

Úvod a motivace

Ilona Janáková



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 12:00–13:40, room T12/SD 1.52

1. Úvod a motivace (19.9.2023, in Czech)
2. Základní fyzikální principy (26.9.2023, in Czech)
3. Optika v počítačovém vidění (3.10.2023, in Czech)
4. Elektronika v počítačovém vidění (10.10.2023, in Czech)
5. Detekce objektů a měření v rovině (podrobněji). (17.10.2023, in Czech)
6. Segmentace (Předzpracování obrazu). (24.10.2023, in Czech)
7. Detekce geometrických primitiv (31.10.2023, in Czech)
8. Popis objektů (demo). (7.11.2023, in Czech)
9. Klasifikace a automatické třídění (14.11.2023, in Czech)
10. Analýza pohybu (21.11.2023, in Czech)
11. Optické rozpoznávání znaků (28.11.2023, in Czech)
12. Optické 3D měření (5.12.2023, in Czech)
13. Dopravní aplikace (12.12.2023, 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: 21.9.2023
- Exercises 1–10: 5.10.2023 – 7.12.2023 (28.9.2023 státní svátek)
- Spare exercise: 14.12.2023

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 připuštění 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

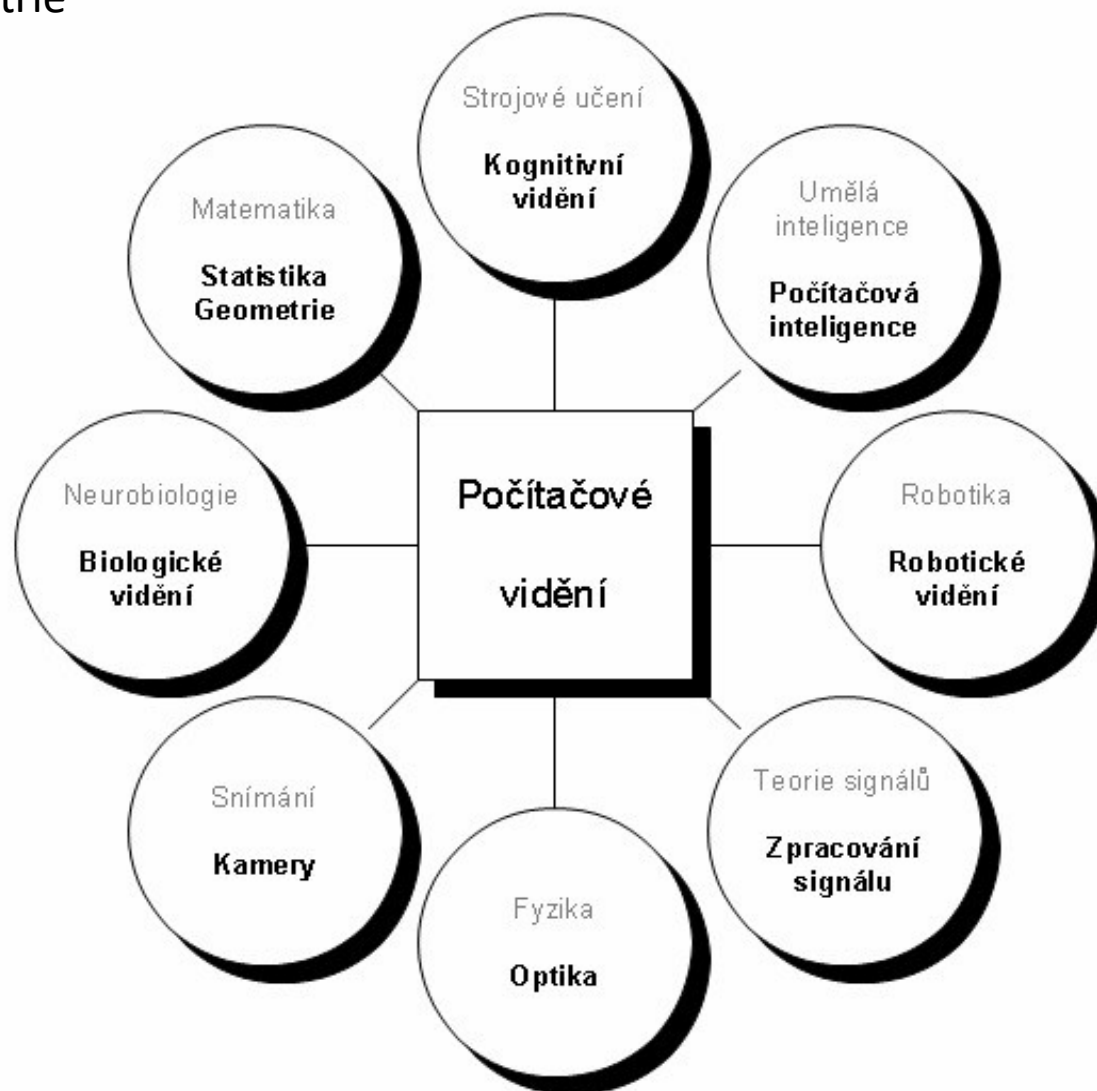
Systémy počítačového vidění ... systémy strojového vnímání ... systémy pro zpracování obrazu ... kamerové systémy ... vizuální systémy

- ▶ 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 < jednoho >obrazu < stojícího < objektu > sledovaného < jedním < stojícím >
 < sekvence > < pohybující se < scény > < více < pohybujícími se >
 pozorovatelem POROZUMĚT < objektu > a jeho (3D) vlastnostem
 < scéně >

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

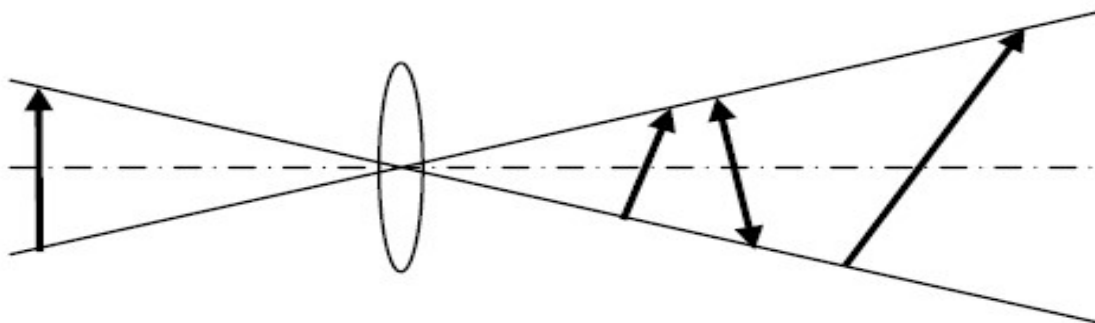
- věnuje se vstupu obrazové informace o skutečném světě a jejímu vyhodnocení
- obrazová informace může být zatížena šumem či zkreslením
- práce směřuje nejčastěji k porozumění obrazu, ale může i k vizualizaci

► 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



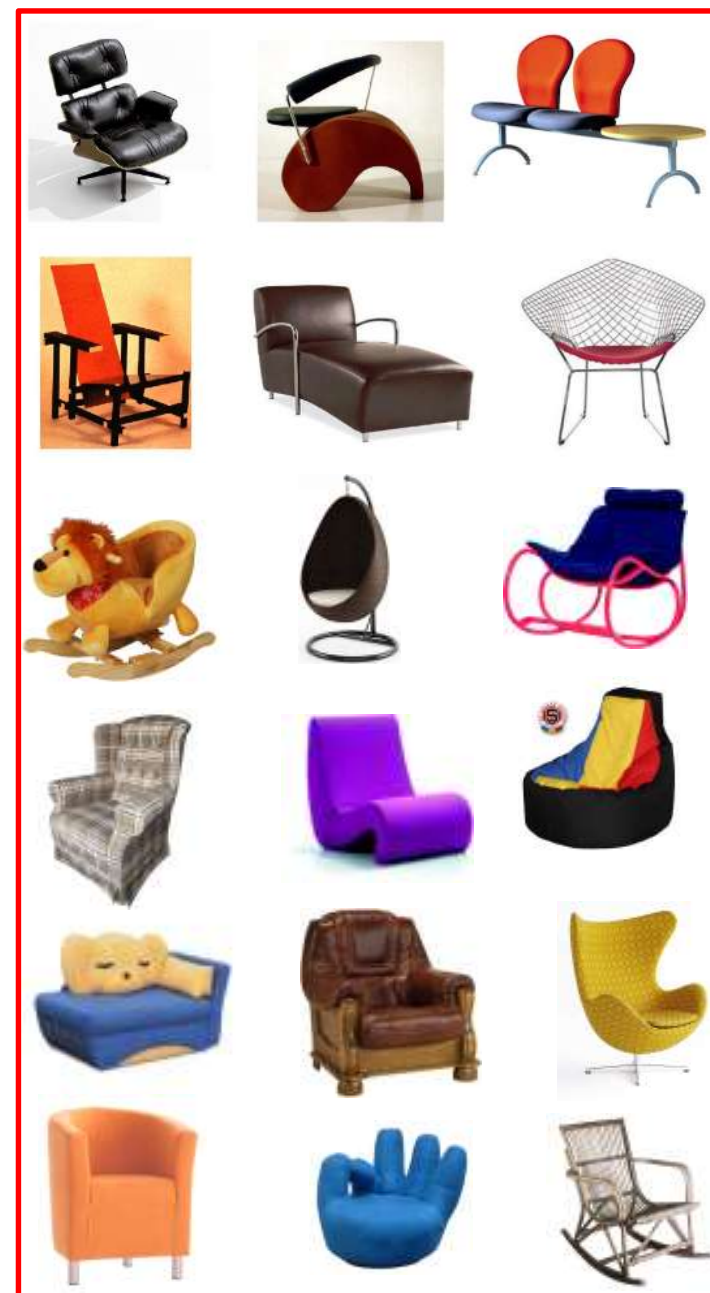
- Měřená jednotka (nejčastěji jas) závisí na:
 - barvě povrchu,
 - odrazivosti povrchu,
 - tvaru povrchu a jeho orientaci (natočení),
 - poloze kamery,
 - poloze a typu světelného zdroje, ...
- Nejistota – přítomnost šumu, zkreslení, poruch
- Množství dat:
 - Př.: statický obraz 512 x 512 bodů, 1 bod = 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 kamerového systému

- 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
- pořízení testovacích snímků, vývoj algoritmů
- specifikace a vývoj uživatelského rozhraní
- testy funkčnosti a spolehlivosti

 model
prototyp

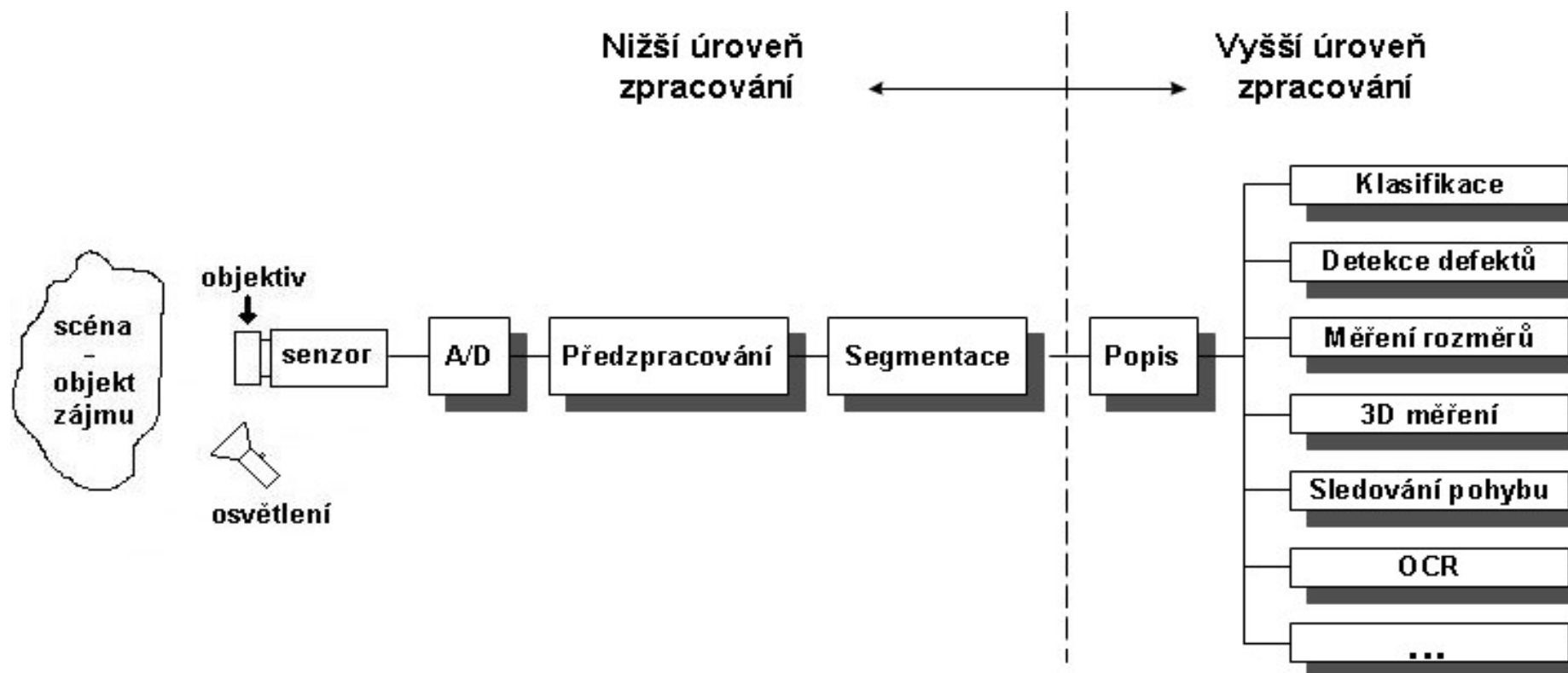
▸ **Zkušební provoz** – doladění detailů, vyhodnocení kvality měření (statistiky)

▸ **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



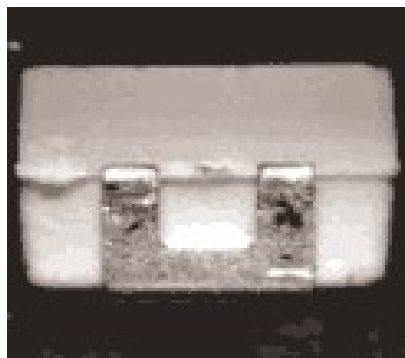
Rozvrh přednášky:

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

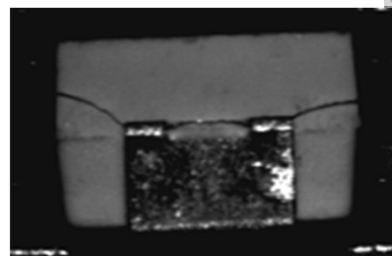
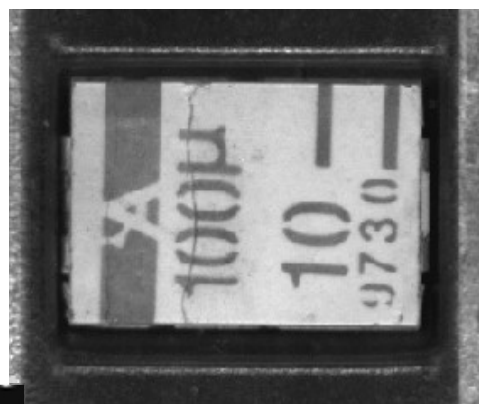
Možné aplikace – použití počítačového vidění

- ▶ 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
- ▶ ...

Inspekce SMD součástek



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



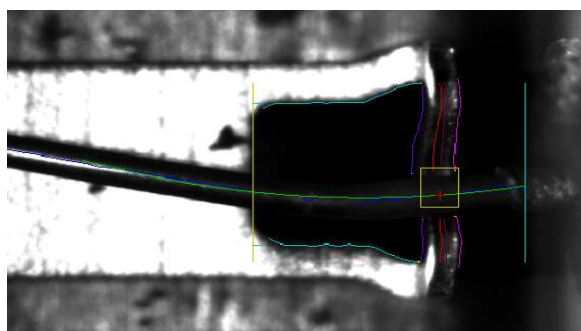
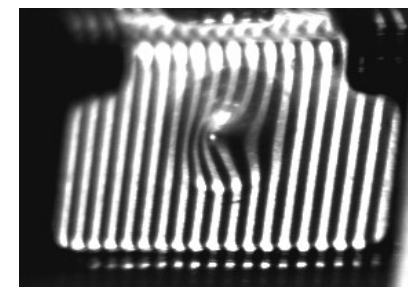
**detekce
prasklin**

**potisk – kontrola, polarita,
poškození**

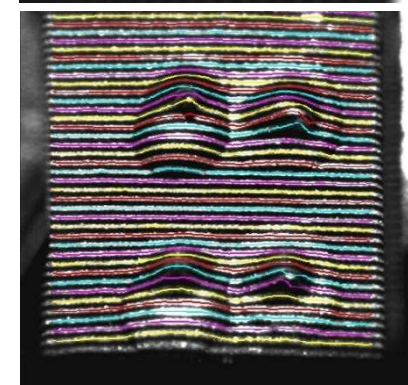
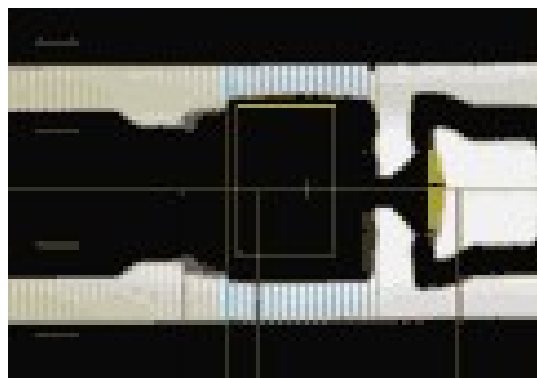
**špína, cizí
předměty**

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

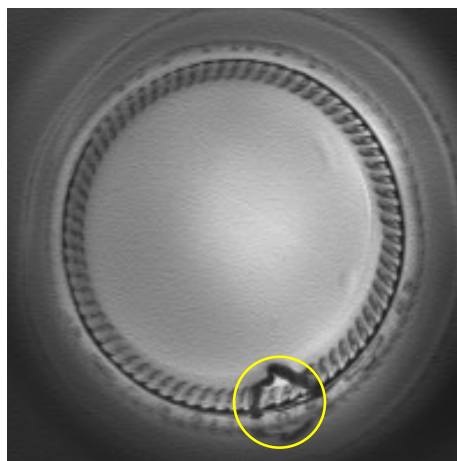
**měření
objemu**



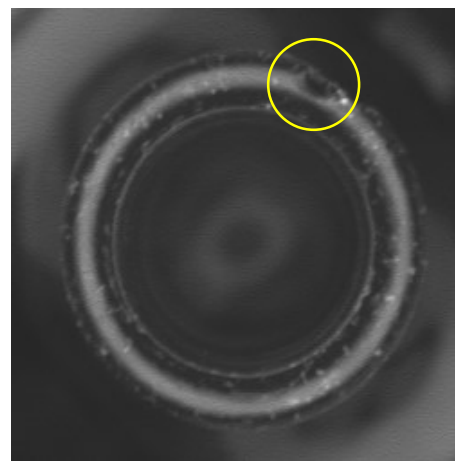
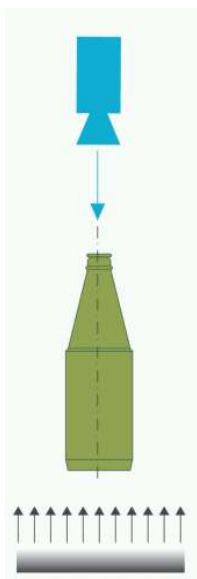
navádění laserového svařování



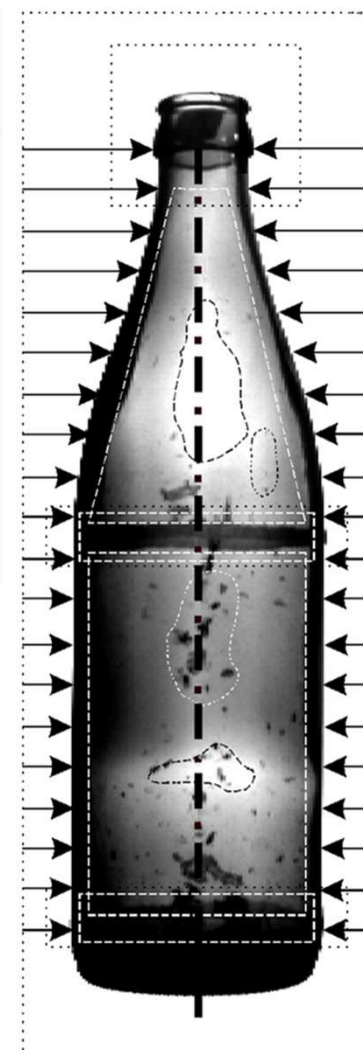
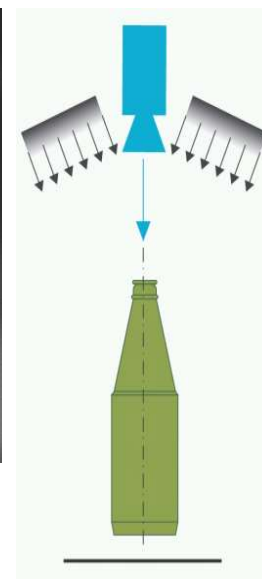
Inspekce transparentních materiálů (pivních lahví)



dno láhve

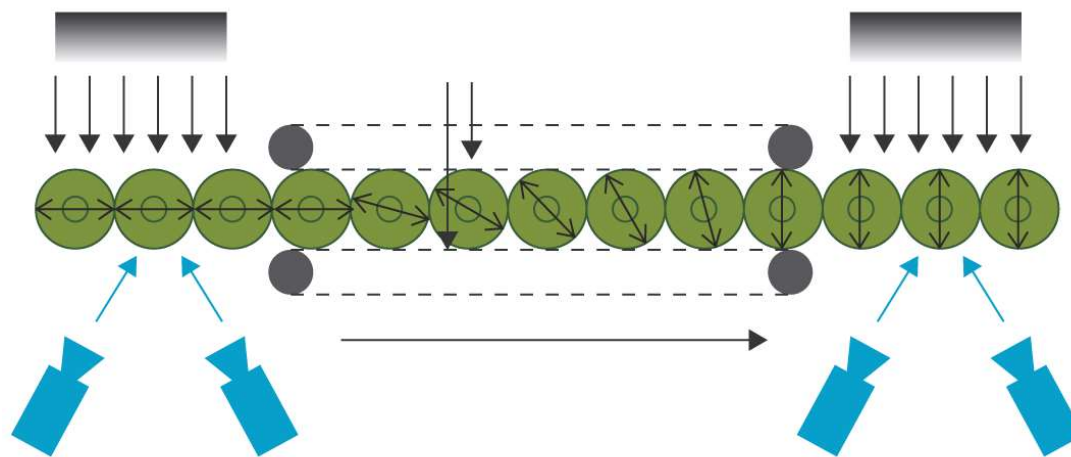


hrdlo láhve

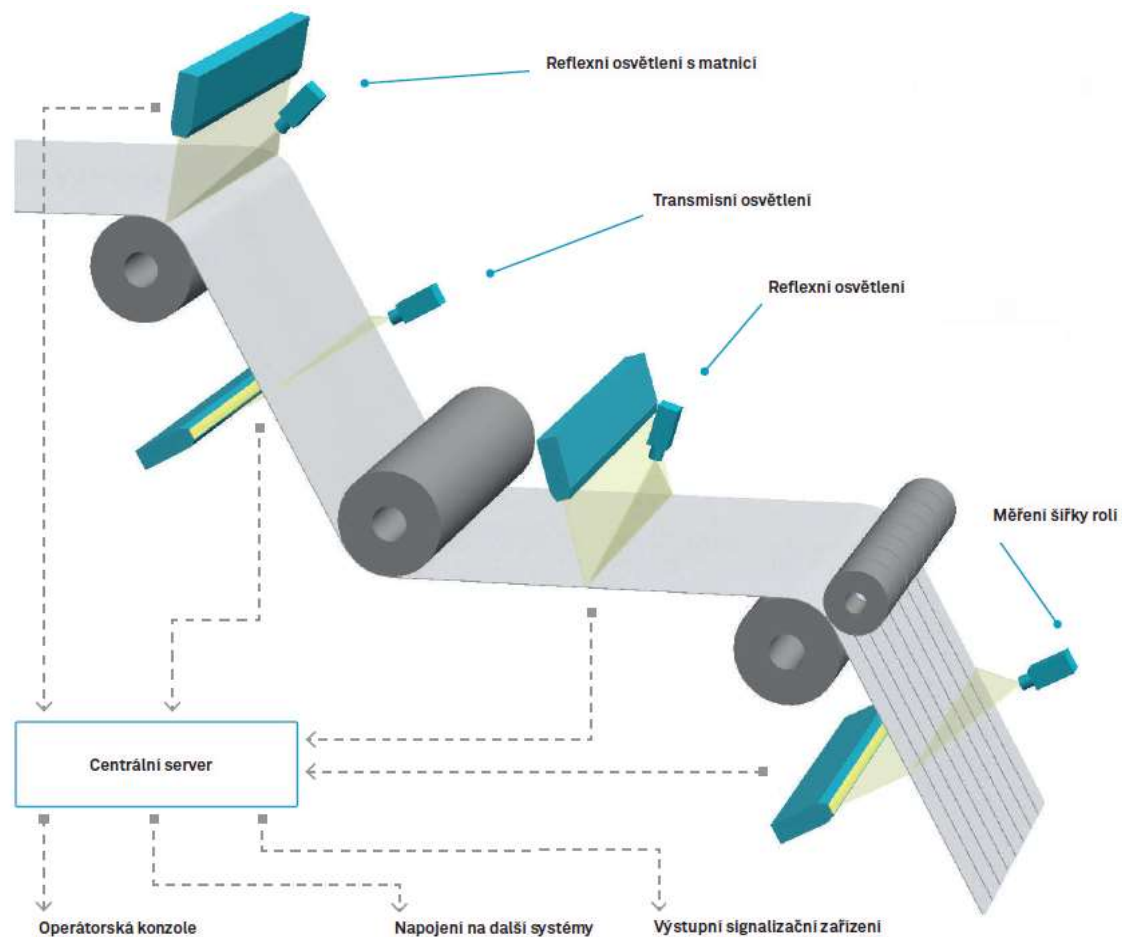


stěna láhve

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

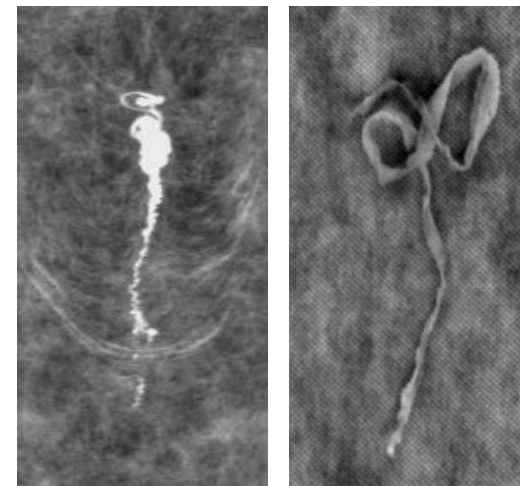


Inspekce kontinuálních pásů

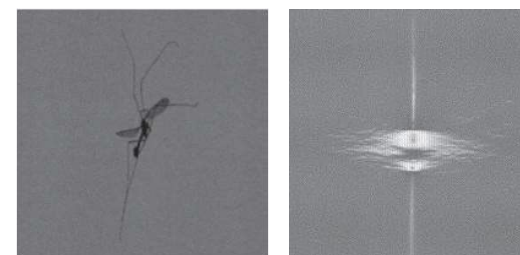


- díry, úkapy, hmyz, nečistoty, škrábance, povrchové nerovnosti, ...

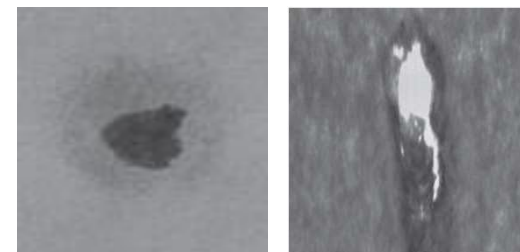
netkané textilie



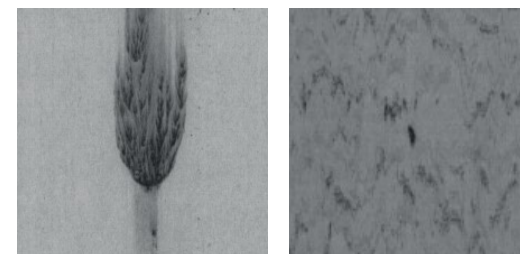
fólie



papír

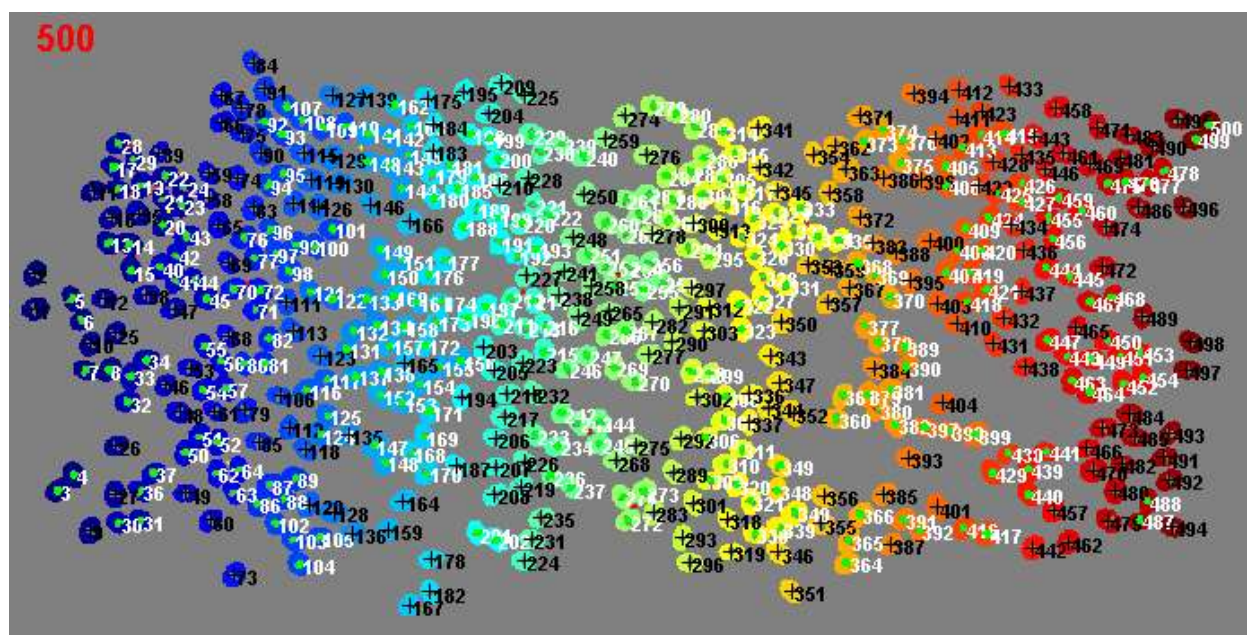
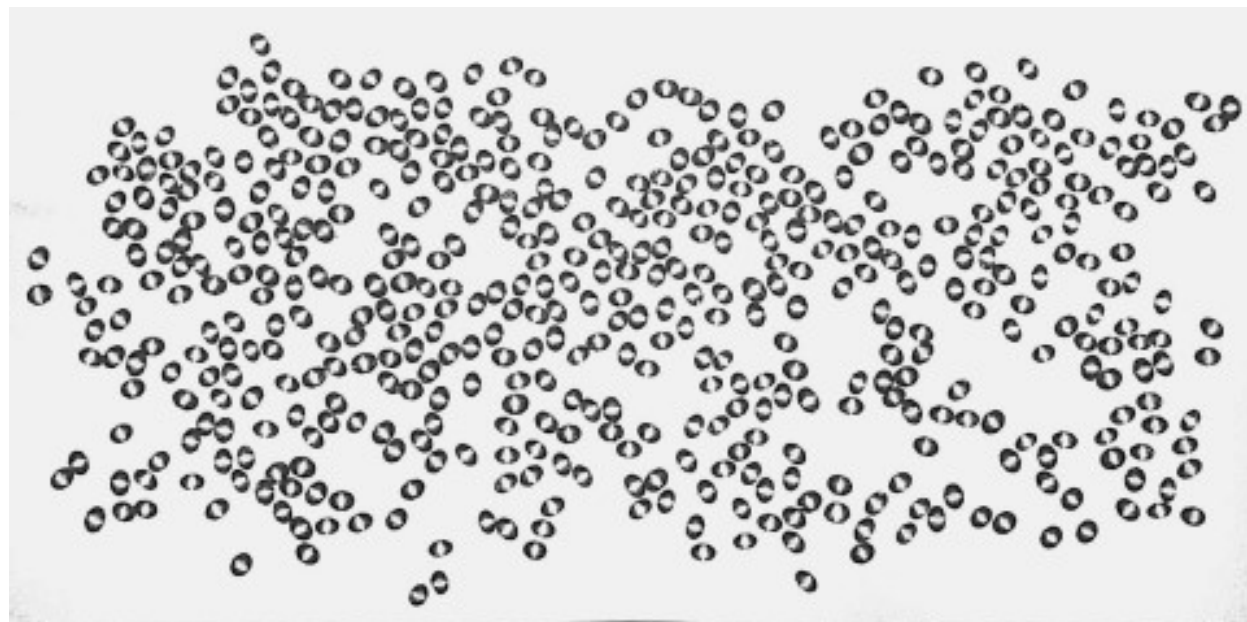
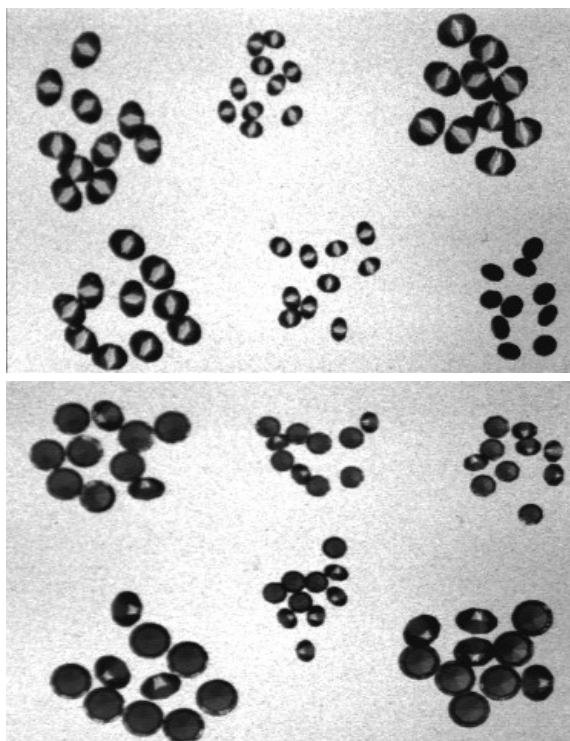


plech



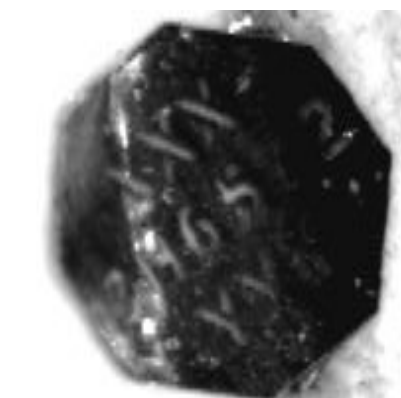
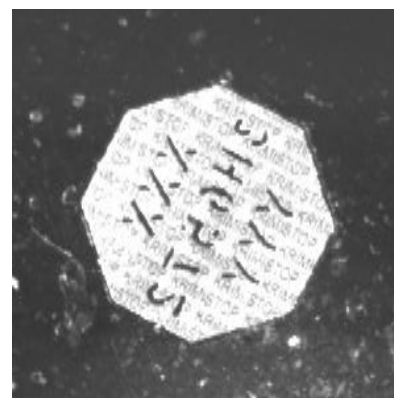
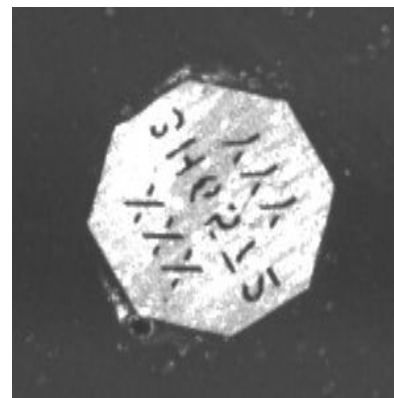
Počítání objektů ve scéně

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



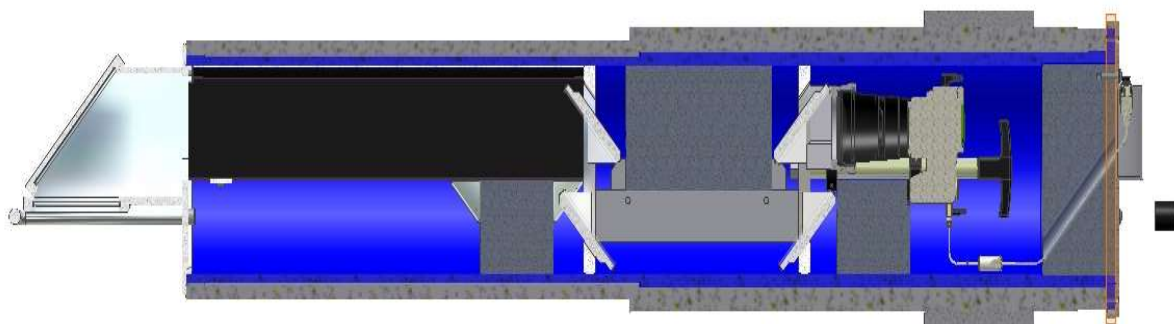
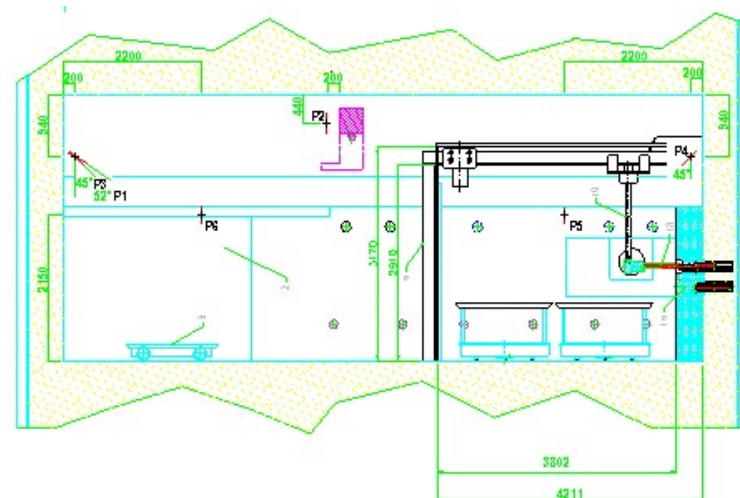
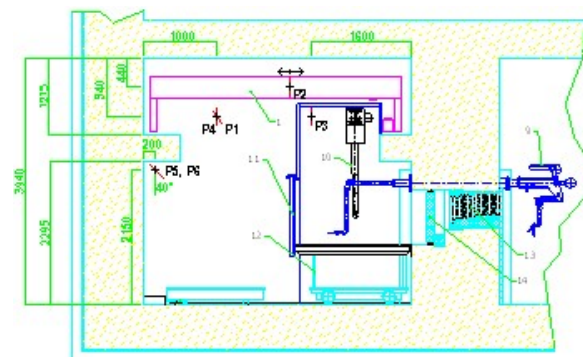
Čtecí zařízení mikroteček

- analýza optických vlastností mikroteček
- návrh HW řešení čtečky
- algoritmy pro lokalizaci mikrotečky ve snímku
- algoritmy pro čtení znaků mikroteček



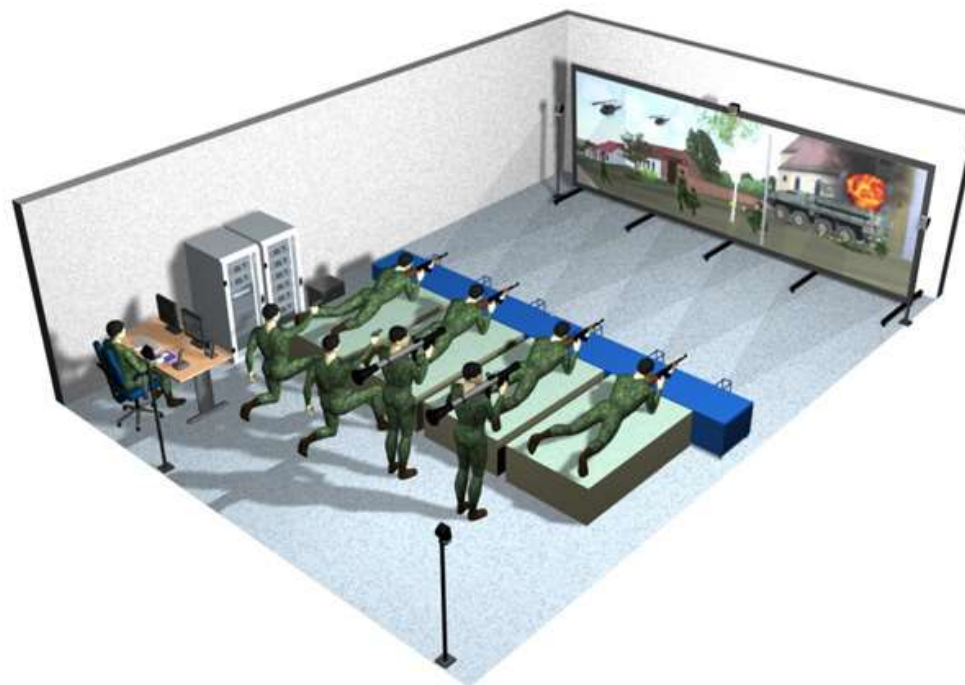
Kamerový systém do komory ionizujícího záření

- 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



Rychloběžná kamera

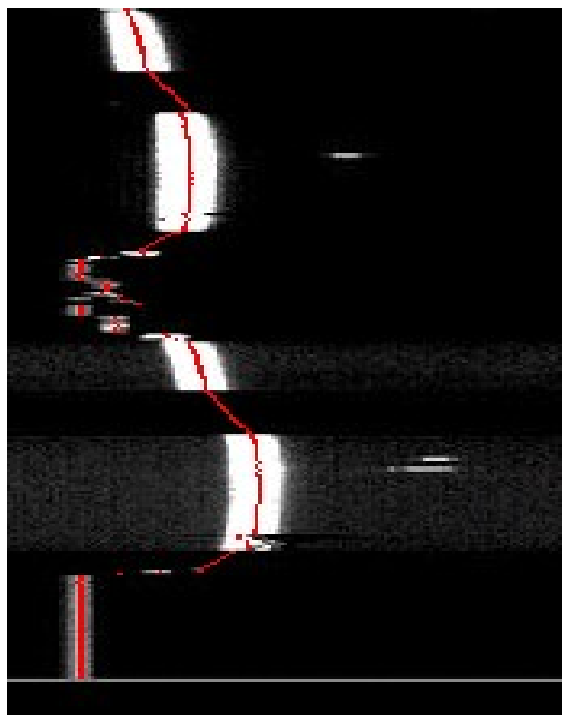
- lokalizace pozice infračerveného laserového paprsku mířidla zbraně na projekční ploše
- vyhodnocení správnosti míření vojáků při interaktivním tréninku při simulaci bojové scény
- časový multiplex s 10 kanály (paralelně lze vyhodnocovat až 10 mířidel)
- parametry kamery: 500 fps / 1280x1024 / 10 bit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



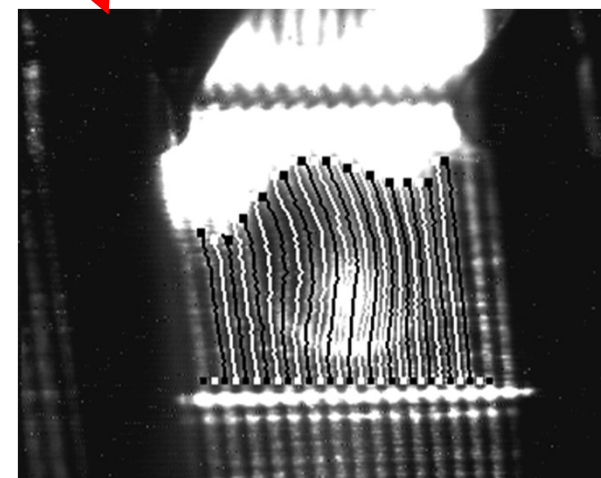
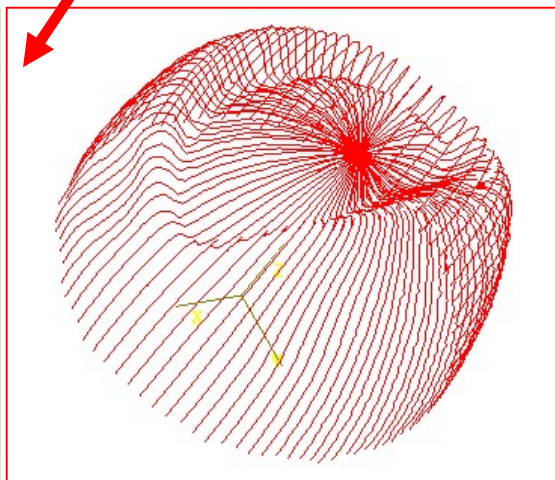
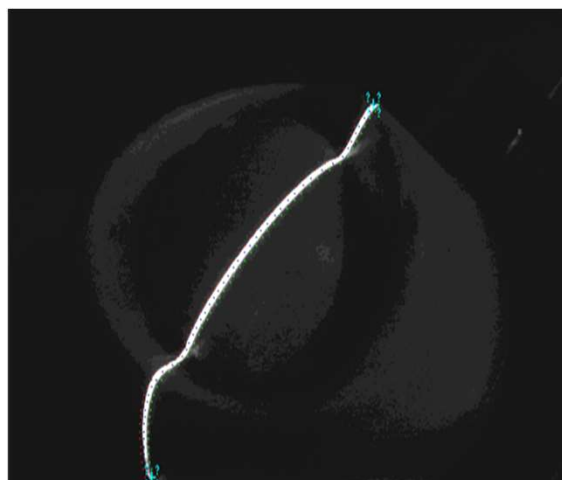
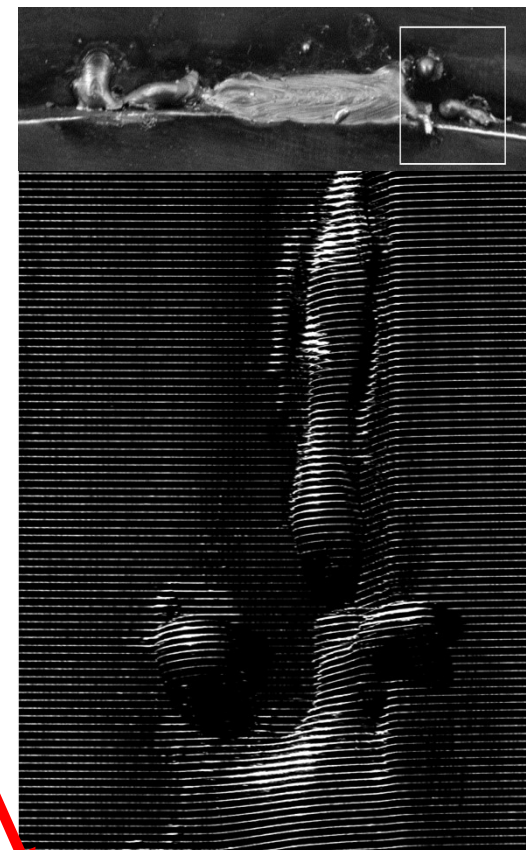
zaměřovací IR laser



3D měření – aktivní triangulace



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



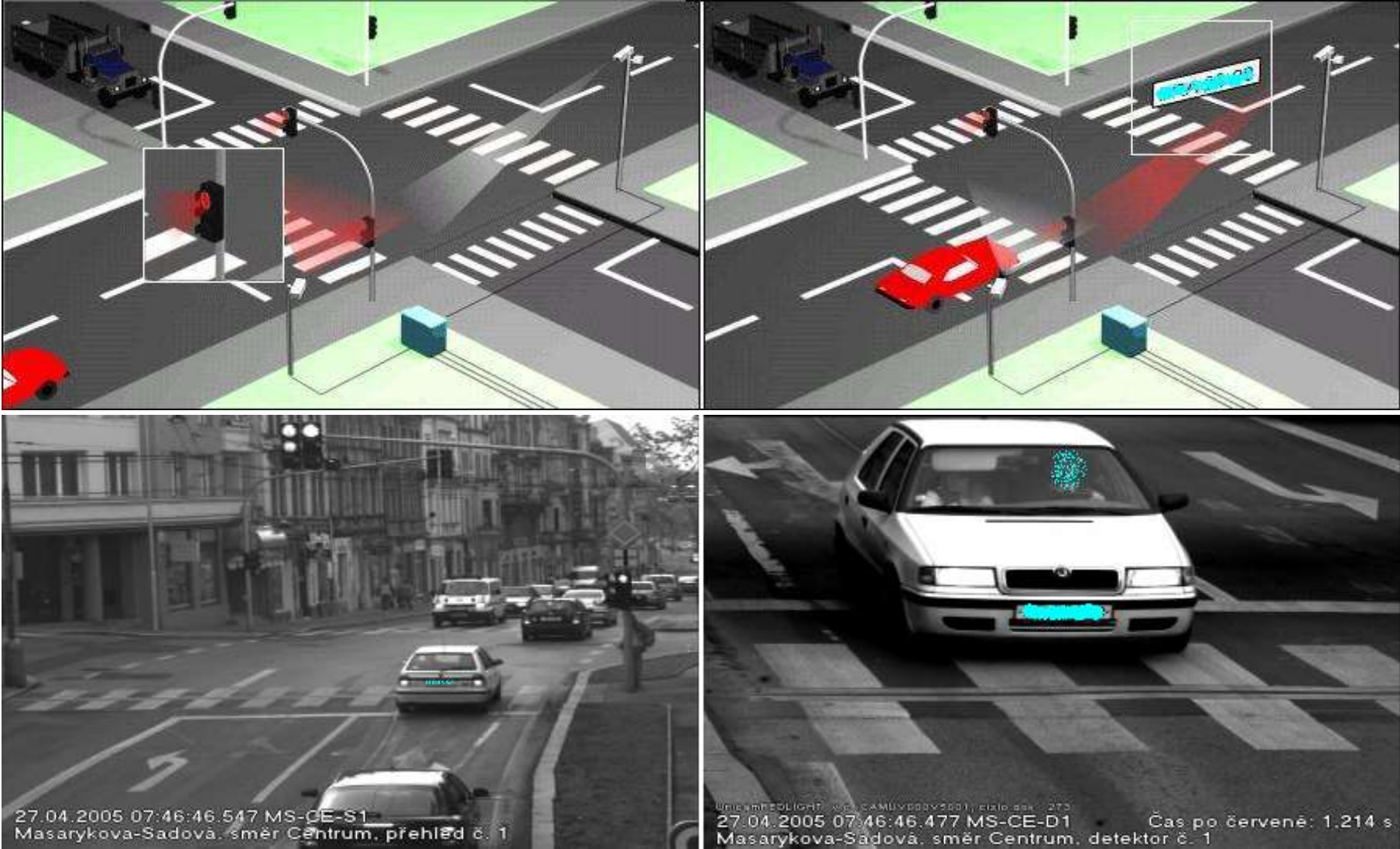
Metro – počítání osob

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

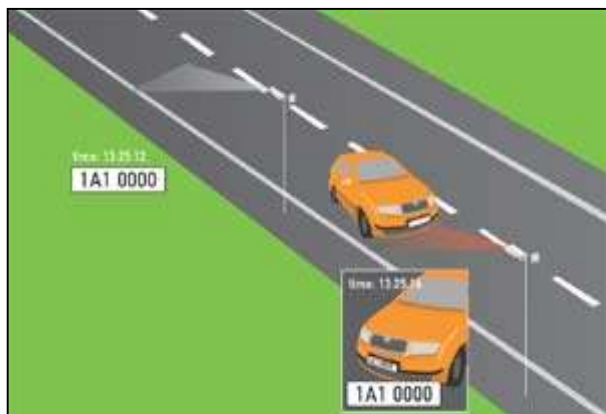
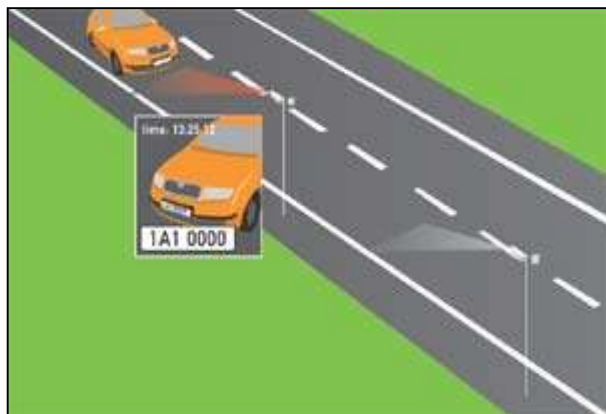


Dopravní úlohy – detekce průjezdu na červenou

- Situace, stav semaforu, lokalizace SPZ, OCR



Dopravní úlohy – měření průměrné rychlosti v úseku



UnicamBROWSER 1.2

Umištění přestupků: r:\Vzdin\app\veveyone\vyuk...

- R:\
- HORAK
- Galerie
- Unicam
- offences

OfiZR-MR-01-110704650.jpg
OfiZR-MR-01-110745979.jpg
OfiZR-MR-01-110829552.jpg
OfiZR-MR-01-110859526.jpg
OfiZR-MR-01-111323214.jpg
OfiZR-MR-01-111408890.jpg
OfiZR-MR-01-111420126.jpg
OfiZR-MR-01-111529315.jpg
OfiZR-MR-01-111627449.jpg
OfiZR-MR-01-111938291.jpg
OfiZR-MR-01-111945914.jpg
OfiZR-MR-01-113326705.jpg
OfiZR-MR-01-113452318.jpg
OfiZR-MR-01-123938977.jpg
OfiZR-MR-01-134230138.jpg
OfiZR-MR-01-140234180.jpg
OfiZR-MR-01-141323222.jpg
OfiZR-MR-01-141353117.jpg
OfiZR-MR-01-141431452.jpg
OfiZR-MR-01-141434516.jpg
OfiZR-MR-01-141501215.jpg

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

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

Odjezdový snímek

Jas: 0

Kontrast: 1

Zrušit

2003-3-30 14:13:08.2 ZR-MR-01
Zlíchov-Radlická, směr Mrázovka, odjezd, pruh č.1



Dopravní úlohy

Detekce kritických stavů - nehoda, zácpa

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



Mobilní detekce – kradená vozidla



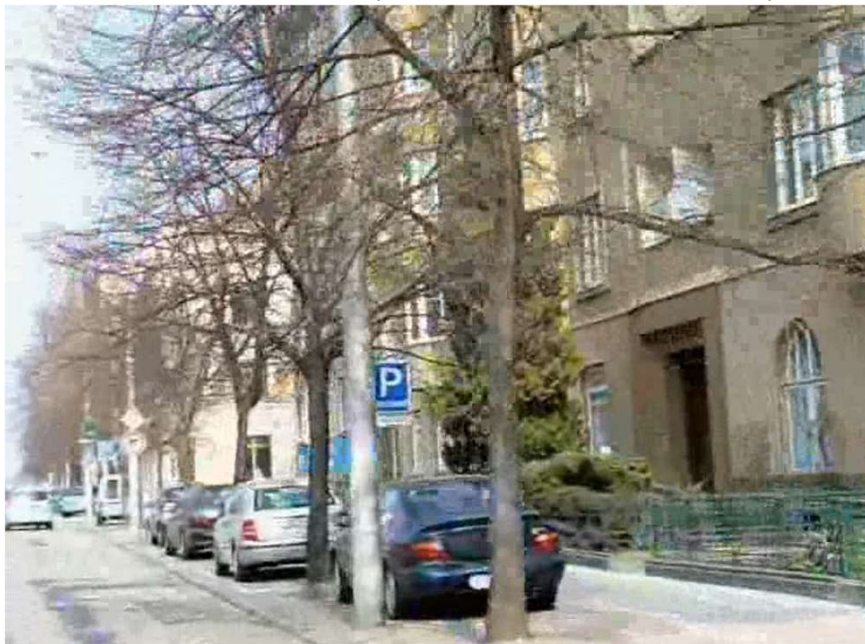
Asistenční systémy řidiče

Rozpoznání značek

- segmentace značek v komplexní scéně (test)

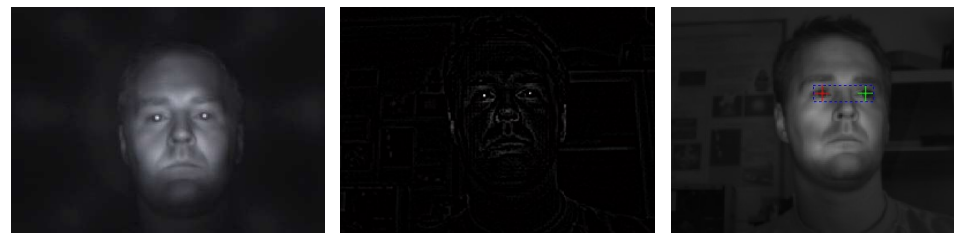


- asistenční RT videa (159 základních značek)



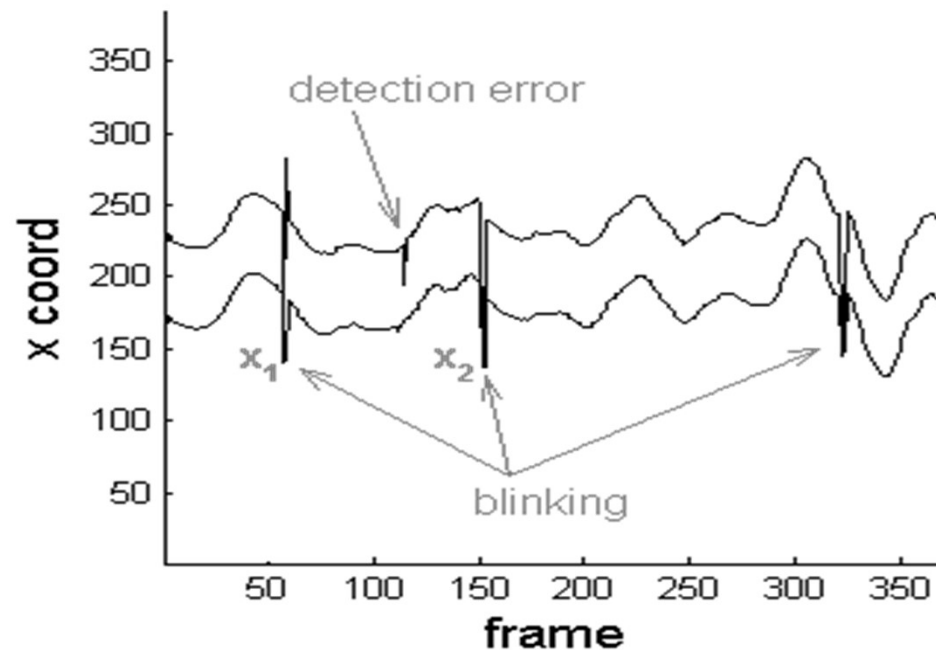
Únava řidiče – detekce pozornosti

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



- rozpoznání mrkání / frekvence mrkání / zavření očí

Pupil's positions

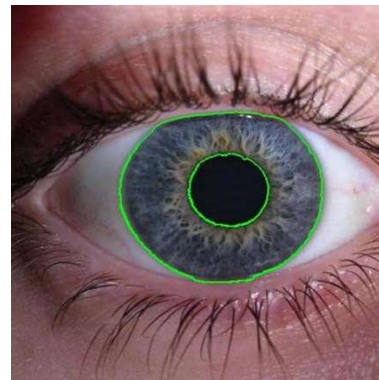


Měření biometrických údajů - statické



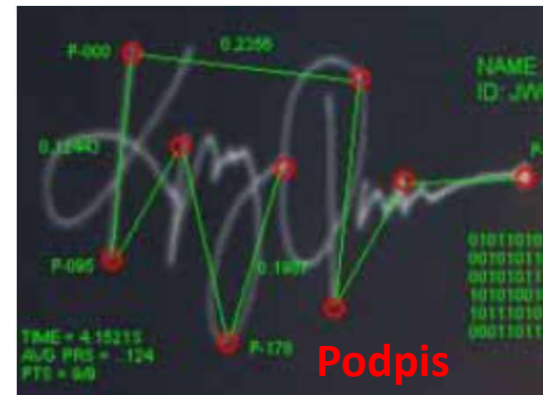
← Otisk prstu

Duhovka oka →



← Geometrie ruky

Sítnice oka →



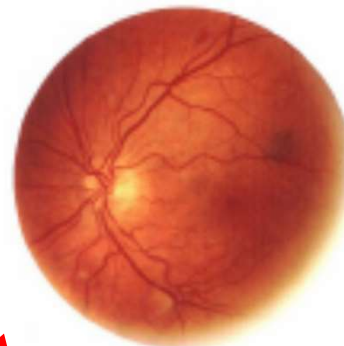
Podpis



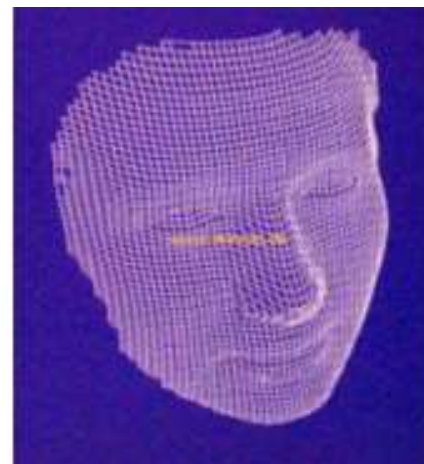
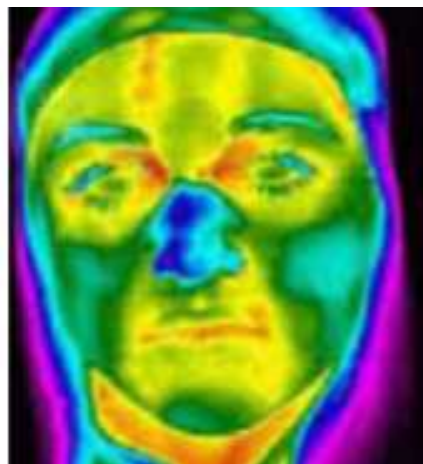
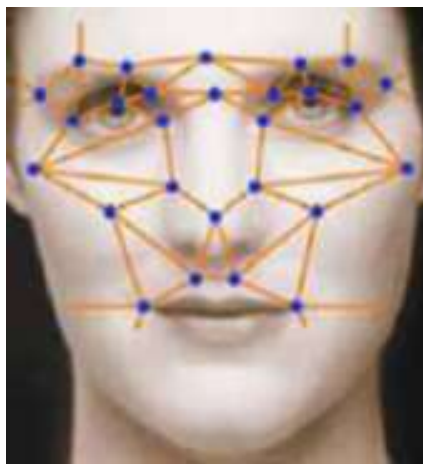
Obličej →

Termogram obličeje ↓

3D obličeje →



Dentální obraz

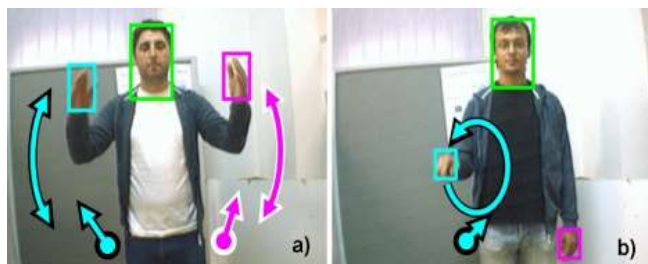


Tvar ucha

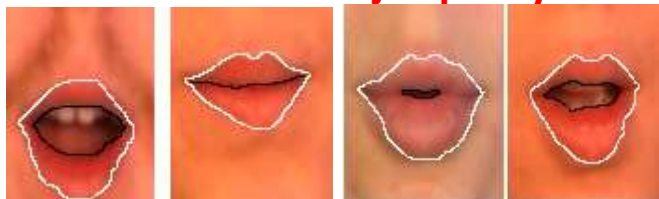
Měření biometrických údajů - dynamické

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

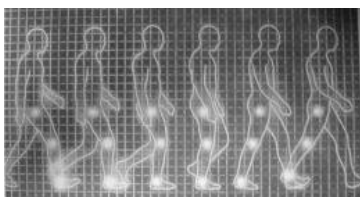
Gestikulace těla



Gestikulace v obličeji – př. rty

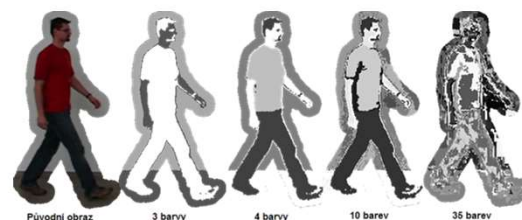


Lokomoce - chůze



Identifikace osob pomocí bipedální lokomoce

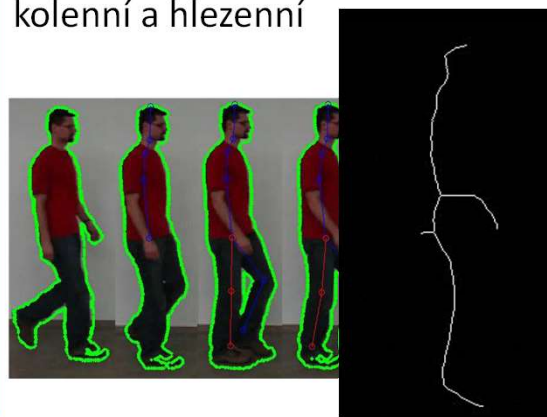
1. segmentace pohybu v
jednoduché / komplexní scéně



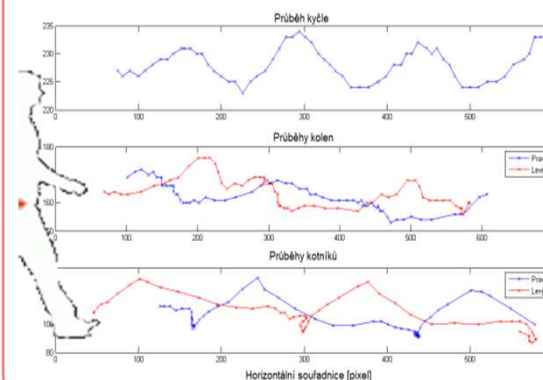
2. rozpoznání pohybu lidí



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

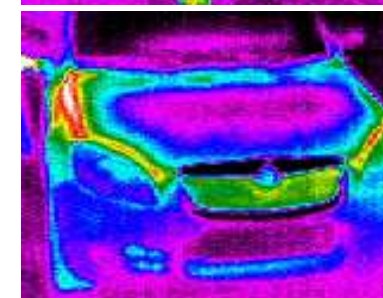
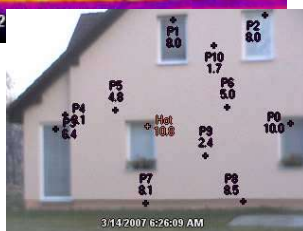
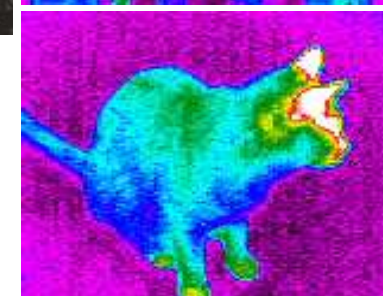
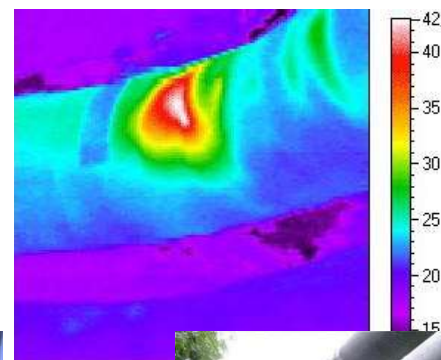
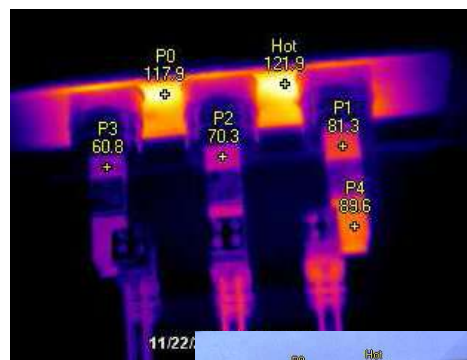
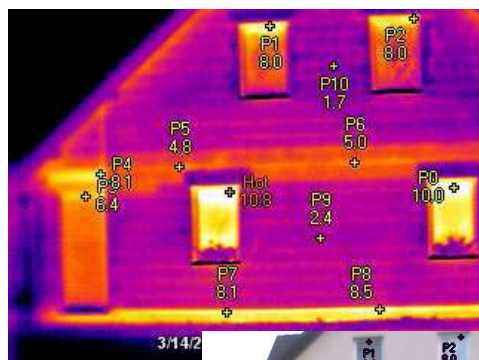
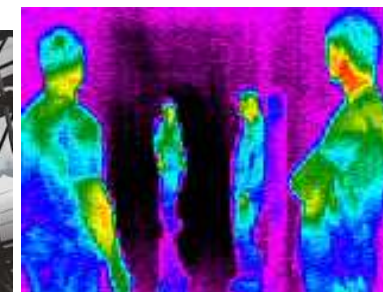
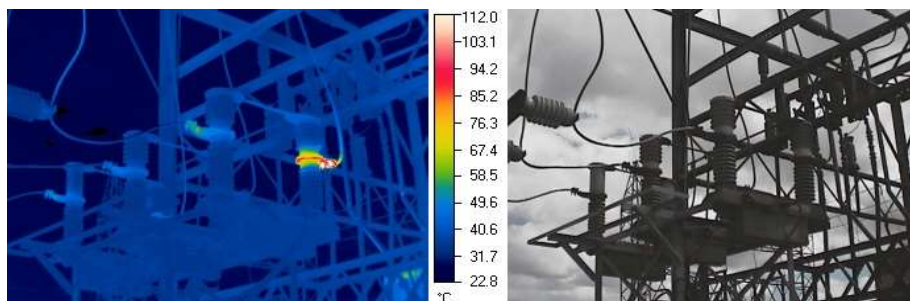
- měření úniku tepla, kontrola tepelných poměrů v systémech, výzkum vlastností materiálů

Vojenské a záchranářské účely

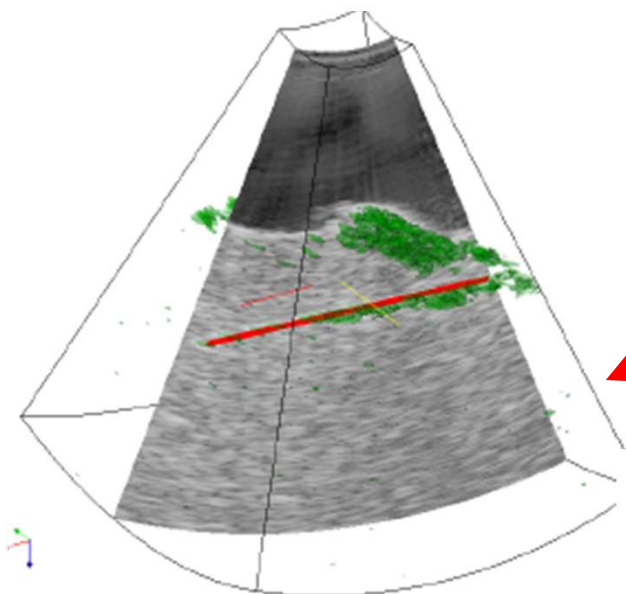
Bezpečnostní aplikace

Medicína

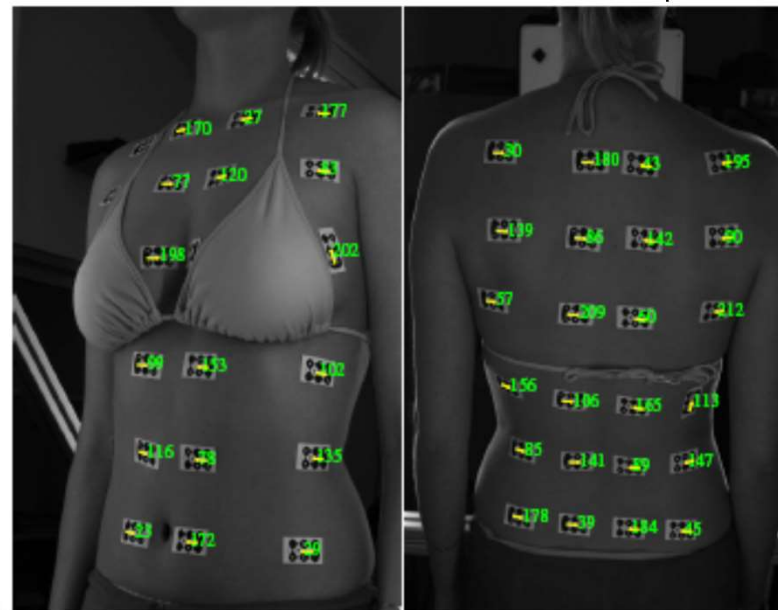
Výzkum



Lékařské aplikace

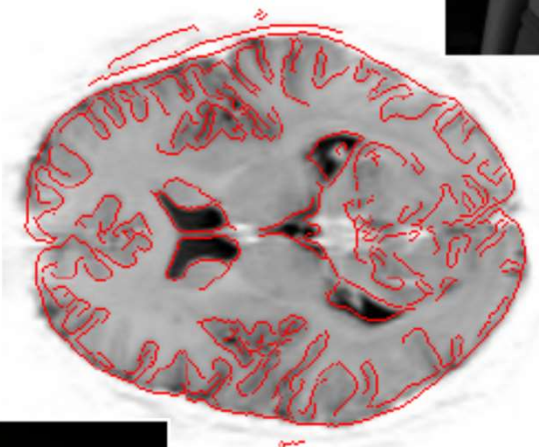


Určování polohy chirurgických nástrojů z 3D ultrazvukového přístroje

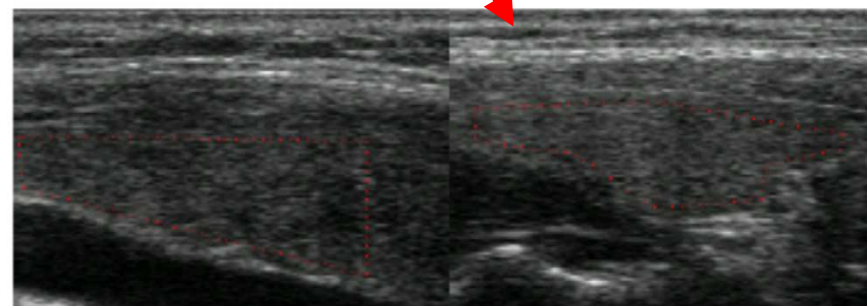
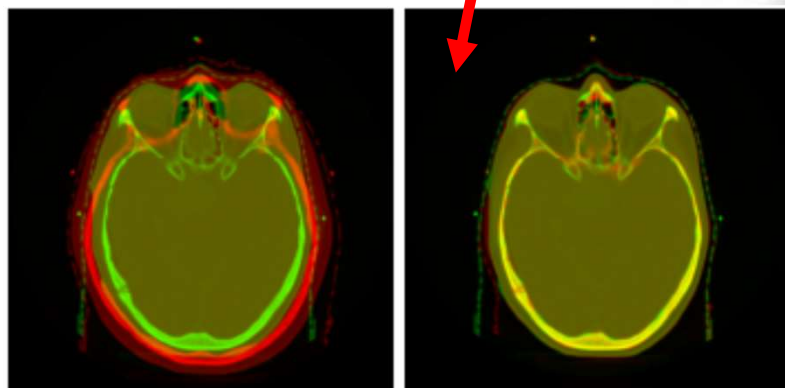


3D měření dýchacích pohybů

Geometrické srovnání odpovídajících si obrazů
- z jiných přístrojů
- před a po operaci (léčbě)



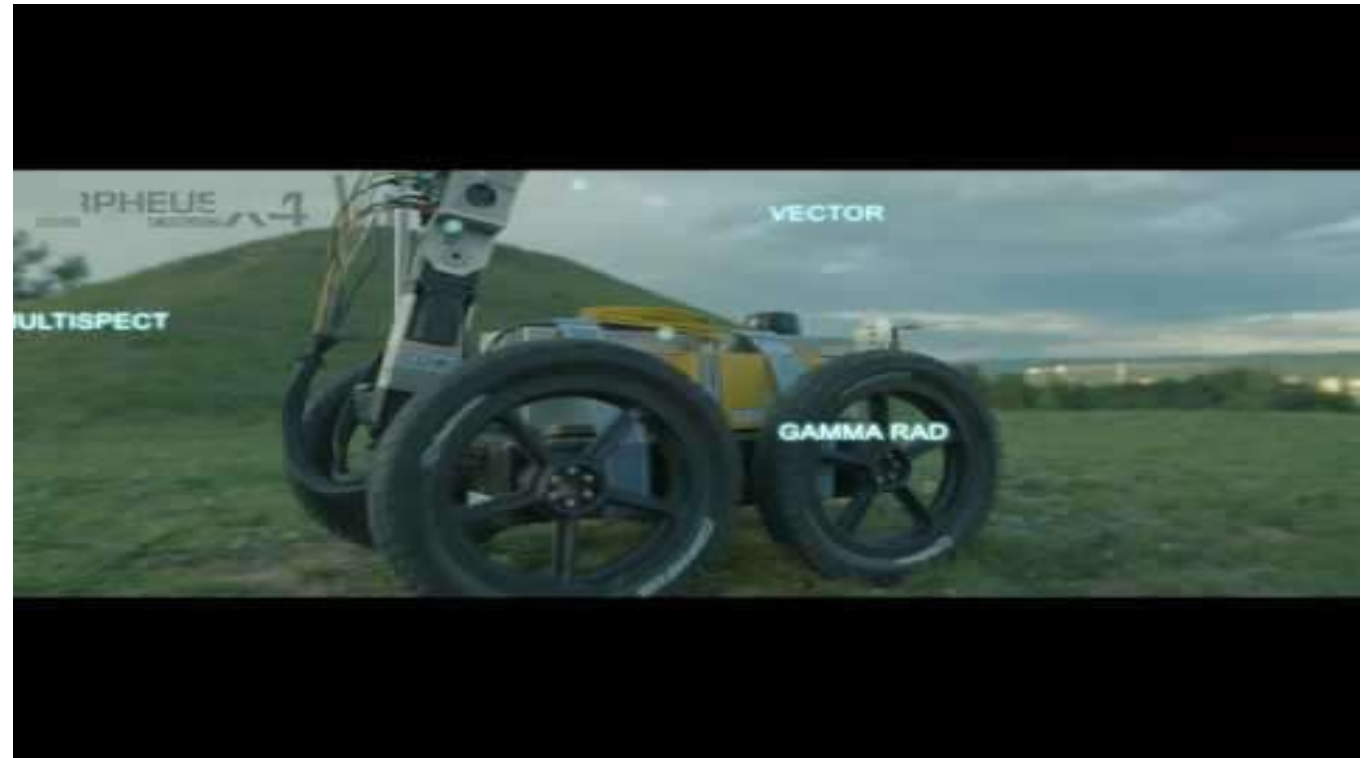
Diagnostika ultrazvukových obrazů



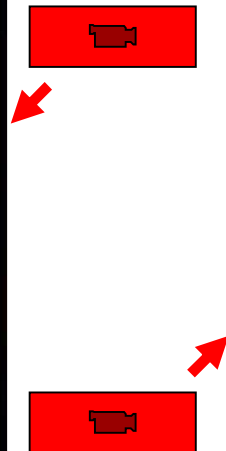
Sledování pohybu, trajektorie



Navádění robotů



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



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



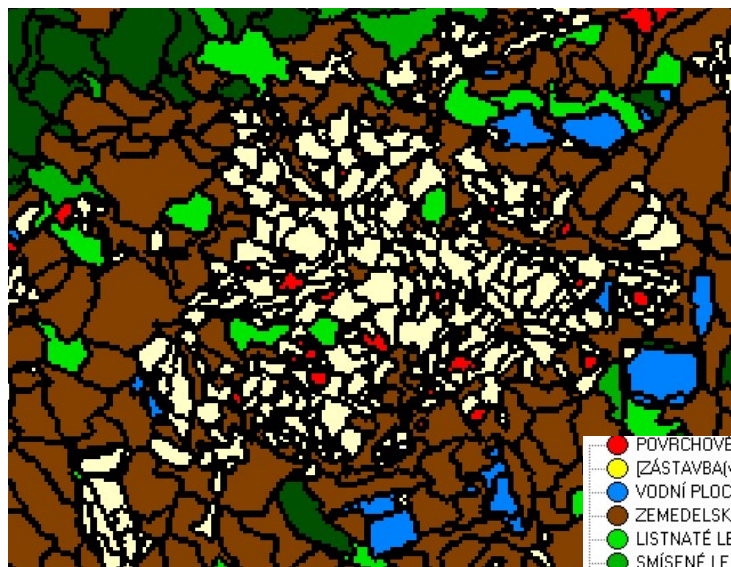
Letecké, satelitní snímky



Aktualizace map



Vojenské, špionážní průzkumy



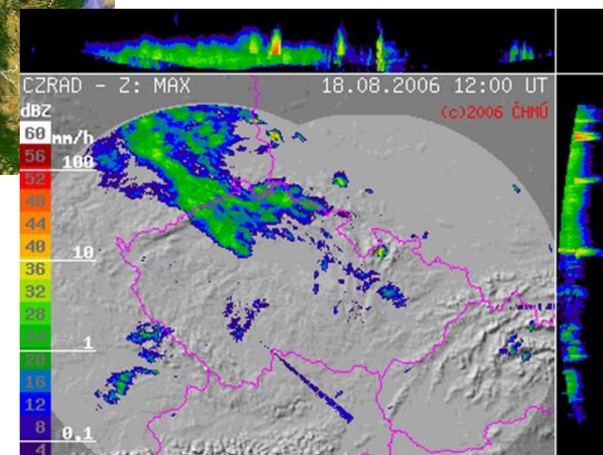
Klasifikace urbanizovaného území

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



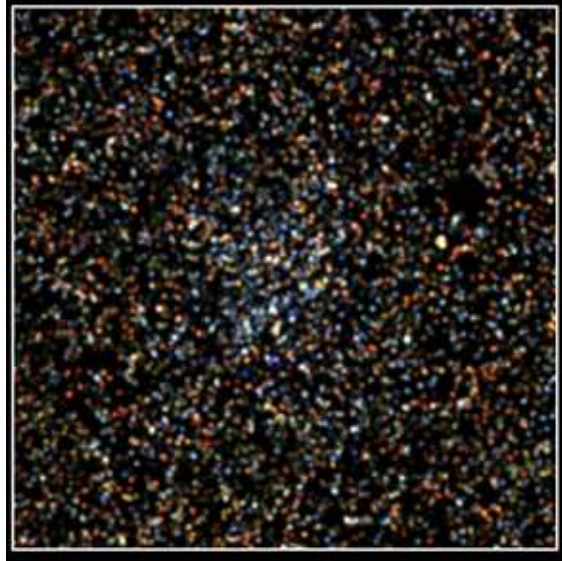
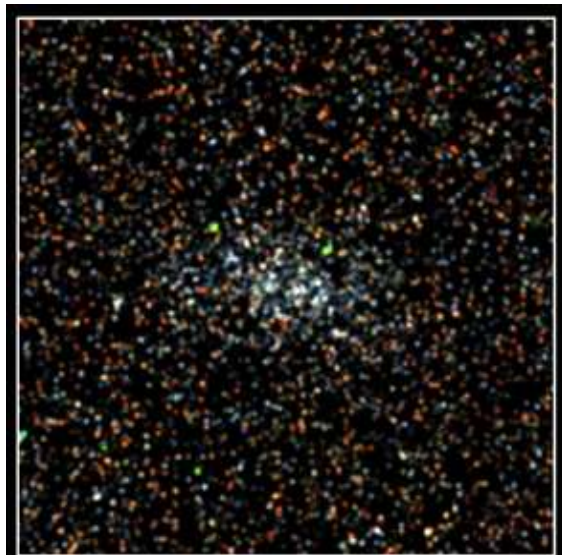
Sledování počasí, předpovědi

radarový snímek

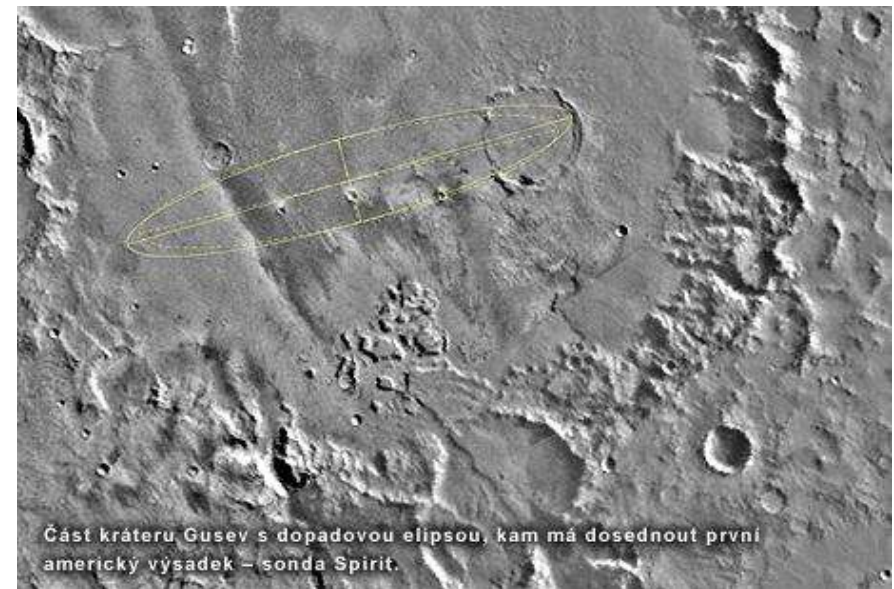


Studování vesmíru

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



„Tvář na Marsu“



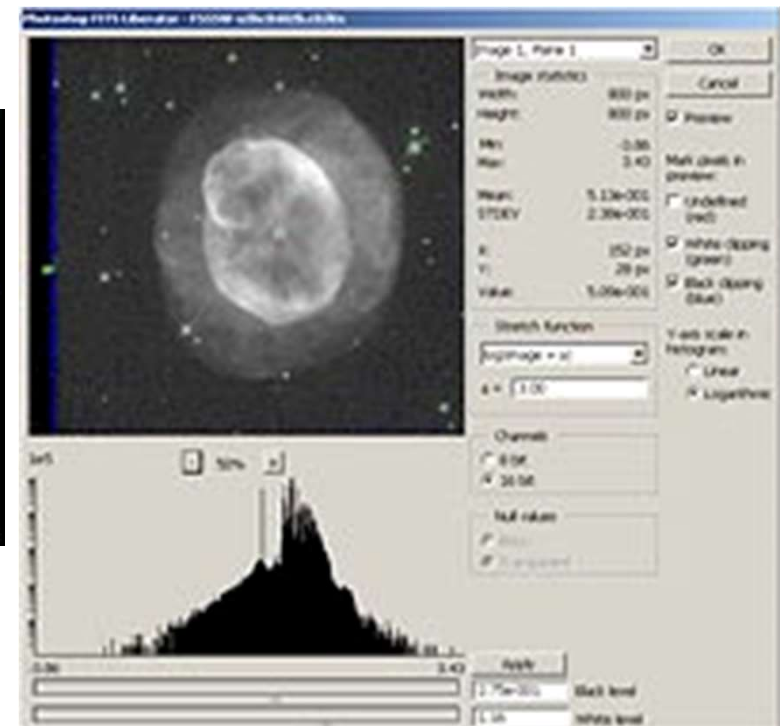
Část krátera Gusev s dopadovou elipsou, kam má dosednout první americký výsadek – sonda Spirit.

Zkoumání okolních planet, vesmírné výpravy

Specializovaný SW – volně dostupný



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



Rozšířená realita

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



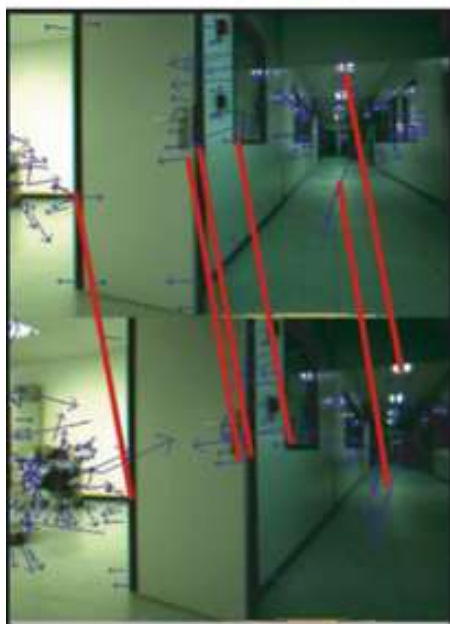
Korespondence



Stereoidění

Rozpoznávání

**Spojování
obrazů**

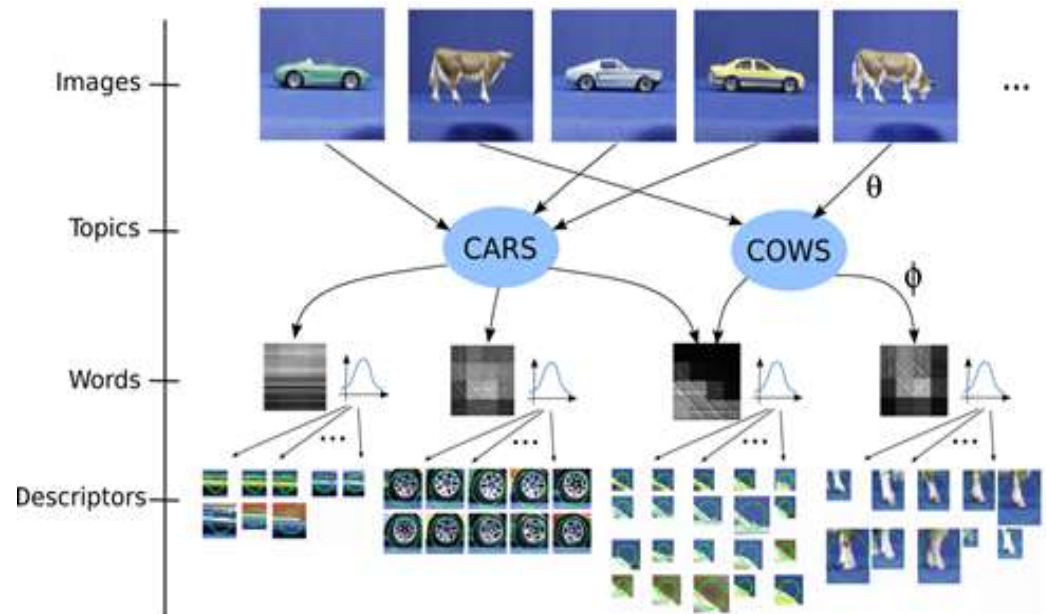


Porovnání obrazů, vyhledávání

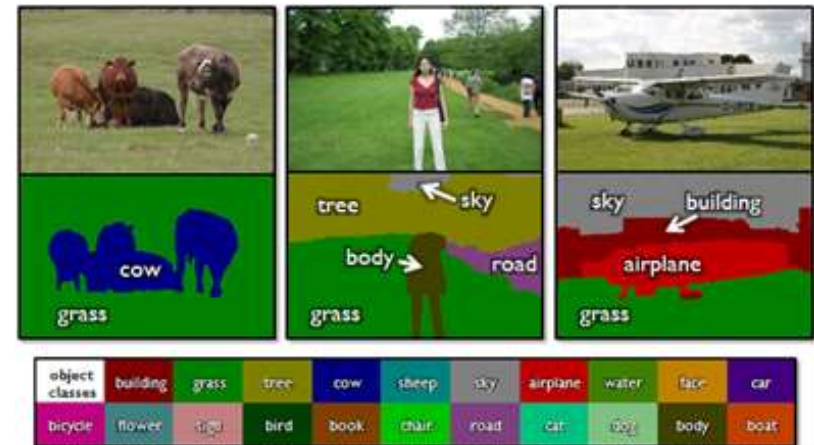


<https://www.youtube.com/watch?v=x2VjOva4pFg&feature=youtu.be>

Kategorizace objektů



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



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