مجله پژوهش های معاصر در علوم و تحقیقات
سال اول، شماره ۵، آذر ۱۳۹۸
ISSN: ۷۶۷۶-۵۷۶٤
www.jocrisar.ir

بررسی کنترل کننده‌ی فازی چراغ راهنمایی با استفاده از روش سوگنو

آرزو صدیق‌نیا [۱]، سید مهدی هادئی [۲]

[۱]دانشگاه گیلان، رشت، ایران

[۱]دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده

این مقاله استفاده از کنترل کننده‌ی فازی سوگنو را برای کنترل یک تقاطع ایزوله بررسی می‌کند. اصول و قواعد سیستم کنترل فازی بر پایه‌ی وسایل نقلیه‌ی ورودی، طول صف وسایل نقلیه در فاز سبز، و طول صف‌های وسایل نقلیه در سایر فازها می‌باشد. توالی فاز و افزایش طول فاز در مرحله‌ی تصمیم گیری برای انتقال از فاز جاری به فاز مناسب بعدی استفاده می‌شوند. با استفاده از اطلاعات دریافتی از شناساگرهای ترافیکی در هر مسیر از تقاطع ایزوله، سیستم فازی، علایم بهینه را برای تنظیم طول فاز در شرایط ترافیکی فعلی را به دست می‌دهد. توالی فاز با استفاده از یک برنامه‌ی ساده با جملات اگر-آنگاه مدیریت می‌شود. در این مقاله شبیه‌سازی یک تقاطع ایزوله برای دو حالت چرخه‌ی کنترل ترافیک ثابت و سیستم کنترل ترافیک فازی بررسی و مقایسه شده‌اند. مقایسه به وضوح نشان می‌دهد که کنترل چراغ راهنمایی بر پایه منطق فازی، برای کنترل جریان ترافیک، موثرتر و انعطاف پذیرتر است.

واژه‌های کلیدی: کنترل فازی، کنترل جریان ترافیک، چراغ راهنمایی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱. مقدمه

تحقیقات زیادی برای بهبود کنترل کننده‌های چراغ راهنمایی در تقاطع‌ها انجام شده است. در [۱] طراحی و اجرای کنترل کننده‌ی چراغ راهنمایی هوشمند بر پایه‌ی منطق فازی نشان داده شده است. کنترل چراغ‌های راهنمایی با استفاده از چراغ‌های راهنمایی چرخه-ثابتِ مرسوم و کنترل کننده‌های فازی در یک تقاطع ایزوله شبیه‌سازی شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که کنترل کننده‌های منطق فازی بهتر از کنترل کننده‌های چرخه-ثابت عمل می‌کنند.

در طراحی سیستم فازی برای تقاطع‌های فوق اشباع با گردش به چپ و راست [۲] کنترل کننده‌ی فازی بر پایه‌ی مجموعه قواعد فازی و اطلاعات ترافیکی واقعی، تصمیم گیری می‌کند که کدام محدوده فاز سبز فعلی باید تمدید شود.

خلید و همکارانش کنترل کننده‌ی فازی چراغ راهنمایی را پیشنهاد دادند که قادر به ارتباط با تقاطع‌های همسایه است و توالی فازها و طول فازها را به طور هماهنگ تنظیم می‌کند [۳]. این شبیه‌سازی‌ها نشان داده است که کنترل کننده‌ی فازی بهتر از کنترل کننده‌های زمان از پیش تعیین شده عمل می‌کند.

در [۴] توسعه‌ی سیستم چراغ راهنمایی بر پایه‌ی روش منطق فازی در تقاطع‌های چند مسیره نشان داده شده است. کنترل کننده بر پایه‌ی مکانیزم همزمانی با تقاطع‌های همسایه طراحی شده است؛ و قادر است توالی فازها و طول فازها را برای همسایگانش، به خوبی شرایط ترافیکی خود تقاطع، مدیریت کند. در این مورد نیز مقایسه بین چراغ‌های راهنمایی چرخه-ثابت و سیستم کنترل ترافیک بر پایه‌ی منطق فازی، نشان می‌دهد که سیستم کنترل کننده‌ی فازی به مراتب موثرتر و انعطاف‌پذیرتر است.

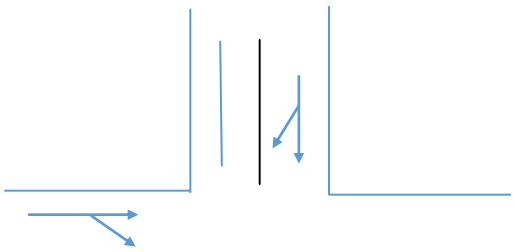
بر اساس بررسی‌های مطرح شده در بالا، کنترل کننده‌ی ترافیک منطق فازی بهتر از کنترل کننده‌های مرسوم عمل می‌کند. اکثر روش‌های فازی مطرح شده با استفاده از روش Mamdani بود.

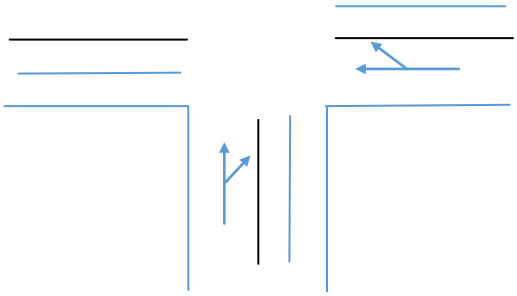
این مقاله، توسعه‌ی سیستم چراغ راهنمایی تطبیقی بر پایه‌ی روش منطق فازی سوگنو را بررسی می‌کند که بر روی تقاطع ایزوله اعمال شده است. کنترل کننده بر اساس وسایل نقلیه‌ی ورودی، طول صف وسایل نقلیه در فاز سبز، و طول صف وسایل نقلیه در سایر فازها توسعه یافته است. توالی فاز و توسعه‌ی طول فاز در تصمیم‌گیری کنترل کننده‌ی فازی برای فاز تعویض استفاده می‌شوند.

در بخش بعدی، کلیاتی از مدل ترافیکی تقاطع ایزوله توضیح داده شده است. بخش سوم به طور خلاصه جزئیات کنترل کننده‌ی فازی سوگنو را توضیح می‌دهد. بخش چهارم نتایج شبیه‌سازی کنترل کننده‌ی فازی را در مقایسه با کنترل کننده‌ی سنتی، برای تقاطع ایزوله نشان می‌دهد.

۲. مدل تقاطع ایزوله

یک مدل دینامیک برای تقاطع ایزوله با استفاده از تئوری صف [۵] برای شبیه‌سازی کنترل کننده‌ی فازی سیگنال ترافیک نوع سوگنو استفاده شده است. تقاطع ایزوله‌ی چهار راهه معمولی در شکل ۱ نشان داده شده است. هشت حرکت در این تقاطع وجود دارد؛ از جمله یکی حرکت مستقیم و یکی حرکت گردش به راست در هر یک از چهار راه‌ها.





شکل ۱ – تقاطع ترافیکی ایزوله

بر اساس مدل [۵] یک تقاطع ترافیکی ایزوله بر پایه‌ی تئوری صف M/M/۱ مدل می‌شود. در اینجا M توزیع دفعات ورودی داخلی بدون حافظه را نشان می‌دهد. M دوم توزیع دفعات سرویس بدون حافظه را نشان می‌دهد. عدد ۱ در M/M/۱ به تک سروری اشاره دارد. تقاطع منفرد، یک سرور منفرد (سیگنال ترافیک) دارد، که خدمات را برای فاز سیگنال منفرد در یک زمان فراهم می‌کند. صف وسایل نقلیه دارای ترتیب FIFO هستند.

مکانیزم سرویس شامل سه موضوع اصلی مشتری‌ها، صف‌ها، و سرورها در تئوری صف می‌باشد. مشتری‌ها که سیستم صف را ایجاد می‌کنند، توسط یک منبع ورودی مطابق یک توزیع آماری که زمان‌های ورودی داخلی را توضیح می‌دهد، ایجاد می‌شوند. زمان‌های توقف، زمان‌های بین ورودی‌های مشتری‌ها هستند.

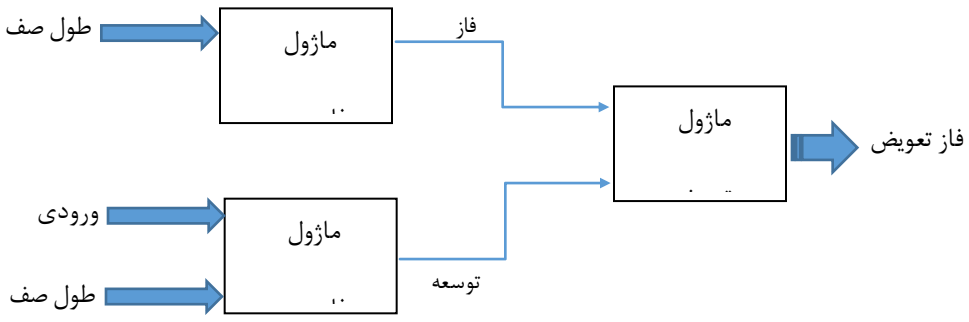
همانطور که در [۵] بحث شده، ورودی ترافیک و زمان‌های ترافیک در یک تقاطع، به عنوان متغیرهای تصادفی مستقل در نظر گرفته می‌شوند. به واسطه‌ی طبیعت تصادفی ورودی ترافیک، معمولا توزیع پواسون گزینه‌ی مناسبی برای خاصیت بی حافظه بودن توزیع نمایی است.

وسایل نقلیه در یک امکانات تک سروری مطابق با توزیع پواسون با متوسط نرخ ورودی l (وسیله نقلیه بر واحد زمان) می‌رسند. زمان‌های ورود بین وسایل نقلیه مستقل هستند و بطور یکسان با میانگین $1/\lambda$ توزیع شده‌اند. وسایل نقلیه مطابق با یک پروسه‌ی پواسون با نرخ ورودی λ به سیستم وارد می‌شوند.

زمان سرویس به عنوان زمان استفاده شده در تخلیه‌ی وسایل نقلیه شخصی از تقاطع در طول زمانی که چراغ‌های راهنمای سبز هستند، تعریف می‌شود؛ که نباید با زمان سبز موثر اشتباه گرفته شود. پروسه‌ی خروج زمان عبور از تقاطع است.

۳. کنترل کننده‌ی فازی سوگنو

در این بخش توضیحی از جزئیات کنترل کننده‌ی ترافیک فازی نوع سوگنو بررسی شده است. سه ماژول در کنترل کننده‌ی ترافیک فازی وجود دارد که شامل ماژول فاز بعدی، ماژول فاز سبز، و ماژول تعویض هستند. شکل ۲ دیاگرام شماتیک کنترل کننده را نشان می‌دهد.



شکل ۲- دیاگرام شماتیک از کنترل کننده‌ی فازی سوگنو

۳-۱. ماژول فاز بعدی

در این ماژول، زبان برنامه نویسی C در بلوک تابع مطلب تعبیه شده نوشته شده تا توالی فاز را بر اساس طول صف جاری در هر کدام از چهار مسیر شرق، جنوب، غرب و شمال به ترتیب کنترل کند. ماژول یک نامزد را برای فاز سبز بر پایه‌ی شرایط ترافیکی در تمام فازها انتخاب می‌کند. فازی که بیشترین طول صف را در بین چهار فاز دارد انتخاب می‌شود. در این ماژول چهار فاز وجود دارد (فاز۱و۲و۳و۴). چراغ سبز در جهت شرق فاز۱، چراغ سبز در جهت جنوب فاز۲، چراغ سبز در جهت غرب فاز۳ و نهایتا چراغ سبز در جهت شمال فاز۴ است.

طول صف در هرکدام از چهار جهت با استفاده از قواعد اگر-آنگاه مقایسه می‌شوند. مقدار طول صف از سنسورها در جهت‌های شرق، جنوب، غرب و شمال در این ماژول آورده شده‌اند. سپس طول صف در جهت شرق با سه طول صف دیگر در جهت‌های جنوب، غرب و شمال مقایسه می‌شود. اگر بیشترین طول صف در بین جهت‌ها متعلق به جهت شرق باشد، فاز۱ که متناظر با چراغ سبز در جهت شرق است، اننتخاب می‌شود. همچنین مقایسه‌های طول صف ادامه دارد تا اینکه بیشترین طول صف شناسایی شود.

۳-۲. ماژول فاز سبز

شرایط ترافیکی فاز سبز توسط ماژول فاز سبز مشاهده می‌شود. زمان توسعه‌ی چراغ سبز در فاز سبز توسط این ماژول (مطابق با شرایط جریان ترافیکی) تولید می‌شود. متغیر خروجی فازی، شامل چهار تابع عضویت است. این چهار تابع عضویت شامل صفر (Z)، کوتاه (S)، متوسط (M)، و بلند (L) است که مقادیر این چهار تابع عضویت ثابت هستند.

اساسا در این ماژول دو مجموعه قواعد فازی در دو بخش متفاوت سیستم استنتاج فازی سوگنو وجود دارد. اولین مجموعه قواعد فازی شامل شانزده قاعده و سیستم استنتاج فازی که شامل این قواعد است، نرخ ورودی و طول صف فعلی را به عنوان اولیه می‌گیرد، و توسعه را به عنوان خروجی تولید می‌کند. برای محاسبه-ی احتمال اینکه فاز سبز باید گسترش یابد، سیستم استنتاج فازی دوم در این ماژول که شامل قواعد فازی دوم از مجموع سیزده قاعده است، توسعه‌ی تولید شده‌ی خروجی را از سیستم استنتاج فازی اول و طول صف‌ها در سه فاز دیگر را به عنوان اولیه می‌گیرد و توسعه‌ی۲ را تولید می‌کند.

بطور کلی، توابع عضویت خروجی سوگنو یا ثابت هستند و یا خطی. یک قاعده‌ی کلی در یک مدل فازی سوگنو به فرم نشان داده شده در زیر می‌باشد:

اگر ورودی۱ $x=$ و ورودی۲ $y=$ باشد، آنگاه خروجی برابر است با: $z=ax+by+c$

برای یک مدل سوگنو صفر درجه (یعنی توابع عضویت خروجی ثابت)، سطح خروجی z یک عدد ثابت است. ($a=b=۰$)

در این مقاله، توابع عضویت خروجی ثابت برای هر دو سیستم استنتاج فازی سوگنو توسعه یافته در ماژول فاز سبز استفاده شده‌اند. این بدان معنی است که خروجی سطح z برای هر دو سیستم استنتاج فازی سوگنو در این ماژول، ثابت است (یعنی $Z=c$). چهار سطح خروجی برای اولین سیستم استنتاج فازی سوگنو وجود دارد که

هرکدام از چهار سطح خروجی با مقادیر ثابت متفاوتی نشان داده شده است. به طور مشابه سیستم استنتاج فازی سوگنو دوم هم چهار سطح خروجی با مقادیر متفاوت دارد.

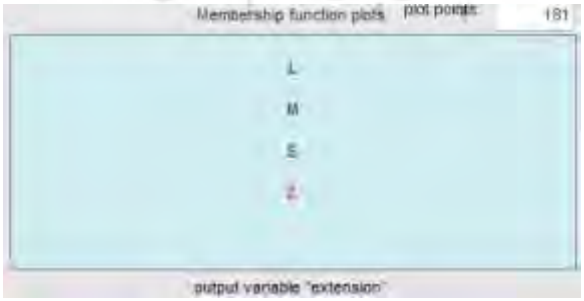
سطح خروجی‌های توسعه و توسعه‌ی۲ برای هر دو سیستم استنتاج فازی سوگنو در این ماژول با ضریب wi شان وزن دهی شده‌اند؛ که wi=(F۱(x),F۲(x)) . برای سیستم استنتاج فازی سوگنو اول در این ماژول، F_1 و F_2 به ترتیب توابع عضویت ورودی‌های "ورودی" و "صف" هستند. برای سیستم استنتاج فازی سوگنو دوم، F_1 و F_2 به ترتیب توابع عضویت ورودی‌های "توسعه" و "صف" هستند. آخرین خروجی سیستم، متوسط تمام خروجی‌های قواعد است که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{خروجی نهایی} = \frac{\sum_{i=1}^{N} w_i z_i}{\sum_{i=1}^{N} w_i}$$

برای سیستم استنتاج فازی سوگنو اول، شکل ۳ و ۴ توابع عضویت متناظر متغیرهای ورودی آن را نشان می‌دهد: ورودی و صف فاز سبز جاری. شکل ۵ توابع عضویت متغیر خروجی توسعه را برای سیستم استنتاج فازی نشان می‌دهد. جدول۱ نمونه‌هایی از قواعد سیستم استنتاج فازی سوگنو را نشان می‌دهد.

شکل ۳-توابع عضویت متغیر ورودی "ورودی" برای سیستم استنتاج فازی سوگنو اول

شکل ۴ - توابع عضویت متغیرهای ورودی "Q" برای سیستم استنتاج فازی



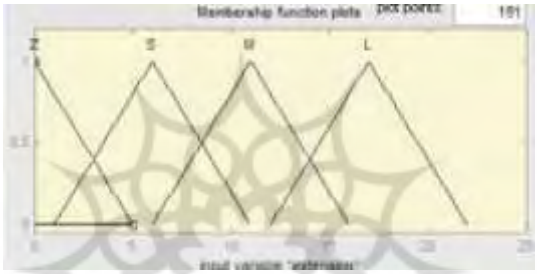
شکل ۵- توابع عضویت متغیر خروجی "توسعه" برای سیستم استنتاج فازی اول

جدول ۱ - مثال‌هایی از قواعد سیستم استنتاج فازی سوگنو اول

جدول ۱- مثال‌هایی از قواعد سیستم استنتاج فازی سوگنو اول

توسعه	صف	ورودی	قواعد
صفر	کوتاه	صفر	۱
کوتاه	بلند	صفر	۲
کوتاه	بلند	کم	۳
کوتاه	کوتاه	متوسط	۴
...	...	...	...

برای سیستم استنتاج فازی سوگنو دوم، شکل ۶ و ۷ توابع عضویت متناظر متغیرهای ورودی را نشان می-دهد: توسعه و صف از سه مسیر دیگر. شکل ۸ توابع عضویت متغیر خروجی "توسعه۲" را برای سیستم استنتاج فازی دوم نشان می‌دهد. جدول ۲ نمونه‌هایی از قواعد سیستم استنتاج فازی سوگنو دوم را نشان می‌دهد.



شکل۶- توابع عضویت متغیر ورودی "توسعه" برای سیستم استنتاج فازی سوگنو دوم

شکل۷- توابع عضویت متغیر ورودی "Q" برای سیستم استنتاج فازی سوگنو دوم

جدول ۲- مثال‌هایی از قواعد سیستم استنتاج فازی سوگنو دوم

توسعه۲	صف	توسعه	قواعد
صفر	کوتاه	صفر	۱
کوتاه	کوتاه	کوتاه	۲
کوتاه	متوسط	کوتاه	۳
متوسط	کوتاه	متوسط	۴
...	...	...	...

۳-۳. ماژول فاز تعویض

ماژول تعویض، فاز فعلی را به فاز بعدی مناسب (بر پایه‌ی ورودی‌های برگرفته از خروجی ماژول فاز سبز و ماژول فاز بعدی) تغییر می‌دهد. اساسا این ماژول فاز فعلی را به فاز بعدی بر پایه‌ی خروجی‌های ماژول فاز سبز تغییر می‌دهد. اگر سایر فازها صف بلندتری از صف فاز فعلی داشته باشند، ماژول فاز بعدی به ماژول تعویض سیگنال می‌دهد که به فازی که بیشترین طول صف را دارد تغییر کند. خروجی ماژول فاز سبز به ورودی ماژول فاز تعویض، طول زمان توسعه فاز بعدی را بر پایه‌ی شرای مشاهده شده از سایر فازها محاسبه می‌کند.

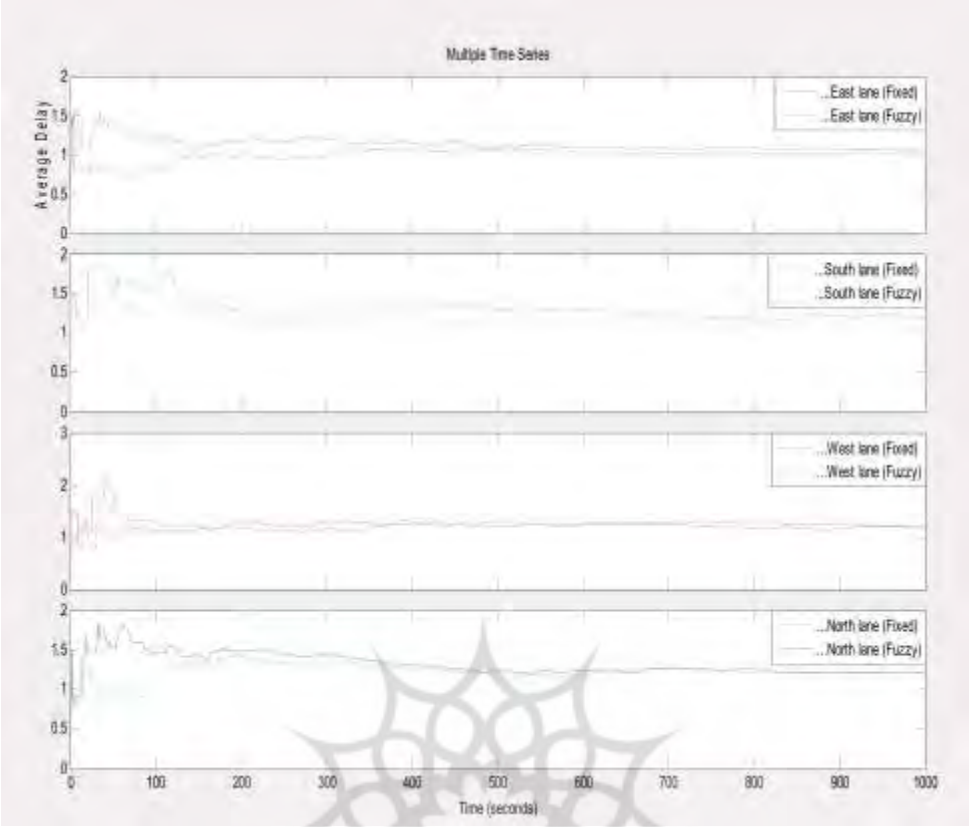
۴. نتیجه‌گیری

عملکرد کنترل کننده‌ی فازی سوگنو با شبیه‌سازی‌های زیر ارزیابی شده است. شبیه‌سازی برای تقاطع ایزوله در مطلب انجام شده، و روش چرخه-ثابت و روش فازی تحت شرایط یکسانی شبیه‌سازی شده‌اند.

تاخیر متوسط و خروج متوسط وسایل نقلیه در تقاطع به عنوان شاخص‌های عملکرد مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج شبیه‌سازی در جدول۳ خلاصه شده است. شاخص‌ها در ثانیه اندازه‌گیری شده‌اند، و همانطور که در جدول مشاهده می‌شود روش فازی بهبود قابل توجهی نسبت به روش چرخه-ثابت دارد، که این بهبود از ٪ ۰/۷۵ به ٪ ۱۷/۶۱ در هر فاز است (شکل ۹). عملکرد هر فاز برای نشان دادن دقیق اختلاف در زمان تاخیر برای هر فاز، بین کنترل کننده‌ی چرخه-ثابت و کنترل کننده‌ی فازی در شکل ترسیم شده است. تاخیر متوسط برای هر چهار فاز برای کنترل کننده‌ی فازی کمتر از کنترل کننده‌ی چرخه-ثابت است.

جدول ۳- عملکرد فاز

اندیس	فاز	چرخه ثابت (ثانیه)	فازی (ثانیه)	مقایسه چرخه ثابت با فازی
میانگین تأخیر	۱	۱/۰۶۰۰۰۰	۱/۰۸۱۰۰۰	۳/۹۶٪
	۲	۱/۲۱۹۰۰۰	۱/۱۹۹۰۰۰	۱/۶۴٪
	۳	۱/۲۰۰۰۰۰	۱/۱۸۳۰۰۰	۱/۴۲٪
	۴	۱/۱۸۹۰۰۰	۱/۰۷۴۰۰۰	۹/۶۷٪
میانگین خروج	۱	۳۳۸	۳۲۰	۵/۳۳٪
	۲	۴۰۰	۳۹۶	۰/۷۵٪
	۳	۱۷۶	۱۴۵	۱۷/۶۱٪
	۴	۱۶۲	۱۷۵	-۸/۰۲٪



شکل ۹ – مقایسه میانگین تاخیر برای هر چهار فاز در کنترل کننده چرخه ثابت و فازی

شکل ۱۰ مقایسه‌ی خروجی متوسط بین کنترل کننده‌ی چرخه-ثابت و کنترل کننده‌ی فازی را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، اساسا تعداد خروج‌ها برای کنترل کننده‌ی فازی کمتر از کنترل کننده‌ی چرخه-ثابت است. از این رو، عملکرد کلی روش فازی بهتر از روش چرخه-ثابت است.

شکل ۱۰ – مقایسه میانگین خروجی چرخه ثابت و فازی

روش فازی عملکرد بهتری را در طول شبیه‌سازی برای تقاطع ایزوله نشان می‌دهد. تاثیرگذاری کنترل کننده‌ی فازی سوگنو بهتر از کنترل کننده‌ی سنتی چرخه-ثابت است و این به دلیل قابلیت انطباق در شرایط مختلف ترافیکی است. تمدید چرخه-ثابت نیست و می‌تواند طول فاز سبز را بر اساس شرایط ترافیکی تقاطع محاسبه کند، که همین قابلیت، باعث برتری این روش می‌شود. روش فازی بررسی شده در این مقاله می‌تواند برای تقاطع‌های چند خطه هم مورد استفاده قرار گیرد.

۵. مراجع

۱.Tan Kok Khiang, Marzuki Khalid, Rubiyah Yusof, (۱۹۹۵) "*Intelligent Traffic Light Control By Fuzzy Logic*", Malaysian Journal of Computer Sience.

۲.Syed Ali Abbas, Syed Muhammad Sheraz, and Humera Noor, (۲۰۰۹), "*Fuzzy Rule Based Traffic Signal Control System for Oversaturated Intersection*", The International Conference of Computational Intelligence and Intelligent Systems to be held under World Congress on Engineering, London, UK.

۳.Marzuki Khalid, See Chin Liang, and Rubiyah Yusuf, (۲۰۰۴) "*Control of a Complex Traffic Junction using Fuzzy Inference*", ۵th Asian Control Conference, Melbourne Australia.

٤.Azura Che Soh, Markuzi Khalid, Mohammad Hamiruce Marhaban and Rubiyah Yusof, (۲۰۰۸) "*Multilane-Multiple Traffic Intersection Using Fuzzy Inference*", Regional Student Conference on Research and Development, UTM Skudai, Malaysia.

۵.Azura Che Soh, Markuzi Khalid, Rubiyah Yusof and Mohammad Hamiruce Marhaban, (۲۰۰۷) "*Modelling and Optimisation of a Traffic Intersection Based on Queue Theory and Markov Decision Control Methods*" Asia Modelling Symposium, Phuket, Thailand.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی