

سیگنال ها و سیستم ها

آلن اپنهایم و آلن ویلسکی و حمید نواب

مترجمین : دکتر علیرضا صداقتی

دکتر بهزاد قهرمان



فهرست مطالب

پیشگفتار	۱
مقدمه	۹
۱ سیگنال‌ها و سیستم‌ها	۱۳
۱-۱ مقدمه	۱۳
۱-۱-۱ سیگنال‌های پیوسته و زمان گسسته	۱۳
۱-۱-۱-۱ مثال‌ها و نمایش ریاضی	۱۳
۱-۱-۱-۲ انرژی و توان سیگنال	۱۷
۲-۱ تبدیل‌های متغیر مستقل	۱۹
۲-۱-۱ چند مثال از تبدیل‌های متغیر مستقل	۱۹
۲-۲-۱ سیگنال‌های متناوب	۲۳
۳-۲-۱ سیگنال‌های زوج و فرد	۲۵
۳-۱ سیگنال‌های نمایی و سینوسی	۲۶
۱-۳-۱ سیگنال‌های زمان پیوسته سینوسی و نمایی مختلط	۲۶
۲-۳-۱ سیگنال‌های زمان گسسته و سینوسی و نمایی مختلط	۳۲
۳-۳-۱ خواص تناوبی نمایی‌های مختلط زمان گسسته	۵۳
۴-۱ توابع ضربه واحد و پله واحد	۴۰
۱-۴-۱ دنباله‌های زمان گسسته ضربه واحد و پله واحد	۴۰
۲-۴-۱ توابع زمان پیوسته پله واحد و ضربه واحد	۴۲

۵-۱ سیستم‌های زمان پیوسته و زمان گسسته ۴۸

۱-۵-۱ چند مثال ساده از سیستم‌ها ۴۹

۲-۵-۱ اتصال سیستم‌ها ۵۱

۶-۱ خواص اساسی سیستم‌ها ۵۳

۱-۶-۱ سیستم‌های باحافظه و بدون حافظه ۵۳

۲-۶-۱ معکوس‌پذیری و سیستم‌های معکوس ۵۵

۳-۶-۱ علی بودن ۵۶

۴-۶-۱ پایداری ۵۷

۵-۶-۱ نامتغیر بودن با زمان ۶۰

۶-۶-۱ خطی بودن ۶۳

۷-۱ خلاصه ۶۷

مسائل ۶۷

۲ سیستم‌های خطی نامتغیر با زمان ۸۷

۰-۲ مقدمه ۸۷

۱-۲ سیستم‌های LTI زمان گسسته: جمع کانولوشن ۸۸

۱-۱-۲ نمایش سیگنال‌های زمان گسسته بر حسب ضربه‌ها ۸۸

۲-۱-۲ پاسخ ضربه واحد زمان گسسته و نمایش جمع کانولوشن برای ۹۰

سیستم‌های LTI زمان گسسته

۲-۲ سیستم‌های LTI زمان پیوسته: انتگرال کانولوشن ۱۰۱

۱-۲-۲ نمایش سیگنال‌های زمان پیوسته بر حسب ضربه‌ها ۱۰۱

۲-۲-۲ پاسخ ضربه واحد زمان پیوسته و نمایش سیستم‌های LTI با انتگرال کانولوشن ۱۰۴

۳-۲	خواص سیستم‌های خطی نامتغیر با زمان	۱۱۱
۱-۳-۲	خاصیت جابجایی	۱۱۲
۲-۳-۲	خاصیت توزیع‌پذیری	۱۱۳
۳-۳-۲	خاصیت شرکت‌پذیری	۱۱۵
۴-۳-۲	سیستم‌های LTI باحافظه و بدون حافظه	۱۱۶
۵-۳-۲	معکوس‌پذیری سیستم‌های LTI	۱۱۷
۶-۳-۲	علی بودن سیستم‌های LTI	۱۲۰
۷-۳-۲	پایداری سیستم‌های LTI	۱۲۱
۸-۳-۲	پاسخ پله واحد سیستم LTI	۱۲۳
۴-۲	سیستم‌های علی توصیف شده با معادلات دیفرانسیل و معادلات تفاضلی	۱۲۴
۱-۴-۲	معادلات دیفرانسیل خطی با ضرایب ثابت	۱۲۵
۲-۴-۲	معادلات تفاضلی خطی با ضرایب ثابت	۱۳۰
۳-۴-۲	نمودار بلوکی سیستم‌های LTI مرتبه اول توصیف شده	۱۳۳
	با معادلات دیفرانسیل و معادلات تفاضلی	
۵-۲	توابع تکین	۱۳۶
۱-۵-۲	ضربه واحد به عنوان پالس کوتاه ایده‌آل	۱۳۶
۲-۵-۲	تعریف ضربه واحد با استفاده از کانولوشن	۱۳۹
۳-۵-۲	دوبلت واحد و توابع تکین دیگر	۱۴۱
۶-۲	خلاصه	۱۴۴
	مسائل	۱۴۵
۳	نمایش سری فوریه سیگنال‌های متناوب	۱۸۱

۰-۳	مقدمه	۱۸۱
۱-۳	تاریخچه	۱۸۲
۲-۳	پاسخ سیستمهای LTI زمان پیوسته به نمایی‌های مختلط	۱۸۶
۳-۳	نمایش سری فوریهٔ سیگنالهای متناوب زمان پیوسته	۱۹۰
۱-۲-۳	ترکیب خطی توابع نمایی مختلط همساز	۱۹۰
۲-۳-۳	تعیین نمایش سری فوریهٔ سیگنالهای متناوب زمان پیوسته	۱۹۳
۴-۳	همگرایی سری فوریه	۱۹۸
۵-۳	خواص سری فوریهٔ زمان پیوسته	۲۰۳
۱-۵-۳	خطی بودن	۲۰۴
۲-۵-۳	جابجایی زمانی	۲۰۴
۳-۵-۳	معکوس زمانی	۲۰۵
۴-۵-۳	تغییر مقیاس زمانی	۲۰۵
۵-۵-۳	ضرب در حوزه زمان	۲۰۶
۶-۵-۳	مزدوج‌گیری و تقارن مزدوج	۲۰۶
۷-۵-۳	رابطهٔ پارسوال برای سیگنال متناوب زمان پیوسته	۲۰۷
۸-۵-۳	خلاصهٔ خواص سری فوریهٔ زمان پیوسته	۲۰۷
۹-۵-۳	چند مثال	۲۰۷
۶-۳	نمایش سری فوریهٔ سیگنالهای متناوب زمان گسسته	۲۱۲
۱-۶-۳	ترکیب خطی نمایی‌های مختلط همساز	۲۱۲
۲-۶-۳	تعیین سری فوریه سیگنال متناوب	۲۱۳
۷-۳	خواص سری فوریهٔ زمان گسسته	۲۲۱
۱-۷-۳	ضرب	۲۲۱

۲۲۳	۳-۷-۲ تفاضل اول
۲۲۳	۳-۷-۳ رابطهٔ پارسوال برای سیگنالهای متناوب زمان گسسته
۲۲۳	۳-۷-۴ چند مثال
۲۲۷	۳-۸ سری فوریه و سیستم‌های LTI
۲۳۰	۳-۹ فیلتر کردن
۲۳۱	۳-۹-۱ فیلترهای شکل‌دهی فرکانسی
۲۳۵	۳-۹-۲ فیلترهای فرکانس‌گزین
۲۳۷	۳-۱۰ چند مثال از فیلترهای زمان پیوسته توصیف شده با معادلات دیفرانسیل
۲۳۷	۳-۱۰-۱ یک فیلتر ساده پایین‌گذر RC
۲۳۹	۳-۱۰-۲ یک فیلتر ساده بالا‌گذر RC
۲۴۱	۳-۱۱ فیلترهای زمان گسسته توصیف شده با معادلات تفاضلی
۲۴۲	۳-۱۱-۱ فیلترهای زمان گسسته مرتبه اول برگشتی
۲۴۳	۳-۱۱-۲ فیلترهای زمان گسسته غیر برگشتی
۲۴۶	۳-۱۲ خلاصه
۲۴۷	مسائل

۲۷۵	۴ تبدیل فوریهٔ زمان پیوسته
۲۷۵	۴-۰ مقدمه
۲۷۶	۴-۱ نمایش سیگنال‌های نامتناوب: تبدیل فوریهٔ زمان پیوسته
۲۷۶	۴-۱-۱ نمایش تبدیل فوریه برای سیگنال‌های زمان پیوسته
۲۸۰	۴-۱-۲ همگرایی تبدیل فوریه

۲۸۱	 ۳-۱-۴ چند مثال از تبدیل فوریه زمان پیوسته	
۲۸۶	 تبدیل فوریه سیگنال‌های متناوب	۲-۴
۲۸۸	 خواص تبدیل فوریه زمان پیوسته	۳-۴
۲۸۹	 ۱-۳-۴ خطی بودن	
۲۸۹	 ۲-۳-۴ جابه‌جایی زمانی	
۲۹۰	 ۳-۳-۴ مزدوج‌گیری و تقارن مزدوج	
۲۹۳	 ۴-۳-۴ مشتق‌گیری و انتگرال‌گیری	
۲۹۵	 ۵-۳-۴ تغییر مقیاس زمانی و فرکانسی	
۲۹۶	 ۶-۳-۴ دوگانگی	
۲۹۸	 ۷-۳-۴ رابطه پارسوال	
۳۰۰	 خاصیت کانولوشن	۴-۴
۳۰۲	 ۱-۴-۴ چند مثال	
۳۰۷	 خاصیت ضرب	۵-۴
۳۱۰	 ۱-۵-۴ فیلتر فرکانس‌گزین با فرکانس مرکزی متغیر	
۳۱۲	 ۶-۴ جدول‌های خواص فوریه و جفت‌های تبدیل فوریه	
۳۱۲	 ۷-۴ سیستم‌های توصیف شده با معادلات دیفرانسیل خطی با ضرایب ثابت	
۳۱۷	 ۸-۴ خلاصه	
۳۱۸	 مسائل	
۳۳۹	 ۵ تبدیل فوریه زمان گسسته	
۳۳۹	 مقدمه	۰-۵
۳۴۰	 ۱-۵ نمایش سیگنال‌های نامتناوب: تبدیل فوریه زمان گسسته	

۳۴۰	۱-۱-۵ تبدیل فوریه زمان گسسته	
۳۴۳	۲-۱-۵ چند مثال از تبدیل فوریه زمان گسسته	
۳۴۵	۳-۱-۵ موضوعات همگرایی تبدیل فوریه زمان گسسته	
۲۴۸	تبدیل فوریه سیگنال‌های متناوب	۲-۵
۳۵۰	خواص تبدیل فوریه زمان گسسته	۳-۵
۳۵۱	۱-۳-۵ متناوب بودن تبدیل فوریه زمان گسسته	
۳۵۱	۲-۳-۵ خطی بودن تبدیل فوریه	
۳۵۱	۳-۳-۵ جابجایی زمانی و فرکانسی	
۳۵۲	۴-۳-۵ مزدوج‌گیری و تقارن مزدوج	
۳۵۲	۵-۳-۵ تفاضل‌گیری و جمع متوالی	
۳۵۳	۶-۳-۵ معکوس زمانی	
۳۵۳	۷-۳-۵ انبساط زمانی	
۳۵۶	۸-۳-۵ مشتق‌گیری فرکانسی	
۳۵۶	۹-۳-۵ رابطه پارسوال	
۳۵۷	خاصیت کانولوشن	۴-۵
۳۵۸	۱-۴-۵ چند مثال	
۳۶۲	خاصیت ضرب	۵-۵
۳۶۴	جدولهای خواص تبدیل فوریه و جفت‌های تبدیل فوریه	۶-۵
۳۶۴	دوگانگی	۷-۵
۳۶۴	۱-۷-۵ دوگانگی در سری فوریه زمان گسسته	
۳۶۸	۲-۷-۵ دوگانگی تبدیل فوریه زمان گسسته و سری فوریه زمان پیوسته	
۳۷۰	سیستم‌های توصیف شده با معادلات تفاضلی با ضرایب ثابت	۸-۵

۳۷۳	خلاصه	۹-۵
۳۷۴	مسائل	
۳۹۵	۶ مشخصات زمانی و فرکانسی سیگنال‌ها و سیستم‌ها	
۳۹۵	مقدمه	۰-۶
۳۹۵	نمایش اندازه- فاز تبدیل فوریه	۱-۶
۳۹۹	نمایش اندازه- فاز پاسخ فرکانسی سیستم‌های LTI	۲-۶
۳۹۹	۱-۲-۶ فاز خطی و غیر خطی	
۴۰۲	۲-۲-۶ تأخیر گروهی	
۴۰۶	۳-۲-۶ نمودار بُد و نمودار لگاریتم اندازه	
۴۰۸	۳-۶ مشخصات حوزه زمان فیلترهای فرکانس گزین ایده‌آل	
۴۱۱	۴-۶ جنبه‌های حوزه زمان و حوزه فرکانس فیلترهای غیر ایده‌آل	
۴۱۳	۵-۶ سیستم‌های زمان پیوسته مرتبه اول و مرتبه دوم	
۴۱۴	۱-۵-۶ سیستم‌های مرتبه اول زمان پیوسته	
۴۱۶	۲-۵-۶ سیستم مرتبه دوم زمان پیوسته	
۴۲۱	۳-۵-۶ نمودار بُد برای پاسخ‌های فرکانسی به شکل کسری	
۴۲۴	۶-۶ سیستم‌های مرتبه اول و مرتبه دوم زمان گسسته	
۴۲۴	۱-۶-۶ سیستم‌های مرتبه اول زمان گسسته	
۴۲۷	۲-۶-۶ سیستم مرتبه دوم زمان گسسته	
۴۳۲	۷-۶ چند مثال از تحلیل حوزه زمان و حوزه فرکانس سیستم‌ها	
۴۳۲	۱-۷-۶ تحلیل سیستم تعلیق خودرو	
۴۳۵	۲-۷-۶ چند مثال از فیلترهای زمان گسسته غیربرگشتی	

۸-۶ خلاصه ۴۳۹

مسائل ۴۴۰

۷ نمونه برداری ۴۷۱

۰-۷ مقدمه ۴۷۱

۱-۷ نمایش سیگنال زمان پیوسته با استفاده از توسط نمونه‌های آن: قضیه نمونه برداری ۴۷۲

۱-۱-۷ نمونه برداری با قطار ضربه ۴۷۳

۲-۱-۷ نمونه برداری با نگهدار مرتبه صفر ۴۷۶

۱-۴-۷ مشتقگیر دیجیتال ۴۹۴

۲-۴-۷ تأخیر نیم نمونه ۴۹۶

۱-۵-۷ نمونه برداری با قطار ضربه ۴۹۸

۲-۵-۷ استخراج و درونیابی زمان گسسته ۵۰۱

۶-۷ خلاصه ۵۰۵

مسائل ۵۰۶

۸ سیستم‌های مخابراتی ۵۳۱

۰-۸ مقدمه ۵۳۱

۱-۸ مدولاسیون دامنه نمایشی مختلط و سینوسی ۵۳۲

۱-۱-۸ مدولاسیون دامنه با حامل نمایشی مختلط ۵۳۳

۲-۱-۸ مدولاسیون دامنه با حامل سینوسی ۵۳۴

۲-۸ دمدولاسیون AM سینوسی ۵۳۵

۱-۲-۸ دمدولاسیون همزمان ۵۳۶

۵۳۹	۲-۲-۸ دم‌دولاسیون ناهم‌زمان	
۵۴۱	مالتی پلکس فرکانسی	۳-۸
۵۴۵	مدولاسیون دامنه با یک باند کناری	۴-۸
۵۴۸	مدولاسیون دامنه با حامل قطار پالس	۵-۸
۵۴۸	۱-۵-۸ مدولاسیون حامل قطار پالس	
۵۵۰	۲-۵-۸ مالتی پلکس در حوزه زمان	
۵۵۱	مدولاسیون دامنه- پالس	۶-۸
۵۵۱	۱-۶-۸ سیگنال مدوله شده دامنه- پالس	
۵۵۲	۲-۶-۸ تداخل بین نمادی در سیستم‌های PAM	
۵۵۵	۳-۶-۸ مدولاسیون دامنه- پالس دیجیتال و مدولاسیون پالس- کد	
۵۵۶	مدولاسیون فرکانس سینوسی	۷-۸
۵۵۸	۱-۷-۸ مدولاسیون فرکانس باند باریک	
۵۶۰	۲-۷-۸ مدولاسیون فرکانس باند عریض	
۵۶۱	۳-۷-۸ سیگنال مدوله کننده مربعی متناوب	
۵۶۲	مدولاسیون زمان گسسته	۸-۸
۵۶۲	۱-۸-۸ مدولاسیون دامنه سینوسی زمان گسسته	
۵۶۶	۲-۸-۸ ترانس مدولاسیون زمان گسسته	
۵۶۷	خلاصه	۹-۸
۵۶۸	مسائل	
۵۹۱	۹ تبدیل لاپلاس	
۵۹۱	مقدمه	۰-۹

تبدیل لاپلاس	۱-۹	۵۹۲
ناحیه همگرایی تبدیل لاپلاس	۲-۹	۵۹۸
معکوس تبدیل لاپلاس	۳-۹	۶۰۵
محاسبه هندسی تبدیل فوریه از نمودار قطب- صفر	۴-۹	۶۰۸
۱-۴-۹ سیستم‌های مرتبه اول		۶۱۰
۲-۴-۹ سیستم‌های مرتبه دوم		۶۱۲
۳-۴-۹ سیستم‌های تمام‌گذر		۶۱۵
خواص تبدیل لاپلاس	۵-۹	۶۱۶
۱-۵-۹ خطی بودن تبدیل لاپلاس		۶۱۶
۲-۵-۹ جابه‌جایی زمانی		۶۱۸
۳-۵-۹ جابه‌جایی در حوزه S		۶۱۸
۴-۵-۹ تغییر مقیاس زمانی		۶۱۸
۵-۵-۹ مزدوج‌گیری		۶۱۹
۶-۵-۹ خاصیت کانولوشن		۶۱۹
۷-۵-۹ مشتق‌گیری در حوزه زمان		۶۲۰
۸-۵-۹ مشتق‌گیری در حوزه S		۶۲۱
۹-۵-۹ انتگرال‌گیری در حوزه زمان		۶۲۲
۱۰-۵-۹ قضایای مقدار اولیه و مقدار نهایی		۶۲۲
۱۱-۵-۹ جدول خاصیت‌ها		۶۲۳
چند جفت تبدیل لاپلاس	۶-۹	۶۲۳
تحلیل و توصیف سیستمهای LTI با تبدیل لاپلاس	۷-۹	۶۲۶
۱-۷-۹ علی بودن		۶۲۶

۶۲۸	 پایداری ۲-۷-۹	
۶۳۰	 سیستمهای توصیف شده با معادلات دیفرانسیل خطی یا ضرایب ثابت ۳-۷-۹	
۶۳۲	 چند مثال درباره ارتباط رفتار سیستم و تابع سیستم ۴-۷-۹	
۶۳۵	 فیلترهای باترورث ۵-۷-۹	
۶۳۷	 جبر تابع سیستم و نمایش نمودار بلوکی ۸-۹	
۶۳۷	 ۱-۸-۹ توابع تبدیل اتصال سیستمهای LTI	
۶۳۹	 ۲-۸-۹ نمایش جعبه‌ای سیستمهای LTI علی توصیف شده با معادلات دیفرانسیل و توابع تبدیل کسری	
۶۴۳	 تبدیل لاپلاس یکطرفه ۹-۹	
۶۴۳	 ۱-۹-۹ چند مثال از تبدیل لاپلاس یکطرفه	
۶۴۵	 ۲-۹-۹ خواص تبدیل لاپلاس یکطرفه	
۶۴۸	 ۳-۹-۹ حل معادلات دیفرانسیل به کمک تبدیل لاپلاس یکطرفه	
۶۴۹	 خلاصه ۱۰-۹	
۶۴۹	 مسائل	
۶۶۹	 ۱۰ تبدیل Z	
۶۶۹	 مقدمه ۰-۱۰	
۶۶۹	 تبدیل Z ۱-۱۰	
۶۷۵	 ناحیه همگرایی تبدیل Z ۲-۱۰	
۶۸۳	 معکوس تبدیل Z ۳-۱۰	
۶۸۸	 محاسبه هندسی تبدیل فوریه از روی نمودار قطب- صفر ۴-۱۰	
۶۸۹	 ۱-۴-۱۰ سیستم مرتبه اول	
۶۹۰	 ۲-۴-۱۰ سیستم مرتبه دوم	
۶۹۲	 خواص تبدیل z ۵-۱۰	

۶۹۲	 ۱-۵-۱۰ خطی بودن	
۶۹۲	 ۲-۵-۱۰ جابجایی زمانی	
۶۹۳	 ۳-۵-۱۰ تغییر مقیاس در حوزه Z	
۶۹۴	 ۴-۵-۱۰ معکوس زمانی	
۶۹۴	 ۵-۵-۱۰ انبساط زمانی	
۶۹۵	 ۶-۵-۱۰ مزدوج‌گیری	
۶۹۵	 ۷-۵-۱۰ خاصیت کانولوشن	
۶۹۶	 ۸-۵-۱۰ مشتق‌گیری در حوزه Z	
۶۹۷	 ۹-۵-۱۰ قضیه مقدار اولیه	
۶۹۸	 ۱۰-۵-۱۰ خلاصه خاصیت‌ها	
۶۹۸	 چند جفت تبدیل z متداول	۶-۱۰
۷۰۰	 تحلیل و توصیف سیستم‌های LTI با تبدیل Z	۷-۱۰
۷۰۱	 ۱-۷-۱۰ علی بودن	
۷۰۲	 ۲-۷-۱۰ پایداری	
۷۰۴	 ۳-۷-۱۰ سیستم‌های توصیف شده با معادلات تفاضلی خطی با ضرایب ثابت	
۷۰۶	 ۴-۷-۱۰ چند مثال درباره ارتباط بین رفتار سیستم و تابع سیستم	
۷۰۸	 جبر تابع سیستم و نمایش نمودار بلوکی	۸-۱۰
۷۰۸	 ۱-۸-۱۰ انواع سیستم و اتصال سیستم‌ها	
۷۰۹	 ۲-۸-۱۰ نمایش نمودار بلوکی سیستم‌های LTI علی توصیف شده	
	با معادلات تفاضلی و توابع تبدیل کسری	
۷۱۳	 تبدیل z یکطرفه	۹-۱۰
۷۱۴	 ۱-۹-۱۰ چند مثال تبدیل z یک‌طرفه و معکوس آن	

۱۰-۹-۲	خواص تبدیل z یک طرفه	۷۱۶
۱۰-۹-۳	حل معادلات تفاضلی به کمک تبدیل z یک طرفه	۷۱۹
۱۰-۱۰	خلاصه	۷۲۰
	مسائل	۷۲۱
۱۱ سیستم‌های با فیدبک خطی		
۱۱-۰	مقدمه	۷۳۹
۱۱-۱	سیستم‌های با فیدبک خطی	۷۴۲
۱۱-۲	برخی کاربردها و نتایج فیدبک	۷۴۳
۱۱-۲-۱	طراحی سیستم معکوس	۷۴۳
۱۱-۲-۲	جبران‌سازی عناصر غیر ایده‌آل	۷۴۴
۱۱-۲-۳	پایدار کردن سیستم‌های ناپایدار	۷۴۵
۱۱-۲-۴	سیستم‌های با فیدبک نمونه‌ای	۷۴۹
۱۱-۲-۵	سیستم‌های ردیابی	۷۵۰
۱۱-۲-۶	ناپایداری در اثر فیدبک	۷۵۲
۱۱-۳	تحلیل سیستم‌های خطی با فیدبک به روش مکان هندسی ریشه‌ها	۷۵۴
۱۱-۳-۱	یک مثال ساده	۷۵۵
۱۱-۳-۲	معادله قطبهای حلقه- بسته	۷۵۶
۱۱-۳-۳	نقاط انتهایی مکان ریشه‌ها: قطب‌های حلقه- بسته برای $K = 0$ و $ K = +\infty$	۷۵۷
۱۱-۳-۴	معیار زاویه	۷۵۸
۱۱-۳-۵	خواص مکان ریشه	۷۶۲
۱۱-۴	معیار پایداری نایکوئیست	۷۶۷

۱۱-۴-۱	خاصیت دور زدن.....	۷۶۸
۱۱-۴-۲	معیار نایکوئیست برای سیستم‌های LTI زمان پیوسته با فیدبک	۷۷۱
۱۱-۴-۳	معیار نایکوئیست برای سیستم‌های LTI زمان گسسته با فیدبک	۷۷۶
۱۱-۵	حاشیه بهره و حاشیه فاز.....	۷۷۸
۱۱-۶	خلاصه	۷۸۵
	مسائل	۷۸۵
	ضمیمه بسط به کسرهای جزئی	۸۲۳
	کتابنامه	۸۳۵
	جواب مسائل	۸۴۵
	لغات نامه فارسی به انگلیسی	۸۶۵

پیشگفتار

واقعیت نزدیکتر شده است. بنابراین همزمان با مطالعه درس سیگنال و سیستم دانشجوی باید علاوه بر تسلط کامل به قوانین فیزیکی، فن کار کردن با کامپیوتر و ارائه الگوریتم‌های مناسب برای تحلیل پدیده‌ها و ساخت سیستم‌ها را نیز داشته باشد. در نتیجه در سر فصل دروس مهندسی نیازمند موضوعاتی هستیم که هم شامل مدل‌های زمان پیوسته باشد و هم کاربرد کامپیوتر و نمایش گسسته این مدل‌ها را آموزش دهد. به این دلایل در درس سیگنال و سیستم مفاهیم زمان پیوسته و زمان گسسته را همزمان گنجانده‌ایم تا نقش مهمی در آموزش دانشجویان مهندسی و آمادگی آنها برای کارهای فعلی و پیشرفتهای آینده در حوزه کاری شان ایفاء کند.

با این هدف این کتاب را به گونه‌ای تغییر ساختار دادیم تا روشهای تحلیل سیگنالها و سیستم‌های زمان پیوسته و زمان گسسته به طور موازی مطرح شود. این نگرش مزیت ویژه و خیلی مهمی در امر آموزش و پرورش استعداد دانشجویان مهندسی دارد. مخصوصاً می‌توان از تشابهات بین روشهای زمان پیوسته و زمان گسسته، درک و بینش بیشتری از روابط هر حوزه برای حوزه دیگر بدست آورد. به طور مشابه می‌توان از تفاوت‌های بین این دو روش برای فهم ویژگیهای منحصر بفرد هر حوزه استفاده نمود.

در سازماندهی ویرایش قبلی و ویرایش دوم فعلی، ضرورت معرفی کاربردهای مهم روشهای اصلی به کار رفته در کتاب را در

این کتاب ویرایش دوم متنی است که برای درس سیگنال و سیستم در مقطع کارشناسی طراحی شده است. این درس یکی از دروس متداول در مهندسی برق است ولی مفاهیم و روشهای آن جزء مباحث سیستمی بوده و در رشته‌های دیگر مهندسی نیز دارای اهمیت اساسی است. در واقع وقتی مهندسين با تحلیل و طراحی فرآیندهای پیچیده‌تر مواجه می‌شوند، روشهای تحلیل سیگنال و سیستم نیز واقعی‌تر شده و کاربرد آن گسترش یافته است. به این دلیل لزوم درس سیگنال و سیستم نه فقط به خاطر اینکه ابزار اساسی در حل مسائل مهندسی است بلکه به عنوان جذاب ترین و کاربردی ترین درس برای دانشجویان مهندسی احساس می‌شود.

موضوعات کلی در فلسفه سیگنال و سیستم در ویرایش دوم مشابه ویرایش اول است با این فرق که ساختار کتاب بهتر شده و بعضی از عناوین به آن اضافه شده است. این تغییرات برای کمک به مدرس در ارائه موضوعات و به دانشجویان برای تسلط بیشتر به مطالب انجام شده است. در مقدمه ویرایش اول بیان کردیم که نگرش ما به مبحث سیگنالها و سیستمها به خاطر تداوم توسعه فن‌آوری در طراحی و ساخت سیستمها و سیگنالها بوده است که باعث می‌شود دانشجویان به روشهایی مسلط شوند که برای طراحی و تحلیل سیستمهای زمان پیوسته و زمان گسسته لازم دارند. در مقدمه ویرایش دوم نگرش و اصول تنظیم کتاب به

آمده در آن فصل تاکید دارد. این دسته مسائل اصلی دارای جواب بوده و جواب آن در انتهای کتاب آمده است. دانشجو می‌تواند با مراجعه به این جوابها راهی ساده و فوری برای تایید درک مسائل کتاب پیدا کند. مسائل دسته اول بیشتر برای تمرین کلاسی مناسب هستند. همچنین برای اینکه دست مدرس در طراحی تمرین‌های کلاسی باز باشد، دومین دسته مسائل اصلی را نیز در کتاب گنجانده‌ایم که جواب آنها وجود ندارد.

در دسته سوم مسائل هر فصل (تحت عنوان مسائل پیشرفته) دانشجو مجبور به تحقیق و خلاقیت در باره اصول و کاربردهای عملی موضوعات کتاب خواهد شد. این مسائل بیشتر بازی با روابط ریاضی و کاربردهای پیچیده تر مفاهیم روشهای موضوعی هر فصل است. بعضی از فصل‌ها شامل دسته مسائلی به نام مسائل اضافی است که شامل تعمیم روشهای هر فصل بوده و یا تعدادی از کاربردها (از قبیل مدارهای پیشرفته یا سیستم‌های مکانیکی) را مطرح می‌کند که خارج از چهارچوب اصلی کتاب است. تنوع و تعداد مسائل هر فصل باعث می‌شود که دانشجو درک خود را از موضوعات کتاب بالا برده و مدرس بتواند تمرین‌هایی را ارائه کند که برای دانشجو در تحقیق رشته او مفید باشد. حل المسائل این کتاب تحت همین انتشارات نیز برای مدرسين وجود دارد.

موضوع مهم دیگر در ویرایش دوم کتاب با عنوان "تمرین‌های سیگنال و سیستم توسط نرم افزار matlab" است. که عنوان اصلی آن در کتابنامه آمده است. در این کتاب تمرین‌های کامپیوتری با استفاده از Matlab برای هر فصل وجود دارد که کمک بزرگی به دانشجویان و مدرسين خواهد بود.

در این کتاب فرض شده است که دانشجو ریاضیات پایه و کار کردن با اعداد مختلط و نیز معادلات دیفرانسیل را به خوبی

مد نظر قرار دادیم. این مهم نه تنها برای آشنایی دانشجو با کاربردهای متنوع روشهایی است که او یاد می‌گیرد و اینکه او را در مطالعات بعدی هدایت خواهد کرد بلکه برای فهم عمیق موضوعات نیز به او کمک می‌کند. برای رسیدن به این مقصود، مقدماتی در باره فیلتر کردن، مخابرات، نمونه برداری، پردازش زمان گسسته سیگنالهای زمان پیوسته و فیدبک بیان شده است. در واقع، یکی از تغییرات اصلی ویرایش دوم معرفی فیلتر کردن در حوزه فرکانس قبل از تحلیل فوریه است تا هم انگیزه و هم بینش کافی در باره این موضوع مهم در خواننده ایجاد کند. علاوه بر این، کتاب شناسی آخر کتاب نیز به دانشجوی علاقه مند به مطالعه بیشتر و پیشرفته تر در باره کاربردهای تحلیل سیگنال و سیستم کمک می‌کند.

همانطور که از ساختار کتاب دیده می‌شود تمرینهای متعددی برای به کارگیری و یادگیری روش‌های بدست آمده وجود دارند که بدون آنها پوشش کامل موضوعات کتاب میسر نیست. در نتیجه، در ویرایش دوم تعداد زیادی مثالهای حل شده در هر فصل گنجانده‌ایم. همچنین تمرینهای حل نشده آخر هر فصل برای ممارست دانشجو به این ویرایش اضافه شده است. در ویرایش اول کتاب شامل بیش از ۶۰۰ مسئله بود. بسیاری از مسائل این ویرایش جدید بوده و به مدرس در طراحی تمرین‌های کلاسی قابلیت انعطاف بیشتری می‌دهد. علاوه بر این، برای بالابردن سطح مسائل از دید دانشجو و مدرس ساختار و نمایش مسائل را تغییر دادیم. مخصوصا این که مسائل آخر فصل را تحت چند عنوان مشخص دسته بندی کردیم که همه آنها موضوعات کلی فصل را در بر می‌گیرد ولی خواسته مسائل هر دسته متفاوت است. دو دسته اول مسائل هر فصل بر مکانیزم مفاهیم و روشهای بدست

می‌داند. با این فرض کتاب فوق کافی است، مخصوصاً اگر خواننده تجربه کافی در تحلیل سیستم، کانولوشن، تحلیل فوریه یا تبدیل لاپلاس و تبدیل z نداشته باشد. قبل از شروع این درس لازم است دانشجویان مهندسی برق درس نظریه اساسی مدارهای الکتریکی و دانشجویان مکانیک درس اصول دینامیک را گذرانده باشند. این دروس برای درک ایده‌های اصلی که در این کتاب مطرح شده‌اند لازم است. همچنین این دروس دیدگاه وسیع‌تری در مطالعه این کتاب برای دانشجویان فراهم می‌کند.

مقدمه که بعد از این پیشگفتار خواهد آمد انگیزه و بینش لازم در موضوعات سیگنال و سیستم را برای خواننده ایجاد می‌کند. در فصل ۱ بعضی از ایده‌های مقدماتی که برای نمایش ریاضی سیگنالها و سیستم‌ها لازم است ارائه می‌شود. مخصوصاً تبدیلاتی (مانند جابه جایی و تغییر مقیاس در محور زمان) روی متغیر مستقل سیگنال نشان داده می‌شود. همچنین بعضی از مهمترین و اصلی ترین سیگنالهای زمان پیوسته و زمان گسسته مانند توابع نمایی حقیقی و مختلط و تابع پله و تابع ضربه زمان پیوسته و زمان گسسته مطرح خواهد شد. همچنین در فصل ۱ نمودار بلوکی اتصال سیستم‌ها را معرفی کرده و چند خاصیت اساسی سیستم مانند علیت، خطی بودن و نامتغیر با زمان بودن را بیان می‌کنیم. در فصل ۲ بر اساس دو خاصیت اخیر و خاصیت غربالی ضربه واحد، جمع کانولوشن را برای سیستمهای خطی نامتغیر با زمان (LTI) زمان گسسته و متعاقب آن انتگرال کانولوشن را برای سیستمهای LTI زمان پیوسته به دست می‌آوریم. در این مطالعه ابتدا از مفاهیم روابط زمان گسسته کمک گرفته و از آن برای یافتن روابط زمان پیوسته استفاده می‌کنیم. پس از آن سیستمهای LTI علی را که توسط معادلات تفاضلی یا دیفرانسیلی خطی با ضرایب

ثابت بیان می‌شود را مورد بحث قرار می‌دهیم. در این بحث مقدماتی ایده‌های اصلی در حل معادلات دیفرانسیل خطی (که بیشتر دانشجویان با آن آشنا هستند) را مرور کرده و نیز بحثی در باره روشهای مشابه برای حل معادلات تفاضلی خطی خواهیم داشت. با وجود این هدف فصل ۲ توسعه روشهای حل نیست زیرا روشهای مطلوب تری مانند روشهای تبدیل وجود دارد. به جای آن دانشجویان باید با دسته مهمی از سیستمها آشنا شود که در فصل های بعدی با آن مواجه خواهد شد. سرانجام، در انتهای فصل ۲ بحث مختصری درباره توابع تکین مانند پله، ضربه، دوپلت و مانند آن و نقش آنها در توصیف و تحلیل سیستمهای LTI زمان پیوسته خواهیم داشت. مخصوصاً، سیگنالها را بر حسب انتگرال کانولوشن (یعنی بر حسب پاسخ سیستمهای LTI به سیگنالهای ایده‌آل) تعریف و تفسیر می‌کنیم.

در فصلهای ۳ تا ۶ بطور مفصل و جامع درباره توسعه روشهای تحلیل فوریه زمان پیوسته و زمان گسسته صحبت می‌کنیم که در ویرایش دوم اصلاحات ساختاری مهمی روی آنها انجام شده است. مخصوصاً همانطور که قبلاً نشان دادیم، مفهوم فیلتر کردن در حوزه فرکانس را زودتر بیان می‌کنیم تا انگیزه‌ای برای فهم کاربرد روشهای فوریه حاصل شود. در ویرایش اول در فصل ۳ ابتدا دو دلیل اصلی برای اهمیت تحلیل فوریه در مطالعه سیگنالها و سیستمهای زمان پیوسته و زمان گسسته بیان کردیم که عبارت بودند از: (۱) دسته وسیعی از سیگنالها را می‌توان به شکل مجموع وزنی یا انتگرال توابع نمایی مختلط بیان کرد و (۲) پاسخ یک سیستم LTI به ورودی نمایی مختلط برابر همان نمایی است که در عدد مختلط مشخصه سیستم ضرب شده باشد. با وجود این، بر خلاف ویرایش اول هدف اصلی در فصل ۳ نمایش سری

توصیف شده با معادلات تفاضلی و دیفرانسیلی بیان می‌کنیم و چند مثال از تبدیل فوریه برای تعیین پاسخ این سیستم‌ها ارائه می‌شود. برای تکمیل این مباحث (تبدیل z و تبدیل لاپلاس) در ضمیمه انتهای کتاب نیز روشهای تجزیه به کسرهای متوالی آورده شده است.

روند مطالعه تحلیل فوریه در این دو فصل مشخصه اصلی نوشتار این کتاب است. مخصوصاً، در فصل ۵ از بینش بدست آمده در فصل ۴ برای حالت زمان پیوسته استفاده کردیم و به تدریج که به انتهای فصل ۵ می‌رسیم به دوگانگی بین نمایش فوریه زمان پیوسته و زمان گسسته تاکید کردیم. علاوه بر این، طبیعت خاص هر حوزه را با بیان تفاوت‌های بین دو تحلیل فوریه زمان پیوسته و زمان گسسته بارزتر نمودیم.

آنهايي که با ویرایش اول آشنا هستند اظهار داشتند که حجم و اندازه فصل‌های ۴ و ۵ در ویرایش دوم بطور قابل توجهی کوچکتر از فصول مشابه در ویرایش اول است. دلیل آن نه فقط برای اینست که سری فوریه را در فصل جداگانه‌ای بیان کردیم بلکه چند مبحث را نیز به فصل ۶ آوردیم. در نتیجه، چند مزیت برای ما حاصل شد. اول اینکه موضوعات در سه فصل کوچکتر شامل مفاهیم اصلی و نتایج تحلیل فوریه و معرفی مفهوم فیلتر فرکانس‌گزين به دانشجو کمک می‌کند تا درک خود را از این موضوعات سازماندهی کند و از این بینش برای تحلیل حوزه فرکانس و کاربردهای آن استفاده نماید. دوم اینکه با اصول بیان شده در فصول ۳ تا ۵ می‌توان به جزئیات بیشتری درباره کاربردهای مهم دست پیدا کرد. در فصل ۶ نگاهی عمیق تر به مشخصه‌های حوزه زمان و حوزه فرکانس سیستمهای LTI داریم. مثلاً نمودارهای بد اندازه و فاز برای پاسخ فرکانسی را معرفی

فوریه سیگنالهای متناوب زمان پیوسته و زمان گسسته است. بنابراین نه فقط خواص بی‌شمار نمایش فوریه را بدون نیاز به روابط ریاضی تبدیل فوریه سیگنال‌های نامتناوب بیان می‌کنیم بلکه می‌توان کاربرد آن را برای فیلتر کردن در همان ابتدا نشان داد. مخصوصاً از آنجا که توابع نمایی مختلط توابع ویژه سیستمهای LTI هستند، می‌توان از پاسخ فرکانسی سیستم LTI برای مفهوم فیلتر فرکانس‌گزين، معرفی فیلترهای ایده‌آل و بیان چند مثال در باره فیلترهای غیر ایده‌آل توصیف شده با معادلات تفاضلی یا دیفرانسیلی استفاده کرد. بنابراین با حداقل روابط ریاضی دانشجو می‌تواند درک عمیقی از نمایش فوریه و کاربردهای آن داشته باشد.

در فصل ۴ و ۵ بر اساس مطالب فصل ۳ ابتدا تبدیل فوریه زمان پیوسته را در فصل ۴ و به شکل مشابه تبدیل فوریه زمان گسسته را در فصل ۵ بدست می‌آوریم. در هر دو فصل تبدیل فوریه سیگنال نامتناوب را به صورت حد سری فوریه سیگنالی با دوره تناوب خیلی بزرگ نتیجه می‌گیریم. این راهکار ارتباط نزدیک بین سری فوریه و تبدیل فوریه را نشان می‌دهد که آن را در قسمتهای بعدی به دست خواهیم آورد و این امکان را به ما می‌دهد که از روابط سری فوریه در فصل ۳ برای یافتن روابط تبدیل فوریه استفاده کنیم. در هر دو فصل بحثی درباره خواص خیلی مهم تبدیل فوریه با تاکید بر خواص کانولوشن و ضرب خواهیم داشت. به خصوص خاصیت کانولوشن که نگاهی دیگر در فیلتر فرکانس‌گزين به ما می‌دهد ولی خاصیت ضرب نقطه شروعی برای موضوعات نمونه برداری و مدولاسیون است که در فصل بعدی مطرح می‌شود. سرانجام، در قسمت‌های آخر فصل‌های ۴ و ۵ روش‌های تبدیل را برای تعیین پاسخ فرکانسی سیستم‌های LTI