



АНАЛІТИЧНЕ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРЯМОЇ ЗАДАЧІ КІНЕМАТИКИ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО П'ЯТИСТУПЕНЕВОГО ПОРТАЛЬНОГО МАНІПУЛЯТОРА

М. П. Ковальов, О. О. Баранов

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»*

Розрахунок прямої кінематики для порталних роботів є необхідним для точного керування положенням їхнього виконавчого органу під час виконання масштабних промислових завдань, таких як збирання, пакування та транспортування матеріалів. Завдяки своїй структурованій, часто ортогональній архітектурі, порталні роботи значно виграють від використання методу Денавіта-Хартенберга (D-H), який пропонує систематичне та компактне представлення їх кінематичних ланцюгів. Конвенція D-H спрощує виведення матриць перетворення між послідовними ланками, що дозволяє точно обчислювати положення виконавчого органу. Із дедалі ширшою інтеграцією порталних систем в автоматизоване та «інтелектуальне» виробництво, надійне кінематичне моделювання з використанням методу D-H є критично важливим для оптимізації продуктивності, повторюваності та взаємодії з іншими системами. Для розрахунку пропонується 5-координатний робот (робот-маніпулятор), що може бути змонтований на порталі висотою 2-2,5 м та у майбутньому запланованого на роботу з навантаженням до 10 кг на дистанції до 3000 мм. 3D модель робота-маніпулятора показана на рис. 1.

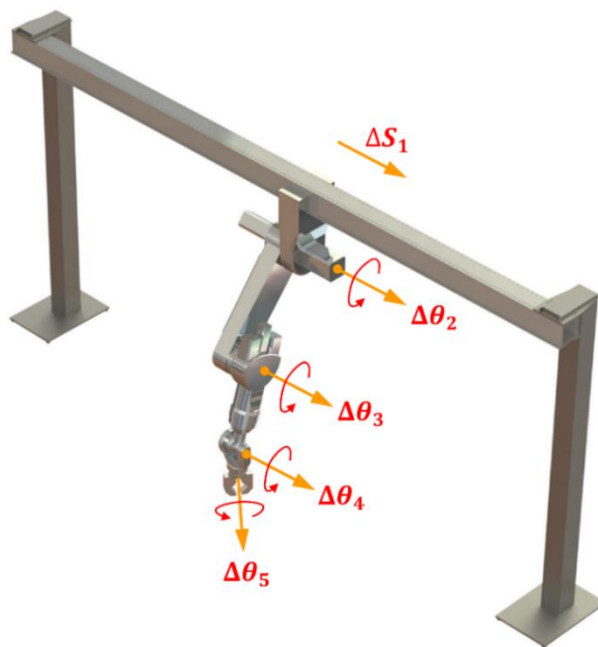


Рис. 1 – Модель перспективного робота-маніпулятора порталного типу

Пряма задача кінематики маніпуляторів формулюється так: задана кінематична схема маніпулятора і в певний момент часу відомі значення узагальнених координат, що визначають положення всіх ланок маніпулятора одна відносно одної. Потрібно визначити положення і орієнтацію останньої ланки маніпулятора

(захоплювача) у системі відліку, зв'язаної зі стояком. Геометричні розміри ланок вважаються заданими. Для розв'язання прямої задачі кінематики робота-маніпулятора був застосований метод Денавіта-Хартенберга, в результаті чого була отримана схема розташування спеціальних систем координат, пов'язаних із ланками маніпулятора (рис. 2).

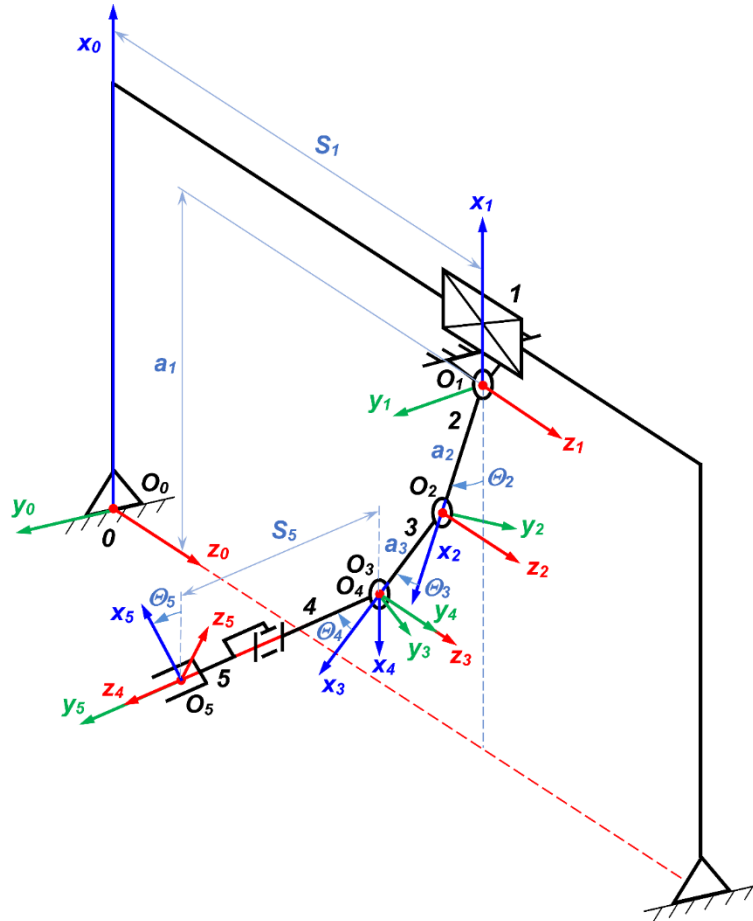


Рис. 2 – Кінематична схема портального робота-маніпулятора, що застосовується для розв'язання прямої задачі кінематики

В результаті застосування метода обчислені елементи матриці T_5 , які описують перехід від системи координат (x_5, y_5, z_5) , пов'язаної із захоплювальним пристроєм, до базової системи координат (x_0, y_0, z_0) :

$$T_5 = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} & t_{14} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} & t_{24} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} & t_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Перші три елементи першого, другого і третього стовпців є напрямними косинусами відповідно осей x_5, y_5, z_5 у системі 0, а три елементи четвертого стовпця – це координати x_c, y_c, z_c центру захоплювача в тій же системі:

$$t_{11} = \cos(\vec{i}_5, \vec{i}_0) = \cos(\Theta_2 + \Theta_3) \cos \Theta_4 \cos \Theta_5 - \cos \Theta_5 \sin(\Theta_2 + \Theta_3) \sin \Theta_4; \quad (2)$$



$$t_{21} = \cos(\widehat{\vec{i}_5, \vec{j}_0}) = \cos \Theta_5 \cos \Theta_4 \sin(\Theta_2 + \Theta_3) + \cos \Theta_5 \sin \Theta_4 \cos(\Theta_2 + \Theta_3); \quad (3)$$

$$t_{31} = \cos(\widehat{\vec{i}_5, \vec{k}_0}) = \sin \Theta_5; \quad (4)$$

$$t_{12} = \cos(\widehat{\vec{j}_5, \vec{i}_0}) = \cos \Theta_4 \sin(\Theta_2 + \Theta_3) + \sin \Theta_4 \cos(\Theta_2 + \Theta_3); \quad (5)$$

$$t_{22} = \cos(\widehat{\vec{j}_5, \vec{j}_0}) = \sin \Theta_4 \sin(\Theta_2 + \Theta_3) - \cos \Theta_4 \cos(\Theta_2 + \Theta_3); \quad (6)$$

$$t_{32} = \cos(\widehat{\vec{j}_5, \vec{k}_0}) = 0; \quad (7)$$

$$t_{13} = \cos(\widehat{\vec{k}_5, \vec{i}_0}) = \cos(\Theta_2 + \Theta_3) \cos \Theta_4 \sin \Theta_5 - \sin \Theta_5 \sin(\Theta_2 + \Theta_3) \sin \Theta_4; \quad (8)$$

$$t_{23} = \cos(\widehat{\vec{k}_5, \vec{j}_0}) = \sin \Theta_5 \cos \Theta_4 \sin(\Theta_2 + \Theta_3) + \sin \Theta_5 \sin \Theta_4 \cos(\Theta_2 + \Theta_3); \quad (9)$$

$$t_{33} = \cos(\widehat{\vec{k}_5, \vec{k}_0}) = -\cos \Theta_5; \quad (10)$$

$$t_{14} = x_c = a_1 + a_2 \cos \Theta_2 + s_5 [\cos \Theta_4 \sin(\Theta_2 + \Theta_3) + \sin \Theta_4 \cos(\Theta_2 + \Theta_3)] + a_3 \cos(\Theta_2 + \Theta_3); \quad (11)$$

$$t_{24} = y_c = a_2 \sin \Theta_2 - s_5 [\cos \Theta_4 \cos(\Theta_2 + \Theta_3) - \sin \Theta_4 \sin(\Theta_2 + \Theta_3)] + a_3 \sin(\Theta_2 + \Theta_3); \quad (12)$$

$$t_{34} = z_c = s_1. \quad (13)$$

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ МОБІЛЬНОГО РОБОТУ РОЗВІДУВАЛЬНОГО ТИПУ

Е. С. Протас, Ю. О. Сисоєв

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»*

Основна ідея, покладена у концептуальну модель мобільного роботу довільній орієнтації розвідувального типу полягає в застосуванні для швидкого переміщення колісного шасі, а для переміщення по пересіченій місцевості і вертикальних поверхнях застосовано рушія за формою, яка нагадує кінцівки чотириляпих тварин.

Перший варіант такого мобільного роботу довільній орієнтації розвідувального типу схематично зображено на рис. 1.