VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ZAŘÍZENÍ PRO POČÍTÁNÍ KAMENŮ

SYSTEM FOR STONES COUNTING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR´S THESIS

AUTOR PRÁCE PAVEL KRAJÍČEK
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. ILONA KALOVÁ, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2008

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřící techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Automatizace a měřící technika

Student: Krajíček Pavel ***ID:*** 74836

Ročník: 3 ***Akademický rok:*** 2007/08

NÁZEV TÉMATU:

Zařízení pro počítání kamenů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Úkolem studenta je navrhnout a realizovat kamerový systém pro počítání kamenů (různé materiály od čirého skla až po kameny neprůsvitné), které se mohou ve snímcích i částečně překrývat. Součástí zadání je hardwarová (volba vhodného osvětlení, uspořádání scény atd.) i softwarová část (algoritmy detekce kamenů ve snímcích)

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Termín zadání: 1.2.2008 ***Termín odevzdání:*** 2. 6.2008

Vedoucí projektu: Ing. Ilona Kalová, Ph.D.

prof. Ing. Pavel Jura, Csc.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA
POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Pavel Krajíček

Bytem:

Narozen/a (datum a místo): 22.3.1986, Havlíčkův Brod

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

se sídlem Údolní 244/53, 60200 Brno 2

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1
Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):
   - ☐ disertační práce
   - ☐ diplomová práce
   - ☒ bakalářská práce
   - ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako .....

   (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Zařízení pro počítání kamenů

Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Ilona Kalová, Ph.D.

Ústav: Ústav automatizace a měřící techniky

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

- ☒ tištěné formě – počet exemplářů 1
- ☒ elektronické formě – počet exemplářů 1

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizovaní výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti

   □ ihned po uzavření této smlouvy

   □ 1 rok po uzavření této smlouvy

   □ 3 roky po uzavření této smlouvy

   □ 5 let po uzavření této smlouvy

   □ 10 let po uzavření této smlouvy

   (z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísni a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: …….

…….. ……

Nabyvatel Autor

Abstrakt

Téma této práce se zabývá problematikou spočítání množství stejných nebo podobných objektů (kamenů) z digitálního snímku.

Digitální snímek je získán kamerou ze snímané scény, na které jsou v jedné vrstvě náhodně rozmístěny kameny. Pro lepší kvalitu snímku se používá podsvícení scény.

Po získání digitálního obrazu se už pracuje v programu Matlab, který poskytuje potřebné prostředí a funkce k tomu, aby bylo možno provést samotné počítání.

Klíčová slova

Digitalizace, segmentace, zpracování obrazu.

Abstract

The topic of this work deals with the question of recognitition and counting of identical or distinct objects (stones) from a digital picture.

Camera takes a digital picture of scanned area where there are in one layer randomly placed objects (stones). The area is illuminated for better quality of the picture.

The digital picture is processed in the Matlab programme that offers all tools and functionality for counting objects.

Keywords

Digitizing, segmentation, image processing.

Bibliografická citace

KRAJÍČEK, P. *Zařízení pro počítání kamenů.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 61 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Ilona Kalová, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Zařízení pro počítání kamenů jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne …… Podpis autora ……..

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Iloně Kalové, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne …… Podpis autora ……..

Obsah

1. ÚVOD 6
2. SNÍMÁNÍ A DIGITALIZACE 7
2.1 Snímání 7
2.2 Digitalizace 7
3. PŘEDZPRACOVÁNÍ OBRAZU 8
4. SEGMENTACE 9
4.1 Kompletní segmentace 9
4.2 Částečná segmentace 9
4.3 Segmentace prahováním 9
4.3.1 Segmentace s více prahy 11
4.3.2 Segmentace poloprahováním 11
4.3.3 Metody určování prahu 11
4.4 Segmentace na základě detekce hran 12
4.4.1 Prahování obrazu hran 13
4.4.2 Sledování hranice 13
4.4.3 Vyhledávání hranice pomocí Houghovy transformace 14
4.5 Segmentace srovnávání se vzorem 14
4.5.1 Testování souhlasu s obrazem 15
4.5.2 Řídící strategie procesu srovnávání 15
5. DRUHY OSVĚTLENÍ 17
5.1 Bez zvláštního světla 18
5.2 Žárovka 20
5.3 Halogenová žárovka 22
5.4 Zářivka 24
5.5 Infračervené záření 26
6. POPIS FUNKCE PROGRAMU 28
6.1 Předzpracování snímku 28
6.2 Určení prahu 31
6.3 Segmentace obrázku 37
6.4 Rozpoznání objektů 40

6.5 Určení plochy kamene 42
6.6 Rozpoznání kamenů 44
7. VÝSLEDKY PROGRAMU 50
7.1 Fáze 1 50
7.2 Fáze 2 52
7.3 Fáze 3 54
8. ZÁVĚR 57
9. POUŽITÁ LITERATURA 58
10. PŘÍLOHA 59

Seznam obrázků

Obr. 1 Prahování se správným prahem 10
Obr. 2 Prahování s nízkým prahem 10
Obr. 3 Prahování s vysokým prahem 10
Obr. 4 Bimodální histogram 12
Obr. 5 Určení hranic objektu 13
Obr. 6 Postup hledání obrazových elementů 14
Obr. 7 Snímaná scéna bez přisvícení, kamínky fáze 1 18
Obr. 8 Snímaná scéna bez přisvícení, kamínky fáze 2 18
Obr. 9 Snímaná scéna bez přisvícení, kamínky fáze 3 19
Obr. 10 Snímaná scéna přisvícená žárovkou, kamínky fáze 1 20
Obr. 11 Snímaná scéna přisvícená žárovkou, kamínky fáze 2 20
Obr. 12 Snímaná scéna přisvícená žárovkou, kamínky fáze 3 21
Obr. 13 Snímaná scéna přisvícená halogenovou žárovkou, kamínky fáze 1 22
Obr. 14 Snímaná scéna přisvícená halogenovou žárovkou, kamínky fáze 2 22
Obr. 15 Snímaná scéna přisvícená halogenovou žárovkou, kamínky fáze 3 23
Obr. 16 Snímaná scéna přisvícená zářivkou, kamínky fáze 1 24
Obr. 17 Snímaná scéna přisvícená zářivkou, kamínky fáze 2 24
Obr. 18 Snímaná scéna přisvícená zářivkou, kamínky fáze 3 25
Obr. 19 Snímaná scéna přisvícená infračerveným zářením, kamínky fáze 1 26
Obr. 20 Snímaná scéna přisvícená infračerveným zářením, kamínky fáze 2 26
Obr. 21 Snímaná scéna přisvícená infračerveným zářením, kamínky fáze 3 27
Obr. 22 Vývojový diagram 1 29
Obr. 23 Původní snímek 29
Obr. 24 Snímek pozadí 30
Obr. 25 Snímek s odečteným pozadím 30
Obr. 26 Vývojový diagram 2 31
Obr. 27 Graf originálního histogramu 32
Obr. 28 Graf upraveného histogramu 33
Obr. 29 Vývojový diagram 3 34
Obr. 30 Vývojový diagram 4 35

Obr. 31 Graf originálního histogramu s označenými body maxim a minimem..... 36
Obr. 32 Graf upraveného histogramu s označenými body maxim a minimem 36
Obr. 33 Vývojový diagram 5 37
Obr. 34 Binární obraz..... 38
Obr. 35 Nalezené objekty bez použití funkce imclearborder..... 38
Obr. 36 Nalezené objekty s použitím funkce imclearborder..... 39
Obr. 37 Vývojový diagram 6 40
Obr. 38 Šum 41
Obr. 39 Vývojový diagram 7 42
Obr. 40 Vývojový diagram 8 44
Obr. 41 Obraz objektů považovaných za samostatné kamínky 45
Obr. 42 Obraz objektů rozpoznaných jako skupina kamínků..... 45
Obr. 43 Vývojový diagram 9 46
Obr. 44 Kámen tvaru dvou jehlanů proti sobě 47
Obr. 45 Broušený kámen z jedné strany 47
Obr. 46 Pokovený kámen..... 47
Obr. 47 Výsledný obrázek 1..... 48
Obr. 48 Příklad chybného výpočtu..... 49
Obr. 49 Fáze 1 50
Obr. 50 Fáze 2 53
Obr. 51 Fáze 3 55
Obr. 52 Fáze 3 (106h) 56
Obr. 53 Fáze 1 - příloha 59
Obr. 54 Fáze 2 - příloha 60
Obr. 55 Fáze 3 - příloha 61

Seznam tabulek

Tab. 1 Tabulka údajů fáze 1 51
Tab. 2 Tabulka výsledků fáze 1 52
Tab. 3 Tabulka údajů fáze 2 53
Tab. 4 Tabulka výsledků fáze 2 54
Tab. 5 Tabulka údajů fáze 3 55
Tab. 6 Tabulka výsledků fáze 3 56

1. ÚVOD

Téma této práce se zabývá problematikou spočítání stejných nebo podobných objektů (kamenů) z digitálního snímku.

Kameny jsou zastoupeny v převážné většině skleněnými zbroušenými kameny, mohou se ovšem vyskytovat i kameny pokovené. Kameny mohou mít velikost od 1 do 4 mm. Rozdíl ve velikosti jednoho typu kamenu může být až 0,2 mm. Zorné pole počítání bude uskutečněno na ploše 300x300 mm. Počet kamenů v zorném poli by se měl pohybovat v rozmezí 600 až 3000 ks.

Pro získání kvalitních snímků, se kterými bude možno dále pracovat, je třeba snímanou scénu kvalitně osvětlit, aby byl zajištěn dostatečný kontrast mezi kameny a okolím.

Po získání digitálního obrazu se už pracuje v programu Matlab, který poskytuje potřebné prostředí a funkce k tomu, aby bylo možno provést samotné počítání.

2. SNÍMÁNÍ A DIGITALIZACE

Snímání je základním kamenem pro práci a rozpoznávání obrazu, převod do digitální formy je vhodný pro zpracování a uložení obrazu.

2.1 SNÍMÁNÍ

Snímání obrazu je převod optické veličiny na elektrický signál, který je spojitý v čase i úrovni. Na výsledný obraz má vliv mnoho různých faktorů. Největšími vlivy můžou být například druh světla a intenzita, kterou je objekt nasvícen, a vlastnosti snímaného objektu.

2.2 DIGITALIZACE

Dalším důležitým krokem pro získání obrazu vhodného pro další zpracování, je převod spojitého analogového signálu na signál digitální.

Digitální obraz je získán vzorkováním spojité funkce f(i,j) do matice MxN bodů, kde i a j jsou souřadnice v prostoru. Volba vhodného vzorkování je základní krok digitalizace. Při nízkém rozlišení se budou ztrácet detaily v obraze a při velkém rozlišení se nám zvýší výpočetní náročnost pro zpracování obrazu.

3. PŘEDZPRACOVÁNÍ OBRAZU

Po získání obrazu snímáním a jeho digitalizaci máme k dispozici obraz pozorované scény. Vlivem snímání však může být obraz zkreslen. Pokud je předem znám charakter zkreslení, je možné tuto chybu opravit pomocí příslušných operací předzpracování.

Základní metody předzpracování obrazu:

- jasové transformace
- geometrické transformace
- lokální předzpracování
  - filtrace šumu
  - detekce hran
- Restaurace obrazu

Cíle předzpracování:

- potlačit šum
- odstranit zkreslení
- potlačit či zvýraznit rysy obrazu

4. SEGMENTACE

Segmentace je jednou z nejtěžších operací při zpracování obrazu. Jedná se o analýzu vedoucí k nalezení objektů v obraze. Cílem segmentace je rozdělit obraz na části, které odpovídají reálným předmětům. Výsledkem by měl být soubor oblastí, které odpovídají objektům ve vstupním obraze.

4.1 KOMPLETNÍ SEGMENTACE

Za kompletní segmentaci se považuje taková segmentace, ve které výsledné oblasti přesně odpovídají objektům vstupního obrazu. Pro tuto segmentace je většinou potřeba vyšších úrovní zpracování, kde se užívá známé řešení daného problému. Situace, při které nejsou potřeba vyšší úrovně zpracování, jsou například při tvoření obrazu kontrastními objekty na neměnném pozadí.

4.2 ČÁSTEČNÁ SEGMENTACE

Jde o segmentaci, kde výsledné oblasti v obraze nesouhlasí přesně s objekty ve vstupním obraze. Vytvořené oblasti jsou homogenní vzhledem k určitým zvoleným vlastnostem (jas, barva).Výsledné oblasti se mohou překrývat.

4.3 SEGMENTACE PRAHOVÁNÍM

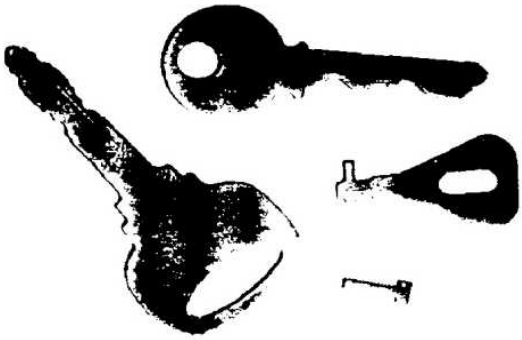
Prahování je nejstarší a nejjednodušší segmentační metoda. Prahování je vzhledem k výpočetní nenáročnosti jednou z nejrychlejších segmentačních metod. Vychází z předpokladu, že většina objektů v obraze disponuje se stejnou odrazivostí nebo pohltivostí povrchu. Při prahování se přetransformuje vstupní obraz f na výstupní binární obraz g podle vztahu

$$g(i,j) = \begin{cases} 1 \rightarrow f(i,j) \geq T \\ 0 \rightarrow f(i,j) < T \end{cases}$$

kde T je předem definovaná konstanta prahování, g(i,j)=1 je hodnota výsledného obrazu pro objekty a g(i,j)=0 je hodnota náležící po segmentaci pozadí.

Prahování je nejlepší použít při nedotýkajících se předmětech které jsou výrazně jasově odlišné od pozadí

Obr. 1 Prahování se správným prahem



Obr. 2 Prahování s nízkým prahem

Obr. 3 Prahování s vysokým prahem

Pro úspěšně prahování je volba správného prahu zásadní. Hodnota prahu se dá určit interaktivně nebo pomocí některé z automatických metod. Ne vždy jde celou plochu obrazu prahovat úspěšně s jedním prahem. Je to většinou způsobeno nerovnoměrností osvětlení či nesymetrickými vlastnostmi snímacího zařízení. V těchto případech může pomoci prahování s proměnným prahem, kde je hodnota prahu určována pomocí lokálních vlastností obrazu.

4.3.1 Segmentace s více prahy

Výsledek segmentace s více prahy není binární obraz ale obraz s omezeným počtem jasových úrovní

$$g(i,j) = \begin{cases} 1 \rightarrow f(i,j) \in D_1 \\ 2 \rightarrow f(i,j) \in D_2 \\ \quad \ldots \\ n \rightarrow f(i,j) \in D_n \\ 0 \rightarrow jinak \end{cases}$$

D_i je podmnožina jasových úrovní.

4.3.2 Segmentace poloprahováním

Pomocí poloprahování lze z obrazu odstranit pozadí, ale v ostatních částech obrazu ponechat informaci o jasu.

$$g(i,j) = \begin{cases} f(i,j) \rightarrow f(i,j) \in D \\ 0 \rightarrow jinak \end{cases}$$

4.3.3 Metody určování prahu

Nejjednodušší je situace, kdy známe předem vlastnosti, které má mít obraz po segmentaci. Určíme práh tak, aby se vlastnost splnila. Jedna ze složitějších metod určování prahu se opírá o analýzu tvaru histogramu.

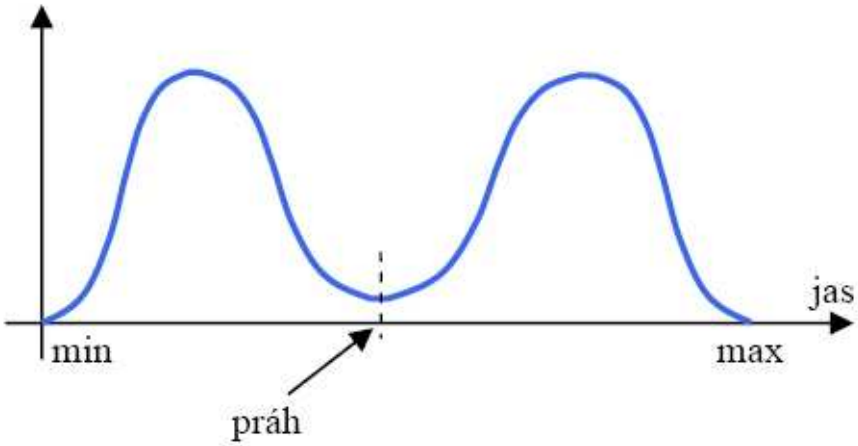
4.3.3.1 Histogram

Jestliže se v obraze objevují objekty podobného jasu a odlišného jasu od pozadí, výsledný histogram bude dvouvrcholový (bimodální), jeden z vrcholů náleží množství výskytu jasových elementů objektů a druhý odpovídá výskytu jasových

úrovní pozadí. Výskyty hodnot mezi oběma vrcholy nejsou v obraze tolik časté, je tedy zřejmé, že odpovídají hraničním jasům mezi objekty a pozadím. Výsledný práh by měl splňovat požadavek minimální segmentační chyby.

Práh segmentace pro oddělení objektu od pozadí se tedy určí jako nejméně četná hodnota jasu mezi dvěmi vzdálenými maximy. Pro vícevrcholový histogram (multimodální) lze určit více prahů, a to vždy mezi dvěma maximy.

Určení prahu je efektivní, jen když jsou objekty jasově odlišné od pozadí. Pokud ovšem mají pozadí a objekty podobné jasové úrovně, potom práh určený z histogramu nemusí být vůbec správný.



Obr. 4 Bimodální histogram

4.3.3.2 Procentní prahování

Jestliže předem víme kolik procent plochy obrazu zakrývají objekty např. jestliže potřebujeme prahovat stránku pokrytou textem, tak můžeme nastavit prahování tak, aby jen tolik procent obrazových bodů mělo barvu objektů a zbytek barvu pozadí.

4.4 SEGMENTACE NA ZÁKLADĚ DETEKCE HRAN

Jednou ze skupin možností segmentační metody je segmentace založená na určování hran v obraze. Tento druh segmentace byl jedním z historicky prvních a dnes jedním z nejpoužívanějších segmentačních postupů. Tento druh segmentace vychází z předpokladu, že hranice oblastí obrazu omezují hrany, které

jsou v obraze nalezeny některým z hranových operátorů. Nalezené hrany označují v obraze místo, kde dochází k nespojitosti např. v jasu nebo barvě. Obraz, který vznikne po použití hranových operátorů, je pro další práci téměř nepoužitelný, musí tedy po nalezení hran projít dalším zpracování obrazu a pospojovat hrany do řetězců, aby odpovídali hranicím objektů.

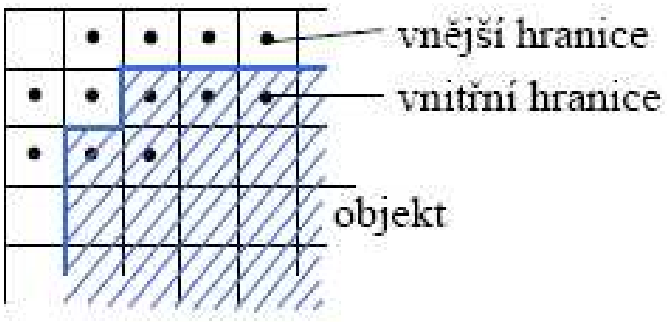
Největším a nejčastějším problémem hranové segmentace je výskyt hran tam, kde ve skutečnosti nejsou, a zároveň absence hran tam, kde ve skutečnosti jsou. Tyto poruchy jsou nejčastěji způsobeny šumem.

4.4.1 Prahování obrazu hran

Po vytvoření obrazu je jen málo míst s nulovou velikostí hran. Malé hodnoty velikosti hrany odpovídají mimo jiné i nepatrným změnám jasu vlivem šumu při digitalizaci. Metoda prahování obrazu hran potlačí malé a nevýrazné hrany a ponechá pouze významné hrany. Zvolí-li se větší hodnota prahu, podílejí se na výsledném obraze pouze významnější hranice. Hodnotu prahu lze určit třeba pomocí procentního prahování. Při absenci šumu může mít tato metoda velice dobré výsledky. Pro další zpracování je možné ještě například vypustit všechny hranice, které nesplňují určitou délku.

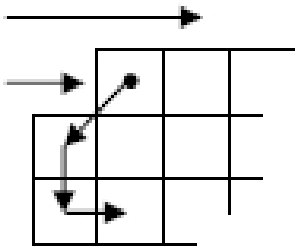
4.4.2 Sledování hranice

Používá se v případě, že není znám tvar hranice, ale jsou určeny oblasti v obraze. Cílem je určení vnitřní nebo vnější hranice.



Obr. 5 Určení hranic objektu

Postupuje se tak, že procházíme obraz po řádcích, dokud nenalezneme obrazový element následující oblasti. Dále postupujeme tak, že procházíme body, které jsou součástí hranice.



Obr. 6 Postup hledání obrazových elementů

4.4.3 Vyhledávání hranice pomocí Houghovy transformace

Tato metoda se používá v případě, že obraz obsahuje předměty, jejichž tvar je předem znám. Příkladem může být vyhledávání malých kruhových nádorů na rentgenovém snímku plic nebo vyhledávání specifických útvarů z leteckých a družicových snímků. Jedním z řešení je posouvat masku odpovídající známým a hledaným předmětům v obraze a zjišťovat vzájemnou korelaci obrazu a masky. Definovaná maska se však často dosti liší od skutečnosti zachycené na obraze, protože předmět bývá zkreslen, otočen, zvětšen nebo zmenšen.

Původní Houghova transformace byla navržena pro detekci přímek. Nejvýznamnější výhodou Haughovy transformace je necitlivost segmentace na nedokonalá data a šum.

4.5 SEGMENTACE SROVNÁVÁNÍ SE VZOREM

Dalším druhem segmentace je vyhledávání známých objektů v obraze pomocí srovnávání se vzorem. Mimo hledání objektů můžeme metodu srovnávání se vzorem použít i pro stereoskopické určování vlastností objektů scény, jestliže máme dva obrazy jedné scény focené z jiných míst. Stejně je možné určovat pohyb objektů z obrazu v různých časových okamžicích, např. rychlost pohybu auta na silnici, mraků na obloze atd. Z prvního snímku se určí hledaný objekt a pomocí vhodného prohledávání se určí stejný objekt v dalších snímcích.

4.5.1 Testování souhlasu s obrazem

Tento druh segmentace by byl velice jednoduchý, kdybychom si byli jistí, že ve zpracovávaném obraze můžeme čekat přesnou kopii hledaného vzoru. V reálných situacích je ale většinou obraz nějakou částí porušen oproti vzoru, ať už to je kvůli přítomnosti šumu nebo geometrickým zkreslením apod. Proto při hledání nehledáme absolutní souhlas se vzorem, ale jen maximum vhodného kritéria, tzv. míru souhlasu. Možností, jak definovat míru souhlasu obrazu se vzorem, je řada. Obecnou mírou souhlasu je vzájemná korelace. Jestliže označíme zpracovávaný obraz *f*, hledaný vzor *h* a množinu všech obrazových elementů *V*. Následující vztahy mají vlastnosti metriky a jsou vhodnými mírami souhlasu obrazu *f* a *h* umístěného v poloze (*u*,*v*) obrazu *f*.

$$C_{1(u,v)} = \frac{1}{\max\limits_{(i,j)\in V} \left| f(i+u, j+v) - h(i,j) \right|}$$

$$C_{2(u,v)} = \frac{1}{\sum\limits_{(i,j)\in V} \left| f(i+u, j+v) - h(i,j) \right|}$$

$$C_{3(u,v)} = \frac{1}{\sum\limits_{(i,j)\in V} \left[f(i+u, j+v) - h(i,j) \right]^2}$$

Můžeme-li požít algoritmus Fourierovy transformace, lze ke srovnání použít konvolučního teorému a pro výpočet vzájemné korelace obrazu *f* a vzoru *h* spočítat součin Fourierových obrazů *F* a *H* a následně převézt zpětnou transformaci výsledku.

4.5.2 Řídící strategie procesu srovnávání

Segmentace srovnávání se vzorem najde v obraze všechna místa, kde se nacházejí kopie hledaného objektu (vzoru). Kopie se musí shodovat se vzorem jak ve velikosti a natočení, tak i jeho geometrické zkreslení musí být malé. Abychom mohli srovnávat s různě natočenými objekty nebo s objekty se změněnou velikostí, museli bychom vytvořit vzor pro každé možné natočení nebo pro jakoukoliv jinou velikost. Segmentace srovnávání se vzorem je vždy velice časově náročná, a to i když nedochází ke geometrickým zkreslením nebo natočením.

Při výpočtu míry souhlasu vzoru s obrazem je třeba zjistit nesouhlas co nejdříve, protože většina pokusů končí nesouhlasem. Třeba u C_2 nebo C_3 je potřeba ukončit testování pozice, jakmile hodnota jmenovatele překročí danou mez.

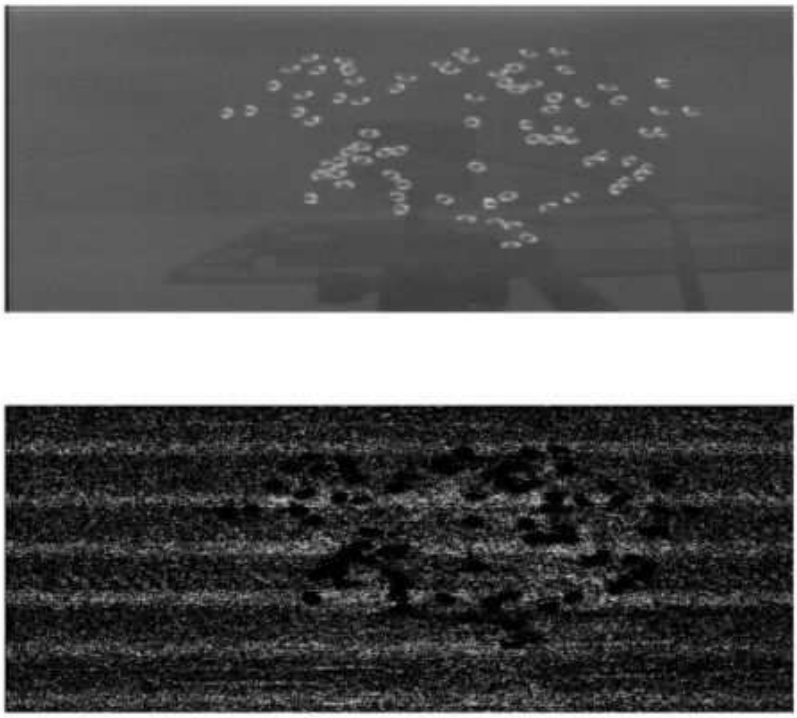
5. DRUHY OSVĚTLENÍ

Tato kapitola řeší výběr vhodného osvětlení pro získání použitelných snímků.

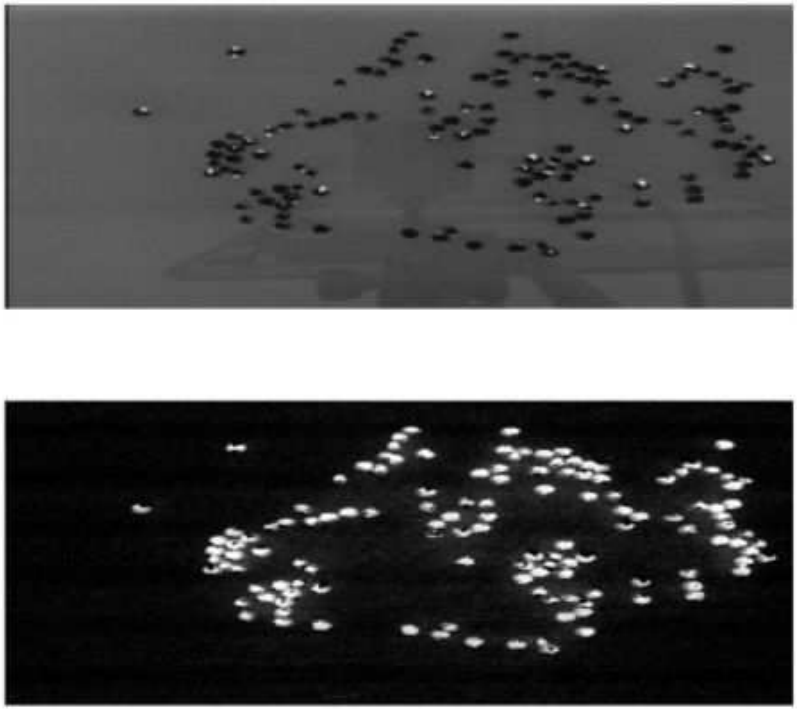
Při potřebě získání snímku vhodných pro další zpracování je velice důležité, jaké a jak intenzivní osvětlení snímané scény použijeme. Při špatném osvětlení není někdy možné z pořízeného snímku získat potřebné informace pro následné zpracování a dosažení kvalitních výsledků.

Na následujících stránkách jsou uvedeny vždy tři dvojice snímků, ke každému druhu osvětlení vždy jedna dvojice. První snímek zobrazuje samotný vyfocený obraz scény a druhý zobrazuje snímek po odečtení obrazu od pozadí a zvýraznění funkcí imadjust (je popsáno v kapitole 5). Každá dvojice snímků zastupuje jeden druh kamenů. Na první dvojici snímků jsou vždy kameny z první fáze fotek, tedy kameny z čirého skla ve tvaru dvou jehlanů umístěných proti sobě, na druhé dvojici snímků kameny z druhé fáze, tedy kameny zhotoveny také z čirého skla, ale jedna ze stran je zbroušena, a na třetí dvojici kameny z třetí fáze, které mají stejný tvar jako kameny z fáze 2, ale jsou pokoveny.

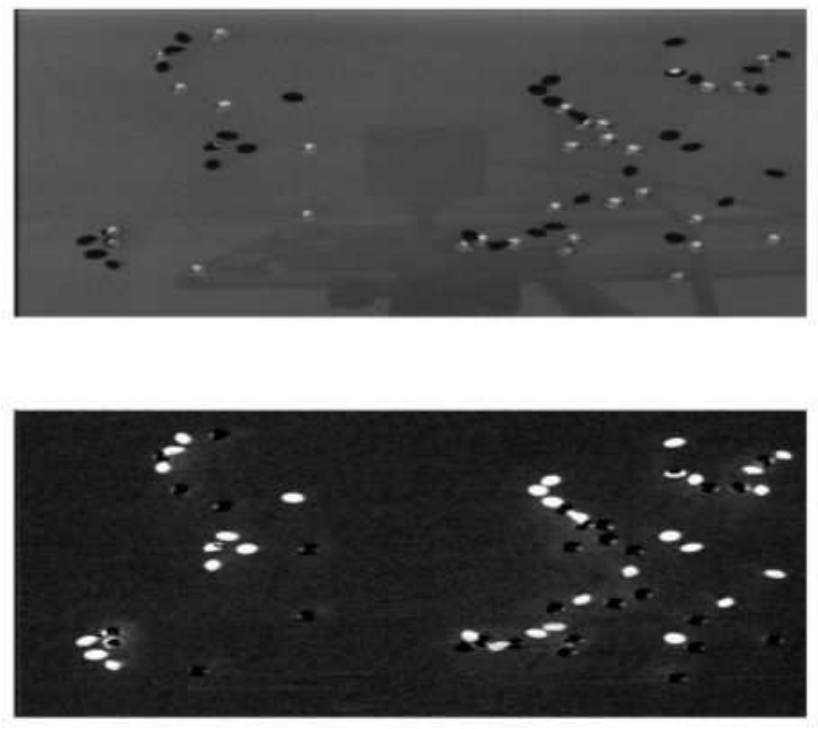
5.1 BEZ ZVLÁŠTNÍHO SVĚTLA



Obr. 7 Snímaná scéna bez přisvícení, kamínky fáze 1



Obr. 8 Snímaná scéna bez přisvícení, kamínky fáze 2

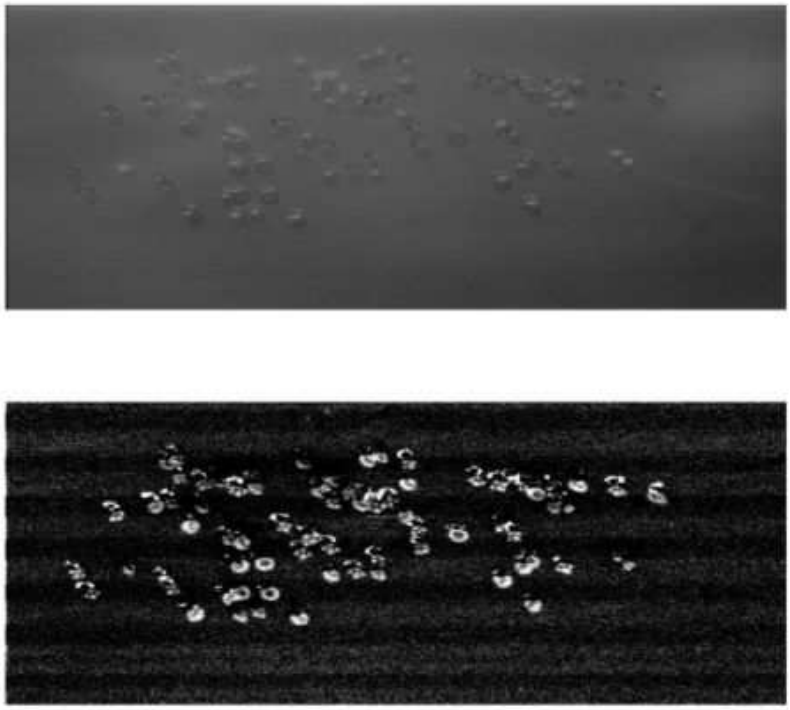


Obr. 9 Snímaná scéna bez přisvícení, kamínky fáze 3

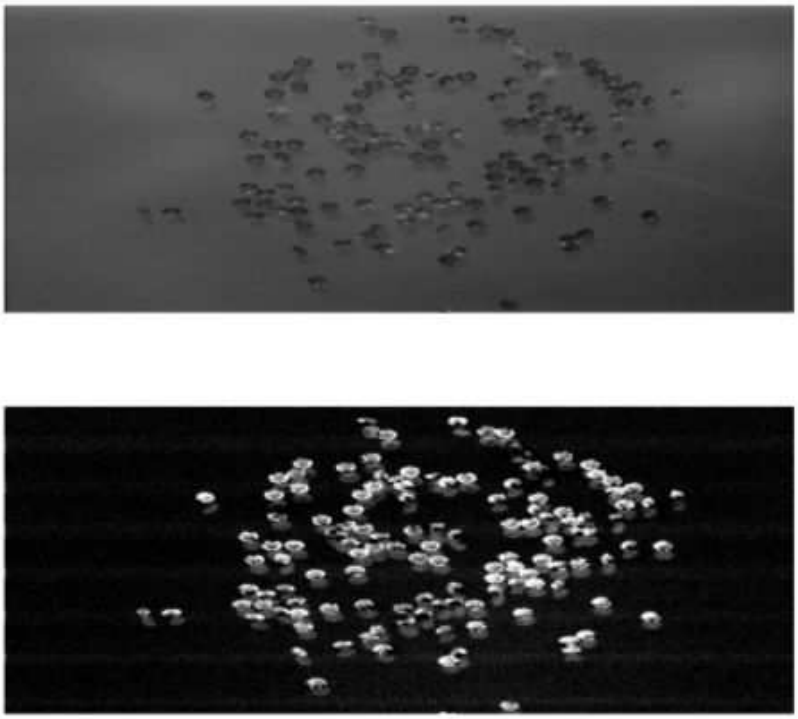
Bez použití přídavného světla je vidět, že za prvé na samotné scéně se odráží snímací zařízení a za druhé kameny na snímku, zvlášť to je vidět na snímcích první fáze kamenů, nejsou dostatečně jasné a odlišné od pozadí. Proto použití funkce imadjust způsobí zvýraznění jak kamenů, tak i šumu který nebyl zcela odstraněn odečítáním od pozadí.

Na obrázku 7 je dokonce vidět, že kameny jsou světlejší než pozadí, a pokud odečteme snímek od pozadí, vznikne nám na místech kamenů místo bez jakéhokoliv jasu.

5.2 ŽÁROVKA



Obr. 10 Snímaná scéna přisvícená žárovkou, kamínky fáze 1



Obr. 11 Snímaná scéna přisvícená žárovkou, kamínky fáze 2

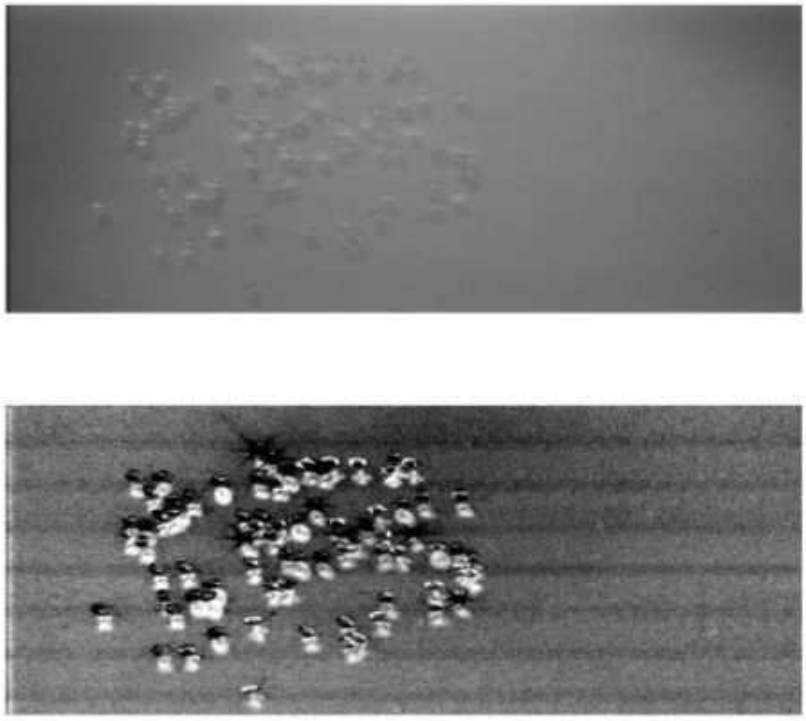
Obr. 12 Snímaná scéna přisvícená žárovkou, kamínky fáze 3

Na tyto snímky byla použita jako zdroj světla jedna žárovka umístěná před snímacím zařízením.

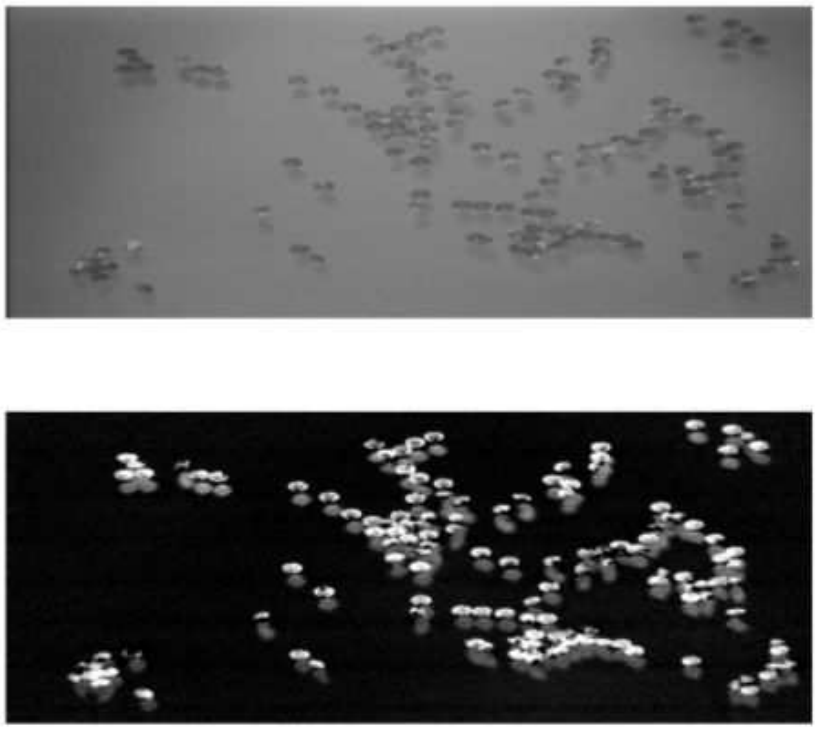
Použití žárovky pro osvícení snímané scény sice odstraní odraz snímacího zařízení, ale zároveň odraz světla od kamenů z čirého skla (fáze 1 a 2) je velice nejasný a pro automatické zpracování tudíž nepoužitelný. Třetí fáze kamenů je sice dostatečně zvýrazněná, ale umístění světla způsobuje, že tyto kameny vytváří stín, který program nedokáže odlišit od kamenů.

Stín by se nevytvářel, pokud by byla žárovka umístěna přesně v místě kamery, ale to je nerealizovatelné.

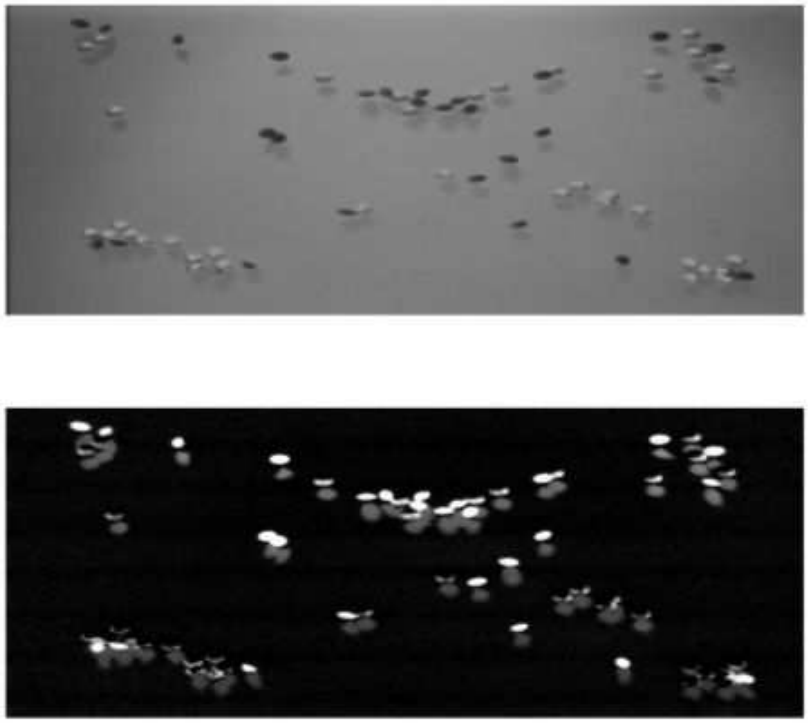
5.3 HALOGENOVÁ ŽÁROVKA



Obr. 13 Snímaná scéna přisvícená halogenovou žárovkou, kamínky fáze 1



Obr. 14 Snímaná scéna přisvícená halogenovou žárovkou, kamínky fáze 2

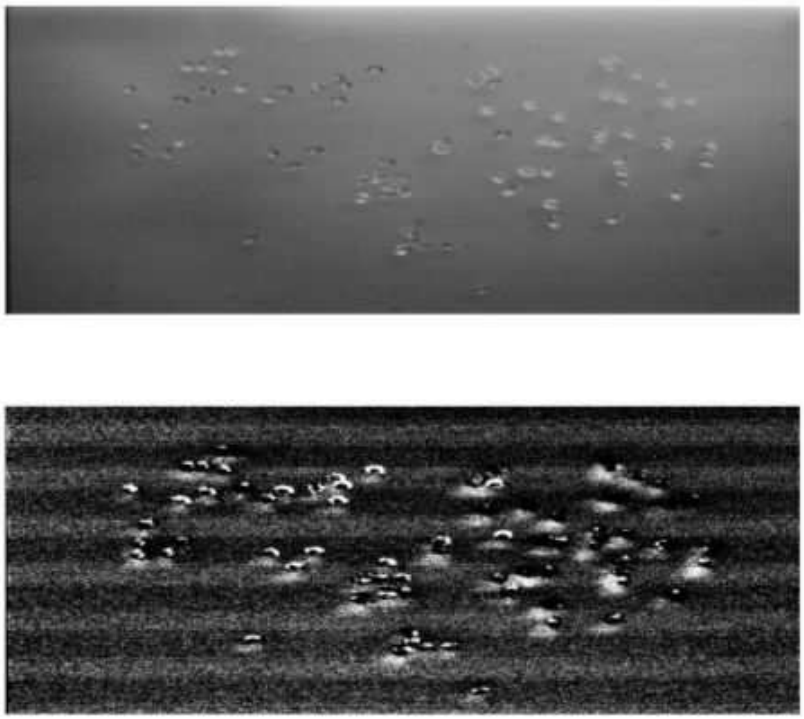


Obr. 15 Snímaná scéna přisvícená halogenovou žárovkou, kamínky fáze 3

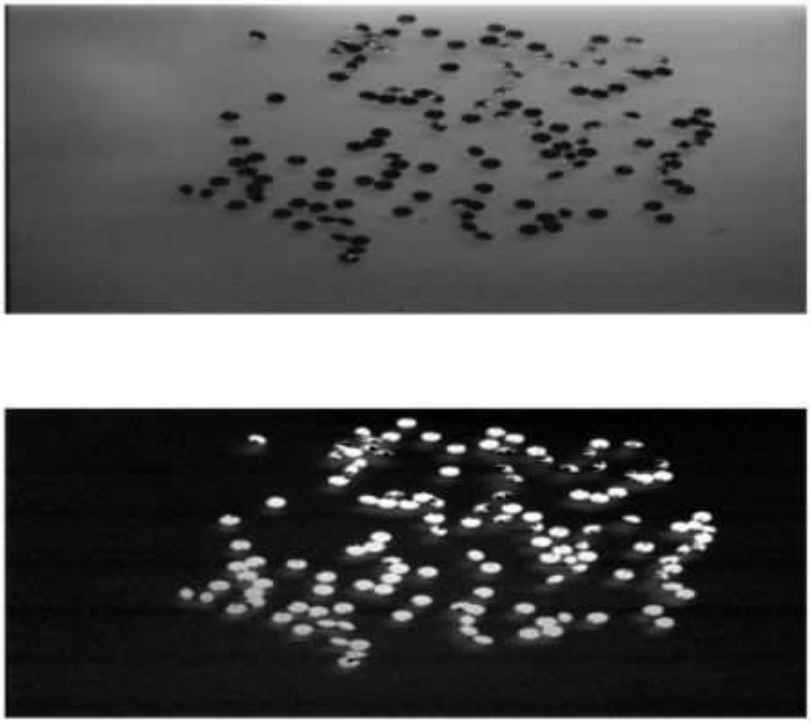
Pokud by byla použita pro osvícení halogenová žárovka umístěná ve stejném místě, v jakém byla umístěna obyčejná žárovka v předchozím případě, způsobila by, že kameny z fáze jedna by vytvořili stín, který by program byl schopen rozeznat, ale zároveň toto osvětlení způsobí, že se zvýrazní šum v obraze, který by znemožňoval analýzu snímku.

Na druhé a třetí dvojici snímků je vidět, že kameny jsou sice dostatečně zvýrazněné, ale zároveň je zvýrazněn stín, který kameny vrhají.

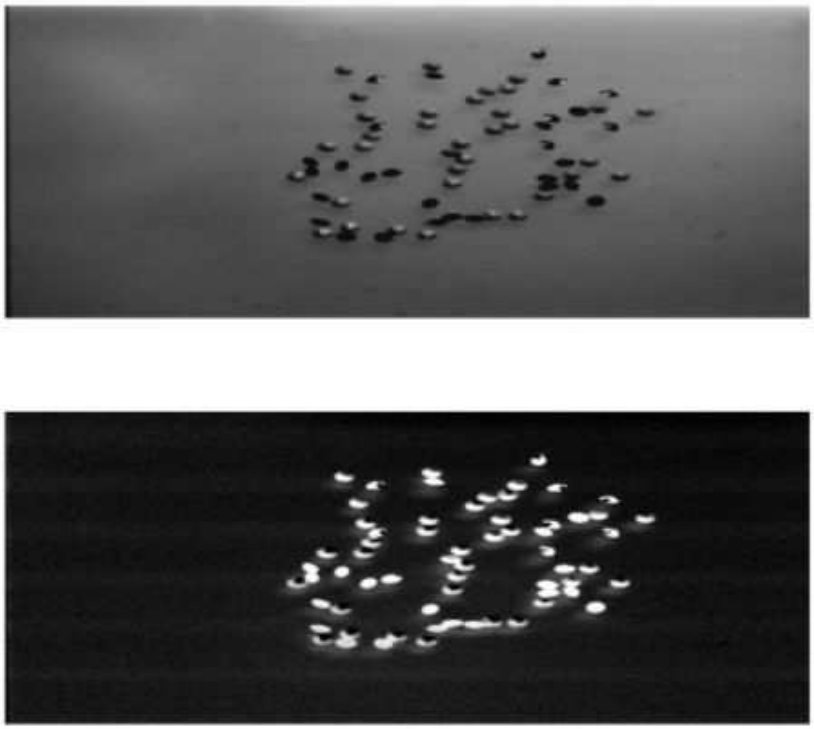
5.4 ZÁŘIVKA



Obr. 16 Snímaná scéna přisvícená zářivkou, kamínky fáze 1



Obr. 17 Snímaná scéna přisvícená zářivkou, kamínky fáze 2

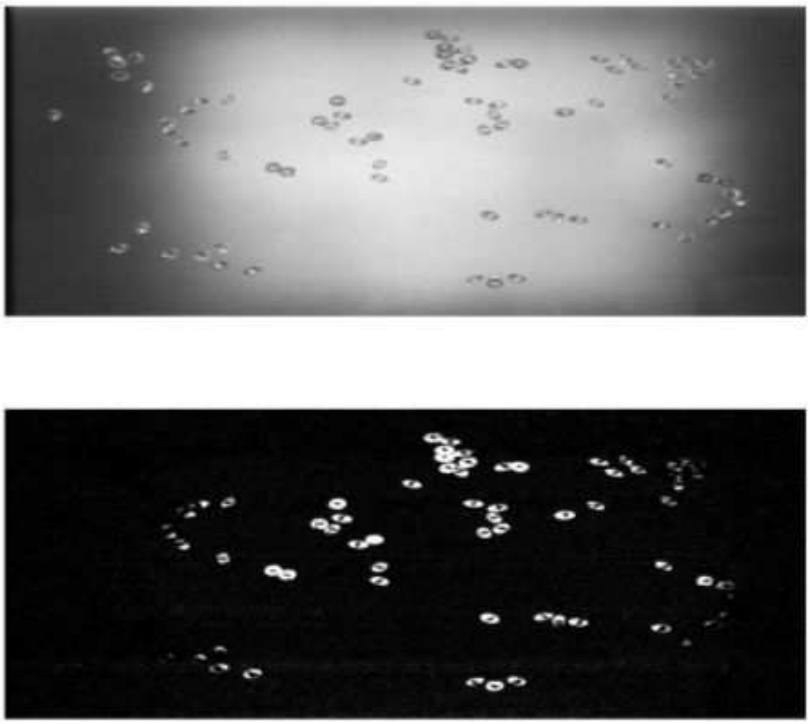


Obr. 18 Snímaná scéna přisvícená zářivkou, kamínky fáze 3

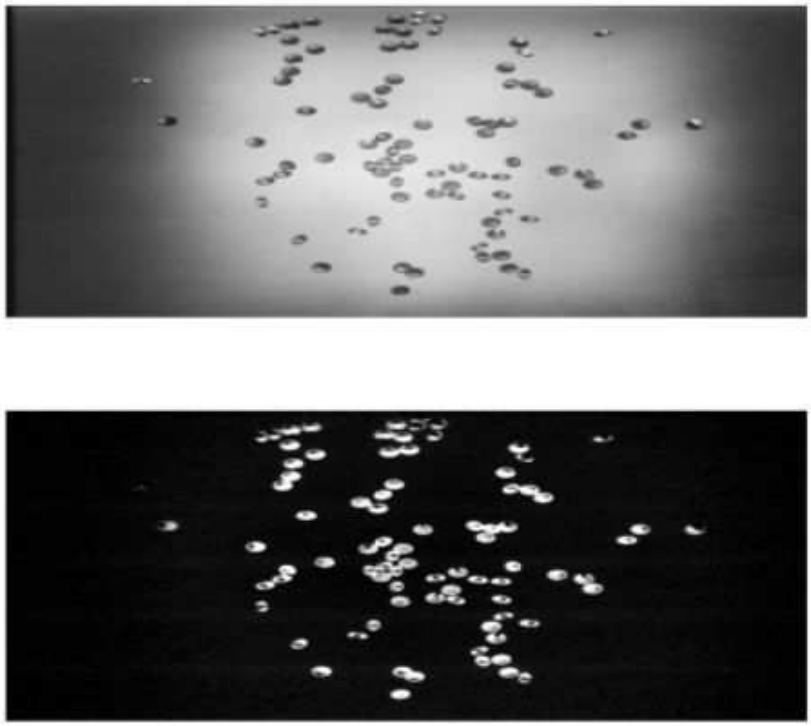
V tomto případě je umístěna zářivka nad snímací plochou ve stejné výšce a vodorovně se snímací kamerou.

Toto osvětlení by bylo postačující pro snímky z fáze 2 a 3, které jsou dostatečně zvýrazněny a šum v obraze je zastoupen v malé míře. Snímky z fáze 1 jsou bohužel opět nevýrazné. V obraze se tudíž po zjasnění funkcí imadjust objeví výrazný šum.

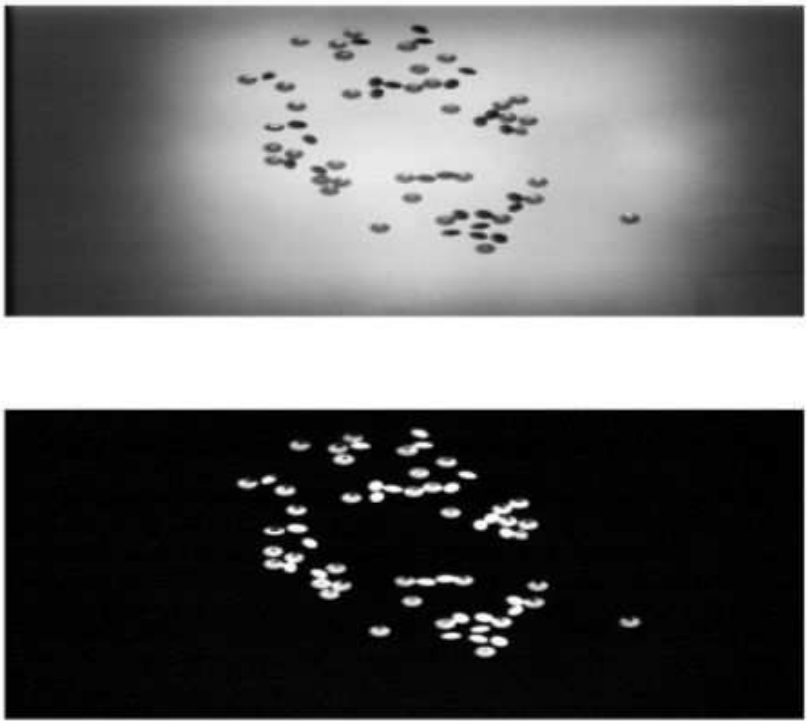
5.5 INFRAČERVENÉ ZÁŘENÍ



Obr. 19 Snímaná scéna přisvícená infračerveným zářením, kamínky fáze 1



Obr. 20 Snímaná scéna přisvícená infračerveným zářením, kamínky fáze 2



Obr. 21 Snímaná scéna přisvícená infračerveným zářením, kamínky fáze 3

Zdroj infračerveného záření je umístěn pod snímací scénou. Je tvořen polem infračervených diod.

Při zvýšení intenzity tohoto záření se snižuje necitlivost krajních míst, ale zároveň se snižuje kontrastní rozdíl barvy kamenů a pozadí, což snižuje úspěšnost určování počtu kamenů ve snímku.

Jak je vidět na snímcích, toto osvětlení je nejvýhodnější ze všech zmíněných, neboť u všech typů kamenů je velký rozdíl mezi jejich barvou a barvou pozadí. Proto po použití funkce pro zvýšení intenzity obrázku jsou zřetelné převážně kameny a šum je zastoupený jen v minimální míře.

6. POPIS FUNKCE PROGRAMU

Program, který dokáže automaticky spočítat množství kamenů přítomných na snímku, pracuje na principu počítání obsahů kamenů. Pro vytvoření programu jsem využil programového prostředí Matlab, protože má dostatek předdefinovaných funkcí, které velice usnadní vývoj programu.

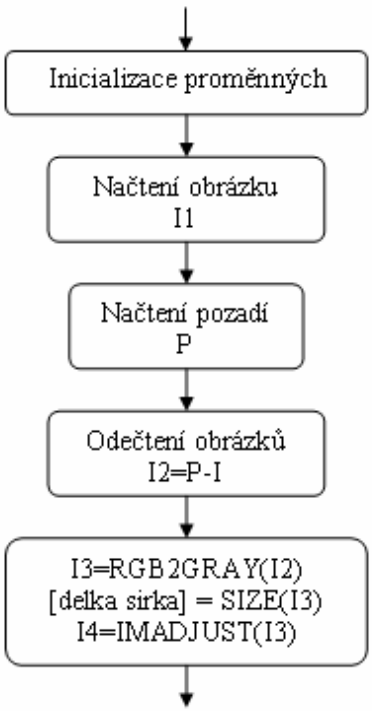
6.1 PŘEDZPRACOVÁNÍ SNÍMKU

Na začátku programu je potřeba načíst snímek s kamínky (I) a snímek pozadí (P), který byl snímán za přesně stejných podmínek jako první snímek, jen s absencí kamínků. Je to nutné z důvodu nehomogenity snímané scény. Po vzájemném odečtení dostaneme obrázek nezávislý na nerovnoměrném osvětlení a nepřesnosti snímacího zařízení.

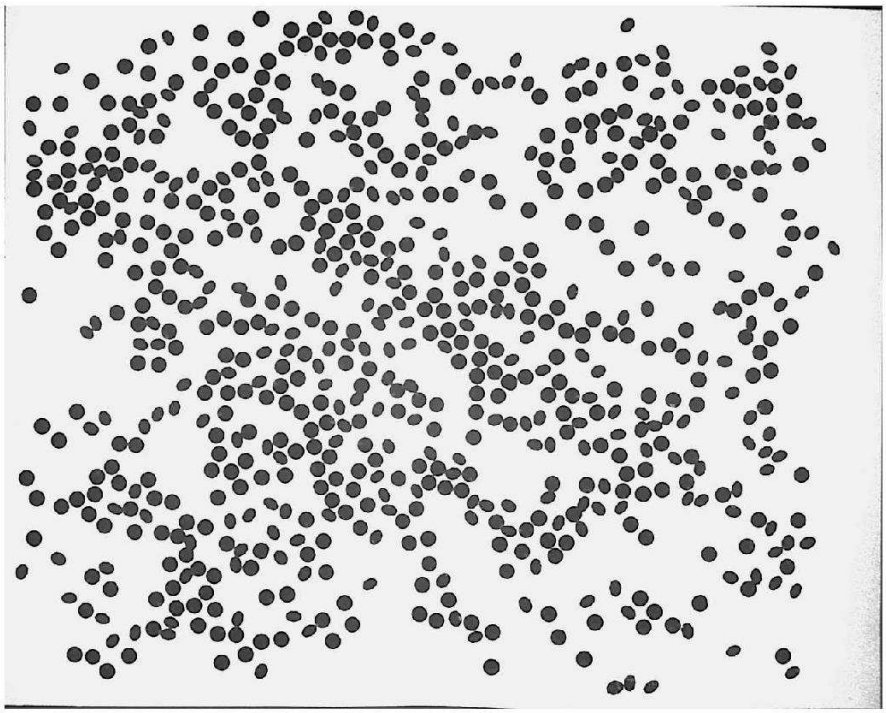
Dále musí být obrázek převeden z RGB modulu do odstínů šedi, se kterým se bude jednodušeji pracovat.

Pro další práci je také potřeba znát rozměry zpracovávaného obrázku, které se zjistí pomocí integrované funkce size.

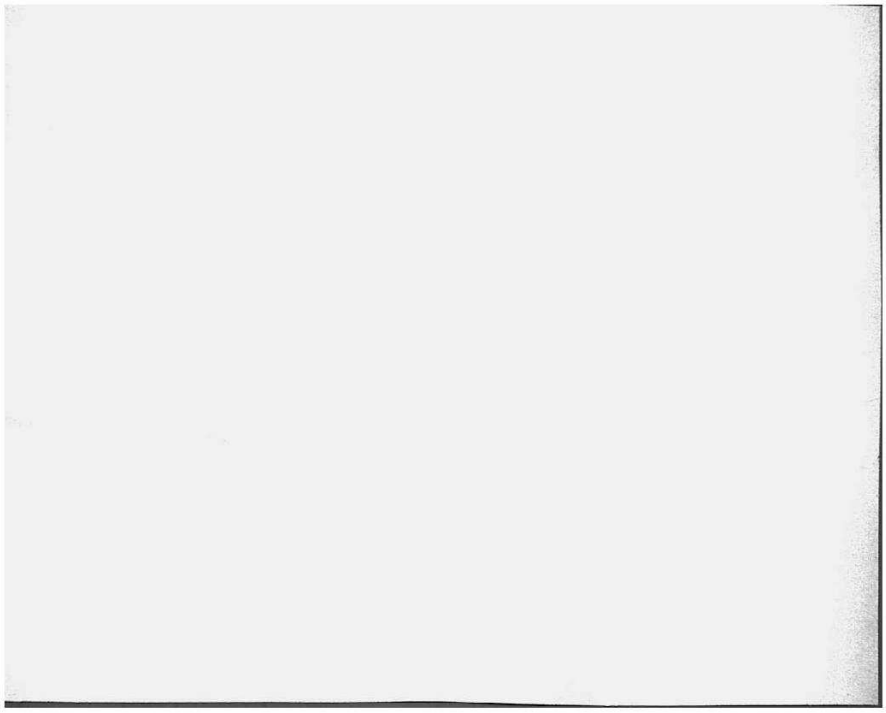
Po převedení obrázku z RGB modulu do odstínů šedi je použita funkce imajdust, která zjasní světlé body a tmavé body naopak ještě více ztmaví. Tato funkce tedy provede velice důležitou operaci, ve které se zvýrazní hledané objekty.



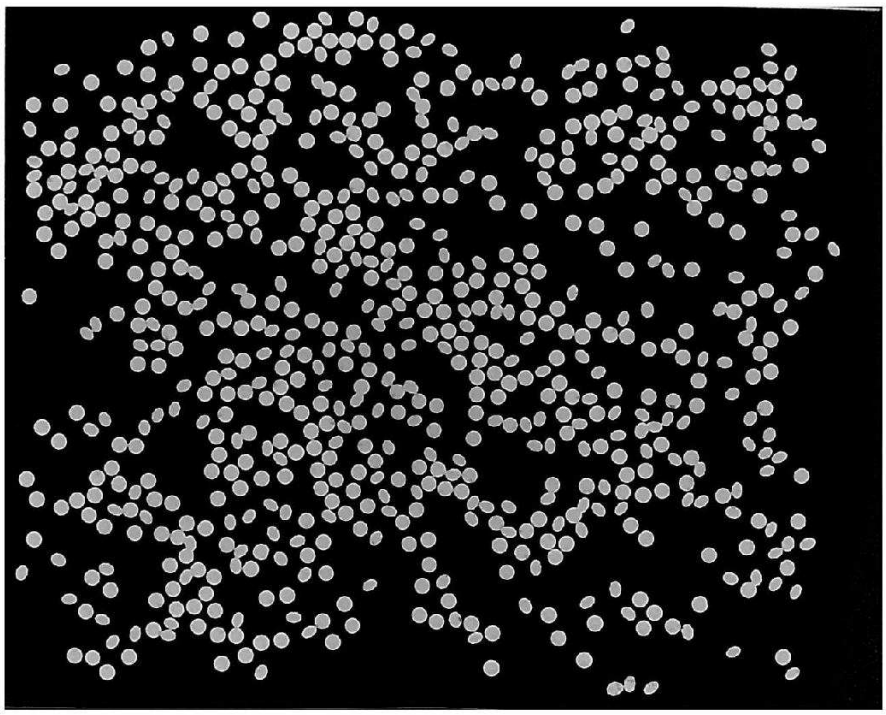
Obr. 22 Vývojový diagram 1



Obr. 23 Původní snímek



Obr. 24 Snímek pozadí

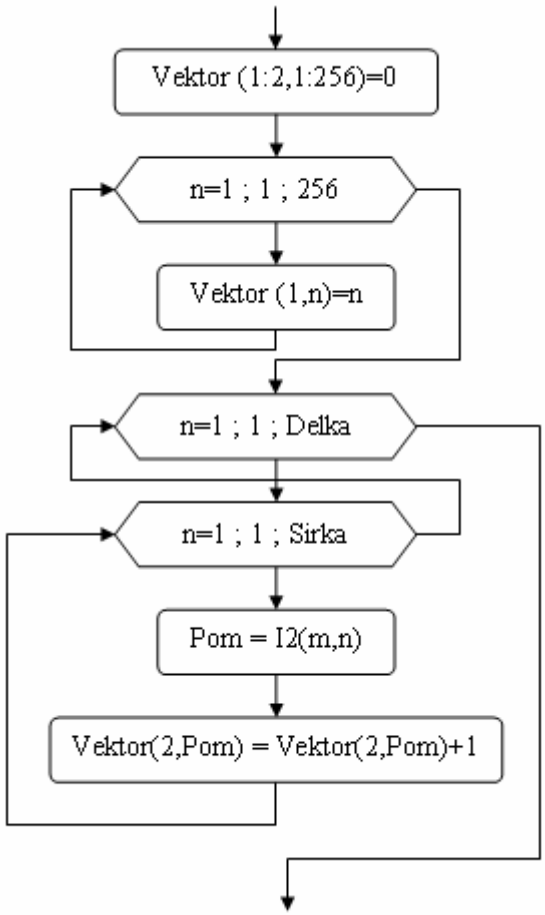


Obr. 25 Snímek s odečteným pozadím

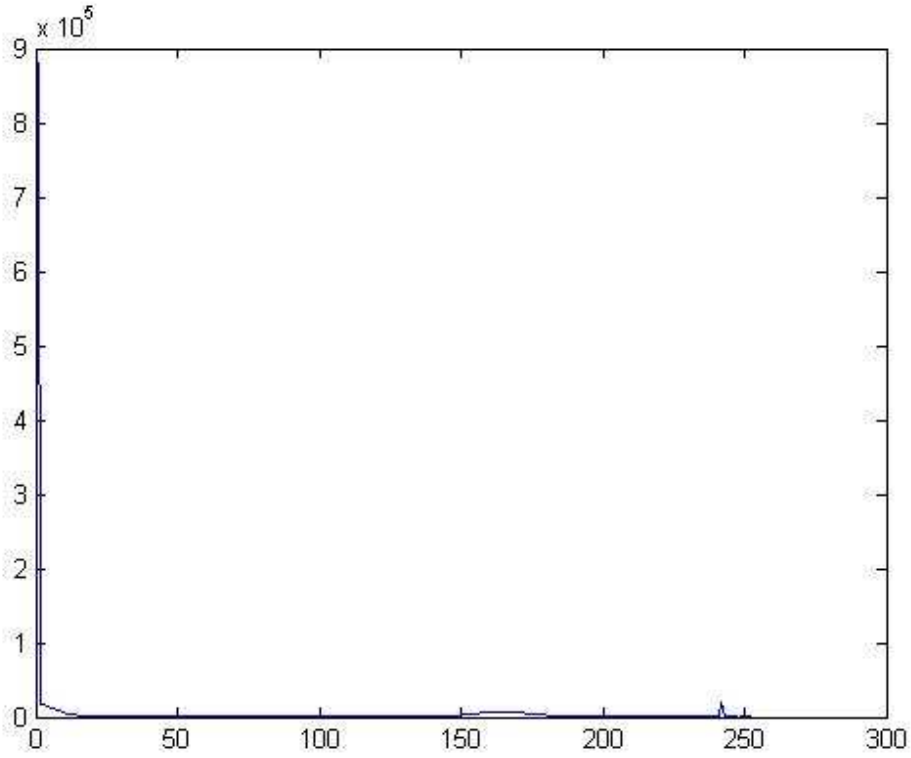
6.2 URČENÍ PRAHU

Pro další práci s obrázkem je potřeba určit hodnota prahu, se kterou bude následně pracováno. Hodnota prahu se určí z histogramu, tedy podle počtu jednotlivých odstínů obsažených v obrázku.

Obrázek musí být procházen bod po bodu a řazen podle barvy odstínu do vektoru s rozsahem hodnot od 0 do 255. Tento rozsah je myšlený pro barevnou hloubku 8 bitů.



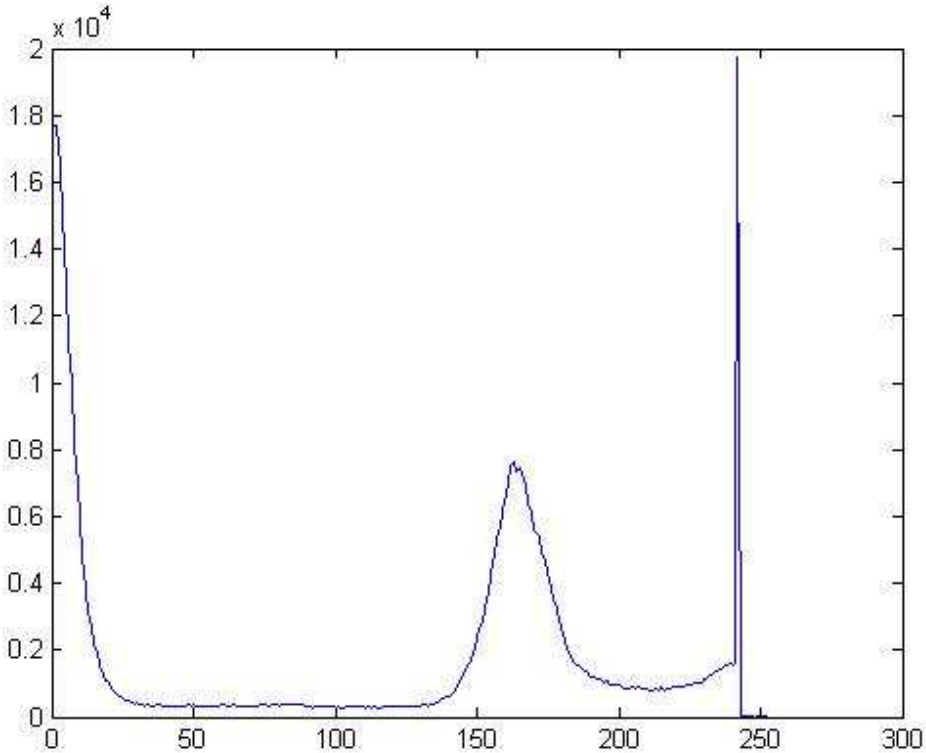
Obr. 26 Vývojový diagram 2



Obr. 27 Graf originálního histogramu

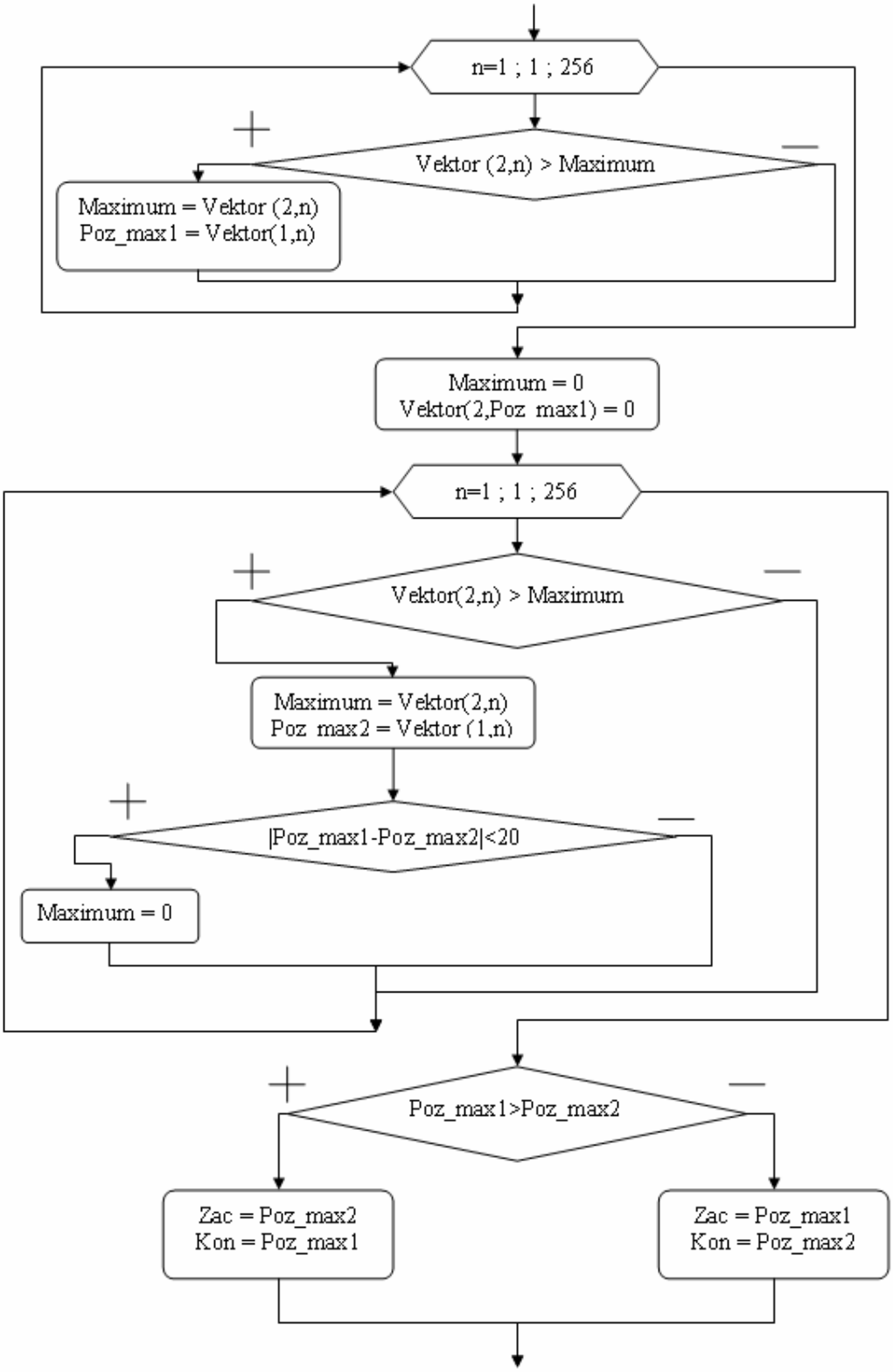
Z tohoto histogramu sice dokáže Matlab určit hodnotu minima, které leží mezi dvěma maximy, ale pouhým okem je tento graf poněkud nepřehledný. Nepřehlednost je způsobena velkým zastoupením černé barvy v obrázku. Problém byl vyřešen přepsáním odstínu černé barvy barvou o jeden odstín světlejší, která už byla zastoupena v přiměřené míře.

Na odečtení prahu z histogramu ovšem tento zásah nemá vliv.



Obr. 28 Graf upraveného histogramu

Práh se určí z vytvořeného histogramu a to tak, že se najde minimum v rozsahu mezi dvěma vzdálenými maximy.



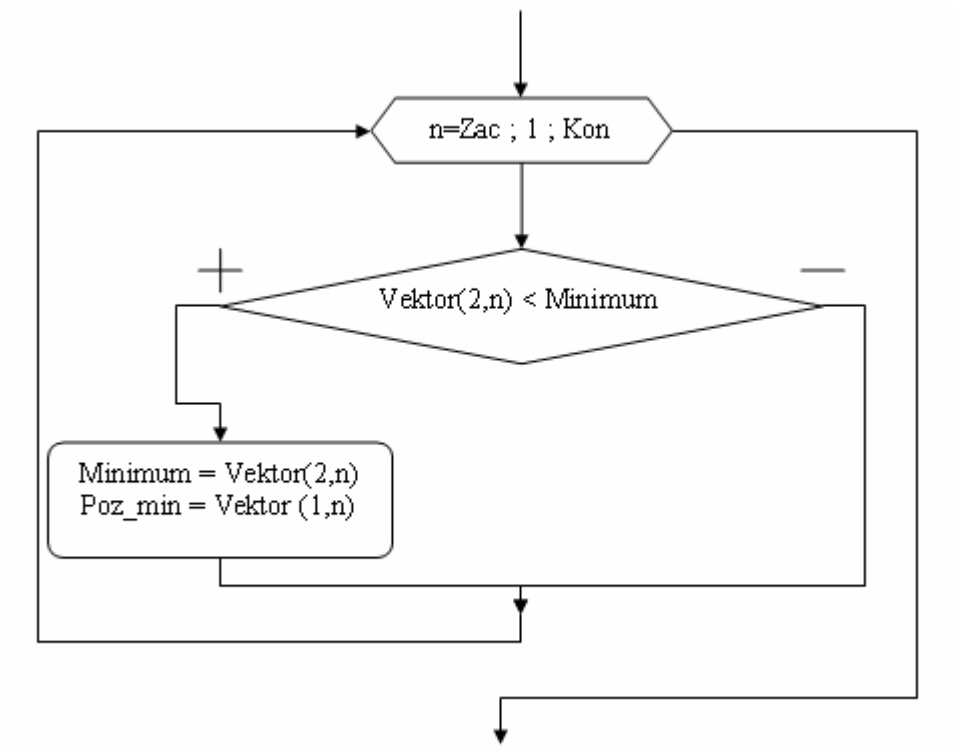
Obr. 29 Vývojový diagram 3

První maximum se najde jednoduše jako největší četnost zastoupení odstínu barvy v histogramu.

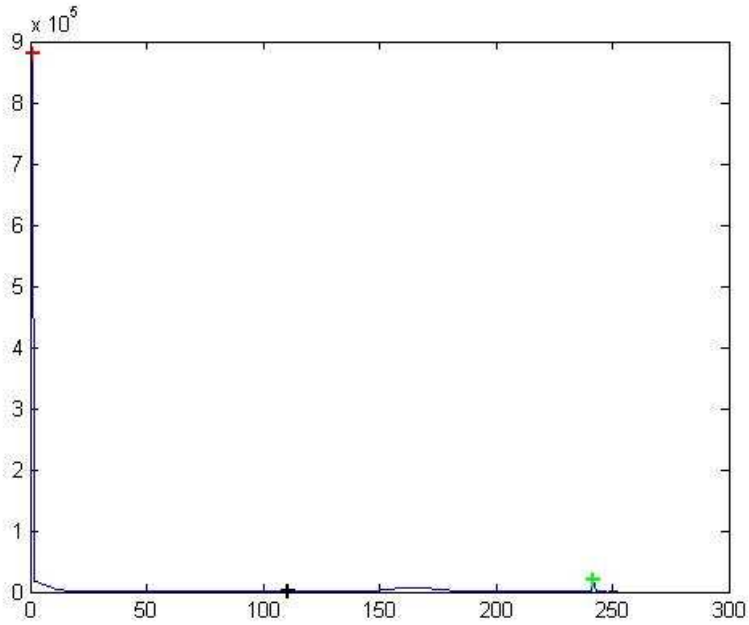
Při hledání druhého maxima musíme nejdříve vynulovat hodnotu prvního maxima, aby nebylo nalezeno identické maximum.

Další podmínkou pro správné nalezení druhého maxima je, aby byla obě maxima od sebe dostatečně vzdálena. Po vyzkoušení jsem došel k závěru, že vzdálenost maxim musí být větší než 20.

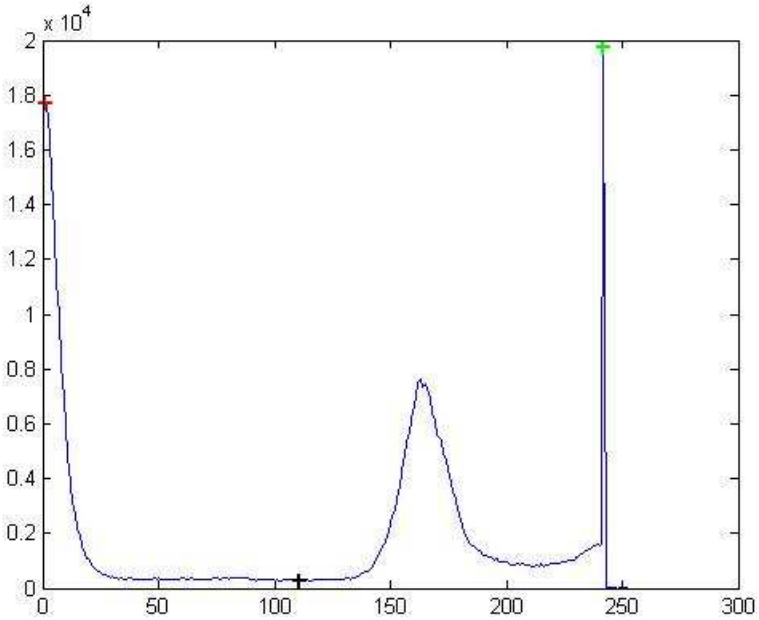
V poslední části tohoto vývojového diagramu porovnávám, která pozice maxima má větší hodnotu, abych mohl určit začátek a konec intervalu, ve kterém mám hledat minimální hodnotu histogramu.



Obr. 30 Vývojový diagram 4

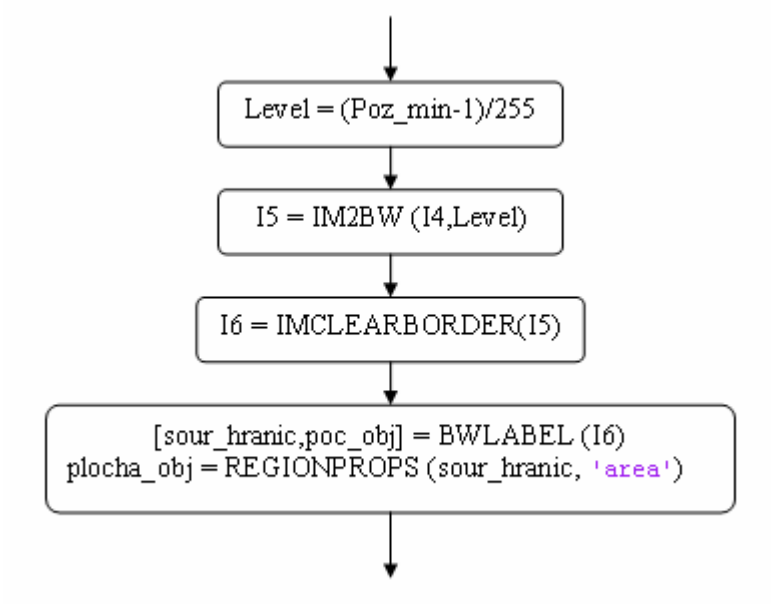


Obr. 31 Graf originálního histogramu s označenými body maxim a minimem



Obr. 32 Graf upraveného histogramu s označenými body maxim a minimem

6.3 SEGMENTACE OBRÁZKU



Obr. 33 Vývojový diagram 5

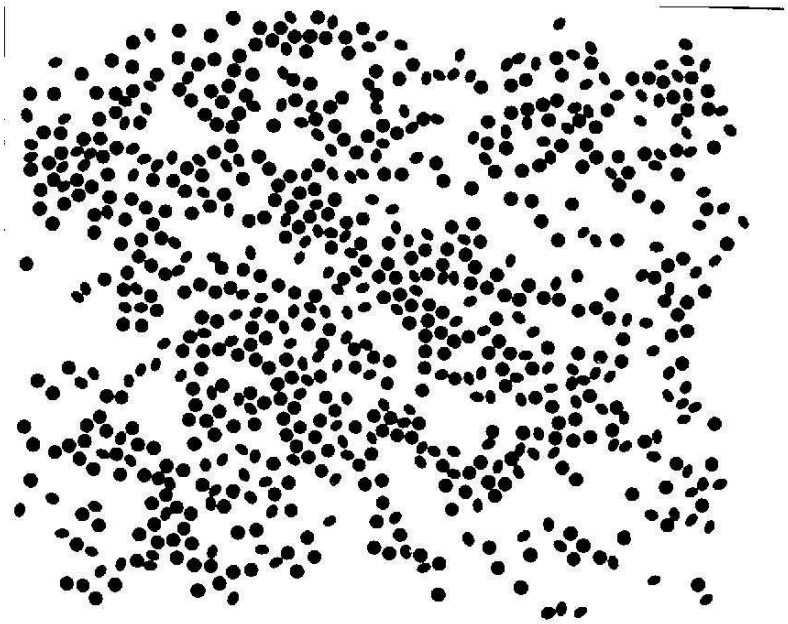
Předchozí určení prahu, jak je vidět na obr. 17, je v rozsahu hodnot od 0 do 255. Pro prahování obrázku pomocí funkce im2bw je potřeba převézt rozsah hodnot do rozmezí 0 až 1.

Proměnná Poz_min může nabývat hodnot 1 až 256, proto je nutné od ní nejprve odečíst hodnotu 1, aby byla možnost po vydělení dosáhnout celého rozsahu hodnot mezi 0 a 1.

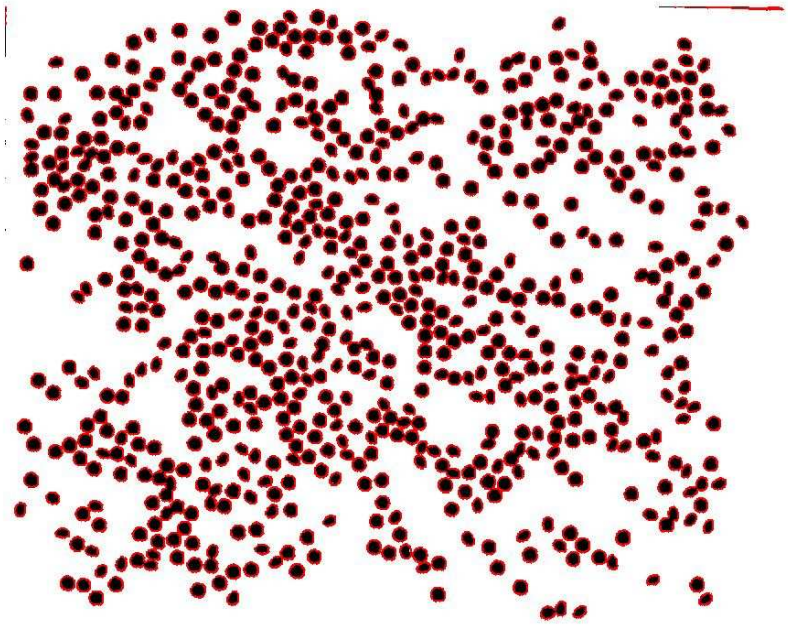
Funkce imclearborder je integrovaná funkce matlabu, která dokáže odstranit objekty v obrázku, které se dotýkají okraje obrázku.

Funkce bwlabel označí hranice objektů a spočítá je.

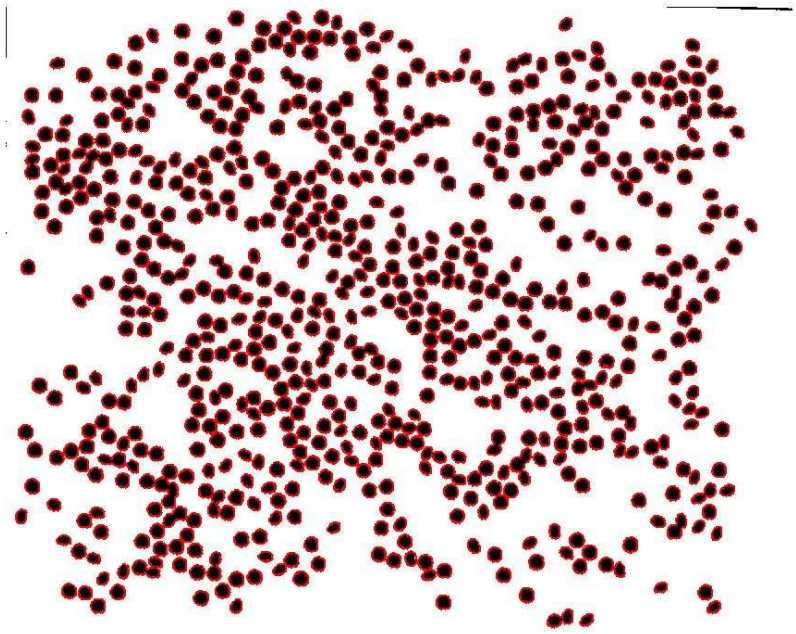
Regionprops spočítá obsah jednotlivých objektů.



Obr. 34 Binární obraz



Obr. 35 Nalezené objekty bez použití funkce imclearborder



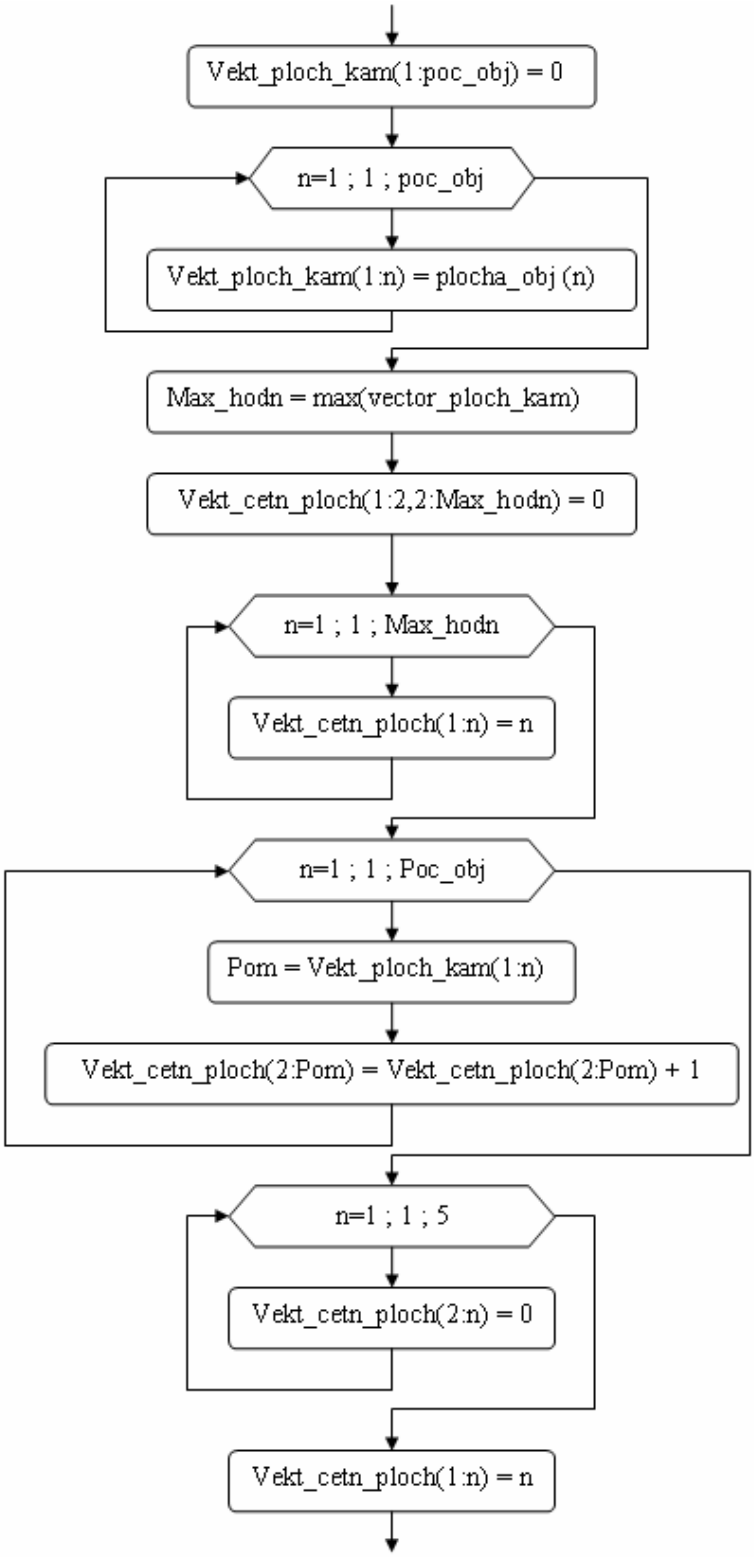
Obr. 36 Nalezené objekty s použitím funkce imclearborder

Na obrázku 34 je vidět výsledek samotné segmentace bez dalšího zpracování. Jediná úprava, která byla na těchto obrázcích provedena kromě zmíněných funkcí, je inverze obrázků.

Obrázek 35 ukazuje objekty, které by byly nalezeny, pokud by nebyla na binární obraz aplikována funkce imclearborder.

V obrázku 36 je vidět, že po použití funkce imclearborder už objekty dotýkající se okraje obrázku nejsou označeny.

6.4 ROZPOZNÁNÍ OBJEKTŮ



Obr. 37 Vývojový diagram 6

Tento program pro vyhledávání kamínků v obrázku může pracovat jen za předpokladu, že všechny kamínky na obrázku mají stejné rozměry a barvu.

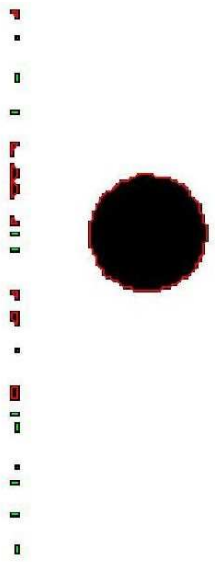
Program pracuje na principu počítání obsahů jednotlivých objektů a na předpokladu, že nejvíce kamínků bude nasnímáno jako samostatné.

Je nutné tedy nejdříve dokázat spočítat obsah jednoho kamene.

Nejprve se zjistí obsah největšího objektu a následně se vytvoří pole hodnot, jehož rozsah bude vymezovat tento objekt. Následně toto pole naplníme četnostmi zastoupení jednotlivých obsahů objektů.

Vyskytují se případy, kdy odečtení obrázku od pozadí, segmentace ani odstranění objektů dotýkajících se okrajů nedokáží odstranit všechen šum. Pokud by součet šumových bodů nepřesahoval součet objektů se stejným obsahem, problém by nenastal. Pokud by ovšem součet šumových bodů přesáhl součet objektů se stejným obsahem, potom by byla průměrná plocha jednoho kamene (bude vysvětleno dále) spočítána špatně.

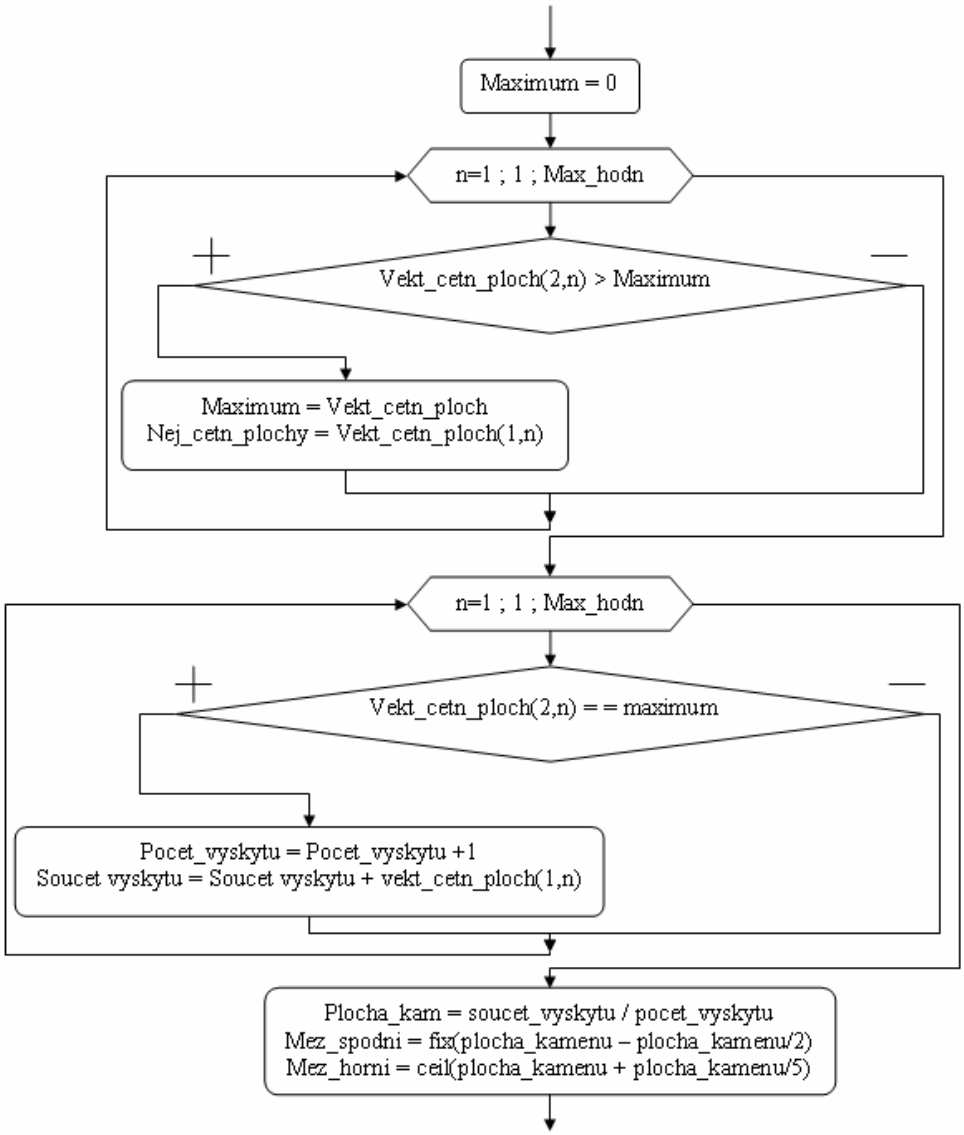
Proto je důležité nepočítat s objekty, které mají malý obsah, protože lze předpokládat, že se jedná o šum.



Obr. 38 Šum

Na obrázku je vidět, že pokud by nebylo předpokládáno, že objekty s malým obsahem jsou šum, mohlo by to ovlivnit výsledek výpočtu řádově ve stovkách.

6.5 URČENÍ PLOCHY KAMENE



Obr. 39 Vývojový diagram 7

Nyní je potřeba stanovit největší počet výskytů jednotlivých obsahů a jejich již zmiňovaný obsah.

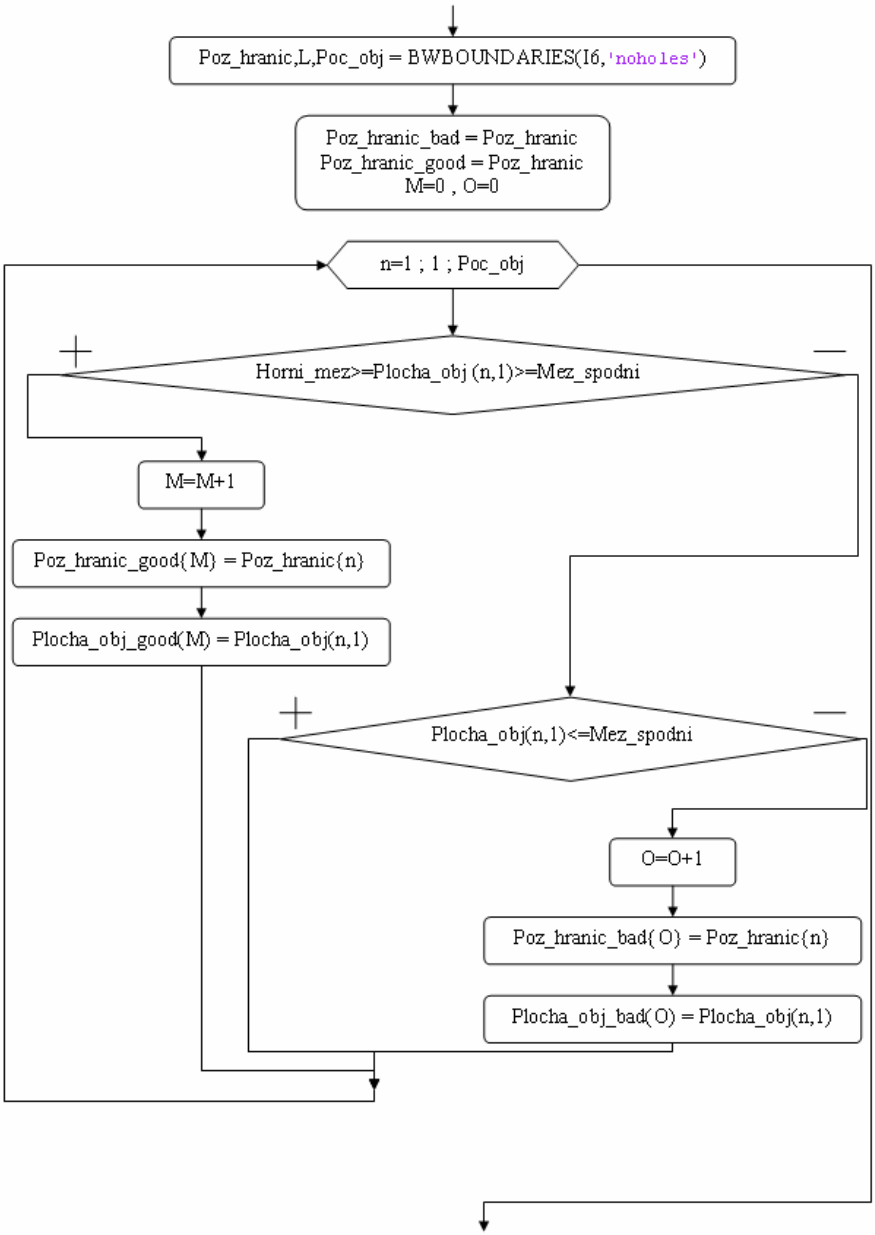
Dále jsem také musel ošetřit možnost, že počet nejčetnějších obsahů bude stejný, proto v dalším cyklu hledám všechny hodnoty, které odpovídají maximální četnosti obsahů a počítám, kolikrát je hodnota zastoupena a kolik činí součet obsahů.

Plocha samotného kamene lze následně spočítat vydělením součtu obsahu kamenů počtem maximálního výskytu obsahů kamenů.

Nyní už stačí pouze určit hranice, která bude vymezovat velikost jednoho kamínku. Spodní mez je omezena plochou kamene, od které je odečtena polovina jeho plochy. Horní mez je omezena plochou kamene, ke které je přičtena pětina jeho plochy.

Hodnoty odečítané nebo přičítané jsem zjistil čistě experimentálně. Hodnota odečítaná od spodní meze je větší kvůli tomu, že při segmentaci se obsahy objektů mohou značně zmenšit, ale zvětšit se nemohou, proto je nutné, aby byl rozdíl spodní meze od spočítané plochy větší než rozdíl horní meze od spočítané plochy.

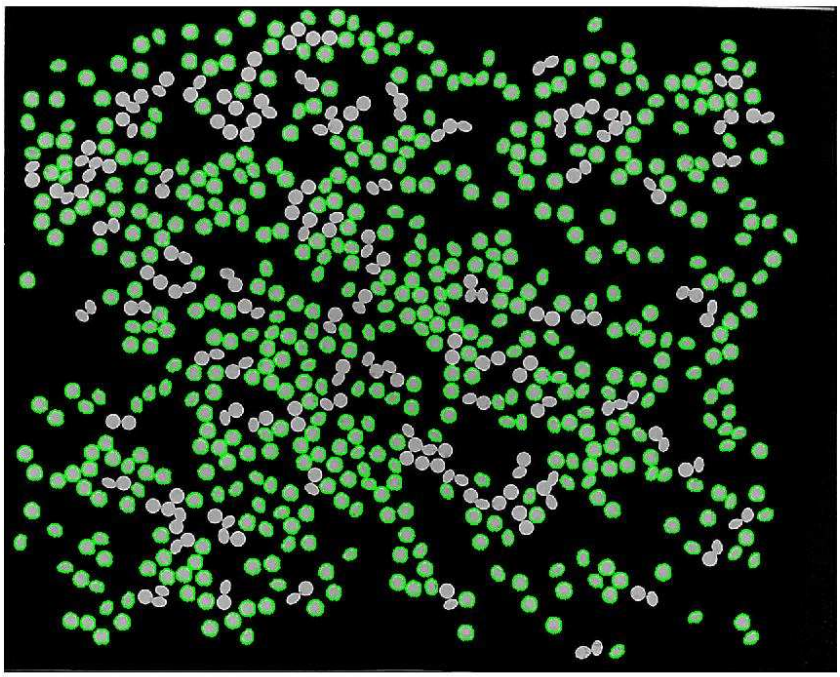
6.6 ROZPOZNÁNÍ KAMENŮ



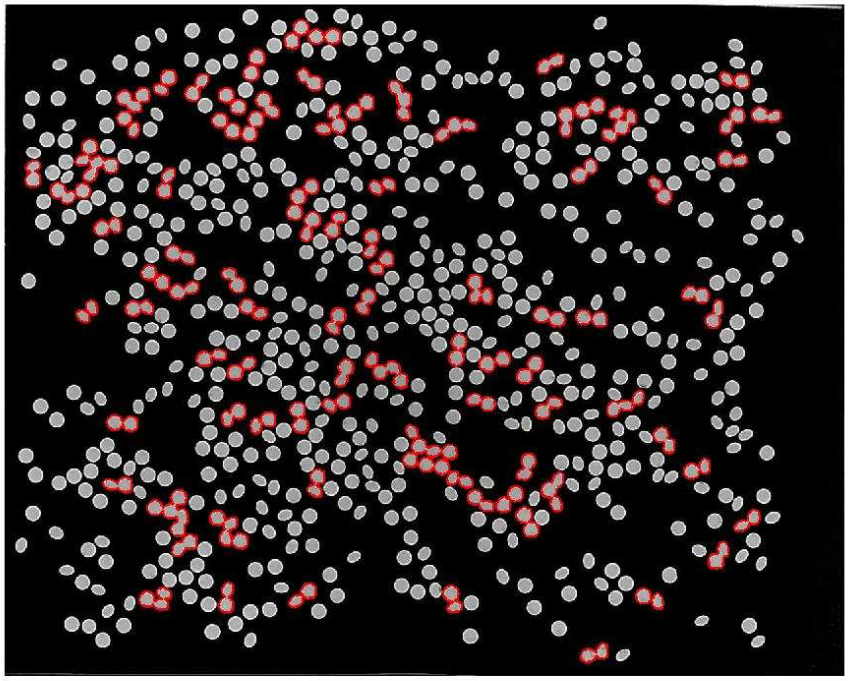
Obr. 40 Vývojový diagram 8

Po určení mezí obsahů kamenů je potřeba roztřídit objekty v obrázku na ty, které tvoří samostatné kameny, kameny ve shluku a na šum v obraze.

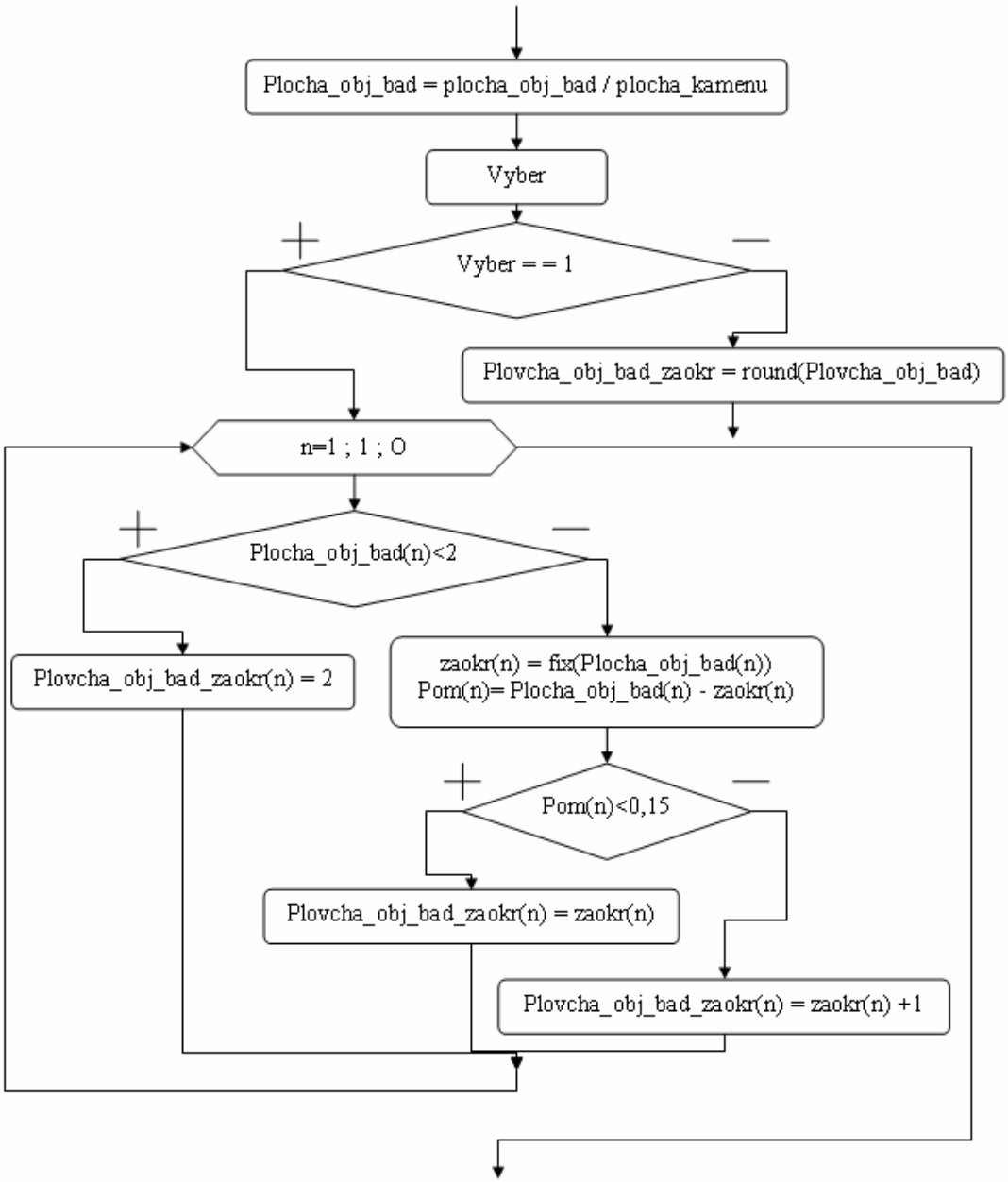
Pokud je plocha objektu v rozpětí stanovených mezí, je objekt považován za jeden jediný kámen, pokud je ale objekt mimo stanovená rozmezí, musí se rozlišit, jestli se jedná o více kamenů pohromadě nebo jestli se jedná o šum v obraze.



Obr. 41 Obraz objektů považovaných za samostatné kamínky



Obr. 42 Obraz objektů rozpoznaných jako skupina kamínků



Obr. 43 Vývojový diagram 9

Poslední důležitou operací je rozpoznání počtu kamínků v objektech, které byly označeny jako shluk kamínků.

Pokud máme možnost dopředu zjistit, jaký typ kamínků budeme počítat, jestli kamínky tvaru dvou jehlanů proti sobě obr. 44, z jedné strany broušené obr. 45 nebo

pokovené obr. 46, pak je vhodné v programu nastavit hodnotu Výběr, která určuje, jaká metoda bude použita pro zjištění počtu kamínků ve shluku kamínků.

Jestliže nemáme možnost tuto informaci před spuštěním výpočtu zjistit, je hodnota proměnné Výběr automaticky nastavena na 2. Tato metoda není tak přesná, ale dosahuje průměrných výsledků u všech typů kamenů, naopak kdybychom před spuštěním programu věděli, že budeme počítat pokovené nebo z jedné strany broušené kamínky, nastavili bychom hodnotu proměnné Výběr na 1. Touto metodou bychom dosáhli výborných výsledků, ale kameny tvaru dvou jehlanů proti sobě by byly spočítány naprosto špatně.

Obr. 44 Kámen tvaru dvou jehlanů proti sobě

Obr. 45 Broušený kámen z jedné strany

Obr. 46 Pokovený kámen

Metoda pro počítání pokovených kamínků a kamínků broušených z jedné strany vychází z předpokladu, že pokud vydělíme obsah objektu průměrnou plochou jednoho kamenu, dostaneme desetinné číslo, které udává přibližně počet kamenů v objektu.

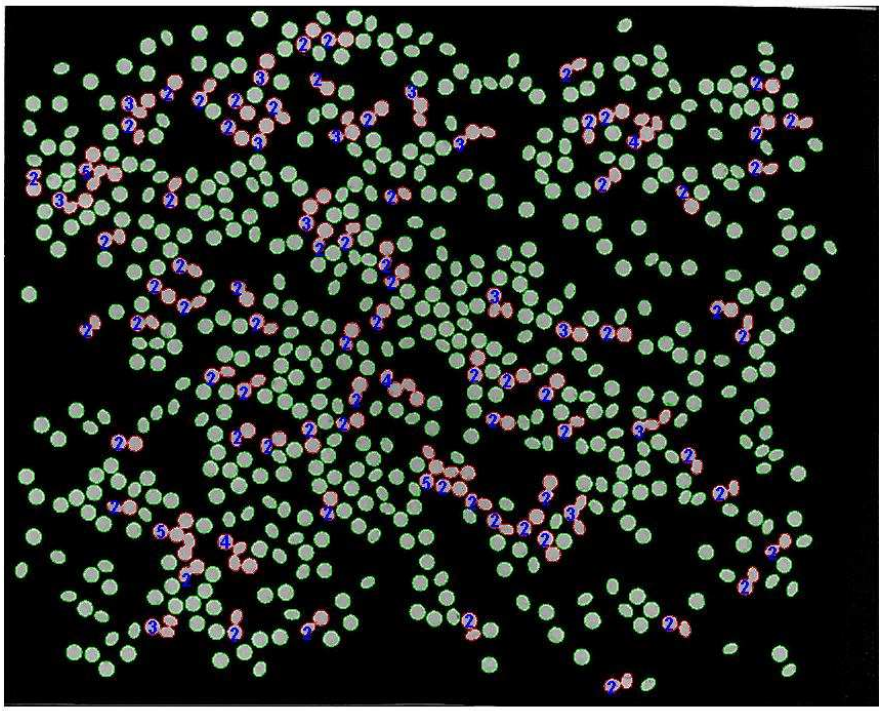
Vzhledem k tomu, že samostatné kameny jsme už odlišili, je velice pravděpodobné, že pokud desetinné číslo vyjde menší než 2, tak jsou v objektu obsaženy dva kameny.

Pokud je číslo větší než dvě, je potřeba oddělit celé číslo od desetinné části. Experimentálně jsem zjistil, že pokud je desetinná část menší než 0,15, je počet kamenů v objektu stejný, jako je hodnota celého čísla po vydělení obsahu objektu průměrným obsahem jednoho kamenu. Pokud je desetinná část větší než 0,15, je v objektu o jeden kámen víc, než označuje celé číslo.

Pokud se použije metoda počítající všechny typy kamenů, tak bude použita standardní metoda zaokrouhlování.

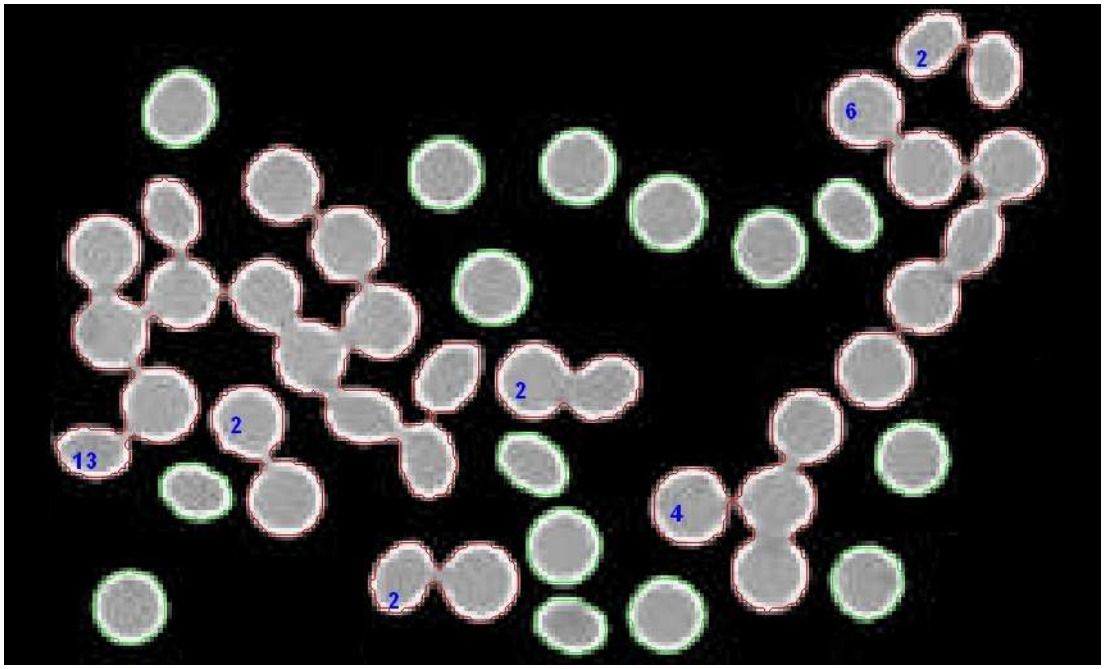
Přesnost obou metod je velice závislá na počtu kamenů vyskytujících se ve shluku. Pokud jsou například v objektu obsaženy dva nebo tři kameny, je velká pravděpodobnost, že program určí správný počet kamenů v objektu. Čím více je ovšem kamenů v objektu, tím se pravděpodobnost přesného určení počtu kamenů snižuje.

Při dalším prezentování programu používám vždy výhodnější variantu pro určování počtu kamenů v objektu.



Obr. 47 Výsledný obrázek 1

Na tomto obrázku jsou zeleně zobrazeny objekty, které byly rozpoznány jako samostatné kameny a červeně jsou ohraničeny shluky kamenů. Čísla zobrazují počet kamenů obsažených v ohraničeném objektu.



Obr. 48 Příklad chybného výpočtu

Na obrázku 48 jsou vidět kameny, které byly nalezeny programem. Zelenou barvou jsou ohraničeny jednotlivé kameny a červenou barvou jsou označeny kameny, které se navzájem dotýkají. Čísla označují počet kamenů, které se vyskytují ve skupině dotýkajících se kamenů.

Jak je vidět v obrázku, skupina, ve které program našel 13 kamenů, je chybně spočítána, neboť při přepočítání kamenů zjistíme, že se skupina skládá ze 14ti kamenů. Tato chyba je způsobena již zmiňovaným zaokrouhlováním. Ostatní skupiny jsou spočítány správně.

7. VÝSLEDKY PROGRAMU

Program byl vytvářen a testován na snímcích, pro jejichž osvětlení bylo použito infračervené záření.

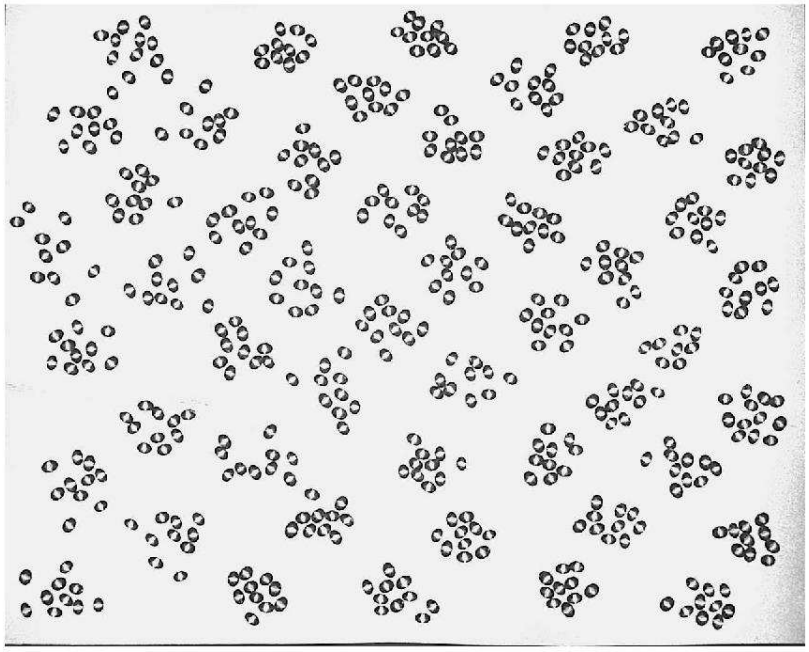
Snímky, na kterých byl program testován jsou rozděleny do tří fází, které jsou podrobněji popsány v následujících kapitolách.

7.1 FÁZE 1

Nejobtížnější skupinou fotek byly snímky označené jako fáze 1, to jsou snímky, které obsahují kamínky tvaru dvou jehlanů položených naproti sobě.

Výhodou těchto kamínků je, že jejich tvar neumožňuje jiný tvar než elipsu. Další značná výhoda je, že se díky tvaru kamínků vylučuje možnost velkého překrývání, tyto kamínky se mohou překrývat jen svojí malou částí nebo se jen dotýkat.

Největší nevýhodou této skupiny objektů je jejich způsob lomu světla, kdy se střed kamínku jeví světlejší než zbytek kamenu.



Obr. 49 Fáze 1

Číslo obrázku	Počet spočítaných kamínku [ks]	Chyba [ks]	Procentuální chyba [%]
1	522	22	4,4
2	496	-4	0,8
3	504	4	0,8
4	499	-1	0,2
5	526	26	5,2
6	501	1	0,2
7	514	14	2,8
8	483	-17	3,4
9	499	-1	0,2
10	475	-25	5
11	489	-11	2,2
12	508	8	1,6
13	490	-10	2
21	495	-5	1
22	496	-4	0,8
23	501	1	0,2
24	469	-31	6,2
25	485	-15	3
26	497	-3	0,6
27	480	-20	4
28	485	-15	3
29	487	-13	2,6
30	478	-22	4,4
31	486	-14	2,8
41	511	11	2,2
42	504	4	0,8
43	493	-7	1,4
44	503	3	0,6
45	474	-26	5,2
46	492	-8	1,6
51	494	-6	1,2
52	492	-8	1,6
53	472	-28	5,6
54	484	-16	3,2
55	487	-13	2,6
56	475	-25	5
57	487	-13	2,6

Tab. 1 Tabulka údajů fáze 1

Průměr procentuální chyby [%]	2,46
Průměr spočítaných kamenu (správná hodnota je 500 ks)	506,47

Tab. 2 Tabulka výsledků fáze 1

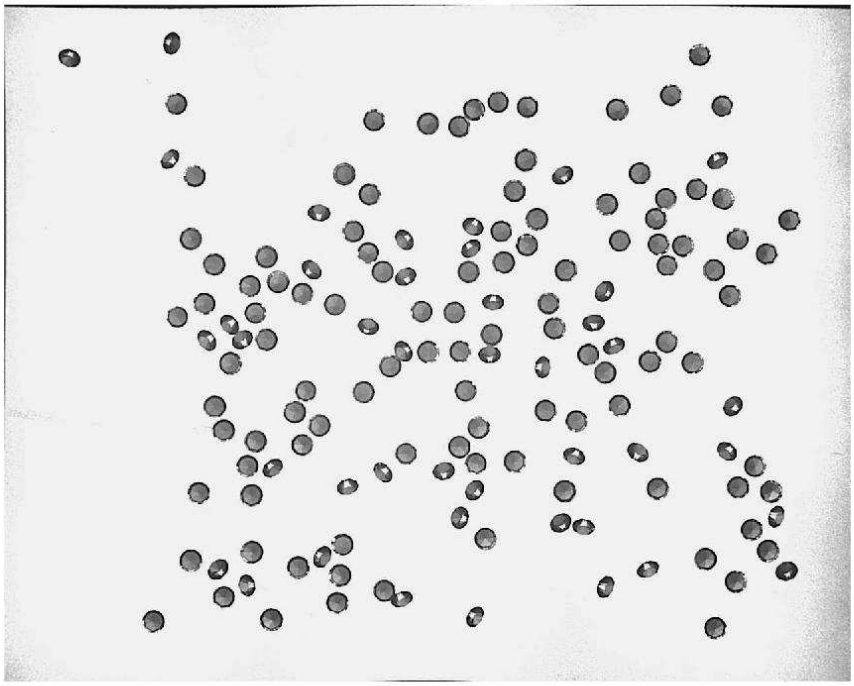
V první fázi snímků se podařilo z 37 snímků spočítat kamínky v 16ti snímcích s přesností do 2% a ve 13ti snímcích s přesností do 4%.

Největší odchylka byla zaznamenána 6,2% a průměrná chyba činí 2,46%.

7.2 FÁZE 2

Druhá fáze snímků obsahuje kamínky, které mají zbroušenou jednu stranu.

U těchto kamínků je velká nevýhoda, že můžou ležet buď na spodní zbroušené straně, v tomto případě mají kamínky kruhový tvar, nebo můžou ležet na jedné stěně jehlanu , v tomto případě mají tvar elipsy a mají podobné vlastnosti jako kamínky z fáze 1. Další nevýhoda je, že pokud by se jeden kamínek opřel o jiný, je velké riziko, že se kamínky budou velkou částí překrývat.



Obr. 50 Fáze 2

Číslo obrázku	Počet spočítaných kamínku [ks]	Chyba [ks]	Procentuální chyba [%]
100a	104	0	0,00
100b	111	7	6,73
100c	104	0	0,00
100d	99	-5	4,81
100e	104	0	0,00
101a	149	0	0,00
101b	150	1	0,67
101c	143	-6	4,03
101d	149	0	0,00
101e	149	0	0,00
101f	149	0	0,00
101g	149	0	0,00
101h	166	17	11,41
101i	148	-1	0,67
101j	150	1	0,67
101k	147	-2	1,34
101l	147	-2	1,34
101m	150	1	0,67
101n	148	-1	0,67

Tab. 3 Tabulka údajů fáze 2

Průměr procentuální chyby [%]	2,81
Průměr spočítaných kamenů u snímků 100a-e (správná hodnota je 104 ks)	107,75
Průměr spočítaných kamenů u snímků 101a-n (správná hodnota je 149 ks)	149,57

Tab. 4 Tabulka výsledků fáze 2

Výsledky ve fázi 2 by se dali soudit jako úspěšné, neboť v osmi případech dokázal program spočítat počet kamínků na snímku naprosto přesně, v dalších sedmi procentech byla chyba programu menší než 2%. Z celkového počtu 19ti zkoumaných snímků fáze 2 měli pouze 4 snímky odchylku větší než 2%.

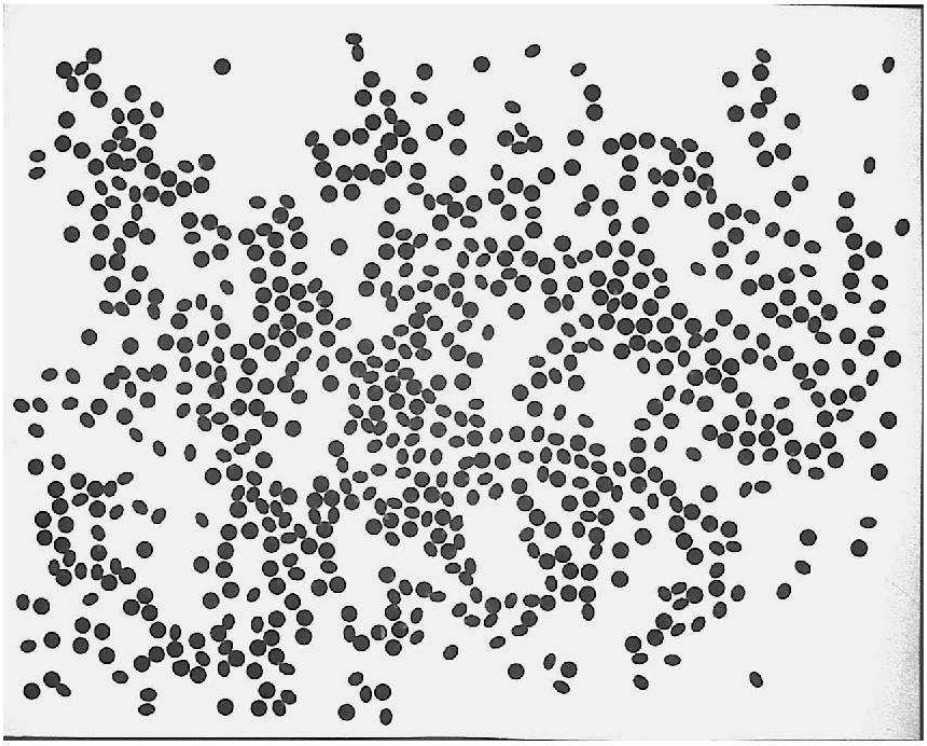
Největší chyba, která byla zjištěna činí 11,41%. Průměrná chyba programu činí 2,81%

7.3 FÁZE 3

Ve třetí fázi obrázků jsou obsaženy pokovené kamínky stejného tvaru jako mají kamínky ve fázi 2.

Protože jsou tyto kamínky pokovené jsou při jejich osvětlení a snímání kamínky vždy tmavé a neobsahují v sobě světlé plochy jako kameny ve fázi 1 a 2. Pokud jsou pokovené kameny položeny na světlém podkladu, je následné zpracování velice jednoduché.

Stejně jako ve fázi 2 je možné, že se budou kamínky částečně překrývat.



Obr. 51 Fáze 3

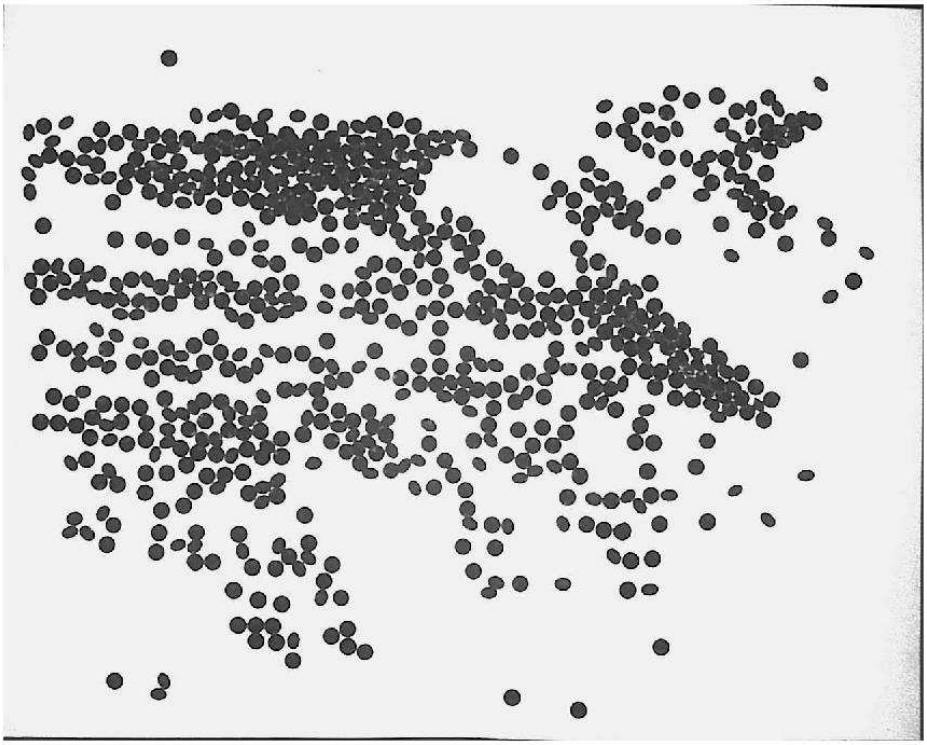
Číslo obrázku	Počet spočítaných kamínku [ks]	Chyba [ks]	Procentuální chyba [%]
106a	717	-7	0,97
106b	723	-1	0,14
106c	720	-4	0,55
106d	727	3	0,41
106e	722	-2	0,28
106f	724	0	0,00
106g	721	-3	0,41
106h	641	-83	11,46
106i	716	-8	1,10
106j	719	-5	0,69
106k	717	-7	0,97
107a	1441	-9	0,62
107b	1447	-3	0,21
107c	1445	-5	0,34
107d	1446	-4	0,28
107e	1437	-13	0,90
107f	1442	-8	0,55

Tab. 5 Tabulka údajů fáze 3

Průměr procentuální chyby [%]	1,17
Průměr spočítaných kamenu u snímků 106a-k (správná hodnota je 724 ks)	713,36
Průměr spočítaných kamenu u snímků 107a-f (správná hodnota je 1450 ks)	1443,00

Tab. 6 Tabulka výsledků fáze 3

Poslední, třetí fáze kamínků, se jeví jako nejvýhodnější průměrná odchylka. Činí 1,17%, tato hodnota je ještě poněkud velká vzhledem k přesnostem, kterých je v této fázi dosahováno. Průměrná chyba u většiny snímků je asi 0,5%. Jediný obrázek, který byl v této fázi spočítán s chybou větší než 1,5%, je snímek, na kterém se naprostá většina obrázků překrývá, jak je vidět na obrázku.



Obr. 52 Fáze 3 (106h)

Jak je vidět na snímku je prakticky nemožné dokázat spočítat množství kamínků obsažených v obrázku.

8. ZÁVĚR

Při práci jsem se setkal s několika problémy. Patřilo k nim určení správného prahu před segmentací, určení velikosti jednoho kamenu a problém částečného překrývání kamenů.

Vhodný práh snímku se podařilo určit pomocí histogramu.

Velikost jednoho kamene je určována za předpokladu, že většina kamenů na snímku je samostatně, tzn. nedotýkají se navzájem s ostatními kameny.

Počet vzájemně překrývajících se kamenů jsem vyřešil pomocí specifického zaokrouhlování obsahů překrývajících se kamenů.

Jak je vidět ve výsledcích programu, u většiny snímků z druhé a třetí fáze bylo dosaženo chyby, která byla menší než 1 %, chyba snímků z fáze jedna se pohybovala v okolí hodnoty 2 %. U všech tří fází se nachází minimálně jeden snímek, ve kterém program spočítal chybu větší než 5 % u fáze 2 a 3 dokonce větší než 10 %, to je způsobeno špatným rozmístěním kamenů na snímku, kdy se velké množství kamenů vyskytuje na jednom místě, jak je vidět např. na obrázku 52.

9. POUŽITÁ LITERATURA

[1] Horák Karel, Kalová Ilona: Počítačové vidění, Brno, 1.11.2006

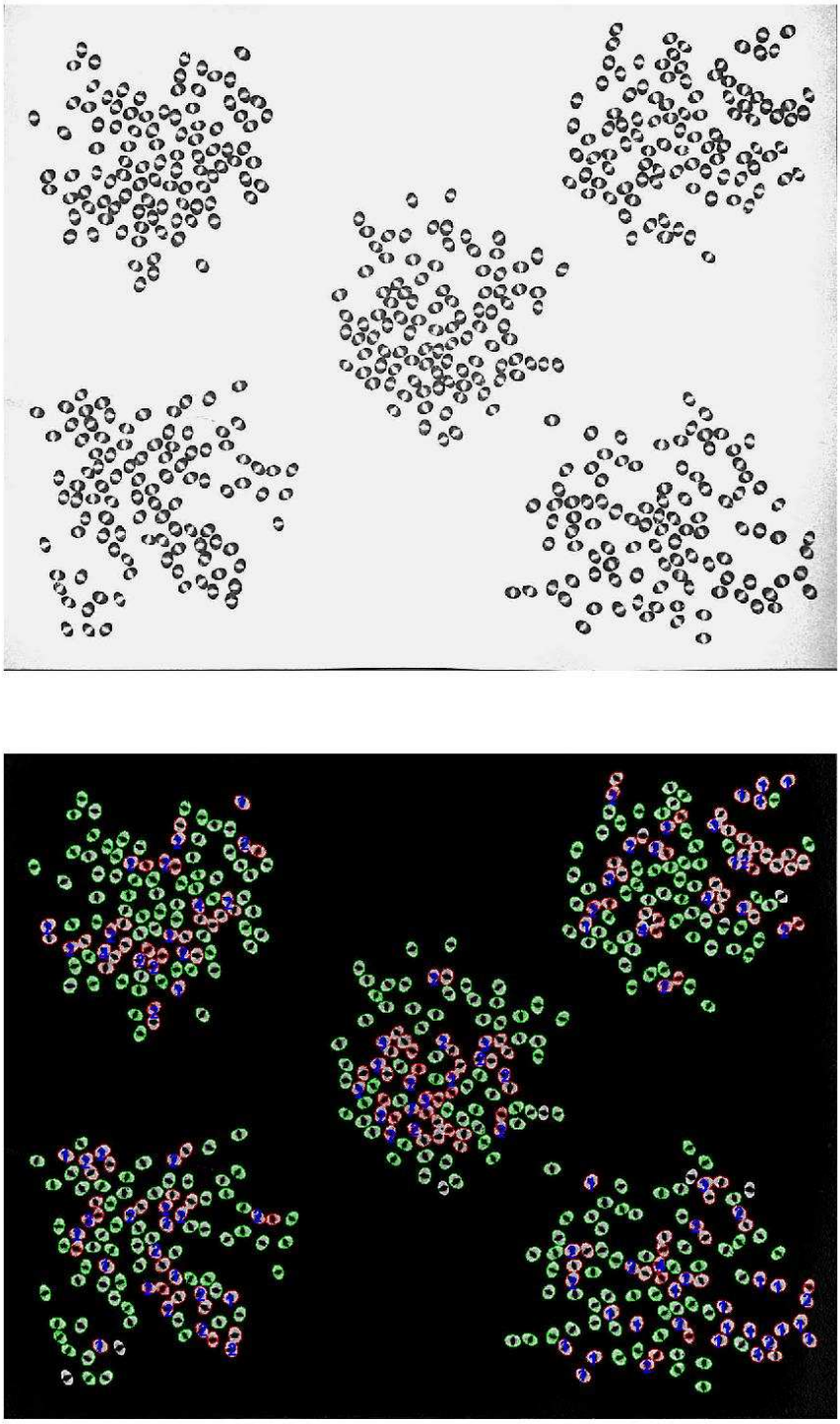
[2] Tůma Jiří: Analíza snímků kožních defektů a nalezení hranic defektu, Diplomová práce, ZČU 2006

[3] Železný Miloš: Dálkový průzkum země, [on-line], Katedra kybernetiky, Plzeň, 2007-10-02, [cit. 2007-12-20; 17:30] . Dostupné na internetu: <http://artin.zcu.cz/courses/dpz/DPZ-051130.pdf>.

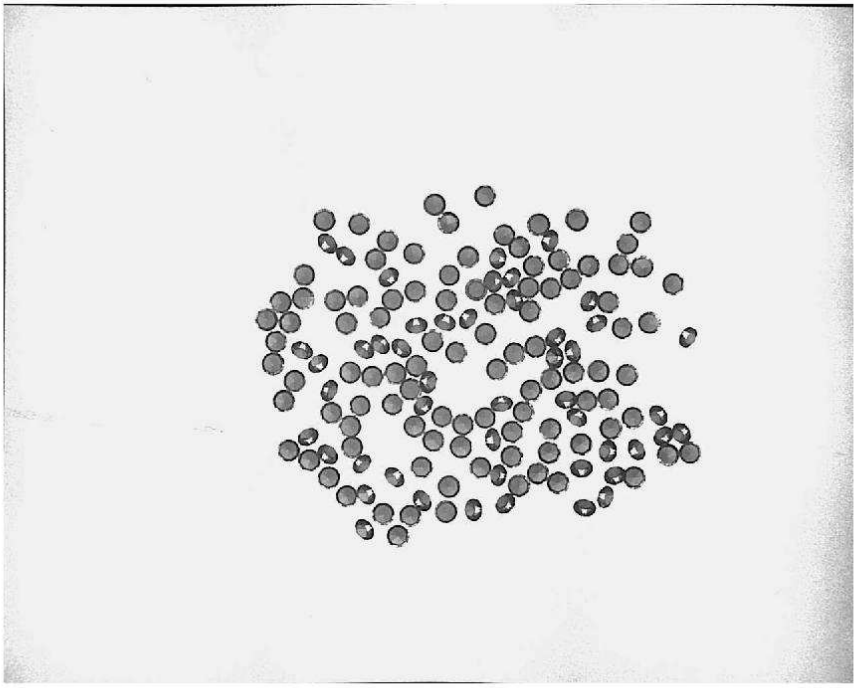
[4] Fiřt Jaroslav, Holota Radek: Digitalizace a zpracování obrazu, Plzeň, [cit. 2007-12-26; 15:00] Dostupné na internetu: <http://home.zcu.cz/~holota5/publ/DigZprO.pdf>.

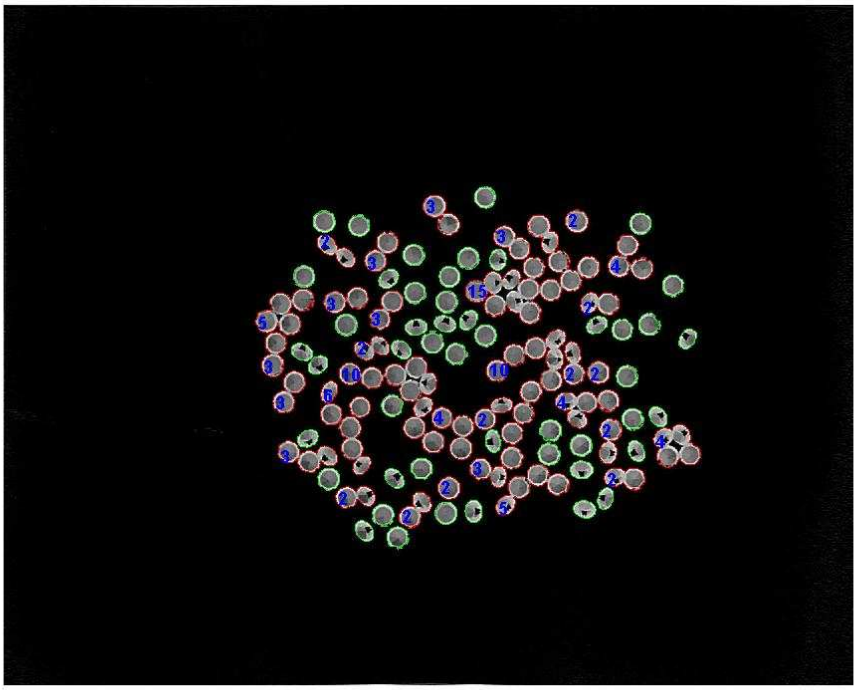
[5] Hlaváč V., Šonka M.: Počítačové vidění, Grada 1992, ISBN 80-85424-67-3

10. PŘÍLOHA

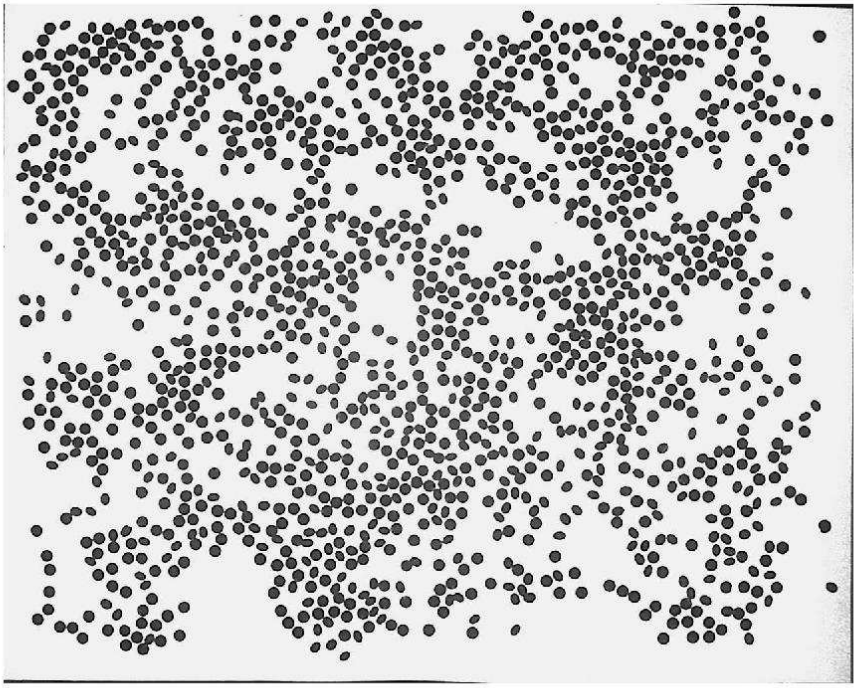


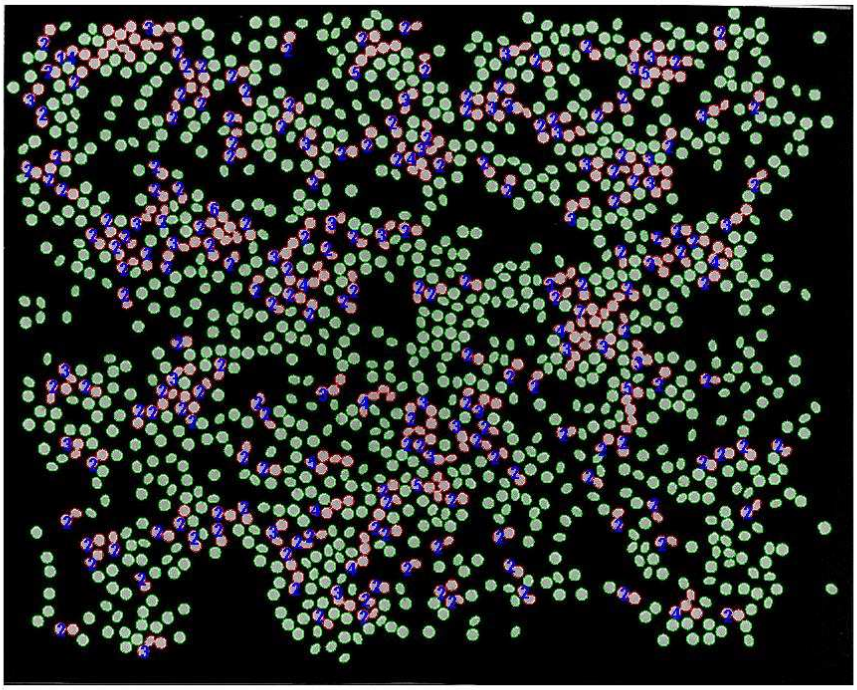
Obr. 53 Fáze 1 - příloha





Obr. 54 Fáze 2 - příloha





Obr. 55 Fáze 3 - příloha