



وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات
معاونت فناوری اطلاعات

شبکه علمی کشور

طرح تدوین طرح جامع فناوری اطلاعات کشور
(کد پروژه: 6-2-1-40812001-ITMP)

مجری طرح:
مهندس عبدالمجید ریاضی

مؤلفان:

سیاوش خرسندی

بهنام ولیزاده

علی ناصری

عضو هیات علمی دانشگاه
صنعتی امیرکبیر

معاون دفتر امور زیربنایی IT
وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات

عضو هیات علمی دانشگاه امام حسین (ع)
و مدیرکل دفتر امور زیربنایی IT

سال ۱۳۸۶

سرشناسه:	ریاضی عبدالمجید مجری طرح
عنوان و نام پدیدآور:	شبکه علمی کشور: طرح تدوین طرح جامع فناوری اطلاعات کشور (کد پروژه: 6-2-1-40812001-ITMP)
مشخصات نشر:	مجرى طرح عبدالمجید ریاضی، مؤلفان علی ناصری، بهنام ولی زاده، سیاوش خرسندی تهران: جهان جام جم، ۱۳۸۶.
مشخصات ظاهری:	۲۰۰ ص: مصور (بخشی رنگی)، جدولۀ نمودار
شابک:	978-964-8625-84-4
وضعیت فهرست نویسی:	فیا.
موضوع:	شبکه های اطلاع رسانی - ایران.
موضوع:	شبکه های اطلاع رسانی - ایران - راهنماها
شناسه افزوده:	ناصری، علی ۱۳۴۸-
شناسه افزوده:	ولی زاده بهنام ۱۳۵۵-
شناسه افزوده:	خرسندی سیاوش ۱۳۴۳-
رده بندی کنگره:	۱۳۸۶-ش ۹۴ ر/ ۵/ ۵۱۰۵ TK
رده بندی دیویی:	۰۰۴/۶۵
شماره کتابشناسی ملی:	۱۱۸۴۰۵۷

شبکه علمی کشور

مؤلفان: علی ناصری، بهنام ولی زاده، سیاوش خرسندی

حروف چینی و صفحه بندی: زهرا محبی متین

ویرایش فنی: بهنام ولی زاده

گرافیکست: ناصراسماعیلی

لیتوگرافی: بهنودپرداز

چاپ: نگرش

نوبت چاپ: اول

شمارگان: ۲۰۰۰

سال انتشار: ۱۳۸۶

ناشر: موسسه انتشارات جهان جام جم

نشانی: تهران- جنت آباد- خ گلزار غربی- کوچه شهید محسنی بمد- پلاک ۱۳- تلفکس: ۴۴۸۲۹۲۳۱

پیشگفتار

زندگی بشر از عصر تولید انبوه به عصر ارتباطات و اطلاعات ارتقاء یافته و حرکت تکاملی کشورهای جهان به سوی جوامع اطلاعاتی و دانش بنیان، کلیه فرایندها و فعالیت‌های اقتصادی، فرهنگی، صنعتی، سیاسی و روابط اجتماعی را تحت تأثیر قرار داده است.

چارچوب ساختاری تشکیل دهنده این عصر را تولید، پردازش، انتقال و مدیریت اطلاعات و ارتباطات به منظور ایجاد پایگاه‌های دانش و معرفت فردی، گروهی، سازمانی و کشور تشکیل می‌دهد و لذا فناوری اطلاعات را که شامل فناوری‌های بکارگرفته شده در فرایند مذکور می‌باشد برای جوامع بشری به عنوان عامل حیاتی و تعیین کننده مطرح ساخته است.

در دنیای امروز اطلاعات نه تنها به عنوان یکی از منابع و دارایی‌های اصلی سازمان‌ها شناخته می‌شود بلکه در حکم وسیله و ابزاری برای مدیریت اثر بخش بر سایر منابع و دارایی‌های سازمان (منابع مالی، نیروی انسانی و غیره) نیز محسوب می‌شود و لذا از اهمیت و ارزش ویژه‌ای برخوردار گشته است. اما این ارزش تنها در صورتی محقق و دست یافتنی خواهد بود که اطلاعات بتوانند در زمان مناسب، با کیفیت مطلوب و امنیت قابل قبول در اختیار افراد مناسب قرارگیرد و ارتباطات به صورت مطلوب و بهینه در سازمان برقرار گردد. از این رو است که فناوری اطلاعات که زمینه‌ساز انتقال، جابجایی، بکارگیری و مدیریت موثر اطلاعات در کشورها می‌باشد، از اهمیتی حیاتی برخوردار گشته است. لذا در راستای چشم‌انداز بیست ساله جمهوری اسلامی ایران مبنی بر تحقق جامعه‌ای توسعه یافته، متناسب با مقتضیات فرهنگی، متکی بر اصول اخلاقی و ارزش‌های اسلامی، حفظ هویت ایرانی اسلامی با تأکید بر مردم سالاری دینی و عدالت اجتماعی، آزادی‌های مشروع، حفظ کرامت و حقوق انسان‌ها و برخوردار از دانش پیشرفته از یک طرف، و تأثیر عمیق فناوری اطلاعات و ارتباطات بر ابعاد مختلف زندگی بشر و بالاخص نقش

حیاتی و حساس آن در جنبه‌های فرهنگی، اقتصادی، امنیتی، اجتماعی و سیاسی از طرف دیگر وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات را برآن داشت که جهت برنامه‌ریزی کلان توسعه فناوری اطلاعات اقدام به پیشنهاد طرح تدوین طرح جامع فناوری اطلاعات کشور به سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی نماید که بعد از بررسی کارشناسی طی موافقتنامه‌ای به امضاء طرفین (وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی) رسید این موافقتنامه شامل ۵ پروژه اصلی؛ تدوین طرح کلان فناوری اطلاعات، تدوین برنامه اجرایی وظایف وزارت در حوزه امنیت (افتا)، ایجاد بانک اطلاعاتی وضعیت فناوری اطلاعات، تدوین چارچوب کاربردهای فناوری اطلاعات در کشور، تهیه و پیش‌نویس لوایح و مقررات حقوقی است که هر کدام حاوی زیر بخش‌های مختلف می‌باشند.

امید است انجام فعالیت‌های مندرج در این طرح بتواند زمینه توسعه و ارتقاء صنعت و خدمات فناوری اطلاعات در کشور را مهیا سازد. این کتاب نتیجه حاصل یکی از فعالیت‌های طرح می‌باشد که با همت کارشناسان فناوری اطلاعات به سرانجام رسیده است.

عبدالمجید ریاضی

مجری طرح تدوین طرح جامع فناوری اطلاعات

تاریخچه شبکه‌های علمی برای کاربردهای تحقیقاتی به دوره قبل از اینترنت بر می‌گردد. شبکه‌های کامپیوتری به عنوان بستر نسل جدید ارتباطات ابتدا در سال‌های آغازین دهه ۷۰ در محیط تحقیقاتی شکل گرفته و پس از حدود ۲۰ سال در دهه ۹۰ برای کاربردهای خانگی بکار رفت. از این جهت در بسیاری از کشورها تا مدت‌ها اینترنت مترادف با شبکه ملی علمی-تحقیقاتی شناخته می‌شد. اولین شبکه علمی-تحقیقاتی که تاریخچه آن به پیش از شبکه‌های مبتنی بر بر می‌گردد، شبکه بوده است که مجموعه‌ای از مراکز تحقیقاتی نظامی و غیر نظامی را در آمریکای شمالی بهم متصل می‌نمود. امروزه کنسرسیوم DANTE بیش از ۳۲ شبکه علمی ملی و منطقه‌ای را از طریق شبکه جهانی بهم متصل می‌کند.

در ایران سابقه ایجاد شبکه بین دانشگاهی به شروع شکل‌گیری اینترنت در ایران در اواخر دهه ۹۰ بر می‌گردد. شبکه علمی سازمان پژوهش‌های علمی-صنعتی ایران و شبکه موسسه فیزیک نظری نزدیک به ۲۲۰ مجموعه دانشگاهی را تحت پوشش خود قرار داده و تا کنون خدمات موثری به جامعه علمی کشور ارائه داده‌اند. در کنار این، با رشد نیاز به ارتباط اینترنت، دانشگاه‌ها مستقلاً و از طریق فراهم‌کنندگان خدمات مختلف نیز به تامین ارتباط اینترنت خود اقدام نموده‌اند.

با این وجود وضعیت امروز ارتباطات کامپیوتری مراکز علمی-تحقیقاتی کشور از وضعیت ایده‌آل آن فاصله بسیاری دارد. اتصالات موجود عمدتاً جهت اتصال به اینترنت جهانی طراحی شده‌اند. ارتباطات بین دانشگاهی و داخل کشوری در طراحی شبکه موجود به طور جدی مد نظر قرار نگرفته است. لینک‌های اتصالی دانشگاه‌ها صرفاً برای ارتباط اینترنت آن‌ها تعبیه شده است و با توجه به این که تعرفه‌های اتصال به اینترنت جهانی همچنان بالا است، لینک‌های اتصالی در حد چند صد تا حداکثر چند است که فاقد سرعت لازم برای تامین نیازهای ارتباطی امروزی است. به علاوه در بسیاری موارد به علت استفاده از فراهم‌کنندگان خدمات مختلف، ترافیک بین مراکز داخلی از طریق مسیرهای خارج کشور برقرار می‌شود که علاوه بر مسایل امنیت اطلاعات، موجب تاخیر ارتباط بالا و سطح پایین کیفیت خدمات می‌گردد.

ایده شبکه ملی اینترنت در صدد رفع مشکلات فوق از طریق ایجاد زیر ساخت ارتباطات پرسرعت کیفیت بالای درون کشوری است. ایجاد چنین زیرساختی نه تنها ارتباطات بین مراکز داخلی را در سطح استانداردهای جهانی تامین می‌کند، کیفیت اتصال به اینترنت جهانی را نیز ارتقا می‌بخشد. ایجاد زیرساخت ارتباطی باند وسیع بین مراکز علمی و دانشگاهی به عنوان یکی از ارکان مهم شبکه علمی اینترنت مد نظر واقع شده است. برقراری اتصال فیبر نوری برای کلیه مراکز مهم دانشگاهی به عنوان اولین گام در این راستا توسط وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات اجرا گردیده است که در مراحل نهایی خود قرار دارد. این امر یکی از معضلات اصلی ایجاد شبکه علمی پرسرعت را مرتفع ساخته است.

هدف از این فعالیت بررسی نیازهای پهنای باند و راهکارهای ایجاد شبکه سویچینگ مورد نیاز و ارایه طرح شبکه علمی کشور است. در این راستا می‌توان به اهداف زیر اشاره نمود.

اهداف مدیریتی:

- ایجاد هسته پرسرعت کشوری با لینک‌های 10Gbps در سطح استانداردهای جهانی
- افزایش سرعت دسترسی مراکز علمی تا حد گیگا بیت بر ثانیه
- ایجاد اولین backbone مبتنی بر IPv6 در منطقه
- ایجاد یستر تست ارایه خدمات پیشرفته در کشور مانند چندپخش، QoS و IMS
- افزایش راندمان کاری مراکز علمی-پژوهشی از طریق دسترسی سریع به اطلاعات
- افزایش همکاری بین دانشگاهی
- ایجاد زمینه‌های اجرای پروژه‌های تحقیقاتی مشترک بین دانشگاهی
- بهبود دسترسی عامه مردم به اطلاعات مراکز علمی-پژوهشی
- ایجاد زیرساخت لازم برای اجرای پروژه‌های آموزش از راه دور، آموزش‌های تکمیلی الکترونیکی و آموزش مجازی

اهداف فنی:

- ایجاد هسته پرسرعت کشوری با لینک‌های 10Gbps
- افزایش سرعت دسترسی مراکز علمی تا حد گیگا بیت بر ثانیه
- باز مهندسی سیستم آدرس دهی در سطح لایه IP
- افزایش پهنای باند دسترسی دانشگاه‌ها جهت امکان پذیر ساختن خدمات پیشرفته مانند سرویس‌های چند رسانه‌ای
- ایجاد امکان دسترسی از راه دور دانشجویان به شبکه‌های دانشگاهی جهت استفاده از منابع علمی-آموزشی کاهش تاخیر شبکه به مقادیری زیر ۱۰۰ ثانیه جهت امکان پذیر ساختن ارتباطات زنده دو طرفه
- افزایش امنیت و مدیریت پذیری شبکه علمی

از اهداف طرح شبکه علمی نه تنها افزایش سرعت دسترسی مراکز علمی تا حد گیگا بیت بر ثانیه و ایجاد امکان راه‌اندازی سرویس‌های حساس مانند محاسبات توری، بلکه ایجاد اولین backbone مبتنی بر IPv6 در منطقه و ایجاد بستر تست ارایه خدمات پیشرفته در کشور مانند چندپخش، QoS و IMS است. در این کتاب طراحی توپولوژی شبکه علمی در سطح شهر تهران به عنوان الگوی پیاده‌سازی شبکه علمی در سطح کشور انجام گرفته است، طرح شهر تهران در سایر کلان شهرها قابل استفاده خواهد بود و از به هم پیوستن آن‌ها از طریق یک هسته کشوری، طرح شبکه علمی کشوری به دست می‌آید.

در این رابطه فعالیت‌های زیر صورت پذیرفته است:

- جمع آوری اطلاعات وضعیت موجود از نظر امکانات شبکه‌سازی، پهنای باند‌های موجود، تعرفه‌های ارتباط اینترنت و اینترنتی و برنامه‌های توسعه IT در بخش‌های مرتبط.
- ارتباط با عناصر مختلف درگیر در امر شبکه علمی از جمله وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، شرکت مخابرات استان تهران، شرکت فناوری اطلاعات و موسسه فیزیک نظری. جلسات متعددی در شروع و در حین اجرای فعالیت فوق برگزار گردیده تا مجموعه ملاحظات و دیدگاه‌های فنی موجود مد نظر قرار گیرد و از نظرات کارشناسی ایشان بهره برده شود.
- تشکیل تیم کارشناسی طراحی از نیروهای زبده موجود در کشور و برنامه‌ریزی انجام فعالیت در ۱۰ فاز کاری. در انجام این کار از ابزارهای پیشرفته موجود در دنیا استفاده شده است تا بتوان ارزیابی دقیقی از نیازمندی‌ها و کارایی طرح ارائه شده صورت پذیرد. این ده فاز عبارت‌اند از:

- ۱- تهیه لیست مراکز علمی - پژوهشی مورد نظر جهت اتصال به شبکه علمی
 - ۲- موقعیت پابی مکانی نقاط اتصال بر روی نقشه جغرافیایی
 - ۳- تعیین موقعیت مراکز مخابراتی اتصال فیبر نوری به مراکز علمی
 - ۴- بررسی راهکارهای مختلف برای بستر ارتباطاتی شبکه علمی - پژوهشی تهران
 - ۵- ارایه تحلیل هزینه - فایده راهکارهای فوق
 - ۶- تخمین کلان ترافیک بین مراکز علمی بر اساس کاربردها و خدمات مورد انتظار
 - ۷- طراحی توپولوژی شبکه با توجه به مدل لایه‌ای
 - ۸- تعیین پروتکل‌های مورد استفاده و نحوه مسیریابی شبکه
 - ۹- تحلیل ترافیک شبکه و تخصیص ظرفیت خطوط ارتباطی
 - ۱۰- طرح نهایی شبکه و تحلیل عملکرد شبکه با استفاده از شبیه‌سازی برای طرح ارایه شده
- کتاب حاضر در دو بخش مختلف ساماندهی شده است، بخش اول ضمن بررسی وضعیت موجود شبکه علمی کشور و مطالعات تطبیقی شبکه‌های علمی دنیا بوده و در نهایت به ارایه الگوی شبکه علمی تهران می‌پردازد، این بخش تلخیص شده نتایج حاصله از پروژه انجام شده در مرکز تحقیقات مخابرات ایران می‌باشد، که توسط آقایان دکتر سیاوش خرسندی، مهندس امیر مهدی عبدالحسینی، مهندس حامد تفضلی، مهندس احسان باقریان، مهندس مصطفی صالحی، مهندس مازیار سروشی و مهندس علی‌اصغر خداپرست انجام شده است.

بخش دوم، به طراحی کلان شبکه علمی کل کشور می‌پردازد این طراحی بر اساس مطالعات صورت گرفته در بخش اول و تجربیات کارشناسان خبره موضوع در دفتر امور زیربنایی فناوری اطلاعات معاونت فناوری اطلاعات انجام شده است، که توسط آقایان دکتر علی ناصری و مهندس بهنام ولی‌زاده و با همکاری آقای مهندس امید رجبی انجام شده است.

همچنین در پیوست این کتاب فهرست نسبتاً جامعی از مراکز دانشگاهی و پژوهشی کشور اعم از دولتی و غیردولتی آورده شده است. امید است، با توجه به نقش دانشگاه‌ها در شکل‌گیری جامعه اطلاعاتی و همچنین توسعه و ارتقای سطح علمی کشور، با پیاده‌سازی شبکه علمی کشور بتوان زمینه شکوفایی کشور را مطابق با اهداف نظام مقدس جمهوری اسلامی فراهم نمود.

علی ناصری

بهنام ولی‌زاده

میاوش خرسندی

عضو هیات علمی دانشگاه امام حسین (ع)
و مدیرکل دفتر امور زیربنایی IT

معاون دفتر امور زیربنایی IT
وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات

عضو هیات علمی دانشگاه
صنعتی امیرکبیر

۱	بخش اول
۱	مبانی نظری شبکه علمی
۳	فصل اول
۳	۱- بررسی وضعیت موجود کشور
۳	۱-۱- شبکه سازمان پژوهش‌های علمی صنعتی (IROST)
۵	۱-۲- شبکه موزه فیزیک نظری (IPM)
۵	۱-۳- شبکه شرکت فناوری اطلاعات و مخابرات استان ها
۷	فصل دوم
۷	۲- مطالعه مقایسه‌ای مدل‌های طراحی توپولوژی دنیا
۸	۲-۱- بررسی شبکه‌های علمی در دنیا
۹	۲-۱-۱- شبکه علمی - تحقیقاتی شهری
۱۰	۲-۱-۲- شبکه‌های علمی - تحقیقاتی کشوری
۱۶	۲-۱-۲-۱- بسترهای موجود برای ارتباط شبکه علمی - تحقیقاتی کشورها با یکدیگر
۲۱	۲-۲- بررسی توپولوژی شبکه‌های کشوری علمی - تحقیقاتی
۳۳	فصل سوم
۳۳	۳- راهکارهای طراحی شبکه علمی
۳۴	۳-۱- دسته بندی اول: انواع راهکارها از نظر مالکیت تجهیزات سوییچینگ
۳۵	۳-۲- دسته بندی دوم: انواع راهکارها از نظر فناوری ارتباطی
۳۷	۳-۳- تحلیل راهکارهای مختلف توپولوژی شبکه علمی
۳۷	۳-۳-۱- توپولوژی منطقی LSP ها در VPN لایه ۲
۳۸	۳-۳-۲- توپولوژی منطقی LSP ها در VPN لایه ۲
۳۸	۳-۳-۳- توپولوژی Ring برای هسته شبکه اختصاصی
۳۹	۳-۳-۴- توپولوژی Mesh برای هسته شبکه اختصاصی
۴۱	فصل چهارم
۴۱	۴- طراحی توپولوژی شبکه علمی تهران
۴۱	۴-۱- توپولوژی کشوری
۴۳	۴-۲- اطلاعات مراکز دانشگاهی و مخابراتی تهران و اتصالات فیبر نوری دانشگاه‌ها
۴۵	۴-۳- اطلاعات امکانات سوییچینگ در سطح شهر تهران
۴۶	۴-۴- کاربردها در شبکه علمی
۴۸	۴-۵- توپولوژی اولیه شبکه علمی تهران بر پایه حلقه مرکزی
۵۰	۴-۶- تخمین حجم ترافیک در شبکه علمی تهران
۵۵	۴-۷- توپولوژی پیشنهادی شهر تهران
۵۸	۴-۸- توپولوژی پیشنهادی با افزونگی در لایه تجمیع
۵۹	۴-۹- آنالیز طرح توپولوژی تهران
۶۰	۴-۱۰- طرح LSP ها در شبکه MPLS VPN بر پایه شبکه موجود دینای استان
۶۱	۴-۱۱- پروتکل و استانداردهای شبکه علمی

۱۱-۱-۱-۱	پروتکل‌های عمومی	۶۱
۱۱-۱-۲	حمایت از خدمات چندبخشی	۶۳
۱۱-۱-۳	تطابق با استانداردها	۶۴
فصل پنجم		
۵	ساختار اجرایی و برنامه زمانی و تحلیل هزینه طرح	۶۷
۵-۱	ساختار اجرایی طرح	۶۷
۵-۲	اطلاعات تعرفه‌های ارتباطات در ایران	۶۸
۵-۲-۱	مقایسه با تعرفه‌های امریکا	۶۹
۵-۳	تحلیل هزینه راه کارهای شبکه علمی	۷۰
۵-۳-۱	تحلیل هزینه روش شبکه مستقل بر اساس فیبر نازیک	۷۱
۵-۳-۲	تحلیل هزینه روش شبکه مستقل بر اساس خطوط استیجاری	۷۲
۵-۳-۳	تحلیل هزینه شبکه مبتنی بر VPN	۷۵
۵-۳-۴	مقایسه انواع روش‌های پیاده‌سازی شبکه علمی	۷۷
بخش دوم		
۶	طراحی شبکه علمی کشور و مدل اجرایی آن	۷۹
فصل ششم		
۶	طراحی شبکه علمی کشور	۸۱
۶-۱	تکات کلی	۸۱
۶-۲	تقسیم بندی مناطق و زیر منطقه‌ها	۸۲
۶-۳	مراکز Super Core شبکه علمی کشور	۸۳
۶-۴	توپولوژی مراکز Super Core	۸۳
۶-۵	شبکه علمی استان‌ها	۸۷
۶-۶	اطلاعات مراکز دانشگاهی ایران	۸۸
۶-۷	شبکه علمی کشور - فاز تهران	۸۹
۶-۷-۱	فهرست نقاط دانشگاهی و تحقیقاتی تهران	۸۹
۶-۷-۲	فهرست مراکز مخابراتی شهر تهران	۹۰
۶-۷-۳	توپولوژی شبکه علمی شهر تهران	۹۱
فصل هفتم		
۷	مشخصات فنی تجهیزات فعال	۹۳
۷-۱	مراکز Gateway	۹۳
۷-۲	مراکز Core	۹۶
۷-۳	مراکز Edge	۹۹
۷-۴	مشخصات مراکز دسترسی عبوری	۱۰۱
۷-۵	مشخصات فنی تجهیزات مشترکین (دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی)	۱۰۱
۷-۶	مشخصات فنی عمومی تجهیزات	۱۰۲
۷-۷	انتخاب Vendor	۱۰۲

فصل هشتم	۸- مراکز مدیریت و امنیت شبکه	۱۰۵
۱-۸	ساختمان مرکز مدیریت و امنیت شبکه	۱۰۵
۲-۸	مشخصات سیستم مدیریت شبکه	۱۰۷
۱-۲-۸	قابلیت های سیستم مدیریت	۱۰۷
۲-۲-۸	پشتیبانی از مدیریت FCAPS	۱۰۸
۳-۲-۸	قابلیت اتصال با مراکز دیگر و مدیریت راه دور	۱۱۱
۳-۸	مشخصات سیستم نظارتی و امنیتی	۱۱۲
فصل نهم	۹- مشخصات تجهیزات غیر فعال (Passive)	۱۱۵
۱-۹	مشخصات فنی راک	۱۱۵
۲-۹	مشخصات فنی انواع کابل ها و ارتباطات	۱۱۶
۱-۲-۹	مشخصات فنی ارتباطات زمین	۱۱۶
۲-۲-۹	مشخصات فنی ارتباطات پاور	۱۱۶
۳-۲-۹	مشخصات فنی ارتباطات کواکسیال	۱۱۷
۴-۲-۹	مشخصات فنی ارتباطات نوری به ازای هر واسطه نوری	۱۱۷
فصل دهم	۱۰- آموزش	۱۱۹
۱-۱۰	دوره های تخصصی مقدماتی شبکه	۱۱۹
۲-۱۰	دوره های تخصصی پیشرفته شبکه	۱۱۹
۳-۱۰	دوره های تخصصی نصب و نگهداری	۱۱۹
۴-۱۰	دوره های تخصصی سیستم مدیریت شبکه	۱۲۰
۵-۱۰	دوره های تخصصی سیستم امنیت شبکه	۱۲۰
۶-۱۰	دوره های تخصصی ساماندهی تیم Incident Handling	۱۲۰
پیوست		۱۲۳
فهرست نقاط دانشگاهی، آموزش عالی و تحقیقاتی کشور		۱۲۳

۴	شکل ۱-۱: شمای شبکه کشوری IROST	۴
۵	شکل ۲-۱: شمای شبکه IROST در سطح شهر تهران	۵
۷	شکل ۱-۲: مدل استاندارد طراحی سلسله مراتبی شبکه‌ها	۷
۸	شکل ۲-۲: ساختار مایجولار معماری شبکه‌های کامپیوتری	۸
۲۱	شکل ۳-۲: توپولوژی شبکه علمی - تحقیقاتی CENIC در پروژه کالیفرنای دیجیتال	۲۱
۲۲	شکل ۴-۲: توپولوژی شبکه علمی - تحقیقاتی JANET	۲۲
۲۳	شکل ۵-۲: توپولوژی شبکه علمی - تحقیقاتی Abilene	۲۳
۲۳	شکل ۶-۲: توپولوژی شبکه علمی - تحقیقاتی CANARI	۲۳
۲۴	شکل ۷-۲: توپولوژی شبکه علمی - تحقیقاتی GARR	۲۴
۲۴	شکل ۸-۲: توپولوژی شبکه علمی - تحقیقاتی UniNet	۲۴
۲۵	شکل ۹-۲: توپولوژی شبکه علمی - تحقیقاتی GEANT	۲۵
۲۶	شکل ۱۰-۲: توپولوژی شبکه علمی - تحقیقاتی ALICE	۲۶
۲۷	شکل ۱۱-۲: توپولوژی شبکه علمی - تحقیقاتی TEIN2	۲۷
۲۸	شکل ۱۲-۲: توپولوژی شبکه علمی - تحقیقاتی SurfNet	۲۸
۲۸	شکل ۱۳-۲: توپولوژی شبکه علمی - تحقیقاتی EUMED connect	۲۸
۲۹	شکل ۱۴-۲: نمایی از اتصالات شبکه‌های علمی - تحقیقاتی جهان	۲۹
۳۳	شکل ۱-۳: معماری سه لایه شبکه	۳۳
۳۴	شکل ۲-۳: لایه میانی از نوع اکتیو	۳۴
۳۴	شکل ۳-۳: لایه میانی از نوع پسیو	۳۴
۳۷	شکل ۴-۳: مدل VPN لایه ۳	۳۷
۳۸	شکل ۵-۳: مدل VPN لایه ۲	۳۸
۳۹	شکل ۶-۳: توپولوژی رینگ برای هسته شبکه اختصاصی	۳۹
۳۹	شکل ۷-۳: توپولوژی مش	۳۹
۴۱	شکل ۱-۴: شکل شبکه موجود علمی کشور (IROST)	۴۱
۴۲	شکل ۲-۴: طرح شبکه علمی کشور	۴۲
۴۴	شکل ۳-۴: مکان یابی موقعیت مراکز دانشگاهی و مراکز مخابراتی مربوطه	۴۴
۴۵	شکل ۴-۴: مراکز دانشگاهی و اتصال آن‌ها به مراکز مخابراتی در بخش مرکزی شهر	۴۵
۴۶	شکل ۵-۴: توپولوژی شبکه IP/MPLS مخابرات استان تهران در سطح شهر تهران	۴۶
۴۹	شکل ۶-۴: توپولوژی اولیه شبکه علمی تهران	۴۹
۵۰	شکل ۷-۴: آنالیز اولیه ترافیک شبکه علمی	۵۰
۵۶	شکل ۸-۴: طرح شبکه علمی - پژوهشی کشور	۵۶
۵۷	شکل ۹-۴: تقسیم بندی تهران به ۴ ناحیه	۵۷
۵۸	شکل ۱۰-۴: نواحی GigaPoP در شبکه علمی تهران	۵۸
۵۹	شکل ۱۱-۴: توپولوژی با افزونگی در لایه تجمع	۵۹
۶۰	شکل ۱۲-۴: آنالیز سطح استفاده خطوط شبکه	۶۰
۶۱	شکل ۱۳-۴: توپولوژی شبکه MPLS VPN در سطح شهر تهران	۶۱
۶۹	شکل ۱-۵: تعرفه خدمات دیتا در آمریکا	۶۹
۸۳	شکل ۱-۶: هسته مرکزی شبکه علمی کشور	۸۳
۸۴	شکل ۲-۶: توپولوژی ناحیه تهران	۸۴

۸۴	شکل ۳-۶: توپولوژی ناحیه اصفهان
۸۵	شکل ۴-۶: توپولوژی ناحیه تبریز
۸۵	شکل ۵-۶: توپولوژی ناحیه مشهد
۸۶	شکل ۶-۶: توپولوژی ناحیه شیراز
۸۶	شکل ۷-۶: توپولوژی ناحیه همدان
۸۸	شکل ۸-۶: طرح شبکه علمی کشور
۹۲	شکل ۱-۶: توپولوژی شبکه علمی کشور - فاز تهران
۹۳	شکل ۲-۶: ارتباطات مراکز Gateway شهر تهران
۹۴	شکل ۳-۶: ارتباطات مراکز Gateway سایر استان‌ها
۱۰۶	شکل ۱-۷: ساختار مرکز مدیریت و امنیت شبکه