

تحليل سریهای زمانی: پیش‌بینی و کنترل

جورج ای. پی. باکس
گریلیس ام. جینگز
گرگوری سی. وینسال

ترجمه محمد رضا مشکانی



مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

یازده	بیشگفتار مترجم
۱	۱ آشنایی
۲	۱.۱ پنج مسئله عملی مهم
۸	۲.۱ مدل‌های ریاضی پویای تصادفی و قطعی
۱۸	۳.۱ اندیشه‌های اساسی در مدل‌سازی
۲۱	باب اول مدل‌های تصادفی و پیش‌بینی‌های آنها
۲۳	۲ تابع خودهمبستگی و طیف فرایندهای تصادفی مانا
۲۳	۱.۲ خواص خودهمبستگی مدل‌های مانا
۳۹	۲.۲ خواص طیفی مدل‌های مانا
۵۱	۳ مدل‌های مانای خطی
۵۱	۱.۳ فرایند خطی کلی
۶۰	۲.۳ فرایندهای اتورگرسیو
۷۸	۳.۳ فرایندهای میانگین متحرک
۸۶	۴.۳ فرایندهای اتورگرسیو-میانگین متحرک آمیخته

- ۴ مدل‌های نامانای خطی
- ۱۰۱ ۱.۴ فرایندهای میانگین متحرک جمع‌بسته اتورگرسیو
- ۱۱۲ ۲.۴ سه صورت صریح برای مدل میانگین متحرک جمع‌بسته اتورگرسیو
- ۱۲۳ ۳.۴ فرایندهای میانگین متحرک جمع‌بسته

- ۵ پیش‌بینی
- ۱۵۱ ۱.۵ پیش‌بینی‌های با مینیمم میانگین توان دوم خطا و خواص آنها
- ۱۵۲ ۲.۵ محاسبه و روزآمدکردن پیش‌بینی‌ها
- ۱۶۱ ۳.۵ تابع پیش‌بینی و وزنه‌های پیش‌بینی
- ۱۶۸ ۴.۵ مثالهایی از تابعهای پیش‌بینی و روزآمدکردن آنها
- ۱۷۴ ۵.۵ کاربرد فرمول‌بندی مدل فضای وضعیت برای پیش‌بینی دقیق
- ۱۸۹ ۶.۵ خلاصه
- ۱۹۷

۲۱۵ باب دوم ساختن مدل تصادفی

- ۶ شناسایی مدل
- ۲۱۷ ۱.۶ هدفهای شناسایی
- ۲۱۷ ۲.۶ فنون شناسایی
- ۲۱۸ ۳.۶ برآوردهای آغازین پارامترها
- ۲۳۷ ۴.۶ چندگانگی مدل
- ۲۴۷

- ۷ برآورد مدل
- ۲۵۹ ۱.۷ بررسی تابعهای درستنمایی و مجموع توانهای دوم
- ۲۶۰ ۲.۷ برآورد خطی
- ۲۸۶ ۳.۷ برخی نتایج برآوردی برای مدل‌های خاص
- ۳۰۰ ۴.۷ تابع درستنمایی بر پایه مدل فضای وضعیت
- ۳۰۹

۳۱۵	۵.۷ ریشه‌های واحد در مدل‌های ARIMA
۳۲۳	۶.۷ برآورد با استفاده از قضیه بیز
۳۷۳	۸ بازرسی تشخیص مدل
۳۷۳	۱.۸ بازرسی مدل تصادفی
۳۷۶	۲.۸ بازرسی‌های تشخیصی به کار رفته در مانده‌ها
۳۹۳	۳.۸ استفاده از مانده‌ها برای اصلاح مدل
۳۹۷	۹ مدل‌های فصلی
۳۹۷	۱.۹ مدل‌های ممسک برای سری‌های زمانی فصلی
۴۰۴	۲.۹ نمایش داده‌های خط هوایی با مدل ضربی مرتبه $(1,1)_1 \times (1,1)_2$
۴۲۳	۳.۹ برخی جنبه‌های مدل‌های ARIMA فصلی کلتر
۴۳۲	۴.۹ مدل‌های با مؤلفه ساختاری و مؤلفه‌های فصلی قطعی
۴۴۸	۵.۹ مدل‌های رگرسیونی با جمله‌های خطای سری زمانی
۴۶۳	۱۰ مدل‌های ناخطی و خوش حافظه
۴۶۴	۱.۱۰ مدل‌های واریانس ناهمگن شرطی اتورگرسیون (ARCH)
۴۷۲	۲.۱۰ مدل‌های سری زمانی ناخطی
۴۸۱	۳.۱۰ فرایندهای سری زمانی خوش حافظه
۴۹۱	باب سوم ساختن مدل تابع انتقال و مدل چندمتغیره
۴۹۳	۱۱ مدل‌های تابع انتقال
۴۹۳	۱.۱۱ مدل‌های تابع انتقال خطی
۵۰۲	۲.۱۱ مدل‌های بویای گسسته نمایش داده‌شده با معادله‌های تفاضلی
۵۱۴	۳.۱۱ رابطه بین مدل‌های گسسته و پیوسته

- ۱۲ شناسایی، برازش، و بازرسی مدل‌های تابع انتقال
- ۵۳۱
- ۱.۱۲ تابع همبستگی متقابل
- ۵۳۲
- ۲.۱۲ شناسایی مدل‌های تابع انتقال
- ۵۳۹
- ۳.۱۲ برازش و بازرسی مدل‌های تابع انتقال
- ۵۵۲
- ۴.۱۲ چند مثال از برازش و بازرسی مدل‌های تابع انتقال
- ۵۶۲
- ۵.۱۲ پیش‌بینی با مدل‌های تابع انتقال با استفاده از نشانگرهای مقدم
- ۵۶۹
- ۶.۱۲ برخی جنبه‌های طراحی آزمایش برای برآورد تابعهای انتقال
- ۵۸۱
- ۱۳ مدل‌های تحلیل مداخله‌ای و کشف دورافتادگان
- ۵۹۱
- ۱.۱۳ روشهای تحلیل مداخله‌ای
- ۵۹۱
- ۲.۱۳ تحلیل دورافتادگی برای سریهای زمانی
- ۵۹۹
- ۳.۱۳ برآورد برای مدل‌های ARMA با مقدارهای گمشده
- ۶۰۷
- ۱۴ تحلیل سریهای زمانی چندمتغیره
- ۶۱۷
- ۱.۱۴ سریهای زمانی چندمتغیره مانا
- ۶۱۸
- ۲.۱۴ نمایشهای مدل خطی برای فرایندهای چندمتغیره مانا
- ۶۲۳
- ۳.۱۴ مدل‌های اتورگرسیون-میانگین متحرک برداری نامانا
- ۶۴۰
- ۴.۱۴ پیش‌بینی برای فرایندهای اتورگرسیون-میانگین متحرک برداری
- ۶۴۴
- ۵.۱۴ صورت فضای وضعیت مدل ARMA ی برداری
- ۶۴۶
- ۶.۱۴ تحلیل آماری مدل‌های ARMA ی برداری
- ۶۴۹
- ۷.۱۴ مثال مدل‌بندی ARMA ی برداری
- ۶۶۰
- باب چهارم طراحی الگوهای کنترل گسسته
- ۶۶۹
- ۱۵ جنبه‌هایی از کنترل فرایند
- ۶۷۱
- ۱.۱۵ نظارت بر فرایند و تعدیل فرایند
- ۶۷۲

- ۶۷۷ ۲.۱۵ تعدیل فرایند با استفاده از کنترل پسخور
- ۶۹۴ ۳.۱۵ تعدیل بیش از اندازه که گاهی به وسیله کنترل MMSE لازم می شود
- ۶۹۷ ۴.۱۵ کنترل مینیمم هزینه با هزینه های ثابت تعدیل و نظارت
- ۷۰۴ ۵.۱۵ کنترل پیشخور
- ۷۱۷ ۶.۱۵ نظارت بر مقدار پارامترهای پیش بینی و الگوهای تعدیل پسخور

۷۳۵ باب پنجم نمودارها و جدولها

۷۶۱ مرجعها

۷۷۷ باب ششم تمرینها و مسئلهها

۸۰۷ واژه نامه انگلیسی-فارسی

۸۱۹ واژه نامه فارسی-انگلیسی

۸۳۱ فهرست راهنما

پیشگفتار مترجم

ارتباط مترجم با کتاب تحلیل سریهای زمانی: پیش‌بینی و کنترل از سابقه‌ای طولانی برخوردار است. وی زمانی که دانشجوی کارشناسی ارشد آمار در مؤسسه آموزش عالی آمار بود به پیشنهاد مرحوم ایرج دیلفانیان با ویراست نخست این کتاب آشنا شد و به عنوان پایان‌نامه کارشناسی ارشد آمار به ترجمه چند فصل از آن و کاربرست روشهای آن در پیش‌بینی مصرف نفت استان اصفهان پرداخت.

در دوره دکتری آمار، این کتاب مرجع درس سریهای زمانی مترجم بود. مطالعه دقیق ویراست دوم آن به عنوان کتاب درسی باعث علاقه بیشتری به برگرداندن آن به زبان فارسی شد. ترجمه کامل ویراست دوم در انتشارات دانشگاه شهید بهشتی در دو جلد منتشر شد. سالهای متعددی کتاب مذکور منبع درسی دانشجویان دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری بود. در این ضمن، کاربرستهای متعدد روشهای آن به صورت مقاله‌های علمی از سوی مترجم و دانشجویانش در مجلات مختلف پژوهشی منتشر شدند که گواهی بر سودمندی این ترجمه بودند.

در طی سالها، کتاب اصلی همگام با پیشرفتهای جدید در زمینه نظریه و کاربرد سریهای زمانی دچار دگرگونی‌هایی شد، به طوری که در ویراست چهارم آن مؤلفی دیگر به مؤلفان پیوست و با روزآمد کردن کتاب، حدود پنجاه درصد به حجم آن اضافه شد.

دیگر زمان آن رسیده بود که متن فارسی نیز با این تحولات همراه شود. از این رو ترجمه‌ای جدید از ویراست چهارم به عمل آمد و مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف نشر آن را به عهده گرفت.

در طی چهل سال ارتباط با این کتاب، همواره از تدریس و کاربرست روشهای ارائه شده در آن لذت برده‌ام. کتابهای برشماری تحت عنوان سریهای زمانی به زبان انگلیسی منتشر شده‌اند. اما هیچ‌یک نتوانستند رقیبی جدی برای این کتاب باشند. دلیل این امر تسلط کامل نویسندگان آن جورج باکس و گویلیم جنکینز (و در ویراست اخیر گرگوری رینسال) به موضوع و درک و لمس آن از راه ابداع روشها

توسط آنان بود. بسیاری از روشها حاصل پژوهشهای دو نویسندهٔ اول در مؤسسات صنعتی بریتانیا بودند. همین امر کتاب را تجسمی از «سخن کز دل برآید لاجرم بر دل نشیند» کرده بود. متأسفانه چنکیز سالها قبل بر اثر بیماری طولانی درگذشت، رینسال در جوانی بر اثر تصادف مرد، و جورج باکس در سال ۲۰۱۳ به مرگ طبیعی فوت کرد. مترجم مایل است ترجمهٔ خود را به روح این دانشمندان نثار کند. تولید این کتاب مرهون زحمات افراد بسیاری است و مترجم وظیفهٔ خود می‌داند که در اینجا سپاس صمیمانهٔ خود از آنان را ثبت کند. دانشجوی فداکار و مهربانم آقای دکتر امیر کاوسی در غیاب من همهٔ مشکلات پیش روی چاپ یک اثر را با خوشرویی و کمال صمیمیت به عهده گرفتند. از زحمات ایشان صمیمانه سپاسگزارم. مؤسسهٔ انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف تحت مدیریت آقای مهندس روحانی قدر کتابهای علمی خوب را می‌شناسد و با دقت و وسواس به نشر آنها می‌پردازد. از ایشان نیز کمال سپاس را دارم. کارکنان مؤسسه از جمله سرکار خانم سعادت، و نیز سرکار خانم ظاهریان که زحمت حروفچینی و صفحه‌آرایی متن کتاب با فرمولهای بسیار پیچیدهٔ آن را با رویی باز و در کمال همکاری انجام دادند، صمیمانه سپاسگزارم. سرکار خانم دلآوری در مقابلهٔ متن و نمونه‌خوانی دقتی بی‌نظیر داشتند که کار ایشان نیز در خور سپاس فراوان است.

در پایان از همهٔ خوانندگانی که این اثر را مطالعه خواهند کرد تقاضا دارم در صورتی که به نارساییایی برخوردند، مترجم را از طریق مؤسسهٔ انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف آگاه سازند تا در ویراستهای بعدی برای رفع آنها اقدام گردد. پیشاپیش از زحمتی که قبول می‌کنند، سپاسگزارم.

محمدرضا مشکانی

تهران، بهار ۹۳