

## بررسی تاثیر شرایط مختلف بر میزان خودشبهی ترافیک شبکه‌های کامپیوتری: مطالعه موردی ترافیک شبکه دانشگاه یزد

محمد مهدی میرزایی<sup>۱</sup>، کیارش میزانیان<sup>۲</sup>، مهدی رضاییان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه یزد، یزد، ایران  
m.mehdi.mirzaei@stu.yazd.ac.ir

<sup>۲</sup> دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه یزد، یزد، ایران  
k.mizanian@yazd.ac.ir

<sup>۳</sup> دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه یزد، یزد، ایران  
mrezaeian@yazd.ac.ir

### چکیده

خودشبهی مفهومی است که در دو دهه‌ی گذشته وارد ادبیات شبکه‌های کامپیوتری شده است و نقش به‌سزایی در مدلسازی ترافیک شبکه‌های کامپیوتری دارد. وجود خاصیت خودشبهی در ترافیک شبکه اثبات شده است و مشخصات آن با مدل‌های ترافیک مبنی بر توزیع پواسون متفاوت است. مدل‌های ترافیک شبکه‌های کامپیوتری نقش به‌سزایی در بهبود کیفیت خدمات دارند. بنابراین، برای رسیدن به کیفیت خدمات بهتر باید ویژگی خودشبهی در مدل‌های ترافیک شبکه لحاظ شود. در این مقاله، ما دو مجموعه ترافیک شامل ترافیک شبکه دانشگاه یزد و ترافیک گروه MAWI<sup>۱</sup> را تحلیل می‌کنیم. تاثیر شرایط مختلف مانند بار ترافیک و کیفیت زیر ساخت را بر میزان خودشبهی بررسی می‌کنیم. همچنین، درجه خودشبهی پروتکل‌های مختلف و دلایل وجود اختلاف بین آن‌ها مرور می‌شود. نتایج به دست آمده حاکی از وجود رابطه مستقیم بین بار شبکه و میزان خودشبهی بود. همچنین، وجود رابطه بین کیفیت زیرساخت و شدت وابستگی بلند مدت مورد بررسی قرار گرفت و رابطه معنی‌داری مشاهده نشد.

### کلمات کلیدی

خودشبهی، خودهماندی، وابستگی بلند مدت، توزیع دنباله بلند، پارامتر هرست، مدلسازی ترافیک شبکه

حد الامکان ساده و نزدیک به واقعیت باشند. در مرجع [۱] در مورد انتخاب یک مدل مناسب بحث شده است.

تلاش برای مدلسازی ترافیک شبکه‌های کامپیوتری از گذشته تا به امروز ادامه دارد [2,3,4,5,6]. بیشتر مدل‌های اولیه که برای ترافیک شبکه ارائه شدند بر اساس توزیع پواسون بودند [2,3]. اما، در اوایل دهه‌ی ۹۰ میلادی گروهی از متخصصان شبکه اثبات کردند که این گونه مدل‌ها با واقعیت ترافیک شبکه‌های کامپیوتری تفاوت زیادی دارند. در سال ۱۹۹۴، Leland و همکارانش خبر از وجود خاصیت خودشبهی در ترافیک شبکه اترنت دادند [7]. مطالعات دیگری نیز در این زمینه و بر روی سایر انواع شبکه صورت گرفت [8,9] و همه خودشبهی بودن ترافیک شبکه را تایید کردند. بنابراین، نقش مدل‌های پواسون در مدلسازی ترافیک شبکه کم‌رنگ شد.

### ۱- مقدمه

شبکه‌های کامپیوتری امروزه نقش غیر قابل انکاری در زندگی افراد و سازمان‌ها دارند تا آنجا که بدون شبکه‌های کامپیوتری بسیاری از ارگان‌ها قادر به ادامه فعالیت خود نیستند. رشد و توسعه‌ی سریع از دیگر جذابیت‌های آن‌هاست که باعث جذب کاربران فراوانی شده است. از این رو، این شبکه‌ها نیاز به مطالعه‌ی دقیق، طراحی حساب شده، و مدیریت مدیرانه‌ای دارند. ارزیابی یکی از موارد کلیدی برای بر طرف کردن این نیازهاست. در حوزه ارزیابی شبکه‌های کامپیوتری، می‌توان از مدلسازی به عنوان مهمترین عامل نام برد. مدیران شبکه با استفاده از مدلسازی می‌توانند رفتار شبکه را در آینده پیش بینی کنند و تمهیدات لازم را در نظر بگیرند. از این جهت، مدل‌های ارائه شده باید

$$\forall a > 0, 0 < H < 1 \quad Y(t) \stackrel{d}{=} a^{-H} Y(at) \quad (1)$$

پارامتر  $H$  (هرست) فاکتور اندازه‌گیری خودشبیهی است و اندازه وابستگی بلند مدت<sup>۴</sup> را نشان می‌دهد. هر چه این پارامتر به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، دارای وابستگی بلند مدت شدیدتری است. این رابطه نشان می‌دهد  $Y(t)$  و مقیاس شده‌ی آن  $Y(at)$  دارای توزیع یکسانی هستند.  $a$  یک عدد ثابت است که به منظور نرمالیزه کردن استفاده می‌شود.

**خودشبیهی در زمان گسسته:** فرآیند  $\{X(i), i \geq 1\}$  خودشبیهی است اگر آن را به صورت  $X^m(k) = \frac{1}{m} \sum_{i=(k-1)m+1}^{km} X(i)$  گروه بندی نماییم و پارامترهای آماری آن نظیر میانگین، واریانس، همبستگی و غیره حفظ شود.

## ۲-۲- خودشبیهی مرتبه دوم

از آن‌جا که ترافیک شبکه به دلیل تصادفی بودن مولدهای ترافیک به صورت دقیق خودشبیه نیست، بنابراین، فرآیندهای خودشبیه مرتبه دوم دارای جذابیت بیشتری هستند. به این علت که چنین فرآیندهایی ایستا نیستند، نوع ضعیف‌تر آن را بررسی می‌کنیم که با تابع اتوکوریانس بیان می‌شود:  $\gamma(t, s) = E[(X(r)-\mu)(X(s)-\mu)]$  و به ازای  $r, s, k \in Z$  در رابطه  $\gamma(t, s) = \gamma(t+k, s+k)$  صدق می‌کند. به دلیل این خصوصیت، عبارت  $\gamma(t, s) = \gamma(t-s, 0)$  برقرار است. بنابراین می‌توان تابع اتوکوریانس را با یک پارامتر به کار برد:  $\gamma(k)$ .

حال، فرآیند  $X(t)$  خودشبیهی از مرتبه دوم است اگر:

$$\gamma(k) = \frac{\sigma^2}{2} ((k+1)^{2H} - 2k^{2H} + (k-1)^{2H}) \quad (2)$$

و  $X(t)$  به طور مجانبی خودشبیهی مرتبه دوم است اگر:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \gamma^{(m)}(k) = \frac{\sigma^2}{2} ((k+1)^{2H} - 2k^{2H} + (k-1)^{2H}) \quad \text{for all } k \geq 0 \quad (3)$$

## ۳-۲- خصوصیت وابستگی بلند مدت فرایندهای

### خودشبیهی

یک فرآیند خودشبیهی می‌تواند ویژگی وابستگی بلند مدت را از خود بروز دهد. فرایندهایی که این خصوصیت را دارند دارای تابع خود همبستگی زیر هستند:

$$r(k) \sim ck^{-\beta} \quad \text{as } k \rightarrow \infty, 0 < \beta < 1, 0 < c \quad (4)$$

در این رابطه  $\beta$  و  $c$  ثابت هستند و  $r(k) = \gamma(k)/\sigma^2$ . بنابراین تابع خودهمبستگی این فرایندها از تابع توانی پیروی می‌کنند که نسبت به توابع نوایی با سرعت کمتری نزول می‌کنند. البته خودشبیهی و ویژگی وابستگی بلند مدت در حالت کلی معادل نیستند.

طبق تعریف، خودشبیهی یک ویژگی از یک شی تصادفی خاص مانند سری زمانی است که در مقیاس‌های مختلف زمان و فضا بدون تغییر باقی می‌ماند. اشکال خودشبیهی، مثل فراکتال‌ها، در مقیاس‌های مختلف ظاهر یکسانی دارند. اما در فرایندهای خود شبیهی، با مقیاس گذاری زمانی، آمارگان دو فرایند، قبل و بعد از مقیاس گذاری، با یکدیگر یکسان است. در مورد ترافیک شبکه‌های کامپیوتری، آمارگان ترافیک خودشبیهی در مقیاس‌های متفاوت زمانی یکسان است. به عبارت دیگر، ترافیک خودشبیهی خاصیت توده‌ای<sup>۵</sup> خود را در تمام مقیاس‌ها حفظ می‌کند. در حالی که ترافیک‌های پواسون در مقیاس‌های بزرگتر به تدریج به یک خط راست میل می‌کنند.

پدیده خودشبیهی می‌تواند تاثیر قابل توجهی بر کارایی شبکه داشته باشد؛ به عنوان مثال تاخیر صف و نرخ از دست رفتن بسته‌ها [10]. حجم بافر مورد نیاز یکی دیگر از مواردی است که می‌تواند از خودشبیهی ترافیک تاثیر بپذیرد. به عنوان مثال، حجم بافر مورد نیاز ممکن است بیشتر از مقداری باشد که توسط مدل‌های غیر خود شبیهی پیش بینی شده است.

در این پژوهش به منظور درک بهتر تاثیر خودشبیهی بر رفتار ترافیک شبکه ما حجم نسبتاً زیادی از ترافیک‌های واقعی را تحلیل می‌کنیم. برای تحلیل جامع این پدیده، مجموعه ترافیک بررسی شده شامل ترافیک‌های داخلی و خارجی می‌باشد. با بررسی اطلاعات بدست آمده، می‌توان تاثیر پارامترهای مختلف، شامل نوع پروتکل، الگوی استفاده از شبکه و زیرساخت را بر میزان خودشبیهی ترافیک مشاهده کرد. ترافیک‌های مختلف بر اساس پروتکل‌های گوناگون تفکیک می‌شود و میزان خودشبیهی هر دسته تخمین زده شده و مقایسه می‌شود. پارامتر هرست<sup>۶</sup> (در ادامه تعریف شده است) ترافیک در ساعت‌های مختلف محاسبه و تاثیر الگوی مصرف بر این پارامتر بررسی می‌شود. در پایان نیز میزان خودشبیهی یک ترافیک داخلی و یک ترافیک خارجی مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

در بخش دوم مقاله به تعریف ریاضی پدیده خودشبیهی و ویژگی‌های آن می‌پردازیم. در بخش سوم، روش‌های تخمین پارامتر هرست را مرور می‌کنیم. ترافیک‌های مورد استفاده در این تحقیق را در بخش چهارم مورد بررسی قرار می‌دهیم. در بخش آخر، بر نتایج بدست آمده در این مقاله مروری می‌اندازیم.

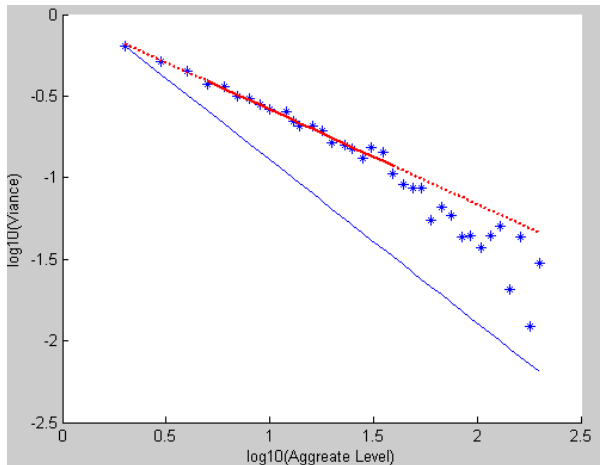
## ۲- تعریف ریاضی پدیده خودشبیهی

دو تعریف ریاضی برای مفهوم خودشبیهی وجود دارد: خودشبیهی دقیق و خودشبیهی مرتبه دوم.

### ۱-۲- خودشبیهی دقیق

**خودشبیهی در زمان پیوسته:** فرآیند پیوسته  $Y: \{Y(t), t \geq 0\}$  خودشبیهی است اگر در رابطه زیر صدق کند:

رو بدست می‌آید  $H = 1 - 2\beta$ . به عنوان مثال، در شکل (۱) نمودار لگاریتمی یک سری زمانی با پارامتر هرست ۰٫۷ رسم شده است.



شکل (۱): نمودار روش Aggregated Variance

#### ۴- مجموعه ترافیک‌های استفاده شده

در این پژوهش دو مجموعه ترافیک مورد استفاده قرار گرفته‌اند:

- مجموعه ترافیک جمع آوری شده از لینک خارجی دانشگاه یزد
- مجموعه ترافیک گروه MAWI [15]

#### ۴-۱- مجموعه ترافیک دانشگاه یزد

این مجموعه ترافیک از لینک ارتباطی دانشگاه یزد و مرکز مخابرات ایران جمع آوری شده است و پهنای باند این لینک ۶۲ مگا بیت بر ثانیه است.

به این علت که خواستار تحلیل پارامتر هرست در بازه‌های مختلف ترافیکی بودیم، این مجموعه ترافیک در سه بازه زمانی به مدت یک ساعت جمع آوری شده است. طبق گزارش مرکز فناوری اطلاعات دانشگاه یزد و نمودارهای رسم شده توسط نرم افزار MRTG<sup>۴</sup> که در شکل‌های (۲) و (۳) به تصویر کشیده شده‌اند، بازه‌های زمانی طبق جدول (۱) انتخاب شده‌اند:

جدول (۱): بازه‌های زمانی ترافیک دانشگاه یزد

نام مجموعه	بازه زمانی	وضعیت بار ترافیک	تاریخ میلادی
YazdLow	۹:۰۰ تا ۱۰:۰۰	بار سبک	۲۰۱۲/۱۲/۲۵
YazdMid	۲۱:۰۰ تا ۲۲:۰۰	بار متوسط	
YazdHigh	۱۰:۰۰ تا ۲۰:۰۰	بار سنگین	

به عنوان مثال،  $H=1/2$  با  $fBm^5$  خودشبهه است اما دارای ویژگی وابستگی بلند مدت نیست. اما در فرایند خودشبهه درجه دوم با  $H>1/2$  هرکدام از این ویژگی‌ها نشان‌دهنده‌ی دیگری است و می‌توان به جای دیگری استفاده نمود.

#### ۲-۴- ارتباط توزیع دنباله بلند با خودشبهی

متغیر تصادفی  $Z$  دارای توزیع دنباله بلند است اگر:

$$\Pr\{Z \leq x\} = cx^{-a}, \quad x \rightarrow \infty \quad (5)$$

که  $0 < a < 1$  اندیس یا پارامتر شکل و  $c$  یک ثابت مثبت است. پرتو<sup>۶</sup> یکی از توزیع‌های دنباله بلند است که کاربرد فراوانی دارد و تابع توزیع آن به صورت زیر است:

$$\Pr\{Z \leq x\} = 1 - \left(\frac{b}{x}\right)^a, \quad b \leq x \quad (5)$$

که  $0 < a < 2$  پارامتر شکل و  $b$  پارامتر موقعیت نامیده می‌شود. ترافیک تولید شده توسط تعدادی منبع ترافیک ON/OFF که زمان فعالیت آن‌ها دارای توزیع دنباله بلند است، خودشبهه خواهد بود.

#### ۳- روش‌های تخمین پارامتر هرست

روش‌های متنوع و زیادی برای تخمین پارامتر هرست معرفی شده‌اند. ما در این جا به اختصار پنج مورد از شناخته شده‌ترین روش‌ها را معرفی می‌کنیم:

- نمودار R/S: قدیمی‌ترین و شاید شناخته شده‌ترین روش تخمین هرست.
- نمودار Aggregated Variance: براساس چگونگی تغییر واریانس سری زمانی در مقیاس‌های مختلف.
- Periodogram: براساس تخمین چگالی طیفی
- Wavelets: روشی است که می‌توان آن را به عنوان تعمیم بر تبدیل فوریه دانست.
- Whittle: به رفتار طیف فرکانسی در نزدیکی فرکانس صفر توجه دارد.

دو روش اول در دامنه زمان و سه روش آخر در دامنه فرکانسی کار می‌کنند. برای جزئیات بیشتر به [11] رجوع شود. به دلیل سادگی روش دوم، ما در محاسبات انجام شده از این روش و از کد Matlab منتشر شده در [16] استفاده کرده‌ایم.

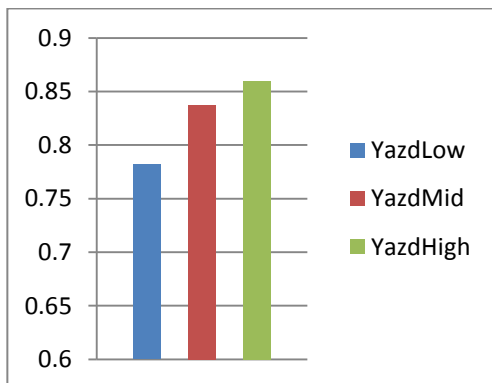
#### ۳-۱- روش نمودار Aggregated Variance

این روش در [12] معرفی شده است. در این قسمت به توضیح اجمالی آن می‌پردازیم.

این رویکرد بر اساس کاهش آهسته واریانس سری‌های زمانی خودشبهه است. نمودار لگاریتمی (log-log) واریانس  $X^{(m)}$  بر اساس  $m$  رسم می‌شود. اگر شیب این نمودار ( $-\beta$ ) از عدد منفی یک بزرگتر باشد نشان دهنده‌ی پدیده خودشبهی است و پارامتر هرست از رابطه رو به

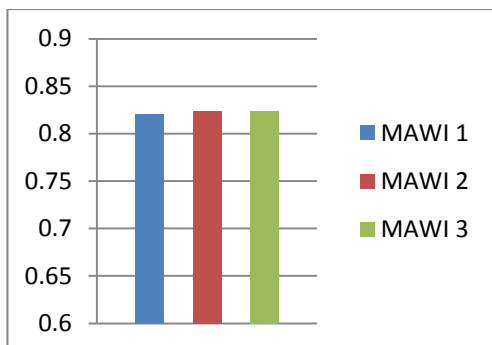
وابستگی بلند مدت شدیدتری است. این نتایج پیش از این نیز در مطالعات قبلی مانند [7,10] بدست آمده بود و این مشاهدات می تواند اثبات دیگری بر این ادعا باشند.

یکی از دلایلی که در توجیه این موضوع می توان ذکر کرد این است که که ساعت هایی که بارترافیک سنگینی دارند، زمان هایی هستند که بیشتر کاربران برای دانلود انتخاب می کنند. با توجه به توزیع دنباله بلند اندازه فایل ها [13]، ترافیک جمع شده میزان خودشبیهی بالاتری خواهد داشت.



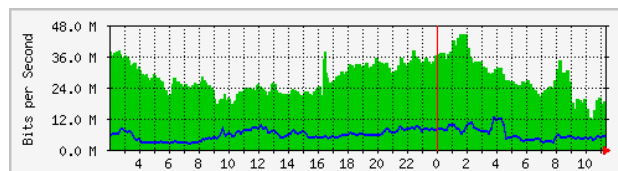
شکل (۴): نمودار هرست ترافیک دانشگاه یزد در ساعات مختلف

در شکل (۵)، میزان خودشبیهی قسمت های مختلف ترافیک MAWI به تصویر کشیده شده است. برخلاف تصویری که از قبل وجود داشت، ترافیک این بازه های زمانی دارای پارامتر هرست تقریباً برابری هستند. بدلیل این که الگوی استفاده شبکه موجود در دسترس نیست، نمی توان دلیل محکمی برای این موضوع بیان کرد. اما یکی از محتمل ترین توجیهاتی که می توان ذکر کرد این است که هر سه قسمت بررسی شده ی این ترافیک ممکن است متعلق به یک کلاس بار خاص (از بین کلاس های بار سنگین، بار متوسط و بار سبک) باشند. بنابراین، برای ابراز نظر قطعی در این زمینه احتیاج به مطالعه ی مجموعه ترافیک های بیشتری در ساعات متفاوت تری از شبانه روز داریم.

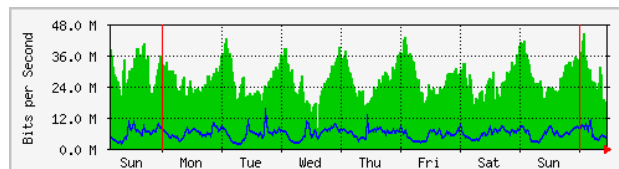


شکل (۵): نمودار هرست ترافیک MAWI در ساعات مختلف

نکته ی دیگری که با توجه به شکل های (۴) و (۵) می توان به آن رسید این است که ترافیک دانشگاه یزد، به عنوان ترافیکی از یک کشور



شکل (۲): نمودار روزانه ترافیک دانشگاه یزد



شکل (۳): نمودار هفتگی ترافیک دانشگاه یزد

در این نمودارها خطوط سبز رنگ بیانگر ترافیک دریافتی و خطوط آبی رنگ نشان دهنده ی ترافیک ارسالی هستند. در شکل (۳)، خطوط نقطه چین نشان دهنده ی ساعت ۲۴:۰۰ هستند. بنابراین، بر اساس الگوی استفاده کاربران شبکه دانشگاه یزد که از شکل های (۲) و (۳) مشخص است، بازه های زمانی جمع آوری ترافیک طبق جدول (۱) انتخاب شدند.

#### ۲-۴- مجموعه ترافیک MAWI

این مجموعه ترافیک از وبسایت گروه MAWI دانلود شده است و پهنای باند لینک مورد نظر ۱۵۰ مگا بیت بر ثانیه است. در مورد این مجموعه نیز سیاست یکسانی در نظر گرفته شده است، به گونه ای که این ترافیک را نیز به بازه هایی به مدت یک ساعت که در ساعات متفاوت روز جمع آوری شده است، تقسیم بندی کردیم. تنها تفاوت در این است که اطلاعاتی در مورد الگو استفاده کاربران این ترافیک در دسترس نبود و فقط شرط پراکندگی در انتخاب این بازه های زمانی در نظر گرفته شده است. اطلاعات تکمیلی این مجموعه ترافیک در جدول (۲) آورده شده است.

جدول (۲): بازه های زمانی ترافیک MAWI

نام مجموعه	بازه زمانی	وضعیت بار ترافیک	تاریخ میلادی
MAWI 1	۲:۰۰ تا ۳:۰۰		
MAWI 2	۱۱:۰۰ تا ۱۲:۰۰	نا مشخص	۲۰۱۲/۰۳/۳۰
MAWI 3	۲۰:۰۰ تا ۲۱:۰۰		

#### ۵- نتایج بدست آمده و تحلیل

در این قسمت به بررسی نتایجی که از تخمین میزان خودشبیهی ترافیک های مذکور بدست آمده، می پردازیم.

ابتدا پارامتر هرست قسمت های مختلف ترافیک دانشگاه یزد را مورد مقایسه قرار می دهیم. همانطور که انتظار می رفت و از شکل (۳) مشخص است، ترافیک با بار سنگین تر دارای میزان خودشبیهی بالاتر و

سپس تاثیر کیفیت زیرساخت بر میزان خودشبیهی و پارامتر هرست بررسی شد. نتایج بدست آمده حاکی از وجود رابطه خاصی بین این دو نبودند. در ادامه، نقش پروتکل‌های مختلف در شدت وابستگی بلند مدت تحلیل شد که نتایج بدست آمده در راستای مطالعات انجام شده قبلی و تاییدی بر صحت این مطالعات بود.

یکی از نکات مبهم این تحقیق ثابت بودن تقریبی پارامتر هرست ترافیک MAWI در دوره‌های بررسی شده بود که می‌توان در مطالعات آتی با در اختیار داشتن داده‌های اولیه بیشتر علل آن را بررسی کرد. همچنین، در آینده می‌توان با انجام تحقیقات فراگیرتر از وجود یا عدم وجود رابطه بین کیفیت زیرساخت و درجه‌ی خودشبیهی اطمینان پیدا کرد.

### سیاسگزاری

با تشکر فراوان از جناب مهندس فاطمی و خانم مهندس امین که در جمع آوری ترافیک شبکه دانشگاه یزد ما را یاری نمودند.

### مراجع

- [۱] پشمچی، مسعود و خرسندی، سیاوش، "انتخاب یک مدل مناسب برای شبیه سازی ترافیک شبکه"، نهمین کنفرانس سالانه انجمن کامپیوتر، ۹ صفحه، ۱۳۸۲
- [2] Jain, R., Routhier, S.A. "Packet Trains - Measurements and a New Model for Computer Network Traffic," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 4, No. 6, pp. 986-995, 1986.
- [3] H. Heffes and D. M. Lucantoni "A Markov Modulated Characterization of Packetized Voice and Data Traffic and Related Statistical Multiplexer Performance," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 4, No. 6, pp. 856-868, 1986.
- [4] Ilkka Norros. "A storage model with self-similar input," Queueing Systems, Vol. 16, pp. 387-396, 1994
- [5] Ashok Erramilli, Matthew Roughan, Darryl Veitch, Walter Willinger. "Self-Similar Traffic and Network Dynamics," In Proc. of the IEEE., Vol 90, no. 5. 2002.
- [6] Vishwanath, K. V. and Vahdat, A. "Realistic and responsive network traffic generation", IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 17, pp. 712-725, 2009.
- [7] Leland, W. E., Taqqu, M. S., Willinger, W., and Wilson, D. V. 1994. "On the self-similar nature of Ethernet traffic (extended version)," IEEE/ACM Transaction on Networking, 1994.
- [8] V. Paxson and S. Floyd, "Wide-area Traffic: The Failure of Poisson Modeling," IEEE/ACM Transactions on Networking, pp.226-244, 1995.
- [9] M. E. Crovella, "Self-Similarity in WWW Traffic: Evidence and Possible Causes," IEEE Transaction on Networking, vol. 5, no. 6, 1997.
- [10] Sahinoglu, Z., Tekinay, S., "On multimedia networks: self-similar traffic and network performance", Communications Magazine, IEEE, 1999.
- [11] Richard G. Clegg, "A practical guide to measuring the Hurst parameter", 21st UK Performance Engineering Workshop, 2006.
- [12] Beran, J. "Statistics For Long-Memory Processes.", Chapman and Hall, 1994

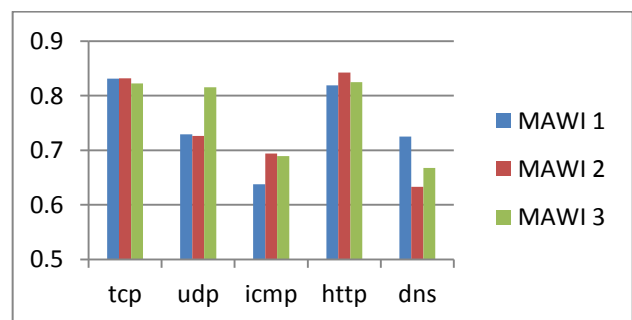
در حال توسعه با زیر ساخت نه چندان مطلوب، و ترافیک MAWI، به عنوان ترافیکی از یک کشور توسعه یافته با زیر ساخت مطلوب، تقریباً دارای پارامتر هرست برابری هستند (بین ۰,۷۸ تا ۰,۸۴). بنابراین می‌توان گفت که میزان خودشبیهی با کیفیت زیر ساخت رابطه‌ی خاصی ندارند و به یکدیگر وابسته نیستند. البته، برای رسیدن به نتیجه قطعی باید مطالعات و مشاهدات بیشتری صورت گیرد.

### ۵-۱- نگاهی به میزان خودشبیهی پروتکل‌های مختلف

در این بخش ترافیک MAWI را بر اساس پروتکل‌های مختلف تفکیک می‌کنیم و پارامتر هرست هر گروه را محاسبه و مقایسه می‌کنیم. همانطور که از شکل (۶) مشخص است، پنج عدد از شناخته شده‌ترین پروتکل‌ها، شامل TCP، UDP، ICMP، HTTP و DNS، مورد مطالعه قرار گرفتند.

در این بین نقش پر رنگ پروتکل‌های TCP و HTTP در میزان خودشبیهی ترافیک کاملاً مشهود است. پروتکل TCP به دلیل وجود مکانیسم کنترل ازدحام خود، به نوعی دارای فیدبک از وضعیت شبکه است. بنابراین، به کمک این مکانیسم، در بالا رفتن وابستگی بلند مدت تاثیر به سزایی دارد [14]. ترافیک HTTP نیز به دلیل توزیع دنباله بلند اندازه فایل‌ها [13] و ماهیت تصادفی رفتار انسان‌ها دارای خودشبیهی قابل ملاحظه‌ای هستند.

از طرف دیگر، پروتکل‌های بدون اتصال و پروتکل‌هایی که وابستگی بیشتری به رفتار ماشین دارند تا رفتار انسان‌ها، دارای وابستگی بلند مدت کمتری هستند. به عنوان مثال، پروتکل ICMP، به عنوان یک پروتکل بدون اتصال و پروتکلی که تحت تاثیر مستقیم رفتار انسان نیست، دارای خودشبیهی ضعیف با  $H < 0.7$  است.



شکل (۶): پارامتر هرست پروتکل‌های مختلف

### ۶- نتیجه

در این مقاله، حجم قابل توجهی از ترافیک شبکه دانشگاه یزد و همچنین ترافیک گروه MAWI مورد ارزیابی قرار گرفتند. ابتدا نشان داده شد که میزان خودشبیهی رابطه مستقیم با حجم بار شبکه دارد.



- [13] K. Park, G. Kim, and M. Crovella, "On the Relation Between File Sizes Transport Protocols, and Self-Similar Network Traffic," Proc. IEEE Int'l. Conf. Network Protocols, 1996.
- [14] Erramilli, A., & Roughan, M., & Veitch, D., & Willinger, W., "Self-similar Traffic and Network Dynamics." In Proc. of the IEEE., Vol 90, no. 5. 2002.
- [15] MAWI working group traffic archive. <http://mawi.wide.ad.jp/mawi/>, accessed November 21, 2012
- [16] <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/19148-hurst-parameter-estimate>, accessed October 18, 2012

## زیرنویس‌ها

- 
- <sup>1</sup> Measurement and Analysis on the WIDE Internet
  - <sup>2</sup> Bursty
  - <sup>3</sup> Hurst
  - <sup>4</sup> Long-Range Dependency
  - <sup>5</sup> Fractional Brownian motion
  - <sup>6</sup> Heavy-Tailed
  - <sup>7</sup> Pareto
  - <sup>8</sup> The Multi Router Traffic Grapher