Vilniaus universitetas
Duomenų mokslo ir skaitmeninių technologijų institutas
Kognityvinių skaičiavimų grupė

Povilas Gudžius
Informatikos 09P doktorantas
Doktorantūros pradžios ir pabaigos metai: 2017–2021

Disertacijos pavadinimas : „Objektų atpažinimas palydoviniuose vaizduose naudojant konvoliucinius neuroninius tinklus ir metodo pritaikymas finansų rinkoje“

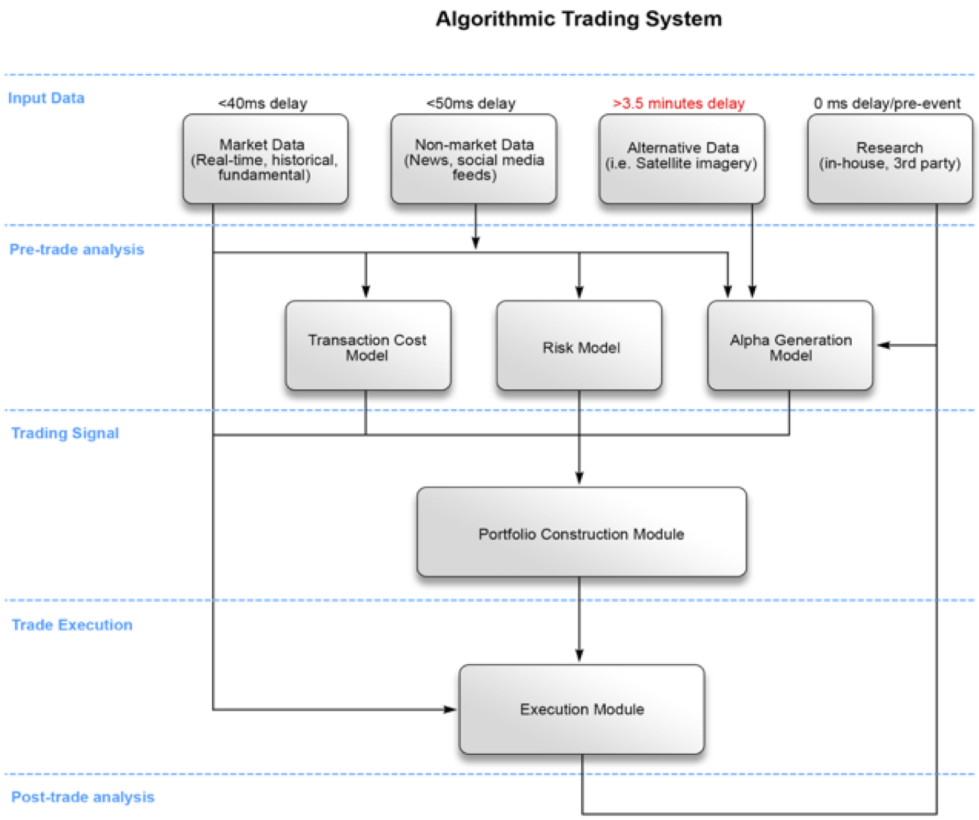
Darbo vadovas: Prof. Dr. Olga Kurasova
Konsultantas: Doc. Dr. Ernestas Filatovas

Tyrimų objektas, tikslas ir uždaviniai

Tyrimo objektas: Palydovinių vaizdų atpažinimas

Tyrimo tikslas: Pasiūlyti efektyvią konvoliucinių neuroninių tinklų architektūrą, skirtą tiksliai ir greitai atpažinti objektus, esančius vaizduose iš optinių palydovų ir optimizuoti sprendimą algoritminei finansinių instrumentų prekybai.

Tyrimo problema:



Tyrimu objektas, tikslas ir uždaviniai

Tyrimo uždaviniai:

- Atlikti skirtingų metodų, naudojamų palydoviniams vaizdams atpažinti, analizę;
- Nustatyti (identifikuoti) mokslines problemas, kylančias uždaviniuose, susijusiuose su palydovinių vaizdų atpažinimu;
- Parinkti tyrimo metodiką iškeltam uždaviniui spręsti, bei suplanuoti teorinį ir empirinį tyrimą pagal pasirinktą metodiką;
- Sukurti dirbtiniu neuroniniu tinklu pagrįstą algoritmą palydoviniams vaizdams atpažinti;
- Atlikti sukurto algoritmo tyrimą sprendžiant keletą bandomųjų uždavinių su skirtingais duomenų tipais ir atpažintinų objektų klasėmis.
- Remiantis tyrimo rezultatais, konfigūruoti neuroninio tinklo architektūrą norint išgauti optimalius efektyvumo metrikos rezultatus, praktiniam sprendimo taikymui finansų rinkoje.

Planuojami rezultatai:

- Sukurta konvoliucinių neuroninių tinklų architektūra, pritaikyta efektyviam objektų atpažinimui didelės rezoliucijos optinių palydovų gautuose vaizduose.

2019–2020 darbo planas

1) Studijų planas

- Išlaikyti egzaminą **„Lygiagretieji ir paskirstytieji skaičiavimai“**.

2) Rezultatų pristatymo planas

1) **16th ACS/IEEE International Conference on Computer Systems and Applications AICCSA 2019“**, vyksiančioje Abu Dabyje, JAE, lapkričio mėn. Pranešimas: „*Optimal U-net architecture for object recognition problems in multispectral satellite imagery*“.

2) „**International Conference on Data Science, E-learning and Information Systems 2019“**, vyksiančioje 2019 m. gruodžio 2-5 d. Dubajuje, JAE. Pranešimas: „Hyperparameters of C*onvolutional Neural Network designed for highest object recognition accuracy in satellite imagery“.*

3) Mokslinių publikacijų planas

- Iki 2019 m. gruodžio 31 d. įteikti mokslinį straipsnį į žurnalą, turintį cituojamumo rodiklį *Clarivate Analytics Web of Science* duomenų bazėje (straipsnis paruoštas 2018–2019 m. m., turėtų būti užbaigtas iki 2019 m. pabaigos).
- Iki 2020 m. spalio 1 d. paruošti antrojo straipsnio pagrindines dalis; straipsnis turėtų būti užbaigtas iki 2021 m. vasario mėn. ir įteiktas į žurnalą, turintį cituojamumo rodiklį *Clarivate Analytics Web of Science* duomenų bazėje.

Ataskaita už 2019–2020 mokslo metus

1) 2019–2020 m. išlaikyti egzaminai:

- Išlaikytas egzaminas: „Lygiagretieji ir paskirstytieji skaičiavimai“. Vertinimo komisija: Prof. dr. J. Žilinskas, d. V. Medvedev ir dc. d. A. Lančinskas. *Įvertinimas 8 (Gerai)*.

- 2020-tais užbaigtas vykdyti privalomų egzaminų sarašas. Išlaikyti visi keturi (4) egzaminai, trisdešimt (30) kreditų. *Egzaminų vidurkis: 9 (Labai gerai)*

2) 2019–2020 m. rezultatų pristatymai mokslinėse konferencijose:

- **16th ACS/IEEE International Conference on Computer Systems and Applications AICCSA 2019**“, vykusioje 2019 m. lapkričio mėn., Abu Dabyje, JAE. Pranešimas: „*Optimal U-net architecture for object recognition problems in multispectral satellite imagery*“.

- „**International Conference on Data Science, E-learning and Information Systems 2019**“, vykusioje 2019 m. gruodžio 2-5 d. Dubajuje, JAE. Pranešimas: „Hyperparameters of *Convolutional Neural Network designed for highest object recognition accuracy in satellite imagery“.*

Ataskaita už 2019–2020 mokslo metus

3) 2019–2020 m. Mokslinės publikacijos

- Įteiktas, bei recenzuojamas publikavimui mokslinis straipsnis pavadinimu: Gudžius, Povilas; Kurasova, Olga; Darulis, Vytenis; Filatovas, Ernestas „***Deep learning based object recognition in multispectral satellite imagery for real-time applications***", moksliniame žurnale: „**Machine Vision and Applications**", publisher: Springer Nature su five year Impact Factor of 2.0 (*Clarivate Analytics Web of Science).*

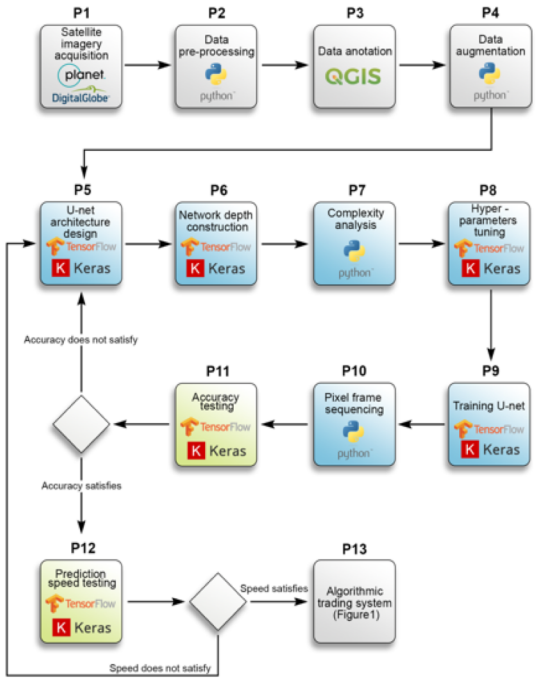
- Publikuotas straipsnis (referuojamas Clarivate Analytics Web of Science be cituojamumo rodiklio): Gudžius, Povilas; Kurasova, Olga; Filatovas, Ernestas. "**Optimal U-net architecture for object recognition problems in multispectral satellite imagery**" // **IEEE/ACS 16th international conference on computer systems and applications (AICCSA)** ISSN 2161-5322, 3 November to 7 November 2019, Abu Dhabi, UAE, ISBN 9781728150529, DOI: 10.1109/AICCSA47632.2019.9035305.

Ataskaita už 2019–2020 mokslo metus

4) Gauti moksliniai rezultatai:

- Atlikti antrojo mokslinio straipsnio rašymo pasiruošiamieji darbai, susijusių mokslinių straipsnių peržiūra, bei literatūros analizė;
- Identifikuotos papildomas mokslinės problemos, kylančios uždaviniuose, susijusiuose su objektų atpažinimu skirtinguose nuotolinių satelitinių vaizdų tipo duomenyse (pavyzdžiui, „optical multispectral“ ir „synthetic aperture radar);
- Išnagrinėtos sintetines apertūros (SAR) satelitinių vaizdų duomenų tipu savybės, atrastos duomenų specifikacijos, praktiniai testavimo ribojimai ir ištirtas duomenų prieinamumas potencialiems antrojo straipsnio moksliniams tyrimams atlikti;
- Įsigyti, atrinkti, bei atlikti anotavimo darbai reikalingi duomenų rinkiniui, reikalingi būsimiems antrojo straipsnio eksperimentams atlikti;
- Užbaigtas praktinis eksperimentas, naudojant ankščiau optinio tipo vaizdams sukurtą U-net neuronini tinklą, ant SAR tipo satelitinių vaizdų. Atlikta rezultatų analizė;
- Empirinis tyrimas: Sukurto algoritmo efektyvumo tyrimas naudojant tikslumo ir kompleksiškumo metrikas ir sprendžiant segmentavimo uždavinius ant skirtingų duomenų tipų;
- Pradėtas rašyti antrasis mokslinis darbas ir hibridinių konvoliucinių neuroninių tinklų architektūrų analizė;
- Pradėta struktūrizuoti ir rinkti duomenis, daryti literatūros analizę ir išsigryninti mokslines problemas doktorantūros disertacijos rašymui.

Technologinė architektūra



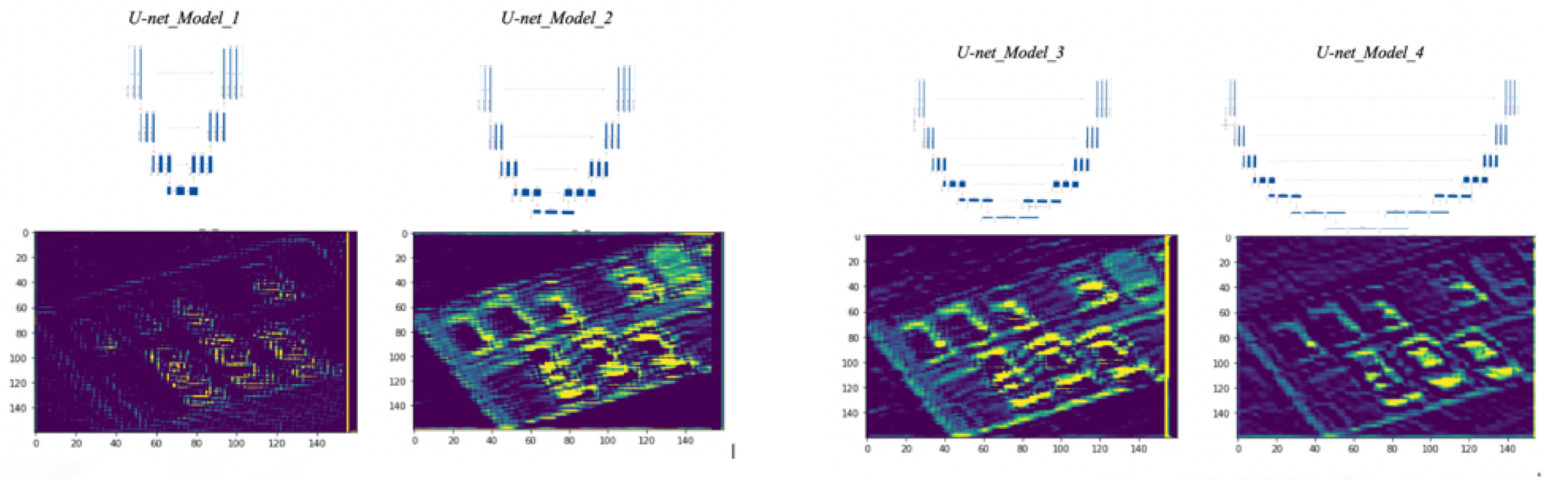
Mokslinių tyrimų rezultatai: 1 iš 5

Sukurti keturi nauji U-net tinklai

- *U-net_Model_1*: 21 layers in total (15 conv2d);
- *U-net_Model_2*: 27 layers in total (19 conv2d);
- *U-net_Model_3*: 33 layers in total (23 conv2d);
- *U-net_Model_4*: 39 layers in total (27 conv2d).

Mokslinių tyrimų rezultatai: 1 iš 5

Sukurti keturi nauji U-net tinklai



Mokslinių tyrimų rezultatai: 2 iš 5

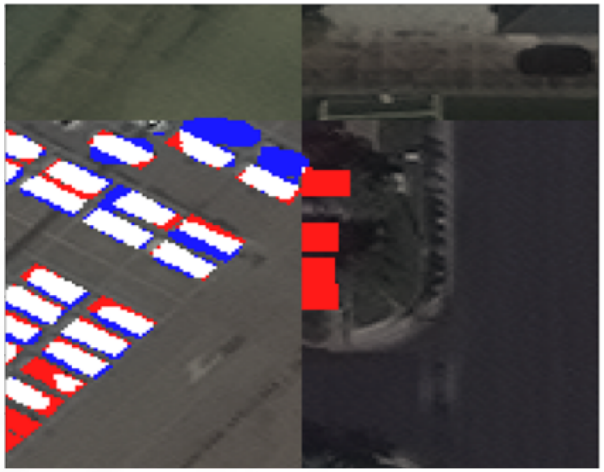
SOTA TPO tiksumas: 97.67%

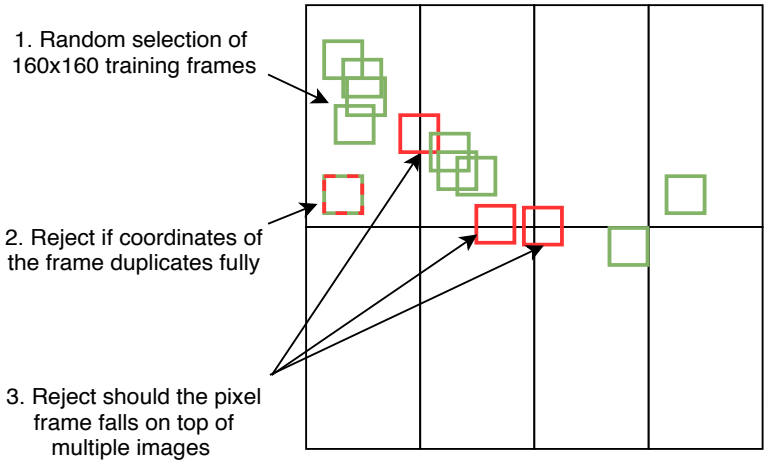
	Accuracy (TPO) %	Overprediction (FPO) %	G-Flops	Jaccard coefficient
U-NET_MODEL_1	95.33	12.01	5.3218	0.6402
U-NET_MODEL_2	97.67	17.83	6.9832	0.6162
U-NET_MODEL_3	97.01	26.45	8.6443	0.5573
U-NET_MODEL_4	96.70	16.60	10.3053	0.6226

	Dataset	Proposed method	Y. Yu's method **[32]**	Zhou's method **[59]**	Van's method **[60]**
CPT	VEDAI	0.90	0.79	0.73	0.64
CPT	OIRDS	0.89	0.89	0.87	0.82
CRT	VEDAI	0.57	0.56	0.47	0.42
CRT	OIRDS	0.78	0.70	0.64	0.62

Mokslinių tyrimų rezultatai: 3 iš 5

Naujas palydovinių vaizdų apmokymo metodas





Mokslinių tyrimų rezultatai: 4 iš 5

Komputacinio kompleksiskumo skaiciavimas:

$$G\text{-}FLOPs = \left[\underbrace{\sum_{e=1}^{E}\left(2 \times \left(\prod_{d=1}^{D_e} A_{ed}\right) \times F_e \times H_e \times W_e\right)}_{\text{Convolutional (}Conv2D\text{) layers}} + \underbrace{\sum_{b=1}^{B}\left(\prod_{x=1}^{X_b} P_{bx} \times \prod_{z=1}^{Z_b} O_{bz}\right)}_{\text{Max-pooling (}MaxPool\text{) layers}}\right] / 10^9 \quad (1)$$

*** Model complexity (G-FLOPs) is a sum of FLOPs for every layer, where E – number of conv2D layers, D – number of output dimensions, A – size of dimension of e layer, F – filter in depth parameter of e layer, H – filter height parameter of e layer, W – filter width parameter of e layer, B – number of Max-pooling layers, XA – number of filter dimensions of layer b, P – size of x dimension in layer b, Z – number of output dimensions of layer b, O – size of dimension z in layer b. The Conv2D layer count of floating-point operations is dependent on layer parameters count and layer output size [47].*

Mokslinių tyrimų rezultatai: 4 iš 5

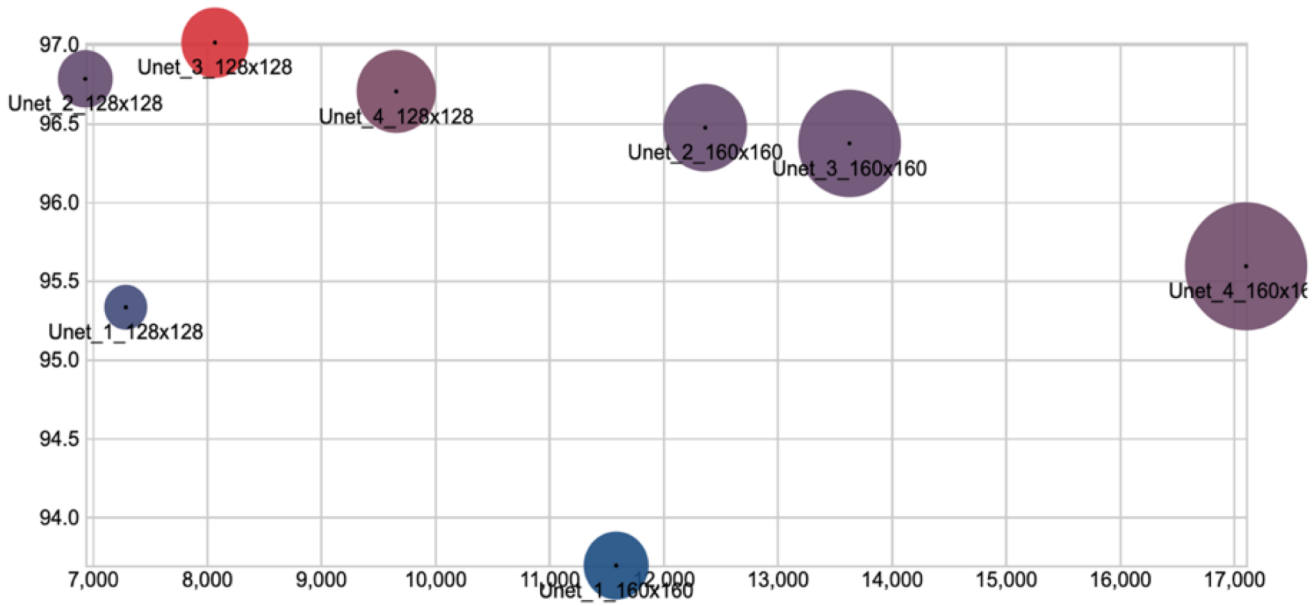
Komputacinio kompleksiskumo skaiciavimas:

$$G\text{-}FLOPs = \left[\underbrace{\sum_{e=1}^{E}\left(2\times\left(\prod_{d=1}^{D_e}A_{ed}\right)\times F_e\times H_e\times W_e\right)}_{\text{Convolutional (}Conv2D\text{) layers}}+\underbrace{\sum_{b=1}^{B}\left(\prod_{x=1}^{X_b}P_{bx}\times\prod_{z=1}^{Z_b}O_{bz}\right)}_{\text{Max-pooling (}MaxPool\text{) layers}}\right]/10^9 \quad (1)$$

	Accuracy (TPO) %	Overprediction (FPO) %	G-Flops	Jaccard coefficient
U-NET_MODEL_1	95.33	12.01	5.3218	0.6402
U-NET_MODEL_2	97.67	17.83	6.9832	0.6162
U-NET_MODEL_3	97.01	26.45	8.6443	0.5573
U-NET_MODEL_4	96.70	16.60	10.3053	0.6226

Mokslinių tyrimų rezultatai: 5 iš 5

Optimaiios U-net architektūros parinkomas (x - greitis, y – tikslumas, dydis – kompleksiškumas):



*** Object recognition accuracy vs prediction speed vs computational complexity. X-axis: prediction speed (in milliseconds), Y-axis: accuracy (TPO); size of the circle: computational complexity in G-Flops; colour scale: red colour indicates highest overprediction error (FPO) and blue the lowest.*

Kitų metų darbo planas (2019 – 2020)

Mokslinių publikacijų planas:

- Publikuoti mokslinį straipsnį pavadinimu: *"Deep learning based object recognition in multispectral satellite imagery for real-time applications"*, moksliniame žurnale: „Machine Vision and Applications", publisher: Springer Nature su five year Impact Factor of 2.0 (*Clarivate Analytics Web of Science).*
- Įteikti straipsnį į mokslinį žurnalą, turintį cituojamumo rodiklį *Clarivate Analytics Web of Science* duomenų bazėje, *„Hybrid neural network for rapid object semantic segmentation in Synthetic Aperture Radar (SAR) satellite imagery"*

Mokslinių tyrimų planas:

- Dirbtiniu neuroniniu tinklu pagrįsto sukurto hibridinio algoritmo plėtojimas įvairių tipų palydoviniams vaizdams atpažinti;
- Hibridinių neuroninių tinklų kombinacijų panaudojimo teorinis tyrimas ir naujai publikuotų hibridinių tinklų literatūros analizė;
- Atpažinimo efektyvumo tyrimo metodikos parinkimas norint patvirtinti potencialias hibridinės architektūras tinkamas uždaviniui spręsti;
- Hibridinio neuroninio tinklo algoritmo kūrimas ir praktinis testavimas ant skirtingų duomenų tipų;
- Dirbtinio neuroninio tinklo pritaikymas uždaviniams skirtams panaudojime finansų rinkoje ir jo efektyvumo testavimas;
- Antrojo straipsnio rašymas ir publikavimas;

- **Doktorantūros disertacijos rašymas.**