

در این تکلیف کامپیوتری، هدف کنترل سیستم غیرخطی ربات توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی است. سیستم مورد نظر، ربات بازوی مسطح دو درجه آزادی است (شکل ۱). معادلات دینامیکی این ربات به صورت زیر است:

$$\tau = M(\theta)\ddot{\theta} + C(\theta, \dot{\theta}) + G(\theta)$$

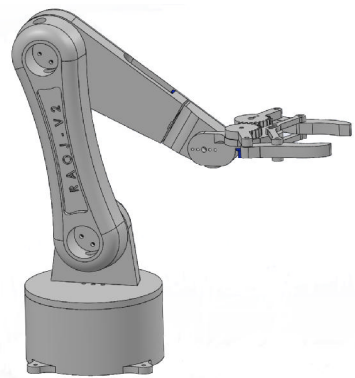
که می‌توان آن را به این شکل نوشت

$$\ddot{\theta} = M^{-1}(\theta) [\tau - C(\theta, \dot{\theta}) - G(\theta)]$$

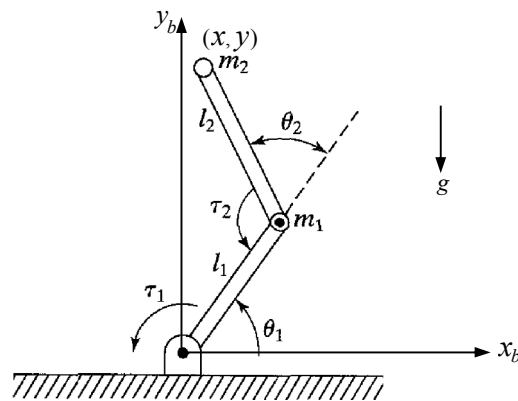
در این روابط، بردار موقعیت بازوها برحسب رادیان و $\tau = [\tau_1 \ \tau_2]^T$ بردار گشتاورهای اعمالی به مفاصل برحسب نیوتن متر می‌باشد؛ $M(\theta)$ ماتریس جرم، $C(\theta, \dot{\theta})$ بردار نیروهای کوریولیس و گریز از مرکز، و $G(\theta)$ بردار گرانش است که در انتها داده شده‌اند.

معادلات سینماتیک این ربات برابر است با

$$\begin{cases} x(t) = l_1 \cos \theta_1(t) + l_2 \cos(\theta_1(t) + \theta_2(t)) \\ y(t) = l_1 \sin \theta_1(t) + l_2 \sin(\theta_1(t) + \theta_2(t)) \end{cases}$$

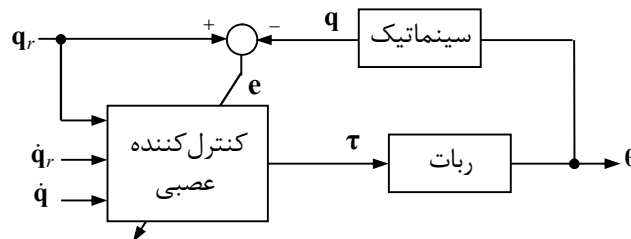


(ب)



(آ)

شکل ۱: ربات بازوی مسطح دو-درجه آزادی: (آ) شماتیک، (ب) مدل آزمایشگاهی



شکل ۲: دیاگرام بلوکی کنترل عصبی ربات

شکل ۲ بلوک دیاگرام روش کنترلی را نشان می‌دهد.

تابع هزینه برای آموزشِ برخطِ کنترل کننده عصبی به صورت زیر تعریف شود:

$$E = \frac{1}{2} e^2(k) = \frac{1}{2} (q_r(k) - q(k))^2$$

که در آن $\mathbf{q}_r(k) = [x_r(k) \ y_r(k)]^T$ ورودی مرجع و $\mathbf{q}(k) = [x(k) \ y(k)]^T$ موقعیت انتهایی بازوی دوم در مختصات دکارتی است. به منظور تنظیم وزن‌های کنترل‌کننده عصبی، نیاز به مشتق تابع هزینه نسبت به وزن مورد نظر است. بنابراین،

$$\frac{\partial E}{\partial \mathbf{w}} = -\mathbf{e} \frac{\partial \mathbf{q}}{\partial \mathbf{w}} = -\mathbf{e} \frac{\partial \mathbf{q}}{\partial \boldsymbol{\tau}} \frac{\partial \boldsymbol{\tau}}{\partial \mathbf{w}}$$

که در آن $\partial \mathbf{q} / \partial \boldsymbol{\tau}$ (یعنی مشتق خروجی ربات نسبت به ورودی آن) حساسیت (یا ژاکوبی) سیستم است.

ورودی مرجع در صفحه $x-y$ را به صورت زیر در نظر بگیرید:

$$\begin{cases} x_r(t) = 0.5 + 0.3 \cos(t) \\ y_r(t) = 0.4 + 0.2 \sin(t) \end{cases}$$

موقعیت اولیه ربات را با فاصله از مسیر دلخواه قرار دهید.

نوع شبکه(های) عصبی، ساختار آن(ها)، روش آموزش، ضریب آموزش، و سایر جزئیات را به طور کامل گزارش کرده و نمودارهای $x-y$ ، $x(t)$ ، $y(t)$ ، $\theta(t)$ ، و $\tau(t)$ را به طور مناسب ارائه کنید. بر روی نتایج به دست آمده بحث کنید. عملکرد کنترل‌کننده(ها) را از جنبه‌های مختلف منجمله موارد ذیل می‌توانید بررسی کنید:

۱- قوام در مقابل

آ) تغییر پارامترهای سیستم، ب) نویز اندازه‌گیری، پ) اشباع در سیگنال کنترلی، ت) اغتشاش خارجی

۲- حجم محاسباتی شبکه(های) عصبی و امکان پیاده‌سازی بی‌درنگ آن(ها)

۳- سایر ورودی‌های مرجع (مربعی، به فرم ۸، ۰. . .)

بر روی صفحه اول گزارش، ضمن نوشتن نام خود، ذکر کنید «تکلیف کامپیوتری شماره ۲».

لطفاً به نکات زیر توجه کنید:

- ۱- گزارش باید حتماً به زبان فارسی نگارش شود. لطفاً از به کار بردن زبان انگلیسی خودداری کنید.
- ۲- توجه داشته باشید که تمامی متن و نمودارها باید بر روی کاغذ چاپ شده باشند. متن یا نمودار بر روی CD قابل قبول نیست. لطفاً از ارسال فایل گزارش یا برنامه‌ها با ایمیل خودداری کنید.
- ۳- تمامی معادلات باید دارای شماره باشند. تمامی شکل‌ها (جدول) باید دارای شماره و توضیح زیر شکل (بالای جدول) بوده و به آن‌ها به طور مناسب در متن ارجاع داده شود.
- ۴- توضیحات کافی در مورد نتایج به دست آمده ارائه کنید.
- ۵- نمودارها خوانا بوده به طوری که حروف و اعداد به راحتی قابل تشخیص بوده و خطوط با نوع‌های مختلف (خط پر، خط چین، خط نقطه، . . .) رسم شده و با کمک راهنما (legend) متغیر هر نمودار مشخص شود.
- ۶- کلیه برنامه‌های چاپ شده را در انتهای گزارش ضمیمه کنید.
- ۷- هر دانشجو باید برنامه‌های کامپیوتری خود را بنویسد. به اشتراک گذاشتن برنامه‌ها مجاز نمی‌باشد. استفاده از دستورات آماده متلب در جعبه‌ابزارها مجاز نیست. باید خودتان برنامه‌ها را در M فایل بنویسید.
- ۸- یک CD که شامل برنامه کامپیوتری تکلیف شماره ۱، تکلیف شماره ۲، و فایل راهنما (read me) باشد، را نیز به گزارش خود ضمیمه کنید.

ماتریس $\mathbf{M}(\theta)$ و بردارهای $\mathbf{C}(\theta, \dot{\theta})$ و $\mathbf{G}(\theta)$ به ترتیب برابراند با

$$\mathbf{M}(\theta) = \begin{bmatrix} l_1^2(m_1 + m_2) + l_2^2 m_2 + 2l_1 l_2 m_2 c_2 & l_2^2 m_2 + l_1 l_2 m_2 c_2 \\ l_2^2 m_2 + l_1 l_2 m_2 c_2 & l_2^2 m_2 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{C}(\theta, \dot{\theta}) = \begin{bmatrix} -m_2 l_1 l_2 s_2 \dot{\theta}_2^2 - 2m_2 l_1 l_2 s_2 \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \\ m_2 l_1 l_2 s_2 \dot{\theta}_1^2 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{G}(\theta) = \begin{bmatrix} m_2 l_2 g c_{12} + (m_1 + m_2) l_1 g c_1 \\ m_2 l_2 g c_{12} \end{bmatrix}$$

که در آن‌ها از اختصارات $c_i := \cos(\theta_i)$ ، $s_i := \sin(\theta_i)$ و $c_{ij} := \cos(\theta_i + \theta_j)$ استفاده شده است. مقدار پارامترها برابراند با

$$l_1 = 0.6 \text{ m}, \quad l_2 = 0.4 \text{ m}$$

$$m_1 = 3 \text{ kg}, \quad m_2 = 2 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

آخرین مهلت تحویل: شنبه ۱۷ تیر

