



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

به نام خدا

دکتر علیاری

شناسایی سیستم‌ها ۱۴۰۲

موضوع تمرین: شناسایی سیستم‌های دینامیک خطی

تمرین سری دوم - موعده تحویل: ۲۶ آذر ۱۴۰۲



گروه پژوهشی ایک

بخش ۱: سؤالات تحلیلی

۱. الگوریتم بازگشتی برای ARMAX را توضیح داده و گام‌های مربوطه را با جزئیات تشریح نمایید.
۲. فرض کنید پاسخ ضربه یک سیستم خطی تغییر ناپذیر با زمان گسسته در دست باشد، در شرایطی که مقدار اولیه سیستم صفر است، پارامترهای فضای حالت را در هر یک از حالات زیر تعیین کنید:
 - ا. سیستم بدون نویز اندازه‌گیری و فرآیند باشد (میتوانید فرض کنید سیستم مرتبه اول است ولی اگر مسئله را برای یک سیستم مرتبه n حل کنید نمره بیشتری دریافت می‌کنید).
 - ب. (امتیازی) سیستم دارای نویز اندازه‌گیری و حالت باشد.
 - ج. درباره امکان و شرایط یافتن تحقق فیزیکی سیستم تحقیق کنید.
۳. آیا با روش‌های شناسایی خطی مطالعه شده، می‌توان سیستمی با قطب موهومی روی محور $j\omega$ را شناسایی کرد؟ در مورد سیستمی با یک قطب در مبدأ (ترم انتگرال گیر) چطور؟
۴. (امتیازی) روش correlation function least squares (COR-LS) را توضیح دهید.

بخش ۲: سؤالات شبیه‌سازی

سؤال اول:

در ابتدا یک تابع به صورت معادله (۱) با توانایی تولید بردار سیگنال تصادفی که سه مقدار متفاوت ۱، ۰ و -۱ را می‌تواند داشته باشد، بنویسید.

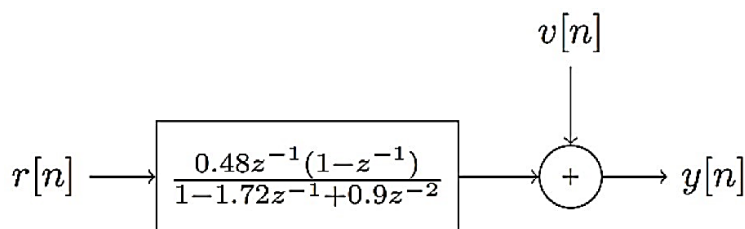
$$u = \text{binrand}(T, N, t_{\min}, t_0, \text{dist}) \quad (1)$$

در معادله (۱)، T بردار زمانی، N تعداد پالس‌ها، t_{\min} کمترین عرض پالس، t_0 زمان شروع و dist نوع تابع توزیع چگالی احتمال است.

یک سیستم حلقه باز مرتبه دوم توسط تابع تبدیل معادله (۲) بیان شده است:

$$G(s) = \frac{5(s+1)}{s^2 + s + 20} \quad (2)$$

شکل ۱ این سیستم را در حالی که با فرکانس نمونه‌برداری $\frac{1}{100\text{ ms}}$ دیجیتال شده است، نشان می‌دهد.



شکل ۱: سیستم سؤال اول

۱. با استفاده از جفت ورودی-خروجی‌های تولیدشده توسط سیستم شکل ۱ سعی کنید مدل ARX با پارامترهای مدل معادله (۳) و مدل ARMAX با پارامترهای معادله (۴) برای داده‌ها بیابید.

$$n_a = n_b = 2, \quad n_k = 1 \quad (۳)$$

$$n_a = n_b = 2, \quad n_c = 1, \quad n_k = 1 \quad (۴)$$

این عمل را هر بار با استفاده از یکی از بردارهای ورودی زیر انجام دهید:

- $r = \text{binrand}([1:800], 10, 40, 1, 'normal')$
- $r = \text{binrand}([1:800], 30, 10, 1, 'normal')$
- ۸۰۰ نمونه تصادفی از توزیع چگالی نرمال با میانگین ۰ و واریانس ۱
- ۸۰۰ نمونه تصادفی از توزیع چگالی یکنواخت بین -۱ و ۱

به ازای هر ورودی، مکان قطب‌ها و صف‌های دو مدل تخمین زده شده و سیستم شکل ۱ را به دست آورده و مقایسه کنید.

۲. (امتیازی) کد مربوط به تخمین مدل ARX را یک‌بار بدون استفاده از جعبه‌ابزار متلب و با بهره‌گیری از الگوریتم گرادینان نزولی پیاده‌سازی نمایید و بار دیگر با استفاده از روش جعبه‌ابزار پیاده‌سازی نمایید. در نهایت آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کنید.

۳. در شکل ۱ حلقه را از $y[n]$ ببندید. سیستم حلقه بسته را که توسط ورودی اول در سؤال ۱ تحریک شده است، در نظر بگیرید. نویز گوسی v با میانگین ۰ و واریانس σ^2 را به سیستم اضافه نمایید. سعی کنید سیستم را با استفاده از ARX، ARMAX، ARARX، OE و BJ و در حضور نویز کم، متوسط و شدید مدل کنید. خروجی هر مدل، پارامترها، مکان قطب‌ها و صف‌ها را با آنچه از سیستم ۱ داشته‌اید مقایسه کنید. کدام مدل بهترین کارایی را نسبت به بقیه مدل‌ها دارد؟

(در هر یک از موارد، پارامترهای معادله (۵) را با توجه به نوع مدل انتخاب شده، مورد استفاده قرار دهید.)

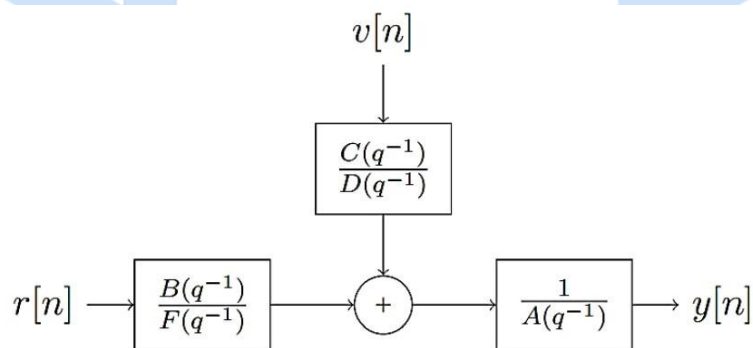
$$n_a = n_b = n_f = n_d = 2, \quad n_c = 1 \quad (5)$$

مدلهایی مورد توجه در جدول ۱ آمده است:

جدول ۱: مدل‌های مورد استفاده

مدل	شرایط چند جمله‌ای‌ها	تابع متلب
ARX	$C = D = F = 1$	<i>arx</i>
ARMAX	$D = F = 1$	<i>armax</i>
ARARX	$C = F = 1$	<i>pem</i>
OE	$A = C = D = 1$	<i>oe</i>
BJ	$A = 1$	<i>bj</i>

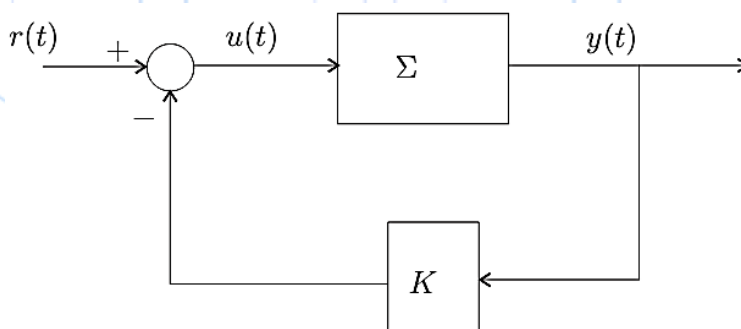
ساختار کلی مدل‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: ساختار کلی مدل‌ها

سؤال دوم:

در این قسمت، تابع تبدیل سیستم واقعی در دسترس نیست. در شکل ۳، Σ یک سیستم دینامیکی خطی و K یک عدد ثابت مثبت و نامعلوم است.



شکل ۳: سیستم حلقه بسته سؤال دوم

در داده‌های پیوست، ۲ سری داده ورودی-خروجی به فرم $z_i = [y_i \ u_i]$ وجود دارد. داده سری ۱ مربوط به سیستم حلقه باز Σ بوده و داده سری دوم، مربوط به سیستم حلقه بسته است. زمان نمونه‌برداری در هر ۲ سری داده، ۰/۵ ثانیه است. ۶۰ درصد از هر سری داده برای آموزش و ۴۰ درصد برای تست است.

۱. با در نظر گرفتن این موضوع که سیستم حلقه باز تأخیر ندارد (فقط یک *sample* تأخیر به خاطر نمونه‌برداری)،

ساده‌ترین مدل دینامیکی که حداقل ۷۰ درصد، با داده‌های تست حلقه باز تطابق دارد را بیابید. (استفاده از دستوره‌های *compare* و *resid* برای تسریع کار) (توجه به اصل سادگی فراموش نشود!).

دقت شود که در این تمرین چون سیستم اصلی را نمی‌شناسید، برای بررسی روند مدل خانواده‌های مختلف (*OE ARMAX ARX* و ...) بهتر است نمودار قطب و صفرهای تخمین زده شده برای بهترین مدل از هر خانواده رسم شود (دستور *zplane*) بررسی بهره DC سیستم نیز ممکن است، اطلاعات مفیدی به دست دهد.

۲. پس از یافتن مدل سیستم حلقه باز، با استفاده از داده‌های سری ۲ ثابت K را تخمین بزنید.

۳. (امتیازی) در این سؤال برخلاف سؤال قبل، می‌توانیم به سیستم ورودی بدهیم، اما هیچ اطلاعاتی از سیستم نداریم؛ جز اینکه سیستم خطی و تغییرناپذیر با زمان است. برای این منظور از تابع *unknown_sys* به صورت $[y, t] = \text{unknown_sys}(u, T_s)$ استفاده می‌شود که در آن u ورودی و T_s زمان نمونه‌برداری است. (یک بردار سطری است).

أ. برای تعیین ساختار مدل، از روش‌های کلاسیک (پاسخ پله، دیاگرام بود و ...) چگونه می‌توان بهره برد؟ (مباحث کنترل صنعتی!)

ب. ساده‌ترین مدلی که بتواند داده‌های تست را با دقت بالای ۸۰ درصد مدل کند، بیابید. (حتماً باید از پاسخ قسمت قبل استفاده کنید).

ج. با استفاده از روش ELS مدل سیستم را بدست آورید.

سؤال سوم:

داده‌های *data_Q3* را در نظر بگیرید. ساده‌ترین مدل مناسب با دقت حداقل ۸۵ درصد را بیابید و پارامترهای آن را گزارش کنید.

به موارد زیر توجه کنید:

- گزارش در قالب فایل گزارش تمرین در سایت نگارش شود.
- بخش شبیه سازی می تواند با MATLAB، Python، Java و C++ انجام شود.
- توضیحات مربوط به شبیه سازی و همچنین حل تحلیلی تمرین ها را به صورت PDF تبدیل نمایید و همراه با فایل های شبیه سازی در قالب یک فایل zip با نام و شماره دانشجویی ارسال کنید.
- به موعد تحویل تمرین دقت نمایید؛ به تمرین هایی که بعد از موعد تحویل داد شوند، به ازای هر روز 2^n نمره کسر می شود.
- تمرینات به صورت انفرادی است. به حل های مشابه شامل گزارش ها و فایل های شبیه سازی نمره ای تعلق نخواهد گرفت. لطفاً کپ ننزید!

شادکام باشید

محمدزاده-مؤذنی