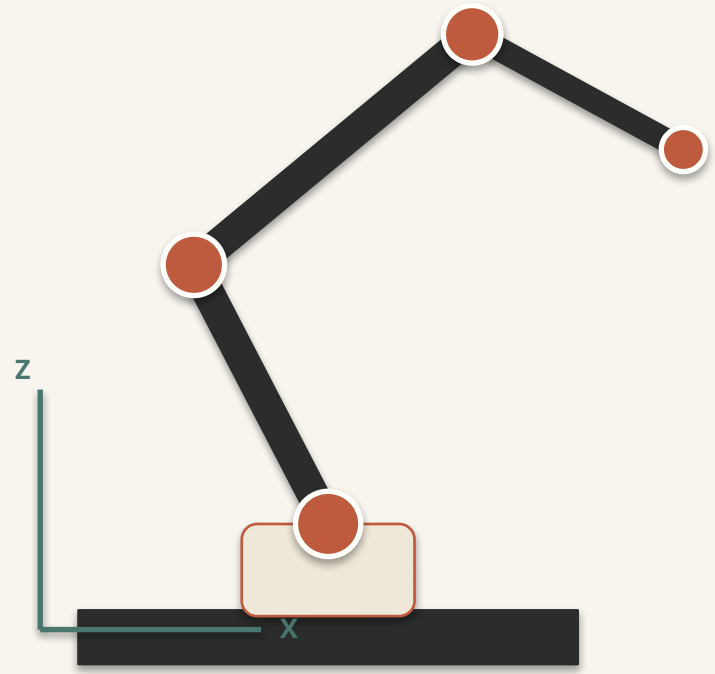
РОБОТТАРДЫҢ КИНЕМАТИКАСЫ ЖӘНЕ КООРДИНАТАЛАР ЖҮЙЕЛЕРІ



Балжан Ибрагимқызы
PhD, ассистент-профессор

Дәрістің мақсаты мен оқу нәтижелері

Кинематика робот буындарының қозғалысын және жұмыс органының кеңістіктегі орнын сипаттайды.

Мақсаты

Робот қозғалысын геометриялық модель арқылы сипаттау және координаталар жүйелерін қолдануды үйрену.

Негізгі ұғымдар

Буын, буын параметрі, еркіндік дәрежесі, координаталар жүйесі, тура және кері кинематика.

Оқу нәтижесі

Қарапайым манипулятордың сұлбасын құрып, буын бұрыштары арқылы соңғы нүктенің орнын түсіндіру.

Дәріс логикасы

Механизм — Координаталар — Түрлендіру — Тура есеп — Кері есеп

1. Робот кинематикасы дегеніміз не?

Кинематика күштерді қарастырмай, қозғалыстың геометриясы мен уақыт бойынша өзгерісін зерттейді.

Кинематика

Робот буындарының бұрыштары мен орын ауыстырулары белгілі болғанда, жұмыс органының орны мен бағытын анықтайды.

Динамикадан айырмашылығы

Динамика күш, момент, масса және инерцияны ескереді. Кинематика қозғалыстың геометриялық байланысын сипаттайды.

Робот манипуляторының негізгі элементтері



Кіріс

Буын бұрыштары q_1, q_2

Шығыс

Жұмыс органының орны (x, y)

2. Еркіндік дәрежесі және робот буындары

Еркіндік дәрежесі (DOF) — механизмнің күйін толық анықтауға қажет тәуелсіз координаталар саны.

Айналмалы буын (R)

Екі буын арасындағы бұрышты өзгертеді. Мысалы: робот қолының иық немесе шынтақ буыны.

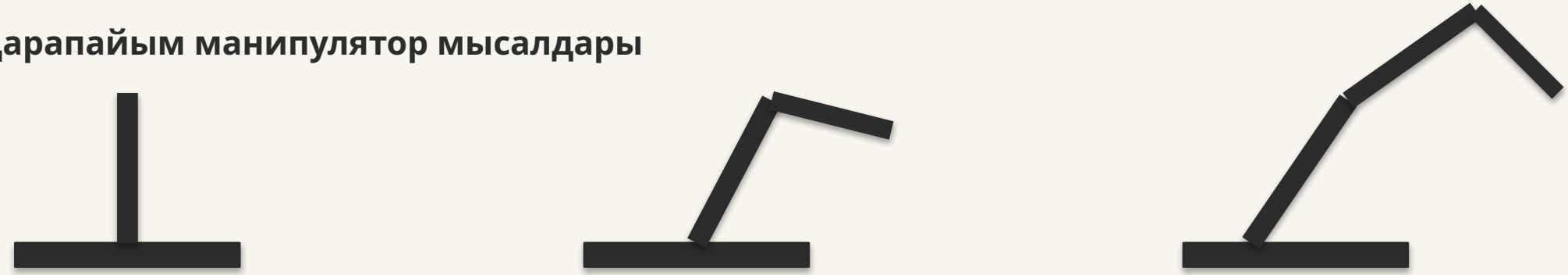
Ілгерілемелі буын (P)

Сызықтық орын ауыстыру жасайды. Мысалы: телескопиялық бағыттаушы.

DOF саны

Жазықтықтағы қатты дененің 3 DOF-ы бар: x, y және φ. Кеңістікте — 6 DOF.

Қарапайым манипулятор мысалдары



1 DOF 2 DOF 3 DOF

3. Координаталар жүйелері

Әр буынға бекітілген координаталар жүйесі роботтың кеңістіктегі қалпын математикалық түрде сипаттайды.

Негізгі жүйе {0}

Робот табанына немесе әлемдік кеңістікке бекітіледі. Барлық координаталар осы жүйеге қатысты берілуі мүмкін.

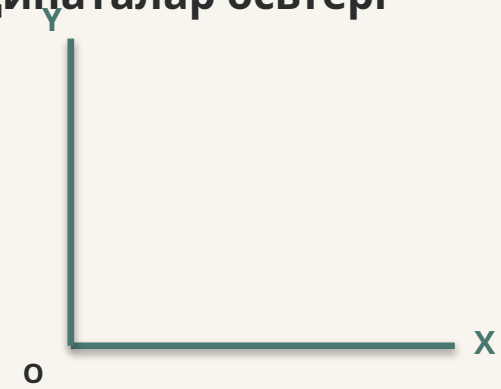
Буын жүйелері {i}

Әр буынға бекітіледі. Көршілес жүйелер арасындағы байланыс түрлендіру матрицасымен беріледі.

Құрал жүйесі {T}

Манипулятордың соңғы жұмыс органына бекітіледі; құрал ұшының орны мен бағытын анықтайды.

2D координаталар осьтері





Координаталар жүйесін дұрыс таңдау есептеулерді жеңілдетеді.

4. Біртекті түрлендіру матрицасы

Матрица бір координаталар жүйесінен екіншісіне орын ауыстыру мен бұрылуды бірге сипаттайды.

Жазықтықтағы түрлендіру

$$T = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & x \\ \sin\theta & \cos\theta & y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Айналу θ

Координаталар жүйесінің бұрылу бұрышы.

Орын ауыстыру x, y

Жаңа жүйе бас нүктесінің координаталары.

Нүктені түрлендіру

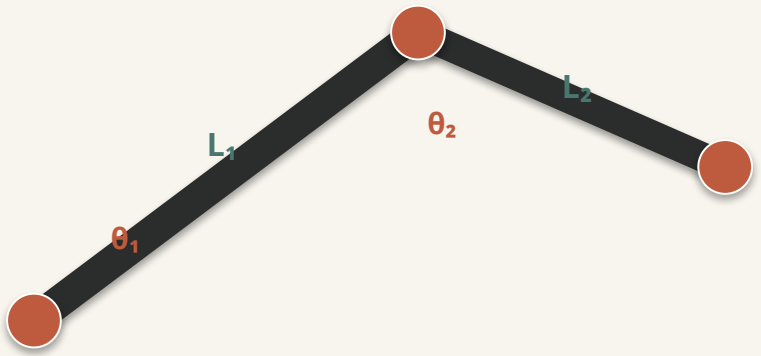
$$p_0 = T_0^1 \cdot p_1$$

Мұнда T_0^1 — 1-жүйеден 0-жүйесіне өтуді сипаттайтын матрица; p — нүктенің біртекті координаталар векторы.

5. Тура кинематикалық есеп

Тура кинематикада буын параметрлері белгілі болса, жұмыс органының орны мен бағыты есептеледі.

Екі буынды жазық манипулятор



Координаталар

$x = L_1\cos\theta_1 + L_2\cos(\theta_1+\theta_2)$
$y = L_1\sin\theta_1 + L_2\sin(\theta_1+\theta_2)$

Бағыт бұрышы

$\varphi = \theta_1 + \theta_2$

Нәтиже

Берілген θ_1 және θ_2 үшін соңғы нүкте (x, y) табылады.

6. Кері кинематикалық есеп

Кері кинематикада жұмыс органының қажетті орны беріліп, оған жеткізетін буын параметрлері табылады.

Кіріс

Қажетті нүкте: (x, y) және кейде құрал бағыты φ.

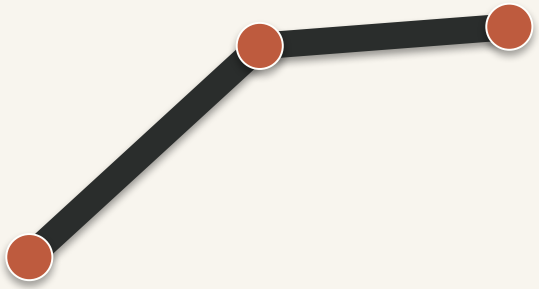
Есептеу

Геометриялық немесе аналитикалық әдіспен θ_1, θ_2 бұрыштарын табу.

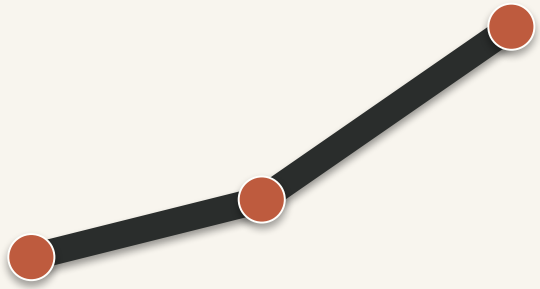
Шығыс

Қозғалтқыштарға берілетін буын бұрыштары немесе орын ауыстырулары.

Неліктен бірнеше шешім болуы мүмкін?



Шынтақ жоғары



Шынтақ төмен

Кейбір нүктелер роботтың жұмыс аймағынан тыс болуы мүмкін; ондайда нақты шешім болмайды.

7. Жұмыс аймағы және робот кинематикасының қолданылуы

Жұмыс аймағы — робот жұмыс органының жете алатын барлық нүктелер жиыны.

Жұмыс аймағы

Буын шектеулері, звено ұзындықтары және механикалық кедергілермен анықталады.

Қолданылуы

Дәнекерлеу, жинақтау, бояу, паллеттеу, медициналық және мобильді роботтар.

Жобалау

Қажетті нүктелерге жету, соқтығысуды болдырмау және траекторияны оңтайландыру.

Өнеркәсіптік роботтар нарығының ауқымы

542 000

2024 жылы әлемде орнатылған жаңа өнеркәсіптік роботтар

Бұл көрсеткіш роботтарды дәл позициялау, кинематикалық модельдеу және траекторияны жоспарлау қажеттілігінің артып келе жатқанын көрсетеді.

Дереккөз: International Federation of Robotics (IFR), World Robotics 2025.

Қорытынды және бақылау сұрақтары

Кинематикалық модель робот қозғалысын есептеуге, жоспарлауға және басқаруға негіз болады.

Негізгі қорытынды

Координаталар жүйелері роботтың кеңістіктегі қалпын сипаттайды; тура есеп орыннан конфигурацияны, кері есеп конфигурациядан орынды табады.

Инженерлік маңызы

Дұрыс кинематикалық модель дәлдікке, жұмыс аймағына, қауіпсіздікке және траектория сапасына әсер етеді.

Бақылау сұрақтары

1. Кинематика мен динамиканың айырмашылығы қандай?
2. Еркіндік дәрежесі нені білдіреді?
3. Роботта негізгі және құрал координаталар жүйелері не үшін қажет?
4. Тура және кері кинематикалық есептердің айырмашылығы қандай?
5. Екі буынды манипулятордың жұмыс аймағы немен шектеледі?

Ұсынылатын әдебиет: J. J. Craig, Introduction to Robotics: Mechanics and Control; J. Lynch & F. Park, Modern Robotics.