

استفاده از الگوریتم رنگ آمیزی گراف اتوماتای سلولی فازی جهت کلاسیبندی

مناطق پرخطر ترافیکی

مقاله پژوهشی

مصطفی کاشانی، استادیار، دانشکده علوم پزشکی سیرجان، سیرجان، ایران

سعید گرگین، استادیار، پژوهشکده برق و فناوری اطلاعات سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران

سید وهاب شجاع الدینی، دانشیار، پژوهشکده برق و فناوری اطلاعات سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m.kashani@irost.ir

دریافت: ۹۹/۰۵/۲۷ - پذیرش: ۹۹/۱۱/۰۴

صفحه ۹۳-۱۰۰

چکیده

با کلاسیبندی جاده‌ها و مسیرهای ترافیکی به سطوح مختلف خطر، می‌توان تعیین نمود که کدام یک از بخش‌های این جاده‌ها و مسیرهای ترافیکی احتمال رخداد تصادف بیشتری دارند و براساس این میزان خطر، حداکثر سرعت مجاز و تابلوهای ترافیکی متفاوتی تعیین نمود تا میزان تصادفات به حداقل مورد ممکن برسد. در این مطالعه با استفاده از گراف فازی به عنوان مدل ریاضی شبکه ترافیکی شهری به ارائه روشی جهت تعیین مناطق مختلف ترافیکی از نظر میزان خطر پرداخته‌ایم. براساس میزان احتمال رخداد تصادفات مناطق ترافیکی را به سه بخش کم خطر (سبز)، در محدوده خطر (زرد) و پرخطر (قرمز) کلاسیبندی نمودیم. در این مطالعه یک روش رنگ آمیزی گراف که شامل دو بخش اتوماتای سلولی نامنظم و منطق فازی بوده است ارائه شده است. در این روش رنگ آمیزی گراف موجود را با استفاده از یک سیستم اتوماتای سلولی فازی رنگ آمیزی می‌نماییم. در این مطالعه میزان α بیانگر میزان حساسیت به کیفیت در آن جاده است و نشان داده شد که با افزایش میزان α تعداد جاده‌های پرخطر بیشتر شده و میزان حساسیت نسبت به کیفیت رانندگی بیشتر خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: اتوماتای سلولی، مناطق پرخطر ترافیکی، رنگ آمیزی گراف، منطق فازی

۱-مقدمه

یال‌ها، درختان، پل‌ها و گراف‌های همبند می‌باشند. در مطالعه شدند (Rosenfeld, 1975) که براساس منطق فازی که توسط Zadeh ارائه شد، معرفی گردید (Zadeh, 1968). در مطالعات مدلسازی حال حاضر، استفاده از تئوری گراف بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این گراف‌ها در بسیاری از مطالعات مانند تئوری اطلاعات، شبکه‌های اجتماعی، تشخیص‌های پزشکی و غیره کاربرد دارند. در مطالعه گراف‌های فازی تمام انواع و بخش‌های مختلف گراف‌ها تعریف می‌گردند که شامل، گره‌ها،

یال‌ها، درختان، پل‌ها و گراف‌های همبند می‌باشند. در مطالعه شدند (Rosenfeld, 1975) که براساس منطق فازی که توسط Zadeh ارائه شد، معرفی گردید (Zadeh, 1968). در مطالعات مدلسازی حال حاضر، استفاده از تئوری گراف بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این گراف‌ها در بسیاری از مطالعات مانند تئوری اطلاعات، شبکه‌های اجتماعی، تشخیص‌های پزشکی و غیره کاربرد دارند. در مطالعه گراف‌های فازی تمام انواع و بخش‌های مختلف گراف‌ها تعریف می‌گردند که شامل، گره‌ها،

ترافیکی بسیار می‌تواند حائز اهمیت باشد. در ادامه این مطالعه ابتدا تعاریف مقدماتی از تئوری گراف و گراف فازی خواهیم داشت. سپس مدل رنگ آمیزی ارائه شده را شرح خواهیم داد و در نهایت به ارائه نتایج به دست آمده خواهیم پرداخت.

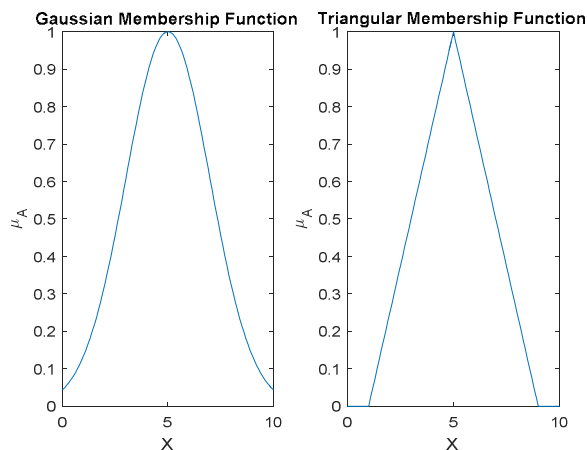
۲-پیشینه تحقیق

در این بخش ابتدا به شرح مفاهیم اولیه فازی و تئوری گراف‌ها خواهیم پرداخت.

مجموعه فازی: یک مجموعه فازی A به عنوان یک مجموعه غیرتهی از X تعریف می‌شود به شکلی که

$$A = \{(x, \mu_A(x)) / x \in X\}$$

که در آن μ_A تابع عضویت می‌باشد. در تئوری فازی کلاسیک، مقدار این تابع عضویت بین صفر تا یک است و اشکال مختلفی را خواهد داشت. در شکل ۱، دو نمونه از این توابع عضویت رسم شده است.



شکل ۱. دو تابع عضویت با شکل‌های گوسین و مثلثی

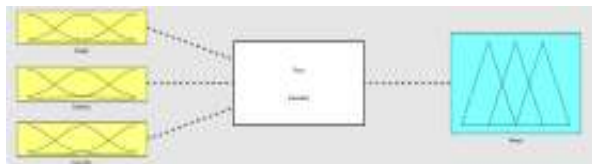
گراف فازی: مجموعه V را یک مجموعه غیرتهی در نظر بگیرید. سه تایی منظم $G = (V, \sigma, \mu)$ یک گراف فازی بر روی V خواهد بود به شکلی که در آن σ و μ مجموعه‌های فازی به ترتیب بر روی V و E هستند به شکلی که

می‌گردد (Bhutani, K.R, 2003). در مطالعه (Mathew, S. and M. Sunitha, 2009) براساس میزان قدرت یال‌ها، دو نوع یال با قدرت α و β و دو نوع یال کم قدرت δ و δ^* معرفی گردید. رنگ آمیزی گراف‌ها یکی از مهم‌ترین مفاهیم در تئوری گراف‌ها می‌باشد (Zhu, X.L. Dai and Z. Wang, 2015) و کاربردهای فراوانی در مدل‌سازی رخدادهای مختلف دارد. این کاربردها شامل زمانبندی کارها، زمانبندی راه‌های هوایی، رنگ آمیزی نقشه‌ها، امنیت شبکه‌های کامپیوتری و دسته بندی گروه‌ها در شبکه‌های اجتماعی می‌باشد. بهترین رنگ آمیزی برای گراف‌ها، رنگ آمیزی با حداقل میزان و تعداد رنگ‌ها می‌باشد به نحوی که دو گره همسایه نباید هم‌رنگ باشند. در این نوع رنگ آمیزی هدف تعیین رنگ برای گره‌های گراف است. کمترین تعداد رنگ برای گراف به عنوان عدد رنگی گراف شناخته می‌شود. رنگ آمیزی گراف‌های فازی برای اولین بار در مطالعه (Eslahchi and B.N. Onagh, 2006) ارائه شده است، سپس در مطالعه (Mojdeh, D and M. Pourpasha, 2007) راه‌های متفاوت دیگری جهت رنگ آمیزی گراف ارائه شد. یکی از کاربردهای رنگ آمیزی گراف‌ها استفاده از آن برای تعیین میزان احتمال تصادف و در واقع تعیین میزان خطر یک مسیر ترافیکی می‌باشد.

ایمنی جاده‌ها و مسیرهای ترافیکی یکی از اولویت‌های سیستم‌های حمل و نقل شهری و بین شهری می‌باشد. لذا تعیین میزان کیفیت جاده‌ها می‌تواند تعیین کننده میزان ترافیک و ترانزیت باشد (Dey, A and A. Pal, 2013). بنابراین کیفیت بیشتر جاده امکان افزایش ترانزیت در آن را بیشتر می‌نماید. علاوه بر این هزینه تصادفات جاده‌ای بالغ بر یک درصد از سرمایه و تولید ناخالص ملی کشورهای در حال توسعه را تشکیل می‌دهد. در این میان خطا راننده ۷۵٪، کیفیت جاده تا ۱۵٪ و کیفیت وسیله نقلیه تا ۱۰٪ دلیل این تصادفات می‌باشد (حجازی، علی پور، ۱۳۹۵). همچنین ایران با بیش از ۲۶ هزار کشته سالانه در تصادفات در بالاترین رتبه از نظر تلفات انسانی در تصادفات قرار دارد. با توجه به این مسئله، تعیین جاده‌های پر خطر جهت بهبود و اصلاح جاده‌ها، همچنین تعیین سرعت بیشینه و تابلوهای

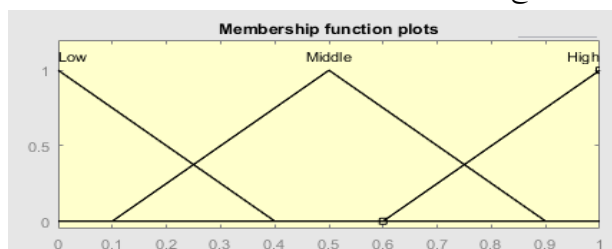
مدل اتوماتای فازی استفاده شده

در این مطالعه از یک سیستم فازی جهت رنگ آمیزی گراف جاده به سه رنگ سبز (کم خطر)، زرد (در محدوده خطر) و قرمز (پر خطر) استفاده خواهیم نمود که این سیستم فازی از نوع سیستم فازی Mamdani بوده و دارای سه ورودی خواهد بود که شامل کیفیت جاده، اتصال جاده فرعی و میزان خطر بخش قبلی جاده می‌باشد. همچنین خروجی این سیستم فازی نیز میزان خطر بخش جاده خواهد بود. در شکل ۳ شمای کلی سیستم فازی نمایش داده شده است.



شکل ۳. نمای کلی سیستم فازی

کیفیت جاده شامل مقداری بین صفر تا یک خواهد بود که مقدار بیشتر آن به معنی کیفیت بیشتر جاده است و برای فازی سازی این ورودی از سه تابع عضویت کم، زیاد و متوسط به صورت توابع مثلثی استفاده شده است که در آن یک مقدار α تعریف می‌شود که بیانگر میزان حساسیت به کیفیت جاده است. زیاد شدن α به این معنی است که جاده‌های با کیفیت تر انتخاب می‌شوند. نمایی از این توابع عضویت در شکل ۴ نمایش داده شده است. در این توابع هر اندازه میزان α بیشتر باشد، کج شدگی توابع به سمت راست خواهد بود.



شکل ۴. تابع عضویت ورودی شاخص کیفیت جاده

در شکل ۴ میزان α برابر با ۰/۵ در نظر گرفته شد که می‌توان این مقدار را بیشتر یا کمتر انتخاب نمود. ورودی دیگر جاده شامل وجود یا عدم وجود جاده فرعی به بخش مورد نظر جاده است که در آن در صورت نبود جاده فرعی این مقدار صفر خواهد بود و

$\mu(u, v) \leq \mu(u) \wedge \mu(v)$ برای تمام u و v از مجموعه V باشد و همچنین $uv \in E$ باشند. برای گراف $\hat{G} = (V, \sigma, \mu)$. V و E به ترتیب مجموعه‌های گره‌ها و یال‌های گراف خواهند بود.

گراف فازی کامل: گراف فازی $\hat{G} = (V, \sigma, \mu)$ یک گراف کامل خواهد بود اگر $\mu(u, v) = \mu(u) \wedge \mu(v)$ باشد. چنین گرافی را با $\hat{G}k$ نمایش خواهیم داد.

مشخصات فازی جاده

در این مطالعه یک جاده فرضی را شبیه سازی می‌نماییم که طول این جاده ۱۰ کیلومتر بوده و هر بخش ۱۰۰ متری از جاده را یک گره در نظر می‌گیریم. در شکل ۲ نمایی از این جاده فرضی نمایش داده شده است.

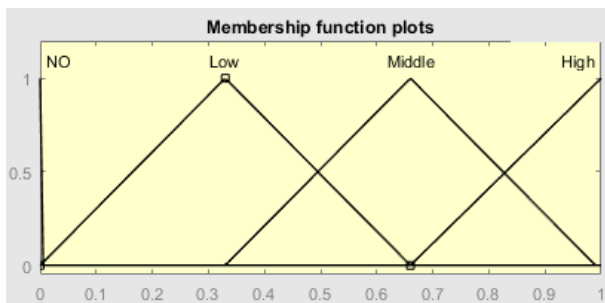


شکل ۲. نمایی از جاده فرضی در نظر گرفته شده

اطلاعات هر بخش از جاده شامل کیفیت جاده که از صفر تا یک در نظر گرفته می‌شود و اتصال جاده فرعی به جاده اصلی بوده است که این جاده فرعی می‌تواند وجود نداشته باشد و می‌تواند با ترافیک‌های سبک، متوسط و سنگین وجود داشته باشد. همچنین برای تصمیم‌گیری در مورد وضعیت هر بخش از جاده از نظر میزان خطر، میزان خطر بخش قبلی جاده نیز در نظر گرفته می‌شود که بخش قبلی نیز در سه حالت پرخطر، در محدوده خطر و کم خطر خواهد بود.

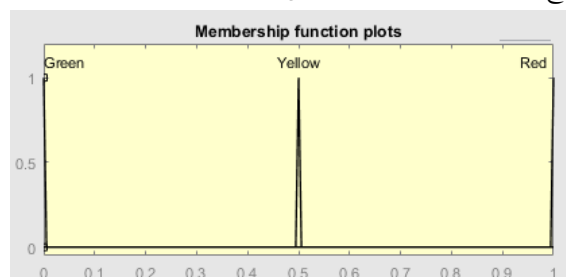
3. If (Quality is High) and (Sidetrack is Low) and (presection is Green) then (Danger is Green) (1)
4. If (Quality is Low) and (Sidetrack is Middle) and (presection is Green) then (Danger is Yellow) (1)
5. If (Quality is Middle) and (Sidetrack is Middle) and (presection is Green) then (Danger is Green) (1)
6. If (Quality is High) and (Sidetrack is Middle) and (presection is Green) then (Danger is Green) (1)
7. If (Quality is Low) and (Sidetrack is High) and (presection is Green) then (Danger is Yellow) (1)
8. If (Quality is Middle) and (Sidetrack is High) and (presection is Green) then (Danger is Yellow) (1)
9. If (Quality is High) and (Sidetrack is High) and (presection is Green) then (Danger is Green) (1)
10. If (Quality is Low) and (Sidetrack is NO) and (presection is Green) then (Danger is Green) (1)
11. If (Quality is Middle) and (Sidetrack is NO) and (presection is Green) then (Danger is Green) (1)
12. If (Quality is High) and (Sidetrack is NO) and (presection is Green) then (Danger is Green) (1)
13. If (Quality is Low) and (Sidetrack is Low) and (presection is Yellow) then (Danger is Yellow) (1)
14. If (Quality is Middle) and (Sidetrack is Low) and (presection is Yellow) then (Danger is Yellow) (1)
15. If (Quality is High) and (Sidetrack is Low) and (presection is Yellow) then (Danger is Green) (1)
16. If (Quality is Low) and (Sidetrack is Middle) and (presection is Yellow) then (Danger is Yellow) (1)
17. If (Quality is Middle) and (Sidetrack is Middle) and (presection is Yellow) then (Danger is Yellow) (1)
18. If (Quality is High) and (Sidetrack is Middle) and (presection is Yellow) then (Danger is Green) (1)
19. If (Quality is Low) and (Sidetrack is High) and (presection is Yellow) then (Danger is Red) (1)
20. If (Quality is Middle) and (Sidetrack is High) and (presection is Yellow) then (Danger is Red) (1)
21. If (Quality is High) and (Sidetrack is High) and (presection is Yellow) then (Danger is Yellow) (1)
22. If (Quality is Low) and (Sidetrack is NO) and (presection is Yellow) then (Danger is Yellow) (1)
23. If (Quality is Middle) and (Sidetrack is NO) and (presection is Yellow) then (Danger is Green) (1)
24. If (Quality is High) and (Sidetrack is NO) and (presection is Yellow) then (Danger is Green) (1)
25. If (Quality is Low) and (Sidetrack is Low) and (presection is Red) then (Danger is Red) (1)
26. If (Quality is Middle) and (Sidetrack is Low) and (presection is Red) then (Danger is Red) (1)
27. If (Quality is High) and (Sidetrack is Low) and (presection is Red) then (Danger is Yellow) (1)

در صورت بودن آن به سه حالت با ترافیک کم، متوسط و زیاد تقسیم می‌گردد که با مقدار صفر تا ۱ تعریف می‌گردد. که تابع عضویت آن در شکل ۵ نمایش داده شده است.



شکل ۵. تابع عضویت ورودی جاده فرعی

همچنین یک ورودی دیگر نیز در این سیستم وجود دارد که وضعیت بخش قبلی جاده است که در این سیستم سه حالت سبز (کم خطر)، زرد (در محدوده خطر) و قرمز (پر خطر) است که تابع عضویت آن به صورت شکل ۶ است.

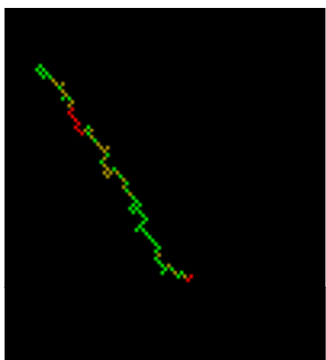


شکل ۶. تابع عضویت ورودی اطلاعات بخش قبلی جاده

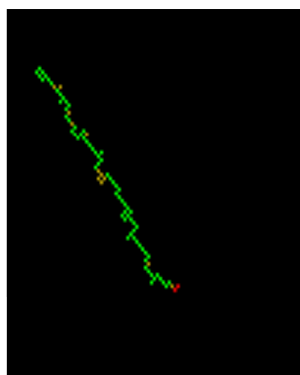
خروجی این سیستم فازی نیز به شکل است که به هر بخش یکی از سه حالت سبز (کم خطر)، زرد (در محدوده خطر) و قرمز (پرخطر) را اتلاق می‌نماید و تابع عضویت آن دقیقاً مشابه تابع عضویت شکل ۶ است. علاوه بر این، برای سیستم فازی، یک غیرفازی ساز از نوع مرکز ثقل در نظر گرفته می‌شود و قوانین آن در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱. قوانین سیستم فازی

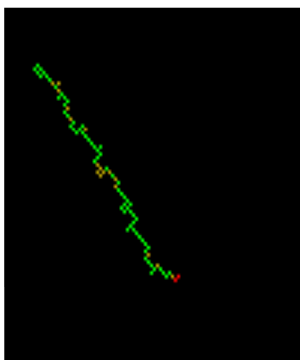
1. If (Quality is Low) and (Sidetrack is Low) and (presection is Green) then (Danger is Yellow) (1)
2. If (Quality is Middle) and (Sidetrack is Low) and (presection is Green) then (Danger is Green) (1)



شکل ۷. وضعیت جاده به ازای $\alpha=0.5$



شکل ۸. وضعیت جاده به ازای $\alpha=0.3$



شکل ۹. وضعیت جاده به ازای $\alpha=0.4$

28. If (Quality is Low) and (Sidetrack is Middle) and (presection is Red) then (Danger is Red) (1)
 29. If (Quality is Middle) and (Sidetrack is Middle) and (presection is Red) then (Danger is Red) (1)
 30. If (Quality is High) and (Sidetrack is Middle) and (presection is Red) then (Danger is Yellow) (1)
 31. If (Quality is Low) and (Sidetrack is High) and (presection is Red) then (Danger is Red) (1)
 32. If (Quality is Middle) and (Sidetrack is High) and (presection is Red) then (Danger is Red) (1)
 33. If (Quality is High) and (Sidetrack is High) and (presection is Red) then (Danger is Red) (1)
 34. If (Quality is Low) and (Sidetrack is NO) and (presection is Red) then (Danger is Red) (1)
 35. If (Quality is Middle) and (Sidetrack is NO) and (presection is Red) then (Danger is Red) (1)
 36. If (Quality is High) and (Sidetrack is NO) and (presection is Red) then (Danger is Yellow) (1)

۴- تحلیل

برای بررسی نتایج به دست آمده همان طور که در بالا شرح داده شد، یک جاده شبیه سازی شده به طول ۵ کیلومتر را در نظر می‌گیریم و این جاده را به بخش‌های ۱۰۰ متری تقسیم می‌کنیم. بنابراین برای این جاده ۵۰ سلول در نظر گرفته می‌شود. برای هر سلول از این جاده ۳ مشخصه خواهیم داشت که شامل شاخص کیفیت جاده، وجود جاده فرعی و وضعیت بخش قبلی خواهد بود. بنابراین این بر اساس این اطلاعات وضعیت هر بخش از جاده مشخص می‌گردد. برای تعیین وضعیت جاده با مقادیر مختلف α وضعیت بخش‌های مختلف را تعیین می‌کنیم. ابتدا این کار را با مقدار ۰/۵، سپس با مقادیر کمتر (۰/۳ و ۰/۴) و بعد با مقادیر بیشتر (۰/۶ و ۰/۷) انجام خواهیم داد. در ادامه نتایج ارائه شده است. در شکل‌های ۷ تا ۱۱ وضعیت بخش‌های مختلف جاده به ازای مقادیر مختلف α نمایش داده شده است.

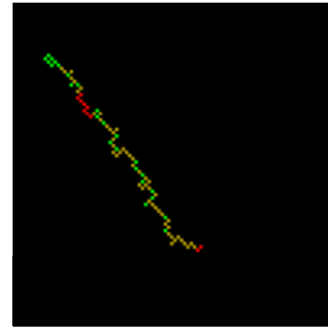
۵- نتیجه گیری

در این مطالعه یک جاده فرضی شبیه‌سازی شد که طول این جاده برابر با ۱۰ کیلومتر در نظر گرفته شد و هر ۱۰۰ متر از جاده به عنوان یک بخش یا یک سلول از جاده در نظر گرفته شد که با توجه به این موضوع، هر سلول از جاده شامل شاخص کیفیت جاده، ورود راه های فرعی به جاده و وضعیت جاده بوده است. شاخص کیفیت به سه حالت فازی کم، متوسط و زیاد تقسیم شد و همچنین میزان جاده فرعی نیز به چهار حالت نبود جاده فرعی، جاده فرعی با ترافیک کم و جاده فرعی با ترافیک متوسط و زیاد تقسیم شده است. همچنین وضعیت جاده نیز به سه حالت کم خطر (سبز)، در محدوده خطر (زرد) و پر خطر (قرمز) دسته بندی شد. وضعیت هر سلول از جاده با توجه به شاخص کیفیت جاده، راه‌های فرعی وارد شونده به آن سلول و وضعیت سلول قبلی تعریف می‌شود. همچنین یک مقدار α نیز برای میزان حساسیت به شاخص کیفیت جاده تعریف گردید که با افزایش این مقدار میزان شاخص کیفیت جاده با استاندارد بیشتر مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای تعیین وضعیت هر بخش از جاده از یک سیستم فازی استفاده شد که سه ورودی و یک خروجی دارد که ورودی‌ها شامل شاخص کیفیت جاده، جاده‌های فرعی و وضعیت کیفیت سلول قبلی بوده است و خروجی نیز شامل وضعیت سلول مورد نظر است. با اجرای این مدل اتوماتای سلولی فازی دیده شد که با افزایش مقدار حساسیت (α)، تعداد بخش‌های پر خطر جاده افزایش یافته و از تعداد بخش‌های کم خطر کاسته می‌شود.

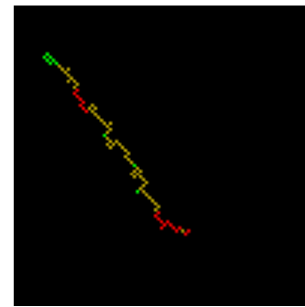
۶- مراجع

- حجازی، س، علی پور، م، (۱۳۹۵)، "اولویت‌بندی اصلاح نقاط حادثه خیز جاده‌ای بر اساس ممیزی ایمنی راه (مطالعه موردی مسیر بین شهرستان‌های خرم‌آباد و الشتر استان لرستان)".

-Akram, M, et al., (2016), "Bipolar Fuzzy Digraphs in Decision Support Systems", Journal of Multiple-Valued Logic & Soft Computing, pp. 27-28.

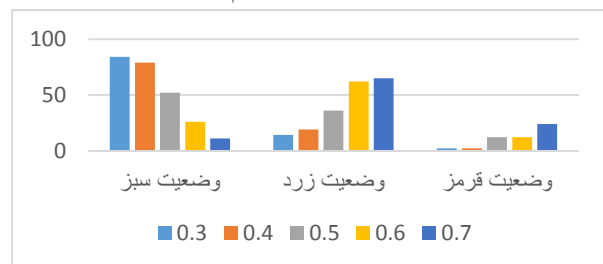


شکل ۱۰. وضعیت جاده به ازای $\alpha=0.6$



شکل ۱۱. وضعیت جاده به ازای $\alpha=0.7$

همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، با افزایش مقدار α که در واقع میزان حساسیت به کیفیت جاده است، تعداد نقاط پرخطر و در محدوده خطر افزایش یافته و تعداد نقاط کم خطر افزایش می‌یابد. در نمودار شکل ۱۲ یک مقایسه بین تعداد نقاط با رنگ‌های مختلف با مقادیر مختلف α انجام شده است.



شکل ۱۲. مقایسه تعداد وضعیت‌های مختلف جاده با افزایش مقدار α

- Mojdeh, D. and M. Pourpasha, (2007), "Fuzzy defining number of the edge fuzzy graph", in International mathematical forum.
- Rosenfeld, A., (1975), "Fuzzy graphs, in Fuzzy sets and their applications to cognitive and decision processes", Elsevier. pp. 77-95.
- Zadeh, L.A., (1968), "Probability measures of fuzzy events", Journal of mathematical analysis and applications, 23(2), pp. 422-427.
- Zhu, X., L. Dai, and Z. Wang, (2015), "Graph coloring based pilot allocation to mitigate pilot contamination for multi-cell massive MIMO systems", IEEE Communications Letters, 19(10), pp. 1842-1845.
- Bhattacharya, P and F. Suraweera, (1991), "An algorithm to compute the supremum of max-min powers and a property of fuzzy graphs", Pattern Recognition Letters, 12(7), pp. 413-420.
- Bhutani, K.R. and A. Rosenfeld, (2003), "Strong arcs in fuzzy graphs. Information sciences, No.152, pp. 319-322.
- Bhattacharya, P., (1987),"Some remarks on fuzzy graphs", Pattern Recognition Letters, 6(5), pp. 297-302.
- Eslahchi, C. and B.N. Onagh, (2006), "Vertex-strength of fuzzy graphs", International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences.
- Mathew, S. and M. Sunitha, (2009), "Types of arcs in a fuzzy graph. Information Sciences", 179(11), pp. 1760-1768.
- Dey, A. and A. Pal, (2013), "Fuzzy graph coloring technique to classify the accidental zone of a traffic control", Annals of Pure and Applied Mathematics, 3(2), pp. 169-178.

Using Fuzzy Cellular Automaton Graph Coloring Algorithm for Classifying Dangerous Traffic Region

Mostafa Kashani, Assistant Professor, Sirjan School of Medical Sciences, Sirjan, Iran.

Saeid Gorgin, Assistant Professor, Department of Electrical Engineering and Information Technology, Tehran, Iran.

Seyed Vahab Shojaedini, Association Professor, Department of Electrical Engineering and Information Technology, Tehran, Iran.

E-mail: m.kashani@irost.ir

Received: March 2021-Accepted: July 2021

ABSTRACT

With regard to roads and traffic routes to different levels of risk, it can be determined which of these sections of these roads and paths are more likely to crash and based on this risk, the maximum speed and the various authorized routes As low as possible. In this study, using a fuzzy graph as a math model of the urban chip network, we present a method for determining the different areas of traffic in terms of the level of risk. Based on the probability of accidents, traffic areas fall into three low risk areas (green), in the danger zone (yellow) and high risk (red). In this study, a graph coloring method is presented that includes two automatic solitary and fuzzy logic segments. In this method, we perform the coloring of the existing graph using a fuzzy automaton system. In this study, the amount of α indicates the quality sensitivity of that road and it has been shown that increasing the amount of α will increase the number of most dangerous routes and increase the sensitivity to driving quality.

Keywords: Automatic Cells, Hazardous Traffic Areas, Graph Coloring, Fuzzy Logic