

# شبکه‌های کامپیوتری

رویکرد Top-Down

جلد



ویراست ششم

نویسندگان:

جیمز اف. کراس

کیت دبلیو. راس

مترجمین:

دکتر بهزاد اکبری

(هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس)

مهدی ایمانی

حامد صناعی

نیلوفر مظهري

نیاز دانش

## مقدمه مترجم

امروزه اهمیت شبکه‌های کامپیوتری و اینترنت و تاثیر آن بر زندگی انسان امروزی بر کسی پوشیده نیست. روز به روز بر تعداد و انواع کاربردها و خدمات اینترنتی و همچنین فناوری‌های شبکه‌ای مربوطه افزوده می‌شود. رشد عظیم کاربردها و خدمات اینترنتی از یک طرف و پیشرفت فناوری‌های دسترسی به اینترنت از طرف دیگر موجب رشد عظیم و شگفت‌انگیز تعداد کاربران اینترنت در سراسر دنیا شده است. علاوه بر این، کمتر سازمان و یا کسبو کاری را می‌توان یافت که از این فناوری بهره‌مند نباشد و یا حتی کاملاً بدان وابستگی نداشته باشد. از اینرو است که آشنایی با مفاهیم، اصول و فناوری‌های مختلف شبکه‌های کامپیوتری برای دانشجویان امروز و مهندسين فردا در صنعت عظیم فناوری اطلاعات و ارتباطات، در رشته‌های مختلف از قبیل علوم کامپیوتر، مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات و مهندسی برق بسیار ضروری است. به همین دلیل است که درس شبکه‌های کامپیوتری به عنوان یک درس مهم و کلیدی در این رشته‌ها محسوب می‌گردد.

تاکنون کتاب‌های متعددی به عنوان کتاب درسی شبکه‌های کامپیوتری تالیف شده است که در میان آنها کتاب پیش رو که توسط پروفیسور جیمز کراس از دانشگاه ماساچوست و پروفیسور کیست راس از دانشگاه پلی تکنیک آمریکا تالیف شده است با رویکردی خلاقانه و شیوهی ارائه‌ای منحصر بفرد بهترین کتاب درسی در این زمینه می‌باشد. در حال حاضر این کتاب در اغلب دانشگاه‌های معتبر دنیا و همچنین دانشگاه‌های معتبر داخل کشور تدریس می‌شود. رویکرد بالا به پایین (Top-Down) که اولین بار در این کتاب جهت آموزش مفاهیم و اصول شبکه‌های کامپیوتری بکار گرفته شده است آنچنان از طرف مدرسین و دانشجویان مورد استقبال قرار گرفته است که برخی از نویسندگان سایر کتاب‌های درسی شبکه‌های کامپیوتری نیز این رویکرد را مورد توجه قرار داده‌اند. البته لازم به ذکر است که تنها رویکرد Top-Down نیست که این کتاب را از سایر کتاب‌ها متمایز کرده است، بلکه در کنار آن شیوه بسیار جذاب این کتاب در آموزش مفاهیم و اصول اساسی شبکه‌های کامپیوتری با مثال‌های عملی و ملموس از اینترنت می‌باشد، به نحوی که دانشجو پس از مطالعه پنج فصل اول این کتاب، نه تنها با مفاهیم و اصول پایه‌ای شبکه‌های کامپیوتر آشنا می‌گردد، بلکه با نحوه پیاده سازی آنها در اینترنت و همچنین نحوه عملکرد پروتکل‌ها و فناوری‌های اساسی اینترنت نیز آشنایی پیدا می‌کند. علاوه بر این، متن انگلیسی کتاب بسیار روان و خواندنی نوشته شده است، که در ترجمه کتاب نیز سعی شده است این ویژگی تا حد ممکن در متن فارسی نیز حفظ گردد.

در پایان هر فصل کتاب تمرین‌های بسیار جامعی برای دانشجویان آورده شده است که حل آنها به درک عمیق‌تر مفاهیم و موضوعات مورد نظر در فصل مربوطه کمک شایانی می‌کند. علاوه بر تمرین‌ها، برای درک بهتر پروتکل‌های شبکه و اینترنت تمرین‌های برنامه‌نویسی و همچنین آزمایش‌های Wireshark در پایان هر فصل آورده شده است که انجام آنها را به دانشجویان توصیه می‌کنیم. مصاحبه‌های آخر فصل‌ها که با شخصیت‌های تاثیرگذار در شبکه‌های کامپیوتری و اینترنت صورت گرفته است بسیار جذاب و خواندنی است که مطالعه آنها انگیزه یادگیری شبکه‌های کامپیوتری در دانشجویان را تقویت کرده و همچنین آنها را با سمت و سوی اینترنت در آینده آشنا می‌سازد.

پنج فصل اول کتاب برای درس مقدماتی شبکه‌های کامپیوتری دانشجویان رشته‌های علوم کامپیوتر، مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات و مهندسی برق در نظر گرفته شده است. فصل‌های بعدی که مفاهیم پیشرفته را پوشش می‌دهند، به عنوان بخشی از درس شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته در دوره‌های تحصیلات تکمیلی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، هرچند پیشنهاد مطالعه پنج فصل اول کتاب جهت مرور درس شبکه‌های

کامپیوتری دوره کارشناسی برای دانشجویان دوره‌های تحصیلات تکمیلی نیز بسیار سودمند خواهد بود. علاوه بر دانشجویان دانشگاهی، این کتاب، به ویژه پنج فصل اول آن، برای هر کسی که در حوزه‌های مختلف فناوری اطلاعات و مخابرات اشتغال دارد یک کتاب عالی برای فراگیری اصول و مفاهیم پایه در شبکه‌های کامپیوتری می‌باشد، به ویژه اینکه همواره در ویرایش‌های جدید کتاب به فناوری‌های نوین روز نیز پرداخته می‌شود. در پایان امیدواریم این کار قدم کوچکی باشد در راستای رشد و بالندگی دانشجویان و جوانان کشور عزیزمان که پیشرفت و توسعه همه جانبه کشور در گرو تلاش‌ها و رشد روزافزون آنها می‌باشد. بدون شک این کار خالی از اشکال و خطا نمی‌باشد، و لذا منتظر نظرات سازنده اساتید ارجمند و دانشجویان عزیز از طریق آدرس [b.akbari@modares.ac.ir](mailto:b.akbari@modares.ac.ir) هستیم.

دکتر بهزاد اکبری

بهار ۱۳۹۳

## مقدمه نویسندگان

به ششمین ویرایش از کتاب شبکه‌های کامپیوتری: یک رویکرد بالا به پایین (top-down) خوش آمدید. از زمان انتشار اولین ویرایش یعنی ۱۲ سال پیش، کتاب ما در صدها دانشگاه تدریس شده، به ۱۴ زبان ترجمه شده و توسط صدها هزار دانشجو در سراسر دنیا استفاده شده است. بسیاری از خوانندگان کتاب نیز با ارسال پیام‌ها و نظرات مثبت خود باعث دلگرمی ما شده‌اند.

## چه تغییراتی در ویرایش ششم به وجود آمده است؟

یکی از دلایل مهم در موفقیت این کتاب، به روز بودن آن و ارائه ویرایش‌هایی جدید همگام با پیشرفت فناوری‌های شبکه‌های کامپیوتری است. در ویرایش ششم این کتاب تغییراتی اعمال شده است، اما آنچه را که به اعتقاد خود ما (و به تایید بسیاری از اساتید و دانشجویانی که از این کتاب استفاده کرده‌اند) مهم‌ترین ویژگی‌های این کتاب است را همچنان بدون تغییر نگاه داشته‌ایم: رویکرد بالا به پایین، تمرکز آن به اینترنت و رفتارهای مدرن شبکه‌های کامپیوتری، توجه به اصول و همچنین تمرین‌ها و نیز ارائه رویکردی آسان جهت یادگیری شبکه‌های کامپیوتری. با این حال، در ویرایش ششم، مطالب کتاب به میزان قابل ملاحظه‌ای بازنگری و به روز شده است:

- وب سایت مربوطه به طرز قابل توجهی گسترش یافته و به ویدئوها و تمرینات تعاملی تجهیز شده است که در ادامه به شرح آن می‌پردازیم.
- در فصل اول، مطالب مربوط به شبکه‌های دسترسی به روز شده و بخش شرح اکوسیستم ISP‌های اینترنتی به میزان قابل توجهی بازنگری شده است، که شامل ظهور شبکه‌های تولید محتوا از قبیل Google می‌باشد. بخش توضیح سوئیچینگ بسته‌ای و مداری نیز مجدداً سازماندهی شده و بیشتر گرایش موضوعی دارد تا تاریخی.
- در فصل دوم، در توضیح برنامه نویسی سوکت کد پایتون (Python) جایگزین کد جاوا شده است. کدهای پایتون در عین حال که همچنان مفاهیم اصلی پشت API‌های سوکت را به طور واضح بیان می‌کنند، درک آنها برای برنامه‌نویسان مبتدی راحت‌تر است. علاوه بر این، برخلاف جاوا، پایتون دسترسی به سوکت‌های

خام را فراهم کرده و دانشجویان را قادر به ساخت انواع مختلفی از برنامه‌های کاربردی شبکه‌ای می‌سازد. آزمایشگاه‌های برنامه‌نویسی سوکت مبتنی بر جاوا با آزمایشگاه‌های برنامه‌نویسی سوکت مبتنی بر پایتون جایگزین شده و یک آزمایشگاه جدید ICMP Ping مبتنی بر پایتون نیز اضافه شده است. طبق روال همیشگی، مطالب حذف شده از کتاب مثل مطالب برنامه‌نویسی سوکت مبتنی بر جاوا، در وب سایت کتاب قابل دسترسی است (به ادامه مطلب مراجعه کنید).

- در فصل سوم، یکی از پروتکل‌های انتقال مطمئن داده به صورت ساده‌تری بیان شده است و یک ستون فرعی برای شرح TCP Splitting، که اغلب به منظور بهینه‌سازی کارایی سرویس‌های ابری کاربرد دارد، به متن افزوده شده است.
- در فصل چهارم، بخش مرتبط با معماری مسیریاب‌ها کاملاً به‌روزرسانی شده که نمایانگر پیشرفت‌ها و تلاش‌های اخیر در این زمینه است. چند ستون فرعی جدید مرتبط با BGP، DNS و OSPF افزوده شده است.
- فصل پنجم نیز سازماندهی مجدد شده و مطالب آن به صورت ساده‌تر و موثرتری بیان شده است، از جمله استفاده وسیع از سوئیچ‌های اترنت در شبکه‌های محلی و در نتیجه افزایش استفاده از اترنت در سناریوهای نقطه به نقطه. همچنین بخش جدیدی در مورد شبکه‌های مراکز داده افزوده شده است.
- فصل ششم به منظور بازتاب پیشرفت‌های اخیر شبکه‌های بی‌سیم به‌روزرسانی شده است، به خصوص در مورد شبکه‌های داده سلولی و سرویس‌ها و معماری شبکه‌های 4G.
- فصل هفتم که به شبکه‌های چندرسانه‌ای می‌پردازد، بازنگری بیشتری داشته است. اکنون این فصل شامل بحثی جامع و عمیق در مورد جریان‌سازی ویدیو است که خود شامل جریان‌سازی وقتی (adaptive streaming) و بحثی کاملاً جدید در مورد شبکه‌های توزیع محتوا (CDN) می‌باشد. یک بخش جدید به این فصل افزوده شده است که به توصیف سیستم‌های جریان‌سازی ویدیو شامل Netflix، YouTube و Kankan می‌پردازد. مطالب حذف شده این فصل نیز همچنان در وب سایت مربوطه قابل دسترسی هستند.
- فصل هشتم اکنون شامل بحثی گسترده‌تر در مورد احراز هویت نقطه انتهایی است.
- مطالب جدیدی در رابطه با تمرین‌های آخر فصل افزوده شده‌اند. مانند ویرایش‌های قبلی، تمرین‌های آخر فصل‌ها بازنگری شده و تمرین‌های جدید اضافه شده و برخی از تمرین‌ها نیز حذف شده‌اند.

## مخاطبین

این کتاب برای درس اول دانشجویان در زمینه شبکه‌های کامپیوتری نوشته شده است. این کتاب می‌تواند در دانشکده‌های علوم کامپیوتر و مهندسی برق مورد استفاده قرار گیرد. در مورد زبان‌های برنامه‌نویسی، فرض بر این گذاشته شده که دانشجویان با زبان‌های C، C++، جاوا یا پایتون آشنایی دارند. اگرچه این کتاب بسیار جامع‌تر و تحلیلی‌تر از بسیاری از کتاب‌های مقدماتی در زمینه شبکه‌های کامپیوتری است، اما به ندرت از مفاهیم ریاضی که در دبیرستان تدریس نمی‌شود در آن استفاده شده است. ما عمداً از به کارگیری مفاهیم پیشرفته در زمینه جبر، احتمالات و فرآیندهای تصادفی اجتناب کرده‌ایم (گرچه تعدادی تمرین به صورت مساله برای دانشجویانی با پیش زمینه پیشرفته‌تر در نظر گرفته شده است). در نتیجه این کتاب برای دانشجویان مقطع کارشناسی و دانشجویان سال اول مقطع کارشناسی ارشد مناسب است. این کتاب همچنین برای کسانی که در بخش مخابرات شاغل هستند می‌تواند مفید باشد.

## این کتاب دارای چه ویژگی‌های منحصر به فردی است؟

شبکه‌های کامپیوتری بحثی بسیار پیچیده است و شامل مفاهیم، پروتکل‌ها و فناوری‌هایی است که به نحوی پیچیده با یکدیگر در ارتباط هستند. به منظور مقابله با این پیچیدگی، بسیاری از کتاب‌های موجود در زمینه شبکه‌های کامپیوتری بر اساس لایه‌های معماری شبکه سازمان‌دهی شده‌اند. با این سازماندهی لایه‌ای، دانشجویان قادر به درک علت واقعی پیچیدگی شبکه‌های کامپیوتری می‌باشند، در عین حال که تصویری کلی از چگونگی ارتباط بخش‌های مختلف با یکدیگر دارند مفاهیم و پروتکل‌های مجزا در یک بخش معماری را می‌آموزند. به لحاظ آموزشی، تجربه ما نشان می‌دهد که چنین رویکرد لایه‌ای عملکرد خوبی دارد. با این وجود، دریافته‌ایم که رویکرد سنتی تدریس - از پایین به بالا (یعنی شروع بحث از لایه فیزیکی به سمت لایه کاربرد) بهترین رویکرد برای یک دوره مدرن در شبکه‌های کامپیوتری محسوب نمی‌شود.

## یک رویکرد بالا به پایین

کتاب ما ۱۲ سال پیش با پرداختن به بحث شبکه با رویکردی بالا به پایین - با شروع از لایه کاربرد و پایین رفتن به سمت لایه فیزیکی - ایده‌ای جدید را مطرح کرد. بازخوردی که از اساتید و دانشجویان دریافت کردیم تایید کننده این است که این رویکرد بالا به پایین دارای مزایای زیادی بوده و از نظر آموزشی عملکرد بسیار خوبی داشته است. اول این که تاکید بسیاری بر روی لایه کاربرد (بخشی از شبکه که دارای رشد چشمگیری بوده است) دارد. در واقع، بسیاری از تغییرات اخیر در شبکه‌های کامپیوتری از جمله وب، اشتراک‌گذاری فایل نظیر به نظیر و جریان‌سازی رسانه در لایه کاربرد اتفاق افتاده‌اند. تاکید اولیه ما بر لایه کاربرد متفاوت با رویکردهایی است که در اغلب کتاب‌های دیگر بیان شده و در آنها مطالب کمی درباره برنامه‌های کاربردی شبکه، نیازمندی‌های آنها، معماری‌ها در لایه کاربرد (مثل سرویس‌گیرنده - سرویس‌دهنده و نظیر به نظیر) و واسط‌های برنامه‌نویسی برنامه‌های کاربردی ارائه شده است. دوم این که بنا بر تجربه تدریس ما (و بسیاری اساتید دیگر که از این کتاب استفاده کرده‌اند) تدریس برنامه‌های کاربردی شبکه در اوایل ترم برای دانشجویان بسیار انگیزه‌ساز خواهد بود. دانشجویان با اشتیاق فراوان درباره چگونگی عملکرد برنامه‌های کاربردی شبکه مثل پست الکترونیکی و وب خواهند آموخت، برنامه‌هایی کاربردی که اکثر دانشجویان به صورت روزمره از آنها استفاده می‌کنند. زمانی که دانشجو عملکرد برنامه کاربردی را درک می‌کند، می‌تواند سرویس‌های شبکه‌ای مورد نیاز برای پشتیبانی از این برنامه کاربردی را نیز درک کند. سپس دانشجویان می‌توانند به بررسی روش‌های مختلف فراهم شدن و پیاده‌سازی این سرویس‌ها در لایه‌های پایین‌تر بپردازند. در نتیجه پرداختن به برنامه‌های کاربردی در ابتدای کار می‌تواند انگیزه لازم برای پرداختن به ادامه مطالب کتاب را در دانشجویان ایجاد کند.

سوم این که رویکرد بالا به پایین اساتید را قادر به معرفی پیشرفت‌های برنامه‌های کاربردی شبکه در مراحل اولیه بحث می‌سازد. دانشجویان نه تنها نحوه عملکرد برنامه‌های کاربردی و پروتکل‌های محبوب را فرا می‌گیرند، بلکه می‌آموزند ساخت برنامه‌های کاربردی شبکه و پروتکل‌های لایه کاربرد چقدر ساده است. با رویکرد بالا به پایین، دانشجویان پیش‌نمایشی از مفاهیم برنامه‌نویسی سوکت، مدل‌های سرویس و پروتکل‌ها دریافت می‌کنند، مفاهیم مهمی که در لایه‌های بعدی مجدداً عنوان می‌شوند. با فراهم کردن مثال‌های برنامه‌نویسی سوکت به زبان پایتون، بر روی ایده‌های اصلی متمرکز شده و از گیج شدن دانشجویان توسط کدهای پیچیده پرهیز می‌شود. دانشجویان مقطع کارشناسی در رشته‌های مهندسی کامپیوتر و مهندسی برق نباید مشکلی در درک کد پایتون داشته باشند.

## تمرکز بر اینترنت

اگر چه ما عبارت "Featuring the Internet" را از عناوین ویرایش ۴ به بعد این کتاب حذف کرده‌ایم، اما این به آن معنا نیست که تمرکزمان بر اینترنت را نیز حذف کرده‌ایم. در واقع از آنجایی که اینترنت بسیار فراگیر شده است، احساس کردیم هر کتاب شبکه‌ای بایستی حتماً تمرکز ویژه‌ای بر اینترنت داشته باشد و لذا استفاده از این عبارت ضروری به نظر نمی‌رسد. ما همچنان از معماری اینترنت و پروتکل‌هایش به عنوان ابزاری کلیدی برای آموزش مفاهیم پایه‌ای شبکه‌های کامپیوتری استفاده می‌کنیم. البته، مفاهیم و پروتکل‌های دیگر معماری شبکه را نیز پوشش داده‌ایم. اما پر واضح است که تمرکز اصلی ما روی اینترنت است، حقیقتی که از سازماندهی کتاب بر اساس معماری ۵ لایه‌ای اینترنت قابل تشخیص است: لایه‌های کاربرد، انتقال، شبکه، پیوند و فیزیکی. مزیت دیگر تمرکز بر اینترنت این است که اکثر دانشجویان رشته‌های مهندسی کامپیوتر و برق مشتاق یادگیری در خصوص اینترنت و پروتکل‌هایش هستند. آنها می‌دانند که اینترنت یک فناوری انقلابی است و می‌توانند ببینند که اینترنت به طور عمیقی دنیای ما را تغییر داده است. تمرکز ویژه بر اینترنت دانشجویان را به صورت طبیعی در این زمینه کنجکاو می‌کند. بنابراین، وقتی که از اینترنت به عنوان ابزاری کلیدی برای آموزش استفاده می‌شود، برای یک مدرس راحت است که دانشجویانش را به یادگیری اصول اولیه تشویق کند.

## تدریس اصول شبکه‌های کامپیوتری

دو ویژگی منحصر به فرد این کتاب یکی رویکرد بالا به پایین و دیگری تمرکز بر اینترنت است که در عناوین کتاب ما به چشم می‌خورند. اگر می‌توانستیم یک کلمه دیگر را نیز به عنوان کتاب اضافه کنیم کلمه اصول (Principles) را اضافه می‌کردیم. حوزه شبکه‌های کامپیوتری به اندازه کافی به بلوغ رسیده که تعدادی موارد مهم و پایه‌ای قابل تعریف و تشریح داشته باشد. به عنوان مثال در لایه انتقال، موارد پایه‌ای و اساسی شامل ارتباطات مطمئن در بستر لایه شبکه نامطمئن، راه‌اندازی/انحلال اتصال و دست‌تکانی، کنترل جریان و ازدحام و تسهیم‌سازی است. دو مورد اساسی و کلیدی لایه شبکه، تعیین مسیر مناسب بین دو مسیریاب و اتصال تعداد بسیار زیادی شبکه‌ها همگن است. در لایه پیوند، مساله اساسی به اشتراک‌گذاری کانال دسترسی چندگانه است. در امنیت شبکه، تکنیک‌های مورد نیاز برای فراهم‌سازی محرمانگی، احراز هویت و یکپارچگی پیام همگی بر پایه اصول رمزنگاری است. این کتاب موارد پایه‌ای شبکه‌های کامپیوتری را تشریح و رویکردهای حصول به این موارد را آموزش می‌دهد. دانشجویی که این اصول را فرا می‌گیرد، دانشی با دوره حیات بسیار طولانی به دست می‌آورد. سال‌ها بعد استانداردها و پروتکل‌های بسیاری در شبکه‌های کامپیوتری منسوخ می‌شوند اما مفاهیم و اصول همچنان پراهمیت و پرکاربرد باقی می‌مانند. معتقدیم که استفاده ترکیبی از مفاهیم اینترنت و سپس تاکید بر موارد پایه‌ای و رویکردهای حل مسئله به دانشجویان این امکان را می‌دهد که خیلی سریع هر فناوری شبکه‌ای را درک کنند.

## ویژگی‌های آموزشی

هر یک از ما بیش از ۲۰ سال سابقه تدریس درس شبکه‌های کامپیوتری را داریم. در مجموع بیش از ۵۰ سال تجربه تدریس مطالب این کتاب را داریم و هزاران دانشجو را در طی این سال‌ها تعلیم داده‌ایم. همچنین در طی این سال‌ها پژوهشگران فعالی در حوزه شبکه‌های کامپیوتری بوده‌ایم (در حقیقت Jim و Keith اولین بار در سال ۱۹۷۹ هنگامی که دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد در کلاس درس شبکه‌های کامپیوتری استاد Mischa Schwartz در دانشگاه Columbia بودند همدیگر را ملاقات کردند). بنابراین، فکر می‌کنیم تمام این

تجربیات دید خوبی به ما داده است که بدانیم شبکه‌های کامپیوتری در گذشته در چه جایگاهی بوده و در آینده به چه سمت و سویی خواهد رفت. علیرغم اینها، با وسوسه همسوسازی محتوا و مفاهیم کتاب با مفاهیم و محتوای پروژه‌های تحقیقاتی خودمان مقابله کرده‌ایم. اگر به تحقیقات ما علاقه‌مندید به وب سایت‌های شخصی ما مراجعه کنید. این کتاب در خصوص شبکه‌های کامپیوتری مدرن یعنی پروتکل‌ها و فناوری‌های حال حاضر و مفاهیم پنهان پشت این پروتکل‌ها و فناوری‌ها است. همچنین معتقدیم که یادگیری (و آموزش) شبکه‌های کامپیوتری می‌تواند بسیار فرحبخش و جالب باشد. امیدواریم شوخی‌ها و استفاده از قیاس‌ها و مثال‌های دنیای واقعی در این کتاب، محتوا و مفاهیم کتاب را جذاب‌تر و دلنشین‌تر کرده باشند.

### وابستگی بین فصل‌ها

اولین فصل از کتاب مروری بر شبکه‌های کامپیوتری ارائه می‌دهد. مفاهیم و اصطلاحات کلیدی بسیاری در این فصل معرفی شده است که پایه‌ای برای باقی فصل‌های کتاب است. تمامی فصل‌های دیگر کتاب به فصل اول وابسته هستند. پس از اتمام فصل اول، به مدرسین توصیه می‌کنیم که فصل‌های ۲ تا ۵ را به ترتیب پوشش دهند و رویکرد بالا به پایین ما را دنبال کنند. هر یک از این ۵ فصل از مفاهیم فصل‌های قبلی استفاده می‌کنند. پس از پایان ۵ فصل اول، مدرسین قدرت مانور بیشتری دارند. هیچ‌گونه وابستگی بین ۴ فصل آخر وجود ندارد و مدرسین می‌توانند به هر ترتیب دلخواهی ۴ فصل آخر را تدریس کنند. البته ۴ فصل آخر به مفاهیم ۵ فصل اول کتاب وابسته‌اند. بسیاری از مدرسین ابتدا ۵ فصل اول کتاب را تدریس می‌کنند و سپس یکی از ۴ فصل آخر را به عنوان دسر ارائه می‌کنند.

### آخرین نکته: بسیار مشتاق شنیدن نظرات شما هستیم.

مشتاقانه منتظر دریافت نظرات شما دانشجویان و مدرسین در خصوص کتاب از طریق ایمیل هستیم. برای ما بسیار ارزشمند بود که نظرات بسیاری از دانشجویان و مدرسین در سراسر جهان در خصوص ۴ ویرایش اول را دریافت کردیم. ما بسیاری از این پیشنهادات را در ویرایش آخر کتاب لحاظ کردیم. همچنین از ارسال تمرینات و مسائل جدید (و راه‌حل‌ها) توسط مدرسین بسیار استقبال می‌کنیم. این تمرینات را در قسمت مخصوص مدرسین در وب سایت قرار می‌دهیم. همچنین از دانشجویان و مدرسین دعوت می‌کنیم که اپلت‌های جدید جاوا تولید کنند و مفاهیم و پروتکل‌های این کتاب را تشریح کنند. اگر شما اپلتی دارید که فکر می‌کنید مرتبط با این کتاب است لطفاً برای ما ارسال کنید. اگر اپلت مرتبط با مفاهیم کتاب بود، بسیار خوشحال خواهیم شد که اپلت شما را همراه با ارجاع به نام نویسنده در وب سایت کتاب قرار دهیم. بنابراین، لطفاً به ارسال URL‌های جالب و نظرات مخالف خود با هر یک از ادعاهای ما ادامه دهید و به ما بگویید کدام یک از ادعاهای ما صحیح و کدام نادرست است. به ما بگویید که فکر می‌کنید کدام یک از بخش‌های کتاب در ویرایش بعدی بایستی باشند و کدام یک بایستی حذف شوند. ایمیل‌های خود را به [Ross@poly.edu](mailto:Ross@poly.edu) و [Kurose@cs.umass.edu](mailto:Kurose@cs.umass.edu) ارسال کنید.

# فهرست مطالب

۱۵	فصل ۱ شبکه‌های کامپیوتری و اینترنت
۱۶	۱-۱ منظور از اینترنت چیست؟
۱۶	۱-۱-۱ توصیف اجزای کاربردی اینترنت
۱۹	۲-۱-۱ توصیف سرویس‌های اینترنت
۲۱	۳-۱-۱ منظور از پروتکل چیست؟
۲۳	۲-۱ لبه شبکه
۲۵	۱-۲-۱ شبکه‌های دسترسی
۳۲	۲-۲-۱ رسانه فیزیکی
۳۵	۳-۱ هسته شبکه
۳۵	۱-۳-۱ سوئیچینگ بسته
۴۰	۲-۳-۱ سوئیچینگ مداری
۴۵	۳-۳-۱ شبکه‌ای از شبکه‌ها
۴۸	۴-۱ تاخیر، اتلاف و برون‌داد در شبکه‌های سوئیچ بسته‌ای
۴۸	۱-۴-۱ بیان کلیاتی درباره تاخیر در شبکه‌های سوئیچ بسته‌ای
۵۲	۲-۴-۱ اتلاف بسته‌ای و تاخیر صف‌بندی
۵۴	۳-۴-۱ تاخیر انتها به انتها
۵۶	۴-۴-۱ برون‌داد در شبکه‌های کامپیوتری
۵۹	۵-۱ لایه‌های پروتکل و مدل سرویس‌های آنها
۶۰	۱-۵-۱ معماری لایه‌ای
۶۵	۲-۵-۱ کپسوله‌سازی
۶۷	۶-۱ شبکه‌ها در معرض حمله
۷۱	۷-۱ تاریخچه شبکه‌های کامپیوتری و اینترنت
۷۱	۱-۷-۱ بوجود آمدن سوئیچینگ بسته‌ای: ۱۹۷۲ - ۱۹۶۱
۷۲	۲-۷-۱ شبکه‌های خصوصی و ارتباطات میان شبکه‌ای: ۱۹۸۰ - ۱۹۷۲
۷۴	۳-۷-۱ رشد سریع و فراگیر شبکه‌ها: ۱۹۹۰ - ۱۹۸۰



۷۵..... انفجار اینترنت: دهه ۹۰ میلادی ۴-۷-۱

۷۶..... هزاره جدید..... ۵-۷-۱

۷۷..... خلاصه ۸-۱

## فصل ۲ لایه کاربرد..... ۹۳

۹۴..... ۱-۲ اصول برنامه‌های کاربردی شبکه.....

۹۵..... ۱-۱-۲ معماری‌های برنامه کاربردی شبکه.....

۹۸..... ۲-۱-۲ ارتباطات پروکس‌ها.....

۱۰۰..... ۳-۱-۲ سرویس‌های ارائه شونده توسط لایه انتقال به برنامه‌های کاربردی.....

۱۰۲..... ۴-۱-۲ سرویس‌های انتقال فراهم شده توسط اینترنت.....

۱۰۶..... ۵-۱-۲ پروتکل‌های لایه کاربرد.....

۱۰۷..... ۶-۱-۲ برنامه‌های کاربردی تحت شبکه که در این کتاب ذکر شده‌اند.....

۱۰۷..... ۲-۲ وب و HTTP.....

۱۰۸..... ۱-۲-۲ مروری کلی HTTP.....

۱۰۹..... ۲-۲-۲ ارتباطات پایا و غیرپایا.....

۱۱۳..... ۳-۲-۲ قالب پیام HTTP.....

۱۱۷..... ۴-۲-۲ تعامل بین سرویس‌دهنده و کاربر: کوکی‌ها.....

۱۱۹..... ۵-۲-۲ کاشه‌سازی وب.....

۱۲۳..... ۶-۲-۲ GET شرطی.....

۱۲۵..... ۳-۲ انتقال فایل: FTP.....

۱۲۶..... ۱-۳-۲ دستورات و پاسخ‌های FTP.....

۱۲۷..... ۴-۲ پست الکترونیکی در اینترنت.....

۱۳۰..... ۱-۴-۲ SMTP.....

۱۳۳..... ۲-۴-۲ مقایسه با HTTP.....

۱۳۳..... ۳-۴-۲ قالب‌های پیام پست الکترونیکی و MIME.....

۱۳۴..... ۴-۴-۲ پروتکل‌های دسترسی به پست الکترونیکی.....

۱۳۸..... ۵-۲ DNS سرویس دایرکتوری اینترنت.....

۱۳۹..... ۱-۵-۲ سرویس‌های فراهم شده توسط DNS.....

۱۴۱..... ۲-۵-۲ بررسی اجمالی نحوه عملکرد DNS.....

۱۴۷..... ۳-۵-۲ رکوردهای DNS و پیام‌ها.....

۱۵۲..... ۶-۲ برنامه‌های کاربردی نظیر به نظیر.....

۱۵۳..... ۱-۶-۲ توزیع فایل P2P.....

۱۵۹..... ۲-۶-۲ جداول درهم‌سازی توزیع شده.....

۱۶۴..... ۷-۲ برنامه‌نویسی سوکت: ایجاد برنامه‌های کاربردی شبکه.....

۱۶۵ ..... برنامه‌نویسی سوکت با استفاده از UDP ۱-۷-۲  
 ۱۷۰ ..... برنامه‌نویسی سوکت با TCP ۲-۷-۲  
 ۱۷۵ ..... خلاصه ۸-۲

**۳** فصل  
 لایه انتقال

۱۹۱ .....  
 ۱۹۲ ..... ۱-۳ آشنایی با لایه انتقال و سرویس‌های آن  
 ۱۹۲ ..... ۱-۱-۳ ارتباط میان لایه‌های شبکه و انتقال  
 ۱۹۵ ..... ۲-۱-۳ مروری بر لایه انتقال در اینترنت  
 ۱۹۶ ..... ۲-۳ مالتی‌پلکسینگ و دی‌مالتی‌پلکسینگ  
 ۲۰۳ ..... ۳-۳ انتقال بی‌اتصال UDP  
 ۲۰۷ ..... ۱-۳-۳ ساختار سگمنت UDP  
 ۲۰۷ ..... ۲-۳-۳ Checksum در UDP  
 ۲۰۹ ..... ۴-۳ اصول انتقال مطمئن داده  
 ۲۱۰ ..... ۱-۴-۳ ساخت یک پروتکل انتقال مطمئن داده  
 ۲۱۹ ..... ۲-۴-۳ پروتکل‌های انتقال مطمئن داده به صورت خط لوله‌ای  
 ۲۲۲ ..... ۳-۴-۳ Go-Back-N (GBN)  
 ۲۲۷ ..... ۴-۴-۳ Selective Repeat (SR)  
 ۲۳۲ ..... ۵-۳ انتقال اتصال‌گرا TCP  
 ۲۳۲ ..... ۱-۵-۳ اتصال TCP  
 ۲۳۵ ..... ۲-۵-۳ ساختار سگمنت TCP  
 ۲۴۰ ..... ۳-۵-۳ تخمین زمان رفت و برگشت و زمان خاتمه  
 ۲۴۳ ..... ۴-۵-۳ انتقال مطمئن داده‌ها  
 ۲۵۰ ..... ۵-۵-۳ کنترل جریان  
 ۲۵۲ ..... ۶-۵-۳ مدیریت اتصال TCP  
 ۲۵۸ ..... ۶-۳ اصول کنترل ازدحام  
 ۲۵۹ ..... ۱-۶-۳ عوامل و هزینه‌های ازدحام  
 ۲۶۴ ..... ۲-۶-۳ رویکردهای کنترل ازدحام  
 ۲۶۶ ..... ۳-۶-۳ مثالی از کنترل ازدحام به کمک شبکه: کنترل ازدحام در سرویس ABR شبکه ATM  
 ۲۶۸ ..... ۷-۳ کنترل ازدحام TCP  
 ۲۷۷ ..... ۱-۷-۳ عدالت  
 ۲۸۰ ..... ۸-۳ خلاصه

## فصل ۸

## لایه شبکه

۳۰۱	.....	۱-۴	مقدمه
۳۰۲	.....	۱-۱-۴	روانه‌سازی و مسیریابی
۳۰۶	.....	۲-۱-۴	مدل‌های سرویس شبکه
۳۰۸	.....	۲-۴	شبکه‌های دیتاگرام و مدار مجازی
۳۰۹	.....	۱-۲-۴	شبکه‌های مدار مجازی
۳۱۲	.....	۲-۲-۴	شبکه‌های دیتاگرام
۳۱۳	.....	۳-۲-۴	منشاء شبکه‌های دیتاگرام و VC
۳۱۴	.....	۳-۴	در درون یک مسیریاب چه چیزی وجود دارد؟
۳۱۷	.....	۱-۳-۴	پردازش ورودی
۳۱۹	.....	۲-۳-۴	سوئیچینگ
۳۲۱	.....	۳-۳-۴	پردازش خروجی
۳۲۱	.....	۴-۳-۴	صف‌بندی در کجا رخ می‌دهد؟
۳۲۵	.....	۵-۳-۴	صفحه کنترل مسیریابی
۳۲۵	.....	۴-۴	پروتکل اینترنت: روانه‌سازی و آدرس‌دهی در اینترنت
۳۲۶	.....	۱-۴-۴	فرمت دیتاگرام
۳۳۱	.....	۲-۴-۴	آدرس‌دهی IPv4
۳۴۵	.....	۳-۴-۴	پروتکل پیام‌کنترلی اینترنت
۳۴۸	.....	۴-۴-۴	IPv6
۳۵۴	.....	۵-۴-۴	نگاهی مختصر به امنیت IP
۳۵۵	.....	۵-۴	الگوریتم‌های مسیریابی
۳۵۸	.....	۱-۵-۴	الگوریتم مسیریابی حالت پیوند
۳۶۲	.....	۲-۵-۴	الگوریتم مسیریابی بردار فاصله
۳۷۰	.....	۳-۵-۴	مسیریابی سلسله‌مراتبی
۳۷۳	.....	۶-۴	مسیریابی در اینترنت
۳۷۴	.....	۱-۶-۴	مسیریابی Intra-AS در اینترنت: RIP
۳۷۸	.....	۲-۶-۴	مسیریابی Intra-AS در اینترنت: OSPF
۳۸۰	.....	۳-۶-۴	مسیریابی Inter-AS: BGP
۳۸۹	.....	۷-۴	مسیریابی همه‌پخشی و چندپخشی
۳۸۹	.....	۱-۷-۴	الگوریتم‌های مسیریابی همه‌پخشی
۳۹۴	.....	۲-۷-۴	چندپخشی
۴۰۱	.....	۸-۴	خلاصه

۴۲۱	..... لایه پیوند: پیوندها، شبکه‌های دسترسی و شبکه‌های محلی
۴۲۲	..... ۱-۵ مقدمه‌ای بر لایه پیوند
۴۲۴	..... ۱-۱-۵ سرویس‌های لایه پیوند
۴۲۵	..... ۲-۱-۵ لایه پیوند در کجا پیاده‌سازی می‌شود؟
۴۲۶	..... ۲-۵ تکنیک‌های تشخیص و تصحیح خطا
۴۲۷	..... ۱-۲-۵ بررسی بیت توازن
۴۲۹	..... ۲-۲-۵ روش‌های جمع‌کنترلی
۴۳۰	..... ۳-۲-۵ بررسی افزونگی چرخه‌ای
۴۳۲	..... ۳-۵ پروتکل‌های دسترسی چندگانه
۴۳۵	..... ۱-۳-۵ پروتکل‌های بخش‌بندی کانال
۴۳۶	..... ۲-۳-۵ پروتکل‌های دسترسی چندگانه تصادفی
۴۴۵	..... ۳-۳-۵ پروتکل‌های نوبت‌دهی
۴۴۶	..... ۴-۳-۵ پروتکل لایه پیوند برای دسترسی به اینترنت کابلی
۴۴۷	..... ۴-۵ شبکه‌های محلی سوئیچی
۴۴۸	..... ۱-۴-۵ آدرس‌دهی لایه پیوند و ARP
۴۵۴	..... ۲-۴-۵ اترنت
۴۶۰	..... ۳-۴-۵ سوئیچ‌های لایه پیوند
۴۶۶	..... ۴-۴-۵ شبکه‌های محلی مجازی
۴۶۹	..... ۵-۵ مجازی‌سازی پیوند: یک شبکه در نقش یک لایه پیوند
۴۷۰	..... ۱-۵-۵ سوئیچینگ برچسب پروتکل چندگانه
۴۷۳	..... ۶-۵ شبکه‌های مراکز داده
۴۷۸	..... ۷-۵ یک روز از زندگی درخواست یک صفحه وب
۴۷۸	..... ۱-۷-۵ شروع کار: DHCP، UDP، IP و اترنت
۴۸۰	..... ۲-۷-۵ ادامه بحث: DNS و ARP
۴۸۱	..... ۳-۷-۵ ادامه بحث: مسیریابی درون دامنه‌ای به سمت سرویس‌دهنده DNS
۴۸۲	..... ۴-۷-۵ تعاملات سرویس‌گیرنده و سرویس‌دهنده وب: TCP و HTTP
۴۸۳	..... ۸-۵ خلاصه