

GYMNASIUM JANA KEPLERA

Parléřova 2/118, 169 00 Praha 6



SimonPose

Maturitní práce

Autor: Šimon Brávek

Třída: 4.B

Školní rok: 2025/2026

Předmět: Informatika

Vedoucí práce: Jiří Matas

Praha, 2026



Gymnázium Jana Keplera

Kabinet informatiky

ZADÁNÍ MATURITNÍ PRÁCE

- *Student:* Šimon Brávek
 - *Třída:* 4.B
 - *Školní rok:* 2025 / 2026
 - *Vedoucí práce:* Jiří Matas
 - *Název práce:* Vylepšení odhadu pózy člověka z jednoho vstupního snímku
 - *URL repozitáře:* <https://github.com/simonbravek/pose-detection-project>
-

Pokyny pro vypracování:

Cílem práce je navrhnut, implementovat a experimentálně ověřit metodu pro **přesnější odhad lidské pózy** z jednoho RGB snímku.

Student využije již existující model **DensePose** pro získání hustého korespondenčního mapování povrchu těla a naváže na něj vlastní optimalizační nebo post-processingovou metodu s cílem:

- snížit chyby v odhadu pozice a orientace klíčových kloubů,
- případně zvýšit robustnost vůči šumu a odlišnostem v pozici či osvětlení vstupního snímku.

Součástí práce je:

- rešerše současných přístupů k odhadu pózy,
- implementace vlastního řešení v prostředí Python (TensorFlow),
- návrh metrik pro hodnocení přesnosti a srovnání s výchozím stavem,
- experimentální vyhodnocení na vybraném datasetu,
- prezentace dosažených výsledků a postupu práce formou závěrečné zprávy a ukázky funkčního systému.

Výstupy práce:

- zdokumentovaný software v repozitáři,
 - technická zpráva shrnující postup, metodiku a dosažené výsledky,
 - prezentace práce a její obhajoba.
-

Podpis vedoucího práce:

A handwritten signature in black ink, appearing to read "J. Matas".

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů. Nemám žádné námitky proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne 27. února 2026

Šimon Brávek

Poděkování

Děkuji Jiřímu Matasovi za skvělou příležitost strávit měsíc v létě na katedře strojového učení a být součástí soudobého výzkumu a za jeho skvělé nápady v tomto oboru. Bezpochyby tato zkušenost formovala mé rozhodnutí studovat obor AI na MFF UK a propůjčila mi vášeň k nejnovějším technologiím. Děkuji také Matěji Suchánkovi jako člověku, co mě provedl tou nejtěžší asimilací s práci s grafickými kartami a modely jež jsem používal. Děkuji také lidem z katedry, jež ke mě byli přátelští a v neposlední řadě Igoru Vujovičovi za rozvíjení informatiky na našem gymnáziu i přez mnohé překážku.

Abstrakt

Klíčová slova

počítačové vidění, odhad lidské pozice, DensePose, SMPL/SMPL-X, rekonstrukce z 2D do 3D, hluboké učení, vylepšení modelu

Abstract

Keywords

computer-vision, human-pose-estimation, DensePose, SMPL/SMPL-X, 2D-to-3D reconstruction, deep-learning, model improvement

Obsah

Úvod	3
0.1 Analýza postavy v digitálním světě	3
0.2 Problematika	3
0.3 Cíl práce	3
1 Teoretická část	5
1.1 Základní teorie	5
1.1.1 Co je to model?	5
1.1.2 Druhy detekcí	5
1.1.3 Odhad 2D a jeho limitace	5
1.1.4 Od 2D bodů k 3D objemu	6
1.2 Skinned Multi-Person Linear Model (SMPL)	6
1.3 DensePose	8
1.4 Navržené metody	8
1.4.1 Vzdálenost bodu od těla	8
1.4.2 Euklidovká vzdálenost	8
1.4.3 Zaměření na přesnost	8
2 Implementace	9
2.1 Ukázka sekce	9
3 Technická dokumentace	11
3.1 Ukázka sekce	11
3.1.1 A jedně podsekce	11
3.2 A další sekce	12
Závěr	15
Seznam použité literatury	17
Seznam obrázků	19
Seznam tabulek	20

Úvod

0.1 Analýza postavy v digitálním světě

V současné informatice a počítačovém vidění (Computer Vision) představuje automatické porozumění lidského pohybu jednu z největších výzev. Nejde již o prostou detekci zda se v obrázku nachází člověk, či kolik jich je, ale o snahu přenést lidskou biomechaniku do digitálního prostoru. Schopnost přesně interpretovat lidskou pózu z běžného 2D obrazu (např. z mobilního telefonu) otevírá dveře aplikacím, které byly dříve nemyslitelné bez drahých studiových systémů pro snímání pohybu (Motion Capture).

Tyto technologie se dnes nachází již v mnoha podobách a můžou tak pomoci v celé řadě aplikací. Dnes již můžeme najít rozpoznání člověka a obličeje v mobilní aplikaci galerie, kde napomáhá chytrému třízení fotek nebo v bezpečnostních systémech pro detekci větřelce. Detekce konkrétní pozice, tedy kde se nachází jednotlivé klouby, může zase pomoci zastavit automatický vozík před kolizí s člověkem nebo zavolat pomoc pokud uvidí nehybně ležícího chodce.

Kromě přesnosti těchto metod se vědci čím dál více zaměřují také na rychlosť. Mnohé aplikace totiž potřebují živou analýzu videa a to často i z několika kamer najednou. Tak tomu je u autonomního řízení automobilů, které se ukazuje být velkým tahounem tohoto odvětví.

Právě rozmanitost této disciplíny, její užitečnost a také možnost setkat se s ní do hloubky na FEL ČVUT mě vedlo k její volbě jako tématu mé maturitní práce.

0.2 Problematika

Současné SOTA (State-of-the-Art) modely sice dosahují vynikajících výsledků na laboratorních datasech, ale často selhávají v reálných podmínkách (in-the-wild). Mezi kritické faktory patří:

- **Zákryty (Occlusions):** Části těla zakryté předměty nebo jinými částmi těla.
- **Perspektivní zkreslení:** Extrémní úhly kamery, které deformují vizuální proporce těla.
- **Vizuální šum:** Volné oblečení nebo špatné světelné podmínky.
- **Propletení více těl:** Situace v davu, kde není jasné, komu patří jaká část těla a jak je správně rozdělit.

Právě kombinace modelu SMPL s technologií DensePose (která mapuje pixely přímo na povrch těla) nabízí unikátní cestu, jak tyto problémy řešit skrze hustou korespondenci dat.

0.3 Cíl práce

Cílem této maturitní práce není vytvořit nový, revoluční model, který by překonal stávající vědecké rekordy. Ambicí je metodický průzkum možností, jak stávající proces fittingu (pasování) modelu SMPL do dat z DensePose zpřesnit a učinit jej odolnějším (robustnějším).

Zvolená metodika se opírá o princip Fail-Fast:

- Rychlá formulace hypotéz o vylepšení optimalizačního procesu.
- Implementace prototypů a jejich testování na hraničních případech.
- Analýza selhání jakožto hlavního zdroje poznání.

Výsledkem práce je ucelený přehled vyzkoušených metod, jejich kritické zhodnocení a dokumentace slepých i perspektivních uliček, které mohou sloužit jako inspirace pro další vývoj v oblasti monokulární 3D rekonstrukce člověka.

1. Teoretická část

1.1 Základní teorie

1.1.1 Co je to model?

V této práci se často budu věnovat programům, které využívají metodu strojového učení k detekci a odhadu pozice člověka v obrázku, který nazýváme model. Tento program má mnoho parametrů na základě nichž přetváří vstup na výstup. Nejdříve projde procesem, které nazýváme trénování. Během toho se jako vstup použije obrázek a program k němu vygeneruje souřadnice, kde odhaduje klouby, na základě prvního nastavení parametrů, neboli inicializace. Inicializace bývá velmi složitá a často je předmětem celých studií [1] a nebudeme se jí věnovat v této práci. Tento výsledek se pak porovná s ukázkovým příkladem pro tento obrázek, tedy pro anotaci, která byla předtím připravena člověkem.

Dále zvolíme metodu pro výpočet chyby výstupu (loss). Proces generování výstupu opakujeme mnohokrát pro velké množství obrázků a anotací toho. Skupině těchto dat říkáme trénovací dataset. Je nutné mít velké množství obrázků a anotací ještě před začátkem trénování. Ty pochází v drtivé většině případů od lidských anotátorů a jsou tak velmi drahé. Navíc jsou předmětem lidské chybovosti. Součtem, nebo jinou metodou tak spočítáme ztrátovou funkci (loss function) jako metriku chybovosti odhadu našeho modelu od anotací

1.1.2 Druhy detekcí

K tomuto účelu se využívá hned několik metod. Tou úplně nejzákladnější jsou rámečky k ohraničení detekovaných lidí. skládají se ze dvou souřadnic.

1.1.3 Odhad 2D a jeho limitace

Tradiční metody odhadu pózy se po léta soustředily na tzv. sparse keypoints – detekci klíčových bodů, jako jsou lokty, kolena či ramena – které detekují jako dvojici souřadnic v daném obrázku. Přestože jsou tyto modely (např. OpenPose) rychlé a efektivní, trpí zásadním nedostatkem: ztrátou prostorové informace a tělesného objemu. Zatímco mají perfektní výsledky v laboratorních podmínkách, selhávají v reálných situacích (in-the-wild), kde jim 2D obrázek neposkytuje dost jasné informace pro detekci pozice. Mezi faktory ovlivňující přesnost výstupu patří:

- **Zákryty (Occlusions):** Části těla zakryté předměty nebo jinými částmi těla.
- **Perspektivní zkreslení:** Extrémní úhly kamery, které deformují vizuální proporce těla.
- **Vizuální šum:** Volné oblečení nebo špatné světelné podmínky.
- **Propletení více těl:** Situace v davu, kde není jasné, komu patří jaká část těla a jak je správně rozdělit.

1.1.4 Od 2D bodů k 3D objemu

Řešení těchto složitých případu významně napomáhá představa 3D modelu těla a jeho pozice na dané scéně. Vezmeme-li situaci člověka skákajícího na lyžích zespodu, jeho tělesné proporce budou zcela nestandardní (malá hlava, velké nohy, spousta zakrytých částí těla). Pokud si ale představíme model lidského těla a promítnu ho do obrázku, pak jsem značně omezen a najít správné orientace končetin se značně zjednoduší. Představa těla ve 2D mi naopak dovoluje zvažovat pozice, jež by byly lidské tělo zcela nepřirozené, či anatomicky nemožné. Modely, které spolu s pozicí kloubů odhadují také 3D orientaci těla se díky tomu stávají lepší v samotném odhadování pozice kloubů.

Samotné rozpoznávání 2D pozice se dostává ke svým limitům také proto, že jejich přesnost se blíží datům na kterých jsou trénovány. [2]. Další k rozpoznání 3D pozice těla je zle

1.2 Skinned Multi-Person Linear Model (SMPL)

Přechod od 2D chápání člověka k pochopení objemové struktury lidského těla si vyžaduje zcela nové nástroje. Jedním z nich je způsob jak modelovat lidské tělo v prostoru. Abychom mohli tělo vydělat na obrazovku pomocí standardních postupů, musíme povrch těla zapsat jako množinu bodů a zapamatovat si všechny možné trojice bodů tak, aby nám vznikla síťovina (mesh) reprezentující povrch 3D tělesa.

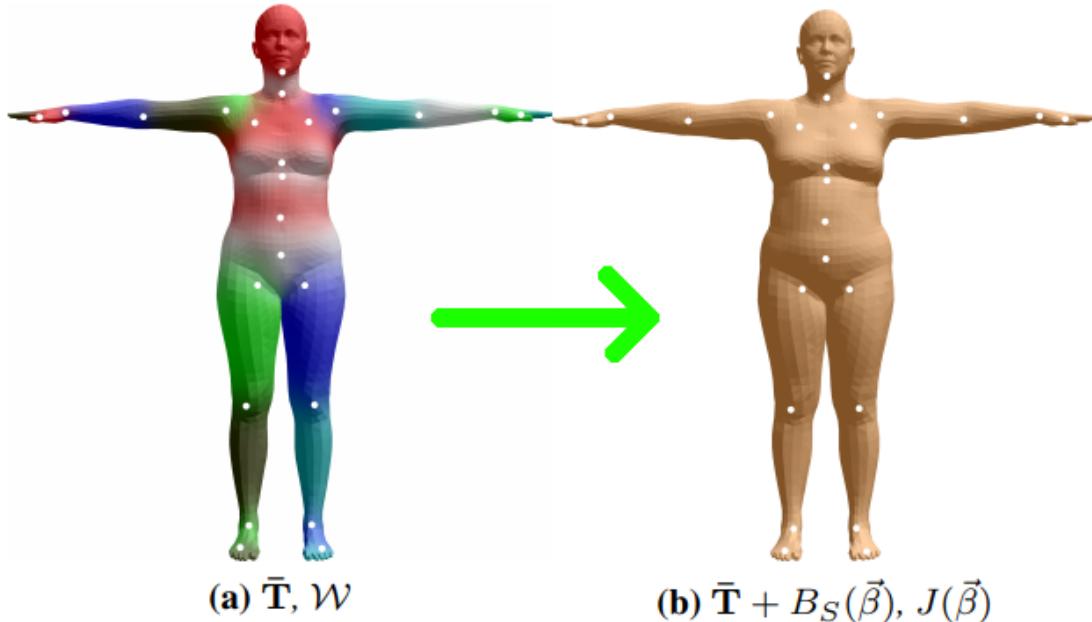
Namodelovat realistické lidcké tělo na základě bodů je velmi náročná disciplína. My bychom takové tělo chtěli modelovat automaticky, v reálném čase a s tělesnými proporcemi a pozicemi, jakou si zadáme. Proto vznikl SMPL model, který na základě parametrů β a θ vytvoří síťovinu libovolného člověka.

Celý model těla vzniká takto:

- **T-pose:** Souřadnice bodů kanonického těla v klidu (tedy univerzálního zvoleného těla, které zobrazuje průměrného člověka ve všech proporcích).
- **Joints:** Polohy všech kloubů požadované pozice těla. Každý bod na těle je posunut na tomto základě. Poloha všech kloubů je plně závislá na parametru θ .
- **Omega:** Reprezentuje tělesné proporce konkrétního člověka.
- **Propletení více těl:** Situace v davu, kde není jasné, komu patří jaká část těla a jak je správně rozdělit.

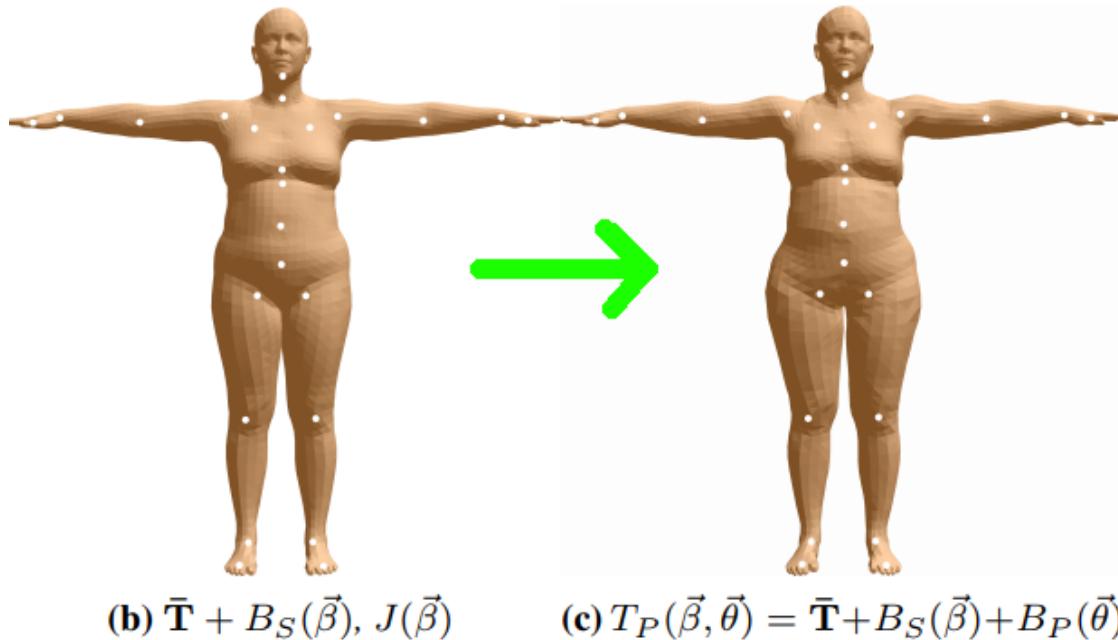
$M(\beta, \theta) = W(T_p(\beta, \theta), J(\beta), \theta, \mathcal{W})$ Generativní proces modelu SMPL (od šablony přes tvarové a půzové deformace až po skinning) je schematicky znázorněn na obr. 1.1–1.3.

Začne se se souřadnicemi bodů kanonického těla \tilde{T} v klidu (tedy univerzálního zvoleného těla, které zobrazuje průměrného člověka ve všech proporcích). Ke každému bodu se následně přiřeče posunutí na základě parametru tělesných proporcí β příspěvkem $B_s(\beta)$. Tak vznikne T-pose správných tělesných proporcí. Také vypočteme počáteční pozici kloubů $J(\beta)$ na základě tělesných proporcí.



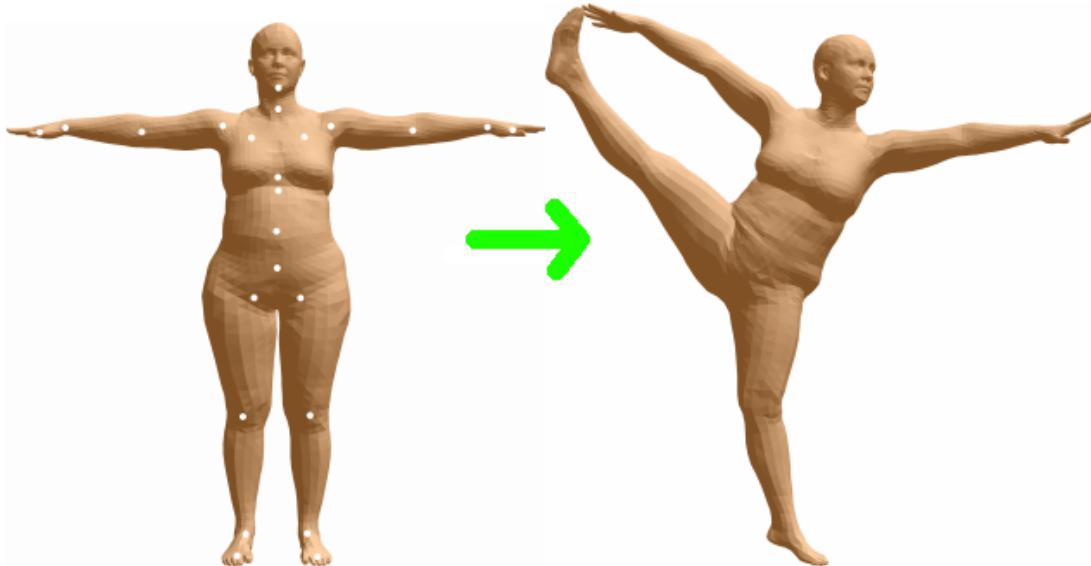
Obrázek 1.1: SMPL – stage 1

Při pohybu se naše tkáně napínají a ohýbají a s tím musíme počítat i u počítačového modelu člověka. Dále tedy upravíme proporce těla tak, aby odpovídali po pozici do které chceme model dostat tím, že k modelu přidáme příspěvek $B_P(\theta)$ a vznikne tak pozice $T_p(\beta, \theta)$.



Obrázek 1.2: SMPL – stage 2

Nakonec se vše poskládá dohromady pomocí funkce $W(\cdot)$ ještě s konečnou pozicí končetin θ a maticí \mathcal{W} . Tato matice spolu s $B_s(\beta)$ a $B_p(\theta)$ jsou natrénované hodnoty na tisících lidských skenů.



$$(c) T_P(\vec{\beta}, \vec{\theta}) = \bar{\mathbf{T}} + B_S(\vec{\beta}) + B_P(\vec{\theta}) \quad (d) W(T_P(\vec{\beta}, \vec{\theta}), J(\vec{\beta}), \vec{\theta}, \mathcal{W})$$

Obrázek 1.3: SMPL – stage 3: aplikace linear blend skinningu $W(\cdot)$ a výsledná póza těla v prostoru.

Tento model má výhodu v tom, že parametry θ a β usměrní výslednek tak, aby bylo velmi těžké zdeformovat obrázek do nelidských proporcí. Zároveň však dokáže popsat celou řadu lidských těl. Je díky tomu vhodná pro

Tato knihovna je pro komerční účely zpoplatněná, ale pro vědecké účely je zdarma a stačí se registrovat na <https://smpl.is.tue.mpg.de/index.html>. Díky tomu se z ní stal standard v oblasti počítačového vidění.

1.3 DensePose

1.4 Navržené metody

1.4.1 Vzdálenost bodu od těla

1.4.2 Euklidovká vzdálenost

1.4.3 Zaměření na přesnost

2. Implementace

Druhá kapitola obsahuje detailní informace o tom, jak probíhala implementace. Zde se objeví zdůvodnění výběru technologií, řešení problémů, na které jste narazili, informace o použitých knihovnách apod. Pochvalte se, nikdo to za Vás neudělá. Přiznejte chyby, není to ostuda.

2.1 Ukázka sekce

 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetuer id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

 Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

 Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

 Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

 Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla

egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

3. Technická dokumentace

Poslední kapitola obsahuje informace o tom, jak projekt, který v rámci maturitní práce vznikl, nainstalovat, spustit a používat.

3.1 Ukázka sekce

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

3.1.1 A jedné podsekce

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem

ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

3.2 A další sekce

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetuer id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

Závěr

Závěr obsahuje shrnutí práce a vyjadřuje se k míře splnění jejího zadání. Dále by se zde mělo objevit sebehodnocení studenta a informace o tom, co nového se naučil a jak vnímal svou práci na projektu.

Seznam použité literatury

- [MM16] Dmytro Mishkin a Jiří Matas. *All you need is a good init.* 2016. doi: 10.48550/arXiv.1511.06422. arXiv: 1511.06422 [cs.LG]. URL: <https://arxiv.org/pdf/1511.06422.pdf> (cit. 27.02.2026).
- [Mor25] Šárka Morávková. *Title of the document.* 2025. URL: <https://drive.google.com/file/d/17Mhfoe3TpJCVXy5ry61DvdaYFdgLFuhM/view> (cit. 27.02.2026).

Seznam obrázků

1.1	SMPL – stage 1	7
1.2	SMPL – stage 2	7
1.3	SMPL – stage 3: aplikace linear blend skinningu $W(\cdot)$ a výsledná póza těla v prostoru. .	8

Seznam tabulek