

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17910848>

CCTV TASVIRLARIGA RAQAMLI ISHLOV BERISH VOSITALARI, ALGORITMLAR VA MODELLARINING QIYOSIY TAHLILI

Hamzayev Jamshid Fayzidin o'g'li

Muhammad al Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Kompyuter tizimlari kafedrasida dotsenti

hamzayevjf@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqola CCTV tasvirlariga raqamli ishlov berish sohasidagi keng qamrovli tadqiqotni taqdim etadi. Unda avvalo tasvirlarni oldindan qayta ishlash (noise reduction, filtering), chegara va xususiyatlarni ajratish (edge detection, feature extraction), obyektlarni aniqlash va lokalizatsiya (classical va chuqur modellar), hamda harakatni kuzatish va fonni ajratish (motion analysis, background modelling) kabi bosqichlar bo'yicha eng ko'p ishlatiladigan algoritmlar va modellarning matematik asoslari hamda amaliy xususiyatlari batafsil tahlil qilingan. Har bir usulning ishlash printsiplari (masalan, Gauss yadrosi bilan konvolyutsiya, Sobel va Canny uchun gradient va non-maximum suppression, YOLO va CNN uchun konvolyutsion qatlamlar va bounding box regressiyasi), afzalliklari (tezlik, aniqlik, real vaqtda ishlash qobiliyati) hamda kamchiliklari (shovqin sezgirlik, hisoblash resurslari talabi, kichik obyektlarni aniqlashdagi muammolar) qiyosiy ravishda taqdim etilgan.

Kalit so'zlar: CCTV, raqamli tasvirlarga ishlov berish, obyektlarni aniqlash, Gauss filtri, Sobel operatori, Canny edge detection, Haar cascade, YOLO, Optical Flow, Background Subtraction, Deep Learning, CNN, Median filter, Bilateral filter, Gabor filter.

KIRISH

Avtotransport vositalarini aniqlash ko'p yillar davomida yo'l harakati nazorati tizimining muhim qismi bo'lib kelgan. Biroq, avtomobilni aniqlash usuli hali ham bir qancha murakkab jarayon hisoblanadi. Avtotransport vositalarini aniqlash aqlli transport tizimidagi qiyin tadqiqot mavzularidan biri hisoblanadi. Avtotransportlar harakatini aniqlash, yo'l harakati nazorati va boshqaruv tizimini takomillashtirish uchun juda foydalidir. Chunki bu jarayon tirbandlikni kamaytirishga qaratilgan masalalarni yechishga yordam beradi, ammo bu jarayonni aqlli transport tizimining tashkillashtirishning eng kuchli qismi deb ayta olmaymiz.

Avtotransport vositalarini aniqlash turli xil jarayonlar ustida ilmiy izlanishlar olib borishda qo'llaniladi. Bularga misol qilib shu vaqtga qadar dunyo olimlari aqlli transport tizimlari bo'yicha olib borgan ilmiy izlanishlarni tahlili sifatida quydagilarni keltirishimiz mumkin, transport oqimini boshqarish, yo'lni rejalashtirish va yuqori yo'l harakati monitoringi va transport boshqaruvini rejalashtirish kabi yo'nalishlarda [1, 2]. Qolaversa, bu kabi aynan real vaqt tizimida obyektlarni aniqlash bo'yicha mamlakatimizda ham bir qancha olimlar ilmiy izlanishlarni olib borishgan [3]. Avtotransport vositasini aniqlash yana quydagi masalalarda ham qo'llanilgan

avtomobil tezligini aniqlashda [4], avtomobil zichligini aniqlashda [5] va transport oqimini tezligi masalalarida [6] bundan tashqari tirbandlik darajasi kabi muhim trafik parametrlarini aniqlash imkonini beradi. Yillar davomida ko'plab tadqiqotchilar transport vositasini aniqlash uchun turli xil algoritmlar va usullarni taklif qilishgan. Bazi bir olimlar avtomobil harakatini monoxrom kamera tasviridagi xarakterli xususiyatlarni hisoblash orqali aniqlashgan [7]. Yana boshqa olimlar guruhi neyron tarmoqlarni avtomobilni aniqlash uchun qo'llaganlar. Ammo neyron tarmoq bilan bog'liq ikkita asosiy muammo bor, biri global minimumga erishish uchun kafolat yo'q, ikkinchisi esa ma'lumotlar bilan bog'liq bo'lgan jarayon bo'lib, neyron tarmoq uchun universal optimal model mavjud emas deb hisoblashadi [8, 9]. Boshqa bir qator ilmiy izlanishlarda esa noravshan o'lchovlar transport vositalarini aniqlash uchun ishlatiladi. Noravshan o'lchov sifatida yorug'lik intensivligi qiymati ishlatiladi. Intensivlik qiymati ma'lum bir oraliqda tushganda, bu transport vositasi yoki yo'qligini aniqlash uchun noravshan o'lchovlardan foydalanish kerak degan fikrlar bildirilgan [10]. Bundan tashqari ilmiy izlanishlardan birida tasniflash uchun maydon va atrofni noravshanlashtirish amalga oshiriladi va har bir avtomobil turiga (masalan, kichik, o'rta va katta) noravshan qoidalarni ishlab chiqish orqali qiymatlarni o'lchash diapazoni tayinlanadi va nihoyat defuzzifikatsiya qilinadi [11].

CCTV tasvirlariga raqamli ishlov berishda foydalaniladigan algoritmlar.

CCTV tasvirlariga raqamli ishlov berishda foydalaniladigan bir qancha algoritmlarni solishtirib uni afzallik hamda bir qator noqulayliklarini ham keltirib o'tish mumkin. CCTV tasvirlarini raqamli qayta ishlash model hamda algoritmlari sinfiga keng qo'llaniladigan quydagi model hamda algoritmlarni keltirish mumkin:

- Gauss filtrlash;
- Sobel operator;
- Canny edge detection;
- Haar cascade;
- YOLO (You Only Look Once);
- Optical flow;
- Background subtraction;
- Deep learning (CNN).

CCTV tasvirlariga ishlov berishda qo'llaniladigan algoritmlarning tuzilishi (strukturasi) ularning vazifasiga qarab farq qiladi. Har bir algoritm ma'lum bir matematik yoki mantiqiy qadamlar asosida ishlaydi. CCTV tasvirlar bilan ishlashda aynan Gauss filtri tasvirdagi shovqinni kamaytirish uchun ishlatiladi. Uning tuzilishi quyidagicha keltirish mumkin: kirish tasviri ya'ni shu CCTV tasviri undan keyingi bosqichda esa Gauss yadrosi ya'ni Gauss funksiyasi yordamida filtr yadrosini yaratish. Uni quydagi formula yordamida amalga oshirish mumkin.

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

- bu yerda σ filtrning tarqalish koeffitsienti.

Yuqoridagi qadamdan keyin tasvirni Gauss yadrosi bilan konvolyutsiya qilish bajariladi ya'ni konvolyutsiya. Undan so'ng chiqiuvchi tasvir sifatida siliqlangan tasvir olinadi.

Sobel operatori. CCTV tasvirlarini raqamli qayta ishlaydigan yana bir navbatdagi algoritm bu Sobel operatori hisoblanadi. Sobel operatori asosan chegara aniqlash uchun ishlatiladi. Uni tuzilishini quydagicha keltirish mumkin. Kirish tasviri sifatida tasvir olinadi, undan keyin gradientlarni hisoblash amalga oshiriladi, bu uchun G_x va G_y gradientlari hisoblanadi. Misol uchun quydagicha keltirish mumkin:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Keyin, chegara kuchliligi quydagi formula yordamida amalga oshiriladi:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (2)$$

Chiqish tasviri sifatida chegaralar aniqlangan tasvir olinadi.

Canny Edge Detection algoritmi.

Navbatdagi algoritm bu Canny Edge Detection bo'lib bunda aniq chegara aniqlash uchun ishlatiladi. Uning tuzilishini quydagicha keltirish mumkin:

- Kirish Tasviri: Tasvirni olish;
- Gauss Filtrlash: Shovqinni kamaytirish;
- Gradientlarni Hisoblash: Sobel operatori yordamida;
- Non-Maximum Suppression: Chegaralarni noziklashtirish;
- Histerezis Thresholding: Chegaralarni aniqlash;
- Chiqish Tasviri: Aniq chegara chizilgan tasvir.

Haar Cascade algoritmi obyektlarni aniqlash uchun ishlatiladi. Ushbu algoritmnini tuzilishini quydagicha keltirish mumkin:

- Integral Tasvir: Tasvirni integral tasvirga aylantirish;
- Haar Xususiyatlari: To'rtburchaklar xususiyatlarini hisoblash;
- Kaskadli Klassifikator: Ob'ektni aniqlash uchun kaskadli qadamlar;
- Chiqish: Aniqlangan ob'ektlar.

YOLO modeli. Navbatdagi model bu YOLO modeli bo'lib bunda obyektlarni aniqlash va lokalizatsiya qilish uchun ishlatiladi. Ushbu modelni tuzilishi jihatidan dastavval kirish tasvirini oladi, keyin CNN (Convolutional Neural Network) ya'ni konvolyutsiya qatlamlari orqali xususiyatlarni ajratadi hamda pooling qatlamlari orqali tasvirni kichraytiradi. Keyingi bosqichda, Bounding Box va klassifikatsiya masalasi qarab chiqiladi obyektlarni lokalizatsiya qilish va ularni klassifikatsiya qilish uchun. Chiqish sifatida aniqlangan obyektlar va ularning joylashuvini olish imkoniyatini beradi.

Optical Flow algoritmi. Optical Flow algoritmi harakatni kuzatish uchun

ishlatiladi. Ushbu aolgoritmni tuzilishi quydagicha:

- Kiruvchi tasvirlar sifatida ketma – ket tasvirlar olinadi;
- Gradientlarni hisoblash: I_x , I_y , I_z – bular vaqt bo‘yicha gradientlar;
- Harakat vektorini hisoblash quydagicha amalga oshiriladi:

$$I_x \cdot V_x + I_y \cdot V_y = -I_t \quad (3)$$

- Chiqish sifatida harakat vektorlari olinadi.

Background Subtraction algoritmi. Background Subtraction algoritmi harakatni aniqlash uchun ishlatiladi. Tuzilishini quydagicha keltirish mumkin:

- Fon Tasviri: Fonni olish.
- Joriy Tasvir: Hozirgi tasvirni olish.
- Farqni hisoblash quydagi formula yordamida amalga oshiriladi:

$$D(x, y) = |I(x, y) - B(x, y)| \quad (4)$$

- Thresholding: Farqni aniqlash.
- Chiqish: Harakat aniqlangan tasvir.

Deep Learning (CNN) algoritmlari. Deep Learning (CNN) algoritmlarida tasvirni tahlil qilish va obyektlarni aniqlash uchun ishlatish mumkin. Dastvval kirish tasviri sifatida tasvir olinadi. Keyin, konvolyutsiya qatlamlari quydagi formula yordamida hisoblanadi xususiyatlarni ajratib olishdan oldin:

$$y = f(W \cdot x + b) \quad (5)$$

Navbatdagi qadamda pooling qatlamlari ya'ni tasvirni kichraytirish uchun ishlatiladi. Undan keyin, to'liq bog'langan qatlamlar ya'ni klassifikatsiya qilish uchun ishlatiladi. Chiqish ya'ni natija sifatida aniqlangan obyektlar va ularning klasslari olinadi.

CCTV tasvirlariga raqamli ishlov berish algoritmlari va modellarini solishtirma qiyosiy jadvali 1 – jadvalda keltirilgan.

1 – jadval.

CCTV tasvirlariga raqamli ishlov berish algoritmlari va modellari

Algoritm / Model	Maqsadi	Afzalliklari	Kamchiliklari
Gauss Filtrlash	Tasvirdagi shovqinni kamaytirish	Oddiy va tez, shovqinni samarali kamaytiradi	Barcha detallarni saqlamaydi, nozik chegaralarni buzishi mumkin
Sobel Operator	Chegara aniqlash (Edge Detection)	Chegaralarni aniqlashda samarali	Shovqinga sezgir, nozik detallarni yo'qotishi mumkin
Canny Edge	Aniqroq chegara	Yuqori aniqlik,	Hisoblash qiyin,

Detection	aniqlash	shovqinga chidamli	tezlik past
Haar Cascade	Obyektlarni aniqlash (yuz, mashina, va boshqalar)	Tez va samarali, real vaqt rejimida ishlaydi	Murakkab ob'ektlarni aniqlashda noaniqliklar uchraydi
YOLO	Obyektlarni aniqlash va lokalizatsiya	Juda tez, bir nechta obyektlarni bir vaqtda aniqlaydi	Kichik obyektlarni aniqlashda noaniqliklar uchraydi
Optical Flow	Harakatni kuzatish	Obyektlarning harakatini aniqlashda samarali	Hisoblash qiyin, shovqinga sezgir
Background Subtraction	Harakatni aniqlash uchun fonni ajratish	Oddiy va tez, harakatni aniqlashda samarali	Yorug'lik o'zgarishlariga sezgir
Deep Learning (CNN)	Tasvirni tahlil qilish, obyektlarni aniqlash	Juda aniq, murakkab obyektlarni aniqlashda samarali	Katta ma'lumotlar va hisoblash resurslari talab qiladi

CCTV tasvirlariga raqamli ishlov berishda turli xil filtrlardan foydalaniladi. Ushbu filtrlarning har biri ma'lum bir vazifani bajarish uchun mo'ljallangan, masalan, shovqinni kamaytirish, chegaralarni aniqlash yoki tasvirni yaxshilash. Quyida eng ko'p qo'llaniladigan filtrlarning turlari, ularning maqsadi va aniqliklari keltirilgan:

Median Filtrlash (Median Filter) ushbu filtrlash uslini maqsadi shovqinni kamaytirishdir. Aniqlik jihatidan shovqinni kamaytiradi, chegaralarni saqlab qoladi lekin, hisoblash jihatidan oddiy, katta filtrlarda sekin ishlaydi. Ushbu filtni ishlash tartibi quydagicha ya'ni har bir piksel atrofida qo'shni piksellarning median qiymati bilan almashtiriladi.

Mean Filtrlash (Average Filter) ushbu filtni ham maqsadi shovqinni kamaytirish bo'lib, aniqlik jihatidan oddiy va tez lekin chegaralarni buzishi mumkin. Quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$I_{\text{filtrlangan}}(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=-k}^k \sum_{j=-k}^k I(x+i, y+j) \quad (6)$$

- bu yerda N filtr o'lchami.

Laplacian Filtrlash (Laplacian Filter) ushbu filtrlash usulining maqsadi chegarani aniqlash va tasvirni keskinlashtirishdan iborat. Quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\nabla^2 I(x, y) = \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 I}{\partial y^2} \quad (7)$$

Diskret shaklda quydagicha ifodalash mumkin:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Bilateral Filtrlash (Bilateral Filter) ushbu filtrlash usuli shovqinni kamaytirish, chegaralarni saqlab qolish uchun foydalaniladi. Aniqlik jihatidan chegaralarni saqlab qolgan holda shovqinni kamaytiradi lekin hisoblash jihatidan qimmat. Quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$I_{\text{filtrlangan}}(x, y) = \frac{1}{w_p} \sum_{i=-k}^k \sum_{j=-k}^k I(x+i, y+j) \cdot w(i, j) \cdot w_s(i, j) \quad (8)$$

Bu yerda:

- $w(i, j)$ masofaga bog'liq og'irlik,
- $w_s(i, j)$ esa yorqinlik farqiga bog'liq og'irlik.

Wiener Filtrlash (Wiener Filter) ushbu filtrlash usuli shovqinni kamaytirish va tasvirni tiklash uchun ishlatiladi. Aniqlik tomonlama, statistik usul asosida ishlaydi, shovqinni kamaytirishda samarali, lekin hisoblash qiyin. Quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$W(u, v) = \frac{H^*(u, v)}{|H(u, v)|^2 + \frac{S_{\text{shovq}}(u, v)}{S_{\text{tasvir}}(u, v)}} \quad (9)$$

Bu yerda $H(u, v)$ blur funksiyasi, S_{shovq} va S_{tasvir} shovqin va tasvir spektrlari.

Gabor Filtrlash (Gabor Filter) ushbu filtrlash usulini maqsadi tasvirdagi teksturalarni aniqlash. Aniqlik tomonidan olib qaralganda, teksturalarni aniqlashda juda samarali lekin hisoblash jihatidan qimmat. Quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$G(x, y) = \exp\left(-\frac{x'^2 + y'^2}{2\sigma^2}\right) \cdot \cos\left(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \psi\right) \quad (10)$$

Bu yerda $x' = x \cos\theta + y \sin\theta$, $y' = -x \sin\theta + y \cos\theta$

Quyidagi keltirilgan jadvalda (2 – jadval) CCTV tasvirlariga raqamli ishlov berishda foydalaniladigan turli xil filtrlarning qiyosiy tahlili keltirilgan.

2-jadval.

Filtrlarning qiyosiy tahlili.

Filtr Turi	Shovqinni Kamaytirish	Chegaralarni Saqlash	Hisoblash Tezligi	Aniqlik
Gauss Filtrlash	Yuqori	O'rtacha	Tez	O'rtacha
Median Filtrlash	Yuqori	Yuqori	O'rtacha	Yuqori
Mean Filtrlash	O'rtacha	Past	Tez	Past
Sobel Filtrlash	Past	Yuqori	Tez	Chegaralar uchun yuqori

Laplacian Filtrlash	Past	Yuqori	Tez	Chegaralar uchun yuqori
Bilateral Filtrlash	Yuqori	Yuqori	Sekin	Yuqori
Wiener Filtrlash	Yuqori	O'rtacha	Sekin	Yuqori
Gabor Filtrlash	Past	Yuqori	Sekin	Teksturalar uchun yuqori

CCTV tasvirlariga raqamli ishlov berishda tegishli algoritmlar, modellar hamda filtrlar muhim ahamiyat kasb etadi. Sababi ushbu model hamda algoritmlar yordamida aynan tasvirni qayta ishlashda yanada aniq natijalariga erishish mumkin [12, 13].

XULOSA

CCTV tasvirlariga raqamli ishlov berishda turli algoritmlar, modellar va filtrlar muhim amaliy ahamiyatga ega bo'lib, ularning to'g'ri tanlanishi yakuniy natijaning aniqligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, shovqinli tasvirlar uchun Gauss, Median yoki Bilateral filtrlari samarali bo'lsa, aniqlik talab qilinadigan vazifalarda Sobel, Canny va Laplacian operatorlari afzal hisoblanadi. Obyektlarni tez va aniq aniqlash uchun YOLO va CNN kabi chuqur o'rganish modellaridan foydalanish eng yaxshi natijani beradi. Harakatni kuzatishda esa Optical Flow va Background Subtraction algoritmlari yuqori samaradorlik ko'rsatadi. Umuman olganda, CCTV tasvirlari bilan ishlovchi tizimlarda bir nechta algoritm va filtrlarning kombinatsiyalangan qo'llanilishi real vaqt natijalarining aniqligi va barqarorligini ta'minlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Kuchkarov T. A., Hamzayev J. F., Ochilov T. D. Intelektual transport tizimi ilovalari uchun sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish // Berdaq nomidagi QDU Axborotnomasi, no. 2 (51) 2021, -b. 114-120
2. Ghani, K.A. and Yosri, H. (2011) Application of Artificial Intelligent for Armour Vehicle Detection Using Digital Image Processing for Aerial Application. Proceedings of the International Conference on Advanced Science, Engineering and Information Technology, Putrajaya, 14-15 January 2011, -pp. 173-177
3. M. Rakhimov, J. Elov, U. Khamdamov, S. Aminov and S. Javliev, "Parallel Implementation of Real-Time Object Detection using OpenMP," *2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)*, Tashkent, Uzbekistan, 2021, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670146. -pp. 1-4
4. Wu, J.P., Liu, Z.B., Li, J.X., Gu, C.D., Si, M.X. and Tan, F.Y. (2009) An Algorithm for Automatic Vehicle Speed Detection Using Video Camera. Proceedings of 4th International Conference on Computer Science & Education, Nanjing, 25-28 July 2009, -pp.193-196
5. Ozkurt, C. and Camci, F. (2009) Automatic Traffic Density Estimation and Vehicle Classification for Traffic Surveillance Systems Using Neural Networks. *Mathematical and Computational Applications*, 14, -pp. 187-196

6. Vanaja, A., Hema Kumar, G. and Sri Rama Krishna, K. (2011) A Novel Approach for Efficient Traffic Flow Density Estimation. International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies, 5, -pp. 269-276
7. Hoffman, C., Dang, T. and Stiller, C. (2004) Vehicle Detection Fusing 2D Visual Features. Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Parma, 14-17 June 2004, -pp. 280-285
8. Ha, D., Lee, J. and Kim, Y. (2004) Neural-Edge-Based Vehicle Detection and Traffic Parameter Extraction. Image and Vision Computing, 22, <http://dx.doi.org/10.1016/j.imavis.2004.05.006> . -pp. 899-907
9. Liu, Z., Li, X. and Leung, X. (2001) Fuzzy Measures for Vehicle Detection. Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Melbourne, 2-5 December 2001, -pp. 848-851
10. Jain, I. and Rani, B. (2010) Vehicle Detection Using Image Processing and Fuzzy Logic. International Journal of Computer Science & Communication, 1, -pp. 255-257
11. Bharti Sh., Vinod K. K., Arvind K. G., Akansha S., The Automated Vehicle Detection of Highway Traffic Images by Differential Morphological Profile. Journal of Transportation Technologies, 2014, 4, -pp. 150-156
12. Temurbek Kuchkorov, Jamshid Hamzayev, Farrux Baxriddinov. Avtotransportlar harakatini tartibga solishning noravshan mantiqqa asoslangan modeli. Journal of Digital transformation and artificial intelligence. 1/3. -pp. 75-84. 2023.
13. Kuchkorov Temurbek, Khamzaev Jamshid. Intelligent analysis of CCTV cameras images and development of an algorithm for controlling the traffic lights installed on roads based on a knowledge base. Journal of Pedagogical sciences and teaching methods. 4/38. -pp. 86-89. 2024.