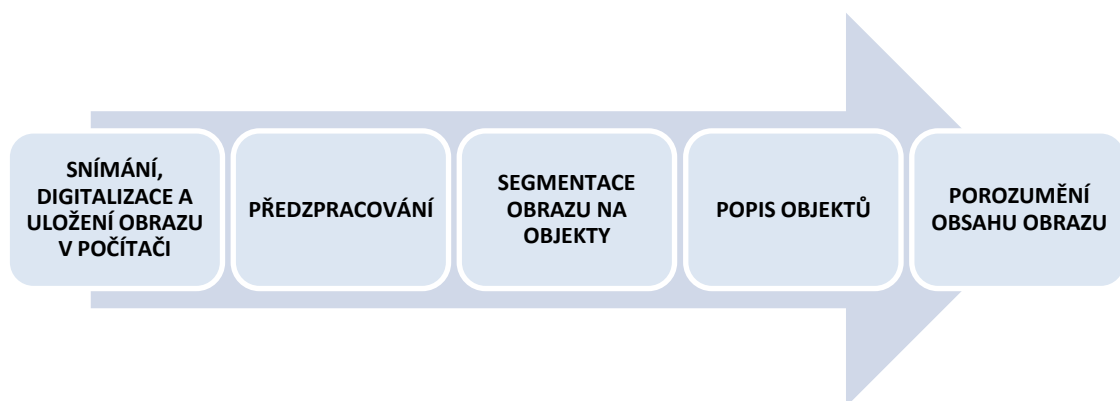
První nejnížší (ikonickou, napodobující) úrovní reprezentace jsou obrazy, které mají stále podobu původních obrazových dat tj. celočíselné matice s údaji o jasu v příslušných bodech. Tyto obrazy jsou rovněž i výstupem operací předzpracování a slouží ke zvýraznění některých rysů v obraze.

Druhou úrovní reprezentace jsou segmentované obrazy. Tyto části obrazu jsou spojeny do skupin, které patří k jednotlivým objektům. Například segmentování scény s mnohostěny vyústí buď v hranové segmenty, nebo dvojrozměrné oblasti, které odpovídají stěnám těles. S jejím využitím se daří obejít šum a potíže s částečně chybnými obrazovými daty.

Třetí úrovní jsou geometrické reprezentace, které zachycují poznatky o dvojrozměrných a třírozměrných tvarech. Kvantifikování tvaru je však stejně tak obtížné jako důležité.

Čtvrtou nejvyšší úrovní reprezentace obrazových dat jsou **relační modely**, které umožňují důmyslnější zpracování vyšší úrovně, při které obvykle využívají předběžných znalostí řešené úlohy. Informace získaná z obrazu bývá reprezentována pomocí sémantických sítí, nebo rámců. [1]

Postup zpracování a rozpoznání obrazu reálného světa se daří obvykle rozložit do posloupnosti základních kroků:



Obr. 14 Posloupnost zpracování a rozpoznání obrazu

1.2.4 Kamera a objektiv

V aplikacích systému strojového vidění lze využít dle typu a složitosti dané aplikace tři typy kamer a to buď **analogové, digitální, nebo inteligentní (SMART) kamery**. Analogové kamery se stále používají v mnoha aplikacích strojového vidění a to především v lékařství, v bezpečnostních a vojenských aplikacích. U analogových kamer je nutné obraz digitalizovat.

Analogové kamery dále dělíme:

- **s prokládaným řádkováním** (zvláště lichý a sudý řádek) - kamery s prokládaným řádkováním se používají v aplikacích strojového vidění velmi omezeně, protože při snímání objektu v pohybu mohou být svislé linie roztřepené, neboť se stejný systém registrů používá pro sudé i liché řádky a ty se tedy musí snímat v různých okamžicích.
- **progressive scan** - v jednom okamžiku dovolují ze snímače odečíst a zaznamenat komplexní snímek s plným počtem obrazových řádků.

Inteligentní kamery se v posledních letech prosazují nejvíce. Jsou vhodné pro velmi složité aplikace, jako je měření, kontrola jakosti a kontrola výrobku. Jedná se o kompletní systém strojového vidění. Charakteristická je kompaktnost a výkonný mikroprocesor. Má větší množství vstupů a výstupů a široké komunikační možnosti. Inteligentní kamery dále přináší novým uživatelům vysokou řadu předností a to především:



Obr. 15 Přednosti inteligentních kamer

Digitální kamery jsou vhodnější pro náročnější aplikace, kde rozlišení a kvalita obrazu je nejdůležitějším požadavkem. Digitální kamery pro systémy strojového vidění se skládají z těchto hlavních částí:

- **Snímač obrazu** - je matice světlocitlivých buněk, které se skládají z fotodiody a kondenzátoru. Po dobu osvětlení se v kondenzátoru akumuluje elektrický náboj úměrný osvětlení buňky a době akumulace. Způsob sběru náboje určují typ a vlastnosti snímače obrazu.
- **Obvody pro obsluhu snímače obrazu** - snímač obrazu CCD vysouvá náboj akumulovaný ve světlocitlivých buňkách pomocí soustavy analogových posuvných registrů. Výstupem je tedy analogový signál, který řídicí obvody kamery doplní informací potřebnou k synchronizaci. U kamer pro strojové vidění se dnes již nepoužívá prokládané řádkování (interlaced). Současná technologie progressive scan vysouvá náboj akumulovaný v buňkách všech obrazových řádků postupně za sebou.
- **Obvody pro vytvoření rozhraní k následujícím zařízením** - komunikační rozhraní zprostředkovává přenos obrazových dat mezi kamerou a systémem strojového vidění. Na komunikační rychlosti závisí hlavně využitelná maximální rychlost snímané kamery.
- **Pouzdro a nezbytné mechanické součásti pro připojení optické soustavy** - vybíráme podle prostředí, ve kterém má být konkrétní kamera instalována. Lze využít dvou variant a to s objektivem v ose delšího rozměru pouzdra - přímé provedení, nebo pravoúhlé provedení, kdy je osa objektivu na delší straně kolmá.
- **Softwarové vybavení** - umožňuje integrovat komunikační rozhraní do aplikačních systémů v některém z běžných programovacích jazyků. Na standardy strojového vidění je možno pohlížet jako na protokoly aplikační vrstvy referenčního komunikačního modelu **ISO/OSI**.³ Samotná kompatibilita rozhraní nezaručí, že aplikace bude s kamerou komunikovat bez problémů. Proto profesní asociace výrobců komponent strojového vidění přijaly normy určující formát datového toku při přenosu dat, formát povelů pro kameru a další předpisy umožňující výrobcům softwaru sjednotit rozhraní aplikační vrstvy. [12]

³ **ISO/OSI** – referenční model standardizace počítačových sítí. Cílem je poskytnout základnu pro vypracování norem pro účely propojování systémů.

Rozhraní a sběrnice

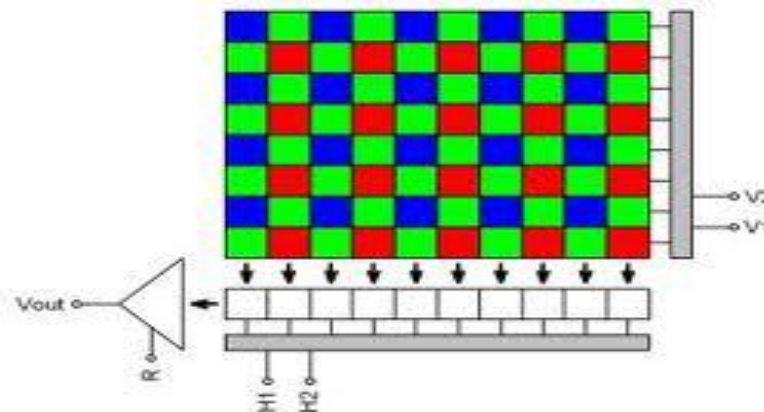
Vlastnosti komunikačního rozhraní určují, v jakém rozsahu lze přenášet data získaná kamerou. Následující tabulka uvádí přehled komunikačních rozhraní a jejich charakteristiky:

Komunikační rozhraní	Charakteristické znaky
RS232 a RS 485 (standardní sériové rozhraní)	RS 232 - sériová poloduplexní komunikace dvou zařízení (dosah 20m), RS 485 - možnost vytváření sítě (až 32 zařízení), komunikace na vzdálenost až 1200m
Koaxiální kabel (analogový signál)	používá se jako komunikační rozhraní u analogových kamer
Camera Link (digitální signál)	sériový paralelní přenos dat, komunikační rychlost 2,38Gb/s, využívá speciální kabely a konektory
IEEE 1394	známé pod komerčním pojmenováním FireWire, komunikační rozhraní 400 Mb/s, 800Mb/s
Vysokorychlostní ethernet	IEEE 802.3ab, stejný princip jako klasický ethernet, výhodou je stejné rozhraní s PC
USB	sériové rozhraní původně jako RS 232, přenosová rychlost 480Mb/s, vhodné pro menší rychlostní snímání
Bezdrátový přenos	není potřeba rozvádět kabely, ale má malý dosah

Tab. 2 Možnosti komunikace systému

Kritérií pro výběr kamery je velmi mnoho, lze zvažovat CCD, nebo CMOS detektor, velikost a rozlišení čipu, černobílý či barevný snímač.

Připojení kamery může být analogové, nebo digitální. V případě digitálního rozhraní máme na výběr z Ethernet/IP, USB, nebo Firewire. Digitální kamery mohou běžet s pevnou snímkovou frekvencí a mohou být spouštěny externě



Obr. 16 Uspořádání barevné mozaiky na CCD čipu [13]

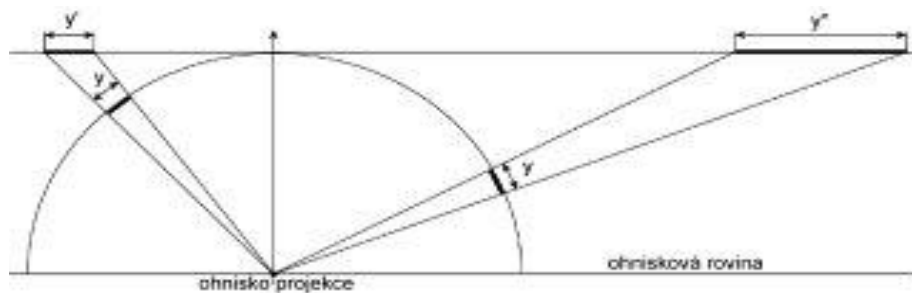
Pro účely strojového vidění musíme zvolit především potřebné bodové rozlišení. Pro účely měření v obraze nám rozlišení určuje velikost měřeného předmětu a požadavek na přenos jeho měření. Jeden obrazový bod musí teoreticky odpovídat přesnosti měření. Tato přesnost měření je snižována mimo jiné vlivem šumu v obraze.

Již ve stádiu návrhu systému strojového vidění musíme přesně vědět, jak kvalitní obraz budeme potřebovat. U složitějších aplikací je kvalita obrazu pro stabilní provoz inspekčního systému rozhodující. **Nejlepší dosažitelnou kvalitou obrazu přinášejí kamery, které poskytují syrová (tzv. RAW)⁴ obrazová data.** Obraz není těmito kamerami nijak transformován, barevně vyvažován, interpolován ani nijak komprimován.

Volba typu objektivu a jeho zorného úhlu je jedním z nejdůležitějších rozhodnutí při návrhu systému strojového vidění. Hlavní požadavkem při optickém zobrazení je, aby použitý objektiv měl dostatečnou světelnost, dával správné zvětšení a kontrastní a nezkreslený obraz s dobrou ostrostití. Běžné typy objektivů promítají obraz do plochy. To nás nutí zabývat se při návrhu vlastnostmi projektivního zobrazování třírozměrné scény do dvourozměrné plochy povrchu snímacího senzoru. I za předpokladu dokonalého objektivu s lineárním převodem úhlu na pozici a snímání rovinné dvourozměrné předlohy se musíme vyrovnat se zkreslením geometrie obrazu vlivem perspektivní chyby. Představme si obraz tmavých teček na světlém pozadí s konstantním rozestupem teček v osách x i y . Abychom dosáhli konstantního odstupů teček za předpokladu přesné perspektivní projekce i v promítnutém obraze, musí být předloha snímána z vnitřního povrchu kulové plochy. Při

⁴ **RAW** – surová/nezpracovaná data. Zachovává maximum informace získané ze snímacího prvku, soubor lze také zapsat na kartu a přenést do počítače.

rovinné předloze se tečky v promítnutém obraze budou od sebe vzdalovat v závislosti na jejich vzdálenosti od optické osy.



Obr. 17 Zkreslení geometrie rovinného obrazu [13]

U skutečných objektivů není nikdy převod mezi úhlem pozice zobrazovaného objektu od optické osy a mezi vzdáleností obrazu tohoto objektu v ploše obrazu zcela lineární. I velmi dobré objektivy mají při použití s několika megapixelovými kamerami obvykle radiální zkreslení v rozsahu jednotek až desítek pixelů. V některých aplikacích, kdy například čteme texty, kódy, nebo počítáme součástky to vadit nemusí. V aplikacích, kde jsou vyžadována přesná měření rozměrů, se kvalita objektivů stává zásadním kritériem. [8]

1.2.5 Osvětlení

Účelem osvětlení ve strojovém vidění je dosáhnout maximálního kontrastu těch částí objektu, které nás zajímají. Zároveň je třeba minimalizovat vliv změn v okolí na reprezentaci objektu jasovým obrazem na obrazovém senzoru. Obecně platí, že kontrast zájmové a rušivé části lze vytvářet dvojím základním způsobem:

- **využitím jejich rozdílné absorpce.**
- **rozdílem jejich jasu vytvořeným vhodným směrovým osvětlením.**

V obou případech začíná návrh optimální osvětlovací soustavy analýzou interakce objektivu a světla. Na základě této analýzy lze stanovit jak a čím objekt osvětlit a jak eliminovat případné rušivé vlivy.

Volba správného osvětlení vyžaduje značné zkušenosti a často i hodně experimentování. Je-li scéna tvořena lesklými, nebo reliéfně nevýraznými objekty, je návrh osvětlení pro celkový úspěch klíčový. Je třeba zvolit druh, počet a pozice osvětlovacích jednotek včetně barvy jejich světla. Často je také potřeba vyřešit odstínění nežádoucího světla z okolí pomocí zastínění a barevných filtrů v kameře. Levné osvětlení lze řešit např. pomocí zářivkových trubíc, případně i bez elektronických předřadníků, pak ale kamera musí být

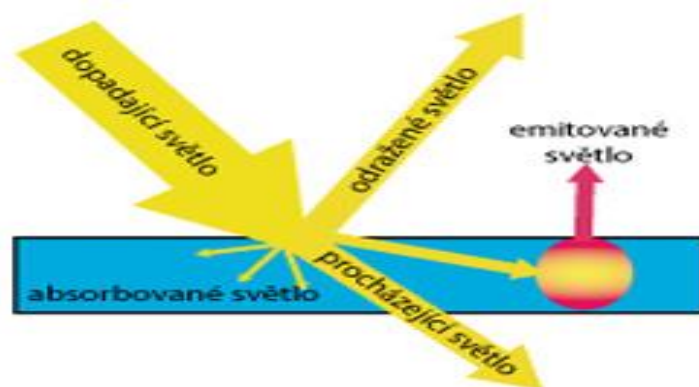
schopna dostatečně dlouhých expozičních časů. Kvalitnější a lépe parametrizovatelné osvětlení poskytují diodové osvětlovací jednotky. Pokud je třeba osvětlení během činnosti řídit např. nastavovat jas, barvy, nebo spouštět záblesky, je velkou výhodou možnost řízení osvětlovacích jednotek přímo z kamer. [8]

Vlastnosti snímaného objektu vzhledem k úloze strojového vidění

- velikost absorpce/odrazivost světla v zájmových místech objektu.
- členitost objektu vyžadující různé způsoby vytvoření, či potlačení kontrastu v obraze.
- tvar a velikost objektu pro určení velikosti a vzdálenosti osvětlovače.
- pozadí objektu, které může působit rušivě.
- možná změna polohy, nebo případný pohyb objektu.

Vlastnosti použitého světla

Ke stanovení potřebných vlastností světla je třeba analyzovat, jak se bude použité světlo chovat v interakci se snímaným objektem a jak bude následně působit na obrazový senzor kamery. Ve strojovém vidění se nejčastěji používá kombinace černobílé kamery a osvětlovače s červeným světlem. Tato kombinace je vhodná zejména z hlediska spektrální citlivosti většiny kamer. [14]



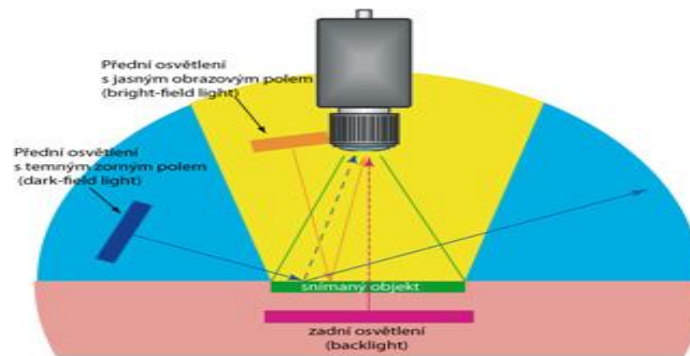
Obr. 18 Interakce světla na objekt [14]

Geometrie osvětlení

Geometrie osvětlení je dána složením světelného svazku, kde mohou být:

- **rovnoběžné** - pak se jedná o kolimované světlo s rovnoběžnými paprsky.
- **difusní** - plně rozptýlené světlo, které má paprsky rovnoměrně ložené ve všech směrech.

Složení světelného svazku reálného osvětlovače se vyskytuje mezi těmito dvěma extrémy.



Obr. 19 Geometrie osvětlení [14]

Řízení osvětlovačů

Při nepřetržitém osvětlení není potřeba osvětlovač nijak řídit. Pokud se světlo zapíná jen v okamžiku expozice, je nutné využít řídicí jednotky. Pokud by byl jediným zdrojem světla správně volený osvětlovač, bylo by snadné docílit pro každý snímek stále stejného jasového obrazu na obrazovém senzoru. V prostředí průmyslového provozu však vždy existují i jiné zdroje světla. Parametry těchto zdrojů jsou prakticky nepředvídatelné. Nejjednodušším řešením je tyto nežádoucí zdroje světla odstínit. Pokud je to technicky nemožné, lze použít osvětlovač, který je schopen vytvořit řádově vyšší osvětlení, než nežádoucí zdroje. [14]

Dílčí závěr

V první teoretické části bakalářské práce jsem obecně charakterizovala význam a principy, aplikace strojového vidění, která se uplatňuje především v systémech řízení jakosti, kdy je statická kontrola nahrazována kontrolou každého vyrobeného kusu. Popisuji zde možná úskalí, která se mohou při návrhu systému vyskytnout a to jak volbu prostorového uspořádání, typ a počet kamer, osvětlovacích jednotek a barvu osvětlení dle světelných podmínek prostředí, ve kterém bude systém aplikace realizován. Analyzuji výhody, které výrobním podnikům nasazení aplikace strojového vidění přináší a to především v oblasti snižování nákladů a zvyšování kvality. Další část textu obsahuje rozdělení jednotlivých typů kamer z hlediska zpracování obrazu, jejich výběr dle typu a složitosti dané aplikace, volbu objektivu a jeho zorného úhlu, která je při návrhu systému jedním z nejdůležitějších rozhodnutí a počet osvětlovacích jednotek k dosažení maximálního kontrastu těch částí objektu, které nás zajímají.

2 POŽADAVKY NA PRVKY SYSTÉMU STROJOVÉHO VIDĚNÍ

V této části pojednávám o ustanovení právních a technických předpisů, které upravují požadavky na jednotlivé komponenty, které musí aplikace systému strojového vidění splňovat. Aby se mohl jakýkoliv výrobek, nebo systém dostat na trh v rámci ČR, musí splňovat požadavky z hlediska kvality a bezpečnosti, které jsou stanovené zákonem. Samotný systém aplikace strojového vidění se skládá z jednotlivých komponent, které musí tyto požadavky splňovat. Patří zde kamery a kamerové systémy, osvětlovače, počítačová technika a aplikační a vizualizační systémy.

2.1 Legislativní požadavky

Základní legislativní rámec upravuje Zákon **22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky a související předpisy**. Tento zákon upravuje mimo jiné problematiku národních technických norem a stanovuje statut České technické normy. Vytváří základ k právní úpravě odpovídající článku 75 Evropské dohody, která obsahuje závazek ČR dosáhnout ve spolupráci s Evropskou unií plné shody s technickými předpisy Evropského společenství.

2.1.1 Právní předpisy

Zákon 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky a související předpisy

Tento zákon upravuje:

- způsob stanovování technických požadavků na výrobky, které by mohli ohrozit zdraví a bezpečnost osob, majetku a životního prostředí,
- práva a povinnosti osob, které uvádějí na trh, případně uvádějí do provozu výrobky, které by mohli ve zvýšené míře ohrozit oprávněný zájem,
- práva a povinnosti osob pověřených k činnostem dle tohoto zákona, které souvisí s tvorbou a uplatňováním českých technických norem,
- způsob zajištění informačních povinností souvisejících s tvorbou technických předpisů a technických norem. [15]

Dle ustanovení Zákona 22/1997Sb. o technických požadavcích na výrobky vláda vydala k jednotlivým skupinám výrobků Nařízení vlády, které musí jednotlivé výrobky splňovat, aby byli v souladu s ustanovením Zákona 22/1997Sb. Mezi Nařízení vlády, která se vztahují na jednotlivé komponenty systému strojového vidění patří:

NV 616/2006Sb. o technických požadavcích na výrobky z hlediska jejich elektromagnetické kompatibility

Stanovuje technické požadavky na výrobky z hlediska jejich elektromagnetické kompatibility.

Elektromagnetickou kompatibilitou považujeme schopnost zařízení, nebo systému fungovat uspokojivě v elektromagnetickém prostředí, ve kterém jsou umístěny, aniž by sami způsobovali nepřijatelné elektromagnetické rušení.

V souvislosti s posuzováním elektromagnetické kompatibility elektrických zařízení se dále provádí posuzování shody notifikovanou osobou dle požadavků směrnice Rady 2004/108/ES a nařízení vlády č. 616/2006 Sb, kterými se stanoví technické požadavky na elektrická zařízení nízkého napětí. [16]

Základní požadavky:

- zařízení může být uvedeno do provozu, za předpokladu, že je správně instalováno, udržováno a používáno pro účely, pro které je určeno,
- musí být provedeno posouzení shody se základními požadavky postupem stanoveným k tomuto nařízení,
- shodu osvědčí výrobce, nebo jeho zplnomocněný zástupce vydáním ES prohlášením o shodě a opatřením přístroje označením CE.

NV 17/2003Sb.o technických požadavcích na elektrická zařízení nízkého napětí

Nařízení vlády, kterým se stanoví technické požadavky na elektrická zařízení nízkého napětí. Elektrické zařízení může být uvedeno na trh pouze tehdy, splňuje-li technické požadavky na elektrická zařízení nízkého napětí a bylo-li vyrobeno v souladu se správnou technickou praxí z hlediska zásad bezpečnosti platné v Evropských společenstvích. Posouzení shody probíhá postupem vnitřní kontroly výroby a výrobce, nebo zplnomocněným zástupcem, který ji opatří označením CE a vydá ES prohlášení o shodě.

Základní požadavky na bezpečnost elektrických zařízení:

- základní technické charakteristiky, jejichž dodržování zajišťuje, aby elektrické zařízení bylo používáno bezpečně a v podmínkách, pro které bylo vyrobeno,
- elektrické zařízení a jeho díly musí být vyrobeny tak, aby byla zajištěna bezpečná a správná montáž a připojení,

- musí být zajištěna ochrana před nebezpečími, které mohou vzniknout působením vnějších vlivů na elektrické zařízení. [17]

NV 176/2008Sb.o technických požadavcích na strojní zařízení

Stanovuje technické požadavky na strojní zařízení. Toto nařízení zpracovává příslušné předpisy Evropské unie. Před uvedením strojního zařízení na trh, nebo do provozu jeho výrobce, nebo zplnomocněný zástupce zajišťuje posouzení shody.

Základní požadavky kladené na výrobce:

- zajišťuje, aby byla k dispozici technická dokumentace,
- výrobní postup musí zajišťovat shodu vyráběných elektrických zařízení s technickou dokumentací,
- musí být zajištěn obecný popis elektrického zařízení,
- vydává ES prohlášení o shodě,
- opatřuje strojní zařízení označením CE.

2.2 Technické požadavky

Aby mohly být prvky systému strojového vidění uvedeny do provozu, musí splňovat požadavky výše uvedených Nařízení vlády. Aby byly tyto požadavky splněny, musí být výrobek navržen a vyroben v souladu s relevantními EN a ČSN.

2.2.1 Technické předpisy

Technická specifikace obsažená v právním předpisu stanovuje požadované charakteristiky výrobku, jakými jsou úroveň jakosti, užité vlastnosti, bezpečnost a rozměry, včetně požadavků na jeho název, pod kterým je prodáván, označování výrobku, nebo označování štítkem, postupy posuzování shody výrobku s právními předpisy. Dále pak jiné požadavky nezbytné z důvodu ochrany oprávněného zájmu, nebo ochrany spotřebitele, které se týkají životního cyklu výrobku poté, co je uveden na trh, popřípadě do provozu. [18]

ČSN EN ISO 9001 požadavky na systém managementu kvality

V této normě jsou specifikovány:

- požadavky na systém managementu kvality, kdy organizace prokazuje, že daný produkt splňuje příslušné požadavky zákazníka,

- příslušné požadavky předpisů a kdy má v úmyslu zvyšovat požadavky zákazníka a to efektivní aplikací tohoto systému, včetně procesů pro jeho neustálé zlepšování.

ČSN 330010 norma při posuzování elektrických zařízení

Tato norma platí pro posuzování elektrických zařízení. Obsahuje definici pojmů, kde:

- elektrické zařízení je definováno jako zařízení, které ke své činnosti, nebo působení využívá účinků elektrických, nebo elektromagnetických jevů,
- posuzuje elektrická zařízení podle účelu použití,
- stanovuje přesně základní jednotnou soustavu pojmů, názvů a definic a určuje jejich rozdělení.

ČSN EN 61003-1 systém řízení průmyslových procesů

Norma stanovuje systém řízení průmyslových procesů pro přístroje s analogovými vstupy a dvou nebo vícestavovými výstupy. Vztahuje se na vyhodnocování vlastností elektrických zařízení průmyslových procesů za použití měřených hodnot spojitých signálů.

ČSN EN 61298-1 postupy pro hodnocení zařízení sloužící pro měření a řízení průmyslových procesů

Norma stanovuje:

- obecné postupy a metody pro hodnocení vlastností zařízení sloužící pro měření a řízení průmyslových procesů,
- metody a postupy stanovené touto normou jsou použitelné pro jakýkoli druh zkoušky nebo jakýkoli typ zařízení pro měření a řízení procesů,
- tyto zkoušky jsou použitelné na všechna zařízení, charakterizovaná jejich vlastními konkrétními vstupními proměnnými a konkrétním vzájemným vztahem mezi vstupy a výstupy a platí pro analogová i číslicová zařízení.

ČSN EN 50325-1 norma pro rozhraní řídicí jednotka - zařízení

Tato evropská norma platí pro rozhraní řídicí jednotka - zařízení, která poskytuje:

- definovaná rozhraní mezi spínacími systémy, mezi řídicími systémy a zařízeními s řídicími obvody,
- stanovuje požadavky na řídicí jednotky a zařízení, která tato rozhraní používají a to nejen specifikaci komunikačního protokolu, ale také příslušné elektrické a mechanické charakteristiky,

- stanovuje elektrické zkoušky a zkoušky EMC potřebné pro ověření vlastností každého rozhraní. [19]

Pro úspěšnou realizaci systému strojového vidění potřebujeme nejen kvalitní kamery a programové vybavení, ale nejdůležitější je zvolit správné technické prostředky a strukturu aplikačního systému. Všechna tato rozhodnutí mají zásadní vliv na přesnost vyvíjené aplikace.

K popisu níže popsaných požadavků na jednotlivé komponenty systému strojového vidění jsem zvolila konkrétní typy kamer a osvětlovacích jednotek, které budu aplikovat v praktické části práce.

2.3 Požadavky na průmyslové kamery DataCam

Tyto kamery se uplatňují všude tam, kde je požadována co nejlepší kvalita obrazu. Jsou vhodné pro aplikace, které vyžadují stabilní, přesný a nezašuměný obraz. Kamery DataCam **přenášejí RAW data přímo do počítače po rychlé sběrnici USB 2.0.** Zde mohou být tato data zpracována systémem strojového vidění. Naprostá většina běžných digitálních CCD kamer obsahuje podobný integrovaný kamerový řadič, který digitalizuje data z CCD čipu, vyvažuje barevnost a ztrátově komprimuje data. Kvalita těchto operací je vzhledem ke kompromisně omezeným vlastnostem integrovaného obrazového procesoru vždy viditelně limitována a výsledný obraz je tak zatížen četnými nežádoucími artefakty. Pro účely hlídání areálu a dozoru bývá tato kvalita dostatečná, ale v oblasti strojového vidění a inspekčních systémů je kvalita obrazu určující pro výslednou přesnost obrazu.

Principem kamer DataCam je poskytování čistých **RAW dat s 16 bitovou nebo 8 bitovou dynamikou jasu každého pixelu. Obraz není v kameře nijak transformován, barevně vyvažován, interpolován ani komprimován.** Pro měřicí aplikace to přináší bezkonkurenční přesnost obraz, pro některé dohledové aplikace však může být na překážku vysoký datový tok mezi kamerou a počítačem a omezená délka USB konektoru. [8]

2.3.1 Vlastnosti kamer

Digitální kamery DataCam **přinášejí snadnou integraci obrazových dat do aplikačních systémů a vysoký výkon při zpracování obrazu.** Důležitým parametrem kamer je frekvence snímků, která udává, kolik snímků za sekundu je schopna kamera poskytnout. Každá z těchto kamer dokáže přímo ovládat až čtyři osvětlovací jednotky DataLight, které jsou k dispozici v podobě kruhových, plošných, zábleskových, nebo prosvětlovacích

osvětlovačů. U těchto osvětlovacích jednotek lze v závislosti na požadavky dané aplikace volit barvu a vyzařovací úhel diod a případně i přítomnost a druh difuzoru. [8]

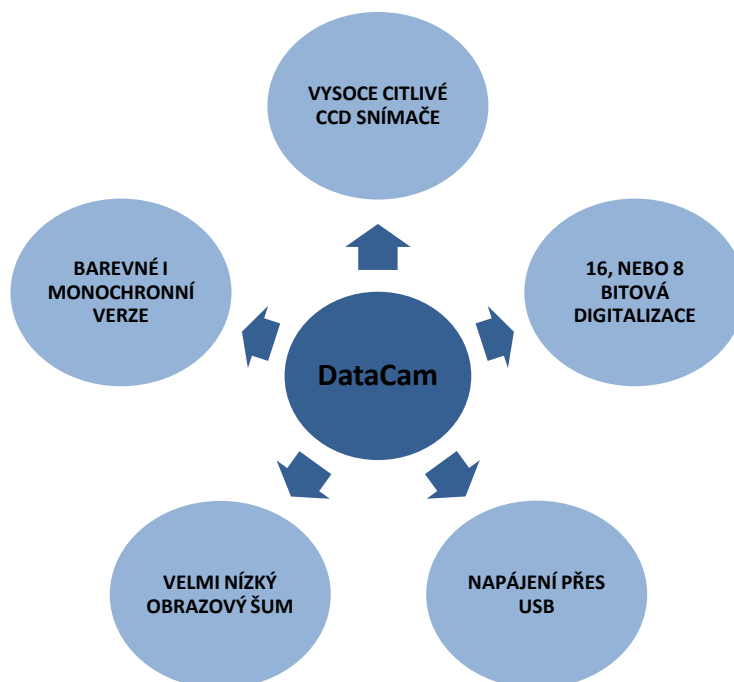
Mezi další výhody, které poskytují kamery DataCam patří:

- plug and play instalaci ovladačů,
- velká citlivost CCD senzoru,
- vysoce kvalitní obraz bez kompresních ztrát,
- kvalitní zpracování RAW dat.

2.3.2 Typové řady dle digitalizace obrazu

- **Kamery s 16 bitovou digitalizací obrazu a nižší snímkovou frekvencí** - vyznačují se velmi vysokou dynamikou a kvalitou obrazu. Jsou vhodné pro aplikace s nízkou úrovní osvětlení a s vysokými požadavky na přesnost a reprodukovatelnost měření.
- **Kamery s 8 bitovou digitalizací obrazu a vyšší snímkovou frekvencí** - převod signálu z CCD snímače se vyznačuje velkou rychlostí přenosu obrazových dat do počítače. [8]

2.3.3 Hlavní znaky CCD kamer DataCam



Obr. 20 Charakteristické znaky kamer DataCam

Každá kamera má kromě USB konektoru vyveden také konektor RJ - 45, který slouží k externímu spouštění expozice a pro připojení osvětlovacích jednotek DataLight. Osvětlovače mají vždy dvojici stejně zapojených konektorů a dají se vzájemně propojovat do série.



Obr. 21 Barevná CCD kamera DataCam [20]

2.4 Objektivy pro kamery DataCam

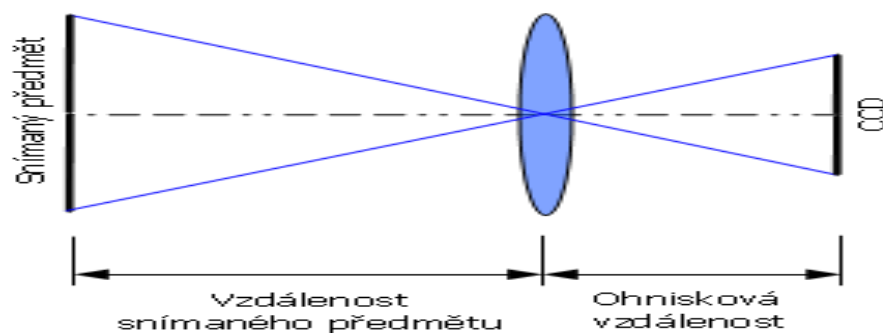
2.4.1 Volba objektivu

Volba objektivu je nejdůležitějším a klíčovým rozhodnutím při návrhu systému. Kamery DataCam jsou volitelně opatřeny z pohledu uchycení závitem **C** nebo **CS**.⁵ Obě varianty mají průměr jeden palec a stoupání 32 závitů na palec. Liší se vzdáleností mezi čelem závitu a detektorem. Standard C definuje vzdálenost na 17,5 mm, u standardu CS je tato vzdálenost zkrácena na 12,5 mm. V technické specifikaci každého objektivu je označení C nebo CS definováno, pro jaký standard je daný objektiv určen. **Při výběru vhodného objektivu vycházíme ze vzdálenosti a velikosti snímaného objektu a určíme potřebnou ohniskovou vzdálenost.** [8]

⁵ C/CS závit – uchycení objektivu. Oba typy používají stejný závit 1“, ale liší se předepsanou vzdáleností roviny zadní čočky objektivu od optického snímače kamery.

2.4.2 Objektivy s pevným ohniskem

Tyto objektivy jsou **nejjednodušší a zároveň nejpoužívanější** v oblastech strojového vidění. Objektiv s pevným ohniskem neumožňuje nastavit zoom, protože má pevně danou ohniskovou vzdálenost. Výhodou těchto objektivů je jejich bezkonkurenční obrazová kvalita a velmi dobrá světelnost. Nevýhodou těchto pevných objektivů je jejich malá univerzálnost.



Obr. 22 *Objektiv volíme dle výpočtu ohniskové vzdálenosti na snímaný předmět [21]*

Úlohy v aplikacích strojového vidění zpravidla vyžadují naprosto přesné zobrazení snímaného objektu pro účely následného zpracování, mnohem přesnější, než u běžné digitální fotografie. S tím, jak se zvyšuje hustota pixelů na jednotku plochy, jsou kladeny stále vyšší nároky i na optiku, která má za úkol přesně vykreslit obraz na plochu čipu. Výběru kvalitního objektivu by tedy měla být věnována minimálně stejná pozornost, jako výběru kamery. A to zejména v úlohách přesného měření rozměrů, zobrazování drobných detailů, kontrole potisků apod.

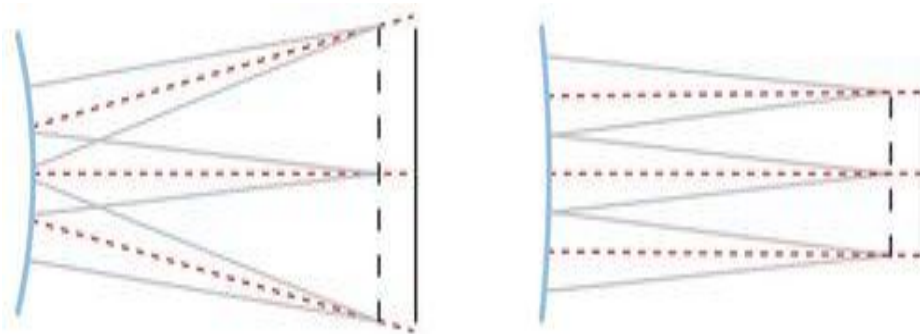
2.4.3 Telecentrické objektivy

Telecentrické objektivy se používají v aplikacích strojového vidění, kde je potřeba přesného měření rozměrů a tvarů snímaných předmětů. Jejich **základní vlastností je schopnost zobrazovat předměty s konstantním zvětšením nezávisle na vzdálenosti od objektivu**. Hlavní paprsky přicházejí do objektivu v ideálním případě rovnoběžně s osou, čímž dochází k eliminaci perspektivy a zvýšení přesnosti měření.

Princip telecentrického objektivu

Zatímco do klasického objektivu přicházejí paprsky ze všech stran pod různými úhly, telecentrický objektiv snímá pouze paprsky přicházející rovnoběžně s osou objektivu.

Typickou vlastností klasických objektivů je, že při oddalování objektu od objektivu se zmenšuje jeho obraz. Jedná se o jev, který je přirozený jak pro lidské oko, tak pro běžné objektivy např. digitálních objektivů. Tento jev však může silně ovlivnit přesnost, s jakou měříme rozměry snímaného předmětu zvláště v případech, kdy není možné zajistit přesné umístění předmětu před kamerou. Výhodou telecentrických objektivů je v těchto případech konstantní zvětšení nezávislé na vzdálenosti od objektivu. Rozsah vzdáleností, ve kterém má obraz konstantní zvětšení, se nazývá telocentrická hloubka, někdy také hloubka ostrosti, podobně jako u klasických objektivů. U většiny objektivů je tento rozsah pevně nastaven a je uváděn jako pevná pracovní vzdálenost s tolerancí. Dalšími výhodami jsou větší hloubka ostrosti a znatelně menší zkreslení. [22]



Obr. 23 Srovnání klasického telecentrického objektivu (vlevo) a bi-telecentrického objektivu (vpravo) na straně senzoru [23]

2.5 Požadavky na osvětlovací jednotky DataLight

Některé úlohy strojového vidění mohou být velmi náročné na kvalitu osvětlení. Zvláště při použití kamer, které dokáží při slabém osvětlení dostatečně prodloužit expoziční dobu bez podstatného nárůstu šumu v obraze, si můžeme vystačit i s běžným osvětlením místnosti. V praxi však převažují aplikace, kde jsou správné parametry osvětlení rozhodujícím faktorem pro viditelnost sledovaných objektů.

2.5.1 Charakteristika jednotek DataLight

K přednostem těchto osvětlovačů patří:

- přímé řízení prostřednictvím kamer,
- k jedné kameře lze připojit až čtyři osvětlovací jednotky. U trvale svítících jednotek může kamera osvětlovač zapínat a vypínat a nastavovat intenzitu svitu. U zábleskových jednotek spouští záblesky během doby expozice snímku,

- pomocí řízení jasu lze vyrovnávat osvětlení různě vzdálených povrchů, nebo zvýrazňovat jednotlivé objekty ve scéně,
- osvětlovací jednotky jsou vybaveny difuzorem volitelného typu, rovněž lze volit barvu světla, kterou je možné účinně řešit potlačení nežádoucího osvětlení z okolí,
- lze volit možnosti úzkého, středně širokého a širokého vyzařovacího úhlu,
- jednotky mohou být určeny pro trvalý svit, nebo mohou generovat záblesky řízené expozicí kamery. [3]

2.5.2 Typové řady jednotek DataLight

- **kruhové souosé osvětlovače** se svítícím mezikružím.
- **plošné osvětlovače s obdélníkovou maticí diod** a svítící plochou 60x40 mm.
- **velkoplošné osvětlovače s obdélníkovou maticí diod** a svítící plochou 130x200 mm, nebo 200x260 mm.
- **prosvětlovací panely pro zadní osvětlení.** U těchto jednotek lze volit pouze barvu světla, protože osvětlovací jednotky jsou vybaveny takovými difuzory, které zajišťují rovnoměrné rozložení jasu na svém povrchu.
- **kompaktní osvětlovací jednotka pro osvětlení v temném poli** s volitelnou barvou světla.

Zábleskové reflektory DataLight

Tyto osvětlovací jednotky řeší zábleskové osvětlení synchronizované se snímky kamery v úlohách vizuální inspekce a strojového vidění. **Lze jej využít na pohybuující se předměty, nebo ke značnému potlačení vlivu nežádoucího osvětlení.**

V případě barevného světla osvětlovače lze kameru vybavit filtrem stejné barvy pro potlačení nepříznivého vlivu okolního rušivého světla. **K jedné kameře lze připojit až čtyři osvětlovací jednotky.**

Kamera může přímo spouštět jednotlivé záblesky a nastavovat jejich délku případně intenzitu svitu. Jedná se o všestranný osvětlovač pro řešení úloh v oblasti vizuální inspekce a strojového vidění.



Obr. 24 Záblesková osvětlovací jednotka [3]

Prosvětlovací panely DataLight

Tyto osvětlovače jsou nejčastěji používány pro jednoznačné oddělení neprůhledných objektů od pozadí, případně jako velkoplošný zdroj světla tam, kde je nutné objekty osvětlit částečně směrově a vysoce rovnoměrně. Jejich aktivní plocha je 200x138 mm. Lze volit barvu světla, vyzařovací úhel a typ difuzoru.



Obr. 25 Prosvětlovací panel s bílým světlem [3]

Osvětlovače v temném poli

Tento typ osvětlovače je vhodný pro aplikace, kde je nutné zobrazování hran a okrajů objektů i jemných textur na plochách objektů. Má minimální rozptyl světla kolem zvolené roviny. Pomocí řízení jasu a několika osvětlovacích jednotek lze například automaticky sekvenčně kombinovat několik způsobů osvětlení jedné scény. [3]



Obr. 26 Osvětlovač DataLight s červeným světlem [3]

2.6 Systém Control Web

Programový systém Control Web je jednotné programové prostředí pro vývoj a provozování aplikačních programů v oblastech automatizačních a informačních systémů. Jednotné prostředí poskytuje tvůrcům aplikačních programů komponenty a služby včetně grafického vývojového prostředí pro rychlé řešení veškerých požadavků kladených na současné moderní automatizační systémy. Vnitřní architekturou a principy činnosti se Control Web odlišuje od běžných systémů **SCADA**.⁶ Ty se utvářely v době, kdy byl počítač využíván k pouhé vizualizaci technologických dat pro operátorské řízení. Celý tento soubor byl obvykle pevně naprogramován a bylo možné jej modifikovat prostřednictvím konfiguračních dat pouze do jisté míry.

Systém Control Web velmi zjednodušuje vývoj aplikačních programů. Stále častěji vznikají v tomto prostředí velmi rozsáhlé a složité strukturované aplikace. Prostřednictvím okna pro ladění můžeme sledovat veškeré mechanismy, aktivitu virtuálních přístrojů, můžeme aplikaci pozastavit a opětovně spustit. Nástroje pro ladění přinášejí možnost proniknout do mechanismu fungování aplikačních programů.

⁶ **SCADA** je zkratka pro "supervisory control and data acquisition", tedy "dispečerské řízení a sběr dat".



Obr. 27 Control Web a jeho jednotlivé komponenty

2.6.1 Tvorba aplikačních programů

Tvorba aplikačních programů byla maximálně zjednodušena díky grafickému editoru, ve kterém lze pomocí myši vybírat jednotlivé komponenty z nabídkových palet a skládat je do struktur vzhledů a algoritmů. Rozsah, soubor funkcí a vlastnosti aplikace nejsou systémem nějak předem určeny, ani omezeny. Aplikační program si může každý vybudovat dle svých požadavků výběrem jednotlivých komponent a určením vazby mezi nimi.

2.6.2 Aplikační knihovny

V aplikačních programech, které řeší podobnou problematiku se často opakují velmi podobné části. Pokud dokážeme udělat některou část programu natolik abstraktně, že bude opakovatelně použitelná, ušetříme si s tím spoustu práce. To je hlavní myšlenka aplikačních knihoven - jednou vyřešíme samostatnou část programu, vyřešíme rozhraní této části a poté celek pomocí průvodce vygenerujeme do podoby binárního souboru. Pak již lze tuto knihovnu opakovaně používat v dalších aplikacích. Množství virtuálních přístrojů a datových elementů není v knihovně nijak omezeno. Při vložení do další aplikace se knihovna chová jako jeden kompaktní celek.

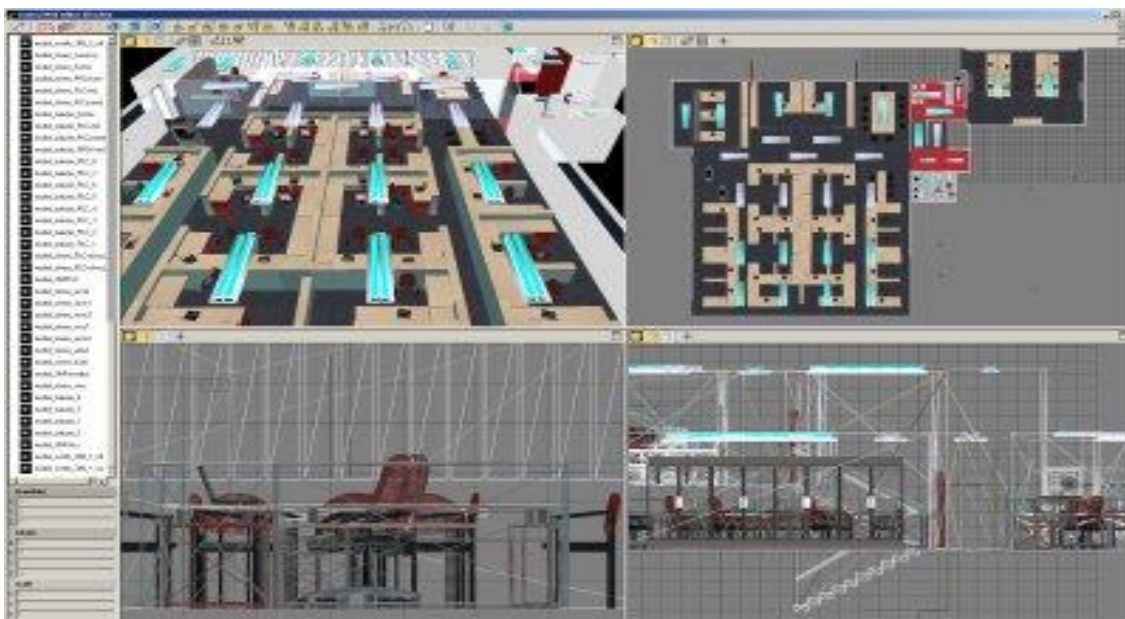
Rozhraní knihovny je tvořeno vstupními a výstupními sekcemi, které realizují mapování datových elementů mezi aplikacemi a knihovnou.

2.6.3 Úlohy strojového vidění

Komponenty pro řešení úloh strojového vidění a vizuální inspekce jsou k systému připojovány dynamicky dodávány v podobě samostatných knihoven. Obdobně jako je tomu u ovladačů vstupně-výstupních zařízení, mají i komponenty pro strojové vidění otevřené a zdokumentované rozhraní. Control Web dokáže vystupovat v mnoha úlohách. Může pracovat v řídicích jednotkách strojů, může spojovat výrobní technologii s informačním systémem podniku, může modelovat a simulovat procesy, nebo řešit strojové vidění a vizuální inspekci.

2.6.4 Grafika a virtuální realita

Control Web přinesl do automatizace schopnost zobrazovat virtuální realitu prostřednictvím 3D vykreslovacího systému. Tento systém je postaven na principu klient-server. Vykreslovací server běží ve vlastním vlákně a je schopen v reálném čase vykreslovat i velmi složité scény s mnoha efekty. Ze schopnosti využívat výkon grafického procesoru plyne spousta výhod i pro práci s digitálním obrazem získaným z připojených kamer. Programovatelný grafický procesor umožňuje provádět s obrazovými daty v reálném čase takové operace, které jsou jinými prostředky nerealizovatelné. V mnoha případech hraje Control Web roli spojovacího článku, prostřednictvím kterého je do jednotného integrovaného celku propojeno mnoho původně nespolupracujících zařízení a množství samostatného programového vybavení. [24]



Obr. 28 Editor 3D scény ve vývojovém prostředí systému Control Web [25]

2.7 Systém strojového vidění VisionLab

Programový systém pro tvorbu aplikací strojového vidění VisionLab nedokáže pracovat zcela samostatně, ale pouze jako součást aplikace obecnějšího systému pro tvorbu průmyslových aplikací reálného času Control Web, ve kterém jsou zahrnuty virtuální přístroje pro snímání obrazů z kamer. Interakce VisionLab se systémem Control Web je používána ve vývoji aplikací, pro vizualizaci technologických procesů a řízení v reálném čase. **VisionLab je prostředí, které aplikaci dodá schopnost obraz analyzovat a skutečně mu porozumět.** Množství a druhy získávaných informací pak závisí na cílové aplikaci.

2.7.1 Analýza obrazu v prostředí VisionLab

Analýzou obrazu je myšleno zjištění globálních vlastností obrazu, který poskytuje kamera a který je obvykle na vstupu řetězce kroků systému strojového vidění. Mezi základní nástroje analýzy obrazu patří histogram, monitor šumu, jasový profil linky a filtrace barev.

Histogram popisuje rozčlenění jasových úrovní v digitálním obraze - je nejdůležitější globální informací o obraze. Histogram je vektorem (polem dat) s počtem složek rovným maximálnímu počtu jasových úrovní, kde hodnota každé složky nese informaci o počtu bodů daného jasu v obraze. Rozdělení jasů může identifikovat přeexpozici, podexpozici, saturaci barev, nebo nedostatek dynamiky a kontrastu ve snímku.

Šum a střední jas - lze zde získat několik statických hodnot, které charakterizují vlastnosti rozdělení jasů ve vybrané oblasti obrazu. Takovými hodnotami mohou být minimální, maximální a průměrný jas, směrodatná odchylka jasu, nebo poměrná hodnota šumu v decibelech.

Jasový profil linky zobrazuje intenzitu jasu podél zvolené linky. Profil je důležitou informací pro nastavování prahových úrovní při potřebě rozlišení objektu od okolí. Rozhodovací práh můžeme umístit do bezpečné úrovně nad šum pozadí. V okolí obrysů objektů pak můžeme na strmosti přechodu mezi objektem a pozadím kontrolovat zaostření obrazu.

Měření a filtrace barev - barva může být významnou informací pro porozumění obrazu a často se používá pro hledání oblastí zájmu. Pomocí filtru barev můžeme hodnotit barevnost jednotlivých oblastí obrazu. Filtr může propouštět ve zvolené toleranci jen pixely s

předepsanou barvou. Lze tak nastavit řadu globálních parametrů snímání, jako je expoziční doba a vyvážení bílé, abychom při pozdějším zpracování hledané objekty bezpečně našli.

2.7.2 Datové objekty systému VisionLab

Systém VisionLab definuje v rámci každého kamerového virtuálního přístroje samostatnou množinu datových objektů. Tato množina nemá žádný průnik s datovými elementy aplikace systému Control Web. Mezi datovými elementy systému Control Web a datovými objekty v každé instanci kamerového virtuálního přístroje definuje systém VisionLab jednoznačná rozhraní. Datové objekty mohou být různých typů z množiny definované systémem VisionLab. Datové typy zahrnují jednoduché typy pro práci s čísly, logickými hodnotami a řetězci. Specifickým datovým typem je typ **frame**,⁷ reprezentující obraz (matici obrazových bodů - pixelů). V rámci systému VisionLab jsou vždy předdefinovány dva datové objekty typu frame. Tyto objekty lze bezprostředně používat jako vstupní obrazy kroků, aniž by bylo nutné je dopředu definovat.

2.7.3 Etapy zpracování obrazu

Aplikace pro analýzu obrazu je složena z posloupnosti kroků pracujících s datovými objekty. Každý krok má definovaný seznam vstupních a výstupních datových objektů. Jedna aplikace může pracovat s více kamerami a každý kamerový přístroj může mít svou aplikaci pro zpracování obrazu. Každá analýza obrazu je zapsána v kontextu některého kamerového virtuálního přístroje systému Control Web. Etapy zpracování obrazu tvoří jádro systému VisionLab.

VisionLab přináší aplikacím:

- snadnou integraci digitálních obrazů a vizuální inspekce do aplikací v průmyslové automatizaci,
- velký výběr výkonných a technicky vyspělých kroků pro práci s obrazem,
- přenos obrazových dat v počítačových sítích,
- archivaci obrazových dat v podobě snímků i videosouborů,

⁷ **frame** - matice obrazových bodů. Obraz může být barevný, nebo monochromní, může mít libovolnou velikost (v rámci limitu paměti počítače a zdrojů operačního systému).

- snadnou integraci aplikací strojového vidění a vizuální inspekce do větších informačních a řídicích systémů.

Při tvorbě aplikace je k dispozici velký výběr samostatných kroků, které můžeme snadno zařazovat do řetězce zpracování a vyhodnocování obrazu z kamery. Algoritmy uvnitř kroků zpracování obrazu vždy maximálně využívají možností počítače, na kterém běží. U vícejádrových centrálních procesorů je výpočet rozdělen paralelně na všechna jádra. V systému jsou k dispozici i kroky, které dokážou využívat paralelního výkonu současných programovatelných grafických procesorů.

Zpracování obrazu pak může probíhat současně i v několika stovkách paralelních větví. Rozhraní pro kroky je otevřené a algoritmy zpracování obrazu tak lze neomezeně doplňovat. Vstupní data pro řetězec zpracování obrazu mohou být naplněna aplikačním programem v prostředí systému Control Web a výstupní data jsou po proběhnutí řetězce v tomto prostředí opět k dispozici. Tím je velmi usnadněna integrace úloh strojového vidění a vizuální inspekce do vyšších propojených celků. [26]

2.7.4 Požadavky na vizualizaci technologických procesů

Vizualizace, neboli **zviditelnění** technologického procesu je vyšší formou jeho řízení, kdy člověk má možnost nejen do řízeného děje zasahovat, nýbrž průběh děje poznávat z hlediska zákonitostí a vlastností, celý děj popsat a vytvářet předpisy pro dosažení požadovaného výsledku a postupně tak vytvářet vyšší formu řízení s cílem zvyšovat kvalitu práce.

Mezi důležité vlastnosti vizualizačního programového vybavení řadíme především:

- grafické znázornění řízeného technologického děje,
- popis řízeného děje formou receptur a archivace,
- archivace vybraných parametrů řízeného děje,
- sledování a archivace zvláštních a chybových stavů,
- vytváření protokolu o průběhu řízeného děje,
- možnost zpětného vyvolání průběhu děje z archivu a zpracování vybraných parametrů. [27]

Dílčí závěr

Ve druhé části bakalářské práce pojednávám o ustanovení právních a technických předpisů, které upravují požadavky na jednotlivé komponenty, jenž musí aplikace systému strojového vidění splňovat, aby mohly být uvedeny na trh. Jednotlivé prvky systému strojového vidění musí splňovat požadavky zákona a nařízení vlády týkající se problematiky posuzování shody, včetně technických požadavků na elektromagnetickou kompatibilitu, elektrickou bezpečnost, technické požadavky na strojní zařízení a elektrická zařízení nízkého napětí. V další části pak popisuji požadavky na průmyslové kamery DataCam, a to především snadnou integraci obrazových dat do aplikačních systémů, vysoký výkon při zpracování obrazu a jejich snadnou integraci s osvětlovacími jednotkami DataLight, které lze volit do konkrétních aplikací na základě světelných podmínek a požadavků na osvětlení dle prostředí, ve kterém bude aplikace realizována. Dále pak programové prostředí používané pro vývoj a aplikaci programů v oblasti automatizace Control Web a programový systém VisionLab, který pracuje jako součást aplikace obecnějšího systému.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

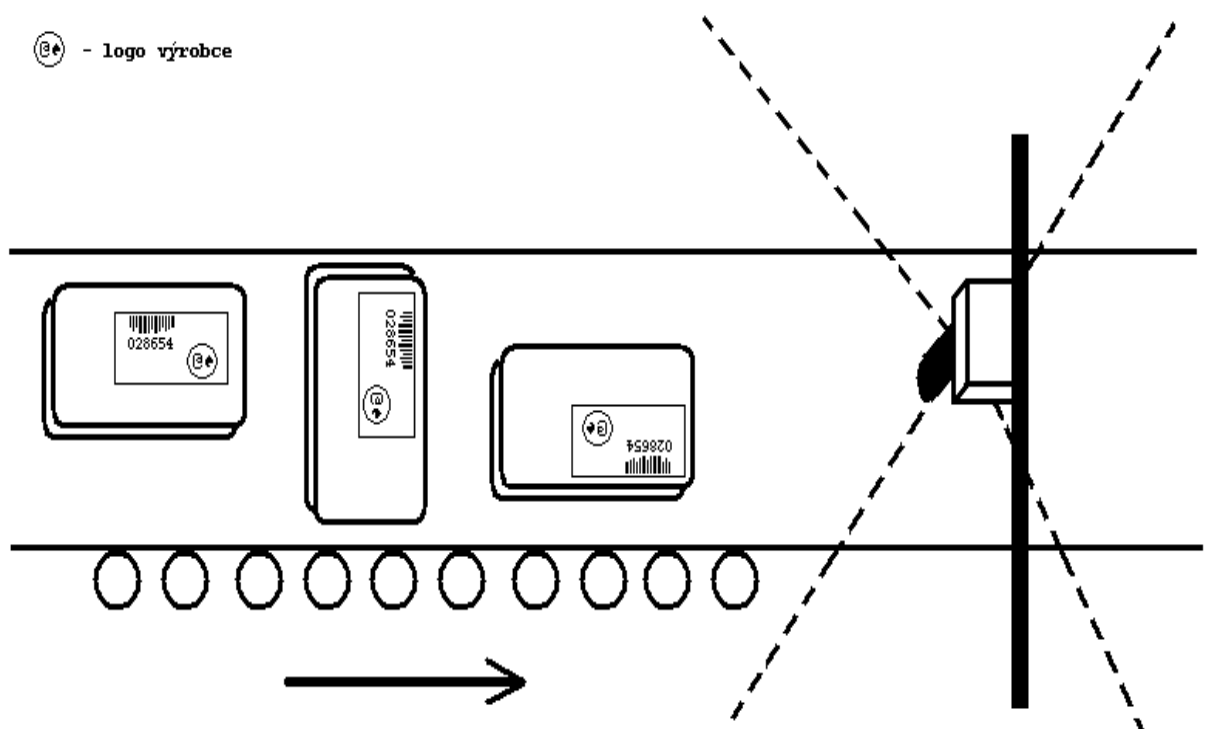
3 MODELOVÝ PŘÍKLAD NÁVRHU SYSTÉMU

Ke zpracování modelového příkladu jsem zvolila návrh aplikace čtení čárového kódu a jeho následná evidence v databázi.

Tento návrh jsem vypracovala sama na základě dostupných komponentů.

Čárový kód je umístěn v definovaném místě na štítku s logem výrobce kdekoli na výrobku. Předpokládáme, že výrobky jedou po výrobní lince. V jednom místě linky je umístěno osvětlovadlo s kamerou. Ta přenáší data do počítače s řídicí aplikací. Kamera snímá projíždějící výrobky a algoritmus v aplikaci detekuje na štítku logo výrobce. Podle toho nastaví souřadnicový systém a připraví podmínky pro přečtení čárového kódu, který se následně uloží do databáze.

Volba osvětlení, kamery, objektivu vyplyne z konkrétního zadání (rozměry výrobní linky, umístění osvětlení, umístění kamery).



Obr. 29 Náskres aplikace snímání čárového kódu

3.1 Volba programového systému

Aplikace pro čtení čárového kódu a jeho archivaci v databázi je napsána v programu Control Web 6.1 za použití programové komponenty VisionLab. Cílem aplikace je snímat čárové kódy výrobků a evidovat je v databázi.

Funkčnost systému Control Web je velmi rozsáhlá a zahrnuje také rozhraní pro komunikaci s velkým množstvím vstupně/výstupních jednotek, průmyslových automatů a komunikačních karet. Díky podpoře standardních protokolů (např. OPC) a de-facto standardů (např. Modbus) dokáže Control Web komunikovat i se zařízeními, pro které nativní ovladač není k dispozici.

Konfigurace systému je postavena následovně:

Nad výrobní linkou, ve vzdálenosti cca 1m, je umístěna kamera, snímající jednotlivé kusy výrobku. Scéna je nasvícena osvětlovačem s difúzním světlem. To je umístěno tak, aby eliminovalo případné odlesky na ploše čteného výrobku. I když tento typ úlohy není náchylný na okolní rušení, prostor snímáný kamerou je přesto zakryt, aby se zamezilo případným parazitním vlivům okolního osvětlení.

Vzhledem ke vzdálenosti od snímaného objektu a jeho velikosti, byl vybrán objektiv s ohniskovou vzdáleností 35 mm.

3.2 Typ a parametry kamery

Pro úspěšnou realizaci aplikace čtení čárového kódu jsem vybrala kameru **DataCam 2008**, která přenáší data v maximální dosažitelné kvalitě přímo do počítače po rychlé sběrnici USB 2.0.

Data jsou následně zpracována výkonným obrazovým procesorem grafického adaptéru bez jakýchkoliv kompromisů mezi kvalitou a datovým tokem.

DataCam DC-2008	
CCD snímač: ICX274AL	Rozlišení: 1600x1200 pixelů
Velikost čipu: 1/2“	Plocha čipu: 7,2 x 5,4 mm
A/D převodník: 8 bitů	FPS: 7.5
Expozice: 0,125ms – 8,192 s	Rozhraní: USB2.0 HighSpeed
Rozměry: 76 x 86 x 32,4 mm (Š x V x H)	Hmotnost: 180g
Napájení: USB rozhraní	Spotřeba: 275 mA

Tab. 3 Technické parametry kamery DataCam

3.3 Typ a parametry osvětlovače

Vhodnou volbou pro danou aplikaci je plošná osvětlovací jednotka **DataLight LT - 80**, jehož velká svítící plocha umožňuje rovnoměrně směrově osvětlit objekty.

Tento trvale svítící osvětlovač může pracovat i bez kamery, rozsvítí se po připojení napájecího napětí. Vyznačuje se nízkým příkonem a dlouhodobou stabilitou parametrů. Pomocí řízení jasu lze vyrovnat osvětlení různě vzdálených povrchů, nebo zvýrazňovat jednotlivé objekty ve scéně.

Plochý reflektor DataLight LT-80	
Velikost svítící plochy: 200 x 130 mm	Délka: 220 mm
Šířka: 165 mm	Výška: 50 mm
Hmotnost: 900 g	Napájení: 12VDC
Příkon: cca 4W	Spínaný zdroj 230VAC/12VDC

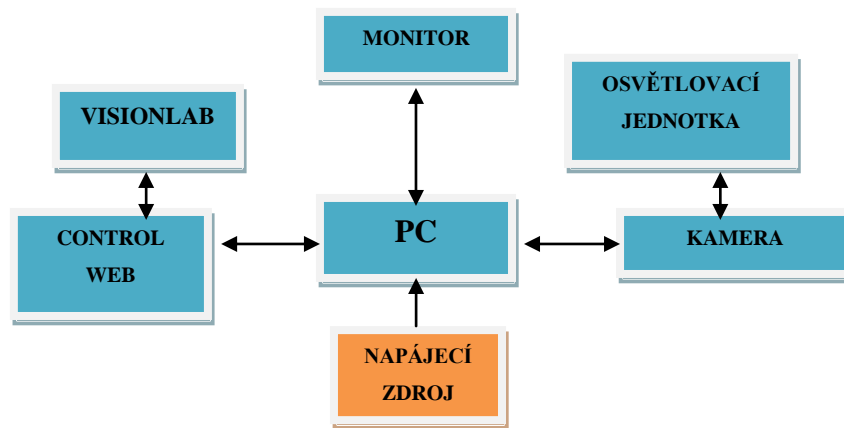
Tab. 4 Technické parametry osvětlovače

3.4 Typ a parametry objektivu

Objektiv **Tamron 35HB** jsem zvolila, protože je vhodný ke kamerám s vysokým rozlišením. Tento objektiv má díky své konstrukci lepší světelnost, ostrost a celkově vyšší obrazovou kvalitu.

Tamron 35HB 35mm	
Ohnisková vzdálenost 35 mm	Světelnost F2.1-F22
Ostření manuální	Irisová clona manuální
Zorné pole pro čip 2/3" 14°18'×10°48'	Zorné pole pro čip 1/2" 10°24'×7°48'
Zorné pole pro čip 1/3" 7°48'×5°54'	Zaostření 0,3m až nekonečno
Typ objektivu C - mount	Hmotnost 44 g

Tab. 5 Technické parametry objektivu



Obr. 30 Blokové schéma komponent použitých v modelovém příkladu

3.5 Etapy aplikačního procesu

Kamera v pravidelných intervalech snímá scénu. Obraz nasnímaný kamerou je poté předán programové komponentě VisionLab, kde je zpracován v několika krocích tak, abychom se dopracovali k požadované informaci - čárovému kódu.

Celý proces detekce kódu se děje ve třech programových krocích:

- *pattern_match_monochrome*
- *set_coordinate_system*
- *barcode_EAN13*

Postup je následující: krok *pattern_match_monochrome* detekuje logo výrobce, které je vždy v definované vzdálenosti od čárového kódu. Krok vrací i souřadnicový systém s počátkem v levém dolním rohu detekovaného obrazce.

Souřadnicový systém nastavíme pomocí kroku *set_coordinate_system*. Pokud tedy víme, že čárový kód se nachází v definované vzdálenosti od loga, pak víme, kde ho hledat. Nastavíme tedy vyhledávací region do místa, kde očekáváme čárový kód a pomocí kroku *barcode_EAN13* jej přečteme.

Výsledek bude uložen do proměnné VisionLabu, kterou předáme systému ControlWeb 6.1. Ten potom obstará jeho uložení do databáze.

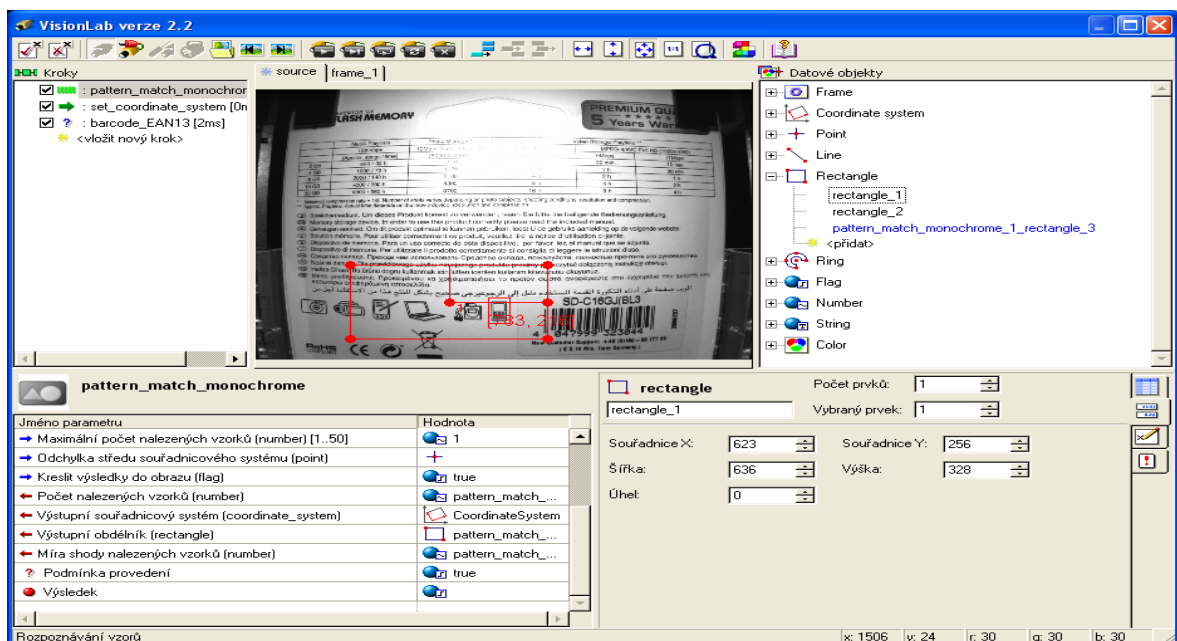
pattern_match_monochrome - krok hledá obraz předlohy v daném regionu vstupního obrazu. Tento krok předpokládá, že jak předloha, tak vstupní obraz jsou černobílé. Tento krok v zadaném regionu (viz. vstupní parametry) prohledává vzorek, který má být nalezen. Pokud je předloha nalezena, předá *pattern_match_monochrome* jako výstupní parametr dalšímu kroku souřadnicový systém s počátkem v levém dolním rohu nalezeného vzorku.

V tomto konkrétním příkladu je vzorkem obraz:



Obr. 31 Snímaný vzorek

Na následujícím obrázku je k vidění editor programu VisionLab po provedení prvního kroku. Červeně jsou vykresleny: vyhledávací region a nalezený vzorový obraz.



Obr. 32 Editor programu VisionLab po provedení prvního kroku

vstupní parametry kroku:

- **vstupní obraz** - vstupní datový tok, ve kterém bude krok prováděn.
- **region** - vymezuje oblast, ve které bude vyhledáván vzorový obrazec.
- **vzorový obraz** - vzorek, který bude vyhledáván.
- **povolená rotace** - v rozsahu 0 - 180 definuje úhel, o který může být vzorek ve vstupním obrazu natočen.
- **preferance rychlosti, nebo kvality** - koeficient určující, zda krok bude preferovat rychlost, nebo přesnost prohledávání. Při vyšší rychlosti existuje nebezpečí, že vzorek nebude nalezen.

- **minimální míra shody** - číslo definující požadovanou minimální míru shody mezi předlohou a obrazem v definovaném regionu.
- **maximální počet nalezených vzorků** - definuje maximální počet nalezených vzorků. Pokud bude nalezeno více objektů, budou upřednostněny ty s vyšší mírou shodnosti.
- **odchylka středu souřadnic** - definuje odchylku středu výstupního souřadnicového systému od pravého dolního rohu nalezeného vzorku.
- **kreslit výsledky do obrazu** - určuje, zda budou nalezené vzorky vykreslovány do obrazu.

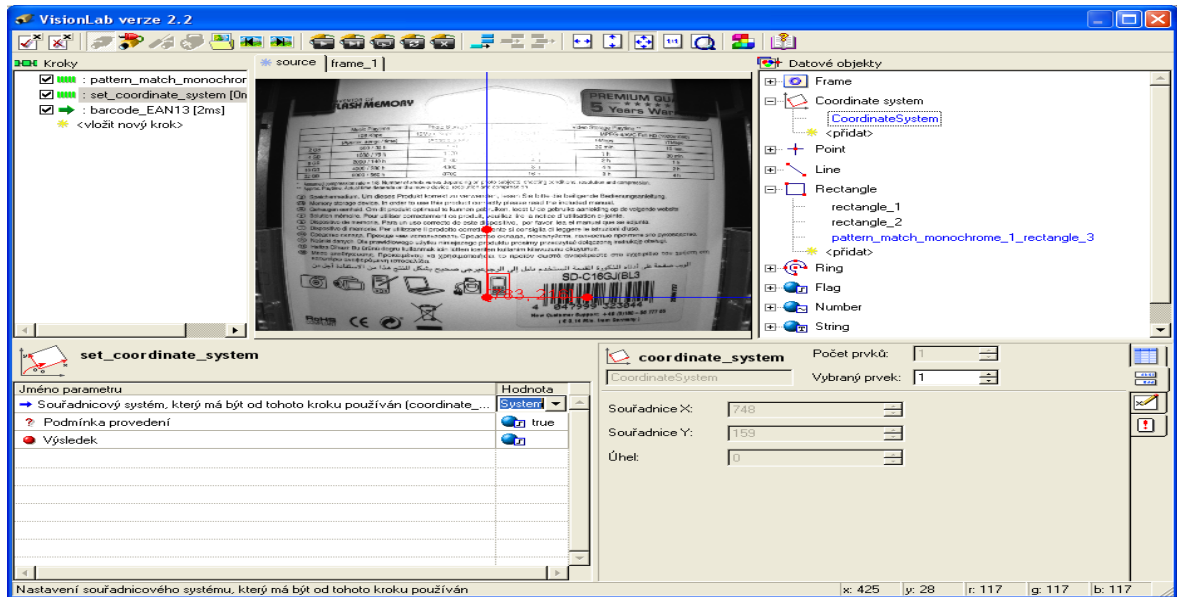
výstupní parametry kroku:

- **počet nalezených patternů** - v prohledávaném regionu je možno najít více výskytů vzorků.
- **výstupní souřadnicový systém** - koordináty systému s počátkem v levém dolním rohu nalezeného vzorku.
- **výstupní obdelník** - koordináty obdelníku, který odpovídá svou pozicí nalezenému vzorku.
- **míra shody nalezených vzorků** - popisuje míru shody se vzorovým obrazem.

set_coordinate_system

tomuto kroku byl z minulého kroku (*pattern_match_monochrome*) předán na vstup souřadnicový systém nalezeného vzorku. *Set_coordinate_system* se postará o to, aby každý další krok pracoval v definovaném systému souřadnic.

Na obrázku editoru VisionLabu jsou červeně vykresleny **výsledky druhého kroku: nalezený vzorový obraz a počátek souřadnicového systému** v levém dolním rohu nalezeného vzoru.



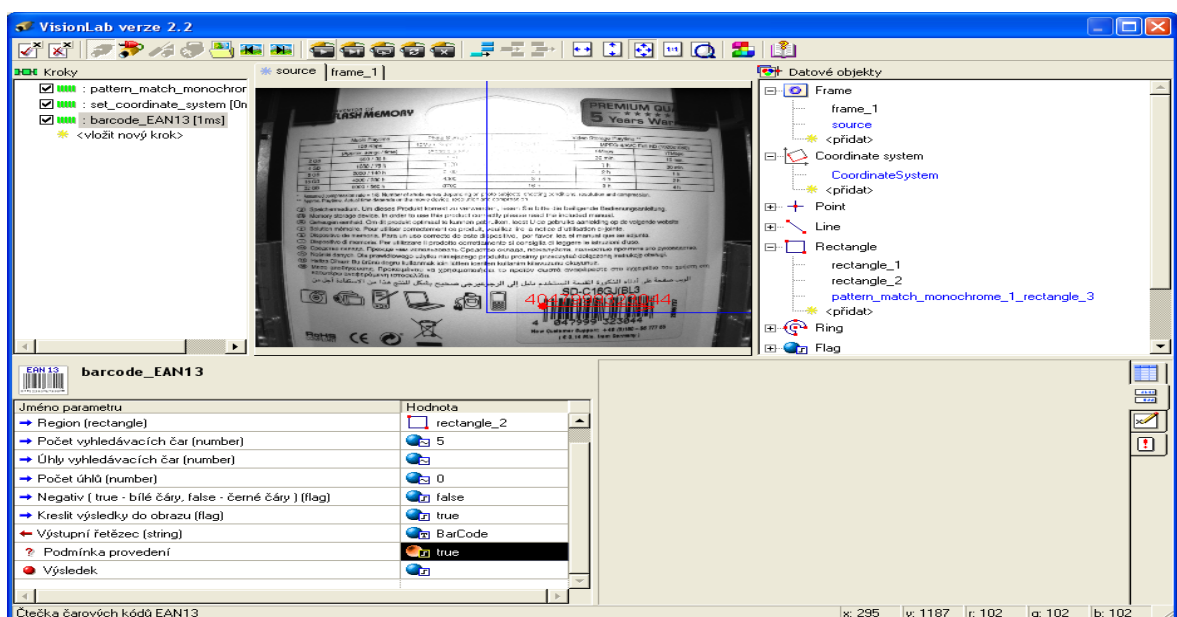
Obr. 33 Editor VisionLabu s nalezeným vzorovým obrazem

vstupní parametry kroku:

souřadnicový systém - obsahuje souřadnice systému, který bude v dalších krocích používán.

barcode_EAN13 - krok čte čárový kód typu **EAN13** v definovaném regionu a předá ho jako parametr ve formě textového řetězce na svůj výstup.

Na dalším obrázku je editor VisionLabu po provedení třetího kroku. Červeně je vykreslen nalezený čárový kód.



Obr. 34 Editor VisionLabu po provedení třetího kroku

vstupní parametry kroku:

- **vstupní obraz** - vstupní datový tok, ve kterém bude krok prováděn.
- **region** - vymezuje oblast, ve které bude vyhledáván vzorový obrazec.
- **počet vyhledávacích čar** - počet čar, na kterých bude čárový kód vyhledáván.
- **úhly vyhledávacích čar** - pokud je parametr definován, pak je pro každý použitý úhel vytvořeny skupiny, které jsou natočeny o zadaný úhel.
- **počet úhlů** - definuje seznam úhlů, které budou použity pro vyhledávání čárového kódu.
- **negativ** - invertuje barvu čar a mezer čárového kódu.
- **kreslit výsledky do obrazu** - určuje, zda bude nalezený čárový kód zakreslen do výstupního obrazu.

výstupní parametry kroku:

- **výstupní řetězec** - textový řetězec obsahující hodnotu čárového kódu.

Takto jednoduše napsaný program může být kdykoliv modifikován pro jakýkoliv jiný druh výrobku, obsahující čárový kód EAN 13.

Dílčí závěr

V praktické části jsem zpracovala modelový příklad návrhu aplikace čtení čárového kódu EAN 13 a jeho následné evidence v databázi. Aplikace je napsána v programu Control Web 6.1 za použití programové komponenty VisionLab K realizaci jsem zvolila kameru DataCam, která je umístěna nad výrobní linkou a snímá jednotlivé kusy výrobků. Dle typu osvětlení vhodného do aplikace jsem zvolila osvětlovací jednotku DataLight s difúzním světlem. Toto světlo je v aplikaci umístěno tak, aby eliminovalo případné odlesky na ploše čteného výrobku. Vzhledem ke vzdálenosti od snímaného objektu a jeho velikosti jsem zvolila objektiv Tamron s ohniskovou vzdáleností 35 mm. Celý proces detekce kódu se děje ve třech programových krocích, kde první krok detekuje logo výrobce, které je vždy v definované vzdálenosti od čárového kódu. Následně se postará o to, aby každý další krok pracoval v definovaném systému souřadnic. V závěrečném kroku čte čárový kód v definovaném regionu a předá ho jako parametr ve formě textového řetězce na svůj výstup. Jednotlivé kroky aplikace tvoří vstupní a výstupní parametry, které obsahují popis činnosti jednotlivých kroků.

4 VÝVOJOVÉ TRENDY

Pokračující rychlý vývoj techniky již dospěl k výkonným a provozně použitelným systémům strojového vidění s vlastnostmi, které před přibližně pěti lety bylo obtížné si i jen představit. Výsledkem je, že strojové vidění se v rámci strategie automatizovaných výrobních procesů v současné době uplatňuje stále častěji. Trend je přitom takový, že růst efektivity i rychlosti výrobních linek staví dodavatele prostředků a systémů strojového vidění před úlohu nabídnout zařízení schopná zajistit inspekční procesy charakteristické většími počty kontrolovaných komponent při větší míře podrobnosti a větší rychlosti, a to vše s menšími náklady.

4.1 Moderní aplikační technologie systému strojového vidění

Zvyšující se výkonnost samotného softwaru pro strojové vidění dokáže zvládnout velmi náročné úlohy. Například použití několika barevných kamer s vysokým rozlišením při inspekci dílů podle velmi mnoha charakteristik, nebo také složité 3D úlohy.

I přes masivní zvýšení výkonu se kamery, stejně jako PC, staly levnějšími. Nový, ještě výkonnější software pro strojové vidění již tyto aspekty zohledňuje. Automatizované paralelní zpracování a slučování velkých datových paketů umožňuje mnoho nových aplikací při průmyslovém zpracování obrazu. Vyšší komplexnost se může stát podstatně efektivnější, taktovací frekvence se může zvýšit a může být rozvinuta řada nových přístupů k řešení.

4.1.1 Kontrola skleněných lahviček ve farmaceutickém průmyslu

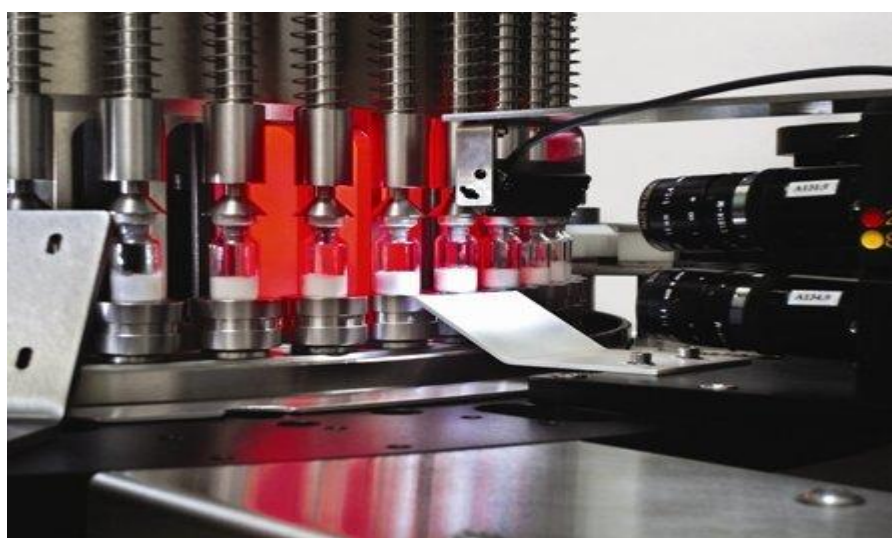
Jedním z oborů, ve kterém jsou velmi vysoké nároky na kvalitu je farmaceutický průmysl. Aby bylo dosaženo splnění přísných požadavků, používají podniky stále častěji inteligentní systémy strojového vidění. Ty zjednodušují a zrychlují procesní kroky a zajišťují vysokou míru provozní bezpečnosti.

Systémy strojového vidění **In-Sight firmy Cognex** umožňující kontrolu miniaturních skleněných lahviček ve zlomcích sekundy. Podle použití a požadavků zákazníka kontroluje stroj až na šesti stanicích za hodinu kolem 6 000 primárních balení naplněných tekutinami nebo produkty zpracovanými sublimačním sušením.



Obr. 35 In - sight 5600 při kontrole produktu [29]

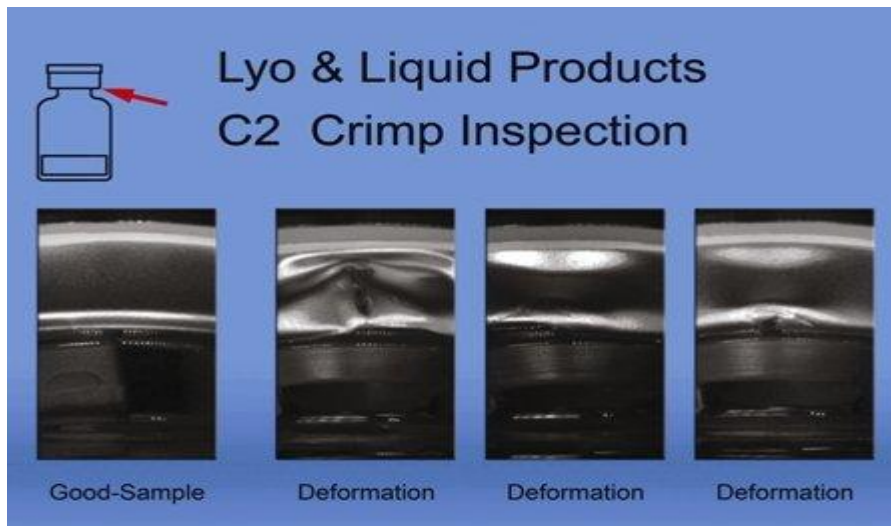
V **prvním kontrolním kroku** zjišťuje inteligentní systém strojového vidění In-Sight 5600 výšku náplně obsahu zpracovaného sublimačním sušením a sleduje, zda se na jeho povrchu nenacházejí cizí tělesa.



Obr. 36 Kontrola obsahu skleněných lahviček dvěma kamerami [29]

Následně kontroluje uzávěr a odtrhávací pečeť skleněných lahviček. Přitom se sleduje přítomnost dílů, barva víčka a hliníkový uzávěr po stránce správného zpracování a provedení obruby, tzv. krimplování.

V návaznosti na výsledky ze zkušební stanice se skleněné lahvičky dostávají přes karusel ke konečnému třídění. Vadné produkty jsou tříděny podle druhu vady do různých přepravek. [28]



Obr. 37 Ukázka nebezpečných vad farmaceutických produktů [29]

Další posun v oblasti vývoje inteligentního systému In-Sight firmy Cognex představuje:

- rychlost při standardním rozlišení 640 x 480 obrazových bodů,
- pracuje dle aplikace až s 60 celými obrazy za sekundu,
- špičkové nástroje strojového vidění umožňující kontrolu, identifikaci, měření a seřizování. [28]

4.1.2 Snímače barev pro náročné úlohy

Požadavkem téměř všech průmyslových odvětví je sledovat a kontrolovat barvy ve svém výrobním procesu. Snímače barev od společnosti Micro-Epsilon měří barvu povrchu objektu v reálných hodnotách a přesnost snímačů je téměř dvacetkrát vyšší při srovnání se snímači barev, které jsou v současnosti na trhu dostupné.



Obr. 38 Universální snímač barev od společnosti Micro-Epsilon [30]

Mezi hlavní vývojové trendy snímače barev patří:

- modulární konstrukce s možností použití řídicí jednotky s mnoha optickými vodiči,
- schopnost měřit různé objekty v širokém pracovním rozsahu (až 100 mm) s rozměrem měřicího bodu již od 0,5 mm,
- použití speciální verze optických vodičů pro teplotní rozsahy 250 °C a 400 °C,
- verze pro aplikace s vysokými vibracemi a verze pro použití UV záření. [30]

4.1.3 Vizuální inspekce teplotních snímačů

V následující úloze strojového vidění karuselový automat kompletuje teplotní snímače pro automobilový průmysl.

V zadání je vyžadována vysoká přesnost měření geometrických rozměrů a přitom kamera, která nesmí překážet rotujícímu karuselu, musí být umístěna ve větší vzdálenosti od kontrolovaného senzoru, který má ale velmi malé rozměry.



Obr. 39 Umístění kamery v aplikaci [31]

V této inspekční úloze je třeba nejen přesně měřit rozměry senzorů, ale také navíc číst a detekovat barevné potisky senzorů. Aby byla celá úloha řešitelná jen s jednou kamerou, bylo nutno použít kameru barevnou.

Tato jediná barevná kamera pořizuje vždy sekvenčně snímky siluet senzoru v zadním světle a na závěr snímek s předním bílým osvětlením pro detekci barevného označení. Synchronizace jednotlivých zábleskových osvětlovačů je řešena jejich datovým propojením s kamerou.



Obr. 40 Umístění zábleskového osvětlovače ve stroji [31]

Z hlediska vývojových trendů tato aplikace přináší víceprůchodovou adaptivní interpolaci barevné mozaiky grafickým procesorem v reálném čase. [31]

4.1.4 Automatické čtení registračních značek automobilů

Čtení registračních značek automobilů je poměrně častou úlohou, řešenou různými obecnými i jednoúčelovými kamerovými systémy.



Obr. 41 Kamera DataCam v klimaticky odolném pouzdru [32]

V prostředí systému strojového vidění VisionLab jsou všechny mechanismy čtení soustředěny do jednoho kroku. Krok lokalizuje registrační značku v zadaném regionu vstupního obrazu a následně ji přečte. Výsledkem je region, který určuje pozici značky, řetězec přečtených znaků a obraz registrační značky.



Obr. 42 Obrazovka se snímkem z kamery DataCam [32]

K realizaci této aplikace je použita:

- černobílá CCD kamera DataCam 1416 s rozlišením 1392×1040 bodů, která má vysokou citlivost v blízkém IR spektru,
- systém VisionLab, který umožňuje v těchto případech zařazení korekcí geometrie obrazu řešené v reálném čase v GPU bez zatěžování počítače,
- použití infračerveného světla s vlnovou délkou 900 nm, které je již neviditelné pro lidské oko a současně je ještě dobře viditelné pro křemíkové CCD obrazové senzory.

4.1.5 Integrované snímače čárových kódů

Společnost Cognex Corporation představila svůj dosud nejvyspělejší, napevno montovaný průmyslový snímač ID kódu DataMan 300. Tento snímač je určen pro ty nejnáročnější aplikace čtení ID kódu i na těch nejrychlejších linkách. Tyto nové snímače velmi efektivně zvyšují frekvenci a rychlost snímání čárového kódu. [33]



Obr. 43 Snímač kódů DataMan [33]

Dalším vývojovými trendy řady DataMan 300 jsou:

- flexibilita integrovaného a ovladatelného modulárního osvětlení a optiky,
- ovladatelné moduly osvětlení s měnitelným zorným polem umožňují uživateli vytvořit co nejlepší možné osvětlení pro jejich díly a zajistit tak optimální rychlost čtení,
- protože čtení kódu je samo o sobě obtížné, z důvodu běžných výrobních procesů, kterými součástky procházejí, byl snímač DataMan 300 doplněn o novou funkci ladění, která pomáhá vytvořit co nejlepší snímek každé součásti.

4.1.6 Strojové rozpoznávání lidských tváří

V aplikacích strojového rozpoznávání lidských tváří vzrůstá počet nasazení, ať už jde o systémy kontroly vstupu, nebo monitorování vnitřních a venkovních prostor.

V současnosti zde můžeme nalézt velké množství nových, nebo vylepšených algoritmů pro samotné nalezení obličeje a jeho následné porovnávání. Většina dřívějších aplikací pracovala v režimu odstínů šedi (v černobílém režimu). Dnes se již používají i aplikace/algoritmy pracující se škálou odstínů pleti, kdy je tato lépe detekována a rozlišena od okolního prostředí. Tyto systémy jsou nadále ve vývojovém stupni. [34]

USB kamery s detekcí pohybu a tváře

Společnost Digi nabízí jednoduché řešení, při kterém budou kamerové moduly Watchport spolu se svým obslužným softwarem dohlížet na předem vytipovaná místa, detekovat pohyb a v případě potřeby také rozlišovat jednotlivé obličeje. [35]



Obr. 44 Kamerový USB modul Watchport [35]

Tyto snímače nabízejí z hlediska nových trendů:

- vysokou citlivostí při nízkém osvětlení,
- volitelné příslušenství v čele s doplňkovým objektivem,
- nastavitelné rozlišení barevného CCD,
- software pro detekci pohybu, včetně rozpoznání obličeje.

Automatizované rozpoznávání lidských tváří má dnes široké praktické uplatnění. Roste počet oblastí využití nejrůznějších aplikací. Hlavní příčinou je společenský požadavek na bezpečnost a ochranu státních, veřejných i privátních prostorů.

Dílčí závěr

V závěrečné části popisují vývojové trendy systému strojového vidění včetně konkrétních aplikací s popisem nejnovějších trendů, které zjednodušují a zrychlují procesní kroky a zajišťují vysokou míru provozní bezpečnosti a ideálně podporují dvě základní konkurenční strategie výrobních podniků a to snižování nákladů a zvyšování kvality. Mezi moderní aplikace patří například integrované snímače čárových kódů, ovladatelného integrací modulárního osvětlení a optiky s měnitelným zorným polem s funkcí ladění obrazu. V oblasti farmaceutického průmyslu, kde jsou velmi vysoké nároky na kvalitu jsem zařadila moderní aplikaci systému kontroly miniaturních skleněných lahviček, který umožňuje provést ve velmi krátkém časovém úseku kontrolu, identifikaci a měření. Do oblasti vývojových trendů jsem také zařadila aplikace strojového rozpoznávání lidských tváří, kde v posledních letech vzrůstá počet nasazení, ať už jde o systémy kontroly vstupu, nebo monitorování vnitřních a venkovních prostor. Přestože výzkum zaměřený na tyto systémy je na stále vyšší úrovni a ve spoustě případů dosahuje velkých úspěchů, stále nelze konstatovat, že by tyto systémy byly dokonalé a definitivně vytvořené. Neustále se vyvíjí a objevují modernější možnosti a postupy jak tyto systémy co nejvíce zpřesnit, zrychlit a tím pádem zajistit kvalitnější integritu a funkčnost.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo popsat princip a význam aplikace systému strojového vidění v oblasti řízení průmyslových procesů, kde technika strojového vidění v posledních několika letech proniká, protože dokáže vyřešit aktuální problém provozů hromadné výroby a to jak kontrolovat každý vyrobený kus, aby bylo dosaženo absolutní kvality, kterou zákazník vyžaduje.

V první teoretické části bakalářské práce jsem obecně charakterizovala, na jakém principu systém strojového vidění pracuje, jednotlivé komponenty systému, popis typu kamery a kamerového senzoru, osvětlovací jednotky, objektivu, programového a vizualizačního vybavení aplikovaného dle typu a umístění, ve kterém bude aplikace realizována. Dále pak rozdělení jednotlivých typů kamer z hlediska zpracování obrazu, volbu objektivu a jeho zorného úhlu a počet osvětlovacích jednotek k dosažení maximálního kontrastu snímaného objektu. Kromě řídicího počítače, kamer a patřičných osvětlovacích jednotek je součástí řešení i programové a vizualizační vybavení.

Dále jsem popsala legislativní požadavky na jednotlivé komponenty, které musí systém strojového vidění splňovat v souladu s ustanoveními relevantních právních a technických předpisů, včetně technických požadavků na elektromagnetickou kompatibilitu, elektrickou bezpečnost, technické požadavky na strojní zařízení a elektrická zařízení nízkého napětí. V rámci řešení praktické části návrhu aplikace jsem v této části zařadila popis jednotlivých konkrétních komponent, které jsem následně aplikovala v modelovém příkladu. Mezi vybrané komponenty jsem dle typu a požadavků aplikace zvolila průmyslovou kameru DataCam, jelikož má snadnou integraci obrazových dat do aplikačních systémů a vysoký výkon při zpracování obrazu. Dle typu osvětlení vhodného do aplikace jsem zvolila osvětlovací jednotku DataLight s difúzním světlem. Dále pak programové prostředí používané pro vývoj a aplikaci programů v oblasti automatizace Control Web a programový systém VisionLab, který pracuje jako součást aplikace obecnějšího systému.

Stěžejním výstupem předložené bakalářské práce je návrh modelového příkladu, který řeší aplikaci čtení čárového kódu výrobků, při pohybu po výrobní lince a jejich následná evidence v databázi.

V závěrečné kapitole analyzuji vývojové trendy doplněné popisem konkrétních aplikací. Mezi moderní aplikace jsem zařadila například snímače čárových kódů s integrovaným ovládáním modulárního osvětlení a optiky. Dalším z řady vývojových trendů je aplikace

automatu, který kompletuje teplotní snímače pro automobilový průmysl. V této úloze je vyžadována vysoká přesnost měření geometrických rozměrů. Rovněž aplikace strojového rozpoznávání lidských tváří, které jsem do moderních trendů zařadila, nachází v dnešní době stále větší uplatnění a to především z hlediska stále větších požadavků na bezpečnost a ochranu veřejných i privátních prostorů.

Zvolené téma bakalářské práce mi z mého pohledu přišlo velmi zajímavé. Díky této práci, která mě přiměla nastudovat několik odborných knih, technologických postupů a také se zorientovat v legislativě související s vývojem a nasazením aplikace strojového vidění jsem získala ucelený přehled o celkovém postupu při tvorbě aplikace a problematice s ní související. Přínosem práce je možnost využití návrhu aplikace čtení čárového kódu v praxi do konkrétní aplikace pro jakýkoliv jiný druh výrobku, který obsahuje čárový kód EAN 13.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of this thesis was to describe the principle and the importance of machine vision applications in industrial process control, where machine vision technology widely spread in the last few years, as it can solve the current problem of mass production operations, i.e. to check each piece of product in order to achieve an absolute quality the customer requires.

The first, theoretical part of the thesis, contains the general principle of vision system action; individual system components, types of video cameras and sensors, lighting units, objective, software and visualization equipment applied according to the type and location of implementation are described. Furthermore, the distribution of different types of cameras in terms of image processing, objective selection and its view angle, and the number of lighting units to achieve maximum contrast of the scanned object are reported. In addition to the control computer, cameras and proper lighting units, the software and visualization equipment is a part of the solution.

I also described the legislative requirements of the individual components that the vision system must meet in accordance with the provisions of relevant laws and regulations, including technical requirements for electromagnetic compatibility, electrical safety, and technical factors concerning machinery and low voltage electrical equipment. Within the practical application of the draft I included the description of the specific components, which I then applied in the model example. The selected components, according to the type and demands, were the DataCam industrial camera, because it has an easy integration of image data into application systems and a high image processing performance. According to the type of lighting appropriate to the application, the Datalight lighting unit with diffuse light was chosen. Furthermore, the programming environment used for the development and applications of programs in the area of Control Web automation, and VisionLab program system, which works as part of a more general system application, were used.

The main output of this work is a model example proposal that addresses the application of barcode scanning products, moving around the production line and their subsequent database records.

In the final chapter, I analyze the evolutionary trends together with a description of specific applications. I added, for example, the bar code scanners with integrated modular lighting and optics control among the modern applications. The application of machine, which

completes the temperature sensors for the automotive industry, is another from the series of developments. In this task a high measurement accuracy of geometric dimensions is required. Also, the applications of machine recognition of human faces, which I included into modern trends, is more and more applied nowadays, especially in terms of constantly increasing requirements on safety and protection of public and private spaces.

In my opinion, the chosen topic of the thesis is very interesting. This work, due to which I have studied several technical books, technological processes and I also got acquainted with the legislation concerning the development and application of machine vision systems, provided me with a comprehensive overview of the overall procedure for creating applications and related issues. The benefit of this work is to design applications using barcode scanning in practice to a specific application for any other type of product that contains a barcode EAN 13.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠONKA, Milan a Václav HLAVÁČ. *Počítačové vidění: Jak reprezentovat údaje o obrazech*. Praha: Grada, 1992, 272. s. ISBN 80-85424-67-3.
- [2] FCC průmyslové systémy: *Jak pracuje strojové vidění*. [online]. 2008 [cit. 2012-03-11]. Dostupné z: <http://www.strojove-videni.cz/default.asp?inc=inc/jak-vypada-system-strojoveho-videni.htm&id=13>
- [3] CAGAŠ, Roman. *Osvětlovací jednotky pro strojové vidění*. [online]. 15. 2. 2012 [cit. 2012-03-11]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/art?id=556&cat=144&lang=405>
- [4] HAVLE, Otto. Design Tech: *Strojové vidění*. [online]. 2005, 22. 11. 2008 [cit. 2012-03-11]. Dostupné z: <http://www.designtech.cz/c/it-reseni/strojove-videni-1-dil.htm>
- [5] HAVLE, Otto. Design Tech: Technická realizace hardwaru systému strojového vidění. [online]. 2005, 22. 11. 2008 [cit. 2012-03-11]. Dostupné z: <http://www.designtech.cz/c/it-reseni/strojove-videni-1-dil.htm>
- [6] FCC průmyslové systémy: *Strojové vidění* 1. díl. [online]. 2008 [cit. 2012-03-11]. Dostupné z: <http://www.designtech.cz/c/it-reseni/strojove-videni-1-dil.htm>
- [7] HAVLE, Otto. *Strojové vidění: Principy a charakteristiky*. In: [online]. Praha: Automa, 2008 [cit. 2012-03-11]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=36550.
- [8] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE. *Magazín Produkty, trendy, technologie* [online]. 2010 [cit. 2012-02-21]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/art?id=310&cat=98&lang=405>
- [9] FCC průmyslové systémy: *Na co strojové vidění*. [online]. 2008 [cit. 2012-02-23]. Dostupné z: <http://www.strojove-videni.cz/default.asp?inc=inc/na-co-strojove-videni.htm&id=19>
- [10] FCC PS *Systémy strojového vidění*. [online]. [cit. 2012-02-18]. Dostupné z: <http://www.strojove-videni.cz/default.asp?inc=inc/na-co-strojove-videni.htm&id=19>
- [11] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE. *Magazín Produkty, trendy, technologie* [online]. 2011 [cit. 2012-02-21]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/art?id=310&cat=98&lang=405>
- [12] HAVLE, Otto. *Digitální kamery pro systém strojového vidění*. In: [online]. 2011, číslo 11 [cit. 2012-02-21]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=44851

- [13] CAGAŠ, Roman. *Strojové vidění: Několik úskalí návrhu systému*. [online]. 15. 2. 2012 [cit. 2012-03-11]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/art?id=558&cat=147&lang=405>
- [14] FCC průmyslové systémy: *Osvětlení ve strojovém vidění*. [online]. 2008 [cit. 2012-02-21]. Dostupné z: www.strojove-videni.cz/default.asp?inc=inc/tp_osvetleni.htm&id=23
- [15] *Zákon o technických požadavcích na výrobky*. In: 22/1997Sb. Podnikatel.cz, 2007. Dostupné z: www.podnikatel.cz/zakony/zakon-c-22-1997-sb-o-technicky-pozadavcich-na-vyrobky-a-o-zmene-a-doplneni-nekterych-zakonu/cele-zneni/
- [16] Institut pro testování a certifikaci: *Elektromagnetická kompatibilita - EMC*. 2011. Dostupné z: [://www.itczlin.cz/elektricka-bezpecnost.php](http://www.itczlin.cz/elektricka-bezpecnost.php)
- [17] Institut pro testování a certifikaci: *Elektrická bezpečnost*. 2011. Dostupné z: [://www.itczlin.cz/elektricka-bezpecnost.php](http://www.itczlin.cz/elektricka-bezpecnost.php)
- [18] *Zákon o technických požadavcích na výrobky*. In: 22/1997Sb. Podnikatel.cz, 2007. Dostupné z: www.podnikatel.cz/zakony/zakon-c-22-1997-sb-o-technicky-pozadavcich-na-vyrobky-a-o-zmene-a-doplneni-nekterych-zakonu/cele-zneni/
- [19] Seznam technických norem. *NORMSERVIS*, 2012. Dostupné z: [://www.ceskenormy.cz/csnen-50325-1-01092003](http://www.ceskenormy.cz/csnen-50325-1-01092003)
- [20] Kamery DataCam a osvětlovače DataLight. *Www.mii.cz* [online]. 15. 2. 2012 [cit. 2012-02-23]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/art?id=723&cat=131&lang=405>
- [21] Webový kalkulátor pro výběr objektivu. *Www.mii.cz* [online]. 15. 2. 2012 [cit. 2012-02-23]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/art?id=727&cat=148&lang=405>
- [22] Průmyslové kamery: *Princip telecentrického objektivu*. *ELCOM*. 2012. Dostupné z: <http://www.prumyslove-kamery.cz/clanky-a-aktuality/clanky?pg=377>
- [23] *ELCOM: Princip telecentrického objektivu*. *OPTO - ENGINEERING*. [online]. 11. 1. 2012 [cit. 2012-02-23]. Dostupné z: <http://www.prumyslove-kamery.cz/clanky-a-aktuality/clanky?pg=377>
- [24] CAGAŠ, Roman. Moravské přístroje a.s.: *Programový systém Control Web*. [online]. 29. 11. 2011 [cit. 2012-02-19]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/art?id=770&cat=146&lang=405>

- [25] Programový systém Control Web: *Struktura aplikace v prostředí Control Panel*. *Www.mii.cz* [online]. 15. 2. 2012 [cit. 2012-02-23]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/art?id=380&cat=146&lang=405>
- [26] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE. *Produkty, trendy, technologie: VisionLab*. Zlín, 2011. Dostupné z: <http://www.mii.cz/art?id=310&cat=98&lang=405>
- [27] VLACH, Jaroslav. *Řízení a vizualizace technologických procesů*. Praha: Ben, 1999, 159 s. ISBN 80-86056-66-X.
- [28] BAUMANN, Ralf. *MM průmyslové spektrum*. Praha: MM publishing, 2012, březen, č. 3. ISSN 1212-2527. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/kontrola-sklenenych-lahvick-ve-farmaceutickem-prumyslu.html>
- [29] *MM průmyslové spektrum*. In: [online]. Praha: MM publishing, 2012 [cit. 2012-03-17]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/kontrola-sklenenych-lahvick-ve-farmaceutickem-prumyslu.html>
- [30] *MM průmyslové spektrum*. In: [online]. Praha: MM publishing, 2012 [cit. 2012-03-17]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/snimace-barev-pro-narocne-ulohy.html>
- [31] Moravské přístroje: *Vizuální inspekce teplotních snímačů*. [online]. 15. 2. 2012 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/art?id=790&cat=161&lang=405>
- [32] Moravské přístroje: *Strojové vidění*. [online]. 19. 10. 2011 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/art?id=756&cat=147&lang=405>
- [33] Cognex *DataMan*. In: [online]. 16. 1. 2012 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.controlengcesko.com/hlavni-menu/artykuly/artikul/article/cognex-dataman-predstavuje-kvantovy-skok-ve-vykonnosti-snimani-caroveho-kodu/>
- [34] RAK, Roman, Václav MATYÁŠ a Zdeněk ŘÍHA A KOL. *Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích*. Praha: Grada, 2008, 664. s. profesionál. ISBN 978-80-247-2365-5.
- [35] ROBENEK, Jan. *Hw.cz: USB kamery s detekcí pohybu tváře*. [online]. 2009 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/produkty/usb-kamery-s-detekci-pohybu-i-tvare.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

BIT	Binary digit, dvojková číslice. (nejmenší jednotka informace)
CCD	Charge - coupled device
C/CS	Závit - uchycení objektivu
CE	Certifikát shody
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
ČSN	Chráněné označení českých technických norem
EMI	Elektromagnetická kompatibilita
EN	Evropské normy
ES	Evropské společenství
HMI	Human Machine Interface, (rozhraní mezi člověkem a strojem)
IEEE 1394	Rozhraní Fire Ware, (umožňuje propojení zařízení ve stromové struktuře)
I/O	Zařízení, která zprostředkovávají kontakt počítače s okolím (input/output)
ISO/OSI	Referenční model standardizace počítačových sítí
JPEG	Joint Photographic Expert Group, standard pro kompresi obrazu
MMI	Man Machine Interface, (rozhraní člověk – stroj)
PC	Personal Computer, zpracovává data pomocí předem vytvořeného programu
PIN	Personal identification number, (osobní identifikační číslo)
RAW	Surová/nezpracovaná data
RJ - 45	Nejčastěji používané zapojení síťových kabelů (koncovka)
RS232	Sériová poloduplexní komunikace dvou zařízení
RS485	Standardní sériové rozhraní
SCADA	Supervisory control and data acquisition, (dispečerské řízení a sběr dat)
USB	Universal Serial Bus (univerzální sériová sběrnice)
WCQ	Wavelet Transform/Scalar Quantisation, komprese obrazu

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Schéma systému strojového vidění [2]</i>	12
<i>Obr. 2 Jednotlivé komponenty systému strojového vidění</i>	13
<i>Obr. 3 Základní části inteligentních kamer</i>	15
<i>Obr. 4 Grafické znázornění využití prostředků strojového vidění</i>	16
<i>Obr. 5 Nalezení vad opracování [9]</i>	17
<i>Obr. 6 Měření tolerancí [9]</i>	17
<i>Obr. 7 Čtení textu [9]</i>	18
<i>Obr. 8 Kontrola povrchu a potisku [9]</i>	18
<i>Obr. 9 Čtení a verifikace kódů [9]</i>	19
<i>Obr. 10 Rozpoznání, polohování, třídění [9]</i>	19
<i>Obr. 11 Identifikace barev [9]</i>	19
<i>Obr. 12 Kontrola sestavení a montáže [9]</i>	20
<i>Obr. 13 Kontrola úplnosti a zabalení [9]</i>	20
<i>Obr. 14 Posloupnost zpracování a rozpoznání obrazu</i>	22
<i>Obr. 15 Přednosti inteligentních kamer</i>	23
<i>Obr. 16 Uspořádání barevné mozaiky na CCD čipu [13]</i>	26
<i>Obr. 17 Zkreslení geometrie rovinného obrazu [13]</i>	27
<i>Obr. 18 Interakce světla na objekt [14]</i>	28
<i>Obr. 19 Geometrie osvětlení [14]</i>	29
<i>Obr. 20 Charakteristické znaky kamer DataCam</i>	35
<i>Obr. 21 Barevná CCD kamera DataCam [20]</i>	36
<i>Obr. 22 Objektiv volíme dle výpočtu ohniskové vzdálenosti na snímáný předmět [21]</i>	37
<i>Obr. 23 Srovnání klasického telecentrického objektivu (vlevo) a bi-telecentrického objektivu (vpravo) na straně senzoru [23]</i>	38
<i>Obr. 24 Záblesková osvětlovací jednotka [3]</i>	40
<i>Obr. 25 Prosvětlovací panel s bílým světlem [3]</i>	40
<i>Obr. 26 Osvětlovač DataLight s červeným světlem [3]</i>	41
<i>Obr. 27 Control Web a jeho jednotlivé komponenty</i>	42
<i>Obr. 28 Editor 3D scény ve vývojovém prostředí systému Control Web [25]</i>	43
<i>Obr. 29 Náskres aplikace snímání čárového kódu</i>	49
<i>Obr. 30 Blokové schéma komponent použitých v modelovém příkladu</i>	52
<i>Obr. 31 Snímáný vzorek</i>	53

<i>Obr. 32 Editor programu VisionLab po provedení prvního kroku.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 33 Editor VisionLabu s nalezeným vzorovým obrazem.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 34 Editor VisionLabu po provedení třetího kroku.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 35 In - sight 5600 při kontrole produktu [29]</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 36 Kontrola obsahu skleněných lahviček dvěma kamerami [29].....</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 37 Ukázka nebezpečných vad farmaceutických produktů [29]</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 38 Universální snímač barev od společnosti Micro-Epsilon[30]</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 39 Umístění kamery v aplikaci[31]</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 40 Umístění zábleskového osvětlovače ve stroji [31]</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 41 Kamera DataCam v klimaticky odolném pouzdru [32]</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 42 Obrazovka se snímkem z kamery DataCam [32]</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 43 Snímač kódů DataMan [33]</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 44 Kamerový USB modul Watchport [35]</i>	<i>63</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Charakteristické znaky jednotlivých kategorií systému [5].....</i>	<i>14</i>
<i>Tab. 2 Možnosti komunikace systému.....</i>	<i>25</i>
<i>Tab. 3 Technické parametry kamery DataCam.....</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 4 Technické parametry osvětlovače.....</i>	<i>51</i>
<i>Tab. 5 Technické parametry objektivu.....</i>	<i>51</i>