



صنایع زیست‌فراپندگی در دهه‌های گذشته کارایی فناوریانه خود را به‌خوبی نشان داده‌اند. گلوبی عملکردی اینگونه فرایندها در نحوه کنترل موثر و ابزاردقیق آنها نهفته است. علت نیز عملکرد پیچیده، طبیعی و شدیداً غیرخطی موجودات زنده است. هدف از این پروژه، تمرین طراحی کنترلر و سنسور نرم‌افزاری با استفاده از یک بیوراکتور نمونه است. برای کمی‌کردن مسئله، از فصل بیست و سوم کتاب سیبورگ و همکاران (نگارش چهارم)<sup>۱</sup> کمک گرفته و مثال 23.1 (یعنی راکتور حجم ثابت) را مبنا قرار می‌دهیم. مطلوبی‌های پروژه به‌شرح زیر هستند؛

**(الف)** مطابق الگوی عمل‌شده در کارگاه نرم‌افزار<sup>۲</sup> (فایل MatlabTutorialPart5.pdf) فایل‌های فانکشن و اسکریپت برای خطی‌سازی سیستم مثال 23.1 را تهیه و گزارش کنید.

**(ب)** نمودار بهره‌یکنواخت را رسم کرده و نشان دهید در نقاط کاری مختلف، بهره فرایند تغییر علامت می‌دهد. برای رسم نمودار، خروجی قابل اندازه‌گیری را حالت غلظت زیست توده ( $X$ ) و ورودی (کنترل‌کننده) را همان نرخ رقیق‌سازی ( $D$ ) در نظر بگیرید.

**(ج)** بخش اول مثال (بخش a) را بازتکرار کرده و نتیجه را گزارش کنید.

**(د)** پاسخ مدارباز تمامی حالات به تغییر  $\pm 10\%$  در نرخ رقیق‌سازی را یکبار در نقطه کاری  $D = 0.202 \text{ hr}^{-1}$  (نرخ ترقیق بالا) و یکبار در نقطه کاری  $D = 0.0389 \text{ hr}^{-1}$  (نرخ ترقیق پایین) رسم کنید. دقت شود، مقادیر تعادلی حالات را می‌توانید (بطور دلخواه) از توابع trim متلب<sup>۳</sup> یا حل غیرخطی سه معادله - سه مجهول به‌دست آورید.

**(ه)** با استفاده از مرکز تنظیم کنترلر سیمپولینک، یک کنترلر تناسبی-انترگالی برای جفت ( $X, D$ ) در نقطه کاری «نرخ ترقیق پایین» طراحی کنید. پاسخ مداربسته را برای دفع اغتشاش  $\pm 10\%$  در غلظت جریان شربت قند بالادستی ( $S_f$ ) به‌دست آورید. **(و)** برای امتحان تاب‌آوری (مقاومت) کنترلر طراحی‌شده در قسمت قبل، تغییر در مقدار مقرر را طوری تعیین و امتحان کنید که سیستم وارد نقاط کاری‌ای شود که بهره آن تغییر علامت دهد.

**(ز)** یک کنترلر پیشخور (فیدفوروارد) که از اطلاعات سنجش غلظت گلوکز خوراک ( $S_f$ ) در ترکیب با کنترلر پسخور قسمت **(ه)** استفاده می‌کند، طراحی کنید. برای مقایسه و مشاهده بهبود عملکرد، پاسخ تغییرات حالت مداربسته کنترلر دو درجه آزادی (پیشخور-پسخور) را در کنار نتایج کنترلر فقط پسخور قسمت **(ه)** گزارش کنید. تعداد و فرمت نمودارها به‌شرح متعاقب است؛ تعداد هشت نمودار سری زمانی (مقدار سیگنال برحسب زمان) که چهارتای آن مربوط به رفتار سه حالت و یک رفتار نرخ رقیق‌سازی در دفع اغتشاش افزایشی ( $+10\%$ ) و چهارتای دیگر برای دفع اغتشاش کاهشی ( $-10\%$ ) باشد. بدیهیست، هرکدام از این هشت نمودار باید بصورت جفت سیگنالی، یعنی یک سیگنال با خط توپر متعلق به حلقه ترکیبی (پیشخور-پسخور) و دیگری بصورت خط‌چین متعلق به حلقه پسخور باشد.

**(ح)** برای دو حالت زمان نمونه‌برداری نیم‌ساعته و یک‌ونیم ساعته دو کنترلر فیدبک دالین با شرط کمترین زمان نشست ممکن برای جفت ( $X, D$ ) در نقطه کاری «نرخ ترقیق پایین» طراحی کرده و نتایج عملکرد حذف اغتشاش آنها را گزارش کنید.

### قانون مورفی: در شرائط کنترلی بسیار دقیق دما، فشار، غلظت و سایر متغیرهای عملیاتی،

موجودات زنده هر کاری که خودشان بخواهند انجام می‌دهند.

<sup>۱</sup> Appendix I

<sup>۲</sup> Appendix III

<sup>۳</sup> Appendix IV