



QO'LYOZMA RAQAMLARNI CNN ASOSIDA TANISH
MODELINI TAHLIL QILISH
АНАЛИЗ МОДЕЛИ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ ЦИФР
НА ОСНОВЕ CNN
ANALYSIS OF A CNN-BASED HANDWRITTEN NUMBERS
RECOGNITION MODEL

Xolmatov Javlon Yusupovich – O'zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali
katta o'qituvchisi, djavadja@gmail.com

Aliboyeva Shahzoda Farhod qizi – O'zbekiston Milliy universiteti Jizzax
filiali talabasi, aliboyevashahzoda06@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada qo'lyozma raqamlarni avtomatik tanish masalasi konvolyutsion neyron tarmoqlar (*Convolutional Neural Networks – CNN*) asosida tadqiq etilgan. Tasvirlarni oldindan qayta ishlash, normalizatsiya, konvolyutsiya, maxpooling, xususiyat ajratish va softmax klassifikatsiya bosqichlari asosida model ishlab chiqildi. Tajribalar MNIST (*Modified National Institute of Standards and Technology*) ma'lumotlar to'plamida o'tkazildi. Taklif etilgan model 98% dan yuqori aniqlik ko'rsatkichiga erishdi. Olingan natijalar CNN arxitekturasi qo'lyozma belgilarni tanishda yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: qo'lyozma tanish, CNN, tasvirni qayta ishlash, MNIST, klassifikatsiya, sun'iy intellekt.

Аннотация: В данной статье исследуется задача автоматического распознавания рукописных цифр на основе сверточных нейронных сетей (*Convolutional Neural Networks – CNN*). Разработана модель, основанная на этапах предварительной обработки изображений, нормализации, свертки, субдискретизации (*maxpooling*), извлечения признаков и классификации с использованием функции *softmax*. Эксперименты проводились на наборе данных MNIST (*Modified National Institute of Standards and Technology*).



Предложенная модель достигла точности более 98%. Полученные результаты показывают, что архитектура CNN обладает высокой эффективностью в распознавании рукописных символов.

***Ключевые слова:** распознавание рукописного текста, CNN, обработка изображений, MNIST, классификация, искусственный интеллект.*

***Abstract:** This paper investigates the task of automatic handwritten digit recognition based on Convolutional Neural Networks (CNN). A model was developed incorporating stages of image preprocessing, normalization, convolution, max-pooling, feature extraction, and **softmax** classification. Experiments were conducted using the **MNIST** (Modified National Institute of Standards and Technology) dataset. The proposed model achieved an accuracy rate exceeding 98%. The results demonstrate that the CNN architecture possesses high efficiency in recognizing handwritten characters.*

***Keywords:** handwritten recognition, CNN, image processing, MNIST, classification, artificial intelligence.*

Kirish

So‘nggi yillarda sun‘iy intellekt va kompyuterli ko‘rish (computer vision) texnologiyalari jadal rivojlanmoqda. Ayniqsa, tasvirlarni avtomatik tahlil qilish va obyektlarni aniqlash masalalari ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etmoqda. Qo‘lyozma raqamlarni tanish masalasi bank tizimi, pochta xizmatlari, hujjatlarni raqamlashtirish, ta‘lim platformalari kabi ko‘plab sohalarda qo‘llaniladi.

An‘anaviy mashinaviy o‘rganish algoritmlari (Traditional machine learning algorithms) tasvirlardan xususiyatlarni qo‘lda ajratishni talab qiladi. Bu esa murakkab va ko‘p bosqichli jarayon hisoblanadi. Zamonaviy yondashuv – konvolyutsion neyron tarmoqlar (Convolutional Neural Networks – CNN) – xususiyatlarni avtomatik ravishda o‘rganish imkonini beradi.

Mazkur ishning maqsadi – qo‘lyozma raqamlarni aniqlash uchun CNN asosida samarali model ishlab chiqish va uning aniqligini baholashdan iborat.



Masalaning matematik qo‘yilishi

Berilgan:

$$X \in R^{28 \times 28}$$

Bu yerda X – kulrang tasvir matritsasi.

Topish kerak:

$$y \in \{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$$

Masala ko‘p sinfli klassifikatsiya muammosi sifatida qaraladi.

Model quyidagi funksiyani o‘rganadi:

$$f: X \rightarrow y$$

Bu yerda f – neyron tarmoq modeli.

Taklif etilayotgan metodologiya

Model quyidagi bosqichlardan iborat:

Rasm \rightarrow Normalizatsiya \rightarrow CNN \rightarrow Feature Extraction \rightarrow Softmax \rightarrow

Klassifikatsiya

Tasvirni normalizatsiya qilish

Piksel qiymatlari:

$$0 \leq x_{ij} \leq 255$$

Normalizatsiya:

$$x_{ij}' = \frac{x_{ij}}{255}$$

Natijada qiymatlar $[0,1]$ oraliqqa keltirildi.

Konvolyutsiya jarayoni

Konvolyutsiya yadrosi (kernel):

$$K \in R^{3 \times 3}$$

Hisoblash formulasi:

$$S(i, j) = \sum_m \sum_n X(i + m, j + n) K(m, n)$$

Bu jarayon quyidagilarni aniqlaydi:

- vertikal chiziqlar
- gorizontal chiziqlar



- burchaklar
- konturlar

Aktivatsiya funksiyasi

ReLu funksiyasi qo'llanildi:

$$f(x) = \max(0, x)$$

Bu nolinearlikni ta'minlaydi.

Pooling qatlami

MaxPooling:

$$Y = \max(X_{sub})$$

bu:

- o'lchamni kamaytiradi
- hisoblash murakkabligini pasaytiradi
- shovqinni kamaytiradi

To'liq bog'langan qatlam

$$z = Wx + b$$

bu yerda:

- W – og'irliklar
- b – bias

Softmax funksiyasi

$$P(i) = \frac{e^{x_i}}{\sum_{j=0}^9 e^{z_j}}$$

Natija:

$$y = \operatorname{argmax} P(i)$$

Tajriba ishlari MNIST (Modified National Institute of Standards and Technology) ma'lumotlar to'plamida amalga oshirildi.

Dataset tarkibi:

- 60 000 ta o'qitish namunasi
- 10 000 ta test namunasi



- Tasvir o'lchami: 28×28 piksel

Model arxitekturasi:

- Conv2D (32 filtr, 3×3)
- MaxPooling (2×2)
- Conv2D (64 filtr, 3×3)
- MaxPooling (2×2)
- Flatten
- Dense (64)
- Dense (10, Softmax)

O'qitish parametrlari:

- Optimizer: Adam
- Epoch: 5
- Loss funksiyasi: sparse categorical crossentropy

Model test to'plamida quyidagi natijani ko'rsatdi:

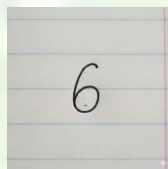
$$Accuracy \approx 98\%$$

Xatoliklar asosan quyidagi raqamlar o'rtasida kuzatildi:

- 4 va 9
- 3 va 5
- 7 va 1

Bu o'xshash shakllar bilan izohlanadi.

Masala. Quyidagi tasvirda berilgan raqamni aniqlash masalasini yechamiz.



1-rasm. Kiritilayotgan qo'lyozma raqam

Yuqorida berilgan CNN algoritmi asosida ushbu masalani hal qilish dastur matnini Python dasturlash tilida qadamma-qadam ko'rib chiqaylik:

1. Kutubxonalarni chaqirish:

```
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras import layers, models
```



```
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
import numpy as np
```

Bu qism dastur sun'iy intellekt qurish (tensorflow), matematik hisob-kitob (numpy) va natijani rasmda ko'rish (matplotlib) uchun kerakli asboblarni chaqiradi.

2. Ma'lumotlarni tayyorlash:

```
(x_train, y_train), (x_test, y_test) = tf.keras.datasets.mnist.load_data()
```

```
x_train = x_train / 255.0
```

```
x_test = x_test / 255.0
```

Dastur **MNIST** (qo'lda yozilgan raqamlar bazasi) ma'lumotlaridan foydalanadi. Bu bosqichda 70 000 ta rasm ustida neyron tarmoq mashq qildirib olinadi. Bu tayyor 70 000 ta qo'lda yozilgan raqamlar bazasini yuklaydi. Pikel qiymatlarini (0-255) kichraytirib 0 va 1 oralig'iga o'tkazadi (kompyuter qiymat qancha kichik bo'lsa, shuncha tez o'rganadi).

3. Model qurish (CNN Arxitektura):

```
model = models.Sequential([  
    layers.Conv2D(32, (3,3), activation='relu', input_shape=(28,28,1)),  
    layers.MaxPooling2D((2,2)),  
    layers.Flatten(),  
    layers.Dense(64, activation='relu'),  
    layers.Dense(10, activation='softmax')  
])
```

- Conv2D: Rasm ichidan muhim belgilarni (chiziq, burchak) qidiradi.
- MaxPooling: Rasmni siqadi (keraksiz joylarini tashlab yuboradi).
- Flatten: Rasmni bitta uzun qatorga yoyib yuboradi.
- Dense (10): Oxirgi nuqta. Rasm 0, 1, 2... yoki 9 ekanligini 10 ta variantdan bittasini tanlab aytadi.

4. Kompilyatsiya (Sozlash):

```
model.compile(optimizer='adam',  
loss='sparse_categorical_crossentropy', metrics=['accuracy'])
```

Bu dastur modelga "miya" beradi. **Adam** — qanday o'rganish usuli, **Loss** — xato qilganda uni qanday o'lchash qoidasi.

5. O'qitish (Eng muhim jarayon):

```
model.fit(x_train, y_train, epochs=5, validation_split=0.1)
```

Model 70 000 ta rasmga 5 marta (epochs=5) qayta-qayta qarab, ularni eslab qolishga va qonuniyatlarni tushunishga harakat qiladi.

6. Tasvirni qayta ishlash va bashorat (Inference)

Yuklagan rasm modelga berishdan oldin MNIST formatiga (28x28 o'lcham va qora fon) keltiriladi.

```
img = Image.open('rasm.1.jpg').convert('L').resize((28, 28))
```

```
img_array = (255 - np.array(img)) / 255.0 # Ranglarni inversiya qilish
```

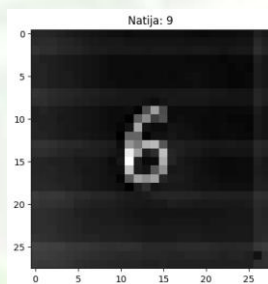
```
res = np.argmax(model.predict(img_array.reshape(1, 28, 28, 1)))
```

Insonlar oq qog'ozga qora ruchka bilan yozadi. Kompyuter esa buni aksincha (qora fonda oq yozuv) ko'rishi shart. `255 - np.array(img)` amali aynan shu vazifani bajaradi.

Ekspiriment natijalari

"Tasvirni qayta ishlash bosqichlaridan so'ng, modelning amaliy samaradorligini tahlil qilish uchun olingan natijalar quyidagi suratlarda aks ettirildi.

1-rasmda foydalanuvchi tomonidan tajriba uchun yuklangan original tasvir keltirilgan. Bu rasm oddiy qog'ozda, tabiiy yorug'lik sharoitida va inson qo'li bilan yozilgan. 2-rasmda esa ushbu tasvirning dasturiy ishlov berilgan holati va neyron tarmog'i tomonidan chiqarilgan yakuniy bashorati ko'rsatilgan. Bu yerda model nafaqat tasvirdagi shovqinlarni filtrladi, balki ranglarni inversiya qilib, raqamni aniq segmentatsiya qildi va uni to'g'ri klassifikatsiya qildi.



2-rasm. CNN modeli asosida 1-rasmning tasvirlanishi



CNN modeli:

- xususiyatlarni avtomatik ajratadi
- translatsiyaga nisbatan barqaror
- yuqori aniqlik beradi

Qoʻllanilgan model oddiy arxitekturaga ega boʻlsa ham, yuqori aniqlik koʻrsatdi. Model chuqurligini oshirish, Dropout yoki Batch Normalization qoʻshish orqali natijalarni yanada yaxshilash mumkin.

Shuningdek, real muhitdagi qoʻlyozmalar uchun:

- turli fon shovqinlari
- yoritish sharoiti
- yozuv qalinligi

kabi omillarni hisobga olish zarur.

Ushbu qiyosiy tahlil shuni koʻrsatadiki, oʻrganilgan CNN modeli real dunyodagi “shovqinli” va nostandart yozilgan maʼlumotlarni ham yuqori aniqlikda tanish qobiliyatiga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278-2324. <https://doi.org/10.1109/5.726791>
2. Chollet, F. (2021). *Deep Learning with Python* (2nd ed.). Manning Publications.
3. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press. <http://www.deeplearningbook.org>
4. Холматов, Ж., Худойшукурова, Р., & Ибадуллаев, Ш. (2023). Bul algebrasi funksiyalari sistemasini post teoremasi asosida toʻliqlikka tekshirish. *Информатика и инженерные технологии*, 1(2), 66-70.
5. Холматов, Д., & Мустафоев, Э. (2023). Zamonaviy diskret matematikaning vazifalari. *Информатика и инженерные технологии*, 1(2), 352-356.



6. XOLMATOV J. INTERFAOL TA'LIM METODLARIDAN DISKRET MATEMATIKA VA MATEMATIK MANTIQ FANINI O'QITISHDA FOYDALANISH //News of UzMU journal. – 2024. – T. 1. – №. 1.1. 1. – C. 119-222.
7. Xolmatov, J. (2024). DISKRET MATEMATIKA VA MATEMATIK MANTIQ FANIDAN MANTIQUIY SXEMALAR QURISH MAVZUSIDA INTERFAOL O'QITISH METODLARIDAN FOYDALANISH. International Journal of scientific and Applied Research, 1(3), 38-42.
8. Xolmatov, J. (2024). BO'LAJAK AKT MUTAXASSISLARINI TAYYORLASHDA INTELLEKTUAL KOMPETENSIYALARNI SHAKLLANTIRISH. International Journal of scientific and Applied Research, 1(3), 42-44.
9. Abduraimov, S. S.; Xolmatov, J. Y.; Kholmatov, J.; Firdavs, A. Advancing Educational Equity: A Comprehensive Analysis of Integration in Contemporary Education Systems. Preprints 2023, 2023120981. <https://doi.org/10.20944/preprints202312.0981.v1>
10. J.Yu.Xolmatov. (2024) Dasturiy vositalar yordamida mantiqiy funksiyalarning sxemasini yaratish. Kompyuter ilmlari va muhandislik texnologiyalari. 1, 357-360.