

# مقدمه‌ای بر شبکه‌های سلولی و سیستمهای رادیو ترانک

نویسنده: محمدرضا ده‌بزرگی

[www.ketab.ir](http://www.ketab.ir)

عنوان

|                     |                                                                                                           |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| سرشناسه             | دهبزرگی، محمدرضا، ۱۳۴۹ -                                                                                  |
| عنوان و نام پدیدآور | مقدمه‌ای بر شبکه‌های سلولی و سیستمهای رادیو ترانک/ نویسنده محمدرضا دهبزرگی.                               |
| مشخصات نشر          | تهران: الماس دانش، ۱۳۹۰.                                                                                  |
| مشخصات ظاهری        | ۲۲۰ ص.                                                                                                    |
| شابک                | ۹۷۸-۹۶۴-۷۸۱۴-۶۵-۲                                                                                         |
| وضعیت فهرست         | فاپا                                                                                                      |
| نویسی               |                                                                                                           |
| یادداشت             | پشت جلد به انگلیسی: M.R. Dehbozorgi. Introduction to cellular radio trunk systems & networks.             |
| موضوع               | مخابرات -- سیستم‌ها<br>سامانه‌های تلفن همراه<br>رادیو ترانک<br>مخابرات -- سیستم‌های سیار<br>امواج رادیویی |
| رده بندی کنگره      | TK۵۱۰۱ ۱۳۹۰ م۷ د۹/                                                                                        |
| رده بندی دیویی      | ۶۲۱/۳۸۲۱                                                                                                  |
| شماره کتابشناسی ملی | ۲۵۲۱۱۶۷                                                                                                   |

www.ketab.ir

### عنوان

مقدمه‌ای بر شبکه‌های سلولی و سیستمهای رادیو ترانک

ناشر: الماس دانش

نویسنده محمدرضا دهبزرگی

نوبت چاپ: دوم-۱۴۰۳

شمارگان: ۱۰۰ جلد

قیمت: ۱۶۰/۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۷۸۱۴-۶۵-۲

آدرس: میدان انقلاب خیابان رشتچی بن‌بست یکم پلاک ۴ واحد ۳ تلفن: ۶۶۱۲۵۶۹۴

آدرس شاهدخت: خیابان لبافی نژاد مابین خیابان فروردین و اردیبهشت پلاک ۲۲۰

تلفن: ۶۶۴۹۳۸۵۵



جمهوری اسلامی ایران

رئیس جمهور

بسم الله الرحمن الرحيم

نوزدهمین جشنواره بین المللی خوارزمی

جناب آقای مهندس محمد رضا نیکو  
تلاش های ارزنده حضرت تعالی در عرصه تولید علم و دانش  
« رتبه سوم ابتکار »  
با ادایه طرح

« نرم افزار پیش بینی فرایند انتشار امواج رادیویی در محیط های شهری و غیر شهری برای طراحی شبکه های مخابراتی »

موجب اعتلای دانش و فرهنگ کشور و افتخار دولت و ملت ایران اسلامی است.

ضمن ارج نهادن بر کوشش های غرور انگیز شما، آرزو مندم تلاش های عالمانه ی اندیشمندان

و فرهیختگان این مرز و بوم پیام آور صلح، دوستی و نویدبخش بهروزی برای همه مردم جهان باشد.

محمود احمدی نژاد

## مقدمه ناشر

مؤلف کتاب، آقای مهندس محمد رضا ده بزرگی متولد سال ۱۳۴۹ شهر شیراز میباشند، ایشان دارای مدارک کارشناسی ارشد مهندسی مخابرات از "دانشگاه علم و صنعت ایران" و MBA از "دانشگاه تهران" بوده و دوره های تخصصی سیستمهای رادیویی و مدیریت پروژه را با شرکتهای معتبر بین المللی در داخل و خارج از کشور گذرانده اند.

در کارنامه عملی ایشان علاوه بر تدریس در دانشگاه و مسئولیتهای پژوهشی، سمتهای مدیریتی، مشاوره ای و اجرایی، در پروژه های داخلی و خارجی به ثبت رسیده و تا کنون ۶۸ پروژه در زمینه طراحی شبکه های رادیویی نظیر شبکه راداری کنترل ترافیک کشور، شبکه های سلولی رادیو ترانک و شبکه های ارتباطی سنتی، کنترل زمینی و دریایی و ... در سطوح ملی و بین المللی تایید شده است.

از ایشان تا کنون ۶ مقاله ISI در کنفرانسهای و مجلات بین المللی از جمله کنفرانس مهندسی برق و الکترونیک ایران، کنفرانس بین المللی برق ایران، "کنفرانس مخابرات دانشگاه مارا مالزی"، "کنفرانس بین المللی فن اوری اطلاعات دانشگاه دوبلین ایرلند"، "کنفرانس بین المللی مخابرات ایستگاههای فرانس" و "مجله IEEE ارائه شده است. همچنین به عنوان عضو شورای سر دبیری "مجله صنایع الکترونیک" مقالات علمی متعددی در این مجله از ایشان به چاپ رسیده است.

ایشان برگزیده "نوزدهمین جشنواره بین المللی خوارزمی" و عضو هیئت موسسین "کانون برگزیدگان خوارزمی" میباشند و همچنین نام ایشان در "بنیاد ملی نخبگان کشور" به ثبت رسیده است.

کتاب حاضر چکیده ای از حاصل مطالعات و تجربیات عملی در پروژه های اجرایی و تحقیقاتی کشور می باشد. که تقدیم میشود به کلیه جویندگان علم و فن اوری و دانشجویان عزیز.

## به نام خدا

### پیشگفتار

با توجه به پیشرفت روز افزون صنایع مختلف در دنیا و نیاز به وارد نمودن این فن آوری‌ها به میهن عزیزمان لازم است که کلیه دست اندر کاران علوم مختلف از جمله صنعت مخابرات در راستای ارتقا سطح و عمق دانش فنی جامعه به ویژه متخصصان بیشتر بکوشند تا تلاشی باشد برای جذب صحیح دانش فنی و همچنین راهگشایی باشد برای بومی سازی و به روز رسانی آن توسط پژوهشگران عزیزمان.

از آنجا که چندی است بر اساس نیاز به استفاده از سیستمهای مخابراتی بدون سیم در کشور و انتقال از نسلهای قدیمی تر به نسلهای جدید این فن آوری، تولید کنندگان این نوع سیستمها را بر آن داشته که برای یافتن بازارهای جدید به عناوین مختلف محصولات خود را در کشور و میان سازمانها و ارگانهای مصرف کننده عرضه نمایند، این امر طبیعی است که بر اساس اصول بازاریابی مزایای این سیستمها نمایان و معایب آن گاهها" از دیده ها پنهان بماند.

بر این اساس مکلف شده به آنها تجربه و اندوخته، در زمینه سیستمهای مخابراتی و طراحی شبکه های رادیویی را در اختیار علاقه مندان و کاربران این سیستمها قرار داده و همچنین دانشجویان عزیز کشور را ترغیب نموده تا با بدست آوردن این اطلاعات، مقدمات حضور خود را در عرصه فن آوری های آینده با چشمان باز فراهم آورند.

در فصل اول این کتاب سعی شده تا مخاطبین عزیز را با مفاهیم اولیه مخابرات نظیر انتشار امواج رادیویی آشنا ساخته و در ادامه فصل بعدی مفاهیم تکنیکهای مخابرات در آنالوگ و دیجیتال به مقدار مورد نیاز ارائه شده و در ادامه نیز مفاهیم شبکه های سلولی مورد بحث قرار گرفته است که مقدمه ای است بر معرفی سیستمهای رادیو ترانک که به ترتیب تاریخچه حضور در بازار سیستمهای رادیویی در فصول بعدی به نحو مقتضی ارائه مطلب گردیده است.

با توجه به گستردگی و پراکندگی موضوعات و اینکه بعضی از مطالب حاصل تجربیات اجرایی در پروژه های متعدد ملی بوده است، گردآوری آن در یک مجموعه خالی از اشکال نمیباشد که تصحیح آن میسر نمیشود مگر به لطف مخاطبین گرامی.



# فهرست

## فصل اول

### انتشار امواج رادیویی

|    |                                             |
|----|---------------------------------------------|
| ۲  | ۱-۱ مقدمه ای بر اصول امواج رادیویی          |
| ۳  | ۱-۱-۱ طیف فرکانسهای صوتی                    |
| ۳  | ۱-۱-۲ امواج رادیویی RF                      |
| ۵  | ۱-۲ امواج الکترومغناطیسی                    |
| ۶  | ۱-۲-۱ پارامترهای موج                        |
| ۷  | ۱-۲-۲ حرکت موج                              |
| ۷  | ۱-۳ میدانهای متغیر با زمان و معادلات ماکسول |
| ۱۰ | ۱-۳-۱ معادله موج                            |
| ۱۱ | ۱-۳-۲ امواج مسطح                            |
| ۱۲ | ۱-۳-۳ قضیه پوئینتینگ                        |
| ۱۳ | ۱-۴ پلاریزاسیون                             |
| ۱۴ | ۱-۵ طبقه بندی لایه های اتمسفر زمین          |
| ۱۴ | ۱-۵-۱ تروپوسفر                              |
| ۱۴ | ۱-۵-۲ یونسفر                                |
| ۱۵ | ۱-۵-۳ نحوه انتشار امواج در لایه های جو      |
| ۱۸ | ۱-۶ طبقه بندی امواج رادیویی از نظر انتشار   |
| ۱۸ | ۱-۶-۱ امواج آسمانی                          |
| ۱۹ | ۱-۶-۲ امواج زمینی                           |
| ۲۰ | ۱-۶-۲-۱ امواج سطحی                          |
| ۲۰ | ۱-۶-۲-۲ خصوصیات امواج سطحی                  |
| ۲۴ | انتقال از چند مسیر (Multi path propagation) |
| ۲۴ | Fading ۱-۸                                  |
| ۲۵ | Fast fading ۱-۸-۱                           |
| ۲۵ | Slow fading ۱-۸-۲                           |
| ۲۶ | Diversity techniques ۱-۹                    |
| ۲۶ | Space diversity ۱-۹-۱                       |

- ۲۷ ..... ۱-۹-۲ اختلاف پلاریزاسیون (Polarization Diversity)
- ۲۷ ..... ۱-۹-۳ اختلاف فرکانسی (Frequency diversity)
- ۲۷ ..... ۱-۹-۴ اختلاف زمانی (Time Diversity)
- ۲۷ ..... ۱-۱۰ بررسی انتشار امواج در محیطهای شهری
- ۲۸ ..... ۱-۱۰-۱ مدل هاتا
- ۲۹ ..... ۱-۱۰-۲ مدل تیغه های جاذب والفیش-برتونی
- ۳۰ ..... ۱-۱۱ فاکتور زمین (Effective earth's radius factor)

## فصل دوم

### سیستمهای مخابراتی دیجیتال و آنالوگ

- ۳۶ ..... ۲-۱ مقدمه
- ۳۷ ..... ۲-۲ مقایسه سیستمهای دیجیتال و آنالوگ
- ۳۸ ..... ۲-۳ مدولاسیون
- ۳۸ ..... ۲-۳-۱ مدولاسیون آنالوگ
- ۳۸ ..... ۲-۳-۱-۱ مدولاسیون دامنه
- ۳۹ ..... ۲-۳-۱-۲ مدولاسیون فرکانس FM
- ۴۰ ..... ۲-۳-۱-۳ مدولاسیون فاز PM
- ۴۰ ..... ۲-۳-۲ مدولاسیون دیجیتال
- ۴۱ ..... ۲-۳-۲-۱ BASK مدولاسیون
- ۴۴ ..... ۲-۳-۲-۲ BFSK مدولاسیون
- ۴۵ ..... ۲-۳-۲-۳ BPSK مدولاسیون
- ۴۶ ..... ۲-۳-۲-۴ DPSK مدولاسیون
- ۴۹ ..... ۲-۳-۲-۵ MPSK مدولاسیون
- ۴۹ ..... ۲-۳-۲-۶ QPSK مدولاسیون
- ۵۲ ..... ۲-۳-۲-۷ DQPSK مدولاسیون
- ۵۲ ..... ۲-۳-۲-۸ OQPSK مدولاسیون
- ۵۴ ..... ۲-۳-۲-۹ MSK مدولاسیون
- ۵۶ ..... ۲-۳-۲-۱۰ GMSK مدولاسیون

|    |       |                                                 |
|----|-------|-------------------------------------------------|
| ۵۸ | ..... | ۲-۳-۲-۱۱ مدولاسیون MFSK                         |
| ۵۹ | ..... | ۲-۳-۲-۱۲ QAM مدولاسیون                          |
| ۶۰ | ..... | ۲-۴ مقایسه مدولاسیونهای دیجیتال                 |
| ۶۰ | ..... | ۲-۴-۱ پهنای باند مورد نیاز                      |
| ۶۰ | ..... | ۲-۴-۲ توان مورد نیاز                            |
| ۶۱ | ..... | ۲-۴-۳ مصونیت در مقابل خرابیهای کانال            |
| ۶۱ | ..... | ۲-۴-۴ پیچیدگی تجهیزات                           |
| ۶۴ | ..... | ۲-۵ مالتی پلکس زمانی شکل موجهای دیجیتالی باینری |
| ۶۵ | ..... | ۲-۵-۱ طبقه بندی مالتی پلکس دیجیتالی             |
| ۶۸ | ..... | ۲-۵-۱-۱ مالتی پلکس همزمانی نوع AT&T_D           |
| ۶۹ | ..... | ۲-۵-۱-۲ مالتی پلکس کردن ناهمزمان                |
| ۷۰ | ..... | ۲-۵-۲ روشهای دسترسی چند گانه به کانال           |
| ۷۰ | ..... | ۲-۵-۲-۱ دسترسی چند گانه با تقسیم فرکانسی FDMA   |
|    | ..... | ۲-۵-۲-۲ دسترسی چند گانه با تقسیم زمانی TDMA     |
| ۷۸ | ..... | ۲-۵-۲-۳ دسترسی چند گانه با تقسیم کد CDMA        |
| ۷۹ | ..... | ۲-۵-۳ مقایسه طرحهای FDMA, CDMA, TDMA            |

## فصل سوم

### شبکه سلولی

|    |       |                                      |
|----|-------|--------------------------------------|
| ۸۴ | ..... | ۳-۱ تکامل تدریجی ایده سلولی          |
| ۸۶ | ..... | ۳-۲ نظریه استفاده مجدد فرکانسی       |
| ۹۱ | ..... | ۳-۳ تداخل در سیستمهای سلولی          |
| ۹۱ | ..... | ۳-۳-۱ تداخل هم کاناله CCI            |
| ۹۱ | ..... | ۳-۳-۲ تداخل با کانالهای مجاور        |
| ۹۲ | ..... | ۳-۴ Hand - Off                       |
| ۹۳ | ..... | ۳-۵ اجزاء سیستمهای سلولی مبنای       |
| ۹۳ | ..... | ۳-۵-۱ واحد موبایل (سیار)             |
| ۹۳ | ..... | ۳-۵-۲ سایت سلولی                     |
| ۹۳ | ..... | ۳-۵-۳ مرکز سوئیچینگ تلفن سیار (MTSO) |



|     |                                                          |
|-----|----------------------------------------------------------|
| ۹۳  | ۳-۶ روش طراحی                                            |
| ۹۴  | ۳-۶-۱ محاسبه ترافیک در شبکه های مخابراتی                 |
| ۹۹  | ۳-۶-۲ محاسبه درجه سرویس                                  |
| ۱۰۳ | ۳-۶-۳ تعداد مکالمات قطع شده (Dropped Calls)              |
| ۱۰۴ | ۳-۶-۴ حداکثر کانالها در هر سلول                          |
| ۱۰۴ | ۳-۶-۵ تعداد کل کاربران در یک سیستم                       |
| ۱۰۶ | ۳-۷ عوامل محدود کننده و موثر در پوشش                     |
| ۱۰۷ | ۳-۷-۱ تلفات مسیر و مساحت پوشش رادیویی                    |
| ۱۰۹ | ۳-۷-۲ نقاط محو و بحرانی                                  |
| ۱۰۹ | ۳-۷-۳ مرز سلول (cell boundary)                           |
| ۱۱۰ | ۳-۷-۴ آستانه انتخاب سلول مجاور                           |
| ۱۱۲ | ۳-۸ فلوچارت و جمع بندی روند طراحی یک سیستم مخابرات سلولی |
| ۱۱۵ | ۳-۹ روشهای تخصیص فرکانس                                  |
| ۱۱۵ | ۳-۹-۱ گروههای متفرق (Spaced Groups)                      |
| ۱۱۵ | ۳-۹-۲ گروههای پیوسته (Continuous Groups)                 |

## فصل چهارم

### معرفی سیستم ترانک

|     |                                             |
|-----|---------------------------------------------|
| ۱۲۰ | ۴-۱ مقدمه                                   |
| ۱۲۰ | ۴-۲ تکامل شبکه های رادیویی                  |
| ۱۲۰ | ۴-۲-۱ شبکه بیسیم معمولی (conventional)      |
| ۱۲۰ | ۴-۲-۲ شبکه رادیویی اسمار ترانک (Smar trunk) |
| ۱۲۳ | ۴-۲-۳ شبکه رادیویی ترانک                    |
| ۱۲۴ | ۴-۳ پروتکل های ترانکینگ                     |
| ۱۲۷ | ۴-۳-۱ MPT 1327                              |
| ۱۲۷ | ۴-۳-۲ MPT 1343                              |
| ۱۲۷ | ۴-۳-۳ MPT 1347                              |
| ۱۲۷ | ۴-۳-۴ MPT 1352                              |

|     |                                                         |
|-----|---------------------------------------------------------|
| ۱۲۷ | TETRA ۴-۳-۵                                             |
| ۱۲۸ | TETRA V+D ۴-۳-۵-۱                                       |
| ۱۲۸ | TETRA PDO ۴-۳-۵-۲                                       |
| ۱۲۸ | ۴-۴ معرفی ترانک                                         |
| ۱۳۰ | ۴-۵ اجزاء سیستم ترانک                                   |
| ۱۳۱ | ۴-۵-۱ مدیریت شبکه NMS                                   |
| ۱۳۱ | ۴-۵-۲ تجهیزات کنترل و سوئیچینگ SCN                      |
| ۱۳۴ | ۴-۵-۳ ایستگاه پایه (BS)                                 |
| ۱۳۶ | ۴-۵-۴ Dispatcher Station                                |
| ۱۳۶ | ۴-۵-۵ ایستگاه ثابت (FS)                                 |
| ۱۳۸ | ۴-۵-۶ Gateway                                           |
| ۱۳۸ | ۴-۶ ویژگیهای آنتنهای شبکه رادیویی ترانک                 |
| ۱۳۸ | ۴-۷ تخصیص و برنامه ریزی کانس در شبکه های رادیویی موبایل |

## فصل پنجم

### سیستم تترا

|     |                                                        |
|-----|--------------------------------------------------------|
| ۱۴۴ | ۵-۱ معرفی سیستم TETRA                                  |
| ۱۴۵ | ۵-۲ میانجی ها                                          |
| ۱۴۵ | ۵-۲-۱ میانجی میانجی فضای آزاد (AIR IF)                 |
| ۱۴۶ | ۵-۲-۲ میانجی ابزار پایانه ای (TEI)                     |
| ۱۴۶ | ۵-۲-۳ میانجی داخلی سیستم (ISI)                         |
| ۱۴۷ | ۵-۳ کاربرهای تترا                                      |
| ۱۴۷ | ۵-۴ خدمات خصوصی                                        |
| ۱۴۸ | ۵-۵ ویژگیهای سیستم تترا به منظور معرفی اجمالی از سیستم |
| ۱۴۹ | ۵-۶ امکانات TETRA V+D                                  |
| ۱۴۹ | ۵-۷ سرویسهای تترا                                      |
| ۱۵۰ | ۵-۷-۱ سرویسهای پایه                                    |
| ۱۵۱ | ۵-۷-۲ سرویسهای تکمیلی                                  |

|     |                                                                 |
|-----|-----------------------------------------------------------------|
| ۱۵۳ | ..... TETRA ۵-۸ کاربرد TDMA در سیستم                            |
| ۱۵۷ | ..... ۵-۹ نتیجه گیری و جمع بندی                                 |
| ۱۶۱ | ..... ۵-۱۰ محدودیتهای تترا                                      |
| ۱۶۳ | ..... ۵-۱۱ تترا و تاثیر آن بر سلامتی انسان به نقل از منابع رسمی |

## فصل ششم

### سیستم رادیویی APCO P25

|     |                                           |
|-----|-------------------------------------------|
| ۱۶۶ | ..... ۶-۱ مقدمه                           |
| ۱۶۶ | ..... APCO P25 ۶-۲ استانداردهای           |
| ۱۶۷ | ..... APCO P25 ۶-۳ مزایای                 |
| ۱۶۷ | ..... ۶-۴ نحوه عملکرد                     |
| ۱۶۹ | ..... C4FM ۶-۵ مدولاسیون                  |
| ۱۷۰ | ..... Dual Mode ۶-۶                       |
| ۱۷۱ | ..... ۶-۷ سرویس ها                        |
| ۱۷۳ | ..... ۶-۸ مخابره دیتا                     |
| ۱۷۴ | ..... ۶-۹ سوئیچ مداری دیتا                |
| ۱۷۴ | ..... ۶-۱۰ سوئیچ بسته ای دیتا             |
| ۱۷۴ | ..... ۶-۱۱ دیتای با سرعت پایین            |
| ۱۷۴ | ..... ۶-۱۲ سیگنالینگ دیجیتال              |
| ۱۷۵ | ..... ۶-۱۳ اسکولج در گیرنده               |
| ۱۷۵ | ..... Network Access Code ۶-۱۴            |
| ۱۷۶ | ..... ۶-۱۵ ساختار فریمهای صحبت P25        |
| ۱۷۷ | ..... APCO و TETRA ;TETRA POL ۶-۱۶ مقایسه |

## فصل هفتم

### معرفی سیستم رادیویی Digital Mobile Radio(DMR)

|     |                   |
|-----|-------------------|
| ۱۸۰ | ..... ۷-۱ مقدمه   |
| ۱۸۰ | ..... DMR MOU ۷-۲ |

|     |                                            |
|-----|--------------------------------------------|
| ۱۸۰ | ۷-۳ رده بندی سیستمهای DMR                  |
| ۱۸۰ | ۷-۳-۱ مشخصات رده 1                         |
| ۱۸۱ | ۷-۳-۲ مشخصات رده 2                         |
| ۱۸۳ | ۷-۳-۳ مشخصات رده 3                         |
| ۱۸۴ | ۷-۴ قابلیت‌های ترانک دیجیتال DMR           |
| ۱۸۴ | ۷-۵ سرویسهای سیستم DMR                     |
| ۱۸۴ | ۷-۶ مزیت های سیستم DMR                     |
| ۱۸۴ | ۷-۷ سیستمهای dPMR                          |
| ۱۸۵ | ۷-۷-۱ نحوه دسترسی به کانال FDMA            |
| ۱۸۶ | ۷-۸ جایگاه سیستمهای رادیویی از دید کاربران |

## فصل هشتم

ارتقاء سیستمهای مخابرات سیار آغاز تا امروز

|     |                               |
|-----|-------------------------------|
| ۱۸۸ | ۸-۱ مقدمه                     |
| ۱۸۹ | ۸-۲ نسل اول مخابرات سیار      |
| ۱۸۹ | ۸-۲-۱ سیستم 1G                |
| ۱۸۹ | ۸-۲-۲ سیستم AMPS NMT          |
| ۱۹۰ | ۸-۲-۳ سیستم TACS              |
| ۱۹۰ | ۸-۲-۴ مشکلات نسل 1G           |
| ۱۹۰ | ۸-۳ نسل دوم مخابرات سیار (2G) |
| ۱۹۱ | ۸-۳-۱ تکنولوژی GSM            |
| ۱۹۱ | ۸-۳-۲ ساختار GSM              |
| ۱۹۱ | ۸-۳-۳ نسل 2.5 G               |
| ۱۹۳ | ۸-۳-۴ ساختار شبکه GPRS        |
| ۱۹۳ | ۸-۳-۵ مزیت های شبکه GPRS      |
| ۱۹۴ | ۸-۴ سوم مخابرات سیار 3G       |
| ۱۹۵ | ۸-۴-۱ سوئیچینگ در نسل سوم     |
| ۱۹۷ | ۸-۴-۲ IMT2000                 |

|     |       |                                       |
|-----|-------|---------------------------------------|
| ۱۹۸ | ..... | ۸-۴-۳ سیستم مخابرات موبایل عمومی UMTS |
| ۱۹۹ | ..... | ۸-۴-۴ طراحی شبکه نسل سوم              |
| ۲۰۱ | ..... | ۸-۴-۵ کاربرد شبکه های نسل سوم         |
| ۲۰۲ | ..... | ۸-۴-۶ مشکلات و کمبودهای 3G            |
| ۲۰۲ | ..... | ۸-۵ نسل چهارم ( 4G )                  |
| ۲۰۴ | ..... | ۸-۵-۱ معرفی سیستم (4G)                |
| ۲۰۶ | ..... | منابع                                 |