



Konferencijos „Lietuvos magistrantų informatikos ir IT tyrimai“ darbai



2019 m.



Konferencijos **Lietuvos magistrantų informatikos ir IT tyrimai darbai**

2019 m. gegužės 14 d.



VILNIAUS
UNIVERSITETO
LEIDYKLA

2019

Organizatoriai:

Prof. dr. Olga Kurasova

Prof. dr. Julius Žilinskas

Prof. habil. dr. Gintautas Dzemyda

ISBN 978-609-07-0162-1

<https://doi.org/10.15388/LMITT.2019>

© Lietuvos mokslų akademija, 2019

© Vilniaus universitetas, 2019

Įžanga

Konferencija „Lietuvos magistrantų informatikos ir IT tyrimai“ skirta pristatyti magistrų baigiamųjų darbų tyrimus informatikos ir IT srityse. Šio renginio tikslas – pakelti magistrantų įgūdžius, supažindinti su kitų magistrantų atliekamais tyrimais, paskatinti domėtis moksline veikla. Konferencijoje savo pranešimus skaitys magistrantai iš Kauno technologijos universiteto, Vilniaus universiteto, Vytauto Didžiojo universiteto.

Konferencija vyks Lietuvos mokslų akademijoje (LMA). Tai įstaiga, jungianti žymiausius Lietuvos ir savo veikla su Lietuva susijusius mokslininkus. Ji yra nepriklausoma Seimo, Vyriausybės ir jai pavaldžių institucijų ekspertė ir patarėja mokslo bei studijų, kultūros, socialinės raidos, ūkio, gamtosaugos, sveikatos apsaugos, technologijų bei kitais klausimais. LMA įgyvendina šalies mokslui ir eksperimentinei plėtrai reikšmingus ES struktūrinių fondų projektus, rengia šalies bei tarptautines mokslines konferencijas, užsienio mokslininkų seminarus, mokslininkų susitikimus, akademinis skaitymus, parodas. Tikime, kad dalyvavimas šioje LMA vykiančioje konferencijoje paskatins magistrantus tęsti mokslinę veiklą ir pabaigus magistro studijas.

Šiuose konferencijos darbuose spausdinami magistrantų pranešimų santraukos ir straipsniai. Tai dažniausiai pirmosios mokslinės publikacijos, bet tikimės, kad ateityje virs į straipsnius prestižiniuose mokslo žurnaluose. To norėtume palinkėti konferencijos dalyviams.

Organizatoriai

prof. dr. Olga Kurasova

prof. dr. Julius Žilinskas

prof. habil. dr. Gintautas Dzemyda

Lithuanian parliament legislative voting analysis and vizualization

Žygimantas Benetis

Vytauto Didžiojo universitetas,
K. Donelaičio g. 58, LT-44248 Kaunas
zygimantas@benetis.me

Abstract. In Republic of Lithuania, public elects their representatives to a parliament in which new legislation is considered. Due nature of politics, a problem arises once citizens wants to observe and evaluate parliament members work. Main output of parliament is their votes for various legislatures. Voting data is publicly available through Parliament of the Republic of Lithuania (LRS) website. This project aims to visualize voting patterns and their changes. Another goal is to provide public access to results. In the project Multidimensional scaling (MDS) and k-means clustering are used to analyze voting patterns. Software to download, process and visualize data is written with Scala.

Neural network based segmentation of cell nuclei and lymphocyte detection in whole slide histology images

Elzbieta Budginaite

Vilnius University, Institute of Data Science and Digital Technologies,
Akademijos str. 4, LT-08663 Vilnius
National Center of Pathology, Affiliate of Vilnius University
Hospital Santaros Klinikos, P. Baublio str. 5, LT-08406 Vilnius
elzbieta.budginaite@mf.stud.vu.lt

Abstract. Visual examination of cancer tissue is regarded as the golden standard diagnostic method for experienced pathologist. Assessment of cell morphology and tissue distribution are the main diagnostic criteria for cancer staging and prognosis, with tumor immune infiltrate being one of the main diagnostic features. Such manual approach, however, lacks objective quantitative characteristics and thus is susceptible to inter-observer variability. This raises a demand for computer-aided diagnosis tools. In this article we propose a convolutional neural network-based algorithm for automated cell nuclei segmentation and lymphocyte identification in H&E stained colorectal and breast cancer tissues.

Keywords: digital pathology, deep learning, convolutional neural networks, whole slide images, cancer

1 Introduction

The emergence of whole slide imaging (WSI) enabled vast digitalization of routine histopathology. The aim of WSI technique is to transform physical glass slides into digital form, thus superseding regular microscopy analysis in multiple aspects: automatized slide scanning enables high-throughput, high-resolution workflow and superior precision, WSI allows convenient sample archiving as well as possibility for remote tissue sample analysis [1], [2]. Recent FDA approval for WSI usage in clinical practice further accelerates clinical implementation of WSI technology in daily pathologist's

practice [3]. Due to rapid accumulation of WSI data resources and large scale of digital whole slide, manual annotation of the tissue becomes especially time-consuming task for pathology experts. With the lack of universal standardized threshold values, tissue annotations may suffer from insufficient reproducibility, high intra- and inter- observer variability. Therefore, automatized tissue pattern recognition in whole slides is of paramount importance.

Cell counting by cell type is especially meticulous tissue analysis task, which is merely applicable for whole slide images without automated workflow. Quantification of immune infiltrate by counting tumor-infiltrating lymphocytes (TILs) along tumor margins in tumor microenvironment has gathered researchers` attention as a reliable prognostic measure for colorectal and breast cancer outcome [4], [5]. Usual quantification of TILs include manual counting of lymphocytes through microscope in H&E stained tissue slide considering the total count or density per square area unit as the final TIL density measurement. Manual TIL counting is difficult to scale, time-inefficient and prone to subjectivity, thus could be replaced with a standardized automated lymphocyte detection workflow.

Due to superior performance in computer vision tasks, deep learning-based algorithms have predominated computer-aided diagnosis area over recent years. Convolutional neural networks have proven to outperform previously-state-of-the-art medical imaging techniques. Encoder-decoder based model architectures have been successfully applied in various medical image segmentation tasks such as nuclei segmentation, rendering the skip connections approach proposed in U-Net model by Ronneberger et al [6]. The deep, semantic feature maps from U-Net decoder are combined with shallow, low-level feature maps from encoder part of the model via skip connections, thus maintaining the fine-grained features of the input image – this renders U-Net applicable in medical image segmentation, where precise detail recreation is of utmost importance. The more recent adaptation - Micro-Net model - incorporates additional input image downsampling layer that circumvents max-pooling process, thus maintaining the input features ignored by max-pooling layer. This way, more detailed contextual information is passed into the output layer, thus enabling better segmentation of adjacent cell nuclei [7]. This paper describes convolutional neural network-based algorithm for nuclei segmentation, which uses active contour layer for robust nuclei separation, and subsequent cell nucleus classifier for lympho-

cyte identification in H&E stained 20x magnification whole slide breast and colorectal cancer images.

2 Methods

2.1 Dataset

4 diagnostic H&E stained slides (2 breast, 2 colorectal cancer) were selected for the study. Slides were produced in National Center of Pathology, Lithuania and digitised with the Aperio ScanScope XT Slide Scanner (Aperio Technologies, Vista, CA, USA) using a x20 objective. Random 344 tiles of 256x256 pixels were generated and cell nuclei were annotated. 2 pixel-wide active contour borders surrounding each nucleus were added as a second layer to the nuclei segmentation masks. Dataset was split into 274 and 70 tiles for training and validation sets respectively. We applied robust image augmentation (rotation, flip, transpose, RGB augmentation, brightness adjustment, CLAHE) to obtain the final training set of 5206 images. Segmentation model was tested on 72 patches at 20x magnification extracted from breast cancer diagnostic slide obtained from open-access TCGA database (tile ID: TCGA_AN_A0AM) [8]. Cell classification model was trained on 11.032 lymphocytes and 10.922 other cell nuclei extracted from training set. Testing set of 1003 lymphocytes and 1185 other cell nuclei was prepared from the testing set.

2.2 Deep convolutional neural network model

The autoencoder architecture for nuclei segmentation is shown in Figure 1A. The model consists of 3 encoder and 3 decoder blocks consisting of 2 convolution layers, dropout (dropout rate 0.2) and max-pooling layers. Additionally, input image is downsampled, followed by 2 parallel blocks of 3 convolution layers, and added to the model after each max-pooling operation. We used *elu* activation after each convolution layer and *sigmoid* activation for the output layer. *Adam* optimizer was used with initial learning rate $lr = 0.001$, which was reduced by factor 0.1 if validation loss did not improve for 4 consecutive epochs ($\min lr = 10^{-6}$). Dice coefficient was used to quantify model metrics with binary crossentropy dice loss as custom loss function.

$$\begin{aligned} Dice &= \frac{2xTP}{(TP + FP) + (TP + FP)} \text{Crossentropydiceloss} \\ &= 0.1x\text{binarycrossentropy} + 0.9x(1 - Dice) \end{aligned}$$

Nuclei classification model architecture is shown in Figure 1B. Model consists of 4 convolution layers, 2 max-pooling and 2 dense layers, where *relu* activation and batch normalization was used after each layer. *Softmax* activation was used for the output layer. We used *Adam* optimizer with initial learning rate $lr=0.0001$, which was reduced by factor 0.1 if validation loss did not improve for 6 consecutive epochs ($minlr = 10^{-6}$). Accuracy was used as metrics with *binary crossentropy* as loss function. Models were trained on GeForce GTX 1050 GPU, 16 Gb RAM using Tensorflow machine learning library [9].

3 Results

We evaluated the performance of nuclei segmentation autoencoder and nuclei classifier CNN, metrics are provided in Table 1. Cell nuclei segmentation autoencoder achieved Dice coefficient of 0.85 and 0.82 for training and testing datasets respectively. Cell nuclei classifier reached 0.976 testing accuracy with precision, recall, F1 score of 0.968, 0.977, 0.972 respectively.

The confusion matrix for our cell classification model demonstrates that out of 1003 labeled lymphocytes only 20 were misclassified as false negative while 29 false positive observations were registered out of 1185 nuclei labeled as other cell types as shown in Figure 2A. Receiver-operating curve (ROC) shown in Figure 2B indicates low false positive rate of our lymphocyte classifier. Figure 2C represents testing output results of our model.

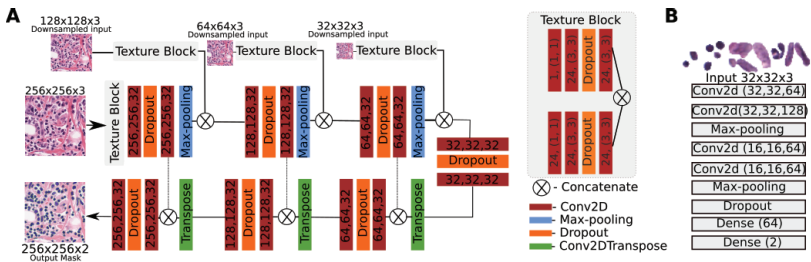


Figure 1: Architectures of convolutional neural networks. A – cell nuclei segmentation model. The model outputs 2-layered mask (nuclei – blue, active contour borders – green). Model output is overlaid on original image. B – cell nuclei classification model. Model input is cell nucleus cropped from original image along the segmentation mask contours. Nucleus is scaled to fit 32x32 pixel dimensions. Classifier is trained to detect lymphocytes from all segmented cell nuclei.

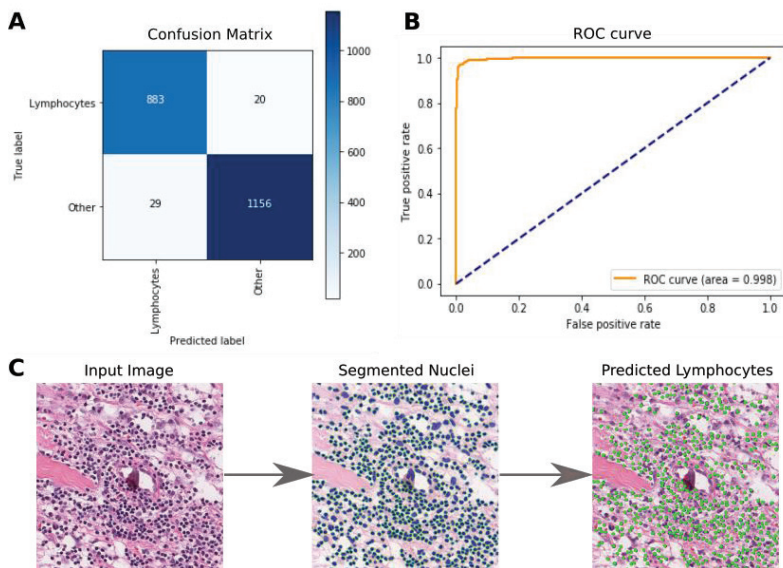


Figure 2: Evaluation of cell nuclei classifier. A – confusion matrix of testing cell nuclei dataset, B – ROC curve depicting model performance metrics, C – predicted cell nuclei and lymphocytes overlaid on original input image.

Table 1: Performance metrics of deep neural network model. Segmentation performance statistics were obtained for nuclei segmentation autoencoder, classification performance metrics were acquired from cell nuclei classifier.

	Segmentation performance	Classification performance			
	Dice	Accuracy	F1 Score	Precision	Recall
Training	0.85	0.948	0.946	0.952	0.941
Testing	0.82	0.976	0.972	0.968	0.977

4 Conclusions

In this paper we propose an end-to-end deep learning-based algorithm for cell nuclei segmentation and consecutive lymphocyte identification in H&E stained 20x magnified breast and colorectal cancer whole slide images. Due to active contour layer, our cell nuclei segmentation model successfully separates adjacent nuclei, which is a common challenge in whole slide

image analysis. Nuclei segmentation output mask is consecutively used to extract detected nuclei by predicted contours, which are fed into deep neural network for lymphocyte detection. Our proposed model detects lymphocytes with 0.976 accuracy and is a promising tool for future studies.

Literature

- [1] M. D. Zarella *et al.*, "A practical guide to whole slide imaging a white paper from the digital pathology association," *Archives of Pathology and Laboratory Medicine*. 2019.
- [2] T. C. Cornish, R. E. Swapp, and K. J. Kaplan, "Whole-slide imaging: Routine pathologic diagnosis," *Advances in Anatomic Pathology*. 2012.
- [3] ESMO, "FDA Allows Marketing of First Whole Slide Imaging System for Digital Pathology," *ESMO Oncol. News*, 2017.
- [4] J. W. Huh, J. H. Lee, and H. R. Kim, "Prognostic significance of tumor-infiltrating lymphocytes for patients with colorectal cancer," *Arch. Surg.*, 2012.
- [5] A. N. Basavanahally *et al.*, "Computerized image-based detection and grading of lymphocytic infiltration in HER2+ breast cancer histopathology," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 2010.
- [6] O. Ronneberger, P. Fischer, and T. Brox, "U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation," in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2015.
- [7] S. E. A. Raza *et al.*, "Micro-Net: A unified model for segmentation of various objects in microscopy images.," *Med. Image Anal.*, 2019.
- [8] R. L. Grossman *et al.*, "Toward a Shared Vision for Cancer Genomic Data," *N. Engl. J. Med.*, 2016.
- [9] M. Abadi *et al.*, "TensorFlow : A System for Large-Scale Machine Learning This paper is included in the Proceedings of the TensorFlow : A system for large-scale machine learning," *Proc 12th USENIX Conf. Oper. Syst. Des. Implement.*, 2016.

Kodo probleminių vietų aptikimas naudojant automatinį kodo savybių mokymąsi

Darius Butkevičius

Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos fakultetas,
Didlaukio g. 47, LT-08303 Vilnius
darius.butkeviciu@gmail.com

Santrauka. Egzistuojantys sprendimai kodo probleminių vietų aptikimui reikalauja rankinio išeities kodo metrikų parinkimo kiekvienai naujai programų sistemai, tai apsunkina to paties sprendimo taikymą skirtingoms programų sistemoms. Šio darbo tikslas yra pasiūlyti automatinio mokymosi modelį, kuris be rankinio metrikų parinkimo, gebėtų aptikti kodo problemines vietas pagal automatiškai ištrauktas išeities kodo sintaksines ir semantines savybes. Išeities kodo savybių išgavimui darbe apmokytas ilgalaikės trumpalaikės atminties dirbtinis neuroninis tinklas (ITA DNT, angl. *long short-term neural network*). Taip pat išeities kodo savybių ištraukimui bandytas iš anksto apmokytas dėmesio dirbtinis neuroninis tinklas *Code2Vec*. Pasielkiant išminktų žinių perdavimo techniką (angl. *transfer learning*) buvo sudarytas modelis iš ITA DNT apmokyto išeities kodo savybių ištraukimui ir tiesioginio sklidimo dirbtinio neuroninio tinklo kodo probleminių vietų klasifikavimui. Darbe pasiūlyto modelio, su automatinio mokymu, didelės klasės (angl. *large class*), duomenų klasės (angl. *data class*) ir ilgo metodo (angl. *long method*) kodo probleminių vietų aptikimo rezultatai yra pakankamai artimi egzistuojančio modelio su rankiniu kodo savybių (metrikų) parinkinėjimu, todėl šio darbo modelis turi daugiau šansų efektyviau aptikti kodo problemines vietas naujuose projektuose.

Raktiniai žodžiai: kodo probleminė vieta, didelė klasė, duomenų klasė, ilgas metodas, automatinis mokymasis, išminktų žinių perdavimo technika, ilgalaikės trumpalaikės atminties dirbtinis neuroninis tinklas, dėmesio dirbtinis neuroninis tinklas.

ISO/IEC 33071 taikymas programinės įrangos (kaip turto) valdymo veiklos įvertinimui

Patricijus Cvizonas

Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos fakultetas,
Informatikos institutas, Didlaukio g. 47, LT-08303 Vilnius
cvizonas@gmail.com

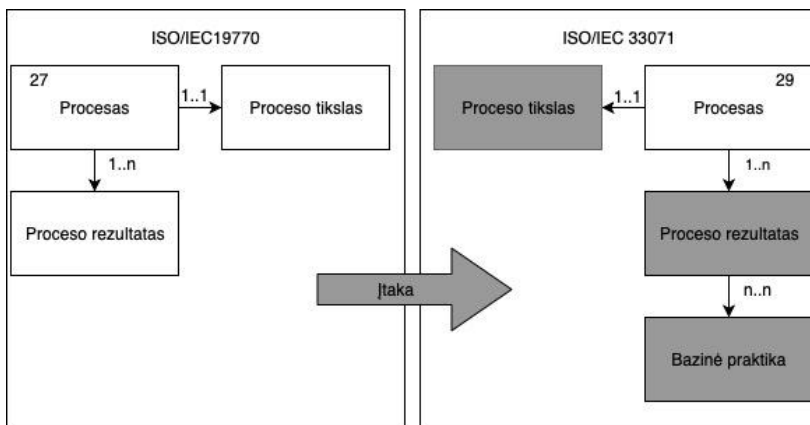
Santrauka. Programinės įrangos valdymą įmonėje aprašo standartas ISO/IEC 19770, procesinius patarimus skleidžia gerųjų praktikų rinkinys ITIL, savo informacinius rinkinius platina komercinė organizacija IAITAM. Tačiau nei vienas iš paminėtų kūrėjų nesuteikia suinteresuotai įmonei įrankio (vertinimo modelio), kurį taikant galima įvertinti programinės įrangos valdymo veiklos gebėjimo lygį.

ISO/IEC 33071 – tai tarptautinis standartas reglamentuojantis integruotų procesų vertinimo modelį, skirtą įmonėms. Vertinimo modelis yra vieningas, kas leidžia suinteresuotoms šalims taikyti vieną įrankį ir autoritetingas, nes vadovaujasi plačiausiai paplitusių gerųjų praktikų ir standartų gairėmis. Standartas sukurtas pasitelkiant tokius šaltinius kaip SPICE ar iCMM. Tačiau, kuriant šį vertinimo modelį nebuvo atsižvelgta į jokią programinės įrangos valdymą nagrinėjanti šaltinį.

Pritaikius esamą ISO/IEC 33071 vertinimo modelį įmonėje nebūtų (arba būtų tik dalinai) vertinama su programinės įrangos (kaip turto) valdymu susijusi veikla.

Darbo tikslas yra išanalizuojant pagrindinį programinės įrangos (kaip turto) valdymo veiklą aprašanti standartą ISO/IEC 19770 ir ISO/IEC 33071 siūlomą vertinimo modelį sukurti vertinimo modelio plėtinį, kurį pritaikius būtų nagrinėjama ir programinės įrangos (kaip turto) valdymo veikla įmonėje.

Abu darbe nagrinėjami šaltiniai yra griežtai struktūruoti. Tai leidžia konstruktyviai papildyti esamą vertinimo modelį išnagrinėjus programinės įrangos valdymo standarto dokumentą. Vertinimo modelio plėtinys kuriamas pagal poreikį keičiant proceso tikslą, papildant ar pridedant proceso rezultatą ir/ar bazinę praktiką, taip kaip parodyta 1 paveikslėlyje.



1 pav. Vertinimo modelio plėtinio kūrimo schema.

Raktiniai žodžiai: ISO/IEC 33071 plėtinys, programinės įrangos valdymo vertinimo modelis, integruoti procesai, licencijų valdymas.

Žmogaus galvos smegenų anatominių vaizdų segmentacijos būdai ankstyvajai priešoperacinei auglių diagnostikai

Ilja Kazakov

Vilniaus universitetas, Gyvybės mokslų centras,
Saulėtekio al. 7, LT-10257 Vilnius
ilja@kazakov.lt

Santrauka. Auglys yra iš pakitusių (normalių ląstelių atžvilgiu) ląstelių susiformavęs darinys. Tokios ląstelės išsivysto iš normalių ląstelių ir pasižymi: padidėjusiu gyvybingumu, galimybe dalintis neribotai ir nekontroliuojamai kisti struktūriškai, galimybe migruoti į kitas kūno vietas ir formuoti naujus navikus. Centrinės nervų sistemos navikai išsivysto iš pagalbinių ląstelių – glijos ląstelių. Ir yra vadinami gliomomis. Gliomos būna įvairių formų ir jos gali atsirasti įvairiuose vietose žmogaus smegenyse, todėl jas diagnozuoti gali būti sudėtinga. Gliomos, taip pat, pasižymi prasta prognoze: piktybiškiausių gliomų atveju maža dalis pacientų išgyvena daugiau nei 2 metus po diagnozės nustatymo. Pagrindinis gliomų diagnostikos metodas yra branduolių magnetinio rezonanso principu paremta magnetinio rezonanso tomografija (MRT). MRT gautiems trimačiams atvaizdams yra taikoma segmentacija – įvairių atvaizdo sričių atskyrimas nuo kitų sričių. Gliomų diagnostikos atveju svarbu yra atskirti auglio sritį nuo likusios smegenų dalies. Segmentavimo tikslas yra priešoperacinės auglių diagnostikos palengvinimas. Auglių segmentacija gali būti atlikta įvairiais metodais, kurie patenka į vieną iš trijų kategorijų: segmentacija rankiniu būdu, pusiau automatinė segmentacija ir pilnai automatinė segmentacija. Pagrindinė problema yra tai, kad medicinos darbuotojams gali būti sudėtinga taikyti pusiau automatinius arba automatinius metodus be informatikos žinių. Lietuvoje MRT atvaizdai yra segmentuojami rankiniu būdu. Šio darbo tikslas yra žmogaus galvos smegenų segmentavimo metodų apžvalga, pritaikymo galimybių nustatymas, naudojimo žingsnių aprašymas ir palyginimas. Taip pat yra pateikiami susegmentuotų atvaizdų pavyzdžiai. Metodų atrankoje yra atsižvelgiama į tai, kas yra plačiai taikoma žmogaus galvos smegenų moksliniuose tyrimuose. Naudojami duomenys pavyzdžiams sukurti yra artimi, pagal savo savybes, Lietuvos ligininėse gaunamiems duomenims. Šiame darbe yra aprašytas vienas pusiau automatinio segmentavimo metodas ir du pilnai automatiniai metodai.

Sentimentų klasifikavimas virtualių valiutų kontekste

Dovilė Kuizinienė

Vytauto Didžiojo universitetas, K. Donelaičio g. 58, LT-44248 Kaunas
dovile.kuiziniene@vdu.lt

Santrauka. Šiame straipsnyje analizuojama sentimentų analizės pritaikymas virtualių valiutų kurso krypties nustatyme, siekiant nustatyti virtualių valiutos kurso ir rinkoje vyraujančios nuotaikos sąryšius. Analizuojamos trijų informacinių portalų: Bloomberg“, „CNN“ ir „Reuters“, antraštės virtualių valiutų tematikoje ir rankiniu būdu nustatomas rinkai perduodama sentimentas. Tyrimas skaidomas į du etapus. I etape rankiniu būdu nustatytas sentimentas tikrinamas per sentimentų ištraukimo programinius paketus, II etape – tikrinamas per vieną mašininio mokymosi algoritmų panaudojimą. Tikslumu, F-jverčiu, RMSE ir MAE klaidų koeficientais atliekamas rezultatų palyginimas.

Raktiniai žodžiai: Virtualios valiutos, Bitcoin, sentimentų analizė, klasifikavimas

1 Įvadas

Analizuojamas penkių virtualių valiutų kurso judėjimas: Bitcoin (BTC), BitcoinCash (BCH), Ether (ETH), Litecoin(LTC) ir Ripple (XRP) 2018 m. birželio – rugsėjo mėnesių laikotarpiu. Virtualių valiutų kurso dinamika yra staigiai kintanti, todėl investuotojui ypač svarbu nustatyti kurso judėjimo krypties pokytį pirmam. Naudodami sentimentų analizę sieksime patvirtinti efektyvios rinkos hipotezę, kuri teigia, kad turto kaina atspindi visą turimą informaciją.

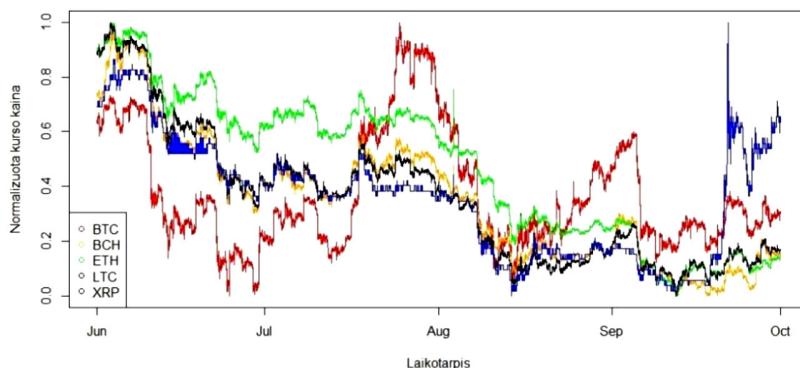
Šiais – informacinės visuomenės laikais, turime apdoroti gausų ir greitai besikeičiantį informacijos srautą, todėl svarbu tinkamas šaltinių pasirinkimas ir tikslingas jų panaudojimas. Šiame straipsnyje analizuojami rinkos sentimentai. Darbe sentimentai suprantami, kaip išreikštas požiūris virtua-

lių valiutų kurso tema, jis gali būti teigiamas, neigiamas arba neutralus. Dėl kasdien esančios informacijos gausos, analizuojamos informacinių portalų: „Bloomberg“ [1], „CNN“ [2] ir „Reuters“ [3], antraštės virtualių valiutų tematikoje ir rankiniu būdu nustatomas rinkai perduodamas sentimentas. Sentimentų analizei pasitelkti skirtingų programinių įrangų (Python, MonkeyLearn, Weka) analizės paketai, paremti mašininio mokymosi algoritmais.

Darbo tikslas: nustatyti virtualių valiutų kurso ir sentimentų judėjimo krypties ryšį.

2 Tyrimo duomenys

Virtualių valiutų Bitcoin (BTC), BitcoinCash (BCH), Ether (ETH), Litecoin(LTC) ir Ripple (XRP) 2018 m. birželio – rugsėjo mėnesio laikotarpiu kurso judėjimas pateikiamas 1 paveiksle. Laikotarpis pasirinktas dėl „Coindesk“ [4] svetainės suteikto duomenų prieinamumo.



1 pav. Virtualių valiutų kurso judėjimas 2018 m. birželio – rugsėjo mėn.

Pasirinkti trys informaciniai portalai: „Bloomberg“, „CNN“ ir „Reuters“, dėl esančios jų sklaidos ir vartotojų susidomėjimo Azijos regione. Azijos regione yra didžiausia virtualių valiutų biržų koncentracija. Nurodytose portaluose analizuotos tik straipsnių antraštės, pateiktos virtualių valiutų tematikoje 2018 metų birželio – rugsėjo mėnesiais. Analizės straipsniai atrinkti pagal raktinius žodžius „bitcoin“ ir „crypto“. „Bloomberg“ portale atrinkta 358 unikalios antraštės, „CNN“ – 53, „Reuters“ – 134. Unikalios ant-

raštės suprantama, kaip straipsnio su ta pačia antrašte įtraukimas vieną kartą, nors portale pvz. yra dvi, viena prie technologijų srities, kita rinkos srityje, tuomet imamas senesnis straipsnis. Siekiant išvengti sustiprintos rinkos nuotaikos. Rankiniu būdu, kiekvienai antraštei nustatomas sentimentas: teigiamas(+1), neigiamas (-1), neutralus (0).

3 Tyrimo metodika

Tyrimo tikslas – tinkamiausių nustatyto antraštės sentimentu virtualios valiutos tematikoje klasifikacijos įrankių nustatymas.

Tyrimo eiga:

1. I dalis – antraščių sentimentu nustatymas per paruoštus sentimentu analizės įrankius.
2. II dalis – antraščių sentimentu nustatymas skirtingais mašininio mokymosi algoritmais, panaudojant WEKA programos paketą (1 lentelė).
3. Įrankių įvertinimas.

1 lentelė. Skirtingų įrankių palyginimas

Įrankis	I dalis				II dalis
	Python TextBlob [5]	Python vader Sentiment [6]	Monkeylearn.com [7]	Python balsavimo klasifikatorius [8]	Weka
Duomenų bazė	Filmų apžvalgos	Leksikos ypatumų aukštinio standarto sąrašas	Skirtingos duomenų bazės	Filmų apžvalgos	Filmų apžvalgos [9]
Skaičiavimo algoritmas	Bayes klasifikatorius (Naive), Sprendimų medis	Taisyklėmis grįstas modelis	Hibridinis modelis (taisyklėmis ir mašininiais algoritmais grįstas modelis)	Remiasi 5 klasifikatorių atsakymais: Bayes (Naive), Tiesinio atraminio vektoriaus, Bernulli Bayes (Naive), Daugialypis Bayes (Naive), Logistinė regresija.	15 skirtingų klasifikatorių (4 lentelė)

Tyrimo vertinimo metodai

- MAE, MSE, RMSE. Apskaičiuojamos MAE, MSE, RMSE klaidos tarp antraštės sentimentu nustatymo rankiniu būdu ir kitais įrankiais ar mašininio mokymosi algoritmais.
- Tikslumo (ang. accuracy) ir F įvertis. Nustatomi tikslumo ir F įvertis mašininio mokymosi algoritams

Tyrimo ribotumai:

- Neatsižvelgiama į virtualių valiutų kurso sentimentų atsilikimą informacinių portalų naujienose.
- Antraštės sentimentą rankiniu būdu nustatė vienas žmogus.
- Filmų apžvalgų, kaip mokymosi bazės naudojimas (1 lentelė).
- Skirtingas sentimentų skaičius analizės grupėse.
- II dalies analizė tik per teigiamus ir neigiamus sentimentus (neutralaus sentimentu neturėjimas mokymo bazės viduje).
- Trijose sentimentų grupėse klaidų skaičiavimo korekcija, dėl žymėjimų skirtumų (teigiama grupė – 1, neigiama – -1, neutrali – 0, tai skirtumas tarp neutralios teigiamos ar neigiamos yra lygus 1, o tarp teigiamos ir neigiamos 2), todėl atliekama korekcija iš 2 į 1. Todėl klaidų skaičiavimo metodikos MAE=MSE.

4 Tyrimo rezultatai

Siekiant tinkamo klasifikatorių įvertinimo nustatomos didžiausios klasės riba ir atsitiktinė riba. Klasifikatorius tikslumas turėtų būti didesnis už šias ribas (2 lentelė, didesnė riba pažymima).

2 lentelė. Sentimentų pasiskirstymas pagal pobūdį.

	Bloomberg			CNN			Reuters		
	Skč.	I daliai	II daliai	Skč.	I daliai	II daliai	Skč.	I daliai	II daliai
Teigiami	144	40.22%	47.37%	20	37.74%	45.45%	56	41.79%	46.28%
Neigiami	160	44.69%	52.63%	24	45.28%	54.55%	65	48.51%	53.72%
Neutralūs	54	15.08%	-	9	16.98%	-	13	9.70%	-
Atsitiktinė riba		38.43%	50.14%		37.63%	50.41%		41.94%	50.28%

I ir II dalių tyrimo rezultatai pateikiami atitinkamai 3 ir 4 lentelėse. Vertinant tikslumą: I dalyje nurodytą ribą viršyta „CNN“ antraščių analizės atveju (Python vanderSentiment ir balsavimo klasifikatorius); II dalyje – „Randomizable Filtered Classifier“ algoritmas „Bloomberg“ ir CNN atveju, o ribai buvo lygus „AdaBoostM1“ algoritmas „CNN“ ir „Reuters“ atveju, bei „CNN“ – „Random Tree“, „Reuters“ – „OneR“.

Pastebima, kad 100 proc. mokymosi rezultato tikslumas nelemia aukštų testavimo rezultatų (4 lentelė). Tik 1 iš 4 (100 proc. mokymosi rezulta-

tu) algoritmų, pasižymėjo aukštais tikslumo rezultatais ir testavimo imtyje, tai – „Randomizable Filtered Classifier“ algoritmas. Šis algoritmas pasižymėjo ne tik aukštu tikslingumu, bet ir F įverčių bei mažesne MAE klaida.

3 lentelė. Teisingumo, F įverčio, MAE/MSE, RMSE klaidų palyginimas tarp tikrojo sentimentų (rankinių įrankių nustatyto) ir skirtingais įrankiais nustatyto sentimentų.

		Python TextBlob	Python vaderSentiment	monkeylearn.com	Python balsavimo klasifikatorius
Bloomberg	Tikslumas, %	26.82%	42.18%	23.74%	44.13%
	F įvertis	0.380	0.520	0.348	?
	MAE/MSE	0.732	0.578	0.763	0.559
	RMSE	0.855	0.760	0.873	0.747
CNN	Tikslumas, %	39.62%	49.06%	35.85%	47.17%
	F įvertis	0.280	0.457	0.227	?
	MAE/MSE	0.604	0.509	0.642	0.528
	RMSE	0.777	0.714	0.801	0.727
Reuters	Tikslumas, %	29.85%	44.78%	26.12%	46.27%
	F įvertis	0.364	0.496	0.278	0.392
	MAE/MSE	0.701	0.552	0.739	0.537
	RMSE	0.838	0.743	0.860	0.733

Vertinant F-įvertį, kuris apima tikslumą (ang. precision) (teisingai pasirinktus elementus) ir išsamumą (ang. recall) (teisingus elementus, kurie buvo priskirti). Kuo F įvertis yra artimesnis 1, tuo klasifikatoriaus rezultatas yra geresnis. 3 ir 4 lentelėje ties F įverčių esanti klaustuko reikšmė byloja, kad F-įverčio suskaičiuoti nepavyko, dėl susimaišymo matricoje esančių 0. I dalyje F-įverčio geriausi rezultatai Python „VaderSentiment“ visuose analizuojamuose portaluose. lentelė. WEKA pakete esančių algoritmų rezultatų palyginimas.

I dalyje - „Randomizable Filtered Classifier“. F įvertis svyravo nuo 0,311 iki 0,613, atitinkamai „Logic Boost“ ir „Randomizable Filtered Classifier“ algoritmams. F įvertis viršijo 0,5 tik iki 20 proc. analizuojamų įrankių.

Analizuojant klaidas pastebime, kad mažiausiomis klaidomis pasižymėjo „Randomizable Filtered Classifier“, J48 ir OneR algoritmai.

5 Išvados

Šiame straipsnyje pateikiama viena iš sentimentų analizės virtualių valiutų kontekste dalių, kuriame buvo tikrinamas nustatyto antraštės sentimentų klasifikavimas, panaudojant rinkoje sukurtus sentimentų klasifikavi-

4 lentelė. WEKA pakete esančių algoritmų rezultatų palyginimas.

Algorithmai	Mokymosi rezultatai					Bloomberg					CNN					Reuters				
	Tikslu- mas. %	F ivertis	MAE	RMSE	Tikslu- mas. %	F ivertis	MAE	RMSE	Tikslu- mas. %	F ivertis	MAE	RMSE	Tikslu- mas. %	F ivertis	MAE	RMSE	Tikslu- mas. %	F ivertis	MAE	RMSE
Naive Bayes	81.41%	0.814	0.191	0.403	47.37%	0.446	0.525	0.705	50.00%	0.316	0.500	0.593	47.11%	0.465	0.505	0.562				
Logistic	87.90%	0.879	0.179	0.297	51.64%	0.517	0.499	0.508	43.18%	0.426	0.492	0.501	51.24%	0.507	0.498	0.507				
Decision Stump	61.22%	0.612	0.464	0.482	48.03%	0.319	0.502	0.507	47.73%	0.332	0.499	0.506	46.28%	?	0.500	0.500				
J48	96.46%	0.965	0.062	0.176	50.33%	0.429	0.498	0.499	50.00%	0.428	0.503	0.508	49.59%	0.373	0.495	0.497				
Random Forest	100.0%	1.000	0.138	0.149	48.03%	0.340	0.504	0.508	50.00%	0.405	0.499	0.501	47.93%	0.416	0.500	0.500				
Random Tree	100.0%	1.000	0.000	0.000	48.68%	0.371	0.506	0.512	54.55%	0.480	0.494	0.496	48.76%	0.369	0.501	0.503				
OneR	61.22%	0.580	0.388	0.623	48.03%	0.319	0.520	0.721	47.73%	0.332	0.523	0.723	53.72%	?	0.463	0.680				
Random Sub Space	87.65%	0.876	0.306	0.341	48.36%	0.351	0.503	0.508	50.00%	0.377	0.494	0.502	47.93%	0.353	0.499	0.501				
Randomizable Filtered Classifier	100.0%	1.000	0.000	0.000	56.58%	0.561	0.434	0.659	61.36%	0.613	0.386	0.622	52.07%	0.504	0.479	0.692				
Random Committee	100.0%	1.000	0.000	0.000	49.34%	0.371	0.503	0.507	47.73%	0.390	0.498	0.499	50.00%	0.373	0.500	0.500				
Multi Class Classifier	87.90%	0.879	0.179	0.297	51.64%	0.517	0.499	0.508	43.18%	0.426	0.492	0.501	51.24%	0.507	0.498	0.507				
Logic Boost	71.75%	0.712	0.378	0.430	48.03%	0.319	0.500	0.501	50.00%	0.377	0.493	0.504	47.11%	0.311	0.499	0.500				
AdaBoostM1	67.85%	0.661	0.441	0.461	51.97%	0.360	0.497	0.501	54.55%	?	0.485	0.492	53.72%	?	0.494	0.498				
Attribute Selected Classifier	80.19%	0.802	0.292	0.382	48.03%	0.345	0.500	0.502	47.73%	0.364	0.493	0.504	47.10%	0.324	0.498	0.502				
Filtered Classifier	94.05%	0.940	0.105	0.229	48.03%	0.359	0.500	0.502	47.73%	0.364	0.496	0.504	48.76%	0.345	0.498	0.501				

mo įrankius. Trijose informaciniuose portaluose: „Bloomberg“, „CNN“ ir „Reuters“, analizuojamos naujienų antraštės virtualių valiutų tematikoje 2018 m. birželio – rugsėjo mėnesiais. Šių portalų antraštėms priskiriamas sentimentas: teigiamas, neigiamas arba neutralus. Sentimentas suprantamas kaip išreikštas požiūris virtualių valiutų kurso tema.

Tyrimas skaidomas į du etapus. I etape rankiniu būdu nustatytas sentimentas tikrinamas per sentimentų ištraukimo programinius paketus, II etape – tikrinamas per vienų mašininio mokymosi algoritmų panaudojimą. Kiekvienas programos paketas/algoritmas kiekvienam informaciniam portalui vertinamas atskirai.

I etape geriausiai rezultatais pasižymėjo „Python VaderSentiment“ įrankis, nes pasižymėjo aukščiausiais F įverčiais, o „CNN“ informacinio portalo atveju išpildytos tikslumo tinkamumo sąlygos (didžiausios klasės ir atsitiktinės ribos). II etape geriausiai rezultatus pateikė „Randomizable Filtered Classifier“ algoritmas, jo tikslumas ir F įvertis buvo didžiausi, o klaidos priskiriamos mažesnių grupei. WEKA pakete ištestuota 15 skirtingų algoritmų, iš jų tik 28 proc. tikslumas viršijo atsitiktinę ribą, didžiausią klasės ribą – 13 proc., didesnė algoritmų dalis (58 proc.) nesiekė net 50 proc. tikslumo.

Tolimesnės tyrimo kryptys būtų dirbtinio intelekto metodų įtraukimas (ANN, SVR), duomenų bazės antraščių sentimentams sudarymas, virtualios valiutos kurso ir ištraukto sentimentų sąryšių nustatymas.

Literatūra

- [1] Bloomberg, 2018. [Tinkle]. Available: <https://www.bloomberg.com/search?query=crypto&sort=time:desc&endTime=2018-11-03T11:27:07.215Z&page=30>. [Kreiptasi 1 11 2018].
- [10] „CNN“, 2018. [Tinkle]. Available: <https://edition.cnn.com/>. [Kreiptasi 1 11 2018].
- [11] „Reuters“, 2018. [Tinkle]. Available: <https://www.reuters.com/>. [Kreiptasi 1 11 2018].
- [12] „Coindesk“, 2018. [Tinkle]. Available: <https://www.coindesk.com/>. [Kreiptasi 1 11 2018].
- [13] S. Loria, „TextBlob“, 21 01 2018. [Tinkle]. Available: <https://media.readthedocs.org/pdf/textblob/latest/textblob.pdf>. [Kreiptasi 13 11 2018].
- [14] C. Hutto ir E. Gilbert, „VADER: A Parsimonious Rule-based Model for Sentiment Analysis of Social Media Text“, [Tinkle]. Available: <http://comp.social.gatech.edu/papers/icwsm14.vader.hutto.pdf>. [Kreiptasi 13 11 2018].
- [15] „MonkeyLearn“, 2018. [Tinkle]. Available: <https://monkeylearn.com>. [Kreiptasi 13 11 2018].
- [16] „Pythonprogramming.net“, 2015. [Tinkle]. Available: <https://pythonprogramming.net/new-data-set-training-nltk-tutorial/>. [Kreiptasi 13 11 2018].
- [17] „Large Movie Review Dataset“, Stanford.edu, 2011. [Tinkle]. Available: <http://ai.stanford.edu/~amaas/data/sentiment/>. [Kreiptasi 8 11 2018].

Tissue Collagen Detection and Analysis in the Digital Histopathology H&E Images

Marius Latinis

Vilnius University, Institute of Data Science and Digital Technologies,
Akademijos str. 4, LT-08663 Vilnius
National Center of Pathology, Affiliate of Vilnius University Hospital Santaros
Klinikos, P. Baublio str. 5, LT-08406 Vilnius
m.latinis@gmail.com

1 Introduction

Mortality in cancer patients is directly attributable to the ability of cancer cells to metastasize to distant sites from the primary tumor. The migration of tumor cells begins with a remodeling of the local tumor micro environment which facilitates the invasion of tumor cells into the bloodstream. Of particular interest is a protein collagen released in the extracellular space and forming long fibers. It has been proposed that the alignment of collagen fibers surrounding the tumor epithelial cells can serve as a quantitative image-based bio-marker for survival of patients. Specific types of collagen alignment have been identified for their prognostic value and now these tumor associated collagen signatures (TACS) are central to several clinical specimen imaging trials.

Previous collagen alignment studies have been carried out either manually or on a special microscopy techniques (such as the second harmonic generation (SHG) microscopy). However, a normal clinical workflow in many cases prepares only the standard histopathology hematoxylin and eosin (H&E) stained slides. In this project we aim to perform an automated collagen fiber analysis solely on the standard H&E stained images.

2 Progress

The first step was to identify regions in the image representing the collagen. We use deep learning approach to tackle this step. We trained a con-

volutional neural network (using the U-net architecture) on a set of images for which the collagen location was manually annotated. After training for 15 minutes on a set of 43 images, the neural network can now extract collagen from the tiles of size $256 * 256$ pixels. We then partition a large image into many tiles of size $256 * 256$, extract the collagen mask from each tile and compute metrics for each mask. We automated the computation of several metrics (per mask) including the average collagen fiber length, average collagen fiber width, its density. The overall goal is to determine the right metrics that when applied to an image can identify regions of great significance to the cancer diagnosis.

Atskaitos taškais grįsti daugelio kriterijų optimizavimo evoliuciniai algoritmai

Viktoras Laukevičius

Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos fakultetas,
Naugarduko g. 24, LT-03225 Vilnius
viktoras.laukevicius@stud.mif.vu.lt

Santrauka. Daugelio kriterijų uždaviniai yra sudėtingai išsprendžiami, kadangi su padidėjusiu optimizavimo funkcijų skaičiumi atsiranda daugiau taškų, kuriuos reikia įvertinti aproksimuojant Pareto frontą. Šis darbas analizuoja NSGA-III algoritmą, nagrinėdamas sprendinių pasiskirstymo bei konvergavimo į Pareto frontą aspektus, bei pristato modifikaciją įtraukiančią elitinių narių archyvą, kuris yra naudojamas aplinkos išrinkime. Panaudotos euristicos įtakos rezultatai yra lyginami tiek su originalaus algoritmo tiek su naudojamos realizacijos pateiktais rezultatais. Gautieji rezultatai patvirtina elitinių narių euristicos panaudojimo NSGA-III algoritme efektyvumą atskleidami dar daugiau galimybių idėjos vystymui.

Raktiniai žodžiai: daugiakriterinis optimizavimas, daugelio kriterijų optimizavimas, evoliuciniai algoritmai, elitiškumas, atskaitos taškai, Pareto frontas.

1 Įvadas

Optimizavimas yra procesas, leidžiantis pasiekti geresnių, greitesnių, stipresnių ar kitaip pranašesnių rezultatų priklausomai nuo taikomosios srities. Daugiakriterinis optimizavimas yra kelių kriterijų optimizacija. Klasikinis buitinis daugiakriterinio optimizavimo uždavinys yra kainos bei kokybės pusiausvyros sprendimas. Perkant daiktus nuo mobilaus telefono iki būsto yra trokštama kuo didesnės kokybės, tačiau norima išleisti kuo mažiau. Matematiškai formalizuojant daugiakriterinio (M kriterijų) optimizavimo sprendimų paiešką ji išreiškiama taip:

$$\begin{aligned} \text{minimizuoti/maksimizuoti} \quad & y = F(x) = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_M(x)] \\ \text{esant apribojimams} \quad & x \in S \\ & S = \left\{ \begin{array}{l} g_j(x) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, J; \\ h_k(x) = 0, \quad k = 1, 2, \dots, K; \end{array} \right\} \end{aligned}$$

kur, laikant, jog sprendinys turi V kintamųjų, x yra V -matis vektorius, vadinamas sprendinių vektoriumi. Šis vektorius priklauso sprendinių kintamųjų erdvei S , apribotai nelygybių bei lygybių funkcijų g_j ir h_k , kurių yra J ir K atitinkamai. Visi sprendiniai, patenkantys į S erdvę, yra laikomi leistiniais sprendiniais, o nepatenkantys – neleistiniais.

2 Evoliuciniai algoritmai ir daugiakriterinis optimizavimas

Evoliuciniai algoritmai apjungia kelias euristikas, kurios pasitelkdamos natūralios evoliucijos idėjas padeda spręsti daugiakriterinio optimizavimo uždavinius. Evoliuciniai algoritmai veikia vykdydami generacijas. Kiekvienoje generacijoje atrenkami geriausi sprendiniai bei konstruojamos sekančios generacijos.

Vykiant evoliucinius algoritmus yra atliekamos trijų tipų operacijos su populiacijų nariais, tai yra išrinkimas, mutacija bei kryžminimas. Nors šios operacijos yra esminis evoliucinių algoritmų veikimo pagrindas, kiti aspektai kaip pradinės populiacijos generavimas, kandidatų reprezentavimas bei elitiškumas yra neatsiejamos šių algoritmų sudedamosios dalys. Evoliucinių algoritmų veikimo bei daugiakriterinių uždavinių optimizavimo kriterijai sutampa – sprendiniai turi būti kuo labiau tolygiai pasiskirstę per sprendinių aibę ir kuo arčiau tikslo funkcijos reikšmių.

Elitiškumas (angl. *elitism*) – būdas užtikrinti, jog geriausi populiacijos individai išgyvena iš generacijos į generaciją. Tai atitinka biologinę evoliuciją, tačiau tokiu būdu gali būti prarandami elitiniai individai, jei palikuonys nebėra geresni už savo tėvus. Elitiškumui užtikrinti dažniausiai yra naudojamas išorinis archyvas (angl. *external archive*), kuriame geriausieji individai yra arba kopijuojami iš pagrindinės populiacijos arba perkeliama, taip sudarant populiacijų plėtinus.

3 Daugiakriteriniai ir daugelio kriterijų optimizavimo algoritmai

Daugiakriterinio uždavinių optimizavimo algoritmus galima skirstyti į tris grupes: Pareto dominavimu grįsti, dekompozicija grįsti bei indikatoriumi grįsti algoritmai [6]. Pareto aibe grįsti algoritmai yra ypač efektyvūs sprendžiant mažos dimensijos uždavinius, o šios aibės reprezentacinis algoritmas yra NSGA-II [4]. Antroji grupė algoritmų dalina komplikuoatą daugiakriterinio optimizavimo uždavinį į kelis dalinius uždavinius ir sprendžia juos atskirai (MOEA/D [9] algoritmas). Trečioji grupė jungia efektyvumu arba indikatoriumi grįstus algoritmus (*m*IBEA [7] algoritmas).

Daugelio kriterijų optimizavimo uždaviniai yra atskiras daugiakriterinių optimizavimo uždavinių atvejis. Šio tipo uždaviniai susideda iš keturių ar daugiau kriterijų, tai yra keturių ar daugiau optimizavimo funkcijų. Šie uždaviniai yra sudėtingiau išsprendžiami, kadangi su padidėjusiu optimizavimo funkcijų skaičiumi atsiranda daugiau taškų, kuriuos reikia įvertinti aproksimuojant Pareto frontą [8]. Didėjant kriterijų dimensijai tampa sudėtinga išlaikyti tinkamą populiacijos įvairovę bei konvergavimą į Pareto frontą.

Šiuo metu vienas stabiliausių algoritmų daugelio kriterijų optimizavimo uždaviniams spręsti yra laikomas NSGA-III algoritmas [3]. Šio algoritmo kūrėjo dėmesys buvo nukreiptas į sprendinių įvairovę didinančias schemas. Daugiakriterinių uždavinių sprendimui adaptuotame algoritme NSGA-III, lyginant su NSGA-II, vienas pagrindinių pasikeitimų buvo atskaitos taškų euristicos įvedimas.

4 Analizė ir eksperimentai

Atliekant eksperimentus bei ieškant patobulinimo taškų nebuvo norėta kurti algoritmo nuo pat pradžių, todėl buvo pasirinkta vieno algoritmo bazė ir atliekami eksperimentai, siekiant atrasti vietas, kurias galima būtų patobulinti. Deja, tačiau oficiali NSGA-III algoritmo implementacija nėra pateikta, todėl eksperimentams atlikti buvo naudojama rasta realizacija [1], kuri šiame darbe bus žymima kaip NSGA-III^β. Algoritmo realizacija suprogramuota C++ programavimo kalba.

NSGA-III algoritmas naujajai, kombinuotai tėvų ir vaikų $R_t = P_t \cup Q_t$ (dydis $2N$), populiacijai sudaryti naudojami įprasti genetiniai mutacijos ir kryžmini-

mo operatoriai. Kaip ir NSGA-II, taip ir NSGA-III algoritme naudojami polinominės mutacijos bei simuliuojamo dvejetainio kryžminimo operatoriai.

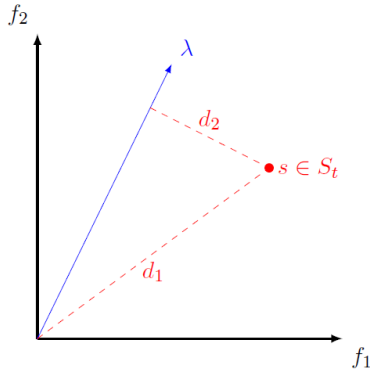
Aproksimuojamo Pareto fronto reikšmių tolygiam pasiskirstymui užtikrinti naudojami atskaitos taškai. Sisteminis metodas, pristatytas [2], atideda taškus normuotoje hiperplokštumoje ($M - 1$ dimensijos plokštumoje).

Didėjant kriterijų skaičiui atskaitos taškų skaičius stipriai didėja, todėl NSGA-III algoritmo pristatyme buvo pasiūlytas būdas padalinti atskaitos taškų generavimą į du sluoksnius, vidinį ir išorinį.

Pirminė originalaus NSGA-III algoritmo analizė buvo pradėta nuo individų įvairovės išlaikymo tyrimo. Algoritme naudojama atskaitos vektorių euristika leidžia individų pasiskirstymas skaičiuoti pagal tai, kiek narių yra priskirta kiekvienam atskaitos vektoriui. Tam, jog būtų galima įvertinti kaip gerai pasiskirstę yra individai, buvo pasinaudota Šanono entropijos įverčiu. Išsprendus DTLZ1-DTLZ4 testinius uždavinius su $M = 8$ kriterijais, skaičiuojant entropiją kiekvienoje iteracijoje, buvo nuspręsta, jog individų pasiskirstymas yra pakankamas ir NSGA-III algoritmas jį išlaiko puikiai, bent jau žvelgiant iš atskaitos vektorių ir sprendinių, priskirtų jiems.

NSGA-III algoritmo analizės metu buvo pastebėta, jog evoliucijos metu, atliekant kryžminimą ir mutaciją, galimai būdavo prarandami geriausi individai, kadangi jie būdavo mutuojami bei kryžminami. Ši ypatybė sulėtina individų konvergavimą į Pareto frontą. Geriausių individų išlaikymo euristika vadinama elitiškumu, kuri yra naudojama kituose algoritmuose, tačiau yra realizuojama taip, jog geriausieji individai yra naudojami tik mutacijos ir kryžminimo metu, bet ne populiacijos išrinkimo metu. Elitinių narių archyvas atskaitos taškais grįstame algoritme gali būti išnaudotas labai pagrįstai, kadangi atsiranda aibė elementų (atskaitos taškų), su kuria galima sieti elitinius narius.

Po daugybės bandymų ir parametrų derinimo buvo prieita prie individų išrinkimo žingsnio, pasitelkiančio elitinių narių archyvą, pristatyto 1 algoritmo aprašyme. Elitinio procedūros idėja pakeisti ką tik įdėtą individą, gautą natūralia atranka, elitiniu, jei jis galimai suteiks daugiau naudų ateityje. Potencialiai keičiant individus įvedamas griežtas reikalavimas elitiniam nariui, kuris turi būti geresnis nei individas, kilęs iš natūralios evoliucijos tiek pagal d_1 , tiek pagal d_2 (kurie yra apibrėžti 1 paveiksle). Elitinis narys yra atnaujinamas jeigu natūralios atrankos individas yra geresnis nei elitinis individas pagal abu, d_1 ir d_2 , atstumus su viršenybės koeficientu c_v , kuris atsitiktinai gali būti arba 1.1, arba 1.3. Šis koeficientas buvo išvestas empiriniu būdu atlikus ekperimentus.



1 pav. Individui priskirti atstumų atributai

Algoritmas 1: NSGA-III elitinio procedūra

Įvestis:

atskaitos taškui priskirto elitinio nario funkcija $E(j)$,
atsitiktinis mažiausiai priskirtų individų turintis atskaitos taškas j^* ,
atstumo nuo atskaitos vektoriaus iki taško funkcija d ,
jau įtrauktų individų aibė P_{t+1}

Išvestis: nauja populiacija P_{t+1}

```

1  $m^* = P_{t+1}$ [paskutinis]
2  $m = N_{normuoti}(m^*)$ 
3  $e = E(j^*)$ 
4 if  $\neg(\|m\| < \|e\|$  or  $d(m) < d(e))$  then
5   |  $P_{t+1} = (P_{t+1}/m) \cup e$ 
6 end
7  $c_v = \text{random}(\{1.1, 1.3\})$ 
8 if  $\|m\| < \|e\| \cdot c_v$  and  $d(m) < d(e) \cdot c_v$  then
9   |  $E(j^*) = m$ 
10 end

```

Atliekant eksperimentus uždaviniai buvo pasirinkti iš DTLZ rinkinio (DTLZ1 - DTLZ4) [5] ir sprendžiami su 5, 8, 10 ir 15 kriterijų. Kadangi tiek konvergavimas į tikrąjį Pareto frontą, tiek sprendinių tolygus pasiskirstymas yra vienodai svarbūs, tai gautiems sprendiniams įvertinti naudojamas apversto apibendrinto atstumo (IGD) matas.

Kiekvienas unikalus uždavinys buvo sprendžiamas 20 kartų (tiek pat, kiek ir originaliame NSGA-III algoritmo pristatyme bei realizacijoje NSGA-III^β) su skirtingomis atsitiktinėmis populiacijomis. Po atliktos paskutinės iteracijos, gautoji populiacija laikoma rezultatu ir yra skaičiuojamas apverstas apibendrintas atstumas.

Naujai pristatytos procedūros veiksmingumas išanalizuotas pagal tai, kaip anksti yra randama geriausia kriterijaus reikšmė, kurioje evoliucijos vietoje paskutinį kartą yra panaudojamas natūralios atrankos individas. Taip pat buvo nagrinėjama kaip kinta panaudotų bei atnaujintų elitinio archyvo narių skaičius kiekvienoje evoliucinėje iteracijoje.

5 Išvados

Po algoritmo analizės buvo pastebėta, jog algoritmas gerai išlaiko sprendinių tolygumą, tačiau galimai prarasdavo geriausius individus evoliucijos metu, o tai trukdydavo greičiau konverguoti į Pareto frontą. Šiam trūkumui pašalinti buvo pasinaudota atskaitos vektorių bei eilitinių narių, priskirtų jiems, euristika.

Pagal pagrindinį algoritmų efektyvumo įvertinimo kriterijų, apverstą apibendrintą atstumą, naujoji elitinio procedūra veikia efektyviai. Lyginant su originaliu NSGA-III algoritmo pateiktais įverčiais iš 48 palyginamų įverčių (DTLZ1-DTLZ4 × M=5,8,10,15 × {geriausia, mediana, blogiausia} reikšmės) net 69 % (33) buvo gauti geresni, o tik 27 % buvo prastesni. Rezultatus lyginant su naudojama algoritmo implementacija NSGA-III^β elitinio procedūros efektyvumas ypač jaučiamas, kadangi net 73 % (35) įverčių gauti geresni, o prastesni tik 12 % (6).

Pagal atliktų eksperimentų ir gautų kiekvieno sprendimo apverstų apibendrintų atstumų įverčius matoma, jog dažnai pasitaiko, jog uždavinio sprendinių sugeneruoti atstumai daugeliu atveju pasiekia gerus rezultatus, tačiau atsiranda vienas sprendinys, ženkliai nutolęs nuo grupės. Ypatingai gerai yra sprendžiamas 8 kriterijų DTLZ2 uždavinys, kurio IGD įverčiai pasiskirsto mažiausiame režyje. DTLZ4 uždavinių sprendiniai sugeneruoja labiausiai tolygiai pasiskirsčiusius rezultatus, tačiau režai kartais yra didelis, kai tuo tarpu DTLZ3 dažniausiai generuoja didžiąją daugumą sprendinių nedideliame režyje, tačiau atsiranda vienas ar keli sprendiniai reikšmingai nutolę nuo grupės.

Literatūra

- [1] T. Chiang. nsga3cpp: A C++ implementation of NSGA-III. 2016.: <http://web.ntnu.edu.tw/~tcchiang/publications/nsga3cpp/nsga3cpp-validation.htm>.
- [2] I. Das and J. E. Dennis. "Normal-Boundary Intersection: A New Method for Generating the Pareto Surface in Nonlinear Multicriteria Optimization Problems". In: *SIAM J. on Optimization* 8.3 (Mar. 1998), pp. 631–657.: <http://dx.doi.org/10.1137/S1052623496307510>.
- [3] K. Deb and H. Jain. "An Evolutionary Many-Objective Optimization Algorithm Using Reference-Point-Based Nondominated Sorting Approach, Part I: Solving Problems With Box Constraints". In: *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 18.4 (2014), pp. 577–601.: [10.1109/TEVC.2013.2281535](https://doi.org/10.1109/TEVC.2013.2281535).
- [4] K. Deb et al. "A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II". In: 6 (May 2002), pp. 182–197.
- [5] K. Deb et al. "Scalable multi-objective optimization test problems". In: *Proceedings of the 2002 Congress on Evolutionary Computation. CEC'02 (Cat. No.02TH8600)*. Vol. 1. 2002, 825– 830 vol.1.: [10.1109/CEC.2002.1007032](https://doi.org/10.1109/CEC.2002.1007032).
- [6] A. Ghosh and S. Dehuri. "Evolutionary Algorithms for Multi-Criterion Optimization: A Survey". In: 2 (Jan. 2004).
- [7] Wenwen Li et al. A modified indicator-based evolutionary algorithm (mIBEA). Mar. 2017.: [10.1109/CEC.2017.7969423](https://doi.org/10.1109/CEC.2017.7969423).
- [8] T. Sun, G. G. Yen, and Z. Yi. "IGD Indicator-based Evolutionary Algorithm for Many-objective Optimization Problems". In: *CoRR abs/1802.08792* (2018).
- [9] Q. Zhang and H. Li. "MOEA/D: A multi-objective evolutionary algorithm based on decomposition". In: 6 (Jan. 2007).

IT saugos incidentų valdymo paramos sistema

Danius Lozorkevičius

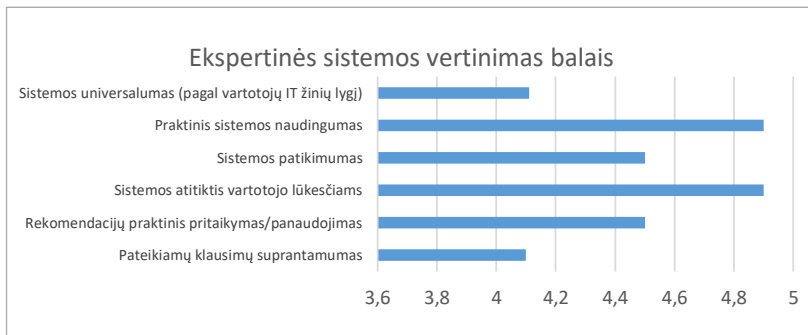
Kauno technologijos universitetas, Informatikos fakultetas,
Studentų g. 50, LT- 51368 Kaunas
danius.lozorkevicius@ktu.edu

Santrauka. IT saugos incidentas yra nepageidaujamas įvykis informaciniame sistemoje arba tinkle, keliantis grėsmę kompiuterių ar tinklo saugumui dėl prieinamumo, vientisumo ir konfidencialumo. Incidentai gali būti, pavyzdžiui, stichinės nelaimės, sistemos gedimai, neleistina prieiga prie sistemos arba jos naudojimas, virusų atakos ir kt. [1]. IT saugos incidentų valdymas yra šių dienų aktuali įmonių problema. Įmonės ieško visapusiškai naudingo, ekonomiškai pagrįsto ir prie jų veiklos prisitaikančio sprendimo. Parankiausias sprendimas yra ne IT saugos eksperto pareigybė, o sistema, padedanti įmonės darbuotojui nustatyti dažniausiai pasitaikančius sąlyginai nedidelę grėsmę keliančius incidentus bei pasiūlyti tinkamiausią jų sprendimo būdą.

Šiam tikslui pasiekti darbo metu išanalizuoti IT saugos incidentai, jų keliamos grėsmės. Išanalizavus ekspertinių sistemų galimybes paaiškėjo, kad tokios sistemos tinkamos IT saugos incidentų valdymo problemai spręsti dėl savybės imituoti žmogaus sprendimų priėmimo sugebėjimus. Statistiškai dažniausiai pasitaikančius IT saugos incidentų požymius galima aprašyti taisyklėmis JEIGU..., TAI..., suprantamomis kompiuterinių ekspertinių sistemų. Sukurta praktinę naudą teikianti IT saugos incidentų valdymo paramos sistema. Paramos sistemos kūrimui naudotas ekspertinės sistemos apvalkalas. Paprastai jis gali būti laikomas tuščiu, kuris dar turi būti užpildytas ekspertinių žinių elementais, kurie kartu su išvesties sąsaja gali būti naudojami apdorojant vartotojų užklausas, kad būtų galima išspręsti vartotojų problemas [2].

Atliktas dviejų dalių eksperimentas. Pirmoje dalyje buvo siekiama išsiaiškinti potencialių vartotojų pasitenkinimą sistema ir realias galimybes tokią sistemą naudoti praktikoje. Antroje dalyje buvo siekiama nustatyti sistemos patikimumą teikiant vartotojui tinkamiausią nustatytų incidentų

sprendimo būdą. Eksperimento rezultatai parodė, jog vartotojai teigiamai vertiną sistemą bei jos teikiamų rekomendacijų praktinį panaudojimą, o sistemos teikiamos incidentų sprendimų rekomendacijos atitinka IT specialistų rekomendacijas.



1 pav. Ekspertinės sistemos vertinimas

IT saugos incidentų valdymo paramos sistema padidintų įmonių saugumo užtikrinimo galimybes mažiausiomis sąnaudomis. Sistema suteiktų galimybę darbuotojams nedelsiant savarankiškai imtis veiksmų nustatant įtariamą incidentą ir įgyvendinant sistemos teikiamas rekomendacijas dėl jo sprendimo būdo, taip išvengiant didesnių incidentų keliamų padarinių. Darbuotojams naudojantis sistema ir jos teikiama informacija apie incidentus ir jų požymius, galimus padarinius ir sprendimo būdus, įgyvendinamas darbuotojų švietimo ir sąmoningumo IT saugos klausimais tikslas. Sistemos prieinamumas užtikrinamas parenkant patogias lengvai integruojamas kompiuterines priemones. Galimybė sistemą papildyti aktualiomis žiniomis, suteikia jai lankstumo ir aktualumo savybių.

Literatūra

- [1] Security Incident Handling for Individuals. *Info Sec.* (interaktyvus) (žiūrėta 2017-10-26). Prieiga per: https://www.infosec.gov.hk/english/yourself/security_1.html
- [2] Sanjay Kumar, Rajkishore Prasad. IMPORTANCE OF EXPERT SYSTEM SHELL IN DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEM. (interaktyvus) (žiūrėta 2017-10-28). Prieiga per: <http://cite-seerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.854.6373&rep=rep1&type=pdf>

Balsuoti internetu – saugu, o rizikos – suvaldomos

(angl. „Internet voting is secure,
and risks are manageable“)

Kęstutis Matuliauskas

Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos fakultetas,
Naugarduko g. 24, LT-03225 Vilnius
kestutis@digitaldemocracy.io

Santrauka. Dauguma grėsmių yra cituojamos iš 14-19 metų senumo straipsnių, t.y. laikų, kai žmonės naudojo „Internet Explorer 6“, „ActiveX“ įskiepiams, „Windows XP“ operacine sistema, kurioje nebuvo integruotų ugniasienių, antivirusinių programų ir vartotojo teisių valdymo (angl. „UAC – user account control“). O šališkų ekspertų vaizdo klipuose yra iškeliamos tos rizikos, kurios praktikoje sudaro mažiau nei pusę procento balsų, t.y. dabar esanti popierinių balsų papirkinėjimo rizika yra žymiai didesnė, nei būtų balsuojant internetu.

Kritikų cituojami straipsniai yra 15 metų senumo, daryti 2004 m. JAV gynybos departamento užsakymu. Negana to – JAV tikrai nėra ta šalis, kuri yra tinkamas pavyzdys el. inovacijoms – ten žmonės dar gausiai naudojami čekiais apmokėjimams gauti ir ten vis dar aktuali čekių klastojimo problema, o paprasti pervedimai internetu tarp kelių bankų, planuojami tik po 6 metų, kai Lietuvoje ir kitose EEA šalyse jie egzistuoja jau daugiau nei 14 metų.

IT eksperto Bruce Schneier straipsnis [1] yra dar senesnis – 2000-ųjų metų – jam net 19 metų. Negana to, pačių internetinio balsavimo kritikų Lietuvoje darytos analizės yra taip pat daugiau nei 13 metų senumo, ir rašytos dar 2006-ais metais. Per tą laiko tarpą interneto kokybės standartai pasikeitė radikaliai, kietųjų diskų talpa išaugo net 1000 kartų. Taip bei buvo patentuotos naujos el. saugumo technologijos, kaip „klavišinis parašas“ (angl. „Keystroke Dynamics“ [2]) – buvo atlikti tokių sistemų bandymai praktikoje, atrasti ir pašalinti didžiausi šių sistemų jų trūkumai, ir saugi balsavimo internetu sistema tapo realybe.

Išvados. Balsavimas internetu yra saugus tinkamai paruoštoje sistemoje, o jo rizikos yra ne didesnės nei paprasto popierinio balsavimo. Išanalizavus balsavimo internetu kritikų pateiktus nuogąstavimus, padarytos išvados, kad keliamos balsavimo internetu rizikos, dėl kurių, kaip teigiama, tokios sistemos realizuoti negalima, **yra suvaldomos**.

Raktiniai žodžiai. Balsavimas internetu, kriptografija, HTTPS, skaitmeninė demokratija, E-valstybė.

Keywords. Internet voting, cryptography, HTTPS, digital democracy, E-Government.

Literatūra

- [1] B. Schneier. Crypto-Gram, 2000. [Žiūrėta 2019-05-05]. Prieiga per internetą: <<https://www.schneier.com/crypto-gram/archives/2000/1215.html>>
- [2] Bender; S. Steven, Postley, J. Howard. Key sequence rhythm recognition system and method, 2007. [Žiūrėta 2019-05-05]. Prieiga per internetą: <<http://patft.uspto.gov/netahtml/nph-Parser?Sect1=PTO1&Sect2=HITOFF&d=PALL&p=1&u=%2Fnetathtml%2FPTO%2Fsrchnum.htm&r=1&f=G&l=50&s1=7206938.PN.&OS=PN/7206938&RS=PN/7206938>>

Automatinis glomerulinės bazinės membranos pločio matavimas

August Magnus Midttun

Vilniaus Universitetas, Matematikos ir informatikos fakultetas,
Didlaukio g. 47, LT-08303 Vilnius
magnus.midttun@mif.stud.vu.lt

Santrauka. Inkstų dalis, atliekanti vandens ir kitų mažų molekulių filtravimą iš kraujo yra glomerulus. Šie kapiliarai turi unikalių savybių, tarp jų ir glomerulinė bazinė membrana (GBM), kuri sudaro dalį barjero tarp kraujo ir šlapimo. Įvairios inkstų ligos sukelia GBM struktūrinius pokyčius, kurie svarbūs kaikurių ligų diagnozei. Alporto sindromas (AS) ir plona glomerulinės membranos nefropatija (TBMN) yra ligos, pasireiškiančios GBM anomalijomis ir hematurija. Tipinė TBMN patologija, vientisas GBM suplonėjimas, gali pasirodyti ir ankstyvose AS stadijose. Kadangi Alporto sindromui būdinga didėjanti proteinurija, didėjantis inkstų nepakankamumas, klausos sutrikimai, regos defektai, o TBMN turi palankią prognozę, kai pacientai visą gyvenimą palaiko normalią inkstų funkciją svarbu teisingai diagnozuoti šias ligas.

Nors rankiniai būdai GBM matavimui gali trukti iki pusvalandžio – jie visdar taikomi dažnai.

Iš rankinių būdų aukso standartu laikomas [1], nes duoda pastoviausius rezultatus: paimamos inkstų biopsijos nuotraukos, perklojamos permatomu tinkleliu ir membranos/tinklelio sankirtoje matuojamas GBM storis. Šiame darbe pasiūlomas būdas matuoti GBM plotį susideda iš dviejų dalių: GBM segmentavimo ir algoritmo segmentuotos membranos pločiui įvertinti pagal [2, 3], kuris iš membranos nuotraukos randa apytikslę vidurio liniją ir jos atstumus iki fono. GBM segmentavimui apmokytas modelis paremtas pilnai konvoliuciniu tinklu U-Net.

Duomenys gauti iš inkstų biopsijų fotografuojant audinius elektroniniu mikroskopu. Viso gauta 50 nuotraukų kurioms pritaikyta duomenų augmentacija: 90, 180 ir 270 laipsnių pasukimai ir veidrodžio atspindžiai. Pirminis nuotraukų segmentavimas, skirtas modelio apmokymui atliktas

ranka. Taip pat gauti vienos biopsijos eksperto išmatavimai pagal [1] ir penkios nuotraukos segmentuotos antro asmens, skirtos palyginimui.

Bendro standarto TBMD diagnozei nėra, nes pločių matavimų rezultatai skiriasi tarp šalių, tarp laboratorijų (didele dalimi dėl metodologinių skirtumų). Vidurkio įvertinimas gautas eksperto matuojant ranka pagal [1] - $225.8\text{nm} \pm 7.9$, o tos pačios biopsijos vidurkiui matuojant pagal sugalvotą algoritmą - 232.8nm . Palyginus žmogaus-žmogaus ir žmogaus-modelio segmentavimus gaunamas labai panašus Jaccard Indekso vidurkis (0.66 ir 0.65). Šis indeksas ganėtinai žemas ir modeliui ir kitiems žmonėms dėlto, kad daug kur neaišku kur membrana prasideda/baigiasi ir kurie membranos segmentai tinkami matavimui (reikšmingi diagnozei). Nors matavimai nemažai skiriasi tarp žmonių, laboratorijų, modelių reikėtų patikrinti ar gali būti rasta reikšminga riba TBMN diagnozei.

Raktiniai žodžiai: GBM, U-net, segmentation, electron microscopy, renal disease, TBMN.

Literatūra

- [1] FE Dische. Measurement of glomerular basement membrane thickness and its application to the diagnosis of thin-membrane nephropathy. Archives of pathology & laboratory medicine, 116(1):43–49, 1992.
- [18] A fast parallel algorithm for thinning digital patterns, T. Y. Zhang and C. Y. Suen, Communications of the ACM, March 1984, Volume 27, Number 3
- [19] Felzenszwalb, Pedro F. and Huttenlocher, Daniel P. Distance Transforms of Sampled Functions, TR2004-1963, TR2004-1963 (2004)
- [20] O. Ronneberger, P. Fischer, and T. Brox, "U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation," in MICCAI, 2015.

Vilniaus miesto nusikaltimų prognozė

Tomaš Monkevič

Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos fakultetas,
Informatikos institutas, Didlaukio g. 47, LT-08303 Vilnius
tomas.monkevic97@gmail.com

Santrauka. Šiame darbe buvo prognozuojamos Vilniaus miesto nusikaltimo vietos kitai dienai, pasinaudojant ilgos trumpalaikės atminties modeliu ir praėjusiu 4 metų (2015–2018) nusikaltimų istorija. Taip pat, buvo tiriama ar papildomi duomenys apie aplinką padeda pagerinti modelio prognozę. Nors modelio prognozavimo tikslumas buvo per mažas, kad galima būtų užtikrintai naudotis prognozės rezultatais, tačiau patyrusiems policininkams, tokios prognozės gali parodyti naujų įžvalgų ir galbūt padėtų policijos pareigūnams sudarinėti patruliavimo maršrutus.

Raktiniai žodžiai: nusikaltimų prognozė, ilgos trumpalaikės atminties modelis, rekurentiniai neuroniniai tinklai.

1 Įvadas

Šiais laikais kai dauguma žmonių turi lengvą prieigą prie interneto, o tai reiškia lengvą prieigą prie daugybės informacijos. Tai įgalina žmogų sava-rankiškai mokytis, dalintis savo nuomonę ir bendradarbiauti su kitais. Būtent todėl, šiuo metų, yra labai daug atviro kodo (angl. *open source*) projektų ir atvirų duomenų (angl. *open data*). Atviri duomenys yra ypač svarbus kalbant apie valdžią, nes tai atveria galimybę pagerinti šalies ekonomiką ir padėti piliečiams [5][6]. Lietuvos valstybė neatsilieka nuo pasaulio ir taip pat viešina savo duomenis piliečiams. Pavyzdžiui, Vilniaus savivaldybė viešina tokius duomenis kaip: dviračių takų, viešųjų tualetų, atvirų sporto salių žemėlapius ir t.t. Tačiau šiam darbui svarbiausi duomenys, kuriuos paviešino Lietuvos valdžia yra nusikaltimų žemėlapis, kuris parodo nusikaltimus nuo 2010 metų ir kiekvieną dieną yra atnaujinamas [9]. Turint tiek daug duomenų apie Lietuvos nusikaltimus galima sukurti neuroninio tinklo modelį, kuris manomai gebėtų prognozuoti nusikaltimų vietas.

Panašus tyrimas buvo daromas naudojant Amsterdamo miesto nusikaltimų duomenis [7]. Naudojant daugiasluoksnį perceptroną (angl. *multi-layer perceptron*) su vienu paslėptu būsenų vektorių sluoksniu, kai duomenys buvo suskaidyti į dienos ir nakties nusikaltimus mėnesiniu periodu, gebėjo prognozuoti nusikaltimų vietas su tiesioginiu pataikymu virš 50 % (t.y. teisingai prognozuotų nusikaltimų vietų procentinė dalis) ir tikslumu virš 50 % (t.y. teisingų prognozių procentinė dalis, palyginus su bendru spėjimu skaičiumi). Daugiasluoksnio perceptrono modelyje kiekvieno perceptrono išeitis yra perduodama tik į aukštesnio lygio būsenų vektorių, toks neuroninio tinklo modelis vadinamas tiesioginio perdavimo (angl. *feedforward*). Kitais žodžiais, tokio modelio sprendimą neįtakoja prieš tai padaryti sprendimai. Todėl, toks modelis nėra tinkamiausias bandant prognozuoti nusikaltimus, kadangi nusikaltimai priklauso nuo prieš tai buvusių nusikaltimų [1]. Būtent šią problemą sprendžia rekurentiniai neuroniniai tinklai (angl. *recurrent neural networks*).

Rekurentiniai neuroniniai tinklai yra panašūs savo struktūra į daugiasluoksnio perceptrono modelį, tačiau rekurentiniuosie tinkluose paslėptų būsenų vektorių išeitis yra perduodama netik į aukštesnio lygio būsenų vektorių, bet dar yra išsaugomas ir bus naudojamas kitoje iteracijoje. Tokiu būdu, rekurentinio neuroninio tinklo sprendimą įtakoja prieš tai daromi sprendimai. Tačiau, toks rekurentinis modelis kuo daugiau yra apmokomas tuo daugiau jis pamiršta senesnius sąryšius [3]. Šią problemą sprendžia ilgos trumpalaikės atminties (angl. *long short-term memory*) modelis (toliau – LSTM). LSTM modelis struktūriškai yra toks pats kaip rekurentinis neuroninis tinklas tik perceptronai yra pakeisti į LSTM elementus. LSTM modelis naudojamas spręsti tokius uždavinius kaip: kalbos atpažinimas, muzikos modeliavimas, rašto atpažinimas ir daugelyje kitu uždaviniu, kur yra svarbi duomenų seka.

Nusikaltimuose taip pat svarbi duomenų seka, todėl yra manoma, kad LSTM modelis parodys geresnius rezultatus negu daugiasluoksnio perceptrono modelis. Tokį eksperimentą kur LSTM modelis buvo naudojamas prognozuoti kitos dienos nusikaltimų vietas buvo padarytas [2] šaltinyje. [2] tyrimo autorius pasinaudojęs nusikaltimų duomenimis iš Gvatemalos policijos, kuriuos sugrupavo pagal erdvinę priklausomybę pasinaudojant „K-Means“ algoritmą. Sugrupuoti nusikaltimų duomenys buvo panaudoti apmokyti skirtingus LSTM modelius su skirtingais parametrais. LSTM modelis išvesdavo kitos dienos nusikaltimų grupės prognozę. [2] tyrimo eigoje

buvo nustatyti geriausi parametrai modelio apmokymui. Taip pat, pagal [2] tyrimą buvo nustatyta, kad visi tiriami LSTM modeliai parodė geresnius rezultatus už tradicinius stebėjimo signalo (angl. *tracking signal*) algoritmus ir už mašininio mokymosi algoritmus. Tačiau [2] šaltinyje nebuvo naudojami jokie papildomi duomenys. Remiantis [7] šaltiniu, kur buvo naudojami papildomi duomenys, manoma, kad pridėjęs papildomus duomenys prie LSTM modelio bus pagerintas prognozavimo tikslumas.

Todėl šiame darbe buvo nuspręsta daryti Vilniaus miesto nusikaltimų prognozę naudojant LSTM modelį, kuris bus apmokytas ne tik ant praeitų nusikaltimų, bet dar ant papildomų duomenų. Šio **darbo tikslas yra sukurti LSTM modelį, kuris gebės prognozuoti nusikaltimų vietas Vilniuje**, kad šį tikslą pasiekti buvo išskelti trys uždaviniai:

1. Surinkti reikalingus duomenis ir paruošti juos LSTM modeliui.
2. Pasirinkti LSTM modelio tikslumo vertinimo strategiją.
3. Sukurti ir apmokyti LSTM modelį.

2 Tyrimo eiga

Tyrimas prasidėjo nuo nusikaltimų duomenų rinkimo iš nusikalstamų veikų žinybinio registro duomenų žemėlapiu (NVŽR GIS) [9]. Tyrimui buvo pasirinkti nusikaltimai, kurie sukėlė žmogaus sveikatai žalą pagal ES nusikaltimų veiklų klasifikavimo sistemą EULOCS. Tokie nusikaltimai buvo pasirinkti, nes šio tipo nusikaltimų buvo daugiausia. Pasirinktas nusikaltimų laikotarpis buvo 4 paskutinėji metai nuo tyrimo pradžios, tai yra nuo 2015 metų pradžios iki 2018 metų pabaigos. Taip pat, buvo imami nusikaltimai, kurie įėjo į 4,2 km ant 4,2 km kvadrato plotą, kurio centras buvo Vinco Kudirkos aikštė. Toks plotas buvo pasirinktas, nes Vilniaus centre nusikaltimų žmogaus sveikatai buvo daugiausiai palyginus su kitais Vilniaus rajonais. Kai buvo surinkti nusikaltimų duomenys reikėjo juos sugrupuoti pagal erdvinę priklausomybę, kad galima būtų apmokyti LSTM modelį. Todėl duomenys buvo suskirstyti į tinklelį, kur vienos celės plotis yra $700 \times 700 \text{ m}^2$. Toks grupavimo metodas buvo pasirinktas, nes viena tinklelio celė gali laikyti savyje kitus duomenis. Tokiu būdu galima bus apmokyti modeli be papildomų duomenų ir su papildomais duomenimis ir palyginti jų tikslumą. Kai jau buvo paruošti nusikaltimų duomenys, buvo pradėta rinkti papildomus duomenis. Vykdamas papildomų duomenų paiešką nebuvo rasta jokių demografinių arba socialinių ir ekonominių duomenų, nes dauguma

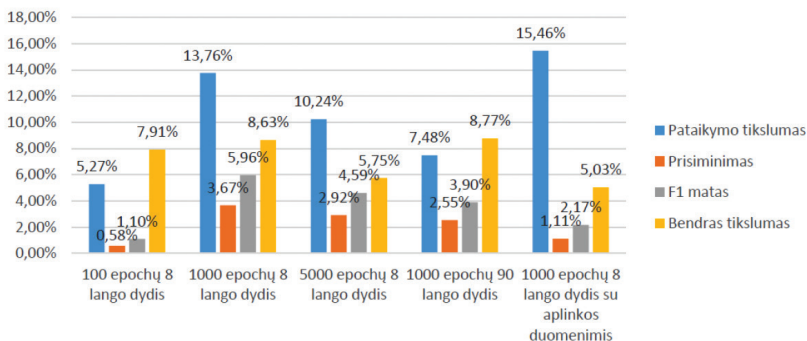
šių duomenų buvo renkami Lietuvos mastu ir laiko intervalas dažniausia buvo metinis, o šiame darbe reikalingi duomenys, kurie yra dieninio arba mažesnio intervalo. Kita vertus, buvo surinkti aplinkos duomenys. Naudojant „Google Places“ paslaugą, kur galima užklausti kokios vietovės yra arti norimos vietos. Tokiu būdu buvo surinktos vietovės, kurios padės gėriau nusakyti aplinką celėje, kur buvo įvykdytas nusikaltimas. Buvo atrinktos 7 vietovių kategorijos: barai, restoranai, parduotuvės, naktiniai klubai, parkai, bankai ir viešojo transporto stotelės. Šios vietos buvo pasirinktos, nes yra dažniausiai sutinkamos mieste ir turi skirtingas paskirtis. Visi aplinkos duomenys kaip ir nusikaltimų duomenys buvo sugrupuoti į tinklėlį, kad LSTM modelis galėtų juos naudoti mokymui.

Turėdamas visus reikalingus duomenis reikėjo nuspręsti kaip bus vertinamas LSTM modelio tikslumas. Kadangi [2] šaltinyje buvo analizuojami LSTM modeliai, o šiame darbe irgi buvo analizuojamas LSTM modelis todėl buvo nuspręsta naudoti [2] šaltinio vertinimo strategiją. Jie naudojo keturis matus, kurie parodė modelio prognozės tikslumą: bendras tikslumas (angl. *accuracy*), prisiminimas (angl. *recall*), pataikymo tikslumas (angl. *precision*), F1 matas (angl. *F-measure*). Visi matai yra matuojami procentais. Daugiau apie modelio vertinimo matus [8] šaltinyje.

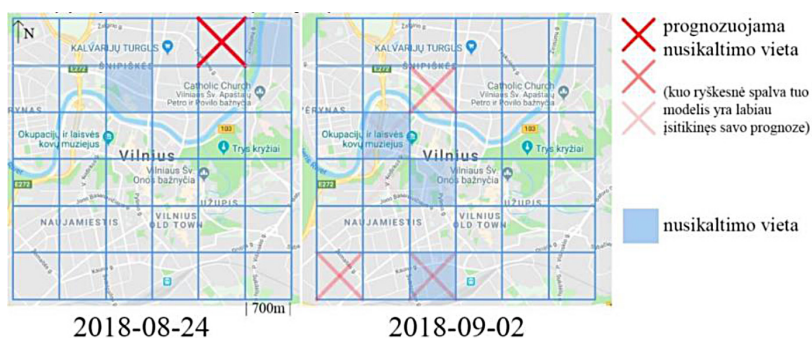
Kai jau buvo žinoma kaip bus vertinamas modelis galima buvo pradėti kurti LSTM modelį ir jį apmokyti. Remdamasis [2] šaltiniu rezultatais buvo pasirinkta tokia pati LSTM modelio architektūra kaip šaltinyje. LSTM modelio architektūrą sudarė „Adam“ optimizatorius, 100 LSTM elementų su 0,4 išmetimo (angl. *dropout*) dydžiu ir minkštojo maksimumo (angl. *softmax*) aktyvacijos funkcija. Apmokymo parametrai, kurie parodė geriausius rezultatus iš šaltinio [2] buvo paimti kaip atspirties taškas. Todėl pradinis epochų skaičius buvo 100 ir slenkančio lango dydis buvo 8. Duomenys buvo suskaidyti į apmokymo duomenis ir testavimo duomenis. Iš viso buvo 1461 dienų (4 metai) duomenų, tai apmokymui buvo išskirta 90 % duomenų (1314 dienų), o testavimui likusius 10 % duomenų (147 dienų). Taip pat, kad galima būtų analizuoti modelio mokymosi procesą iš apmokymo duomenų buvo išskirta 10 % duomenų (131 dienų) validavimui.

Per pirmą apmokymą, kur modelis buvo apmokomas su parametrais iš [2] šaltinio pagal nustatytą tikslumo matavimo strategiją modelio rezultatai buvo blogesni palyginus su tuo kokie rezultatai buvo gauti [2] šaltinyje. Šaltinio [2] binarinio LSTM modelio buvo: bendras tikslumas – 63,88 %, pri-

siminimas – 60,77 %, pataikymo tikslumas – 60,71 %. Todėl buvo nuspręsta apmokyti modelį dar kartą su skirtingu epochų skaičiumi ir skirtingu slenkančio lango skaičiumi. Iš 1 pav. yra matoma, kad geriausius rezultatus parodė modelis kuri buvo apmokytas naudojant 1000 epochų ir kuriuo slenkančio lango skaičius buvo 8. Rezultatai pagerėjo, bet nežymiai. Toliau buvo nuspręsta su geriausiai apmokymo parametrais apmokyti modelį pasinaudojant papildomus aplinkos duomenys. Pasinaudojęs papildomais aplinkos duomenimis modelio rezultatai nepagerėjo (žr. 1 pav.). Pažiūrėję į modelio prognozes yra matoma, kad nors modelio tiesioginio pataikymo procentas yra labai mažas, tačiau dažniausiai spėjimas yra labai arti celės, kurioje ištis buvo įvykdytas nusikaltimas (žr. 2 pav.).



1 pav. Modelio prognozavimo rezultatai su skirtingai apmokymo parametrais



2 pav. LSTM modelio prognozės rezultatai su testavimo duomenimis

3 Išvados

Iš gautų rezultatų galima teigti, kad LSTM modelio prognozavimo tikslumas yra per mažas, kad galima būtų užtikrintai naudotis prognozės rezultatais, nepaisant to ar buvo naudojami aplinkos duomenys ar ne. Tačiau patyrušiams policininkams, tokios prognozės gali parodyti naujų įžvalgų, kuriuos galbūt policijos pareigūnai nežinojo. Kadangi modelis dažniausiai prognozavo nusikaltimą šalia celės, kur iš tiesų buvo padarytas nusikaltimas. Policijos pareigūnai galėtų pasinaudoti ir atsižvelgti į tokį nusikaltimų tikimybių žemėlapij kuriant patruliavimų maršrutus.

Šis tyrimas tik palietė nusikaltimų prognozės srities paviršių, todėl yra dar daug vietos šio darbo vystymui ir tobulinimui. Turbūt didžiausius patobulinimus galima būtų padaryti duomenų rinkimo stadijoje. Pasiteiravus į Vilniaus miesto savivaldybę dėl papildomų duomenų (demografinių, socialinių ir ekonominių ir t.t.), yra galimybė, kad šie duomenys stipriai pagerins modelio prognozę [4]. Taip pat, galima būtų tirti duomenys juos išskaidę į darbo dienas ir šventines/savaitgalio dienas, į žiemos ir vasaros sezonus. Šiame darbe buvo analizuojami tik nusikaltimai žmogaus sveikatai, yra galimybė tirti kitų tipų nusikaltimus.

Literatūra

- [1] BOWERS, Kate J.; JOHNSON, Shane D. Domestic burglary repeats and space-time clusters: The dimensions of risk. *European Journal of Criminology*, 2005, 2.1: 67-92. Kalyanmoy, D. (2001). Multi objective optimization using evolutionary algorithms. John Wiley and Sons.
- [2] CORTEZ, Bitzel, et al. An architecture for emergency event prediction using LSTM recurrent neural networks. *Expert Systems with Applications*, 2018, 97: 315-324.
- [3] GLOROT, Xavier; BENGIO, Yoshua. Understanding the difficulty of training deep feed-forward neural networks. In: *Proceedings of the thirteenth international conference on artificial intelligence and statistics*. 2010. p. 249-256.
- [4] HARDYNS, Wim, et al. Study protocol: SWING—social capital and well-being in neighborhoods in Ghent. *International journal for equity in health*, 2015, 14.1: 36.
- [5] JANSSEN, Marijn; CHARALABIDIS, Yannis; ZUIDERWIJK, Anneke. Benefits, adoption barriers and myths of open data and open government. *Information systems management*, 2012, 29.4: 258-268.
- [6] KUCERA, Jan; CHLAPEK, Dusan. Benefits and risks of open government data. *Journal of Systems Integration*, 2014, 5.1: 30-41.
- [7] RUMMENS, Anneleen; HARDYNS, Wim; PAUWELS, Lieven. The use of predictive analysis in spatiotemporal crime forecasting: Building and testing a model in an urban context. *Applied geography*, 2017, 86: 255-261.
- [8] SOKOLOVA, Marina; LAPALME, Guy. A systematic analysis of performance measures for classification tasks. *Information Processing & Management*, 2009, 45.4: 427-437.
- [9] Nusikalstamų veikų žinybinio registro duomenų žemėlapis <https://www.ird.lt/nvzrgis/map/> [žiūrėta 2019-05-07]

Agile application software development using enterprise architecture framework

Karolis Noreika, Saulius Gudas

Vilnius University, Universiteto str. 3, LT-01513 Vilnius
knoreikos@gmail.com, saulius.gudas@mii.vu.lt

Abstract. The effectiveness of internal processes is a key in modern day economy for companies of all sizes. This also includes the effectiveness in software development management and its alignment with business goals both short and long term. But it is not always easy to align IT development with organizational goals. This paper suggests a model for aligning modern software development approaches with enterprise architecture frameworks.

Keywords: Agile software development, business and IT alignment, enterprise architecture framework, TOGAF.

1 Introduction

Agile approach is a popular software development methodology. Agile approach currently is being adopted to business strategy execution, decision making to achieve strategic goals. Companies are “going Agile” [1] in order to improve productivity of software teams as well as business teams making business decisions. “Going Agile” is a big organizational change. It means that employees in all levels of organization will need to adapt to the new way of working, which is getting the results of their daily duties evaluated much faster than in the traditional way of working. However, when “going Agile”, the overall goals of the organization are not always supported with an organizational change. There are researches that emphasize the importance of supporting the Agile way of working from organizational perspective (provide appropriate physical atmosphere, work environment that encourages creativity) [2]. The gaps between business and IT strategies appear. It might result in not sufficient quality of software products, that are not in line with overall goals of the organization both short and long term.

Enterprise architecture approach to application software development is well-defined as it includes enterprise analysis, application architecture design, and implementation planning. Using Enterprise architecture frameworks (i.e. TOGAF, ArchiMate, MODAF, etc.) provides a comprehensive approach for the successful development and execution of strategy [3]. TOGAF is a framework - a detailed lifecycle - for designing, planning implementing, and governing an enterprise architecture [4], [10]. The lifecycle of the Agile software development methodology could be structured by aligning with TOGAF lifecycle, which is a standard for enterprise architecture development. This paper proposes a methodology for how Agile methodology lifecycle can be aligned with TOGAF for enterprise application software development.

2 Agility in business management and software development

Agile approach allows business representatives to see the value of the software product being developed faster compared to traditional software development. Traditional or “waterfall” software development dates back to around 1970ties when the development of large enterprise IT systems was started to be described in a scientific way [5].

The waterfall methodology utilizes the idea that each phase in software development is sequential and cannot repeat. The Agile methodology promotes the idea of repeated and iterative steps, which are shown in figure no. 1.

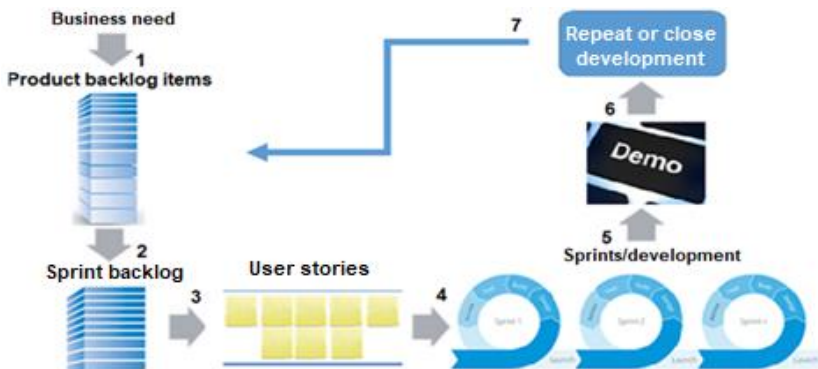


Figure 1. The conceptual diagram of the agile software development

There are a lot of details and techniques how Agile lifecycle should be managed to achieve the best efficiency ([6], [7], [8]) but this is not a subject of this paper.

However, running a successful business is not only about doing software development in an Agile way. Often IT development is ahead of business decisions where to come up with a suitable software solution development teams needs quick decisions by business that might be applicable across multiple projects in same business area (i.e. store related documents in single repository, have same classification of them, etc.) The business side in the enterprises is also starting to take decision based on Agile methodology, although it is often perceived as a part of startup culture – i.e. not something established and large organizations would do.

Agile methodology could be applied to business decision making by mapping the Agile phases to decision making process – i.e. limit the information needed to make decision could be compared to sprint backlog. Having a deadline for a decision could be understood as the date for demo. Adjust to new information on the decision could be understood as review part of sprint.

3 Identification of gaps between business and IT strategies

A. Business and IT alignment model

The business and IT alignment model was created by Henderson and improved by Venkatraman to represent business strategy alignment with IT strategy thus providing analysis method aimed for competitive advantage [9]. The figure no. 2 represents the strategic alignment model.

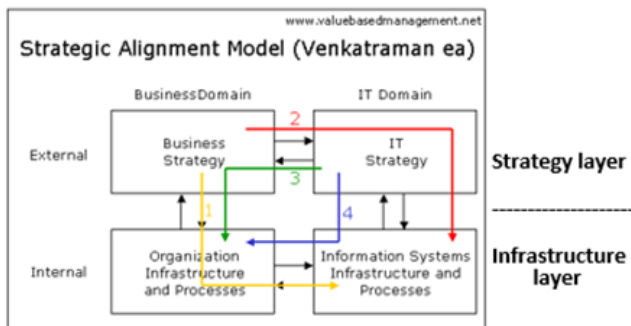


Figure 2. Business and IT alignment model

There are four domain alignment perspectives and each focuses on different aspect of business and IT alignment:

- 1) Strategy execution – business strategy is the driver for organization design changes and the logic of IT infrastructure. In this perspective, the top management of the organization dictates the strategy of the company and the IT management is the strategy implementer.
- 2) Technology potential – business strategy is the driver for change, however it is closely aligned with IT strategy as well, therefore the IT systems are more aligned with IT strategy and also business strategy.

The top management should provide the vision of the technology to articulate the logic and choices to IT strategy what would best support the chosen business strategy. The role of IT manager in this perspective should be of the technology architect – the IT manager should efficiently and effectively design and also implement information system infrastructure that is consistent with the IT strategy. This alignment perspective could be used for aligning business and IT strategy along with IT systems in an Agile way as vision is an Agile way as vision is also one of key aspects to have for the Agile development teams to be successful and self-organizing.

- 3) Competitive potential – focuses on utilizing if emerging IT capabilities to impact new products and services also to influence key attributes of strategy (distinct competences) as well as form new relationships (business governance). This perspective also allows the changing of business strategy via emerging IT capabilities. The role of the management is of business visionary who dictates how emerging IT competences and functionality would impact the business strategy. The role of IT manager is of the one who identifies and interprets the trend in the IT environment to assist the business managers to understand the potential opportunities and threats from an IT perspective and handle them accordingly.
- 4) Service level – this perspective focuses on building world class IT team. Therefore, the role of IT manager is also of a business leadership with tasks of making the internal business succeed with the operating guidelines from top management.

B. TOGAF

TOGAF is framework for designing, planning, implementing, and governing an enterprise information technology architecture. The TOGAF standard includes a content framework to drive the Architecture Development Method (ADM). TOGAF is an iterative process model (enterprise architecture development life cycle) supported by best practices and a re-usable set of existing architecture assets. TOGAF supports Capability-Based Planning of enterprise architecture [10].

The TOGAF framework is presented in figure no. 3.

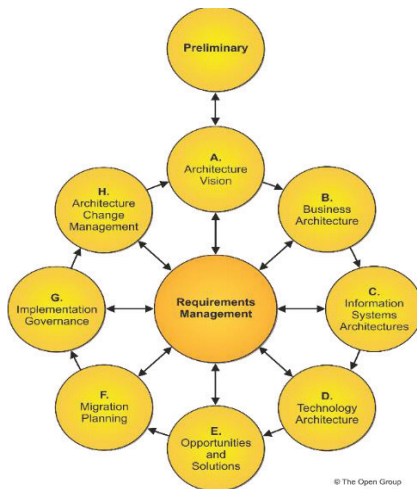


Figure 3. Enterprise architecture development life cycle TOGAF (<https://www.opengroup.org/togaf>)

Enterprise architecture development life cycle (defined in TOGAF) could be used for analysis of the Agile software development approach.

The TOGAF life cycle in figure no. 3 was transformed to a schematic view of a table (figure no. 4) in which the columns represent the phases of TOGAF enterprise architecture development life cycle and Agile methodology lifecycle and the activities in the intersecting sections – the phases of Agile development (design, build, test and deploy) [11]. This approach could be used into applying Agile way of working for building up and aligning with enterprise architecture implementation that TOGAF provides. Then it was linked to the agile lifecycle.

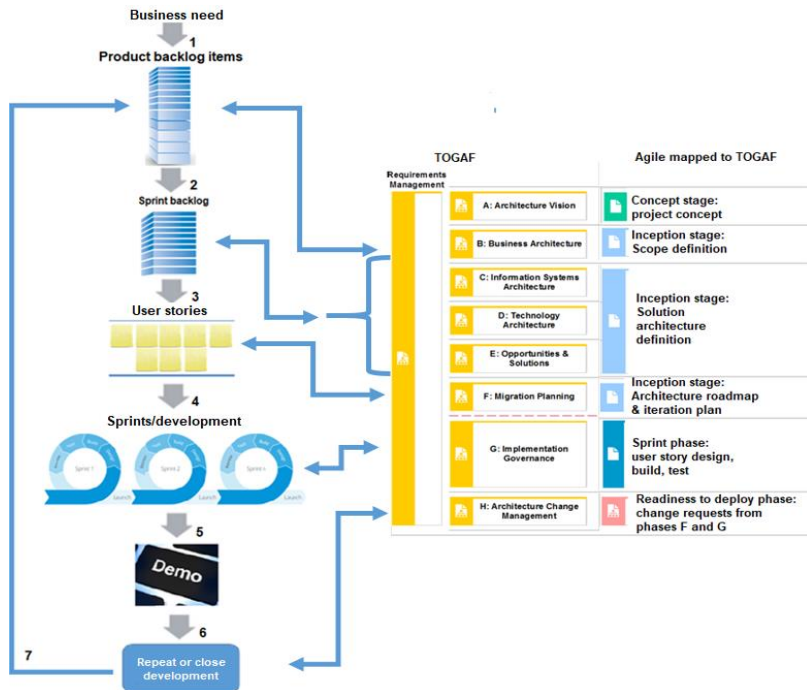


Figure 4. Simplified mapping of TOGAF to Agile lifecycle

Although companies can change strategies quickly, they then face the big slowdown of executing one or several strategies. For enterprise architects, this has traditionally meant defining a new target state, comparing it with the current state, and then developing a road map. But this multistep process is now perceived as taking too long — by the time EA has all of these documented and approved, the business will have moved on [12].

4 Aligning Agile life cycle with enterprise architecture framework

It is a common belief that TOGAF and also other large enterprise architecture frameworks are “waterfall”. This is a common misinterpretation largely due to these models being encompassing all related IT activities and not specific. But basically all these enterprise architecture frameworks are

sets of tools, similar like Agile where one also should choose the tools and methods suitable for each specific case. A problem in large organizations is that there are different levels of maturity of Agile of different teams. Business representatives represent the business only fragmentally - whenever there is a question regarding IT and business alignment – it is solved on ad hoc basis, but a long term IT and business strategy should be capable of answering these questions on a higher – strategic level which is orchestrated by using the TOGAF methodology.

The idea behind mapping TOGAF to Agile lifecycle is use the strategic vision that TOGAF provides by using its framework and utilize the benefits of Agile continuous improvement and inspect and adapt approach. The suggested mapping is displayed in figure no. 4.

When TOGAF is used for overall overview on the enterprise architecture and Agile is used for project's iterations, the business gets benefit from faster deliveries and projects are aligned with business goals at all times.

5 Case study

Large enterprises often combine the IT infrastructure „in-house“ together with outsourcing it. These decisions are made according to IT strategy mostly and not always these decisions are aligned with business strategy. As the technology advances to the cloud based solutions more and more companies are concerned about the safety of the data in the cloud based systems. Combining these concerns with the agreed service level agreements not being sufficient for enterprises to run their operations smoothly might lead to decisions to insource the IT and IS infrastructure. But the cost of such decisions is very dependent on the level of alignment between IT and business strategy and the less is the alignment, the bigger are the costs. Whenever an enterprise is faced with such decision, it is very important to keep the alignment between business and IT strategies moving on.

By using the TOGAF enterprise architecture framework and Agile methodology alignment suggested in chapter 4, the company facing such decision might significantly reduce the cost and impact of the migration from outsource provider to in-house solution by constantly aligning the enterprise architecture which TOGAF describes with the constant feedback, improve and adapt approach that Agile promotes.

The case where such suggestion was made was about large enterprise moving over 2000 servers of different purposes from outsource to in-house. When using the suggested method of enterprise architecture framework TOGAF being aligned with Agile methodology the implementation of the change could have taken at least 10 % less effort both in terms of cost and time needed for the change as the comparison of activities by using only Agile methods and the suggested method showed. The approach suggested in this paper helps to see the potential gaps between Agile software development and business strategy much faster.

6 Conclusions

The Agile way of working is something that in some enterprises is new but others are already far away in implementing this approach into daily decision making process both in business and software development. These decisions need to be constantly aligned with the overall business strategy to have the effective enterprise run smoothly. Therefore, it is important to align the enterprise architecture of the organization with Agile approach to make the most benefit of enterprise architecture framework like TOGAF, which provides the tools to ensure business and IT alignment whereas Agile provides the speed and the possibility to adapt to changes. Method, suggested in this paper, supports utilization of those mentioned benefits from both tools and allows to improve not only software development process which Agile supports, but also keep the alignment between IT and business strategy by constantly keeping IT projects aligned with business strategy which TOGAF supports.

The proposed approach could be further improved through the use on different types of organizations (i.e. financial, trade, manufacturing) and adapting it in a generalized way for further usage.

References

- [1] M. Pikkarainen, J. Haikara, O. Salo, P. Abrahamsson, J. Still, Pikkarainen, M., Haikara, J., Salo, O. et al. "Empir Software Eng" (2008) 13: 303. <https://doi.org/10.1007/s10664-008-9065-9>
- [21] Crawford, Broderick & León de la Barra, Claudio & Soto, Ricardo & Misra, Sanjay & Monfroy, Eric. (2013). "Agile Software Development: It Is about Knowledge Management and Creativity". ICEIS 2013 - Proceedings of the 15th International Conference on Enterprise Information Systems. 2. 10.5220/0004447802650272.

- [3] Federation of EA Professional Organizations, „Common Perspectives on Enterprise Architecture,” Architecture and Governance Magazine, Issue 9-4, November 2013 (2013).
- [4] Dirk Draheim, Gerald Weber “Trends in Enterprise Application Architecture” 2nd International Conference, TEAA 2006, Berlin, Germany, November 29 - December 1, 2006, Revised Selected Papers
- [5] Winston Royce, “Managing the Development of Large Software Systems”, Proc. Westcon, IEEE CS Press, 1970, pp. 328-339
- [6] Jeffrey Verret “Implementing Agile Methodology: Challenges and Best Practices” University of Oregon (2018)
- [7] Darrell K. Rigby, Jeff Sutherland, Hirotaka Takeuchi “Embracing Agile” Harvard Business Review 2016, pp.40–48
- [8] Zamudio, Lizbeth & Aguilar, José & Tripp-Barba, Carolina & Misra, Sanjay. (2017). A Requirements Engineering Techniques Review in Agile Software Development Methods. 683-698. 10.1007/978-3-319-62404-4_50.
- [9] Henderson, John and Venkatraman, N. “ Strategic alignment: A model for organization transformation via information technology” Working Paper 3223-90. Massachusetts Institute of Technology, 1990, 458 p. ISBN 9781245057264.
- [10] The TOGAF® Standard, Version 9.2 <https://www.opengroup.org/togaf>
- [11] BPM utils.com Enterprise Agile solution Delivery Framework 2017
- [12] Henry Peyret “EA Methodologies Enlarge To Address The New Business Landscape”, 2013 <http://entreprise-agile.com/ForresterEA.pdf>

Smulkaus gintaro gabalėlių klasifikavimo pagal formą ir spalvą problemų tyrimas

Marius Pivoras, Armantas Ostreika

Kauno technologijos universitetas, Informatikos fakultetas,
Studentų g. 50, LT- 51368 Kaunas
mpivoras@gmail.com, armantas.ostreika@ktu.lt

Santrauka. Gintarų klasifikavimo problema žinoma jau seniai tarp gintaro meno amatininkų. Iki šiol esami automatizuoto klasifikavimo sprendimai praktikoje gintarus rūšiuodavo pagal spalvą, tačiau iškilo poreikis praplėsti gintarų klasifikavimo galimybes. Pasiūlytas sprendimas geba gintarą klasifikuoją pagal dydį (į pasirenkamą klasių skaičių), pagal formą (kvadratą, stačiakampį, ovalą, apskritimą, trapeciją, rombą, trikampį bei asimetrinę formą) bei pagal spalvą.

Pirmojo etapo metu siekiama atskirti analizuojamą objektą nuo fono. Konkrečiu atveju foną sukuria transportavimo juosta, kuri dažniausiai turi tam tikrą savo tekstūrą, atsitiktinius įbrėžimus ir kitus nelygumus. Išskyrus objektą aplinkoje, gaunamas binarinis vaizdas, kuriame gintaro gabalėlį atitinka balti, o foną juodi pikseliai.

Objekto dydžio įvertinimui apskaičiuojamas objektą sudarančių baltų pikselių kiekis, kuris nesunkiai gali būti konvertuojamas į fizikinius ploto vienetus. Šis gautas parametras naudojamas kaip savybė objekto klasifikavimui pagal dydį, kuris priskiriamas iš anksto nustatytoms klasėms. Priskyrimo klasėms įverčiai apskaičiuojami automatiškai nurodant norimą klasių skaičių bei didžiausią objekto pikselių skaičių priskirtą aukščiausiai klasei.

Egzistuojantis gintarų klasifikavimo pagal spalvą algoritmas klasifikuoja gintarus atsižvelgiant į gintaro nuotraukos histogramos savybes, kur įvertinama mediana, standartinis nuokrypis ir ekscesas. Iš šių parametrų sudaroma savybių matrica, kuri vėliau klasifikuojama naudojant sprendimų medžių ansamblį sudarytą iš 3 medžių. Pasiūlytas sprendimas sudalina gintaro nuotrauką į nustatytą segmentų skaičių ir vertina skirtumą tarp segmentų ir baltos spalvos. Algoritmas sugeba pats save apsimokyti t.y. gintaras klasifikuojamas atsižvelgiant į tolerancijos reikšmę, kuri atspindi maksimalų skirtumą tarp gintaro segmentų ir baltos spalvos.

Esamas sprendimas objekto formos identifikavimui naudoja centroidų atstumų funkciją (*Centroid distance function - CDF*). Tai vienmatė funkcija išreikšta atstumu nuo atskaitos taškų iki objekto centro. Kiekvienai nuotraukai pasirenkami 64 atskaitos taškai. Posūkio kampo įtakai pašalinti pritaikoma žiedinio postūmio operacija (*circular shift*), ko pasekoje gaunama 64x64 matrica. Gauta matrica apverčiama (gintaro veidrodiniam atspindžiui išvengti), ko pasekoje gaunama 128x64 matrica, kuri naudojama klasifikavimui. Klasifikavimui naudojamas sprendimų medžių ansamblis. Šis sprendimas reikalauja daug resursų, todėl praktikoje nėra naudojamas, nes klasifikavimas vyksta realiu laiku (apie 4 gintarai per sekundę). Gintaro formai įvertinti buvo priimtas naujas algoritmas, kai panaudojami papildomi nuotraukos apdorojimo etapai, kur apskaičiuojama objekto ilgoji ašis ir ji pasukama lygiagrečiai x koordinačių ašies atžvilgiu. Objekto nuotraukai pritaikomos dar kelios pasukimo procedūros (jei reikalingos), kur objekto siauriausia dalis x ašies atžvilgiu atsiduria dešinėje, o y ašies atžvilgiu viršuje. Naudojamas algoritmas vertina objekto x ir y ašių ilgį, einantį per objekto centrą, įstrižainių, pasuktų 45 laipsnių kampu nuo minėtų ašių ir besiribojančių su objekto kraštinėmis ilgį, objekto realų plotą ir ekvivalentinį plotą. Objekto forma nėra nusakoma vienareikšmiškai, net eksperto (žmogaus) priskyrimai nėra vienareikšmiai. Ši problema sprendžiama įvedus tolerancijos reikšmes formos nustatymo parametrams.

Pasiūlytas klasifikavimo sprendimas leidžia papildomai klasifikuoti gintarus pagal dydį ir formą (ne tik pagal spalvą). Gautas klases galima apjungti - klasių skaičius yra ribojamas tik klasifikavimui naudojamu įrenginio „kišenių“ skaičiaus. Pasiūlytas sprendimas formos klasifikavimui yra iki 12 kartų greitesnis nei naudojant sprendimų medžių ansamblį sudarytą iš 3 medžių. Ankstesni sprendimai reikalavo eksperto įsikišimo, kuris rankiniu būdu turėjo atrinkti gintarus į klases – pasiūlytas sprendimas šio etapo padeda išvengti.

Hierarchiniai lygiagretieji šakų ir rėžių algoritmai heterogeninėms skaičiavimų sistemoms

Tomas Seniut

Vilniaus universitetas, Informatikos institutas,
Didlaukio g. 47, LT-08303 Vilnius
tomas.seniut@mif.stud.vu.lt

Santrauka. Daug problemų ekonomikos, technikos srityje yra priskiriamos NP-sunkiems uždaviniams. Geriausi žinomi algoritmai spręsti tokius uždavinius vadinami šakų ir rėžių algoritmais, kurie protingai perrenka įmanomus sprendinius. Norint paspartinti uždavinių sprendimą pasitelkiami superkompiuteriai, tačiau egzistuojantys šakų ir rėžių algoritmų įgyvendinimai neatsisžvelgia į hierarchinę super-kompiuterių struktūrą, todėl neišnaudoja jų efektyviai. Darbe sukurtas hierarchinis lygiagretusis algoritmas kartu naudojant OpenMP ir MPI technologijas. Rezultatai rodo, kad superkompiuterio mazgo viduje pasiekiamas tiesinis pagreitėjimas, kai bendravimo tarp mazgų efektyvumas yra prastesnis. Taigi hierarchinis lygiagretinimas gali paspartinti tokių algoritmų veikimą.

Raktiniai žodžiai: Šakų ir rėžių algoritmai, skaičiavimų sistemos, hibridinis MPI ir OpenMP lygiagretusis programavimas.

1 Įvadas

Daug problemų fizikos, ekonomikos ir technikos srityje gali būti formuluojamos kaip globalios optimizacijos ar kombinatorikos uždaviniai. Kadangi globalios optimizacijos bei kombinatoriniai uždaviniai priskiriami NP-sunkiems uždaviniams, jie yra labai reiklūs skaičiavimo resursams. Siekiant rasti optimizacijos uždavinių optimalų sprendinį kuo greičiau, naudojami algoritmai protingai perrenkantys galimus sprendinius. Vienas iš tokių algoritmų yra šakų ir rėžių algoritmas.

Šakų ir rėžių algoritmo sprendimo būdas susidaro iš netiesioginio sprendinių aibės perrinkimo patikrinant tik galimų sprendinių poaibius.

Sprendiniai, kurie negali vesti prie galimo arba optimalaus sprendinio, yra atmetami. Sprendinių perrinkimas vyksta tiriant pasirinkimų medį, kur kiekvienas mazgas yra poaibis sprendžiamo uždavinio sprendinių aibės. Medžio dydis, t.y. sugeneruotų mazgų skaičius, yra tiesiogiai susijęs su pasirinkta medžio generavimo strategija. Medžio generavimui svarbiausios dalys yra šakojimosi procedūra, genėjimas ir tolesnės šakos pasirinkimas. Šakojimusi vadinama procedūra, kuri iš gauto mazgo sugeneruoja bent vieną papildomą mazgą. Genėjimas yra procedūra, kurios metu yra patikrinama ar turimas mazgas gali vesti prie optimalaus sprendinio ir nei negali, to mazgo pašalinimas. Mazgas tikrinamas prie kokio jis sprendinio gali nuvesti skaičiuojant mazgo apatinį rėžį, kuris nurodo geriausią sprendinį, kurį galima rasti mazge. Rėžių skaičiavimo algoritmai paprastai yra specifiniai kiekvienai sprendžiamų uždavinių grupei ir turi užtikrinti, kad pateiktas rėžis yra ne blogesnis nei geriausias sprendinys toje šakoje.

Norint labiau pagreitinti sprendinių paiešką šakų ir rėžių algoritmais jie yra lygiagretinami. Platesnes apžvalgas apie lygiagrečiuosius šakų ir rėžių algoritmus galima rasti [1] ir [2]. Lygiagretinimas reiškia, kad uždavinys išskaidomas į nepriklausomas dalis ir naudojami keli procesorių branduoliai ar keli procesoriai spręsti atskiras uždavinio dalis. Šiuolaikiniai superkompiuteriai sudaryti iš klasterių, kurių mazgai dažnai yra homogeniški multiprocesoriai, tačiau dėl to, kad procesoriai tarp mazgų yra sujungti kitaip nei mazgo viduje, sistema tampa hierarchiška ir nehomogeniška. Egzistuojantys išlygiagretinti šakų ir rėžių algoritmų įgyvendinimai nepakankamai atsižvelgia į superkompiuterių hierarchiškumą, taigi efektyviai neišnaudoja prieinamų resursų. Šio darbo tikslas yra sukurti hierarchinį šakų ir rėžių algoritmą ir ištirti tokių algoritmų efektyvumą. Darbo metu buvo įgyvendinti ir hierarchiškai išlygiagretinti keli NP-sunkūs uždaviniai pasinaudojus šakų ir rėžių algoritmu. Uždaviniai spręsti pasinaudojus Paskirstytųjų skaičiavimų tinklu. Iš surinktų duomenų apie uždavinio sprendimo pagreitėjimą didinant gijų ir procesų skaičių siekiama įvertinti hierarchinio lygiagretinimo naudą.

2 Lygiagretieji šakų ir rėžių algoritmai

Yra du pagrindiniai būdai išlygiagretinti šakų ir rėžių algoritmus. Lygiagretinimas mazgų pagrindu naudojamas norint išlygiagretinti konkrečias operacijas šakojant ir tiriant po-uždavinį, pavyzdžiui, atliekant rėžių tikrinimo operaciją lygiagrečiai. Toks lygiagretinimas nedaro įtakos šakų ir rėžių algoritmo

struktūrai ir tik ribotai paspartina jo veikimą. Lygiagretinimas medžio sudarymo pagrindu naudojamas siekiant konstruoti pasirinkimų medį lygiagrečiai sprendžiant kelis po-uždavinius vienu metu. Toks lygiagretinimas gali paveikti pačio algoritmo struktūrą ir paprastai pasiekia didesnį spartinimą. Dėl to darbe naudojamas lygiagretinimas medžio sudarymo pagrindu.

Lygiagrečiuosius šakų ir režijų algoritmus galima ir toliau klasifikuoti. Galima atskirti sinchroninius ir asinchroninius algoritmus. Sinchroninis algoritmas yra padalintas į fazes, taip kad kiekvienos fazės metu procesoriai dirba nepriklausomai, o procesorių bendravimas vyksta tik po fazės, procesai turi tapti sinchronizuoti prieš pasikeisdami informacija. Dar galima išskirti griežtai ir silpnai sinchronizuotus procesus. Pirmu atveju, komunikacijos protokolas (kuri informacija ir kur siunčiama) nesikeičia su kiekvienu programos vykdymu. Tokie algoritmai elgiasi deterministiškai t.y. kad su kiekvienu to paties uždavinio sprendimu, uždavinys seks ta pačia eiga. Antru atveju, algoritmas gali nesilaikyti identiškos bendravimo sekos sprendžiant tą patį uždavinį, kai, pavyzdžiui, komunikacijos protokolas priklauso nuo informacijos žinomos tik programos veikimo metu. Kai vykdomas asinchroninis algoritmas, bendravimas gali vykti bet kuriuo metu ir yra nenusėjamas. Dėl to tokie algoritmai pasižymi nedeterministiniu elgesiu.

Antras parametras naudojamas klasifikavime yra susijęs su darbų sąrašu, kuriame procesai laiko ir ieško sugeneruotų, bet dar neištirtų po-uždavinių, vieta atmintyje. Paprastai procesas ieškodamas darbo paima uždavinį iš darbų sąrašo ir įvertiną ar ištiria jį. Kai procesas baigia nagrinėti uždavinį, sugeneruoti uždaviniai yra padedami į kitą ar tą patį darbų sąrašą.. Klasifikacijoje yra atskiriami vieno ir kelių darbų sąrašų algoritmai. Kai yra tik vienas darbų sąrašas jis yra saugomas vienoje atminties vietoje. Vieno darbų sąrašo algoritmai gali būti įgyvendinti bendros atminties sistemose. Žinutes siunčiančiuose architektūrose vieną darbų sąrašą galima įgyvendinti pasinaudojus šeimininko-darbininko (master-worker, MW) paradigma, kai vienas procesas vadinamas šeimininku prižiūri darbų sąrašą ir siunčia darbus kitiems procesams, darbininkams, kurie atlieka darbus ir siunčia rezultatus atgal šeimininkui. Daugelio darbų sąrašo algoritmuose yra kelios vietos kur procesai gali rasti darbų sąrašus. Kelios struktūrinės schemas yra galimos, iš kurių trys populiariausios yra: atskiras, grupinis ir maišytas darbų sąrašas. Naudojant atskirą darbo sąrašo schemą kiekvienas procesas turi savo darbų sąrašą. Grupinėje schemoje procesai yra suskirstyti į grupes, ir kiekviena grupė turi savo darbų sąrašą. Atskirą schemą

gali laikyti grupinės schemos atveju, kai grupės sudarytos tik iš vien o proceso. Maišytoje schemoje kiekvienas procesas turi savo darbų sąrašą, bet, taip pat, egzistuoja ir bendras darbų sąrašas visai grupei.

Šakų ir rėžių algoritmų lygiagretinimas taip pat įvedą ir problemų ir kurių viena yra darbų paskirstymas pradedant uždavinio sprendimą. Tuo metu egzistuoja tik vienas pradinis mazgas, BB medžio šaknis, prieinamas visiems procesams. Kadangi šakojimosi operacija sukuria tik ribotą skaičių po-uždavinių, egzistuoja startinė algoritmo eigos fazė, kada lygiagretinimas nėra pilnai išnaudojamas. Šios fazės sunku išvengti ir dėl to, kad priskirti darbus procesams vos tik darbams atsiradus ne visada yra geras sprendimas. Dažnai stengiamasi šakojimasi įgyvendinti taip, kad tik visi iš po-uždavinių turėtų didelę tikimybę vesti prie optimalaus sprendinio. Tačiau to negalima visada pasiekti. Tokiu atveju procesams belieka spręsti jiems pasitaikiusius uždavinius, kurie neveda prie optimalaus sprendinio ir būtų atmesti nuoseklaus algoritmo. Tai vadinama žalinga anomalija [3], kai lygiagretus algoritmas reikalauja daugiau darbo išspręsti tą patį uždavinį nei nuoseklus algoritmas. Taigi siekiamumas yra visiems procesams duoti darbo kuo anksčiau tuo pačiu metu išvengiant duoti po-uždavinių turinčių mažą tikimybę vesti prie optimalaus sprendinio.

Sprendimo užbaigimo aptikimas yra kita problema. Ji yra triviali algoritmams naudojantiems vieną darbų sąrašą ir SMP algoritmams. Tikroji problema aptikti sprendimo užbaigimą AMP tipo algoritmuose. Sąlyga, kad visi darbų sąrašai yra tušti, nėra pakankama, kad paskelbti užbaigimą, nes keli procesai vis dar gali dirbti ir pabaigus skaičiavimus papildyti darbų sąrašą, arba žinutes su darbais dar gali keliauti tarp procesų. Ši problema nėra išskirtinė BB algoritmams, o yra būdinga visoms paskirstytosioms sistemos be centrinio valdančio vieneto. Metodai skirti aptikti užbaigimą tokiais atvejais yra tiriami [4].

3 Egzistuojantys hierarchiniai lygiagretieji šakų ir rėžių algoritmai

Tiriant egzistuojančius algoritmus pirma buvo peržvelgots šakų ir rėžių algoritmus lygiagretinančios bibliotekos. Literatūroje rastas jų sąrašas: *PPBB*, *Zram*, *SYMPHONY*, *PICO*, *PeBBL*, *BCP*, *ALPS/BiCePS*, *Bob++*, *Mallba*. Tačiau nei viena biblioteka neatlieka hierarchinio lygiagretinimo. Tiriant jas plačiau buvo ieškoma ar įmanoma jas modifikuoti, taip, kad jos sugebėtų atlikti

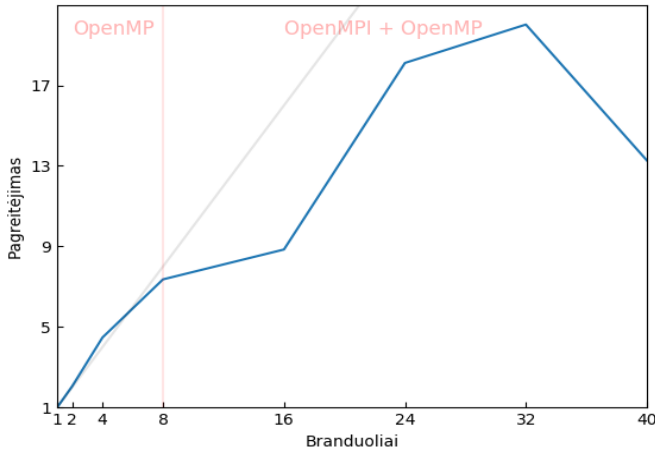
hierarchinį šakų ir rėžių algoritmo lygiagretinimą. Dėja dauguma bibliotekų nepavyko pasinaudoti, o kitos per sudėtingos, kad jas praplėsti.

Apžvelgus straipsnius rasti keli darbai, kuriuose autoriai tiria hierarchinius lygiagretinimo būdus. Tai yra [5], [6], [7] darbai. Iš kurių įdomiausias [7] darbas, nes jame siekiamas hierarchinis lygiagretinimas panašiausias į atliktą šiame darbe. Autorių siūlomas hierarchinis šakų ir rėžių algoritmas neturi tokios griežtos struktūros kaip prieš tai aptarti algoritmai. Bendravimas tarp mazgų vyksta naudojantis MPI. Kiekviename mazge yra startuojamas vienas MPI procesas, kuris esant poreikiui ir laisviems procesams mazge sukuria naują giją, naudojant *Threads*, su kuria pasidalina darbu. Esant pakankamai mazgų yra, kuriama MPI procesų hierarchija. Kiekvienas MPI procesas darbininkas informuoja savo šeimininką, kai viena iš gijų pasibaigia. Tai turi užtikrinti, kad tarp bendravimo padaromas atitinkamas darbo kiekis. Darbo perskirstymas yra pradedamas proceso, kuriam ištuštėjo darbo sąrašas, siunčiant žinutę savo šeimininkui, kuria prašoma darbo. Tada šeimininkas prašo daugiausiai darbų turinčio proceso (donoro) persiųsti dalį darbų prašiusiajam procesui. Patys MPI procesai užduočių sprendime tiesiogiai nedalyvauja. Jų paskirtis yra paskirstyti darbą ir sukurti gijas darbui atlikti bei surinkti darbo rezultatus. MPI procesai paprastai sukuria tiek gijų, kiek yra uždavinių ir laisvų procesų gijoms kurti. Geriausią viršutinį rėžį, taip pat, perdavinėja MPI procesai ir taip daro iš karto kai, kuri nors gija raportuoja geresnį nei žinomą viršutinį rėžį. MPI naudojamas bendravimui tarp mazgų, mazgo darbas vyksta kuriant naujas gijas su *Threads* ir bendraujant per bendrą atmintį. Dėja autoriai nepateikia savo sukurto algoritmo. Nors iš rezultatų galima manyti, kad hierarchinis lygiagretinimas leidžia pasiekti didesnę lygiagretinimo našumą.

4 Išvados

Sukurtas hierarchinis šakų ir rėžių algoritmas buvo testuojamas sprendžiant uždavinius ant Paskirstytųjų skaičiavimų tinklo. Tyrimo rezultatai pateikti pav. 1. Šio tyrimo metu buvo leidžiamas tas pats uždavinys keičiant gijų ir procesų skaičių. Pirmoje grafiko dalyje, iki raudonos vertikalios linijos, buvo naudojama tik vienas procesas. Taigi šiame regione lygiagretinimas atliktas tik su OpenMP. Po vertikalios linijos lygiagretinant jau naudojamos ir gijos ir procesai. Tai atlika naudojant OpenMP kartu su OpenMPI. Šioje dalyje gijų skaičius visada laikomas 8 ir keičiamas tik procesų skaičius. Kaip matyti iš grafiko dvi

dalys turi skirtingas pagreitėjimo charakteristikas. Naudojant vien tik OpenMP matomas tiesinis pagreitėjimas, o naudojant ir OpenMPI pagreitėjimas sumažėja. Iš rezultatų matyti, kad hierarchinis lygiagretinimas leidžia nešiau išnaudoti superkompiuterius sprendžiant šakų ir rėžių algoritmus.



1 pav. Įgyvendinto algoritmo pagreitėjimas naudojant skirtingą branduolių skaičių. Vertikali raudona linija atskiria lygiagretinimą naudojant tik OpenMP ir lygiagretinimą naudojant OpenMP ir MPI. Naudojant MPI viename procese esantis gijų skaičius visada buvo 8.

Literatūra

- [1] B. Gendron ir T. G. Crainic. Parallel Branch-and-Bound Algorithms: Survey and Synthesis, doi:10.1287/opre.42.6.1042.
- [2] Teodor Gabriel Crainic, Bertrand Le Cun ir Catherine Roucairol. Parallel branch-and-bound algorithms. Parallel combinatorial optimization:1–28.
- [3] Guo-Jie Li ir Benjamin W Wah. Computational efficiency of parallel approximate branch-and-bound algorithms. International Conference on Parallel Processing, p.p. 473–480.
- [4] Edsger W Dijkstra ir Carel S. Scholten. Termination detection for diffusing computations. Information Processing Letters, 11(1):1–4.
- [5] Ahcène Bendjoudi, Nouredine Melabir E-GTalbi. Hierarchical branch and bound algorithm for computational grids. Future Generation Computer Systems, 28(8):1168–1176.
- [6] Kento Aida, Yoshiaki Futakata ir Tomotaka Osumi. Parallel branch and bound algorithm with the hierarchical master-worker paradigm on the grid. IPSJ Digital Courier, 2:584–597.
- [7] Juan FR Herrera, Leocadio G Casado, Eligius MT Hendrix, Remigijus Paulavičius ir Julius Zilinskas. Dynamic and hierarchical load-balancing techniques applied to parallel branch-and-bound methods. P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing (3PGCIC), 2013 Eighth International Conference on, p.p. 497–502. IEEE.

Kapsulinių dirbtinių neuroninių tinklų atsparumo duomenų transformacijoms tyrimas

Vytautas Strimaitis

Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos fakultetas,
Informatikos institutas, Didlaukio g. 47, LT-08303 Vilnius
vytautas.strimaitis@mif.stud.vu.lt

Santrauka. Kapsuliniai dirbtiniai neuroniniai tinklai yra 2017 m. Geoffrey Hinton pristatyta dirbtinių neuroninių tinklų architektūra. Šiame straipsnyje nagrinėjama šių tinklų savybė – atsparumas afininėms transformacijoms. Šiame darbe tyrinėjamos dvi kapsulinių dirbtinių neuroninių tinklų realizacijos, apmokytos su MNIST duomenų rinkiniu. Bandytu metu kapsulinių tinklų spėjimų tikslumas lyginamas su konvoliuciniais tinklais, naudojamos skirtingos kraipomosios transformacijos, taip pat mėginta pridėti į paveikslukus modifikuoto „salt and pepper“ tipo triukšmo. Rezultatai rodo, kad, lyginant su konvoliuciniais, kapsuliniai tinklai pasirodo taip pat arba geriau esant kraipomosioms transformacijoms, tačiau tikslumas smarkiai krenta kuomet pridedamas triukšmas.

Raktiniai žodžiai: kapsuliniai neuroniniai tinklai; konvoliuciniai neuroniniai tinklai; vaizdų klasifikavimas.

1 Įvadas

Šiuo metu objektų atpažinimo vaizdinėje medžiagoje standartu laikomi konvoliuciniai dirbtiniai neuroniniai tinklai [1], apmokomi pasitelkiant vaizdo plokštes [2]. Konvoliuciniai tinklai kol kas laikomi geriausiu būdu spręsti su vaizdine medžiaga susijusius uždavinius, tačiau ir jie nėra be savų trūkumų. Pagrindinis iš jų - atsparumo afininėms paveikslukų transformacijoms (pasukimui, pastūmimui, iškraipymui ir pan.) nebuvimas.

2017 m. buvo pristatyta nauja architektūra, sprendžianti šias problemas. Tai kapsulinis neuroninis tinklas [3] – naujos kartos konvoliucinis neuroninis tinklas, pasižymintis specialia struktūra – kapsulėmis. Teoriškai

šis modelis turėtų gebėti tvarkytis su jau minėtomis paveikslukų transformacijomis. Šiai teorijai pilnai pasitvirtinus atsirastų plačios pritaikymo galimybės. Pavyzdžiui, būtų galima kurti programinę įrangą mobiliesiems telefonams, gebančią atpažinti tekstą iš nuotraukų, kuomet naudojamas neuroninis tinklas būtų apmokytas su vos vienu duomenų rinkiniu. Šiuo darbu siekiama praktiškai patyrinėti aprašytas kapsulinių tinklų savybes, išmėginti ir kitokias, ne tik afinines transformacijas, bei palyginti rezultatus su konvoliucinio neuroninio tinklo pasiekiamais rezultatais.

2 Tyrimo metodas

Tyrimui planuota pasirinkti viešai prieinamą kapsulinio tinklo realizaciją, tačiau buvo rastos dvi skirtingos, tačiau abi itin populiarios, realizacijos. Tai – „CapsNet-Tensorflow“¹ bei „CapsNet-Keras“². Abi šios realizacijos įgyvendintos remiantis tuo pačiu pradiniu G. Hinton straipsniu [3]. Kadangi architektūra dar pakankamai nauja ir realizacijos klaidų tikimybė nėra labai maža, buvo nuspręsta eksperimentus atlikti su abejomis realizacijomis ir gautus rezultatus palyginti.

Palyginimui pasirinkta paprasta konvoliucinio neuroninio tinklo realizacija. Tinklas realizuotas naudojant „Keras“ biblioteką ir geba pasiekti 99,25 % tikslumą su MNIST duomenų rinkiniu. Tinklų sudaro du dvimačiai konvoliucijų sluoksniai, maksimalaus apjungimo (angl. *max pooling*) sluoksnis bei du pilnai sujungti sluoksniai.

Eksperimentams naudojamas MNIST ranka rašytų skaitmenų paveikslukų duomenų rinkinys bei iš jo sugeneruoti paveikslukų su pritaikytomis įvairiomis transformacijomis duomenų rinkiniai. Neuroniniai tinklai buvo apmokyti su paprastu (t. y. be transformacijų) MNIST duomenų rinkiniu, o tikslumas matuojamas naudojant transformuotus duomenų rinkinius. Galiausiai gauti tikslumo įverčiai buvo palyginti tarpusavyje ir atlikta rezultatų analizė.

3 Duomenų transformacijos

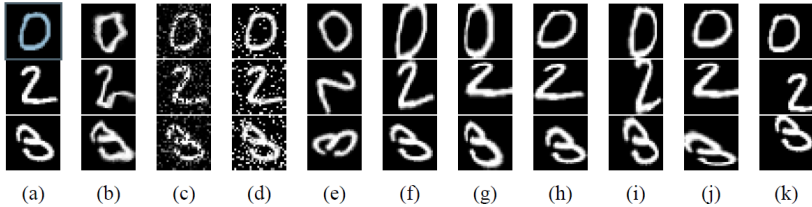
Pirmoji eksperimento dalis – įvairių duomenų rinkinių, su kuriais bus bandomi neuroniniai tinklai, generavimas. Pirminės paveikslukų versijos pa-

¹ <https://github.com/naturomics/CapsNet-Tensorflow>

² <https://github.com/XifengGuo/CapsNet-Keras>

imtos iš MNIST duomenų rinkinio bandymų grupės (10000 paveikslukų). Iš šios grupės paveikslukų buvo sugeneruota 90 naujų duomenų rinkinių, kurių kiekviename taip pat buvo po 10000 paveikslukų, o iš viso pritaikyta 10 skirtingų transformacijų grupių.

Kad būtų lengviau suprasti, ką skirtingos transformacijos iš tikrųjų daro, 1 pav. pateikiami keli transformuoti paveikslukai.



1 pav. Transformuotų paveikslukų pavyzdžiai. a – pradinis paveikslukas; b – tamprioji, c – „pipirų“, d – „druskos“, e – pasukimo, f – šlyties, g – perspektyvos, h – perspektyvos (iš kampo), i – perspektyvos (iš kairės ar dešinės), j – perspektyvos (iš viršaus ar apačios), k – perstūmimo transformacijos.

4 Rezultatų analizė

Kaip buvo galima tikėtis, konvoliucinis neuroninis tinklas apmokymą baigė gerokai greičiau už abu kapsulinius tinklus – kapsuliniams tinklams prireikė kelių valandų, o konvoliuciniam tinklui – maždaug valandos. Po apmokymo visų tinklų spėjimų tikslumas buvo įvertintas naudojant transformuotų paveikslukų rinkinius (žr. 3 skyrių). Spėjimo tikslumui įvertinti naudojamas tikslumo apibrėžimas – santykis, kuris apibrėžia, kuri dalis visų spėjimų buvo teisinga.

Pats pirmas dalykas, kuris krenta į akį, yra tai, kad dviejų kapsulinio neuroninio tinklo realizacijų rezultatai visiškai nėra panašūs – „CapsNet-Tensorflow“ rezultatai labiau koreliuoja su paprasto konvoliucinio neuroninio tinklo rezultatais, negu su „CapsNet-Keras“. To priežastis nėra visiškai aiški, tačiau labiausiai tikėtina, kad šioje realizacijoje yra likę klaidų, dėl kurių tinklas ne pilnai atitinka pasiūlytą kapsulinio neuroninio tinklo architektūrą. Kadangi „CapsNet-Tensorflow“ rezultatai yra panašūs į paprasto konvoliucinio neuroninio tinklo, o „CapsNet-Keras“ – į tokius, kokie turėtų būti remiantis teorija, toliau bus laikoma, kad būtent „CapsNet-Keras“ yra teisinga kapsulinio neuroninio tinklo realizacija.

Taip pat verta pastebėti, kad rezultatai nėra vienareikšmiški, t. y. ne visų duomenų rinkinių atveju geriausiai pasirodė tas pats neuroninis tinklas. Tampriosios, pasukimo bei šlyties transformacijų atveju, visi trys neuroniniai tinklai pademonstravo beveik tokius pačius rezultatus. „Druskos“ bei „pipirų“ transformacijų atveju paprastas konvoliucinis neuroninis tinklas pasirodė net geriau už kapsulinį neuroninį tinklą. Tai rodo, kad kapsulinį neuroninį tinklą lengva „apgauti“, jei paveiksliuke yra daug triukšmo. Tačiau likusiuose duomenų rinkiniuose – perstūmimo bei perspektyvos – vienareikšmiškai geresnius rezultatus pademonstravo kapsulinis neuroninis tinklas.

Apibendrinant galima teigti, kad kapsulinis neuroninis tinklas, kaip ir buvo spėjama teoriškai, yra tikrai atsparus perstūmimo bei perspektyvos transformacijoms, tačiau yra lengvai „apgaunamas“ triukšmo paveiksliuke. Eksperimentas atskleidė ir vieną netikėtą rezultatą – kapsulinio neuroninio tinklo tikslumas gana sparčiai krito paveiksliukus pasukant, nors teoriškai šis kritimas turėtų būti mažesnis.

5 Išvados

Atlikus eksperimentą ir rezultatų analizę, galima padaryti šias išvadas:

1. Kapsulinis neuroninis tinklas, lyginant su konvoliuciniu, yra žymiai atsparesnis perstūmimo bei perspektyvos transformacijoms. Šią savybę būtų galima panaudoti praktikoje, pavyzdžiui, kuriant programinę įrangą mobiliesiems telefonams, gebančią atpažinti tekstą iš nuotraukos – neuroninį tinklą užtektų apmokyti su vienu duomenų rinkiniu, o su įvairiai transformuotais paveiksliukais jis gebėtų susidoroti pats.
2. Pritaikius „triukšmingas“ transformacijas, kapsulinis neuroninis tinklas pasirodė blogiau už konvoliucinį. Taip, tikėtina, yra dėl to, kad konvoliucinis neuroninis tinklas geba atskirti objektų detales tam tikrose pozicijose, tad papildomas triukšmas spėjimui netrukdo. Kapsulinio neuroninio tinklo atveju, kadangi yra atsižvelgiama į erdvinius santykius tarp atskirų objekto dalių, triukšmas gali labiau suklaidinti tinklą ir daryti įtaką neteisingam spėjimui.
3. Pasukimo transformacijos atveju abiejų rūšių neuroniniai tinklai pasirodė beveik taip pat. Šis rezultatas yra kiek netikėtas, nes teorinis modelis teigia, kad kapsulinis neuroninis tinklas turėtų būti atsparus ir pasukimo transformacijoms. Tokio rezultato priežastis gali būti arba klaidos neu-

roninio tinklo realizacijoje, arba pačioje tinklo architektūroje, o taip pat ir duomenų rinkinio pasirinkime (skaitmenų aibė yra maža, o pritaikant pasukimo transformacijas kai kurie skaitmenys gali panašėti į kitus).

Literatūra

- [1] Yann LeCun et al. „Object Recognition with Gradient-Based Learning“. In: Shape, Contour and Grouping in Computer Vision. London, UK, UK: Springer-Verlag, 1999, pp. 319. ISBN: 3-540-66722-9. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=646469.691875> .
- [2] Kumar Chellapilla, Sidd Puri, and Patrice Simard. „High Performance Convolutional Neural Networks for Document Processing“. In: Tenth International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition. Ed. by Guy Lorette. <http://www.suvisoft.com>. Université de Rennes 1. La Baule (France): Suvisoft, Oct. 2006. URL: <https://hal.inria.fr/inria-00112631>.
- [3] Sara Sabour, Nicholas Frosst, and Geoffrey E. Hinton. „Dynamic Routing Between Capsules“. In: CoRR abs/1710.09829 (2017). arXiv: 1710.09829. URL: <http://arxiv.org/abs/1710.09829>.

Security Permission Monitoring Method for Smart Devices

Nerijus Šatkauskas

Kaunas University of Technology, Faculty of Informatics,
Studentų str. 50, LT- 51368 Kaunas
nerijus.satkauskas@ktu.edu

Abstract. It is said that there are over 2 billion of smartphones [1] currently in the world. To be more accurate, it can be about 2.7 billion in 2019. A smartphone is known to have an operating system which enables a user to download and install any required application. This comfort does come at a price. Android operating system which is among the leading ones for its popularity has also its vulnerabilities. Some resources may say that Google trades its users' privacy... [2]. Android OS is based on permissions. If a user grants certain permission, relevant information can be used by that application. Sensitive information can be exposed.

Another concern is malware. Andrew Ahn, the product manager, has said that they had removed 700 000 malware applications from their Play Store in 2017 before it was uploaded. It makes 99 %. But 1 % was still not removed on time. Malware is even more dangerous due to its uncontrollable sensitive information leak.

The purpose of this research is to propose a method to assess any information leak in Android devices. A prototype which allows to assess the extent of an information leak shall be offered. It calculates a total danger point score based on requested permissions (on Y axis) and information value (on X axis).

V-S axes method [3] was used for this purpose. Permission sensitivity (Y) axis: low (0 points), middle (1 point), and high (2 points). Official Android permissions were distributed on this axis [4]. Information value (X) axis: low (0 points), middle (1 point), and high (2 points). Default values were used for this axis, but a user can change it any time.

100 applications as benign ones were tested. They were downloaded from Play Store while picking 20 top applications from 5 random categories.

ries. 41 malware applications were downloaded [5]. Top 5 applications among the tested ones which have the highest information leak potential have been listed. 5 most frequent permissions for benign and malware applications were detected.

Table 1. Top 5 applications and permissions.

Highest leak potential in danger point score	The most common permissions in benign	The most common permissions in malware
Messenger for SMS	READ_EXTERNAL_STORAGE	READ_PHONE_STATE
Facebook Messenger	WRITE_EXTERNAL_STORAGE	WRITE_EXTERNAL_STORAGE
Signal Private Messenger	CAMERA	READ_EXTERNAL_STORAGE
Viber Messenger	READ_PHONE_STATE	SEND_SMS
WhatsApp Messenger	ACCESS_FINE_LOCATION	RECEIVE_SMS

The prototype allows to assess quickly any sensitive information leak potential by giving a total score in points. The research gives a list of applications one has to pay an increased attention to in order to avoid any leak. The most common permission patterns may suggest using an anti-virus application for a malware scan.

Literature

- [1] Deuthche Welle, (2019) "Smartphones: Live longer, be greener". [Online]. Available at: <https://www.dw.com/en/smartphones-live-longer-be-greener/a-46423527>.
- [2] Kaspersky Lab DAILY, "Google Trades Privacy and Security for Hangouts". Available at <https://www.kaspersky.com/blog/google-privacy-hangouts/1993/>.
- [3] X. Shi, D. Li, H. Zhu and W. Zhang, „Research on Supply Chain Information Classification Based on Information Value and Information Sensitivity,“ 2007 International Conference on Service Systems and Service Management, Chengdu, 2007, pp. 1-7. Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4280248/>
- [4] "Protection levels". Available at: <https://developer.android.com/guide/topics/permissions/overview#normal-dangerous>
- [5] GitHub, Inc., "Ashishb Collection of Android Malware Samples". Available at: <https://github.com/ashishb/android-malware>

Evaluation of fractal dimension for some financial time series

Lukas Vabalas

Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos fakultetas, Taikomosios matematikos institutas, Naugarduko g. 24, LT-03225 Vilnius
lukasvabalas@gmail.com

Abstract. Fractal dimension can be used as a measure of smoothness of a function, to evaluate Hurst exponent and thus explore market memory using financial time series. It can also be used to evaluate the number of independent variables to model dynamic system which generates financial time series. In this work we used box-counting, Hall-Wood, rodogram, madogram, variogram, and, more recent, FD4 fractal dimension estimators. Monte Carlo simulation experiment was carried out to compare fractal dimension estimators, with madogram estimator performing the best in case of this experiment plan. We analyzed currency exchange rate and gold price time series data sets with 2^{20} observations. Hurst exponent was evaluated for these time series using different fractal dimension estimators. Further, correlation dimension of time-delay embedding reconstruction of an attractor was evaluated. We show that more observations are needed to evaluate correlation dimension in higher embedding dimensions to obtain saturated values.

Key words: fractal dimension, correlation dimension, attractor reconstruction, Hurst exponent

Dirbtinių neuroninių tinklų taikymas įsilaužimams aptikti kompiuterių tinkluose

Žydrūnas Vaišnoras

Vytauto Didžiojo universitetas, Švietimo akademija,
T. Ševčenkos g. 31, LT-03111 Vilnius
zydrunas.vaisnoras@gmail.com

Santrauka. Šiuo metu dirbtiniai neuroniniai tinklai (DNT) pritaikomi įvairiose srityse ir jų tikslumas leidžia spręsti įvairias užduotis. Dirbtinio intelekto metodai kompiuterių tinkluose išpopuliarėjo dėl didelių pritaikymo galimybių: srautų klasifikavimui, tinklo prisitaikymui prie srauto pobūdžio ir kt. Prieš atliekant tyrimą nagrinėta dirbtinio intelekto samprata, klasifikacijų metodai, apžvelgti mašininio mokymo algoritmai, kurie naudojami kompiuterių tinklų duomenų srauto analizei. Atsižvelgiant į darbe detaliai išnagrinėtos mokslinės literatūros medžiagą apie kompiuterių tinklų saugumą pastebėta, kad kompiuterių tinklo saugumas tampa pagrindine kompiuterių tinklų srities problema. Darbe išsamiai analizuojama kompiuterių tinklo samprata, naudojamos technologijos, saugumas įvairiuose lygiuose, pateikiami apsaugos tikslai, informacijos saugos aspektai. Taip pat aprašomas esamų ir galimai naujų vis sudėtingesnių atakų dažnumas ir įvairumas, kibernetinių atakų ir anomalijų tipai, incidentų tipai (atsisakymo aptarnauti atakos (angl. DoS) ir kt.). Lyginami dabartinių kompiuterių tinklų anomalijų atakų atpažinimo sistemų (angl. IDS) tipai, produktai, metodai.

DNT apmokymui pasirinktas Kanados universiteto mokslininkų sukurtas CICIDS2017 duomenų rinkinys. Šiame rinkinyje esti informacija apie 2017 metais sužymėtus (angl. labeled) anomalijų duomenų paketus. Naudoti prižiūrimo mokymosi algoritmai: atraminių vektorių mašina (angl. SVM), naivieji Bayes (angl. Naive Bayes), sprendimų medžių klasifikatorius (angl. Random Forest Classifier), daugiasluoksnis perceptronas (angl. Multi Layer Perceptron), k-arčiausių kaimynų klasifikatorius (angl. k Nearest Neighbor). Išbandyti įvairūs aktyvacijos metodai. Modelio testavimui nau-

dotas autoriaus sukurtas duomenų rinkinys, naudojant sukurtą metodiką: lokaliame kompiuterių tinkle generuojamas tiesioginis kompiuterių tinklo duomenų srautas buvo analizuojamas, išskaidomas, apdorojamas ir su tam tikrais požymiais (angl. features) išsaugomas serveryje naudojant Python programavimo kalbą. Srauto generavimo metu sukurti anomalijų duomenų paketai, kurie buvo „įskiepyti“ į kompiuterių tinklo duomenų srautą. Sukurtas naujas duomenų rinkinys su „gerais“ ir „blogais“ (anomalijų) duomenų paketais buvo klasifikuojamas randant geriausio sprendinio pritaikymo metodą. Gauti rezultatai palyginti su mokslinėje literatūroje rastų panašiam tikslui naudojamų modelių tikslumu.

Raktiniai žodžiai: dirbtiniai neuroniniai tinklai, kompiuterių tinklai, anomalijos, atakų atpažinimo sistemos.

Learning to Play Games with PlaNet

Lukas Valatka

Vilnius University, Faculty of Mathematics and Informatics,
Institute of Computer Science, Didlaukio str. 4, LT-08303 Vilnius
lukas.valatka@mif.stud.vu.lt

Summary. An evaluation of a recent state of the art model-based reinforcement learning PlaNet in a gaming environment is presented. Author analyzes PlaNet capabilities to solve several problems in Atari and VizDoom domains. Author identifies that PlaNet's observation and reward encoders have trouble capturing small details in Atari games (Pong, Breakout), often critical to the agent's performance playing games. Hyperparameter tuning strategy is suggested. Author confirms latent overshooting is crucial for VizDoom Take Cover scenario, implying it is necessary for similar environments. This suite of experiments was carried out as a preparatory work for future PlaNet's evaluation to handle simultaneous control of multiple agents in games.

Keywords: PlaNet, Model-based reinforcement learning, Latent space planning, Atari gym suite, VizDoom.

1 Introduction

Deep Planning Network (PlaNet) is a novel (published 12 Nov 2018) deep reinforcement learning algorithm developed by Google Research and Deep Mind [2]. PlaNet is a model-based RL algorithm. Being such, it achieves the same accuracy on the DeepMind open source control suite as state of the art model-free D4PG algorithm [3] more efficiently, which is accomplished by learning environment dynamics and using the model to plan actions. Sample efficiency, as well as possibility to re-use the model between related tasks makes PlaNet an interesting empirical research candidate.

Playing games is an established way to benchmark reinforcement learning algorithms. Games are simplified models of the real world. They feature things such as multiple agents, stochastic dynamics, partial

observability – problems common to our everyday lives. Making algorithm solve problems encapsulating part or all of these components is a step towards making reinforcement learning algorithms solve real world problems [5].

Motivated by the promises of PlaNet, author formulates an objective to evaluate PlaNet’s capabilities to solve reinforcement learning game problems. This work encapsulates authors findings adapting PlaNet to solve several popular discrete OpenAI gym Atari [6] and VizDoom [7] scenarios.

2 PlaNet Algorithm

PlaNet is a model-based reinforcement learning algorithm. It uses a learned model to generate most rewarding action sequences. In this section the author describes the mechanics of PlaNet in detail.

Environment

PlaNet models an environment as a partially observable Markov decision process (POMDP). That is, PlaNet is unsure which state the model might be in, yet models a separate mechanism to increase this certainty.

Model

PlaNet is not given a model. It learns environment dynamics by interacting with its surroundings. It records observation, action, reward triplets and learns from them. Consider h_t to be a deterministic latent state, s_t to be a stochastic latent state, o_t to be an observation, a_t to be an action and r_t to be a reward, all at timestep t . PlaNet learns models as follow:

- Transition models
 - Deterministic state model: $h_t = f(h_{t-1}, s_{t-1}, a_{t-1})$. Implemented as a recurrent neural network (GRU).
 - Stochastic state posterior model: $s_t \sim p(s_t | h_t, o_t)$. Implemented as a feed-forward neural network parameterized Gaussian distribution.
 - Stochastic state (prior) model: $s_t \sim p(s_t | h_t)$. Implemented as a feed-forward neural network parameterized Gaussian distribution.

- Observation model: $o_t \sim p(o_t | s_t)$. Implemented as a Gaussian with mean parameterized by deconvolutional neural network and identity variance.
- Reward model: $r_t \sim p(r_t | s_t)$. Implemented as a feed-forward neural network parameterized Gaussian.

Observation model is only used for training. Transition models and the reward model are used for planning. Posterior models increases the certainty which latent state the agent currently resides in.

Planning

PlaNet uses cross-entropy method to search for best action sequence under the model [2]. Author suggests reading original PlaNet paper for the details of the planning algorithm. The procedure can be summarized as follows:

1. Infer a belief of a latent state from current observation and past deterministic latent state via a stochastic state posterior model $s_t \sim p(s_t | h_t, o_t)$.
2. Initialize H Normal distributions (i.e. time dependent Gaussian), each distribution for each action in the to-be-planned action sequence vector. H is a planning horizon.
3. Sample J action sequences from the distribution (all H length). Actions are sampled by unrolling the stochastic state prior model in time, which does not use encoded observations, thus being a key ingredient to fast planning $s_{t:H} \sim p(s_{t:H} | h_{t:H-1})$.
4. Re-fit the belief (i.e. action sequence distribution) to best K action sequences, based on the sum reward of the sequence of actions (using a reward model).
5. Repeat for I iterations.

Lastly, return the first action of the returned final mean action sequence. After receiving a new observation, agent replans again, which helps to avoid local optima.

Learning

The algorithm utilises two objective functions to learn the model – a *reconstruction* objective and a regularizing *latent overshooting* objective. Below is the objective function for the observation model – reward model learning objective follows the same analogy.

$$\max \left(\underbrace{\sum_{t=1}^T (E_{q(s_t | o_{\leq t})} [\ln p(o_t | s_t)])}_{\text{reconstruction}} - \underbrace{\frac{1}{D} \sum_{d=1}^D \beta_d E[KL[q(s_t | o_{\leq t}, a_{< t}) || p(s_t | s_{t-1}, a_{t-1})]}]}_{\text{latent overshooting}} \right)$$

Reconstruction term forces the model to learn to encode rewards and observations into the latent space and as accurately reconstruct them as possible.

Latent overshooting term works as a regularizer – it encourages consistency between one-step and multi-step predictions, which should be equal in expectation over the training dataset. It is trained on all distances until D (50 by default).

The goal is to maximize this combination of objective functions. Note: the final objective includes the regularization term of latent space distribution $p(s_t)$ as well (author omits it here for readability), a common regularization technique used in variational autoencoders [1].

3 Experiments

This section contains the evaluation results and discussions of PlaNet on Atari and VizDoom OpenAI gym environments.

Experiments with Atari Breakout and Pong

Pong and Breakout games is a popular way to benchmark reinforcement learning algorithms [9]. In a Pong game, the agent has to control a paddle with up and down actions to score points (i.e. play a similar to tennis game). In Breakout, the agent can move either left or right. The goal is to not let a game ball hit the ground, as well as hit as many bricks as possible.

Concretely, the author used OpenAI Gym BreakoutNoFrameskip-v4 and PongNoFrameskip-v4 environments to remove implicit stochastic action repeat and frameskip [8]. The environment was configured as is

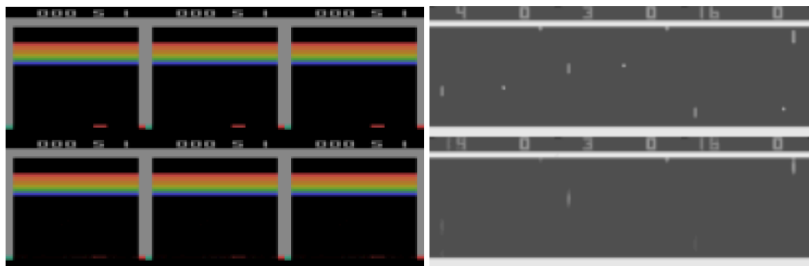
it is configured by OpenAI gym baselines for Atari games [9]. Pong game observations were grayscaled before being inputted to the model to reduce the computational cost.

Results

Table 1. PlaNet’s evaluation on Atari Breakout and Pong games summary.

Episodes	Game	Planet score	Gym leader [9]	Minimum score	Maximum score
1500	Breakout	1.5	10	0	+INF
1500	Pong	-20	-10	-20	20

Figure 1. Zero-step reconstruction from Breakout and Pong games, respectively. Top rows show ground truth agent observations, bottom rows – decoded posterior state.



Latent space encoding issue: Poor Table 1 results imply issues with PlaNet’s default configuration. Figure 1 suggests the latent space is not capable to encapsulate small details. Author observed the reconstruction loss is not affected by small critical objects e.g. a ball. Author observed that the reward model is innaccurate even till 10 – 15 steps into the future, which implies the algorithm cannot perform correct planning (as the default PlaNet’s planning horizon is 12).

After extensive discussions with one of the PlaNet’s authors Danijar Hafner, author suggests reducing regularization impact of latent overshooting objective: reducing the divergence scale and global prior scale parameters. Author validated that this makes small details visible in much fewer episodes. Increasing free nats parameter increases the lower limit of divergence losses, which helps the model retain small, seemingly unimportant observation details in the latent space.

Experiments with VizDoom

After incorporating all the changes, based on the findings from the Atari game suite experiments, the author decided to begin experiment in the VizDoom domain.

VizDoom is a reinforcement learning algorithm evaluation environment, based on an open-source clone of a once popular first person shooter Doom. VizDoomTakeCover-v0 gym environment was chosen. Agent has two actions – left and right. It is rewarded with +1 for each tick of an episode. Episode ends when the agent losses all lives, which can be lost by getting collided with fireballs, being shoted by monsters on the opposite side of the game room.

Table 2. PlaNet's evaluation on VizDoom TakeCover scenario.

Episodes	Game	Overshooting loss horizon	Planet score	World Model's experiment (10 000 episodes) [4]	Minimum score	Maximum score
1500	VizDoom TakeCover	50	488 +- 250	820 +- 58	0	+INF
1500	VizDoom TakeCover	25	385 +- 128	820 +- 58	0	+INF

Overshooting loss importance: Table 2 result suggest that decreasing overshooting loss horizon decreases performance. It is clear that decreasing the regularization horizon makes the model less robust. This was discussed by the PlaNet's authors as well [2].

4 Conclusion

Author evaluated PlaNet algorithm on two game environments – Atari Breakout and Pong, and VizDoom. Results suggest that default PlaNet's configuration suffers from small visual artefact loss in the latent space, often crucial to the agent's performance. The default configuration, although forcing reconstructions to be robust, overregularizes the model. Although it is important to reduce overshooting loss scale, the horizon is suggested to be kept long to achieve better performance. Tuned according to these findings, PlaNet algorithms is a suitable candidate for sample efficient learning to solve game problems.

References

- [1] Kingma, D. P., & Welling, M. (2013). Auto-encoding variational bayes. arXiv preprint arXiv:1312.6114.
- [2] Danijar Hafner, Timothy P. Lillicrap, Ian Fischer, Ruben Villegas, David Ha, Honglak Lee ir James Davidson. Learning latent dynamics for planning from pixels. CoRR, abs/1811.04551, 2018.
- [3] Thanh Thi Nguyen and Ngoc Duy Nguyen and Saeid Nahavandi. Deep Reinforcement Learning for Multi-Agent Systems: A Review of Challenges, Solutions and Applications. CoRR, abs/1811.04551, 2018.
- [4] David Ha and Juergen Schmidhuber (2018). World Models. CoRR, abs/1803.10122.
- [5] Open AI. Artificial life: objective and approach. https://docs.google.com/document/d/1_76rYTPtPysSh2_cFFz3Mfso-9VL3_tF5zialZ8qmS8/edit. 2018.
- [6] M. G. Bellemare, Y. Naddaf, J. Veness ir M. Bowling. The arcade learning environment: an evaluation platform for general agents. Journal of Artificial Intelligence Research, 47:253-279, 2013-06.
- [7] Michal Kempka, Marek Wydmuch, Grzegorz Runc, Jakub Toczek ir Wojciech Jas-kowski. Vizdoom: A doom-based AI research platform for visual reinforcement learning. CoRR, abs/1605.02097, 2016. arXiv:1605.02097. <http://arxiv.org/abs/1605.02097>.
- [8] Bongsang Kim. OpenAI Gym Environment Full List . 2018. <https://medium.com/@researchplex/openai-gym-environment-full-list-8b2e8ac4c1f7>.
- [9] Dhariwal, Prafulla and Hesse, Christopher and Klimov, Oleg and Nichol, Alex and Plappert, Matthias and Radford, Alec and Schulman, John and Sidor, Szymon and Wu, Yuhuai and Zhokhov

Turinys

Įžanga	3
<i>Žygmantas Benetis</i> . Lithuanian parliament legislative voting analysis and vizualization	4
<i>Elzbieta Budginaitė</i> . Neural network based segmentation of cell nuclei and lymphocyte detection in whole slide histology images.	5
<i>Dariusz Butkevičius</i> . Kodo probleminių vietų aptikimas naudojant automatinį kodo savybių mokymąsi	11
<i>Patricijus Cvizonas</i> . ISO/IEC 33071 taikymas programinės įrangos (kaip turto) valdymo veiklos įvertinimui	12
<i>Ilja Kazakov</i> . Žmogaus galvos smegenų anatominė vaizdų segmentacijos būdai ankstyvajai priešoperacinei auglių diagnostikai.	14
<i>Dovilė Kuizininė</i> . Sentimentų klasifikavimas virtualių valiutų kontekste	15
<i>Marius Latinis</i> . Tissue Collagen Detection and Analysis in the Digital Histopathology H&E Images	22
<i>Viktoras Laukevičius</i> . Atskaitos taškais grįsti daugelio kriterijų optimizavimo evoliuciniai algoritmai	24
<i>Danius Lozorkevičius</i> . IT saugos incidentų valdymo paramos sistema.	31
<i>Kęstutis Matuliauskas</i> . Balsuoti internetu – saugu, o rizikos – suvaldomos (angl. „Internet voting is secure, and risks are manageable“)	33
<i>August Magnus Midttun</i> . Automatinis glomerulinės bazinės membranos pločio matavimas	35
<i>Tomaš Monkevič</i> . Vilniaus miesto nusikaltimų prognozė	37
<i>Karolis Noreika, Saulius Gudas</i> . Agile application software development using enterprise architecture framework.	43

Marius Pivoras, Armantas Ostreika. Smulkaus gintaro gabalėlių klasifikavimo pagal formą ir spalvą problemų tyrimas.	52
Tomas Seniut. Hierarchiniai lygiagretieji šakų ir rėžių algoritmai heterogeninėms skaičiavimų sistemoms	54
Vytautas Strimaitis. Kapsulinių dirbtinių neuroninių tinklų atsparumo duomenų transformacijoms tyrimas.	60
Nerijus Šatkauskas. Security Permission Monitoring Method for Smart Devices	65
Lukas Vabalas. Evaluation of fractal dimension for some financial time series	67
Žydrūnas Vaišnoras. Dirbtinių neuroninių tinklų taikymas įsilaužimams aptikti kompiuterių tinkluose	68
Lukas Valatka. Learning to Play Games with PlaNet	70

