# COMENIUS UNIVERSITY IN BRATISLAVA FACULTY OF MATHEMATICS, PHYSICS AND INFORMATICS

# EFFICIENT AND EFFECTIVE DYNAMIC TIME WARPING MASTERS THESIS

# COMENIUS UNIVERSITY IN BRATISLAVA FACULTY OF MATHEMATICS, PHYSICS AND INFORMATICS

# EFFICIENT AND EFFECTIVE DYNAMIC TIME WARPING

MASTERS THESIS

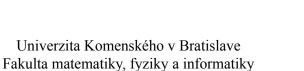
Study Programme: Computer Science Field of Study: Computer Science

Department: FMFI.KAI - Department of Applied Informatics

Supervisor: doc. Mgr. Tomáš Vinař, PhD.

Bratislava, 2020

Emanuel Tesař, Bc.





#### ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Bc. Emanuel Tesař

**Študijný program:** informatika (Jednoodborové štúdium, magisterský II. st.,

denná forma)

Študijný odbor:informatikaTyp záverečnej práce:diplomováJazyk záverečnej práce:anglickýSekundárny jazyk:slovenský

**Názov:** Efficient and Effective Dynamic Time Warping

Zefektívnenie algoritmu Dynamic Time Warping

Anotácia: Dynamic time warping (DTW) je technika prebratá zo spracovania reči

a často sa používa aj na zarovnávanie nanopórového signálu ku sekvenciám. Štandardná formulácia problém však nepokrýva niektoré dôležité vlastností reálnych dát, vďaka čomu výsledné zarovnania obsahujú rôzne artefakty takejto formulácie. Cieľom práce je preskúmať rôzne reformulácie problému a rozšíriť základný algoritmus tak, aby bolo možné vytvoriť praktický nástroj

na zarovnávanie nanopórového signálu ku sekvenciám.

Vedúci: doc. Mgr. Tomáš Vinař, PhD.

**Katedra:** FMFI.KAI - Katedra aplikovanej informatiky

**Vedúci katedry:** prof. Ing. Igor Farkaš, Dr.

**Dátum zadania:** 30.10.2019

**Dátum schválenia:** 21.11.2019 prof. RNDr. Rastislav Kráľovič, PhD.

garant študijného programu

študent	vedúci práce





#### Comenius University in Bratislava Faculty of Mathematics, Physics and Informatics

#### THESIS ASSIGNMENT

Name and Surname: Bc. Emanuel Tesař

**Study programme:** Computer Science (Single degree study, master II. deg., full

time form)

Field of Study: Computer Science Type of Thesis: Diploma Thesis

**Language of Thesis:** English **Secondary language:** Slovak

Title: Efficient and Effective Dynamic Time Warping

**Annotation:** Dynamic time warping (DTW), a method from speech processing, is often used

to align nanopore signals to sequences. However, the standard formulation of the problem does not capture properly important properties of underlying data, which results in artifacts in alignments. The goal of this thesis is to study various reformulations of the problem and extend the basic algorithm to a practical tool

for aligning nanopore signals to sequences.

**Supervisor:** doc. Mgr. Tomáš Vinař, PhD.

**Department:** FMFI.KAI - Department of Applied Informatics

**Head of** prof. Ing. Igor Farkaš, Dr.

department:

**Assigned:** 30.10.2019

**Approved:** 21.11.2019 prof. RNDr. Rastislav Kráľovič, PhD.

Guarantor of Study Programme

Student	Supervisor

#### Abstrakt

Slovenský abstrakt v rozsahu 100-500 slov, jeden odstavec. Abstrakt stručne sumarizuje výsledky práce. Mal by byť pochopiteľný pre bežného informatika. Nemal by teda využívať skratky, termíny alebo označenie zavedené v práci, okrem tých, ktoré sú všeobecne známe.

Kľúčové slová: jedno, druhé, tretie (prípadne štvrté, piate)

#### Abstract

Abstract in the English language (translation of the abstract in the Slovak language).

Keywords:

### Contents

viii *CONTENTS* 

## List of Figures

x LIST OF FIGURES

### List of Tables

xii LIST OF TABLES

### Bibliography

- [1] Dávid Barbora. Multiple Alignment and Visualization of Nanopore Sequencing Signals. 2018.
- [2] Eduard Batmendijn. *Identifikácia variantov v dátach nanopórového sekvenovania*. 2018.
- [3] F. Petitjean, G. Forestier, G. I. Webb, A. E. Nicholson, Y. Chen, and E. Keogh. Dynamic time warping averaging of time series allows faster and more accurate classification. In 2014 IEEE International Conference on Data Mining, pages 470– 479, Dec 2014.
- [4] Stan Salvador and Philip Chan. Toward accurate dynamic time warping in linear time and space. volume 11, pages 70–80, 01 2004.
- [5] Diego Silva, Gustavo Batista, and Eamonn Keogh. Prefix and suffix invariant dynamic time warping. pages 1209–1214, 12 2016.
- [6] Diego Furtado Silva, Gustavo E. A. P. A. Batista, and Eamonn J. Keogh. On the effect of endpoints on dynamic time warping. 2016.
- [7] Kumar Vasimalla, Challa Narasimham, and S. Naik. Efficient dynamic time warping for time series classification. *Indian Journal of Science and Technology*, 9, 06 2016.