

**مدل بلوغ شبکه در ارائه­دهندگان خدمات ارتباطی**

تاریخ انتشار



|  |
| --- |
| **عنوان گزارش: مدل بلوغ شبکه در ارائه­دهندگان خدمات ارتباطی** |
| **کلمات کلیدی: شبکه­ نرم­افزار محور(SDN)، مجازی­سازی کارکرد شبکه (NFV)، مدل بلوغ شبکه** |
| **تهیه کنندگان: فرزین اعظمی قدیم، ناهید امانی** |
| **ناظر علمی: مجید یوسفی**  **نمایندگان کارگروه ارزیابی گزارشات رصدی: پدرام حاجی پور، لیلا چهره قانی** |
| **گروه پژوهشی: مدیریت یکپارچه شبکه** |
| **تاریخ نشر: 1403** |





حقوق معنوی این اثر متعلق به پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات است و استفاده از آن با ذکر ماخذ بلامانع است.

**خلاصه مدیریتی**

در طول 20 سال گذشته، ارائه­دهندگان سرویس چندین نسل فناوری را پشت سر گذاشته­اند، و شبکه­ها، و رویکردهای جدیدی را برای کسب و کار اصلی مورد نیاز بازتعریف کرده­اند. گرچه با تکامل نیازهای مشتری، فناوری­های جدیدی مورد نیاز است، اما مدل­های سنتی خرید لوازم شبکه با بسته­های سخت­افزاری و نرم­افزاری که سرویس ثابت ارائه می­دهند، در حال کاهش است. در حالی که ترافیک داده به طور نمایی رشد کرده و اپراتورها مجبور به سرمایه‏گذاری عظیم برای توسعه زیرساخت خود شده‌اند، میزان افزایش درآمد با رشد هزینه‌ها همگام نیست. این امر موجب کاهش حاشیه سود آنها شده است. افزایش هزینه‌های مدیریت ترافیک روزافزون شبکه موجب افزایش هزینه‌های CAPEX[[1]](#footnote-1) و [[2]](#footnote-2)OPEX شده‏است. ارائه سخت‏افزارهای اختصاصی توسط سازندگان تجهیزات، موجب وابستگی اپراتورها به این سازندگان برای تامین سامانه‏های مدیریتی این تجهیزات شده و عملا ضمن افزایش هزینه‌های توسعه و به روزرسانی شبکه، امکان استفاده اپراتورها از تجهیزات دیگر سازندگان به دلیل مشکلات ناسازگاری محدود شده است. هم چنین برای ارائه یک خدمت جدید نیاز به تعامل بین سیلوهای سازمانی متعدد می‏باشد که زمان ارائه خدمت جدید را طولانی می‌کند. تخصیص منابع شبکه نیز عموما ایستا هستند و امکان تغییر پویای منابع شبکه در شبکه وجود ندارد که موجب استفاده غیر بهینه از منابع شبکه می‌شوند.

شبکه­های نرم افزار محور (SDN) و مجازی سازی توابع و کارکردهای شبکهNFV) ) با راه حل­های مقرون به صرفه، به ارائه­دهندگان سرویس این امکان را می­دهند تا به کسب و کارهای دیجیتالی تبدیل شوند. در حالی که انتقال امری دشوار است، تقریباً همه تأمین­کنندگان تجهیزات مخابراتی قدیمی از یک مدل سخت­افزاری به یک مدل مبتنی بر نرم­افزار منتقل می­شوند. مدل جدید مبتنی بر نرم­افزار، تامین­کنندگان اکوسیستم را به چالش می­کشد تا ضمن کاهش درآمدهای عمده از سخت افزار، حاشیه­ها را حفظ کنند. این انتقال، تامین­کنندگان فعلی را مجبور می­کند تا حوزه­های جدیدی را برای حفظ درآمد خود از ارائه­دهندگان سرویس شناسایی کنند. همچنین سعی خواهند کرد با نرم­افزارها و سرویس­های نوآورانه جدید، خدمات خود را متمایز و بهبود بخشند. در همین راستا، ارائه­دهندگان سرویس موظفند هزینه­ها و پیچیدگی ارائه سرویس را همزمان با تسریع زمان ورود به بازار کاهش دهند. در این خصوص، انجمن­ها و کنسرسیوم­های منبع باز، راه­کارهایی­های مقرون به صرفه و کارآمد برای ارائه راه حل­های جدید به بازار و همچنین تاثیرگذاری بر جامعه فروشندگان چندکاره بشمار می­رود.

مشارکت فروشندگان در جوامع منبع باز، سبب می­شود تا در سودهی به بلوغ استانداردهایی را که اکثر ارائه­دهندگان سرویس بر آنها تکیه می­کنند، کمک کنند. فروشندگان می­توانند با کمک به پیشبرد این استانداردها و تطبیق پیشنهادات محصول با آنها، اطمینان حاصل کنند که راه حل­های آنها الزامات RFP[[3]](#footnote-3) ارائه­دهنده سرویس را برآورده می­کند. تأثیر اکوسیستم داخلی این جوامع، هم به فروشندگان و هم ارائه­دهندگان سرویس این امکان را می­دهد تا نوآوری کرده و محصولات جدید را سریع­تر به بازار عرضه کنند. با بالغ شدن راه حل­ها، فروشندگان باید ساختار هزینه­های سنتی را بازبینی کنند، زیرا سخت­افزار و نرم­افزار به طور فزاینده­ای جدا و انتزاعی می­شوند.

به طور خلاصه، مدل منبع باز به ارائه­دهندگان سرویس این امکان را می­دهد تا بازار خود را گسترش دهند، زمان را برای درآمد سرویس جدید تسریع کنند، به احتمال زیاد هزینه سرویس را کاهش دهند، از وابستگی بی قید و شرط فروشنده اجتناب کنند و نرم­افزارهای با استفاده مجدد را برای محیط منحصر به فرد خود ارائه دهند. بازیگران جدید اکوسیستم در حال ظهور هستند تا راه حل­های حاصله را برای تحویل، استقرار، سفارشی­سازی و پشتیبانی انحصاری کنند و از آن کسب درآمد کنند.

لذا، کلیدهای تحقق این تحول، سرمایه­گذاری­هایی است که هم ارائه­دهندگان سرویس و هم شرکت­کنندگان در اکوسیستم، برای سرعت بخشیدن به پذیرش SDN و NFV به شکل کارآمد و موثر انجام می­دهند.SDN/NFV یک گام تکاملی برای شبکه­ها است، و نه یک تحول. در نظر گرفتن مزایایی که فناوریهایSDN/NFV ارائه می­دهند یا حتی شروع به استفاده از آن، به معنای کنار زدن شبکه سنتی که ما می­شناسیم نیست. SDN/NFVجایگزینی برای شبکه­های موجود نیست، بلکه برای افزودن ارزش به وضعیت فعلی است.

با توجه به وابستگی و اهمیت شبکه، ارائه­دهندگان سرویس بدنبال یک فرایند پیاده­سازی بسیار روشمند که با ریسک و تغییرات شبکه مقابله کند، هستند. رابط­ها، پروتکل­ها و سرویس قبل از اینکه با هرگونه "نوآوری" توسط فروشندگان معرفی شود، به سالها استانداردگذاری نیاز دارند.

مدل بلوغ شبکه ارائه­دهنده سرویس مخابراتی، چارچوبی را تعریف می­کند تا براساس آن ارائه­دهندگان سرویس بتوانند فعالیت­هایشان را اولویت­بندی و پیشرفت آنها را اندازه گیری کنند، و در مقایسه با پیشرفت­های برتر دیگران خود را محک بزنند. مدل بلوغ، رویکردی را برای پذیرش گسترده فناوری­های SDN و NFV در بازار ارائه می­دهد. بلوغ SDN/NFV در محیط ارائه­دهنده سرویس به پنج سطح اصلی بلوغ شبکه (NMM1-NMM5) تقسیم شده است. هدف این است که هر مرحله از نظر کیفی، سطح قابل توجهی از ارتقای مرحله قبلی را داشته باشد و از یک مانع بزرگ عبور کرده باشد.

**فهرست مطالب**

[1مقدمه 9](#_Toc170817254)

[2 شبکهSDN در مقایسه با شبکه سنتی 10](#_Toc170817255)

[2-1 شبکهSDN 11](#_Toc170817256)

[2-2 مقایسه شبکه های سنتی و SDN 12](#_Toc170817257)

[2-3 مجازی‏سازی توابع شبکه (NFV) 15](#_Toc170817258)

[3 مدل بلوغ شبکه 18](#_Toc170817259)

[3-1 واقعیتهای بازار برای ارائه دهندگان سرویس مخابراتی 18](#_Toc170817260)

[3-1-1 انگیزه برای تحول شبکه های غیرقابل انعطاف 18](#_Toc170817261)

[3-1-2 تغییر خواسته های مشتری 18](#_Toc170817262)

[3-1-3 تغییر ساختار هزینه 19](#_Toc170817263)

[3-1-4 جلوگیری از کالایی شدن 19](#_Toc170817264)

[3-2 چارچوبی برای ایجاد مدل بلوغ شبکه ارائهدهنده سرویس 19](#_Toc170817265)

[3-2-1 انتخاب راه حلهای منبع باز در مقابل راه حلهای اختصاصی 20](#_Toc170817266)

[3-2-2 اصول مورد استفاده در ایجاد مدل 20](#_Toc170817267)

[3-2-3 خلاصه مدل بلوغ شبکه ارائه دهنده سرویس 23](#_Toc170817268)

[3-2-4 پنج فاز مدل بلوغ شبکه 23](#_Toc170817269)

[4 موانع مهاجرت به SDN و NFV 31](#_Toc170817270)

[4-1 موانع فناوری 31](#_Toc170817271)

[4-2 تغییرات در فرهنگ سازمانها 32](#_Toc170817272)

[4-3 به رسمیت شناختن مدلهای تجاری جدید 32](#_Toc170817273)

[4-4 شکاف مهارتها 33](#_Toc170817274)

[5 جمعبندی و پیشنهادات 33](#_Toc170817275)

[6 پیوست 36](#_Toc170817276)

[7 مراجع 42](#_Toc170817277)

# مقدمه

به عنوان بخشی از یک استراتژی گسترده­تر برای جلوگیری از افزایش رقابت بر سر منابع سنتی و رسیدن به وضعیت مطلوب، ارائه­دهندگان سرویس مخابراتی تبدیل شدن به سازمان­های تجاری/ خدماتی نرم­افزاری و دیجیتالی سرلوحه کار خود قرار داده­اند. برای دستیابی به این هدف، شبکه ارائه­دهندگان سرویس باید چابک­تر، ساده­تر، انعطاف­پذیرتر و مقرون به صرفه­تر شود، و این در حالی است که چرخه­های نوآوری و استقرار سرویس جدید باید از بازه زمانی ماه به لحظه تغییر کند.

شبکه­های تعریف شده توسط نرم­افزار (SDN) و مجازی­سازی کارکرد شبکه (NFV) ­نوید تحولی در صنعت را می­دهند، اما راه حل­های اختصاصی با مدل­های تجاری قدیمی، برای حفظ منافع تامین­کنندگان تجهیزات و بدون قابلیت همکاری باز، ماهیت دگرگون­کننده آنها را تهدید می­کند. کلیدهای تحقق این تحول، سرمایه­گذاری­هایی است که هم ارائه­دهندگان سرویس و هم شرکت­کنندگان در اکوسیستم، برای سرعت بخشیدن به پذیرش SDN و NFV به شکل کارآمد و موثر انجام می­دهند. در این محیط سریع و پویا، برخی از سوالات رایج بطور جدی از سوی ارائه­دهندگان در این عرصه طرح می­شود­:

* ارائه­دهندگان سرویس مخابراتی در بازه زمانی (2015-2020)، برای تحقق وعده SDN و NFV چه ابتکارهایی یا سرمایه­گذاری­هایی را باید انجام دهند؟
* برای موانعی که در پذیرش این فناوری­ها با آنها روبرو هستیم، چه برنامه­ریزی باید کرد؟
* اکوسیستم ارائه­دهندگان سرویس مخابراتی و تأمین­کنندگان آن چگونه تکامل خواهد یافت؟
* پیشرفت­ها در مقایسه با رقبای دیگر چگونه است؟

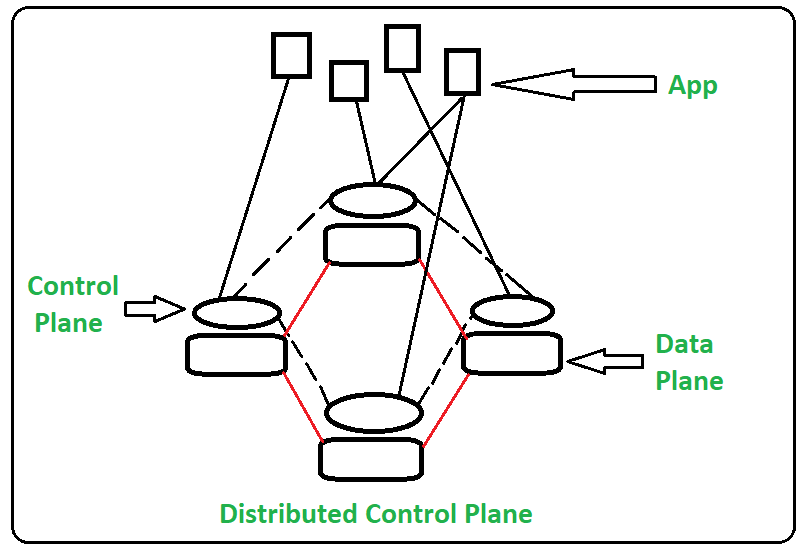
این گزارش سعی می­کند با ارائه مدل بلوغ شبکه ارائه­دهنده سرویس مخابراتی، چارچوبی را تعریف کند تا براساس آن ارائه­دهندگان سرویس بتوانند فعالیت­هایشان را اولویت­بندی و پیشرفت آنها را اندازه گیری کنند، و در مقایسه با پیشرفت­های برتر دیگران خود را محک بزنند. مدل بلوغ شبکه، نمای دقیقی از نحوه ارائه سرویس توسط SDN/NFV ارائه می­دهد. این مدل مبتنی بر تجزیه و تحلیل نقاط عطف کلیدی و ارتقای فعالیت­های پیشین است. ماهیت منحصر به فرد شبکه­های مخابراتی که از فناوری SDN و NFV استفاده می­کنند، انگیزه­ها و روندهای صنعت در کنار چالش­های منحصر به فرد ارائه­دهندگان سرویس مخابراتی را نیز در نظر می­گیرد.

محرکNFV، کاهش هزینه (CapEx/OpEx)[[4]](#footnote-4) و ایجاد سرویس برای درآمدزایی جدید است.گرچه ارائه­دهندگان پیشرو سرویس مخابراتی (نظیرDeutsche Telekom, Vodafone, Telefonica, AT&T) برنامه­ها را ابتدا بر کاهش CapEx به عنوان تمرکز اصلی خود طراحی کرده­اند، ولیکن آنها باید ساختار سازمانی خود را تغییر دهند، مهارت­های جدیدی را بدست آورند، حمایت مالی در سطح اجرایی را هماهنگ کنند، و اختیارات سازمانی را برای دستیابی موفقیت­آمیز به تحول برای کاهش OpEx و در نهایت ایجاد درآمد جدید فراهم آورند.

# شبکهSDN در مقایسه با شبکه سنتی

بنظر می­رسد که شبکه SDN، انقلابی در شبکه­های سنتی ایجاد خواهد کرد. گرچه بنظر برخی، SDN مسیر تکاملی شبکه­های سنتی است. با اتخاذ خودکارسازی شبکه، زمان زیادی صرفه­جویی شده و انعطاف­پذیری شبکه به میزان قابل توجهی افزایش می­یابد. در این بخش با آشنایی اولیه با هر یک از این شبکه­ها، مقایسه اجمالی از آنها خواهیم داشت.

شبکه­های سنتی، به روش معمول قدیمی شبکه اشاره دارد که از دستگاه­های سخت­افزاری ثابت و اختصاصی مانند مسیریاب­ها و سوئیچ­ها برای کنترل ترافیک شبکه استفاده می­کند [1]. ناتوانی در مقیاس­بندی و امنیت شبکه و عملکرد، امروزه نگرانی اصلی در شرایط رو به رشد کسب و کار است. شکل 1، معماری شبکه­های سنتی را نشان می­دهد.



شکل 1 مدل شبکه سنتی

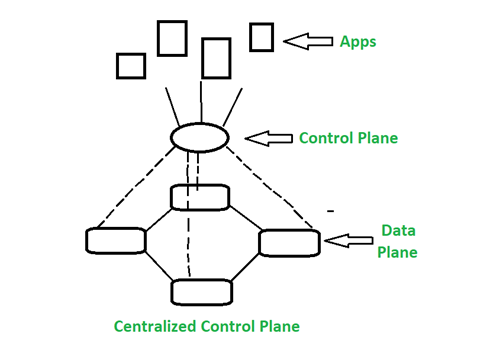
ویژگی اصلی شبکه­های سنتی این است که هر دستگاه دارای یک صفحه کنترل محلی، یک صفحه داده محلی، و همچنین هر دستگاه دارای سطوح مدیریتی خاص خود است. فرآیند ایجاد توپولوژی شبکه با استفاده از صفحه کنترل که به صورت محلی اجرا می­شود، پیچیده است. این پیچیدگی ناشی از این است که هیچ دستگاهی کل شبکه را نمی­شناسد. برای مدیریت هر دستگاه، باید هر تجهیز بطور جداگانه به صفحه داده خود متصل شود تا تغییرات پیکربندی یا به روزرسانی انجام شود، که این امر یک روش هوشمندانه نیست.

صفحه کنترل جایی است که تصمیمات انتقال و مسیریابی گرفته می­شود، در حالی که صفحه داده جایی است که دستورات صفحه کنترل اجرا می­شود.

## شبکهSDN

شبکه SDN رویکرد جدید معماری شبکه است که کنترل و مدیریت شبکه را با استفاده از برنامه­های نرم­افزاری امکان­پذیر می­کند. رفتار شبکه­ و دستگاه­های آن به صورت کنترل شده مرکزی در کل شبکه، از طریق برنامه­های نرم­افزاری با استفاده از API[[5]](#footnote-5)های باز برنامه­ریزی می­شود.

شبکه تعریف شده توسط نرم­افزار با مجازی­سازی شبکه، عملکرد مجموعه را بهبود می­بخشد. در نرم­افزار SDN، برنامه­های کاربردی یا APIهای کنترل شده به عنوان عنصر اصلی برای مدیریت کامل شبکه عمل می­کنند، که ممکن است هدایت ترافیک در شبکه و یا برقراری ارتباط با زیرساخت­های سخت­افزاری اصلی برعهده داشته باشند. بنابراین به زبان ساده می­توان گفت SDN می تواند شبکه مجازی ایجاد کند یا می­تواند شبکه سنتی را با کمک نرم­افزار کنترل کند. شکل 2 معماری کلی شبکه­های SDN را نشان می­دهد.



شکل 2 مدل شبکه SDN

عدم ارتباط بین نیازهای روزافزون از صنعت شبکه برای حمایت از کسب و کار، و قابلیت­های شبکه سنتی فعلی، سبب شکل­گیری مفهوم SDN شده است. اساس SDN­مفهوم مجازی­سازی است که در ساده­ترین شکل خود به نرم­افزار اجازه می­دهد تا جدا از سخت­افزار اصلی اجرا شود.

گرچه مجازی­سازی به مراکز داده اجازه می­دهد تا به سرعت و پویا، منابع IT[[6]](#footnote-6) را دقیقاً در جایی که مورد نیاز است تخصیص دهند؛ با این حال، برای نیل به سرعت و پیچیدگی پردازش بر حسب ثانیه، لازم است که شبکه نیز سازگارتر، انعطاف­پذیرتر و به طور خودکار پاسخگو شود. ایده مجازی­سازی را می­توان در شبکه نیز اعمال کرد، و عملکرد کنترل ترافیک را از سطح سخت­افزاری شبکه اصلی به یک نهاد کنترل اطلاعات مبتنی بر شبکه متمرکز تقسیم کرد، که در نهایت منجر به معماری SDN می­شود. بنابراین، SDN گام بعدی طبیعی در فرآیند تکاملی معماری شبکه است که امروزه مورد استفاده قرار می­گیرد. صنعت شبکه به تدریج شاهد تغییر عمده­ای در پارادایم، از یک مدل ایستا و سخت­افزار محور به یک مدل در حال توسعه و تعریف شده توسط نرم­افزار خواهد بود.

## مقایسه شبکه­های سنتی و SDN

ظهور فناوری­های جدید به عنوان مثال، دستگاه­های تلفن همراه، مجازی­سازی سرور و محتوا، و سرویس ابری از جمله نیروهای کلیدی هستند که امروزه صنعت شبکه را هدایت می­کنند. این فناوری­های جدید، صنعت شبکه را مجبور کرده است تا نگاهی تازه به معماری­های سنتی شبکه­ای فعلی بیندازد. بسیاری از شبکه­های معمولی ماهیتی سلسله مراتبی دارند و با لایه­هایی از سوئیچ­های اترنت ساخته شده­اند که در ساختاری شبیه درخت قرار می­­گیرند.

این طراحی سنتی، نیازهای زمانی را برآورده می­کرد که ساختار سرویس­گیرنده - سرویس­دهنده غالب بود. با این حال، چنین معماری اولیه برای پاسخگویی به نیازهای محاسباتی و ذخیره­سازی پویای مراکز داده امروزی و تغییر چشم­اندازهای فنی، به دلیل تغییر نیازهای کسب و کار، به خوبی مجهز نیست. لازم به ذکر است که اشکالات شبکه­های سنتی به ماهیت ثابت آنها در مقابل ماهیت پویای نیازهای امروز برمی­گردد. پیچیدگی­های شبکه­های امروزی، استفاده از دسترسی­های گوناگون را برای IT دشوار می­کند؛ از این رو سیاست­های سنتی، سازمان­ها را در برابر نقض امنیت و مسائل نظارتی یا عدم رعایت آنها آسیب­پذیر می­کند. علاوه بر این، شبکه­ها نیز باید گسترش پیدا کنند تا نیازهای صدها یا هزاران دستگاه تازه اضافه شده، با عملکرد و خدمات مختلف را برآورده کنند. ناتوانی در افزایش مقیاس برای برآوردن این خواسته­ها، یک محدودیت عمده در شبکه­های ایستای سنتی است. فقدان استانداردها در این زمینه و رابط­های باز، اغلب توانایی اپراتورهای شبکه را برای سفارشی­سازی شبکه بر روی محیط­های خاص خود محدود می­کند، زیرا تحت کنترل فروشندگان تجهیزات قرار می­گیرند (جدول 1).

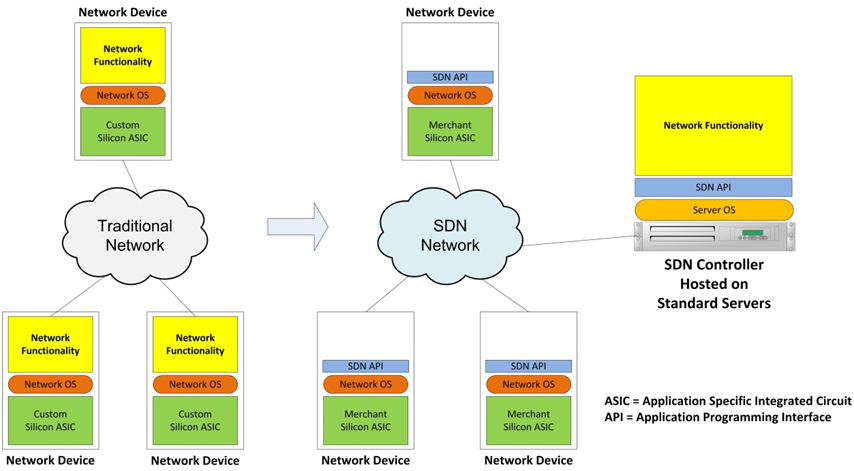
جدول 1: اختلاف شبکه­های سنتی و SDN

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| شماره | **شبکه سنتی** | **شبکه SDN** |
| 1 | رویکرد شبکه­سازی معمولی | رویکرد شبکه­سازی مجازی |
| 2 | دارای کنترل توزیع­شده | دارای کنترل مرکزی |
| 3 | غیرقابل برنامه­ریزی | قابل برنامه­ریزی |
| 4 | حاوی واسط­های بسته | حاوی واسط­های باز |
| 5 | قرارگیری صفحات کنترلی و داده روی یک صفحه | جداسازی صفحات کنترل و داده توسط نرم­افزار |
| 6 | پشتیبانی با پیکربندی ایستا/ دستی با اتلاف زمان بسیار | پشتیبانی از پیکربندی خودکار با اتلاف زمان کم |
| 7 | هدایت تمامی بسته­ها در مسیر مشابه بدون اولویت­بندی | امکان اولویت­بندی و ممانعت از بسته­های شبکه­ای خاص |
| 8 | مشکل بودن برنامه­ریزی مجدد و جایگزین کردن برنامه موجود بازای هر کاربرد | سادگی برنامه­ریزی در صورت نیاز |
| 9 | هزینه بالا | هزینه پایین |
| 10 | پیچیدگی ساختاری بالا | پیچیدگی ساختاری پایین |
| 11 | قابلیت گسترش کم | قابلیت گسترش زیاد |
| 12 | مشکل بودن عیب­یابی و گزارش آن بخاطر کنترل توزیع­شده | سادگی عیب­یابی و گزارش آن بخاطر تمرکز کنترل |
| 13 | هزینه نگهداری بالا | هزینه نگهداری پایین |

SDN یک گام تکاملی برای شبکه­ها است، و نه یک تحول [2]. در نظر گرفتن مزایایی که فناوری SDN ارائه می­دهد یا حتی شروع به استفاده از آن، به معنای کنار زدن شبکه سنتی که ما می­شناسیم نیست. SDN جایگزینی برای شبکه­های موجود نیست، بلکه برای افزودن ارزش به وضعیت فعلی است. از نظر مفهومی، اگر ایده­ها و راه حل­های سنتی شبکه­ای را با خودکارسازی ادغام کنیم، در موقعیت خوبی برای بحث در مورد SDNها قرار خواهیم گرفت.

یکی از مهمترین مفاهیم در SDN جداسازی صفحات کنترل داده است. البته این موضوع چیز جدیدی نیست - سالهاست که معمولاً در سخت­افزار شبکه سنتی استفاده می­شود. مسیریاب­های حامل، دارای کارت­های کنترل جداگانه برای تصمیم­گیری­های مسیریابی و مجموعه­ای از کارت­های خط هستند تا ترافیک را بر اساس آنچه توسط کارت کنترل ارسال شده است، هدایت کنند (شکل 3).

با این حال،SDN ها از این مفهوم به شکل تکامل یافته استفاده می­کنند، به نحوی که یک کنترل­کننده به عنوان یک نهاد جداگانه از راه دور نظارت، تصمیم­گیری (زیرا شبکه را به طور کلی می­بیند و بر اساس وضعیت کلی آن تصمیم­گیری می­کند)، و دستورالعمل­ها را برای تجهیزات ارسال می­کند.



شکل 3 مقایسه شبکه‎های سنتی و SDN [3]

با ظهور SDN در اوایل دهه 2010، امکان مدیریت برنامه­های کاربردی، کنترل و بهینه­سازی منابع شبکه با یک مدل جدید معماری شبکه­ فراهم شد. SDN پیکربندی شبکه و مهندسی ترافیک را از زیرساخت سخت­افزار زیرین جدا می­کند تا از کنترل کامل و سازگار با شبکه، با استفاده از APIهای باز اطمینان حاصل شود. اساساً، این راهی برای استفاده از پروتکل­های باز مانند OpenFlow است، که می­تواند کنترل نرم­افزاری را در سطح جهانی برای دسترسی به سوئیچ ها و مسیریاب­های شبکه که معمولاً از سیستم عامل بسته و اختصاصی استفاده می­کنند، اعمال کند. این معماری هزینه­های عملیاتی را کاهش و زمان مورد نیاز برای ایجاد تغییرات یا ارائه سرویس جدید را کاهش می­دهد. SDN همچنین این امکان را برای شبکه فراهم می­آورد تا به طور مستقیم از طریق API به برنامه­های کاربردی متصل شود، تا امنیت و عملکرد برنامه بهبود یابد. لازم به ذکر است کهSDN یک معماری شبکه پویا و انعطاف­پذیر ایجاد می­کند که می­تواند با تغییر نیازهای کسب و کار تغییر کند.

سه تفاوت مهم بین شبکه سنتی و SDN وجود دارد:

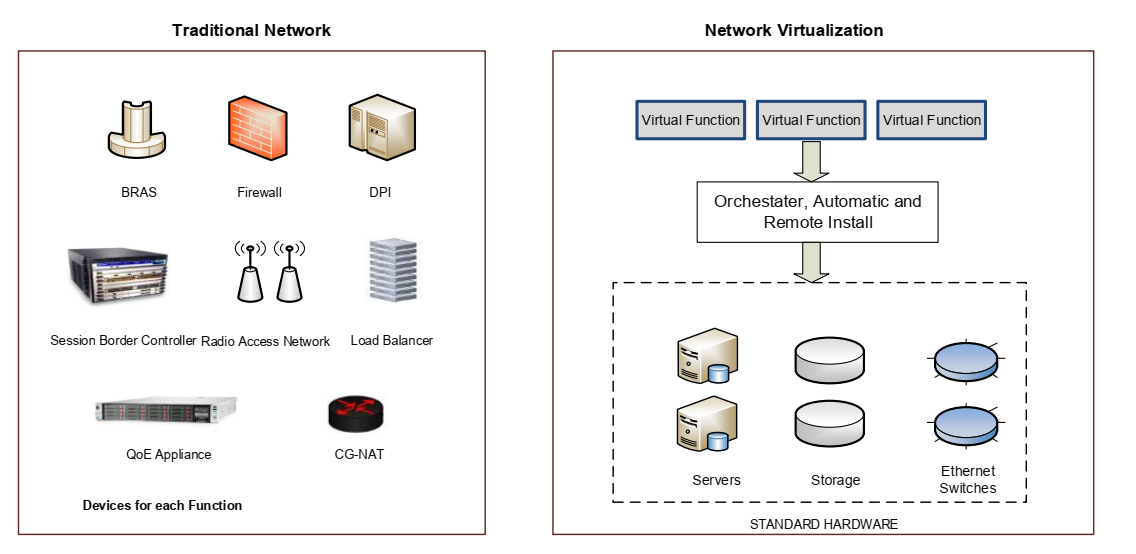
* ابتدا، کنترل­کننده SDN دارای یک رابط با لایه بالایی است که از طریق رابط­های برنامه­نویسی (API) با برنامه­های کاربردی ارتباط برقرار می­کند. این امر به توسعه­دهندگان برنامه این امکان را می­دهد تا شبکه را مستقیماً برنامه­ریزی کنند، در حالی که شبکه سنتی از پروتکل­ها برای این کار استفاده می­کند.
* SDN یک شبکه مبتنی بر نرم­افزار است، که به کاربران اجازه می­دهد تا تخصیص منابع در سطح مجازی را از طریق مدیریت صفحه کنترل، تعیین مسیرهای شبکه، و پیکربندی سرویس شبکه را انجام دهند. در حالی که شبکه سنتی برای ایجاد ارتباطات و اجرای صحیح به زیرساخت­های فیزیکی (مانند سوئیچ­ها و مسیریاب­ها) متکی است.
* SDN توانایی بیشتری در برقراری ارتباط با دستگاه­های سراسر شبکه نسبت به شبکه­های سنتی دارد. SDN اجازه می­دهد منابع از یک مکان متمرکز تهیه شود، و مدیران بتوانند جریان ترافیک را از طریق رابط کاربری متمرکز، با بررسی دقیق­تر کنترل کنند. گرچه SDN کل شبکه را مجازی می­کند و کنترل بیشتری بر قابلیت­های شبکه به کاربران می­دهد، برای شبکه­های سنتی، صفحه کنترل در سوئیچ یا مسیریاب قرار دارد، که ناخوشایند است. مدیران نمی­توانند به راحتی به آن دسترسی داشته باشند تا جریان ترافیک را تعیین کنند.

همچنان که مراکز داده تغییر می­کنند و شبکه­های سنتی نمی­توانند با محیط سازگار می­شوند، فروشندگان به SDN روی می­آورند، و برای اینکار چند دلیل ذکر می­کنند :

* افزایش سرویس اَبری بدین معناست که کاربران به دسترسی بدون محدودیت به زیرساخت­ها، برنامه­های کاربردی و منابع فناوری اطلاعات نیاز دارند، و این نیازمند ذخیره­سازی بیشتر، پردازش و پهنای باند است.
* فناوری اطلاعات در حال تبدیل شدن به یک کالای مصرفی است که در آن روند BYOD[[7]](#footnote-7) (دستگاه خود را بیاورید) مستلزم انعطاف­پذیری و امنیت کافی برای محافظت از داده­ها، دارایی­ها و همچنین رعایت مقررات و استانداردهای انطباق است. با این حال، شبکه­های سنتی نمی­توانند تقاضای روزافزون را برآورده کنند، زیرا باید به چرخه­های محصول و رابط­های اختصاصی معمولی در محیط­های خاص فروشندگان پایبند باشد.
* اپراتورهای شبکه اغلب هنگام تلاش برای برنامه­نویسی شبکه با موانعی مواجه می­شوند. افزودن و جابجایی دستگاه­ها یا ارتقای ظرفیت شبکه­های سنتی پیچیده و زمان بر است، که نیازمند دسترسی دستی به دستگاه­ها و کنسول­های فردی است. دلیل اینکه SDN جایگزین شبکه­های سنتی می­شود این است که به مدیران اجازه می­دهد منابع و پهنای باند را به صورت لحظه­ای پیکربندی کرده و انعطاف­پذیری، کارایی و تاب­آوری را برای مرکز داده به ارمغان بیاورند. همچنین نیاز به سرمایه­گذاری در زیرساخت­های فیزیکی بیشتر را از بین می­برد.

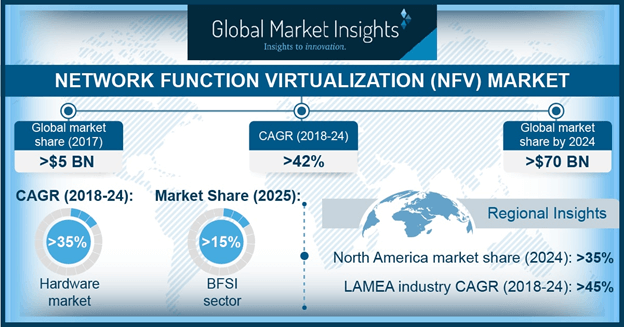
## مجازی‏سازی توابع شبکه (NFV)

مجازی‏سازی توابع شبکه (NFV)، المانهای شبکه مانند دیواره آتش، NAT و ... را از تجهیزات اختصاصی سخت­افزاری مستقل کرده و امکان پیاده­سازی آن­ها به‌عنوان نرم­افزار را روی سخت­افزارهای متداول[[8]](#footnote-8) فراهم می‏کند. در شکل 4 ماهیت اجرای توابع شبکه در NFV نمایش داده شده است.



شکل 4 توابع سنتی شبکه در برابر توابع مجازی‏سازی شده شبکه

شکل 5 اندازه بازار[[9]](#footnote-9) در حوزه فناوری NFV را نشان می­دهد. همانطور که مشاهده می­شود از 2018 تا 2024 پیش­بینی شده است که بیش از 42% نرخ رشد مرکب سالانه[[10]](#footnote-10) داشته باشد.



شکل 5 روند رشد فناوری NFV [4]

مزیت‌هایی که فناوری NFV به ارمغان می‌آورد عبارتست از:

* فناوری NFV با جداسازی توابع شبکه از سخت‏افزارهای اختصاصی گران قیمت و اجرای آنها به عنوان نرم‏افزار روی سخت‏افزارهای مشترک با هزینه کمتر امکان کاهش هزینه‌های CAPEX و OPEX را فراهم می‌کند.
* NFV امکان پیکربندی پویا و منعطف شبکه را فراهم می‌کند. زیرا با اجرای سرویس روی سرورهای استاندارد می توان ظرفیت سرور را بر مبنای نیاز لحظه‌ای افزایش یا کاهش داد و نیازی به تخصیص بیش از حد مراکز سرویس برای پاسخگویی به نیاز در پیک ترافیک وجود ندارد. همچنین می‌توان تعداد بیشتری سرور به یک سرویس اختصاص داد و این در جایی که امکان افزایش ظرفیت یک سرور ممکن نیست می‌تواند مفید باشد.
* NFV به اپراتورها امکان استقرار سرویس‌های جدید را به صورت سریعتر و ارزانتر می‌دهد.

به طور کلی NFV یکی از راهکارهایی است که می‏تواند با ایجاد انعطاف در مدیریت منابع توسط استفاده از زیرساخت رایانش ابری، به توسعه سریع سرویس‌های جدید، بهبود کیفیت تجربه کاربران و افزایش درآمد اپراتورها منجر شود. با فناوری NFV توابع شبکه مثل دیوار آتش، متعادل‏کننده بار[[11]](#footnote-11) و .. که به طور سنتی روی سخت‏افزارهای مخصوص پیاده‏سازی می‌شوند، می‌توانند روی زیرساخت رایانش ابری پیاده‏سازی شوند. NFV یک راه‏حل هوشمند برای برطرف کردن چالش‌های شبکه‌های سنتی هستند و می‏تواند یک مدیریت شبکه خودکار، چابک، منعطف و مقیاس‏پذیر را فراهم کنند.

با توجه به مشکلات شناخته شده در مدیریت شبکه‏های سنتی و نیازمندی شبکه‏های NFV، بکارگیری روش‏ها و راهکارهاي نوین در مديريت منابع و خدمات می‏تواند کمک شایانی در رفع موانع موجود بنماید. از جمله این روش‏ها می‏توان به همنواسازی[[12]](#footnote-12) توابع و منابع خدمات انتها به انتها و پیاده‏سازی مفاهیمی مانند خودمدیریتی[[13]](#footnote-13) و مدیریت خودمختار[[14]](#footnote-14) اشاره کرد.

همنواسازی شبکه فرآیند خودکارسازی تعاملات بین انواع مختلف تجهیزات، دامنه‏ها و سایر سامانه‏هایی است که در ایجاد یک شبکه یا خدمت حضور دارند. منظور از دامنه، شبکه‏ یا زیرساختی است که در تأمین خدمت انتها به انتها مشارکت دارند (مانند شبکه انتقال نوری، زیرساخت ابری، شبکه انتقال IP و ...). به طور کلی همنواسازی فعالیت خودکارسازی فرآیندها و عکس‏العمل‏ها بر اساس سیاست‏ها و رخدادهای شبکه یا خدمت بدون دخالت نیروی انسانی است.

وابستگی به اینترنت برای انجام کسب و کارها که در حال افزایش قابل توجه ترافیک است و در این صورت تقاضا برای حفظ یا کاهش زمان پاسخگویی موجود، یک چالش اساسی خواهد بود. نیاز به سرعت بیشتر و محدودیت­های اساسی مانند تأخیر، ممکن است موانعی را در مورد آنچه SDN عملاً می­تواند به آن برسد، ایجاد کند.

فناوری اطلاعات طی دهه گذشته به طور قابل توجهی تغییر کرده است. ظهور محاسبات ابری، محاسبات تلفن همراه و سایر روندها مانند اینترنت اشیاء، فناوری اطلاعات را از محوریت سرویس­دهنده به شبکه-محور تبدیل کرده است. به همین دلیل است که مدیران فناوری اطلاعات و کسب و کار باید شبکه را به عنوان یک دارایی استراتژیک در نظر بگیرند. در نتیجه، هر مشکلی که بر شبکه تأثیر بگذارد، مستقیماً بر کسب و کار تأثیر می­گذارد که هزینه / زمان را در بر می­گیرد.

# مدل بلوغ شبکه

مدل بلوغ شبکه ارائه­دهنده سرویس مخابراتی، چارچوبی را تعریف می­کند تا براساس آن ارائه­دهندگان سرویس بتوانند فعالیت­هایشان را اولویت­بندی و پیشرفت آنها را اندازه گیری کنند، و در مقایسه با پیشرفت­های برتر دیگران خود را محک بزنند [5].

قبل از ارائه این چارچوب، به واقعیت­های بازار برای ارائه­دهندگان سرویس مخابراتی می­پردازیم و سپس اصول این چارچوب برای ایجاد مدل بلوغ شبکه ارائه­دهنده سرویس به همراه مراحل پیشرفت آن را بررسی خواهیم کرد.

## واقعیت­های بازار برای ارائه­دهندگان سرویس مخابراتی

توجه به واقعیت­های بازار برای ارائه­دهندگان سرویس، انگیزه کافی برای طی مسیر تکامل بلوغ فراهم می­کند. انگیزه برای تحول شبکه­های غیرقابل انعطاف، به همراه تغییر خواسته­های مشتری و تغییر ساختار هزینه، و مواجهه با کالایی شدن سرویس از جمله این واقعیت­ها است.

## 3-1-1 انگیزه برای تحول شبکه­های غیرقابل انعطاف

ارزش اقتصادی ارائه­دهنده سرویس مخابراتی بستگی به قابلیت اطمینان شبکه، مقیاس­پذیری و در دسترس بودن آن برای ارائه سرویس دارد. شبکه­ها با توجه به نیاز به ارائه سرویس مهم حاکمیتی و امنیت، با دقت مدیریت و آزمایش می­شوند. با توجه به وابستگی و اهمیت شبکه، ارائه­دهندگان سرویس بدنبال یک فرایند پیاده­سازی بسیار روشمند که با ریسک و تغییرات شبکه مقابله کند، هستند. رابط­ها، پروتکل­ها و سرویس قبل از اینکه با هرگونه "نوآوری" توسط فروشندگان معرفی شود، به سالها استانداردگذاری نیاز دارند. به این ترتیب، پیاده­سازی و معرفی سرویس جدید ممکن است چندین ماه طول بکشد.

## 3-1-2 تغییر خواسته­های مشتری

با توجه به معرفی گوشی­های هوشمند، گسترش دستگاه­های تلفن همراه و تقریباً همه­گیر شدن دسترسی به شبکه، برنامه­ها و سرویس جدید، به طور قابل ملاحظه­ای تقاضا برای زیرساخت­های شبکه را به سرعت افزایش می­دهند.

## 3-1-3 تغییر ساختار هزینه

ساختارهای هزینه­ای شبکه سنتی برای ارائه­دهندگان سرویس مطلوب نیستند، زیرا مخارج سرمایه­ای زیادی (CapEx) را تحمیل می­کند. از سوی دیگر وابستگی انحصاری به فروشندگان، توانایی ارائه­دهندگان سرویس را در جهت تغییر ساختار هزینه کاهش می­دهد. دگرگونی شبکه، فرصت­هایی را برای ایجاد نوآوری و کاهش هزینه فروشنده به ارمغان می­آورد، که به طور موثر سرمایه و هزینه­های عملیاتی را کاهش می­دهد.

## 3-1-4 جلوگیری از کالایی شدن

در محیطی که رقابت جدیدی از سوی بازیکنان OTT[[15]](#footnote-15)(مانند گوگل و آمازون) شکل گرفته، و تقاضا برای ظرفیت شبکه بیشتر از درآمد تولید شده است، هزینه­های ثابت بسیار زیاد شده است. در این میان، سرعت نوآوری در بازار تجهیزات شبکه تحت تأثیر فروشندگان قرار گرفته است، و ارائه­دهندگان سرویس برای جلوگیری از کالایی شدن سرویس در حال مبارزه هستند.

## چارچوبی برای ایجاد مدل بلوغ شبکه ارائه­دهنده سرویس

مدل­های بلوغ در انواع بازارهای جدید و در حال تحول استفاده می­شود تا به سازمان­ها در توسعه رویکرد برنامه­ای کمک کند. از پذیرش اَبری گرفته تا حفظ حریم خصوصی مصرف­کننده، مدل­های بلوغ چارچوبی را فراهم کرده­اند که بر اساس آن سازمان­ها می­توانند پیشرفت خود را با معیارها بسنجند. سازمان­ها مراحل زیر را برای توسعه رویکرد برنامه­ای انجام می­دهند:­

* ارزیابی مرحله فعلی بلوغ .
* شناسایی مرحله بلوغ آتی که با اهداف و مقاصد کسب و کار مطابقت دارد­.
* تهیه نقشه راه با فهرستی از ابتکارات، برای کاهش فاصله بین مرحله فعلی بلوغ و مرحله آتی بلوغ

در بازارهایی مانند NFV وSDN ، مدل­های بلوغ می­توانند به ارائه­­دهندگان سرویس مخابراتی کمک کنند :

* درک ابعاد بلوغ پذیرش SDN/NFV .
* شناسایی و غلبه بر موانع پذیرش بازار و همکاری با اکوسیستم.
* تمرکز بر ابتکارات، جهت انتقال قابلیت­های منتخب به اهداف مرحله بلوغ در زمان مناسب

مدل بلوغ، رویکردی را برای پذیرش گسترده فناوری­های SDN و NFV در بازار ارائه می­دهد. برای دستیابی به استقبال گسترده از بازار، راه حل انتخابی باید به مشخصه­های بلوغ چون مقیاس­پذیری، قابلیت استفاده مجدد، قابلیت تعویض، قابلیت اطمینان، امنیت و عملکرد رسیده باشد.

ارائه­دهندگان سرویس مخابراتی در حال انجام آزمایشات و استقرار محدودی هستند که مراحل مختلف مدل بلوغ را شامل می­شود. به عنوان مثال، اثبات مفاهیم و/یا آزمایشات "به صورت انتها به انتها" انجام شده است که شامل تعامل با OSS/BSS[[16]](#footnote-16)، همنواساز، VNF[[17]](#footnote-17) ها و NFVI[[18]](#footnote-18) می­شود. در حالی که این اقدامات برای پیشبرد بازار بسیار مهم است، اما نشان­دهنده بلوغ نیست. به منظور دستیابی به زیرساخت­های استقرار با مقیاس مطلوب، چند منظوره و قابل تعویض، باید ابتکارات پذیرش SDN/NFV با مراحل تعریف شده در مدل هم راستا باشد. تا زمانی که این اقدامات به نقاط عطف تعیین شده توسط مشخصه­های بلوغ نرسیده باشد، بالغ بشمار نمی­آید.

## 3-2-1 انتخاب راه حل­های منبع باز در مقابل راه حل­های اختصاصی

در حالی که مدل بلوغ، بین راه حل­های باز و استاندارد در مقایسه با راه حل­های اختصاصی تمایز قائل نمی­شود، معمولاً استفاده از راه حل­های انحصاری فروشندگان (lock-in) یا اختصاصی، امکان دستیابی به بخش­هایی از مدل­های بلوغ را فراهم می­کند. در حالی که ارائه­دهندگان سرویس مایلند راه حل­های اختصاصی را برای ورود سریع­تر به بازار بپذیرند، اما تمایل نهایی آنها این است که در دام فروشندگان نیفتند. در راستای تامین اهدف آنها، مدل بلوغ پیشنهادی مراحل و نقاط عطف مربوط به نیازمندی­های ارائه­دهنده سرویس را در واسط­های باز، استاندارد و اجزای قابل تعویض در نظر می­گیرد.

## 3-2-2 اصول مورد استفاده در ایجاد مدل

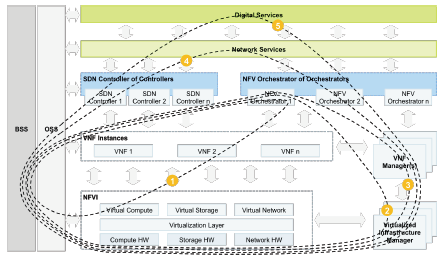
فراوانی "قطعات متحرک" در سراسر اکوسیستم ارائه­دهنده سرویس SDN/NFV وجود دارد که بر مسیر بلوغ تأثیر می­گذارد. به عنوان اصول راهنما، درک انگیزه­های تحول شبکه، موانع پذیرش این فناوری­ها، و تأثیر این تحولات بر سرویس نوآورانه موجود و جدید بسیار اساسی است. نکته آخر از اهمیت ویژه­ای برخوردار است، شبکه باید دسترسی بالایی داشته باشد و تجربه مشتری نمی­تواند بر پذیرش فناوری­های SDN/NFV تأثیر منفی بگذارد.

یکی دیگر از اصول راهنمای مورد استفاده در چارچوب مدل بلوغ این است که ارائه­دهندگان سرویس نخستNFV را می­پذیرند و SDN را به بعد موکول می­کنند. این در حالی است که ارائه­دهندگان سرویس ممکن است SDN یا NFV را به عنوان نقطه شروع انتخاب کنند، ولی ارزیابی اکثر موارد استفاده از SDN/NFV نشان می­دهد که ارائه­دهندگان سرویس با NFV شروع می­کنند.

عناصر تشکیل­دهنده تضمین سرویس مشتری نهایی، توسط مشخصه­های بلوغ شکل گرفته است. به طور خلاصه، شبکه نه تنها باید بسته­ها را از نقطه A به نقطه B با توان و تأخیر قابل قبول هدایت کند، بلکه این کار را نیز به شکلی انجام می­دهد که قابلیت اطمینان و امنیت مورد نیاز مشتریان و برنامه­های کاربردی حفظ شود. دستیابی به مشخصه­های بلوغ در دنیای مجازی چند لایه پیچیده­تر می­شود، جایی که قابلیت ارتجاعی، زنجیره سرویس، حوزه­های اَبر ترکیبی، و عناصر شبکه SDN مجازی، به سرعت در شبکه در حال گسترش نفوذ می­کند.

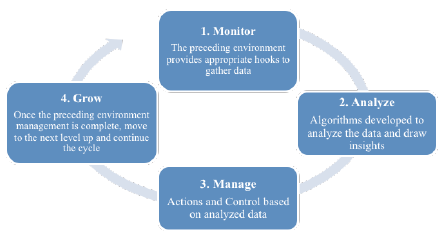
موانع و ناشناخته­های ذکر شده، تأثیر مستقیمی بر بلوغ تحول شبکه دارد. مقیاس­بندی نیاز به خودکارسازی، خودکارسازی نیاز به برنامه­ریزی، و قابلیت برنامه­ریزی مستلزم جمع­آوری داده­ها، تجزیه و تحلیل و واسط­های کنترل دارد تا تغییرات در زمان واقعی در شبکه انجام شود. در سطح بالایی از انتزاع، قابلیت اطمینان/ برنامه­پذیری شبکه را می­توان به عنوان چندین حلقه تو در توی "بازخورد و کنترل" تصور کرد.

برای دستیابی به مزایای یک شبکه مجازی، باید یک پایگاه قوی در داخلی­ترین حلقه کنترل ساخته شود، و به سمت خارج به حلقه­های بزرگتر و بزرگتر گسترش یابد، البته این بدان معنا نیست که نباید روی حلقه­ای بزرگتر تمرکز کرد. حلقه­های بلوغ نشان داده شده در شکل 6، در مدل بلوغ شبکه بیشتر توضیح داده خواهد شد.



شکل 6 حلقه‎های بلوغ شبکه [5]

هنگام تجزیه و تحلیل مدل، نیاز کلی تضمین سرویس که بر اساس نظارت، تجزیه و تحلیل، و مدیریت است، در نظر گرفته می­شود. برای برنامه­ریزی شبکه، باید از "هوش"ی که بر اساس یک چارچوب مشترک برای تجزیه و تحلیل و سنجش از راه دور ساخته شده است، استفاده شود. به منظور ارائه تجزیه و تحلیل، گزارش به موقع داده­های مربوطه باید به موتورهای تجزیه و تحلیل ارسال شود. (گزارش داده ها ← تجزیه و تحلیل ← برنامه نویسی). به این ترتیب، هر حلقه بازخورد و کنترل به شرح زیر به جلو می­رود:



شکل 7 فرآیندی که در آن حلقه‎های "بازخورد و کنترل" بسته می‎شوند [5]

به عنوان مثال، حلقه­ای که شامل عناصرNFVI ،VNF ،VNFM[[19]](#footnote-19) و VIM[[20]](#footnote-20) است، در نظر بگیرید. این عناصر باید به صورت حلقه بسته با هم کار کنند تا زمینه­ای برای انتزاع مرتبه­های بالاتر فراهم شود. برای دستیابی به این فرآیند حلقه بسته، مراحل مورد بحث در شکل 7 باید همزمان انجام شود :

مرحله 1 : داده­های VNF و NFVI جمع­آوری می­شوند تا نشان دهند که چگونه VNF و NFVI در یک استقرار واقعی رفتار می­کنند.

مرحله 2 : این داده­ها برای بدست آوردن بینش، با طرح سوالاتی چند تجزیه و تحلیل می­شوند: چگونه از زیرساخت­ها استفاده می­شود؟ آیا منابع مورد نیاز VNF با توافق­نامه­های سطح سرویس [[21]](#footnote-21)(SLA) آن سازگار است؟ آیا زیرساخت­ها ظرفیت کافی برای اجرای VNF را که توسط SLA مشخص شده است، فراهم می­کنند؟ آیا ترافیک برای پشتیبانی از SLA بهVNF های بیشتری نیاز دارد؟

مرحله 3 : پس از جمع­آوری و تجزیه و تحلیل داده­ها، می­توان تصمیم­گیری کرد. اکنون شبکه می­تواند سطوح بالاتری از انتزاع را در چارچوب مدیریت و همنواسازی[[22]](#footnote-22)، تنظیم کند یا اطلاع دهد.

مرحله 4 : اکنون که این حلقه بسته شده است و رفتار مناسبی دارد، و می­توان بر بلوغ حلقه مرتبه بعدی، مانند سرویسی با چندین VNF تمرکز کرد.

## 3-2-3 خلاصه مدل بلوغ شبکه ارائه­دهنده سرویس

بلوغ SDN/NFV در محیط ارائه­دهنده سرویس به پنج سطح اصلی بلوغ تقسیم شده است. هدف این است که هر مرحله از نظر کیفی، سطح قابل توجهی از ارتقای مرحله قبلی را داشته باشد و از یک مانع بزرگ عبور کرده باشد. این مراحل NMM1- 5 نامیده می­شود، یعنی مدل بلوغ شبکه (NMM[[23]](#footnote-23)) فاز 1، 2، 3، 4 و سپس 5.

در مقیاسی بزرگتر، NMM1-3 را می­توان "بلوغ VNFها" در نظر گرفت. در طی این مراحل است کهVNF ها مدیریت­پذیرتر، آگاه­تر، و هماهنگ با الزامات توافق­نامه­های سطح سرویس [[24]](#footnote-24)(SLA) می­شوند. NMM4 – NMM5 را می­توان "بلوغ برنامه کاربردی/ سرویس شبکه" در نظر گرفت. در این مرحله ما شاهد ظهور برنامه­های کاربردی و سرویس در سطح شبکه هستیم. به عنوان مثال، بهینه­سازی قدرت مرکز داده و مهندسی ترافیک شبکه در طی این مراحل به دست می­آید.

مدل بلوغ به پنج زمینه اصلی تقسیم شده است تا به ارائه­دهندگان سرویس در همه جنبه­های کسب و کار خود کمک کند:

* کسب و کار و سرویس - نحوه توسعه کسب و کار و سرویس مرتبط، برای استفاده از مزایایSDN/NFV
* فناوری - چگونگی پذیرش و استقرار فناوری در محیط ارائه­دهنده سرویس
* سازماندهی – دیدگاه ارائه­دهندگان سرویس از سازماندهی و حمایت از برنامه­ها، جهت اطمینان از موفقیت
* حکمرانی - نحوه اداره اجزای مالی و عملیاتی راه حل جدید
* مشتری – نحوه تغییر تجربه مشتری با پذیرش NFV/SDN

## 3-2-4 پنج فاز مدل بلوغ شبکه

* فاز 1 :VNF های مستقل - تجاری سازی سرویس جداگانه. VNF های تَکی که سرویس را تشکیل می­دهند ممکن است از فروشندگان جداگانه باشند، اما با راه حل یک فروشنده واحد تنظیم شده­اند.
* فاز 2 : مدل­های اطلاعاتی مشترک – فروشندگانVNF، کارکرد شبکه SLA را از طریق توصیفگرهای VNF با یک مدل اطلاعاتی مشترک مشخص کرده و ارائه می­دهند.
* فاز 3 : مقیاس­بندی خودکار عملکرد شبکه – مقیاس­بندی خودکار عملکرد شبکه، یا کشش تقاضا، به عنوان مقیاس­پذیری افقی تعریف می­شود. با گسترش ترافیک شبکه و قراردادهای مربوطه در زمان واقعی، ارائه­دهندگان سرویس می­توانند برای ظرفیت موجود مجدداً هدف­گذاری کنند یا سخت­افزار یا نرم­افزار را به طور مستقل برای افزایش ظرفیت اضافه کنند.
* فاز 4 : فدراسیون[[25]](#footnote-25) SDN- مدیریت برنامه های کاربردی/سرویس و بهره­گیری از کل شبکه را بصورت انتها به انتها ممکن می­سازد؛ از جمله وظایفی مانند بهینه­سازی قدرت مرکز داده و مهندسی ترافیک شبکه.
* فاز 5 : خودکارسازی کامل سرویس - حلقه تجزیه و تحلیل بسته است، و جمع­آوری داده­ها، تجزیه و تحلیل داده­ها، و برنامه­ریزی مناسب شبکه ممکن خواهد بود. از سوی دیگر برنامه­های کاربردی قادر به درخواست سرویس از شبکه هستند، که به طور خودکار برای برآوردن سطح سرویس جدید درخواست شده، تنظیم می­شوند.

اولین دوره بلوغ، "بلوغVNF ها" نامیده می­شود که شامل مراحل زیر است:

* NMM1 : VNFهای مستقل
* NMM2 : مدل­های اطلاعاتی مشترک
* NMM3 : مقیاس بندی خودکار عملکرد شبکه

دوره پیشرفته بلوغ، "بلوغ برنامه­های کاربردی و سرویس شبکه" نامیده می­شود، که شامل مراحل زیر است :

* NMM4 : فدراسیون SDN
* NMM5 : خودکارسازی کامل ارائه سرویس

چند نکته مهم در مورد استفاده از مدل بلوغ :

* ارائه­دهندگان سرویس ممکن است به یک مرحله بلوغ خاص اکتفا کنند، زیرا آن مرحله بلوغ خاص، با اهداف کسب و کارشان مطابقت دارد. در این شرایط، در حالی که هدف کسب و کار محقق می­شود، مزایای کامل پذیرش SDN/NFV ممکن است محقق نشود.
* انتظار می­رود که ارائه­دهندگان سرویس، بلوغ شبکه­های VNF و سرویس شبکه مجازی را به طور مستقل در هر دامنه، از طریق اجرای مرحله NMM3 تکامل دهند، زیرا تکامل در دامنه­های شبکه خاص رخ می­دهد.
* برای تحقق NMM4، نیاز به سرویس شبکه­ای متعددی داریم (متشکل ازVNF های متعدد)، که از طریق NMM3 ارتقاء یافته است، تا توسط کنترلِ­ کنترل­کننده­ها در چندین دامنه کنترل شود.

برای روشن شدن ویژگی­های هر یک از مراحل، آنها را به تفصیل بررسی می­کنیم.

* **مجازی­سازی وجود ندارد** (NMM0)

این مرحله را می­توان قبل از معرفی SDN و NFV، به عنوان شبکه پایه بشمار آورد. این شبکه از طریق "جعبه­هایی" اختصاصی شامل سخت­افزار و نرم­افزار، با رابط خط فرمان (CLI[[26]](#footnote-26)) یا سیستم­های مدیریت عنصر اختصاصی (EMS[[27]](#footnote-27)) شکل می­گیرد. عمدتاً، هیچ تفکیک منطقی یا فیزیکی سخت­افزاری و نرم­افزاری (بدونNFV) و جداسازی صفحه داده و صفحه کنترل (بدونSDN) وجود ندارد.

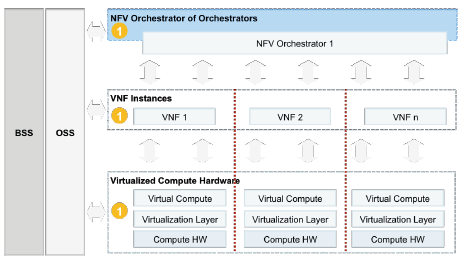
* **VNFهای مستقل** (NMM1)

نتیجه کلیدی این مرحله بلوغ: تحویل "سرویس" مبتنی بر یک فروشنده، بر اساس یک محیط مجازی.

مزیت اصلی این مرحله بلوغ : جداسازی عملکردهای نرم­افزار شبکه از NFVI می­باشد.

حداقل وابستگی­ها برای فعال­کردنNMM1، شامل یک بستر سخت­افزاری و اجزای نرم­افزاری متداول، مانند سوئیچ مجازی (vSwitch)، سامانه مدیریت عنصر 2، و سیستم عامل میزبان است که عملکرد کافی (توان، تأخیر) را برایVNF ها فراهم ­کند.

در این مرحله ارائه­دهندگان سرویس، استقرار جداگانه­ای از توابع شبکه مجازی را برای توسعه سرویس شبکه انجام می­دهند. در این مرحله، عبارت "سرویس" برای توصیف سرویس به مشتریان نهایی استفاده نمی­شود، بلکه از نقطه نظر VNF گرفته شده است. به عنوان مثال، یک سرویس CPE[[28]](#footnote-28) لبه یا شاخه مجازی ممکن است شامل توابع شبکه مجازی از جملهvRouter ، vFirewall، و vLoadBalancerباشد. سه عملکرد مجازی در این مثال ممکن است از فروشندگان مختلف باشد، اما هرگونه مدیریت منابع و همنواسازی مورد نیاز توسط یک نهاد واحد انجام می­شود (شکل 8).



شکل 8 فاز 1 مدل بلوغ شبکه [5]

این استقرارها از یکدیگر جدا هستند، معمولاً همنوا نمی­شوند، و به بخش کوچکی از شبکه محدود می­شوند. در این مرحله، کنترل در دامنه­های خاص با کنترل کننده­های درون دامنه اختصاصی، برای آن حوزه جدا شده است. به عنوان مثال، اگر ارائه­دهنده سرویس دارای یک دامنه vCPE[[29]](#footnote-29) و یک دامنه vEPC[[30]](#footnote-30) باشد، آنها معمولاً همنوا یا کنترل نمی­شوند و با یکدیگر ارتباط برقرار نمی­کنند.

در طولNMM1، توانایی اندازه­گیری و تضمین حداکثر استفاده از منابع فیزیکی و مجازی از هر "سرویس" محدود می­شود. به عنوان مثال، ارائه­دهنده سرویس ممکن است ضمانت­های مفصلی در مورد استفاده از منابع توسط عملکردهایVNF مربوط به vCPE در محیط استقرار یافته، نداشته باشد. به این ترتیب، هر سرویس بر روی NFVI اختصاصی خود قرار می­گیرد. به بیان دیگر، ماشین­های مجازی از دامنه vCPE و دامنه vEPC ممکن است در زیرساخت فیزیکی یکسانی قرار نگیرند، زیرا ممکن است زیرساخت­های فیزیکی برای عملکردهای خاص، از عملکردهای تخصصی پشتیبانی کنند (برای مثال ، برای پردازش vEPC در مقایسه با vCPE به قابلیت پردازش بیشتری نیاز است).

* **مدل­های اطلاعاتی مشترک** (NMM2)

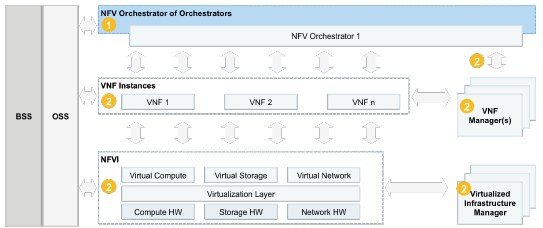
نتیجه کلیدی این مرحله بلوغ : تدارک محیط NFV مبتنی بر چند فروشنده که توسط VNFها و راه حل­های NFVI چندین فروشنده پشتیبانی می­شود، و پشتیبانی از این محیط بر اساس مدل­های اطلاعاتی مشترک در لایه­های پشته (VNF،NFVI و سرویس شبکه).

مزیت اصلی این مرحله بلوغ : استقرار تولیدات VNF و NFVI از چندین فروشنده.

مدل­های اطلاعاتی مشترک،VNF های سوار بر محیط­های همنواساز مستقل از فروشنده، برای قرار دادن هوشمندانه حجم کار، مدیریت چرخه عمر VNF و تضمین سرویس (نظارت/کنترل) را در سراسر NFVI فعال می­کند.

فروشندگان VNFبا توصیف یک مدل اطلاعاتی مشترک، کارکرد شبکه SLA را از طریق توصیفگرهایVNF ارائه می­دهند. از سوی دیگر یک مدل اطلاعاتی مشترک راجع منابع نیز برای انتزاع قابلیت­ها و ویژگی­های زیرساخت زیرین NFVI استفاده می­شود.این مدل­ها از لایه­های VNF وNFVI ، زیربنای لازم برای مدیریت چند فروشندگی و محیط سازماندهی شده فراهم می­کنند، تا استقرارVNF ، مدیریت چرخه عمر و تضمین سرویس را ارائه دهند.

سپس ارائه­دهندگان سرویس می­توانند VNF و NFVI را به طور مستقل (ضروری برای پیوند شبکه/ فناوری اطلاعات (IaaS)) در محیط استقرار یافته نظارت کنند - به عنوان مثال، داده­های سنجش از راه دور برای ارائه­دهنده سرویس در دسترس است، تا زیرساخت­های فیزیکی و زیرساخت­های مجازی را به طور مستقل برای عملکرد مطلوب تنظیم کند شکل 9.



شکل 9 فاز 2 مدل بلوغ شبکه [5]

* **عملکرد شبکه با مقیاس پذیری خودکار** (NMM3)

نتیجه کلیدی این مرحله بلوغ: زیرساخت­های فیزیکی و مجازی انعطاف­پذیر، VNFحلقه بسته، و مدیریت چرخه عمر NFVI .

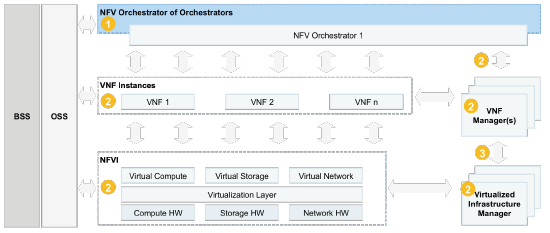
مزیت کلیدی این مرحله بلوغ: دست­یابی به بازپیکربندی شبکه در زمان واقعی، با استفاده کارآمد و قابلیت انعطاف­پذیری خودکار.

با افزایش قراردادها و گسترش شبکه در زمان واقعی، ارائه­دهندگان سرویس می­توانند سخت­افزاری را برای افزایش ظرفیت کل شبکه (با گسترش زیرساخت فیزیکی) و مجوزهای نرم­افزاری VNF برای پشتیبانی مشترکین (با گسترش زیرساخت مجازی) اضافه کنند.

در این مرحله، تصمیمات مقیاس­بندی خودکار بر اساس ترافیک شبکه وKPI ها گرفته می­شود.VNF ها به طور خودکار بر اساس ظرفیت و در دسترس بودن ایجاد، حذف، و تقویت می­شوند. به طور مشابه، زیرساخت­های فیزیکی که بهVNF ها خدمت می­کنند، باید بتوانند به صورت پویا برای استفاده از منابع موجود NFVI مقیاس­پذیر شوند. این محیط پویا، پیامدهای مستقیمی برای OSS/BSSخواهد داشت و بنابراین، نیاز به ارتباطات مناسب با سیستم Billing برای صدور صورتحساب دارد. به منظور دستیابی به این قابلیت ارتجاعی، نیاز به قابلیت همکاری در لایه­های کنترل­کننده VIM/MANO و SDN داریم. استقرار سریع تعدادی از VNF ها (اضافه و حذف پویا) نیاز به پیکربندی مجدد شبکه در زمان واقعی دارد.

در این مرحله وجود معیارها، و تجزیه و تحلیل انجام شده در مرحله قبلی(NMM2) با ویژگی "پیش­بینی کننده"، به برنامه­ریزی ظرفیت و افزایش اندازه مناسب شبکه و مرکز داده بطور خودکار کمک می­کند. ارائه­دهندگان سرویس می توانند حجم کار شبکه را به منظور پیش­بینی عملکرد و مصرف منابع یک عملکرد ارائه دهند (شکل 10).

البته کنترل کننده­های خاص دامنه (به عنوان مثال، vCPE، vEPC ، Gi-LAN Controller) تا مرحله NMM4 جدا عمل می­کنند.



شکل 10 فاز 3 مدل بلوغ شبکه [5]

* **فدراسیون[[31]](#footnote-31) SDN**(NMM4)

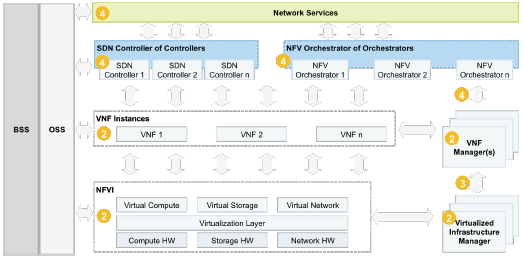
نتیجه کلیدی این مرحله بلوغ : تجمیع کنترل کننده­ها و همنواسازها به صورت عمودی.

مزیت اصلی این مرحله بلوغ : امکان همنواسازی شبکه توسط نمای شبکه­ای VNF بصورت انتها به انتها.

نکته کلیدی در این مرحله، نمای شبکه­ای انتها به انتها است که شامل دورگشت[[32]](#footnote-32) (Backhaul) می­شود. موفقیت در این مرحله به برنامه­های کاربردی/ سرویس اجازه می­دهد تا از کل شبکه، از جمله وظایفی مانند بهینه­سازی قدرت مرکز داده و مهندسی شبکه استفاده کنند.

کنترلِ کنترل­کننده­ها و همنواسازِ همنواسازها (یعنیCMP[[33]](#footnote-33)) قابلیت مشاهده و کنترلِ کنترل­کننده­های دامنه­ای که یکبار جداشده است را خواهند داشت (لازم به ذکر است که در مراحل قبلی (NMM1-3) کنترل کننده­های دامنه جدا شده بودند). به دلیل جدایی کنترل کننده­های دامنه، نمای شبکه­ای انتها به انتها یا کنترل کامل کل شبکه امکان­پذیر نبود. ویژگی مشخصه NMM4، همنواسازی هر دامنه با دامنه­های دیگر در کل شبکه است (شکل 11).

نظارت و هشدارهای KPI[[34]](#footnote-34) در سراسر شبکه در دسترس است ، اما دستکاری حلقه بسته تا NMM5 به تأخیر می­افتد.



شکل 11 فاز 4 مدل بلوغ شبکه [5]

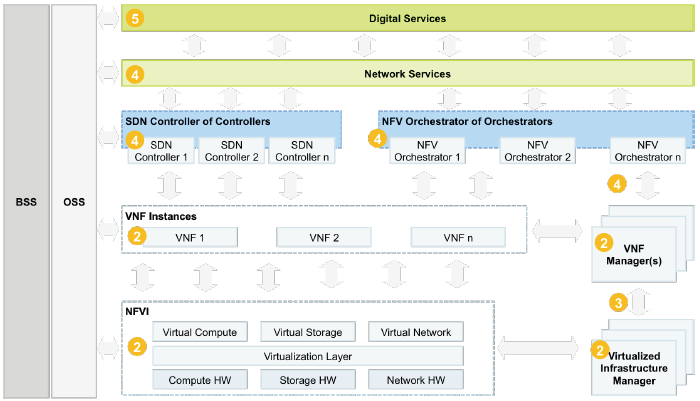
* **خودکارسازی کامل سرویس** (NMM5)

نتیجه کلیدی این مرحله بلوغ : کنترل حلقه بسته در "کنترلِ کنترل کننده". شبکه می­تواند اقدامات خودکار را برای تامینKPI به همراه همنواسازی سرویس انجام دهد.

مزیت کلیدی این مرحله بلوغ : همنواسازی انتها به انتهای سرویس.

در این مرحله، کنترلِ کنترل کننده­ها می­تواند داده­ها را جمع آوری، تجزیه و تحلیل، و شبکه را به طور مناسب برنامه­ریزی کند. توصیف کننده­های سرویس استاندارد با قابلیت دسترسی، به برنامه­های کاربردی لایه بالا اجازه می­دهند از شبکه درخواست سرویس کند، که این سرویس به طور خودکار برای انجام تغییرات در مراحل سرویس تنظیم می­شود. الگوریتم­های قابل دسترس با زنجیره­ای از سرویس در سراسر شبکه (در دامنه یک اپراتور و دامنه بین اپراتورها) می­تواند با زنجیر کردن چندین VNF به بهترین نحو، به عملکرد مورد نظر برسد.

در این مرحله، ارائه­دهندگان سرویس می­توانند به توسعه برنامه­های کاربردی با ارزش افزوده بپردازند، که از رابط­ها در سطوح مختلف معماریSDN/NFV متناسب با نیازها و تجربیات مشتری استفاده می­کنند. برای مثال، یک برنامه کاربردی مهندسی ترافیک که باید از توپولوژی شبکه و سیاست­های اپراتور شبکه اطلاعات کافی داشته باشد، احتمالاً بیشتر در مرحله کنترلِ کنترل­کننده­ها قرار دارد و از وضعیت دقیق شبکه اطلاع حاصل می­کند. این وضعیت را با یک برنامه کاربردی عرضه پهنای باند مقایسه کنید که در آن مشتریان می­توانند در مواقع مورد نیاز یا زمانی که ارائه­دهنده سرویس ظرفیت اضافی دارد، پهنای باند اضافی خریداری کنند. این رابط برنامه نیازی به دانش دقیق توپولوژی شبکه ندارد و می­تواند از طریق پیام­های معمولی از جمله "درخواست سرویس" و "به رسمیت شناختن سرویس" با کنترلِ کنترل­کننده­ها ارتباط برقرار کند (شکل 12).



شکل 12 فاز 5 مدل بلوغ شبکه [5]

در این مرحله، ظهور برنامه­های کاربردی و سرویس شبکه بخوبی رشد می­کند، و این امر به ارائه­دهندگان سرویس این امکان را می­دهد تا از مزایای کامل فناوری­های SDN/NFV برخوردار شوند. با برنامه های کاربردی مجازی­سازی شبکه (موجود درNMM1)، حرکت به سمت کنترل کننده­های خاص دامنه (برجسته­تر درNMM3)، و در نهایت به برنامه­های کاربردی و سرویس­های واقعی شبکه می­رسیم، که فرض می­کنند شبکه و مراکز داده از طریق واسط­های شناخته شده قابل برنامه­ریزی هستند و می­توانند به کل شبکه تعمیم پیدا کنند.

نقطه عطف کلیدی برای این مرحله بلوغ "حلقه بسته" است، تا شبکه بتواند خود را برای پایبندی بهSLA ها آماده و اصلاح کند. پیداست که این نقطه عطف، مکان برنامه­ها و پروتکل ارتباطی بین برنامه کاربردی و شبکه نیست.

منافع کلی تحول، با مجازی­سازی منابع مرکز داده از طریق بستر مدیریت اَبر افزایش می­یابد. از آنجا که VNF در WAN[[35]](#footnote-35) با SDN، ذخیره­سازی، و محاسبه در مرکز داده یکپارچه می­شود، ارائه­دهندگان سرویس می­توانند به سرویس برنامه­های کاربردی/ تجاری با تمرکز بر توسعه انتها به انتها و قابلیت برنامه­ نویسی دست پیدا کنند. این امر باعث افزایش کارایی و چابکی فوق­العاده در شبکه ارائه­دهنده سرویس می­شود.

در پیوست انتهای گزارش، جدولی از فازهای بلوغ شبکه ارائه­دهندگان سرویس در حوزه­های مختلف و قابلیت­های هر یک از فازها بطور خلاصه آورده شده است (جدول 2).

# موانع مهاجرت به SDN و NFV

در حالی که ارائه­دهندگان سرویس به مزایای فناوری­های مجازی­سازی اذعان می­کنند، موانعی برای استقرار، مدیریت، عملکرد و تحقق سرویس وجود دارد [5]. با توجه به فرهنگ صنعت و الزامات حیاتی برخی تکالیف (FCAPS[[36]](#footnote-36)) در شبکه، مهاجرت به راه حل­های مبتنی بر نرم­افزار، مستلزم تغییر در روش ارائه سرویس سنتی است. علاوه بر فناوری، هنوز موانع مهمی برای تغییر فرهنگ مورد نیاز، به رسمیت شناختن مدل­های کسب و کار جدید، و توسعه مهارت­های جدید وجود دارد.

## موانع فناوری

در حالی که در چند سال گذشته حرکت قابل توجهی از نظر علاقه و ارائه راه حل­های NFV روی داده است، فقدان راه حل­های کامل و بالغ از طرف فروشندگان قدیمی و استارت آپ­های زیرک، مانع پذیرش می­شود. برخی از موانع فنی برای پذیرش سرویس­دهنده NFV شامل موارد زیر است:

* با راه حل­های موجود در تولید (مانندFCAPS ، در دسترس بودن، و قابلیت اطمینان) همتراز نیست.
* عدم قابلیت همکاری در حوزه­های فناوری (به عنوان مثال، فیزیکی، مجازی، سنتی)
* عدم توانایی برآوردن نیازهای کسب و کار (به عنوان مثال، SLAها، مجوزدهی، ادغامOSS/BSS)

علاوه بر این، SDN و NFV سبب اختلال راه حل­های موجود OSS/BSS می­شود، و ممکن است نیاز به نوسازی یا ارتقاء راه حل­های موجود باشد. انتظار می­رود که OSS/BSS تکامل یابد تا از تغییر شبکه پشتیبانی کند، زیرا قابلیت­های شبکه اصلی بهبود می­یابد. ادغام OSS/BSS با عناصر NFV/SDN بدون شک چالش برانگیزترین راه برای دستیابی به آن است، با این حال فراهم کردن امکان سازماندهی و خودکارسازی سرویس بصورت انتها به انتها، امری کلیدی است. این موانع در حالی که مهم است، با تمرکز مناسب و مشارکت اکوسیستم SDN/NFV برطرف می­شود.

## تغییرات در فرهنگ سازمان­ها

سازمان­هاباید از سیلوهای سنتی که به نفع تیم­های چند منظوره (فناوری اطلاعات، شبکه و محصول) ایجاد شده است، فراتر روند. در حالی که SDN و NFVدر درجه اول بر روی شبکه متمرکز هستند، برای دستیابی به یک همسویی سرویس کسب و کار بصورت انتها به انتها با زیرساخت­ها، به همکاری با تیم­های شبکه، محاسبه و ذخیره­سازی نیاز دارند.

علاوه بر این، برای بهبود پاسخگویی، چابکی عملیاتی (به عنوان مثال، روش­هایDevOps) و کیفیت راه حل­ها، نیاز به روش­های جدیدی که از قدرت ترکیبی این تیم­های چند منظوره استفاده می­کند، داریم. این تیم­ها تشویق می­شوند که دائماً نوآوری کنند، به طور مداوم قابلیت استفاده از راه حل­ها را ارزیابی کرده و پروژه­ها را با استفاده از تجزیه و تحلیل مدیریت کنند. این امر به تیم­ها اجازه می­دهد سریع­تر حرکت کنند، ابتکار عمل بیشتری داشته باشند و در صورت لزوم، سریع به شکست عکس­العمل نشان دهند.

فرهنگ­های جدید به مدل­های حکمرانی جدید و نقش­های رهبری جدید نیاز دارند. به منظور دستیابی به این تغییر فرهنگی، سازمان­هایی توسط رهبران بصیر، ادغام نقش­های سنتی (به عنوان مثال، CTO[[37]](#footnote-37) و CIO[[38]](#footnote-38) به CTIO[[39]](#footnote-39)) برای حذف روش­های سنتی، چابک­تر شدن و برآورده ساختن بهتر اهداف کسب و کار را آغاز کرده­اند.

## به رسمیت شناختن مدل­های تجاری جدید

با دور شدن فروشندگان TEM[[40]](#footnote-40) از روش­های تحویل سنتی، ارائه­دهندگان سرویس باید آماده ارزیابی مدل­های جدید و نوظهور کسب و کار باشند که با این انتقال همراه خواهد بود :

* جدا کردن تصمیمات خرید سخت­افزار و نرم افزار، زیرا فروشندگان از لوازم یکپارچه فاصله می­گیرند.
* مدل­های قیمت­گذاری / پرداخت به ازای استفاده نرم­افزاری.
* ارائه سرویس مدیریت شده توسط فروشندگان سنتی که تمرکز کمتری بر روی محصولات و بیشتر بر روی سرویس خواهند داشت.

لازم به ذکر است که اگرچه این انتقال­ها ممکن است بیش از آنچه که ارائه­دهندگان سرویس می­خواهند طول بکشد، اما فروشندگان به همراه اکوسیستم بزرگتر در این مسیر حرکت می­کنند، و ارائه­دهندگان سرویس باید پیامدهای این موضوع را بر کسب و کار خود درک کنند.

## شکاف مهارت­ها

انتقال بهNFV، ارائه­دهندگان سرویس را ملزم می­کند تا نیروی کار خود را با مجموعه مهارت­های لازم آموزش دهند. این مسئله یک تلاش زمان­بر و مهم برای طی این گذار است. ارائه­دهندگان سرویس مخابراتی که در طول سالیان دراز متکی به فروشندگان بوده­اند تا هم متخصص حوزه و هم متخصص واحدهای عملکردی باشند، در حال حاضر باید به تجربیات، دانش و تخصص جمعی برای پوشش همه جنبه­های ناشی از جدایی "بستر" از تامین­کنندگان عملکرد شبکه تکیه کنند. این موضوع راه را برای فرصت­های درآمدی جدید برای یکپارچه­سازان سیستم باز می­کند تا چنین تخصصی را در حوزه و عملکرد واحد ارائه دهند.

# جمع­بندی و پیشنهادات

در طول 20 سال گذشته، ارائه­دهندگان سرویس؛ چندین نسل فناوری را پشت سر گذاشته­اند و شبکه­ها، و رویکردهای جدیدی را برای کسب و کار اصلی مورد نیاز بازتعریف کرده­اند [5]. گرچه با تکامل نیازهای مشتری، فناوری­های جدیدی مورد نیاز است، اما مدل­های سنتی خرید لوازم شبکه با بسته­های سخت­افزاری و نرم­افزاری که سرویس ثابت ارائه می­دهند، در حال کاهش است. SDN و NFV وعده مجازی­سازی شبکه نظیر آنچه که برای مرکز داده انجام شده است را می­دهند و با راه حل­های مقرون به صرفه، به ارائه­دهندگان سرویس این امکان را می­دهند تا به کسب و کارهای دیجیتالی تبدیل شوند.

در حالی که انتقال، امری دشوار است. تقریباً همه تأمین­کنندگان تجهیزات مخابراتی قدیمی از یک مدل سخت­افزاری به یک مدل مبتنی بر نرم­افزار منتقل می­شوند. مدل جدید مبتنی بر نرم­افزار، تامین­کنندگان اکوسیستم را به چالش می­کشد تا ضمن کاهش درآمدهای عمده از سخت افزار، حاشیه­ها را حفظ کنند. این انتقال، تامین­کنندگان فعلی را مجبور می­کند تا حوزه­های جدیدی را برای حفظ درآمد خود از ارائه­دهندگان سرویس، حتی بدون رشد هم شناسایی کنند. این تأمین­کنندگان سعی خواهند کرد با نرم­افزارها و سرویس نوآورانه جدید، سرویس خود را متمایز و افزایش دهند.

ارائه­دهندگان سرویس موظفند هزینه­ها و پیچیدگی ارائه سرویس را همزمان با تسریع زمان ورود به بازار کاهش دهند. انجمن­ها و کنسرسیوم­های منبع باز، وسیله­ای را در اختیار ارائه­دهندگان سرویس می­گذارند تا با کمک نرم­افزاری مستقیم به اکوسیستم، استانداردهای سنتی مرتبط را افزایش دهند. مدل منبع باز، وسیله­ای مقرون به صرفه و کارآمد برای ارائه راه حل­های جدید به بازار و همچنین تاثیرگذاری بر جامعه فروشندگان چندکاره بشمار می­رود.

مشارکت فروشندگان در جوامع منبع باز، سبب می­شود تا در سودهی به بلوغ استانداردهایی را که اکثر ارائه­دهندگان سرویس بر آنها تکیه می­کنند، کمک کنند. فروشندگان می­توانند با کمک به پیشبرد این استانداردها و تطبیق پیشنهادات محصول با آنها، اطمینان حاصل کنند که راه حل­های آنها الزامات RFP[[41]](#footnote-41) ارائه­دهنده سرویس را برآورده می­کند. تأثیر اکوسیستم داخلی این جوامع، هم به فروشندگان و هم ارائه­دهندگان سرویس این امکان را می­دهد تا نوآوری کرده و محصولات جدید را سریع­تر به بازار عرضه کنند. با بالغ شدن راه حل­ها، فروشندگان باید ساختار هزینه­های سنتی را بازبینی کنند، زیرا سخت­افزار و نرم­افزار به طور فزاینده­ای جدا و انتزاعی می­شوند.

مشارکت در جوامع منبع باز، به ارائه­دهندگان سرویس اجازه می­دهد تا تأثیر مستقیمی بر ابتکارات منبع باز داشته باشند. در جوامع منبع باز، لازم است تا شرکت­کنندگان در آن به طور فعال با ارائه کدهای برنامه­ نرم­افزاری در تلا­ش­های انجمن مشارکت داشته باشند. ارائه­دهندگان سرویس می­توانند بدین وسیله به منظور افزایش استانداردهای سنتی، از طریق کدنویسی جهت رسیدگی به مشکلاتی که ممکن است در محیط آنها منحصر به فرد باشد، اقدام کنند. همکاری ارائه­دهندگان سرویس و فروشندگان که به عنوان مشارکت­کننده در یک پروژه اجتماعی کار می­کنند، به موازات تلاش­های استاندارد، سبب اعتبار طراحی راه حل از طریق روش­شناسی­های چابک و "شکست سریع[[42]](#footnote-42)" می­شود. این روش بعنوان پایه­ای اساسی از فناوری قابل استفاده، برای تسریع راه حل­های داخلی ارائه شده توسط فروشنده یا ارائه­­دهنده سرویس بکار می­آید. این رویکرد جهت تجاری­سازی فناوری­های منبع باز، به منظور ایجاد اکوسیستم مورد نیاز برای نوآوری و پذیرش وسیع فناوری­های مجازی­سازی که از نرم­افزار منبع باز و سخت­افزار استاندارد صنعت استفاده می­کند، بسیار مهم است.

اگر این جوامع به درستی هدایت شوند، وسیله­ای نیز برای کمک به کاهش وابستگی شدید به فروشندگان را فراهم می­کند. به طور سنتی، راه حل­های اختصاصی منجر به هزینه قابل توجهی برای ویژگی­های جدید می­شود و بر اساس چرخه تحویل ارائه­دهنده تجهیزات تحویل داده می­شود. هیچ یک از این عوامل، از انتقال به مدل ارائه سرویس سریع مورد نظر پشتیبانی نمی­کند. ابتکارات منبع باز که منجر به مشارکت واقعی در کد برنامه می­شود، مکانیزمی را برای ارائه­دهندگان سرویس برای کاهش وابستگی به راه حل­های اختصاصی، و تسریع در ارائه ویژگی­های جدید فراهم می­کند.

یک چالش یا مقاومت رایج در کار با تلاش­های رهبری جامعه باز این است که نتیجه و جهت مطلوب پروژه در کنترل تنها یک نهاد نیست. در نتیجه، پروژه­های منبع باز می­توانند منجر به مشارکت شبکه­ای شوند که عملکرد، کیفیت، قابلیت اطمینان و مقیاس در سطح کسب و کار را در نظر نمی­گیرند. شبیه به بازارهای سازمانی و اَبری، این چالش فرصتی را برای بازیگران جدید اکوسیستم فراهم می­­آورد تا از پیشنهادات ارائه­دهندگان منبع باز استقبال کنند، و بدین وسیله قابلیت اطمینان و مقیاس مورد نیاز برای ارائه­دهندگان شبکه­های مخابراتی را فراهم کنند.

به طور خلاصه، مدل منبع باز به ارائه­دهندگان سرویس این امکان را می­دهد تا بازار خود را گسترش دهند، زمان را برای درآمد سرویس جدید تسریع کنند، به احتمال زیاد هزینه سرویس را کاهش دهند، از وابستگی بی قید و شرط فروشنده اجتناب کنند و نرم­افزارهای با استفاده مجدد را برای محیط منحصر به فرد خود ارائه دهند. بازیگران جدید اکوسیستم در حال ظهور هستند تا راه حل­های حاصله را برای تحویل، استقرار، سفارشی­سازی و پشتیبانی انحصاری کنند و از آن کسب درآمد کنند.

نیروی مخرب SDN و NFV منجر به نوآوری قابل توجهی در بازار تجهیزات مخابراتی می­شود. در حالی که احتمالاً فروشندگان سنتی قادر خواهند بود به طور موثرثر از بازارهای قدیمی به SDN و NFV منتقل شوند، بازارهای جدیدی ظهور می­کند و کلاس جدیدی را برای فروشندگان وOEM[[43]](#footnote-43) ها ایجاد می­کند. برای جلوگیری از خطر کالایی شدن، فروشندگان باید سهم خود را در استفاده مجدد، مقیاس­پذیری و قابلیت تعویض به دقت مدیریت کنند.

فروشندگان باید آماده باشند تا بر چهار فرصت کلیدی تمرکز کنند تا از این تغییر استفاده کنند :

1. ایجاد تمایز در فناوری­های NVF و SDN با بهبود عملکرد راه حل (FCAPS)
2. بهبود مدل­های کسب و کار نرم­افزار و سرویس
3. بهبود یکپارچگی با اکوسیستم وسیع­تر حاوی راه حل­های انتها به انتهای بیشتر
4. تمرکز بر ارزش افزوده توسعه نرم­افزار از طریق برنامه­های کاربردی لایه بالا

در حالی که چالش­های کوتاه­مدتی در مدل کسب و کار وجود دارد که باید بر آنها غلبه کرد، اما فروشندگان این فرصت را دارند که مشاغل خود را در درازمدت متحول کنند که سبب ایجاد مزیت رقابتی اضافی، درآمدزایی بلند­مدت و حاشیه سود بیشتر می­شود.

# پیوست

در جدول زیر خلاصه فازهای بلوغ شبکه ارائه­دهندگان سرویس در نواحی مختلف و با قابلیت­های خاص هر فاز آورده شده است.

جدول2: فازهای بلوغ شبکه

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ناحیه** | **قابلیت** | **فاز 0**  **بدون مجازی­سازی** | **فاز 1**  VNF**های آماده به کار** | **فاز 2**  **مدل­های اطلاعاتی مشترک** | **فاز 3**  **کارکرد شبکه خود-مقیاس­** | **فاز 4**  **فدراسیون** SDN | **فاز 5**  **خودکارسازی کامل سرویس** |
| **کسب و کار و سرویس** | **پیکربندی سرویس / زمان ورود به بازار** | \* تغییرات در سرویسهای موجود فقط در طول پنجره­های تعمیر و نگهداری برنامه­ریزی شده انجام می­شود. \* ارائه سرویس جدید ممکن است هفته ها یا ماهها طول بکشد تا وارد بازار شود. \* برنامه­ریزی و ارائه فرآیندهای زیرساختی برای وسایل اختصاصی از جمله راه­اندازی سرویس معمولاً 18-12 ماه طول می کشد، که منجر به خرید بیش از حد برای رسیدگی به خواسته های غیر منتظره آینده میشود. \* سرورهای IT بدون مجازی­سازی موجود است (COTS) | \* در ارتقاء سرویس به ­VNF های مستقل می­تواند به صورت پویا و بدون وقفه در سرویس انجام شود.  \* فروشندگان برای هرگونه قابلیت جدید یا پیشرفت، هزینه­ها را تغییر می­دهند. | \* سوار شدن سریعترVNF ها با کنترل متمرکز برای ارائه سریع سرویس  \* بهبود نظارت بر سرویس ، افزایش سرعت و راه حل­های سخت شده­تر برای بازار.  \* راه حل­های ابتکاری­تر | \* قابلیت مشاهده و تجزیه و تحلیل شبکه و سرویس که مقیاس پذیری پویا و قابلیت ارتجاعی شبکه را امکان­پذیر می­کند. | \* ایجادسرویس در عرض چند ثانیه/ روز به جای هفته/ ماه  \* همراه با سخت­افزارهای قابل استفاده مجدد، بستر واقعی "نوآوری" را فعال می­کند که انتظار می­رود اکثر آزمایشات سرویس جدید در بازار شکست بخورد. برخلاف توسعه محصولات کلاسیک Telco که معمولاً منتظر می­مانند تا نیاز بازار و فرصت با توجه به ساختار هزینه ثابت شود. | \* استفاده بهینه از منابع، بهینه سازی شبکه و حفاظت از سرمایه­گذاری از طریق تهیه بهتر و هماهنگی بیشتر باSLA ها |
| **توانمندسازی سرویس­های دیجیتال** | \*Telco سنتی: ارائه سرویس دیجیتالی محدود | \* موارد استفاده اولیه/ احتمالی در حال توسعه و آزمایش است. | \* مجموعه­ای محدود از سرویس دیجیتالی مصرف­کننده و سازمانی.  \* داده­های تله­متری در دسترس، برای توانمندسازی نسل بعدی سرویس دیجیتالی. | \* سرویس­های دیجیتالی قابل نمایش از با استفاده از موارد پیاده­سازی شده.  \* منافع درآمد به صورت کمی تعیین شده است. | \* برنامه ها/ سرویس­هایی برای توسعه، که از مزایای بهینه­سازی سرویس/ شبکه در سراسر مرکز داده و ترافیک شبکه استفاده می­کنند.  \* لایه­های زیرین VIM/ MANO/ SDN به اندازه کافی پایدار هستند که برنامه­ها و سرویس گسترده در سراسر شبکه را ممکن می­سازد. | \* نسل جدید سرویس با سرویس مشتری، و تمرکز بر جذب مشتری. |
| **امنیت** | \* حداقل چارچوب سیاست امنیتی شبکه از انتها به انتها  \* سیاست های امنیتی متمرکز بر زیرساخت های فیزیکی | \*VNF های منفرد ایمن  \* حداقل چارچوب سیاست مقیاس پذیر  \*حداقل اصلاح مجاز مقیاس پذیر یا جبران | \*جداسازی منابع سیستم VNF/DMZ  \* VM به ترافیک امن VM | \* محیط امن VNF (ها) در سراسر سرویس شبکه. | \* امنیت کنترل کننده-امنیت دامنه­های منفرد و ارتباط امن دامنه کنترل متقابل. | \* برنامه­های کاربردی و محیط سرویس انتها به انتهای امن و سخت شده شبکه.  \* آگاهی از ترافیک شبکه و مدیریت شبکه برای فیلترینگ و ارتباط با راه حل­های مدیریت تهدید، برای شناسایی و مدیریت آن. |
| **فناوری** | **پلتفرم باز و APIپیکربندی سرویس / زمان ورود به بازار** | \* شبکه از طریق "جعبه­ها"ی اختصاصی عمودی (سخت­افزاری و نرم­افزاری) که برای پشتیبانی از عملکرد شبکه استفاده می­شود، تحویل داده می­شود. | \* اجزای نرم­افزاری رایج (مانند vSwitch ، سیستم عامل میزبان، hypervisor و غیره) که عملکرد کافی شبکه را برایKPI ها ارائه می­دهد، از جمله: توان، تأخیر،jitter  \* نرم افزار و تست سرویس/روش برای اطمینان از SLA سرویس شبکه. | \* مدلهای اطلاعاتی رایج که استفاده ازVNF های چند منظوره را امکان پذیر می­کند.  \* SLA سازگار با فروشندگان VNF، بر اساس مدل اطلاعات رایج از طریق توصیف­گرهای VNF ارائه می­شود. | \* با استفاده از قابلیت اتصال بین لایه­های کنترل VIM/MANO و SDN ، انتخاب بهتری ارائه شده است  \* پشتیبانی از عملکرد مجازی "پیچیده" که از طریق زنجیره­ای بیش از یک VNF از چندین فروشنده ایجاد می شود.  \* انتزاع سرویس از زیرساخت­های لوازم فیزیکی موجود برای دستیابی به سازماندهی خودکار سرویس. | \* نمای شبکه به صورت انتها به انتها که شامل پشتیبان­گیری می­شود.  \* مهندسی شبکه از انتها به انتها فعال است. | \* تأمین خودکار با ادغام برنامه­های کاربردی لایه بالا به شبکه، برای ارائه قابلیت شبکه جهت تنظیم خودکار تغییرات سطح سرویس. |
| **سخت افزار مرکز داده** | \* عدم تفکیک منطقی یا فیزیکی سخت­افزار و نرم­افزار شبکه (توانایی محدود در پشتیبانی از VNF)  \* عدم تفکیک داده و صفحه کنترل (بدون SDN) . | \* انتزاع سخت­افزار شبکه از جعبه­های ساخته شده تا کالای سخت افزاری.  \* ماشینهای مجازی از حوزه vCPE و vEPC در زیرساخت فیزیکی یکسانی قرار ندارند.  \*VNF ها روی سیستم عامل­های x86 COTS قرار دارند. | \* مقیاس­پذیری افقی - سخت افزار به طور کامل مجازی شده است، و اجازه قابلیت ارتجاعی به زیرساخت­های فیزیکی می­دهد. | \* تجزیه و تحلیل اجازه می­دهد تا برنامه­ریزی ظرفیت بهبود یابد و اندازه مناسب سخت­افزار شبکه و مرکز داده بطور خودکار ایجاد شود. | \*API محدود شرقی/غربی کنترلِ کنترل کننده­ها را فعال می­کند. | \* تمام سخت­افزارهای شبکه­ای کاملاً مجازی، خودکار، مقیاس­پذیر، با قابلیت خود-تشخیص/ خود-یادگیر و قابلیت­های خود- ترمیم. |
|  | **سرپرست ، تنظیم کننده و کنترل کننده** | \* بدون نظارت، کنترل­کننده یا همنواساز. | \* معرفی یک سرپرست نوع 2 برای تأمین منابع VNF.  \* استقرارهای جداگانه، که معمولاً همنوا نشده­اند، و محدود به بخش کوچکی از شبکه هستند.  \* عملکردهای شبکه مجازی که توسط یک همنواساز از یک فروشنده واحد تنظیم شده است.  \* کنترل از دامنه­های خاص با کنترل کننده­های اختصاصی درون دامنه جدا شده است. | \* قابلیت ارتجاعی زیرساخت­های مجازی با افزودن مجوزهای نرم­افزاری.  \* محیط­های سازماندهی مستقل از فروشنده برای استقرار بار کاری هوشمند.  \* مدیریت چرخه عمر VNF و تضمین سرویس (نظارت/ کنترل) در سراسر NFVI .  \* کنترل کننده­ها، جدا شده باقی می­مانند.  \* فروشندگان VNF ویژگی شبکه SLA را از طریق توصیفگرهای VNF، با یک مدل اطلاعات مشترک توصیف و ارائه می­دهند. | \* سرپرست، یک نسخه پیشرفته از نوع 2 یا بیشتر است.  \* ترافیک شبکه و KPI، مقیاس­بندیVNF ها را تعیین می­کند.  \* همنواسازی مقیاس­پذیر و با قابلیت ارتجاعی شده است. و توسط فروشندگان بکار گرفته می­شود.  \* کنترل کننده­های دامنه، جدا باقی می­مانند. | \* همنواساز همنواسازها و کنترلِ کنترل کننده­ها، دارای دید و کنترل دامنه­های زمانی جدا شده می­باشند.  \* مقیاس­بندی خودکار شده است، و مجازی­سازی گسترش می­یابد. | \* مقیاس­بندی کامل خودکارسازی و مجازی­سازی در تمام اجزا.  \* عناصر شبکه خود- آموخته و در صورت نیاز عیب­یابی می­کنند.  \* همنواساز کاملاً چالشگر است و در بین راه حل­ها و برنامه­های فروشنده کار می­کند.  \* کنترلِ کنترل کننده، داده­ها را جمع­آوری و تجزیه و تحلیل می­کند تا شبکه انتها به انتها را بطور مناسب برنامه­ریزی کند. |
| **سازمانی** | **چابکی سازمانی** | \* عدم تمرکز سازمانی بر SDN یا NFV .  \* مجموعه­ای از متخصص­های حوزه در گروه­های مختلف عملیات شبکه، فناوری اطلاعات و فروشندگان.  \* انعطاف­پذیری محدود در مدل­های مهندسی و نوآوری، که منجر به کند شدن تحویل سرویس و پیکربندی سرویس جدید می­شود. | \* پیشرفت­ها و توسعه­های اولیه توسط گروه کوچکی در سیلوهای فناوری و سیلوهای برنامه کاربردی در حال تکمیل است.  \* نقشه راه­های میان مدت که به پذیرش VNF می­انجامد.  \* شناسایی و کسب فناوری و قابلیت­های پشتیبانی از نقشه راه. | \* سیلوها (به عنوان مثال، توسعه محصول و عملیات، مهندسی شبکه و بازاریابی) با رویکرد مدولار و تمرکز همزمان بر سرویس سنتی، در حالی که قابلیت­های ارائه سرویس جدید را می­کاوند، شروع به تجزیه می­کنند.  \* تخصصی مجزا به تبدیلKPIهای عملیاتی بهKPI های استراتژیک کمک می­کند. | \* تجزیه بیشتر سیلوها و تشکیل همکاری چند منظوره بین تیم­ها (سرور ، شبکه و برنامه).  \* فدراسیون تخصص استراتژیک. | \* سرمایه­گذاری اضافی در تیم­های چند منظوره، برای انتقال از سیستم­های متمایز به سیستم­های نوآوری. | \* تیم­های چندکاره (شبکه، عملیات، فناوری اطلاعات، بازاریابی) که برای پیشبرد اولویت­های تجاری دیجیتالی پروژه تلاش می­کنند.  \* راه حل­های ارائه شده در زمان­بندی­های سریع (نزدیک به اپراتورهای OTT ).  \* بهبود سرویس در زمان بندی­های سریع (نزدیک به اپراتورهای OTT). |
| **رهبری / مالکیت** | \* بدون حمایت SDN/NFV یا منابع اختصاصی. | \* ایجاد منشور SDN/VNF  \* مهارت­های نوظهور در فناوری­های مجازی­سازی شبکه  \* شناسایی نقش­ها و مسئولیت­ها با SDN/NFV - ظهور CTIO (یا نقش متقابل در CTO و CIO) برای تعیین استراتژی. | \* ظهور مشارکت با CMO در تصمیمات استراتژی SDN/ NFV | \* چارچوب حاکمیتی گسترده­تر کهBU ها / سازمانهای متعددی را برای توسعه پذیرش SDN /NFV هماهنگ می­کند. | \* تخصص گسترده شبکه­ای استراتژیک، تجاری، عملیاتی و زنجیره تامین. | \* مهارتهای سازمانی و درک منافع و اهداف استراتژیک SDN/NFV  \* ابتکاراتSDN/NFV که توسط خطوط مناسب کسب و کار پذیرفته شده است. |
| **عملیات شبکه** | \* درک محدودی از مزایای SDN/NFV. | \* تصمیمات خرید موقتی است.  \* تمرکز بر بهینه­سازی هزینه برای کاهش قیمت جهت عملکردهای شبکه.  \* تجاری­سازی کاربردهای جداگانه از توابع شبکه مجازی.  \* شناسایی تغییرات مورد نیاز در OSS/BSS موجود برای ادغام SDN و NFV. | \* نظارت بر عملکرد VNF و NFVI در محیط استقرار یافته.  \* توسعه و ادغام با OSS/BSS فعال شده است.  \* پیوند از OSS به تامین­کننده IaaS شخص ثالث. | \* تصمیمات خرید مبتنی بر هزینه به تصمیمات خرید مبتنی بر درآمد تغییر می کند.  \* توسعه شفاف موارد استفاده برای SDN وNFV .  \*SDN/NFV ، سرویس را به صورتحساب مناسب سیستم Billing متصل می کند | \* نظارت و هشدارهای KPI در سراسر شبکه در دسترس است اما رسیدگی به حلقه بسته به تأخیر می افتد.  \* ادغام OSS/BSS پویا، خودکار و کاملاً مقیاس­پذیر است. | \* قابلیت اتصال بی­واسطه با سیستم­های OSS/ BSS. |
| **حکمرانی** | **حکمرانی** | \* نقشها و مسئولیت­های حکمرانی سنتی | \* مجوز اجزای شبکه.  \* بدون چارچوب سیاست مقیاس­پذیر  \* بدون اصلاح مجاز مقیاس­پذیر یا جبران.  \* اندازه­گیری تخصصی عملکرد. | \* چارچوب سیاست­گذاری، اجتماعی و تجمیع شده است .  \* نظارت و گزارش­گیری برKPI ها وSLA ها. | \* خودکارسازی تغییر خط­مشی (خود- تغییرات سرویس).  \* اصلاح مجاز و جبران فعال شده است. | \* چارچوب خط­مشی برای کنترل کننده­ها و همنواسازها در محیط کار می­کند. | \* اجرای سیاست از طریق توانایی اندازه­گیری، تجزیه و تحلیل و برنامه­ریزی هر حلقه بازخورد/کنترل منفرد. |
| **مشتری** | **تجربه مشتری** | \* رویکرد واکنشی به تجربه مشتری | \* شفافیت سرویس - مشتریان نمی­توانند بین VNF و سرویس سنتی ارائه شده تمایز قائل شوند. | \* استفاده از داده­ها درک و توانایی مشتری را در توسعه سرویس هدفمند بهبود می­بخشد. | \* قابلیت ارتجاعی و تجزیه و تحلیل، پیش­بینی تجربه کاربر ثابت را تضمین می­کند | \* داده­های وارد شده در حلقه بازخورد رویدادهای مهم، به بهبود تجربه مشتری کمک می­کند .  \* تجزیه و تحلیل بهبود یافته، XaaS را از جمله پرداخت هرچه زودتر، پرداختن به هنگام رشد مدل و هماهنگ­سازی با نیازهای مشتری، ممکن می­سازد. | \* مقیاس­پذیری و قابلیت اطمینان باعث می­شود کهSP ها از رقابت­های سنتی در طول رویدادهای مهم پیشی بگیرند.  \* پیشنهادات سرویس خود-سرویس یکپارچه برای مشتریان، امکان ارائه سرویس قابل تنظیم را فراهم می­آورد. |

# مراجع

[1] Difference between Software Defined Network and Traditional Network. .[online]. Available at: <https://www.geeksforgeeks.org/>.

[2] SDN vs Traditional Networking: Which Leads the Way?. .[online]. Available at: <http://www.chinacablesbuy.com/>.

[3] Á. L. V. Caraguay, L. J. G. Villalba, “Monitoring and Discovery for Self-Organized Network Management in Virtualized and Software Defined Networks”, Sensors, Vol. 17 , 2017.[4] Global market insight, Jul 2018.

[5] A White Paper from Intel Corporation, Service Provider Network Maturity Model.[online]. Available at: NMM@intel.com.



1. Capital expenditures [↑](#footnote-ref-1)
2. Operating expense [↑](#footnote-ref-2)
3. Request For Proposal [↑](#footnote-ref-3)
4. Capital Expenditure/Operational Expenditure [↑](#footnote-ref-4)
5. Application Program Interface [↑](#footnote-ref-5)
6. Information Technology [↑](#footnote-ref-6)
7. Bring your own device [↑](#footnote-ref-7)
8. Commodity hardware [↑](#footnote-ref-8)
9. Market size [↑](#footnote-ref-9)
10. CAGR [↑](#footnote-ref-10)
11. Load Balancer [↑](#footnote-ref-11)
12. Orchestration [↑](#footnote-ref-12)
13. Self-Management [↑](#footnote-ref-13)
14. Autonomic [↑](#footnote-ref-14)
15. Over The Top [↑](#footnote-ref-15)
16. Operation Support System/Business Support System [↑](#footnote-ref-16)
17. Vitual Network Function [↑](#footnote-ref-17)
18. Network Function Vitualization Infrastructure [↑](#footnote-ref-18)
19. Vitual Network Function Manager [↑](#footnote-ref-19)
20. Virtual Infrastructure Manager [↑](#footnote-ref-20)
21. Sevice Level Agreement [↑](#footnote-ref-21)
22. Orchestration [↑](#footnote-ref-22)
23. Network Maturity Model [↑](#footnote-ref-23)
24. Sevice Level Agreement [↑](#footnote-ref-24)
25. Federation [↑](#footnote-ref-25)
26. Control Line Interface [↑](#footnote-ref-26)
27. Element Management System [↑](#footnote-ref-27)
28. Customer Premises Equipment [↑](#footnote-ref-28)
29. Virtual CPE [↑](#footnote-ref-29)
30. Engineering Procurement Construction [↑](#footnote-ref-30)
31. Federation [↑](#footnote-ref-31)
32. برقراری ارتباط میان دو نقطۀ نزدیک به‌هم، با انتقال شدآمد به نقطه­ای واسط و دوردست و سپس انتقال آن به مقصد [↑](#footnote-ref-32)
33. Connection Management Protocol [↑](#footnote-ref-33)
34. Key Performance Indicator [↑](#footnote-ref-34)
35. Wide Area Network [↑](#footnote-ref-35)
36. Fault,Configuration,Accounting,Performance,Security [↑](#footnote-ref-36)
37. Chief Technology Officer [↑](#footnote-ref-37)
38. Chief Information Officer [↑](#footnote-ref-38)
39. Chief Technology & Information Officer [↑](#footnote-ref-39)
40. Telecommunication Equipment Manufacturer [↑](#footnote-ref-40)
41. Request For Proposal [↑](#footnote-ref-41)
42. Fail fast [↑](#footnote-ref-42)
43. Original Equipment Manufacturer [↑](#footnote-ref-43)