Mathematical Researches

Print ISSN: 2588-2546
Online ISSN: 2588-2554

Homepage: https://mmr.khu.ac.ir/

Design and Prototyping of the Driver Fatigue Detection System Based on Fuzzy Analysis of the Environmental Sensors Data

Ali Nassiri[1], Mohsen Davoudi[2], Aref Shahmansoorian[3]

1. Department of Electrical Engineering, Faculty of Technical and Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
   E-mail: alinasiri2842@gmail.com
2. Department of Electrical Engineering, Faculty of Technical and Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
   E-mail: mohsen.davoudi@eng.ikiu.ac.ir
3. Department of Electrical Engineering, Faculty of Technical and Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
   E-mail: shahmansoorian@eng.ikiu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received:
21 May 2019
Received in revised form:
9 June 2021
Accepted:
7 Sepe 2021
Published online:
20 June 2023

Keywords:
Drowsiness,
Fatigue,
Driver awareness,
Road accidents,
Fuzzy Logic,
Environmental Sensors.

ABSTRACT

Introduction

In this paper a driver fatigue detection system has been designed and implemented that differs from the current fatigue systems in sense of the sensory and detection method. Since there are many environmental parameters exist that affect the fatigue, using environmental sensors the measurement is done and the data is analyzed. An alarm is the output of the system that warns the driver before s/he falls in sleep.

The detection method is based on fuzzy logic that analyzes the data driven from the environmental sensors. The proposed system does not interfere the driving because the sensors used to acquire the necessary information have minimum contact to the driver's body. One of the features of the proposed method is that it analyzes the environment parameters like temperature, light, time of the day, driving time and heartbeat rate and calculates the driver's drowsiness and alarms when the drowsiness level goes up to a threshold level.

The heartbeat rate sensor is installed on the driving wheel of the vehicle that measures the beat rate when the hand is on the wheel. This system

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

with its all fuzzy analyzers and fuzzy rules has been implemented in a micro controller.

Material and methods

The parameters used in this analysis includes: temperature, light, environmental sound (noise), vehicle movements, time of driving, Time of day and driver's heartbeat. The system processes these parameters in real-time and generates an alarm when it is estimated that the driver is going to fall in drowsiness or sleep.

In the proposed method three fuzzy subsystem have been working in parallel. A couple of them receive the abovementioned sensors and data while the third one fuses the outputs of those two subsystems to create the final data.

Three samples of fuzzy rules have been shown below:

R_i^1 = If (temperature is X_{11}) and (light is X_{21}) and (noise is X_{31}) and (car behaviors is X_{41}) Then (output1 is Y_1) i = 1, 2, …, 500

R_i^2 = If (time is X_{12}) and (hoursdriving is X_{22}) Then (output is Y_2) i = 1, 2, …, 60

R_i^3 = If (heartbeat is X_{13}) and (output1 is X_{23}) and (output2 is X_{33}) Then (output is Y_3) i = 1, 2, …, 122

The aggregation and defuzzification equation has been shown below:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{n} \mu_i y_i}{\sum_{i=1}^{n} \mu_i}$$

Results and Discussion

This paper includes both simulation and practical test results of the idea that uses only the environmental sensors in the vehicle to detect the drowsiness and fatigue. The heartbeat detection sensor has been also installed on the vehicle driving wheel and works based on hand touch.

The detection system is designed based on fuzzy logic subsystems that receive the sensors data to analyze and estimate the fatigue in real-time. Practical tests have been implemented using a micro-controller based datalogger and the set of sensors that are conditioned to be sampled by the micro-controller in real-time.

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

Conclusion

A novel method for detection of fatigue and drowsiness has been proposed, simulated and practically tested in this paper. Some environmental sensors that are not sticked to the driver's body have been gathering information to be analyzed to detect the fatigue.

The proposed method has been implemented using the commercial sensors connected to a cheap microcontroller in which three fuzzy analyzers have been coded. The output of the fatigue detection system is an alert system that compares the computed fatigue level with a threshold. The features of the proposed system are that it can operates in different weather and light conditions at any time of day, no attached sensor has been used in this method, the overall cost of the device is much less than the current systems allowing it to be integrated in variety of the cars. Simulation and experimental results show that the fuzzy analyzers, either to be separated into 3 fuzzy analyzers or combined into one, function in the same way. The fuzzy analysis of the environmental sensors has been validated using a self-declaration fatigue level of the driver in several tests.

How to cite: Nassiri, A., Davoudi, M., Shahmansoorian, A. (2023).Design andPrototyping of the Driver Fatigue Detection System Based on Fuzzy Analysis of the Environmental Sensors Data. *Mathematical Researches*, 9 (1), 200-221.

© The Author(s). Publisher: Kharazmi University

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

Mathematical Researches
Print ISSN: 2588-2546
Online ISSN: 2588-2554
Homepage: https://mmr.khu.ac.ir/

طراحی و ساخت سیستم تشخیص خواب آلودگی راننده بر اساس تحلیل فازی داده‌های سنسورهای محیطی

علی نصیری[۱]، محسن داودی[۲]، عارف شاه منصوریان[۳]

۱. گروه مهندسی برق، دانشکدهٔ فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران. رایانامه: alinasiri2842@gmail.com
۲. گروه مهندسی برق، دانشکدهٔ فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران. رایانامه: mohsen.davoudi@eng.ikiu.ac.ir
۳. نویسندهٔ مسئول، گروه مهندسی برق، دانشکدهٔ فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران. رایانامه: shahmansoorian@eng.ikiu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۳۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۳/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۳/۳۰

واژه‌های کلیدی:
خواب‌آلودگی راننده[۱]،
خستگی[۲]،
تصادفات جاده‌ای[۳]،
هوشیاری،
منطق فازی[۴]،
سنسورهای محیطی.

چکیده

در این مقاله، سیستمی برای تشخیص هوشمند خواب‌آلودگی راننده طراحی و ساخته شده است که با تحلیل فازی[۵] داده‌های به دست آمده از سنسورهای مرسوم برای اندازه‌گیری پارامترهای محیطی[۶] نظیر دمای محیط، شدت نور، صدای محیط، ضربان قلب، شتاب خودرو، زمان رانندگی و... به پیشبینی میزان خواب آلودگی راننده می‌پردازد. عوامل محیطی زیادی بر خواب‌آلودگی راننده مؤثر می‌باشند، که با اندازه‌گیری آنها و تحلیل داده‌ها می‌توان از خواب‌آلودگی راننده جلوگیری کرد. یکی از مزیت‌های این سیستم، استفاده ازسنسورهای تجاری و مرسوم پارامترهای محیطی می‌باشد. خروجی سیستم تشخیص یک سیستم هشدار می‌باشد تا درصورت تشخیص احتمال خواب‌آلودگی راننده، قبل از این که فرد کاملاً دچار خواب‌آلودگی شود، هشدار لازم به راننده و اطرافیان داده شود. در این روش، از تحلیل فازی برای بررسی و تحلیل داده‌های به دست‌آمده از سنسورهای محیطی[۷] استفاده شده است. سیستم طراحی شده از سنسورهایی تشکیل شده است که کم‌ترین تماس را با بدن راننده دارد و بدین‌ترتیب مداخله و مزاحمتی در رانندگی به وجود نمی‌آورد و در هر زمانی به خوبی کار می‌کند. ویژگی دیگر این سیستم آن است که با بررسی شرایط محیطی راننده، احتمال خستگی و خواب‌آلودگی راننده را با توجه به شرایط و قبل از این‌که فرد به طور کامل دچار آن شود تشخیص داده و هشدار لازم صادر می‌شود.

استناد: نصیری، علی؛ داودی، محسن؛ شاه منصوریان، عارف؛ (۱۴۰۲). طراحی و ساخت سیستم تشخیص خواب‌آلودگی راننده بر اساس تحلیل فازی داده‌های سنسورهای محیطی. *پژوهش‌های ریاضی*، ۹ (۱)، ۲۲۱-۲۰۰.

ناشر: دانشگاه خوارزمی

© نویسندگان.

[1] Drowsiness
[2] Fatigue
[3] Road accidents
[4] Fuzzy Logic
[5] Fuzzy Analysis
[6] Environmental Parameters
[7] Environmental Sensors

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

مقدمه

حوادث رانندگی یکی از معضلات مهم بهداشتی است که سلامت انسان‌ها را به خطر انداخته است. صدمات ناشی از این حوادث چنان گسترده است که از آن به عنوان جنگ در جاده‌ها یاد می‌شود. خواب‌آلودگی به عنوان یکی از دلایل تصادفات مرگبار جاده‌ای شناخته می‌شود. خستگی و خواب‌آلودگی بر روی توجه، حافظه، زمان واکنش، هماهنگی دست‌ها با چشم و هوشیاری اثرگذار می‌باشد [۱]. گزارش‌ها براساس تجزیه و تحلیل آماری جامع نشان می‌دهند که حوادث ناشی از خواب‌آلودگی حدود ۲۰ درصد از تصادفات جاده‌ای را به خود اختصاص داده است، ضمن اینکه در ایران این میزان به مقدار ۴۰ درصد می باشد [۲]. مهم‌ترین تجهیزاتی که تاکنون برای خودروهای هوشمند[۱]درنظر گرفته شده است شامل سیستم‌های اضطراری کمک ترمز، هشدار تصادف از جلو، هشدار خروج از خطوط جاده، تشخیص نقاط کور راننده، چراغ‌های هوشمند جلو و تشخیص خواب‌آلودگی است که از بین این موارد سیستم تشخیص خواب‌آلودگی راننده، در جلوگیری از تصادفات و حوادث مرگبار جاده‌ای، اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد.

در طول سالیان قبل روش های مختلفی برای تشخیص خواب‌آلودگی راننده معرفی شده است که به صورت کلی بر اساس چهار روش زیر طبقه‌بندی می‌شوند: الف) اندازه‌گیری‌های پایامترهای فیزیولوژیکی، ب) اندازه‌گیری رفتار غیرمستقیم خودرو (نظیر شتاب جانبی و طولی)، ج) دوربین جهت شناسایی حرکات چشم و تشخیص وضعیت صورت و د) روش‌های هیبرید و ترکیبی. روش‌های مبتنی بر اندازه‌گیری‌های فیزیولوژیکی بر اساس اندازه‌گیری امواج مغزی، ضربان قلب، تنفس، دمای بدن و... با استفاده از تکنیک‌های EEG، ECG و EOG می‌باشد. این نوع روش‌ها دقت بالایی داشته اما به دلیل تداخل در رانندگی و اتصال سنسورهای تشخیص به بدن راننده، مقبولیت بالایی نداشته و استفاده گسترده‌ای ندارند [۳].

روش‌های غیرمستقیم که بیشتر بر مبنای اندازه‌گیری رفتار دینامیکی خودرو و موقعیت خودرو در جاده، زاویهٔ فرمان خودرو، سرعت و شتاب خودرو می‌باشند برای آنالیز و تشخیص خواب‌آلودگی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اگرچه روش‌های غیرمستقیم در رانندگی تداخل ایجاد نمی‌کنند و از این حیث دارای مزیت می‌باشند اما دقت و سرعت تشخیص پایینی دارند و وقوع خواب آلوودگی خطرناک را ممکن است پیش‌بینی ننمایند [۳] و [۴].

روش معرفی شده در [۴] شامل بررسی رفتارهای راننده در حین رانندگی با استفاده از اندازه‌گیری شتاب خودرو و حرکات راننده می‌باشد که پس از اندازه‌گیری و پردازش میزان کاهش حرکات در بازهٔ زمانی مشخص اقدام به ایجاد هشدار می‌نماید. در این روش وجود نویزهای حرکتی از جمله دست از موانع دریافت سیگنال هشدار مناسب می‌باشد. اندازها و همچنین تأخیر قابل توجه اعلام خواب‌آلودگی راننده میزان خطر را بالا می‌برد.

روش‌های معرفی شده در [۵] و [۶] و [۷] بر مبنای یادگیری ماشین و هوش محاسباتی و پردازش تصاویر به دست آمده از چهره و وضعیت چشم‌ها در حالت‌های مختلف می‌باشند. از مزایای این روش‌ها عدم نصب سنسور به بدن راننده می‌باشد. اما معایب آن شامل عدم تشخیص به موقع در صورت کیفیت پایین تصاویر، استفاده از عینک دودی و حساسیت به میزان نور دریافتی از چهره برای پردازش می‌باشد.

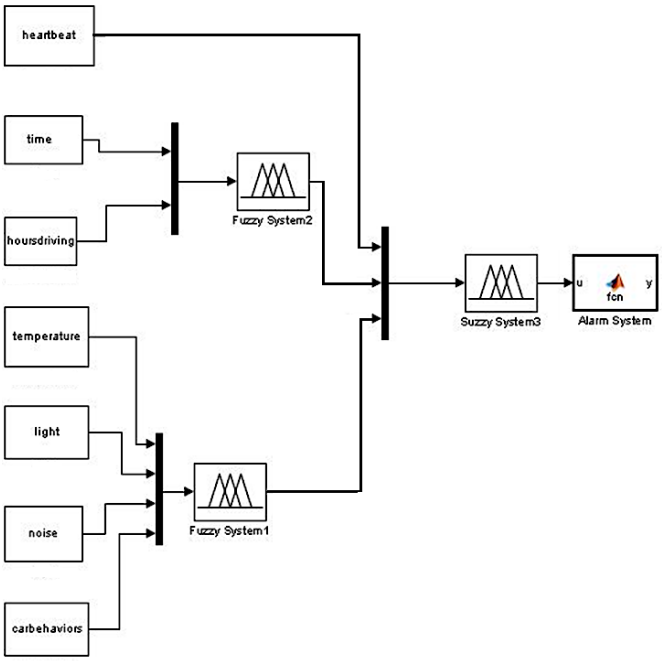
در این مقاله، سعی شده است تا سیستم هوشمندی طراحی و ساخته شود تا به کمک آن بتوان خستگی و خواب‌آلودگی راننده را به موقع و قبل از وقوع تشخیص داد تا ایمنی راننده و سرنشینان خودرو حفظ شود و همچنین سیستمی باشد تا در شرایط مختلف و در هر زمان به خوبی عمل کند و تغییر شرایط (نظیر زاویه تابش نور، استفاده از عینک دودی و...) بر آن تأثیری نداشته باشد، از طرفی دیگر باید کمترین دخالت بر رانندگی را داشته باشد و مزاحمتی را برای راننده به‌وجود نیاورد.

[۱] Smart Cars

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

در این سیستم، سعی شده است تا عواملی که در خواب‌آلودگی راننده نقش دارند با استفاده از سنسورهای محیطی به دقت اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل شوند و اطلاعات لازم را از محیط پیرامون راننده به دست دهد، تا درصورت ایجاد شرایطی که منجر به خواب‌آلودگی راننده می‌شود، به موقع هشدار لازم را بدهد.

پارامترهای محیطی که در این سیستم اندازه‌گیری و ثبت می‌شوند عبارت‌اند از: دما، نور و صدای محیط، حرکات وسیلهٔ نقلیه، زمان رانندگی و مدت زمان رانندگی. همچنین ضربان قلب راننده نیز با استفاده از سنسور ضربان قلب اندازه‌گیری می‌شود و یک سیستم هشدار به عنوان خروجی سیستم به‌کار برده شده است تا درصورت تشخیص خواب‌آلودگی هشدار لازم داده شود. نمای کلی از سیستم تشخیص خواب‌آلودگی راننده که شامل سه تحلیلگر فازی می‌باشد در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱: بلوک‌دیاگرام سیستم تشخیص خواب‌آلودگی راننده

روند انجام این پژوهش به این صورت است که قبل از طراحی بخش تحلیل فازی، سیستم سخت‌افزاری طراحی شده درخودرو قرار داده شد و در شرایط مختلف مورد بررسی قرار گرفت و داده‌های دریافتی از سنسورهای مربوطه ثبت شد. با بررسی این داده‌ها در لحظاتی که راننده ممکن است دچار خستگی و خواب‌آلودگی شود، توابع عضویت مربوط به پارامترهای صدا، نور و دمای محیط و حرکات خودرو طراحی شد که در شکل ۳ آورده شده است. این داده‌ها به عنوان ورودی به سیستم فازی اول داده می‌شوند.

براساس اندازه‌گیری‌هایی که به وسیله سیستم مورد نظر انجام شده است و همچنین نتایج آزمایشات صورت گرفته تعداد ضربان قلب راننده مرد در حالت هوشیاری بین ۷۵ تا ۱۰۰ عدد در دقیقه و در حالت خواب‌آلودگی بین۵۰ تا ۶۸ عدد در دقیقه می‌باشد [۸]. توابع عضویت مربوط به ضربان قلب راننده نیز در شکل ۴ آورده شده است که به عنوان ورودی به سیستم فازی سوم داده می‌شود.

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

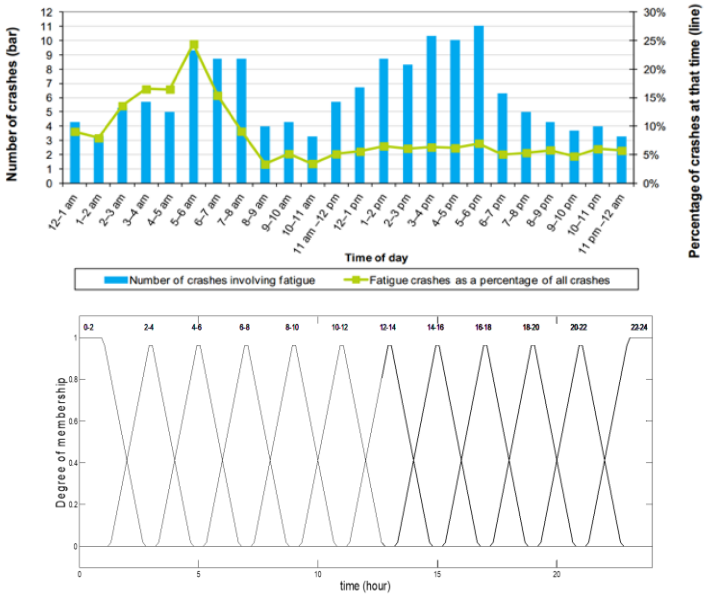
ساختار مقاله به صورت زیر است: در بخش اول فاکتورهای مؤثر بر خواب‌آلودگی راننده بیان خواهد شد، در بخش دوم، آنالیز فازی مورد استفاده در سیستم معرفی خواهد شد، در بخش سوم نتایج شبیه‌سازی سیستم و در بخش آخر نتایج پیاده‌سازی عملی آن آورده شده است.

۱-فاکتورهای مؤثر در خواب‌آلودگی راننده

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، برای بررسی و تشخیص خواب‌آلودگی راننده پارامترهایی مانند دما، نور و صدای محیط، حرکات خودرو، زمان و مدت زمان رانندگی و ضربان قلب راننده مورد بررسی قرارگرفته است.

زمان رانندگی

یکی از مهم‌ترین فاکتورها در خواب‌آلودگی راننده، زمان یا ساعت رانندگی می‌باشد. طبق تحقیقات و آزمایشات انجام شده بین ساعت ۳ صبح تا ۵ صبح، ساعت بدن انسان (ریتم‌های شبانه‌روزی[۱]) نیاز انسان به خواب را بیان می‌کند (شکل۲). همچنین، زمان دوم برای اوج خواب‌آلودگی انسان بین ساعت ۳ تا ۵ بعدازظهر می‌باشد [۹]. این ساعت‌ها از شبانه‌روز، زمانی است که عملکرد فیزیکی و ذهنی انسان در بدترین حالت خود قرار دارد. به همین دلیل بیشتر تصادفات جاده‌ای ناشی از خستگی و خواب‌آلودگی در صبح زود و بعدازظهر اتفاق می‌افتند.



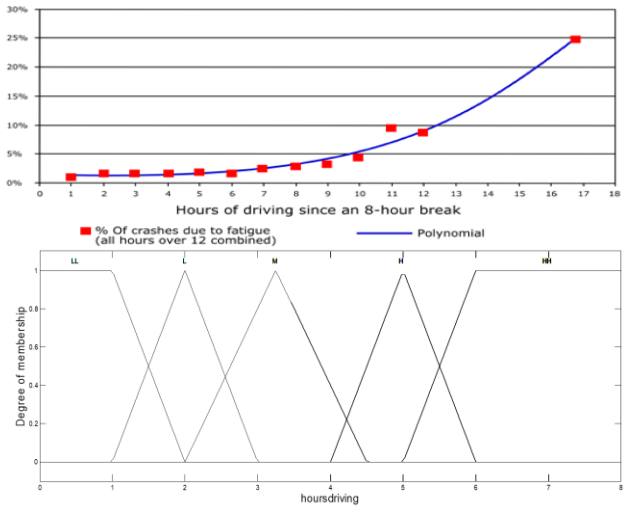
شکل ۲: بالا: تعداد تصادفات در ساعات مختلف روز، پایین: طراحی مجموعه‌های فازی مربوط به زمان رانندگی

[۱] Circadian Rhythms

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

مدت زمان رانندگی

مدت زمان رانندگی پیوسته و بدون استراحت تأثیر قابل توجهی بر خستگی ذهنی و عملکرد راننده دارد. بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که هرچه زمان رانندگی طولانی‌تر می‌شود، تصادفات ناشی از خستگی و خواب‌آلودگی نیز بیشتر خواهد شد [۱۰]. بنابراین لازم است راننده، در طول رانندگی مدت زمان کوتاهی را به استراحت بپردازد. طبق تحقیقات صورت گرفته حداکثر زمانی که انسان می‌تواند به صورت پیوسته و بدون توقف رانندگی کند ۴/۵ ساعت می‌باشد و بعد از این مدت زمان باید زمان کوتاهی استراحت کند. حداکثر زمان مجاز که انسان می‌تواند رانندگی کند ۹ ساعت در روز است. این مقدار ممکن است دو بار در هفته، به ۱۰ ساعت در روز افزایش یابد.



شکل ۳: بالا: نمودار ارتباط مدت زمان رانندگی با تعداد تصادفات، پایین: مجموعه‌های فازی مربوط به مدت‌زمان رانندگی

بنابراین، توابع عضویت مربوط به زمان و مدت‌زمان رانندگی که به‌عنوان ورودی به سیستم فازی دوم داده می‌شوند به صورت شکل ۲ درنظر گرفته می‌شوند. دلیل این‌که توابع عضویت چرا به شکل مثلثی و ذوزنقه‌ای در نظر گرفته شده‌اند به ماهیت خطی بودن آن بر می‌گردد که برای محاسبات آنلاین، میکروکنترلر دستگاه ساخته شده با کمبود توان محاسباتی مواجه نشود. توابعی مثل گوسی و... نیاز به محاسبات طولانی‌تری دارند که معمولاً از عهدهٔ میکروکنترلرهای معمولی در مدت زمان کوتاه بر نمی‌آید، اما توابع مثلثی که با یک شیب و عرض از مبداء قابل نمایش می‌باشند در انجام محاسبات آنلاین با سرعت بالا خللی ایجاد نمی‌کنند.

در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ توابع عضویت با حروف LL (Low-Low)، L (Low)، LM (Low-Medium)، M (Medium) ، MH (Medium-High)، H (High) و HH (High-High) مشخص شده‌اند.

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

دمای محیط

این واقعیت به خوبی شناخته شده است که عملکرد انسان به شدت توسط درجه حرارت محیط تحت تأثیر قرار می‌گیرد [۱۱]. از مهم‌ترین دلایلی که گرما باعث خستگی در فرد می‌شود تبخیر آب بدن و همچنین کاهش فشار خون می‌باشد. از این‌رو، گرمای محیط اطراف راننده یکی از دلایل مهم در خستگی و خواب‌آلودگی راننده می‌باشد و کنترل دمای کابین خودرو یکی از راه‌های مؤثر در جلوگیری از خستگی می‌باشد.

میزان نور محیط

در دهه‌های گذشته مطالعات مختلف نشان داده‌اند که شرایط مختلف روشنایی به طور قابل ملاحظه‌ای بسیاری از عملکردهای غیربصری شامل مکانیسم‌های فیزیولوژیکی و روانی[۱] و فرایندهای بیولوژیکی- شناختی[۲] هوشیاری، دمای مرکزی بدن، ترشح هورمون‌ها و خواب را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۲،۱۳]. بنابراین روشنایی یک عامل قدرتمند و تنظیم کنندهٔ سیستم سیرکادین[۳] بدن انسان با محیط است. کلیه اثرات روشنایی بر بدن از طریق سیستم بینایی صورت می‌گیرد.

یکنواختی جاده و حرکات خودرو

تقریباً در هر مطالعه‌ای که خواب‌آلودگی راننده بررسی می‌شود، یکنواختی جاده‌ها، مانند بزرگراه‌ها، به عنوان یکی از عوامل مهم در خستگی وخواب‌آلودگی راننده در نظر گرفته می‌شود [۱۴].

راه‌های یکنواخت ثابت با محرک‌های بصری معدود برای راننده (مانند جاده‌های کویری) و راه‌هایی که راننده نیاز زیادی به کنترل کامل وسیله نقلیه احساس نمی‌کند و تعداد استفاده‌کننده‌ها از جاده تعداد کمی هستند و تقاطعات قابل توجهی وجود ندارد، محتمل‌ترین نقاط برای وقوع تصادفاتی با علل خستگی و خواب‌آلودگی هستند. در چنین راه‌هایی، تصادف ناشی از خواب‌آلودگی به میزان قابل توجهی افزایش پیدا می‌کند. در واقع، جاده‌های صاف و بدون پیچ وخم باعث می‌شود واکنش‌ها و تحرکات راننده به حداقل رسیده که در نتیجه، باعث یکنواختی رانندگی و بروز خستگی و کاهش هوشیاری راننده می‌شود [۱۵،۱۶].

میزان صدای محیط

مطالعات انجام شده، نشان می‌دهد که صداهای کم دامنه[۴] و فرکانس پایین[۵] می‌تواند باعث خستگی و همچنین افزایش استرس در رانندگان شود. در محیط شبیه‌سازی شده آزمایشگاهی که بر روی رانندگان کامیون صورت گرفته است صدای محیط آزمایشگاه، همانند صدای داخل کابین شبیه‌سازی شده است. نتایج نشان می‌دهد که صدای فرکانس پایین موجب افزایش خستگی راننده و کاهش عملکرد وی می‌شود [۱۷].

---

[۱] Physiological and psychological mechanisms

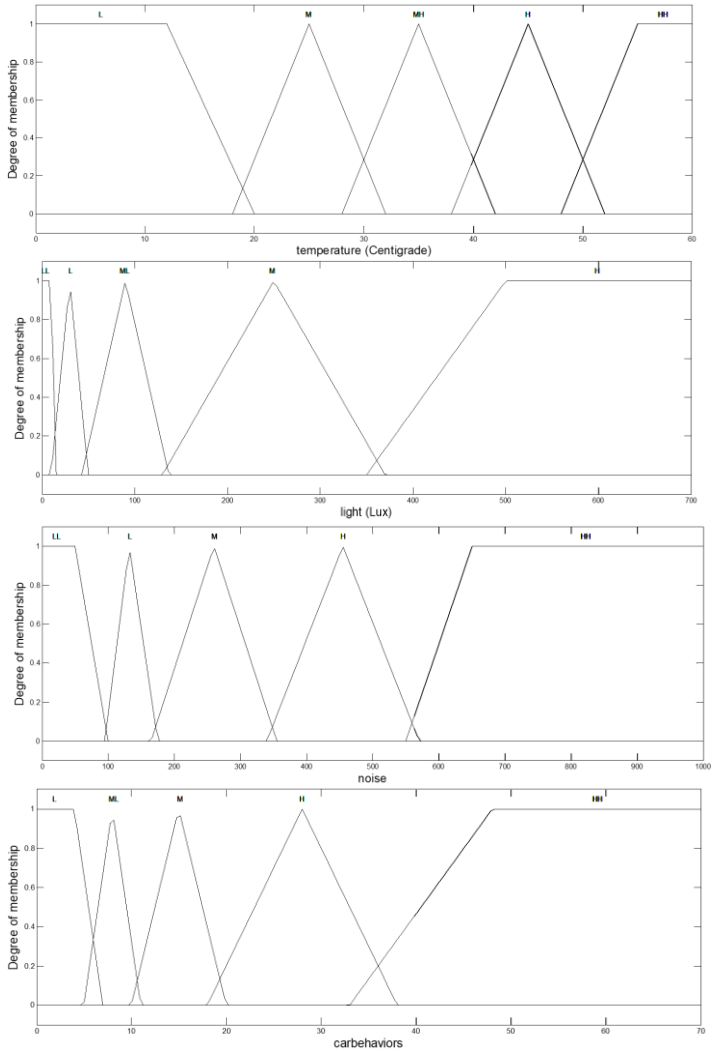
[۲] Biological-cognitive processes

[۳] Circadian

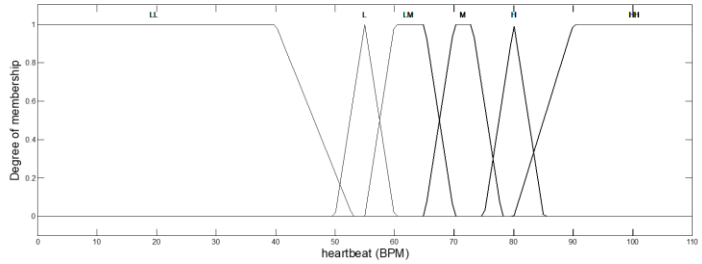
[۴] Infrasound noises

[۵] low-frequency noises

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]



شکل۳: مجموعه‌های فازی مربوط به صدا، نور و دمای محیط و حرکات خودرو



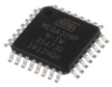
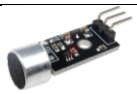
شکل ۴: مجموعه فازی مربوط به ضربان قلب راننده

در جدول۱ روش اندازه‌گیری پارامترهای خواب آلودگی که در این سیستم مورد استفاده قرار گرفته‌اند و سخت افزار مربوطه که به صورت ماژولار می‌باشند، لیست شده‌اند. داده‌های این ماژول‌ها به میکروکنترلر دستگاه انتقال یافته و الگوریتم فازی طراحی شده بر روی آن

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

میزان خواب‌آلودگی را محاسبه می‌نماید. سپس با توجه به سطح آستانهٔ تنظیم شده (در این سیستم 0.5) در صورت افزایش سطح خواب آلودگی هشداری صادر می‌شود.

جدول۱: روش اندازه گیری پارامترهای خواب آلودگی و سخت افزار مربوطه

Parameter	Measurement Method	Model	Accuracy	Picture
Heartbeat Rate	Using Heartbeat Pulse Sensor	PS-85	0.005mV	
Time	External Real-time Clock Module	DS3231	1s	
Hours Driving	Internal clock of Microcontroller	STM32F101RBT6	1s	
Temperature	Temperature sensor Module	DS1820	0.0625°C	
Light	Light Detection Sensor Module	BH1750FVI	0.11 lx	
Noise	Microphone Module	MAX9812	5µVRMS	
Car Behavior	Gyro and Accelerometer (IMU) Module	MPU6050	8192 LSB/mg	

۲-دستورالعمل بخش فازی سیستم

در این مقاله، برای سیستم تشخیص خواب‌آلودگی راننده از سه سیستم فازی مجرا استفاده شده است. ورودی‌های نور، دما و صدای محیط و حرکات خودرو به‌عنوان ورودی به سیستم فازی اول و ورودی‌های زمان و مدت‌زمان رانندگی به عنوان ورودی به سیستم فازی دوم داده می‌شوند. سپس خروجی این دو سیستم به همراه ضربان قلب راننده به سیستم فازی سوم داده می‌شوند. خروجی سیستم فازی سوم به‌عنوان خروجی نهایی سیستم درنظر گرفته شده است و به سیستم هشدار داده می‌شود که درصورت تشخیص خستگی و خواب‌آلودگی راننده، این سیستم هشدار به صدا درخواهد آمد. به طورکلی یک سیستم فازی از سه بخش تشکیل شده است [۱۸و۱۹]:

۱-فازی‌سازی

۲-موتور استنتاج و قوانین فازی

۳-غیرفازی‌سازی

برای فازی‌سازی ورودی از توابع عضویت استفاده می‌شود که در بخش قبلی برای تمام ورودی‌های سیستم آورده شده است. برای استنتاج فازی نیز از الگوریتم استنتاج ممدانی استفاده می‌شود. ساختار قوانین فازی نوشته شده برای سیستم‌های فازی اول، دوم و سوم به ترتیب در روابط ۲-۱، ۲-۲ و ۲-۳ آورده شده است [۲۰].

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

(۲-۱)

R_i^1 = If (temperature is X_{11}) and (light is X_{21}) and (noise is X_{31}) and (car behaviors is X_{41}) Then (output1 is Y_1) i = 1, 2, …, 500

R_i^2 = If (time is X_{12}) and (hoursdriving is X_{22}) Then (output is Y_2) i = 1, 2, …, 60 (۲-۲)

(۲-۳)

R_i^3 = If (heartbeat is X_{13}) and (output1 is X_{23}) and (output2 is X_{33}) Then (output is Y_3)
i = 1, 2, …, 122

در روابط بالا، i تعداد قوانین فازی، X_{11}، X_{21}، X_{31} و X_{41} به ترتیب توابع عضویت مربوط به دما، نور، صدا و حرکات خودرو، X_{12} و X_{22} به‌ترتیب توابع عضویت مربوط به زمان رانندگی و مدت رانندگی، X_{13}، X_{23} و X_{33} به ترتیب توابع عضویت مربوط به ضربان قلب، خروجی سیستم فازی اول و دوم می‌باشند و Y_1، Y_2 و Y_3 نیز توابع عضویت مربوط به خروجی‌های سیستم‌های فازی اول، دوم و سوم می‌باشند.

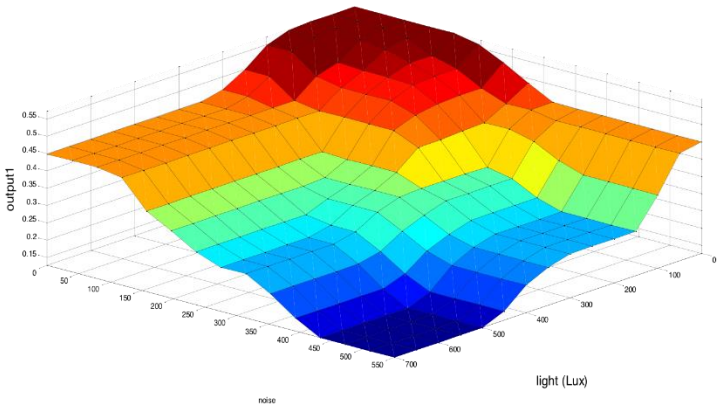
تعداد قوانین فازی به تعداد توابع عضویت فازی هر پارامتر مربوط می‌باشد. با توجه به تعداد پارامترهای متنوع در این سیستم و در نظر گرفتن بازه عملکرد هر سنسور در اندازه‌گیری آن پارامتر، تعداد توابع عضویت فازی معلوم می‌شود. در سیستم‌های پیچیده سعی بر آن است تا حداقل تعداد توابع عضویت فازی و در نتیجه تعداد کمتری قوانین فازی تولید شود تا پیاده‌سازی عملی آن با مشکلات مواجه نشود.

برای سیستم‌های فازی اول، دوم و سوم به ترتیب ۵۰۰، ۶۰ و ۱۲۲ قانون فازی طراحی شده است. اگر این سه سیستم فازی در یک سیستم مجتمع شود، تعداد قوانین فازی آن سیستم مجتمع به شدت افزایش می‌یابد و اجرای آن میکروکنترلر به سختی امکان‌پذیر می‌شود. به همین دلیل با توجه به نوع پارامترهای سیستم تشخیص خواب‌آلودگی سه سیستم فازی طراحی شده است. اما برای مقایسه عملکرد سیستم‌های فازی تفکیک شده و سیستم فازی مجتمع در بخش شبیه‌سازی سیستم مجتمع نیز طراحی و اجرا شده است. به عنوان نمونه طراحی، در جدول۲ قوانین سیستم فازی اول برای پارامترهای نویز و میزان روشنایی محیط طبق روابط بالا نمایش داده شده‌اند. شکل سه‌بعدی حاصل از این قوانین فازی نیز در شکل۵ نمایش داده شده است[۲۱،۲۲].

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

جدول۲: قوانین سیستم فازی اول برای پارامترهای نویز و میزان روشنایی محیط

noise / light	LL	L	M	H
LL	MH	M	M	M
L	MH	M	M	ML
ML	M	M	M	ML
M	M	ML	ML	L
H	ML	ML	L	L



شکل۵: شکل سه بعدی خروجی سیستم فازی اول حاصل از قوانین فازی نویز و میزان روشنایی محیط

بعد از استنتاج فازی و گرفتن خروجی فازی، این خروجی باید دفازی‌سازی شده و به سیستم هشدار داده شود. در این‌جا، از روش میانگین‌گیری استفاده می‌شود که به آن، روش مرکز ثقل ناحیه یا Centroid method گفته می‌شود. برای محاسبهٔ خروجی عددی از رابطهٔ زیر استفاده می‌شود:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{n} \mu_i y_i}{\sum_{i=1}^{n} \mu_i} \qquad (۴-۲)$$

در رابطهٔ (۲-۴)، C، خروجی عددی سیستم فازی، n تعداد قوانین فازی، μ_i ها درجات عضویت مربوط به خروجی و y_i نیز مرکز تابع عضویت i ام در خروجی می‌باشند. بنابراین با توجه به رابطه ۲-۴، خروجی دفازی‌شده سیستم‌های فازی اول، دوم و سوم به‌ترتیب با استفاده از روابط (۲-۵) و (۲-۶) و (۲-۷) به‌دست می‌آید [۲۳].

$$C_1 = \frac{\sum_{i=1}^{500} \mu_i^1 y_i^1}{\sum_{i=1}^{500} \mu_i^1} \qquad (۲-۵)$$

$$C_2 = \frac{\sum_{i=1}^{60} \mu_i^2 y_i^2}{\sum_{i=1}^{60} \mu_i^2} \qquad (۲-۶)$$

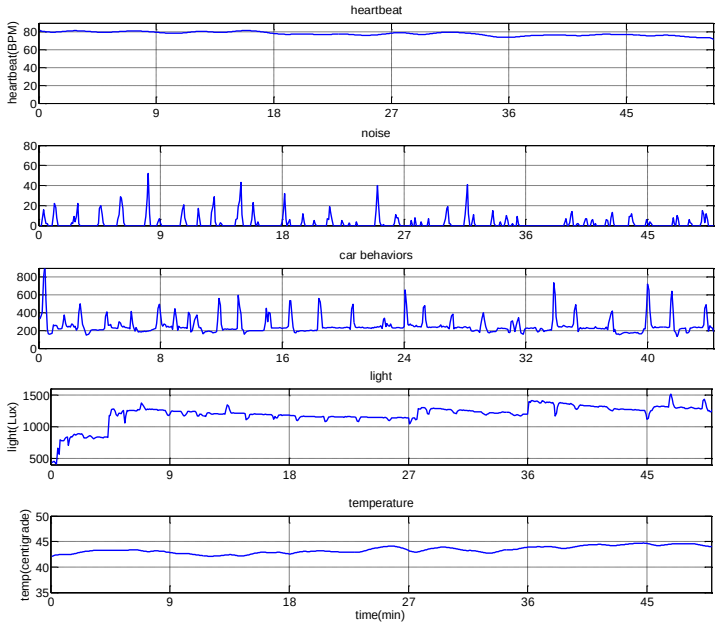
[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

$$C_3 = \frac{\sum_{i=1}^{122} \mu_i^3 y_i^3}{\sum_{i=1}^{122} \mu_i^3} \tag{۲-۷}$$

پیاده سازی هر یک از قوانین با توجه به پیاده سازی ماتریسی آن حجم قابل توجهی از حافظه Flash و RAM میکروکنترلر را اشغال نمی‌نماید. به طور مثال برای سیستم فازی اول که شامل ۵۰۰ قانون فازی می‌باشد برای هر یک از قوانین ۸ بایت فضا مورد نیاز می‌باشد. یعنی ۴ بایت برای انتخاب هر یک از ورودی‌ها، سه بایت برای اپراتور بین ورودی‌ها و یک بایت برای انتخاب خروجی. فضای ذخیره‌سازی سیستم فازی اول ۳ کیلوبایت می‌باشد که در مقایسه با ۲۵۶ کیلوبایت فضای موجود Flash در میکروکنترلر مورد استفاده درصد کوچکی می‌باشد.

۳-نتایج شبیه‌سازی

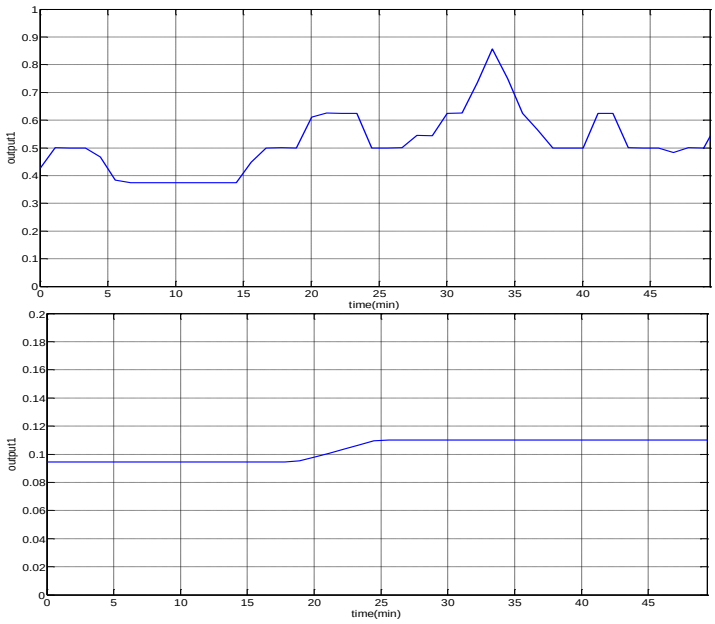
بعد از طراحی و راه‌اندازی سیستم موردنظر، آن را در خودرو قرار داده و در شرایط و زمان‌های مختلف اقدام به ثبت داده‌های سنسورهای محیطی شد. یک نمونه از این داده‌های ثبت‌شده در شکل ۵ آورده شده است. سپس این سیگنال‌های نشان داده شده در شکل ۶ را به سیستم شبیه‌سازی شده اعمال کرده و نتایج آن را مشاهده می‌کنیم.



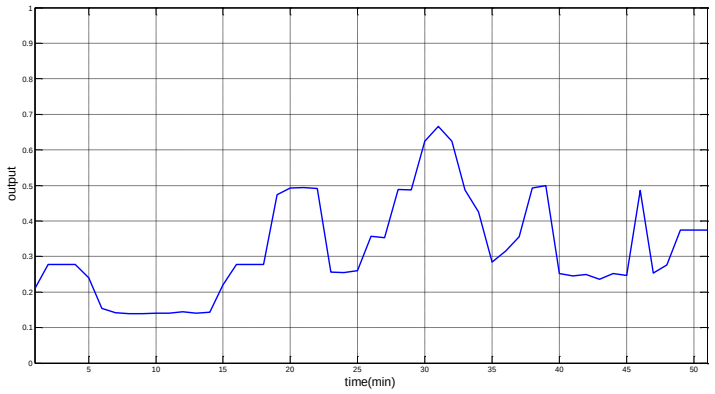
شکل ۶: نمودار داده‌های ورودی اعمال شده به سیستم

این داده‌ها بین ساعات ۱۶ تا ۱۷ عصر ثبت شده‌اند. با اعمال داده‌های نشان داده شده خروجی سیستم‌های اول، دوم و سوم فازی به ترتیب در شکل‌های ۶، ۷ و ۸ آورده شده است.

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]



شکل ۷: بالا: خروجی سیستم فازی اول، پایین: خروجی سیستم فازی دوم



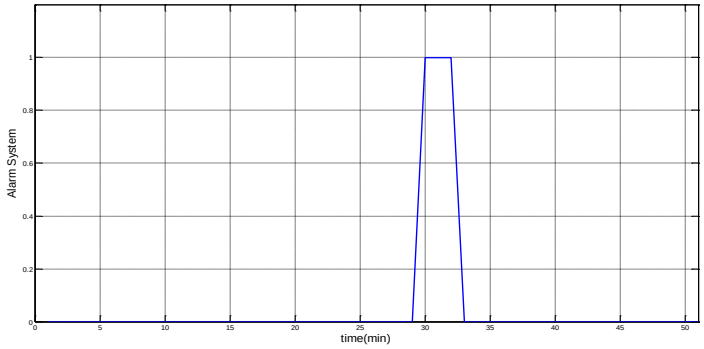
شکل ۸: خروجی سیستم فازی سوم

حال برای اعمال این خروجی به سیستم هشدار همان‌طور که در شکل ۹ نشان داده شده است، می‌توان خروجی بالاتر از ۰/۵ را برابر ۱ و خروجی کم‌تر از ۰/۵ را برابر صفر درنظر گرفت. بدین‌ترتیب سیستم هشدار به محض رسیدن خروجی به ۰/۵ و بالاتر از آن فعال خواهد شد و به ازای خروجی کمتر از ۰/۵ غیرفعال خواهد بود. همان‌طور که مشاهده می‌شود در فاصله زمان ۲۹ تا ۳۳ دقیقه که حرکات خودرو یکنواخت و ملایم بوده، میزان صدای محیط کم و دما زیاد بوده، سیستم هشدار فعال شده است.

مقدار 0.5 در واقع سطح آستانه‌ای است که کاربر تنظیم می‌کند تا سیستم بر اساس میزان خواب آلودگی تشخیص داده شده، هشدار صادر نماید. نمودار زمانی میزان خواب‌آلودگی که در شکل‌های ۸ و ۱۶ برای دو نوع تست نمایش داده شده با مقدار

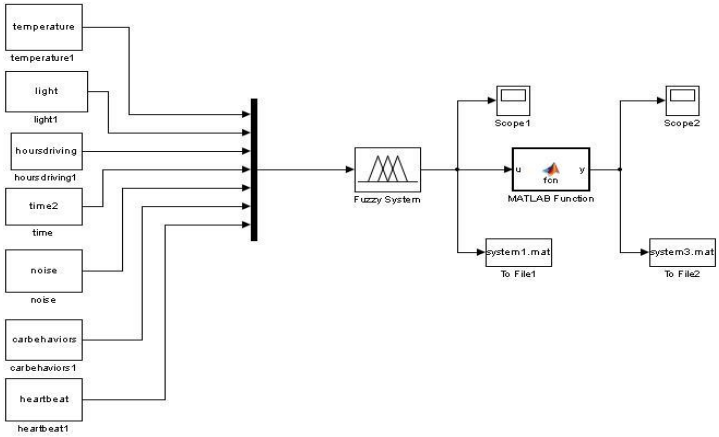
[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

0.5 مقایسه شده و در صورت تجاوز نمودار از مقدار آستانه هشدار دستگاه فعال می‌شود. مقدار آستانه در سیستم عملی توسط کاربر بر اساس مقدار ایمنی در نظر گرفته شده تعیین می‌شود و بین ۰ تا ۱ می‌باشد.



شکل ۹: نمودار خروجی سیستم هشدار

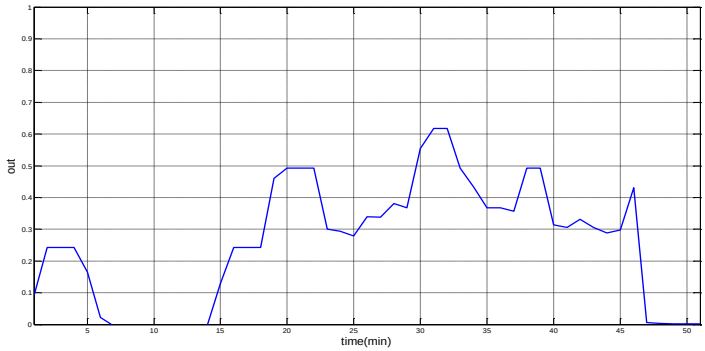
همچنین، برای تست صحت عملکرد سیستم فازی علاوه بر شبیه‌سازی سیستمی که شامل ۳ تحلیلگر فازی می‌باشد، سیستم مبتنی بر یک تحلیلگر فازی هم مورد شبیه‌سازی قرار گرفت و صحت تولید خروجی هر دو مورد آزمایش قرار گرفت که مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای بررسی حالت‌های دیگر سیستم و مشاهده خروجی‌ها، طراحی دیگری از سیستم تشخیص خواب‌آلودگی راننده انجام شده است که تصویر مربوط به این طراحی در شکل ۱۰ آورده شده است. خروجی سیستم جدید طراحی شده نیز ثبت شده است تا با خروجی سیستم اصلی تشخیص خواب‌آلودگی مقایسه شود. همان‌طور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، سیستم جدید طراحی شده از یک بخش فازی تشکیل شده است و تمام پارامترهای اندازه‌گیری شده توسط سنسورهای محیطی به عنوان ورودی به سیستم فازی داده می‌شود. سپس خروجی این سیستم فازی به عنوان خروجی نهایی سیستم تشخیص خواب‌آلودگی درنظر گرفته می‌شود و به سیستم هشدار داده می‌شود تا در صورت تشخیص شرایط منجر به خواب‌آلودگی راننده هشدار لازم به او و اطرافیان داده شود.



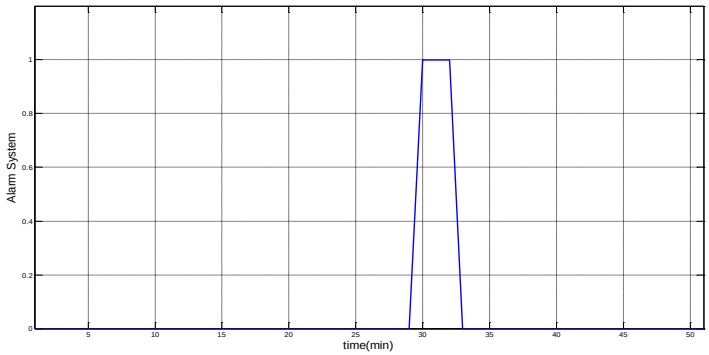
شکل ۱۰: نمای کلی از سیستم طراحی شده دوم

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

با اعمال ورودی‌های نشان داده شده در شکل ۵،خروجی سیستم فازی برای این سیستم، ثبت گردیده و در شکل ۱۱ آورده شده است. این خروجی به سیستم هشدار اعمال گردیده که به ازای خروجی‌های بیشتر از ۰/۵، فعال شده است. نمودار خروجی نهایی سیستم که مربوط به سیستم هشدار است نیز در شکل ۱۲ آورده شده است.



شکل ۱۱: خروجی سیستم فازی برای سیستم طراحی شده دوم



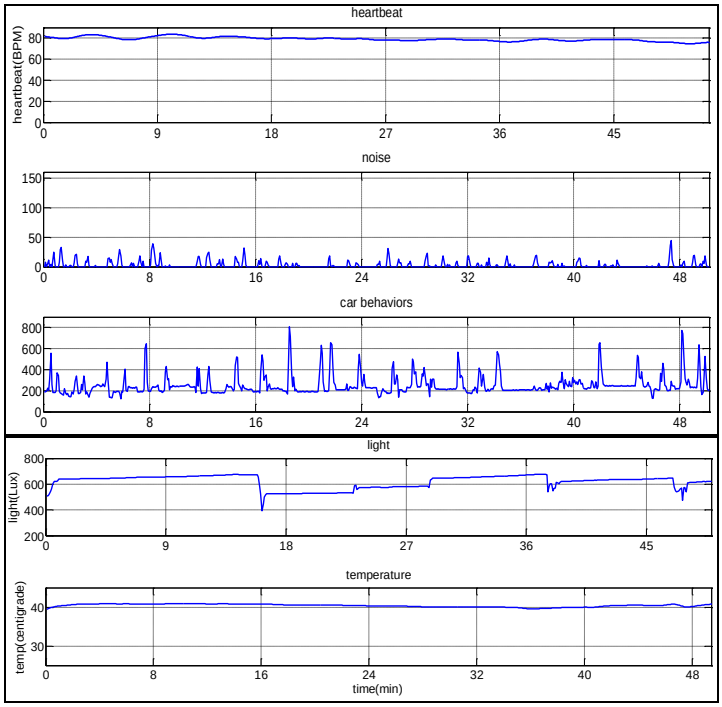
شکل ۱۲: خروجی نهایی سیستم طراحی شده دوم برای تشخیص خواب‌آلودگی راننده

با مقایسه شکل ۹ با شکل ۱۲، مشاهده می‌شود که خروجی این دو سیستم طراحی شده تقریباً مطابق با یکدیگر می‌باشند و هر دو سیستم به‌طور هم‌زمان با تشخیص به‌موقع شرایط منجر به خواب‌آلودگی راننده، سیستم هشدار را فعال کرده‌اند.

۴-نتایج پیاده‌سازی عملی سیستم:

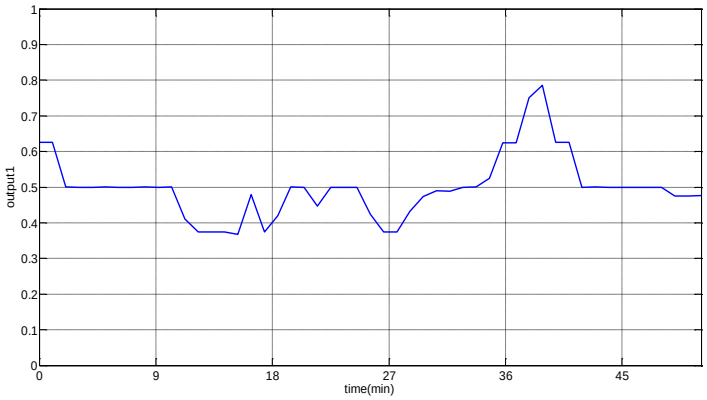
راستی‌آزمایی نتایج این مقاله با توجه به این‌که پارامترهای مورد استفاده برای تحلیل فازی در مقالل دیگری موجود نمی‌باشد، از طریق پیاده‌سازی عملی و پیاده‌سازی سیستم خوداظهاری راننده در حین تست های متعدد صورت پذیرفته است. بعد از شبیه‌سازی سیستم طراحی شده، روش به صورت عملی پیاده‌سازی شد. داده‌های ورودی سیستم که از سنسورهای محیطی مربوطه به دست آمده‌اند، ثبت شدند. نمودار داده‌های ورودی در شکل ۱۳ آورده شده است.

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]



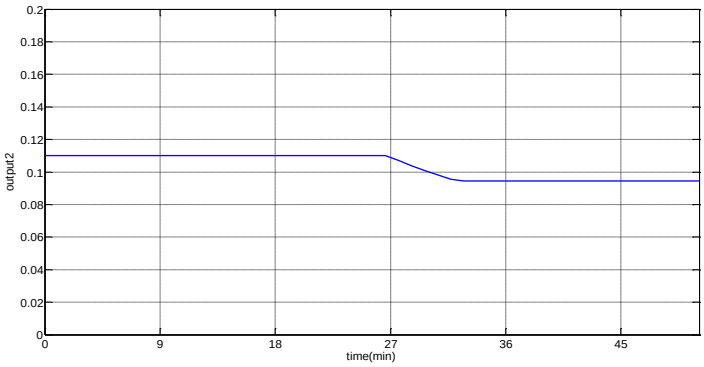
شکل ۱۳: نمودارداده‌های ورودی اعمال شده به سیستم

این داده‌ها بین ساعات ۱۰ تا ۱۱ صبح ثبت شده‌اند. با اعمال داده‌های نشان داده شده خروجی سیستم‌های اول، دوم و سوم فازی به‌ترتیب در شکل‌های ۱۴، ۱۵ و ۱۶ آورده شده است.

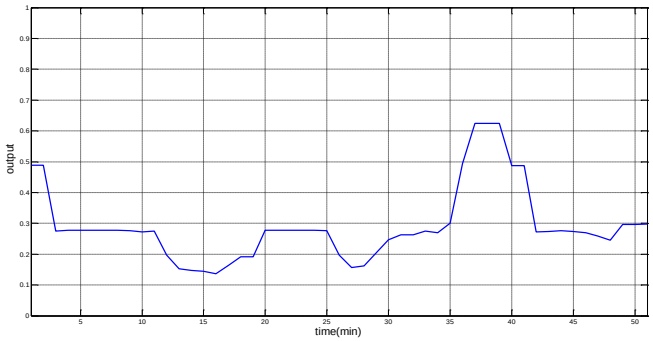


شکل ۱۴: خروجی سیستم فازی اول

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

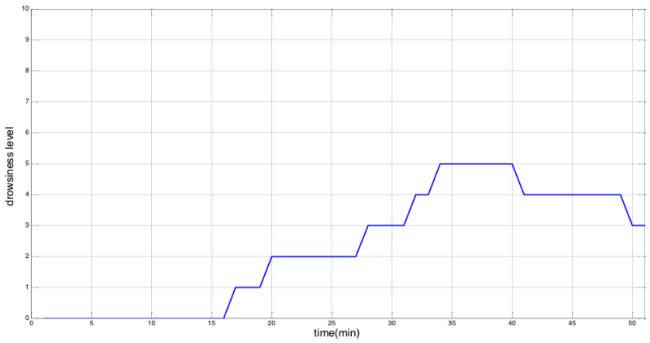


شکل ۱۵: خروجی سیستم فازی دوم



شکل ۱۶: خروجی سیستم فازی سوم (خروجی سیستم)

خروجی سیستم فازی سوم به عنوان خروجی نهایی سیستم درنظر گرفته می‌شود که به سیستم هشدار اعمال می‌شود تا در صورت تشخیص خواب‌آلودگی یعنی خروجی بالاتر از ۰/۵، سیستم هشدار فعال شود. نمودار شکل ۱۷ نموداری است که در طول تست راننده میزان خواب‌آلودگی خود را اظهار می‌دارد. این نمودار از اعداد گسسته ۰ تا ۱۰ تشکیل شده است که با دو شستی افزایش یا کاهش می‌یابد و داده‌های آن به همراه سایر سنسورها ذخیره می‌شود. این تست صرفاً به منظور اعتبار سنجی روش فازی طراحی شده است و در سیستم نهایی کاربردی دیگر شستی خوداظهاری وجود ندارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود تقریباً بین دقایق ۳۶ تا ۴۰، هم نمودار سیستم فازی و هم نمودار خود اظهاری به حداکثر میزان خود رسیده‌اند و در تطابق با هم می‌باشند.



شکل ۱۷: نمودار خواب آلودگی بر اساس اظهار راننده

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک روش تشخیص خستگی و خواب‌آلودگی راننده معرفی، شبیه‌سازی و تست شده است. در این روش، از پارامترهای محیطی برای تشخیص خواب‌آلودگی رانندگی استفاده شده که با استفاده از سنسورهای تعبیه شده در سیستم به دست می‌آیند. سپس منطق فازی، برای آنالیز و بررسی داده‌های به دست آمده از سنسورها، به کار برده شده است. شبیه‌سازی این سیستم در نرم‌افزار سیمولینک متلب و با توجه به داده‌های واقعی به دست آمده از سیستم ، انجام و نتایج آن در این مقاله آورده شد. سیستم طراحی شده از سنسورهایی تشکیل شده است که کم‌ترین تماس را با بدن راننده دارند و بدین‌ترتیب مداخله و مزاحمتی در رانندگی به وجود نمی‌آورند و در هر زمان و شرایط محیطی به خوبی کار می‌کنند. نتایج به دست آمده از آنالیز داده‌های به دست آمده از تست‌های واقعی نشان می‌دهد که خروجی سیستم مبتنی بر فازی در تطابق کامل با نمودار خوداظهاری راننده می‌باشد. ویژگی دیگر این سیستم آن است که با بررسی شرایط محیطی راننده، احتمال خستگی و خواب‌آلودگی راننده را با توجه به شرایط و قبل از این‌که فرد به طور کامل دچار آن شود تشخیص داده و هشدار لازم را می‌دهد.

References

1. M. Gastaldi, R. Rossi, G. Gecchele. “Effects of driver task-related fatigue on driving performance”, Procedia - Social and Behavioral Sciences 111, 2014, 955 - 964.

2. J. Davidovic, D. Pesic, B. Antic. “Professional drivers’ fatigue as a problem of the modern era”, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, May 2018, 199-209.

3. Alioua N., Amine A., Rziza M., Aboutajdine D. (2011) Driver’s Fatigue and Drowsiness Detection to Reduce Traffic Accidents on Road. In: Real P., Diaz-Pernil D., Molina-Abril H., Berciano A., Kropatsch W. (eds) Computer Analysis of Images and Patterns. CAIP 2011. Lecture Notes in Computer Science, vol 6855. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-23678-5_47

4. R. Gupta, K. Aman, N. Shiva and Y. Singh, "An improved fatigue detection system based on behavioral characteristics of driver," 2017 2nd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE), 2017, pp. 227-230, doi: 10.1109/ICITE.2017.8056914.

5. Chen, Long; Zhi, Xiaojie; Wang, Hai; Wang, Guanjin; Zhou, Zhenghua; Yazdani, Amirmehdi; Zheng, Xuefeng. 2020. "Driver Fatigue Detection via Differential Evolution Extreme Learning Machine Technique" Electronics 9, no. 11: 1850. https://doi.org/10.3390/electronics9111850

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

6. Zuopeng Zhao, Nana Zhou, Lan Zhang, Hualin Yan, Yi Xu, Zhongxin Zhang, "Driver Fatigue Detection Based on Convolutional Neural Networks Using EM-CNN", Computational Intelligence and Neuroscience, vol. 2020, Article ID 7251280, 11 pages, 2020. https://doi.org/10.1155/2020/7251280

7. Lin L, Huang C, Ni X, Wang J, Zhang H, Li X, Qian Z. Driver fatigue detection based on eye state. Technol Health Care. 2015;23 Suppl 2:S453-63. doi: 10.3233/THC-150982. PMID: 26410512.

8. H. Abdul Rahim, H. Jaafar, “Detecting Drowsy Driver Using Pulse Sensor”, Jurnal Technology, March 2015.

9. J.D. Minkel, D.F. Dinges. “Circadian Rhythms in Sleepiness, Alertness, and Performance”, Encyclopedia of Neuroscience, 2009, 965-970.

10. L. Wang, Y. Pei. “The impact of continuous driving time and rest time on commercial drivers' driving performance and recovery”, Journal of Safety Research 50, January 2014, 11-15.

11. U. Landstrom, K. Englund, B. Nordstrom, A. Stenudo. “Use of temperature variations to combat driver's drowsiness “,Perceptual and Motor Skills, 2002,95,497-506.

12. S. Hygge, I, Knez, “Effects of noise, heat and indoor lighting on cognitive performance and self-reported affect”, Journal of Environmental Psychology, 2001, 21(3):291-299.

13. A. Borisuit, F. Linhart, J-L. Scartezzini, M. Munch. “Effects of realistic office daylighting and electric lighting conditions on visual comfort, alertness and mood”, Lighting Reseavch & Technology, March 21 2014, Vol.47: 192-209.

14. P. Thiffault, J. Bergeron, “Monotony of road environment and driver fatigue: a simulator study”, Accident Analysis and Prevention, May 2003, Pages 381-391.

15. A. Anund, E. Lahti, C. Fors, A. Genell, “The Effect of Low-Frequency Road Noise on Driver Sleepiness and Performance”, Swedish National Road and Transport Research Institute, Linköping, Sweden, April 15, 2015.

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]

16. P. Philip, J. Taillard, P. Sagaspe, J. Boussuge, G. Chaumet, M. Quera-Salva, et al. Sleep disorders, sleepiness at the wheel and driving accident risk", Sleep 2009.

17. K. Okamoto-Mizuno, K. Mizuno. "Effects of thermal environment on sleep and circadian rhythm", Journal of Physiological Anthropology, Japan, 31 may 2012.

18. Y. Li, T. Yamamoto, G. Zhang. "Understanding factors associated with misclassification of fatigue-related accidents in police record", Journal of Safety Research, February 2018, Pages 155-162.

19. C. Caponecchia, A. Williamson. "Drowsiness and driving performance on commuter trips", Journal of Safety Research, September 2018, 179-186.

20. Y. Bai and D. Wang, "Fundamentals of Fuzzy Logic Control – Fuzzy Sets, Fuzzy Rules and Defuzzifications",Advanced Fuzzy Logic Technologies in Industrial Applications, Springer, London, 2006, 17-36.

21. T. Azim, M. Jaffar, A. M.Mirza," Fully automated real time fatigue detection of drivers through Fuzzy Expert Systems", Applied Soft Computing 18, 2014, 25-38.

22. K. Mohammad Pour, M. Menhaj, M. Davoudi." A Fuzzy Logic Based Driver Fatigue Detection System", SAE Technical Paper, 2007- 01- 4276, 30 October 2007.

23. M. Davoudi, P. Karimi, S. Fatahi." Implementation of Fuzzy Systems on Microcontrollers", LAP LAMBERT Academic Publishing, June 7, 2016.

[Downloaded from mmr.khu.ac.ir on 2024-04-14]