



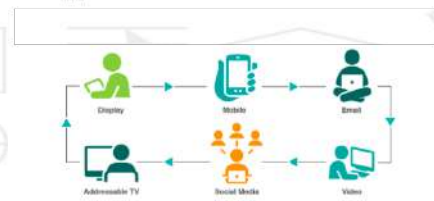
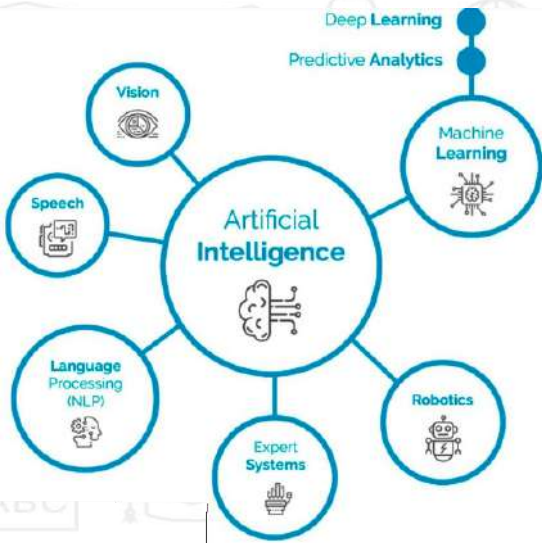
**Мониторинг азотного статуса культурных растений** **2024**  
**по мультиспектральным изображениям БПЛА**  
**с помощью методов искусственного интеллекта**

И.С. Блеканов, А.Е. Молин,  
О.А. Митрофанова, Е.П. Митрофанов



# АКТУАЛЬНОСТЬ

- Эффективное управление растениеводством и питанием растений
- Интеграция AI и IoT в сельское хозяйство
- Увеличение количества и качества урожая
- Снижение вреда окружающей среде и здоровью человека
- Экономия ресурсов



- Продовольственная безопасность
- Изменение климата, экология





## ОСНОВНЫЕ ИДЕИ

- Н1: Технологии БЛА могут быть эффективно применены для сбора разнообразных данных и мониторинга азотного статуса растений
- Н2: Мультиспектральный анализ полезен для получения дополнительной информации о состоянии посевов
- Н3: Алгоритмы сегментации изображений с глубоким обучением могут быть применены в точном земледелии для мониторинга азотного статуса растений
- Н4: Алгоритмы глубокого обучения обладают высокой точностью мониторинга азотного статуса растений

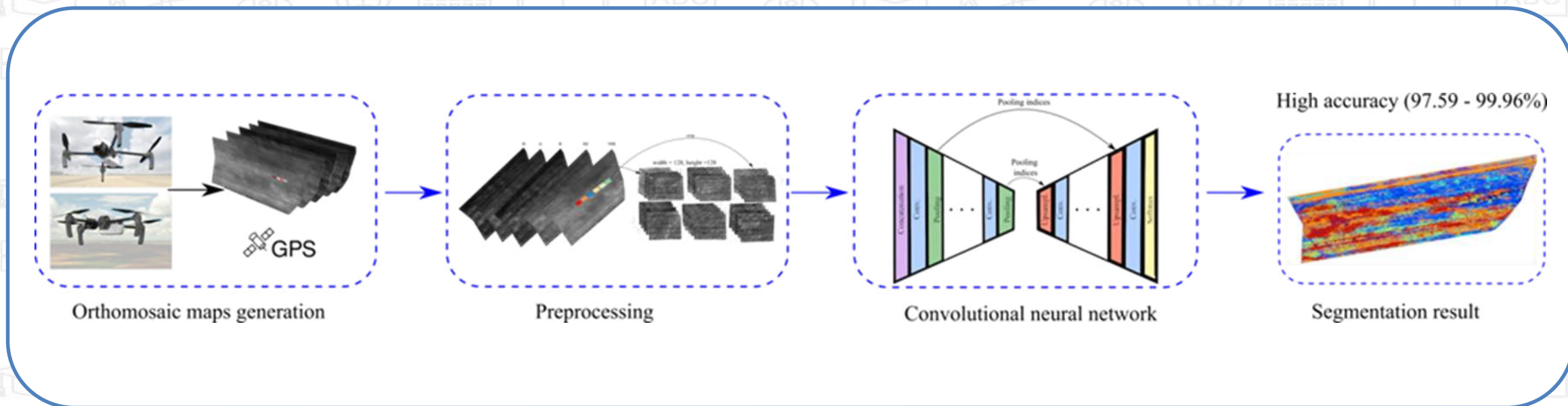


# ПОЧЕМУ ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ?

Algorithms	Types	Accuracy	Papers
Random Forest	ML	69.44%	Mekha and Teeyasuksaet (2021)
Decision Tree	ML	63.89%	
Gradient Boosting	ML	66.67%	
Naive Bayes	ML	36.11%	
Linear SVM	ML	79.56 - 97.86%	Makantasis et al (2015)
RBF-SVM	ML	82.79 - 99.01%	
R-PCA Linear-SVM	ML	79.47 - 97.63%	
R-PCA RBF-SVM	ML	82.71 - 98.87%	
CNN	DL	<b>98.88 - 99.91%</b>	
SVM	ML	57.1-83.3%	Abraham et al (2021)
CNN	DL	74.16-96.8%	
Random forest	ML	91.79%	Ho Tong Minh et al (2018)
SVM	ML	91.25%	
LSTM	DL	<b>98.83%</b>	
GRU	DL	<b>99.05%</b>	



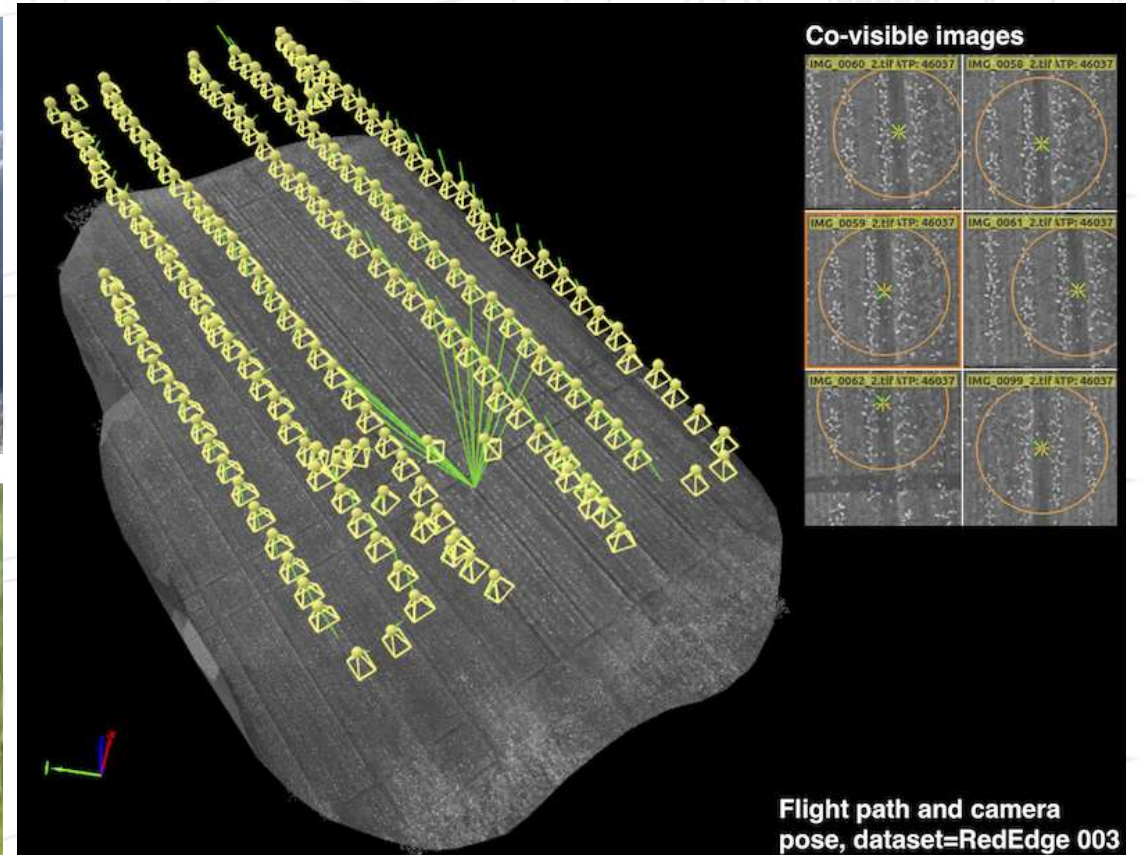
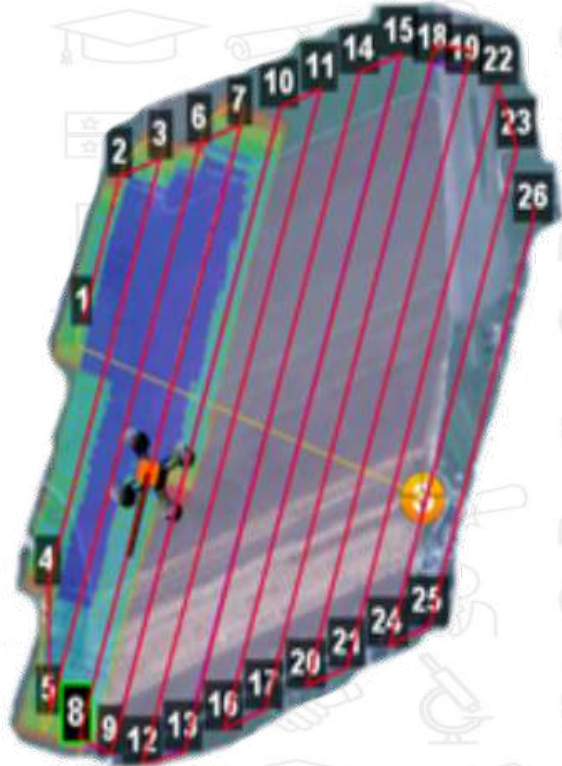
# ОБЩАЯ СХЕМА РАБОТЫ







# СБОР ДАННЫХ И СЪЕМКА БЛА





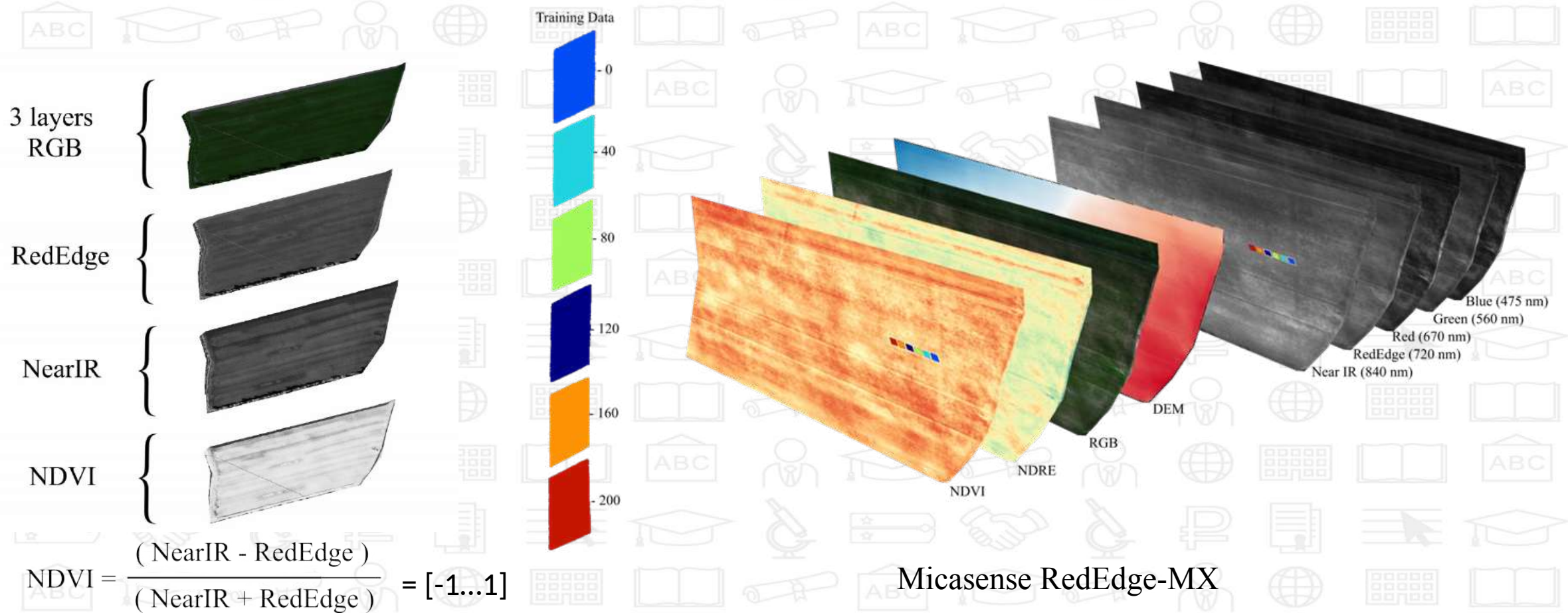
# СБОР ДАННЫХ И СЪЕМКА БЛА







# СПЕКТРЫ И ДАННЫЕ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ







# ВЛИЯНИЕ ВЫБОРА СПЕКТРА

**Bands**

**Accuracy**

**RGB**

0,98043

**RGB+RedEdge**

0,17585

**RGB+NearIR**

0,98269

**RGB+NDVI**

0,18605

**RGB+RedEdge+NearIR**

0,1994

**RGB+RedEdge+NDVI**

0,19959

**RGB+NearIR+NDVI**

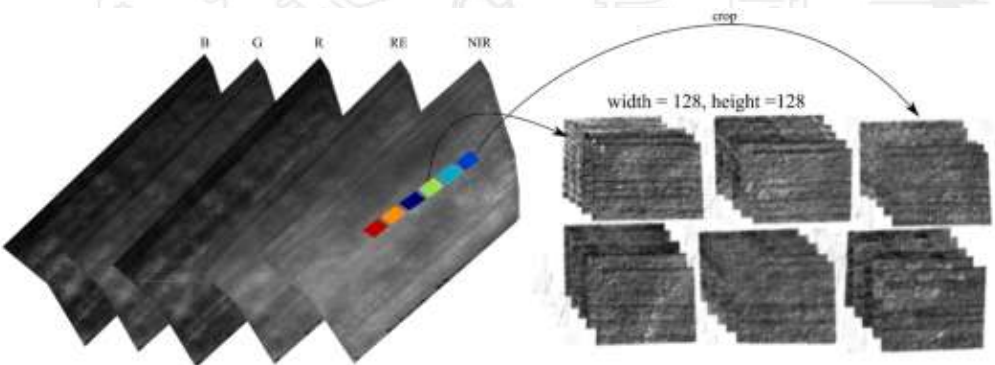
0,98921

**RGB+RedEdge+NearIR+NDVI**

0,19175



# ГЕНЕРАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ



**Algorithm 3:** Steps of the proposed data augmentation method for semantic segmentation.

**Input:** raw dataset with images and associated mask labels;

**Output:** A batch of  $N$  newly generated images with associated mask labels;

Create image number  $n = 0$ ;

**for**  $n = 1:N$  **do**

(1) randomly choose a folder with group of images

(2) randomly choose the first image from the group

**for**  $i=1:6$  **do**

(1) randomly choose a new image to insert

(2) create an empty mask image

(3) randomly choose a number of figures to create in range between 3 and 6

**for**  $j=1:3-6$  **do**

(1) create a figure with random width 40-60px and random height 40-60px filled with circular shapes

(2) insert the figure into the mask image at random coordinates

**end**

(4) create a smoothing filter

(5) insert the chosen image to the first with mask and smoothing filter

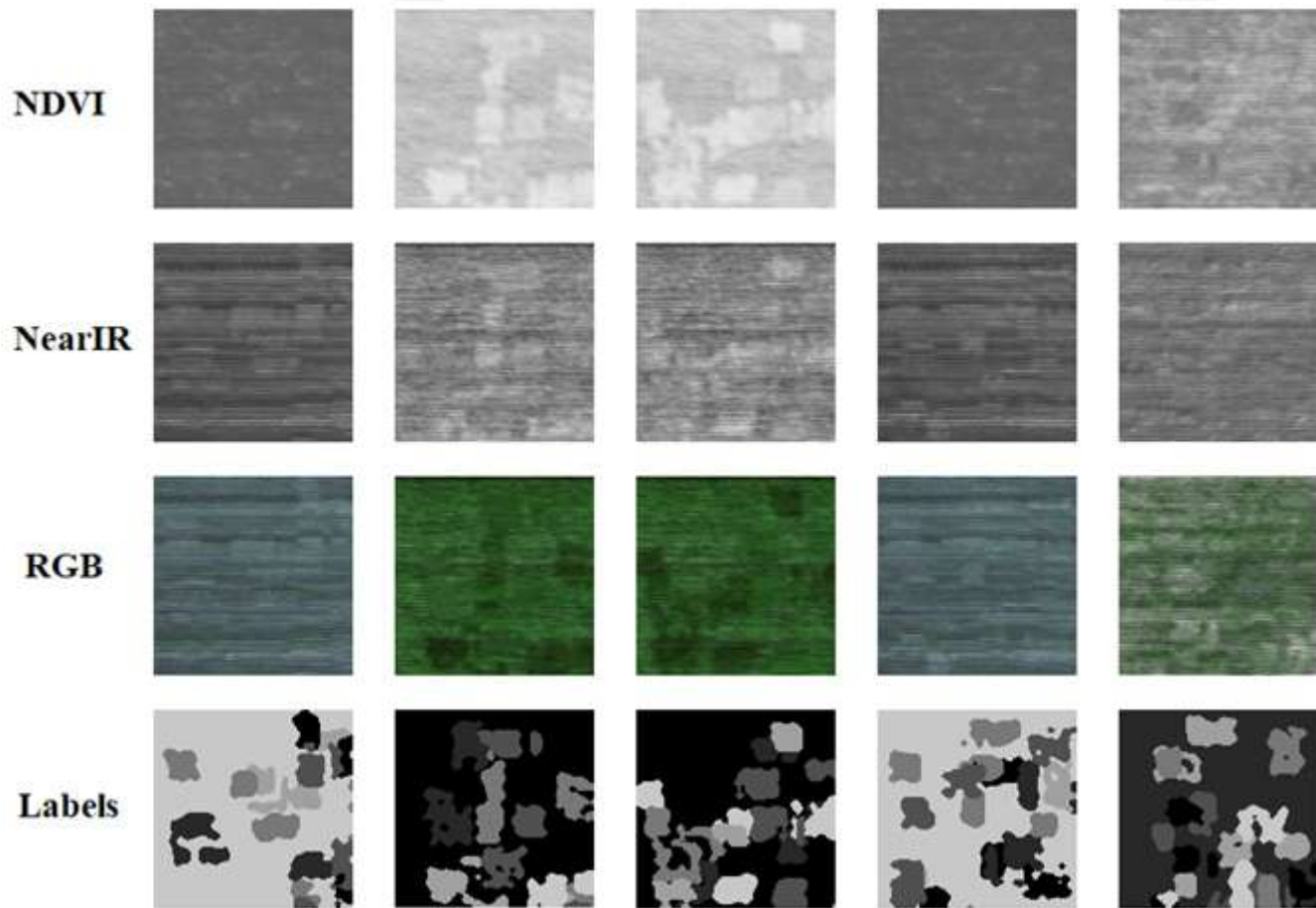
**end**

(3) convert labels to one-hot encoding

**end**



# СИНТЕТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

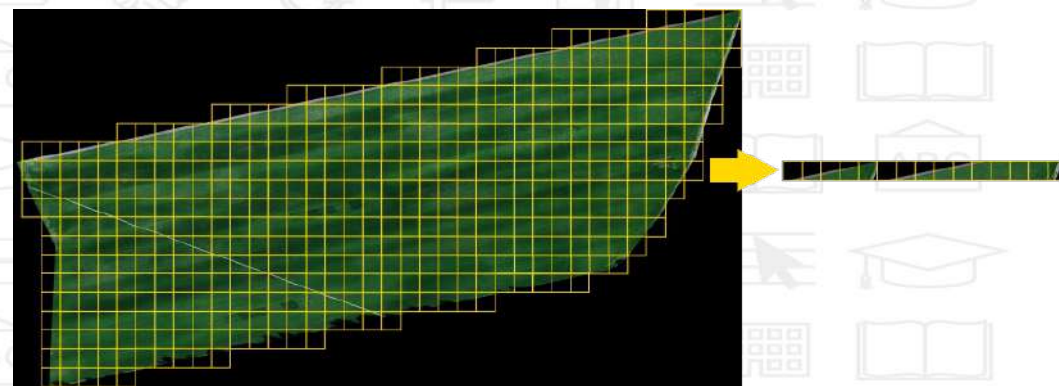


➤ Датасет для обучения - 15 000 сгенерированных изображений

➤ Тестовый датасет - 50 изображений

➤ Размер изображения - 128x128

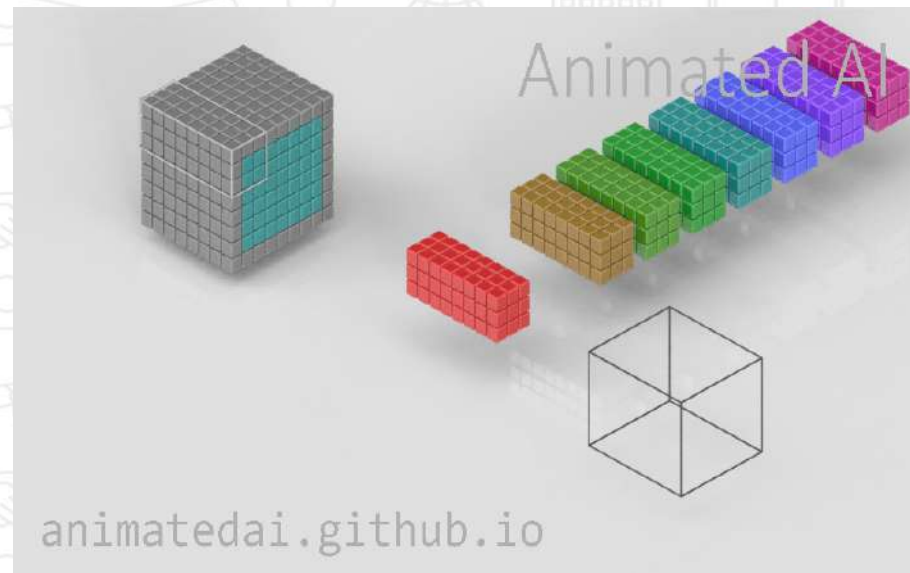
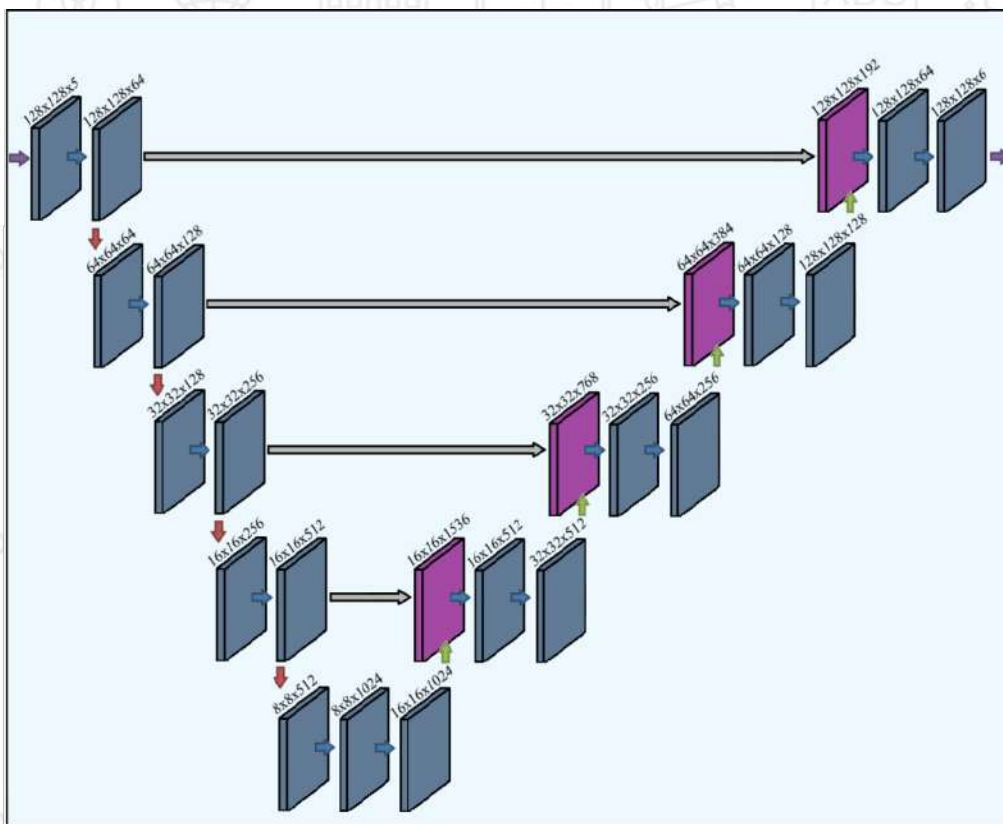
➤ Датасет для обучения после аугментации - 25 000 изображений







# СЕГМЕНТАЦИЯ





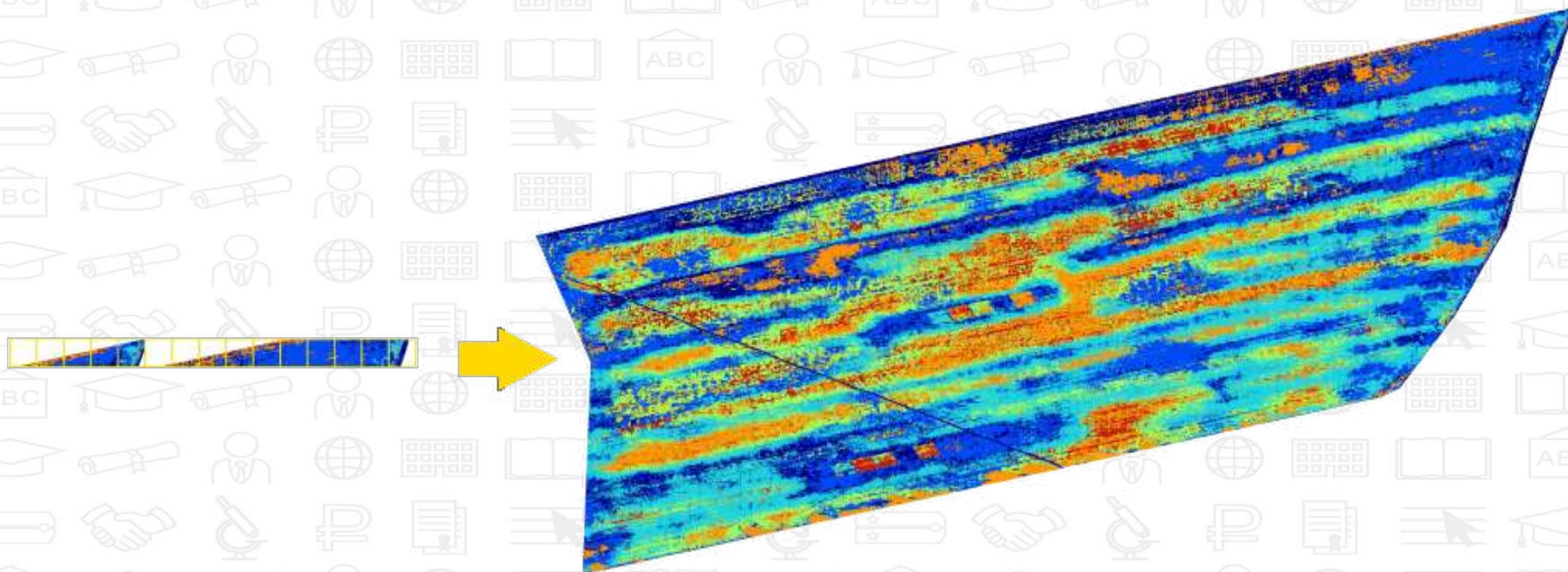
# ОЦЕНКА КАЧЕСТВА

Trained Models	Accuracy	BalancedAcc	IOU	Precision	Recall	F1	MCC	K
U-Net	0,99814	0,99814	0,99628	0,99814	0,99814	0,99813	0,99776	0,99776
Attention U-Net	0,99602	0,99603	0,99208	0,99602	0,99603	0,99602	0,99523	0,99523
R2U-Net (t2)	0,99822	0,99822	0,99644	0,99822	0,99822	0,99822	0,99786	0,99786
R2U-Net (t3)	0,99786	0,99786	0,99572	0,99786	0,99786	0,99786	0,99743	0,99743
R2U-Net (t4)	0,99853	0,99853	0,99706	0,99853	0,99853	0,99853	0,99823	0,99823
Attention R2U-Net (t2)	0,99829	0,99829	0,99659	0,99829	0,99829	0,99829	0,99795	0,99795
Attention R2U-Net (t3)	<b>0,99942</b>	<b>0,99942</b>	<b>0,99884</b>	<b>0,99942</b>	<b>0,99942</b>	<b>0,99942</b>	<b>0,99931</b>	<b>0,99931</b>
Attention R2U-Net (t4)	0,99829	0,99829	0,99659	0,99829	0,99829	0,99829	0,99795	0,99795
Unet3+	0,99819	0,99819	0,99638	0,99819	0,99819	0,99819	0,99782	0,99782
Unet3+ (supervised)	0,98882	0,98885	0,97791	0,98882	0,98885	0,98881	0,9866	0,98658

Blekanov I., Molin A., Zhang, D., Mitrofanov E., Mitrofanova O., & Li, Y. (2023). Monitoring of grain crops nitrogen status from uav multispectral images coupled with deep learning approaches. Computers and Electronics in Agriculture, 212, [108047]. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108047>



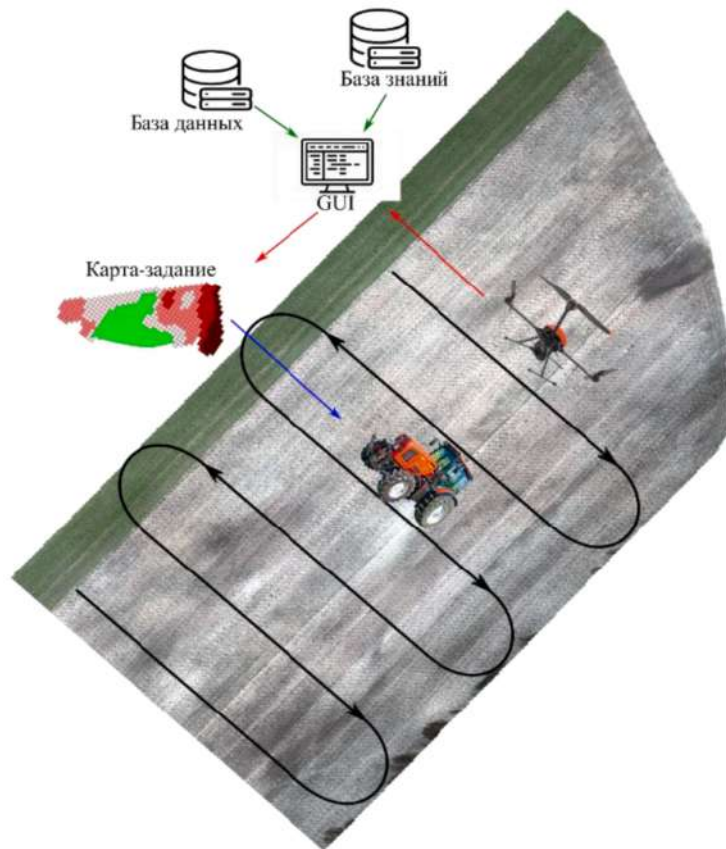
# ТЕПЛОВАЯ КАРТА ПОЛЯ







# ВНЕСЕНИЕ ПОРЦИИ АЗОТА





**Спасибо за внимание!!!**





# НАШ ПОДХОД

## Hardware & software

- Pycharm and Anaconda by using Python 3.9 and CUDA 11.8
- CPU-Intel(R) Xeon(R) Silver 4210, 512 GB of RAM and NVIDIA GeForce RTX A6000 GPU
- OS-64-bit Ubuntu 20.04 LTS
- Tensorflow 2.7

