



دانشگاه تهران

مشخصات کلی، برنامه درسی و سرفصل دروس

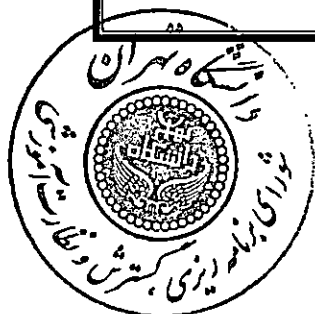
دوره : کارشناسی ارشد

رشته : هواشناسی

موسسه ژئوفیزیک

مصوب جلسه مورخ ۹۶/۴/۲۵ شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه

این برنامه بر اساس آیین نامه وزارتی تفویض اختیارات برنامه ریزی درسی به دانشگاههای دارای هیات ممیزه توسط اعضای هیات علمی گروه فیزیک فضا موسسه ژئوفیزیک بازنگری شده و در سیصد و بیست و ششمین جلسه شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه مورخ ۹۶/۴/۲۵ به تصویب رسیده است.



مصوبه شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه تهران در خصوص برنامه درسی

رشته: هوشناسی

مقطع: کارشناسی ارشد

برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته هوشناسی که توسط اعضای هیات علمی گروه فیزیک فضا موسسه ژئوفیزیک بازنگري شده است با اکثریت آراء به تصویب رسید.

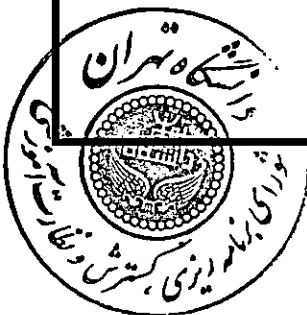
- این برنامه از تاریخ تصویب لازم الاجرا است.
- برنامه درسی بازنگري شده دوره کارشناسی ارشد هوشناسی از تاریخ ۹۶/۴/۲۵ جایگزین برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته هوشناسی مصوب جلسه مورخ ۹۰/۳/۱۱ شورای برنامه ریزی آموزشی دانشگاه می شود.
- هر نوع تغییر در برنامه مجاز نیست مگر آنکه به تصویب شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه برسد.

فرزانه شمیرانی
دبیر شورای برنامه ریزی آموزشی دانشگاه

سید حسین حسینی
معاون آموزشی دانشگاه

رای صادره جلسه مورخ ۹۶/۴/۲۵ شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه در مورد بازنگري برنامه درسی رشته هوشناسی در مقطع کارشناسی ارشد صحیح است، به واحد ذیربط ابلاغ شود.

محمود نیلی احمد آباهی
رئیس دانشگاه تهران



مشخصات کلی برنامه درسی رشته هواشناسی در مقطع کارشناسی ارشد

Master of Science program in Meteorology

تاریخچه علم هواشناسی با مشاهدات و اندازه گیریهای جوّی در قرن نوزدهم آغاز شده و در طی قرن بیستم از جنبه نظری و عملی تحول بسیار وسیعی یافته است. بسیاری از شاخه های علوم پایه و مهندسی از قبیل فیزیک، شیمی، ریاضی و کامپیوتر، مهندسی الکترونیک و غیره نقش عمده در این پیشرفت داشته و اساس علم هواشناسی را تشکیل می دهند. در حال حاضر ماهیت بین رشته ای علوم جوّی ایجاد می کند که دانشجویان بتوانند در زمینه های مختلف، دانش لازم را کسب کنند.

هواشناسی شاخه ای از علوم پایه است که نه تنها به دلیل کاربردهای فراوانی که دارد سودمند است، بلکه حقایق بسیاری از جوّ زمین و فضای پیرامون آنرا روشن می سازد. کمتر زمینه ای از فعالیت های بشری را می توان یافت که متاثر از جوّ زمین نباشد. شناخت کامل پدیده های جوّی که از طریق دانش هواشناسی میسر خواهد شد حکایت بر تاثیر مستقیم وضع هوا بر اقلیم، محیط زیست و همه فعالیت های عمرانی، توسعه ای کشاورزی، صنعتی، آب، حمل و نقل، امور دفاعی و غیره دارد. از اینرو و همچنین برای نیل به اهداف زیر، توجه به گسترش تحصیلات تکمیلی هواشناسی ضرورت دارد.

- تربیت نیروی انسانی متخصص مورد نیاز مراکز آموزشی، پژوهشی و اجرایی کشور

- رشد و توسعه توان علمی پژوهی پژوهشی کشور

- کمک به حل مسائل علوم جوّی مورد نیاز طرح های توسعه و عمران

در حال حاضر آموزشهای پائین تر از سطح کارشناسی هواشناسی در مرکز آموزش عالی هواشناسی سازمان هواشناسی کشور صورت می گیرد. دوره کارشناسی هواشناسی بصورت مستقل وجود ندارد لیکن در چارچوب برنامه مصوب شورای عالی برنامه ریزی بصورت یکی از گرایشهای فیزیک در گروه ها و دانشکده های فیزیک قابل ارائه است.

مجموعه حاضر برنامه کارشناسی ارشد هواشناسی است که حاصل بازنگری برنامه قبلی بوده که توسط کمیته تخصصی هواشناسی گروه فیزیک فضا مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران به انجام رسیده است.

۱- تعریف رشته

علم مطالعه پدیده های جوّی را هواشناسی گویند که نه تنها فیزیک، شیمی و دینامیک جوّ را در بر می گیرد بلکه اثرات مستقیم جوّ بر روی سطح زمین، اقیانوسها و محیط زیست به مفهوم کلی را نیز شامل می شود.

۲- هدف رشته

دوره کارشناسی ارشد هواشناسی برنامه آموزشی، پژوهشی است که از دروس نظری، کاربردی، آزمایشگاهی و پژوهشی در زمینه های مختلف هواشناسی تشکیل شده است. هدف برنامه کارشناسی ارشد هواشناسی رشد



علمی و فراهم آوردن امکان کاربرد آن در زمینه‌های مختلف است. بر اساس این برنامه فارغ التحصیلان این رشته قادر خواهند بود مهارت‌های علمی و عملی لازم را بگونه‌ای کسب نمایند که علاوه بر آمادگی برای تحصیلات عالیه فراتر بخوبی بتوانند با استفاده از تجارب و مطالعات موجود در این زمینه برای حل مسائل مختلف فیزیک جو و هواشناسی به پژوهش‌های نظری و کاربردی در زمینه‌های مختلف علوم هواشناسی بپردازند. از جمله کاربردهای مهم هواشناسی می‌توان به پیش‌بینی وضع هوا و اقلیم، هواشناسی آب‌شناسی، دریایی و کشاورزی، آلودگی هوا و محیط زیست اشاره کرد.

۳- ضرورت و اهمیت رشته

با توجه به وسعت کشور و تنوع آب و هوایی آن و به منظور کمک به حرکت در راستای نیل به استقلال اقتصادی و خودکفایی کشور و نقشی که این علم در مسائل گسترشی دارد و همچنین نیاز دانشگاهها و مؤسسات علمی و پژوهشی کشور، تشکیل دوره کارشناسی ارشد رشته هواشناسی ضروری می‌باشد.

۴- نقش و توانایی فارغ التحصیلان

دانش‌آموختگان دوره کارشناسی ارشد هواشناسی می‌توانند در مؤسسات آموزش عالی یا سازمانها و وزارتخانه‌های مختلف نظیر راه و ترابری، نیرو، جهاد کشاورزی، نفت، دفاع، محیط زیست و شرکت‌های خدماتی مهندسی مشاور فعالیت نموده و قادر به انجام امور زیر می‌باشند:

- همکاری در تدریس دروس هواشناسی پس از کسب تجربه لازم
- ادامه تحصیل در سطوح بالاتر
- همکاری در اجرای پژوهش‌های هواشناسی و تهیه و تدوین و ارائه مقالات علمی
- آشنایی با مدل‌های مختلف پیش‌بینی عددی وضع هوا و توان فعالیت در تهیه آنها
- تحلیل و تفسیر داده‌ها و نقشه‌های هواشناسی و تصاویر ماهواره‌ای و رادارهای هواشناسی
- سرپرستی، نظارت و مشارکت در برنامه ریزی گروه‌های پژوهشی و عملیاتی هواشناسی و اقلیمی
- استفاده از داده‌های هواشناسی در امور هوانوردی و طرح‌های عمرانی و زیربنایی

۵- طول دوره و شکل نظام

بر اساس آئین نامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته، حداکثر مدت تحصیل در این دوره ۲/۵ سال است که مدت لازم برای گذراندن کلیه دروس، سمینار و اتمام پایان نامه را نیز دربرمی‌گیرد. در این دوره هر سال تحصیلی شامل دو نیمسال و هر نیمسال ۱۶ هفته کامل آموزشی است. نظام آموزشی این دوره واحدی است که برای هر واحد درس نظری در هر نیمسال، ۱۶ ساعت آموزش و برای هر واحد عملی ۳۲ ساعت کار عملی در نظر گرفته شده است.

۶- شرایط و ضوابط ورود به دوره

مطابق با ضوابط و مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



دلایل توجیهی مبنی بر عدم رعایت تناسب تعداد واحدهای تخصصی و اختیاری

برنامه دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته هواشناسی دارای ماهیت چند رشته‌ای (multidisciplinary) هستند و در آن سعی شده که تقریباً همه جنبه‌های علوم جوی پوشش داده شود. بنابراین با توجه به محدودیت تعداد واحد و اینکه این دوره ها عمدتاً دارای دوره‌های کارشناسی نیستند، سعی شده است یک سری دروس کمبود از دوره کارشناسی برای داوطلبانی که دارای زمینه فیزیک و ریاضی نیستند به عنوان دروس جبرانی (که توسط دانشکده های فیزیک و ریاضی ارائه می شوند) ارائه و دروس اختصاصی عمدتاً مواد درسی این دوره ها را در بر بگیرد. در نتیجه در بخش دروس اختیاری تنها یک درس سه واحدی، با توجه به علاقه دانشجو و زمینه انجام پایان نامه او، از مجموع چندین درس این جدول، توسط دانشجو انتخاب میشود.

همینطور علامت‌گذاری در قسمت‌های مختلف از جدول ارزیابی در برنامه بازنگری شده رشته هواشناسی در مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته، با هدف توضیح نحوه ارزیابی انجام شده است. برای هر مدرس با تجربه دانشگاهی روشن است که تعیین درصد‌های ثابت برای هر قسمت از ارزیابی، مثلاً برای امتحان میان ترم، مشکلات فراوانی را در عمل ایجاد می‌کند. در همین مثال امتحان میان ترم، مدرس باید آزادی عمل برای تصمیم‌گیری در مورد وزن آن در ارزیابی نهایی بر مبنای نتایج تمامی دانشجویان داشته باشد. بنابراین به هیچ وجه قراردادن درصد‌های ثابت برای هر قسمت از ارزیابی صلاح نیست، چرا که مانع از حداقل انعطاف‌پذیری لازم برای اجرای برنامه درسی خواهد شد.

۷- واحدهای درسی

مشخصات واحدهای درسی دوره کارشناسی ارشد هواشناسی بشرح زیر است:

- ۱-۷- تعداد کل واحدها برای فراغت از تحصیل با احتساب سمینار و پایان نامه، ۳۲ واحد است.
- ۲-۷- دروس کمبود از دروس مقطع کارشناسی رشته فیزیک شامل ۱۵ واحد و به شرح جدول شماره ۱ است. و دانشجو ملزم به گذراندن حداکثر ۱۲ واحد می باشد.
- ۳-۷- دروس اصلی ۲۳ واحد و بشرح جدول شماره ۲ است. گذراندن ۲ واحد سمینار الزامی است. تا سقف ۲۵ درصد از نمره نهایی این درس مربوط به حضور فعال دانشجو در کلیه سمینارها و پایان نامه هایی است که در طول دوران تحصیل دانشجو توسط گروه اجرا کننده این برنامه، تشکیل می شود.
- ۴-۷- درس اختیاری شامل یک درس ۳ واحدی است. دانشجویان این رشته می توانند درس اختیاری خود را از جدول شماره ۳ با موافقت کمیته تحصیلات تکمیلی گروه اجرا کننده برنامه انتخاب نمایند.
- ۵-۷- گذراندن شش واحد پایان نامه الزامی است.



فصل دوم

جداول دروس

جدول شماره ۱: جدول دروس کمبود

رشته هوشناسی

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته

ردیف	نام درس	تعداد واحد			ساعت			پیشنیاز	همنیاز
		نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	جمع		
۱	معادلات دیفرانسیلی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	—	—
۲	مکانیک تحلیلی ۱	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	—	—
۳	ترمودینامیک	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	—	—
۴	ریاضی فیزیک ۱	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	—	—
۵	مبانی هوشناسی عمومی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	—	—
	جمع کل	۱۵	-	۱۵	۲۴۰	-	۲۴۰	—	—

دانشجو حداکثر تا ۱۲ واحد می تواند، اخذ نماید.



جدول شماره ۲: جدول دروس تخصصی

رشته هواشناسی

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته

ردیف	نام درس	تعداد واحد			ساعت			پیشنیاز	همنیاز
		نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	جمع		
۱	دینامیک شماره های ژئوفیزیکی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	—	—
۲	دینامیک جو	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	دینامیک شماره های ژئوفیزیکی	—
۳	هواشناسی همدیدی	۲	۱	۳	۳۲	۳۲	۶۴	فیزیک جو	دینامیک جو
۴	فیزیک جو	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	—	—
۵	مدلسازی عددی جو و اقیانوس I	۲	۱	۳	۳۲	۳۲	۶۴	—	—
۶	مدلسازی عددی جو و اقیانوس II	۲	۱	۳	۳۲	۳۲	۶۴	مدلسازی عددی جو و اقیانوس I	دینامیک جو
۷	اقلیم شناسی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	—	فیزیک جو
۸	سمینار	۲	-	۲	۳۲	-	۳۲	—	—
	جمع کل	۲۰	۳	۲۳	۴۱۶	۹۶	۳۲۰	—	—



جدول شماره ۳ : جدول دروس اختیاری

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته

رشته هوشناسی

ردیف	نام درس	تعداد واحد			ساعت			همنیاز
		نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	جمع	
۱	سنجش از راه دور در هوشناسی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک جوّ
۲	هوشناسی آشناسی (هیدرومتورولوژی)	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	اقلیم شناسی
۳	سریهای زمانی و تحلیل طیفی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۴	اقیانوس شناسی فیزیکی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	دینامیک شاره های ژئوفیزیکی
۵	هوشناسی حاره ای	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	هوشناسی همیدی دینامیک جوّ
۶	هوشناسی خردمقیاس	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	دینامیک شاره های ژئوفیزیکی دینامیک جوّ
۷	فیزیک ابر و تابش	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک جوّ
۸	مدلسازی اقلیم	۲	۱	۳	۳۲	۳۲	۶۴	اقلیم شناسی
۹	مبانی فیزیک فضا	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۱۰	الکتروسیته جوّ	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک جوّ
۱۱	مبانی هوشناسی میانمقیاس	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	دینامیک شاره های ژئوفیزیکی دینامیک جوّ
۱۲	داده کاوی در هوشناسی	۲	۱	۳	۳۲	۳۲	۶۴	-
۱۳	امواج در جوّ و اقیانوس	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۱۴	هواویزهای جوّی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک جوّ
۱۵	شیمی جوّ	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک جوّ
۱۶	نورشناخت جوّ	۲	۱	۳	۳۲	۳۲	۶۴	اقلیم شناسی فیزیک جوّ
۱۷	روش های آماری در هوشناسی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	اقلیم شناسی
۱۸	فیلترهای دیجیتال و کاربردهای آن در هوشناسی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
جمع کل		۵۱	۳	۵۴	۸۱۶	۹۶	۹۱۲	-

اخذ یک درس (۳ واحد) از این جدول توسط دانشجو الزامی است.



فصل سوم

سرفصل دروس



عنوان درس به فارسی: دینامیک شاره های ژئوفیزیکی
عنوان درس به انگلیسی: (Geophysical Fluid Dynamics)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش نیاز: -

همینا: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ○ ندارد ● سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ● سمینار ●
اهداف کلی درس: آشنایی با معادلات بنیادین و کاربرد آن‌ها به درک برخی شارش‌های جوی

سرفصل درس: ۴۸ ساعت نظری

فصل اول - مقدمه

معرفی و اهمیت دینامیک شاره ها، برخی خواص شاره های ژئوفیزیکی، فرضیه پیوستگی در شاره ها، تحلیل مقیاس، نیروهای سطحی، جسمی و ظاهری در شاره ها، اثرات چرخش و چینه بندی چگالی، ساختار قائم جو.

فصل دوم - قوانین پایستاریابی

تحلیل حرکت شاره ها (روش اویلری و روش لاگرانژی)، مشتق تام، معادلات تکانه، پیوستگی، تحلیل مقیاس معادلات حاکم بر حرکت، تقریب هیدرواستاتیک، معادلات حاکم بر حرکت در دستگاه مختصات کروی، معادله انرژی (ترمودینامیکی)، معرفی معادلات آب کم عمق.

فصل سوم - کاربردهای معادلات پایه

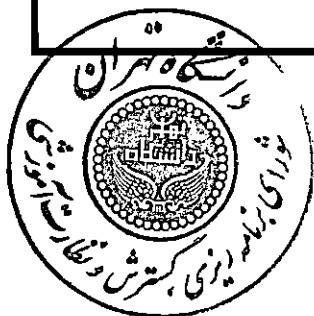
معادلات در مختصات فشار و طبیعی، شارش متوازن، فرض زمین گرد، خط مسیر و خط جریان، باد گرمایی، جو فشارورود و کژفشار، حرکات قائم در جو.

فصل چهارم - دینامیک تاوایی

مفهوم گردش و تاوایی، گردش، معادله گردش در شاره چرخان، نقش اثرات کژ فشاری، وشکسانی در ایجاد گردش، قضیه کلوین، معادله تاوایی، تفسیر جمله های تاوایی، تاوایی پتانسیلی راسبی (ارتل).

فصل پنجم - لایه مرزی سیاره ای

تلاطم (سه و دو بعدی)، انرژی جنبشی تلاطمی، معادلات تکانه در لایه مرزی، معادلات میانگین گیری شده حرکت تلاطمی، لایه اکمن، لایه سطحی، جریان ثانوی و فرایند Spin-down



روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	✓ آزمون های نوشتاری:	✓	✓
	عملکردی: -		

فهرست منابع:

1. Holton, J., 2004: *An introduction to dynamic meteorology*, Elsevier, Accademic press, 535pp.
2. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: *An Introduction to Dynamic Meteorology*. Academic Press, 532 pp.
3. Pedlosky, J., 1987: *Geophysical Fluid Dynamics*. Springer, 631pp.
4. Gill, A.E., 1982: *Atmospheric-Ocean Dynamics*. Academic Press, 662 pp.
5. Salmon, R., 1998: *Lectures on Geophysical Fluid Dynamics*. Oxford University press, 378 pp.
6. Cushman-Roisin B. and Beckers J., 2010: *Introduction to Geophysical Fluid Dynamics*. Academic press, 771 pp.
7. Kundu, P. K., Cohen I. M., 2002: *Fluid Mechanics*. Academic press, 730 pp.
8. McWilliams, J. C. 2006: *Fundamentals of Geophysical Fluid Dynamics*. Cambridge University Press, 266 pp.
9. Vallis G. K., 2006: *Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics*. Cambridge University Press, 770 pp.

فهرست مطالعات:

1. Holton, J. R., 2004: *An Introduction to Dynamic Meteorology*. Academic Press, Ch. 1-5.
2. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: *An Introduction to Dynamic Meteorology*. Academic Press, Ch. 1-5.
3. Gill, A., 1982: *Atmosphere-Ocean Dynamics*. Academic Press, Ch. 4, 6.



عنوان درس به فارسی: دینامیک جو

عنوان درس به انگلیسی: (Atmospheric Dynamics)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: دینامیک شاره های ژئوفیزیکی

همین‌یا: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ● ندارد ● سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ○

اهداف کلی درس: آشنایی با حرکت‌ها و گردش‌های جو و پایداری یا ناپایداری آن‌ها.

سرفصل درس: ۴۸ ساعت نظری

فصل اول - حرکت‌های مقیاس همدیدی

ساختار مشاهداتی گردش‌های برون‌حاره‌ای، نظریه شبه‌زمینگرد، معادلات شبه‌زمینگرد تکانه، تاوایی، گرایش ارتفاع ژئوپتانسیلی، تاوایی پتانسیلی و سرعت قائم؛ گردش زمینگرد، مدل ایده‌آلی یک آشفتگی کژ فشار.

فصل دوم - نوسانات و امواج جو

روش پریشیدگی، انواع موج ساده (امواج صوتی و گرانی آب کم‌عمق)، امواج گرانی درونی، امواج لختی خالص، امواج گرانی-لختی، تنظیم به توازن زمینگرد، امواج کوهستان، امواج راسبی، امواج راسبی فشارورد آزاد، امواج راسبی واداشته زمینگان.

فصل سوم - ناپایداری‌های دینامیکی

ناپایداری هیدرودینامیکی، ناپایداری کژفشار در مدل دو لایه‌ای فیلیپس، معادلات انرژی در مدل دو لایه‌ای، ناپایداری کژفشار در جو با چینه‌بندی پیوسته، قضیه ریلی در ناپایداری کژفشار، مدل ایدی و مدل چارنی، ناپایداری فشارورد.

فصل چهارم - دینامیک جو میانی

ساختار و گردش جو میانی، گردش میانگین مداری جو میانی، انتشار قائم امواج سیاره‌ای، گرمایش‌های ناگهانی پوشش سپهری، امواج در پوشش سپهر استوایی، نوسان شبه دوسالانه، انتقال ردیاب‌های جو.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
-	✓	آزمون‌های نوشتاری: ✓ عملکردی: -	-



فهرست منابع:

1. Holton, J.R., 2004: *An Introduction to Dynamic Meteorology*. Academic Press, 535 pp.
2. Holton, J.R., and G. J. Hakim, 2013: *An Introduction to Dynamic Meteorology*. Academic Press, 532 pp.
3. Pedlosky, J., 1987: *Geophysical Fluid Dynamics*. Springer Verlag, New York, 624 pp.
4. Gill, A., 1982: *Atmosphere-Ocean Dynamics*. Academic Press, 662 pp.
5. Andrews, D.G., J.R. Holton, and C.B. Leovy, 1987: *Middle Atmosphere Dynamics*. Academic Press, 489 pp.
6. Hoskins, B. J., and I. N. James, 2014: *Fluid Dynamics of the MidLatitude Atmosphere*. John Willey & Sons, Ltd, 408pp.
7. Vallis, G. K., 2006: *Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics: Fundamentals and Large-Scale Circulation*. Cambridge University Press, 737pp.
8. Zdunkowski, W., and A. Bott, 2003: *Dynamics of the Atmosphere*. Cambridge University Press, 742pp.

فهرست مطالعات:

4. Holton, J. R., 2004: *An Introduction to Dynamic Meteorology*. Academic Press, Ch. 6, 7, 8, 12.
5. Gill, A., 1982: *Atmosphere-Ocean Dynamics*. Academic Press, Ch. 6, 7, 8, 12.
6. Andrews, D.G., J.R. Holton, and C.B. Leovy, 1987: *Middle Atmosphere Dynamics*. Academic Press, Ch. 4, 5, 6, 7, 8.
7. Hoskins, B. J., and I. N. James, 2014: *Fluid Dynamics of the MidLatitude Atmosphere*. John Willey & Sons, Ltd, Ch. 12, 14, 16, 17, 18.



عنوان درس به فارسی: هواشناسی همدیدی
عنوان درس به انگلیسی: (Synoptic Meteorology)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: ۲ واحد نظری و ۱ واحد عملی

نوع درس: تخصصی

تعداد ساعت: ۶۴ ساعت

پیش نیاز: فیزیک جو

همنیاز: دینامیک جو

آموزش تکمیلی عملی: دارد • ندارد O سفر علمی • کارگاه O آزمایشگاه • سمینار O

اهداف کلی درس: آشنایی با تحلیل نقشه‌های همدیدی بر مبنای اصول فیزیکی-دینامیکی و روش‌های پیش بینی وضع هوا بر اساس مدل‌های جهانی

سرفصل درس: ۳۲ ساعت نظری و ۳۲ ساعت عملی

نظری:

فصل اول - مقدمه‌ای بر تحلیل همدیدی و داده‌های هواشناسی

تعریف هواشناسی همدیدی، مقیاس‌های حرکت (با ذکر مثال‌هایی از پدیده‌های هواشناسی)؛ دیده‌بانی متغیرهای هواشناسی شامل: زمان اندازه‌گیری، اندازه‌گیری فشار، ارتفاع، دما، رطوبت و میدان باد؛ تجسم داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و مشاهدات جوی (سطح زمین، سطوح فوقانی، ماهواره‌ای و رادار)، روش‌های تصویر برداری و سیستم‌های مختصات، انواع نقشه‌های وضع هوا، کدهای هواشناسی (سینوپ، متار و تافور).

فصل دوم - متغیرهای حرکت‌شناسی هواشناسی

میدان‌های هواشناسی اسکالر، فرارفت، مروری بر دینامیک و ترمو دینامیک جو، حرکت‌شناسی میدان باد: واگرایی، همگرایی، تاوایی، تغییر شکل کششی و چینشی، مسیرهای حرکت و خطوط جریان

فصل سوم - توده‌های هوا، جبهه‌ها، جریان جتی و چرخندها

ساختار، طبقه‌بندی، حرکت و دگرگونی توده‌های هوا در مسیر حرکت؛ تعریف جبهه‌های جوی، انواع جبهه‌ها (سرد، گرم، ساکن و آکلوده) و ساختار افقی و قائم آنها؛ تحلیل جبهه بویژه در سطح زمین، خط تندوزه؛ جریان‌های جتی در تراز زیرین؛ رابطه بین جبهه‌ها و جریان‌های جتی؛ ساختار، تشکیل و تکامل چرخندهای همدیدی مقیاس در عرض‌های میانی، نظریه‌های چرخندزایی و توسعه همدیدی.

فصل چهارم - سامانه‌های همدیدی مقیاس عرض‌های میانی: تجزیه و تحلیل مفصل

ابرها و بارش مرتبط با سامانه‌های عرض‌های میانی؛ جریان‌های جتی و جت‌های رگه‌ای؛ انتقال حرارت، رطوبت و تکانه توسط پیچک-های عرض‌های میانی؛ بودجه تکانه زاویه‌ای. چرخه انرژی؛ چرخندزایی؛ دیدگاه شبه زمینگردی (QG)، جبهه‌زایی و جبهه‌زدایی؛ مطالعات موردی.



عملی:

کدهای سطح زمین و جوّ بالا و ترسیم آنها.
رسم پربندهای کمیت‌های جوّی سطح زمین و سطوح بالا.
روش‌های تحلیلی و عددی تعیین میدان‌های تاوایی و واگرایی.
تعیین محل جبهه‌ها و جهت حرکت سامانه‌های جوّی به‌طور عملیاتی.
پیش‌بینی جوّی وضع هوا بر اساس نقشه‌های سطح زمین و سطوح بالا و تعیین الگوهای کُفشاری و فشاروردی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	✓	✓ آزمون های نوشتاری:	✓
		✓ عملکردی:	

فهرست منابع:

1. Ahrens, C. D., 2013, *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate and Environment*, 10th ed., Boston, MA, USA: Cengage Learning, 640 pp .
2. Bluestein H. B, 1993: *Synoptic-Dynamic Meteorology in Mid-Latitudes. Vol. II, Observations and Theory of Weather systems. 594 pp, Vol. I, Principles of Kinematics and Dynamics. Oxford University Press, 431 pp.*
3. Carlson, T. N., 1994: *Mid-Latitude Weather Systems. Routledge London, 507 pp.*
4. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: *An Introduction to Dynamic Meteorology. 5th edition, Elsevier, 532 pp*
5. Lackmann Gary, 2011: *Mid-Latitude synoptic meteorology: dynamics, analysis, and forecasting, American Meteorological Society, 345 pp .*
6. Lynch, A, H., and Cassano, J. J., 2006: *Applied Atmospheric Dynamics. John Wiley & Sons, 280 pp .*
7. Williams Gabriel J., 2016, *Fundamentals of Synoptic Meteorology, 2th edition, College of Charleston, 226 pp.*

فهرست مطالعات:

1. Ahrens, C. D., 2013, *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate and Environment*, 10th ed., Boston, MA, USA: Cengage Learning, 640 pp . Chapters: 11-14.
2. Bluestein H. B, 1993: *Synoptic-Dynamic Meteorology in Mid-Latitudes. Vol. II, Observations and Theory of Weather systems. 594 pp, Vol. I, Principles of Kinematics and Dynamics. Oxford University Press, 431 pp. Chapters: 1-3 from Vol. II; Chapters: 1-5 from Vol. I.*
3. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: *An Introduction to Dynamic Meteorology. 5th edition, Elsevier, 532 pp Chapter 9.*
4. Lackmann Gary, 2011: *Mid-Latitude synoptic meteorology: dynamics, analysis, and forecasting, American Meteorological Society, 345 pp . Chapters: 1, 5-6, 9-12.*



عنوان درس به فارسی: فیزیک جو

عنوان درس به انگلیسی: (Atmospheric Physics)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: -

هم‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد \bullet ندارد \bullet سفر علمی \bullet کارگاه \bullet آزمایشگاه \bullet سمینار \bullet

اهداف کلی درس: آشنایی با ساختار و ترکیب جو زمین و انتقال تابش در جو با تاکید بر فرآیندهای ترمودینامیکی، هواویزها، ابر و بارش

سرفصل درس:

فصل اول - مقدمه

سامانه فیزیکی جو، جو استاندارد، مدل‌های جو، یک مدل تابشی ساده، مدل ساده‌ای برای اثر گلخانه‌ای، گرمایش زمین، برخی مشاهدات جو شامل میدان‌های دما و باد؛ امواج گرانی، راسبی؛ ازن.

فصل دوم - ترمودینامیک جو خشک

قانون گاز ایده‌آل، ترکیب جو، توازن آب‌ایستایی (هیدروستاتیک)، آنتروپی و دمای بالقوه (پتانسیلی)، مفهوم بسته و پایداری ایستایی، انرژی پتانسیل دسترس‌پذیر و شکل همرفتی آن (CAPE)، انرژی بازدارنده همرفت (CINE)، نقش CAPE و CINE در توسعه توفان تندری.

فصل سوم - ترمودینامیک جو نمناک

توصیف هوای نمناک، تغییرات سه‌گانه فاز، فشار بخار اشباع، میعان و آزاد شدن گرمای نهان، آهنگ کاهش دمای بی‌دررو اشباع، اثر رطوبت بر پایداری ایستایی، اثر صعود لایه بر پایداری ایستایی، نمودار $skew-T$ محاسبه آب بارش‌شو.

فصل چهارم - ابر و بارش

هواویزهای جو، رشد قطرک از طریق میعان، هسته‌زایی همگن، فرمول کلونین، هسته‌زایی ناهمگن، منحنی کوهلر، رشد قطرک از طریق برخورد، رشد ذرات یخ، فرآیند برجران.

فصل پنجم - تابش جو

مفاهیم فیزیکی پایه، تابع پلانک، ترازمندی تابشی محلی، معادله انتقال تابش، طیف‌نگاری پایه، تراگسیلابی، جذب حاصل از اجزاء جو، آهنگ گرمایش، اثر گلخانه‌ای، مدل ساده‌ای برای پراکندگی.



روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	آزمون های نوشتاری: ✓	✓	-
	عملکردی: -		

فهرست منابع:

1. Andrews, D. G., 2010: *An Introduction to Atmospheric Physics*. 2nd Ed., Cambridge University Press, 237 pp.
2. Salby, M. L., 1996: *Fundamentals of Atmospheric Physics*. Academic Press, 627 pp.
3. Salby, M. L., 2012: *Physics of the Atmosphere and Climate*. Cambridge University Press, 666 pp.
4. Houghton, J., 2002: *The Physics of Atmospheres*. Cambridge University Press, 320pp.
5. Liou, K. N., 1980: *An Introduction to Atmospheric Radiation*. Academic Press, 392 pp.
6. Fleagle, R. G., and J. A. Businger, 1980: *An Introduction to Atmospheric Physics*. Academic Press, 432 pp.
7. Rogers, R. R., and M. K. Yau, 1996: *A Short Course in Cloud Physics*. 3rd edition, Butterworth-Heinemann, 290 pp.
8. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: *An Introduction to Dynamic Meteorology*. 5th edition, Elsevier, 532 pp.

فهرست مطالعات:

1. Andrews, D. G., 2010: *An Introduction to Atmospheric Physics*. 2nd Ed., Cambridge University Press, Ch. 1-3.
2. Salby, M. L., 1996: *Fundamentals of Atmospheric Physics*. Academic Press, Ch. 6, 7, 8, Ch. 9 (9.1-9.3)
3. Salby, M. L., 2012: *Physics of the Atmospheric and Climate*. Cambridge University Press, Ch. 6, 7, 8, Ch. 9 (9.1-9.3)
4. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: *An Introduction to Dynamic Meteorology*. 5th edition, Elsevier, Ch. 2 (2.6-2.9), Ch. 9 (9.5).



عنوان درس به فارسی: مدل سازی عددی جو و اقیانوس I

عنوان درس به انگلیسی: (Numerical Modelling of the Atmosphere and Oceans I)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: ۲ واحد نظری و ۱ واحد عملی

نوع درس: تخصصی

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت نظری و ۳۲ ساعت عملی

پیش نیاز: -

هم نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ○ ندارد ● سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ○

هدف درس: آشنایی با مبانی برنامه نویسی فرترن و روش های عددی

سرفصل درس:

فصل اول- برنامه نویسی فرترن و مبانی محاسبات عددی

ثابت ها و متغیرها، چهار عمل اصلی، آرایه ها، حلقه تکرار، دستورهای کنترلی و شرطها، ورودی ها و خروجی ها، تابع و زیرروال؛ حساب عددی و خطاهای محاسباتی، نمایش اعداد، ثابت های ماشین، خطا در محاسبات علمی.

فصل دوم- دستگاه معادلات خطی

دستگاه های خطی برای ماتریس های ذخیره شده (*stored*)، الگوریتم های ستونی، اعداد شرط، فرم ها و تحلیل خطا.

فصل سوم- درونیایی

درونیایی چند جمله ای، توابع پایه لاگرانژ، دقت درونیایی چند جمله ای، محاسبه چند جمله ای ها، درونیایی خطی قطعه ای، درونیایی مکعبی قطعه ای، درونیایی مکعبی هرمیت، اسپلاین های مکعبی.

فصل چهارم- کاربرد روش های درونیایی در مدل سازی عددی جو و اقیانوس: تحلیل عینی (*objective analysis*)

توضیح مسئله، یافتن داده های شبکه ای محاسباتی بر اساس داده های نامنظم فضایی مشاهداتی (تحلیل عینی) با روش های تصحیح پیاپی، روش کرسمن و روش بارنز.

فصل پنجم- انتگرال گیری عددی

قواعد و فرم های انتگرال گیری در یک بعد، فرمول های مقدماتی شامل نقطه میانی، دوزنقه ای، سیمپسون و گوس، تغییر بازه، قواعد انتگرال گیری مرکب و برآورد خطا، انتگرال های دوگانه، روش های مونت کارلو (*Monte Carlo*).

فصل ششم- حل معادلات غیر خطی

روش های محاسبه ریشه های حقیقی، روش نیمساز (*bisection*)، روش نیوتن، روش خط قاطع (*secant*)، دستگاه



فصل هفتم - حل عددی معادلات دیفرانسیل جزئی: معادلات بیضوی

معرفی روش تفاضل متناهی و روابط آن، حل معادلات پواسون و هلمهولتز، روش‌های تکرار شامل جاکوبی و فراواهلش
پی‌پی (successive over-relaxation)، فن چندشبهه‌ای.

فهرست منابع:

1. Kahaner, D., C. Moler, and S. Nash, 1989: *Numerical Methods and Software*. Prentice Hall, 495pp.
2. Hoffman J. D., 2001: *Numerical Methods for Engineers and Scientists*. Marcel Dekker, Inc., 2nd Ed., 823 pp.
3. Hildebrand, F. B., 1974: *Introduction to Numerical Analysis*. Second Ed., Dover Publications, Inc., 669 pp.
4. Strikwerda, J. C., 2004: *Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations*. Second Ed., SIAM, 435 pp.
5. Iserles, A., 1996: *A First Course in the Numerical Analysis of Differential Equations*. Cambridge University Press, 378 pp.
6. Moin, P., 2010: *Fundamentals of Engineering Numerical Analysis*. Second Ed., Cambridge University Press, 241 pp.
7. Suli, E., Mayers, D.F., 2003: *An Introduction to Numerical Analysis*. Cambridge University Press, 433 pp.
8. Krishnamurti, T. N., Bounoua, L., 1996: *An Introduction to Numerical Weather Prediction Techniques*. CRC Press, 293 pp.
9. Scott, L. R., 2011: *Numerical Analysis*. Princeton University Press, 325 pp.
10. Nyhoff L. R., and Leestma S. C., 1997: *FORTRAN 90 for Engineers and Scientists*. Prentice Hall, 952 pp.
11. Chivers I. D., and Sleightholme J., 2006: *Introduction to Programming with FORTRAN*, Springer, 591pp.
12. Worland, P. B., 1989: *Modern FORTRAN 77*. Harcourt Brace Jovanoich Inc., 410 pp.

فهرست مطالعات:

فصل ۱:

1. Nyhoff L. R., and Leestma S. C., 1997: *FORTRAN 90 for Engineers and Scientists*. Prentice Hall, 952 pp.
2. Chivers I. D., and Sleightholme J., 2006: *Introduction to Programming with FORTRAN*, Springer, 591pp.
3. Worland, P. B., 1989: *Modern FORTRAN 77*. Harcourt Brace Jovanoich Inc., 410 pp.

فصل ۲، ۵ و ۶:

1. Kahaner, D., C. Moler, and S. Nash, 1989: *Numerical Methods and Software*. Prentice Hall, 495pp.



2. Hoffman J. D., 2001: *Numerical Methods for Engineers and Scientists*. Marcel Dekker, Inc., 2nd Ed., 823 pp.
3. Hildebrand, F. B., 1974: *Introduction to Numerical Analysis*. Second Ed., Dover Publications, Inc., 669 pp.
4. Moin, P., 2010: *Fundamentals of Engineering Numerical Analysis*. Second Ed., Cambridge University Press, 241 pp.

فصل ۳:

1. Kahaner, D., C. Moler, and S. Nash, 1989: *Numerical Methods and Software*. Prentice Hall, 495pp.
2. Hoffman J. D., 2001: *Numerical Methods for Engineers and Scientists*. Marcel Dekker, Inc., 2nd Ed., 823 pp.
3. Hildebrand, F. B., 1974: *Introduction to Numerical Analysis*. Second Ed., Dover Publications, Inc., 669 pp.

فصل ۴:

1. Hoffman J. D., 2001: *Numerical Methods for Engineers and Scientists*. Marcel Dekker, Inc., 2nd Ed., 823 pp.
2. Krishnamurti, T. N., Bounoua, L., 1996: *An Introduction to Numerical Weather Prediction Techniques*. CRC Press, 293 pp.

فصل ۷:

1. Hoffman J. D., 2001: *Numerical Methods for Engineers and Scientists*. Marcel Dekker, Inc., 2nd Ed., 823 pp.
2. Strikwerda, J. C., 2004: *Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations*. Second Ed., SIAM, 435 pp.
3. Iserles, A., 1996: *A First Course in the Numerical Analysis of Differential Equations*. Cambridge University Press, 378 pp.
4. Moin, P., 2010: *Fundamentals of Engineering Numerical Analysis*. Second Ed., Cambridge University Press, 241 pp.
5. Krishnamurti, T. N., Bounoua, L., 1996: *An Introduction to Numerical Weather Prediction Techniques*. CRC Press, 293 pp.
- 6.



عنوان درس به فارسی: مدل‌سازی عددی جو و اقیانوس II

عنوان درس به انگلیسی: (Numerical Modelling of the Atmosphere and Oceans II)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: ۲ واحد نظری و ۱ واحد عملی

نوع درس: تخصصی

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت نظری و ۳۲ ساعت عملی

پیش‌نیاز: مدل‌سازی عددی جو و اقیانوس I

همین‌باز: دینامیک جو

آموزش تکمیلی عملی: دارد \bullet ندارد \bullet سفر علمی \bullet کارگاه \bullet آزمایشگاه \bullet سمینار \bullet O

هدف درس: آشنایی با مبانی روش‌های تفاضل متناهی و مباحث پایه‌ای مرتبط با روش‌های عددی حل معادلات حاکم بر جو و اقیانوس

سرفصل درس:

فصل اول - مروری بر معادلات حاکم

دستگاه معادلات آب‌ایستایی (هیدروستاتیک) و ناآب‌ایستایی، معادلات بسط، معادلات آب کم‌عمق، معادلات دیفرانسیل پاره‌ای، معادلات هذلولوی مرتبه اول، معادلات مرتبه دوم خطی، معادلات موج در دینامیک شارهای ژئوفیزیکی، شرایط مرزی.

فصل دوم - مبانی روش‌های تفاضل متناهی

مقدمه‌ای بر طرحواره‌های تفاضل متناهی، مفاهیم سازگاری، همگرایی و پایداری عددی، قضیه هم‌ارزی لکس (Lax)، شرط کورانت - فردریکس - لوی ($Courant-Friedrichs-Lewy$).

فصل سوم - طرحواره‌های تفاضل‌گیری زمانی

مرتبه درستی، نمادنگاری و حسابان تفاضلی، معادله نوسان، خطای دامنه و تندی فاز، طرحواره‌های دوترازی تک‌مرحله‌ای، روش‌های چندمرحله‌ای، طرحواره‌های سه‌ترازی، مد محاسباتی در روش لیپ‌فراگ، پالایه (فیلتر) روبر-اسلین-ویلیامز، طرحواره‌های مرتبه بالا.

بخش عملی: حل معادله نوسان با طرحواره‌های زمانی مختلف از قبیل لیپ‌فراگ، اوپلر، پس‌سو.

فصل چهارم - تفاضل‌گیری فضایی در یک بعد

معادلات دیفرانسیلی - تفاضلی، پاشندگی، اتلاف، اتلاف مصنوعی، تفاضل‌گیری فشرده ($compact$)، ترکیب تفاضل‌گیری‌های زمانی و فضایی، رابطه پاشندگی گسسته، روش لکس - وندروف ($Lax-Wendroff$).

بخش عملی: حل معادله موج یک‌سویه (معادله فرارفت) با ترکیب‌های متنوعی از طرحواره‌های زمانی - فضایی از جمله پادجریانسو، لیپ‌فراگ برای بخش زمانی و مرتبه دوم مرکزی برای بخش فضایی، لکس - فردریکس، لکس - وندروف؛ بررسی خطاهای دامنه و فاز،



فصل پنجم - تفاضل گیری فضایی در بیش از یک بعد

دستگاه‌های معادلات در یک و چند بعد، جداسازی به گام‌های کسری، معادله پخش، معادله فرارفت-پخش، معادلات خطی با ضرایب متغیر، خطای الیاسینگ (دگرنامی)، ناپایداری غیرخطی.

بخش عملی: فرارفت غیرخطی، معادله برگرز (*Burgers*) و حل عددی آن، مدل تاوایی فشارورد و حل عددی آن، خطای دگرنامی، ناپایداری غیرخطی، جاکوبی آراکاوا (*Arakawa*).

فصل ششم - مدل‌های بسیط

مدل بسیط فشارورد (معادلات آب کم عمق)، مدهای بهنجار، مسئله آغازگری، مسئله تنظیم راسبی، آغازگری مدل بسیط فشارورد در فضای تابعی فیزیکی و در فضای مدهای بهنجار، مدل‌های بسیط کوفشار (سه بعدی)، تجزیه به مدهای قائم، مدهای بهنجار و آغازگری برای مسئله سه بعدی، تفاضل گیری افقی، شبکه‌های آراکاوا، تفاضل گیری قائم، شبکه‌های لورنتز (*Lorenz*) و چارنی-فیلیپس (*Charney-Phillips*).

فهرست منابع:

1. Durrant, D. R., 2010: *Numerical Methods for Fluid Dynamics with Applications to Geophysics. Second Ed., Springer- Verlag New York, Inc., 516 pp.*
2. Durrant, D. R., 1999: *Numerical Methods for Wave Equations in Geophysical Fluid Dynamics. Springer- Verlag New York, Inc., 465 pp.*
3. Strikwerda, J. C., 2004: *Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations. Second Ed., SIAM, 435 pp.*
4. Kalnay E., 2003: *Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability. Cambridge University Press, 341 pp.*
5. Haltiner, G. J., and R. T. Williams, 1980: *Numerical Prediction and Dynamic Meteorology. John Wiley & Sons, 477 pp.*
6. Coiffier J., 2012. *Fundamentals of Numerical Weather Prediction, Cambridge University Press, 340 pp.*
7. Mesinger, F., and A. Arakawa, 1976: *Numerical Methods Used in Atmospheric Models. GARP Publication Series No. 17, Vol. 1, 64 pp.*
8. Iserles, A., 1996: *A First Course in the Numerical Analysis of Differential Equations. Cambridge University Press, 378 pp.*
9. Chung T. J., 2002: *Computational Fluid Dynamics. Cambridge University Press, 1012 pp.*



فصل ۱:

1. Durrant, D. R., 2010: *Numerical Methods for Fluid Dynamics with Applications to Geophysics. Second Ed., Springer- Verlag New York, Inc., 516 pp.*
2. Durrant, D. R., 1999: *Numerical Methods for Wave Equations in Geophysical Fluid Dynamics. Springer- Verlag New York, Inc., 465 pp .*
3. Haltiner, G. J., and R. T. Williams, 1980: *Numerical Prediction and Dynamic Meteorology. John Wiley&Sons, 477 pp.*
4. Coiffier J., 2012. *Fundamentals of Numerical Weather Prediction, Cambridge University Press, 340 pp.*

فصل ۲:

1. Durrant, D. R., 2010: *Numerical Methods for Fluid Dynamics with Applications to Geophysics. Second Ed., Springer- Verlag New York, Inc., 516 pp.*
2. Durrant, D. R., 1999: *Numerical Methods for Wave Equations in Geophysical Fluid Dynamics. Springer- Verlag New York, Inc., 465 pp .*
3. Strikwerda, J. C., 2004: *Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations. Second Ed., SIAM, 435 pp.*
4. Coiffier J., 2012. *Fundamentals of Numerical Weather Prediction, Cambridge University Press, 340 pp.*
5. Mesinger, F., and A. Arakawa, 1976: *Numerical Methods Used in Atmospheric Models. GARP Publication Series No. 17, Vol. 1, 64 pp.*
6. Iserles, A., 1996: *A First Course in the Numerical Analysis of Differential Equations. Cambridge University Press, 378 pp.*
7. Chung T. J., 2002: *Computational Fluid Dynamics. Cambridge University Press, 1012 pp.*

فصل ۳:

1. Durrant, D. R., 2010: *Numerical Methods for Fluid Dynamics with Applications to Geophysics. Second Ed., Springer- Verlag New York, Inc., 516 pp.*
2. Durrant, D. R., 1999: *Numerical Methods for Wave Equations in Geophysical Fluid Dynamics. Springer- Verlag New York, Inc., 465 pp .*
3. Strikwerda, J. C., 2004: *Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations. Second Ed., SIAM, 435 pp.*
4. Haltiner, G. J., and R. T. Williams, 1980: *Numerical Prediction and Dynamic Meteorology. John Wiley&Sons, 477 pp.*
5. Coiffier J., 2012. *Fundamentals of Numerical Weather Prediction, Cambridge University Press, 340 pp.*

فصل ۴:

1. Durrant, D. R., 2010: *Numerical Methods for Fluid Dynamics with Applications to Geophysics. Second Ed., Springer- Verlag New York, Inc., 516 pp.*



2. Durrant, D. R., 1999: *Numerical Methods for Wave Equations in Geophysical Fluid Dynamics*. Springer- Verlag New York, Inc., 465 pp .
3. Strikwerda, J. C., 2004: *Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations*. Second Ed., SIAM, 435 pp.
4. Haltiner, G. J., and R. T. Williams, 1980: *Numerical Prediction and Dynamic Meteorology*. John Wiley&Sons, 477 pp.
5. Coiffier J., 2012. *Fundamentals of Numerical Weather Prediction*, Cambridge University Press, 340 pp.
6. Mesinger, F., and A. Arakawa, 1976: *Numerical Methods Used in Atmospheric Models*. GARP Publication Series No. 17, Vol. 1, 64 pp.

فصل ۵:

1. Durrant, D. R., 2010: *Numerical Methods for Fluid Dynamics with Applications to Geophysics*. Second Ed., Springer- Verlag New York, Inc., 516 pp.
2. Durrant, D. R., 1999: *Numerical Methods for Wave Equations in Geophysical Fluid Dynamics*. Springer- Verlag New York, Inc., 465 pp .
3. Haltiner, G. J., and R. T. Williams, 1980: *Numerical Prediction and Dynamic Meteorology*. John Wiley&Sons, 477 pp.
4. Coiffier J., 2012. *Fundamentals of Numerical Weather Prediction*, Cambridge University Press, 340 pp.
5. Mesinger, F., and A. Arakawa, 1976: *Numerical Methods Used in Atmospheric Models*. GARP Publication Series No. 17, Vol. 1, 64 pp.

فصل ۶:

1. Durrant, D. R., 2010: *Numerical Methods for Fluid Dynamics with Applications to Geophysics*. Second Ed., Springer- Verlag New York, Inc., 516 pp.
2. Durrant, D. R., 1999: *Numerical Methods for Wave Equations in Geophysical Fluid Dynamics*. Springer- Verlag New York, Inc., 465 pp .
3. Kalnay E., 2003: *Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability*. Cambridge University Press, 341 pp.
4. Haltiner, G. J., and R. T. Williams, 1980: *Numerical Prediction and Dynamic Meteorology*. John Wiley&Sons, 477 pp.
5. Coiffier J., 2012. *Fundamentals of Numerical Weather Prediction*, Cambridge University Press, 340 pp.
6. Mesinger, F., and A. Arakawa, 1976: *Numerical Methods Used in Atmospheric Models*. GARP Publication Series No. 17, Vol. 1, 64 pp.



عنوان درس به فارسی: اقلیم شناسی
عنوان درس به انگلیسی: (Climatology)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: -

هم‌نیاز: فیزیک جو

آموزش تکمیلی عملی: دارد ○ ندارد ● سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ○
اهداف کلی درس: آشنایی با تحلیل آماری داده‌های اقلیمی و پاره‌ای از بنیادی‌ترین فرایندها در سامانه اقلیم

سرفصل درس: ۴۸ ساعت نظری

نظری:

مقدمه

مفهوم اقلیم، سامانه اقلیم، مؤلفه‌های سامانه اقلیم، تغییرپذیری اقلیم، فرایندهای بازخوردی در سامانه اقلیم.

بخش یکم: تحلیل داده‌های اقلیمی

فصل ۱. مقدمه و روش‌های ارزیابی داده‌ها

تعاریف مقدماتی، شبکه‌های مشاهداتی، نظریه احتمال، توزیع‌های فراوانی متغیرهای اقلیمی، پارامترهای تمایل به مرکز، پارامترهای پراکنش، صورت‌های مختلف تجزیه گردش، پیچک‌های گذرا و ایستور، سنج‌های شکل منحنی توزیع، قضاوت آماری، آزمون‌های همگنی و روش‌های تصحیح و تکمیل داده‌ها، روش‌های برآورد پارامترها.

فصل ۲. توزیع‌های آماری

کاربست توزیع‌های آماری برای متغیرهای پیوسته اقلیمی، کاربرد توزیع‌های آماری بر متغیرهای ناپیوسته اقلیمی.

بخش دوم: متغیرهای اقلیمی

فصل سوم. توازن اقلیمی تابش

مروری بر مفاهیم و قوانین تابش، توازن تابشی جو، ویژگی‌های تابشی اجزاء جو، مدل‌های ساده تابش، توازن تابش در سطح، توازن تابش زمین، توزیع جهانی ترازمندی تابش، روش‌های تجربی برآورد تابش.

فصل چهارم. چرخه هیدرولوژی و ترازمندی آب سطح

اهمیت اقلیمی چرخه هیدرولوژیکی، بارش، توزیع جهانی بارش، اثر قاره‌ها و اقیانوس‌ها، اثر عوارض زمین بر توزیع بارش، روش‌های برآورد تبخیر-تعرق، توزیع جهانی تبخیر-تعرق، رواناب، ابرناکی.



فصل پنجم. حالت میانگین جو، اقیانوس و یخ کره

ساختار دمایی میانگین جو، ساختار ارتفاع ژئوپتانسیلی میانگین در جو، گردش میانگین جو، انرژی جنبشی میانگین جو، ساختار میانگین دمای اقیانوس‌ها، ساختار شوری و چگالی میانگین اقیانوس‌ها، گردش میانگین اقیانوسی، اهمیت یخ کره در سامانه اقلیم.

فصل ششم. طبقه‌بندی‌های اقلیمی

اصول و مبانی طبقه‌بندی، روش‌های مختلف طبقه‌بندی، طبقه‌بندی‌های کیفی، نظری و تلفیقی.

روش ارزیابی:

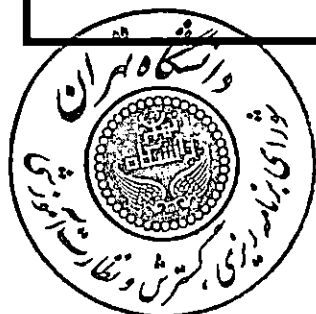
ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	✓	آزمون های نوشتاری: ✓	-
		عملکردی: -	

فهرست منابع:

1. Peixoto, J.P. and H. Oort, 1992: *Physics of Climate*. American Institute of Physics, 520pp.
2. Neelin, J.D., 2011: *Climate Change and Climate Modeling*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 282pp.
3. Trenberth, K.E. (ed), 1992: *Climate System Modelling*. Cambridge University Press, 817pp.
4. Hartmann, D.L., 1994: *Global Physical Climatology*. Academic Press, 408pp.
5. McGuffie, K. and A. Henderson-Sellers, 2004: *Climate Modelling Primer*. 3rd Ed., Wiley, 296pp.
6. Wilks, D.S., 1995: *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Academic Press, 467pp.
7. Von Storch, H. and F.W. Zwiers, 1999, *Statistical Analysis in Climate Research*. Cambridge University Press, 484pp.

فهرست مطالعات:

1. Peixoto, J.P. and H. Oort, 1992: *Physics of Climate*. American Institute of Physics, 520pp (Chapters 1 to 10).
2. Neelin, J.D., 2011: *Climate Change and Climate Modeling*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 282pp (Chapters 1 to 3).
3. Trenberth, K.E. (ed), 1992: *Climate System Modelling*. Cambridge University Press, 817pp (Chapters 4 to 7).
4. Hartmann, D.L., 1994: *Global Physical Climatology*. Academic Press, 408pp (Chapters 1 to 7).
5. McGuffie, K. and A. Henderson-Sellers, 2004: *Climate Modelling Primer*. 3rd Ed., Wiley, 296pp (Chapter 1).
6. Wilks, D.S., 1995: *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Academic Press, 467pp (Chapters 1 to 8).
7. von Storch, H. and F.W. Zwiers, 1999, *Statistical Analysis in Climate Research*. Cambridge University Press, 484pp (Chapters 1 to 11).



عنوان درس به فارسی: سنجش از راه دور در هواشناسی
عنوان درس به انگلیسی: (Remote Sensing in Meteorology)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: فیزیک جو

همنیاز: -

- آموزش تکمیلی عملی: دارد ○ ندارد ● سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ●
- اهداف کلی درس: آشنایی با روش‌های اندازه‌گیری کمیت‌های جوی با استفاده از ماهواره و رادار

سرفصل درس: ۴۸ ساعت نظری

نظری:

فصل اول - مقدمه

مقدمه، دیدبانی‌های جوی، گمانه زنی جو از فضا، تابش خورشیدی، اندازه گیری‌های گسیل گرمایی، قوانین تابش جسم سیاه، پراکندگی ریلی و می، اندازه گیری‌های تابش‌های پس پراکنده، جذب تابش به وسیله گازهای جو.

فصل دوم - گمانه‌زنی جو از زمین

رادارهای هواشناسی، اصول رادار، معادله رادار در هواشناسی، رابطه بازتابندگی (Z) با آهنگ بارش، تصاویر رادار از بارش (بارش لایه‌ای، بارش کوهستانی، بارش رگباری یا توفان تندری)، طیف نگار نوری ازن دابسون، لیدار، سودار.

فصل سوم - ماهواره‌های هواشناسی

ماهواره های مدار قطبی، ماهواره های زمین آهنگ، اندازه گیری‌های ماهواره ای، دستگاه‌های تابش سنجی، ابزارهای دیگر ماهواره-ای.

فصل چهارم - تحلیل تصاویر ماهواره‌ای

تصویربرداری ماهواره‌ای و انواع آن، تحلیل چند طیفی، فنون افزایش کیفیت تصویربرداری، موقعیت زمینی و کالبد زنی، پدیده های جوی و سطح زمین از قبیل ابرها، چرخندهای حاره‌ای، توفان‌های تندری قوی، آذرخش، منطقه همرفت درون حاره‌ای (ITCZ).

فصل پنجم - دما و گازهای ردیاب

نظریه گمانه زنی، انواع گمانه زنی و کیفیت آنها، استفاده از گمانه زنی در مدلها، ازن و سایر گازها، روش دریچه نیمپوش (Split-window)، دمای سطح دریا و خشکی.



فصل ششم - بادهای

شیوه‌های آشکارسازی بادهای به وسیله ردیابی ابرها و بخار آب، برش‌های جوئی، استفاده از کانال جذب CO_2 ، بادهای از گمانه زنی‌ها، بادهای سطح اقیانوس، بادهای چرخندهای حاره‌ای، گمانه زنی‌های میکروویو، اندازه‌گیری‌های داپلری باد.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
-	✓	آزمون‌های نوشتاری: ✓	-
		عملکردی: -	

فهرست منابع:

1. Kidder, S. Q., and T. H. Vonder Haar, 1995: *Satellite Meteorology*. Academic Press 466 pp.
2. Andrews, D. G., 2000: *An Introduction to Atmospheric Physics*. Cambridge University Press, 229 pp.
3. Sabins, F. F., 1997: *Remote Sensing, Principles and Introduction*. W. H. Freeman and Company, 494 pp.
4. Cracknell, A. P., 1983: *Remote Sensing in Meteorology, Oceanography and Hydrology*. Ellis Horwood Limited, 542 pp.
5. W. G. Rees, 2013: *Physical Principles of Remote Sensing*, Cambridge University Press, 3rd Edition.
6. Graeme L. Stephens, 1994: *Remote Sensing of the Lower Atmosphere: An Introduction*, Oxford University Press.

فهرست مطالعات:

1. Andrews, D. G., 2010: *An Introduction to Atmospheric Physics*. 2nd Ed., Cambridge University Press, Ch. 1-3, 7, and 9.
2. Salby, M. L., 2012: *Physics of the Atmospheric and Climate*. Cambridge University Press, Ch. 6, 7, 8, Ch. 9 (9.1-9.3), Ch. 12.
3. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: *An Introduction to Dynamic Meteorology*. 5th edition, Elsevier, Ch. 2 (2.6-2.9), Ch.5, Ch. 9(9.5), Ch. 12.
4. Salby, M. L., 1996: *Fundamentals of Atmospheric Physics*. Academic Press, Ch. 6, 7, 8, Ch. 9 (9.1-9.3)



عنوان درس به فارسی: هواشناسی آبشناسی (هیدرومتئورولوژی)

عنوان درس به انگلیسی: (Hydrometeorology)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: اقلیم‌شناسی

هم‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ○ ندارد ● سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ○
اهداف کلی درس: آشنایی با فرایندهای آب‌شناختی و روش‌های تحلیل و پیش‌بینی آن‌ها

سرفصل درس: ۴۸ ساعت نظری

فصل اول - مقدمه

تعریف هیدرومتئورولوژی، زمینه‌های نظری و کاربردی، اهداف، اشتراک هواشناسی و آب‌شناسی (هیدرولوژی).

فصل دوم - چرخه آب و مؤلفه‌های آن

تعریف چرخه آب، ورودی‌های هواشناختی چرخه آب، مؤلفه‌های آب‌شناختی چرخه آب، تلفات آب شامل: برگاب، ذخیره چالابی، نفوذپذیری؛ روش‌های برآورد تلفات آب، تأثیر انسان بر چرخه آب.

فصل سوم - حوزه آبریز و ویژگی‌های فیزیکی آن

تعریف حوزه آبریز، مساحت حوزه، شکل حوزه، تراکم زهکشی، شیب متوسط حوزه، جهت حوزه، منحنی هیپسومتریک و ارتفاع متوسط حوزه.

فصل چهارم - (آب نمود) هیدروگراف

معرفی بخش‌های مختلف آب نمود، عوامل مؤثر در شکل آب نمود، تجزیه آب نمود، آب نمود واحد و روش‌های تهیه آن، نکاتی در رابطه با اندازه‌گیری‌های جریان رودخانه.

فصل پنجم - تبخیر و تبخیر و تعرق

تبخیر حقیقی و ظرفیت تبخیر، اندازه‌گیری مستقیم تبخیر و تبخیر و تعرق، لایسمتر، محاسبه غیرمستقیم تبخیر و تبخیر و تعرق، روش بودجه آب، روش بودجه انرژی، روش آنرودینامیکی، معرفی چند روش برآورد تبخیر و تعرق با استفاده از داده‌های هواشناسی از قبیل: روش‌های بلانی و کریدل، پنمن، پروت؛ ضریب تشب و محاسبه تبخیر از سطح آب آزاد، تبخیر از دریاچه‌ها و مخازن آبی.



فصل ششم - ذوب برف

انباشت برف، عوامل اصلی کنترل کننده ذوب برف، محاسبه ذوب کلی با استفاده از روش‌های مبتنی بر: دما، بودجه انرژی، دما، تابش، انتقال جریان آب، آمار.

فصل هفتم - تحلیل رگبارها

تحلیل شدت، مدت، فراوانی؛ تحلیل عمق، سطح، مدت؛ بررسی نحوه توزیع زمانی و مکانی رگبار.

فصل هشتم - تحلیل‌های نقطه‌ای (ایستگاهی) و منطقه‌ای عوامل هواشناختی و آب‌شناختی

عملیات ساختاری شبکه، یادآوری روش‌های سرند، اصلاح و تکمیل آمار، بررسی تغییرات کمیت‌های هواشناختی بر حسب مشخصه‌های جغرافیایی (طول، عرض جغرافیایی، ارتفاع، و ...)، محاسبه منطقه‌ای عوامل هواشناختی و آب‌شناختی، ترسیم نقشه‌های مهم مقدار، توابع توزیع آماری اصلی مورد استفاده در هواشناسی و آب‌شناسی.

فصل نهم - بودجه آب‌شناختی

تعریف بودجه آب، عوامل مؤثر در بودجه آب، روش‌های محاسبه بودجه آب.

فصل دهم - خشکی و خشک‌سالی

تعریف خشک‌سالی از دیدگاه‌های: هواشناسی، آب‌شناسی و کشاورزی؛ علل خشکی، نوسان زمانی و روند یابی، مهم‌ترین شاخص‌های خشک‌سالی، علل طبیعی نوسانات اقلیمی، تغییرات ناشی از فعالیت‌های بشر.

فصل یازدهم - میانی برآورد حداکثر بارندگی محتمل (PMP)

مقدمه، روش‌های برآورد حداکثر بارش محتمل، حداکثر نقطه شبنم با تداوم ۱۲ ساعته، حداکثر سرعت باد با تداوم ۱۲ ساعته، روش‌های: سینوپتیکی، کوهستانی، غیر کوهستانی، آماری؛ نقاط ضعف و قوت هر روش.

فصل دوازدهم - مختصری از پیش‌بینی‌های آب‌شناختی

مقدمه، اهمیت پیش‌بینی در مدیریت منابع آب، طبقه‌بندی انواع پیش‌بینی‌ها، انتخاب روش پیش‌بینی، ارتباط پیش‌بینی‌های هواشناختی و آب‌شناختی، بهنگام کردن پیش‌بینی.

فصل سیزدهم - مطالعات موردی

الگوهای توزیع زمانی بارندگی، پیش‌بینی کمی بارندگی، محاسبات ذوب برف در یک حوزه آبریز و ...

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
-	✓	آزمون‌های نوشتاری: ✓	-
		عملکردی: -	



1. Sene, K., 2015: *Hydrometeorology*. Springer. 355 pp
2. Nemeč, J., 1986: *Hydrological Forecasting*. D. Reidel Publishing Co., 239 pp.
3. Wang, B.H., 1984: *Estimation of probable maximum precipitation*. *J. Hydraulic Engineering*, 110, 1457-1471.
4. Wiesner, C., 1982: *Hydrometeorology*. Chapman & Hall, 232 pp.
5. WMO, 1986: *Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation*. *Operational hydrology*, No. 1, 269 pp.
6. Solomon, S. I. and I. Cordery 1984: *Compendium of Meteorology*. Vol. II, *Hydrometeorology*, No. 364, 185 pp.
7. Bruce, J. P., and H. R. Clark 1969: *Introduction to Hydrometeorology*. Pergamon Press, 319 pp.

۸. وزیر، ف.، ۱۳۷۶: هیدرولوژی کاربردی در ایران. کتاب نخست اصول و مبانی، نرم افزار و بانک اطلاعات برای ترسیم منحنی های شدت، مدت بارندگی در ایران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
۹. علیزاده، ا.، ۱۳۷۶: اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ هشتم، دانشگاه امام رضا (ع).

فهرست مطالعات:

1. Sene, K., 2015: *Hydrometeorology*. Springer. Ch. 1, 11, 12.
2. Nemeč, J., 1986: *Hydrological Forecasting*. D. Reidel Publishing Co. Ch. 1, 11, 12.
3. Wang, B.H., 1984: *Estimation of probable maximum precipitation*. *J. Hydraulic Engineering*. Ch. 12.
4. Alizadeh, A. 1996: *Principles of Applied Hydrology*, Imam Reza University (in Persian). Ch. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.



عنوان درس به فارسی: سری‌های زمانی و تحلیل طیفی

عنوان درس به انگلیسی: (Time Series and Spectral Analysis)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: -

هم‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد O ندارد \bullet سفر علمی O کارگاه O آزمایشگاه O سمینار O

اهداف کلی درس: آشنایی با سری‌های زمانی، پیش‌بینی سری زمانی، تحلیل طیفی سری‌های زمانی و کاربست صافی‌ها (فیلترها)

سرفصل درس: ۴۸ ساعت نظری

نظری:

فصل اول - متغیرهای تصادفی

متغیرهای تصادفی گسسته، امید ریاضی و واریانس، متغیرهای تصادفی استاندارد شده، تابع خطی متغیر تصادفی، مجموع و تفاضل متغیرهای تصادفی مستقل، متغیرهای تصادفی پیوسته، کوواریانس و همبستگی.

فصل دوم - سری‌های زمانی

سری زمانی فیزیکی، اهداف تحلیل سری‌های زمانی، روش‌های نظریه تحلیل طیفی، انواع تغییرات، هموارسازی، روند خطی، روند نمایی، روند فصلی، تحلیل دوره‌ای و پیش‌بینی کوتاه‌مدت، محاسبه شاخص‌های فصلی و کاربردهای آن.

فصل سوم - تحلیل طیفی

تحلیل فوریه، بسامدهای هماهنگ (هارمونیک)، ضرایب فوریه، فرض صفر، نوفه سفید، آزمایش نوفه سفید، بسامد نایکوئیست، دگرنامی (الیاسینگ)، پنجره‌های طیفی، آشکارسازی طیف از طریق میانگن‌گیری طیف، اثر طول داده‌ها بر آشکارسازی طیف یک مولفه دوره‌ای، تبدیل فوریه سریع، تحلیل یک سری زمانی پیوسته.

فصل چهارم - سامانه‌های (سیستم‌های) خطی

تحلیل سامانه‌های خطی، ترکیب صافی‌های خطی، سامانه‌های خطی در حوزه زمان، تابع پاسخ ضربه، سامانه‌های خطی در حوزه بسامد، تابع پاسخ بسامد، ارتباط ورودی-خروجی، سامانه‌های خطی متوالی، طراحی صافی‌ها، تعیین سامانه‌های خطی، برآورد تابع پاسخ بسامد، روش باکس-جنکینس، سامانه‌های شامل بازخورد.

فصل پنجم - خود همبستگی و وایزشی (رگرسیون)

تعریف و خواص، فرمول acf و $acvf$ در فرایندهای دیجیتال ایستا، اولین مرتبه اتورگرسیون، دومین مرتبه اتورگرسیون، آزمایش نوفه سفید روی acf .



روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	آزمون های نوشتاری: ✓ عملکردی: -	✓	-

فهرست منابع:

1. Duchon, C., and Hale R., 2013: *Time Series Analysis in Meteorology and Climatology*, Wiley-Blackwell, 250 pp.
2. Chatfield C., 2003: *The Analysis of Time Series: An Introduction, Sixth Edition*, Chapman and Hall/CRC, 352.
3. Koopmans, L. H., 1995: *The Spectral Analysis of Time series. Second Edition*, Academic Press, 366 pp.
4. Neter, J., Wasserman, W., Whitmore, G. A., 1992: *Applied Statistics, Forth Edition*, Allyn & Bacon, 2029 pp
5. Brigham, E. R., 1974: *The Fast Fourier Transform*. Prentice-Hall, Inc., 252 pp.
6. Cartwright, M., 1990: *Fourier Methods for Mathematicians, Scientists and Engineers*. Ellis Harwood, 326 pp.
7. Gary Reid, J., 1985: *Linear System Fundamentals. Continuous and Discrete, Classic and Modern. Second ed.*, Mc Graw-Hill, Inc., 484pp.

فهرست مطالعات:

فصل های اول، دوم و سوم:

1. Duchon, C., and Hale R., 2013: *Time Series Analysis in Meteorology and Climatology*, Wiley-Blackwell, 250 pp.
2. Chatfield C., 2003: *The Analysis of Time Series: An Introduction, Sixth Edition*, Chapman and Hall/CRC, 352.
3. Koopmans, L. H., 1995: *The Spectral Analysis of Time series. Second Edition*, Academic Press, 366 pp.
4. Neter, J., Wasserman, W., Whitmore, G. A., 1992: *Applied Statistics, Forth Edition*, Allyn & Bacon, 2029 pp

فصل های چهارم و پنجم:

1. Duchon, C., and Hale R., 2013: *Time Series Analysis in Meteorology and Climatology*, Wiley-Blackwell, 250 pp.
2. Chatfield C., 2003: *The Analysis of Time Series: An Introduction, Sixth Edition*, Chapman and Hall/CRC, 352.
3. Brigham, E. R., 1974: *The Fast Fourier Transform*. Prentice-Hall, Inc., 252 pp.
4. Cartwright, M., 1990: *Fourier Methods for Mathematicians, Scientists and Engineers*. Ellis Harwood, 326 pp.
5. Gary Reid, J., 1985: *Linear System Fundamentals. Continuous and Discrete, Classic and Modern. Second ed.*, Mc Graw-Hill, Inc., 484pp.



عنوان درس به فارسی: اقیانوس‌شناسی فیزیکی

عنوان درس به انگلیسی: *Physical Oceanography*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی

همنیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ○ ندارد ● سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ●

هدف اصلی درس: در این درس خواص و فرآیندهای فیزیکی در اقیانوس‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. چگالی، شوری و دما و هم-چنین تغییرات آنها از مهم‌ترین خواص فیزیکی آب اقیانوس‌ها و دریاها بوده و مهم‌ترین فرآیندهای فیزیکی نیز شامل امواج، جریان‌های بزرگ‌مقیاس و کشند است.

سرفصل‌درس: ۴۸ ساعت نظری

فصل اول - مقدمه

تاریخچه‌ای مختصر از فیزیک دریا و اهمیت آن، تعریف برخی از اصطلاحات فیزیک دریا، روش‌های مطالعه در فیزیک دریا، نگاهی کوتاه به ابعاد و ساختار اقیانوس‌ها.

فصل دوم - ارتباط جو و اقیانوس

سامانه‌های حرکت جوی، لایه مرزی جو بر روی اقیانوس، تنش باد، انتقال توده‌ای (*bulk*) بین جو و اقیانوس.

فصل سوم - بودجه گرمایی در اقیانوس

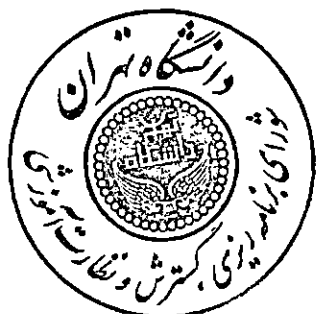
جمله‌های بودجه گرمایی، روش‌های مستقیم و غیرمستقیم محاسبه شارهای سطحی، توزیع تغییرات شارهای سطحی گرما در سطح اقیانوس‌ها، انتقال نصف‌النهاری گرما و آب دریا.

فصل چهارم - توزیع کمیت‌های فیزیکی در اقیانوس

معادله حالت برای اقیانوس؛ دمای پتانسیلی؛ چگالی پتانسیلی؛ نمودارهای $T-S$ و کاربردهای آن؛ توزیع دما، شوری و چگالی در اقیانوس‌ها و فرآیندهای مؤثر در تغییرات آن‌ها؛ فشار؛ رسانایی الکتریکی؛ سرعت؛ صوت در دریا و ویژگی‌های آن.

فصل پنجم - جریان‌های اقیانوسی

معادلات حاکم بر جریان اقیانوسی؛ انواع جریان‌های اصلی در اقیانوس‌ها؛ معادلات پایستاری؛ گرما، شوری و چگالی در اقیانوس؛ اختلاط در اقیانوس‌ها؛ پایداری ایستایی و بسامد شناوری؛ امواج درونی؛ همرفت پخش دوگانه.



فصل ششم - پاسخ لایه سطحی اقیانوس به وزش باد

جریان‌های لختی، لایه اکمن سطحی در اقیانوس، انتقال جرم اکمن، کاربرد نظریه اکمن، گردش لانگمویر.

فصل هفتم - فرآیندهای حاره‌ای

النینو- نوسان جنوبی (انسو)، برهمکنش‌های بزرگ‌مقیاس، شبیه‌سازی و پیش‌بینی انسو با مدل‌های فیزیکی.

فصل هشتم - فرآیندهای ساحلی

کشندها، نگاهی مختصر به امواج اقیانوسی و طبقه‌بندی آن‌ها، فرآیندهای ساحلی و مصب‌ها.

فصل نهم - نور در دریا

پارامترها و میدان‌های نوری؛ روشنایی سطح دریا؛ برهمکنش‌های سطحی: بازتاب، پراکنش و شکست؛ برهمکنش‌های زیرسطحی: آب دریای خالص، ذرات، پلانکتون‌ها و *Gelbstoffe*؛ فلورسان؛ بیولومینسانس؛ رنگ دریا.

فهرست منابع:

1. Stewart, R.H., 2008. *Introduction to Physical Oceanography*.
2. Knauss, J. A., 1997, *Introduction to Physical Oceanography*. Prentice Hall, 309 pp.
3. Apel, J. R., 1987: *Principles of Ocean Physics*. Academic Press, 620 pp.
4. Gill, A. E., 1982: *Atmosphere-Ocean Dynamics*. Academic Press, 662 pp.
5. Peixoto, J., and A. Oort, 1992: *Physics of Climate*. American Institute of Physics, New York, 520 pp.

فهرست مطالعات:

1. Stewart, R.H., 2008. *Introduction to Physical Oceanography*. Texas A& M University, Ch.5-8, 11, 16-17.
2. Knauss, J. A., 1997: *Introduction to Physical Oceanography*. Prentice Hall, Ch. 1-7, 10-12.
3. Apel, J. R., 1987: *Principles of Ocean Physics*. Academic Press, Ch. 1, 3, 5-7, 9.
4. Talley, L. D., G. L. Pickard, W. J. Emery, and J. H. Swift, 2011: *Descriptive Physical Oceanography*. 6th Ed., Academic Press, Ch. 1-3, 7-8.
5. Open University Course Team, 2004: *Ocean Circulation*. The Open University, Ch. 1-4.



عنوان درس به فارسی: هواشناسی حاره‌ای

عنوان درس به انگلیسی: (Tropical Meteorology)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: هواشناسی همدیدی

هم‌نیاز: دینامیک جو

آموزش تکمیلی عملی: دارد • ندارد O سفر علمی • کارگاه O آزمایشگاه O سمینار •

اهداف کلی درس: آشنایی با جو حاره‌ای شامل گردش‌هایجوی خاص مناطق حاره‌ای، سامانه‌های همدیدی و همرفت به منظور بالا بردن توانایی دانشجو جهت تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی وضعیت جوی حاره‌ای

سرفصل درس: ۴۸ ساعت نظری

نظری:

فصل اول - مقدمه

آشنایی بادرس شامل: تعریف مناطق حاره‌ای و نقش آن در توازن انرژی و تکانه در سامانه اقلیم جهانی، ساختار جو از نظر دما، رطوبت و بارش در مناطق استوایی و حاره‌ای، توده‌های حاره‌ای، جفت‌شدگی‌جو-اقیانوس.

فصل دوم - ترمودینامیک جو و توزیع رطوبت و بارش

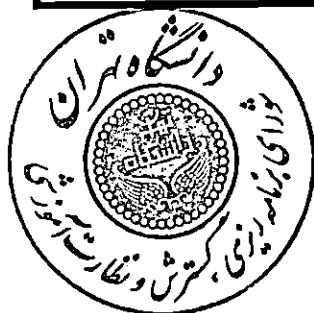
رطوبت‌جوی؛ ناپایداری شرطی؛ انرژی پتانسیل قابل دسترس همرفتی و انرژی بازدارنده همرفت؛ اثر اجزاء همرفتی کومه‌ای (توفان تندر) بر محیط اطراف؛ فرآیندهای بی دررو و توزیع قائم رطوبت در مناطق حاره‌ای؛ فرآیندهای بارش و اهمیت آن در مناطق حاره‌ای؛ چرخه عمر خطوط تندوزه؛ چرخه‌های روزانه، فصلی و بین‌سالانه بارش مناطق حاره‌ای.

فصل سوم - چرخندهای حاره‌ای

چرخندهای حاره‌ای و توزیع جهانی آنها، نام‌گذاری و ویژگی‌های کلی چرخندهای حاره‌ای، پیدایش و ساختار سه بعدی چرخندهای حاره‌ای، معیارهای شدت چرخندهای حاره‌ای و تغییرات شدت در اثر دینامیک درونی آنها، گذر چرخندهای حاره‌ای به مناطق برون حاره‌ای و تغییرات ساختار آنها، پیش‌بینی چرخندهای حاره‌ای و نقش آنها در گردش کلی‌جو.

فصل چهارم - تغییرپذیری حاره‌ای

بادهای بسامان؛ الگوهای چرخه‌ای حاکم بر: تغییرپذیری بین‌فصلی مانند نوسان مادن-جولیان (MJO)، تغییرپذیری بین‌سالانه مانند منطقه همگرایی میان حاره‌ای (ITCZ) و ساختار آن بر روی خشکی‌ها و اقیانوس‌ها، تغییرپذیری سالانه مانند النینو نوسان جنوبی (ENSO).



فصل پنجم - سامانه‌های میان‌مقیاس و همدیدی

سامانه‌های همدیدی مؤثر بر منطقه حاره شامل: یاخته‌های هادلی و واکر، امواج شرقی حاره‌ای، امواج گرانی-لختی، ناوه‌های تراز فوقانی، چرخندهای فوق حاره‌ای، مانسون آفریقایی و مانسون هند؛ ساختار و سازکارهای تشکیل سامانه‌های همرفتی میان‌مقیاس (مثل خطوط تندوزه و تاوه همرفتی میان‌مقیاس)، ابریاخته‌ها، پیچندها و پیچندهای دریایی.

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	آزمون های نوشتاری: ✓ عملکردی: -	✓	-

فهرست منابع:

1. Andrews, D. G., 2000: *An Introduction to Atmospheric Physics*. Cambridge University Press, 320 pp.
2. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: *An Introduction to Dynamic Meteorology*. 5th edition, Elsevier, 532 pp.
3. Houghton, J., 2002: *The Physics of Atmospheres*. Cambridge University Press, 320pp.
4. Laing A., and J. L. Evans, 2013: *Introduction to Tropical Meteorology*. Version 2.a., Produced by the COMET Program and. National Center for Atmospheric Research (NCAR), www.meted.ucar.edu/tropical/textbook_2nd_edition.
5. Salby, M. L., 2012: *Physics of the Atmosphere and Climate*. Cambridge University Press, 666 pp.

فهرست مطالعات:

1. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: *An Introduction to Dynamic Meteorology*. 5th edition, Elsevier, Ch. 2 (2.6-2.9), Ch. 9 (9.5).
2. Laing A., and J. L. Evans, 2013: *Introduction to Tropical Meteorology*. Version 2.a., Produced by the COMET Program and. National Center for Atmospheric Research (NCAR), www.meted.ucar.edu/tropical/textbook_2nd_edition, Ch. 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9.
3. Salby, M. L., 2012: *Physics of the Atmospheric and Climate*. Cambridge University Press, Ch. 1 (1.4-1.5), Ch 8 (8.1- 8.2), Ch. 15 (15.4-15.5).



عنوان درس به فارسی: هواشناسی خرد مقیاس
عنوان درس به انگلیسی: (*Micrometeorology*)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: دینامیک شارهای ژئوفیزیکی

هم‌نیاز: دینامیک جو

آموزش تکمیلی عملی: دارد O ندارد \bullet سفر علمی O کارگاه O آزمایشگاه O سمینار O

اهداف کلی درس: آشنایی با فرایندهای انتقال تکانه، انرژی و ماده در لایه مرزی جو

سرفصل درس: ۴۸ ساعت نظری

نظری:

فصل اول - مقدمه

معرفی هواشناسی خرد مقیاس، لایه مرزی جو، انتقال تلاطمی، ساختار لایه مرزی در شرایط مختلف.

فصل دوم - ناپایداری و تلاطم

طیف حرکات تلاطمی جو، خواص آماری تلاطم، میانگین‌گیری رینولدز، نظریه همانندی کولموگروف، شارهای پیچگی تکانه و گرما، مقیاس‌های سرعت، سرعت اصطکاکی.

فصل سوم - معادلات حاکم بر تلاطم

معادلات آبی، معادلات شارش میانگین، نمونه‌هایی از نیمرخ کمیت‌های تلاطمی در لایه مرزی جو، معادلات پیش‌یابی واریانس و شارهای تلاطم.

فصل چهارم - معادلات انرژی جنبشی تلاطم و پایداری

معادله انرژی جنبشی تلاطمی، عدد ریچاردسون گرادیانی و شاری، طول مونین - ایکوف، لایه سطحی، گرادیان‌های بدون بعد.

فصل پنجم - مسئله بستار تلاطم (*Turbulence Closure Problem*)

پارامتری کردن شارهای تلاطمی، طول آمیختگی، بستارهای تلاطمی مرتبه اول و دوم، مدل‌های بستار محلی، غیر محلی و هیبریدی (برای نمونه *RANS* و *LES*).

فصل ششم - شرایط مرزی در سطح زمین

شارهای سطحی، بودجه انرژی سطح، بودجه تابشی سطح، ناهمواری سطح و ضریب کشال (*Drag*)، شار گرمای زمین.



فصل هفتم - نظریه همانندی در لایه مرزی

نظریه همانندی مونین- اَبخوف، مقیاس‌های همانندی برای لایه سطحی و لایه آمیخته جو، نیمرخ بدون بعد دما و سرعت باد در لایه سطحی.

فصل هشتم - ویژگی‌های لایه مرزی جو

لایه آمیخته همرفتی، مدل‌هایی برای تعیین رشد لایه آمیخته، لایه مرزی پایدار، مدل‌هایی برای نمایه دمای پتانسیلی، مقیاس‌های تلاطم، مشخصه جریان جتی شبانه، نوسان لختی، امواج درونی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
-	✓	✓ آزمون‌های نوشتاری:	-
		عملکردی: -	

فهرست منابع:

1. Stull, R.B., 1989: *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Kluwer Academic Press, 666 pp.
2. Arya, P., 2001: *An Introduction to Micrometeorology*. 2nd Ed., Academic Press, 307 pp.
3. Garratt, J. R., 1992: *The Atmospheric Boundary Layer*. Cambridge University Press, 316pp.
4. Foken, T., 2008: *Micrometeorology*. Springer, 306pp.
5. Sutton, 1956: *Micrometeorology*. Cambridge University Press, 385 pp.

فهرست مطالعات:

1. Garratt, J. R., 1992: *The Atmospheric Boundary Layer*. Cambridge University Press, 316pp, chapters 4, 7, 8 and 9.
2. Moeng, C.-H., and P. P. Sullivan, 1994: *A comparison of shear- and buoyancy-driven planetary boundary layer flows*. J. Atmos. Sci., 51, 999-1022.
3. Hyeum Hailey Shin and Jimy Dudhia, 2016: *Evaluation of PBL Parameterizations in WRF at Subkilometer Grid Spacings: Turbulence Statistics in the Dry Convective Boundary Layer*, Month. Weath. Rev., DOI: <http://dx.doi.org/10.1175/MWR-D-15-0208.1>.
4. Cohen, A. E, Cavallo, S. M. Coniglio, M. C. and Brooks, H. E., 2015, *A Review of Planetary Boundary Layer Parameterization Schemes and Their Sensitivity in Simulating Southeastern U.S. Cold Season Severe Weather Environments*, Weather and Forecasting, 30, 591-612.



عنوان درس به فارسی: فیزیک ابر و تابش
عنوان درس به انگلیسی: (Physics of Clouds and Radiation)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: فیزیک جو

همین‌ا: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد \bullet ندارد \bullet سفر علمی \bullet کارگاه \bullet آزمایشگاه \bullet سمینار \bullet
اهداف کلی درس: آشنایی با فرایندهای تشکیل ابر و بارش و برهم‌کنش تابش ابر

سرفصل‌درس:

فصل اول - تشکیل و رشد قطره‌های ابر

جنبه‌های کلی ابر و تشکیل بارش، هسته‌بندی آب مایع در بخار آب، هسته‌های میعان جوئی، رشد پخش قطره، رشد گروهی قطره‌ها، تصحیح‌هایی در نظریه رشد پخش.

فصل دوم - آغاز باران در ابرهای غیر منجمد

ایجاد زمینه هم‌آمیزی، رشد قطره در اثر برخورد و هم‌آمیزی، مدل باون، رشد آماری (مدل تلفورد، معادله هم‌آمیزی تصادفی)، اثر تلاطم در برخورد و هم‌آمیزی.

فصل سوم - تشکیل و رشد بلورهای یخ

هسته‌بندی فاز یخ، آزمایش‌های مربوط به هسته‌بندی یخبندان ناهمگن، هسته‌های یخ جوئی، فاز یخ در ابرها، رشد پخش بلورهای یخی، رشد مضاعف در اثر برافزایش، مقایسه فرایند بلور یخ و هم‌آمیزی.

فصل چهارم - باران، برف و فرایندهای بارش

توزیع اندازه قطره، خرد شدن قطره، توزیع اندازه پره برف، انبوهش و خرد شدن پره برف، آهنگ بارش، بارش از ابرهای پوشنی، رگبارها، نظریه‌های بارشی، ساختار میان‌مقیاس باران، کارایی بارش.

فصل پنجم - مدل‌های عددی ابر

معادلات حاکم، مدل‌های یک بعدی، دوبعدی و سه بعدی، روش‌های ارزیابی مدل.

فصل ششم - مبانی تابش جوئی

مفاهیم میکرو فیزیکی، قوانین تابش جسم سیاه، شکل‌گیر یخ توسط جذب، طیف جذب اجزاء جوئی، پراکنش مولکول‌ها و ذرات موجود در جوئی، پدیده‌های نوری در جوئی.



فصل هفتم - انتقال تابش در جو

معادله انتقال تابش، قانون بیر-برونر-لامبرت، معادله شوآرتز شیلد، معادله انتقال تابش در جو تخت-موازی.

فصل هشتم - برهمکنش ابر و تابش

توازن تابش در جو، نقش ابر و هوا ویز در سامانها، مدلها، انتقال تابش و پارامترهای سازیتابش.

ارزشیابیمستمر	میانترم	آزمونهای نهایی	پروژه
-	✓	آزمون های نوشتاری: ✓	-
		عملکردی: -	

روش ارزیابی

فهرست منابع:

1. Rogers, R.R., and M. K. Yau, 1996: *A Short Course in Cloud Physics*. 3rd edition, Butterworth Heinemann, 290 pp.
2. Young, K.C., 1993: *Microphysical Processes in Clouds*. Oxford University Press, 427 pp.
3. Wang, P. K., 2013: *Physics and dynamics of clouds and precipitation*. Cambridge University Press, 451 pp.
4. Pruppacher, H.R., and J.D., Klett, 1997: *Microphysics of clouds and precipitation*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
5. Cotton, W. R. and A. R., Anthes, 1989: *Storm and Cloud Dynamics*. Academic Press, INC. 883 pp.
6. Mason, B. J., 1971: *The Physics of Clouds*. Clarendon Press. Oxford, 671 pp
7. Wallace, J.M., and P.V., Hobbs, 2006: *Atmospheric science: An introductory survey*. Amsterdam: Elsevier Academic Press.
8. Goody R. and Y.L., Yung, 1989: *Atmospheric Radiation; Theoretical Basics*, New York: Oxford University Press.
9. Liou, K.N., 2002: *An Introduction to Atmospheric Radiation*. Academic Press, 583 pp.

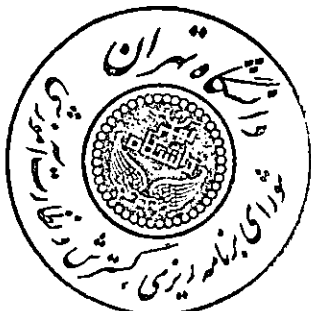
فهرست مطالعات:

فصل های اول، دوم، سوم و چهارم:

1. Rogers, R.R., and M. K. Yau, 1996: *A Short Course in Cloud Physics*. 3rd edition, Butterworth Heinemann, 290 pp.
2. Young, K.C., 1993: *Microphysical Processes in Clouds*. Oxford University Press, 427 pp.
3. Wang, P. K., 2013: *Physics and dynamics of clouds and precipitation*. Cambridge University Press, 451 pp.
4. Wallace, J.M., and P.V., Hobbs, 2006: *Atmospheric science: An introductory survey*. Amsterdam: Elsevier Academic Press.

فصل پنجم:

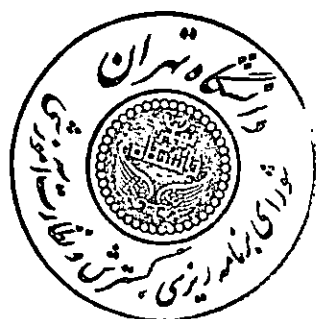
5. Cotton, W. R. and A. R., Anthes, 1989: *Storm and Cloud Dynamics*. Academic Press,



INC. 883 pp.

فصل‌های ششم، هفتم و هشتم:

6. Liou, K.N., 2002: *An Introduction to Atmospheric Radiation*. Academic Press, 583 pp.



عنوان درس به فارسی: مدل سازی اقلیم
عنوان درس به انگلیسی: (Climate Modeling)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: ۲ واحد نظری و ۱ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت نظری و ۳۲ ساعت عملی

پیش نیاز: -

هم نیاز: اقلیم شناسی

آموزش تکمیلی عملی: دارد ● ندارد ○ سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ● سمینار ○

اهداف کلی درس: آشنایی با اجزای مختلف یک مدل اقلیمی و ساختار انواع مدل های اقلیمی

سرفصل درس:

فصل اول - مقدمه ای بر مدل سازی اقلیم

تاریخچه و انواع مدل های اقلیمی، هسته دینامیکی، پارامترسازی فرایندهای ریزمقیاس، خطای سیستماتیک مدل های اقلیمی، نحوه ارزیابی نتایج حاصل از مدل های اقلیمی.

فصل دوم-مدل های ساده اقلیمی بر اساس تعادل انرژی

ساختار مدل های اقلیمی بر اساس تعادل انرژی، پارامترسازی سامانه اقلیمی برای مدل های بر اساس تعادل انرژی، مدل های جعبه ای- شکل دیگری از مدل های بر اساس تعادل انرژی.

فصل سوم-مدل های اقلیمی با پیچیدگی متوسط

مدل های اقلیمی یک بعدی تابش - همرفت، مدل های اقلیمی دوبعدی آماری - دینامیکی، برخی مدل های اقلیمی با پیچیدگی متوسط.

فصل چهارم- مدل های اقلیمی جفت شده سه بعدی

مدل سازی جو، مدل سازی اقیانوس، مدل سازی یخ کره، مدل سازی سطح زمین، شیمی جو، جفت شدگی مدل.

عملی:

فصل پنجم: آشنایی با چند مدل متداول اقلیمی منطقه ای یا جهانی



روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	✓ آزمون های نوشتاری:	✓	-
	✓ عملکردی:		

فهرست منابع:

1. Hartman, D. L., 1994: *Global Physical Climatology*. Academic Press, 408 pp.
2. Houghton, J., 2004: *Global Warming*. Cambridge University Press, 383 pp.
3. Jacob, D. J., 1999: *An Introduction to Atmospheric Chemistry*. Princeton University Press, 274 pp.
4. Jacobson, M.Z., 2005: *Fundamentals of Atmospheric Modeling*. Cambridge University Press, New York, 2nd Ed., 813pp.
5. McGuffie, K. and A. Henderson-Sellers, 2004: *Climate Modelling Primer*. 3rd Ed., Wiley, 296pp.
6. Neelin, J.D., 2011: *Climate Change and Climate Modeling*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 282pp.
7. Peng, G., L. M. Leslie, and Y. Shao (eds.), 2002: *Environmental Modelling and Prediction*. Springer, 480 pp.
8. Rusell, D. T., and P. Allen, 1997: *Applied Climatology, Principles and Practice*. Routledge, 352 pp.
9. Taylor, F.W., 2005: *Elementary Climate Physics*. Oxford University Press, 226pp.
10. Trenberth, K.E. (Ed), 1992: *Climate System Modelling*. Cambridge University Press, 817pp.

فهرست مطالعات:

1. McGuffie, K. and A. Henderson-Sellers, 2004: *Climate Modelling Primer*. 3rd Ed., Wiley, 296pp (Chapters 2, 3, 4, 5 and 6).
2. Neelin, J.D., 2011: *Climate Change and Climate Modeling*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 282pp (Chapters 5 and 7).
3. Trenberth, K.E. (ed), 1992: *Climate System Modelling*. Cambridge University Press, 817pp (Chapters 9 to 23).
4. Taylor, F.W., 2005: *Elementary Climate Physics*. Oxford University Press, 226pp (Chapter 11).
5. Jacobson, M.Z., 2005: *Fundamentals of Atmospheric Modeling*. Cambridge University Press, New York, 2nd Ed., 813pp (Chapter 21).



عنوان درس به فارسی: مبانی فیزیک فضا

عنوان درس به انگلیسی: (Fundamentals of Space Physics)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: -

هم‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد \bullet ندارد \bullet سفر علمی O کارگاه O آزمایشگاه O سمینار O

اهداف کلی درس: آشنایی با مبانی فیزیک فضا و پلاسمای فضایی شامل ویژگی‌های پلازما، میدان‌های الکترومغناطیسی، حرکت و انحراف ذرات در میدان‌های الکترومغناطیسی، امواج پلاسمایی، ساختار خورشید، جو خورشید، فعالیت‌های خورشیدی، بادهای خورشیدی، مغناطوسپهر زمین، پلازما و جریان‌های الکتریکی در یون‌سپهر، جفت‌شدگی‌ها و رابطه زمین و خورشید.

سرفصل درس: ۴۸ ساعت نظری

نظری:

فصل اول - مقدمه

پلازما، حفاظ دیبای، ویژگی‌های پلازما، پلازما در فضا، بسامد پلازما، بسامد چرخشی، باد خورشیدی، جریان‌های مغناطوسپهری.

فصل دوم - ذرات باردار در میدان‌های الکترومغناطیسی

معادلات میدان، راندگی الکتریکی، راندگی EXB ، راندگی هی قطبیده، راندگی الکتریکی، راندگی‌های مغناطیسی؛ راندگی گرادیان، راندگی عمومی، راندگی خمیده، ناوردهای بی‌دررو، گشتاور مغناطیسی، بطری و آینه‌های مغناطیسی، ناوردایی برای یک نوسانگر هماهنگ، ناوردایی نوع اول، دوم و سوم.

فصل سوم - ذرات بدام افتاده

میدان دوقطبی، حرکت جهشی، زاویه شیب استوایی، دوره تناوب جهشی، مخروط افت، سرعت راندگی مغناطیسی، راندگی الکتریکی، چشمه‌ها و چاهک‌ها، جریان حلقوی، طوفان‌های مغناطیسی.

فصل چهارم - برخورد‌ها و رسانایی

برخورد‌ها، پلاسمای یونیده جزئی، پلاسمای یونیده کامل، رسانایی، پلاسمای غیرمغناطیسی، پلاسمای مغناطیسی، رسانایی پیدرسن، رسانایی هال.



فصل پنجم - یون سپهر

شکل گیری یون سپهر، یونیزاسیون توسط تابش های ماوراء بنفش خورشیدی، یونیزاسیون توسط ذرات پرنرزی، باز ترکیبی و اتصال ها، لایه های یون سپهری، رسانایی یون سپهری، تانسور رسانایی، پروفایل رسانایی، جریان های یون سپهری، جریان Sq، الکتروجت های استوایی، مشاهدات و پایش.

فصل ششم - امواج پلاسمایی

پارامترهای موج، امواج مگنتوهیدرودینامیک، امواج آلفون، امواج مگنتوسونیک، امواج MHD، امواج الکتروستاتیکی در پلاسمای غیرمغناطیسی، نوسان های پلاسمایی، امواج لانگمیر، امواج یونی، امواج الکتروستاتیکی در پلاسمای مغناطیسی، امواج الکترومغناطیسی عمود بر میدان مغناطیسی در پلاسمای، امواج الکترومغناطیسی موازی با میدان مغناطیسی در پلاسمای، امواج whistler و امواج L.

فصل هفتم - خورشید و رابطه زمین-خورشید

خورشید، جو خورشید، میدان مغناطیسی، لکه های خورشیدی، کرونای خورشیدی و میدان مغناطیسی، پرتاب جرم، اثر فعالیت های خورشیدی بر اقلیم، تابش های الکترومغناطیسی خورشید، ذرات پرنرزی و جو، تشعشعات کیهانی و ابرناکی، علایم دوره خورشیدی در بادهای زیرین سپهر.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	✓	آزمون های نوشتاری: ✓	-
		عملکردی: -	

فهرست منابع:

1. Kallenrode, M. B., 2004, *Space Physics*. Springer, 482 pp.
2. Russel, C., and Kivelson, M. G., 1996, *Introduction to Space Physics*, Cambridge University Press, 563 pp.
3. Baumjohan, W., and Treumann. R., 1999, *Basic Space Plasma Physics*, Imperial College Press, 330 pp.
4. Gurntt, D. A., and Bhattacharjee, A., 2005, *Introduction to Plasma Physics with Space and Laboratory Applications*, Cambridge University Press, 452 pp.
5. Bittencourt, J. A., 2005, *Fundamentals of Plasma Physics*, Springer, 678 pp.
6. Mullan, D. J., 2009, *Physics of the Sun: A First Course*, Chapman and Hall, 390 pp.
7. Benestad, R. E., 2006, *Solar Activity and Earth' Climate*. Springer, 340 pp.
8. Prölss, G. W., 2004, *Physics of the Earth's Space Environment*, Springer, 519 pp.



فهرست مطالعات:

فصل اول و دوم:

1. Kallenrode, M. B., 2004, *Space Physics*. Springer, 482 pp
2. Bittencourt, J. A., 2005, *Fundamentals of Plasma Physics*, Springer, 678 pp.
3. Gurtt, D. A., and Bhattacharjee, A., 2005, *Introduction to Plasma Physics with Space and Laboratory Applications*, Cambridge University Press, 452 pp.

فصل سوم و چهارم:

4. Kallenrode, M. B., 2004, *Space Physics*. Springer, 482 pp
5. Swanson, D. G., 2003, *Plasma Waves*, Taylor and Francis, 400 pp.
6. Gurtt, D. A., and Bhattacharjee, A., 2005, *Introduction to Plasma Physics with Space and Laboratory Applications*, Cambridge University Press, 452 pp.

فصل پنجم و ششم:

7. Kallenrode, M. B., 2004, *Space Physics*. Springer, 482 pp.
8. Russel, C., and Kivelson, M. G., 1996, *Introduction to Space Physics*, Cambridge University Press, 563 pp.
9. Baumjohan, W., and Treumann. R., 1999, *Basic Space Plasma Physics*, Imperial College Press, 330 pp.

فصل هفتم:

10. Kallenrode, M. B., 2004, *Space Physics*. Springer, 482 pp.
11. Mullan, D. J., 2009, *Physics of the Sun: A First Course*, Chapman and Hall, 390 pp.



عنوان درس به فارسی: الکتربسیسته جو
عنوان درس به انگلیسی: (Atmospheric Electricity)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: فیزیک جو

همنیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد O ندارد \bullet سفر علمی O کارگاه O آزمایشگاه O سمینار O

اهداف کلی درس: آشنایی با ساختار الکتریکی جو زمین، مفاهیم و سازوکارهای باردارشدن ابر، انواع مختلف آذرخش و سازوکار آغازگری آن، نقش جریان آذرخش در مدار الکتریکی جهانی، مدلسازی پارامترهای الکتریکی مختلف آذرخش، اثرات آذرخش در جو میانی و فوقانی، اثرات آذرخش بر شیمی جو.

سرفصل درس: ۴۸ ساعت نظری

فصل اول - فیزیک ابر

خردفیزیک ابرهای گرم (هسته‌بندی و میعان)، رشد قطرات ابر در اثر برخورد و هم آمیزی، خردفیزیک ابر سرد (هسته‌بندی و رشد یخ)، یخ موجود در جو، خواص الکتریکی آب و یخ، رفتار قطرات آب در میدانهای الکتریکی.

فصل دوم - مدار الکتریکی جهانی

الکتربسیسته جو در هوای صاف، یونها و هدایت الکتریکی، دیدگاه کلاسیکی الکتربسیسته جوی، چگالی جریان ماکسول، مدلسازی مدار الکتریکی جهانی، دیدگاه های دیگر مدار الکتریکی جهانی، ویژگیهای جریانهای آذرخش، ویژگیهای فیزیکی کانالهای آذرخشی (ابعاد، ویژگیهای ترمودینامیکی و توازن انرژی).

فصل سوم - ساختار الکتریکی ابرهای تندری

مقدمه ای بر الکتربسیسته ابرهای تندری، میدانهای الکتریکی و مغناطیسی تولید شده توسط آذرخش ها، سازوکارهای باردارشدن ابر، فرآیندهای القایی و غیرالقایی.

فصل چهارم - اثرات آذرخش در جو میانی و فوقانی

کانالهای آذرخش از قله ابرها، تخلیه های گذرا در مزوسفر و یونسفر زیرین، برهم کنش آذرخش و میدانهای الکتریکی با یونسفر و مگنتوسفر.

فصل پنجم - اثرات آذرخش بر شیمی جو

اثر آذرخش بر شیمی جهانی و ردسپهر و اقلیم، فرآیندهای شیمیایی آذرخش.



فصل ششم - مدلسازی آذرخش

نمایش آذرخش در مدل‌های عددی ابر، طرحواره‌های آذرخش، پیش‌بینی آذرخش با استفاده از برخی شاخص‌های ترمودینامیکی و شاخص پتانسیل وقوع آن.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
-	✓	✓ آزمون‌های نوشتاری:	✓
		عملکردی: -	

فهرست منابع:

1. Rogers, R.R., and M. K. Yau, 1996: *A Short Course in Cloud Physics*. 3rd edition, Butterworth Heinemann, 290 pp.
2. Wallace J.M., and Hobbs, P.V., 2006: *Atmospheric Sciences, An Introductory Survey*, 2nd edition, Academic Press, Elsevier, 483 pp.
3. Volland, H., 1984: *Atmospheric electrodynamics*, Springer-Verlag, Berlin.
4. Wang, P. K., 2013: *Physics and dynamics of clouds and precipitation*. Cambridge University Press, 451 pp.
5. Chalmers J.A., 1967: *Atmospheric Electricity*, 2nd edition, Pergamon Press, Oxford.
6. MacGorman D.R., and Rust W.D., 1998: *The electrical nature of storms*, OUP.
7. Rakov, V.A., and Uman, M.A., 2003: *Lightning, physics and effects*, Cambridge University Press.
8. Houze, R.A., Jr., 1993: *Cloud Dynamics*. Academic Press, San Diego, 573 pp.

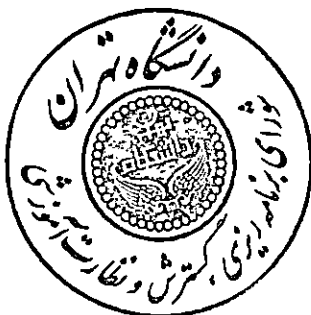
فهرست مطالعات:

فصل‌های اول، سوم و ششم

1. Rogers, R.R., and M. K. Yau, 1996: *A Short Course in Cloud Physics*. 3rd edition, Butterworth Heinemann, 290 pp.
2. Wang, P. K., 2013: *Physics and dynamics of clouds and precipitation*. Cambridge University Press, 451 pp.
3. MacGorman D.R., and Rust W.D., 1998: *The electrical nature of storms*, OUP.
4. Houze, R.A., Jr., 1993: *Cloud Dynamics*. Academic Press, San Diego, 573 pp.
5. Wallace J.M., and Hobbs, P.V., 2006: *Atmospheric Sciences, An Introductory Survey*, 2nd edition, Academic Press, Elsevier, 483 pp.

فصل‌های دوم، چهارم و پنجم

1. Rakov, V.A., and Uman, M.A., 2003: *Lightning, physics and effects*, Cambridge University Press.
2. Volland, H., 1984: *Atmospheric electrodynamics*, Springer-Verlag, Berlin.
3. Chalmers J.A., 1967: *Atmospheric Electricity*, 2nd edition, Pergamon Press, Oxford.



عنوان درس به فارسی: مبانی هواشناسی میان مقیاس

عنوان درس به انگلیسی: *Elementary Mesoscale Meteorology*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: دینامیک شاره های ژئوفیزیکی

هم‌نیاز: دینامیک جو

آموزش تکمیلی عملی: دارد ○ ندارد ● سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ○

اهداف کلی درس: آشنایی مقدماتی با پدیده های میان مقیاس و ساز کار آنها

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول - مقدمه

معرفی برخی پدیده های میان مقیاس، تعریف مقیاس، دیدگاه دینامیکی مقیاس، طیف انرژی و مقیاس، تبادل انرژی در مقیاسهای مختلف، تفکیک مقیاسها بر اساس ابعاد زمانی - مکانی پدیده ها، تحلیل ابعادی.

فصل دوم - معادلات پایه

معادله اندازه حرکت، معادله انرژی ترمودینامیکی، معادله پیوستگی، جریانات چرخشی، بدست آوردن شکل میان مقیاس معادلات.

فصل سوم - ناپایداریها

ناپایداری ایستایی، ناپایداری گریز از مرکز، ناپایداری لختی، ناپایداری متقارن، ناپایداری چینی

فصل چهارم - امواج جو

امواج سینویتیکی، امواج میان مقیاس، موج گرانی، موج گرانی درونی، انعکاس امواج، تراز بحرانی، پدیدههای هواشناختی ناشی از امواج گرانی

فصل پنجم - لایه مرزی جو

تعریف لایه مرزی، جریانات تلاطمی، ساختار تحول زمانی لایه مرزی، نقش پوشش سطحی در تحول لایه مرزی، لایه مرزی شهری، جت شبانه.



فصل ششم - جبهه ها

مرز بین توده هواهای متفاوت در مقیاس سینوپتیکی، جبهه، انواع جبهه، گستره فضایی جبهه ها، خط خشک، مرزهای برون شارش، مرز توده هواهای مختلف گرمایش سطحی.

فصل هفتم - همرفت

آغاز گری همرفت، نقش جریانات بزرگ مقیاس در ایجاد همرفت، همگرایی شار رطوبت سطحی، همرفت واداشته، سامانه های همرفتی تک سلولی و چند سلولی، خط تند وزه.

روش ارزیابی:

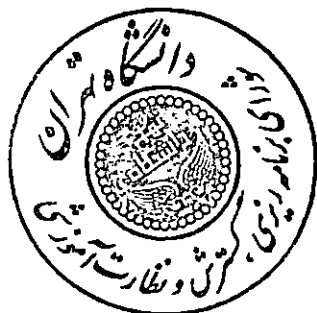
پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
✓	✓ آزمون های نوشتاری:	✓	✓
	عملکردی: -		

فهرست منابع:

1. Markowski, P., and Y. Richardson, 2010: *Mesoscale Meteorology in Mid-latitudes*. John Wiley & Sons, Ltd, 430 pp.
2. Lin, Y-L., 2007: *Mesoscale Dynamics*. Cambridge University Press, 630 pp.
3. Ray, P. S., 1986: *Mesoscale Meteorology and Forecasting*. American Meteorological Society, 793 pp.
4. Atkinson, B. W., 1981: *Meso- Scale Atmospheric Circulations*. Academic Press, 495 pp.
5. Pielke, R. A., 2001: *Mesoscale Meteorological Modeling*. Academic Press, 676 pp
6. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: *An Introduction to Dynamic Meteorology*. Academic Press, 532 pp.

فهرست مطالعات:

1. Markowski, P., and Y. Richardson, 2010: *Mesoscale Meteorology in Mid-latitudes*. John Wiley & Sons, Ltd, 430 pp. Chapter 1,4,5,6,8,9,12,13.
 2. Atkinson, B. W., 1981: *Meso- Scale Atmospheric Circulations*. Academic Press, 495 pp. Chapter 1.
 3. Pielke, R. A., 2001: *Mesoscale Meteorological Modeling*. Academic Press, 676 pp, Chapters 2, 3 and 4.
1. Atkinson, B. W., 1981: *Meso- Scale Atmospheric Circulations*. Academic Press, 495 pp.
 2. Pielke, R. A., 2001: *Mesoscale Meteorological Modeling*. Academic Press, 676 pp
 3. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: *An Introduction to Dynamic Meteorology*. Academic Press, 532 pp.



عنوان درس به فارسی: داده کاوی در هواشناسی

عنوان درس به انگلیسی: *Data mining in Meteorology*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: ۲ واحد نظری و ۱ واحد عملی

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت نظری و ۳۲ ساعت عملی

پیش‌نیاز: -

هم‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد • ندارد ○ سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ○
اهداف کلی درس: تجزیه و تحلیل داده‌های هواشناسی به منظور یافتن الگوهای مفید نهفته در دل حجم عظیم داده‌ها

سرفصل درس: ۳۲ ساعت نظری و ۳۲ ساعت عملی

نظری:

فصل اول - مقدمه‌های داده‌کاوی

تاریخچه، تعریف مفاهیم، تعریف داده‌کاوی، کاربردهای داده‌کاوی، پایگاه داده‌ها و انبار داده‌ها و تفاوت‌شان، وظایف و محدودیت‌های داده‌کاوی، و شرح فرایند داده‌کاوی.

فصل دوم - روش‌ها و ابزارهای داده‌کاوی

دسته‌بندی، خوشه‌بندی، کشف قانون همبستگی، تشخیص و کشف خطا، کشف الگوی ترتیبی.

فصل سوم - شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک

مروری بر شبکه عصبی، قابلیت‌های شبکه عصبی، ساختار شبکه عصبی، الگوریتم یادگیری شبکه عصبی، تابع‌های فعال کننده.

فصل چهارم مطالعه موردی کاربرد داده‌کاوی در هواشناسی

مطالعه داده‌های یک ایستگاه، نحوه استخراج ویژگی‌های مناسب برای بررسی یک پدیده خاص هواشناسی با استفاده از توزیع پارامترهای مختلف در جامعه آماری، درک خروجی‌های مدل‌های داده‌کاوی.

فصل پنجم - نرم افزارهای داده‌کاوی

آموزش برخی از نرم افزارهای متداول در داده‌کاوی.



روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
✓	آزمون های نوشتاری: ✓	✓	-
	عملکردی: -		

فهرست منابع:

1. Han, Jiawei, Kamber, Micheline, Pei Jian, 2012, "Data Mining: Concepts and Techniques Third Edition", Morgan Kaufmann Publishers. 225 Wyman Street, Waltham, MA 02451, USA
2. Yong Yin, I. Kaku, J. Tang, and J.M. Zhu, 2011, "Data Mining: Concepts, Methods and Applications in Management and Engineering Design", Springer London Dordrecht Heidelberg New York. ISBN: 978-1-84996-337-4 and e-ISBN: 978-1-84996-338-1
3. Galit Shmueli, Nitin R. Patel, Peter C. Bruce, 2007, Data Mining for Business Intelligence: Concepts, Techniques, and Applications in Microsoft Office Excel with XLMiner, Published by: Wiley & Sons, Hoboken, N.J. ISBN 0-470-08485-5
4. Liu, Yonggang, & Weisberg, Robert H., 2011, "A Review of Self-Organizing Map Applications in Meteorology and Oceanography". Self Organizing Maps - Applications and Novel Algorithm Design., 252-273. <http://www.intechopen.com/books/self-organizing-maps-applications-and-novel-algorithm-design/a-review-of-self-organizing-map-applications-in-meteorology-and-oceanography>
5. Hong Y., HSU, K., SOROOSHIAN, S., & GAO, X., (2004). "Precipitation Estimation from Remotely Sensed Imagery Using an Artificial Neural.". J. Appl. Meteorol 43: 1834-1852.

۱. مشکاتی، ع.، و ناظمی، ع.، ۱۳۸۸، مقدمه‌ای بر داده‌کاوی، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۲. کیا سید مصطفی، ۱۳۹۵، شبکه های عصبی در متلب، ناشر دانشگاهی کیان

فهرست مطالعات:

1. Demaria M., Mainelli M., Shay L., Knaff J. A., Kaplan J., 2005, Further Improvements to the Statistical Hurricane Intensity Prediction Scheme (Ships), Weather and Forecasting, 20, 531-543.
2. Keogh E., Lin J., Truppel W., 2005 August, Clustering of Time Series Subsequences is Meaningless: Implications for Previous and Future Research, Knowledge and Information Systems, Vol. 8, Issue 2, pp 154-177.



عنوان درس به فارسی: امواج در جو و اقیانوس

عنوان درس به انگلیسی: (Waves in the Atmosphere and Oceans)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: -

هم‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد O ندارد \bullet سفر علمی O کارگاه O آزمایشگاه O سمینار O

اهداف کلی درس: آشنایی با انواع مختلف حرکت‌های موجی در جو و اقیانوس شامل مفاهیم کلی موج، دینامیک امواج از قبیل درونی، گرانی-لختی، کلوین، پوانکاره، راسبی و استوایی.

سرفصل درس : ۴۸ ساعت نظری

نظری:

فصل اول - مقدمه

مقدمه ای بر شاره‌های ژئوفیزیکی چرخان (وناچرخان) و چینه‌بندی شده، ویژگی‌های امواج از قبیل بسامد، عدد موج، سرعت گروه، تندی فاز، طبقه بندی امواج و نظریه‌های مرتبط.

فصل دوم - امواج گرانی سطحی

معادلات حرکت در شاره تک‌لایه همگن ناچرخان (به‌شکل بسیط و آب کم عمق)، تعیین شرایط مرزی، خطی‌سازی معادلات، رابطه واپاشی، تقریب عمیق و کم عمق.

فصل سوم - امواج در شاره های چرخان

نوسانات لختی خالص، امواج گرانی-لختی، انرژی امواج گرانی-لختی (امواج پوانکاره)، امواج کلوین، امواج کلوین ساحلی، امواج کلوین استوایی، امواج راسبی.

فصل چهارم - امواج گرانی درونی

معادلات حرکت و خطی‌سازی آنها، تقریب بوسینسک، رابطه واپاشی، سرعت گروه و تندی فاز، انرژی امواج گرانی درونی، امواج گرانی درونی واداشته کوهساری، نظریه WKB و ساختار قائم، مدهای غیرخطی.

فصل پنجم - حرکات آب‌ایستایی (هیدروستاتیک) مقیاس بزرگ

حرکات زمینگرد، تنظیم زمینگرد، شعاع دگرشکلی راسبی، امواج راسبی، اثر بتا، معادله تاوایی پتانسیلی، امواج راسبی فشارورد، امواج راسبی واداشته کوهساری، امواج راسبی شبه‌زمینگرد، امواج استوایی صفحه بتا.



روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	آزمون های نوشتاری: ✓ عملکردی: -	✓	-

فهرست منابع:

1. Pedlosky, J., 2003: *Waves in the Ocean and Atmosphere: Introduction Waves Dynamics (Second Edition)*, Springer-Verlag, 260 pp.
2. Pedlosky, J., 1987: *Geophysical Fluid Dynamics (Second Edition)*, Springer-Verlag, 710 pp.
3. Vallis, G. K., 2006: *Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics*. Cambridge University Press, 745 pp.
4. Holton, J. R., 2004: *An Introduction to Dynamic Meteorology*, 4th edition, Elsevier Academic Press, London, 553 pp.
5. Gill, A., 1982: *Atmosphere-Ocean Dynamics*, Academic Press, 645 pp.
6. Dean, R. G., and R. A. Dalrymple, 1991: *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists*. World Scientific Press, Singapore, 353 pp.

فهرست مطالعات:

1. Pedlosky, J., 2003: *Waves in the Ocean and Atmosphere: Introduction Waves Dynamics (Second Edition)*, Springer-Verlag, Ch. 1-16, Ch. 18-19.
2. Pedlosky, J., 1987: *Geophysical Fluid Dynamics (Second Edition)*, Springer-Verlag, Ch. 3.
3. Vallis, G. K., 2006. *Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics*. Cambridge University Press, Ch. 2-5.
4. Holton, J. R., 2004. *An Introduction to Dynamic Meteorology*, 4th edition, Elsevier Academic Press, London, Ch. 7.
5. Gill, A., 1982, *Atmosphere-Ocean Dynamics*, Academic Press, Ch 5-12.
6. Dean, R. G., and R. A. Dalrymple, 1991: *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists*. World Scientific Press, Singapore, Ch. 1-3, Ch. 5.



عنوان درس به فارسی: هواویزهای جوّی

عنوان درس به انگلیسی: (Atmospheric Aerosols)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: فیزیک جوّ

هم‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد \bullet ندارد \bullet سفر علمی \bullet کارگاه \bullet آزمایشگاه \bullet سمینار \bullet

اهداف کلی درس: آشنایی با هواویزهای جوّی و ویژگی‌های آنها

سرفصل درس: ۴۸ ساعت نظری

نظری:

فصل اول - مقدمه

ویژگی‌های هواویزهای جوّی، معرفی تابع توزیع اندازه هواویزها، ترکیبات شیمیایی، تغییرات زمانی، مکانی و توزیع قائم آنها در جوّ.

فصل دوم - دینامیک هواویزها

دینامیک هواویزهای منفرد: شامل نیروهای وارد بر هواویزهای منفرد، حرکت یک هواویز منفرد، حرکات براونی، هواویزها و حرکات شاره، قطر معادل ذرات، دینامیک مجموعه هواویزها: شامل فرایندهای میعان و برهم نهی، معادلات دینامیکی حاکم بر مجموعه هواویزها.

فصل سوم - ترمودینامیک هواویزها

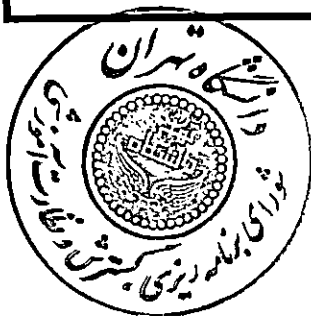
اصول ترمودینامیک، محتوای آب مایع هواویزها، اثر کلوین، ترمودینامیک سیستم هواویزهای جوّ.

فصل چهارم - هواویزهای آلی

اجزای هواویزهای آلی، کربن عنصری، کربن آلی، هواویزهای کربنی آلی اولیه، هواویزهای کربنی آلی ثانویه.

فصل پنجم - برهم‌کنش هواویزها و تابش

جذب و پراکنش نور توسط ذرات کوچک، دید افقی، جذب و پراکنش و خاموشی توسط ذرات درشت، محاسبه کاهش دید با استفاده از داده‌های جوّی، معرفی برخی مدل‌های تابشی مانند SBDART.



فصل ششم - هواویزها و اقلیم

مدل جذب و پراکنش برای یک لایه هواویز، گرمایش و سرمایش یک لایه از هواویزها، عمق نوری و واداشت ستونی، واداشت‌های سطحی و قله جو، اثرات غیرمستقیم هواویزها.

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	آزمون های نوشتاری: ✓	✓	-
	عملکردی: -		

فهرست منابع:

1. Seinfeld, H. and Pandis, N., 2006: *Atmospheric chemistry and physics-from air pollution to climate change. Second edition, John Wiley & Sons, 1203 pp.*
2. Kokhanovsky, A. A. 2008: *Aerosol optics: Light absorption and scattering by particles in the atmosphere. Springer-Praxis, 146pp.*
3. Jacob, D., 1999: *Introduction to Atmospheric Chemistry. Princeton University Press, 267pp.*
4. Kirill Ya. Kondratyev, Lev S. Ivlev, Vladimir F. Krapivin, Costas A. Varostos, 2009: *Atmospheric aerosol properties, Springer, 595pp.*
5. McNeill, V. and Ariya P., 2014: *Atmospheric and Aerosol Chemistry, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 264pp.*
6. Harrison, R. M., and R. E. Van Grieken, 1999: *Atmospheric Particles. John Wiley & Sons, 610 pp.*
7. András Gelencsér, 2005, *Carbonaceous Aerosol, Springer, 357 pp.*

فهرست مطالعات:

1. Seinfeld, H. and Pandis, N., 2006: *Atmospheric chemistry and physics-from air pollution to climate change. Second edition, John Wiley & Sons, 1203 pp. (Chap. 8-9; 13-15& 24).*
2. Gelencsér, A.: 2005: *Carbonaceous Aerosol, Springer, 357 pp. (Chap. 3-4)*
3. Kokhanovsky, A. A. 2008: *Aerosol optics: Light absorption and scattering by particles in the atmosphere. Springer-Praxis, 146pp. (Chap. 2-3)*



عنوان درس به فارسی: شیمی جوّ

عنوان درس به انگلیسی: (Atmospheric Chemistry and air pollution)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: فیزیک جوّ

همینا: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ○ ندارد ● سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ●

اهداف کلی درس: آشنایی با ویژگی‌های شیمیایی جوّ و آلودگی هوا

سرفصل درس: ۴۸ ساعت نظری

نظری:

فصل اول - مقدمه

ترکیبات شیمیایی جوّ، ساختار جوّ، نحوه تشکیل جوّ، هواشناسی آلودگی هوا (نقش تابش، شرایط پایداری، نمایه قائم باد، ارتفاع اختلاط، تلاطم).

فصل دوم - چرخه ترکیبات شیمیایی جوّ

هیدروژن و هلیوم، ترکیبات کربنی (شامل متان، مونوکسید کربن و کربن آلی)، ازن (شامل فرایندهای تشکیل و تخریب ازن، برش قائم ازن و ازن وردسپهری)، ترکیبات نیتروژنی (اکسیدهای نیتروژن و آمونیاک)، ترکیبات گوگرد (چشمه گوگرد در جوّ و چرخه جوّیگوگرد).

فصل سوم - هواویزهای جوّ

ویژگی‌های هواویزها، چشمه هواویزها، توزیع اندازه و غلظت هواویزها در جوّ، ترکیبات شیمیایی هواویزها، تغییرات اندازه هواویزها به‌عنوان تابعی از رطوبت نسبی.

فصل چهارم - تابش و نورشیمی جوّ

تابش خورشیدی و زمینی، شارهای تابشی در جوّ، نورشیمی جوّ، جذب تابش توسط گازهای جوّی، جذب توسط اکسیژن مولکولی و ازن، نرخ نورکافت به‌عنوان تابعی از ارتفاع، نقش اکسیدهای نیتروژن، هیدروکربن‌ها و ازن در نورشیمی جوّ، مه دود فوتوشیمیایی.

فصل پنجم - مدل‌های انتقال شیمی جوّ

انواع مدل‌های انتقال شیمی جوّ، مدل‌های جعبه‌ای، مدل‌های انتقال شیمی جوّسه بعدی، مدل‌های لاگرانژی یک بعدی، دیگر شکل‌های مدل‌های انتقال شیمی جوّ، حل عددی مدل‌های انتقال شیمی جوّ، ارزیابی مدل‌ها.



فصل ششم - برهم کنش اقلیم و ترکیبات شیمیایی جو

توازن تابشی در سیستم زمین- جو، تغییرات در ترکیبات شیمیایی در پوش سپهر، نقش هواویزهای وردسپهری در توازن تابش، اثر دی اکسید کربن بر توازن تابش.

روش ارزیابی:

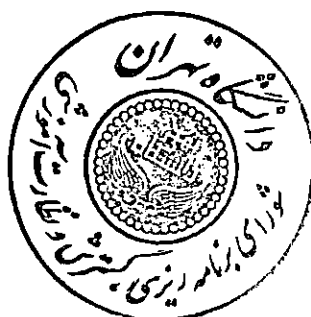
پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	آزمون های نوشتاری: ✓	✓	-
	عملکردی: -		

فهرست منابع:

1. Seinfeld, H. and Pandis, N., 2006: *Atmospheric chemistry and physics-from air pollution to climate change. Second edition, John Wiley & Sons, 1203 pp.*
2. Jacob, D., 1999, *Introduction to Atmospheric Chemistry, Princeton University Press, 277pp.*
3. Mészáros, E. ed., 1981. *Atmospheric Chemistry (Vol. 11). Elsevier, 203pp.*
4. Ariya, P.A., 2014. *Atmospheric and aerosol chemistry (Vol. 339). New York: Springer, 267pp.*

فهرست مطالعات:

1. Seinfeld, H. and Pandis, N., 2006: *Atmospheric chemistry and physics-from air pollution to climate change. Second edition, John Wiley & Sons, 1203 pp (Chp. 2,4,8,15,24,25).*
2. Jacob, D., 1999, *Introduction to Atmospheric Chemistry, Princeton University Press, 277pp (Chp. 1-4).*
3. Mészáros, E. ed., 1981. *Atmospheric Chemistry (Vol. 11). Elsevier, 203pp (Chp. 1-4).*



عنوان درس به فارسی: نورشناخت جو
عنوان درس به انگلیسی: (Atmospheric Optics)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: ۲ واحد نظری و ۱ واحد عملی

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت نظری و ۳۲ ساعت عملی

پیش‌نیاز: فیزیک جو

هم‌نیاز: اقلیم‌شناسی

آموزش تکمیلی عملی: دارد ○ ندارد ● سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ●
اهداف کلی درس: آشنایی با ویژگی‌های نوری جو

سرفصل درس: ۳۲ ساعت نظری و ۳۲ ساعت عملی
نظری:

فصل اول- برهم کنش نور و جو

برهم کنش امواج الکترومغناطیس و ذرات موجود در جو شامل ترکیبات گازی، هواویزها و ابر، ترکیبات شیمیایی و ویژگی-
های خرد فیزیکی ذرات موجود در جو، پدیده‌های نوری در جو.

فصل دوم- ویژگی‌های نوری جو

جذب و پراکندگی در جو، ضریب خاموشی جو، عمق نوری جو شامل عمق نوری هواویزها، عمق نوری مولکولی (رایلی)،
عمق نوری ناشی از جذب گازها (ازن و ترکیبات آلاینده)، قطبش‌پذیری، تیرگی جو.

فصل سوم- سنجش از دور ویژگی‌های نوری جو

اندازه‌گیری زمین‌پایه دستگاه شیدسنج خورشیدی و لیدار، اندازه‌گیری فضای، ماهواره‌های سنجش از دور، مروری بر
سنجنده‌های ماهواره‌ای، تصحیحات جوی.

عملی:

فصل چهارم- شبیه‌سازی عددی ویژگی‌های نوری جو

مدل انتقال تابش جو، آشنایی با مدل‌های شبیه‌سازی نوری، مدل‌های SBDART, OPAC, MODTRAN, PCMODWIN, و مدل‌های هواویز.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	✓	آزمون های نوشتاری: ✓ عملکردی: -	-



فهرست منابع:

1. Babenko, V.A., Astafyeva, L.G. and Kuz'min, V.N., 2003: *Electromagnetic Scattering in Disperse Media: Inhomogeneous and Anisotropic Particles*. Springer Science & Business Media, 443pp.
2. Bohren, C.F. and Clothiaux, E.E., 2006: *Fundamentals of Atmospheric Radiation: An Introduction with 400 problems*. John Wiley & Sons, 479pp.
3. Bohren, C.F. and Huffman, D.R., 2008: *Absorption and Scattering of Light by Small Particles*. John Wiley & Sons, 529pp.
4. Kondratyev, K., Ivlev, L., Krapivin, V. and Varostos, C., 2006: *Atmospheric Aerosol Properties: Formation, Processes and Impacts*. Springer Science & Business Media. 599pp.
5. Kokhanovsky, A. A. 2008: *Aerosol optics: Light Absorption and Scattering by Particles in the Atmosphere*. Springer-Praxis, 146pp.
6. Liou, K.N., 2002: *An Introduction to Atmospheric Radiation*. Academic Press, 583pp.
7. Melnikova, I.N. and Vasilyev, A.V., 2005: *Short-Wave Solar Radiation in the Earth's Atmosphere*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 313pp.
8. Zdunkowski, W., Trautmann, T. and Bott, A., 2007: *Radiation in the Atmosphere: A Course in Theoretical Meteorology*. Cambridge University Press, 498pp.

فهرست مطالعات:

1. Liou, K.N., 2002: *An Introduction to Atmospheric Radiation*. Academic Press, 583 pp (Chap. 3-7).
2. Bohren, C.F. and Clothiaux, E.E., 2006: *Fundamentals of Atmospheric Radiation: An Introduction with 400 problems*. John Wiley & Sons, 479pp. (Chap. 8)
3. Kokhanovsky, A. A. 2008: *Aerosol optics: Light Absorption and Scattering by Particles in the Atmosphere*. Springer-Praxis, 146pp (Chap. 1-5).



عنوان درس به فارسی: روش‌های آماری در هواشناسی

عنوان درس به انگلیسی: (Statistical methods in meteorology)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: اقلیم‌شناسی

هم‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ○ ندارد ● سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ●
اهداف کلی درس: آشنایی با کاربرد روش‌های آماری در هواشناسی و علوم جو

سرفصل درس: ۴۸ ساعت نظری

نظری:

فصل اول - مقدمه‌ای بر آمار

نظریه احتمال، توزیع متغیرهای جوی و اقلیمی، مفهوم استنباط آماری، برآورد.

فصل دوم - تحلیل آماری

آزمون آماری یک فرضیه، تحلیل تک متغیره، تحلیل چند متغیره، ارزیابی مدل‌های گردش کلی و حساسیت سنجی، تعیین سیگنال در داده‌های مشاهداتی.

فصل سوم - برازش مدل‌های آماری

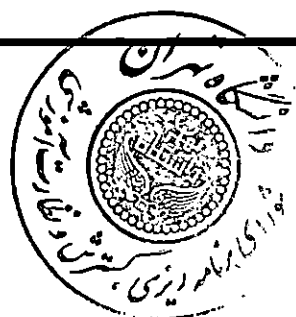
همبستگی، مدل‌های ساده وایازش، وایازش چندگانه، انتخاب مدل، تحلیل وردایی (یک سویه و دوسویه).

فصل چهارم - سری‌های زمانی

سری‌های زمانی و فرایندهای تصادفی، پارامترهای سری‌های زمانی یک متغیره و دو متغیره (شامل توابع هم‌وردایی، طیف و تحلیل فرکانس)، تخمین توابع هم‌وردایی و طیفی.

فصل پنجم - روش‌های ویژه (Eigen)

توابع متعامد تجربی، تحلیل همبستگی بندادی، تحلیل الگوهای نوسانات اصلی (POP).



روش ارزیابی:

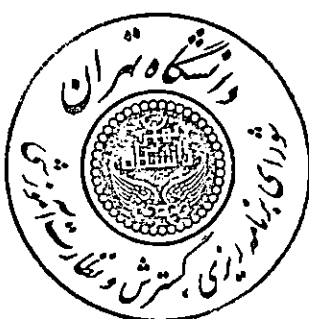
پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	آزمون های نوشتاری: ✓ عملکردی: -	✓	-

فهرست منابع:

- 1- Wilks, D.S., 2011. *Statistical methods in the atmospheric sciences (Vol. 100)*. Academic press, 627pp.
- 2- Von Storch, H. and Zwiers, F.W., 2001. *Statistical analysis in climate research*. Cambridge university press, 484 pp.
- 3- Brillinger, D.R., 1997. *An application of statistics to meteorology: estimation of motion*. In *Festschrift for Lucien Le Cam*, Springer New York, 93-105.
- 4- Brooks, C.E.P. and Carruthers, N., 1953. *Handbook of statistical methods in meteorology*. *Handbook of statistical methods in meteorology*, 412 pp.

فهرست مطالعات:

1. Wilks, D.S., 2011. *Statistical methods in the atmospheric sciences (Vol. 100)*. Academic press, 627pp. (Chp. 1-5)
2. Von Storch, H. and Zwiers, F.W., 2001. *Statistical analysis in climate research*. Cambridge university press, 484 pp. (Chp. 3,5,7,8)



عنوان درس به فارسی: فیلترهای دیجیتال و کاربردهای آن در هواشناسی
عنوان درس به انگلیسی: (*Digital Filters & its Applications in Meteorology*)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز:-

همینا: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد • ندارد O سفر علمی O کارگاه O آزمایشگاه • سمینار O
اهداف کلی درس: آشنایی با مباحث فیلترهای دیجیتال (پالایه های رقمی) و روش‌های پالایش داده‌های هواشناختی

سرفصل درس: ۴۸ ساعت نظری

نظری:

فصل اول - سیگنال‌ها، سیستم‌ها و پردازش سیگنال

طبقه بندی سیگنال‌ها، پیوسته و رقمی، تناوبی و غیرتناوبی، معین و نامعین، یک طرفه و دو طرفه، یک کاناله و چند کاناله، یک بعدی و چند بعدی، سیگنال‌های انرژی و توان، قضیه نمونه‌برداری، الیاسینگ، شیفت به جلو و عقب، مقیاس نمودن، نمایش سیگنالها، روابط سیگنالها.

فصل دوم - سیستم‌ها

ایستا و پویا، خطی و غیرخطی، متغیر و نامتغیر با زمان، علی و غیرعلی، بازگشتی و غیر بازگشتی، پایدار و ناپایدار، ترکیب سیستم‌ها، هم‌میخت و خواص آن، همبستگی و خواص آن.

فصل سوم - تبدیل‌ها

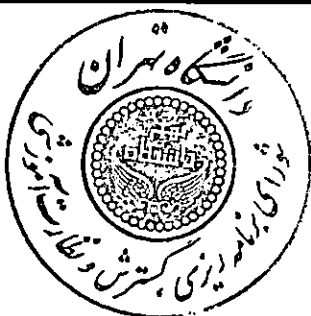
تبدیل فوری، تبدیل لاپلاس، خواص تبدیل فوری، تبدیل Z و کاربرد آن در تجزیه و تحلیل سیستم های خطی

فصل چهارم - تجزیه و تحلیل و طراحی سیستم‌ها در حوزه فرکانس

تجزیه و تحلیل و طراحی سیستم های گسسته در زمان در حوزه فرکانس، مشخصات حوزه فرکانس سیستم های خطی تغییر ناپذیر با زمان، سیستم های خطی به عنوان پالایه‌های گزینش فرکانس، روش‌های پالایش خطی بر پایه تبدیل فوری گسسته

فصل پنجم - طراحی و کاربرد فیلترها در هواشناسی

روش های پالایش خطی بر اساس نرم افزار های موجود در حوزه فوری (فیلترهای ایده‌آل، پدیده گیبس، *tapering* و انواع آن، فیلترهای واقعی)، صفحه Z (فیلترهای بازگشتی و غیربازگشتی، فیلترهای نوارباریک)، واهم‌میخت، حداقل مربعات، طراحی فیلتر های غیربازگشتی در آغازگری.



روش ارزیابی:

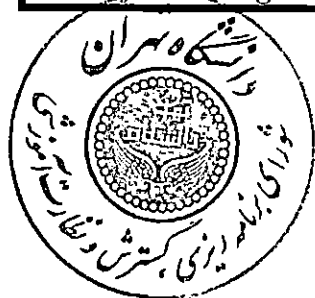
پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	✓ آزمون های نوشتاری:	✓	-
	عملکردی: -		

فهرست منابع:

1. Bracewell, R. N., 2000: *The Fourier Transform and its Application*. McGraw-Hill.
2. Brigham, E. R., 1974: *The Fast Fourier Transform*. Prentice-Hall.
3. Chen, M. and Huang, X., Y., 2006: *Digital filter initialization for MM5*. *Mon. Wea. Rev.*, 134, 1222-1236.
4. Cunningham, E. P., 1992: *Digital Filtering, An Introduction*. Houghton Mifflin Company.
5. Ludman, L. C., 1986: *Fundamentals of Digital Signal Processing*. John Wiley & Sons.
6. Lynch, P. and Huang, X., Y., 1992: *Initialization for the HIRLAM model using a digital filter*. *Mon. Wea. Rev.*, 120, 1019-1034.
7. Lynn, P., A. and Furest, W., 1994: *Introductory Digital signal Processing with Computer Application*. John Wiley & Sons.
8. Lyons, G., Richard, 2011, *Understanding digital signals processing, Third Edition, 2011, Prentice Hall*
9. Meskó, A., 1984: *Digital Filtering, Applications in Geophysical Exploration for Oil*. Halsted Press.
10. Oppenheim, A. V., Schaffer, R. W., and Nawab, W. A., 1990: *Signal and Systems*. Prentice-Hall.
11. Proakis, J. G., and Manolakis, D. G., 1996: *Introduction to Digital Signal Processing*. Collier Macmillan Publishers.
12. Termonia, P., 2008: *Scale-selective digital-filtering initialization*. *Mon. Wea. Rev.*, 136, 5246-5255
13. Zurbenko, I., Poter, P. S., Rao, S. T., Ku, J. Y., Gui, R., and Eskridge, R. E., 1996: *Detecting discontinuities in time series of upper -air data: Development and demonstration of an adaptive filter technique*. *J. Climate*, 6, 3548-3560.
14. Zoran Milivojević, 2009: *Digital Filter Design, MikroElektronika (2009)*.

فهرست مطالعات

1. Cunningham, E. P., 1992: *Digital Filtering, An Introduction*. Houghton Mifflin Company. 536pp, Chapter 1-6.
2. Lyons, G., Richard, 2011, *Understanding digital signals processing, Third Edition, 2011, Prentice Hall*. 954pp, Chapter 1-6.
3. Meskó, A., 1984: *Digital Filtering, Applications in Geophysical Exploration for Oil*. Halsted Press. 630pp, Chapter 1.
4. Somanatham Nair, B., 2006, *Digital Signal Processing Theory, Analysis and Digital - filter Design* Prentice-Hall. 471pp, Chapter 1-9.



5. Proakis, J. G., and Manolakis, D. G., 1996: *Introduction to Digital Signal Processing Principles Algorithm and Application*, Prentice-Hall. 943pp, Chapter 1-10.

