

Úvod a motivace

Ilona Janáková

The logo for Machine Vision Group, featuring a stylized blue eye icon to the left of the text "Machine Vision Group" in a bold, blue, sans-serif font.

Rozvrh přednášky:

1. Organizace výuky.
2. Úvod.
3. Aplikace.



Úvod a motivace

Ilona Janáková



Rozvrh přednášky:

- 1. Organizace výuky.**
2. Úvod.
3. Aplikace.

Organizace výuky

Informace

- stránky: vision.uamt.feec.vutbr.cz
- Garant předmětu: Ing. Ilona Janáková, Ph.D. janakova@vutbr.cz, SE 2.144

Přednášky

- Nepovinné
- Přednášející:
Peter Honec,
Karel Horák,
Ilona Janáková,
Petr Petyovský,
Miloslav Richter.
- Osnova:

Lectures

Tuesday 11:00–12:40, room T12/SD 1.52

1. Úvod a motivace (17.9.2024, in Czech)
2. Základní fyzikální principy (24.9.2024, in Czech)
3. Optika v počítačovém vidění (1.10.2024, in Czech)
4. Elektronika v počítačovém vidění (8.10.2024, in Czech)
5. Detekce objektů a měření v rovině (15.10.2024, in Czech)
6. Segmentace (Předzpracování obrazu). (22.10.2024, in Czech)
7. Detekce geometrických primitiv (29.10.2024, in Czech)
8. Popis objektů (demo). (5.11.2024, in Czech)
9. Klasifikace a automatické třídění (12.11.2024, in Czech)
10. Analýza pohybu (19.11.2024, in Czech)
11. Optické rozpoznávání znaků (26.11.2024, in Czech)
12. Optické 3D měření (3.12.2024, in Czech)
13. Dopravní aplikace (10.12.2024, in Czech)

Organizace výuky

► Laboratorní cvičení

- Povinné – neúčast jen ze závažných důvodů, řádně omluvená. Jedno cvičení lze nahradit v náhradním termínu
- Vyučující:
Ilona Janáková

Exercises:

- First exercise: 19.9.2024
- Exercises 1–10: 26.9.2024 – 28.11.2024
- Spare exercise: 5.12.2024

Exercises

Thursday 9:00–11:30, 12:00–14:30, room SE2.149

1. Spektrální charakteristiky (ex01.zip) (in Czech)
2. Aktivní triangulace (ex02_uloha.m) (in Czech)
3. Termovizní měření (ex03.zip) (in Czech)
4. Hardwarové zpracování obrazu (in Czech)
5. Automatické ostření (ex05_uloha.m) (in Czech)
6. Defektoskopie (ex06_uloha.m) (in Czech)
7. Kalibrace mikroskopu (ex07.zip) (in Czech)
8. Pasivní triangulace (ex08_uloha.m) (in Czech)
9. Popis a klasifikace (ex09_uloha.m) (in Czech)
10. Detekce pohybu v dopravní úloze (ex10.zip) (in Czech)

► Hodnocení

- Laboratoře: 40 bodů (10 úloh po max 4b), zápočet – docházka a zisk min 20 bodů
- Zkouška: kombinovaná písemná (49b) a ústní (11b). Podmínkou přípuštění ke zkoušce je zápočet ze cvičení. Ústní dozkoušení je nepovinné.
- Podmínkou složení zkoušky je zisk alespoň 25 bodů ze závěrečné písemné části

Úvod a motivace

Ilona Janáková



Rozvrh přednášky:

1. Organizace výuky.
- 2. Úvod.**
3. Aplikace.

Definice počítačového vidění

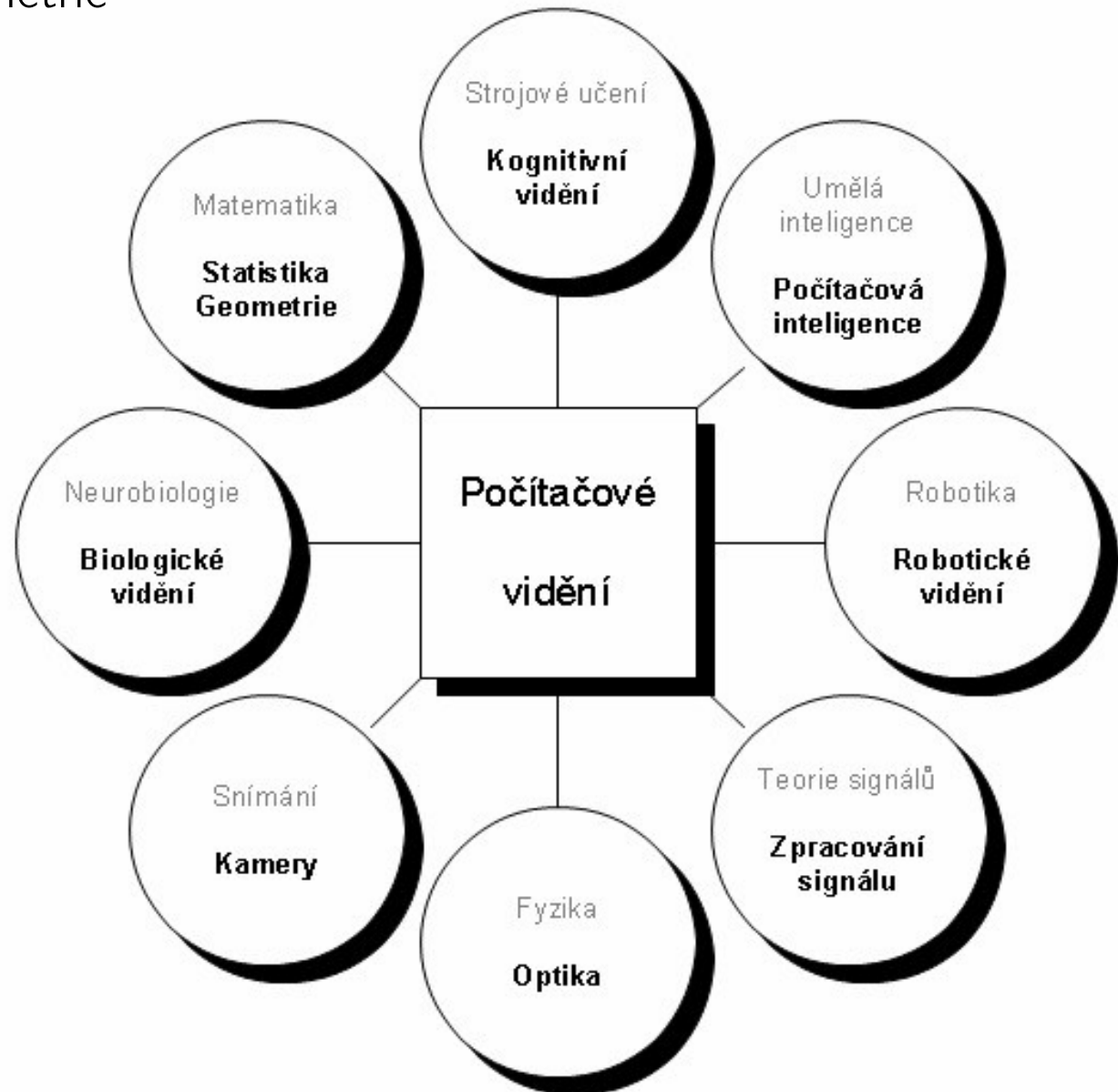
Systemy počítačového vidění ... systémy strojového vnímání ... systémy pro zpracování obrazu ... kamerové systémy ... vizuální systémy

- Disciplína, která se snaží technickými prostředky alespoň částečně napodobit lidské vidění – kvalitu lidského senzoru (oka) a kvalitu analýzy obrazu (inteligence, znalosti, zkušenosti)
- Obor, který pomocí technických prostředků usiluje o získání smysluplného popisu objektů vyskytujících se v obraze

Z \langle jednoho \rangle obrazu \langle stojícího \langle pohybující se \times objektu \rangle sledovaného \langle jedním \times stojícím \langle více \times pohybujícími se \rangle pozorovatelem POROZUMĚT \langle objektu \langle scéně \rangle a jeho (3D) vlastnostem

Příbuzné obory

- Fyzika – optika
- Matematika – statistika, geometrie
- Umělá inteligence
- Teorie řízení
- Zpracování signálů
- Biologie, neurofyzologie
- ...



Počítačové vidění x počítačová grafika

► Počítačová grafika

- používá počítače k tvorbě umělých grafických objektů - skládá obraz z velmi jednoduchých objektů (primitiv - ve 2D nejčastěji z úseček, kružnic a jednoduchých křivek)
- vytváří obrazová data z informací popisujících zachycené objekty
- cílem je člověku zobrazit (vizualizovat) informaci z počítače
- data jsou nezatížena šumem

► Počítačové vidění

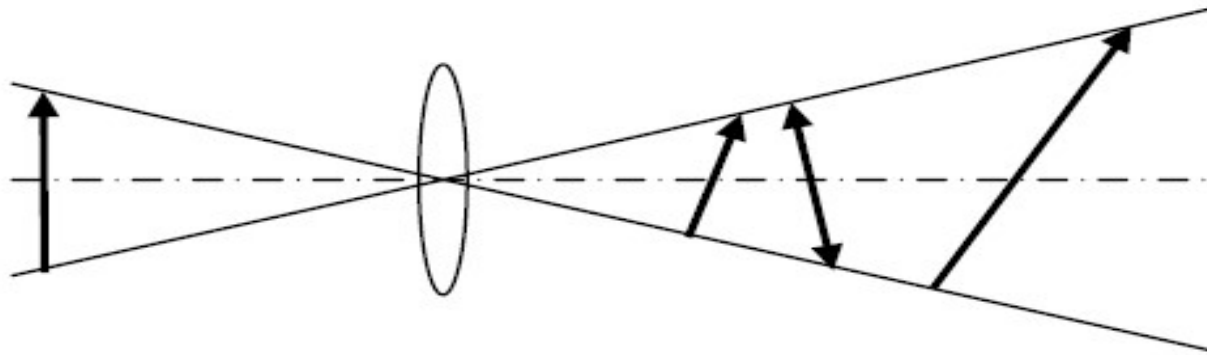
- věnuje se vstupu obrazové informace o skutečném světě a jejímu vyhodnocení
- obrazová informace může být zatížena šumem či zkreslením
- práce směřuje nejčastěji k porozumění obrazu, ale může i k vizualizaci

► Pomezí = **rozšířená realita** (augmented reality)

- doplnění obrazu reálného prostředí o umělé objekty či jiné informace zkonstruované v paralelním digitálním světě
- mezistupeň mezi realitou skutečnou a realitou virtuální

Proč je vidění těžké ?

- ▮ Ztráta informace díky perspektivní projekci, 3D => 2D + digitalizace





- ▮ Měřená jednotka (nejčastěji jas) závisí na:
 - barvě povrchu,
 - odrazivosti povrchu,
 - tvaru povrchu a jeho orientaci (natočení),
 - poloze kamery,
 - poloze a typu světelného zdroje, ...
- ▮ Nejistota – přítomnost šumu, zkreslení, poruch
- ▮ Množství dat:
 - Př.: statický obraz 512 x 512 bodů, 1 bod = 1B (256 jas. úrovní) => 256kB
 - stejný barevný obraz, 1 bod = 3B => 768kB
 - stejný barevný obraz při 25 snímcích za sekundu (TV signál) => 18,75MB/s

Proč je vidění těžké ?

- ▀ Rozmanitost světa:
 - barvy, tvary, textury, velikosti,
 - množství kategorií, rozmanitost uvnitř kategorie,
 - úhly pohledu, světla, pozadí, kontrast, kontext,
 - deformace, částečná viditelnost, ...
- ▀ Napodobení lidského vidění



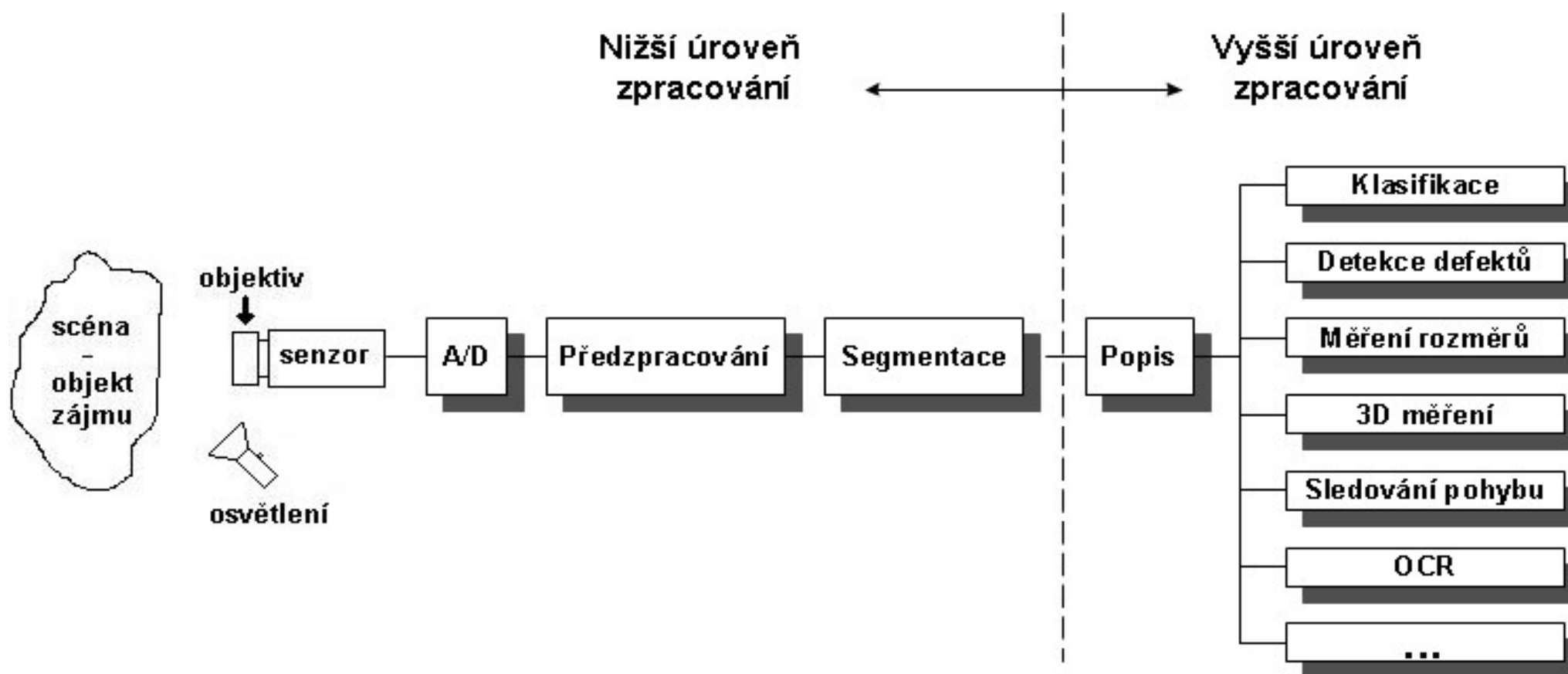
Metodika vývoje zakázky

- ▶ **Myšlenka** aplikace systému počítačového vidění
 - ze strany zákazníka → **kontaktování** firmy zabývající se počítačovým viděním nebo systémového integrátora
 - ze strany odborníka/řešitele
- ▶ **Hrubé posouzení realizovatelnosti projektu** – nejlépe návštěva provozu, pochopení problému, posouzení vhodnosti nasazení počítačového vidění, hrubý návrh metody měření
- ▶ **Podrobná analýza problému** – návrh řešení celého systému - nejlépe podrobná studie
 - diskuze s pracovníky (manažery, tech. pracovníky, ...) - definice požadavků zákazníka
 - experimenty s reálnými vzorky (např. výrobků s vadami i bez vad) - návrh a zhodnocení různých metod měření a vyhodnocení, odhad přesnosti měření, rychlosti,...
 - odhad potřebného HW a nutných úprav stávajícího zařízení, odhad náročnosti vývoje
 - odhad ceny a časové náročnosti
- ▶ **Řešení projektu**
 - 
 • výběr vhodného HW, návrh konkrétní mechaniky, výroba, instalace zařízení
 
 model prototyp
 - pořízení testovacích snímků, vývoj algoritmů
 - specifikace a vývoj uživatelského rozhraní
 - testy funkčnosti a spolehlivosti
- ▶ **Zkušební provoz** – doladění detailů, vyhodnocení kvality měření (statistiky)
- ▶ **Reálný provoz** – sledování stavu zařízení a kvality měření, servis

Volba způsobu měření

- ▮ sledovaná vlastnost
- ▮ rozměry objektu zájmu a jeho vzdálenost
- ▮ požadovaná přesnost měření
- ▮ vlastnosti povrchu předmětu (nerovnost, drsnost, odrazivost světla)
- ▮ typ scény – obecná, měřicí obecná, měřicí průmyslová; scéna okolí - vlastnosti okolních zdrojů světla, objekty okolí, pomocné objekty, ...
- ▮ možná doba měření X odhadovaná časová náročnost snímání a zpracování
- ▮ přístupnost k měřenému objektu a maximální možné rozměry měřicího systému (aby jej bylo možné například umístit na stávající linku)
- ▮ způsob vystavení měřeného objektu do vhodné měřicí pozice – mechanické díly, polohování, dopravníky, ... - odhad potřebného HW a nutných úprav stávajícího zařízení
- ▮ možnost kalibrace systému
- ▮ možnost konfigurace systému i pro jiné, podobné výrobky
- ▮ přesná definice požadavků na systém a definice výstupů měření
- ▮ náročnost výzkumu a vývoje
- ▮ cena

Řetězec zpracování obrazu



Výhody

- ▶ přesnost
- ▶ spolehlivost, měření s konstantními parametry, neunavitelnost, nezkorumpovatelnost
- ▶ rychlost
- ▶ paralelně může probíhat více kontrolních úloh, třeba měření rozměrů a zároveň kontrola barvy - kontrola prakticky jakéhokoliv parametru, který má optickou vazbu na vzhled nebo charakter snímané scény
- ▶ měření je bezkontaktní, nedestruktivní
- ▶ velké množství informací v podobě, která je pro člověka nejlépe srozumitelná - vizuální cestou člověk přijímá téměř 90 % informací
- ▶ nastavení systému je rychlé a nevyžaduje složité mechanické konstrukce
- ▶ možnost změnou konfigurace softwaru prakticky okamžitě přepínat mezi podobnými typy měření – není nutné složitě a nákladně měnit hardwarovou konfiguraci
- ▶ cena - vyšší počáteční náklady jsou kompenzovány nižšími náklady provozními a úsporami času i materiálu ve výrobě

Úvod a motivace

Ilona Janáková



Rozvrh přednášky:

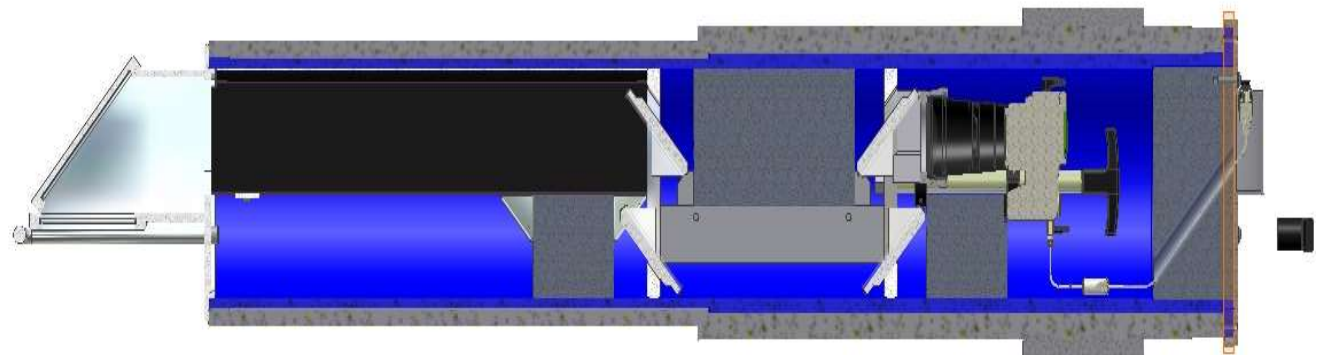
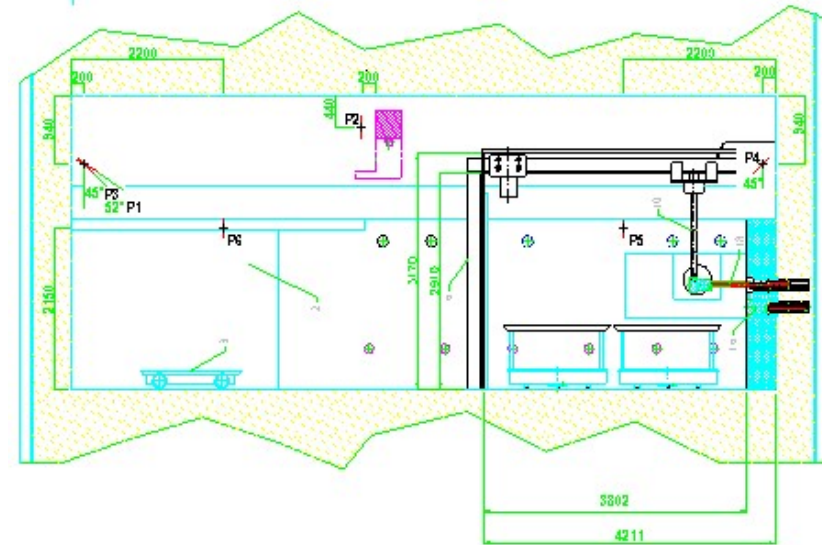
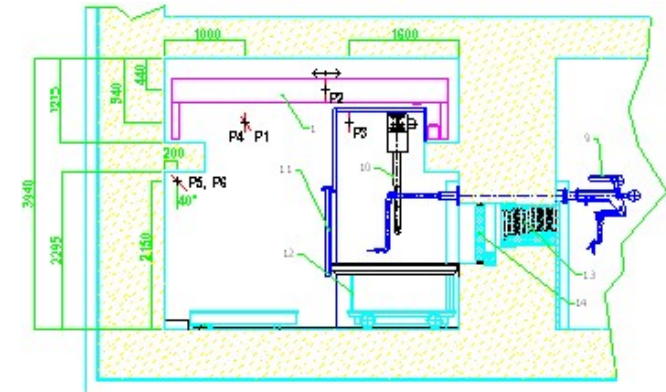
1. Organizace výuky.
2. Úvod.
- 3. Aplikace.**

Možné aplikace – použití počítačového vidění

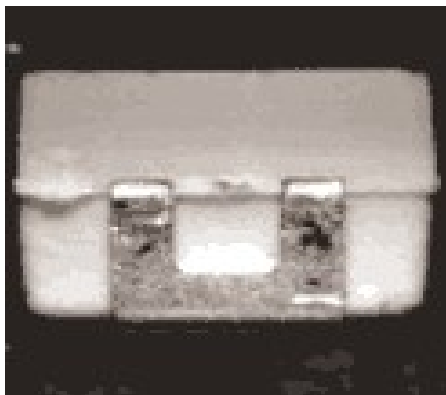
- ▶ Detekce přítomnosti a kompletnosti výrobků, počítání objektů v obraze
- ▶ Úlohy měření v rovině – přesná měření rozměrů, polohy, orientace
- ▶ Klasifikace - podle tvaru (obrysu), barvy, povrchových vlastností atd.
- ▶ Defektoskopie, defektometrie, inspekční systémy, měření deformací
- ▶ OCR – převod textu, SPZ, čtení kódů
- ▶ Měření 3D rozměrů, měření objemu, 3D digitální modely
- ▶ Navigace v prostoru, polohování robotů
- ▶ Pohyb – detekce pohybu, střežení objektů, sledování trajektorie, rozpoznání akce, gesta
- ▶ Dopravní úlohy – měření rychlosti, průjezd na červenou, detekce krizových stavů
- ▶ Analýza lékařských obrazů
- ▶ Měření biometrických údajů
- ▶ Bezkontaktní měření teploty (termokamery)
- ▶ Analýza leteckých snímků, analýza snímků hvězdné oblohy
- ▶ Rozšířená (augmented) realita, virtualizovaná realita
- ▶ Spojování obrazů, porovnávání obrazů, korespondence
- ▶ ...

Kamerový systém do komory ionizujícího záření

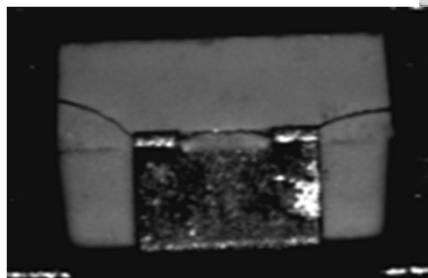
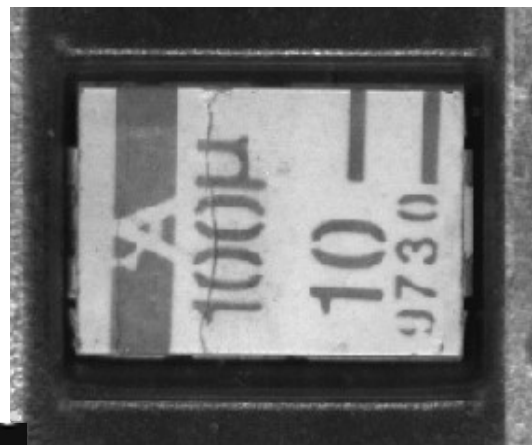
- sledování prováděných operací v komoře
- záření nebezpečné jednak pro člověka, jednak pro elektroniku a optiku
- návrh počtu a umístění kamer
- návrh geometrického uspořádání optické soustavy zrcadel periskopu



Inspekce SMD součástek



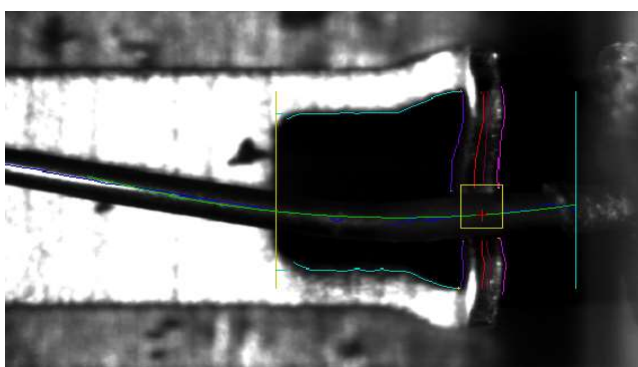
**kontakty –
rozměry, úhel
natočení,
ohyb, kvalita
spoje**



**detekce
prasklin**

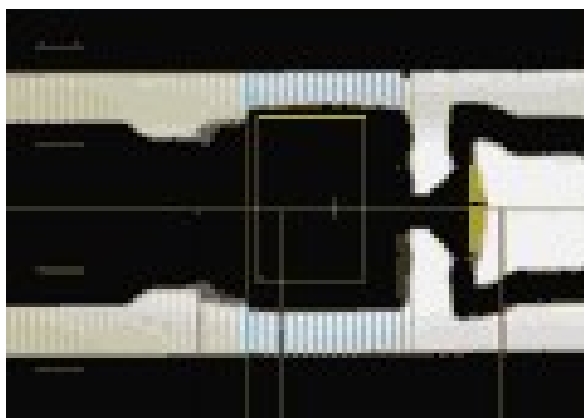
**potisk – kontrola, polarita,
poškození**

**špína, cizí
předměty**

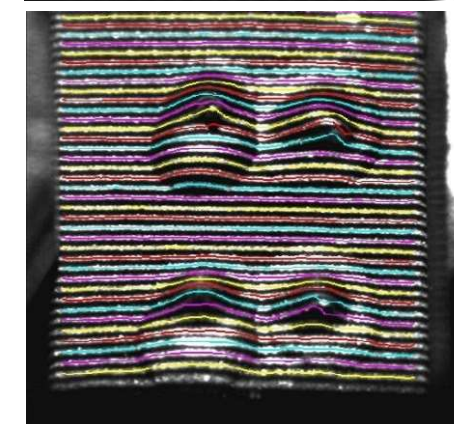
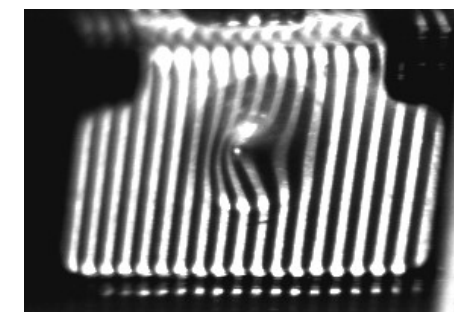
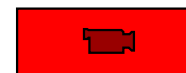


navádění laserového svařování

**kvalita sváření,
rozměry, pozice, struktura**

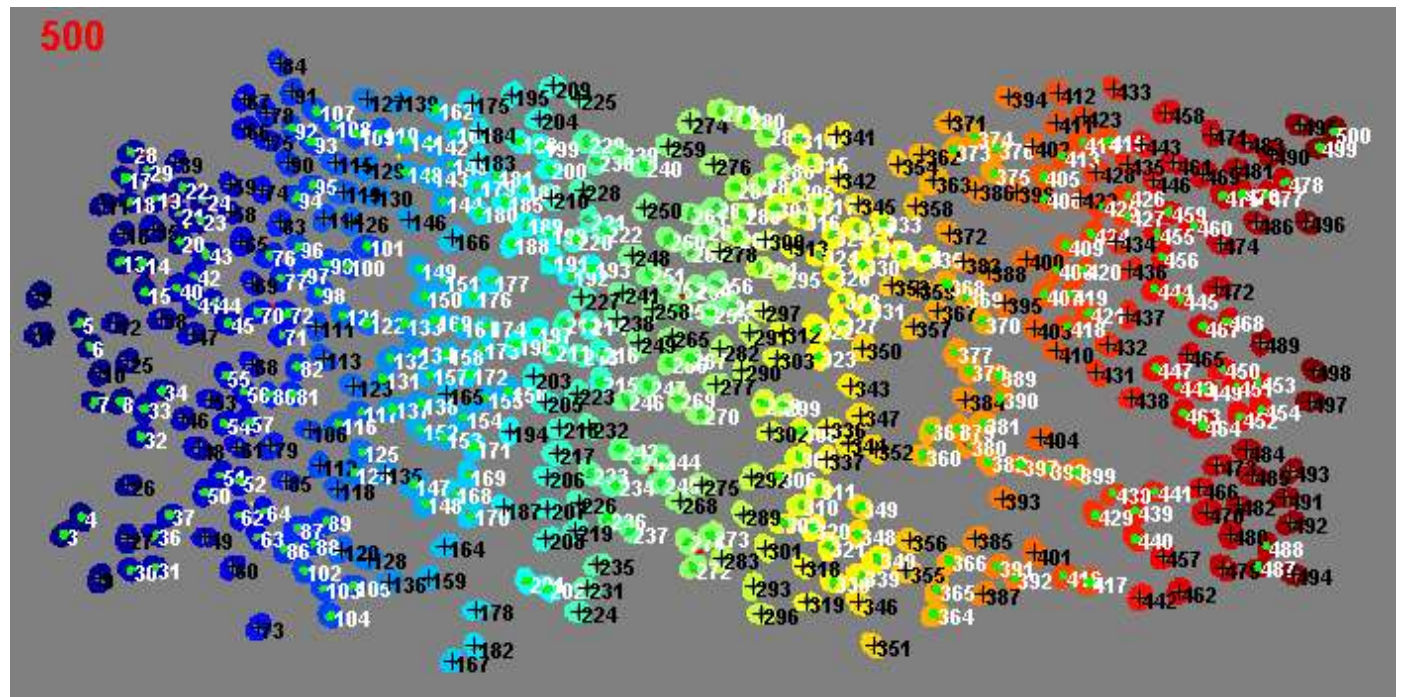
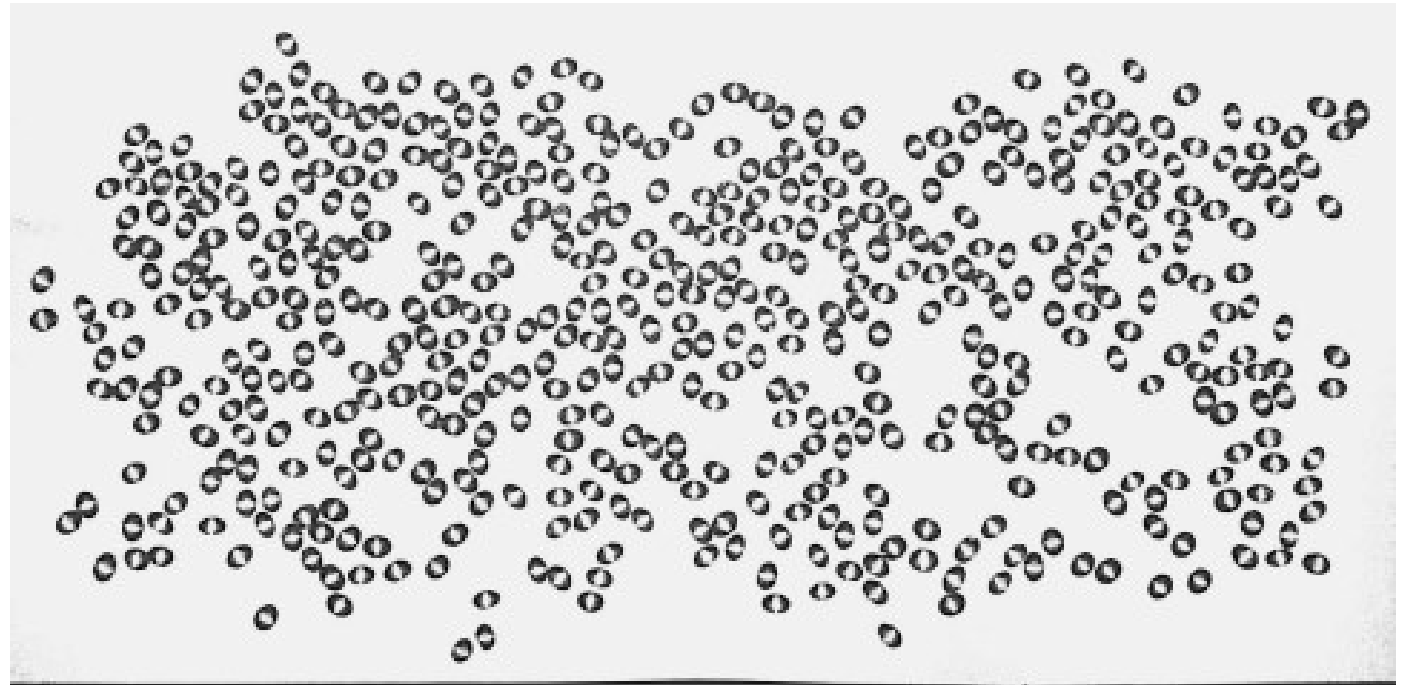
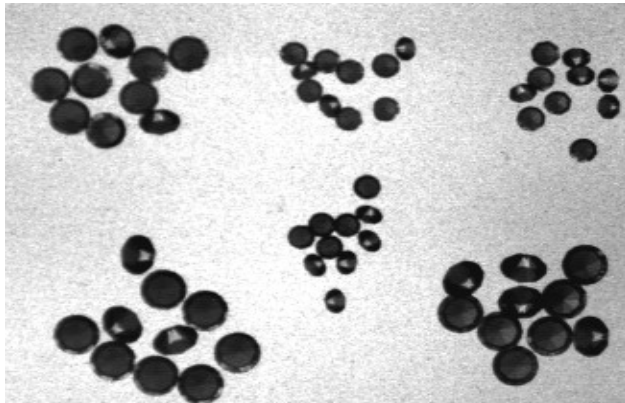
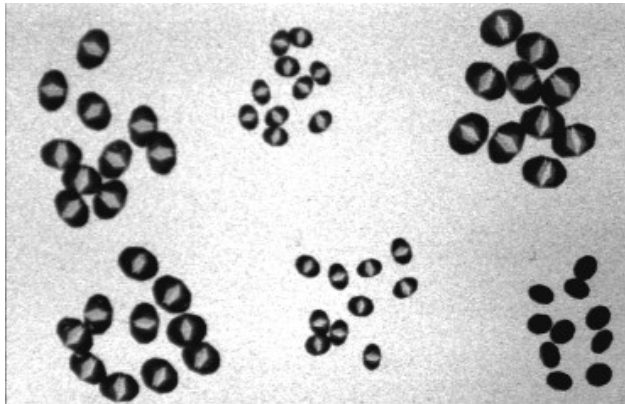


**měření
objemu**



Počítání objektů ve scéně

- automatické počítání různě orientovaných náhodně rozmístěných skleněných broušených kamenů
- návrh způsobu osvětlení, návrh software



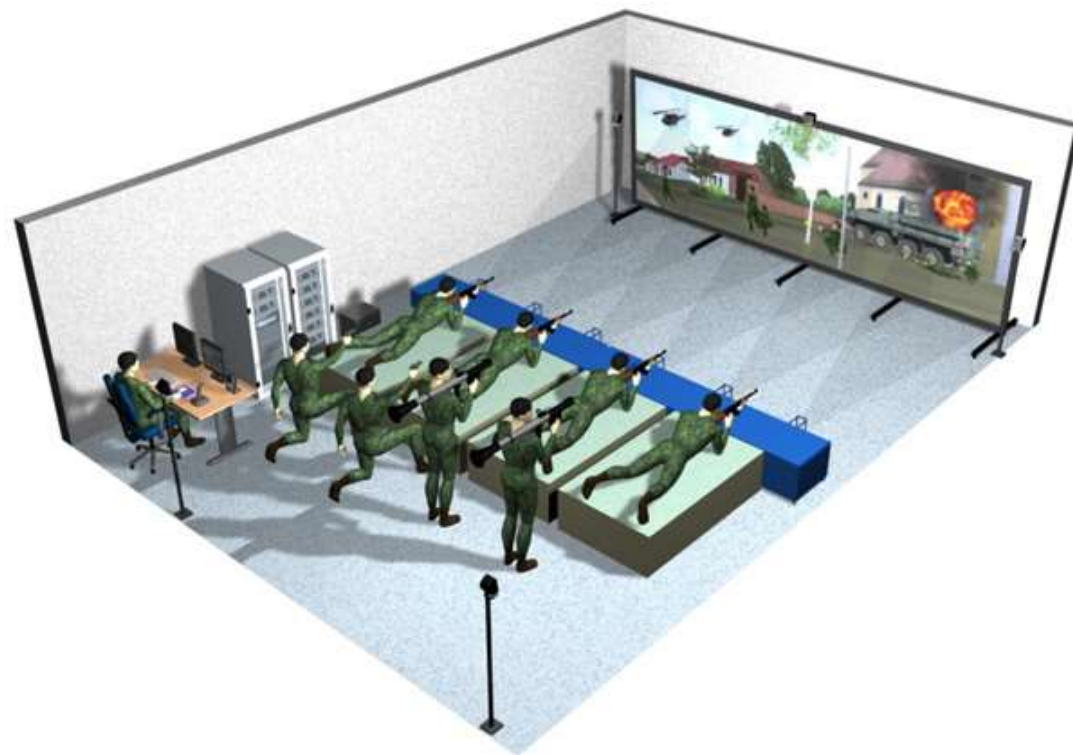
Metro – počítání osob

- počítání osob vstupujících a vystupujících z technických prostor metra
- zlepšení kontrastu sledovaných objektů volbou pozadí



Rychloběžná kamera

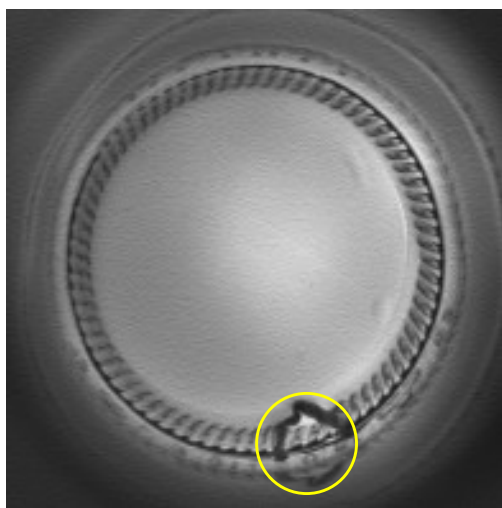
- lokalizace pozice infračerveného laserového paprsku mířidla zbraně na projekční ploše
- vyhodnocení správnosti míření vojáků při interaktivním tréninku při simulaci bojové scény
- časový multiplex s 10 kanály (paralelně lze vyhodnocovat až 10 mířidel)
- parametry kamery: 500 fps / 1280x1024 / 10 bit
- paralelní vyhodnocení obrazu v FPGA (výstupem je poloha laserového svazku na plátně)



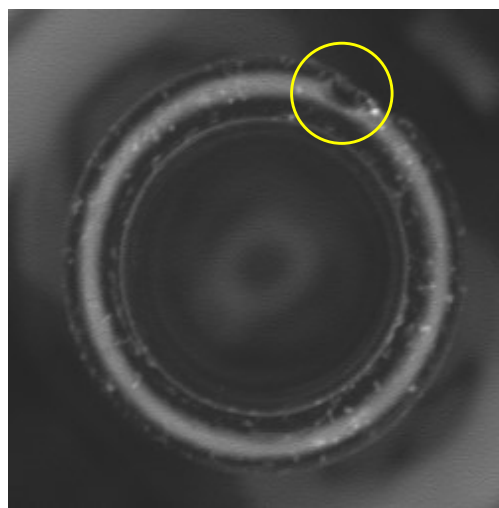
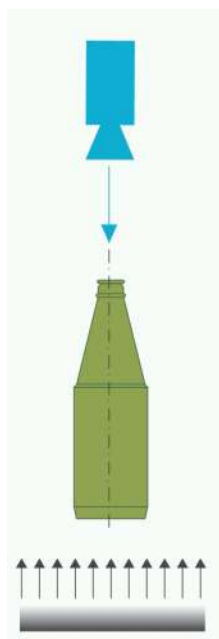
zaměřovací IR laser



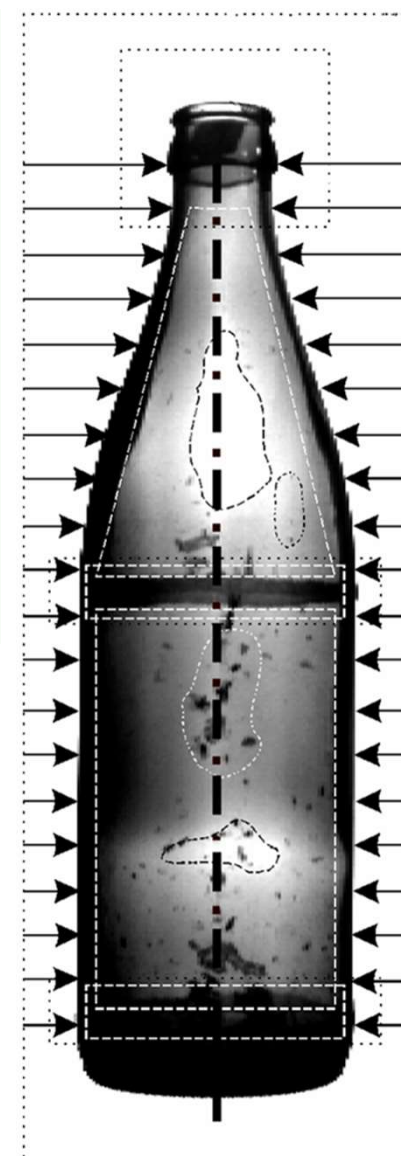
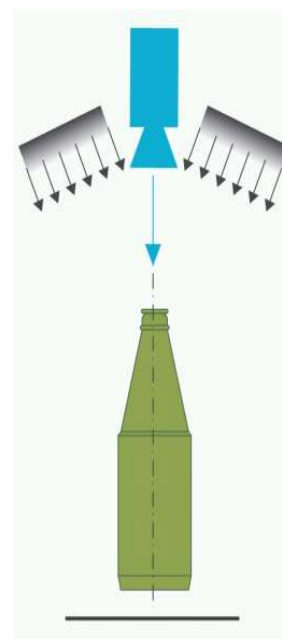
Inspekce transparentních materiálů (pivních lahví)



dno láhve

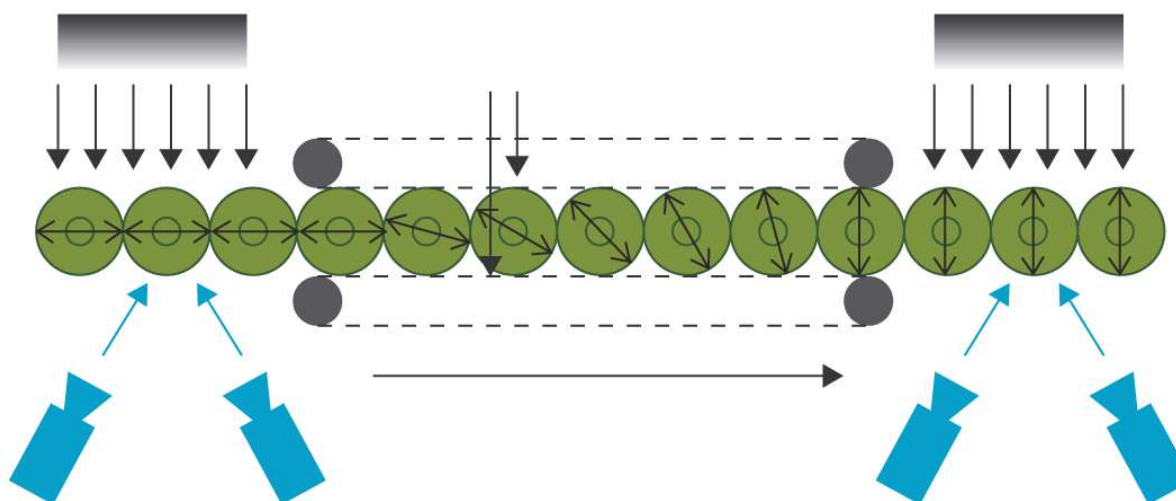


hrdlo láhve

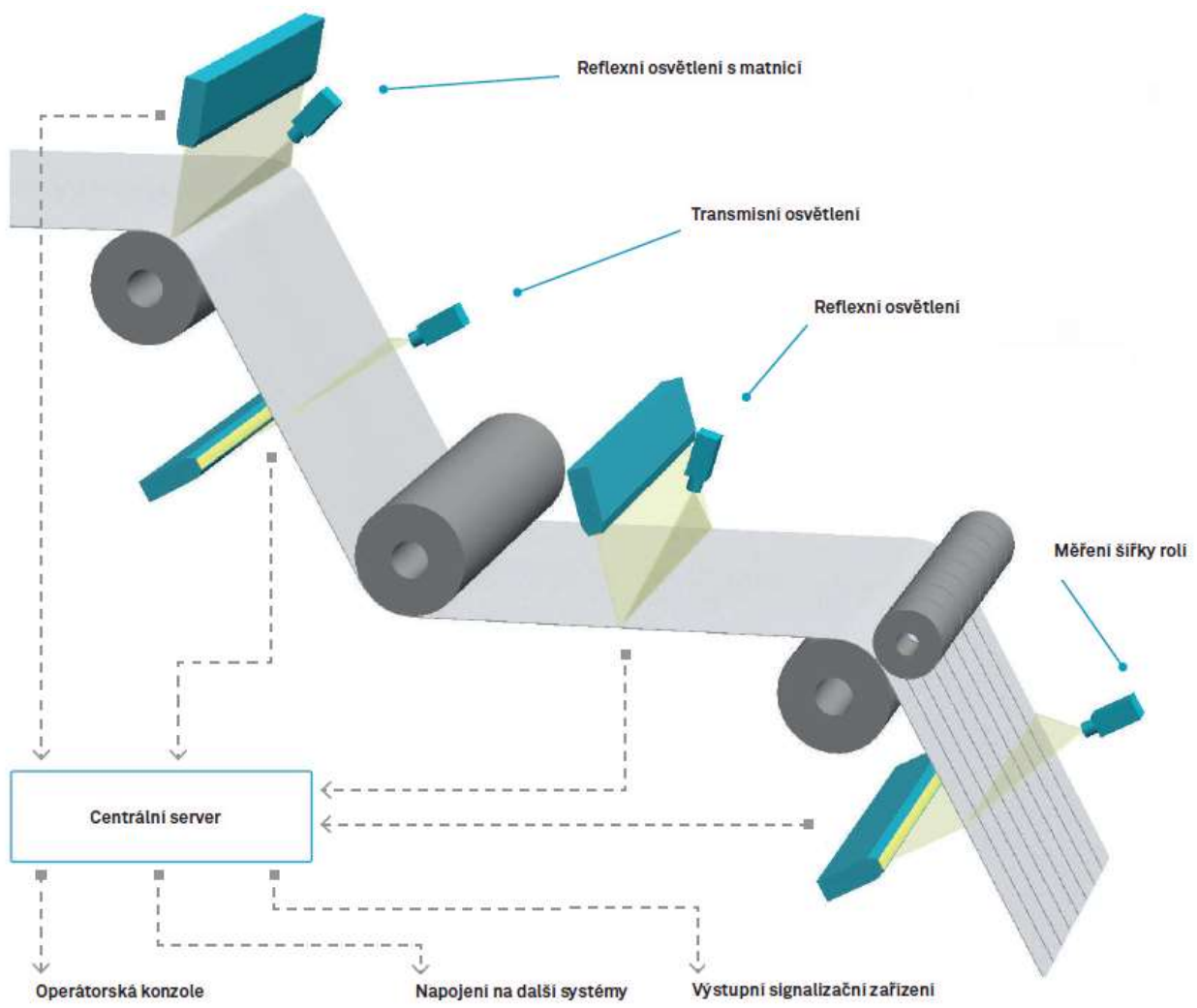


stěna láhve

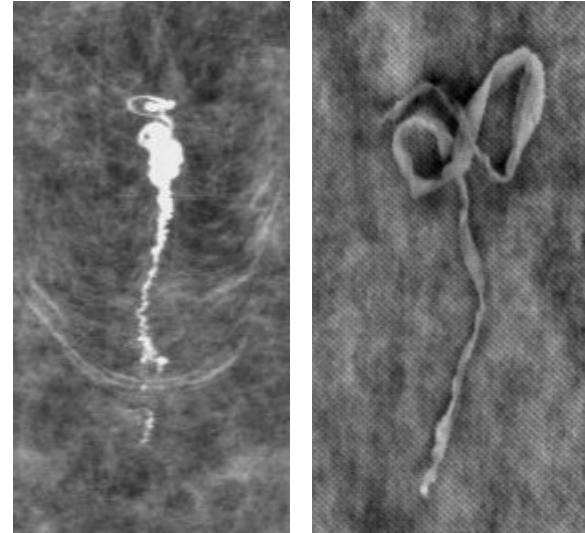
- zbytky etiket
- cizí objekty
- špína
- plíseň
- škrábance



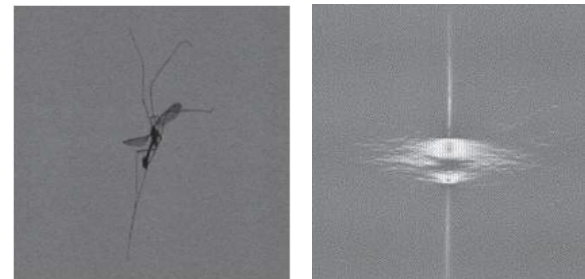
Inspekce kontinuálních pásů



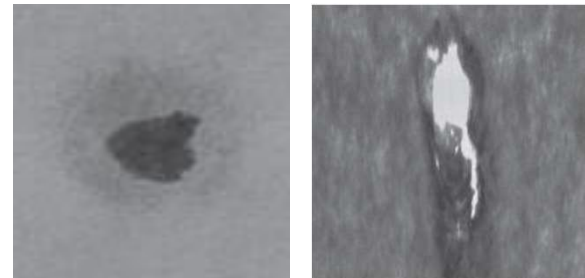
netkané textilie



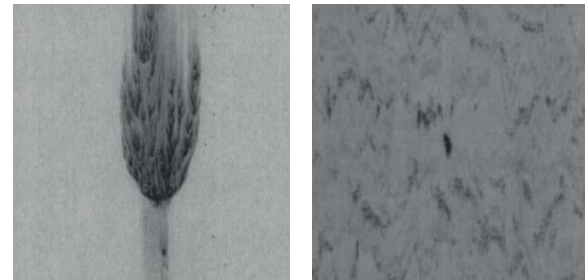
fólie



papír



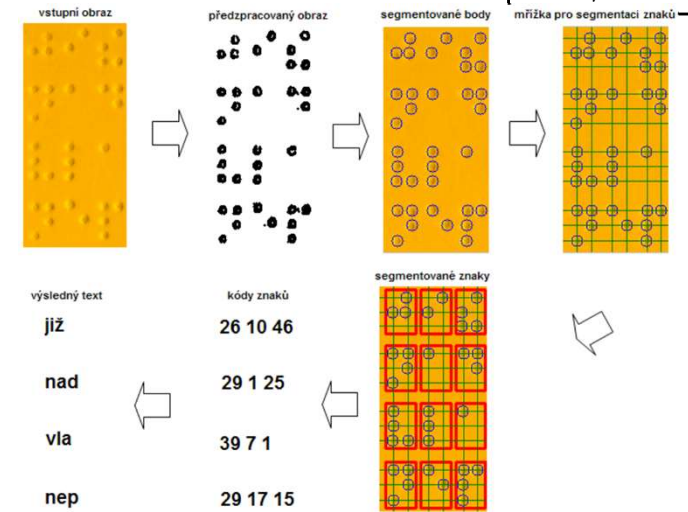
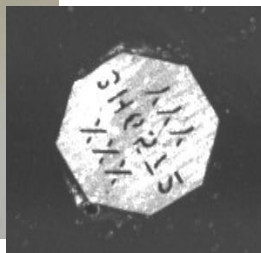
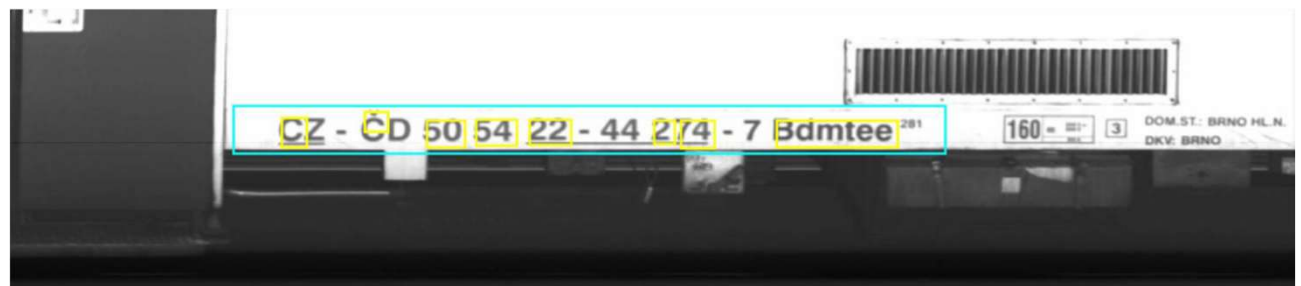
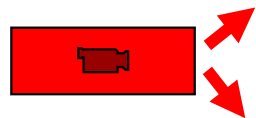
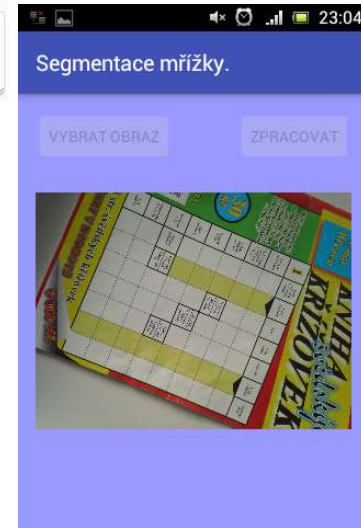
plech



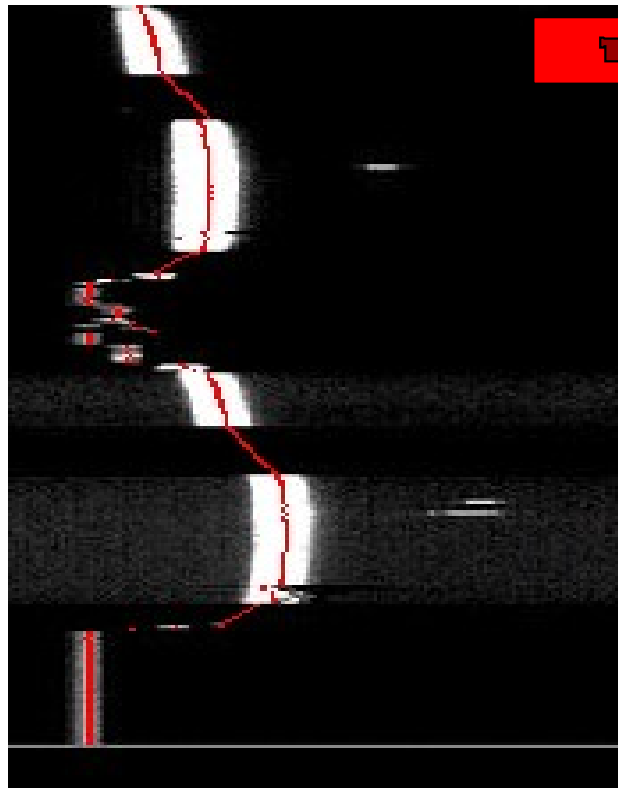
- díry, úkapy, hmyz, nečistoty, škrábance, povrchové nerovnosti, ...

OCR

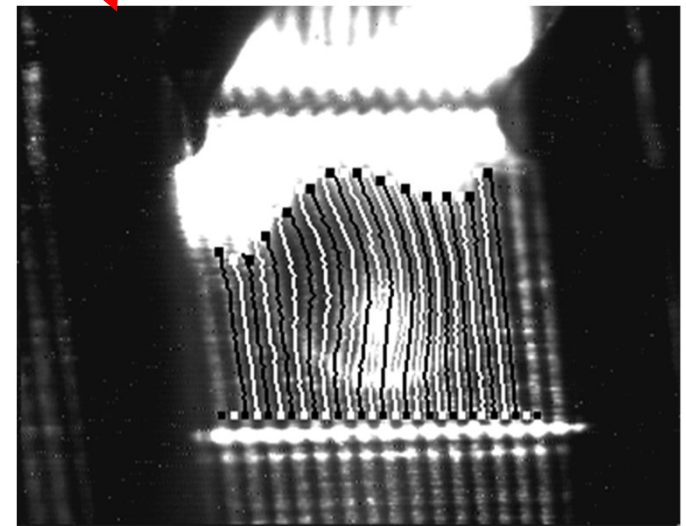
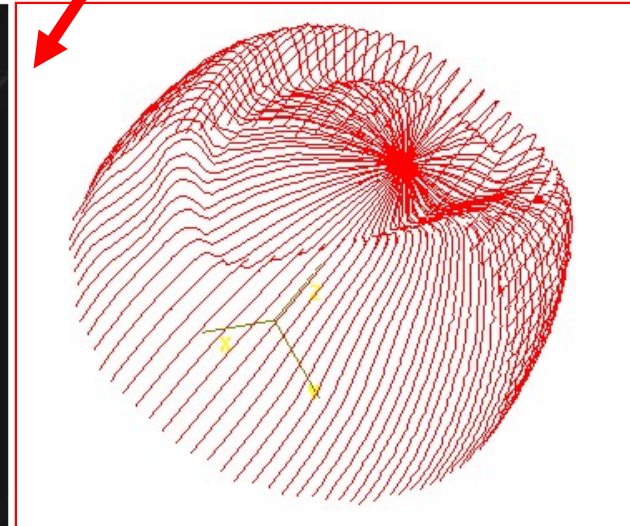
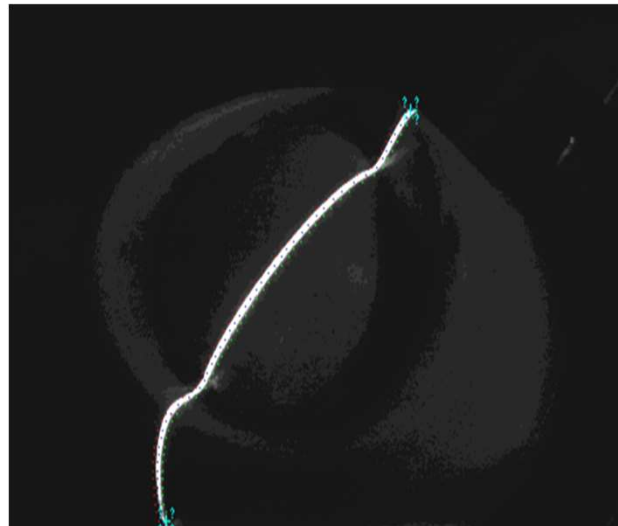
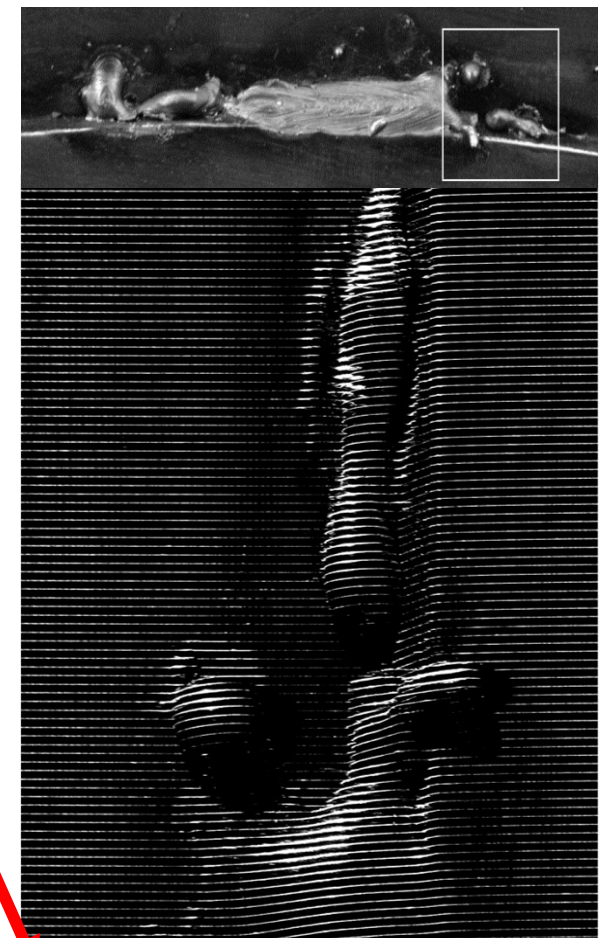
- čárové kódy, QR kódy
- Braillovo písmo
- tištěný / ručně psaný text
- SPZ, UIC kódy
- loga
- nanogramy, křížovky
- mikrotečky
-

3D měření – aktivní triangulace

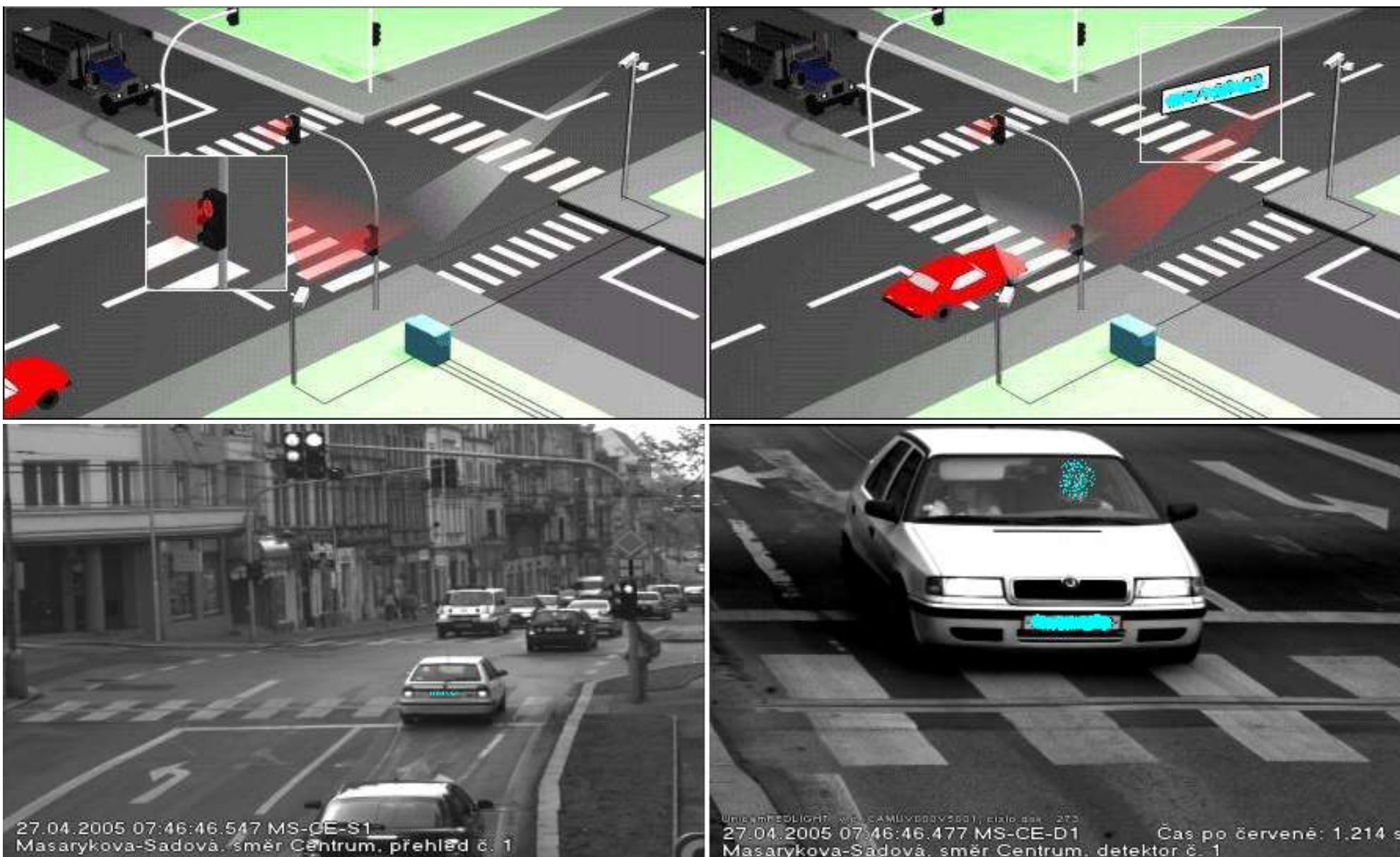


Detekce a klasifikace vozidel
Kontrola kvality svarů automobil. disků
Měření objemu kapky viskózního lepidla
Pořízení 3D modelu kopyta klobouku

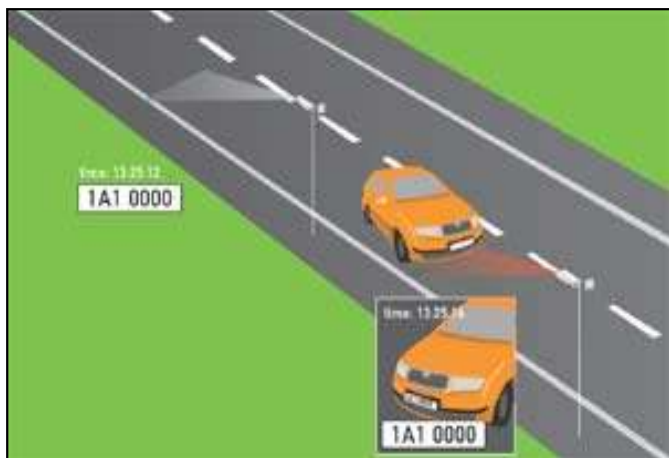
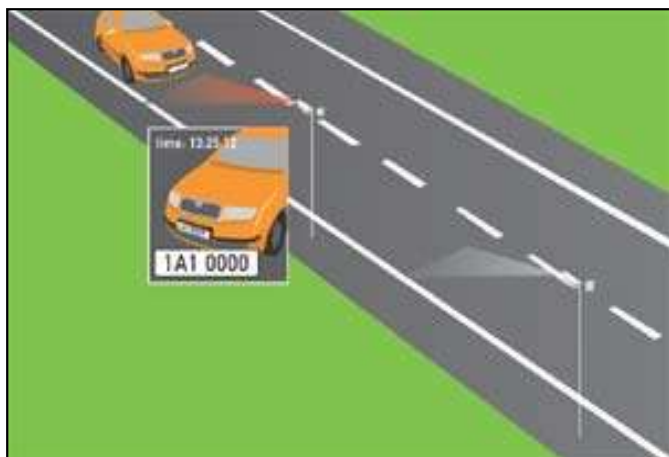


Dopravní úlohy – detekce průjezdu na červenou

- Situace, stav semaforu, lokalizace SPZ, OCR



Dopravní úlohy – měření průměrné rychlosti v úseku



UnicamBROWSER 1.2

Umištění přestupků
 r:\dzin\app\everyone\vyuk...
 R:\
 HORA
 Galerie
 Unicam
 offences

Detail - Přijedový snímek

Demonstrační snímek

2003-3-30 14:13:07.5 ZR-MR-11
 Zlíchov-Radlická, směr Mrázovka, příjezd, pruh č. 1

Přestupek
 Naměřená rychlost (km/h): **86**
 Maximální povolená rychlost (km/h): **70**
 Automatické prohlášení

Přijedový snímek
 Jas: 0
 Kontrast: 1
 Zrušit
 LNH 56

Odjezdový snímek
 Jas: 0
 Kontrast: 1
 Zrušit
 LNH 56

Rychlost: 86 km/h
 Měrná spotřeba: 070 km/l
 Vzdálenost: 524.0 m
 Čas odjezdu: 00:02:21.7



Dopravní úlohy

Detekce kritických stavů - nehoda, zácpa

**Statistiky provozu - počet průjezdů,
obsazenost jízdniho pruhu,
dojezdové doby atd.**



Mobilní detekce – kradená vozidla



Asistenční systémy řidiče

Rozpoznání značek

- segmentace značek v komplexní scéně (test)



- asistenční RT videa (159 základních značek)



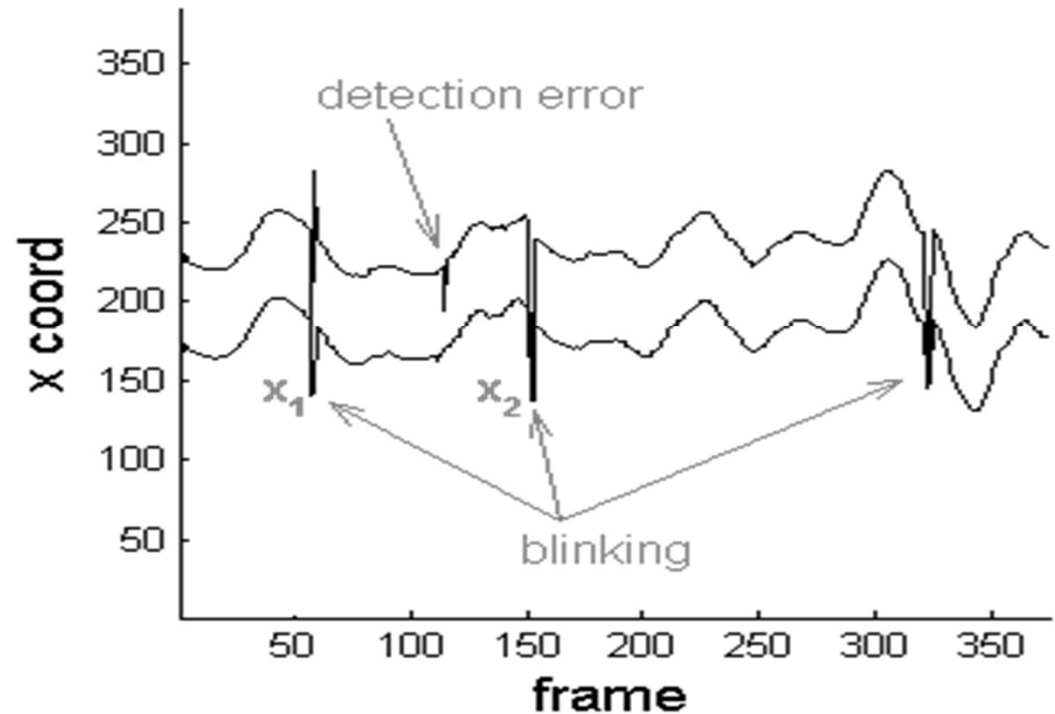
Únava řidiče – detekce pozornosti

- zábleskové IR osvětlení řidiče = zvýraznění očního pozadí – detekce zorniček



- rozpoznání mrkání / frekvence mrkání / zavření očí

Pupil's positions

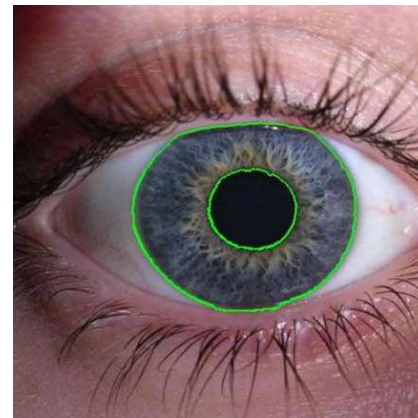


Měření biometrických údajů - statické



← **Otisk prstu**

Duhovka oka →



Geometrie ruky

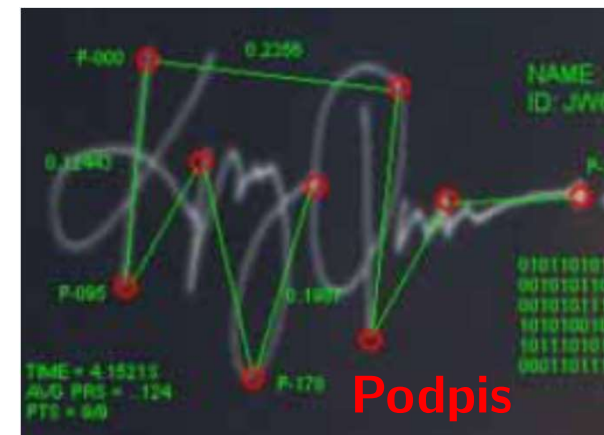
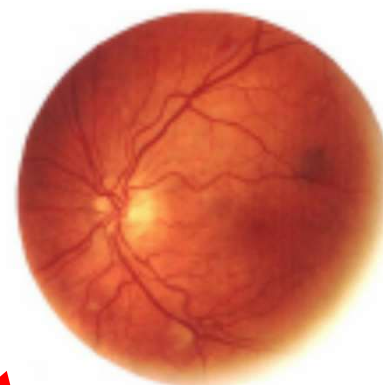


Sítnice oka →

Obličej

Termogram obličeje ↓

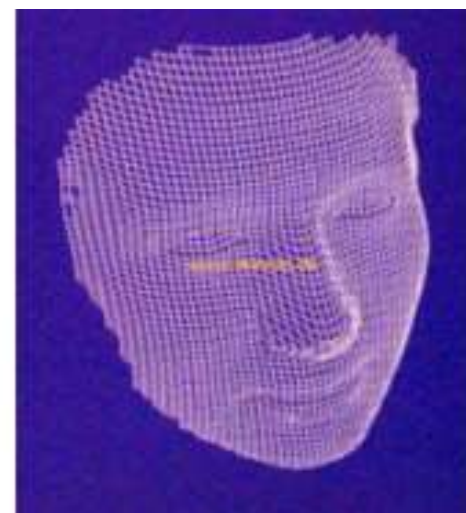
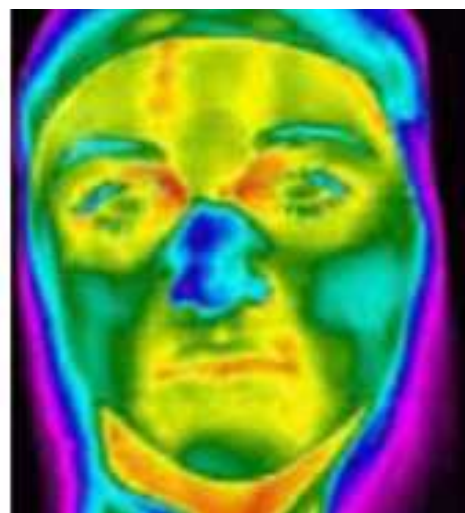
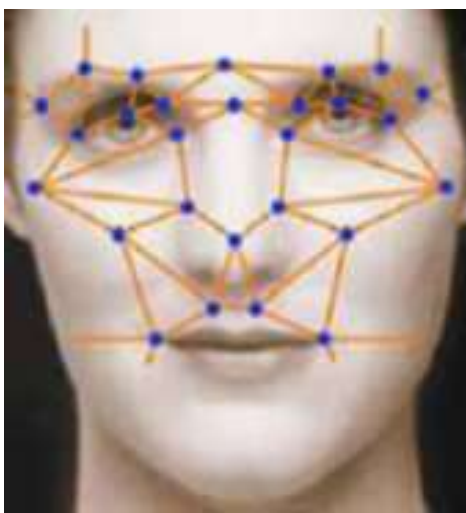
3D obličej ↘



Podpis



Dentální obraz

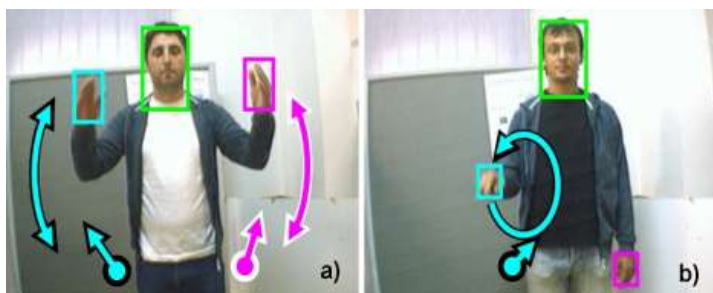


Tvar ucha

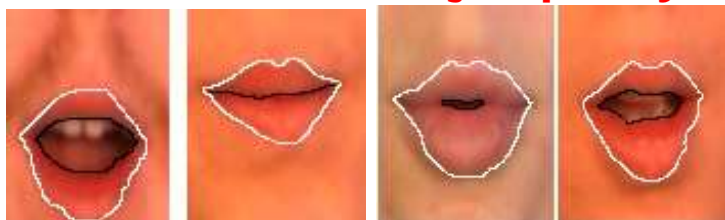
Měření biometrických údajů - dynamické

**Hlas/řeč; dynamika podpisu;
dynamika pohybu myši; psaní
na klávesnici**

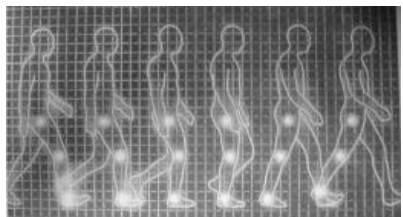
Gestikulace těla



Gestikulace v obličeji – př. rty

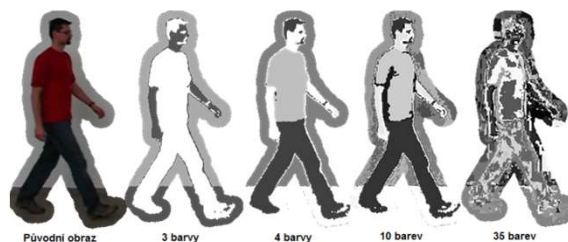


Lokomoce - chůze



Identifikace osob pomocí bipedální lokomoce

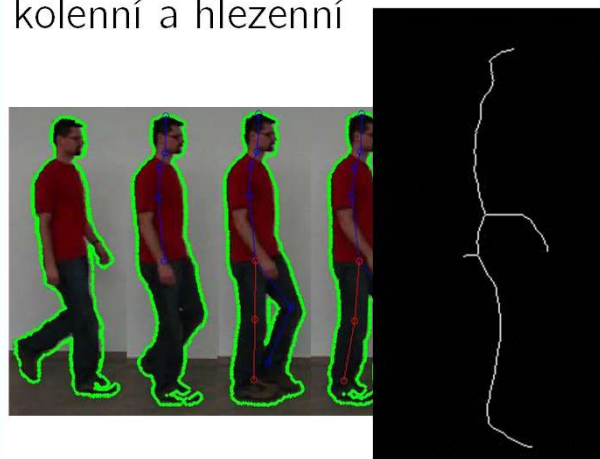
1. segmentace pohybu v
jednoduché / komplexní scéně



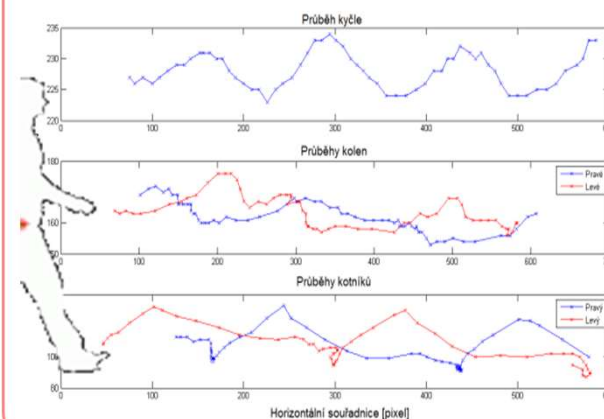
2. rozpoznání pohybu lidí



3. detekce kloubů: kyčelní,
kolenní a hlezenní



4. časové průběhy
→ komparace → identifikace



Termovizní měření

Průmysl

- odhalování skrytých vad, kontrola výroby, údržba, výzkum vlastností materiálu, kontrola tepelných poměrů v systémech, hledání míst úniku plynů

Stavebnictví

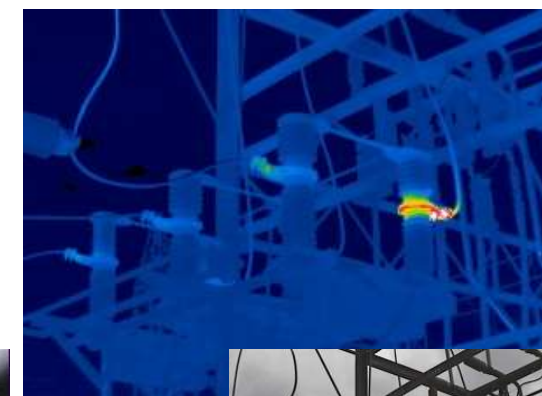
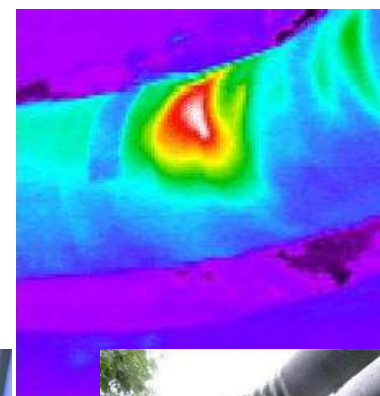
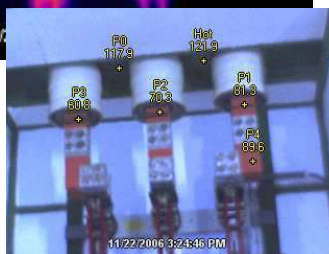
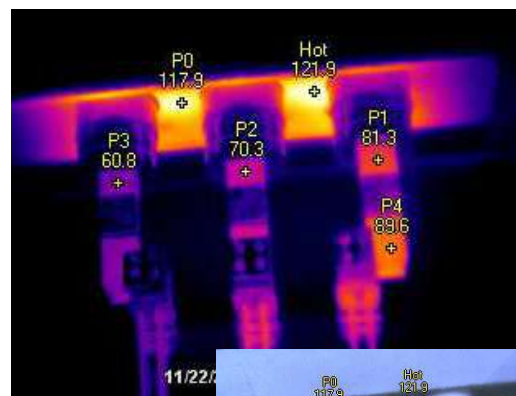
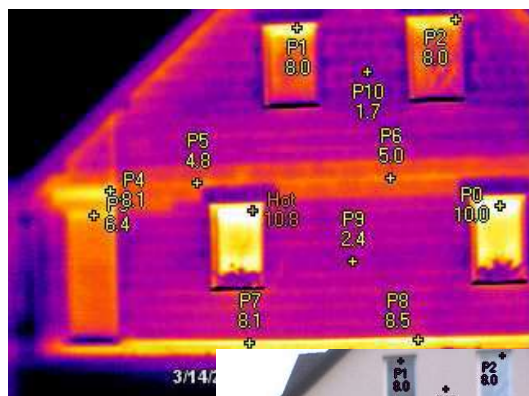
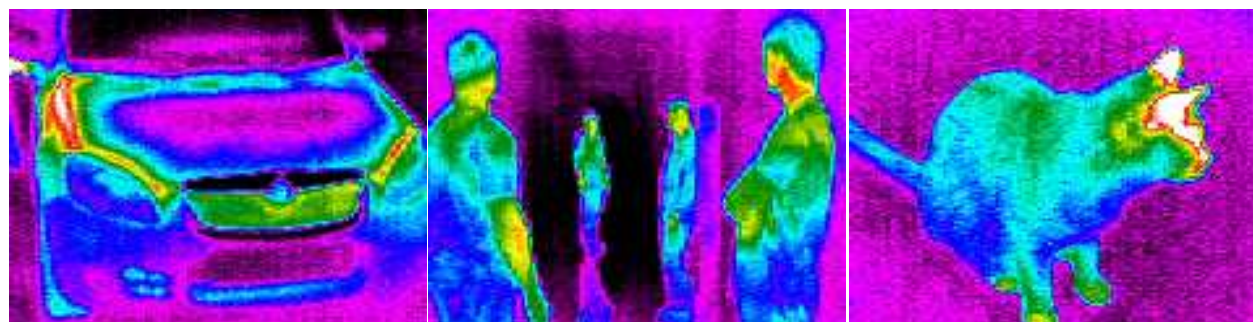
- měření úniku tepla, kontrola tepelných poměrů v systémech, výzkum vlastností materiálů

Vojenské a záchranářské účely

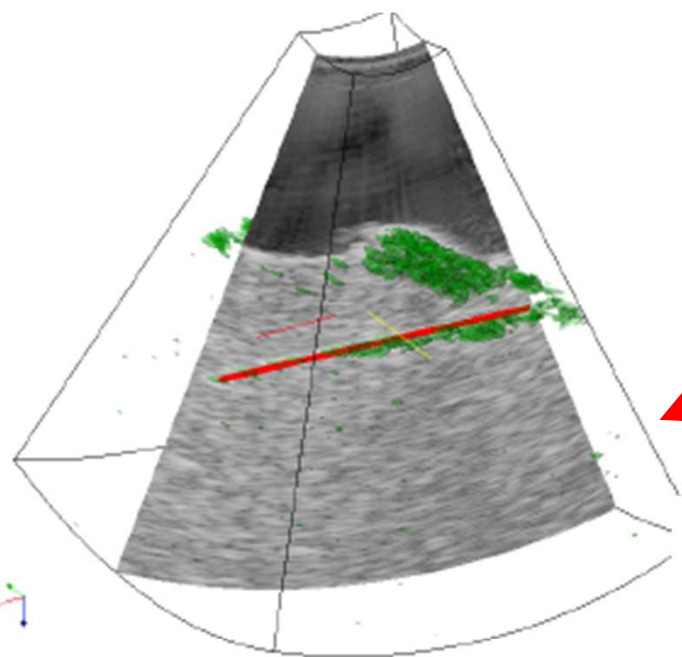
Bezpečnostní aplikace

Medicína

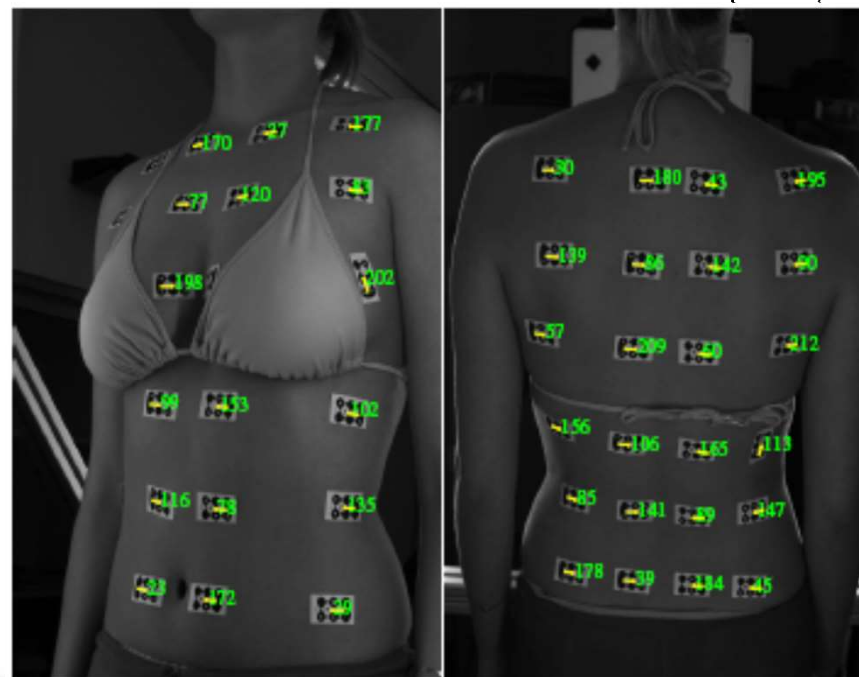
Výzkum



Lékařské aplikace

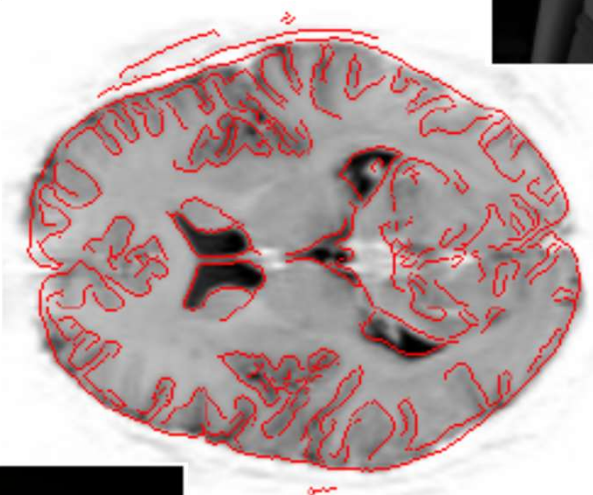


Určování polohy chirurgických nástrojů z 3D ultrazvukového přístroje



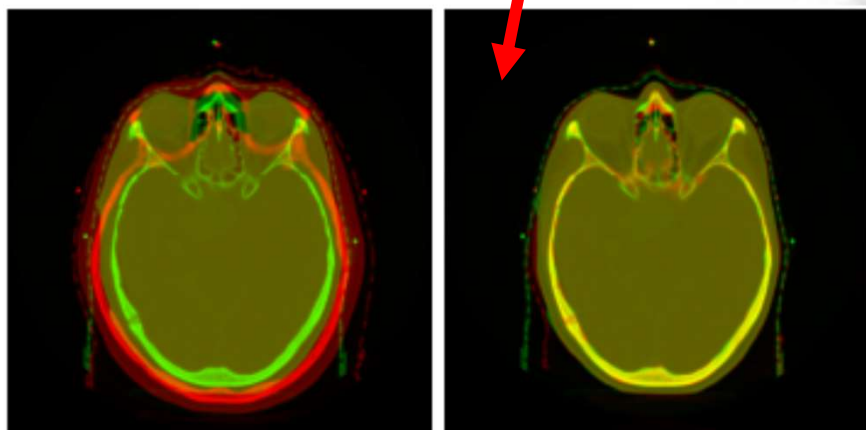
Geometrické srovnání odpovídajících si obrazů

- z jiných přístrojů
- před a po operaci (léčbě)

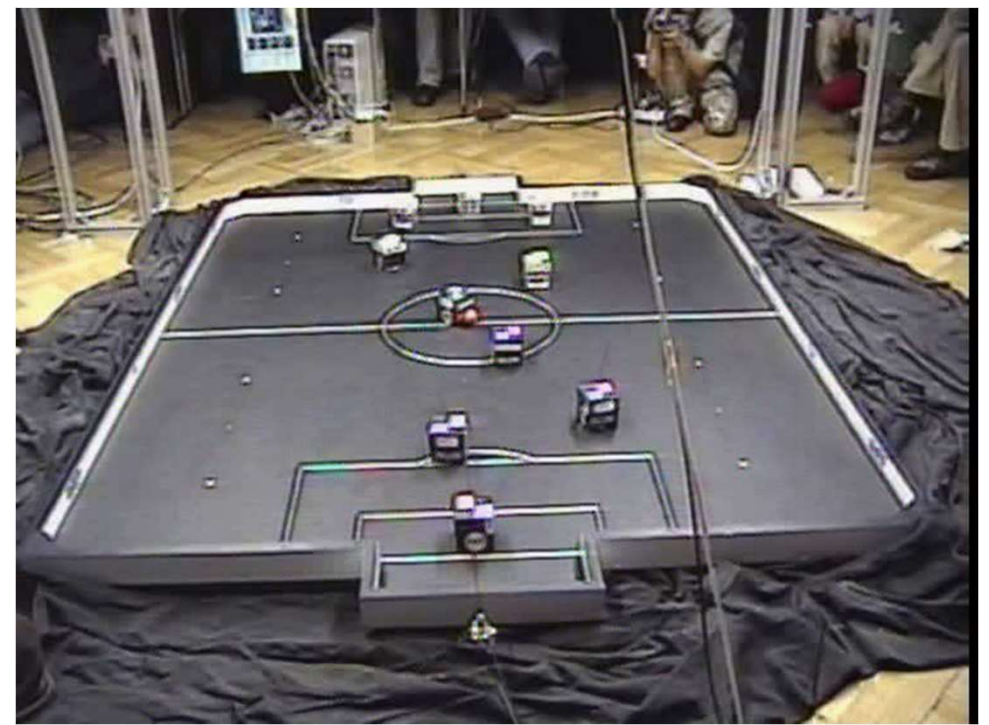
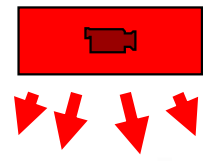


3D měření dýchacích pohybů

Diagnostika ultrazvukových obrazů

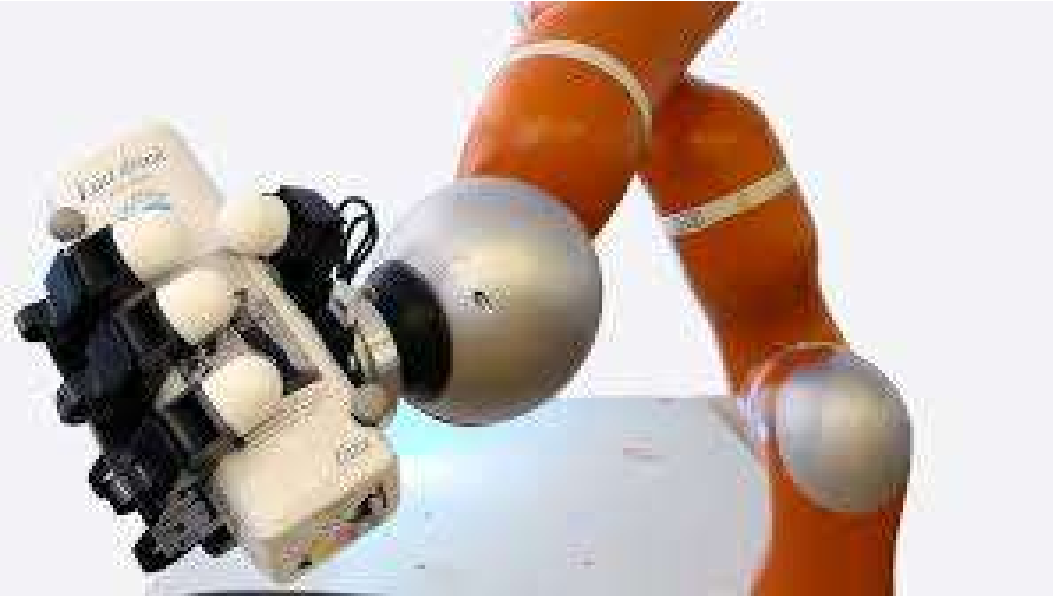


Sledování pohybu, trajektorie

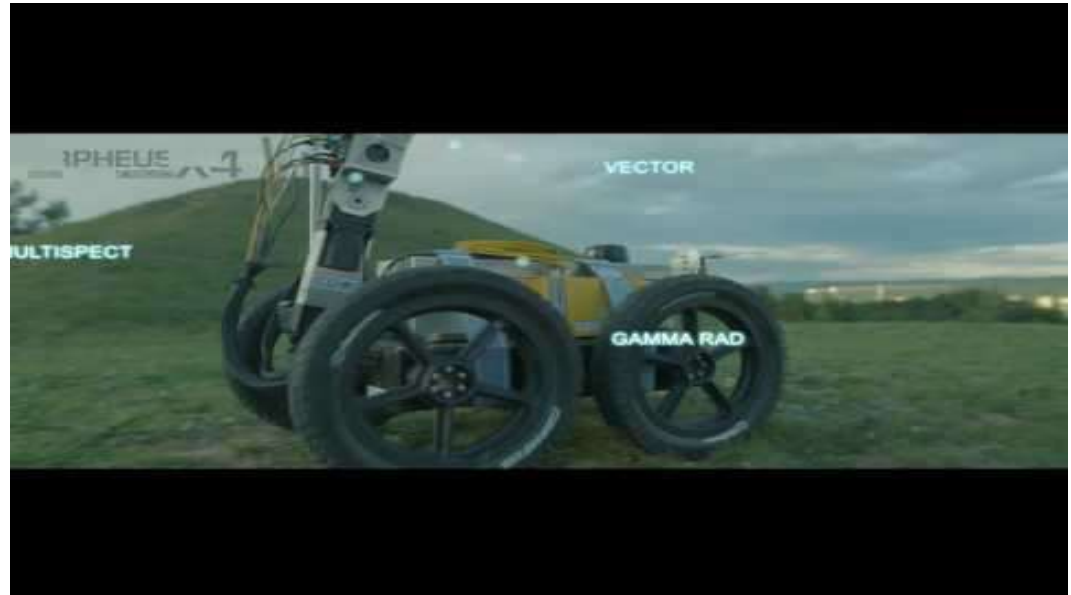
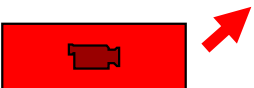
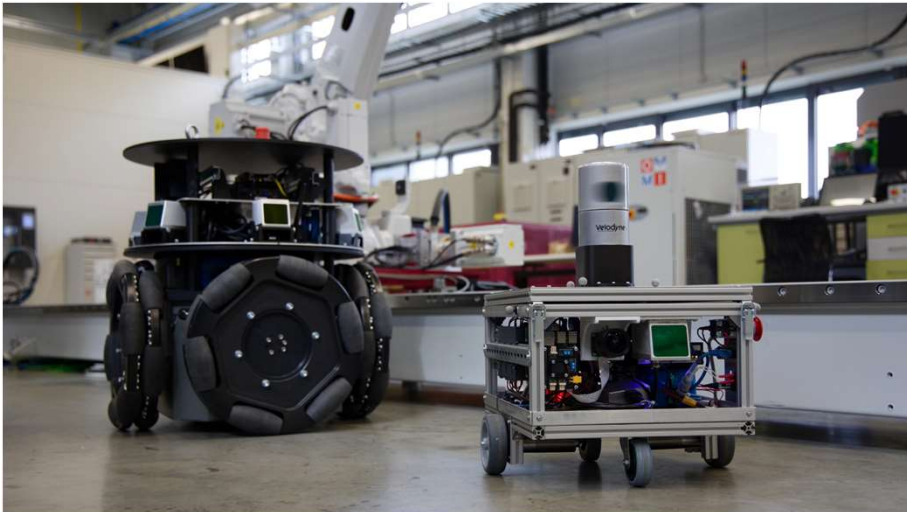
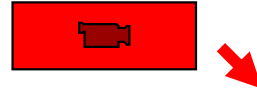


<http://cmp.felk.cvut.cz>

Navádění robotů



<https://www.youtube.com/watch?v=EqMPLnIRUvQ>

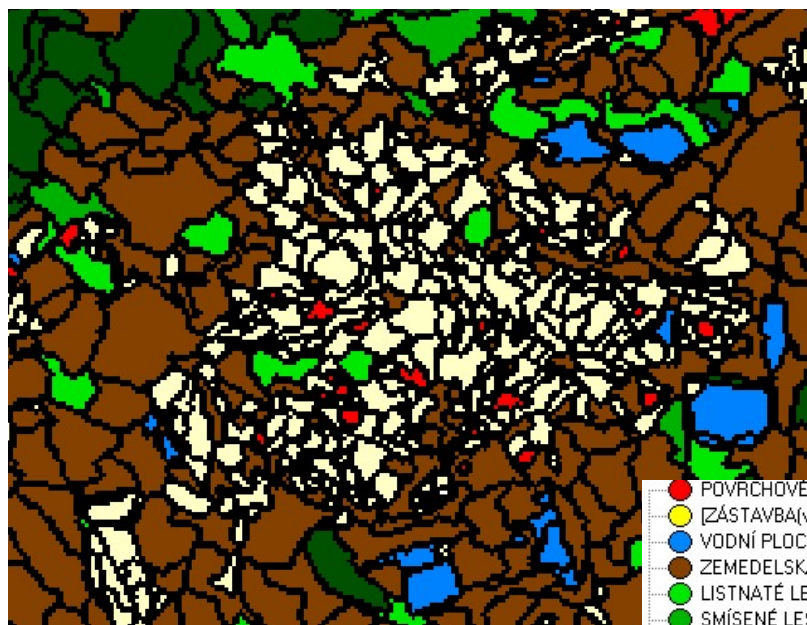


<https://www.youtube.com/watch?v=6eNDTeJj-mA>

Letecké, satelitní snímky



Aktualizace map



Klasifikace urbanizovaného území

- POVRCHOVÉ DOLY
- [ZÁSTAVBA(vyšší)]
- VODNÍ PLOCHY
- ZEMEDELSKÁ PŮDA+LOUKY
- LISTNATÉ LESY
- SMÍŠENÉ LESY
- JEHLICNATÉ LESY
- ZÁSTAVBA(nižší)
- velmi zastavěno
- středně zastavěno
- málo zastavěno

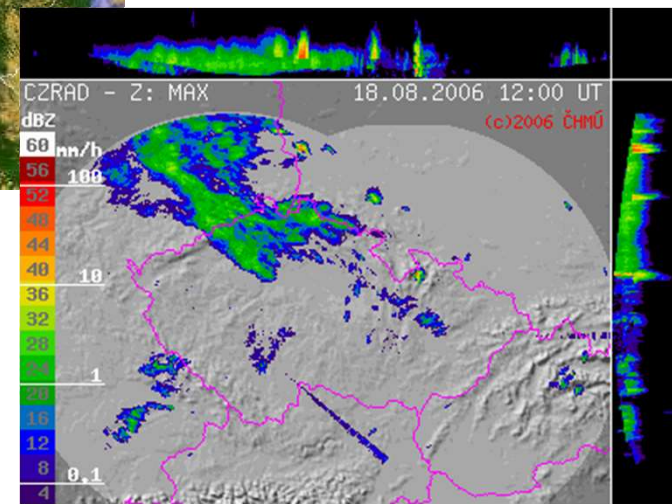


Vojenské, špionážní průzkumy

Sledování počasí, předpovědi

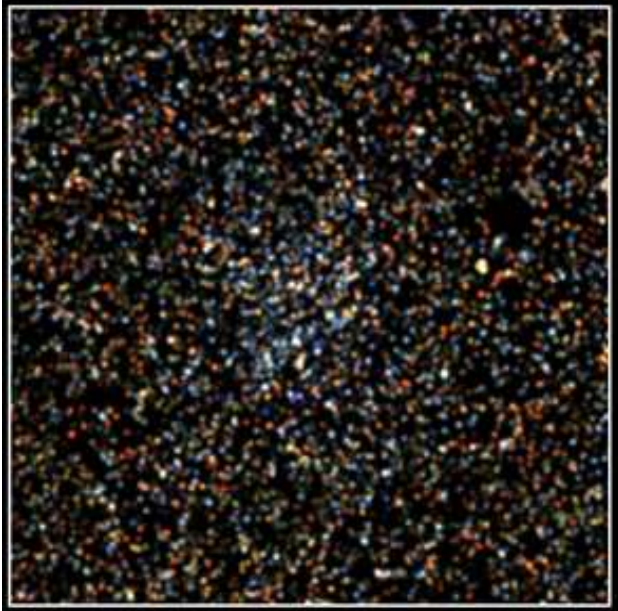
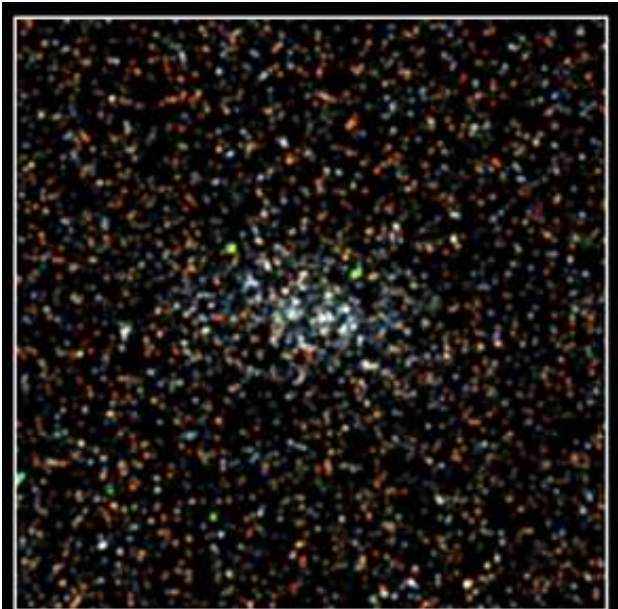


radarový snímek



Studování vesmíru

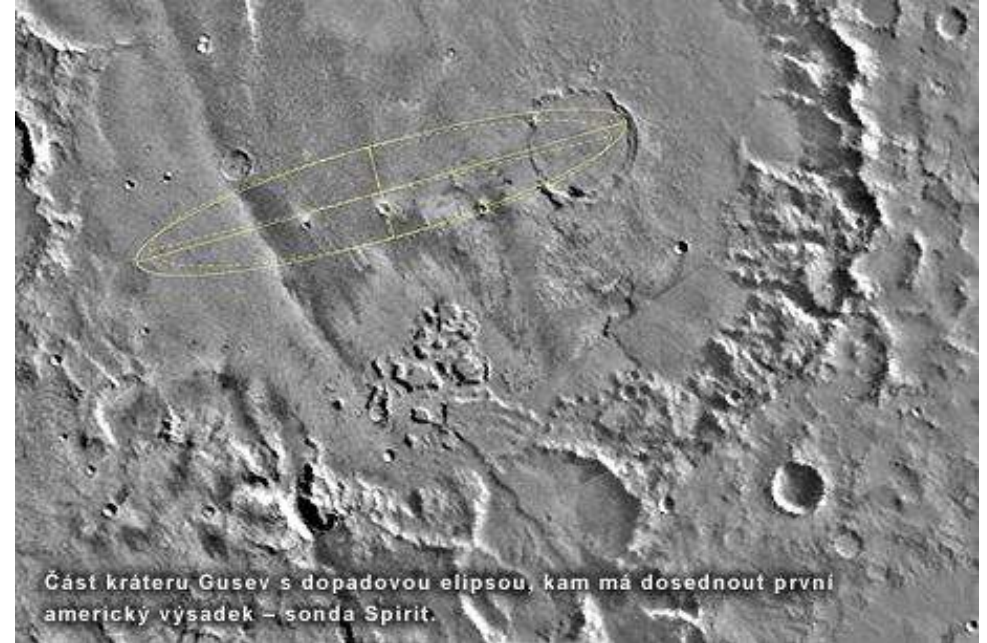
Analýza snímků hvězdné oblohy – objevování nových hvězd, galaxií,...



„Tvář na Marsu“



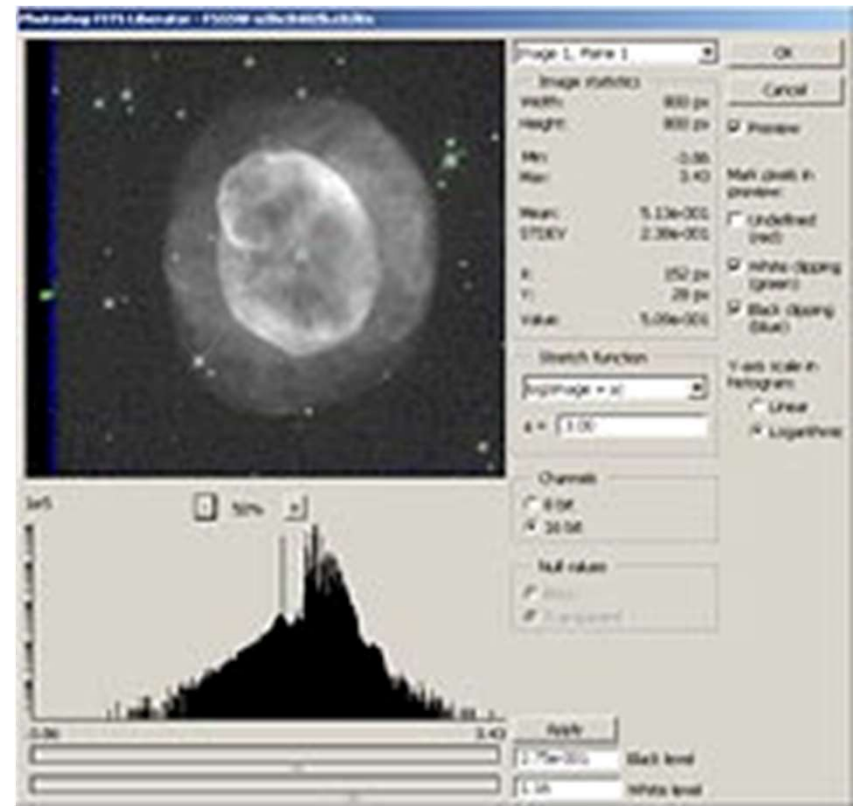
Sledování procesů ve vesmíru - vzplanutí mladé hvězdy (RTG snímek)



Část kráteru Gusev s dopadovou elipsou, kam má dosednout první americký výsadek – sonda Spirit.

Zkoumání okolních planet, vesmírné výpravy

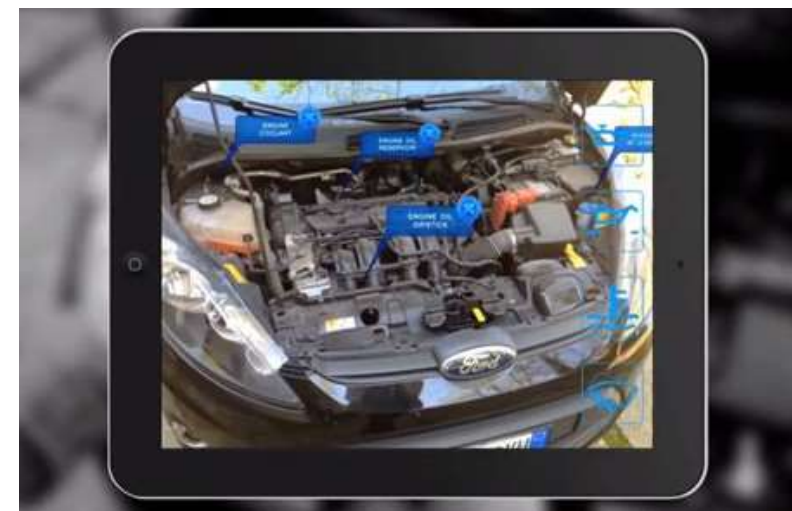
Specializovaný SW – volně dostupný



Rozšířená realita



Reklama, nákupy, navigace, design, 3D modelování, servis, interaktivní manuály, vzdělávání, hry a zábava



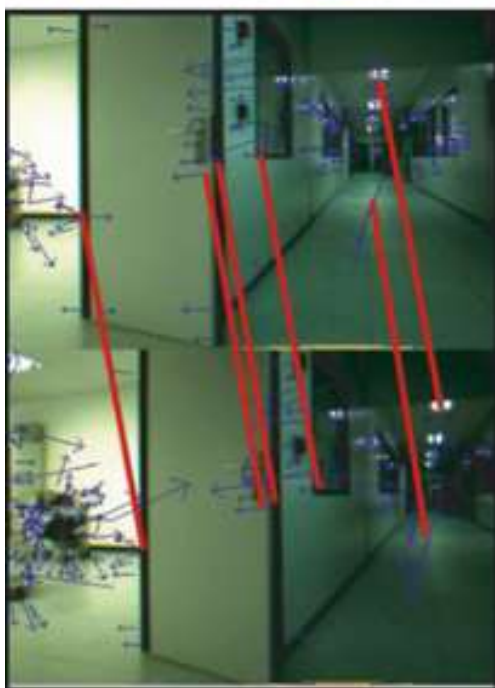
Korespondence



Stereovidění

Rozpoznávání

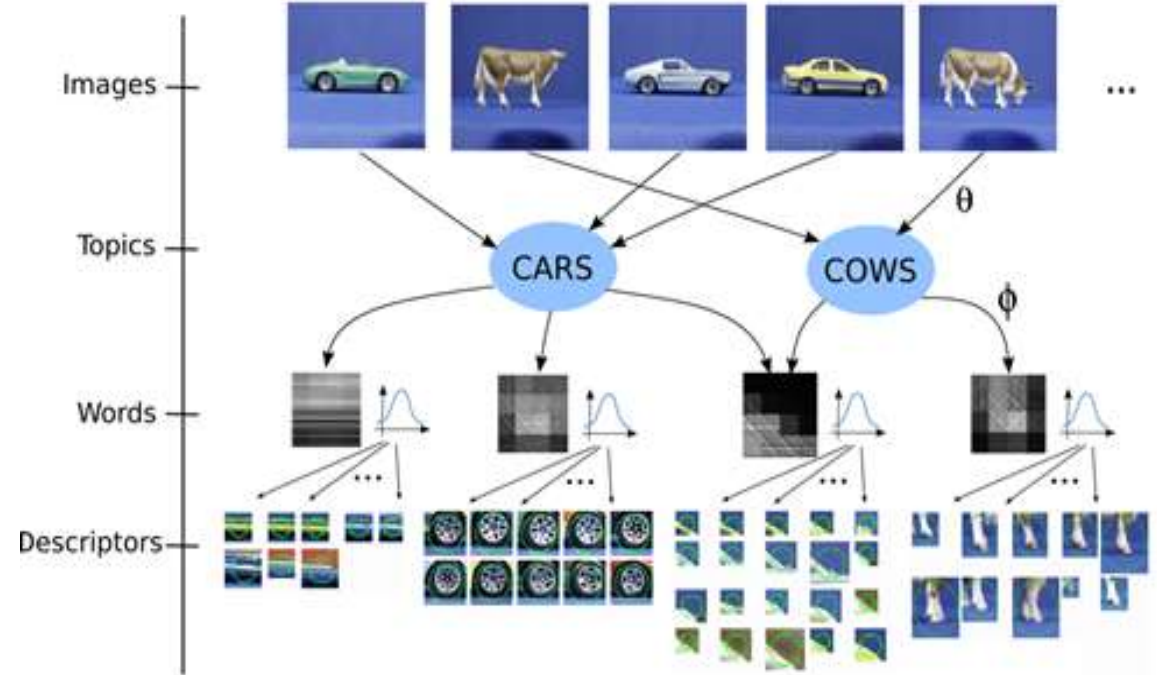
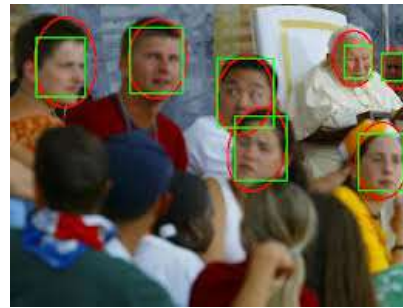
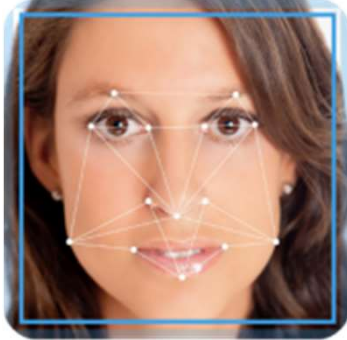
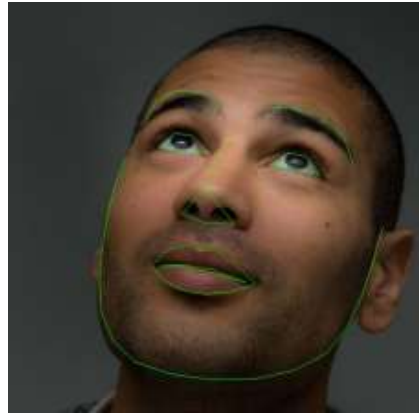
**Spojování
obrazů**



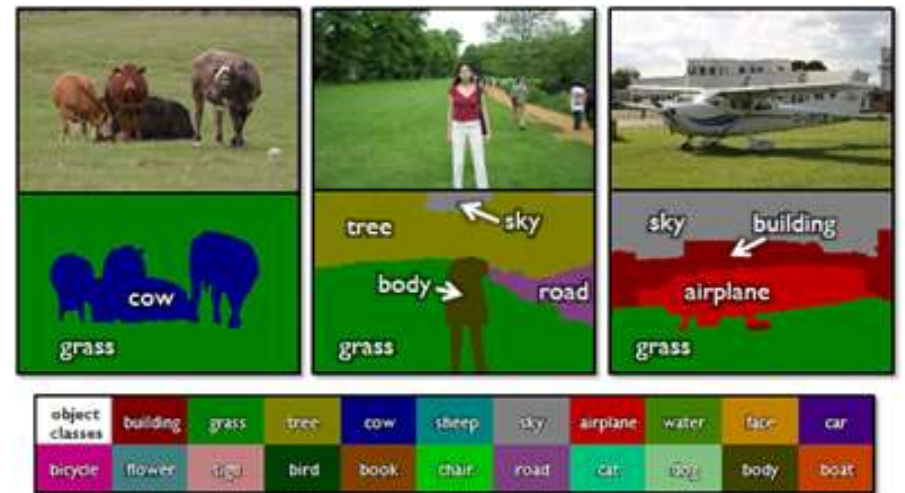
Porovnání obrazů, vyhledávání



Kategorizace objektů



<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00203721/document>



<http://jamie.shotton.org/work/research.html>