عنوان پروژه	طراحی و پیاده‌سازی شبکه خود-سازمانده (SON) بهره‌مند از هوش مصنوعی
پژوهشکده	فناوری ارتباطات
گروه	ارتباطات رادیویی
تاریخ	۹۸/۰۵/۱۶

مقدمه

امروزه ارائه سرویس‌های مختلف به کاربران، مستلزم برآورده ساختن الزامات متنوع و نامتجانس در شبکه و نیازمند وجود یک سیستم مدیریت شبکه با قابلیت‌هایی نظیر تطبیق‌پذیری، توسعه پذیری و انعطاف‌پذیری است اما در سطحی بسیار فراتر از آنچه در شبکه‌های فعلی است. از سوی دیگر، پیش‌بینی می‌شود پیاده‌سازی‌های اولیه نسل پنجم شبکه‌های ارتباطی (5G) از سال ۲۰۲۰ بصورت تجاری ارائه شده و سرویس‌های بسیار متنوع‌تری (نسبت به شبکه LTE) در اختیار قرار دهد. در این صورت، انتظار می‌رود در آینده نزدیک، شبکه‌های ارتباطات سیار به سطح جدید و پیچیده‌تری از مدیریت شبکه نیاز داشته باشند. یکی از راهکارهای مورد توجه برای مواجهه با چالش‌های جدید مدیریت شبکه، افزایش انعطاف پذیری و سهولت در مدیریت شبکه از طریق بکارگیری فناوری "شبکه خودسازمانده" (SON) است. انتظار می‌رود این امر موجب ساده‌سازی و کاهش وظایف اپراتورها، افزایش انعطاف‌پذیری و چابکی و در عین حال کاهش پیچیدگی کلی شبکه، کاهش هزینه‌های CAPEX و OPEX و همچنین ساده‌سازی رویه‌های نگهداری و بهینه‌سازی شبکه شود. در این راستا، فناوری‌هایی همچون SDN/NFV و تکنیک‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در تحقق اهداف مدیریت هوشمند شبکه بسیار مهم و کارساز خواهند بود.

۱. هدف پروژه

هدف کلی پروژه، پیاده‌سازی یک شبکه سلولی مبتنی بر LTE است که مدیریت شبکه با SON انجام شده و در آن از امکانات و قابلیت‌های فناوری‌های SDN، NFV و هوش مصنوعی استفاده می‌شود. ساختار و مشخصات شبکه و نیازمندی‌ها در بخش‌های بعدی آمده است. در این پروژه، دو مورد کاربرد[۱] برای تحقق قابلیت‌های مدیریت اتوماتیک شبکه در نظر گرفته شده که مبتنی بر فناوری شبکه خودسازمانده[۲] (SON) بوده و عبارتند از "خود-ترمیمی"[۳] (SH) و "خود-بهینه‌سازی"[۴] (SO). در نهایت، هدف پروژه پیاده‌سازی یک شبکه LTE تحت مدیریت هوشمند SON و بهره‌مند از هوش مصنوعی است که بر روی یک زیرساخت مجازی‌شده و ابری مبتنی بر فناوری‌های NFV و SDN تجمیع شده است.

---

[۱] Use case

[۲] Self-organized Network

[۳] Self-healing

[۴] Self-optimization

۲. قلمرو پروژه

امروزه، شبکه‌ها بصورت مجموعه‌ای پیچیده از تجهیزات نامتجانس و وابسته به تأمین‌کنندگان هستند که روش‌های اختصاصی خود را برای مدیریت شبکه دارند. این امر منجر به هزینه زیاد، تلاش فراوان و زمانبر شدن فرایند مدیریت تمامی المان‌های شبکه می‌شود. انتظار می‌رود که با حرکت به سمت شبکه‌های 5G و تجمیع فناوری‌هایی همچون SDN، NFV، و *SON بهره‌مند از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین*، تغییر عمده‌ای از شبکه‌های قابل پیکربندی به سمت **شبکه‌های قابل برنامه‌ریزی** رخ دهد.

از دیدگاه کلان، این پروژه در برگیرنده سه پلتفرم اصلی به شرح زیر است:

- ✓ **پلتفرم شبکه *LTE* مبتنی بر *SDN/NFV***

شامل بخش Core شبکه با اجزای اصلی MME، HSS، SGW و PGW و بخش RAN شبکه که همگی بر روی یک بستر مجازی‌سازی و نرم‌افزاری (با استفاده از فناوری SDN/NFV) بصورت یکپارچه ایجاد شده‌اند.

- ✓ **پلتفرم جمع‌آوری و توزیع داده و فرامین کنترلی/مدیریتی**

این بخش وظیفه جمع‌آوری داده‌ها از بخش‌های مختلف Core و RAN و سپس، نگهداری و پردازش محدود داده‌های مورد نیاز سایر بخش‌ها را بر عهده دارد. وظیفه اصلی و مهم دیگر این پلتفرم، ایجاد سازکاری برای توزیع فرامین کنترلی و مدیریتی در سطح شبکه است.

- ✓ **پلتفرم *SON* شامل سه بخش اصلی زیر:**
  - بخش ۱: پلتفرم کلان داده
    - پیش‌پردازش داده
      - پاک‌سازی داده
      - تبدیل داده
      - یکپارچه‌سازی داده
      - تجمیع داده
    - ذخیره داده
  - بخش ۲: پلتفرم تحلیل و عملیات
    - تحلیل‌های آماری
    - تحلیل‌های پیشرفته مبتنی بر هوش مصنوعی و یادگیری ماشین
    - عملیات اجرای تصمیمات بخش‌های تحلیل
  - بخش ۳: مصورسازی و ارائه نتاج/گزارش

- پنل مدیریت سطح بالا و کلان
- پنل کنترلی و اجرایی

۳. الزامات و ملاحظات اجرای پروژه

✓ **اصول مورد نظر در پیاده‌سازی شبکه *LTE*، *SON* و سه پلتفرم فوق**

- معماری لایه‌ای
  - معماری پیشنهادی برای سیستم باید دارای یک آرایش لایه‌ای باشد که از تعدادی لایه متوالی و **از نظر منطقی مجزا** تشکیل شده است. این کار مزایای مهمی از جمله کاهش پیچیدگی در روند طراحی، پیاده‌سازی و ارزیابی سیستم و افزایش قابلیت همکاری متقابل میان فناوری‌ها و تأمین‌کنندگان مختلف تجهیزات در پی دارد. همچنین، معماری لایه‌ای می‌تواند به تقسیم بهتر وظایف میان ذینفعان درگیر در حل مسئله بینجامد.
- طراحی ماژولار
  - بایستی در تعریف بلوک‌های سازنده سیستم، از یک نگاه ماژولار برای تعیین بلوک‌های هر لایه استفاده شود. در همین راستا، از **واسط‌ها** و ***API*های باز** استفاده می‌شود تا امکان تغییر در برنامه‌های مدیریت اتوماتیک شبکه توسط طرف‌های ثالث نیز وجود داشته باشد. همچنین، طراحی ماژولار این امکان را فراهم می‌آورد که سیستم از طریق اضافه نمودن منابع جدید به شبکه قابلیت گسترش داشته باشد.
- انطباق با استاندارد
  - به منظور ایجاد قابلیت همکاری متقابل در سیستم و بکارگیری فناوری‌های مرتبط، طراحی سیستم باید مبتنی بر استانداردهایی باشد که به هدف پروژه ارتباط دارند.
- گسترش‌پذیری
  - پیاده‌سازی پلتفرم باید بصورت باز باشد تا قابلیت بهتری جهت گسترش آن وجود داشته باشد.
- انعطاف‌پذیری
  - زیرساخت مجازی شده باید از انعطاف کافی برای پاسخگویی به سناریوهای مختلف عملیاتی و نیازهای مختلف سیستم مدیریت هوشمند شبکه برخوردار باشد.
- پیاده‌سازی همه اجزا مبتنی بر فناوری SDN/NFV با ساختار منطبق با معماری پیشنهادی ETSI NFV است.
- طراحی و اجرای شبکه بصورت Cloud Native

✓ **الزامات پیاده‌سازی SON**

به منظور ارائه قابلیت‌های خودسازماندهی شبکه، دو مورد کاربرد SON در نظر گرفته شده است که عبارتند از خود-ترمیمی (SH) و خود-بهینه‌سازی (SO). موارد مورد نظر در پیاده‌سازی این دو مورد کاربردی به شرح زیر است:

- خود-پیکربندی مشتمل بر:
  - Automated Configuration of Physical Cell Identity (PCI)
  - Automatic Neighbor Relation (ANR)
- خود-ترمیمی مشتمل بر:
  - Self-recovery of NE Software
  - Self-healing of board faults
  - Cell Outage Management
    - Cell Outage Detection
    - Cell Outage Compensation
- خود-بهینه‌سازی مشتمل بر:
  - Mobility Load Balancing (MLB)
  - Mobility Robustness/Handover Optimization (MRO)
  - Inter-Cell Interference Coordination (ICIC)
  - Random Access Channel (RACH)
  - Coverage and Capacity Optimization (CCO)
  - Energy Saving (ES)
- پشتیبانی از هر دو وضعیت کاری Proactive و Reactive خصوصا در فرایند خود-ترمیمی.
- پشتیبانی از هر دو وضعیت کاری Open-loop و Closed-loop.

✓ **الزامات پیاده‌سازی شبکه *LTE***

- سناریوهای پیاده‌سازی
  - سناریو ۱: کاربران و سلول‌های واقعی با تعداد محدود
    - در این سناریو، تعداد ۱۰ سلول کوچک با حداقل ۵۰ کاربر بصورت فیزیکی (و نه شبیه‌سازی شده) در شبکه وجود خواهند داشت.
  - سناریو ۲: پیاده‌سازی یک شبکه گسترده بصورت Emulated
    - این سناریو شامل حداقل ۳۰ سلول و ۵۰۰ کاربر خواهد بود که بصورت امولەشده در شبکه وجود دارند.

۴. شرح خدمات و مراحل پیشنهادی برای اجرای پروژه

مراحل کلی و پیشنهادی به شرح زیر است.

مرحلۀ اول: طراحی، بیان روش اجرا و نحوه پیاده‌سازی فنی

۱. ارائه ساختار شکست و برنامه کاری و زمان‌بندی پیشنهادی برای اجرای پروژه

۲. ارائه ساختار مدیریت پروژه
۳. ارائه جدول نیروی انسانی و منابع لازم برای اجرای پروژه
۴. تعیین جزئیات معماری (عملکردی[۵] و لایه‌ای[۶]) پیشنهادی و ارائه مشخصات واسط‌های[۷] میان اجزای معماری، با ذکر استانداردهای مربوطه
۵. تدوین سناریوهای جامع تست شبکه و اجزا.
۶. تعیین و توجیه ابزارها و نرم‌افزارهای موردنظر برای پیاده‌سازی شبکه و هرکدام از پلتفرم‌ها
۷. پیاده‌سازی شبکه LTE شامل Core و RAN بر روی پلتفرم مجازی‌سازی SDN/NFV و مطابق با الزامات پیاده‌سازی شبکه LTE در بخش ۲ و ۳.

مرحلهٔ دوم: پیاده‌سازی شبکه خودسازمانده (SON) بهره‌مند از هوش مصنوعی

۱. پیاده‌سازی سیستم مدیریت شبکه خودسازمانده (SON) در RAN و Core مطابق با الزامات پیاده‌سازی SON در بخش ۲ و ۳.
۲. انتخاب، پیاده‌سازی و تست الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای مدیریت اتوماتیک شبکه در موارد کاربرد SH و SO
۳. تجمیع و تست الگوریتم‌های پیاده‌سازی شده یادگیری ماشین در سیستم مدیریت شبکه SON همراه با پلتفرم مصورسازی و ارائه نتاج/گزارش

مرحلهٔ سوم: تجمیع با زیرساخت سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مجازی‌شده شبکه، ایجاد و تست پلتفرم

۱. تجمیع شبکه پیاده‌سازی‌شده در مرحله قبل با زیرساخت سخت‌افزاری و نرم‌افزاری پیاده‌سازی شده و مطابق با الزامات پیاده‌سازی شبکه LTE در بخش ۲ و ۳.
۲. تست و اعتبارسنجی کل شبکه.

۵. خروجی‌های هر مرحله از اجرای پروژه

خروجی‌های مفهومی و پیشنهادی در مراحل مختلف اجرای پروژه عبارتند از:

خروجی‌های مرحلهٔ اول:

۱. گزارش فنی از فعالیت‌های انجام گرفته
۲. شبکه LTE شامل Core و RAN بر روی پلتفرم مجازی‌سازی مطابق با الزامات پیاده‌سازی شبکه LTE در بخش ۲ و ۳.

---

[۵] Functional

[۶] Layered

[۷] Interface

خروجی‌های مرحلهٔ دوم:

۱. شبکه خودسازمانده بهره‌مند از هوش مصنوعی مطابق با الزامات پیاده‌سازی SON در بخش ۲ و ۳.
۲. گزارش فنی از پیاده‌سازی و تست زیرسیستم‌های مختلف شبکه

خروجی‌های مرحلهٔ سوم:

۳. تجمیع شبکه و همه اجزا بر روی پلتفرم مجازی و ابری مطابق با الزامات بخش ۲ و ۳.
۴. گزارش فنی از تجمیع و تست شبکه پیاده‌سازی شده

توجه: مجری پروژه موظف به انتقال کامل دانش فنی، جزئیات کامل کلیه طراحی‌ها، source codeها، ابزارهای مورد استفاده و هرنوع اطلاعات فنی و غیر فنی مورد درخواست کارفرما در هر مرحله از اجرای پروژه است.

۶. حداکثر مدت‌زمان مجاز و اعتبار برای ارائه پیشنهاد و اجرای پروژه

- **حداکثر مدت‌زمان مجاز برای ارائه پیشنهاد:**

دریافت‌کننده RFP، می‌بایست حداکثر ۱۴ روز پس از دریافت RFP، پیشنهاد خود را بر اساس مکانیزم پیش‌بینی شده در بند ۸ این RFP، تحویل پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات نماید. پیشنهادات ارائه شده پس از این تاریخ، قابل وصول توسط پژوهشگاه نخواهند بود.

- **حداکثر مدت‌زمان مجاز برای اجرای پروژه:**

حداکثر مدت‌زمان پیش‌بینی شده و قابل‌پذیرش برای اجرای این پروژه، **۱۲** ماه می‌باشد.

۷. سایر الزامات و محدودیت‌های موجود در اجرای پروژه

علاوه بر محدودیت موجود در خصوص زمان اجرای پروژه، لازم است پیشنهاد دهندگان در تنظیم پیشنهاد خود، موارد ذیل را نیز رعایت فرمایند :

۱. پیشنهاد باید در قالب آخرین نسخه از "فرم پیشنهاد پروژه" موجود در سایت پژوهشگاه (حوزه معاونت پژوهش و توسعه ارتباطات علمی، دفتر امور پژوهشی، فرم‌ها)، تنظیم و ارائه گردد.
۲. در جدول ساختار شکست پروژه پیش‌بینی شده در بخش ۲-۳-۷ فرم پیشنهاد پروژه، لازم است شرح فعالیت‌های هر مرحله از پروژه (مطابق شرح فعالیت‌های پیش‌بینی شده در RFP به همراه موارد احتمالی که پیشنهاد دهنده، انجام آنها را ضروری می‌داند) به همراه کلیه اطلاعات درخواست شده در فرم، به تفکیک برای هر فعالیت و مرحله، ارائه گردد. از خالی گذاشتن ستون‌های این جدول برای فعالیت‌های پروژه، خودداری گردد.
۳. در جدول مشخصات منابع انسانی پیش‌بینی شده در بخش ۳-۱ فرم پیشنهاد پروژه، لازم است نام و سایر مشخصات درخواست شده برای کلیه پرسنلی که در اجرای پروژه بصورت واقعی مشارکت دارند با ذکر میزان مشارکت درج گردد.
۴. هزینه‌های سربار، تنها برای پیشنهاددهندگان حقوقی (دانشگاه‌ها) پیش‌بینی شده است و شرکتها می‌توانند بجای هزینهٔ سربار، هزینه‌های اضافی متحمله بابت این پروژه را عنوان نمایند.
۵. پیشنهاد سود خالص برای شرکت‌های خصوصی.

۸. تحویل پیشنهاد به پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات

- **حداقل شرایط پیشنهاد قابل تحویل:**

پیشنهاداتی قابل وصول می‌باشند که شرایط مندرج در بندهای ۷ و ۸ این RFP را کاملاً رعایت نموده باشند. در زمان ارائه پیشنهاد به مرکز تحقیقات مخابرات ایران، رعایت شرایط مذکور، کنترل شده و در صورت عدم رعایت هر یک از موارد، از تحویل پیشنهاد، خودداری خواهد شد.

- **نحوه تحویل پیشنهاد:**

پیشنهاد دهندگان می‌بایست پیشنهاد خود را به نام معاونت پژوهش و توسعه ارتباطات علمی به دبیرخانه پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تحویل داده و رسید دریافت نمایند. (درصورتی که مدارک به سایر واحد های دیگر پژوهشگاه تحویل داده شود در فراخوان ثبت نخواهد شد و این پژوهشگاه در قبال آن هیچگونه مسئولیتی ندارد)

۹. **نحوه ارزیابی پیشنهاد**

ارزیابی پیشنهادات رسیده براساس پارامترهای زیر خواهد بود:

۱- میزان تسلط به ابعاد و جوانب پروژه (امتیاز این ردیف با توجه به سمینار ارائه شده توسط پیشنهاد دهنده و نیز مطالب ارائه شده در فرم پیشنهاد پروژه درخصوص شرح خدمات، خروجی‌ها، اهداف و . . . تعیین می‌گردد)
۲- نحوهٔ تخصیص منابع انسانی شامل کیفیت و کمیت نیروها (رزومه و سابقهٔ کاری لازم در ارتباط با انجام خدمات مورد نیاز پروژه، تعداد و تناسب نیروها با توجه به حجم کار، نوع رابطهٔ استخدامی نیروها براساس مدارک ارائه شده)
۳- کیفیت ساختار شکست پروژه متناسب با شرح خدمات و اهداف پروژه
۴- کیفیت ساختار سازمانی پیش‌بینی شده برای انجام پروژه(تیم‌های اجرایی، مدیریت پروژه و...)
۵- ساختار و روال‌های پیش‌بینی شده برای کنترل و مدیریت پروژه و تأیید صحت خروجی‌ها
۶- روال‌ها، متدولوژی و استانداردهای پیشنهادی برای اجرای شرح خدمات
۷- نحوهٔ ارائه زمانبندی و پوشش کامل و بموقع شرح خدمات
۸- مبلغ پیشنهادی