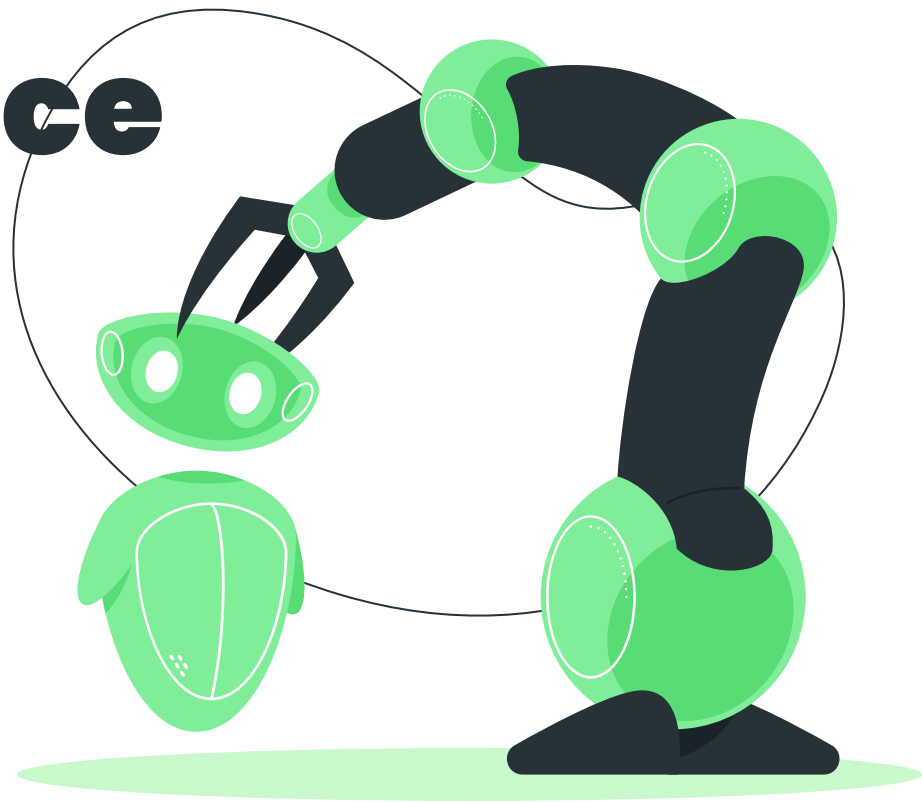


Warsztaty wprowadzające

Do I Ogólnopolskiego Konkursu
Robotyki Przemysłowej

mgr inż. Sylwester Paterek





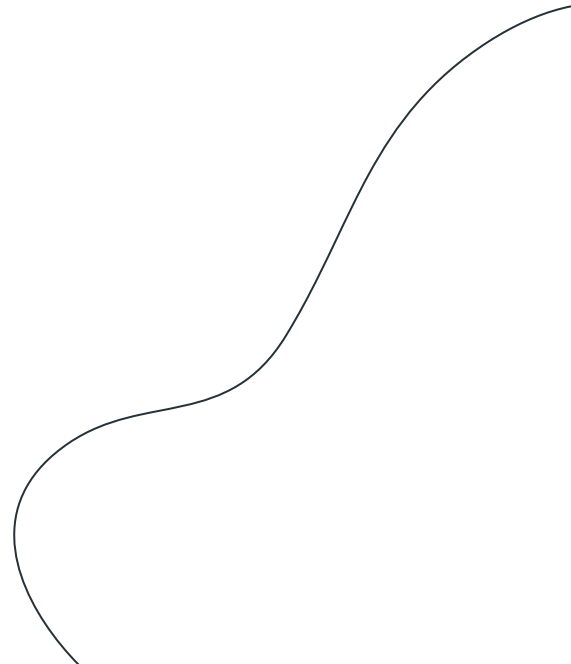
1

Bezpieczeństwo

pracy z robotami
przemysłowymi

Przyczyny wypadków

Personel regularnie realizujący zadania bezpośrednio w obszarze produkcyjnym winien posiadać dostęp do adekwatnych środków ochronnych, które są dopasowane do specyfiki ich pracy. Jednakże, w sytuacjach takich jak przeciążenie pracą lub stres, nawet te środki mogą być niewystarczające, jeśli zachowanie pracowników nie jest właściwe.

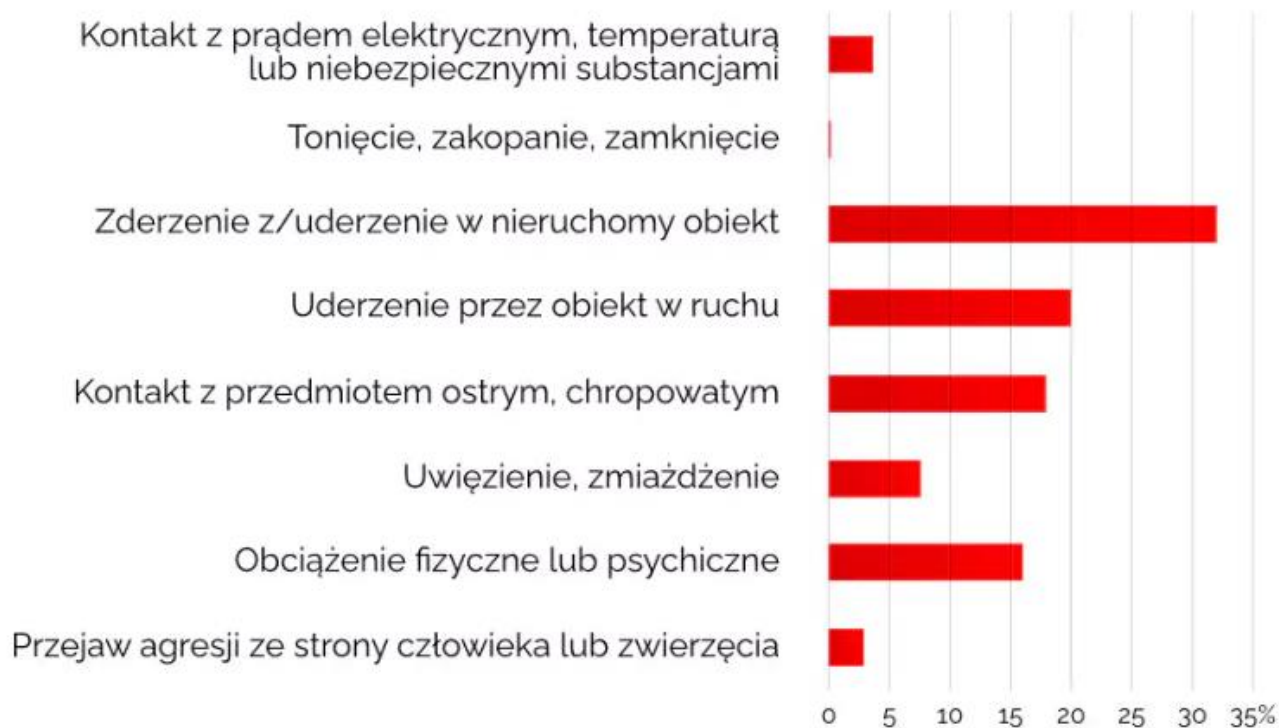


Przyczyny wypadków przy pracy w 2022 r.



źródło: GUS - Wypadki przy pracy w 2022 r.

Poszkodowani w wypadkach przy pracy według wydarzeń powodujących uraz w 2022 r.



źródło: GUS - Wypadki przy pracy w 2022 r.

Rodzaje zabezpieczeń stanowisk zrobotyzowanych

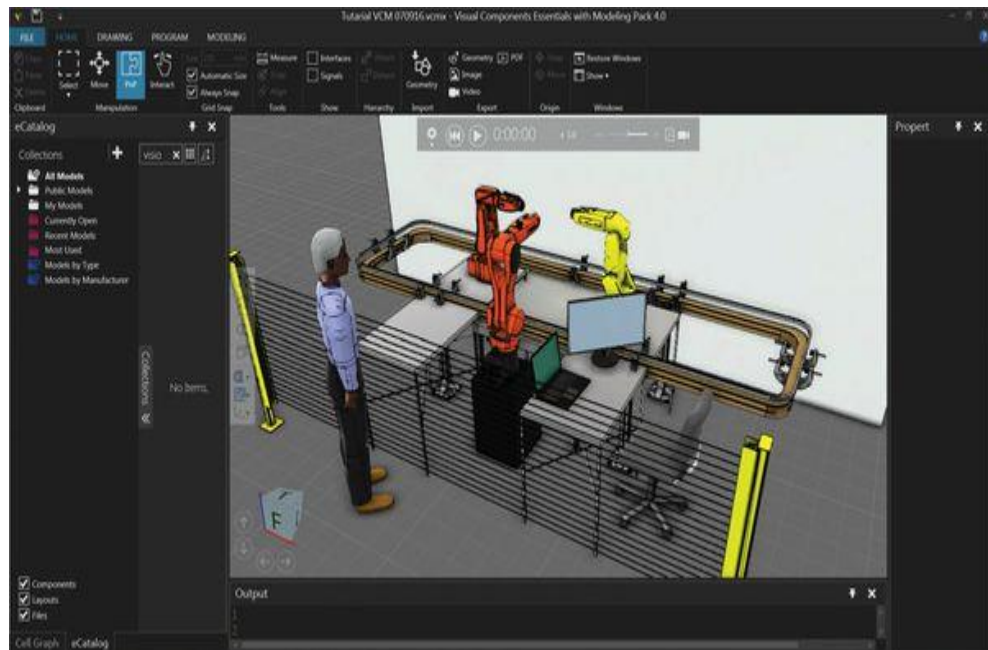
Bezpieczeństwo zaczyna się w momencie projektowania



Etap projektowania

Już w fazie projektowania rozważane są potencjalne ryzyka związane z procesem, który ma zostać zautomatyzowany. (np. iskry podczas spawania, odpryski metalu podczas usuwania zadziorów, szkodliwe opary emitowane w trakcie produkcji).

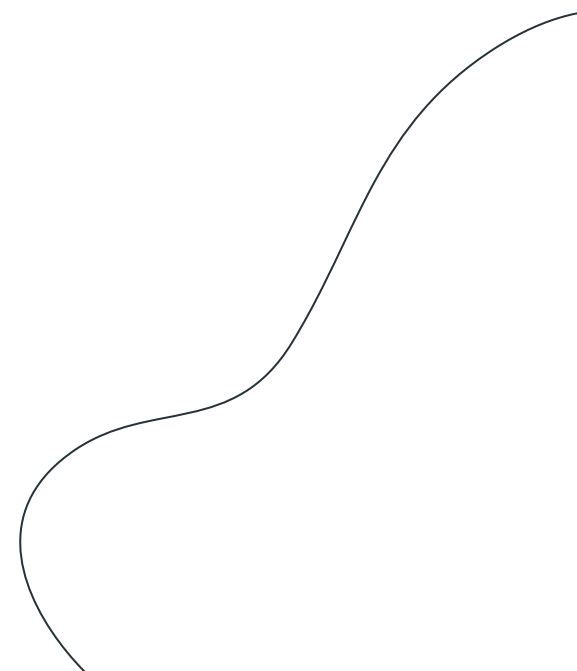
Odpowiednie środki ochronne są dobierane w zależności od charakteru procesów podlegających robotyzacji i udziału pracowników. Dodatkowo, w większych projektach, zautomatyzowana linia produkcyjna może być podzielona na różne sekcje z odmiennymi rodzajami ryzyka. W przypadku awaryjnego zatrzymania po naruszeniu barier bezpieczeństwa w jednej ze stref, inne sekcje mogą kontynuować działanie.



Przygotowanie firmy do wdrożenia stanowisk

Przygotowanie pracowników przez integratora poprzez odpowiednie kursy, jak również zapoznanie się z instrukcjami dotyczącymi obsługi i utrzymania stanowisk, umożliwia prawidłowe uruchamianie maszyn produkcyjnych. Edukacja ta minimalizuje ryzyko błędnej obsługi urządzeń i jednocześnie pozwala pracownikom na rozwój ich kompetencji oraz zdobycie wiedzy o nowoczesnych technologiach.

Systematyczna konserwacja pomaga zapobiec awariom oraz wynikającym z tego potencjalnym zagrożeniom.



Wygradzanie stanowisk zrobotyzowanych

W procesie projektowania zrobotyzowanych stanowisk pracy powszechne stało się wykorzystanie barier bezpieczeństwa. Służą one ochronie operatorów przed dostaniem się do obszaru roboczego maszyn oraz zabezpieczają przed niekontrolowanym wydostaniem się niebezpiecznych elementów z tej strefy. Osłony bezpieczeństwa są kluczowym elementem ochronnym w stacjach zrobotyzowanych. Istnieje szeroka gama paneli do wyboru, różniących się sposobem montażu, drzwiami dostępowymi do wnętrza oraz dodatkowymi elementami. Wybór odpowiednich osłon opiera się na normach bezpieczeństwa oraz ocenie analizy ryzyka.

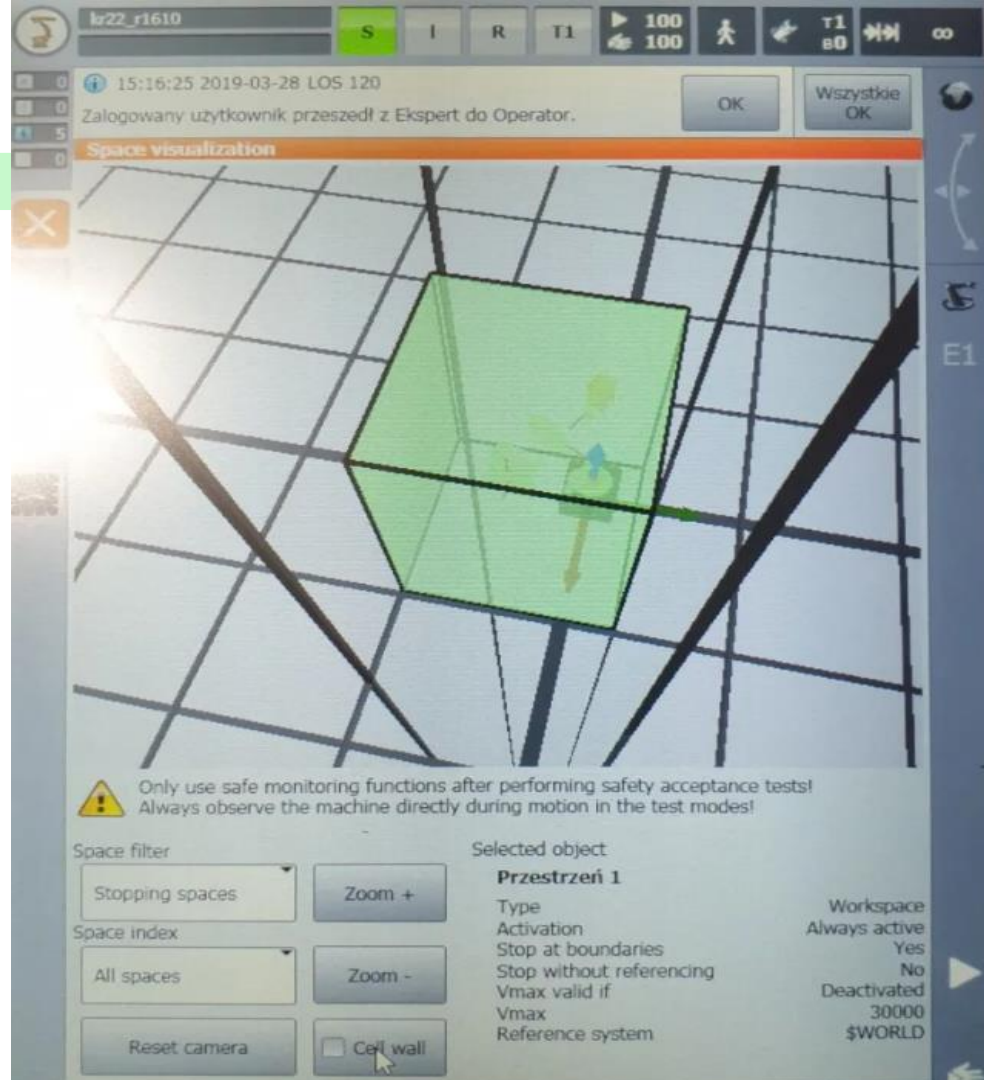
Wygradzanie stanowisk zrobotyzowanych



Programowe ograniczenie ruchów robota

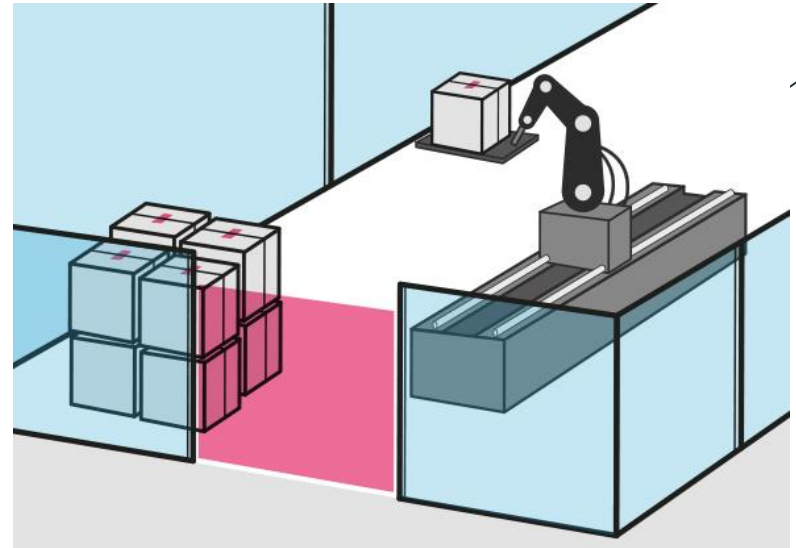
Wykorzystywanie nowoczesnych robotów przemysłowych umożliwia tworzenie wirtualnej strefy bezpieczeństwa wokół ich obszaru pracy. Dzięki temu możliwe jest ograniczenie działania robota wyłącznie do wyznaczonej strefy, zapobiegając wyjściu poza nią, zarówno samego robota, jak i narzędzi zamontowanych na jego ramieniu. Taka strefa funkcjonuje zarówno w trybie automatycznym, jak i manualnym, co zwiększa bezpieczeństwo pracy operatorów.

Programowe ograniczenie ruchów robota



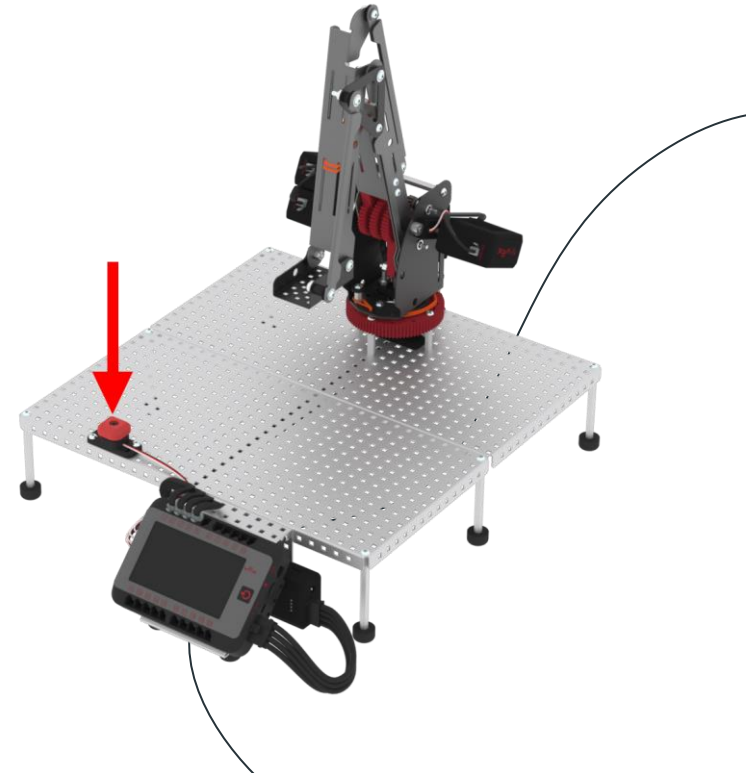
Kurtyny świetlne i skanery bezpieczeństwa

Są wykorzystywane do wykrywania i sygnalizowania nieautoryzowanego wejścia do strefy bezpieczeństwa. Wysyłają one alert do robotów i sprzętu współpracującego, aby spowolnić lub zatrzymać ich działanie. Często instaluje się je w miejscach, gdzie operator wprowadza produkt do obróbki. Przy wyborze kurtyń świetlnych kluczowe są trzy parametry: rozdzielczość, pole widzenia i kąt przysłony, które determinują poziom zapewnianej ochrony.



Przyciski bezpieczeństwa E-STOP

Przyciski awaryjnego zatrzymania, znane jako E-stop, powodują niezwłoczne zatrzymanie całej stacji roboczej. Są one umieszczane zarówno na zewnątrz, jak i wewnątrz stacji.



Przycisk DEADMAN

Przycisk "deadman" musi być aktywnie trzymany lub naciskany przez operatora w celu utrzymania pracy maszyny lub robota. Jeśli operator zwolni przycisk (np. w przypadku nagłego omdlenia lub upadku), maszyna lub robot zostanie automatycznie zatrzymany. To zapobiega potencjalnym wypadkom lub urazom w przypadku, gdy operator nie jest już w stanie kontrolować urządzenia.

System ten wymusza na operatorze ciągłą uwagę i interakcję z maszyną, co zwiększa bezpieczeństwo operacji.



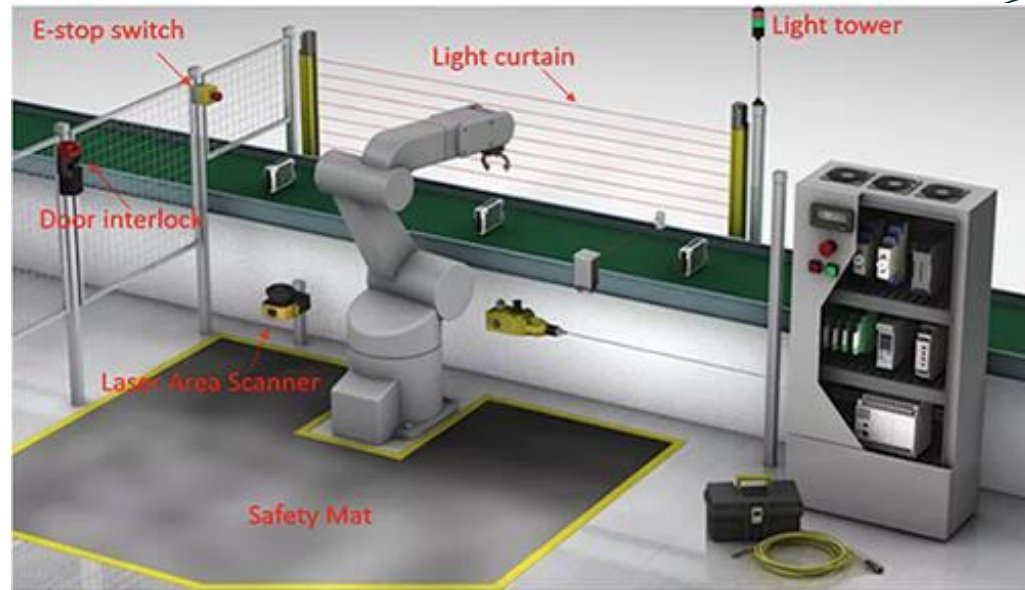
Zamki ryglowe oraz krańcówki bezpieczeństwa

Te urządzenia są używane do nadzorowania zamknięcia osłon ochronnych, co zapobiega dostępowi do obszaru pracy maszyn wewnątrz stacji. Zamki ryglowe pozwalają dodatkowo na otwieranie osłon w określonych momentach lub stanach działania stacji.



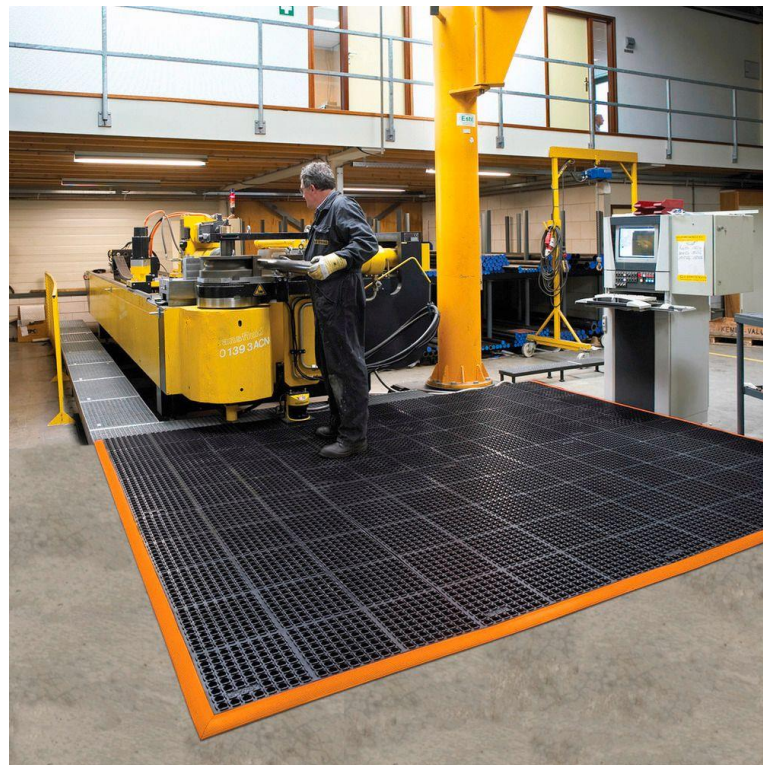
Sygnalizacja świetlna, graficzna, dźwiękowa

Ich celem jest dostarczenie operatorom stanowisk danych o funkcjonowaniu urządzenia, zakończeniu procesów, a także ostrzeżenie o sytuacjach zagrożenia dla maszyny lub zdrowia człowieka.



Maty naciskowe oraz przyciski czuwania

Maty naciskowe to wrażliwe na nacisk urządzenia bezpieczeństwa, które sygnalizują obecność osoby w niebezpiecznej strefie pracy maszyny. Kiedy ktoś wchodzi na matę, wysyła ona sygnał prowadzący do zatrzymania działania urządzeń.



NORMY

Zrobotyzowane stanowiska pracy są projektowane z uwzględnieniem istotnych norm bezpieczeństwa. Te normy określają standardy dotyczące projektowania bezpiecznego, środków ochrony przy współpracy z robotami przemysłowymi oraz integracji systemów robotycznych. Kluczowe normy zgodne z dyrektywą maszynową 2006/42/WE to:

EN ISO 10218-1:2011 - dotyczy bezpieczeństwa robotów przemysłowych.

EN ISO 10218-2:2011 - odnosi się do bezpieczeństwa systemu robotycznego i jego integracji. Dodatkowo wykorzystuje się inne normy związane z bezpiecznym projektowaniem maszyn, systemów elektrycznych i sterowania, takie jak:

PN-EN ISO 12100:2012 - zawiera ogólne zasady projektowania maszyn oraz ocenę i redukcję ryzyka.

PN-EN 62061:2008/A1:2013-06 - odnosi się do funkcjonalnego bezpieczeństwa elektrycznych i elektronicznych systemów sterowania.

PN-EN 13849-1:2016-02 - dotyczy elementów systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem.



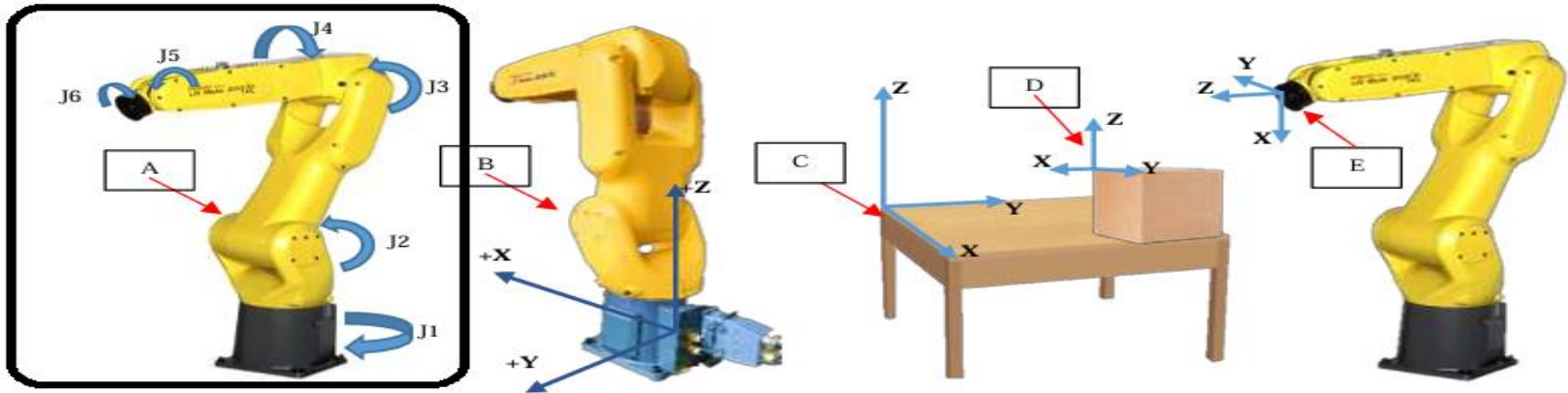
2
Układy
współrzędnych

Współrzędne złączowe (Joint)

Współrzędne Przegubowe, Złączowe (Joint Coordinates):

Pozwalają na indywidualne sterowanie każdą osią robota, zależnie od jej orientacji dodatniej lub ujemnej. Położenia są zazwyczaj wyrażane w stopniach ($^{\circ}$), odnosząc się do kątów przegubów. Idealne do zadań wymagających precyzyjnego kontrolowania ruchów poszczególnych przegubów robota.

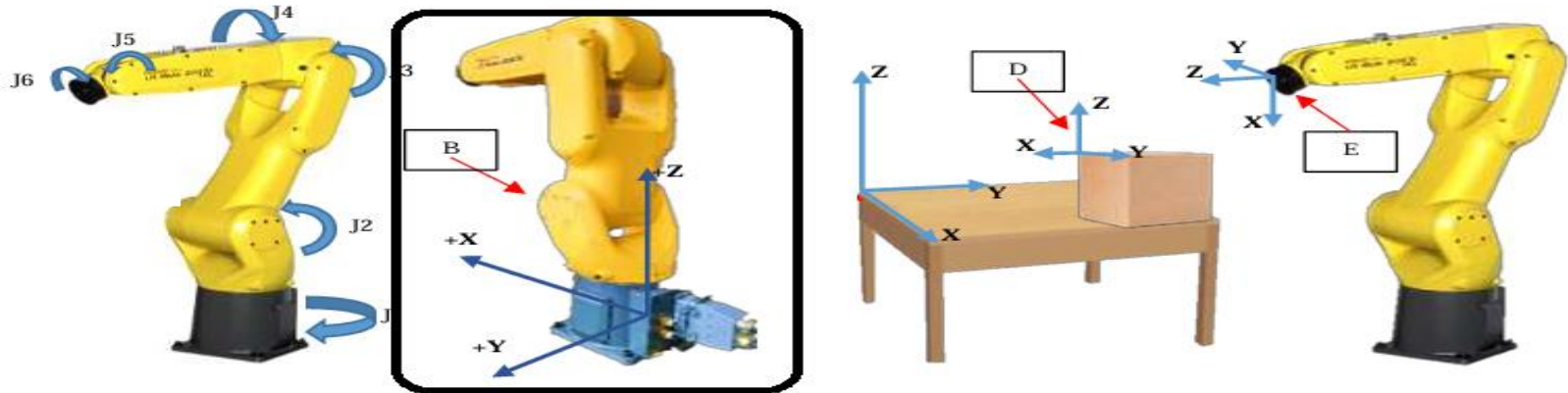
Types of coordinate systems on the robot A) Joint, B) World, C) User, D) Jogfrm



Współrzędne globalne (World)

Statyczny, trójwymiarowy układ współrzędnych kartezjańskich z początkiem w bazie robota. Wyrażane w metrach (m) lub centymetrach (cm), wskazują odległości w przestrzeni trójwymiarowej. Wykorzystywany w aplikacjach wymagających orientacji robota względem jego środowiska pracy.

Types of coordinate systems on the robot A) Joint, B) World, C) User, D) Jogfrm



Source: Modified image obtained from (Fanuc, 2018)

Współrzędne bazowe (Base)

Układ Współrzędnych Base (Bazowy):

Jest to układ współrzędnych odnoszący się bezpośrednio do bazy, czyli fundamentu robota. Pochodzenie tego układu jest zawsze zlokalizowane w punkcie, gdzie robot jest fizycznie zamocowany lub w jego bezpośrednim sąsiedztwie. Używany głównie do zadań, gdzie ruchy robota są opisane względem jego własnej, niezmienniczej bazy, co jest typowe dla większości zastosowań pojedynczego robota przemysłowego.

Główna różnica między tymi układami współrzędnych polega na ich punkcie odniesienia. Układ "World" odnosi się do większego środowiska zewnętrznego, podczas gdy układ "Base" koncentruje się na lokalizacji samego robota i jego bezpośrednim otoczeniu. Wybór odpowiedniego układu zależy od specyficznych wymagań aplikacji robotycznej.

Współrzędne interfejsu mechanicznego

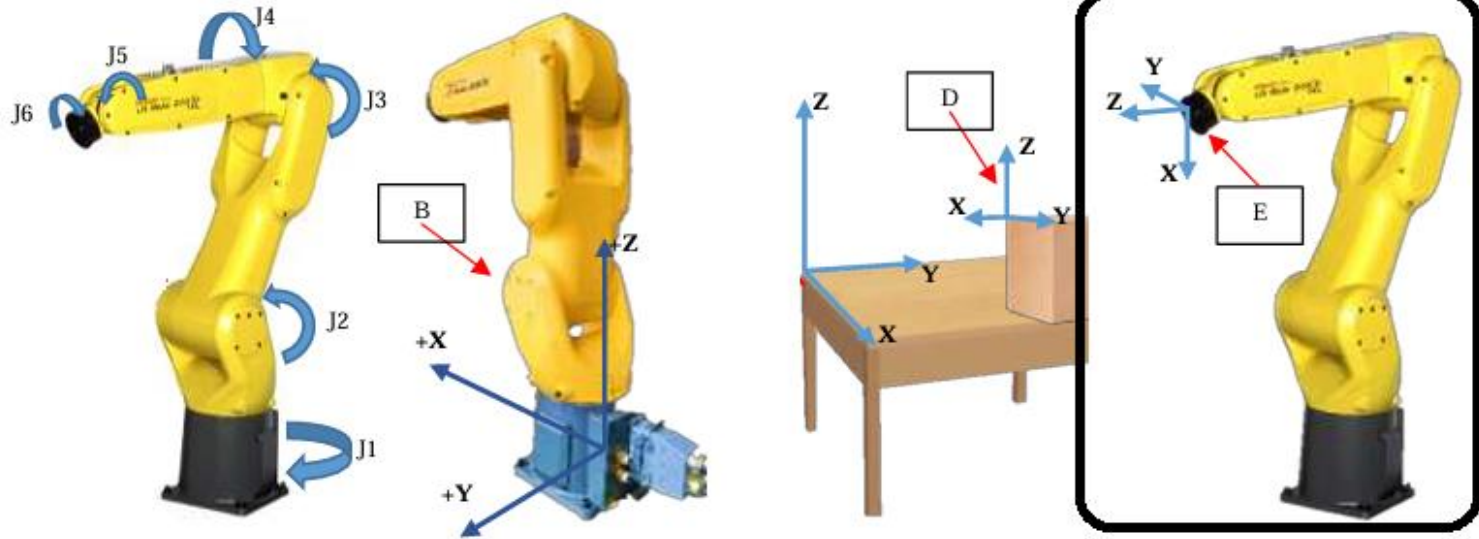
Układ Współrzędnych Interfejsu Mechanicznego (Mechanical Interface Coordinate System):

Ten układ współrzędnych jest związany z punktem montażu (interfejsem mechanicznym) między robotem a narzędziem lub efektem końcowym. Określa on położenie i orientację tego interfejsu. Punkt odniesienia w tym układzie jest zwykle ustalony i zależy od konstrukcji mechanicznej robota. Jest używany do określenia, jak narzędzie lub efektor końcowy jest fizycznie zamocowany do ramienia robota, co jest kluczowe dla prawidłowego doboru i montażu narzędzi.

W układzie interfejsu mechanicznego punkt odniesienia jest związany z miejscem, gdzie narzędzie łączy się z robotem, natomiast w układzie narzędziowym punkt odniesienia dotyczy samego narzędzia lub efektora końcowego. Układ interfejsu mechanicznego jest ważny przy montażu narzędzia do robota, a układ narzędziowy odgrywa kluczową rolę w precyzyjnym sterowaniu i wykonywaniu zadań przez narzędzie. Układ narzędziowy często wymaga dostosowania przez użytkownika w zależności od wykonywanego zadania, podczas gdy układ interfejsu mechanicznego jest zazwyczaj stały i związany z konstrukcją robota.

Współrzędne interfejsu mechanicznego

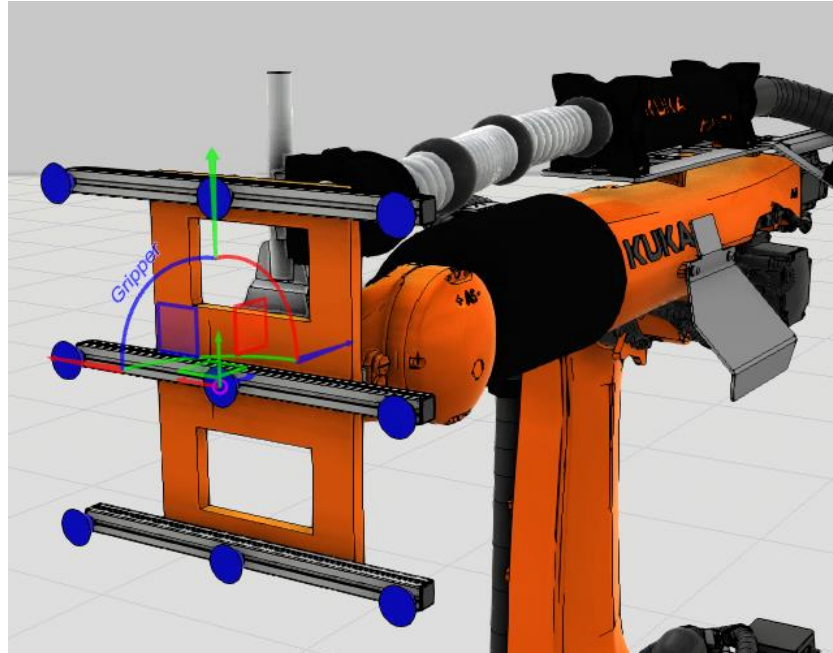
Types of coordinate systems on the robot A)Joint, B)World, C)User, D)Jogfrm



Source: Modified image obtained from (Fanuc, 2018)

Współrzędne narzędzia (Tool)

Układ kartezjański z początkiem na końcówce robota, dostosowujący się do ruchów robota. Podobnie jak w układzie światła, wyrażane w metrach (m) lub centymetrach (cm), z uwzględnieniem orientacji narzędzia. Kluczowy w operacjach, gdzie precyzja i orientacja narzędzia są krytyczne.



TCP



TCP (Tool Center Point) w robotyce przemysłowej jest kluczowym pojęciem, odnoszącym się do precyzyjnego punktu odniesienia na narzędziu lub efektorze końcowym robota. Oto szczegółowe wyjaśnienie TCP:

TCP to punkt na narzędziu lub efektorze końcowym robota, który jest używany jako główny punkt odniesienia dla wszystkich operacji robota. Jest to właściwie "wirtualny" punkt, reprezentujący dokładne miejsce, w którym narzędzie robota oddziałuje z otoczeniem.

Rola TCP w Robotyce:

W robotyce przemysłowej TCP jest niezbędny do dokładnego programowania i kontrolowania ruchów robota. Dzięki zdefiniowaniu TCP, robot może precyzyjnie wykonywać zadania takie jak spawanie, malowanie, montaż, czy manipulowanie przedmiotami.

Programowanie TCP:



TCP

Aby robot funkcjonował poprawnie, konieczne jest dokładne zdefiniowanie TCP w jego systemie sterowania. Proces ten nazywany jest kalibracją TCP i polega na ustaleniu dokładnych współrzędnych TCP względem układu współrzędnych robota.

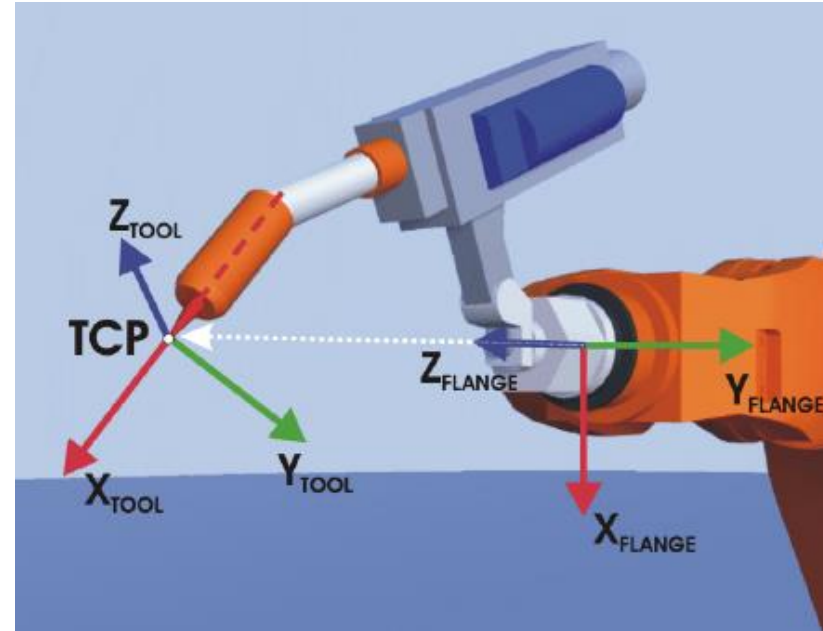
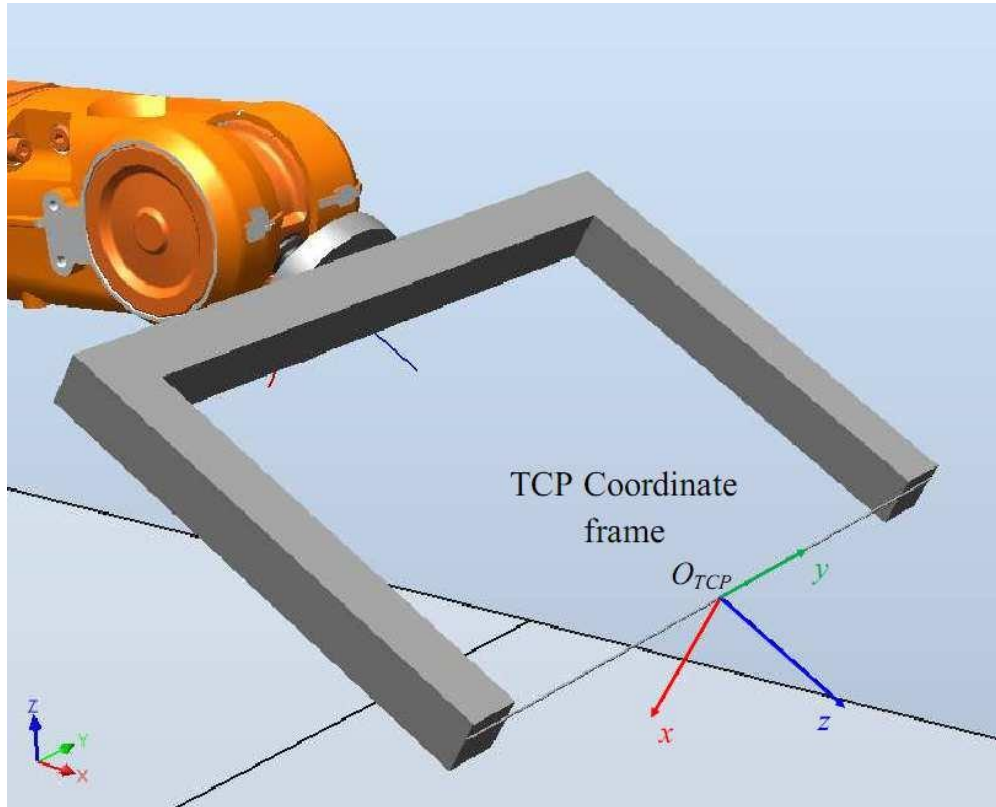
Znaczenie TCP dla Precyzji Ruchu:

Precyzyjne określenie TCP jest kluczowe dla dokładności ruchów robota. Gdy robot wykonuje zadanie, jego system sterowania oblicza trajektorię tak, aby TCP poruszał się zgodnie z żądanymi parametrami zadania, co jest niezbędne w zastosowaniach wymagających wysokiej precyzji.

W przypadku zmiany narzędzia na robocie, konieczne jest ponowne skonfigurowanie TCP, aby odzwierciedlało ono nowe położenie i orientację nowego narzędzia.

TCP w robotyce przemysłowej jest podstawą dokładnego i efektywnego wykorzystania robotów do specyficznych zadań. Dzięki precyzyjnie zdefiniowanemu TCP, roboty mogą z większą dokładnością wykonywać skomplikowane operacje, co jest kluczowe w wielu przemysłowych aplikacjach robotycznych.

TCP



Współrzędne zadania (Task)

Układ Współrzędnych Zadania (Task Coordinate System):

Jest to układ kartezjański, który użytkownik może umiejscowić w dowolnym punkcie przestrzeni roboczej robota. Układ ten może być definiowany w różnych miejscach, w zależności od wymagań zadania i charakterystyki środowiska pracy. Może to być wewnątrz maszyny, z którą robot współpracuje, na palecie, stole, podajniku, czy innym urządzeniu technologicznym.

Różni producenci robotów mogą używać odmiennych terminów do określenia tego układu. Na przykład FANUC odnosi się do niego jako User Frame, a KUKA jako Base Frame. Układ Współrzędnych Zadania jest wykorzystywany do ułatwienia manipulacji robotem podczas realizacji określonych zadań w ramach procesu technologicznego. Dzięki możliwości definiowania tego układu przez użytkownika, robot może być skuteczniej programowany do wykonania konkretnych, złożonych operacji. Pozycjonowanie i orientacja układu mogą być dostosowane przez użytkownika, co pozwala na maksymalną elastyczność i precyzję w realizacji zadań.

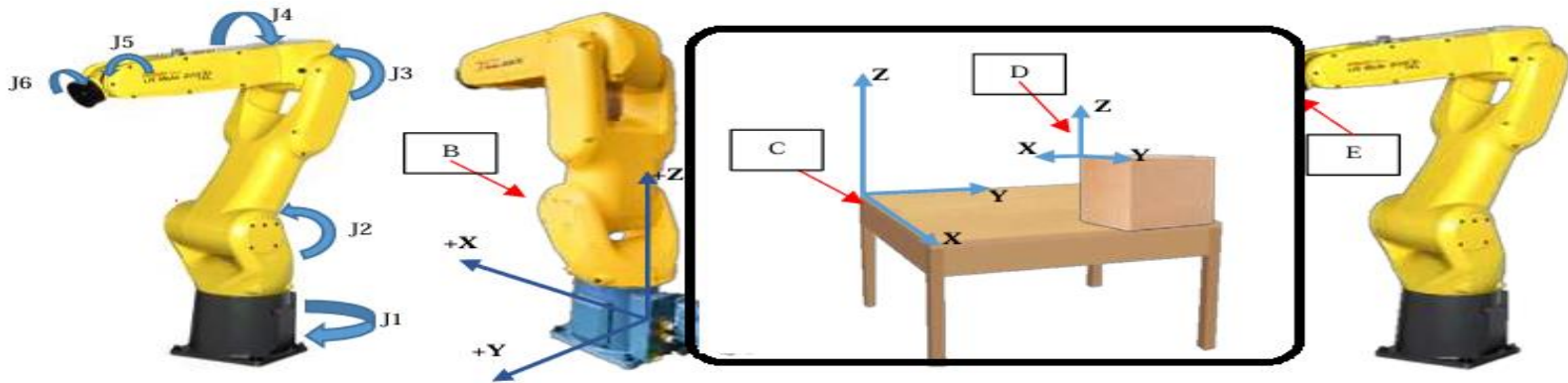
Układ Współrzędnych Zadania zapewnia dużą elastyczność w programowaniu robotów, umożliwiając użytkownikom dostosowanie układu współrzędnych do specyfiki realizowanego zadania. To sprawia, że roboty mogą być wykorzystywane w bardziej złożonych i różnorodnych aplikacjach przemysłowych.

Współrzędne Obiektu (Object)

Układ Współrzędnych Obiektu (Object Coordinate System):

Charakterystyka: Układ ten jest bezpośrednio powiązany z konkretnym obiektem roboczym, na którym wykonuje się operacje. Może to być na przykład detal do obróbki, komponent montażowy lub inny obiekt, który jest przedmiotem manipulacji przez robota. Umożliwia precyzyjne pozycjonowanie i orientację robota w stosunku do obiektu, na przykład podczas montażu, spawania, malowania czy kontroli jakości.

Types of coordinate systems on the robot A) Joint, B) World, C) User, D) Jogfrm



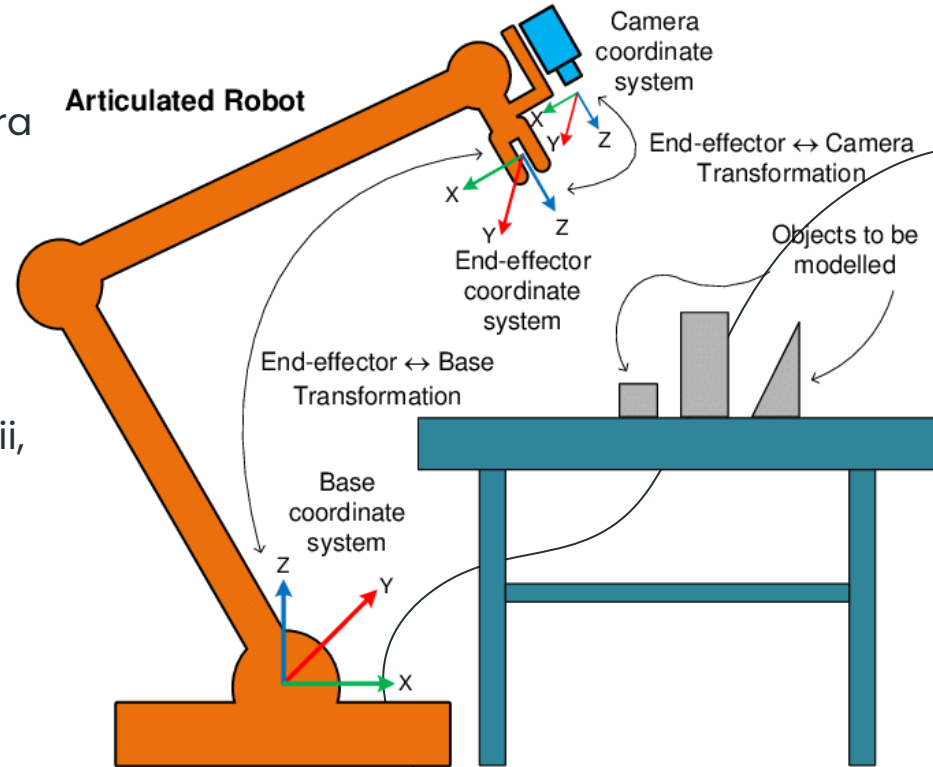
Source: Modified image obtained from (Fanuc, 2018)

Współrzędne kamery (Camera)

Układ Współrzędnych Kamery (Camera Coordinate System):

Jest związany z kamerą systemu wizyjnego, która jest często sprzężona z robotem.

Używany w aplikacjach robotyki, gdzie system wizyjny jest niezbędny do przeprowadzania działań, takich jak identyfikacja obiektów, inspekcja wizualna czy pozycjonowanie względem obiektów na podstawie danych wizyjnych. Ważny w procesie tworzenia trajektorii, szczególnie w zadaniach, które wymagają wizyjnego prowadzenia robota, np. przy sortowaniu lub pakowaniu przedmiotów.



Układy współrzędnych

1. Globalny układ współrzędnych (World Coordinate System)
2. Układ współrzędnych podstawy (Base Coordinate System)
3. Układ współrzędnych interfejsu mechanicznego (Mechanical Interface Coordinate System)
4. Układ współrzędnych narzędzia (Tool Coordinate System)
5. Układ współrzędnych zadania (Task Coordinate System)
6. Układ współrzędnych obiektu (Object Coordinate System)
7. Układ współrzędnych kamery (Camera Coordinate System)

Różne układy współrzędnych w robotyce przemysłowej odgrywają kluczowe role w precyzyjnym programowaniu i kontroli ruchów robota, umożliwiając zastosowanie robotów w szerokim zakresie zadań. Układy takie jak World, Tool, i Object umożliwiają odpowiednie pozycjonowanie i orientację robota względem środowiska pracy, narzędzia, które operuje, oraz konkretnych obiektów, z którymi wchodzi w interakcję. Ich zrozumienie i efektywne wykorzystanie jest niezbędne do osiągnięcia wysokiej precyzji i efektywności w automatyzacji procesów przemysłowych.



3

Programowanie

Programowanie tekstowe

Najstarszą metodą programowania robotów jest programowanie tekstowe, polegające na wprowadzaniu kodu za pomocą linii poleceń, używając teach pendanta robota lub poprzez oprogramowanie off-line. Ta klasyczna technika wymaga znajomości specyficznych komend robota i podstaw robotyki.

Niektóre roboty współpracujące również pozwalają na programowanie, na przykład w języku JavaScript. Mimo że jest to podejście bardziej skomplikowane, czasami efektywniej jest skorzystać z notacji matematycznej, niż selekcjonować elementy w graficznym interfejsie użytkownika.



Programowanie graficzne

Kolejną metodą jest programowanie graficzne, szczególnie popularne w przypadku robotów współpracujących, znanych jako coboty. Ta metoda polega na ustawianiu odpowiednich ikon na osi czasu w teach pendancie, reprezentujących różne działania, takie jak ruch, użycie chwytaka, opóźnienie, oczekiwanie na sygnał z maszyny i inne. Robot wykonuje te zadania według zdefiniowanej sekwencji, w pętli lub oczekując na zewnętrzny sygnał aktywujący, na przykład od maszyny lub operatora.

Główną zaletą tej metody jest prostota programowania i szybkość nauki w porównaniu z innymi technikami programowania robotów przemysłowych. Nawet z jedną godziną szkolenia, można zacząć programować proste ruchy.



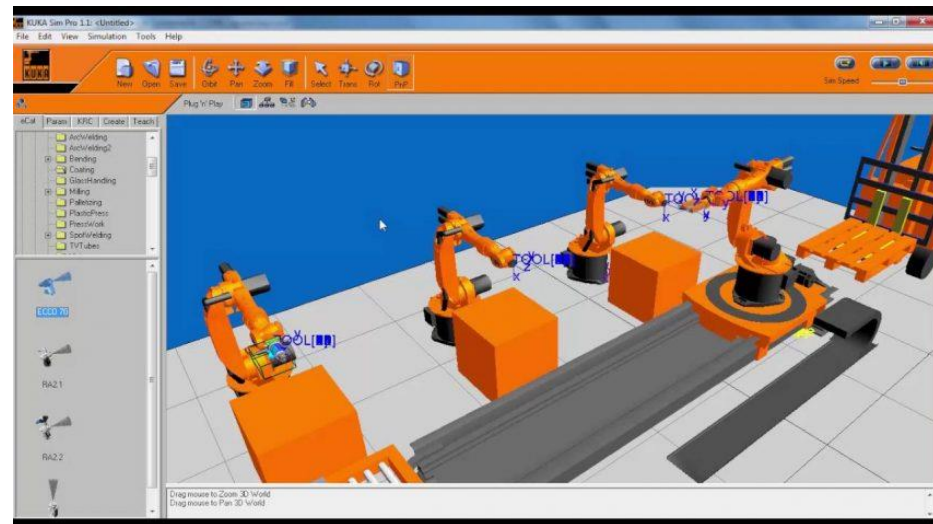
Programowanie poprzez ręczne ustawienie ramienia robota

Trzecia technika to programowanie poprzez prowadzenie robota za ramię. W tej metodzie używa się teach penda lub bezpośrednio ramię robota, przyciskając przycisk uczenia, aby ręcznie przemieścić robota z punktu do punktu. Jest to najprostsza forma programowania, ale może być mniej precyzyjna z powodu ograniczonej dokładności ruchów ludzkiej ręki. W takich przypadkach zaleca się stosowanie podejścia hybrydowego: najpierw ręcznie przemieszcza się ramię dożądanego punktu, a następnie dokładnie dostosowuje się pozycję przy użyciu przycisków +/-



Programowanie off-line

Kolejną metodą jest programowanie off-line w specjalistycznych narzędziach np. KUKA SIM PRO , NACHI FD-Desk lub HANWHA RODI_off-line. Dostępne są również narzędzia do programowania off-line obsługujące wiele typów robotów np. AUTOMAPPS czy RoboDK. W narzędziach tych możemy poza robotami umieszczać inne urządzenia i bryły 3D, np. transportery, maszyny, podajniki i wiele innych. Następnie możemy testować cykl pracy stanowiska lub linii sprawdzając wszystko przed wprowadzeniem do systemu produkcyjnego. To doskonałe narzędzia pozwalające przezbierać roboty w krótkim czasie z minimalizacją przestojów.

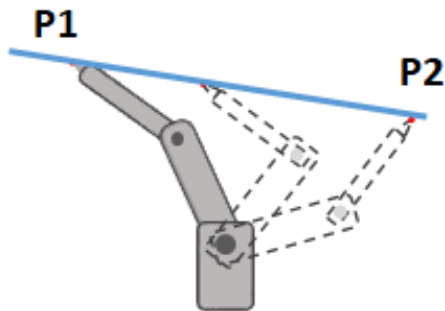


Rodzaje ruchów

Interpolacja Liniowa:

Interpolacja liniowa polega na ruchu robota po prostej linii pomiędzy dwoma punktami docelowymi w przestrzeni roboczej.

Jest stosowana do prostych zadań, gdzie robot musi przemieszczać się prosto od jednego punktu do drugiego, na przykład przy transportowaniu materiałów z jednego miejsca na drugie. Przykładem interpolacji liniowej może być ruch robota od punktu startowego na taśmie produkcyjnej do miejsca, gdzie ma podnieść produkt i przenieść go do kolejnej stacji.

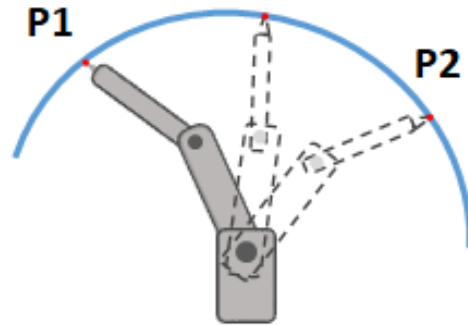


LIN - Linear

Rodzaje ruchów

Interpolacja Kołowa:

Interpolacja kołowa polega na ruchu robota po łuku lub okręgu, definiowanym przez punkty początkowy, końcowy i środkowy, który jest punktem ogniskowym łuku. Jest używana w zadaniach, które wymagają zakrzywionych ruchów, takich jak ruchy przemieszczania się wokół obiektów lub wykonywanie łukowych operacji obróbkowych. Przykładem interpolacji kołowej może być ruch robota wokół obiektu do wykonania określonego zadania montażowego lub spawalniczego.

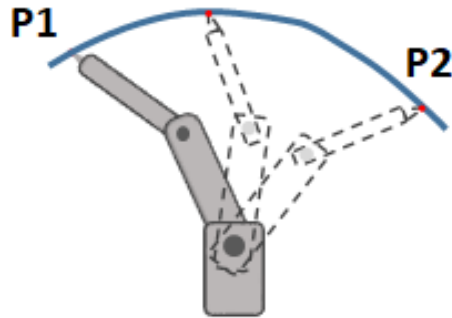


CIRC - Circular

Rodzaje ruchów

Ruch Point-to-Point:

Ruch point-to-point polega na bezpośrednim przemieszczeniu się robota z jednego punktu do drugiego bez uwzględniania pośrednich trajektorii. Jest stosowany w przypadkach, gdy konieczne jest dokładne pozycjonowanie robota w określonym punkcie w przestrzeni, na przykład do zgrzewania dwóch elementów razem. Przykładem ruchu point-to-point może być prosty ruch robota do podniesienia przedmiotu z taśmy produkcyjnej i umieszczenia go na przygotowanej paleci~



PTP – Point-to-Point

Rodzaje poleceń

Pętle Instrukcje Warunkowe:

Pętle i instrukcje warunkowe są podstawowymi elementami programowania, pozwalającymi na kontrolę przepływu wykonywania programu w zależności od warunków. Na przykład, pętla while może być użyta do powtarzania zestawu instrukcji, dopóki określony warunek jest spełniony, podczas gdy instrukcje warunkowe if-else pozwalają na wykonanie różnych działań w zależności od spełnienia określonego warunku.

Rodzaje poleceń

Opóźnienia Czasowe:

Opóźnienia czasowe są używane w programowaniu robotów przemysłowych do kontrolowania czasu oczekiwania między różnymi operacjami lub ruchami. Mogą być wykorzystywane do synchronizacji działań robota z innymi elementami linii produkcyjnej lub do zapewnienia wystarczająco dużego czasu na wykonanie określonych operacji.

Rodzaje poleceń

Operacje na Sygnałach:

Operacje na sygnałach obejmują monitorowanie i reagowanie na sygnały wejściowe lub wyjściowe, takie jak detekcja obecności obiektu, sygnały startu/stopu maszyny, lub sygnały bezpieczeństwa. Roboty mogą być zaprogramowane do odpowiedzi na te sygnały poprzez zmianę trybu pracy, zatrzymanie ruchu, lub wykonanie innej akcji.

Układ Wejść-Wyjść:

Układ wejść-wyjść odnosi się do interfejsu elektronicznego, który umożliwia robotowi komunikację z zewnętrznymi urządzeniami, takimi jak czujniki, przekaźniki, czy maszyny w linii produkcyjnej. Przy użyciu tego interfejsu, robot może odczytywać informacje z czujników (wejścia) i sterować działaniem zewnętrznych urządzeń (wyjścia), co pozwala na elastyczne dostosowanie zachowania robota do zmieniających się warunków produkcji.

Prędkości i jednostki

Prędkość Liniowa:

Jednostki: mm/s (milimetry na sekundę)

Przykład: Prędkość liniowa może być wyrażana w jednostkach mm/s, co oznacza liczbę milimetrów, jakie robot pokonuje w ciągu sekundy. Na przykład, jeśli robot ma prędkość liniową ustawioną na 100 mm/s, oznacza to, że przemieszcza się on o 100 milimetrów każdą sekundę.

Prędkość Procentowa:

Jednostki: % (procent)

Przykład: Prędkość ruchu może być również wyrażana jako procent maksymalnej prędkości. Na przykład, jeśli maksymalna prędkość ruchu robota wynosi 100 mm/s, a prędkość jest ustawiona na 50%, oznacza to, że robot porusza się z prędkością 50 mm/s, czyli połową maksymalnej prędkości.

Prędkości i jednostki

Maksymalne Prędkości:

Tryb Ręczny: Maksymalna prędkość w trybie ręcznym zależy od konfiguracji robota i może być różna w zależności od modelu. Przykładowo, dla danego robota maksymalna prędkość w trybie ręcznym może wynosić 250 mm/s.

Tryb Repeat (Powtarzający): Maksymalna prędkość w trybie powtarzającym, podobnie jak w trybie ręcznym, jest zależna od specyfikacji robota. Dla przykładu, maksymalna prędkość w trybie repeat może wynosić 500 mm/s.



**Dziękuję
za uwagę!**

