



УКРАЇНА

(19) **UA**  
(51) МПК

(11) **152839**

(13) **U**

**G01B 11/24** (2006.01)

**G06V 10/22** (2022.01)

**G06N 3/02** (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ  
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

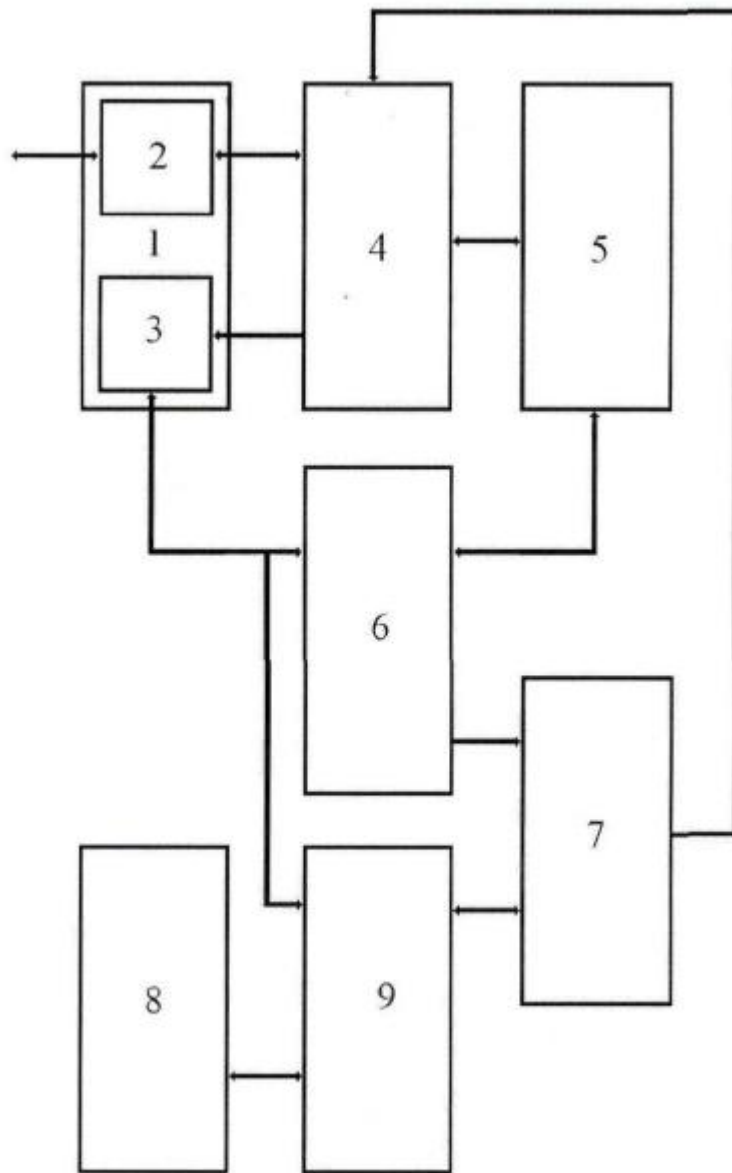
(21) Номер заявки: <b>u 2022 01264</b>	(72) Винахідник(и): <b>Книш Богдан Петрович (UA), Кулик Ярослав Анатолійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>14.04.2022</b>	(73) Володілець (володільці): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>20.04.2023</b>	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>19.04.2023, Бюл.№ 16</b>	

## (54) ПРИСТРІЙ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

### (57) Реферат:

Пристрій сегментації зображень з використанням згорткової нейронної мережі містить з'єднані між собою блок обробки даних, який складається з блока прийому та передачі даних і блока зберігання даних, пристрій навчання згорткової нейронної мережі, який взаємопов'язаний з блоком зберігання даних та з базою зображень. Додатково в пристрій введено підсистему сегментації зображень, яка взаємопов'язана з блоком прийому та передачі даних і з базою зображень, а також пов'язана з блоком зберігання даних, пристрій донавчання згорткової нейронної мережі взаємопов'язаний з блоком зберігання даних, базу зображень для донавчання, яка взаємопов'язана з пристроєм донавчання згорткової нейронної мережі, блок оцінки згорткової нейронної мережі, який взаємопов'язаний з пристроєм навчання згорткової нейронної мережі та з пристроєм донавчання згорткової нейронної мережі і пов'язаний з підсистемою сегментації зображень.

UA 152839 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до області вимірювальної техніки і може бути використана для попередньої обробки відеозображень в автоматизованих вимірювальних системах.

5 Як аналог вибрано пристрій сегментації цифрових кольорових відеозображень, який описується в [Патент України № 81029, МПК G01B 11/24, опубл. 26.11.2007], який містить пристрій формування цифрових відеозображень, який з'єднаний з електронно-обчислювальною машиною (ЕОМ), що складається з інтерфейсу передачі цифрових даних, пам'яті, центрального процесора та монітора.

10 Недоліком такого пристрою є низька точність сегментації зображення, оскільки нейронна мережа Кохонена, яка використовується пристроєм, за рахунок простої архітектури є неефективною.

15 Як найближчий аналог вибрано пристрій розпізнавання товарів на зображеннях, який описується в [Патент Російської федерації № 2708504, МПК G06Q 30/00, опубл. 09.12.2019], який містить з'єднані між собою блок обробки даних, який складається з блока прийому та передачі даних і блока зберігання даних, підсистему розпізнавання зображень, яка взаємопов'язана з блоком прийому та передачі даних і з базою зображень, а також пов'язана з блоком зберігання даних, і пристрій навчання згорткової нейронної мережі, який взаємопов'язаний з блоком зберігання даних та з базою зображень, а також пов'язаний з підсистемою розпізнавання зображень.

20 Недоліком найближчого аналога є недостатня точність сегментації зображення на реальних цифрових кольорових відеозображеннях, які в автоматизованій вимірювальній системі містять шуми та інші завади, і, як наслідок, низька точність визначення геометричних характеристик об'єктів відеозображення.

25 В основу корисної моделі поставлена задача створення пристрою, в якому за рахунок вдосконалення архітектури згорткової нейронної мережі для сегментації зображень та вибору параметрів навчання цієї мережі забезпечується підвищення точності сегментації реальних цифрових кольорових зображень.

30 Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій сегментації зображень з використанням згорткової нейронної мережі, який містить з'єднані між собою блок обробки даних, який складається з блока прийому та передачі даних і блока зберігання даних, пристрій навчання згорткової нейронної мережі, який взаємопов'язаний з блоком зберігання даних та з базою зображень, згідно з корисною моделлю, введено підсистему сегментації зображень, яка взаємопов'язана з блоком прийому та передачі даних і з базою зображень, а також пов'язана з блоком зберігання даних, пристрій донавчання згорткової нейронної мережі, який взаємопов'язаний з блоком зберігання даних, базу зображень для донавчання, яка 35 взаємопов'язана з пристроєм донавчання згорткової нейронної мережі, блок оцінки згорткової нейронної мережі, який взаємопов'язаний з пристроєм навчання згорткової нейронної мережі та з пристроєм донавчання згорткової нейронної мережі і пов'язаний з підсистемою сегментації зображень.

40 Пристрій пояснюється фігурами: фіг. 1 - структурна схема пристрою сегментації зображень з використанням згорткової нейронної мережі; фіг. 2 - графік перевірки ефективності моделі Voc-3; фіг. 3 - графік перевірки ефективності моделі Drone-1; фіг. 4 - сегментація зображення, отриманого з відеокамери для моделі Drone-1, де виділено 2 області: ■ - "земля", ■■■ - "небо".

45 Пристрій (фіг. 1) містить: 1 - блок обробки даних, 2 - блок прийому та передачі даних, 3 - блок зберігання даних, 4 - підсистему сегментації зображень, 5 - базу зображень, 6 - пристрій навчання згорткової нейронної мережі, 7 - блок оцінки згорткової нейронної мережі, 8 - базу зображень для донавчання, 9 - пристрій донавчання згорткової нейронної мережі.

Запропонований пристрій сегментації зображень з використанням згорткової нейронної мережі працює таким чином.

50 Реалізація навчання згорткової нейронної мережі відбувається в пристрої навчання згорткової нейронної мережі 6 та визначається особливостями сегментації зображень з бази зображень 5.

55 Оцінка ефективності навчання згорткової нейронної мережі в пристрої навчання згорткової нейронної мережі 6 здійснюється в блоці оцінки згорткової нейронної мережі 7 на основі оптимальних параметрів згорткової нейронної мережі. Цими параметрами є тривалість навчання (число епох), алгоритм оптимізації (адаптивна миттєва оцінка (Adam), стохастичний градієнтний спуск (SGD), вид зміни швидкості навчання, коефіцієнт гамма, швидкість навчання (величина кроку). Комбінації параметрів в процесі навчання в пристрої навчання згорткової нейронної мережі 6 чотирьох моделей зведено у Таблицю.

Комбінації параметрів в процесі навчання

Модель	Тривалість навчання (число епох)	Алгоритм оптимізації	Базується на моделі	Вид зміни швидкості навчання, коефіцієнт $\gamma$	Швидкість Навчання (крок навчання)
Voc-1	25	Adam	FCN-AlexNet	Експоненційний, 0,99	0,0001
Voc-2	30	SGD	FCN-AlexNet	Експоненційний, 0,95	0,0001
Voc-3	50	SGD	FCN-AlexNet	Ступінчастий (розмір кроку = 3), 0,1	0,0001
Voc-4	50	SGD	FCN-AlexNet	Експоненційний 0,97	0,00001

З чотирьох моделей блок оцінки згорткової нейронної мережі 7 оцінив як найефективнішу модель Voc-3, графік перевірки ефективності якої наведено на фіг. 2, з якого видно, що на навчальній вибірці зі збільшенням кількості етапів навчання (епох) похибка зменшується у абсолютному значенні з 3 до 0,6-0,2, а після 10-ї епохи стабілізується в діапазоні 0,4-0,2.

Точність на перевіірочній вибірці досягає 78 % і плавно збільшується після першої епохи до значення 83 % при швидкості навчання 0,0001 на основі SGD при ступінчастому способі зміни швидкості навчання.

Блоком оцінки згорткової нейронної мережі 7 встановлено, що в моделі Voc-3 найменший перепад ефективності, тому її використовують як основу для навчання нової моделі Drone-1 в пристрої донавчання загорткової нейронної мережі 9 на основі зображень з блока зображень для донавчання 8, який містить реальні цифрові кольорові зображення. В процесі донавчання в пристрої донавчання згорткової нейронної мережі 9 використовують значення параметрів: швидкість навчання - 0,0001; тривалість навчання (число епох) - 50; алгоритм оптимізації - SGD; вид зміни швидкості навчання - ступінчастий; коефіцієнт  $\gamma$ -0,1; попередньо навчена модель - повнозв'язна згорткова нейромережа FCN-AlexNet.

Після навчання моделі Drone-1 в пристрої донавчання згорткової нейронної мережі 9 блок оцінки згорткової нейронної мережі 7 оцінив її, графік перевірки ефективності якої наведено на фіг. 3, з якого видно, що похибка в абсолютному значенні для навчальної вибірки зображень стає близькою до 0 після першої епохи навчання, крім епізодичних випадків на певних навчальних епохах. На перевіірочній вибірці зображень похибка після першої епохи теж стає близькою до 0, а точність роботи моделі стає близькою до 100 % і практично не змінюється. Після завершення 30-ї епохи значення точності складає 99 %.

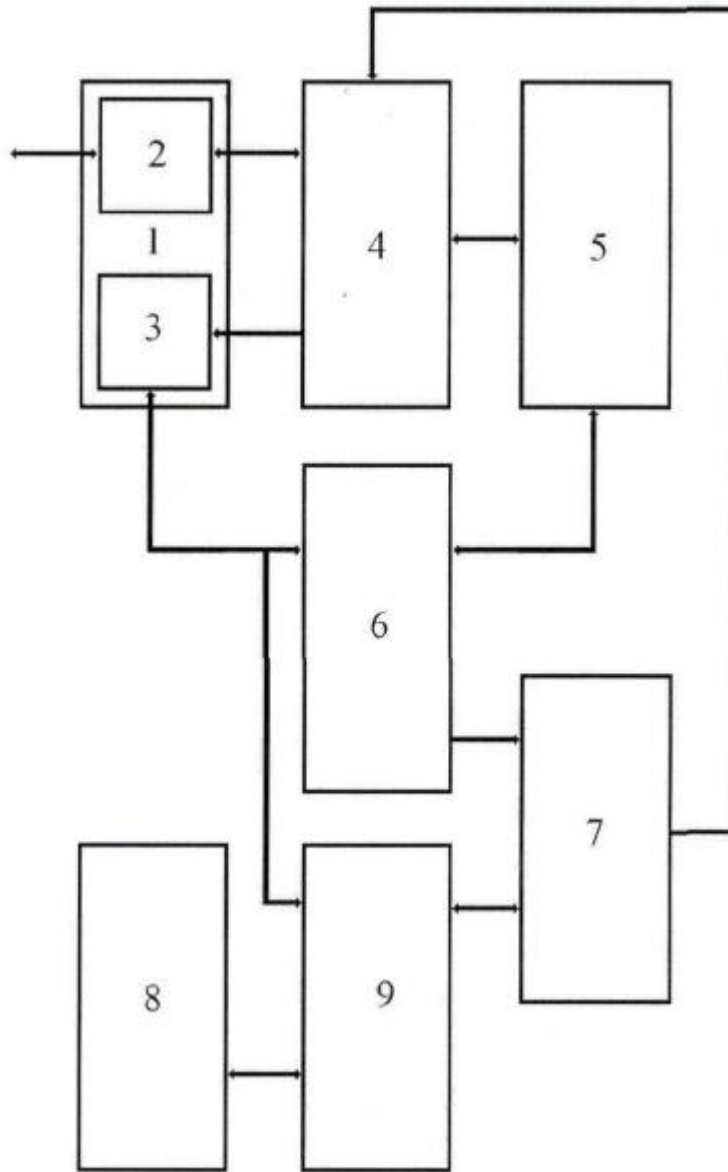
Сформована згорткова нейронна мережа Drone-1 надходить на підсистему сегментації зображень 4, яка здійснює безпосередню сегментацію зображень, як на фіг. 4, де показано сегментацію зображення, отриманого з відеокамери, де виділено 2 області: ■ - "земля", ■■■ - "небо", використовуючи блок обробки даних 1, який містить блок прийому та передачі даних 2, на який надходять зображення для сегментації, і блок зберігання даних 3, де зберігаються всі дані про сегментацію зображень і параметри та результати навчання згорткових нейронних мереж.

Запропонований пристрій сегментації зображень з використанням згорткової нейронної мережі дозволяє за рахунок вдосконалення архітектури згорткової нейронної мережі та вибору параметрів навчання цієї мережі забезпечити підвищення точності сегментації реальних цифрових кольорових зображень.

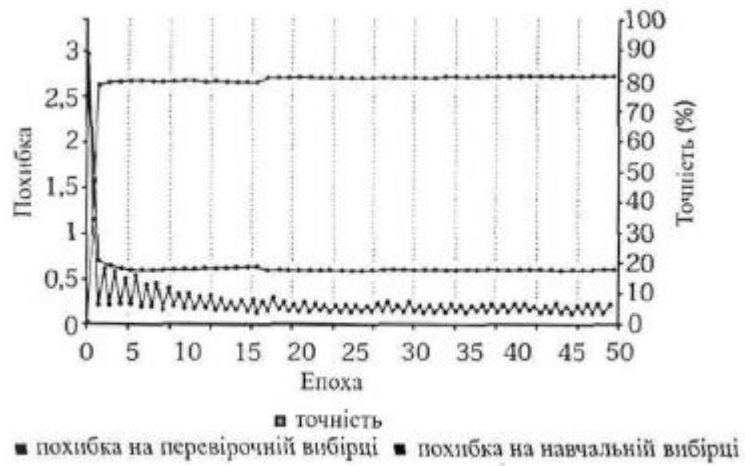
#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій сегментації зображень з використанням згорткової нейронної мережі, що містить з'єднані між собою блок обробки даних, який складається з блока прийому та передачі даних і блока зберігання даних, пристрій навчання згорткової нейронної мережі, який взаємопов'язаний з блоком зберігання даних та з базою зображень, який **відрізняється** тим, що в нього введено

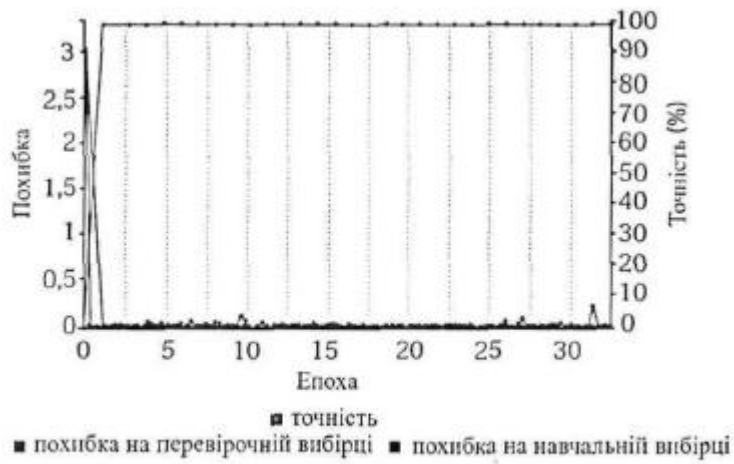
- 5 підсистему сегментації зображень, яка взаємопов'язана з блоком прийому та передачі даних і з базою зображень, а також пов'язана з блоком зберігання даних, пристрій донавчання згорткової нейронної мережі взаємопов'язаний з блоком зберігання даних, базу зображень для донавчання, яка взаємопов'язана з пристроєм донавчання згорткової нейронної мережі, блок оцінки згорткової нейронної мережі, який взаємопов'язаний з пристроєм навчання згорткової нейронної мережі та з пристроєм донавчання згорткової нейронної мережі і пов'язаний з підсистемою сегментації зображень.



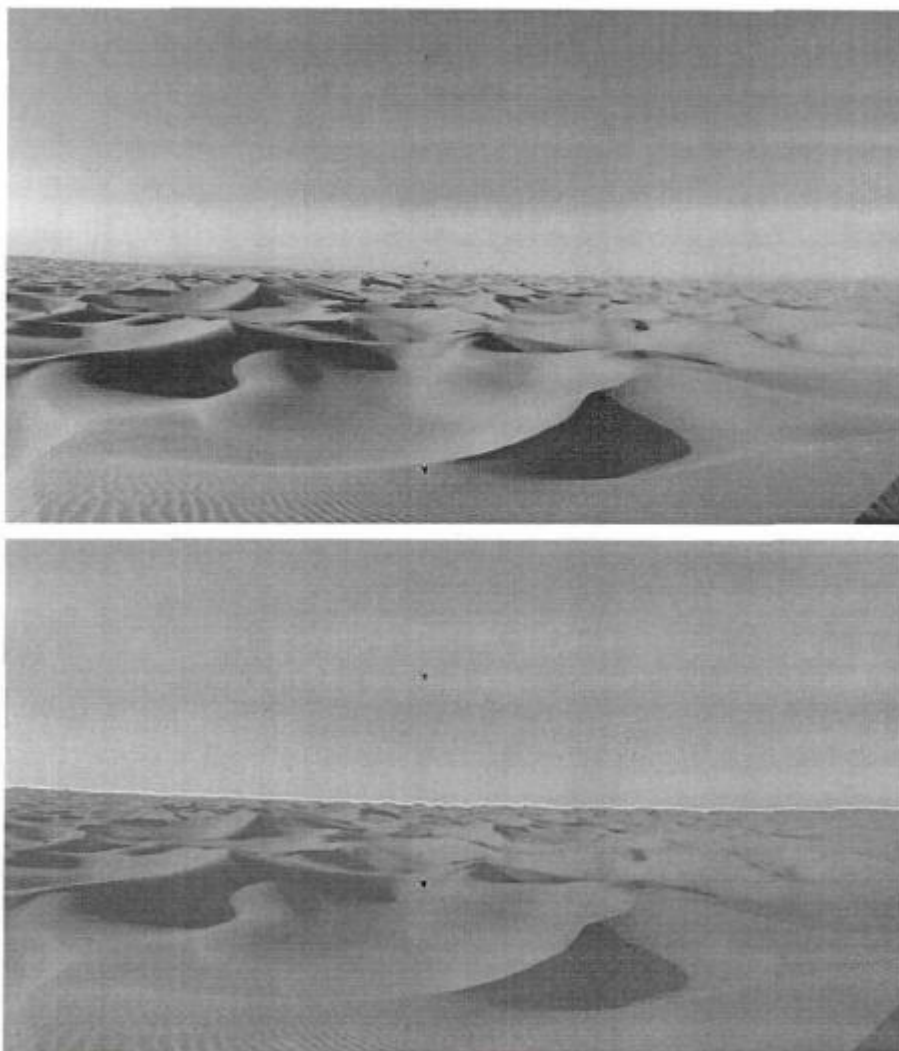
Фіг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



**Фіг. 4**