



جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی آموزشی



برنامه درسی رشته

ریاضیات و کاربردها

Mathematics and Applications

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته



کرایش

گراف و ترکیبیات

Graph Theory and Combinatorics

برنامه درسی مرجع



گروه علوم پایه
پیشهادی کارگروه تخصصی علوم ریاضی

پیشگی

نام رشته: ریاضیات و کاربردها

عنوان گرایش: گراف و ترکیبیات

گروه: علوم پایه

دوره تحصیلی: کارشناسی ارشد ناپیوسته

کارگروه تخصصی: علوم ریاضی

نوع مصوبه: بازنگری

پیشنهادی: کارگروه تخصصی علوم ریاضی

تاریخ تصویب: ۱۴۰۳/۰۵/۲۱

برنامه درسی بازنگری شده ریاضیات و کاربردها گرایش گراف و ترکیبیات، در جلسه شماره ۱۸۰ تاریخ ۱۴۰۳/۰۵/۲۱ کمیسیون برنامه ریزی درسی، محتوا و سرفصل رشته‌های تحصیلی به شرح زیر تصویب شد:

ماده یک- این برنامه درسی برای دانشجویانی که پس از تصویب این برنامه درسی در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی پذیرفته می‌شوند، قابل اجرا است.

ماده دو- این برنامه درسی، جایگزین برنامه درسی ریاضیات و کاربردها گرایش گراف و ترکیبیات، مصوب جلسه ۸۸۷ تاریخ ۱۳۹۶/۰۹/۰۴ شورای عالی برنامه ریزی می‌شود.

ماده سه- این برنامه درسی در سه فصل: مشخصات کلی، جدول‌های واحدهای درسی و سرفصل دروس تنظیم شده است و برای اجرا در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی پس از اخذ مجوز پذیرش دانشجو از شورای گسترش آموزش عالی و سایر ضوابط و مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ابلاغ می‌شود.

ماده چهار- این برنامه درسی از شروع سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ به مدت ۵ سال قابل اجرا است و پس از آن، در صورت تشخیص کارگروه تخصصی مربوطه، نیاز به بازنگری دارد.

دکتر رضا نقی‌زاده

مدیر کل دفتر برنامه ریزی آموزش عالی

و دبیر کمیسیون

دکتر روح اله رازینی

معاون آموزشی و رئیس کمیسیون





جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی

(پیوست شماره ۲: ساختار نمونه برنامه درسی)

دانشگاه‌ها / موسسه‌های همکار						
 دانشگاه کاشان	 دانشگاه مازندران	 دانشگاه یزد	 دانشگاه الزهراء	 دانشگاه تربیت مدرس	 دانشگاه بهشتی	 دانشگاه صنعتی شریف

برنامه درسی رشته ریاضیات و کاربردها

Mathematics and Applications

مقطع کارشناسی ارشد

گرایش

گراف و ترکیبیات	Graph Theory and Combinatorics
-----------------	--------------------------------



اعضای کمیته تدوین و بازنگری برنامه:

دکتر سعید اکبری	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شریف تهران
دکتر علی ایرانمنش	عضو هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس تهران
دکتر محرم ایردموسی	عضو هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی تهران
دکتر نسرین سلطانخواه	عضو هیات علمی دانشگاه الزهرا
دکتر سعید علیخانی	عضو هیات علمی دانشگاه یزد
دکتر غلامحسین فتح تبار	عضو هیات علمی دانشگاه کاشان
دکتر دوستعلی مؤده	عضو هیات علمی دانشگاه مازندران

بسمه تعالی

صورت جلسه کارگروه تخصصی ارشد گرایش گراف و ترکیبیات مورخ ۱۴۰۲/۱۱/۲۹

صفحه ۱ از ۱

اعضاء	دکتر سعید اکبری	دکتر علی ایرانمنش	دکتر محرم ایردموسی	دکتر نسرین سلطانخواه	دکتر غلامحسین فتح تبار	دکتر سعید علیخانی	دکتر دوستعلی مؤده
محل خدمت	دانشگاه صنعتی شریف	دانشگاه تربیت مدرس	دانشگاه شهید بهشتی	دانشگاه الزهرا	دانشگاه کاشان	دانشگاه یزد	دانشگاه مازندران

جلسه کارگروه تخصصی با حضور اعضای فوق در ساعت ۱۹:۰۰ یکشنبه مورخ ۲۹ بهمن ۱۴۰۲ به صورت مجازی تشکیل شد و برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد ریاضیات و کاربردها، گرایش گراف و ترکیبیات بررسی شد و پس از بررسی اصلاحات جلسه قبل و اصلاحات این جلسه به تصویب نهایی رسید. مقرر شد فایل نهایی این برنامه سریعاً آماده و آقای دکتر علی ایرانمنش مراحل بعدی جهت تصویب آن را در کمیسیون آموزش عالی وزارت عتف پیگیری نمایند.

دکتر محرم ایردموسی



دکتر علی ایرانمنش



دکتر سعید اکبری



دکتر سعید علیخانی



دکتر غلامحسین فتح تبار



دکتر نسرین سلطانخواه



دکتر دوستعلی مؤده




فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی



الف) مقدمه: معرفی کلی و تبیین برنامه درسی

گرایش گراف و ترکیبیات یکی از گرایش های ریاضیات و کاربردهاست که هم با ساختارهایی که در ریاضیات محض مطالعه می شوند، ارتباط بسیار نزدیکی دارد و هم به علت کاربردهای فراوان آن در رشته های فیزیک، شیمی، علوم کامپیوتر، مهندسی برق و حتی جامعه شناسی، می توان آن را به عنوان مبحثی کاملاً کاربردی نگریست. نظریه گراف، شاخه ای از ریاضیات مربوط به شبکه های نقاط متصل شده توسط خطوط است. موضوع نظریه گراف از مسائل سرگرمی در ریاضی آغاز شد، اما با کاربردهای فراوان آن در شبکه های پیچیده، علوم کامپیوتر، مهندسی الکترونیک، فیزیک و شیمی به حوزه قابل توجهی از تحقیقات ریاضی کاربردی تبدیل شده است. ترکیبیات حوزه ای از ریاضیات است که عمدتاً با شمارش، هم به عنوان وسیله و هم به عنوان هدف برای به دست آوردن نتایج، و خواص معین ساختارهای متناهی سروکار دارد. ترکیبیات ارتباط نزدیکی با بسیاری از حوزه های دیگر ریاضیات دارد و کاربردهای زیادی از منطق گرفته تا فیزیک آماری و از زیست شناسی تکاملی تا علوم کامپیوتر دارد. به دلیل ارتباط های متقابل زیادی که بین این دو بخش مهم و متمایز از علم ریاضی وجود دارد، طی سال های اخیر گراف و ترکیبیات به عنوان زیربرنامه ای از دوره تحصیلات تکمیلی ریاضی ایجاد شده است.

ب) اهداف

به طور کلی، هدف دوره های تحصیلات تکمیلی رشته ریاضیات و کاربرد ها گرایش گراف و ترکیبیات تداوم و تکمیل دوره های کارشناسی، در راستای آمادگی برای حضور در عرصه های پژوهشی است. هدف اصلی در این دوره کارشناسی ارشد آشنایی بیشتر با حوزه های ریاضی، کاربردهای آن در علوم و مهندسی و مطالعه و درک مقاله های پژوهشی در زمینه گراف و ترکیبیات است.



پ) اهمیت و ضرورت

جهت نیل به اهداف توسعه اقتصادی-اجتماعی کشور لازم است کارشناسانی متبحر داشته باشیم که بدون نیاز به کمک دیگران قادر به تجزیه و تحلیل مسایل بنیادین گراف و ترکیبیات از یک طرف و ارتباط آنها با مسایل کاربردی در سایر علوم مانند فیزیک، شیمی، بیولوژی، مهندسی الکترونیک، علوم کامپیوتر، علوم اجتماعی و اقتصاد باشند. این نیروهای خبره قادر خواهند بود در طراحی و یافتن مدل های ریاضی متناسب با مسایل کاربردی به سایرین کمک نمایند.



ت) تعداد و نوع واحدهای درسی (بر اساس جدول شماره ۱ تا ۳ آیین نامه تدوین و بازنگری برنامه‌های درسی)

جدول (۱) - توزیع واحدها

توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس تخصصی الزامی	۱۲
دروس تخصصی اختیاری	۱۴
پایان نامه	۶
جمع	۳۲

ث) نقش، توانایی و شایستگی مورد انتظار از دانش‌آموختگان:

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه	دروس مرتبط
حل برخی مسائل بهینه سازی در عمل با استفاده از نظریه گراف و ترکیبیات	بهینه سازی ترکیبیاتی
ارائه الگوریتم‌های جدید در حوزه گراف و ترکیبیات	نظریه الگوریتمی گراف
آشنایی با مباحث کامپیوتری و شبکه‌های پیچیده	شبکه‌های پیچیده
حل برخی مسائل بهینه سازی در عمل با استفاده از نظریه گراف و ترکیبیات	بهینه سازی ترکیبیاتی
مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	دروس مرتبط
مهارت آموزشی دروس نظریه گراف و ترکیبیات دوره متوسطه و دوره کارشناسی	آنالیز ترکیبیاتی ۱، نظریه گراف

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

دارا بودن مدرک کارشناسی در یکی از رشته‌های مجموعه علوم ریاضی، فیزیک و یا مهندسی. آزمون ورودی مطابق برنامه کنکور سراسری کارشناسی ارشد که توسط سازمان سنجش برگزار می‌گردد می‌باشد و مواد آزمون عمومی، مشترک و تخصصی این گرایش مطابق جدول مواد درسی و ضرایب مربوطه که همه ساله توسط کارگروه برنامه ریزی علوم ریاضی وزارت تعیین و به سازمان سنجش اعلام می‌گردد خواهد بود



چ) شرایط، ضوابط و الزامات اجرا و گسترش رشته:

نیاز است حداقل دو هیأت علمی با تخصص گراف و ترکیبیات در گروه و/یا دانشکده حضور داشته باشند و حداقل شرایط دیگر که وزارت محترم عتف معین کرده است، را داشته باشند.

ه) زمینه‌های شغلی حال و آینده

دانش‌آموختگان کارشناسی ارشد ریاضیات و کاربردها گرایش نظریه گراف و ترکیبیات می‌توانند به عنوان دبیر آموزش و پرورش و یا مدرس مراکز آموزش عالی و دانشگاه‌ها جذب شوند و علاوه بر تدریس دروس ریاضی، دروس مرتبط به ریاضیات گسسته و ترکیبیات را ارائه نمایند.

همچنین دانش‌آموختگان این گرایش قابلیت جذب در امور بیمه و اموری که نیاز به حل مسائل بهینه‌سازی دارند، را دارند.

ی) جایگاه تمدنی، فرهنگی و اجتماعی (جایگاه رشته تحصیلی در حوزه تمدنی گذشته، حال

و آینده و بافت فرهنگی و اجتماعی کشور)

علیرغم آنکه گفته می‌شود اوایلر ریاضی‌دان سوئسی اولین بار گراف را به عنوان مدل ریاضی مطرح کرده، اما آنگونه که در تاریخ علم داریم، شیخ بهائی حکیم و ریاضی‌دان دوران صفوی حدود ۱۵۰ سال قبل‌تر از اوایلر مساله سه خانه و سه چاه را مطرح کرده است. از آنجا که نظریه گراف در شهرسازی و معماری، لوله‌کشی، سیستم‌های فای و کاربرد دارد، لذا در پیشرفت و تمدن آفرینی نقش داشته و خواهد داشت.



فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس



جدول (۱) - عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی الزامی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	تعداد واحد به تفکیک نوع			تعداد جلسات	تعداد ساعات*		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	تجربی		نظری	عملی		
۱	آنالیز ترکیبیاتی ۱	۴	✓			۳۲	۶۴	-	مبانی ترکیبیات (کارشناسی)	
۲	نظریه گراف ۱	۴	✓			۳۲	۶۴	-	نظریه گراف و کاربردها (کارشناسی)	
۳	یک دروس از سرشاخه سایر گرایش های مصوب دوره کارشناسی ارشد ریاضیات و کاربرد ها، ریاضی کاربردی و علوم کامپیوتر	۴	✓			۳۲	۶۴		اجازه گروه	

*: ساعت آموزش برای هر واحد نظری ۱۶ ساعت، عملی ۳۲ ساعت، عملی (از نوع کارگاهی) ۴۸ ساعت، کارآموزی و کارورزی ۶۴ یا ۱۲۸ ساعت است.



جدول (۲) - عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی اختیاری

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	تعداد واحد به تفکیک نوع			وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		تعداد جلسات	تعداد ساعات*		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	فقری - عملی	مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست.	مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه است.		نظری	عملی		
۳	آنالیز ترکیبیاتی ۲	۴	۴			✓		۳۲	۶۴		آنالیز ترکیبیاتی ۱	
۴	بهینه سازی ترکیبیاتی	۴	۴			✓		۳۲	۶۴		مبانی ترکیبیات	
۵	ترکیبیات جبری	۴	۴			✓		۳۲	۶۴		مبانی ترکیبیات و مبانی ماتریس ها و جبر خطی (کارشناسی)	
۶	ترکیبیات شمارشی	۴	۴			✓		۳۲	۶۴		آنالیز ترکیبیاتی ۱	
۷	روش های احتمالاتی در ترکیبیات	۴	۴			✓		۳۲	۶۴		نظریه گراف ۱ و آنالیز ترکیبیاتی ۱	



۸	روش های پایه در ترکیبیات	۴	۴					✓	۳۲	۶۴	نظریه گراف ۱
۹	سمینار	۲	۲					✓	۱۶	۳۲	نظریه گراف ۱ و آنالیز ترکیبی ۱
۱۰	شبکه های پیچیده	۴	۴					✓	۳۲	۶۴	نظریه گراف ۱
۱۱	گراف های تصادفی	۴	۴					✓	۳۲	۶۴	اجازه گروه
۱۲	مباحث ویژه در گراف و ترکیبیات	۴	۴					✓	۳۲	۶۴	اجازه گروه
۱۳	نظریه الگوریتمی گراف	۴	۴					✓	۳۲	۶۴	نظریه گراف و کاربردها و مبانی ترکیبیات (کارشناسی)
۱۴	نظریه توپولوژیک گراف	۴	۴					✓	۳۲	۶۴	نظریه گراف ۱



کارشناسی ارشد گراف و ترکیبیات / ۱۲

۱۵	نظریه جبری گراف	۴	۴	✓	۳۲	۶۴	مبانی ماتریس ها و جبر خطی (کارشناسی)	
۱۶	نظریه گراف ۲	۴	۴	✓	۳۲	۶۴	نظریه گراف ۱	
۱۷	نظریه ماتروید	۴	۴	✓	۳۲	۶۴	نظریه گراف و کاربردها (کارشناسی)	

*: ساعت آموزش برای هر واحد نظری ۱۶ ساعت، عملی ۳۲ ساعت، عملی (از نوع کارگاهی) ۴۸ ساعت، کارآموزی و کارورزی ۶۴ یا ۱۲۸ ساعت است



فصل سوم

ویژگی‌های دروس



الف: عنوان درس به فارسی: آنالیز ترکیبیاتی ۱			
عنوان درس به انگلیسی:		Combinatorial Analysis ۱	
نوع درس و واحد			
دروس پیش نیاز:		مبانی ترکیبیات	
دروس هم نیاز:			
تعداد واحد:		۴	
تعداد ساعت:		۶۴	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			
مرتبط با مأموریت/آمایش		مرتبط با آمایش/مأموریت	
☐ عملی		☐ تخصصی الزامی	
☐ نظری-عملی		☐ تخصصی اختیاری	
		☐ پروژه/رساله / پایان نامه	
		☐ مهارتی-اشتغال پذیری	
☐ مرتبط با مأموریت/آمایش		☐ مرتبط با آمایش/مأموریت	
☐ موسسه است		☐ موسسه نیست	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

ب: هدف کلی:

آشنایی با ساختار و تجزیه و تحلیل طرح های ترکیبیاتی، مربع های لاتین، آرایه های متعامد و ماتریس های هادامارد.

اهداف ویژه:

پ) سرفصل ها:

۱. دستگاه نمایندگی متمایز، قضیه فیلیپ هال،
۲. محاسبه پرمنت ها، کاربردهای پرمنت ها، مسایل و حدس های مربوط به پرمنت،
۳. مربع های لاتین، مربع های لاتین دو به دو متعامد، قضایای مربوط به وجود و عدم وجود مجموعه کامل از مربع های لاتین دو به دو متعامد،
۴. طرح های بلوکی ناکامل متعادل، ماتریس وقوع یک طرح، قضیه فیشر، قضیه بروک-رایزر-چولاها، t-طرح ها، همریختی و یک ریختی طرح ها، طرح ها سه گانه اشتاینر، طرح های پوششی سه تایی و بسته بندی سه تایی،
۵. صفحه های تصویری، صفحه های تصویری متناهی، صفحه های آفین،
۶. ماتریس های هادامارد، معرفی چند روش برای ساختن ماتریس های هادامارد مانند روش ویلیامسون و روش حاصل ضرب.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|----------|
| فعالیت های کلاسی در طول نیم سال | ... درصد |
| آزمون پایان نیم سال | ... درصد |
| آزمون پایانی | ... درصد |

سایر موارد در صورت نیاز قید- شود.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:



چ) منابع علمی پیشنهادی:

۱. P. J. Cameron, *Combinatorics: Topics, Techniques, Algorithms*, Cambridge University Press, Cambridge, ۱۹۹۶.
۲. J. H. van Lint, R. M. Wilson, *A Course in Combinatorics*, Cambridge University Press, Cambridge, ۲۰۰۳.
۳. D. R. Stinson, *Combinatorial Designs: Construction and Analysis*, Springer, ۲۰۰۳.
۴. C. C. Lindner, C. A. Rodger, *Design Theory*, ۲nd Edition, Chapman and Hall/CRC, ۲۰۰۸.
۵. D. West, *Combinatorial Mathematics*, Cambridge University Press, Cambridge, ۲۰۲۰.

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(اگر ملاحظاتی برای ارائه درس برای افراد با نیازهای ویژه همچون جامعه معلولین وجود دارد در این بخش قید شود)

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

(امکان پذیری ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی و ملاحظات آن بیان شود.)



الف: عنوان درس به فارسی: نظریه گراف ۱		
نوع درس و واحد	عنوان درس به انگلیسی: Graph Theory ۱	
نظری ☒ پایه ☐	دروس پیش نیاز: نظریه گراف و کاربردها	
عملی ☐ تخصصی الزامی ☒	دروس هم نیاز:	
نظری-عملی ☐ تخصصی اختیاری ☐	۴	تعداد واحد:
پروژه/رساله / پایان نامه ☐ مهارتی-اشتغال پذیری ☐		تعداد ساعت:
مرتبط با مأموریت/آمایش ☐ مرتبط با آمایش/مأموریت ☐	وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)	
موسسه است ☐ موسسه نیست ☐		

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

ب: هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با مفاهیم عمیق نظریه گراف همراه با اثبات قضیه های مهم در این زمینه.

اهداف ویژه:

پ) سرفصل ها:

یادآوری مقدمات نظریه گراف، یک ریختی گراف ها، اعمال روی گراف ها، ماتریس های متناظر با گراف ها، درخت ها، گراف های جهت دار و تورنمنت ها، همبندی راسی و یالی، قضیه منگر و نتایج آن، جریان ها در شبکه، قضیه ماکزیموم جریان-می نیموم برش، گراف های اویلری و هامیلتونی، پوشش راسی، پوشش یالی، عدد احاطه گر، تطابق، قضیه هال، قضیه کونینگ، قضیه تات، ۱-عامل پذیری، عامل ها در گراف، رنگ آمیزی راسی، قضیه بروکس، چندجمله ای رنگی، رنگ آمیزی لیستی، رنگ آمیزی یالی، قضیه ویزینگ، گراف های مسطح، قضیه ۵-رنگ پذیری گراف های مسطح، بیان قضیه ۴-رنگ، قضیه کوراتوفسکی، مفهوم ماینورها و بیان حدس هدیوگر، جریان های صحیح، دوگانی با رنگ آمیزی، چند جمله ای جریانی، بیان حدس های تات.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ... درصد
آزمون پایان نیم سال ... درصد
آزمون پایانی ... درصد

سایر موارد در صورت نیاز قید-شود.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) منابع علمی پیشنهادی:

A. Bondy, U. S. R. Murty, Graph Theory, Springer, ۲۰۰۸.



۲. D. B. West, *Introduction to Graph Theory*, ۲nd edition, Prentice Hall, ۲۰۰۱.
۳. R. Diestel, *Graph Theory*, fourth edition, Springer, ۲۰۱۰.

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(اگر ملاحظاتی برای ارائه درس برای افراد با نیازهای ویژه همچون جامعه معلولین وجود دارد در این بخش قید شود)

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

(امکان پذیری ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی و ملاحظات آن بیان شود).



الف: عنوان درس به فارسی: آنالیز ترکیبیاتی ۲			
نوع درس و واحد		Combinatorial Analysis ۲	
پایه ☐	نظری ☒	دروس پیش نیاز: آنالیز ترکیبیاتی ۱	
تخصصی الزامی ☐	عملی ☐	دروس هم نیاز:	
تخصصی اختیاری ☒	نظری-عملی ☐	۴	تعداد واحد:
پروژه/ رساله / پایان نامه ☐			تعداد ساعت:
مهارتی-اشتغال پذیری ☐			
مرتبط با آمایش/مأموریت ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش ☐	وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)	
موسسه نیست ☐	موسسه است ☒		

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

ب: هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با مفاهیم پیشرفته تر آنالیز ترکیبیاتی

اهداف ویژه:

پ) سر فصل ها:

نظریه اکستریمال مجموعه ها، مجموعه های مرتب جزئی، قضیه دیلورث، قضیه اسپرتر، قضیه اردوش-کو-رادو، جریان در شبکه ها، قضیه صحیح بودن، کدها و طرح ها، تعریف اولیه کد گذاری، انواع کران ها، قضیه اسموس متسون، شبکه ها و وارون مویوس، جبر وقوعی مجموعه های مرتب جزئی، تابع مویوس، مجموعه های تفاضلی و انواع آن

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ... درصد

آزمون پایان نیم سال ... درصد

آزمون پایانی ... درصد

سایر موارد در صورت نیاز قید- شود.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) منابع علمی پیشنهادی:

۱. P. J. Cameron, *Combinatorics: Topics, Techniques, Algorithms*, Cambridge University Press, Cambridge,



۲. J. H. van Lint, R. M. Wilson, *A Course in Combinatorics*, Cambridge University Press, Cambridge, ۲۰۰۳.

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(اگر ملاحظاتی برای ارائه درس برای افراد با نیازهای ویژه همچون جامعه معلولین وجود دارد در این بخش قید شود)

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

(امکان پذیری ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی و ملاحظات آن بیان شود.)



الف: عنوان درس به فارسی: بهینه‌سازی ترکیباتی			
نوع درس و واحد		Combinatorial Optimization	
☐ پایه ☒ نظری		مبانی ترکیبات	
☐ عملی ☐ تخصصی الزامی		دروس پیش‌نیاز:	
☐ نظری-عملی ☒ تخصصی اختیاری		۴	تعداد واحد:
☐ پروژه/ رساله / پایان‌نامه			تعداد ساعت:
☐ مهارتی-اشتغال پذیری			۶۴
مرتبط با مأموریت /آمایش		وضعیت آمایشی /مأموریتی درس(صرفاً برای دروس	
موسسه است		تخصصی اختیاری مشخص شود)	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

ب: هدف کلی:

آشنایی با برنامه ریزی خطی و غیر خطی برای مسائل ترکیبیاتی و روش‌های حل آن‌ها

اهداف ویژه:

پ) سرفصل‌ها:

یادآوری مفاهیم پایه نظریه گراف و بهینه‌سازی و پیچیدگی زمانی الگوریتم‌ها، برنامه ریزی خطی، روش سیمپلکس و پیاده‌سازی آن، دوگانگی، چند وجهی‌های کراندار، اشاره به الگوریتم‌های مختلف چندجمله‌ای برای برنامه ریزی خطی، برنامه ریزی عدد صحیح، پوشش صحیح یک چند وجهی، تبدیلات و ماتریس‌های یکاهنگی و صفحه‌های برش و رها سازی لاگرانژ، درخت‌های فراگیر کمینه و الگوریتم‌های آن، انواع مسئله کوتاهترین مسیر و الگوریتم‌های مربوطه، جریان در شبکه و جریان‌های با کمترین هزینه، قضیه جریان پیشینه-برش کمینه و ارتباط با قضیه‌های منگر و میدر، روش ادموند-کارپ، درخت‌های گموری-هو، تطابق‌های ماکزیموم، تطابق در گراف‌های دو بخشی و ارتباط با جریان‌ها و دستگاه‌های نمایندگی متمایز (SDR)، الگوریتم ادموندز، تطابق‌های وزن دار و b-تطابق‌ها، الگوریتم‌های حل مسئله تطابق وزن دار، تطابق چند وجهی، مسئله b-تطابق و روش‌های حل آن و قضیه پدبرگ-رائو، مترویدها و تعمیم‌های آن، بحث در مورد مسئله افراز و تقاطع در مترویدها، الگوریتم‌های تقریبی و غیر دقیق.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ... درصد
 آزمون پایان نیم‌سال ... درصد
 آزمون پایانی ... درصد
 سایر موارد در صورت نیاز قید-شود.



ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

چ) منابع علمی پیشنهادی:

۱. A. Schrijver, *A Course in Combinatorial Optimization*, Netherlands, ۲۰۱۷.
۲. B. Korte, J. Vygen, *Combinatorial Optimization: Theory and Algorithms*, ۵th edition, Springer-Verlag, ۲۰۱۲.

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(اگر ملاحظاتی برای ارائه درس برای افراد با نیازهای ویژه همچون جامعه معلولین وجود دارد در این بخش قید شود)

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

(امکان پذیری ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی و ملاحظات آن بیان شود.)



الف: عنوان درس به فارسی: ترکیبیات جبری			
عنوان درس به انگلیسی:		نوع درس و واحد	
Algebraic Combinatorics		پایه ☐ نظری ☒	
دروس پیش نیاز:		مبانی ترکیبیات، مبانی ماتریس و جبر خطی	
دروس هم نیاز:		تخصصی الزامی ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:		تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	
تعداد ساعت:		۴	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		۶۴	
مربط با آمایش/مأموریت		مربط با مأموریت/آمایش	
موسسه نیست ☐		موسسه است ☒	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

ب: هدف کلی:

آشنایی با روش ها جبری به عنوان یکی از ابزارهای قوی برای مطالعه مسائل ترکیبیاتی.

اهداف ویژه:

پ) سر فصل ها:

- روش های جبر خطی در ترکیبیات: روش های پایه ای، روش های مبتنی بر تعامد و رتبه و ماتریس های شمول.
- فضای چندجمله ای ها: قضایای از نوع هلی برای مجموعه های متناهی، مجموعه های با اشتراک های محدود در هنگام یک عدد اول، حدس بورساک، ساختن گرافهای رمزی از طریق قضایای اشتراکی، قضیه ری چادری-ویلسون
- قضیه پوچ ساز ترکیبیاتی: لم پرمنت، کاربردها: رنگ آمیزی لیست و مجموعه های جمعی.
- چندجمله ای تطابق: چندجمله ای تطابق و روابط بازگشتی آن، مفهوم مسیر-درخت و ارتباط با چندجمله ای مشخصه، حقیقی بودن ریشه ها و اتحاد
- مجموعه های مرتب جزئی: شبکه های هندسی و مترویدها، ماتریس های شمول با رتبه کامل، تابع مویوس، انعکاس مویوس و کاربردهای آن.
- مباحث گوناگون: قضیه شواله-وارنینگ و قضیه کشی-داونپورت.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ... درصد
- آزمون پایان نیم سال ... درصد
- آزمون پایانی ... درصد

سایر موارد در صورت نیاز قید - شود.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:



چ) منابع علمی پیشنهادی:

۱. L. Babai and P. Frankl, *Linear Algebra Methods in Combinatorics*, Department of Computer Science, University of Chicago, preliminary version, ۱۹۹۲.
۲. C. D. Godsil, *Algebraic Combinatorics*, Chapman and Hall Mathematics Series. Chapman & Hall, New York, ۱۹۹۳
۳. S. Jukna, *Extremal Combinatorics*, ۲nd Edition, Springer, ۲۰۱۱.
۴. J. Matoušek, *Thirty three miniatures, Mathematical and Algorithmic Applications of Linear Algebra*, American Math. Society, ۲۰۱۰.

ج) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(اگر ملاحظاتی برای ارائه درس برای افراد با نیازهای ویژه همچون جامعه معلولین وجود دارد در این بخش قید شود)

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

(امکان پذیری ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی و ملاحظات آن بیان شود.)



الف: عنوان درس به فارسی: ترکیبیات شمارشی		
نوع درس و واحد	Enumerative Combinatorics	عنوان درس به انگلیسی:
پایه ☐ نظری ☒	آنالیز ترکیبیاتی ۱	دروس پیش نیاز:
تخصصی الزامی ☐ عملی ☐		دروس هم نیاز:
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	۴	تعداد واحد:
پروژه/رساله / پایان نامه ☐	۶۴	تعداد ساعت:
مهارتی-اشتغال پذیری ☐		
مرتبط با مأموریت /آمایش ☐ مرتبط با مأموریت ☒	وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)	
موسسه است ☒		

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

ب: هدف کلی:

آشنایی با ابزارهای شمارشی در ترکیبیات و مطالعه کاربردهای آنها در علوم کامپیوتر

اهداف ویژه:

پ (سرفصل ها):

اصل لانه کبوتری، قضیه اردوش- زکرس، قضیه منتل، قضیه دیریکله، قضیه رمزی برای گراف ها، قضیه رمزی برای مجموعه ها، اصول شمارش در ترکیبیات، قضیه دوجمله ای و تعمیم های آن، تابع مولد معمولی و نمایی، اعداد استرلینگ نوع اول و دوم، اعداد بل، روش شمارش دوگانه، اصل میانگین گیری، اصل شمول و عدم شمول، روش های جبری در شمارش، لم برنساید، قضیه شمارشی پولیا، فرمول معکوس موبیوس، مجموعه های مرتب جزئی، زنجیرها و پادزنجیرها، تجزیه به زنجیرها و پادزنجیرها، دستگاه نمایندگی مجزای قوی، نظریه مجموعه های حدی، قضیه اردوش-کو-رادو، قضیه بالاباش، قضیه اسپرر.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ... درصد
آزمون پایان نیم سال ... درصد
آزمون پایانی ... درصد

سایر موارد در صورت نیاز قید- شود.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) منابع علمی پیشنهادی:

۱. P. J. Cameron, Combinatorics: Topics, Techniques, Algorithms, Cambridge University Press, Cambridge,



۲. S. Junkna, Extremal Combinatorics with Applications in Computer Science, Springer, ۲۰۱۱.
۳. R. P. Stanley, Enumerative Combinatorics, Vol. ۱, Cambridge University Press, Cambridge, ۱۹۹۷.

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(اگر ملاحظاتی برای ارائه درس برای افراد با نیازهای ویژه همچون جامعه معلولین وجود دارد در این بخش قید شود)

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

(امکان پذیری ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی و ملاحظات آن بیان شود.)



الف: عنوان درس به فارسی: روشهای احتمالاتی در ترکیبیات			
نوع درس و واحد		Probabilistic Methods in Combinatorics	
☐ پایه ☒ نظری		نظریه گراف ۱، آنالیز ترکیبیاتی ۱	
☐ عملی ☐ تخصصی الزامی		دروس هم‌نیاز:	
☐ نظری-عملی ☒ تخصصی اختیاری		۴	تعداد واحد:
پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐			تعداد ساعت:
مهارتی-اشتغال پذیری ☐			۶۴
مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است ☒		وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

ب: هدف کلی:

آشنایی با روش ها و ابزارهای احتمالاتی در حل مسائل ترکیبیات.

اهداف ویژه:

پ) سر فصل ها:

یادآوری برخی اثبات ها و مفاهیم اولیه برای مسئله های گراف و ترکیبیات، روش اولین گشتاور، نامساوی مارکف و کاربردهای آن، استفاده از خطی بودن امید ریاضی، روش دومین گشتاور، نامساوی چیشف و کاربردهای آن، لم موضعی لواس و کاربردهای آن، مارتینگل ها، نامساوی آزوما و کاربردهای آن، نامساوی ین سن، تالاگرانده، نتایجی درباره گراف های تصادفی.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ... درصد
 آزمون پایان نیم سال ... درصد
 آزمون پایانی ... درصد
 سایر موارد در صورت نیاز قید- شود.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) منابع علمی پیشنهادی:

۱. N. Alon, J. I. Spencer, *The Probabilistic Method*, John Wiley & Sons Inc., ۳rd edition, ۲۰۰۸.
۲. M. Molloy, B. Reed, *Graph Coloring and Probabilistic Method*, Springer, ۲۰۰۲.



ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(اگر ملاحظاتی برای ارائه درس برای افراد با نیازهای ویژه همچون جامعه معلولین وجود دارد در این بخش قید شود)

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

(امکان پذیری ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی و ملاحظات آن بیان شود.)



الف: عنوان درس به فارسی: روشهای پایه در ترکیبیات			
نوع درس و واحد		Basic Methods in Combinatorics	
پایه ☐ نظری ☒		نظریه گراف ۱	
تخصصی الزامی ☐ عملی ☐		دروس پیش نیاز:	
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		دروس هم نیاز:	
پروژه/ رساله / پایان نامه ☐		۴	تعداد واحد:
مهارتی-اشتغال پذیری ☐			تعداد ساعت:
مرتبط با مأموریت /آمایش ☐ مرتبط با مأموریت /آمایش ☐		وضعیت آمایشی /مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)	
موسسه است ☒ موسسه نیست ☐			

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

ب: هدف کلی:

آشنایی با روش های مهم و مورد نیاز در گراف و ترکیبیات.

اهداف ویژه:

پ) سر فصل ها:

برنامه ریزی خطی و الگوریتم های P و NP، اثبات لم منظم زمردی و برخی کاربردهای آن، معرفی کلاس های پیچیدگی تقریب برای حل مسایل نظریه گراف، روش های احتمالاتی، روش های جبر خطی، نظریه رمزی، مترویدها، روش دشارژ کردن.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ... درصد
آزمون پایان نیم سال ... درصد
آزمون پایانی ... درصد
سایر موارد در صورت نیاز قید - شود.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) منابع علمی پیشنهادی:

۱. J. A. Bondy, U. S. R. Murty, *Graph Theory*, Springer, ۲۰۰۸.
۲. D. B. West, *Introduction to Graph Theory*, ۲nd edition, Prentice Hall, ۲۰۰۱.
۳. R. Diestel, *Graph Theory*, fourth edition, Springer, ۲۰۱۰.
۴. B. Bollobás, *Modern Graph, Theory*, Springer, ۱۹۹۸.



۵. D. W. Cranston, D. B. West, A Guide for the Discharging Method, *Discrete Mathematics*, ۳۴۰ (۴) (۲۰۱۷) ۷۶۶–۷۹۳.
۶. S. Jukna, *Extremal Combinatorics*, ۲nd Edition, Springer, ۲۰۱۱.

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(اگر ملاحظاتی برای ارائه درس برای افراد با نیازهای ویژه همچون جامعه معلولین وجود دارد در این بخش قید شود)

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

(امکان پذیری ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی و ملاحظات آن بیان شود.)



الف: عنوان درس به فارسی: سمینار			
نوع درس و واحد		Seminar	
☐ نظری ☐ عملی		نظریه گراف ۱، آنالیز ترکیبیاتی ۱	
☐ پایه ☐ تخصصی الزامی ☐ نظری-عملی		دروس پیش نیاز:	
☐ تخصصی اختیاری ☐ پروژه/رساله / پایان نامه ☐ مهارتی-اشتغال پذیری		دروس هم نیاز:	
		۲	تعداد واحد:
		۳۲	تعداد ساعت:
مرتبط با مأموریت/آمایش ☐ مرتبط با مأموریت ☐ موسسه نیست ☐ موسسه است		وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

ب: هدف کلی:

آشنایی با روش های انجام پژوهش، ساختار مقاله، ارائه مقاله و ...

اهداف ویژه:

پ) سرفصل ها:

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ... درصد

آزمون پایان نیم سال ... درصد

آزمون پایانی ... درصد

سایر موارد در صورت نیاز قید- شود.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) منابع علمی پیشنهادی:

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(اگر ملاحظاتی برای ارائه درس برای افراد با نیازهای ویژه همچون معلولین وجود دارد در این بخش قید شود)

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

(امکان پذیری ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی و ملاحظات آن بیان شود).



الف: عنوان درس به فارسی: شبکه‌های پیچیده		
عنوان درس به انگلیسی:	Complex Networks	
دروس پیش نیاز:	نظریه گراف ۱	
دروس هم نیاز:		
تعداد واحد:	۴	تخصصی اختیاری
تعداد ساعت:	۶۴	پایه / رساله / پایان نامه
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		
مربط با آمایش/مأموریت		
مربط با مأموریت/آمایش		
موسسه است		
موسسه نیست		
مهارتی-اشتغال پذیری		
نظری-عملی		
پایه		
نظری		
تخصصی الزامی		
عملی		

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

ب: هدف کلی:

مطالعه مفاهیم و مسائل بنیادین شبکه‌های پیچیده شامل شبکه‌های کامپیوتری، شبکه‌های زیستی، شبکه‌های مغز و شبکه‌های اجتماعی.

اهداف ویژه:

پ) سر فصل‌ها:

شبکه‌های جهت دار و بدون جهت، متریک‌های نظریه گراف، توزیع درجه، خوشه بندی، ماتریس مجاورت، گروه خودریختی یک گراف و برخی خواص مهم آن، گراف‌های تصادفی کلاسیک و خواص اصلی آن‌ها، توابع قابلیت ارتباط در شبکه‌ها، اندازه‌های بی نظمی و مرکزیت در شبکه‌ها، قطر وب، طبیعت فرکتال مولفه‌های همبندی بسیار بزرگ، واگرایی شبکه‌ها، شبکه‌های وزن دار و خواص آن‌ها، خوشه‌ها در شبکه، مثال‌های از شبکه‌های دنیای واقعی شامل شبکه‌های اجتماعی، شبکه‌های مغز، شبکه‌های زیستی و مدل سازی آن‌ها.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم سال ... درصد
آزمون پایان نیم سال ... درصد
آزمون پایانی ... درصد

سایر موارد در صورت نیاز قید- شود.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) منابع علمی پیشنهادی:

۱. E. Estrada, *The Structure of Complex Networks: Theory and Applications*, Oxford University Press, Oxford, ۲۰۱۱.

۲. S. Dorogovtsev, *Lectures on Complex Networks*, Oxford University Press, Oxford, ۲۰۱۰.



۳. M. Newman, *Networks: An Introduction*, Oxford University Press, Oxford, ۲۰۱۰.
۴. Piet van Mieghem, *Graph Spectra for complex networks*, Cambridge University press, ۲۰۱۰.

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(اگر ملاحظاتی برای ارائه درس برای افراد با نیازهای ویژه همچون جامعه معلولین وجود دارد در این بخش قید شود)

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

(امکان پذیری ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی و ملاحظات آن بیان شود.)



الف: عنوان درس به فارسی: گرافهای تصادفی			
نوع درس و واحد		Random Graphs	
نظری ☒ پایه ☐		نظریه گراف و کاربردها	
عملی ☐ تخصصی الزامی ☐		دروس پیش نیاز:	
نظری-عملی ☐ تخصصی اختیاری ☒		تعداد واحد:	
پروژه/ رساله / پایان نامه ☐		۴	
مهارتی-اشتغال پذیری ☐		تعداد ساعت:	
مرتبط با مأموریت/آمایش ☐		۶۴	
مرتبط با مأموریت/آمایش ☒		وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)	
موسسه است ☒			

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

ب: هدف کلی:

آشنایی با ساختار و ویژگیهای گرافهای تصادفی.

اهداف ویژه:

پ) سرفصل ها: مروری بر مقدمات لازم از نظریه گراف و نظریه فرآیندهای تصادفی

معرفی مدل های گرافهای تصادفی: مدل اردیش-رینی، مدل های مختلف گرافهای منتظم بالاخص مدل کانفیکوریشن

معرفی مسایل اصلی در مدل های تصادفی: بررسی رفتار پارامترهای ترکیباتی نظیر درجه، کوتاهترین دور و نظایر آن، بررسی زیرساختارهای ترکیباتی نظیر بزرگترین مولفه همبندی، درخت فراگیر، بزرگترین خوشه و نظایر آن

معرفی مفهوم انتقال فاز: تحلیل برخی از مسائل مطرح شده در بخش قبل و معرفی مفهوم انتقال فاز با توجه به مثالهای مطرح شده

مدل های گراف های تصادفی محدود شده: معرفی چگونگی تعریف مدل های گراف تصادفی که با شرایط خاصی محدود شدهاند و اهمیت آنها با تاکید بر مدل گرافهای تصادفی منتظم که قبلاً بحث شده، گرافهای تصادفی مرتبط با شبکه های اجتماعی با محدودیتهای قانون توانی و چند مثال دیگر با نظر استاد.

مباحث تکمیلی: با نظر استاد درس (نظیر گرافهای تصادفی و گراف expansion های رامنوجان و ساختارهای مرتبط با گرافهای تصادفی، بحث های تکمیلی در مورد مدل های پیشرفته تر گرافهای تصادفی و نمونه برداری از آنها و کاربردهای آن)

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ... درصد

آزمون پایان نیم سال ... درصد

آزمون پایانی ... درصد

سایر موارد در صورت نیاز قید- شود.



(ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

(چ) منابع علمی پیشنهادی:

[۱] Alan Frieze, Michał Karoński, Random Graphs, Cambridge University Press, ۲۰۱۵

[۲] Remco van der Hofstad, Random Graphs and Complex Networks, Cambridge University Press, ۲۰۱۷ .

[۳] Svante Janson, Tomasz Luczak, Andrzej Rucinski, Random Graphs, John Wiley & Sons, ۲۰۰۰ .

[۴] Béla Bollobás, Random Graphs, Cambridge University Press, ۱۹۸۵

(ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(اگر ملاحظاتی برای ارائه درس برای افراد با نیازهای ویژه همچون جامعه معلولین وجود دارد در این بخش قید شود)

(خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

(امکان پذیری ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی و ملاحظات آن بیان شود.)



الف: عنوان درس به فارسی: مباحث ویژه در نظریه گراف و ترکیبیات		
نوع درس و واحد	Some Topics in Graph Theory and Combinatorics	عنوان درس به انگلیسی:
☐ پایه ☒ نظری	اجازه گروه	دروس پیش نیاز:
☐ عملی ☐ تخصصی الزامی		دروس هم نیاز:
☐ نظری-عملی ☐ پروژه/ رساله / پایان نامه	۴	تعداد واحد:
☐ مهارتی-اشتغال پذیری	۶۴	تعداد ساعت:
مرتبط با مأموریت/آمایش ☒ موسسه است	مرتبط با مأموریت/آمایش ☐ موسسه نیست	وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

ب: هدف کلی:

مباحث ویژه در گراف و ترکیبیات درسی است در سطح کارشناسی ارشد یا بالاتر در زمینه نظریه گراف و ترکیبیات که بر حسب امکانات و نیاز برای اولین بار ارائه می گردد. ریز موارد درسی مربوطه قبل از ارائه بایستی به تصویب شورای تحصیلات تکمیلی گروه، دانشکده و دانشگاه برسد.

اهداف ویژه:

ب) سرفصل ها:

ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ... درصد
 آزمون پایان نیم سال ... درصد
 آزمون پایانی ... درصد

سایر موارد در صورت نیاز قید- شود.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) منابع علمی پیشنهادی:

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(اگر ملاحظات برای ارائه درس برای افراد با نیازهای ویژه همچون جامعه معلولین وجود دارد در این بخش قید شود)

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

(امکان پذیری ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی و ملاحظات آن بیان شود).



الف: عنوان درس به فارسی: نظریه الگوریتمی گراف				
نوع درس و واحد		Algorithmic Graph Theory		
☐ پایه ☒ نظری		مبانی ترکیبیات و نظریه گراف و کاربردها		
☐ عملی ☐ تخصصی الزامی		دروس پیش نیاز:		
☐ نظری-عملی ☒ تخصصی اختیاری		دروس هم نیاز:		
پروژه/ رساله / پایان نامه ☐		۴	تعداد واحد:	
مهارتی-اشتغال پذیری ☐			تعداد ساعت:	
مرتبط با مأموریت /آمایش ☐		وضعیت آمایشی /مأموریتی درس(صرفاً برای دروس		
موسسه است ☒		تخصصی اختیاری مشخص شود)		

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

ب: هدف کلی:

این درس مقدمه ای بر نظریه گراف از دیدگاه الگوریتمی ارائه می دهد. یک گراف مجموعه ای از اشیاء و یک رابطه بین آنها را مدل می کند و الگوریتم یک روش گام به گام برای حل یک مسئله است، مانند یافتن کوتاهترین مسیر بین دو مکان. در این درس دانشجویان یاد خواهند گرفت که مسائل دنیای واقعی را با استفاده از نمودارها مدل کنند و آنها را هم با دست و هم با کمک بسته های نرم افزاری حل کنند.

اهداف ویژه:

پ) سرفصل ها:

معرفی مقدمات و پیچیدگی محاسباتی الگوریتم ها، اثبات NP- سخت بودن مسایل معروف مانند مسایل پوشش راسی، مجموعه مستقل راسی، SAT-3،3- رنگ پذیری، ماکزیموم خوشه، درخت فراگیر کمینه، پیمایش درخت ها، Q- درخت ها و اهمیت آنها، ساختمان داده های درختی، صف مرتب، انواع پشته (heap)، جستجوی دودویی، فاصله، جریان در شبکه و همبندی، الگوریتم های مربوط به همبندی راسی و یالی و جریان در شبکه، الگوریتم های مربوط به گراف های اوپلری، هامیلتونی و مسئله فروشنده دوره گرد، الگوریتم های مربوط به مسطح بودن گراف ها، الگوریتم های رنگ آمیزی گراف ها، بحث در باره الگوریتم های مختلف، مفهوم انتقال فاز، الگوریتم های مربوط به تولید گراف های تصادفی و گراف های تصادفی منظم، الگوریتم های وابسته به پارامتر با مثال منتخب استاد، طراحی و تحلیل الگوریتم های برخط و الگوریتم های دنباله ای با مثال های منتخب استاد.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	... درصد
آزمون پایان نیم سال	... درصد
آزمون پایانی	... درصد
سایر موارد در صورت نیاز قید - شود.	



ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

چ) منابع علمی پیشنهادی:

۱. L. W. Beineke, M. C. Golumbic, R. J. Wilson, (Eds.) *Topics in Algorithmic Graph Theory*, Cambridge University Press, Cambridge, ۲۰۲۱.
۲. J. A. McHugh, *Algorithmic Graph Theory*, Prentice Hall Inc., New Jersey, ۱۹۹۰.
۳. T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, C. Stein (Eds.), *Introduction to Algorithms*, The Fourth edition, MIT Press, ۲۰۲۲.

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(اگر ملاحظاتی برای ارائه درس برای افراد با نیازهای ویژه همچون جامعه معلولین وجود دارد در این بخش قید شود)

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

(امکان پذیری ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی و ملاحظات آن بیان شود).



الف: عنوان درس به فارسی: نظریه توپولوژیک گراف				
نوع درس و واحد		Topological Graph Theory		عنوان درس به انگلیسی:
☐ پایه	☒ نظری	دروس پیش نیاز: نظریه گراف ۱		
☐ تخصصی الزامی	☐ عملی	دروس هم نیاز:		
☒ تخصصی اختیاری	☐ نظری-عملی		۴	تعداد واحد:
☐ پروژه/رساله / پایان نامه			۶۴	تعداد ساعت:
☐ مهارتی-اشتغال پذیری				
مرتبط با آمایش/مأموریت		وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس		
مرتبط با آمایش/مأموریت		تخصصی اختیاری مشخص شود)		
☐ موسسه نیست	مرتبط با مأموریت/آمایش			
☒ موسسه است				

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

ب: هدف کلی:

نظریه توپولوژیک گراف یکی از شاخه های مهم نظریه گراف است که به نشان دادن گراف ها در سطوح، نشان دادن فضایی گراف ها و بررسی آن ها بعنوان فضایی توپولوژیک می پردازد. در اینجا نشان دادن یک گراف در در یک سطح به این معنی است که می خواهیم گراف را روی یک سطح مثلاً چنان بکشیم که هر دو یال فقط در رئوس پایانی متقاطع باشند. این نوع مسائل علاوه بر اهمیت ریاضی آن ها، کاربردهای فراوانی نیز در فیزیک و مهندسی الکترونیک دارند. در واقع یکی از اهداف مهم در چاپ مدارهای الکترونیکی قرار دادن یک مدار (گراف) بر روی تخته مدار (سطح) است بدون اینکه دو اتصال از یکدیگر عبور کنند و منجر به اتصال کوتاه شود.

اهداف ویژه:

پ) سرفصل ها:

توپولوژی روی گراف: همبندی راسی و راهی یک گراف، گراف های مسطح، مشخصه اویلر، اجسام افلاطونی، ۵- و ۶- رنگ پذیری گراف های مسطح، قضیه کوراتوفسکی، گراف ها روی سطوح، و مطالبی بیشتر در باره مشخصه اویلر، طبقه بندی سطوح، مجتمع های سادگی: مفاهیم اولیه و لم اسپرنر و قضیه های نقطه ثابت، مجموعه های مرتب جزئی، توپولوژی مجموعه های مرتب جزئی، مفاهیم نظریه، مشخصه اویلر، تغییر شکل مجتمع های سادگی، همولوژی سادگی. نظریه گره: تعاریف، حرکات رایدماستر، سه رنگ پذیری، جاصل جمع گره ها، اعداد پل. چند جمله ای جونز، چند جمله ای الکساندر، روابط اسکین. سطوح سیفرت، گروه های بافته و گروه های بنیادی، تعریف ترکیبیاتی گروه بنیادی، گونای یک گروه، کرانی برای گونای دسته ای از گروه های آبدی، گونای متقارن.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	... درصد
آزمون پایان نیم سال	... درصد
آزمون پایانی	... درصد
سایر موارد در صورت نیاز قید- شود.	



(ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

(چ) منابع علمی پیشنهادی:

۱. Y. Liu, *Topological Theory of Graphs*, De Gruyter, Berlin, ۲۰۱۷.
۲. L. W. Beineke, R. J. Wilson, J. L. Gross and T. W. Tucker (Eds.), *Topics in Topological Graph Theory*, Encyclopedia of Mathematics and its Applications, ۱۲۸. Cambridge University Press, Cambridge, ۲۰۰۹.
۳. C. Paul Bonnington and Charles H. C. Little, *The Foundations of Topological Graph Theory*, Springer-Verlag, New York, ۱۹۹۵.
۴. J. L. Gross and T. W. Tucker, *Topological Graph Theory*, A Wiley-Interscience Publication, ۱۹۸۷.

(ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(اگر ملاحظاتی برای ارائه درس برای افراد با نیازهای ویژه همچون جامعه معلولین وجود دارد در این بخش قید شود)

(خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

(امکان پذیری ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی و ملاحظات آن بیان شود.)



الف: عنوان درس به فارسی: نظریه جبری گراف			
عنوان درس به انگلیسی: Algebraic Graph Theory		نوع درس و واحد	
دروس پیش نیاز: مبانی ماتریس و جبر خطی و نظریه گراف ۱		☐ پایه	☒ نظری
دروس هم نیاز:		☐ تخصصی الزامی	☐ عملی
تعداد واحد: ۴		☒ تخصصی اختیاری	☐ نظری-عملی
		☐ پروژه/ رساله / پایان نامه	
		☐ مهارتی-اشتغال پذیری	
تعداد ساعت: ۶۴		مرتبط با آمایش/مأموریت	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت	
		☐ موسسه نیست	☒ موسسه است

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

ب: هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با کاربردهای مفاهیم بنیادین جبر خطی و مبانی جبر در نظریه گراف.

اهداف ویژه:

(پ) سر فصل ها:

نظریه طیفی گراف: مطالعه طیف ماتریس مجاورت و لاپلاسی یک گراف، یافتن طیف برخی گراف های خاص، قضیه پرون-فروبنیوس، قضیه درهم بافنده، قضیه هراری برای محاسبه چندجمله ای ویژه گراف ها، گراف های هم طیف، گراف های قویا منظم و مقادیر ویژه آن ها، قضیه درخت-ماتریس، انرژی گراف و محاسبه برخی کران های ساده از آن، عدد همبندی جبری گراف و نامساوی چیگر، چند جمله ای رنگی، چند جمله ای تات و محاسبه آن ها برای برخی گراف های خاص، خواص اصلی چند جمله ای رنگی و چند جمله ای تات. تقارن در گراف: یک ریختی بین گراف ها، گروه خودریختی یک گراف، محاسبه گروه خودریختی برخی گراف های خاص، حاصل ضرب حلقوی گروه ها، گراف های راس انتقالی، گراف های یال انتقالی، گراف های کمان انتقالی، گراف های فاصله انتقالی، گراف های فاصله منظم، گراف های کیلی و خواص اصلی آن.

(ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

(ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ... درصد

آزمون پایان نیم سال ... درصد

آزمون یانانے ... درصد

سام موارد در صورت نیاز قد- شود.

(ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:



چ) منابع علمی پیشنهادی:

۱. N. Biggs, *Algebraic Graph Theory*, Cambridge University Press, Cambridge, ۱۹۷۴.
۲. R. B. Bapat, *Graphs and Matrices*, Springer, London, ۲۰۱۰.
۳. D. Cvetkovic, P. Rowlinson, S. Simic, *Introduction to the Theory of Graph Spectra*, Cambridge University Press, Cambridge, ۲۰۱۰.
۴. A. E. Brouwer, W. H. Haemers, *Spectra of Graphs*, Springer, ۲۰۱۱.
۵. C. Godsil, G. Royle, *Algebraic Graph Theory*, Springer, ۲۰۰۱.
۶. L. W. Beineke, R. J. Wilson, *Topics in Algebraic Graph Theory*, Cambridge University Press, Cambridge, ۲۰۰۴.

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(اگر ملاحظاتی برای ارائه درس برای افراد با نیازهای ویژه همچون جامعه معلولین وجود دارد در این بخش قید شود)

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

(امکان پذیری ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی و ملاحظات آن بیان شود).



الف: عنوان درس به فارسی: نظریه گراف ۲			
عنوان درس به انگلیسی:		Graph Theory ۲	
دروس پیش نیاز:		نظریه گراف ۱	
دروس هم نیاز:			
تعداد واحد:		۴	
تعداد ساعت:		۶۴	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت	
		مرتبط با مأموریت/آمایش	
		موسسه نیست	
		موسسه است	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

ب: هدف کلی:

آشنایی با مفاهیم پیشرفته تر نظریه گراف

اهداف ویژه:

پ) سرفصل ها:

ساختار گراف های ۳، ۲ و ۴- همبند، قضیه میدر، قضیه نش ویلیامز- تات در باره درخت های فراگیر مجزا، مباحث تکمیلی در رنگ آمیزی راسی به ویژه قضیه گراف های بی نقص، مباحث تکمیلی در رنگ آمیزی یالی به ویژه مسئله رده بندی کلاس های ۱ و ۲، رنگ آمیزی لیستی و قضیه گلوین، گراف ها روی رویه، رسم گراف های مسطح، عدد تقاطعی گراف، گونا گراف ها، رسم گراف ها بر روی سطوح با شرایط خاص، عرض درختی و مسیری و برخی از کاربردهای آن، ماینورهای گراف، قضیه ۴- رنگ، حدس هدویگر در حالت های کوچک، بیان قضیه ماینور گراف و اثبات آن برای درخت ها، جریان های صحیح گراف، قضیه های وجودی K -جریان برای مقادیر کوچک K ، قضیه های مربوط به معادل بودن وجود K -جریان ها، دوگانگی جریان و رنگ آمیزی، بیان حدس های تات، فضاها ی برداری متناظر با گراف، فضاها ی دوری، فضاها ی برشی، تعریف متروید، شبکه های الکتریکی، قدم زدن تصادفی، چند جمله های گراف، چندجمله ای تات و تعریف های معادل آن، ارتباط چند جمله ای تات با سایر چندجمله ای ها، چندجمله ای تطابق. گروه یک ریختی گراف، مسایل یک ریختی و همریختی گراف ها.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ... درصد

آزمون پایان نیم سال ... درصد

آزمون پایانی ... درصد

سایر موارد در صورت نیاز قید- شود.



ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

چ) منابع علمی پیشنهادی:

۱. J. A. Bondy, U. S. R. Murty, *Graph Theory*, Springer, ۲۰۰۸.
۲. D. B. West, *Introduction to Graph Theory*, ۲nd edition, Prentice Hall, ۲۰۰۱.
۳. R. Diestel, *Graph Theory*, fourth edition, Springer, ۲۰۱۰.
۴. B. Bollobás, *Modern Graph, Theory*, Springer, ۱۹۹۸.

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(اگر ملاحظاتی برای ارائه درس برای افراد با نیازهای ویژه همچون جامعه معلولین وجود دارد در این بخش قید شود)

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

(امکان پذیری ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی و ملاحظات آن بیان شود.)



الف: عنوان درس به فارسی: نظریه ماتروید		
عنوان درس به انگلیسی:	Matroid Theory	
دروس پیش نیاز:	نظریه گراف و کاربردها	
دروس هم نیاز:		
تعداد واحد:	۴	تخصصی اختیاری
تعداد ساعت:	۶۴	پایه / رساله / پایان نامه
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)	مهارتی-اشتغال پذیری	
	مرتبط با مأموریت/آمایش	مرتبط با مأموریت
	موسسه است	موسسه نیست

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

ب: هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی با مفاهیم پایه ای و کاربردی نظریه ماتروید هاست به گونه ای که علاوه بر درک این مفاهیم بتواند با طریقه به کار گیری نتایج این مبحث در سایر مباحث مربوط همچون نظریه اطلاعات و مخابرات، نظریه رمز گذاری، بهینه سازی ترکیبیاتی، نظریه یاد گیری ماشین، نظریه الگوریتم و نظریه گراف آشنایی اجمالی بدست آورد.

اهداف ویژه:

پ) سرفصل ها:

معرفی مفاهیم ابتدایی در نظریه ماتروید همچون مفهوم استقلال، پایه، مدار، تابع رتبه، بستار، فلت و ارتباط بین این مفاهیم، بررسی تعاریف معادل ماترویدها

معرفی رده هایی از ماتروید ها با ذکر خواص آنها و به طور خاص معرفی ماتروید های یکنواخت، گرافی، ماتروید های خطی، نمایش پذیر، ماتروید های ترنسورسال، ماتروید های منظم و گاموید

نمایش هندسی ماترویدها، تعمیم قضیه فیلپ هال در مورد ماترویدها و قضیه رادو

معرفی مفاهیم دوگان و ماینور ماتروید و نحوه بررسی پایه ها و تابع رتبه ماتروید دوگان. بررسی این عملگرها در حالت خاص مانند ماترویدهای خطی و یا گرافی

همبندی ماترویدها، ماترویدها و تعمیم الگوریتم زیردرخت فراگیر می نیمم

قضایای اجتماع و اشتراک ماترویدها، الگوریتمهای مرتبط و نتایج ترکیبیاتی و الگوریتمی آن

معرفی توابع زیرپیمانه ای و پلی ماترویدها. اشتراک پلی ماترویدها

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:



ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ... درصد

آزمون پایان نیم‌سال ... درصد

آزمون پایانی ... درصد

سایر موارد در صورت نیاز قید - شود.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

چ) منابع علمی پیشنهادی:

۱. J. G. Oxley, Matroid Theory, Oxford University Press

۲. Alexander Schrijver, Combinatorial Optimization: Polyhedra and Efficiency, Springer

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(اگر ملاحظاتی برای ارائه درس برای افراد با نیازهای ویژه همچون جامعه معلولین وجود دارد در این بخش قید شود)

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

(امکان پذیری ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی و ملاحظات آن بیان شود).

