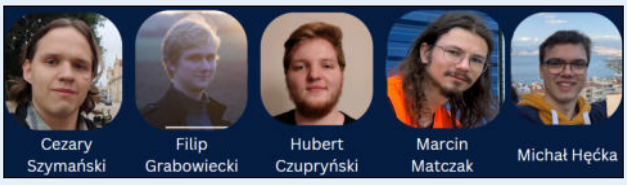
PUT Aero Design

Biuletyn nr 118, 3 czerwca 2025r. www.aerodesign.put.poznan.pl

TopHatDrones

Jesteśmy grupą studentów, która opieką dr inż. Marka Krafta zajmuje się naukowo dziedziną detekcji obiektów na obrazach dynamicznych. Aby przenieść teorię w środowisko powietrzne, weryfikować nasze kompetencje i porównywać je z doświadczeniami ekip z innych ośrodków uniwersyteckich skorzystaliśmy z zaproszenia i dołączyliśmy do Akademickiego Klubu Lotniczego w listopadzie 2024r.

Od samego początku byliśmy zorientowani na autonomiczne statki latające, w odróżnieniu od sekcji PUT Aero Design, która skupia się na zagadnieniach konstrukcyjnych i misjach cargo, w których autonomia nie jest dozwolona. W historii AKL nie brakowało jednak też epizodów z autonomicznymi BSP, do których można zaliczyć udany start w zawodach TeknoFest 2021, a także zawody AUVSI SUAS 2019, Droniada 2021, TeknoFest 2022 oraz realizacja kilku projektów w ramach programu MNiSW Studenckie Koła Naukowe Tworzą Innowacje czy grantu JMR 2020. W większości przypadków, w tych konkurencjach brały udział interdyscyplinarne grupy studentów reprezentujących AKL, koło naukowe CybAiR z opiekunem dr Krzysztofem Walasem oraz Wydział Automatyki i Robotyki (dr Marek Kraft).



Naszą przygodę z dronami, poza oczywiście studiowaniem specjalności Bezzałogowe Statki Powietrzne na Lotnictwie, zaczęliśmy od programowania malutkich dronów DJI Tello na drugim roku studiów. Udało nam się wtedy osiągnąć sensowny cel – autonomiczne stworzenie mapy pomieszczenia, wykrycie w nim butelek i przemieszczenie się w stronę tej wybranej przez nas. Każdy z nas ma swoją konkretną rolę – Filip Grabowiecki mianował się liderem zespołu i jest odpowiedzialny za projekt drona, Cezary Szymański został pilotem BSP i gościem od telemetrii, Marcin Matczak elektronikiem, a Michał Hęćka i Hubert Czupryński zostali wyznaczeni do zajmowania się autonomią i detekcją obiektów.

Opiekun AKL dr Radosław Górzeński od początku postawił nam dość prosty cel: weryfikacja i rozwinięcie naszych kompetencji w ramach rywalizacji studenckiej TeknoFest oraz Droniada. Na szczęście w ramach TeknoFest rozgrywana jest konkurencja Open, w której sami studenci definiują zakres realizowanej podczas zawodów misji. Stwierdziliśmy, że wybierzemy zadanie zbliżone do misji wymaganej na zawodach Droniada, w których postanowiliśmy wziąć udział w czerwcu 2025r. Dzięki temu nasze przygotowania do TeknoFest ograniczą się jedynie do napisania i dopracowania kodu, przy wykorzystaniu dopracowanej już na Droniadę konstrukcji wielowirnikowca. O samej misji jednak trochę później.

Jak już wspomnieliśmy, zajmujemy się nieco innymi zagadnieniami niż sekcja PUT Aero Design, co jednak nie przeszkodziło nam w szybkim nawiązaniu

"Udział reprezentacji Politechniki Poznańskiej w akademickich zawodach bezzałogowych statków powietrznych 2024-2025"

POLITECHNIKA POZNAŃSKA
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
POZnan

PUT Aero Design

Biuletyn nr 118, 3 czerwca 2025r. www.aerodesign.put.poznan.pl

znajomości. W modelarni AKL spędziliśmy większość marca i kwietnia, budując od zera nasz quadcopter z myślą o dwóch zawodach.

TeknoFest

Naszym głównym celem na ten rok był TeknoFest odbywający się w Turcji w sierpniu. Zarejestrowaliśmy nasz team (na szczęście nie jest wymagana żadna opłata rejestracyjna) i wypełniliśmy potrzebne dokumenty. Kolejnym punktem programu było wykonanie prezentacji PPR (Project Presentation Report). Przez dwa tygodnie analizowaliśmy regulamin, kombinując, jak stworzyć prezentację, nie mając jeszcze fizycznie zbudowanego drona. Co gorsza, nie wiedzieliśmy jeszcze nawet, jak będzie wyglądał chociażby zarys naszego kodu do wykrywania obiektów. Prezentację PPR wysłaliśmy 25 marca. Zadowoleni kontynuowaliśmy pracę nad budową wielowirnikowca. Przed ogłoszeniem wyników mieliśmy już gotowego drona i byliśmy po pierwszych oblotach. Niestety, nasz zapał został ostudzony w Wielką Sobotę przez kiepskie oceny naszej prezentacji przez sędziów. Otrzymaliśmy 59 punktów, gdy minimalną liczbą punktów potrzebną do kwalifikacji było 75. Załamani tym obrotem sprawy stwierdziliśmy, że napiszemy odwołanie od decyzji. Pomocą służył nam w tym względzie Jan Dominiak z PCSS, który brał udział w poprzednim wyjeździe na TeknoFest z ramienia AKL. Niestety, nasze nadzieje spełzły na niczym. Po weryfikacji odwołania przez komisję sędziowską otrzymaliśmy całe 0,67 punktu więcej.

Tym sposobem zakończyły się nasze marzenia o rywalizacji w Turcji. Został nam tym samym wyjazd do Gliwic na Droniadę.

Droniada

W dniach 3-6 czerwca 2025 na lotnisku Aeroklubu Gliwice odbywają się zawody Droniada Challenge połączone z konferencją Droniada Tech. Celem Droniady jest rozwój oraz promocja autonomicznych technologii stosowanych w bezzałogowych wielowirnikowcach.

Zdecydowaliśmy się wystąpić w konkurencji Inspekcja polegającej na zbadaniu obszaru przemysłowego - symulowanego rurociągu - przy użyciu drona. Cały lot od startu do lądowania powinien odbywać się autonomicznie, wliczając w to wygenerowanie oraz przesłanie na adres e-mail organizatora raportu z inspekcji. Konkurencja podzielona jest na 4 loty. Lot pierwszy jest swego rodzaju lotem testowym, podczas którego zbierane są dane o wykrytych elementach infrastruktury obszaru przemysłowego, takich jak linie wysokiego napięcia, skrzynki elektryczne czy ułożenie rurociągu. Dodatkowo niezbędne jest zebranie informacji o manekinach umieszczonych na terenie konkurencji oraz wykrycie i zidentyfikowanie rozmieszczonych na samym rurociągu kodów ArUco. Raport z pierwszego lotu zawiera informację o wyżej wymienionych obiektach, mapę całego obszaru stworzoną na podstawie koordynatów GPS oraz dane telemetryczne z drona, takie jak czas lotu czy stan naładowania akumulatorów przed startem i po wylądowaniu. Lot drugi oraz trzeci są lotami porównawczymi. Podczas tych lotów powinniśmy wykryć przemieszczenia kodów ArUco oraz ludzi, sprawdzić, czy osoby znajdujące się na terenie inspekcji

“Udział reprezentacji Politechniki Poznańskiej w akademickich zawodach bezzałogowych statków powietrznych 2024-2025”

POLITECHNIKA POZNAŃSKA
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
POZnań

PUT Aero Design

Biuletyn nr 118, 3 czerwca 2025r. www.aerodesign.put.poznan.pl

mają niezbędne elementy BHP - kaski oraz kamizelki odblaskowe, zidentyfikować zmiany w infrastrukturze, takie jak przewrócony słup czy zerwana linia energetyczna oraz zbadać kondycję samego rurociągu - wykryć pojawienie się rdzy bądź graffiti.

Raport z tych lotów zawiera wszystkie wyżej wymienione informacje oraz nową mapę obszaru. Ostatni "lot" podzielony jest na dwa zadania - Alarm oraz Sprint detekcyjny. Alarm polega na tym, że na kilka minut przed startem misji dostajemy informacje o jej celu oraz strefach zakazu lotu nad obszarem inspekcji. Zadaniem jest jak najszybsze wgranie nowej misji do autopilota z uwzględnieniem stref, w których nie można się poruszać, a następnie dolecenie do wyznaczonego obiektu, wykonanie jego zdjęcia i przesłanie organizatorowi. Punktowane jest wykonanie misji w jak najkrótszym czasie. Sprint detekcyjny opiera się na zrealizowaniu przez zespół przelotu po wyznaczonej przez organizatora trasie oraz wykryciu jak największej liczby manekinów. Manekiny ustawione są w kolejności - od tych, które wykryć najłatwiej, do tych ustawionych w specyficznych pozycjach lub ukrytych - i tym samym trudniejszych do wykrycia przez model AI. Punktowane jest wykrycie jak największej liczby manekinów. Zdecydowaliśmy się na udział w tej właśnie konkurencji, ze względu na to, że w naszej opinii sama misja ma wysoki potencjał na wykorzystanie w realnym przemyśle, a umiejętności, które zdobywamy podczas przygotowywania się do konkurencji, mogą okazać się w przyszłości bardzo przydatne przy projektowaniu oraz programowaniu autonomicznych dronów. Droniada sama w sobie jest dla nas niezwykle cennym doświadczeniem i okazją zarówno do zaprezentowania Politechniki Poznańskiej w wydarzeniu, w którym biorą udział zespoły z większości polskich uczelni technicznych, jak i wymiany doświadczeń, spostrzeżeń czy metod projektowania autonomicznych misji BSP. Całe wydarzenie utrzymane jest w bardzo luźnej atmosferze ułatwiającej kontakty pomiędzy zespołami.

Budowa BSP

Plan z założenia jest prosty - zaprojektować, a następnie zbudować wielowirnikowiec, który będzie w stanie unieść sprzęt potrzebny do wykonywania autonomicznego lotu.

Stwierdziliśmy, że pomimo tego, że sama konkurencja wymagać będzie od nas maksymalnie 5-10 minut lotu, to warto zbudować drona, którego spokojnie będziemy mogli w przyszłości wykorzystywać do innych, dłuższych misji. Finalnie stanęło na 30 minutach spokojnego lotu. Okazało się wtedy, że zaprojektowanie drona, który przez pół godziny latać będzie z komputerem pokładowym Jetson Orin Nano oraz kamerą na gimbalu, nie jest tak proste, jak nam się początkowo wydawało. Po kilku dniach dobierania elementów takich jak silniki, śmigła czy pakiety, obliczania maksymalnej masy oraz czasu lotu przy tej masie, finalny zamysł był już jednak gotowy. Rama - dwie płyty wycięte ze sklejki o grubości 4 mm. Ramiona oraz podwozie wykonane z rurek z włókna węglowego. Elementy łączące części ramy jak i mocowania na komponenty elektroniczne wykonane w technologii druku 3D z PLA oraz PET-G.

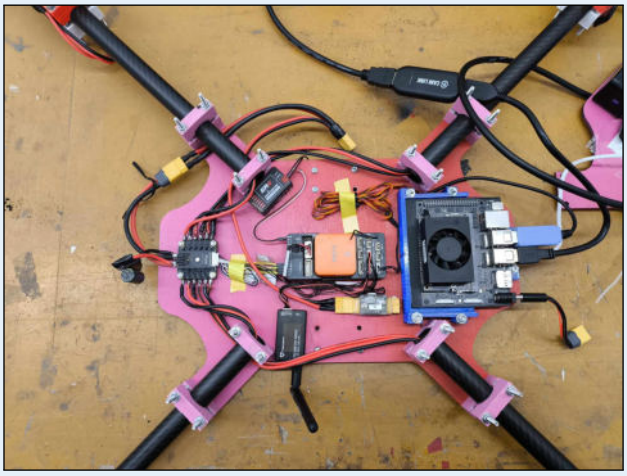
Silniki T-Motor MN5008 340Kv w połączeniu ze śmigłami z włókna węglowego o długości 18 cali i skoku 5,5 cala. Do tego elektronika w postaci sprzętu posiadanego przez AKL, czyli autopilota Orange CUBE,

"Udział reprezentacji Politechniki Poznańskiej w akademickich zawodach bezzałogowych statków powietrznych 2024-2025"

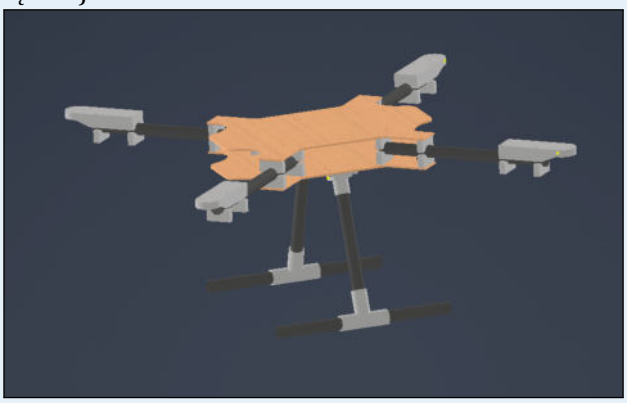
POLITECHNIKA POZNAŃSKA
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
POZnań

PUT Aero Design
Biuletyn nr 118, 3 czerwca 2025r. www.aerodesign.put.poznan.pl

telemetrii HolyBro, odbiornika radiowego Radiomaster ER6 ELRS, komputera pokładowego Jetson Orin Nano, gimbala, kamery Sony RX0 II oraz GPS Here 3.



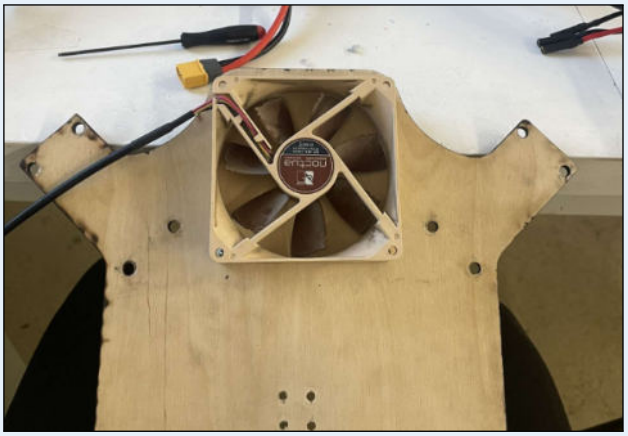
Przy docelowych pakietach 6S o łącznej pojemności 20Ah czas lotu powinien wynosić 30 minut przy całkowitej masie startowej 4,2kg, natomiast z racji na charakter konkurencji w której wzięliśmy udział zdecydowaliśmy się na 2 pakiety 6S o pojemności łącznej 10Ah.



Po kilku dniach pierwszy projekt ramy był gotowy. Pozostało tylko zamówić silniki, śmigła i ESC T-Motor F55APRO II (które po czasie okazało się nie najlepszym wyborem, ale o tym później). Pierwsza wersja drona była gotowa gdy tylko otrzymaliśmy zamówione części. Wtedy okazało się jednak, że ustawienie poprawnych parametrów w autopilocie, włączenie GPS oraz parowanie odbiornika radiowego i telemetrii są trudniejsze niż nam się wydawało. To wszystko jednak i tak było banalnie proste w zestawieniu z konfiguracją i odczytem telemetrii ESC. Wszystkie te rzeczy zajęły nam około tydzień bardzo intensywnej pracy. Uznaliśmy, że dron jest gotowy do oblotów. Niestety z racji na długi czas oczekiwania na elementy do konkursu zostało nam już tylko 10 tygodni.

Obloty

Obloty optymistycznie rozpoczęliśmy z założeniem, że wszystko będzie dobrze i dron na pewno poleci. Tak też się stało - za szóstym podejściem, kiedy to zrozumieliśmy, że mamy obrócone sterowanie i dron próbując wypoziomować się po starcie, zamiast korygować przechylenie, pogłębiał je. Po szybkich korektach następny lot w końcu się udał, dron wzniósł się w powietrze… i po 60 sekundach musiał bardzo awaryjnie lądować, bo Marcin zakomunikował, że temperatura ESC wynosi 120°C i dalej rośnie. Okazało się, że nasze ESC, pomimo tego, że spełnia wymagania prądu ciągłego stawiane przez silniki, to nie do końca radzi sobie z momentami przyspieszania oraz hamowania silników, kiedy to, ze względu na rozmiar i masę śmigieł, prądy mogą być bardzo duże. Nie straciliśmy jednak optymizmu i szybko ułożyliśmy plan naprawy sytuacji. Doszliśmy do wniosku, że aby zminimalizować “skokową” pracę ESC należy poprawnie ustawić regulatory PID autopilota oraz zmienić ustawienia samego ESC. Żeby jednak być w stanie zrobić którąkolwiek z tych czynności potrzebowaliśmy czasu lotu dłuższego niż 30 sekund, po których temperatura osiągała graniczny bezpieczny poziom 90° C. Właśnie wtedy wpadliśmy na pomysł racjonalizatorski i ze starego komputera Filipa wymontowaliśmy wentylator od procesora, wycięliśmy ogromną dziurę w górnej płycie ramy i tam go zamontowaliśmy.



“Udział reprezentacji Politechniki Poznańskiej w akademickich zawodach bezzałogowych statków powietrznych 2024-2025”

POLITECHNIKA POZNAŃSKA
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
POZnan

PUT Aero Design

Biuletyn nr 118, 3 czerwca 2025r. www.aerodesign.put.poznan.pl

Czy pomogło? Po części tak. Wydłużyliśmy czas bezpiecznego lotu do około 4 minut, co pozwoliło nam ustawiać poprawnie regulatory PID i tym samym wydłużać czas lotu jeszcze bardziej. Po czasie Marcinowi udało się wpaść na jeszcze jeden pomysł i obniżyć częstotliwości PWM na ESC. To dało finalny rezultat będący stałą temperaturą na poziomie około 65°C. Był to moment w którym przestaliśmy wykorzystywać nasz ukochany wentylator (a szkoda, bo naszym zdaniem świetnie się prezentował) i finalnie go usunęliśmy. Kolejną dużą przeszkodą okazało się źle zaprojektowane podwozie. Pozioma rurka z włókna węglowego była za krótka w stosunku do rozmiarów całego drona (a jak na wielowirnikowiec są one niemałe, ponieważ największa odległość pomiędzy końcówkami śmigieł to ponad 140 cm). Pionowa część była natomiast za długa, co w połączeniu z finalnym umiejscowieniem pakietów od góry bardzo mocno podniosło środek ciężkości całej konstrukcji. Efektem tego było to, że procedurę startu trzeba było wykonywać bardzo dynamicznie, a lądowanie bardzo powoli i precyzyjnie. Finalnie przedłużyliśmy poziomą część podwozia co poskutkowało poprawą stabilności podczas startów i lądowań. Poza pomniejszymi wypadkami takimi jak złamanie mocowania podwozia przy lądowaniu czy wybuchający kondensator ESC na wysokości 10 metrów mieliśmy tylko jeden poważny wypadek.

O dziwo nie był on spowodowany problemem z samym dronem, a z nadajnikiem… W wyniku obecności niezliczonej ilości pyłu i piasku na lotnisku w Kobylnicy, na którym to wykonywaliśmy nasze obloty, połączonej z naszym roztrzepaniem, piasek dostał się do mechanizmu drążka w aparaturze. Efektem tego zdarzenia przy jednym z lotów przy pełnym wychyleniu drążka do tyłu, tenże postanowił pozostać już w tej nie do końca optymalnej pozycji i pomimo wszelkich starań, przy akompaniamencie wielu niecenzuralnych wyrazów, Czarek musiał przeprowadzić lądowanie przy prędkości postępowej wynoszącej około 12 m/s. Po panicznym biegu do naszego drona, odkryliśmy, że dzięki umiejętnościom naszego pilota jedynym poważnym zniszczeniem były złamane śmigła.

Z racji braku zapasowego kompletu śmigieł 1855 musieliśmy się przesiąść na śmigła 1755, które znacząco pogorszyły zarówno temperatury ESC, jak i czas lotu na akumulatorach. Nowe śmigła zostały zamówione, natomiast czas oczekiwania nie napawał nas optymizmem. Koniec końców naszą konstrukcję udało się doprowadzić do stanu, w którym mogliśmy zacząć implementować autonomię.

Struktura alogrytmów detekcji

Ogólny zamysł detekcji obiektów

Przygotowując się do konkurencji Inspekcja, zdecydowaliśmy się na zastosowanie modelu YOLO jako głównego narzędzia do detekcji obiektów. Plan zakłada przelot drona nad wyznaczonym terenem, gdzie kamera rejestruje obraz, a YOLO, działające na platformie Jetson, wykonuje detekcję w czasie rzeczywistym i zapisuje dane do dalszej analizy.

Model YOLO (You Only Look Once) jest jednym z najczęściej stosowanych algorytmów do detekcji obiektów na obrazach. Cechuje go wysoka wydajność i dokładność, a jego rozwój postępuje bardzo dynamicznie. Podczas zajęć w zeszłym roku korzystaliśmy z wersji YOLOv8, dziś jednak dostępna jest

“Udział reprezentacji Politechniki Poznańskiej w akademickich zawodach bezzałogowych statków powietrznych 2024-2025”

POLITECHNIKA POZNAŃSKA
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
POZnań

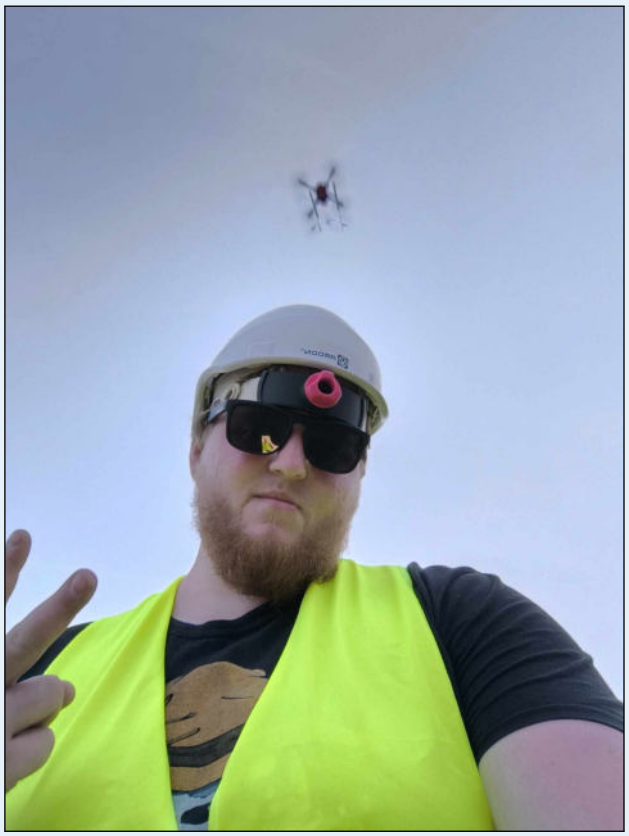
PUT Aero Design

Biuletyn nr 118, 3 czerwca 2025r. www.aerodesign.put.poznan.pl

już wersja YOLOv11, co przekłada się na jeszcze większą precyzję oraz możliwości rozbudowy kodu o detekcję nowych obiektów. YOLO znajduje zastosowanie nie tylko w detekcji, ale również w segmentacji, estymacji pozy i orientacji oraz klasyfikacji obiektów.

W naszym przypadku kluczowa była detekcja, przede wszystkim poprawne wykrywanie manekinów z kamizelkami i kaskami lub bez. Na początku testowaliśmy różne dostępne zestawy danych (datasets), które są podstawą do trenowania modeli YOLO. Takie zbiory mogą zawierać od kilkuset do nawet kilkunastu tysięcy zdjęć, ale, jak się okazało, kluczowe znaczenie ma nie ilość, lecz jakość danych.

Początkowe próby trenowania modeli na dużych, ogólnych datasetach dawały niezadowalające wyniki, mimo że trening trwał średnio 3-5 godzin. Szybko zrozumieliśmy, że skuteczność modelu zależy od dobrze dobranych i odpowiednio oznaczonych danych. Zdecydowaliśmy się więc stworzyć własny, dedykowany dataset, wykorzystując aplikację do ręcznego oznaczania obiektów (np. bounding boxów). Już pierwszy model wytrenowany na zaledwie 40 zdjęciach własnego autorstwa przewyższył jakością ten trenowany na ponad 3000 ogólnodostępnych zdjęć. Dzięki temu podejściu udało się stworzyć satysfakcjonujący model wykrywający człowieka, kamizelkę oraz kask z dużą skutecznością. Choć nie była to detekcja idealna, rozważaliśmy także wykorzystanie gotowego modelu YOLO, trenowanego na COCO, zbiorze zawierającym około 330 000 zdjęć i 80 klas obiektów. Tam dla nas najważniejszą klasą był „człowiek". Finalna wersja naszego systemu działała w dwóch etapach: detekcja ogólna (czyli rozpoznanie obecności człowieka) odbywała się w zmniejszonej rozdzielczości (z 4K do Full HD), aby ograniczyć obciążenie komputera i tym samym skrócić czas detekcji. Jeżeli na tym etapie człowiek został wykryty to program zapisywał daną klatkę i przesłał ją do osobnego wątku, w którym to - już nie w czasie rzeczywistym - zdjęcie w rozdzielczości 4K przepuszczane było przez nasz model wykonujący szczegółową detekcję kasków i kamizelek odblaskowych. Przetwarzanie pojedynczej klatki w 4K zajmowało około 4 sekund. Nie był to jednak problem ze względu na to, że nie musiało dziać się to w czasie rzeczywistym.



To była tylko jedna część całego zadania. Pozostałe cele konkurencji to m.in. detekcja znaczników ArUco, linii wysokiego napięcia, rurociągów, ogrodzeń, intruzów czy beczek z ogniem. Spośród nich udało nam się przygotować funkcjonalną detekcję znaczników ArUco. W przypadku pozostałych obiektów zabrakło nam niestety czasu. Mimo to, zdobyta wiedza i doświadczenie pozwalają nam wyrażać nadzieję, że opracowanie skutecznych modeli detekcyjnych dla tych celów to już tylko kwestia czasu i odpowiednich zasobów.

Wykrywanie kodów ArUco wykonywane było w czasie rzeczywistym na klatce obrazu w rozdzielczości 4K przy użyciu części biblioteki OpenCV w Pythonie. Największym problemem była optymalizacja kodu pod kątem czasu detekcji - ten był znacząco krótszy niż w przypadku YOLO, natomiast wciąż zbyt długi, żeby móc robić to w czasie rzeczywistym. Pomogła zmiana klatki z kolorowej na taką w odcieniach szarości oraz wycięcie z klatki 4K obszaru na środku

"Udział reprezentacji Politechniki Poznańskiej w akademickich zawodach bezzałogowych statków powietrznych 2024-2025"

POLITECHNIKA POZNAŃSKA Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego Rzeczpospolita Polska Dofinansowane przez Unię Europejską POZnań

ekranu o rozdzielczości 1080p. Dlaczego więc zdecydowaliśmy się na pobieranie obrazu w 4K? Ze względu na to, że wycięta część klatki - przez to, że obejmowała stosunkowo mały obszar - dalej była bardzo ostra. Docelowe kody mają rozmiary 10x10 cm, a minimalna wysokość przelotu podczas konkurencji to 10 metrów.

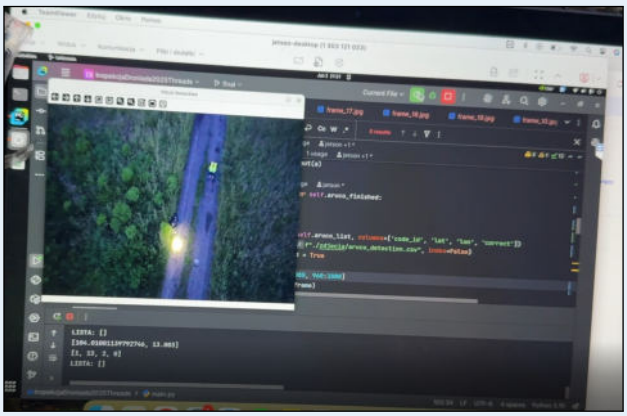
Znając założenia projektu oraz nasze możliwości sprzętowe, konieczne było odpowiednie zaplanowanie całego procesu w celu uzyskania zamierzonego efektu. Całość podzieliliśmy na cztery główne etapy: lot, detekcja, zapis danych i raport końcowy.

Lot

Do testów wykorzystaliśmy oprogramowanie Mission Planner, zarówno w trybie manualnym, jak i automatycznym. Dane z telemetrii były widoczne bezpośrednio w aplikacji, jednak do ich dalszego wykorzystania w misji posłużyliśmy się bibliotekami w Pythonie, przede wszystkim PyMavLink, dzięki którym mogliśmy pobierać dane telemetryczne z drona w czasie rzeczywistym z autopilota na komputer pokładowy.

Detekcja

W momencie, gdy wykryty obiekt (np. człowiek) znajdował się w ustalonym obszarze na ekranie (tzw. pasku detekcji) następował zapis danych o typie obiektu, jego cechach charakterystycznych, pozycji GPS drona w momencie zrobienia zdjęcia oraz pozycji obiektu na ekranie. Dane te przekierowywane były do pliku CSV.



W przypadku detekcji ludzi model analizował, czy wykryte elementy BHP znajdują się w bezpośrednim sąsiedztwie człowieka, a wyniki były ponownie zapisywane w pliku CSV, wraz z informacją o spełnieniu (lub nie) wymogów bezpieczeństwa. Przykład: jeśli na zdjęciu z pierwszego modelu wykryto człowieka, a nasz drugi model wykrył u niego kask i kamizelkę, całość była rejestrowana jako kompletne wyposażenie BHP.

Ze względu na ustawienie kamery nie pionowo w dół, tylko pod kątem około 25 stopni pozycja GPS drona nie zgadzała się z pozycją wykrytego obiektu. Postanowiliśmy wprowadzić algorytm dodający do pozycji GPS korektę ze względu na kąt ustawienia kamery, jak i pozycję obiektu na obrazie. Algorytm ten liczył odległość w poziomie pomiędzy obiektem i BSP zależnie od wysokości lotu, a następnie zamieniał wektor przesunięcia na dwa wektory składowe o zwrotach odpowiednio na północ i na wschód. Do tej korekty dodawana była jeszcze korekta ze względu na pozycję obiektu na obrazie. Liczona jest ona na podstawie parametrów kamery oraz funkcji wyznaczonych przez nas doświadczalnie. Po zsumowaniu obu korekt, przesunięcie zamieniane było na stopnie szerokości i długości geograficznej i dodawane do zapisanej wcześniej pozycji GPS drona w momencie wykrycia obiektu.

Raport

Na zakończenie misji generowany był raport, który miał posłużyć komisji do oceny wykonania zadania. Zawierał on wszystkie istotne dane: pozycje wykrytych osób, obecność znaczników ArUco, wyposażenie BHP oraz inne elementy misji. Dane te zbierane były w czasie rzeczywistym i umieszczane w pliku PDF.

Raport tworzony był automatycznie, po osiągnięciu ostatniego punktu na zaplanowanej trasie w locie autonomicznym lub w przypadku testów w locie manualnym, po naciśnięciu odpowiedniego przycisku na komputerze, na którym streamowany był obraz z Jetsona. W finalnej wersji kodu, przy locie autonomicznym, streamowanie obrazu było konieczne tylko podczas włączania kodu. Było to o tyle ważne, że największym problemem było zapewnienie dostępu do internetu komputerowi na dronie, którego to nie udało nam się w pełni rozwiązać.

"Udział reprezentacji Politechniki Poznańskiej w akademickich zawodach bezzałogowych statków powietrznych 2024-2025"

POLITECHNIKA POZNAŃSKA
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
POZnań

PUT Aero Design

Biuletyn nr 118, 3 czerwca 2025r. www.aerodesign.put.poznan.pl

W momencie wygenerowania raportu dron przechodził w tryb RTH (Return to Home), a system uruchamiał funkcję wysyłania raportu na wskazany przez nas adres email. Tutaj znowu zależało nam na tym, żeby dron miał dostęp do internetu, dlatego też wysłanie raportu działo się dopiero w finalnej części misji, kiedy to dron znajdował się blisko stacji bazowej, na której był umieszczony router WiFi.

Architektura systemu

Kod został uruchomiony w środowisku wielowątkowym, w całości napisany w języku Python. Pozwoliło to na równoległe przetwarzanie detekcji, zapisu danych i obsługi telemetrii. Początkowo planowaliśmy jednak implementację całego systemu z wykorzystaniem ROS2, który pozwoliłby na bardziej modularną i skalowalną architekturę. Niestety, z powodu ograniczeń czasowych, nie udało się w pełni wdrożyć tej koncepcji przed zawodami.

Sterowanie

Początkowe założenie autonomicznego lotu zakładało wyznaczenie ścieżki po której to dron będzie leciał w pierwszym locie i zbierał dane. W lotach drugim i trzecim dron miał lecieć pomiędzy wykrytymi obiektami i zapisywać ich przemieszczenie. W finalnej wersji jednak zdecydowaliśmy się na wykonanie wszystkich trzech lotów po tej samej trasie. Miało to poprawić zapisywanie przemieszczeń obiektów pomiędzy lotami.

Testowa misja została przygotowana w programie Mission Planner pozwalającym na komunikację, zapis i wgrywanie danych na komputer pokładowy. Wraz ze wzniesieniem i przełączeniem na tryb auto na kontrolerze, dron autonomicznie jest w stanie przelatywać z punktu do punktu po wyznaczonej drodze i z zadaną prędkością. W ten sposób odbyliśmy nasze loty autonomiczne, kolejnym założeniem było umożliwienie generowania siatki dróg pokrywającej badane pole i sterowanie ruchami drona przy pomocy ROSa, co niestety nie udało się ze względu na brak czasu.

Komunikacja pomiędzy Jetsonem a komputerem sterującym awioniką i wykonującym misję jest zapewniana poprzez łącze szeregowe przez protokół Mavlink. Pozwala to na sterowanie zachowaniem drona ze znacznie mocniejszej jednostki jaką jest Jetson.

Przygotowania do wyjazdu

Ostateczne testy rozpoczęły się tydzień przed wyjazdem do Gliwic.

Obejmowały one dodatkowe obloty testujące strukturę ramy, nowe rozwiązania w zakresie podwozia, montażu kamery, komunikacji z dronem i ustawień sterownika silnika ESC. Część elementów, takich jak łączenia rur podwozia z podstawą ramy, zostały zmodyfikowane i ponownie wycięte/wydrukowane. Już wtedy zauważyliśmy problemy z połączeniem bezprzewodowym oraz trudności z montażem kamery na gimbalu w aspekcie jego odchyleń. Z względu na ograniczony czas oraz brak dostępnych części w Polsce, zdecydowaliśmy się na unieruchomienie go w wybranym kącie, który pozwoliłby na wykonanie większości zdjęć w ramach misji w wystarczającym zakresie. Podczas ostatnich lotów testowych zostały wykonane pełne misje sprawdzające położenie i wyposażenie pracownika hipote-

“Udział reprezentacji Politechniki Poznańskiej w akademickich zawodach bezzałogowych statków powietrznych 2024-2025”

POLITECHNIKA POZNAŃSKA Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego Rzeczpospolita Polska Dofinansowane przez Unię Europejską POZnan

PUT Aero Design

Biuletyn nr 118, 3 czerwca 2025r. www.aerodesign.put.poznan.pl

tycznej budowy oraz kody ArUco. Misje te przebiegły pomyślnie. Zebrane dane pozwoliły na wygenerowanie raportu podsumowującego przelot. Uznaliśmy, że jesteśmy gotowi, a z racji na brak czasu i kiepską pogodę uniemożliwiającą obloty, ostatnie szlify naszego kodu, takie jak upiększenie raportu czy kwestię implementacji automatycznego jego generowania zostawiliśmy sobie na pierwsze dwa dni w Gliwicach.

2 czerwca

Dzień rozpoczął się od przygotowań do wyjazdu na jeden z najważniejszych konkursów technologicznych związanych z bezzałogowymi statkami powietrznymi w Polsce.

Około godziny 19:00 ruszyliśmy w drogę, a do Gliwic dotarliśmy późnym wieczorem tuż przed 23:00, słuchając po drodze wiele razy piosenki Menelaos noszącej tytuł **Politechnika wskakuj!** promującej jednego z naszych gospodarzy - Politechnikę Śląską.

Jak tylko dotarliśmy na miejsce, to rozpakowaliśmy się i rozpoczęliśmy nasz maraton dopracowywania kodu. Kontynuowaliśmy sprawdzanie systemu detekcji ludzi, kamizelek odblaskowych, kasków ochronnych oraz znaczników ArUco, a w tak

zwanym międzyczasie zachwycaliśmy się mieszkaniem, m.in. kuchnią, telewizorem (z którego ostatecznie nie skorzystaliśmy) oraz łazienką.

Przy okazji walczyliśmy z problemami z łącznością bezprzewodową z dronem, próbując zapewnić stabilne połączenie za pośrednictwem routera. Skończyliśmy dopiero około 4:00 nad ranem z Panem Radkiem, który dzielnie wytrzymał z nami do końca, by wstać kolejnego dnia o 8:00, gotowi do testów.

3 czerwca

Po krótkim śnie wróciliśmy do pracy. Skupiliśmy się na rozwoju logiki autonomicznego generowania raportu. Chcieliśmy, aby po wykonaniu zadania system sam potrafił zebrać dane i przesłać je mailem do organizatorów. Wtedy nastąpiła rzecz niespodziewana i do tej pory przez nas nie do końca zrozumiała. Ten sam kod, nad którym pracowaliśmy jeszcze cztery godziny wcześniej, nagle przestał działać… Po chwili udało nam się zlokalizować źródło problemów - były to uszkodzone sterowniki grafiki na Jetsonie. Rozpoczęła się walka z czasem. Co prawda w ten dzień nie mieliśmy zaplanowanej żadnej konkurencji, natomiast pojawienie się na lotnisku było dla nas bardzo ważne ze względu na konieczność przejścia obowiązkowej kontroli technicznej, której dosyć mocno się obawialiśmy (w końcu jesteśmy jedynym zespołem, który ramę drona zbudował ze sklejki, a pakiety mocował na trytytki). Niestety walka z naprawą Jetsona okazała się trudniejsza niż się nam wydawało. Na lotnisko udało nam się przyjechać w okolicach godziny 16:30 z pięciogodzinnym opóźnieniem.

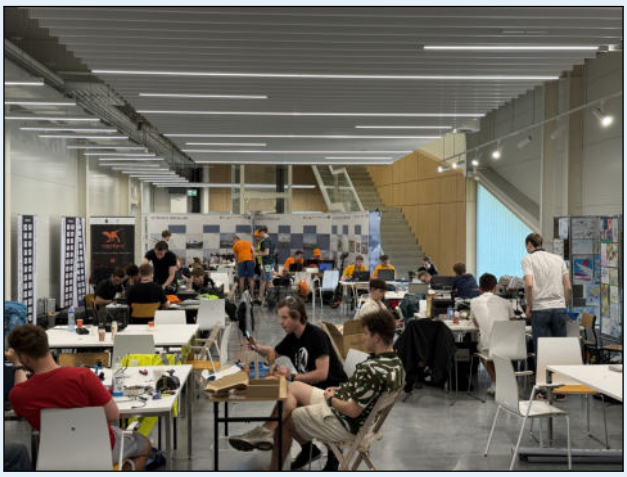
“Udział reprezentacji Politechniki Poznańskiej w akademickich zawodach bezzałogowych statków powietrznych 2024-2025”

POLITECHNIKA POZNAŃSKA
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
POZnań

PUT Aero Design

Biuletyn nr 118, 3 czerwca 2025r. www.aerodesign.put.poznan.pl

Lotnisko zrobiło na nas pozytywne wrażenie. Budynek Gliwickiego Centrum Edukacji Lotniczej połączony jest ze sporej wielkości hangarem. Każdy z zespołów dostał swoje stanowisko do pracy oraz pakiety uczestnika: koszulki, identyfikatory, czapki oraz worki.



Okazało się jednak, że z nie do końca jasnych dla nas powodów nie możemy wykonać lotów testowych na lotnisku. Zapakowaliśmy więc sprzęt z powrotem do samochodu, wyjechaliśmy poza strefę DTM Droniada Gliwice i zaczęliśmy poszukiwania pola, na którym możemy bezpiecznie oraz legalnie w kategorii otwartej polatać. Udało się, znaleźliśmy odpowiednie miejsce i rozpoczęliśmy loty.

Przed testami wróciliśmy jeszcze do mieszkania, gdzie czekała na nas ciekawa sytuacja. Okazało się, że klucze do wejścia do klatki były wymienione, a nowy klucz umieszczony został w skrzynce, do której nie mieliśmy dostępu. Warto dodać, że domofon już wcześniej nie działał. Łapiąc sąsiadów udało nam się wejść do środka.

Popołudnie oraz wieczór spędziliśmy na testach systemu na działającym dronie. Ustawiliśmy dwie osoby w kamizelkach oraz znaczniki ArUco w linii, sprawdzając, czy nasz algorytm poprawnie je wykrywa i klasyfikuje. Dzięki zewnętrznemu podglądowi z komputera na pokładzie do stacji bazowej, widzieliśmy, że klasyfikacja oraz odczyt jest wykonywany prawidłowo, a dane jakie zostały zebrane odpowiadają rzeczywistemu stanowi.

Próbowaliśmy też nawiązać stabilne połączenie z dronem za pomocą extendera Wi-Fi, ale niestety, ponownie bez sukcesu. Musieliśmy szukać innych rozwiązań w postaci udostępnienia internetu z telefonu jako hotspot.

Podczas jednego ze startów dron zamiast wzbić się w powietrze, zrobił “fikołka” i nieplanowanie wylądował metr dalej w trawie. Upadek wyglądał przerażająco, na szczęście wysoka trawa zamortyzowała uderzenie i obyło się bez większych strat. Po przejrzeniu logów, za powód tego nieszczęśliwego wydarzenia uznaliśmy, że dron startował na dosyć nierównej i piaszczystej nawierzchni i zahaczył się podwoziem, co spowodowało dalej zbyt mocne pochylenie a następnie zderzenie z ziemią (do tego jeszcze wrócimy). Śmigła, silniki oraz ramiona pozostały na swoich miejscach, maszt GPS jednak całkowicie się odłamał. Z pomocą ruszył klej cyjanoakrylowy oraz gorący klej. Druk 3D użyty do zamocowania GPSa do masztu posklejaliśmy "cyjakiem", a mocowanie GPSa do rurki węglowej służącej za maszt za pomocą kleju na gorąco tak, aby mieć możliwość poprawnie go ustawić względem osi drona. Podobnie postąpiliśmy z mocowaniem masztu do górnej płyty klejąc druk cyjanoakrylem, a następnie wzmacniając całość gorącym klejem.

Na koniec dnia postanowiliśmy wykonać dwa ostatnie loty testowe oraz dwa loty, dzięki którym mogliśmy wprowadzić poprawki do obliczeń szerokości i długości pola widzenia kamery niezbędnych do wykonania opisanej wcześniej korekty na GPS. Warto zaznaczyć, że byliśmy na tyle zdesperowani, że ostatnie loty ktoś mógłby uznać już za operacje nocne . . .

“Udział reprezentacji Politechniki Poznańskiej w akademickich zawodach bezzałogowych statków powietrznych 2024-2025”

POLITECHNIKA POZNAŃSKA Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego Rzeczpospolita Polska Dofinansowane przez Unię Europejską POZnań

Po powrocie do apartamentu około godziny 22:30 Czarek poszedł ugotować nam jedyny ciepły posiłek tego dnia, a cała reszta poszła dalej walczyć z implementacją ostatnich poprawek w kodzie. Spać poszliśmy znowu około godziny 4:00 rano.

4 czerwca

Standardowa pobudka o godzinie 8:00 wspomagana dużą ilością napojów energetycznych i kawy dała nam się we znaki. Śniadanie oraz spakowanie całego sprzętu zajęło nam około godzinę i tym samym około 9:30 zameldowaliśmy się na lotnisku.

Tam odbyło się oficjalne rozpoczęcie zawodów - Sławek Kosieliński - główny organizator i pracownik instytutu Mikromakro wygłosił przemówienie i następnie oddał mikrofon ludziom z Polskiej Agencji Żeglugi Powietrznej, żeby powiedzieli nam trochę o zasadach bezpieczeństwa podczas wykonywania operacji. Warto zaznaczyć, że przedstawiciele PAŻP byli obecni przez cały czas zawodów i pomagali nam przede wszystkim z poprawnym zaplanowaniem misji w systemie KSID. Następnie mikrofon

dostali obecni na miejscu przedstawiciele grupy WB Electronics współodpowiedzialni za zamysł konkurencji.

Zrobiliśmy wspólne zdjęcie wszystkich zespołów i... wyruszyliśmy w stronę upatrzonego sobie dzień wcześniej pola w celu wykonania ostatnich lotów testowych. Warto zaznaczyć, że środa była już dniem, w którym nasza drużyna miała wziąć udział w pierwszym locie konkurencji Inspekcja. Dojechaliśmy na miejsce oblotów, by dokonać finalnych szlifów algorytmu korekty GPS oraz systemu generowania raportu. Nie idzie nam jednak najlepiej. Ni stąd ni zowąd Jetson przestaje działać... Komputer nie chce połączyć się z internetem, obraz z kamery nie wyświetla się na ekranie, dane telemetryczne nie pobierają się z autopilota. Czas nagli, a ilość problemów zamiast się zmniejszać, narasta. Była godzina 12:30. Nasz slot na wykonanie konkurencji był o godzinie 16:05. Oznaczało to, że na lotnisku musimy znaleźć się najpóźniej o godzinie 14:30 w celu odbycia kontroli technicznej przed lotami. Do końca czasu zostały dwie godziny.

Wykorzystujemy cały ten czas na debugging - panicznie poszukujemy błędów w kodzie, uszkodzenia modelu AI lub czegokolwiek, co może powodować nasze problemy. Cofamy się nawet do wersji kodu z poprzedniego wieczora, kiedy to jeszcze wszystko działało. To niestety też nie daje rezultatów. Po rozkręceniu górnej płyty zauważamy kolejny problem - uszkodzenie złączy antenowych do wtedy nieuruchomionego jeszcze transceiver'a ADS-B. Z racji na umiejscowienie na górnej płycie od wewnętrznej

"Udział reprezentacji Politechniki Poznańskiej w akademickich zawodach bezzałogowych statków powietrznych 2024-2025"

POLITECHNIKA POZNAŃSKA
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
POZnań

strony nie zauważyliśmy tego wcześniej. PAŻP proponuje nam udostępnienie zapasowego urządzenia. Mamy niestety za mało czasu na poskładanie drona do kupy. Dochodzimy do wniosku, że najprawdopodobniej wypadek poprzedniego wieczoru, podczas którego mocowania anten ADS-B urwały się, spowodował również uszkodzenie układu graficznego Jetsona.

Tym samym podejmujemy niezwykle trudną i bardzo bolesną decyzję o tym, że nie damy rady wystartować w konkurencji, której poświęciliśmy ostatnie pół roku. Jedyną możliwością startu byłoby ponowne zainstalowanie sterowników graficznych. Na Jetsonie jest to jednak proces bardzo długotrwały i wymagający szybkiego łącza internetowego, do którego nie mieliśmy dostępu - dzień wcześniej uruchomienie modelu detekcji na GPU po przeinstalowaniu sterowników zajęło nam 5 godzin, a i tak nie mamy pewności, że naprawi to nasze problemy. Bardziej prawdopodobne jednak dalej było mechaniczne uszkodzenie układu graficznego. Po poinformowaniu Pana Radka oraz organizatorów konkurencji o naszej decyzji następuje chwila na refleksję - co poszło nie tak. Dochodzimy do wniosku, że po wypadku w dniu poprzednim powinniśmy byli dokładniej sprawdzić, czy żaden z elementów nie został uszkodzony. Z racji na charakter konkurencji Inspekcja niewystartowanie w pierwszej misji całkowicie dyskwalifikuje nas ze startu w misjach następnych. Tym samym wycofujemy się z Droniady przed wykonaniem pierwszego startu. W konkursie nie bierzemy już udziału, ale po rozmowie z osobami odpowiedzialnymi za konkurencję Inspekcja, dostajemy zgodę na wykonanie lotu testowego. Polegać on ma przelocie nad terenem konkurencji w celu nagrania filmu, który miałby nam pomóc w przygotowaniu się do konkurencji na przyszły rok. Kamerę włączyć można manualnie przed startem i nie potrzebujemy do tego Jetsona. Chcąc wykonać lot poddajemy się kontroli technicznej. Pierwszą jej część przechodzimy bezproblemowo. Problem pojawia się podczas próby startu. Pan Radek - nasz pilot dynamicznie zwiększa obroty. Jedna strona drona podnosi się dużo szybciej niż druga i tym samym dron ląduje do góry podwoziem łamiąc sklejony poprzedniego dnia maszt GPS.

Stało się dokładnie to samo co poprzedniego dnia, tym razem jednak nie była to wina zahaczenia się podwozia o ziemię. Jeszcze bardziej zdołowani pakujemy się do samochodu i wracamy do apartamentu. Po dotarciu na miejsce niezwłocznie pobieramy logi oraz analizujemy film, który nagrał Michał podczas nieudanego startu. Wyłania się jasna odpowiedź. Jeden z silników po dodaniu mocy wyłącza się. Dokładną przyczynę takiego stanu rzeczy analizować będziemy dopiero po powrocie do Poznania. Nasz dzień kończy się długim debriefingiem z Panem Radkiem, podczas którego omówiliśmy przedwcześnie zakończoną rywalizację i porozmawialiśmy o startach naszego zespołu w przyszłych zawodów. Siadamy do pisania tego właśnie biuletynu z Droniady. Dzień kończymy już standardowo - około 4:00 rano.

5 czerwca

Tym razem, z racji na to, że nie goni nas już czas, dzień zaczynamy trochę później, bo około 9:30. Wstajemy, jemy prowizoryczne śniadanie (spaghetti, które ugotował Czarek dwa dni temu), pakujemy się do samochodu i jedziemy na lotnisko w Gliwicach. Po co? Przede wszystkim żeby obserwować, jakie podejście do konkurencji inspekcja mają inne zespoły. Zobaczyliśmy, jaki oni mieli pomysł na wykonanie misji, podpatrzyliśmy kilka ciekawych pomysłów wartych zaimplementowania w naszej konstrukcji na przyszły rok. Warto zaznaczyć jeszcze, że w czasie, w którym reszta chłopaków dzielnie zbierała informacje, Czarek latał na symulatorze full motion 360 samolotu F/A-18 dostępnym dla nas na miejscu zawodów.

"Udział reprezentacji Politechniki Poznańskiej w akademickich zawodach bezzałogowych statków powietrznych 2024-2025"

POLITECHNIKA POZNAŃSKA
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
POZnań

PUT Aero Design

Biuletyn nr 118, 3 czerwca 2025r. www.aerodesign.put.poznan.pl

Około godziny 13 pakujemy się z powrotem, robimy pamiątkowe zdjęcie i wracamy do Poznania.

"To działało"

Do przygotowań do Droniady przystąpiliśmy stosunkowo późno, mieliśmy zaledwie trzy miesiące na zbudowanie, oprogramowanie i przetestowanie naszego autonomicznego drona. Choć przez ten czas zrobiliśmy ogromny postęp, to okazało się, że to zdecydowanie zbyt mało, by móc w pełni i bezproblemowo wystartować w zawodach. Ostatecznie nie udało nam się zrealizować zadań konkursowych, ale sam udział w wydarzeniu był dla nas niezwykle wartościowym doświadczeniem.

Czas spędzony na testach i przygotowaniach upłynął nam pod znakiem nieustannego debugowania. Dwa najczęściej powtarzane słowa podczas pracy? "To działało".

Te słowa doskonale oddają naturę naszych zmagań z kapryśnym sprzętem i oprogramowaniem, które w warunkach testowych działały poprawnie, a w terenie potrafiły zaskoczyć nowymi problemami. Mimo tych trudności udało nam się wiele osiągnąć i zrealizować kluczowe założenia naszego projektu.

Droniada była naszymi pierwszymi zawodami i dała nam ogromny zastrzyk nie tylko praktycznej wiedzy, ale też merytorycznych i technicznych informacji. Rozmowy z innymi zespołami, obserwacja ich rozwiązań oraz wymiana doświadczeń pozwoliły nam spojrzeć na nasze podejście z nowej perspektywy i wskazały kierunki dalszego rozwoju.

Nie traktujemy Droniady jako porażki. Wręcz przeciwnie. To cenne lekcje, które zamierzamy w pełni wykorzystać. Mamy ambitne plany na przyszłość, chcemy kontynuować rozwój naszego projektu i wrócić na kolejne zawody lepiej przygotowani, z większą wiedzą i doświadczeniem. Ucząc się na własnych błędach, zamierzamy zrobić wszystko, by przy kolejnym podejściu wykorzystać nasz potencjał w stu procentach.

Podziękownia

Na koniec chcielibyśmy serdecznie podziękować osobom, które wspierały nas w trakcie realizacji tego projektu. Doktorowi Jędrzejowi Łukasiewiczowi dziękujemy za motywację do rozpoczęcia prac oraz poświęcony nam czas, również poza godzinami zajęć, a także za pomoc w nawiązaniu dalszych kontaktów. Doktorowi Markowi Kraftowi wyrażamy wdzięczność za nieocenione wsparcie merytoryczne, liczne konsultacje oraz cenne wskazówki, które przyczyniły się do naszego rozwoju i osiągnięcia obecnego etapu projektu. Dziękujemy Politechnice Poznańskiej, w szczególności Pani Prorektor Agnieszce Misztal za wsparcie finansowe naszego wyjazdu oraz Pani Julii Gościańskiej-Łowińskiej oraz Panu Kanclerzowi Łukaszowi Kalupie za wypożyczenie samochodu na cele prowadzonych przez nas badań. Cieszymy się, że możemy być częścią Akademickiego Klubu Lotniczego Politechniki Poznańskiej, dziękujemy za przyjęcie nas pod swoje skrzydła, zaufanie, wsparcie finansowe, udostępnienie materiałów, przestrzeni modelarni oraz swojego czasu. Chcielibyśmy podziękować opiekunowi AKL dr Radosławowi Górzeńskiemu oraz Marcelowi Kraśniewskiemu i Adamowi Biberowi - to właśnie kontakt z nimi pomógł nam wejść w życie Koła Naukowego i stać się jego integralną częścią.

"Udział reprezentacji Politechniki Poznańskiej w akademickich zawodach bezzałogowych statków powietrznych 2024-2025"

POLITECHNIKA POZNAŃSKA
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
POZnań