Symulacja współdziałania ramion robota przeznaczonego do zbioru owoców.

## Opis problemu

Celem projektu jest stworzenie symulacji dla robota zbierającego owoce/warzywa na krzaku (np. truskawki, pomidorki koktajlowe, papryka) oraz znalezienie optymalnych parametrów jego działania pod względem zebrania odpowiednich (dojrzałych, nieuszkodzonych) owoców (pierwsze kryterium), w jak najkrótszym czasie (drugie kryterium) i przy minimalnej ilości owoców niezebranych. Dążymy do uzyskania jak najlepszej wydajności w zbieraniu owoców w sensie optymalizacji wszystkich trzech kryteriów jednocześnie.

W naszym zadaniu przyjmujemy dla celów symulacji, że będą to truskawki – tak należy dobrać parametry rośliny: ilość i wagę owoców.

Działanie takich robotów wygląda następująco:

Krok 1 – Przejdź do kolejnego krzaka za pomocą platformy i wygeneruj mapę krzaka,3D, na której zaznaczone sa poszczególne owoce (do wykrywania i klasyfikacji owoców używane są algorytmy wizyjne)

Krok 2 - Zapisz w bazie danych informacje na temat owoców, ich rozmieszczeni, wielkość oraz stan dojrzałości owocu

Krok 3 Zbierz owoce spełniające kryteria dojrzałości (w jak najkrótszym czasie, bez uszkodzeń)

Symulacji podlegają:

Wariant A.

1. Środowisko, czyli konfiguracja gałęzi krzaka (drzewo binarne 3D), rozmieszczenie na nich owoców oraz ich stan: dojrzałość oceniana na podstawie koloru, wielkość, stopień uszkodzenia
2. Działanie algorytmu rozpoznawania owoców, w wyniku którego dostajemy klasyfikację owoców (dojrzałość, rozmiar, stan uszkodzenia). Algorytm ten może dać wyniki różne od rzeczywistych np. w sytuacji gdy owoc jest dojrzały, ale uszkodzony, czego kamera nie zauważyła., Jednak położenie określa zawsze poprawnie i tego ponownie nie symulujemy.
3. Ruch ramienia robota z K stopniami swobody (symulujemy różne ramiona, np. K=4,5,6,7 chcemy uzyskać optymalną trajektorię ruchu zbierania truskawek)
4. Podczas zbioru symulujemy też, czy dany owoc dojrzały daje się zebrać (może być oporny, o tym dalej) – konieczne jest przyjęcie założenia o prawdopodobieństwie problemów z zebraniem każdego owocu, które zależy od jego wielkości i dojrzałości

Wariant B

1. Dodatkowo jeśli mamy chwytak niepneumatyczny, to symulacji podlega również liczba truskawek w pojemniku tymczasowym ( po jego wypełnieniu ramię musi wrócić do platformy jednej, gdzie jest magazyn owoców)

Ramię:

Same ramiona (coboty) można obejrzeć na stronie. <https://www.universal-robots.com/products/ur5-robot/>. Parametry techniczne dla ramienia Universal Robotics UR5 można ściągnąć stąd: <https://www.universal-robots.com/media/1801303/eng_199901_ur5_tech_spec_web_a4.pdf>. To ramię UR5 ma 6 stopni swobody (dla celów poglądowych można poszukać innych ramion z mniejszą lub większą liczbą stopni swobody)

Robot ma dwa ramiona. Na pierwszym ramieniu przymocowana jest kamera, a na drugim chwytak.

Wariant CA – jw., nie symulujemy ruchu pierwszego ramienia, zakładamy że zawsze standardowo ogląda krzak z kilku punktów i czas tych oględzin jest stały, a na wyjściu dostajemy mapę owoców

Wariant CB - Na pierwszym ramieniu oprócz kamery przymocowany jest urządzenie do mechanicznego zbioru obcinające oporne dojrzałe owoce. Gdy drugie ramię nie może sobie poradzić, to wtedy pierwsze ramię przyjeżdża i obcina taki owoc. Ruch tego ramienia należy wtedy skoordynować z ruchem ramienia 2, tak aby sobie nie przeszkadzały. Kryteria działania są te same, co na wstępie.

Kamera: Więcej o kamerach w artykule który wysyłam nr 1 (link niżej).

Chwytak:

1. Pneumatyczny – jakby wciąga truskawkę przez zasysanie. Ustawia się on na środku geometrycznym truskawki i wciąga owoc i przesuwa go do głównego pojemnika.
2. Niepneumatyczny, z palcami. Trójpalcowe można obejrzeć tutaj: <https://robotiq.com/products/3-finger-adaptive-robot-gripper> Robot z chwytakiem zawierającym palce posiada pojemniczek tymczasowy. Zakładamy że taki pojemniczek może pomieścić k- owoców (np. 15) średnich truskawek lub n gramów (100gr). Należy zasymulować zachowanie pojemnika: tzn. gdy pojemnik się wypełni to wraca to pojemnika głównego i następnie obliczana jest nowa optymalną trajektorię ruchu ramienia do zbioru. Chwytaki niepneumatyczne mają nadgarstek który tez ma pewną liczbę stopnii swobody. Należy tutaj to uwzględnić.

Optymalizacja: Chcemy zoptymalizować false positives (niezebrane dojrzałe), false negatives (zebranie niedojrzałej/uszkodzonej) oraz czas zbioru owoców z krzaka, czyli chcemy stworzyć optymalną ścieżkę – trajektorię ruchu ramienia, która powinna być jak najkrótsza i dawać najlepsze wyniki zbioru.

Dla każdego wariantu należy zasymulować N krzaków i obliczyć charakterystyki statystyczne zbioru (3 kryteria uśrednione i ich wariancje) dla różnych typów ramion i wariantów parametrów algorytmu planowania trajektorii (o tym niżej).

Wyniki należy przedstawić na animacjach i wykresach 3D

1. Przebieg zbioru - kryteria jw. w funkcji czasu (3 wykresy: 2 wybrane kryteria + czas), animacja
2. wykres wyniku końcowego dla M krzaków i różnych zestawów parametrów, konfiguracji ramion (3 kryteria, bez czasu),zastosowanych algorytmów kombinatorycznych wyznaczamy przebiegi niezdominowane i podświetlamy
3. Wykres kryteriów i ich wariancji dla różnych przebiegów

Dla każdego krzaka rozwiązywany jest algorytm kombinatoryczny (np. komiwojażer w 3D) poznany na zajęciach z badań operacyjnych./algorytmów decyzyjnych. W wariancie B uwzględniane jest ograniczenie na pojemność pojemnika

Poniżej przesyłam link do dwóch artykułów. Pierwszy artykuł zawiera symulację robota do zbioru słodkiej papryki. Drugi zawiera opis i rozwiązania zastosowane w robotach do zbioru papryki i pomidorów.

1. <https://www.researchgate.net/publication/322977115_Robotic_Harvesting_of_Fruiting_Vegetables_A_Simulation_Approach_in_V-REP_ROS_and_MATLAB>
2. <https://www.researchgate.net/publication/335863260_Recent_Advances_in_Intelligent_Automated_Fruit_Harvesting_Robots>

Poniżej wysyłam linki z dwoma robotami służącymi do zbioru owoców.. Jeden z nich przeznaczony jest do zbierania pomidorków koktajlowych. Drugi do zbierania żółtej papryki

https://root-ai.com/

Do zbierania pomidorków koktajlowych.

Poza ich stroną dokładniejsze filmy można zobaczyć tutaj (polecam obejrzeć wszystkie dostępne)

https://vimeo.com/rootai

The Virgo is a self-driving robot with sensors and cameras that serve as its eyes. Because it also has lights on board, it can navigate large commercial greenhouses any hour of the day or night, detecting which tomatoes are ripe enough to harvest. A “system-on-module” runs the Virgo’s AI-software brain. A robotic arm, with a dexterous hand attached, moves gently enough to work alongside people, and can independently pick tomatoes without tearing down vines.

The robot’s “fingers” are made of a food-safe plastic that’s about as flexible as a credit card, and easily cleaned