



یک راه برای کاستن از پیچیدگی ایجاد شده در طراحی شبکه نسل پنجم (5G) در ارتباط با نرخ گذردهی، تأخیر، تعداد کاربران تحت پوشش و...، اعمال هوش مصنوعی در دل شبکه است. یک نمونه در این زمینه شبکه‌های خودسازمان‌دهنده است که در این متن آن را معرفی و جزئیات مرتبط با آن را بیان خواهیم کرد.

با توجه به نیازهای جدیدی که در شبکه‌های مخابرات سلولی ایجاد شده است، اهداف مشخصی در [طراحی شبکه نسل پنجم \(5G\)](#) در ارتباط با نرخ گذردهی، تأخیر، تعداد کاربران تحت پوشش و... دنبال می‌شود. برای مثال این شبکه‌ها باید بتوانند نرخ حداقل 100 مگابیت بر ثانیه را برای کاربران حاشیه سلول برآورده سازند. در این راستا، طراحی و پیاده‌سازی سلول‌های کوچک در شبکه 5G به‌عنوان یکی از راهکارهای اساسی در جهت رسیدن به اهداف در نظر گرفته شده است. سلول‌های کوچک یک آنتن با مصرف توان و شعاع پوشش‌دهی کم در حد یک ساختمان دارند که به موازات سلول‌های اصلی عمل می‌کنند. این تغییر شگرف در معماری شبکه، چالش‌هایی را نیز در زمینه مدیریت و پیکربندی شبکه پدید می‌آورد. یک راه برای کاستن از پیچیدگی ایجاد شده، اعمال [هوش مصنوعی](#) در دل شبکه است. یک نمونه در این زمینه شبکه‌های خودسازمان‌دهنده (Self-Organizing Networks) است که در این متن آن را معرفی و جزئیات مرتبط با آن را بیان خواهیم کرد.

## مطلب پیشنهادی

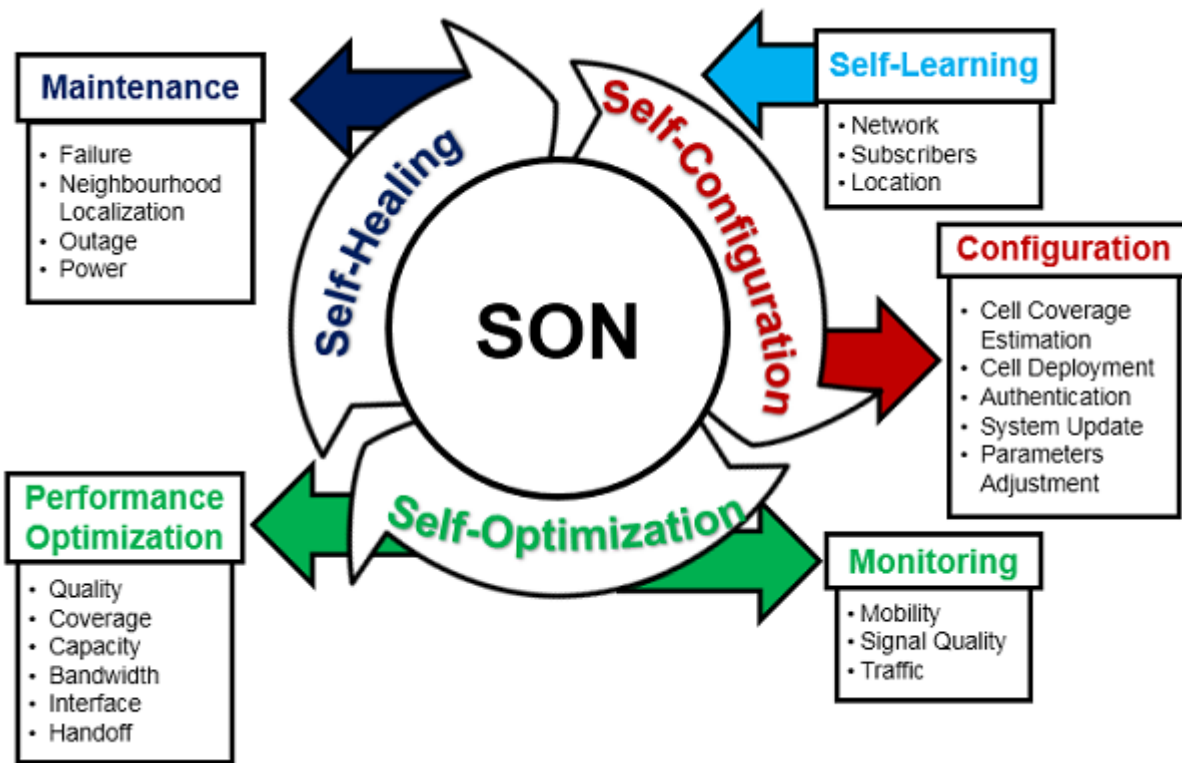


رایگان دانلود کنید: کتاب الکترونیکی «یادگیری ماشینی؛ سفری به اعماق هوشمندی»

## یادگیری ماشینی در شبکه‌های خودسازمان‌دهنده

[یک نمونه از کاربرد هوش مصنوعی در شبکه](#)، چهارچوب شبکه‌های خودسازمان‌دهنده (به اختصار SON) است. در SON، شبکه بر اساس تعامل خود با محیط تصمیم می‌گیرد چگونه رفتار کند. افزون بر این، بر اساس تصمیم‌های فعلی یاد می‌گیرد در آینده چگونه تصمیمات بهتری بگیرد. در این راستا، سه حوزه خودپیکربندی (self-configuration)، خودبهینه‌سازی (self-optimization) و خودترمیم (self-healing) اجزای یک شبکه خودسازمان‌دهنده هستند. شکل 1 این سه حوزه و ارتباط آن‌ها با یکدیگر را نشان می‌دهد. هرکدام از این حوزه‌ها شامل چند کارکرد مختلف است. یک مثال در زمینه پیکربندی، تنظیم خودکار پارامترهای ایستگاه پایه (BTS) نظیر IP آن و فهرست ایستگاه‌های همسایه (NCL) است. تنظیم برخی پارامترها به‌سادگی امکان‌پذیر است. برای مثال، انتخاب

IP برای ایستگاه پایه با پروتکل DHCP قابل انجام است. اما تنظیم برخی دیگر از پارامترها تلاش بیشتری لازم دارد. تعیین مجموعه NCL از مواردی است که برای تعیین آن اطلاعات مختلفی از جمله وضعیت کانال مورد توجه قرار می‌گیرد.

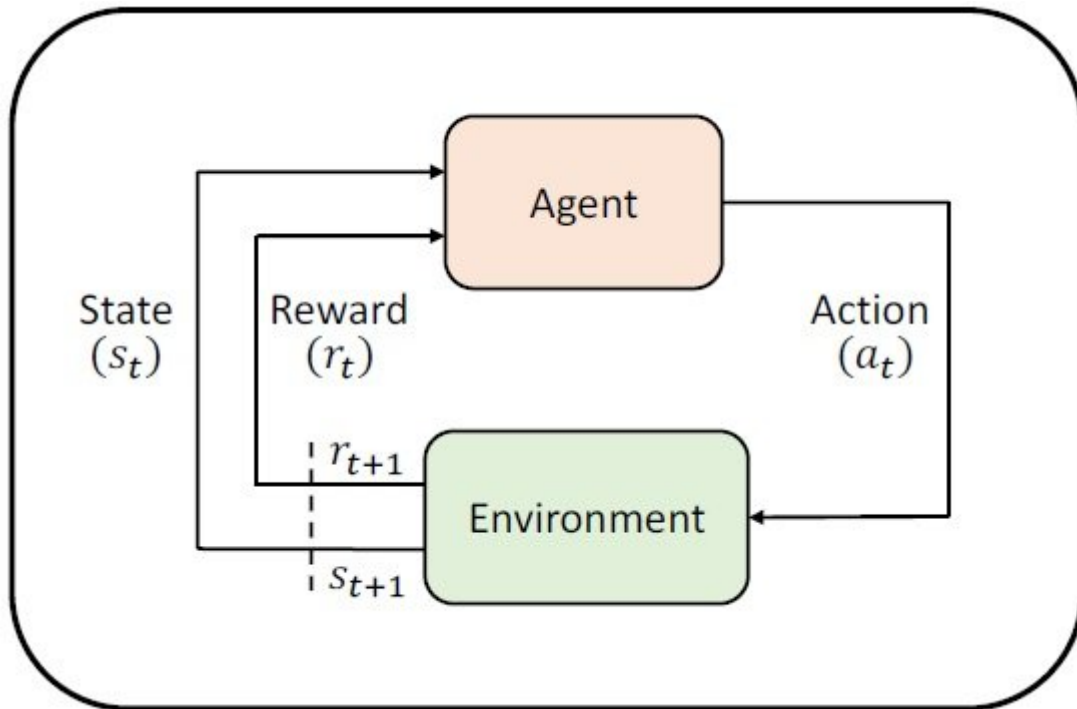


شکل 1

پس از انجام پیکربندی شبکه به صورت خودکار، بهینه‌سازی خودکار به صورت پیوسته انجام می‌شود. بهینه‌سازی در ابعاد مختلف از جمله نحوه تخصیص منابع رادیویی نظیر پهنای باند به کاربران و پارامترهای آنتن‌ها قابل تعریف است. سیستم خودترمیم نیز پیوسته وضعیت را رصد و در صورت خرابی، در جهت بهبود سریع تلاش می‌کند. همچنین، ریشه‌یابی علت خرابی نیز می‌تواند موضوع کار باشد. برای هرکدام از کارکردهای فوق، یادگیری ماشینی که خود نوعی هوش مصنوعی است، گزینه مناسبی برای خودکارسازی به شمار می‌آید.

در یادگیری ماشینی، یک مجموعه اطلاعات به سیستم یادگیر داده می‌شود و سیستم از روی آن اطلاعات یکسری الگو تشخیص می‌دهد. الگوهای به دست آمده برای تصمیم‌گیری مفید خواهد بود. به طور کلی یادگیری ماشینی به سه دسته با ناظر، بدون ناظر و یادگیری تقویتی تقسیم می‌شود. هر دسته شامل تعداد زیادی تکنیک است که در اینجا تنها مروری بر یادگیری تقویتی به عنوان یک مدل پرکاربرد در بحث SON خواهیم داشت.

در یادگیری تقویتی، یک عامل در تعامل با محیط قرار دارد. (شکل 2) هر تصمیمی که عامل بگیرد و طبق آن عمل کند، یک پاداش دریافت می‌کند و از حالت فعلی به حالت بعدی می‌رود. مقدار پاداش می‌تواند به تصمیم‌گیری بهتر عامل در آینده کمک کند. به عنوان یک مثال در بحث شبکه، می‌توان هر کاربر را یک عامل در نظر گرفت و انتخاب ایستگاه پایه برای دریافت سرویس یک عمل محسوب شود. کیفیت سیگنال دریافتی از ایستگاه انتخاب شده، پاداش وی خواهد بود. این میزان پاداش به وی کمک خواهد کرد با توجه به شرایط محیطی، بهترین ایستگاه را در آینده انتخاب کند. انتخاب مدل مناسب برای یادگیری با توجه به کاربرد و قابلیت‌های مدل یادگیری انجام می‌شود. در این نوشتار ملاک‌های مقایسه مدل‌ها توضیح داده شده است. قبل از آن، مروری بر کاربردهای یادگیری ماشینی در خودبهینه‌سازی خواهیم داشت.



## یادگیری ماشینی برای بهینه‌سازی خودکار

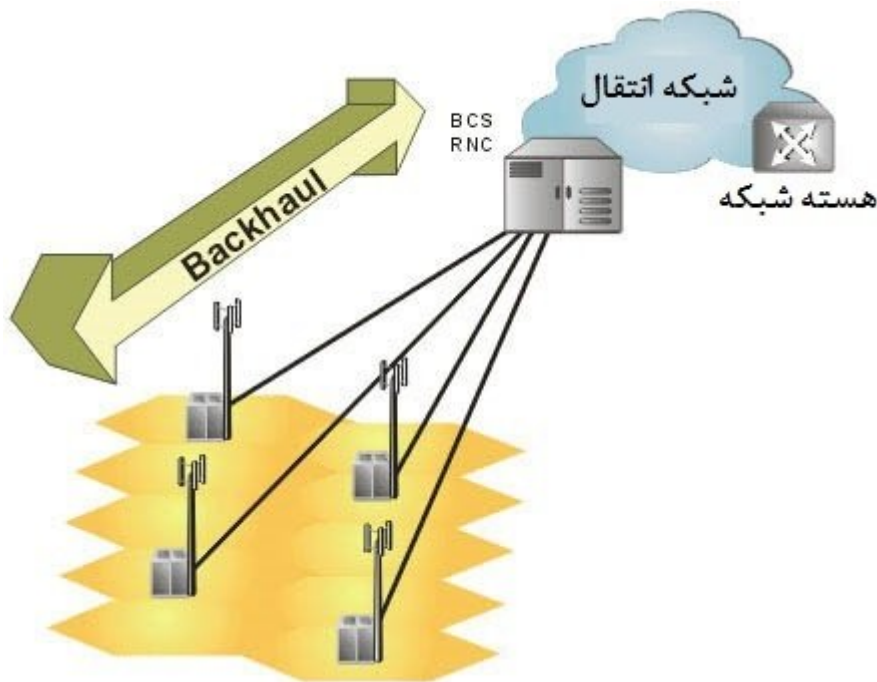
خودبهینه‌سازی در SON بدین معنا است که شبکه به طور دائم وضعیت موجود را رصد و مطابق آن، پارامترهای مختلف خود را به‌روزرسانی می‌کند. باید توجه داشت شبکه (به‌خصوص از نوع بی‌سیم) یک محیط پویا است که شرایط محیطی در آن دائم دچار تغییر می‌شود. برای مثال، یک رویداد ورزشی می‌تواند جمعیت زیادی را در یک ناحیه گرد هم بیاورد و توزیع مکانی کاربران را تغییر دهد. در نتیجه، به‌روزرسانی مداوم پارامترها در شبکه‌های بی‌سیم مطلوب است. یک چالش در این زمینه، وابسته بودن پارامترهای مختلف در شبکه به همدیگر است. به عنوان نمونه، نحوه تخصیص طیف فرکانسی و نحوه تخصیص ایستگاه پایه به کاربران به یکدیگر وابسته است و تغییر در هر کدام ممکن است دیگری را از حالت بهینه خارج کند. با این حال، تلاش‌های زیادی در این حوزه انجام شده است که در ادامه مروری اجمالی به آن خواهیم داشت.

## مطلب پیشنهادی



سرعت تنها دستاورد 5G نیست!  
۷ کار باورنکردنی که می‌توانید با 5G انجام دهید

بهینه‌سازی بک‌هال (Backhaul) شبکه، یکی از مواردی است که مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. بک‌هال شبکه، ایستگاه‌های پایه را به هسته شبکه متصل می‌سازد. (شکل 3) اگر این بخش کیفیت سرویس خوبی ارائه ندهد یا دچار ازدحام شود، کاربران در مجموع از شبکه ناراضی خواهند شد. در ابتدای متن اشاره کردیم که سلول‌های کوچک از ویژگی‌های شبکه 5G است. ایستگاه پایه در سلول‌های کوچک از طریق لینک بک‌هال به هسته شبکه متصل است. با توجه به ساختار ناهمگون شبکه در این مدل، وضعیت لینک‌های بک‌هال در استفاده کاربران از ایستگاه‌های پایه کوچک مهم است. در یک کار پژوهشی که در آزمایشگاه شرکت فوجیتسو انجام شده، نحوه انتخاب فمتوسل توسط کاربران با توجه به وضعیت بک‌هال و به‌صورت یادگیری تقویتی انجام می‌شود.



یک مسئله مهم دیگر، کشینگ (caching) اطلاعات در شبکه است. در کشینگ بخشی از محتوای محبوب بین کاربران در نقاط نزدیک به آن‌ها (مثلاً در ایستگاه پایه) قرار می‌گیرد تا دسترسی به اطلاعات کم‌هزینه‌تر و با تأخیر کمتر انجام شود. این موضوع در طراحی شبکه 5G با توجه به گسترش کاربردهای چندرسانه‌ای اهمیت فراوان دارد. اما اینکه کدام مجموعه اطلاعات در کدام نقطه از شبکه قرار داده شود، یک مسئله است که باید پاسخ داده شود. در مرحله اول باید تشخیص داده شود کدام مجموعه اطلاعات در بین کاربران با یک مجموعه ویژگی خاص محبوب است. این وظیفه می‌تواند به‌عده الگوریتم‌های بدون ناظر با هدف یافتن کلاستر گذاشته شود. در مرحله بعدی، نقاط قرار دادن اطلاعات در شبکه مشخص می‌شود. یادگیری تقویتی در این مورد می‌تواند یک گزینه مناسب باشد. البته هر دو مرحله ذکر شده می‌تواند به صورت هم‌زمان حل شود که طبیعتاً یادگیری مدل آن برای ماشین پیچیده‌تر خواهد بود. تخصیص منابع شبکه (طیف فرکانسی، توان ارسال و...) می‌تواند با هدف افزایش شعاع پوشش‌دهی شبکه یا افزایش ظرفیت آن و یا اهداف دیگر انجام شود. تاکنون الگوریتم‌های زیادی ارائه شده است که یک یا چند مورد از منابع را با یک هدف مشخص بین کاربران تخصیص می‌دهد. برخی از این الگوریتم‌ها در عمل مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اما پیچیدگی شرایط در شبکه‌های 5G پژوهش‌های جدید را به استفاده از یادگیری ماشینی سوق داده است.

### مطلب پیشنهادی



تکامل یادگیری ماشین سامانه‌های کنترل هوشمند ترافیک شبکه را پدید می‌آورد  
شبکه‌هایی که یاد می‌گیرند!

### تحلیلی روی مدل‌های مختلف یادگیری ماشینی

در این بخش یک مقایسه بین مدل‌های مختلف یادگیری ماشینی که در SON استفاده شده است، انجام خواهیم داد. با توجه به رشد روزافزون ترافیک در شبکه، مقیاس‌پذیری الگوریتم‌ها یک ملاک مهم است. اگر اندازه داده ورودی که به یک سیستم یادگیرنده داده می‌شود افزایش یابد، ایده‌آل است که کارایی آن کاهش نیابد. برای مثال در کاربرد مسیریابی، با افزایش تعداد جریان‌ها مدلی شایسته‌تر است که همچنان نزدیکی خود به حالت بهینه را حفظ کند. یک ملاک مهم دیگر زمان یادگیری است. برای برخی کاربردها که به زمان حساس هستند که از جمله می‌توان به مدیریت تحرک کاربران اشاره کرد، یک روش یادگیری که زمان زیادی برای رسیدن به عملکرد مطلوب نیاز داشته باشد کاربردی نخواهد بود. در این میان، شبکه‌های عصبی اگرچه سرعت بالایی دارند، اما از لحاظ یادگیری کند هستند و استفاده از آن‌ها در چنین کاربردهایی زمانی مفید است که یادگیری آفلاین انجام شود. در کنار زمان یادگیری، زمان

پاسخ الگوریتم نیز اهمیت دارد. ممکن است بتوان یادگیری را آفلاین انجام داد، اما زمان پاسخ در هنگام عملیات شبکه اهمیت دارد. کاربرد کنترل پذیرش جریان که پذیرش یا عدم پذیرش ورود جریان جدید به شبکه را تعیین می‌کند، از مواردی است که زمان پاسخ خیلی کوتاه لازم دارد.

نوع و میزان داده مورد نیاز یک مدل نیز از ملاک‌های مهم برای انتخاب آن است. اگر یک سیستم یادگیر با داده برچسب‌دار (Labeled Data) کار می‌کند، برای همه کاربردهای SON مناسب نیست. تشخیص کلاستر در داده‌های موجود در شبکه به‌منظور کشینگ یک نمونه از کاربردهایی است که نیازی به داده برچسب‌دار ندارد. محدودیت‌های ذخیره‌سازی برخی تجهیزات (به‌خصوص در لبه شبکه) ممکن است ما را به سمت مدل‌هایی سوق دهد که دقت کمتری دارند، اما داده ورودی کمتری می‌خواهند. یکی دیگر از ملاک‌های مهم، دقت الگوریتم است که اگر پایین باشد، به‌معنای آن است که ماشین نتوانسته روابط موجود در سیستم را کشف کند. البته نیاز کاربردهای مختلف به دقت یکسان نیست. برای مثال، یافتن ریشه یک خرابی در شبکه نیاز به دقت بالایی دارد، اما محاسبه شعاع پوشش‌دهی یک سلول به‌صورت تقریبی نیز مورد قبول است. ملاک‌های دیگری نیز برای انتخاب یک مدل یادگیری ماشین وجود دارد که مجموع این ملاک‌ها گزینه مناسب را در یک کاربرد مشخص تعیین می‌کند. برآیند بحث می‌تواند این باشد که هیچ روش یادگیری ماشین برای تمام کاربردها بهترین گزینه نیست.

## سخن آخر

به‌کارگیری هوش مصنوعی در مهندسی شبکه، به‌خصوص در فاز برنامه‌ریزی و طراحی، پدیده تازه‌ای نیست. با این حال، چندین عامل توجه پژوهشگران را به این رویکرد بیشتر جلب کرده است. یک عامل این واقعیت است که تغییرات در معماری شبکه 5G، به‌خصوص پیاده‌سازی سلول‌های کوچک، پیچیدگی زیادی به وجود آورده است. یادگیری ماشینی می‌تواند برای مدیریت چنین سیستم پیچیده‌ای راهگشا باشد. عامل دیگر اینکه حجم داده تولید شده در شبکه‌ها نسبت به گذشته روندی صعودی داشته است که خوراک مورد نیاز برای عملکرد مطلوب سیستم‌های یادگیری ماشینی را فراهم ساخته است. درنهایت باید به مدل‌های جدید یادگیری از جمله یادگیری عمیق اشاره کرد که توانایی‌های بیشتری در حل مسائل دارند. انتظار می‌رود در آینده نقش یادگیری ماشینی در مهندسی شبکه، به‌خصوص در شبکه‌های موبایل نسل پنجم پررنگ‌تر شود.

منبع:

[ieeexplore.ieee](https://ieeexplore.ieee.org/)

تاریخ انتشار:  
23 اسفند 1396

نشانی منبع:

<https://www.shabakeh-mag.com/networking-technology/12149/%DB%8C%D8%A7%D8%AF%DA%A%F%DB%8C%D8%B1%DB%8C-%D9%85%D8%A7%D8%B4%DB%8C%D9%86%DB%8C-%D8%AF%D8%B1-%D8%AE%D8%AF%D9%85%D8%AA-%D8%B4%D8%A8%DA%A9%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7%DB%8C-5g>