

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Tadej Šuštaršič

**Pregled vloge računalniške tehnologije  
pri učenju plesa**

DIPLOMSKO DELO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE  
STOPNJE RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: prof. dr. Franc Solina

Ljubljana 2014



Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavljanje ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.



Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Tematika naloge:

Računalniška tehnologija je temeljito predrugačila marsikatero področje človeškega delovanja in ustvarjanja. Učenje plesa pa je aktivnost v katero računalniška tehnologija šele začenja zares posegati. V zaključnem delu podrobno analizirajte trenutno vlogo računalniške tehnologije pri poučevanju plesa in pri plesu nasploh. Eno od obetavnih tehnologij, to je zajem 3D gibanja človeka, tudi v praksi preizkusite. Na koncu naredite oceno, katera tehnologija in na kakšen način bo v bližnji prihodnosti najbolj vplivala na poučevanje plesa.

Computer technology radically transformed many areas of human endeavor and creativity. Teaching and learning of dance is an activity where computer technology is only starting to have an influence. For this work make a detailed analysis what is the current role of computer technology in dance instruction and in dance in general. Test one of the promising technologies, the capture of 3D human motion, also in practice. At the end, make a prediction which technology and in what way will be in the near future the most influential.



## IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani Tadej Šuštaršič, z vpisno številko **63070155**, sem avtor diplomskega dela z naslovom:

*Pregled vloge računalniške tehnologije pri učenju plesa.*

*Overview of the use of computer technology for dance instruction.*

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom prof. dr. Franca Soline,
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela,
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela na svetovnem spletu preko univerzitetnega spletnega arhiva.

V Ljubljani, dne 17. julija 2014

Podpis avtorja:





# Zahvala

*V prvi vrsti se zahvaljujem staršem za finančno podporo v trajanju študija v Ljubljani. Prav tako se zahvaljujem Romani Potočnik za motiviranje za zaključevanje zadnjih izpitov. Pri obsegu diplomskega dela se zahvaljujem mentorju prof. dr. Francu Solini za predlagano temo. Znotraj izdelave diplomskega dela želim izreči zahvalo še Vidi Groznik, ki mi je omogočila delo s programom in obleko za zajemanje 3D gibanja in Anji Kejžar, ki je nosila obleko s senzorji.*



# Kazalo

Zahvala

Povzetek

Abstract

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Zgodovina in razvoj plesne notacije</b>	<b>3</b>
2.1	Stepanova notacija . . . . .	4
2.2	Massinova notacija . . . . .	6
2.3	Labanotacija . . . . .	7
2.4	Beneshova notacija . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Sistemi za zapis notacije</b>	<b>11</b>
3.1	Sistem CHOREO . . . . .	12
3.2	Sistem CHOREO-L . . . . .	13
<b>4</b>	<b>Načrtovanje in oblikovanje sistema</b>	<b>17</b>
4.1	Načrtovanje sistema . . . . .	18
4.2	Načrtovanje vmesnika . . . . .	19
<b>5</b>	<b>Predstavitev sistema za učenje baleta</b>	<b>23</b>
5.1	Predstavitev . . . . .	23
5.2	Metode . . . . .	24
5.3	Rezultati . . . . .	27
5.4	Zaključek . . . . .	29

<b>6</b>	<b>Predstavitev sistema za učenje ritmike</b>	<b>31</b>
6.1	Ritem in ploskanje pri flamenku . . . . .	31
6.2	Palmas: ploskanje pri flamenku . . . . .	32
6.3	Implementacija . . . . .	32
6.4	Vadba ritma . . . . .	35
6.5	Rezultati in analiza . . . . .	37
6.6	Zaključki . . . . .	38
<b>7</b>	<b>Sistem na podlagi zaznavanja gibanja</b>	<b>39</b>
7.1	Uvod . . . . .	39
7.2	Sistem za učenje plesa . . . . .	42
7.3	Ocenjevanje . . . . .	47
7.4	Zaključek . . . . .	50
<b>8</b>	<b>Primer 3D zajema gibanja</b>	<b>53</b>
8.1	Priprava . . . . .	53
8.2	Zaključki . . . . .	57
<b>9</b>	<b>Zaključek</b>	<b>59</b>
9.1	Prednosti in slabosti . . . . .	60
9.2	Nadaljnje delo . . . . .	60

# Povzetek

V diplomskem delu je podan pregled, kako se računalniška tehnologija povezuje s plesom. Kot na številnih drugih ustvarjalnih področjih, ima sodobna informacijska tehnologija vpliv tudi na dogajanja na plesnem področju. Opisana je kratka zgodovina razvoja plesne notacije in kako je notacija lahko podprta z računalniškimi rešitvami. Še posebej nas zanima, kako lahko računalniške rešitve olajšajo učenje plesa. Predstavljeni so posamezni poskusi uporabe računalnikov pri poučevanju plesa tako na začetni kot višji stopnji plesnega znanja. Ključen element takih sistemov je zajem tridimenzionalnega gibanja plesalca. V okviru diplomskega dela smo v praksi preizkusili enega od obstoječih sistemov za zajem gibanja plesalca. Čeprav so tehnologije za zajem gibanja plesalca v tem trenutku še zapletene in drage, gre tehnološki razvoj nedvomno v to smer. To bo omogočilo povsem nove načine poučevanja plesa, bodisi s pomočjo nadzora računalnika ali pa poučevanja v virtualnem svetu na daljavo.

**Ključne besede:** ples, plesna notacija, 3D zajem gibanja, program za učenje plesa.



# Abstract

This work gives an overview of the role of computer technology in dance. As in other creative areas, contemporary information technology has an influence also on how dance is recorded, taught and learned. A short historical overview of how dance notation evolved over time and how the proces of notation can be supported by computers is given. In particular, we are interested, how computer based solutions can facilitate learning of dance. Several attempts of using computers for dance instruction on an introductory and advanced level are presented and discussed. The key element of such systems is the capture of three-dimensional movement of dancers. In the practical part of this work, we tested one such existing system for the recording of the dancer's movement. Although the technologies for the capture of a dancer's movement are at this point still quite complex and expensive, the technological development goes clearly in this direction. This will enable completely new methods of dance instruction, using computer based instruction or a human instructor over distance in a virtual environment.

**Keywords:** dance, dance notation, 3D movement capture, program for dance instruction.





# Poglavje 1

## Uvod

Namen tega diplomskega dela je izdelati podroben pregled razvoja, ki bi po predvidevanjih že kmalu pripeljal do računalniško podprtih sistemov za učenje plesa. Obstaja veliko plesnih zvrsti in vsak ples se človek nauči po običajnem postopku - vadba v plesni šoli. Z razvojem računalnikov se je pojavila možnost, da se priučimo ples tudi na nekonvencionalen način. Običajen način predstavitve in posnemanje plesnih gibov je v enostavnem video formatu, velika večina raznih učnih video posnetkov je predstavljena na ta način. Pomanjkljivost predstavitve plesnega gibanja je, da se iz enega zornega kota ne da natančno videti gibanja vseh delov telesa, iz tega razloga se poskuša plesno gibanje predstaviti s pomočjo 3D animacije.

Čeprav sodobna računalniška tehnologija s pomočjo spleta in multimedijev omogoča veliko hitrejši in boljši prenos informacij o plesnih trendih, pa računalniška tehnologija v praksi še ni poseglav sam proces poučevanja plesa. Vendar potrebnih tehničnih elementov, predvsem za zajem 3D gibanja ljudi, že obstajajo in v raziskovalnih središčih že snujejo prve računalniške sistema za učenje plesa.

Pri plesu vse do 20. stoletja ni obstajal ustrezen način za zapis koreografije. Pred tem se je ples neposredno prenašal od učitelja na plesalca. V preteklih stoletjih so posamezniki poskušali izumiti način, kako bi se ples lahko zapisal, da bi bila ohranitev koreografije trajna. Težava je nastala, ker ti načini niso bili ustrezno definirani, bili težki za razumevanje, hkrati pa je trenutna plesna notacija postala neustrezna zaradi razvoja in s tem tudi kompleksnost nekega plesa. V drugem poglavju bo predstavljena kratka zgodovina razvoja plesne notacije.

Ob napredku računalniške tehnologije so bili osnovani tudi prvi programi, ki

so bili razviti na podlagi plesnih notacij. Računalnik je omogočil hitrejši in enostavnejši zapis nekega plesa. V tretjem poglavju bodo predstavljeni prvi programi, ki so delovali na osnovi plesnih notacij, predstavljeni v drugem poglavju.

Razlog, zakaj bi bili programi za učenje plesa pravzaprav potrebni tiči v tem, da plesni tečaji včasih obsegajo veliko število učencev. Posledično pomeni, da se učitelj ne more nameniti dovolj časa vsakemu posamezniku, da bi ga popravil pri morebitnih težavah ali nepravilnem izvajanju plesnih gibov. Zaželeno in vzpodbujajoče je, da učenec vadi plesno tehniko tudi sam doma, pri tem se pojavi vprašanje, ali učenec pravilno vadi brez nadzora učitelja, namreč nepravilna vadba lahko dolgoročno povzroči več škode, kot pa, da učenec sploh ne bi vadil. S tem namenom so se začeli razvijati tudi programi oz. sistemi za pomoč pri učenju plesa.

Pri implementaciji takšnega sistema je načrtovanje ključnega pomena. Vprašanja kot so, kako predstaviti gibanje, kako opazovati uporabnikovo gibanje, kako dati uporabniku povratno informacijo in kako naj uporabnik in sistem komunicirata so smernice pri načrtovanju takega sistema. Če lahko vse štiri točke realiziramo, ima sistem potencial za uspeh. Podrobnejši opis tega je predstavljen v poglavju 4.

V poglavjih 5, 6 in 7 so predstavljeni različni sistemi, ki so bili razviti z namenom, da se testira, kako in če se je možno naučiti neko plesno zvrst izven običajnega plesnega okolja, ki je plesna šola z učiteljem. Na koncu se predstavi še konkreten primer zajemanja 3D gibanja. Opiše se, kaj je potrebno, da se neko gibanje lahko zajame in kakšni so postopki priprave pred snemanjem.

Cilj naloge je, da se razloži ključne probleme pri snovanju takih sistemov, od vprašanja ustreznega uporabniškega vmesnika, do problematike zajemanja 3D gibanja.

## Poglavje 2

# Zgodovina in razvoj plesne notacije

Tematika oz. problematika plesnega zapisa je pripeljala do izrednega zanimanja, da se le-ta enotno definira in zapiše [7]. To so doumeli plesni mojstri, ki se s plesom ukvarjajo profesionalno. Pred tem so se plesi oz. izvedba le-teh prenašali od učitelja na učenca. Posledično se je lahko tudi zgodilo, da se je določen ples pozabil, ali pa zaradi napačne interpretacije spremenil.

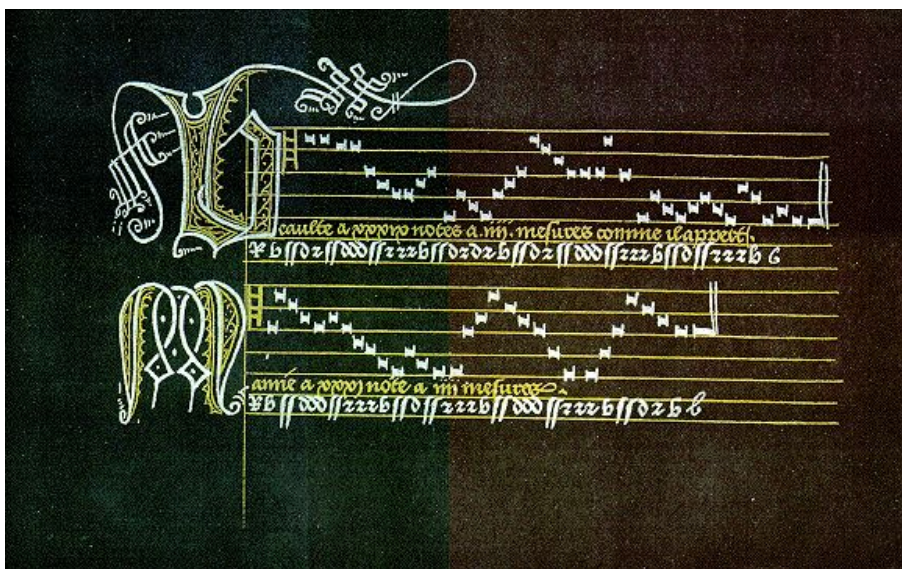
Do 20. stoletja ni obstajala ustrezna notacija, s katero bi lahko jasno zapisali koreografijo določenega plesa. Zaradi specifične narave pri plesu, kot so neverbalna komunikacija in tri-dimenzionalno gibanje, pri katerem se uporablja telo kot orodje za izražanje, je bila potreba po zapisu plesa s simboli velika.

Eden izmed prvih najdenih transkripcij plesa segajo vse do Renesanse (okoli leta 1450). Na sliki 2.1 so prikazani koraki celotnega plesa. Oblika zapisa je bila za tisti čas povsem zadostna, kasneje je zaradi razvoja plesov in njihove kompleksnosti ta način zapisa postal nezadosten.

Sčasoma so umetniki poskušali način zapisa plesa izboljšati. Primer drugačnega zapisa je Thoinotov Arbeausov ples Orchesographie, objavljen v Franciji leta 1588 [7]. Slika 2.2 prikazuje risbe položajev nog. Na levem delu slike se vidi položaj, kjer je teža telesa postavljena na eni nogi in hkrati je stopalo druge noge dvignjeno v zrak v višini golenice druge noge. Položaj, pri kateremu je teža telesa na levi

---

<sup>1</sup>Vir slike: <http://www.pbm.com/~lindahl/almond/basse/beulte.gif>



Slika 2.1: Plesna notacija za zapis plesa Basse Danses<sup>1</sup>.

nogi in je desno stopalo dvignjeno, se imenuje pied croisé droit. Položaju, kjer izvedemo držo z nasprotno nogo rečemo pied croisé gauche.

Mnogo kasneje je bila objavljena transkripcija Raoula Augerja Feuilleta v Parizu leta 1700. Definiral je metodo, kjer prikazuje natančne vzorce gibanja po plesišču, veliko detajlnejše gibe nog in stopal. Pojavijo se prvi znaki tudi za nakazovanje določenih gibov rok (slika 2.3).

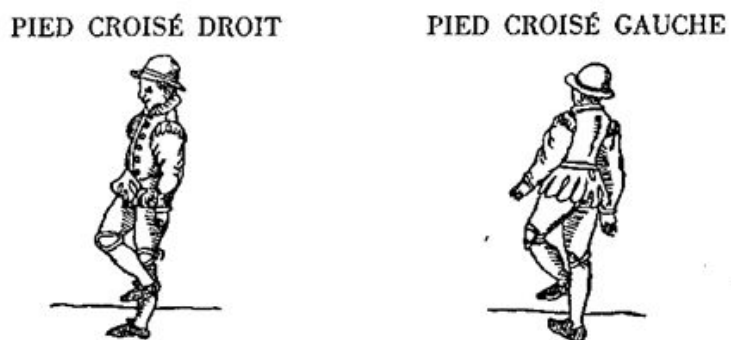
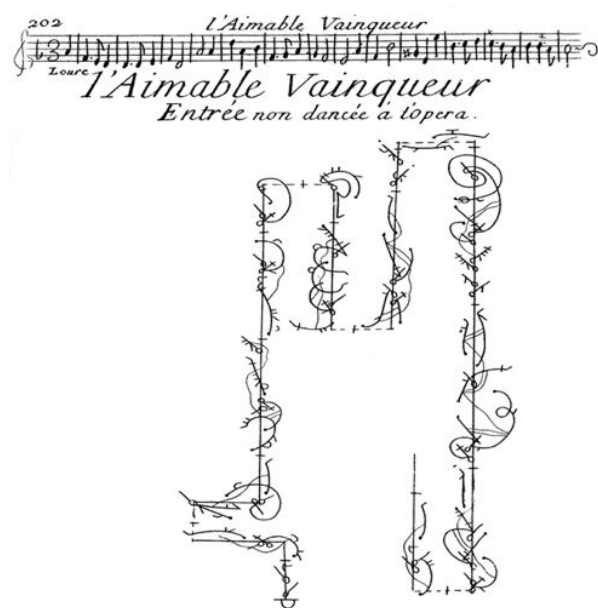
V 18. stoletju se je ples začel znatno razvijati. Plesu so bili dodani razni skoki, višje dvigovanje nog in bolj svobodno gibanje rok. S tem je Feuilletova metoda postala nezadostna za zapis te vrste plesa. Potrebna je bila metoda, ki bi opisala gibanje telesa v tridimenzionalnem prostoru, kjer bi lahko opisali gib vsakega dela telesa, in hkrati tudi trajanje tega giba.

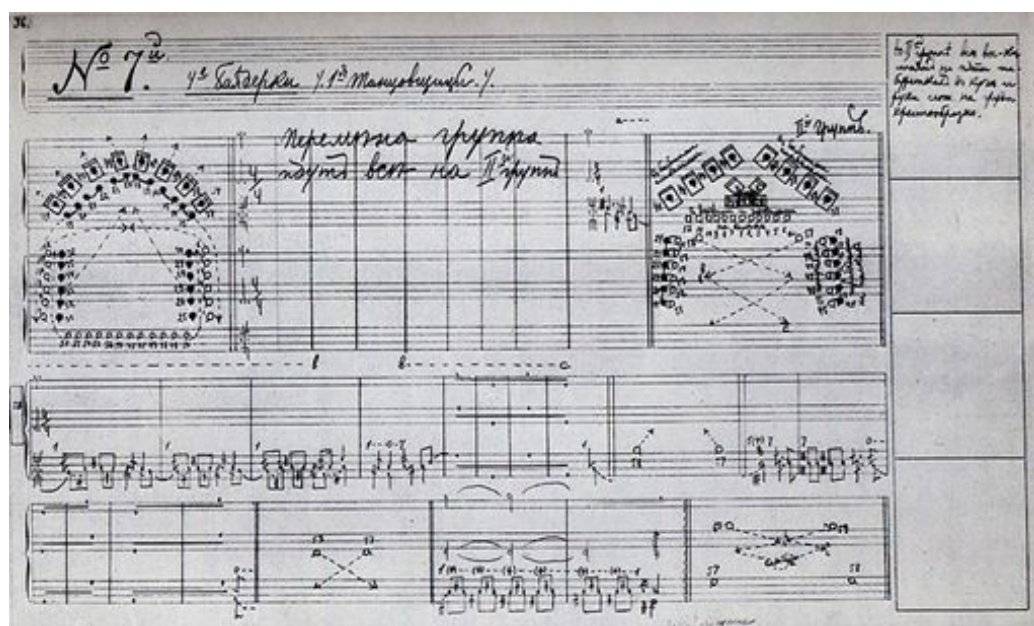
## 2.1 Stepanova notacija

Ruski plesalec Vladimir Stepanov je objavil svojo metodo v Parizu leta 1892 z naslovom Alphabet des mouvements du corps humain, ki je temeljila na glasbenih

<sup>2</sup>Vir slike: [7]

<sup>3</sup>Vir slike: <http://eventail.chez-alice.fr/AimableVainqueur.gif>

Slika 2.2: Thoinoit Arbeau's Orchesographie, 1588<sup>2</sup>.Slika 2.3: Plesna notacija Raoula Augerja Feuilleta<sup>3</sup>.



Slika 2.4: Primer Stepanove notacije<sup>4</sup>.

simbolih [7]. Vsak izmed simbolov je predstavljal del telesa njegovo postavitev v razmerju z ostalimi deli telesa (slika 2.4).

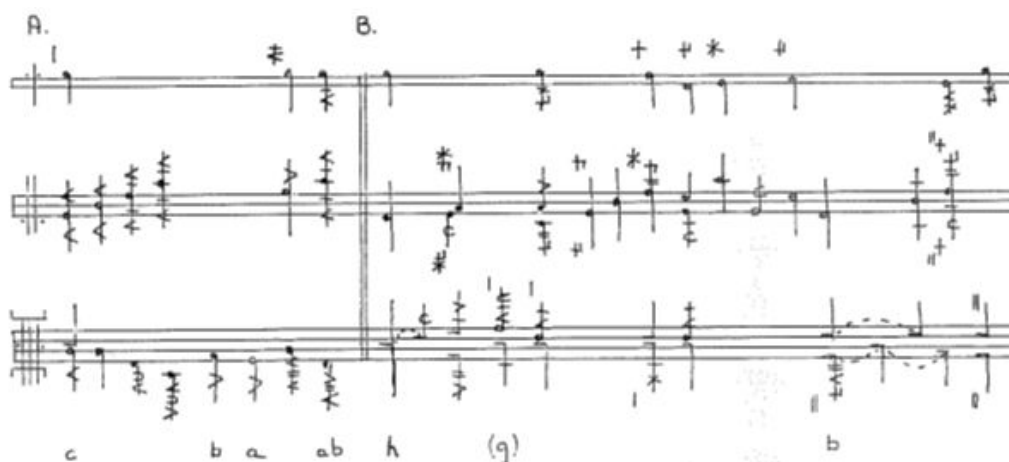
## 2.2 Massinova notacija

Stepanova notacija je postala osnova za nadaljnji razvoj [7]. Eden izmed koreografov, ki jo uporabil, je bil Leonide Massine (1896-1979) [12], inovator na področju baleta. Massine se je ukvarjal predvsem s postavitvijo telesa v kombinaciji z različnimi metodami za prenos celotnega položaja telesa iz ene oblike v drugo. Slika 2.5 prikazuje način, kako je položaj telesa označen v določenih točkah po času.

Položaj, ki ga simbol zaznamuje, je napisan na črti notnega črtovja in kaže smer. Oznake, narisane na črti simbola pa predstavljajo spremembo giba kot na primer upogib, izteg ali rotacijo dela telesa. Ko se deli telesa prestavijo v

<sup>4</sup>Vir slike: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/Bayadere\\_-\\_Stepanov\\_Choreographic\\_Notation\\_-\\_circa\\_1900.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/Bayadere_-_Stepanov_Choreographic_Notation_-_circa_1900.jpg)

<sup>5</sup>Vir slike: [7]

Slika 2.5: Primer Massinove notacije<sup>5</sup>.

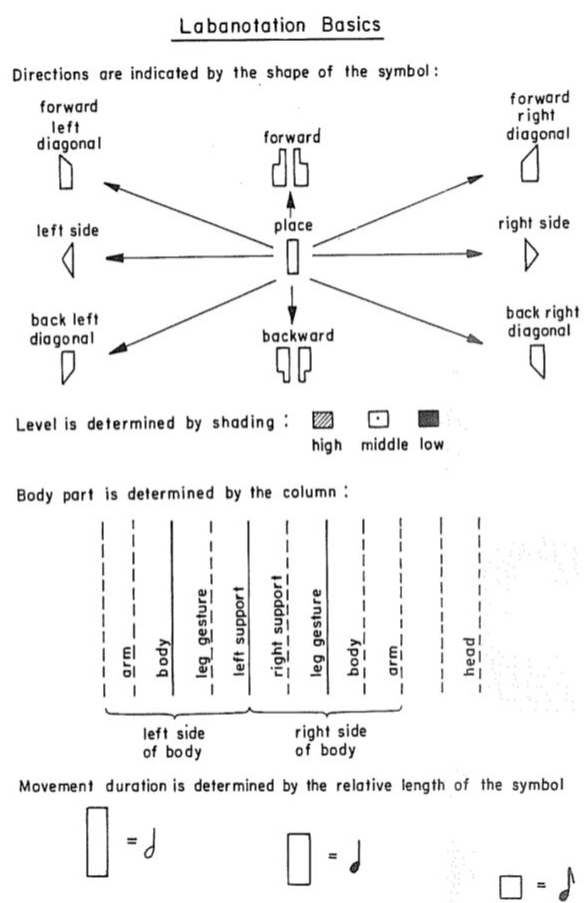
nov položaj, se ustrezni simboli dodajo na naslednje mesto v notnem zapisu. V primeru, da ni dodanih novih znakov na navpični črti (delu note), pomeni, da se naj ohrani prejšnji položaj telesa. Časovni zapis oziroma trajanje pa je enako kot samo trajanje not. Na sliki 2.5 zgornje notno črtovje predstavlja trup, srednje roke in spodnje črtovje predstavlja noge.

## 2.3 Labanotacija

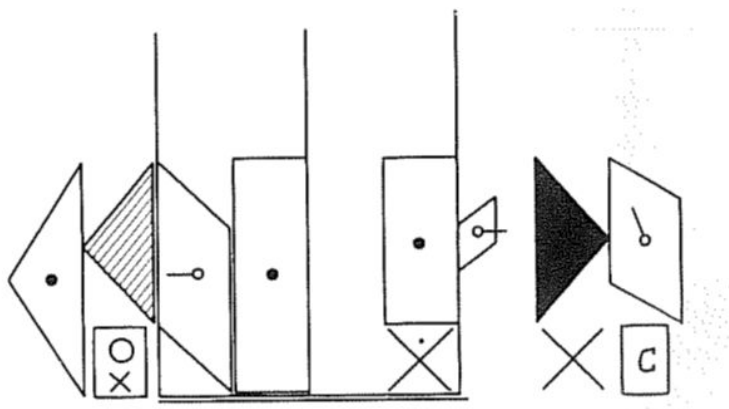
Od leta 1892 se je pojavilo veliko novih sistemov za notacijo plesa [7]. Velika večina jih je izredno zahtevnih zaradi velike količine podatkov, ki morajo biti podani, da lahko jasno zapišemo nek ples. Posledično je postalo jasno, da je za zapis plesa potrebna metoda, kjer se lahko z enostavnimi znaki zapiše skoraj katerokoli gibanje telesa z izjemno natančnostjo. Izumitelj take notacije je bil Rudolf von Laban (1879-1958). Leta 1928 je bila objavljena pod naslovom *Kinetographie* v prvi izdaji časopisa *Scriftanz*.

Elementi, vsebovani v Labanotaciji, opisujejo dejanske gibe delov telesa in njihovo trajanje. Slika 2.6 prikazuje, kako oblika simbolov v dveh oseh kaže na smer gibanja, tretja os (višina) pa je prikazana s temnenjem simbola.

<sup>5</sup>Vir slike: [7]

Slika 2.6: Osnovni simboli v Labanotaciji<sup>6</sup>.





Slika 2.7: Primer opisa položaja s simboli Labanotacije<sup>7</sup>.

Postavitev simbola v stolpcih notnega črtovja (vrstic) omogoča predstavitev določenega dela telesa. Slika 2.7 kaže primer, kako skupaj simboli predstavijo položaj telesa.

Notacija je zapisana od spodaj navzgor in dolžina simbola predstavlja trajanje giba. Slika 2.8 prikazuje sekvenco gibanja v Labanotaciji.

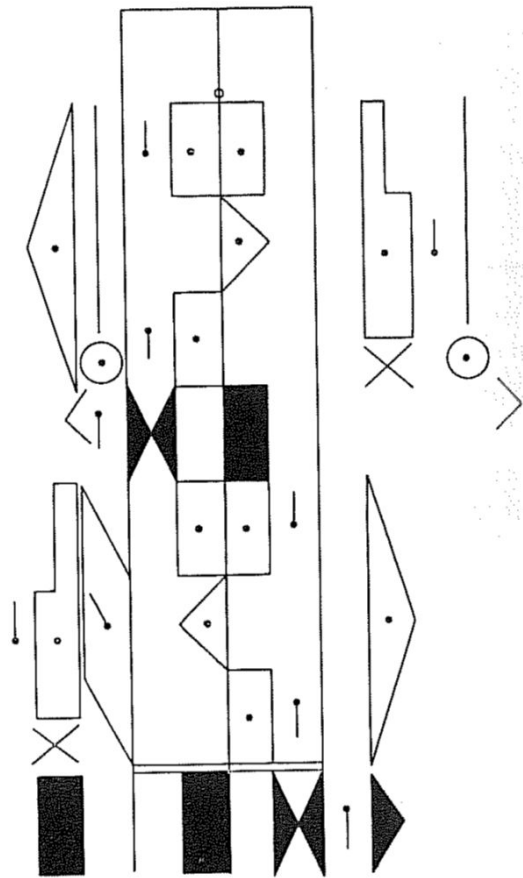
## 2.4 Beneshova notacija

Notacijo sta izumila Joan in Rudolf Benesh v letih 1940 [8] in je bila izrazita predvsem pri baletu. Oblikovana je bila tako, da je opisala kje se nahaja plesalec na plesišču, kam je usmerjen, položaje delov telesa ter podatki o glavi, dlaneh in stopal [6]. Slika 2.9 prikazuje primer Beneshove notacije.

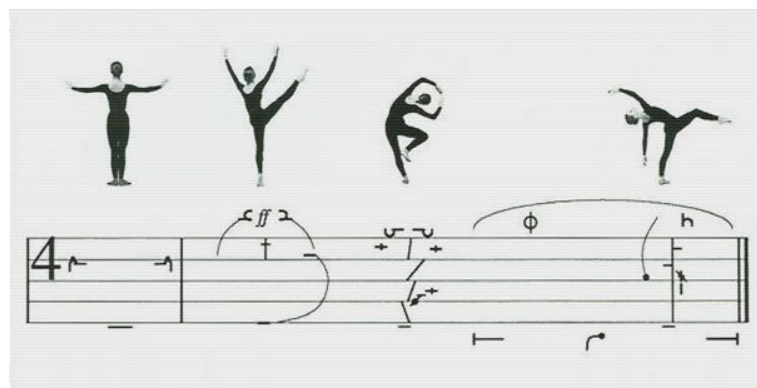
<sup>7</sup>Vir slike: [7]

<sup>8</sup>Vir slike: [7]

<sup>9</sup>Vir slike: <https://www.rad.org.uk/study/Benesh/how-benesh-movement-notation-works/@images/dd800fdb-1cbb-49cb-b06c-d309560e9094.jpeg>



Slika 2.8: Sekvenca gibanja v Labanotaciji<sup>8</sup>.



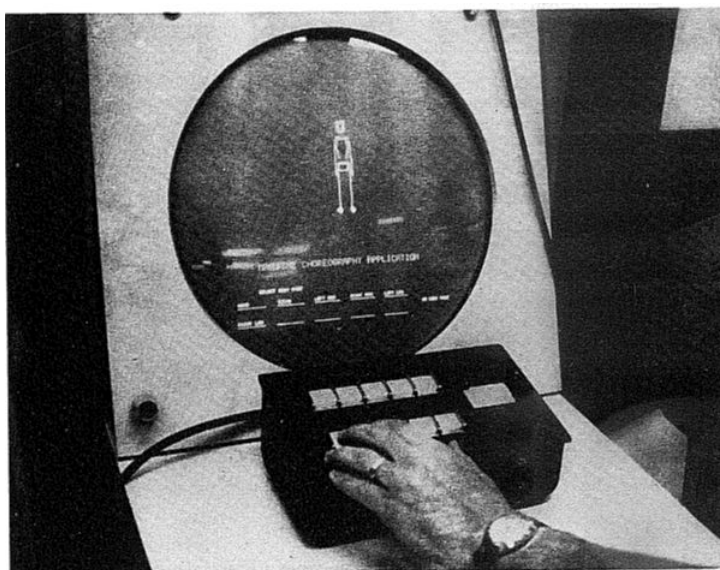
Slika 2.9: Primer Beneshove notacije<sup>9</sup>.

## Poglavje 3

# Sistemi, razviti na podlagi Massinove, Labanove in Beneshove notacije

Osnovni format za učenje plesa s pomočjo tehnologije bi bil na prvi pogled film oziroma video posnetek, vendar temu ni tako, kajti posnetek se lahko v osnovi gleda le iz enega zornega kota v nekem trenutku. Določeni deli telesa so v tem trenutku lahko prikazani nejasno, morda tudi celo popolnoma skriti, hkrati pa bi lahko ravno tisti položaj telesa predstavljal bistvo v neki koreografiji. Torej lahko sklepamo, da je učenje plesa najučinkovitejše še vedno v plesnih šolah pod budnim očesom učitelja, in da bo tehnologija samo dodaten pripomoček pri učenju ali zapisu plesa. Očitno je, da bi računalnik lahko bil primerno orodje za simuliranje človeškega gibanja s pomočjo konceptov plesne notacije. Leta 1976 je Smoliar [7] ustvaril sistem za hitro in natančno urejanje ročno zapisanih plesov na podlagi Labanotacije. Sam urejevalnik je prihranil ure dela, v nekaterih primerih tudi do 200 ur za celotno koreografijo.

Da bi imela uporaba računalnika v svetu plesa smisel, so bile razvite prve interaktivne grafične metode. Prvi izmed sistemov je bil osnovan na podlagi Massinove notacije v 70. letih prejšnjega stoletja in se je imenoval CHOREO [7]. Drugi izmed sistemov pa se je imenoval CHOREO-L in je temeljil na Labanonotaciji. V obeh izmed sistemov lahko uporabnik izbere možnost predogleda opisanega plesa.



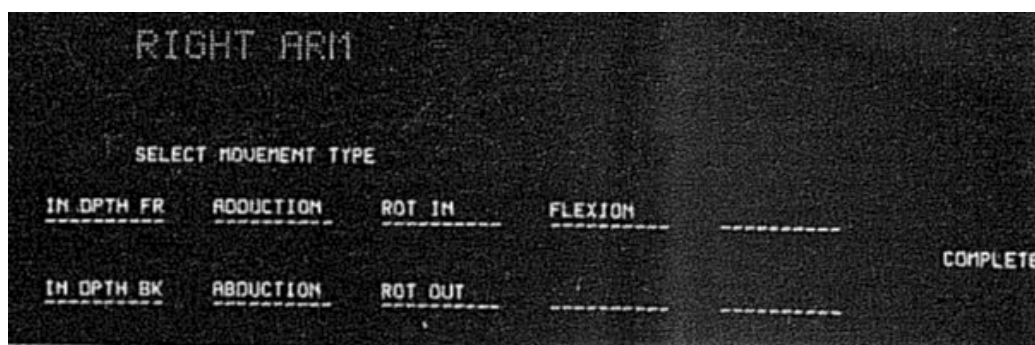
Slika 3.1: Osnovni meni sistema CHOREO<sup>1</sup>.

### 3.1 Sistem CHOREO

Massinova notacija je bila izbrana za ta sistem zaradi enostavnega načina, s katerim se lahko definira določene dele telesa. Za interakcijo med uporabnikom in računalnikom je bil uporabljen preprost meni (slika 3.1). Program ponudi uporabniku nabor možnosti in izbiro med različnimi deli telesa. Meni je predstavljen iz dveh vrstic in petih stolpcev. Ena vrstica je namenjena za dajanje ukazov, npr. izteg ali obrat, druga vrstica služi za vnašanje podatkov o trajanju giba ter položaju telesa.

Postopek je sledeč: uporabnik najprej izbere iz menija del telesa, nato se avtomatsko pojavi nov meni, kjer izberemo vrsto giba, bodisi izteg, upogib ali rotacijo. Sledi nastavljanje pod kakšnim kotom se bo del telesa premikal. Naslednja izbira je trajanje, kjer uporabnik izbere oz. določi trajanje nekega giba. Na koncu se izbere še, ali želimo prekiniti vnos, ga shraniti ali videti predogled sestavljenega giba (slika 3.2). Vsi podatki, ki jih izberemo v meniju, so shranjeni v matriki (slika 3.3). Štiri vrste gibanja, ki so prikazane v matriki, so dvig-spust, globina, rotacija navzven-navznoter, upogib-izteg. Simulacija v realnem času je na voljo

<sup>1</sup>Vir slike: [7]



Slika 3.2: Izbira vrste premika desne roke<sup>2</sup>.

takoj.

## 3.2 Sistem CHOREO-L

CHOREO-L sistem je osnovan na podlagi Labanotacije. Obstajajo dve glavni razliki med sistemom CHOREO in CHOREO-L. Prva je, da je v sistemu CHOREO-L ples opisan z izbiranjem in postavljanjem dejanskih simbolov, ki so definirani v Labanotaciji, medtem ko je v sistemu CHOREO potrebno opisati ples skozi nabor različnih ukazov v menijih. Druga razlika je, da ključni položaji telesa v Labanotaciji niso izrecno navedeni in morajo biti dodatno določeni. Uporabnik opiše koreografijo programu tako, da najprej izbere željen del telesa in ustrezen prostorski simbol za položaj izbranega dela telesa v osnovnem meniju (slika 3.4). Osnovni meni je predstavljen na grafični prevleki nad površino, ki se odziva na dotik. Za izbiranje simbolov na odzivni površini se uporablja posebno pisalo (slika 3.5).

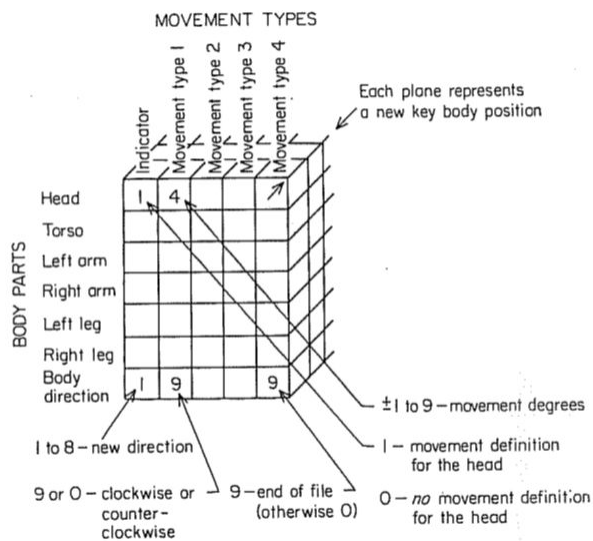
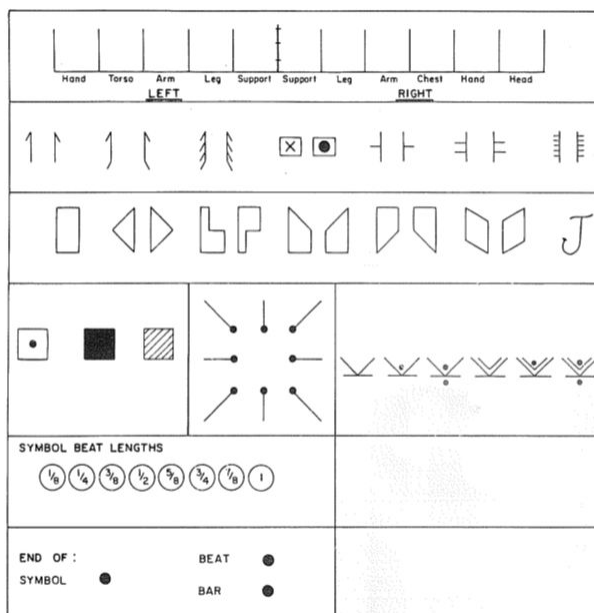
---

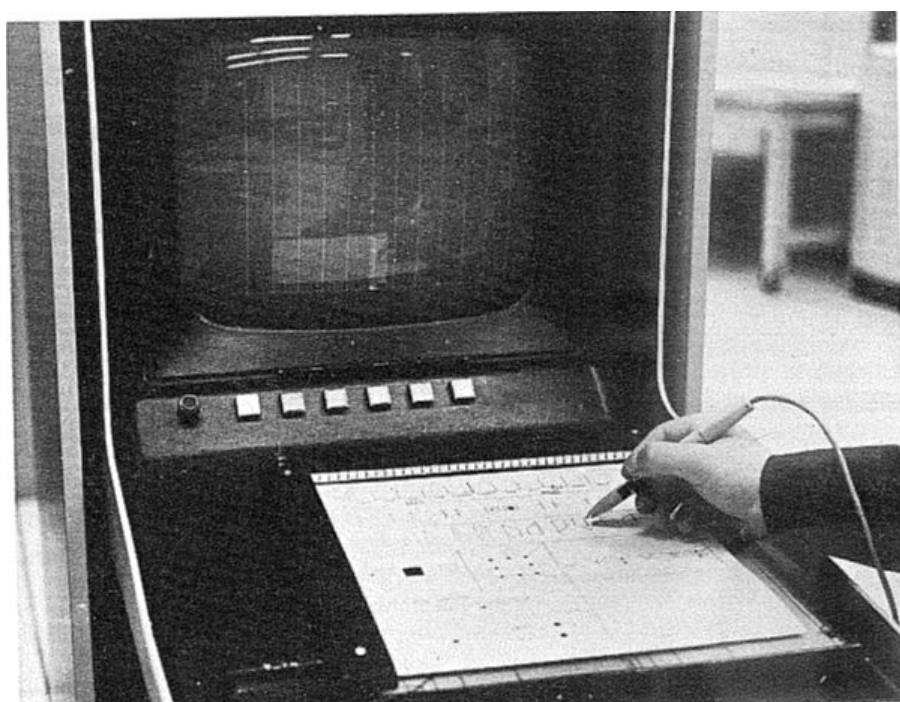
<sup>2</sup>Vir slike: [7]

<sup>3</sup>Vir slike: [7]

<sup>4</sup>Vir slike: [7]

<sup>5</sup>Vir slike: [7]

Slika 3.3: Matrika vsebuje podatke o željenem gibu<sup>3</sup>.Slika 3.4: Meni v sistemu CHOREO-L<sup>4</sup>.



Slika 3.5: Izbira simbola v Labanotaciji s pomočjo pisala<sup>5</sup>.





## Poglavje 4

# Načrtovanje in oblikovanje interaktivnega sistema za učenje plesa

Z razvojem računalnikov je bilo omogočeno, da se jih uporablja v različne namene: v industriji, za izobraževalne institucije in osebno rabo. Pojavila se je ideja, da bi računalnike uporabili tudi za učenje plesa na način, da lahko uporabnik učinkovito komunicira z računalnikom oz. željenim programom, ta pa mu vrne ustrezno informacijo o izvedbi nekega giba ali celotne koreografije plesa. Torej pojavila se je ideja, da omogočimo učenje plesa tudi izven običajnega okolja kot je po navadi plesna šola ob pomoči učitelja plesa.

Učenje plesa običajno poteka v plesnih šolah, kjer imajo ustrezna plesna tla in izobražene učitelje, pri katerem je razmerje učenec-učitelj 10 proti 1, pri kakšnem drugem plesu je ta številka lahko tudi višja. Posledično se z večanjem števila učencev zmanjša odstotek časa za posvečanje pozornosti za posameznega učenca. Trajanje tečaja je v povprečju od 60 do 90 minut, enkrat do dvakrat tedensko. Da bi bil napredek čim hitrejši je zaželeno, da se učenec uči še dodatno sam doma z namenom, da izpili tehniko na željeno raven. Problem nastane, da ko učenec doma izvaja gibe, ni zagotovila, da bo ponavljal gibe vedno s pravilno tehniko. V tem primeru je nadzor učitelja pravzaprav nujen, da se zagotovi pravilno izvajanje gibov. Ena izmed možnih rešitev bi lahko bil ustrezen program, ki bi učencu

nudil ustrezno povratno informacijo pri izvajanju plesnih gibov. Zahteve oziroma vprašanja, na katere je potrebno odgovoriti, da bo interaktiven sistem učinkovit, so sledeča [10]:

- Kako predstaviti gibanje uporabniku?
- Kako opazovati uporabnikovo gibanje ali izvajanje nekega giba?
- Kako dati uporabniku povratno informacijo?
- Kako naj uporabnik in sistem komunicirata?

## 4.1 Načrtovanje sistema

### 4.1.1 Kako predstaviti gibanje uporabniku?

V plesni šoli bi učitelj izvedel nek gib in ga v podrobnostih predstavil učencem. Hkrati lahko učitelj isti gib izvede in predstavi iz več zornih kotov. V interaktivnem programu bi bilo to rešljivo z ustrezno 3D animacijo. Po potrebi se lahko doda še video posnetke giba, posnetega iz več zornih kotov. Uporabnik bi imel na voljo tudi, da v programu prosto izbira, kateri del posnetka želi videti.

### 4.1.2 Kako opazovati uporabnikovo gibanje ali izvajanje nekega giba?

V plesni šoli bi učitelj pozorno spremljal gibe, ki jih učenci izvajajo in potem podal povratno informacijo o ustrezni ali neustrezni izvedbi giba, ter kaj v tem primeru popraviti. Interaktiven program bi moral tako slediti uporabniku in znati presoditi, kako natančna je bila izvedba nekega giba v primerjavi s tistim, ki je shranjen v bazi.

### 4.1.3 Kako dati uporabniku povratno informacijo?

V plesni šoli bi učitelj učencu nudil takojšnjo oceno o pravilnosti izvedbe in ga po potrebi ustrezno popravil. Interaktiven program bi prav tako moral interpretirati gibe uporabnika in mu podati oceno pravilnosti izvedbe giba in dati nasvete za morebitne izboljšave.

#### 4.1.4 Kako naj uporabnik in sistem komunicirala?

Pomemben faktor predstavlja komunikacija med učiteljem in učencem. Pričakovano je, da bi bila komunikacija specificirana za potrebe uporabnika. Pričakuje se, da bi lahko uporabnik imel na voljo možnost izbire različnih ponovitev posnetka oziroma animacije, možnost izbire različnih zornih kotov in vadbe z različnimi hitrostmi.

## 4.2 Načrtovanje vmesnika

Jasno je, da bo za to vrsto programa potreben poseben vmesnik, drugačen od običajnih programov. Potrebno bo določiti, kakšen vmesnik bi bil primeren za interaktiven program učenje plesa. Učenje plesa je specifično opravilo, in da se ga naučiš, moraš slediti specifičnemu načinu učenja. Komunikacija poteka med učencem in učiteljem, sedaj pa bi bilo potrebno to komunikacijo prenesti na uporabnika in vmesnik. Po skrbnem razmisleku bi bilo smiselno, da se poleg ustreznega vmesnika zagotovi tudi ustrezne pripomočke: dovolj velik ekran, kjer bi se lahko jasno gledalo posnetek ali animacijo, specializirana kamera za sledenje gibanja, avdio sistem za govorne ukaze, posebna tla ali podlaga, kjer bi se zaznavalo gibanje ter posebne senzorje za zaznavanje pravilne drže telesa pri plesu. To je sedaj določeno, sledi vprašanje, kako oblikovati vmesnik, ki bo najučinkoviteje povezal vse komponente v celoto. Ideja je, da bo moral vmesnik jasno prikazati gibe in omogočiti neomejeno ponavljanje posnetka iz različnih zornih kotov, pri tem bo uporabnik imel na voljo popoln nadzor nad izbiranjem možnosti prikaza.

Povratna informacija je bistvenega pomena pri učenju. Najbolj osnoven pripomoček pri tem je ogledalo. Učenec se gleda v ogledalu in lahko že sam opazi večje napake pri ponavljanju nekega giba, tukaj mu je seveda v pomoč tudi učitelj, ki mu izpostavi tudi napake, ki jih neizkušeno oko ne opazi. Rešitev za zaznavanje teh napak so senzorji, ki bi bili pritrjeni na uporabnika in po potrebi senzorji, ki bi bili nameščeni na posebno podlago. Sistem na osnovi senzorjev bi lahko sledil gibanju uporabnika, mu podal konstruktiven nasvet in predstavil možne rešitve za odpravo teh napak.

### 4.2.1 Predstavitev gibanja

Cilj je izdelati takšen sistem, ki bi lahko prikazal uporabniku katerokoli gibanje. Preden je izbran najučinkovitejši način, obstajajo na voljo 3 možnosti: predstavitev s statično sliko, video posnetek ali računalniška animacija. Pred dokončnim izborom se predpostavlja, da bo uporabnik pri predstavitvi posnetka imel jasno razumevanje, kaj je v posnetku predstavljeno, da lahko potem to poskuša ponoviti. Po skrbnem razmisleku ugotovimo, da je računalniška 3D animacija najbolj primerna za implementacijo.

### 4.2.2 Sledenje gibanja in povratna informacija

Učitelj ima dve glavni nalogi pri učenju: prva naloga je predstaviti pravilno gibanje oziroma izvedbo plesa, druga je opazovati učenca pri izvedbi gibanja in ga ustrezno popraviti ob morebitnih napakah. Torej bo moral imeti sistem za učenje plesa ustrezen mehanizem za sledenje uporabnikovega gibanja in analiziranje natančnosti te izvedbe.

Ena izmed prvih možnih rešitev v času, ko je bil razvoj računalništva še na začetku, je bil sistem za zajemanje gibanja, ki je deloval na osnovi magnetnih senzorjev pritrjenih na uporabnika. Ti magneti so bili vezani na centralni sledilni procesor, ki je določil natančnost gibanja. Dobra stran pri sledenju s senzorji je, da se lahko pridobi natančno informacijo o izvedenem gibu. Slaba stran so sami magneti, ki so pritrjeni na uporabnika, saj lahko ovirajo gibanje in zmanjšajo stopnjo udobnosti pri vadbi. Prav tako je ta način zajema gibanja drag za domačo uporabo.

Z namenom, da je uporabniku kar se da udobno in finančno ugodno za domačo uporabo ter ob predpostavki, da ima uporabnik doma na voljo vsaj eno digitalno kamero npr. spletna kamera, bi bila izbira za sledenje gibanju boljša, če se uporabi sistem za računalniški vid. Sistemi za računalniški vid nam omogočajo, da lahko izluščimo položaje uporabnikove glave in rok, kar nam omogoči neko kvalitativno informacijo o uporabnikovi drži. Torej sistem bo omogočal povratne informacije kot na primer: "Ohranjaj bolj pokončno držo", ali "drži desno roko višje". Ena izmed omejitev pri sledenju gibanja z računalniškim vidom je zaznavanje specifičnih zasukov pri raznih delih telesa, morebitni subtilni premiki v kolenih ali komolcih

ipd.

Pomembno vlogo pri zaznavanju gibanja predstavlja tudi časovno sledenje. Relativni položaj okončin in hitrost vsakega giba vpliva na presojo, ali je celotno gibanje uporabnika sinhrono s predvajanim posnetkom. Na podlagi teh izračunov se lahko poda mnenje, ali bi bilo potrebno gibanje upočasniti ali pohitriti. Prav tako je zaželeno, da se lahko določi natančno mesto oziroma trenutek, ko je prišlo do neskladnosti med posnetkom in izvedbo uporabnika, da se lahko kar najbolj učinkovito nauči pravilnega gibanja.

Dodatno orodje predstavlja tudi posebna podlaga, na kateri bi uporabnik izvajal gibe. Podlaga bi vsebovala senzorje, ki bi zaznavali premike in težišče uporabnika. S tem bi bilo sledenje še natančneje.

### 4.2.3 Uporabniški vmesnik

Vprašanje, na katerega moramo odgovoriti je, kako bo lahko uporabnik nadzoroval ta računalniški sistem. Kako lahko izbira med možnimi predstavitevami? Kako lahko postavlja vprašanja? Na plesnem tečaju bi se enostavno vprašalo učitelja. To pomeni, da bi naš računalniški sistem potreboval tehnologijo za prepoznavanje govora. Tehnologija za prepoznavanje govora bi bila bolj smiselna od tipične komunikacije, ki je tipkovnica in miška. Predpostavlja se, da bi bili sredi vadbe gibov potrebni ukazi kot so: zaženi, prevrti, preskoči, ponovno zaženi ipd., tipkanje ali klikanje bi bilo tako preveč zamudno. Kombinacija računalniškega vida in tehnologije za zaznavanje govora bo zmanjšala verjetnost napak pri reagiranju na uporabniške gibe, hkrati pa bo približalo podobnost med virtualnim in realnim načinom učenja plesa.



## Poglavje 5

# Predstavitev sistema za učenje baleta

V tem poglavju bo predstavljen projekt izdelave sistema za učenje baleta [11]. Najprej bo opisano načrtovanje in zahtevki za izdelavo programa ter dodatna raziskava o načinu, kako se osebe učijo gibanja. Prav tako bo opisana hipoteza o predstavitvi gibanja s pomočjo video posnetka napram računalniške animacije in dejanski poskus pri določanju učinkovitejšega načina za predstavitev gibanja.

V poskus so bili zajeti prostovoljci razdeljeni v dve skupini. Ena skupina se je učila ob predvajanju video posnetka, druga pa ob predvajanju računalniške animacije. Prav tako so imeli prostovoljci različne plesne izkušnje. Vsak prostovoljec iz skupine je imel na voljo večkratno predvajanje posnetka, nato so naučeno gibanje predstavili pred strokovnimi učitelji plesa. Rezultati poskusa so vplivali na oblikovanje in implementacijo računalniškega sistema za učenje baleta.

### 5.1 Predstavitev

Ker je ples oziroma balet fizična aktivnost, ki zahteva gibanje celotnega telesa, tipičen vmesnik za program ne bo ustrezen. Učenje plesa se običajno izvaja v plesnih šolah v skupini od 10, do največ 30 učencev. Z večanjem števila učencev se manjša čas, ki ga lahko učitelj nameni posameznemu učencu pri nadzoru vadbe plesa, prav tako se vzpodbuja, da učenci vadijo gibe tudi sami, ko ne poteka

tečaj. Da je individualno učenje kar se da učinkovito, je še vedno potreben ustrezen nadzor in s tem sistem, ki bo omogočal nadzor nad gibanjem in podajanje povratne informacije v realnem času. Da se lahko implementira tak sistem, je potrebno zadostiti štirim zahtevam: predstavitev gibanja uporabniku, nadzorovanje uporabnikovega gibanja, omogočiti uporabniku povratno informacijo o pravilnosti izvajanja gibov ter splošna interakcija in komunikacija med uporabnikom in sistemom. Vse štiri zahteve so podrobneje opisane v 3. poglavju.

Ne smemo pozabiti še na način, kako se posameznik uči nekega gibanja. Na podlagi vprašalnika, ki je bil dodeljen prostovoljcem, sta bila pri analizi vprašanj izpostavljeni dva načina. En način je učenje na grobo, torej najprej se opazuje celotno koreografijo, se jo nauči od začetka do konca, šele nato se posveti podrobnostim pri posameznih delih telesa. Drugi način je, da se učenci najprej osredotočijo na posamezne dele telesa, se naučijo gibanje in nato posamezne dele združijo v celoto. Na koncu je bil zaključek, da nudi učenje na grobo ustrezno osnovo za nadaljnje učenje in ta koncept bo uporabljen tudi pri implementaciji sistema.

Pomembno vlogo igra tudi predznanje uporabnika. V splošnem je predvideno, da se osebe z širšim znanjem in več izkušnjami lažje naučijo novih gibov, neglede na format, v katerem je predstavljen. Dva faktorja bistvenega pomena za priučitev plesnih veščin sta sposobnosti za prostorsko zaznavanje in zaznavanje podob. Razliko med začetnikom in naprednejšim plesalcem je predstavljala zmožnost zaznavanja podob. Začetniki lahko na začetku dobro sledijo le na podlagi vidnega, medtem ko lahko napredni plesalci določeno gibanje argumentirajo z besedami, čemu je to tako oziroma, zakaj se mora neko gibanje izvesti v tem zaporedju, v tem časovnem okvirju ipd. Zaradi teh dveh ključnih faktorjev med začetniki in nadaljevalci so se pri tej študiji odločili, da bodo v poskus zajeti le posamezniki z osnovnim predznanjem in tisti brez predznanja.

## 5.2 Metode

Poskus je bil oblikovan tako, da se bo dalo določiti najučinkovitejši način, kako predstaviti in se naučiti ples. Kot je že bilo omenjeno, je izbira računalniške animacije prevladala nad video posnetki zaradi boljše natančnosti prikaza iz različnih zornih kotov.



	Predhodne plesne izkušnje		
	Balet	Drugi plesi	Brez plesnih izkušenj
Animacija	4	4	8
Video	4	4	8

Tabela 5.1: Število sodelujočih v posamezni skupini glede na predznanje<sup>1</sup>.

### 5.2.1 Kandidati in vmesnik

V poskusu je sodelovalo 32 učencev baleta (obeh spolov), s povprečno starostjo 21.5 let in z največ dveletnimi izkušnjami v plesu. Povprečna doba učenja je bila tako vsega pol leta. Prav tako so se vsi kandidati, ki so imeli plesne izkušnje, udeležili le začetnega tečaja. Poudariti je potrebno tudi, da so bili od teh 32 kandidatov tudi taki, ki niso pred tem imeli nikakršnih plesnih izkušenj ter tudi tisti, ki so sicer imeli plesne izkušnje, vendar v drugih plesih. Tabela 5.1 predstavlja končno porazdelitev v skupine.

Kandidati so bili naključno razdeljeni v dve skupini, bodisi v skupino, ki se bo učila na podlagi video posnetka, bodisi v skupno z računalniško animacijo.

### 5.2.2 Pripomočki in naprave

Gibanje je bilo predstavljeno na osebem računalniku Dell Precision 610. Predstavljeni so bili trije različni gibi, tako na video posnetku, kot na računalniški animaciji. Vsako gibanje je bilo podobno v dolžini trajanja in sestavljeno iz osnovnih gibov baleta. Gibi so se malo razlikovali po težavnosti, osnovani so bili na osnovnih vajah pri učenju baleta na začetnih tečajih. Ti gibi so bili *plié*<sup>2</sup>, *ron de jambe*<sup>3</sup> in *tendu passé*<sup>4</sup>.

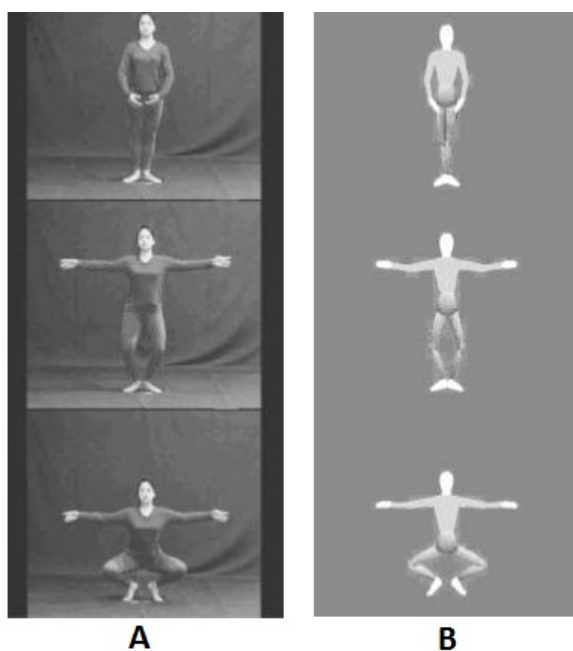
Vse tri koreografije so trajale približno 15 sekund in prikazane v obeh formatih.

<sup>1</sup>Vir: [11]

<sup>2</sup>Drža telesa pri klasičnem baletu, kjer imamo pokončno držo in upognjena kolena.

<sup>3</sup>Gibanje pri klasičnem baletu, pri katerem se ena noga giblje v ravni liniji od telesa in hkrati kroži.

<sup>4</sup>Izteg noge naravnost od noge, na kateri stojimo, pri katerem je stopalo popolnoma iztegnjeno.



Slika 5.1: Del figure na video posnetku in računalniški animaciji<sup>5</sup>.

Za potrebe video posnetka se je uporabila kamera. Določene gibe lahko vidimo na sliki 5.1.A. Figura, ki je pokazana na posnetku, je izvedla bivša profesionalna plesalka, posneta v nadzorovanem okolju, da zagotovimo kar se da jasen posnetek.

Računalniška animacija je bila narejena s pomočjo programa Lifeforms. To je tri-dimenzionalen program za modeliranje in upodabljanje, razvit za koreografije in učenje plesa. Da je bila lahko animacija ustvarjena, so bili nameščeni senzorji na dele telesa profesionalnega plesalca. Ista figura v obliki animacije je predstavljena na sliki 5.1.B.

### 5.2.3 Proces poskusa

Pri izvajanju poskusa so bili kandidati takoj ob prihodu seznanjeni z učiteljem baleta, ki je bil hkrati tudi ocenjevalec. Drugi ocenjevalec je sedel v sosednji sobi, kjer je opazoval tako kandidata, kot tudi prvega ocenjevalca skozi okno, brez da bi druga dva vedela za to. Namen tega je bil, da se je lahko drugi ocenjevalec

---

<sup>5</sup>Vir slike: [11]

prepričal o ustrezni nepristranski pomoči kandidatu.

Najprej so kandidati opravil uvodni test. Prvi ocenjevalec je pokazal figuro največ trikrat, hkrati pa nudil odgovore na morebitna vprašanja. Kandidat je potem izvedel figuro in bil takoj ocenjen na podlagi prikazanega.

Takoj za uvodnim testom se je začel glavni del poskusa. Ta del je bil sestavljen iz opazovanja figure na video posnetku ali animaciji. Kandidat je imel na voljo, da si je predvajal posnetek največ petkrat. Vmes med posnetkom si je lahko pomagal pri učenju in vadbi figure prosto po volji. Po ogledih posnetkov so imeli kandidati na voljo en poskus, kjer so pred ocenjevalci izvedli figuro, nato so začeli z drugo figuro in nato še s tretjo.

Ocenjevalec je ocenil izvedbo figure na osnovi štirih kriterijev: časovna natančnost, gibanje v zgornjem delu telesa, gibanje v spodnjem delu telesa, in ali so kandidati znali poimenovati figuro, ki so jo izvedli.

## 5.3 Rezultati

Bistvenih razlik pri številu ogledov posnetkov med skupinama ni bilo. Skupina, ki je imela na voljo ogled animacije, si je posnetek pogledala v povprečju 4.63-krat, skupina z video posnetkom pa 4.75-krat. Obe skupni sta večinoma vadili na enak način, torej figuro so ponavljali že ob samem predvajanju posnetka.

Pred začetkom poskusa je bilo pričakovano oziroma predpostavljeno, da pri kandidatih, ki nimajo plesnega predznanja baleta ali drugega plesa, vrsta predstavitvenega formata ne bo vplivala na zmožnost učenja. Pri kandidatih s plesnim predznanjem pa se je pričakovalo, da bo učinkovitost učenja boljša pri predvajanju računalniške animacije in bodo v povprečju dobili višjo oceno za izvedbo figure. Rezultate lahko vidimo v tabeli 5.2.

Za natančnejše rezultate, sta bili skupina s kandidati, ki so imeli predznanje baleta in skupina s kandidati, s predznanjem drugih plesov, razdeljeni še v dodatno analizo. Skupina, kjer so bili kandidati s drugim plesnim predznanjem, so dobili v povprečju višje ocene pri učenju ob pomoči računalniške animacije. Ko so bili analizirani kandidati s predznanjem baleta, je bil rezultat ob učenju z računalniško animacijo višji. Pri analizi kandidatov brez plesnega predznanja pa očitnejših razlik med predstavitvenim formatom ni bilo.

	Pliē		Ron de jambe		Tendu passē		Povprečje	
	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$
Vsi prostovoljci (n=32)								
Animacija	3.91	0.54	3.67	0.69	3.68	0.89	3.75	0.59
Video	3.78	0.64	3.66	0.55	3.84	0.59	3.76	0.49
Prostovoljci s plesnimi izkušnjami (n=16)								
Animacija	4.13	0.38	4.13	0.38	4.32	0.44	4.18	0.25
Video	3.75	0.53	3.63	0.54	3.83	0.54	3.74	0.39
Prostovoljci brez plesnih izkušenj (n=16)								
Animacija	3.75	0.60	3.32	0.68	3.19	0.84	3.42	0.57
Video	3.82	0.81	3.72	0.61	3.86	0.69	3.80	0.63
Prostovoljci z izkušnjami v baletu (n=8)								
Animacija	4.09	0.50	4.09	0.36	4.22	0.60	4.14	0.30
Video	3.44	0.58	3.53	0.46	3.67	0.75	3.55	0.31
Prostovoljci brez izkušenj v baletu (n=24)								
Animacija	3.85	0.55	3.53	0.72	3.50	0.92	3.60	0.61
Video	4.00	0.64	3.71	0.59	3.90	0.55	3.80	0.53

Tabela 5.2: Rezultati poskusa<sup>6,7</sup>.

## 5.4 Zaključek

Pričakovano je bilo, da bo učenje ob pomoči računalniške animacije učinkovitejše od video posnetka. Hipoteza poskusa je bila, da se bodo uporabniki lažje in bolj natančno naučili ples. Prav tako je bilo predpostavljeno, da se bodo kandidati s predhodnim plesnim znanjem lažje in hitreje naučili novih gibov.

Pomemben poudarek pri izpeljevanju zaključkov eksperimenta je, da so uporabili način učenja le ob pomoči gledanja. Namreč pri dejanskem plesnem tečaju so dodatni faktorji pri učenju še verbalna komunikacija in gibanje telesa. Torej nadaljnji poskusi so potrebni, kjer bi analizirali še ostala dva faktorja.

---

<sup>6</sup>Vir: [11]

<sup>7</sup> $\mu$  – povprečje,  $\sigma$  – standardni odklon



## Poglavje 6

# Predstavitev sistema za učenje ritmike

V tem poglavju bo predstavljen sistem z vmesnikom, ki je zmožen poslušati uporabnikovo ploskanje [5]. To je interaktiven sistem namenjen učenju in predstavitvi različnih ritmičnih vzorcev, hkrati pa nudi takojšnjo povratno informacijo o učinkovitosti sledenja uporabnika pri učenju in ponavljanju teh ritmov. Sistem bo omogočal učenje ritmičnih vzorcev flamenka, saj je flamenko zvrst glasbe in plesa z bogato ritmično vsebino.

Pri flamenku so roke uporabljene kot inštrument, saj z njimi obogatimo predstavo pri samemu plesu. Potrebno je omeniti, da se tudi učenci flamenka sprva naučijo tipičnih ritmov s pomočjo ploskanja.

Pri projektu je bil zastavljen cilj določiti, kako lahko z ustreznim vmesnikom obogatimo komunikacijo pri učenju ritmike, katere meritve bi bile najustreznejše med samim učenjem in kakšno je zadovoljstvo uporabnikov pri takem načinom učenja.

### 6.1 Ritem in ploskanje pri flamenku

Tradicionalni flamenko vsebuje glasbenike in plesalce, ključ za uspešno kombinacijo glasbe in plesa leži v ritmičnih elementih. Ritmični okvir flamenka predstavlja *compás*, ki ne le definira dobo, temveč tudi, kako so udarci poudarjeni znotraj

Vrsta ritma	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Soleas	X	-	-	X	-	-	X	-	X	-	X	-
Variacia soleas	X	-	-	X	-	-	-	X	X	-	X	-
Siguiriyas	X	-	X	-	X	-	-	X	-	-	X	-
Fandangos	X	-	-	X	X	-	X	-	-	X	X	-

Tabela 6.1: Primeri ritmov pri flamenku<sup>1</sup>.

takta. Tabela 6.1 prikazuje različne vrste ritmov oziroma stile ploskanja. V tabeli predstavlja 'X' poudarjeno dobo in '-' nepoudarjeno dobo.

## 6.2 Palmas: ploskanje pri flamenku

Flamenko skupino običajno sestavljajo plesalec, pevec in kitarist. Katerikoli član skupine lahko nudi ritmično podlago tudi s ploskanjem (palmas), udarjanjem z nogo, tleskanjem s prsti ali z ustreznim udarnim inštrumentom. Poznamo dve vrsti ploskanja sordas in fuertes: sordas predstavlja nežno ali normalno ploskanje ter fuertes, ki predstavlja močno oziroma poudarjeno ploskanje. Z obema stiloma ploskanja zagotovimo ustrezne poudarke pri željenih dobah. Glavna naloga palmera<sup>2</sup> je zagotavljanje natančnega in enakomernega ritma.

## 6.3 Implementacija

Razvit je bil vmesnik, ki omogoča ritmično interakcijo z računalniškim glasbenim sistemom z naravnimi zvočnimi gestami. Dodatno je bil razvit še ritmičen tutor, ki je sposoben naučiti uporabnika značilnih flamenko ritmov. Zgradba celotnega sistema je opisana v treh sklopih: (1) sinteza ploskanja, (2) zaznavanje in analiza zvokov ploskanja v realnem času in (3) ritmični tutor flamenka.

<sup>1</sup>Vir: [5]

<sup>2</sup>Oseba, ki ploska.



### 6.3.1 Sinteza ploskanja

Glavni mehanizem za avdio zaznavanje je zgrajen okoli pogona za sintezo ploskanja (ClaPD). Program je zapisan v grafičnem programskem jeziku Pure Data (Pd)<sup>3</sup> in je sposoben dinamično ustvariti virtualno množico ljudi, ki ploskajo. Vsaka virtualna oseba ima svojo dinamiko ploskanja in tako se simulira ploskanje resnične množice ljudi.

Pri implementaciji sistema za učenje ploskanja pri flamenku je bil program modificiran za specifičen palmas zvok, torej sordas in fuertes in variacij s poudarki in ritmični vzorci. Prav tako je bila razširjena baza ritmov, v katerem je bila dodana tabela z osnovnimi flamenko ritmi. Vzorci so bili zakodirani v simboličnem zaporedju. Uporabljena je bila binarna predstavitev ploska. Binarna enka predstavlja poudarjen plosk in binarna ničla nepoudarjen. Krožni indeksni kazalec se spreha po tabeli v skladu z vnaprej določenim tempom, kontrolna logika sproži plosk glede na podatek, ali je plosk poudarjen ali nepoudarjen. Indeksni kazalec je lahko tudi uporabljen za nadzor pri funkcijah, kot je končanje ali ponovitve sekvence ploskanja na pravilno dobo.

### 6.3.2 Analiza uporabnikovega izvajanja ploskanja

Različne vrste ploskanja je možno razločiti med seboj po njihovem zvenu. Vmešnik prepozna različne vrste ploskanja ob uporabi orodja Pd `bank`. Orodje je sposobno učenja udarnih zvokov, tudi sordas in fuertes in jih med seboj ločiti, hkrati pa na podlagi numerične ocene določi moč vsakega zvoka. S to informacijo je možno razlikovati med poudarjenim in nepoudarjenim ploskanjem. Sistem se začne prilagajati takoj ko začne uporabnik ploskati. Tako program modificira privzeto vrednost praga za razlikovanje med poudarki in nepoudarki.

Tako kot lahko sistem prepozna poudarke in nepoudarke, lahko oceni tudi pravilnost poudarjanja. Enostavna metrika za oceno poudarjanja je namenjena za izračun deleža pravih poudarjenih udarcev znotraj 12-dobnega takta. Ta analiza se izvaja konstantno in na podlagi rezultatov se posodablja tabela uporabnikove izvedbe. Prav tako se rezultati uporabnika primerjajo s podatki v shranjeni tabeli, kjer je zapisan vzorec flamenko ritma. Pravilnost poudarjanja je uporabljena pri

---

<sup>3</sup>Vir: <http://puredata.info/>

povratni informaciji virtualnega tutorja. Skupni tempo uporabnika se oceni s Pd orodjem `rhythm_estimator`.

### 6.3.3 Oblikovanje vmesnika za Flamenko Tutorja

Na podlagi sinteze ploskanja je bil oblikovan sistem za učenje flamenko ritmov in podajanje ocene o uspešnosti izvedbe uporabnika. Sistem je namenjen začetnikom, pri katerem je učenje osredotočeno na osnovne sposobnosti ploskanja, to je ohranjanja osnovnih ritmičnih vzorcev s konstantnim tempom in ustrezno naglasitvijo. Sistem je oblikovan tako, da nudi uporabniku zvočne in vizualne iztočnice za učenje.

Osnovno načelo za učenje je "poglej in ponovi". Torej sistem bo najprej predstavil vzorec ploskanja, bodisi samo z zvočnim zapisom ali pa z vizualno iztočnico, nato lahko uporabnik začne vaditi poleg virtualnega tutorja, pri katerem ima lahko tutor nastavljene različne načine podajanja povratne informacije. Sistem je prav tako lahko nastavljen na način prilagajanja. Torej tutor se prilagaja na uporabnikov tempo ploskanja, bodisi z malenkostno pohitritvijo ali upočasnitvijo. Omogočena je bila 2% napaka pri natančnosti sinhronega ploskanja med programom in uporabnikom.

Sistem ima na voljo tri vrste vizualne predstavitve. Prva je pisana transkripcija vzorca. Pri tej vrsti je vzorec sestavljen iz znakov 'X' in '-', kot je prikazano v tabeli 6.1. Vizualni marker se premika pod transkripcijo in označuje trenutno mesto na vzorcu, bodisi na poudarjeni ali nepoudarjeni dobi, ki bi jo moral uporabnik izvesti v danem času. Slika 6.1 prikazuje znake 'X' in '-' ter spodaj vizualni marker.

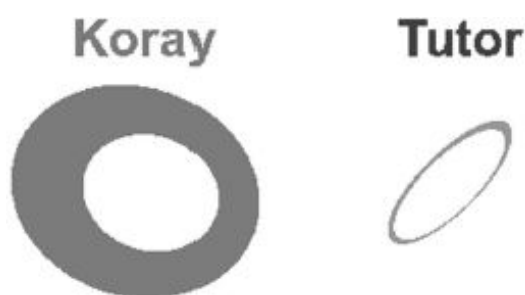
Druga vrsta vizualne predstavitve tutorjevega in uporabnikovega ploskanja je s krogi, ki reagirajo na ploskanje. Na sliki 6.2 vidimo dva kroga. Levi krog predstavlja uporabnika, desni pa tutorja. Krogi reagirajo na ploskanje na 3 načine. Kadarkoli pride do ploska, krog naredi manjši nagib v desno in se nato vrne v osnovni položaj. Za poudarjen plosk se krog odebeli, za nepoudarjen pa ohrani prvotno debelino. Če uporabnik izvaja ploskanje pravilno, se kroga približujeta drug proti drugemu. Ko je ploskanje povsem skladno, je njuna razdalja enaka nič.

---

<sup>4</sup>Vir slike: [5]



Slika 6.1: Grafični prikaz transkripcije vzorca za ploskanje<sup>4</sup>.



Slika 6.2: Grafični prikaz s krogoma<sup>5</sup>.

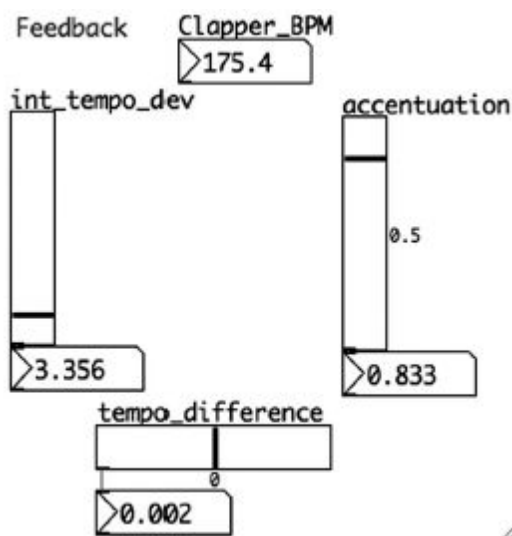
Tretji način vizualne predstavitve je numerična predstavitev. Kot je prikazano na sliki 6.3, imamo prikazane štiri podatke: tempo (udarci na minuto – Clapper\_BPM), standardni odklon od tempa (int\_tempo\_dev), razliko med uporabnikovim in tutorjevim tempom (tempo\_difference) ter delež nepravilnih naglasov zadnjih dvanajstih udarcev (accentuation). Popolnoma pravilna izvedba bi zadnje tri številčne podatke prikazala z ničlo. Številčni podatki pa so na novo prikazani ob vsakem zaznanem plosku.

## 6.4 Vadba ritma

Da je bilo možno oceniti učinkovitost tutorja in optimalnost vizualnega vmesnika, je bila izvedenih več ritmičnih vadbenih skupin, sestavljenih iz preprostih flamenko vzorcev. Učenje je bilo izvedeno v ustrezno nadzorovanem laboratoriju z namenom, da se pridobijo kar se da natančni podatki za kasnejšo analizo.

<sup>5</sup>Vir slike: [5]

<sup>6</sup>Vir slike: [5]

Slika 6.3: Numerični prikaz<sup>6</sup>.

### 6.4.1 Zbiranje podatkov

Pri izvajanju vadenja uporabnikov je bil fokus predvsem na numeričnih podatkih. Ti podatki so bili zajeti neposredno iz pogona za analizo ploskanja.

### 6.4.2 Proces učenja

Za učenje so bili izbrani štiri vzorci ploskanja (glej tabelo 6.1). Hkrati sta bila dodana še dva načina za izvedbo: dinamičnost ritmičnega odziva (statični in adaptivni tempo) in način prikaza (samo zvok ali kombinacija zvok-slika). Tako so bile na voljo štiri vrste izvedbe: 1. zvok, statično; 2. zvok, adaptivno; 3. zvok-slika, statično; 4. zvok-slika, adaptivno. V primeru, ko je bil na voljo adaptivni tempo, je bilo dovoljeno 2% odstopanje od osnovne hitrosti (175 udarcev na minuto). Ker so imeli uporabniki na voljo 4 vrste ploskanja, je skupaj prineslo 16 možnih kombinacij, hkrati pa je vsak uporabnik imel na voljo štiri izvedbe. Da so bili zagotovljeni smiselni podatki za analizo, je imel vsak uporabnik na voljo vsaj minuto za vadbo vsakega vzorca, tako da so lahko skupaj izvedli približno 14 ciklov celotnega vzorca pri danem tempu.

## 6.5 Rezultati in analiza

V raziskavo je bilo vključeno 16 oseb. Njihova povprečna starost je bila 30 let. Večina prostovoljcev je imelo glasbeno predznanje različnih sposobnosti, vendar nihče iz flamenka.

Pri testu se je osredotočilo na razmerje med hitrostjo učenja in natančnost izvajanja različnih ritmičnih vzorcev. Dva prostovoljca sta bila zmožna ponoviti vse štiri ritmične vzorce skoraj brez težav, medtem ko so imeli ostali težave izvesti že en sam vzorec s popolno natančnostjo. V povprečju so se prostovoljci naučili dva ritmična vzorca.

Iz testa je bilo ugotovljeno, da vsi prostovoljci niso bili zmožni ploskati z različno glasnostjo. Za nekatere bi bila potrebna predhodna, bolj tehnična obrazložitev in vadba ploskanja. Posledično je bilo ugotovljeno, da bo potrebno modificirati oblikovanje načina učenja, torej dodati v program vaje za trening samega ploskanja z različno močjo udarcev.

V splošnem so upoštevali zvočno predstavitev kot primarni način za učenje ritmičnih vzorcev. Večina prostovoljcev se je začela učiti tako, da so najprej pozorno poslušali ritmični vzorec in si ustvarili virtualno sliko, na katerih mestih so poudarjeni ploski. Povprečen čas za samo poslušanje vzorca brez sočasnega ploskanja je bil približno 40 sekund.

Na podlagi vtisov prostovoljcev je bil najbolj uporaben vizualni element transkripcija ritmičnega vzorca s premikajočim kazalcem, ki je prikazoval trenutno mesto ploska pri danem vzorcu. Nekaj kandidatov je sicer omenilo, da jim je bil kazalec moteč. Predstavitev z utripajočimi krogi se jim je zdela sicer zanimiva, vendar ne preveč uporabna za pomoč pri učenju. Predstavitev s številkami je nudila zanimive dodatne informacije, vendar ni imela praktičnega učinka za boljše učenje. Številke so nudile učinkovito povratno informacijo o natančnosti pravilnega ploskanja, kar je motiviralo prostovoljce, da poskusijo ploskati čim bolj pravilno. Glavna ugotovitev iz podanih vtisov prostovoljcev je bila, da je bilo na voljo preveč vizualnih elementov. Posledično bo potrebno pri nadaljnjem razvoju sistema za učenje prilagoditi uporabniški vmesnik z bolj kompaktno vizualno predstavitevjo, za to pa bo dovolj le predstavitev z ritmično transkripcijo (slika 6.1). Na podlagi metričnih rezultatov so bile ugotovljene znatne razlike pri učinkovitosti izvajanja poudarkov pri ploskanju pri različnih načinih izvedbe. V povprečju je bila na-

tančnost pri ploskanju ob samo pomoči zvoka za malenkost nižja kot pri načinu zvok-slika. Odstotek pravilnosti pri načinu zvok-slika je bil 73.7%, medtem ko je bil pri načinu s samo zvokom 86.1%.

Pri rezultatu s statičnim in adaptivnim ritmičnim načinom se je izkazalo, da statični način nudi slabše rezultate pri učenju, kot adaptivni. Odstotek pravilnosti pri statičnem načinu je 67.6%, adaptivni pa 74.2%.

## **6.6 Zaključki**

Predstavljen je bil model in začetna ocena uporabnosti sistema za učenje ritmike pri flamenku. Pri učenju je bilo raziskovana učinkovitost učenja ritmike flamenka popolnim začetnikom ob pomoči sintetičnih zvokov ploskanja in vizualnih namigov, hkrati pa je bil omogočena takojšnja povratna informacija o pravilnosti izvajanja ritmičnih vzorcev. Ugotovljeno je bilo, da je dani sistem že dovolj učinkovit za učenje popolnih začetnikov.

Zvočna in vizualna predstavitev je učinkovita pri učenju, pri katerem zvočni zapis še vedno predstavlja temelj za učenje, vizualna podpora pa nudi dodatno pomoč pri samem učenju, predvsem pri izvajanju poudarkov znotraj ritmičnega vzorca.

## Poglavje 7

# Učenje plesa ob pomoči tehnologije za zaznavanje gibanja

### 7.1 Uvod

Ples se da do neke mere naučiti tudi sam doma ob pomoči video posnetkov, pomanjkljivost tega je, da ob gledanju in izvajanju gibov ni mogoče dobiti povratno informacijo o kvaliteti oz. pravilnosti izvajanja gibov. Za to bi bil potreben nek program ali računalniška igra, ki bi to omogočal. Nekaj komercialnih plesnih iger je že na voljo, kot na primer Dance Dance Revolution (DDR) [1], kjer uporabnik stopa na ustrezne puščice na tleh (slika 7.1). Puščice utripajo glede na določen ritem ob predvajani pesmi. Na koncu pa uporabnik dobi oceno natančnosti izvajanja korakov.

Modernejša različica te igre se imenuje Dance Dance Revolution Hottest Party (DDRHP) [13]. Igra se igra z daljincem Wii (Wiimote) (slika 7.2) in posebno podlago, na kateri so označene štiri puščice – levo, desno, gor in dol (slika 7.3). Tudi tukaj morajo uporabniki stopati na pravilno puščico, hkrati pa še zamahovati z daljincem v ustreznem času, glede na navodila, dana v igri. Na koncu se izpišejo točke, ki se jih doseže glede na natančnost izvajanja gibov.

---

<sup>1</sup>Vir slike: <http://arcadeheaven.files.wordpress.com/2009/02/ddrx.jpg>



Slika 7.1: DDR – puščice na tleh utripajo<sup>1</sup>.



Slika 7.2: Daljinec Wii<sup>2</sup>.





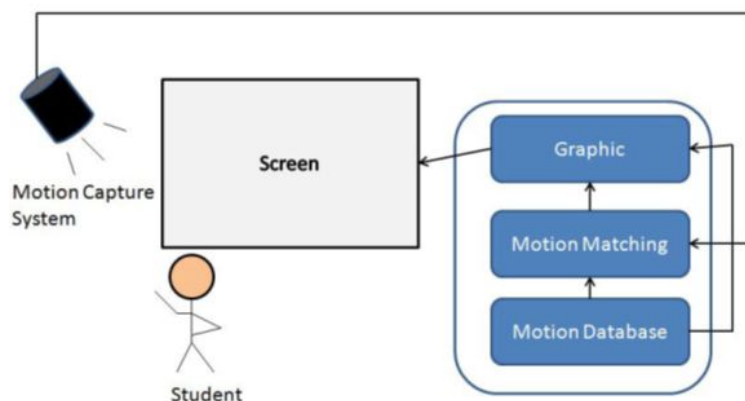
Slika 7.3: Podlaga za igro Dance Dance Revolution Hottest Party<sup>3</sup>.

Kljub temu, da so te igre prispevale k povečanju števila ljudi, ki bi bili zainteresirani za učenje plesa, sama igra ne nudi natančne ocene kako kvalitetno se lahko nekdo nauči plesa. Sama ocena po koncu igre je okrnjena samo na število točk, sistem pa ne daje nasvetov za pravilno gibanje celotnega telesa. Zaključek je, da te igre niso primerne za učenje plesa iz dveh razlogov: 1. zajeti podatki ne pokrivajo vseh gibajočih delov telesa, 2. celotna struktura in oblika igre je osredotočena, da nudi uporabniku predvsem zabavo in ne omogoča dejanskega učenja plesa.

V tem poglavju bo predstavljena aplikacija za učenje plesa na podlagi navidezne resničnosti (NR) integrirana s tehnologijo za zaznavanje gibanja [2]. Uporabnik ima na sebi obleko s senzorji za zaznavanje gibanja in sledi gibanju navideznega učitelja. Sistem za zaznavanje gibanja lahko zajame dovolj podatkov, da nudi ustrezno povratno informacijo o pravilnosti gibanja med navideznim učiteljem in uporabnikom. Bistvena razlika med tem sistemom in prej predstavljenimi igrami (DDR, DDRHP) je v tem, da ta sistem nudi natančno analizo gibanja celotnega telesa in s tem ustrezno povratno informacijo o pravilnosti ali nepravilnosti izvajanja

<sup>2</sup>Vir slike: <http://blog.tkjelectronics.dk/wp-content/uploads/nintendo-wiimote.jpg>

<sup>3</sup>Vir slike: <http://cache.futurelooks.com/wordpress/wp-content/uploads/2008/01/dance-dance-revolution-dance-pad-and-game.JPG>

Slika 7.4: Razmerja med komponentami<sup>4</sup>.

gibov.

## 7.2 Sistem za učenje plesa

Da premostimo pomanjkanje metod za samo učenje plesa je bila predlagana rešitev s praktičnimi primeri.

### 7.2.1 Arhitektura plesa

Arhitektura sistema je sestavljena iz štirih komponent: 3D grafike, ujemanje gibanja, podatkovna baza gibanja in sistema za zajemanje gibanja. Slika 7.4 kaže razmerja med vsako komponento. Gibanje uporabnika se pridobi s sistemom za zajemanje gibanja in se ga primerja z gibi, shranjenimi v podatkovni bazi gibov ob pomoči komponente za ujemanje gibanja. 3D grafična komponenta vizualizira gibanje uporabnika in navideznega učitelja.

### 7.2.2 Predstavitev gibanja

Da se lahko uporabnik nauči pravih gibov, je najprej potrebno v bazo shraniti gibanje profesionalnega plesalca. Predstavitev plesa je shranjeno z glajenjem

<sup>4</sup>Vir slike: [2]



Slika 7.5: Animacija in dejanski plesalec<sup>5</sup>.

3D animacije skupaj z OpenGL. Za olajšanje opazovanja gibanja lahko uporabnik modificira hitrost in zorni kot predvajanja. Slika 7.5 na levi strani prikazuje navideznega učitelja, ki izvaja gibanje, na desni pa dejanskega učitelja, s katerim je bila posneta animacija.

### 7.2.3 Sledenje gibanja

Da lahko nudimo natančno povratno informacijo o pravilnosti izvajanja gibov je nujno, da imamo omogočeno zajemanje in sledenje gibanju. To dosežemo s tehnologijo zajemanja gibanja. Tehnologija se že uporablja pri animaciji, filmski produkciji, analizi pri športih, v medicini in drugje. Sistem za učenje plesa uporablja optični sistem za zajemanje gibanja (slika 7.6) in nudi največjo možno natančnost in najkrajši odzivni čas, kar je bistvenega pomena za nudenje natančne povratne informacije v realnem času.

<sup>5</sup>Vir slike: [2]

<sup>6</sup>Vir slike: [http://2.bp.blogspot.com/-Jh832SVXha4/TdSHzK.LRgI/AAAAAAAAAOE/GM93Hxfx\\_9k/s1600/mocap\\_suit.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-Jh832SVXha4/TdSHzK.LRgI/AAAAAAAAAOE/GM93Hxfx_9k/s1600/mocap_suit.jpg)



Slika 7.6: Optični sistem za zajemanje gibanja s kamerami in obleko z nameščenimi senzorji<sup>6</sup>.

#### 7.2.4 Povratna informacija

Pri danem sistemu imamo na voljo več oblik povratnih informacij. Prva oblika je t.i. takojšnja povratna informacija (slika 7.7). Ko uporabnik vadi, je gibanje zajeto v realnem času in prikazano na virtualnem posnetku (na sliki 7.7 levo) poleg virtualnega učitelja (slika 7.7 desno). Barva prikazuje, ali je položaj dela telesa pravilen. Rumena prikazuje pravilen položaj, rdeča pa nepravilen. Tako lahko uporabnik opazi napako takoj in jo tudi nemudoma popravi.

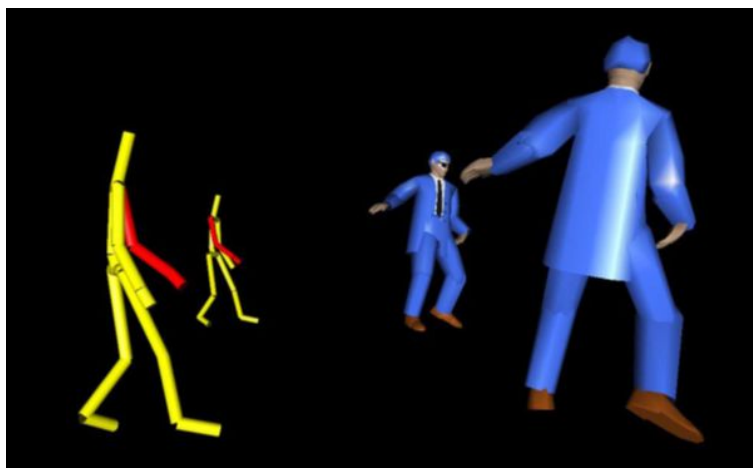
Druga oblika povratne informacije je točkovno poročilo. V poročilu so prikazani rezultati izvajanja gibanja (slika 7.8). Iz poročila lahko uporabnik dobi okvirno sliko, gibanje katerega dela telesa je potrebno še izboljšati in kateri del telesa je postavljen pravilno. Iz slike 7.8 lahko vidimo, da je pri vadbi več pozornosti nameniti levi roki, saj ima uporabnik pri izvajanju z njo največ težav.

Tretja oblika povratne informacije je predvajanje v počasnem posnetku. Ta način omogoča prikaz kako in na katerem mestu pride do napake. Slika 7.9 je

---

<sup>7</sup>Vir slike: [2]

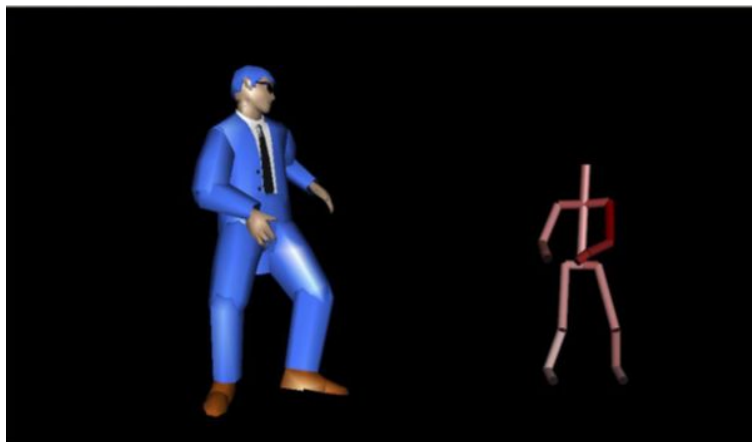
<sup>8</sup>Vir slike: [2]

Slika 7.7: Primer takojšnje povratne informacije<sup>7</sup>.

**Analysis of your performance**

Head:	59	Lhip:	56	Rwrist:	45
Neck:	67	Lknee:	77	Rhand:	41
LowTorso:	78	Lankle:	87	Rhip:	71
Lshoulder:	50	Ltoe:	88	Rknee:	64
Lelbow:	16	Rshoulder:	57	Rankle:	87
Lwrist:	32	Relbow:	49	Rtoe:	78
Lhand:	29				
<b>Overall: 43</b>					

Slika 7.8: Poročilo z rezultati<sup>8</sup>.



Slika 7.9: Primer slike iz predvajanja v počasnem posnetku<sup>9</sup>.

primer prikaza. Skozi počasno ponovitev posnetka lahko uporabnik vidi, v kateri pozi je prišlo do razlik pri izvajanju. Ob pomoči spreminjanja barve lika je videno natančno mesto napake. Barva se spreminja od temno rdeče do bele, glede na stopnjo pravilnosti.

Vsi trije načini povratnih informacij primerjajo natančnost izvajanja na podlagi primerjanja gibanja uporabnika in navideznega učitelja. Da lahko natančno primerjamo gibanje, je potrebna normalizacija. To je predvsem pomembno zaradi dejstva, ker se zgradba telesa razlikuje med uporabnikom in navideznim učiteljem. Drža telesa je predstavljena s 15 sklepi: leva/desna rama, levi/desni komolec, levo/desno zapestje, leva/desna noga, levo/desno koleno, levi/desni gleženj, glava, vrat in trup.

Pri takojšnji povratni informaciji je barva odvisna od natančnosti gibanja sklepov pri dani drži. Izračuna se s pomočjo evklidske razdalje med držo, ki je shranjena v podatkovni bazi in uporabnikovo držo. Ko je evklidska razdalja večja od vnaprej določenega praga pravilnosti, se spremeni barva pri kritičnem delu telesa.

Tudi pri povratni informaciji na podlagi poročila je vsak rezultat pri delu telesa izračunan z evklidsko razdaljo. Razlika je v tem, da je rezultat povprečje vsake sličice iz posnetka. Pri načinu predvajanja v počasnem posnetku je princip obarvanja podoben kot pri načinu takojšnje povratne informacije.

---

<sup>9</sup>Vir slike: [2]

---

Kandidat	Spol	Skupina	Plesne izkušnje
A	Moški	Poskusna	Ne
B	Moški	Poskusna	1 leto
C	Moški	Poskusna	Ne
D	Moški	Poskusna	Ne
E	Moški	Kontrolna	Ne
F	Moški	Kontrolna	Ne
G	Moški	Kontrolna	Ne
H	Moški	Kontrolna	Ne

---

Tabela 7.1: Prostovoljci v raziskavi<sup>10</sup>.

## 7.3 Ocenjevanje

Sistem je bil ovrednoten na podlagi dveh točk: ovrednotenje na podlagi uspešnosti ocenjevalne funkcije, ki je tudi bistvenega pomena za zagotavljanje povratne informacije in druga točka je poskusni del, kjer so bili prostovoljci povabljeni k sodelovanju.

### 7.3.1 Dosežki sistema

Da je bila uspešnost sistema lahko ovrednotena, je bilo povabljenih 8 naključnih kandidatov k poskusu. Pri poskusu je sodelovalo 8 moških v starostni skupini od 21 do 30 let (tabela 7.1). Naključno so bili razdeljeni v poskusno in kontrolno skupino. Kandidati v poskusni skupini so se učili plesa ob pomoči našega sistema, druga skupina pa se je učila s samo učenjem ob opazovanju video posnetkov. Namen raziskave je bil ovrednotiti učinkovitost sistema iz treh perspektiv:

- Izid učenja: ali so kandidati izboljšali znanje plesa?
- Vzbujanje zanimanja: ali sistem motivira k večji želji po učenju?
- Primerjava s tradicionalnimi metodami za samo učenje: ali je naš sistem učinkovitejši pri učenju od običajnega?

---

<sup>10</sup>Vir: [2]

Slika 7.10: Učenje plesnega giba<sup>11</sup>.

### Izid učenja

Štirje kandidati v poskusni skupini so se učili plesnih gibov ob pomoči sistema (slika 7.10). Vsak kandidat se je naučil tri plesne gibe, za katerega je imel na voljo 15 minut. Plesni gibi so bili iz hip-hop plesne zvrsti, vsak je trajal približno 2 sekundi.

Na začetku učenja so bile določene izhodiščne vrednosti, preračunane na podlagi podobnosti med gibi kandidatov in plesne predloge iz podatkovne baze. Da je bilo možno oceniti razliko med učinkovitostjo izvajanja plesnih gibov na začetku in na koncu, je bil izveden T-test. Povprečje  $\mu$  izhodiščnih vrednosti je bilo 40.58 in standardni odklon  $\sigma = 4.87$ . Po učenju pa je bil rezultat  $\mu = 51.41$  in  $\sigma = 5.23$ . Vrednost  $p = 0.000011598$ , t-vrednost pa 6.9833. Ker je  $p < 0.01$ , je razlika o izboljšavi pred in po učenju jasna. Znanje plesa se je znatno izboljšalo ob pomoči sistema.

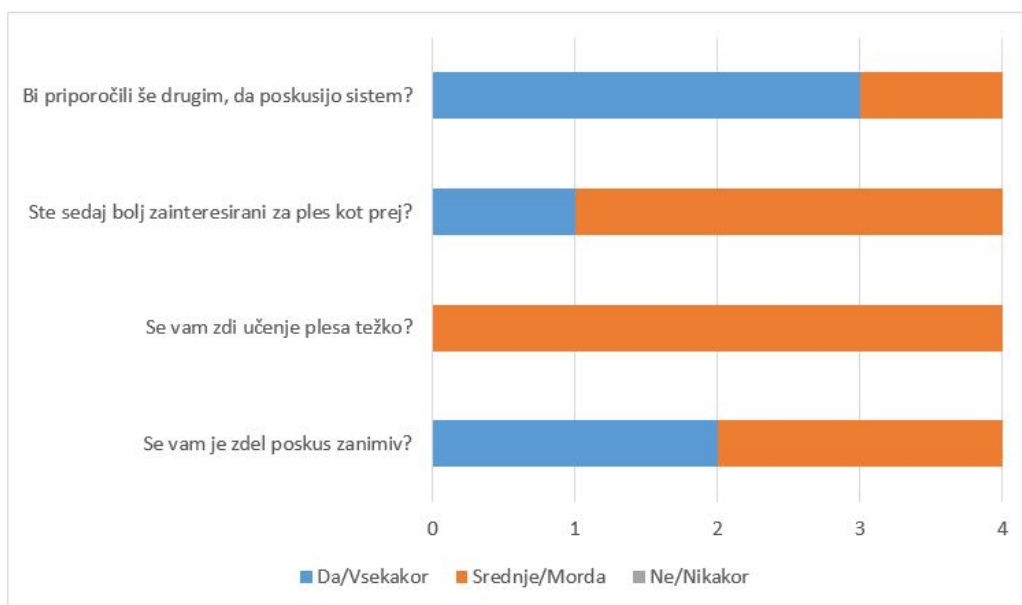
### Vzbujanje zanimanja

Učinkovitost sistema je tudi ocenjena na podlagi dejstva, ali so uporabniki motivirani k dodatnemu učenju. Vtisi so bili zbrani v anketi po koncu poskusa (slika 7.11). Rezultati kažejo, da je sistem zanimiv in motivira uporabnike k

<sup>11</sup>Vir slike: [2]

<sup>12</sup> $\mu$  – povprečje,  $\sigma$  – standardni odklon





Slika 7.11: Rezultati ankete poskusne skupine (n=4)<sup>13</sup>.

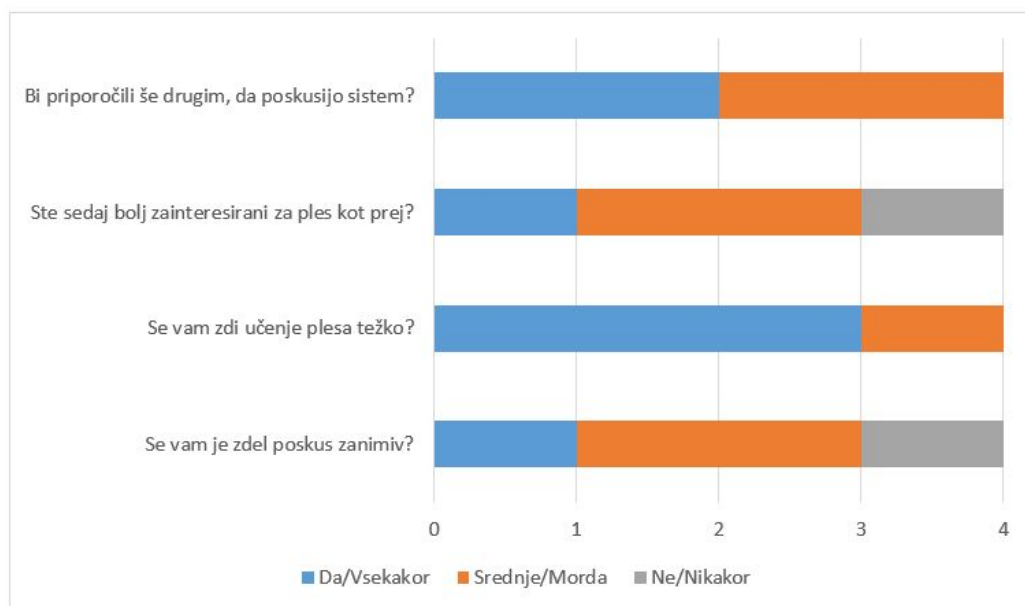
učenju. Na podlagi dodatnih komentarjev je bilo tudi izraženo, da poročilo z numeričnim prikazom rezultatov še dodatno motivira k izboljšavi teh rezultatov. V splošnem so bili kandidati zadovoljni s sistemom za virtualno učenje plesa.

### Primerjava s tradicionalnimi metodami za učenje

Kandidatom v kontrolni skupini je bilo naročeno, da se učijo plesa ob pomoči video posnetkov, brez da bi imeli na voljo povratno informacijo o pravilnosti izvedbe naučenih gibov. Tudi tukaj je bila določena izhodiščna točka za ocenjevanje pravilnosti izvajanja plesnih gibov. Dvostranski T-test je prikazal, da ni bistvenih razlik pri izhodiščnih točkah v obeh skupinah. Analiza rezultata po učenju plesnih gibov pokaže, da prav tako ni bistvene izboljšave pri izvajanju plesnih gibov. Iz tega sledi, da je način učenja s pomočjo sistema za učenje plesa znatno učinkovitejši.

Tudi kandidati iz kontrolne skupine so na koncu izpolnili anketo. Rezultati so prikazani na sliki 7.12. Iz rezultatov je vidno, da so imeli kandidati večje težave pri učenju plesnih gibov v primerjavi z eksperimentalno skupino. V splošnem rezultati

<sup>13</sup>Vir slike: [2]

Slika 7.12: Rezultati ankete kontrolne skupine (n=4)<sup>14</sup>.

potrjujejo hipotezo, da je sistem za učenje plesa zmožen učinkovito pomagati pri učenju plesnih gibov.

## 7.4 Zaključek

V tem poglavju je bil predstavljen sistem za učenje plesa s pomočjo tehnologije zaznavanja gibanja. Navidezno okolje simulira resnično učenje plesa in na podlagi rezultatov poskusa tudi učinkovito deluje. Navidezni učitelj prikaže različne plesne gibe, učenec pa jim lahko sledi. Prav tako lahko navidezni učitelj nudi povratno informacijo o napakah in nasvet za popravek tako, da nas usmeri kje se konkretna napaka pojavlja in v katerem trenutku.

Sistem ima še veliko prostora za izboljšave. Generiranje plesnega učenja se lahko avtomatizira ob pomoči tehnike za prepoznavanje vzorcev plesa. Poleg analiziranja gibov delov telesa bi se lahko ocenjevali tudi občutke, ki jih plesalec izraža ob plesu. Prav tako bi se dalo izboljšati tudi samo okolje za učenje. Sistem bi lahko

<sup>14</sup>Vir slike: [2]

---

opremili s premikajočimi ekrani ali napravami, nameščenimi na glavi, za lažje sledenje virtualnemu učitelju ob plesu, saj med samim plesom ni vedno možno, da smo vedno obrnjeni proti ekranu.



## Poglavje 8

# Primer 3D zajema gibanja

V tem poglavju bomo predstavili primer zajemanja 3D gibanja ob pomoči sistema Animazo IGS-190 za zajemanje gibanja 8.1, ki deluje na podlagi 18 žiroskopov [4]. Opisano bo postopek priprave za zajem gibanja in na koncu bo sledil opis, kako bi se lahko sestavil učinkovit sistem za pomoč pri učenju plesa.

Kot je bilo že opisano v prejšnjih poglavjih, je 3D animacija najustreznejša za predstavitev gibanja v prostoru, saj ga lahko opazujemo iz različnih zornih kotov. S sistemom Animazo bi tako lahko posneli več različnih plesnih figur in tehnik, ki bi se jih potem lahko uporabniki naučili.

### 8.1 Priprava

Ker je obleka, s katero zajemamo 3D gibanje, sestavljena iz magnetnih senzorjev, moramo poskrbeti, da je prostor brez magnetnih interferenc, namreč vsaka sprememba v magnetnem polju bi lahko povzročila napake pri meritvah. To preverimo tako, da vzamemo enostaven kompas in ga postavimo na tla v prostoru, v katerem imamo namen zajeti 3D gibanje. Če igla na kompasu miruje, pomeni, da je prostor primeren za uporabo, sicer je potrebno poiskati ugodnejšo lokacijo.

Ko najdemo ustrezen prostor, je potrebno zgraditi skelet za zajemanje gibanja. To storimo s pomočjo programa Autocal. Za gradnjo skeleta je potreben fotoaparati, stojalo za fotoaparati in konstrukcija v obliki kocke. Pravzaprav je gra-

---

<sup>1</sup>Vir slike: <http://www.razor3d.co.kr/dlp/Animazoo%20IGS.files/image001.jpg>



Slika 8.1: Sistem Animazoo IGS-190 za zajem gibanja<sup>1</sup>.

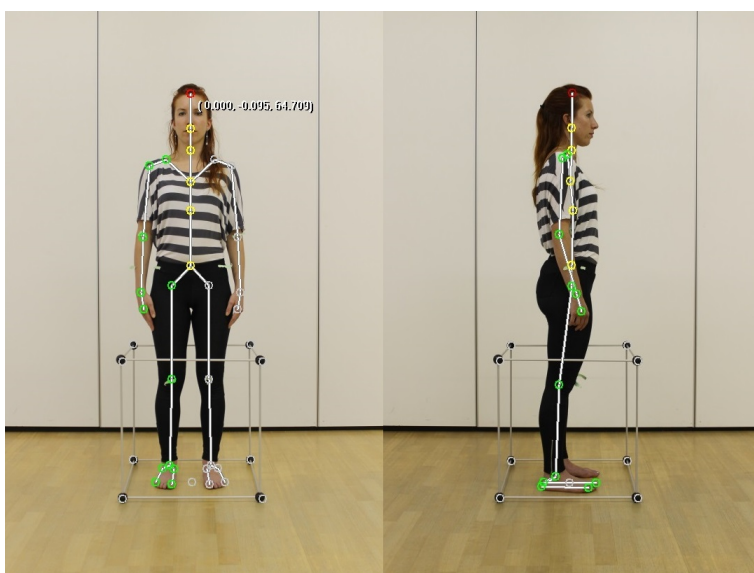
dnja skeleta najpomembnejši del pred zajemanjem gibanja. V primeru, da nismo natančni, pride 3D gibanje popačeno. Postopek gradnje skeleta je sledeč:

1. Osebo postavimo v kockasto konstrukcijo (slika 8.2). Pomembno je, da oseba stoji na sredini te kocke. Drža naj bo ravna, roke ob telesu, dlani obrnjene navznoter. Noge morajo biti v višini bokov, stopala naj bodo obrnjena vzporedno s stranico kocke.
2. S pomočjo fotoaparata posnamemo sliko. Pomembno je, da je fotoaparat fiksiran, da lahko posnamemo natančno sliko. Fotoaparat naj bo postavljen v višini bokov. Ko je oseba postavljena pravilno, posnamemo najprej profilno sliko, potem postopek ponovimo še, da je oseba postavljena za 90 stopinj v levo (slika 8.2).
3. Ko posnamemo ustrezne slike, te slike naložimo v program Autocal. Znotraj programa s pomočjo tehnike potegni/spusti namestimo točke na robove kockaste konstrukcije, da program ugotovi ustrezne mere kocke in bo lahko potem na podlagi tega določil dolžine ostalih delov telesa.
4. Po določitvi oglišč kocke sledi postavljanje točk na telo osebe (slika 8.3). Natančen opis namestitve si lahko pogledate v [3]. Isti postopek ponovimo tudi na sliki s stranskim pogledom.

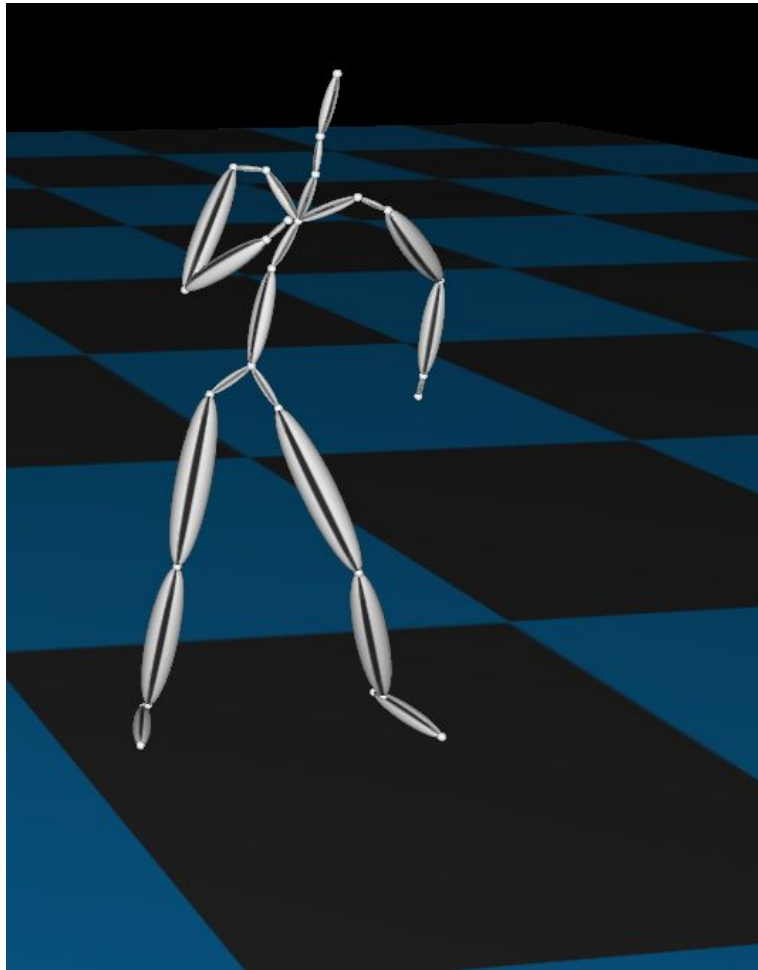
Ko je postopek končan, lahko oseba, katero smo uporabili za gradnjo skeleta, obleče obleko s senzorji. Paziti moramo, da so senzorji ustrezno pritrjeni, da se



Slika 8.2: Oseba stoji v kockasti konstrukciji.



Slika 8.3: Postavljanje točk - gradnja skeleta.



Slika 8.4: Prikaz skeleta v programu BVHViewer.



med plesom oziroma gibanjem ne premikajo, saj bi v tem primeru dobili popačene rezultate.

Pred začetkom samega snemanja se mora oseba z obleko še enkrat obrniti proti severu za inicializacijo. S pomočjo programa AnimaView zajamemo gibanje, ki jih sprti že lahko pregledujemo, saj nam program omogoča spremljanje gibanja v realnem času. Posnetek je shranjen v BVH <sup>2</sup> formatu in ga lahko predvajamo le v programu, ki je prirejen za predvajanje tega formata. Gibanje, ki je bilo zajeto v programu AnimaView, smo predvajali v programu BVHViewer <sup>3</sup> (slika 8.4). Kako so podatki v programu preračunani in predstavljeni, si lahko bralec prebere v [4].

## 8.2 Zaključki

V prvi fazi, kjer smo morali postaviti osebo v konstrukcijo v obliki kocke, smo naleteli na prvo težavo. Namreč pri prvem poskusu oseba ni stala povsem skladno z navodili. Stopala so bila postavljena malce navzven. Na prvi pogled bi se ocenilo, da to ne bo predstavljalo težav, vendar temu ni bilo tako. Pri označevanju točk na osebo [3] se je namreč izkazalo, da se ne bo dalo uskladiti levega in desnega dela telesa, kar bi pri snemanju povzročilo, da bi bilo gibanje popačeno. Tako je bilo potrebno ponoviti postopek in osebo ponovno postaviti v kocko. Pri drugem poskusu smo poskrbeli, da je bila oseba natančno postavljena na sredino kocke, in da so bili deli telesa postavljeni v skladu z navodili, posledično postavljanje točk na telo ni predstavljalo težav in skelet je bil zgrajen pravilno.

Ker je bil skelet zgrajen pravilno, smo se lahko lotili naslednje faze. Oseba, za katero je bil zgrajen skelet, je lahko oblekla obleko s senzorji. Pri tem je potrebna pomoč vsaj še ene osebe, vsaj za prvič, če oseba ni večja nameščanja senzorjev, in če težje doseže senzorje, ki so nameščeni na hrbtu. Pri nameščanju je potrebno poskrbeti, da so senzorji nameščeni trdno, da se med gibanjem ne bodo premikali, kajti to bi takoj pomenilo napake pri končnem posnetku.

Ko je oseba oblečena in so vsi senzorji nameščeni, se mora oseba še enkrat postaviti proti severu za ponovno kalibracijo. Ko je to končano, se lahko takoj

---

<sup>2</sup>BVH je format, pri katerem je možno shraniti in predstaviti gibanje. Omogoča dvo-dimenzionalno predstavitev gibanja, ki je zajeto v tridimenzionalnem svetu.

<sup>3</sup>Dostopno na: <http://www.developmentinmotion.nl/software/bvhviewer/>

začne snemanje.

Sistem Animazoo nam ponudi natančno zajemanje 3D gibanja, saj nam predvaja gibanje v prostoru, vendar bi ga bilo potrebno razširiti za še za nudenje povratne informacije. Predpostavljamo tudi, da bi oseba, ki bi želela uporabljati ta sistem za učenje plesa, morala prav tako uporabljati to isto obleko s senzorji, da bi ji sistem lahko ponudil povratno informacijo. Raba same obleke bi vsaj na začetku predstavljalo majhno težavo. Za prvič bi oseba potrebovala pomoč vsaj še ene osebe, da bi ji pomagala pri izgradnji skeleta in namestitvi senzorjev. V našem primeru je sama predpriprava trajala več kot eno uro, še posebej, ker smo to počeli prvič. Za navadnega uporabnika, ki ni več takšnega dela, bi bilo to povsem neustrezno, saj bi v tem času že lahko opravili en trening učenja. Prav tako, bi bilo potrebno poskrbeti, da ima uporabnik na voljo prostor, ki je magnetno ustrezen. Nenazadnje je tukaj tudi sama cena sistema saj je že obleka s senzorji je izredno draga.

# Poglavje 9

## Zaključek

Narejen je bil pregled nad stanjem med koriščenjem računalniške tehnologije in plesa. Na začetku je bila predstavljena kratka zgodovina razvoja plesne notacije. Ko je bila razvita učinkovita plesna notacija, in ko se je računalniška tehnologija razvila, je bilo možno to notacijo implementirati v program, kar je znatno olajšalo delo plesnim mojstrom.

Z razvojem grafike so se pojavili tudi prvi programi oz. sistemi, ki so bili zmožni predstaviti gibanje in prav tako plesno gibanje. Nekateri so bili razviti na podlagi simbolov plesnih notacij, nekateri na bolj splošen način.

Poleg sistemov za zapis plesov so se začeli razvijati tudi sistemi, ki bi bili namenjeni učenju izbranega plesa. Pred in ob implementaciji je bilo izvedenih več različnih poskusov, kjer se je bilo potrebno prepričati, ali so takšni sistemi pravzaprav smiselni. Vsi sistemi, predstavljeni v diplomskem delu so prinesli pozitivne rezultate in motivacijo za nadaljnji razvoj. Pri implementaciji so se razvijalci opirali na 4 splošna vprašanja, potreba za učinkovito učenje. Ta vprašanja so: kako predstaviti gibanje uporabniku, kako opazovati uporabnikovo gibanje ali izvajanje nekega giba, kako dati uporabniku povratno informacijo in kako bi uporabnik in program komunicirala.

Na koncu je bil izveden tudi praktični del diplomskega dela. Zajeta je bila 3D animacija s pomočjo programa Animazoo in obleke z magnetnimi senzorji. Tukaj smo videli, kakšna je predpriprava in dejansko snemanje 3D animacije. Sistem je učinkovit in primeren za vse vrste gibanja, ne le plesa, vendar ima pa tudi še nekaj pomanjkljivosti.

## 9.1 Prednosti in slabosti

Posvetimo se prednostim pri sistemih za učenje plesa. Prva prednost je, da se lahko uporabnik uči sam doma. Posledično je tukaj tudi prihranek na času. Namreč nekateri učenci živijo dlje od plesne šole in že sama vožnja tja in nazaj lahko vzame eno ali več ur. Prav tako je prednost tudi ta, da lahko uporabnik ob poljubnem času začne vaditi, medtem ko so tečaji ob fiksni uri. Naslednja prednost je tudi poljubna dolžina vadbe. V osnovi trajajo tečaji od 60 do 90 minut. Uporabnik si sam diktira trajanje vadbe glede na zmožnosti in koncentracijo. Nenazadnje pa pri vadbi doma ni gneče, saj se včasih zgodi, da je v enem prostoru tudi od 15 do 20 ali celo več učencev, kar zna biti tudi že samo to naporno.

Zajem 3D gibanja omogoča selitev v virtualni prostor, kar odpira možnost učenja plesa na daljavo [9]. To omogoča tehnologija 3D Tele-immersion (3TDI), pri kateri se lahko uporabniki, ki so oddaljeni tudi več tisoč kilometrov, vključijo v skupno aktivnost, v našem primeru ples. 3TDI okolje deluje na podlagi več kamer, postavljenih tako, da je omogočen širok zorni kot za sledenje gibanju.

Slaba plat učenja doma ob pomoči sistema za učenje plesa je seveda cena. V našem primeru je že cena obleke v sistemu Animazoo izredno draga. To je za navadnega uporabnika nesprejemljivo. Obstajajo tudi cenejše možnosti, na primer kamera za sledenje gibanja, vendar ne zagotavlja isto mero natančnosti sledenja premikanja vseh okončin. Druga slabost, ki se je pojavila tudi v našem primeru že pri samem zajemanju gibanja je predpriprava. Veliko časa nam je vzela izgradnja skeleta. Pri izjemno učinkovitem in uporabniku prijaznem sistemu do takšnih težav ne bi smelo prihajati, čeprav je potrebna nastavitvev skeleta le pri prvi uporabi programa.

Upoštevati je potrebno, da čeprav bi sistem znal določiti nepravilno izvajanje gibov, ta še vedno ni sposoben nadomestiti izkušenega očesa plesnega učitelja. Učinkovit učitelj na podlagi večletnih izkušenj prej opazi in določi vrsto napake, ter kako jo odpraviti.

## 9.2 Nadaljnje delo

Ker je veliko plesnih učiteljev mnenja, da program oziroma sistem ne more še nadomestiti učinkovite izkušnje učenja plesa, plesnih sistemov za učenje plesa ni

---

veliko na voljo. Posledično tudi ni veliko računalniških podjetij, ki bi bile pripravljene vlagati denar za razvoj teh sistemov. Iz tega razloga ostajajo takšni sistemi tudi tako dragi. Računalniška tehnologija se sproti razvija, posledično se bodo komponente, potrebne za izgradnjo sistema (kamere, senzorji, ipd.), pocenile na komercialno raven. Do takrat plesnim navdušencem ostaja le izbira med različnimi plesnimi tečaji ali ob gledanju videoposnetkov.



# Literatura

- [1] Dance Dance Revolution — Wikipedia, The Free Encyclopedia. [http://en.wikipedia.org/wiki/Dance\\_dance\\_revolution](http://en.wikipedia.org/wiki/Dance_dance_revolution).
- [2] Jacky CP Chan, Howard Leung, Jeff KT Tang, and Taku Komura. A virtual reality dance training system using motion capture technology. *Learning Technologies, IEEE Transactions on*, 4(2):187–195, 2011.
- [3] Alex Diplock. Animazoo mocap systems practical guide. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 4(2):187–195, 2009.
- [4] Vida Groznik. Zajem in obdelava senzorskih podatkov za učenje in razpoznavanja plesnih korakov. Master’s thesis, Fakulteta za računalništvo in informatiko Ljubljana.
- [5] Antti Jylhä, Inger Ekman, Cumhur Erkut, and Koray Tahiroğlu. Design and evaluation of human–computer rhythmic interaction in a tutoring system. *Computer Music Journal*, 35(2):36–48, 2011.
- [6] Balakrishnan Ramadoss, Rajkumar Kannan, and Frederic Andres. Intelligent tutoring systems for dance media environments. *International Advance Computing Conference (IACC 2009)*, 2009.
- [7] GJ Savage and JM Officer. Choreo: an interactive computer model for dance. *International Journal of Man-Machine Studies*, 10(3):233–250, 1978.
- [8] Inc. Scribd. Benesh movement notation. <http://www.scribd.com/doc/62002730/Benesh-Movement-Notation-Was-Devised-by-Rudolf-and-Joan-Benesh-and-First-Published-in-1956>, August 2011.

- 
- [9] R Sheppard, Wanmin Wu, Zhenyu Yang, Klara Nahrstedt, Lisa Wymore, Gregorij Kurillo, Ruzena Bajcsy, and Katherine Mezur. New digital options in geographically distributed dance collaborations with teeve: tele-immersive environments for everybody. In *Proceedings of the 15th international conference on Multimedia*, pages 1085–1086. ACM, 2007.
- [10] K Sukel, G Brostow, and I Essa. Towards and interactive computer-based dance tutor. *Concept Paper, Georgia Institute of Technology, Atlanta*, 1998.
- [11] Katherine E Sukel, Richard Catrambone, Irfan Essa, and Gabriel Brostow. Presenting movement in a computer-based dance tutor. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 15(3):433–452, 2003.
- [12] The Biography.com website. Léonide massine. <http://www.biography.com/people/leonide-massine-36953>, June 2014.
- [13] Wikipedia. Dance dance revolution hottest party — wikipedia, the free encyclopedia. [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Dance\\_Dance\\_Revolution\\_Hottest\\_Party&oldid=615560591](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Dance_Dance_Revolution_Hottest_Party&oldid=615560591), 2014.