

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra telekomunikační techniky

**ANALÝZA SNÍMKŮ
Z CELOBLOHOVÉ KAMERY**

SEMESTRÁLNÍ PRÁCE

**Autor práce: Ladislav Chmela
Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Burčík, Ph.D.**

Praha 2007

Zadání

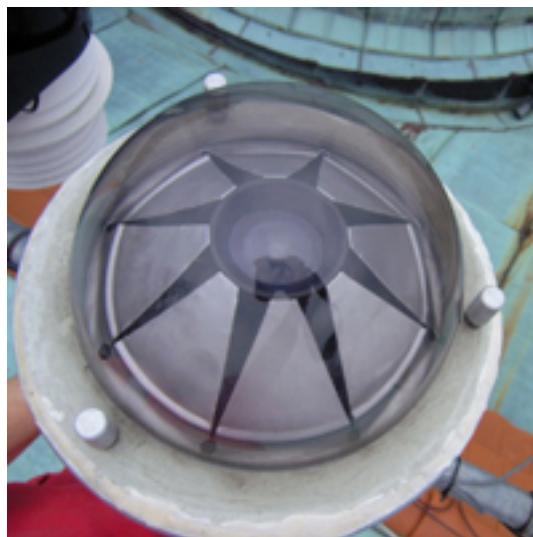
Cílem je návrh algoritmu pro analýzu snímků z celooblohové kamery. Algoritmus by měl být schopen stanovit ze snímku zda je nad dalekohledem jasná hvězdná obloha (vhodné podmínky pro pozorování) popřípadě detekovat možná nebezpečí (např. bouřková oblačnost na obzoru).

Obsah

Zadání.....	2
Obsah.....	2
Úvod.....	3
1. Popis celooblohových snímků.....	4
2. Identifikace oblačnosti	5
3. Eliminace negativních jevů	8
4. Vyhodnocení oblačnosti.....	10
5. Algoritmus.....	12
6. Program algoritmu.....	14
Závěr.....	16
Použité zdroje.....	16
Přílohy	16

Úvod

Jak bylo řečeno v zadání, cílem této semestrálního práce je návrh algoritmu pro analýzu snímků z celooblohové kamery. Tato kamera je instalovaná na střeše petřínské Štefánikovy hvězdárny v Praze a tvoří jeden z mnoha senzorů okolních meteorologických a atmosférických podmínek. Kontakt se Štefánikovou hvězdárnou¹ byl navázán již při dřívějším projektu v RDC (Research and Development Centre),² který se zabýval návrhem systému robotického dalekohledu. Na Štefánikově hvězdárně je uváděn do provozu projekt MARK (Malý Autonomní Robotický telesKop),³ jehož cílem je automatické pozorování oblohy robotickým dalekohledem. Jelikož má být systém MARK plně automatický, je nutné jej vyzbrojit také senzory a čidly okolních podmínek. Kdyby se totiž např. otevřela kopule za deště, došlo by ke zničení velmi drahého vybavení dalekohledu. Systém MARK využívá dat z profesionální meteorologické stanice, která poskytuje základní údaje o teplotě, tlaku vzduchu, vlhkosti, srážkách, síle větru a intenzitě Slunečního záření. Dále systém obsahuje detektor oblačnosti a srážek, který určuje zda je obloha zatažená či jasná. Součástí detektoru oblačnosti je i detektor první kapky. Systém rovněž zpracovává externí data poskytovaná Českým hydrometeorologickým ústavem. Konkrétně jde o meteorologické snímky družic, radarové snímky oblačnosti a srážek nad ČR a údaje detektoru blesků. Pro další způsob zabezpečení je systém doplněn o celooblohovou kameru se zorným polem cca 120° (Obr. 1).



Obr. 1 Celooblohová kamera instalovaná pod krytem na střeše hvězdárny

¹ <http://www.observatory.cz/>

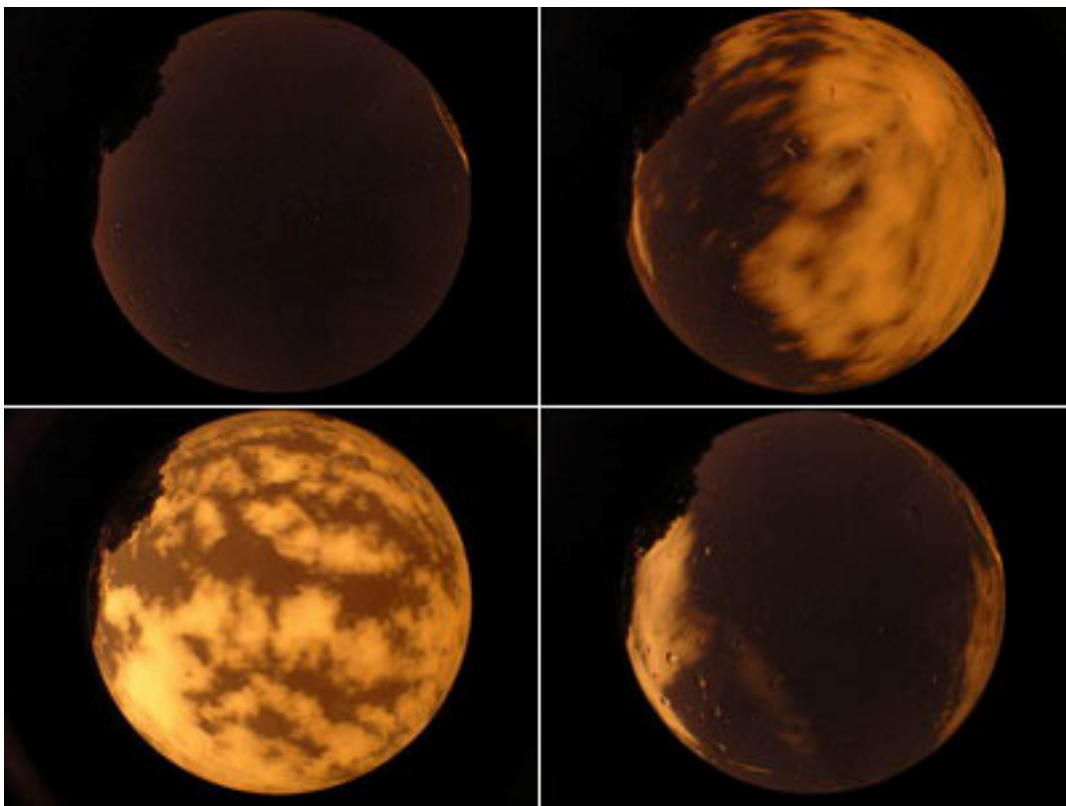
² <http://www.rdc.cz/>

³ <http://www.observatory.cz/mark/index.php>

Kamera je založena na konvenčním digitálním fotoaparátu Olympus 5060WZ⁴ s rozlišením 5 MPX. Fotoaparát pořizoval snímky čtyřikrát do hodiny od září 2005 do února 2006. Celkem se jedná o bezmála jedenáct tisíc snímků, které jsou vstupním materiálem pro vytvoření algoritmu jejich analýzy. Ideálním výstupem algoritmu by měla být odpověď na otázku: Je obloha jasná? Doplnujícím výstupem mohou být další specifikující parametry.

1. Popis celooblohových snímků

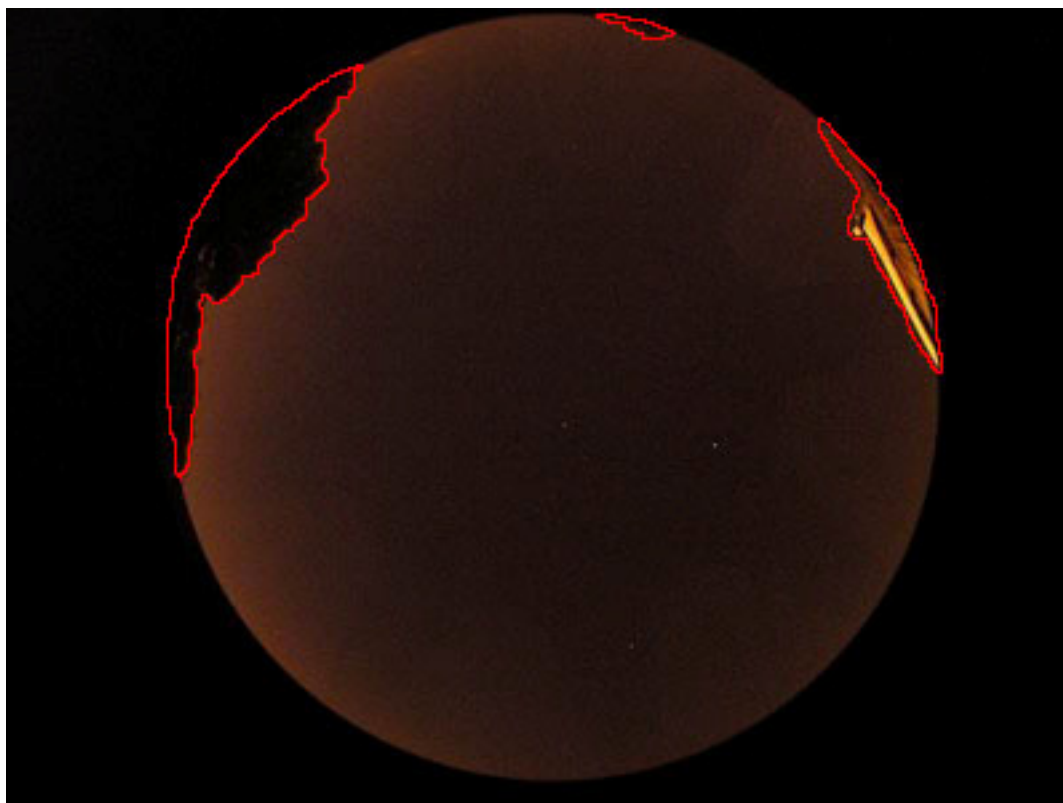
Ačkoliv výstupem celooblohové kamery jsou snímky v rozlišení 1944 x 2592 pixel, pro návrh algoritmu jejich analýzy je použito redukované a plně dostačující velikosti 800 x 600 pixel. K dispozici jsou sice i denní snímky, ovšem předmětem zkoumání této práce jsou pouze snímky noční oblohy, neboť robotický dalekohled, kterému bude analýza sloužit, je určen pouze pro noční pozorování. Analýza denních snímků bude do systému implementována až později. Na Obr. 2 jsou příklady nočních celooblohových snímků.



Obr. 2 Ukázka nočních snímků celooblohové kamery

⁴ http://www.olympus.cz/consumer/29_C-5060_WideZoom.htm

V zorném poli celooblohové kamery není pouze nebe. Na snímcích lze pozorovat také vršky stromů a část vedlejší kopule. Tyto objekty je nutno nezahrnovat do analýzy snímku, neboť by mohlo dojít ke zkreslení výsledku. Při konkrétním řešení je tedy nutné tyto objekty ze snímku vymazat (resp. nahradit černou plochou), nebo řešení aplikovat pouze na konkrétní oblast snímku zahrnující pouze oblohu. Na Obr. 3 jsou vyznačeny vršky stromů (vlevo a nahoře) a část vedlejší kopule (vpravo).



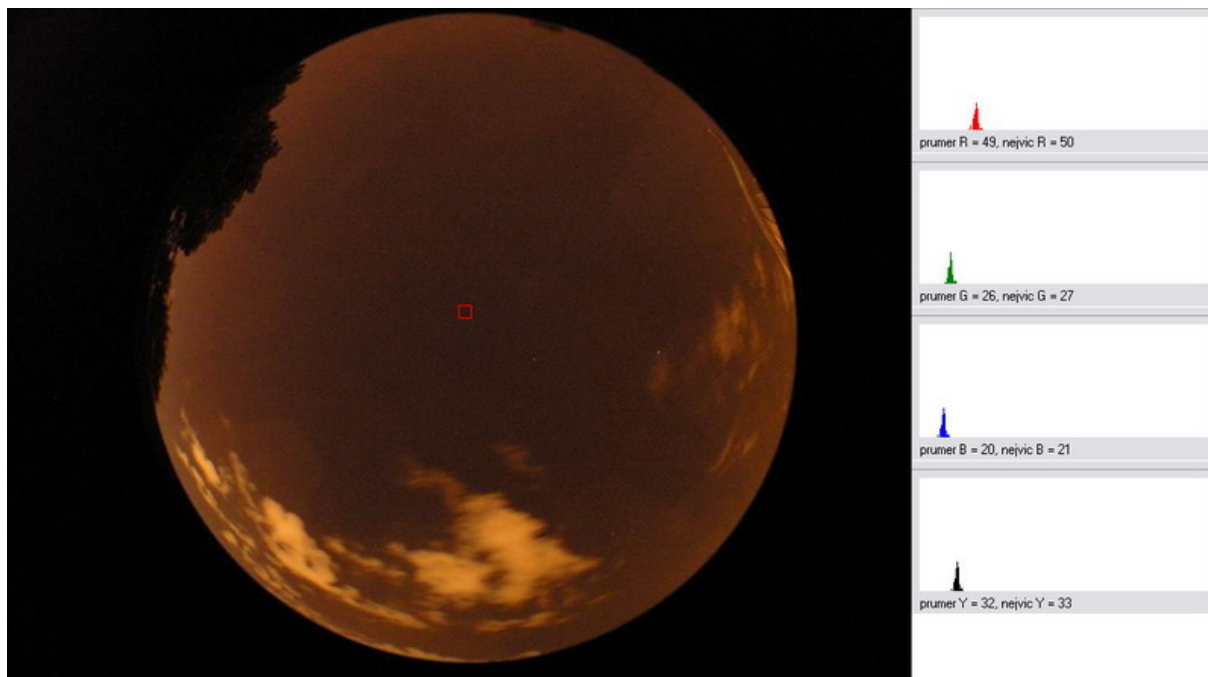
Obr. 3 Další pozorované objekty na snímcích

2. Identifikace oblačnosti

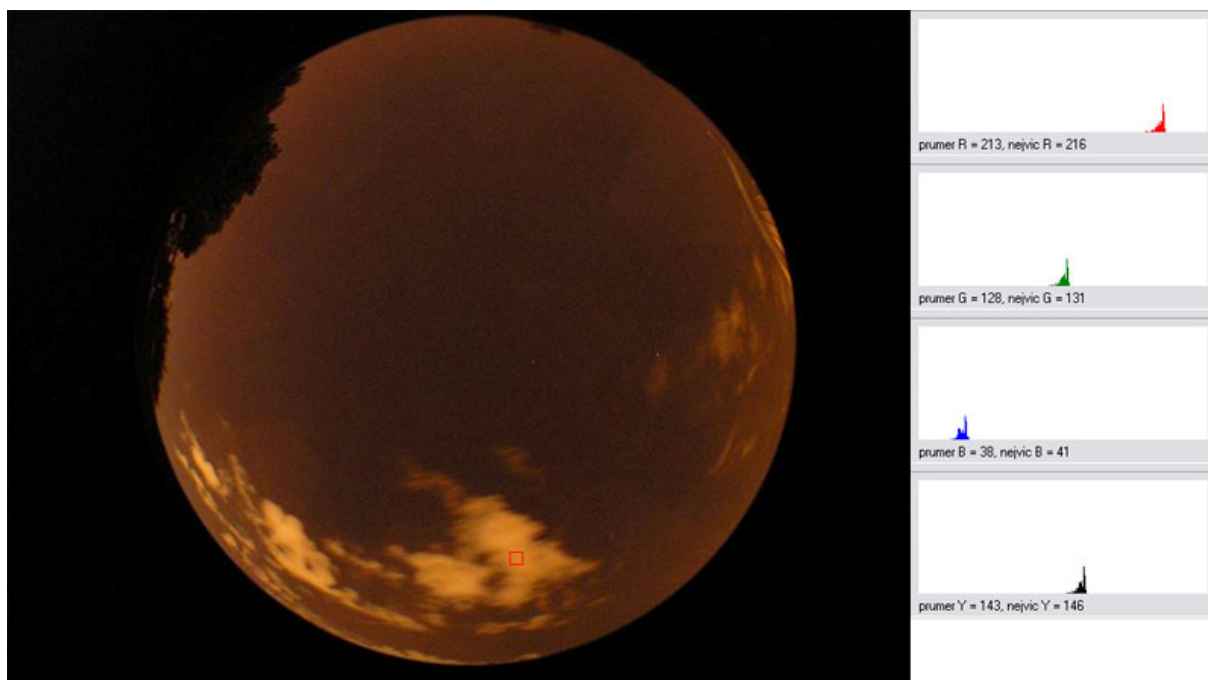
Aby bylo možné přistoupit k analýze snímků, je nutné nejdříve analyzovat barevné spektrum jednotlivých objektů. Klíčové je najít rozdíl mezi spektrem hvězdné oblohy a spektrem mraků. Nejpřehlednějším ukazatelem barevného spektra je histogram⁵, což je grafické znázornění četnosti stupně šedi či barevné složky. Stupně nabývají hodnot 0 až 255 (00_H až FF_H), četnost nabývá hodnot 0 až celkový počet bodů daného obrazu či jeho výřezu.

⁵ http://en.wikipedia.org/wiki/Color_histogram, http://en.wikipedia.org/wiki/Histogram_equalization

Na Obr. 4 jsou znázorněny histogramy vzorku hvězdné oblohy pro barevné složky červené, zelené a modré (red, green, blue – R, G, B)⁶ a také pro stupeň šedi (gray –Y), $Y = 0,299R + 0,587G + 0,114B$.⁷ Na Obr. 5 jsou histogramy vzorku mraku.



Obr. 4 Histogramy vzorku hvězdné oblohy

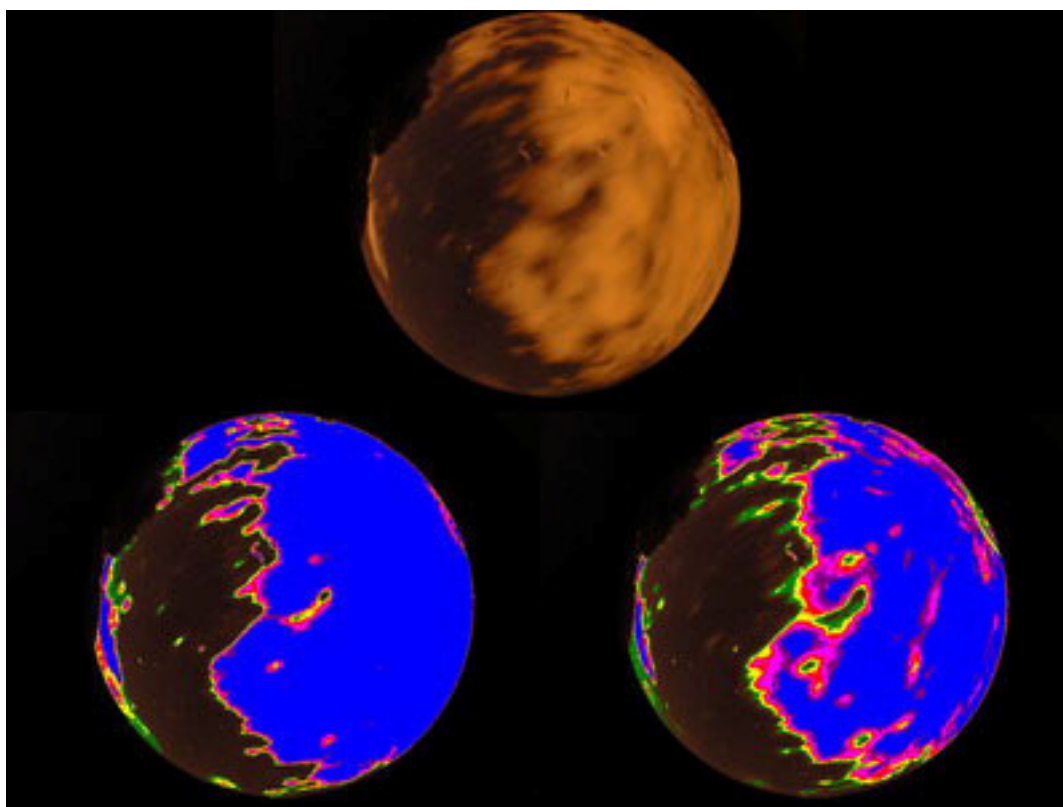


Obr. 5 Histogramy vzorku mraku

⁶ <http://en.wikipedia.org/wiki/RGB>

⁷ <http://en.wikipedia.org/wiki/YUV>

Lze pozorovat nárůst všech složek R, G, B i Y u mraku oproti složkám hvězdné oblohy. Nejvíce se změnila složka červené barvy R. To je dáno osvětlením mraků městem, protože spektrum světla z nočního města má právě největší červenou složku. Při analýze širšího vzorku snímků se ovšem lépe osvědčilo rozlišování mraků od hvězdné oblohy podle stupně šedi. Na Obr. 6 je jeden noční snímek barevně změněn podle velikosti obou těchto složek – červené (vlevo) a šedé (vpravo). Je možno pozorovat šest stupňů intenzity složek, barevně odstupňovaných od nejnižší zelené, přes žlutou, červenou, růžovou, fialovou, až po nejvyšší modrou. Číselné rozložení intenzit jednotlivých složek ukazuje Tab. 1.



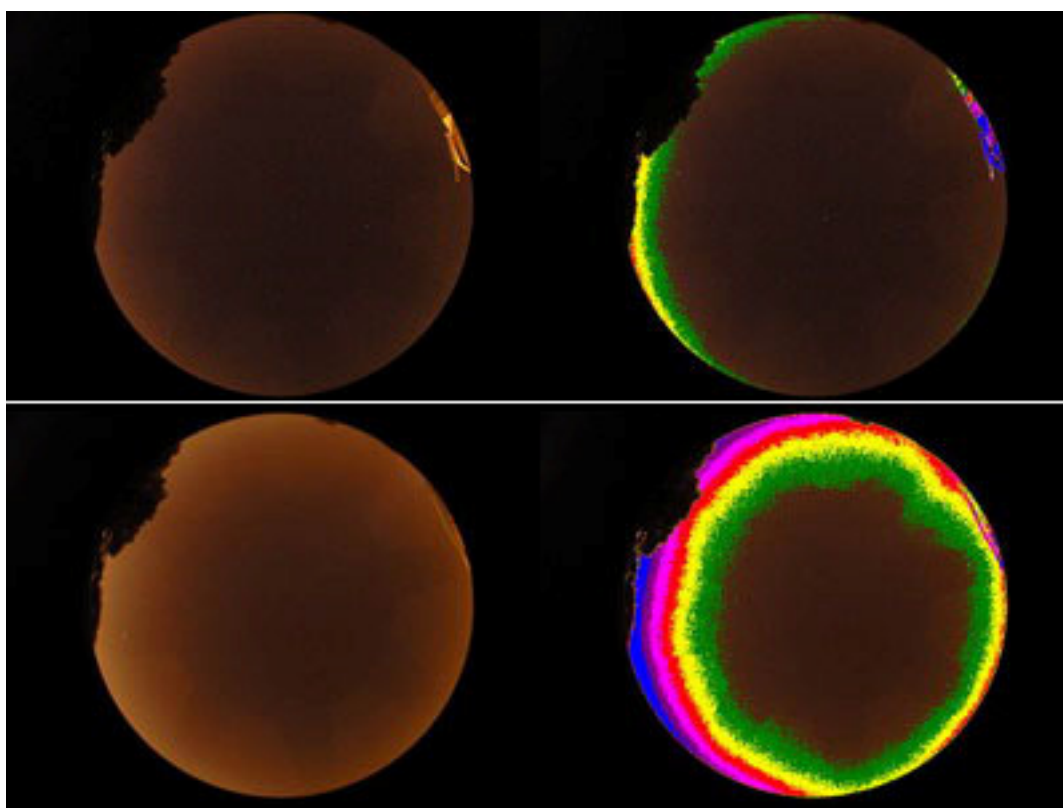
Obr. 6 Znázornění intenzity červené (vlevo) a šedé (vpravo) složky na snímku

Stupeň	Znázornění	Red	Gray
1	zelená	71 - 80	51 - 60
2	žlutá	81 - 90	61 - 70
3	červená	91 - 100	71 - 80
4	růžová	101 - 110	81 - 90
5	fialová	111 - 120	91 - 100
6	modrá	121 - 255	101 - 255

Tab. 1 Stupně intenzity červené (Red) a šedé (Gray) složky

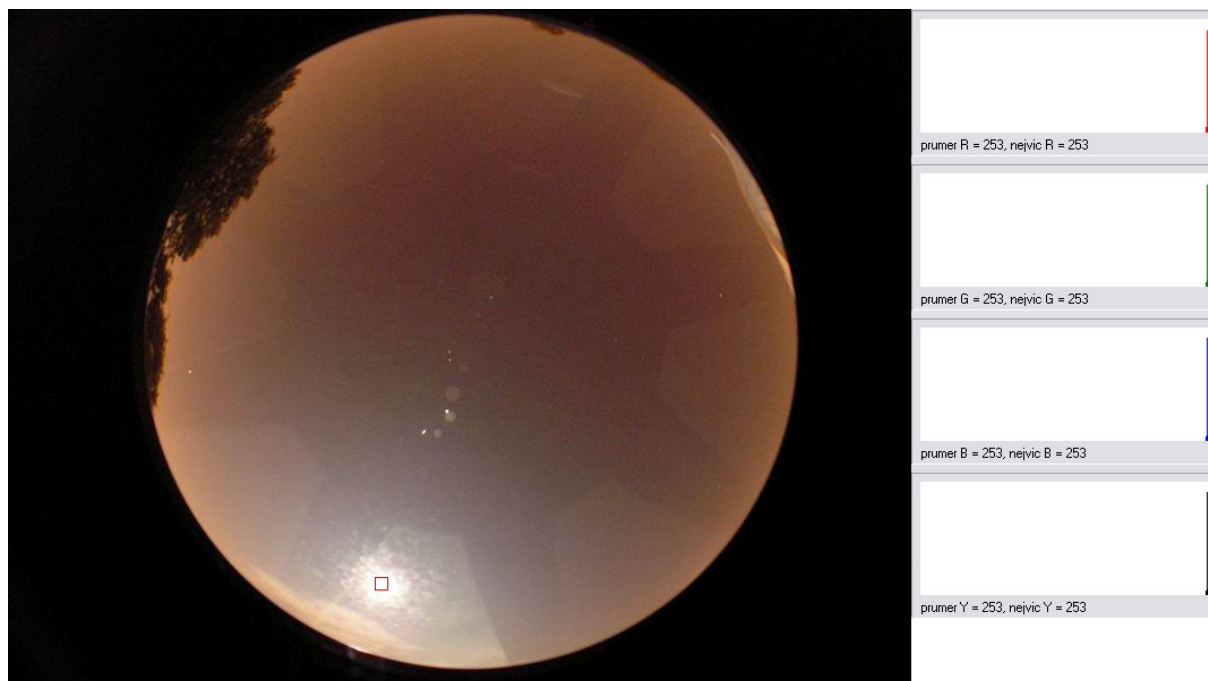
3. Eliminace negativních jevů

Podle stupně šedi lze tedy rozeznat mraky od hvězdné oblohy. Z Obr. 6 je ovšem vidět, že za mraky je považovaná také sousední kopule. Již dříve bylo řečeno, že tento nežádoucí objekt je nutné při analýze odstranit či nezahrnovat do výpočtů. Sousední kopule ovšem není jediný objekt na snímku, který by mohl výpočty mást. Intenzivní světlo z města ozařuje oblohu nad obzorem tak silně, že při světlejší expozici se může jevit jako mraky. Tento negativní jev je vidět na Obr. 7.

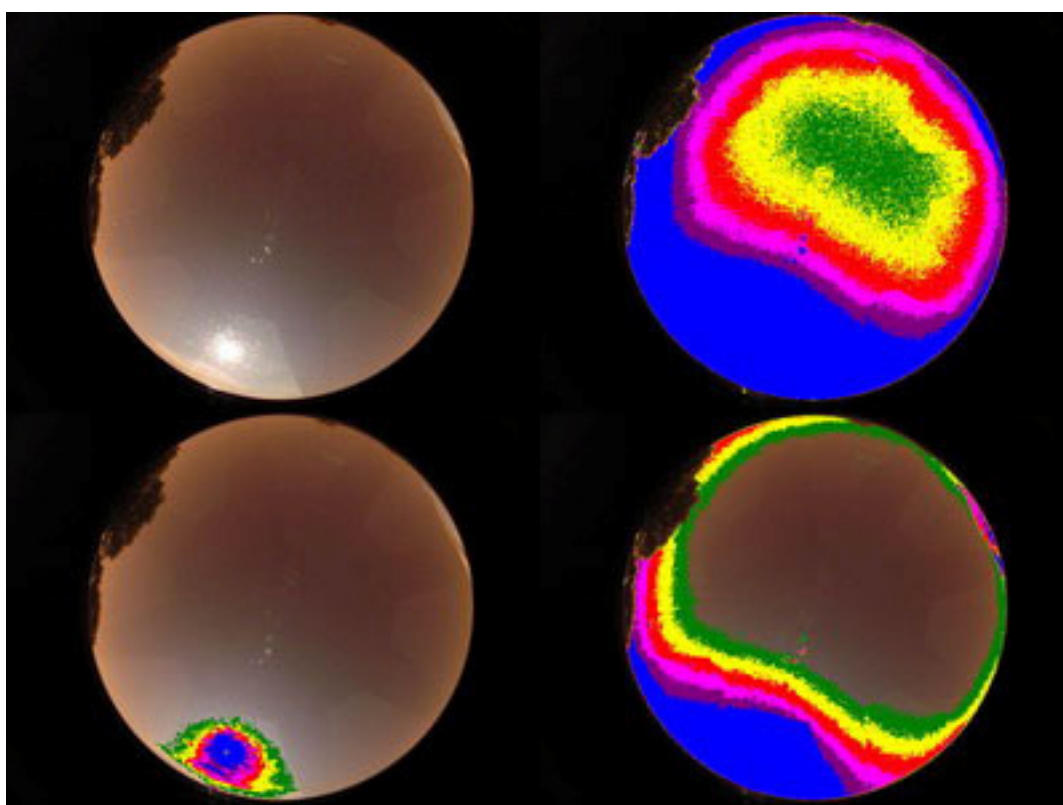


Obr. 7 Matoucí světlost nad obzorem

Další nepříjemností je Měsíc. Je-li totiž na obloze Měsíc okolo úplňku, způsobuje ozáření značné části oblohy, jež se opět může jevit jako oblačnost. Na Obr. 8 jsou histogramy vzorku měsíce. Je vidět, že měsíc je syté světlo a obsahuje všechny složky spektra v maximu. Jak bylo patrné na Obr. 4 a Obr. 5, nejnižší složkou spektra hvězdné oblohy i mraků je modrá. S využitím faktu, že nejintenzivnější modrou složku má Měsíc, může být jeho přítomnost na snímku identifikována.



Obr. 8 Histogramy vzorku měsíce



Obr. 9 Redukce negativního vlivu Měsíce

Na Obr. 9 je extrémní příklad ozáření jasné oblohy Měsícem. Vpravo nahoře je vidět znázornění intenzity stupně šedi před redukcí Měsíčního svitu. Vlevo dole je znázorněna intenzita modré složky, díky níž je identifikován Měsíc a vyznačen i jeho střed. Stupně

intenzity modré složky ukazuje Tab. 2. V závislosti na intenzitě Měsíce je na Obr. 9 vpravo dole upraveno znázornění intenzity stupně šedi. Příslušné hodnoty korekce ukazuje Tab. 3. Redukce negativního vlivu Měsíce je tedy zavedení závislosti vyhodnocování intenzity stupně šedi na stupni modré složky barvy.

Stupeň	Znázornění	Blue
1	zelená	151 - 160
2	žlutá	161 - 170
3	červená	171 - 180
4	růžová	181 - 190
5	fialová	191 - 200
6	modrá	201 - 255

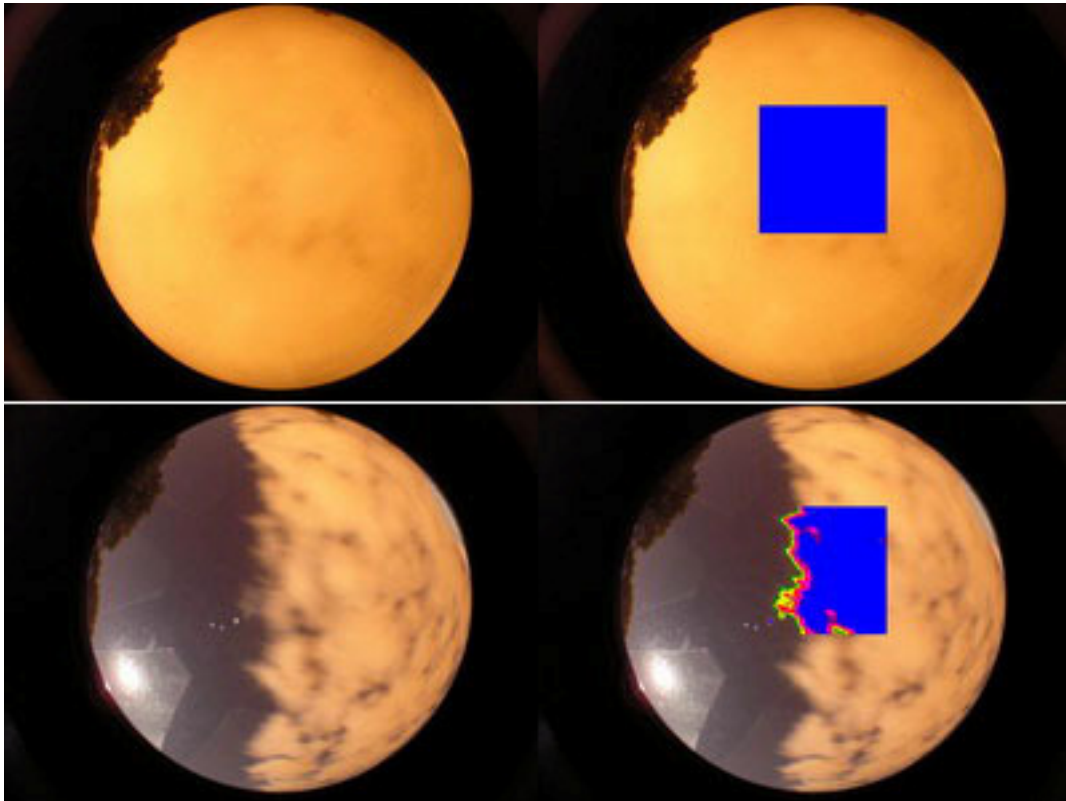
Tab. 2 Stupně intenzity modré (Blue) složky

Počet modrých bodů	Korekce Gray
0 - 700	0
701 - 1000	- 15
1001 - 3000	- 30
3001 - 5000	- 40
5001 - 6000	- 20
6001 - 7000	- 10
> 7000	0

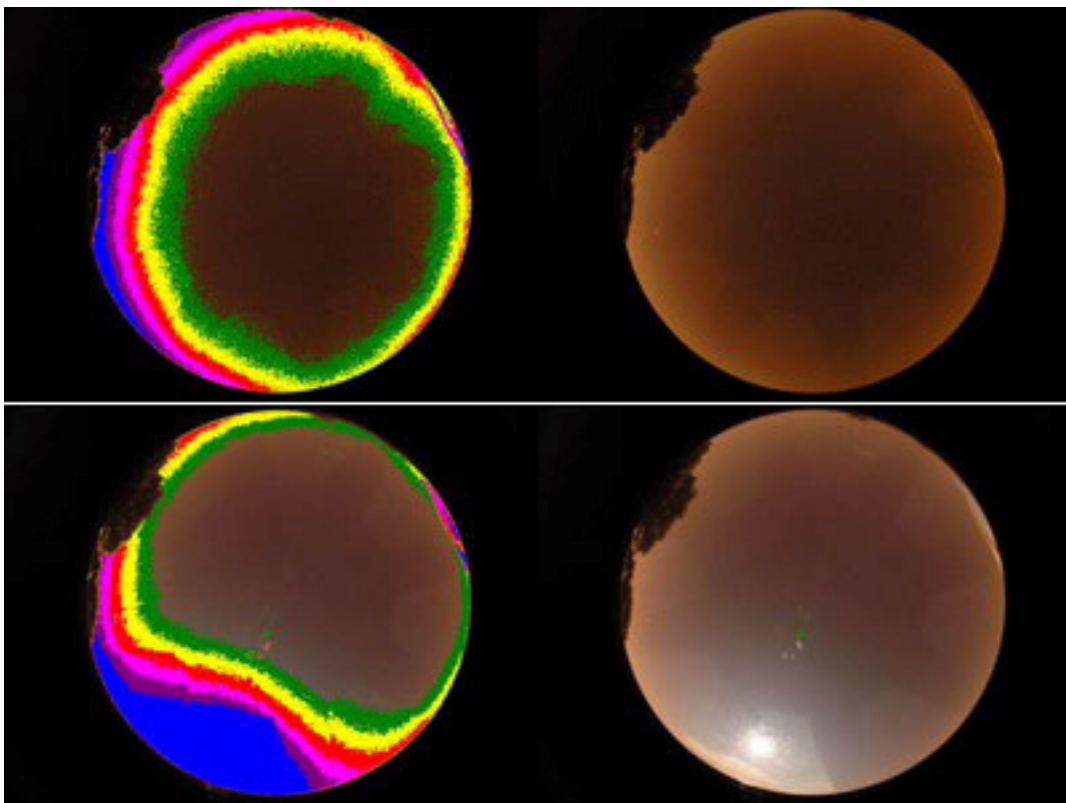
Tab. 3 Korekce šedé (Gray) složky v závislosti na nejvyšší intenzitě modré (Blue) složky

4. Vyhodnocení oblačnosti

Jelikož u snímku na Obr. 9 se jedná o extrémní případ ozáření, ještě stále není redukovaný veškerý negativní vliv svitu Měsíce. Kdyby bylo znázornění intenzity stupně šedi ještě více potlačeno, už by nebylo možné správně identifikovat případnou oblačnost. Proto je nutné skutečnou analýzu snímku provádět pouze z části viditelného nebe.



Obr. 10 Část snímku určená k analýze



Obr. 11 Analýza celého snímku (vlevo) a pouze specifické části (vpravo)

Sníží se tak sice velikost analyzované oblohy, ale zvýší se spolehlivost rozpoznávání oblačnosti od hvězdné oblohy. Na Obr. 10 je vidět, která část snímku bude podléhat analýze, a na Obr. 11 je porovnání znázornění intenzity stupně šedi celého snímku a pouze určené části. Je vidět, že na dané části snímku již nepůsobí negativně svit města ani svit Měsíce.

5. Algoritmus

Pro kvantifikaci oblačnosti je použit algoritmus, při němž se vyčíslí kombinace procentuálního zastoupení jednotlivých intenzit stupňů šedi ve výřezu snímku, který je považován za sto procent. Zvláště je sečteno zastoupení nejvyššího stupně intenzity (modrá) S_6 a zvláště zastoupení pěti nižších stupňů (zelená, žlutá, červená, růžová a fialová) S_1 až S_5 . Maximální počet zastoupení je roven celkovému počtu bodů ve výřezu vyhodnocované oblasti S_{MAX} . Vyhodnocovaná oblast (dobře je vidět na Obr. 10) má velikost 191 x 191 bodů, čili $S_{MAX} = 36481$ bodů. Jelikož zastoupení nejvyššího stupně znamená více nebezpečnou oblačnost, platí pro výslednou proměnnou V vztah:

$$V = (A + 2B) / 2 \quad [-]$$

Proměnná B představuje procentuální zastoupení nejvyšší intenzity stupně šedi a proměnná A představuje procentuální zastoupení pěti nižších intenzit. Platí tedy vztahy:

$$A = 100 \cdot (S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5) / S_{MAX} \quad [\%]$$

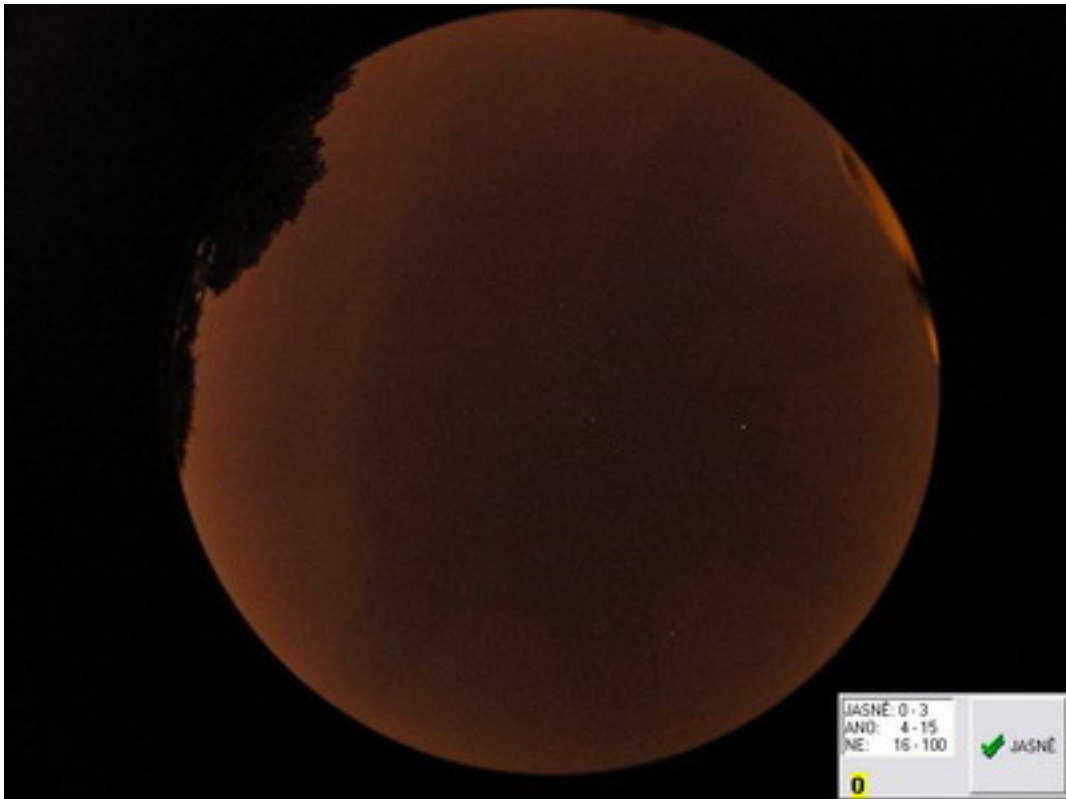
$$B = 100 \cdot S_6 / S_{MAX} \quad [\%]$$

Výstupní veličina V nabývá hodnot 0 až 100 a testováním širokého vzorku nočních snímků byly ustanoveny tři možné stavy:

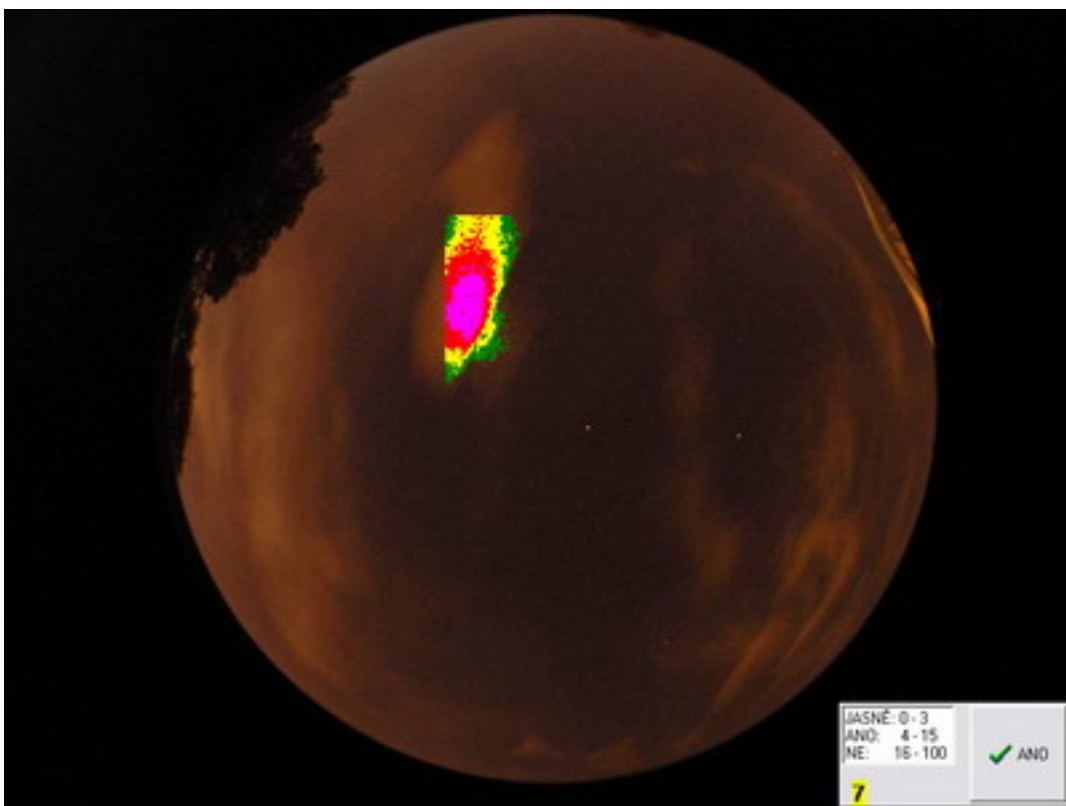
$V = 0 - 3$... JASNĚ – zcela jasná obloha (Obr. 12),

$V = 4 - 15$... ANO – obloha dostatečně jasná pro pozorování dalekohledem (Obr. 13),

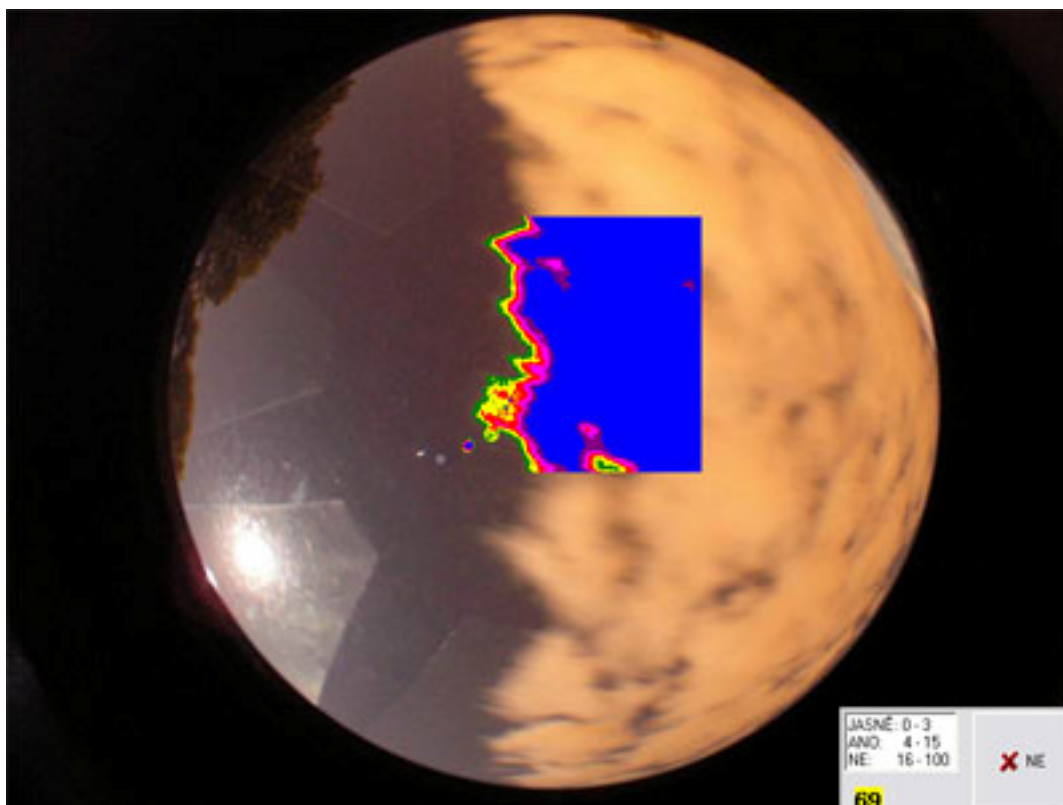
$V = 16 - 100$... NE – zatažená obloha, nemožnost pozorování dalekohledem (Obr. 14).



Obr. 12 Vyhodnocení jasné oblohy, $V = 0$



Obr. 13 Vyhodnocení ještě akceptovatelné oblohy, $V = 7$



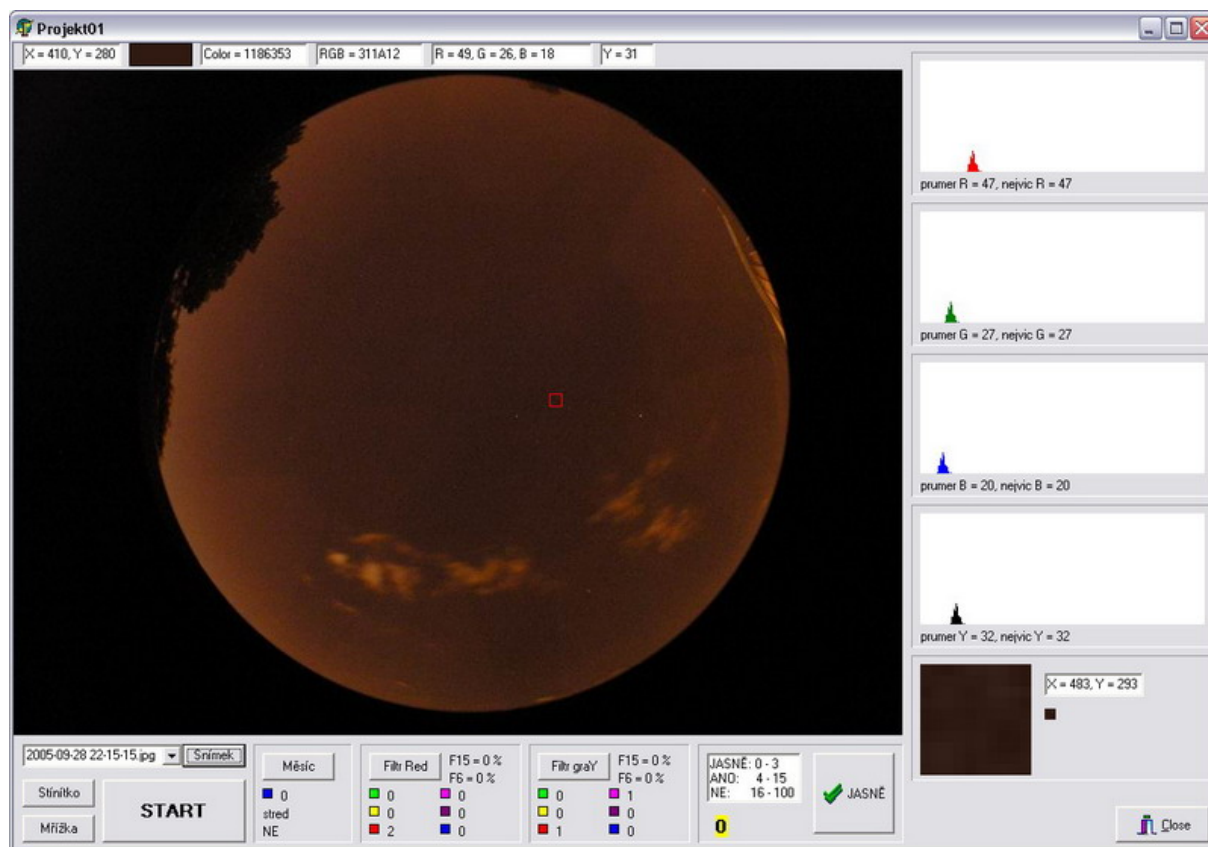
Obr. 14 Vyhodnocení nepřijatelné oblohy, $V = 69$

6. Program algoritmu

Celý algoritmus byl naprogramován v prostředí Delphi od firmy Borland⁸. Byla vytvořena jednoduchá aplikace se snadnou možností změny parametrů pro co nejefektivnější vývoj a zároveň pro snadné budoucí změny (viz. příloha). Vzhled této aplikace je možné vidět na Obr. 15, ovšem ve svém finálním uplatnění v dříve popsaném projektu MARK bude použit pouze kód algoritmu bez vizuálních ovládacích prvků. Aplikace z Obr. 15 obsahuje nahoře informace vztahující se k bodu snímku, nad kterým se právě nachází kurzor. Jsou to zleva souřadnice, náhled barvy, dekadické číslo barvy, barva v RGB kódu, jednotlivé velikosti barevných složek R, G a B a velikost stupně šedi Y. Po kliknutí na snímek se zobrazí červený rámeček ohraničující oblast 10 x 10 bodů, která je vpravo dole překreslena a zvětšena s informací o souřadnicích levého horního bodu. Vpravo se také nachází jednotlivé histogramy dané oblasti. Vlevo dole je rozbalovací seznam snímků, které lze vybrat či překreslit tlačítkem Snímek. Tlačítko Stínítka bylo používáno k zastínění sousední kopule a

⁸ <http://www.borland.cz/products/delphi/>

špiček stromů. Tlačítko Mřížka bylo používáno k zobrazení souřadnicové mřížky pro potřeby snadné orientace po snímku při návrhu algoritmu. Tlačítko Měsíc provede analýzu snímku podle modré složky barvy, vypočte polohu a intenzitu případného Měsíce na obloze. Tlačítko Filtr Red provede analýzu snímku podle červené složky barvy a vypočte výslednou veličinu V . Tlačítko Filtr graY provede analýzu snímku podle stupně šedi a vypočte výslednou veličinu V . Napravo od Filtru graY je žlutě zvýrazněna hodnota výstupní veličiny V a graficky znázorněn výstupní stav (JASNĚ, ANO či NE). Tlačítko START je finální tlačítko realizující překreslení snímku, indikaci Měsíce, opětovné překreslení a vypočtení výstupní veličiny V podle stupně šedi. Skutečná procedura v projektu MARK bude dělat právě funkci tlačítka START, ovšem bez vizuálních výstupů.



Obr. 15 Aplikace realizující analýzu snímků z celoblokové kamery

Závěr

Semestrální práce naplnila stanovený cíl návrhu algoritmu pro analýzu snímků z celooblohové kamery. Výstupem algoritmu je proměnná nabývající hodnot od 0 do 100. Velikost této výstupní proměnné indikuje jeden ze tří výsledků analýzy snímku, tedy JASNĚ (0 až 3), ANO (4 - 15), NE (16 - 100). Algoritmus je tedy schopen stanovit ze snímku, zda je nad dalekohledem jasná hvězdná obloha, přijatelná oblačnost nebo nebezpečné bouřkové mraky. Při návrhu bylo potřeba eliminovat rušící jevy osvětlení z nočního města a ozáření snímku jasným Měsícem. Klíčová část návrhu spočívala ve správné interpretaci snímku v barevném spektru a ve stupních šedi. Výsledná aplikace a její zdrojový kód jsou v příloze.

Ing. Martin Fuchs, pracovník Štefánikovy hvězdárny, již výsledek této práce odsouhlasil, takže navržený algoritmus bude skutečně v projektu MARK využit k rozšíření ochrany před nebezpečným počasím.

Rozšíření této práce bude návrh algoritmu také pro denní snímky. Obsáhlejší prací potom bude navrhnout automatickou analýzu celkové meteorologické situace, čili zpracovat data ze všech senzorů a externích zdrojů.

Použité zdroje

<http://www.observatory.cz/> - Internetové stránky Štefánikovy hvězdárny v Praze.

<http://en.wikipedia.org/> - Internetová vzdělávací encyklopedie.

Přílohy

Projekt01.exe – Aplikace vykonávající analýzu snímků z celooblohové kamery.

Projekt01.zip – Archiv se zdrojovými kódy aplikace vytvořené v Delphi.