

PRODUKTY TRENDY TECHNOLOGIE



digitální kamery a osvětlovací jednotky

integrace vizuální inspekce v prostředí **Control Web**

využití strojového vidění v systémech průmyslové automatizace



VisionTM
Lab

VYUŽIJTE SÍLU
STROJOVÉHO VIDĚNÍ

Ukázky aplikací vizuální inspekce pro vaši inspiraci

Nebojte se strojového vidění

Aplikace strojového vidění měly dlouho pověst složitých, drahých a celkově nedostupných technologií. Ve většině těžkostí, které dříve realizaci těchto systémů komplikovaly a prodražovaly se situace hodně změnila. Výpočetní výkon běžných současných počítačů již umožňuje práci s velkými objemy obrazových dat v reálném čase. Také jsou již cenově velmi dostupné digitální kamery s dostatečně kvalitním obrazem. Klíčovým faktorem při realizaci systémů strojového vidění je nyní především programové vybavení. A nejedná se zde pouze o jeho výkonnost, rozsah funkčnosti a spolehlivost, ale v neposlední řadě také o snadnost používání.

Principy a matematický základ metod zpracování digitálních obrazů a metod porozumění obsahu těchto obrazů se sice postupem času vyvíjí jen pozvolna, ale významný rozdíl může být v implementaci těchto metod a především ve výkonu programových nástrojů. Již jen např. využití paralelního zpracování ve více jádrech nebo masivně paralelní běh algoritmů v grafickém procesoru mohou znamenat rozdíl mezi úspěšným a nepoužitelným řešením.

Hlavní překážkou širšího využívání aplikací strojového vidění již není cena a dostupnost hardwarových a softwarových nástrojů, ale největší prvek nejistoty a rizika neúspěchu řešení se skrývá právě v relativně značné složitosti problematiky strojového vidění. Ani maximálně uživatelsky přívětivé a vůbec po všech stránkách skvělé programové vybavení nezajistí jistý úspěch tomu autorovi řešení, který nezná principy práce s digitálním obrazem. Pro seznámení se základy oboru strojového vidění může být užitečný první díl příručky k systému **VisionLab**, který se zabývá pouze obecně platnými metodami a algoritmy práce s digitálními obrazy. Zájemce tak na jednom místě získá přehledné informace o obecných principech a možnostech.

Systém **VisionLab** je vstřícný i k méně zkušeným uživatelům a je navržen tak, aby co nejvíce usnadnil sestavení úlohy strojového vidění. Vývojové prostředí je integrováno do systému **Control Web** a je velmi intuitivní a interaktivní. Jak je v systému **Control Web** zvykem, také veškeré operace s obrazem lze vybírat z nabídkových palet, zařazovat do aplikace a také lze okamžitě pozorovat výsledky těchto operací.

Využijte možností strojového vidění pro zvýšení kvality vašich aplikací v oblasti průmyslové automatizace. Pomoci vám může bohatě vybavený, uživatelsky přívětivý a velmi výkonný programový systém **VisionLab**.

The logo for VisionLab features the word "Vision" in a large, light blue, sans-serif font, with a blue circle containing a white camera lens icon positioned over the letter 'i'. Below "Vision" is the word "Lab" in a smaller, black, sans-serif font.

VisionLab aplikacím přináší:

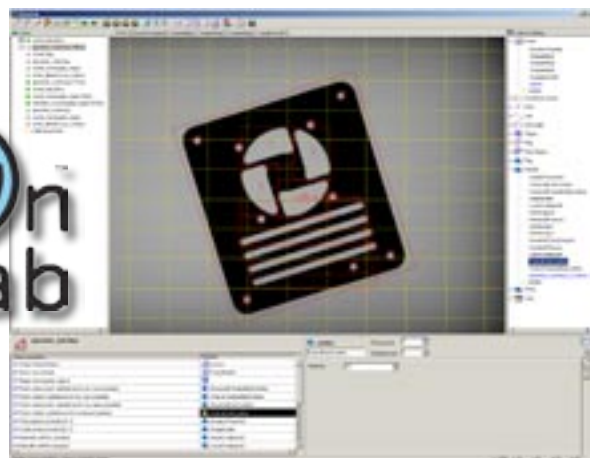
- snadnou integraci digitálních obrazů a vizuální inspekce do aplikací v průmyslové automatizaci
- velký výběr výkonných a technicky vyspělých kroků pro práci s obrazem
- intuitivní editaci kroků řetězce strojového vidění
- podporu plně paralelního zpracování na více jádrech a více procesorech
- podporu masivně paralelního zpracování obrazu grafickým procesorem
- pokročilé úpravy obrazu prováděné grafickým procesorem
- přenos obrazových dat v počítačových sítích
- archivaci obrazových dat v podobě snímků i videosouborů
- otevřené rozhraní pro doplňování kroků strojového vidění
- sdílení dat s aplikacemi systému **Control Web**
- snadnou integraci aplikací strojového vidění a vizuální inspekce do větších informačních a řídicích systémů
- plug and play instalace ovladačů kamer **DataCam**
- možnost používat veškeré kamery s instalovanými WDM ovladači, tedy např. i běžné webové kamery a veškeré kamery, které jsou součástí notebooků

Autor aplikace má k dispozici velký výběr samostatných kroků, které může snadno zařazovat do řetězce zpracování a vyhodnocování obrazu z kamery.

Algoritmy uvnitř kroků zpracování obrazu vždy maximálně využívají možnosti počítače, na kterém běží. U vícejádrových centrálních procesorů je výpočet rozdělen paralelně na všechna jádra. V systému jsou k dispozici i kroky, které dokáží využívat i mohutného masivně paralelního výkonu současných programovatelných grafických procesorů. Zpracování obrazu pak může probíhat současně i v několika stovkách paralelních větvích. Uživatelská přívětivost vývojového prostředí nikterak negativně neovlivňuje vysoký výkon spuštěných aplikačních programů.

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. Tak je velice usnadněna integrace úloh strojového vidění a vizuální inspekce do vyšších propojených celků. Úloha strojového vidění tak může např. přímo řídit stroj, spolupracovat s SQL databází, využívat HTTP servery, posílat SMS, komunikovat s jinými úlohami v síti atd. atp.



„Ekosystém“ spolupracujících a propojitelného hardware a software

Díky připojitelnosti kamer, osvětlovacích jednotek a průmyslových vstupně/výstupních jednotek k programovému prostředí **Control Web** můžeme snadno sestavit úlohu vizuální inspekce a integrovat ji do hardwarového i datového kontextu okolního prostředí.



Ušetříme tak nejen na pořizovacích cenách technického vybavení, ale především na době a složitosti vývoje zakázkového programového vybavení.



Typická aplikace strojového vidění je součástí stroje nebo výrobní linky. Kromě řídicího počítače, kamer a patřičných osvětlovacích jednotek je velmi často součástí řešení i jednotka průmyslových vstupů a výstupů. Tato jednotka řeší reakci stroje na výsledky vizuální inspekce výrobku. Bývá obvykle umístěna v bezprostřední blízkosti počítače a proto je nejčastěji připojena prostřednictvím rychlého rozhraní USB.



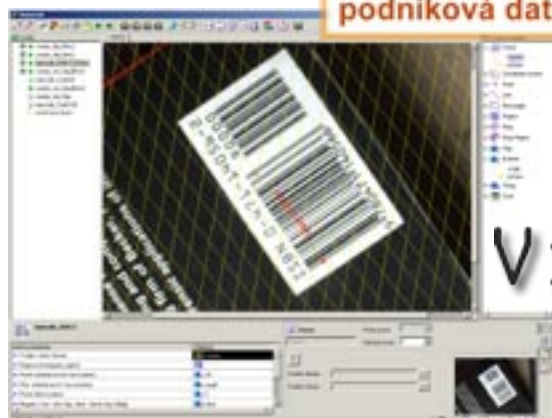
Jednotky průmyslových vstupů a výstupů **DataLab** existují ve třech variantách podle typu připojení:

- připojení přes **USB 2.0** je nejjednodušším a nejrychlejším připojením na krátkou vzdálenost
- **Ethernet IP** řeší neomezenou vzdálenost jednotek ve standardních IP sítích
- **RS-485** je odolnou komunikací na delší vzdálenosti v průmyslovém prostředí

Celý systém vizuální inspekce obvykle pracuje zcela autonomně, ale může být k podnikové síti velmi snadno připojen prostřednictvím sítě Ethernet IP.



DataLight™



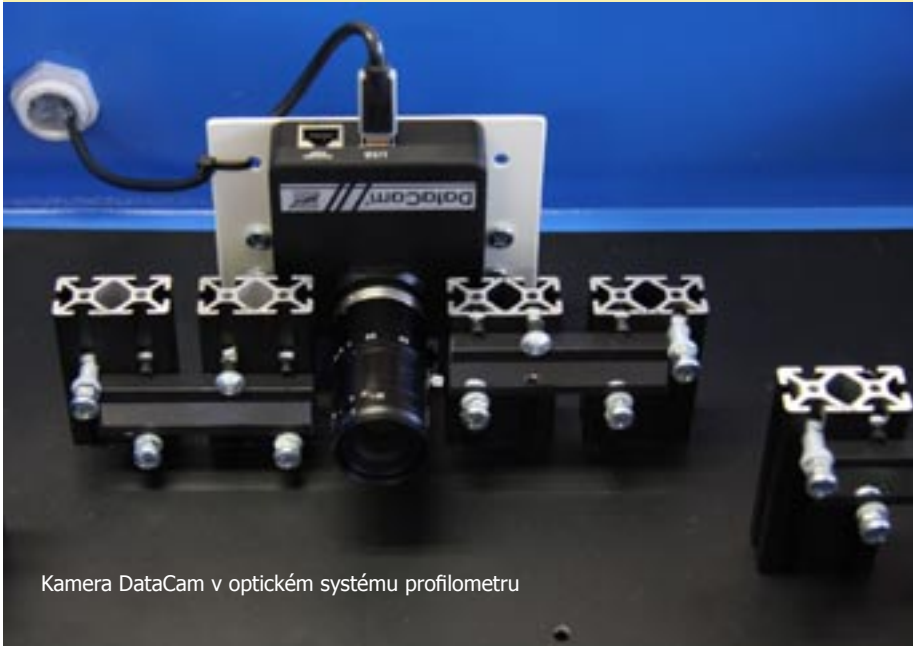
Vision Lab



Měření profilů rozsáhlých povrchů

Tento systém řeší automatické měření množství a rovnoměrnosti nanášeného lepidla na dřevotřískových deskách. Optické měřicí moduly unikátní konstrukce jsou v tomto případě instalovány nad i pod měřenými deskami, které se pohybují po dráze výrobní linky.

V této úloze, obdobně jako v dalších příkladech uvedených v tomto materiálu, hraje podstatnou roli kvalita obrazu použitých kamer. S kvalitou obrazu, která je u většiny průmyslových kamer obvyklým standardem, by většina zde uvedených úloh byla pravděpodobně nerealizovatelná.



Kamera DataCam v optickém systému profilometru



Čelní stěna rozvaděče s dotykovým monitorem



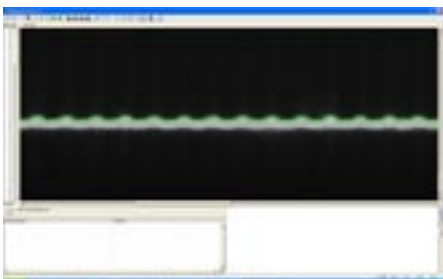
Obraz laserové stopy sestavený v zorném poli kamery



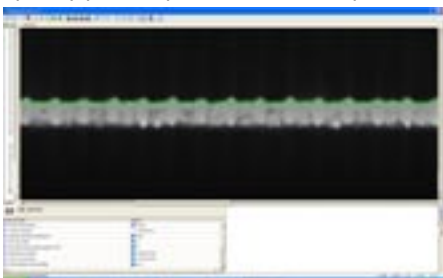
Profilometrické moduly ve výrobní lince



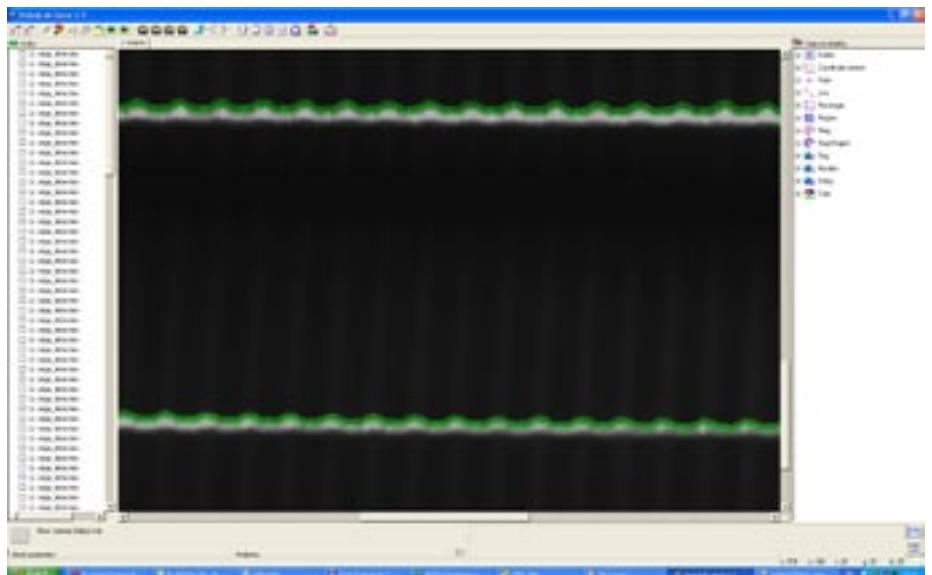
Obraz zvlnění spodního povrchu



Správný profil - optimální množství lepidla



Chybný profil - málo lepidla



Zvětšený detail detekovaného profilu laserové stopy na povrchu desky s naneseným lepidlem

Pre profilometriu veľkých povrchov sme vyvinuli dvojicu meracích modulov Surf650MM.

Modul Surf625MM-H je určený pre meranie povrchu zhora. Modul Surf625MM-D je jeho modifikáciou pre meranie spodného povrchu pomedzi valce dopravníka.

Merací systém je postavený na kamerách **DataCam DC2008**, (1600 × 1200 čiernobiela), na optickom systéme, ktorý rozdeľuje obraz snímaný kamerou na segmenty 5 × 125mm × 18mm. To nám umožňuje jednou expozíciou zosnímať pole dĺžky 625 mm so šírkou 18mm s rozlíšením 0,078 mm/pixel. Merací systém je teda vhodný pre profilometriu napríklad povrchu dosiek, extrudovaných plošných profilov na dopravníku. Je možné poskladať niekoľko modulov vedľa seba a tým dosiahnuť meraný rozsah 1250mm, alebo 1875mm. (V aplikácii používame 2 moduly vedľa seba na meranie horného povrchu a 2 moduly na meranie spodného povrchu, teda sledujeme merania nerovnosti na povrchu širokom 1250mm)

Osvetlenie je buď nezávislé, alebo priamo zabudované v konštrukcii meracieho modulu.

Pre profilometriu horného povrchu používame negaussovské laserové čiarové projektory polohované krokovým motorom pre dosiahnutie väčšieho rozpätia hrúbok meraného materiálu než umožňuje základný rozsah (reálne s okrajovou rezervou 10mm) (V aplikácii meriame povrch dosiek o hrúbkach 8mm až 60mm, preto polohovanie laserových projektorov)

Modul Surf625MM-D používa zabudovaný LED osvetľovací systém, ktorý sa vsunie do 44mm medzery medzi valce dopravníka z hĺbky 150mm.

Rozsah merania výškových nerovností



pri takto zvolenej konštrukcii je do 5mm s rozlíšením 0,078mm/pixel. (v súčasnosti pripravujeme model s rozlíšením 0,04mm/pixel s rozsahom 450mm × 8mm pre použitie s tými istými kamerami **DataCam DC2008**)

Kompletný merací systém je postavený na komponentoch výrobcu Moravské přístroje:

- kamery **DataCam**
- vstupno/výstupné moduly **DataLab**
- softwarový systém pre spracovanie obrazu **VisionLab**
- softwarový systém pre vizualizáciu, spracovanie nameraných údajov, riadenie osvetlenia a technológie **Control Web**
- dotykový priemyselný 17" panel **DataLab**



Rozvadč s počítačom a vstupne/výstupnými modulmi **DataLab**

Naša spoločnosť je riešiteľom komplexných meracích a riadiacich systémov. Najvhodnejšie riešenie vidíme v použití komponentov, ktoré nám umožnia sústrediť sa na našu úlohu a nie riešiť systémové úlohy prepojenia rozličných softwareových balíkov.

Riešili sme problémy s osvetlením, polohovaním, vlastnou konštrukciou frémy a rozmiestnenia všetkých komponentov, problémy konštrukcie optických systémov – a tých bolo teda dosť.



Integrácia systému strojového videnia **VisionLab** do komplexného systému **ControlWeb** nám umožnila vytvoriť



Profilometr vestavený na výrobnú lince

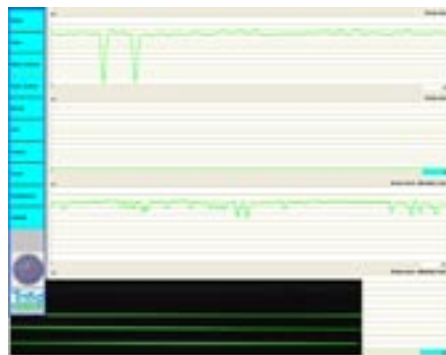
merací systém plošnej hmotnosti nánosu lepidla na povrchu nábytkových dosiek. Meriame objem nanosených lepidlových prúžkov a z údajov hustoty lepidla vypočítavame plošnú hmotnosť lepidla na 1m² plochy dosky.

V súčasnosti pripravujeme ďalšiu generáciu meracích modulov, kde už aj meranie horného povrchu bude mať zabudovaný osvetľovací systém vo svojej konštrukcii.

Ing. Ján Kačmárík
kacmarik@trifidautomation.sk



Optický systém profilometru



Indikace objemu nanoseného lepidla

Autor a dodavateľ systému:
Trifid Automation, s.r.o.
Račianska 109/C
831 02 Bratislava
<http://www.trifidautomation.sk>
tel. +421 907206896, +421 0917949516

Automatické čtení registračních značek motorových vozidel na mostové váze

Čtení registračních značek automobilů je poměrně častou úlohou, řešenou různými obecnými i jednoúčelovými kamerovými systémy. 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 popisuje pozici značky, řetězec přečtených znaků a obraz registrační značky. Krok správně rozpoznává veškeré jednořádkové značky s tmavým písmem na světlém pozadí, psané latinkou.

Použití čtení registračních značek je pro autora aplikace strojového vidění maximálně zjednodušeno - většinou postačí pouze přidat tento krok do řetězce zpracování obrazu.



Panoramatický snímek umístění mostové váhy v areálu výrobního závodu

I když je automatické čtení registračních značek celkem často používáno, a její použití je v aplikacích systému **VisionLab** zredukováno na zařazení jediného kroku,

rozhodně se nejedná o triviální problém. Je zde několik specifických problémů, se kterými si musí kamera i software co nejlépe poradit:

1) Zatímco v obvyklých úlohách strojového vidění je scéna stabilně a dostatečně osvětlena, zde si musí systém poradit s obrovským rozsahem jasů a značným



Příjezd na váhu z pohledu řidiče



Kamera na sloupku odjezdového semaforu



Kamera je na sloupku mimo jízdní pruh rozsahem kontrastu mezi tmavými znaky a světlým pozadím značky. Často je k dispozici pouze velmi malý a v ploše značky proměnlivý kontrast. Jas světlého pozadí v jednom místě značky bývá nižší než jas tmavého znaku v jiné části značky. Systémy obvykle musí pracovat i v noci, kdy je nutno číst tmavou značku mezi zářícími světlomety automobilu. Zde je nutno použít doplňkové osvětlení, které ale nesmí nijak oslňovat a rušit řidiče. Jedinou možností je použití blízkého infračerveného světla kolem 900 nm, které je již neviditelné pro lidské oko a současně je ještě dobře „viditelné“ pro křemíkové CCD obrazové senzory.

V uváděné aplikaci je s výhodou použita černobílá CCD kamera **DataCam 416** s rozlišením 1392 × 1040 bodů, která má vysokou citlivost v blízkém IR spek-

Kamera DataCam v klimaticky odolném pouzdru s vyhříváním čelního skla a napájecím zdrojem pro osvětlovač v blízkém infračerveném pásmu.

tru. Kamera je vybavena vestavěným IR filtrem.

2) Systém musí číst veškeré běžné evropské registrační značky. Musí si tedy poradit s předem nedefinovaným počtem a seskupením písmen a číslic. Tvary znaků použitých na značkách se v jednotlivých státech dosti značně liší (např. německé znaky mají šikmými mezerami přerušené kostry znaků atd.). Programové vybavení tedy obecně nemůže využít přesné znalosti tvarů znaků.

3) Programové vybavení musí spolehlivě fungovat i v případech nevýhodného

umístění kamery mimo jízdní pruh, které způsobuje deformace geometrie obrazu. Systém **VisionLab** umožňuje v těchto případech zařazení korekcí geometrie obrazu řešené v reálném čase bez zatěžování počítače v GPU.

Popsaný systém výrazně přispívá k automatizaci provozu nákladní dopravy na mostové váze u vjezdu do areálu výrobního závodu. Schopnost kamer **DataCam** zpracovat vysokou dynamiku jasů obrazu a stabilní a čistý obraz, který poskytují se značnou měrou podílí na spolehlivosti čtení registračních značek v nejrůznějších světelných podmínkách ve dne i v noci.



Obrazovka se snímkem z kamery DataCam - můžeme vidět korekci zešikmení obrazu i jeho vysokou dynamiku při nevýhodném intenzivním zadním a bočním osvětlení

Dodavatel kompletního systému mostové váhy:

TENZONA s.r.o.
Novoveská 101
709 00 Ostrava - Mariánské Hory
<http://www.tenzona.cz>
Tel.: +420 596624002

Řešitel strojového vidění:
Moravské přístroje a.s.
Masarykova 1148
763 02 Zlín - Malenovice
<http://www.moravinst.com>
<http://www.mii.cz>
Tel: +420 577107171, +420 603498498

Uživatel systému:
ŠKODA AUTO a.s.
Tř. Václava Klementa 869
293 60 Mladá Boleslav
<http://www.skoda-auto.cz>
Tel: +420 326811111

System vizuální inspekce teplotních snímačů na automatické výrobní lince

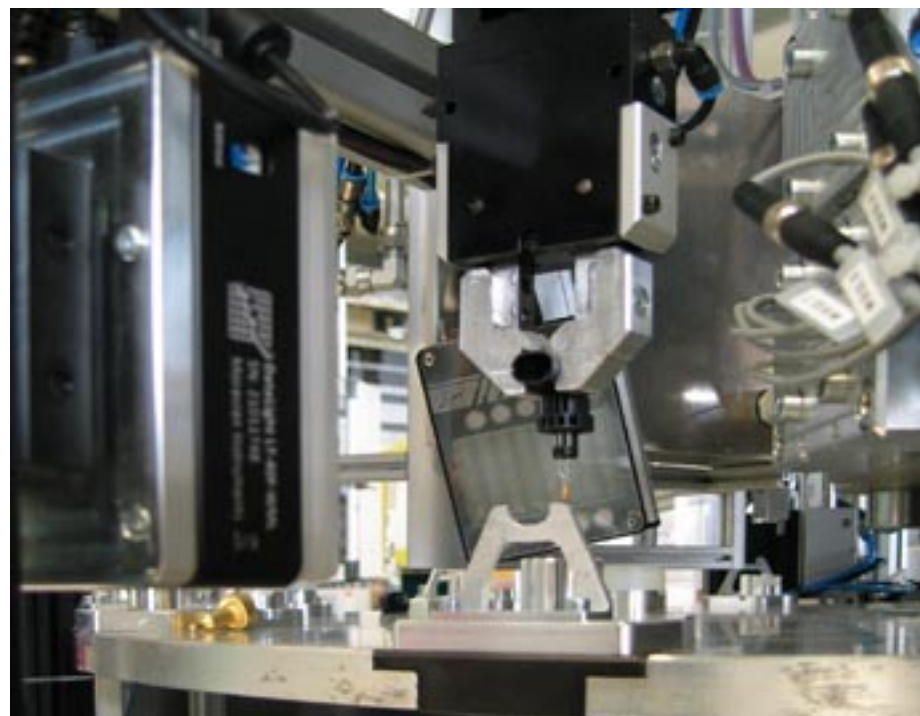
U této úlohy strojového vidění na karuselovém produkčním automatu kompletujícím teplotní snímače pro automobilový průmysl si naši pozornost zaslouží několik zajímavých řešení a postupů:



1) V zadání je vyžadována vysoká přesnost měření geometrických rozměrů a přítom kamera, která nesmí překážet rotujícímu karuselu, musí být umístěna ve větší vzdálenosti od kontrolovaného senzoru, který má velmi malé rozměry. Vzhledem k nutnosti nenarušit manipulační prostor v automatu odtud plynoucí vzdálenosti kamery od kontrolovaného senzoru ne-

mohl být použit telecentrický objektiv. Problém vzdálenosti a přesné projekce obrazu bez perspektivního zkreslení byl vyřešen použitím objektivu s dlouhou ohniskovou vzdáleností. Zvolený objektiv je konstruován pro velké obrazové senzory a tak využitím pouhého středu obrazového pole jsme dosáhli vynikající kvalitu obrazu bez zkreslení geometrie a jasů

a prakticky i bez barevných vad. Dlouhé ohnisko objektivu má ale také jednu nevýhodu - výrobní automat obsahuje řady elektromechanických, pneumatických a hydraulických akčních členů, které při své činnosti způsobují vibrace a mechanické rázy. Proto je nutno nějak vyřešit chvění obrazu a stabilitu jeho pozice. Tato potíž je účinně vyřešena kombinací použití zábleskových osvětlovacích jednotek **DataLight** a programovým ošetřením stability obrazu v prostředí **VisionLab**.



Umístění předního a zadního zábleskového osvětlovače **DataLight** ve stroji

2) Pro přesná měření rozměrů součástek s využitím zadního světla bývají obvykle používány černobílé kamery s vysokým rozlišením. V této inspekční úloze je třeba nejen přesně měřit rozměry senzoru, 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. Zábleskové osvětlení je natolik intenzivní, že není nutné žádné zastínění stroje před okolním světlem i přes to, že je použita barevná kamera citlivá na celé spektrum viditelného světla. Činnost osvětlovacích jednotek přitom není v okolí stroje nijak rušivá či pro obsluhu obtěžující. K vysoké



Software vizuální inspekce přímo ovládá jednotku **DataLab IO**

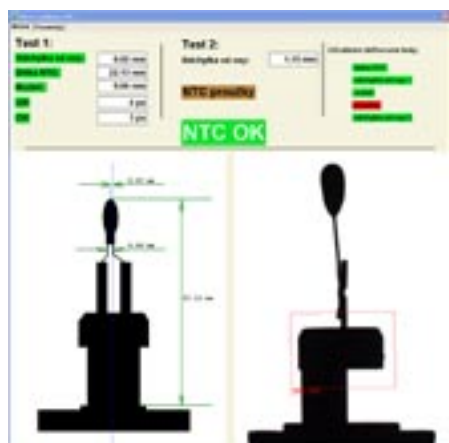


Kamera je umístěna tak, aby nepřekážela pohybu žádného mechanismu automatu

kvalitě a přesnosti zobrazení siluet pro přesné měření rozměrů přispívá schopnost kamerových komponent systému **Control Web** provádět víceprůchodovou adaptivní interpolaci barevné mozaiky grafickým procesorem v reálném čase.



Záblesková osvětlovací jednotka **DataLight**



Přesnost pozice senzoru je měřena ve dvou navzájem kolmých směrech pohledu

Pro spolupráci programového systému vizuální inspekce s výrobním automatem je s výhodou využita jednotka **DataLab** se dvěma vstupně / výstupními moduly.

Systém strojového vidění zajistí stoprocentní kontrolu vyráběných senzorů a včas zachytí veškeré mimotoleranční kusy. Právě absolutní kvalita výrobků je v automobilovém průmyslu klíčová.

Dodavatel automatu:
VPRO Šumperk, s. r. o.

Žerotínova 83
787 01 Šumperk
<http://www.vpro.cz>
Tel: +420 583224128, +420 583219078

Řešitel strojového vidění:
Moravské přístroje a.s.

Masarykova 1148
763 02 Zlín - Malenovice
<http://www.moravinst.com>
<http://www.mii.cz>
Tel: +420 577107171, +420 603498498

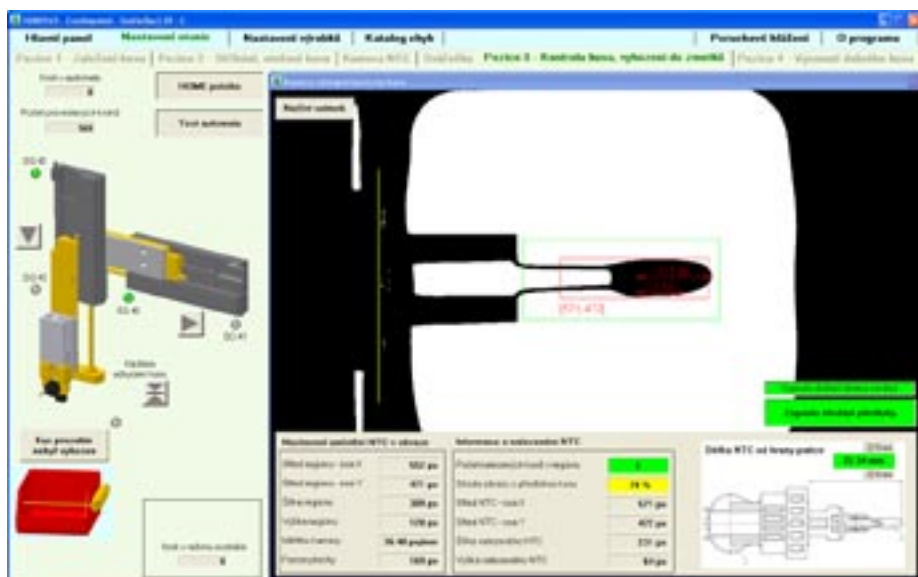
Uživatel systému:
výrobce komponent pro automobilový průmysl

Měření rozměrů a pozic součástek v automatickém svářecím stroji

Řešení této úlohy souvisí s předchozí popisovanou aplikací. Vzhledem ke stoprocentní a nekompromisní kontrole kvality při kompletaci teplotních senzorů musí být i komponenty těchto snímačů vyráběny s vysokou přesností a stabilitou veškerých parametrů. Proto i automatický svářecí stroj musí být vybaven strojovým viděním, které je schopno zajistit požadované výrobní tolerance procesu svaření.



Obrazovka s přehlednou vizualizací automatu v prostředí systému **Control Web**



Dvě kamery **DataCam** a osvětlovací jednotky **DataLight** instalované ve svářecím automatu

Svářecí automat se při své činnosti řídí informacemi o rozměrech a pozicích, které získává z vestavěných kamer.

Dodavatel automatu:
VPRO Šumperk, s. r. o.
Žerotínova 83
787 01 Šumperk
<http://www.vpro.cz>
Tel: +420 583224128, +420 583219078

Uživatel systému:
výrobce komponent pro automobilový průmysl



Stroj pro vysoce přesná měření profilů nerezových tyčí

S měřením rozměrů součástek se zaoblenými a navíc lesklými povrchy bývá vždy potíže. Přesnou detekci obrysů komplikují četné odlesky v jejich blízkosti. Námí měřené tyče jsou navíc v jednom rozměru hodně dlouhé. Jsme tedy nuceni kombinovat optiku s přesnou mechanikou.

Obvyklým řešením úloh tohoto typu je použití optických profilometrů, ve kterých se lineární CCD senzor pohybuje podél osy měřené součástky. Ta bývá zezadu osvětlena barevným, obvykle zeleným, kolimovaným světlem, které pomáhá jak snížit intenzitu odlesků v blízkosti obrysů, tak omezením šířky detekovaného spektra kolem vlastní barvy světla potlačuje vliv okolního osvětlení.

Naše řešení problémů s přesností, a nakonec i s cenou zařízení, je postaveno na intenzivním využití metod matematické statistiky. Pro každou pozici mechanického posuvu snímací hlavičky načteme pouhý řez o šířce jednoho nebo několika obrazových bodů, ale snímáme obraz relativně rozsáhlého okolí na obě strany od aktuální pozice. Získáváme velké množství dat, které lze analyzovat a statisticky



Zkušební prototyp měřicího stroje postavený za účelem ověřování principů a testování

Takové profilometry mají ale několik nevýhod. Nejenže jsou velmi drahé, ale skutečnost, že v každém místě podél osy mechanického posuvu snímáče lze získat jen jeden vždy stejný řádek obrazu, omezuje dosažitelnou přesnost měření a klade

zpracovat. Takto dosahujeme vysoce subpixelové přesnosti měření profilů.

Kromě unikátní přesnosti, která dosahuje dvou až tří mikrometrů, má tato metoda měření i další výhody. Díky vysoce nadbytečnému množství dat dokážeme korigovat i některé nepřesnosti posuvu měřicí hlavičky. Tak lze použít i vodorovný posun namísto svislého, kdy je prostorová přesnost pozice více ovlivňována průhyby vlastní hmotností základny stroje. To dále zjednodušuje nároky na konstrukci přístroje



Pohled na testovací prototyp shora

vysoké nároky na reprodukovatelnost každé pozice posuvu i na absolutní přesnost pozic kroků posuvu optické hlavičky.

Pro dlouhodobé udržení vysoké absolutní přesnosti měření je vestavěn proces autokalibrace, který lze spouštět podle potřeby.



Osvětlení polarizovaným světlem



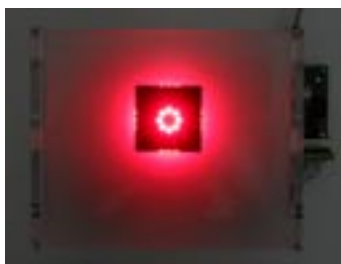
Tyč je snímána současně dvěma protilehlými kamerami

Měřicí stroj současně snímá obrazy ze dvou protilehlých kamer vybavených telecentrickými objektivy. U zadního osvětlení je dosaženo výborných výsledků i bez použití drahých telecentrických projektorů. Jak zadní osvětlovače, tak optika kamer je vybavena polarizačními filtry, pomocí kterých jsou účinně eliminovány odlesky v blízkosti obrysů. Díky polarizačním filtrům je systém také pře-

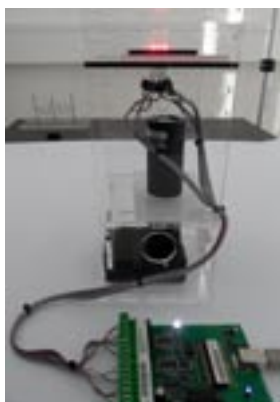


Stroj je řízen přímo z prostředí systému **Control Web** prostřednictvím jednotky **DataLab**

Měření by pravděpodobně bylo realizovatelné i s běžným makroskopickým objektivem, ale vzhledem k velmi malým rozměrům měřených objektů je výhodné použít relativně levný telecentrický objektiv s malým průměrem vstupních čoček. Použití telecentrického objektivu nám zjednoduší geometrické výpočty.



Osvětlovač s šesti spínatelnými bodovými zdroji je jednoduše řízen jednotkou **DataLab** s binárními výstupy



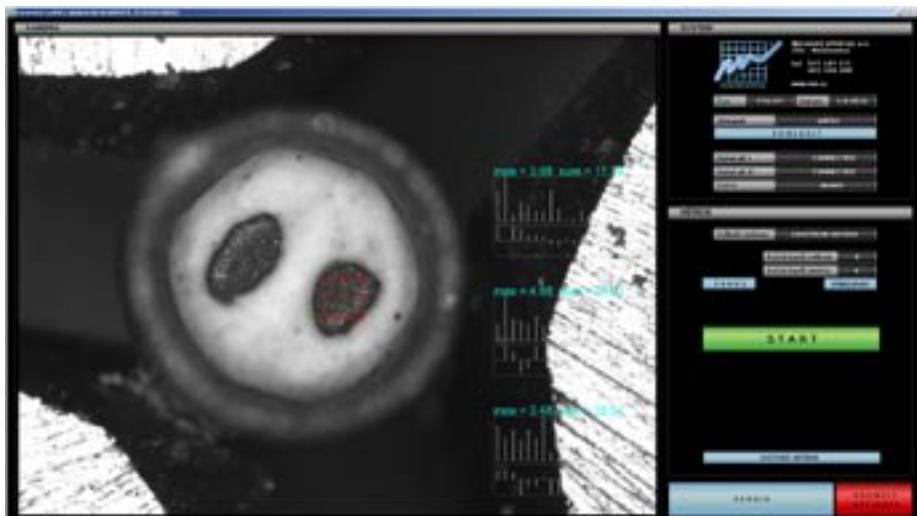
Mechanické díly ověřovacího přípravku byly laserem vyřezány z plastových desek.

Před výrobou finálního poloprovodního zařízení jsme sestavili pokusný přípravek, na kterém jsme ověřili použitelnost navržených principů.

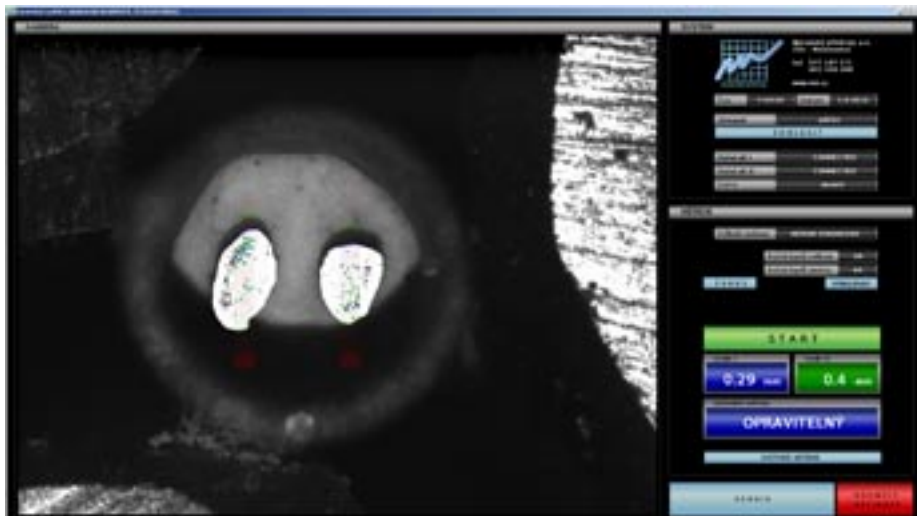
Osvětlovač v přípravku sestával z osmi bodových červených diod přímo spínaných jednotkou **DataLab**. Lze tak volit mezi difúzním světlem rovnoměrně pronikajícím do trubičky a směrovým světlem osvětlujícím scénu z jednoho z šesti možných směrů. Měřený výrobek pak již není nutno natáčet a může být vložen v libovolné pozici.



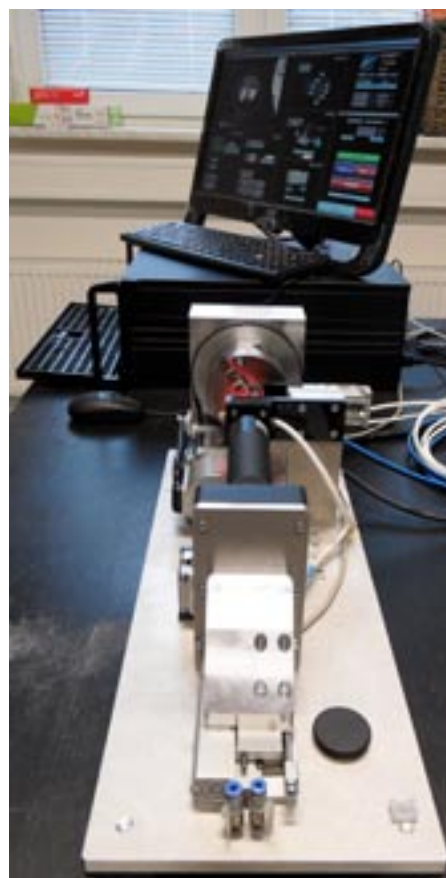
Výsledky měření, kde vlevo jeden z drátků nevyhovuje předepsané toleranci a vpravo dobrý výrobek, kde oba drátky mají správnou délku



Zaostřování na čela drátků při všesměrovém difúzním osvětlení



Měření délky stínů při směrovém osvětlení

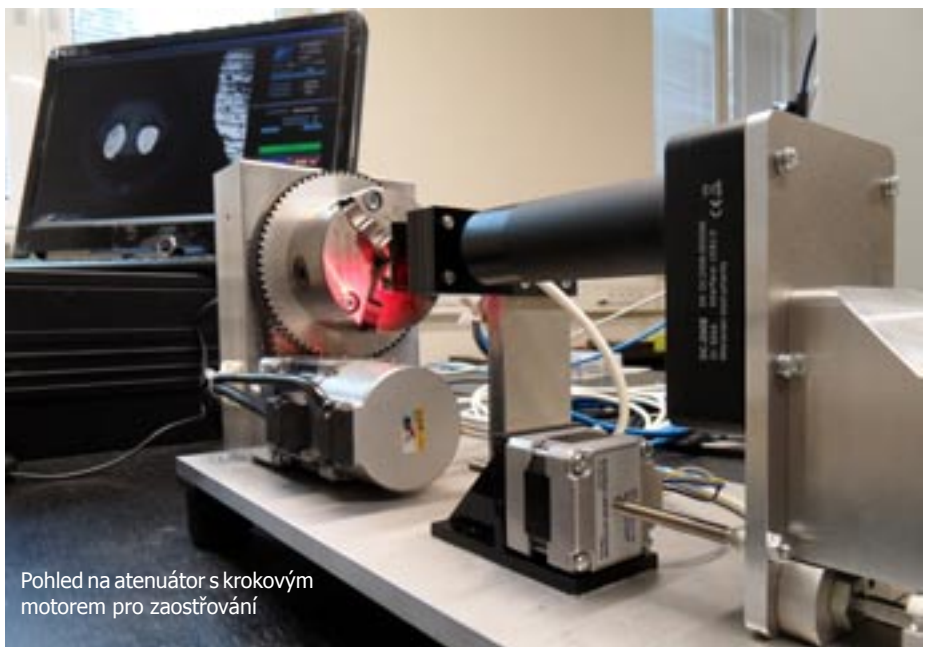


Měřicí přípravek s řídicím počítačem

Již v návrhu zařízení bylo počítáno s faktem, že telecentrický objektiv má velmi malou hloubku ostrosti. Výrobce uvádí hloubku ostrosti 0.4 mm, nicméně vzhledem ke kvalitě obrazu z kamery

DataCam je úbytek ostrosti obrazu pozorovatelný již od desetiny milimetru. Tato vlastnost je pro naši úlohu výhodná. Délku stínu musíme totiž měřit na nerovném granulovaném substrátu. Zde se nám hodí určitá ztráta ostrosti. I tak musel být navíc aplikován anisotropický šumový filtr, který výrazně snížil počet nepřesných detekcí okrajů stínů. Robustnost a spolehlivost algoritmu je nakonec zajištěna měřením stínů na několika místech, statistickým vyhodnocením dat a eliminací měření s příliš velkými odchylkami.

Malá hloubka ostrosti je sice pro použití principu měření výhodná, vyžaduje ale velmi precizní zaostření obrazu na čelní plochy drátků. Tedy i přípustná tolerance pozic čel drátků od okraje trubičky byla velice malá. I tento problém se podařilo velmi uspokojivě vyřešit. Kamera byla již umístěna na posuvných sáňkách a tak bylo snadné přidat attenuátor s krokovým motorem. Krokový motor je řízen prostřednictvím jednotky **DataLab**. Přesné zaostření na čela drátků je již snadné. Na začátku algoritmu je vždy detekována a segmentována plocha čel. V těchto plochách je pak vyhodnocováno spektrum amplitud Fourierovy transformace a ostřící krokový motor je vždy nastaven na maximum amplitud zvoleného rozsahu prostorových frekvencí. Zaostření je



Pohled na attenuátor s krokovým motorem pro zaostřování



Přípravek je vybaven i servomotorem pro rotaci upínací hlavy, ten pro definitivní řešení již nebude nutný.



Malý rozvaděč s elektrickou instalací a jednotkami DataLab a zatím i řízení servopohonu

neobvyčejně přesné a mechanický rozsah attenuátoru navíc umožňuje značnou toleranci pozic čel drátků vůči okrajům trubiček i pozic výrobků během měření.

Poloprovozní přípravek poskytuje výborné výsledky měření a potvrzuje předpoklad, že použitý princip vizuální inspekce může nalézt uplatnění i v budoucím plně automatickém výrobním stroji.

Dodavatel mechanické části přípravku:

VPRO Šumperk, s. r. o.
Žerotínova 83
787 01 Šumperk
<http://www.vpro.cz>
Tel: +420 583224128, +420 583219078

Řešitel strojového vidění:

Moravské přístroje a.s.
Masarykova 1148
763 02 Zlín - Malenovice
<http://www.moravinst.com>
<http://www.mii.cz>
Tel: +420 577107171, +420 603498498

Uživatel systému:

výrobce komponent pro automobilový průmysl



Servisní panel pro ostření se zobrazením spekter ostřičích oblastí

Optická detekce kvality kontinuální výroby plastových desek

Kamerový inspekční systém umístěný na válcovací stolici přináší několik technických zajímavostí, které mohou být inspirací pro techniky v oboru strojového vidění.

Zde máme za úkol pomocí kamer kontrolovat celou plochu plastové desky, která opouští stroj. Deska může vykazovat několik typů vad, z nichž nejkritičtějšími jsou zvlnění povrchu a zrnka nečistot uvnitř materiálu. Tyto vady nesmějí projít bez přesné identifikace jejich místa bez vyznačení těchto problémových míst na okraji desky. Přitom je nutno rozpoznat zvlnění velikosti jednotek mikrometrů a nečistoty velké desetiný milimetru.

Již z tohoto zadání jsou zřejmé požadavky, se kterými se musí systém vizuální inspekce vyrovnat. Především potřebujeme získávat vysoce kvalitní a stabilní obraz s vysokým rozlišením a bez jakékoliv ztrátové komprese obrazu.

1) Požadavek na nejvyšší kvalitu obrazu nám splňují monochromní RAW data kamery **DataCam** s rozlišením 1600*1200 pixelů a s šestnáctibitovou digitalizací.

klade vysoký nárok na intenzitu osvětlení. Speciálně pro tuto zakázku byla zkonstruována osvětlovací lišta osazená výkonnými LED s bílým světlem. Osvětlení je dostatečně intenzivní a přitom prakticky

vý hub na základní desce počítače. Objem syrových dat, produkovaných čtveřicí kamer činí několik desítek MB za sekundu a je již za možnosti jediného USB portu. Proto v takových případech nemůžeme použít USB hub. Připojení každé kamery na samostatný port je pro plynulost běhu aplikačního programu podstatným požadavkem.

5) Počítač si musí poradit nejenom s mohutným tokem dat, ale je nutno veškerá obrazová data také zpracovat v reálném čase odpovídajícímu produkčnímu tempu stroje. Kroky systému strojového vidění **VisionLab** umožňují rozdělovat výpočty mezi více jader CPU. Proto je počítač vybaven výkonným šestijádrovým procesorem. Díky tomu počítač zvládá veškeré výpočty Fourierových transformací a větší počet jader je také přínosem pro plynulost datového toku přes USB.

6) Systém dokáže detekovat zrnka nečistot, která jsou menší než je obrazový bod kamery. Aby toho dosáhl, musí obraz zpracovávat výpočetně náročnými filtry. Pro tento účel je počítač vybaven grafickým adaptérem s grafickým procesorem nVidia, kde je obraz zpracováván vysoce paralelně - GPU GF590GTX obsahuje 1024 jader a datový tok obrazových dat může



Čtveřice kamer **DataCam** snímá celou šířku pásu na výstupu výrobní linky

2) Plastová deska opouštějící stroj má šířku 120mm a pohybuje se rychlostí cca 6 m/min. Abychom pokryli celou plochu desky, jsou použity čtyři kamery vedle sebe, jejichž obraz se mírně překrývá.

3) Snímaný materiál se nepřetržitě pohybuje. Musíme tedy pracovat s velmi krátkými expozičními časy. Tento požadavek

nezvyšuje tepelnou zátěž kontrolovaného plastového materiálu.

4) Syrová data, která kamery poskytují představují značnou zátěž i pro tak výkonný komunikační systém, jakým je sběrnice USB v moderních počítačích. Připojení je navrženo tak, aby byla každá kamera připojena na samostatný kořeno-

Řešitel systému strojového vidění:

Moravské přístroje a.s.

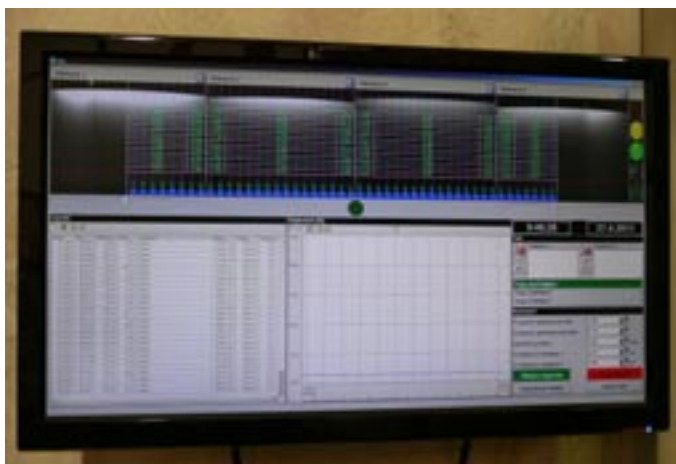
Masarykova 1148

763 02 Zlín - Malenovice

www.mii.cz www.moravinst.com

Tel: +420 577 107 171, +420 603 498 498

Uživatel stroje a řešitel jeho mechanické části:
společnost produkující plastové výrobky

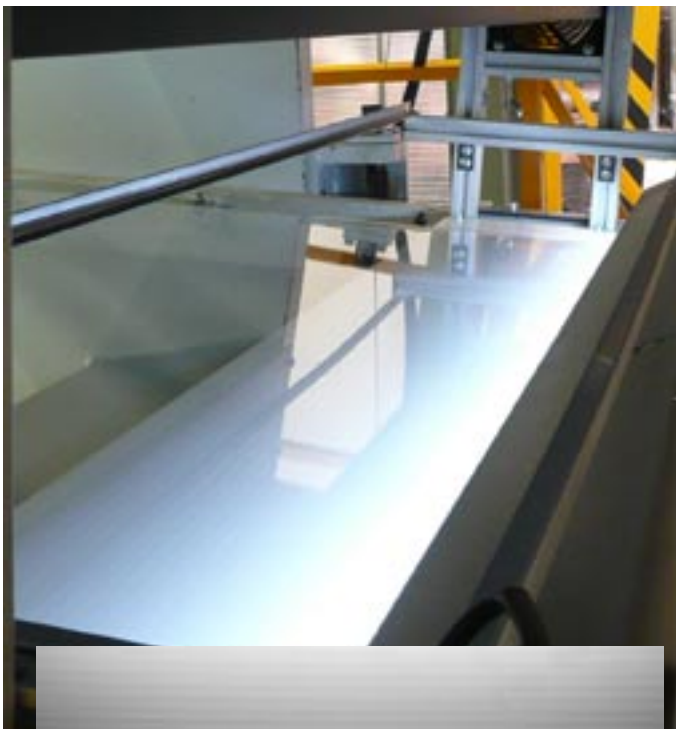


Obrazovka s výsledky vizuální inspekce



Kamery **DataCam** jsou pro snížení zátěže odparem plastu a teplem ofukovány vzduchem

činit až 327 GB/sec. Systém obsahuje řadu kroků, které výkon současných grafických procesorů dokáží využít. V aplikacích, kde je zátěž GPU vysoká, se tato skutečnost téměř neprojevuje na zatížení CPU a na odezvách počítače na povely obsluhy.



Speciálně navržený osvětlovací systém dokáže zviditelnit mikrometrové nerovnosti materiálu. Programové vybavení vyhodnocuje požadovanou informaci bez ohledu na absolutní jas obrazu i na gradient středního jasu v ploše obrazu.

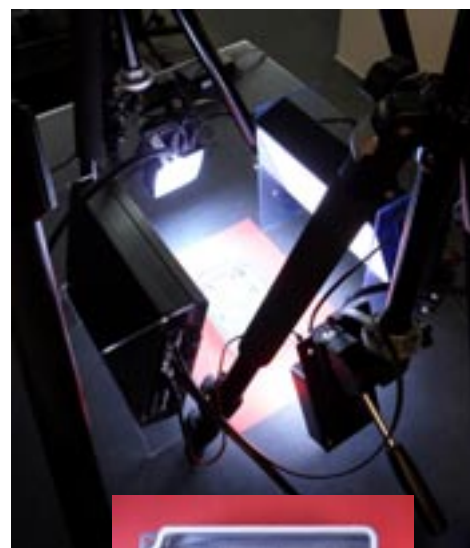
System vizuální inspekce nánosů pasty na hliníkových odlitcích

Toto řešení dosud není instalováno na příslušný stroj, proto jen velmi stručně - pomocí barevné kamery je kontrolována kvalita nánosů pasty na hliníkových odlitcích. I velmi jemně zabarvené pasty je možno spolehlivě v obraze rozeznat pomocí barevných filtrací v barevném prostoru HSV. Zde je situace usnadněna díky přesnosti barevného obrazu kamery **DataCam**.

Pro spolehlivé a dlouhodobě stabilní rozlišování barev potřebujeme kameru s čistým obrazem a co nejmenšími rušivými artefakty plynoucími

z principů interpolace barevné masky CCD senzorů. Nutná je také vysoká stabilita barvy světla osvětlovacích komponent. Programové vybavení pro detekci barev musí být schopno rozpoznat přítomnost hledané barvy ve velmi širokém rozsahu jasu každého obrazového bodu. V RGB barevném prostoru se vektor barvy se změnou jasu otáčí. Proto je výhodné pracovat v barevném prostoru HSV. Přepočty mezi barevnými prostory je nutno provádět v plovoucí řádové čárce, mohou proto být značnou zátěží pro CPU. Pro akceleraci těchto procesů systém **VisionLab** dokáže využít GPU grafické karty.

Co je ale zajímavější, a co zpočátku vypadalo jako neřešitelný problém - systém také dokáže rozeznat čistě bílou pastu nanesenou na hliníkovém lesklém odlitku. Pro toto ale již musí být použito několik triků, které kombinují osvětlení s programovou extrakcí hledaných oblastí obrazu.



Řešitel strojového vidění:

Moravské přístroje a.s.

Masarykova 1148

763 02 Zlín - Malenovice

<http://www.moravinst.com>

<http://www.mii.cz>

Tel: +420 577107171, +420 603498498

Zadavatel úlohy:

výrobce komponent pro automobilový průmysl

Kód	Produkt	Cena pro integrátory	Koncová cena
-----	---------	----------------------	--------------

Control Web 6

CW6-DEV	Control Web 6.1 Vývojová verze	19 700 Kč	21 700 Kč
CW6-UCW5	Control Web 6.1 Vývojová verze zvýhodněná cena pro majitele licence na Control Web 5	12 900 Kč	14 200 Kč
CW6-XDEV	Control Web 6.1 Express vývojová verze	1 970 Kč	2 150 Kč
CW6-SRUN	Control Web 6.1 Runtime	5 900 Kč	6 500 Kč
CW6-NRUN	Control Web 6.1 Runtime Network Edition, pro síťové distribuované aplikace	9 700 Kč	10 700 Kč
CW6-XRUN	Control Web 6.1 Express runtime	970 Kč	1050 Kč
CW6-DEMO	Control Web 6.1 Demonstrační verze na CD-ROM, lze zdarma stáhnout z http://www.mii.cz		250 Kč

System strojového vidění VisionLab

SW-VL1	VisionLab	19 700 Kč	21 700 Kč
SW-VL1D	VisionLab - Demonstrační verze na CD-ROM, lze zdarma stáhnout z http://www.mii.cz	250 Kč	300 Kč

Digitální kamery DataCam

DC-0316	černobílá CCD kamera s čipem Sony ICX424AL 1/3" progressive scan CCD 640 x 480 bodů, adaptér pro CS objektivy	10 450 Kč	11 500 Kč
DC-0316C	barevná CCD kamera s čipem Sony ICX424AQ 1/3" progressive scan CCD 640 x 480 bodů, adaptér pro CS objektivy	10 450 Kč	11 500 Kč
DC-0816	černobílá CCD kamera s čipem Sony ICX204AL 1/3" progressive scan CCD 1024 x 768 bodů, adaptér pro CS objektivy	14 630 Kč	16100 Kč
DC-0816C	barevná CCD kamera s čipem Sony ICX204AK 1/3" progressive scan CCD 1024 x 768 bodů, adaptér pro CS objektivy	14 630 Kč	16 100 Kč
DC-2016	černobílá CCD kamera s čipem Sony ICX274AL progressive scan CCD 1600 x 1200 bodů, adaptér pro CS objektivy	21 810 Kč	24 000 Kč
DC-2016C	barevná CCD kamera s čipem Sony ICX274AQ 1/2" progressive scan CCD 1600 x 1200 bodů, adaptér pro CS objektivy	21 810 Kč	24 000 Kč
DC-1416	černobílá CCD kamera s čipem Sony ICX285AL 2/3" progressive scan CCD 1392 x 1040 bodů, adaptér pro CS objektivy	26 270 Kč	28 900 Kč
DC-1416C	barevná CCD kamera s čipem Sony ICX285AQ 2/3" progressive scan CCD 1392 x 1040 bodů, adaptér pro CS objektivy	26 270 Kč	28 900 Kč

DataLab IO

DL-ETH4	skříňka s CPU pro 4 vstupně/výstupní moduly (Ethernet rozhraní)	3 430 Kč	3 800 Kč
DL-CPU4	skříňka s CPU pro 4 vstupně/výstupní moduly (USB rozhraní)	3 050 Kč	3 350 Kč
DL-CPU2	skříňka s CPU pro 2 vstupně/výstupní moduly (USB rozhraní)	2 530 Kč	2 800 Kč
DL-CPU1	skříňka s CPU pro 1 vstupně/výstupní modul (USB rozhraní)	2 010 Kč	2 200 Kč
DL-DI1	Modul 8 digitálních izolovaných vstupů	1 350 Kč	1 500 Kč
DL-DI2	Modul 8 digitálních izolovaných vstupů se společnou zemí	1 350 Kč	1 500 Kč
DL-DO1	Modul 8 reléových výstupů se spínacími kontakty	1 500 Kč	1 650 Kč
DL-DO2	Modul 8 digitálních izolovaných výstupů s otevřeným kolektorem	1 350 Kč	1 500 Kč
DL-DO3	Modul 8 digitálních galvanicky oddělených výstupů se společným pólem	1 350 Kč	1 500 Kč
DL-AI3	Modul 8 analogových vstupů, 16 bitů	2 690 Kč	2 950 Kč
DL-AD1	Modul 4 oddělených analogových vstupů a 4 oddělených digitálních vstupů/výstupů	2 690 Kč	2 950 Kč
DL-AO1	Modul 8 analogových napěťových a proudových výstupů, 12 bitů	2 890 Kč	3 200 Kč
DL-CNT1	Modul 4 digitálních galvanicky oddělených čítačů, 24 bitů	1 550 Kč	1 700 Kč
DL-CNT2	Modul inkrementálního čítače s dekodérem kvadrurní modulace a s možností čítání nahoru/dolů nebo krok/směr, 32 bitů	1 550 Kč	1 700 Kč

Pohodlné nakupování nebo sestavování nabídek vám umožní internetový obchod na adrese www.mii.cz

Moravské přístroje a.s.
Masarykova 1148
763 02 Zlín-Malenovice
<mailto:info@mii.cz>

<http://www.moravinst.com>
<http://www.mii.cz>
<http://www.controlweb.cz>
<http://www.controlweb.eu>

tel./fax 577 107 171
tel. 603 498 498
tel. 603 228 976

