

# **1. ROBOGUIDE – HandlingPRO**

## **1.1. Ogólny opis środowiska ROBOGUIDE**

Program stworzony został przez firmę FANUC w celu ułatwienia programowania robotów przemysłowych tejże firmy.

ROBOGUIDE jest podstawowym narzędziem symulacji środowiska i pracy robota przemysłowego na komputerze PC.

Możliwość pracy Off-line znacznie przyspiesza tworzenie, analizowanie oraz serwisowanie systemów zrobotyzowanych.

Oprogramowanie symulacyjne ROBOGUIDE można podzielić na następujące pakiety:

- ROBOGUIDE –HandlingPRO– pakiet podstawowy wykorzystywany przy projektowaniu stanowisk montażowych, posiada funkcje pozwalające na wykonanie działań również paletyzacji, malowania i spawania.
- ROBOGUIDE –PaintPRO - pakiet ułatwiający projektowanie stanowisk malowania części.
- ROBOGUIDE –WeldPRO - pakiet ułatwiający projektowanie stanowisk spawania obiektów.
- ROBOGUIDE –PalletPRO - pakiet ułatwiający projektowanie stanowisk paletyzacji/depaletyzacji.

## **1.2. Opis środowiska ROBOGUIDE–HandlingPRO**

HandlingPRO pozwala użytkownikowi symulować proces zrobotyzowany w środowisku 3D bez konieczności podłączania rzeczywistego robota. Oprogramowanie zawiera wszystkie elementy potrzebne do programowania i badania stanowisk pracy. HandlingPRO posiada wbudowany wirtualny Teach Pendant używany do poruszania, programowania i przeprowadzania symulacji na wirtualnym robocie. Użytkownik może importować własne modele CAD, tworzyć cele z maszynami, liniami transportowymi i przeszkodami, a następnie zasymulować program i sprawdzić poprawność działania. HandlingPRO stosowany jest głównie do tworzenia stanowisk montowania urządzeń.

### **1.2.1. Funkcjonalność**

- Kalibracja celi oraz układu współrzędnych użytkownika
  - Oprogramowanie automatycznie tworzy pliki programowe potrzebne do skalibrowania symulacji z rzeczywistym robotem.
- Wykrywanie kolizji
  - Wizualne ostrzeżenie przy błędnym zaprogramowaniu robota.
- Konfiguracja systemów operacyjnych robota
  - Pakiety oprogramowania użytkowego mogą być konfigurowane przy użyciu ROBOGUIDE.
- Programowanie i testowanie Off-line
  - Intuicyjny i łatwy interfejs pozwala na zaawansowane projektowanie stanowisk zrobotyzowanych.
  - Rzeczywiste czasy i zasięgi robotów.
- IGES - wyświetlanie graficzne oraz video programów robota

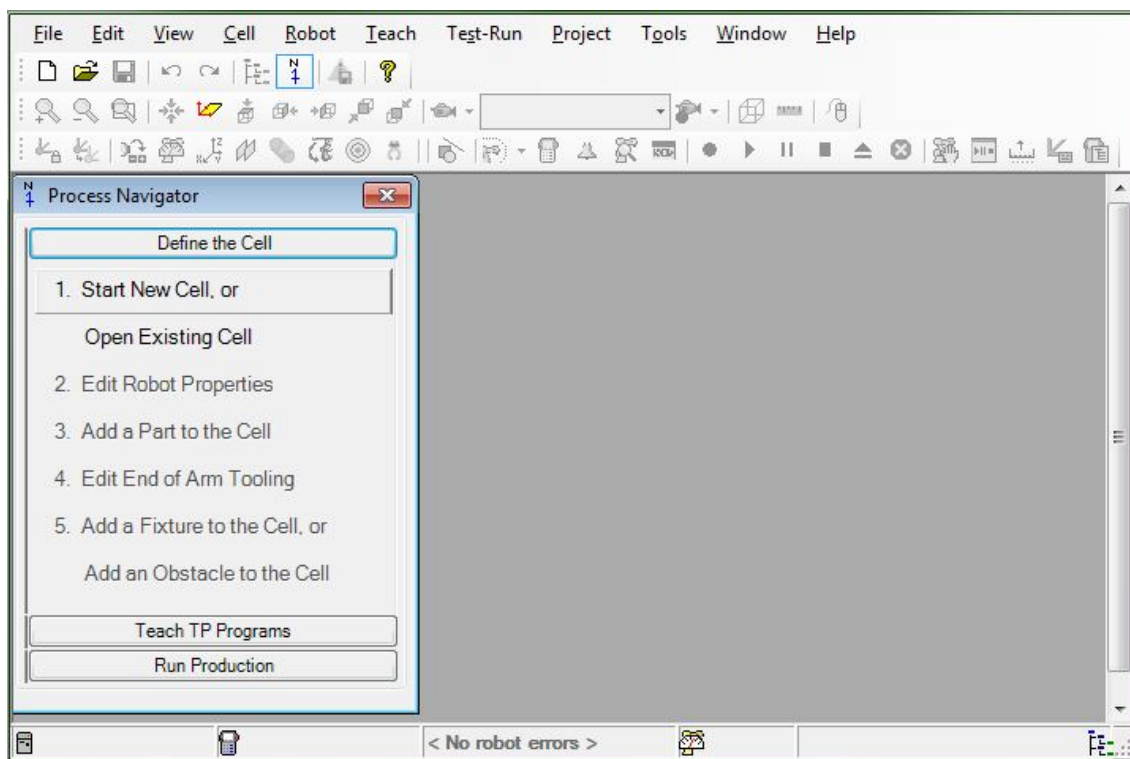
- Obrazowanie przestrzeni pracy.
  - Trajektoria ruchu wyświetlana podczas pracy.
  - Wyświetlanie kierunku ruchu w postaci mapy punktów.
  - Zapis symulacji do pliku video w formacie AVI
- Importowanie danych CAD
  - Import komponentów, mocowań oraz innych elementów celi z formatu IGES.
- Funkcja estymacji czasu cyklu
  - Czasy trwania cykli mogą być porównywane.
  - Czasy trwania każdej linii programu.
- Wirtualny panel programowania
  - Wirtualny panel – teach pendant, identyczny jak w rzeczywistym robocie.
- Biblioteka robotów
  - Szybki dostęp do modeli 3D robotów FANUC.
- Wbudowane modele CAD
  - Dostęp do modeli najczęściej używanych sprzętów.
- Możliwość dodawania urządzeń innych niż roboty
  - Modelowanie otoczenia robota.
- Możliwość zbudowania celi z kilkoma komunikującymi się robotami
  - Dzielone wejścia/wyjścia robotów w celu synchronizacji.

### **1.2.2. Zalety**

- Programy mogą być sprawdzone bez kosztownych przerw w produkcji.
- Utworzone programy są bardziej dokładne niż w przypadku ręcznego zadawania pozycji.
- W przypadku błędu użytkownika nierzeczywiste urządzenia nie zostaną uszkodzone.
- Bardzo dokładne oszacowanie trwania cyklu.

### 1.2.3. Interfejs użytkownika i działanie

Po uruchomieniu programu ROBOGUIDE ukaże się okno główne programu.



Rysunek 1. Okno główne programu

Automatycznie podczas uruchamiania otworzy się okno Process Navigator, dzięki któremu można skonfigurować najważniejsze elementy stanowiska zrobotyzowanego. Początkowo większość funkcji jest niedostępna, ponieważ nie został dodany robot wirtualny. Gdy stworzymy nową celę funkcje zostaną odblokowane.

#### Znaczenie ikon:

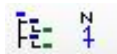


-nowy projekt/ otwórz projekt/ zapisz projekt .

ROBOGUIDE może obsługiwać jeden projekt. Otwarcie nowego projektu automatycznie zamyka aktywny.







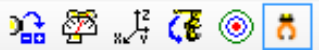


-cofanie i powtarzanie wykonanych zmian, nie dotyczy zmian ustawienia osi robota.

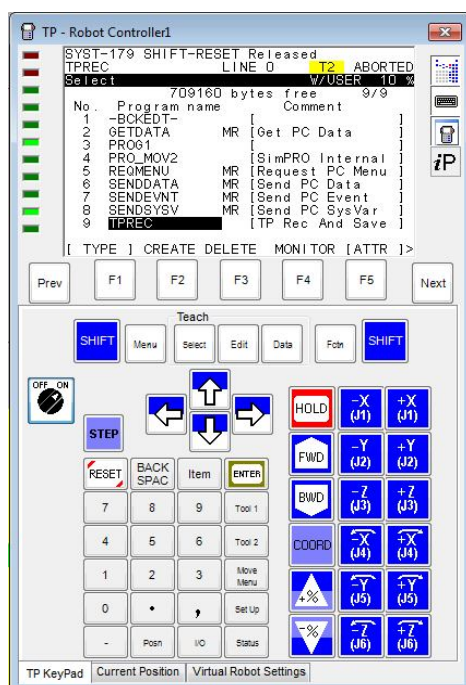


- otwieranie/Zamykanie okien Cell Browser oraz Process Navigator.

Okno **Process Navigator** pomaga użytkownikowi stworzyć projekt, a w oknie **Cell Browser** można odnaleźć wszystkie zdefiniowane elementy, z programami robota włącznie.

-  - Zbliż/Oddal, realizowane również za pomocą myszy i klawiatury.
-  - Ustawienie widoku na obiekt, wybór widoku prostopadłego.
-  - Zapamiętanie/Odtworzenie ustawienia kamery.
-  - Wyświetlanie tylko krawędzi, Pomiar odległości.
-  - Pokaż komendy wydawane myszką.
-  - Zablokuj końcówkę roboczą (nie będzie możliwa ręczna zmiana położenia względem robota), próba osiągnięcia pozycji niedostępnych za pomocą innego ustawienia osi.
-  - Okna sterowania robotem, końcówką roboczą.

## Teach Pendant



Rysunek 2. Wirtualny Teach Pendant



Rysunek3. Teach Pendant FANUC

Teach Pendant dostępny w ROBOGUIDE posiada identyczne funkcje jak rzeczywiste urządzenie firmy FANUC.

**Isometric**

Diagram illustrating the joints and degrees of freedom (DOF) of the robotic arm:

- J1 (360°): Base rotation.
- J2 (250°): Shoulder rotation.
- J3 (445°): Elbow rotation.
- J4 (380°): Wrist rotation.
- J5 (380°): End effector rotation.
- J6 (20°): End effector rotation.

**Side**

150.0  
200.0  
600.0  
450.0  
860.0  
640.0  
100.0  
J5 AXIS ROTATION CENTER

**Front**

90.5  
15.0  
140.0  
143.0

MOTION RANGE OF J5 AXIS ROTATION CENTER (100/C)

MOTION RANGE OF J5 AXIS ROTATION CENTER (100/C/BL)

Technical drawing of the robot arm assembly showing dimensions: 90.5, 140.0, 143.0, and 15.0.

5

## 2. Wykonanie pełnego projektu w środowisku ROBOGUIDE

Następny rozdział opisuje jak krok po kroku utworzyć i skonfigurować projekt tak, aby było możliwe przetestowanie i wgranie programu na wybrany model robota przemysłowego, w tym wypadku ARC Mate 100iC. Funkcją jaką będzie spełniał robot to depaletyzacja pudeł. Do robota zostanie zamontowany chwytak dostępny w bibliotekach programu.

### 2.1. Utworzenie nowej Celi

Po otwarciu programu zaczynamy od utworzenia nowego projektu. Z dostępnych opcji okna „**Process Navigator**” wybieramy „**Start New Cell**”. Na ekranie pojawi się okno konfiguracyjne „**Workcell Creation Wizard**”, które w ośmiu krokach pomaga użytkownikowi wybrać odpowiednie opcje:

1. „**WorkCell Name**”- wybór nazwy dla celi.

Wybrana nazwa: .....

2. „**Robot Creation Method**” - wybór metody tworzenia robota.

- Ustawienia domyślne
- Ustawienia z poprzedniego projektu
- Ustawienia z kopii zapasowej
- Dokładna kopia z istniejącego robota

Wybieramy metodę: ustawienia domyślne.

3. „**Robot Software Version**”- wybór wersji oprogramowania. zastosowanego w robocie.

Wybieramy najnowsze oprogramowanie -V7.70

4. „**Robot Application/Tool**”- wybór rodzaju wykonywanej pracy.

Wybieramy opcję „**HandlingTool**” – przenoszenie przedmiotów.

5. „**Group 1 Robot Model**”- wybór modelu robota.

Zaznaczamy pole „**Show the robot model variation names**” i wybieramy model ARC Mate 100iC.

6. „**Additional Motion Groups**”- dodawanie zewnętrznych osi robota.

Osie zewnętrzne stosowane są do symulacji przenośników taśmowych, pozycjonerów i innych ruchomych obiektów w otoczeniu robota. Ponieważ dysponujemy tylko jednym robotem, nie wprowadzamy dodatkowych osi.

7. „**Robot Options**”- opcje dla oprogramowania robota. Jeśli robot ma być wyposażony w dodatkowe przyrządy powinniśmy zaznaczyć odpowiednie pola. Dodatkowo należy wybrać język dla TeachPendant’a oraz rozmiary pamięci.

Pozostawiamy domyślne ustawienia – pasują do robota ARC Mate

## 8. „Summary”- podsumowanie wybranych opcji.

Jeśli konfiguracja jest poprawna należy zakończyć pracę przyciskiem Finish.

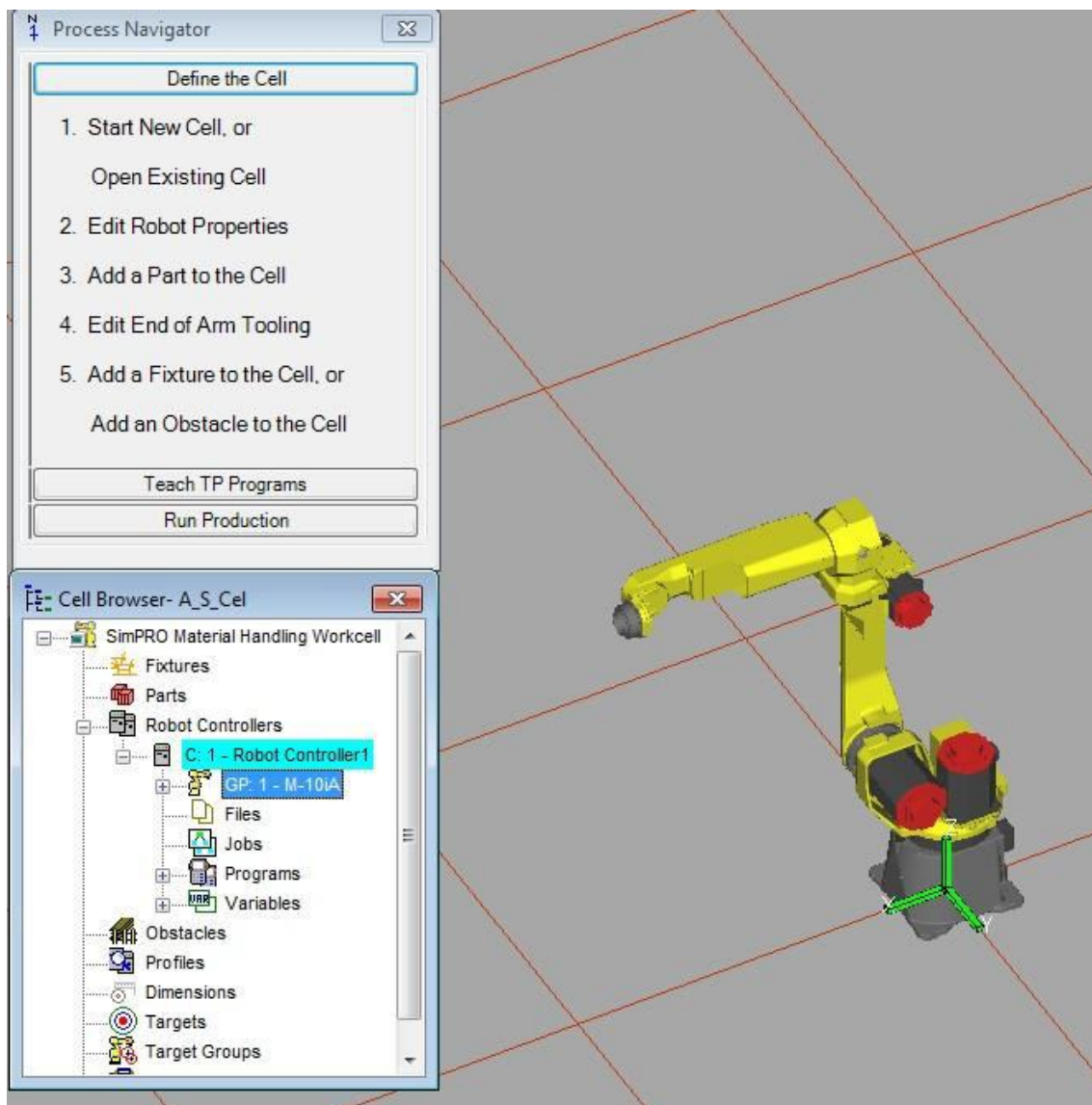
Program rozpocznie uruchamianie wirtualnego kontrolera robota.

Podczas inicjalizowania Teach Pendant’a użytkownik pytany jest o dodatkowe opcje skojarzone z wybranym modelem robota:

- Typ robota 3/10 kg – wybieramy „**10kg mode**”
- Sposób poprowadzenia kabli – wybieramy „**Cable integrated J3 arm**”
- Zakres ruchu dla osi J1 – wybieramy „**-170 .. 170[deg]**”

Po utworzeniu i wybraniu podstawowych opcji celi program uruchamia ekran roboczy. Na środku pola roboczego znajduje się wybrany i wstępnie skonfigurowany robot ARC Mate 100iC.

Na ekranie pojawiło się nowe okno: „**Cell Browser -/nazwa celi/**”. Umożliwia ono dodawanie, usuwanie, konfigurowanie wszystkich elementów, z nagrywanymi programami łącznie.



Rysunek 5. Utworzona Cella wraz z modelem robota

### 2.1.1. Kamera w programie

Aby sprawnie poruszać się w programie warto znać sposób kierowania widokiem.

- Obrót względem punktu centralnego obecnie zaznaczonego obiektu dokonuje się poprzez trzymanie prawego przycisku myszy i poruszanie nią w obu osiach.
- Trzymając prawy i lewy przycisk myszy można kontrolować zbliżenie kamery.
- Przesuwanie punktu odniesienia dla kamery dokonuje się ruszając myszą podczas trzymania przycisku CTRL oraz prawego przycisku myszy.

### 2.1.2. Poruszanie i przesuwanie obiektów

W programie ROBOGUIDE przesuwając obiekty i wprowadzając współrzędne można na dwa sposoby:

Pierwszy, szybszy, ale mniej dokładny polega na przeciąganiu obiektów za pomocą myszy. Na początek należy zaznaczyć obiekt, na którym mają zostać przeprowadzone operacje poprzez jednokrotne kliknięcie myszą na nim. Pojawi się wtedy triada XYZ którą możemy dowolnie przesuwać lub trzymając klawisz SHIFT obracać.

Drugi sposób polega na otwarciu okna właściwości obiektu, np. poprzez dwukrotne kliknięcie na obiekcie i wprowadzeniu współrzędnych.

## 2.2. Konfiguracja robota

### 2.2.1. Podstawowe opcje robota

W następnej kolejności konfigurujemy właściwości robota.

Z okna „**Process Navigator**” wybieramy opcję „**Edit Robot Properties**”. Pojawia się okno, w którym użytkownik może dokładnie określić położenie, orientację oraz sposób wyświetlania poszczególnych części robota.

Należy upewnić się że opcje „**Visible**” oraz „**TeachToolVisible**” są zaznaczone, gdyż pomaga to w pracy. W tym etapie nie będzie wprowadzanych więcej zmian w danym oknie, może ono zostać zamknięte z potwierdzeniem wprowadzonych zmian.

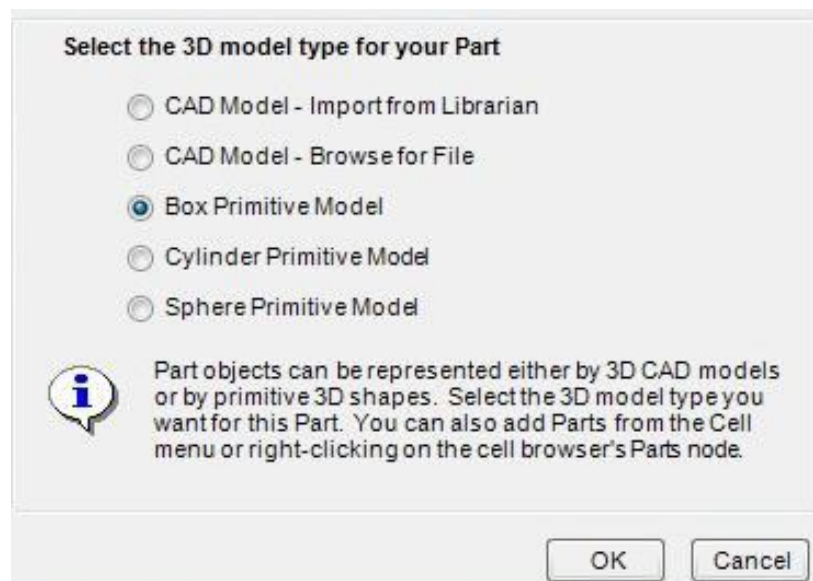
### 2.2.2. Dodanie części do celi

Wybierając następną opcję z okna „**Process Navigator**” dodajemy nowy obiekt, na którym robot będzie przeprowadzał operacje podnoszenia i odstawiania w innym miejscu. Po wciśnięciu przycisku „**Add a Part to the Cell**” pokazuje się okno wyboru, w którym decydujemy jaki obiekt chcemy dodać. Do wyboru mamy następujące:

- Prostokątnik
- Cylinder
- Sfera
- Obiekt CAD

Wybieramy prostokątnik, ponieważ robot ma przenosić pudła.





Rysunek 6. Okno wyboru wstawianego elementu

Po wybraniu typu obiektu pojawia się okno właściwości.  
Wprowadzamy dane:

Name: Box_1	SizeX= 190
Mass=1kg	Size Y= 160
	Size Z= 200

### 2.2.3. Edycja końcówki roboczej

Kolejnym działaniem jest dodanie końcówki roboczej, w tym wypadku chwytaka do robota. Po wciśnięciu przycisku „**Edit End of Arm Tooling**” z okna „**Process Navigator**” będzie możliwe przeprowadzenie dokładnej konfiguracji. W otworzonym oknie właściwości w zakładce „**General**” przeprowadzamy następujące operacje:

- Wpisujemy nazwę: Chwytak
- Wybieramy plik CAD dla chwytaka z dostępnej biblioteki:  
”\EOATs\grippers\36005f-200.IGS”.
- Zaznaczamy opcję „**Visible**”.
- Ustawiamy masę na 1.5kg.
- Zmieniamy skalę dla X, Y, Z na 0.44, ponieważ wczytany model chwytaka był tworzony do większego robota. Po zmianieniu skali zostanie on pomniejszony i będzie pasował rozmiarowo do ramienia robota.
- Zmieniamy współrzędne pozycji:

X = 0

Y = 0

Z = 0

- Zmieniamy współrzędne orientacji:

W = 270

P = 0

R = 90

Następnie w zakładce „**UTOOL**” należy ustawić współrzędne TCP (Tool Central Point) oraz orientację dla końcówki roboczej.

- Zaznaczamy pole „**Edit UTOOL**” i wprowadzamy następujące dane:

X = 0	W = 0
Y = 0	P = 0
Z = 400	R = 0

Od tego momentu, gdy zostaną zadane współrzędne do których robot ma się przemieścić ustawi się on w taki sposób aby przesunięty w osi „Z” TCP pokrył się z wprowadzonymi koordynatami.

Wybieramy zakładkę „**Parts**”: zaznaczamy „**Box\_1**” i zatwierdzamy „**Apply**”.

Przechodzimy do zakładki „**Simulation**”, która pozwala na skonfigurowanie funkcji końcówki roboczej.

Chwytnik może działać różnie w zależności od tego na jakiej części ma operować, dlatego program pozwala użytkownikowi na wprowadzenie różnych czasów dla przyczepiania i odczepiania elementów.

Należy również wybrać funkcję chwytaka (statyczny, zaciskowy, próżniowy) oraz określić lokalizację pliku CAD przedstawiającego zamkniętą końcówkę.

- Zaznaczamy na liście części „**Box\_1**”
- Ustawiamy czasy „**Attach Delay**” oraz „**Detach Delay**” na 0.5s
- Pola „**Presence I/O**” pozostawiamy domyślnie. Gdybyśmy mieli podłączony rzeczywisty chwytak do robota należało by wprowadzić tu numer wejścia sygnału sterującego.
- W polu „**Function**” wybieramy „**Material Handling – Clamp**”
- W polu „**Actuated CAD**” wybieramy model zamkniętego chwytaka, w tym przypadku: „**EOATs\grippers\36005f-200-3.IGS**”

Zatwierdzamy wprowadzone zmiany.

W zakładce „**Parts**” należy określić na jakich częściach będzie operował robot. Na liście dostępnych elementów widnieją wszystkie dodane wcześniej części. Każda może być chwytna w różny sposób.

- Zaznaczamy część „**Box\_1**” i akceptujemy wybór, aby możliwe było przeprowadzenie dalszych operacji.
- Zaznaczamy pole „**Edit Part Offset**” i wprowadzamy następujące dane:

X = 0	W = 180
Y = -415	P = 0
Z = -70	R = 0

W tym momencie należy zakończyć edytowanie właściwości końcówki roboczej.

## 2.3. Osprzęt i otoczenie stanowiska zrobotyzowanego

W rzeczywistości stanowisko zrobotyzowane nie składa się wyłącznie z robota i części na których operuje. Do stanowiska wliczamy również otoczenie manipulatora, które często ogranicza możliwości ruchowe danego robota. Środowisko ROBOGUIDE daje możliwość dodania elementów prostych takich jak np. ściany, stoły lub podesty, oraz osprzętów jak np. przenośniki taśmowe czy pozycjonery.

Projektując miejsce pracy robota należy również uwzględnić wymogi bezpieczeństwa. Jednym z nich jest to, aby operator nie mógł znaleźć się w obszarze roboczym podczas pracy robota. Aby uniknąć takiego zdarzenia stosuje się ogrodzenia i zasłony montowane wkoło robota. Z bibliotek ROBOGUIDE można zaimportować gotowe elementy tego typu. Jest to bardzo przydatne, ponieważ jeśli takie ogrodzenie w rzeczywistości ogranicza obszar roboczy manipulatora zostanie to uwzględnione w programie wgrywanym później do kontrolera.

### 2.3.1. Dodawanie osprzętu

Wybierając polecenie „**Add a Fixture to the Cell**” otworzymy okno wyboru rodzaju obiektu.

Podobnie jak przy dodawaniu części możemy wybrać:

- Prostopadłościan
- Cylinder
- Sfera
- Obiekt CAD

Wybieramy Obiekt CAD i przeszukujemy bibliotekę aby znaleźć paletę: „**\\Fixtures\\Pallets\\plt\_48x40.igs**”, zatwierdzamy wybór.

Automatycznie otworzy się okno właściwości. Wprowadzamy dane:

**Name:** Paleta

X = 1200	W = 0	Scale X=0.5
Y = -250	P = 0	Scale Y=0.5
Z = 280	R = 90	Scale Z=0.5

(pola Scale X,Y,Z służą do zmieniania rozmiaru elementów importowanych z bibliotek)

Zmieniamy kolor, np. na brązowy, i akceptujemy zmiany.

Wczytany obiekt z biblioteki został ustawiony w wybranej pozycji, obrócony i odpowiednio zeskalowany.

Obiekt „Paleta” będzie początkową pozycją dla przenoszonych elementów.

W zakładce „**Parts**” musimy wybrać część, która ma być powiązana z osprzętem, a następnie określić jej położenie, w tym wypadku na palecie.

Zaznaczamy „**Box\_1**” i zatwierdzamy.

Mając wybraną część „**Box\_1**” zaznaczamy pole „**Edit Part Offset**” i wpisujemy współrzędne:

X = 150	W = 0
Y = 110	P = 0
Z = 200	R = 180

Następnie klikamy przycisk „**Add**” znajdujący się obok pola „**The numer of Parts**”.

Pojawia się nowe okno, w którym można określić ile przedmiotów ma zostać dodanych. Całkowita liczba części określana jest na podstawie wzoru  $X*Y*Z$ , gdzie X,Y,Z to liczba części znajdujących się na każdej z osi. Zagęszczenie obiektów podawane może być na dwa sposoby:

- „**Distance**” - Odległość między częściami
- „**Area**” - Całkowity rozmiar obszaru zajętego przez części

Dla przypomnienia, pudełko utworzone poprzednio ma wymiary 190x160x200.

Wybieramy opcję „**Area**” i wprowadzamy następujące dane:

X=2	Zakres X, 0-600	-obszar musi pomieścić X * 190
Y=2	Zakres Y, 0-330	-obszar musi pomieścić Y * 160
Z=2	Zakres Z, 0-400	-obszar musi pomieścić Z * 200

Da nam to osiem pudełek ułożonych w dwóch warstwach.

Jeśli na osi X mają być dwa elementy, można wyliczyć odstępy między nimi według przykładu:

$$(600 - 2 * 190) / 2 = 110$$

Analogicznie odstępy na osi Y :

$$(330 - 2 * 160) / 2 = 5$$

Na osi Z nie będzie odstępów między elementami, ponieważ chcemy aby pudełka leżały na sobie.

W ostatniej zakładce należy wybrać ustawienia symulacyjne. Użytkownik może określić czy robot ma odbierać, czy odkładać części na palecie. W obu przypadkach dodatkowo należy określić, po jakim czasie elementy mają się pojawiać na nowo, lub też znikać.

Dla wszystkich ośmiu pudełek zaznaczamy opcję „**Allow part to be picked**”, a następnie przypisujemy im czasy podane w sekundach.

Zaczynając od elementu pierwszego na liście kolejno: 20, 60, 40, 80, 10, 50, 30, 70. Wartość czasów zależy od kolejności podnoszenia elementów. Pudełko do którego przypisano 80 sekund zostanie podniesione jako pierwsze.

W tym momencie należy zakończyć edytowanie właściwości dodanej palety.

Następnym etapem będzie dodanie przesuwника taśmowego, na którym robot będzie odkładał części odbierane z palety.

Kolejne etapy nie różnią się kolejnością, jedynie wprowadzanymi danymi.

Zakładka „**General**”:

Plik CAD : „**\\Fixtures\\conveyer\\cnvyr.igs**” –przesuwnik taśmowy

Name: Tasma

X = -150	W = 0	Scale X=0.5
Y = -800	P = 0	Scale Y=0.5
Z = 350	R = -90	Scale Z=0.5

Zakładka „**Parts**”:

Zaznaczamy „**Box\_1**” i wpisujemy współrzędne:

X = 150	W = 0
Y = 160	P = 0
Z = 200	R = -90

Zakładka „**Simulation**”:

Zaznaczamy „**Box\_1**”, następnie zaznaczamy „**Allow part to be placed**” i ustawiamy czas po jakim obiekt ma zniknąć z osprzętu po jego poprawnym odłożeniu: „**Destroy Time**” = 2.

Osprzęt potrzebny do pracy robota został skonfigurowany. Nie jesteśmy ograniczani jeśli chodzi o ilość dodawanych sprzętów, jednak do symulacji depaletyzacji wystarczą nam dwa elementy.

### 2.3.2. Dodawanie przeszkód

Wybierając polecenie „**Add an Obstacle to the Cell**” otworzymy znane już okno wyboru modelu elementu.

Wybieramy prostopadłościan i w oknie właściwości wprowadzamy:

Name: Wall

X = -850	W = 0	Size X=100
Y = 0	P = 0	Size Y=3000
Z = 3000	R = 0	Size Z=2000

Zatwierdzamy. Została utworzona ściana wysoka na 2m znajdująca się dokładnie 80cm za robotem.

Dodajemy kolejny prostopadłościan i w oknie właściwości wprowadzamy:

Name: Platforma

X = 970	W = 0	Size X=700
Y = 80	P = 0	Size Y=700
Z = 205	R = 0	Size Z=205

Zatwierdzamy.

W następnej kolejności ogrodzimy stanowisko zrobotyzowane.

Dodajemy kolejny element:

Plik CAD :”\Obstacles\fence\FENCE\_EXP\_H2000\_W1000.CSB” – ogrodzenie

Name: Fence\_1

X = -800	W = 0	Scale X=1.8
Y = 1000	P = 0	Scale Y=1
Z = 0	R = 0	Scale Z=0.5

Dodajemy kolejny element:

Plik CAD :”\Obstacles\fence\FENCE\_EXP\_H2000\_W500.CSB” – ogrodzenie

Name: Fence\_2

X = 1060	W = 0	Scale X=1
Y = 430	P = 0	Scale Y=1
Z = 0	R = 90	Scale Z=0.5

W oknie „Cell Browser” zaznaczamy obiekt „Fence\_2” i klikamy na niego prawym przyciskiem myszy. Z dostępnych opcji wybieramy polecenie „Copy Fence\_2”. Następnie klikając prawym przyciskiem myszy na grupie „Obstacles” wybieramy polecenie „Paste Fence\_2”. Powtarzamy czynność jeszcze dwa razy, tak aby w sumie mieć cztery krótkie ogrodzenia. Zmieniamy nazwy wklejonych ogrodzeń na kolejno „Fence\_3”, „Fence\_4”, „Fence\_5”.

Fence\_3:

X = 1060	W = 0	Scale X=1.4
Y = -1050	P = 0	Scale Y=1
Z = 0	R = 90	Scale Z=0.5

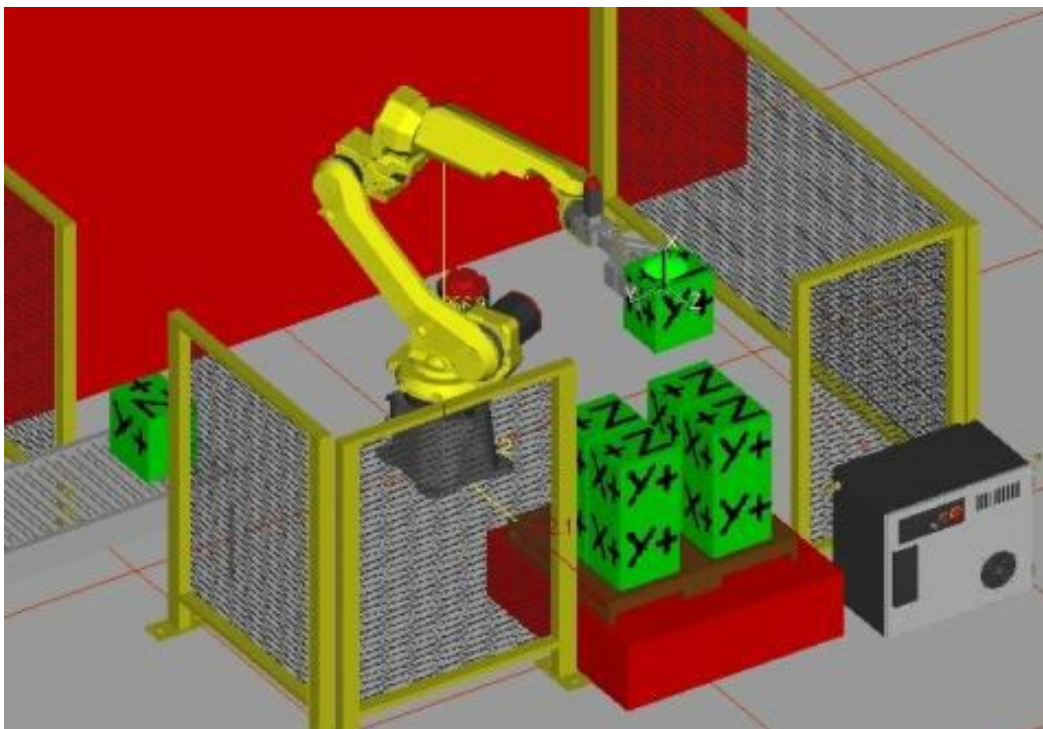
Fence\_4:

X = 250	W = 0	Scale X=1.4
Y = -1050	P = 0	Scale Y=1
Z = 0	R = 0	Scale Z=0.5

Fence\_5:

X = -800	W = 0	Scale X=1
Y = -1050	P = 0	Scale Y=1
Z = 0	R = 0	Scale Z=0.5

W ten sposób zakończono modelowanie otoczenia robota.



Rysunek 7. Stanowisko zrobotyzowane po utworzeniu otoczenia

### 3. Programowanie robota w środowisku symulacyjnym

Najważniejszą funkcją środowiska ROBOGUIDE jest możliwość programowania i symulowania pracy wirtualnych robotów.

Zaczynamy od dodania programu symulacyjnego.

Z okna „**Process Navigator**” wybieramy „**Teach TP Programs**”, a następnie opcję nr 6: „**Add a Simulation Program**”.

Pojawi się okno właściwości programu symulacyjnego.

W polu „Name” wpisujemy nazwę programu: .....

Zaznaczenie pola „**Keep visible**” zapewni podgląd programu nawet gdy w danej chwili będziemy pracować nad innym algorytmem.

Pole „**SubType**” określa rodzaj dodawanego pliku.

- **Simulation** - symulacja w środowisku ROBOGUIDE
- **TP** – program wykonywany na Teach Pendant, kompatybilny z rzeczywistym kontrolerem.
- **MR** – makro, również kompatybilne z kontrolerem.

Wybieramy opcję „**Simulation**” i zatwierdzamy wybór. Reszta atrybutów powinna być ustawiona domyślnie.

Pojawi się okno edycji programu symulacyjnego.

Edytor można nazwać uproszczoną wersją edytora z TeachPendant’a. Dostęp do podstawowych funkcji jest ułatwiony i przyspieszony, ale nie wszystkie z nich są dostępne np. funkcja przejścia po trajektorii kołowej.

„**Record**” – dodawanie punktu w przestrzeni. Dostępne tryby osiągnięcia punktów to złączowy i liniowy.

„**Touchup**”- automatyczne poprawianie współrzędnych punktu.

„**MoveTo**” – przesunięcie robota do wybranej, zapisanej wcześniej pozycji. Dostępne są również pozycje części na osprzęcie.

„**Forward**”, „**Backward**” – przejście do kolejnego rozkazu, wraz z ustawieniem robota.

„**Inst**” – zestaw instrukcji.

Dodatkowo za pomocą strzałek dostępnych na pasku formatowania możemy organizować kolejność wykonywania rozkazów.

Rodzaje instrukcji ruchu do zadanego punktu:

- **J- Joint** - Ruch do zadanego punktu realizowany w trybie złączowym. Prędkość ustalana w procentach wartości maksymalnej (0-100%).
- **L- Linear** - Ruch do zadanego punktu po linii prostej (interpolacja liniowa) z poprzedniego punktu. Prędkość określana w mm/s.

Dodatkowo możemy określać sposób zachowania się ramienia robota przy osiągnięciu punktów w przestrzeni:

- **FINE** – Robot zatrzyma się na krótką chwilę po osiągnięciu punktu.
- **CNT 0-100** –Robot przechodzi w pobliżu zadanego punktu, bez zatrzymywania się. Wartość zbliżenia określana w zakresie 0-100.

- ACC – określenie czasu przyspieszania do prędkości zadanej.

### 3.1. Wykonanie programu depaletyzacji

Program składa się z ośmiu podobnych ciągów instrukcji, dla każdego pudełka akcje są podobne. W każdej serii część jest podnoszona, a następnie odstawiana na taśmę przesuwną. Po przełożeniu ośmiu elementów należy zapewnić możliwość rozpoczęcia pracy na nowo.

Jeśli program ma działać w pętli należy pamiętać o tym, aby odpowiednio powiązać ostatni i pierwszy punkt programu.

Jeśli sposób osiągnięcia pierwszego punktu ustawimy jako liniowy może zdarzyć się, że takie przejście nie będzie możliwe. Zaleca się dlatego na początku programu zastosować punkt typu Joint.

#### Wykonanie jednej serii:

Na pasku narzędzi okna głównego programu znajdujemy i naciskamy przycisk „**Show/Hide Joint Jog Tool**”. Mamy teraz możliwość podglądu i sterowania każdą osią robota.

1. Rozpoczynamy od umieszczenia ramienia robota blisko części **Box\_1(1,2,2)**, tak aby chwytak znajdował się ponad pudełkiem. Rozpoczynamy od części **Box\_1(1,2,2)**, ponieważ jest to pudełko znajdujące się na wierzchu ( $z=2$ ), bliżej robota ( $y=2$ ) oraz bliżej osprzętu, na którym ma być położone ( $x=1$ ).

2. Wciskamy przycisk „**Record**” i zapisujemy punkt: **J[P1] 100% CNT50**

3. Tworzymy w tym samym punkcie dwa punkty osiągnięte liniowo.

Pierwszy : **L[P2] 2000 mm/sec FINE**,

drugi: **L[P3] 2000 mm/sec CNT100**

4. Z listy dodanych punktów wybieramy pierwszy osiągnięty liniowo (**L [P2] FINE**).

5. Z menu przycisku „**Inst**” wybieramy opcję „**Pickup**”. Pojawiła się instrukcja podnoszenia części. Konfigurujemy ją w następujący sposób:

**Pickup(Box\_1)**

**From (Pallette: Box\_1[1,2,2])**

**With (GP:1-Ut:1)** – ustawiane automatycznie, ponieważ mamy tylko jedną końcówkę roboczą o jednej funkcji.

6. Wybieramy ponownie punkt **[P2]**

7. Z menu przycisku „**Touchup**” wybieramy „**Touchup to Pick/Place Point**”. W tym momencie współrzędne punktu **[P2]** zostały zmienione tak, aby robot przemieścił się w miejsce chwycenia pudełka wskazanego w instrukcji „**Pickup**”. Wynik działania możemy sprawdzić naciskając przycisk „**MoveTo**”.

8. Przechodzimy do ostatniego punktu w edytorze.

9. Przesuwamy oś nr 1 (obrót kolumny) tak aby TCP robota znalazło w połowie drogi między paletą, a taśmą przesuwą.

10. Zapisujemy punkt: **J P[4] 100% CNT100**



11. Ponownie przesuwamy oś nr 1, tym razem tak, aby TCP znalazło się nad taśmą.
12. Zapisujemy punkt **J[P5] 100% CNT100**, a następnie dwa punkty:  
**L [P6] 2000 mm/sec FINE**  
**L [P7] 2000 mm/sec CNT100**
13. Zaznaczamy punkt **[P6]** i z menu przycisku „**Inst**” wybieramy funkcję „**Drop**”.  
W celu konfiguracji należy wybrać jedynie przedmiot, podobnie jak przy poleceniu „Pickup”.
14. Zaznaczamy ponownie punkt **[P6]**, z menu przycisku „**Touchup**” wybieramy „**Touchup to Pick/Place Point**”.
15. Ustawiamy ramie robota w punkcie **P[1]**, używając funkcji „**MoveTo**”.
16. Zaznaczamy ostatni punkt w edytorze.
17. Zapisujemy nowy punkt: **JP[8] 100% CNT100**



Rysunek 8. Instrukcje w programie, wykonane w środowisku ROBOGUIDE

Po wykonaniu danych instrukcji warto przeprowadzić próbę. Za pomocą przycisków znajdujących się na pasku narzędzi uruchamiamy symulację. Jeśli symulacja przebiegła pomyślnie, to znaczy jeden element został podniesiony i odstawiony na taśmę oznacza to, że możemy kontynuować programowanie przenoszenia reszty obiektów.

### 3.2. Symulacja i prezentacja wyników

Przed exportem stworzonego programu użytkownik może sprawdzić w jaki sposób robot będzie pracował, czy nie występują żadne kolizje oraz przeglądnąć zaawansowaną analizę czasu pracy.

W tym celu z okna „**Process Navigator**” wybieramy „**Run Production**”.

Do wyboru mamy dwie metody:

- „**Run TP Program**”
- „**Profile TP Program Runs**”

Wybieramy drugą opcję, ponieważ jest bardziej zaawansowana i posiada wszystkie funkcje metody pierwszej.

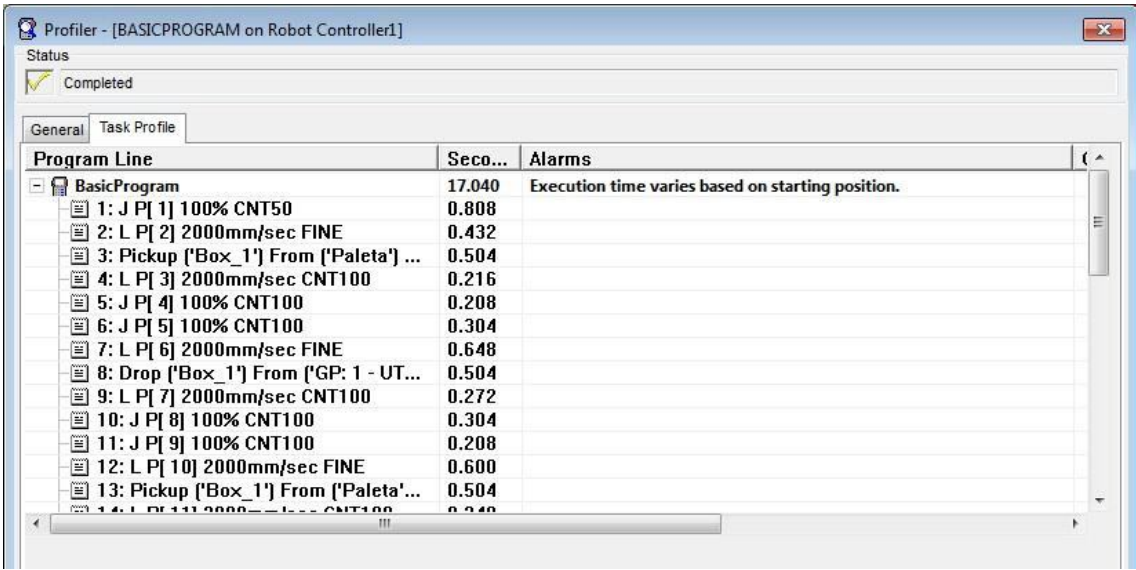
Otworzą się dwa okna:

Okno „**Profiler**” składa się z dwóch zakładek:

W pierwszej możemy obserwować:

- czas całkowity symulacji,
- czas ruchu robota,
- czas potrzebny do wykonania instrukcji aplikacji
- czasy instrukcji WAIT

W drugiej zakładce zobaczymy tabelę z wykonywanymi instrukcjami. Możemy obserwować czas wykonywania się każdej z nich. Dodatkowo jeśli w stworzonym programie występują jakieś kolizje robota z otoczeniem zostanie to zaznaczone w odpowiednim wierszu tabeli, dzięki czemu będziemy wiedzieć którą instrukcję należy poprawić.

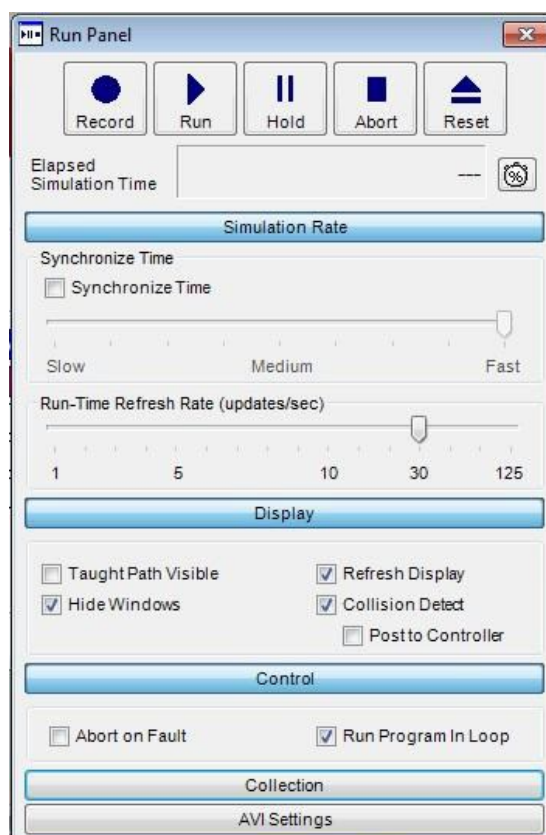


The screenshot shows the 'Profiler' window with the 'Task Profile' tab selected. It displays a table with three columns: 'Program Line', 'Seco...', and 'Alarms'. The table lists 13 program lines with their respective execution times. The status bar at the top indicates 'Completed'.

Program Line	Seco...	Alarms
BasicProgram	17.040	Execution time varies based on starting position.
1: J P[ 1] 100% CNT50	0.808	
2: L P[ 2] 2000mm/sec FINE	0.432	
3: Pickup ('Box_1') From ('Paleta') ...	0.504	
4: L P[ 3] 2000mm/sec CNT100	0.216	
5: J P[ 4] 100% CNT100	0.208	
6: J P[ 5] 100% CNT100	0.304	
7: L P[ 6] 2000mm/sec FINE	0.648	
8: Drop ('Box_1') From ('GP: 1 - UT...	0.504	
9: L P[ 7] 2000mm/sec CNT100	0.272	
10: J P[ 8] 100% CNT100	0.304	
11: J P[ 9] 100% CNT100	0.208	
12: L P[ 10] 2000mm/sec FINE	0.600	
13: Pickup ('Box_1') From ('Paleta') ...	0.504	

Rysunek 9. Analiza czasowa instrukcji programu

Drugie okno „**Run Panel**” pozwoli nam wybrać opcje oraz uruchomić symulację. Oprócz podstawowych przycisków uruchamiania i zatrzymywania symulacji możemy określić szybkość symulacji, czas odświeżania danych, aby program wykonywał się w pętli, wyłączał w przypadku błędu.



Rysunek 10. Okno Run Panel

Po przeprowadzeniu symulacji możemy nagrać film przedstawiający działanie robota. Po wciśnięciu przycisku nagrywania symulacja rozpocznie się automatycznie, wraz z zapisem obrazu. W trakcie nagrywania możemy sterować kamerą w dowolny sposób. Czas trwania filmu jest zgodny z wyliczonym czasem trwania symulacji, a nie z czasem prezentowania programu w środowisku ROBOGUIDE.

### 3.3. Eksport programu do kontrolera robota

Ostatnim etapem projektowania stanowiska zrobotyzowanego jest eksport zaprogramowanej funkcji do rzeczywistego kontrolera.

ROBOGUIDE posiada pełną integrację z robotami firmy FANUC, dlatego do skopiowania wcześniej utworzonego programu wystarczy połączyć komputer PC z wybranym kontrolerem np. za pomocą kabla UTP i wykonać kilka prostych czynności.

Pierwszym etapem jest podłączenie fizyczne robota i komputera. Za pomocą linii komend możemy sprawdzić połączenie używając funkcji PING. Następnie za pomocą narzędzia dołączanego do oprogramowania ROBOGUIDE nazywanego się **Robot Neighborhood** musimy dodać naszego rzeczywistego robota do sąsiedztwa.

W tym celu otwieramy program **Robot Neighborhood**. Zobaczymy małe okienko z rozwijaną listą. Klikając dwukrotnie lewym przyciskiem myszy na wolnym polu otworzy się okno dodawania nowego robota do sąsiedztwa. Wpisujemy wybraną przez nas nazwę, zaznaczamy pole „**FRCRN Real Robots type**” i wybieramy w polu „**Host Name**” naszego robota.

Wciskamy przycisk „**Add**” i zamykamy panel „Robot Neighborhood”. Nasz robot będzie już wykrywany w środowisku ROBOGUIDE.

Wracamy do głównego programu.

Jeśli wcześniej zostało zamknięte, ponownie otwieramy okno „**Cell Browser**”. Odnajdujemy plik programu „*nazwa programu*” i dla zabezpieczenia pracy kopiujemy go i wklejamy pod inną nazwą.

Następnie na oryginalnym pliku przeprowadzamy następujące operacje:

- Klikamy prawym przyciskiem myszy i wybieramy „**Properties**”.
- Zmieniamy typ pliku wybierając w polu „**SubType**”: „**None(TP)**”.
- Zatwierdzamy zmiany i zamykamy okno właściwości.

Typ pliku stworzonego programu został zmieniony na typ obsługiwany przez każdy kontroler firmy FANUC.

Z paska narzędzi rozwijamy menu „**Project**”, a następnie wybieramy: „**Export > Edit List**”.

Otworzy się okno edytowania list kompilacji, importowania i eksportowania elementów projektu.

Wyszukujemy element nazywający się „**NAZWA PROGRAMU.TP**” i zaznaczamy jego pole „**export**”.

Zatwierdzamy zmiany i ponownie otwieramy menu „**Project**”.

Wybieramy „**Export > To Robot**”.

Program otwiera okno „**Export to the target robot**”, w którym możemy podglądać jakie pliki zostaną wyeksportowane.

Z dostępnych robotów wybieramy robota wcześniej dodanego do sąsiedztwa.

Wciskamy przycisk „**Export**”.

W tym momencie program zostanie wyeksportowany do rzeczywistego kontrolera, co można sprawdzić za pomocą Teach Pendant’a.

*Kraków, luty 2018*