

Paweł DĘBSKI<sup>1</sup>, Andrzej KOŹMIC<sup>2</sup>

Opiekun naukowy: Sławomir HERMA<sup>3</sup>

## **AUTOSCOPE PD - SYSTEM AUTOMATYCZNEGO STEROWANIA REFRAKTOREM W OPARCIU O ARDUINO UNO**

AutoScope PD znacząco udoskonala jakość obserwacji obiektów astronomicznych, dzięki zastosowaniu kamery bluetooth oraz automatycznego sterowania i namierzania planet z poziomu smartfona. Elementy konstrukcji wykonane w technologii druku 3D umożliwiają nieskomplikowaną modyfikację używanych teleskopów na szeroką skalę. AutoScope PD ułatwia rozpowszechnianie automatycznych teleskopów wykorzystujących najnowocześniejsze technologie w polskich szkołach i uczelniach.

## **AUTOSCOPE PD - AUTOMATIC TELESCOPE CONTROL SYSTEM BASED ON ARDUINO UNO**

AutoScope PD significantly improves the observation quality of celestial bodies, thanks to the bluetooth camera and wireless control via smartphone. Construction elements created using 3D printing technology enable uncomplicated modification of used telescope. AutoScope PD facilitates the distribution of automated telescopes using cutting-edge technology in schools and universities worldwide.

### **1. Informacje ogólne dotyczące projektu**

#### **1.1. Co to jest AutoScope PD?**

Wykonany automatyczny teleskop umożliwia śledzenie ciał niebieskich oraz namierzanie planet układu słonecznego za pomocą aplikacji na smartfonie. Bazujący na Arduino Uno układ sterujący teleskopem daje również możliwość obserwacji, fotografowania i nagrywania obiektów kosmicznych widzianych przez refraktor przy użyciu komputera lub smartfona.

---

<sup>1</sup> V Liceum Ogólnokształcące w Bielsku-Białej, [debskip05a@lo5.bielsko.pl](mailto:debskip05a@lo5.bielsko.pl)

<sup>2</sup> mgr, V Liceum Ogólnokształcące w Bielsku-Białej, [andrzej.kozmic@lo5.bielsko.pl](mailto:andrzej.kozmic@lo5.bielsko.pl)

<sup>3</sup> dr inż., Uniwersytet Białsko-Bielski, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki  
[sherma@ubb.edu.pl](mailto:sherma@ubb.edu.pl)



*Zdjęcie 1. System automatycznego sterowania teleskopem - całość*

Urządzenie bazuje na ręcznie sterowanym teleskopie Optisan Star, który został zmodyfikowany za pomocą elementów wydrukowanych na drukarce 3D oraz programowalnego układu sterującego [3].

### **1.2. Dlaczego warto zainteresować się AutoScope PD?**

Projekt jest indywidualny i jedyny w swoim rodzaju. Zmodyfikowano ręcznie sterowany teleskop na jego automatyczną wersję w taki sposób, aby można było go rozpowszechnić na rynku. Projekt wyróżnia się sposobem doboru elementów systemu automatycznego sterowania teleskopem i wizualizacją obserwowanych obiektów.



*Zdjęcie 2. Menu interfejsu - wyświetlacz LCD*

Znacznie mniejszym kosztem, w porównaniu do urządzeń dostępnych w sklepach, można korzystać z teleskopu, który znacząco nie odbiega od urządzeń profesjonalnych [2].

### 1.3. Cel projektu

Najważniejszym celem projektu jest wykorzystanie zestawu modyfikującego używane teleskopy sterowane ręcznie na urządzenia automatyczne dla dobra środowiska naturalnego. Elementy wydrukowane w 3D oraz cały układ elektroniczny zostały zaprojektowane tak, aby każdy obserwator mógł zamontować je na swój własny teleskop.



*Zdjęcie 3. Uchwyt mocujący jednostkę sterującą Arduino Uno*

Możliwość druku 3D sprawiają, że elementy te mogą zostać wyprodukowane w setkach jednakowych kopii niewielkim kosztem finansowym i ekologicznym. Pozytywnie wpłynie to na dostępność nowoczesnej technologii i zwiększenie komfortu podczas obserwacji ciał niebieskich.

## 2. Szczegółowy opis urządzenia

### 2.1. Rodzaje zasilania

Skonstruowany automatyczny refraktor umożliwia obserwację planet, galaktyk i mgławic kosmicznych korzystając z najnowocześniejszych technologii. Całe urządzenie może być zasilane w wybrany przez użytkownika sposób. Istnieje możliwość podłączenia teleskopu do gniazda zasilającego oraz, jeśli nie ma dostępu do zasilania, teleskop może korzystać z akumulatora litowo-polimerowego.

## 2.2 Jednostka sterująca Arduino Uno

Jednostką zarządzającą wszystkimi komponentami jest obecnie Arduino Uno R3, które zostało zaprogramowane w języku Arduino Programming Language umożliwiając dokładne sterowanie silnikami krokowymi oraz szybką komunikację pomiędzy komponentami układu.

## 2.3. Funkcje urządzenia

Podstawową funkcją refraktora jest automatyczne pozycjonowanie lunety w kierunku wybranym przez obserwatora. W zależności od trybu jeden ruch urządzenia po wybranej osi przesuwa go o 10 minut kątowych (tryb wolny i szybki) lub 5 minut kątowych (tryb precyzyjny).



*Zdjęcie 4. Mocowanie silnika krokowego- oś deklinacji*

Luneta wraz z okulem jest poruszana w momencie dotknięcia odpowiedniego przycisku w aplikacji na ekranie smartfona. Najważniejszą funkcją AutoScope PD jest automatyczne namierzenie teleskopu na planety Układu Słonecznego. Opcja ta umożliwia w prosty sposób odnaleźć i zidentyfikować planetę, w celu jej późniejszej obserwacji. Wszystkie informacje wyświetlane są na wbudowanym w urządzenie wyświetlaczu LCD o wysokiej rozdzielczości. Interfejs systemu został napisany w języku angielskim, aby łatwo można było rozpowszechnić projekt na rynkach zagranicznych. Ważnym aspektem projektu interfejsu użytkownika była również prostota jego obsługi. Podczas sterowania teleskopem za pomocą aplikacji na smartfonie, na ekranie LCD wyświetlane jest położenie lunety w stopniach i minutach kątowych. Refraktor został również wyposażony w funkcję powrotu do pozycji początkowej, która umożliwia zachowanie poprawnego ustawienia teleskopu po zakończonej obserwacji. Istnieje także możliwość zmiany trybów pracy urządzenia (wolny, szybki i precyzyjny). Daje to komfort poruszania teleskopem we wskazanym kierunku.



*Zdjęcie 5. Mocowanie kamery bluetooth do okularu*

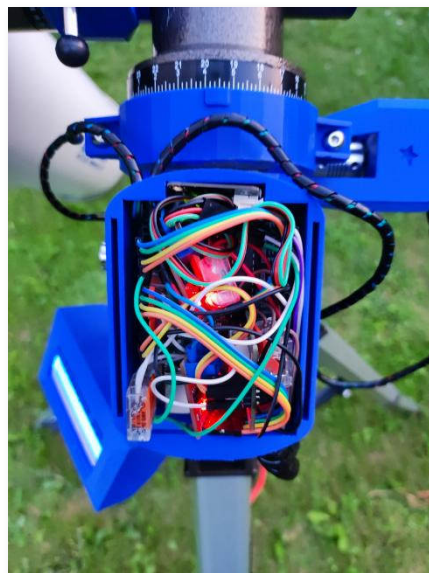
Kolejnym ważnym zastosowaniem projektu jest umiejętność śledzenia wybranych przez użytkownika planet i obiektów spoza Układu Słonecznego. Wybór ułatwia nazwa ciała niebieskiego, która jest wyświetlana na ekranie. Śledzenie danej planety lub gwiazdy można przerwać w każdym momencie. Następną funkcją wykonanego automatycznego teleskopu jest możliwość obserwacji, fotografowania i nagrywania Ciał Niebieskich przy użyciu bezprzewodowej kamery umieszczonej bezpośrednio na okularze. Obraz z kamery może być wyświetlany na ekranie dowolnego urządzenia elektronicznego posiadającego funkcję bluetooth.



*Zdjęcie 6. Fotografia księżycy wykonana AutoScope PD*

### **2.3. Materiały potrzebne do wykonania**

Do wytworzenia automatycznego teleskopu wykorzystano jednostkę sterującą Arduino Uno, dwa silniki krokowe, wyświetlacz LCD, używany teleskop Optisan Star sterowany manualnie, kamerę bluetooth, dwa sterowniki silników krokowych, recyklingowany filament PLA do druku 3D, śruby i nakrętki wykonane ze stali nierdzewnej, elementy konstrukcyjne zaprojektowane i wydrukowane w technologii 3D oraz akumulator litowo-polimerowy zasilający cały układ.



*Zdjęcie 7. Okablowanie układu sterującego*

Wydruk 3D wykonano za pomocą drukarki Prusa i3 MK3S, a elementy zostały zaprojektowane w programie AutoCAD oraz PrusaSlicer [3].

### **3. Problemy napotkane podczas tworzenia systemu automatycznego sterowania teleskopem**

#### **3.1. Jak udało się zmaksymalizować dokładność refraktora?**

Uzyskanie docelowego efektu wymagało przeprowadzenia wielu pomiarów i testów urządzenia oraz korekt w trakcie projektowania elementów konstrukcyjnych. Do testów teleskopu napisany został specjalny program, dzięki któremu udało się wyeliminować problemy związane z luzem na przekładniach i poruszaniem teleskopu w dostępnych trybach. Wyniki każdego pomiaru szczegółowo analizowano w celu zmaksymalizowania precyzji urządzenia.

#### **3.2. Ograniczenie pamięci jednostki sterującej Arduino Uno**

Zaprogramowanie funkcji automatycznego namierzania na planety wymagało zapisania bardzo wielu stałych astronomicznych dla planet Układu Słonecznego. Program sam analizuje położenie planet na podstawie wbudowanego w urządzenie zegara czasu rzeczywistego, co wymaga stale bardzo dużych zasobów pamięci. Poniżej umieszczono fragment kodu obrazujący ilość zmiennych potrzebnych do samego namierzania tylko i wyłącznie jednej planety Układu Słonecznego.

```

double iEarth=0, oEarth=0, pEarth=103.147, aEarth=1,
nEarth=0.985611, eEarth=0.016679, LEarth=324.5489;
double iMars=1.8496, oMars=49.668, pMars=336.322,
aMars=1.523762, nMars=0.523998, eMars=0.093346,
LMars=82.9625;
double daysAE, ec=23.439292, year, month, day, hour, minute;
double MarsMA, MarsTA, MarsRV, MarsRAscension,
MarsDeclination, MarsDistance;
double EarthMA, EarthTA, EarthRV;
tuple<double, double, double> HelioCoordsMars,
HelioCoordsEarth, GeoCoordsMars, GeoEqCoordsMars;

```

W pewnym momencie w podstawowej jednostce sterującej Arduino zaczęło brakować pamięci. Z tego względu w zmodernizowanym teleskopie obecnie zamontowana jest jednostka sterująca Arduino Uno R3 najnowszej generacji, która daje możliwość przechowywania bardzo dużej ilości danych. Dzięki temu AutoScope PD umożliwia automatycznie namierzać planety odległe od Ziemi.

### 3.3. Optymalizacja i prawidłowe funkcjonowanie programu urządzenia

Proces optymalizacji programu zdecydowanie wymagał poświęcenia największej ilości godzin podczas tworzenia systemu automatycznego sterowania refraktorem. Głównym celem było największe skrócenie czasu pracy programu, w celu zapewnienia płynnej i niezawodnej obsługi urządzenia. Aby program można było w łatwy sposób modyfikować, cały software został oparty na rozbudowanych funkcjach wzajemnie współpracujących ze sobą w czasie obsługi teleskopu. Poniżej zamieszczono przykład funkcji określającej położenie planety względem Słońca [1]:

```

tuple <double, double, double> HelioCoordsBody(double r,
double v, double oBody, double pBody, double iBody)
{
double xBody, yBody, zBody, PI=atan(1)*4;
oBody=oBody*PI/180;
pBody=pBody*PI/180;
iBody=iBody*PI/180;
xBody = r * (cos(oBody) * cos(v + pBody - oBody) - sin(oBody)
* sin(v + pBody - oBody) * cos(iBody));
yBody = r * (sin(oBody) * cos(v + pBody - oBody) + cos(oBody)
* sin(v + pBody - oBody) * cos(iBody));
zBody= r * (sin(v + pBody - oBody) * sin(iBody));
return make_tuple(xBody, yBody, zBody);
}

```

Sprawdzenie poprawności działania poszczególnych funkcji wymagało zaczerpnięcia danych odnośnie położenia planet gromadzonych przez firmę NASA.

## **4. Korzyści wynikające z rozpowszechnienia AutoScope PD**

### **4.1. Pozytywny wpływ mojego projektu na środowisko naturalne**

Wykonanie zestawu umożliwiającego zmodyfikowanie używanego teleskopu sterowanego manualnie na urządzenie automatyczne wyeliminowało potrzebę zakupu nowego refraktora. Daje to perspektywę ograniczenia produkcji nowych teleskopów w przyszłości zmniejszając w ten sposób wykorzystanie energochłonnych materiałów potrzebnych do wyprodukowania nowych egzemplarzy. Elementy mocowania silników krokowych, jednostki sterującej Arduino i wyświetlacza LCD zostały wydrukowane na drukarce 3D przy użyciu filamentu z domieszką materiału pozyskanego z recyklingu. Wpływa to bardzo korzystnie na zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska.

### **4.2 Zwiększenie dostępności zaawansowanych technologii obserwacji ciał niebieskich w polskich szkołach i uczelniach**

Stworzony system automatycznego sterowania teleskopem umożliwia zmodernizowanie zalegających w placówkach oświatowych manualnie sterowanych teleskopów na urządzenia wykorzystujące najnowocześniejsze technologie obserwacji. Eliminuje to potrzebę zakupu nowych urządzeń obniżając przez to znacząco koszty unowocześniania polskich szkół i uczelni. AutoScope PD zauważalnie ułatwi wielu studentom pisanie prac licencjackich oraz magisterskich.

## **5. Podsumowanie**

AutoScope PD znacząco poprawia jakość obserwacji obiektów kosmicznych i umożliwia rozpowszechnienie automatycznych teleskopów wykorzystujących najnowocześniejsze technologie w polskich szkołach i uczelniach. Równie istotny jest pozytywny wpływ zmodernizowanych teleskopów na środowisko, dzięki wykorzystaniu używanych refraktorów i materiałów pochodzących z recyklingu. Przebieg obserwacji Ciał Niebieskich udoskonala zastosowanie kamery bluetooth oraz sterowania z poziomu smartfona.

## **LITERATURA**

1. STROUSTRUP B.: The C++ Programming Language, Pearson Education 2013,
2. KARTTUNEN H., KROGEN P., OJA H., POUTANEN M., DONNER K.: Astronomia ogólna, Wydawnictwo Naukowe PWN 2020,
3. REDWOOD B., SCHOFFER F., GARRET B.: The 3D Printing Handbook: Technologies, design and applications, 3D HUBS 2017.