

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE  
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

Evidenčné číslo: FEI-5382-97025

**ZÍSKAVANIE A SPRACOVANIE DÁT Z  
MOTION-CAPTURE OBLEKU  
BAKALÁRSKA PRÁCA**

**2023**

**Ema Richnáková**

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE  
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

Evidenčné číslo: FEI-5382-97025

**ZÍSKAVANIE A SPRACOVANIE DÁT Z  
MOTION-CAPTURE OBLEKU  
BAKALÁRSKA PRÁCA**

Študijný program: Aplikovaná informatika  
Názov študijného odboru: Informatika  
Školiace pracovisko: Ústav informatiky a matematiky  
Vedúci záverečnej práce: doc. Ing. Erik Kučera, PhD.  
Konzultant: ?

**Bratislava 2023**

**Ema Richnáková**

# SÚHRN

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE  
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Študijný program:	Aplikovaná informatika
Autor:	Ema Richnáková
Bakalárska práca:	Získavanie a spracovanie dát z motion-capture obleku
Vedúci záverečnej práce:	doc. Ing. Erik Kučera, PhD.
Konzultant:	?
Miesto a rok predloženia práce:	Bratislava 2023

Súhrn práce TODO

Kľúčové slová: motion capture, oblek, animácia, spracovanie dát, vzdialené ovládanie

# ABSTRACT

SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY

Study Programme:	Applied Informatics
Author:	Ema Richnáková
Bachelor's thesis:	Data acquisition and processing from the motion capture suit
Supervisor:	doc. Ing. Erik Kučera, PhD.
Consultant:	?
Place and year of submission:	Bratislava 2023

Document abstract TODO

Keywords: motion capture, suit, animations, data processing, remote control

## Vyhlásenie autora

Podpísaný(á) Ema Richnáková čestne vyhlasujem, že som bakalársku prácu Získavanie a spracovanie dát z motion-capture obleku vypracoval(a) na základe poznatkov získaných počas štúdia a informácií z dostupnej literatúry uvedenej v práci.

Vedúcim mojej bakalárskej práce bol doc. Ing. Erik Kučera, PhD.

Bratislava, dňa 17.1.2023

.....  
podpis autora

# Podakovanie

Vyjadrujem vrelé podakovanie doc. Ing. Erikovi Kučerovi, PhD. za odborné vedenie, diskusiu a cenné rady, ktoré mi poskytol pri písaní mojej bakalárskej práce.

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>1 Analýza</b>	<b>2</b>
1.1 Motion capture . . . . .	2
1.1.1 História . . . . .	2
<b>2 Softvérové a hardvérové prostriedky</b>	<b>6</b>
2.1 Softvér . . . . .	6
2.2 Hardvér . . . . .	6
<b>3 Recitácia</b>	<b>7</b>
<b>4 Možnosti anonymizácie</b>	<b>8</b>
4.1 Súkromné prehliadanie . . . . .	8
4.2 Anonymná sieť . . . . .	8
4.3 Funkcionalita . . . . .	8
4.3.1 Funkcionalita2 . . . . .	8
4.4 Vzhľad . . . . .	8
<b>Záver</b>	<b>12</b>
<b>Zoznam použitej literatúry</b>	<b>13</b>
<b>Prílohy</b>	<b>I</b>
<b>A Štruktúra elektronického nosiča</b>	<b>II</b>
<b>B Algoritmus</b>	<b>III</b>
<b>C Výpis subline</b>	<b>IV</b>

# Zoznam obrázkov a tabuliek

Obrázok 1	Rotoskopia od Maxa Fleischera. (Fleischer) . . . . .	3
Obrázok 2	Prvý mechanický motion capture oblek vyvinutý na Univerzite Simona Frasera . . . . .	4
Obrázok 3	Predpokladaný vzhľad rozšírenia. . . . .	10
Tabuľka 2	Moduly a ich funkcie pri anonymizácii . . . . .	9



# Zoznam skratiek

<b>HW</b>	hardware
<b>LED</b>	Light Emitting Diod (slovensky „elektroluminiscentná dióda”)
<b>mocap</b>	Motion capture
<b>PN3</b>	Perception Neuron 3
<b>SW</b>	software

# Zoznam algoritmov

1	Ukážka príkazov pre algorithmic . . . . .	11
B.1	Vypočítaj $y = x^n$ . . . . .	III

# Zoznam výpisov

1	Ukážka algoritmu . . . . .	10
C.1	Ukážka sublime-project . . . . .	IV

# Úvod

Tu bude krásny úvod s diakritikou atď.

A možno aj viac riadkový úvod.

# 1 Analýza

## 1.1 Motion capture

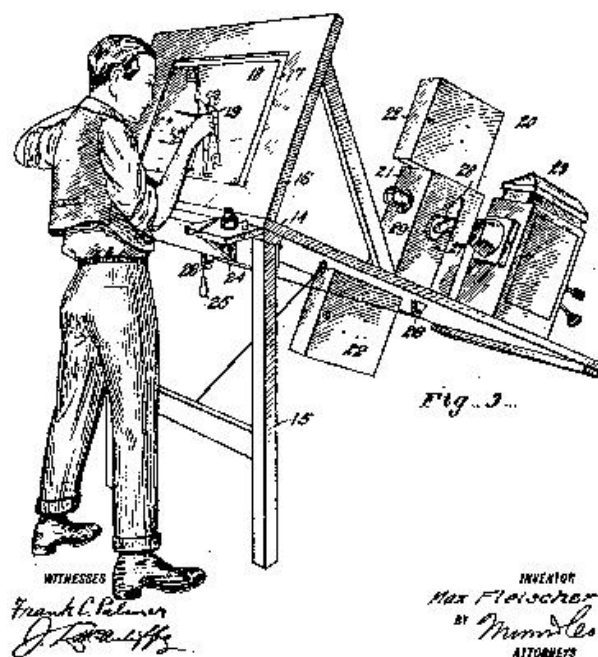
Motion capture (mocap) je technológia, ktorá zaznamenáva pohyby objektov, zvierat alebo ľudí v reálnom svete a prenáša tieto dáta do virtuálneho prostredia pre okamžitú alebo oneskorenú analýzu alebo prehrávanie. Táto technológia sa zrodila pri inovácií spôsobu animovania kreslených seriálov a filmov, kedy sa do procesu animovania začali komponovať aj počítače.

### 1.1.1 História

Prvý pohyb charakteru v podobe animácie nám priniesol v roku 1911 karikaturista Zenas Winsor McCay. Pomocou viacerých kusov papiera, na ktorých boli zakreslené len jemné zmeny toho istého charakteru vytváral ilúziu pohybu, pri konštatnej rýchlosti prekladania týchto papierov. Ale vytvoriť takúto animáciu bolo veľmi časovo náročné pre animátora, keďže každá snímka musela byť individuálne nakreslená [1].

Ďalší revolučný pokrok v animácií prinieslo štúdio Disney s animovaným filmom Snehulienka a sedem trpaslíkov, ktorý mal premiéru v roku 1937. Použitím nových alebo nepopulárnych technológií v tej dobe spravili veľký krok vo svete animácií. Štúdio vytvorilo viacrovňovú kameru (anglicky „*multiplane camera*”), ktorá sníma 7 vrstiev umeleckých diel, ktoré sa prelínajú s rôznymi rýchlosťami a v rôznych vzdialenostiach od seba. To vytvára pocit hĺbky a paralaxy (zdanlivé posunutie objektu vzhľadom na pozadie pri zmene miesta pozorovateľa) [2]. Taktiež štúdio Disney značne zakomponovalo pri produkcii vyššie spomínaného animovaného filmu koncept motion capture, kedy pre animované charaktere ručne prekreslovali z premietaného filmu na papier siluety ľudského pohybu. Film obsahoval nahrávku pohybov, póz a tanečných vystúpení tanečníkov alebo hercov. Tento spôsob animácie sa nazýva rotoskopia. Táto technika kopírovania pohybu však už bola vynájdená skôr animátorom Maxom Fleischerom v roku 1915 a bola použitá v jeho animovanom seriály Out of the Inkwell. Podľa neho sa aj v ranných štádiách táto technika volala ako „Fleischerov proces” a bola pre jeho tvorbu typická. No po vypršaní Fleischerovho patentu v roku 1934 mohli iní producenti a štúdiá voľne využívať danú technológiu. Štúdio Disney sa teda chopilo príležitosti a táto metóda animovania ho priviedla k jeho sláve [3].

Príchodom počítačov sa animácia zjednodušila využitím tzv. kľúčových snímkov (anglicky „*keyframe*”), kedy sa zredukoval počet vzorkov na vytvorenie pohybu. Vytvárníkovi stačí špecifikovať začiatočnú a koncovú snímku animácie a prechod medzi týmito snímkami je automaticky generovaný [1]. Napriek tomu niektoré komplexné pohyby stále nebolo možné takýmto spôsobom animovať, aby si pohyb zachoval svoju prirodzenosť. Príkladom

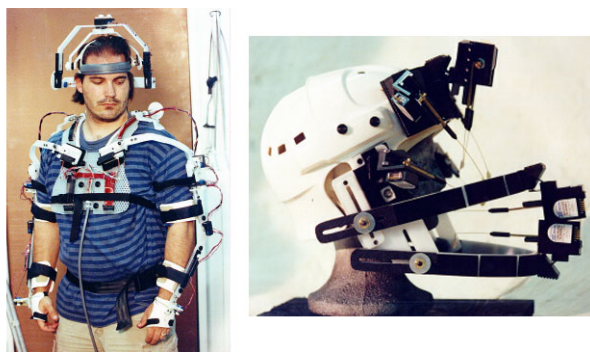


Obr. 1: Rotoskopia od Maxa Fleischera. (Fleischer)

takého pohybu je ľudská chôdza. Človek pri jednom kroku rozpohybuje veľa častí svojho tela a dynamika týchto častí vytvára komplexnú štruktúru celého pohybu kroku. Tieto kroky musia na seba aj prirodzene nadväzovať, aby tvorili pohyb chôdze, ktorá sa následne ešte aj komplikuje faktom, že sa nedeje na dokonalej rovine, ale v rôznorodom teréne, ktorému sa telo človeka pri chôdzi musí prispôbovať.

V rokoch 1980 až 1983 na Univerzite Simona Frasera v biomechanických laboratóriách sa začali používať počítače na analýzu ľudského pohybu. Technika a zariadenia využívané v ich štúdiách si našli uplatnenie aj v odvetví počítačovej grafiky. Profesor kineziológie a počítačových vied na Univerzite Simona Frasera Tom Calvert využitím potenciometrov (potenciometer = premenný rezistor, ktorého odpor sa dá lineárnym pohybom alebo otočením meniť), ktoré pripojil k telu človeka, zaznamenával tak pohyb človeka a tým ovládal počítačom animovanú postavu pre choreografické a klinické výskumné účely, ako napríklad skúmanie pohybových abnormalít. Pre príklad na skúmanie ohybu kolena pripútali na každú nohu exoskeleton s potenciometrom, ktorý bol umiestnený pozdĺž každého kolena, tak aby sa ohýbal v súlade s kolenom. Takto bol vyvinutý prvý mechanický motion capture oblek na snímanie pohybov, kedy zobrali analógový výstup pohybu a previedli ho do digitálnych dát, ktoré boli spracované ich animačným systémom v počítači. No toto riešenie bolo mierne nepohodlné v rozmedzí dynamickejších pohybov.

Medzitým na Massachusettskom Technologickom Inštitúte (MIT) a Newyorskom



Obr. 2: Prvý mechanický motion capture oblek vyvinutý na Univerzite Simona Frasera

Technologickom Inštitúte (NYIT) experimentovali s technológiou zachytávania pohybu ľudského tela s využitím optického zaznamenávacieho systému. Motion capture oblek je vybavený malými značkami, ktoré sú pripevnené k telu. Tieto značky sú buď ako blikajúce LED svetlá alebo malé reflexné body. Takto skonštruovaný oblek zachytáva séria dvoch alebo viacerých kamier. Kombináciou špeciálneho hardvéru a softvéru sa z kamerového záznamu vyberajú vyššie spomínané značky z vizuálneho poľa každej kamery a porovnávaním týchto snímok sa kalkuluje pozícia každej značky v trojrozmernom priestore za prejdeň čas záznamu. No táto technológia je obmedzená rýchlosťou pohybu značiek (koľko pozícií značiek vie kamera zachytiť za sekundu). Toto obmedzenie má za následok rozlíšenie kamier, hlavne ich schopnosť rozoznať značky, ktoré sú blízko seba. Prvotné systémy vedeli zaznamenávať len zopár značiek naraz. Moderné systémy zvládnu spracovávať niekoľko desiatok značiek naraz. Tento problém sa vie redukovať nasadením viac sledovacích kamier, ale aj pri takomto riešení aj v moderných systémoch je potrebný manuálny post-processing záznamov, aby sa poupravili alebo obnovili trajektórie značiek, ktoré sa stratili z výhľadu kamery. Čiže pri tomto type technológie treba nájsť rovnováhu, lebo dá sa vyhnúť manuálnemu post-processingu, keď sa zainvestuje do viacero kamier alebo do kamery s kvalitnejším záznamom (vyšším rozlíšením). To nám taktiež vie zvýšiť aj zorné pole záznamu a teda aj rozsah pohybov, ktoré je možné natočiť. Aj s jednou kamerou pri dostatočnom priblížení vieme odstrániť problém stratených značiek, ale to nám obmedzuje rozsah pohybov, lebo zmenšíme zorné pole kamery. A kvôli všetkým týmto problematickým riešeniam optimalizácie procesovania záznamu aj v dnešnej dobe sa pri optickom type motion capture oblekov spoliehajú na post-procesing postupy, kvôli analýze, spracovaniu a doladovaniu dát predtým ako sa aplikujú na animovanú postavu. Tento typ motion capture systémov sa aj skomercializoval v odvetví počítačovej grafiky (napr. systémy Op-Eye alebo SelSpot).

V nasledujúcich rokoch prichádzali rôzne experimenty v oblasti motion capture

systémov.

Napríklad prvé animovanie tváre ešte aj v reálnom čase bolo poňaté ako bábkoherectvo, kedy na ovládanie významných častí tváre, ktoré v určitých pozíciách predstavujú ľudské výrazy, používali špeciálne upravený ovládač, ktorý ovládal bábkoherca. On mal pod kontrolou pohyby úst, očí, výrazov a polohu hlavy. Tento systém bol vyvinutý firmou deGraf/Wahrman. Bol zostrojený digitálnym animátorom Michaelom Wahrmanom a bývalým riaditeľom digitálnej produkcie Bradom deGrafom v roku 1987. V roku 1988 stvorili „Mike the Talking Head” (slovensky „Mike, Rozprávajúca Hlava”) pre firmu Silicon Graphics, ktorý bol predstavený na živom vystúpení pre filmový a video festival SIGGRAPH.

Tento systém sa za pomoci firmy Pacific Data Images ešte vylepšil a vznikol Waldo C. Graphic. Toho používali ako digitálne renderovanú bábku v reálnej bábkoherci, ktorá bola vysielaná v televízii. Taktiež rovnaká firma postupne vyvinula pomerne ľahký exoskeleton na záznam pohybov pre hornú časť tela a vedeli v reálnom čase zaznamenávať do ich predstavenia aj iné charaktery ako bábky. Využívali v tomto prípade potenciometre, ale toto riešenie nebolo ideálne kvôli zvuku, ktorý vydávala elektronika a taktiež exoskeleton bol stále mierna záťaž na herca.

V roku 1992 firma SimGraphics predstavila zaznamenávací systém, tzv. „face waldo”. Používala už menšie mechanické senzory pripevnené k brade, perám, lícam a obočiu a elektro-magnetické senzory na podpornej helme. Tento systém už taktiež vedel zaznamenávať v reálnom čase [4].

Neskôr sa rôzne typy týchto systémov spájali a značne urýchlili proces animovania alebo vedeli animovať väčšie časti charakterov v lepšom rozlíšení alebo viac charakterov naraz. Taktiež redukovali počet aktérov pri animovaní jedného charakteru.

Rôzne prístupy pri vývoji mocap systémov nám ich rozdelilo na rôzne typy ako akustické, mechanické, optické a magnetické [1].

Dnes mocap má široké využitie v rôznych odvetviach ako je zábavný priemysel (filmy, animácie, počítačové hry), ale aj v zdravotníctve, športe a armáde. Vie ponúknuť veľmi rýchle, efektívne, finančne prijateľné spracovanie pohybov tela a/alebo tváre pre vytvorenie animácií rôznych charakterov. V ďalšej sekcii (2.2) si priblížime nami použitý oblek Perception Neuron 3 (PN3).



## 2 Softvérové a hardvérové prostriedky

2.1 Softvér

2.2 Hardvér

### 3 Recitácia

Citujem všetky zdroje v `bibliography.bib`, [`t00`, `t01`, `t02`, `t03`, `kniha`, `kniha2`, `kniha3`, `small`, `big`, `cs`, `koll`, `kap`, `tug`, `knuth`, `zbornik`, `prispevok`].

Good luck.

## 4 Možnosti anonymizácie

Anonymizácia znamená zmena alebo úprava údajov tak, aby sa podľa nich nedala jednoznačne určiť osoba, ktorej tieto údaje patria [t01]. Existuje niekoľko spôsobov, ktorými môžeme dosiahnuť rôznu úroveň anonymizácie na internete: od mazania cookies súborov po ukončení prehliadania webových stránok až po používanie operačných systémov, ktoré sú na anonymite založené; od bezplatných možností až po komerčné verzie.

Nasleduje priblíženie niektorých možností anonymizácie.

### 4.1 Súkromné prehliadanie

Najpoužívanjšie internetové prehliadače súčasnosti majú v sebe zabudovanú funkcionality, ktorá dokáže čiastočne anonymizovať prístup na internet. Táto funkcionality blokuje ukladanie navštívených stránok do histórie a nezaznamenáva súbory, ktoré sa stiahnu z internetu. SW a hardware sú skratky.

### 4.2 Anonymná sieť

Anonymná sieť je sieť serverov, medzi ktorými dáta prechádzajú šifrované. V anonymných sieťach dáta prechádzajú z počítača používateľa, odkiaľ bola požiadavka poslaná, cez viaceré proxy smerovače, z ktorých každý správu doplní o smerovanie a zašifruje vlastným kľúčom. Cesta od ...

### 4.3 Funkcionality

Rozšírenie tiež okrem splnenia špecifikácie malo pre prehľadnosť a overenie funkčnosti zobrazovať údaje, ktoré boli na server odoslané. Zoznam údajov odoslaných na server, sa mal ukladať do krátkodobej histórie, aby nemal používateľ k dispozícii len najnovšie údaje, ale aj údaje odoslané v nejakom časovom období. Nejaký listing z príloh C.1.

#### 4.3.1 Funkcionality2

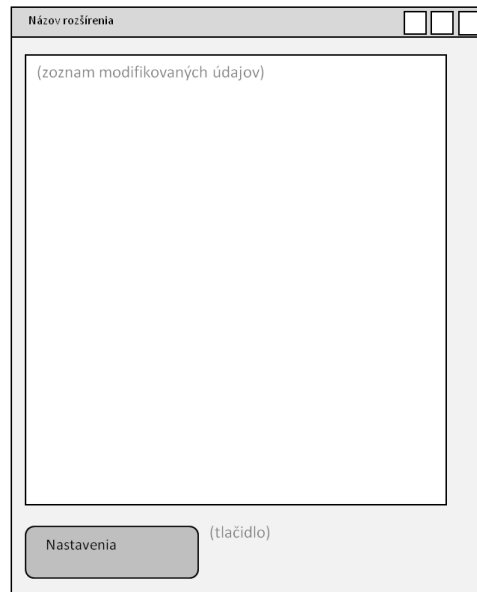
Samozrejmosťou bolo nastavenie zapnutia rozšírenia pri štarte, prípadne interval zmeny odosielaných údajov.

### 4.4 Vzhľad

Dôležitou požiadavkou kladenou na rozšírenie bolo príjemné používateľské rozhranie. Z tohto dôvodu malo rozšírenie obsahovať zoznam modifikovaných vlastností a tlačidlo pre prístup k nastaveniam rozšírenia v jednoduchej a praktickej forme. Predpokladaný vzhľad je zobrazený na obrázku č. 3. Dôležitou požiadavkou kladenou na rozšírenie bolo príjemné používateľské rozhranie.[t00] Z tohto dôvodu malo rozšírenie obsahovať zoznam

Tabuľka 2: Moduly a ich funkcie pri anonymizácii

Modul	Funkcia													
	zobrazenie hlavičky	blokovanie skriptov	zmena IP	zmena lokalizácie	zmazanie/blokovanie cookies	blokovanie trackerov	popis	používateľský agent	kódové označenie prehliadača	názov prehliadača	verzia prehliadača	platforma	výrobca prehliadača	označenie výrobcu prehliadača
User agent switcher							X	X	X	X	X	X	X	X
Ghostery					X	X								
Better privacy					X									
Anonymox			X	X	X		X	X						
Modify headers					X			X						
Request policy						X								
Live HTTP headers	X													
User agent awitcher							X	X						
Header hacker							X	X	X	X	X	X	X	X
Mod header							X	X	X	X	X	X	X	X
Script no		X												
No script		X												
Proxify it			X	X										
I'm not here				X										
Get edition		X	X	X	X	X								
Anonymous browsing toolbar			X	X										
Easy hide your IP and surf			X	X				X	X	X	X			



Obr. 3: Predpokladaný vzhľad rozšírenia.

modifikovaných vlastností a tlačidlo pre prístup k nastaveniam rozšírenia v jednoduchnej a praktickej forme. Predpokladaný vzhľad je zobrazený na obrázku č. 3.

```
/* Hello World program */  
  
#include<stdio.h>  
  
struct cpu_info {  
    long unsigned utime, ntime, stime, itime;  
    long unsigned iowtime, irqtime, sirqtime;  
};  
  
main()  
{  
    printf("Hello World");  
}
```

Listing 1: Ukážka algoritmu

---

**Algorithm 1** Ukážka príkazov pre algorithmic

---

```
<text>
if <condition> then
  <text>
else
  <text>
end if
if <condition> then
  <text>
else if <condition> then
  <text>
end if
for <condition> do
  <text>
end for
for <condition> to <condition> do
  <text>
end for
for all <condition> do
  <text>
end for
while <condition> do
  <text>
end while
repeat
  <text>
until <condition>
loop
  <text>
end loop
Require: <text>
Ensure: <text>
return <text>
print <text> {<text>} and , or , xor , not , to , true, false
```

---

# Záver

Conclusion is going to be where?

Here.

# Zoznam použitej literatúry

1. NOGUEIRA, Pedro (zost.). *Motion Capture Fundamentals: A Critical and Comparative Analysis on Real-World Applications*. Porto, 2022-11-18. Dostupné tiež z: [https://paginas.fe.up.pt/~prodei/dsie12/papers/paper\\_7.pdf](https://paginas.fe.up.pt/~prodei/dsie12/papers/paper_7.pdf).
2. WIKIPEDIA (zost.). *Multiplane camera*. 2022-12-20. Dostupné tiež z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Multiplane\\_camera](https://en.wikipedia.org/wiki/Multiplane_camera).
3. SKRBA, Ljiljana, REVERET, Lionel, HÉTROUY-WHEELER, Franck, CANI, Marie-Paule a O'SULLIVAN, Carol. *Quadruped Animation*. 2008.
4. STURMAN, David J. (zost.). *A Brief History of Motion Capture for Computer Character Animation*. 104, av. du Président Kennedy, 75016 Paris France, 1999-03-13. Dostupné tiež z: [https://education.siggraph.org/static/HyperGraph/animation/character\\_animation/motion\\_capture/history1.htm](https://education.siggraph.org/static/HyperGraph/animation/character_animation/motion_capture/history1.htm).



# Prílohy

A	Štruktúra elektronického nosiča . . . . .	II
B	Algoritmus . . . . .	III
C	Výpis sublime . . . . .	IV

# A Štruktúra elektronického nosiča

*/CHANGELOG.md*

- file describing changes made to FEIstyle

*/example.tex*

- main example *.tex* file for diploma thesis

*/example\_paper.tex*

- example *.tex* file for seminar paper

*/Makefile*

- simply Makefile – build system

*/fei.sublime-project*

- is project file with build in Build System for Sublime Text 3

**/img**

- folder with images

**/includes**

- files with content

*/bibliography.bib*

- bibliography file

*/attachmentA.tex*

- this very file

# B Algoritmus

---

**Algorithm B.1** Vypočítaj  $y = x^n$

---

**Require:**  $n \geq 0 \vee x \neq 0$

**Ensure:**  $y = x^n$

$y \leftarrow 1$

**if**  $n < 0$  **then**

$X \leftarrow 1/x$

$N \leftarrow -n$

**else**

$X \leftarrow x$

$N \leftarrow n$

**end if**

**while**  $N \neq 0$  **do**

**if**  $N$  is even **then**

$X \leftarrow X \times X$

$N \leftarrow N/2$

**else**  $\{N \text{ is odd}\}$

$y \leftarrow y \times X$

$N \leftarrow N - 1$

**end if**

**end while**

---

## C Výpis sublime

```
../.. / fei .sublime-project
```

Listing C.1: Ukážka sublime-project