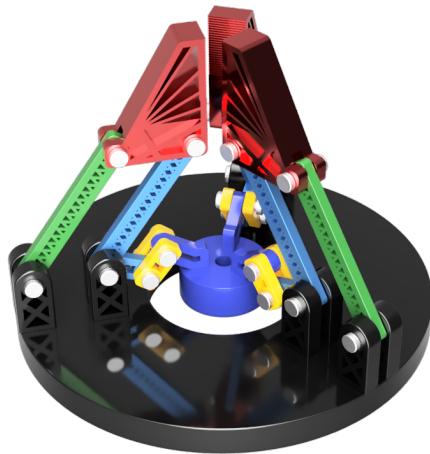




Mechanic of Machinery Project
Three Claw Gripper



By
Wannawatch Kowtragool 6630297821
Valin Noppadolpaisal 6632204821
Suchawadee Wangsan 6632238121

Present
Assoc. Prof. Ratchatin Chancharoen, Ph.D.
Mechanics of Machinery 2103322 Semester 1/2025

Introduction

กลไก Six-Bar Linkage คือกลไกที่ถูกนำมาใช้ในงานด้านเครื่องจักร อุปกรณ์ และระบบกล เพื่อสร้างการเคลื่อนที่ที่มีความสัมพันธ์กันของชิ้นส่วนหลายจุดพร้อมกัน โดย Six-Bar Linkage ประกอบด้วยลิงก์ทั้งหมด 6 ชิ้นที่เชื่อมต่อด้วยข้อต่อหมุน (Joint) ซึ่งสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ภายใต้ Degree of Freedom ที่กำหนดได้อย่างแม่นยำ กลไกชนิดนี้ช่วยให้สามารถสร้างลักษณะการเคลื่อนที่ซับซ้อนกว่า Four-Bar Linkage แบบพื้นฐาน และสามารถรองรับรูปแบบ Motion ที่หลากหลายมากขึ้น

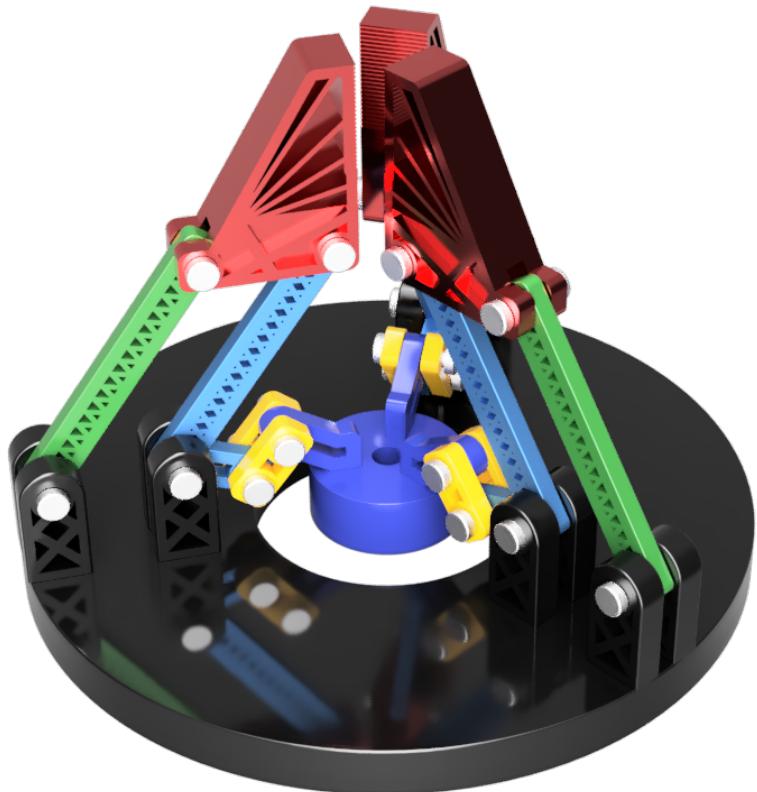
โดยข้อดีของ Six-Bar Linkage คือสามารถให้ประสิทธิภาพการทำงานสูง มีความยืดหยุ่นในการประยุกต์ใช้ สามารถปรับสัดส่วนระยะลิงก์หรือรูปแบบการจัดวางได้หลากหลายเพื่อตอบโจทย์การออกแบบเฉพาะ และช่วยลดข้อจำกัดทางด้านรูปแบบการเคลื่อนที่ของกลไกแบบพื้นฐานเดิม

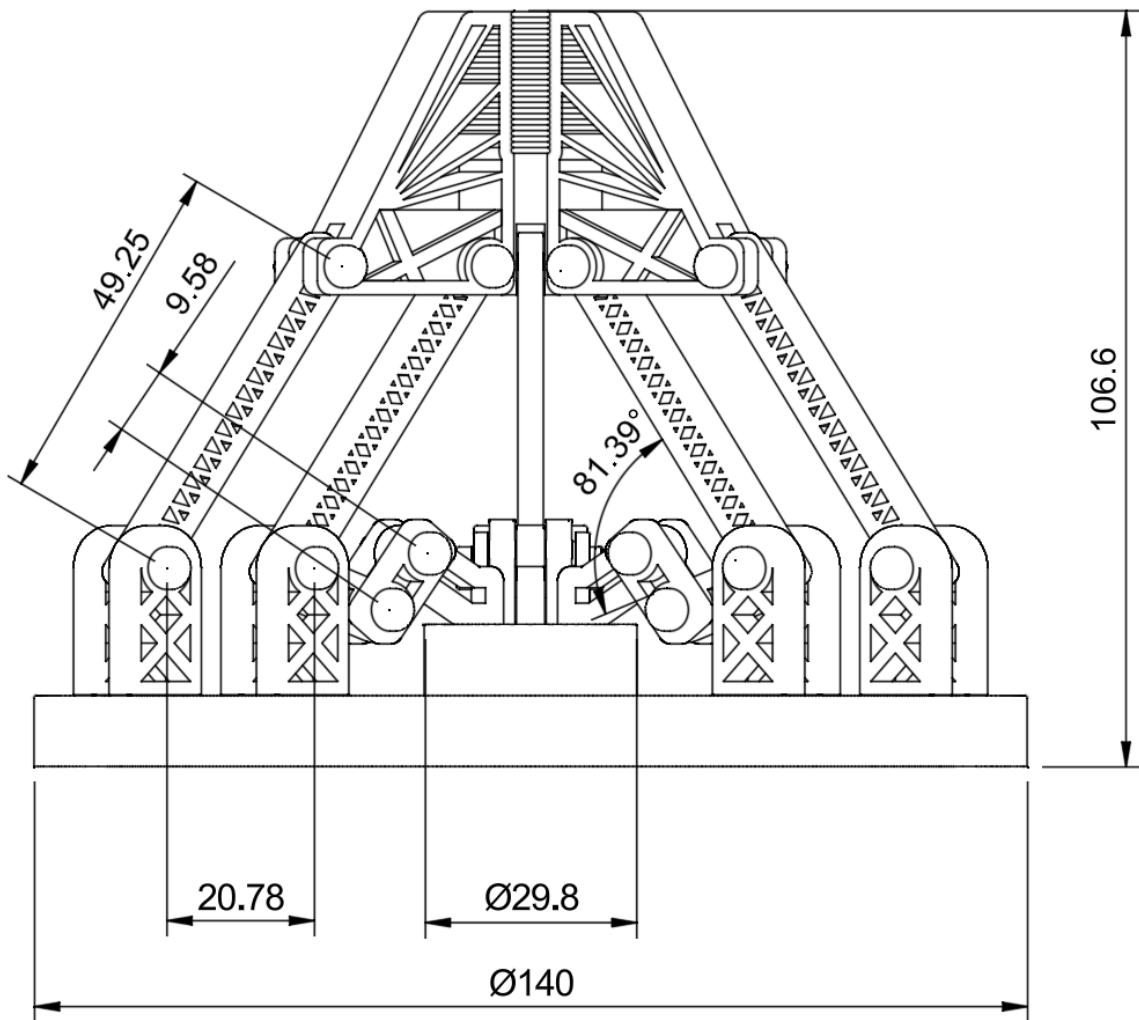
อย่างไรก็ตามกลไกชนิดนี้อาจมีข้อเสียในด้านกระบวนการออกแบบและการวิเคราะห์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น โดยหากกำหนดตำแหน่งจุดหมุนหรือความยาวลิงก์ไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดการเคลื่อนที่ไม่สัมพันธ์หรือเกิดการติดขัดได้

Objective

เพื่อศึกษาหลักการเคลื่อนที่ของกลไก Three Claw Gripper ซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างแบบ Six-Bar Linkage ต่อหนึ่งแขน ในระบบเชิงสามมิติ โดยมุ่งทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของลิงก์และข้อหมุนที่ทำให้ก้ามทั้งสามเปิด-ปิดอย่างสอดคล้องกัน งานนี้ออกแบบและสร้างแบบจำลองใน Fusion 360 จากนั้นจำลองการเคลื่อนที่ด้วย MATLAB/Simulink (Simscape Multibody) เพื่อตรวจสอบเส้นทางการเคลื่อนที่ ช่วงการทำงาน และความสามารถในการจับ สุดท้ายทำต้นแบบด้วย 3D Printing เพื่อทดสอบการทำงานจริง ผลการศึกษาจะเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนากลไกหยิบจับที่มีความเสถียรและประยุกต์ใช้ในงานอัตโนมัติได้

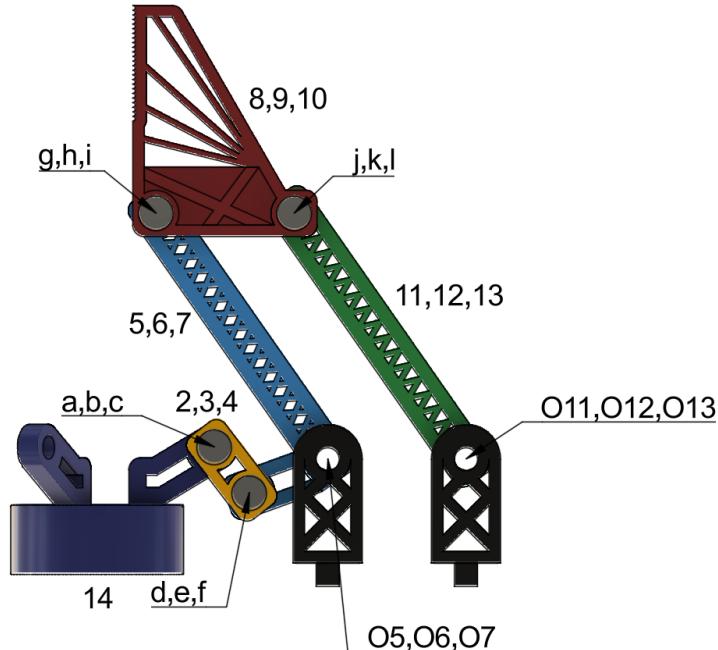
3D Model Three Claw Gripper



Diamensions of Three Claw Gripper

The kinematic model with its degree of freedom and workspace

Kinematics Model



Number of links (L): 14 links

Cylindrical joint (J2): (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, O₅, O₆, O₇, O₁₁, O₁₂, O₁₃) 18 joints

Degree of freedom:

$$M = 6(L - 1) - \sum_{n=1}^5 (6 - n)J_n \quad (1)$$

M : Mobility (degrees of freedom) of the mechanism.

L : Total number of links in the mechanism, including the fixed link (ground).

J_n : Total number of joint that have *n* degrees of freedom.

Thus

$$M = 6(14 - 1) - 4(18)$$

$$M = 6$$

พบว่า Degree of freedom มีค่าเท่ากับ 6 หมายถึงระบบหรือกลไกที่สามารถเคลื่อนที่ได้ 6 รูปแบบ
หรือมีอิสระในการเคลื่อนที่ใน 6 ทิศทาง

Suchawadee Wangsan 6632238121

Symbolic Matlab to analyze Position Analysis

เพื่อที่จะรู้ว่า Three Claw Gripper สามารถมีตำแหน่งการเคลื่อนที่อย่างไร

```
clear; clc; close all;

%% Constants and Helper Functions
R90 = [0 -1; 1 0]; % 90-degree rotation matrix
clip = @(x,lo,hi) max(lo,min(hi,x)); % Clipping function

%% Initial Geometry (mm) - From Fusion 360
O5 = [27.868; 29.825]; % Fixed pivot O5
O11 = [48.653; 29.825]; % Fixed pivot O11
d0 = [14.279; 32.823]; % Initial position of joint d
g0 = [26.868; 81.825]; % Initial position of joint g
j0 = [47.653; 81.825]; % Initial position of joint j
a0 = [9.808; 41.387]; % Initial position of joint a

%% Coordinate System Transformation
% Shift origin to O5 for simplified calculations
origin_offset = O5;
O5 = O5 - origin_offset;
O11 = O11 - origin_offset;
d0 = d0 - origin_offset;
g0 = g0 - origin_offset;
j0 = j0 - origin_offset;
a0 = a0 - origin_offset;

%% Calculate Link Lengths
L_d0 = norm(d0 - O5); % Length of link 5
L_OG = norm(g0 - O5); % Length of link 5
L_ad = norm(d0 - a0); % Length of link 2
L_J0 = norm(j0 - O11); % Length of link 11
H_tip = 40; % Height of gripper tip link 14

% Calculate initial angles
theta_g0 = atan2(g0(2)-O5(2), g0(1)-O5(1));
phi5_0 = atan2(d0(2)-O5(2), d0(1)-O5(1));
delta = theta_g0 - phi5_0;

%% Input Motion Range
Dz_min = -14; % Minimum vertical displacement (mm)
Dz_max = 11; % Maximum vertical displacement (mm)
Dz_sweep = linspace(Dz_min, Dz_max, 140);
n = numel(Dz_sweep);

%% Preallocate arrays for joint positions
Apos = nan(2,n);
dpos = nan(2,n);
gpos = nan(2,n);
jpos = nan(2,n);
tpos = nan(2,n);
```

```

valid = false(1,n);

%% Forward Kinematics Calculation
for k = 1:n
    Dz = Dz_sweep(k);
    A = [a0(1); Dz];
    Apos(:,k) = A;

    dA0 = norm(A - 05);

    % Check if configuration is physically possible
    if dA0 > (L_d0 + L_ad) || dA0 < abs(L_d0 - L_ad)
        continue;
    end

    % Solve for joint d using triangle geometry
    alpha = atan2(A(2)-05(2), A(1)-05(1));
    cval = (L_d0^2 + dA0^2 - L_ad^2) / (2*L_d0*dA0);
    cval = clip(cval, -1, 1);
    beta = acos(cval);
    phi5 = alpha - beta;

    d = 05 + L_d0 * [cos(phi5); sin(phi5)];

    % Calculate joint g position
    theta_g = phi5 + delta;
    g = 05 + L_0G * [cos(theta_g); sin(theta_g)];

    % Calculate joint j position (rotation about 011)
    dtheta = theta_g - theta_g0;
    R = [cos(dtheta) -sin(dtheta); sin(dtheta) cos(dtheta)];
    j = 011 + R * (j0 - 011);

    % Calculate gripper tip position
    base_vec = j - g;
    Lb = norm(base_vec);
    t_hat = base_vec / Lb;
    n_hat = R90 * t_hat;
    tip = g + H_tip * n_hat;

    % Store valid configuration
    dpos(:,k) = d;
    gpos(:,k) = g;
    jpos(:,k) = j;
    tpos(:,k) = tip;
    valid(k) = true;
end

if ~any(valid)
    error('No valid configurations found');

```

```

end

%% Setup Figure and UI Controls
fig = figure('Name','Gripper Kinematic Analysis','Color','w','Position',[50
50 1200 700]);

play_button = uicontrol('Style', 'pushbutton', 'String', 'Pause', ...
    'Position', [540 10 120 40], 'FontSize', 14, 'BackgroundColor', [0.3 1
0.3]); 

% Create main plot area
ax = axes('Position', [0.08 0.12 0.68 0.82]);
hold on; axis equal; grid on;
xlabel('X (mm)', 'FontSize', 12);
ylabel('Z (mm)', 'FontSize', 12);
title('Gripper Mechanism with Joint Paths', 'FontSize', 14, 'FontWeight',
'bold');

% Set axis limits
xlim([min([Apos(1,valid) gpos(1,valid)])-15, 011(1)+25]);
ylim([min([Apos(2,valid) gpos(2,valid)])-15, max([gpos(2,valid)
tpos(2,valid)])+15]);

%% Plot Static Elements
% Full path trajectories
plot(Apos(1,valid), Apos(2,valid), '--', 'LineWidth', 1, 'Color', [0.4 0.4
1], 'DisplayName', 'Path of joint a');
plot(gpos(1,valid), gpos(2,valid), '--', 'LineWidth', 1, 'Color', [1 0.4
0.4], 'DisplayName', 'Path of joint g');

% Fixed pivot points
scatter(05(1), 05(2), 100, 'k', 'filled', 'HandleVisibility', 'off');
text(05(1)+2, 05(2)+3, '0_5 (0,0)', 'FontSize', 10);
scatter(011(1), 011(2), 80, 'k', 'filled', 'HandleVisibility', 'off');
text(011(1)+2, 011(2)+3, '0_{11}', 'FontSize', 10);

%% Initialize Dynamic Plot Elements
h_plate = plot([nan nan],[nan nan],'b-','LineWidth',4, 'DisplayName', 'Link
14');
h_prong = plot([nan nan],[nan nan],'color',[1 0.9 0.5], 'LineWidth',4,
'DisplayName', 'Link 2');
h_low = plot([nan nan],[nan nan],'color',[0 0.8 1], 'LineWidth',4,
'DisplayName', 'Link 5');
h_up = plot([nan nan],[nan nan],'color',[0 0.8 1],
'LineWidth',4,'HandleVisibility','off' );
h_base = plot([nan nan],[nan nan],'Color',[1 0.5
0], 'HandleVisibility','off');
h_str = plot([nan nan],[nan nan],'g','LineWidth',4, 'DisplayName', 'Link
11');

```

```

h_tri = patch([nan nan nan],[nan nan nan], 'r', 'FaceAlpha', 0.6,
'DisplayName', 'Link 8');
h_path_a = plot([nan nan], [nan nan], 'b-', 'LineWidth', 2, 'DisplayName',
'Current path a');
h_path_g = plot([nan nan], [nan nan], 'r-', 'LineWidth', 2, 'DisplayName',
'Current path g');
h_curr_a = scatter(nan, nan, 150, 'b', 'filled', 'MarkerEdgeColor', 'k',
'LineWidth', 2, 'DisplayName', 'Joint a');
h_curr_g = scatter(nan, nan, 150, 'r', 'filled', 'MarkerEdgeColor', 'k',
'LineWidth', 2, 'DisplayName', 'Joint g');

%% Create Information Panels
% Force ratio display (on graph)
txt_ratio = text(min(xlim)+5, max(ylim)-8, '', 'FontSize', 12,
'FontWeight', 'bold', ...
'BackgroundColor', [1 1 0.8], 'EdgeColor', 'k', 'Margin', 5, ...
'HorizontalAlignment', 'left', 'VerticalAlignment', 'top');

% Coordinates panel (outside graph)
ann_coords = annotation('textbox', [0.78, 0.68, 0.20, 0.12], ...
'String', '', 'FontSize', 11, 'FontWeight', 'bold', ...
'BackgroundColor', 'w', 'EdgeColor', 'k', 'LineWidth', 1.5, ...
'HorizontalAlignment', 'left', 'VerticalAlignment', 'top',
'Interpreter', 'none');

% Virtual work analysis panel (outside graph)
ann_vwork = annotation('textbox', [0.78, 0.42, 0.20, 0.24], ...
'String', '', 'FontSize', 10, 'FontWeight', 'normal', ...
'BackgroundColor', [0.95 0.95 1], 'EdgeColor', 'k', 'LineWidth', 1.5,
...
'HorizontalAlignment', 'left', 'VerticalAlignment', 'top', ...
'FontName', 'Courier', 'Interpreter', 'none');

% Legend (outside graph)
legend('Location', 'northeast', 'FontSize', 9, 'Position', [0.78, 0.82,
0.20, 0.12]);

%% Animation Loop
is_playing = true;
set(play_button, 'UserData', is_playing);
set(play_button, 'Callback', @(src,evt) togglePlayPause(src));

idxLoop = [find(valid), fliplr(find(valid))];

while ishandle(fig)
    for kk = idxLoop
        if ~ishandle(fig), break; end

        % Check play/pause state
        while ~get(play_button, 'UserData') && ishandle(fig)

```

```

    pause(0.1);
end
if ~ishandle(fig), break; end

% Get current joint positions
A = Apos(:,kk);
d = dpos(:,kk);
g = gpos(:,kk);
j = jpos(:,kk);
tip = tpos(:,kk);

%% Virtual Work Analysis
F_ratio = 0;
if kk > 1
    % Calculate incremental displacements
    dz_A = Apos(2,kk) - Apos(2,kk-1);
    dx_G = gpos(1,kk) - gpos(1,kk-1);
    dz_G = gpos(2,kk) - gpos(2,kk-1);
    L_g = sqrt(dx_G^2 + dz_G^2);

    % Apply virtual work principle
    F_in = 10; % Input force (N)

    if abs(L_g) > 1e-9
        F_out = F_in * (dz_A / L_g);
        F_ratio = F_out / F_in;
    else
        F_out = 0;
        F_ratio = 0;
    end

    % Update virtual work display
    set(ann_vwork, 'String', sprintf( ...
        ['Virtual Work Analysis:\n' ...
        '_____ \n' ...
        '%.3f mm\n' ...
        '%.3f mm\n' ...
        '%.2f N\n' ...
        '%.2f N'], ...
        dz_A, L_g, F_in, F_out));
end

if any(isnan([A;d;g;j;tip])), continue; end

%% Update Mechanism Visualization
set(h_plate, 'XData', [A(1) A(1)], 'YData', [A(2)-10 A(2)]);
set(h_prong, 'XData', [A(1) d(1)], 'YData', [A(2) d(2)]);
set(h_low, 'XData', [05(1) d(1)], 'YData', [05(2) d(2)]);
set(h_up, 'XData', [05(1) g(1)], 'YData', [05(2) g(2)]);
set(h_base, 'XData', [g(1) j(1)], 'YData', [g(2) j(2)]);

```

```

        set(h_str, 'XData', [j(1) 011(1)], 'YData', [j(2) 011(2)]);
        set(h_tri, 'XData', [g(1) j(1) tip(1)], 'YData', [g(2) j(2)
tip(2)]);

        % Update information displays
        set(txt_ratio, 'String', sprintf('F_{out}/F_{in} = %.3f', F_ratio));
        set(ann_coords, 'String', sprintf('Joint
Coordinates:\nZ_a = %5.1f mm\nZ_g = %5.1f mm\nX_g =
%5.1f mm', A(2), g(2), g(1)));

        % Update path traces
        valid_indices = find(valid);
        current_idx = find(valid_indices == kk, 1);

        if ~isempty(current_idx)
            idx_so_far = valid_indices(1:current_idx);
            set(h_path_a, 'XData', Apos(1,idx_so_far), 'YData',
Apos(2,idx_so_far));
            set(h_path_g, 'XData', gpos(1,idx_so_far), 'YData',
gpos(2,idx_so_far));
        end

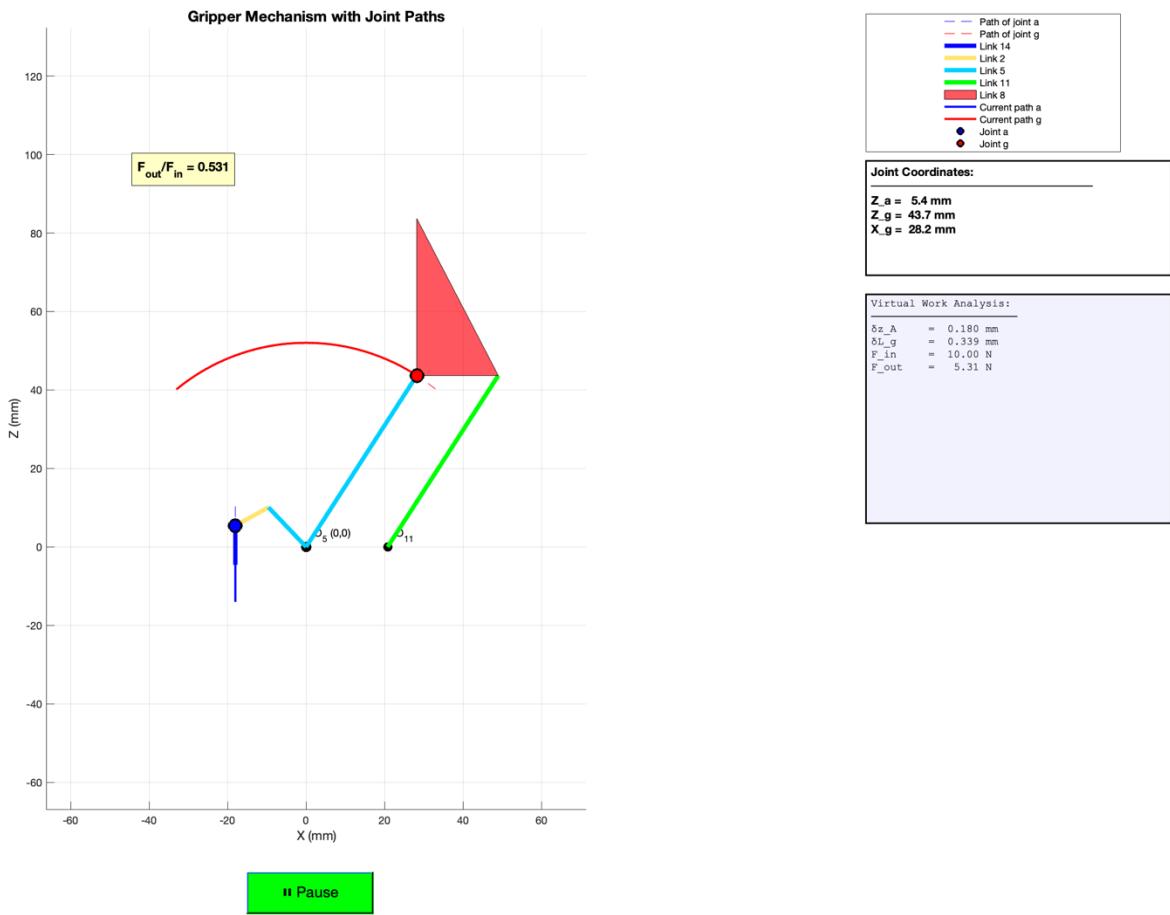
        set(h_curr_a, 'XData', A(1), 'YData', A(2));
        set(h_curr_g, 'XData', g(1), 'YData', g(2));

        drawnow;
        pause(0.015);
    end
end

%% Callback Functions
function togglePlayPause(btn)
    current_state = get(btn, 'UserData');
    if current_state
        set(btn, 'UserData', false);
        set(btn, 'String', '▶ Play');
        set(btn, 'BackgroundColor', [1 0.3 0.3]);
    else
        set(btn, 'UserData', true);
        set(btn, 'String', '⏸ Pause');
        set(btn, 'BackgroundColor', [0.3 1 0.3]);
    end
end

```

Code Symbolic Matlab



หน้าต่างแสดงผล เมื่อกด Run code บน Symbolic Matlab

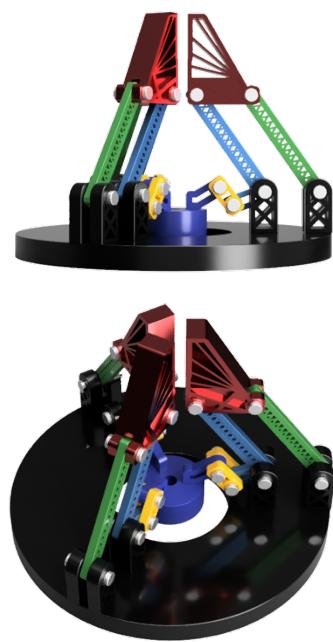
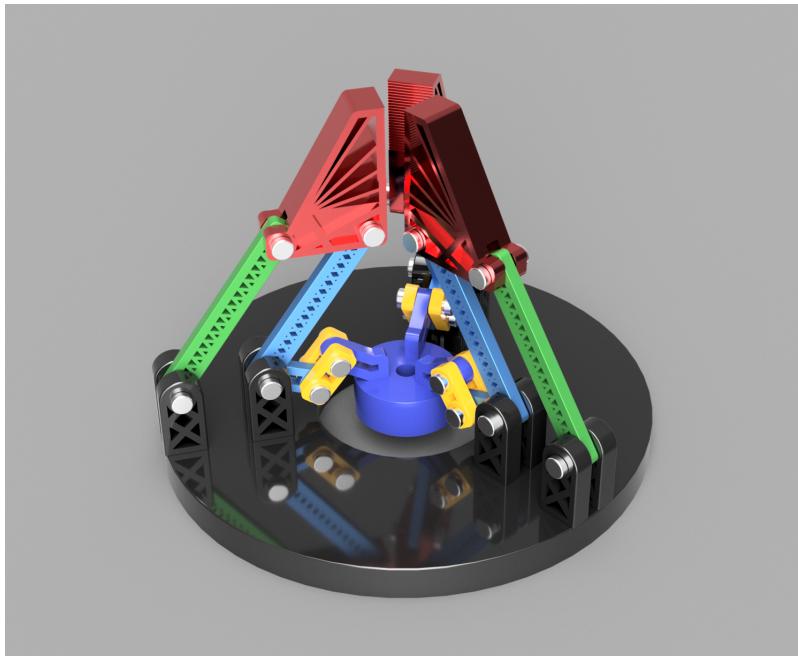


สแกนเพื่อดูการเคลื่อนที่ของ Three Claw Gripper บน Symbolic Matlab

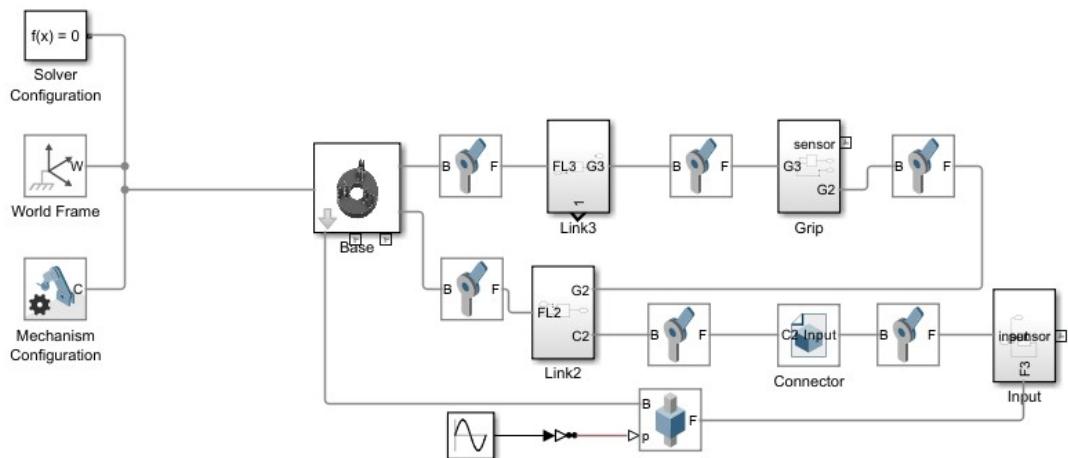
Valin Noppadolpaisal 6632204821

Simscape Multibody and Fusion 360

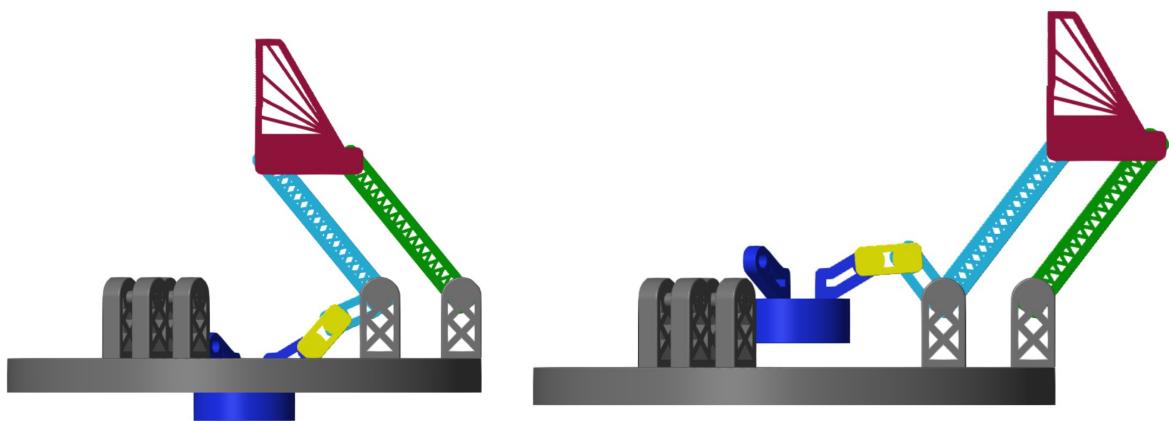
หลังจากที่เรารอออกแบบ component ทั้งหมดของชิ้นงานนี้ผ่านทาง Fusion 360 แล้วจึงนำขึ้นส่วนทั้งหมดเข้าโปรแกรม Matlab เพื่อศึกษาและจำลองการเคลื่อนที่ผ่าน Simscape Multibody



รูปโมเดล 3 มิติ จาก Fusion 360



Block diagram ของ Three Claw Gripper บน Simscape Multibody



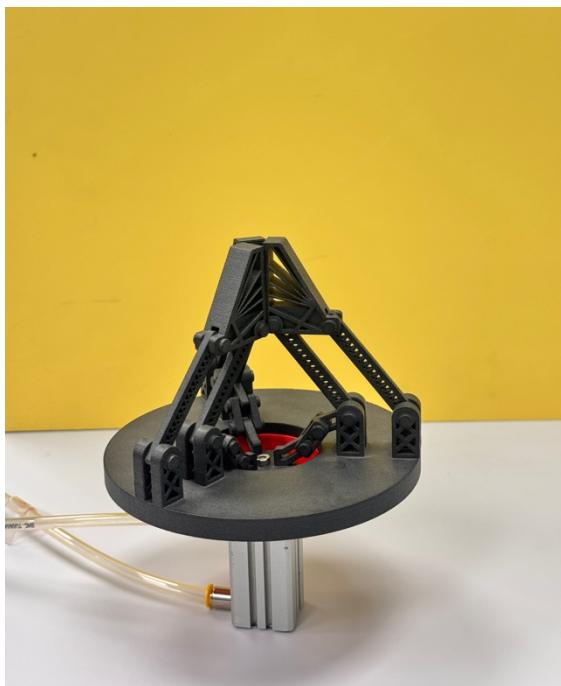
หน้าต่างแสดงผล เมื่อ กด Run Block diagram บน Simscape Multibody



สแกนเพื่อดูการเคลื่อนที่ของ Three Claw Gripper บน Simscape Multibody

Wannawatch Kowtragool 6630297821

Three Claw Gripper Prototype



สแกนเพื่อดู real mechanism ของ Three Claw Gripper

Conclusion

โครงการ Three Claw Gripper นี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาออกแบบหกกล ารวิเคราะห์ จันศาสตร์ การจำลองการเคลื่อนที่ และการสร้างต้นแบบจริง เพื่อศึกษาการทำงานของกลไกแบบ Six-Bar Linkage ที่มีความซับซ้อนสูง ขั้นตอนเริ่มจากการออกแบบ 3 มิติใน Fusion 360 เพื่อกำหนดโครงสร้าง ความยาว ลิงก์ และตำแหน่งข้อต่อให้สอดคล้องกันสำหรับการเปิด–ปิดของก้ามทั้งสามอย่างสมมาตร โดยกลไกนี้มี 14 Link และ 18 Joint ซึ่งให้ Degree of Freedom เท่ากับ 6 ทำให้สามารถเคลื่อนที่สอดคล้องกันในหลายทิศทางตามที่ออกแบบไว้

ในการยืนยันความถูกต้องของการเคลื่อนที่ ได้ใช้ทั้งการคำนวนบน MATLAB แบบ Symbolic เพื่อ ตรวจสอบตำแหน่ง การแก่วงตัวของจุดข้อต่อ และเส้นทางการเคลื่อนที่ ตลอดจนการจำลองผ่าน Simscape Multibody เพื่อทดสอบการเคลื่อนที่ในสภาพสามมิติจริง การจำลองทั้งสองแบบแสดงให้เห็นว่ากลไกทำงานได้ อย่างราบรื่นและสอดคล้องตามที่ออกแบบไว้

สุดท้ายนี้ ได้สร้างต้นแบบจริงด้วย 3D Printing ซึ่งผลลัพธ์ยืนยันว่าการออกแบบเชิงทฤษฎีและการจำลอง สอดคล้องกับการทำงานจริงอย่างมีประสิทธิภาพ กลไกสามารถเปิด–ปิดได้อย่างเสถียรและมีความสมมาตรดี ทำให้ โครงการนี้เป็นพื้นฐานที่แข็งแรงสำหรับการพัฒนากลไกหยิบจับในระบบอัตโนมัติหรือหุ่นยนต์ต่อไป