

◆ IPv4 (Internet Protocol version 4)

مزایا:

1. سازگاری گسترده: تقریباً همه دستگاهها، نرمافزارها و شبکه‌ها از IPv4 پشتیبانی می‌کنند.
2. پیکربندی ساده‌تر: تنظیمات دستی و شبکه‌های خصوصی مثل NAT به خوبی با IPv4 کار می‌کنند.
3. پایداری و تجربه زیاد: دهه‌هاست مورد استفاده است، بنابراین مشکلات آن به خوبی شناخته شده و ابزارهای مدیریتی بالغ هستند.

معایب:

1. تعداد محدود آدرس‌ها (۴/۳ میلیارد): کمبود آدرس یکی از بزرگترین مشکلات IPv4 است.
2. استفاده از NAT (Network Address Translation): برای رفع کمبود آدرس از NAT استفاده می‌شود، که گاهی باعث پیچیدگی و کاهش کارایی می‌گردد.
3. امنیت ضعیفتر: امنیت در IPv4 به صورت پیشفرض وجود ندارد (باید به صورت جداگانه از IPsec استفاده شود).
4. مدیریت پیچیده‌تر در شبکه‌های بزرگ: با افزایش دستگاه‌ها، پیکربندی دستی و مدیریت آدرس‌ها دشوارتر می‌شود.

◆ IPv6 (Internet Protocol version 6)

مزایا:

1. تعداد بسیار زیاد آدرس‌ها ($10^{38} \times 3.4$): عملآ درس‌دهی نامحدود، مناسب برای اینترنت اشیاء (IoT) و آینده اینترنت.
2. عدم نیاز به NAT: هر دستگاه می‌تواند آدرس عمومی مخصوص خود را داشته باشد، ارتباطات مستقیم‌تر و کارآمدتر می‌شود.
3. امنیت درونی: (Built-in IPsec) به صورت پیش‌فرض در IPv6 گنجانده شده است.
4. پیکربندی خودکار: (Stateless Autoconfiguration) دستگاه‌ها می‌توانند بدون DHCP به صورت خودکار آدرس بگیرند.
5. بهبود کارایی در مسیریابی: ساختار آدرس‌ها ساده‌تر و سلسه‌مراتبی است، در نتیجه سرعت و کارایی مسیریابی بالاتر است.
6. پشتیبانی بهتر از QoS (کیفیت سرویس): برای اولویت‌بندی ترافیک (مثل تماس‌های ویدئویی یا VoIP) طراحی بهتری دارد.

معایب:

1. عدم سازگاری کامل با IPv4: IPv4 و IPv6 مستقیماً با هم کار نمی‌کنند؛ نیاز به مکانیزم‌های ترجمه یا تونل‌سازی دارند.

2. پشتیبانی نافع در برخی تجهیزات قدیمی: بعضی دستگاه‌ها یا نرم‌افزارهای قدیمی هنوز از IPv6 پشتیبانی نمی‌کنند.
 3. پیاده‌سازی پرهزینه‌تر در کوتاه‌مدت: بهروزرسانی زیرساخت‌ها و آموزش نیروی انسانی هزینه‌بر است.
 4. اشکالات احتمالی در تنظیمات امنیتی جدید: بهدلیل تفاوت ساختار و پیچیدگی برخی ویژگی‌ها، نیاز به تجربه و دقت بیشتری در پیکربندی دارد.
- 5. جمع‌بندی مقایسه‌ای**

ویژگی	IPv4	IPv6
طول آدرس	32 بیت	128 بیت
تعداد آدرس‌ها	$\approx 4.3 \times 10^{38}$ میلیارد	درونی (IPsec) تعیین‌شده (اختیاری) (IPsec) جدگانه (امنیت NAT)
پیکربندی خودکار	نیاز دارد	بینیاز
سازگاری با شبکه‌های فعلی	محدود	پیشرفته
سرعت مسیریابی	محدود در برخی موارد	بسیار بالا
مناسب برای IoT	معمولی	بهینه‌تر

◆ NAT چیست؟

مخفف Network Address Translation (NAT) به معنی ترجمه آدرس شبکه است. NAT وظیفه دارد آدرس‌های IP خصوصی (Private IP) داخل شبکه محلی را به یک یا چند آدرس IP عمومی (Public IP) تبدیل کند تا دستگاه‌های داخلی بتوانند با اینترنت ارتباط برقرار کنند.

◆ مثال ساده

فرض کنید در یک خانه چند دستگاه (لپتاپ، گوشی، تلویزیون) وجود دارد که هر کدام یک آدرس خصوصی مانند 192.168.1.x دارند. مودم خانگی فقط یک آدرس عمومی از شرکت اینترنت دارد (مثلاً 85.132.45.10).

وقتی لپتاپ درخواستی به اینترنت می‌فرستد، مودم با استفاده از NAT:

1. آدرس مبدأ (192.168.1.2) را به آدرس عمومی خود (85.132.45.10) تبدیل می‌کند.
2. درخواست را به اینترنت می‌فرستد.
3. وقتی پاسخ از سرور بر می‌گردد، مودم آن را به آدرس خصوصی لپتاپ بر می‌گرداند.

به این فرآیند «ترجمه آدرس شبکه» یا NAT گفته می‌شود.

◆ هدف از NAT

دلیل اصلی استفاده از NAT کمبود آدرس‌های IPv4 است. با وجود میلیاردها دستگاه متصل به اینترنت، تعداد IP های عمومی کافی نیست. این مشکل را با اجازه دادن به چندین دستگاه برای استفاده از یک آدرس عمومی حل کرده است.

◆ انواع NAT

نوع NAT	توضیح
Static NAT	هر آدرس خصوصی به یک آدرس عمومی خاص و ثابت ترجمه می‌شود (نسبت ۱ به ۱).
Dynamic NAT	آدرس خصوصی به هر آدرس عمومی آزاد در دسترس ترجمه می‌شود (نسبت متغیر).
PAT (Port Address Translation) یا NAT Overload	چندین دستگاه از یک IP عمومی استفاده می‌کنند ولی با پورت‌های مختلف. این نوع، رایج‌ترین در شبکه‌های خانگی است.

◆ مزایای NAT

- صرفه‌جویی در مصرف آدرس‌های IPv4
- افزایش امنیت، چون آدرس‌های داخلی از بیرون قابل مشاهده نیستند
- انعطاف‌پذیری در طراحی شبکه

◆ معایب NAT

- دشواری در ایجاد ارتباط مستقیم بین دو دستگاه) مثل بازی‌های آنلاین یا (VPN)
- ایجاد تأخیر جزئی در پردازش بسته‌ها
- عدم نیاز در IPv6 ، چون آدرس‌های کافی در اختیار دارد

◆ وضعیت استفاده از IPv6 در ایران

مقدمه

پروتکل IPv6 نسل جدید آدرس‌دهی اینترنت است که برای جایگزینی با IPv4 طراحی شده است. هدف اصلی از طراحی IPv6، رفع مشکل کمبود آدرس‌های IPv4 و بهبود کارایی، امنیت و ساختار مسیریابی شبکه‌هاست. با وجود گذشت بیش از دو دهه از معرفی IPv6، پذیرش و استفاده از آن در کشورهای مختلف با سرعت‌های متفاوتی پیش رفته است. در ایران نیز روند مهاجرت به IPv6 بهصورت محدود و تدریجی انجام شده است.

◆ وضعیت فعلی IPv6 در ایران

بر اساس گزارش‌های بین‌المللی و داده‌های منتشر شده توسط مراکز معترض:

1. طبق آمار APNIC Labs آژومن ۲۰۲۵ سطح توانایی کاربران ایرانی در استفاده از IPv6 حدود ۱۶٪ است.
 2. گزارش سالانه Cloudflare (Year in Review 2024) نشان می‌دهد که تنها حدود ۴٪ از ترافیک اینترنت در ایران بر پستر IPv6 منتقل می‌شود.
 3. طبق داده‌های RIPE NCC، تنها تعداد محدودی از ایندهندگان خدمات اینترنتی ISP‌ها (در ایران موفق به دریافت بالاترین سطح پیاده‌سازی) IPv6 معروف به ۵ ستاره یا ("RIPE IPv6 RIPENess 5-Star") شده‌اند.
 4. در شبکه‌های داخلی و مراکز داده، بسیاری از زیرساخت‌ها هنوز به صورت کامل از IPv6 پشتیبانی نمی‌کنند.
- به طور کلی، اگرچه آدرس‌های IPv6 به ایران تخصیص یافته‌اند، استفاده‌ی واقعی از آن در سطح کاربران و سرویس‌ها هنوز پایین است.

◆ موانع و چالش‌های پیاده‌سازی IPv6 در ایران

1. زیرساخت فنی ناکافی: بسیاری از تجهیزات شبکه‌ای قدیمی یا میان‌رده در سازمان‌ها هنوز از IPv6 پشتیبانی کامل ندارند.
2. هزینه‌های پیاده‌سازی: به روزرسانی سخت‌افزارها، نرم‌افزارها و آموزش نیروی انسانی هزینه‌بر است.
3. وابستگی به IPv4 و NAT: با وجود عملکرد مناسب IPv4 در NAT، بسیاری از شرکت‌ها هنوز ضرورتی برای مهاجرت احساس نمی‌کنند.
4. نبود سیاست تشویقی و الزام قانونی: تاکنون طرح ملی مشخصی برای اجبار یا تشویق به استفاده از IPv6 به صورت فراگیر اجرا نشده است.
5. کمبود آگاهی فنی: بسیاری از مدیران شبکه و کاربران نهایی هنوز دانش کافی درباره مزایا و نحوه استفاده از IPv6 ندارند.

◆ مزایای بالقوه استفاده از IPv6 برای ایران

- حل مشکل کمبود آدرس‌های IPv4.
- تسهیل توسعه خدمات اینترنت اشیاء (IoT).
- افزایش کارایی و امنیت شبکه‌ها.
- حذف نیاز به NAT و بهبود ارتباطات مستقیم.
- افزایش سرعت و کیفیت سرویس‌ها در مقیاس بزرگ.

◆ جدول مقایسه وضعیت IPv6 ایران با میانگین جهانی ۲۰۲۵

توضیح	میانگین جهانی	ایران	شاخص
اختلاف زیاد در پیاده‌سازی واقعی	حدود ۴۵٪	۴۰٪	درصد استفاده واقعی از IPv6
بیشتر کاربران هنوز فقط IPv4 دارند	حدود ۵۵٪	۱۶٪	درصد کاربران دارای قابلیت IPv6
فقط برخی اپراتورها مثل همراه اول و ایرانسل آزمایشی فعال کرده‌اند	متعدد و گسترده	(۵)	محدود (کمتر از اپراتورهای دارای IPv6 فعال)
نشان‌دهنده ضعف در استقرار واقعی IPv6	کمتر از ۱۰	کمتر از ۵ ستاره اروپایی	دریافت گواهی ۵ ستاره RIPE
نیاز به آموزش و فرهنگ‌سازی گسترده	متوسط تا بالا	پایین	سطح آگاهی عمومی

◆ جمع‌بندی

با وجود تخصیص آدرس‌های IPv6 به ایران و آغاز برخی پروژه‌های آزمایشی، پذیرش و استفاده‌ی عملی از IPv6 در کشور هنوز محدود است.

در مقایسه با میانگین جهانی، سهم IPv6 در شبکه ایران بسیار پایین‌تر است.
برای پیشرفت در این زمینه، لازم است:

1. اپراتورها و مراکز داده به صورت جدی‌تر زیرساخت IPv6 را فعال کنند.
2. دولت و نهادهای تنظیم مقررات سیاست‌های تشویقی برای مهاجرت به IPv6 تدوین کنند.
3. دوره‌های آموزشی تخصصی و اطلاع‌رسانی عمومی برای افزایش آگاهی فنی برگزار شود.

در صورت برنامه‌ریزی و اجرای صحیح، مهاجرت به IPv6 می‌تواند گامی مؤثر در توسعه شبکه ملی و افزایش کیفیت ارتباطات اینترنتی در ایران باشد.

◊ منابع و مراجع

1. RFC 791 – Internet Protocol (IPv4 Specification)

منبع اصلی تعریف و استاندارد IPv4 از سوی IETF.
<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc791>

2. RFC 2460 – Internet Protocol, Version 6 (IPv6 Specification)

استاندارد رسمی IPv6 منتشر شده توسط IETF.
<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2460>

3. RFC 3022 – Traditional NAT (Network Address Translation)

تعریف رسمی و فنی عملکرد NAT در شبکه‌های مبتنی بر IPv4.
<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc3022>

4. APNIC Labs – IPv6 Measurement for Iran (2025)

آمار جهانی استفاده از IPv6 به تفکیک کشورها.
<https://labs.apnic.net/ipv6-measurement/>

- Cloudflare Radar – Year in Review 2024 (Iran Section)** .5
گزارش سهم IPv6 در ترافیک اینترنت ایران بر اساس داده‌های جهانی Cloudflare.
<https://radar.cloudflare.com/year-in-review/2024/ir>
- RIPE NCC – IPv6 RIPEness for LIRs in Iran** .6
شاخص آمادگی اپراتورها و سازمان‌ها در پیاده‌سازی IPv6.
<https://ripe ness.ripe.net/5star/IR.html>
- Cisco Networking Academy – CCNA Materials (IPv4, IPv6, NAT Topics)** .7
محتوای آموزشی رسمی سیسکو درباره مفاهیم IPv4 ، IPv6 و NAT.
- Google IPv6 Statistics Dashboard** .8
داده‌های تاریخی جهانی درباره میزان استفاده از IPv6 در کاربران اینترنت.
<https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html>