

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA PEDAGOGICKÁ
KATEDRA VÝPOČETNÍ A DIDAKTICKÉ TECHNIKY

**MOŽNOSTI VYUŽITÍ VLASTNÍ APLIKACE PŘI VÝUCE
ASTRONOMIE**
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vojtěch Hála

Informatika se zaměřením na vzdělávání

Vedoucí práce: PhDr. Tomáš Přibáň, Ph.D.

Plzeň, 2017

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 29. června 2017

.....
vlastnoruční podpis

ZDE SE NACHÁZÍ ORIGINÁL ZADÁNÍ PRÁCE.

OBSAH

ÚVOD	2
1 STAROMĚSTSKÝ ORLOJ.....	3
1.1 ASTRONOMICKÝ CIFERNÍK.....	3
1.1.1 Objekty na ciferníku a jejich pohyb	4
2 APLIKACE ORLOJ.....	7
2.1 PROGRAMOVÉ PROSTŘEDÍ.....	7
2.2 SPUŠTĚNÍ APLIKACE	9
2.2.1 Android	9
2.2.2 Windows, Linux	9
2.3 POPIS OKNA APLIKACE	9
2.4 POUŽITÉ ALGORITMY	10
2.4.1 Astroláb	10
2.4.2 Ekliptika	11
2.4.3 Zeměpisné souřadnice.....	11
2.4.4 Interaktivita	11
2.5 VYUŽITÍ APLIKACE.....	12
2.5.1 Ve školní třídě.....	12
2.5.2 Při návštěvě orloje	12
2.5.3 V astronomickém kroužku.....	13
2.6 NÁMĚTY K VYLEPŠENÍ APLIKACE.....	13
ZÁVĚR.....	14
SEZNAM LITERATURY	15
SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ	16

Úvod

Výuka základních poznatků z oboru astronomie probíhá v České republice už na prvním stupni základní školy a pokračuje stále více do hloubky na všech dalších stupních školské soustavy. Mezi látku probíranou velmi brzy patří poznatek, že žijeme na kulaté planetě jménem Země, která se jednak otáčí kolem své osy a zároveň jako celek obíhá kolem své hvězdy – Slunce. Kolem Země obíhá kulový Měsíc, který je viditelný na obloze ve dne i v noci a jak jej hvězda osvětluje z různých směrů, pozorujeme jeho různé fáze – úplněk, nov, čtvrt. Všechny tyto skutečnosti jsou zobrazeny na astronomickém ciferníku Staroměstského orloje, který je silným historickým symbolem a ikonou hlavního města Prahy. Pro mnoho lidí, a pochopitelně i mnoho žáků základních i vyšších stupňů škol, je však astronomický ciferník těžko pochopitelný. Obsahuje mnoho symbolů a údajů, které dnes nejsou tak běžné jako ve středověku. Oproti trojrozměrnému vesmíru je ciferník plochý, takže není přímo zřejmá jeho souvislost s pohyby oblohy.

Tato práce nabízí pomoc při výuce uvedených poznatků. Téma orloje propojuje nebeskou mechaniku s národní historií a autor této práce se domnívá, že je vhodné je propojit i s moderními technologiemi. Interaktivní aplikace pro mobilní zařízení, která simuluje astronomický ciferník orloje, umožní ve zjednodušené formě vizualizovat denní a roční pohyby objektů na obloze a poskytne možnost vlastního experimentování, které na skutečném orloji není možné.

1 STAROMĚSTSKÝ ORLOJ

Pražské Staroměstské náměstí je místem, kde se odehrává společenský život už nejméně tisíc let. [Tiege] Bylo zde rušné středověké tržiště a v roce 1338 byla založena Staroměstská radnice, ke které později přibyla mohutná věž ve tvaru čtyřbokého hranolu. K jižní stěně této věže přiléhá stavba orloje. Důmyslný hodinový stroj s astronomickým ciferníkem vytvořil pravděpodobně roku 1410 hodinář jménem Mikuláš z Kadaně. Po více než 600 letech je nejlépe zachovaným středověkým orlojem na světě. V květnu 1945 při Pražském povstání byla Staroměstská radnice cílem dělostřelecké palby nacistů a hodinová věž kompletně vyhořela. Astronomický ciferník orloje byl zničen, ale původní mechanický stroj je přesto dodnes plně funkční a s restaurovaným ciferníkem nadále slouží svému účelu.

Orloj se stal symbolem celé Prahy a turisté tuto historickou památku navštěvují ve velkých počtech. Každou celou hodinu mohou sledovat představení, kdy se po stranách astronomického ciferníku spustí pohyb mechanických figurek označovaných jako Marnivec, Lakomec a Smrtka. Zároveň se za okénky nad ciferníkem postupně vystřídají dřevěné figury dvanácti Ježíšových učedníků a vše je zakončeno kokrháním mechanického kohouta. Toto vizuálně přitažlivé divadlo zřejmě poněkud odvádí pozornost od hlavní funkce orloje, totiž zobrazovat polohu a pohyb nebeských objektů. Ty se pohybují velmi pomalu, takže divák si tohoto pohybu nemusí být vědom. Věnuje-li orloji jen několik minut, vidí na ciferníku v podstatě statický obraz. Ukazatele ciferníku navíc nemusí být pro dnešního člověka příliš srozumitelné a přehledné. V důsledku toho dnes každý Pražan i turista zná orloj, ale málo kdo z nich mu rozumí a dokáže na něm odečíst alespoň údaj o aktuálním čase. Tato práce je zaměřena na astronomii, a proto se v ní nadále nebudeme zabývat ani mechanickými figurami, které původně na orloji nebyly, ani velkou kalendářní deskou od Josefa Mánesa z roku 1865, ale pouze hlavním astronomickým ciferníkem.

1.1 ASTRONOMICKÝ CIFERNÍK

Zobrazení na astronomickém ciferníku vychází ze středověkého astronomického a navigačního přístroje – *astrolábu*. Jeho funkce je podobná dodnes používaným otáčivým mapám hvězdné oblohy. Základem je kruhová deska, na které je zobrazena *stereografická projekce* nebeské klenby. [Wymarc] Místo trojrozměrného vesmírného prostoru si zjednodušeně představujeme skleněnou sféru o konečném avšak velmi velkém poloměru,

na které jsou umístěny hvězdy, Slunce, Měsíc a další zobrazované objekty. (Jejich skutečné vzdálenosti od Země nebyly ve středověku známé, proto se na orloji nemohou projevit.) Promítací plochou je rovina světového rovníku. Kolmo k této rovině míří zemská osa, která protíná nebeskou báň v bodech severního a jižního světového pólu. Stereografická projekce probíhá tak, že zobrazovaný bod klenby spojíme přímkou s pólem a obraz bodu leží v průsečíku tohoto paprsku s průmětnou, tedy rovinou rovníku. Klasický astroláb používá projekci z jižního pólu. Autor Staroměstského orloje však zvolil nestandardní projekci ze severního pólu. V důsledku této volby jednak většinu plochy zabírá denní část oblohy, jednak Slunce v létě opisuje na ciferníku výrazně větší kružnici než v zimě. To odpovídá lidské zkušenosti s pohybem Slunce po obloze, takže projekce ze severního pólu je názornější.

Z praktického hlediska důležitou vlastností stereografické projekce je, že kružnice na nebeské sféře, například ekliptika či obratníky, se zobrazí opět jako kružnice. Je tudíž možné je narýsovat jednoduše kružítkem, dokážeme-li správně určit střed a poloměr.

1.1.1 OBJEKTY NA CIFERNÍKU A JEJICH POHYB

Základem ciferníku je pevně umístěná kruhová deska a na ní tři soustředné kružnice vyznačené zlatě. Největší kružnice na obvodu desky představuje obratník raka a Slunce ji opisuje v den letního slunovratu. Prostřední kružnice je nebeský rovník a Slunce se po něm pohybuje ve dnech jarní a podzimní rovnodennosti. Nejmenší z těchto kružnic je obratník kozoroha, který Slunce opisuje při zimním slunovratu. Zde se projevuje výhoda stereografické projekce ze severního pólu – pohyb Slunce po ciferníku intuitivně odpovídá pohybu Slunce po nebi. Vnitřek obratníku kozoroha je na dnešním ciferníku vyplněn obrazem Země se stanovištěm pozorovatele uprostřed, avšak tento obraz je nezřetelný. Ve středu desky jsou na společné ose upevněny pohyblivé ručičky ciferníku a ekliptika.

Plocha desky je barevně rozdělena na tři hlavní oblasti – modrá denní, oranžová soumravná a černá noční. Hranici modré oblasti tvoří stereografická projekce horizontu určeného polohou pozorovatele na Zemi. Je-li Slunce v modré oblasti nad horizontem, je právě den. (Opět se projevuje vhodnost volby projekce ze severního pólu.) Je-li Slunce nízko pod horizontem, není ještě úplná tma ale pouze soumrak, což je na orloji vyznačeno oranžovou barvou. Černá plocha je astronomická noc, dostatečně temná na pozorování slabších objektů na obloze. (Ve středověku neexistoval problém světelného znečištění.)

V současné podobě ciferníku je oblast astronomické noci vyznačena správně, takže je vidět, že v období kolem letního slunovratu temná noc vůbec nenastává. V době před poslední rekonstrukcí byla v tomto smyslu na ciferníku chyba v projekci, kterou se podařilo odstranit díky pozornosti studenta Milana Patky. [Křížek]

Po obvodu hlavní desky jsou zlatými římskými číslicemi vyznačeny hodiny, které odpovídají současnému střeoevropskému času. Letní čas orloj nezohledňuje. Na římské číslice (a zároveň na čtyřadvacetník) ukazuje hlavní rafié v podobě zlaté ručičky se dvěma vztyčenými prsty. V nejvyšší poloze na ciferníku je číslo XII, které odpovídá poledni (Slunce je na poledníku). V nejnižší poloze je opět číslo XII představující půlnoc. Jedná se o tzv. *německé hodiny*, které u nás oficiálně zavedl císař Ferdinand I. v roce 1547 a dodnes toto dělení dne a číslování hodin považujeme za běžné.

Modrá denní oblast ciferníku je dále rozdělena zlatými oblouky, které spojují oba obratníky a protínají rovník. Tyto čáry jsou označené černými arabskými čísly od 1 do 12 a představují tzv. *nerovnoměrné planetní hodiny*. V tomto systému, který pochází až ze starověku, je den rozdělen na 12 hodin od východu do západu Slunce. Jelikož je ale v létě Slunce nad obzorem delší dobu než v zimě, jsou nestejně dlouhé i tyto hodiny. To je na ciferníku jasně patrné, když si uvědomíme, že Slunce se po něm pohybuje stálou úhlovou rychlostí. Z matematického hlediska křivky planetních hodin ve stereografické projekci nejsou přesné kružnice. V praktických konstrukcích se ale vždy aproximují kružnicemi a odchylka je zanedbatelná. Výrazně by se projevila pouze v případě, že bychom konstruovali ciferník orloje umístěného daleko na severu, blízko obratníku raka. Planetní hodiny jsou pražským unikátem, na jiných orlojích ve světě zobrazeny nejsou.

Okolo celého obratníku raka je na orloji černý prstenec se stylizovanými zlatými arabskými číslicemi, který se nazývá *čtyřadvacetník*. Je pohyblivý kolem středu ciferníku a hlavní ručička na něm ukazuje tzv. *staročeský čas*. V tomto systému je den rozdělen na 24 stejných hodin, avšak počátek dne není ani v poledne ani o půlnoci ale při západu Slunce. Čtyřadvacetník se proto musí mírně natáčet tak, aby číslo 24 bylo vždy na tom místě, kde Slunce daného dne zapadá. Jedná se o nejpomalejší pohyb na celém orloji.

Nad rovinou ciferníku se pohybuje kružnice zdobená znameními zvěrokruhu, která není soustředná s ciferníkem. Představuje projekci ekliptiky, tedy roviny, po níž Slunce obíhá okolo Země. (Se znalostí moderní fyziky bychom dnes spíše řekli, že Země obíhá v rovině

okolo Slunce. V 15. století však dominoval geocentrický názor, tedy že Země je středem vesmíru a Slunce, Měsíc, planety i hvězdy obíhají kolem ní.) Kružnice ekliptiky se jedním okrajem dotýká obratníku raka a na opačné straně se dotýká obratníku kozoroha. Zlatý ukazatel Slunce by měl být na této kružnici. V současnosti tomu tak není, Slunce je chybně umístěno blíže středu ciferníku, na vnitřním okraji ozdobného lemu ekliptiky. [Křížek] Tato chyba vznikla již v roce 1886 a dnes podle názoru památkářů není možné ji opravit. V důsledku toho orloj například špatně ukazuje, kdy Slunce vychází a zapadá. Kolem letního slunovratu je tato chyba značně velká, přibližně hodinu. Chceme-li určovat čas východu či západu správně, musíme Slunce pomyslně posunout podél jeho rafije na okraj ekliptiky. Slunce se po ekliptice pomalu posunuje, jeden oběh vykoná za rok. Během jednoho dne to znamená přibližně jeden stupeň, protože tropický rok má 365,24 dnů a plný úhel má 360 stupňů.

Na ciferníku můžeme dále nalézt *ukazatel hvězdného času*, malou zlatou šesticípou hvězdu, která ukazuje na římská čísla používaná zároveň pro německý čas. Hvězdný čas určuje natočení hvězdné oblohy v daném okamžiku. (Dnes bychom řekli natočení Země vzhledem ke vzdáleným hvězdám.) Mezi hvězdami má pevné postavení i ekliptika, a proto je s ní ukazatel hvězdného času fyzicky spojen. Jeho polohu určuje jarní bod, tedy místo, kde se Slunce nachází v okamžiku jarní rovnodennosti. Na orloji jej najdeme jako průsečík kružnice ekliptiky s kružnicí rovníku. Ze středu ciferníku vede do tohoto místa černá tyčka, na jejímž prodloužení je zlatá hvězda. Celá ekliptika i s tímto ukazatelem se otáčí kolem středu ciferníku tak, jak se otáčí Země. Jedna otáčka trvá jeden hvězdný den, tedy 23 hodin, 56 minut a 4 sekundy. Toto je nejvíce viditelný pohyb na ciferníku a společně s ukazatelem Slunce představuje střádání dnů a nocí.

Posledním ukazatelem na astronomickém ciferníku je *Měsíc* v podobě kovové kuličky. Pohybuje se po ekliptice podobně jako Slunce, avšak jinou rychlostí. Skutečný Měsíc neobíhá přesně ve stejné rovině jako Slunce, ale tato skutečnost je na orloji zanedbána. Kovová kulička Měsíce umožňuje zobrazit také měsíční fáze, protože z poloviny je natřena matnou černou barvou. Mechanismus skrytý v kuličce využívá gravitaci (závaží) a pohyb ekliptiky a otáčí kuličkou právě tak rychle, jak se střídají fáze Měsíce.

2 APLIKACE ORLOJ

Při pohledu na ciferník astronomického orloje vnímá divák téměř statický obraz, pohyby všech ukazatelů jsou velmi pomalé. Chceme-li názorně demonstrovat astronomii, která se na orloji odehrává, musíme pozorovateli umožnit vnímání těchto pohybů.

Můžeme například vytvořit fyzický model astrolábu orloje z kotoučů papíru, ze dřeva apod. Takový model má z didaktického hlediska výhodu, že si na něj žáci mohou fyzicky sáhnout a rozpohybovat jej. Nevýhodou ale je, že sám nedokáže ukazovat čas, neboť vytvořit k němu pohon by bylo extrémně náročné.

Jako další možnost se nabízí vytvoření počítačové animace, která pohyby ukáže, případně může mít formu výukového videa. To může být velmi názorné. Nevýhodou animací a videa je, že žáci je přijímají pouze pasivně, nikoli jako osobní prožitek. Animace neumožňuje vlastní zkoumání, žák nemůže pohyby ovlivnit.

Cílem této práce je tvorba interaktivní aplikace, která přinese zároveň výhody obou zmíněných přístupů. Počítačový program má přes operační systém přístup k přesnému času a může podle něj automaticky překreslovat ciferník. Zároveň však může mít interaktivní režim, kdy se pohyb orloje neřídí časem ale pokyny uživatele. K zadávání takových pokynů je vhodná buď počítačová myš, nebo interaktivní tabule ve třídě, nebo dotykový displej. Takové displeje jsou k dispozici na mobilních telefonech a tabletech, se kterými dnešní žáci obvykle mají zkušenost a v některých školách se přímo využívají ve výuce. Mobilní zařízení navíc obvykle obsahují lokátor systému GPS, takže program může znát vlastní zeměpisnou polohu a podle ní překreslí celý ciferník. Nic takového neumožňuje ani video ani fyzický hračkový model. Mají-li žáci vlastní tablet nebo chytrý mobilní telefon, mohou v případě zájmu pokračovat v experimentování i ve svém volném čase bez ohledu na učitele. A pokud se aplikace osvědčí, lze ji dát na internetu k dispozici nejširší veřejnosti, například včetně turistů, kteří přijíždějí do Prahy obdivovat orloj.

2.1 PROGRAMOVÉ PROSTŘEDÍ

Požadujeme, aby program fungoval na počítači typu PC a zároveň na mobilních zařízeních a to pokud možno beze změn ve zdrojovém kódu nebo jen s malými úpravami. Podle toho je třeba volit nástroje. Prvním je počítačový jazyk a s ohledem na zadání této práce se nabízí jazyky Java a Python.

Java dnes funguje na většině osobních počítačů se systémy Windows, Linux nebo macOS. Na mobilních zařízeních Apple se systémem iOS bude její použití obtížnější, nativním jazykem je zde Objective-C. Naopak na zařízeních se systémem Android je nativní speciální varianta jazyka Java.

Jazyk *Python* zatím není na mobilních platformách výrazně rozšířen, ale jeho možnosti se postupně stále zlepšují. Nevýhodou jazykového prostředí Pythonu je určitá roztříštěnost vývoje aplikací mezi verze Python 2 a Python 3, které nejsou vzájemně kompatibilní. Verze 3 je přirozeně vyspělejší a v současnosti doporučovaná, avšak ne všechny knihovny a nástroje Pythonu už byly aktualizovány. Do verze 2.7 jsou postupně backportovány některé funkčnosti Pythonu 3, takže pokud si je vývojář vědom rozdílů a dokáže se jim vyhýbat, je docela možné psát kód, který je kompatibilní s oběma variantami Pythonu. Z důvodu vlastního zájmu autora této práce o jazyk Python a související nástroje byla zvolena právě tato varianta, byť nemusí jít o nejjednodušší cestu.

Pro práci s grafickým prostředím, myší a interaktivním displejem se v Pythonu nabízí knihovna *Kivy*, která podporuje i multitouch aplikace (na ploše je v daném okamžiku více než jeden ukazatel, typicky například dva prsty). Nabízí vlastní sadu ovládacích prvků, *widgetů*, jejichž vzhled nemusí odpovídat standardnímu vzhledu aplikací na dané platformě. *Kivy* má také vlastní jednoduchý jazyk, ve kterém je možné stručně definovat strukturu *widgetů*, aniž bychom je museli explicitně tvořit v Pythonu. Kód aplikace pak sestává především z vlastní logiky programu a je poměrně přehledný. Knihovna *Kivy* je stále aktivně vyvíjena, takže v dohledné době nehrozí ztráta podpory.

Pro přístup ke komponentám mobilních zařízení, jako je GPS, používají aplikace rozhraní operačního systému, API. Každý operační systém však má jiné API a my chceme psát pokud možno jeden kód pro všechny systémy. V prostředí *Kivy* slouží k tomuto účelu wrapper zvaný *Plyer*. Z hlediska aplikace je to knihovna, která zpřístupňuje funkce systému transparentním jednotným rozhráním. Pokud na daném zařízení není požadovaná funkčnost k dispozici, například osobní počítač nemá GPS, knihovna to aplikaci standardním způsobem oznámí a umožní situaci vyřešit.

Zvolili jsme tedy sadu nástrojů: Python 2.7, *Kivy*, *Plyer*. Testování funkčnosti kódu aplikace probíhalo na platformách Linux, Windows a Android, avšak je teoreticky možné ji zprovoznit i na dalších systémech.

2.2 SPUŠTĚNÍ APLIKACE

Postup zprovoznění aplikace závisí na zvolené platformě.

2.2.1 ANDROID

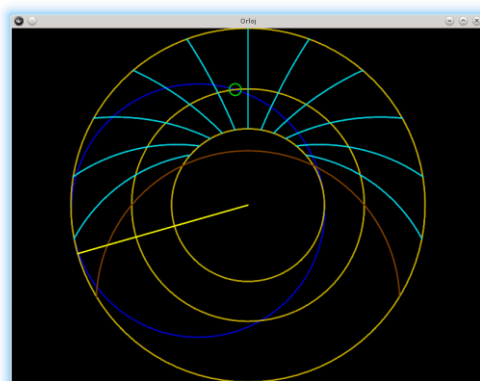
V digitální příloze této práce je soubor APK, který obsahuje zkompilevanou aplikaci připravenou k instalaci do systému mobilního telefonu či tabletu. Instalaci je však potřeba nejprve v administrátorském režimu povolit, neboť se jedná o „software třetích stran“.

Kompilace APK souboru ze zdrojových kódů je komplikovaná záležitost, kterou výrazně zjednodušuje skript *buildozer* vyvíjený zároveň s Kivy. Funguje pod operačním systémem Linux, má řadu závislostí, jeho instalace je náročná na čas i na diskový prostor. Následně je však možné aplikaci zkompilevat a zároveň nahrát do připojeného mobilního zařízení jediným příkazem. Tato sada nástrojů však zatím není plně kompatibilní s Pythonem 3, proto je aplikace Orloj vyvíjena ve verzi 2.7.

2.2.2 WINDOWS, LINUX

Na těchto platformách je před spuštěním Orloje nutné mít v systému instalován Python s knihovnamy Kivy a Plyer. Interpret Pythonu pak vykonává kód přímo ze zdrojového souboru `main.py`. Budoucí verze aplikace by mohly být distribuovány také jako samostatně spustitelný exe soubor, čehož lze dosáhnout pomocí programu `py2exe`.

2.3 POPIS OKNA APLIKACE



Obrázek 1 Okno aplikace Orloj v prostředí Linuxu

Po spuštění aplikace se zobrazí zjednodušený model astronomického ciferníku orloje. Cílem při tvorbě aplikace nebylo detailně graficky napodobit vzhled starého orloje, ale přehledně vyznačit všechny funkční prvky.

Vnější žlutá kružnice představuje obratník raka, vnitřní žlutá kružnice je obratník kozoroha. Prostřední žlutá kružnice je světový rovník, do jehož roviny se promítá celá obloha. Hnědou barvou je vyznačen oblouk roviny *horizontu*, kterým Slunce prochází při východu a při západu. Světle modrou barvou jsou vyznačeny křivky nestejných planetních hodin. Prostřední z nich je rovná úsečka, která je projekcí místního poledníku. Čáry planetních hodin vedou vždy od jednoho obratníku ke druhému. Všechny tyto prvky jsou na orloji nepohyblivé, avšak jejich podoba se vypočítává v závislosti na zeměpisné poloze orloje. Tu si aplikace buď zjistí z GPS anebo použije souřadnice pražského orloje.

Nad základní deskou ciferníku se pohybuje ekliptika, která je v aplikaci vyznačena tmavě modrou kružnicí. Ta se geometricky dotýká zároveň obou obratníků a dvakrát protíná rovník – jednou v jarním bodě a podruhé v podzimním bodě. Jarní bod je vyznačen zeleným kroužkem a představuje ukazatel *hvězdného času* (na skutečném orloji je zlatá hvězdička). Je vidět, že hvězdný čas v daném okamžiku určuje natočení celé ekliptiky.

Podél ekliptiky se během roku pohybuje Slunce. Jeho poloha na kružnici ekliptiky je tedy určena aktuálním datem. V aplikaci je ukazatelem Slunce rovná žlutá úsečka, která určuje aktuální *sluneční čas*. Slunce se nachází v průsečíku této úsečky s tmavomodrou kružnicí ekliptiky.

2.4 POUŽITÉ ALGORITMY

Tato sekce popisuje geometrické a astronomické výpočetní postupy, ze kterých vychází programový kód aplikace Orloj.

2.4.1 ASTROLÁB

Postup konstrukce základních prvků astrolábu nevychází přímo z algoritmů stereografické projekce, ale je převzat přímo z orlojní knihy ze 17. století *Sprawa o orlogi prasskem*. [Baudisch] Pro ilustraci uvádíme úryvek textu z tohoto návodu na výrobu vlastního astrolábu.

... A tu sobě znamenej punkt F, z něhož táhni linii do vrchního punktu D, kteráž ti lineam BC v punktu G secírovati bude. Do něhož a do centrum A vstav cirkl, udělej kolo, kteréž ti Circulum Æquinoctialem vyznamenávati, a též také Lineam Meridianam nahoře v punktu I a lineam AF v punktu H, secírovati bude. Vlož tehdy lineal na oba punkty H, I a táhni rovnau lineam a kde ti tu přiční linii BC secírovati bude, znamenej sobě punktem K. Do

něhož opět vstav jednu nohu cirkle a druhau do punktu A a udělej kolo, a to bude Tropicus Capricorni. ...

Označení pomocných konstrukčních bodů ve zdrojovém kódu aplikace odpovídá tomuto textu. Vyzkoušet si geometrickou konstrukci vlastníma rukama a vytvořit si astroláb z papíru je zajímavé cvičení a mohlo by být i součástí práce například v astronomickém kroužku.

Konstrukce oblouků planetních hodin je v textu popsána jako nalezení jejich průsečíků s obratníky a s rovníkem. Každý oblouk je tedy zadán třemi body, kterými má procházet. Takovou konstrukci kružnice nepodporují standardní grafické knihovny, a proto bylo třeba naprogramovat pomocnou funkci `arc()`, která ze tří zadaných bodů vypočítá střed kružnice, její poloměr a úhly vyznačující začátek a konec oblouku.

2.4.2 EKLIPTIKA

Kružnice ekliptiky se má na protějších stranách dotýkat kružnic obratníků. Její poloměr je proto aritmetickým průměrem poloměrů obou obratníků. Netriviální je určení polohy jejího středu, neboť ta je určena aktuálním hvězdným časem (sidereal time). Algoritmus pro výpočet hvězdného času je převzat z webových stránek Nebeská mechanika. [Sajri] Postup závisí na předchozím výpočtu juliánského data a ten je převzat z knihovny `jdutil.py`. [Duffet]

2.4.3 ZEMĚPISNÉ SOUŘADNICE

Práci se souřadnicemi obstarává komponenta `gps` z knihovny `plyer`. Nejprve se zaregistruje funkce `on_location`, která bude automaticky volána při každé změně souřadnic. Následně se spustí zjišťování polohy. Pokud na dané platformě není funkce lokace k dispozici, použije se defaultní hodnota souřadnic, která odpovídá poloze orloje na Staroměstském náměstí v Praze.

2.4.4 INTERAKTIVITA

Stav ciferníku orloje v daném okamžiku je určen v podstatě jen dvěma parametry: pořadovým číslem dne v roce a hvězdným časem. Interakce uživatele s aplikací pobíhá změnou těchto parametrů, čímž se vizualizují denní a roční pohyby na obloze. Chycením a tažením Slunce je možné jej posouvat podél ekliptiky, čímž se mění datum. Uživatel tak simuluje a vizualizuje roční pohyb Slunce po obloze. Zároveň se automaticky natáčí

čtyřicetník tak, aby údaj 24 h odpovídal okamžiku západu Slunce pro daný den. Chycením a tažením ekliptiky mimo oblast Slunce může uživatel otáčet ekliptiku kolem středu ciferníku. Tím je vizualizován denní pohyb nebeské sféry neboli otáčení Země kolem vlastní osy. Oba základní parametry, tedy datum a čas, jsou digitálně zobrazeny v rozích hlavní obrazovky. Tato textová pole jsou aktivní a jejich přepisem je možné zpětně ovlivnit ciferník.

{Pozn.: Interaktivní režim není v současné verzi aplikace funkční. Tato sekce popisuje plánovaný stav.}

2.5 VYUŽITÍ APLIKACE

V této kapitole uvádíme neuspořádaně náměty, jak by mohlo probíhat využití aplikace ve výuce astronomie.

2.5.1 VE ŠKOLNÍ TŘÍDĚ

Učitel se žáků zeptá, zda znají Staroměstský orloj a co o něm vědí. Například zda na něm umí zjistit, kolik je právě hodin. Nejčastěji zjistí, že děti orloj znají, ale nevyznají se v něm. Pak promítne na tabuli fotografii astronomického ciferníku a vyzve žáky, aby popsali, co na něm asi je. S pohledem na skutečný ciferník možná budou úspěšnější a budou přemýšlet, která z ručiček asi ukazuje čas. Učitel pak může popsat rozdělení plochy ciferníku a vysvětlit různé ukazatele času. Může zmínit, že začátek nového dne při západu Slunce souvisí v našich krajích s tradiční oslavou Vánoc a svatého Mikuláše v předvečer těchto svátků. Pak je vhodná chvíle na experimenty. Učitel spustí na interaktivní tabuli aplikaci Orloj a vyzve žáky, kteří mají k dispozici zařízení s Androidem, aby si jej také nainstalovali a spustili. Teď už se na ploše přibližně orientují a mohou začít zkoušet, s čím se v programu dá hýbat. Jeden ze žáků to provádí na tabuli. Nyní se projeví interaktivnost aplikace a žáci by měli bez pomoci učitele zjistit, co a jak se na orloji pohybuje a jak to souvisí s časem, se střídáním dne a noci a ročních období.

2.5.2 PŘI NÁVŠTĚVĚ ORLOJE

Turista, skupina turistů či školní třída na výletě si prohlídí orloj a zrovna není celá hodina, takže se na něm viditelně nic nehýbe. Průvodce může nabídnout majitelům zařízení s Androidem aplikaci Orloj, která jim pomůže s pochopením dějů na astronomickém ciferníku. Na displeji není tak krásný jako ve skutečnosti, ale zato se na něj dá sahat,

pohybovat jím, měnit datum, vizualizovat roční a denní pohyby na ciferníku. Při posunu Slunce na ekliptice je vidět i pohyb čtyřadvacetníku, který je jinak extrémně pomalý.

2.5.3 V ASTRONOMICKÉM KROUŽKU

Vedoucí kroužku učí žáky používat otáčivou mapu hvězdné oblohy. Ukáže jim fotografie středověkých astrolábů a vysvětlí, že jejich základní funkce je velmi podobná. Pak ukáže Staroměstský orloj a upozorní, že jde opět o modifikovaný astroláb. Může vysvětlit různé systémy měření času. Má-li k dispozici interaktivní tabuli, spustí na ní aplikaci Orloj a vyzve žáky vybavené tablety či chytrými telefony, aby si ji taky spustili. Nyní mohou experimentovat s otáčením virtuálního orloje, které odpovídá rotaci Země kolem osy, a s ročním pohybem Slunce po ekliptice. Aplikace tak doplňuje výklad a použití jiných pomůcek. Je-li dostatek času, mohou se účastníci ještě pustit do výroby vlastního astrolábu z papíru pomocí popisu z orlojní knihy. [Baudisch]

2.6 NÁMĚTY K VYLEPŠENÍ APLIKACE

Aplikace v současné podobě není dokončená a očekává se její další vývoj. Například podél ekliptiky by mohly být rozmístěny symboly zodiakálních znamení podobně jako na reálném orloji. V Pythonu je to možné implementovat s využitím Unicode a vhodného fontu, ale výpočet polohy a natočení jednotlivých značek je netriviální. Nabízí se i přidání značek pro hodiny německé a planetní, avšak hrozí přílišné zaplnění plochy symboly a ztráta přehlednosti, zejména na malých displejích mobilních telefonů.

Současná verze Orloje nemá čtyřadvacetník. Geometricky je jednoduchý, je to pouze prstenec s čísly kolem obratníku raka. Jeho natočení však závisí na výpočtu okamžiku západu Slunce pro daný den v roce.

Současná verze Orloje nemá Měsíc. Jeho pohyb je výrazně komplikovanější než u jiných prvků, protože měsíční cyklus je každý rok jiný. Tím v programu přibývá letopočet jako další parametr pro výpočty. Pro daný letopočet je nutné zjistit efemeridy Měsíce, což není jednoduše implementovatelné.

Z hlediska uživatelského komfortu by dále bylo vhodné doplnit přímo do programu tlačítko pro nápovědu a také menu s možností ručního zadání souřadnic.

ZÁVĚR

Podařilo se implementovat aplikaci Orloj pro různé platformy PC i mobilních zařízení, která přehledně zobrazuje základní prvky ciferníku Staroměstského orloje. V práci uvádíme možná využití této aplikace ve školách různých stupňů, v zájmových kroužcích, ba dokonce v cestovním ruchu. Vývoj aplikace by se však neměl zastavit, proto uvádíme také řadu námětů na budoucí zlepšení. Až bude aplikace dostatečně vyspělá, bylo by možné ji nabízet i v oficiálním obchodě Google Play, který je standardním úložištěm aplikací pro Android.

SEZNAM LITERATURY

SCHILDT, Herbert. Mistrovství – Java. Brno: Computer Press, 2014. 1. vyd. 1224 s. Mistrovství. ISBN 978-80-251-4145-8.

MORRISON, James E.. The astrolabe. Rehoboth Beach, DE:Janus, 2007. ISBN 9780939320301.

PILGRIM, Mark. Ponořme se do Python(u) 3: Dive into Python 3. Praha: CZ.NIC, 2010. 430 s. CZ.NIC ISBN 978-80-904248-2-1.

PHILLIPS, Dusty. Creating apps in Kivy. Xi, 124 pages. ISBN 1491946679.

KŘÍŽEK, Michal Prof. RNDr. Dr.Sc. Jaká matematika se ukrývá v pražském orloji? Týden vědy a techniky 2015; Dostupné z: <http://www.tydenvedy.cz/festival/festival-online/vidoa/141103-jaka-matematika-se-ukryva-v-prazskem-orloji.html>

TEIGE, Josef. Staroměstský rynek v Praze, 1908, Cit: 29.6.2017 Dostupné z: <http://kramerius.mlp.cz/kramerius/MShowMonograph.do?id=843>

WYMAR, Richard. The Astrolabe in Theory and Practice Version 4, 2011, Cit: 29. 6. 2017 Dostupné z: [http://Fastrolabeproject.com/downloads/Astrolabe in Theory and Practice Version 4.pdf](http://Fastrolabeproject.com/downloads/Astrolabe_in_Theory_and_Practice_Version_4.pdf)

KŘÍŽEK, Michal, Jakub ŠOLC a Alena ŠOLCOVÁ. Pražský orloj a stereografická projekce. *Matematika, fyzika, informatika : časopis pro výuku na základních a středních školách*. Praha: Prometheus, 2008, 17(3), 129-139. ISSN 1210-1761.

BAUDISCH, Pavel. Astrolabium parvum aneb malý astroláb z orlojní knihy, Cit: 29. 6. 2017 Dostupné z: http://www.orloj.eu/cs/astrolabium_parvum.htm

SAJRI. Nebeská mechanika, 2001, Cit: 29. 6 2017 Dostupné z: <http://nebmech.astronomy.cz/POJMY/pojmy.htm#hvezcas>

DUFFET-SMITH, ZWART. Algorithm from 'Practical Astronomy with your Calculator or Spreadsheet', 4th ed., 2011. Cit: 29. 6. 2017 Dostupné z: <https://gist.github.com/jiffyclub/1294443>

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ

Obrázek 2 Okno aplikace Orloj v prostředí Linuxu

str. 9