

31.10.2023, Marki

**INSTRUKCJA OBSŁUGI OPROGRAMOWANIA DO TWORZENIA
DANYCH UCZĄCYCH DLA PROJEKTU
INFOSTRATEG4/0020/2022**

Zawartość

1. Baza danych do kontroli jakości jabłek	3
1.1. Opis systemu pomiarowego.....	3
1.2. Zbieranie danych.....	4
1.3. Struktura bazy	4
1.4. Format danych	6
1.5. Dostęp do bazy.....	6
2. Baza danych do kontroli jakości jabłek	7
2.1. Opis systemu pomiarowego.....	7
2.2. Zbieranie danych na stanowisku laboratoryjnym	8
2.3. Zbieranie danych w środowisku zewnętrznym.....	8
2.4. Format danych	10
2.5. Dostęp do bazy.....	14
3. Baza danych do lokalizowania jabłek na zdjęciu	23
3.1. Opis systemu pomiarowego.....	23
3.2. Zbieranie danych w środowisku laboratoryjnym.....	25
3.3. Zbieranie danych w środowisku zewnętrznym.....	25
3.4. Format danych	26
3.5. Dostęp do bazy.....	34
Załącznik 1.....	45
Załącznik 2.....	47

1. Baza danych do kontroli jakości jabłek

1.1. Opis systemu pomiarowego

Wykonano stanowisko pomiarowe do robienia zdjęć składające się z:

- aluminiowej ramy,
- dwóch oświetlaczy Omron FL-BR13120W ze sterowanym kontrolerem Omron FL-STC ustawionym na maksymalną moc – 400 dla obu oświetlaczy. Oświetlacze posłużyły do ograniczenia cienia rzucanego przez niesymetrycznie ustawiony Flash aparatu umieszczonego na statywie,
- aparat Canon EOS M50m2, z obiektywem 15-34mm f/3.5-6.3 IS STM, umieszczonego na statywie w taki sposób aby środek ciężkości jabłka znajdował się w osi ogniskowej aparatu dzięki czemu jabłko znajdowało się po środku zdjęcia,
- Podstawy z białego filcu technicznego zastosowanego w celu zniwelowania refleksów.



Rys. Stanowisko do wykonywania zdjęć



Rys. Przykładowe zdjęcie jabłka

1.2. Zbieranie danych

W okresie dojrzewania jabłek zespół pracowników ze wsparciem specjalisty sadownika, wyszukał i zebrał w sadzie odpowiednią ilość jabłek zawierających ustalone choroby, wady i uszkodzenia, tak aby następnie na stanowisku pomiarowym wykonać szereg zdjęć, które pozwoliły na stworzenie bazy danych.

1.3. Struktura bazy

Baza danych zdjęć jabłek jest bazą plikową. Zdjęcia w bazie mają swoje unikalne nazwy, niezależnie od folderu do którego są przyporządkowane. Zdjęcia zostały podzielone na dwie kategorie:

a) Baza jabłek dobre/złe

Baza jabłek dobre/złe składa się z posegregowanych i przygotowanych do uczenia maszynowego zdjęć jabłek w formacie JPG. Zdjęcia znajdują się w dwóch folderach DOBRE i ZŁE. W folderze DOBRE znajdują się zdjęcia dobrych jabłek. W folderze ZŁE znajdują się zdjęcia złych jabłek z wyraźnymi wadami znajdującymi się co najmniej 1 cm od krawędzi jabłka. Dane w tej bazie są przetworzone. Jabłka znajdują się po środku kadru a rozmiar zdjęcia został przycięty do 1600x1600 pikseli. Dane są gotowe do wykorzystania w uczeniu maszynowym. Baza danych dobre/złe jest ciągle rozwijana. Na dzień 30.10.2023 pozyskano 25 tys zdjęć dobrych i złych jabłek które na bieżąco są segregowane i dodawane do ogólnego zbioru wszystkich danych uczących a następnie przetwarzane (wyśrodkowanie i przycięcie) i dodawane do zbioru ZŁE/DOBRE.

b) Baza jabłek posegregowanych - nieprzetworzonych

Baza danych posegregowanych to baza surowych zdjęć, posegregowanych według ustalonych reguł ułatwiających dobór zdjęć do danych uczących. Baza jest w trakcie ciągłego rozwoju dlatego znajdują się w niej również zdjęcia które nie zostały jeszcze przyporządkowane do konkretnej kategorii. Na dzień 30.10.2023 pozyskano 25 tys zdjęć dobrych i złych jabłek które na bieżąco są segregowane i dodawane do poszczególnych folderów.

Struktura folderów w bazie surowych, wstępnie przetworzonych danych

GATUNEK

- DOBRE
 - DOBRE Z OGONKIEM
 - DOBRE BEZ OGONKA
- ZŁE
 - WADA BRZEGOWA (występująca na brzegu jabłka)
 - BRAK OGONKA
 - GNICIE I PLESN
 - GORZKA PLAMISTOŚĆ PODSKÓRNA
 - GRADOBICIE
 - KILKA WAD NA JEDNYM ZDJĘCIU
 - PARCH
 - POPARZENIE
 - RDZAWE PRZEBARWIENIA
 - USZKODZENIE MECHANICZNE
 - WADA ŚRODKOWA (dobrze widoczna, co najmniej 1 cm od brzegu jabłka)
 - BRAK OGONKA
 - GNICIE I PLESN
 - GORZKA PLAMISTOŚĆ PODSKÓRNA
 - GRADOBICIE
 - KILKA WAD NA JEDNYM ZDJĘCIU
 - PARCH
 - POPARZENIE
 - RDZAWE PRZEBARWIENIA
 - USZKODZENIE MECHANICZNE
 - DO UPORZĄDKOWANIA

Podział folderów wynika z konieczności przeprowadzenia testów opracowywanych modeli. Niektóre z wad w zebranej próbie są nadreprezentowane (gradobicie) a niektóre występują sporadycznie (gorzka plamistość podskórna). W celu ułatwienia pracy zespołowi opracowującemu modele AI podzielono zdjęcia tak aby maksymalnie ułatwić dobór danych uczących i służących do oceny poprawności działania sieci. Programiści mogą swobodnie dobierać proporcje zdjęć pobieranych do uczenia określając ile próbek ma być pobieranych z poszczególnych folderów. Struktura ta jednocześnie pozwala na prowadzenie prac nad dwoma typami modeli AI – modelu wykrywającego jabłka ZŁE/DOBRE na zasadzie prostego klasyfikatora pracującego na zasadzie określenia prawdopodobieństwa że jabłko jest dobre lub złe na podstawie jednego prostego progu oraz drugiego modelu – pozwalającego na identyfikację każdej z wady jabłka jako odrębnej, identyfikowalnej klasy.

1.4. Format danych

Zdjęcia wykonano aparatem Canon EOS M50m2 i zapisano w formacie JPG. Aktualne ustawienia aparatu były każdorazowo zapisywane w meta danych poszczególnych zdjęć.

Zawartość przykładowego nagłówka w zdjęciach surowych przedstawiono w tabeli w załączniku 1 na końcu dokumentu.

1.5. Dostęp do bazy

Baza danych zdjęć dostępna jest pod adresem:

<https://data.nkautomatyka.pl/>

Ścieżka do przetworzonych danych, gotowych do uczenia maszynowego:

JABLKA DOBRE I ZLE -> DANE DO UCZENIA

Ścieżka do danych nieprzetworzonych, posegregowanych:

JABLKA DOBRE I ZLE -> DANE SUROWE POSORTOWANE

Ścieżka do danych nieprzetworzonych, nieposegregowanych:

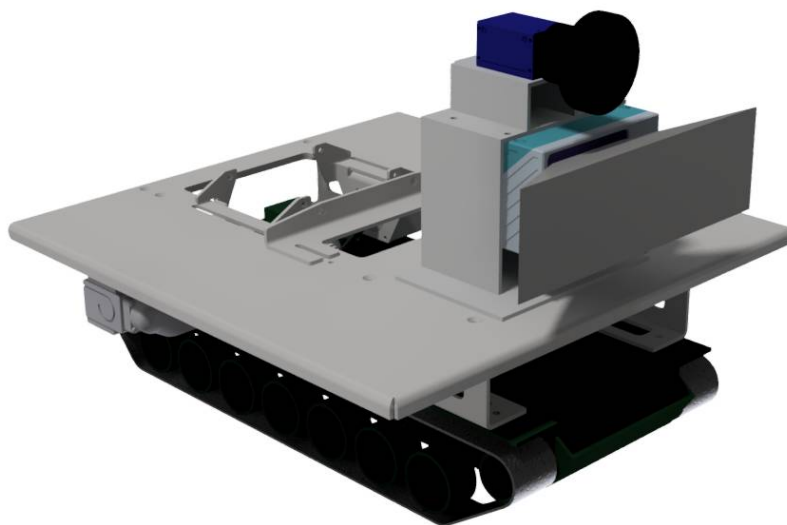
JABLKA DOBRE I ZLE -> DANE SUROWE NIEPOSORTOWANE

UWAGA! Dane surowe nieposortowane są na bieżąco, w miarę potrzeb wynikających z prac w pozostałych zadaniach, segregowane przez co mogą być przenoszone do danych posortowanych oraz po przetworzeniu – dodawane do danych do uczenia maszynowego.

2. Baza danych dla alejek

2.1. Opis systemu pomiarowego

Stanowisko pomiarowe do robienia skanów i zdjęć alejek w sadzie zostało przygotowane na podstawie mobilnej platformy gąsiennicowej Leopard 2A6 w skali 1:16. W platformie silniki prądu stałego wymieniono na silniki servo z enkoderami inkrementalnymi pozwalającymi na pomiar przemieszczenia robota oraz ustalenie stałych wartości przemieszczenia między zdjęciami. Na robocie zamontowano lidar LsLidar CH128X1 oraz kamerę DAHENG ME2P-900-13GC-P z obiektywem LCM-10MP-05MM-F1.8-1.5-LD1. Platformę przedstawiono na rysunku poniżej. Kamera i lidar zostały umieszczone poziomo tak aby zmaksymalizować widoczność drzewek w alejce.



Rys. Projekt platformy do zbierania danych

2.2. Zbieranie danych na stanowisku laboratoryjnym

W pierwszej rundzie akwizycji danych zebrano dane ze specjalnie przygotowanego stanowiska laboratoryjnego, w którym w oddzielonej przestrzeni ustawiono 6 sztucznych drzewek o różnych układach liści i grubościach pni. W laboratorium zebrano 150 datasetów dla różnych ustawień drzewek co odpowiada 1200 metrom alejek w sadzie.



Rys. Stanowisko do symulacji alejek w sadzie

2.3. Zbieranie danych w środowisku zewnętrznym

Kolejną rundę akwizycji danych przeprowadzono w sadoch o różnych parametrach. Wyróżniono między innymi sady o różnych:

- grubościach pni – sady z kilku i wieloletnimi nasadzeniami,
- systemach podpierania drzewek – słupy, bambusy, rurki,
- poziomach przygotowania ścieżki – odchwasczenie, wyrównanie,

Zdjęcia w sadzie wykonywane były w co 0,5 metra. Robot po przejechaniu określonego dystansu. Zatrzymywał się w celu zrobienia zdjęcia i zeskanowania chmury punktów. Przykładowe zdjęcia i chmury punktów przedstawiono poniżej.

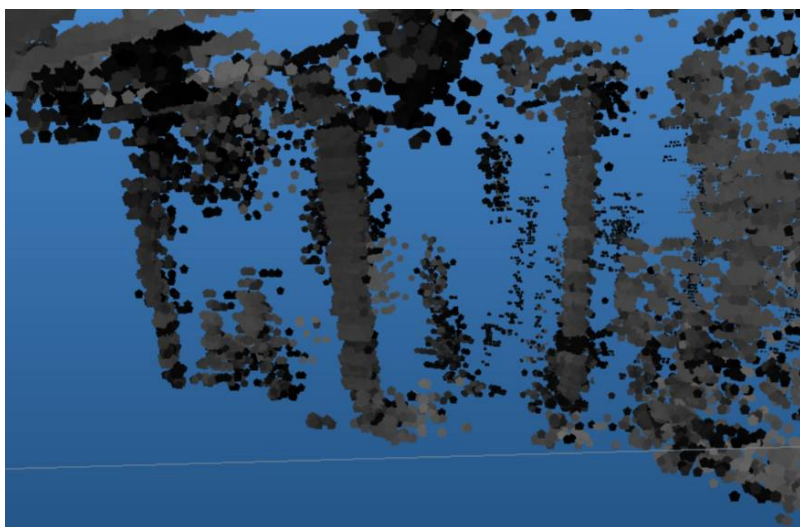
W sadzie zebrano 1800 zestawów danych odpowiadającym 900 metrom alejek, z czego każdy z zestawów może zostać wykorzystany dwukrotnie ponieważ zawiera dwa rzędy drzewek, po prawej i po lewej stronie robota.



Rys. Zdjęcia sadu wykonane przez robota



Rys. W pełni wyposażony robot w czasie akwizycji danych



Rys. Widok pni drzewek na obrazie z lidar



Rys. Podgląd alejki na lidarze z widoczną płaszczyzną środkową

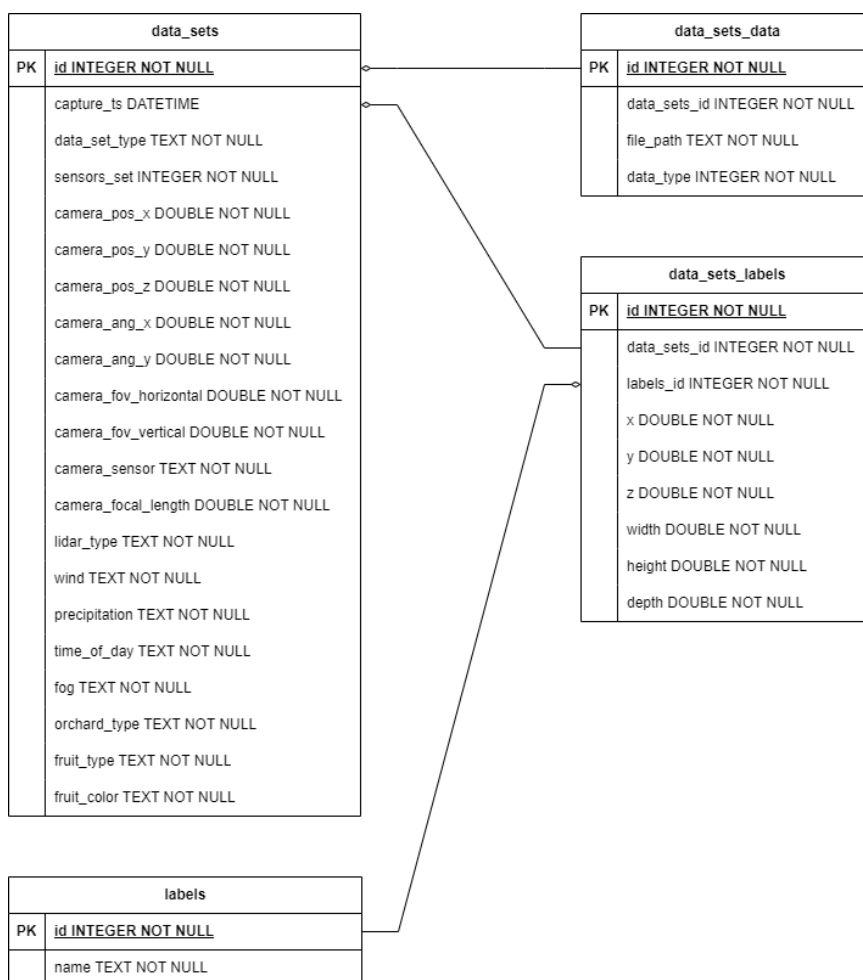
2.4. Format danych

2.4.1. Dane surowe

Dane odczytane z kamer światła widzialnego oraz ze skanerów LIDAR zapisywane są do folderu „data”. Obrazy z kamer zapisywane są w standardowym formacie PNG, w rozdzielczości skonfigurowanej w serwerze danych. Dla kamer wyposażonych w matryce GPixel GMAX2509 przyjęto 2100x1080 punktów. Informacje o chmurze punktów zapisywane są w formacie binarnym LIDR w plikach z rozszerzeniem RAW.

Informacje o zapisanych plikach agregowane są w relacyjnej bazie danych SQLite (<https://www.sqlite.org/>), przechowywanej w pliku dnn_service.db. W bazie przechowywane są informacje o lokalizacji plików, relacjach pomiędzy obrazami z kamer oraz zarejestrowanymi chmurami punktów, a także metadane opisujące warunki towarzyszące pozyskaniu danych oraz informacje o zarejestrowanych obiektach (w tym ich pozycjach na obrazie i w przestrzeni).

Schemat bazy danych przedstawiono na rysunku poniżej.



Rys. Schemat bazy danych

Opis struktury:

W tabeli znajdują się informacje o wykorzystanych urządzeniach, obiektach oraz warunkach w jakich dane zostały zarejestrowane:

- **capture_ts** – stempel czasowy momentu zarejestrowania danych
- **data_set_type** – pole tekstowe, przyjmuje wartości „LAB” dla danych rejestrowanych laboratoryjnie oraz „REAL” dla danych rzeczywistych, uzyskanych w warunkach produkcyjnych
- **sensor_set** – wykorzystany zespół czujników (0 – lewa kamera i LIDAR, 1 – prawa kamera i LIDAR)
- **camera_pos_x/y/z** – pozycja kamery w przestrzeni trójwymiarowej względem LIDAR
- **camera_angle_x/y** – kąty obrotu kamery (x – wokół osi Y, y – wokół osi X)
- **camera_fov_horizontal/vertical** – kąt widzenia kamery w poziomie/pionie
- **camera_sensor** – model wykorzystanego czujnika kamery światła widzialnego
- **camera_focal_length** – odległość ogniskowania wykorzystanego obiektywu kamery światła widzialnego
- **lidar_type** – model wykorzystanego urządzenia LIDAR
- **wind** – wiatr w momencie pozyskania danych, pole tekstowe opisowe, przyjmuje wartości: NONE, WEAK, MEDIUM, STRONG
- **precipitation** – opady atmosferyczne w momencie pozyskania danych, pole tekstowe opisowe, przyjmuje wartości: NONE, WEAK, MEDIUM, STRONG
- **fog** – zamglenie w momencie pozyskania danych, pole tekstowe opisowe, przyjmuje wartości: NONE, WEAK, MEDIUM, STRONG
- **time_of_day** – pora dnia w momencie pozyskania danych, pole tekstowe opisowe, przyjmuje wartości: DUSK, DAY, DOWN, NIGHT
- **orchard_type** – pole tekstowe, typ sadu owocowego
- **fruit_type** – pole tekstowe, typ jabłka
- **fruit_color** – pole tekstowe, kolor jabłka

data_sets_data:

- W tabeli zapisano informacje o plikach dla wybranych danych:
- **data_sets_id** – identyfikator danych
- **file_path** – ścieżka dostępu do pliku
- **data_type** – typ pliku (0 – zdjęcie z kamery, 2 – chmura punktów z LIDAR)

Labels

Tabela zawiera informacje o wykorzystywanych etykietach obiektów:

- **name** – pole tekstowe, wartość etykiety

data_sets_labels

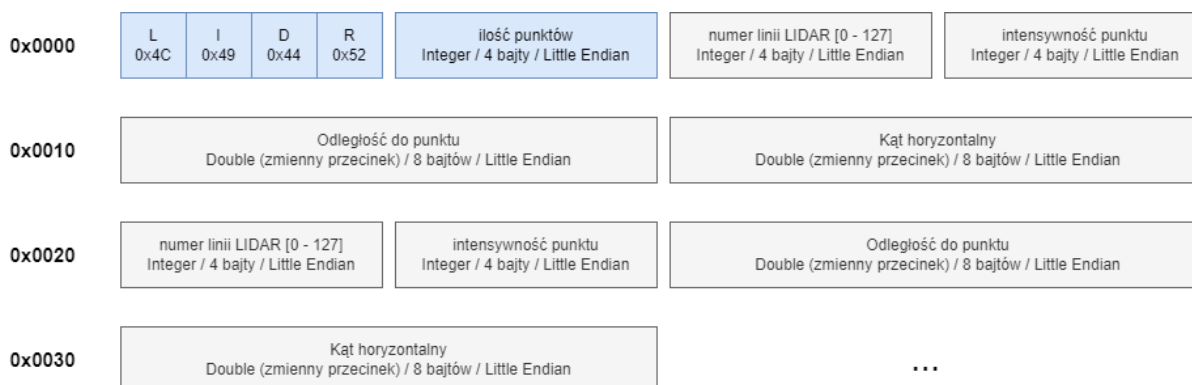
Tabela zawiera informacje o zarejestrowanych obiektach:

- **data_sets_id** – identyfikator danych
- **labels_id** – identyfikator etykiety
- **x/y** – pozycja na obrazie obiektu (0 – 1)
- **z** – odległość od kamery (w metrach)
- **width/height** – szerokość/wysokość obiektu na obrazie
- **depth** – głębokość obiektu (w metrach)

FORMATY PLIKÓW BINARNYCH:

- PLIKI RAW -

Plik zawiera informacje o punktach które uzyskano z urządzenia LIDAR. Plik ma postać binarną. Pierwsze 8 bajtów stanowi nagłówek, gdzie pierwsze 4 bajty zawierają bajty układające się w tablicę ASCII o treści „LIDR”. W ostatnich 4 bajtach nagłówka zapisana jest informacja o ilości wszystkich punktów. Po nagłówku wprowadzane są informacje o kolejnych punktach: numer linii LIDAR (4 bajty), intensywność punktu (4 bajty), odległość od urządzenia (8 bajtów) oraz kąt w poziomie (patrz poniższy rysunek).

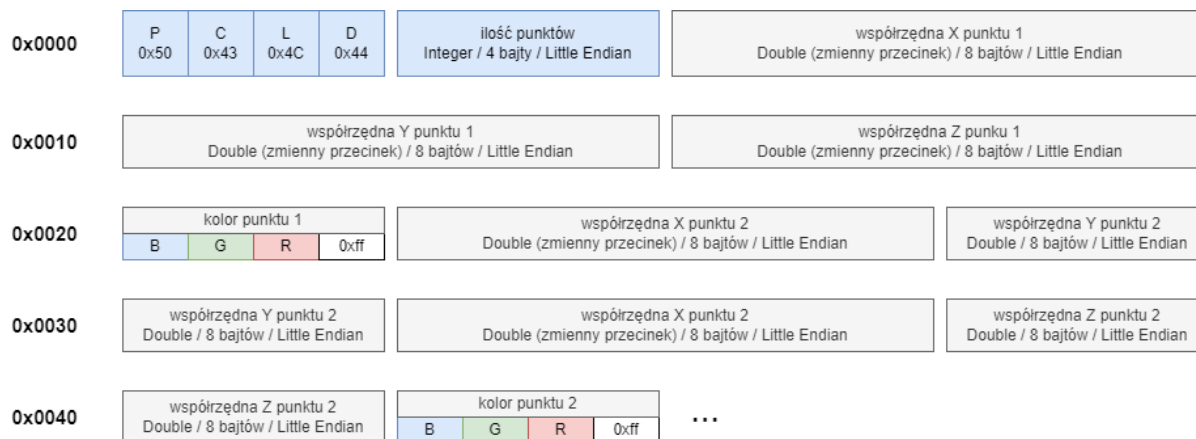


Rys. Schemat binarny pliku LIDR, kolorem niebieskim oznaczono nagłówkek

- PLIKI PCLD -

Plik zawiera informacje o chmurze punktów przekonwertowanej do kartezjańskiego układu współrzędnych. Plik ma postać binarną. Pierwsze 8 bajtów stanowi nagłówek, gdzie pierwsze 4 bajty zawierają bajty układające się w tablicę ASCII o treści „PCLD”. W ostatnich 4 bajtach nagłówka zapisana jest informacja o ilości wszystkich punktów. Po nagłówku wprowadzane są

informacje o kolejnych punktach: współrzędnych x, y, z (8 bajtów, zmienny przecinek) i kolorze (4 bajty BGR0).



Rys. Schemat binarny pliku CPLD, kolorem niebieskim oznaczono nagłówki

Zdjęcie

W folderze images zapisywane jest zdjęcie w formacie PNG. Rozdzielczość zdjęcia to 2100 x 1080. W eksportowanych zdjęciach nie ma meta danych które normalnie zapisywane są w surowych zdjęciach. Metadane poszczególnych zdjęć przechowywane są w lokalnych repozytoriach surowych danych umieszczonych na <https://data.nkautomatyka.pl/>.

2.5. Dostęp do bazy

W celu wyświetlenia bazy danych konieczne jest pobranie aplikacji, która umożliwi jednocześnie wyświetlanie i poruszanie się po danych 2D i 3D.

1. W celu pobrania aplikacji do przeglądania danych należy wejść na stronę:

<https://data.nkautomatyka.pl/>

2. Pobrać plik **Przeglądarka - podglad.zip**
3. Zapisać plik na dysku i a następnie rozpakować
4. Z rozpakowanych plików otworzyć program **DNN3DSelect**
5. W przypadku pojawienia się ostrzeżenia Windows należy kliknąć WIĘCEJ INFORMACJI

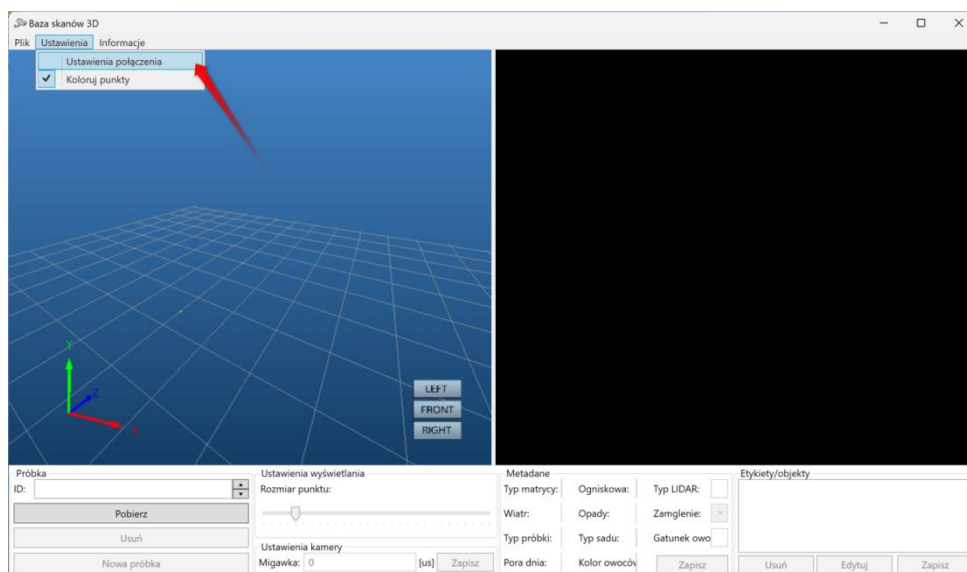


Rys. Więcej informacji



Rys. Zezwolenie na uruchomienie

6. Następnie kliknąć URUCHOM MIMO TO
7. Uruchomi się program służący do przeglądania danych w bazie, w celu wskazania bazy danych należy wybrać z paska górnego USTAWIENIA POŁĄCZENIA



Rys. Ustawienia połączenia

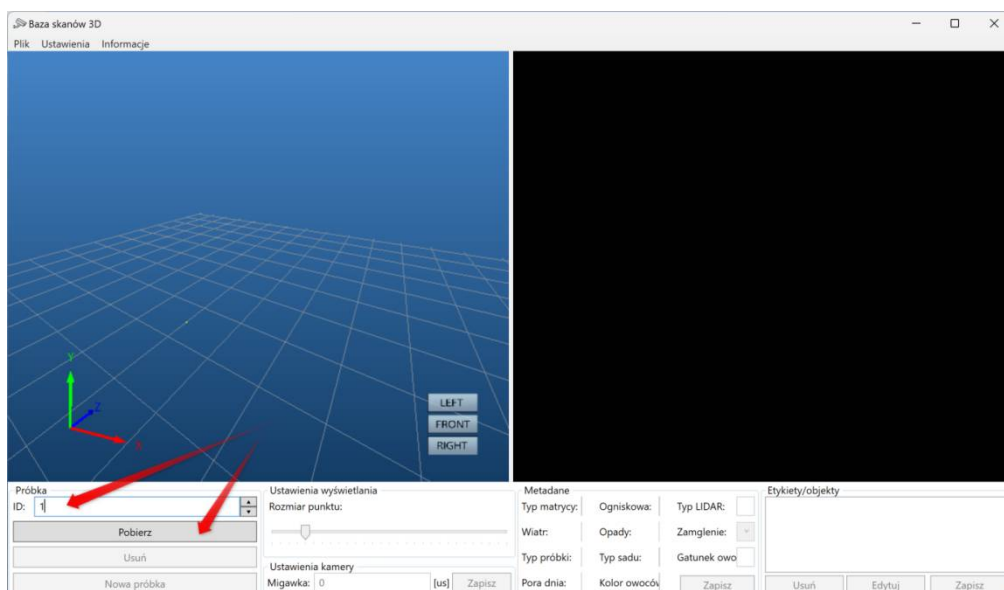
8. W celu połączenia się z bazą danych należy wpisać adres sieciowy odpowiedniej bazy:

data.nkautomatyka.pl:8441 – baza skanów i zdjęć jabłonek

data.nkautomatyka.pl:8442 – baza skanów i zdjęć alejek w sadzie

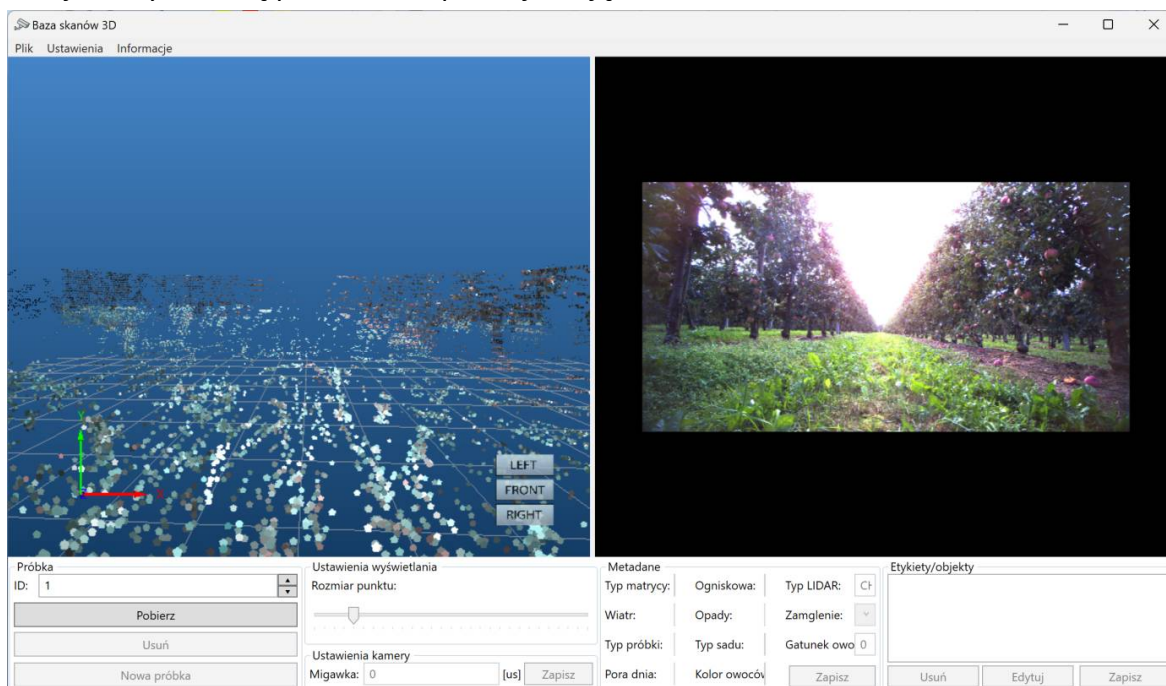
9. Po wpisaniu adresu odpowiedniej bazy, należy kliknąć przycisk ZAPISZ

10. Jeżeli jest to pierwsze uruchomienie, należy wpisać numer próbki którą ma zostać wyświetlona np. 1 i kliknąć pobierz.



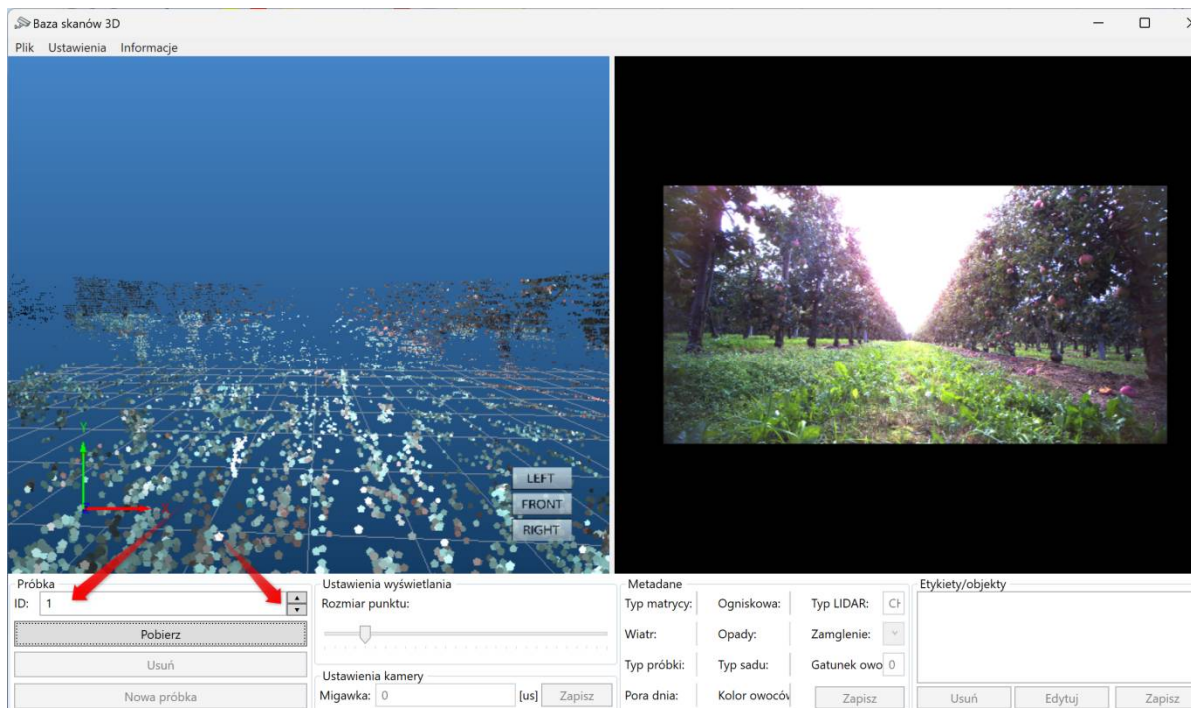
Rys. Pobieranie pierwszej próbki

11. Aplikacja pobierze z bazy próbkę która odpowiada danemu numerowi ID wyświetlając z lewej strony chmurę punktów a z prawej – zdjęcie



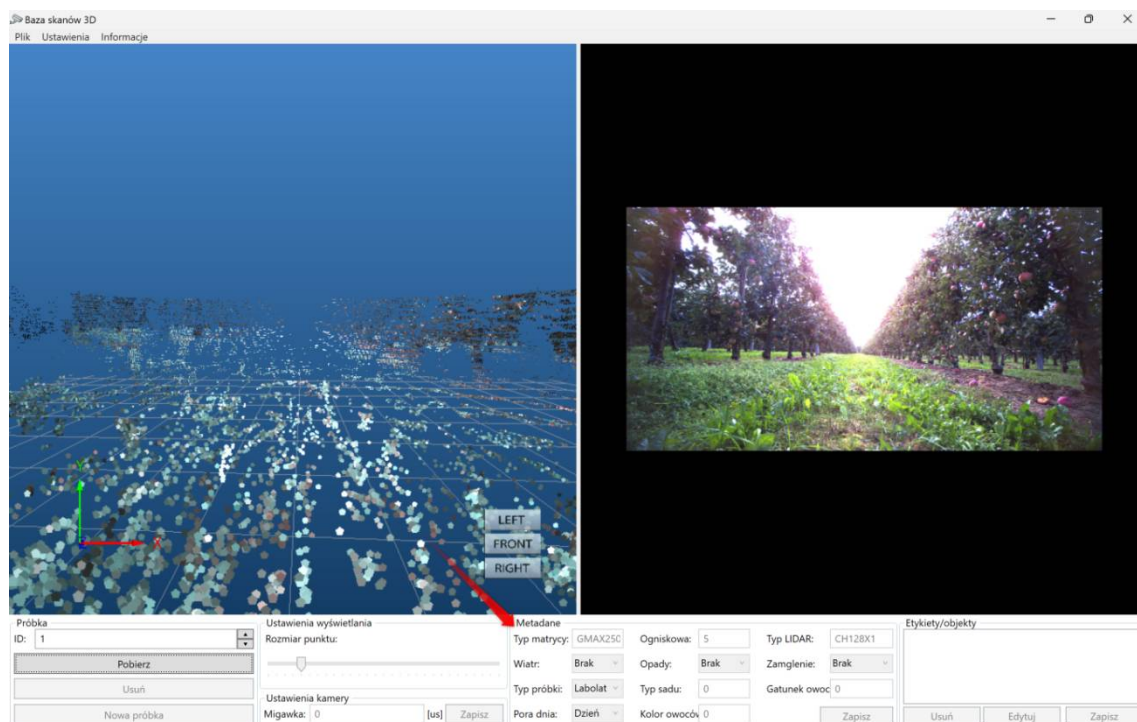
Rys. Wyświetlanie danych

12. Między próbkami można poruszać się za pomocą strzałek lub wpisując konkretny numer próbki i klikając przycisk POBIERZ



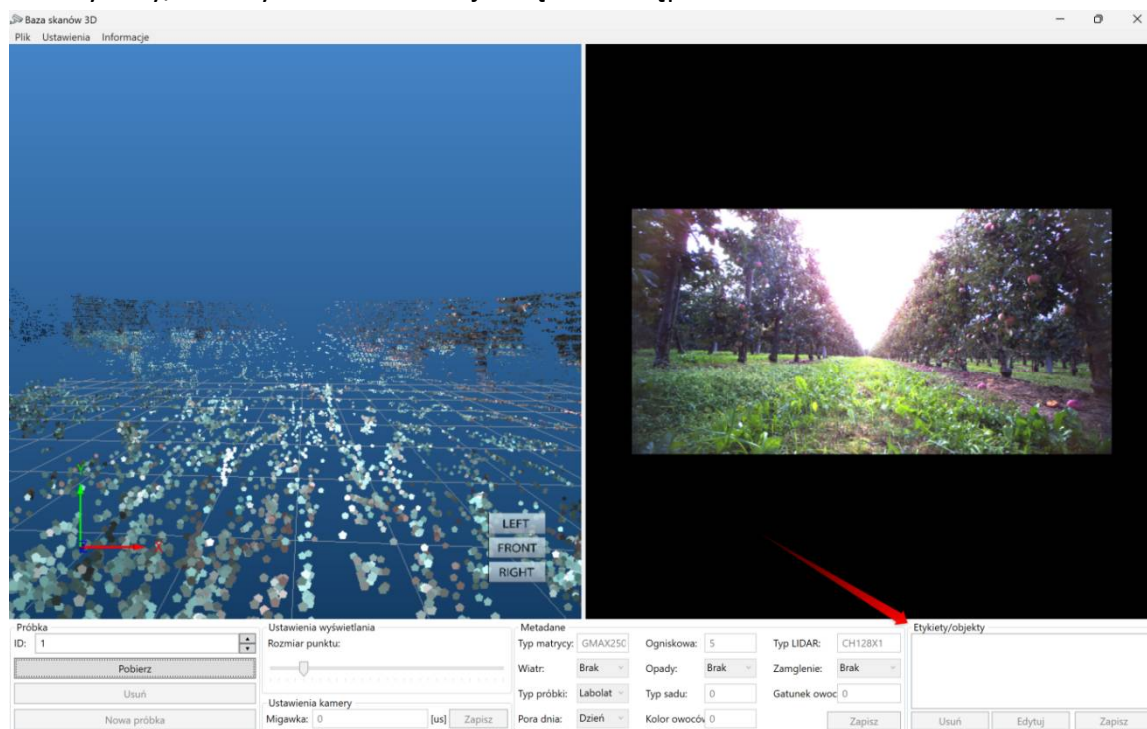
Rys. Poruszanie się po rekordach

13. Aplikacja pozwala na przeglądanie globalnych meta danych przypisanych do danego skanu:



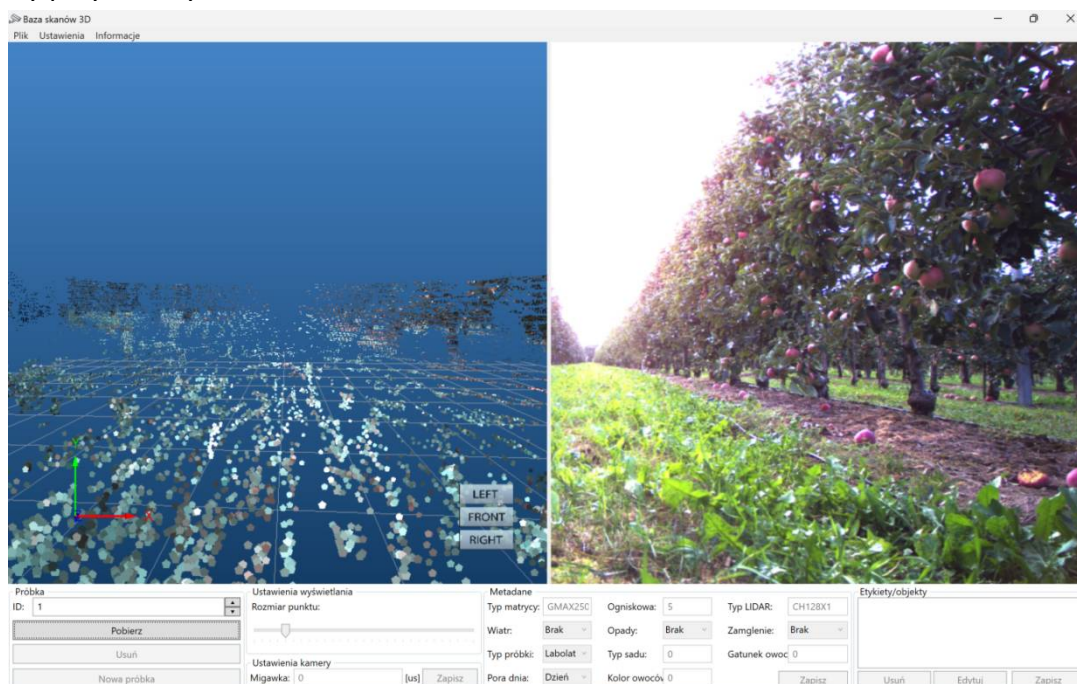
Rys. Przeglądanie metadanych

14. Pole etykiety/obiekty dla skanów alejek są niedostępne



Rys. Nieaktywne pole etykiet

15. Obraz na zdjęciu można przybliżać i oddalać scrollem myszki oraz przesuwać klikając prawy przycisk myszki.



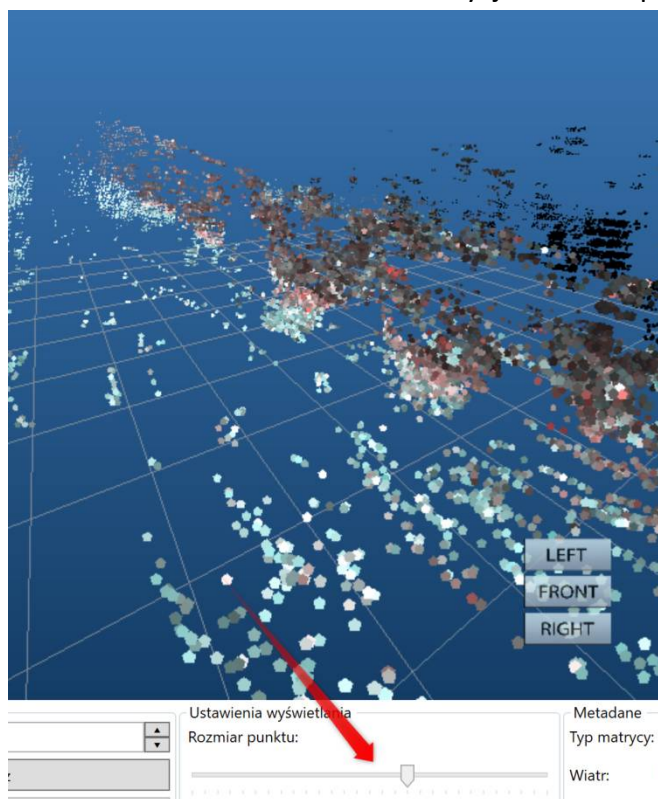
Rys. Przybliżanie i oddalanie obrazu

16. Obraz w chmurze można przybliżyć i oddalać scrollem myszki. Obrót w przestrzeni 3D następuje po kliknięciu i przytrzymaniu prawego przycisku myszy (ruch myszki generuje obrót), przesuwanie lewa prawa następuje po wciśnięciu lewego przycisku myszki i poruszeniu myszki lewa prawa a zoom z punktem centralnym w środku ekranu następuje po wciśnięciu lewego przycisku myszki i ruchu myszką góra dół. Nawigując w chmurze można zbliżyć się do wybranego punktu np. jabłonki:



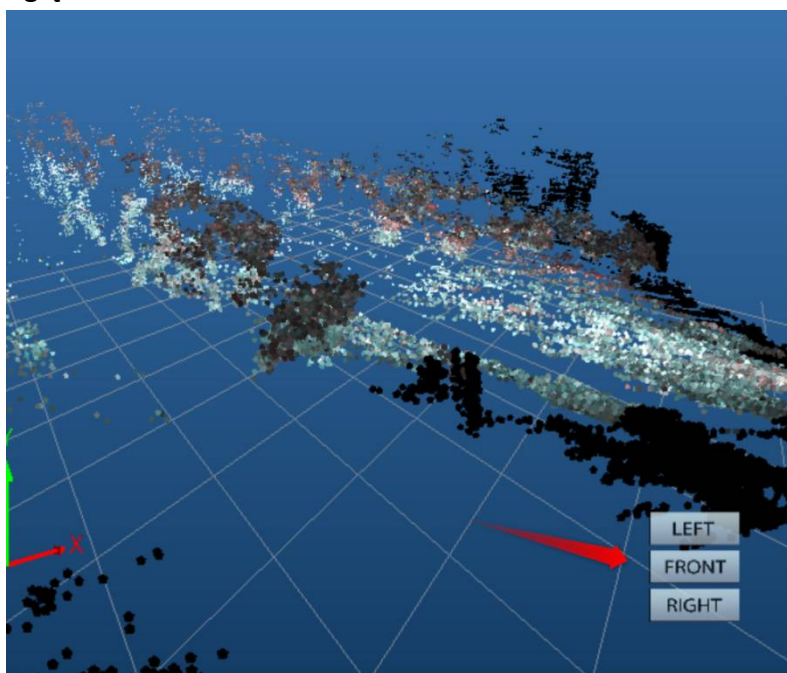
Rys. Poruszanie się po skanie

17. W celu poprawienia widoczności dodano możliwość edycji rozmiaru punktów tekstury:



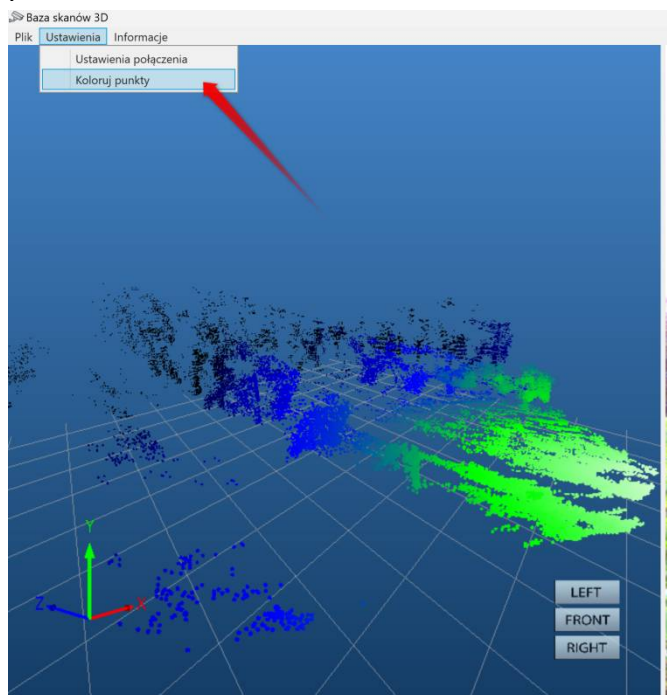
Rys. Zmiana rozmiaru punktów tekstury

18. Za pomocą przycisków LEFT, FRONT i RIGHT można szybko zmienić położenie obserwatora względem sadu:



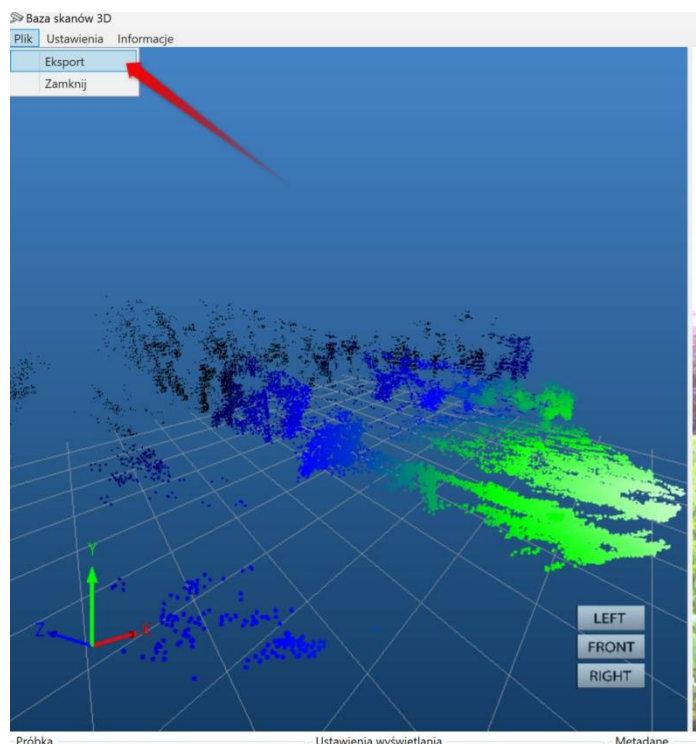
Rys. Zmiana rzutni

19. Teksturę opisaną na chmurze można zamienić na obraz głębokości wyłączając opcję kolorowania chmury:



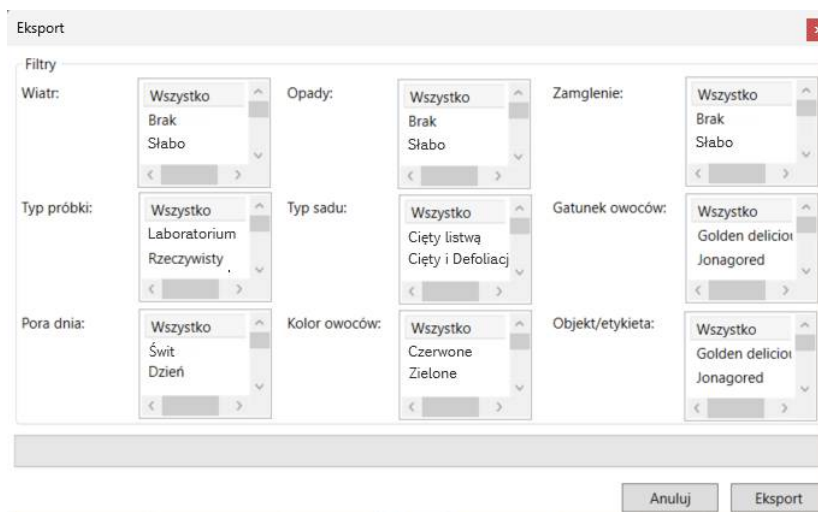
Rys. Wyświetlanie odległości za pomocą skali barw

20. Dane z bazy danych można wyeksportować do plików na dysku użytkownika klikając przycisk PLIK->EKSPORT



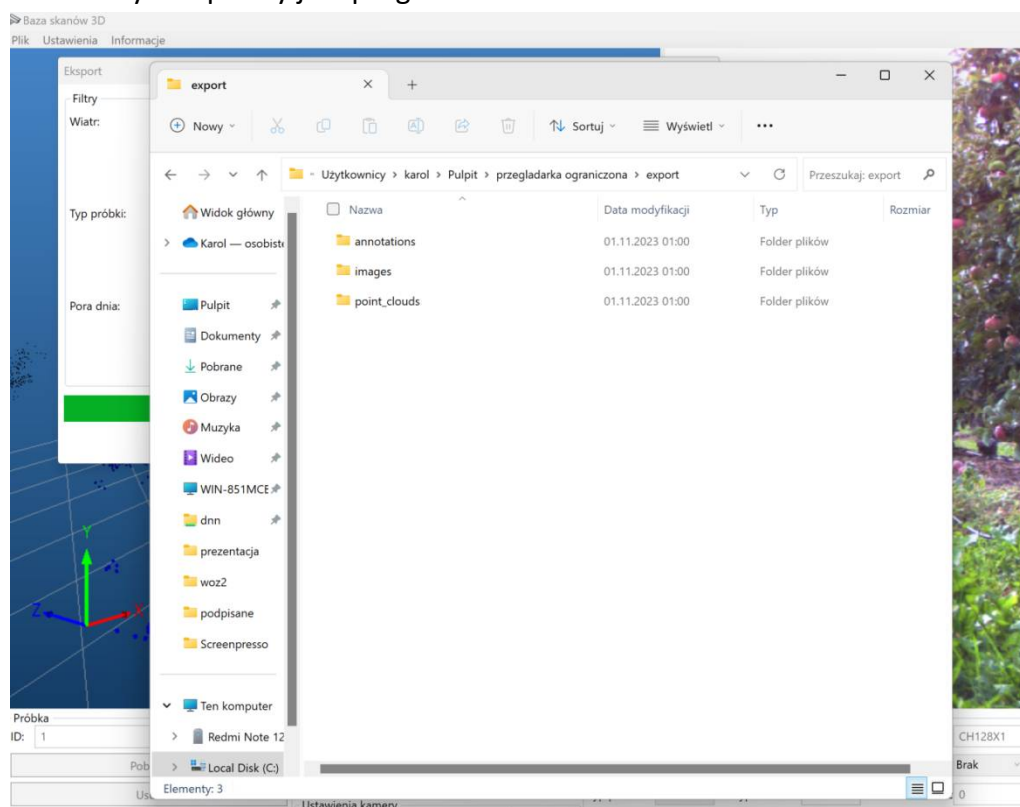
Rys. Eksportowanie danych

21. Po kliknięciu eksportu pojawi się okno w którym można wybrać jakie dane mają zostać wyeksportowane:



Rys. Okno wyboru danych do eksportu

22. Po zaznaczeniu wybranych meta danych np. Wiatr słaby, Opad brak, zamglenie brak pora dnia świt. Program przejrzy bazę danych w poszukiwaniu oznaczonych próbek spełniających warunki i po wciśnięciu przycisku EKSPORT wygeneruje pliki ucące w folderze w którym zapisany jest program.



Rys. Wyeksportowane dane

23. Struktura plików wygląda następująco:

- Annotation – w przypadku danych z alejki dane uczące nie są generowane. Dane te opracowujemy automatycznie standardowymi metodami tzn dla prostego modelu AI – z pomocą OpenCV lokalizujemy pniaki w przekroju chmury punktu na określonej wysokości od ziemi i przeprowadzamy prosta najlepszego dopasowania przechodzącą przez środki okręgów opisanych na pniakach. Dla modelu AI pracującego na danych bezpośrednio z chmury, w ramach testów wykonalności, opracowujemy algorytm który poszukuje pniaków w postaci lokalnych „zagęszczeń” punktów o charakterystycznych, cylindrycznych kształtach. Oba warianty na dzień tworzenia instrukcji są w fazie testowej i będą dokończone w zadaniu dotyczącym algorytmu sterowania platformy mobilnej.
- Images – pliki z obrazami
- Point_clouds – pliki z chmurami punktów

UWAGA!

1. Skany alejek w chwili przygotowywania niniejszego dokumentu zawierają kolejno
 - Próbkę od 1 do 1887 - dane z sadu
 - Próbkę od 1888 do 2075 – dane z laboratorium
2. Udostępniona baza danych zawiera zarówno dane przetworzone i opisane jak i „surowe dane”, które będą opracowywane w trakcie kolejnych etapów projektu. Dlatego wśród danych mogą występować np. zdjęcia niedoświetlone lub prześwietlone, zdjęcia zakrętów lub zdjęcia kalibracyjne. Dane te stanowią mniej niż 5 % ilości próbek i w trakcie dalszych prac będą sukcesywnie filtrowane i modyfikowane lub usuwane.
3. Dane dostępne przez aplikację z serwera są danymi modyfikowanymi. Istnieje również możliwość uzyskania dostępu do danych z przed modyfikacji „surowych” w tym celu należy pobrać bazę danych z katalogu SKANY ALEJEK i otworzyć ją za pomocą aplikacji jako dane lokalne.

3. Baza danych do lokalizowania jabłek na zdjęciu

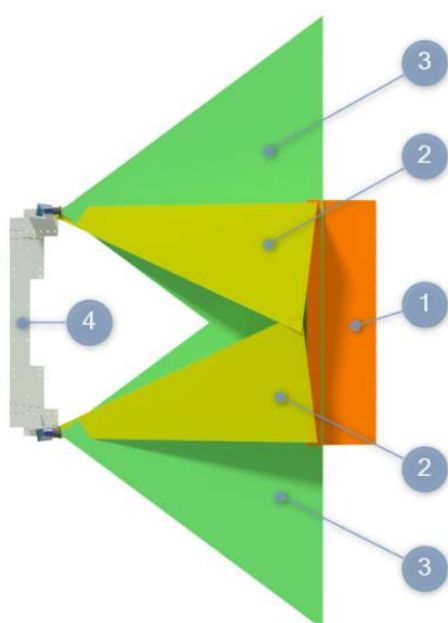
3.1. Opis systemu pomiarowego

System pomiarowy do robienia skanów i zdjęć jabłek na drzewkach zostało zaprojektowane tak aby zapewnić odpowiednio szerokie i wysokie pole pomiarowe dla robota, przy zachowaniu niewielkiej odległości pomiędzy systemem pomiarowym a jabłonką (równej szerokości alejki). Dodatkowo zachowując pomiędzy przyrządami pomiarowymi wolną strefę w której robot będzie mógł się „chować” w czasie pomiaru.

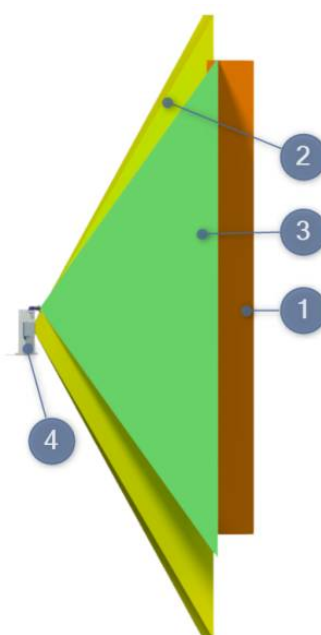
Założono, że pole robocze które będzie obsługiwał robot będzie miało wymiary:

- Szerokość 1,5 m,
- Wysokość 4,0 m,
- Głębokość 0,6 m.

Aby spełnić te założenia dla pomiaru wykonywanego z odległości 1,5 m wybrano dwie kamery DAHENG ME2P-900-13GC-P z szerokokątnym obiektywem LCM-10MP-05MM-F1.8-1.5-LD1 o niskim poziomie dystorsji, oraz dwa lidy LSLidar CH128X1 ustawione pionowo:



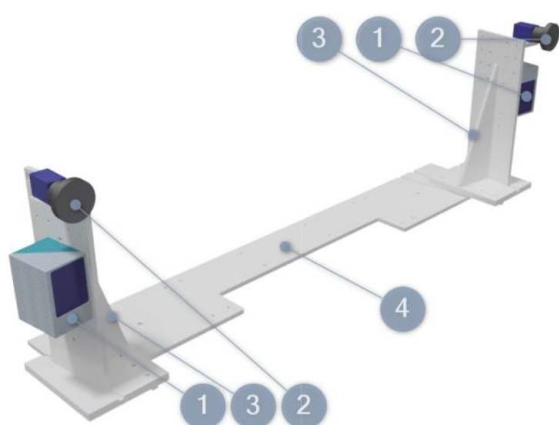
Rys. Zasięgi systemu - widok z góry



Rys. Zasięgi - widok z przodu

1. Strefa zbierania
2. Strefa zasięgu lidar
3. Strefa zasięgu kamery
4. System wizyjny

Dodatkowo zaprojektowano zespół tak aby zapewnione było stabilne ustawienie elementów składowych, oraz bez problemowe wykonanie kolejnych zestawów pomiarowych. Zespół został wykonany tak żeby można go było łatwo zdemontować np. na czas transportu a następnie zamontować w maszynie testowej i jak również w prototypach projektowanych w kolejnych etapach. Poniżej przedstawiono zaprojektowanie i wykonane rozwiązanie.



1. Lidary
2. Kamery przemysłowe
3. Konstrukcja ustawiająca w pionie
4. Konstrukcja ustawiająca w poziomie

Rys. System zbierający dane

Zespół pomiarowy zamontowano na wózku który zapewniał ustawienie go na odpowiedniej wysokości (w połowie skanowanej jabłonki), jak również dawał możliwości łatwego przemieszczania całości .



Rys. System pomiarowy

3.2. Zbieranie danych w środowisku laboratoryjnym

W laboratoryjnej rundzie akwizycji zostały zebrane dane ze stanowiska testowego, w którym w osłoniętej przestrzeni skanowano jabłonki według przygotowanych scenariuszy opracowanych na podstawie analizy zdjęć z sadu, zestawienie scenariuszy przedstawiono w załączniku 2, zawartym w instrukcji.

W efekcie prac przeprowadzonych w laboratorium zebrano 1170 zestawów danych dla jabłonek.



Rys. Laboratoryjne stanowisko do zbierania danych.

3.3. Zbieranie danych w środowisku zewnętrznym

Przeprowadzono również rundę akwizycji danych w środowisku zewnętrznym. Dane zebrano w różnie prowadzonych sadach, dla kilku odmian jabłek i przy różnych warunkach oświetleniowych i atmosferycznych. Po zebraniu 5100 zestawów danych wykonano ich analizę. Na podstawie doświadczeń zebranych podczas zbierania i analizy danych stworzono

listę scenariuszy, które mogą być mogą występować w sadzie i być problematyczne dla systemu rozpoznawania wyposażonego w sztuczną inteligencję jak i dla robota zbierającego. Zestawienie scenariuszy przedstawiono w załączniku 2 zawartym w tym dokumencie. Na poniższym zdjęciu przedstawiono system do zbierania danych przemieszany po sadzie



Rys. System zbierania danych podczas prac w sadzie

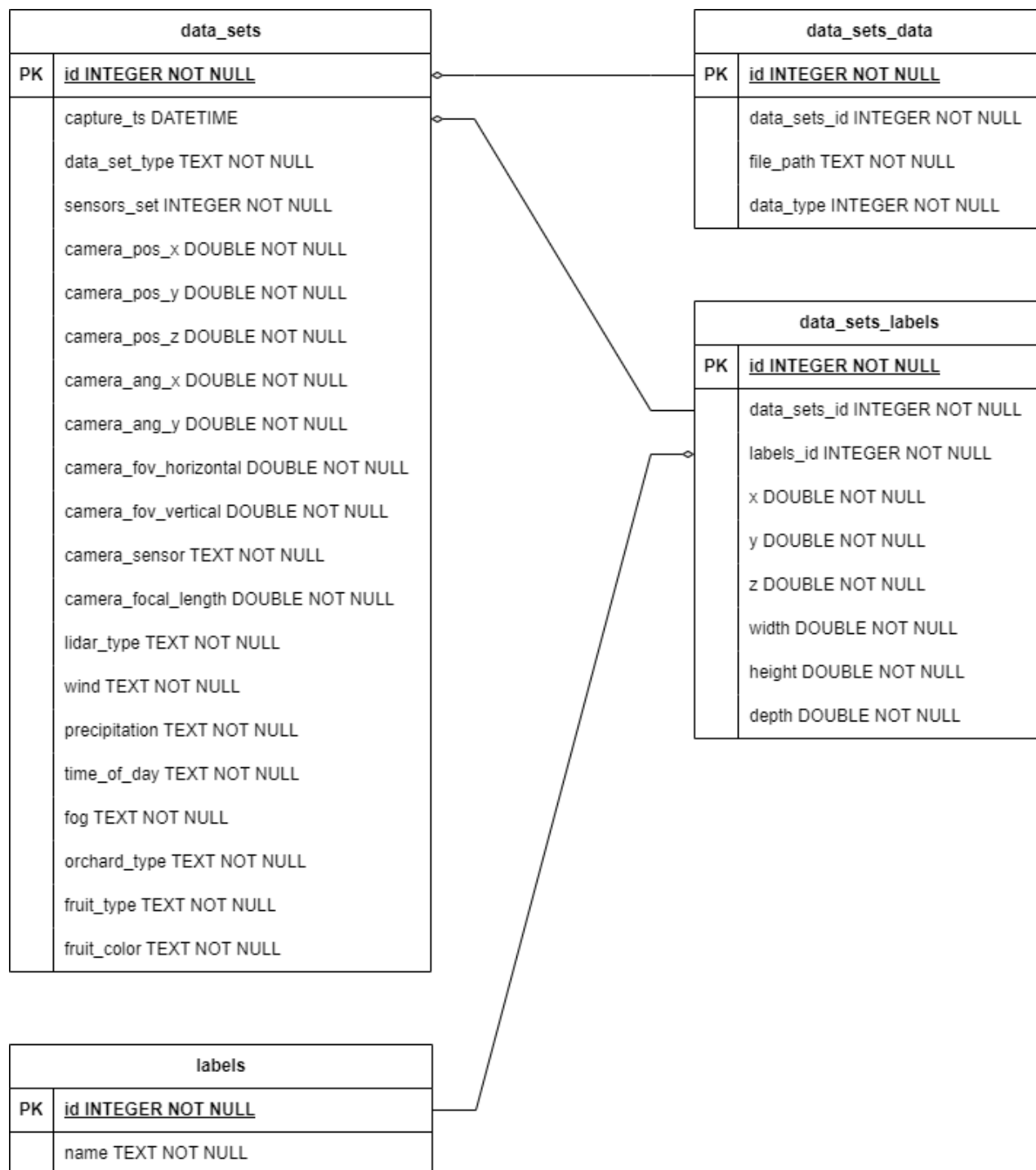
3.4. Format danych

3.4.1. Dane surowe

Dane odczytane z kamer światła widzialnego oraz ze skanerów LIDAR zapisywane są do folderu „data”. Obrazy z kamer zapisywane są w standardowym formacie PNG, w rozdzielczości skonfigurowanej w serwerze danych. Dla kamer wyposażonych w matryce GPixel GMAX2509 przyjęto 2100x1080 punktów. Informacje o chmurze punktów zapisywane są w formacie binarnym LIDR w plikach z rozszerzeniem RAW.

Informacje o zapisanych plikach agregowane są w relacyjnej bazie danych SQLite (<https://www.sqlite.org/>), przechowywanej w pliku dnn_service.db. W bazie przechowywane są informacje o lokalizacji plików, relacjach pomiędzy obrazami z kamer oraz zarejestrowanymi chmurami punktów, a także metadane opisujące warunki towarzyszące pozyskaniu danych oraz informacje o zarejestrowanych obiektach (w tym ich pozycjach na obrazie i w przestrzeni).

Schemat bazy danych przedstawiono na rysunku na kolejnej stronie.



Rys. Schemat bazy danych

Opis struktury:

W tabeli znajdują się informacje o wykorzystanych urządzeniach, obiektach oraz warunkach w jakich dane zostały zarejestrowane:

- **capture_ts** – stempel czasowy momentu zarejestrowania danych
- **data_set_type** – pole tekstowe, przyjmuje wartości „LAB” dla danych rejestrowanych laboratoryjnie oraz „REAL” dla danych rzeczywistych, uzyskanych w warunkach produkcyjnych
- **sensor_set** – wykorzystany zespół czujników (0 – lewa kamera i LIDAR, 1 – prawa kamera i LIDAR)
- **camera_pos_x/y/z** – pozycja kamery w przestrzeni trójwymiarowej względem LIDAR
- **camera_angle_x/y** – kąty obrotu kamery (x – wokół osi Y, y – wokół osi X)
- **camera_fov_horizontal/vertical** – kąt widzenia kamery w poziomie/pionie
- **camera_sensor** – model wykorzystanego czujnika kamery światła widzialnego
- **camera_focal_length** – odległość ogniskowania wykorzystanego obiektywu kamery światła widzialnego
- **lidar_type** – model wykorzystanego urządzenia LIDAR
- **wind** – wiatr w momencie pozyskania danych, pole tekstowe opisowe, przyjmuje wartości: NONE, WEAK, MEDIUM, STRONG
- **precipitation** – opady atmosferyczne w momencie pozyskania danych, pole tekstowe opisowe, przyjmuje wartości: NONE, WEAK, MEDIUM, STRONG
- **fog** – zamglenie w momencie pozyskania danych, pole tekstowe opisowe, przyjmuje wartości: NONE, WEAK, MEDIUM, STRONG
- **time_of_day** – pora dnia w momencie pozyskania danych, pole tekstowe opisowe, przyjmuje wartości: DUSK, DAY, DOWN, NIGHT
- **orchard_type** – pole tekstowe, typ sadu owocowego
- **fruit_type** – pole tekstowe, typ jabłka
- **fruit_color** – pole tekstowe, kolor jabłka

data_sets_data:

- W tabeli zapisano informacje o plikach dla wybranych danych:
- **data_sets_id** – identyfikator danych
- **file_path** – ścieżka dostępu do pliku
- **data_type** – typ pliku (0 – zdjęcie z kamery, 2 – chmura punktów z LIDAR)

Labels

Tabela zawiera informacje o wykorzystywanych etykietach obiektów:

- **name** – pole tekstowe, wartość etykiety

data_sets_labels

Tabela zawiera informacje o zarejestrowanych obiektach:

- **data_sets_id** – identyfikator danych
- **labels_id** – identyfikator etykiety
- **x/y** – pozycja na obrazie obiektu (0 – 1)
- **z** – odległość od kamery (w metrach)
- **width/height** – szerokość/wysokość obiektu na obrazie
- **depth** – głębokość obiektu (w metrach)

FORMATY PLIKÓW BINARNYCH:

- PLIKI RAW -

Plik zawiera informacje o punktach które uzyskano z urządzenia LIDAR. Plik ma postać binarną. Pierwsze 8 bajtów stanowi nagłówek, gdzie pierwsze 4 bajty zawierają bajty układające się w tablicę ASCII o treści „LIDR”. W ostatnich 4 bajtach nagłówka zapisana jest informacja o ilości wszystkich punktów. Po nagłówku wprowadzane są informacje o kolejnych punktach: numer linii LIDAR (4 bajty), intensywność punktu (4 bajty), odległość od urządzenia (8 bajtów) oraz kąt w poziomie (patrz poniższy rysunek).

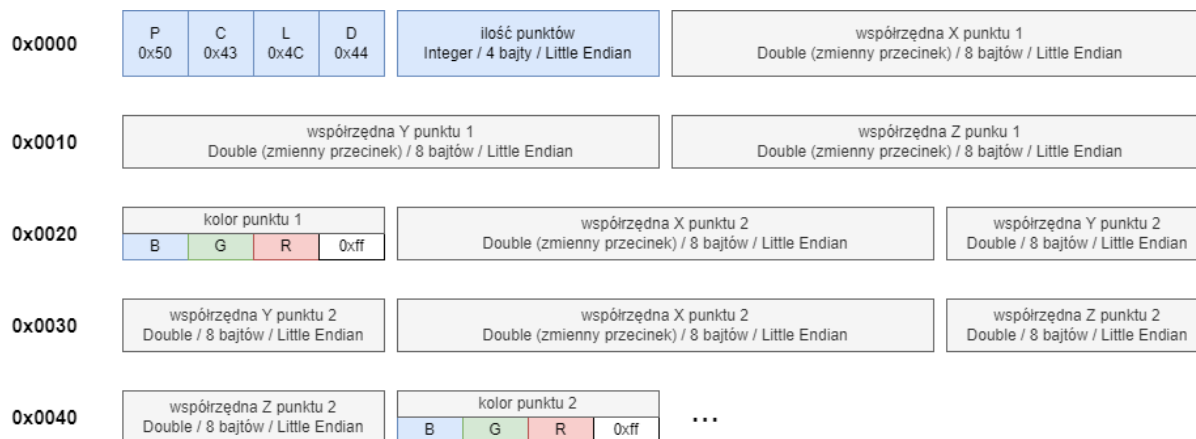


Rys. Schemat binarny pliku LIDR, kolorem niebieskim oznaczono nagłówki

- PLIKI PCLD -

Plik zawiera informacje o chmurze punktów przekonwertowanej do kartezjańskiego układu współrzędnych. Plik ma postać binarną. Pierwsze 8 bajtów stanowi nagłówek, gdzie pierwsze 4 bajty zawierają bajty układające się w tablicę ASCII o treści „PCLD”. W ostatnich 4 bajtach nagłówka zapisana jest informacja o ilości wszystkich punktów. Po nagłówku wprowadzane są

informacje o kolejnych punktach: współrzędnych x, y, z (8 bajtów, zmienny przecinek) i kolorze (4 bajty BGR0).



Rys. Schemat binarny pliku CPLD, kolorem niebieskim oznaczono nagłówki

3.4.2. Dane uczące

Opis eksportu

Oprogramowanie umożliwia wykonanie eksportu bazy danych do formatu akceptowanego przez mechanizmy uczenia głębokiego. Na obecnym etapie prac przyjęto, że na potrzeby wyszukiwania obiektów na obrazach, wykorzystywany będzie format danych zgodny z YOLOv8.

Po wykonaniu eksportu klient bazy danych tworzy folder „export” oraz plik „export.yaml”. W folderze export znajdują się foldery „train”, „test” i „valid”, zawierające kolejno dane przeznaczone do uczenia, testowania oraz walidacji wygenerowanych modeli uczenia głębokiego. Na obecnym etapie prac przyjęto założenie, że nie mniej niż 70% próbek wyodrębnionych w eksporcie zasili dane uczące, podczas gdy do danych testowych i walidujących trafi odpowiednio około 20% i 10% wyodrębnionych próbek.

Plik „export.yaml” jest plikiem tekstowym, w formacie YAML, gdzie:

- wartości „train”, „val” oraz „test” zawierają referencyjne lokalizacje plików ze zdjęciami z kamer
- wartość „nc” zawiera liczbę wykorzystywanych etykiet, wylistowanych w polu „names”
- tablica „names” zawiera listę wykorzystywanych etykiet

Listing 1. Przykładowa zawartość pliku "export.yaml"

```
train: train/images
val: valid/images
test: test/images

nc: 2

names: ['label1', 'label2']
```

Każdy z folderów: „train”, „valid” oraz „test” zawiera foldery „images”, „labels”, „point_clouds” oraz „objects”.

W folderze „images” znajdują się zdjęcia z kamer w formacie PNG (próbkowane do rozdzielczości 640x640), w folderze „labels” pliki ze wskazaniem oznaczonych etykiet na obrazie (nazwa pliku odpowiada nazwie pliku ze zdjęciem). Informacje o etykietach umieszczane są w oddzielnych liniach pliku tekstowego. Każda linia zawiera kolejno: numer etykiety z pliku „export.yaml” (numeracja od 0), pozycja w poziomie na obrazie (wartość rzeczywista/zmiennoprzecinkowa, od 0 do 1, gdzie 0 to lewa krawędź obrazu), pozycja w pionie na obrazie (wartość od 0 do 1, gdzie 0 to górna krawędź obrazu), szerokość (wartość od 0 do 1, gdzie 1 to cała szerokość obrazu), wysokość (wartość od 0 do 1, gdzie 1 to cała wysokość obrazu). W folderze „point_clouds” znajdują się chmury punktów w formacie PCLD (nazwy plików odpowiadają nazwom plików ze zdjęciami w folderze „images”).

Listing 2. Przykładowa plik z opisem etykiet

```
0 0.25 0.25 0.5 0.5
1 0.75, 0.75 0.1 0.1
```

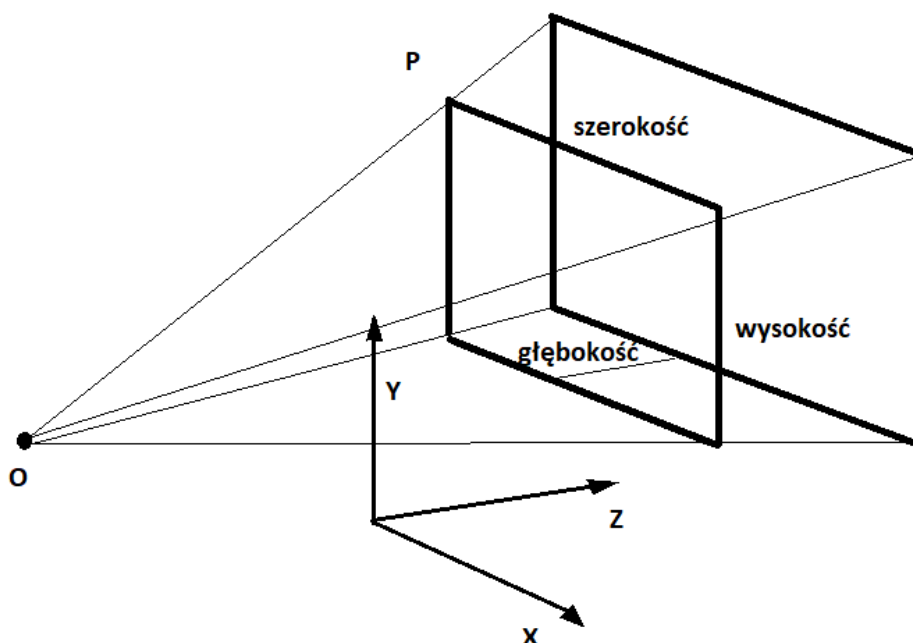
Listing 2. Przykładowa zawartość pliku "export.yaml"

W folderze „objects” znajdują się pliki ze wskazaniem etykiet oznaczonych w 3D. Pliki te są plikami tekstowymi o następującej strukturze:

- w pierwszej linii zawsze znajdują się 3 wartości rzeczywiste/zmiennoprzecinkowe wskazujące na pozycję obserwatora w przestrzeni (X, Y, Z). Układ współrzędnych odpowiada użytemu do opisu chmury punktów w pliku PCLD.
- każda następna linia zawiera kolejno: numer etykiety z pliku „export.yaml” (liczba całkowita), współrzędne X, Y, Z oznaczonego obiektu/etykiety w przestrzeni (wartości rzeczywiste, w metrach, Z – pozycja bliższego planu) oraz wartości wysokości, szerokości oraz głębokości (wartości rzeczywiste, wyrażone w metrach, gdzie wysokość i szerokość dotyczą bliższego planu)

Listing 3. Przykładowy plik opisujący położenie obiektów w 3D

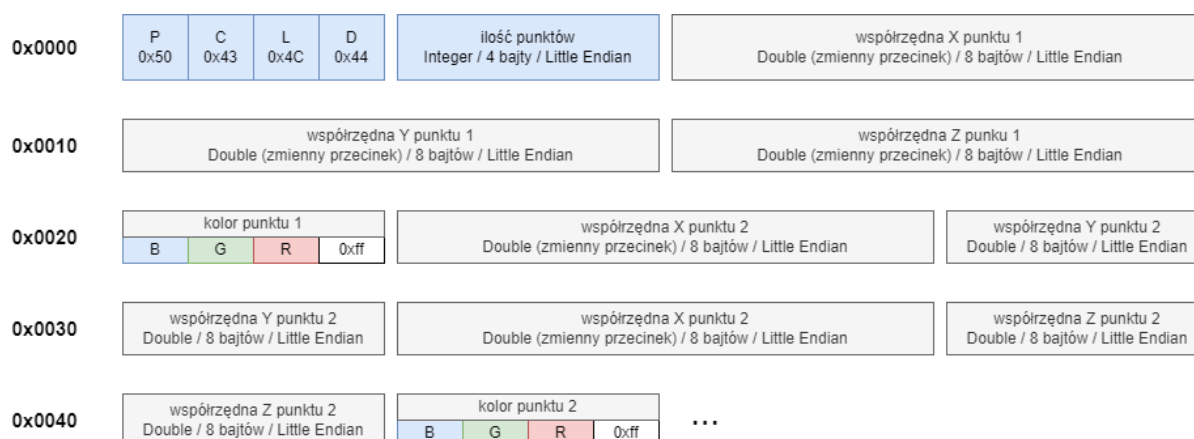
```
0 0.125 0.05
0 1.22 2.33 1.7 0.6 0.4 0.5
1 1.9 2.85 1.5 0.55 0.6 0.5
```



Rys. Wizualizacja parametrów opisujących położenie i kształt strefy opisującej obiekt w przestrzeni. O - obserwator, P - położenie obiektu

Format pliku PCLD

Plik zawiera informacje o chmurze punktów przekonwertowanej do kartezjańskiego układu współrzędnych. Plik ma postać binarną. Pierwsze 8 bajtów stanowi nagłówek, gdzie pierwsze 4 bajty zawierają bajty układające się w tablicę ASCII o treści „PCLD”. W ostatnich 4 bajtach nagłówka zapisana jest informacja o ilości wszystkich punktów. Po nagłówku wprowadzane są informacje o kolejnych punktach: współrzędnych x, y, z (8 bajtów, zmienny przecinek) i kolorze (4 bajty BGRO).



Rys. Schemat binarny pliku CPLD, kolorem niebieskim oznaczono nagłówkek

Zdjęcie

W folderze images zapisywane jest zdjęcie w formacie PNG. Rozdzielczość zdjęcia to 2100 x 1080. W eksportowanych zdjęciach nie ma meta danych które normalnie zapisywane są w surowych zdjęciach. Metadane poszczególnych zdjęć przechowywane są w lokalnych repozytoriach surowych danych umieszczonych na <https://data.nkautomatyka.pl/>.

3.5. Dostęp do bazy

W celu wyświetlenia bazy danych konieczne jest pobranie aplikacji, która umożliwi jednocześnie wyświetlanie i poruszanie się po danych 2D i 3D.

Instrukcja pobrania aplikacji:

1. W celu pobrania aplikacji do przeglądania danych należy wejść na stronę:

<https://data.nkautomatyka.pl/>

2. Pobrać plik **Przeglądarka - podgląd.zip**
3. Zapisać plik na dysku i a następnie rozpakować
4. Z rozpakowanych plików otworzyć program **DNN3DSelect**
5. W przypadku pojawienia się ostrzeżenia Windows należy kliknąć WIĘCEJ INFORMACJI

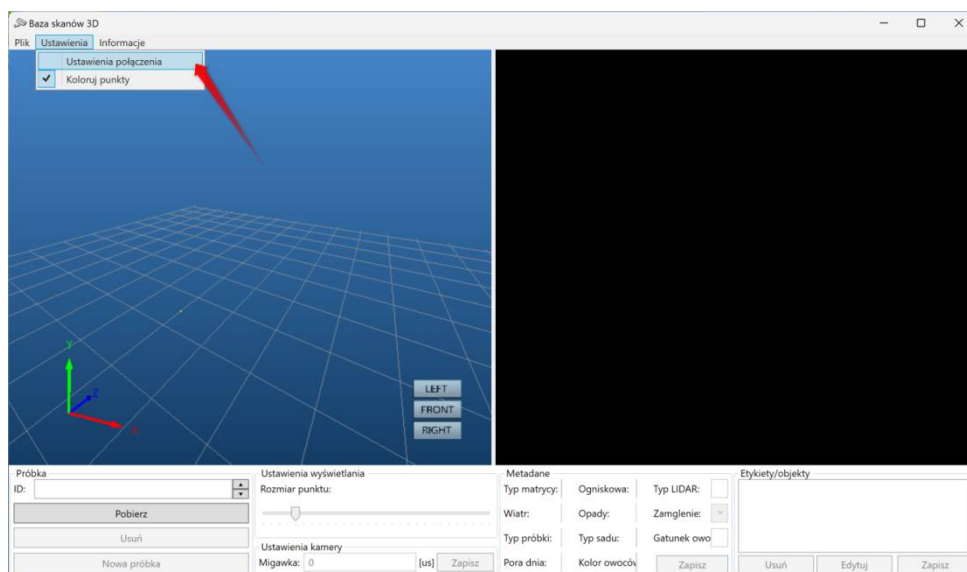


Rys. Więcej informacji



Rys. Zezwolenie na uruchomienie

6. Następnie kliknąć URUCHOM MIMO TO
7. Uruchomi się program służący do przeglądania danych w bazie, w celu wskazania bazy danych należy wybrać z paska górnego USTAWIENIA POŁĄCZENIA



Rys. Ustawienia połączenia

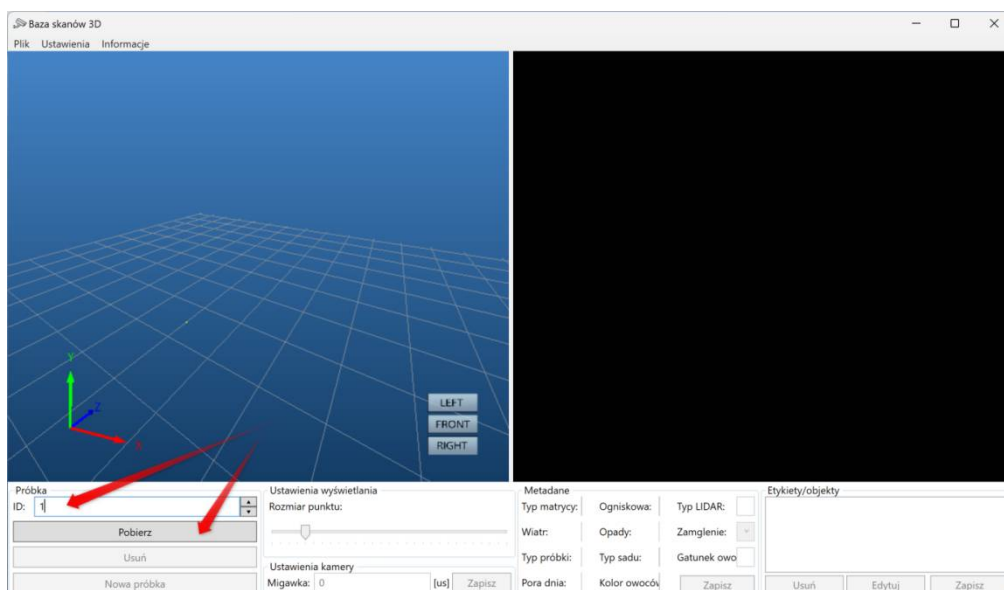
8. W celu połączenia się z bazą danych należy wpisać adres sieciowy odpowiedniej bazy:

data.nkautomatyka.pl:8441 – baza skanów i zdjęć jabłonek

data.nkautomatyka.pl:8442 – baza skanów i zdjęć alejek w sadzie

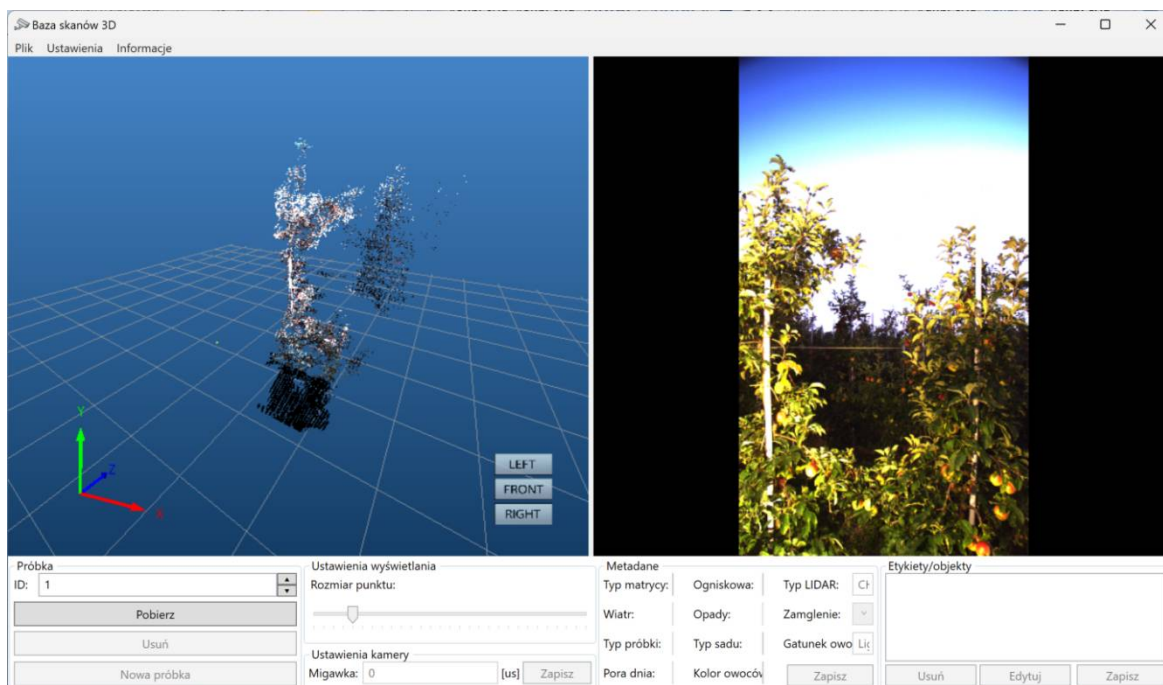
9. Po wpisaniu adresu odpowiedniej bazy, należy kliknąć przycisk ZAPISZ

10. Jeżeli jest to pierwsze uruchomienie, należy wpisać numer próbki którą ma zostać wyświetlona np. 1 i kliknąć pobierz.



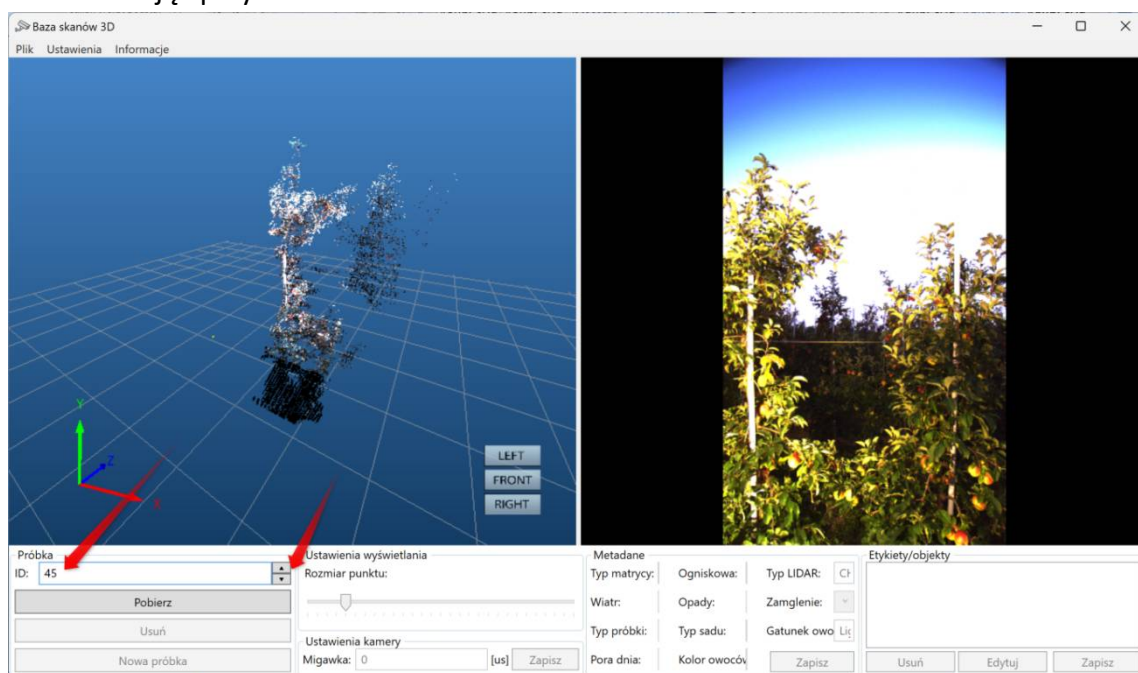
Rys. Pobieranie pierwszej próbki

11. Aplikacja pobierze z bazy próbkę która odpowiada danemu numerowi ID wyświetlając z lewej strony chmurę punktów a z prawej – zdjęcie



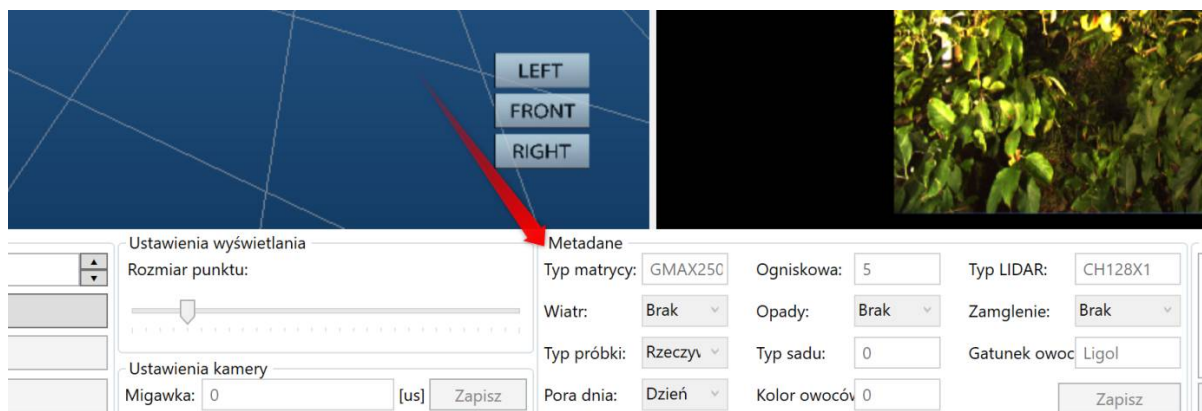
Rys. Wyświetlanie danych

12. Między próbkami można poruszać się za pomocą strzałek lub wpisując konkretny numer próbki i klikając przycisk POBIERZ



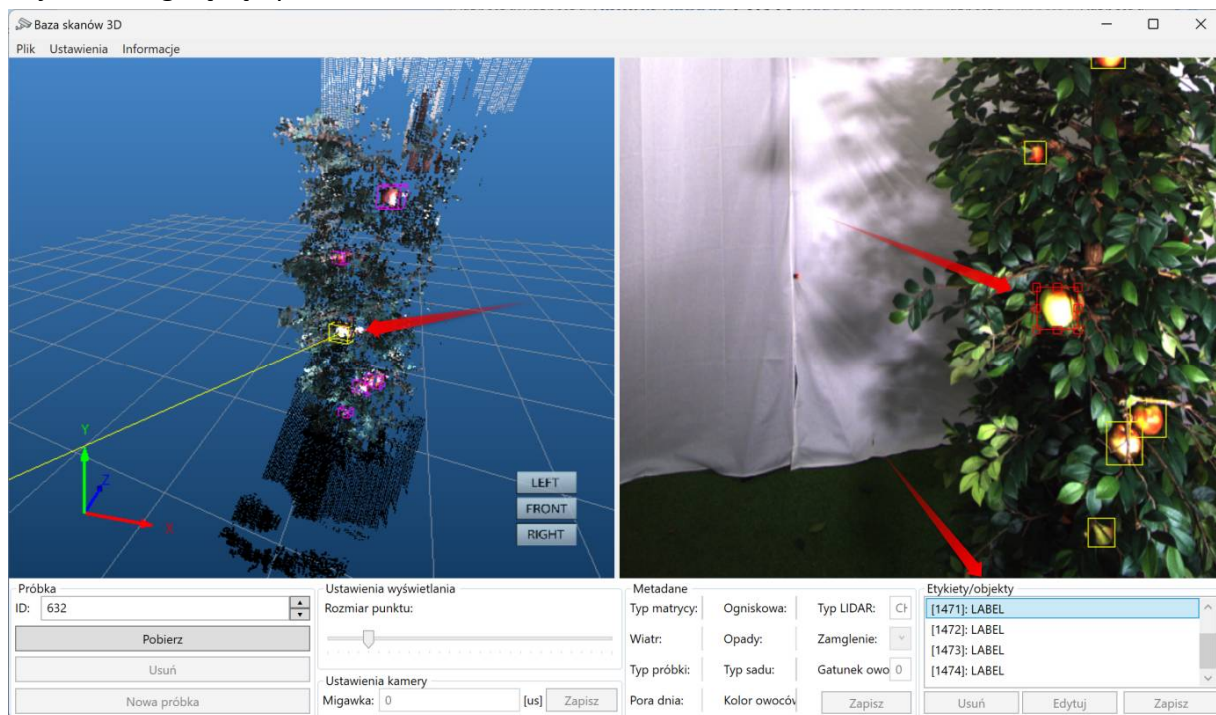
Rys. Poruszanie się po rekordach

13. Aplikacja pozwala na przeglądanie globalnych meta danych przypisanych do danego drzewka:



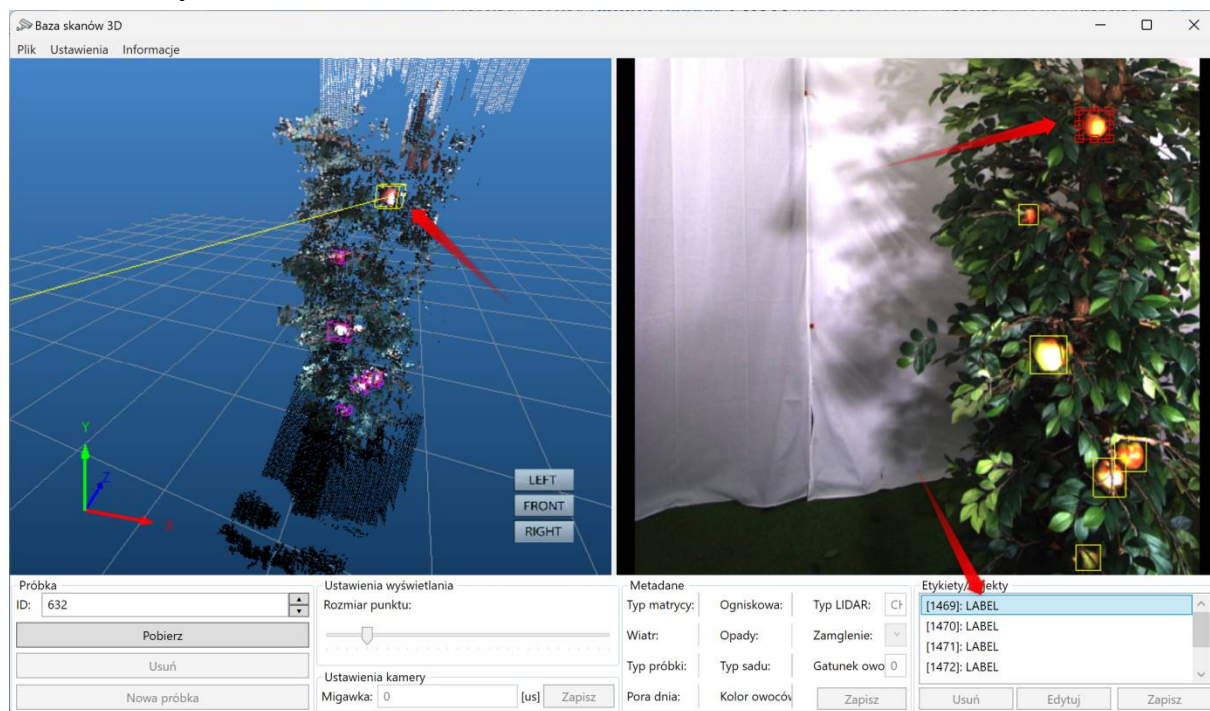
Rys. Podgląd metadanych

14. Oraz danych lokalnych przypisanych do zaznaczonych jabłek i chmur punktów. Dane lokalne mówią o cechach przypisanych do danego jabłka i służą do wyodrębnienia specyficznych przypadków np. jabłko przy stupie, jabłko przy drucie wspornikowym, jabłko za gałęzią itp.



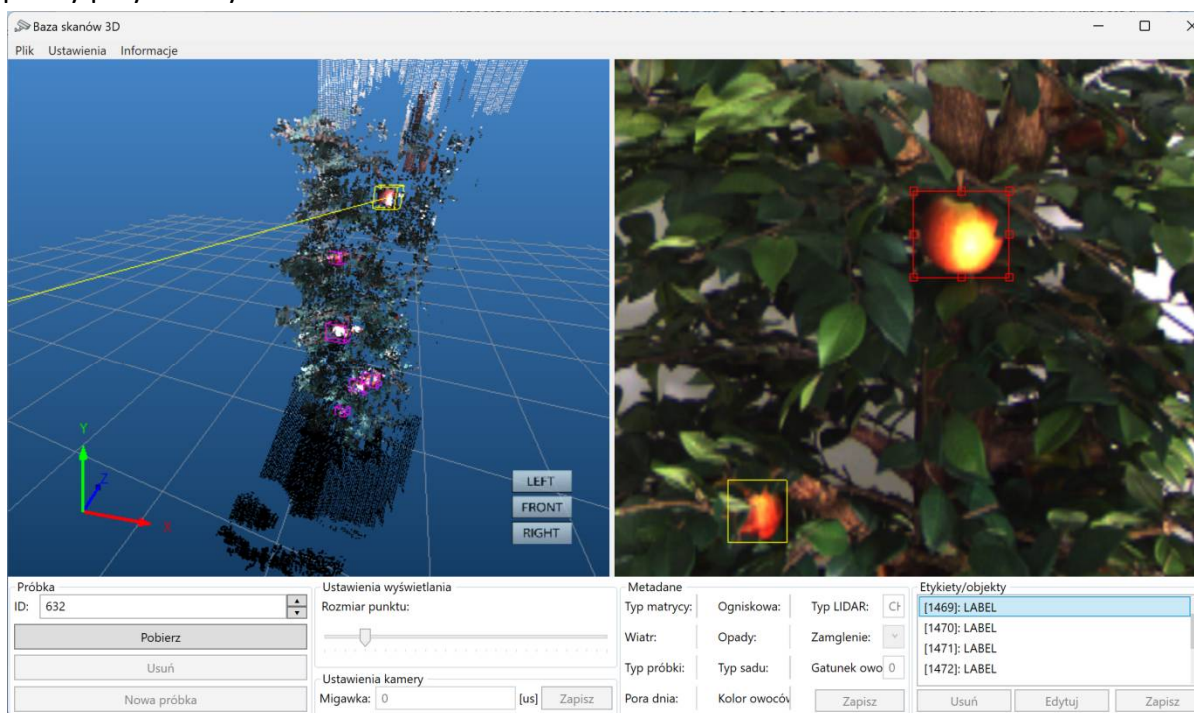
Rys. Pogląd danych lokalnych

15. Poprzez kliknięcie na wybraną etykietę można podświetlić na zdjęciu i na chmurze oznaczone jabłko:



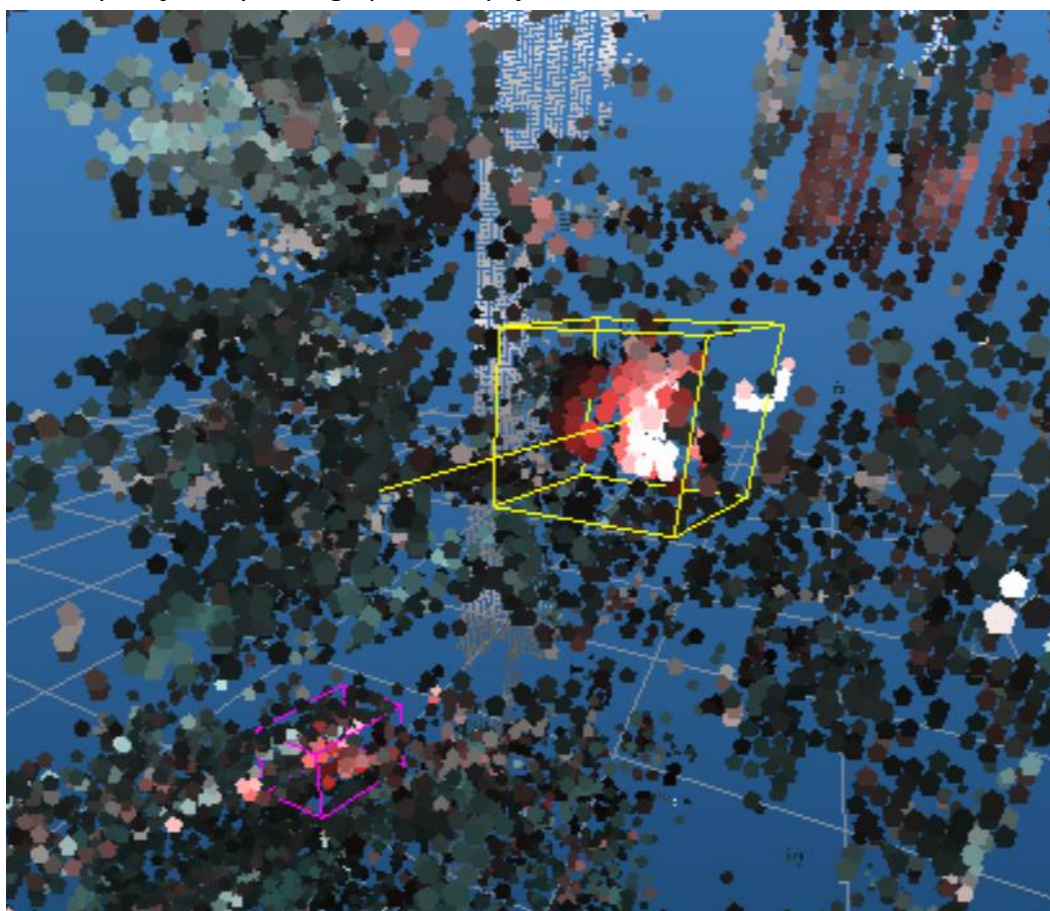
Rys. Podświetlanie wybranego jabłka

16. Obraz na zdjęciu można przybliżać i oddalać scrollem myszki oraz przesuwać klikając prawy przycisk myszki.



Rys. Przybliżanie i oddalanie obrazu

17. Obraz w chmurze można przybliżyć i oddalić scroll'em myszki. Obrót w przestrzeni 3D następuje po kliknięciu i przytrzymaniu prawego przycisku myszy (ruch myszki generuje obrót), przesuwanie lewa-prawa następuje po wciśnięciu lewego przycisku myszki i poruszeniu myszki lewa-prawa, a zoom z punktem centralnym w środku ekranu następuje po wciśnięciu lewego przycisku myszki i ruchu myszką góra-dół. Nawigując w chmurze można zbliżyć się do wybranego punktu np. jabłka:



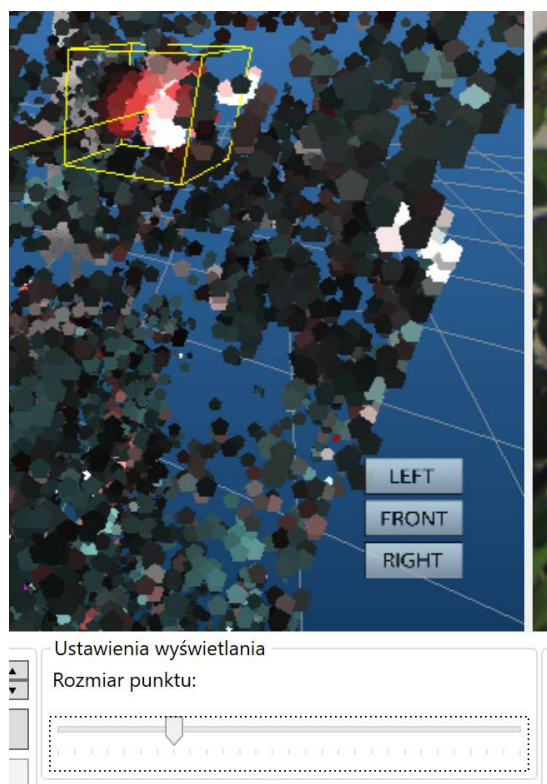
Rys. Poruszanie się do wybranego jabłka

18. Jabłka zamknięte są w prostopadłościanach, które określają obszar chmury, który trafi do grafowej sieci neuronowej. Środek ciężkości jabłka znajduje się w środku ciężkości prostopadłościanu. Najdłuższy bok ściany widocznej od frontu jabłkonki jest minimalną wymaganą wartością otwarcia chwytaka w celu zebrania jabłka.

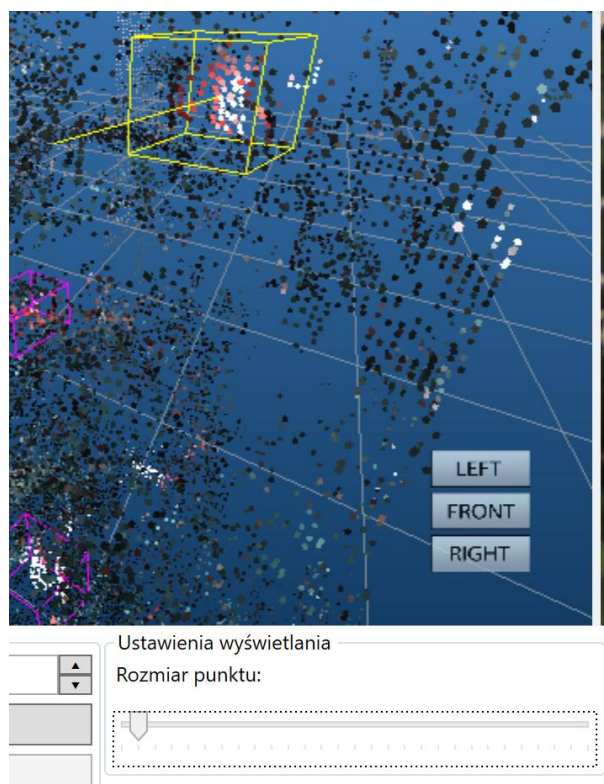
19. W celu poprawienia widoczności jabłek schowanych za liśćmi lub jabłek w głębi jabłonki możliwe jest edytowanie rozmiar tekstur:



Rys. Edycja rozmiaru tekstur

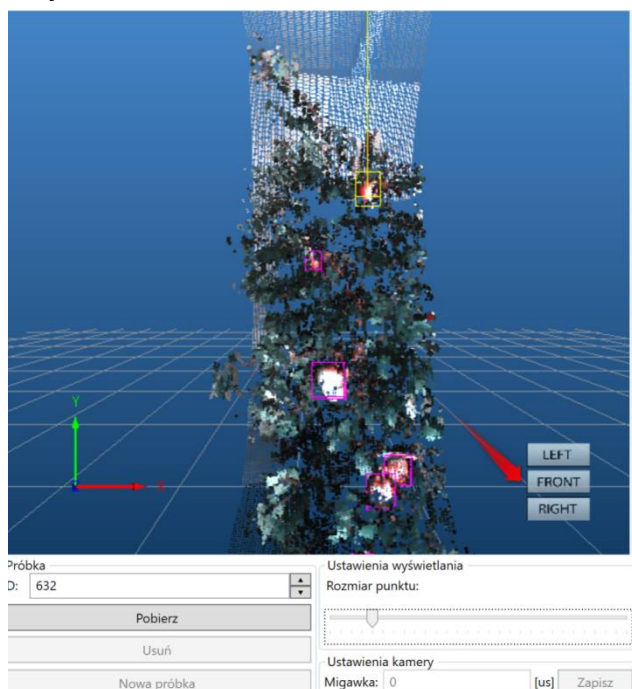


Rys. Duży rozmiar punktu



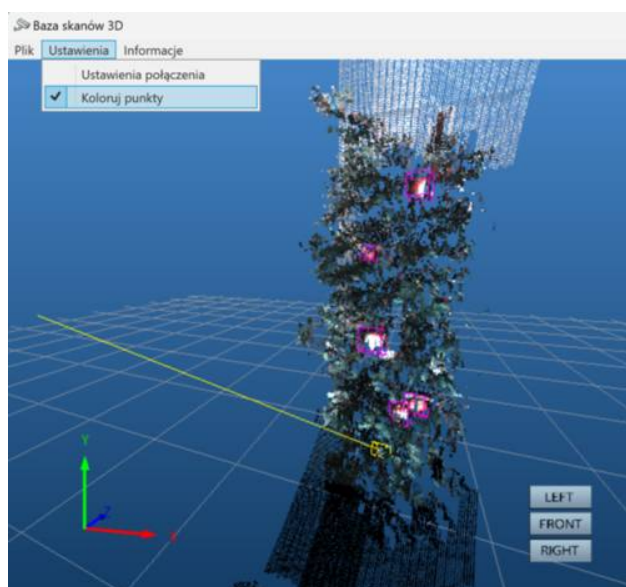
Rys. Mały rozmiar punktów

20. Za pomocą przycisków LEFR, FRONT i RIGHT możliwe szybkie zmienienie położenie obserwatora względem jabłotki:

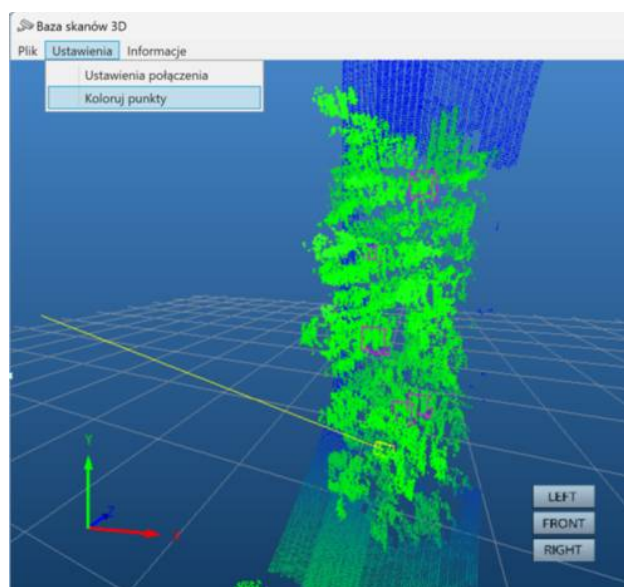


Rys. Zmiany rzutni

21. Teksturę opisaną na chmurze można zamienić na obraz głębokości wyłączając opcję kolorowania chmury:

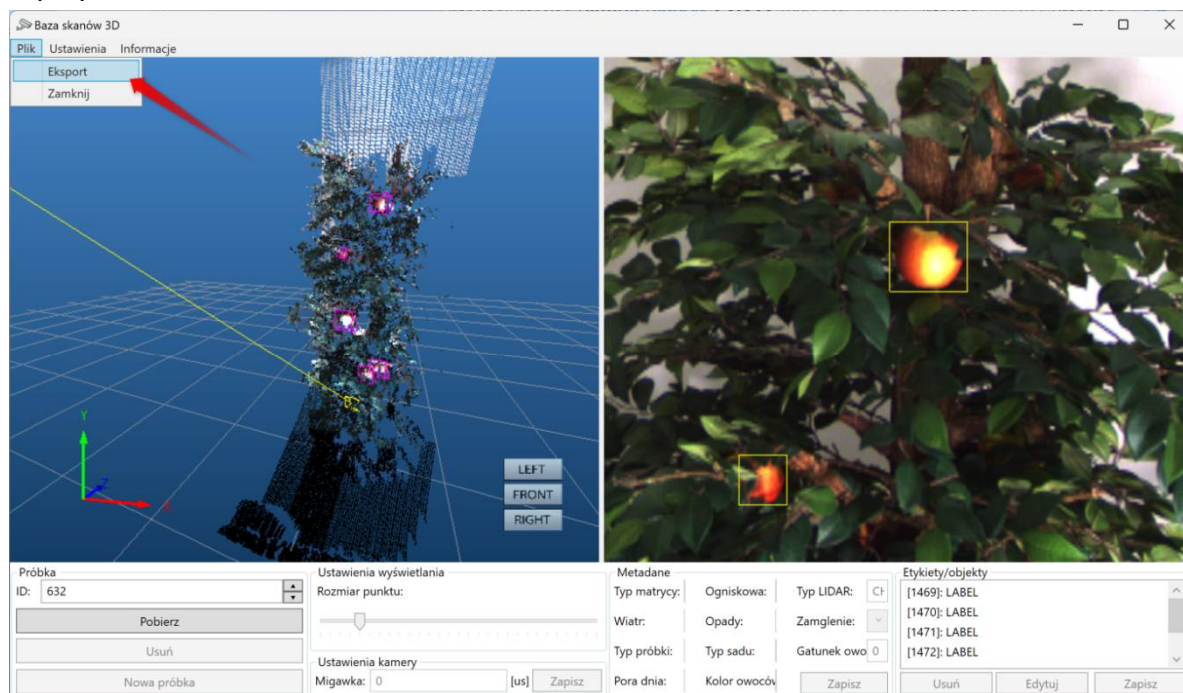


Rys. Chmura z nałożoną teksturą



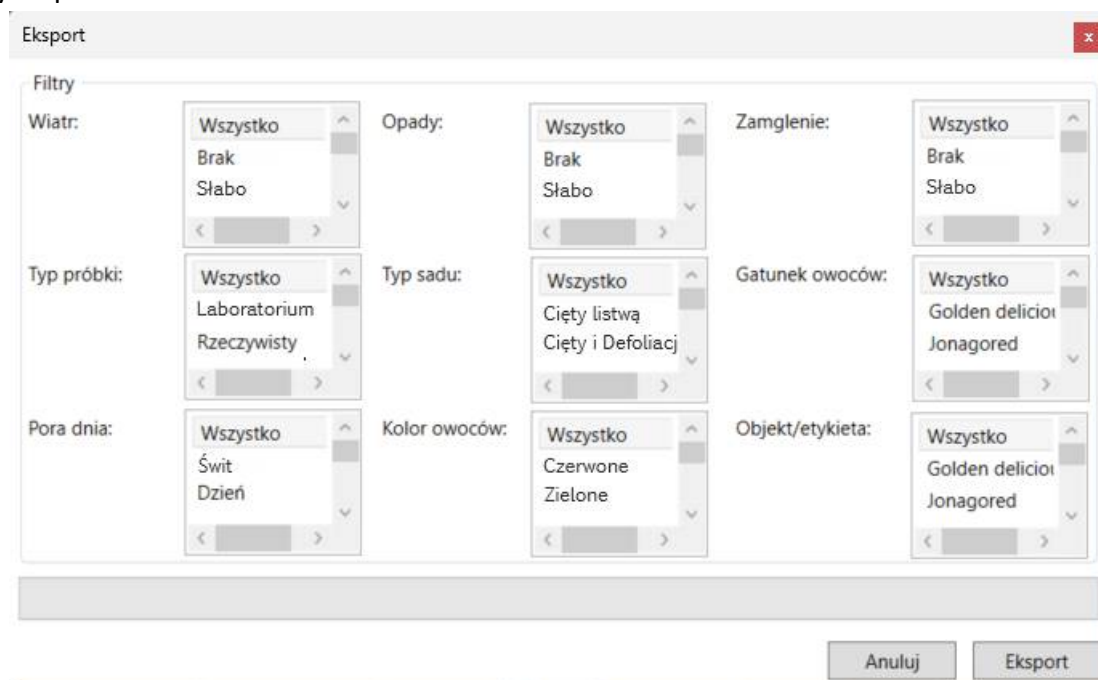
Rys. Chmura z nałożoną skalą głębokości

22. Dane z bazy danych można wyeksportować do plików na dysku użytkownika klikając przycisk PLIK->EKSPORT



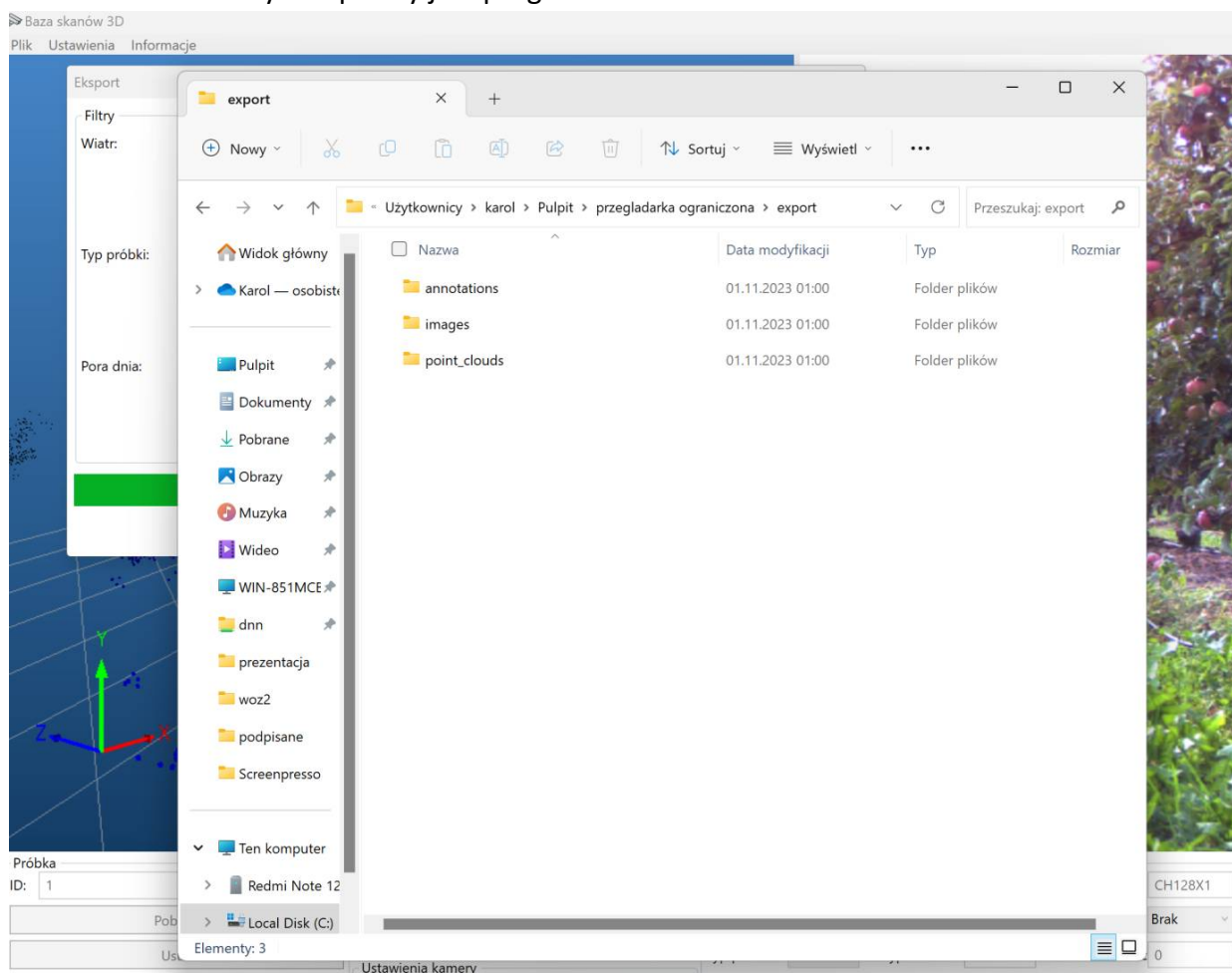
Rys. Eksportowanie danych

23. Po kliknięciu eksportu pojawi się okno w którym można wybrać jakie dane mają zostać wyeksportowane:



Rys. Okienko do eksportowania wybranych danych

24. Po zaznaczeniu wybranych meta danych np. Wiatr słaby, Opad brak, zamglzenie brak pora dnia świt. Program przejrzy bazę danych w poszukiwaniu oznaczonych próbek spełniających warunki i po wciśnięciu przycisku EKSPORT wygeneruje pliki uczące w folderze w którym zapisany jest program.



Rys. Wyeksportowane dane

25. Struktura plików wygląda następująco:

- Annotation – pliki z danymi uczącymi, posiadające identyczne nazwy jak pliki chmur i zdjęć. Aktualnie eksportowany jest plik do YOLO oraz plik z labelkami do chmury punktów. Labelki do chmury zawierają położenie sześcianu w którym jest jabłko (X,Y,Z) oraz jego szerokość, głębokość i wysokość
- Images – pliki z obrazami
- Point_clouds – pliki z chmurami punktów

UWAGA!

1. Skany alejek w chwili przygotowywania niniejszego dokumentu zawierają kolejno
 - Próbki od do - dane z sadu
 - Próbki od ...do – dane z laboratorium
2. Udostępniona baza danych zawiera zarówno dane przetworzone i opisane jak i „surowe dane”, które będą opracowywane w trakcie kolejnych etapów projektu. Dlatego wśród danych mogą występować np. zdjęcia niedoświetlone lub prześwietlone, zdjęcia zakrętów lub zdjęcia kalibracyjne. Dane te stanowią mniej niż 5 % ilości próbek i w trakcie dalszych prac będą sukcesywnie filtrowane i modyfikowane lub usuwane.

Dane dostępne przez aplikację z serwera są danymi modyfikowanymi. Istnieje również możliwość uzyskania dostępu do danych z przed modyfikacji „surowych” w tym celu należy pobrać bazę danych z katalogu SKANY DRZEWEK LABORATORIUM i SKANY DRZEWEK SAD a następnie otworzyć je za pomocą aplikacji jako dane lokalne.

Załącznik 1

Baza danych do kontroli jakości jabłek

Zawartość nagłówka danych surowych

- Filename - IMG_2252.JPG
- Make - Canon
- Model - Canon EOS M50m2
- Orientation - Top left
- XResolution - 72
- YResolution - 72
- ResolutionUnit - Inch
- DateTime - 2023:09:20 19:56:18
- Artist -
- YCbCrPositioning - Co-Sited
- Copyright -
- Exif-IFD-Offset - 360
- GPS-IFD-Offset - 16950
- ExposureTime - 1/80 seconds
- FNumber - 6.30
- ExposureProgram - Normal program
- ISO Speed Ratings - 320
- Recommended Exposure Index - 320
- ExifVersion - 0231
- DateTimeOriginal - 2023:09:20 19:56:18
- DateTimeDigitized - 2023:09:20 19:56:18
- OffsetTime - +00:00
- OffsetTimeOriginal - +00:00
- OffsetTimeDigitized - +00:00
- ComponentsConfiguration - YCbCr
- ShutterSpeedValue - 1/83 seconds
- ApertureValue - F 6.44
- ExposureBiasValue - 0
- MeteringMode - Multi-segment
- Flash - Flash fired, Compulsory flash mode
- FocalLength - 45 mm
- MakerNote-IFD-Offset - 946
- UserComment -
- SubsecTime - 26
- SubsecTimeOriginal - 26
- SubsecTimeDigitized - 26
- FlashPixVersion - 0100
- ColorSpace - sRGB
- ExifImageWidth - 2112
- ExifImageHeight - 1600
- InteroperabilityOffset - 16637
- FocalPlaneXResolution - 2705.78
- FocalPlaneYResolution - 2730.38
- FocalPlaneResolutionUnit - Inch
- CustomRendered - Normal process
- ExposureMode - Auto
- White Balance - Auto
- SceneCaptureType - Standard
- Owner Name -
- Serial Number - 353055000438
- Lens Info - 15 45 0 0
- Lens Model - EF-M15-45mm f/3.5-6.3 IS STM
- Lens Serial Number - 00000f995d
- GPS information: -
- GPSVersionID - 2.3.0.0
- Maker Note (Vendor): -
- Macro mode - Off
- Self timer - Off
- Quality - Normal
- Flash mode - Not fired
- Sequence mode - Single or Timer
- Focus mode - One-Shot
- Image size - Large
- Easy shooting mode - Full Auto
- Digital zoom - None
- Contrast - Low , -32768
- Saturation - High , +78
- Sharpness - Low , -17377
- ISO Value - 320
- Metering mode - Center weighted averaging
- Focus type - Auto

- AF point selected - 0
- Exposure mode -
- Focal length - 0.0 - 0.0 mm
- Focal units - 59233/mm
- Flash activity -
- Flash details -
- Focus mode 2 - Single
- Auto ISO - 100
- Base ISO - 3
- White Balance - Auto
- Sequence number - 64931
- AF point used -
- Flash bias - 2.00 EV
- Subject Distance - 0.12
- Image Type - i
S,_____5-
- Firmware Version - i
R,_____5-
- Owner Name - N ! # Y
- Camera Temperature - 8 C
- Sharpness (EOS 1D) - 0
- Directory index (EOS 450D) - 74496
- File index (EOS 450D) - 1
- AF point selected - Off (Manual Focus)
- Num AF Points - 0
- Valid AF Points - 0
- AF Image Width - 0
- AF Image Height - 0
- File number - 000 - 0000
- Sharpness (A0) - 553
- ColorSpace - sRGB

- Thumbnail: -
- Compression - 6 (JPG)
- XResolution - 72
- YResolution - 72
- ResolutionUnit - Inch
- JpegIFOffset - 18844
- JpegIFByteCount – 10339

Załącznik 2

Scenariusze umieszczenia jabłek

Na podstawie danych terenowych

1. Dwa jabłka przy linie
2. jabłka Schowane za liśćmi
3. jabłka jedno za drugim pomiędzy liśćmi
4. kilka jabłek rosnących obok siebie przy pniu i linie
5. jabłko rosnące nad poprzeczką obok innego jabłka
6. jabłko rosnące pod porzeczką przy pniu
7. jabłko rosnące nad liną
8. jabłka rosnące pod sobą przy linie
9. kilka jabłek rosnących obok siebie schowanych za gałęziami i tyczką
10. jabłka obok siebie
11. jabłka rosnące blisko siebie, częściowo schowane za liśćmi
12. jabłka rosnące blisko siebie oraz pnia
13. jabłka rosnące obok siebie i schowane za liśćmi
14. jabłka rosnące obok siebie i pod sobą blisko pnia
15. jabłka zasłonięte prawie całkowicie liśćmi
16. pięć jabłek w jednej kiści
17. jabłka blisko siebie przysłonięte delikatnie liśćmi
18. jabłka schowane w liściach
19. jabłka schowane w liściach rosnące pod sobą
20. jabłko rosnące przy tyczce
21. jabłko delikatnie przysłonięte liśćmi wiszące nad liną
22. jabłka w liściach rosnące pod liną
23. jabłka rosnące w jednej linii
24. dwa jabłka tuż pod liną
25. jabłka rosnące blisko siebie oraz pnia przysłonięte liśćmi
26. jabłka schowane w liściach
27. kilka jabłek w jednej linii przysłoniętych liśćmi oraz nad liną
28. kilka jabłek w jednej linii przysłoniętych liśćmi oraz nad liną
29. jabłka ukryte w liściach, wiszące nad innymi jabłkami
30. jabłka oparte o pień
31. jabłko rosnące przed liną
32. kilkanaście jabłek rosnących w skupisku
33. kilka jabłek rosnących obok siebie ma czubku jabłoni
34. jabłka częściowo zasłonięte liśćmi, rosnące przy pniu i tyczce
35. jabłka rosnące nad tyczką jedno pod drugim
36. jabłka rosnące blisko siebie i pnia mało zasłonięte liśćmi
37. jabłka za liną
38. jabłko przed liną
39. jabłka zasłonięte liśćmi rosnące jeden pod drugim
40. jabłka zasłonięte liśćmi w bliskiej odległości od słupa
41. jabłka w bliskiej odległości od słupa
42. trzy jabłka w jednej linii w bliskiej odległości od słupa
43. dwa jabłka rosnące przed liną blisko słupa
44. jabłka zasłonięte liśćmi rosnące blisko słupa
45. jabłka rosnące obok siebie tuż nad ziemią, blisko słupa
46. jabłka schowane za liśćmi, rosnące nad ziemią
47. kilka jabłek rosnących pod sobą zasłonięte liśćmi
48. jabłko rosnące przy pniu
49. jabłka rosnące w kiści i zasłonięte liśćmi
50. jabłka blisko liny
51. jabłka rosnące jedno pod drugim przy słupie

52. trzy jabłka przy słupie
53. kilka jabłek rosnących przy słupie
54. kilka jabłek za liśćmi obok słupa
55. jabłko nad poprzeczką i przy tyczce
56. kilka jabłek pod poprzeczką przy tyczce blisko słupa
57. jabłko delikatnie schowane za liśćmi blisko słupa
58. jabłka wiszące przy pniu pod innymi jabłkami
59. jabłka wiszące na gałęzi oddalonej od jabłoni, blisko słupa
60. kilka jabłek bliska słupa
61. kilka jabłek delikatnie zasłoniętych liśćmi przy słupie
62. kilka jabłek schowanych za liśćmi blisko słupa
63. dwa jabłka zasłonięte liśćmi
64. jabłka schowane za liśćmi, blisko ziemi oraz słupa
65. jabłko zasłonięte liśćmi przy linie
66. kilka jabłek przy pniu
67. kilka jabłek blisko siebie i pnia
68. jabłka zasłonięte liśćmi przy pniu
69. trzy jabłka blisko siebie i liny
70. kilka jabłek częściowo schowanych za liśćmi
71. jabłka schowane głęboko między gałązkami
72. jabłka wiszące na czubku jabłoni
73. jabłka na jednej gałęzi blisko siebie
74. jabłka wiszące na jednej gałęzi częściowo zasłonięte liśćmi
75. jabłka rosnące kaskadowo i zasłonięte liśćmi
76. jabłka rosnące pojedynczo przy tyczce
77. jabłka wiszące w odstępie przy pniu
78. jabłka rosnące jeden pod drugim, delikatnie zasłonięte przez liście
79. kilka jabłek rosnących na końcu gałęzi
80. pojedyncze jabłko
81. kilka jabłek zwisających pod gałęzią
82. jabłka na końcu gałęzi blisko słupa
83. trzy jabłka rosnące blisko gałęzi rozdzielone liśćmi
84. kilka/kilkanaście jabłek na zwisającej gałęzi między słupem a pniem
85. kilka/kilkanaście jabłek na zwisających gałęziach
86. mała liczba jabłek na jabłoni, w 1/3 wysokości od góry tylko trzy jabłka przy pniu
87. jabłka rosnące bez większych skupisk
88. kilka jabłek wiszących blisko siebie przy pniu i pod liną
89. kilka jabłek na jednej uginającej się od ciężaru gałęzi
90. jabłka wiszące na dolnych gałęziach blisko ziemi
91. 3 jabłka rosnące na czubku jabłoni i 2 niżej po przeciwnej stronie
92. kilka jabłek zakrytych liśćmi, rosnących na krótkich gałęziach
93. jabłka wiszące na długiej gałęzi
94. kilka/kilkanaście jabłek średnio zakrytych liśćmi blisko pnia
95. jabłka na gałęziach zwisających po obu stronach liny
96. jabłka wiszące na gałęzi oddalonej od pnia
97. gałąź z jabłkami wrośnięta w linę
98. jabłka rosnące "na słupie"
99. jabłka rosnące po 3 na końcu gałęzi
100. kilka (3) jabłka "dotykające" słup
101. pojedyncze jabłka rosnące na gałęziach rosnących po prawej i lewej stronie pnia
102. kilka jabłek nad słupem
103. w jabłkach i liściach ukryta lina
104. jabłka na gałązkach zwisające a między nimi przechodzi lina
105. jabłka gęsto rosnące pod liną i częściowo zasłonięte liśćmi
106. kilka jabłek dotykających słupa
107. lina przechodząca przez duże skupisko jabłek

- 108.jabłka wiszące jedno pod drugim oraz jeden obok drugiego tworząc "łańcuch" między nimi jest lina
- 109.jabłka rosnące w dużym skupisku, blisko siebie a pomiędzy nimi przechodzi lina
- 110.jabłka tylko po jednej stronie tyczki i pnia pod poprzeczką i liną
- 111.jabłka po prawej stronie i lewej stronie słupa pod poprzeczką po jednej stronie
- 112.jabłka po prawej i lewej stronie słupa
- 113.jabłka rosnące w dużych skupiskach blisko siebie
- 114.jabłka rosnące z tyłu jabłoni za liną i obok słupka

Przykładowe scenariusze:

48. Jabłko przy pniu



Rekordy: 399, 401, 403

33. Jabłka rosnące na czubku jabłoni



Rekordy: 601, 603, 605

111. Jabłka po prawej stronie i lewej stronie słupa pod poprzeczką po jednej stronie



Rekordy: 1009, 1011, 1013