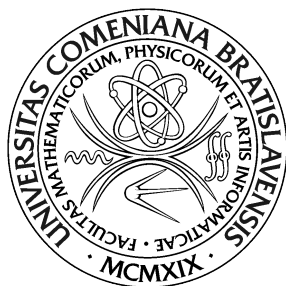


UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE  
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY



VÝVOJ SOFTVÉRU NA PLÁNOVANIE  
KOZMICKÉHO ODPADU POZOROVANÉHO  
JEDNÝM A VIACERÝMI SENZORMI

Diplomová práca

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE  
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY



# VÝVOJ SOFTVÉRU NA PLÁNOVANIE KOZMICKÉHO ODPADU POZOROVANÉHO JEDNÝM A VIACERÝMI SENZORM

Diplomová práca

Študijný program: Aplikovaná informatika  
Študijný odbor: 2511 Aplikovaná informatika  
Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej informatiky  
Školiteľ: Mgr. Jiří Šilha, PhD  
Konzultant: prof. RNDr. Roman Ďurikovič, PhD

Bratislava, 2020

Bc. Rastislav Stankovič



Univerzita Komenského v Bratislave  
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky



18579324

## ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

**Meno a priezvisko študenta:** Rastislav Stankovič  
**Študijný program:** aplikovaná informatika (Jednoodborové štúdium, magisterský II. st., denná forma)  
**Študijný odbor:** informatika  
**Typ záverečnej práce:** diplomová  
**Jazyk záverečnej práce:** anglický  
**Sekundárny jazyk:** slovenský

**Názov:** Development of scheduling software for the space debris observations assuming single and multiple sensors  
*Vývoj softvéru na plánovanie kozmického odpadu pozorovaného jedným a viacerými senzormi*

**Anotácia:** Už tri roky beží na Astronomickom a geofyzikálnom observatóriu v Modre (AGO), FMFI UK program pozorování kozmického odpadu pomocou 0,7-metrového ďalekohľadu typu Newton (AGO70). Hlavným pozorovacím programom nového systému sú astronomické pozorovania objektov kozmického odpadu ako nefunkčné satelity, nosné rakety, či úlomky satelitov. Okrem hlavného programu ďalekohľadu tiež pokrýva projekty venujúce sa pozorovania malých objektov slnečnej sústavy (napr. asteroidy a kométy) a premenných hviezd. Od inštalácie systému v roku 2016 sa uskutočnilo niekoľko vývojov na ďalekohľade za účelom jeho spozajzdnenia ako napr. prepojenie s kontrolnou jednotkou montáže, automatizácie kupoly, získavania a spracovania obrazu, atď. V súčasnosti všetko plánovanie pozorování na AGO70 je uskutočnené pozorovateľom za pomoci program SatEph, ktorý slúži na výpočet efemeríd satelitov. Jedná sa o program vyvinutý na Oddelení Astronómie a Astrofyziky. V súčasnosti užívateľ komunikuje so systémom riadenia ďalekohľadu cez tzv. low-level telescope control (LLTC) vyvinutý na FMFI UK. Tento systém je zodpovedný za komunikáciu so všetkými dôležitými sub-systémami cez textový súbor s príkazmi. Súčasný systém neumožňuje komfortné a bezpečné ovládanie ďalekohľadu počas pozorování. Z toho dôvodu je nevyhnuté vytvoriť nadstavbu na LLTC v podobe GUI, čo je hlavná úloha zadanej práce.

Hlavnou úlohou kandidáta (-tky) bude vyvinutie plánovacieho program pre ďalekohľad AGO70. Tento softvér bude musieť plánovať objekty podľa ich priorit, typu a dôležitosti. V blízkej budúcnosti sa očakáva, že AGO bude mať viacero nových systémov a preto by vyvinutý softvér mal byť schopný optimalizovať pozorovania pomocou niekoľkých ďalekohľadov naraz. Navrhnutý program musí byť testovaný voči program SatEph. Poslednou úlohou práce bude vyvinúť GUI pre kontrolu ďalekohľadu, ktorý bude musieť byť prepojený s plánovacím programom.

**Cieľ:** Vývoj softvéru na plánovanie a optimalizovanie pozorování kozmického odpadu,



Univerzita Komenského v Bratislave  
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky



vylepšenie existujúceho plánovacieho programu a vývoj GUI pre kontrolný systém ďalekohľadu.

- Literatúra:** Cardona, T., Curianò, F., Piergentili, F. et al., Scheduling Solution for Space Debris Observations, Adv. Astronaut. Sci. Technol. (2018) 1: 45. <https://doi.org/10.1007/s42423-018-0015-3>.  
Bialkowski, A., Duzniak, P., Baksalary, J., et al., Scheduling and Commanding Message Standard usage in telescope tasking activities for NEO and SST, Proceedings of the 1 st NEO and Debris Detection Conference, Darmstadt, Germany, 2019.  
Siminski, J., Sessler, G., Flohrer, T., Schedule optimisation algorithm for tracking sensors, Proceedings of the 1 st NEO and Debris Detection Conference, Darmstadt, Germany, 2019.

**Vedúci:** Mgr. Jiří Šilha, PhD.  
**Konzultant:** prof. RNDr. Roman Ďurikovič, PhD.  
**Katedra:** FMFI.KAI - Katedra aplikovanej informatiky  
**Vedúci katedry:** prof. Ing. Igor Farkaš, Dr.

**Spôsob sprístupnenia elektronickej verzie práce:**  
bez obmedzenia

**Dátum zadania:** 14.10.2019

**Dátum schválenia:** 14.10.2019

prof. RNDr. Roman Ďurikovič, PhD.  
garant študijného programu

.....  
študent

.....  
vedúci práce

Čestne prehlasujem, že som diplomovú prácu s názvom : Vývoj softvéru na plánovanie kozmického odpadu pozorovaného jedným a viacerými senzormi-  
vypracoval samostatne pod vedením môjho školiťa a že som uviedol všetku  
použitú literatúru.

Bratislava, 2020

.....

Bc. Rastislav Stankovič

# Pod'akovanie

# Abstrakt

Táto diplomová práca sa zameriava na vytvorenie softvéru na plánovanie a optimalizovanie pozorovaní kozmického odpadu ako nefunkčných satelitov alebo ich úlomkov či nosných rakiet ďalekohľadmi AGO70 a inými súčasne, a následné vytváranie plánov budúcich pozorovaní. Jedná sa o nadstavbu existujúceho programu SatEph, ktorý nevyhovuje komfortným a bezpečným požiadavkám pre ovládanie. Hlavnou úlohou vytváraného softvéru je plánovať objekty podľa ich priorít, typu a dôležitosti v plánovacej časti programu za použitia ako sekvenčného, tak aj z časti prioritizovaného plánovania, ktorá je prepojená s GUI pre kontrolu ďalekohľadu používateľom softvéru. Priebeh testovania pred nasadením softvéru je uskutočnený vo vytvorenom emulátore, ktorý zahŕňa všetky funkcionality ďalekohľadov. Cieľom tejto diplomovej práce je vytvorenie funkčného softvéru, ktorého ovládanie je bezpečné a komfortné pre používateľa a ktorý správne vyhodnotí plánovacie aktivity pre ďalekohľady.

Kľúčové slová: Plánovanie, vesmírny odpad, pozorovanie

# Abstract

This master thesis focuses on the creation of software for planning and optimizing observations of space debris as non-functional satellites or their fragments or launch vehicles with AGO70 telescopes and others at the same time, and the subsequent creation of plans for future observations. It is an extension of the existing SatEph program, which does not meet the comfortable and safe requirements for control. The main task of the created software is to plan objects according to their priorities, type and importance in the planning part of the program using both sequential and part of prioritized planning, which is connected to the GUI for telescope control by software users. The testing process before software deployment is performed in the created emulator, which includes all the functionalities of the binoculars. The aim of this thesis is to create functional software, the control of which is safe and comfortable for the user and which correctly evaluates the planning activities for binoculars.

Keywords: scheduling,space debris,observation



# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Motivácia</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Prehľad problematiky</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Sumarizácia požiadaviek a možných riešení</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Návrh riešenia</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>Implementácia</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>Dosiahnuté výsledky</b>	<b>7</b>
<b>8</b>	<b>Záver</b>	<b>8</b>

# Kapitola 1

## Úvod

# Kapitola 2

## Motivácia

## Kapitola 3

### Prehľad problematiky

## Kapitola 4

### Sumarizácia požiadaviek a možných riešení

## Kapitola 5

### Návrh riešenia

## Kapitola 6

### Implementácia

## Kapitola 7

### Dosiahnuté výsledky



## Kapitola 8

## Záver

# Literatúra

- [BDSR<sup>+</sup>] Artur Białkowski, Piotr Dużniak, Toni Santana-Ros, Andrzej Adamczyk, Grzegorz Taberski, Karolina Pieniowska, Joanna Bak-salary, Rafał Renk, Julia Matysiak, Tomasz Kwiatkowski, et al. Scheduling and commanding message standard usage in telescope tasking activities for neo and sst; supporting preparation of the observation plans according to standard via noas scm editor. 1.
- [CCC<sup>+</sup>19] Tommaso Cardona, Federico Curianò, Marco Castronuovo, Fabrizio Piergentili, Fabio Santoni, Patrick Seitzer, Germano Bianchi, Marco Acernese, Paolo Marzioli, Leonardo Parisi, et al. Optimal scheduling solution for sapienza optical network for space debris monitoring. 2019.
- [CCP<sup>+</sup>18] Tommaso Cardona, Federico Curianò, Fabrizio Piergentili, Fabio Santoni, and Marco Castronuovo. Scheduling solution for space debris observations. *Advances in Astronautics Science and Technology*, 1(1):45–56, 2018.
- [MTS<sup>+</sup>18] Brett M. Morris, Erik Tollerud, Brigitta Sipőcz, Christoph Deil, Stephanie T. Douglas, Jazmin Berlanga Medina, Karl Vyhmeister, Toby R. Smith, Stuart Littlefair, Adrian M. Price-Whelan, Wilfred T. Gee, and Eric Jeschke. astroplan: An open source ob-

servation planning package in python. *The Astronomical Journal*, 155(3):128, feb 2018.

[Sat] Sateph User's manual. `chrome-extension://oemmnxcbldboiebfnladdacbfmadadm/https://dai.fmph.uniba.sk/upload/7/71/Silha.pdf`. Navštívené: 10. máj 2020.

## Zoznam obrázkov