

Universita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Lukáš Hudec

Algoritmy pro spektrální
klasifikaci hvězd

Kabinet software a výuky informatiky

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. František Mráz, CSc.

Studijní program: Informatika, Programování

2007

Rád bych poděkoval RNDr. Františkovi Mrázovi, CSc. za pevné vedení práce a podporu v podobě přínosných rad a poznámek. Dále pak Doc. Renému Hudci, CSc. ASÚ AV ČR, který byl zadavatelem práce za pomoc v otázkách astronomických.

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci napsal samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů. Souhlasím se zapůjčováním práce a jejím zveřejňováním.

V Praze dne

Lukáš Hudec

OBSAH

Úvod	5
1. Problematika	6
1.1 Vstupní data.....	6
1.2 Historická analýza dat.....	6
2. Metodika	7
2.1 Pojmy.....	7
2.2 Digitální zpracování obrazu.....	9
2.3 Průběh spektra.....	12

2.4 Klasifikace spektra.....	14
3. Programátorská dokumentace.....	17
3.1 Prostředí.....	17
3.2 Zdrojové Soubory.....	17
3.3 Datové struktury.....	18
4. Uživatelská dokumentace.....	19
4.1 Minimální požadavky.....	19
4.2 Instalace.....	19
4.3 Seznámení s prostředím.....	19
4.4 Hlavní menu.....	22
4.5 Histogram.....	23
4.6 Hlavní výpočet.....	23
4.7 Export do souboru.....	26
5. Ukázky klasifikace.....	28
6. Závěr.....	29
7. Literatura.....	30

NÁZEV PRÁCE: PROGRAM PRO ZPRACOVÁNÍ ASTRONOMICKÝCH DESEK

AUTOR: LUKÁŠ HUDEC

KATEDRA: KABINET SOFTWARE A VÝUKY INFORMATIKY

VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: RNDr. FRANTIŠEK MRÁZ, CSc.

E-MAIL VEDOUcíHO: Frantisek.Mraz@mff.cuni.cz

ABSTRAKT: HLAVNÍM VÝSTUPEM PRÁCE JE POČÍTAČOVÝ PROGRAM PRO AUTOMATICKÉ ZPRACOVÁNÍ NASKENOVANÝCH ASTRONOMICKÝCH DESEK, KTERÉ POCHÁZÍ Z ROZSÁHLÉHO ARCHIVU NA NĚMECKÉ HVĚZDÁRNĚ V SONNEBERGU. APLIKACE PROCHÁZÍ OBSAH DESKY A DETEKUJE VŠECHNY ASTRONOMICKÉ OBJEKTY S PARAMETRY, KTERÉ VYMEZUJE UŽIVATELSKÝ VSTUP. U VYBRANÝCH OBJEKTŮ JE POTÉ ZPRACOVÁVÁN SPEKTRÁLNÍ ROZBOR A PŘÍPADNÁ KLASIFIKACE HVĚZDY DLE ASTRONOMICKÉHO KATALOGU SPEKTER.

KLÍČOVÁ SLOVA: SPEKTRUM, ASTRONOMICKÉ DESKY, ZPRACOVÁNÍ OBRAZU

TITLE: PROGRAM FOR PROCESSING ASTRONOMICAL PLATES

AUTHOR: LUKÁŠ HUDEC

DEPARTMENT: DEPARTMENT OF SOFTWARE AND COMPUTER SCIENCE EDUCATION

SUPERVISOR: RNDr. FRANTIŠEK MRÁZ, CSc.

SUPERVISOR'S E-MAIL: Frantisek.Mraz@mff.cuni.cz

ABSTRACT: THE MAIN OUTPUT OF THIS WORK IS A COMPUTER SOFTWARE FOR AUTOMATICAL PROCESSING OF SCANNED ASTRONOMICAL PLATES, WHICH COMES FROM EXTENSIVE ARCHIVE FROM GERMANY ASTRONOMICAL OBSERVATION IN SONNEBERG. APPLICATION IS GOING THROUGH THE CONTENT OF THE PLATE DETECTING ALL ASTRONOMICAL OBJECTS WITH PARAMETERS, WHICH ARE DETERMINATED BY USER. FOR CHOSEN OBJECTS IS THEN EXECUTED SPECTRAL ANALYSE AND CONTINGENT STAR CLASIFICATION ACCORDING TO ASTRONOMICAL CATALOGUE OF SPECTRES.

KEYWORDS: SPECTRUM, ASTRONOMICAL PLATES, IMAGE PROCESSING

ÚVOD

CÍLEM TÉTO PRÁCE BYLO NAVRHNOUT A IMPLEMENTOVAT PROGRAM NA ANALÝZU ASTRONOMICKÝCH SPEKTRÁLNÍCH DESEK. Na zadaném typu astronomických fotografických desek nejsou hvězdy jako body, ale jako spektra s nízkou disperzí. To znamená, že hvězda je úsečka o určité délce a šířce. U této úsečky představuje osa y vlnovou délku, osa x čas. Cílem práce bylo navrhnout a implementovat algoritmy pro výpočet průběhu spektra pro jednotlivé hvězdy a následný pokus o klasifikaci hvězdy. Byly zadány kalibrační vzorové hvězdy a program měl porovnat spektrum skutečné hvězdy s kalibračním vzorem a určit nejpodobnější typ. Vstupní data jsou digitalizované astronomické desky s objektivním hranolem observatoře Sonneberg, popřípadě z dalších observatoří (Asiago, Hamburg). Zadavatelem práce byl RNDr. René Hudec CSc., Astronomický ústav AV ČR, 251 65 Ondřejov, e-mail rhudec@asu.cas.cz. Práce byla vypracována v průběhu akademického roku 2006/2007 a napsána v programovacím jazyce C++ za pomoci překladače Microsoft Visual Studio 2005 a je tedy napsána pro Operační Systém Microsoft Windows.

1. PROBLEMATIKA

V TÉTO KAPITOLE JE OBSAŽENO ÚVODNÍ SEZNÁMENÍ S PROBLEMATIKOU PŘI ANALÝZE ASTRONOMICKÝCH FOTOGRAFICKÝCH DESKÁCH, HISTORICKÉ METODY TÉTO ANALÝZY A PŘEDPOKLADY PRO ZAVEDENÍ NOVÝCH METOD

1.1 VSTUPNÍ DATA

VSTUPNÍMI DATY JSOU DESKY, KTERÉ POCHÁZÍ Z OBSERVATOŘE V NĚMECKÉM SONNEBERGU. TENTO ARCHIV JE VÍCE JAK 50 LET STARÝ A OBSAHUJE STATISÍCE ASTRONOMICKÝCH FOTOGRAFICKÝCH DESEK. ČÁST Z TĚCHTO DESEK JE SPEKTRÁLNÍ EXPOZICE MÍSTA NA OBLOZE, KTERÉ SE V TÉTO PRÁCI VĚNUJI. NA TĚCHTO DESKÁCH JSOU ZACHYCENY OBJEKTY NA OBLOZE JAKO ČÁRY KOLMÉ NA OSU x . Osa x zde vyjadřuje čas expozice a na ose y je závislý spektrální profil jednotlivých vlnových délek objektu (příklad takové desky je na obr. 2.1.1., osa x je vodorovná, osa y je svislá). Archiv desek na observatoři se již nerozrůstá, nicméně jeho hlavní hodnota spočívá v dlouhém časovém rozmezí, ve kterém byly snímky v archivu pořízeny. Mnoho objektů mění svou magnitudu a jiné vlastnosti v závislosti na čase a to je tedy důvodem, proč má smysl analyzovat staré a nekvalitní desky.

Na observatoři v Sonnebergu jsou tyto desky v současné době digitalizovány pomocí skenerů určených na digitalizaci tohoto typu záznamu v rozlišení až 36 megapixelů. Jedna taková deska na sobě nese informaci o zhruba 2000 objektech rozumné velikosti, kde rozumnou velikostí máme na mysli objekty složené z více jak 100 pixelů. Průměrná velikost takových objektů je pak většinou mezi 450 – 600ti obrazovými body.

1.2 Historická analýza dat

Desky v archivu byly analyzovány již s mnohým úsilím v historii. Časová náročnost ovšem byla tak náročná, že není možné zpracovat takto archiv takového rozměru v rozumném čase. Analýza se historicky prováděla empirickými metodami. Pro tento účel je observatoř vybavena mikroskopy na fotografické desky, kterými se detailně dají zkoumat podsvícené objekty pouhým okem. Analýza objektů pak probíhá pomocí relací vůči okolním objektům. Kolem objektu, který vykazuje zvláštní změny svých parametrů, se naleznou jiné objekty, u kterých je zjištěna jejich neměnnost v závislosti na čase. Potom jsou zkoumány desky v delším časovém horizontu a pomocí relací mezi neměnnými objekty a proměnnou hvězdou lze vynést graf či jiný výstup analýzy změn. Takový postup práce zabere mnohdy i několik hodin zkoumání jediného objektu.

2. METODIKA

V TÉTO KAPITOLE BUDOU NASTÍNĚNY POUŽITÉ ZNÁME POJMY A JEJICH NÁSLEDNÁ APLIKACE VČETNĚ VLASTNÍCH POSTUPŮ PRO VYŘEŠENÍ PROBLÉMŮ VYVSTALÝCH BĚHEM ŘEŠENÍ ZADANÉHO ÚKOLU.

2.1 POJMY

- **HISTOGRAM JE GRAF VYNESENÝ Z DIGITÁLNÍHO OBRAZU KDE DEFINIČNÍM OBOREM JE SLEDOVANÁ HODNOTA JEDNOTLIVÝCH BODŮ (NAPŘÍKLAD SYTOST ŠEDI NEBO SYTOST NĚKTERÉ BARVY) A OBOREM HODNOT JSOU POČTY ZASTOUPENÍ DANÉ HODNOTY V DIGITÁLNÍM OBRAZE. TY SE UVÁDĚJÍ V NĚKTERÝCH PŘÍPADECH ABSOLUTNÍCH HODNOTÁCH A V NĚKTERÝCH PŘÍPADECH RELATIVNÍM ZASTOUPENÍM OPROTI VELIKOSTI OBRAZU.**
- **PRAHOVÁNÍ JE METODA NA ODSTRANĚNÍ JEDNÉ ČÁSTI DIGITÁLNÍHO OBRAZU, KTERÁ JE SVÝMI PARAMETRY SNADNO VYMEZITELNÁ. KLASICKÝM PŘÍPADEM PRAHOVÁNÍ JE NAPŘÍKLAD VYBĚLĚNÍ POZADÍ NASKENOVANÉHO TEXTU, KDE SE STANOVÍ HODNOTA SYTOSTI ŠEDI TAK, ABY DATA V OBRÁZKU JEDNOZNAČNĚ ROZDĚLILA DO DVOU ROVIN – PÍSMO A POZADÍ. HODNOTY POD PRAHEM JSOU Z OBRAZU ODSTRANĚNY. V APLIKACI NA VYHLEDÁVÁNÍ HVĚZD JE PRAHOVÁNÍ POUŽITO PRO ODDĚLENÍ HVĚZD OD POZADÍ SE ŠUMEM. U PRAHOVÁNÍ V PŘÍPADĚ DESEK SE JEDNÁ O ÚLOHU VELMI PODOBNOU.**
- **KONVOLUČNÍ filtr je transformace obrazu. Algoritmus pro tuto transformaci lze chápat jako matici (konvoluční maska), kterou položíme na příslušné místo obrazu. Každý pixel překrytý maticí vynásobíme koeficientem na příslušném místě matice a provedeme součet všech těchto hodnot. Tím dostaneme jeden nový pixel. Například mějme konvoluční masku o rozměru 3x3 (bude překryto 9 pixelů) a všechny buňky mají koeficient 0,11 (1/9). Nový pixel, který vypočteme po aplikaci na jedno místo v původním obraze, tedy bude *průměrem* z devíti okolních pixelů. Pokud například aplikujeme takto definovanou konvoluci na celý obraz, pak dostaneme rozostřený obraz. Pokud použijeme větší konvoluční masku 5x5 s koeficienty 1/25, pak bude obraz rozostřen více.**
- **Segmentace je oddělovací technika objektů, která umožňuje zobrazit digitální obraz dat do odděleného prostoru objektů. Mapování digitálního obrazu se provádí po segmentech, které mohou mít téměř libovolnou, nějakým způsobem související hodnotu. Segment obvykle není náhodně vybranou částí obrazu, ale má nějaký význam - například segment obsahující hodnoty hvězd, segment hodnoty jiných objektů, segment obsahující hodnoty pozadí.**

2.2 DIGITÁLNÍ ZPRACOVÁNÍ OBRAZU

ASTRONOMICKÉ FOTOGRAFICKÉ DESKY JSOU SCANOVÁNY PŘEDEVŠÍM NA OBSERVATOŘI V NĚMECKÉM SONNEBERGU A VZHLEDEM K JEJICH STÁŘÍ (ARCHIV POKRÝVÁ DESKY Z OBDOBÍ CCA 60TI LET) JSOU SAMOTNÉ ORIGINÁLY ZNAČNĚ ZNEČIŠTĚNY ŠUMEM A OPROTI IDEÁLNÍMU STAVU SNÍMKŮ S ABSOLUTNĚ BÍLÝM POZADÍM ZDE ZTRÁCÍME MNOHO INFORMACE. PRVNÍM ÚKOLEM JE Tedy ODFILTROVÁNÍ POZADÍ FOTOGRAFICKÉ DESKY.

JE Tedy VHODNÉ POUŽÍT PRAHOVÝ FILTR NA ELIMINACI NEŽÁDOUCÍHO A PŘÍLIŠ TMAVÉHO POZADÍ. VZHLEDEM K TOMU, ŽE DESKY JSOU POŘÍZENY STEJNOU OPTIKOU A VE STEJNÝCH PODMÍNKÁCH, DALO SE PŘEDPOKLÁDAT, ŽE POZADÍ BUDE Tedy NA VŠECH NABÝVAT STEJNÝCH HODNOT. Po IMPLEMENTACI TĚTO NEJEDNODUŠŠÍ VERZE PRAHOVÉHO FILTRU SE VŠAK UKÁZALO, ŽE ČÁST ASTRONOMICKÝCH FOTOGRAFICKÝCH DESEK NEMÁ ROVNOMĚRNÉ ZAŠEDNUTÍ POZADÍ NA VŠECH MÍSTECH EXPOZICE A TÍM PÁDEM DOCHÁZELO K OBJEVOVÁNÍ TMAVÝCH SKVRN, KTERÉ PROGRAM NEPOVAŽOVAL ZA SOUČÁST POZADÍ.

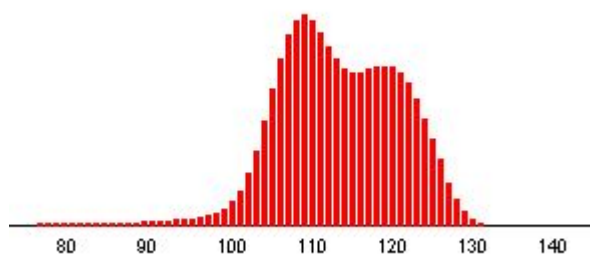
ANALÝZU ZMĚN POZADÍ NA DESCE A SNÍŽENÍ PRAHOVÉ HODNOTY (PRAHOVÁ HODNOTA JE BRÁNA DLE ŠEDI PIXELU A Tedy ČÍM VYŠŠÍ HODNOTA, TÍM NIŽŠÍ ZAŠEDNUTÍ) PRO KRITICKÁ MÍSTA NA DESCE JSEM ZAVRHL, NEBOŤ PAK BY NEBYLO MOŽNÉ OBJEKTIVNĚ POROVNAT DATA ANI V RÁMCI JEDNÉ DESKY.

NA POMOC PŘI ŘEŠENÍ TOHOTO PROBLÉMU JSEM IMPLEMENTOVAL VÝPOČET HISTOGRAMU Z NAČTENÉ DIGITALIZACE ASTRONOMICKÉ FOTOGRAFICKÉ DESKY. TENTO HISTOGRAM POČÍTÁ PROCENTUELNÍ ZASTOUPENÍ JEDNOTLIVÝCH STUPŇŮ ŠEDI NA CELÉ DESCE. POTOM JSEM ZKOUMAL HISTOGRAMY JEDNOTLIVÝCH DESEK A HLEDAL NĚJAKOU PODOBNOST, KTERÉ BY SE DALO VYUŽÍT PRO OPTIMÁLNÍ PRAHOVÁNÍ POZADÍ. ZDE JSEM NARAZIL NA LOGICKOU PODOBNOST – HVĚZDY NA OBLOZE JSOU ROZMÍSTĚNY RELATIVNĚ ROVNOMĚRNĚ A DÍKY TOMU JE ZASTOUPENÍ PIXELŮ, KTERÉ PATŘÍ HVĚZDÁM A PIXELŮM, KTERÉ JE TŘEBA POČÍTAT K POZADÍ VŽDY V TĚMĚŘ STEJNÉM POMĚRU A TO 1:50. PROTO JSEM NAKONEC IMPLEMENTOVAL PRAHOVÝ FILTR, KTERÝ JAKO HODNOTU PRO SVŮJ PRÁH POČÍTÁ SYTOST ŠEDI TAKOVOU, ABY 2% PIXELŮ NA ASTRONOMICKÉ DESCE BYLA S VĚTŠÍ INTENZITOU ŠEDI.

JAKMILE ZNÁME PRAHOVOU HODNOTU, LZE PŘEJÍT K SEGMENTACI. ALGORITMUS V TOMTO KROKU PROHLEDÁVÁ SEKVENČNĚ ASTRONOMICKOU FOTOGRAFICKOU DESKU A PŘI NALEZENÍ NADPRAHOVÉ HODNOTY ZKOUMÁ, ZDA-LI SE JEDNÁ O POČÁTEK OBJEKTU, NEBO ŠUM NA DESCE. VYHLEDÁNÍ VŠECH PIXELŮ SOUVISEJÍCÍCH S OBJEKTEM PROVEDE REKURSIVNÍ FUNKCE POMOCÍ PROHLEDÁVÁNÍ DO ŠÍŘKY. PROHLEDANÉ BODY JSOU POTÉ OZNAČENY ZA NAVŠTÍVENÉ A PŘI DALŠÍM SEKVENČNÍM POSTUPU ASTRONOMICKOU DESKOU JE ALGORITMUS IGNORUJE. JAKO ŠUM JSOU POVAŽOVÁNY OBJEKTY, KTERÉ TVAREM NEODPOVÍDAJÍ OČEKÁVANÉ PODOBĚ SPEKTRA A NEBO JSOU PŘÍLIŠ MALE (OBR. 2.2.3). OČEKÁVANÁ PODOBA SPEKTRA JE KOLMÝ PRAVIDELNÝ ÚTVAR, KTERÝ MÁ ŠÍŘKU NE VŠECH ČÁSTECH TĚMĚŘ STEJNOU. MALÝM OBJEKTEM MYSLÍME OBJEKT, KTERÝ NEVYHOVUJE VSTUPNÍM POŽADAVKŮM NA MINIMÁLNÍ VELIKOST HVĚZDY V PIXELECH (MINIMÁLNÍ POČET PIXELŮ PŘÍMO SOUVISEJÍCÍCH S DANOU HVĚZDOU). DALŠÍMI OBJEKTY, KTERÉ JSOU VYŘAZENY Z DALŠÍHO ZPRACOVÁNÍ JSOU SPEKTRA, KTERÁ JSOU NAVZÁJEM PŘEKRYTÁ – TY TAKÉ NEODPOVÍDAJÍ HODNOTÁM OČEKÁVANÉHO TVARU OBJEKTU (OBR. 2.2.4).



OBR. 2.2.1: JEDNA Z ASTRONOMICKÝCH FOTOGRAFICKÝCH DESEK S NEKONZISTENTNÍM POZADÍM. JE ZDE SNADNO VIDITELNÝ FLEK NA POZADÍ V PRAVÉ HORNÍ ČÁSTI

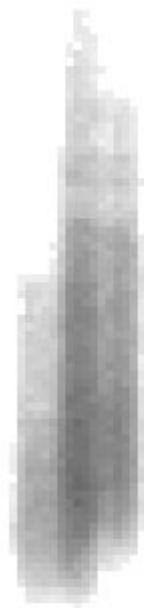


OBR. 2.2.2: HISTOGRAM DESKY Z OBRÁZKU 1.1, ZDE JE PATRNÉ ROZMEZÍ PIXELŮ NÁLEŽÍCÍM K OBJEKTŮM A PIXELŮ NÁLEŽÍCÍM K POZADÍ NA HODNOTĚ 89, KTEROU ALGORITMUS V TOMTO PŘÍPADĚ ZVOLIL JAKO PRAHOVOU HODNOTU.



0 10

OBR. 2.2.3: NĚKTERÉ OBJEKTY JSOU TAK MALÉ, ŽE JAKÁKOLIV ANALÝZA JEJICH DAT POZBÝVÁ SMYSLU A JE LEPŠÍ JE Z DALŠÍHO ZPRACOVÁNÍ PŘEDEM VYŘADIT



OBR. 2.2.4: PŘEKRYVY JEDNOLIVÝCH SPEKTER NEJSOU NIČÍM VYJÍMEČNÝM. TAKOVÁ DATA JE TAKE LEPŠÍ Z DALŠÍHO ZPRACOVÁNÍ VYLOUČIT, NEBOŽ VÝSLEDKY BY BYLY NESMĚRODATNÉ

2.3 PRŮBĚH SPEKTRA

NYNÍ MÁME POMOCÍ SEKVENČNÍHO ALGORITMU S FILTREM Z DESKY ULOŽENÉ OBJEKTY V DATOVÝCH STRUKTURÁCH A JE NUTNÉ PROVÉST ANALÝZU JEDNOTLIVÝCH HVĚZD. HLAVNÍM ÚKOLEM JE ANALYZOVAT PRŮBĚH SPEKTRA A NAJÍT ZAJÍMAVÁ MÍSTA (OBR. 2.3.1)

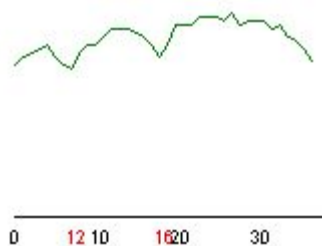


OBR 2.3.1: HVĚZDA V NĚKOLIKANÁSObNĚM ZVĚTŠENÍ. UŽŠÍ ROZMĚR REPRESENTUJE ČAS A DELŠÍ ROZMĚR VLNOVÉ DÉLKY. NA HVĚZDĚ JSOU VYZNAČENÁ MÍSTA S VELKÝMI ZMĚNAMI VE SPEKTRU, KTERÁ MUSÍ BÝT ALGORITHMEM DETEKOVÁNA

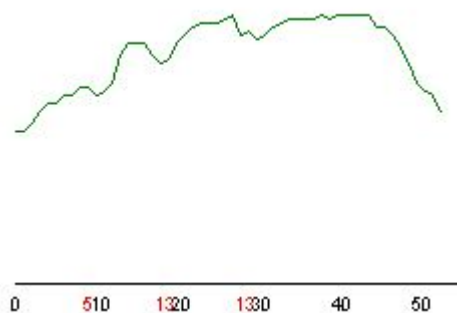
VÝPOČET PRŮBĚHU SPEKTRA ZAČÍNÁ U JEDNODUCHÉHO ŘEZU STŘEDEM OBJEKTU. ŘEZ JE VEDEN ROVNOBĚŽNĚ S OSOU y . TATO METODA VŠAK NEVEDE K IDEÁLNÍMU PRŮBĚHU SPEKTRA, NEBOŤ TÍM ŽE BEREME V ÚVAHU POUZE JEDNU HODNOTU NA OSE y ZVYŠUJEME ZNAČNĚ PROJEKCI CHYBY ZPŮSOBENÉ ŠUMEM DO VÝLEDNÉHO GRAFU. CHYBA NAVÍC NEMUSÍ BÝT ZPŮSOBENÁ POUZE ŠUMEM, ALE PŘI NĚKTERÝCH EXPOZICÍCH SE PRAVDĚPODOBŇĚ BĚHEM EXPOZOVÁNÍ DOSTAL MEZI DALEKOHLED A EXPOZOVANOU ČÁST OBLOHY MRAK, KTERÝ ZPŮSOBIL KRÁTKODOBÝ VÝPADEK INFORMACE NA OSE y PRO VŠECHNY OBJEKTY NA EXPOZICI. POKUD TENTO VÝPADEK INFORMACE BUDE PŘESNĚ V POLOVINĚ EXPOZIČNÍHO ČASU TAK SE NÁM SNADNO MŮŽE STÁT ŽE DATA ČERPANÁ Z OSY OBJEKTU BUDOU DIAMETRÁLNĚ ODLIŠNÁ OD SKUTEČNOSTI.

PROTO PRO KORIGOVÁNÍ PRŮBĚHU SPEKTRA ZA ÚČELEM MINIMALIZACE CHYBY JE GRAF DOPLNĚN O ALGORITMUS PRO ZPRŮMĚROVÁNÍ INTENZITY JEDNOTLIVÝCH VLNOVÝCH DÉLEK PŘES CELOU DOBU EXPOZICE. TENTO VÝSEDEK SE VĚTŠINOU PŘÍLIŠ NEODCHYLUGE OD PRVNÍ METODY, NICMĚNĚ V EXTRÉMŇNÍCH PŘÍPADECH, JAK JIŽ BYLO ZMÍNĚNO VÝŠE, JE MNOHONÁSObNĚ BLÍŽE REALITĚ.

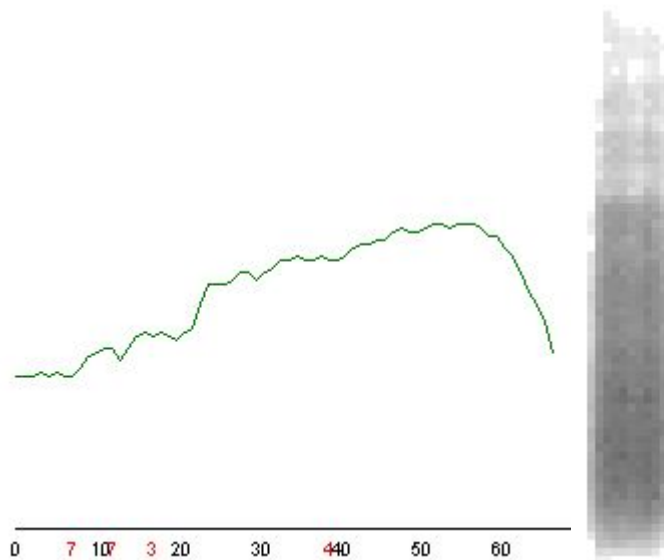
POSLEDNÍ ŘEŠENÍ VÝPOČTU PRŮBĚHU SPEKTRA VYCHÁZÍ Z NUTNOSTI ZVÝRAZNĚNÍ DŮLEŽITÝCH ZMĚN PRŮBĚHU SPEKTRÁLNÍHO GRAFU DANÉ HVĚZDY. DÍKY ZNAČNÉ ZAŠUMĚNOSTI A STARŠÍMU EXPOZIČNÍMU ZAŘÍZENÍ SE TOTIŽ HVĚZDA NA ASTRONOMICKÉ FOTOGRAFICKÉ DESCE SVÝMI HODNOTAMI SYTOSTI JEDNOTLIVÝCH BODŮ SLIJE PŘÍLIŠ BLÍZKO A TO VČETNĚ DŮLEŽITÝCH SPEKTRÁLNÍCH ČAR (PŘÍČNÉ ČÁRY KOLMÉ NA OSU X VE SPEKTRU HVĚZD ZNÁZORŇUJÍ VLNOVOU DÉLKU, KTERÁ JE VE SPEKTRU HVĚZDY O MNOHO SLABŠÍ A NEBO ÚPLNĚ CHYBÍ). TYTO ROZDÍLY SE DAJÍ DO JISTÉ MÍRY RESTAUROVAT POMOCÍ KONVOLUČNÍCH FILTRŮ. ZKOUŠENÍ RŮZNÝCH KONVOLUČNÍCH FILTRŮ NAKONEC UKÁZALO, ŽE OKRAJE SPEKTRA KOLEM SPEKTRÁLNÍCH ČAR JSOU NATOLIK RŮZNÉ, ŽE BUDE MUSET BÝT POUŽIT SYMETRICKÝ KONVOLUČNÍ FILTR. PRO DŮRAZNÉ VYTAŽENÍ OKRAJE SPEKTRÁLNÍ ČÁRY BYLA JEŠTĚ PŘIDÁNA FUNKCE NA KONTROLU GRADIENTU OKOLÍ, KTERÁ POMÁHÁ VYTÁHNOUT SPEKTRÁLNÍ PROPAST CO NEJBLIŽE K REALITĚ. TATO FUNKCE KONTROLUJE STRMOST PRŮBĚHU SPEKTRA VE SVÉM OKOLÍ A STŘED SPEKTRÁLNÍ ČÁRY POSOUVÁ BLÍŽE KE STRMĚJŠÍMU Z OBOU OKRAJŮ.



OBR. 2.3.2: JEDEN Z PRŮBĚHŮ SPEKTER MENŠÍHO OBJEKTU BEZ POUŽITÍ FILTRŮ, ZDE JSOU SPEKTRÁLNÍ ČÁRY snadno identifikovatelné a určit střed spektrálních čar je dle grafu triviální. Červená čísla na ose x vyznačují detekované spektrální čáry. Hodnota těchto čísel je dána ohodnocovací funkcí pro danou spektrální čáru – čím výraznější čára, tím vyšší hodnota.



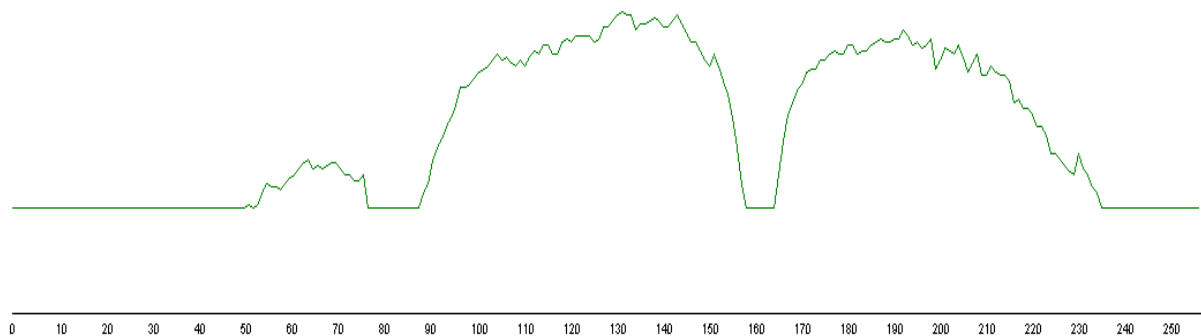
OBR. 2.3.3: PRŮBĚH SPEKTRA BEZ POUŽITÍ FILTRŮ S NEJEDNOZNAČNOU TŘETÍ SPEKTRÁLNÍ ČAROU S MOCNOSTÍ 13 OKOLO 30TÉHO BODU NA OSE X. JE STŘED SPEKTRÁLNÍ ČÁRY V MINIMU A NEBO V LOKÁLNÍM MAXIMU UPROSTŘED MINIMU VINOU ŠUMU?



OBR. 2.3.4: PROBLEMATICKÉ SPEKTRUM BEZ POUŽITÍ FILTRŮ HVĚZDY, KTERÁ MÁ VELMI POZVOLNÝ NÁSTUP, ZEJMÉNA KVŮLI TĚMTO PŘÍPADŮM BYLO POTŘEBA VZÍT V ÚVAHU OKOLÍ SPEKTRA KOLEM HLEDANÉ SPEKTRÁLNÍ ČÁRY, ABY BYL JEJÍ STŘED URČEN ALESPŇ ŘÁDOVĚ VE SPRÁVNÉ POLOZE (x=20)

2.4 KLASIFIKACE SPEKTRA

PRO KLASIFIKACI SPEKTER JSEM OD ZADAVATELE PRÁCE ZÍSKAL VZOROVÁ SPEKTRA V KATALOGU, KTERÝ JE NA <http://nedwww.ipac.caltech.edu/> - viz obr. 1.3.2. SPEKTRA Z TOHOTO KATALOGU BYLA PEČLIVĚ ZKOUMÁNA, ABY METODA, KTERÁ BUDE KLASIFIKOVAT HVĚZDY BYLA CO NEJEFEKTIVNĚJŠÍ. PRŮMĚRNÁ DÉLKA SPEKTRA V PIXELECH JEDNOTLIVÝCH VÝRAZNĚJŠÍCH HVĚZD Z ASTRONOMICKÝCH FOTOGRAFICKÝCH DESEK SE POHYBUJE KOLEM 120TI PIXELŮ, ZATÍMCO VZOROVÁ SPEKTRA Z KATALOGU MAJÍ V PRŮMĚRU KOLEM 250 PIXELŮ DLOUHÁ SPEKTRA – VIZ OBR. 2.4.1.



Obr. 2.4.1: Graf prahovaného vzorového spektra A0 bez ořezání. Při srovnání s předchozími grafy nalezených objektů je patrná diametrální odlišnost vzorového spektra bez šumu oproti exponované realitě.

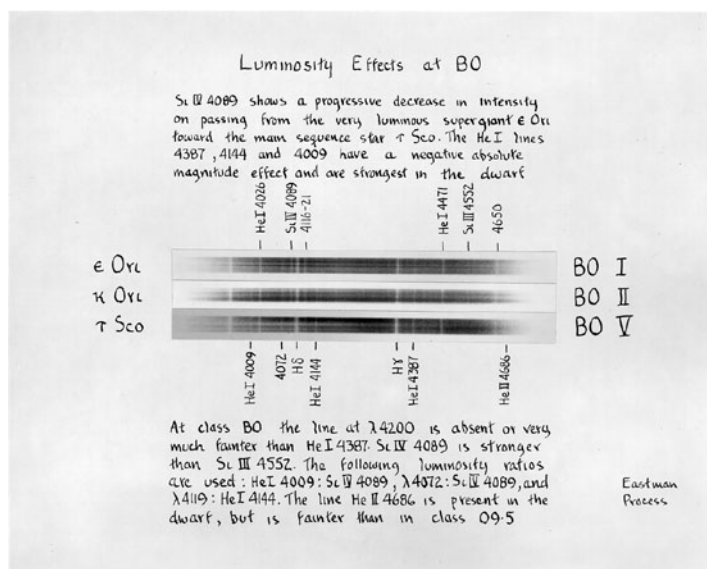
Podrobné zkoumání a porovnávání spekter nalezených objektů se vzorovými spektry mělo za následek implementaci dalších úprav před samotným rozpoznáváním. Spektra nalezených objektů totiž začínají až hodnotami, které přesáhly prahový filtr neboť informace pod prahovým filtrem nelze restaurovat. Vzorové objekty jsou tedy oříznuty na obou koncích právě o hodnoty, které jsou pod hranicí rozpoznatelnosti na konkrétní desce. Tím z předchozích délek spekter o průměru 250 pixelů dostáváme kratší, průměrně 200 pixelová vzorová spektra.

Při porovnávání nových spekter lze snadno vypozorovat, že jednotlivé dramatické změny ve spektru se u hvězdy a zkoumaného vzoru nešetkávají v absolutních hodnotách na ose x , ale relativní vzdálenosti mezi těmito změnami jsou dost podobné. Pro další úpravu byla tedy zvolena normalizace. Normalizace spekter probíhá v obou osách. Pro osu x byla zvolena jako normalizační délka 256 bodů, což by naprostou většinu spektrálních průběhů mělo roztáhnout. Pro osu y probíhá normalizace na 90 hodnot a to vzhledem k tomu, že průměrná hodnota prahu použitého na odfiltrování pozadí na deskách je právě 90 stupňů šedi. Po této normalizaci tedy dostáváme pro vzory i nalezené objekty grafy stejných definičních oborů se stejnými obory hodnot.

V dalším zpracování se využívají vrstevnaté neuronové sítě [5]. Vektory o 256ti prvcích, které nabývají hodnot 0-90 jsou pak posílány na vstup vrstevnaté neuronové sítě, která pro ně hledá pravděpodobně nejbližší spektrum. Síť má 256 vstupních neuronů, 70 neuronů ve skryté vrstvě a 256 výstupních neuronů. Na výstupu dostáváme spektrum, které je upraveno naučenou neuronovou sítí, což má za následek opravení obdobných chyb u všech objektů, které způsobila expoziční technika.

Konečný výsledek dostáváme porovnáním spektra z výstupu neuronové sítě se spektrem, které generují jednotlivé vzory. Ohodnocovací funkce byla na počátku zvolena jako součet absolutních hodnot rozdílů jednotlivých prvků obou vektorů. To nemusí dávat naprosto ideální výsledky v případě, že by nastal i minimální posun o 1pixel ve směru osy x . Proto byl implementován pokročilejší algoritmus který páruje hodnoty nalezeného objektu s okolím korespondujícího bodu vektoru reprezentujícího vzor. Za okolí považujeme 4% z osy x (tato hodnota podávala při empirickém výzkumu hodnot 0%, 2%, 4%, 6% nejlepší výsledky). V dalších průchodech u nespárovaných hodnot zvyšují toleranci rozdílů a dle

ROZDÍLU INKREMENTUJI CHYBOVOU FUNKCI (INKREMENTACE PROBÍHÁ PŘÍČTENÍM ABSOLUTNÍ HODNOTY ROZDÍLU K CHYBOVÉ FUNKCI), KTERÁ VYJADŘUJE ODLIŠNOST ZKOUMANÉHO SPEKTRA OD DANÉHO VZORU.

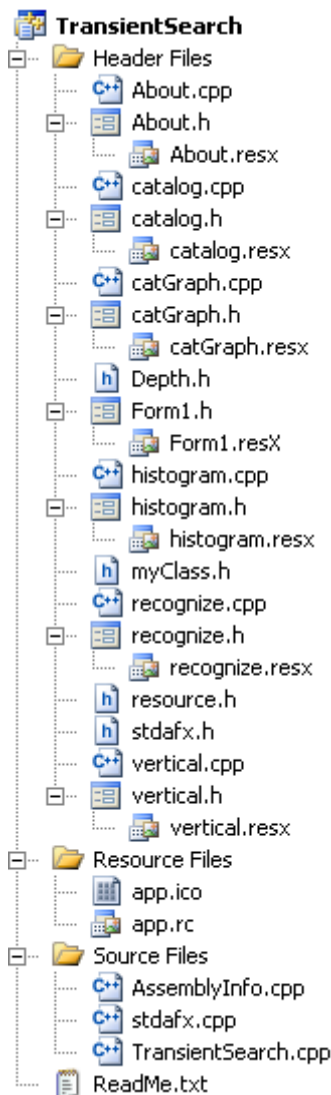


OBR. 1.3.2:PODROBNÝ ZÁPIS KATALOGOVÉHO SPEKTRA VČETNĚ OZNAČENÝCH ZAJÍMAVÝCH MÍST. DRUHY JEDNOTLIVÝCH SPEKTRÁLNÍCH TŘÍD (ZDE I,II,V) JSOU NATOLIK PODOBNÉ, ŽE V PŘÍPADĚ TAKOVÝCH DAT JAKO JSOU ASTRONOMICKÉ FOTOGRAFICKÉ DESKY JE NEMÁ SMYSL BRÁT V ÚVAHU.

3. Programátorská dokumentace

3.1 PROSTŘEDÍ

PROGRAM JE NAPSÁN V JAZYCE C++, V PŘEKLADAČI MICROSOFT VISUAL STUDIO 2005, PLATFORMA WIN32. PRO VÝVOJ PROGRAMU BYLO VYUŽITO PROSTŘEDÍ VC++, POČÁTEK APLIKACE BYL VYTVOŘEN POMOCÍ APPLICATION WIZARDU.



3.2 ZDROJOVÉ SOUBORY

ZÁKLADNÍ KONFIGURAČNÍ NASTAVENÍ APLIKACE A PŘESNÉ DETAILY O VERZI VISUAL C++ JSOU ULOŽENY V SOUBORU TRANSIENTSEARCH.VCPROJ.

JÁDRO APLIKACE A HLAVNÍ OKNO APLIKACE JSOU OBSAŽENY V HLAVIČKOVÉM SOUBORU FORM1.H, ODKUD SE SPOUŠTÍ VŠECHNY OSTATNÍ OKNA APLIKACE. HISTOGRAM NAČTENÉ DESKY JE ZVLÁŠTĚ ODDĚLEN VE ZDROJOVÉM SOUBORU HISTOGRAM.H, FUNKCE PRO VÝPOČET GRAFŮ SPEKTER NALEZENÝCH OBJEKTŮ JSOU OBSAŽENY V HLAVIČKOVÉM SOUBORU VERTICAL.H, VSTUP DO ROZBORU KATALOGOVÝCH SPEKTER JE ULOŽEN V HLAVIČKOVÉM SOUBORU CATALOG.H, KRESLENÍ GRAFŮ K TĚMTO VZORŮM OBSTARÁVÁ

`CATGRAPH.H`, SAMOTNÉ ROZPOZNÁVÁNÍ OBJEKTŮ DLE VZORŮ JE ULOŽENO V `RECOGNIZE.H`. PRO DOPLNĚNÍ JEŠTĚ UVEDU `FORMABOUT.H` KTERÝ ZOBRAZUJE STRUČNÉ INFORMACE O PROGRAMU.

MIMO HLAVIČKOVÉ SOUBORY JEŠTĚ ZA ZMÍNĚNÍ STOJÍ ZDROJOVÉ SOUBORY `DEPTH.H` A `MYCLASS.H`, VE KTERÝCH JSOU NAPSÁNY TŘÍDY PRO UŽIVATELSKY DEFINOVANÉ OBJEKTY V APLIKACI.

JAKO RESOURCE JSOU ZDE ULOŽENY IKONY K JEDNOTLIVÝM FORMŮM. OSTATNÍ VÝŠE NEPOPSANÉ SOUBORY SLOUŽÍ POUZE PRO SLINKOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH ZDROJOVÝCH SOUBORŮ PŘI PŘEKLADU A NEBO MAJÍ ČISTĚ INFORMATIVNÍ PODSTATU A JSOU GENEROVÁNY AUTOMATICKY.

3.3 DATOVÉ STRUKTURY

PRO PRÁCI S ASTRONOMICKOU DESKOU JE POUŽITO POLE BYTŮ, KDE PRO KAŽDÝ PIXEL JSOU ULOŽENY PO SOBĚ HODNOTY **R,G,B,A**. V PŘÍPADECH KDY JE ASTRONOMICKÁ DESKA ZPRACOVÁVÁNA POUZE JAKO ČERNOBÍLÁ, JSOU HODNOTY PŘEPOČÍTÁNY A ULOŽENY VE 4X MENŠÍM POLI POUZE S HODNOTOU SVĚTLOSTI JEDNOTLIVÝCH BODŮ. PRO KONVERZI JE POUŽITA STANDARDNÍ PŘEVÁDĚCÍ FUNKCE **0,2989*R, 0,5866*G, 0,1144*B** SE ZAOKROUHELENÍM NA BYTE. TATO KONVERZE JE PRO PŘÍPAD, KDY BY NÁHODOU DO DESKY BYLY PŘIDÁNY NĚJAKÉ BAREVNÉ INFORMACE – VĚTŠINA DESEK JE TOTIŽ JIŽ ČERNOBÍLÁ.

VEŠKERÝ GRAFICKÝ VÝSTUP PROVÁDÍ TŘÍDA `GRAPHICS`, KTERÁ JE SOUČÁSTÍ `VC++`. PRO I/O OPERACE V PŘÍPADĚ TEXTOVÝCH SOUBORŮ JSOU POUŽITY STANDARDNÍ TŘÍDY `STREAMWRITER` A `STREAMREADER`.

JAKO HLAVNÍ DATOVOU STRUKTURU CELÉ APLIKACE POVAŽUJI DYNAMICKÉ POLE OBJEKTŮ, KTERÉ REPRESENTUJÍ JEDNOTLIVÉ HVĚZDY. ALGORITMUS PROCHÁZÍ CELOU ASTRONOMICKOU FOTOGRAFICKOU DESKOU POMOCÍ PRAHOVÉHO FILTRU A JAKMILE NARAZÍ NA PIXEL KTERÝ MÁ HODNOTU VYŠŠÍ NEŽ JE HODNOTA PRAHU HLEDÁ REKURSIVNÍ FUNKCE VŠECHNY PIXELY PŘÍMO SOUVISEJÍCÍ S TÍMTO BODEM. CELÝ OBJEKT NÁSLEDNĚ ALGORITMUS ULOŽÍ DO TŘÍDY `STAR` JAKOŽTO SEZNAM BODŮ, KTERÉ K NĚMU PŘÍSLUŠÍ (TENTO SEZNAM BODŮ KORESPONDUJE S POLEM PIXELŮ CELÉ DESKY). POKUD TENTO OBJEKT SPLŇUJE PARAMETRY DANÉHO PROHLEDÁVÁNÍ, STÁVÁ SE PRVKEM DYNAMICKÉHO POLE OBJEKTŮ `STAR`, KTERÉ JE V PROGRAMU UVEDENO JAKOŽTO INSTANCE TŘÍDY `STARARRAY`. TYTO OBJEKTY SI V SOBĚ ZACHOVÁVAJÍ REFERENCE NA ASTRONOMICKOU DESKU A PROTO JSOU PŘEDÁVÁNY SPOLU S REFERENCÍ NA BYTOVÉ POLE ASTRONOMICKÉ DESKY. POSLEDNÍ DŮLEŽITĚ JŠÍ DATOVOU STRUKTUROU JE TŘÍDA `DEPTH`, KTERÁ OBSTARÁVÁ VŠECHNY VÝPOČTY SPOJENÉ S VYKRESLENÝM HISTOGRAMEM ASTRONOMICKÉ DESKY A UCHOVÁVÁ V SOBĚ HODNOTY HISTOGRAMU. TATO TŘÍDA JE POUŽÍVANÁ PŘI ZPRACOVÁNÍ OBRÁZKU NA VYŽÁDÁNÍ HISTOGRAMU K UKLÁDÁNÍ DAT. `DATA` Z NÍ PAK PRO SVŮJ VÝSTUP VYBÍRÁ VYKRESLOVACÍ ALGORITMUS V HLAVIČKOVÉM SOUBORU `HISTOGRAM.H`

4. UŽIVATELSKÁ DOKUMENTACE

ZÁKLADNÍ SEZNÁMENÍ S PROSTŘEDÍM A FUNKCEMI PROGRAMU **TRANSIENTSEARCH**, KTERÝ SLOUŽÍ NA SPEKTRÁLNÍ ANALÝZU ASTRONOMICKÝCH FOTOGRAFICKÝCH DESEK. POMOCÍ TOHOTO PROGRAMU LZE PODROBNĚ SLEDOVAT VLASTNOSTI JEDNOTLIVÝCH OBJEKTŮ A JEJICH KLASIFIKACI A TO BUĎ JEDNOTLIVĚ A NEBO HROMADNÝM ZPRACOVÁNÍM A VÝSTUPEM DŮLEŽITÝCH INFORMACÍ VE FORMĚ TEXTOVÉHO SOUBORU.

4.1 MINIMÁLNÍ POŽADAVKY

PRO ÚSPĚŠNOU INSTALACI PROGRAMU **TRANSIENTSEARCH** A NÁSLEDNÉ SPUŠTĚNÍ JE NUTNÉ, ABY POČÍTAČ SPLŇOVAL NÁSLEDUJÍCÍ POŽADAVKY:

- **OPERAČNÍ SYSTÉM MICROSOFT WINDOWS 98 SECOND EDITION** NEBO VYŠŠÍ
- **GRAFICKÁ KARTA** S ALESPŇ **1MB** SAMOSTATNOU PAMĚTÍ
- **FREKVENCE PROCESORU** MINIMÁLNĚ **200MHZ**
- **OPERAČNÍ PAMĚŤ** ALESPŇ **64MB**
- **20MB** VOLNÉHO MÍSTA NA DISKU

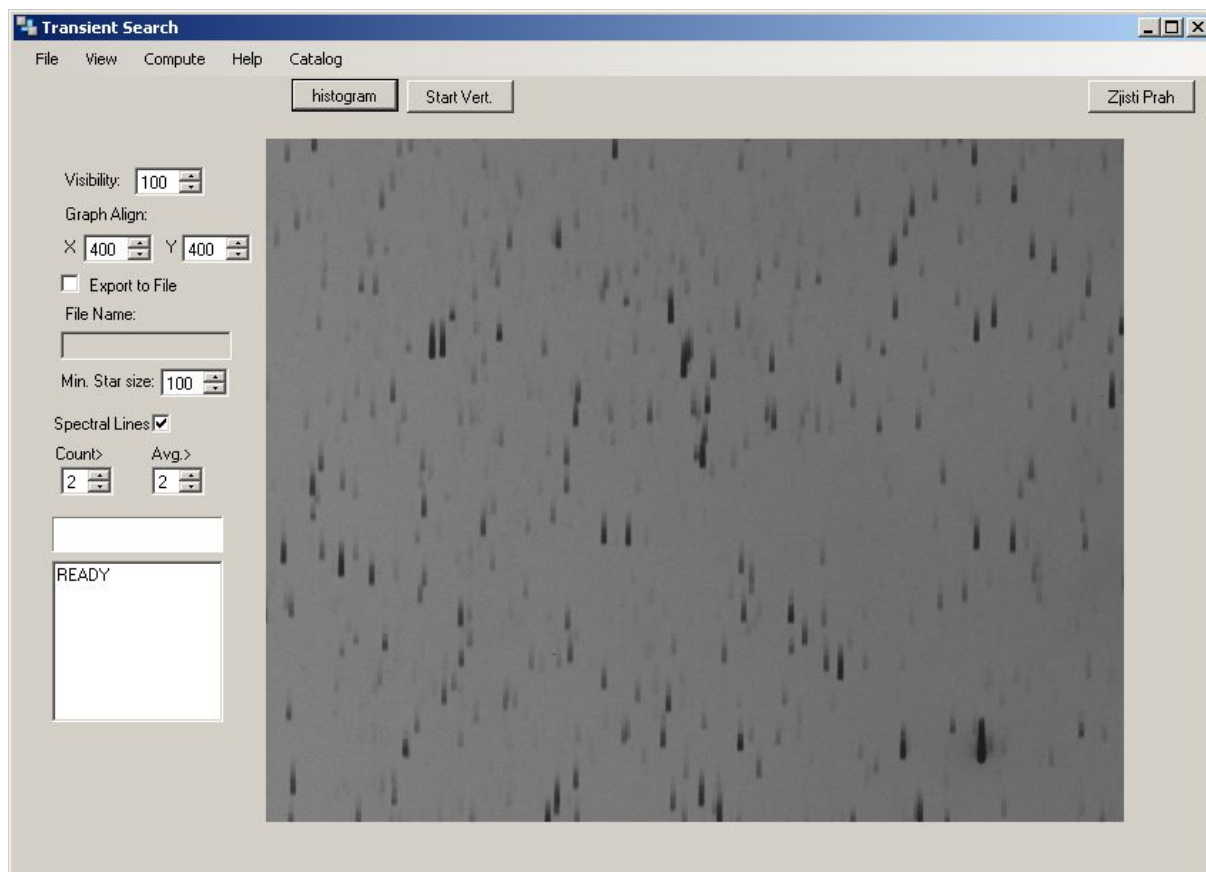
TYTO POŽADAVKY JSOU NUTNÉ PRO SPUŠTĚNÍ PROGRAMU, PRO PLYNULÝ BĚH BUDE ZAPOTŘEBÍ PŘEDEVŠÍM VĚTŠÍ OPERAČNÍ PAMĚŤ VZHEDEM K VELIKOSTI ZPRACOVÁVANÝCH DAT.

4.2 INSTALACE

INSTALACE PROGRAMU **TRANSIENTSEARCH** JE JEDNODUCHÁ – STAČÍ POUZE ZKOPÍROVAT SOUBORY Z CD VE SLOŽCE **TS** NA DISK **C:** PROGRAM SE POTOM SPOUŠTÍ PŘÍKAZEM **TRANSIENTSEARCH.EXE**

4.3 SEZNÁMENÍ S PROSTŘEDÍM

PROSTŘEDÍ PROGRAMU **TRANSIENTSEARCH** JE TVOŘENO KLASICKÝMI FORMY SYSTÉMU **WINDOWS**, ZÁKLADNÍ ORIENTACE JE TEDY TOTOŽNÁ S OSTATNÍMI PROGRAMY POD TÍMTO OPERAČNÍM SYSTÉMEM. ZÁKLADNÍM PRVKEM PROGRAMU JE ÚVODNÍ OKNO PROGRAMU (**OBR. 4.3.1**)



OBR. 4.3.1: ZÁKLADNÍ OKNO APLIKACE S NAČTENÝM ASTRONOMICKÝM SNÍMKEM

V hlavním okně se nastavují parametry pro zpracování desek:

- **Visibility** nastavuje průhlednost výsledných grafů spekter v procentech. 100% znamená nulovou průhlednost 0% způsobí neviditelnost oken. V praxi způsobí, že při hodnotách 1-99% bude okno s detaily hvězdy více či méně průhledné. Tento parametr je používán pro překrývání výsledků pro přímou vizuální konfrontaci výsledků spekter.
- **Graph align** nastavuje zarovnání počátku grafu spektra v pixelech. Většinou není potřeba měnit, možnost změny připadá v úvahu pouze pro počítače s velmi malým rozlišením, kde by se celý graf díky odsazení od kraje nezobrazoval celý na obrazovce.
- **Export to file** je volitelná položka jejímž zaškrtnutím lze vyžádat výstup programu do souboru. Požadovaný název musí být vepsán do textového pole pod touto volbou. Výstupní soubor bude v textovém formátu. Export dat do souboru se provádí při zpracování desky.

- **Min. Star Size** nastaví minimální velikost objektů, které budou považovány za reprezentativní. Objekty, které se sestávají z menšího počtu pixelů než je uvedená hodnota bude program ignorovat.
- **Spectral lines** umožňuje omezit selekci objektů nejen podle velikosti jak je popsáno výše, ale také podle zajímavosti jejich spekter. Lze zde vyplnit minimální počet spektrálních čar a také minimální průměrnou hodnotu spektrálních čar. Tuto hodnotu určuje pro každou spektrální čáru ohodnocovací algoritmus, který přiřazuje větší čísla výraznějším spektrálním čarám.

Pod výše zmíněnými položkami se nachází textové pole, ve kterém jsou v průběhu práce s programem zobrazovány informace spojené s výpočty v jednotlivých konfiguracích. Dále je pod horní lištou několik rychlých tlačítek:

- **Histogram** spočítá zastoupení jednotlivých odstínů šedi na desce a vynese je do grafu.
- **Start Vert.** začne s výpočtem analýzy načtené fotografické desky včetně výpočtu vertikál jednotlivých objektů a také včetně hledání spektrálních čar a jejich ohodnocení. Tento výpočet může trvat i několik minut.
- **Zjistí Prah** má čistě informativní charakter. V textovém poli vlevo oznámí uživateli spočítaný práh pro aktuálně načtenou astronomickou desku.

4.4 HLAVNÍ MENU

Hlavní menu programu obsahuje následující položky:

- **File**
 - **Open** otevře astronomickou fotografickou desku ze souboru na disku. Úspěšně načtená deska se poté objeví v okně programu.
 - **Exit** ukončí program

- **View**
 - **Whole Image** zobrazí v okně astronomickou desku jako náhled. Výsledkem tedy bude deska převzorkovaná pro rozlišení okna. Toto nastavení je výchozím nastavením programu.
 - **Original Aspect** zobrazí originální poměr obrazových bodů dané astronomické desky. Bude tedy vidět jen velmi malý výřez desky, ale detailně bez převzorkování.

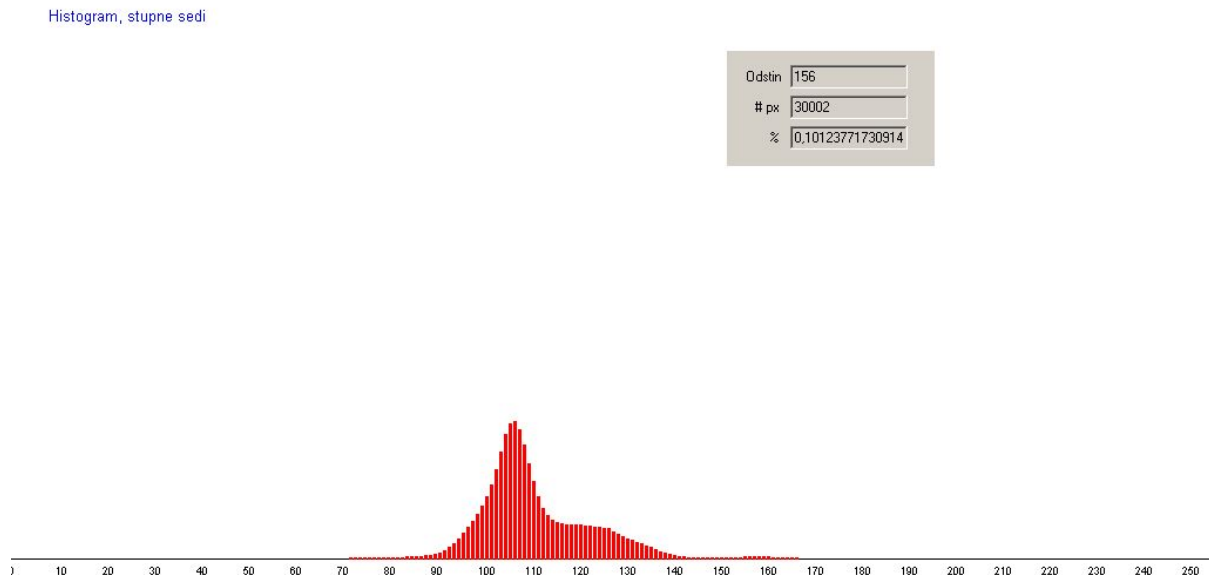
- **Compute**
 - **Histogram** spočítá zastoupení jednotlivých odstínů šedi na desce a vznesse do grafu.
 - **Vertical Profiles** začne s výpočtem analýzy načtené fotografické desky včetně výpočtu vertikál jednotlivých objektů a také včetně hledání spektrálních čar a jejich ohodnocení. Tento výpočet může trvat i několik minut.

- **Help**
 - **About TransientSearch** zobrazí základní informace o programu

- **Catalog**
 - **Open** umožní otevřít vzorová katalogová spektra a provést jejich analýzu. Nástroj pod touto položkou také umožňuje vytváření dalších katalogů spekter pro program pomocí exportu do textového souboru.

4.5 HISTOGRAM

PO VÝPOČTU HISTOGRAMU PROGRAM PŘEDVEDE JAKO VÝSTUP GRAF HISTOGRAMU. PŘÍKLAD JE UVEDEN NA OBR. 4.5.1. OSA x reprezentuje sytost barvy a osa y reprezentuje zastoupení dané sytosti. Přesné informace získáte po najetí kurzorem myši na příslušné místo v grafu v pravém horním rohu. Odstín značí hodnotu, která je na ose x pod kurzorem, #px udává absolutní počet pixelů na astronomické fotografické desce, které mají daný odstín a % udává procentuelní zastoupení této skupiny pixelů stejného odstínu v poměru vůči počtu pixelů celé desky.



Obr. 4.5.1: Histogram jedné z astronomických fotografických desek

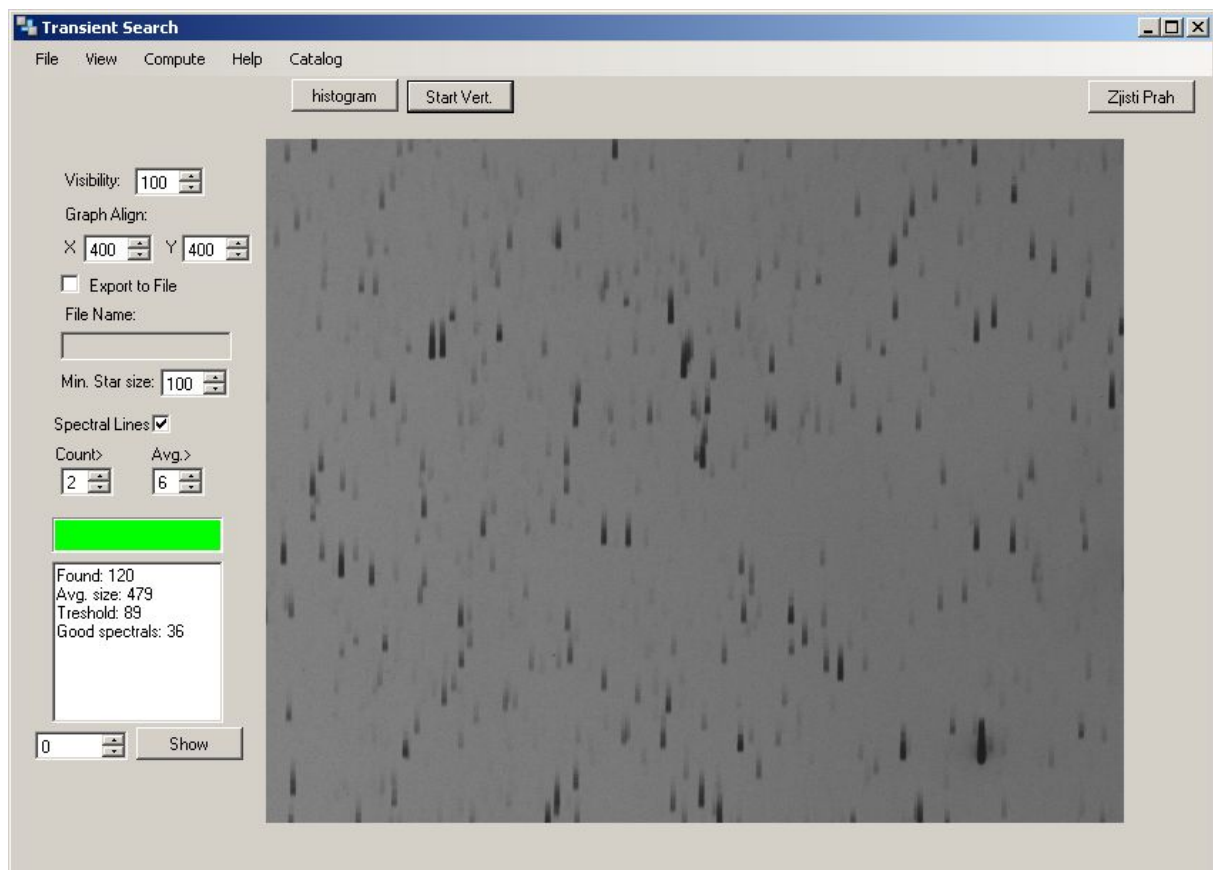
4.6 HLAVNÍ VÝPOČET

HLAVNÍ VÝPOČET, JAK JIŽ BYLO VÝŠE ZMÍNĚNO, SE PO PŘÍSLUŠNÉM NASTAVENÍ SPUSTÍ TLAČÍTKEM **START VERT.**, NEBO JEHO EKVIVALENTEM V MENU PROGRAMU. VÝPOČET PROCHÁZÍ DESKU A DETEKUJE VŠECHNY OBJEKTY, KTERÉ VYHOVUJÍ ZADANÉ KONFIGURACI. PO SKONČENÍ VÝPOČTU (OBR. 4.6.1) LZE DATA DÁLE ZKOUMAT.

PO TOMTO VÝPOČTU SE V LEVÉM DOLNÍM ROHU ZOBRAZÍ V TEXTOVÉM POLI DALŠÍ INFORMACE K ASTRONOMICKÉ FOTOGRAFICKÉ DESCE:

- **FOUND** UDÁVÁ POČET OBJEKTŮ, KTERÉ PROGRAM NA ASTRONOMICKÉ FOTOGRAFICKÉ DESCE NALEZL, A KTERÉ MAJÍ VĚTŠÍ VELIKOST NEŽ JE ZADANÁ MINIMÁLNÍ MEZ.
- **AVG. SIZE** UDÁVÁ PRŮMĚRNOU VELIKOST NALEZENÝCH OBJEKTŮ. DO TÉTO VELIKOSTI SE POČÍTÁJÍ POUZE OBJEKTY, JEJICHŽ VELIKOST ODPOVÍDÁ POŽADAVKŮ MVSTUPNÍ KONFIGURACE

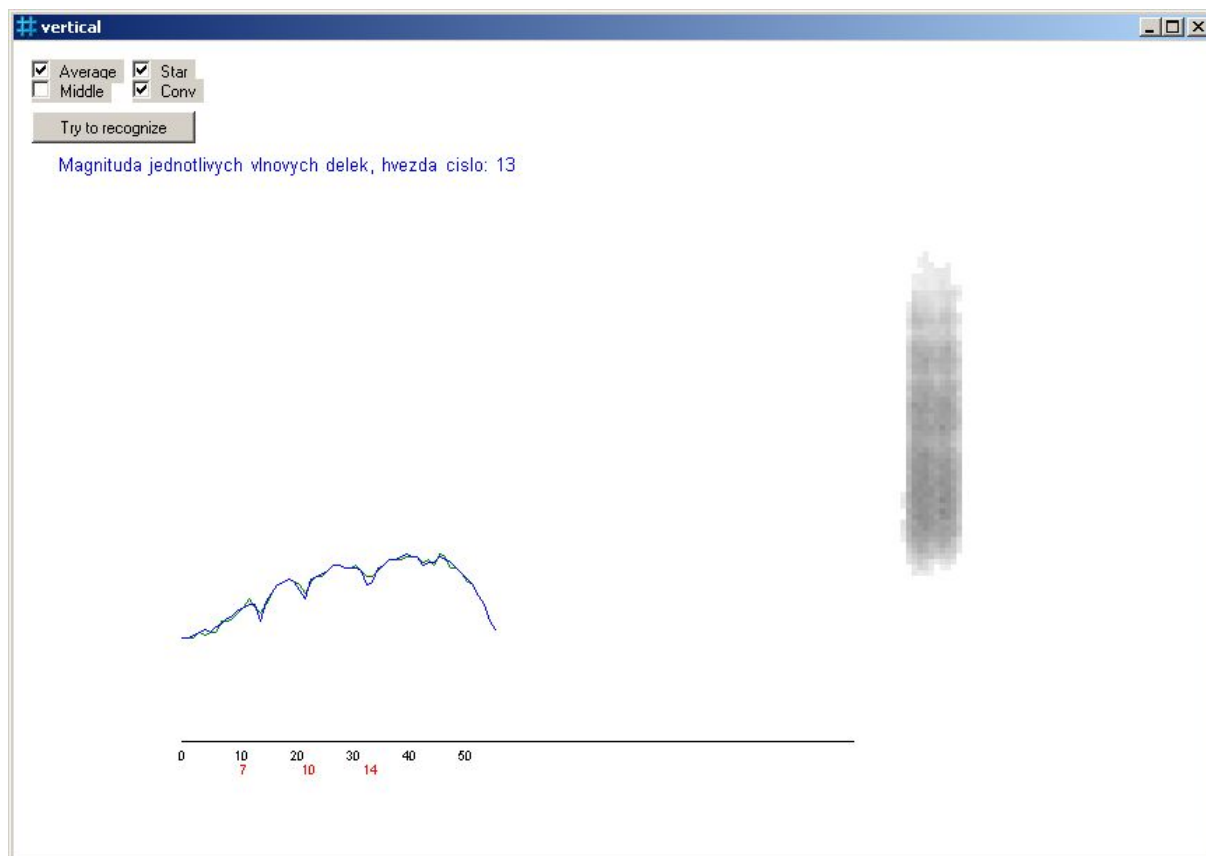
- **TRESHOLD UDÁVÁ PRAHOVOU HODNOTU, KTERÁ BYLA SPOČÍTÁNA A NÁSLEDNĚ APLIKOVÁNA PŘI VÝPOČTECH PRO TUTO ASTRONOMICKOU FOTOGRAFICKOU DESKU**
- **GOOD SPECTRALS SE ZOBRAZUJE V PŘÍPADĚ, ŽE JE VE VSTUPNÍ KONFIGURACI OMEZEN VÝSTUP PODMÍNKAMI NA SPEKTRÁLNÍ ČÁRY. TATO HODNOTA UDÁVÁ, KOLIK Z NALEZENÝCH OBJEKTŮ (VE SMYSLU POLOŽKY FOUND) SPLŇUJE DODATEČNÉ PODMÍNKY NA POČET A MOCNOST SPEKTRÁLNÍCH ČAR.**



Obr. 4.6.1: Dokončení výpočtu části astronomické fotografické desky. Po tomto výpočtu lze již bez čekání zobrazovat informace o jednotlivých objektech

Prohlížení detailů jednotlivých hvězd je možné přes tlačítko show, kde číslo vlevo udává pořadí nalezeného objektu.

Po zmáčknutí výše popsaného tlačítka show se zobrazí detaily o příslušném objektu (Obr 4.7.1) se zadaným pořadovým číslem.



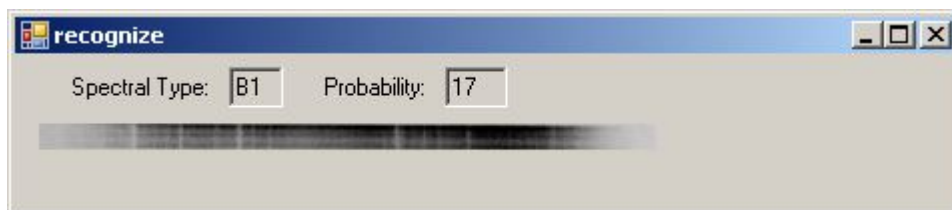
Obr. 4.7.1: Detailní zobrazení informací vybraného objektu

V detailu hvězdy jsou zobrazovány 4 položky:

- **Average** zobrazuje průběh spektra hvězdy, kde jednotlivé hodnoty jsou spočítány z průměru hodnot bodů reprezentujících stejnou vlnovou délku hvězdy. V grafu je vyznačeno zelenou barvou.
- **Middle** zobrazuje průběh spektra hvězdy, kde jednotlivé hodnoty jsou hodnoty bodů, které leží přesně na podélné ose hvězdy. V grafu je vyznačeno červenou barvou.
- **Star** zobrazuje spektrum vybrané hvězdy na desce v několikanásobném zvětšení. Tato vizualizace je také normalizovaná do 256ti stupňů šedi, což znamená, že hodnoty, které jsou na desce brány jako pozadí jsou zde interpretovány jako bílá barva.
- **Conv** zobrazuje nejvýstižnější průběh spektra hvězdy. Jednotlivé hodnoty jsou spočítány z průměru hodnot bodů v dané úrovni hvězdy a poté je na tyto hodnoty aplikován konvoluční filtr, který prohloubí výrazné změny v průběhu a eliminuje značnou část pravděpodobného šumu. V grafu je vyznačeno modrou barvou.

Čísla na ose x udávají délku spektra v pixelech, červená čísla na ose vyznačují nalezenou spektrální čáru svou pozicí. Hodnota čísla je výstup ohodnocovací funkce pro příslušnou spektrální čáru.

Posledním ovládacím prvkem je tlačítko try recognize, které zobrazí rozpoznávací detaily hvězdy (obr. 4.7.2).



Obr. 4.7.2: Okno zobrazující klasifikační detaily hvězdy

V klasifikačním detailu hvězdy je zobrazena katalogová třída spektra s popiskem Spectral Type. Probability uvádí orientační hodnotu jak moc si je algoritmus jist svou klasifikací. 0 teoreticky znamená že se nepovedlo vůbec klasifikovat objekt, hodnoty 25 a více již dávají téměř stoprocentní jistotu s klasifikací hvězdy do zobrazené třídy. Tyto informace ještě doplňuje obrázek vzorového spektra dané třídy.

4.7 Export do souboru

Pokud zvolíte export do souboru bude vytvořen textový soubor kam program exportuje své datové struktury formou záznamů o jednotlivých hvězdách (obr. 4.8.1). Každý záznam je na jednom řádku a jsou zde k jednotlivým hvězdám zaznamenány všechny důležité hodnoty:

- **Cislo** udává pořadové číslo hvězdy, které je založeno na pořadí, ve kterém tento objekt program našel při sekvenčním procházení desky
- **Pozice** udává informaci o tom, kde se daná hvězda na desce nachází, tato pozice je jediné číslo které odpovídá reprezentaci astronomické desky jako jediného datového pole.
- **#Spekt. Čar** udává počet nalezených spektrálních čar, které odpovídaly konfiguraci
- **Avg. Spekt. Car** udává informaci o průměrné hodnotě spektrálních čar. Tato hodnota přímo vystihuje výraznost propadu v rámci spektra. Větší číslo tedy znamená výraznější spektrální čáry v objektu.

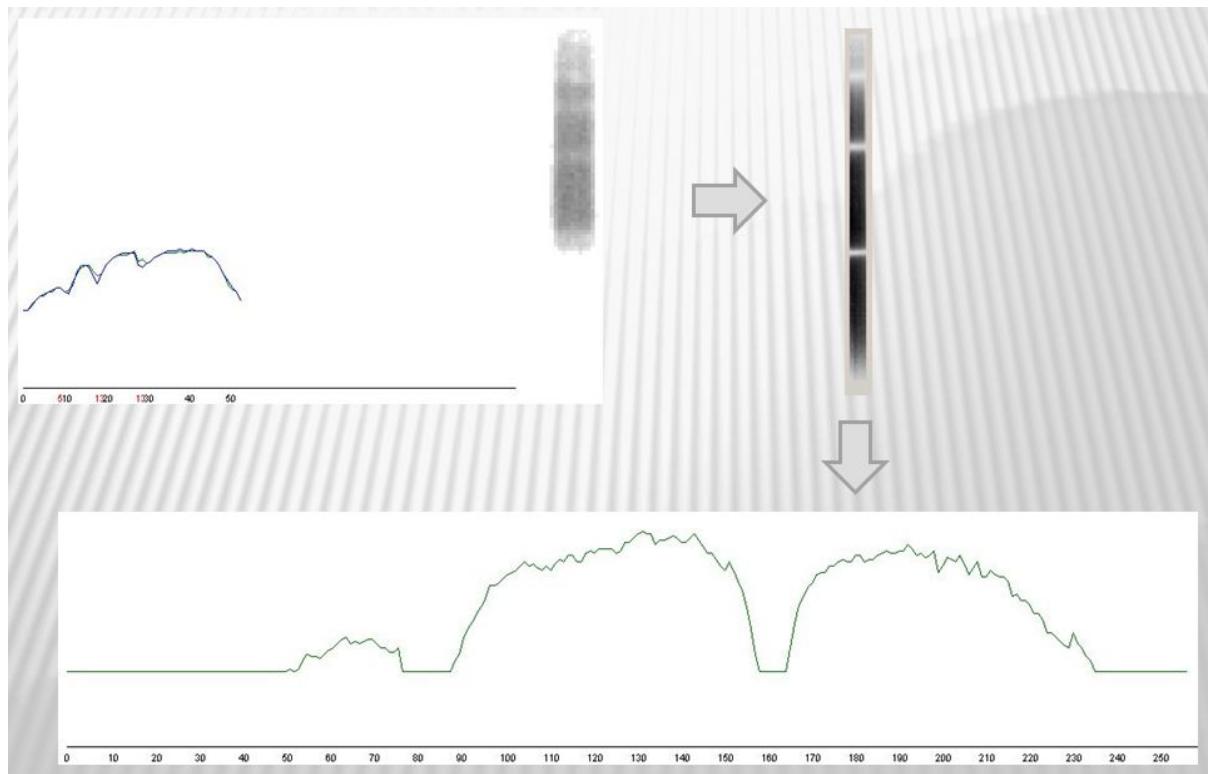
- **Trída** udává výsledek klasifikace hvězdy.
- **Velikost** udává počet pixelů na astronomické fotografické desce, které program označil za přímo související s daným objektem.
- **Délka** udává délku spektra dané hvězdy.
- **Konv. filtr** je poslední údaj o desce – zde jsou jako vektor zapsány výsledky konvolučního filtru provedeného na průměrných hodnotách všech vlnových délek

Číslo	Pozice	#Spekt.car	Avg.Spekt.Car	Trída	velikost	Delka	[konv. filtr - průběh spek]
1	2636	2	11	A0	557	51	[72, 71, 71, 71, 74, 70, 69, 67, 64, 62, 62, 62, 61, 61, 60, 59
2	24992	3	22	A3	666	67	[89, 87, 87, 86, 86, 85, 84, 83, 83, 82, 80, 80, 79, 77, 75, 7
3	750332	3	11	M0	596	54	[88, 86, 85, 84, 84, 83, 80, 76, 71, 68, 67, 68, 65, 64, 64,
4	952048	3	11	A0	591	58	[88, 87, 86, 85, 83, 85, 82, 81, 79, 79, 79, 79, 80, 82, 78,
5	1056144	3	17	A0	327	40	[88, 86, 85, 85, 86, 84, 84, 85, 86, 83, 82, 81, 81, 79, 79,
6	1409232	2	9	A0	362	40	[87, 87, 86, 85, 84, 84, 83, 82, 82, 80, 80, 80, 80, 83, 80,
7	1491504	3	15	A0	603	58	[89, 87, 85, 84, 84, 85, 83, 82, 80, 79, 79, 79, 83, 80, 77,
8	1654440	2	10	A3	231	30	[88, 87, 85, 85, 84, 87, 84, 84, 83, 84, 86, 85, 82, 82, 81,
9	1678008	3	19	A3	556	60	[89, 88, 87, 86, 89, 85, 85, 86, 84, 83, 81, 84, 83, 84, 83,
10	1703088	5	31	A3	892	74	[88, 86, 86, 87, 88, 85, 84, 83, 82, 83, 84, 83, 82, 81, 81
11	1893736	4	25	A0	577	61	[87, 88, 87, 85, 85, 85, 85, 85, 86, 88, 85, 84, 84, 84, 84
12	2364316	4	44	A0	523	53	[89, 87, 86, 85, 85, 85, 86, 82, 80, 81, 87, 84, 80, 77, 74
13	2570144	4	26	A0	997	91	[88, 87, 86, 86, 85, 84, 84, 83, 81, 80, 78, 77, 77, 76, 75
14	2715560	3	31	A0	536	57	[88, 88, 87, 86, 85, 86, 84, 83, 81, 80, 78, 77, 76, 76, 82
15	2768584	2	14	A3	732	73	[87, 83, 84, 88, 85, 84, 84, 84, 84, 83, 83, 82, 82, 81, 80
16	2962568	2	15	A0	338	41	[88, 88, 86, 85, 85, 84, 84, 84, 87, 89, 88, 88, 85, 83, 82
17	2990540	2	12	A3	756	76	[89, 89, 88, 87, 86, 84, 84, 83, 82, 82, 81, 79, 79, 78, 77
18	3024280	3	15	M0	537	52	[86, 85, 84, 86, 85, 82, 77, 72, 67, 65, 63, 62, 61, 61, 61
19	3169788	2	11	A3	456	44	[88, 85, 83, 81, 80, 78, 77, 76, 76, 79, 74, 73, 71, 70, 70
20	3674816	4	16	M0	489	50	[88, 87, 86, 85, 88, 87, 83, 80, 77, 75, 73, 73, 73, 74, 73
21	3733172	4	31	A3	555	58	[89, 87, 87, 86, 85, 85, 85, 82, 82, 83, 80, 77, 75, 76, 83

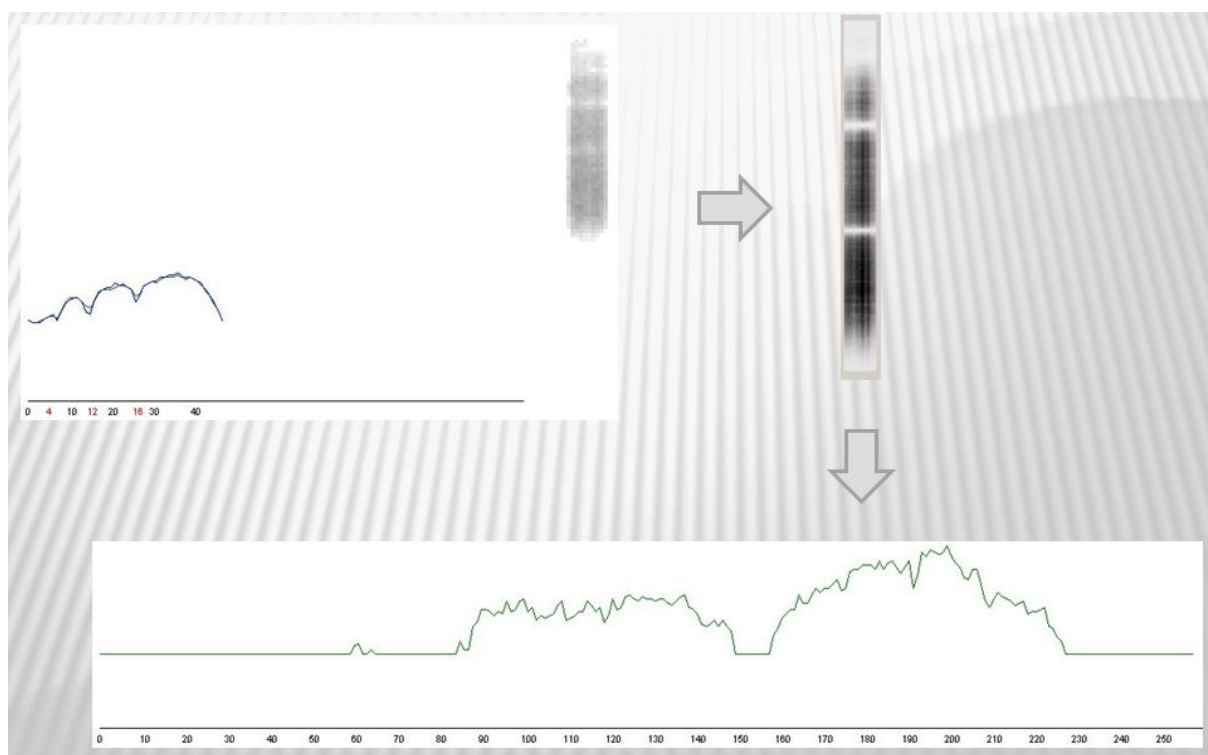
Obr. 4.7.1: Ukázka exportu desky do textového souboru

5. Ukázky klasifikace

Obr. 5.1.1 a 5.1.2 jsou ukázkovými příklady klasifikace hvězd. Vlevo nahoře je průběh spektra hvězdy s její zvětšeninou, vpravo je nalezený nejbližší vzor a dole je zobrazen průběh spektra tohoto vzoru.



Obr. 5.1.1



6. Závěr

Funkčnost programu byla zatím ověřena pouze empiricky, neboť k deskám zatím chybí údaje o jejich poloze na obloze a tak není možné stoprocentní ověření správnosti výsledků kontrolou se stoprocentní klasifikací některých známých hvězd.

Při ověřování klasickou formou studia desek (mikroskopem) se však ve většině případů klasifikace zdaří správně – program tedy klasifikuje hvězdu do stejné třídy, do které by ji klasifikoval i pracovník zkoumající desky mikroskopem. U malých objektů je nemožná klasifikace jakoukoli metodou neboť z tak malých dat nelze získat žádný rozumný výsledek.

Jak již bylo výše zmíněno – klasická metoda zkoumání astronomických fotografických desek je natolik časově náročná, že je nutné ji nahradit nějakou automatizací neboť archivy po celém světě není možné ručně zpracovat v reálném čase. Dalším krokem v této automatizaci bz v budoucnu mohlo být automatické porovnávání spekter jedné hvězdy na různých deskách a na novějších snímcích bude také možné rozdělit třídy spekter na jejich velmi špatně rozeznatelné podtřídy.

Rozjíždějí se však do budoucna velké astronomické projekty kosmických stanic. Na těchto stanicích budou moderní teleskopy, jejichž výstupem budou kvalitní snímky na kterých bude analýza o dost jednodušší a také by měla být proveditelná i na objektech, které na stávajících deskách neprojdou ani přes filtr omezující minimální velikost hvězd.

7. Literatura

- [1] Zaratian B.(2004): Microsoft Visual C++ 6.0, Computer Press, Brno
- [2] Prata S.(2005): Mistrovství v C++, 2. aktualizované vydání,
Computer Press, Brno
- [3] <http://nedwww.ipac.caltech.edu/> stránky o klasifikaci hvězd s katalogem
- [4] <http://www.msdn.com> on-line help Microsoftu
- [5] <http://ksvi.mff.cuni.cz/~mraz/nn/slides/> informace o neuronových sítích na stránkách RNDr. Františka Mráze, CSc.