

UNIVERZITA KONŠTANTÍNA FILOZOFA V NITRE
FAKULTA PRÍRODNÝCH VIED

VIZUALIZÁCIA VEDECKÝCH DÁT V 3D
PROSTREDÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCA

2016

Bc. Miroslav Čičmanec

UNIVERZITA KONŠTANTÍNA FILOZOFA V NITRE

FAKULTA PRÍRODNÝCH VIED

Vizualizácia vedeckých dát v 3D prostredí

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Študijný program: Aplikovaná informatika

Študijný odbor: 9.2.9 Aplikovaná informatika

Školiace pracovisko: Katedra informatiky

Školiteľ: Mgr. Boris Lacsny, PhD.

Nitra 2016

Bc. Miroslav Čičmanec



Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre
Fakulta prírodných vied

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Bc. Miroslav Čičmanec
Študijný program: aplikovaná informatika (Jednoodborové štúdium, magisterský II. st., denná forma)
Študijný odbor: 9.2.9 aplikovaná informatika
Typ záverečnej práce: Diplomová práca
Jazyk záverečnej práce: slovenský
Sekundárny jazyk: anglický

Názov: Vizualizácia vedeckých dát v 3D prostredí.

Anotácia: Pri popularizácii vedeckých výsledkov je veľmi dôležitá ich vizualizácia pre verejnosť. Spracovanie získaných dát a ich vizualizácia je náročný proces pokiaľ chceme, aby boli výsledky divácky zaujímavé.
Cieľ práce: Popísať možnosti 3D programov pre vizualizáciu vedeckých dát a navrhnúť metódu na použitie nástrojov 3D prostredia na ich vizualizáciu. Navrhnutú metódu aplikovať v praxi.

Kľúčové slová: 3D program, vizualizácia

Školiteľ: Mgr. Boris Lacsny, PhD.
Oponent: RNDr. Júlia Tomanová, PhD.
Katedra: KI - Katedra informatiky

Dátum zadania: 13.10.2014

Dátum schválenia: 08.04.2016


prof. Ing. Milan Turčáni, CSc.
schválil/a

Pod'akovanie

Týmto sa chcem poďakovať vedúcemu mojej diplomovej práce Mgr. Borisovi Lacsnému, PhD. za konzultácie a cenné pripomienky k mojej práci. Pod'akovanie tiež patrí firme Autodesk za poskytnutie verzie 3Ds Max, bratovi Martinovi Čičmancovi za rady pri riešení skriptu a Univerzite Konštantína Filozofa v Nitre za poskytnutie hardvéru na vývoj softvéru.

ČESTNÉ VYHLÁSENIE

Čestne vyhlasujem, že diplomovú prácu som vypracoval samostatne, neporušil som autorský zámer a použitú literatúru som uviedol na príslušnom mieste.

Nitra, 10.4.2016

.....

Podpis

Abstrakt

ČIČMANEC, Miroslav: Vizualizácia vedeckých dát v 3D prostredí. [Diplomová práca]. Univerzita Konštatína Filozofa v Nitre. Fakulta prírodných vied; Katedra informatiky. Školiteľ: Mgr. Boris Lacsny, PhD. Stupeň odbornej kvalifikácie: Magister odboru Aplikovaná informatika. Nitra: FPV UKF, 2016. 71 s.

Vizualizácia vedeckých dát v 3D prostredí

Táto práca sa venuje problematike vizualizácie vedeckých dát, tvorby vizualizačného doplnku k programu, ako aj samotnej vizualizácie. Je v nej spracovaný celý postup od zvolenia vhodných nástrojov na tvorbu, cez návrh pluginu, až po výber niekoľkých konkrétnych príkladov a ukážku ich realizácie. Okrem praktických príkladov nás práca prevedie veľmi stručným úvodom do grafiky, vizualizačných techník a prvkov potrebných na tvorbu vizualizácie Mliečnej cesty. Čitateľ získa vedomosti nielen z návrhu vizualizačného softvéru, ale aj z vytvárania konkrétneho príkladu. Vytvorenie vedecky dôveryhodnej vizualizácie sa súčasne stáva aj divácky pútavým.

Kľúčové slová: 3D program, vizualizácia

Abstract

ČIČMANEC, Miroslav: Visualization of Scientific Data in a 3D Environment. [Diploma thesis]. Constatin The Philosopher University in Nitra. Faculty of Natural Science; Department of Informatics. Supervisor: Mgr. Boris Lacsny, PhD. Qualification level: Master of Aplified informatics. Nitra: FPV UKF, 2016. 71 s.

Visualization of Scientific Data in a 3D Environment

This work covers various aspects of visualization of scientific data, creating visualization add-on to program as well as process of creating actual visualization. It converts the entire process from selecting appropriate tools for creation, through designing plug-in, to selection of few specific examples and showing techniques how they were made. Besides practical examples, our work show us very brief introduction to graphics, visualization techniques and components required to create visualizations of the Milky Way. Readers gain knowledge not only of designing visualization software, but also of creating of real example. Process of creating authentic visualization is becoming eye-catching for spectator simultaneously.

Key words: 3D program, visualization

Obsah

ÚVOD.....	11
1. VIZUALIZÁCIA VO VŠEOBECNOSTI.....	12
1.1. AKO VIZUALIZÁCIA ZLEPŠUJE CHÁPANIE	13
2. ÚVOD DO POČÍTAČOVEJ GRAFIKY.....	15
3. VIZUALIZAČNÉ TYPY A TECHNIKY.....	17
3.1. SURFACE PLOTS	17
3.2. CITYSCAPES	18
3.3. Z POHĽADU RYBIEHO OKA.....	18
3.4. BENEDIKTÍNSKY PRIESTOR.....	20
3.5. PERSPECTIVE WALLS.....	21
3.6. CONE TREES A CAM TREES	23
3.7. SFÉRICKÁ VIZUALIZÁCIA	24
3.8. EMOČNÉ IKONY.....	25
3.9. INFORMAČNÁ KOCKA.....	25
4. VIZUALIZÁCIA VEDECKÝCH DÁT	27
4.1. VEDECKÉ VIZUALIZAČNÉ PROGRAMY	27
4.2. VISIT	28
4.3. MAYAVI.....	30
4.4. PARAVIEW.....	31
4.5. MATLAB	32
5. VIZUALIZÁCIA V ASTRONÓMII.....	34
5.1. VIZUALIZAČNÉ PROGRAMY V ASTROFYZIKE	36
5.2. KATALÓGY HVIEZD.....	37
5.3. VIZUALIZÁCIA MLIEČNEJ CESTY.....	39
6. NÁVRH VIZUALIZAČNÉHO PLUGINU	40
6.1. POUŽITÉ PROGRAMY	40
6.1.1. Autodesk 3ds Max.....	40
6.1.2. 3ds Max ParticleFlow.....	41

6.1.3. <i>MaxScript</i>	42
6.2. VÝVOJ VIZUALIZAČNÉHO DOPLNKU PROGRAMOVÉHO BALÍKA	43
6.2.1. <i>Vizualizovanie dát</i>	45
6.2.2. <i>Vytvorenie grafického rozhrania</i>	46
7. POUŽITIE APLIKÁCIE V 3D PROSTREDÍ	48
7.1. VIZUALIZÁCIA ŠTRUKTÚRY VODÍKA	48
7.2. VIZUALIZÁCIA ŠTRUKTÚRY DNA	52
8. IMPLEMENTÁCIA APLIKÁCIE	56
8.1. POUŽITIE PLUGINU NA VIZUALIZÁCIU MLIEČNEJ CESTY.....	56
8.2. VÝSLEDNÁ UKÁŽKA V TROJROZMERNOM PROSTREDÍ	66
9. ZÁVER	68
10. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	69
11. PRÍLOHY.....	71

Slovník pojmov

event - Časticový systém Particle Flow softvérového balíka 3ds Max je udalostný systém. V tomto prípade event označuje každú udalosť reprezentovanú, ako zobrazované okno v prostredí Particle Flow časticového systému.

surface plots - Vizualizačný typ, ktorý zobrazuje dáta nanesené na povrch. Tento povrch môže nadobúdať rôzny tvar.

cityscapes - Vizualizačný typ, ktorý zobrazuje dáta v podobe domov a budov. Tie spolu tvoria pomyselné mesto.

cone trees and cam trees - Vizualizačný typ, ktorý zobrazuje dáta v podobe kužeľov tvoriacich pomyselný les.

perspective walls - Vizualizačný typ, ktorý zobrazuje dáta v podobe trojrozmernej perspektívnej steny.

data mining - Je to proces získavanie užitočnejších a významnejších dát zo zložitého množstva údajov.

makro - Definuje množinu užívateľom zvolených príkazov, ktoré sa spustia v želanom poradí.

plugin - Termín označuje doplnkový podprogram k programu.

rendering - Proces vykresľovania, spracovania výpočtov, materiálov, farieb, svetiel a všetkých ďalších prvkov, ktoré obsahuje scéna. Výsledkom je obraz alebo video.

Úvod

Žijeme v informačnej dobe, čo môžeme vidieť na rapídnom rozvoji technológií a vyššej prístupnosti rôzneho hardvéru. Táto explózia nových výrobných postupov a využívania surovín v informatike sa odrazila aj na pomere výpočtového výkonu a ceny. Počítačové systémy sa neustále zlepšujú, najmä v rýchlosti získavania výsledkov, ale aj v úložných kapacitách. Zároveň sa cena za tento hardvér rapídne znížila a možnosť vlastniť výkonný osobný počítač, sa sprístupnila širokej verejnosti. Výsledkom je, že viesť vlastný výskum, už nie je len v rukách veľkých vedeckých centier a spoločností, ktoré disponovali finančnými prostriedkami a sponzorovali vedcov v ich výskume a s potrebným hardvérom. V dnešnej dobe je bežné, že aj jednotlivec či menej známe školy, vedú vlastný výskum a publikačnú činnosť v rôznych oblastiach. Mnohé publikácie matematických a fyzikálnych problémov sú prístupné práve na internete. Tieto publikácie obsahujú nesmierne kvantum dát, ako aj ich výstupy. Tieto dáta pre bežného človeka, ktorý sa v danom odbore nepohybuje, môžu pôsobiť chaoticky. V takom prípade je potrebné dáta vhodným spôsobom triediť, no súčasne použiť určitý druh "data miningu". Tieto možnosti by mali viesť k tomu, aby človek lepšie pochopil a porozumel získaným alebo prehliadaným dátam a informáciám, ktoré poskytujú. Výskum do rôznych vizualizačných techník sa dostáva v poslednej dobe do pozornosti viac a viac. Informačný vizualizačný systém, ktorý dovolí užívateľovi preskúmať svet dát na viac abstraktnej úrovni, súčasne objavovať pozoruhodným spôsobom vyzerajúce objekty a udalosti rýchlejšie a intuitívnejšie. Takýto systém umožní človeku použiť svoje kognitívne schopnosti a nájsť dáta, ktoré sú zaujímavé a dôležité. Môžu ujsť vyhľadávaciemu algoritmu, chovajúcemu sa presne podľa vopred definovaných pravidiel.

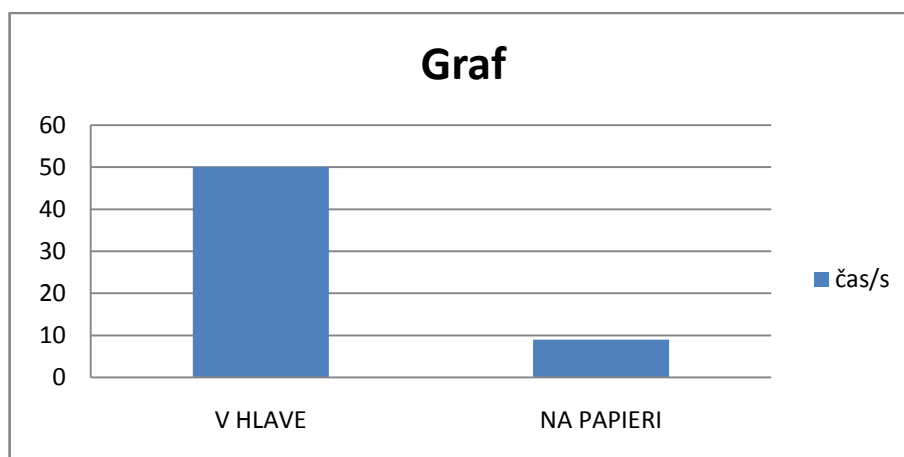
Cieľom tejto práce je práve vytvorenie vizualizačného pluginu, ktorý načíta reálne vedecké dáta. V súčasnosti existuje viacero vizualizačných programov, ktoré sú komplexné a neponúkajú veľa možností pre laického diváka. Tento navrhnutý doplnok k programovému balíku by mal dokázať vytvoriť vedecky dôveryhodnú vizualizáciu, no zároveň divácky pútavú. To by mal zvládnuť aj človek, ktorý sa nepohybuje v oblasti výskumu a vytvárania vizualizácií. V práci uvedieme nielen navrhovanie pluginu, ale aj jednoduchý postup, ktorým je možné vytvoriť nielen vedeckú, ale aj zaujímavú vizualizáciu.

1. Vizualizácia vo všeobecnosti

Aby sme porozumeli, za akým účelom vôbec vznikla vizualizácia informácií, je vhodné zobrať do úvahy, akú dôležitú úlohu zohráva vonkajší svet v našich myšlienkach. Niekedy sa tento jav označuje ako vonkajšie chápanie. Vyjadruje spôsob, ktorým sa vnútorné a vonkajšie reprezentácie informácií a procesy prelínajú spolu v našich myšlienkach. V skutočnosti je dôležité si uvedomiť, že využívanie vonkajšieho sveta, a to najmä jeho častí na zlepšenie spoznávania a chápania, sa nachádza všade okolo nás.

$$\begin{array}{r} 34 \\ * \quad 72 \\ \hline 68 \\ 2380 \\ \hline 2448 \end{array}$$

Zoberme si napríklad násobenie, jednu zo základných mentálnych aktivít. Máme vynásobiť pár dvojčiferných čísel, ako príklad uvidíme vynásobenie 34 krát 72 spamäti. Aký čas k tomu človek potrebuje? Teraz zopakujme rovnaký experiment s iným párom čísel, no tentoraz použijeme ceruzku a papier.



Graf 1

Graf číslo 1 ukazuje orientačné výsledky vyššie spomínaného experimentu. Tento pokus sa uskutočnil na dvoch nezaujatých osobách. Rozdiely sú najmä preto, lebo človek má problém predstaviť si medzivýsledky vo svojich myšlienkach, v hlave. Ak by sme násobili štvorciferné či päťciferné čísla, rozdiely by boli ešte väčšie. Predpokladáme však, že jedinec nepozná žiadne matematické pomôcky, či skratky pre počítanie s číslami v hlave. Ako vidíme, vďaka násobeniu na papieri sa skrátila doba procesu vskutku markantne. Tento jednoduchý orientačný príklad nám ukázal, ako pomocou vonkajšieho sveta dokáže vizualizácia pomôcť v informáciách a zlepšiť

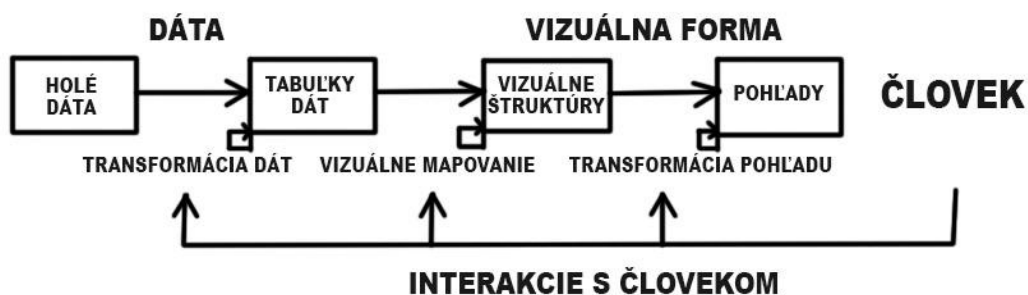
kognitívne funkcie človeka. Zlepšuje orientáciu a schopnosť spoznávania a zaradovania informácií.

1.1. Ako vizualizácia zlepšuje chápanie

Akým spôsobom teda vizualizácia zlepšuje kognitívne vlastnosti človeka? Tradičné štúdie Larkina a Simona z roku 1987 znázorňujú niektoré dôvody, prečo je vizualizovanie a vizualizácia tak efektívna. [1] Títo dvaja vedci porovnávali riešenie fyzikálnych problémov použitím diagramov a použitím nevizuálnych reprezentácií. Konkrétne porovnávali úsilie, ktoré musí byť vynaložené do procesov vyhľadávania, analýzy a syntézy informácií s pomocou a bez pomoci diagramov. Ich záver bol taký, že grafická reprezentácia pomohla tromi základnými spôsobmi.

Prvý spôsob bol, že zoskupením relatívnych informácií sa zjednodušilo oveľa viac hľadanie. Druhý prípad je ten, že v grafe jednoznačne vieme určiť polohu a miesto informácie či skupiny informácií. Tým pádom nie je potrebné ich označovať symbolmi. Toto taktiež vedie k redukcii času v hľadaní a odľahčuje pamäť. Tretí spôsob je ten, že vizuálna interpretácia vecí je pre človeka extrémne jednoduchá, keďže od prírody je primárnym ľudským zmyslom zrak.

O vizualizácii môžeme premýšľať ako o zobrazovaní dát na upravovateľnú vizuálnu formu. Zjednodušený referenčný model zobrazený na obrázku č.1 nižšie nám slúži na zrozumiteľnejšie vysvetlenie samotného procesu. Proces zahŕňa zmenu informácií od holých dát až po vizuálnu formu, ktorú pozoruje užívateľ.



Obrázok 1 - referenčný model

Na obrázku číslo 1 vidíme tok znázornený šípkami smerom z holých dát naľavo k človeku napravo. Počas tohto procesu sa deje séria transformácií dát. Každá šípka znázorňuje niekoľko zreteľných transformácií. Ďalší tok znázornený šípkami zo strany

človeka napravo vedúci k jednotlivým premenám, indikuje možnosť úpravy a ovládania každej z týchto transformácií pomocou užívateľských operácií. Jednotlivé transformácie premieňajú dáta na viac vizuálnu formu, až sa nakoniec vytvoria pohľady na vizuálnu štruktúru. Ďalej sa môžu špecifikovať jednotlivé grafické parametre ako sú pozícia, veľkosť a filtrovanie. Užívateľ môže zasahovať a ovládať tieto parametre. Podstata tohto referenčného modelu je mapovanie dátových tabuliek na vizuálnu štruktúru. Dátové tabuľky sú založené na matematických vzťahoch, zatiaľ čo vizuálne štruktúry sú založené na grafických vlastnostiach, ktoré sú efektívnejšie pre ľudský pohľad. Terminológia, ktorá je spomenutá vyššie, nie je jednotná v literatúre a odkazuje sa na literatúru Stuarta K.Carda, Jocka D. Mackinlaya a Bena Shneidermana. [2]

2. Úvod do počítačovej grafiky

Počítačová grafika je veľmi široká oblasť zahŕňajúca odbory: informatiky, matematiky, dizajnu a umenia. V tejto podkapitole si uvedieme stručný úvod do grafiky. Všeobecne a voľne možno chápať počítačovú grafiku ako všetky grafické znázornenia, vytvorené pomocou počítača. Je využívaná v rôznych odvetviach, ako napríklad v architektúre, reklame, medicíne, filme, tlači, médiách, internete, hrách, no tiež v astronómii a astrofyzike. Počítač sa využíva na syntetické vytváranie umelých obrazov alebo upravovanie nasnímaných obrazov reálneho sveta.



Obrázok 2 - 3D Model Su35 vytvorený Miroslavom Čičmancom

Existujú dva základné druhy grafiky a tou je dvojrozmerná 2D grafika a trojrozmerná 3D grafika. Jedná sa o rozdelenie na základe počtu dimenzií. Dvojrozmerná grafika je daná presne dvoma dimenziami. Tými sú šírka a výška, respektíve osi x a y v karteziánskom súradnicovom systéme.

2D grafiku ďalej rozdeľujeme na rastrovú a vektorovú podľa spôsobu záznamu a vzniku grafickej informácii. *Rastrová grafika* je v súčasnosti najpoužívanejší druh grafiky a pre bežného užívateľa najdostupnejšia. Občas sa pomenováva aj ako bitmapová grafika. Typický príklad tohto typu grafiky je fotografia. Základný zobrazovací prvok je bod, ktorý sa nazýva pixel. Rastrový obraz sa skladá z množstva obrazových pixelov uložených v pevných riadkoch a stĺpcoch. Pre každý pixel je nutné okrem polohy určenej riadkom a stĺpom, zakódovať aj farbu, respektíve ďalšie

parametre, ako napríklad priehľadnosť. Rozmer každej obrázky je počet pixelov na šírku krát počet pixelov na výšku. Toto je základná definícia rozlíšenia. Kvalita obrazu je daná počtom bodov na palec (DPI), čo určuje koľko pixelov sa zmestí na jednotku vzdialenosti jedného palca, rozlíšením fotografie a počtom základných farieb. *Vektorová grafika* sa skladá z objektov a geometrických útvarov určenými matematickými funkciami. Využíva sa na znázornenie rôznych geometrických konštrukcií, ale aj pri vytváraní dizajnu. Základný zobrazovací prvok je vektor. Obrazy vo vektorovej grafike sú tvorené pomocou základných objektov a ich vlastností. Tými môžu byť napríklad poloha na obrázku, veľkosť, farba, priehľadnosť a podobne. Výsledné zobrazené objekty sú určené svojím okrajom pomocou krivky, ktorá je určená matematickou funkciou. Najväčšia výhoda vektorovej grafiky je prakticky neobmedzená možnosť zväčšenia obrázka, čo je vhodnejšie pre tlač a reklamný či dizajnový priemysel. Zatiaľ čo rastrová grafika má pevne dané rozlíšenie a pri transformáciách dochádza k zhoršeniu kvality, napríklad v podobe zubatých okrajov a čiar. [3]

3D grafika je charakteristická tromi dimenziami, ktorými sú šírka, výška a hĺbka. Spolu teda tvoria trojrozmerný priestor. Objekty sa vytvárajú modelovaním, pričom výsledkom je trojrozmerný útvar známy ako model. Viacero týchto modelov môže tvoriť scénu. Model je sústava bodov s presne danou polohou v priestore. Tieto body sa nazývajú vertexy. Spojením týchto bodov sa vytvorí polygón. Každý model je tvorený sústavou polygónov. Zobrazením len spojnic medzi spomínanými bodmi sa vytvorí takzvaný drôtený model (wireframe). Na akýkoľvek objekt umiestnený v scéne sa môže aplikovať textúra alebo materiál simulujúci určitý povrch. Aby sme dostali výsledný obraz, scéna sa musí vyrenderovať, čo je proces prepočítavania svetla, správania sa objektov a iných vlastností potrebných na vykreslenie jedného obrázka. Objekty môžeme ľubovoľne animovať, prípadne simulovať a podobne. Vyrenderovaním viacerých obrázkov za sebou dostaneme animáciu alebo video. Rôznymi technikami sa dajú v 3D grafike vytvoriť veľmi realisticky vyzerajúce obrázky, vďaka vernej simulácii svetelných a optických javov, ako sú tieň, odraz svetla, lom svetla alebo kaustika. Pokročilé vývojové nástroje umožňujú aj realistické animácie, vrátane pohybov odevu, vlasov, vodnej hladiny a simulácie fyzikálnych javov.

3. Vizualizačné typy a techniky

Táto kapitola bude popisovať rôznorodosť vizualizačných techník pre zobrazenie abstraktnej informácie, ktoré boli a sú používané v mnohých systémoch. Tieto techniky obsahujú široké spektrum od známych dátových reprezentácií ako povrchové celky a trojrozmerné stĺpcové grafy, až po vytvorenie abstraktných objektov. Tieto objekty znamenajú konkrétne dátové celky a je možné reprezentovať ich tak, ako aj správanie týchto elementov a vzťahy medzi nimi.

Techniky, ktoré sú tu popísané môžeme klasifikovať a zaradiť zhruba do jednej z rôznych skupín: *Surface plots, cityscapes a Benediktínsky priestor*. Po čiastočnej úprave môžu byť všetky klasifikované ako mapovanie. Mapovanie z dátovej domény do vizualizačného priestoru. Všetky tieto techniky používajú určitý vzťah, vlastnosť a hodnoty konkrétneho dátového elementu na produkovanie mapovania objektov pomocou vizualizácie. *Perspective walls, cone trees, cam trees and rooms* môžu byť klasifikované ako informačné prezentačné techniky. Tieto vizualizácie sa koncentrujú predovšetkým na vzhľad, použiteľnosť a prehľadnosť využitých dát a cielene poskytujú používateľsky priateľské a intuitívne prostredie. *Fish-eye* zobrazenia, *emotional icons* a samo organizujúce grafy môžu byť všetky popísané ako dynamické informačné vizualizačné techniky. Tieto techniky obohacujú vizualizácie so simuláciou správania sa a dynamickými vlastnosťami, umožňujú vizualizáciám reagovať automaticky na zmeny v dátach alebo na zásahy užívateľa. No táto uvedená klasifikácia a rozdelenie techník je veľmi hrubá a existuje určitý stupeň prekrývania sa jednotlivých kategórií. [4]

3.1. Surface plots

Jedna z najviac zaužívaných rozšírení od štandardného dvojrozmerného grafu je jednoznačne trojrozmerný surface plot. Je konštruovaný ukladaním dát do tripletov na trojrozmerný ortogonálny súradnicový systém s osami x , y a z . Typicky tieto dáta obsahujú dve štandardné množiny, ktoré majú pravidelnú štruktúru. Ako príklad si môžeme uviesť dni v týždni a čas v konkrétnom dni. Ďalšia množina dát predstavuje napríklad silu vetra. Tieto dve pravidelné štruktúry, akými sú napríklad spomínané dni a čas dňa, sú väčšinou nanosené na horizontálnych osách X a Z . Premennivé dáta ako sila vetra, sú nanosené a zobrazené ako výška na osi Y . Množina bodov je preto sformovaná

do určitého tvaru alebo povrchu, ktorý je často sfarbený podľa výšky. Toto následne užívateľovi umožňuje ľahšie dostať predstavu o tvare, a tiež identifikovať vzor v dátach či nepravidelnosti.

3.2. Cityscapes

Cityscapes sú v podstate len rozšírením trojrozmerného stĺpcového grafu a variáciou na povrchové grafy. Sú vytvorené podobným spôsobom, ako povrchové grafy mapovaním veľkostí hodnôt dát do výšky trojrozmerného vertikálneho stĺpca alebo bloku. Tieto bloky sú umiestnené na pravidelnej dvojrozsmernej horizontálnej mriežke. Výsledná vizualizácia je viac výškovo členitá reprezentácia povrchového grafu *surface plot*. Cityscape ukážka vyvinutá a popísaná v BT technologickom žurnále [5], zahrňuje pridané prvky na zlepšenie prehľadnosti a porozumenia, a súčasne umožňuje jednoduché porovnanie výsledku.



Obrázok 3 - Ukážka cityscapes vizualizácie ¹

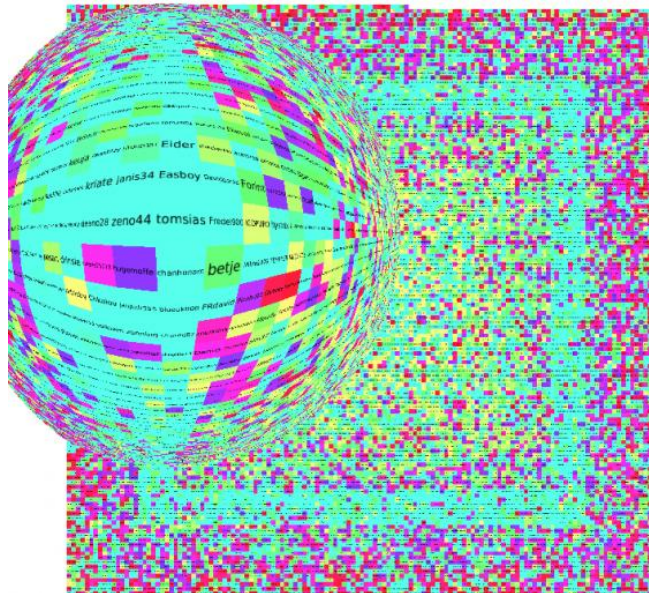
Jeden takýto prvok projektuje minimálne, priemerné a maximálne hodnoty každého stĺpca v dvojrozsmernej mriežke na konečnú stenu cityscape. Ďalší takýto prvok umožňuje premenlivú priehľadnosť jednotlivých výškových úrovní.

3.3. Z pohľadu rybieho oka

Ako už názov vypovedá, ide z časti o typ pohľadu, ktorý vytvára podobný efekt ako veľmi široký objektív (rybie oko). Takýto objektív deformuje záber tak, že objekty

¹ Zdroj Obrázok 3 :
http://2.bp.blogspot.com/_M7A7Q8OD7G4/SJV5bo3cXFI/AAAAAAAAABLE/Qsv8aub3_Ww/s400/02_Classify%2BData%2BTypes_City%2BModel_cr.jpg

blízko stredu záberu sú značne priblížené. Zväčšenie rapidne klesá so vzdialenosťou objektov od stredu záberu, na ktorý sa objektív pozerá. Výsledkom takéhoto typu pohľadu sú objekty, ktoré sa nachádzajú v pomyslenom strede, teda v najväčšej pozornosti pozorovateľa. Tieto objekty sa teda zobrazujú najviac detailne, zatiaľ čo objekty v periférnom videní, sú menej v pozornosti.



Obrázok 4 - ukážka vizualizačného typu rybie oko ²

Pohľady rybieho oka boli pôvodne preskúmané Furnasom [6], ale odvtedy sa im venovalo viac pozornosti a dostalo sa im väčšieho rozšírenia a využitia. Tieto pohľady boli rozšírené, aby dodali viac možností kontroly nad celkovým rozložením a zlepšili celkový pohľad na štruktúru informácií. Použitie techniky rybieho oka môže zlepšiť vizualizovanie príliš veľkých grafov. Toto umožňuje lepšie pochopenie vizualizovaných dát.

² Zdroj Obrázok 4 :
http://tulip.labri.fr/TulipDrupal/sites/default/files/uploadedFiles/images/pixel_oriented_view_fisheye.preview.png



Obrázok 5 - ukážka použitia rybieho oka na mape ³

3.4. Benediktínsky priestor

Benediktínsky priestor je pojem, ktorý pochádza z výskumu Michaela Benedikta o štruktúre kyberpriestoru [7]. Tento pojem pôvodne načrtol už William Gibson v jeho sci-fi krátkom príbehu Burning Chrome [8]. Benedikt vyzdvihol predovšetkým predstavu, že vlastnosti každého objektu môžu byť mapované na vnútorné a vonkajšie priestorové dimenzie. Vonkajšie dimenzie špecifikujú bod v priestore, ako napríklad množinou karteziánskych súradníc. Vnútorne dimenzie špecifikujú vlastnosti objektu, a to najmä veľkosť, tvar, farbu, textúru a podobne. Príkladom Benediktínskeho priestoru môže byť mapa atribútov, ako mená študentov na osi X a ich známky zo skúšok na osi Y. Stupeň, ktorý študent dosiahol, môže byť mapovaný na vnútornú dimenziu, ako napríklad tvar.

Benedikt taktiež navrhol dve pravidlá pre tento kyberpriestor. A to princípy vylúčenia a maximálneho vylúčenia. Tieto pravidlá sa pokúšajú vysvetliť umiestnenie dát a hlavne sa vyhnúť zhukovaniu dátových položiek. Princíp vylúčenia v základe zakazuje dvom prvkom, aby existovali na tej istej pozícii v priestore. To znamená, že ich vonkajšia dimenzia sa musí líšiť. Znenie tohto pravidla je nasledujúce:

"Dva neidentické objekty, ktoré majú rovnaké vonkajšie dimenzie a hodnoty dimenzie, či už v rovnakom čase alebo vrátane času ako vonkajšej dimenzie od začiatku, sú

³ Zdroj Obrázok 5 : http://designingwebinterfaces.com/blog/wp-content/uploads/2009/01/fisheye_alpslab-300x256.png

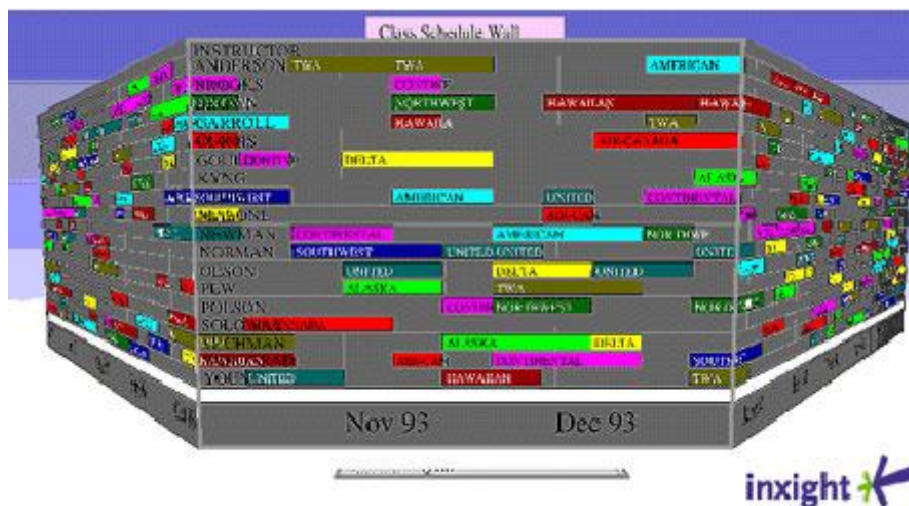
zakázané. Bez ohľadu na to aké porovnanie môže byť zavedené medzi ich vnútornými dimenziami a hodnotami." [7]

Pravidlo maximálneho vylúčenia rozširuje spomínaný princíp vyššie. Týmto je zaistené, aby dátové položky boli oddelované najviac ako je možné, a tým bolo zabránené zhlukovaniu objektov.

3.5. Perspective walls

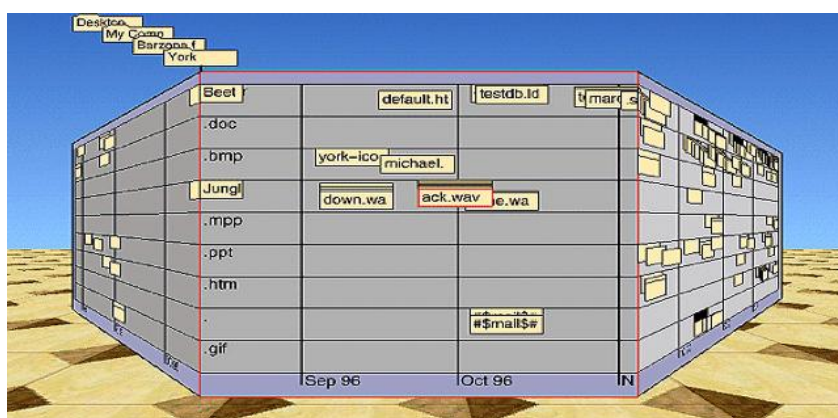
Perspectivve walls [9] je typ techniky pre zobrazovanie a navigovanie vo veľkej, lineárnej štruktúre informácií. Toto umožňuje pozorovateľovi zamerať sa na konkrétnu menšiu oblasť, zatiaľ čo si stále zachováva informáciu o tom, v akom vzťahu je táto oblasť s celkom. Perspective walls sú v niečom taktiež podobné k zobrazeniu rybím okom. A to v tom, že umožňujú zamerať sa na určitú oblasť informácií a tie zobraziť vo väčšom detaile. Zatiaľ čo ostatné prvky, ktoré sú súčasťou celku sú zobrazené menej detailne. Toto nám aspoň dáva ideu, kde sa nachádzajú zobrazované dáta. Zároveň spoznať ich vlastnosti, ako sú pozícia či orientácia v priestore.

Dve stratégie, ktoré boli v minulosti používané na zobrazovanie veľkých objemov dát, boli *priestorová stratégia* a *časová stratégia*. Priestorová stratégia používa rozmiestňovanie techniky a grafický dizajn na maximalizovanie jednej zobrazovacej časti priestoru. Následne sa snaží prezentovať o tejto oblasti čo najviac informácií, ako je možné. Vďaka tomu táto technika trpí zahltením množstvom dát a informácií užívateľa, či pozorovateľa. Extrahovanie jedného prvku alebo časti sa stáva tak oveľa zložitejším. Časová stratégia chápe princíp rozdelenia informácií na štruktúry tak, že vznikne určité množstvo oddelených pohľadov. Tieto pohľady môžu byť zobrazené po jednom. Toto umožňuje pozorovateľovi prepínať pohľady a zamerať sa na želanú informáciu podľa uváženia. Nevýhodou tohto typu pohľadu je možnosť stratiť sa v dátach. Keďže nemáme podanú informáciu o kontexte či celku, v ktorom sa daný detailný pohľad nachádza, môže to spôsobiť dezorientáciu samotného pozorovateľa.



Obrázok 6 ukážka perspective walls vizualizácie ⁴

Perspecitve wall rieši vyššie spomínaný problém efektívnym rozširovaním časovej stratégie spoločne s nariadeniami, v akom kontexte sa dáta nachádzajú. Perspecitve wall kladie lineárnu štruktúru do trojrozmerného priestoru. Napríklad formovanie valcového plášťa s mapovanými dátami na vnútorný povrch. Jedna určená časť dát môže byť zobrazená detailne kedykoľvek. Pričom príslušné časti sú zložené dovnútra na oboch stranách a dodávajú pohľad informácie o pozícii zobrazovanej sekcie. V pohybe medzi časťami tohto dátového celku stena plynulo rotuje, a tak zobrazí ďalšiu časť do centra pohľadu. *Perspective wall, cone trees, cam trees a 3D-Rooms* sú popísané v práci nižšie, a vznikli ako výsledok výskumu s názvom Informačný vizualizér vo výskumnom stredisku Xerox Palo Alto. [10]



Obrázok 7 - ďalšia ukážka perspective walls vizualizácie ⁵

⁴ Zdroj Obrázok 6 : http://www.infovis-wiki.net/images/7/73/Perspective_wall_Inxight.jpg

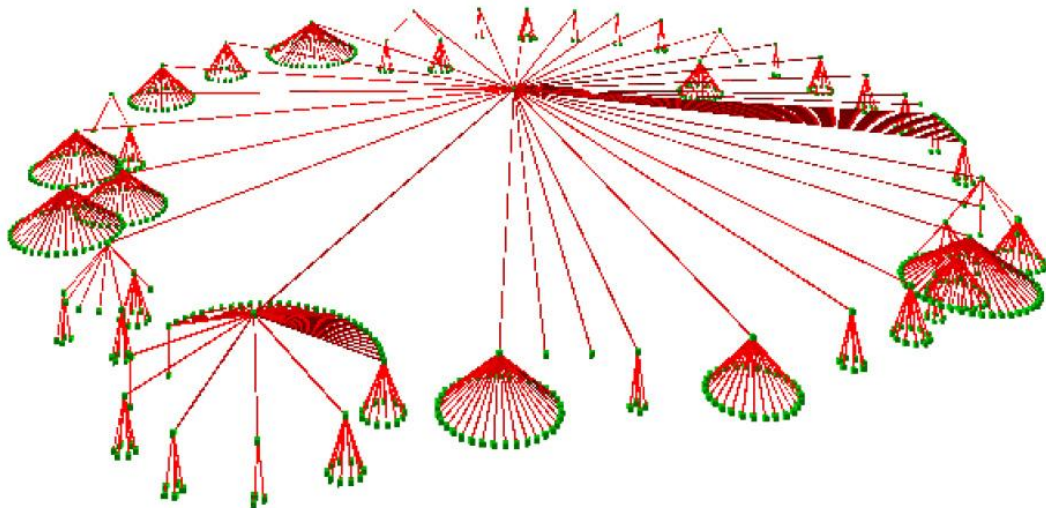
⁵ Zdroj Obrázok 7 : https://experience.sap.com/wp-content/uploads/2015/04/perspective_wall.jpg

3.6. Cone trees a cam trees

Cone trees sú trojdimenzionálnym rozšírením viac známej techniky, ktorou je dvojrozmerný hierarchický strom. Cam trees sú zhodné so štruktúrou cone trees až na to, že rastú horizontálne a nie vertikálne. Cieľom cone trees je umožniť zobrazovanie a prehliadanie väčšieho množstva informácií intuitívnejším spôsobom. Taktiež sa snaží reprezentovať tieto poznatky systémom viac vhodným pre človeka a užívateľa.

Cone trees sú postavené tak, že umiestňujeme koreňový uzol na vrchol priesvitného kužeľa v blízkosti hornej časti displeja. Všetky podriadené uzly sú potom rozdelené v rovnakých vzdialenostiach pozdĺž základne kužeľa. Tento proces sa opakuje pre každý uzol v hierarchii, pričom priemer základne kužeľov sa redukuje na každej úrovni hierarchie zostupne, aby sa zabezpečil dostatočne veľký priestor pre všetky listové uzly.

Pôvodné cone a cam tree vizualizácie vytvorené v Xerox PARC ponúkali možnosť si strom plynule otáčať a zamerať sa na príslušný určitý uzol stromu. Plynulá animácia je v tomto prípade veľmi dôležitá, aby pozorovateľ nestratil predstavu o štruktúre modelu. Náhle zmeny v orientácii stromu môžu vyžadovať značný čas, vedieť sa znova zorientovať v danom modeli.



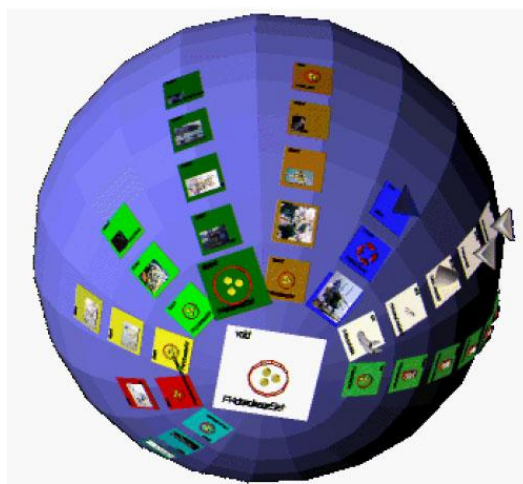
Obrázok 8 ukážka Cone trees vizualizácie Dave Snowdon, Nottingham University ⁶

⁶ Zdroj Obrázok 8 : <http://www.crg.cs.nott.ac.uk/crg/Research/pits/pits.html>

3.7. Sférická vizualizácia

Sférickú vizualizáciu opísal Fairchild [11] ako trojrozmernú verziu prevažne dvojrozsmernej perspektívnej steny (Perspective wall opísanej vyššie). Sférická vizualizácia je použitá pomocou VizNet vizualizačného systému na zobrazenie asociačných vzťahov medzi multimediálnymi objektmi a zvoleným objektom záujmu. Objekty sú mapované na povrch gule a to tak, že najviac súvisiace predmety sú umiestnené blízko vybranému objektu záujmu. Tie nesúvisiace sú zobrazované ďalej od tohto objektu, tým pádom sú menej viditeľné. Niektoré sa stávajú úplne stratené pre pozorovateľa, keďže sú na druhej opačnej strane gule. Toto nám poskytuje prirodzený pohľad, ako keby rybieho oka, ktorý zdôrazňuje objekty, ktoré chceme pozorovať. Tie, ktoré sú nepodstatné pre pozorovateľa, sú potláčané viac do úzadia.

Tieto informácie sú zobrazované na povrchu do seba vložených niekoľkých gúľ. To znamená, že tento typ vizualizácie poskytuje mechanizmus na reprezentovanie rôznych úrovní informácií. Objekt záujmu je zobrazovaný na *najvonkajšej* guli s objektmi, ktoré úzko súvisia s týmto prvkom. Objekty, ktoré sú nepriamo súvisiace s vybraným objektom záujmu, môžu byť zobrazené, buď na opačnej strane gule, alebo na nižších vrstvách. Tým pádom sú mapované na vnútorných povrchoch gúľ obsiahnutej v tej hlavnej. Farba samotnej sféry sa stáva tmavšou so zväčšujúcou sa hĺbkou a znižujúcou sa úrovňou. Toto poskytuje užívateľovi vizuálny podnet, v ktorej úrovni a na ktorom mieste sa nachádza vo vizualizácii.



Obrázok 9 ukážka sférickej vizualizácie vytvorené pomocou programu VizNet - vlastnícke práva Kim Fairchild, Institute of Systems Science, National University of Singapore.

3.8. Emočné ikony

Emočné ikony [12] chápané v súvislosti s kontextom trojrozmerného dátového sveta sú objekty, ktoré sa správajú rôzne na základe odozvy užívateľa alebo výskytu iných ikon. Cieľ emočných ikon je spraviť používanie sveta dát viac interaktívnym a dynamickým zážitkom. Emočné ikony môžu reagovať na prítomnosť alebo blízkosť užívateľa v rámci prostredia. Ich možnosti správania sú závislé na profile užívateľa a na ich konkrétnych aktivitách a záujmoch. Ikony môžu prípadne pristúpiť bližšie k užívateľovi alebo ustúpiť vzad, zväčšiť sa, zmenšiť sa, pohybovať sa a meniť svoj vzťah. To všetko v závislosti na vzťahu alebo dôležitosti dát reprezentujúcich užívateľovi. Ikony taktiež môžu reagovať na prítomnosť ostatných ikon. Tie reprezentujúce informácie podobnej povahy sa môžu pohybovať spolu, zatiaľ čo nepodobné ikony sa budú pohybovať oddelene a nesynchronizovane. Emočné ikony by mohli poskytnúť veľký krok vpred k vytvoreniu "živého" prostredia dát.

3.9. Informačná kocka

Informačná kocka je technika vyvinutá Rekimotom a Greenom [13] na vizualizovanie hierarchických informácií použitím vnorených polopriesvitných kociek. Informačná kocka je voľne založená na dvojrozmernej vizualizácii stromových máp. Stromové mapy boli vytvorené Johnsonom a Shneidermanom a maximalizujú využitie displeja. Dostupný priestor displeja je rozdelený na niekoľko boxov, ktoré reprezentujú stromovú štruktúru. Rodičovské prvky sú porozdeľované taktiež na kocky, ktoré predstavujú ich potomkov. Zariadenia slúžia pre užívateľa na interaktívnu komunikáciu s vizualizáciou a na určenie typu prezentácie aj štrukturálnej aj obsahovej informácie. Napríklad zmenou hĺbky informácie, teda v ktorej vnorenej kocke sa nachádza alebo zmenením farby. Informácia na displeji môže podávať určitý stupeň záujmu alebo mieru dôležitosti, ktorá sa odzrkadlí vo výslednej veľkosti v priestore.

Technika informačnej kocky efektívne rozširuje dvojrozmerné stromové mapy do trojrozmerného priestoru. Hierarchické informácie sú prezentované ako vnorené kocky. So zväčšujúcou sa úrovňou sa mení úroveň priehľadnosti. Toto zaručuje vytvorenie dojmu hĺbky samotnej vizualizácie, a tým uľahčenie prezentácie informácie a orientovanie sa pre užívateľa. Priehľadnosť a tieňovanie sú hlavné techniky použité na ovládanie informačného obsahu kociek vo vizualizácii. Táto priehľadnosť umožňuje užívateľovi zobrazit' obsah kociek a ich detí, zatiaľ čo sa informácie vo vnútorných

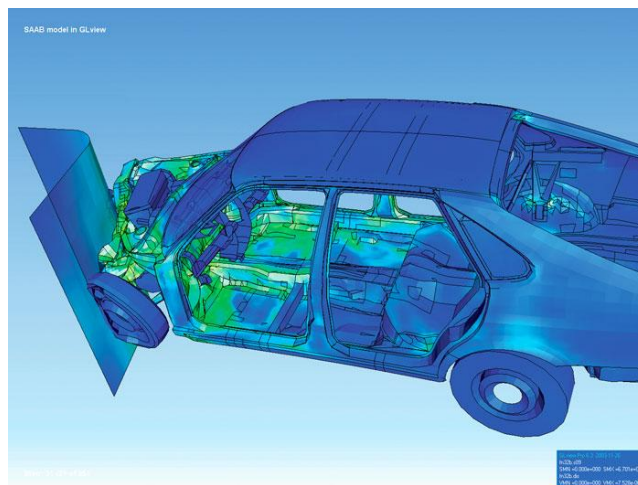
kockách skrývajú a zase zobrazujú postupne. Bez tejto redukcie by sa prezentované informácie zobrazovali naraz a vizualizácia by sa stala veľmi zložitá na pochopenie. Titulný názov je prilepený na povrch každej kocky a listu, ktorý neobsahuje viac vnorených kociek. Tento titulok je reprezentovaný ako dvojrozmerná dlaždica s názvom na jej povrchu. Kocky môžu obsahovať ľubovoľné informácie, ktoré nie sú obmedzené typom ani množstvom poskytovaných dát.



Obrázok 10 Vizualizácia pomocou informačnej kocky. Obrázok z Jun Rekimotovej stránky, Sony Computer Science Laboratory Inc.

4. Vizualizácia vedeckých dát

Vedecká vizualizácia niekedy referovaná v skratke ako SciVis (Scientific visualization) je reprezentácia rôznych dát graficky, za účelom pochopenia a získania nadhľadu a súvislostí v dátach. Často sa zamieňa s pojmom vizuálna dátová analýza. Vedecká vizualizácia je len časť širšieho pojmu vizualizácia. História samotnej vedeckej vizualizácie siaha až do devätnásteho storočia, pri tvarovaní predmetov z hlíny. História počítačovej vedeckej vizualizácie je však pomerne mladá a pochádza zo sedemdesiatych rokov minulého storočia. Dá sa využiť na pochopenie informácií v širokom spektre rôznych odborov vedy a techniky.



Obrázok 11 Príklad vizualizácie deformácie automobilu pri čiastočnom náraze

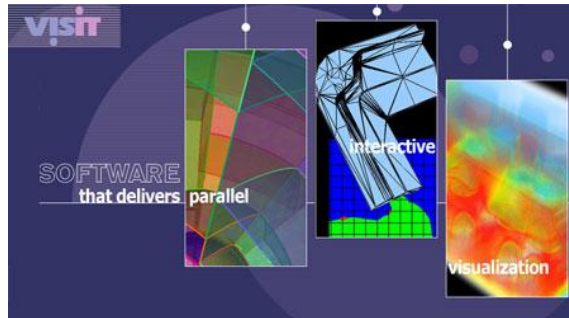
Môže sa jednať o vizualizovanie rôznych simulácií v oblasti automobilového priemyslu, ako môžeme vidieť na obrázku vyššie, v oblasti architektúry, medicíny, astrofyziky, chémie a mnohých iných. Vedecká vizualizácia má v dnešnom svete svoje pevné miesto.

4.1. Vedecké vizualizačné programy

Vo svete už existujú užitočné softvérové balíky, ktoré používajú fyzici, chemici a iní vedci či výskumníci. Niektoré z nich sa používajú aj na školách na výučbu, prípadne na názornú ukážku a vizualizáciu rôznych experimentov. Tieto programy majú širšiu užívateľskú základňu a ich výrobcovia a vývojári pravidelne vydávajú opravné balíky a aktualizácie. Softvéry, ktoré sú uvedené v tejto kapitole, dokážu vizualizáciu poňať všeobecne. Nie sú zamerané na konkrétny typ vizualizácie, a ani na špecifickú vizualizačnú techniku. Ďalšia výhoda týchto programov je, že mnohé z nich nemajú

pevne uzavretý kód a dajú sa ďalej modifikovať skúsenejšími užívateľmi. Prípadne sa dajú doprogramovať rôzne prídavné moduly vo viac všeobecne známejších programovacích jazykoch.

4.2. VisIT



Obrázok 12 - logo VisIT programu ⁷

VisIt je užívateľsky prívetivá trojrozmerná vizualizačná aplikácia pre vedecké dáta. Podporuje najviac používané vizualizačné techniky. Vďaka jeho distribuovanej a paralelnej architektúre je VisIt schopný ovládať veľmi veľké dáta interaktívne. Navyše je schopný rôznych rozšírení umožňujúce užívateľom lepšie ovládať a načítavať dáta. Dokáže pridať nástroje na dodatočnú analýzu k samotnému softvéru.

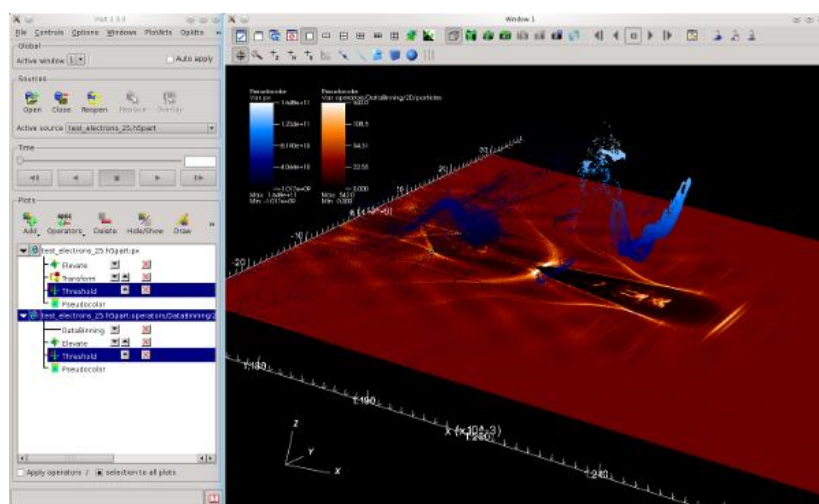
VisIt podporuje vizualizáciu a analýzu širokého spektra počítačových tvarov zahrňujúc dvoj trojrozmerné mnohouholníky, či krivky alebo neštruktúrované tvary. Taktiež umožňuje funkcionality pre interaktívnu či statickú vizualizáciu a analýzu extrémne veľkých dát, ako napríklad schopnosť animovať dáta. Toto umožňuje užívateľom vidieť evolúciu ich dát v čase alebo vytvoriť animáciu. Vykresľovanie a spracovanie dát tejto aplikácie sa rozdeľuje na komponenty zobrazenia (viewer) a samotný softvér (engine). Tieto komponenty môžu byť spustené a distribuované na viacerých strojoch. Zobrazovač je zodpovedný za vykresľovanie a je typicky spustený na lokálnom počítači, alebo vizualizačnom serveri umožňujúcom programu použiť grafickú kartu, či iný grafický hardvér. Engine je typicky spustený na samostatnom stroji, na ktorom sú uložené dáta a je zodpovedný za výkon a matematické algoritmy, ktoré pracujú s dátami, vstupmi a výstupmi. Tento proces môže byť spustený sériovo na jedinom procesore alebo paralelne, hoc aj na tisíc procesoroch.

⁷ Zdroj Obrázok 12 : <https://wci.llnl.gov/simulation/computer-codes/visit/>

Vizualizačné schopnosti VisIt-u sú rozdelené do dvoch hlavných kategórií. Plots zaisťujú funkcionality zobrazenia dát zahrňujúce napríklad: kontúry, krivky, pseudofarby, povrchy, vektory a objemové mapy. A druhá kategória sa nazýva operátory. Tie definujú operácie vykonávajúce filtrovanie a ovládanie dát, ktoré sa budú vizualizovať napríklad rezanie, výber či transformácie. VisIt taktiež podporuje analyzačné techniky pomocou výrazov a iných úryvkov kódu napríklad v c++.

VisIt dosahuje taktiež rozširovateľnosť pomocou použitia dynamicky načítavaných doplnkov, takzvaných pluginov. Všetky tieto funkcie sú implementované ako spomínaný doplnok a sú načítavané počas behu programu z adresára programu. Nové pluginy môžu byť jednoducho pridané nainštalovaním do príslušného adresára. VisIt taktiež ponúka grafický doplnkový nástroj pre vytváranie rôznych nových pluginov, čo omnoho viac zjednodušuje proces vytvárania nových vlastných prídavkov do samotného programu.

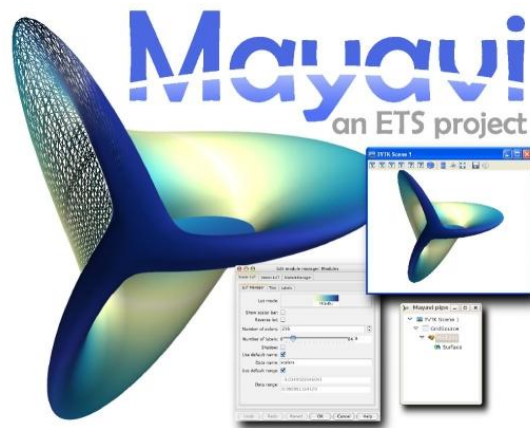
Tento program taktiež ponúka jednoduché a užívateľsky prívetivé GUI ako aj C++, Python a Java rozhrania. Upravovanie v Python-e pomocou príslušného rozhrania dáva užívateľovi možnosť organizovať prácu s dátami pomocou výkonného skriptovacieho jazyka. Táto výhoda môže byť taktiež použitá na vytvorenie extrémne sofistikovaných animácií alebo implementácií iných nástrojov. Rozhranie pre C++ a Java umožňuje prepojenie medzi užívateľským rozhraním samotného programu a vlastných C++ alebo Java aplikácií. [14]



Obrázok 13 - ukážka prostredia programu VisIT ⁸

⁸ Zdroj Obrázok 13 : <https://www.nersc.gov/users/data-analytics/data-visualization/visit-2/>

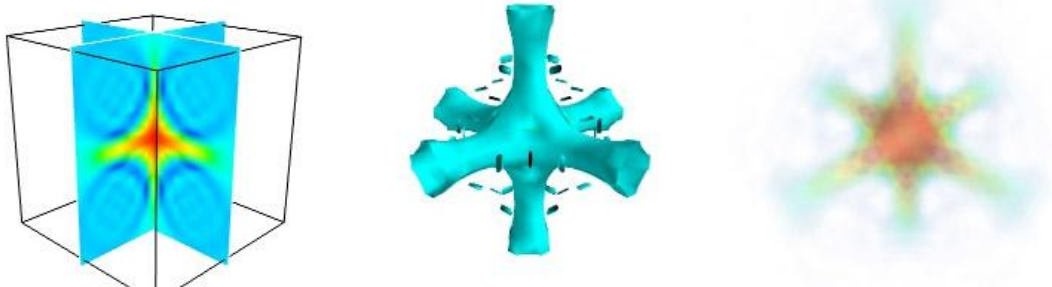
4.3. Mayavi



Obrázok 14 logo programu Mayavi⁹

Mayavi je ďalším programom, ktorý poskytuje jednoduchú a interaktívnu vizualizáciu trojrozmerných dát alebo trojrozmerných grafov. Program je taktiež vybavený bohatým interaktívnym používateľským rozhraním s dialógovými oknami na úpravu a zmenu všetkých dát a objektov vo vizualizácii. Toto rozhranie je dobrovoľné a slúži najmä na zjednodušenú modifikáciu vizualizácie. Mayavi taktiež obsahuje jednoduché a čisté skriptovacie rozhranie v jazyku Python. Zahrnujúc vopred pripravené trojrozmerné vizualizačné funkcionality podobné programom Matlab alebo Matplotlib. Program je vybavený aj rozhraním pre objektovo orientované programovanie.

Vizualizácie dokáže vykresľovať a aj ukladať v rôznych formátoch. Výhoda softvéru Mayavi, že dokáže byť spustený aj ako samotná aplikácia, tak ako aj dodávaná knižnica v inom softvérovom balíku napríklad Envisage. [15]



Obrázok 15 ukážka vizualizácií pomocou Mayavi¹⁰

⁹ Zdroj Obrázok 14 : <http://docs.enthought.com/mayavi/mayavi/>

¹⁰ Zdroj Obrázok 15 : <http://docs.enthought.com/mayavi/mayavi/>

4.4. ParaView



Obrázok 16 logo programu ParaView ¹¹

ParaView je open-source, multiplatformová aplikácia pre vizualizáciu a dátovú analýzu. Project ParaView sa spustil v roku 2000 pri spolupráci medzi Kitware Inc. a Národnom laboratóriu v Los Alamos. Používatelia ParaView môžu rýchlo zobrazit' vizualizáciu na analýzu ich dát použitím mnohých a kvalitných techník. Prieskum dát môže byť prevedený interaktívne v trojrozmernom prostredí alebo pomocou programovacích schopností samotného softvérového balíka. ParaView bol vyvinutý na analýzu extrémne veľkých dátových množín použitím distribuovaných pamäťových počítačových zdrojov. Môže byť taktiež spustený na super počítačoch na analýzu takzvaných petascale dátových množín. Tento termín sa používa pri výpočtoch o petaflopových dátových tokoch. Program je taktiež možné spustiť na obyčajnom lapte pre menšie objemy dát. [16]

Základný zdrojový kód ParaView je dizajnovaný takým spôsobom, že všetky komponenty môžu byť rýchlo použité a modifikované pre rôzne prídavné aplikácie. Táto flexibilita umožňuje vývojárom rýchlo vytvorit' aplikáciu so špecifickými funkcionalitami na konkrétny problém. V základe ParaView používa vizualizačný nástrojový balík VTK (Visualization Toolkit) pre vykresľovaciu a procesnú jednotku. Zatiaľ čo používateľské rozhranie je napísané pomocou knižníc QT (Quick Time).

ParaView je softvérový balík schopný riešiť a spracovať rôzne typy a druhy vizualizácie, tak ako aj používať rôzne vizualizačné techniky. Jedna z častí jeho schopností je, že sa dá použiť na štruktúrnu analýzu. Je to skvelý nástroj pre zobrazovanie vstupných objektov a ich správania sa za určitých podmienok. Ďalšia časť je vizualizácia dynamiky fluidov a ich vizualizácia. Fluid je v tomto prípade pojem, pod ktorým chápeme dynamiku plynov a tekutín. ParaView sa taktiež používa v astrofyzike. Dá sa použiť taktiež na simuláciu a vizualizáciu klimatických zmien v meteorológii.

¹¹ Zdroj Obrázok 16 : <http://www.paraview.org/wp-content/uploads/2014/04/ParaViewLogo.png>

ParaView je taktiež nástroj na zobrazovanie časticových oblakov, tzv. Point Cloud vizualizácia.

4.5. Matlab



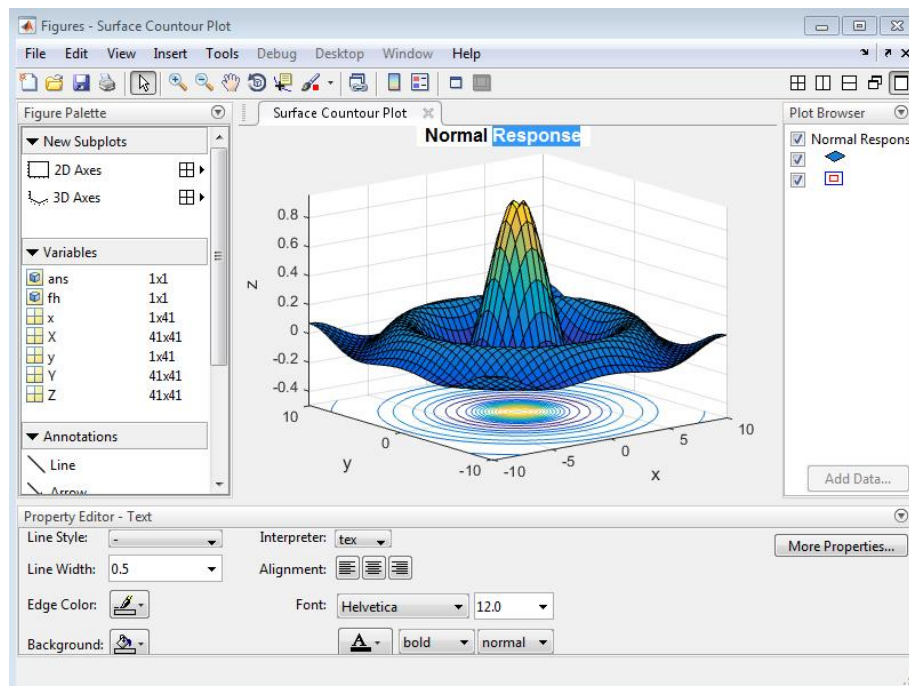
Obrázok 17 logo programu MATLAB¹²

Matlab je matematický počítačový softvérový balík, ktorý si získal veľkú popularitu v rôznych vedných odboroch a inžinierskej komunite. Taktiež je veľmi známy v mnohých vzdelávacích inštitúciách. Matlab poskytuje vysokoúrovňový jazyk pre numerické výpočty, ako aj vizualizáciu a vývoj rôznych aplikácií. Umožňuje interaktívne prostredie pre výskum dát a riešenie širokého spektra problémov.

Obsahuje matematické funkcie, lineárnu algebru, štatistiku, Fourierova analýza, filtrovanie, optimalizáciu, numerickú integráciu a nástroje na riešenie diferenciálnych rovníc. Taktiež poskytuje vstavanú grafiku pre vizualizáciu dát a nástroje na vytváranie vlastných grafov. Umožňuje nielen prácu s daným programom a nástrojom, ale má aj vývojové nástroje pre zlepšenie kvality napísaného kódu a na zvýšenie použiteľnosti a výkonu. Matlab poskytuje nástroje pre vytváranie užívateľských aplikácií aj s grafickým rozhraním. Matlab má integrované funkcie a algoritmy, ktoré spolupracujú s externými aplikáciami a jazykmi ako C, Java, NET a podobne. [17]

Matlab poskytuje nástroje na získavanie, analýzu a vizualizáciu dát. Toto umožňuje získať prehľad v dátovej štruktúre, za zlomok času, oproti používaniu tabuliek alebo tradičných programovacích jazykov. Taktiež je možné dokument zdieľať. Výsledky publikovať pomocou grafov a iných vizualizácií, ale aj pomocou reportov a publikovaného Matlab kódu. Matlab umožňuje vstavané dvojrozmerné a trojrozmerné vizualizačné funkcie, ako aj nástroje na zobrazovanie rôznych objemov. Je možné dané zobrazenia ďalej upravovať, buď interaktívne, alebo programátorsky.

¹² Zdroj Obrázok 17 : <http://www.mathworks.com/products/matlab/>



Obrázok 18 ukážka prostredia programu MatLab¹³

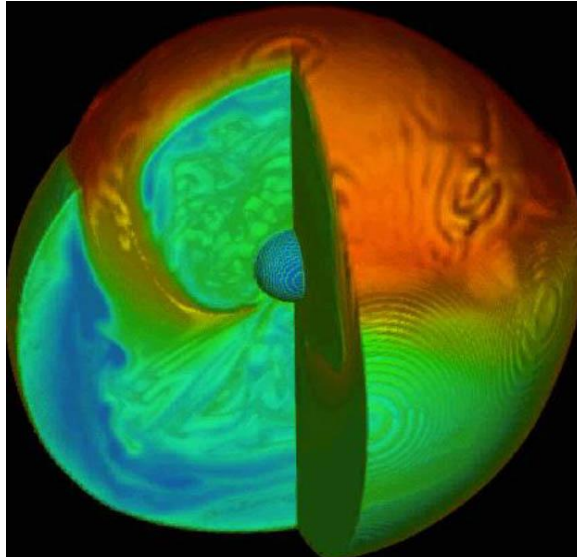
¹³ Zdroj Obrázok 18 : <http://www.mathworks.com/products/matlab/>

5. Vizualizácia v astronómii

Efektívna analýza veľkých multi-dimenzionálnych zbierok údajov je základným prvkom astronómie. Na dosiahnutie tohto cieľa bola astronómia vždy úzko spätá s vizualizáciou. Astronómovia už dlho používajú rôzne grafické znázornenia dát pre výskumné a vzdelávacie účely. Napriek multi-dimenzionálnej povahe astronomických dát sú bežnejšie používané vizualizačné nástroje pre dvojrozmerné obrázky. Nevyužívajú sa všetky výhody dnešných trojrozmerných techník a technológií. Zatiaľ čo dvojrozmerné reprezentácie informácií sú užitočné pre stanovenie presných vzťahov medzi prvkami, trojrozmerné pohľady umožňujú užívateľovi interpretovať dáta kvalitatívne.

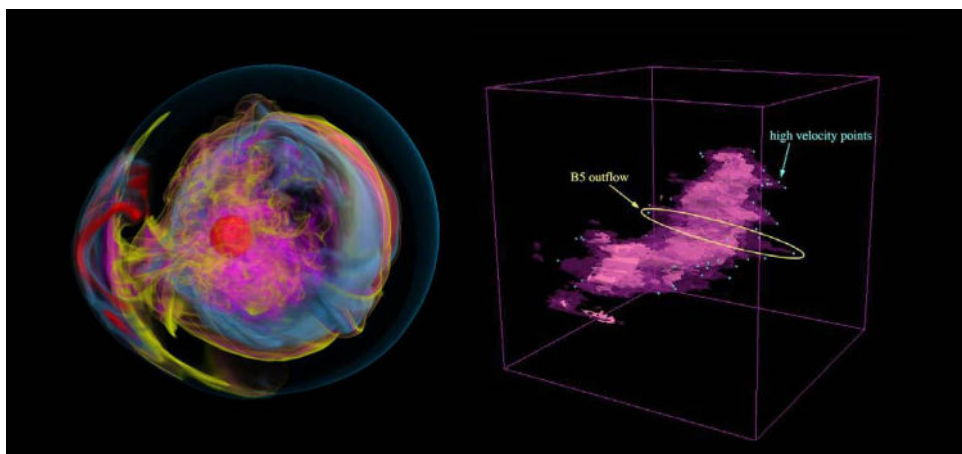
Trojrozmerné grafy a obrazy boli v minulosti bežne používané až v záverečných fázach publikácií. Z dôvodu získať na popularite a zaujímavosti. Avšak toto sa začína meniť. 3D vizualizácia sa stále viac používa vo fáze analýzy dát výskumných projektov. V astronómii existuje veľké množstvo zobrazovacích metód a techník. Napríklad dvojrozmerná kanálová mapa a spektrálne polia. Tieto techniky vyžadujú po dátových analytikoch zapamätať si určité aspekty informácií. To je dôvodom toho, prečo je trojrozmerná vizualizácia zvlášť zaujímavá pri analyzovaní veľkých dátových súborov, aké sú v tomto vednom odbore bežné. Pri vizualizovaní týchto dát je potrebné vykonať rôzne abstrakcie, aby sa sprostredkovali informácie účinne a intuitívne. Schopnosť interaktívne spojiť tieto abstrakcie a možnosť meniť vizualizačné parametre v reálnom čase, je neoceniteľnou vlastnosťou v mnohých oblastiach výskumu.

Vo vizualizácii vizuálne abstrakcie zmenia iba vzhľad zobrazenej informácie, bez toho, aby to ovplyvnilo podkladové dáta. Takéto abstrakcie sa používajú pre získanie nového pohľadu na existujúce informácie. Tým pádom výskum môže vytvoriť nové závery danej teórie. Bežné príklady v trojrozmernom priestore, sú napríklad posun, zmena veľkosti alebo otočenie s cieľom zlepšiť pochopenie dát cez rôzne pohľady. Vizuálna abstrakcia môže určitým spôsobom filtrovať irelevantné dáta pomocou farieb či hodnôt priehľadnosti.



Obrázok 19 Demonštrácia výrezového renderu jedného záberu z kolapsujúceho jadra supernovy. Vizualizácia od The Terascale Supernova Initiative at Scientific Discovery Through Advanced Computing

Mnohé techniky používané na vizualizovanie dát v astrofyzike využívajú trojrozmernú technológiu. Veľká časť z nich je inšpirovaná zobrazovacími postupmi používaných aj v medicíne, špeciálne v tomografii. Silná väzba medzi potrebou trojrozmerného zobrazovania v medicíne, ako aj v astronómii bola identifikovaná a skúmaná výskumným ústavom Harvard Astronomical Medicine Project [18]. Na vizualizovanie astronomických dát sa používa technika a softvér na vytvorenie trojrozmerného obrazu z dát získaných pomocou MRI alebo PET skenov. Vzhľadom k obrovskému priestoru medzi pozorovacími prvkami sú určité odlišnosti medzi vizualizovaním dát v týchto vedných odboroch. No napriek tomu mnohé princípy ostávajú rovnaké. A tieto podobnosti boli použité na získanie nových vedomostí v oblasti vizualizácie.



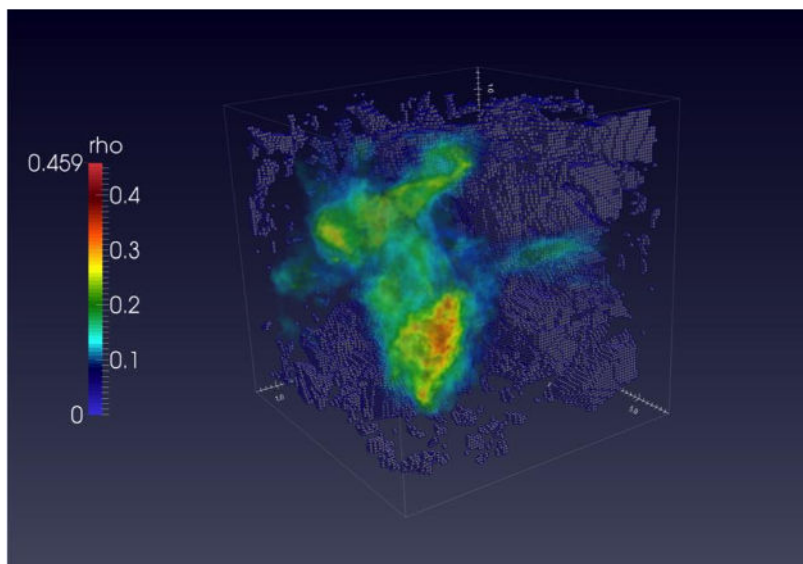
Obrázok 20 Rôzne druhy zobrazovania vizualizácie v astronómii - Direct Volume / Isosurfaces

Hodnoty dát pre trojrozmerný priestor môžu byť zobrazené mnohými spôsobmi. Ďalej sa môžu zobrazovať ako dvojrozmerný rez dátami alebo aproximácia obrysu rôznych povrchov. *Isosurface* (surface - povrchy) je typ trojrozmerného povrchu, ktorého body reprezentujú rovnaké hodnoty v trojrozmernej dátovej množine. Tento typ zobrazovania sa bežne používa v medicíne. Napríklad na zobrazovanie oblastí s rovnakou hustotou ľudského tkaniva. Technika zobrazovania *Isosurface* je ideálna pre pozorovanie astrofyzických dát, v ktorých je ťažké získať vnútornú štruktúru a náhľad.

Direct Volume Rendering (objemové vykresľovanie) zahŕňa vytvorenie premietaného obrazu priamo z dát. Pričom nie sú aplikované žiadne funkcie alebo aproximácie na objemové informácie. Tento typ zobrazovania je najvhodnejší na vizualizovanie simulačných dát v astrofyzike. Máme tak možnosť nazrieť na úplnú vnútornú štruktúru objektov. Ďalšou výhodou tohto typu vykresľovania je použitie techniky *ray casting*. Mnoho vizualizačných techník, ktoré zobrazujú len povrchy majú problémy pri zobrazovaní polo-transparentných materiálov. Ray casting netrpí touto limitáciou. Obe metódy, *Isosurface* aj *Direct Volume Rendering* môžeme vidieť na obrázku číslo 20 vyššie. [19]

5.1. Vizualizačné programy v astrofyzike

Paraview je taktiež vhodný použiť aj v astrofyzike. Štandardná verzia softvéru pre osobné počítače dokáže prečítať v poriadku vyše sto rôznych súborových formátov. To pokrýva široké spektrum výstupových formátov z iných aplikácií. *Paraview* je obzvlášť dobrý pri použití vo vedeckej oblasti, ktorá používa techniky zobrazovania mnohých bodov, ako napríklad časticových systémov. Ďalej je schopný aj *Direct Volume Renderingu* a zobrazovania *Isosurface* plôch. Program je taktiež schopný vytvárať akékoľvek obrazy či náhľady na dáta a analyzovať ich. Dátové veľkosti produkované astrofyzikálnymi a kozmologickými simuláciami mávajú sklony k extrémom. V takom prípade schopnosť škálovania programu *Paraviewu* je obrovská výhoda pre vizualizáciu výsledkov. [16]



Obrázok 21 ukážka astrofyzikálnej vizualizácie v Paraview ¹⁴

5.2. Katalógy hviezd

Hviezdne katalógy jednoznačne patria k dôležitej súčasť práce astronóma. Zoznamy nebeských telies si zostavovali všetci významní astronómovia a bádatelia. Hipparchos bol grécky matematik a astronóm, zostrojil v druhom storočí pred naším letopočtom, na základe starších zoznamov hviezd, najznámejší staroveký katalóg hviezd s ich polohami a úrovňou ich jasnosti. História hviezdnych katalógov sa menila, no najväčšia zmena bola v počte zaznamenaných telies a ich rôznych vlastností. V súčasnosti sa najčastejšie používa pozičný katalóg HIPPARCOS zostavený na základe presných meraní polôh hviezd. Vznikol na základe pozorovaní s rovnomennou družicou na obežnej dráhe Zeme. V súčasnej dobe sa moderné, ale aj významnejšie historické katalógy zdigitalizovali.

Spravidla každý katalóg obsahuje okrem mena alebo identifikačného čísla hviezdy jej polohu na oblohe. Veľmi dlho to bola jediná možnosť, ako identifikovať jednotlivé hviezdy v rôznych katalógoch. Pretože jedna a tá istá hviezda mala v každom katalógu iné označenie. Presnosť polohy jednotlivých hviezd bola však závislá na použitej metóde merania pri písaní daného katalógu. Od polovice devätnásteho storočia po päťdesiate roky dvadsiateho storočia vzniklo na základe fotografických pozorovaní viacero hviezdnych katalógov v USA aj v Európe. Najznámejšími sa stali Henry Draper Catalogue, ktorý vznikol v USA na Harvardskom univerzitnom observatóriu. Ďalej Bonner Durchmusterung vypracovaný na observatóriu v nemeckom Bonne a Cordoba

¹⁴ Zdroj Obrázok 21 : <http://www.paraview.org/astro-physics/>

Durchmusterung pre južnú oblohu zostavený na základe fotografických pozorovaní na argentínskom observatóriu v Cordóbe. Tieto prvé moderné katalógy umožnili prudký rozvoj astronómie, pretože okrem presných polôh na oblohe obsahovali aj údaje o jasnosti, farbách a spektrálnych typoch hviezd. Čo sú ich dôležité fyzikálne charakteristiky.

Common name	System name	Latitude	Longitude	Declination	Right Asc.	Altitude	Azimuth	Constellation	Comments	Magn
▶ Acamar	th-1 Eri	53 S 45	22 ° 49	40 S 26	14 ʘ 16	11 N 12	21 ʘ 58	Eridanus		3.24
Achernar	al Eri	59 S 23	14 ʘ 51	57 S 24	24 ° 08	01 S 27	04 ʘ 40	Eridanus		0.46
Achird	et Cas	47 N 01	09 ʘ 48	57 N 39	11 ° 48	65 N 59	04 ʘ 48	Cassiopeia		3.44
Acnux	al-1 Cru	52 S 53	11 ʘ 25	62 S 55	06 ʘ 12	60 S 15	08 ʘ 28	Cru		1.33
Acubens	al Cnc	05 S 05	13 ʘ 12	11 N 59	14 ʘ 11	16 S 01	26 ° 50	Cancer		4.25
Aculeus	M-6 Sco	08 S 52	24 ʘ 22	32 S 11	23 ʘ 25	34 S 02	18 ʘ 46	Scorpio	Pulsar, p =	-
Acumen	M-7 Sco	11 S 23	28 ʘ 18	34 S 49	27 ʘ 58	31 S 29	23 ʘ 20	Scorpio	Open Cluste	3.20
Adhafera	ze Leo	11 N 52	27 ʘ 07	23 N 35	03 ʘ 44	20 S 17	19 ʘ 27	Leo		3.44
Adharaz	ep CMa	51 S 22	20 ʘ 19	28 S 56	14 ʘ 20	14 S 46	04 ʘ 49	Canis Major		1.50
Adhil	xi And	33 N 50	07 ʘ 25	45 N 22	20 ° 07	77 N 51	14 ʘ 14	Andromeda		4.88
Agema	be Cen	44 S 08	23 ʘ 21	60 S 13	00 ʘ 23	61 S 47	14 ʘ 17	Centaurus		0.61
Ain	ep Tau	02 S 34	08 ʘ 01	19 N 07	06 ʘ 41	42 N 21	25 ʘ 37	Taurus		3.53
Ain al Ramii	nu1 Sgr	00 N 07	12 ʘ 01	22 S 47	13 ʘ 03	14 S 18	18 ʘ 05	Sagittarius		4.83
Al Athfar Al Dhib	ome Dra	86 N 54	11 ʘ 48	68 N 46	24 ʘ 17	24 N 09	21 ʘ 43	Draco		4.80
Al Dhanab	ga Gru	23 S 03	16 ʘ 58	37 S 31	28 ʘ 00	06 N 11	24 ʘ 00	Grus		3.01
Al Haud	th UMa	34 N 54	06 ʘ 49	51 N 49	22 ʘ 40	07 N 14	00 ʘ 16	Ursa Major		3.17
Al Hecka	ze Tau	02 S 12	24 ʘ 20	21 N 07	23 ʘ 56	28 N 59	07 ° 12	Taurus		3.00
Al Kalb al Rai	th-2 Cep	68 N 22	00 ʘ 29	78 N 40	07 ʘ 24	42 N 20	09 ʘ 26	Cepheus	Spectroscop	5.50
Al Nair	al Gru	32 S 55	15 ʘ 27	47 S 07	01 ʘ 33	00 N 02	01 ʘ 51	Grus		1.74
Al Pherg	et Psc	05 N 23	26 ° 22	15 N 11	22 ° 26	70 N 23	20 ʘ 31	Pisces		3.62
Al Thalimam lo	io Aql	20 N 01	25 ʘ 23	01 S 22	23 ʘ 46	06 N 09	05 ʘ 47	Aquila		4.36
Al Thalimam La	la Aql	17 N 34	16 ʘ 53	04 S 56	16 ʘ 08	02 S 10	04 ʘ 29	Aquila		3.44
Aladlar	et Lyr	60 N 41	29 ʘ 37	39 N 05	18 ʘ 10	22 N 24	26 ʘ 59	Lyra		4.39
Alathfar	mu Lyr	62 N 44	09 ʘ 47	39 N 29	05 ʘ 48	14 N 14	21 ʘ 43	Lyra		5.12
Albaldah	pi Sgr	01 N 26	15 ʘ 48	21 S 05	16 ʘ 58	10 S 19	18 ʘ 32	Sagittarius		2.89
Albai	ep Aqr	08 N 05	11 ʘ 16	09 S 37	11 ʘ 29	15 N 30	23 ʘ 11	Aquarius		3.77
Albiero	be-1 Cyg	48 N 58	00 ʘ 48	27 N 53	22 ʘ 21	20 N 23	09 ʘ 24	Cygnus		3.08
Alchiba	al Crv	21 S 45	11 ʘ 48	24 S 39	01 ʘ 41	74 S 54	03 ʘ 55	Corvus		4.02
Alcor	6238 UMa	56 N 33	15 ʘ 25	55 N 09	20 ʘ 59	00 S 58	03 ʘ 10	Ursa Major		4.01
Alcyone	et Tau	04 N 03	29 ʘ 33	24 N 00	26 ʘ 24	53 N 06	25 ʘ 42	Taurus		2.87
Alkafrah	be Com	32 N 31	03 ʘ 56	28 N 02	17 ʘ 36	28 S 11	02 ʘ 09	Coma Berenice		4.26
Aldebaran	al Tau	05 S 28	09 ʘ 20	16 N 27	08 ʘ 31	39 N 31	23 ʘ 42	Taurus		0.65
Aldebaran	al Cep	68 N 55	12 ° 20	62 N 27	19 ʘ 27	45 N 03	02 ʘ 52	Cepheus		2.44
Alkhibah	ze Dra	84 N 46	02 ʘ 53	85 N 45	17 ʘ 10	20 N 10	22 ʘ 40	Draco		3.17

Obrázok 22 ukážka hviezdneho katalógu ¹⁵

Okrem týchto základných prehľadových katalógov vznikali neskôr špecializované katalógy. Pre veľmi presné určovanie polôh objektov na oblohe sa používali takzvané fundamentálne katalógy. Najpresnejší z nich je Vierter Fundametnkatalog (FK 4) bol vydaný v Hediellbergu v roku 1963 a obsahoval polohy 1535 hviezd z celej oblohy s presnosťou na 0,05 oblúkových sekúnd. Slúžil ako základný katalóg pre meranie presných polôh ďalších hviezd, planétiek, komét a podobne. Bol prekonaný až v roku 1997, keď Európska vesmírna agentúra ESA publikovala katalóg presných polôh vyše 118 000 hviezd s presnosťou viac ako desaťnásobne vyššou. [20]

Astronómia sa však nezaobrá len hviezdami, ale všetkými objektmi neživej hmoty vo vesmíre. Vznikajú preto aj katalógy galaxií, oblakov medzihviezdnej hmoty čiže hmlovín, komét, asteroidov, dráh meteorov, slnečných erupcií a podobne. Niektoré

¹⁵ Zdroj Obrázok 22 : <http://www.astrossoftware.com>

katalógy obsahujú aj rôzne databázy či návody na prácu s dátami. Iné aj jednoduché programy na ďalšiu prácu s nimi. Niektoré sú dostupné širokej verejnosti a astronomickej komunite, no mnohé nie.

5.3. Vizualizácia Mliečnej cesty

Pre astronómov bolo vždy zaujímavé zobrazovať pozorované objekty v menšej mierke na modeloch. Pomocou súčasných moderných technológií máme možnosť vizualizovať dáta z ESA Hipparcos space astrometry misie v trojrozmernom priestore. Spracovanie dát ponúklo pohľad na rozdelenie blízkych hviezd a odhalilo nové zoskupenia hviezd v susedstve slnečnej sústavy. Taktiež vrhá svetlo na pôvod hviezd v súhvezdí Orionu a môže zodpovedať otázky o existencii Gouldovho pásu, čiastočného prstenca hviezd v našej galaxii. Výsledky ukazujú potenciál trojrozmernej vizualizácie, a najmä jej osobitý význam pre misiu ESA Gaia.



Obrázok 23 - vesmírna sonda misie Gaia ¹⁶

Gaia bude mapovať Mliečnu cestu v troch rozmeroch s nebývalou citlivosťou a presnosťou. Jej cieľom je získať pozorovacie dáta miliardy hviezd v našej galaxii a blízkom susedstve. Výsledkom by malo byť vytvorenie najviac detailnej a precíznej trojrozmernej mapy Mliečnej cesty a zodpovedanie otázok o pôvode a evolúcii. Európska vesmírna agentúra ESA vypustila misiu Gaia v decembri 2013. Primárny vedecký produkt misie bude hviezdny katalóg s údajmi o polohe, pohybe, jase a farbe pozorovaných hviezd a telies. Časť katalógu by mala byť uverejnená v roku 2016. [21]

¹⁶ Zdroj Obrázok 23 : <http://spacewire.esa.int/>

6. Návrh vizualizačného pluginu

Hlavnou úlohou vizualizačného pluginu je zjednodušiť vytváranie reálnych vedeckých vizualizácií v prostredí softvérového balíka 3ds Max. Vzhľadom na jeho dostupnosť bol zvolený práve tento návrh. Cieľ je taktiež uľahčiť prácu používateľovi samotného 3ds Maxu, ako aj tomu, čo so zabudovaným časticovým systémom nemá žiadne skúsenosti.

6.1. Použité programy

3D grafika zažíva v posledných desaťročiach búrlivý rozvoj. Stváranie virtuálnych svetov sa stáva čím ďalej, tým viac reálnejším a znižuje sa hranica medzi virtualitou a realitou.

6.1.1. Autodesk 3ds Max

Autodesk 3ds Max je profesionálny 3D počítačový grafický program pre tvorbu trojrozmerných modelov, animácií, obrázkov a efektov. Jeho vývojárom a producentom je firma Autodesk Media and Entertainment. Program 3ds Max je svetovo jedným z najrozšírenejších grafických softvérových balíkov. Ponúka interaktívne prostredie, ktoré uľahčuje užívateľovi ovládanie samotného softvéru. Plne prispôsobiteľná a otvorená architektúra poskytuje tvorivú slobodu. Vďaka tomu si môže každý vytvárať vlastné pluginy, vylepšenia, nástroje, nahrávať makrá, ale aj si zrýchliť, či uľahčiť prácu s programom.



Obrázok 24 logo programu 3ds max ¹⁷

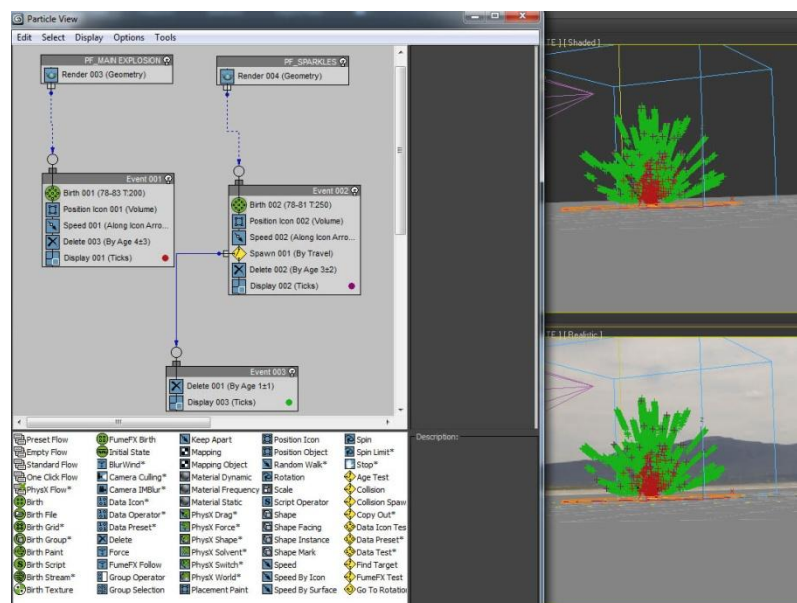
Program je určený predovšetkým pre filmový priemysel, dizajnérov, architektov, vývojárov počítačových hier. No taktiež sa dá použiť na vedeckejšiu prácu, ako sú

¹⁷ Zdroj Obrázok 24 : <http://www.autodesk.com/>

rôzne simulácie, súdne rekonštrukcie, prípadne medicínu. Vďaka partnerstvu firiem Autodesk a Microsoft poskytuje 3ds Max animačné nástroje pre hernú konzolu Xbox. Softvérový balík podporuje 32 a prioritne 64 bitovú architektúru operačných systémov. Je to plne multithreadingová aplikácia. Vďaka minulému partnerstvu s firmou Mental Images, ktorú odkúpila neskôr Nvidia, obsahuje renderer Mental Ray. Ten slúži na vykresľovanie obrázkov vytvorených pomocou 3ds Maxu. Najväčšou výhodou tohto programu je dostupnosť. V univerzitnom a školskom prostredí je študentská licencia zdarma. Po zaregistrovaní konkrétnej školy sú k dispozícii aj pravidelné služby vo forme opravných balíkov, aktualizácií a informáciách o najnovších verziách programu. [22]

6.1.2. 3ds Max ParticleFlow

Časticové systémy sú veľmi užitočné pri mnohých animačných úlohách a problémoch. Primárne sa používajú všade tam, kde je potrebné animovať veľké množstvo malých objektov použitím procedurálnych metód. Napríklad pri vytváraní snehovej búrky alebo explózie, ako môžeme vidieť na obrázku nižšie.



Obrázok 25 Príklad ParticleFlow

3ds Max poskytuje dva rôzne typy časticových systémov. A to udalostné a neudalostné systémy. Udalostný časticový systém nazývaný Particle Flow, testuje vlastnosti jednotlivých častíc a na základe výsledku testovania ich posiela ďalej do iných udalostí. Udalosti sú reprezentované jedným obdĺžnikovým polom, ako môžeme vidieť na obrázku vyššie. Obsahujú rôzne akcie, príkazy či odkazy na iné udalosti. Pri

neudalostných systémoch sa častice správajú rovnako, ale na základe vlastností zadaných užívateľom, ktorý určuje výslednú animáciu.

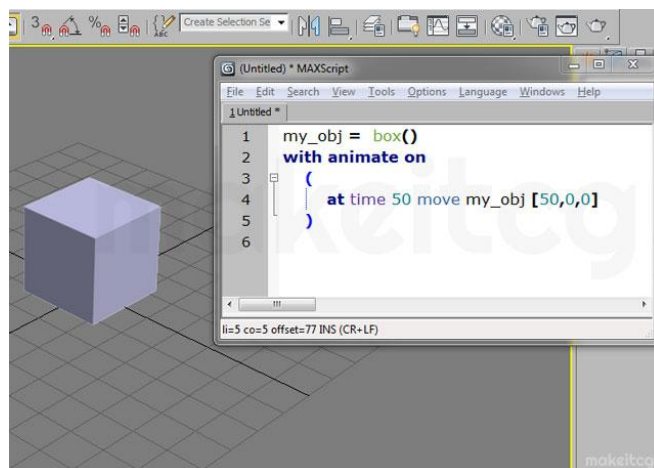
Particle Flow je veľmi všestranný a výkonný časticový systém v softvérovom balíku 3ds Max. Hlavnou časťou tohto systému je špeciálne dialógové okno nazývané Particle View. V tomto okne môžeme kombinovať jednotlivé operátory. Tie môžu popisovať parametre jednotlivých častíc, ako sú ich tvar, rýchlosť, smer, rotácia. Tieto vlastnosti sa zoskupujú do takzvanej udalosti. Každý parameter jednotlivých operátorov môžeme meniť a animovať. Taktiež je možné vytvoriť takzvaný tok, čiže flow, a to použitím rôznych testov, a tým spájať rôzne udalosti a zoskupovať ich. Taktiež je možné vytvoriť takzvaný tok, čiže flow, a to použitím rôznych testov, a tým spájať rôzne udalosti a zoskupovať ich. Takýmto testom je možné dokázať, či častica dosiahla určitý vek, ako rýchlo sa pohybuje, či mala kolíziu s nejakým objektom a podobne. Operátory a testy sú všeobecne v prostredí 3ds Max nazývané ako akcie.

6.1.3. MaxScript

MaxScript je vstavaný skriptovací jazyk pre Autodesk 3ds Max. Poskytuje používateľovi tohto jazyka schopnosť skriptovať väčšinu funkcií programu, počnúc od modelovania, animáciu, materiály časticové systémy až po rendering. Užívateľ má možnosť ovládať program interaktívne pomocou príkazového riadku MaxScriptu. Je

možné vytvárať rôzne nástroje, utility či podprogramy s vlastným používateľským rozhraním. Taktiež sa dajú skriptovať a programovať rôzne makrá, ktoré sa následne dajú nainštalovať ako tlačidlá pre rýchly prístup v ponuke nástrojov. Súčasne ich vieme priradiť na určitú klávesu.

Užívateľ môže vytvoriť vlastný nástroj pre import a export použitím ASCII alebo binárneho súboru.



Obrázok 26 jednoduchá ukážka programovania v MaxScripte

Samotný Maxscript bol vytvorený minimalisticky, aby bol jednoduchý aj pre ne programátorov. Ale zato je bohatý a sofistikovaný, aby dokázal spracovať aj zložitejšie programátorské úlohy. Je špeciálne určený, len na dizajnovanie a ovládanie 3ds Maxu.

6.2. Vývoj vizualizačného doplnku programového balíka

V práci už bolo uvedené, čo všetko budeme potrebovať na vytvorenie vlastného vizualizačného pluginu. Vyššie spomínané softvéry boli vybraté aj preto, lebo sme získali vedomosti o nich z predchádzajúcej praxe. Mnohé poznatky boli nadobudnuté až samotným vypracovávaním doplnku programu ako aj celej diplomovej práce.

Cieľom pluginu je najprv čítať importované dáta o hviezdnom katalógu a následne ich spracovať do použiteľnej formy. Ako bolo spomenuté vyššie hviezdny katalóg obsahuje nielen dáta o pozícii hviezdy, ale aj množstvo iných údajov o vlastnostiach a parametre konkrétneho telesa. Tento katalóg je však nutné predtým manuálne prečistiť a odstrániť všetky nepotrebné dáta.

	A
1	(
2	;
3	A
4	B
5	C
6	D
7	F
8	G
9	K
10	M
11	N
12	O
13	R
14	S
15	W
16	a
17	d
18	f
19	g
20	k
21	m
22	p
23	s

Zdrojový súbor musí byť vo formáte csv a naformátovaný, ako je zobrazené na obrázku vyššie. V stĺpci A sú názvy jednotlivých typov

objektov, ktoré chceme vizualizovať. V stĺpcoch B, C a D sú súradnice konkrétneho objektu v presnom poradí x, y, z. Dôležitým prvkom je taktiež samotné formátovanie desatinných čísel. Program 3ds Max dokáže spracovávať, len desatinné čísla, v ktorých je desatinné miesto oddelené bodkou a nie čiarkou. Ak sú desatiny a stotiny oddelené čiarkou, softvér ich interpretuje ako dve rozdielne čísla. Čo je v našom prípade nežiaduci jav, a preto použijeme formátovanie s bodkou.

Obrázok 27 - ukážka pomocného súboru typ.csv

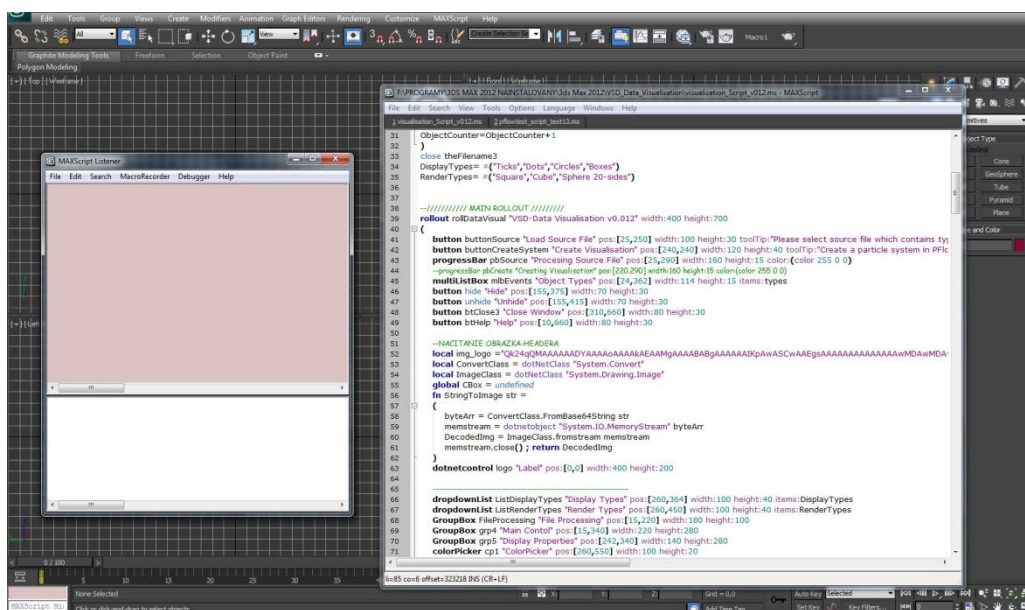
	A	B	C	D
16	F6V	92.605254	29.662236	-27.339695
17	F6V	13.790172	-54.989230	-83.600574
18	F7V	-69.768266	69.716509	-21.795360
19	F8	95.654181	29.635753	13.230267
20	F8	7.004707	16.643520	99.382935
21	F8V	-15.007793	30.999412	-94.957058
22	G0	3.082359	61.352104	80.183906
23	G0	-20.457650	49.106544	85.866595
24	G0	-42.408239	49.187371	77.363971
25	G0	-29.286837	-86.587278	42.987961
26	G0V	-22.446539	-88.254606	43.706672
27	G3/G5V	49.645473	-43.003506	-76.740248
28	G3V	89.151852	13.732002	-45.457890
29	G3V	88.698427	37.336397	-30.685871
30	G3V	8.443926	39.071549	-92.763972
31	G5	-94.605528	-7.808140	34.523431
32	G5	-93.296664	-34.513304	-17.538667
33	G5III	-21.257395	-20.036549	-96.694203
34	G8/KOIII	29.418704	11.833619	-95.903835
35	G8IV	25.005700	-60.065488	-77.265079

Obrázok 28 - ukážka správneho formátu dát hviezdneho katalógu

Následne sa spíše samotný skript a rôzne iné potrebné funkcie. Najprv

plugin funguje tak, že utriedi dáta z hviezdneho katalógu podľa názvu telesa. Následne správne naformátovaný katalóg zobrazený na obrázku číslo 27 sa ďalej spracováva.

Plugin pozostáva z dvoch skriptov vytvorených pomocou softvérového balíka 3ds Max a jeho skriptovacieho jazyka MaxScript. Prvý skript spracováva súbor a druhý vytvára vizualizačný systém. Správne naformátovaný hviezdny katalóg je v tomto bode zoradený podľa abecedy. Táto funkcia je navrhnutá tak, že sa ako porovnávanie využíva prvé písmeno z názvu konkrétneho objektu. Toto riešenie sa ukázalo ako najrýchlejšie, keďže sa berie do úvahy, len prvý znak. Keby sa spracovalo a utriedilo podľa celého reťazca, proces by bol omnoho pomalší. Je to určitý kompromis medzi rýchlosťou, presným určovaním a rozlišovaním rôznych typov telies. Táto možnosť sa vybrala na základe obmedzeného výpočtového výkonu, ktorý bol k dispozícii. Následne sa prvé písmená objektov zapísali do pomocného súboru, ktorý plugin bude ďalej používať. Tento pomocný súbor je taktiež vo formáte csv a vytvorí sa automaticky v určenom adresári vo Windows dokumentoch.



Obrázok 29 - Ukážka programovania v MaxScripte s Terminálom a Listenerom

Ďalším krokom, ktorý doplnok 3ds Maxu uskutočňuje je sčítanie všetkým objektov rovnakého typu, čiže s rovnakým názvom. Ako príklad môžem uviesť, že typu F je sčítaných 12648 objektov. Následne sa vytvorí pomocný súbor, do ktorého sa zapíše toto vypočítané číslo a do ďalších riadkov sa zapisujú súradnice konkrétneho typu.



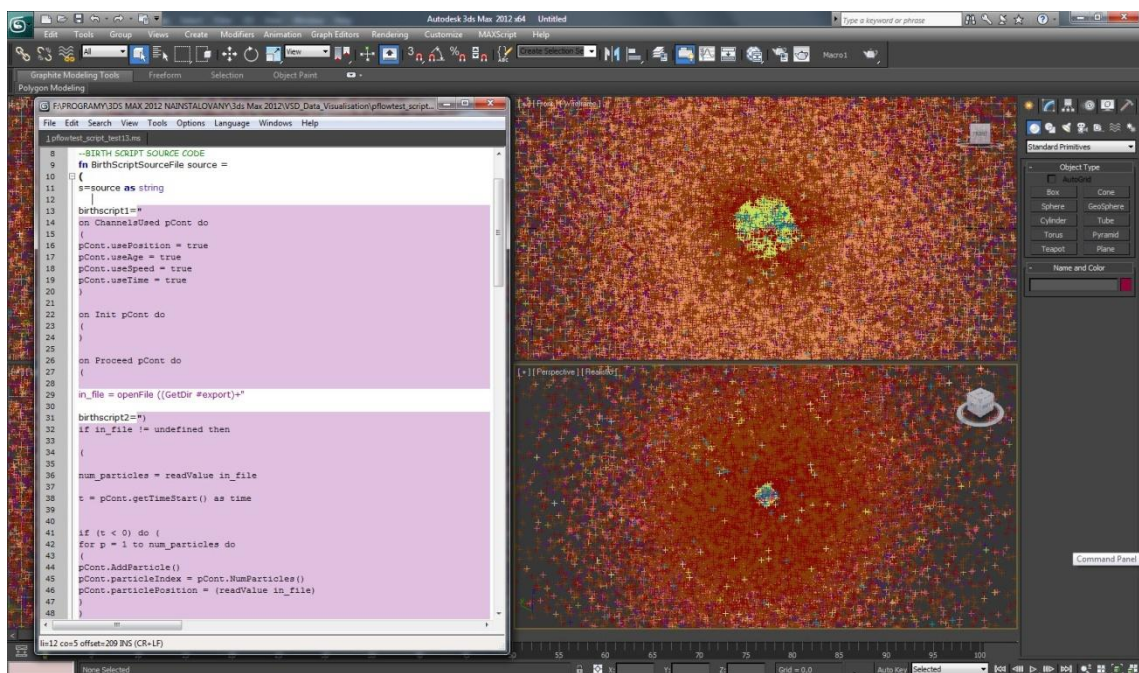
Obrázok 30 - ukážka vytvorených pomocných súborov

Súbor sa pomenováva s inkrementálnym číslom

na konci názvu. Tieto súradnice sú upravené do požadovaného tvaru, aby ich dokázal načítať druhý skript, z ktorého sa skladá celý plugin.

6.2.1. Vizualizovanie dát

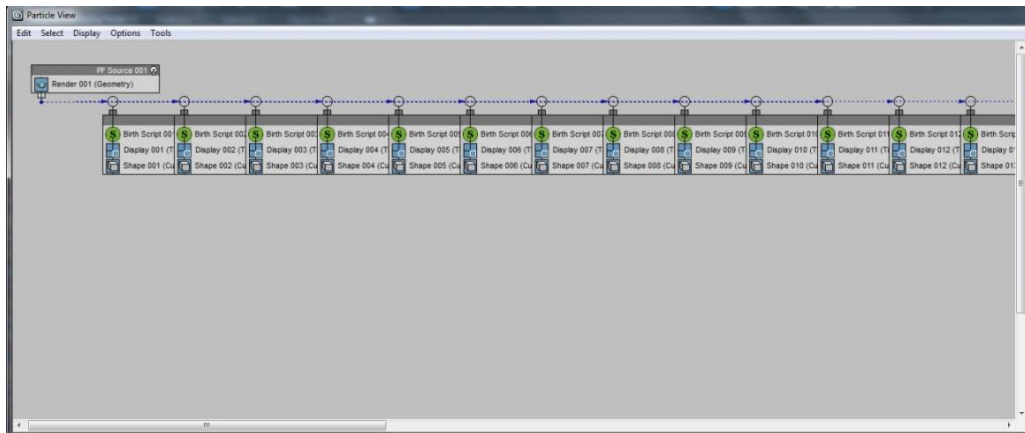
Druhý skript vytvára samotnú vizualizáciu pomocou ParticleFlow-u v prostredí 3ds Max. Hlavnou časťou tohto skriptu je funkcia, ktorá číta dáta jednotlivých typov a informácie o pozíciách každej častice. Tá je napísaná tak, aby prechádzala po jednotlivých pomocných súboroch a v prvom rade prečítala začiatkové číslo, ktoré sa rovná spomínanému súčtu objektov jedného typu. Tým sa určí koľkokrát sa budú opakovať čítacie, vytvárajúce a iné inštrukcie. Následným krokom je vytvorenie častice v priestore s príslušným tvarom a farbou. Po prejdení všetkých pomocných súborov je proces čítania, priradovania a vytvárania dokončený. Krátku ukážku tohto skriptu môžeme vidieť na obrázku nižšie.



Obrázok 31 - ukážka hlavnej funkcie druhého skriptu a výsledok jeho spustenia

Podstatou druhého skriptu je v prvom rade prečítanie informácií a dát zo súboru a interpretovať ich do programu v trojrozmernom prostredí. Ďalšie funkcie zabezpečia vytvorenie požadovaných objektov už priamo v prostredí 3ds Maxu a jeho časticového systému Particle Flow. Vytvoria sa konkrétne eventy s názvom daného typu a priradia sa jednotlivé vlastnosti a parametre počas behu skripta. Výsledok tejto operácie vyzerá približne tak, ako môžeme vidieť na obrázku nižšie. V scéne sa nám vytvorí samotná

vizualizácia, v ktorej môže užívateľ meniť určité vizuálne parametre. Používateľ tak nemusí vedieť ovládať samotný ParticleFlow, ani nikdy nemusel prísť s ním do styku.

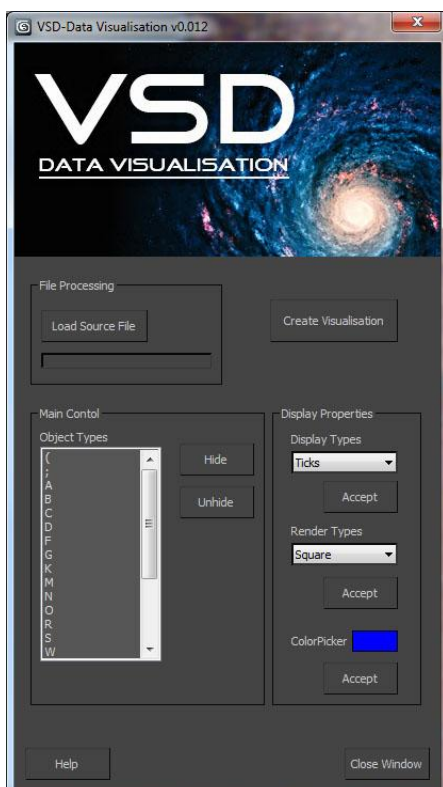


Obrázok 32 Vytvorenie eventov a výslednej vizualizácie

Stačí ak vie ovládať základnú navigáciu v softvérovom balíku 3ds Max. Potom hravo zvládne všetky potrebné voľby a zmeny uskutočniť, len pomocou naprogramovaného pluginu.

6.2.2. Vytvorenie grafického rozhrania

Navrhlo sa tiež grafické používateľské rozhranie, ktoré uľahčí prácu s vizualizačným pluginom. Všetky okná, tlačidlá a iné grafické ovládacie prvky sú



vytvorené pomocou skriptovacieho jazyka MaxScript. Tento jazyk umožňuje celkom obsiahlu tvorbu rôznych ovládacích prvkov, ako aj dizajnovanie okien a tlačidiel. Všetky tieto a iné prvky, s ktorými má užívateľ možnosť stretnúť sa v prostredí programu 3ds Max, sa dajú vytvoriť pomocou tohto jazyka. Na obrázku môžeme vidieť ukážku spusteného pluginu VSD Data Visualisation a jeho používateľské grafické rozhranie. Takto sa plugin zobrazí, ak ho spustíte v prostredí programu 3ds Max. Ako môžeme vidieť, skladá sa z troch hlavných skupín ovládacích prvkov a jedného hlavného tlačidla. Prvá skupina

Obrázok 33 - ukážka grafického rozhrania prvkov slúži na po spustení vizualizačného programu

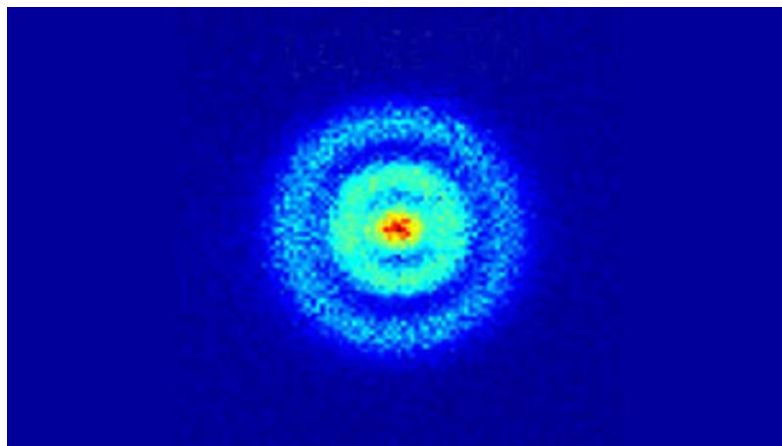
spracovanie zdrojového súboru. Dáta sa zoradia, vytvoria sa pomocné súbory a podobne. Vzhľadom na množstvo dát a typov vizualizácií, ktoré môžeme načítať a vytvoriť nedokážeme odhadnúť čas trvania tohto procesu. Preto je k tomuto účelu približného časového odhadu vytvorený pás pomocou, ktorého môžeme vidieť aktuálny stav dokončenia. Ďalšia skupina ovládacích volieb poskytuje hlavné funkcie na manipuláciu so samotnou vizualizáciou a jej objektmi. Je k dispozícii viac výberové označovacie okno, ktoré zobrazuje začiatkové písmeno zobrazených objektov. Môže sa označiť viac objektov naraz a v ľubovoľnom poradí. Vybrané objekty môžeme skryť alebo zobraziť. A nakoniec posledná skupina slúži na zmenu zobrazovacích parametrov samotnej vizualizácie. To znamená, že vybraným objektom dokážeme zmeniť zobrazovací typ. To znamená, akú podobu budú mať zobrazované dáta v prostredí softvérového balíka 3ds max. Ďalej vykresľovací typ, ktorý mení podobu zobrazovaných dát už pri samotnom vykresľovaní vizualizácie, "renderingu". Zvoleným objektom môžeme zmeniť farbu na ľubovoľnú zo RGB škály.

7. Použitie aplikácie v 3D prostredí

Tento doplnok programu je pomenovaný ako *VSD Data Visualisation*. V predchádzajúcej kapitole je popísané, ako boli vytvárané jeho jednotlivé časti. Je schopný vytvárať a vizualizovať ľubovoľné načítané dáta, pravdaže však v správne naformátovanom tvare. Okrem spomínaných cieľov je najzaujímavejším výsledkom tejto diplomovej práce vedecká a pre verejnosť pútavá vizualizácia našej galaxie, Mliečnej cesty. V tejto kapitole sa budeme venovať jeho použitiu v rôznych vedných odboroch a iných praktických príkladoch. Pri vytváraní týchto prezentovaných ukážok treba mať len minimálnu znalosť samotného softvérového balíka, v ktorom pracujeme. Najväčšou výhodou tohto vizualizačného pluginu je zjednodušenie práce s trojrozmernou vizualizáciou a spopularizovanie grafiky širšej verejnosti.

7.1. Vizualizácia štruktúry vodíka

Vodík je chemický prvok a označuje sa písmenom H v periodickej sústave prvkov. Jeho atómové číslo sa rovná jednej. Je to najľahší prvok v tabuľke. Vo voľnej prírode sa samotné atómy vodíka nenachádzajú, pretože sa okamžite spájajú do molekuly H_2 . Vodík bol objavený v roku 1766 britským prírodovedcom, chemikom a fyzikom Henrym Cavendishom. Je najjednoduchší chemický prvok, ale je aj čírym bezfarebným plynom bez chuti a zápachu. Vodík je najrozšírenejším prvkom v celom vesmíre.



Obrázok 34 orbitálna štruktúra vodíka

Obrázok 34 vyššie ukazuje priame pozorovanie orbitálnej štruktúry vodíka. Snímka je spravená vedcami za použitia kvantového mikroskopu. Tento prístroj umožňuje pohľad do kvantovej ríše. Orbitálna štruktúra je priestor v atóme, kde sa

nachádzajú elektróny. Pri opisovaní týchto mikroskopických vlastností hmoty, vedci sa spoliehali na vlnové funkcie. Tieto funkcie matematicky popisujú kvantový stav častíc a to, ako sa správajú v priestore a čase. Obyčajne fyzici, ktorí sa zaoberajú kvantovou mechanikou, používajú rôzne vzorce, ako napríklad Schrodingerova rovnica slúži na popísanie týchto stavov. Výsledkom sú často zložité čísla a rôzne grafy. Donedávna vedci nedokázali priamo pozorovať vlnové funkcie. Vďaka novým prístrojom, ktoré dokážu v súčasnosti priamo pozorovať kvantové stavy, ale aj na základe spriemerovania radu meraní v priebehu času, vedci majú možnosť sprostredkovať podobné snímky.

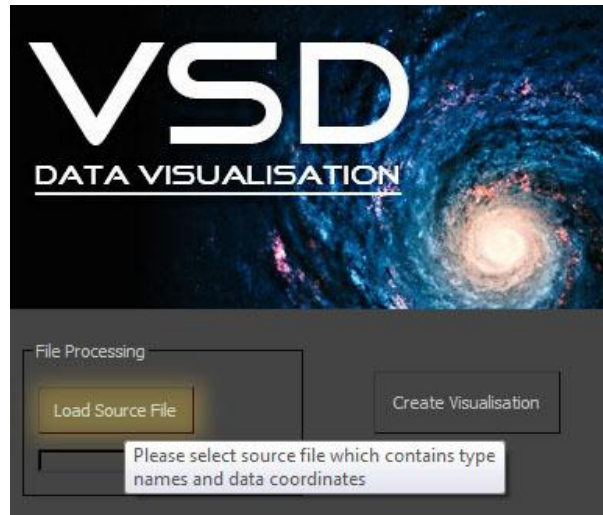
Vďaka týmto vedcom sú k dispozícii dáta, ktoré sa dokážu načítať aj do pluginu VSD Data Visualisation. Tieto dáta reprezentujú vyššie stavy elektrónov a orbitálnu štruktúru vodíka. Na základe pravdepodobnosti dokážeme generovať možné pozície elektrónu v danom čase, no súčasne ich zobrazit' v trojrozmernom priestore. Dáta, s ktorými pracujeme sú tri typy podľa hlavného vedľajšieho a magnetického kvantového čísla 322, 432 a 532. V prvom rade musí byť zdrojový súbor správne naformátovaný. Doplnok programového balíka funguje len vtedy, ak zamedzíme chybám spravených užívateľmi programov generujúcich dáta. Prípadne vedcami tvoriacimi katalógy a iné dokumenty obsahujúce informácie o polohe vizualizovaných prvkov. Po prekontrolovaní a upravení dát o štruktúre vodíka, s ktorými plugin bude pracovať, vyzerá výsledný súbor nasledovne vid. obrázok 35 nižšie.

B1		fx -5371.060651394257		
	A	B	C	D
1	H322	-5371.060651394257	10379.55563770927	735.2769836884286
2	H322	11436.449843687633	215.59753582539204	-4864.7746787865835
3	H322	852.3526237572129	-10411.869729143671	-262.60949738328
4	H322	-2705.9696763485526	10820.863461580371	-596.2734746045503
5	H322	1518.367395937246	-6071.777677169901	-1337.1896985753492
6	H322	6598.369939311961	1694.17344997793	2623.221390842593
7	H322	10022.974372919756	947.45002943687	-3411.6305722504417
8	H322	6663.162165332318	1445.4966037931488	5323.092102049935
9	H322	-4867.7174557630115	11057.493842977638	4959.914987514575
10	H322	207.20580720569896	4428.212758950898	1745.6644210418158

Obrázok 35 ukážka zdrojového súboru pre vizualizáciu štruktúry vodíka

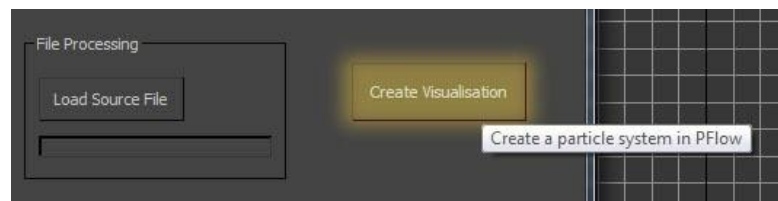
Následne plugin dáta môže spracovať. Doba trvania sa mení adekvátne vzhľadom k množstvu dát, ktoré načítava a vzhľadom k výpočtovému výkonu počítačovej zostavy, na ktorej je doplnok programu spustený. V zdrojovom súbore určujúcom orbitálnu štruktúru vodíka sa nachádza okolo tristo tisíc riadkov dát. To

znamená, že plugin preformátuje a spracuje milión dvesto tisíc buniek dát. Spočíta ich a pretriedi do pomocných súborov a to tak, aby sa neskôr mohli použiť na vytvorenie samotnej vizualizácie. Plugin je navrhnutý tak, že to všetko prebehne stlačením jediného tlačidla vid. na obrázku 36 nižšie.



Obrázok 36 ukážka užívateľského prostredia navrhnutého pluginu a tlačidla pre načítanie zdrojového súboru

Po načítaní a spracovaní dát pluginom sa vytvoria pomocné súbory slúžiace, ako dáta k vytvoreniu vedeckej vizualizácie. Po kliknutí hlavného tlačidla na vytvorenie vizualizácie, sa spustí proces jej spracovávaní a následného zobrazenia. Na pozadí sa načítava každý vytvorený pomocný súbor v prvom kroku. Tie sa priradia k jednotlivým *eventom* v Particle Flow.

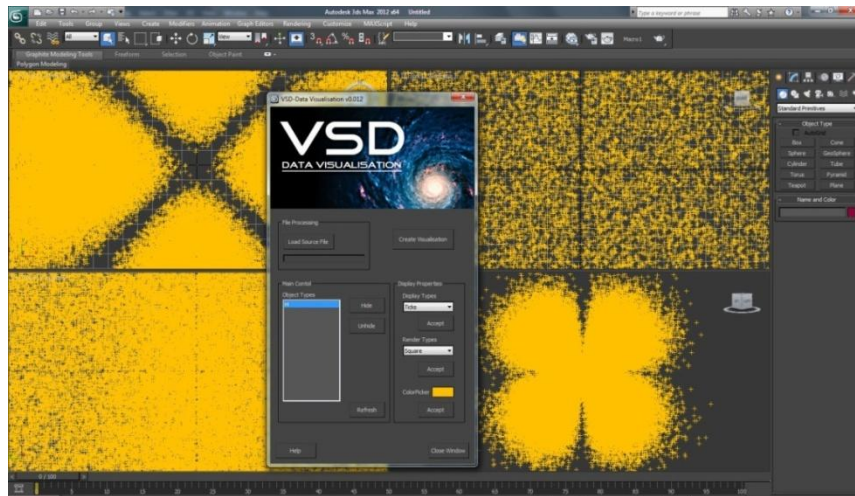


Obrázok 37 ukážka užívateľského prostredia navrhnutého pluginu a tlačidla pre vytvorenie vizualizácie

Následne sa vytvorí vizualizácia v prostredí softvérového balíka 3ds Max. Hneď po vytvorení sa nám zobrazia načítané dáta.

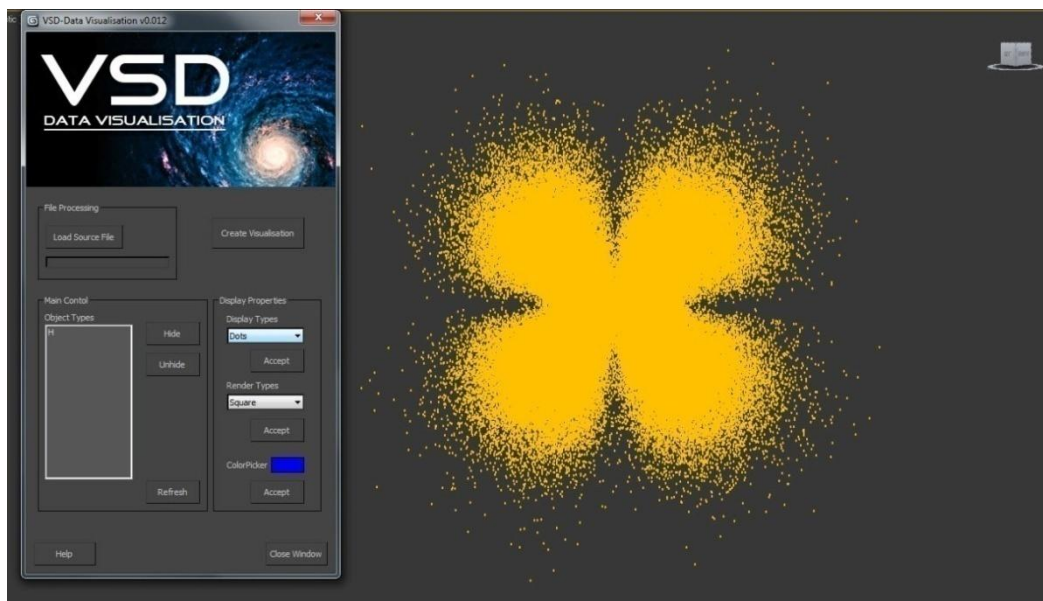
Plugin najskôr priradí zobrazovaným časticiam náhodnú farbu a pôvodný zobrazovací typ, ktorým sú krížiky. Tento spôsob je najjednoduchšou a najrýchlejšou cestou zobrazenia veľkého množstva typov a ich odlíšenia od seba. Každému typu objektov priradí inú náhodnú farbu a rovnaký zobrazovací typ, aby sa zachovala úhladnosť vo vizualizácii. Z počiatku vizualizácia môže vyzerat' chaoticky, ale po

zorientovaní sa v priestore získava zmysel a vidieť v nej rôzne vzory v zobrazovaných dátach. Po oddialení kamery to vyzerá, tak ako to vidíme na obrázku číslo 38 dole.



Obrázok 38 ukážka zobrazených dát v prostredí 3ds Max

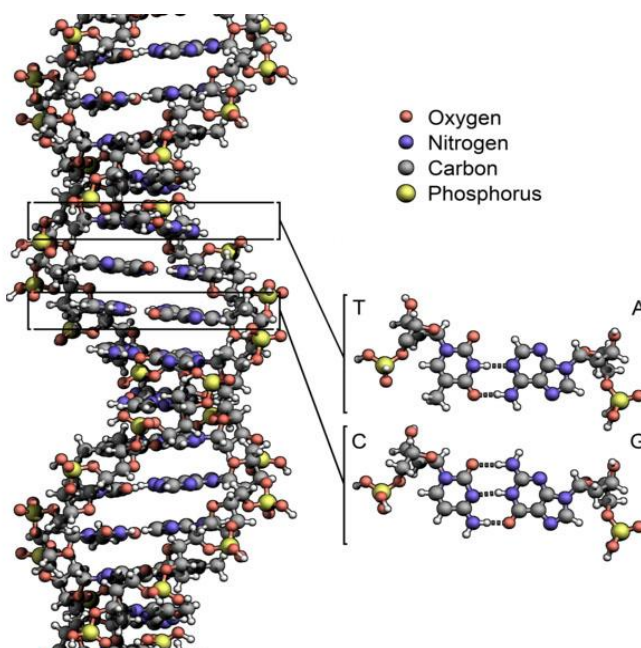
S vizualizáciou môžeme aj naďalej pracovať, a to najmä na základe vypracovaného vlastného pluginu. Ako už bolo spomenuté v kapitole o návrhu vizualizačného doplnku programového balíka, je možné meniť vizuálne parametre zobrazovaných objektov. Pri zobrazovaní štruktúry vodíka môže zobrazovací typ krížik *ticks* pôsobiť chaoticky, preto sa zmenil na zobrazovací typ bod *dots*. Výsledná vizualizácia orbitálvej štruktúry vodíka zo zdrojových vedeckých dát, ktoré boli k dispozícií, vyzerá ako na obrázku 39 nižšie.



Obrázok 39 výsledná vizualizácia orbitálvej štruktúry vodíka

7.2. Vizualizácia štruktúry DNA

Dvojšróbovica je geometrický útvar, ktorý sa skladá z dvoch šróbovic so spoločnou osou a zhodnou vzdialenosťou od tejto osy, uhlom stúpania a chiralitou. Tento termín označuje asymetriu priestorového rozloženia objektu. V tomto prípade určuje smer zatočenia šróbovice. Tieto dve šróbovice majú vzájomne posunutú fázu stúpania. Najčastejším príkladom takejto šróbovice je práve molekula DNA. Po prvýkrát bola táto biomolekula označená za dvojšróbovicu vedcami J.D. Watsonom a F. Crickom v roku 1953. Veľký význam mali aj iné práce venujúce sa tejto problematike.



Obrázok 40 - ukážka štruktúry molekuly DNA

Hlavnou výhodou tvaru dvojšróbovice je jeho stabilita. DNA nadobúda tento tvar hneď z dvoch príčin. Molekula, ktorá nesie dedičné informácie, by sa mala dokázať rozmnožovať, čiže replikovať. Z tohto dôvodu je nutné, aby bola dvojitá. Taktiež je tento tvar oveľa pevnejší, na rozdiel od dvoch samostatných reťazcov. Napínanie a rozťahovanie do všetkých strán, bráni jej rozdeleniu.

Vďaka rôznym výskumom a vedcom sú k dispozícii rôzne katalógy pozičných dát. Ako aj práve katalóg obsahujúci informácie o štruktúre DNA. [23]

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	ATOM	5 O5*	C A	1	18.935	34.195	25.617	1.00	64.35	1BNA	67		
2	ATOM	6 C5*	C A	1	19.130	33.921	24.219	1.00	44.69	1BNA	68		
3	ATOM	7 C4*	C A	1	19.961	32.668	24.100	1.00	31.28	1BNA	69		
4	ATOM	8 O4*	C A	1	19.360	31.583	24.852	1.00	37.45	1BNA	70		
5	ATOM	9 C3*	C A	1	20.172	32.122	22.694	1.00	46.72	1BNA	71		
6	ATOM	10 O3*	C A	1	21.350	31.325	22.681	1.00	48.89	1BNA	72		
7	ATOM	11 C2*	C A	1	18.948	31.223	22.647	1.00	30.88	1BNA	73		

Obrázok 41 ukážka pôvodného katalógu a dát o štruktúre DNA

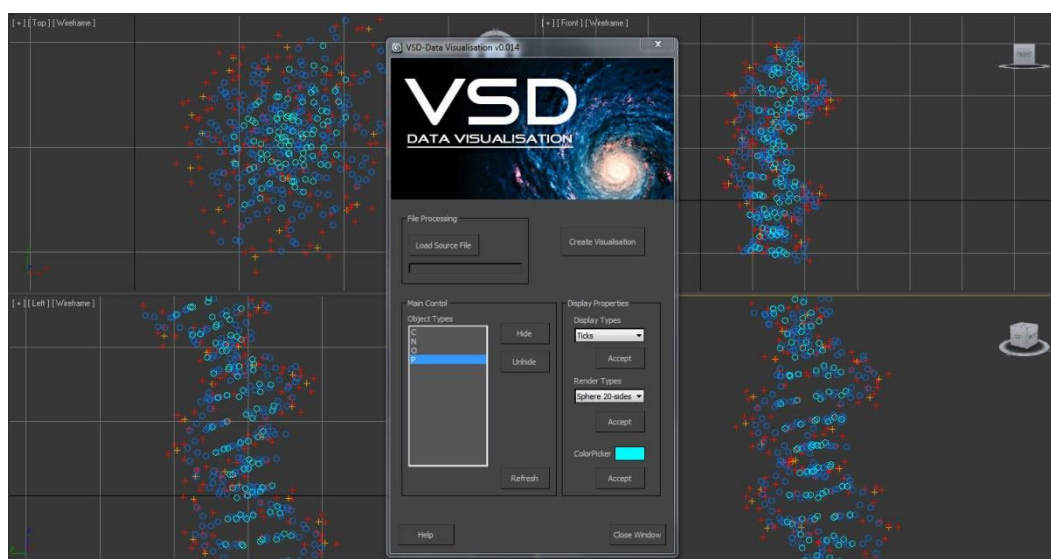
Tento katalóg sa využije na vizualizáciu pomocou vytvoreného pluginu. Obsah tohto katalógu je však nutné pretriediť a naformátovať do správnej podoby. Tak ako v

predchádzajúcej podkapitole, tak aj z tohto katalógu využijeme, len názov atómu a pozičné dáta v priestore. Výsledný upravený katalóg, ktorý sa využije ako zdrojový súbor pre vizualizačné dáta, vyzerá ako na obrázku číslo 42 dole.

	A	B	C	D
1	O5*	18.935	34.195	25.617
2	C5*	19.130	33.921	24.219
3	C4*	19.961	32.668	24.100
4	O4*	19.360	31.583	24.852
5	C3*	20.172	32.122	22.694
6	O3*	21.350	31.325	22.681
7	C2*	18.948	31.223	22.647

Obrázok 42 upravený zdrojový súbor s dátami o štruktúre DNA

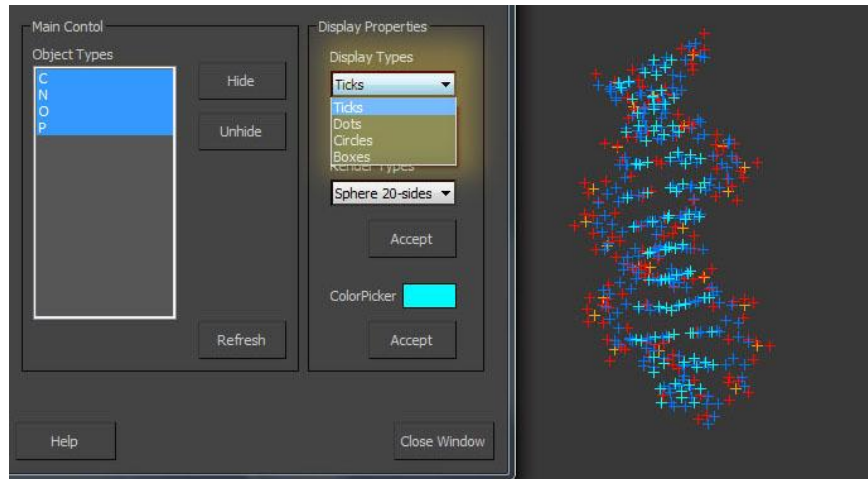
Následne sa môžu dáta spracovať navrhnutým pluginom VSD Data Visualisation. Doplnok programu dáta v prvom rade usporiada podľa abecedy, následne pretriedi do jednotlivých pomocných súborov, na základe názvu atómu. Atómy sú označené veľkými tlačenými písmenami a predstavujú latinské názvy prvkov. O je Oxygenium, C je Carboneum, N je Nitrogenium a P je Phosphorus. Ako môžeme vidieť na obrázku číslo 43 nižšie, tak isto sú pomenované aj jednotlivé objekty v zozname typov objektov používateľského prostredia vizualizačného pluginu. Po zorientovaní sa v zobrazených dátach a malej práce s kamerou v prostredí 3Ds Max, je výsledok nasledovný: obr. 43.



Obrázok 43 vizualizované dáta po spracovaní zdrojového súboru

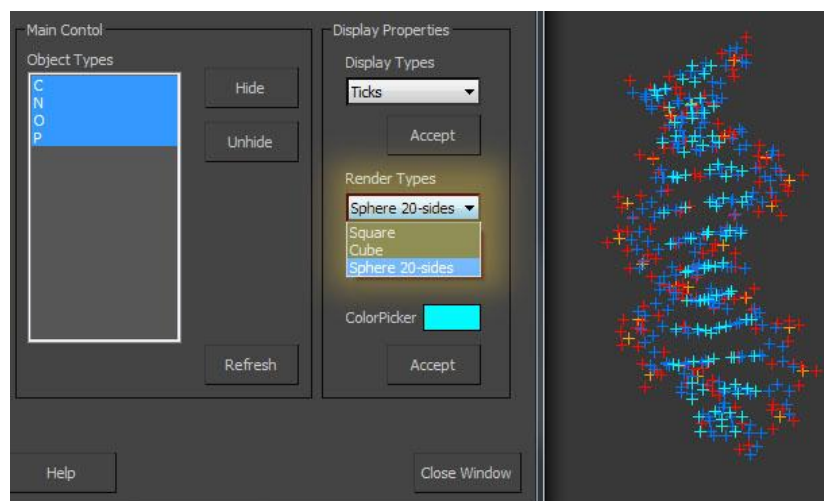
Každému zobrazovanému objektu sa priradí náhodne zvolená farba. Veľkou výhodou tohto vizualizačného pluginu je možnosť meniť vizuálne vykresľovacie možnosti, len v

jeho užívateľskom prostredí. Po zmene zobrazovacích typov, či už jednotlivo, alebo viacerým naraz sa zobrazená vizualizácia viac sprehladní. Zobrazovací typ má vplyv, len na vizuálnu stránku v prostredí 3Ds Max. Táto možnosť voľby je zobrazená na obrázku číslo 44 dole.



Obrázok 44 ukážka možnosti zmeniť zobrazovacie typy

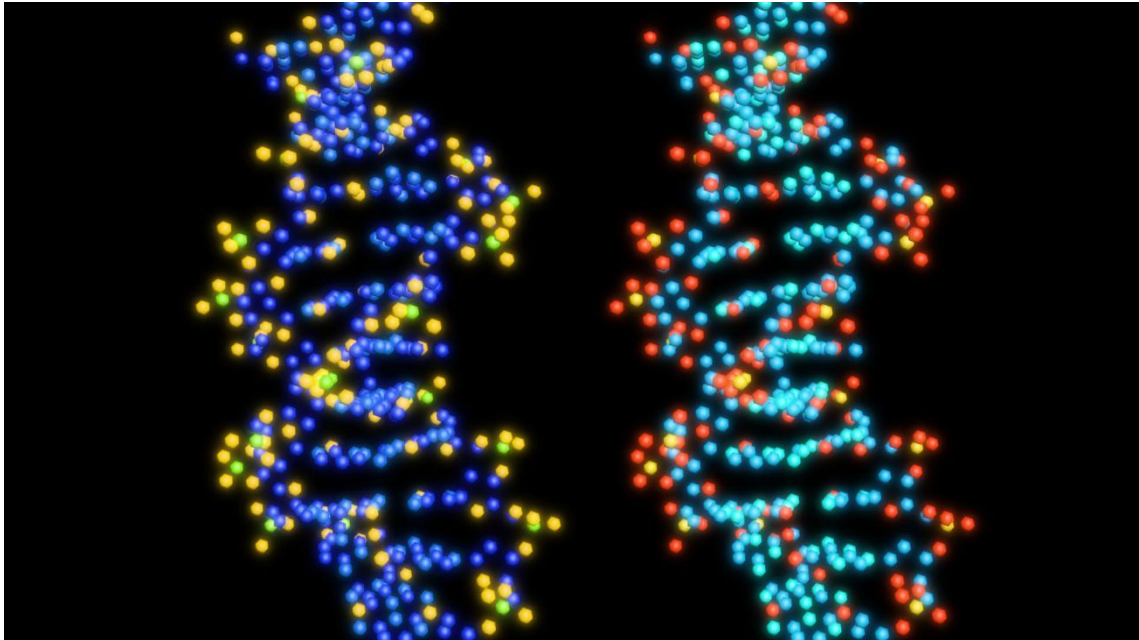
Ponuka obsahuje len štyri zvolené zobrazovacie typy. Tie sú vybraté na základe skúseností, ktoré sa najviac využívajú. Taktiež je možné meniť vykresľovací typ. Zmena tohto typu sa prejaví, len ak danú vizualizáciu *vyrenderujeme*. Ukážka ponuky vykresľovacích typov, ktoré má užívateľ možnosť zvoliť si, je zobrazená na obrázku číslo 45 dole. Taktiež táto ponuka obsahuje, len zvolené tri vykresľovacie typy. Obidve ponuky sa dajú dodatočne rozšíriť pri ďalšom vývoji pluginu.



Obrázok 45 ukážka možnosti zmeniť vykresľovací typ

Po troche upravovania farieb, zobrazovacích typov a vykresľovacích typov výsledná vizualizácia vyzerá, ako na obrázku číslo 46 nižšie. Každá vizualizácia sa dá ľubovoľne

upravovať do rôznych podôb. Po jemnej úprave výsledného vykresleného obrazu v rastrovom editore je výsledok určite vizuálne veľmi pôsobivý pre široké spektrum vedeckej aj laickej populácie.



Obrázok 46 výsledná ukážka vizualizácie DNA v rôznych prevedeniach

8. Implementácia aplikácie

Ako sme uviedli, túto aplikáciu môže používať ktokoľvek, kto má záujem vytvoriť vizualizáciu na základe dát. S použitím vedeckých dát a rôznych katalógov je možné vytvoriť presné zobrazenie týchto informácií. Navrhnutý vizualizačný plugin VSD Data Visualisation je možné použiť mnohými spôsobmi. Môže byť použitý po prvé, ako primárny spôsob vizualizovania dát zo zdrojového súboru. Tieto ukážky boli uvedené v predchádzajúcej kapitole, kedy vizualizácie vznikli, len pomocou funkcií vytvorenej aplikácie. Pri tomto type použitia sú potrebné minimálne znalosti zo softvérového balíka 3Ds Max. Po druhé, je možné použiť tento plugin, ako stavebnú kostru vizualizácie. Súčasne je možné ho upravovať do želanej podoby. Na to je však nutné ovládať väčšie množstvo vedomostí z trojrozsomernej grafiky, časticového systému *Particle Flow*, ako aj samotného programu 3Ds Max a jeho možností. Samotný softvérový balík je schopný nekonečného množstva možností. Užívateľ má v kompetencii jeho výsledok.

8.1. Použitie pluginu na vizualizáciu Mliečnej cesty

Na nasledujúcich stranách si uvedieme podrobný návod, akým spôsobom sa dá využiť navrhnutý plugin VSD Data Visualisation spoločne so softvérovým balíkom 3Ds Max. Jedná sa o príklad vedeckej vizualizácie, kde si ukážeme maximálny potenciál tejto aplikácie. Cieľ je nielen vedecká presnosť a dôveryhodnosť, ale taktiež aj pútavý výsledok pre laického diváka. Zároveň si ukážeme všetky parametre pluginu a ich vplyv na výsledné zobrazenie vizualizácie. Cieľom a inšpiráciou má byť vizualizácia, ktorá vyzerá zhruba tak, ako na obrázku číslo 47. Tento výsledok je vytvorený profesionálmi. Je vyrobená na základe reálnych hviezdnych katalógov, no taktiež je dotvorená umelcami a grafikmi. Pri vytváraní grafických objektov a prvkov, ktorých vzor pochádza z reálneho sveta, je dôležitým procesom študovania. Mali by sme vyhľadať rôzne inšpirácie, ktoré vznikli pri simuláciách na výkonných počítačoch, ale aj ich vzhľad v skutočnosti. Čím dlhšie sa budeme venovať tomuto kroku, tým dôveryhodnejšie a pútavejšie bude vyzeráť výsledok.



Obrázok 47 ukážka zo stránky ¹⁸

Na vytvorenie vedecky dôveryhodnej vizualizácie našej domovskej galaxie je potrebné mať k dispozícii skutočný hviezdny katalóg. Ako vzor nám bude slúžiť Tychovhviezdny katalóg. Katalóg s označením Tycho-2 obsahuje pozície a magnitúdy na základe pozorovaní získaných satelitom Hipparcos. Hipparcos je misia Európskej vesmírnej agentúry ESA pre pozorovanie a mapovanie telies vo vesmíre. [24] Ukážka zo spomínaného katalógu sa nachádza na obrázku číslo 48 dole. V súčasnosti Tychovhviezdny katalóg obsahuje približne dva milióny päťstotisíc riadkov dát.

Common name	System name	Latitude	Longitude	Declination	Right Asc.	Altitude	Azimuth	Constellation	Comments	Magn
Acamar	lh-1 Eri	53 S 45	22 ♀ 49	40 S 26	14 ♂ 16	11 N 12	21 ♂ 58	Eridanus		3.24
Achernar	ai Eri	59 S 23	14 ♀ 51	57 S 24	24 ♀ 08	01 S 27	04 ♂ 40	Eridanus		0.46
Achird	et Cas	47 N 01	09 ♂ 48	57 N 39	11 ♀ 48	65 N 59	04 ♂ 48	Cassiopeia		3.44
Acrux	al-1 Cru	52 S 53	11 ♀ 25	62 S 55	06 ♀ 12	60 S 15	08 ♂ 28	Cruce		1.33
Acubens	ai Cnc	05 S 05	13 ♀ 12	11 N 59	14 ♀ 11	16 S 01	26 ♀ 50	Cancer		4.25
Aculeus	M-6 Sco	08 S 52	24 ♂ 22	32 S 11	23 ♂ 25	34 S 02	18 ♀ 46	Scorpio	Pulsar. p =	-
Acumen	M-7 Sco	11 S 23	28 ♂ 18	34 S 49	27 ♂ 58	31 S 29	23 ♀ 20	Scorpio	Open Clust	3.20
Adhafera	ze Leo	11 N 52	27 ♀ 07	23 N 35	03 ♀ 44	20 S 17	19 ♂ 27	Leo		3.44
Adharaz	ep CMa	51 S 22	20 ♀ 19	28 S 56	14 ♀ 20	14 S 46	04 ♀ 49	Canis Major		1.50
Adhil	xi And	33 N 50	07 ♂ 25	45 N 22	20 ♀ 07	77 N 51	14 ♀ 14	Andromeda		4.88
Agena	be Cen	44 S 08	23 ♀ 21	60 S 13	00 ♀ 23	61 S 47	14 ♂ 17	Centaurus		0.61
Ain	eo Tau	02 S 34	08 ♀ 01	19 N 07	06 ♀ 41	42 N 21	25 ♀ 37	Taurus		3.53

Obrázok 48 ukážka pôvodného hviezdneho katalógu

Tento katalóg je však nutné upraviť tak isto, ako zdrojové dáta v predchádzajúcej kapitole. Pôvodný katalóg obsahuje nielen pozičné dáta, ale aj mnohé iné informácie, ktoré nie sú potrebné pre vytváranú vizualizáciu. Jediné dáta, ktoré plugin vyžaduje, sú názvy jednotlivých objektov a pozičné dáta. Informácie o pozícii by mali byť podávané v karteziánskom súradnicovom systéme, teda v poradí x , y a z .

¹⁸ Zdroj Obrázok 47 : www.stars.chromeexperiments.com

Výsledný upravený zdrojový súbor by mal byť naformátovaný, ako na obrázku číslo 49 dole a v súborovom formáte .csv. Tento súborový formát ukladá všetky hodnoty tak, ako ich vidíme v programe *Microsoft Excel*. Informácie sú uložené tak, že jednotlivé riadky sú oddelené bodkočiarkou. To umožňuje navrhnutej aplikácii VSD Data Visualisation, čítať pozičné dáta správne.

13	A1p	8097.116199	-130.3713046	3.325010996
14	C...	8083.201461	-140.1600621	-29.22054217
15	K7	8064.691857	-124.4654555	88.71893317
16	M7-M9e	8176.760147	-59.52943649	-13.63649377
17	Gp	8141.09706	110.6230819	78.05351991
18	F0	7895.890369	-165.772414	30.5893185
19	M6	8161.849135	-39.9876503	-109.8764973
20	M5e	8157.830995	93.63892941	-81.72556402
21	A0	8100.029926	-167.8928191	66.45347946
22	C0	8101.700110	-100.0001100	0.00000000

Obrázok 49 ukážka upraveného katalógu - zdrojový súbor

Keď je zdrojový súbor pripravený, môžeme začať s procesom spracovania zdrojového súboru. Plugin je navrhnutý tak, že táto činnosť je vykonaná stlačením jediného tlačidla. Po stisnutí tlačidla na obrázku číslo 50 dole, sa zobrazí plávajúce okno. V tomto okne si užívateľ zvolí zdrojové dáta, čiže súbor vo formáte .csv. V našom prípade sa jedná o upravený hviezdny katalóg Mliečnej cesty.



Obrázok 50 tlačidlo pre spracovanie zdrojového súboru

Pri procese spracovania zdrojového súboru sa vytvárajú pomocné súbory, ktoré zrýchľujú nasledujúci krok vytvorenia vizualizácie v prostredí 3Ds Max. Tieto pomocné súbory sa vytvoria vo Windows dokumentoch. Toto riešenie sa zvolilo z dôvodu

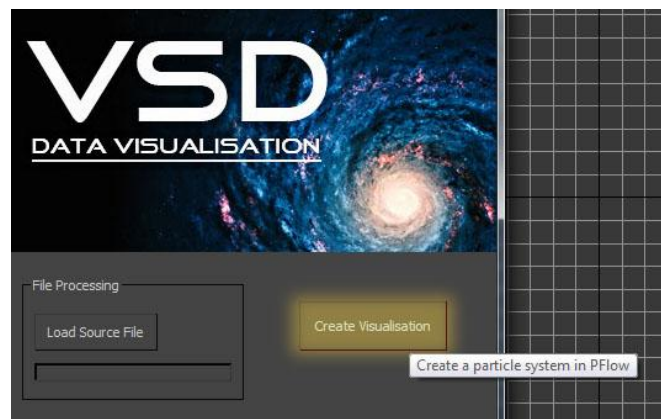
nezasahovania a nemanipulovania s pomocnými dátami pri spracovaní vizualizácie.



Predíde sa tým zbytočným chybovým hláseniam zapríčineným nevedomým správaním užívateľa. Vymazanie jedného alebo viacerých týchto objektov vymaže predchádzajúci proces spracovania zdrojového súboru. Výsledkom je vymazanie zobrazovanej vizualizácie alebo vyvolanie

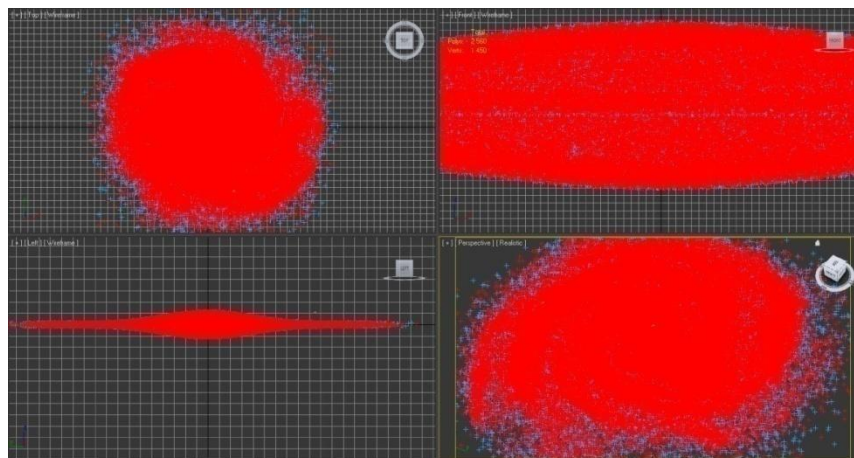
Obrázok 51 náhľad na vytvorené pomocné súbory chybového hlásenia doplnku programu.

Ukážka pomocných súborov je na obrázku číslo 51.



Obrázok 52 tlačidlo pre vytvorenie vizualizácie v prostredí 3Ds Max

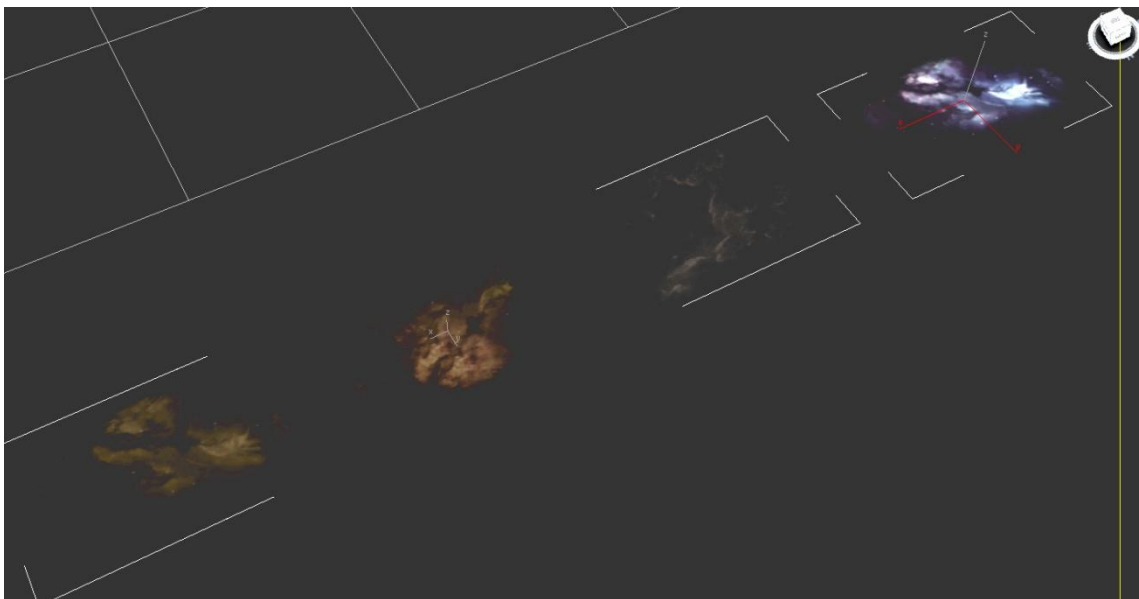
Stlačením tlačidla pre vytvorenie vizualizácie zobrazenom na obrázku číslo 52, sa zobrazí, po určitej dobe závislej od množstva dát, samotná vizualizácia v prostredí softvérového balíka 3Ds Max. K jednotlivým typom objektov sa priradia náhodné farby, ako aj pôvodný zobrazovací a vykresľovací typ. Po načítaní dát pomocou navrhnutého pluginu VSD Data Visualisation vznikne podobná vizualizácia, ako môžeme vidieť na obrázku číslo 53 dole.



Obrázok 53 ukážka načítaných dát zo zdrojového súboru

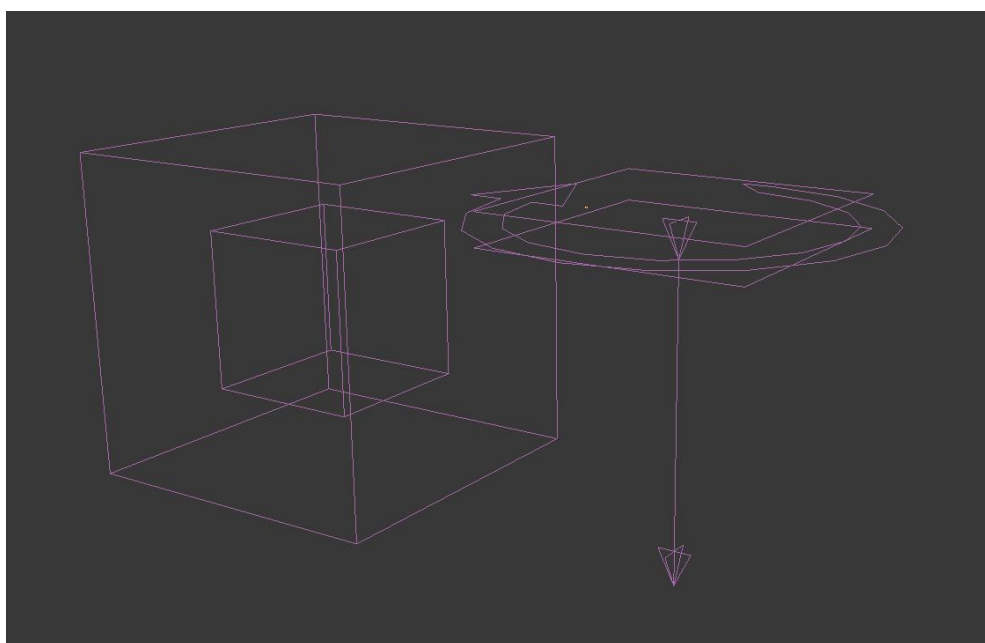
Samotné dáta na vizualizáciu, akú sme si určili za vzorovú, nám nestačia. Pomocou skutočného hviezdneho katalógu vznikla vedecká vizualizácia, čím sme splnili jej dôveryhodnosť. Výsledné zobrazenie však nie je divácky pútavé. Z tohto dôvodu je treba využiť všetky vedomosti, ktoré máme zo softvérového balíka 3Ds Max, ako aj rôzne postupy používané profesionálmi vo svete vizuálnych efektov. Konkrétne sa jedná o pracovnú pozíciu *FX Artist*, z ktorej sa využijú informácie na zlepšenie vizuálu.

V prvom rade treba pridať určitú rôznorodosť. V našej galaxii existuje okrem samotných hviezd množstvo ďalších objektov a útvarov. Je na nás, do akej miery budeme upravovať túto vizualizáciu. V našom prípade sa vytvorili pomocou rastrového editora rôzne hmloviny, ktoré oživia holé načítané dáta. Jedná sa o dva typy hmlovín. Tie môžeme vidieť na obrázku číslo 54 nižšie. Prvý typ je hnedej farby s jemným rozdielom odtieňa, ktorý bude slúžiť na hnedavé pásy v ramenách Mliečnej cesty. Druhým typom je zvolená modrofialová hmlovina, ktorá oživí celú vzhľadovú stránku galaxie. Mohli sme pridať rôzne pásy asteroidov, kométy a podobne. V našom prípade to nie je nutné, keďže sme si zvolili celkový náhľad na galaxiu a stredne blízky prelet popri nej. Uvidíme tak určitý špirálovitý tvar vizualizácie. Prelet skrz množstvo hviezd nie je požadovaný efekt. V takom prípade by sa postupovalo trochu inak. Naš pohľad by sa zameril na veľkú rôznorodosť objektov pri detailnom blízkom pohľade.



Obrázok 54 rôzne hmloviny, ktoré sa použijú pri náhodnom generovaní v časticovom systéme

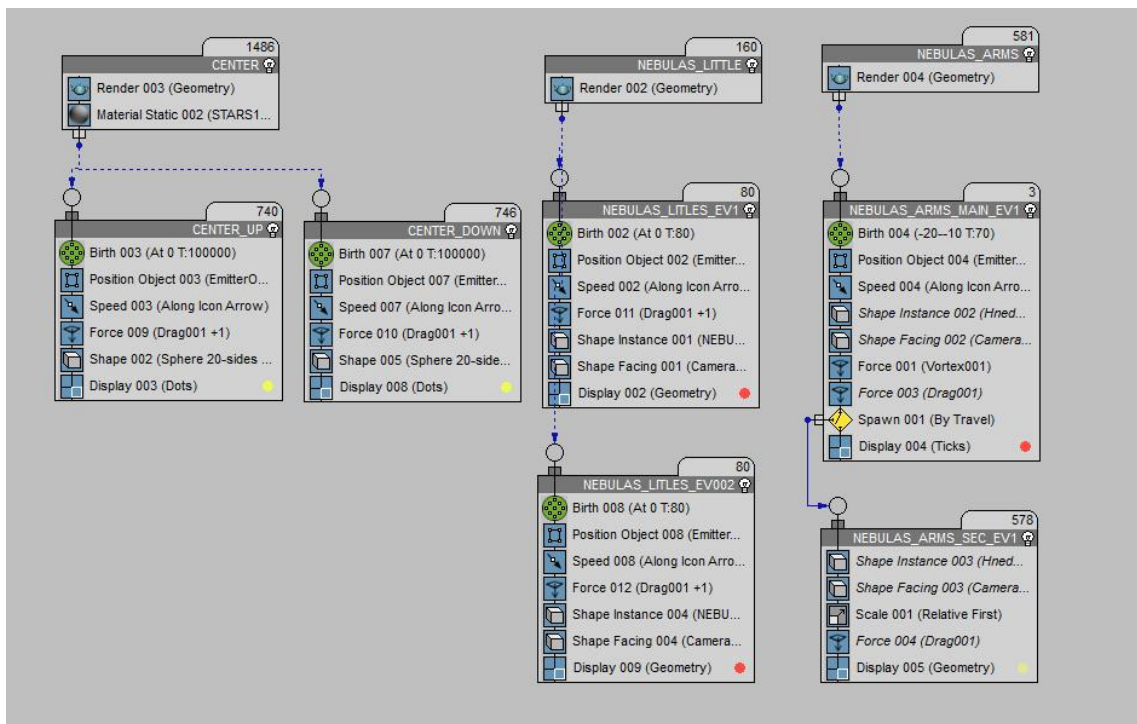
Mliečna cesta má určitý špirálový tvar, ktorý taktiež musíme napodobňovať. Tento tvar nadobúdajú už samotné načítané dáta, no pre rôznorodosť a pre spomínané ramená pozostávajúce so systému hmlovín, je potrebné vytvoriť sily. Sily sú v programe 3Ds Max pomocnými objektmi, ktoré môžu ovplyvňovať správanie objektov v animácii rôznymi spôsobmi. V ponuke je dostatočné množstvo týchto pomocných objektov a v kreativite sa nekladú hranice. Môžu sa kombinovať a zlučovať ľubovoľným spôsobom, a tým vytvoriť želané aj nečakané správania. Na obrázku číslo 55 dole, môžeme vidieť všetky sily, ktoré sme použili pri vytvorení výslednej vizualizácie.



Obrázok 55 ukážka pomocných objektov reprezentujúcich sily

Najprv sme použili silu víru *vortex*. To nám z časticového systému generujúcich hmloviny vytvorí špirálovitý tvar. Kockové útvary na ľavej strane obrázka číslo 55 reprezentujú sily vetra. Hoci vo vesmírnom vzduchoprázdne vietor nie je, jeho výhodou je, že sa dá použiť, ako určitý typ rozhádzania objektov po scéne. Pomocou jeho turbulencie vznikne náhodnosť a rôzne variácie hustoty týchto hmlovín. Objekty zobrazené ako štvorce na ležato, sú *deformery*. Tento typ objektov, ako už názov vypovedá, deformujú objekty nami zvoleným spôsobom. Týmto spôsobom je možné vytvoriť diskovitý tvar galaxie, ktorý je v strede hrubší a ku krajom sa úplne stenčuje. Problém pri týchto silách je, že pôsobia stále. My však potrebujeme prelietať v animácii ľubovoľne popri vizualizácii. Pozorovať ju z rôznych uhlov a rôznymi rýchlosťami. V tom prípade nesmie byť časticový systém v pohybe. Jediný objekt, ktorý si želáme, aby sa pohyboval je kamera. To môžeme docieľiť viacerými jednoduchšími aj zložitejšími

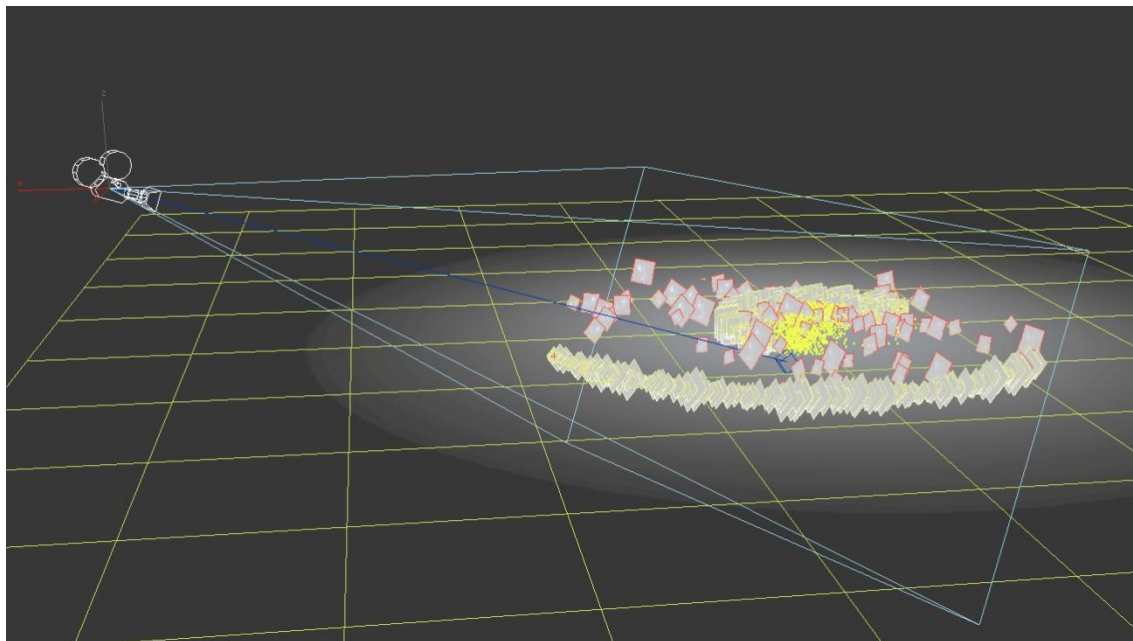
spôsobmi. Musíme si uvedomiť, že každý parameter v prostredí 3Ds Max je animovateľný. To znamená, že môžeme uvažovať o zanimovaní a vynulovaní každej sily v želaný moment. Takýmto riešením síce možno odstránime problém, no existuje aj jednoduchší a lepší spôsob. V tomto prípade zvolíme silu odpor *drag*. Tá sa dá aktivovať v určitej chvíli, a pri zvolení extrémnej hodnoty sa všetky objekty v scéne, akoby zmrazia. Týmto efektívnejším spôsobom sa vyriešil načrtnutý problém. Keďže sme si vytvorili viacero druhov a farebne odlišných hmlovín, je možnosť medzi nimi náhodne vyberať pri ich generovaní. To však nie je všetko. Pri generovaní sa dá zvoliť náhodnosť aj v iných parametroch, akými sú rotácia, pozícia a veľkosť. To znamená, že vznikne rôznorodý hnedý pás zatočený v smere špirály. Vzniknutý časticový systém v prostredí 3Ds Max a jeho Particle Flow, môžeme vidieť na obrázku číslo 56 dole.



Obrázok 56 ukážka vytvoreného časticového systému pre generovanie hmlovín

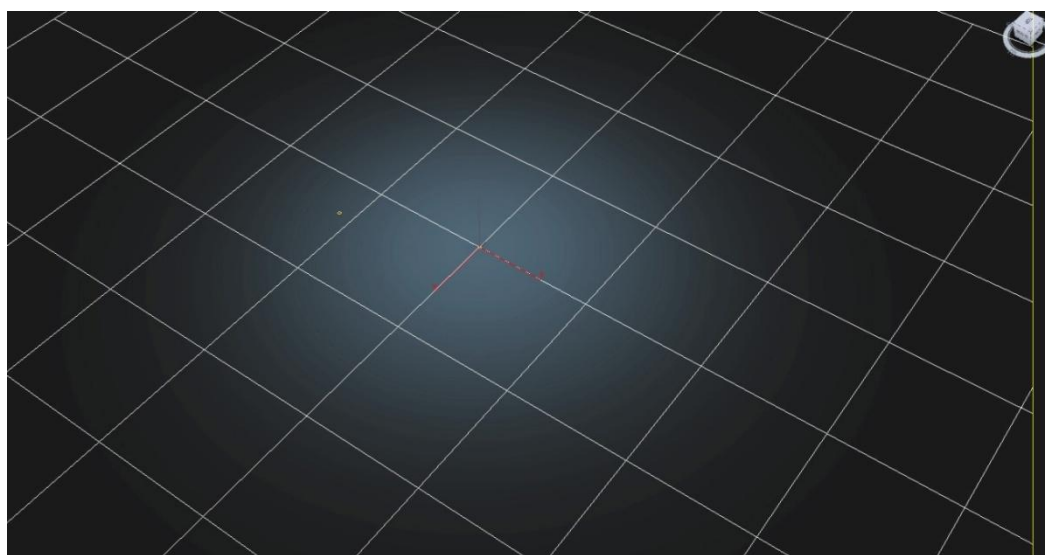
Takýmto spôsobom generované dáta však majú jeden problém. Hmloviny sa nachádzajú na takzvaných kartách. Jedná sa o obrázkové typy, ktoré obsahujú údaje o priehľadnosti, takzvaná alfa. Pomocou síl a samotného časticového systému sa spôsobil jav, že tieto karty môžu byť natočené mimo nami zvoleného pohľadu, či kamery. Ako keby sme sa pozerali na list papiera z boku. Tento problém odstránime tak, že prikážeme všetkým takto generovaným kartám, aby boli vždy natočené k zvolenej

kamere, pomocou ktorej budeme výsledný obrázok vykresľovať, čiže renderovať. Tento jav natáčania sa za kamerou, je možné vidieť na obrázku číslo 57 dole.



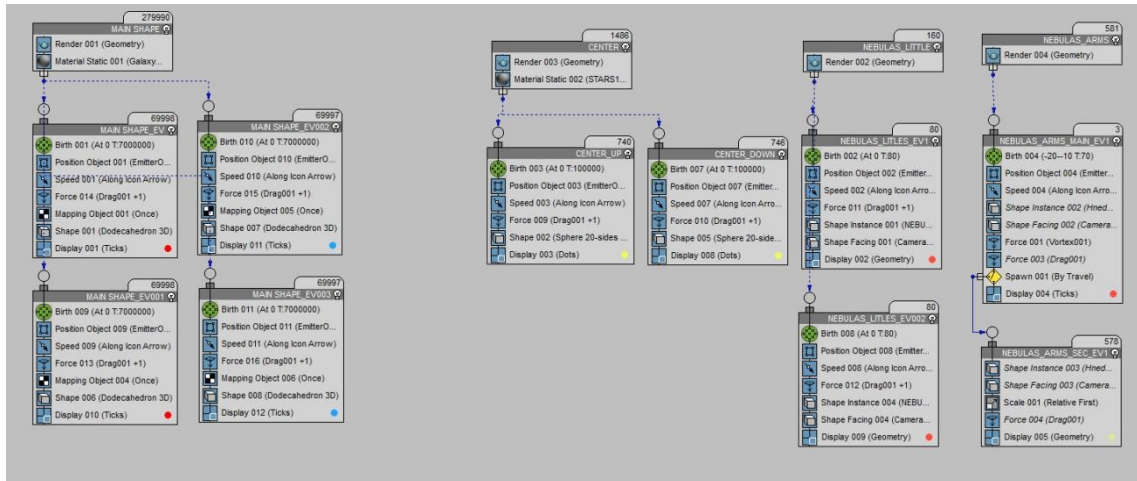
Obrázok 57 ukážka ako sa karty generované časticovým systémom natáčajú za kamerou

Ďalším čisto vizuálnym prvkom, ktorý dodáva zaujímavosť celej vizualizácii je žiara. Mliečna cesta obsahuje nespočetné množstvo telies vyžarujúcich svetlo pre ľudí viditeľnom aj neviditeľnom spektre. Preto sme vytvorili žiaru, ktorá bude prechádzať celou galaxiou. Pomocou rastrového editora sa vytvorila kruhovitá žiara, ktorá sa načíta ako textúra na zvolenú plochu. Výsledok v prostredí programu môžeme vidieť na obrázku číslo 58 dole.



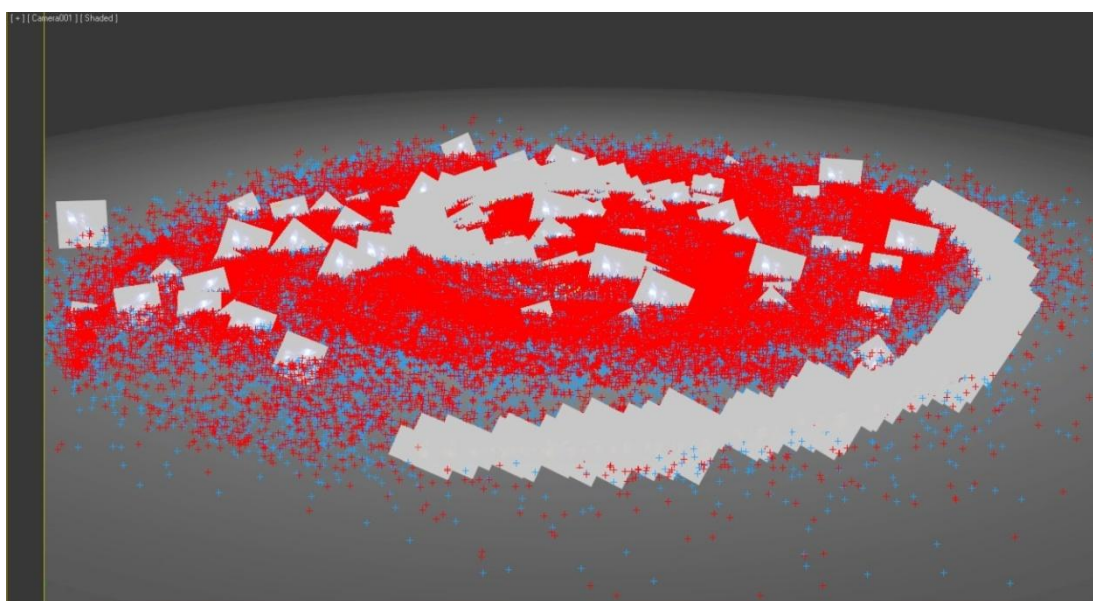
Obrázok 58 ukážka vytvorenej žiary tiahnucej sa stredom galaxie

Výsledný časticový systém vytvorený pomocou 3Ds Maxu okrem načítaných vedeckých dát, môžeme vidieť na obrázku číslo 59. Vznikol celkom obsiahly systém, ktorý už vyžaduje potrebný hardvér na jeho spracovanie. V tomto bode je nutné si scénu pravidelne ukladať, aby sme o výsledok neprišli, ktorý je vytvorený pomocou VSD Data Visualisation a 3Ds max programom.



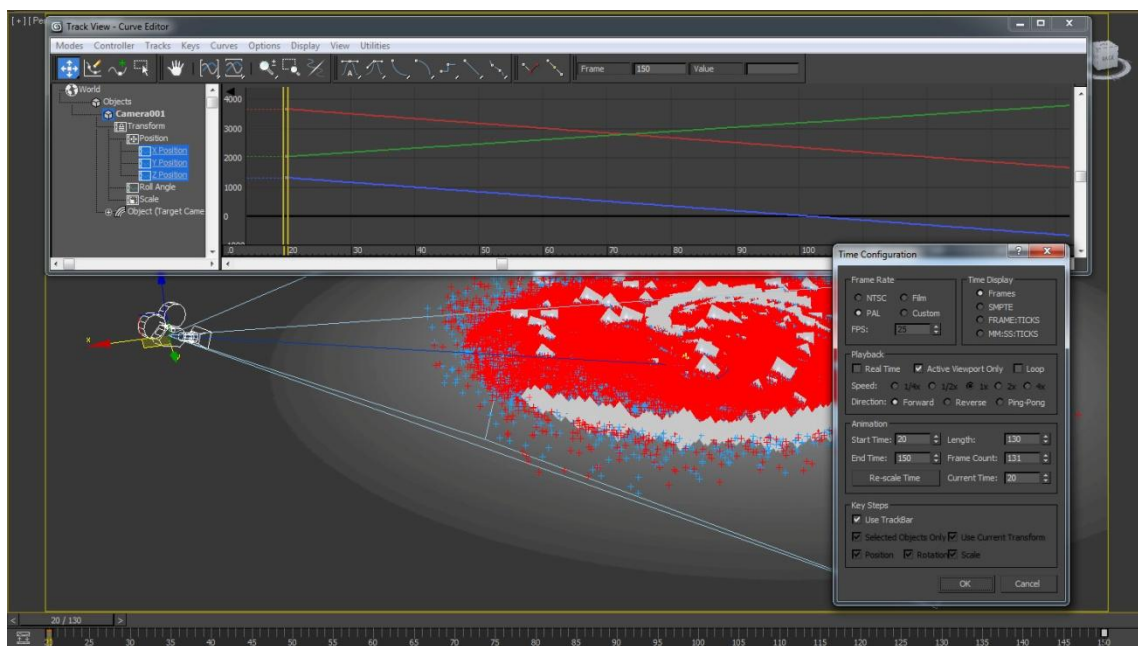
Obrázok 59 ukážka vytvoreného časticového systému

Takýmto spôsobom vznikol tvar špirálovitej galaxie. Po zobrazení načítaných vedeckých dát spracovaných navrhnutým pluginom vyzerá celková vizualizácia v prostredí 3Ds Maxu, ako na obrázku číslo 60 nižšie. Môžeme vidieť prvky vytvorené, len na zlepšenie vizuálnej stránky spoločne s vedeckými dátami zo skutočných pozorovaní.



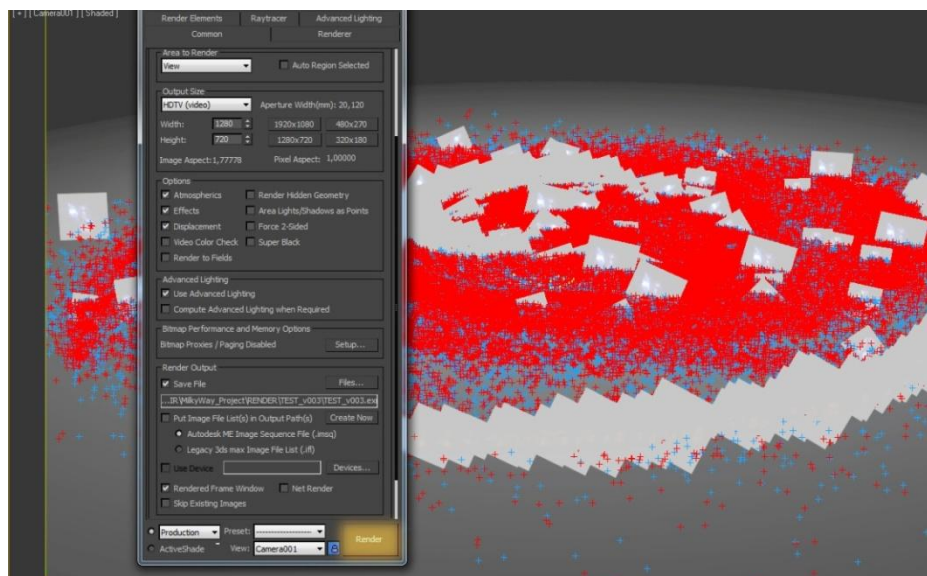
Obrázok 60 ukážka vizualizácie v prostredí 3Ds Max

Výsledkom však nie je, len stojaci obrázok, ale aj animácia. Cieľ je vytvoriť vedecky dôveryhodnú, ale aj divácky pútavú vizualizáciu, ktorá bude animovaná. Na to je nutné mať vedomosti z procesu animovania v softvérovom balíku 3Ds Max. V našom prípade, nie je nutné animovať množstvo objektov. Vo výslednej animácii jediným telesom, ktorý sa bude pohybovať, bude náš pohľad. Ten je reprezentovaný kamerou, cez ktorú sa divák pozerá. Akýkoľvek objekt sa dá animovať rôznymi ľubovoľnými spôsobmi, prípadne tieto spôsoby kombinovať. Medzi najjednoduchšie animácie kamery patrí: animovanie po krivke a animovanie pomocou kľúčových snímok. Oba spôsoby sú vhodné pre docielenie nami želaného výsledku.



Obrázok 61 náhľad na proces animovania kamery

Po na-animovaní kamery je ďalším krokom proces vykresľovania, takzvaný *render*. Je však nutné vedieť základné parametre videa či animácie, ako aj vedomosti z nastavenia samotného vykreslenia. Želaná vizualizácia má byť v rozlíšení HD pri 25 obrázkoch za sekundu. Jednoduchou matematikou si vieme odvodiť, koľko bude trvať vykresľovanie výslednej animácie, ak vieme koľko je priemerný čas *renderovania* jedného snímku. Z dôvodu kompromisov a časového obmedzenia sme si zvolili, takzvané malé HD. To predstavuje rozlíšenie 1280 x 720 pixelov. Po zvolení cesty, kam budú jednotlivé obrázky ukladané a vybratí formátu, stačí stlačiť tlačidlo render. Tento proces nastavovania a plávajúce okno pre parametre vykresľovania, môžeme vidieť na obrázku číslo 62 nižšie.



Obrázok 62 nastavovanie parametrov pre vykresľovanie

Ako formát sme zvolili ukladanie do obrázkovej sekvencie *.exr*. Ukladanie do videa formátu je častou chybou začiatočníkov. Pri náročných scénach a animáciách je nutné počítať s rôznymi chybami a pádmi samotného programu. V takom prípade sa celé video nedá prečítať a je chybné, zatiaľ čo pri ukladaní do obrázkovej sekvencie je chybný, len posledný snímok. Následný proces obnovenia vykresľovania je jednoduchý a stačí pokračovať tam, kde program spravil chybu. Formát *.exr* je priemyselný štandard vo filmovom priemysle. Je to formát vytvorený priekopníkmi z jedného z najúspešnejších a najznámejších štúdií pre vizuálne efekty Industrial Light & Magic. Je to bezstratový formát vo farebnej hĺbke 32 bitov. Má mnoho výhod, ktoré však v našej výslednej animácii veľmi nevyužijeme. V súčasnosti sa z 3D programov, akým je aj 3Ds Max, neoplatí ukladať do iného obrázkového formátu, akým je *.exr* prípadne *.tiff*.

8.2. Výsledná ukážka v trojrozmernom prostredí

Po procese vykresľovania je potrebné obrázkovú sekvenciu spojiť do videa. Výsledok môžeme upravovať v ľubovoľnom video editore alebo kompozičnom softvéri. Medzi samozrejmosť patrí jemná úprava farieb, zvýraznenie efektov, akými sú žiara a podoba. Na to môže slúžiť vybraný videofilter, alebo jednotlivé úpravy prevedieme manuálne a po vlastnom. Tieto úpravy sú už viac-menej vecou vkusu a vlastného vizuálneho a umeleckého cítenia. Výsledný pohľad na vizualizáciu našej galaxie, Mliečnej cesty, môžeme vidieť na obrázku číslo 63 nižšie. Pri vytváraní scény sme použili hviezdnu mapu, ako pozadie za samotnú galaxiu, čo veľmi pekne dotvorí a zlepši pútavosť tejto scenérie.



Obrázok 63 výsledná ukážka vizualizácie - pohľad zhora

Výsledný efekt môžeme doladiť pridaním rôznych efektov. Divácky veľmi zaujímavé je vytvorenie dodatočnej žiary a dojmu silnej svietivosti samotného objektu. Taktiež vytvorenie odlesku od objektívu, ktoré sú často viditeľné v hollywoodskych trhákoch. Toto dokáže dotvoriť atmosféru tejto vesmírnej scény. Tento efekt je obzvlášť viditeľný na obrázku číslo 64 dole. Výsledné video je priložené v prílohách tejto diplomovej práce.



Obrázok 64 výsledná ukážka vizualizácie - pohľad z boku

9. Záver

Cieľom diplomovej práce je popísať metódy tvorby vizualizácie, spracovania vedeckých dát a možností 3D programov. Navrhli sme vlastný doplnok programového balíka pre vytvorenie ľubovoľnej trojrozmernej vizualizácie. Zanalyzovali sa rôzne prístupy, ako sa dá postaviť k riešeniu konkrétnych problémov a vysvetlili sme si rôzne ich riešenia.

Na základe týchto vedomostí a praxou získaných postupov sa k práci a k pluginu postupovalo tak, aby sme sa priblížili k optimálnemu riešeniu. Spoločne s konzultantom tejto práce a na základe vytvoreného pluginu, sa vybrali konkrétne prípady, ktoré prevedú užívateľa tvorbou vedeckej vizualizácie. Vďaka tejto diplomovej práci má čitateľ možnosť zistiť potrebné informácie a bližšie nazrieť do danej problematiky. Zároveň pri jej tvorbe došlo k zdokonaleniu našich zručností v rôznych technikách potrebných v tejto oblasti, ktoré sa dajú využiť pri tvorbe mnohých projektov v budúcnosti. Ciele diplomovej práce sa splnili vo všetkých bodoch a je možné túto prácu ďalej rozvíjať.

Tento vizualizačný plugin je možné ďalej vyvíjať do podoby plnohodnotného vizualizačného pluginu do softvérového balíka 3ds Max. V súčasnosti neexistuje žiaden nekomerčný plugin pre tento program, ktorý by uľahčoval prácu s časticovým systémom v podobnej miere. Existuje konkurenčný skript do programu Autodesk Maya, ktorý taktiež načítava dáta a umiestňuje ich do scény. Mnohé pomocné programy vznikli práve pri tvorbe podobných študentských prác. V súčasnosti sú komerčnými a úspešnými softvérovými riešeniami, ktoré používa široká základňa grafikov.

10. Zoznam použitej literatúry

- [1] Larkin, J. - Simon, H. 1987. Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*. 99 s.
- [2] Card, S.K. - Mackinlay, J.D. - Shneiderman B. 1999. *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*. San Francisco : Morgan Kaufmann Publishers, cop, 1999. 686 s. ISBN 1-55860-533-9
- [3] <http://www.gymparnr.edu.sk/>
- [4] Young, P. 1996. *Three Dimensional Information Visualisation*. Durham: Computer Science Technical Report, 1996. 31 s.
- [5] Walker, G.R. et al. 1993. *Visualisation of telecommunications network data*. *BT Technology Journal*. 63 s.
- [6] Furnas, G.W. 1986. *Generalized fisheye views*. *ACM SIGCHI '86 Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1986. 23 s.
- [7] Benedikt, M. 1991. "Cyberspace: Some Proposals" *Cyberspace: First Steps*. Cambridge, MA. MIT Press, 1991. 302 s.
- [8] Gibson, W. 1993. *Burning Chrome*. HarperCollins Science Fiction & Fantasy, 1993. 220 s. ISBN: 0-586-07461-9.
- [9] Mackinlay, J.D. - Card, S. - Robertson, G.G. 1991. *Perspective Wall: Detail and Context Smoothly Integrated*. New Orleans: *ACM SIGCHI '91 Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1991. 179 s.
- [10] Card, S.K. - Robertson, G.G. - Mackinlay, J.D. 1991. *The Information Visualizer: An Information Workspace*. California: Xerox Palo Alto Research Center, Palo Alto, 1991.
- [11] Fairchild, K.M. 1993. *Information Management Using Virtual Reality-Based Visualizations*, in "Virtual Reality: Applications and Explorations". Cambridge: Alan Wexelblat (ed.), Academic Press Professional, 1993. 79 s. ISBN 0-12-745045-9
- [12] Walker, G. 1995. *Challenges in Information Visualisation*. *British Telecommunications Engineering Journal*, 1995. 25 s.

- [13] Rekimoto, J. - Green, M. 1993. The Information Cube: Using Transparency in 3D Information Visualization, The Third Annual Workshop on Information Technologies & Systems (WITS'93), 1993. 132 s.
- [14] <https://wci.llnl.gov/simulation/computer-codes/visit/>
- [15] <http://docs.enthought.com/mayavi/mayavi/>
- [16] <http://www.paraview.org/>
- [17] <http://www.mathworks.com/>
- [18] <http://am.iic.harvard.edu/>
- [19] Tyler, R. 2011. The Importance of 3D Visualisation in Astronomy. Cape Town: Department of Computer Science University of, 2011. 5 s.
- [20] <http://www.ta3.sk/~zkanuch> - katalogy hviezd
- [21] <http://sci.esa.int/>
- [22] <http://docs.autodesk.com/3DSMAX>
- [23] <https://www.creativecrash.com/tutorials/working-with-macromolecular-data-in-maya-dna/page3>
- [24] <http://heasarc.nasa.gov/W3Browse/all/tycho2.html>

11. Prílohy

A. CD

Súčasťou mojej práce je aj CD disk, ktorý obsahuje výsledné video vizualizácie Mliečnej cesty, ktoré som vytvoril. Ďalej všetky potrebné súbory (skripty, pomocný dokument, návod na inštaláciu) pre aplikáciu VSD Data Visualisation, ako aj ukážkové dátové a hviezdne katalógy použité v tejto práci.

B. Dokumentácia

Súčasťou tlačenej formy diplomovej práce je taktiež dokumentácia pluginu VSD Data Visualisation, ktorá vysvetľuje všetky tlačidlá a funkcie tohto doplnku programového balíka 3Ds Max.