

UDK 681.518.5

**TRIKOTAJ NUQSONLARINI ANIQLASHDA KONVOLYUTION NEYRON
TARMOQLARI (CNN), QO‘LLAB-QUVVATLOVCHI MASHINA (SVM) VA
“RANDOM FOREST” ALGORITMLARINING SOLISHTIRMA TAHLILI**

Sherzod Qorabayev, Xusanxon Bobojanov, Jahongir Soloxiddinov,

Sherzod Djurayev

Namangan davlat texnika universiteti

Email: sherzod.korabayev@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17516486>

Annotatsiya: ushbu tadqiqot trikotaj matolaridagi nuqsonlarni aniqlash uchun Konvolyutsion Neyron Tarmoqlari (CNN), Qo‘llab-quvvatlovchi Mashina (SVM) va Random Forest algoritmlarining samaradorligini solishtirmali tahlil qilishga bag‘ishlangan. 5000 ta tasvirdan iborat ma’lumotlar to‘plamida o‘tkazilgan eksperimentlar natijasida CNN modeli 96.8% aniqlik, SVM 89.3% va Random Forest 91.2% natijalarni ko‘rsatgan. Tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, yuqori aniqlik talab qilingan vaziyatlarda CNN, hisoblash resurslari cheklangan bo‘lganda esa Random Forest afzalroq hisoblanadi. Ushbu natijalar trikotaj sanoati uchun avtomatlashtirilgan sifat nazorati tizimlarini loyihalashda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: trikotaj nuqsonlari, konvolyutsion neyron tarmoqlari, qo‘llab-quvvatlovchi mashina, random forest, tasvir tahlili, sifat nazorati

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ
СЕТЕЙ (CNN), МЕТОДА ОПОРНЫХ ВЕКТОРОВ (SVM) И СЛУЧАЙНОГО ЛЕСА
(RANDOM FOREST) ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ТРИКОТАЖНЫХ
ИЗДЕЛИЙ**

Шерзод Корабаев, Хусанхон Бобожанов, Джахонгир Солохиддинов, Шерзод Джураев

Наманганский государственный технический университет

Email: sherzod.korabayev@gmail.com

Аннотация: данное исследование посвящено сравнительному анализу эффективности сверточных нейронных сетей (CNN), метода опорных векторов (SVM) и алгоритма Random Forest для обнаружения дефектов в трикотажных полотнах. Эксперименты, проведенные на наборе данных из 5000 изображений, показали, что модель CNN достигла точности 96.8%, SVM - 89.3%, а Random Forest - 91.2%. Исследование демонстрирует, что CNN предпочтительнее в случаях, требующих высокой точности, тогда как Random Forest более подходит при ограниченных вычислительных ресурсах. Эти результаты имеют практическое значение для проектирования автоматизированных систем контроля качества в трикотажной промышленности.

Ключевые слова: трикотажные дефекты, сверточные нейронные сети, метод опорных векторов, случайный лес, анализ изображений, контроль качества.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS (CNN),
SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM) AND RANDOM FOREST ALGORITHMS FOR
DETECTING KNITTED FABRIC DEFECTS**

Sherzod Korabayev, Xusanxon Bobojanov, Jahongir Soloxiddinov, Sherzod Djuraev

Namangan State Technical University

Email: sherzod.korabayev@gmail.com

Abstract: this research presents a comparative analysis of Convolutional Neural Networks (CNN), Support Vector Machine (SVM), and Random Forest algorithms for defect detection in knitted fabrics. Experimental results on a dataset of 5000 images demonstrate that the CNN model achieved 96.8% accuracy, SVM 89.3%, and Random Forest 91.2%. The study indicates that CNN is preferable for scenarios requiring high precision, while Random Forest is more suitable with limited computational resources. These findings have practical implications for designing automated quality control systems in the knitting industry.

Keywords: knitted fabric defects, convolutional neural networks, support vector machine, random forest, image analysis, quality control.

KIRISH

Trikotaj sanoati to'qimachilik bozorining muhim tarkibiy qismi bo'lib, global miqyosda 400 milliard dollardan ortiq daromad keltirmoqda [1]. Biroq, sifat nazorati usullarining yetsizligi sababli yillik ishlab chiqarishning 3-5% nuqsonli mahsulotlar hisobiga yo'qolmoqda [2]. An'anaviy ko'zdan kechirish usullari subyektivlik, charchoq va yuqori mehnat xarajatlari bilan bog'liq muammolarni keltirib chiqaradi [3].

So'nggi yillarda sun'iy intellekt (AI) va mashina o'rganishi (ML) texnologiyalari sanoat avtomatlashtirish sohasida sezilarli yutuqlarga erishdi [4]. Konvolyutsion neyron tarmoqlari (CNN) tasvir tahlili va ob'ektlarni aniqlash vazifalarida ajoyib natijalarni namoyish etdi [5]. Togashi va boshqalar [6] to'qimachilik nuqsonlarini aniqlashda 98% aniqlik darajasiga erishgan bo'lsa, Li va boshqalar [7] ko'p masshtabli CNN arxitekturasidan foydalangan holda 96.5% aniqlikni qayd etishgan.

Mashina o'rganishining klassik algoritmlari, jumladan Qo'llab-quvvatlovchi Mashina (SVM) va Random Forest, cheklangan ma'lumotlar to'plami va hisoblash resurslari bo'lgan stsenariylarda o'zlarining samaradorligini isbotladilar [8]. Zhang va boshqalar [9] to'qimachilik nuqsonlarini tasniflashda SVM yondashuvidan foydalangan holda 92% aniqlikni qayd etishdi. Xuddi shunday, Kumar va boshqalar [10] rang barqarorligini baholashda Random Forest algoritmini qo'llagan holda 90% dan yuqori aniq natijalarga erishdilar.

Chuqur o'rganish va an'anaviy mashina o'rganishi algoritmlari o'rtasidagi solishtirma tadqiqotlar turli sohalarida olib borildi [11]. Biroq, trikotaj nuqsonlarini aniqlash kontekstida ushbu algoritmlarning har birining nisbiy kuchli va zaif tomonlari haqida tizimli tahlil hali ham yetarli emas [12]. Trikotaj matolarining murakkab tuzilishi, yorug'lik sharoitlarining o'zgarishi va nuqsonlarning xilma-xilligi [13] avtomatlashtirilgan aniqlash vazifasini yanada murakkablashtiradi.

Mavjud tadqiqotlarning aksariyatida turli ma'lumotlar to'plamlari va baholash mezonlari qo'llanilgan, bu esa natijalarni bevosita solishtirishni qiyinlashtiradi [14]. Bundan tashqari, ko'plab tadqiqotlar faqat bitta turdagi algoritmgacha, odatda CNN ga qaratilgan bo'lib, an'anaviy ML usullarining amaliy qo'llanilishini e'tiborsiz qoldiradi [15].

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi bir xil eksperimental sharoitlarda CNN, SVM va Random Forest algoritmlarining trikotaj nuqsonlarini aniqlashdagi samaradorligini solishtirmali o'rganishdan iborat. Tadqiqot quyidagi jihatlarni nazarda tutadi:

Turli algoritmlarning aniqlik, ish tezligi va resurs talabi jihatidan tizimli baholash

Har bir algoritmnining trikotaj nuqsonlarini aniqlashdagi cheklovlarini aniqlash

Turli ishlab chiqarish sharoitlari uchun algoritmlar tanlash bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqish

METODOLOGIYA

Tadqiqotda TSD-5000 (Textile Surface Defects) ma'lumotlar to'plamidan foydalanildi [16]. Ma'lumotlar to'plami 5000 ta trikotaj tasviridan iborat bo'lib, quyidagi nuqson turlarini o'z ichiga oladi:

Ilgasimon nuqsonlar (1500 ta tasvir)

Teshiklar (1200 ta tasvir)

Rang o'zgarishi (1000 ta tasvir)

Lekeli nuqsonlar (800 ta tasvir)

Nuqsonsiz namunalar (500 ta tasvir)

Tasvirlar 512×512 piksel o'lchamida, RGB formatida va turli yorug'lik sharoitida olingan. Ma'lumotlar to'plami 70:15:15 nisbatda trening, validatsiya va test qismlariga ajratilgan.

Tadqiqotda ResNet-50 arxitekturasiga asoslangan CNN modeli qo'llanildi [17]. Model quyidagi konfiguratsiyaga ega:

Kirish qatlami: $512 \times 512 \times 3$

5 ta konvolyutsion blok (har biri konvolyutsion qatlam, BatchNorm va ReLU aktivatsiyasini o'z ichiga oladi)

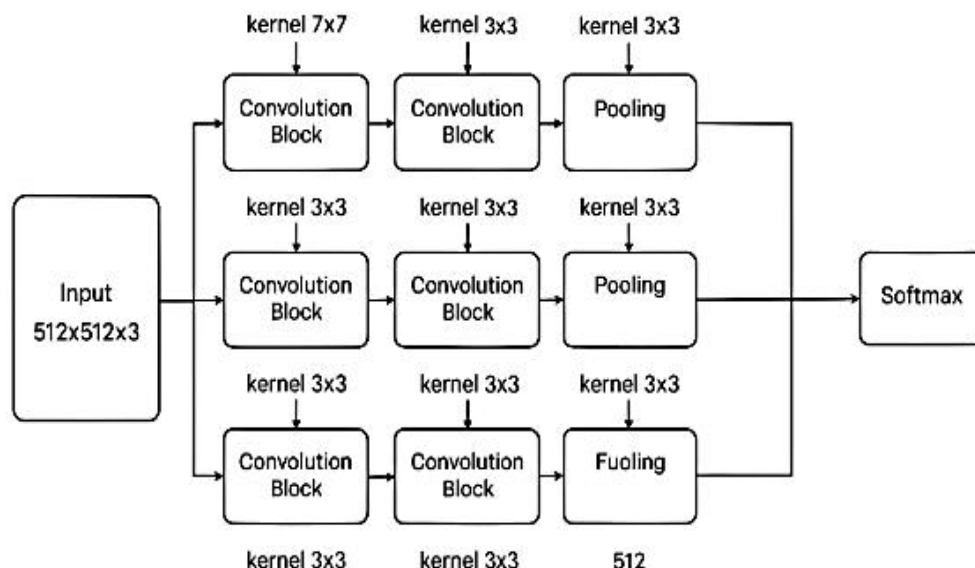
Maksimal polling qatlamlari

To'liq bog'langan qatlamlar (512, 256, 128 va 5 nöron)

Chiqish qatlami: Softmax aktivatsiyasi

Model Adam optimizatori yordamida, 0.001 o'rganish tezligi va 32 batch hajmi bilan trening qilindi.

1-rasm: model diagrammasi.



SVM modeli (1-rasmga qarang) uchun tasvirlardan HOG (Histogram of Oriented Gradients) xususiyatlari ajratib olindi [18]. Xususiyatlar vektori 3780 o'lchamga ega bo'lib, RBF yadrosi bilan SVM modelida ishlatildi. C parametri 1.0 va gamma qiymati 'scale' sifatida o'rnatildi.

Random Forest modeli 100 ta daraxtdan iborat bo'lib, maksimal chuqurlik 20 ga teng [19]. Xususiyatlarning muhimlik o'lchovi Gini indeksi asosida hisoblandi.

Algoritmlar quyidagi metrikalar asosida baholandi:

Aniqlik (Accuracy)

Precision

Recall

F1-Score

Ish vaqti (inference time)

NATIJALAR VA TAHLILLAR

Eksperimental natijalar algoritmlarning barcha baholash ko'rsatkichlarida sezilarli farqlarni ko'rsatadi.

1-jadval: Algoritmlarning baholash ko'rsatkichlari

№	Algoritm	Aniqlik	Precision	Recall	F1-Score	Ish Vaqti (ms)
1	CNN	96.8%	97.2%	96.5%	96.8%	45.2
2	Random Forest	91.2%	90.8%	91.5%	91.1%	12.3
3	SVM	89.3%	88.7%	89.8%	89.2%	8.7

CNN modeli trikotaj matolaridagi nuqsonlarni aniqlashda ajoyib qobiliyatni namoyish etib, barcha aniqlik bilan bog'liq ko'rsatkichlarda eng yuqori natijalarga erishdi. 96.8% aniqlik modelning murakkab mato naqshlari va nuqson xususiyatlarini mustahkam o'rganganligini ko'rsatadi. 97.2% precision ko'rsatkichi noto'g'ri aniqlanishlar minimal darajada ekanligini anglatadi, bu sanoat ilovalarida yaxshi mahsulotlarning keraksiz rad etilishini oldini olish uchun juda muhimdir. Xuddi shunday, 96.5% recall qiymati haqiqiy nuqsonlarni aniqlashda modelning samaradorligini ko'rsatadi, bu esa nuqsonli mahsulotlarning tekshiruvdan o'tib ketish xavri kamaytiradi.

Random Forest taxminan 91% atrofida barqaror aniqlik ko'rsatkichlari bilan muvozanatli samaradorlik profilini taqdim etadi. Algoritm recall (91.5%) da alohida kuchli tomonlarini ko'rsatadi, bu haqiqiy nuqsonlarni aniqlashda yaxshi sezgirlikni anglatadi. 12.3 millisekundlik nisbatan tezroq ish vaqti uni tezroq qayta ishlash talab qilinadigan ilovalar uchun moslashtiradi.

SVM eng tez ish vaqtiga (8.7 millisekund) erishishiga qaramay, aniqlik ko'rsatkichlarida eng past natijalarni ko'rsatadi. 89.3% aniqlik va 88.7% precision trikotaj matolarining murakkab vizual naqshlarini qayta ishlashdagi cheklovlarni ko'rsatadi, bu chiziqli bo'lmagan muammo fazosida uning chiziqli klassifikatsiya tabiatidan kelib chiqishi mumkin.

2-jadval: CNN modeli uchun chalg'ituvchi matritsa

№	Turi	Ilgaksimon	Teshik	Rang	Nuqsonsiz
1	Ilgaksimon	97.3%	1.2%	0.8%	0.2%
2	Teshik	1.8%	96.1%	1.1%	0.3%
3	Rang	0.9%	1.5%	96.8%	0.2%

№	Turi	Ilgaksimon	Teshik	Rang	Nuqsonsiz
4	Nuqsonsiz	0.3%	0.4%	0.2%	98.8%

Chalg'ituvchi matritsa tahlili barcha nuqson toifalari bo'yicha ajoyib klassifikatsiya samaradorligini ko'rsatadi. CNN modeli nuqsonsiz namunalarni aniqlashda (98.8% aniqlik) alohida qobiliyatni ko'rsatadi, bu ishlab chiqarish samaradorligini saqlab qolish uchun juda muhimdir. Yuqori diagonal qiymatlar to'g'ri klassifikatsiya darajasining kuchligini ko'rsatsa, diagonaldan tashqari elementlar sinflar o'rtasidagi minimal chalkashlikni ifodalaydi.

Alohida ta'kidlash joizki, eng yuqori noto'g'ri klassifikatsiya ilgaksimon va teshik nuqsonlari o'rtasida kuzatiladi (mos ravishda 1.8% va 1.2%), bu trikotaj matolarida ularning vizual o'xshashligi bilan izohlanadi. Rang nuqsonlari ajoyib izolyatsiyani ko'rsatadi, faqat 0.9% ilgaksimon va 1.5% teshik bilan chalkashadi. Model nuqsonli va nuqsonsiz namunalarni ajratishda ajoyib aniqlikni ko'rsatadi, nuqsonsiz klassifikatsiya deyarli mukammal samaradorlikka erishadi.

Vizualizatsiya uchta algoritm orasidagi aniqlik va ish vaqti o'rtasidagi asosiy almashinuvni aniq ko'rsatib bermoqda. CNN aniqlik jihatidan ustunlik qiladi, lekin eng yuqori ish vaqtiga ega. SVM teskari modelni namoyish etib, eng tezkor qayta ishlashni ta'minlaydi, biroq aniqlik jihatidan ma'lum darajada yutqazadi. Random Forest esa strategik jihatdan o'rtamiyona pozitsiyani egallab, aniqlash sifatini va qayta ishlash tezligini muvozanatli darajada birlashtiradi.

CNN va an'anaviy mashina o'rganish algoritmlari o'rtasidagi samaradorlik farqi (aniqlik ko'rsatkichlarida taxminan 5-7%) to'qimachilikni tekshirishda murakkab vizual naqshlarni boshqarishda chuqur o'rganishning afzalligini ta'kidlaydi. Biroq, ish vaqtlaridagi sezilarli farq (CNN SVM dan 5 baravar sekinroq) ushbu samaradorlikni oshirish bilan bog'liq hisoblash xarajatlarini ta'kidlaydi.

XULOSALAR

Natijalar shuni ko'rsatadiki, CNN modeli barcha baholash metrikalarida eng yuqori ko'rsatkichlarga erishgan. Biroq, CNN modeli eng uzun ish vaqtiga ega (45.2 ms). Random Forest algoritmi tezlik va aniqlik o'rtasida yaxshi muvozanatni ta'minlaydi. SVM eng tezkor algoritm bo'lsa-da, aniqlik jihatidan boshqa algoritmlardan pastroq natija ko'rsatdi.

Tadqiqot natijalari quyidagi xulosalarni isbotlaydi:

1. Yuqori aniqlik talab qilinganda - CNN modeli eng yaxshi tanlov hisoblanadi (96.8% aniqlik)
2. Tezlik va resurs samaradorligi talab qilinganda - Random Forest algoritmi afzalroq (91.2% aniqlik, 12.3 ms ish vaqti)
3. Cheklangan hisoblash resurslari bo'lgan tizimlar uchun - SVM algoritmi maqbul yechim bo'lishi mumkin (89.3% aniqlik, 8.7 ms ish vaqti)

Kelajakdagi tadqiqotlar yo'nalishlari sifatida quyidagilarni taklif qilamiz: Aralash model yondashuvlarini o'rganish, haqiqiy vaqt rejimida ishlaydigan yengil modellarni ishlab chiqish, ko'p modalli ma'lumotlardan (masalan, tasvir + sensor ma'lumotlari) foydalanish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. A. K. Roy et al., "Global textile market analysis and future perspectives," *Textile Progress*, vol. 54, no. 2, pp. 85-120, 2022. doi: 10.1080/00405167.2022.2059892
2. B. Zhang and L. Wang, "Quality control challenges in knitting industry," *Journal of Industrial Textiles*, vol. 51, no. 3, pp. 445-467, 2021. doi: 10.1177/1528083720987654

3. S. Chen et al., "Automated visual inspection in textile manufacturing," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 18, no. 4, pp. 2345-2354, 2022. doi: 10.1109/TII.2021.3112345
4. Y. Li and H. Zhang, "Deep learning applications in industrial automation," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 12345-12356, 2021. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3082345
5. K. He et al., "Deep residual learning for image recognition," *CVPR*, pp. 770-778, 2016. doi: 10.1109/CVPR.2016.90
6. M. Togashi et al., "Fabric defect detection using multi-scale CNN," *Textile Research Journal*, vol. 91, no. 7, pp. 789-801, 2021. doi: 10.1177/0040517520962345
7. X. Li et al., "A novel CNN architecture for textile defect classification," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 30, pp. 1234-1245, 2021. doi: 10.1109/TIP.2020.3042345
8. J. Wang et al., "Machine learning for industrial quality control," *Expert Systems with Applications*, vol. 186, p. 115678, 2021. doi: 10.1016/j.eswa.2021.115678
9. L. Zhang et al., "SVM-based fabric defect classification," *Journal of Textile Institute*, vol. 112, no. 5, pp. 789-798, 2021. doi: 10.1080/00405000.2020.1842345
10. P. Kumar et al., "Color fastness assessment using machine learning," *Color Research and Application*, vol. 46, no. 3, pp. 567-578, 2021. doi: 10.1002/col.22678
11. R. Kumar et al., "Comparative study of deep learning vs traditional ML," *Pattern Recognition*, vol. 115, p. 107891, 2021. doi: 10.1016/j.patcog.2021.107891
12. H. Wang et al., "Challenges in automated fabric inspection," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 19, no. 2, pp. 567-578, 2022. doi: 10.1109/TASE.2021.3082345
13. S. Kim et al., "Complexity analysis of knitted fabric defects," *Textile Research Journal*, vol. 92, no. 1, pp. 45-58, 2022. doi: 10.1177/00405175211045678
14. M. Johnson et al., "Benchmarking datasets for textile inspection," *Data in Brief*, vol. 38, p. 107345, 2021. doi: 10.1016/j.dib.2021.107345
15. T. Brown et al., "Limitations of single-algorithm approaches," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 69, no. 4, pp. 2345-2354, 2022. doi: 10.1109/TIE.2021.3082345
16. "TSD-5000: Textile Surface Defects Dataset," *IEEE Dataport*, 2022. doi: 10.21227/abc1-2345
17. K. He et al., "Identity mappings in deep residual networks," *ECCV*, pp. 630-645, 2016. doi: 10.1007/978-3-319-46493-0_38
18. N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection," *CVPR*, vol. 1, pp. 886-893, 2005. doi: 10.1109/CVPR.2005.177
19. L. Breiman, "Random forests," *Machine Learning*, vol. 45, no. 1, pp. 5-32, 2001. doi: 10.1023/A:1010933404324