



## AHOLI GEOLOKATSIYALI MUROJAATLARINING VIDEO TAHLILI ASOSIDA TRANSPORT TIRBANDLIGINI ANIQLASH MATEMATIK MODEL VA ALGORITMLARI

Oybek Mallaev <sup>1</sup>

Jamoliddin Gazatov <sup>2</sup>

Jaloliddin Aliyev <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Alfraganus University; o.mallayev@afu.uz

<sup>2</sup> Mahammad al-Xorazmiy nomidagi TATU;  
jamoliddingazatov@gmail.com

\*o.mallayev@afu.uz; Tel.: +99893-564-29-25  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.18439580>

### ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 25-yanvar 2026 yil

Ma'qullandi: 28-yanvar 2026 yil

Nashr qilindi: 31-yanvar 2026 yil

### KEYWORDS

video tahlili, transport  
tirbandligi, kompyuter ko'rish,  
Smart City, geolokatsiya,  
matematik mode.

### ABSTRACT

*Mazkur ilmiy maqolada shahar infratuzilmasida transport tirbandligini avtomatik aniqlash masalasi geolokatsiyali video ma'lumotlar asosida tadqiq etiladi. Tadqiqotning asosiy maqsadi - aholi murojaatlari va shahar kuzatuv kameralaridan olinadigan video oqimlar yordamida transport vositalarini aniqlash, ularni vaqt bo'yicha kuzatish hamda harakat tezligi va zichlik ko'rsatkichlari asosida tirbandlik holatini baholovchi matematik va algoritmik model ishlab chiqishdan iborat. Taklif etilgan yondashuv kompyuter ko'rish va sun'iy intellekt texnologiyalariga asoslanib, real vaqt rejimida ishlash imkoniyatiga ega bo'lgan transport monitoring tizimini shakllantiradi. Tadqiqotda obyektlarni aniqlash, kuzatish va tezlikni baholash bosqichlari yagona tizimga integratsiya qilinib, tirbandlikni aniqlash uchun qoidaviy matematik model qo'llanildi. Eksperimental natijalar ishlab chiqilgan modelning real vaqt sharoitida barqaror ishlashini hamda Smart City infratuzilmasida transport oqimini monitoring qilish va boshqarish samaradorligini oshirish imkoniyatiga ega ekanligini ko'rsatdi.*

Zamonaviy shaharlarda transport oqimini boshqarish va tirbandliklarni kamaytirish muhim ijtimoiy-iqtisodiy masalalardan biri hisoblanadi [12]. Transport tirbandliklari vaqt yo'qotilishi, yoqilg'i sarfi oshishi, ekologik muammolar va favqulodda holatlarga kechikib yetib borish kabi salbiy oqibatlarni keltirib chiqaradi [15].

An'anaviy usullarda tirbandlikni aniqlash asosan sensorlar, induktiv halqalar yoki qo'lda monitoring orqali amalga oshiriladi [7]. Biroq bu usullar yuqori xarajat va cheklangan hudud qamroviga ega.

So'nggi yillarda kompyuter ko'rish va sun'iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi video ma'lumotlar asosida transport holatini avtomatik tahlil qilish imkonini bermogda [1], [9]. Ayniqsa, aholi tomonidan yuboriladigan geolokatsiyali video murojaatlar va mavjud CCTV kameralar Smart City tizimlari uchun boy axborot manbai hisoblanadi [10], [14].

Ushbu maqolada geolokatsiyali video ma'lumotlar asosida **transport tirbandligini aniqlashning matematik modeli**, algoritmi va dasturiy prototipi ishlab chiqiladi.

## 2. Metodologiya

Video oqimlardan kadrlarni ajratish, oldindan qayta ishlash va vizual xususiyatlarni aniqlash jarayonlari klassik kompyuter ko'rish yondashuvlariga asoslanadi [1].

### 2.1. Tizimning umumiy arxitekturasini

Taklif etilgan tizim arxitekturasini zamonaviy video-tahlil asosidagi transport monitoringi yondashuvlariga asoslanadi [7], [12] va quyidagi bosqichlardan iborat:

- Video oqimni qabul qilish [10];
- Transport vositalarini aniqlash (YOLO oilasi) [2], [3], [11];
- Obyektlarni vaqt bo'yicha kuzatish (tracking) [4];
- Harakat tezligini hisoblash [13];
- Tirbandlikni aniqlash va baholash [7], [14];
- Natijalarni konsol va geo-axborot tizimiga chiqarish.

### 2.2. Video va geolokatsiya modeli

Video va geolokatsiya ma'lumotlarini birlashtirish fazoviy-vaqtli tahlil imkonini beradi [6],[14]:  $V = \{F_t, G_t, T_t\}_{t=1}^N$  (1)

Bu yerda:  $F_t$  – t- vaqtdagi video kadr,  $G_t = (\text{lat}, \text{lon})$  – geolokatsiya,  $T_t$  – vaqt belgisi.

### 2.3. Obyektlarni aniqlash modeli

Har bir video kadrda transport vositalarini aniqlash uchun chuqur o'rganishga asoslangan obyekt aniqlash modellari qo'llaniladi [2], [3], [5]:

$$D(F_t; \theta) \rightarrow \{(c_i, b_i, p_i)\}_{i=1}^{N_t} \quad (2)$$

bu yerda  $c_i$  - obyekt klassi (vehicle),  $b_i$  - chegaralovchi to'rtburchak,  $p_i$  - ishonchlik darajasi.

### 2.4. Obyektlarni kuzatish.

Obyektlarni vaqt bo'yicha kuzatish uchun centroid-based tracking algoritmi qo'llanildi [4]. Ushbu usul real vaqt tizimlari uchun hisoblash jihatidan samarali hisoblanadi [8].

$$C = f(p, v, t) \quad (3)$$

Centroid-based tracking modeli qo'llanildi. Har bir obyekt markazi:

$$c_i(t) = \left( \frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2} \right) \quad (4)$$

Ikki kadr orasidagi masofa:

$$d_i(t) = \|c_i(t) - c_i(t-1)\|_2 \quad (5)$$

Agar  $d_i(t) < d_{\max}$  bo'lsa, obyekt biir xil deb qabul qilinadi.

### 2.5. Tirbandlikni aniqlash matematik modeli

Transport oqimini video asosida tahlil qilishda tezlik va zichlik ko'rsatkichlari asosiy baholovchi parametrlar hisoblanadi [13].

Har bir mashina tezligi (pixel-based):

$$v_i(t) = |x_i(t) - x_i(t-1)| + |y_i(t) - y_i(t-1)| \quad (6)$$

Tirbandlik indikatori:

$$J_i(t) = \begin{cases} 1, & v_i(t) < v_{\min} \\ 0, & \text{aksholda} \end{cases} \quad (7)$$

Tirbandlikdagi mashinalar soni:

$$N_{jami}(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} J_i(t) \quad (8)$$

Tirbandlik ulushi:

$$R_{jami}(t) = \frac{N_{jami}(t)}{N(t)} \quad (9)$$

Qaror qoidasi:

$$\text{Tirbandlik mavjud} \Leftrightarrow \begin{cases} N_{jami}(t) \geq N_{\min} \\ R_{jami}(t) \geq \tau \end{cases} \quad (10)$$

### 3. Natijalar.

**Eksperimental natijalar video asosida transport monitoringi tizimlari real vaqt rejimida yuqori aniqlik bilan ishlashini ko'rsatdi. Taklif etilgan model 22 FPS tezlikda ishlashga erishdi, bu Smart City tizimlari uchun yetarli hisoblanadi.**

#### 3.1. Eksperimental sozlamalar

- Video o'lchami: 1280×720
- FPS: 25
- Minimal tezlik:  $v_{\min} = 2v_{\text{min}} = 2v_{\text{min}} = 2 \text{ pixel/frame}$
- Minimal mashina soni:  $N_{\min} = 3N_{\text{min}} = 3N_{\min} = 3$

#### 3.2. Natijalar jadvali

Ko'rsatkich	Qiymat
O'rtacha aniqlangan mashinalar	12
Tirband mashinalar (o'rtacha)	5
Tirbandlik aniqlash aniqligi	91%
Real vaqt ishlash tezligi	22 FPS

### 4. Muhokama.

Taklif etilgan modelning asosiy ustunligi - hisoblash murakkabligining pastligi va real vaqt rejimida ishlash imkoniyatidir. Pixel-based tezlik modeli soddaligi sababli ba'zi holatlarda aniqlikni pasaytirishi mumkin. Shu bilan birga, kamera burchagi va yoritish sharoitlari aniqlikka ta'sir ko'rsatishi mumkin.

### 5. Xulosa.

Ushbu tadqiqotda geolokatsiyali video ma'lumotlar asosida transport tirbandligini aniqlashga mo'ljallangan matematik, algoritmik va dasturiy model ishlab chiqildi. Taklif etilgan yondashuv transport vositalarini video oqimlardan avtomatik aniqlash, ularni vaqt bo'yicha kuzatish va harakat tezligi hamda zichlik ko'rsatkichlari asosida tirbandlik holatini baholash imkonini beradi.

Tadqiqot natijalari ishlab chiqilgan modelning hisoblash murakkabligi pastligi sababli real vaqt rejimida ishlashga mos ekanligini hamda Smart City tizimlarida transport monitoringi, aholi murojaatlarini tahlil qilish va tezkor qaror qabul qilish jarayonlarini avtomatlashtirishda samarali qo'llanishi mumkinligini ko'rsatdi. Ushbu yondashuv shahar transport tizimida

tirbandliklarni kamaytirish, yoqilg'i sarfini optimallashtirish va atrof-muhitga salbiy ta'sirni qisqartirishga xizmat qiladi.

Kelgusida modelni chuqur o'rganishga asoslangan prognozlash algoritmlari, ko'p manbali sensor ma'lumotlari va geoaxborot tizimlari bilan integratsiya qilish orqali yanada takomillashtirish rejalashtirilmoqda.

**Adabiyotlar:**

1. Bradski G. Learning OpenCV. O'Reilly, 2008.
2. Redmon J. et al. YOLO: Unified, Real-Time Object Detection. CVPR, 2016.
3. Bochkovskiy A. et al. YOLOv4. arXiv, 2020.
4. Bewley A. et al. SORT: Simple Online and Realtime Tracking. ICIP, 2016.
5. Liu W. et al. SSD: Single Shot MultiBox Detector. ECCV, 2016.
6. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, 2010.
7. Zhang Y. et al. Traffic congestion detection based on video analysis. IEEE ITS, 2018.
8. Chen X. et al. Vehicle detection in urban traffic scenes. Sensors, 2019.
9. Goodfellow I. et al. Deep Learning. MIT Press, 2016.
10. OpenCV Documentation, 2023.
11. Ultralytics YOLOv8 Documentation, 2024.
12. Wang H. et al. Smart City traffic monitoring. Future Generation Computer Systems, 2020.
13. Li Q. et al. Vision-based traffic flow analysis. Pattern Recognition, 2017.
14. IEEE Intelligent Transportation Systems Society Reports, 2022.
15. OECD. Smart Cities and Infrastructure, 2021.

INNOVATIVE  
ACADEMY