

9. Albarakati S., Tan C., Chen Z., Partridge J.G., Zheng G., Farrar L., et al., Anti-symmetric magnetoresistance in van der Waals Fe<sub>3</sub>GeTe<sub>2</sub>/graphite/Fe<sub>3</sub>GeTe<sub>2</sub> trilayer heterostructures, *Sci. Adv.* 5. 2019.
10. Rein M., Richter N., Parvez K., Feng X., Sachdev H., Klaui M., Mullen K. Magneto-resistance and charge transport in graphene governed by nitrogen dopants, *ACS Nano* 9 (2). 2015. 1360-1366.
11. Wang W., Wang Y., Tu L., Klein T., Feng Y., Li Q., et al., Magnetic detection of mercuric ion using giant magnetoresistance based biosensing system, *Anal.Chem.* 86. 2014. 3712-3716.
12. Luo Z., Zhang X., Xiong C., Chen J., Silicon-based current-controlled reconfig-urable magnetoresistance logic combined with non-volatile memory, *Adv.Funct. Mater.* 25 (2015) 158-166.
13. Overweg H., Eggimann H., Liu M., Varlet A., Eich M., Simonet P., et al., Oscil-lating magnetoresistance in graphene p-n Junctions at intermediate magnetic fields, *Nano Lett.* 17. 2017 2852-2857.
14. Yue Z., Levchenko I., Kumar S., Seo D., Wang X., Dou S. et al., Large networks of vertical multi-layer graphenes with morphology-tunable magnetoresistance, *Nanoscale* 5. 2013. 9283-9288.
15. Rao C.N.R., H.S.S. Ramakrishna Matte, Subrahmanyama K.S., Maitra U. Unusual magnetic properties of graphene and related materials, *Chem. Sci.* 3. 2012. –P. 45-52.
16. Gulyamov G., Majidova G. N., Mukhitdinova F.R., Suvanov A.X., *J.Optoelectron. Laser* 41, 451. 2022. 305.
17. Egiazaryan G. A. and Stafeev V. I. Magnetodiodes, Magneto-306 transistors and their Application (Radio and Communication) –Moscow: 1987.
18. Mandic I., Ravotti F., Glaser M., Sersa I., Hartert J., Franz S., Cindro V., Dolenc I., Gorisek A., Kramberger G., Mikuz M. *IEEE Trans. Nucl. Sci.* 58, 1112. 2011.
19. Pikus G.E., Principles of the Theory of Semiconductor De- vices. – Moscow: «Nauka», 1965.

**РЕЗЮМЕ.** Магнит майдоннинг вольт-ампер характеристикасининг ноидеаллик коэффицентига таъсири ҳисоблаб чиқилган. Магнодиодага инжекция натижасида мувозанатсиз заряд ташувчиларнинг пайдо бўлиши потенциал тўсик баландлигининг ошишига ва заряд ташувчилар концентрациясининг пасайишига олиб келиши аниқланди. Бу диод орқали ўтадиган токни пасайтиради, асосий қаршиликни оширади ва диоднинг вольт-ампер характеристикасининг ноидеаллик коэффицентининг ўзгаришига олиб келади.

**РЕЗЮМЕ.** Проведён расчёт влияния магнитного поля на коэффициенте неидеальности вольт-ампер характеристики. Установлено что, в результате инжекции в магнитодиоде образования неравновесных носителей заряда приводит к увеличению высоты потенциального барьера и уменьшению концентрации носителей заряда. Это уменьшает ток проходящий через диод, увеличивает сопротивление базы и приводит изменению коэффициента неидеальности ВАХ диода.

**SUMMARY.** The influence of the magnetic field was calculated on the nonideality coefficient of the current-voltage characteristic. It has been established that, as a result of injection into the magnetodiode, the formation of nonequilibrium charge carriers leads to an increase in the height of the potential barrier and a decrease in the concentration of charge carriers. This reduces the current passing through the diode, increases the base resistance and leads to a change in the non-ideality coefficient of the diode's current-voltage characteristic.

## PYTHON DASTURLASH TILIDA RAQAMLI TASVIRLARNI QAYTA ISHLASH KUTUBXONALARI

**A.A.Medatov** – *pedagogika fanlari nomzodi*

*Zahiriddin Muhammad Bobur nomidagi Andijon davlat universiteti*

**M.M.Abdualiyev** – *talaba*

*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti*

**Tayanch soʻzlar:** OCR, kutubxona, OpenCV, Pytesseract, EasyOCR, Keras, Pillow (PIL), NumPy, raqamli tasvir, skanerlangan hujjat, kompyuterli koʻrish, mashinani oʻqitish, model, neyron toʻrlari, CNN, RNN, GitHub.

**Ключевые слова:** OCR, библиотека, OpenCV, Pytesseract, EasyOCR, Keras, Pillow (PIL), NumPy, цифровое изображение, отсканированный документ, компьютерное зрение, машинное обучение, модель, нейронные сети, CNN, RNN, GitHub.

**Key words:** OCR, library, OpenCV, Pytesseract, EasyOCR, Keras, Pillow (PIL), NumPy, digital image, scanned document, computer vision, machine learning, model, neural networks, CNN, RNN, GitHub.

Raqamli tasvirlar va videolar hayotimizning ajralmas qismiga aylandi. Biz turli xildagi suratga olish qurilmalari yordamida suratga olish va turli formatlarda saqlab qoʻyamiz. Hujjatlarni skanerlab elektron holiga oʻtkazamiz, xavfsizlikni taʼminlash maqsadida kameralaridan foydalanamiz va boshqalar.

Hozirgi vaqtda raqamli tasvirlardagi matnlarni tanib olishda OCR (Optical Character Recognition – Matnlarni optik tanib olish) texnologiyasi keng qoʻllaniladi. OCR – raqamli tasvirlardagi matni kompyuter tushunadigan matnli formatga oʻtkazish jarayonidir.

OCR ning zarurati tashkilotlar orasidagi munosabat qogʻozga tushirilgan turli koʻrinishdagi blankalar, hisobotlar, skanerlangan kontraktlar, yuridik hujjatlar orqali amalga oshiriladi. Matn muxarrirlarida bunday hujjatlarni qayta ishlash imkoniyati mavjud boʻlmaganligi uchun ularni qayta ishlashda oʻziga xos qiyinchiliklarga duch kelinadi. OCR texnologiyalari raqamli tasvirlardagi matnli matn fayllariga aylantirib beradi. Keyinchalik ushbu maʼlumotlarni qayta ishlash, tahlil qilish imkoniyati yaratiladi.

Ushbu texnologiyaning bir qator kutubxonalari boʻlib, ular asosan tasvirlardagi matnlarni tanib olish uchun xizmat qiladi [2,4].

Bunday kutubxonalarning tarkibiga OpenCV, Tesseract, EasyOCR, Keras kutubxonalari va shu kutubxonalar bilan birgalikda qoʻllaniladigan Pillow (PIL) va NumPy kutubxonalari kiritish mumkin. Ushbu kutubxonalar turli

operatsion tizimlarni qoʻlab quvvatlaydi va turli dasturlash tillari uchun maxsus paketlari mavjud.

### 1. Open CV

**Opencv** (Open Source Computer Vision Library) - tasvirlar, videolar qayta ishlashga moʻljallangan va koʻplab funksiyalariga ega boʻlgan ochiq kodli kompyuterli koʻrish kutubxonadir. OpenCV juda kata hajmdai funksiyalarga ega boʻlib, ular yordamida turli koʻrinishdagi tasvirlarni, jumladan tibbiy tasvirlarni aniqlash va qayta ishlash, obʼyektlarni va yuzlarni aniqlash, harakatlanuvchi obʼektlarni kuzatish, robototexnika va avtomatlashtirish sohasidagi vazifalar amalga oshiriladi.

OpenCV minglab funksiyalari boʻlib, ularning sonini aniq aytish qiyin. Chunki kutubxona funksiyalari va algoritmlari doimiy ravishda yangilanib yangi xususiyatlari bilan kengaytirib borilmoqda [1, 5].

Kutubxonaning funksiyalaridan Windows, Linux, Android, mac operatsion tizimlarida foydalanish imkoniyati mavjud. Shuningdek, OpenCV Python, C++, Java dasturlash tillarida ham foydalanib kelinadi. OpenCV texnologiyalaridan dunyoning yetakchi Google, IBM, Microsoft, Toyota va Intel kabi kompaniyalari foydalanib kelishadi.

OpenCV koʻplab sohalarni qamrab olgan koʻp qirrali kompyuterli koʻrish kutubxonasidir.

OpenCV yoramida quyidagi masalalarni hal qilish mumkin:

1. Tasvirlarni yuklash, saqlash va chaqirish.
2. Tasvirlarni qayta ishlash: o'lovini o'zgartirish, biror burchakga burish, qirib olish, filtrlash va boshq.
3. Rasmdagi ob'ektlarni tanish va aniqlash.
4. Tasvirlarda yuzni aniqlash va yuzdagi hissiyotlarni aniqlash.
5. Videodagi harakatlanuvchi ob'ektlarni kuzatish
6. Kamerani kalibrlash va joriy vaqtda kameralar bilan ishlash.

Masalan, OpenCV da tasvirlarni yuklash va oynaga chiqarish uchun quyidagi qisqa dastur kodini ko'rishimiz mumkin. Masalan:

```
import cv2
# Tasvirni yuklash
rasm = cv2.imread('photo.jpg')
# Tasvirni oynaga chiqarish
cv2.imshow('Rasm', rasm)
cv2.waitKey(0)
cv2.destroyAllWindows()
OpenCV Python'da tasvir va videolar bilan ishlashga mo'ljallangan kuchli vosita bo'lib, kompyuterli ko'rish, mashinani o'qitish, robototexnika va boshqa sohalarida foydalanish imkonini beradi.
```

## 2. Pytesseract.

**pytesseract** - Tesseract OCR (Optik belgilarni aniqlash) texnologiyasi yordamida tasvirlardagi matnni tanib olishga mo'ljallangan Python kutubxonasidir [

Pytesseract yordamida rasmlar, skanerlangan hujjatlar, skrinshotlar va boshqa manbalardagi matnlar osongina matn ko'rinishiga o'tkaziladi. Kutubxona oddiy interfeysni taqdim etadi va matnni aniqlash parametrlarini sozlash imkonini qo'llaydi. Masalan:

```
import pytesseract
from PIL import Image
# Rasm faylini ochish
rasm = Image.open('photo.jpg')
# Tasvirdagi matnni tanish
matn = pytesseract.image_to_string(rasm)
# Matnni oynaga chiqarish
print(matn)
```

Pytesseract rasmlardan matnni tanib olish va uni Python loyihalarida qayta ishlash jarayonini avtomatlashtirish uchun qulay imkoniyat yaratadi.

## 3. EasyOCR

**easyocr** - Python kutubxonasi bo'lib, tasvirdagi matnlarni tanib olishda oldindan tayyorlangan modellardan foydalanish uchun mo'ljallangan. U neyron to'rlariga asoslangan va bir nechta tillar, jumladan, o'zbek, ingliz, xitoy, ispan, frantsuz va boshqalar bilan ishlashga mo'ljallangan.

Python'da easyocrdan foydalanish uchun uni **pip install easyocr** buyrug'i yordamida o'rnatish kerak bo'ladi. Kutubxona o'rnatilganidan so'ng sinf ob'yektini yaratish uchun **easyocr** modulining Reader sinfi import qilinadi. Shuningdek, matnlarni tanib olishda boshqa tillarni ham ko'rsatish mumkin.

```
import easyocr
# Lotin alifbosi asosidagi o'zbek tili uchun Reader sinfi
nuxxasi reader = easyocr.Reader(['en'])
# 'example.png' rasm faylidagi matnni Reader sinfi
nuxxasining readtext() metodiga uzatish
```

```
result = reader.readtext('example.png') # 'example.png'
tasvirdagi matnni tanish
```

# Natija kortej ro'yxati bo'lib, ularning har biri tanib olingan matn haqida ma'lumot beradi  
for detection in result:

```
print(detection[1]) # Matnni oynaga chiqaramiz
EasyOCR turli tillar bilan ishlashga mo'ljallangan bo'lib, uning aniqliligi rasmning sifatiga, shriftiga va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi
```

## 4. Pillow.

Pillow (PIL) - Turli formatlardagi tasvirlarni ochish, tahrirlash, burish va saqlash uchun oddiy vositalarni taqdim etuvchi eng ko'zga ko'ringan Python kutubxonasidir.

Pillovdan foydalanish uchun uni **pip install pillow** buyrug'i yordamida o'rnatish kerak bo'ladi, so'ngra rasm fayli bilan turli amallarni bajarishimiz mumkin bo'ladi. Masalan rasmni 45 gradusga burish uchun rotate funksiyasidan foydalanamiz va hosil bo'lgan rasmni

```
from PIL import Image
image = Image.open("rasm.jpg")
rasm_burish = image.rotate(45)
rasm_burish.save("burilgan_rasm.jpg")
```

Pillow kutubxonasi odatda PIL kabi import qilinadi.

**5. Keras** - Keras TensorFlow 2.0 kutubxonasining bir qismi bo'lib, chuqur o'rganish modellarini ishlab chiqish uchun eng mashhur vositalardan biridir. Keras - bu Python dasturlash tilida neyron tarmoqlarni qurish va o'rgatish uchun yuqori darajadagi API (Application Programming Interface) dir. U konvolyutsion neyron tarmoqlari (CNN), rekursiv neyron tarmoqlari (RNN) va ko'p qatlamli perseptronlar (MLP) kabi turli turdagi neyron tarmoqlarni yaratish uchun oddiy interfeysni taqdim etadi. [3:274-303]

Keras yordamida matnni aniqlash uchun kod va tayyor yechimlar misollarini GitHub ombori yoki ilmiy maqolalar kabi ochiq manbalarda topish mumkin. Shuningdek, chuqur o'rganish modellarini yaratish va o'qitish bo'yicha batafsil ma'lumot olish uchun Keras hujjatlarini ko'rib chiqish tavsiya etiladi.

Shu bilan birga raqamli tasvirlardagi matnlarni tanib olish va qayta ishlashda boshqa bir qator Python kutubxonalar bo'lib, ular bevosita yuqorida ko'rsatilgan kutubxonalar bilan birgalikda ishlatiladi. Bular qatoriga NumPy kutubxonasini kiritish mumkin.

NumPy - ko'p o'lovli massivlar, matritsalar bilan ishlashga mo'ljallangan Python kutubxonasi bo'lib, uning to'liq nomi Numerical Python extensions - raqamli Python kengaytmalari deb ataladi. NumPy ning eng kata yutuqlaridan biri uning boshqa kutubxonalar bilan integrallashuvidadir. Undan ilmiy hisoblashlar (matematika, fizika, kimyo, biologiya va boshq.) da, ma'lumotlar bazalari bilan ishlashda, mashinani o'qirish, ma'lumotlarni tanish (raqami tasvirlar, videolar) sohalarida foydalanish imkoniyatlari berilgan.

Kutubxona tasvirni qayta ishlash uchun ham keng qo'llaniladi.

Ushbu kutubxonalar Python yordamida tasvirlardagi matnlarni aniqlash, tasvir va matnni qayta ishlash bilan bog'liq turli ilovalarda foydalanish imkonini beradi.

## Adabiyotlar

1. Глория Буэно Гарсия и др. Обработка изображений с помощью OpenCV/ пер. с англ. Слинкин А. А. - М.: ДМК Пресс, 2016. -С. 210
2. Качалин В.С., Панов Ю.Н., Попов Н.-Л.Э. Сравнительный анализ различных систем оптического распознавания символов при работе с текстом, написанным с помощью кириллического алфавита. - Ж.: Современные наукоемкие технологии № 8, 2022. -С. 65-70.
3. Коул Анирад, Ганджу Сиддха, Казам Мехер. Искусственный интеллект и компьютерное зрение. Реальные проекты на Python, Keras и TensorFlow. - СПб.: -Питер: 2023. -С. 624.
4. Койнова Т. А. Алгоритмы распознавания символов // Молодой ученый. 2022. № 18 (413). -С. 73-76.
5. Молодяков С.А. Применение функций OpenCV в компьютерном зрении (60 примеров на Python). - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2022. -С. 296.

**REZYUME.** Ushbu maqolada raqamli tasvirlardagi matnlarni tanib olishda OCR texnologiyalarining imkoniyatlari ko'rsatib o'tilgan. Python dasturlash tilining Open CV, Pytesseract, EasyOCR, Pillow kutubxonalari yordamida tasvirdagi matnlarni tanib olish usullari ko'rsatib o'tilgan.

**РЕЗЮМЕ.** В данной статье показаны возможности технологий OCR в распознавании текстов на цифровых изображениях. Показаны способы распознавания текстов на изображении с помощью библиотек Open CV, Pytesseract, EasyOCR, Pillow языка программирования Python.

**SUMMARY.** This article shows the capabilities of OCR technologies in recognizing texts on digital images. Methods for recognizing text in an image using the Open CV, Pytesseract, EasyOCR, and Pillow libraries of the Python programming language are shown.

## ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА К КРАЕВЫМ ЗАДАЧАМ ДЛЯ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ТИПА ВОЛЬТЕРРА

О.Д.Нуржанов – кандидат физико-математических наук, доцент

А.Б.Абутова – магистрант

Каракалпакский государственный университет имени Бердаха

**Таянч сўзлар:** сонли-аналитик усул, чегаравий масала, Вольтерра типидagi интегро-дифференциал тенгламалар, Коши-Николетти типидagi чегаравий шартлар.

**Ключевые слова:** численно-аналитический метод, краевая задача, интегро-дифференциальные уравнения типа Вольтерра, краевые условия типа Коши-Николетти.

**Key words:** numerical-analytic method, boundary value problem, integro-differential equations of Volterra type, boundary conditions of Cauchy-Nicoletti type.

Численно-аналитический метод последовательных приближений А.М.Самойленко [1] эффективно применяется при исследовании краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений, а также различных классов интегро-дифференциальных уравнений [2, 3]. При рассмотрении краевых задач с линейными краевыми условиями возникают некоторые трудности применения этого метода из-за вырожденности матриц, фугирующих в этих условиях. Идея их преодоления содержится в работах [4, 5], посвященных исследованию решений краевых задач при помощи параметризации граничных условий.

В данной работе с помощью параметризации исследуем двухточечную краевую задачу типа Коши-Николетти для нелинейных интегро-дифференциальных уравнений типа Вольтерра.

Рассмотрим систему нелинейных интегро-дифференциальных уравнений

$$\frac{dx}{dt} = f \left( t, x, \int_0^t \varphi(t, s, x(s)) ds \right) \quad (1)$$

с разделенными краевыми условиями типа Коши-Николетти

$$\begin{aligned} x_1(0) &= x_{10}, \\ x_2(0) &= x_{20}, \\ x_3(T) &= x_{3T}, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $x = \text{col}(x_1, x_2, x_3)$ ; вектор-функции

$f(t, x, y) = (f_1, f_2, f_3)$  и  $\varphi(t, s, x) = (\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3)$  определены и непрерывны в области

$$(t, s) \in [0, T] \times [0, T], \quad x \in D, \quad y = (y_1, y_2, y_3) \in D_1, \quad (3)$$

$D$  и  $D_1$  - замкнутые ограниченные области  $R^3$ .

Краевые условия (2) можно записать в матричном виде

$$Ax(0) + C_1x(T) = d, \quad (4)$$

где

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad C_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad d = \begin{pmatrix} x_{10} \\ x_{20} \\ x_{3T} \end{pmatrix}.$$

Поскольку матрица  $C_1$  в краевом условии (4) является вырожденным, то непосредственно применить известных схем численно-аналитического метода [1] невозможно или возможно трудности вычислительного характера. Поэтому, для того чтобы обойти вырожден-

ность матрицы  $C_1$ , заменим значение первых двух компонент решения краевой задачи (1), (4) в точке  $T$  параметрами  $\lambda_1, \lambda_2$ :

$$x_1(T) = \lambda_1, \quad x_2(T) = \lambda_2. \quad (5)$$

С учетом равенства (5), краевые условия (4) записываются в виде

$$Ax(0) + Cx(T) = d(\lambda) = \text{col}(x_{10} + \lambda_1, x_{20} + \lambda_2, x_{3T}), \quad (6)$$

где

$$C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = E, \quad \lambda = \text{col}(\lambda_1, \lambda_2).$$

Таким образом, краевая задача типа Коши-Николетти вида (1), (2) приводилась к эквивалентной двухточечной краевой задаче (1), (6) с условиями (5), причем  $\det C \neq 0$ .

Для исследования полученной краевой задачи (1), (6) можно применить соответствующую модификацию численно-аналитического метода последовательных приближений.

Пусть для краевой задачи (1), (2) выполняются следующие условия:

1) вектор-функции  $f(t, x, y) = (f_1, f_2, f_3)$  и  $\varphi(t, s, x) = (\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3)$  определены и непрерывны в области (3) и для них выполняются следующие неравенства:

$$|f(t, x, y)| \leq M,$$

$$|f(t, x, y) - f(t, \bar{x}, \bar{y})| \leq K_1|x - \bar{x}| + K_2|y - \bar{y}|, \quad (7)$$

$$|\varphi(t, s, x) - \varphi(t, s, \bar{x})| \leq K_3|x - \bar{x}|$$

для всех  $t \in [0, T], s \in [0, T], x, \bar{x} \in D, y, \bar{y} \in D_1$ , где

$M = (M_1, M_2, M_3), M_i > 0, i = 1, 2, 3; \quad K_l = \{K_{ij}^{(l)}\}_{i,j=1}^3, \quad l = 1, 2, 3 - (3 \times 3)$ -мерные постоянные матрицы с неотрицательными элементами;  $|f| = \text{col}(|f_1|, |f_2|, |f_3|)$ ;

2) множество

$$D_\beta = \{z \in D : B(z, \beta(z, \lambda)) \subset D, \quad \forall \lambda \in I_1 \times I_2\}$$

является невырожденным, т.е.

$$D_\beta \neq \emptyset, \quad (8)$$