

Návod pro laboratorní úlohu z měřicí techniky

Práce OA

**Mikroskopická obrazová analýza heterogenních
sypkých směsí**

1 Úvod:

Tato laboratorní úloha je koncipována jako seznámení se s principy snímání obrazů heterogenních sypkých směsí a jejich následnou obrazovou analýzou pomocí vhodných softwarových prostředků. Základním předpokladem pro úspěšné provedení obrazové analýzy je správné sejmnutí obrazu analyzovaného materiálu. Tento proces je ovlivňován mnoha faktory, z nichž nejdůležitějšími jsou osvětlení, podklad a kvalita snímacích zařízení.

Osvětlení je možné zajistit velkou řadou prostředků. Při nasvícení vzorku shora je nejčastěji používáno méně kvalitní, ale pro mnoho aplikací dostačující, osvětlení pomocí páru bodových světlovodných prvků. V tomto případě ovšem mohou sledované částice vrhat nežádoucí stíny, které při kvalitativní obrazové analýze často zkreslují výsledky. Proto se stále více prosazuje používání kruhových osvětlovacích prostředků, u nichž je vznik stínů do jisté míry eliminován. Může se jednat jak o kruhové uspořádání určitého počtu bodových světelných zdrojů, tak o skutečně kruhový zdroj umělého bílého rozptýleného světla, tedy jakousi obdobu klasických zářivek. Zatímco nasvícení materiálu shora se používá při takových analýzách, kdy je třeba sledovat povrchovou strukturu částic nebo jejich barevné rozlišení, podsvícení zdola se používá při analýze vnějšího tvaru a velikosti částic nebo jejich počtu. Spodní osvětlení může zajišťovat jak jednoduché zrcátko, odrážející například světlo ze světlovodů, tak také již běžně komerčně vyráběné plošné moduly zářivek nebo jiných zdrojů světla. Výběr vhodného osvětlovacího prvku samozřejmě vždy záleží na konkrétní aplikaci.

Podklad materiálu musí být volen tak, aby co nejvíce kontrastoval s analyzovaným vzorkem. V případě jednobarevných směsí je nejvhodnější použití standardního černého nebo bílého podkladu, který je nejen dostatečně kontrastní, ale napomáhá také při definici bílé nebo černé barvy během analýzy. Aby byla zajištěna maximální eliminace stínů v obraze, je možné použít jako podklad bílý nebo černý semiš, jehož struktura většinu stínů pohltí. Ovšem při mikroskopických analýzách může být struktura tohoto materiálu naopak rušivým elementem. Snímání různobarevných směsí je možné provádět na barevných podložkách, které mohou již v této první fázi analýzy odstranit některé nežádoucí částice tím, že s nimi budou jen velmi málo kontrastovat. Pro analýzy, u nichž je vzorek nasvícen zdola, se jako podklad používají podložní sklíčka potřebných rozměrů.

Výběr **zařízení**, pomocí kterých můžeme sejmout obraz analyzované směsi, je v dnešní době velmi široký. Aby bylo možné obraz následně počítačově zpracovat, je vhodné jej získat přímo v digitální formě. K tomuto účelu slouží digitální fotoaparáty a kamery, které mají v sobě zabudovaný vhodný snímací prvek. V dnešní době jsou nejpoužívanějšími typy CCD (charge-coupled device) a CMOS (Complementary metal-oxide semiconductor) senzory. Oba druhy mají svůj zcela základní princip společný: převádějí světelnou energii na elektrickou. Velmi zjednodušeně lze tento proces popsat tak, že tisíce až milióny buněk citlivých na světlo jsou uspořádány do plošné matice. Velikost matice, tedy součin počtu sloupců a řádků matice, udává **rozlišovací schopnost** jednotlivých přístrojů. Každá buňka převádí světelnou informaci ze své malé části obrazu na elektrický signál. Hodnoty náboje jednotlivých buněk je poté potřeba přečíst.

U systému CCD je nakumulovaný náboj ve formě analogového signálu přesouván přes matici tvořenou Shottkyho diodami, která se tedy chová obdobně jako posuvný registr, a jedním rohem matice přechází do vyhodnocovacího zařízení. Analogově/digitální převodník poté převede každou hodnotu buňky do digitální podoby. Protože jsou jednotlivé elementy citlivé především na intenzitu světla a méně na barvu, je takto získaný obrázek černobílý. Barevného obrázku se většinou dosahuje předřazením příslušného barevného filtru. Pro vytvoření jednoho barevného bodu (pixelu) výsledného snímku proto potřebujeme nejméně tři buňky matice. V praxi se však na jednom pixelu barevného obrazu podílí většinou čtyři buňky CCD senzoru. Je zde totiž dvakrát zařazen zelený filtr, čímž je simulována větší citlivost lidského oka právě na zelenou barvu. Výsledný barevný bod pak vzniká aditivním smícháním těchto tří barev. Nevýhodou CCD detektorů je vzájemné ovlivňování nábojů v sousedních buňkách, malý rozsah intenzit a nemožnost adresovat jednotlivé buňky. Naopak výhodami tohoto detektoru oproti druhému typu je vysoké rozlišení, vysoká rychlost převodu signálu a nízký šum ve výsledném obraze.

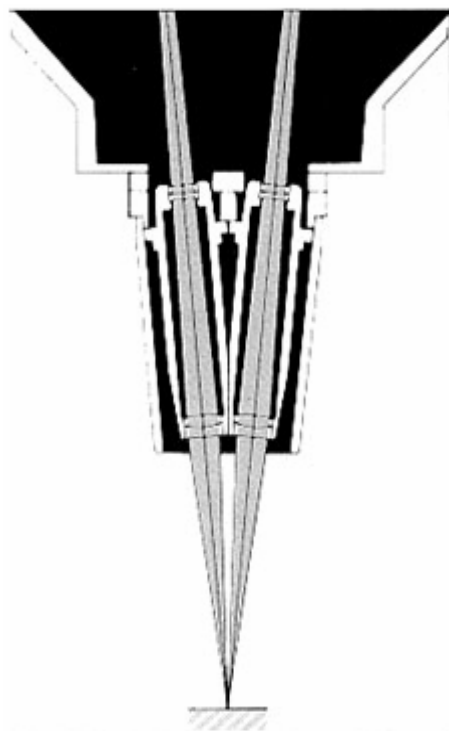
Systém CMOS využívá technologie výroby integrovaných obvodů vysoké hustoty, která umožňuje umístit na čip velké množství MOS tranzistorů, které je poté možné adresovat pomocí označení sloupců a řádků. Produkce těchto detektorů je sériová a tedy také levnější než u CCD prvků. Výhodou CMOS senzorů je také větší rozsah intenzit (asi o 4 řády), nízká spotřeba energie a snazší napájení, ovšem takto získané obrazy mají také cca o 1 řád vyšší šum.

Vydeme-li z výše uvedených rozdílů, je možné odvodit, že CCD detektory bývají využívány pro práci na vysoce kvalitních snímcích, s mnoha dokonale zhodnocenými pixely

a za vyšší citlivosti ke světlu. Naopak senzory CMOS mívají obrazovou kvalitu nižší, nižší rozlišovací schopnost a nižší citlivost. Na druhou stranu přístroje s CMOS senzory jsou mnohem levnější a mají nižší spotřebu energie, proto jsou vhodné pro přístroje, používající jako zdroje energie baterie.

Vlastnosti senzoru, díky kterému je světelný signál převáděn na elektrický, jsou sice nejdůležitější, ale ne jedinou charakteristikou snímacího zařízení. Při volbě vhodnosti použití jednotlivých zařízení pro danou aplikaci je nutné brát v úvahu také další schopnosti zařízení. Jedná se například o charakter připojení přístroje k počítači, formát získaných snímků nebo schopnost sejmout digitální videozáznam. V této práci se budeme dále zabývat pouze digitální videokamerou používanou během experimentů, jejímž snímacím prvkem je CCD detektor.

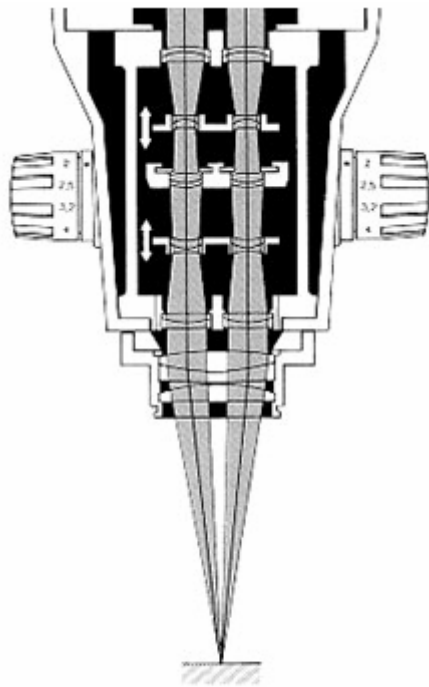
Posledním zde uvedeným zařízením, které nám pomáhá co nejlépe sejmout obraz sledované směsi, je **mikroskop**. Protože bude v této laboratorní úloze používám stereomikroskop, nebudou zde popisovány principy jiných druhů mikroskopů.



Obr. 1: Greenough Concept

Stereomikroskop získal svůj název díky tomu, že je možné sledovaný materiál sledovat oběma očima se zachováním stereoskopického prostorového efektu vidění, který je typický pro běžné lidské vidění. Moderní stereomikroskopy jsou vyráběny na základě dvou rozdílných koncepcí.

První koncepce je nazývána „**Greenough Concept**“ (viz obr.1) . Zde jsou dva identické objektivy uspořádány tak, aby jejich optické osy svíraly minimální úhel. Jsou zde tedy generovány dva oddělené obrazy, které jsou sledovány skrz oddělené okuláry. Prostorový obraz se vytváří kombinací těchto dvou obrazů v lidském mozku. Jedná se o jednoduchý, kompaktní a levný systém, který dovoluje provádět základní mikroskopické pozorování na vysoké úrovni.



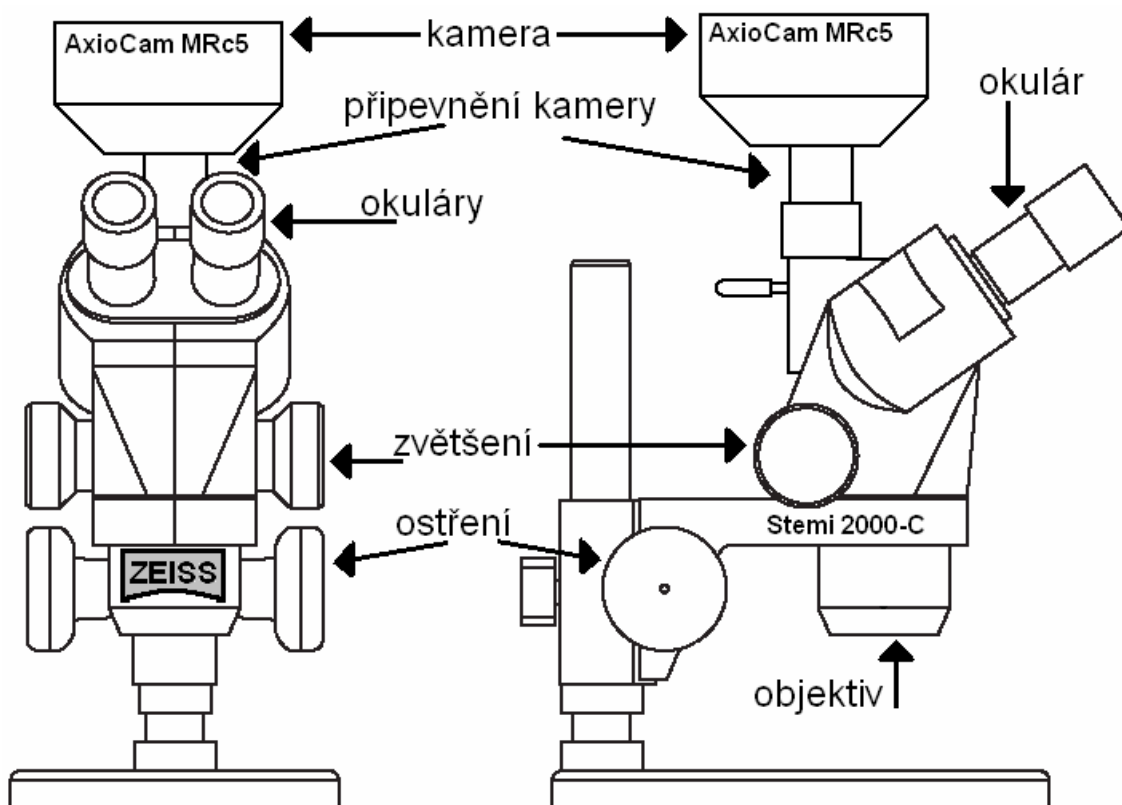
Obr. 2: Telescope Concept

Druhá koncepce se nazývá „**Telescope Concept**“ (viz obr.2). V tomto případě jsou paralelně uspořádány dva mikroskopické systémy, ve kterých je světelný signál systémem čoček usměrněn do společného objektivu. Stereoeffekt je dosahován kombinací těchto dvou os paprsků. Tento systém je složitější, tedy i dražší, nabízí ovšem možnost použití mnoha přídatných modulů zvyšujících kvalitu a flexibilitu mikroskopických analýz.

2 Zařízení používaná v této práci

2.1 Stereomikroskop STEMI 2000, Carl Zeiss GmbH.

Používaný stereomikroskop (viz obr.3) je založen na koncepci uspořádání označované jako Greenough Concept. Je to jednodušší, avšak dostatečně výkonný mikroskopický systém. K objektivu mikroskopu je připojena přídatná čočka (předsádka), která nám dovoluje vyšší zvětšení než bychom dosáhli se samotným mikroskopem. Maximální dosažitelné zvětšení mikroskopu je tedy 100x, což nám ve spojení s kamerou umožňuje analyzovat částice, jejichž rozměr se pohybuje ve velikostech větších než jednotky mikrometrů. Dostáváme se tak téměř na samotnou hranici schopností mikroskopie s použitím viditelného světla. Výsledný obraz sledovaný mikroskopem můžeme sledovat buď pomocí dvojice okulárů nebo pomocí jednoho okuláru se současným nasměrováním druhého paprsku do objektivu připojené kamery. Ve stejný okamžik tedy můžeme sledovat analyzovanou směs jak pomocí mikroskopu, ovšem v tomto případě už ne stereoskopicky, tak také pomocí vhodného software na obrazovce počítače, ke kterému je připojena kamera.



Obr. 3: Schéma stereomikroskopu Stemi 2000

2.2 Digitální videokamera AxioCam MRc5, Carl Zeiss GmbH.

Jak již bylo zmíněno výše, jedná se o kameru s CCD detektorem, jehož rozlišení je 5 milionů pixelů. Je to vysoce profesionální kamera, která je používána v řadě specializovaných výzkumných pracovišť. Napájení kamery je zajišťováno pomocí standardního rozhraní IEEE 1394 (neboli FireWire). Přes toto rozhraní je také kamera ovládána pomocí vlastního software a opačným směrem naopak prochází do počítače snímáný obraz. Software zajišťující komunikaci s kamerou slouží pouze k nastavení parametrů snímání obrazu, jeho získání ve vhodném formátu a rozlišení a jeho uložení do počítače pro další zpracování.

2.3 Kruhové osvětlení

Osvětlení sledovaných vzorků je tvořeno kruhovou zářivkou, která je přichycena na posuvný stativ. Ve středu zářivky se nachází objektiv mikroskopu.

Tento systém zajišťuje konstantní osvětlení analyzovaného vzorku umělým bílým světlem bez nežádoucích stínů. Zářivka má ale světelný signál modulovaný na frekvenci 100 Hz (bliká), což se může projevit jako nežádoucí světelné pulsování při natáčení videa digitální kamerou s jinou snímkovací frekvencí než 100 Hz. Tato nevýhoda se však v tomto cvičení neprojeví. Horní část zářivky je opatřena krytem, který zabraňuje oslnění pozorovatele a také částečně odráží světlo do prostoru pod objektivem kamery. Vzdálenost osvětlení od analyzovaného vzorku je vždy závislá na velikosti konkrétních částic a pracovní vzdálenosti mikroskopu.

3 Použitý software

3.1 AxioVision AC Rel. 4.1, Carl Zeiss GmbH.

Tento software slouží k ovládání kamery a získávání snímků analyzované směsi přes již zmíněné rozhraní IEEE 1394. Pomocí něj je možné nastavovat parametry, potřebné ke správnému průběhu procesu snímání obrazu. Můžeme zde ovládat rychlost závěrky clony kamery, vyvážení barev obrazu, teplotní charakteristiku obrazu (pro alespoň přibližnou eliminaci druhu osvětlení vzorku), lze definovat standard bílé nebo černé barvy, na jejichž základě je upravena barevná škála obrazu a jsou zde i další nastavitelné parametry. Mnoho funkcí, které jsou používány před sejmutím obrazu lze nahradit funkcemi obrazového analyzátoru, aplikovanými na obraz po jeho uložení do počítače.

3.2 IMAQ Vision BuilderTM, National Instruments

IMAQ Vision BuilderTM je interaktivní prostředek pro aplikace obrazové analýzy. Umožňuje uživateli jednoduše zpracovávat obrazy a aplikovat vytvořené sledy funkcí sériově na velké množství obrazů bez nutnosti jich přeprogramování. Obsahuje také funkce s jejichž pomocí lze vytvořit aplikace v programech LabVIEW, BridgeVIEW, LabWindows/CVI a dalších. V tomto programu je možné si vyzkoušet různé strategie pro zpracování obrazu, okamžitě zobrazit výsledky provedených změn parametrů obrazu, otestovat jednotlivé funkce nebo jejich série i prohlížet si výsledky každého kroku při obrazové analýze. Použité funkce

jsou ukládány do skriptu, který je možné jednoduchým způsobem převést na aplikaci v prostředí LabVIEW.

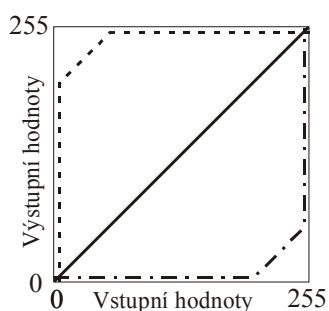
Základní funkce, které budeme používat v této laboratorní úloze, jsou popsány v následujícím seznamu.

3.2.1 Funkce pro zpracování barevného obrazu

□ **Brightness**

Funkce sloužící k vyvážení barev v obraze, která zahrnuje nastavitelné parametry Brightness, Contrast a Gamma.

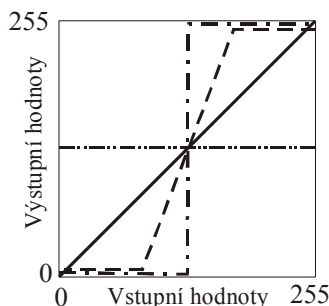
- **Brightness** - přidává konstantu ze šedé stupnice barev k barvám obrazu, čímž obraz celkově zesvětlí nebo ztmaví



- původní nastavení (———)
- obraz značně zesvětlený (- - - -)
- obraz značně ztmavený (- · - ·)

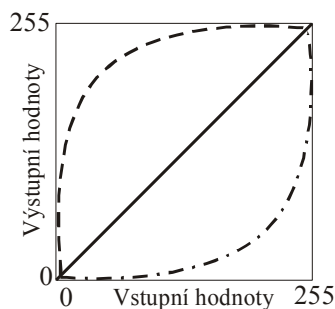
Poznámka: Hodnota 255 (vstupní i výstupní) udává maximální intenzitu signálu, hodnota 0 intenzitu minimální.

- **Contrast** – zvyšuje nebo snižuje možnosti vzájemného rozlišení barev



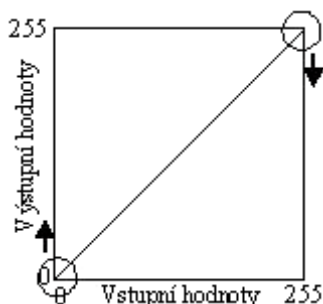
- původní nastavení (———)
- obraz s maximálním kontrastem (- - - ·)
- obraz s částečně upraveným kontrastem (- - - -)
- obraz s minimálním kontrastem (- · · -)

- **Gamma** – nelineární úprava barev



- původní nastavení (———)
- gamma větší než 1, zvýrazněné tmavé odstíny barev (- - - ·)
- gamma menší než 1, zvýrazněné světlé odstíny barev (- - - -)

Výše uvedené vlastnosti funkce Brightness lze použít pro všechny barvy společně nebo individuálně pro jednotlivé barvy modelu RGB.



- Pokud se křivky jednotlivých barev stýkají v bodech vyznačených kroužkem, pak obraz obsahuje celou škálu barev od černé (ve spodní části grafu) k bílé (v horní části), pokud je křivka některé ze základních barev posunuta podle šipek, uvedený odstín barvy v obraze chybí.

□ **Color Plane Extraction**

Funkce vybere z obrazu jednu z barev modelu RGB nebo barvy určité sytosti, světlosti, intenzity nebo odstínu. Vybraný parametr je z obrazu vyjmut (pokud je tedy například zvolen parametr Blue, je z obrazu vybrána modrá barva, dojde k potlačení kombinace barev červené a zelené) a jeho hodnoty jsou transformovány do šedé stupnice. Výsledkem funkce je tedy obraz v odstínech šedé barvy.

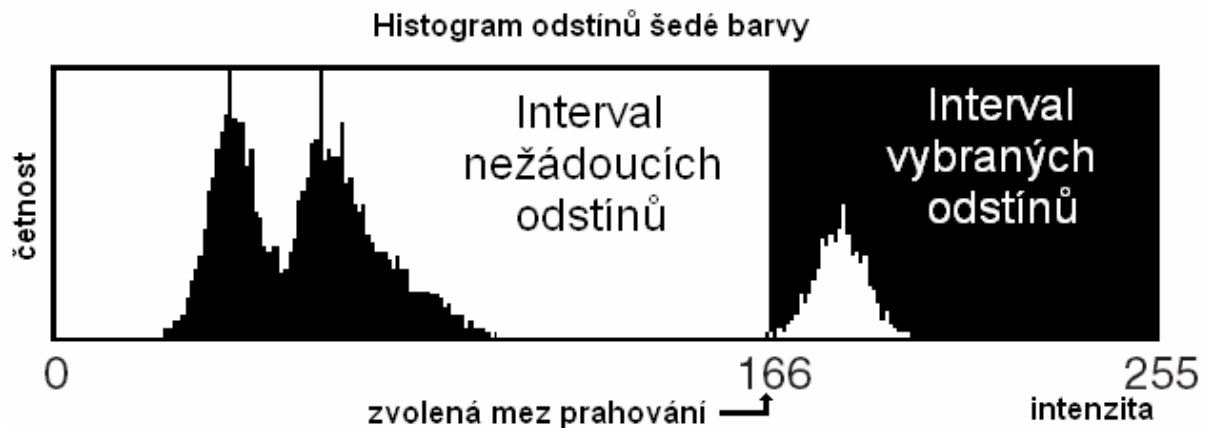
□ **Color Threshold**

Touto funkcí je možné zvolit interval odstínů barev v obraze popotážením kurzoru myši v oblasti obrazu, kde se daná barva vyskytuje. Následně lze vybráním příslušných oblastí v histogramech modelů RGB, HSL, HSV nebo HSI zobrazených v oknu parametrů příslušejících této funkci označit veškerá místa v obraze obsahující tuto barvu. Vybraný odstín barvy je zvýrazněn kontrastní barvou, kterou si lze také zvolit. Výsledkem funkce je binární obraz.

3.2.2 Funkce pracující s obrazem v šedé stupnici

- **Threshold**

Provádí prahování obrazu podle odstínu šedé barvy (viz obr. 4), prahy lze nastavit manuálně nebo využít některé z přednastavených funkcí. Výsledkem funkce je binární obraz.



Obr.4: Prahování šedého obrazu

3.2.3 Funkce pracující s binárním obrazem

- **Basic Morphology**

Tato funkce zahrnuje základní morfologické operace s obrazem (erosion, dilation, opening, closing,...)

- **Advanced Morphology**

Rozšíření morfologických operací o filtry pro malé nebo velké částice, částice na hranici obrazu, funkce pro vyplnění děr v objektech, separaci objektů, skeletonizaci částic a další.

- **Particle Filtering**

Funkce z této skupiny filtrují objekty podle více než 50 morfologických vlastností, jako jsou například plocha částic, jejich obvod, poloha v obraze nebo cirkularita.

- **Particle Analysis**

Analyzuje nalezené částice podle stejných parametrů, jaké obsahuje funkce Particle Filter.

4 Zadání laboratorní úlohy

4.1 Úkoly

1. Sejmout obraz analyzované směsi v co největší kvalitě pomocí mikroskopu, digitální kamery a softwaru AxioVision AC.
2. Pomocí analyzátoru IMAQ Vision BuilderTM sestavit skript pro vyhodnocení plochy a počtu jednoho druhu částic ve směsi, který bude konkrétně zadán asistentem.
3. Výsledky analýzy exportovat do programu Excel a vyhodnotit tabulkou i grafem.

4.2 Postup práce

4.2.1 Sejmutí obrazu analyzované směsi

Prvním úkolem je rozptýlit analyzovanou směs (spolu s měřítkem) na vhodnou podložku tak, aby bylo možné maximální počet částic současně zachytit v objektivu mikroskopu resp. kamery. Podložku volte v závislosti na barvě analyzované směsi a na velikosti stínů, které jsou při sledování mikroskopem znatelné v okolí částic. Zvolit si můžete z barev bílé a černé a možné materiály jsou papír nebo semiš.

Dále nastavte zaostření a zvětšení mikroskopu opět tak, abyste v objektivu viděli dostatečně zřetelně všechny částice směsi. Zaostření mikroskopu se nastavuje zadním černým otočným prvkem, zvětšení se nastavuje obdobným prvkem v blízkosti objektivu mikroskopu. Celkové zvětšení samotného mikroskopu se vypočítá pouhým vynásobením hodnoty nastaveného zvětšení 10x (neboť samotný objektiv zvětšuje 10x), resp. 20x, pokud je k mikroskopu připevněna předsádka (ta zvětšuje 2x). Zvětšení výsledného obrazu je dáno rozlišením kamery a softwarovým zvětšením v počítači.

Přepněte páčku na zadní straně mikroskopu tak, aby byl paprsek odkloněn z pravého okuláru mikroskopu do kamery. Na počítači spusťte program AxioVision AC (ikona na ploše monitoru). Na horní liště programu stiskněte tlačítko **Live** a otevře se okno, zobrazující obraz, který právě snímá kamera. Pokud je to nutné, ještě obraz znovu zaostřete pomocí mikroskopu. Dále je nutné upravit světlost obrazu, abyste si maximálně usnadnili následnou obrazovou analýzu. Vyvážení obrazu je možné nastavit v první řadě funkcí **Exposure** v nabídce **Acquisition - Adjust** (nebo v levém podlouhlém okně programu). Dále je možné nastavovat jas (**Brightness**), kontrast (**Contrast**) a faktor **Gamma**. Toto jsou ale funkce, které je možné, při správném nastavení funkce **Exposure**, obdobně použít i v programu IMAQ Vision BuilderTM,

proto není nutné je aplikovat před sejmutím obrazu. Důležité je ovšem nastavení rozlišení obrazu, které se provádí v okně **Properties**, které je možné vyvolat pomocí nabídky **View** nebo klávesovou zkratkou **Alt+Enter**. Zde si nastavte rozlišení (**Resolution**) obrazu tak, aby výsledná velikost obrázku byla přijatelná, tedy nejlépe menší než 1MB.

Když bude obraz dostatečně vyladěný, sejměte ho kliknutím na tlačítko **Snap** na horní liště programu nebo v dolní části okna, ve kterém je obraz kamery. Poté již můžete okno kamery uzavřít a sejmutý obraz uložit ve vhodném formátu. Nedoporučuje se ukládat obraz prostým uložením, neboť jeho přednastavený formát je Zeiss Vision Image (.zvi), který by následně nemohl být zpracováván jiným softwarem než produkty firmy Zeiss. Proto uložte obraz pomocí funkce **Export** v nabídce **File**. Zde si zvolte místo, kam bude obraz uložen, podle instrukcí asistenta. Dále zadejte název obrázku a jeho formát. Po zadání těchto parametrů je možné obraz exportovat. Stejným postupem sejměte a uložte také obraz měřítka, který bude použit při kalibraci obrazu analyzované směsi. Tím je práce s programem AxioVision AC ukončena.

4.2.2 Analýza obrazu programem IMAQ Vision Builder™

Nyní si spusťte program IMAQ Vision Builder™ a v něm si otevřete uložené obrazy měřítka a směsi. Dvojitým kliknutím na obraz měřítka se vám zobrazí levá část okna, ve které se budou zapisovat funkce skriptu, který budete tvořit.

Tvorba skriptu probíhá tak, že si postupně v nabídkách **Image**, **Color**, **Grayscale**, **Binary** a **Machine Vision** volíte funkce, které by měly být použity v obrazové analýze. Prvním úkolem je kalibrace obrazu. Provádí se funkcí **Simple Calibration**. U této funkce je třeba pomocí obrazu měřítka nastavit, kolik pixelů odpovídá jiné měrné jednotce (například mm). První z analytických obrazových funkcí, které budete aplikovat již na obraz směsi, je vyvážení obrazu (funkce **Brightness**) tak, aby byly jednotlivé složky v dostatečném kontrastu, ale neměnil se příliš jejich tvar. Poté je potřeba v obraze najít a odlišit od sebe jednotlivé složky některou z funkcí prahování (**Threshold**). To můžete provést jak funkcí **Color Threshold**, která od sebe umí rozlišit objekty různých barev, nebo sledem funkcí **Extract Color Plane** a **Threshold**, což je vhodné především pro odlišení objektů od pozadí. Pokud je prahování úspěšně provedeno, je nutné upravit nalezené částice tak, aby co nejvíce tvarově odpovídaly skutečnosti. Je tedy dobré vyzkoušet některé

z funkcí nabídek **Basic Morphology** a **Advanced Morphology**, které by mohly pomoci objekty upravit. Pokud se ve směsi vyskytují nežádoucí částice, které nebylo možné odstranit funkcí **Threshold** ani funkcemi morfologickými (např. **Remove Small Objects, Remove Borders Objects,...**), je možné je odstranit nastavením vhodného parametru tzv. **Particle Filtru**. Posledním krokem analýzy je měření. To se provádí pomocí funkcí v nabídce **Particle Analysis**. Zde si zvolte parametry, které se mají v obraze měřit, tedy plochu částic v pixelech, mm^2 a umístění středu částice v obraze podle osy x a y. Naměřená data pomocí ikonky v pravém dolním rohu obrazovky exportujte do programu Excel. Vytvořený skript uložte do stejného adresáře jako analyzovaný obraz.

4.2.3 Vyhodnocení výsledků

V programu Excel (nebo jiném vhodném programu) vyhodnoťte výsledky měření a zobrazte je do grafu.

Výsledný protokol by měl obsahovat:

- Tabulku nastavení parametrů snímání obrazu (zvětšení mikroskopu, clona kamery, barva a materiál podložky, rozlišení obrazu, formát ukládaného obrazu, velikost uloženého obrazu)
- Tabulku funkcí obrazové analýzy (pořadí, název, jednoduchá specifikace a hodnoty nastavovaných parametrů)
- Tabulku naměřených hodnot plochy (v pixelech i mm^2) pro všechny analyzované částice v obraze očíslované za sebou podle umístění v obraze po řádcích od levého horního rohu, do pravého dolního rohu
- Vypočtenou průměrnou hodnotu plochy vybraných částic v mm^2
- Graf naměřených hodnot (osa x číslo částice, osa y plocha částice v mm^2) spolu s vyznačením průměrné hodnoty
- Adresu umístění analyzovaného obrazu a skriptu na disku počítače
- Závěr s vyhodnocením výsledků celého měření

5 Přílohy:

5.1 Vysvětlení pojmů

- **Clona** – Malá přepážka s kruhovým otvorem proměnného průměru v objektivu, která řídí množství světla dopadajícího na detektor (např. CCD) při pořizování obrázku. Clona a expoziční doba společně řídí celkové množství světla dopadající na čidlo. Když je clona více otevřená (clonové číslo je nižší), dopadne na čidlo více světla.
- **Expoziční doba** – Udává, jak dlouho zůstává při pořizování snímku otevřená clona fotoaparátu nebo kamery. Nastavení expoziční doby na hodnotu 1/125 (často se uvádí jen 125) znamená, že závěrka bude otevřená přesně 1/125 sekundy.
- **FireWire** (IEEE 1394) - rozhraní pro vysokorychlostní kabelový přenos dat z digitálních zařízení (fotoaparátů, kamer i jiných) do počítače. Jediný kabel umožňuje přenos digitálních signálů v reálném čase bez jakékoli ztráty.
- **HSI** - Barevný model, který tvoří barvy spektra pomocí hodnot Odstínu (**Hue**), Sytosti (**Saturation**) a Intenzity (**Intensity**)
- **HSL** - Barevný model, který tvoří barevné spektrum pomocí hodnot Odstínu (**Hue**), Sytosti (**Saturation**) a Jasu (**Luminance**)
- **HSV** - Barevný model, který tvoří barevné spektrum pomocí hodnot Odstínu (**Hue**), Sytosti (**Saturation**) a Hodnoty (**Value**)
- **Kontrast** – Rozdíl mezi nejtmavějšími a nejsvětlejšími oblastmi obrazu. Čím větší rozdíl, tím větší kontrast.
- **Pixel** - Nejmenší jednotka plochy digitálního obrazu. Každý pixel je nositelem informace o barvě, příp. jasu ve třech základních kanálech RGB.
- **RGB** – Red, Green, Blue; tj. červená, zelená, modrá. Tři barvy, které tvoří barevný model, pomocí nějž je možné složit všechny barvy spektra takzvanou aditivní metodou (složením nejvyšší intenzity všech tří barev vzniká barva bílá).
- **Skript** – Sled funkcí obrazové analýzy vytvořený v programu IMAQ Vision Builder.

5.2 Vysvětlení některých parametrů funkcí Particle Filter a Particle Analysis

<input type="checkbox"/>	
Pixels	Počet pixelů každé částice
Area (unit)	Plocha průmětu částic
Number of holes	Počet děr v částici
Image area (unit)	Plocha celého obrazu (v uživatelem definovaných jednotkách)
Ratio Area/Scanned area (%)	Poměr plochy průmětů částic k celkové ploše obrazu
Center of mass X	X-souřadnice středu částice
Center of mass Y	Y-souřadnice středu částice
Longest segment length	Délka nejdelší horizontální úsečky v částici.
Perimeter (unit)	Délka vnějšího obrysu částice (obvod) (v uživatelem definovaných jednotkách)
Hole's perimeter (unit)	Obvod všech děr v částici v uživatelem definovaných jednotkách.
Particle orientation	Směr hlavní osy částice.
Ratio of equivalent ellipse axis	Poměr délek hlavní a vedlejší poloosy elipsy, která má stejnou plochu a obvod jako částice (v uživatelem definovaných jednotkách)
Compactness factor	Poměr plochy částice k ploše nejmenšího obdélníku opisujícího částici.
Heywood circularity factor	Poměr obvodu částice k obvodu kruhu stejné plochy. Kruh má Heywood circularity factor roven 1.
Hydraulic radius (unit)	Poměr plochy částice k jejímu obvodu.
Waddel disk diameter (unit)	Průměr disku který má stejnou plochu jako částice v uživatelem definovaných jednotkách.

1	ÚVOD:	1
2	ZAŘÍZENÍ POUŽÍVANÁ V TÉTO PRÁCI	4
2.1	STEREOMIKROSKOP STEMI 2000, CARL ZEISS GMBH.....	4
2.2	DIGITÁLNÍ VIDEOKAMERA AXIOCAM MRC5, CARL ZEISS GMBH.....	5
2.3	KRUHOVÉ OSVĚTLENÍ.....	5
3	POUŽITÝ SOFTWARE	6
3.1	AXIOVISION AC REL. 4.1, CARL ZEISS GMBH.....	6
3.2	IMAQ VISION BUILDER™, NATIONAL INSTRUMENTS.....	6
3.2.1	<i>Funkce pro zpracování barevného obrazu</i>	7
3.2.2	<i>Funkce pracující s obrazem v šedé stupnici</i>	9
3.2.3	<i>Funkce pracující s binárním obrazem</i>	9
4	ZADÁNÍ LABORATORNÍ ÚLOHY	10
4.1	ÚKOLY.....	10
4.2	POSTUP PRÁCE.....	10
4.2.1	<i>Sejmutí obrazu analyzované směsi</i>	10
4.2.2	<i>Analýza obrazu programem IMAQ Vision Builder™</i>	11
4.2.3	<i>Vyhodnocení výsledků</i>	12
5	PŘÍLOHY:	13
5.1	VYSVĚTLENÍ POJMŮ.....	13
5.2	VYSVĚTLENÍ NĚKTERÝCH PARAMETRŮ FUNKCÍ PARTICLE FILTER A PARTICLE ANALYSIS.....	14