

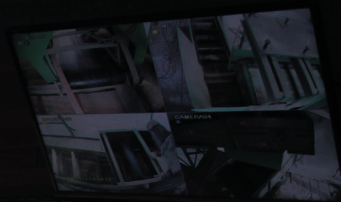
# PRODUKTY TRENDY TECHNOLOGIE



moravské přístroje

programové prostředí pro rychlý vývoj aplikací  
strojové vidění a průmyslové kamery  
příklady zakázkových řešení

Chtějte více, než je v průmyslové automatizaci  
standardem



**Operátorské řízení a vizualizace  
průmyslových procesů**

**Řízení strojů a výrobních linek  
v reálném čase**

**Strojové vidění**

**Propojení s databázovými  
systémy**

**Široké možnosti komunikace**

**A mnoho dalšího ...**



Vydejte se za hranice  
konvenčních SCADA programů

# Křižovatky vývoje software

V oborech informačních technologií a průmyslové automatizace se čas od času objevují nová hesla, která se vždy na nějakou dobu stanou moderními a v odborných kruzích široce citovanými. Dostí často se ale jedná o marketing a obchodní zájmy velkých hráčů oboru. Nyní prakticky nelze narazit na odborný tisk, kde není široce probírána tzv. nová průmyslová revoluce označovaná jako Průmysl 4.0. Tato nová digitální ekonomika úzce souvisí s tzv. Internetem věcí. Ten představuje používání obecně přijatých a otevřených komunikačních standardů. Zajímavým momentem na tom je skutečnost, že největšími hlasateli této „revoluce“ je několik největších koncernů, které ještě donedávna urputně hájily své vlastnické, často tajné, komunikační protokoly nejrozumnějších „fieldbusů“. A zcela vážně tvrdily, že počítače s architekturou PC, Ethernet a TCP/IP protokoly jsou pro průmysl zcela nevhodné. Tento módní termín popisuje již velmi dlouhou probíhající evoluci, jistě není nutno mít obavy z revolučního skoku.

Na druhé straně již postupně opadá vlna cloudového běsnění. Dokonce se objevuje „nově vynalezená“ koncepce, tzv. fog computing, která hlásá, že ne všechna data je vhodné přenášet do cloudu na opačné straně Země (zvláště pak ta, která nejsou užitečná pro nikoho z Velkých bratrů). Některá data může být vhodné zpracovat lokálně poblíž místa jejich vzniku. U některých dat je to zřejmější, např. u obrazů z kamer inspekčních systémů, u spousty ostatních je to minimálně silně na pováženou.

Rovněž již také poněkud utichá kampaň, kterou můžeme zjednodušeně nazvat „cokoliv jako služba“. Snaha softwarových firem převést jednorázový prodej často prostého produktu na pravidelné měsíční inkaso bývá často silnější než úsilí o technicky optimální řešení.

Nepochybně nové trendy v programovém vybavení mění náš svět, v řadě případů je užitečné pronajmát si software jako službu, cloudová řešení všichni denně intenzivně využíváme a těžko bychom se bez nich obešli. V průmyslovém prostředí je ale hodně důležitá obezřetnost a dobrý odhad.

Chce to nenechat se zblbnout a nenaskakovat na každou vesměs krátkodobou módní vlnu, ale zároveň s velkým předstihem pracovat na perspektivních technologiích. Jenže které to jsou? To je vždy otázka. Při rozhodování o dalším vývoji je tak snadné udělat chybu. Můžeme si udělat krátkou rekapitulaci křižovatek dosavadního vývoje systému

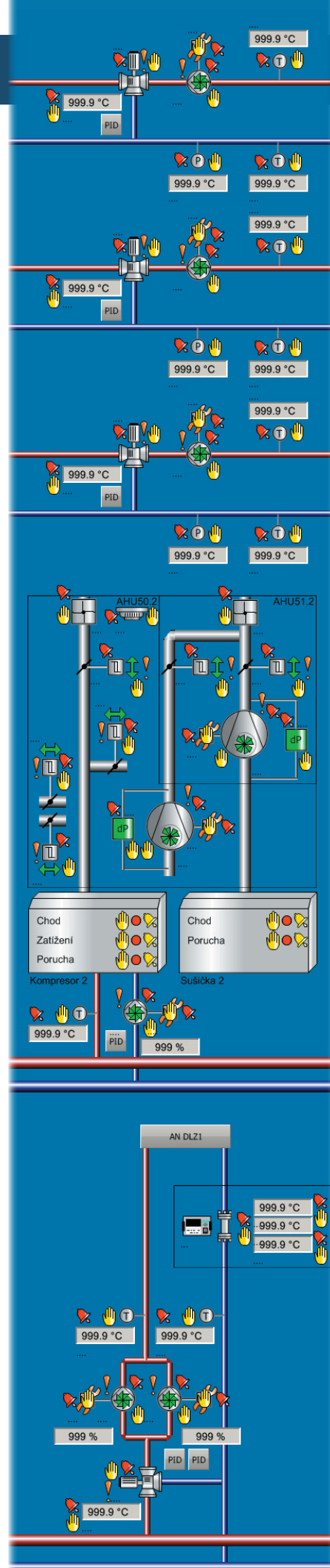
## Control Web:

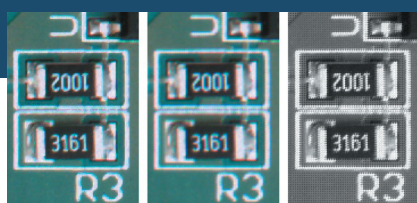
- **Control Web** nikdy neprosazoval uzavřená vlastnická řešení a naopak vždy maximálně využíval obecně přijaté standardy informačních a komunikačních technologií.
- **Control Web** přešel z vlastního operačního systému do obecného prostředí systému Windows ihned, jakmile tento dosáhl vyhovující technické úrovně pro nepřetržitý běh v automatizačních systémech.
- **Control Web** od počátku pro komunikaci využívá Ethernet a TCP/IP protokol.
- **Control Web** přinesl do průmyslové automatizace řadu webových technologií, jeho součástí je vestavěný www server i klient, jsou využívány principy průmyslového Internetu věcí.
- **Control Web** využívá standardní SQL databázové servery.
- **Control Web** mezi prvními začal využívat USB spojení v průmyslové automatizaci.
- **Control Web** jako první přinesl do průmyslové automatizace 3D prostorovou grafiku.
- Do prostředí systému **Control Web** byl začleněn rozsáhlý a výkonný systém strojového vidění.
- Byla abstrahována grafika pro několik grafických API a pro plynulé škálování a různá rozlišení a DPI monitorů.

Přítom všem stále platí původní koncepce, kterou se **Control Web** podstatně liší od ostatních v oboru, a tou je sestavování programů jako struktur instancí komponent. Tato architektura poskytuje neomezenou programovatelnost při vysoké robustnosti a stabilitě.

Jak se na to zpětně dívám, tak jsme se ve většině případů vydali správným směrem. Často jsme byli mezi prvními průkopníky a ostatní od nás se zpožděním opisovali. Ať nám to ještě nějakou dobu vydrží.

Snad pro vás budou popisy některých nových technologií ve strojovém vidění zajímavými a ukázky zakázkových aplikací budou inspirací pro vaše vlastní řešení. Kritické myšlení a dobrou orientaci ve složitém světě informačních technologií vám přeje vývojový tým společnosti Moravské přístroje a.s.





## **Systém VisionLab v náročných aplikacích strojového vidění** . . . . . **str. 4**

Praktická realizovatelnost mnoha systémů strojového vidění s pokročilými a složitými funkcemi je často závislá na dostupném výpočetním výkonu. Jak nám v takových případech mohou pomoci grafické procesory?



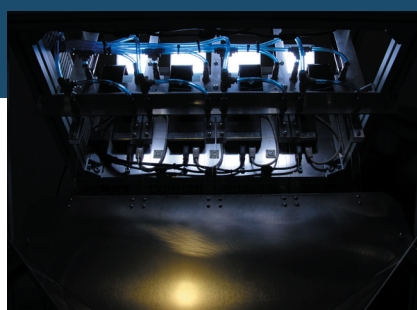
## **Korekce extrémního perspektivního zkreslení a její využití při měření kmenů na plně automatizované pile** . . . . . **str. 6**

Z hlediska strojového vidění stojí za pozornost zvládnutí korekce značných perspektivních deformací projekcí roviny, ve které jsou měřeny průřezy kmenů stromů na vstupu linky do automatizované pily. Ale i celkové řešení automatizace tohoto úctyhodného stroje je velmi zajímavé.



## **Optická kontrola kvality obrysů a povrchů výrobků v prostředí systému VisionLab** . . . . . **str. 10**

Požadavky na řešení vizuální inspekce kvality povrchů a obrysů výrobků jsou velice časté. Řešení těchto úloh ale obvykle nebývá tak snadné, jak se zdává na první pohled. Často musíme detekovat velmi malé a v plochách navíc málo kontrastní a neztetelné vady. Potřebujeme vysoké rozlišení, kvalitní obraz s vysokou dynamikou a nízkým šumem a především se neobejdeme bez programového vybavení, které si poradí se značným rozsahem měřítek, ve kterých musíme nerovnoměrnosti povrchů nalézat.



## **Systém vizuální inspekce kvality zabalených výrobků spotřební elektroniky** . . . . . **str. 11**

I když se jedná o mnohonásobně menší a jednodušší stroj než v předchozí ukázce řešení, rovněž na tomto případě lze ukázat, jak lze elegantně spojit řízení mechaniky stroje se strojovým viděním v jednom řídicím počítači a v jednom softwarovém prostředí.



## **Identifikace objektů v prostředí strojového vidění VisionLab** . . . . . **str. 13**

Vrcholem porozumění obrazu je v současných systémech strojového vidění identifikace objektů. Schopnost rozpoznat např. strom, automobil, zvíře a především identifikovat konkrétního člověka, najít jeho obličej mezi spoustou jiných, to je nyní perspektivní a rozvíjející se oblast práce s digitálním obrazem. Také systém **VisionLab** je vybaven takovými zajímavými schopnostmi.

# System VisionLab v náročných aplikacích strojového vidění

Nové a stále složitější algoritmy dokáží stále více, ale také potřebují stále více výpočetního výkonu. Často se stává, že právě výpočetní výkon je podstatným limitem při realizaci mnoha systémů vizuální inspekce. A právě pro tyto případy poskytuje systém VisionLab několik unikátních schopností.

Tvorba aplikací strojového vidění patří v oblasti průmyslové automatizace k složitým a náročným činnostem. Obor se také stále a velice rychle vyvíjí. Pomalu si zvykáme, že počítače mohou v obraze z kamer např. nalézat a identifikovat lidské obličeje, orientovat se při jízdě na silnici a mnoho dalšího. Nové a stále složitější algoritmy dokáží stále více, ale také potřebují stále více výpočetního výkonu. Často se stává, že právě výpočetní výkon je podstatným limitem při realizaci mnoha systémů vizuální inspekce.

Přes značné zpřístupnění a zjednodušení, ke kterému v poslední době došlo, se tvorba aplikací strojového vidění stále velmi liší od převážné většiny zakázkových řešení v průmyslové automatizaci. Potřebujeme-li měřit např. teploty nebo elektrické proudy, připojíme vhodné snímače a zkonfigurujeme obrazovky operátorského rozhraní. Vše bude v naprosté většině případů spolehlivě fungovat. V případě strojového vidění asi nikdy nebude možno vše pouze připojit a zkonfigurovat. Autor aplikace musí nejprve rozhodnout o celkové koncepci a geometrickém uspořádání systému, zvolit typy kamer a objektivů, způsob osvětlení, zastínění a typy osvětlovačů a v neposlední řadě musí zvolit hardware a software pro práci s obrazem a dobře odhadnout nároky úlohy na výpočetní výkon.

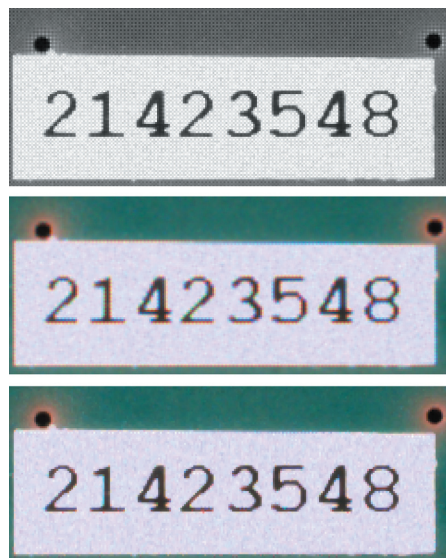
Problematika strojového vidění je objektivně dosti složitá a každé počáteční nesprávné rozhodnutí může způsobit neúspěch řešení. Nyní se však soustředíme pouze na spotřebu výpočetního výkonu a na způsoby, jak si i v této oblasti vytvořit nějaké rezervy, které se v průběhu tvorby aplikace často velmi hodí. Abychom ale nezkreslovali situaci – stále existuje velké množství jednoduchých aplikací, které mají nízkou nebo alespoň přesně odhadnutelnou potřebu výpočetního výkonu. Jedná se o většinu vizuálních inspekcí, kontrolujících např. přítomnost dílu prostřednictvím přítomnosti tmavé či světlé skvrny, jednoduché detektory vzorů, měření rozměrů, aplikace, které čtou texty, čárové a datamatrix kódy atd. Na druhé straně ale stále pozorujeme nárůst

opravdu komplexních úloh s velmi složitými algoritmy, které jsou jednoduchými prostředky nerealizovatelné.

Náročnost složitých algoritmů na výpočetní výkon je pochopitelná, při práci s obrazem ale často narážíme na nutnost realizace operací, které na první pohled vypadají velice jednoduše, přesto ale nejsou v reálném čase realizovatelné ani současnými vícejádrovými procesory (CPU). A to i tehdy, když operace s každým obrazovým bodem, i když sama o sobě není příliš výpočetně složitá, vyžaduje mnoho přístupů k jiným bodům obrazu. Právě pro tyto typy práce s obrazem je výborným řešením, přinášejícím podstatné zrychlení, využití masivně paralelního výkonu grafického procesoru (GPU). Systém strojového vidění VisionLab prostřednictvím grafického procesoru pracuje v reálném čase s obrazem tak, jak by to s využitím CPU nebylo dosažitelné.

## Pokročilá interpolace barevné mozaiky

Naprostá většina běžných kamer je při

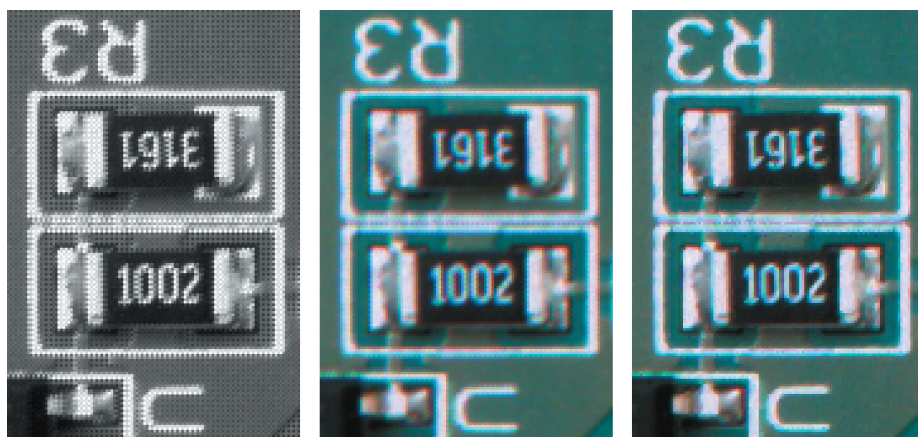


Obr. 2: Artefakty bilineární interpolace jsou viditelné na kontrastních hranách

interpolaci barevné mozaiky omezena na základní bilineární interpolaci, která je řešitelná celočíselnými výpočty. Na víc výkon kamer nestačí.

Obraz je pak zatížen všemi nežádoucími artefakty tohoto postupu, které plynou mimo jiné ze vzájemného prostorového posunu červeného a modrého barevného kanálu. Ve výsledku pak pozorujeme v blízkosti kontrastních hran šachovnicové vzory a modročervené lemování.

Pokročilé algoritmy, které produkují výrazně čistší a ostřejší obraz, musí využívat výpočtů v plovoucí řádové čárce a obsahují více průchodů plochou obrazu. Takový algoritmus již není možno v reál-



Obr. 1: Jasový obraz Bayerovy masky, bilineární interpolace a adaptivní interpolace v GPU

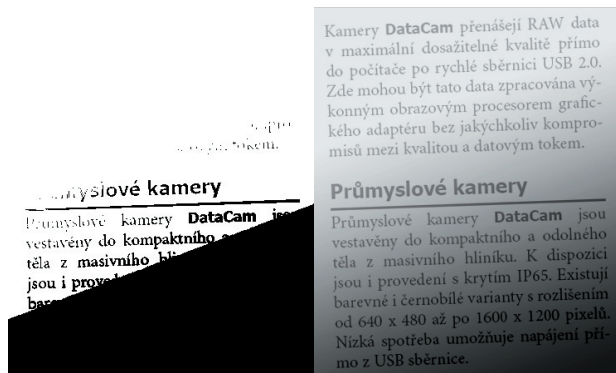


Obr. 3: Rozdílový obraz mezi bilineární a adaptivní interpolací

ném čase na proudy dat z kamery řešit ani procesorem uvnitř kamery, ani pomocí CPU v počítači, je však příkladem ideální úlohy pro masivní paralelizaci v GPU.

## Lokální prahování a ostatní obrazové filtry

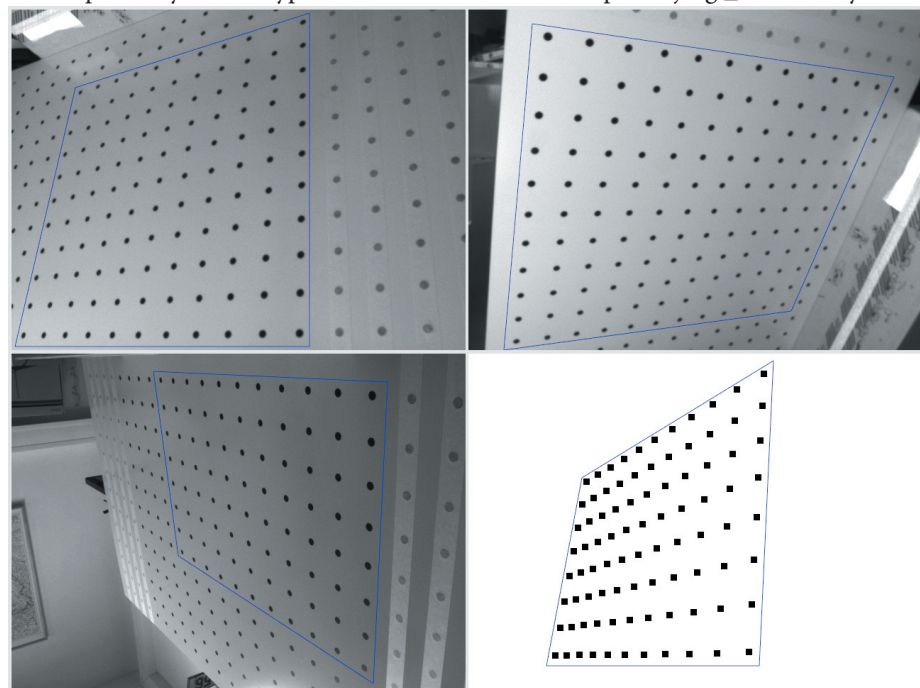
Mechanismus lokálního prahování je opravdu velmi jednoduchý, výpočtů je zde minimálně, není na první pohled zcela zřejmé, kde by mohl být při řešení pomocí CPU problém. Potíž se skrývá ve



Obr. 4: Srovnání globálního a lokálního prahování

skutečnosti, že pro výpočet každého bodu je nutno číst mnoho pixelů z okolí. Pak schopnost GPU a grafických RAM přenášet desítky gigapixelů za sekundu je značným přínosem. GPU řešení je zde výrazně rychlejší než snaha o totéž v CPU.

Obrazové filtry vypadají na první pohled jako optimální úlohy pro řešení v GPU. Často tomu tak je, ale nemusí to platit univerzálně. Potíž může být v tom, že řada jednoduchých kernelových filtrů nemá příliš vysokou výpočetní inten-



Obr. 5: Tvorba obrazových map při rovnání perspektivních zkreslení pomocí GPU

zitu (a současně vícejádrové CPU také nepočítají až tak zoufale pomalu). Režie přenosu obrazových dat mezi systémem a grafickou pamětí pak může i stonásobně vyšší rychlost výpočtů kernelu v GPU oproti CPU znehodnotit. Situace se ale dramaticky změní v případě filtrů s nutností složitějších výpočtů v plovoucí řádové čárce, jako je tomu např. u transformací barevných prostorů, řešení satrační matic, šumových filtrů atd. Pak nám může využít GPU zrychlit tyto kroky až několik řádů.

**Control Web** tímto způsobem elegantně řeší nejen kalibraci geometrických zkraslení objektivů, ale dokáže např. i korigovat perspektivní zkraslení, odstranit natočení obrazu, rozvinout obraz z povrchu válce či koule. Umožňuje srovnat libovolně nelineárně deformovaný obraz.

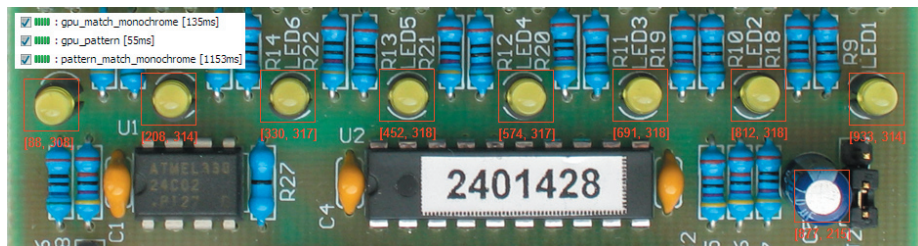
Kromě požadavku na rychlost je podstatná i vysoká kvalita výsledného obrazu. Proto je tvorba výsledného obrazu řešena s vysokou subpixelovou přesností programem fragmentového shaderu, který poskytuje zaručeně kvalitní a stabilní výsledky na veškerých GPU.

## Masivně paralelní algoritmus hledání vzorů

V aplikacích vizuální inspekce je hledání obrazových vzorů velmi často používáno. Implementace tohoto algoritmu již ale není tak přímočará, jako tomu bylo v předchozích případech. Ani současné moderní GPU nemají bohužel stále tolik hrubého výkonu, aby mohly realizovat kompletní normalizovanou křížovou korelaci pro všechny pixely obrazu se všemi pixely hledaného patternu. Škoda, řešení hrubou silou by poskytovalo nejpřesnější

## Kalibrace obrazu a jiné úpravy geometrie

Programovatelné grafické procesory umožňují bez zatěžování CPU řešit



Obr. 6: Srovnání výkonu hledání vzorů v CPU a v GPU

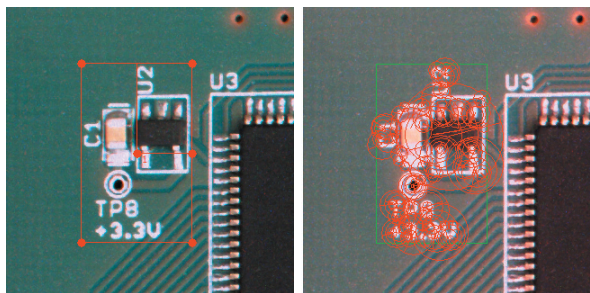
problematiku změn geometrie obrazu. Virtuální přístroj `gl_camera` systému

výsledky, ale normalizovaná křížová korelace je opravdu výpočetně příliš náročná. Proto i GPU algoritmus potřebuje několik optimalizací na výkon, které vedou na nutnost několika vykreslovacích průchodů. Krok, který je k dispozici v systému **VisionLab** je optimalizován tak, aby byla pokud možno co nejméně přenášena data mezi pamětí CPU a pamětí grafické karty. Jeho výkon je obvykle několikrát lepší než u srovnatelného CPU řešení.

## Identifikace objektů pomocí deskriptorů významných bodů

Tyto moderní algoritmy se dostávají ke slovu teprve v posledních několika letech. Přináší mnoho skvělých vlastností, nicméně jsou také velice náročné na výpočetní výkon. Rozumná implementace se neobejde bez co největšího využití výkonu GPU.

Základní myšlenkou je nezkoumat obrazové body celého obrazu, ale omezit se pouze na pixely v okolí tzv. významných bodů. A navíc ani v tomto okolí nepoužíváme normalizovanou křížovou korelaci bodů obrazů, ale vzájemně porovnáváme vektory čísel tzv. deskriptorů. Pro identifikaci objektů tedy postačí zapamatovat si pouze určitý nevelký počet těchto deskriptorů. Proces identifikace se pak již více podobá hledání podobnosti číselných řad v databázích.



Obr. 7: Výběr regionu pro snímání deskriptorů významných bodů

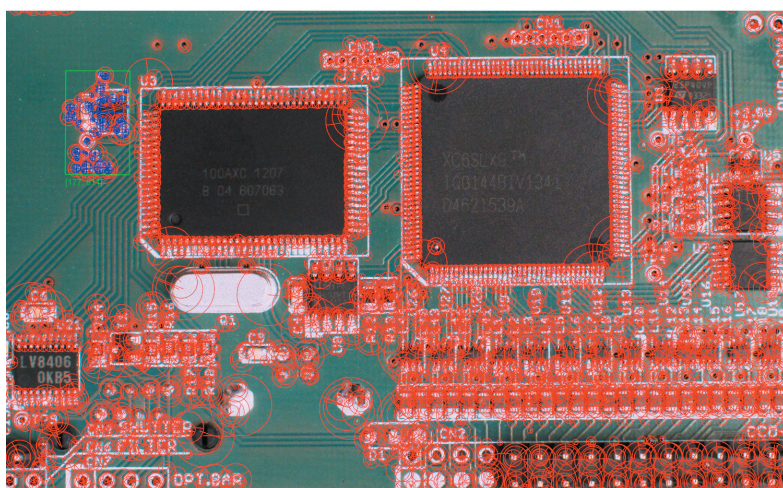
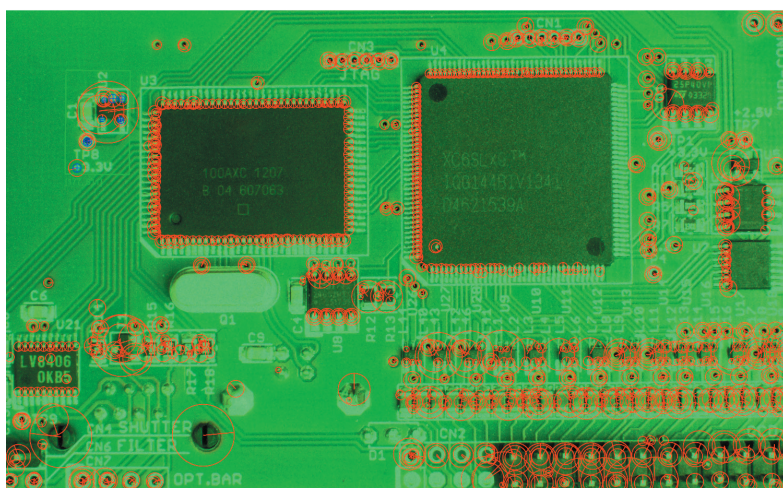
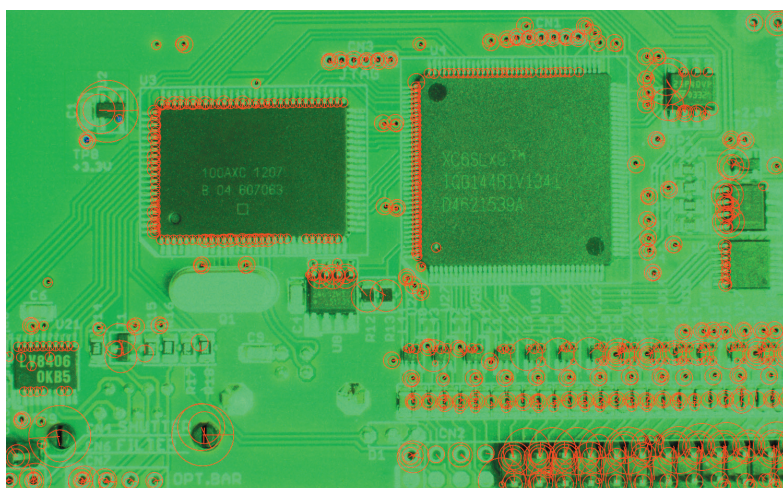
V systému strojového vidění **VisionLab** jsou pro využití těchto algoritmů k dispozici kroky, které do maximální míry využívají schopností programovatelných GPU. Možnosti těchto kroků jsou překvapující. Kromě samozřejmé invariance vzhledem k jasů, měřítku a neomezené rotaci umožňují s vysokým výkonem vyhledávat a identifikovat prakticky veškeré typy a velikosti objektů. Metoda je velmi odolná i proti obrazovému šumu, změnám ostroty obrazu a částečnému skrytí objektů. Lze jejím prostřednictvím s velkou spolehlivostí identifikovat např. i lidské obličeje atd.

### **Strojové vidění pro náročné aplikace**

Systém strojového vidění **VisionLab** umožňuje realizovat i velmi komplexní aplikace. Ve svých schopnostech i vysokém výkonu nám poskytuje rezervy pro nečekané požadavky i pro další rozšiřování aplikačních programů.

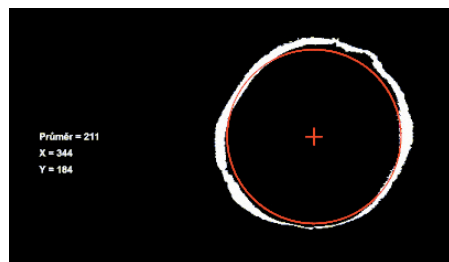
Obr. 8: Objekt je nalezen ve velkém rozsahu odchylek expozice, barevnosti, jasu, velikosti a natočení

RC



## **Korekce extrémního perspektivního zkreslení a její využití při měření kmenů na plně automatizované pile**

Při řešení systému strojového vidění, který má za úkol měření tvarů dlouhých a nepravidelných tvarů kmenů stromů na vstupu do katru automatizované pily, vznikl požadavek korekce značných perspektivních zkreslení. Kamery totiž nemohou být umístěny ani poblíž ose měřených kmenů. Pro obsáhnutí celého obvodu kmenu jsou použity čtyři kamery **DataCam**, které snímají obraz pod značnými úhly vzhledem k ose kmenu a rovněž musejí být, vzhledem k požadavkům na celkové rozměry měřicího zařízení, umístěny pokud možno co nejbližší u měřených kmenů. Pro řešení tohoto problému byly využity mechanismy korekce geometrických zkreslení objektivů. Výsledek je velmi zajímavý a může být inspirací pro vaše aplikace.



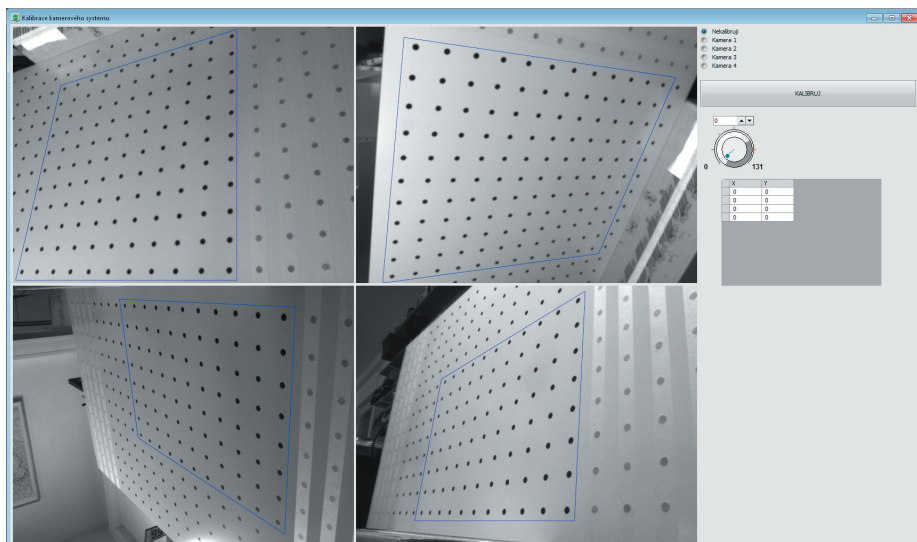
Obr. 5: Hledání vepsaných kružnic ve spojeném a linearizovaném obraze je akcelerováno pomocí GPU

Podstata problému tedy spočívá v tom, že kamera nemůže být umístěna v kolmé ose roviny, ve které má být prováděno měření. Kamera nemůže být umístěna ani s nějakou rozumnou odchylkou, celý prostor kolem osy zabírá měřený objekt. Musíme se tedy nějak vyrovnat se značným perspektivním zkreslením projekce roviny, ve které musíme měřit obvod kmene. To vypadá na hodně velký problém.

Vzhledem k tomu, že měřený objekt se nachází kolem osy referenční roviny, musíme použít čtyři kamery, abychom trvale spolehlivě viděli celý obvod měřeného objektu. Aby bylo možno pak složit záběry těchto čtyř kamer do jednoho obrazu a kvalitně změřit obvod objektu, musí být obraz kamer geometricky transformován do jediné vztažné roviny.



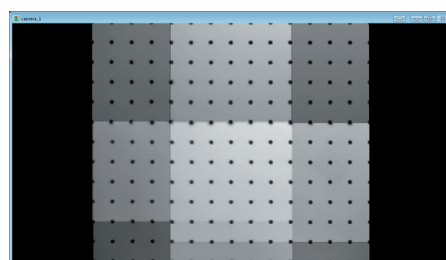
Obr. 1: Testování pohledů jednotlivými kamerami na kalibrační obrazec umístěný ve vztažné rovině.



Obr. 2: Pro získání kalibračních dat slouží aplikace systému strojového vidění VisionLab

Na výše uvedeném obrázku můžeme vidět, jak výrazně perspektivně zkreslen je rastr ve vztažné rovině a jak ostré úhly svírají optické osy objektivů k této rovině. Evidentně mohou být použity běžné objektivy, neboť jejich geometrická zkreslení budou vždy vzhledem k perspektivním deformacím zanedbatelná.

Při využití nejjednoduššího způsobu získání kalibračních dat, tj. pomocí průvodce v grafickém prostředí **VisionLab** editoru, zde vzniká potíž v tom, že tečky kalibračního obrazce na blízké a vzdálené straně obrazu jsou již natolik rozdílně velké a různě navzájem vzdálené, že je obtížné najít takovou velikost vyhledávací apertury, aby se do clonky vešla vždy přesně jedna tečka. Naštěstí ve virtuálním přístroji kamery systému **Control Web** je stále k dispozici OCL procedura `DisplacementMap( image : data; aperture_radius : longint; file_name : string; save_flag : boolean )`, pomocí které lze



Obr. 3: Výsledný obraz kalibrovaný do vztažné roviny sestavený ze čtyř perspektivně zkreslených snímků

vyřešit i problém se značným rozptylem velikostí i pozic bodů kalibračního obrazce.

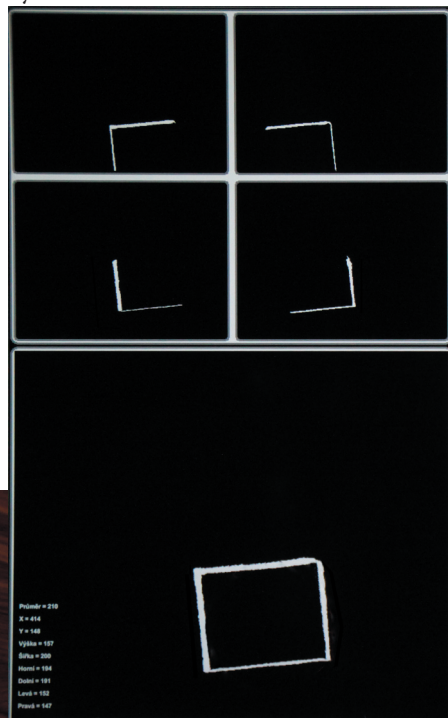
Při tomto pokusu nebylo nijak dbáno na rovnoměrnost osvětlení scény a rozdíly jasu nebyly ani nikterak programově korigovány. Výsledný složený obraz je však důkazem schopností a velkého po-

soubor s kalibračními daty uložit v patřičné aplikaci programově. Můžete tedy



Obr. 4: Podávání kmenů - optické měřicí zařízení je v budce na vstupu do automatické linky

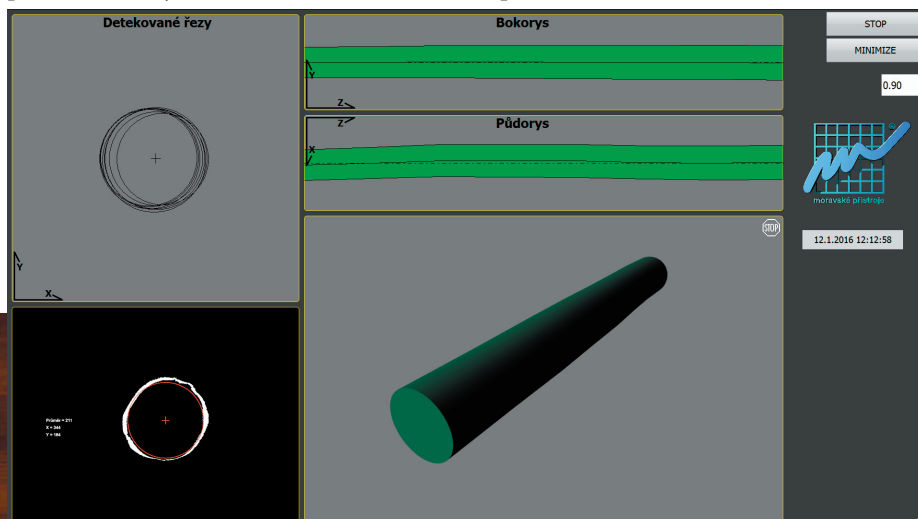
tenciálu mechanismů kalibrace geometrie obrazu, který je k dispozici v prostředí systémů **Control Web** a **VisionLab**. Algoritmy transformace obrazu jsou s výsoco subpixelovou přesností realizovány v GPU a nepředstavují pro aplikaci žádnou významnou zátěž.



Obr. 6: Data z kalibrovaných kamer laserových profilometrů pro předzpracovaný hranol

To, že je řídicí počítač vybaven grafickou kartou GeForce GTX 9600 je s výhodou použito pro vyhledávání největších vepsaných kružnic. Do systému **VisionLab** přibyl nový krok `gpu_incircle`, který na běžných GPU dosahuje docela zajímavého výkonu.

Velkou výhodou masivně paralelního algoritmu je spolehlivé nalezení největší možné vepsané kružnice bez ohledu na tvar regionu, ve kterém je tato hledána, při relativně jednoduchém a krátkém



Obr. 7: Jeden monitor zobrazuje výsledky měření kmenů pomocí strojového vidění a současně také 3D model vystavený z naměřených dat.



Obr. 11: V měřicím zařízení jsou použity 4 kamery **DataCam** v odolném utěsněném provedení. Navíc jsou ještě umístěny spolu s napájecími zdroji laserů do další ochranné skříňky pro zvýšení mechanické odolnosti. Čelní strany ochranných skříňek jsou ofukovány stlačeným vzduchem. Kamery pracují ve velmi prašném prostředí a celý systém spolehlivě pracuje i při velmi silném znečištění čelních průzorů.

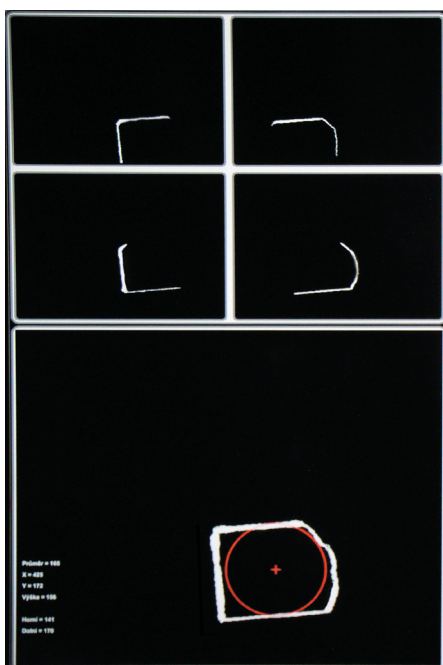
**Technika plně automatizované pily velice jasně demonstruje schopnosti a efektivitu systému, kdy je jediným programovým systémem na jednom počítači řízena celá výrobní linka v reálném čase, současně zde běží také vizualizace a operátorské řízení a v neposlední řadě rovněž systém strojového vidění s několika připojenými kamerami.**

**Systém *ControlWeb* integruje veškeré informační a automatizační technologie.**





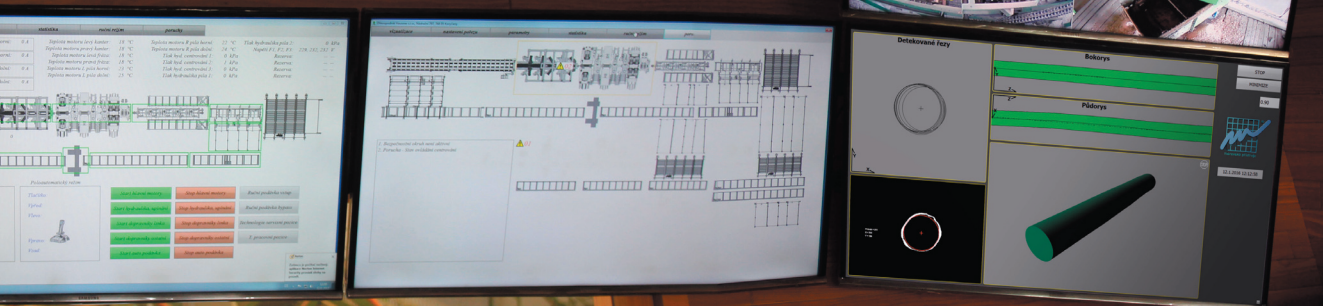
Obr. 8: Vše je řízeno jedním počítačem se systémem **Control Web**



Obr. 9: Systém rozpozná kulatiny či prizma



Obr. 10: Měřicí systém se čtyřmi kamerami a laserovými projektory čar. Provedení kamer je přizpůsobené pro vysokou klimatickou i mechanickou odolnost



Obr. 12: Rozvaděče s elektroinstalací pily zabírají úctyhodný prostor

Pilu vyvinula a dodává společnost:

K.Stroj s.r.o.  
 Štěpánská 385  
 755 01 Vsetín  
 Tel: +420 577 001 385  
 Fax: +420 577 456 255  
 e-mail: j.krepl@kstroj.cz

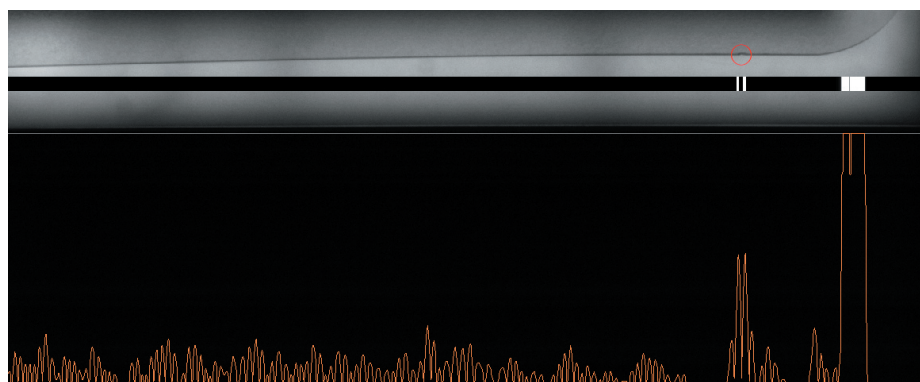


# Optická kontrola kvality obrysů a povrchů výrobků v prostředí systému VisionLab

V úlohách vizuální inspekce poškození obrysů a vad povrchů a povrchových úprav jsou často skryty nečekané potíže. Při řešení takovýchto úloh je zde riziko vzniku problematických a nespolehlivých aplikací.

Sto procentní kontrolu kvality výroby obvykle není možno realizovat bez použití kamer a programového vybavení pro strojové vidění. Pomocí vizuální inspekce lze kontrolovat velké množství parametrů výrobků, jako je např. barevnost, velikosti a pozice komponentů, korektnost potisku, textů a kódů, přítomnost šroubů, matic, těsnění nebo jiných dílů, výskyt prasklin a mnoho dalšího. Tyto optické kontroly lze obvykle realizovat s použitím standardních algoritmů, které bývají součástí většiny používaných systémů strojového vidění. Takovéto úlohy bývají relativně snadno řešitelné a ve většině pracují stabilně a spolehlivě.

Velmi častými zadáními na vizuální inspekci hotových výrobků je potřeba kontroly poškození obrysů a vady povr-



Obr. 2: Jemná vada obrysů odhalena pomocí polí hranových pixelů

chů a povrchových úprav. Tyto požadavky vypadají na první pohled rovněž velmi jednoduše. Jsou v nich ale skryty často zcela nečekané a rozsáhlé potíže. Při řešení takovýchto úloh standardními a obvyklými prostředky vznikají v řadě případů problematické a nespolehlivé aplikace.

Společným a velmi důležitým faktorem pro oba typy aplikací je kvalita obrazu z kamer. Vady obrysů nebo povrchů, které musí systém vizuální inspekce spolehlivě detekovat bývají často velmi subtilní, nezřetelné, často téměř na mezí pozorovatelnosti lidským okem. Proto zde sehrává jednu z klíčových rolí kvalita obrazu. Jemná kresba obrazu může zcela zaniknout v šumu, také dynamický rozsah běžně používaných průmyslových kamer

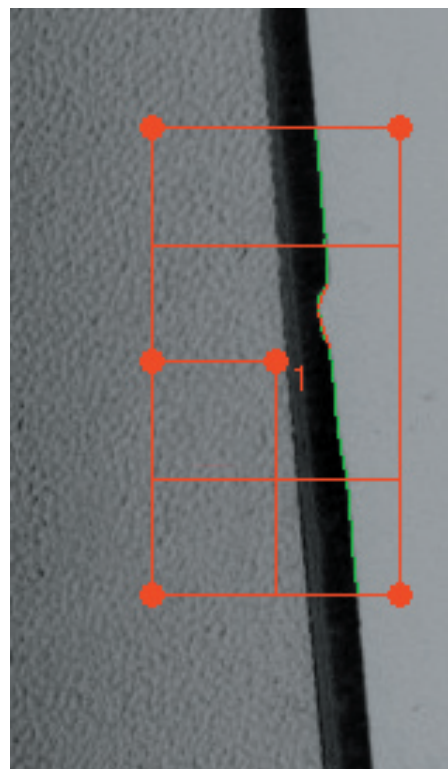
nebývá nijak slavný a artefakty komprese obrazu mohou hledané objekty účinně zlikvidovat. Vše tedy začíná výběrem správné kamery. Potřebujeme kameru s vysokou dynamikou jasu a s nízkým šumem, ale především bez ztrátové komprese obrazových dat. Právě těmito vlastnostmi se vyznačují kamery **DataCam**. Chceme hledat jemné nerovnosti obrysů a skvrnky s minimálním kontrastem a nikoliv čtvercové bloky zpětné diskretní kosinové transformace.

Podívejme se nyní blíže na skryté potíže a možnosti jejich řešení u těchto dvou typů úloh.

## Inspekce obrysových křivek

Nasvítit kontrolovaný výrobek tak, abychom zdůraznili jeho obrysy obvykle nebývá problém, a to dokonce ani u průhledných objektů ze skla či plastu. V případě obrazu s dostatečným rozlišením může být řešení úlohy v prostředí strojového vidění **VisionLab** celkem snadné. Máme zde k dispozici krok `edge_defects`, který je specializován právě pro tohle. Pomocí parametru stanovujícího počet sousedních pixelů obrysů, na základě kterých budou prováděny výpočty potřebné pro nalezení defektů, a parametru pro intenzitu defektu lze odezvu kroku škálovat pro různá měřítka obrazu a různé velikosti a hloubky poškození.

Je-li velikost nepravidelnosti obrysů natolik malá, že nelze použít algoritmy



Obr. 1: Vada obrysů detekovaná krokem `edge_defects`

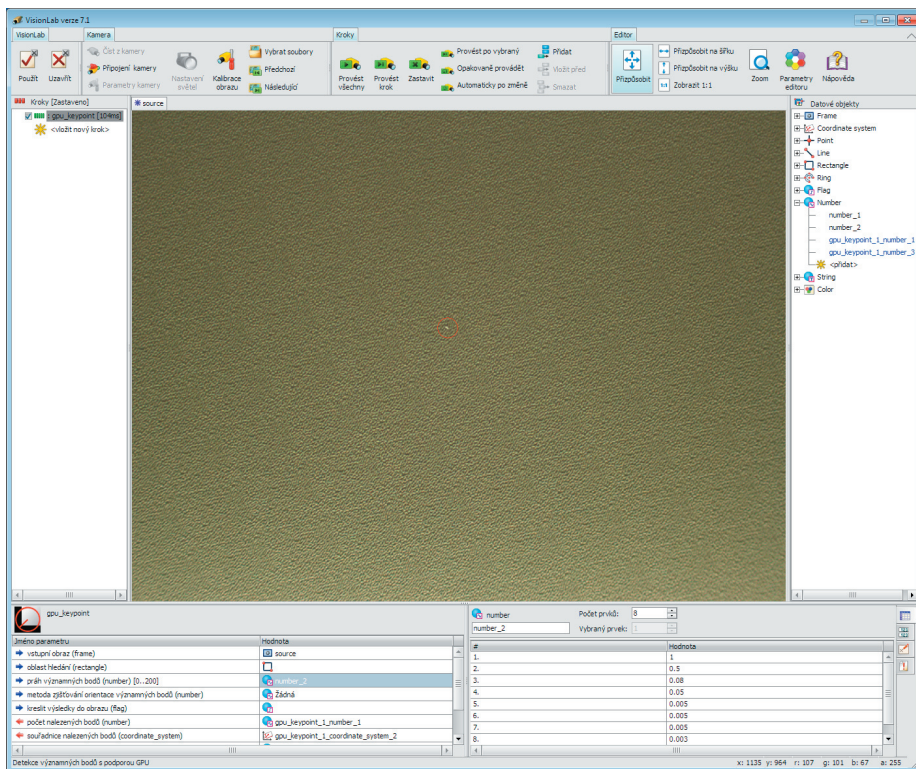
obsažené v kroku `edge_defects`, jsou zde další možnosti detekce vlastností obrysů v krocích `edge_profile_by_threshold` a `edge_profile_by_contour`. Ukázka, jak jemné vady obrysů, prakticky na mezí pixelového rozlišení, lze těmito prostředky detekovat, je na obr. 2. Předpoklad kvalitního obrazu bez kompresních artefaktů zde ještě nabývá na své důležitosti.

## Inspekce kvality povrchů

Hledáme-li povrchové vady, jejichž charakter a velikost předem dobře známe, lze je relativně snadno z obrazu extrahovat pomocí vhodně nastavených obrazových filtrů. Potřebujeme-li ale detekovat vady projevující se sníženým i zvýšeným jasnem, vady nejrůznějších tvarů a především mnoha velikostí, situace se velmi značně komplikuje. Realizovat detektory dobře fungující v širokém rozsahu obrazových



Obr. 4: Detekce velmi málo viditelné šmouhy



Obr. 3: Spolehlivá extrakce malé vady v textuře povrchu

měřitek pomocí konvolučních filtrů je obtížná práce s nejistým výsledkem. Velmi zajímavé výsledky v detekci povrchových vad mnoha charakterů a rozměrů poskytuje extraktor významných bodů v obraze, obsažený v kroku `gpu_keypoint`. K detekci významných bodů se využívá detektor založeného na výpočtu determinantu Hessovy matice. Detektor pracuje v osmi obrazových měřících a pro akceleraci výpočtu využívá masivně paralelní výkon grafického procesoru.

Pro každé z používaných obrazových měřítek lze samostatně nastavit práh detekce – takto lze velmi dobře vyřešit extrakci hledaných objektů např. v obrazovém šumu nebo v textuře povrchu použitého materiálu. Extrakce malé vady v textuře je vidět na obr. 3. Zde je také v pravém dolním rohu grafického editoru zobrazeno osmiprvkové pole prahů. Na dalších obrázcích je dokumentována multiměřítkovost a vynikající citlivost algoritmů hledání významných bodů i na velice

jemné objekty na samé mezi viditelnosti lidským okem.

Ač to tak na první pohled nevypadá, patří kontrola povrchů svými nároky na kvalitu a rozlišení obrazu, složitost algoritmů i požadavky na výpočetní výkon mezi nejsložitější úlohy vizuální inspekce. Systém strojového vidění **VisionLab** poskytuje ty správné nástroje, pomocí kterých se lze s takovými požadavky efektivně vyrovnat.



Obr. 5: Multiměřítková detekce povrchových defektů

RC

## System vizuální inspekce kvality zabalených výrobků spotřební elektroniky

Jedná se o druhou generaci automatického kamerového testeru, který vizuálně kontroluje kvalitu výrobků, produkovaných karuselovým balicím strojem. Původní verze testeru obsahovala šest kamer ve dvou snímacích hlavách a relativně složitou manipulační a rozřidovací mechaniku, ovládanou pneumatickými akčními členy. Pro konstrukci nového systému byly využity zkušenosti z nepřetržitého dlouhodobého provozu předchozí verze.

Vzhledem k předchozí realizaci několika zakázkových řešení s velkým počtem kamer připojených k jedinému počítači byla cesta ke zjednodušení a současněmu zvýšení průchodnosti testeru jasná. Zařízení nyní obsahuje osm kamer a díky tomu mohla být odstraněna podstatná část pneumatické rozřadovací mechaniky.

Čtyři paralelní kanály s dvojicemi kamer tak sledují výrobky současně z obou stran.

Jsou použity kvalitní kamery **DataCam**, poskytující syrová obrazová data a tedy i mohutný datový tok, ale při připojení

Obr. 1: Čtveřice zadních kamer

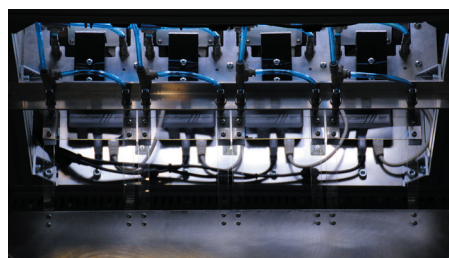


kamer prostřednictvím rozhraní USB 3.0 toto uspořádání nepředstavuje pro počítač nijak významnou zátěž. Existují systémy s desítkami takto připojených kamer.

Veškeré mechanické komponenty jsou i nadále ovládány pomocí pneumatických akčních členů. Pneumatické písty jsou velice rychlé, mají vysokou životnost a spolehlivost a prakticky nevyžadují žádnou údržbu.

Při konstrukci testeru muselo být dále vyřešeno několik problémů:

- Snímací hlavy musejí být natolik kompaktní, že neumožňují přiměřený odstup kamer od snímaných výrobků. Je nutno použít optiku s velmi širokým zorným polem a poté softwarově kalibrovat geometrické deformace obrazového pole, která jsou pro tuto optiku typická.
- Zabalené výrobky jsou snímány současně z protilehlých stran. To nadále komplikuje snahu o co nejmenší prostor, který mohou zabírat snímací hlavy.
- Je současně snímán celý povrch výrobku včetně velmi malých detailů nejen s vysokým rozlišením, ale i s vysokou kvalitou a stabilitou obrazu.
- Systém musí svému uživateli umožňovat snadné přizpůsobení různým typům výrobků.



Obr. 3: Rozvody stlačeného vzduchu pro pneumatické písty

- Pohyb velkého množství kartonových obalů strojem způsobuje značnou praš-



Obr. 5: Pohled zezadu na tester bez krytů

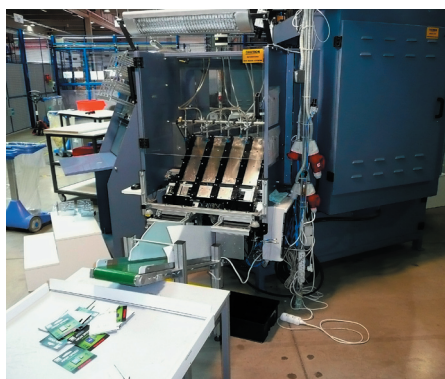


Obr. 2: Tester je velmi kompaktní a snadno přemístitelný

nost. Algoritmy strojového vidění proto musí být vůči vlivům prachu na objektivě co nejvíce odolné.

Veškeré automatizační funkce, řízení pneumatických členů, motorů i kompletní systém práce s digitálními obrazy běží na jediném průmyslovém počítači standardu PC. Nejsou zde žádná PLC ani jiné řídicí jednotky. Veškerá funkčnost inspekčního automatu běží v reálném čase v prostředí programového systému **Control Web**.

**Užitné vlastnosti výborně dokládají, jaký vliv může mít použití jednoduchého programového prostředí na jednoduchost a efektivnost celého zakázkového systému.**



Obr. 6: Zařazení testeru na výstup balicího karuselu



Obr. 4: Osvětlovací jednotky DataLight v blízkosti kamer



Obr. 7: Jsou použity pevné objektivy s krátkou ohniskovou vzdáleností

# Identifikace objektů v prostředí strojového vidění VisionLab



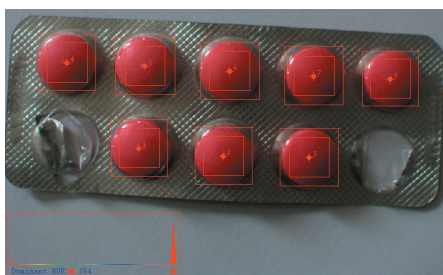
Jedním z nejnáročnějších požadavků v aplikacích strojového vidění bývá spolehlivá identifikace objektů v obraze. Nalezení a rozpoznání požadovaných objektů můžeme považovat za podstatnou složku vedoucí k „porozumění“ obsahu obrazu strojem.

Vizuální inspekce se stává stále běžnější součástí systémů průmyslové automatizace. S novou generací kamer a především díky současnému programovému vybavení je sice realizace těchto aplikací snadnější, než tomu bylo kdykoliv dříve, ale na druhé straně se touto činností také zabývá stále rostoucí počet lidí, pro které je problematika strojového vidění pouze okrajovým zájmem. Proto se v tomto oboru setkáváme výrazně vyšším počtem neúspěšných řešení, než v ostatních oblastech průmyslové automatizace.

Pro úspěšné řešení zakázkového systému je důležitá volba základních principů a koncepce. I zkušenému odborníkovi může značně pomoci rezerva klíčových parametrů. Často se velmi vyplatí použití kamery s pokud možno co nejkvalitnějším obrazem, kvalitního softwarového systému strojového vidění a také je dobré nechat si rezervy ve výpočetním výkonu zařízení, na kterém běží algoritmy úlohy.

Systém strojového vidění **VisionLab** se trvale rozvíjí a postupně do něj přibývají stále náročnější a složitější algoritmy zpracování obrazu. Mnoho často používaných algoritmů lze rozumně implementovat jen díky využívání mohutného masivně paralelního výkonu současných grafických procesorů. Při řešení úloh strojového vidění musíme nepřetržitě hlídat čas, který naše úloha spotřebovává. Významně zjednodušit objektivně složité algoritmy není vždy možné a tak nám často nezůstává nic jiného, než použít výkonnější hardware. Vývoj v oblasti grafických procesorů si nashtěstí zachováva již dlouhodobě vysokou dynamiku. Je sice pravda, že je poháněn průmyslem počítačových her a nikoliv oborem strojového vidění, ale to nám při využívání schopnosti současných GPU vůbec nevádí. I s běžným počítačem s cenově velmi dostupným grafickým adaptérem máme k dispozici systém, kterému se datovou propustností a masivně paralelním výkonem v plovoucí řádové čárce nevyrovná prakticky žádné jiné dostupné zařízení. A v poměru cena/výkon je situace ještě více jednoznačná. Navíc dnes jsou již všechny počítače, včetně levných notobooků, vybaveny velmi solidními grafickými procesory.

Jedním z nejnáročnějších požadavků v aplikacích strojového vidění bývá spolehlivá identifikace objektů v obraze. Nalezení a rozpoznání požadovaných objektů můžeme považovat za podstatnou složku vedoucí k „porozumění“ obsahu obrazu strojem. Algoritmy identifikace objektů jsou často hodně náročné na spotřebu výpočetního výkonu a některé z nich jsou rozumně použitelné jen díky



Obr. 1: Nalezení specifických objektů podle barvy

využití mohutného masivně paralelního výkonu současných grafických procesorů.

Jednotlivé algoritmy se sice hodně liší svým zaměřením, neexistuje jeden společný postup, který by řešil vše od čtení textu až po rozpoznávání obličejů, ale několik základních požadavků mají všechny postupy společné. Obvykle je nutné, aby spolehlivost rozpoznávání nebyla

ovlivňována jasnou a kontrastní obrazem, často také potřebujeme objekty detekovat nezávisle na jejich velikosti a natočení vzhledem k souřadnému systému obrazu. Optimální algoritmy tedy musejí být invariantní vzhledem k jasům, měřítku i rotaci. Právě tyto požadavky a komplikace algoritmů s nimi spojené pak stojí za již zmiňovanou potřebou značného výpočetního výkonu. Systém strojového vidění **VisionLab** nám pro kvalitní vyřešení těchto požadavků poskytuje řadu nástrojů.

## Jednoúčelové hledání specifických objektů

Zde patří mnoho často používaných metod, které nejsou opravdovou obec-



Obr. 2: Identifikace obrazce datamatrix kódu

nou identifikací libovolných objektů. Nejjednodušší, ale hojně používaná je i prostá extrakce barevných nebo jasových



Obr. 3: Vyhledání pozice a regionu registrační značky a následné přečtení alfanumerických znaků obsahu značky

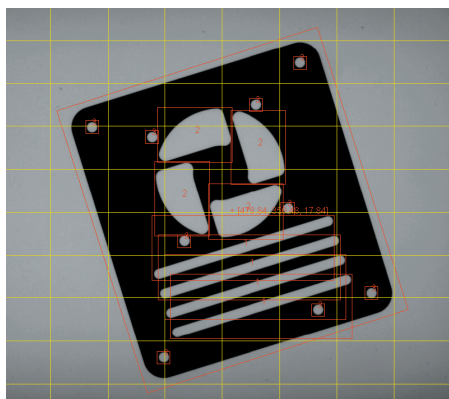
skvrn či textur. Takto získané objekty mohou být popsány např. pomocí souřadnic svého těžiště a mohutnosti.

Za identifikaci objektů můžeme do určité míry považovat i např. nalezení obrazců čárových a datamatrix kodů v ploše obrazu. Obdobnou úlohou je i nalezení písmen a přečtení textů. Speciálně zaměřeným hledáním a identifikací písmen a číslic je i krok pro čtení registračních značek automobilů. Také zde je třeba v širokém rozsahu jasů, měřítek a natočení značku nalézt a poté spolehlivě přečíst všechny znaky.

Nyní ale již pojďme k obecným identifikacím (téměř) libovolných objektů.

## Hledání podle geometrických útvarů

Jako ostatně vše, má tato metoda rozpoznávání objektů své přednosti i nevýhody. Nejprve je nutno ze vzorového obrazu extrahovat množinu jednoduchých geometrických tvarů, které objekt dostatečně identifikují. Nelze tedy použít barevný či šedotónový obraz, přesněji řečeno, během zpracování obrazu dochází k jeho prahování. V binárním obraze je nutno nejprve extrahovat hrany, a z nich vybrat ty, které lze považovat za obrysy hledaných geometrických útvarů. Nejčastějšími útvary jsou úsečky a kružnice včetně kruhových oblouků. Zásadní nevýhodou je omezení na binární obraz, předností je naopak přirozená invariance vůči měřítku a rotaci.

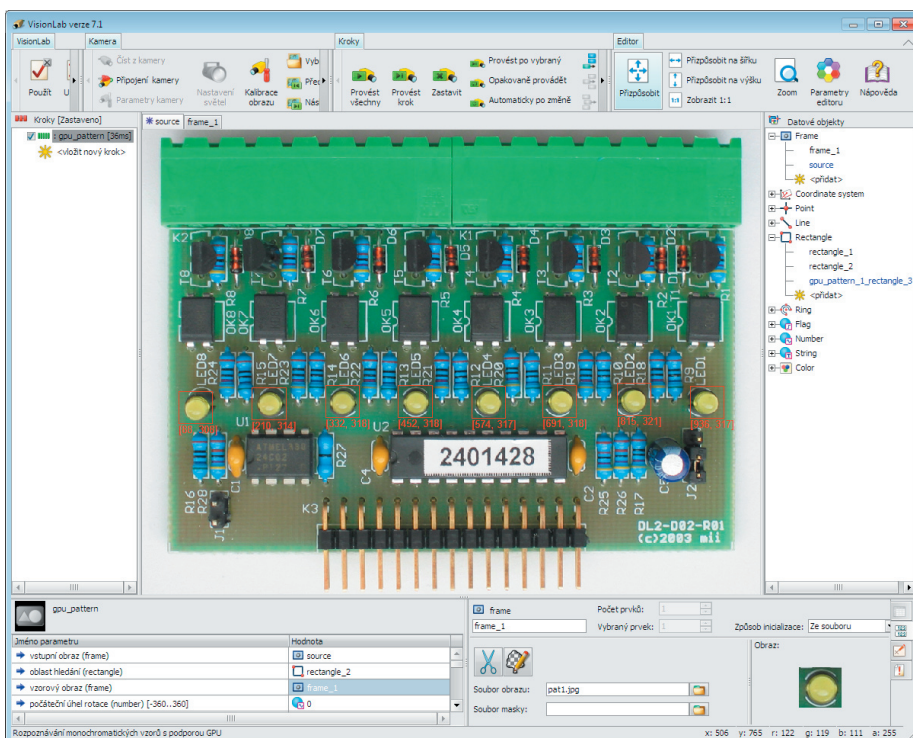


Obr. 4: Identifikace geometrických útvarů a jejich vzájemných relací

Pro hledání objektů podle geometrických útvarů nabízí prostředí **VisionLab** krok **geometric\_matching**.

## Hledání podle bitmapových vzorů

Jedná se o v současnosti nejčastěji používaný postup. Algoritmus **pattern matching** mají k dispozici téměř všechny



Obr. 5: Výkonná identifikace bitmapových vzorů pomocí GPU

nástroje pro strojové vidění. Bývá implementován i v tzv. inteligentních kamerách. V obraze je hledán bitmapově definovaný vzor pomocí normalizované křížové korelace. Normalizace zde řeší invarianci vzhledem k jasů. Potíž je ale v tom, že výpočet korelačního koeficientu je natolik náročný, a to dokonce i pro nejvýkonnější současné GPU, že nemůže být dělán hrubou silou pro všechny body vzoru ani pro všechny body prohledávaného obrazu. Zde musí nastoupit nejrůznější aproximace a optimalizace, které výsledek do určité míry poškozují. Právě tyto postupy optimalizací si dodavatelé pečlivě chrání. I systém **VisionLab** má ve svých víceprůchodových algoritmech řadu unikátních optimalizací, které uspoří spoustu výpočetního výkonu při minimalizovaném vlivu na kvalitu a reprodukovatelnost identifikace objektů. Opravdové potíže s požadavky na výpočetní výkon nastanou u většiny implementací tehdy, budeme-li požadovat také invarianci vzhledem k větším rozsahům měřítek a rotací.

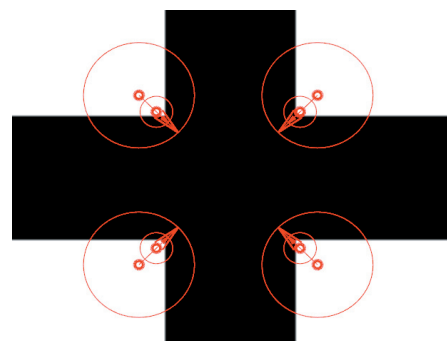
Možnosti hledání bitmapových vzorů jsou hodně široké, ale tento algoritmus také není vhodný pro všechny typy objektů. Není dobré jej používat pro černobílé objekty se strmými kontrastními hranami a problémy často přináší i objekty s periodicky se vyskytujícími obrazci (např. nožičky integrovaných obvodů atd.). Tou hlavní potíží zůstává náročnost na výpočetní výkon.

V systému **VisionLab** je implementace pro CPU algoritmu hledání vzorů k dis-

pozici v krocích **pattern\_match\_monochrome** a **pattern\_match\_color**. Masivně paralelní řešení s podporou GPU je obsaženo v kroku **gpu\_pattern**. U moderních grafických adaptérů může být tento krok i několikanásobně rychlejší než na vícejádrových CPU.

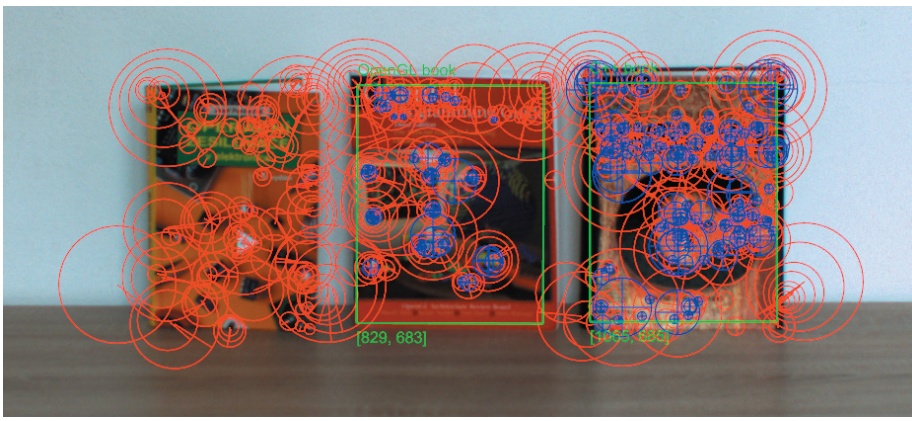
## Hledání podle deskriptorů v okolí významných bodů

Tyto moderní algoritmy se dostávají ke slovu teprve v posledních několika letech. Přinášejí mnoho skvělých vlastností, nicméně jsou také velice náročné na výpočetní výkon. Rozumná implementace se neobejde bez co největšího využití výkonu GPU.



Obr. 6: Ukázka nalezených významných bodů včetně jejich orientací a měřítek na jednoduchém testovacím obraze

Základní myšlenkou je nezkontat obrazové body celého obrazu, ale omezit se pouze na pixely v okolí tzv. významných bodů. A navíc ani v tomto okolí nepoužíváme normalizovanou křížovou korelaci bodů obrazů, ale vzájemně porovnáváme



Obr. 7: Identifikace obálek knih i na nekvalitním snímku metodou deskriptorů významných bodů

vektory čísel tzv. deskriptorů. Pro identifikaci objektů tedy postačí zapamatovat si pouze určitý nevelký počet těchto deskriptorů. Proces identifikace se pak již více podobá hledání podobnosti číselných řad v databázích.

Nejprve ale musíme významné body o obraze najít. Obvykle jsou to body, v jejichž okolí dochází ke změnám jasu ve více směrech. To zní celkem jednoduše, ale podstatnou komplikací je nutnost vyhledat významné body co nejrychleji v mnoha měřících obraze. Pro každý bod zjistíme i jeho úhlovou orientaci jako vektor největšího gradientu jasu v jeho okolí úměrném měřítku. Tato informace nám zajišťuje invarianci vzhledem k rotaci. Pro oblasti kolem detekovaných významných bodů již jen vypočteme vektory čísel deskriptorů. Deskriptory charakterizují směry a dynamiku gradientů jasu obrazové funkce kolem významných bodů.

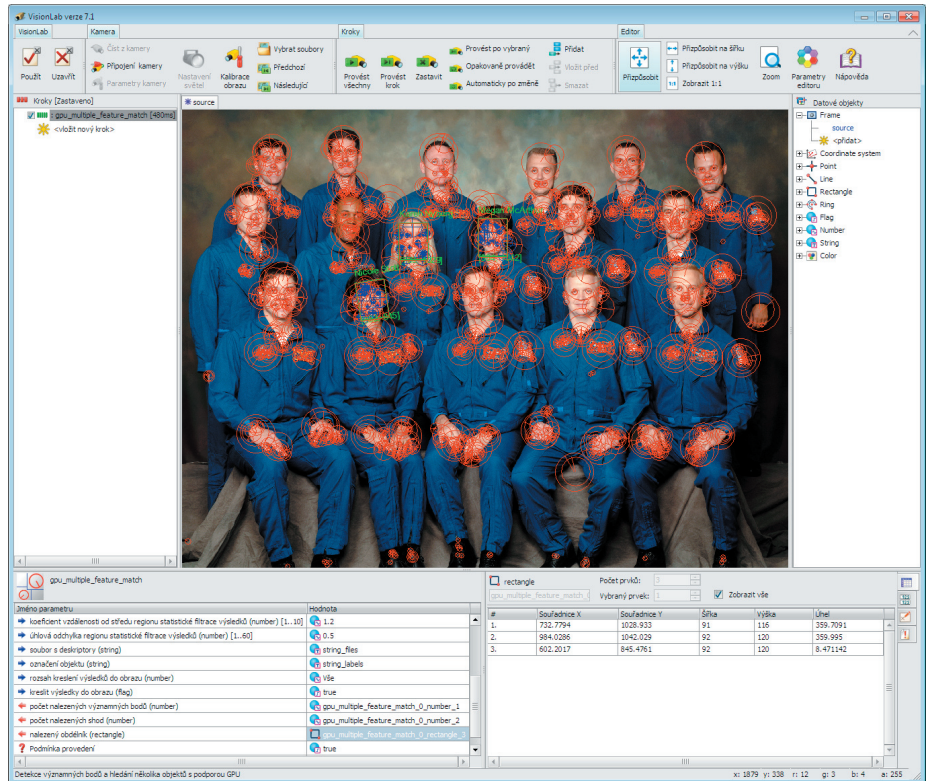
Při vyhledávání objektů pak již jen posta-



Obr. 9: Spolehlivé nalezení požadované osoby i na nekvalitně snímané fotografii

či identifikovat zapamatované deskriptory s nově nalezenými.

V systému strojového vidění **VisionLab** jsou pro využití těchto algoritmů k dispozici kroky `gpu_keypoint`, `gpu_feature_save`, `gpu_feature_match` a `gpu_multiple_feature_match`. Možnosti těchto kroků jsou překvapující. Kromě samozřejmé invariance vzhledem k jas, měřítku a neomezené rotaci umožňují s vysokým výkonem vyhledávat a identifikovat prakticky veškeré typy a velikosti



Obr. 8: Nalezení a identifikace požadovaných obličejů ve skupině lidí pomocí deskriptorů

objektů. Metoda je velmi odolná i proti obrazovému šumu, změnám ostrosti obrazu a částečnému skrytí objektů. Lze jejím prostřednictvím s velkou spolehlivostí identifikovat např. i lidské obličeje atd.

## Společná softwarová platforma pro strojové vidění i průmyslovou automatizaci

Díky několika principům, kterými jsou využity čistých a stabilních syrových obrazových dat z kamer **DataCam**, jednotná softwarová platforma **Control Web** a systém **VisionLab** s implementací pokročilých algoritmů využívajících vícejádrové CPU i masivně paralelní GPU, mají autoři zakázkových aplikací k dispozici systém, který významně zvyšuje pravděpodobnost úspěšného řešení i u velmi složitých úloh

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

## Control Web 7

CW7-DEV	Control Web 7 Vývojová verze	21 700 Kč	24 100 Kč
CW7-UCW6	Control Web 7 Vývojová verze zvýhodněná cena pro majitele licence na Control Web 6	10 900 Kč	12 100 Kč
CW7-XDEV	Control Web 7 Express vývojová verze	1 970 Kč	2 200 Kč
CW7-SRUN	Control Web 7 Runtime	6 500 Kč	7 250 Kč
CW7-NRUN	Control Web 7 Runtime Network Edition, pro síťové distribuované aplikace	12 500 Kč	13 900 Kč
CW7-XRUN	Control Web 7 Express runtime	970 Kč	1 100 Kč
CW7-DEMO	Control Web 7 Demonstrační verze - lze zdarma stáhnout z <a href="http://www.mii.cz">http://www.mii.cz</a>		0 Kč

## Systém strojového vidění VisionLab

VL-VL1	VisionLab - systém strojového vidění v prostředí Control Web	21 900 Kč	24 350 Kč
VL-VLX	VisionLab a Control Web Express - kompletní balíček pro strojové vidění	22 500 Kč	25 000 Kč

## Digitální kamery DataCam

DC-0308	černobílá CCD kamera s čipem Sony ICX424AL 1/3" progressive scan CCD 640 x 480 bodů, adaptér pro C nebo CS objektivy	12 450 Kč	13 850 Kč
DC-0308C	barevná CCD kamera s čipem Sony ICX424AQ 1/3" progressive scan CCD 640 x 480 bodů, adaptér pro C nebo CS objektivy	12 450 Kč	13 850 Kč
DC-0808	černobílá CCD kamera s čipem Sony ICX204AL 1/3" progressive scan CCD 1024 x 768 bodů, adaptér pro C nebo CS objektivy	16 630 Kč	18 500 Kč
DC-0808C	barevná CCD kamera s čipem Sony ICX204AK 1/3" progressive scan CCD 1024 x 768 bodů, adaptér pro C nebo CS objektivy	16 630 Kč	18 500 Kč
DC-2008	černobílá CCD kamera s čipem Sony ICX274AL progressive scan CCD 1600 x 1200 bodů, adaptér pro C nebo CS objektivy	22 950 Kč	25 500 Kč
DC-2008C	barevná CCD kamera s čipem Sony ICX274AQ 1/2" progressive scan CCD 1600 x 1200 bodů, adaptér pro C nebo CS objektivy	22 950 Kč	25 500 Kč
DC-1408	černobílá CCD kamera s čipem Sony ICX285AL 2/3" progressive scan CCD 1392 x 1040 bodů, adaptér pro C nebo CS objektivy	28 270 Kč	31 400 Kč
DC-1408C	barevná CCD kamera s čipem Sony ICX285AQ 2/3" progressive scan CCD 1392 x 1040 bodů, adaptér pro C nebo CS objektivy	28 270 Kč	31 400 Kč
DC-ETHA	DataCan ETH Adapter - připojení kamer přes Ethernet prostřednictvím protokolů TCP/IP4	4 530 Kč	5 050 Kč

## DataLab IO

DL-ETH4	CPU ve skříňce pro 4 vstupně/výstupní moduly (Ethernet rozhraní)	3 530 Kč	3 950 Kč
DL-COM4	CPU ve skříňce pro 4 vstupně/výstupní moduly (RS-485 rozhraní)	3 530 Kč	3 950 Kč
DL-CPU4	CPU ve skříňce pro 4 vstupně/výstupní moduly (USB rozhraní)	3 150 Kč	3 500 Kč
DL-CPU2	CPU ve skříňce pro 2 vstupně/výstupní moduly (USB rozhraní)	2 630 Kč	2 950 Kč
DL-CPU1	CPU ve skříňce pro 1 vstupně/výstupní modul (USB rozhraní)	2 110 Kč	2 350 Kč
DL-DI1L	Modul 8 digitálních izolovaných vstupů	1 390 Kč	1 550 Kč
DL-DI2L	Modul 8 digitálních izolovaných vstupů se společnou zemí	1 390 Kč	1 550 Kč
DL-DO1	Modul 8 reléových výstupů se spínacími kontakty	1 530 Kč	1 700 Kč
DL-DO2	Modul 8 digitálních izolovaných výstupů s otevřeným kolektorem	1 390 Kč	1 550 Kč
DL-DO3	Modul 8 digitálních galvanicky oddělených výstupů se společným pólem	1 390 Kč	1 550 Kč
DL-AI3	Modul 8 analogových vstupů, 16 bitů	2 690 Kč	3 000 Kč
DL-AD1	Modul 4 oddělených analogových vstupů a 4 oddělených digitálních vstupů/výstupů	2 690 Kč	3 000 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	1 570 Kč	1 750 Kč
DL-CNT2	Modul inkrementálního čítače s dekodérem kvadraturní modulace a s možností čítání nahoru/dolů nebo krok/směr, 32 bitů	1 570 Kč	1 750 Kč

Pohodlné nakupování, sestavování nabídek a výběr z veškerého sortimentu vám umožní internetový obchod na adrese [www.mii.cz](http://www.mii.cz)

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

<http://www.moravinst.com> tel./fax 577 107 171  
<http://www.mii.cz> tel. 603 498 498  
<http://www.controlweb.cz> tel. 603 228 976  
<http://www.controlweb.eu>

