

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

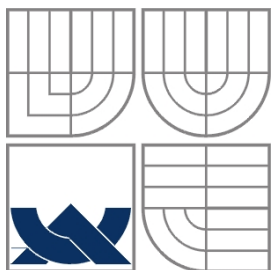
GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ STEREOMETRICKÝCH
JEVŮ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

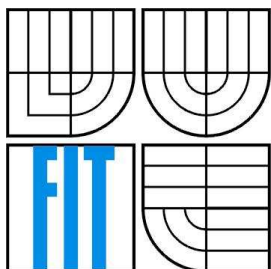
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ondřej Kroupa

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ STEREOMETRICKÝCH JEVŮ

STEREOMETRY PRESENTATION SOFTWARE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ondřej Kroupa

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. VÍT ŠTANCL

BRNO 2009

Abstract

Aplikace pro podporu výuky středoškolské matematiky v oblasti stereometrických jevů a problémů zobrazených pomocí anaglyfů.

Abstract

The application to promote and support learning of mathematics on a secondary school level in the area of stereometrical effect and in a field of problems illustrated with the help of anaglyphs.

Klíčová slova

OpenSceneGraph, OSG, Anaglyf, Stereometrické úlohy, stereometrie, 3D.

Keywords

OpenSceneGraph, OSG, Anaglyph, Stereometry events, Stereometry, 3D.

Citace

Kroupa Ondřej: Grafické znázornění stereometrických jevů, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2009.

Grafické znázornění stereometrických jevů

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Víta Štancla. Další informace mi poskytli RNDr. Eva Davidová. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Jméno Příjmení
Datum

.....
Ondřej Kroupa

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Vítu Štanclovi za cenné rady a nápomoc během mé práce. Dále pak RNDr. Evě Davidové za pedagogický pohled na věc a za věnovaný čas. A všem dalším lidem, kteří mi pomáhali s testováním a vším co jsem potřeboval.

© Ondřej Kroupa, 2009

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

Obsah	1
1 Úvod.....	3
2 Základní myšlenky a důvody	5
3 Stereometrie	6
3.1 Úvod	6
3.2 Tělesa.....	6
3.3 Projekce	7
3.4 Polohové vlastnosti.....	8
3.4.1 Základní vztahy mezi body, přímkami a rovinami	8
3.4.2 Dvě přímky	8
3.4.3 Přímka a rovina.....	10
3.4.4 Dvě roviny	12
3.4.5 Rovnoběžnost přímek a rovin	13
3.4.6 Parametrické vyjádření	14
3.5 Řešení polohových konstrukčních úloh.....	15
3.5.1 Průsečík přímky a roviny	15
3.5.2 Řez tělesa rovinou.....	16
3.6 Anaglyf	16
3.6.1 Stereoskopie.....	16
3.6.2 Anaglyf	17
4 Programování aplikace.....	18
4.1 Úvod	18
4.2 OpenSceneGraph	18
4.2.1 Základy OpenSceneGraph	18
4.2.2 Jádro OSG.....	19
4.2.3 Závěr OSG	20
4.3 Požadavky.....	20
4.4 Převedení stereometrie do kódu.....	20
4.4.1 Zadání	20
4.4.2 Sestrojení	21
4.4.3 Vytvoření geometrie pro vykreslení	21
4.5 Struktura aplikace	21
4.5.1 Konfigurační soubor	22
4.5.2 Menu.....	22

4.5.3	Příklady.....	23
4.6	Závěr programování.....	23
5	Použití	24
5.1	Spuštění a ovládání.....	24
5.1.1	Menu	24
5.1.2	Příklady.....	25
5.2	Využití	26
5.2.1	Využití ve stereometrii.....	26
5.2.2	Využití v deskriptivě.....	26
6	Praxe	27
7	Závěr	28
7.1	Přínos	28
7.2	Chyby a vylepšení.....	28
7.3	Shrnutí	28
	Literatura	29
	Internetové zdroje obrázků:	30
	Seznam příloh	31
	Příloha 1.....	32
	Instalace	32
	Příloha 2.....	33
	Diagram tříd.....	33
	Příloha 2.....	35
	Obsah CD	35

1 Úvod

Tato práce je zprávou o vývoji aplikace, která by byla vhodná jako pomůcka při výuce středoškolské matematiky v oboru deskriptivní geometrie a stereometrie. Mým cílem je vytvořit aplikaci, která by pomáhala žákům v prostorovém vidění stereometrických problémů, čímž bych dopomohl k lepšímu pochopení stereometrie, správnému řešení dalších příkladů a celkově lepšímu prostorovému vidění. Abych dosáhl co možná nejlepšího prostorového vjemu, pokusím se využít techniky anaglyfu; a to jednak proto, že je to pro studenty velice atraktivní zpestření výuky, ale hlavně proto, že v jiných podporách výuky tohoto typu není anaglyf buď využíván vůbec anebo jen v omezené míře. Rozhodl jsem se tedy spojit mobilitu otáčení těles v 3D prostoru s atraktivností a „skutečným“ viděním v prostoru pomocí anaglyfu.

Tato práce má za cíl vytvořit vyučovací pomůcku, která bude pomáhat s výukou. A proto je nezbytné se při tvorbě výukového software (a to platí pravděpodobně u tvorby každého SW) nejdříve seznámit s výukou jako takovou a zjistit, kde a jakým způsobem mohou IT technologie pomoci a vylepšit stávající postupy.

Jedním ze základů dosažení mého cíle, je porozumět stereometrii jako takové, osvojit si teorie a následně jich využít při řešení příkladů. Proto budu stereometrii věnovat dostatečnou pozornost i v této práci. Postupně projdu základní prvky, definice a věty důležité pro tuto matematickou disciplínu, prozkoumám možné vzájemné polohy a nakonec se budu krátce věnovat řešení polohových konstrukčních úloh.

Dalším důležitým krokem je samotné vytvoření a naprogramování plánovaného programu. Jednou částí tohoto procesu je výběr programovacího jazyka a grafické knihovny. Po vyzkoušení několika knihoven a konzultacích s vedoucím práce, jsem se rozhodl pro programovací jazyk C++ a grafickou knihovnu OpenGL, což je multiplatformní, open source a vysoce výkonný 3D grafický toolkit, užívaný vývojáři aplikací v oblastech jako jsou vizuální simulace, hry, virtuální realita, vědecká vizualizace a modelování. Je psán plně dle standardu C++ a OpenGL. Vzhledem k rozsáhlosti OpenGL knihoven se jen lehce zmíním o základech, jádru a třídách tohoto toolkitu.

V rámci programování pak dále osvětlím cestu vzniku 3D příkladu od zadání přes vyřešení až k vykreslení a zobrazení uživateli a nezapomenu ani popsat strukturu aplikace.

Důležitou částí pro koncového uživatele budou jistě části věnované instalaci a používání programu, kde popíšu řešení možných komplikací při spuštění a používání programu.

Na konci této textové části bakalářské práce uvedu praktické zkušenosti s mým programem podložené učiteli z Wichterlova gymnázia v Ostravě-Porubě a následně svou práci zhodnotím a uvedu možná vylepšení.

Abych shrnul tento úvod a dodal, co jsem ještě nezmínil, tak cílem mé bakalářské práce je vytvořit aplikaci pro podporu výuky stereometrie na středních školách pomocí grafického znázornění

stereometrických jevů. Aplikace je napsána v programovacím jazyce C++ za podpory knihoven OSG a obsahuje několik řešených příkladů reprezentujících určité situace v prostoru mezi tělesy, rovinami a přímkami, přičemž každý příklad obsahuje kompletní řešení a výsledek jevu.

2 Základní myšlenky a důvody

Svou práci zahájím úplným základním stavebním kamenem – MATEMATIKOU. [4] Protože nás matematika ovlivňuje více než by se mohlo na první pohled zdát, je třeba se v této vědě vzdělávat už od malička, protože matematické vzdělání napomáhá rozvoji abstraktního a analytického myšlení, rozvíjí logické usuzování, učí srozumitelné a věcné argumentaci, proto je nezastupitelná jako základ studia všech oborů. Těžiště výuky matematiky spočívá v osvojení strategie řešení úloh a problémů, v ovládnutí nástrojů potřebných pro vysokoškolské studium i pro běžný život a v pěstování schopnosti jejich aplikace. Matematickým vzděláním v průběhu gymnaziálního studia významně přispíváme k utváření a rozvoji klíčových kompetencí žáků. Matematika totiž názorně demonstruje přechod od konkrétního k abstraktnímu, vyžaduje tvůrčí přístup a různorodé metody práce, podporuje samostatnost i nutnost spolupráce při řešení problémů, při hledání řešení je nutné vyjádřit své myšlenky a obhájit je a sledovat i jiný myšlenkový postup, který vede k cíli.

Matematika má spoustu odvětví, které formují člověka a jistě by se o všech dalo sáhodlouze psát, já si ale vyberu matematickou disciplínu, která je předmětem mé práce a tou je stereometrie. Dle mého názoru stereometrie učí člověka vidět věci a jejich souvislosti v širším měřítku a i z úhlů, které nejsou na první pohled patrné. Toto jsou důležité vlastnosti, které je si třeba osvojit. Právě z těchto důvodů považuji za důležité stereometrii pochopit a „prohlédnout“.

V dnešní době přebírají prvenství informačního zdroje počítač a internet. Střídají tak televizi, a to především u mladší generace. Tohoto trendu je třeba využít ve vzdělání, protože a) jednak mají žáci k počítači velmi kladný vztah a rádi ho využívají a b) také proto, že počítač má mnohem větší potenciál a možnosti pro podporu vzdělání mládeže než televize. Je třeba vytvářet aplikace pro podporu výuky, která se tak stane zábavnější, atraktivnější a tudíž i efektivnější. Problémem v současné době je, že spousta pedagogů nemá dostatek zkušeností s používáním takovýchto pomůcek a raději je proto nevyužívají. Z tohoto důvodu je třeba vyvíjet tzv. „user-friendly“ aplikace, tzn. lehce ovladatelné, pochopitelné, intuitivní, atraktivní, s přiměřenou funkcionalitou a v neposlední řadě také levné. Na program musí být jasně na první pohled vidět, k čemu slouží. Osvojení ovládnutí pedagogem by mělo být téměř okamžité, aby se nezalekl, že svou nevědomostí před žáky ohrozí svou autoritu. Funkcionalita by pak měla být taková, aby bylo možné program využít jako nadstandardní pomůcku, a aby zároveň neodváděl pozornost žáků od vyučujícího tím, že žáci stráví větší část výuky zkoušením, co všechno program umí.

Ve své práci jsem se snažil všechny tyto aspekty dodržet a vytvořit tak vhodnou pomůcku a podpořit výuku stereometrie na středních školách.

3 Stereometrie

3.1 Úvod

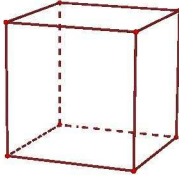
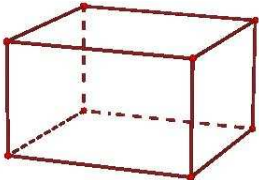
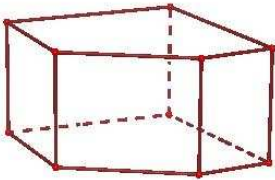

Stereometrie je odvětvím matematické disciplíny geometrie, která se zabývá studiem prostorových vztahů. Základními geometrickými útvary ve stereometrii jsou bod, přímka a rovina (na rozdíl od planimetrie, kde jsou základními útvary jen bod a přímka).

[8] Vztahy mezi základními útvary v prostoru:

- 1) Ke každé přímce lze daným bodem v prostoru vést právě jednu rovnoběžku.
- 2) Dvěma různými body AB prochází právě jedna přímka p (je jimi jednoznačně určena).
Píšeme $p \equiv AB$.
- 3) Leží-li dva body A, B v rovině α , pak v této rovině leží i přímka $p \equiv AB$.
- 4) Daným bodem A a danou přímkou $p, A \notin p$, prochází (je určena) právě jedna rovina.
- 5) Třemi různými body $A; B; C$, které neleží na téže přímce, prochází (je určena) právě jedna rovina.
- 6) Dvěma různými přímkami, které mají společný bod (různoběžkami), prochází (je určena) právě jedna rovina.
- 7) Mají-li dvě různé roviny společný bod, pak mají společnou celou přímku (průsečnici), která tímto bodem prochází. Mimo průsečnici již nemají žádný společný bod.

3.2 Tělesa

Pro modelování stereometrických úloh a prostorových situací jsou potřeba tělesa. V aplikaci jsem použil nejčastěji používaná tělesa a to krychli, kvádr, hranol a jehlan. Zde je tabulka s jejich definicemi (tabulka 1).

těleso	obrázek	charakteristika
krychle	 <p>Obrázek 1</p>	všechny stěny jsou shodné čtverce
kvádr	 <p>Obrázek 2</p>	shodné protější stěny (obdélníky nebo čtverce)
hranol	 <p>Obrázek 3</p>	podstavy jsou shodné mnohoúhelníky a stěny jsou rovnoběžníky
jehlan	 <p>Obrázek 4</p>	podstavou je mnohoúhelník a stěny trojúhelníky

Tabulka 1- tělesa

3.3 Projekce

Protože prostorové úlohy se neřeší v prostoru ale v rovině, musíme být schopni nějakým způsobem zobrazit prostor v rovině. Tímto se zabývá deskriptivní geometrie. Pro jednoduchost konstrukce se při výuce na středních školách používá volné rovnoběžné promítání. Já jsem v aplikaci využil promítání perspektivní, protože je bližší realitě, lépe zobrazuje prostor a hlavně více prospěje účelu aplikace.

[5] Perspektivní promítání

Pokud je střed promítání vlastní, mluvíme o perspektivním promítání a promítací přímky procházejí tímto středem promítání (promítací paprsky vycházejí z jediného bodu). Perspektivní promítání

respektuje optický model, který vyjadřuje lidské vidění reálného světa. Modeluje proporcionální změnu předmětů při vzrůstající vzdálenosti od pozorovatele. Poskytuje dobrý prostorový vjem na rovinné průmětně.

Nicméně perspektivní promítání má nevýhodu, totiž při „špatném“ dívání se dochází ke značnému zkreslení tělesa.

3.4 Polohové vlastnosti

Jedním z hlavních úkolů stereometrie je zkoumání vzájemné polohy bodů, přímk a rovin. A právě pro snadnější poznání, pochopení principů a vidění řešení vzájemných poloh v prostoru bude - jak doufám - aplikace, která je předmětem mé bakalářské práce, sloužit.

3.4.1 Základní vztahy mezi body, přímkami a rovinami

Body jsou prvky prostoru a přímky, společně s rovinami, jsou jeho podmnožinami. Tudíž platí:

1. Bod leží v rovině, jestliže leží na některé její přímce
2. Přímka leží v rovině, jestliže v rovině leží její dva různé body
3. Právě jedna přímka je určena každými dvěma různými body
4. Každá rovina je definována:
 - i. třemi body, které neleží v jedné přímce
 - ii. přímkou a bodem, který na ní neleží
 - iii. dvěma různoběžnými přímkami
 - iv. dvěma rovnoběžnými přímkami

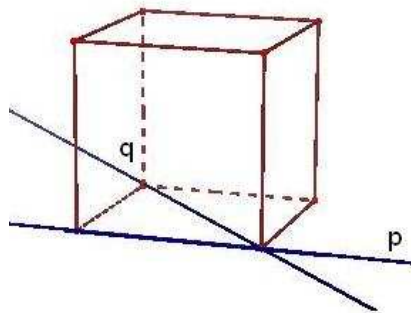
Dalším pojmem stereometrie je poloprostor. Jedná se o prostor rozdělený rovinou (hranicí, hraniční rovinou) na dvě poloviny – dva poloprostory. Každý bod, který neleží v hraniční rovině, je vnitřním bodem jednoho z poloprostorů.

3.4.2 Dvě přímky

Zde se budu věnovat teorii možných vzájemných poloh přímk v prostoru.

3.4.2.1 Různoběžné

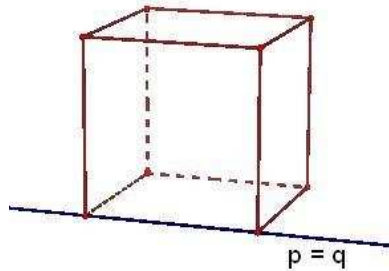
Mají-li dvě přímky právě jeden společný bod, říkáme, že jsou různoběžné – RŮZNOBEŽKY.



Obrázek 5

3.4.2.2 Totožné

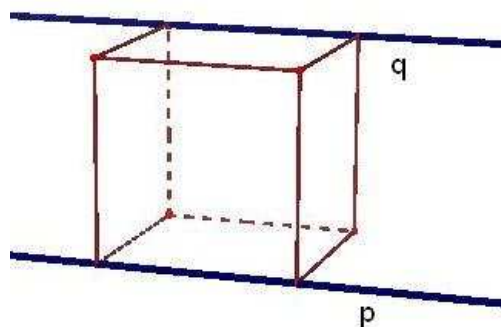
Mají-li dvě přímky společné všechny body, pak jsou totožné.



Obrázek 6

3.4.2.3 Rovnoběžné

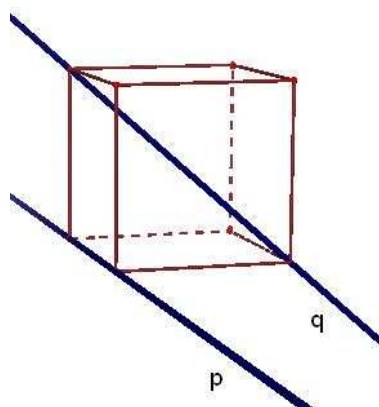
Leží-li dvě přímky v jedné rovině a nemají-li společný bod, říkáme, že jsou rovnoběžné – ROVNOBĚŽKY



Obrázek 7

3.4.2.4 Mimoběžné

Neleží-li dvě přímky v jedné rovině a nemají žádný společný bod, pak říkáme, že jsou mimoběžné – MIMOBĚŽKY



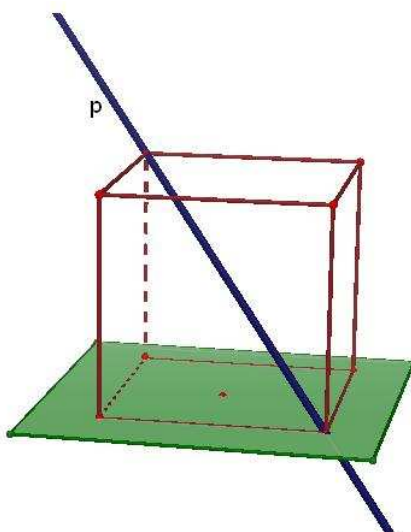
Obrázek 8

3.4.3 Přímka a rovina

V této části se budu věnovat teorii vztahů prostoru mezi přímkou a rovinou.

3.4.3.1 Různoběžné

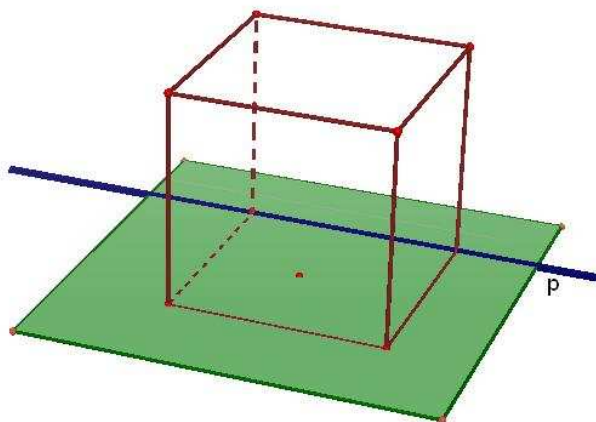
Má-li rovina a přímka právě jeden společný bod, pak jsou rovina a přímka různoběžné a společný bod je jejich průsečíkem.



Obrázek 9

3.4.3.2 Přímka leží v rovině

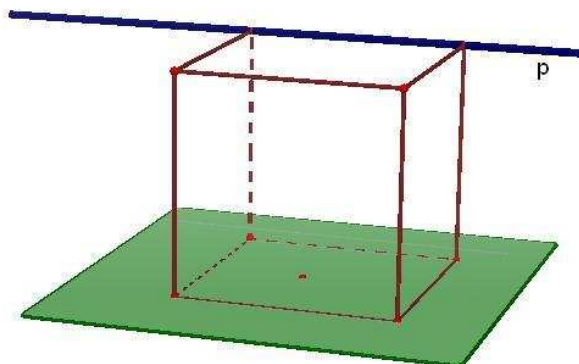
Má-li přímka s rovinou společných nekonečně mnoho bodů, pak říkáme, že přímka v rovině leží.



Obrázek 10

3.4.3.3 Rovnoběžné

Nemá-li přímka s rovinou žádný společný bod, pak říkáme, že rovina a přímka jsou rovnoběžné.

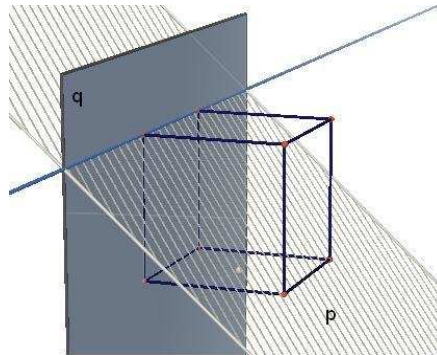


Obrázek 11

3.4.4 Dvě roviny

3.4.4.1 Různoběžné

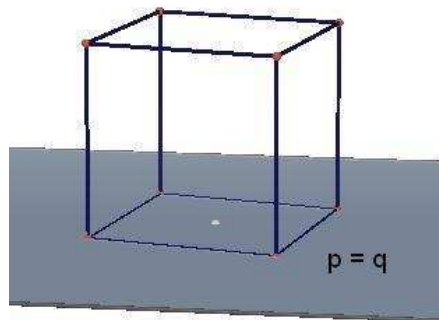
Mají-li dvě různé roviny společnou přímku, pak jsou různoběžné a jejich společné přímka je jich průsečnicí.



Obrázek 12

3.4.4.2 Totožné

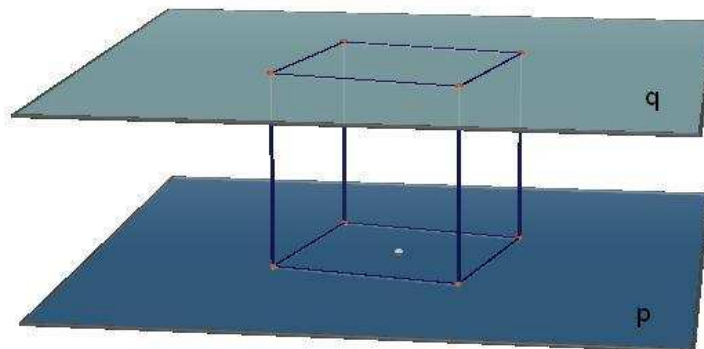
Mají-li dvě roviny všechny body společné, pak říkáme, že jsou totožné.



Obrázek 13

3.4.4.3 Rovnoběžné

Jestliže nemají dvě roviny žádný společný bod, pak jsou rovnoběžné.

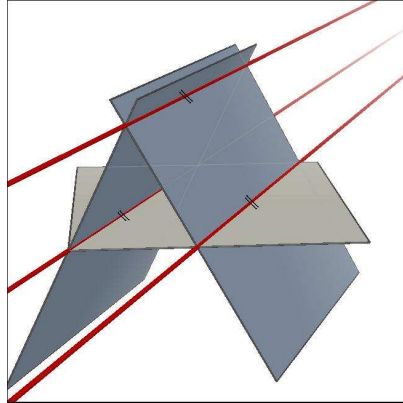


Obrázek 14

3.4.5 Rovnoběžnost přímek a rovin

Stejně jako pro planimetrii, tak i pro stereometrii platí:

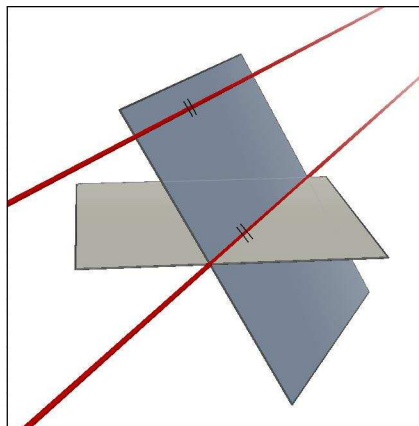
Daným bodem lze vést k dané přímce jedinou rovnoběžku. Rovnoběžnost přímek je vztah tranzitivní: je-li $p \parallel q$, $q \parallel r$, tak je i $p \parallel r$.



Obrázek 15

Pro zjištění, zda je přímka s rovinou rovnoběžná, je používáno **kritérium rovnoběžnosti přímky a roviny**:

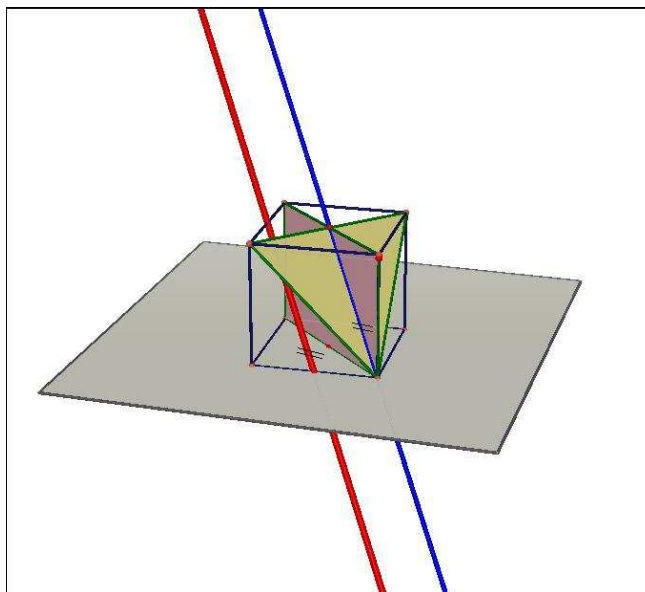
Přímka p je rovnoběžná s rovinou ρ , jestliže v rovině ρ leží alespoň jedna přímka p' , která je s přímkou p rovnoběžná.



Obrázek 16

Velmi důležitou větou pro řešení stereometrických problémů je:

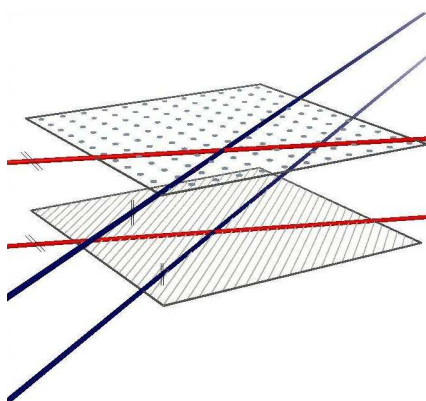
Je-li přímka rovnoběžná s dvěma různoběžnými rovinami, je rovnoběžná i s jejich průsečnicí.



Obrázek 17

Často se pro řešení stereometrických úloh použije kritérium rovnoběžnosti dvou rovin:

Dvě roviny ρ a σ jsou rovnoběžné, jestliže v jedné z nich, např. σ , leží dvě různoběžné přímky p , q , které jsou rovnoběžné s rovinou ρ



Obrázek 18

3.4.6 Parametrické vyjádření

Během vytváření modelů pro aplikaci bylo nutné využít parametrické vyjádření přímek a rovin.

Parametrické vyjádření přímky v symbolickém tvaru:

$$A[x_A; y_A; z_A], B[x_B; y_B; z_B]$$

$$p: X = A + t(B - A), t \in R$$

Rovnice 1

Parametrické vyjádření roviny v symbolickém tvaru:

$$A[x_A; y_A; z_A], B[x_B; y_B; z_B], C[x_C; y_C; z_C]$$

$$\rho: X = A + t(B - A) + s(C - A), t, s \in R$$

Rovnice 2

3.5 Řešení polohových konstrukčních úloh

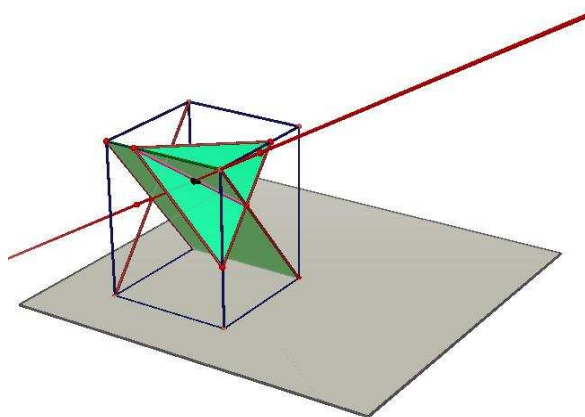
V předchozí kapitole 2.4 byly vzpomenuy všechny základní polohové vlastnosti bodů, přímek a rovin potřebné k řešení úloh v prostoru. V těchto úlohách jde jen o vzájemnou polohu bodů, přímek a rovin. V učebnicích se tyto úlohy řeší především ve volném rovnoběžném promítání a dané body, přímky a roviny se určují pomocí těles. Volné rovnoběžné promítání se zde používá kvůli snadnosti a rychlosti konstrukce a možnosti dosahovat obstojných výsledků při konstrukci „rukou“. Já jsem ve svém programu zachoval používání těles, ale projekci zvolil perspektivní, abych poskytl studentům i trochu jiný „pohled na věc“.

V konstrukčních úlohách se řeší sestavení průsečnice dvou rovin; roviny, která prochází daným bodem a je rovnoběžná s jinou rovinou; přímky, která prochází daným bodem a je rovnoběžná s dvěma danými různoběžnými rovinami. Dále pak sestrojování průsečíků přímky a roviny, řezů těles rovinou, průniky přímek s tělesy a přímky mimoběžek. Pro svou práci jsem vybral a sestrojil:

1. Průnik přímky a tělesa (krychle)
2. Rovnoběžnost dvou rovin
3. Průnik přímky a tělesa (jehlan)
4. Řez tělesa rovinou (krychle)
5. Průsečík přímky a roviny (kvádr)
6. Průsečnice dvou rovin (jehlan)
7. Rovnoběžnost přímky a roviny (krychle)
8. Řez tělesa rovinou (hranol)

3.5.1 Průsečík přímky a roviny

Co se týče průsečíků přímky s rovinou a tělesem, tak jde vlastně o jednu úlohu, jelikož stěny těles jsou části rovin. Proto zde nastíním řešení jen průsečíků přímky a roviny.



Obrázek 19

Máme zjistit průnik přímky (červená) s rovinou (azurová):

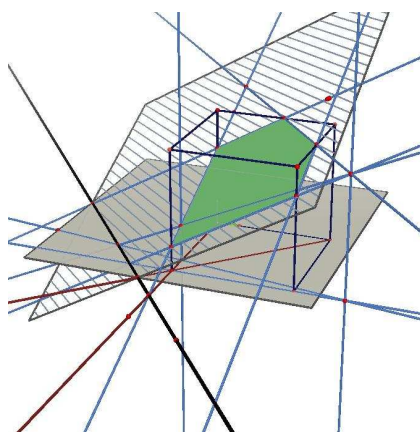
1. Přímkou proložíme vhodnou rovinu (zelená), která je s azurovou rovinou různoběžná
2. Určíme průsečnici (špatně viditelná světle fialová) rovin
3. Průsečík světle fialové průsečnice s červenou přímkou je hledaný průsečík (černý bod)

3.5.2 Řez tělesa rovinou

Řezy těles jsou velmi efektní a zajímavé úlohy a zároveň mohou být složité pro sestrojení a hlavně pro představivost. Řezem tělesa rovinou je rovinný útvar, jehož hranice je průnikem ohraničení tělesa a roviny řezu. Jinak řečeno je jeho hranice složena z průniků roviny řezu se stěnami tělesa, takže sestrojení řezu rovinou znamená sestrojiti průsečnice rovin stěn tělesa s danou rovinou řezu.

Věty používané pro konstrukci řezů jsou:

1. Leží-li dva různé body roviny řezu v rovině některé stěny, pak jejich spojnice je jednou stranou řezu.
2. Jsou-li roviny dvou stěn rovnoběžné a přitom různoběžné s rovinou řezu, jsou průsečnice roviny řezu s rovinami těchto stěn rovnoběžné
3. Průsečnice rovin dvou sousedních stěn s rovinou řezu a přímkou, v níž leží společná hrana těchto stěn, se protínají v jednom bodě.



Obrázek 20

3.6 Anaglyf

Jednou z věcí co dělá mou práci výjimečnou je použití anaglyfu, a proto tento způsob zobrazení v této části práce popíši. Začnu obecně stereoskopii a následně přejdu na anaglyf.

3.6.1 Stereoskopie

[7] Definice: (Z fyziologického hlediska) Stereoskopie je schopnost lidského mozku sloučit dva dílčí, navzájem poněkud odlišné obrazy, zachycené levým a pravým okem, ve výsledný jediný prostorový obraz.

Takže pokud chceme získat prostorový vjem z předmětu, který máme zobrazen ve 2D, je třeba ho předat mozku takovým způsobem, aby jej zpracoval jako prostor. Jednou z možností jak toto provést je předmět vytvořit jako anaglyf.

3.6.2 Anaglyf

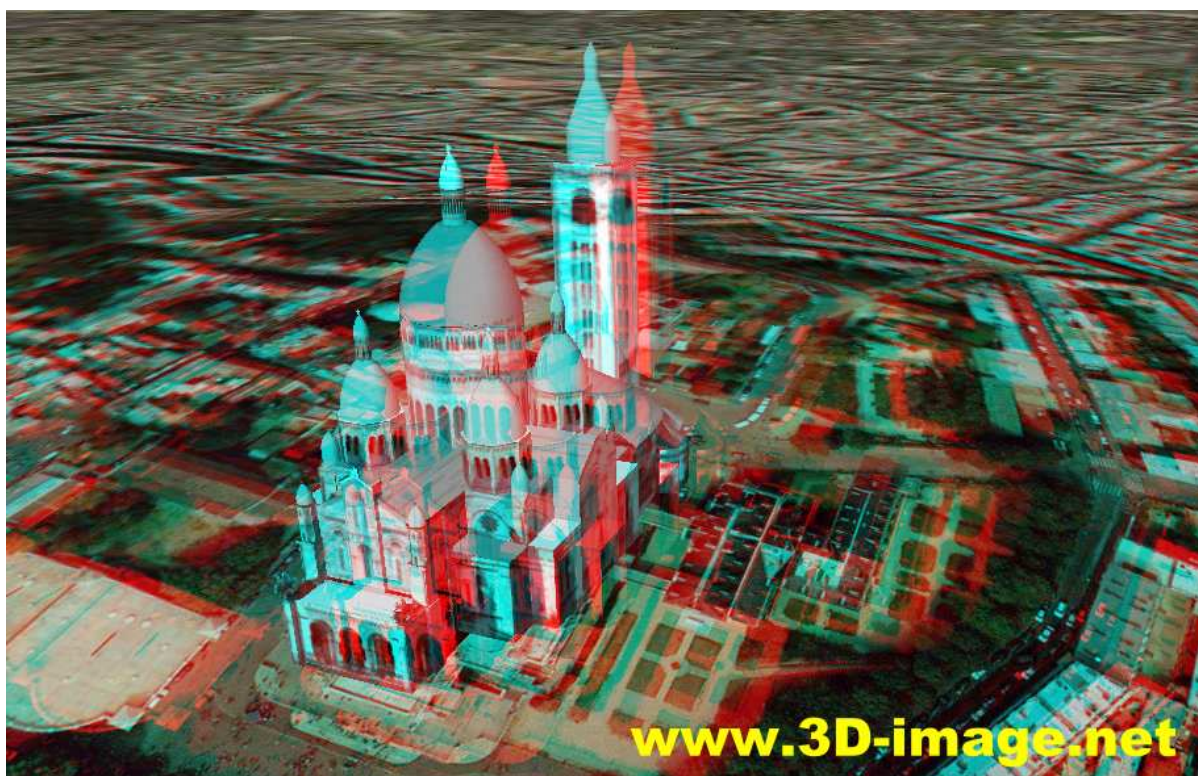
[7] „Anaglyf je stereoskopicky pořízená a ve dvou komplementárních barvách na sebe tištěná dvojice obrazů, která pozorována brýlemi se skly týchž barev vyvolá u pozorovatele stereoskopický vjem.“

Složení doplňkových barev dostaneme barvu černou a díky tomu vidíme při pohledu skrz anaglyfické brýle pro každé oko zvlášť jeho vlastní černý obraz, což lidský mozek vyhodnotí jako prostorový vjem.

Jako komplementární barvy se používají kombinace červená-zelená, červená-cyan, žlutá-modrá, mnou používaná červená-modrá a jiné, které se začínají postupně používat. Hodně se vyskytuje červená, což je dominantní barva a třeba na fotkách působí velice rušivě, což je taky jeden z důvodů, proč se přechází na barvy jiné.

Důležitým atributem při koukání na anaglyf jsou dvoubarevné brýle. Nejlepších výsledků dosáhneme při použití stejných barev brýlí jako anaglyfu, nicméně mám vyzkoušeno, že například přes červeno-modré brýle se lze dívat a získat 3D vjem ze žluto-modrého anaglyfu. Obvykle se levým okem koukáme přes červené sklíčko a pravým přes druhou doplňkovou barvu.

Obrázek 21 je ukázkou červeno-cyan anaglyfu.



Obrázek 21 – příklad anaglyfu

4 Programování aplikace

4.1 Úvod

Aplikace je psána v programovacím jazyce C++ s využitím tříd a metod knihovny OpenSceneGraph 2.6.0. Protože na schopnostech OSG stojí prakticky celá má práce a velká část celkového času stráveného nad touto prací zabralo právě seznamování se, zkoušení a studium této knihovny, pokládám za vhodné ji zde více přiblížit. Téma OpenSceneGraph jako takové je však příliš rozsáhlé a proto zmíním jen to nejzákladnější, knihovny a třídy, které jsem využil. Dále bych se pak v této kapitole rád věnoval struktuře aplikace stejně jako struktuře jejích jednotlivých částí aplikace, nejprve je však nutné stanovit požadavky.

4.2 OpenSceneGraph

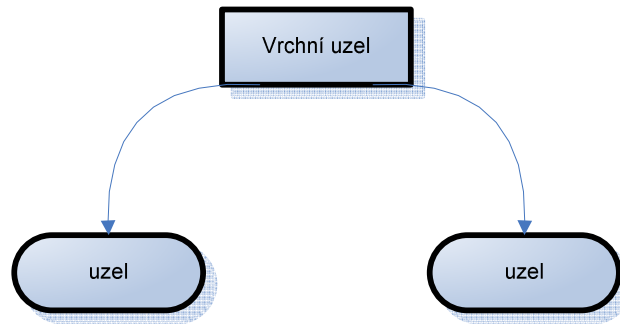
Jak jsem již psal v úvodu, OpenSceneGraph je multiplatformní, open source, 3D grafický toolkit využívaný vývojáři k vývoji vizuálních simulací, her, virtuální reality, vědecké vizualizace a modelování. OSG je napsáno plně podle standardů C++ a je multiplatformní ve smyslu funkčnosti na operačních systémech Windows, OSX, GNU/Linux, Solaris a FreeBSD.

Je založen na konceptu SceneGraph, poskytující objektově-orientovaný rámec, na vrcholu OpenGL. To osvobozuje vývojáře od provádění a optimalizace low-level grafiky a nabízí mnoho dalších služeb pro rychlý vývoj grafických aplikací.

Přestože je OSG již docela známá a rozšířená knihovna, tak jsem přes všechno své úsilí nenašel dostatečnou dokumentaci a posléze pochopil, že zřejmě ani neexistuje. Tudiž jedinou možností, jak se s tímto toolkitem naučit je pečlivé prostudování příkladů a dem, které jsou s knihovnou dodávány. Jelikož jsou některé příklady již staršího data a napsány různými autory, jsou napsány jinak stylově, některé nejsou vůbec objektově napsané a jiné jen napůl. Tyto vlastnosti trochu snižují orientaci ve zdrojových kódech, ale i přesto je to - dle mého názoru - dobrá „škola“ a po pozorném projití a zkoušení se z nich dá OSG obstojně pochopit.

4.2.1 Základy OpenSceneGraph

Už z názvu OpenSceneGraph vyplývá, že základem je graf scény, což je hierarchická stromová struktura, která obsahuje a organizuje prostorová geometrická data. Graf scény vypadá typicky jako na obrázku 22



Obrázek 22

Na vrcholu každé scény je kořenový uzel (root), do kterého se přidávají další uzly nebo skupiny uzlů s různými funkcemi, obsahující např. geometrii, text, textury, barvy a jiné atributy. Jednotlivé uzly sdílejí společnou základní třídu se specializovanou funkčností definovanou v odvozených třídách.

OSG je prostředníkem mezi výslednou aplikací a hardwarovým API, což ulehčuje práci programátorovi 3D aplikací a vylepšuje funkčnost těchto aplikací.

4.2.2 Jádru OSG

Jádru OSG poskytuje základní funkce pro ovládání grafu scény a funkce dodatečné např. pro načítání pluginů a je tvořeno prostory jmen (namespace):

1. osg – obsahuje třídy pro vytvoření grafu scény, geometrii, maticové a vektorové výpočty
2. osgUtil – práce s grafem scény a jeho obsahem
3. osgGA – zpracovávání uživatelských událostí
4. osgText – práce s textem
5. osgViewer – zobrazování scén, nastavování kamer
6. a další knihovny jako osgDB, osgManipulator, osgFX, osgIntrospection, osgParticle, osgSim, osgVolume, osgWidget a jiné jejichž funkce jsem nevyužil

4.2.2.1 namespace osg

Prostor jmen osg je základním namespacem, protože definuje uzly grafu scény a obsahuje třídy grafu scény, třídy pro geometrii a správu uzlů.

1. osg::Node – základ pro všechny uzly ve scéně grafu
2. osg::Group – skupinový uzel
3. osg::Geode – listové uzly pro geometrii
4. osg::MatrixTransform – transformace souřadnic potomků což umožňuje natáčení scény
5. osg::Drawable – virtuální třída pro vykreslování geometrie, neobsahuje žádné vykreslovací primitiva, ty jsou poskytovány z podtříd jako osg::Geometry
6. osg::Geometry – uchovává vektorová pole pro vykreslování
7. osg::StateSet – specifikování primitiv k vykreslení

8. Vektory a vektorová pole – předdefinované dvoj, troj a čtyřprvkové vektory
9. `osg::StateSet` – uchovává a ukládá stavy a atributy, které reprezentují stav OpenGL, lze přiřadit jakémukoliv uzlu grafu scény

4.2.3 Závěr OSG

Tato kapitola byla jen velmi stručným náhledem do tohoto toolkitu pro vývoj 3D aplikací. Takové OSG minimum o základu fungování grafu scény a výpis a význam pár základních tříd. OSG je velmi silný nástroj a je škoda, že neexistuje pořádná dokumentace s popisem funkčnosti všech tříd a funkcí a už vůbec ne pro nejnovější verze.

V následujících kapitolách se vrátím zpět k hlavnímu tématu, kterým je znázorňování stereometrických jevů pro účely středoškolské výuky, a to konkrétně implementaci k mé bakalářské práci.

4.3 Požadavky

Před samotným programováním je nutností si stanovit základní požadavky, které jsou na program kladeny:

1. **Přehlednost** – na aplikaci se musí dát lehce prezentovat stereometrický jev
2. **Ovladatelnost** – opět kvůli snadné prezentovatelnosti a nenáročnosti na čas strávený učením se aplikaci používat, jak ze strany žáků, tak i učitelů
3. **Atraktivita** – zaujmout na první pohled
4. **Použitelnost** – výsledná aplikace musí mít obsah použitelný pro výuku

4.4 Převedení stereometrie do kódu

Po seznámení se se základy stereometrie, knihovnamí OSG a potřebami vyučujících a studentů na výsledný program, mohu začít s programováním. Nejvýraznější částí aplikace jsou jednotlivé úlohy, které jsou taky z hlediska naprogramování a přípravy nejobsáhlejší, a budu se jim v této kapitole věnovat.

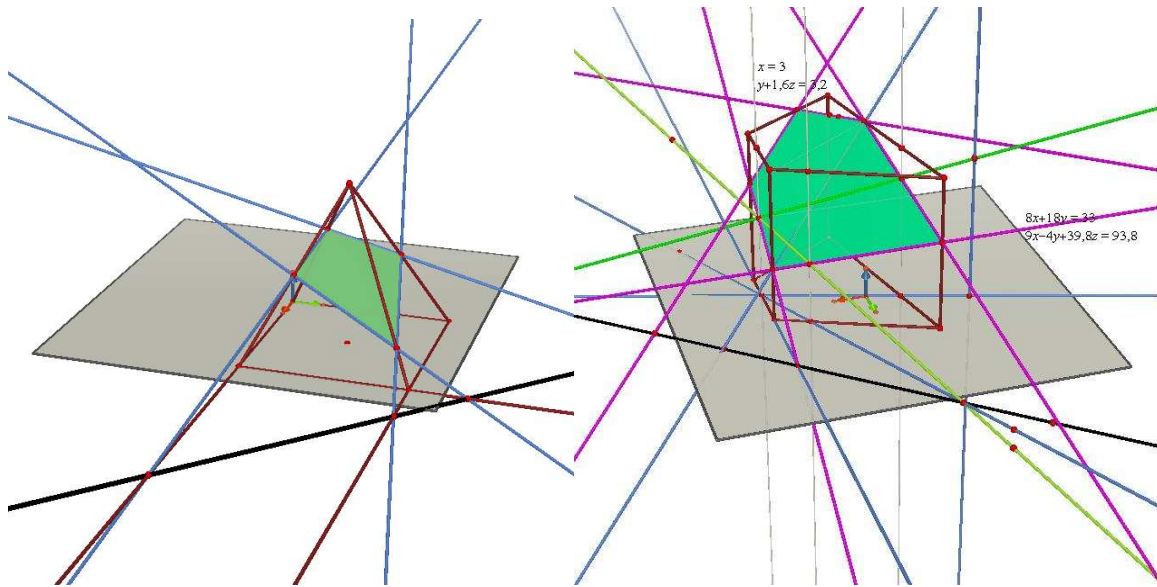
4.4.1 Zadání

Prvním krokem pro splnění požadavku použitelnosti bylo vybrání vhodného zadání. K tomuto kroku jsem si vybral středoškolské učebnice stereometrie od RNDr. Evy Pomykalové a RNDr. Jindry Petákové a úlohy z písemek, s radami a poznámkami RNDr. Evy Davidové, ze kterých jsem se pro vytváření příkladů inspiroval.

4.4.2 Sestrojení

Úlohu ze zadání jsem vyřešil nejdříve klasicky pomocí postupů a vět popsanych výše v kapitole 2 a posléze pomocí programu Cabri 3D v2 namodeloval. Z vytvořeného modelu jsem pro potřeby naprogramování příkladu získal potřebné informace jako, souřadnice bodů a parametrické rovnice přímk viz příklady na obrázcích 23 a 24.

V tomto kroku jsem se snažil posoudit, zda výsledek skutečně splňuje předpokládanou použitelnost a následně i atraktivitu. V případě, že příklad vyhovoval, naprogramoval jsem jej.



Obrázek 23

Obrázek 24

4.4.3 Vytvoření geometrie pro vykreslení

Základem pro vytvoření geometrie jsou souřadnice bodů získané z předchozího kroku. Tyto body jsem uložil do trojprvkového vektorového pole. Toto pole pak slouží jako zdroj dat pro vytvoření jednotlivých částí modelu a přidání barev pro konečné vykreslení.

4.5 Struktura aplikace

Struktura samotné aplikace není nikterak složitá, obsahuje tři hlavní části, soubory s texturou a fonty. Pro fungování aplikace však musí operační systém uživatele obsahovat .dll knihovny osg, které jsou k aplikaci přidány a patří také do struktury. Konkrétněji se má ale cenu zmínit jen o hlavních částech.

Hlavní části:

1. konfigurační soubor
2. úvodní menu
3. příklady

4.5.1 Konfigurační soubor

Soubor `osg.conf` slouží jako zdroj informací pro menu. Obsahuje cesty k obrázkům položek menu, k aplikacím jednotlivých příkladů a text, který k jednotlivým příkladům patří. Při každém spuštění aplikace je načten a - podle informací v něm obsažených - vytvořen obsah menu.

4.5.2 Menu

Menu programu slouží jako rozcestník. Právě zde si pedagog či student vybírá příklad, který chce demonstrovat či na který se chce podívat.

Zdrojový kód je obsažen v projektu `A_stereometrické_jevy.vcproj`. Tento projekt obsahuje soubor `menu.cpp`. Při spuštění spouštěcího souboru, který vznikne po úspěšné kompilaci a slinkování, dojde k načtení konfiguračního souboru, podle kterého dojde k vytvoření jednotlivých položek menu. Výhoda tohoto přístupu je ta, že při rozšiřování obsahu programu stačí přidat spouštěcí soubor nového příkladu k ostatním a přepsat konfigurační soubor. Tímto způsobem lze docházet k postupnému rozšiřování obsahu programu bez nutnosti celkové kompilace a následné instalace nové verze, podle potřeb a přání pedagogů.

Zdrojový kód menu má dvě třídy `PickHandler` a `Xample`. Třída `PickHandler` má na starosti události vyvolané myší na položky menu, to znamená události spojené s kliknutím na položku nebo přejetím kurzorem nad položkou. O události kliknutí se stará funkce `osg::string pick(float x, float y)`, která vrací název vybraného příkladu ke spuštění. Pro události kurzoru nad položkou slouží funkce `osg::string over(float x, float y)`, která vrací text s popisem příkladu. Třída `Xample` má na starost získání a uložení informací (textury, názvu příkladu, popisu obsahu) z konfiguračního souboru.

Dále zdrojový kód obsahuje několik funkcí, které mají na starosti vytvoření položek menu, jejich umístění a texturu, načtení konfiguračního souboru a textury, vytvoření nadpisu a jiné. Menu jako takové je vytvářeno funkcí `setupGraph()`, která používá `createTexturedCube(...)`, `getPATransformation(...)` a třídy `Xample`. Textovou část menu obstarává `createHUD(...)` a `HeadLine()`.

4.5.3 Příklady

Při vytváření příkladů jsem se rozhodl vytvářet každý příklad zvlášť. Zdrojové kódy jsou v projektech `A_pr`(číslo příkladu). Příklad je tvořen celkem deseti soubory, z toho jsou tři hlavičkové a sedm zdrojových. Programové části jako práce s barvou, textem, vytvoření bodů a těles, oken a kořenových uzlů jsou zpracovávány ve zdrojových souborech `colors.cpp`, `text.cpp`, `points.cpp`, `okna.cpp` a `roots.cpp`.

Všechny příklady mají společné soubory `roots.cpp`, `colors.cpp`, `main.cpp` a `okna.cpp`, protože ovlivňují celkový vzhled a funkčnost. Zbylé soubory `points.cpp`, `počet_bodu.cpp` a `text.cpp` tvoří konkrétní části pro jednotlivé příklady. Soubor `roots.cpp` obsahuje funkce pro vytvoření dvou uzlů typu `osg::Group` a přidání do nich barvy a geometrii pro vykreslení. Barvy jsou získány ze čtyřprvkového pole, které je vytvářeno funkcemi v souboru `colors.cpp` podle počtu bodů příkladu. Počet bodů, které je nutné pro jednotlivý příklad vykreslit, je zjišťován a ukládán funkcemi v souboru `počet_bodu.cpp`. Hlavním místem příkladu je soubor `points.cpp`, kde se nachází seznam bodů a následně z nich tvořená geometrie modelu. K nejdůležitějším bodům příkladu jsou přiřazena písmena a to funkcemi v souboru `text.cpp`, zde je také vytvořen nadpis pro příklad. Geometrie, barvy a text jsou přidány do root uzlů, které jsou předány do scény funkcí `okna(...)`, jejíž definice se nachází v souboru `okna.cpp`. Po sestavení a nastavení scény funkce `main()`, definovaná v `main.cpp`, provede vykreslení a zobrazení příkladu.

4.6 Závěr programování

V této kapitole jsem popsal mé seznámení s knihovnou OSG a její základy. Tato knihovna mi umožnila rozumnými prostředky naprogramovat 3D prostor a namodelované příklady stereometrických jevů a velkou měrou mi pomohla v celé mé práci. Po naučení se základů práce s tímto nástrojem, stanovení si požadavků a výběru vhodných a následně vymodelovaných příkladů jevů ze stereometrie, bylo možné výslednou aplikaci naprogramovat. V této kapitole jsem popsal postup od vytváření modelu jevu, až k jeho naprogramování, včetně popisu zdrojových souborů.

V další kapitole se budu věnovat výslednému vzhledu aplikace a popisu používání a možného využití.

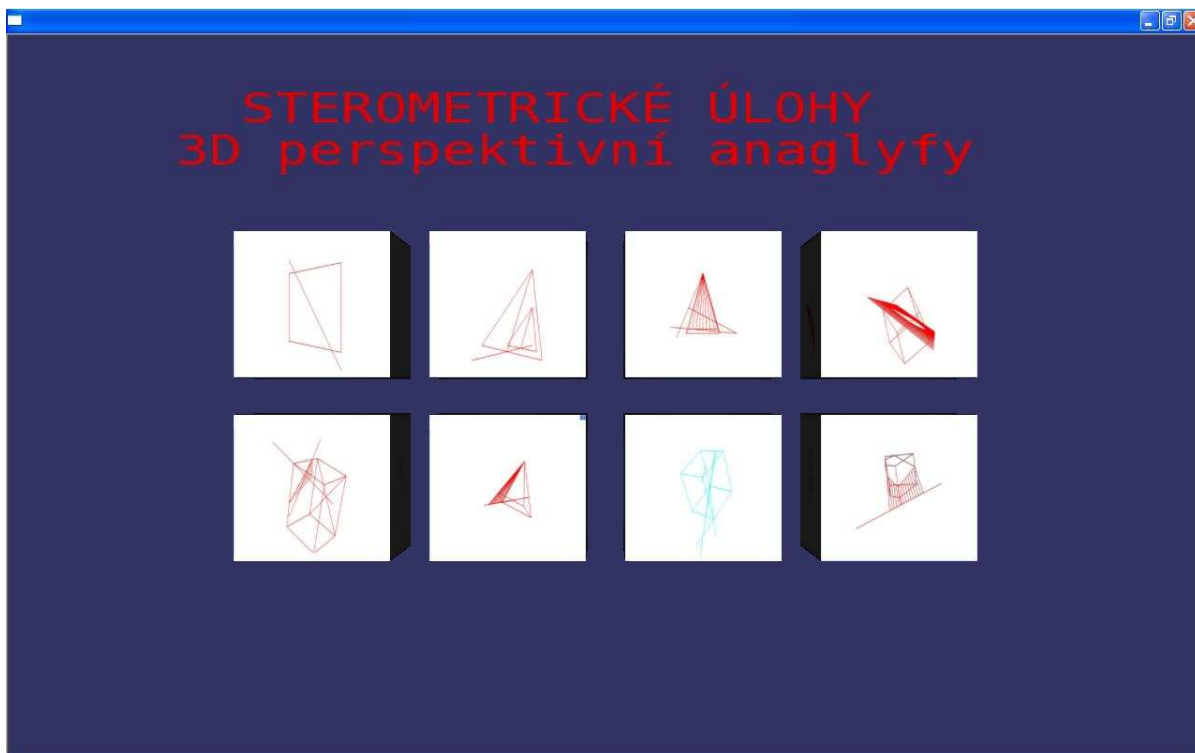
5 Použití

Hlavním tématem této kapitoly je popis ovládání a možností praktického použití výše popsané aplikace. Konkrétně se budu zabývat možnostmi jejího využití ve školství při výuce matematiky v oblasti stereometrie a deskriptivy.

5.1 Spuštění a ovládání

5.1.1 Menu

Aplikace se spustí standardním způsobem, tj. dvojitým poklikem myší na spouštěcí soubor jevy.exe. Pokud jsou k dispozici všechny potřebné knihovny a další náležitosti, objeví se základní menu aplikace.



Obrázek 25 – menu 1

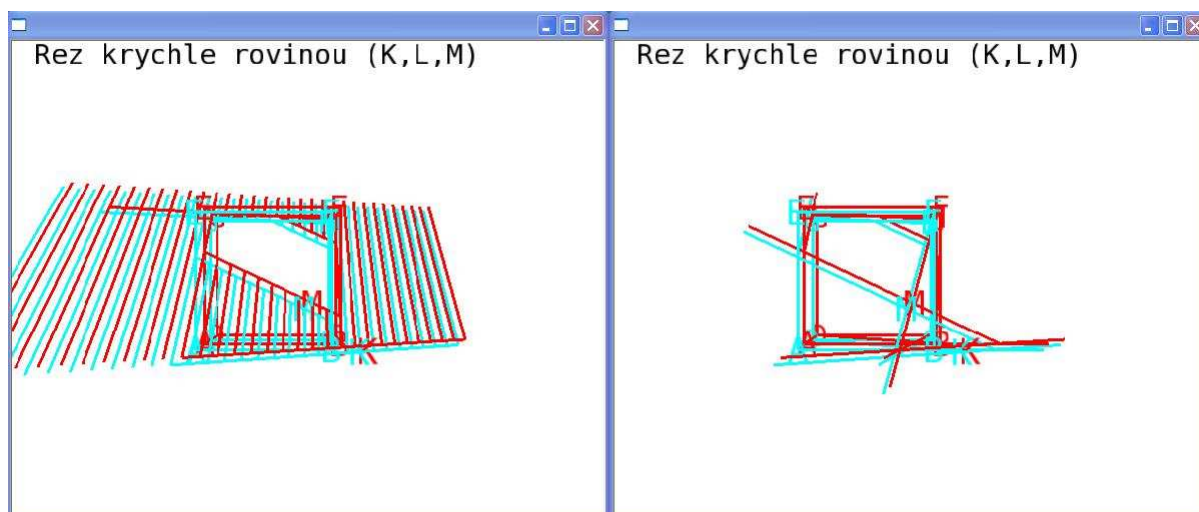
Z tohoto menu je možné vybírat a spouštět jednotlivé nabízené příklady kliknutím na některou z „krychlí“ se stereometrickým jevem. Jako malé zpestření pro zvětšení atraktivity je možné s celým menu otáčet. Do původní polohy se menu dostane pomocí stisknutí mezerníku a k ukončení dojde po stisknutí klávesy escape.



Obrázek 26 – menu 2

5.1.2 Příklady

K zobrazení příkladu dojde po jeho vybrání z menu. Příklad je tvořen dvěma okny obsahující zadání a model úlohy, přičemž velikost oken si může uživatel libovolně měnit podle možností svého monitoru.



Obrázek 27 – způsob zobrazení příkladů

V levém okně je vidět výsledné názorné řešení úlohy a v pravém jeho konstrukční řešení. Okna jsou vzájemně propojena a to znamená, že otáčením tělesa v jednom okně vyvolá stejné otočení i v okně druhém, což umožňuje dobrou orientaci mezi výsledkem a konstrukcí úlohy. Samotné otáčení obsahem oken je vyvoláváno pohybem myši se stisknutým levým tlačítkem. Pohyb myši se stisknutým pravým tlačítkem vyvolá přiblížení/oddálení obsahu. Zpět do původní polohy se provede po stisknutí mezerníku. Zobrazení příkladu se uzavře po stisknutí escape. Po dobu otevření oken je menu inaktivní, aby nedocházelo k odpoutávání pozornosti studentů.

5.2 Využití

Jedním z hlavních důvodů, proč jsem si vybral toto téma, bylo mimo jiné kromě toho, že mám kladný vztah k matematice jako takové, také to, že jsem viděl šanci, že bude výsledek mého úsilí použit reálně v praxi a že bude využíván minimálně ke zpestření výuky stereometrie a deskriptivní geometrie.

5.2.1 Využití ve stereometrii

Přepokládám, že právě v této oblasti bude mít má práce největší využití, protože stereometrie je ve školských osnovách a pro studenty, pro které je matematika jejich slabší stránkou, může být problémem. Ne každý člověk má hlavu na dokonalé prostorové vidění a já doufám, že těmto lidem má aplikace pomůže k prokouknutí do 3D světa zobrazovaném na 2D a zprostředkuje jeho lepší pochopení a tím třeba i vylepší vztah k matematice jako celku.

5.2.2 Využití v deskriptivě

Aplikace jistě najde své využití i v deskriptivní geometrii. Jelikož deskriptiva není na středních školách povinným předmětem, absolvují jej většinou lidé, kteří nemají s matematikou a prostorovým viděním problémy, a tudíž program bude fungovat spíše jako zpestření výuky mezi rýsováním.

6 Praxe

V této části je na výsledek mé práce uveden názor učitelky RNDr. Evy Davidové z Wichterlova gymnázia v Ostravě-Porubě.

„Jedním z podnětů vedoucích ke vzniku bakalářské práce p. Ondřeje Kroupy byla snaha o vytvoření pomůcky pro výuku stereometrie a deskriptivní geometrie na středních školách. Při svém studiu na gymnáziu p. Kroupa poznal, jak může používání běžných tištěných anaglyfů napomoci k rozvoji prostorové představivosti studenta. Seznámil se rovněž s anaglyfy publikovanými RNDr. Jiřím Kocourkem v projektu Elektronický učitel.

Nedostatkem obou způsobů – tištěných i elektronických anaglyfů – byla jednostrannost pohledu na předmětnou prostorovou situaci. A právě tento nedostatek se autor snaží odstranit ve své novátorské práci. Vybral si sadu osmi nejčastěji řešených stereometrických úloh a sestrojil pohyblivé perspektivní 3D anaglyfy zobrazující jejich řešení. Zvolil kombinaci zobrazení dvou stavů řešení úlohy – počátečního s nástínem řešení a závěrečného modelu zobrazujícího hotovou úlohu.

Soudím, že tato práce se může stát podkladem pro práci ve vyučovacích hodinách stereometrie a deskriptivní geometrie a pomoci tak studentům rozvíjet lépe prostorovou představivost a v důsledku toho i lépe pochopit probíranou látku. Anaglyfy lze v této podobě použít nejen k řešení polohových úloh, ale i jako podklad k diskusím o řešení úloh metrických.“

.....
RNDr. Eva Davidová

Zde bych chtěl ještě jednou této paní poděkovat za veškeré rady, připomínky a čas, věnovaný na pomoc s mou bakalářskou prací.

7 Závěr

Úkolem této práce bylo vytvoření moderní středoškolské pomůcky pro pomoc při vyučování stereometrických jevů. Vytvoření pomůcky, které pomůže žákům lépe proniknout do této problematiky a vyučujícím dá do ruky „zbraň“, kterou žáky zaujmou a zároveň je nikterak nezatíží složitým ovládáním.

Zadaný úkol jsem se snažil vypracovávat postupně od základů. Zjišťoval jsem, co by učitelé uvítali, oprášil jsem své znalosti o stereometrii z hodin matematiky a deskriptivy z gymnázia, po konzultacích vybral vhodný programovací jazyk a grafickou knihovnu a dal se do programování.

7.1 Přínos

Výsledná aplikace splňuje všechny základní požadavky, je velice jednoduše ovladatelná a přitažlivá. Aplikace obsahuje několik ukázkových stereometrických jevů zobrazených jako anaglyfy, které určitě studenty zaujmou. Do programu je možné v případě zájmu učitelů lehce přidávat další řešené příklady bez nutnosti nové instalace.

7.2 Chyby a vylepšení

Možnosti na další vývoj a vylepšování jsou zcela jistě široké. Jednou z možností by bylo vytvoření verze programu, ve které by bylo možné přímo vytvářet nové příklady. Dále se pak nabízí možnost měnit nastavení barev podle anaglyfických brýlí uživatele, případně možnost anaglyfické zobrazení zapínat a vypínat. Užitečná by mohla být také větší interakce uživatele s modely, tj. kromě otáčení, přibližování a oddalování, by zde byla možnost pohybovat s rovinami, přímkami, případně i s jednotlivými body. Upravit by se také jistě daly i anaglyfy, které se v určitých polohách při natáčení lehce „rozpadají“ a ruší tak prostorový vjem.

7.3 Shrnutí

Podle mého názoru se mi podařilo vytvořit aplikaci, která graficky znázorňuje stereometrické jevy a může se stát moderní učební pomůckou pro podporu výuky stereometrie a deskriptivy na středních školách. Protože je uživatelsky přívětivá a atraktivní, tak věřím, že by ji mohli využívat i učitelé, kteří doposud moderních technologií ve výuce nevyužívají a zpríjemnit tak práci sobě i studium žákům.

Literatura

- [1] RNDr., Pomykalová, E.: *Matematika pro gymnázia - Stereometrie*. Prometheus, Praha, 2003. ISBN 80-7196-178-7
- [2] Petáková, J.: *MATEMATIKA – příprava k maturitě a k přijímacím zkouškám na vysoké školy*. Prometheus, Praha, 2004. ISBN 80-7196-099-3
- [3] RNDr., Čermák, P., RNDr., Červinková, P.: *Odmaturuj z matematiky I*. Didaktis, Brno, 2004, ISBN 80-7358-014-4
- [4] Charakteristika předmětu matematika ve čtyřletém studiu a ve vyšším stupni osmiletého studia. [online], [květen 2009]. Dostupné na URL:< <http://www.rvp.cz/soubor/00840-m-liberec.pdf>>
- [5] Wikibooks: Promítání. [online], [květen 2009]. Dostupné na URL:< http://cs.wikibooks.org/wiki/Promítání#Perspektivn.C3.AD_prom.C3.ADt.C3.A1n.C3.AD>
- [6] OpenSceneGraph. [online], [květen 2009]. Dostupné na URL:< <http://www.openscenegraph.org>>
- [7] Nečasová, H. : *Dvojtředové promítání, anaglyfy*. [online], [květen 2009]. Dostupné na URL:< http://is.muni.cz/th/78316/prif_m/diplomka.pdf>
- [8] Doc. Peadr., Martišek, D.: *8. Stereometrie*. [online], [květen 2009]. Dostupné na URL:< <http://www.zam.fme.vutbr.cz/~martisek/Vyuka%5CPrij%5Cskripta8.pdf>>
- [9] Kocourek, J.: *Elektronický učitel*. [online], [květen 2009]. Dostupné na URL:< <http://www.eucitel.cz/>>

Internetové zdroje obrázků:

Webová stránka	datum stažení	číslo obrázku
http://www.3d-image.net/3D-images/3D-anaglyph-France-Sacre-Coeur-Basilica-Paris.png	15. května 2009	Obrázek 21

Seznam příloh

Příloha 1. Instalace aplikace

Příloha 2. Diagram tříd

Příloha 3. obsah CD

Příloha 4. Anaglyfické brýle

Příloha 1

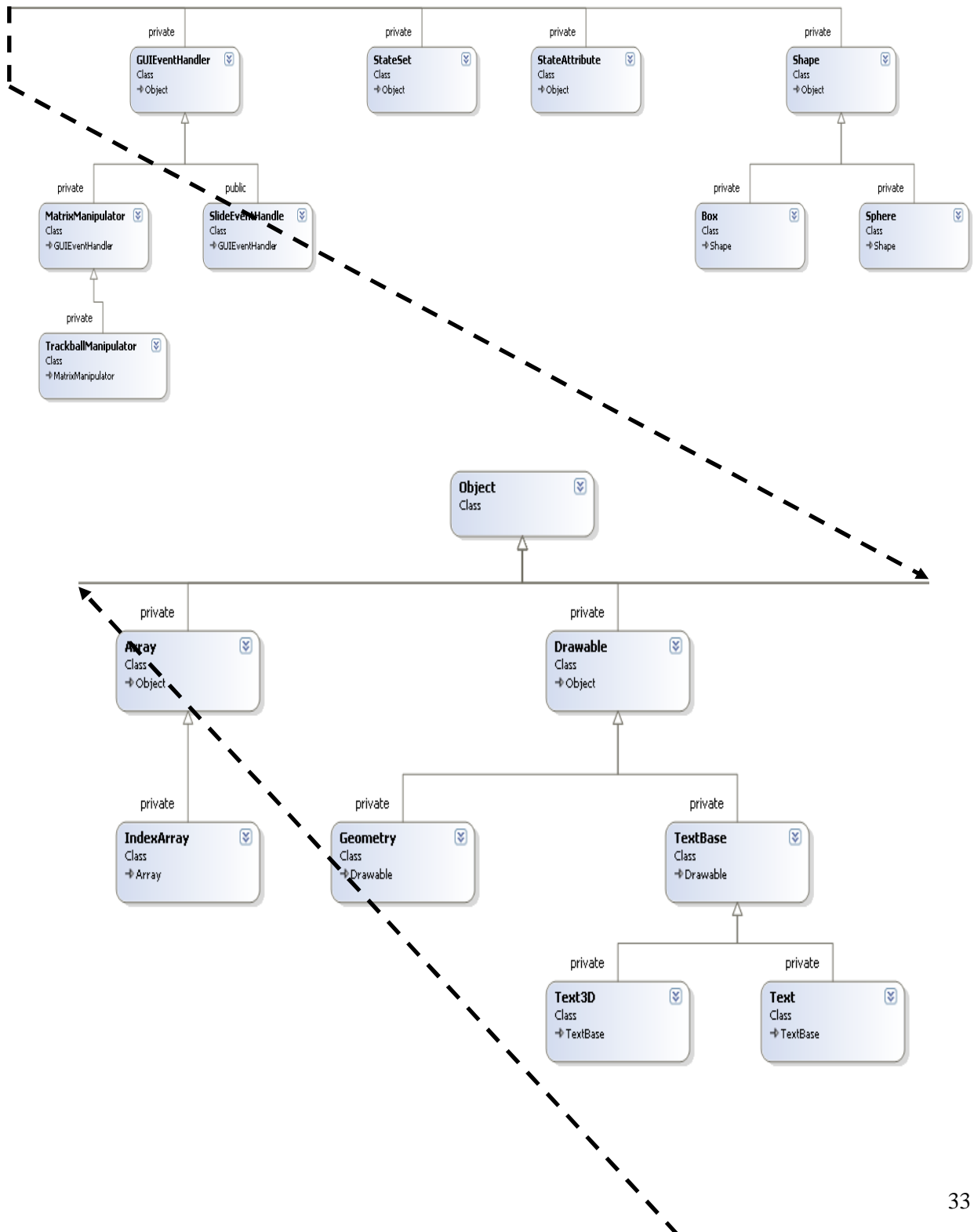
Instalace

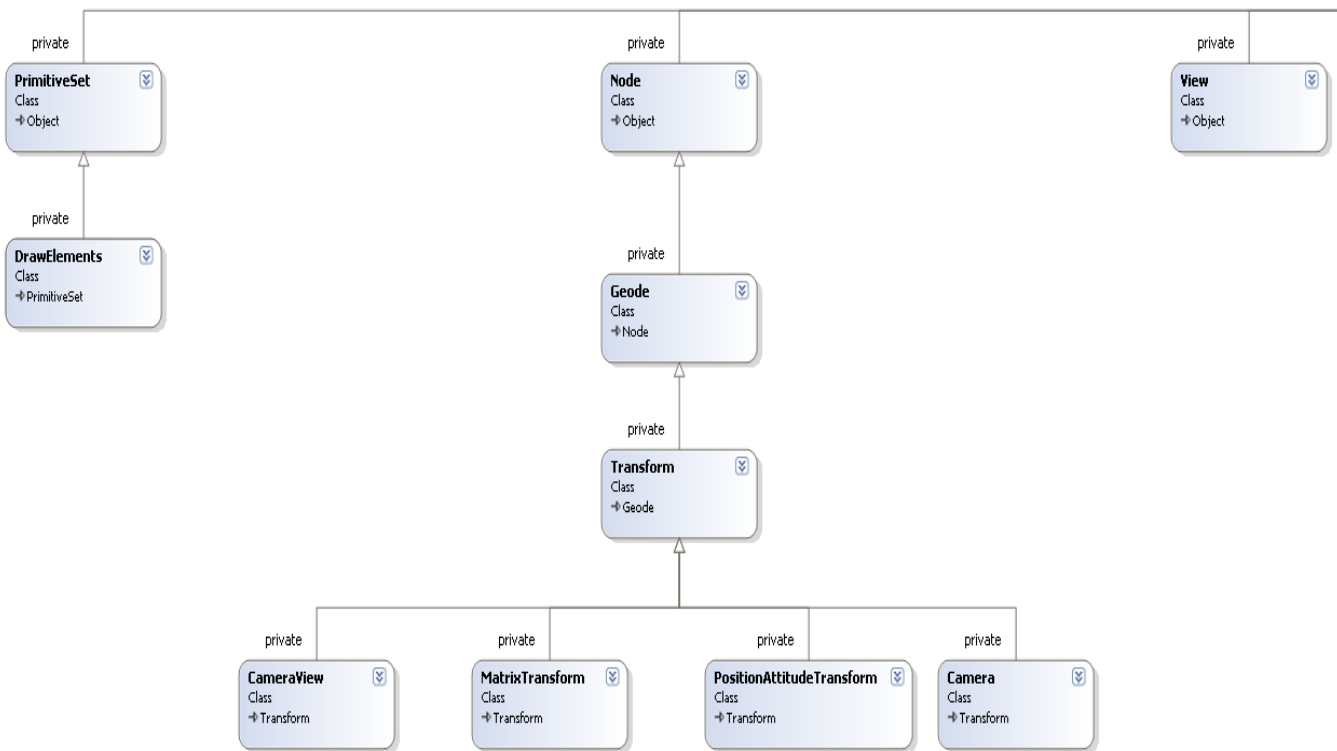
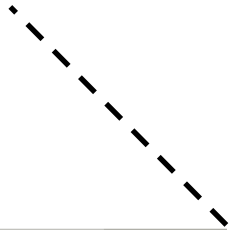
Zprovoznování aplikace by nemělo být nikterak náročné a v nejhorším případě s přístupem k internetu by se ke spuštění programu měl dopracovat každý. Postup je následující:

1. rozbalit soubor
2. najít spustitelný soubor jevy.exe a spustit, pokud se nepovede a operační systém zahlásí chybu v konfiguraci tak přejděte na bod 3
3. zadejte do vašeho vyhledávače adresu
<http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?familyid=A5C84275-3B97-4AB7-A40D-3802B2AF5FC2&displaylang=en>
4. soubor vcredist_x86.exe stáhněte a nainstalujte, nyní by mělo spuštění souboru jevy.exe proběhnout a otevřít okno s menu aplikace

Příloha 2

Diagram tříd





Příloha 2

Obsah CD

Přiložené CD obsahuje všechny zdrojové kódy, obrázky k aplikaci i soubor .sln pro Visual Studio 2008. Dále textovou část bakalářské práce ve formátu pdf.