



ЗАМ, ТЭЭВРИЙН ЯАМ



МОНГОЛЫН АВТОТЭЭВЭРЧДИЙН
НЭГДСЭН ХОЛБОО



МОНГОЛ УЛСАД АВТОТЭЭВРИЙН САЛБАР
Дүрэмж хөгжсөний 100 жилийн ой

МОНГОЛ
УЛСЫН
ЗАСГИЙН
ГАЗАР

СЭДЭВ: ДОМЭЙН ДАСАН ЗОХИЦОХ АРГАД СУУРИЛСАН УХААЛАГ
КАМЕРИЙН ТОХИРУУЛГАТАЙ ХЯНАЛТЫН СИСТЕМ:
ЗАМЫН ХӨДӨЛГӨӨНИЙ АЮУЛГҮЙ БАЙДАЛД АШИГЛАХ НЬ

ИЛТГЭГЧ: С.Өлзийбаяр

Мэдээлэл, холбооны технологийн сургууль, ШУТИС, УБ хот, Монгол улс

Судалгааны үндэслэл



- Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллагын (ДЭМБ) мэдээлснээр дэлхий даяар жил бүр 1.3 сая гаруй хүн зам тээврийн ослын улмаас нас барж байна.
- Зам тээврийн осол нь нас баралтын эхний найман шалтгааны нэг юм.
- Түүнчлэн зам тээврийн ослын дийлэнх нь анхаарал сарниулсанаас үүдэлтэй.



Судлагдсан байдал



Data-Driven өгөгдөлд суурилсан аргууд:

Физиологийн үзүүлэлтүүд (жишээлбэл, зүрхний цохилт, EEG) эсвэл Жолооны хурд мэдрэгч, хурдатгал хэмжигч, гироскоп гэх мэт тээврийн хэрэгслийн мэдрэгчийг ашиглан жолоодох үед анхаарал сарниулж байгааг илтгэх ер бусын хөдөлгөөнийг илрүүлэх.

Визуал өгөгдөлд суурилсан аргууд:

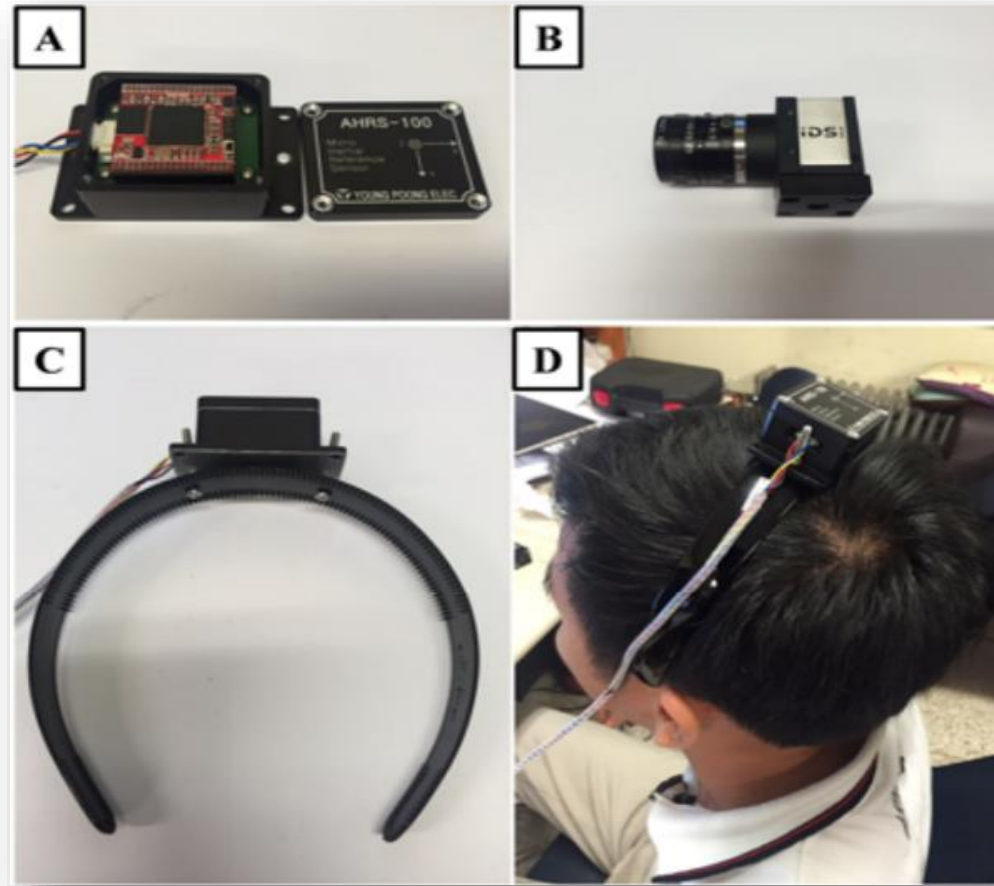
Техник хангамжид суурилсан аргууд нь ихэвчлэн жолоочийн харааны анхаарлыг тодорхойлохын тулд нэмэлт төхөөрөмж ашигладаг.

Гадаад төрхөд суурилсан аргууд нь жолоочийн нөхцөл байдлыг илрүүлэхийн тулд нүүрний онцлогийг ашигладаг.

Судлагдсан байдал

Choi et al: Deep learning-based gaze mapping:

Gaze mapping = HAAR-Face Detection + MOSSE tracker



- I. H. Choi, S. K. Hong and Y. G. Kim, "Real-time categorization of driver's gaze zone using the deep learning techniques," in *Proceedings of the International Conference on Big Data and Smart Computing*, 143–148.

Судлагдсан байдал

Naqvi et al: Deep learning-based gaze detection system using a NIR camera sensor:



Gaze detection system in vehicle environment

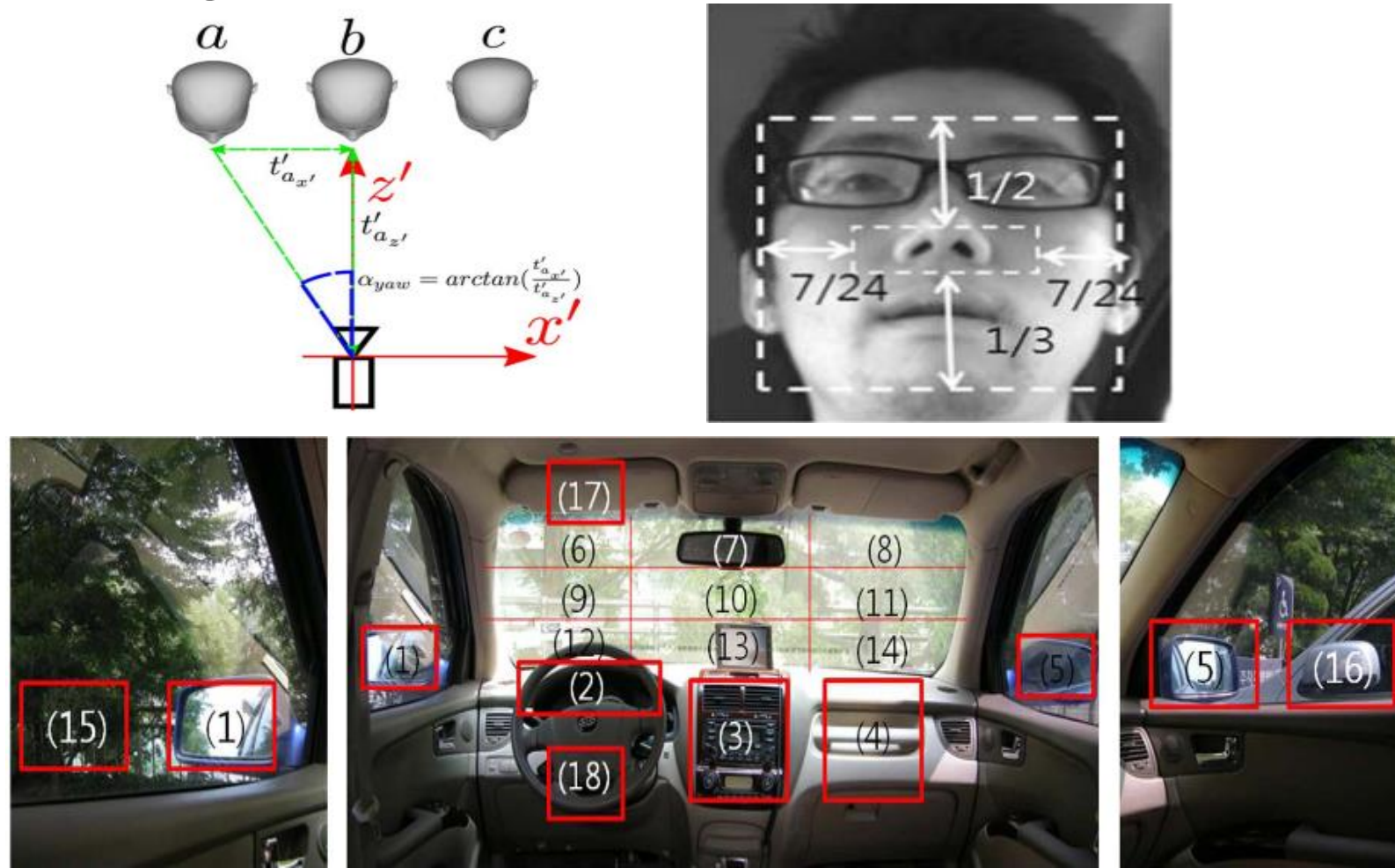


Captured images when the driver looked at 17 gaze zone

- R. Naqvi, M. Arsalan, G. Batchuluun, H. Yoon and K. Park, "Deep learning-based gaze detection system for automobile drivers using a NIR camera sensor," *Sensors*, vol. 18, no. 2, p. 456

Судлагдсан байдал

Lee et al: Real-time gaze estimator based on head orientation for collision warning system:



- S. J. Lee, J. Jo, H. G. Jung, K. R. Park and J. Kim, "Real-time gaze estimator based on driver's head orientation for forward collision warning system," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 12, no. 1, pp. 254–267

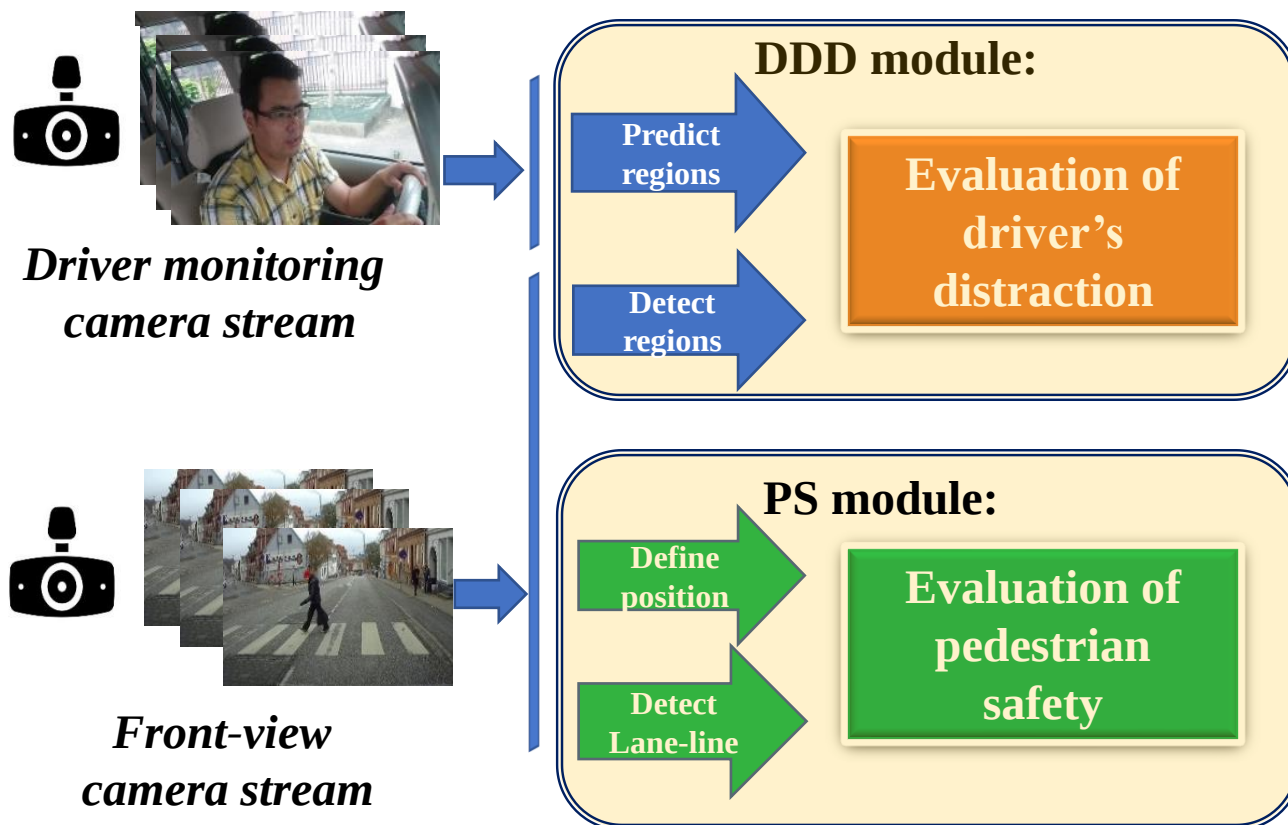
Судалгааны зорилго

- Бидний судалгаа нь нэмэлт төхөөрөмжгүй, нүүрний гадаад төрх байдалд суурилсан өндөр нарийвчлалтайгаар жолоочийн анхаарал сарнилтийг илэрүүлэх зорилготой.
- **Судалгааны хүрээнд:**
 - *Толгойн байрлал болон нүдний харцыг хослуулан шинж чанарт суурилсан арга.*
 - *Сургалтын бус өгөгдөл дээр ч нарийвчлал буурахгүй байх.*

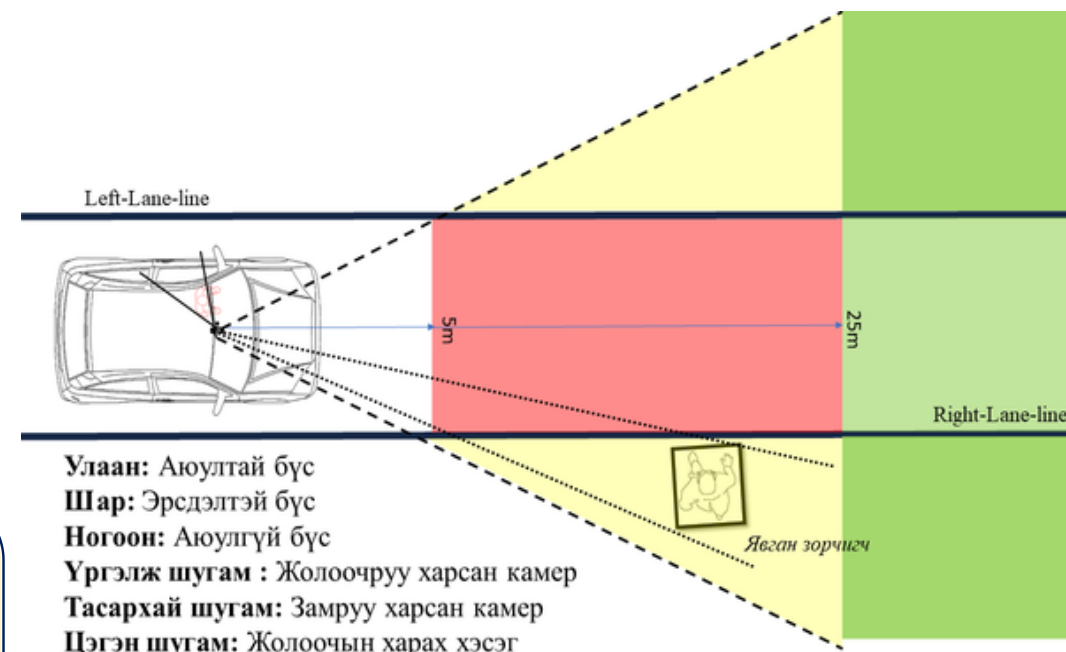
Санал болгож буй арга:

Санал болгож буй систем нь дараах 2 модультай:

- **Driver's distraction detection (DDD)**
- **Pedestrian safety (PS).**



Зураг 1: Системийн ерөнхий бүтэц



Зураг 2: Системийн ерөнхий үйл ажиллагааны бүдүүвч

1. Safe
2. Risky
3. High-risk

Санал болгож буй арга:

Driver's distraction detection module (DDD):

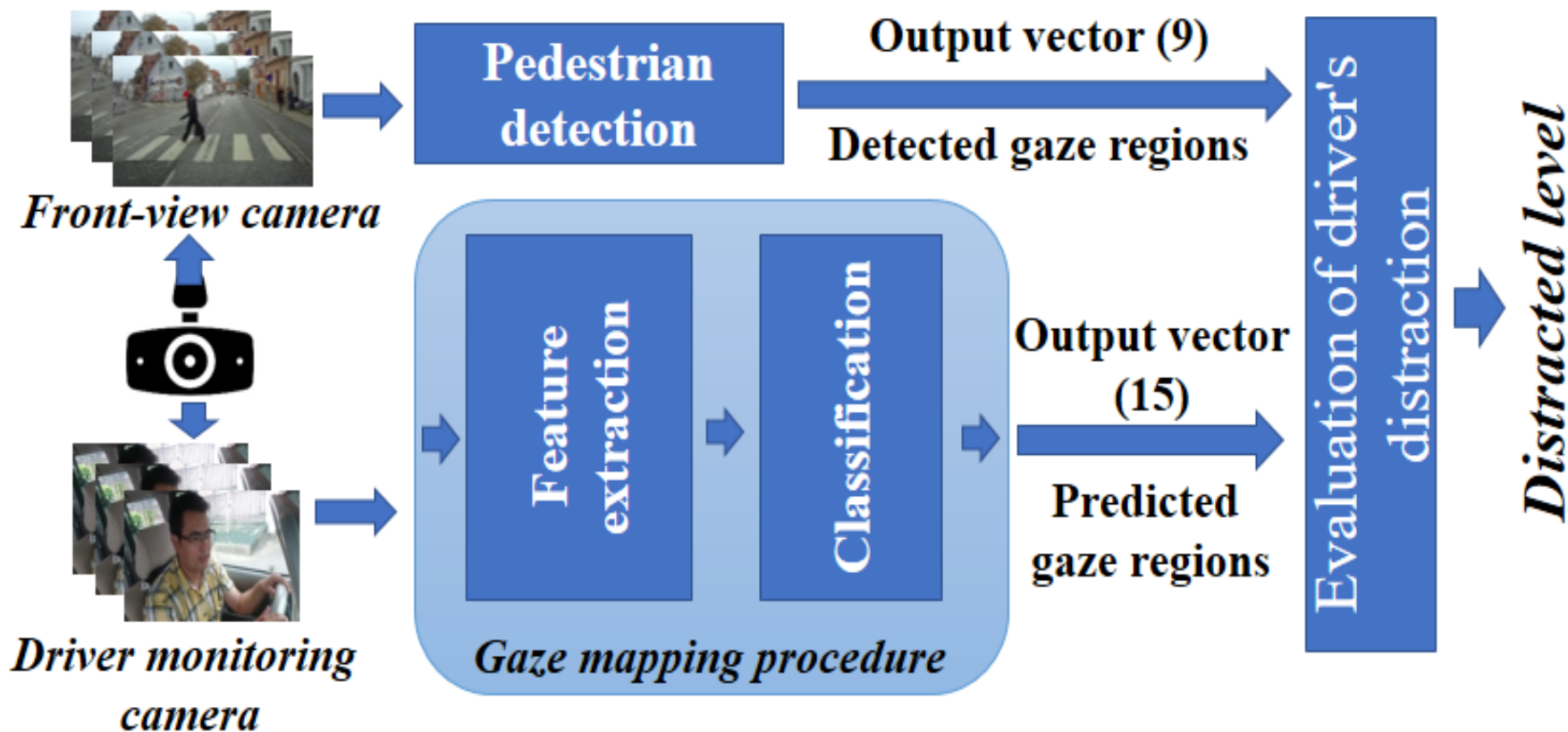


Fig. 2: Overview of DDD module



Fig. 3: Predefined 15 gaze regions

Бид харцны чиглэл тооцохдоо дараах 2 аргыг туршсан:

1. OpenFace + SVM
2. Domain adaptation арга

Санал болгож буй арга:

Gaze mapping -д face generalization арга ашиглах:

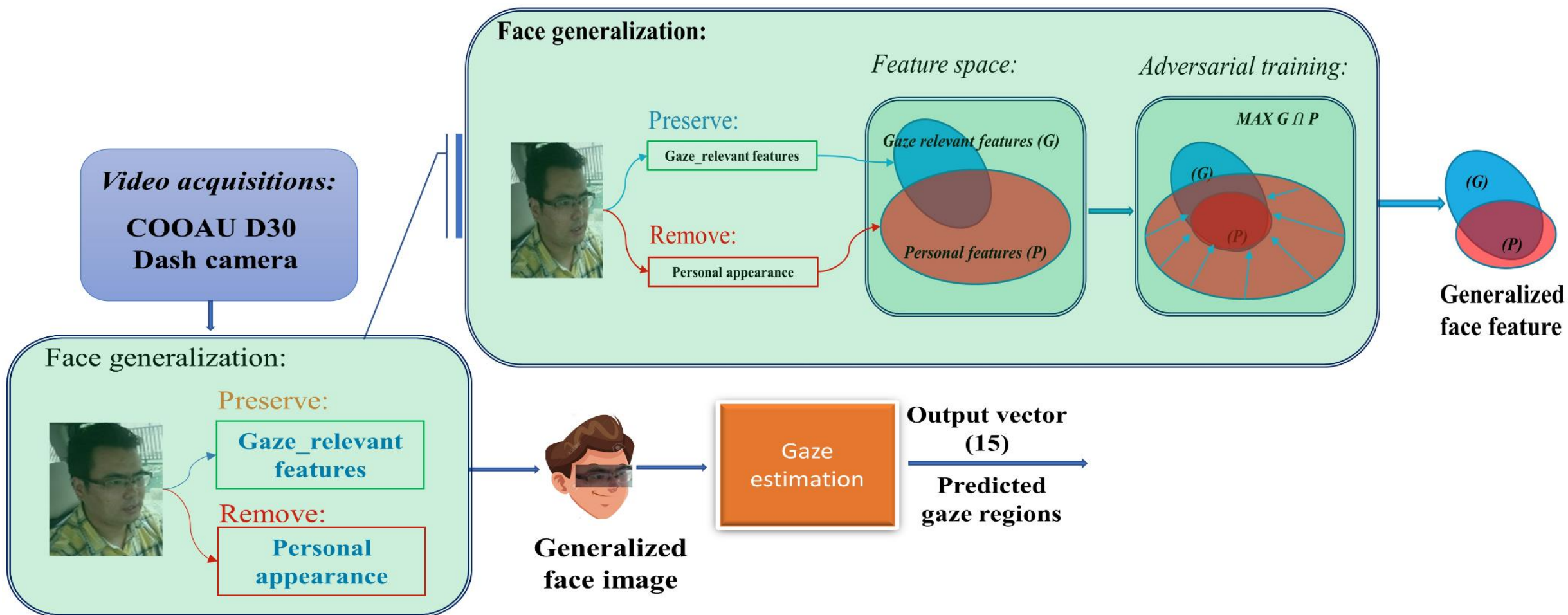
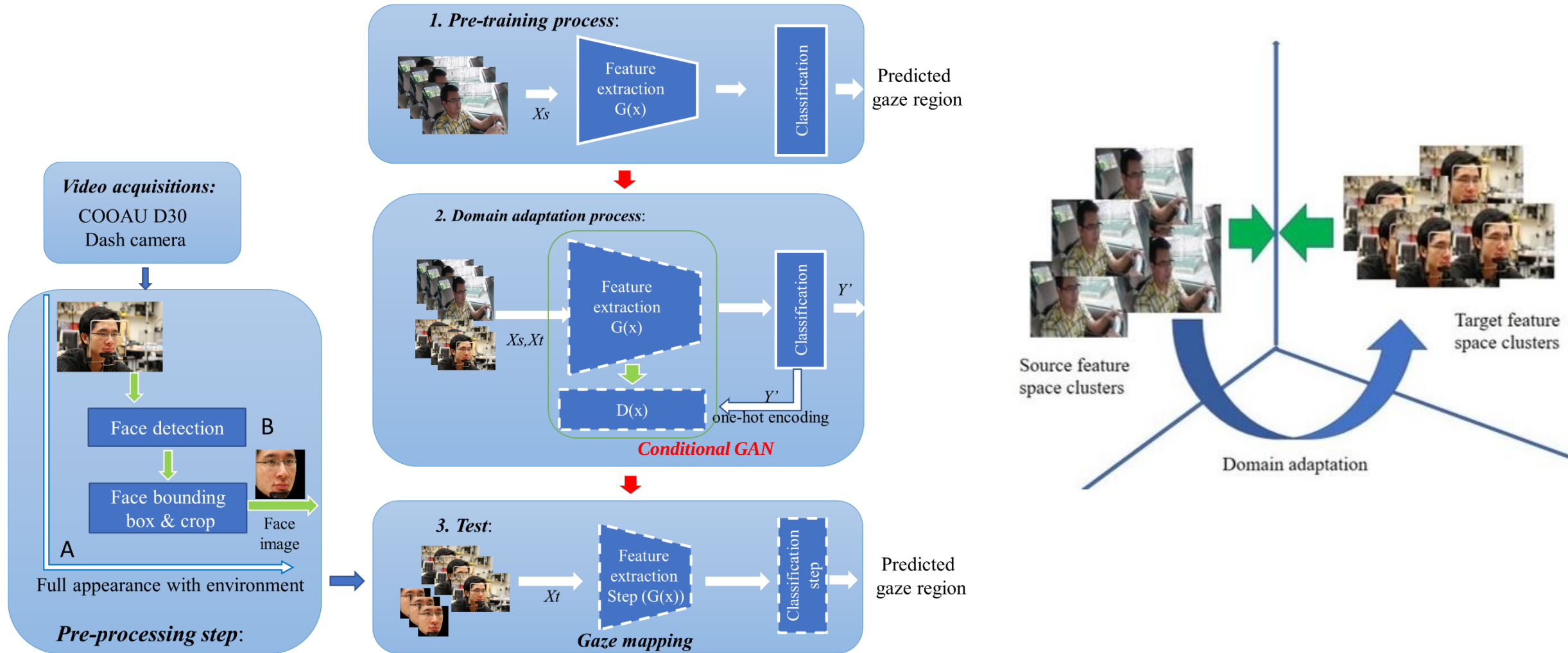


Fig. 19: Бидний санал болгож буй аргын онцлог

Санал болгож буй арга:

2. Харцны чиглэл тодоройлох: Домайнд дасан зохицох арга



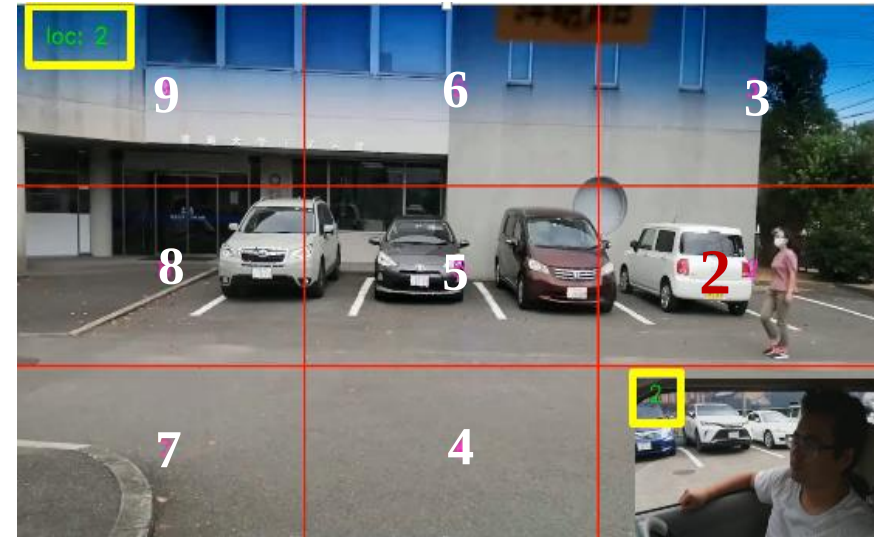
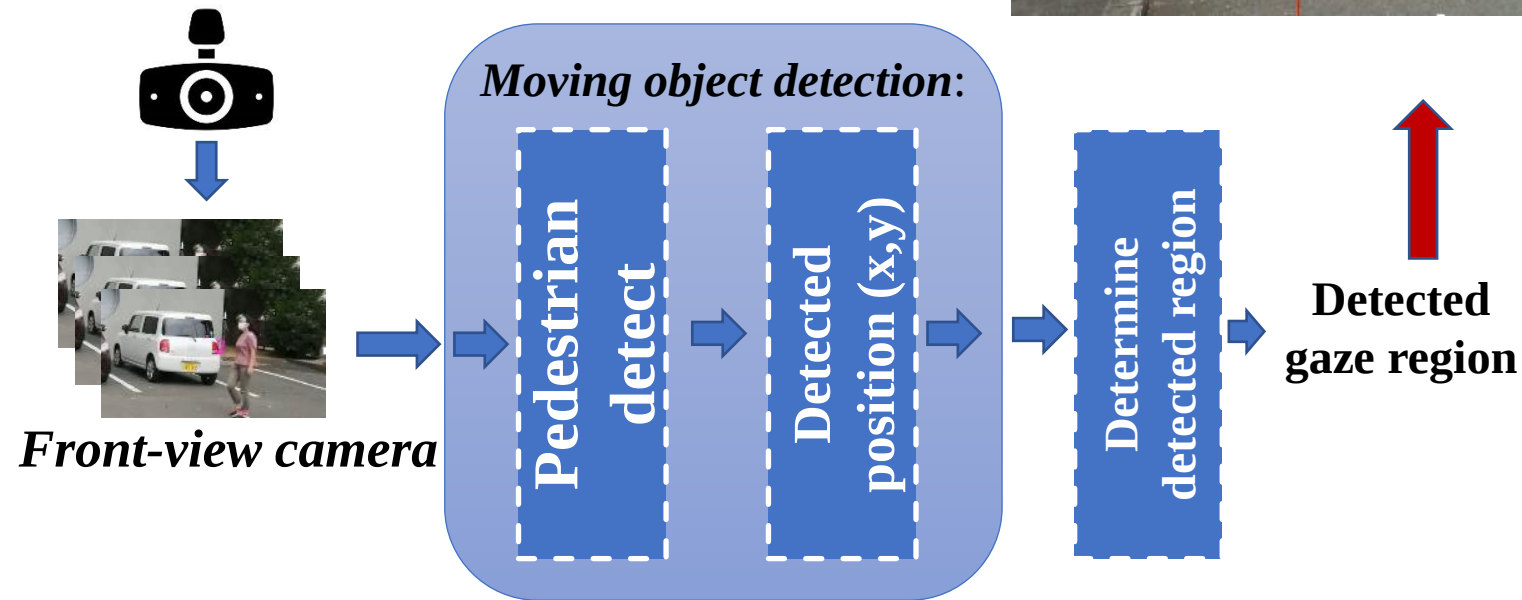
Домайнд дасан зохицох арга ашиглах жолоочийн
харцны чиглэл тодорхойлох дараалал

Санал болгож буй арга:

Явган зорчигч илэрүүлэх:

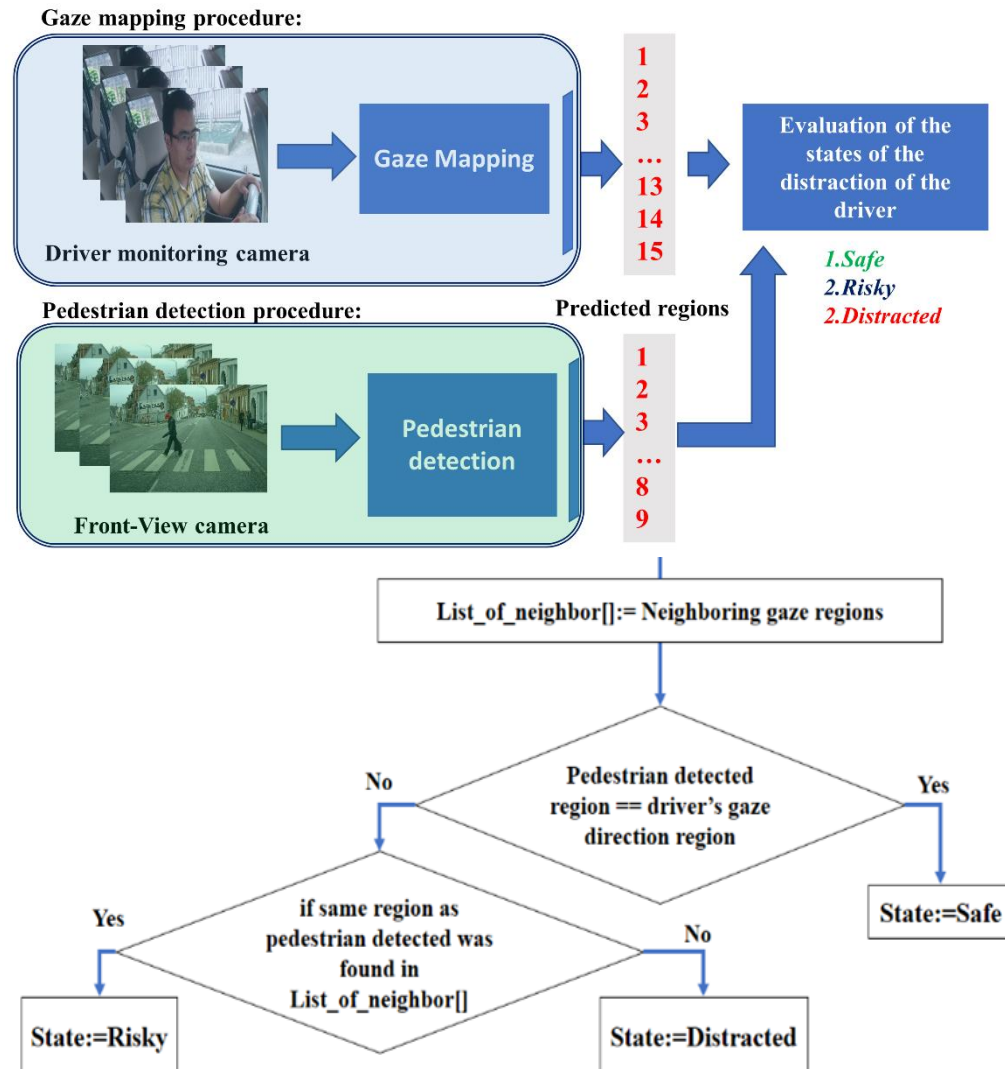
Бид явган зорчигч илэрүүлэхдээ,

1. The Lucas-Kanade dense method
2. YOLOv4 model



Санал болгож буй арга:

Жолоочийн анхаарал сарнилт илэрүүлэх модуль:



Safe State:

Driver's gaze region



Pedestrian region

Risky State:

Driver's gaze region



Pedestrian neighbor region

Distracted State:

Driver's gaze region



Pedestrian Region
And
Neighbor regions

Fig 13. Flowchart of evaluation of the distraction level of the driver

Санал болгож буй арга:

Pedestrian safety module:

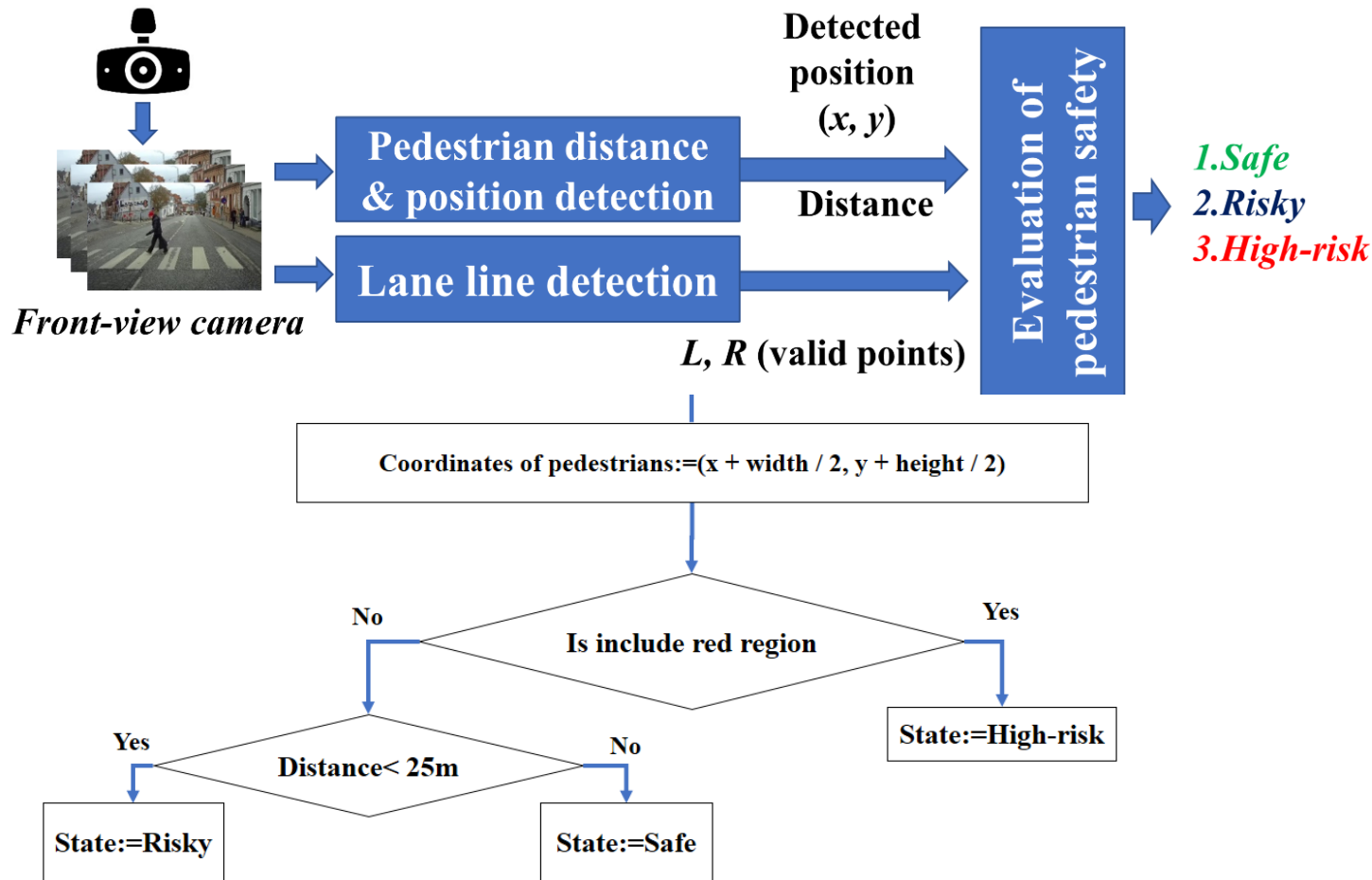


Fig 18. Flowchart of evaluation of risk level of pedestrian

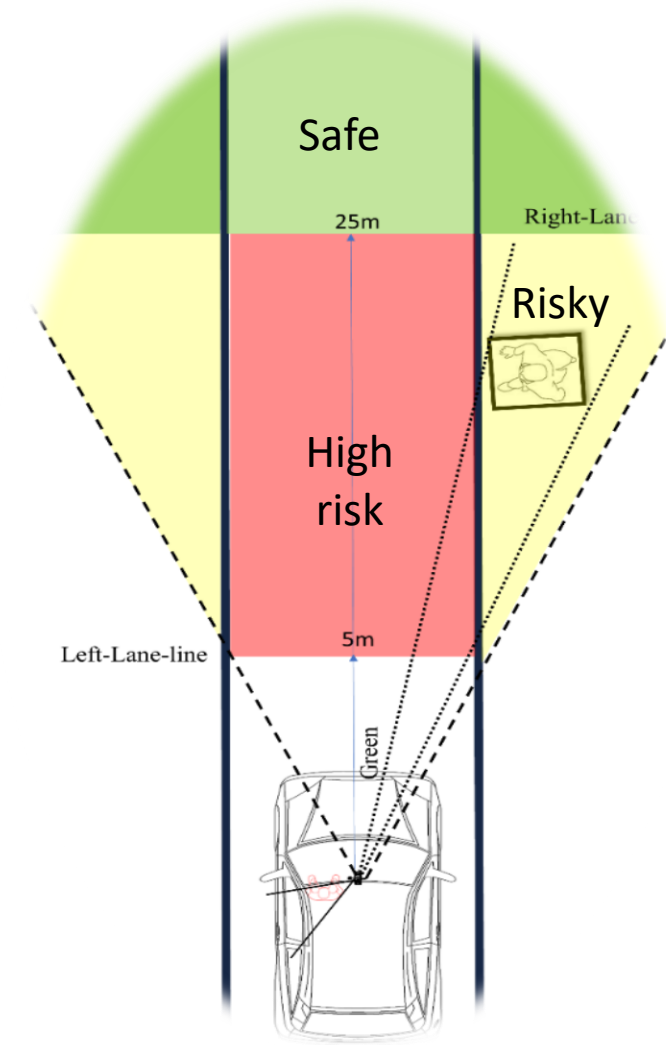


Fig 17. Road sections by risk levels

Туршилтын үр дүн & өгөгдлийн сан

Туршилт үр дүн:

☐ **COMPUTER PERFORMANCE**

- ☐ CPU: INTEL core i7
- ☐ GPU: GeForce 3080
- ☐ RAM: 8GB

☐ **USED TECHNOLOGY**

- ☐ OS: Ubuntu 22.04
- ☐ Programming Language: Python 3.6

☐ **USED CAMREA**

- ☐ COOAU-D30-1080P *Dual-Dash-camera*

Туршилт үр дүн:

Evaluation metrics:

SCER: *Strictly correct estimation rate (%)*

LCER: *Loosely correct estimation rate (%)*

$$\text{SCER} = \frac{\text{Number Of Strictly Corrected Frames (GT)}}{\text{Total Number Of Frames}}$$

Strictly Correct Frame: *A frame is considered strictly correct if the estimated gaze region is precisely equal to the ground truth gaze region.*

$$\text{LCER} = \frac{\text{Number Of Frames With Estimated Region In (GT} \cup \text{N)}}{\text{Total Number Of Frames}}$$

GT : *Ground truth gaze region*

N : *The set of neighboring regions.*

Loosely Correct Frame: *A frame is considered loosely correct if the estimated gaze region is placed within the ground truth gaze region or in one of the neighboring regions.*

Туршилт үр дүн:

Ашигласан өгөгдлийн сангууд:

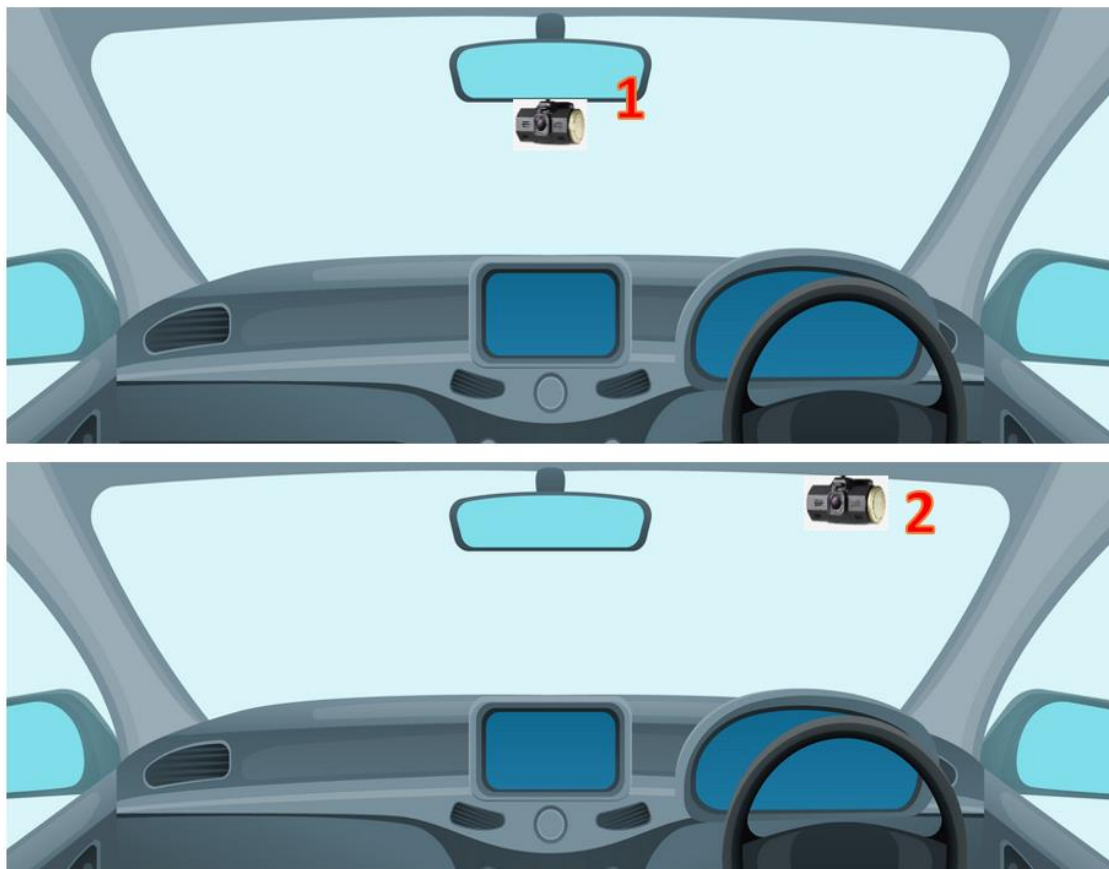


Fig.7: Камерын байрлалууд: (1) дунд толины доор, (2) жолоочын урд салхин шилэн дээр

1. Driver's Gaze Mapping (DGM) dataset:

- 2 камерын байрлал, 15 харцны чиглэл бүхий 26625 зурагтай.
- Машин кабин дотор, жолоо барьж байх үеийн.

2. Columbia gaze dataset CAVE-DB:

- 56 оролцогчийн 5880 зураг
- 105 харцны чиглэл 5 толгойн байрлалтай, байрлал бүр 21 харцны чигэлтэй.

Туршилт үр дүн:

1. DGM Dataset: Камерын байрлал 1

- ❑ 15 харцны чиглэл бүхий 12,425 зурагтай.
- ❑ Машин кабин дотор, жолоо барьж байх үеийн.

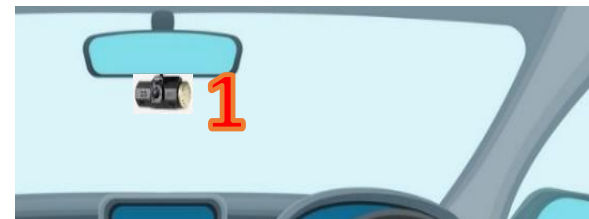


Fig.8: Predefined 15 gaze regions using Camera position 1

Туршилт үр дүн:

1. DGM Dataset: Камерын байрлал 2

- ❑ 15 харцны чиглэл бүхий 14,200 зурагтай.
- ❑ Машин кабин дотор, жолоо барьж байх үеийн.

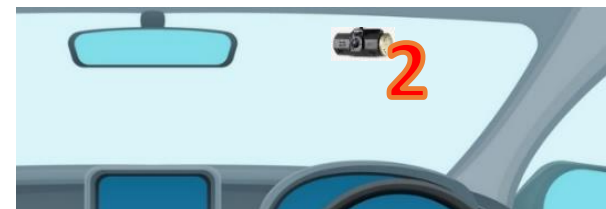


Fig.9: Predefined 15 gaze regions using Camera position 2

Туршилт үр дүн:

2. Cave-DB нээлттэй өгөгдлийн сан

- ❑ 56 оролцогчийн 5880 зураг
- ❑ 105 харцны чиглэл 5 толгойн байрлалтай, байрлал бүр 21 харцны чиглэлтэй.



Fig 10. Chosen 13 gaze direction images considering the driver's gaze in the car environment.

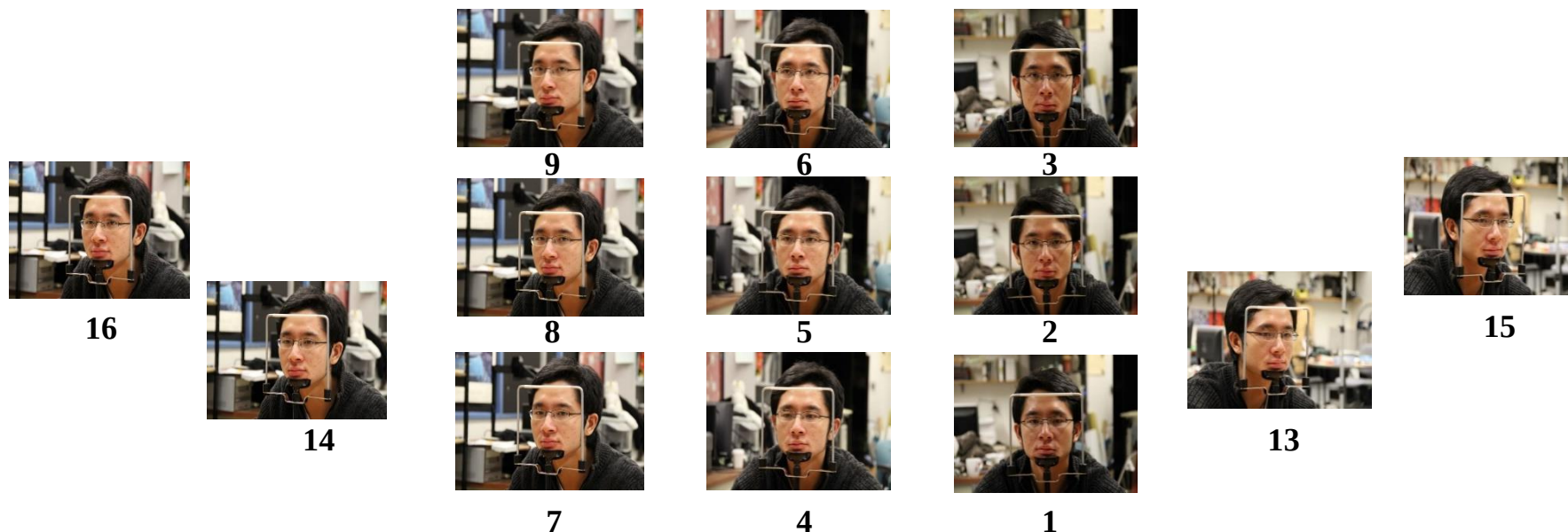


Fig 11. Eye gaze and head pose images selected from CAVE-DB

- B. A. Smith, Q. Yin, S. K. Feiner and S. K. Nayar, "Gaze locking: Passive eye contact detection for human-object interaction," in *Proc. 26th ACM Symp. User Interface Softw. Technol.*, 271–280

Туршилт үр дүн:

Харцны чиглэл тодоройлох: Домайнд дасан зохицох арга

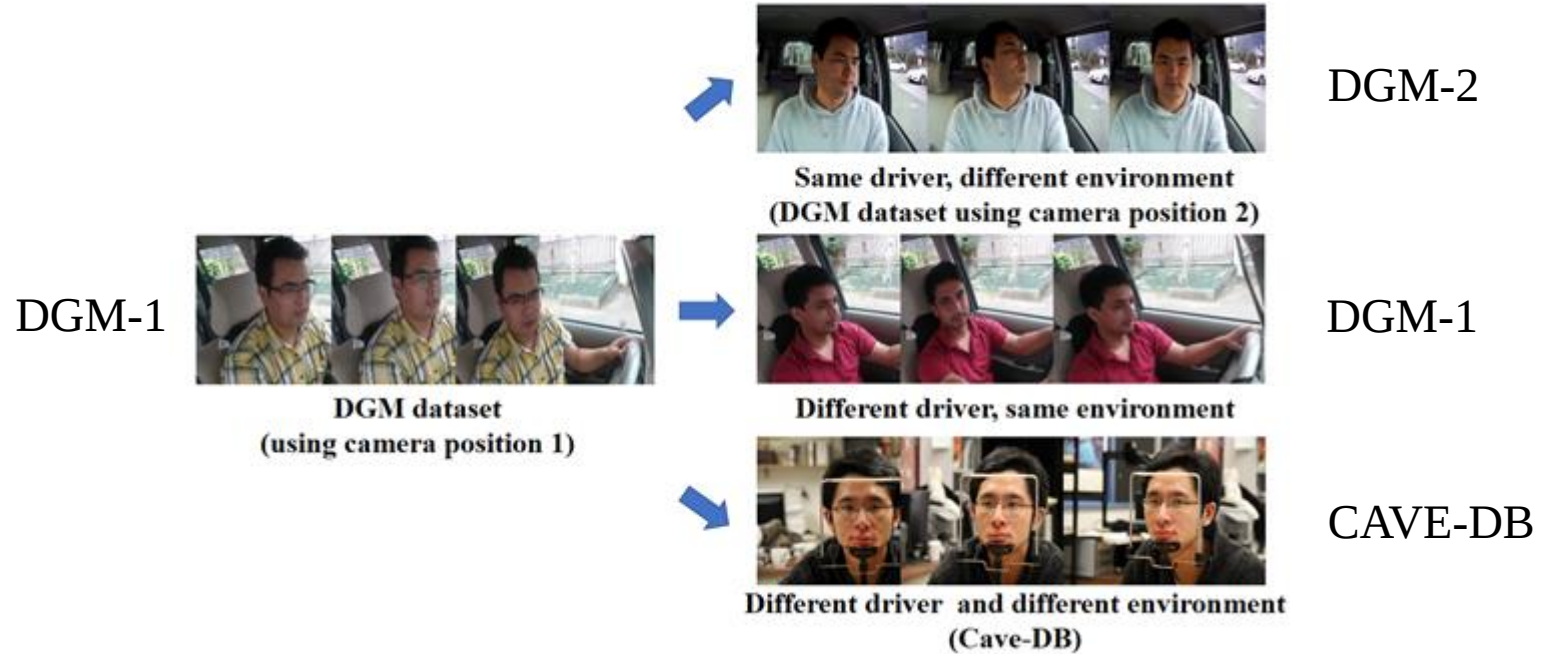


Fig 12. Prepared datasets and domain adaptation versions

TABLE VII. Amount of datasets used in domain adaptation versions

Domain adaptation versions	Source (images / labels)	Target (images / labels)	Test (images / labels)
DGM-1 to DGM-2	12285 / 13	3900 / 13	1300 / 13
DGM-1 to DGM -1 (different driver)	12285 / 13	3900 / 13	1300 / 13
DGM-1 to Cave-DB	12285 / 13	3900 / 13	1300 / 13

Туршилт үр дүн:

Камерийн ухаалаг тохируулга: *Unseen өгөгдөл дээрх туршилт*



5-р зураг. Камерын тохируулга хийх бүсчилсэн тойм

TABLE VI. PERFORMANCE RESULTS ON CAVE-DB DATASET

№	Strategies	DGM dataset	Cave-DB dataset
1	Domain adaptation method W/O camera calibration	92.80%	80.4%
2	Domain adaptation method WITH camera calibration	92.85%	85.6%

Туршилт үр дүн:

Харцны чиглэл тодоройлох: Домайнд дасан зохицох арга

SCER: Strictly correct estimation rate (%)

LCER: Loosely correct estimation rate (%)

TABLE VIII. Performance results on domain adaptation versions

№	Training versions	Full image		Face image	
		SCER	LCER	SCER	LCER
1	DGM-1 to DGM-2	85.00%	98.80%	94.85% ↑	99.23%
2	DGM-1 to DGM-1 (diff.driver)	88.76%	96.23%	-	-
3	DGM-1 to Cave-DB	81.38%	96.69%	93.53% ↑	98.90%

Туршилт үр дүн:

SCER: Strictly correct estimation rate (%)

LCER: Loosely correct estimation rate (%)

Table XI. Comparison of the Existing Studies on Cave-DB

№	Methods		Accuracy /%/	
			SCER	LCER
1	Choi et al. (Study-1 using AlexNet CNN model)		53.1%	88.7%
2	Naqvi et al. (Study-2 using VGG CNN model)		77.7%	96.3%
3	Lee et al. (Study-3 using MOSSE tracker)		44.0%	85.1%
4	Gaze mapping using OpenFace with SVM	Strategy using triple features	80.4%	98.3%
5		Strategy using quadruple features	85.6%	98.7%
6	Gaze mapping using Domain adaptation method	Strategy using full appearance	81.3%	96.6%
7		Strategy using face image	93.5%	98.9%

1. I. H. Choi, S. K. Hong and Y. G. Kim, “Real-time categorization of driver’s gaze zone using the deep learning techniques,” in *Proceedings of the International Conference on Big Data and Smart Computing*, 143–148.
2. R. Naqvi, M. Arsalan, G. Batchuluun, H. Yoon and K. Park, “Deep learning-based gaze detection system for automobile drivers using a NIR camera sensor,” *Sensors*, vol. 18, no. 2, p. 456
3. S. J. Lee, J. Jo, H. G. Jung, K. R. Park and J. Kim, “Real-time gaze estimator based on driver’s head orientation for forward collision warning system,” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 12, no. 1, pp. 254–267

Туршилт үр дүн:



A. City center road



B. Suburban road



C. Blurred or no lane line road

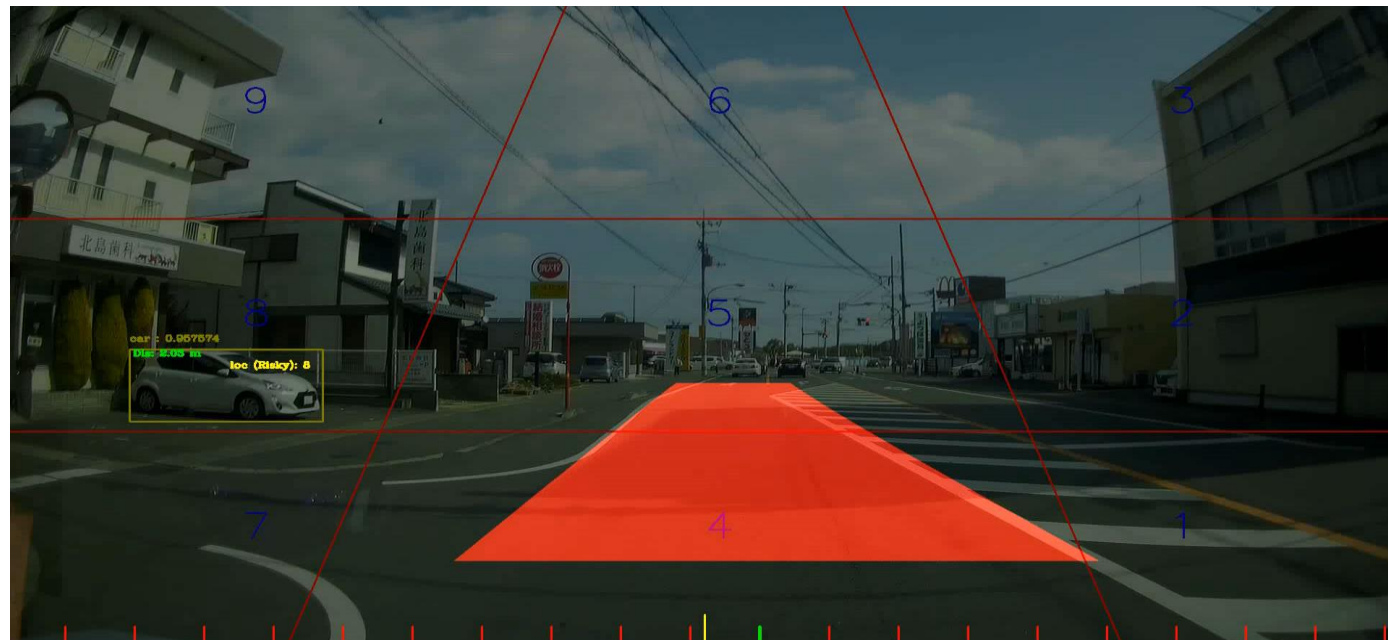


TABLE XIII. EVALUATION OF PEDESTRIAN SAFETY MODULE ON ROAD VIDEO WITH DIFFERENT ENVIRONMENT

Video types	Accurate Recognition Rate (%) of the lane line	Accurate Recognition Rate (%) of pedestrian distance & position
City center	96.07%	94.24%
Suburban	98.45%	80.97%
Rural	92.85%	84.15%
Average:	95.79%	86.45%

Fig. 16: Evaluation scenes of the combination of gaze mapping and pedestrian detection

Дүгнэлт:

Энэхүү өгүүлэлд бид жолоочийн анхаарал сарнилт болон явган зорчигчийн аюулгүй байдлыг үнэлэхэд чиглэсэн, зардал багатай шинэ төрлийн жолоочийг дэмжих ухаалаг систем (ЖДУС)-ийг танилцууллаа.

Жолоочийн анхаарлын түвшинг тодорхойлох модуль нь анхаарал төвлөрөлтийн зураглал болон нүүрний онцлог шинжийг ашиглан хоёр өөр стратеги дээр туршигдсан бөгөөд стратеги В нь 88.76% (Strictly Correct Estimation Rate, SCER), 96.07% (Loosely Correct Estimation Rate, LCER)-ийн нарийвчлалд хүрсэн нь тус модуль өндөр үр дүнтэй ажиллаж байгааг харуулж байна.

Үүнээс гадна бид явган хүний аюулгүй байдлыг тодорхойлох модулийг системд нэгтгэж, замын шугам болон явган хүний зай, байрлалыг үнэлэх боломжтой болгосон. Туршилтын үр дүнд, энэ модуль нь замын шугам илрүүлэлтэд 95.79%, явган хүний зай, байрлал тодорхойлолтод 86.45%-ийн дундаж нарийвчлалтай ажилласан. Системийн найдвартай ажиллагаанд ухаалаг камерын тохиргоо, байрлалыг оновчтой төлөвлөх нь чухал ач холбогдолтой болох нь судалгаагаар тодорхой болсон.



**Анхаарал
хандуулсан та
бүхэнд
баярлалаа!**