



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

**INTERAKTIVNÍ DEMO VYUŽÍVAJÍCÍ DETEKCI
STRACHU POMOCÍ HW SENZORŮ**

INTERACTIVE DEMO USING FEAR DETECTION WITH HW SENSORS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MATEJ MIŠTÍK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ CHLUBNA, Ph.D.

BRNO 2025

Zadání diplomové práce



160791

Ústav: Ústav počítačové grafiky a multimédií (UPGM)
Student: **Mišťík Matej, Bc.**
Program: Informační technologie a umělá inteligence
Specializace: Kybernetická bezpečnost
Název: **Interaktivní demo využívající detekci strachu pomocí HW senzorů**
Kategorie: Počítačová grafika
Akademický rok: 2024/25

Zadání:

1. Seznamte se s vhodným enginy pro vývoj her (Unity, Unreal).
2. Prozkoumejte možnosti propojení senzorů tělesných funkcí s herním demem.
3. Navrhněte aplikaci, která využívá faktorů strachu a získává zpětnou vazbu o reakcích hráče pomocí senzorů.
4. Implementujte aplikaci.
5. Proveďte ukázkové měření.
6. Vytvořte video reprezentující výsledky vaší práce.

Literatura:

- Jason Gregory: Game engine architecture, crc Press, 2018. ISBN 1351974289, 9781351974288
- Li, Huangyu. *User experience design for smartwatch games*. Diss. Auckland University of Technology, 2017.
- Siirtola, Pekka. "Continuous stress detection using the sensors of commercial smartwatch." *Adjunct Proceedings of the 2019 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2019 ACM International Symposium on Wearable Computers*. 2019.
- Morales, Analúcia, et al. "Occupational stress monitoring using biomarkers and smartwatches: A systematic review." *Sensors* 22.17 (2022): 6633.

Při obhajobě semestrální části projektu je požadováno:
Body 1 až 3, experimenty vedoucí k bodu 4.

Podrobné závazné pokyny pro vypracování práce viz <https://www.fit.vut.cz/study/theses/>

Vedoucí práce: **Chlubna Tomáš, Ing., Ph.D.**
Konzultant: Materna Zdeněk, Ing., Ph.D.
Vedoucí ústavu: Černocký Jan, prof. Dr. Ing.
Datum zadání: 1.11.2024
Termín pro odevzdání: 21.5.2025
Datum schválení: 12.11.2024

Abstrakt

Cielom tejto práce je zistiť ktoré časti pavúčieho tela pri modifikácii ich tvaru a veľkosti najviac ovplyvňujú strach človeka. Práca sa zameriava na interakciu používateľovho fyziologického stavu s modelom, ktorý sa mení v reálnom čase vo virtuálnej realite. Pomocou srdcového senzoru Polar H10 sa meria srdcový tep a systém vyhodnotí, ktoré parametre modelu srdcový tep ovplyvňujú. Vytvorený systém funguje v rámci enginu Unity s Oculus Rift. Prínosom tejto práce je spôsob ako vytvárať pavúky a modifikovať ich telesné časti, ktoré budujú najväčší možný strach.

Abstract

The aim of this thesis is to determine which parts of a spider's body, when modified in shape and size, most significantly influence human fear. The work focuses on the interaction between the user's physiological state and a model that changes in real time within virtual reality. Heart rate is measured using the Polar H10 sensor, and the system evaluates which parameters of the model influence heart rate. The developed system operates within the Unity engine using the Oculus Rift. The contribution of this work lies in providing a method for creating spiders and modifying their body parts in a way that elicits the strongest possible fear response.

Kľúčové slová

Simulácia, Unity, C#, Strach, Srdcový tep, Pavúk, Arachnofóbia, Procedurálne Generovanie, Parametrické Generovanie, Deformácia, VR

Keywords

Simulation, Unity, C#, Fear, Heart Rate, Spider, Arachnophobia, Procedural Generation, Parametric Generation, Deformation, VR

Citácia

MIŠTÍK, Matej. *Interaktivní demo využívající detekci strachu pomocí HW senzorů*. Brno, 2025. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Ing. Tomáš Chlubna, Ph.D.

Interaktivní demo využívající detekci strachu pomocí HW senzorů

Prehlásenie

Prehlasujem, že som túto diplomovú prácu vypracoval samostatne pod vedením pána Ing. Tomáša Chlubnu, Ph.D. Uviedol som všetky literárne pramene, publikácie a ďalšie zdroje, z ktorých som čerpal.

.....
Matej Mišík
18. mája 2025

Podakovanie

Chcel by som poďakovať vedúcemu práce Ing. Tomášovi Chlubnovi Ph.D. za čas a rady, ktoré mi vždy poskytol. Pomohol mi usmerniť cestu práce a vždy mal pre mňa profesionálnu kritiku toho, čo je nutné zlepšiť. Nesmierne ďakujem fakulte FIT za požičanie srdcového meraču tepu a virtuálnej reality Oculus Rift. Takisto chcem poďakovať všetkým užívateľom za zúčastnení na užívateľskom meraní. Nesmierna vďaka patrí Janke Vilčekovej za pomoc s gramatikou. Na záver chcem poďakovať, že mi Agustina Nacarado pomohla pri konštrukcii psychologického dotazníku.

Obsah

1	Úvod	3
2	Existujúce riešenia	5
2.1	Where Beasts Were Born	5
2.2	Antypodish-procedurálny generátor	7
2.3	Creature Creator	8
2.4	Procedurálne generovanie v hre Spore	9
2.5	Expozícia pri liečbe fóbií pomocou systému Therapeutic Lamp	11
2.6	Terapeutická expozícia arachnofóbie (EDPCGRL)	12
3	Strach	13
3.1	Predispozície na cítenie strachu	13
3.2	Srdcový tep ovplyvnený strachom	17
3.3	Arachnofobia	19
3.4	Anatómia pavúka	20
4	Herné mechaniky	24
4.1	Herný engine	24
4.2	Unity	24
4.3	Procedurálne generovanie	28
4.4	Použitie 3D modely pavúkov	29
5	Nástroje pre užívateľské meranie	31
5.1	ExciteOMeter	31
5.2	Polar H10: Monitor srdcového tepu	36
5.3	Oculus Rift	38
6	Návrh	39
6.1	Rozdelenie pavúčieho tela na jednotlivé časti	40
6.2	Prepojenie častí v Unity	41
6.3	Skriptovanie a proceduralita	41
6.4	Scény	42
7	Implementácia	46
7.1	Prepojenie ExciteOMeteru s Unity	46
7.2	Herný objekt Spider	47
7.3	Systém častí tela (Body Part System)	48
7.4	Výmena telesných častí	50

7.5	Modifikácia telesných častí	52
7.6	Scény	54
7.7	Užívateľské prostredie	57
8	Užívateľská štúdia	60
9	Záver	64
	Literatúra	65
A	Dotazník užívateľskej štúdie	69

Kapitola 1

Úvod

Táto práca sa zameriava na riešenie problematiky vytvárania a modifikácie hodnoverných verzií pavúkov pomocou deformácie meshov¹ ich jednotlivých anatomických častí. Riešenie tejto problematiky je implementované za pomoci modulárneho prístupu, kde sú anatomické časti pavúka rozdelené do menších meshov a ich následnou deformáciou. Tieto meshe umožňujú flexibilnú úpravu tvaru a veľkosti každej časti pavúka na základe parametrov zadaných užívateľom alebo preddefinovaných nastavení.

Práca sa snaží cez užívateľskú interakciu používateľov bez arachnofóbie zistiť, či modifikácia niektorých častí môže vyvolať väčší strach. Používateľ vždy určí, v ktorý moment sa cíti najviac vystrašený vlastným úsudkom, a pritom sa takisto zachytí jeho fyziologický stav v podobe srdcového tepu. Tento akt takisto uloží konfiguráciu tela pavúka, ktorá sa neskôr môže analyzovať. Vytvorí sa konfigurácia končatín taká, ktorá má najväčšiu koreláciu s tým, kedy mali používatelia strach. To pomôže identifikovať časti, ktoré strach vytvárajú, a zostrojiť pavúka, ktorý by mal strach spôsobiť.

Deformácia umožňuje prispôsobenie pavúkov rôznym vizuálnym vlastnostiam, ako sú nepravidelné tvary, zväčšenie alebo pohyb jednotlivých častí tela. Takýto systém poskytuje možnosť identifikovať a generovať varianty pavúkov, ktoré vyvolávajú čo najsilnejšiu emocionálnu odozvu – vrátane strachu – aj u osôb, ktoré netrpia arachnofóbiou.

Jedným z hlavných problémov súčasných prístupov je, že modelovanie pavúkov nie je dostatočne procedurálne, čo znamená, že ich vzhľad a vlastnosti sa generujú manuálne a staticky, bez možnosti systematickej a automatizovanej úpravy. Tento prístup obmedzuje variabilitu modelov a bráni efektívnemu skúmaniu vplyvu jednotlivých anatomických častí na emocionálnu reakciu používateľa. Navyše, samotné meranie strachu je často subjektívne a nedostatočne kvantifikované. Chýba prepojenie medzi vizuálnou podobou pavúka a konkrétnymi fyziologickými reakciami človeka, čo sťažuje objektívne vyhodnocovanie toho, ktoré vizuálne znaky najviac prispievajú k vyvolaniu strachu.

Výsledkom práce je prototyp vytvorený v prostredí Unity, ktorý demonštruje využitie parametricky upravovaných pavúkov v rôznych simulovaných scénach. Tieto scény predstavujú situácie, v ktorých dochádza k modifikácii jednotlivých anatomických častí pavúka s cieľom analyzovať ich vplyv na emocionálnu reakciu používateľa.

Kapitola 2 sa zameriava na dostupné prístupy k modelovaniu a generovaniu tvorov a ich použitie v terapii. Nasleduje kapitola 3, ktorá rozoberá psychologický základ strachu a špecificky sa venuje arachnofóbii. Kapitola 4 opisuje implementáciu systému v Unity, vrátane práce s objektmi, scénami, deformáciou modelov a procedurálneho generovania

¹Mesh – 3D objekt vytvorený z vrcholov, hrán a trojuholníkov, ktoré definujú jeho tvar.

pavúkov, vrátane tvarov, textúr a použitých 3D modelov. V kapitole 5 sú predstavené použité softvérové a hardvérové nástroje – vrátane systému ExciteOMeter – a ich úloha pri zachytávaní fyziologických reakcií. Kapitola 6 sa zaoberá architektúrou celého riešenia a návrhom modulárnej štruktúry pavúka, zatiaľ čo kapitola 7 detailne popisuje prepojenie aplikácií a zariadení, zostavenie systémov deformácie a implementáciu scén. V kapitole 8 sú predstavené postupy testovania, metódy vyhodnocovania a výsledky experimentov so zameraním na koreláciu medzi deformáciou pavúka a prejavmi strachu.

Kapitola 2

Existujúce riešenia

Táto kapitola sa venuje riešeniam automatickej modifikácie a tvorby virtuálnych tvorov prostredníctvom parametrického generovania. Využíva sa kombinácia procedurálneho generovania a genetických algoritmov, ktoré umožňujú riadenú náhodnú evolúciu vytvorených entít. Osobitná pozornosť je venovaná tvorbe organizmov z jednoduchej kapsulovitej základne, ktorej tvar je modifikovaný do takej miery, aby bolo možné vytvoriť širokú škálu foriem, podobne ako je to vidieť na obrázku 2.4 v implementovanej hre Spore¹.

Generované organizmy sú zároveň navrhnuté na interakciu s ľuďmi s cieľom analyzovať ich vplyv na používateľov strach. Pre túto diplomovú prácu sú kľúčové riešenia, ktoré skúmajú emocionálne reakcie, najmä strach, a metódy merania fyziologických zmien u človeka v reakcii na interakciu s generovanými bytosťami.

2.1 Where Beasts Were Born

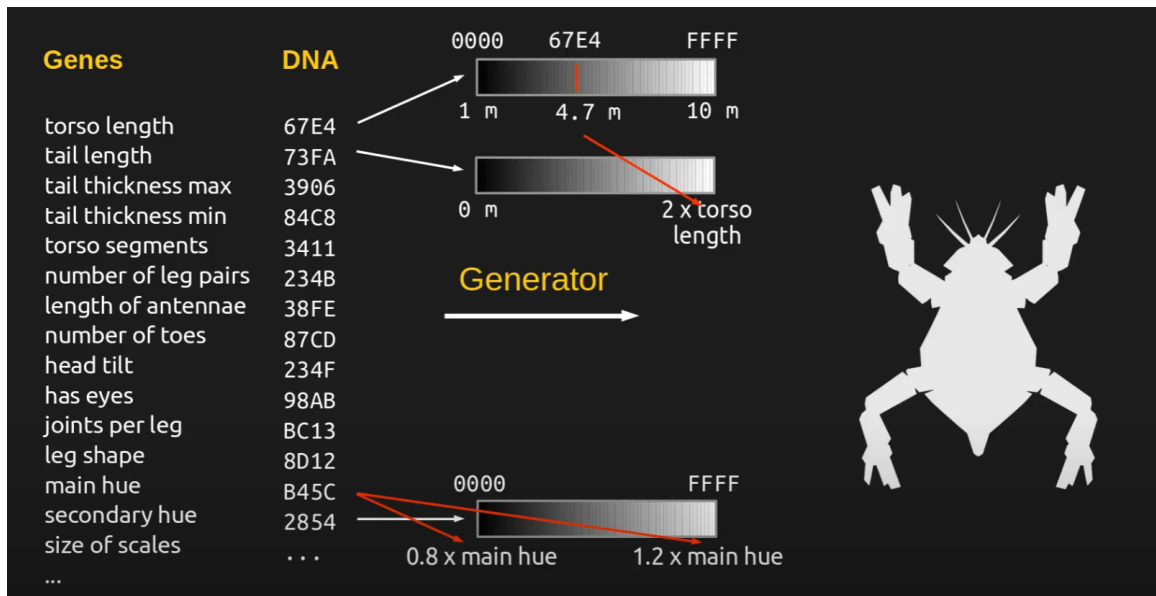
Where Beasts Were Born je hra v Unity², kde generovanie tvorov prebieha v prostredí Blender³ pomocou skriptovania. Každý tvor je generovaný na základe pevne stanoveného súboru hodnôt, ktoré predstavujú jeho „DNA“ a určujú jeho presný vzhľad. Tieto DNA je možné kombinovať alebo mutovať, čím vznikajú nové varianty, z ktorých sa následne generujú noví tvorovia. DNA je kombinácia atribútov, kde každý atribút má zvolenú hodnotu na základe rozmedzia od 0000 – FFFF, kde táto hodnota funguje ako funkcia, ktorá určí výsledné vlastnosti atribútu. Niektoré z daných atribútov sú vzájomne ovplyvniteľné, ako napríklad dĺžka nôh s veľkosťou trupu⁴. Atribúty tvoriace DNA je vidieť na obrázku 2.1.

¹Spore – oficiálna stránka: spore.com

²Unity je software na tvorbu hier. – oficiálna stránka: unity.com

³Blender je open-source softvér určený na 3D modelovanie, animácie, rendering a tvorbu vizuálnych efektov. – oficiálna stránka: blender.org

⁴Germanunkol, *Evolving Creatures: Where Beasts Were Born DevLog 1*, 2024. Dostupné na: youtube.com/watch?v=Gn30PTq6bAs.



Obr. 2.1: Na obrázku je vidno ukážka atribútov, DNA a rozmedzia pre tvory v hre Where Beasts Were Born.⁵

Takto vytvorené tvory sa následne importujú do herného enginu Panda3D, kde sa ich animácia generuje procedurálne pomocou kombinácie doprednej (FK) a inverznej kinematiky (IK) [3].

Počas interakcie hráča s tvormi sa hodnotí ich výkonnosť. Tento projekt využíva genetický algoritmus na evolúciu tvorov, čo znamená, že počas boja proti hráčom sa tvory vyvíjajú do jedinečných, silnejších evolučných štádií [39]. Ukážka evolúcie je na obrázku 2.2.

⁵Prevzaté z: youtube.com/watch?v=Gn30PTq6bAs&ab_channel=Germanunkol



Obr. 2.2: Ukážka evolúcie dvoch rôznych tvorov s odlišnými DNA kódmi.⁶

2.2 Antypodish-procedurálny generátor

Tento projekt sa inšpiroval hrou Spore a jej systémom generovania tvorov, pričom bol prispôbený na využitie v Unity. Procedurálne generovanie tvorov zahŕňa vytváranie telových štruktúr, ktoré pozostávajú z tela, 1 až 3 párov nôh a očí. Počet segmentov pre každý pár nôh je náhodný, čím sa dosahuje variabilita a rôznorodosť medzi vytvorenými tvormi. Tvar tela je definovaný sínusovou funkciou, ktorá je ovplyvnená parametrami ako fázový posun, miera škálovania a amplitúda, čím sa dosahujú rôzne formy telových štruktúr.

Tieto telá sú tvorené pomocou malých bielych kapsúl, ktoré sú generované pomocou shader⁷ graf⁸ a vertex farieb⁹. Tento spôsob umožňuje flexibilitu v úprave tvaru a farby objektov, pričom udržiava nízke nároky na pamäť a výpočtový výkon, čo je nevyhnutné pri generovaní veľkého množstva objektov v reálnom čase.

Hlavnou výhodou tohto riešenia je využitie GPU instancovania v kombinácii s DOTS (Data-Oriented Technology Stack) v Unity. Tento prístup umožňuje minimalizovať počet rôznych 3D modelov potrebných na generovanie tvorov, čo vedie k vyššiemu výkonu a efektívnejšiemu využívaniu systémových zdrojov.

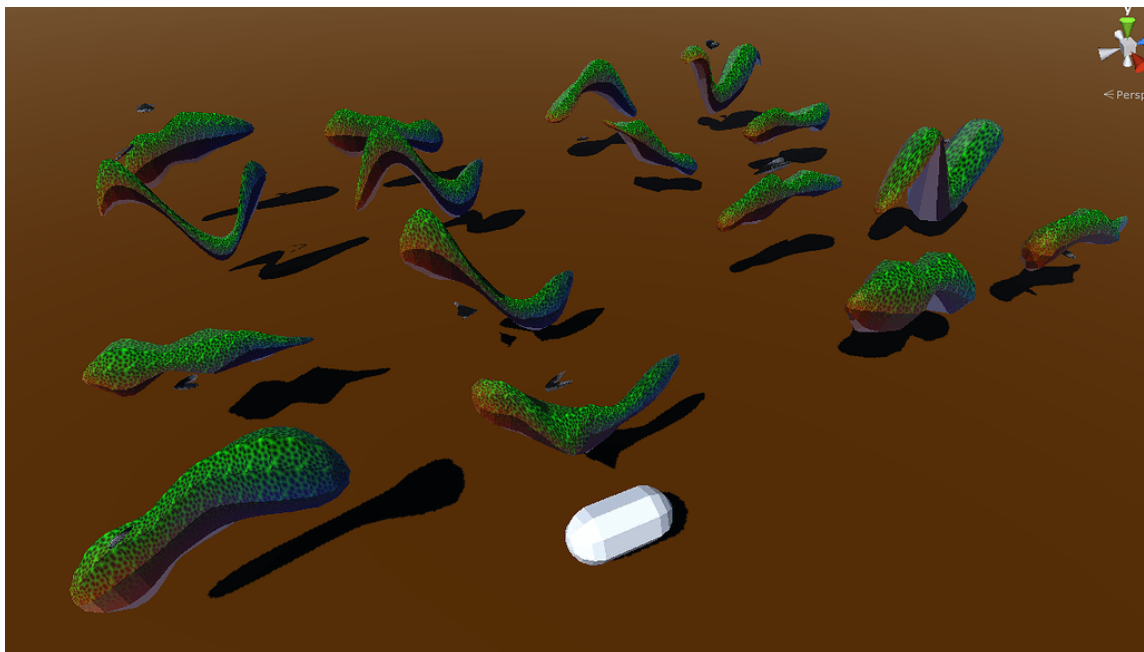
Spore takisto generuje telá z jednoduchých mesh kapsúl, ako je vidno na obrázku 2.3.

⁶Prevzaté z: discourse.panda3d.org/t/where-beasts-were-born-action-rpg-with-evolving-creatures/28604

⁷Shader – malý program bežiaci na grafickej karte, ktorý určuje vizuálny vzhľad objektu v reálnom čase, napríklad jeho farbu, odraz svetla či textúru.

⁸Shader graf – nástroj v Unity určený na tvorbu shaderov pomocou vizuálneho uzlového rozhrania, ktorý umožňuje vývojárom a dizajnérom vytvárať komplexné grafické efekty bez písania shaderového kódu.

⁹Vertex farba – farba priradená vrcholom 3D modelu, použitá na vizuálne efekty bez textúr.



Obr. 2.3: Procedurálne generované telá, vytvorené z malých bielych kapsúl, pomocou shader graph a vertex farieb.¹⁰

2.3 Creature Creator

Daniel Lochner, autor projektu *Creature Creator* (Tvorca Tvorov), implementoval podobné riešenie, kde vytvoril program na tvorbu tvorov v Unity, na základe predlohy hry Spore.

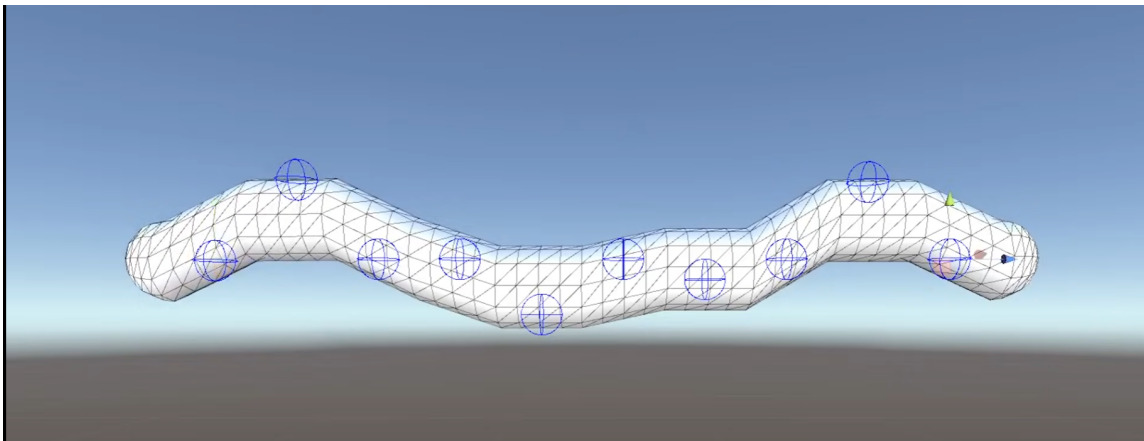
Základ tela je vytvorený pomocou kapsuly s vyššou geometriou, ktorá je zostavená z vrcholov trojuholníkov. Väčší počet vrcholov umožňuje detailnejšiu úpravu meshu, čím sa dosahuje väčšia flexibilita pri modelovaní a deformácii tvaru tela.

Na zmenu dĺžky tela sa používa vloženie stredného valcovitého segmentu, ktorý umožňuje dynamické predlžovanie alebo skracovanie tvaru bez narušenia celistvosti modelu. Tento segment je plynule integrovaný do štruktúry tela, čím sa zachováva jeho prirodzený vzhľad a konzistencia.

Tvar tela je upravovaný pomocou Skinned Mesh Renderer, ktorý umožňuje animáciu a deformáciu modelu na základe kostrového systému (bones) [38]. Každá kosť je prepojená s modelom pomocou bone binds a bone weights, čo definuje, akým spôsobom sa jednotlivé časti meshu pohybujú v závislosti od pohybu kostí. Kostrový systém je viditeľný na obrázku 2.4. Na zabezpečenie plynulého pohybu a prirodzenej artikulácie sú tieto kosti prepojené pomocou hinge joints¹¹, čo umožňuje realistickejšie ohýbanie a deformácie tela.

¹⁰Prevzaté z: discussions.unity.com/t/how-would-you-make-spore-creature-creator-to-be-procedural

¹¹HingeJoint – komponent v Unity, ktorý spája dve fyzikálne telesá a umožňuje im otáčať sa ako na pánte; podporuje motor (otáčanie), pružinu (cieľový uhol) a obmedzenie pohybu (limity uhla).



Obr. 2.4: Na obrázku je vidno zobrazenie kostrového systému (bones), ktorý umožňuje zmenu tvaru v tele.¹²

Na úpravu hmotnosti a ďalšiu modifikáciu tvaru používa blend shapes¹³, ktoré umožňujú posuny vrcholov (vertex displacement)¹⁴. Táto technika je efektívna pri animáciách, kde je potrebné plynulo meniť tvar objektu bez nutnosti vytvárania dodatočných kľúčových rámcov (keyframes¹⁵) alebo dodatočných geometrií.

Textúry sú namapované pomocou UV vrcholov (UV vertices), čo umožňuje presné rozloženie textúry na povrchu modelu. UV mapovanie zabezpečuje, že textúry správne priliehajú k rôznym častiam tela a neobsahujú vizuálne deformácie, ktoré by mohli vzniknúť pri nesprávnom rozložení textúrovacích súradníc.

Konfigurovaný objekt je uložený ako samostatná dátová trieda (data class), ktorá je následne extrahovaná do formátu JSON¹⁶. Tento prístup umožňuje flexibilnú prácu s dátami, kde je možné jednotlivé časti tela dynamicky načítavať, upravovať alebo generovať podľa potreby.

2.4 Procedurálne generovanie v hre Spore

Hra *Spore* predstavuje pokročilý systém procedurálneho generovania, ktorý kombinuje parametrické generovanie tvarov, automatizované animácie a simuláciu fyzikálnych javov. Tento systém umožňuje obrovskú variabilitu vytvorených tvorov bez nutnosti manuálne pripravovať animácie alebo pohybové algoritmy, čím výrazne znižuje potrebu ručného modelovania a skriptovania.

Spore je jedným z najznámejších príkladov využitia procedurálneho generovania pri tvorbe herného obsahu. Namiesto ukladania predpripravených 3D modelov využíva systém, v ktorom sa ukladajú iba dáta reprezentujúce genetický kód bytosti (DNA šablónu).

¹²Prevzaté z: youtu.be/Br_SQAc87s8?t=349

¹³Blend shapes – technika, pri ktorej sa tvar 3D modelu mení interpoláciou medzi viacerými vopred definovanými stavmi (napr. úsmev, zamračenie).

¹⁴Vertex displacement – posúvanie jednotlivých vrcholov (bodov) 3D meshu na iné pozície s cieľom meniť tvar objektu.

¹⁵Keyframes – kľúčové snímky v animácii, ktoré určujú dôležité pozície alebo tvary objektov v určitom čase. Medzi nimi sa potom interpoluje pohyb.

¹⁶(JavaScript Object Notation.) je ľahký formát na výmenu dát, ktorý je ľahko čitateľný pre ľudí a jednoducho spracovateľný strojom.

Táto šablóna obsahuje informácie o štruktúre tvora a zaberá iba niekoľko kilobajtov¹⁷. Pri načítaní hry je tento genetický kód interpretovaný ako návod na vytvorenie konkrétneho fenotypu¹⁸, pričom hra dynamicky generuje modely, textúry a animácie. Ukážka editoru, viď na obrázku 2.5.



Obr. 2.5: Na obrázku je vidno editor hry spore a základná modifikovaná a ohnutá kapsula.

Procedurálne animácie

V hre *Spore* sa všetky animácie tvora generujú automaticky na základe jeho anatómie. Hra vypočíta spôsob pohybu podľa rozloženia končatín a ich orientácie. Napríklad, ak má bytosť štyri konské nohy, bude sa pohybovať cvalom, zatiaľ čo tvor s tromi nohami dostane iný spôsob pohybu, ktorý reflektuje jeho telesnú stavbu. Tento systém umožňuje hráčom vytvárať tvory s rôznymi konfiguráciami končatín bez nutnosti manuálne definovať animácie.

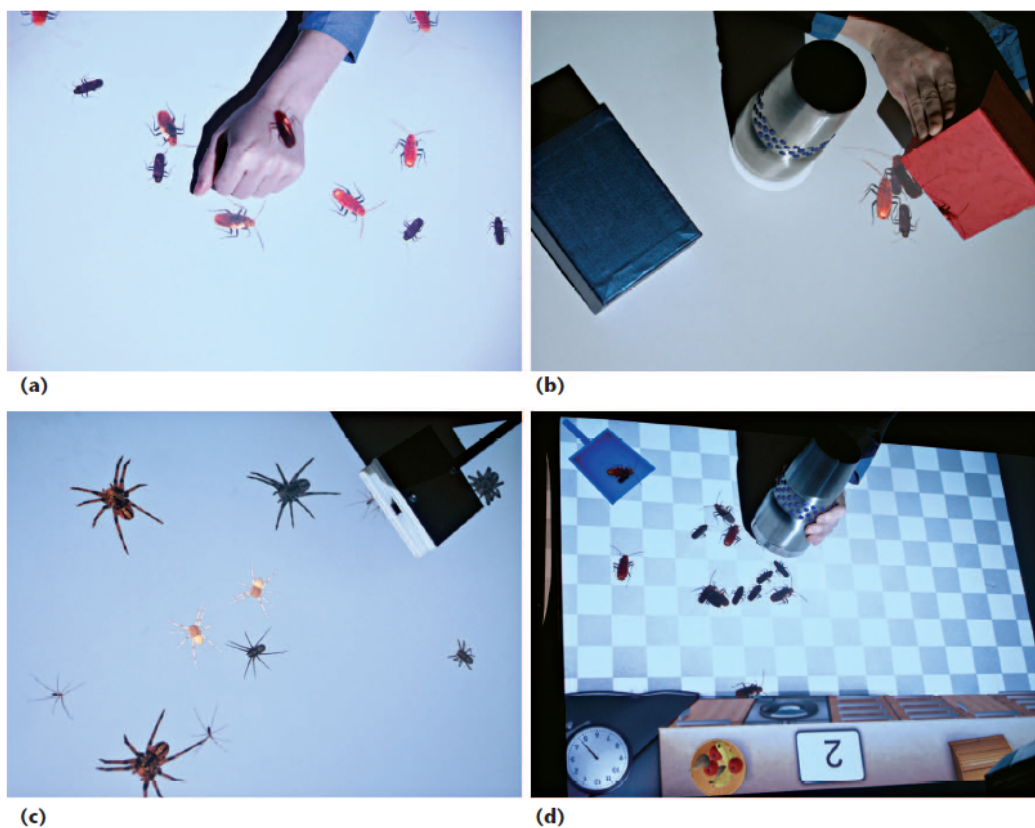
¹⁷Spore Wiki Dostupné z: spore.fandom.com/wiki/Development_of_Spore

¹⁸Fenotyp – je podľa [27], súbor všetkých pozorovateľných znakov a vlastností organizmu, ktoré vznikajú ako výsledok interakcie jeho genotypu (genetickej výbavy) a prostredia.

2.5 Expozícia pri liečbe fóbií pomocou systému Therapeutic Lamp

Expozícia je hlavnou súčasťou expozičnej terapie pomocou systému Therapeutic Lamp (Terapeutická lampa), ktorý je navrhnutý pre liečbu fóbií na malé zvieratá. Terapia využíva technológiu rozšírenej reality, kde sú virtuálne zvieratá premietané na rovný povrch a pacient s nimi priamo interaguje. Expozícia pozostáva z 12 cvičení, ktoré začínajú menej stresujúcimi aktivitami, ako napríklad pozorovanie nehybných alebo paralyzovaných zvierat, a postupne prechádzajú k náročnejším aktivitám, napríklad k interakcii so zvieratami pohybujúcimi sa po rukách pacienta, alebo ich eliminácii pomocou muštičky.

Každé cvičenie je navrhnuté tak, aby stimulovalo postupné zvykanie si na podnet a znižovalo úroveň úzkosti. Medzi cvičeniami patrí aj terapeutická hra, v ktorej pacient zbiera virtuálne zvieratá. Všetky interakcie sú kontrolované terapeutom, ktorý môže nastavovať pohyby, počet a správanie virtuálnych zvierat. Tento prístup umožňuje, aby pacienti získali kontrolu nad svojimi reakciami na fóbiu a vnímali terapeutický proces ako reálny a angažujúci [41]. Ukážka terapie na obrázku 2.6.



Obr. 2.6: Niektoré cvičenia počas expozičie zahŕňajú: (a) účastník pozoruje, ako sa šváby pohybujú po jeho alebo jej rukách, (b) hľadá šváby skryté pod kartónovou krabicou, (c) zabíja pavúky pomocou mucholapky, a (d) hrá terapeutickú hru, v ktorej sa snaží za určitý čas zachytiť čo najviac švábov v virtuálnej kuchyni.¹⁹

¹⁹Prevzaté z: [41]

2.6 Terapeutická expozícia arachnofóbie (EDPCGRL)

V prípade štúdie „Arachnophobia Exposure Therapy Using Experience-Driven Procedural Content Generation via Reinforcement Learning (EDPCGRL) [22] bol aplikovaný prístup Experience-Driven Procedural Content Generation via Reinforcement Learning (EDPCGRL). Tento prístup spája procedurálne generovanie obsahu s posilňovacím učením (Reinforcement Learning, RL), čo umožňuje dynamicky upravovať vlastnosti virtuálnych pavúkov na základe reakcií subjektu .

2.6.1 Použité atribúty pri generovaní pavúkov

Pavúky boli generované s týmito atribútmi v nasledujúcej tabuľke 2.1:

	Atribút	Vplyvový faktor	Možné hodnoty
Faktory pohybu	(1) Pohyb	$\mu = 0,9, \delta = 0,15$	0: Stojaci, 1: Pohyb ako človek, 2: Pohyb ako pavúk
	(2) Množstvo pohybu	$\mu = 0,9, \delta = 0,15$	0: Mierne, 1: Stredne veľa, 2: Príliš veľa
	(3) Blízkosť	$\mu = 0,4, \delta = 0,17$	0: Ďaleko, 1: V strede, 2: Veľmi blízko
Faktory vzhľadu	(4) Veľkosť	$\mu = 0,7, \delta = 0,16$	0: Malý, 1: Stredný, 2: Veľký
	(5) Ochlpenie	$\mu = 0,6, \delta = 0,21$	0: Bez chlpcov, 1: S chlpmi
	(6) Farba	$\mu = 0,5, \delta = 0,20$	0: Sivá, 1: Hnedá, 2: Čierna

Tabuľka 2.1: Zoznam atribútov a ich vplyvových faktorov na strach podľa [20]. μ predstavuje priemerný vplyv daného atribútu, δ jeho štandardnú odchýlku.

Tieto atribúty boli vybrané na základe predchádzajúceho výskumu [20], ktorý analyzoval, aké vlastnosti pavúkov vyvolávajú strach u osôb so strachom z pavúkov.

2.6.2 Mechanizmus generovania

Na začiatku každá simulácia začínala pavúkom s náhodne vygenerovanými hodnotami atribútov. Agent posilovaného učenia postupne upravoval tieto atribúty s cieľom dosiahnuť požadovanú úroveň stresu u subjektu.

Stres bol modelovaný pomocou 100 virtuálnych subjektov, každý s unikátnou funkciou stresovej odpovede na jednotlivé atribúty pavúkov. Tieto funkcie boli odvodené zo štúdie [20], kde bol stanovený vplyv jednotlivých atribútov na úroveň strachu.

2.6.3 Vyhodnotenie a výsledky

Metóda EDPCGRL sa ukázala ako najefektívnejšia pri generovaní pavúkov, ktorí vyvolali požadovanú úroveň stresu s minimálnym počtom pokusov.

V porovnaní s inými metódami ako genetické algoritmy (GA), greedy search a náhodné vyhľadávanie, EDPCGRL dosiahla lepšie výsledky v počte potrebných iterácií na vygenerovanie pavúka, ktorý vyvolá požadovanú reakciu [20].

Kapitola 3

Strach

Strach je komplexný psychologický a biologický jav, ktorý je definovaný ako centrálny stav organizmu [1]. Tento stav vzniká ako odpoveď na sériu podnetov, ktoré organizmus vníma ako potenciálne hrozby. Dôležité je zdôrazniť, že strach nie je totožný s vedomým pocitom obáv ani s prejavmi správania, ako je napríklad krik alebo útek. Tieto prejavy a pocity môžu naznačovať prítomnosť strachu, avšak samotný strach je definovaný ako vnútorný stav, ktorý tieto reakcie spôsobuje.

Strach je sprostredkovateľom medzi sériou podnetov a vzorcami správania. Tento proces je flexibilnejší ako reflexy, keďže stav strachu môže pretrvávať aj po zmiznutí vyvolávacieho podnetu. Tento faktor ho odlišuje od jednoduchých reflexných reakcií.

Dôležitou súčasťou definície strachu je jeho funkčný charakter. Strach vzniká ako odpoveď na určité podnety a následne spôsobuje adaptačné správanie, ktoré má organizmu pomôcť vyrovnať sa s hrozbou. Tento funkčný prístup taktiež vysvetľuje, prečo je strach flexibilný a pretrvávajúci aj po zmiznutí vyvolávacieho podnetu.

3.1 Predispozície na cítenie strachu

Cítenie strachu je ovplyvnené mnohými faktormi, ktoré môžu byť vrodené alebo získané počas života. Medzi hlavné faktory patria:

- **Genetické faktory**

Dedičnosť zohráva dôležitú úlohu pri vývoji predispozícií na strach. Ako uvádza MacDonald, výskumy na zvieratách aj u ľudí ukazujú, že úzkosť a strach majú čiastočne vrodený základ. Úzkostné poruchy môžeme považovať za extrémne prejavy predispozícií, ktoré sú v populácii rozdelené kontinuálne. Tieto predispozície vznikajú kombináciou genetických a environmentálnych faktorov, pričom výskyt sa často opakuje v rodinách [21].

- **Neurobiologické aspekty**

Kľúčovú úlohu v regulácii strachu zohráva amygdala, ktorá funguje ako detektor hrozieb a aktivuje obranné reakcie organizmu. Výstupy z amygdaly ovplyvňujú neuróny obsahujúce neurotransmitery ako serotonín, dopamín, noradrenalín a acetylcholín, čím sa spúšťa uvoľňovanie týchto chemických látok do rôznych oblastí mozgu. Týmto spôsobom sa moduluje intenzita strachovej reakcie a zvyšuje pozornosť voči ohrozujúcim podnetom [19].

- **Psychologické faktory**

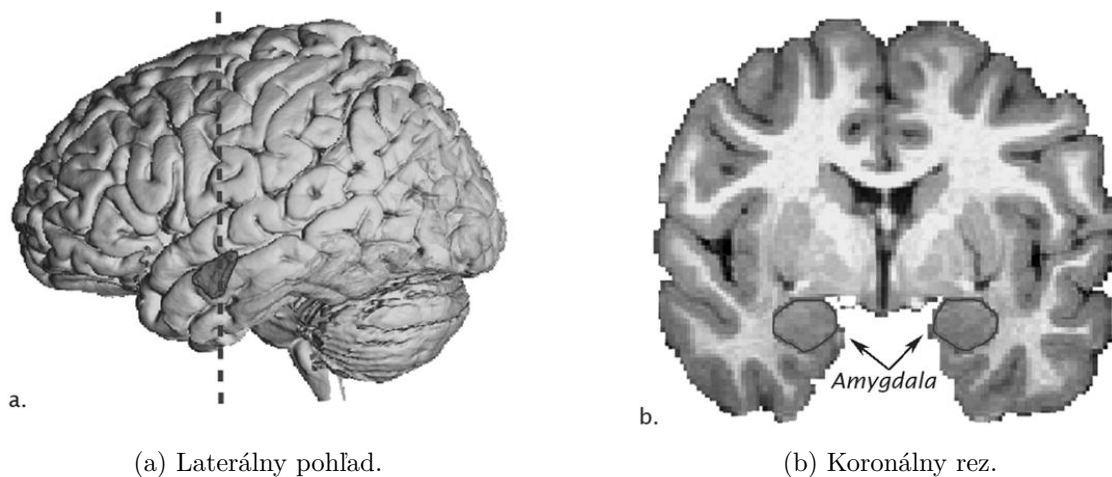
Osobnostné črty, ako je neuroticizmus, významne ovplyvňujú citlivosť jednotlivca na stres a jeho schopnosť zvládať negatívne emócie. Výskumy ukazujú, že vysoká miera neuroticizmu je silným prediktorom rozvoja úzkostných a depresívnych porúch, pričom jednotlivci s touto črtou majú tendenciu interpretovať bežné situácie ako ohrozujúce a reagovať na ne intenzívnejšími negatívnymi emóciami [43].

- **Sociálne a kultúrne faktory**

Výchova, prostredie a kultúrne normy výrazne ovplyvňujú, ako jednotlivci vnímajú a reagujú na strach. Aj keď je jasné, že amygdala zohráva dôležitú úlohu pri emocionálnom učení a reakciách, presná funkcia amygdaly počas skorého vývoja nie je dobre stanovená. Deti sa musia v rannom vývoji naučiť rozoznávať možné nebezpečenstvá tým, že pozorujú reakcie svojich opatrovníkov a neskôr tieto rozhodnutia robia samostatne. Amygdala zohráva kľúčovú úlohu v počiatocnom štádiu učenia, keď sú spojenia medzi podnetmi a reakciami nejednoznačné [34].

3.1.1 Amygdala

Amygdala je komplexná štruktúra v mozgu, nachádzajúca sa v blízkosti temporálneho laloka, viď na obrázku 3.1. Táto mandľovitá masa šedej hmoty zohráva kľúčovú úlohu v emocionálnych reakciách, spracovaní strachu a pamäťových funkciách [37]. Amygdala je súčasťou limbického systému, ktorý reguluje emócie, správanie a motiváciu. V modernej neurovede sa amygdala považuje za komplexnú súčasť mozgu, ktorá integruje zmyslové informácie s emocionálnymi reakciami a pomáha formovať spomienky na základe emocionálnych skúseností.



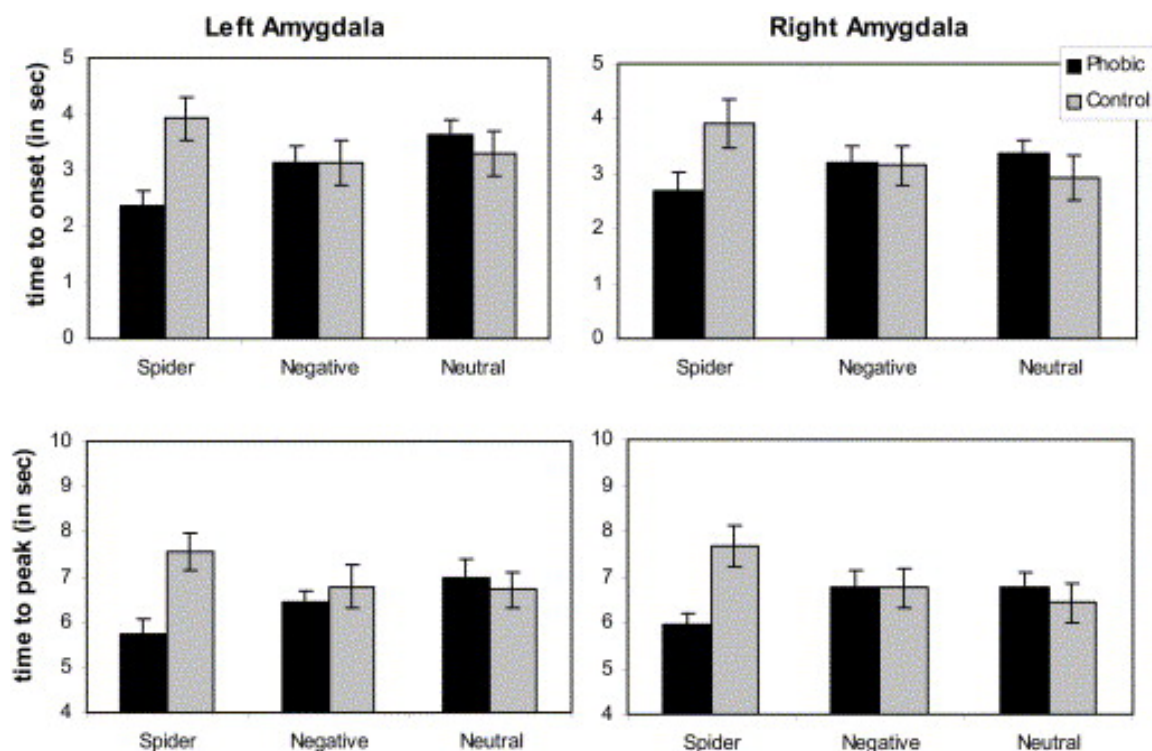
Obr. 3.1: Neuroanatómia ľudskej amygdaly na MRI. a) Laterálny pohľad na trojrozmernú rekonštrukciu MRI ľudskeho mozgu s vyznačenou amygdalou (prerušovaná čiara znázorňuje umiestnenie koronálneho rezu v paneli a b) koronálny rez MRI s vyznačenou amygdalou.¹

Amygdala má kľúčovú úlohu v spracovaní strachu a úzkosti. Pri reakcii na hrozbu aktivuje autonómny nervový systém, čím spúšťa „boj alebo útek“ odpoveď. Poškodenie amygdaly môže ovplyvniť emocionálne reakcie, znížiť schopnosť rozpoznávať nebezpečenstvo alebo zmeniť sociálne správanie.

¹Prevzaté z: pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3060967/figure/F1/

Na podporu tvrdenia, že amygdala zohráva kľúčovú úlohu v prežívaní strachu, bola vykonaná prelomová štúdia na pacientke, v štúdií nazvanej SM s bilaterálnym poškodením amygdaly² [8]. SM bola vystavená podnetom typicky vyvolávajúcim strach, ako boli živé hady a pavúky, strašidelný dom a emocionálne nabitý filmy. V žiadnom z týchto prípadov SM neprejavila známky strachu a nehlásila jeho prežívanie. Dlhodobé pozorovanie potvrdilo jej absenciu strachu aj v traumatických situáciách. Zároveň bola schopná prežívať iné základné emócie, čo zdôrazňuje špecifickú úlohu amygdaly pri spúšťaní strachu. Tento výskum [8] poskytuje dôkaz, že bez funkčnej amygdaly nie je možné plnohodnotne prežívať strach.

Amygdala u ľudí s pavúčou fóbiou reaguje výrazne rýchlejšie na obrázky s pavúkmi než u ľudí bez fóbie [17]. Tento rozdiel sa prejavuje najmä v BOLD signáloch³ ľavej amygdaly a je špecifický pre podnety spojené s pavúkmi. Je to viditeľné na obrázku 3.2.



Obr. 3.2: Priemerný čas do nástupu (hore) a čas do vrcholu (dole) BOLD signálu, v ľavej a pravej amygdale. Osoby s fóbiou (čierne stĺpce) vykazovali rýchlejší nástup aktivity amygdaly pri pohľade na obrázky s pavúkmi v porovnaní s kontrolnou skupinou (sivé stĺpce), a to v ľavej aj pravej amygdale. Pri negatívnych a neutrálnych obrázkoch neboli medzi skupinami významné rozdiely. Čas do vrcholu odpovede bol pri pavúkoch kratší u fóbiických osôb, najmä v ľavej amygdale.⁴

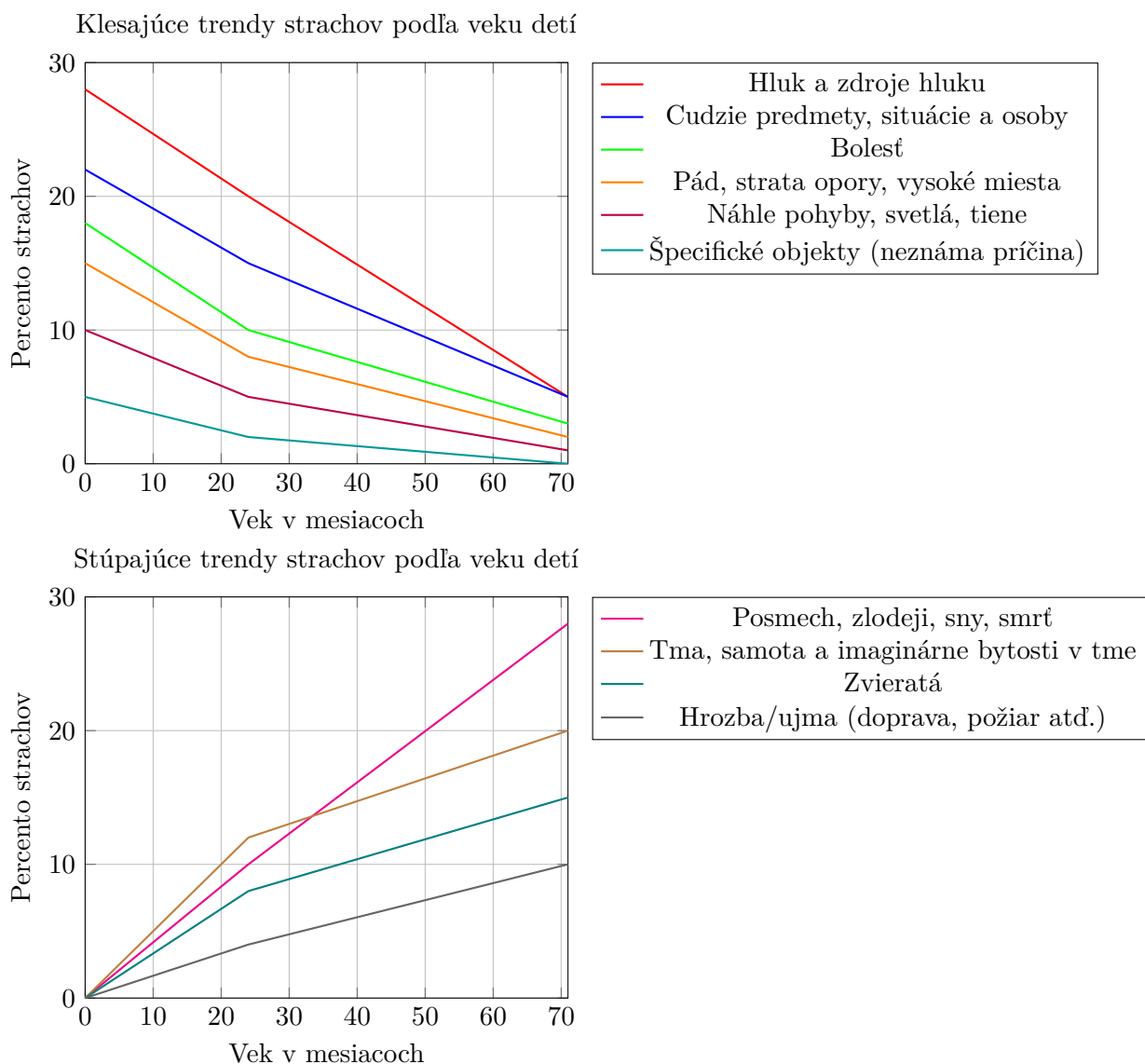
²SM je pacientka, ktorá trpí vzácnou poruchou spôsobujúcou poškodenie amygdaly, čo vedie k výraznej strate schopnosti cítiť strach.

³BOLD signál (Blood Oxygen Level Dependent) je nepriamym ukazovateľom neurónovej aktivity meraným pomocou funkčnej magnetickej rezonancie (fMRI). Zmena v okysličení krvi, ktorá nasleduje po aktivite neurónov, spôsobuje zmenu magnetických vlastností mozgového tkaniva, ktorú fMRI dokáže detegovať. BOLD efekt teda odzrkadľuje zvýšený prietok okysličenej krvi do aktívnych oblastí mozgu [4].

⁴Prevzaté z: ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0006322306005762-gr2.jpg.

Výskumy ukazujú, že strach z rôznych zvierat dosahuje vrchol medzi 2. a 4. rokom života a to je vidno na obrázku 3.3. Valentine [12] popisuje, ako sa u jedného z jeho detí rozvinul strach zo psov vo veku 20 mesiacov, aj keď predtým sa ničoho podobného nebál a nestalo sa nič, čo by mohlo tento strach vyvolať. Podľa Jersilda [12] je však nepravdepodobné, že strach zo zvierat alebo tmy by bol spôsobený významným učením, pretože len 2 % detí označilo tieto obavy za najhoršie zážitky, zatiaľ čo 14 % detí uviedlo, že sa týchto vecí boja [12].

Tento fakt, že sa dieťa začne báť vo veku 2 rokov, môže byť úzko prepojený s tým, že poškodená amygdala má vysoký vplyv na cítenie strachu [8] a teda u detí s doposiaľ nevyvinutou amygdalou sa strach zo zvierat neprejavuje.



Obr. 3.3: Relatívna frekvencia klesajúcich a stúpajúcich strachov podľa veku detí.⁵

⁵Prerobené na základe obrázku z knihy: Gray, J. A., The Psychology of Fear and Stress [12].

3.2 Srdcový tep ovplyvnený strachom

Strach je silná emocionálna reakcia, ktorá môže výrazne ovplyvniť rôzne fyziologické procesy v tele, vrátane srdcového tepu. V reakcii na strach sa aktivuje sympatický nervový systém, čo vedie k zvýšeniu srdcového tepu ako súčasť pripravenosti organizmu na reakciu typu boj alebo útek. Tento zvýšený srdcový tep je často považovaný za fyziologický ukazovateľ intenzity strachu [11].

3.2.1 Význam Root Mean Square of Successive Differences

Root Mean Square of Successive Differences (RMSSD), odmocnina z priemeru štvorcov rozdielov medzi po sebe nasledujúcimi intervalmi, je dôležitým ukazovateľom stavu autonómneho nervového systému, najmä jeho *parasympatickej zložky*, ktorá riadi procesy spojené s odpočinkom a regeneráciou.

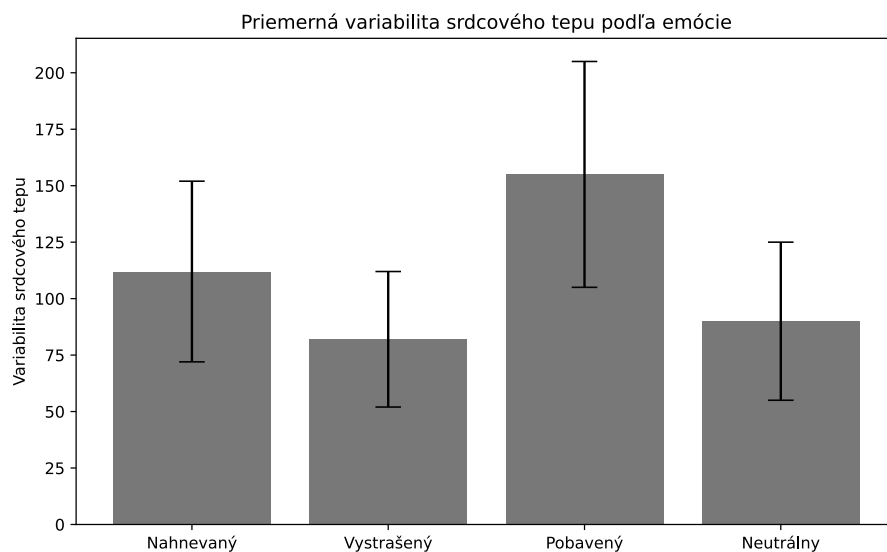
- **Vysoké hodnoty RMSSD** naznačujú dobrú aktivitu parasympatického nervového systému. Sú spojené so stavmi relaxácie, odpočinku a efektívnej regenerácie organizmu.
- **Nízke hodnoty RMSSD** môžu signalizovať zvýšený stres, únavu alebo zníženie schopnosť organizmu prispôbiť sa vonkajším podnetom.

Práve preto sa RMSSD často využíva na sledovanie stresových reakcií, regenerácie po fyzickej záťaži alebo na hodnotenie celkového zdravia srdca.

3.2.2 RMSSD v neutrálnej pozícii a strachu

Porovnanie hodnôt RMSSD a tepovej frekvencie medzi neutrálnym stavom a stavom strachu nepreukázalo štatisticky významné rozdiely. Priemerná hodnota RMSSD bola v neutrálnom stave 91,42 milisekúnd, zatiaľ čo pri stave strachu dosahovala 80,81 milisekúnd ($p^6 = 0,49$) ako je vidieť na obrázku 3.4. Hoci bola hodnota RMSSD v neutrálnom stave mierne vyššia, tento rozdiel nebol dostatočne výrazný na to, aby bol štatisticky významný. Podobne, priemerná tepová frekvencia bola v neutrálnom stave 83,88 úderov za minútu a pri stave strachu 82,73 úderov za minútu, pričom tento malý rozdiel taktiež nebol štatisticky významný ($p > 0,05$) [42].

⁶Premenná p (tzv. p -hodnota) predstavuje pravdepodobnosť, že pozorovaný rozdiel medzi porovnávanými skupinami vznikol náhodne.

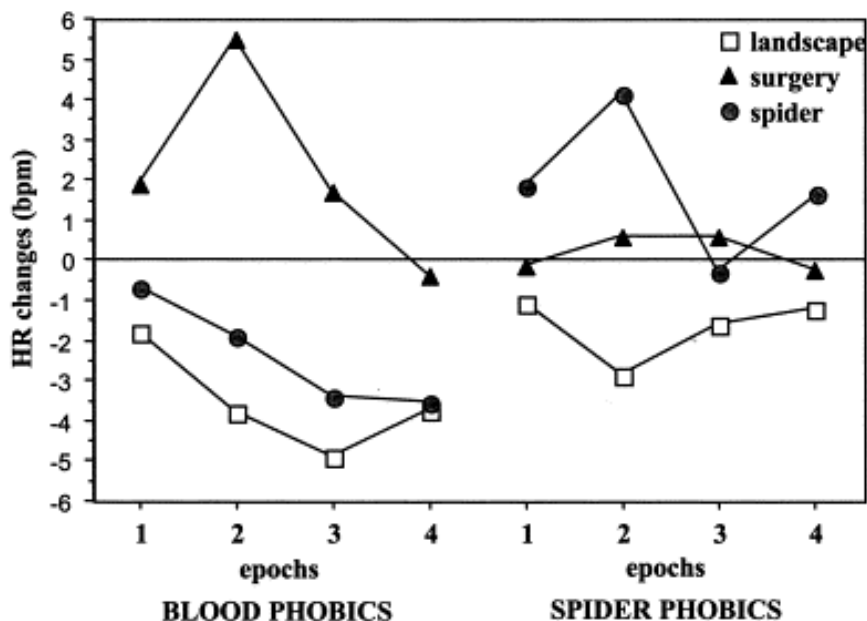


Obr. 3.4: Porovnanie hodnôt RMSSD pri rôznych emóciách. Z ľava hnev, strach, nadšenie a neutrálna emócia.⁷

V prípade strachu, ako extrémnej emocionálnej reakcie, dochádza k výraznému zvýšeniu sympatickej aktivity a k subjektívnemu prežívaniu intenzívneho vzrušenia. Tieto psychofyziológické zmeny sú spojené s mobilizáciou organizmu na vyhýbanie sa alebo útek pred hrozbou. V reakcii na hrozbu je bežné zvýšenie tepovej frekvencie, pričom zrýchlenie srdca sa používa ako indikátor obranných reakcií u normálnych subjektov, ako aj meradlo strachu zo špecifických podnetov u fóbnych pacientov [11]. Štúdie ukazujú silnú pozitívnu lineárnu koreláciu medzi zmenami v tepovej frekvencii a subjektívnym hodnotením strachu pri vysokých úrovniach strachu [32].

Bola získaná štatisticky významná interakcia Skupina \times Film ($F(2, 44) = 3,32, p < 0,04, \epsilon = 0,78$), pričom F predstavuje pomer medzi variabilitou medzi skupinami a vnútroskupinovou chybou, p -hodnota vyjadruje pravdepodobnosť náhodného výskytu takéhoto rozdielu (nižšia než 0,05 znamená štatistickú významnosť) a ϵ slúži ako korekcia pre porušenie predpokladu sfericity v analýze opakovaných meraní. Tento výsledok poukazuje na to, že reakcia na jednotlivé filmové klipy bola ovplyvnená typom fóbie, pričom každá skupina reagovala zvýšením tepovej frekvencie najmä na svoj vlastný špecifický podnet [31].

⁷Prerobené na základe z: [frontiersin.org/journals/neuroscience/articles/10.3389/fnins.2019.01131](https://www.frontiersin.org/journals/neuroscience/articles/10.3389/fnins.2019.01131)



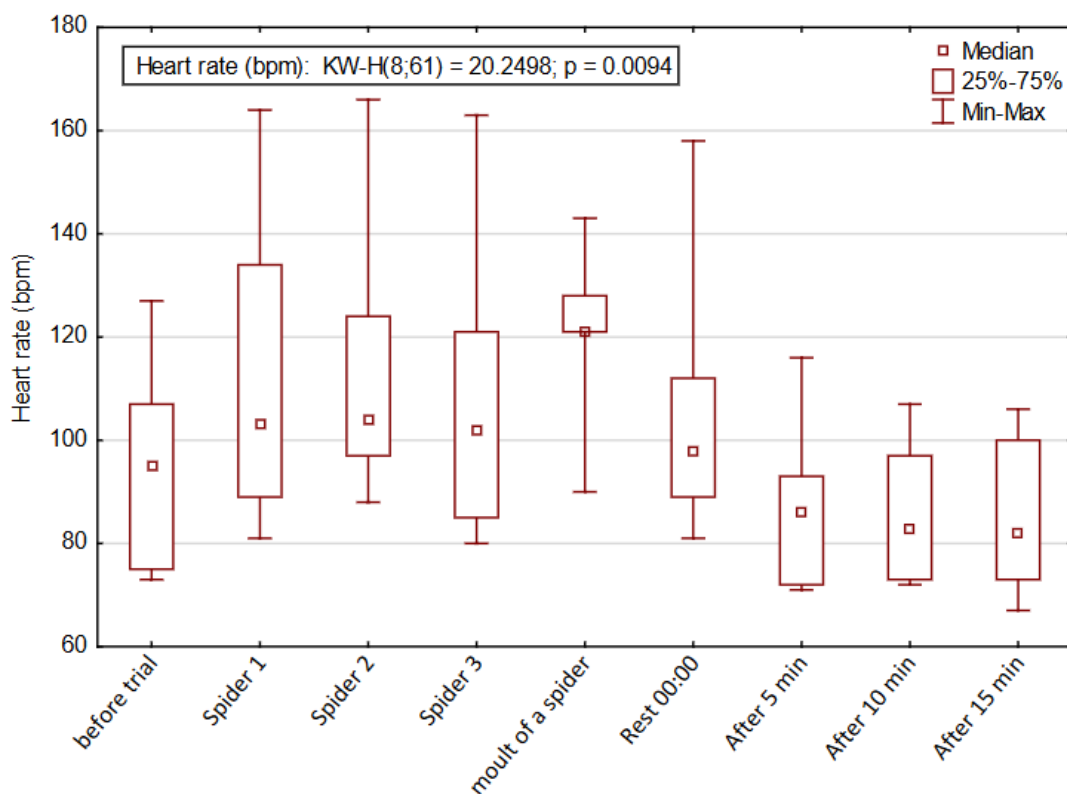
Obr. 3.5: Priemerné zmeny tepovej frekvencie v priebehu štyroch 33-sekundových období počas pozerania filmových klipov v dvoch fóbných skupinách. Obdobie 1 = 1–33 s; 2 = 34–66 s; 3 = 67–99 s; 4 = 100–132 s. Štvorec – neutrálny film (krajina), trojuholník – chirurgia, kruh – pavúk [31].

3.3 Arachnofobia

Špecifická fóbia je definovaná ako výrazný, pretrvávajúci a neprimeraný strach vyvolaný prítomnosťou alebo očakávaním jasne rozpoznateľných objektov alebo situácií. Tento silný úzkostný prejav spôsobený vystavením sa podnetu, ktorý je spojený so strachom, často vedie k vyhýbavému správaniu, ktoré výrazne narušuje fungovanie jednotlivca [2]. Arachnofóbia je jednou z najčastejších špecifických fóbií, ktorá sa vyznačuje intenzívnym strachom z pavúkov. Tento strach môže byť vyvolaný nielen priamym kontaktom s pavúkmi, ale aj ich vizuálnym zobrazením alebo dokonca myšlienkou na ne. Výskumy naznačujú, že arachnofóbia môže byť spojená s evolučnými mechanizmami, keďže rýchla identifikácia potenciálne nebezpečných živočíchov mohla byť v minulosti kľúčová pre prežitie [45].

3.3.1 Ovplyvnenie srdcového tepu u arachnofobikov

S pomocou dotazníka Fear of Spiders Questionnaire (FSQ) sa zhodnotila srdcová frekvencia u vybranej skupiny osôb trpiacich arachnofóbiou po kontakte so stresovým podnetom. Boli zaznamenané významné rozdiely v srdcovej frekvencii na začiatku štúdie (pred kontaktom s pavúkmi) a počas jej priebehu, viď na obrázku 3.6. Priemerná srdcová frekvencia počas kontaktu s pavúkmi bola 113 úderov za minútu [15].



Obr. 3.6: Priemerná srdcová frekvencia (úderov za minútu) účastníkov štúdie v jednotlivých fázach štúdie. Zľava pred testom, pavúk 1, pavúk 2, pavúk 3, zvliekanie kože hada, oddych, po 5 minútach, po 10 a po 15.⁸

3.4 Anatómia pavúka

Pavúky (Araneae) patria medzi článkonožce (Arthropoda) a ich telo je rozdelené do dvoch hlavných častí: hlavohruď (prosoma) a bruško (abdomen). Tieto časti sú prepojené tenkou štruktúrou nazývanou stopka (pedicel), ktorá umožňuje flexibilitu pohybu zadočka. Celková anatomia je viditeľná na obrázku 3.7.

3.4.1 Hlavohruď (prosoma)

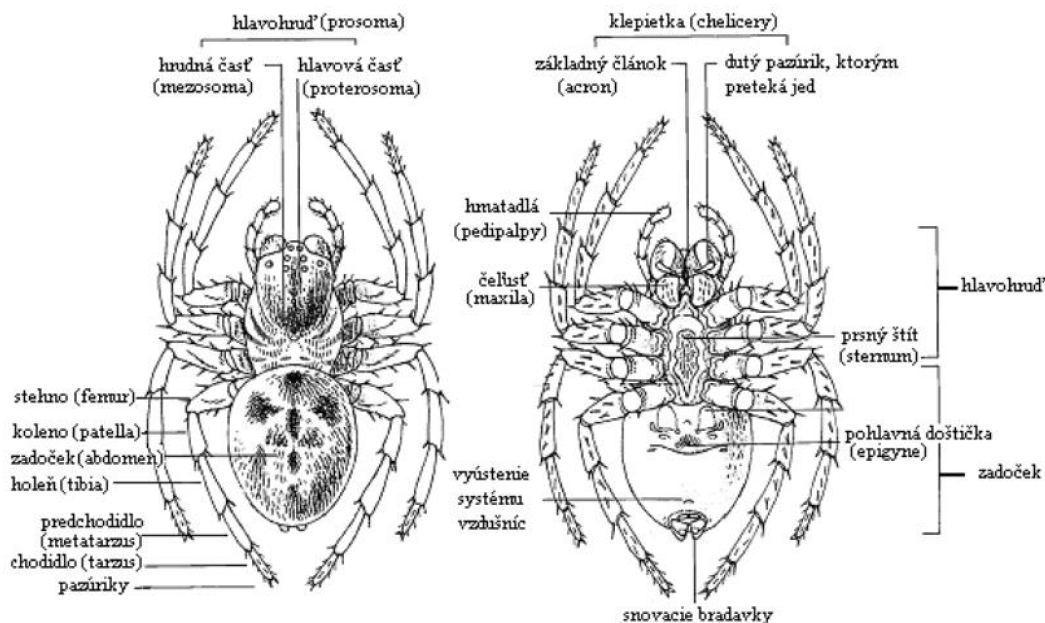
Hlavohruď nesie oči, klepietka (chelicery), hmatadlá (pedipalpy) a štyri páry kráčavých nôh. Klepietka sú zakončené jedovými žľazami, ktoré pavúkom umožňujú loviť a tráviť korisť. Oči pavúkov sú jednoduché a môžu byť usporiadané v rôznych vzoroch, čo je kľúčové pre ich taxonomickú identifikáciu [9].

⁸Prevzaté z: czasopisma.up.lublin.pl/jasbb/article/view/5045

3.4.2 Bruško (abdomen)

Bruško obsahuje väčšinu vnútorných orgánov vrátane tráviaceho, rozmnožovacieho, vylučovacieho a dýchacieho systému. Dýchací systém pavúkov zahŕňa pľúcne vaky a trachey. Bruško tiež obsahuje snovacie bradavky (spinnerety), ktoré produkujú pavúčie vlákno [5].

MORFOLÓGIA – VONKAJŠIA STAVBA



Obr. 3.7: Stavba tela pavúka s latinským a slovenským pomenovaním.⁹

3.4.3 Časti tela pavúka vyvolávajúce strach

Podľa odpovedí všetkých účastníkov boli za najstrašidelnejšie časti tela pavúkov považované bruško a chelicery, pričom bruško bolo hodnotené ako najdesivejšie [44]. Obrázky pavúkov so zväčšeným bruškom 3.8a alebo chelicerami 3.8c boli častejšie označované za strašidelnejšie než pôvodný obrázok 3.8b. V porovnaní s týmito dvoma znakmi bola prítomnosť chlpcov spojená s nižšou úrovňou strachu.



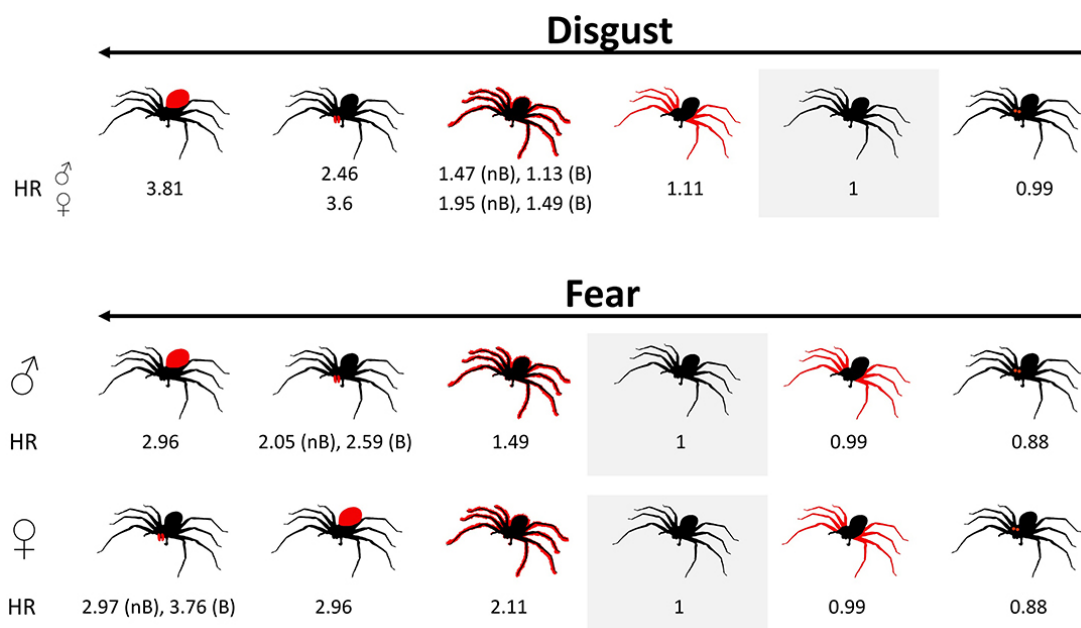
Obr. 3.8: Porovnanie pavúka so zväčšeným bruškom, pôvodného pavúka a pavúka so zväčšenými klepietkami.¹⁰

⁹Prevzaté z: slideserve.com/rhonda/pav-ky-moji-kr-savci

Pri porovnaní odpovedí mužov a žien sa zistilo, že ženy vnímali chelicery ako desivejšie. Pravdepodobnosť, že si ženy vyberú pavúka so zväčšenými chelicerami, bola 2,97-krát vyššia oproti pavúkom bez tejto vlastnosti, zatiaľ čo u mužov to bolo 2,05-krát. Rovnako platí, že aj chlpaté pavúky boli vnímané ako desivejšie, pričom ženy ich hodnotili ako strašidelnejšie než muži (pravdepodobnosť výberu bola 2,11 u žien a 1,49 u mužov).

Naopak, zväčšené oči a nohy nemali významný vplyv na hodnotenie strachu. U účastníkov s biologickým vzdelaním sa ukázalo, že pavúky so zväčšenými chelicerami boli pre nich desivejšie v porovnaní s tými, ktorí biologické vzdelanie nemali. Grafické znázornenie spoľahlivosti jednotlivých telesných znakov pavúkov v súvislosti so strachom je uvedené na obrázku 3.9.

Štúdia naznačuje, že pri modifikácii časti pavúkov vytvára najväčší strach práve bruško a klepietka.



Obr. 3.9: Obrázok ukazuje, že najvyšší strach spôsobuje bruško a klepietka.¹⁰

V článku [20] bolo, z dotazníka strachu, najčastejšie používaným slovom „nohy“, za ktorým nasledovali výrazy súvisiace s pohybom, ako „rýchly“ a „pohyb“, a nakoniec termíny spojené s výzorom. Celý slovný oblak je na obrázku 3.10.

Štúdia takisto pokladala otázky:

- Ako veľký je pavúk?
- Ako sa pavúk pohybuje?
- Ako veľmi sa pavúk pohybuje?
- Či je pavúk chlpatý alebo nie?
- Ako blízko je pavúk?
- Akú farbu má pavúk?

¹⁰Prevzaté z: [44]

- Či je pavúk skutočný alebo nie (napr. videný v televízii)?



Obr. 3.10: Oblak slov najčastejšie sa vyskytujúcich slov. Veľkosť podľa relatívnej frekvencie.¹¹

¹¹Prevzaté z: [20]

Kapitola 4

Herné mechaniky

Nasledujúca kapitola rozoberá najdôležitejšie mechaniky použité v simulácii faktoru strachu. Popisuje vývojové prostredie Unity v sekcii 4.2, kde je nevyhnutné pochopiť, hlavne čo je to herný objekt v podsekciiach 4.2.2 a herná scéna 4.2.3.

4.1 Herný engine

Herný engine je softvér, ktorý slúži ako základný nástroj pri vývoji videohier. Umožňuje vývojárom sústrediť sa na tvorbu herného obsahu bez toho, aby museli nanovo programovať technické prvky ako napríklad vykresľovanie grafiky, detekciu kolízií, fyziku objektov či ozvučenie. V podstate ide o súbor systémov, ktoré spolu tvoria technologické jadro každej hry. Tieto subsystemy zvyčajne zahŕňajú renderovanie 2D a 3D grafiky, simuláciu fyziky, zvuk, skriptovanie, animácie, umelú inteligenciu, sieťovanie a ďalšie moduly [13].

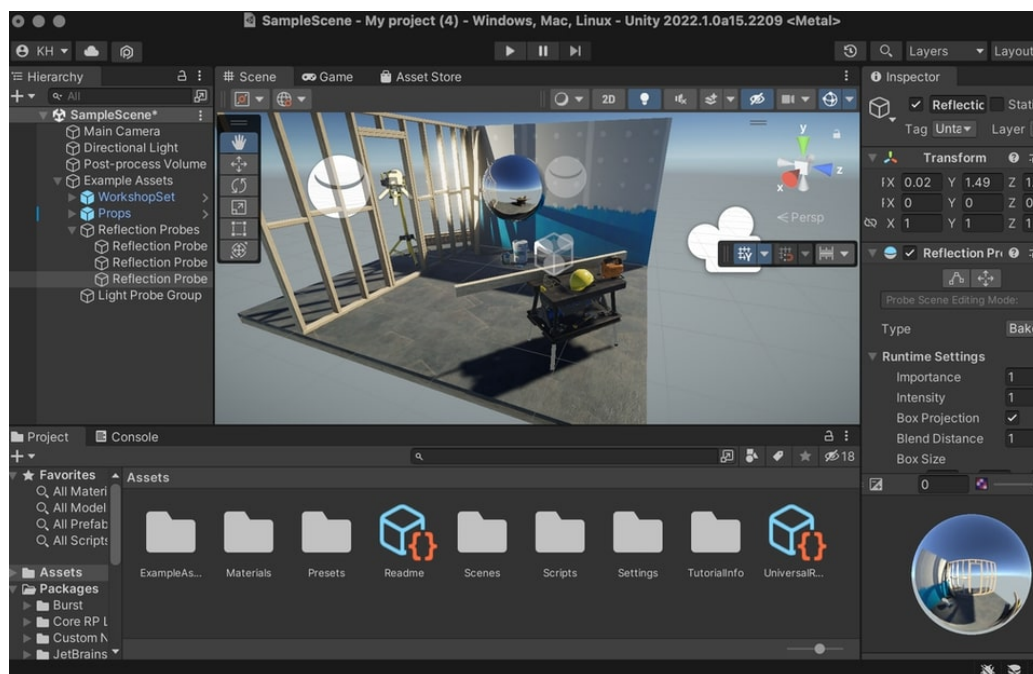
Pojem „herný engine“ sa začal používať približne od roku 1993, a to najmä v súvislosti s legendárnou hrou DOOM od spoločnosti id Software. Táto hra bežala na engine s názvom id Tech 1, ktorý bol na svoju dobu výnimočný tým, že bol navrhnutý modulárne – teda s jasným oddelením technického jadra od herného obsahu. Engine zabezpečoval napríklad 3D vykresľovanie, kolízny systém či zvuk, zatiaľ čo samotný herný svet, pravidlá, úrovne a grafika boli spracované oddelene.

Tento prístup sa ukázal ako mimoriadne praktický – štúdio id Software začalo svoj engine ponúkať iným vývojárskym tímom, ktorí si tak mohli vytvoriť vlastnú hru bez potreby vyvíjať celý technický základ od začiatku. Často stačilo len pridať vlastné grafické prvky, prípadne upraviť herné pravidlá, a vznikla úplne nová hra. Vďaka tomu sa herné enginy stali univerzálnou platformou, na ktorej sa začali stavať desiatky ďalších titulov.

4.2 Unity

Ide o herný engine, ktorý poskytuje vývoj pre široké spektrum platforiem. Napríklad Windows, mobilné hry, PlayStation alebo Xbox. Univerzálnosť je pri Unity kľúčom a nezaobmedbateľnosť je aj jej skúsená a rozmanitá komunita, ktorá vyjadruje obrovskú podporu pri otázkach a odpovediach, ponúka užitočné vývojárske rady a tutoriály a v neposlednom rade je vždy inovatívna.

Engine, ale takisto ponúka veľmi pokročilý editor s hernou scénou a veľkým množstvom assetov¹ určených pre vývoj zdarma. Jeho rýchlosť a grafický vizuál sa síce nevyrovná Unreal Engine, ale ide o jednoduchší engine určený pre vývoj, kvôli možnosti písania kódu v programovacom jazyku C# a takisto podporuje vstavané vývojové prostredie Visual Studio². Herný editor engine Unity vidieť na nasledujúcom obrázku 4.1.



Obr. 4.1: Ukážka editora engine Unity. Na obrázku je zobrazené vývojové prostredie s otvorenou hernou scénou, hierarchiou objektov vľavo, priečinkami s assetmi v dolnej časti a panelom Inspector napravo, ktorý umožňuje upravovať vlastnosti vybraných objektov.

4.2.1 Prefab

Prefab systém, ktorý je súčasťou Unity, umožňuje vývojárovi vytvárať, konfigurovať a ukladať herný objekt (*GameObject*) 4.2.2 so všetkými jeho komponentmi, vlastnosťami a ďalšími hernými objektami, ktoré sú potomkami tohto objektu. Prefab funguje ako predloha, ktorá sa dá kopírovať/klonovať do herného sveta ako nový objekt, ktorý je modifikovateľný bez ovplyvnenia daného prefabu. Modifikácia prefabu sa naopak prejaví pri všetkých kópiách v hernom prostredí.

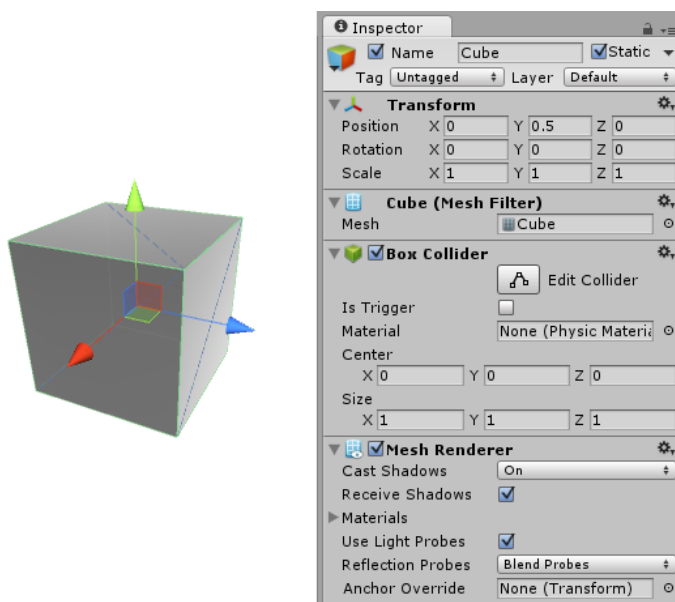
4.2.2 Herný objekt v Unity

GameObject [38], v preklade Herný objekt, je základným a najdôležitejším konceptom editoru Unity. Každý objekt v hre je v Unity *GameObject*, ktorého úloha vyplýva až pri priradení komponentov na daný objekt. *GameObject* môže byť teda pokojne postava, osvetlenie

¹V prostredí Unity predstavuje asset akýkoľvek prvok (vizuálny, zvukový či dátový), ktorý sa používa pri tvorbe hry alebo aplikácie [38].

²Visual Studio dostupné z: visualstudio.microsoft.com

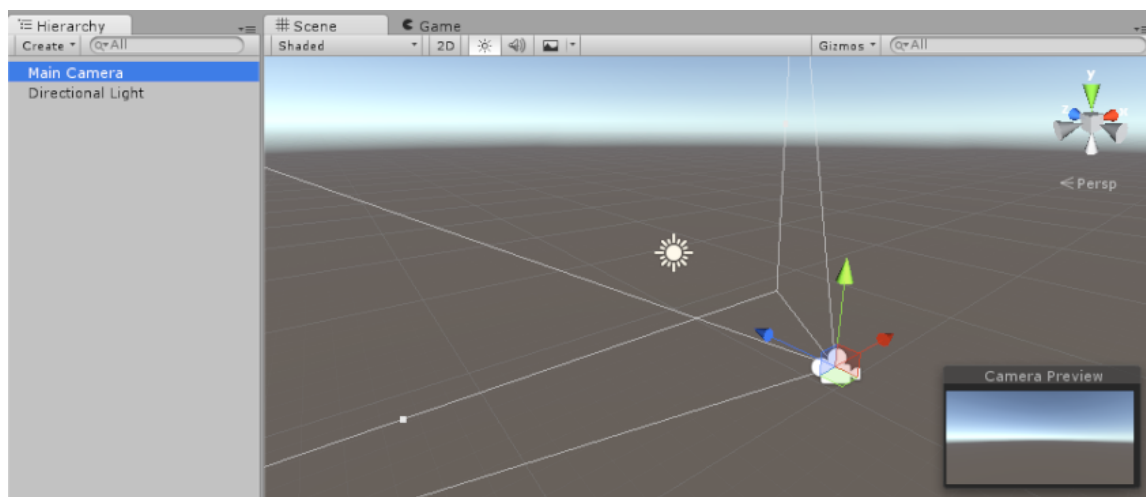
až po kameru a špeciálne efekty. Jediná komponenta, ktorá je neoddeliteľná, sa nazýva Transform. Transform komponenta slúži na určenie polohy, rotácie herného objektu. Vyobrazenie herného objektu v Unity je na obrázku 4.2.



Obr. 4.2: Jednoduchý 3D herný objekt – kocka zobrazená v editore³

4.2.3 Herná scéna

Scéna je priestor, do ktorého sa vkladajú všetky herné objekty a vytvárajú aplikáciu [38]. Väčšinou obsahuje celú časť aplikácie. Jedna scéna predstavuje pri komplexnejších hrách jeden level. V tejto práci vykresľuje jedna scéna práve jeden scenár strachu. Scéna obsahuje vrstvy, ktoré umožňujú separovanú interakciu herných objektov. Scéna je viditeľná na obrázku 4.3.



Obr. 4.3: Ukážka scény pri vytvorení nového projektu.⁴

³Prevzaté z: [38]

4.2.4 Scriptable Object v prostredí Unity

Scriptable Object je špeciálny typ objektu v prostredí Unity, ktorý umožňuje uchovávať dáta nezávisle od hierarchie scény. Tento objekt je ideálny na uchovávanie konfigurácií, nastavení, šablón alebo zdieľaných údajov medzi viacerými hernými objektmi, bez potreby ich opakovaného duplikovania v pamäti. V porovnaní s klasickými komponentmi, ktoré sa viažu na konkrétne objekty v scéne, *Scriptable Object* existuje ako samostatný súbor v projektovej zložke a umožňuje efektívnejšiu správu dát a pamäte.

V praxi sa často využíva na centrálnu úkladanie parametrov, ako sú nastavenia postáv, globálne premenné, audio profily alebo vizuálne efekty. Vďaka svojej schopnosti byť inštanciový bez potreby existencie v scéne prispieva k čistejšej architektúre a modularite projektu [38]. V aplikácii sa používa na uchovanie parametrov častí pavúka.

4.2.5 Mesh v Unity

Mesh predstavuje základnú formu 3D reprezentácie objektov v prostredí Unity a iných grafických enginech. Je tvorená súborom vrcholov, ktoré definujú tvar objektu v trojrozmernom priestore, a ich vzájomným usporiadaním prostredníctvom trojuholníkov, ktoré určujú povrchovú geometriu modelu. Každý vrchol (*vertex*) je definovaný trojicou súradníc (x, y, z) a predstavuje bod v 3D priestore. Tieto body sú spájané do trojuholníkov pomocou indexov, čím vznikajú faces, ktoré sú základnou jednotkou pre vykresľovanie objektov na grafickej karte. Unity používa výhradne faces v tvare trojuholníka, keďže trojuholníky sú výpočtovo najefektívnejšie pre spracovanie v grafickom hardvéri.

Okrem samotných vrcholov a trojuholníkov obsahuje objekt typu *Mesh* aj ďalšie dôležité prvky, ako sú *normály* a *UV súradnice*. Normály určujú orientáciu povrchu v danom bode a sú kľúčové pri výpočtoch osvetlenia a tieňovania. UV súradnice slúžia na premietanie 2D textúr na 3D povrch objektu.

Unity poskytuje triedu *Mesh*, ktorá umožňuje programovo pristupovať ku všetkým týmto komponentom. Vývojár môže cez vlastnosti ako *vertices*, *triangles*, *normals* a *uv* dynamicky vytvárať alebo upravovať 3D geometriu objektov. Táto funkcionálna je nevyhnutná pri tvorbe procedurálne generovaných modelov alebo pri ich deformáciách v reálnom čase [38].

4.2.6 Deform – nástroj na deformáciu objektov v Unity

Deform je rozšírenie pre herný engine Unity, ktoré umožňuje interaktívnu a nedeštruktívnu deformáciu 3D objektov v reálnom čase. Funguje na princípe komponentového systému, kde sa k objektom pridávajú tzv. *deformátory* (napr. ohyb, skrútenie, vlna), ktoré upravujú ich geometriu buď počas editácie, alebo za behu aplikácie.

Nástroj podporuje kombinovanie viacerých deformácií, GPU akceleráciu cez *Compute Shaders*⁵ a vizuálne ovládanie deformátorov priamo v editore. Je dostupný ako open-source balíček na GitHube⁶ a Asset Store Unity⁷.

⁴Prevzaté z: [38]

⁵Compute shadery sú špeciálne programy bežiacie na GPU, ktoré umožňujú paralelné spracovanie veľkého množstva dát. Slúžia na generálne výpočty bez priameho vzťahu k renderovaniu obrazu.

⁶GitHub stránka balíčku Deform dostupná z: github.com/keenanwoodall/Deform?tab=readme-ov-file

⁷Asset store stránka balíčku Deform dostupná z: assetstore.unity.com/packages/tools/modeling/deform-148425

Deform je vhodný najmä na vizuálne pôsobivé úpravy objektov, tvorbu organických tvarov či procedurálne animácie, a vďaka otvorenému kódu ho možno jednoducho prispôbiť konkrétnym potrebám projektu.

Tento nástroj podporuje *skinned mesh renderers*, ale má problém, akým Unity aktualizuje skinned meshes⁸. V Unity neexistuje žiadny mechanizmus, ktorý by umožnil efektívne upravovať skinned mesh ešte pred jeho renderovaním. Je prístup iba k pôvodnému, neanimovanému zdieľanému meshu. To znamená, že *Deformable* musí vykonávať deformácie na meshi ešte predtým, ako sú vrcholy pohybované kostrami.

Príkladom môže byť efekt squash a stretch (stláčanie a natiahovanie), ktorý vyzerá správne pri základnej animácii, ale keď sa kosti pohybujú (napríklad pri rotácii ramien), efekt sa poškodí, pretože *Deformable* upravuje mesh predtým, než kosti začnú ovplyvňovať pozície vrcholov. Tento prístup môže viesť k nežiaducej deformácii, keďže deformácie sa aplikujú na neanimovaný mesh pred jeho animovaním kostrami.

4.3 Procedurálne generovanie

Procedurálne generovanie (PG) je metóda používaná na automatické vytváranie obsahu prostredníctvom algoritmov. Tento prístup umožňuje generovať komplexné štruktúry a dáta, ktoré sú často náhodné alebo na základe preddefinovaných pravidiel. V posledných rokoch sa PG využíva v rôznych oblastiach, ako je herný dizajn, vizualizácia prírodných scenérií či tvorba realistických biologických modelov [36].

4.3.1 Základy procedurálneho generovania

Procedurálne generovanie využíva algoritmy na vytváranie opakovateľných a rozmanitých dátových sád. Kľúčovými vlastnosťami PG sú:

- **Efektivita:** Namiesto manuálneho dizajnu štruktúr je možné generovať obsah automaticky, čím sa šetrí čas a zdroje.
- **Parametrizácia:** Rôzne parametre môžu ovplyvniť výsledok generovania, čo umožňuje vytvárať širokú škálu variácií.
- **Reprodukovateľnosť:** Procedurálne modely môžu byť deterministické alebo pseudo-náhodné, čím umožňujú vytvárať konzistentné výsledky.

4.3.2 Procedurálne generovanie pavúkov

Tvorba realistických modelov pavúkov si vyžaduje kombináciu biologických princípov a matematických algoritmov. Pavúky majú špecifickú morfológiu pozostávajúcu z dvoch hlavných častí (prosoma a abdomen), ôsmich nôh a často zložitých vzorov na tele.

4.3.3 Generovanie textúr a vzorov

Textúry pavúkov sú generované pomocou procedurálnych šumov, ako sú Perlinov šum alebo Simplex šum. Tieto algoritmy umožňujú vytvárať realistické vzory na povrchu tela pavúka, ktoré môžu simulovať prírodné farby a detaily. Špecifické kroky zahŕňajú:

⁸Celý príspevok dostupný z: github.com/keenanwoodall/Deform/wiki/WTF-Is-Up-Skinned-Mesh-Renderers

- Použitie gradientných algoritmov na simuláciu prechodov farieb.
- Prispôsobenie textúry na základe parametrov, ako je veľkosť pavúka alebo jeho ekosystém.

4.4 Použité 3D modely pavúkov

V rámci tohto projektu bola použitá kolekcia sady realistických 3D modelov pavúkov s názvom *Rigged Spiders Collection for Maya*⁹. Táto kolekcia obsahuje päť rôznych druhov pavúkov, pričom každý z nich je plne rigged (vybavený kostrou a skin systémom) pre jednoduché pozicionovanie a animáciu v prostredí Maya 2016¹⁰. Modely sú optimalizované pre efektívne využitie polygónov a disponujú kompletnými UV mapami pre jednoduché úpravy.

Použité modely sú nasledovné:

- **Solifugae** (Camel Spider) – Tento model predstavuje zástupcu radu solifúg (známych aj ako pavúkovce vietoru), ktoré patria medzi pavúkovce, no nie sú pravými pavúkmi. Model obsahuje 17 461 polygónov a 17 641 vrcholov.
- **Argiope Aurantia** (Yellow Garden Spider) – Tento model zobrazuje žltú záhradnú pavúčicu, ktorá je známa svojím charakteristickým čierno-žltým sfarbením a kruhovými pavučinami. Model obsahuje 9 446 polygónov a 9 576 vrcholov.
- **Spiny Orb Weaver Spider** – Tento model zobrazuje pavúka s ostnatým telom, ktorý je známy svojím netypickým guľovitým vzhľadom s ostňami. Model obsahuje 9 042 polygónov a 9 188 vrcholov.
- **Missulena Occatoria Spider** – Tento model reprezentuje jedovatého pavúka z rodu *Missulena*, známeho aj ako Mouse Spider. Tento druh je známy svojím robustným telom a nápadným vzhľadom. Model obsahuje 11 238 polygónov a 11 425 vrcholov.
- **Latrodectus Spider** – Tento model zobrazuje pavúka z rodu *Latrodectus*, medzi ktoré patrí aj známa čierna vdova (Black Widow), charakteristická čiernym telom a červenou značkou v tvare presýpacích hodín. Model obsahuje 10 124 polygónov a 10 274 vrcholov.

Tieto modely boli vybrané pre ich vysokú mieru detailov, realistické textúry a optimalizované topológie, čo umožňuje ich efektívne využitie v ich modifikácii ich častí tela a hlavne pre čo najväčšiu reakciu používateľov. Pavúky sú na obrázku 4.4.

⁹Modely pavúkov dostupné z: turbosquid.com/3d-models/3d-rigged-spiders-model-1516535

¹⁰Maya dostupná z: autodesk.com/cz/products/maya/overview



Obr. 4.4: Vizualizácia použitých modelov pavúkov. Horný ľavý roh: **Spiny Orb Weaver Spider**; Horný pravý roh: **Missulena Occatoria Spider**; Dolný ľavý roh: **Latrodectus Spider**; Dolný pravý roh: **Argiope Aurantia**; Stredný pavúk: **Solifugae**.¹¹

¹¹Prevzaté z: turbosquid.com/3d-models/3d-rigged-spiders-model-1516535

Kapitola 5

Nástroje pre užívateľské meranie

Táto kapitola poskytuje prehľad použitých technológií a softvérových riešení, ktoré tvorili základ experimentálneho merania zameraného na analýzu strachu. Ústredným prvkom systému je nástroj ExciteOMeter popísaný v sekcii 5.1, určený na zber a spracovanie fyziologických údajov, ako sú srdcová frekvencia a RR intervaly. Kapitola sa venuje jeho technickej architektúre, možnostiam integrácie do prostredia Unity a spôsobu vizualizácie nameraných dát prostredníctvom online a offline užívateľského rozhrania.

Ďalej je popísané využitie snímača v sekcii 5.2, ktorá popisuje snímač Polar H10, ktorý zabezpečuje presné a spoľahlivé meranie kardiálnych funkcií pomocou elektrokardiografickej technológie. Rozoberá sa jeho pripojenie prostredníctvom Bluetooth Low Energy a odporúčaný postup jeho aplikácie na telo účastníka.

Záver kapitoly je venovaný zariadeniu Oculus Rift v sekcii 5.3, ktoré bolo použité na vytváranie virtuálneho prostredia. Jeho schopnosť realisticky sprostredkovať vizuálne podnety a vyvolávať intenzívnejšie fyziologické reakcie.

5.1 ExciteOMeter

ExciteOMeter je nástroj vyvinutý s cieľom merať a hodnotiť emocionálny stav vzrušenia účastníkov experimentov a testov. Tento nástroj umožňuje kvantifikovať subjektívne pocity jednotlivcov, pričom sa zameriava predovšetkým na stav vzrušenia, ktorý môže byť ovplyvnený rôznymi vonkajšími stimulmi. Na vyhodnotenie používa srdcový tep a RR intervaly, ktoré sú napojené priamo na aplikáciu. Takisto podporuje pripojenie virtuálnej reality, kde sleduje faktory ako sú, napríklad, pohyby hlavy.

5.1.1 Použitie Exciteometra

Nástroj využíva jednoduchý User Interface¹ (UI) systém, kde respondenti na škále hodnotia svoju úroveň vzrušenia, pričom údaje sa následne spracovávajú a analyzujú na základe štatistických metód. ExciteOMeter je navrhnutý tak, aby bol užívateľsky prívetivý, pričom získané výsledky sú zobrazené v prehľadných grafoch a diagramoch, ktoré umožňujú lepšiu interpretáciu a porovnanie medzi jednotlivými testovanými situáciami.

¹Používateľské rozhranie je súbor príkazov alebo ponúk, prostredníctvom ktorých používateľ komunikuje s programom [6].

5.1.2 Unity balíček ExciteOMeter

ExciteOMeter poskytuje *Unity package*² (balíček), ktorý umožňuje integráciu nástroja priamo do projektov vytvorených v *Unity* hernom engine. Tento balíček umožňuje jednoduchú implementáciu funkcií ExciteOMetra priamo do interaktívnych 3D prostredí a aplikácií. Vývojári tak môžu sledovať a zaznamenávať emocionálnu odozvu používateľov v reálnom čase počas interakcie s aplikáciou.

UnityPackage ExciteOMeter obsahuje nasledujúce komponenty:

- **Skript na zber dát:** Automaticky zaznamenáva údaje o vzrušení používateľov počas interakcie.
- **UI komponenty:** Obsahuje preddefinované prvky používateľského rozhrania na zaznamenávanie odpovedí používateľov.
- **API pre vývojárov:** Ponúka rozhranie na prispôsobenie funkcionality nástroja podľa konkrétnych potrieb aplikácie.

Prijímač fyziologických dát

Prijímač fyziologických dát pozostáva z vlastných softvérových klientov vytvorených na prenos a spracovanie dát z fyziologických senzorov pomocou protokolu LSL³. Pre zachytávanie dát z hrudného pásu **Polar H10**⁴ bolo potrebné na koncovom zariadení nainštalovať aplikáciu typu **Microsoft UWP (Universal Windows Platform)**⁵, konkrétne **ExciteOMeter_1.0.7.0**, ktorá umožňuje pripojenie k zariadeniam s technológiou **Bluetooth® Low Energy**⁶, a načítava fyziologické údaje prostredníctvom GATT (Generic Attribute Profile) charakteristík.

GATT je profil v rámci Bluetooth® štandardu, ktorý definuje spôsob, akým zariadenia Bluetooth® Low Energy komunikujú medzi sebou pomocou štruktúrovaných služieb a ich vlastností (characteristics). Využíva tzv. Attribute Protocol (ATT), ktorý umožňuje objavovať, čítať, zapisovať a nastavovať notifikácie pre jednotlivé charakteristiky. GATT tak predstavuje základný rámec pre výmenu fyziologických a iných dát medzi BLE zariadeniami [14].

Celkovú architektúru je možné vidieť na obrázku 5.1. Prevod jednotlivých dát funguje na konkrétnych frekvenciách [29]. Zoznam nasledujúcich frekvencií:

- Tepová frekvencia, RR intervaly (1 Hz),
- EKG (130 Hz),
- Akcelerometer (200 Hz).

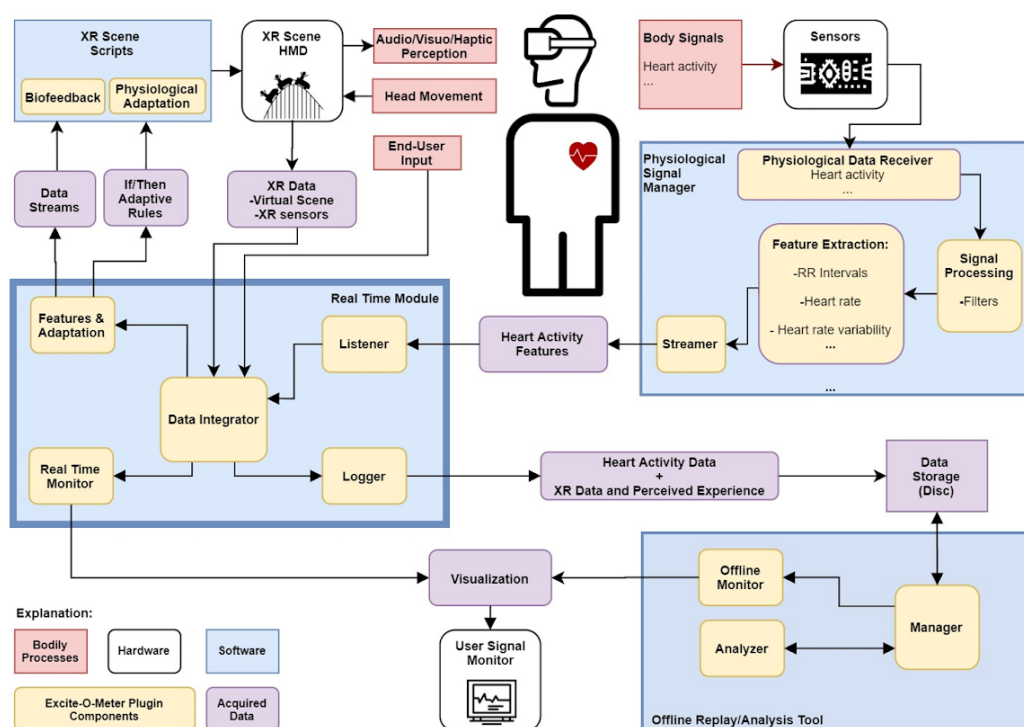
²Balíček dostupný z: github.com/luisqtr/exciteometer

³Lab Streaming Layer je open-source sieťový middleware ekosystém pre streamovanie, prijímanie, synchronizáciu a zaznamenávanie dátových tokov získaných z rôznych senzorov, vrátane neurálnych, fyziologických a behaviorálnych dát [18].

⁴Oficiálna stránka Polar H10: polar.com/cs/sensors/h10-heart-rate-sensor

⁵Oficiálna stránka Microsoft UWP : learn.microsoft.com/en-us/windows/uwp

⁶Bluetooth® Low Energy je energeticky úsporná verzia Bluetooth® určená pre kontinuálny prenos malých objemov dát [7].



Obr. 5.1: Architektúra ExciteOMeter

Používateľské rozhranie: online analyzátor

Tento modul je založený na Unity a kombinuje dáta z interaktívnej aplikácie a fyziologických senzorov, čo umožňuje synchronizáciu dát a zaznamenávanie údajov. Používateľské rozhranie pridané pomocou prefabu `Excite_Meter_UI_OnlineAnalysis` vyzerá nasledovne na obrázku 5.2. Jednotlivé očíslované komponenty predstavujú:

- 1. Otvoriť offline analýzu:** Zastaví aktuálne nahrávanie a otvorí scénu, ktorá umožňuje vizualizáciu údajov v offline režime zobrazenej v podsekcii 5.1.2.
- 2. Prichádzajúce signály:** Umožňuje vizualizovať, či sú fyziologické signály prijímané. Každý signál má farbu indikujúcu stav pripojenia (zelená alebo červená), poslednú prijatú hodnotu a graf signálu.
- 3. Upozornenie na problém so signálom:** Zobrazí sa, keď dôjde k výpadku pripojenia. Ak sa táto správa zobrazí, je potreba skontrolovať zariadenie odosielajúce dáta alebo zariadenie dáta prijímajúce. V neposlednom rade pre Windows je potrebné overiť správny beh skriptu, pokiaľ sa odosielajú dáta v rámci jedného zariadenia.
- 4. Informácie o relácii:** Umožňuje definovať názov relácie, nastaviť, či sa má zaznamenávať pohyb z headsetu, či sa majú robiť periodické snímky scény, a obsahuje tlačidlo na spustenie alebo zastavenie nahrávania relácie.
- 5. Značky (markery):** Umožňujú pridávať kontextové informácie, ktoré spájajú časovú pečiatku s konkrétnou udalosťou. Rýchle značky umožňujú pridávanie značiek jedným kliknutím.

6. **Vizualizér značiek:** Všetky značky definované v aktuálnej relácii sa zobrazujú postupne v tejto oblasti. Po ukončení relácie sa značky vymažú.
7. **Biofeedback Panel:** Príklad objektu, ktorý umožňuje vizualizáciu signálu priamo v Unity scéne.
8. **Scéna:** Príklad objektov, ktoré tvoria XR (prostredie rozšírenej reality) a experimentálne nastavenie.



Obr. 5.2: Popis UI komponentov ExciteOMeteru online analýzy.⁷

Používateľské rozhranie: offline analyzátor

Vizualizácia a offline monitor je nástroj v Unity, ktorý vizualizuje a postprocesuje dáta z jednej alebo viacerých relácií, obsahuje analýzu HRV a zobrazuje úroveň vzrušenia počas celej skúsenosti. Popis offline analyzátora je na obrázku 5.3.

1. **Zoznam relácií:** Zoznam dostupných relácií zaznamenaných na disku. Každá relácia zodpovedá priečinku v adresári logov Excite-O-Meter.
2. **Excite-O-Meter level:** Vizualizácia hodnoty Excite-O-Meter vypočítanej počas zaznamenatej relácie. Každá načítaná relácia má svoju farbu (maximálne tri naraz).
3. **Časová os:** Horizontálnym ťahaním zeleného štvorca sa zobrazujú okamžité hodnoty signálu. Ak sú dostupné snímky obrazovky, zobrazí sa tá najbližšia k značke na časovej osi.

⁷Prevzaté z: github.com/luisqtr/exciteometer

4. **Výber signálov:** Pravý panel umožňuje výber konkrétnych signálov na vizualizáciu z každej relácie. Zahŕňa: srdcovú frekvenciu, R-R interval, RMSSD, SDNN, manuálne značky a pohybové parametre ako rotáciu headsetu, rýchlosť a zrýchlenie v osiach yaw, pitch a roll⁸.
5. **Vizualizátor signálov:** Oblasť, kde sa vybrané signály zobrazujú v stĺpcovom rozložení. Signál je možné odstrániť kliknutím na „X“ na ľavej strane panela.
6. **Vizualizátor snímok obrazovky:** Ak relácia obsahuje snímky obrazovky, zobrazí sa štvorcový náhľad snímky najbližšej k značke na časovej osi. Pravá strana zobrazuje hodnotu Excite-O-Metra pre každú reláciu (farebne odlíšené).
7. **Priemerná úroveň Excite-O-Metra:** Zobrazuje priemernú hodnotu Excite-O-Metra v čase zodpovedajúcom pozícii na časovej osi.
8. **Späť do hlavnej aplikácie:** Tlačidlo, ktoré zatvorí offline analýzu a vráti používateľa do scény, z ktorej bola analýza spustená.



Obr. 5.3: Popis UI komponentov ExciteOMeteru offline analýzy.⁹

5.1.3 Vedecké vyhlásenie

Odhad úrovne Excite-O-Meteru je založený na návrhu heuristickej metriky vychádzajúcej z fyziologických údajov (RRi a RMSSD), ktorá bola testovaná na malej vzorke v pilotnej štúdii a zatiaľ nie je klinicky validovaná [28]. Nepredstavuje objektívne meranie pre lekárske alebo psychologické účely.

⁸ *Yaw* označuje otáčanie okolo zvislej osi (otáčanie hlavy doprava/doľava), *pitch* znamená nakláňanie hlavy dopredu alebo dozadu (okolo bočnej osi) a *roll* predstavuje nakláňanie hlavy do strán (okolo pozdĺžnej osi).

⁹Prevzaté z: github.com/luisqtr/exciteometer/blob/main/docs/3_Example.m

Definícia úrovne vzrušenia: RRI a RMSSD sú najprv štandardizované pomocou z-transformácie (z-normalizovanie), následne konvertované na percentily pomocou kumulatívnej distribučnej funkcie. Keďže vyššie hodnoty týchto metrík zodpovedajú nižšej kardiálnej reaktivite, finálne skóre vzrušenia sa vypočíta ako jedna mínus priemerný percentil oboch hodnôt.

Výpočet kardiálnych charakteristík je založený na štandardných metrikách HRV popísaných v článku *Shaffer a Ginsberg (2017)* [35] a porovnávaný s implementáciou pomocou knižnice `Neurokit2`¹⁰ v `Pythone`¹¹.

RMSSD: Koreň priemeru kvadratických rozdielov medzi po sebe nasledujúcimi normálnymi srdcovými údermi (RMSSD) sa získa výpočtom každého po sebe nasledujúceho časového rozdielu medzi údermi srdca v milisekundách. Hodnoty sa umocnia, spriemerujú a nakoniec sa z výsledku získa druhá odmocnina.

SDNN: Štandardná odchýlka intervalov medzi normálnymi sínusovými údermi (SDNN) sa meria v milisekundách. Príbuzná metrika SDDSD (štandardná odchýlka rozdielov po sebe nasledujúcich RR intervalov) zachytáva krátkodobú variabilitu [29].

5.2 Polar H10: Monitor srdcového tepu

Polar H10 je pokročilý monitor srdcového tepu, ktorý je široko používaný v oblasti fitness, športu a výskumu. Toto zariadenie je vybavené presným snímačom srdcového tepu, ktorý poskytuje vysokú presnosť merania a je schopný sledovať srdcovú frekvenciu počas rôznych fyzických aktivít. Polar H10 je kompatibilný s rôznymi zariadeniami a aplikáciami, vrátane smartfónov, športových hodínok a fitness aplikácií, čím umožňuje sledovanie srdcového tepu v reálnom čase.

5.2.1 Technológia merania

Polar H10 meria srdcový tep prostredníctvom elektrody, ktorá je umiestnená na hrudi používateľa. Tento snímač funguje na princípe elektrokardiografie (EKG), ktorá zaznamenáva elektrickú aktivitu srdca. Elektrody na hrudníku detekujú elektrické impulzy generované srdcom počas každého jeho stiahnutia a prenosom týchto signálov do zariadenia umožňujú veľmi presné meranie srdcového tepu. Vďaka tomu Polar H10 ponúka vyššiu presnosť než tradičné optické monitory srdcového tepu, ktoré fungujú na princípe detekcie zmeny krvného prietoku v pokožke [24].

Snímač Polar H10 je vybavený Bluetooth® technológiou, ktorá umožňuje bezdrôtové pripojenie k rôznym zariadeniam, ako sú smartfóny, hodinky a iné fitness zariadenia. To umožňuje používateľom sledovať ich srdcovú frekvenciu v reálnom čase a zaznamenávať údaje pre neskoršiu analýzu.

Jednou z hlavných výhod Polar H10 je jeho vysoká presnosť, ktorá je kľúčová v oblasti športu, výskumu a rehabilitácie. Snímač poskytuje stabilné a konzistentné merania, čo je dôležité pre správne vyhodnotenie a pre monitorovanie zdravotného stavu jednotlivca. Okrem toho, že Polar H10 sleduje srdcovú frekvenciu, umožňuje aj analýzu variabilnosti srdcového tepu (HRV), čo je užitočné pri hodnotení fyzickej kondície a regenerácie.

Zo štúdie o validácii zariadenia [33] vyplýva, že zariadenie Polar H10 je veľmi vhodné na meranie srdcového tepu v pokojových podmienkach a pri menších zvýšeníach srdcovej

¹⁰Oficiálna stránka knižnice Neurokit: pypi.org/project/neurokit2/

¹¹Oficiálna stránka programovacieho jazyku Python: python.org

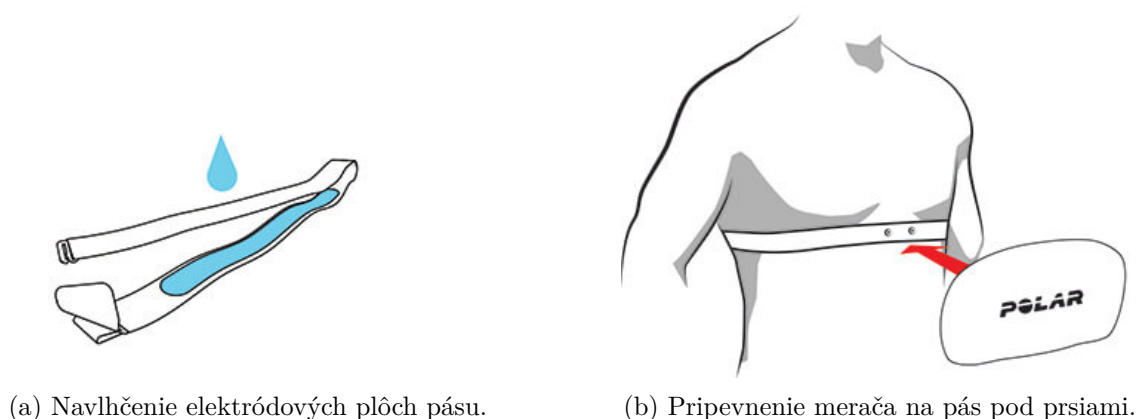
frekvencie, ktoré sa môžu vyskytnúť napríklad pri strachu alebo stresových situáciách. Štúdia [33] ukázala, že Polar H10 poskytuje vysokú presnosť a malý bias pri meraniach RR intervalov a srdcovej frekvencie v pokojových podmienkach aj počas cvičenia pri nízkej intenzite. Korelácie medzi Polar H10 a EKG meraniami boli veľmi vysoké, čo naznačuje, že Polar H10 je spoľahlivý nástroj na sledovanie zmien srdcovej frekvencie v týchto situáciách. V prípade vyšších intenzít cvičenia sa však môže vyskytnúť väčšie skreslenie.

5.2.2 Použitie snímača srdcového tepu

Pred začatím meracej relácie je dôležité zabezpečiť, aby všetci účastníci mali správne nasadené snímače srdcového tepu. Nasledujúce inštrukcie popisujú správny spôsob nasadenia snímača:

1. **Navlhčenie elektródových plôch pásu:** Na zabezpečenie dobrého kontaktu medzi snímačom a pokožkou je potrebné navlhčiť elektródové plochy pásu. To zlepší vodivosť a zabezpečí presnejšie merania.
2. **Pripojenie konektora k pásu:** Konektor snímača je potrebné pripojiť k pásu, čím sa zabezpečí správna funkcia zariadenia.
3. **Nastavenie dĺžky pásu:** Pás by mal byť nastavený tak, aby bol pevne a pohodlne nasadený okolo hrudníka, pričom sa musí dať voľne upravovať podľa veľkosti tela. Pás by mal byť umiestnený tesne pod prsníkmi, aby zaručil správnu pozíciu snímačov.
4. **Upevnenie pásu:** Pás sa musí obtočiť okolo hrudníka, pričom je potrebné pripojiť háčik na opačnom konci pásu, čím sa zabezpečí jeho stabilné upevnenie počas merania.
5. **Kontrola správnej pozície:** Je nevyhnutné skontrolovať, že navlhčené elektródové plochy sú pevne pritiahnuté k pokožke a že logo Polar konektora je umiestnené v centrálnej a vzpriamenej pozícii. To zabezpečuje optimálne pripojenie a presnosť merania.

Tieto kroky sú kľúčové pre zabezpečenie presných a spoľahlivých meraní srdcovej frekvencie počas tréningových relácií [26]. Obrázok zobrazujúci správne nasadenie 5.4.



Obr. 5.4: Ako vhodne aplikovať senzor Polar H10.¹²

¹²Prevzaté z: support.polar.com/en/support/wearing_the_heart_rate_sensor

5.3 Oculus Rift

Oculus Rift je zariadenie virtuálnej reality, ktoré umožňuje realistickú simuláciu prostredia. V tejto práci bol zvolený najmä kvôli svojej schopnosti intenzívnejšie vyvolávať fyziologické reakcie (napr. zvýšený srdcový tep v porovnaní so štandardným 2D zobrazením). Priemerná srdcová frekvencia bola vo virtuálnej realite štatisticky významne vyššia než pri 2D zobrazení, a to aj počas neutrálnych [40]. To je kľúčové pre účinnosť expozičných meraní, ktoré sa využijú pri analýze jednotlivých častí pavúka a ich vplyvom na srdcový tep a strach používateľov. Ukážka zariadenia je na obrázku 5.5.



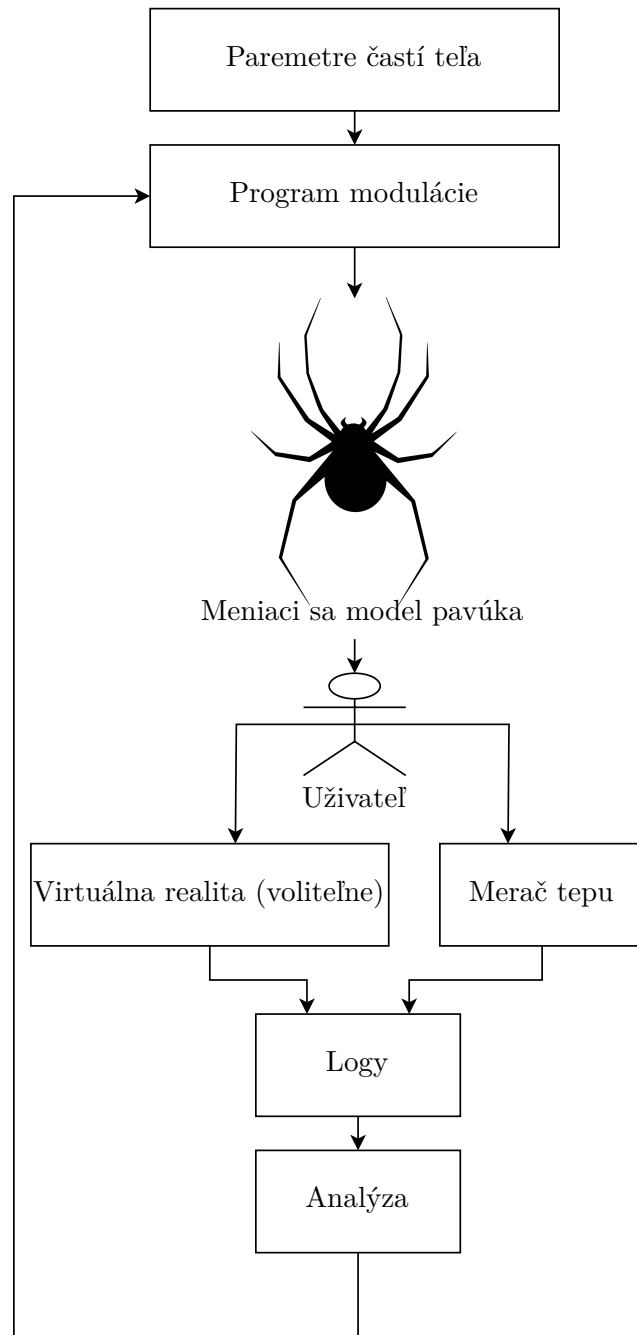
Obr. 5.5: Ukážka virtuálnej reality na človeku, ktorý nevidí nič z vonkajšieho sveta.

¹²Prevzaté z: gamepress.cz/oculus-rift-spustil-letni-cenovou-akci

Kapitola 6

Návrh

Táto kapitola sa zameriava na návrh modulárneho systému pavúčieho modelu, ktorý umožní jednoduché prepojenie jednotlivých častí tela a procedurálnu modifikáciu pavúka v Unity. Hlavným cieľom je modifikovať samostatne geometriu pre každú anatomickú časť pavúka a zabezpečiť ich vzájomnú kompatibilitu pre dynamické generovanie modelu. Pri návrhu sa používajú rôzne modely predvytvorených pavúkov, ktorých mesh sa rozdelil na menšie časti. Tieto časti sú modifikované na základe tvaru, škály alebo menené za časti tel druhých pavúkov. Takto modifikovateľný pavúk bude použitý pri meraní strachu u osôb, ktorým bude meraný srdcový tep počas toho, ako sa pred nimi budú časti tela postupne automaticky modifikovať. Užívateľ má za úlohu vybrať vždy konfiguráciu vtedy, keď je pre neho najviac nepríjemná. Táto konfigurácia sa ukladá tak, aby zaznamenala fyziologický stav užívateľa – srdcový tep a zároveň konfiguráciu aktuálneho pavúka a snímku obrazovky. Užívateľ bude vystavený štúdiu, ktorá začne screening testom, príloha [A](#), pokiaľ nevýjde ako pozitívny, tak pred samostatným spustením merania bude nasledovať test faktorov ovplyvňujúcich tvar tela pavúka, príloha [A](#), ktorý má za úlohu odhaliť, ktoré časti pavúka môžu u ľudí bez arachnofóbie spôsobiť strach alebo fyziologickú zmenu srdečného tepu. Celkový návrh behu aplikácie je vidno na obrázku [6.1](#).



Obr. 6.1: Beh aplikácie je zhora nadol. Aplikácia má nastavené parametre častí tela, ktoré sa budú meniť. Program modulácie má nastavený faktor modulácie pre dané parametre. Program modifikuje časti tela pavúka. Používateľ buď na obrazovke alebo vo VR sleduje tento model. Pritom má ešte nasadený merač teploty a dáta z VR a merača sa zbierajú do logov na analýzu. Analýza aktualizuje faktory modulácie.

6.1 Rozdelenie pavúčieho tela na jednotlivé časti

Pavúčí model sa pozostáva z týchto základných častí:

1. **Hlavohruď (Cephalothorax/Prosoma)** – centrálny bod pripojenia pre ďalšie časti (nohy, pedipalpy, oči a chelicery).
2. **Bruško (Abdomen)** – samostatný mesh, ktorý sa pripája k hlavohrudi.
3. **Nohy** – každá noha bude samostatný mesh s možnosťou individuálneho nastavenia dĺžky, hrúbky a orientácie.
4. **Hmatadlá (Pedipalpy)** – menšie končatiny, ktoré sa napoja na prednú časť hlavohrudi.

6.2 Prepojenie častí v Unity

Prepojenie jednotlivých častí tela je riešené v Unity pomocou:

1. **Parent-Child hierarchie** – Hlavohruď bude hlavným *parent* objektom, ku ktorému sa pripoja ostatné časti ako *child* objekty. A to:
 - Nohy, pedipalpy sa pripoja k hlavohrudi.
 - Abdomen sa pripojí na zadnú časť hlavohrude.
2. **Pozície a orientácie** – Každá časť bude mať definovaný bod pripojenia v *World Space*, aby bola zabezpečená správna pozícia a rotácia pri dynamickej modifikácii alebo výmene časti za iného pavúka.
3. **Prefab systému** – Jednotlivé časti môžu byť uložené ako *prefaby* v Unity, čo umožní:
 - Rýchle opakované použitie jednotlivých častí.
 - Možnosť parametrického ovládania (veľkosť, farba, textúra) cez *Scriptable Objects* alebo skripty.

6.3 Skriptovanie a proceduralita

Skriptovanie bude zamerané na deformáciu pavúčieho modelu. Hlavné body zahŕňajú:

- **Dynamická modifikácia častí** – Skript automaticky modifikuje pavúčie časti na základe zadaných parametrov ako je napríklad faktor deformácie.
- **Pripojenie častí** – Každá časť sa napojí na určené miesto podľa pred uloženej konfigurácie.
- **Prispôsobenie vzhľadu** – Parametre, ako veľkosť, poloha, rotácia budú aplikované na jednotlivé *meshes* cez skripty.
- **Personalizované generovanie** – Na základe vstupov zo štúdie bude možné vytvoriť pavúka pre danú pozorovanú skupinu.

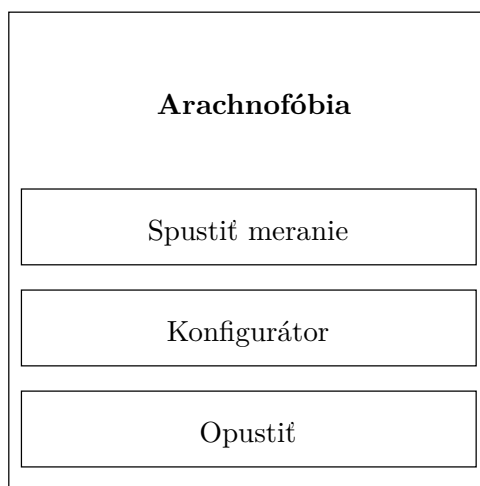
6.4 Scény

Štruktúra simulácie je tvorená scénami nasledovnými:

- Scéna Hlavné Menu,
- Scéna Editor,
- Scéna Meranie,
- Scéna Testovanie.

6.4.1 Scéna hlavného menu

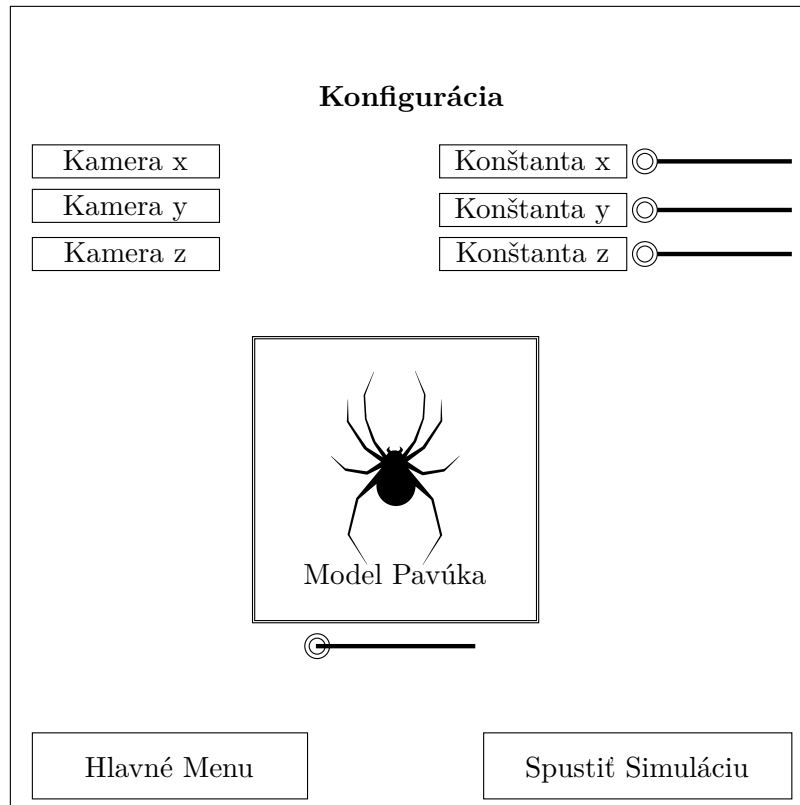
Ide o uvítaciu scénu s prvkami užívateľského prostredia, ktorá je ako prvá po spustení aplikácie. Poskytuje výber merania, spustenie konfigurátoru a opustenie aplikácie. Mockup hlavného menu je na obrázku 6.2.



Obr. 6.2: 2D scéna s tlačidlami pre výber prechodov medzi scénami alebo opustením aplikácie.

6.4.2 Editor

Editor bude umožňovať editáciu pavúka, výmenu jeho časti za časti druhých pavúkov. Takisto bude možné vybrať niektorú z častí a zapnúť deformáciu. Návrh je vidieť na obrázku 6.3.

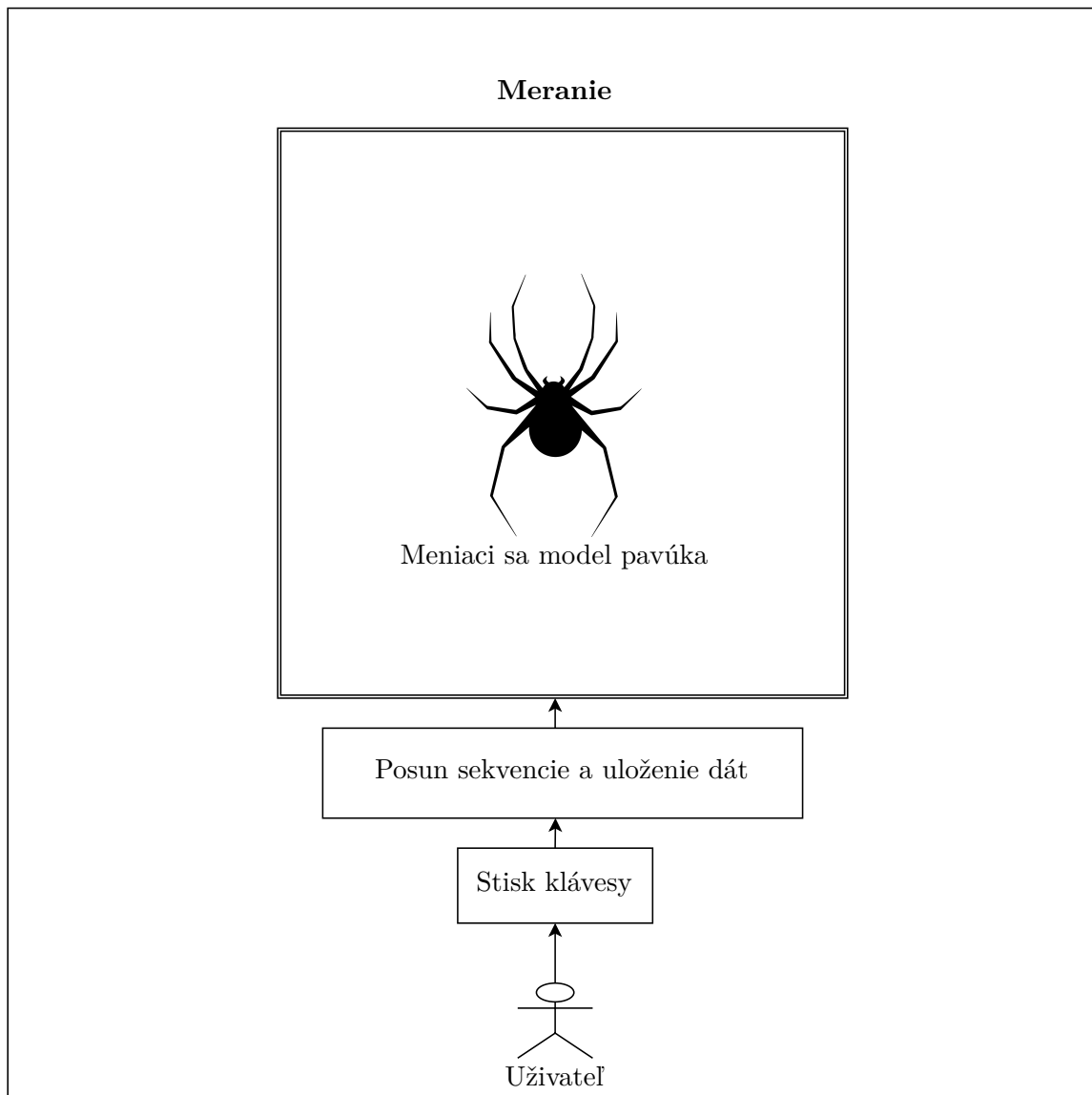


Obr. 6.3: 2D UI scéna s výberom hodnôt pomocou polohovateľného ukazovateľa, prepnutia kamier a prepnutia častí tela, obrázok pavúka.¹

6.4.3 Meranie strachu a odpoveď používateľa

Počas vystavenia pavúka používateľovi bude mať používateľ pripevnený merač tepu, ktorý bude nepretržite monitorovať jeho fyziologickú reakciu. Súčasne bude používateľovi poskytnutá možnosť pomocou klávesy na klávesnici označiť okamih, keď daná zmena v jednotlivých častiach pavúka vyvolá najväčší strach, viď na obrázku 6.4. Tento proces umožní sledovať koreláciu medzi fyziologickými reakciami (tepom) a subjektívnymi vnímaniami strachu, pričom sa zaznamenajú okamihy, kedy sa strach najviac zvyšuje. Scéna sa môže využiť tým istým spôsobom aj pre meranie vo virtuálnej realite.

¹Prevzaté z: freemove.org/spider-silhouette



Obr. 6.4: Obrázok zobrazuje ako bude používateľ vystavený pavúkovi cez obrazovku a musí zvoliť, kedy je pre neho hodnota meniace sa ho parametru najstrašidelnejšia – používateľ zastaví klávesou pri pocite najväčšieho strachu a posunie sekvenciu zmien vpred.

Používateľovi bude predstavená sekvencia, v ktorej budú modifikované rôzne časti pavúčieho tela. Každá časť tela separátne, kde sa pri každom prechode do ďalšej časti sekvencie vyresetuje pavúk do pôvodného nastavenia a v druhom prípade, kde sa tá istá sekvencia vykoná s uložením predošlých modifikácií.

Počas sekvencie sa po každom stlačení klávesy **medzera** prepne kamera na časť pavúka, ktorá sa mení, a užívateľ opäť vyberá, čo mu spôsobuje najväčší strach.

6.4.4 Sekvencia na základe deformácie meshu

Prehľad sekvencií, ktoré budú pozorované v rámci merania, je vidieť v tabulke 6.1.

Sekvencia	Zachovanie deformácie	Deformovaná časť
1	Nie	Bruško
2	Nie	Hlavohruď
3	Nie	Predné končatiny
4	Nie	Zadné končatiny
5	Nie	Bočné končatiny
6	Nie	Všetky končatiny
7	Nie	Klepietka
8	Áno	Bruško
9	Áno	Hlavohruď
10	Áno	Predné končatiny
11	Áno	Zadné končatiny
12	Áno	Bočné končatiny
13	Áno	Všetky končatiny
14	Áno	Klepietka

Tabuľka 6.1: Sekvencie deformácií použitých pri meraní.

Kapitola 7

Implementácia

Demo so scénami bolo vytvorené v hernom engine **Unity** – verzia **2022.3.59f1**¹. Implementácia skriptov prebiehala v jazyku **C#**² vo vývojárskom prostredí **Visual Studio 2022**. Pre implementáciu bolo takisto potrebné mať aplikáciu **ExciteOMeter-Devices** – verzia **1.0**, ktorá zaručuje prevod dát, predovšetkým srdcového tepu zo zariadenia **Polar H10**.

ExciteOMeter balíček pre Unity umožňuje vizualizáciu a zaznamenávanie fyziologických dát zo zariadenia **Polar H10**. Pre prepojenie s PC bola využitá technológia **Bluetooth®** verzia **4.2** v rámci Wi-Fi USB adaptéra **TP-Link Archer T600UB Nano**³.

Operačný systém použitý pri vývoji bol **Microsoft Windows 10 Home** – verzia **22H2**.

Pre užívateľskú štúdiu bola použitá virtuálna realita **Oculus Rift** s použitím aplikácie **Meta Quest Link**⁴.

Inšpiráciou pre implementáciu boli videá komunitných tvorcov, konkrétne CodeMonkey⁵ a Keenan Woodall⁶, ktoré vysvetľujú princípy a demonštrujú použitie skriptov.

7.1 Prepojenie ExciteOMeteru s Unity

Na získavanie fyziologických dát bol použitý systém Excite-O-Meter, ktorý komunikuje so snímačom cez Bluetooth® LE a odosiela tieto dáta do aplikácie vytvorenej v Unity. Pri vývoji bolo potrebné zabezpečiť komunikáciu medzi ExciteOMeter-Devices aplikáciou a Unity pluginom v rámci jedného zariadenia. Vzhľadom na štandardné bezpečnostné obmedzenia aplikácií typu UWP (Universal Windows Platform) však takéto spojenie (tzv. *loopback*) nie je implicitne povolené [23]. Aby sa tento problém odstránil, bolo potrebné vytvoriť výnimku pre loopback komunikáciu⁷.

Po spustení ExciteOMeter-Devices aplikácie bolo potrebné:

- Vyhľadať zariadenie Polar H10 v režime Bluetooth® LE a pripojiť sa k nemu.

¹Unity editor 2022.3.59f1 dostupný z: <https://unity.com/releases/editor/whats-new/2022.3.59>

²Oficiálna stránka C#: learn.microsoft.com/cs-cz/dotnet/csharp

³Stránky výrobcu Wi-Fi adaptéra: tp-link.com/cz/home-networking/adapter/archer-t600ub-nano

⁴Meta Quest Link dostupný z: meta.com/quest/setup

⁵Stránka vývojára CodeMonkey dostupné z: unitycodemonkey.com

⁶Stránka vývojára Keenana Woodalla dostupné z: keenanwoodall.com

⁷Príkazy pre udelenie výnimky dostupné z: github.com/luisqtr/exciteometer-devices-UWP

- Aktivovať odosielanie požadovaných fyziologických veličín (HR+RR alebo ECG) v závislosti od potreby aplikácie v Unity.

Dáta boli po nadviazaní spojenia automaticky posielané po sieti a prijímané v aplikácii v Unity, kde boli spracované a vizualizované v reálnom čase, ak bol v Unity scéne prítomný prefab *ExciteOMeter_Manager* z balíčka *ExciteOMeter*.

7.2 Herný objekt Spider

Samotné modely každého pavúka museli byť rozobraté na jednotlivé podčasti v programe Maya⁸. Každá časť pavúka sa skladá z nasledujúcich komponentov usporiadaných hierarchicky:

7.2.1 Socket

Socket slúži ako kotviaci bod danej časti pavúka.

Obsahuje:

- Podradené sockety (ak sú prítomné),
- Referenciu na komponent *Pivot*,
- Je manuálne umiestnený na začiatku danej časti, aby fungoval ako nosič pivotu.

Uchováva:

- Pozíciu (odchýlku) a rotáciu voči nadradenej časti (ak existuje),
- Odkaz na `ScriptableObject` reprezentujúci telesnú časť, popísaný v časti 7.3.1.

7.2.2 Pivot

Pivot je potomkom komponentu *Socket*. Obsahuje mesh danej časti pavúka. Uchováva nasledujúce informácie:

- **Modifikovateľnú mierku časti** – umožňuje nezávislé škálovanie bez ovplyvnenia veľkosti podradených komponentov.
- **Nemenenú proporcionálnu mierku** – tá ostáva konzistentná bez ohľadu na lokálne škálovanie.

7.2.3 Mesh kontajner (Mesh Holder)

- Obsahuje samotný 3D mesh a textúry danej časti pavúka.
- Uchováva:
 - **Proporcionálnu mierku** – predstavuje veľkosť danej časti vzhľadom na zvyšok tela pavúka.
 - **Centrovanú pozíciu časti** – zabezpečuje správne zarovnanie meshu počas transformácií.

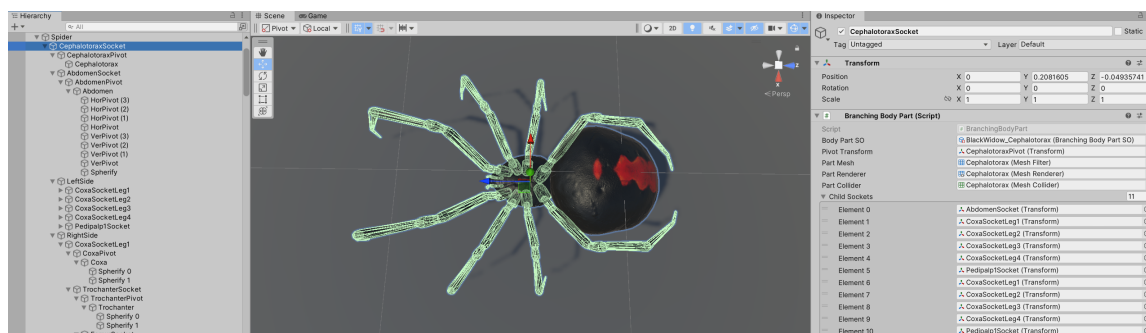
⁸Odkaz na stránky aplikácie Maya: autodesk.com/cz/products/maya

7.2.4 Objekt Spherify – mimo objekt Cephalothoraxu

Objekt Spherify je vložený ako držiteľ deformácie v rámci časti tela.

- Obsahuje Spherify Deformer skript.
- Uchováva pozíciu, z ktorej bude deformovať danú časť pavúka.

Ukážka štruktúry pavúka v Unity Editore je na obrázku 7.1.



Obr. 7.1: Štruktúra pavúka vnútri editoru. Vľavo jednotlivé časti ako herné objekty. Vpravo ukážka Branching Body Part skriptu.

7.3 Systém častí tela (Body Part System)

Tento systém spracováva anatomické dáta pavúka, jeho konštrukciu a správanie počas behu programu. Zahŕňa štyri hlavné typy skriptov spolu so špecializovanými variantami.

7.3.1 ScriptableObject časti tela

Body Part Scriptable Object je trieda odvodená od ScriptableObject, ktorá uchováva všetky statické údaje týkajúce sa danej časti pavúka.

Obsahuje:

- Transformácie *Socketu* – pozícia, rotácia a mierka,
- Transformácie *Mesh Holdera*,
- Referencie na 3D *mesh* a textúry.

7.3.2 Body Part

Body Part je runtime komponent, ktorý odkazuje na konkrétny Body Part Scriptable Object.

Uchováva:

- Aktuálne referencie na transformácie socketu a *mesh holdera*,
- Runtime referencie na mesh a textúry.

Funkčnosť:

- **Zmena typu:** umožňuje výmenu časti za inú na základe nového `ScriptableObject`.
- **Úprava mierky:**
 - Upravuje lokálnu mierku pivoťu.
 - Násobí vzdialenosť medzi aktuálnou časťou a jej podradenými socketmi podľa novej mierky.

7.3.3 Body Part Saver

`Body Part Saver` má podobnú štruktúru ako komponent `Body Part`, ale jeho účelom je uloženie aktuálnych runtime hodnôt (napr. zmien transformácií) do `ScriptableObject`. Nie je určený na používanie počas samotného behu aplikácie alebo interakcie používateľa.

7.3.4 Spider Manager

`Spider Manager` je hlavný riadiaci komponent zodpovedný za správu celkovej štruktúry pavúka.

Uchováva referencie na:

- Všetky inšancované komponenty *Body Part*.
- Všetky `Body Part Scriptable Objects`, usporiadané podľa:
 - **Typu časti** (napr. hlavohruď, bruško, coxa),
 - **Typu pavúka** (napr. Black Widow, Yellow Garden).

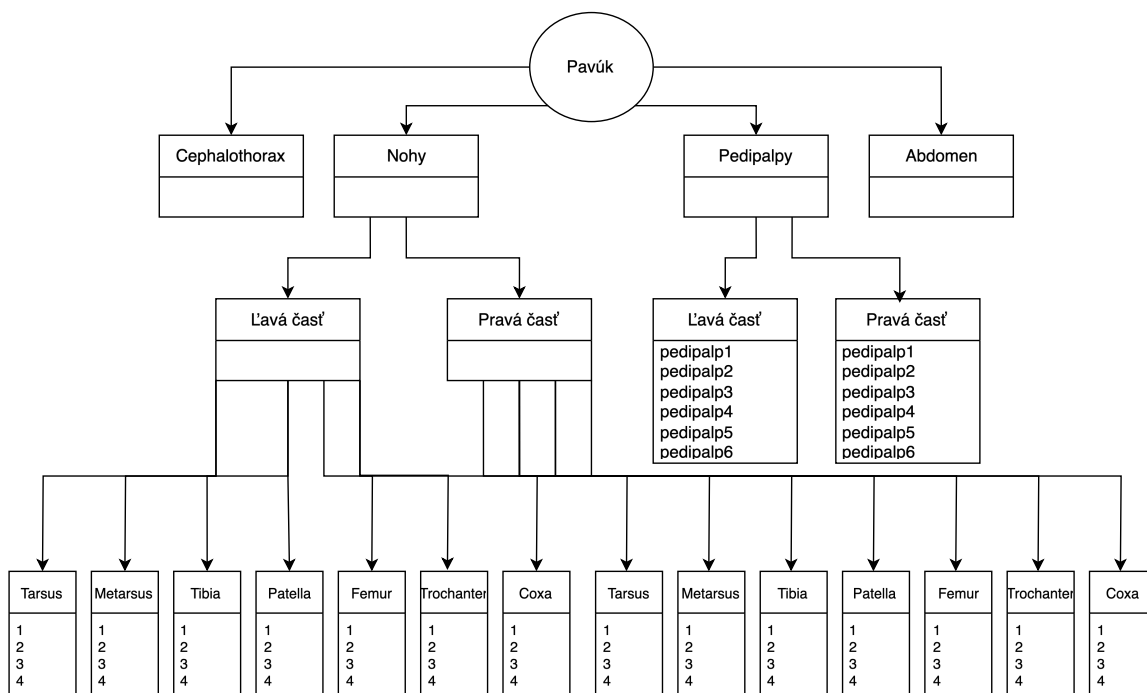
7.3.5 Varianty častí tela

Každý komponent *Body Part* a jeho priradený `Body Part Scriptable Object` existuje v jednom z nasledujúcich variantov:

- **Jednoduchý (Simple)** – obsahuje len jednu samostatnú časť bez akýchkoľvek podradených socketov.
- **Lineárny (Linear)** – obsahuje jednu referenciu na podradený socket, čím vytvára reťazcovú štruktúru.
- **Vetviaci sa (Branching)** – obsahuje pole referencií na viaceré podradené sockety, čo umožňuje tvorbu hierarchických (stromových) anatomických štruktúr.

7.4 Výmena telesných častí

Pre každého pavúka sa vytvoril pomocný skript `Body Part Saver`, ktorý prešiel hernými objektmi a vytvoril `Scriptable Object` aktuálnej časti tak, aby sa zachytila jeho pozícia voči ostatným telesným partiám, a vytvoril buď toho istého pavúka vždy s tou istou kompozíciou, alebo umožnil zmeniť časť z iného pavúka na aktuálneho s tým, aby tie partie zachovávali kompozíciu tela. `Scriptable Object` majú pre každého pavúka danú štruktúru, ktorá je na obrázku 7.2.



Obr. 7.2: Štruktúra uložených `Scriptable Object` pre pavúka Black Widow. Čísla označujú 1-4, označujú nohu 1-4 pre lavú aj pravú časť.

7.4.1 Modifier System

`Modifier System` aplikuje vizuálne a štrukturálne deformácie pavúka v reálnom čase na základe dát definovaných a riadených systémom častí tela (`Body Part System`). Skladá sa z `Modifier Managera` a jednotlivých skriptov typu `Modifier`.

7.4.2 Modifier Manager

Uchováva referencie na všetky modifikátory, ktoré sa majú použiť v danej scéne. Modifikátory sú organizované do tzv. dávok (`batches`), pričom každá dávka je štruktúra obsahujúca sekvenčný zoznam skriptov typu `Modifier`.

Správanie:

- Iteratívne vykonáva všetky modifikátory v rámci jednej dávky.
- Po dokončení všetkých modifikátorov v dávke pokračuje na ďalšiu.
- Scéna sa končí po vykonaní všetkých dávok.

7.4.3 Modifier – štruktúra

Každý skript modifikátora musí implementovať nasledujúce metódy:

- **Set:** Inicializuje modifikátor s požadovanými parametrami,
- **Execute:** Vykoná operáciu deformácie,
- **Try Advance Stage:** Voliteľná metóda na posun modifikátora do ďalšej fázy v prípade viacstupňovej deformácie,
- **Reset:** Obnoví modifikátor do počiatočného stavu.

7.4.4 Linear Spherify Modifier

Aplikuje sférickú deformáciu lineárne pozdĺž určitej časti pavúka. Posúva vrcholy smerom von od zvoleného počiatočného bodu.

Parametre:

- **Počiatkový bod:** Začiatok deformovanej časti,
- **Koncový bod:** Koniec deformovanej časti,
- **Maximálny polomer:** Maximálny rozsah deformácie,
- **Percento nárastu:** Interpoluje medzi počiatočným a maximálnym polomerom pre určenie aktuálneho polomeru.

Správanie:

- Automaticky nastaví počiatkový a koncový bod podľa štruktúry časti pavúka.
- Vykonáva deformáciu postupne pozdĺž dĺžky časti.

7.4.5 Spherical Spherify Modifier

V zásade podobný ako **Linear Spherify Modifier**. Aplikuje lokalizovanú sférickú deformáciu, ktorá sa „otáča“ okolo časti pavúka.

Parametre:

- Pole vertikálnych pozícií,
- Pole horizontálnych pozícií.

Správanie:

- Deformáciu vykonáva iteratívne najprv vo vertikálnom smere, následne v horizontálnom.
- Pri každej horizontálnej iterácii zachováva použitú vertikálnu pozíciu.

7.4.6 Scale Modifier

Mení veľkosť časti pavúka. Vnútoraná logika škálovania je zhodná s tou, ktorá sa používa v komponente `Body Part`.

- Upravuje mierku pivotu.
- Aktualizuje vzdialenosti medzi nadradenými a podradenými socketmi podľa novej mierky.

7.5 Modifikácia telesných častí

Modifikácia celého pavúka je založená na hernom objekte `Spider Editor`, ktorý pod sebou spravuje 2 skripty, a to `Spider Manager` a `Spherify Manager` pre scénu Editoru, alebo pri scéne Meranie `Spider Manager` a `Modifier Manager`.

7.5.1 Implementácia správy častí tela pomocou triedy `SpiderManager`

Trieda `SpiderManager` predstavuje centrálnu komponentu systému `Spider Editor`, zodpovednú za organizáciu a dynamickú výmenu častí pavúčieho tela. Jej hlavnou úlohou je:

- Načítať a uchovávať dátové štruktúry typu `BodyPartSO`, `LegPartSO` a `PedipalpPartSO`.
- Triediť ich podľa typu pavúka (`SpiderType`), časti (`PartType`), strany (`PartSide`) a indexu.
- Poskytovať rozhranie na výmenu častí (metóda `SwapPartSO`).
- Komunikovať s modifikačným systémom (`ModifierManager`) pri každej výmene mesohov.

7.5.2 Dynamická výmena častí

Funkcionalita výmeny vizuálnych komponentov je implementovaná v metóde `SwapPartSO()`, ktorá:

1. Identifikuje nasledujúci (alebo predchádzajúci) typ pavúka.
2. Iteratívne hľadá zodpovedajúcu náhradnú časť v príslušnom slovníku.
3. Pri nájdení platnej náhrady spúšťa procedúru výmeny: zavolá `PrepareForMeshSwap()` z `ModifierManager`, následne vykoná výmenu cez `SwapSO()` a potvrdí výmenu volaním `OnMeshSwapped()`.

7.5.3 Podpora pre Editor Scene

V metóde `OnDrawGizmos()` je implementovaná editorová funkcionalita na:

- Automatické načítanie všetkých `BodyPart` komponentov zo scény a ich roztriedenie do zoznamov `bodyParts`, `legParts` a `pedipalpParts`.
- Dynamické načítanie všetkých `BodyPartSO` súborov z adresára `Resources/SOs`.

7.5.4 Správa sekvencie modifikátorov pomocou triedy ModifierManager

Trieda `ModifierManager` je riadiacim prvkom systému modifikácií v editore Spider Editor. Jej úlohou je spravovať sekvenčné dávky vizuálnych deformácií (modifikátorov), ktoré sa aplikujú na časti pavúčieho tela počas jednej scény. Zároveň integruje biologické dáta (srdcovú frekvenciu) získané zo zariadenia `ExciteOMeter` a zaznamenáva ich spolu s deformáciami pre účely neskoršej analýzy.

Každá samostatná dávka modifikátorov je reprezentovaná pomocnou vnorenou triedou `ModifierBatch`, ktorá obsahuje:

- Referenciu na kameru `CinemachineVirtualCameraBase`, v XR verzii referencia na transform `XR Origin`,
- Pole modifikátorov typu `PartModifier`,
- Logický prepínač `resetOnBatchEnd` určujúci, či sa majú modifikátory na konci dávky resetovať.

Počas inicializácie sa vykoná nastavenie všetkých počiatkových modifikátorov `coreSetters` a následne sa nastaví prvá dávka pomocou metódy `SetBatch()`. V tejto metóde sa pre každý modifikátor nastaví počiatkový stav a zároveň sa priradí spätná udalosť `ModifyCompleted`, ktorá po ukončení modifikácie odstráni modifikátor zo zoznamu `currentModifiers`. Po vyprázdnení tohto zoznamu sa volá `OnBatchCompleted()`.

Sekvenčné spúšťanie dávok

Metóda `OnBatchCompleted()` spracováva ukončenie aktuálnej dávky nasledujúcim spôsobom:

- Vytvorí sa JSON z konfigurácie všetkých modifikátorov v dávke.
- Do tohto JSON sa uloží aktuálny časový údaj (`timestamp`) a srdcová frekvencia (`heartRate`).
- Uložené údaje sa pridajú do poľa `batchesJsons`.
- Spustí sa funkcia pre snímku obrazovky a (pri poslednej dávke) ukončenie merania.
- Pri poslednej dávke sa všetky JSON dáta uložia do `PlayerPrefs` a zobrazí sa záverečný panel.
- V prípade ďalšej dávky sa nastaví jej kamera a aktivuje sa ďalšie spracovanie.

Vstupné a meracie funkcie

Skript obsahuje podporu pre používateľský vstup (kláves `Medzera`), ktorý umožňuje pokročiť v aktuálnom stave modifikátorov prostredníctvom metódy `TryGoToNextStep()`.

Dáta zo zariadenia `ExciteOMeter` sa prijímajú cez udalosť `EoM_Events.OnDataReceived`, pričom sa filtrovaním zabezpečuje spracovanie len údajov typu `HeartRate`.

Podporné funkcie

Trieda obsahuje aj pomocné metódy:

- `PrepareForMeshSwap()` – zavolá na všetkých modifikátoroch prípravnú metódu pri výmene meshov,
- `OnMeshSwapped()` – aktualizuje modifikátory po výmene meshov,
- `OnValidate()` – synchronizuje počet dávok s editorovým nastavením,
- `Awake()` – pripraví dátovú štruktúru pre export JSON údajov.

Atribúty a závislosti

Trieda pracuje s nasledujúcimi atribútmi:

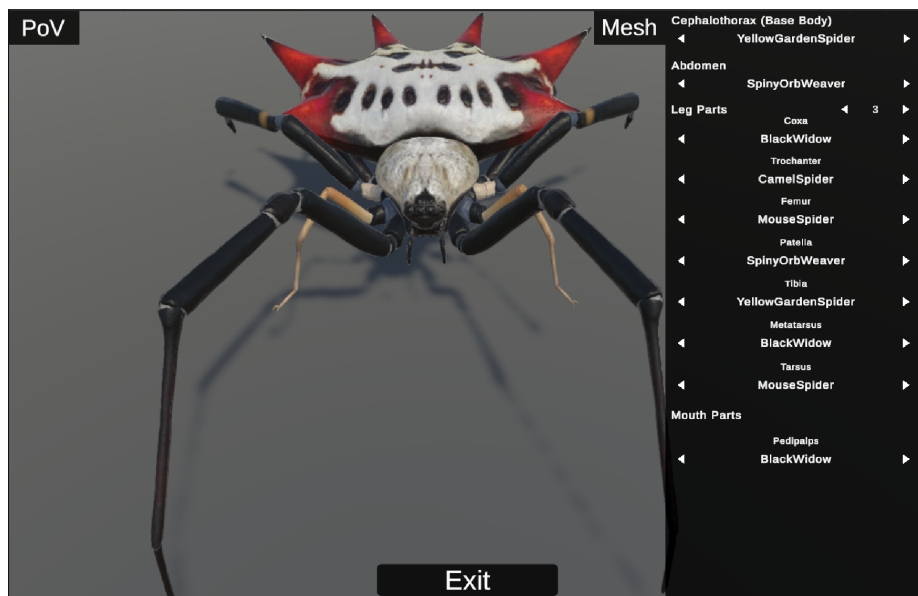
- `coreSetters` – počiatočné modifikátory vykonávané pred dávkami,
- `batches` – pole dávok deformácií,
- `currentModifiers` – aktuálne aktívna skupina modifikátorov,
- `batchesJsons` – pole výsledných JSON záznamov,
- `hrScreenshotBtn`, `hrEndMeasureBtn` – UI prvky na ovládanie merania a snímky,
- `heartRate`, `timestamp` – zaznamenané biometrické údaje,
- `onMeasurementEndPanel` – UI panel zobrazený po ukončení všetkých dávok.

7.6 Scény

V aplikácii sú 3 možné scény, 1 pre editor a 2 pre meranie. Jedna pre VR a jedna pre štandardné zobrazenie.

7.6.1 Editor

Editor scéna poskytuje editovanie pavúka a výmenu za iné časti iných pavúkov. Scéna musí obsahovať objekt pavúka a Spider Editoru. Scéna ponúka rôzne pohľady pri modifikácii a uloženie konfigurácie. Takisto je možnosť vybrať rôznu časť pavúka kliknutím na niektorú z častí a následne pomocou klávesy space spustiť deformáciu. Viditeľná zmena pavúka je na obrázku [7.3](#).



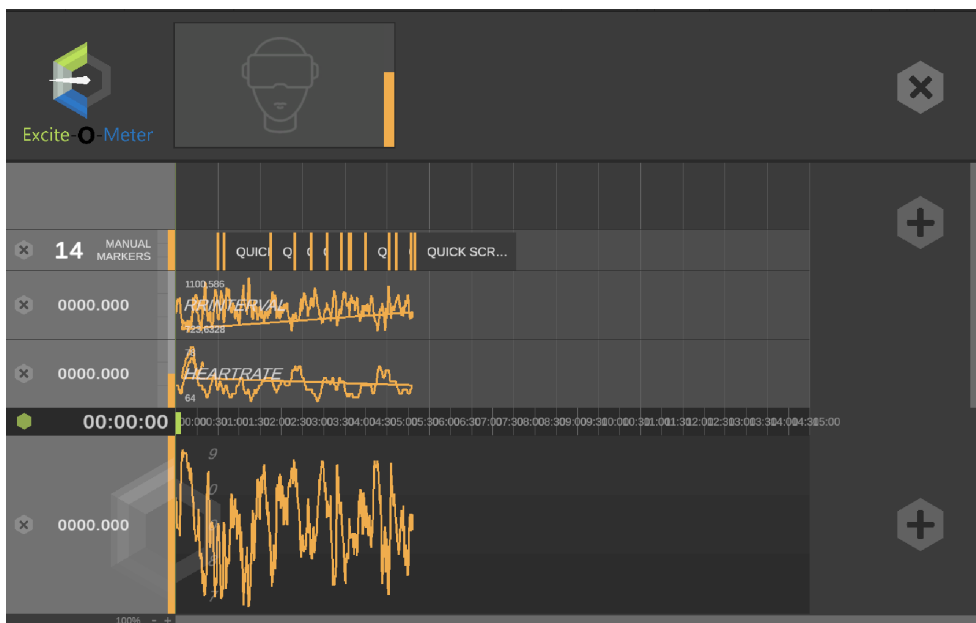
Obr. 7.3: Ukážka z editoru, kde sú vymenené telesné časti rôznych pavúkov.

7.6.2 Meranie

Scéna Meranie bola navrhnutá ako interaktívne meranie určené na záznam a vizualizáciu biologických a pohybových dát počas simulácie s 3D modelom pavúka. Užívateľ bol vystavený sekvencii deformácie u pavúka a to presne 14 týmito zmenami spomenutými v sekcii Meranie 7.6.2. Scéna musela obsahovať prefaby Exciteometeru a to konkrétne:

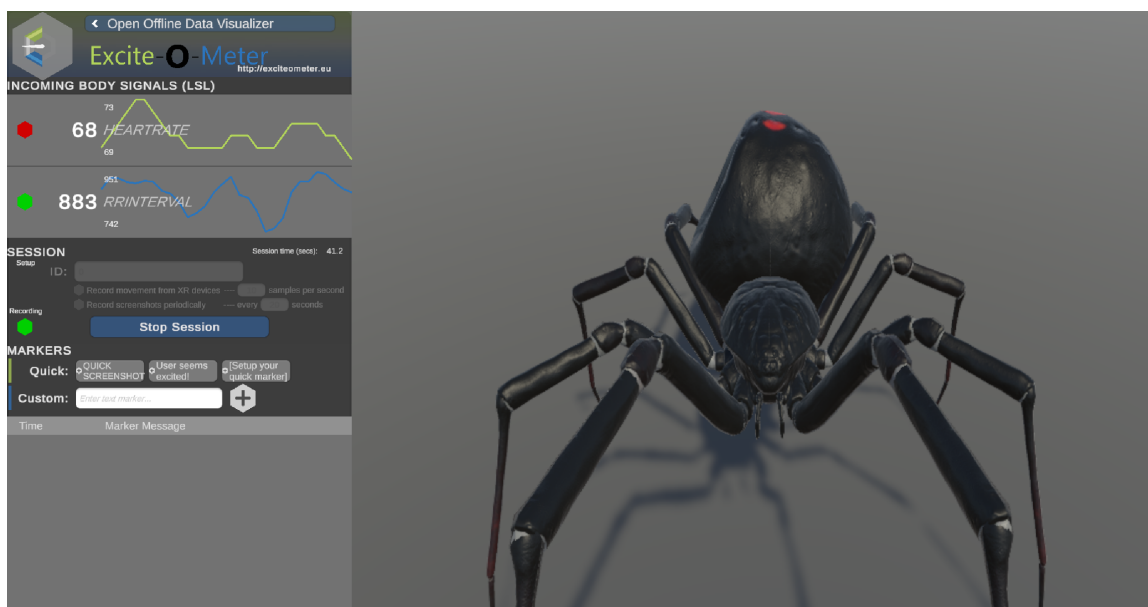
- **ExciteOMeter_OfflineAnalysisManager** – zodpovedá za prepnutie systému do režimu offline analýzy po ukončení merania,
- **EoM_BiofeedbackWorldSpace** – obsahuje vizuálne komponenty pre biofeedback používateľa počas merania,
- **ExciteOMeter_UI_OnlineAnalysis** – zobrazovanie údajov v reálnom čase (online analýza) počas trvania relácie,
- **ExciteOMeter_Manager** – hlavná riadiaca jednotka zodpovedná za inicializáciu, spustenie a ukončenie merania (napr. funkcia `StartSession()`).

Tieto objekty sú aktívne počas celej doby trvania merania. Scéna je naprogramovaná tak, že pri jej načítaní sa automaticky spúšťa relácia pomocou vyvolania funkcie prepojenej s tlačidlom „Start Session“, čo inicializuje všetky meracie procesy. Na konci merania sa tá istá funkcia opätovne vyvolá – tentoraz na ukončenie merania a prepnutie systému do offline režimu analýzy. Offline analýza je na obrázku 7.4



Obr. 7.4: Offline analýza zobrazujúca výsledky jedného merania. Vidno, z hora dole, manuálne značky snímkov obrazovky, grafy RR intervalu a srdcového tepu v čase pre jedného z účastníkov štúdie.

Používateľ má v priebehu merania k dispozícii niekoľko kamier, ktoré umožňujú pozorovať priebeh deformácií modelu. Takisto má poskytnuté interaktívne UI, umožňujúce vidieť jeho srdcový tep, RR interval a možnosť vytvárať vlastné časové značky. V tejto scéne sa pri potvrdení klávesou medzera automaticky vytvára značka **Quick Screenshot**, ktorá vytvorí snímok obrazovky. Priebeh merania je vidno na obrázku 7.5.



Obr. 7.5: Ukážka priebehu modifikácie abdomenu v meraní počas s viditeľným tepom a RR intervalom na UI panely.

7.6.3 Meranie v VR

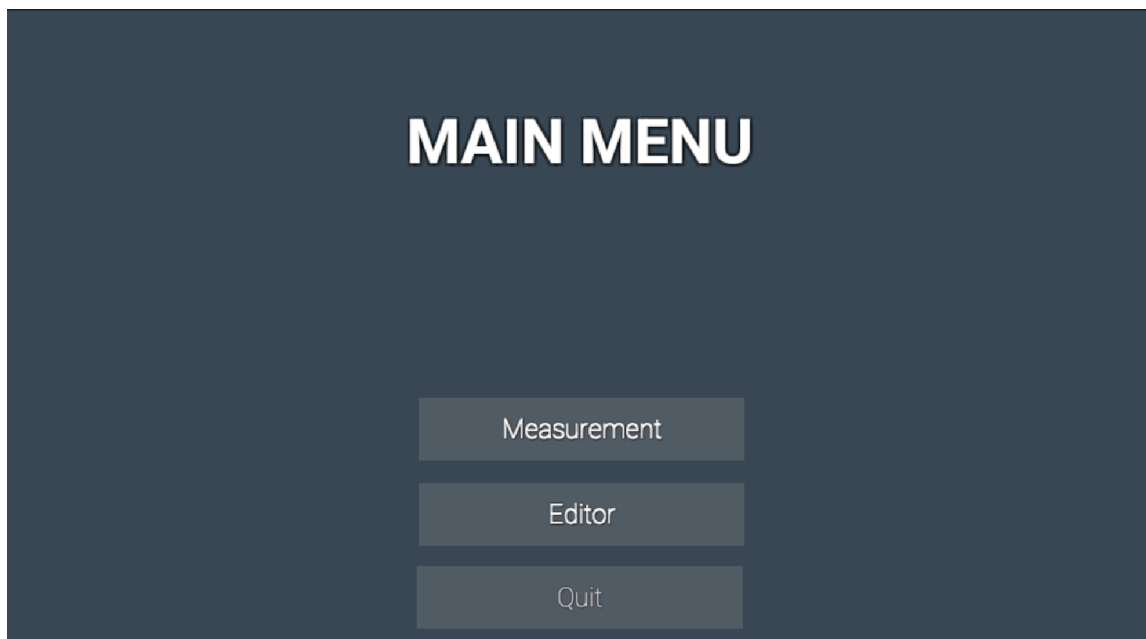
Scéna XR fungovala na rovnakom princípe ako Meranie, s jedinou zmenou, a to pridaním XR Origin balíčka. Kamera pri UI sa musela nastaviť na ScreenSpace – WorldSpace a priradiť ju pod objekt hlavnej kamery.

7.7 Uživatelské prostredie

Uživatelské prostredie aplikácie poskytuje výber medzi scénami v hlavnom menu, nastaveniami kamier v rámci editoru alebo scény merania a v neposlednej rade samostatného editovania jednotlivých častí pavúka a deformácie tvaru. Aplikáciu je možné zastaviť a dostať sa do bočného menu, ktoré umožní rýchle opustenie aplikácie alebo návrat do scény.

7.7.1 Main menu / hlavné menu

Hlavné menu sa skladá z modifikovateľných tlačidiel, ktoré spúšťajú vybrané scény alebo opustenie aplikácie. Náhľad menu je na nasledujúcom obrázku 7.6. Skript, ktorý umožňuje prepínanie medzi jednotlivými scénami, bol inšpirovaný a niektoré časti použité z balíčka vytvoreného pre Unity od tvorcu CodeMonkey.⁹

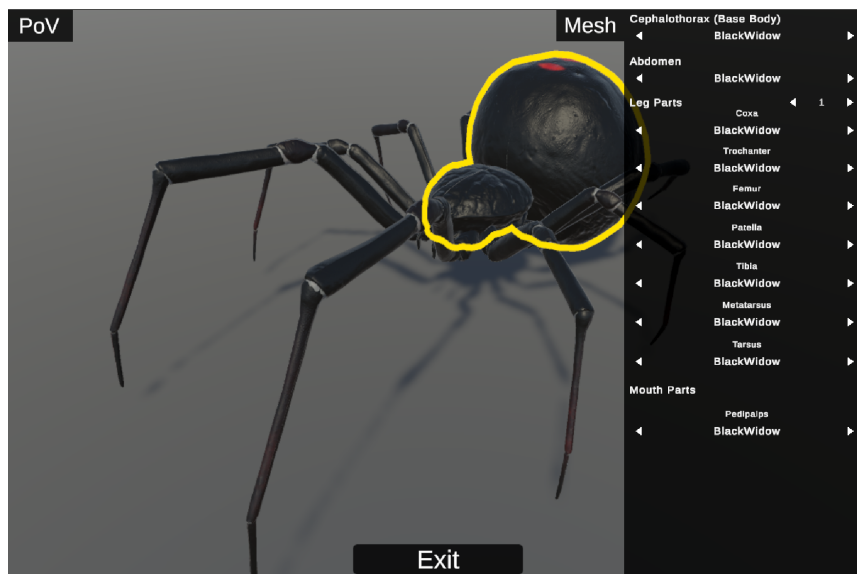


Obr. 7.6: Ukážka hlavného menu simulácie. Tlačítko **Measurement** spustí meranie pre užívateľskú štúdiu. **Editor** spustí editor pavúka a **Quit** vypína aplikáciu.

7.7.2 Editorový panel

Umožňuje meniť časti pavúka za iné časti pavúka pomocou prepínačov a poskytuje nastavenie deformácie po označení a stisknutí na danú časť pavúka. Editor je vidieť na obrázku 7.7.

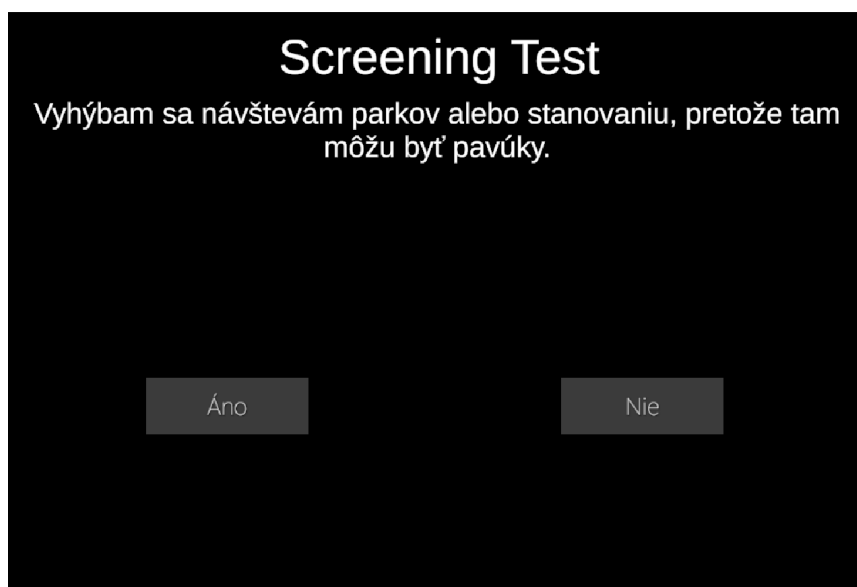
⁹Codemonkey utils Unity balíček dostupný z: unitycodemonkey.com/utills.php



Obr. 7.7: Ukážka z editoru, Čierna vdova a selekcia časti ktorá sa bude deformovať.

7.7.3 Form / formulár

Na dotazovanie používateľov bol vytvorený formulár vnútri aplikácie pre lepšie prepojenie dát. Viditeľná implementácia v Unity je na obrázkoch 7.8 a 7.9. Na začiatku užívateľ vyplní údaje o sebe a vytvorí sa základný JSON súbor, ktorý uloží údaje danej relácie. Otázky boli rozdelené na dve časti: pre test screeningu a test faktorov ovplyvňujúcich strach. Po konci každej časti sa uložili odpovede do JSON-u. Na konci form scény sa prechádza na scénu Meranie.



Obr. 7.8: Implementovaný dotazník v Unity s tlačidlami áno a nie.

Screening Test
Údaje účastníka

Vek

Pohlavie

Vzdelanie v Biológii

Obr. 7.9: Formulár obsahujúci výber údajov používateľa merania.

Kapitola 8

Užívateľská štúdia

Cieľom štúdie bolo zistiť, ako na používateľov pôsobia zmeny vykonané na modeloch pavúka. Štúdia sa snažila zachytiť, či a ako majú tieto zmeny vplyv na osoby, ktoré neboli diagnostikované ako arachnofobici. Poskytla údaje o tom, ktoré časti tela pavúka vyvolávajú najvýraznejšie reakcie u nearachnofobikov, a to na základe údajov o srdcovej frekvencii počas sledovania konkrétnych častí tela. Zároveň sa počas štúdie nahrávalo video z dvoch uhlov pohľadu s cieľom zaznamenať vonkajšiu fyzickú reakciu testovaných osôb. Tieto údaje umožnili určiť, ktoré deformácie častí tela pavúka spôsobujú najväčší strach.

Respondenti boli najskôr podrobení skriningovému testu zameranému na identifikáciu novej prítomnosti arachnofóbie, test v prílohe A. Nasledoval test faktorov v prílohe A, v ktorom respondenti odpovedali, či si myslia, že niektoré konkrétne prvky pavúka môžu v nich vyvolať strach — aj v prípade, že skrining prítomnosť fóbie nepreukázal. Na záver štúdie bola položená otvorená otázka, v ktorej účastníci jednoslovné popísali, čo všeobecne a ktorá časť pavúka v nich vyvolávala najväčší strach.

Spôsob hodnotenia v dotazníku

Respondenti odpovedali na jednotlivé faktory možného strachu jednoduchým výberom medzi možnosťami **áno** – **súhlasím** alebo **nie** – **nesúhlasím**.

Skóre strachu z pavúkov bolo prebraté z článku [10], ktorý sa zaoberal účinnosťou a spoľahlivosťou dotazníkov pre špecifické fóbie, vrátane arachnofóbie. V tejto štúdii dosiahli osoby s potvrdenou arachnofóbiou priemerné skóre 23,76 bodu (SD = 3,80). Na základe týchto údajov bol vypočítaný 95% interval spoľahlivosti ($23,76 \pm 1,81$), teda [21,95; 25,57]. Ako hraničná hodnota pre indikáciu novej arachnofóbie bola zvolená dolná hranica tohto intervalu – skóre 22 bodov.

V tejto štúdii, realizovanej na českej populácii, sa skóre 22 bodov použilo ako takzvaná **cut-off** hodnota. Každý účastník, ktorý v dotazníku Spider Phobia Questionnaire (SPQ) získal 22 a viac bodov z maximálne 31, bol považovaný za potenciálne trpiaceho arachnofóbiou [25].

Štúdia taktiež poskytla časové značky a priebeh srdcového tepu, ktoré spolu s ďalšími metrikami umožnili určiť, ktoré časti tela pavúka vyvolávali najvýraznejšie fyziologické reakcie.

Výpočet prahovej hodnoty pre detekciu srdcových anomálii

Prahová hodnota pre detekciu špičiek v srdcovej frekvencii bola vypočítaná na základe priemernej hodnoty a smerodajnej odchýlky v rámci každej relácie podľa nasledujúceho vzorca:

$$\text{Prahová hodnota} = \text{Priemer} + 2 \times \text{Smerodajná odchýlka}$$

kde:

- **Priemer** predstavuje aritmetický priemer hodnôt srdcovej frekvencie v rámci jednej relácie,
- **Smerodajná odchýlka** vyjadruje rozptýlenie hodnôt okolo priemeru,
- Hodnoty, ktoré túto prahovú hodnotu prekročili, boli označené ako **špičky**.

Táto metóda predpokladá, že hodnoty srdcového tepu sú približne normálne rozdelené. Preto hodnoty nad hranicou 2σ možno považovať za výrazné výnimky.

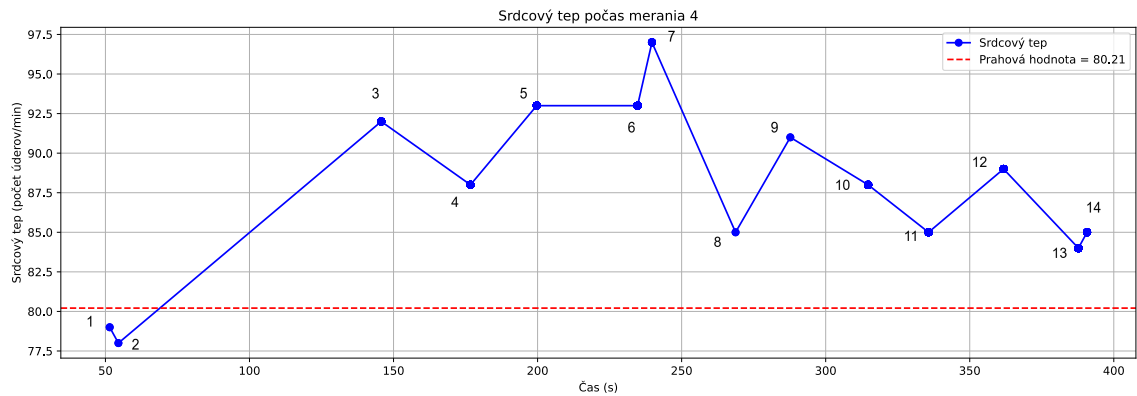
Účastníci

V štúdiu sa uchádzalo 5 účastníkov. Vek uchádzačov bol v rozpätí 25-38 rokov, z toho 2 ženy a 3 muži.

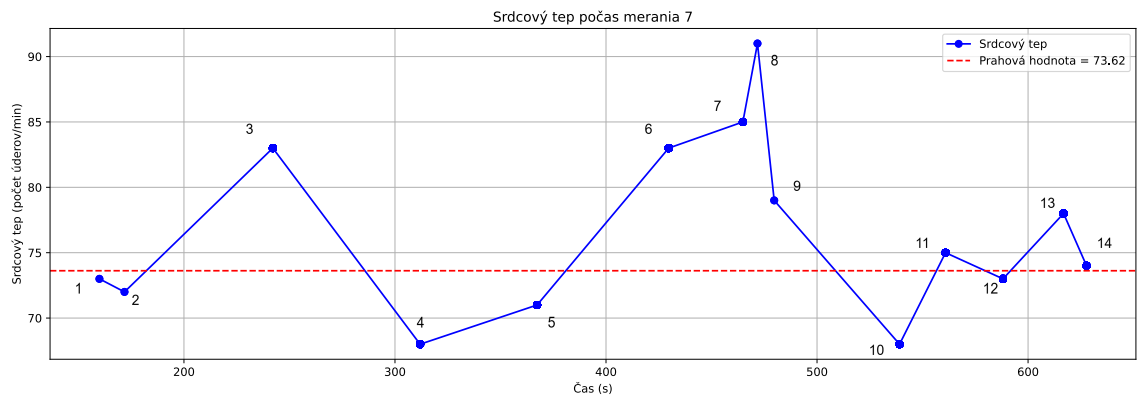
Výsledky Merania

Výsledky ukázali, že u dvoch účastníkov (žena 38 a muž 25) došlo k výrazným anomáliám v reakcii na deformáciu pedipalp (klepietok), čo naznačuje silnú fyziologickú reakciu. Nasledujúci zoznam popisuje číslo bodov a aká časť pavúka sa menila v nasledujúcich grafoch [8.1](#) a [8.2](#).

- 1, 8 – Bruško,
- 2, 9 – Hlavohruď,
- 3, 10 – Predné končatiny,
- 4, 11 – Zadné končatiny,
- 5, 12 – Bočné končatiny,
- 6, 13 – Všetky končatiny,
- 7, 14 – Klepietka.



Obr. 8.1: Prehľad výchyliiek srdcového tepu mimo priemer. Subjekt s výsledkom skríninového testu 21, ktorý je na hranici s potencionálnou arachnofóbiou. Graf ukazuje, že pri bodoch 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 bol tep nad prahovou hodnotou. Čiže pri modifikácii všetkých častí okrem prvotnej modifikácie bruška a hlavohrude.

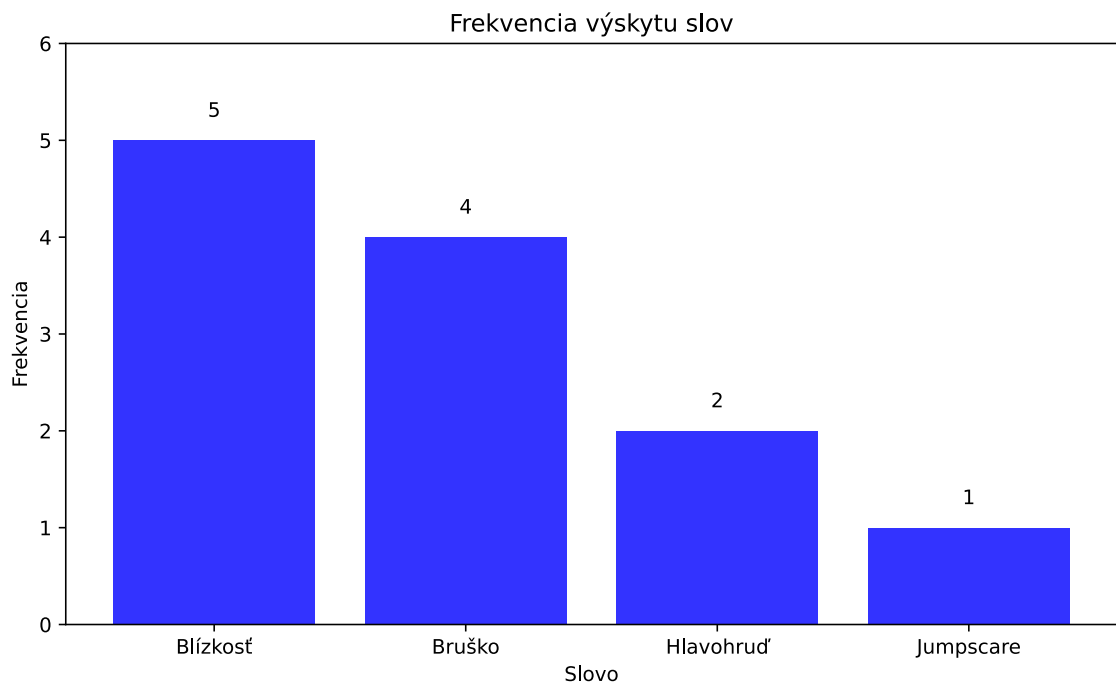


Obr. 8.2: Prehľad výchyliiek srdcového tepu mimo priemer. Subjekt s výsledkom skríninového testu 4, čo preukazuje nízke riziko arachnofóbie. Graf ukazuje, že v bodoch 3, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14 je nad prahovou hodnotou. Čiže pri modifikácii predné končatiny, všetky končatiny, klepietka, bruško, hlavohruď, zadné končatiny, všetky končatiny a klepietka.

Porovnanie ukazuje, že aj účastníci s výrazne rozdielnym skóre v skríninovom teste môžu reagovať veľmi intenzívne na niektoré vizuálne deformácie pavúka. Na základe srdcového tepu boli ako najviac nepríjemné identifikované tieto časti tela: **klepietka a bruško** takisto ako to hovorí štúdia [44].

8.0.1 Výsledky slobodnej otázky

Odpoveď na otázky bola veľmi podobná, kde sa respondenti hlavne opierali na blízkosť v spojení s virtuálnou realitou. Odpoveď bruško bola najmä kvôli nepravidelnosti zmeny tvaru. Táto odpoveď zároveň potvrdzuje vyhodnotenie zo štúdie [44]. Výsledky odpovedí na otvorenú otázku sú znázornené na obrázku 8.3.



Obr. 8.3: Stĺpcový graf vyhodnocujúci odpovede na otvorenú otázku. Blízkosť s najvyšším počtom spomenutá kvôli virtuálnej realite a polohe kamery. Bruško s druhým najvyšším počtom spomenuté kvôli deformácii a veľkosti. Hlavohrud' na tretom, kvôli veľkosti. A Jumpscare, pre rýchlu zmenu kamery na inú časť pavúka.

Poznámka k validite

V predvýskumnej fáze bol použitý dotazník *Spider Phobia Questionnaire (SPQ)*, ktorý má preukázané psychometrické vlastnosti v americkej populácii. Tento nástroj však nebol oficiálne validovaný pre slovenskú ani českú populáciu, čo predstavuje určitú metodologickú limitáciu. Hoci bol dotazník preložený do slovenčiny, tento preklad neprešiel psychometrickým validačným procesom. Pri hodnotení výsledkov sme preto vychádzali z oficiálneho českého prekladu a dát uvedených v štúdiu [25], ktorá poskytuje validované hodnoty pre české prostredie. Tento prístup zabezpečuje čo najvyššiu mieru spoľahlivosti výsledkov v miestnom kontexte.

Kapitola 9

Záver

V práci sú zachytené spôsoby, ktorými možno vytvárať a deformovať tvary objektov tak, aby z existujúcich modelov mohli vzniknúť nové varianty, ktoré preukazujú zvýšený strach na základe zozbieraných dát. Hlavné zameranie bolo na parametrickú deformáciu tela pavúka s cieľom identifikovať, ktoré konkrétne časti pavúka a aký typ deformácie najviac ovplyvňujú mieru strachu u používateľa. Na meranie strachu boli respondenti najskôr vyzvaní absolvovať screeningový test SPQ na zodpovedanie arachnofóbie a následne odpovedať na vytvorené otázky, či tvar alebo blízkosť môžu ovplyvniť ich strach. Ako podpora subjektívneho hodnotenia sa použilo zariadenie na meranie srdcového tepu, ktoré zaznamenávalo tep a RR intervaly v rôznych situáciách a celé meranie prebiehalo v rámci virtuálnej reality pre zintenzívnenie merania.

Výsledkom je funkčné meranie integrované priamo do aplikácie vytvorenej v prostredí Unity. Počas experimentu mal používateľ pripevnený merač srdcového tepu a v reálnom čase interagoval so simuláciou vo virtuálnej realite, v ktorej sa menil tvar pavúka. Na základe tejto interakcie mohol označiť momenty, kedy pociťoval najväčší strach. Aplikácia zároveň obsahuje editor, ktorý umožňuje vytváranie vlastných modifikovaných pavúkov – buď výmenou častí za iné, alebo ich deformáciou podľa potrieb používateľa.

Výsledky štúdie ukázali, že najviac strachu u respondentov vyvolávali najmä oblasti bruška a klepietok. Viacerí respondenti uviedli, že doplnenie procedurálnych anomálií by mohlo ešte viac vystupňovať pocit strachu a rozšíriť možnosti tvorby desivých animácií. Zároveň sa poukázalo na potrebu zlepšenia integrácie údajov zo systému `ExciteOMeter` – konkrétne tak, aby sa pri zaznamenávaní logov srdcového tepu ukladal aj aktuálny stav deformácie (batch) pri každom údere srdca, a nie iba vtedy, keď používateľ manuálne potvrdí, že cíti najväčší strach z deformovanej časti.

Do budúcnosti by projekt mohol rozšíriť možnosti o parametrizáciu ďalších vlastností pavúkov, ako sú chlpatosť alebo oči, a sledovať ich vplyv na intenzitu strachu. Na základe údajov od používateľov a nameraných fyziologických reakcií by bolo možné optimalizovať generovanie vizuálne desivých pavúkov.

Túto prácu je prínos pri identifikovaní častí pavúka, ktoré môžu u ľudí – aj bez klinicky diagnostikovanej arachnofóbie – vyvolať strach, pričom objektívne meranie srdcového tepu umožňuje zachytiť aj skryté fyziologické reakcie, ktoré by inak ostali bez povšimnutia.

Literatúra

- [1] ADOLPHS, R. The Biology of Fear. *Current Biology*. Elsevier. 2013, zv. 23, č. 2, s. R79–R93. DOI: 10.1016/j.cub.2012.11.055.
- [2] BELL, C. C. DSM-IV: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. *JAMA*. September 1994, zv. 272, č. 10, s. 828–829. DOI: 10.1001/jama.1994.03520100096046. ISSN 0098-7484.
- [3] BORN, W. B. W. *Where Beasts Were Born – Action RPG with Evolving Creatures*. 2025. Accessed: 2025-03-05. Dostupné z: <https://discourse.panda3d.org/t/where-beasts-were-born-action-rpg-with-evolving-creatures/28604>.
- [4] CENTRUM PRO NEUROVĚDY. *Co je to fMRI*. 2024. Navštívené: 16. mája 2025. Dostupné z: <https://www.neuromodulace.eu/co-je-to-fmri>.
- [5] CODDINGTON, J. A. Silk, Spiders, and Spider Webs. *Scientific American*. 1. vyd. 1990, zv. 262, č. 6, s. 100–106. DOI: 10.1038/scientificamerican0690-100.
- [6] CODERAMA. *Čo je UI design – vysvetlenie pojmu*. 2023. Citované 17. mája 2025. Dostupné z: <https://coderama.com/slovník/ui-design>.
- [7] CONSILIA BRNO. *What Is Bluetooth® Low Energy (BLE) and the Most Common Uses in 2024*. 2024. Accessed: 2025-05-17. Dostupné z: <https://www.consilia-brno.com/what-is/what-is-ble-and-use-cases>.
- [8] FEINSTEIN, J. S., ADOLPHS, R., DAMASIO, A. a TRANEL, D. The Human Amygdala and the Induction and Experience of Fear. *Current Biology*. 2011, zv. 21, č. 1, s. 34–38. DOI: 10.1016/j.cub.2010.11.042. ISSN 0960-9822. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982210015083>.
- [9] FOELIX, R. F. *Biology of Spiders*. 2nd. Oxford University Press, 1996. ISBN 9780195095944.
- [10] FREDRIKSON, M. Reliability and validity of some specific fear questionnaires. *Scandinavian Journal of Psychology*. 1983, zv. 24, č. 4, s. 331–334. DOI: 10.1111/j.1467-9450.1983.tb00507.x.
- [11] GRAHAM, F. K. a CLIFTON, R. K. Heart-rate change as a component of the orienting response. *Psychological Bulletin*. 1966, zv. 65, č. 5, s. 305–320. DOI: 10.1037/h0023258.
- [12] GRAY, J. A. *The Psychology of Fear and Stress*. 2nd. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. ISBN 978-0303760566.

- [13] GREGORY, J. *Game Engine Architecture*. 3. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2018. ISBN 978-1-138-03545-4.
- [14] GROUP, B. S. I. *Part G: Generic Attribute Profile (GATT)*. 2023. Accessed: 2025-04-24. Dostupné z: <https://www.bluetooth.com/wp-content/uploads/Files/Specification/HTML/Core-54/out/en/host/generic-attribute-profile--gatt-.html>.
- [15] KAPUSTKA, J., ZIELIŃSKI, D., BOROWIEC, P., GOS, D. a CZUPRYNA, W. Analysis of the arachnophobia level based on contact with spiders and the Fear of Spiders Questionnaire. *Journal of Animal Science Biology and Bioeconomy*. 2023, zv. 39, č. 2, s. 13–23. DOI: 10.24326/jasbb.2023.5045.
- [16] KLORMAN, R., WEERTS, T. C., HASTINGS, J. E., MELAMED, B. G. a LANG, P. J. Psychometric descriptions of some specific fear questionnaires. *Behavior Therapy*. 1974, zv. 5, s. 401–409.
- [17] LARSON, C. L., SCHAEFER, H. S., SIEGLE, G. J., JACKSON, C. A., ANDERLE, M. J. et al. Fear Is Fast in Phobic Individuals: Amygdala Activation in Response to Fear-Relevant Stimuli. *Biological Psychiatry*. 2006, zv. 60, č. 4, s. 410–417. DOI: 10.1016/j.biopsych.2006.03.079. ISSN 0006-3223.
- [18] LAYER, L. S. *Lab Streaming Layer*. 2025. Prístup: 2025-05-06. Dostupné z: <https://labstreaminglayer.org/>.
- [19] LEDOUX, J. Rethinking the Emotional Brain. In: DĘBIEC, J., HELLER, M., BROŻEK, B. a LEDOUX, J., ed. *The Emotional Brain Revisited*. Copernicus Center Press, 2014, s. 13–40. ISBN 9788378860426. Dostupné z: <https://www.ccpres.pl/produkt/the-emotional-brain-revisited/>.
- [20] LINDNER, P., MILOFF, A., REUTERSKIÖLD, L., ANDERSSON, G. a CARLBRING, P. What is so frightening about spiders? Self-rated and self-disclosed impact of different characteristics and associations with phobia symptoms. *Scandinavian Journal of Psychology*. February 2019, zv. 60, č. 1, s. 1–6. DOI: 10.1111/sjop.12508. Epub 2018 Dec 17.
- [21] MACDONALD, A. M. a MURRAY, R. M. *The Genetics of Anxiety Disorders*. International Psychotherapy Institute, 2018. Dostupné z: <https://www.freepsychotherapybooks.org/ebook/the-genetics-of-anxiety-disorders/>.
- [22] MAHMOUDI NEJAD, A., GUZDIAL, M. a BOULANGER, P. Arachnophobia Exposure Therapy Using Experience-Driven Procedural Content Generation via Reinforcement Learning (EDPCGRL). *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment*. Oct. 2021, zv. 17, č. 1, s. 164–171. DOI: 10.1609/aiide.v17i1.18904. Dostupné z: <https://ojs.aaai.org/index.php/AIIDE/article/view/18904>.
- [23] MICROSOFT CORE INFRASTRUCTURE AND SECURITY BLOG TEAM. *Diagnosing Network Isolation Issues*. 2021. Accessed: 2025-04-28. Dostupné z: <https://techcommunity.microsoft.com/t5/core-infrastructure-and-security/diagnosing-network-isolation-issues/ba-p/2511562>.

- [24] MUGGERIDGE, D. J., HICKSON, K., DAVIES, A. V., GIGGINS, O. M., MEGSON, I. L. et al. Measurement of Heart Rate Using the Polar OH1 and Fitbit Charge 3 Wearable Devices in Healthy Adults During Light, Moderate, Vigorous, and Sprint-Based Exercise: Validation Study. *JMIR mHealth and uHealth*. JMIR Publications. 2021, zv. 9, č. 3, s. e25313. DOI: 10.2196/25313. Dostupné z: <https://mhealth.jmir.org/2021/3/e25313>.
- [25] POLÁK, J., SEDLÁČKOVÁ, K., JANOVCOVÁ, M., VODIČKA, J., RÁDLOVÁ, V. et al. Measuring fear evoked by the scariest animal: Czech versions of the Spider Questionnaire and Spider Phobia Beliefs Questionnaire. *BMC Psychiatry*. Springer Nature. 2022, zv. 22, č. 1, s. 18. DOI: 10.1186/s12888-021-03672-7.
- [26] POLAR. *Wearing the Heart Rate Sensor*. N.d. Accessed: 2025-03-24. Dostupné z: https://support.polar.com/en/support/wearing_the_heart_rate_sensor.
- [27] PUCEK, Z. *Biologický slovník*. Praha: Academia, 1993. ISBN 80-200-0361-1.
- [28] QUINTERO, L., MUÑOZ, J. E., MOOIJ, J. d. a GAEBLER, M. Excite-O-Meter: Software Framework to Integrate Heart Activity in Virtual Reality. In: *2021 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*. 2021, s. 357–366. DOI: 10.1109/ISMAR52148.2021.00052.
- [29] QUINTERO, L., MUÑOZ, J. E., MOOIJ, J. d. a GAEBLER, M. *ExciteOMeter – EOM*. 2025. Online; cit. 2025-05-17. Dostupné z: <https://sites.google.com/view/exciteometer>.
- [30] RAIS, V. *Strach z pavouků: Spider Phobia Questionnaire – ověření základních psychometrických parametrů [online]*. 2020 [cit. 2025-05-02]. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta sociálních studií, Brno. SUPERVISOR : Hynek Cígler. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/jg72n/>.
- [31] SARLO, M., PALOMBA, D., ANGRILLI, A. a STEGAGNO, L. Blood phobia and spider phobia: two specific phobias with different autonomic cardiac modulations. *Biological Psychology*. 2002, zv. 60, č. 2, s. 91–108. DOI: 10.1016/S0301-0511(02)00030-3. ISSN 0301-0511. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301051102000303>.
- [32] SARTORY, G., RACHMAN, S. a GREY, S. An investigation of the relation between reported fear and heart rate. *Behaviour Research and Therapy*. 1977, zv. 15, č. 5, s. 435–438. DOI: 10.1016/0005-7967(77)90048-1.
- [33] SCHAFFARCZYK, M., ROGERS, B., REER, R. a GRONWALD, T. Validity of the Polar H10 Sensor for Heart Rate Variability Analysis during Resting State and Incremental Exercise in Recreational Men and Women. *Sensors*. 2022, zv. 22, č. 17. DOI: 10.3390/s22176536. ISSN 1424-8220. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/17/6536>.
- [34] SCHUMANN, C. M., BAUMAN, M. D. a AMARAL, D. G. Abnormal structure or function of the amygdala is a common component of neurodevelopmental disorders. *Neuropsychologia*. March 2011, zv. 49, č. 4, s. 745–759. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.028.

- [35] SHAFFER, F. a GINSBERG, J. P. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*. 2017, zv. 5, s. 258. DOI: 10.3389/fpubh.2017.00258. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2017.00258>.
- [36] SHAKER, N., TOGELIUS, J. a NELSON, M. *Procedural Content Generation in Games*. 1. vyd. Január 2016. ISBN 978-3-319-42714-0.
- [37] SWANSON, L. W. a PETROVICH, G. D. What is the amygdala? *Trends in Neurosciences*. Elsevier. August 1998, zv. 21, č. 8, s. 323–331. DOI: 10.1016/S0166-2236(98)01265-X. ISSN 0166-2236.
- [38] UNITY. *Manual* [online]. Unity, máj 2022 [cit. 2025-04-05]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/>.
- [39] WHERE BEASTS WERE BORN. *Where Beasts Were Born – A Procedural Creature Generation Project*. 2025. Accessed: 2025-03-05. Dostupné z: <https://where-beasts-were-born.com/>.
- [40] WILSON, C. J., TICKLE, C. S., BIRCH, J. L., HENRY, J. D. a BAILEY, J. M. Direct comparison of virtual reality and 2D delivery on sense of presence, emotional and physiological outcome measures. *Frontiers in Virtual Reality*. 2023, zv. 4, s. 1211001. DOI: 10.3389/frvir.2023.1211001. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2023.1211001/full>.
- [41] WRZESIEN, M., ALCAÑIZ, M., BOTELLA, C., BURKHARDT, J.-M., BRETÓN LÓPEZ, J. et al. The Therapeutic Lamp: Treating Small-Animal Phobias. *IEEE Computer Graphics and Applications*. 1. vyd. Jan 2013, zv. 33, č. 1, s. 80–86. DOI: 10.1109/MCG.2013.12. ISSN 1558-1756.
- [42] WU, Y., GU, R., YANG, Q. a LUO, Y.-j. How Do Amusement, Anger and Fear Influence Heart Rate and Heart Rate Variability? *Frontiers in Neuroscience*. 2019, zv. 13. DOI: 10.3389/fnins.2019.01131. ISSN 1662-453X. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/journals/neuroscience/articles/10.3389/fnins.2019.01131>.
- [43] ZINBARG, R. E. et al. Neuroticism predicts anxiety and depression disorders. *Northwestern Now*. 2016. Dostupné z: <https://news.northwestern.edu/stories/2016/01/neuroticism-predicts-anxiety-depression-disorders/>.
- [44] ZVARÍKOVÁ, M., PROKOP, P., ZVARÍK, M., JEŽOVÁ, Z., MEDINA JEREZ, W. et al. What Makes Spiders Frightening and Disgusting to People? *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2021, zv. 9. DOI: 10.3389/fevo.2021.694569. ISSN 2296-701X. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/journals/ecology-and-evolution/articles/10.3389/fevo.2021.694569>.
- [45] ÖHMAN, A. a MINEKA, S. Fears, Phobias, and Preparedness: Toward an Evolved Module of Fear and Fear Learning. *Psychological Review*. 2001, zv. 108, č. 3, s. 483–522. DOI: 10.1037/0033-295X.108.3.483.

Príloha A

Dotazník užívateľskej štúdie

Dotazník a jeho otázky sú popísané v tejto prílohe, diskusia výsledkov a vytvorených príloh.

Ako veľmi ovplyvňujú to či sa bojíte pavúka nasledujúce faktory?

- Myslím si, že veľkosť pavúka ovplyvňuje, či sa ho bojím.
- Myslím si, že to, ako je pavúk blízko, ovplyvňuje, či sa ho bojím.
- Myslím si, že to, či je pavúk skutočný alebo nie, ovplyvňuje, či sa ho bojím.
- Myslím si, že veľkosť pavúčích nôh ovplyvňuje, či sa ho bojím.
- Myslím si, že veľkosť pavúčích klepiet ovplyvňuje, či sa ho bojím.
- Myslím si, že veľkosť pavúcieho bruška ovplyvňuje, či sa ho bojím.
- Myslím si, že veľkosť pavúcej hlavohrude ovplyvňuje, či sa ho bojím.
- Myslím si, že nepravidelnosť tvaru pavúka ovplyvňuje, či sa ho bojím.
- Myslím si, že to, či sa pavúk deformuje alebo nafukuje, ovplyvňuje, či sa ho bojím.

Zakončený voľnou otázkou: Čo vám spôsobuje strach u pavúkov?

Nasledujúce otázky boli prevzaté zo Spider Fear Questionnaire¹, ktorý vyvinuli Klorman a kol. (1974) [16].

Preklad otázok do Českého Jazyka bol prevzatý z práce [30].

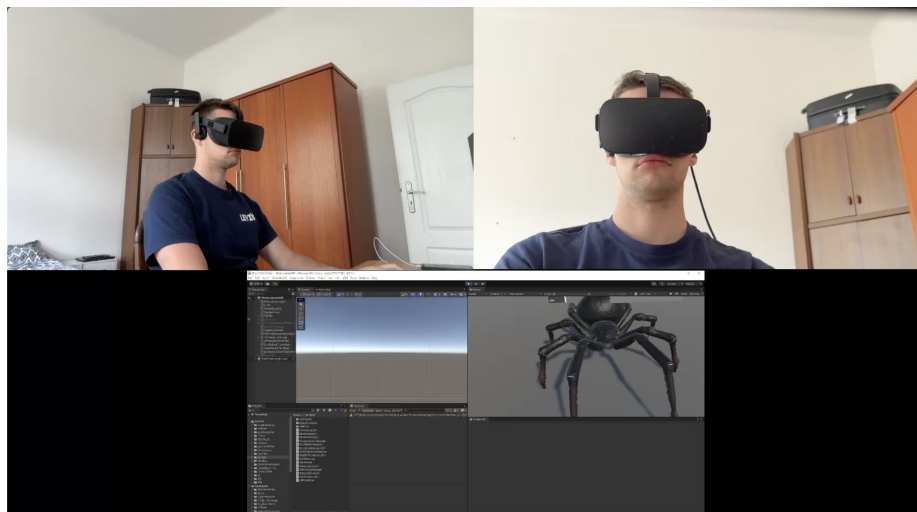
1. Vyhýbám se chození do parků nebo táboření v přírodě, protože tam mohou být pavouci.
2. Necítíl bych se dobře, kdybych měl držet v ruce hračku v podobě pavouka.
3. Když se ve filmu objeví záběr na pavouka, jak leze po člověku, musím otočit hlavu.
4. Nerad se dívám v časopisech na obrázky pavouků.

¹Otázky štúdie SPQ v originálnom znení dostupné z: psytoolkit.org/survey-library/spider-fear-spq.html

5. Pokud je na stropě nad mojí postelí pavouk, nemohu spát, dokud ho někdo nezabije.
6. Rád se dívám na pavouky, jak tkají svoje sítě.
7. Děsí mě i jen myšlenka, že se dotknu neškodného pavouka.
8. Když se někdo zmíní, že jsou někde kolem pavouci, jsem hned ve střehu a nervózní.
9. Nešel bych do sklepa, abych něco přinesl, pokud bych si myslel, že tam mohou být pavouci.
10. Kdyby se stalo, že si chci obout botu a z ní vylezl pavouk, necítil bych se dobře.
11. Pokud spatřím pavouka, cítím napětí a neklid.
12. Rád čtu články o pavoucích.
13. Když uvidím pavouka, dělá se mi špatně.
14. Pavouci jsou někdy užiteční.
15. Přeběhne mi mráz po zádech, když pomyslím na pavouky.
16. Neškodný pavouk poblíž, mi nevádí, pokud je se mnou i někdo, komu můžu důvěřovat.
17. Někteří pavouci vypadají velmi atraktivně.
18. Nevěřím, že někdo může držet pavouka a necítit přitom trochu strach.
19. Pohyb pavouků ve mně vzbuzuje odpor.
20. Dotknout se mrtvého pavouka dlouhou tyčí by mně nevádílo.
21. Kdybych uklízel na půdě a uviděl přitom pavouka, asi bych utekl.
22. Mám asi větší strach z pavouků než z jakéhokoli jiného zvířete.
23. Nechtěl bych jet do Mexika nebo Střední Ameriky, kvůli tomu, že se tam ve velkém počtu vyskytují tarantule.
24. Dávám si pozor, když nakupuji ovoce, protože vím, že u banánů se často schovávají pavouci.
25. Z pavouků, kteří nejsou jedovatí, strach nemám.
26. Nevybral bych si jako předmět biologii, pokud bych si myslel, že se tam budeme starat o živé pavouky.
27. Pavučiny mohou působit jako umělecké dílo.
28. Nemyslím si, že mám větší strach z pavouků, než lidé v průměru mívají.
29. Raději nedočtu knížku, pokud zápletka souvisí s pavouky.
30. Nejen, že se bojím pavouků, ale úzkost ve mně vyvolávají i stonožky a housenky.
31. Raději přijdu pozdě i na velmi důležitou schůzku, než abych využil zkratku a šel podchodem, protože tam mohou být pavouci.

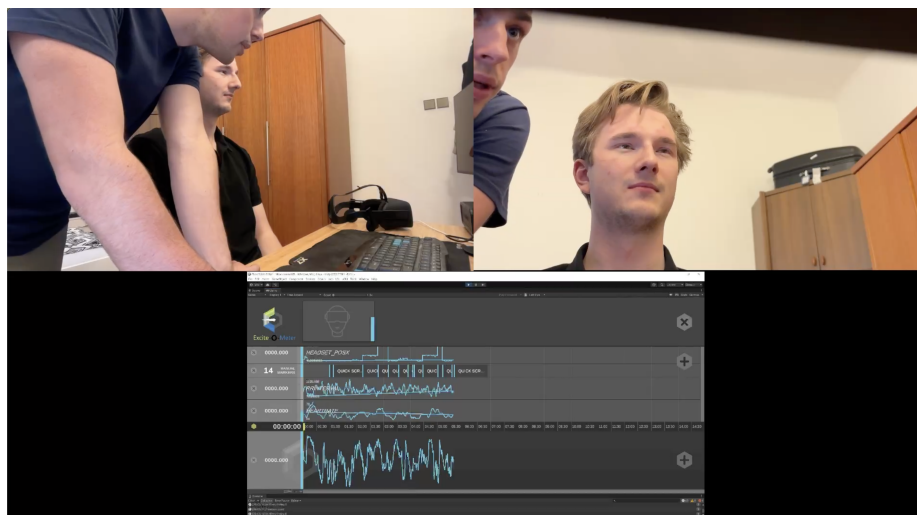
Nastavenie užívateľskej štúdie

V štúdiu boli monitorovaní užívatelia, kde najprv zodpovedali otázky bez headsetu Oculus Rift a srdcovým meračom, neskôr, pred začatím, boli varovaní, že nasleduje pasáž merania s headsetom, v ktorej budú mať za úlohu vybrať, kedy je pre nich modifikovaná časť pavúka najviac nepríjemná stlačiť klávesu, ktorou budú pokračovať v sekvencii zmien. Celá štúdia bola ešte monitorovaná na videozáznam, ktorý je vidno na obrázku A.1.



Obr. A.1: Kamera vľavo hore zaber z boku pre zaznamenanie pohybu rúk, vpravo hore pre zaznamenanie výrazy tvare a zaber z vnútra virtuálnej reality.

Na konci samostatnej štúdie boli používateľom ešte ukázané ich priebehy počas merania a ukázalo sa, v ktorej časti mali nadpriemerný tep, ako je vidno na obrázku A.2.



Obr. A.2: Užívatelovi boli ukázané dáta, kedy zaznamenával snímok obrazovky a priebeh jeho srdcového tepu a RR intervalov.