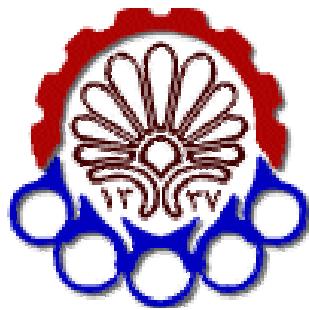


بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ
الْحٰمِدُ لِلّٰهِ رَبِّ الْعٰالَمِينَ



دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

پایان نامه کارشناسی

گرایش سخت افزار

تشخیص زود هنگام تصادفی از دحام سازگار با نوع کاربری
 شبکه سوئیچینگ بسته‌ای به کمک یادگیری Q فازی

کورش مشگی

دکتر سعید شیری قیداری

تصویب نامه

تقدیم

به پدرم که پشتوانه‌ای سرسخت بود،

به مادرم که نستوه بود و همراه،

به خواهرم که طراوت، ارمغان حضورش بود،

به پدر بزرگ و مادر بزرگم که بهترین سرمشق بودند،

و به او که راه و رسم زیستن را به من ارزانی داشت ...

سپاسگزاری

با سپاس از جناب آقای دکتر سعید شیری که با حمایت بی‌دریغ، پشتیبانی علمی، راهنمایی‌های گرانقدر و دلسوزی پدرانه خود در مسیر انجام این پژوهش مرا همراهی کردند و راه و رسم موفقیت را به من آموختند.

و با تشکر از استاد گرانقدر، دکتر عبادزاده، که مرور و داوری این پایان نامه را به عهده گرفته، مرا از پیشنهادات خود بهره مند نمودند.

و با قدردانی از مهندس سعید معصوم زاده و مهندس مانیا عبدی که بدون کمکهای ایشان انجام این پروژه میسر نبود.

چکیده

این پایان نامه الگوریتمی برای تشخیص زود هنگام تصادفی ازدحام سازگار با نوع کاربری شبکه سوئیچینگ بسته‌ای به کمک یادگیری Q فازی ارائه می‌دهد. مسیریاب ازدحام را به کمک محاسبه میانگین طول صفت در مراحل اولیه شناسایی می‌کند. هنگامی که طول میانگین صفت از آستانه‌ای عبور کند، گذرگاه بسته ورودی را با احتمالی خاص علامتگذاری می‌کند که این احتمال تابعی از طول میانگین صفت است و آستانه مذبور و سایر پارامترهای الگوریتم توسط یادگیری ماشین تنظیم می‌شود. یادگیری Q فازی به عنوان یادگیری ماشین مورد استفاده در این روش، با بهره‌گیری از پارامترهایی از جمله معیارهای کیفیت خدمات شبکه، مدلی از نوع کاربری شبکه تهیه می‌کند که این مدل مبنای تنظیم بهینه پارامترها و پیش‌بینی ازدحامهای احتمالی و رد کردن هرچه سریعتر آنها خواهد بود. گذرگاه پیشنهادی طول میانگین صفت را پایین نگه می‌دارد و به ترافیکهای رگباری و ازدحامهای زودگذر اجازه ورود به صفت را می‌دهد. این گذرگاه برای همکاری با پروتکلهای کنترل ازدحام لایه انتقال (TCP) طراحی شده است. گذرگاه $FQL-RED$ ارائه شده، به طور تجربیدی روی مسیریابهای حاضر در شبکه که از RED پشتیبانی می‌کنند قابل پیاده‌سازی است و به کارایی آنها با کمترین هزینه بطور چشمگیری می‌افزاید. در پایان به کمک شبیه‌ساز $OPNet$ کارکرد این الگوریتم در شبکه‌های آزمایش شده، برتری این روش نمایش داده می‌شود.

کلمات کلیدی:

کنترل ازدحام (*Congestion Control*) – تشخیص زودهنگام تصادفی (*RED*) – یادگیری Q فازی (*Fuzzy Q-Learning*) – شبیه ساز $OPNet$ – الگوریتم RED سازگار شده با کاربری شبکه (*FQL-RED*)

نمایه

[فهرست]

۱. فهرست عناوین
۲. فهرست شکلها

فهرست عناوین:

عنوان	زیربخش	صفحه
مقدمه	مقدمه	
یادگیری ماشین		
کنترل هوشمند و سازگارپذیر		
سلسله مراتب شبکه		
مدیریت پویای صفحه		
تعریف مسئله مورد بررسی		
مروری بر مطالعات انجام شده در رابطه با کنترل ازدحام هوشمند		
طرح کلی مباحث مقاله		
مروری بر یادگیری تقویتی		
مقدمه		
اکتشاف در برابر اکتساب		

پاداش تأخیر یافته

روشهای مستقل از مدل برای یادگیری راهبرد بهینه

$$TD(\lambda)$$

$$Q$$

محاسبه راهبرد بهینه با یادگیری مدل

/

تعمیم

محیطهای نیمه قابل مشاهده

یادگیری Q فازی

مقدمه

سیستم استنتاج فازی

FIS

یادگیری Q فازی برای فضای گسسته و اکنش	FQL
	FQL
	FQL
	FQL
	FQL
	کنترل ازدحام
	مقدمه
	اصول کلی در کنترل جریان
	سیاستهای پیشگیری از ازدحام
	کنترل ازدحام در زیر شبکه‌های دیتاگرام
	دور ریختن بار
	کنترل ازدحام در TCP
	پارامترها و ساز و کارهای مرتبط
	مدیریت ترافیک

مروری بر الگوریتمهای کنونی مدیریت پویای صفت

بررسی الگوریتم *RED*

مقدمه

پیشینه کنترل ازدحام تا قبل از *RED*

اهداف طراحی *RED*

الگوریتم *RED*

شبیه‌سازی

محاسبه متوسط طول صف

W_q

W_q

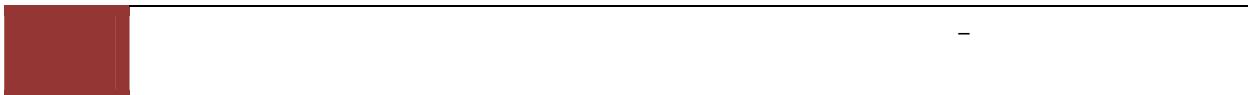
Min_{th} Max_{th}

محاسبه احتمال علامتگذاری بسته

ارزیابی الگوریتم *RED*

RED

پیاده‌سازی و شبیه‌سازی



مقایسه با سایر روش‌های موجود

پیشنهاداتی برای ادامه پژوهش

فهرست مراجع

واژگان معادل

واژه نامه

مخفف‌ها

فهرست شکلها:

عنوان	زیربخش	صفحه
<i>TCP/IP</i>	مدل مرجع	
سطح نیازمندی برنامه‌های کاربردی به کیفیت خدمات	زمینه‌های مورد بررسی	
شماتیک کلی مسئله		
جایگاه الگوریتم پیشنهادی در میان الگوریتمهای مدیریت پویای صفت	مدل استاندارد یادگیری تقویتی	
چشم انداز فضای حالت یک بعدی که در آن ارزیابی وابسته به تابع هدف است.	معماری الگوریتم سنجشگر تطبیقی راه حل ذهنی	
رویکرد اکتشاف هوشمندانه تر...		
یادیگری سلسله مراتبی: ساختاری از رفتارهای دروازه‌بندی شده		
<i>POMDP</i>	ساختار یک عامل	
معماری سیستم استنتاج فازی		
معماری یادگیری Q فازی		
فلوچارت <i>FQL</i> برای فضای واکنش گسسته		
وقتی ترافیک تحويلی به شبکه بیش از اندازه باشد از دحام بوجود می‌آید و کارآیی افت می‌کند.		
سیاستهایی که بر پدیده از دحام تأثیر می‌گذارند		
بسته دعوت به آرامش...		
تعبیر هیدرولیکی از دحام		
مثالی از الگوریتم کنترل از دحام در اینترنت		
صفهای ورودی و خروجی هر گره		
تعامل صفات در شبکه داده		
بهره وری ایده آل شبکه		
اثر از دحام		
مکانیزم‌هایی برای کنترل از دحام		

دسته‌بندی الگوریتم‌های AQM	شبکه کد الگوریتم
احتمال علامتگذاری P_a در RED	شبکه کد الگوریتم $ARED$
شبکه کد الگوریتم $BLUE$	شبکه کد الگوریتم SFB
TCP و AQM به عنوان یک سیستم کنترلی حلقه بسته	شبکه کد الگوریتم AVQ
خلاصه ویژگیهای الگوریتم‌های AQM	شبکه کد الگوریتم RED
شبیه‌سازی الگوریتم RED	شبکه شبیه‌سازی شده
یک شبیه‌سازی با چهار اتصال FTP با زمانهای شروع نابرابر	شبکه شبیه‌سازی شده
شبکه شبیه‌سازی شده	مقایسه گذرگاههای RED و قطع دنباله
شبکه شبیه‌سازی شده	شبکه شبیه‌سازی شده
مقایسه دو روش علامتگذاری بسته‌ها	شبکه شبیه‌سازی گذرهای RED با ازدحام بالا، ترافیک دوسویه، و اتصالات متعدد $TELNET$ و FTP کوتاه
شبکه ای با تعداد زیادی اتصالات کوتاه	فازی سازی مثلثی یک ورودی نمونه
سناریوی FQL	سناریوی FQL - RED
چرخه پروژه شبیه‌سازی	ویرایشگر گرافیکی برای مدل‌های شبکه، گره و فرآیند
دامنه‌های مدل سازی $OPNet$	پیکربندی شبکه مورد مطالعه (سناریوی پروانه)

پارامترهای $FQL-RED$
حساسیت الگوریتم RED به پارامترهایش
نمودار انواع ترافیک ورودی بر حسب زمان
حساسیت الگوریتم RED به ترافیک ورودی
حساسیت الگوریتم $FQL-RED$ به پارامترهایش
تأثیر سیگنالهای جزئی تقویت بر کارکرد $FQL-RED$ و مقایسه با RED
نقش نحوه علامتگذاری تصادفی RED در بالا بردن بهره وری خط
محاسبه تأخیر صفت‌بندی در زمان نمونه برداری
تأثیر Min_{th} روی کنترل ازدحام با $FQL-RED$
تأثیر Max_{th} روی کنترل ازدحام با $FQL-RED$
۵ تأثیر Max_p روی کنترل ازدحام با $FQL-RED$
تأثیر W_q روی متوسط طول صف



فصل نخست

[مقدمه]

۱. مقدمه
۲. یادگیری ماشین
۳. کنترل هوشمند و سازگار پذیر
۴. سلسله مراتب شبکه
۵. مدیریت پویایی صفت
۶. تعریف مسئله مورد بررسی
۷. مروری بر مطالعات انجام شده در رابطه با کنترل ازدحام هوشمند
۸. طرح کلی مباحث مقاله

AI (ML)

۱-۲ - ماشین گیری و یادگیری

1

() •

○

○

() •

○

○

○

(RL)

۳-۱- کنترل هوشمند و سازگارپذیر^{۱۰}

()

Classification
Supervised Learning
Learning by Taking Advice
Unsupervised Learning
Competitive Learning
Clustering
Reinforcement Learning
Intelligent and Adaptive Control

-۴-۱ سلسله مراتب شبکه

TCP/IP

TCP/IP

IP

IP

Real Time ''
Layer ''
Internet protocol ''

(QoS)

TCP/IP

TCP

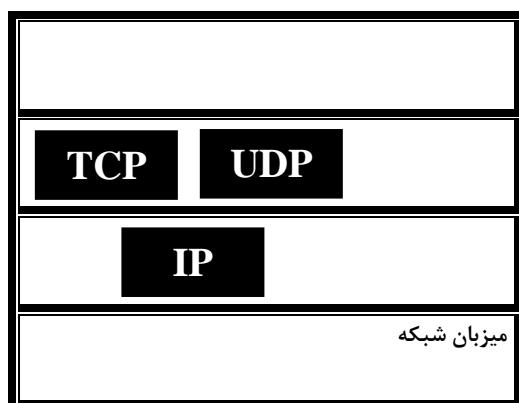
TCP

UDP

TCP

()

TCP/IP UDP TCP IP



شکل ۱-۱ مدل مرجع TCP/IP

-۵-۱ مدیریت پویای صفحه

Bottleneck	^{۱۴}
Congestion	^{۱۵}
Quality of Service	^{۱۶}
Transport Layer	^{۱۷}
Transmission Control Protocol	^{۱۸}
Flow Control	^{۱۹}
User Datagram Protocol	^{۲۰}

)

TCP/IP

(

TCP

-۶-۱- تعریف مسئله مورد بررسی

-۶-۱- ضرورت حل این مسئله

$$B \quad (\quad) \quad A \\) . \\ (\\ : \quad (\quad)$$



شکل ۱-۲ سطح نیازمندی برنامه‌های کاربردی به کیفیت خدمات

() ()

)

()

(

•

•

•

•

•

•

•

•

•

•

•

•



۱-۶-۲- کنترل ازدحام چیست؟

)

(

« »

$$l \quad C_e \quad i \quad x_i \quad . \quad l \quad i \quad r_{ei}$$

$$U(x)$$

x

رابطه ۱-۱ تخصیص نرخ بهینه به طوری که

$$\max_x \sum_i U(x_i)$$

« »

$$P_i$$

$$[]$$

Frank Kelly	^{۱۱}
Micro Economic Theory	^{۱۲}
Convex Optimization	^{۱۳}
Max-Min Fair Allocation	^{۱۴}
Utility Function	^{۱۵}
Lagrange Dual	^{۱۶}



l

$$P_i$$

《 》 :

(«)

Price	γ_9
Lagrange Multipliers	γ_{10}
Loss	γ_1
Delay	γ_2
Explicit Signals	γ_3
Deployability	γ_4
High Bandwidth-Delay Products	γ_5
Lossy Network	γ_6
Minimum Potential Delay	γ_7
The Box is Black	γ_8
The Box is Grey	γ_9
The Box is Green	γ_{10}

IP

« »

« »

« »

« »

AQM

AQM

Ping Time

AQM

(*SRED RED*) *AQM*

(*PI BLUE ARED*)

«

»

۱-۶-۳- الگوریتم مدیریت پویای صفحه مبنا

RED

«

»

IETF

TCP

AQM

RED

RED

TCP

RED

RED

TCP

RED

TCP

CBT

TCP

RED

RED

$$W_q \bullet$$

Max_p Min_{th} Max_{th} •

RED

RED

۱-۶-۴ - روش یادگیری ماشین مورد استفاده

()

Supervised Learning	^{۱)}
Classification Problems	^{۲)}
Unsupervised Learning	^{۳)}
Semi-Supervised Learning	^{۴)}
Reinforcement Learning	^{۵)}
Transduction	^{۶)}
Training	^{۷)}
Learning To Learn	^{۸)}

$$(\quad)$$

$$Q \quad TD(\lambda)$$

$$Q$$

$$\lambda = 0 \quad TD(\lambda)$$

Q

Q

۱-۶-۵- کاربرد منطق فازی در حل این مسئله

()

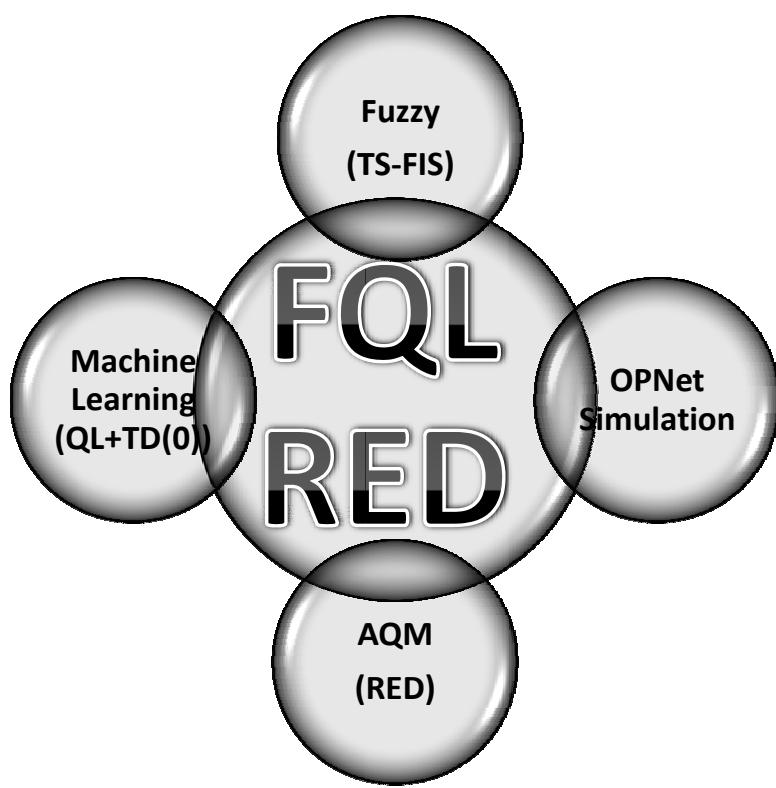
If-Then

•
:() •
•

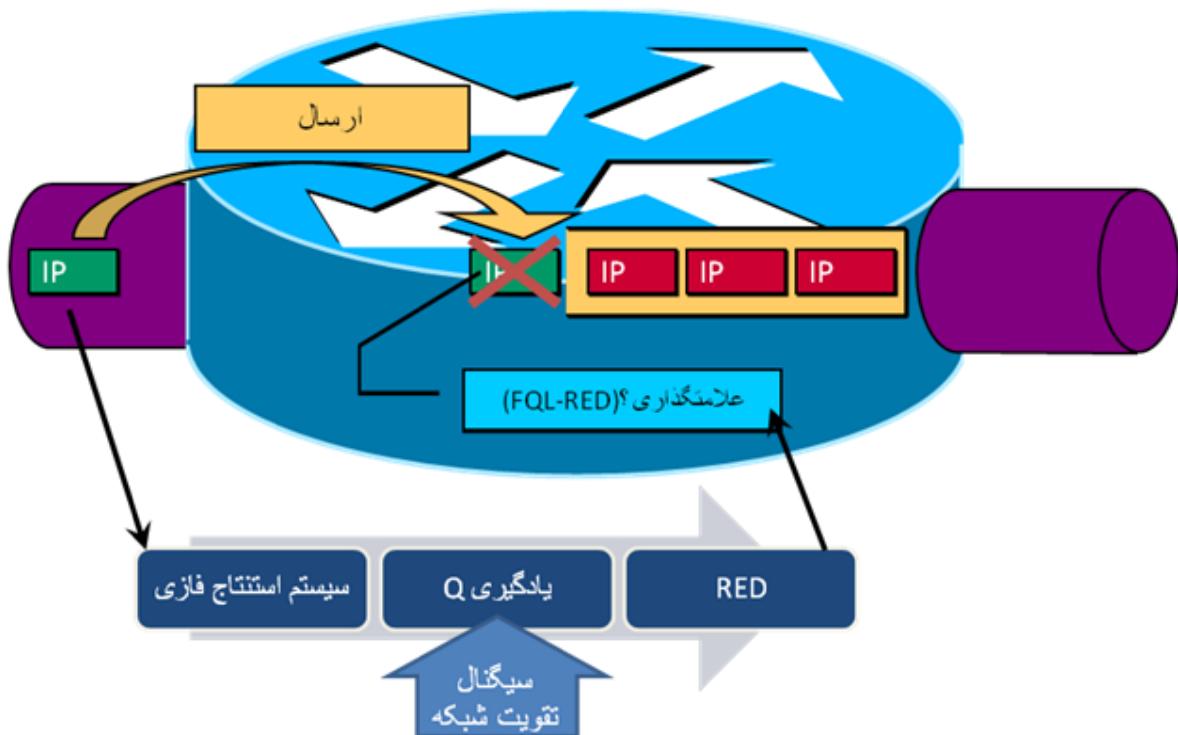
Literal
Fuzzy Reasoning

If-Then

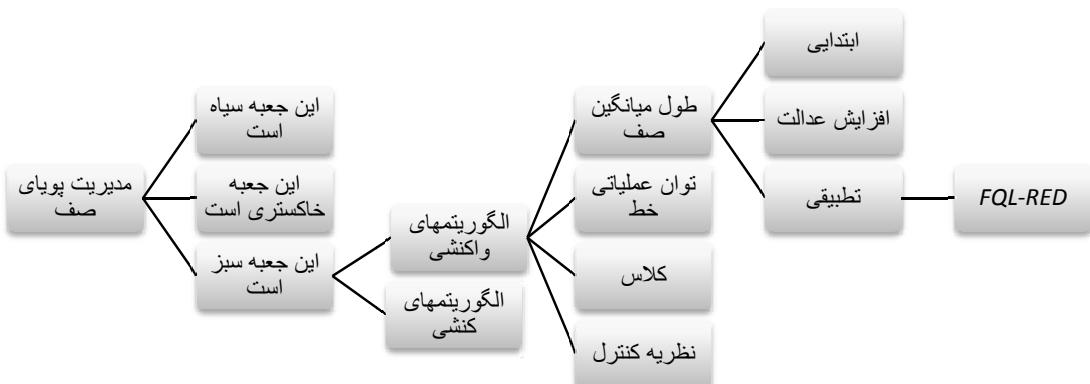
۱-۶-۶- فرآیند نمادین حل مسئله



شکل ۳-۱ زمینه های مورد بررسی



شکل ۱-۴ شماتیک کلی مسئله



شکل ۱-۵ جایگاه الگوریتم پیشنهادی در میان الگوریتمهای مدیریت پویای صفحه

۷-۱- مروری بر مطالعات انجام شده در رابطه با کنترل ازدحام هوشمند

RED

[]

PI RED

RED [] RED

RED

RED

[]

RED

[]

[]

DSRED

RED

[]

FCRED

[]

[]

[]

[] *RED* *RED*

RED

RED

RED

PID

PSO

[]

PID

PID

PSO



[]

RBF

PID

RBF

PID

[]

PID

[]

[]

RED

[]

PSO

[]

[]

-۸- طرح کلی مباحث مقاله

»

« Q

()

Q

Q

RED

TCP

RED

OPNET



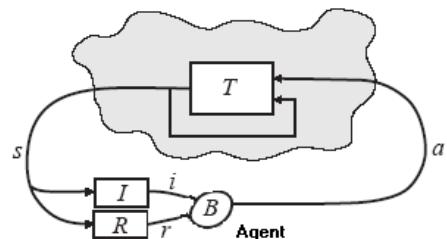
فصل دوم

[مروری بر یادگیری تقویتی]

۱. مقدمه
۲. اکتشاف در برابر اکتساب
۳. پاداش تأخیر یافته
۴. روش‌های مستقل از مدل برای یادگیری راهبرد بهینه
۵. محاسبه یادگیری بهینه با یادگیری مدل
۶. تعمیم
۷. محیط‌های نیمه قابل مشاهده

[]

۱-۱-۲- مدل یادگیری تقویتی



شکل ۱-۲ مدل استاندارد یادگیری تقویتی

a

S

i

B

r

S

A

{ }

Non-Deterministic
Stationary
Online

π

π

۲-۱-۲ - مدل‌های رفتار بھینه

h

t

r_t

رابطه ۱-۲ مدل افق محدود

$$E\left(\sum_{t=0}^h r_t\right)$$

« h »

$(h-I)$

h

h

«

»

h

« »

Policy $^{\circ\wedge}$
Finite Horizon $^{\circ\vee}$
Receding Horizon Control $^{\circ\wedge}$

γ

رابطه ۲-۲ مدل افق نامحدود کاهاشی

$$E\left(\sum_{t=0}^{\infty} \gamma^t \cdot r_t\right)$$

»

«

رابطه ۳-۲ مدل میانگین پاداش

$$\lim_{h \rightarrow \infty} E\left(\frac{1}{h} \sum_{t=0}^{\infty} r_t\right)$$

۳-۱-۲ - اندازه‌گیری کارایی یادگیری

Horizon Effect	۰۹
Infinite Horizon Discounted Model	۱۰
Average Reward Model	۱۱
Gain Optimal Policy	۱۲
Bias Optimal Model	۱۳

%

۴-۱-۲ - یادگیری تقویتی و کنترل تطبیقی^{۶۶}

۲-۲ - اکتشاف در برابر اکتساب^{۶۷}

Platouau	^{۶۸}
Regret	^{۶۹}
Adaptive Control	^{۷۰}
Cost Function	^{۷۱}
Exploration vs. Exploitation	^{۷۲}

$$(\quad) \quad (\quad)$$

۱-۲-۲- تکنیکهای با اثبات رسمی

h

$$P_i \quad \{P_i\}$$

$$(\quad)$$

$$\{n_1, w_1, n_2, w_2, \dots,$$

$$w_i \quad n_i \quad i \quad n_k, w_k\}$$

$$h \quad V^*\{n_1, w_1, n_2, w_2, \dots, n_k, w_k\}$$

$$V^*\{n_1, w_1, n_2, w_2, \dots, n_k, w_k\} = 0$$

$$\sum_i ni = h$$

رابطه ۴-۲ رابطه بازگشتی محاسبه مقدار V^* هر حالت باوری با t نوبت انجام واکنش

$$V^*\{n_1, w_1, n_2, w_2, \dots, n_k, w_k\} = max_i E_I^i \quad i \quad J$$

« K »

« »

$$I(n, w) \quad n \quad w \quad \ll \quad \gg$$

$$\langle \{i \in A \mid \max I(n_i, w_i)\} \rangle$$

《 》

$$i \qquad \qquad P_i$$

رابطهٔ ۵-۲ الگوریتم پاداش خطی تنبی: انتخاب واکنش موفق

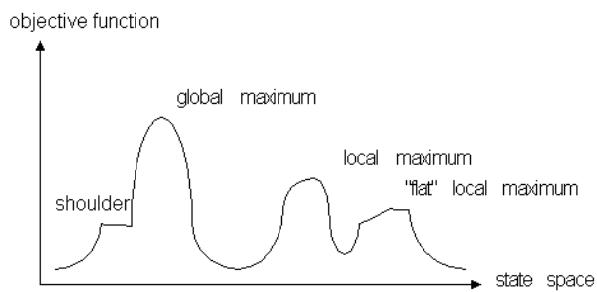
$$\begin{cases} P_i := P_i + \alpha(1 - P_i) \\ P_j := P_j + \alpha P_j \quad \forall j \neq i \end{cases}$$

« α »

۷۶- ۲-۲-۲- تکنیکهای منحصر به فرد

) <>

() « » (



شکل ۲-۲ چشم انداز فضای حالت یک بعدی که در آن ارزیابی وابسته بهتابع هدف است.

()

P

P

Sub-Optimal Action	^{۷۸}
Greedy Strategies	^{۷۹}
Optimality in the face of Uncertainty	^{۸۰}
Interval Exploration Method	^{۸۱}
Exploration Bonus in Dyna	^{۸۲}
Curiosity-Driven Exploration	^{۸۳}
Prioritized Sweeping	^{۸۴}
Randomized Strategies	^{۸۵}

P

«»

ER(a) a

رابطه ۶-۲ احتمال انتخاب واکنش *a* در اکتشاف بولتزمن

$$P(a) = \frac{e^{ER(a)/T}}{\sum_{a' \in A} e^{ER(a')/T}}$$

T

T

n_i

a_i

«»

100×(1-*α*)%

α

(*n*)

۲-۳-۲-۳- مسائل تعیین یافته تر

Ad-Hoc

Ad-Hoc

Boltzmann Exploration	^{۸۷}
Expected Reward	^{۸۸}
Temprature	^{۸۸}
Interval-Based Techniques	^{۸۹}
Certainty	^{۹۰}
Variance	^{۹۱}
Interval Estimation Algorithm	^{۹۲}
State	^{۹۳}

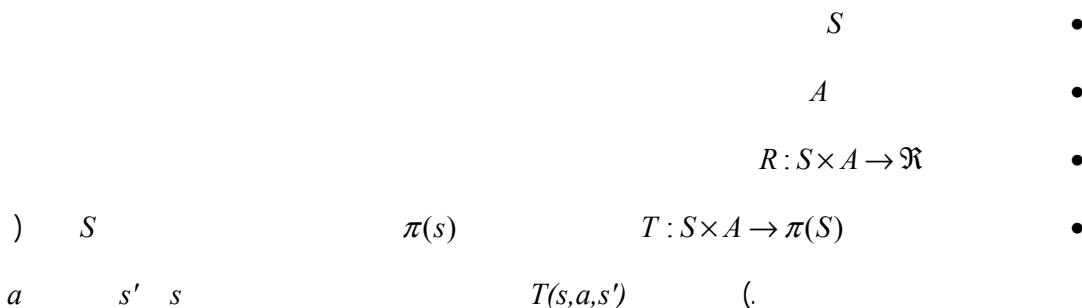


۳-۲- پاداش تأخیر یافته^{۹۴}

()

۱-۳-۲- فرآیندهای تصمیم مارکوف^{۹۵}

(MDP)



۲-۳-۲- یافتن راهبرد با داشتن یک مدل

MDP

π

رابطه ۷-۲ ارزش بهینه یک حالت

$$V^*(s) = \max_{\pi} E \left(\sum_{t=0}^{\infty} \gamma^t r_t \right)$$

رابطه ۸-۲ رابطه بازگشتی ارزش بهینه یک حالت

$$V^*(s) = \max_a (R(s, a) + \gamma \sum_{s' \in S} T(s, a, s').V^*(s')), \quad \forall s \in S$$

رابطه ۹-۲ تعریف رهبرد بهینه از رویتابع ارزش بهینه

$$\pi^*(s) = \arg \max_a (R(s, a) + \gamma \sum_{s' \in S} T(s, a, s').V^*(s'))$$

V^*

«

»

```

initialize  $V(s)$  arbitrarily;
loop until policy good enough
    loop for  $s \in S$ 
        loop for  $a \in A$ 
             $Q(s, a) = R(s, a) + \gamma \sum_{s' \in S} T(s, a, s').V(s);$ 
             $V(s) = \max_a Q(s, a);$ 
        end loop
    end loop

```

»

ε

«

)

Value Iteration	۹۶
Bellman Residual	۹۷



$$\frac{2\epsilon\gamma}{1-\gamma} \quad ($$

« »

$$R(s,a) \quad r \quad T(s,a,s') \quad s \quad a \quad s \\ \alpha$$

رابطه ۱۰-۲ رابطه مبتنی بر نمونه‌گیری ارزش بهینه یک حالت

$$Q(s,a) = Q(s, a) + \alpha(r + \gamma \max_{a'} Q(s', a') - Q(s, a))$$

« »

choose an arbitrary policy π ;

loop

$$\pi = \pi';$$

compute the value function of policy π :

$$V_\pi(s) = R(s, \pi(s)) + \gamma \sum_{s' \in S} T(s, \pi(s), s').V_\pi(s')$$

improve the policy at each state:

$$\pi'(s) = \arg \max_a (R(s, \pi(s)) + \gamma \sum_{s' \in S} T(s, \pi(s), s').V_\pi(s))$$

until $\pi = \pi'$;

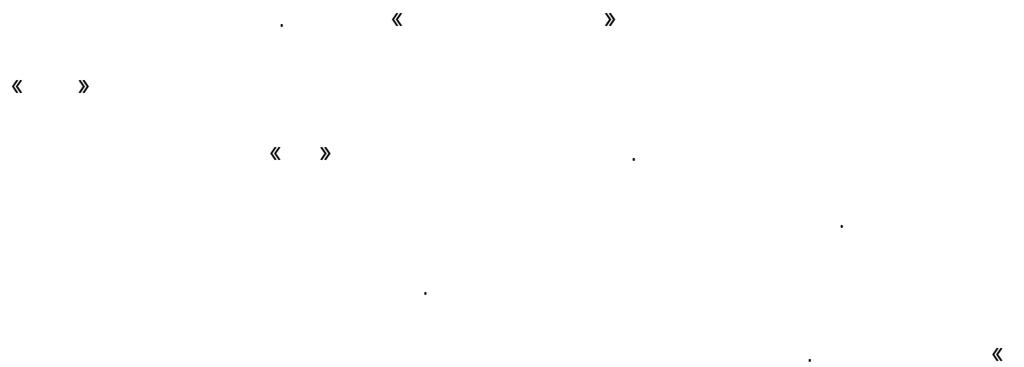
Update	۹۸
Full Backup	۹۹
Sample Backup	۱۰۰
Policy Iteration	۱۰۱

۴-۲- روش‌های مستقل از مدل برای یادگیری راهبرد بهینه^{۱۰۲}

MDP

$R(s,a)$

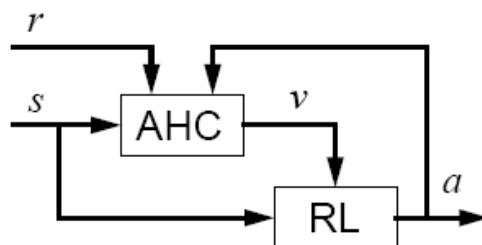
$T(s,a,s')$



۱-۴-۲- سنجشگر تطبیقی راه حل ذهنی^{۱۰۶} و $TD(\lambda)$

(AHC)

$TD(0)$



شکل ۳-۲ معماری الگوریتم سنجشگر تطبیقی راه حل ذهنی

Model-Free Methods	^{۱۰۲}
Controller	^{۱۰۳}
Temporal Credit Assignment	^{۱۰۴}
Temporal Difference Method	^{۱۰۵}
Adaptive Heuristic Critic	^{۱۰۶}

$$(AHC) : RL \cdot (RL)$$

$$RL \quad v$$

$$RL$$

$$\gg \langle s, a, r, s' \rangle \ll \\ a \qquad \qquad \qquad s \qquad \qquad \qquad s' \\ TD(0) \qquad \qquad \qquad r$$

$$\text{رابطه ۱۱-۲ قانون بروز رسانی الگوریتم } TD(\theta) \\ V(s) = V(s) + \alpha(r + \gamma V(s') - V(s)) \\ r + \gamma V(s) \qquad \qquad \qquad s$$

$$V(s) \qquad \qquad r + \mathcal{W}(s) \\ () \alpha \qquad \qquad \qquad r \\ TD(0) \qquad \qquad \qquad TD(0) \\ \lambda = 0 \qquad \qquad \qquad TD(0) \\ TD(\lambda) \qquad \qquad \qquad TD(\lambda) \\ TD(0) \qquad \qquad \qquad TD(0)$$

$$\text{رابطه ۱۲-۲ قانون } TD(\lambda) \\ V(u) = V(u) + \alpha(r + \gamma V(s') - V(s)).e(u) \\ s \qquad \qquad \qquad e(s)$$

رابطه ۱۳-۲ واجد شرایط بودن بر مبنای ملاقات در گذشته نزدیک

Experience Tuple ^{۱۰۷}
Eligibility ^{۱۰۸}

$$e(s) = \sum_{k=1}^t (\lambda \cdot \gamma)^{t-k} \cdot \delta_{s,s_k}$$

$$S=S_k \quad \delta_{s,s_k}=1$$

$$\lambda = 1 \qquad \qquad \qquad TD(0) \qquad \qquad \qquad \lambda = 0$$

$$e(s) := \begin{cases} \gamma \lambda e(s) + 1 & , s = current \quad state \\ \gamma \lambda e(s) & , otherwise \end{cases}$$

$$\lambda \qquad \qquad \qquad TD(\lambda)$$

$$\text{یادگیری } Q \text{ - ۲-۴-۲}^{11.}$$

$$AHC \qquad \qquad Q$$

$$s \qquad \qquad a \qquad \qquad Q^*(s,a) :$$

$$s \qquad \qquad V^*$$

$$\text{رابطه } V^* \text{ و } Q^* \text{ رابطه } ۱۵-۲$$

$$V^*(s) = \max_a Q^*(s,a)$$

$$Q^*(s,a) = R(s,a) + \gamma \sum_{s' \in S} T(s,a,s').\max_{a'} Q^*(s,a')$$

$$\pi^*(s) = \arg \max_a Q^*(s,a) \qquad \qquad \text{رابطه } ۱۶-۲ \text{ رابطه بازگشتی محاسبه } Q^*$$

$$Q(s, a) = Q(s, a) + \alpha(r + \gamma \max_{a'} Q(s', a') - Q(s, a))$$

Q-Learning قانون ۱۸-۲ رابطه

$TD(\lambda)$	Q	Q^*	Q	α
---------------	-----	-------	-----	----------

$< s, a, r, s' >$

$$AHC$$

$$Q$$

$$AHC$$

$$Q$$

$$Q$$

$$-$$

$$)$$

$$Q$$

$$-$$

$$($$

۳-۴-۲- پادگیری مستقل از مدل با پاداش متوسط

MDP Q

-۵-۲- محاسبه راهبرد بهینه با یادگیری مدل

$$R(s,a) \quad T(s,a,s')$$

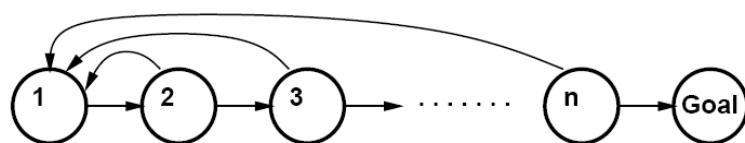
۱۱۳-۲-۵-۱- روش‌های هم ارزش قطعی^{۱۱۳}*T R*

»

«

○

○



شکل ۲-۴ در این محیط به اکتشاف تصادفی ($O(n^2)$ مرحله برای حتی یکبار رسیدن به هدف نیاز دارد، در حالی که یک رویکرد اکتشاف هوشمندانه تر (به عنوان مثال: «هر واکنش امتحان نشده‌ای مستقیماً به هدف منجر می‌شود.») تنها به ($O(n$) مرحله نیاز دارد.

«

»

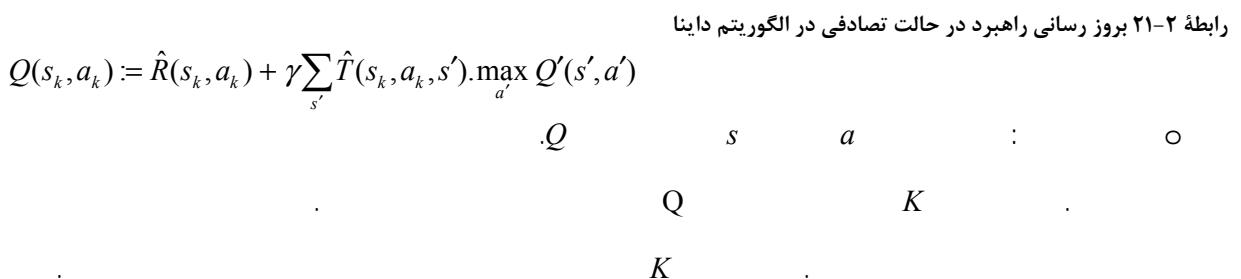
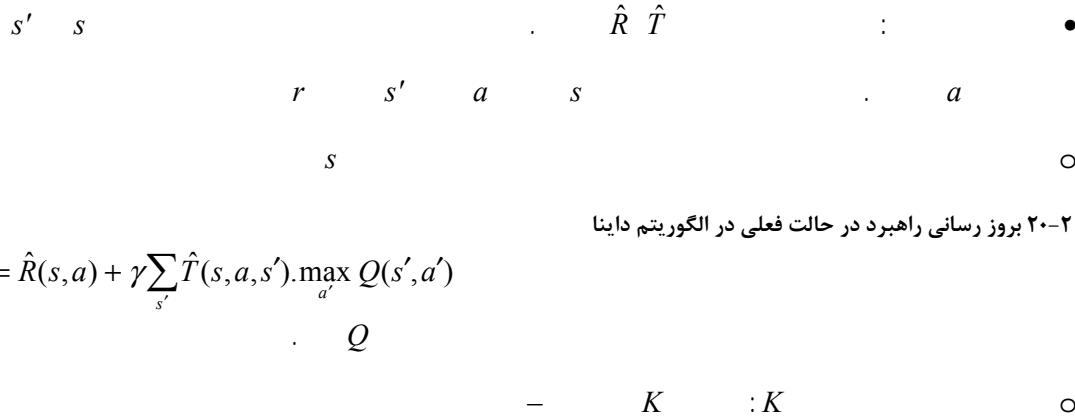
○

۱۱۴-۲-۵-۲- داینا^{۱۱۴}

« »

$$(\hat{R}, \hat{T})$$

$\langle s, a, r, s' \rangle$



۳-۵-۲ - کاوش اولویت دار^{۱۶} / داینای صف دار^{۱۷}

« »

«

»

« »

Dyna ^{۱۸}
Naive ^{۱۹}
Perioritized Sweeping ^{۲۰}
Queue-Dyna ^{۲۱}
Interesting ^{۲۲}

《 》

« »

$$\cdot(Q \quad \quad \quad) \quad - \quad \quad \quad (\quad \quad \quad)$$

.()

$$K - K$$

$$V_{old} = V(s) :$$

$$V(s) \doteq \max_a (\hat{R}(s,a) + \gamma \sum_{s'} \hat{T}(s,a,s').V(s'))$$

$$\Delta = |V_{old} - V(s)| :$$

$$\Delta \quad S$$

$$) \, s \qquad \qquad \qquad \Delta \qquad s \qquad V$$

$$a \qquad \qquad s \qquad \qquad . \qquad \qquad (\qquad s$$

$$\Delta \times \hat{T}(s, a, s') \quad \hat{T}(s, a, s') \neq 0$$

) « »

(

() « »

()

-۴-۵-۲ - سایر روش‌های مبتنی بر مدل

MDP

Q

$(RTDP)$

«»

MDP

«»

«»

MDP

MDP

«»

MDP

۱۲۵ - تعمیم

«»

«»

Real Time Dynamic Programming	^{۱۲۱}
Plaxus Planning System	^{۱۲۲}
Envelope	^{۱۲۳}
Out	^{۱۲۴}
Generalization	^{۱۲۵}
Generalization Techniques	^{۱۲۶}

« »

: $S \rightarrow A$ ○

: $S \rightarrow R$ ○

Q : $S \times A \rightarrow R$ ○

: $S \times A \rightarrow S$ ○

: $S \times A \times S \rightarrow [0,1]$ ○

CMAC

۱۳۴-۱-۶-۲- تعمیم روی ورودی

«

»

Inductive Concept Learning	۱۲۷
Straight Frward Supervised Learning	۱۲۸
Noisy	۱۲۹
Neural Networks	۱۳۰
Fuzzy Logic	۱۳۱
Local Memory Based Methods	۱۳۲
Generalization of Nearest Neighbor	۱۳۳
Generalization Over Input	۱۳۴
Structural Credit Assignment	۱۳۵

()

« »

» *AHC*

«

(*CRBP*) « »

$\langle s, a \rangle$ $r=1$ a ○

$\bar{a} = (1-a_1, \dots, 1-a_n) :$ $\langle s, a \rangle$ $r=0$ ○

CRBP

/

Immediate Reward	^{۱۳۶}
Associative RL	^{۱۳۷}
Reward Comparison	^{۱۳۸}
Complementary Reinforcement BackPropagation	^{۱۳۹}
Feed Forward	^{۱۴۰}



AHC

(ARC) «»

w_{ij}

() «»

$$\Delta w_{ij} = \alpha_{ij} (r - b_{ij}) \frac{\partial}{\partial w_{ij}} \ln(g_j)$$

w_{ij}

b_{ij} α_{ij}

α_{ij}

K-DNF

Associative Reinforcement Comparison Algorithm	^{۱۴۱}
Reinforce Algorithm	^{۱۴۲}
Gradient Descent	^{۱۴۳}
Logic-Based Models	^{۱۴۴}
Generate and Test	^{۱۴۵}

Q

)

(

« »

« »

»

« G »

Q «

Cascade Method ^{۱۴۷}

Monte-Carlo Experiment ^{۱۴۷}

Near-Optimal ^{۱۴۸}

Residual Gradient ^{۱۴۹}

Partition ^{۱۵۰}

Granularity ^{۱۵۱}

Adaptive Resolution ^{۱۵۲}

Decision Trees ^{۱۵۳}



Q

b

$b=0$

Q

$b=I$

Q

Q

()

(VRDP) « »

) Kd

(

« »

« »

)

(

)

(

G-Learning	^{۱۰۴}
Split	^{۱۰۵}
Parity	^{۱۰۶}
Dynamic Resolution	^{۱۰۷}
Dynamic Programming	^{۱۰۸}
Coarse Regions	^{۱۰۹}
Mental Trajectories	^{۱۱۰}
PartiGame Algorithm	^{۱۱۱}
MiniMax	^{۱۱۲}



۱۶۲-۳-۶-۲- تعمیم روی واکنشها

Q

Q

« »

۱۶۴-۳-۶-۲- مدل‌های سلسله مراتبی

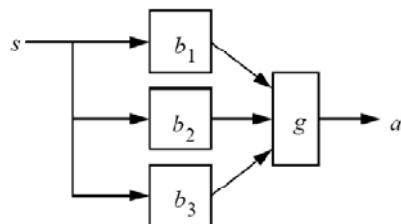
Generalization Over Actions^{۱۶۲}
Neural RL^{۱۶۳}
Hierarchical Models^{۱۶۴}

«

»

« »

« »



شکل ۲-۵ یادگیری سلسله مراتبی: ساختاری از رفتارهای دروازه‌بندی شده

Q

« »

« »

()

۱۷۱

Q

(C - QL)

« »

Gated Behavior ^{۱۶۵}

Gating Function ^{۱۶۶}

Feudal Q-Learning ^{۱۶۷}

Master ^{۱۶۸}

Slave ^{۱۶۹}

Command ^{۱۷۰}

Compositional Q-Learning ^{۱۷۱}

HDG

« »

HDG

»

MDP

:

)

«

«

»

«

»

«

»

.(...

Sequencing of Subgoals ^{۱۷۲}

Elemental Tasks ^{۱۷۳}

Hierarchical Distance To Goal ^{۱۷۴}

Landmark ^{۱۷۵}

Partially Observable Environment ^{۱۷۶}

Observation ^{۱۷۷}

Incomplete Perception ^{۱۷۸}

Perceptual Aliasing ^{۱۷۹}

Hidden State ^{۱۸۰}



»

MDP

POMDP «

۱۸۱- راهبردهای قطعی مستقل از حالت

Q

« »

Q

- - « »

NP-Hard

۱۸۲- راهبردهای تصادفی مستقل از حالت

NP-Hard

۱۸۳- راهبردهای دارای حالت درونی

Q

« »

« Q »

()

State-Free Deterministic Policies^{۱۸۱}

State-Free Stochastic Policies^{۱۸۲}

Policies with Internal States^{۱۸۳}

« » Q

« »

« » .

(HMM) « »

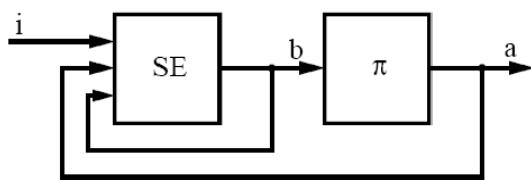
« » . « » $POMDP$ HMM

()

b « »

(I) (a)

Recurrent Q-Learning	^{۱۸۴}
Recurrent NN	^{۱۸۵}
History Features	^{۱۸۶}
Classifier System	^{۱۸۷}
Bucket Brigade Algorithm	^{۱۸۸}
Finite History Window	^{۱۸۹}
Utile Suffix Memory	^{۱۹۰}
Hidden Markov Model	^{۱۹۱}
Perfect Memory Controller	^{۱۹۲}
Forward-Backward Algorithm	^{۱۹۳}
State Splitting Rules Heuristic	^{۱۹۴}
Estimated World Model	^{۱۹۵}
Bayes Rule	^{۱۹۶}



شکل ۲-۶ ساختار یک عامل $POMDP$

MDP

()

فصل سوم

[یادگیری Q فازی]

۱. مقدمه
۲. سیستم استنتاج فازی
۳. یادگیری Q فازی برای فضای واکنش گسته

(*FRL*)

(*FIS*) *FRL*

FRL *Q* *AHC* *RL*

:[]

) *TD* *Q*

(.

FIS *FIS*

FIS *FIS*

Fuzzy Inference System	^{۱۹۷}
Actor Critic Learning	^{۱۹۸}
Universal Approximators	^{۱۹۹}
Priori Knowledge	^{۲۰۰}
Rule-Base	^{۲۰۱}

() *TS-FIS*

Q *TS-FIS*

۳-۲- سیستم استنتاج فازی

) (*FIS*)

.(*TS-FIS*) (*M-FIS*)

TS-FIS

Fuzzy If-Then) « » *FIS*
 [] (*Rules*)

۳-۱- سیستم استنتاج فازی تاکاگی - سوگنو (*TS-FIS*)

TS-FIS

) (

FIS

Linguistic Terms	۳۰۲
Mamdani Type	۳۰۳
Takagi-Sugeno Type	۳۰۴
Zero-Order Form	۳۰۵
Membership Function	۳۰۶
Singleton Spikes	۳۰۷
First-Order Form	۳۰۸
Consequent part of the rule	۳۰۹

« » / « »

AND

AND

OR

X_f

$L_i \quad n$

$X \quad X_f$

رابطه ۱-۳ تعریف برچسبهای زبانی متغیرهای فازی

$$X_f = L_i$$

$$L_i = \{x, \mu_{L_i}$$

: ()

$$\forall x \in X \quad \sum_{i=1}^n \mu_{L_i}(x) = 1 \quad X_f$$

() x

x

()

$n \quad \vec{X} \quad N \quad FIS$

رابطه ۲-۳ قالب قوانین *TS-FIS*

OR
AND

Input Vector: $X = (x_1, \dots, x_n)$

$$i \quad x_j \quad (j=1, \dots, N \quad i=1, \dots, N) L_j^i$$

$$i \quad () \quad o_i$$

رابطه ۳-۳ تعداد قوانین پایگاه قوانین **TS-FIS**

$$N = \prod_{i=1}^n N_{L_i}$$

$$x_i \quad (\quad) \quad N_{L_i}$$

$$\ll \quad \gg \quad \vec{X}$$

$$2^n \quad X \quad A \quad A(X)$$

$$a_{R_i}$$

T-norm

رابطه ۴-۳ میزان درستی هر قانون **TS-FIS**

$$\alpha_{R_i}(x) = \prod_{j=1}^n \mu_{L_j^i}(x_j), \forall R_i \in A(x)$$

$$L_j^i \quad \mu_{L_j^i}$$

رابطه ۵-۳ تبدیل خروجی‌های قطعی قوانین **TS-FIS** به نیزه‌های منفرد

$$\mu_{o^i}(y) = \begin{cases} 1 & , y = o^i \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases}$$

Activated Rule ^{۱۱۲}
Crisp ^{۱۱۳}

$$\mu_o^i(y)$$

$$o^i$$

$$Y_o(X) \ FIS$$

رابطه ۶-۳ محاسبه خروجی مجموع FIS

$$Y_o(X) = \frac{\sum_{R_i \in A(X)} \alpha_{R_i}(X) \times o^i}{\sum_{R_i \in A(X)} \alpha_{R_i}(X)}$$

$(MISO)$

$(MIMO)$

$TS-FIS$

T -norm

$(OR \ AND)$

T -conform

$TS-FIS \quad T$ -norm

TS -

() FIS

Multi Input Single Output	۲۱۴
Multi Input Multi Output	۲۱۵
Fuzzification	۲۱۶
Rule Evaluation	۲۱۷

TS-FIS

TS-FIS

M-FIS

TS-FIS

TS-FIS M-FIS

()

T-conform

TS-FIS

TS-FIS

M-FIS

M-FIS

M-FIS

TS-FIS

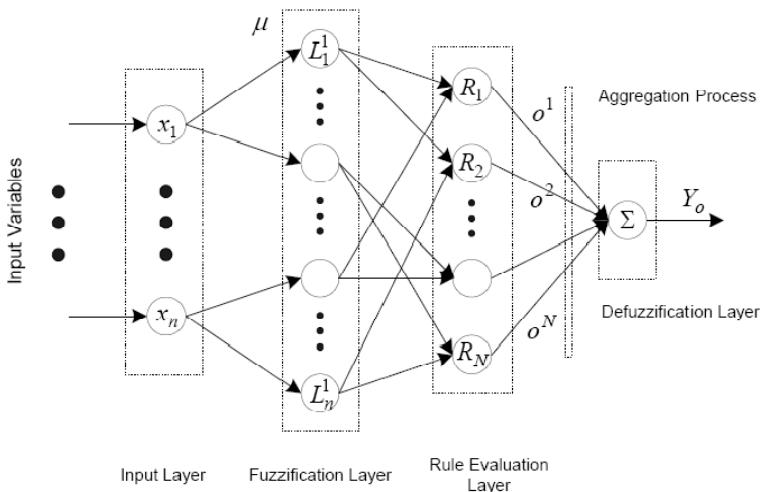
TS-FIS

۳-۲-۲-۱۹ *FIS* معماری -

FIS

o^i

Defuzzification ۱۱۸
FIS Architectures ۱۱۹
Readability ۱۲۰



شکل ۱-۳ معماری سیستم استنتاج فازی

MIMO

MISO

۳-۳-۳ - یادگیری Q فازی برای فضای گسسته و اکنش

۱-۳-۳ چارچوب FQL

Q

Q

FQL

FQL

t

w^i

Q

FQL

U^i

R_i

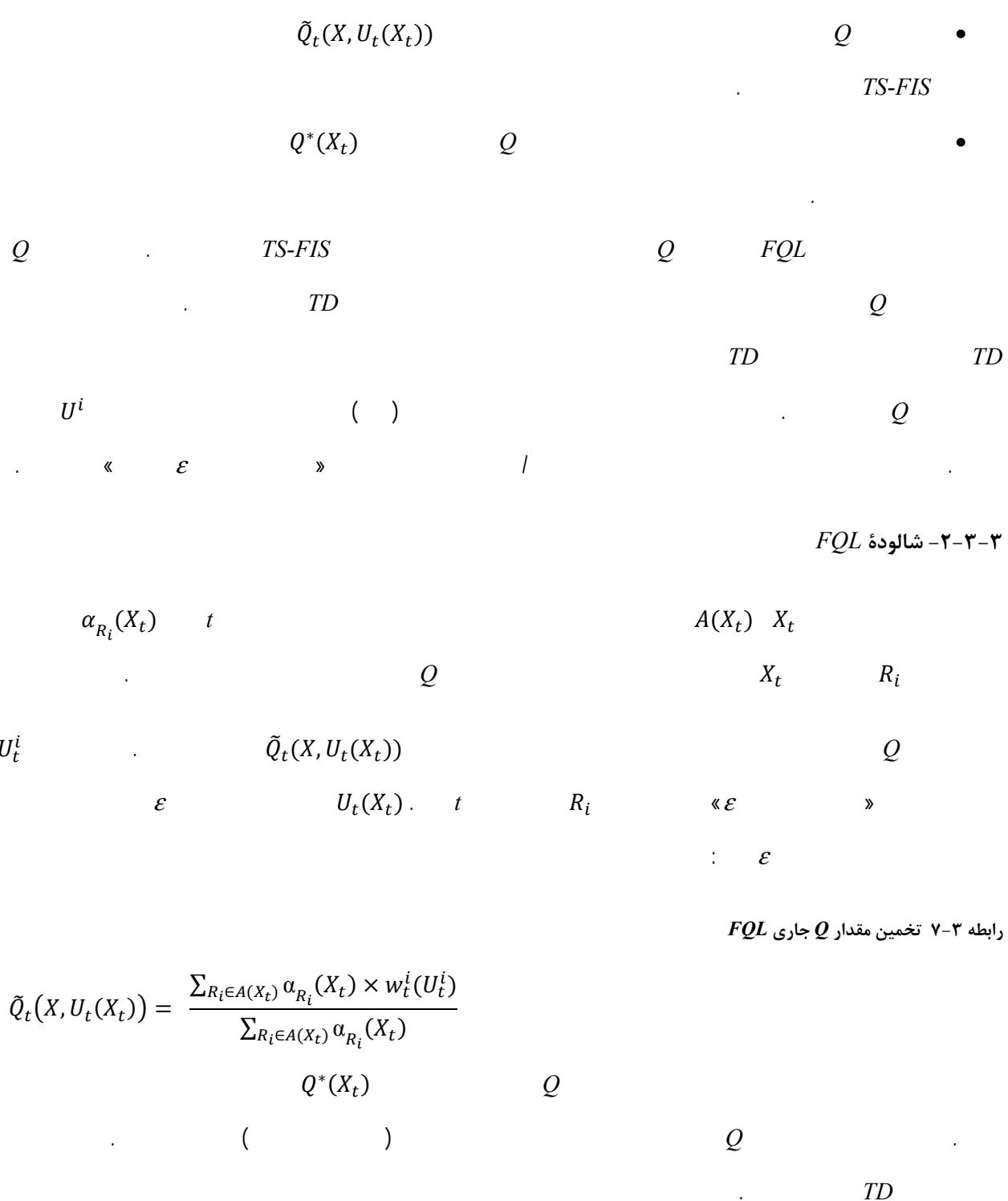
•

$U^i(k)$

K

•

w^i



$$Q^*(X_t) = \frac{\sum_{R_i \in A(X_t)} \alpha_{R_i}(X_t) \times \left[\max_{a \in U^i} w_t^i(a) \right]}{\sum_{R_i \in A(X_t)} \alpha_{R_i}(X_t)}$$

$$TD(0) \qquad \qquad Q$$

$$:(0 < \gamma \leq 1) \qquad \qquad \gamma$$

رابطه ۹-۳ محاسبه خطای FQL برای $TD(\theta)$

$$\tilde{\varepsilon}_{t+1} = r_{t+1} + \gamma \times Q_t^*(X_{t+1}) - \tilde{Q}_t(X, U_t(X_t))$$

$$U^i \qquad \qquad (\quad)$$

$$/$$

$$\mathcal{E}$$

$$FQL$$

$$\ll \qquad \mathcal{E} \qquad \gg$$

$$\varepsilon \text{ Greedy}$$

$$U_t^i \qquad \qquad \ll \quad \gg$$

$$n_t(a) \qquad \theta \qquad \qquad \varepsilon \text{ Greedy} \qquad t \qquad R_i$$

$$t \qquad \qquad a$$

$$U^i$$

رابطه ۱۰-۳ اعمال انتخاب حریصانه ε روی مجموعه واکنشهای قوانین توأم با اکتشاف

$$U_t^i = U^i(k) \quad | \quad EE\left(U^i(k)\right) = \max_{a \in U^i} EE(a)$$

$$EE(a) = w_t^i(a) + \frac{\theta}{e^{n_t(a)}}, \theta > 0$$

Fired Rule	^{۲۲۴}
Double ε Greedy	^{۲۲۵}
Jouffe	^{۲۲۶}

$$w_t^i(a) \quad : \quad a \quad / \quad EE(a)$$

$$\theta/e^{n_t(a)}$$

$$w_t^i(a) \quad : \quad n_t(a)$$

$$EE$$

$$\theta$$

$$[\quad] \quad \theta$$

$$U_t(X_t) \quad : \quad U_t(X_t) \quad : \quad \varepsilon$$

$$M \quad : \quad) \quad : \quad EE$$

$$U_t^{i^*} \quad : \quad ($$

$$i^*$$

$$\text{رابطه ۱۱-۳ انتخاب حریصانه } \mathcal{E} \text{ مضاعف برای پیدا کردن جواب نهایی } FQL$$

$$U_t(X_t) = U_t^{i^*} \quad | \quad EE(U_t^{i^*}) \times \alpha_{R_i^*}(X_t) = \max_{R_i \in A(X_t)} (EE(U_t^i) \times \alpha_{R_i}(X_t))$$

$$FQL$$

$$U_t^i \quad : \quad TD \quad : \quad TD(0)$$

$$\text{رابطه ۱۲-۳ بروزرسانی وزن واکنشها به کمک قانون یادگیری } TD(\theta)$$

$$w_{t+1}^i(U_t^i) = w_t^i(U_t^i) + \tilde{\varepsilon}_{t+1} \times \alpha_{R_i}, \forall R_i \in A(X_t)$$

$$\ll \quad \gg$$

$$\varepsilon \quad : \quad TD$$

$$TD(\lambda) - TD(0)$$

$$\varepsilon \qquad \qquad \qquad \langle \qquad \qquad \rangle$$

$$(\qquad)$$

رابطه ۱۳-۳ بروزرسانی وزن واکنشها به کمک قانون یادگیری $TD(\lambda)$

$$w_{t+1} = w_t + \tilde{\varepsilon}_{t+1} \times e_t^a, \forall R_i$$

$$(\qquad) \qquad (\qquad) \qquad e_t^a$$

$$(0 \leq \lambda_a \leq 1) \qquad \qquad \lambda_a$$

رابطه ۱۴-۳ ماتریس پیگیری مطلوبیت

$$e_t^a(U^i(k)) = \begin{cases} \lambda_a \times e_{t-1}^a(U^i(k)) + \alpha_{R_i}, & U^i(k) = U_t^i \\ \lambda_a \times e_{t-1}^a(U^i(k)) & , otherwise \end{cases}, \forall U^i(k) and R_i$$

$$TD(\lambda) \qquad \qquad \qquad TD(\lambda)$$

ε Greedy

$$[\qquad] \qquad \qquad TD(0)$$

FQL - ۳-۳-۳ - معماری

TS-FIS

FQL

Q

Q

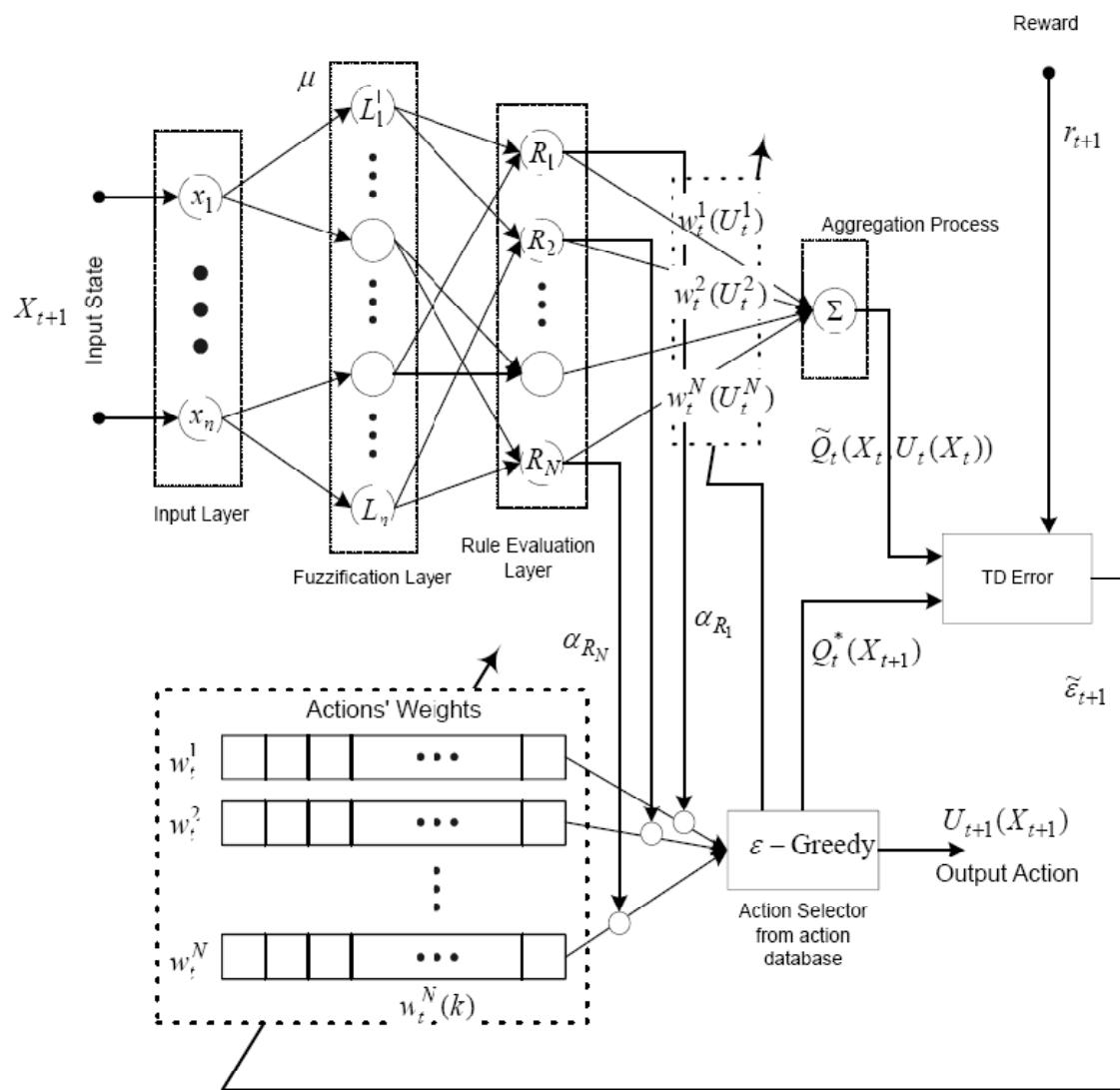
FQL

FQL - ۴-۳-۳ - الگوریتم

FQL

$$r_{t+1} \qquad \qquad t \qquad \qquad U_t(X_t) \qquad \qquad t+1$$

Eligibility Trace Matrix ^{۷۷۷}
Recency Factor ^{۷۷۸}



شکل ۳-۲ معماری یادگیری Q فازی

$$Q_{(X_{t+1})}^* : (\quad) \quad Q \quad X_{t+1} \quad Q$$

$$\tilde{\varepsilon}_{t+1} : (\quad) \quad TD$$

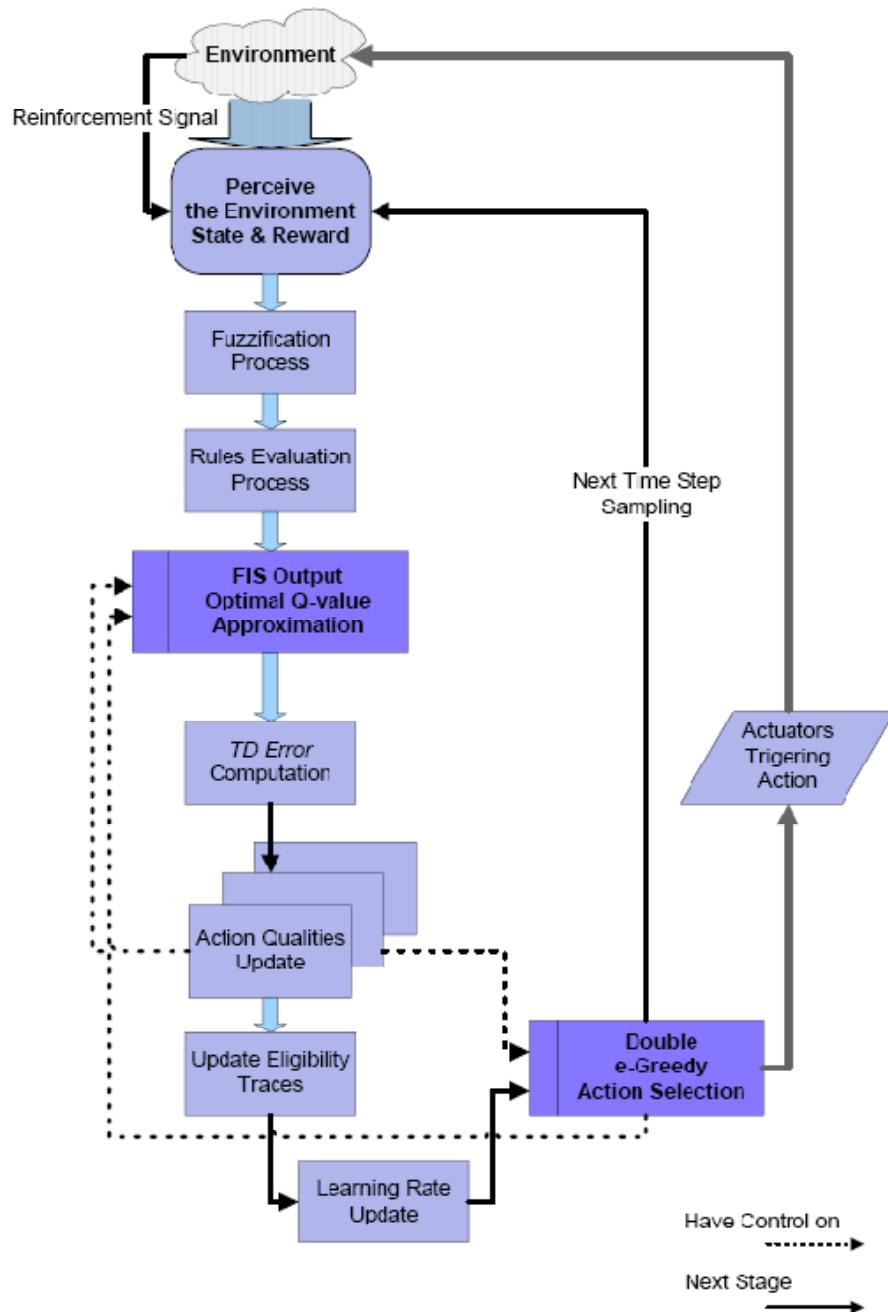
$$W_{t+1} : (\quad) \quad FIS$$

$$U_{t+1}(X_{t+1}) : (\quad) \quad \epsilon$$

Q $U_{t+1}(X_{t+1}), X_{t+1}$ Q

$$\tilde{Q}_{t+1}(X_{t+1}, U_{t+1}(X_{t+1})) : (\quad)$$

[]

 FQL شکل ۳-۳ فلوچارت FQL برای فضای واکنش گسسته

فصل چهارم

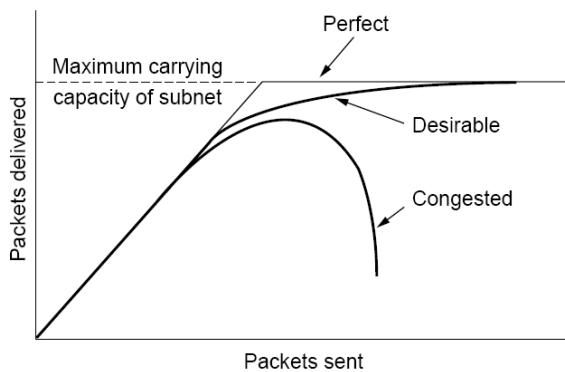
[کنترل ازدحام]

۱. مقدمه
۲. اصول کلی در کنترل جریان
۳. سیاستهای پیشگیری از ازدحام
۴. کنترل ازدحام در زیرشبکه های دیناگرام
۵. دور ریختن بار
۶. کنترل ازدحام در TCP
۷. پارامترها و سازوکارهای مرتبط
۸. مدیریت ترافیک
۹. مروری بر الگوریتمهای کنونی مدیریت پویای صفات

-۱-۴ مقدمه

« »

) (



شکل ۱-۱ وقتی ترافیک تحویلی به شبکه بیش از اندازه باشد از دحام بوجود می‌آید و کارآبی بشدت افت می‌کند.

« »

« »

« »

. []



)

(

()

« » « »

« » « »

»

«

« »

1000 Gagabits/sec

!

()

1 Mbps « »

! 1000Kbps

Store & Forward



()*Slowdown*

۲-۴- اصول کلی در کنترل جویان

« » « » « » :

« »

« »



« »

« »

« » :

« »

« »

Yang Reddy

Time Constant ^{۱۳}

« »

« » « »

« »

« »

» « »

»

(ACK)

)

« » « »

(

CPU

)

()

() () () :

()

)

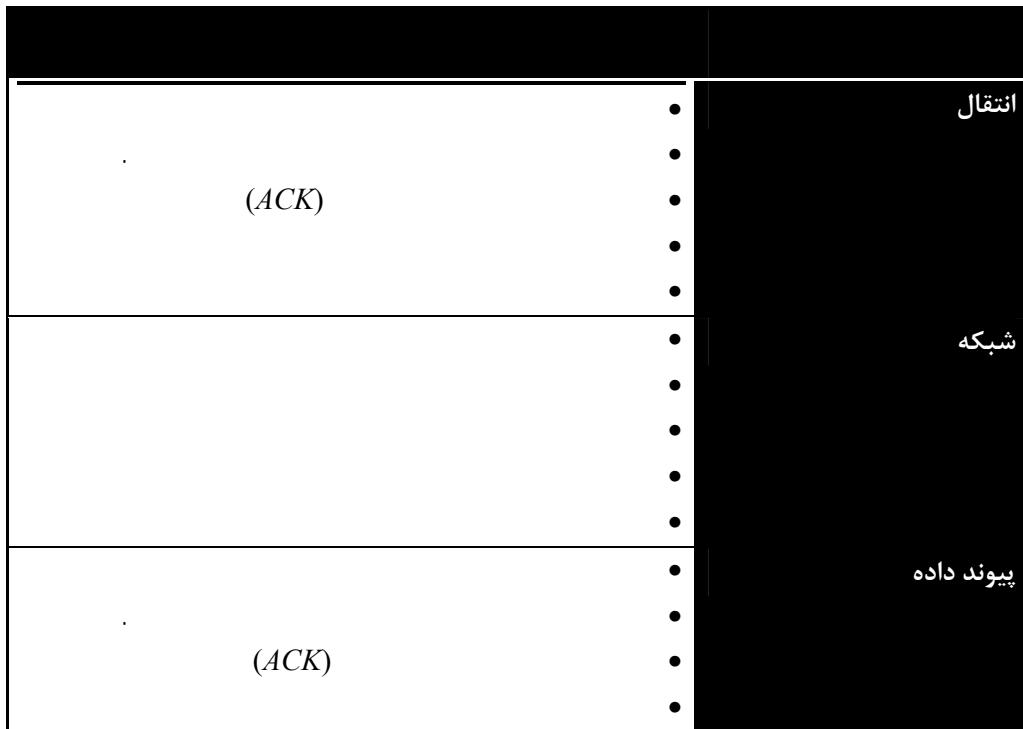
Dial Up ^{۷۷۷}

(



۳-۴- سیاستهای پیشگیری از ازدحام

« »



شکل ۴-۲ سیاستهایی که بر پدیده ازدحام تأثیر می‌گذارند.

(ACK)

•

•

Go Back n

Selective Repeat

»

Go Back n

«

Piggybacking

(ACK)

()

« » « »

(Round Robin)

« » .

Selective Repeat ^{۱۳۰}
Acknowledgement Policy ^{۱۳۱}
Packet Lifetime ^{۱۳۲}

()

۴-۴- کنترل ازدحام در زیر شبکه‌های دیتاگرام

()

1.0 0.0

u

u (*f*) *f*

رابطه ۱-۴ محاسبه بهره‌وری خط

$$U_{new} = \alpha \cdot U_{old} + (1 - \alpha) \cdot f$$

α

« » *u*

۴-۴-۱- بیت هشدار

Timeout Interval ^{۱۳۸}
Utilization ^{۱۳۹}
_{۱۴۰}

Threshold ^{۱۴۱}



« » DECNET

ACK

Frame Relay

ACK

ACK

« »

۴-۴-۲-۴-۳- بسته‌های دعوت به آرامش

« »

)

« » .(

(X)

« » « »

« »

The Warning Bit ^{٢٤٢}
Choke Packet ^{٢٤٣}

« »

« »

« » « » « »

(u)

۴-۳-۴-۴-۵- بسته‌های دعوت به آرامش گام به گام

« »

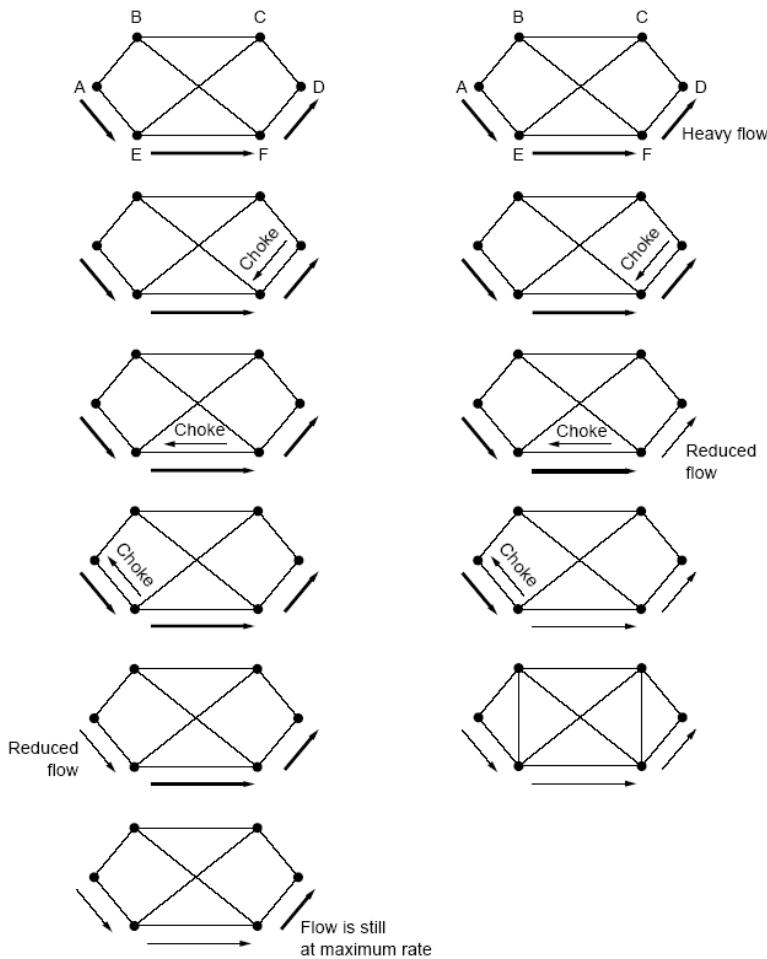
(A)
(D)

Exponential Weighting^{۷۴۴}
Hop-by-Hop Choke Packet^{۷۴۰}

« »

/

/



شکل ۳-۴ (الف) یک بسته دعوت به آرامش که فقط مبداء را تحت تأثیر قرار می‌دهد. (ب) یک بسته دعوت به آرامش که در هر گام، بر روی مسیر بابها واقع بر مسیر تأثیر می‌گذارد.

F F ()

F D

D F E



A

F

E

۲۴۷ - ۴-۵ دور ریختن بار

» :

! «

!

)

(

()

Hop-by-Hop
Load Shedding



ASCII

()

۲۴۸-۱-۵-۴- تشخیص زودهنگام تصادفی

RED

(TCP)

TCP

Random Early Detection

« »

(ACK)

« »

۴-۶- کنترل ازدحام در *TCP*

TCP

(RFC 193 1122 1323 2018 2581) *TCP*

TCP *TCP*

« »

Transport Control Protocol
Connection-Oriented
Three-way Handshaking

» *TCP* «

TCP « »

TCP *IP* *TCP*

) (.

TCP

TCP

« »

TCP

Full Duplex	۷۰۴
Internet Protocol	۷۰۳
Best Effort	۷۰۲
First-Time ACK	۷۰۰
Duplicate ACK	۷۰۱
Negative ACK	۷۰۷
Fast Retransmit	۷۰۸

TCP

()

()

.()

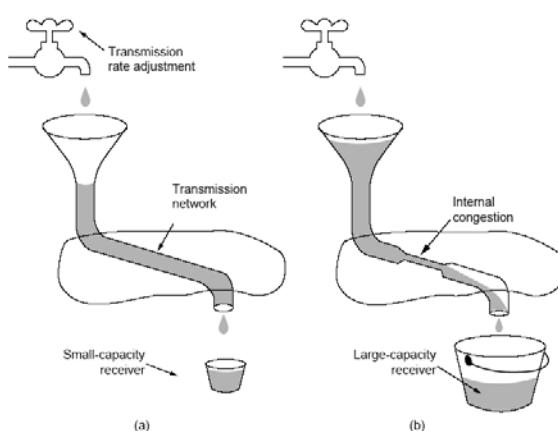
TCP

()

) *Timeout*

TCP

TCP



شکل ۴-۴ تعبیر هیدرولیکی ازدحام (الف) یک شبکه سریع که یک گیرنده با طرفیت کم را تغذیه می کند، (ب) شبکه کند که یک گیرنده با طرفیت بالا را تغذیه می کند.



« » « »
Congestion Window^{۱۱}

»

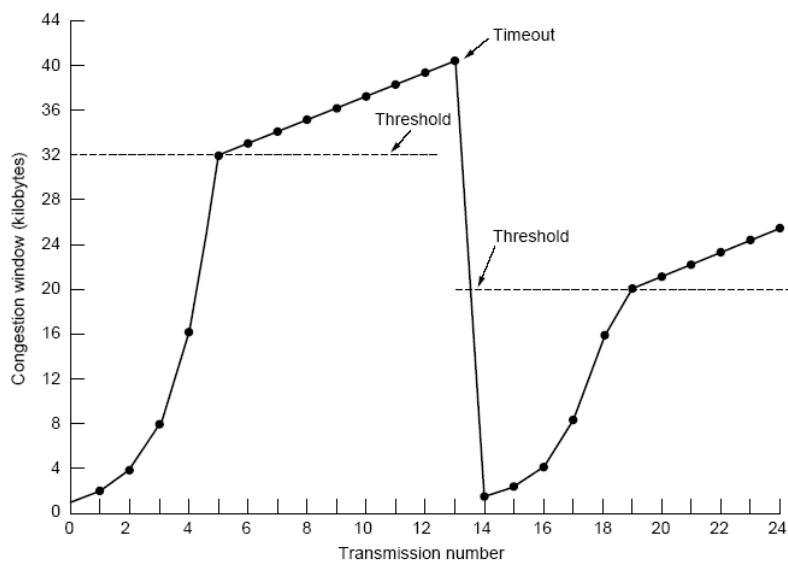
TCP

«

« »

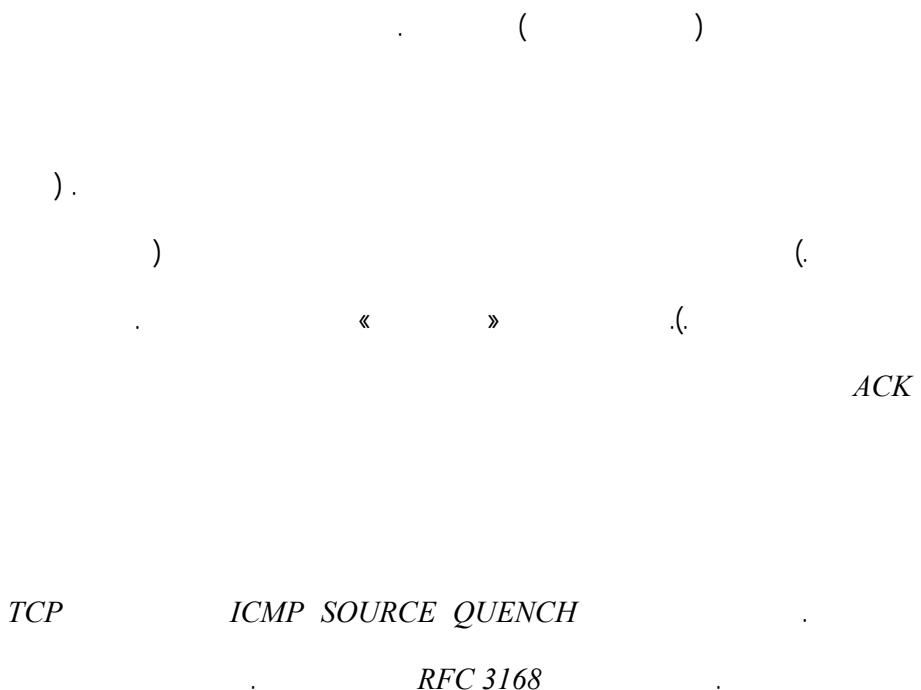
« »

« »



شکل ۴-۵ مثالی از الگوریتم کنترل از دحام در اینترنت

« »



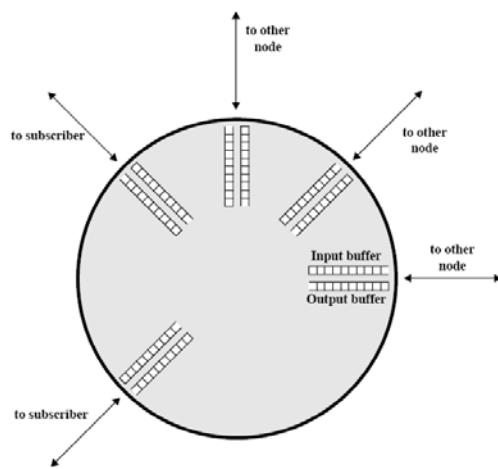
-۷-۴ - پارامترها و ساز و کارهای مرتبط

() .

%



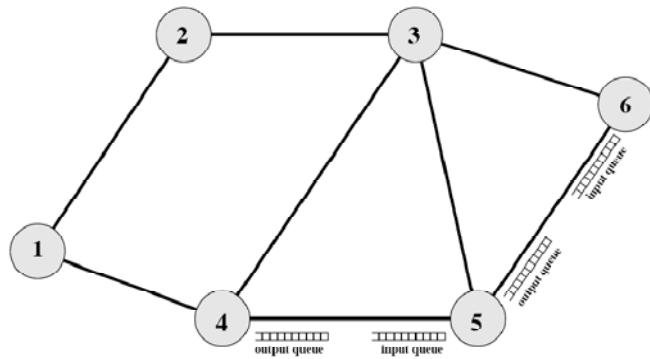
I/O



شکل ۶-۴ صفحه‌ای ورودی و خروجی هر گره

()

I/O



شکل ۷-۴ تعامل صفحه‌ها در شبکه داده

۱-۷-۴ - کارایی ایده‌آل

[]

)

(

(

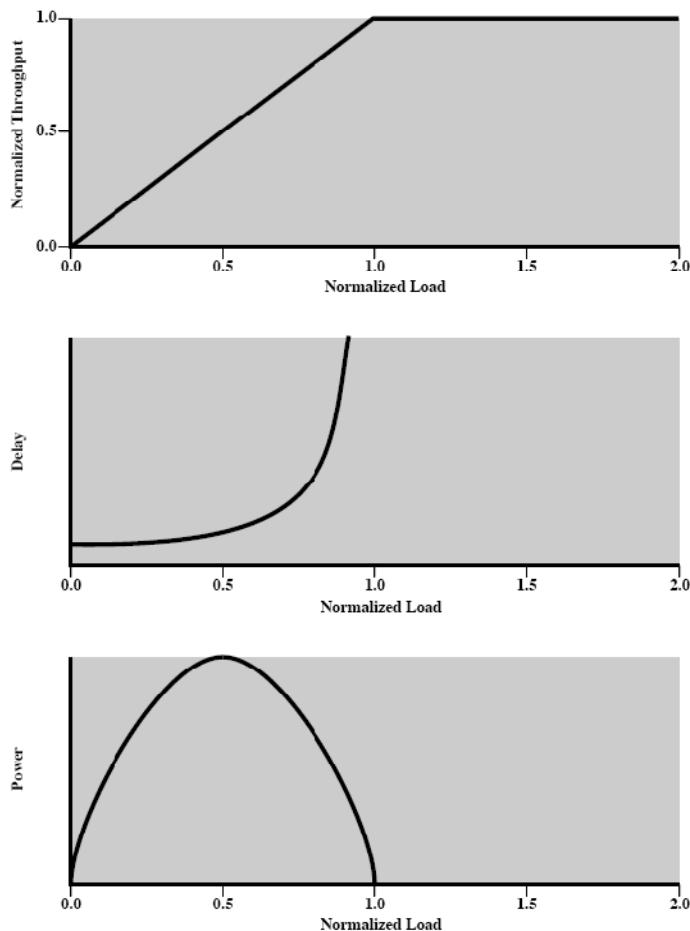
- -

/

/

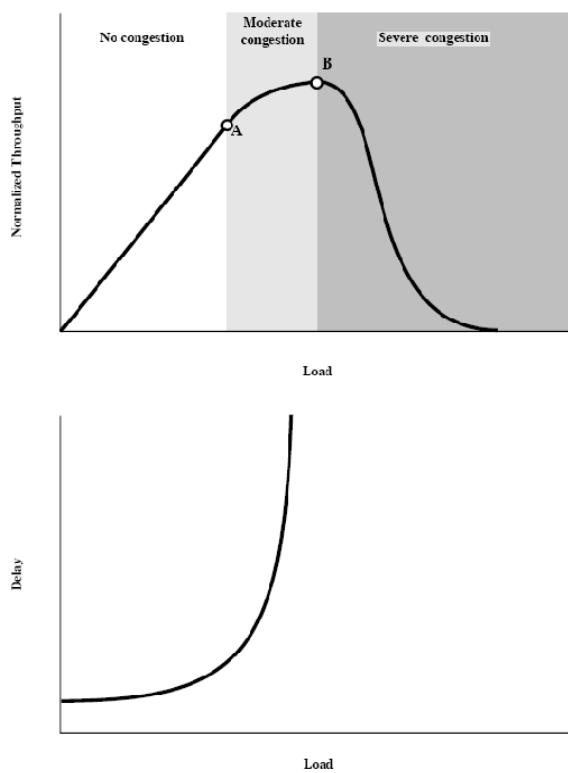
/





شکل ۸-۴ بهره وری آل شبکه

۲-۷-۴- کارایی عملی



شکل ۹-۴ اثر ازدحام

(A)

B

)

(

۴-۷-۳- فشار معکوس

()

()

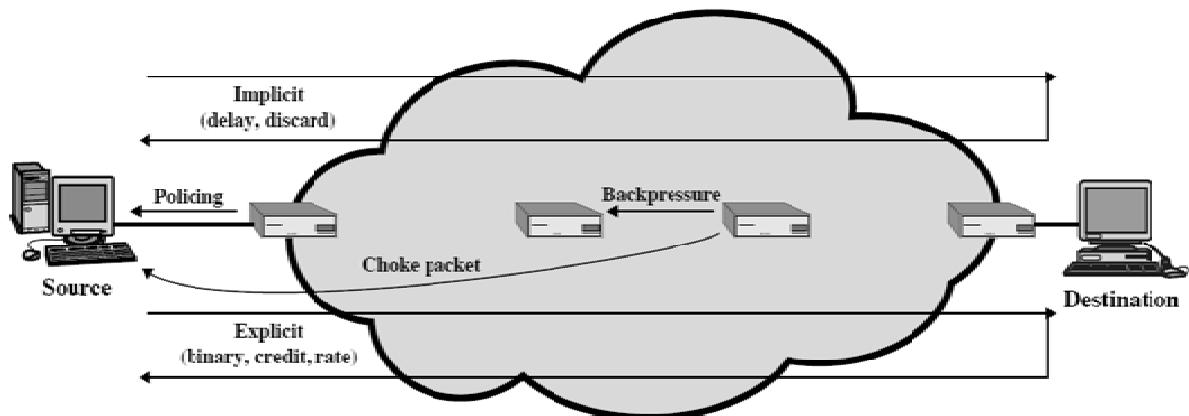
)

()

()

()





شکل ۱۰-۴ مکانیزم‌هایی برای کنترل ازدحام

IP ()

۴-۷-۴ - بسته شوک

() ICMP

IP

۴-۷-۵- سیگنالینگ ضمنی ازدحام

IP

TCP . TCP

TCP TCP

۴-۷-۶- سیگنالینگ صریح ازدحام



(TCP)

Octet

-۸-۴ مدیریت ترافیک

-۱-۸-۴ عدالت

-۲-۸-۴ کیفیت سرویس

(QoS)

QoS

-۳-۸-۴ رزروها

ATM

RSVP

IP

()

کنترل ازدحام در شبکه‌های سوئیچینگ بسته‌ای

-۴-۸-۴

ARPANET

()

۴-۹-۶- مروری بر الگوریتمهای کنونی مدیریت پویای صفت

(AQM)

[]

AQM

۴-۹-۱- هدف کلی الگوریتمهای مدیریت پویای صفت

»)

TCP

(«

AQM

(QoS)

« »

AQM

TCP

Active Queue Management	۷۶۴
Drop Tail	۷۶۵
Throughput	۷۶۶
Quality of Service	۷۶۷
Router	۷۶۸
Propagation Delay	۷۶۹

۴-۹-۲- یک دسته‌بندی ^{۳۷۰} الگوریتمهای مدیریت پویای صفات

AQM

-
-
-
-

AQM

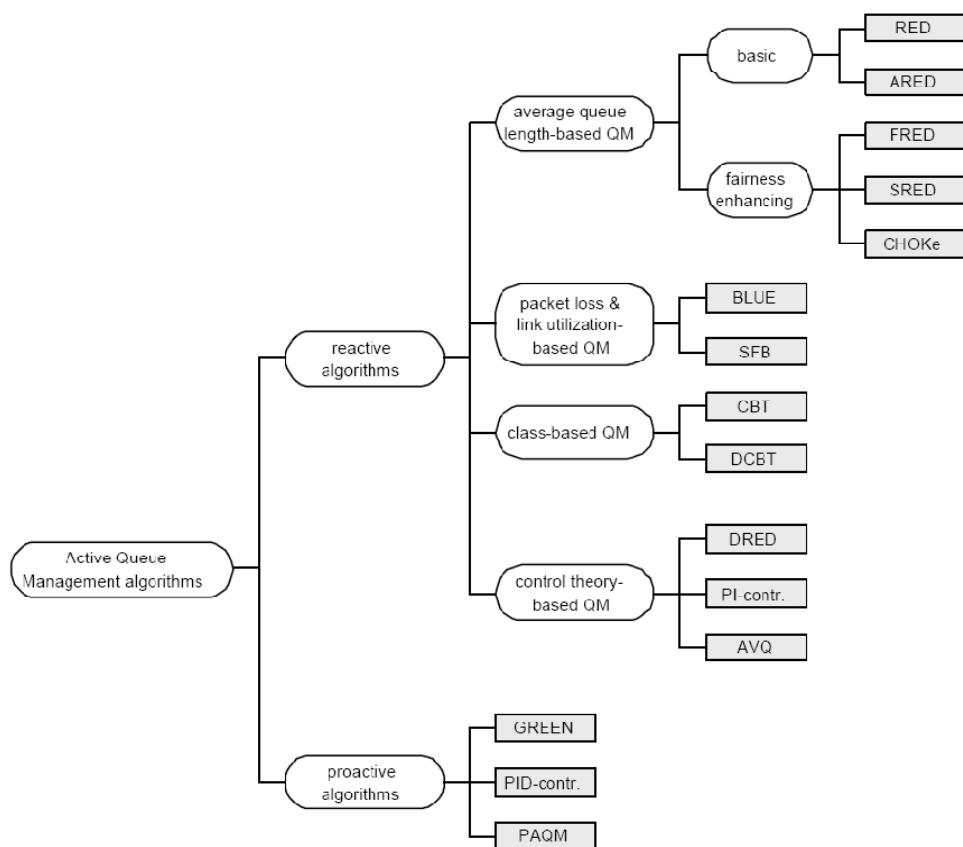
-

AQM

-

AQM ()

Classification	^{۳۷۱}
Control Theory	^{۳۷۲}
Reactive	^{۳۷۳}
Proactive	^{۳۷۴}
Congestion Avoidance	^{۳۷۵}
Congestion Prevention	^{۳۷۶}
Expected Congestion	^{۳۷۷}



شکل ۱۱-۴ دسته‌بندی الگوریتمهای *AQM*

۳-۹-۴- الگوریتمهای مبتنی بر میانگین طول صاف

AQM

(*RED*)

TCP

AQM

RED

IETF

P_a

Fairness ^{۷۷۷}
Random Early Detection ^{۷۷۸}



RED « »

Min_{th} Max_{th}

RED

q_{avg}

٦

w_q

q

q_{avg}

رابطه ۴-۲ محاسبه میانگین طول صفت الگوریتم *RED*

$$q_{avg} = (1 - w_q) \cdot q_{avg} + w_q \cdot q$$

w_q

Max_{th}

q_{avg}

Min_{th}

Min_{th}

P_a

Min_{th} Max_{th} q_{avg}

P_a

Max_{th} q_{avg}

رابطه ۴-۳ احتمال علامتگذاری بسته‌ها در الگوریتم *RED*

$$P_a = P_{max} \frac{q_{avg} - min_{th}}{max_{th} - min_{th}}$$

AQM

P_b

P_b

P_a

RED

P_a

Packet header	۷۷۹
Mark a Packet	۷۸۰
Burst Traffic	۷۸۱



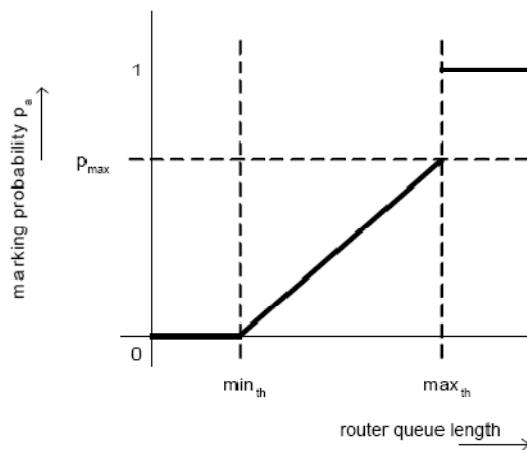
For Each Packet Arrival:

```

calculate the average queue size  $q_{avg}$ 
if  $min_{th} \leq q_{avg} \leq max_{th}$ 
    calculate probability  $P_a$ 
    with Probability  $P_a$ : mark/drop the arriving packet
else if  $max_{th} \leq q_{avg}$ 
    mark/ drop the arriving packet
else
    do not mark/ drop packet

```

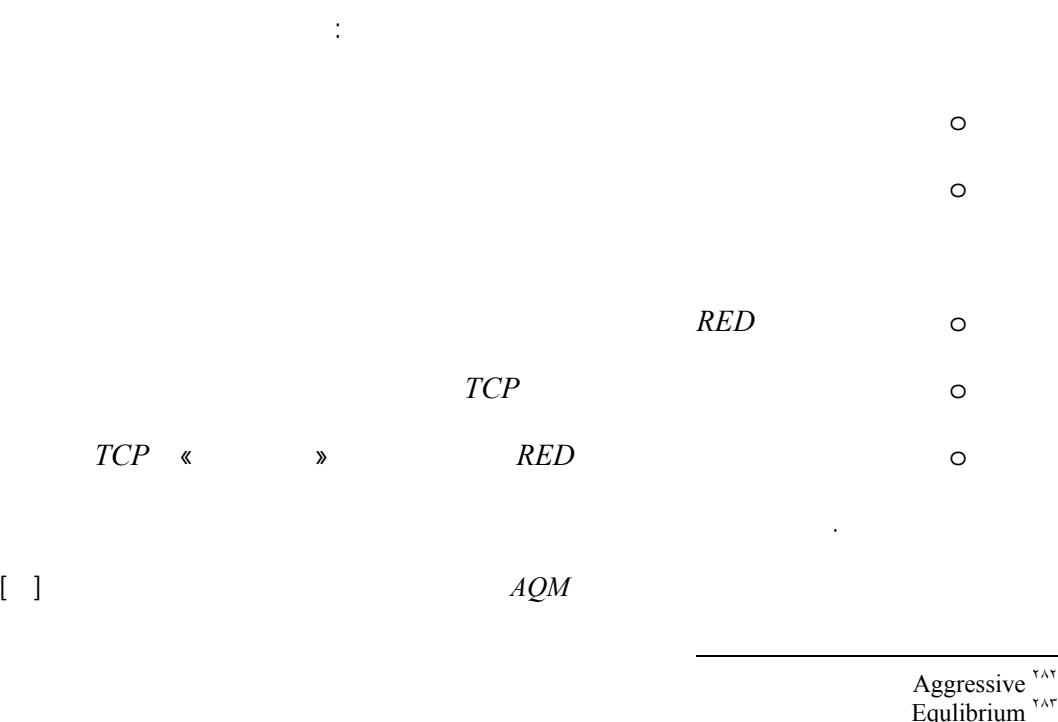
شكل ١٢-٤ شبه کد الگوريتم RED



شکل ۴-۱۳ احتمال علامتگذاری P_a در RED

TCP

RED



(ARED)

ARED

ARED

AQM

P

```

Upon every packet arrival
    if (link_idle)
        reset link idle timer;
        link_idle = false;
    if (R > μ // (qavg > L & R > ρ × μ))
        drop packet with probability P;
        if (current_time - last_update > freeze_time)
            P=P+d1;
            last_update = current_time;

```

When link becomes idle:

```

        set link idle timer to freeze_time;
        link_idle = true;

```

When link idle timer expires:

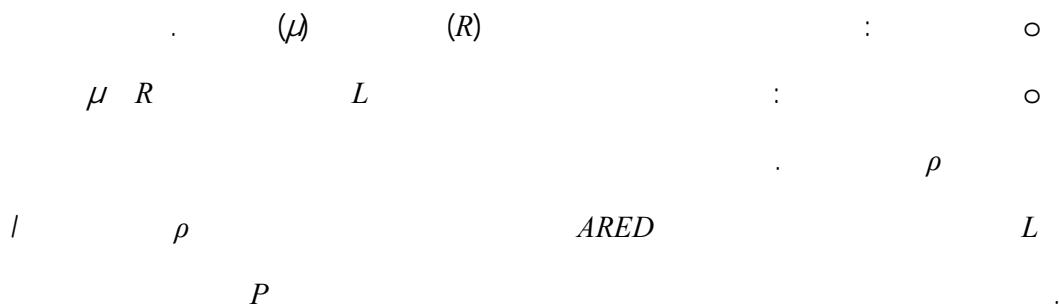
```

        P=P- d2;
        set link idle to freeze_time;

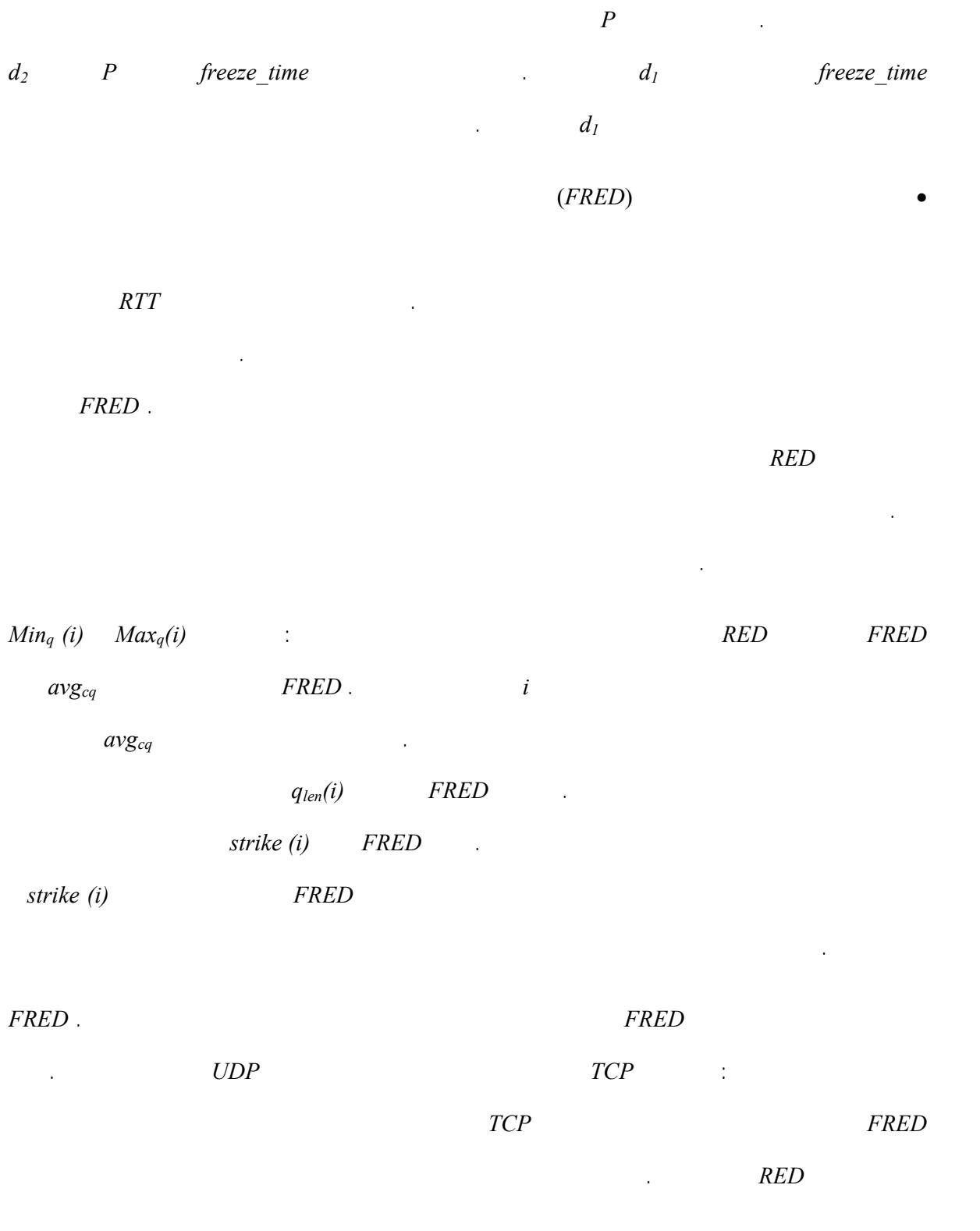
```

شكل ٤-٤ شبه کد الگوریتم ARED

ARED



Average Rate Early Detection	^{۷۸۴}
Packet Enqueue Rate	^{۷۸۵}
Queue Occupancy	^{۷۸۶}



Flow	Random Early Drop	^{۷۸۷}
Round Trip Time	^{۷۸۸}	
Buffer	^{۷۸۹}	

TCP

UDP

TCP

FRED

(*SRED*) *RED* •

TCP

SRED

« »

Count

()

()

:(*Hit*) ○

P :(No Hit) ○

SRED

Finite Zombie List ^{۱۹۰}
Time Stamp ^{۱۹۱}
Administrative ^{۱۹۲}
Zombie ^{۱۹۳}

P

RED

P

۴-۹-۴- الگوریتمهای مبتنی بر اتلاف بسته‌ها و توان عملیاتی خط

()

P

P

AQM

P

P_m

BLUE

«

»

BLUE

P_m

CHOKE^{۷۹۴}
Buffer Overflow^{۷۹۵}
Blue^{۷۹۶}

freeze_time

Upon packet loss event:

```

if ((now - last_update) > freeze_time)
P_m = P_m + d_I
last_update = now

```

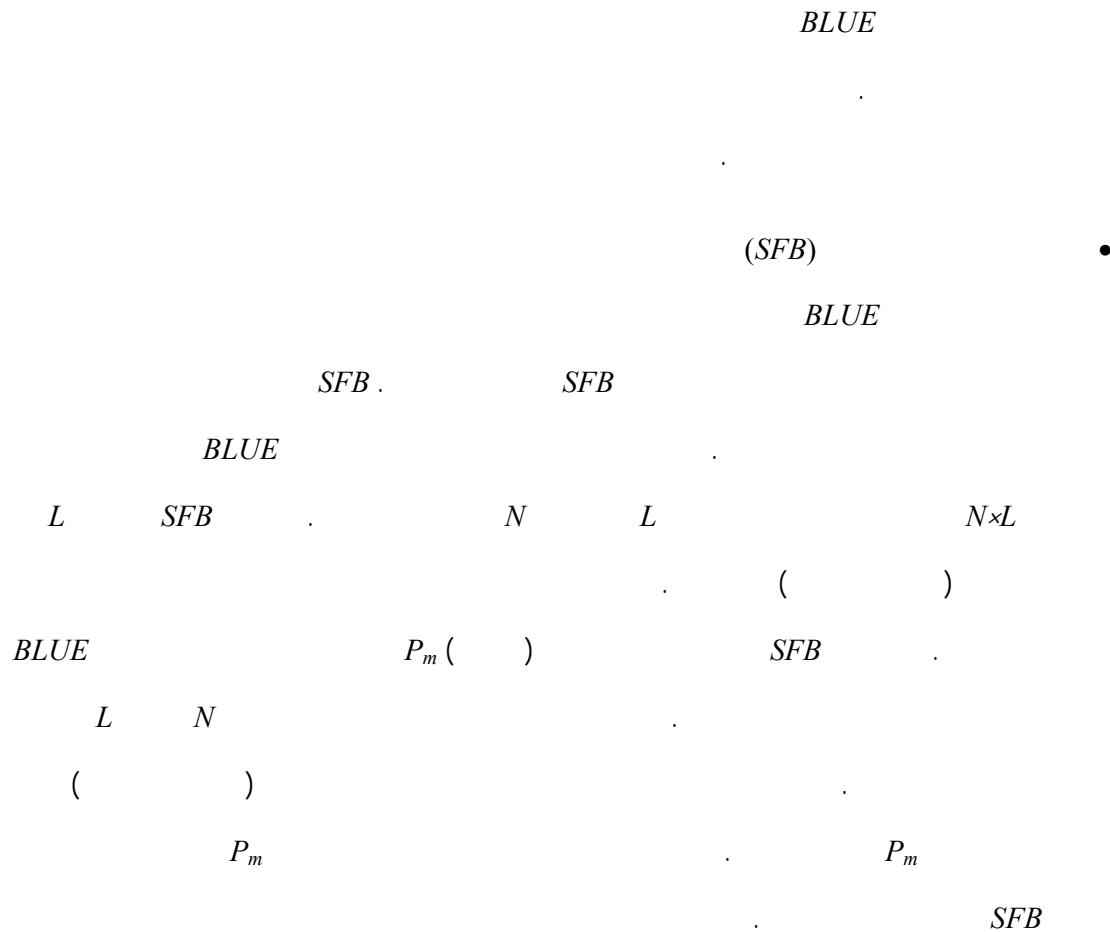
Upon link idle event:

```

if ((now - last_update) > freeze_time )
P_m = P_m - d_l
last_update = now

```

شكل ٤-١٥ شبه كد الگوریتم *BLUE*



Define $B[L][N] = L \times N$ array of bins (L levels, N bins per level)

At Packet Arrival:

```

calculate hash function  $h_0, h_1, \dots, h_{L-1}$ ;
update  $q_{len}$  for each bin at each level;
for  $i = 0$  to  $L-1$ 
    if ( $B[i][h_i].q_{len} > bin\_size$ )
         $B[i][h_i].P_m += delta$ ;
        drop packet;
    else if ( $B[i][h_i].q_{len} == \emptyset$ )
         $B[i][h_i].P_m -= delta$ ;
 $P_{min} = \min(B[0][h_0].P_m, \dots, B[L][h_L].P_m)$ ;
if ( $P_{min} == 1$ )
    limit flow's sending rate;
else
    mark/drop packet with probability  $P_{min}$ ;

```

شكل ۱۶-۴ شبکه کد الگوریتم SFB

P_m

SFB

P_m

P_{min}

P_{min}

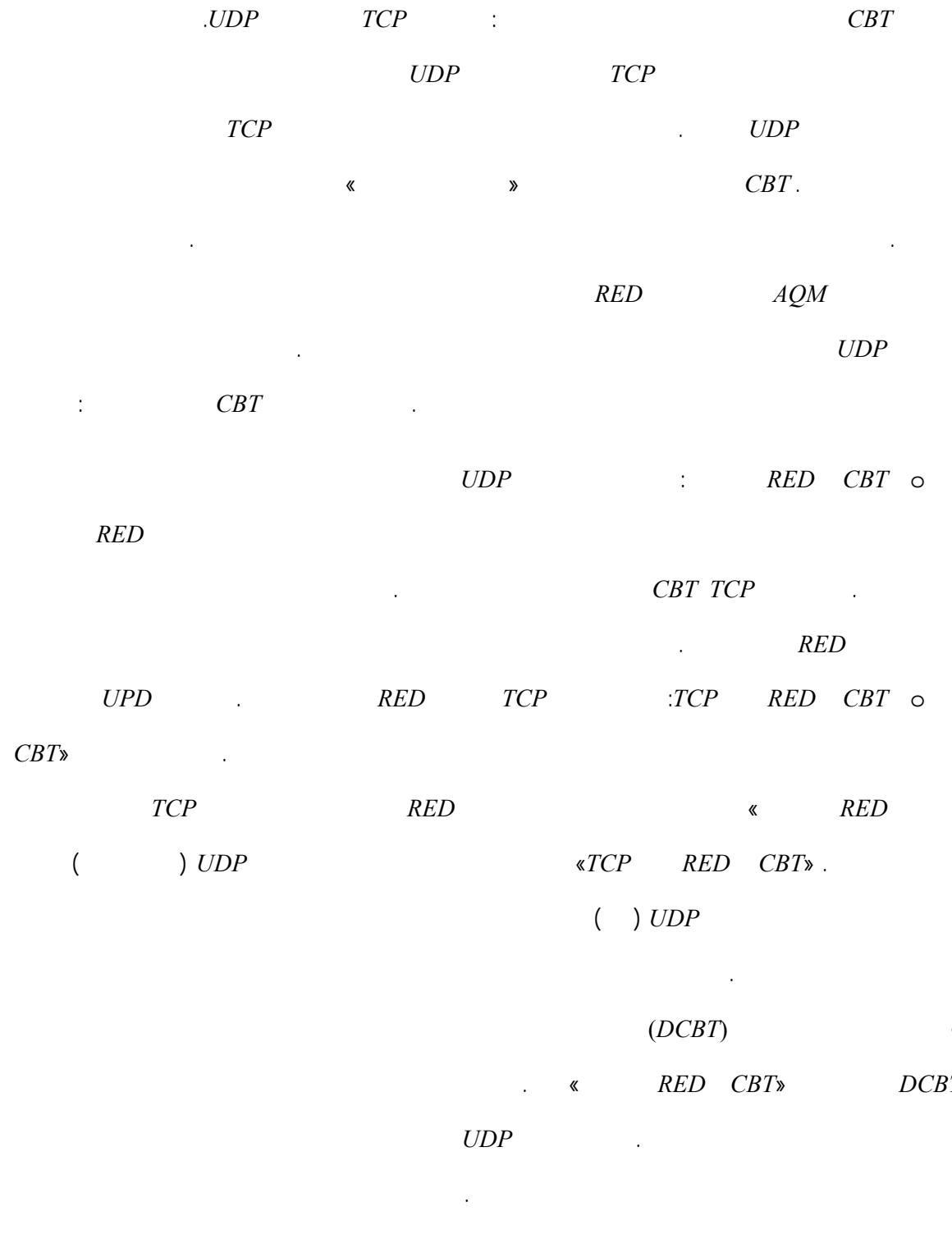
۴-۹-۵- الگوریتم‌های مبتنی بر کلاس

TCP

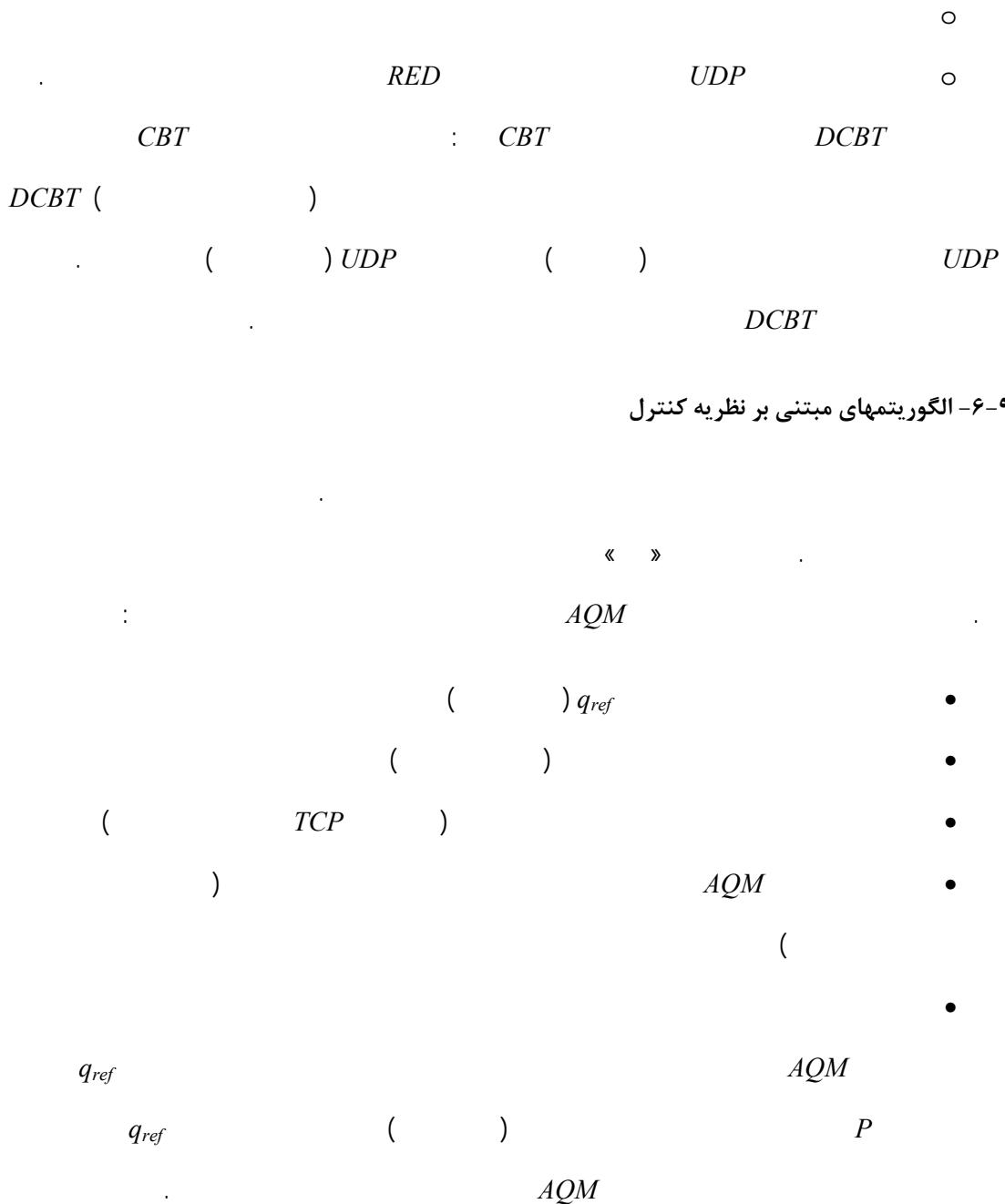
(UDP TCP)

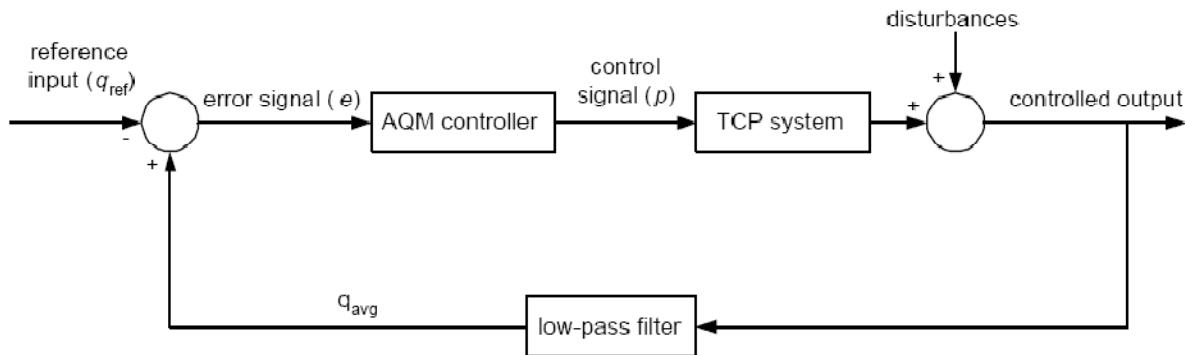
(CBT)

Hash	
Transport	
Class Based	



Better than best effort!
Multimedia
Configurable
Dynamic Class Based Threshold





شکل ۱۷-۴ به عنوان یک سیستم کنترلی حلقه بسته

PI

TCP

PI

(PI)

رابطه ۴-۴ رابطه کنترل کننده تناسبی

$$p(n) = \alpha \cdot e(n)$$

n

n

e(n)

(B)

q_{ref}

α

e(n)/B

e(n)

()

AQM

»

PI

PI Controller
Proportional - Integral
Steer
Steady-State Regulation Error

رابطه ۴-۵ ساختار کلی یک PI-controller

$$p(n) = \alpha \cdot e(n) + \beta \cdot \int_0^n e(\tau) \cdot d\tau$$

$$\beta$$

$$T_I$$

$$\beta / T_1 \quad \beta$$

$$PI$$

رابطه ۶-۴ ساختار کلی یک PD-Controller

$$p(n) = p(n-1) + k \cdot e(n) + \lambda \cdot (e(n) - e(n-1))$$

$$PD$$

$$PI$$

رابطه ۷-۴ پیاده‌سازی دیجیتال یک PI-Controller

$$p(n) = p(n-1) + \alpha \cdot e(n) + \beta \cdot e(n-1)$$

$$\beta = \lambda \text{ و } \alpha = k + \lambda$$

$$p(n-1)$$

$$e(n) \quad p(n)$$

$$q(n) \quad q(n)$$

$$q_{avg} (n)$$

رابطه ۸-۴ استفاده از فیلتر پایین گذر برای محاسبه طول میانگین صفحه

$$q_{avg}(n) = (1 - \chi) \cdot q_{avg}(n-1) + \chi \cdot q(n)$$

$$\chi$$

$$e(n)$$

رابطه ۹-۴ محاسبه سیگنال خطابه کمک طول صفحه میانگین فیلتر شده

$$e(n) = q_{avg}(n) - q_{ref}$$

»

«.

(DRED)

RED

() RED

PI DRED TCP

$q(n)$ n

$$e(n) = q(n) - q_{ref}$$

رابطه ۱۰-۴ اعمال فیلتر پایین گذر به سیگнал خطای کنونی

$$\hat{e}(n) = (1 - \chi) \cdot \hat{e}(n - 1) + \chi \cdot e(n)$$

$$p(n)$$

رابطه ۱۱-۴ محاسبه احتمال حذف بسته در DRED

$$p(n) = \min\{ \max\{p(n - 1) + \alpha \cdot \hat{e}(n), 0\}, p_{max} \}$$

$$p(n+1) \quad p(n) \quad \alpha \quad P_{max}$$

$$\hat{e}(n) \quad p(n+1)$$

$$DRED$$

Dynamic RED ^{۱۱۲}
Load Dependent ^{۱۱۳}



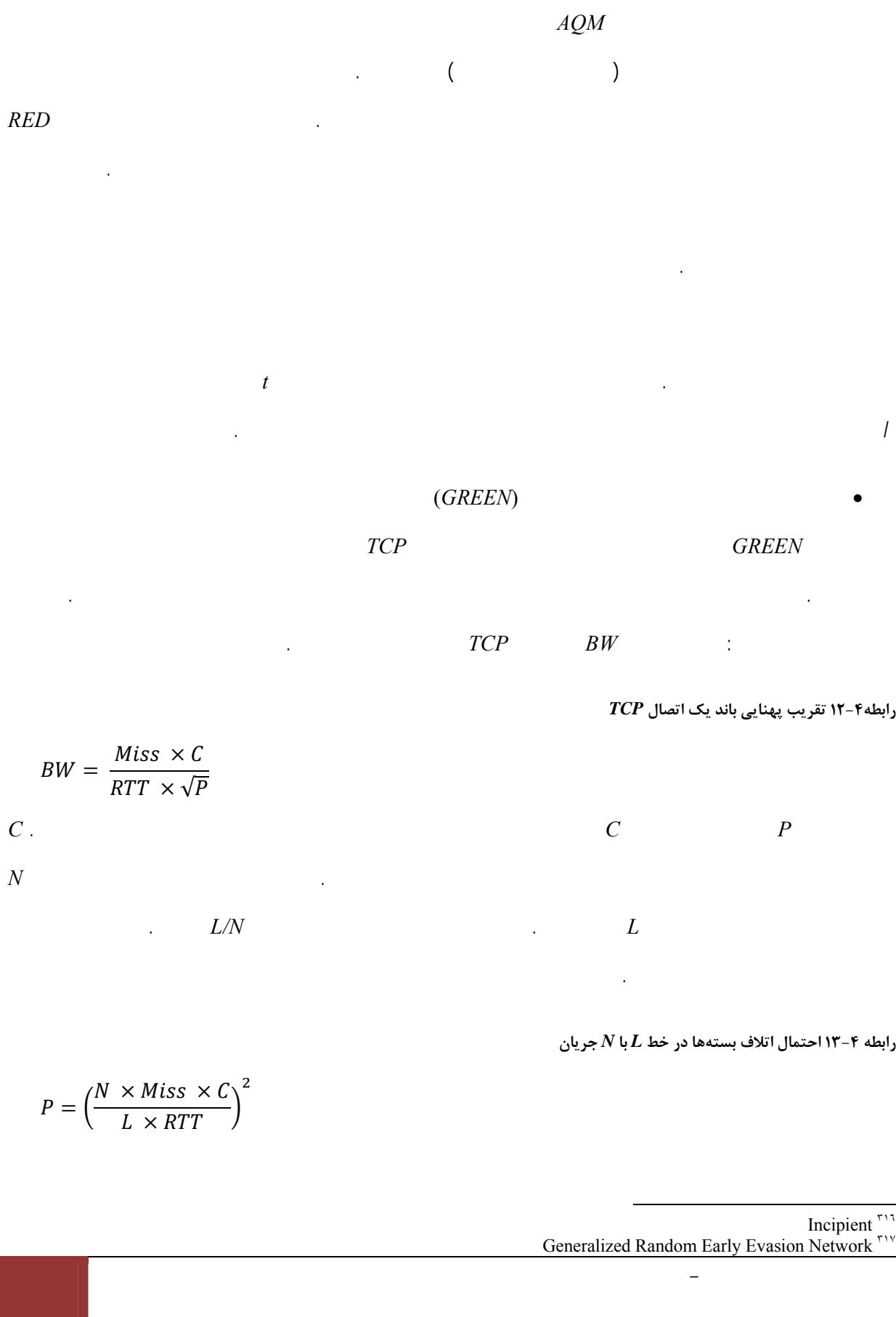
At Each Packet Arrival:

```

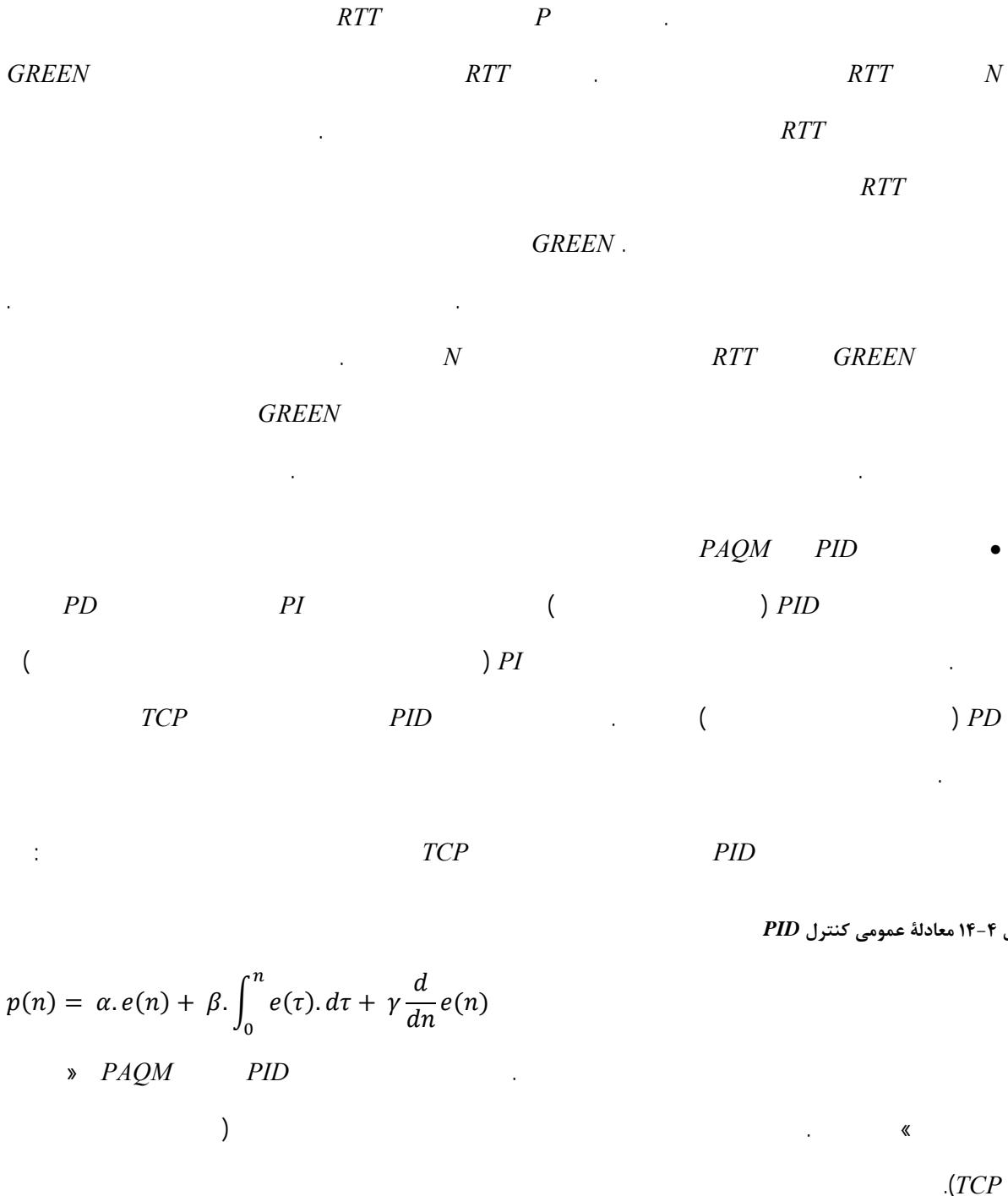
update V_Q;
if (V_Q + b > B)
    mark packet in real queue;
else
    V_Q = V_Q + b;
update virtual_capacity;
update last_arrival;
    
```

شكل ۱۸-۴ شبیه کد الگوریتم AVQ

۷-۹-۴ - الگوریتمهای کنشی



GREEN



Topology	۳۱۸
End-to-End	۳۱۹
PID-Controller	۳۲۰
Damping	۳۲۱
Pro-Active Queue Management	۳۲۲

AQM

RED

« »

۴-۹-۸- خلاصه‌ای از ویژگی الگوریتمها

		✓	<i>RED</i>	مدیریت صفر
<i>TCP</i>		✓		مبتنی بر
		✓		میانگین طول
		✓	<i>ARED</i>	
		✓	<i>FRED</i>	صف
	←	✓		
		✓		
		✓		
		✓	<i>SRED</i>	
		✓		
		✓	<i>CHOKe</i>	
	←	✓		
		✓		
		✓	<i>BLUE</i>	
		✓		
		✓		
		✓	<i>SFB</i>	مدیریت صفر
←		✓		مبتنی بر اتفاف
	←	✓		بسته‌ها و توان
		✓		عملیاتی خط
<i>UDP</i>	<i>TCP</i>	✓	<i>CBT</i>	مدیریت صفر
<i>UDP</i>	<i>TCP</i>	✓		مبتنی بر کلاس
← <i>UDP</i>		✓		
		TCP		

«TCP RED CBT»	«RED CBT»:	✓	
	RED CBT	✓	DCBT
		✓	
UDP		✓	
	CBT	✓	
		✓	<i>PI-Controller</i>
		✓	مدیریت صف
	← RED	✓	<i>Controller</i>
TCP		✓	مبتنی بر نظریه
		✓	
		✓	<i>DRED</i>
		✓	کنترل
		✓	
		✓	<i>AVQ</i>
		✓	
		✓	
		✓	
TCP		✓	<i>GREEN</i>
		✓	مدیریت صف
		✓	
		✓	کنترل
		✓	
PD	PI	✓	<i>PID-Controller</i>
		✓	
TCP	PID	✓	<i>PAQM</i>
		✓	

شکل ۱۹-۴ خلاصه ویژگیهای الگوریتمهای AQM

فصل پنجم

[بررسی الگوریتم RED]

۱. مقدمه
۲. پیشینه کنترل ازدحام تا قبل از RED
۳. اهداف طراحی RED
۴. الگوریتم RED
۵. شبیه‌سازی
۶. محاسبه متوسط طول صف
۷. محاسبه احتمال علامتگذاری بسته
۸. ارزیابی الگوریتم RED

-۱-۵ مقدمه

« »

*DECbit**DECbit**RED**TCP/ IP* *RED**DECbit**RED*

Throughput	$\uparrow\uparrow\uparrow$
Connection per State	$\uparrow\uparrow\downarrow$
End to End	$\uparrow\uparrow\circ$
Propagation Delay	$\uparrow\uparrow\uparrow$
Gateway	$\uparrow\uparrow\vee$
Explicit Feedback	$\uparrow\uparrow\wedge$



« »

*DECbit**RED**RED*.*RED**RED**RED*

[]

*TCP/IP*۲- پیشینه کنترل ازدحام تا قبل از *RED*

[11]

[]

Slow-Start	۱۱۹
Packet Header	۱۱۰
Random Drop	۱۱۱
Tail Drop	۱۱۲
Random Early Drop	۱۱۳
Level Drop	۱۱۴



[]

DECbit

DECbit

— (— + —)

« »

DECbit RED

RED

RED

DECbit

RED

DECbit RED

DECbit

DECbit

RED (—)

TCP

IP Source Quench Message ^{۷۷۰}
 Busy + Idle ^{۷۷۱}
 Roundtrip Time ^{۷۷۲}



[25]

*LT**UT**LT**UT*

RED - ۳-۵ اهداف طراحی

RED

()

RED TCP/IP RED UT

٤-٥- الگوریتم RED

 RED RED $Min_{th} \quad Max_{th}$ RED Max_{th} p_a $Max_{th} \quad Min_{th}$

Exponential Weighted Moving Average ^{۳۳۸}



p_a *RED*

For each packet arrival:

```

calculate the average queue size avg
if  $min_{th} \leq avg < max_{th}$ 
    calculate probability  $p_a$ 
    mark the arriving packet with probability  $p_a$ 
else if  $max_{th} \leq avg$ 
    mark the arriving packet

```

شكل ۱-۵ شبیه کد الگوریتم RED

*RED**m**m* Max_p P_b Max_{th} Min_{th} avg

رابطه ۱-۵ احتمال علامت‌گذاری بسته‌ها در RED

$$p_b = max_p \times \frac{avg - min_{th}}{max_{th} - min_{th}}$$

$$p_a = \frac{p_b}{1 - count \times p_b}$$

 W_q

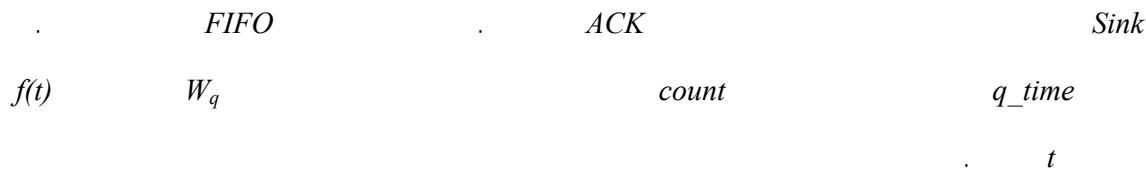
۵-۵- شبیه‌سازی

Real

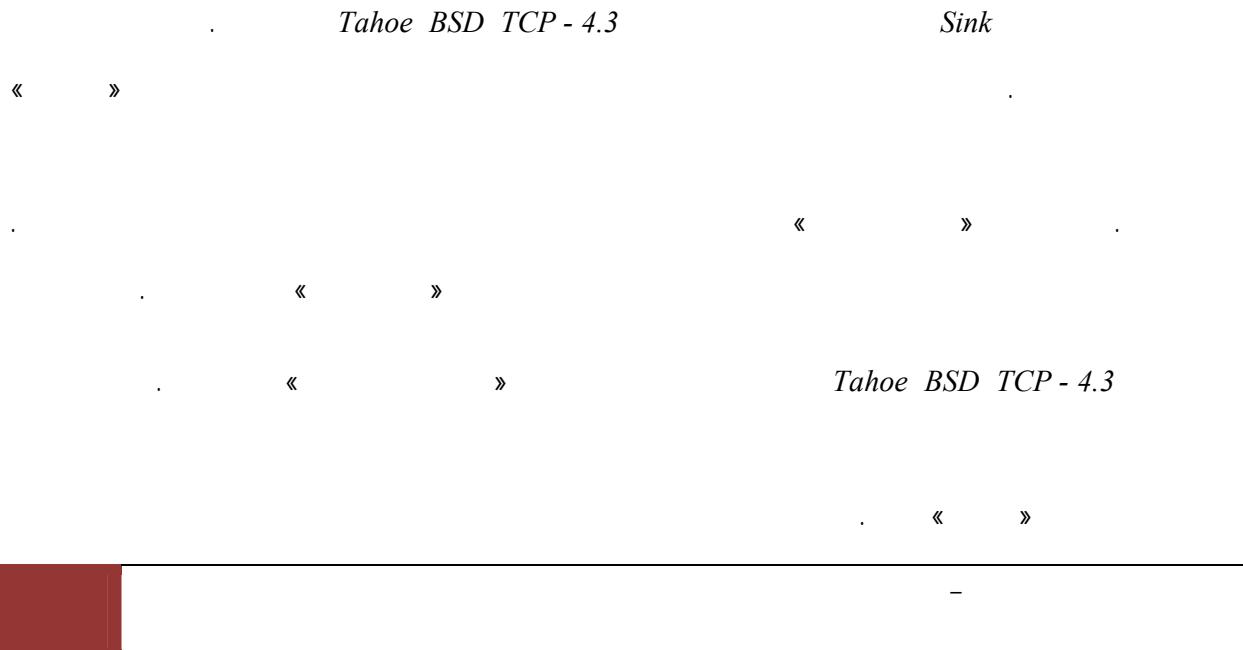
(1000-byte)

FTP

Idle Period

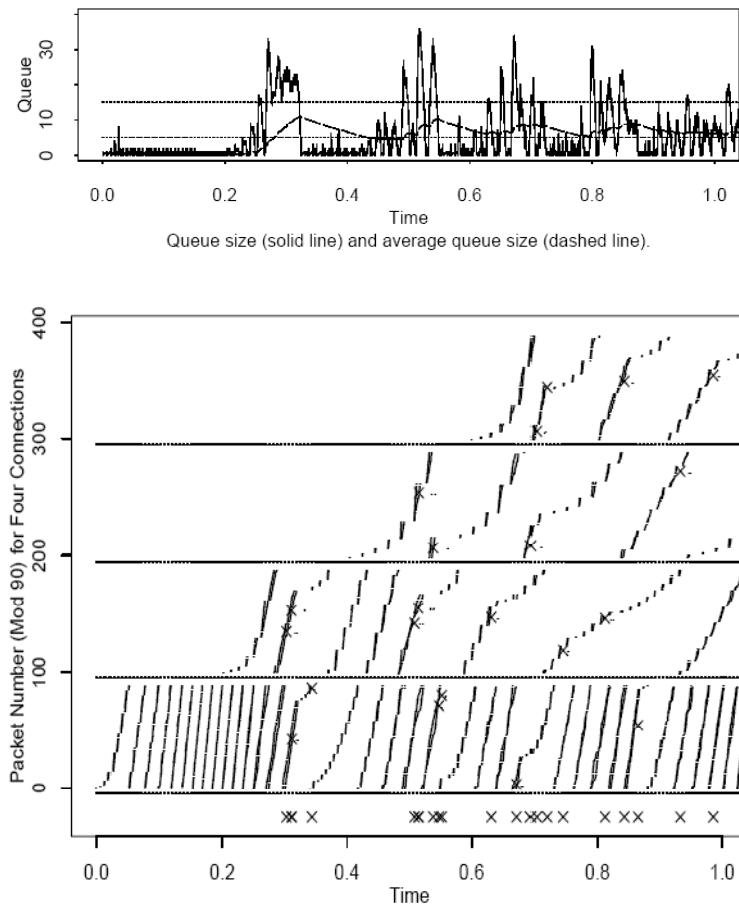


شكل ۲-۵ شبیه‌سازی الگوریتم RED

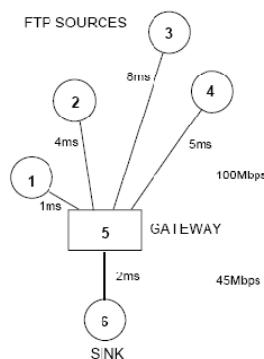


RED

FTP



شکل ۳-۵ یک شبیه‌سازی با چهار اتصال FTP با زمانهای شروع نابرابر



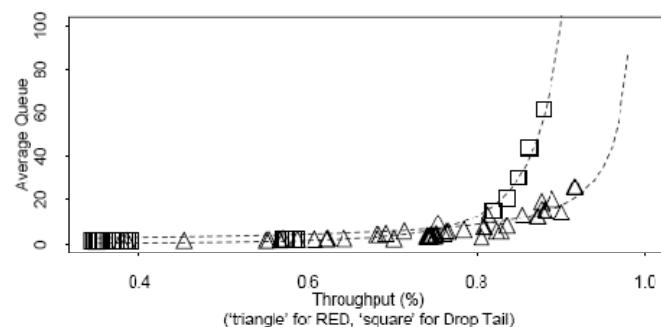
شکل ۴-۵ شبکه شبیه‌سازی شده

$$Max_p = 1/50 \quad Max_{th} = 15 \quad Min_{th} = 5 \quad W_q = 0.002 : \quad RED$$

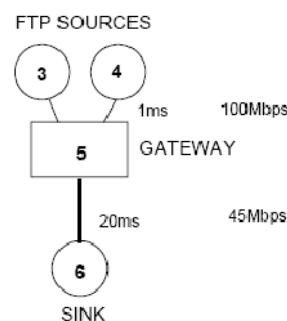


RED

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & & & & & x \\
 & i & n & y & & & \\
 & & & & X & & n \bmod 90 + (i-1).100 \quad y \\
 & & & & 0.6 & 0.4 & 0.2 \\
 & & & & q & avg & Min_{th} \quad Max_{th} \\
 & & & & RED & & X
 \end{array}$$



شکل ۵-۵ مقایسه گذرگاههای RED و قطع دنباله



شکل ۶-۵ شبکه شبیه‌سازی شده

TCP

*RED**y**x*

۵-۶- محاسبه متوسط طول صف

RED

(EWMA)

رابطه ۲-۵ محاسبه متوسط طول صف در *RED*

$$\text{avg} = (1 - w_q) \cdot \text{avg} + w_q \cdot q$$

*W_q**W_q*یک حد بالا برای *W_q* -۱-۶-۵*W_q**L**L*

:

*avg_L*رابطه ۳-۵ محاسبات برای حد بالای *W_q*

$$\text{avg} = \sum_{i=1}^L i \cdot w_q (1 - w_q)^{L-i} = w_q (1 - w_q)^L \sum_{i=1}^L i \left(\frac{1}{1 - w_q} \right)^i = L + 1 + \frac{(1 - w_q)^{L+1} - 1}{w_q}$$

$$\sum_{i=1}^L i \cdot x^i = \frac{x + (L \cdot x - L - 1) \cdot x^{L+1}}{(1 - x)^2}$$

$$/ \quad / \quad W_q \quad x \quad L \quad W_q$$

$$W_q = 0.001$$

$$L \quad y$$

$$\text{avg}_{100} = 4.88$$

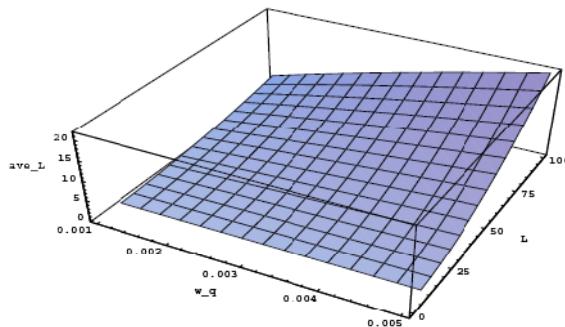
W_q L Min_{th} $avg_L < min_{th}$ رابطه ۴-۵ محاسبه W_q برای پذیرش ترافیک رگباری به طول L

$$L + 1 + \frac{(1 - w_q)^{L+1} - 1}{w_q} < min_{th}$$

$$W_q \leq 0.0042 \quad L=50 \quad min_{th}=5$$

یک حد پائین برای W_q -۲-۶-۵ W_q

RED

 avg شکل ۷-۵ به عنوان تابعی از avg_L و W_q تنظیم کردن Min_{th} و Max_{th} -۳-۶-۵ Min_{th} Max_{th} Min_{th} Min_{th} Max_{th}

RED

 Min_{th} Max_{th}

Utilization (%)

۷-۵ - محاسبه احتمال علامتگذاری بسته

$$p_b$$

$$p_b = \max_p \times \frac{avg - min_{th}}{\max_{th} - min_{th}}$$

$$p_b \quad \quad \quad Max_p$$

$$X \quad \quad \quad p_b$$

$$p_b$$

$$Prob[X = n] = (1 - p_b)^{n-1} \times p_b$$

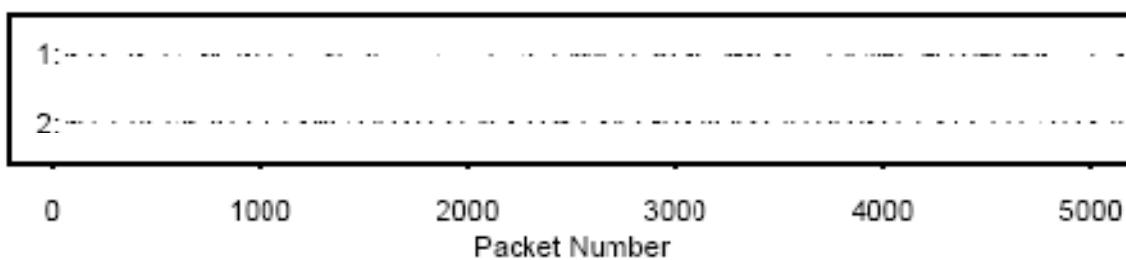
$$E[X] = I/p_b \quad p_b \quad \quad \quad X$$

$$p_b/(I - count. p_b) \quad \quad \quad X$$

$$\text{Prob}[X = n] = \begin{cases} \frac{p_b}{1 - (n - 1) \cdot p_b} \prod_{i=0}^{n-2} \left(1 - \frac{p_b}{1 - i \cdot p_b}\right) = p_b & , 1 \leq n \leq \frac{1}{p_b} \\ 0 & , n > \frac{1}{p_b} \end{cases}$$

$$E[X] = (p_b + 1)/2p_b \quad X$$

x



شکل ۸-۵ مقایسه دو روش علامت‌گذاری بسته‌ها

۸-۵ ارزیابی الگوریتم RED

۱-۸-۵ اهداف RED

RED

RED

EWMA

W_q

RED UT

RED

RED

*RED**RED**RED**RED**RED**TCP/IP**TCP**TCP**ACK**RED**TCP**RED*

-۲-۸-۵ حساسیت پارامترها

RED $W_q \quad Min_{th} \quad Max_{th}$ *RED*Retransmission ^{۷۴۳}

p_b Max_p Max_p RED avg $W_q \geq 0.001$ W_q Max_{th} W_q $Min_{th} - Max_{th}$ $Max_{th} - Min_{th}$ $Max_{th} - Min_{th}$ Max_{th} RED $FTP ~ TELNET$ RED

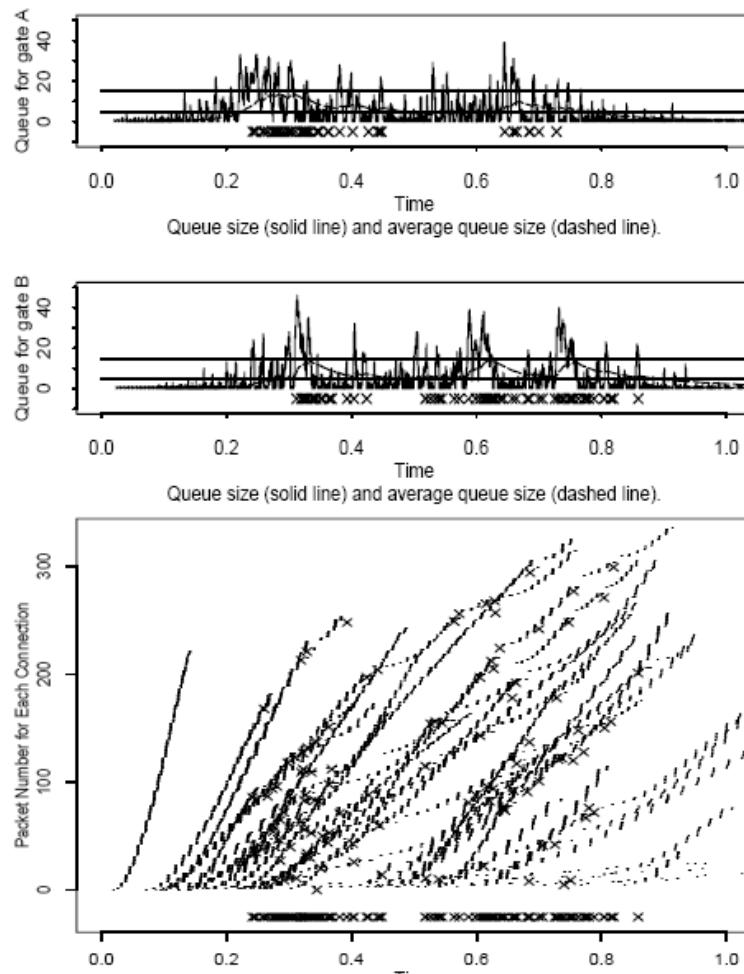
Underutilized

*TELNET**FTP**TELNET**X**B**A**A**y**x**X**X**RED**RED*

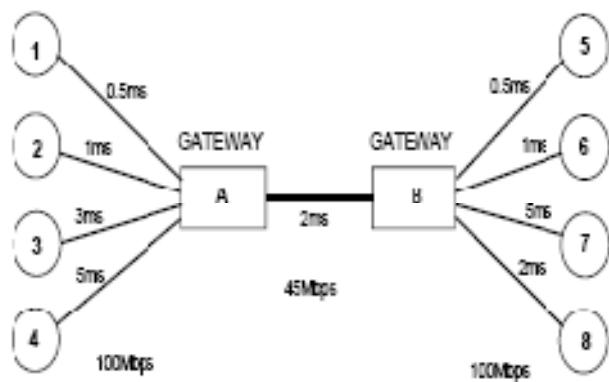
%

%

RED

RED

شکل ۵-۵ شبیه‌سازی گذرگاه RED با ازدحام بالا، ترافیک دوسویه، و اتصالات متعدد TELNET و FTP کوتاه



شکل ۱۰-۵ شبکه‌ای با تعداد زیادی اتصالات کوتاه

فصل ششم

[پیاده سازی و شبیه سازی]

۱. مقدمه
۲. طراحی یادگیری Q فازی
۳. پارامترهای مهم الگوریتم RED
۴. تنظیم پارامترهای الگوریتم RED با یادگیری Q فازی
۵. سناریوی شبیه سازی
۶. آزمایشها

RED

RED

RED

TCP

RED

RED

RED

•

(...

)

•

)

•

(...

) *RED*

(

RED

(... UDP TCP)

() RED

)

(...)

)

(...)

)

(....)

(...))

Q

RED

۲-۶- طراحی یادگیری Q فازی

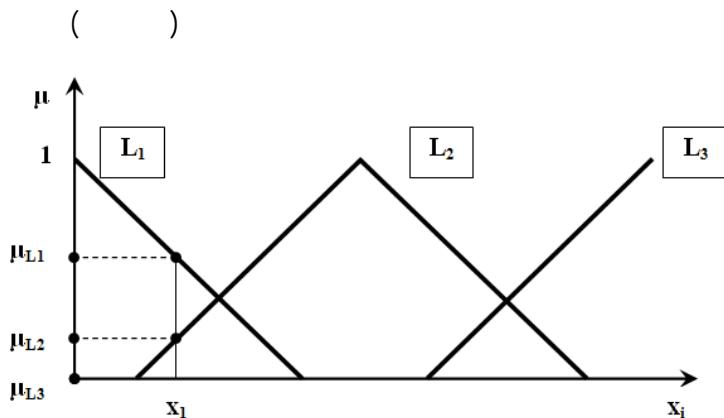
۲-۶-۱- لایه ورودی

$X_{t+1}(x_1, x_2, \dots, x_n)$

X_{t+1}

L_{t+1}

Pipe Line
Solution Flowchart
Input Layer



شکل ۱-۶ فازی سازی مثلثی یک ورودی نمونه

^{۳۴۹} - لایه فازی سازی

$$L_{t+1}([L_1^1, L_1^2, \dots, L_1^{m_1}], [L_2^1, L_2^2, \dots, L_2^{m_2}], \dots, [L_n^1, L_n^2, \dots, L_n^{m_n}]) \quad L_{t+1}$$

$$R_{t+1}$$

$$\alpha_{R_i} \quad [0, m_i) \quad i \quad n$$

^{۳۵۰} - لایه ارزیابی قانون

$$R_{t+1}(\alpha_{R_1}, \alpha_{R_2}, \dots, \alpha_{R_K}) \quad R_{t+1}$$

$$W_t$$

^{۳۵۲} - مقدار بھینه Q

$$R_{t+1}$$

$$Q_t^*$$

$$Q^*(X_t) = \frac{\sum_{R_i \in A(X_t)} \alpha_{R_i}(X_t) \times \left[\max_{a \in U^i} w_t^i(a) \right]}{\sum_{R_i \in A(X_t)} \alpha_{R_i}(X_t)}$$

^{۳۵۳} - مقدار تخمینی Q

Fuzzification Layer	^{۳۴۹}
Counter	^{۳۵۰}
Rule Evaluation Layer	^{۳۵۱}
Optimal Q	^{۳۵۲}



X_t و U_t

$\sim Q_t$

$$\tilde{Q}_t(X, U_t(X_t)) = \frac{\sum_{R_i \in A(X_t)} \alpha_{R_i}(X_t) \times w_t^i(U_t^i)}{\sum_{R_i \in A(X_t)} \alpha_{R_i}(X_t)}$$

۳۵۴- محاسبه خطای

R_{t+I}

$\sim \mathcal{E}_{t+I}$

$$\tilde{\varepsilon}_{t+1} = r_{t+1} + \gamma \times Q_t^*(X_{t+1}) - \tilde{Q}_t(X, U_t(X_t))$$

۳۵۵- اکتشاف

W_{t+I}

EE_{t+I}

$$EE(a) = w_t^i(a) + \frac{\theta}{e^{n_t(a)}}, \theta > 0$$

۳۵۶- انتخاب حریصانه ε

EE_{t+I}

M_{t+I}

$$U_t^i = U^i(k) \quad | \quad EE\left(U^i(k)\right) = \max_{a \in U^i} EE(a)$$

۳۵۷- TD(0) بروزرسانی

$X_{t+1}(x_1, x_2, \dots, x_n)$

$\sim \mathcal{E}_{t+I}$

W_{t+I}

Estimated Q	τ_{rt}
Error Calculation	τ_{et}
Exploration	τ_{et}
ε -Greedy	τ_{et}
TD(0) Update	τ_{et}



$$w_{t+1} = w_t + \tilde{\varepsilon}_{t+1} \times e_t^a$$

M

۳۵۸-۱۰-۲-۶-انتخاب حریصانه مضاعف

$$R_{t+1} \text{ و } M_{t+1}$$

$$U_{t+1}$$

$$U_t(X_t) = U_t^{i^*} \quad | \quad EE(U_t^{i^*}) \times \alpha_{R_i^*}(X_t)$$

۱۱-۲-۶-سناریوی FQL

No	Phase	Input	Output
1.	Estimated Q	U_t, X_t	$\rightarrow \sim Q_t$
2.	Input Layer	X_{t+1}	$\rightarrow L_{t+1}$
3.	Fuzzification Layer	L_{t+1}	$\rightarrow R_{t+1}$
4.	Rule Evaluation Layer	R_{t+1}	$\rightarrow W_{t+1}$
5.	Optimal Q	R_{t+1}	$\rightarrow Q_t^*$
6.	Error Calculation	$Q_t^*, \sim Q_t, r_{t+1}$	$\rightarrow \sim \varepsilon_{t+1}$
7.	TD(0) Update	$\sim \varepsilon_{t+1}$	$\rightarrow W_{t+1}$
8.	Exploration	W_{t+1}	$\rightarrow EE_{t+1}$
9.	E-Greedy	EE_{t+1}	$\rightarrow M_{t+1}$
10.	Final Action Greedy	M_{t+1}, R_{t+1}	$\rightarrow U_{t+1}$

شکل ۶-۲-سناریوی FQL

۱۲-۲-۶-ساختمان داده FQL

: *FQL*

$$\begin{array}{ccc} X[n] : & n & \bullet \\ L[n][\max(m_i)] : & n \times m_{i_{\max}} & \bullet \\ R[k] : & k & \bullet \end{array}$$

Double ε -Greedy

) $W[k] [\#actions] : Q \quad Q \quad k \times \#actions$

$TS-FIS \quad FQL \quad . \quad FQL$

Q

(

$EE[\#actions] : Q \quad \#actions$

$M[k] : TD(0) \quad \varepsilon \quad Greedy \quad k$

$k \times \#actions$

$C[k][\#actions]$

۳-۶ - پارامترهای مهم الگوریتم RED

$RED \quad RED$

$Min_{th} \quad Max_{th}$

Max_{th}

$Min_{th} \quad Max_{th} \quad RED$

$P_a \quad p_a$

RED

m

m

RED

Super States ^{۷۰۹}
Exponential Weighted Moving Average ^{۷۱۰}

()

$$avg = (1 - w_q) \cdot avg + w_q \cdot q$$

W_q

W_q

RED

W_q

W_q

Min_{th} Max_{th}

RED

Min_{th}

Min_{th} Max_{th}

Min_{th}

Max_{th}

RED Max_{th}

RED

EWMA

W_q

p_b

: ()

$$p_b = max_p \times \frac{avg - min_{th}}{\max_{th} - min_{th}}$$

X

p_b

Max_p

$$Count \quad p_a = p_b / (1 - Count \cdot p_b)$$

Max_{th} Min_{th} Avg

Utilization (%)

$$. (\quad) \quad Max_p \quad p_b$$

$$p_a = \frac{p_b}{1 - count \times p_b}$$

RED

$$W_q \quad Min_{th} \quad Max_{th} \quad RED$$

$$Max_p$$

$$Max_p \quad \quad \quad p_b$$

RED

$$W_q \geq 0.001$$

$$W_q \quad Max_{th} \quad Avg$$

$$W_q$$

$$Min_{th} \quad Max_{th}$$

$$Min_{th} \quad Max_{th}$$

$$Max_{th} - Min_{th} \quad Min_{th} \quad Max_{th}$$

Underutilized

Max_{th}

%

Max_{th}

RED

TCP

N

RED

N

Max_p

$SRED$ $ARED$

[]

Max_{th}

Max_p

FPQ

رابطه ۱-۶ وابستگی RED به تعداد اتصالات فعلی TCP و سایر پارامترهایش

$$q_a = \frac{0.91 \times N^{2/3} \times max_{th}^{1/3}}{max_p^{1/3}} = 0.91 \times N^{2/3} \times \left(\frac{max_{th}}{max_p} \right)^{1/3}$$

RED

۴-۶- تنظیم پارامترهای الگوریتم RED با یادگیری Q فازی

Q

$FQL-RED$

RED

RED

FQL

$FQL-RED$

RED

)

RED

$$.\left(\dots Min_{th} Max_{th} Min_{th} Max_{th} W_q\geq 0.001 \right.$$

$$FQL$$

$$\mathcal{W}$$

$$API$$

$$W_q\,Max_p\,Max_{th}\,Min_{th}$$

$${\mathcal Q}$$

$${\mathcal Q}$$

Q

If-Then

T-norm

TS-FIS

$$\begin{array}{c} < \qquad \qquad > \\ & = \quad = \quad * \quad * \quad * \quad * \\ & \dots \end{array}$$

رابطه ۲-۶ نحوه ترکیب شدن بخش‌های مختلف سیگنال تقویت در *FQL-RED*

$$R_T = c_1 \cdot R_1 + c_2 \cdot R_2 + c_3 \cdot R_3 + c_4 \cdot R_4 + c_5 \cdot R_5$$

Min_{th}

Max_{th}

Max_{th} *Min_{th}*

○



$$R_1 = 1 - \frac{|max_{th} - 2min_{th}|}{min_{th}}$$

Min_{th}

Max_{th}

FQL-RED

○

Max_{th}

FQL-RED

$$R_2 = 1 - \frac{|max_{th} - q|}{B}$$

Max_{th}

⋮

○

⋮

Max_p

$$R_3 = 1 - \frac{\text{packets dropped}}{\text{packet received}}$$

⋮

○

⋮

$$R_4 = \frac{\text{packets sent}}{\text{packet received}}$$

FQL-RED

○



$$\langle d \rangle$$

$$R_5 = 1 - \frac{d_{new}}{d_{old} + d_{new}} = \begin{cases} \frac{d_{old}}{d_{old} + d_{new}} & , d_{old} + d_{new} \neq 0 \\ 1 & , d_{old} + d_{new} = 0 \end{cases}$$

$${\mathcal Q}$$

$$\mathscr{Q}$$

$$(\quad \quad)$$

$$TD$$

$$\mathcal{Q}$$

$$\mathfrak{Q}$$

$$TS\text{-}FIS$$

$$(\quad\quad)~TD(0)$$

$$FQL\text{-}RED$$

$$\langle \theta \rangle$$

$$\left(Max_{th}-Min_{th}\geq 10\right)$$



$$TD(0)$$

$$\mathcal{Q}$$

FQL-RED

: No-Operation \circ

()

Min_{th} : $\downarrow \uparrow Min_{th}$ \circ

$0 < Min_{th} \leq Max_{th} - 10$

Max_{th} : $\downarrow \uparrow Max_{th}$ \circ

$Min_{th} + 10 \leq Max_{th} \leq Buffer\ Size$

Max_p : $\downarrow \uparrow Mark_d$ \circ

$$Max_p = 1 / Mark_d$$

$$Mark_d$$

$$0\% \leq Max_{th} \leq 100\%$$

$$W_q = (1/2)^{Exp_w}$$

$$W_q \quad Exp_w \quad : \downarrow \uparrow Exp_w \quad \circ$$

$$W_q$$

$$0 \leq Exp_w \leq 10$$

FQL-RED

For each packet arrival:

- gather information from environment
- fuzzify the inputs and create rule base
- explore actions to find potential best actions
- find best action due to learnt traffic model
- update Q-learning tables
- change none, min_{th}, max_{th}, max_p, or w_q with the chosen action
- calculate the average queue size avg
- if min_{th} ≤ avg < max_{th}
 - calculate probability p_a
 - mark the arriving packet with probability p_a
- else if max_{th} ≤ avg
 - mark the arriving packet

شكل ٣-٦ الكوریتم *FQL-RED*

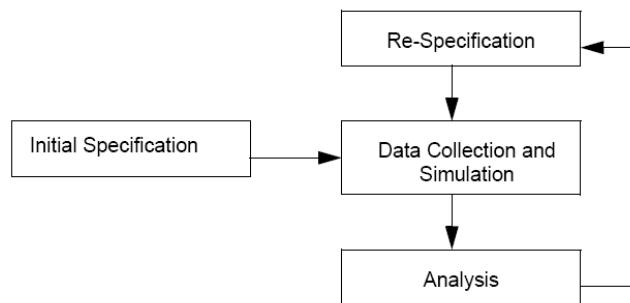
٥-٦- سناریوی شبیه‌سازی

OPNet

OPNet

١-٥- معماری *OPNet*

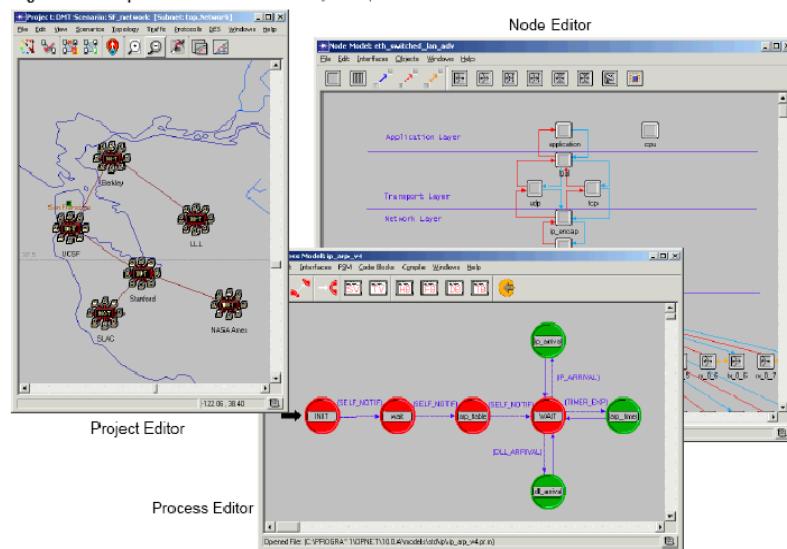
Re-Specification



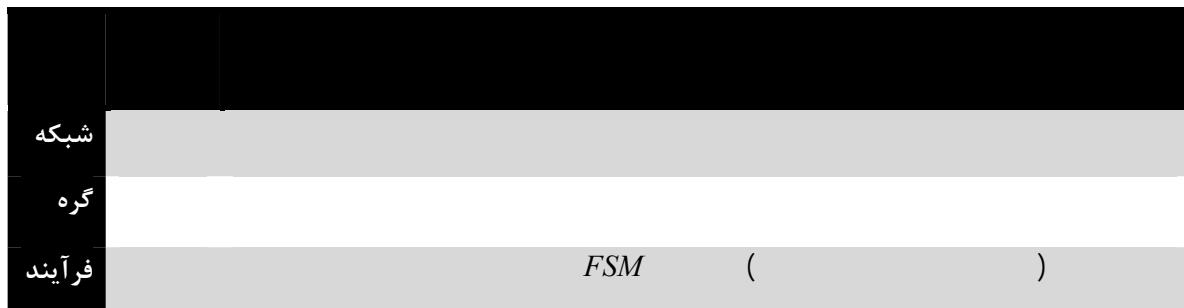
شکل ۴-۶ چرخه پروژه شبیه‌سازی

۲-۵-۶ مشخصات مدل‌سازی شبکه

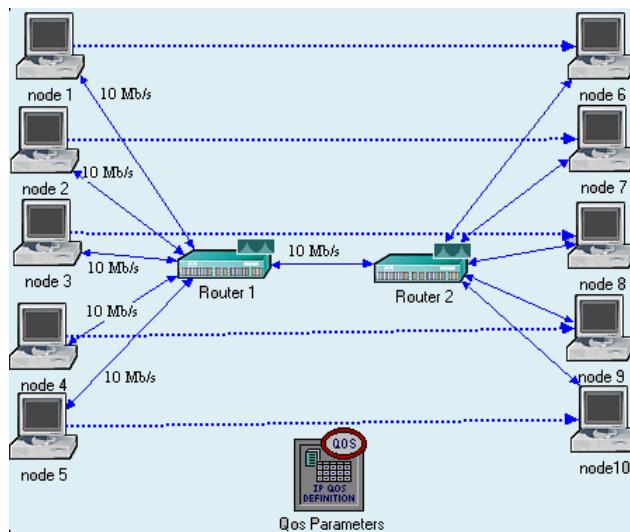
Figure 1-2 Graphical Editors for Network, Node, and Process Models



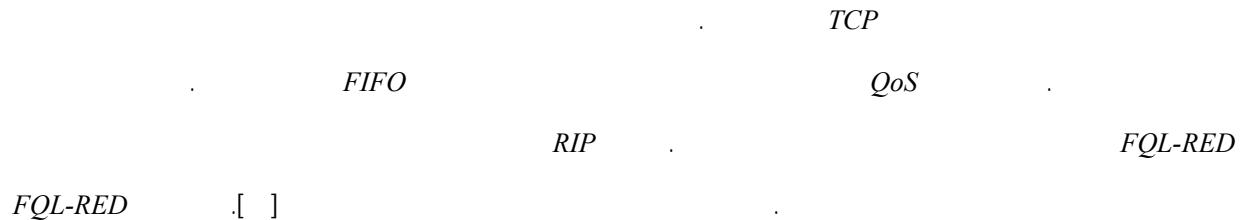
شکل ۶-۵ ویرایشگر گرافیکی برای مدل‌های شبکه، گره و فرآیند



۳-۵-۶- پیکربندی شبکه مورد مطالعه



شکل ۶-۶ پیکر بندی شبکه مورد مطالعه (سناریوی پروانه)



FQL-RED	پارامترها	مقادیر
	<i>Minimum Threshold (min_{th})</i>	۱۵
	<i>Maximum Threshold (max_{th})</i>	۳۰
	<i>Maximum value for P_b (max_p)</i>	۵۰
	<i>Queue Weight(w_q)</i>	۰/۵
	<i>Buffer size(B)</i>	۱۰۰

شکل ۶-۶ پارامترهای FQL-RED

۶-۶- آزمایشها

Drop Tail RED *FQL-RED*

RED

()

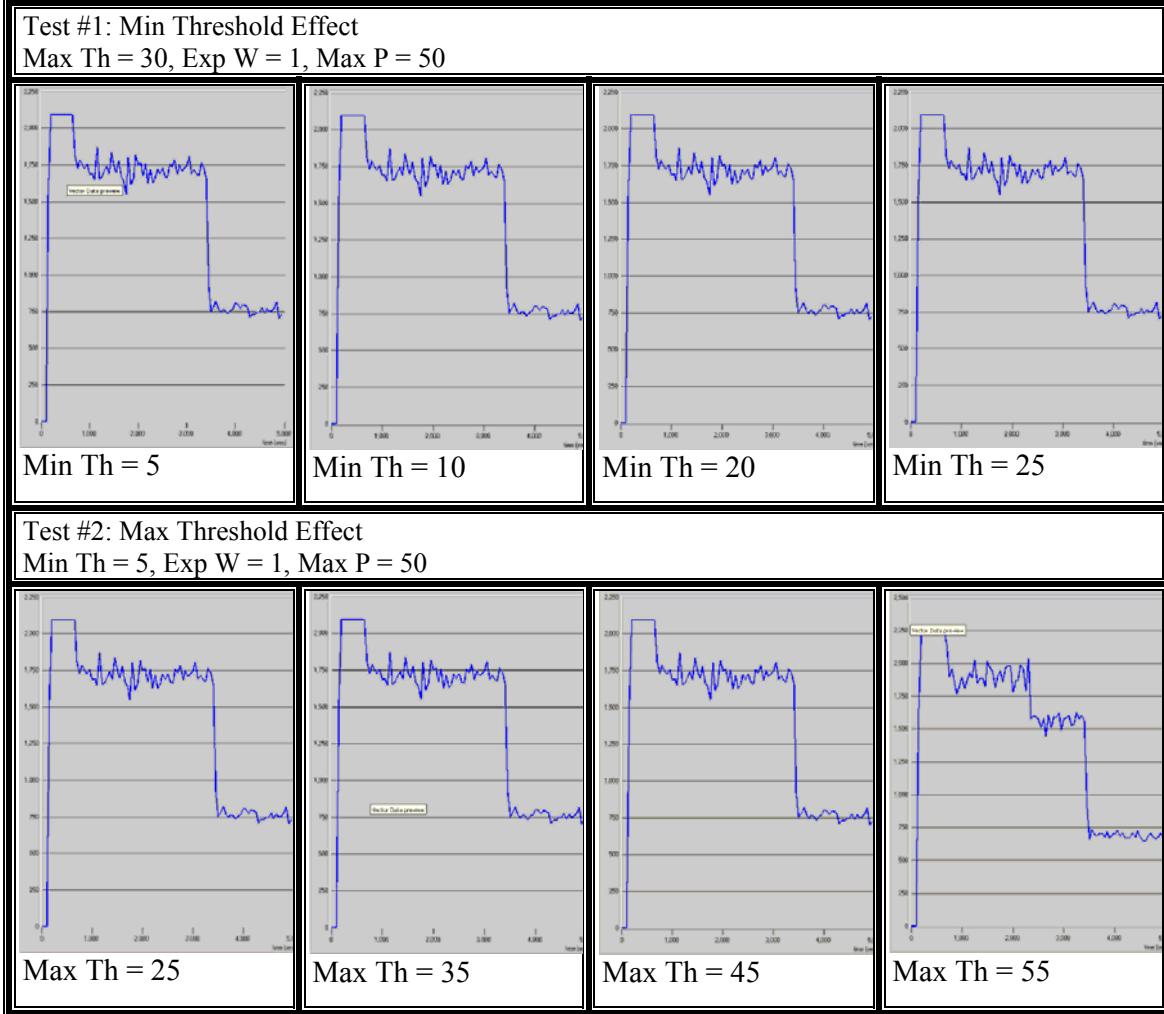
RED

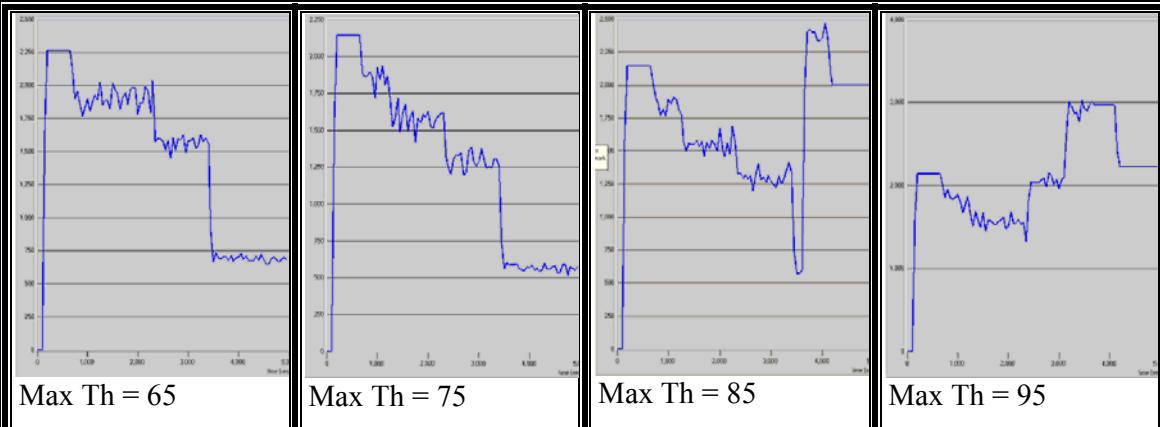
FQL-RED

١-٦-٦- حساسیتهای الگوریتم *RED*

RED

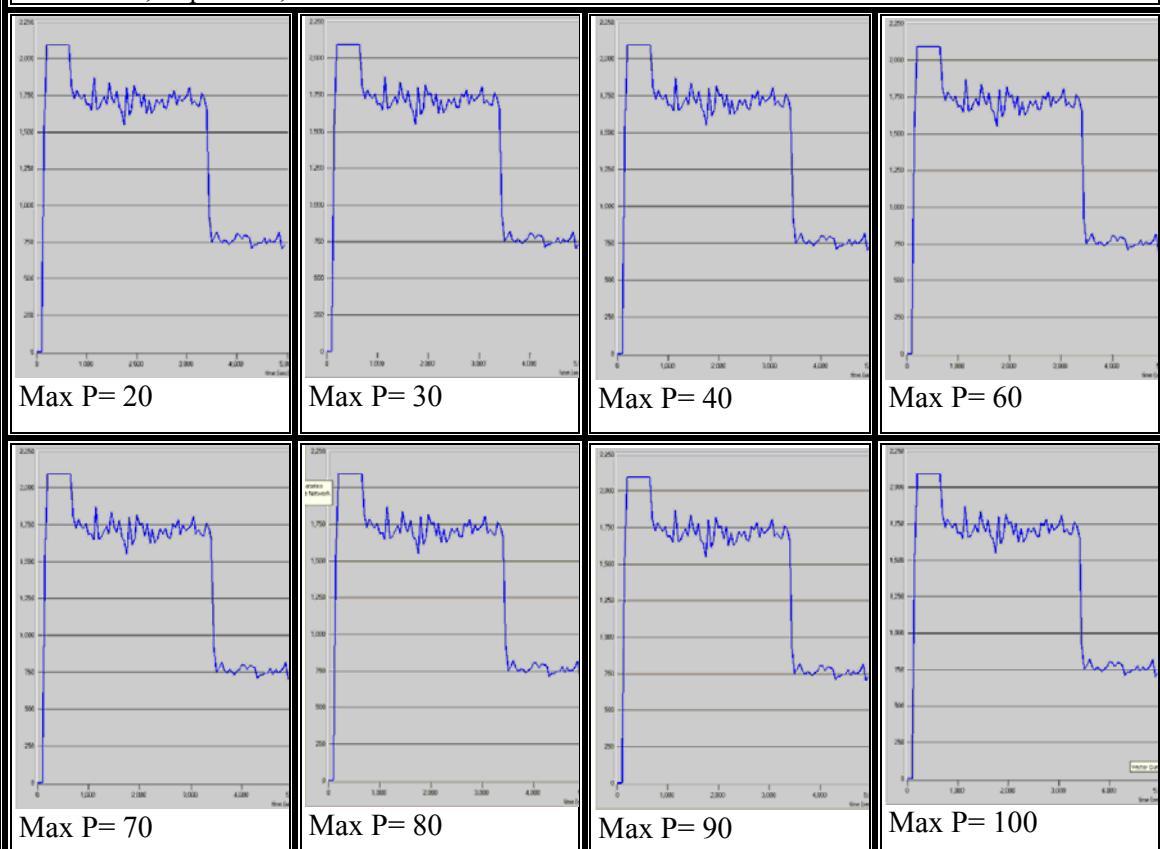
Packets/Sec





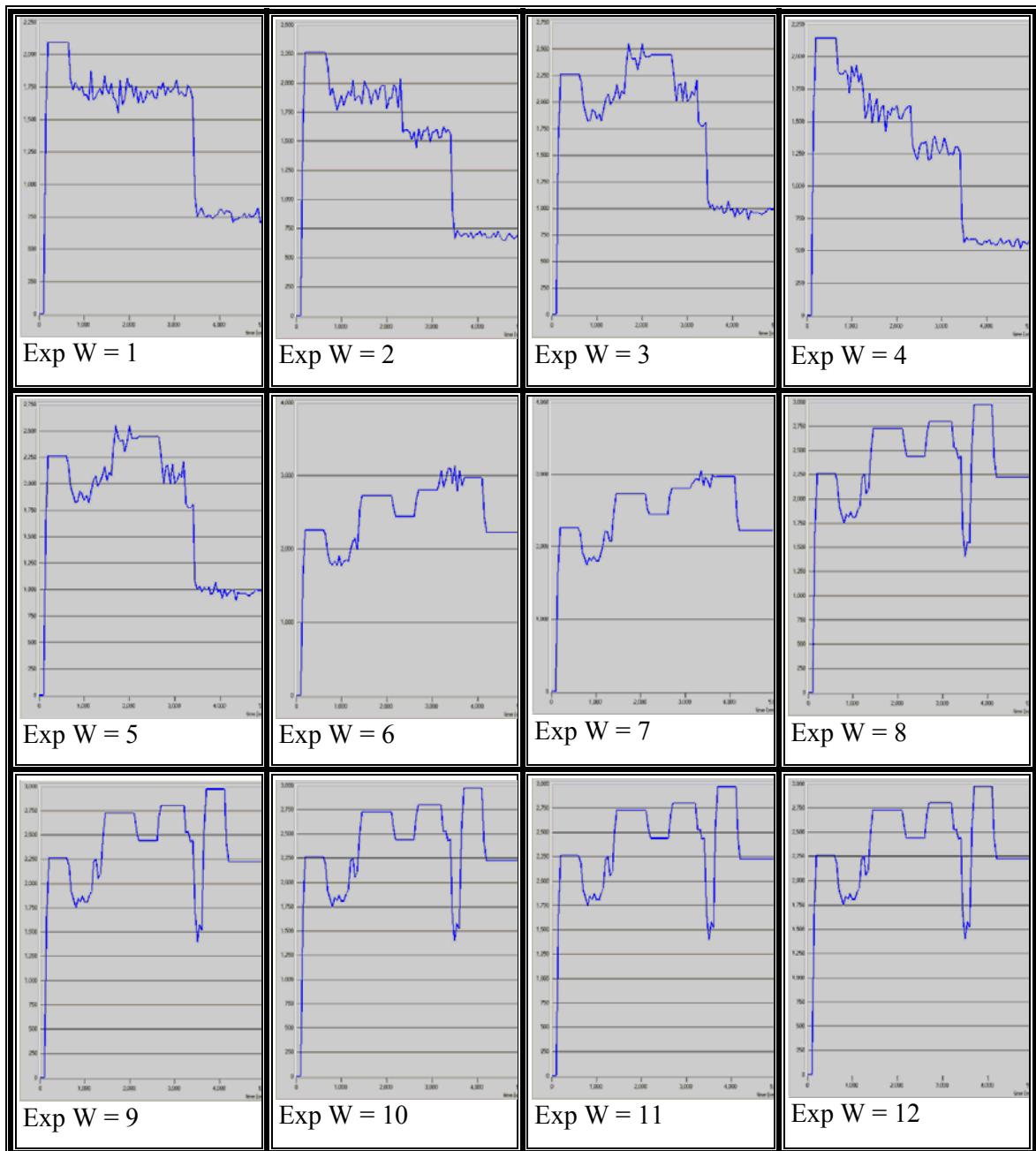
Test #3: Mark Probability Denominator Effect

Min Th = 5, Exp W = 1, Max Th = 30



Test #4: Exponential Weight Factor Effect

Min Th = 5, Max Th = 30, Max P= 50

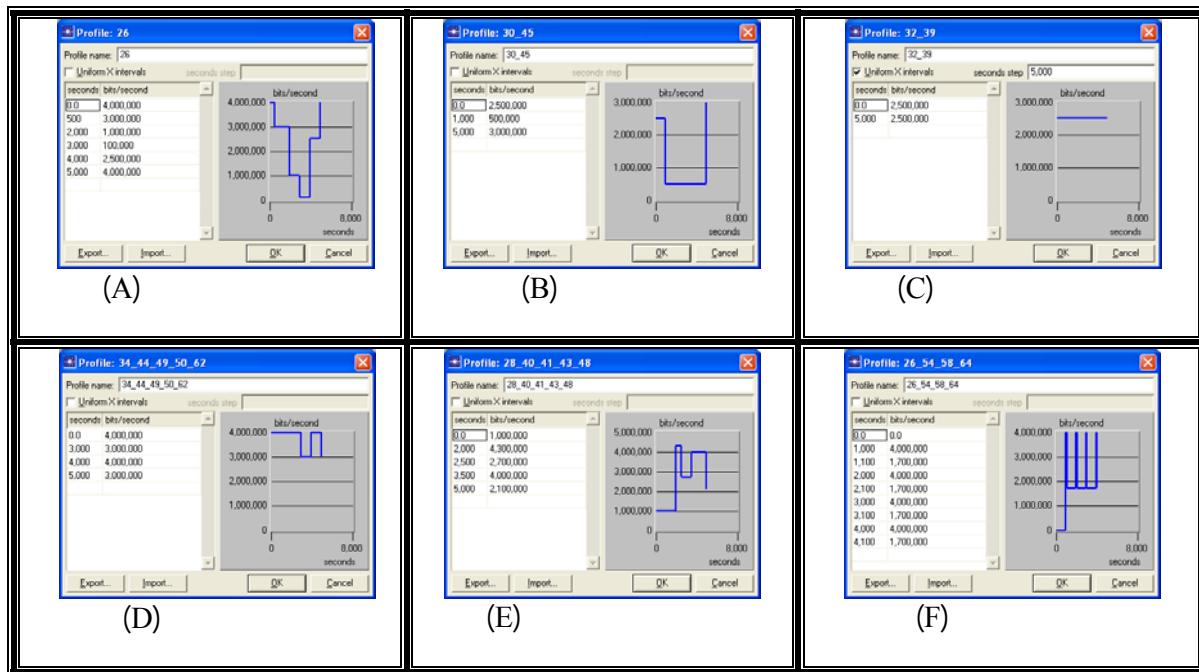


شکل ۶-۹ حساسیت الگوریتم RED به پارامترهایش

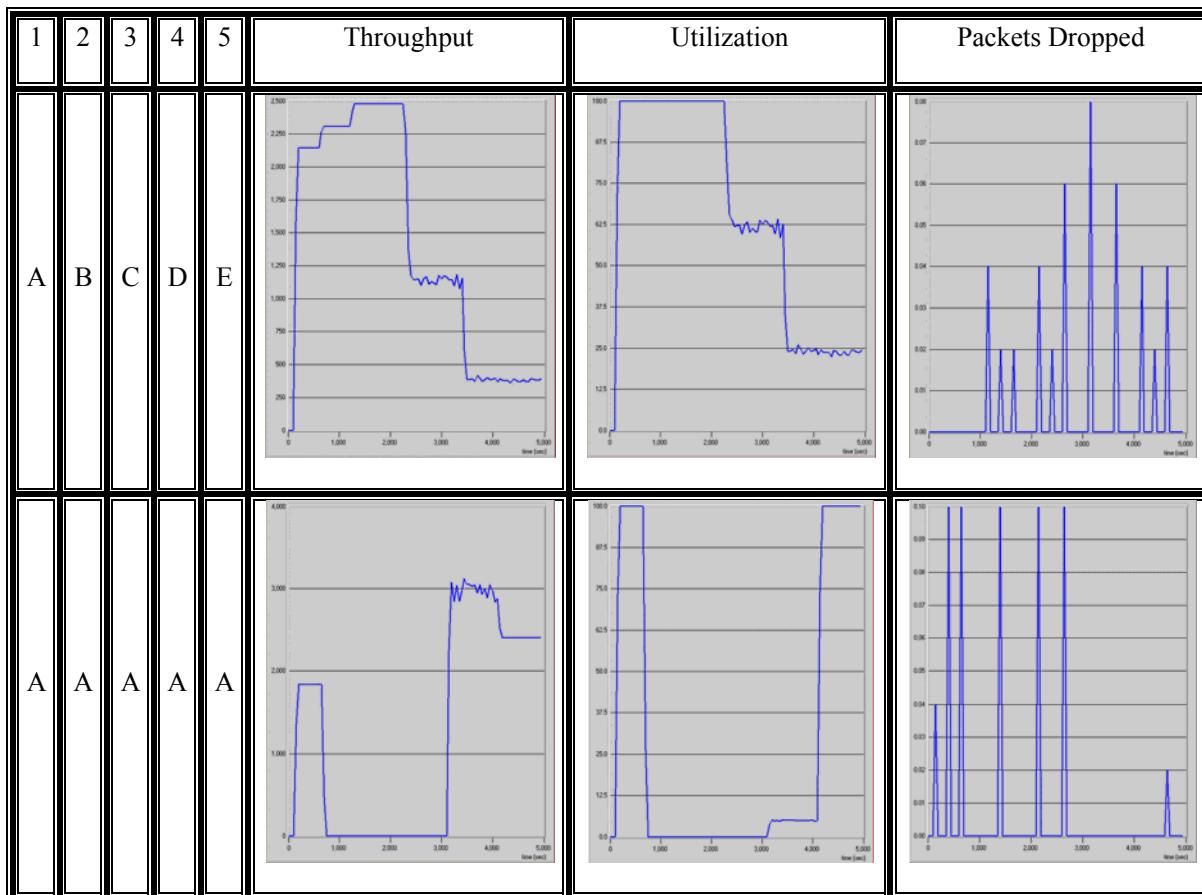
RED

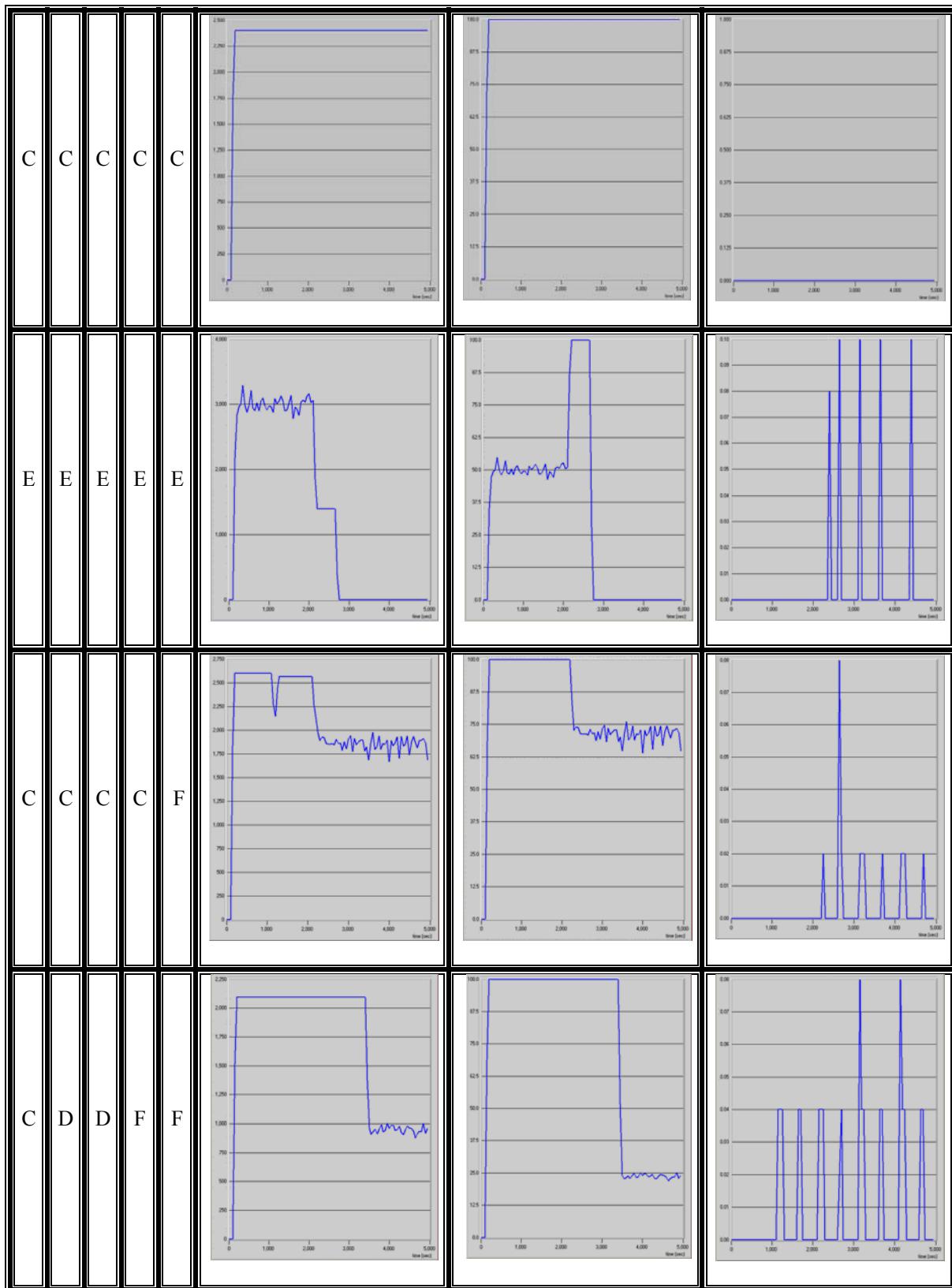
(*Bit/Sec*)

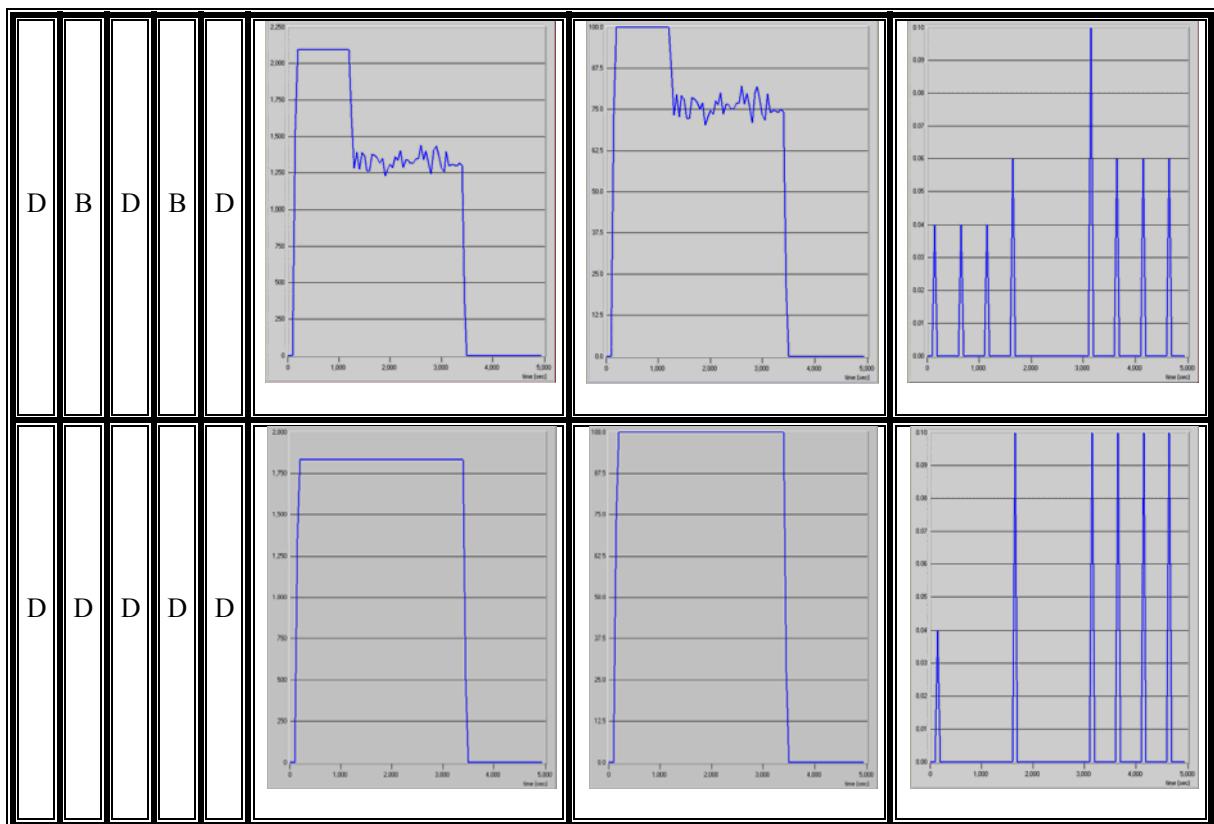
RED



شکل ۱۰-۶ نمودار انواع ترافیک ورودی بر حسب زمان







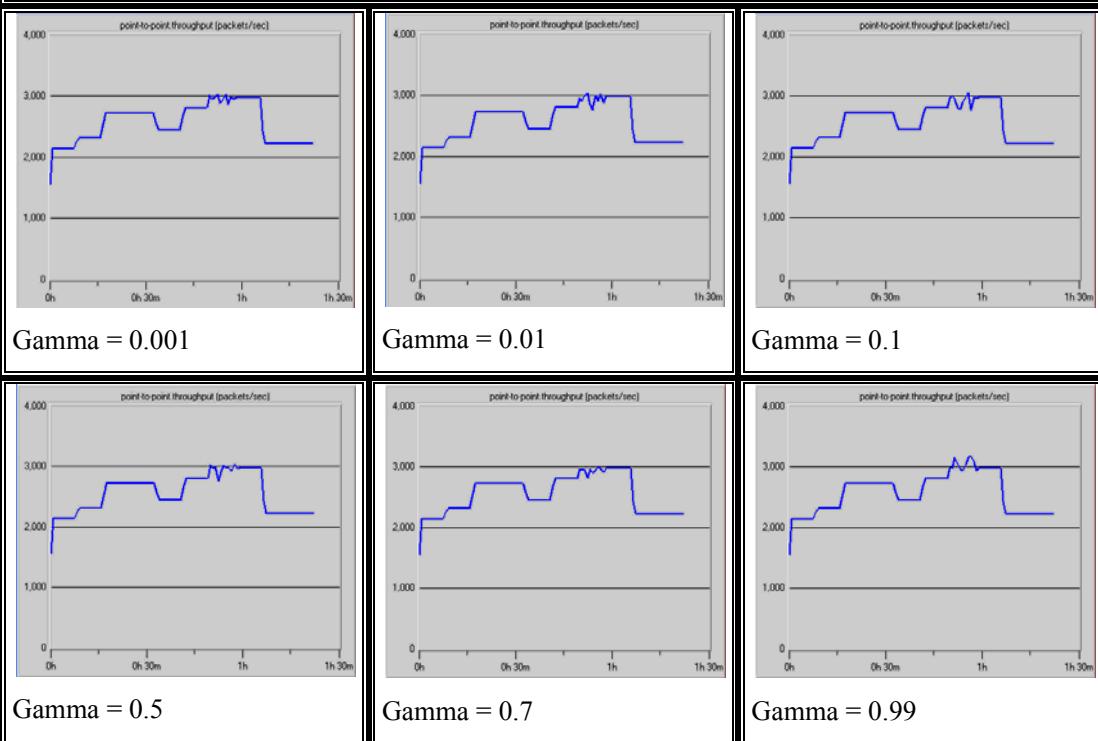
شکل ۱۱-۶ حساسیت الگوریتم **RED** به ترافیک ورودی

۲-۶-۶- شبهه‌سازی الگوریتم **FQL-RED**

FQL-RED

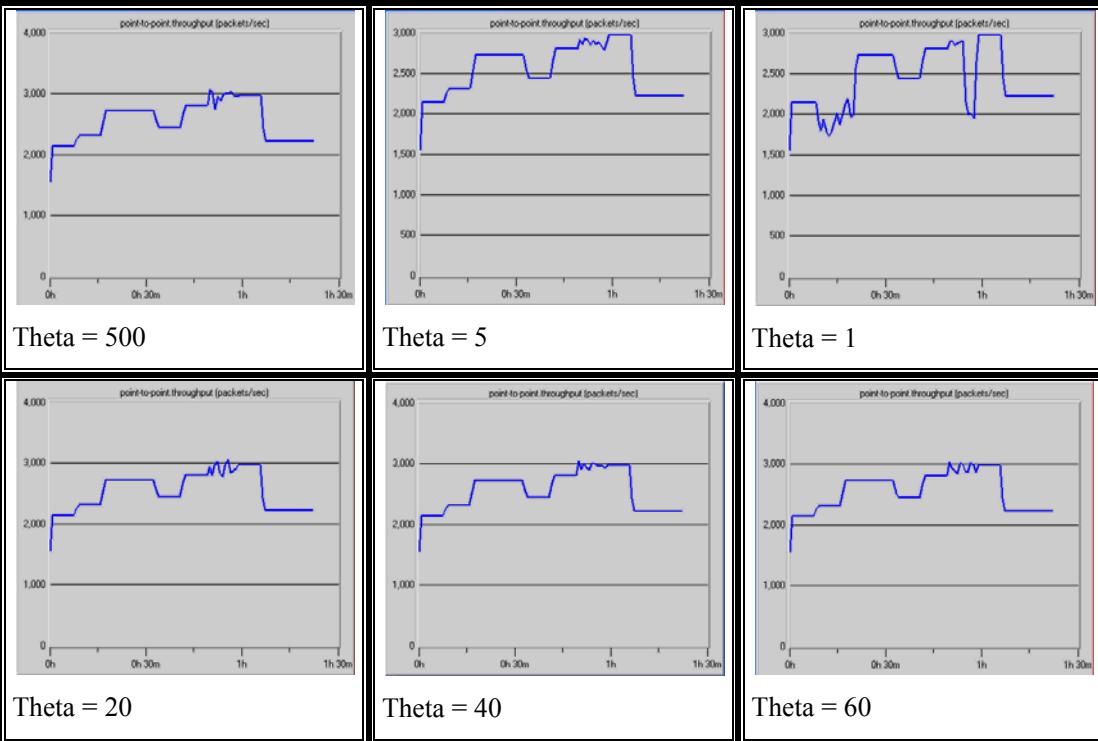
Test #1: Gamma

Max Th = 30, Exp W = 1, Max P = 50, Min Th = 15



Test #2: Theta

Min Th = 15, Exp W = 1, Max P = 50, Max Th = 30



شکل ۱۲-۶ حساسیت الگوریتم FQL-RED به پارامترهایش

FQL-RED

)

(

RED FQL-RED

()

()

() Max_{th} Min_{th}

() RED

()

()

:

(/)

○

()

○

(/)

○

(/) FQL-RED

RED

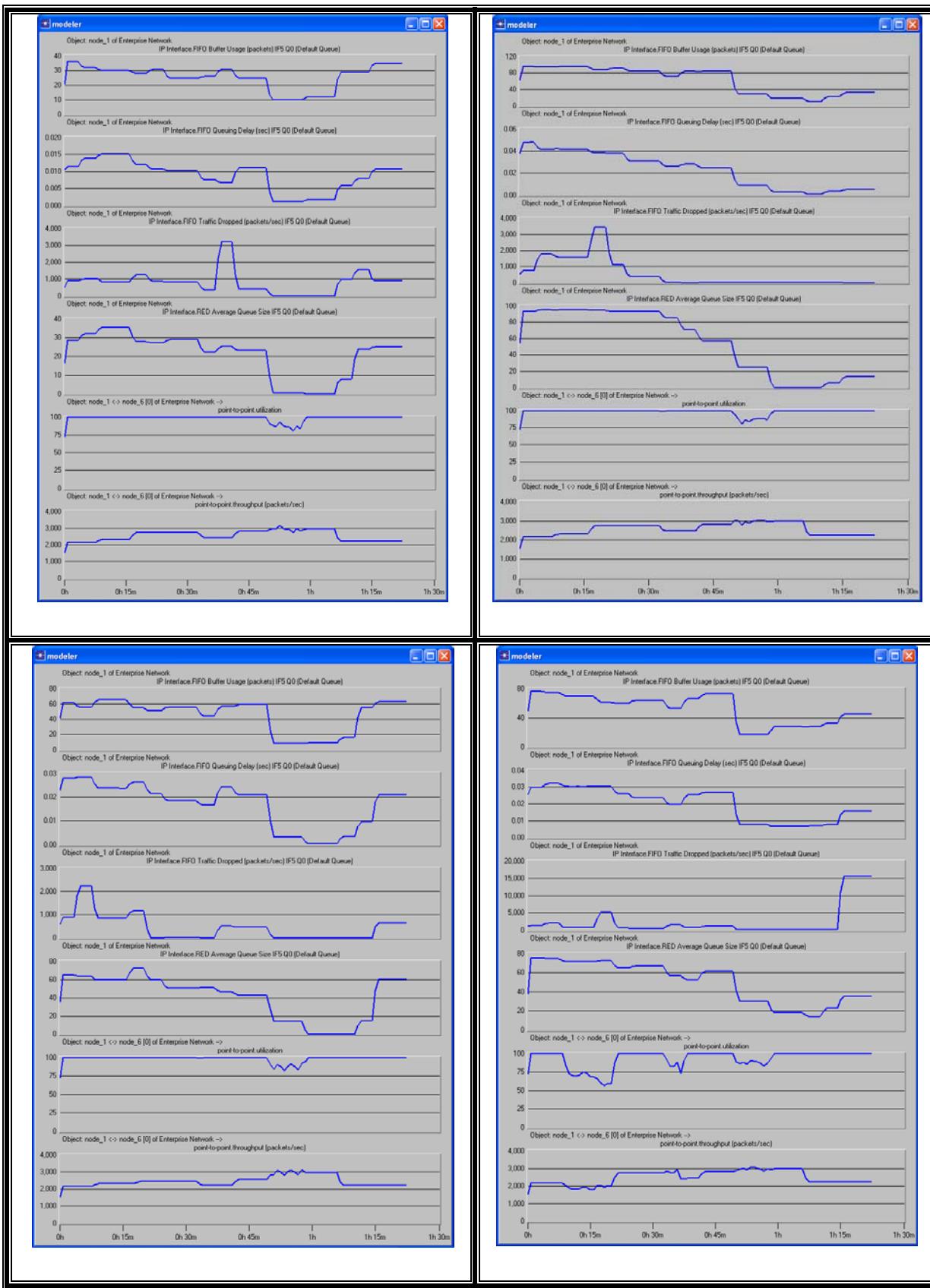
○

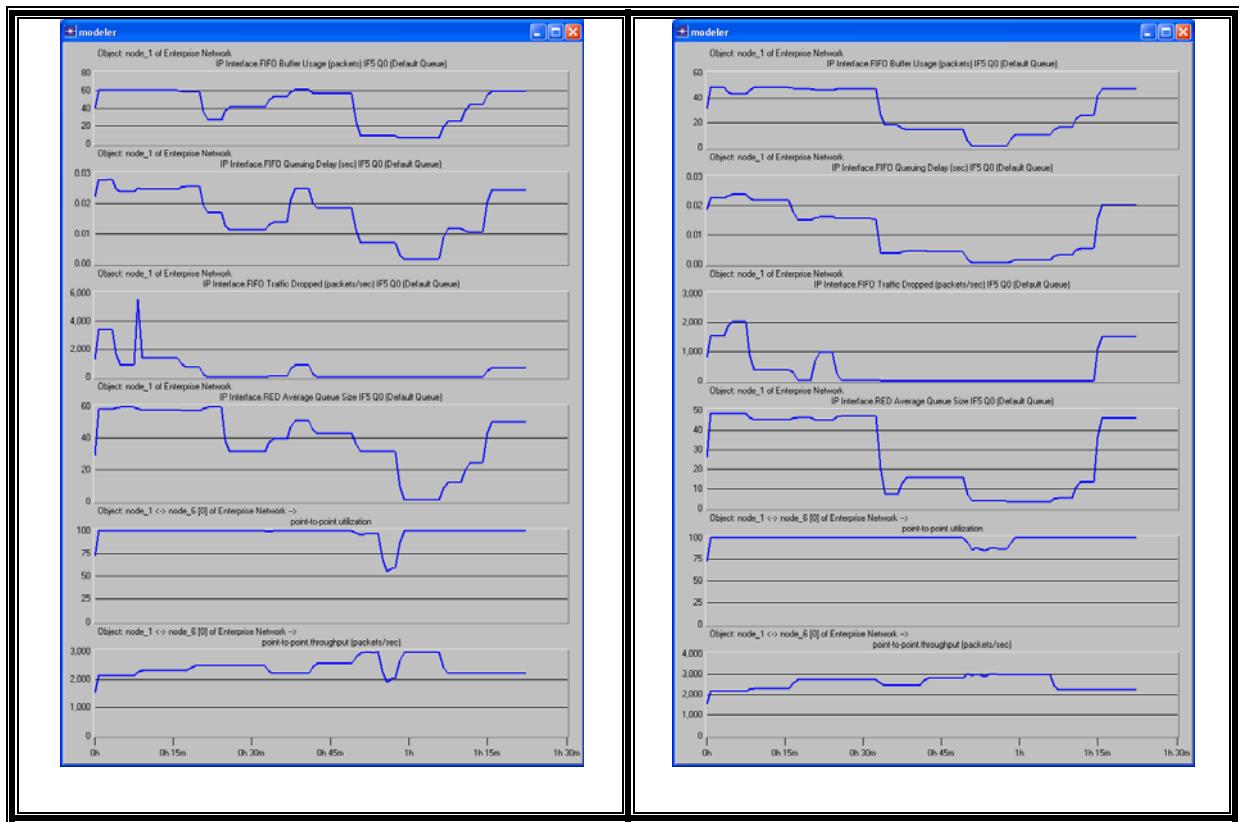
(%)

○

(/)

○





شکل ۳-۱۶ تأثیر سیگنالهای جزئی تقویت بر کارکرد FQL - RED و مقایسه با RED

فصل هفتم

[نتایج و جمع بندی]

۱. مقدمه
۲. مسئله‌ها و راه حلها
۳. مقایسه با سایر روش‌های موجود
۴. پیشنهاداتی برای ادامه پژوهش

RED

RED

FQL-RED

()

FQL-RED

RED *FQL-RED*

FQL-RED

FQL-RED

N *RED* []

رابطه ۷-۱ وابستگی طول متوسط صف در *RED* به تعداد جریانهای فعال

$$q_{avg} = 0.91 \times N^{2/3} \times \left(\frac{max_{th}}{max_p} \right)^{1/3}$$

(*RED*)

۲-۷- مسئله ها و راه حلها

Q

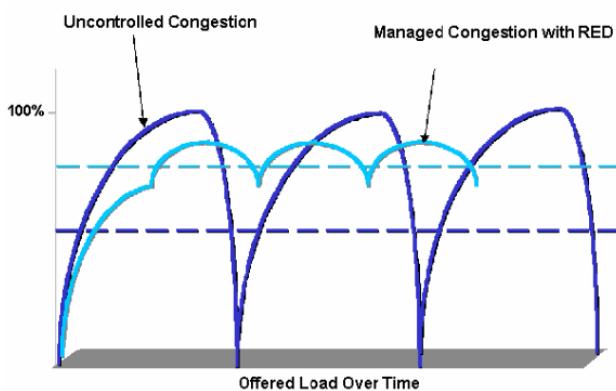
»

«

TCP

« » TCP

« »



شکل ۱-۷ نقش نحوه عالمتگذاری تصادفی RED در بالا بردن بهره وری خط

$FQL-RED$

RED

« »

$FQL-RED$

FIFO

(QoS)

EF

○

○

○

Init `fqlPackets[queue_length]` filled with zero

Upon `Sample_Event (in_pkts, out_pkts):`
 `x = index of first zero in fqlPackets[]`
 `fqlPackets[] shift right`
 `fqlPackets[0] = in_pkts`
 `while (fqlPackets[x] > 0 && out_pkts > 0)`
 `if (fqlPackets[x] < out_pkts)`
 `out_pkts = out_pkts - fqlPackets[x]`
 `fqlPackets[x] = 0`
 `x --`

```
else
    fqlPackets[x] = fqlPackets[x] - out_pkts
```

Queuing Delay Sum Calculation:

$d = 0$

for i=0 to queue_length

$d = d + i * fqlPackets[i]$

شکل ۲-۷ محاسبه تأخیر صفت‌بندی در زمان نمونه برداری

FQL-RED

(TCP)

(UDP)

FQL-RED

()

$Max_p - Max_{th}$

Min_{th}

W_q

FQL-RED

FQL-RED

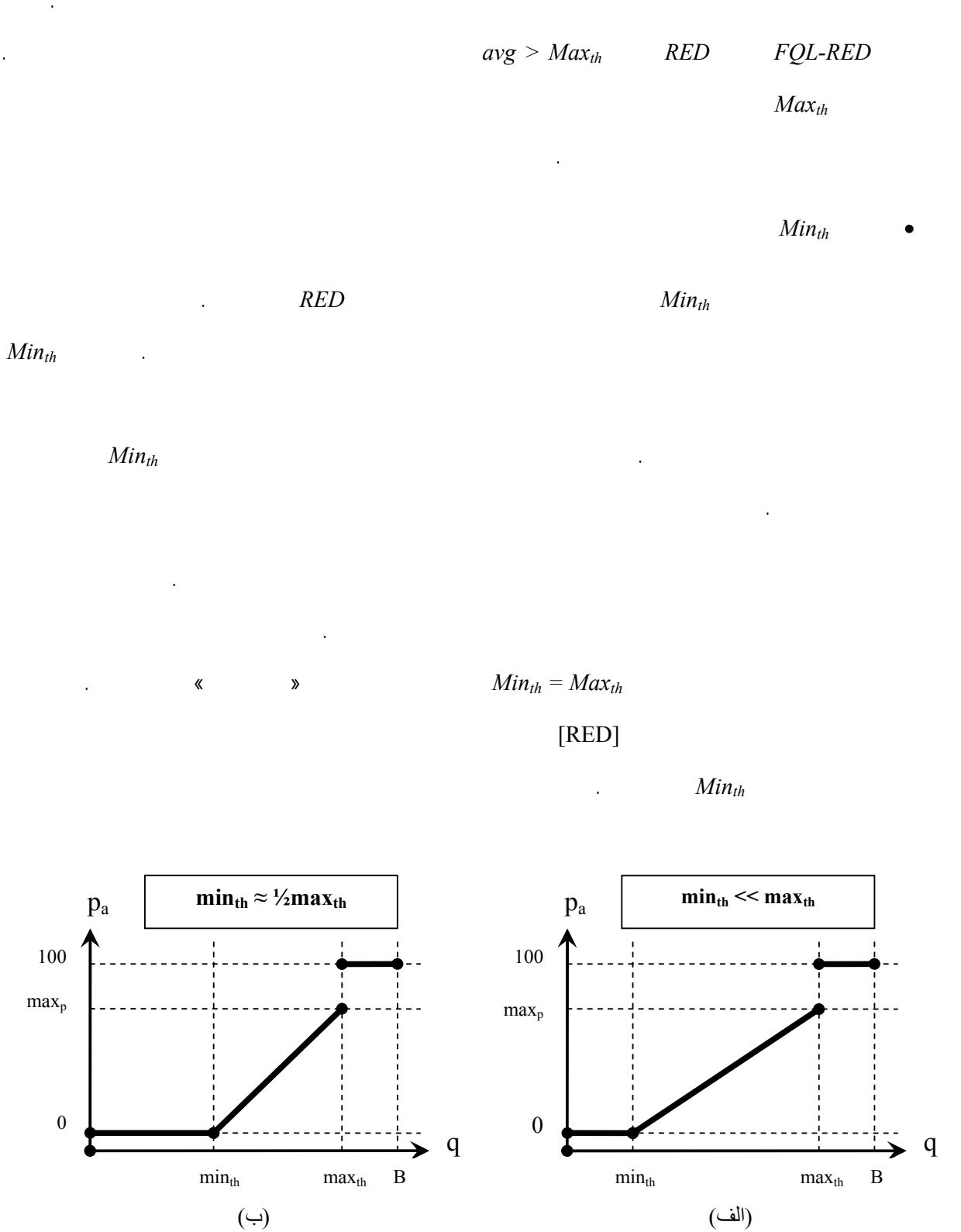
FQL-

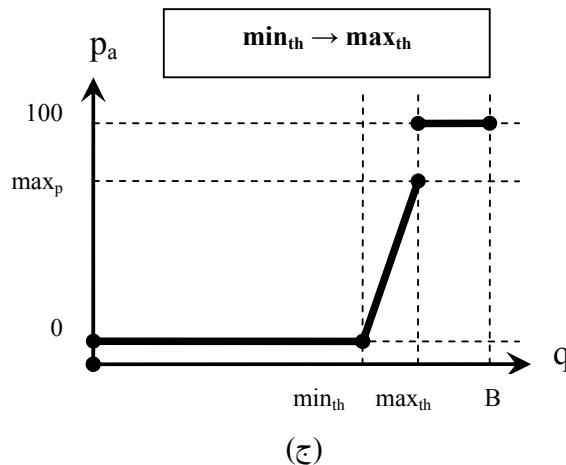
RED

FQL-RED

FQL-RED

FQL-RED





شکل ۳-۷ تأثیر Min_{th} روی کنترل ازدحام با $FQL-RED$

Max_{th}

$Max_{th} \quad FQL-RED$

L

$ARED \quad DSRED$

○

$FQL-RED$

()

$Max_{th} \quad ○$

N

$Max_{th} \quad ○$

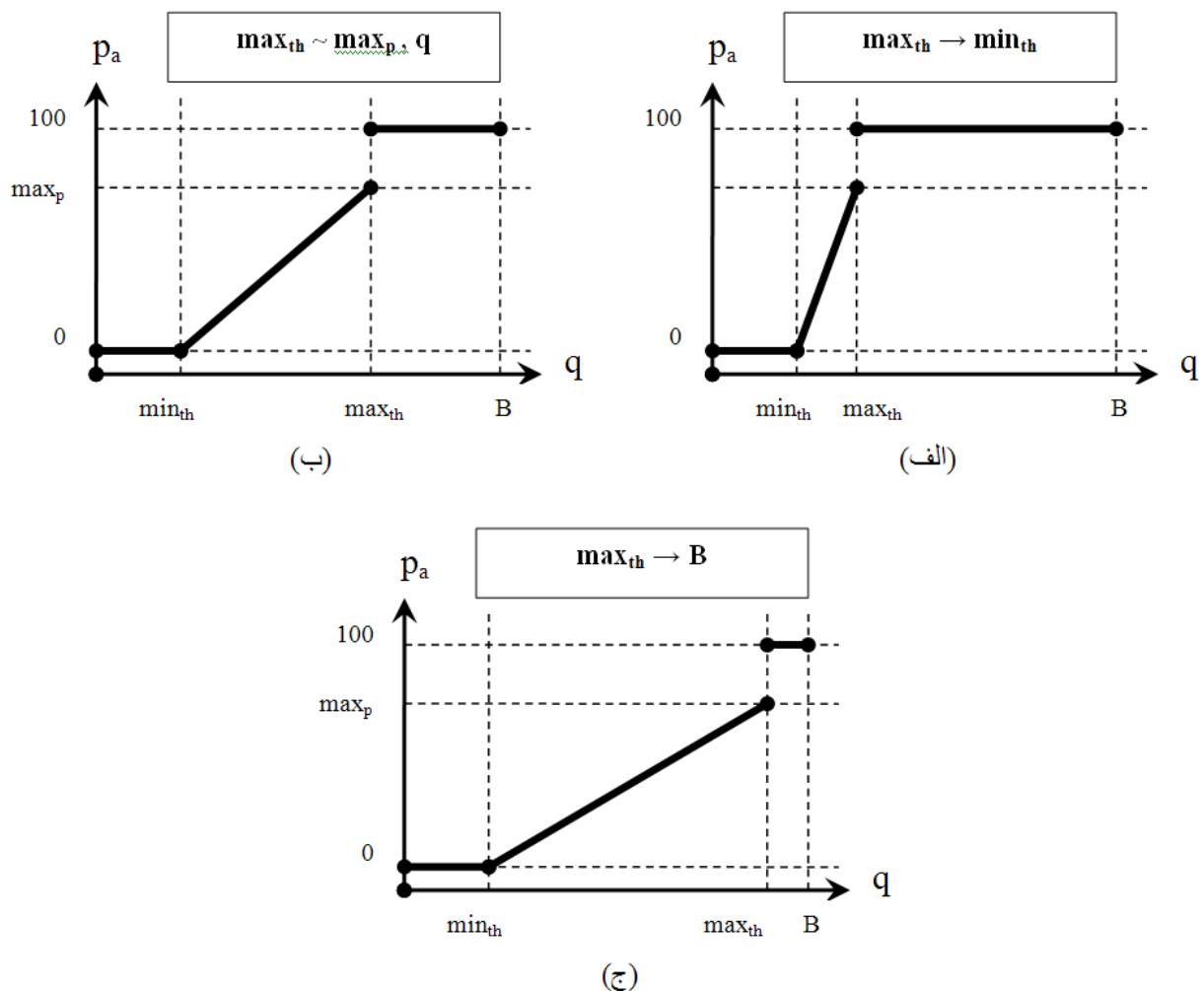
Max_{th}

« »

TCP

Max_{th}

TCP



شکل ۷-۴ تأثیر Max_{th} روی کنترل ازدحام با *FQL-RED*

Max_{th}

IP

TCP

Max_p

$Min_{th} < avg \leq Max_{th}$ *FQL-RED*

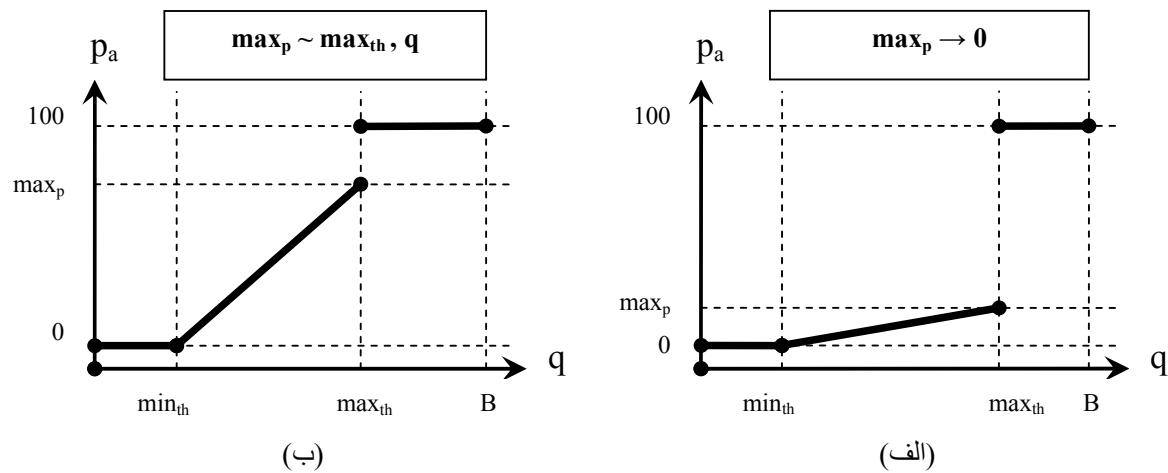
Max_p

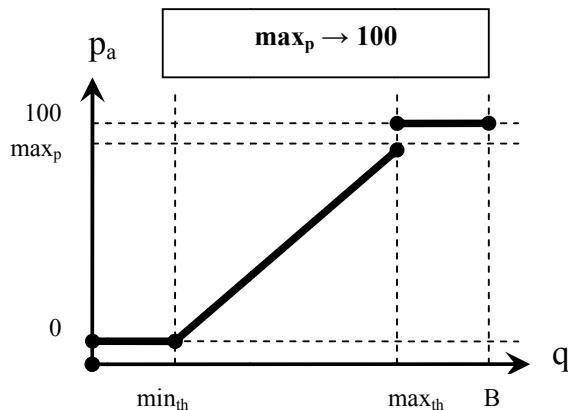
FQL-

RED

Max_p

Max_p





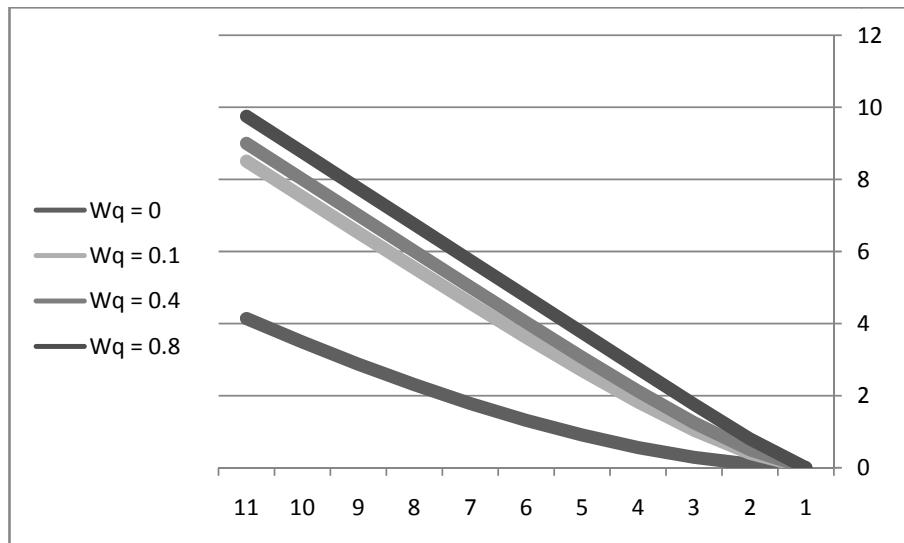
(c)

شکل ۷-۵ تأثیر Max_p روی کنترل ازدحام با FQL - RED

« » $\text{Max}_p \rightarrow 0$

W_q

RED FQL - RED



شکل ۷-۶ تأثیر W_q روی متوسط طول صف

W_q FQL - RED

W_q

FQL-RED

Min_{th} *Max_{th}*

« »

Max_{th}

Min_{th}

W_q *Min_{th}*

W_q *Min_{th}*

L

FQL-RED

Min_{th}

L

W_q

Max_p *Max_{th}*

TCP

Max_p *Max_{th}*

$$q = k \times \left(\frac{max_{th}}{max_p} \right)^{1/3} \Rightarrow max_{th} = k' \times q^3 \times max_p$$

TCP

$$k = N^{2/3} \times \left(\frac{max_{th}}{max_p} \right)^{1/3} \Rightarrow max_{th} = \frac{k'}{N^2} \times max_p$$

TCP

TCP

TCP

TCP

[]

[]FPQ

Max_{th}

FQL-RED

TCP

Max_p

TCP

$$q = k \times N^{2/3} \times \left(\frac{max_{th}}{max_p}\right)^{1/3} \Rightarrow N = k' \times \sqrt[3]{q^3 \times \frac{max_p}{max_{th}}}$$

○

○

%

Min_{th}

FQL-RED

RED

FQL-RED

RED

RED

$FQL-RED$

RED

RED

RED

-۳-۷ مقایسه با سایر روش‌های موجود

RED

$FQL-RED$

RED

$ARED$ •

$FQL-RED$

$ARED$

$ARED$

$ARED$

$FQL-RED$

L

$d_2 \ d_l \ \rho \ L$

$ARED$

$FRED$ •

$FRED$

$FQL-RED$



SRED •

TCP

SRED

Q

Max_{th} *Max_p*

FQL-RED

CHOKe •

FQL-RED *CHOKe*

CHOKe

FQL-RED

BLUE •

FQL-RED *BLUE*

freeze_time

BLUE

FQL-RED

FQL-RED

BLUE

SFB •

FQL-RED

SFB

SFB

CBT •

RED

TCP *UDP*

CBT

FQL-RED

DCBT •

Q

CBT

PI-Controller •

Q



PD-Controller •

χ

DRED •

TCP

AVQ •

FQL-RED

AVQ

AVQ

FQL-RED

FPQ •

RED

FQL-RED

PAQM GREEN

FQL-RED

DSRED Purple

۴-۴- پیشنهاداتی برای ادامه پژوهش



\dots	OR	$\leftarrow AND$	\vdots	
\dots	\leftarrow	\vdots	\leftarrow	\vdots
$\dots \leftarrow$	\vdots			$T\text{-norm}$
\dots	\leftarrow	\vdots	\leftarrow	\vdots
\dots	$\leftarrow Q$	\vdots	\leftarrow	\bullet
$\gamma \quad \theta : Q$				\bullet
$\dots \leftarrow$	\vdots	\leftarrow	\vdots	\bullet
$TD(\lambda) \leftarrow TD(0) :$				FIS
\vdots				\bullet
$\dots (\dots$			$)$	\bullet
\vdots			\vdots	\bullet
$\dots ($				\bullet
\vdots				\bullet
$: RED$				\bullet
$\dots CFQ \leftarrow FIFO :$				\bullet
$\leftarrow Q$	\vdots		RED	\bullet
$\dots CBT \leftarrow RED :$				\bullet
$(DSRED \quad)$	\vdots	$: RED$		\bullet
$)$			$(Exponential RED$	

« OPNet »

KouroshMeshgi@Gmail.com

مراجع

- [] M. Analoui and S. Jamali, "Bio-Inspired Congestion Control: Conceptual Framework, Algorithm and Discussion." vol. 69: **Springer**, 2007, pp. 63-80.
- [] S. Jamali and M. Analoui, "Internet congestion control using nature population control tactics." vol. 2 :**Elsevier**, 2007, pp. 337-352.
- [] S. Floyd, R. Gummadi, and S. Shenker, "Adaptive RED: An Algorithm for Increasing the Robustness of RED's Active Queue Management," 2001.
- [] G. Iannaccone, M. May, and C. Diot, "Aggregate traffic performance with active queue management and drop from tail." vol. 31: ACM New York, NY, USA, 2001, pp. 4-13.
- [] C. Wang, B. Li, Y. T. Hou, K. Sohraby, and Y. Lin, "LRED: A robust active queue management scheme based on packet loss ratio," in IEEE INFOCOM, 2004, pp. 1–12.
- [] S. Liu, T. Basar, and R. Srikant, "Exponential-RED: a stabilizing AQM scheme for low-and high-speed TCP protocols," **IEEE/ACM Transactions on Networking**, vol. 13, pp. 1068-1081, 2005.
- [] Y. D. Xu, Z. Y. Wang, and H. Wang, "ARED: A Novel Adaptive Congestion Controller," in Machine Learning and Cybernetics. vol. 2, 2005.
- [] C. Joo, S. Bahk, and S. S. Lumetta, "A hybrid active queue management for stability and fast adaptation," **Journal of Communication and Networks**, ISSN 1229-2370 vol. 8, pp. 93-105, 2006.
- [] C. Chrysostomou, A. Pitsillides, L. Rossides, and A. Sekercioglu, "Fuzzy logic controlled RED: congestion control in TCP/IP differentiated services networks." vol. 8: **Springer**, 2003, pp. 79-92.
- [] S. Subasree, "Fuzzy DS RED An Intelligent Active Queue Management Scheme for TCP/ IP Diff-Serv," in **ICCI**, 2004.
- [] C. Wang, B. Li, K. Sohraby, and Y. Peng, "AFRED: an adaptive fuzzy-based control algorithm for active queue management," in 28th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks, 2003, pp. 12-20.
- [] J. Sun, M. Zukerman, and M. Palaniswami, "Stabilizing RED using a Fuzzy Controller," in IEEE International Conference on Communications, 2007. ICC '07, 2007, pp. 266-271.
- [] J. Sun and M. Zukerman, "Improving RED by a Neuron Controller," in Lecture Notes in Computer Science: **Springer**, 2007.
- [] B. Hariri and N. Sadati, "NN-RED: an AQM mechanism based on neural networks." vol. 43, 2007, pp. 1053-1055.
- [] M. Jahanshahi and M. R. Meybodi, "An Adaptive Congestion Control Method for Guaranteeing Queuing Delay in RED-Based Queue Using Learning Automata," in International Conference on Mechatronics and Automation, 2007. ICMA 2007, 2007, pp. 3360-3365.
- [] X. Wang, Y. Wang, H. Zhou, and X. Huai, "PSO-PID: a novel controller for AQM routers," in Wireless and Optical Communications Networks, 2006 IFIP International Conference on, 2006, p. 5.

- [] W. Jun-song, G. Zhi-wei, and S. Yan-tai, "RBF-PID Based Adaptive Active Queue Management Algorithm for TCP Network," in IEEE International Conference on Control and Automation, 2007. ICCA 2007., 2007, pp. 171-176.
- [] C. K. Chen, H. H. Kuo, J. J. Yan, and T. L. Liao, "GA-based PID active queue management control design for a class of TCP communication networks," Elsevier, 2007.
- [] Y .Hadjadj Aoul, A. Mehaoua, and C. Skianis, "A fuzzy logic-based AQM for real-time traffic over internet." vol. 51: Elsevier, 2007, pp. 4617-4633.
- [] F. Yanfei, R. Fengyuan, and L. Chuang, "Design of an active queue management algorithm based fuzzy logic decision," in ICCT 2003, International Conference on Communication Technology. vol. 1, 2003.
- [] C. N. Nyirenda and D. S. Dawoud, "Multi-objective Particle Swarm Optimization for Fuzzy Logic Based Active Queue Management," in IEEE International Conference on Fuzzy Systems, 2006, pp. 2231-2238.
- [] M. F. Zhani, H. Elbiaze, and F. Kamoun, "SNFAQM: An Active Queue Management Mechanism Using Neurofuzzy Prediction," in 12th IEEE Symposium on Computers and Communications, 2007, pp. 381-386.
- [] J. Wu and K. Djemame, "A Fuzzy-Expert-System-Based Structure for Active Queue Management." vol. 3645: Springer, 2005, p. 266.

شبکه‌های کامپیوتری (ویرایش چهارم)

- [] L. Mamatas, T. Harks, and V. Tsoussidis, "Approaches to Congestion Control in Packet Networks," in Journal Of Internet Engineering, Vol. 1, No. 1, pp. 22-33, 2007.
- [] L.P. Kaelbling , M.L. Littman, "Reinforcement Learning: A Survey," in **Journal of Artificial Intelligence Research** Vol. 4, pp. 237-285, 1996.

Q

- [] R. Fuller, " Neural Fuzzy Systems," in Abo: Abo Akademi University, 1995.
- [] H.R. Berenji, "Fuzzy Q-learning for Generalization of Reinforcement Learning," in Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Fuzzy Systems, New Orleans, Louisiana, September 1996, pp. 2208-2214.
- [] A. Ferdowsizadeh Naeeni, *Advanced Multi-Agent Fuzzy Reinforcement Learning*, Master Thesis, Dalarna University, 2004.

شبکه‌های کامپیوتری و انتقال داده‌ها(ویرایش هفتم)

- [] S. Dijkstra, *Modeling Active Queue Management algorithms using Stochastic Petri Nets*, Master Thesis, University of Twente, 2004.
- [] S. Floyd and V. Jacobson, "Random Early Detection gateways for congestion avoidance", **IEEE/ACM Transactions on Networking**, vol. 1 No. 4, pp. 397-413, 1993.
- [] W.R. Stevens. "TCP Slow Start, Congestion Avoidance, Fast Retransmit, and Fast Recovery Algorithms," IETF RFC 2001, 1997.
- [] R. Morris, "Scalable TCP Congestion Control," Proc. IEEE INFOCOM 2000, Tel Aviv, Israel, Mar. 26–30, 2000, pp. 1176–83.
- [] E. Hashem, "Analysis of random drop for gateway congestion control", Report LCS TR-465, Laboratory for Computer Science, MIT, Cambridge, MA, 1989, p.103.
- [] Ch. Zhu et al., "A Comparison of Active Queue Management Algorithms Using the OPNET Modeler," **IEEE Communications Magazine**, pp. 158-167, June 2002.
- [] Cisco IOS Technology Division, Quality of Service Lecture Notes, Feb 2001.

هوش مصنوعی: رهیافتی نوین(ویرایش دوم)

[]

واژه نامه

[واژگان معادل]

۱. واژه نامه
۲. مخفف ها

واژه نامه:

English

فارسی

Artificial Intelligence

Machine Learning

Classification

Supervised Learning

Learning by Taking Advice

Unsupervised Learning

Competitive Learning

Clustering

Reinforcement Learning

Intelligent and Adaptive Control

Real Time

Layer

Bottleneck

Congestion

Quality of Service

Transport Layer

Flow Control

Crash Recovery

Jitter

Micro Economic Theory

Convex Optimization

Max-Min Fair Allocation

Utility Function

Lagrange Dual

Lagrange Multipliers

Loss

Delay

Explicit Signals

Deployability

High Bandwidth-Delay Products

Lossy Network

Minimum Potential Delay

Semi-Supervised Learning

Transduction

Inductive Bias

Literal

Fuzzy Reasoning

Neural Networks

Non-Deterministic

Stationary

Online

Policy

Finite Horizon

Receding Horizon Control

Horizon Effect

Infinite Horizon Discounted Model

Average Reward Model

Gain Optimal Policy

Bias Optimal Model

Platuuau

Regret

Exploration vs. Exploitation

Dynamic Programming Approach

Basian Reasoning

Belief States

K-Armed Bandit Problem

K

Learning Automata

Linear Reward Inaction

Ad-Hoc Techniques

Heuristic

Sub-Optimal Action

Greedy Strategies

Interval Explorlation Method

Curoosity-Driven Exploration



Perioritized Sweeping	
Randomized Strategies	
Expected Reward	
Temprature	
Interval-Based Techniques	
Certainty	
Variance	
Interval Estimation Algorithm	
Delayed Reward	
Marcov Decision Process	
Value Iteration	
Bellman Residual	
Model-Free Methods	
Temporal Credit Assignment	
Temporal Difference Method	
Adaptive Heuristic Critic	
Experience Tuple	
Eligibility	
Q-Learning	Q
Exploration Insensitive	
Absorbing	
Certainty Equivalent Methods	
Naive	
Plaxus Planning System	
Envelope	
Generalization	
Inductive Concept Learning	
Straight Frward Supervised Learning	
Noisy	
Fuzzy Logic	
Local Memory Based Methods	
Structural Credit Assignment	
Immediate Reward	
Associative RL	



Reward Comparison	
Complementary Reinforcement BackPropagation	
Feed Forward	
Associative Reinforcement Comparison	
Reinforce Algorithm	
Gradient Descent	
Cascade Method	
Monte-Carlo Experiment	
Near-Optimal	
Partition	
Granularity	
Adaptive Resolution	
Decision Trees	
Split	
Parity	
Coarse Regions	
Mental Trajectories	
Neural RL	
Hierarchical Models	
Gated Behavior	
Gating Function	
Feudal Q-Learning	Q
Compositional Q-Learning	Q
Sequencing of Subgoals	
Elemental Tasks	
Hierarchical Distance To Goal	
Landmark	
Partially Observable Environment	
Observation	
Incomplete Perception	
Perceptual Aliasing	
Stochastic	
Recurrent Q-Learning	Q
Recurrent NN	



History Features

Classifier System

Bucket Brigade Algorithm

Finite History Window

Utile Suffix Memory

Perfect Memory Controller

Forward-Backward Algorithm

State Spliting Rules Heuristic

Estimated World Model

Bayes Rule

Fuzzy Inference System

Actor Critic Learning

Universal Approximators

Priori Knowledge

Rule-Base

Linguistic Terms

Membership Function

Singleton Spikes

Consequent part of the rule

Crisp

Fuzzification

Defuzzification

Readability

Double ϵ -Greedy

ϵ

Fired Rule

Eligibility Trace Matrix

Recency Factor

Store & Forward

»

Time Constant

Retransmission Policy

Selective Repeat

Acknowledgement Policy

Packet Lifetime

Timeout Interval



Utilization
Threshold
Choke Packet
Exponential Weighting
Hop-by-Hop
Load Shedding
Random Early Detection
Connection-Oriented
Three-way Handshaking
Full Duplex
Active Queue Management
Drop Tail
Throughput
Reactive
Proactive
Congestion Avoidance
Congestion Prevention
Fairness
Packet header
Burst Traffic
Equilibrium
Queue Occupancy
Buffer
Buffer Overflow
Global Synchronization
Hash Function
Configurable
Steady-State Regulation Error
Load Dependent
Virtual Capacity
Incipient
Topology
Damping
Propagation Delay



IP Source Quench Message

Exponential Weighted Moving Average

Pipe Line

Underutilized

Discrete Event Simulation

مخفف ها:

<i>Abbreviation</i>	<i>Full Text</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
AI	<i>Artificial Intelligence</i>
ML	<i>Machine Learning</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
MDP	<i>Markov Decision Process</i>
POMDP	<i>Partially Observable MDP</i>
NN	<i>Neural Networks</i>
HMM	<i>Hidden Markov Model</i>
RTT	<i>Round Trip Time</i>
EWMA	<i>Exponential Weighted Average</i>
FSM	<i>Finite State Machine</i>
FQL	<i>Fuzzy Q-Learning</i>