

Universitatea POLITEHNICA București

Rezumatul tezei de doctorat

**Tehnici de simulare a emoțiilor
pentru personaje virtuale**

**Artificial Emotion Simulation
Techniques for Intelligent Virtual
Characters**

Author:
Drd.ing. Valentin Lungu

Coordonator:
Prof.dr.ing. Adina Magda Florea

în cadrul

Laboratorului de Inteligență Artificială și Sisteme Multi Agent
Departamentul de Calculatoare
Facultatea de Automatică și Calculatoare

Octombrie 2012

UNIVERSITATEA POLITEHNICA BUCUREȘTI

Abstract

Facultatea de Automatică și Calculatoare
Departamentul de Calculatoare

Tehnici de simulare a emoțiilor pentru personaje virtuale

Drd.ing. Valentin Lungu

Scopul principal al acestei teze este furnizarea personajelor virtuale cu abilitatea de a exprima emoțiile. Abordarea se bazează pe ideea ca emoțiile servesc o funcție fundamentală în comportamentul uman, și că, pentru a înzestra agenții artificiali cu un comportament complex și credibil din punct de vedere afectiv, este necesară dezvoltarea unui sistem artificial ce servește aceluiași scop. Considerăm că emoțiile acționează ca un subsistem ce îmbunătățește comportamentul uman, crescând nivelul de activitate cerebrală / fizică în circumstanțe provocatoare, concentrând atenția, influențând comportamentul, stabilind importanța evenimentelor petrecute în jurul nostru și acționând ca forță motivatoare.

Teza analizează aspecte importante ale sistemului emoțional uman și le modelează pentru a crea personaje artificiale mai credibile, agenți și sisteme multi-agent mai eficiente. Această teză se ocupă cu efectele emoțiilor asupra percepției, memoriei, învățării, raționamentului și integrarea acestora într-o arhitectură de agent artificial. Vom arăta că simularea emoțiilor nu servește numai îmbunătățirii interacțiunilor om-calculator și analizei comportamentelor, dar poate folosită și pentru a îmbunătăți performanțele și eficiența sistemelor agenților artificiali și ale sistemelor multi-agent.

Studiem diverse teorii ale emoțiilor, modele computaționale de simulare a emoțiilor, și propunem un model de agenți artificiali ce permite simularea efectelor emoțiilor similare cu cele umane asupra capacităților cognitive și reactive ale agenților artificiali.

Teza rezumă teoriile psihologice pe care este bazat modelul nostru emoțional, definește concepte cheie ale modelului Newtonian de emoții dezvoltat și descrie funcționarea acestora în cadrul unei arhitecturi agent. Sistemul Newtonian de emoții este un sistem agil și ușor scalabil de reprezentare a emoțiilor. Am proiectat și dezvoltat un sistem plug-and-play ce poate fi integrat în cadrul oricărei arhitecturi agent. De asemenea, descriem și primul prototip teoretic al arhitecturii noastre, un motor de raționament condus de emoții, care încearcă nu numai să furnizeze un comportament complex și verosimil personajelor virtuale, dar încearcă și îmbunătățirea agenților artificiali imitând mecanismele emoționale umane, cum ar fi motivația, îngustarea atenției și efectele emoțiilor asupra memoriei.

Mențiuni

Rezultatele prezentate în acest articol au fost obținute cu sprijinul Ministerului Muncii, Familiei și Protecției Sociale prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, Contract nr. POSDRU/88/1.5/S/61178.

Cuprins

Abstract	1
1 Introducere	6
1.1 Motivație și obiective	6
1.2 Organizarea tezei	7
2 Imagine de ansamblu a teoriei emoțiilor	9
2.1 Reprezentarea emoțiilor	9
2.2 Sinteza emoțiilor	10
2.2.1 Modelul perceptual	10
2.2.2 Modelul Cannon-Bard	10
2.2.3 Modelul Singer-Schachter	11
2.2.4 Modelul Lazarus	11
2.3 Emoțiile și procesele cognitive	11
2.3.1 Selectivitatea atenției	12
2.3.2 Emoțiile și consolidarea memoriei	12
3 Privire de ansamblu asupra modelelor artificiale de simulare a emoțiilor	13
3.1 Ortony Clore și Colins (OCC)	13
3.2 Modelul conecționist (Soar)	13
3.3 Emoții adaptive (PETEEI)	14
3.4 EBDI	14
3.5 ERIC	15
3.6 Deep	15
3.7 iCat	15
3.8 Comparație	16
4 Tehnici artificiale de simulare a emoțiilor pentru personaje virtuale	17
4.1 Motor de comportament condus de emoții	17
4.1.1 Arhitectura	18
4.1.2 Simularea emoțiilor	18

4.1.3	Reprezentarea cunoștințelor	19
4.1.4	Efecte asupra proceselor cognitive	20
4.2	Sistemul de emoții Newtonian (NES)	21
4.2.1	Spațiul Newtonian de emoții	21
4.2.2	Arhitectura Plug-and-play	22
4.2.3	Învățarea în NES	23
4.2.4	Filtru de personalitate	23
4.2.5	Emoțiile ca motivație	24
5	Integrarea emoțiilor în jocuri	25
5.1	Inteligența artificială în medii virtuale	25
5.1.1	Domenii de aplicație	25
5.1.2	Tehnici	26
5.2	ALICE (SGI)	27
5.3	Orc World	27
5.3.1	Scenariu și reguli	27
5.3.2	Acțiuni și feedback	28
5.3.3	Modul de învățare	28
5.3.4	Modul de comportament	28
5.4	Reprezentare grafică	29
6	Concluzii și dezvoltări ulterioare	30
6.1	Concluzii	30
6.2	Contribuții	31
6.3	Dezvoltări ulterioare	32
	Bibliografie	34

Capitolul 1

Introducere

Emoțiile sunt o parte a moștenirii evoluționare umane [1], servind scopuri adaptive, dar emoțiile au devenit de asemenea o componentă importantă a procesului multi-modal de interacțiune umană, absența acestora fiind observabilă și iritantă.

Calculul afectiv este studiul și dezvoltarea sistemelor ce pot recunoaște, interpreta, procesa și simula emoții umane pentru a adăuga această nouă dimensiune interacțiunii om-calculator și a conduce către o interfață mai naturală. Scopul cercetării noastre este crearea personajelor artificiale inteligente credibile capabile să afișeze comportament afectiv. Pentru a realiza aceasta, încercăm furnizarea personajelor artificiale cu un strat emoțional similar cu cel al oamenilor, servind scopuri adaptive. Subsistemul emoțional influențează comportamentul agentului stabilind importanța evenimentelor și influențând procesarea cunoștințelor, cât și furnizând agentului cu o stare emoțională pe care acesta va capabil s-o exprime și care îi va influența mai departe comportamentul.

Sistemul emoțional Newtonian descrie felul în care sunt reprezentate emoțiile și cum forțele interne și externe acționează asupra acestora, bazat pe munca psihologului R.E. Plutchik [2]. Bazat pe teoria de evaluare și sinteză a emoțiilor a lui Lazarus [3] am dezvoltat un subsistem emoțional ce interacționează cu și influențează arhitectura unui agent artificial. Sistemul ține de asemenea cont de efectele emoțiilor asupra percepției și proceselor cognitive.

1.1 Motivație și obiective

Există o serie de probleme cheie ce trebuie adresate de către modele artificiale de simulare a emoțiilor curente:

- **Extensibilitate** Majoritatea modelelor nu sunt extensibile; majoritatea impun anumite metode de reprezentare a cunoștințelor, o anumită arhitectură și metode de raționament. Pe de altă parte, în domeniul inteligenței artificiale în jocuri, algoritmi și tehnicile folosite sunt în continuă schimbare, atât în cursul timpului, cât și de la joc la joc, în funcție de capacități [4].
- **Complexitate** Majoritatea modelelor de simulare a emoțiilor sunt foarte complexe, nu numai din punct de vedere al implementării, ci și din puncte de vedere teoretic și de proiectare. O mulțime de parametri de algoritm, o teorie și un sistem complex înseamnă o curbă abruptă de învățare atât pentru designeri cât și pentru dezvoltatori, fapt ce va descuraja adopția sistemului.

- **Scalabilitate** Simularea artificială a emoțiilor trebuie să fie cel puțin la fel de scalabilă ca și tehnicile curente de inteligență artificială folosite în jocuri; totuși, datorită complexității simulării, modelele nu pot face față unui număr mare de agenți în același timp.
- **Teoretice** Este important ca emoțiile simulate artificial să aibă efecte similare asupra proceselor cognitive ale agenților cu cele umane asupra proceselor umane, astfel încât emoțiile să influențeze comportamentul într-un fel credibil. Este de asemenea important să folosim emoțiile ca motivație pentru comportamentul personajelor virtuale.
- **Integrarea în motoare de joc** Majoritatea metodelor de simulare artificială a emoțiilor sunt de natură cognitivă, dar, majoritatea motoarelor de joc nu oferă suport pentru meta date în mediu ce ar reprezenta cunoștințele despre obiecte în medii virtuale.

Având în vedere aceste restricții, principalele obiective ale tezei sunt următoarele:

- Analiza efectelor psihologice ale emoțiilor asupra proceselor cognitive umane
- Analiza modelelor curente de simularea a emoțiilor
- Propunerea unei soluții arhitecturale originale de reprezentare a emoțiilor și un cadru de dezvoltare a personajelor virtuale îndeplinind următoarele caracteristici:
 - ușor extensibil; independent de tehnicile de inteligență artificială folosite pentru a înzestra personajele virtuale cu un comportament simplu, cu puțini parametri de algoritm, ușor de învățat și implementat
 - îndeplinește toate efectele emoțiilor asupra comportamentului conform teoriei psihologice în domeniu și folosește emoțiile ca motivație ușor de integrat cu un motor de joc (sau în cadrul unei aplicații)
- Implementarea și testarea unui prototip al soluției propuse

1.2 Organizarea tezei

Teza este structurată în șase capitole. În această secțiune prezentăm pe scurt conținutul fiecărui capitol.

În **Capitolul 1: Introducere**, acest capitol stabilește contextul și motivația cercetării, definim domeniul problemei, stabilim obiectivele tezei și menționăm cum teza răspunde acestor obiective.

În **Capitolul 2: Imagine de ansamblu a teoriei emoțiilor** - prezentăm cele mai influente teorii psihologice și explicăm abordările acestora. Începem cu taxonomia emoțiilor a lui Plutchik, continuăm cu felul în care oamenii sintetizează emoțiile

(procesul de evaluare Lazarus) și nu în ultimul rând prezentăm efectele emoțiilor asupra proceselor cognitive umane, și utilitatea acestora în sisteme artificiale.

În Capitolul 3: Privire de ansamblu asupra modelelor artificiale de simulare a emoțiilor analizăm câteva modele influente de simulare a emoțiilor. În acest capitol arătăm că sunt câteva aspecte cheie ce trebuie luate în considerare în momentul proiectării unei arhitecturi ce include emoții. De asemenea, în acest capitol, evidențiem slăbiciunile modelelor respective.

În Capitolul 4: Tehnici artificiale de simulare a emoțiilor pentru personaje virtuale, prezentăm cele două abordări întreprinse pentru a furniza personaje virtuale cu un comportament credibil influențat de emoții. În prima parte prezentăm motorul de comportament condus de emoții, o arhitectură bazată pe modelul Belief-Desire-Intention. În a doua parte explicăm modificările aduse pentru a ameliora unele probleme existente în model, și prezentăm sistemul de emoții Newtonian și subsistemul Plug-and-play, un sistem ușor, versatil, extensibil și ușor adaptabil pentru simularea emoțiilor în cadrul arhitecturii unui agent artificial.

În Capitolul 5: Integrarea emoțiilor în jocuri prezentăm cum cele două arhitecturi au fost integrate pentru a furniza comportamentul personajelor ne jucătoare (non-player character) în două jocuri: un joc serios ce prezintă un scenariu de evacuare în caz de incendiu - ALICE, și un joc demonstrativ ce arată capabilitățile sistemului Newtonian de emoții, numit OrcWorld. Prezentăm și cadrele pentru personaje virtuale inteligente dezvoltate pentru ambele sisteme, cât și module specifice jocurilor. Încheiem capitolul prin prezentarea unor propuneri pentru reprezentarea grafică a emoțiilor atât în jocuri cât și în medii de analiză.

În Capitolul 6: Concluzii și dezvoltări ulterioare prezentăm concluziile, contribuțiile și noi direcții de cercetare propuse. În prima parte prezentăm o discuție privind concluziile tezei. În cea de-a doua secțiune prezentăm o sinteză a contribuțiilor originale ale tezei, și în ultima parte propunem dezvoltări ulterioare ale sistemului, și noi direcții pentru cercetare.

Capitolul 2

Imagine de ansamblu a teoriei emoțiilor

Pentru a înzestra personajele virtuale cu un sistem emoțional care furnizează agenților reacții și influențe emoționale verosimile asupra proceselor cognitive în același fel în care emoțiile influențează comportamentul uman, este necesară o înțelegere a teoriei psihologice emoționale. În acest capitol rezumăm teoriile psihologice pe baza cărora am construit sistemul nostru de simulare emoțională, prezentăm ideile lor principale și efectele lor asupra proceselor fizice și cognitive [1], și facem observații asupra aplicării lor în proiectarea agenților artificiali.

2.1 Reprezentarea emoțiilor

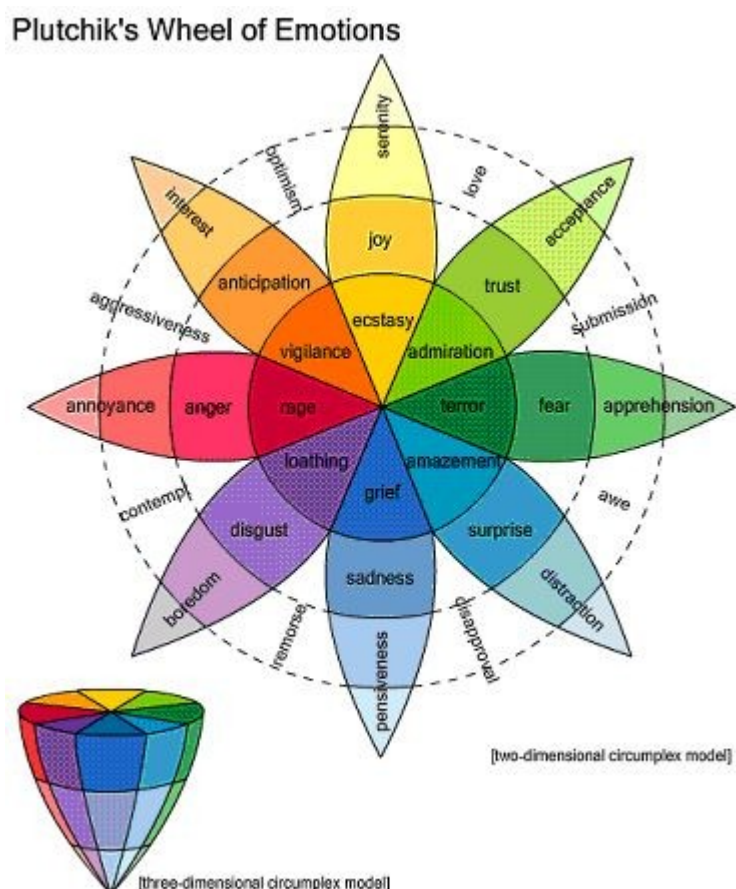


FIG. 2.1. Roata emoțiilor a lui Plutchik

Una din cele mai importante abordări de clasificare a emoțiilor generale a fost dezvoltată de Robert Plutchik în anii 80. Plutchik a dezvoltat o teorie ce afirmă că toate emoțiile pot derivate pe baza a opt emoții de bază (Fig. 2.1). Plutchik, de asemenea afirmă că emoțiile servesc un rol adaptiv în a ajuta organismele să facă față aspectelor cheie ale supraviețuirii pentru a crește probabilitatea de reproducere a individului. Fiecare emoție de bază declanșează un tip de comportament ce influențează supraviețuirea individului. Aceste opt emoții de bază au fost grupate în patru perechi de emoții opuse, făcând reprezentarea ușoară într-un spațiu vectorial cu 4 dimensiuni.

2.2 Sinteza emoțiilor

Unele teorii argumentează că activitatea cognitivă este necesară ca emoțiile să survină. Aceasta implică faptul că emoțiile sunt despre ceva (un obiect) sau posedă intenționalitate. Activitatea cognitivă poate fi conștientă sau nu. Teoria lui Lazarus [3] arată că emoția este un proces în trei etape. Aceste procese influențează formarea reacției emoționale, modificând relația între persoană și mediu. Modelul nostru folosește o secvență de sinteză asemănătoare cu cea descrisă de Lazarus.

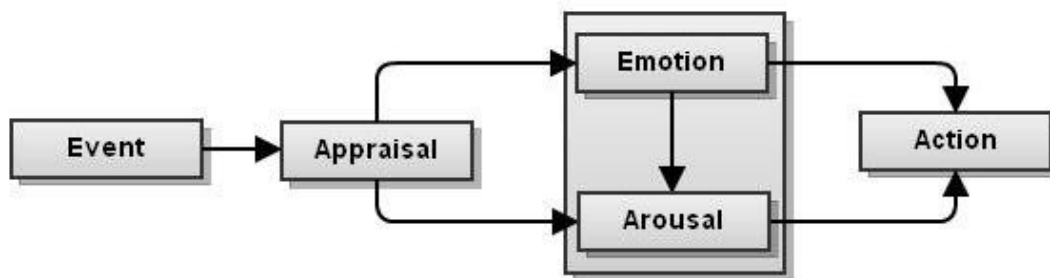


FIG. 2.2. Modelul de sinteză al emoțiilor Lazarus

2.2.1 Modelul perceptual

Această teorie argumentează cum cunoașterea conceptuală nu este necesară ca emoțiile să fie despre ceva. Afirmă că schimbările fizice în sine percep conținutul semnificativ al emoției. Conform teoriei perceptuale, emoțiile devin asemănătoare cu alte simțuri, cum ar fi vederea sau simțul tactil, furnizând informație cu privire la subiect și mediu.

2.2.2 Modelul Cannon-Bard

Teoria Cannon-Bard este o teorie psihologică ce sugerează că oamenii mai întâi simt emoția, apoi acționează pe baza acesteia. Aceste acțiuni includ schimbări în tensiune musculară, transpirație, etc.

Teoria este bazată pe premisa că subiectul reacționează la un eveniment și experimentează emoția asociată concurrent. Subiectul mai întâi percepe stimulul. Teoria spune ca subiectul este capabil să reacționeze la un stimul numai după perceperea experienței în sine și a emoției asociate.

2.2.3 Modelul Singer-Schachter

În anii 1960, Singer-Schachter au condus un studiu ce a demonstrat că subiecții pot avea reacții emoționale diferite în ciuda faptului că se află în aceeași stare fizică. În timpul studiului au fost efectuate experimente în cadrul cărora subiecții au fost induși în aceeași stare fizică prin intermediul unei injecții cu adrenalină. Ulterior s-a observat că subiecții exprimau fie furie, fie bucurie, în funcție de emoțiile exprimate de alte persoane. Studiul a validat teoria Singer-Schachter ce stipulează că procesul cognitiv joacă un rol important în determinarea emoțiilor [5].

2.2.4 Modelul Lazarus

Un pionier în studiul emoțiilor și relația lor cu cogniția, Richard Lazarus a dezvoltat o teorie influențială în domeniu ce explică etapele sintezei emoțiilor și cum afectează cogniția. Asemeni Singer-Schachter, Lazarus a argumentat că activitatea cognitivă este necesară ca emoțiile să survină. A subliniat cum calitatea și intensitatea emoțiilor sunt controlate prin procese cognitive (Fig. 2.2): înainte ca emoția să survină, subiectul face o evaluare automată și adeseori subconștientă, și a descris procesul ca având trei etape [3].

1. **evaluare** - subiectul evaluează evenimentul cognitiv
2. (a) **emoție** - evaluarea cognitivă declanșează schimbări emoționale
(b) **stimulare** - reacția cognitivă cuplată cu răspunsul emoțional declanșează schimbări psihologice (creșterea ritmului cardiac și a nivelului de adrenalină)
3. **acțiune** - subiectul simte emoția și ia o decizie despre reacție

2.3 Emoțiile și procesele cognitive

Emoțiile au un impact major asupra memoriei. Multe studii au arătat că cele mai intense amintiri sunt evenimentele cu o încărcătură emoțională mare, care sunt amintite mai des și cu un nivel de detaliu mai mare decât evenimentele neutre. Acest fenomen este legat de evoluția umană, când supraviețuirea depindea de șabloane comportamentale dezvoltate printr-un proces de încercare ce a fost consolidat printr-o serie de decizii ce afectau direct supraviețuirea individului.

Un sistem asemănător se poate folosi pentru a decide importanța și relevanța evenimentelor din jur, gestionarea memoriei și a cunoștințelor în agenții artificiali.

2.3.1 Selectivitatea atenției

Emoțiile au apărut în cursul procesului evolutiv, ca un mijloc prin care creaturile vii determină semnificația evenimentelor din jur. Emoțiile sunt o unealtă critică pentru supraviețuire și influențează cum procesăm și stocăm informația [6]. S-a demonstrat că există o probabilitate mai mare ca evenimentele și obiectele care posedă un nivel înalt de stimulare emoțională pentru subiect să fie procesate în condiții de atenție limitată [7], sugerând o procesare prioritizată a informației. Aceasta înseamnă că detaliile mai importante din jur vor fi procesate, în timp ce detaliile periferice vor fi ignorate (dacă atenția este limitată, aceasta duce la îngustarea atenției, când raza de stimuli la care subiectul este receptiv va scădea) [8].

2.3.2 Emoțiile și consolidarea memoriei

Emoțiile au un impact mare asupra memoriei. Multe studii au arătat că cele mai intense amintiri sunt cele cu o încărcătură emoțională ridicată, ce sunt amintite mai des și cu un grad mai ridicat de detaliu decât cele neutre.

Emoțiile au efecte pozitive asupra proceselor cognitive, cum ar fi creșterea probabilității de consolidare a amintirilor (procesul de creare a unei amintiri permanente). De asemenea, o dată cu trecerea timpului, calitatea amintirilor scade, dar, amintirile cu o încărcătură emoțională ridicată au tendința de a rămâne la fel sau de a-și îmbunătăți calitatea [6].

Capitolul 3

Privire de ansamblu asupra modelelor artificiale de simulare a emoțiilor

În acest capitol prezentăm câteva modele artificiale de simulare a emoțiilor cu abordări și scopuri diverse. Cum se va vedea în continuare, există o serie de aspecte importante ce trebuie luate în considerare în momentul proiectării unei arhitecturi de agent cu capacități afective.

3.1 Ortony Clore și Colins (OCC)

Modelul OCC (Ortony, Clore și Collins) a devenit modelul standard pentru sinteza emoțiilor. Ideea principală a acestui model este aceea că emoțiile sunt reacții cu valență către obiecte, evenimente și agenți. Aceasta înseamnă că intensitatea unei anumite emoții depinde de informații contextuale [9]. În acest model, emoțiile sunt reacții la percepții și interpretarea lor este dependentă de evenimentul declanșator.

În modelul OCC intensitatea emoției este determinată de trei variabile de intensitate: desirability reacție către evenimente ce este evaluată cu privire la scopuri, praisewor-thiness evaluarea acțiunilor cu privire la standarde și appealingness reacția față de obiecte relativ la atitudini. Conform OCC, comportamentul este un răspuns la o stare emoțională în conjuncție cu un eveniment inițiator.

3.2 Modelul conecționist (Soar)

În acest model, emoțiile sunt privite ca semnale subconștiente și evaluări care informează, modifică și primesc feedback de la o varietate de surse incluzând procese cognitive de nivel mai înalt cât și sistemul senzorio-motor. Deoarece proiectul se concentrează pe luarea deciziilor, modelul subliniază acele aspecte ale emoțiilor ce influențează procesele cognitive superioare [10].

Modelul folosește doi factori: claritatea și confuzia (Fig. 3.1) pentru a furniza agentului o evaluare despre cât de bine poate face față situației curente. Confuzia este un semn că stările curente ale agentului (cunoștințe, reguli, abilitați) sunt inadecvate pentru a face față situației, pe când claritatea survine atunci când modelul intern al agentului coincide cu evenimentele din mediu.

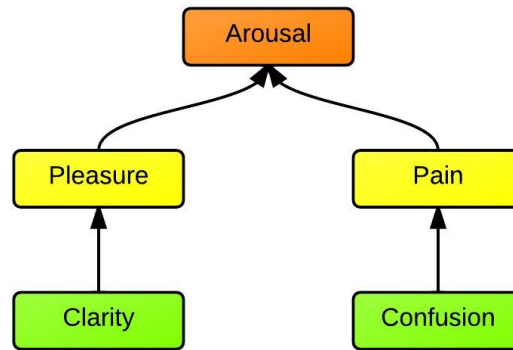


FIG. 3.1. Subsistemul emoțional Soar

Plăcerea / durerea simțite atunci când starea agentului este clară / confuză și stimularea sunt baza sistemului emoțional. În loc să creeze sisteme separate pentru tipuri diferite de emoții, autorii presupun că oamenii atașează etichete diverselor configurații ale acestor factori. Stimularea este metoda principală prin care sistemul emoțional interacționează cu sistemul cognitiv, încurajând execuția anumitor reguli, inhibând altele.

Modelul subliniază efectele emoțiilor asupra proceselor cognitive și asupra luării deciziilor.

3.3 Emoții adaptive (PETEEI)

Studiul PETEEI se concentrează asupra importanței folosirii învățării în agenți și a emoțiilor ce evoluează. Sistemul [11] a fost evaluat de către 21 de subiecți, și a indicat că simularea unui proces afectiv dinamic prin învățare furnizează un agent semnificativ mai credibil. Experimentul subliniază ca pentru a simula un agent credibil, este necesar ca procesul emoțional să se adapteze în funcție de experiența agentului.

3.4 EBDI

Modelul EBDI [12] propune o extensie a modelului Belief Desire Intention folosit pentru a descrie agenți al căror comportament este influențat de interacțiunea dintre credințe, dorințe și intenții, dar influențat și de componenta emoțională. EBDI introduce de asemenea o logică mulți-modală pentru a specifica agenții.

Modelul introduce două forțe motoare emoționale:

- **Dorința fundamentală** joacă un rol în stabilirea noțiunii de frică. Sunt dorințe speciale, vitale ale agentului ce trebuie îndeplinite / menținute adevărate tot timpul.
- **Frica** este un factor motivator pentru comportamentul agentului. Declanșarea acestei emoții este de obicei asociată cu faptul ca una sau mai multe din dorințele fundamentale sunt pe cale să eșueze.

3.5 ERIC

ERIC este un agent afectiv dezvoltat pentru comentarii în timp real în multe domenii [13]. Sistemul este capabil să raționeze în timp real și produce limbaj natural și comportament non-verbal pe baza simulării artificiale a emoțiilor.

Emoțiile sunt folosite pentru a îmbunătăți credibilitatea personajului cât și pentru a oferi informații suplimentare (dacă acțiunea este palpitanță, de exemplu). ERIC folosește modelul OCC pentru a sintetiza emoțiile. Evaluările sunt făcute comparând evenimente și acțiuni cu dorințele și cunoștințele agenților. Modelul poate evalua evenimente, acțiuni și obiecte ce nu sunt specificate ca scopuri sau dorințe.

Starea afectivă poate fi exprimată prin gesturi ale mâinilor și corpului, expresie facială și selecția cuvintelor și a frazelor folosite pentru a genera limbajul natural.

3.6 Deep

Cercetători în cadrul proiectului DEEP au proiectat acest model cu scopul expres de a fi folosit în jocuri video pentru a îmbunătăți credibilitatea personajelor autonome. Modelul dinamicii emoțiilor ia în considerare personalitatea și relațiile sociale ale personajului. Acest model se concentrează pe influența personalității în declanșarea emoțiilor și pe influența emoțiilor în cadrul interacțiunilor inter-personaj. Scopul nu este un comportament optim, ci producerea comportamentelor credibile din punctul de vedere al jucătorului [14].

Modelul este o adaptare a modelului OCC bazat pe atitudinile personajelor către acțiuni, obiecte și alte personaje. Fiecare personaj este definit prin personalitate, un set de caracteristici și rolurile sale sociale. Reprezentarea emoțiilor este o simplificare a modelului OCC în care 10 emoții reprezintă experiențele emoționale ale agentului.

Proiectul DEEP motivează folosirea agenților inteligenți cu capabilități afective ca personaje virtuale în jocuri pentru a îmbunătăți sentimentul jucătorului de imersiune. Modelul ia în considerare personalitatea agentului și rolurile sociale. Modelul este independent de context.

3.7 iCat

iCat este un sistem dezvoltat pentru a studia cum emoțiile și comportamentul expresiv în personaje interactive poate folosit pentru a ajuta utilizatorii să înțeleagă starea jocului în jocuri educaționale, mai bine [15]. Starea afectivă este reprezentată prin două componente: reacții emoționale și dispoziție. Reacțiile emoționale sunt feedbackul emoțional imediat primit de personaj. Sistemul conține un sistem predictiv ce generează un semnal afectiv rezultat din eroarea dintre valorile așteptate și cele primite de la senzor. Sistemul este recompensat sau pedepsit dacă evenimentele variază de la previziuni, iar acest lucru va fi afișat utilizatorului. Dispoziția este o variabilă de valență ce variază între o valoare minimă și una maximă. Magnitudinea dispoziției reprezintă intensitatea acesteia

și este o măsură a succesului obținut de agent în joc.

Rezultatele unei analize preliminare sugerează cum comportamentul emoțional a ajutat utilizatorii să aibă o experiență mai bună a jocului [15].

3.8. Comparație

În această secțiune se face o comparație a modelelor de simulare a emoțiilor prezentate, în relație cu caracteristicile considerate importante.

Name	Knowledge	Perception	Behavior	Motivation	Personality
Soar	yes	maybe	yes		
PETEEI			yes		
EBDI			yes		
DEEP	yes	yes	yes		yes
iCat					
ERIC			yes		yes

Name	Theory(cpx)	Dev (cpx)	Adoption	Graphics	Emotion
Soar	simple	simple	med.		Pleasure/Pain
PETEEI	high	med.	med.	yes	OCC
EBDI	high				OCC
DEEP	high			yes	OCC
iCat	med.	simple	med.	yes	iCat
ERIC	high	med.	high	yes	OCC

Name	Synthesis	Expandability	Scalability	Flexibility	Evolving
Soar	Soar	yes	yes	med.	static
PETEEI	OCC			low	dynamic
EBDI	OCC	yes	yes	high	static
DEEP	OCC	yes	yes	high	static
iCat	iCat			med.	static
ERIC	OCC	yes	yes		static

TAB 3.1. Comparație a modelelor de simulare a emoțiilor

Cum se poate observa din tabelul 3.1, majoritatea sistemelor folosesc modelul OCC de sinteză și expresie a emoțiilor, model dificil de învățat și implementat, fapt dedus și din faptul că autorii acestuia l-au adaptat, reducând numărul de emoții de la 21 la 10, și cum se poate observa din efortul depus în normalizarea sa [16,18]. Se poate vedea din tabel și faptul că pentru majoritatea modelelor, ori procesul emoțional ori comportamental nu sunt adaptate conform experienței agentului, și nici unul nu folosește emoțiile ca și forța motivațională a acțiunilor personajului virtual.

Capitolul 4

Tehnici artificiale de simulare a emoțiilor pentru personaje virtuale

În acest capitol prezentăm cele două abordări dezvoltate să furnizeze comportament verosimil influențat de emoții. Începem prin a prezenta motorul de comportament condus de emoții, care prezintă o arhitectură belief-desire-intention care îndeplinește condițiile. Continuăm prin a prezenta rafinarea soluției, cristalizată în sistemul de emoții Newtonian.

4.1 Motor de comportament condus de emoții

În această secțiune, mai întâi prezentăm modelul nostru de reprezentare a emoțiilor și comportamentul acestuia, apoi elaborăm asupra felului în care emoțiile sunt folosite în și influențează preluarea cunoștințelor, ierarhia bazei de cunoștințe, atenția și procesul de decizie. Modelul este bazat pe teoria Lazarus, evaluarea cognitivă fiind necesară pentru sinteza emoțiilor. Modelul implementează și efectele emoțiilor prezentate asupra memoriei.

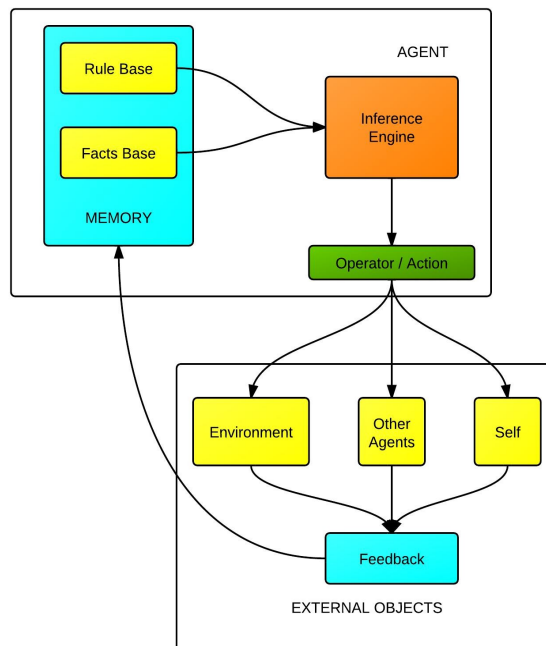


FIG. 4.1. Arhitectura

4.1.1 Arhitectura

Următoarea secțiune prezintă arhitectura agent propusă. Faptele și regulile sunt introduse în motorul de inferență în funcție de emoția asociată și intensitatea acesteia. O diagramă a arhitecturii este prezentată în Fig. 4.1.

Motor de inferență Motorul de inferență are două componente: înlănțuire înainte și înlănțuire înapoi. Acestea produc un plan, respectiv, o agendă, ce sunt îmbinate ulterior în funcție de prioritatea acțiunii în funcție de emoția asociată. Regulile în cadrul motorului de inferență sunt compuse din antecedenti și consecințe.

Înlănțuire înainte Înlănțuirea înainte este o metodă de inferență condusă de date. Procesul începe cu datele disponibile și folosește reguli de inferență pentru a extrage noi informații (de la utilizator, sau cele generate de procesul de inferență însăși) până când scopurile sale au fost atinse. Sistemul parcurge regulile până când găsește o regulă al cărei antecedent este îndeplinit. În continuare, consecința acestei reguli este integrată în baza de cunoștințe.

Înlănțuire înapoi Înlănțuirea înapoi este o metodă de inferență ce începe cu o listă de scopuri și verifică fiecare regulă în direcția consecință - antecedent pentru a vedea dacă există cunoștințe disponibile ce vor sprijini ipoteza. Un motor de inferență cu înlănțuire înapoi va căuta în baza de reguli până va găsi o regulă ce corespunde ipotezei de demonstrat (scopului). Dacă antecedentul acestei reguli nu este în baza de cunoștințe, atunci este adăugat la lista de scopuri, astfel, motorul de inferență va construi un plan care când va fi executat va demonstra ipoteza.

Motor de menținere a adevărului Un sistem de menținere a adevărului este folosit pentru a menține un set consistent de cunoștințe active în baza de cunoștințe. Este bazat pe următoarele principii:

- fiecare fapt în baza de cunoștințe are o justificare asociată
- când o contradicție este obținută, se găsește setul minim de presupuneri ce au generat contradicția; se selectează un element din această mulțime și se invalidează; justificarea contradicției nu mai este validă și aceasta este înlăturată.
- propagarea efectelor adăugării unei justificări și eliminării unei cunoștințe (menținerea consistenței)

4.1.2 Simularea emoțiilor

O emoție este reprezentată asemănător felului în care culorile primare se combină pentru a forma spectrul complete de expresivitate emoțională umană. O emoție este codificată conform teoriei lui Plutchik ca un vector de opt ponderi, câte una pentru fiecare emoție de bază. Fiecare pondere reprezintă influența emoției respective asupra stării curente [19]. Suma acestor ponderi va fi întotdeauna egală cu 1, permițând variația gradată de la o

emoție la alta. Emoția dominantă este emoția sau combinația de emoții cu intensitatea cea mai mare. Agentul pornește dintr-o stare neutră, unde toate ponderile sunt egale între ele.

Intensitatea unei emoții este calculată după următoarea formulă: $\alpha * \mathbf{Er} / \mathbf{n}$, unde \mathbf{n} este numărul de emoții relevante și α este un factor de normalizare. Compunerea emoțiilor în funcție de doi factori se realizează astfel:

$$e_1 \circ e_2 = \frac{\phi_1 \cdot e_1 + \phi_2 \cdot e_2}{\phi_1 + \phi_2}$$

dacă cei doi factori sunt egali:

$$e_1 \circ e_2 = \frac{\phi \cdot e_1 + \phi \cdot e_2}{2 \cdot \phi} = \frac{e_1 + e_2}{2}$$

Influența unei emoții asupra alteia:

$$e_1 \circ e_2 = \frac{(1 - \theta) \cdot e_1 + \theta \cdot e_2}{(1 - \theta) + \theta} = (1 - \theta) \cdot e_1 + \theta \cdot e_2$$

Similaritatea emoțiilor:

$$similarity(e_1, e_2) = - \sum_{b \in e} (b_{e_1} - b_{e_2})^2$$

4.1.3 Reprezentarea cunoștințelor

Baza de cunoștințe a agentului va fi organizată într-o manieră ierarhică bazată pe moștenire, în funcție de șabloanele și caracteristicile posedate. Îngustarea atenției este realizată prin evaluarea emoțională a evenimentelor și sortarea acestora după intensitatea emoției atașate ca prioritate. Ne propunem un mecanism special pentru a trata procesul de luare a deciziilor, considerând că este suficientă influența dobândită prin intervenția asupra modulelor de percepție și de preluare a cunoștințelor din memoria de lucru. Agentul va fi capabil să învețe despre mediu și alți agenți prin intermediul sistemului emoțional de care dispune.

Ontologie Folosim o ontologie (cu metadate emoționale inserate) datorită faptului că vrem o partajare a informației și structurii acesteia între utilizatorii umani și agenții software. De asemenea dorim să separăm cunoștințele despre domeniu de cunoștințele operaționale.

Starea emoțională asociată este propagată prin intermediul lanțului de moștenire:

Indexarea cunoștințelor Metoda de indexare propusă este folosirea unei stive de matrice: se împarte intensitatea emoțională în intervale și folosim aceasta ca și clasificator principal

(nivelul emoțional). Pe fiecare nivel emoțional se găsește o matrice cu 8x8 celule, câte una pentru fiecare combinație de emoții de bază (acesta fiind cel de-al doilea clasificator), unde fiecare celulă conține o lista de cunoștințe. Asignarea unei cunoștințe este $O(1)$ iar preluarea ei este $O(k)$ unde k este numărul de cunoștințe posibile într-o celulă. Fig. 4.2. ilustrează acest sistem.

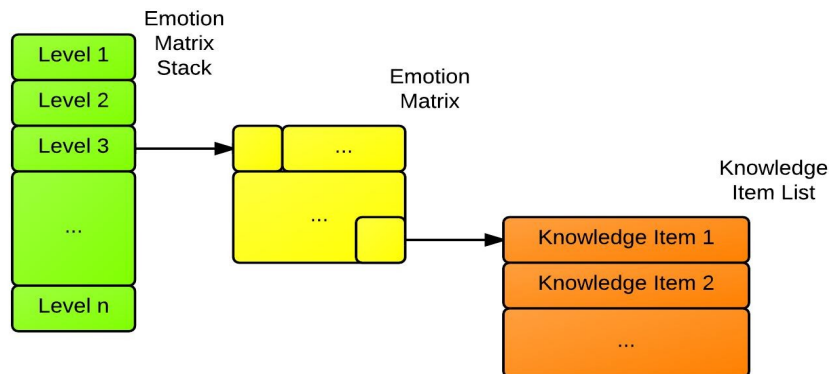


FIG. 4.2. Indexarea cunoștințelor

$$e = \frac{\sum e_{subclass}}{n_{subclasses}}$$

$$e_{superclass} = e_{superclass} \circ e'(\theta)$$

unde

$$\theta = \frac{1}{n_{individuals}}$$

4.1.4 Efecte asupra proceselor cognitive

S-a arătat că emoțiile stabilesc importanța evenimentelor în jurul nostru și influențează procese cognitive importante cum ar memoria, percepția și luarea deciziilor. În această secțiune descriem cum teoriile prezentate în secțiunea 2.3. sunt aplicate în cadrul modelului.

Gestionarea percepției În medii în continuă schimbare este posibil ca un agent să nu aibă suficiente resurse pentru a reacționa la fiecare eveniment ce apare, astfel, o metodă de prioritizare a evenimentelor semnificative devine importantă. Aceasta poate fi realizată prin îngustarea atenției.

Evenimentele sunt stocate într-o coadă de evenimente și sortate în funcție de stimularea emoțională asociată, asigurând că evenimentele mai importante sunt tratate înaintea evenimentelor mai puțin importante.

Gestionarea memoriei Am dezvoltat un mecanism de indexare a faptelor și regulilor pe baza emoției dominante. La fiecare nouă etapă de inferență, o listă de fapte relevante și o listă de reguli relevante sunt create, începând de la celula cea mai apropiată de starea emoțională curentă și radiind spre exterior. Aceste liste sunt după aceea folosite pentru a crea o listă de activare a operatorilor ce vor declarați în ordinea în care sunt deduși. Principala metodă prin care acest model se diferențiază de altele este prin faptul că mecanismul de gestionare a memoriei permite emoțiilor să influențeze indirect procesele de decizie și planificare ale agentului, cât și faptul că în acest model, emoțiile servesc unui scop adaptiv și nu sunt un scop în sine.

4.2 Sistemul de emoții Newtonian (NES)

Acest capitol prezintă noua tehnică de simulare emoțională, bazată în continuare pe clasificarea emoțiilor a lui Plutchik. Schema de reprezentare a emoțiilor a fost simplificată, spațiul emoțional fiind redus la un vector cu patru dimensiuni, iar interacțiunile emoționale urmează legi asemănătoare cu mecanica Newtoniană. Arhitectura a fost de asemenea redusă la strictul necesar pentru simularea și exprimarea emoțiilor, influențând comportamentul personajului în același fel. Arhitectura nou propusă permite folosirea oricăror metode de generare a comportamentului și orice algoritm de învățare automată, permițând dezvoltatorilor dezvoltarea unui sistem pe măsura necesităților.

4.2.1 Spațiul Newtonian de emoții

În aceasta secțiune prezentăm spațiul emoțional Newtonian, unde definim concepte ce permit stărilor emoționale să interacționeze atât între ele cât și cu factori externi, cât și cele două legi ce guvernează aceste interacțiuni.

Concepte

Definiția 4.1. Poziție specifică intersecția unei stări emoționale cu fiecare dintre cele patru axe.

Definiția 4.2. Distanța măsoară distanța între două poziții emoționale.

Definiția 4.3. Viteza reprezintă dimensiunea și direcția schimbării poziției unei emoții în timp.

Definiția 4.4. Accelerația reprezintă dimensiunea și direcția schimbării de viteză a unei stări emoționale în timp.

Definiția 4.5. Masa reprezintă tendința unei stări emoționale de a-și menține viteza constantă atâta timp cât nu se acționează asupra ei cu o forță externă; măsura cantitativă a rezistenței unui obiect emoțional la schimbarea vitezei

Definiția 4.6. Forța ($F = m \cdot a$) este o influență externă ce cauzează ca o stare emoțională să-și schimbe viteza.

Legile dinamicii emoționale Următoarele două legi formează baza dinamicii emoțiilor, folosite pentru a explica și investiga variația stărilor emoționale în cadrul spațiului emoțional. Descriu relația dintre forțele ce acționează asupra unei stări emoționale și mișcarea datorată acelor forțe.

Teorema 4.7. Viteza unei stări emoționale rămâne constantă atâta timp cât nu se acționează asupra ei cu o forță externă.

Teorema 4.8. Accelerația **a** a unui corp este paralelă și direct proporțională cu forța netă **F** și invers proporțională cu masa **m**: $\mathbf{F} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a}$.

Centrul emoțional și gravitația Spațiul emoțional are un centru, starea neutră a agentului, un punct în spațiul emoțional spre care starea agentului tinde. Acest centru este folosit pentru a specifica poziția de bază a unui personaj. Pentru a reprezenta tendința am folosit forța gravitațională:

$$\vec{G} = m \cdot \frac{\vec{p} - \vec{c}}{\|\vec{p} - \vec{c}\|} \cdot k_g,$$

unde **p** este poziția curentă, **c** este centrul, și **k_g** este o constantă gravitațională. Aceasta forță asigură ca starea emoțională se va deteriora spre centru în absența altor forțe externe.

4.2.2 Arhitectura Plug-and-play

Am dezvoltat un subsistem (Fig. 4.3.) menit să acționeze ca interfață între modulul de comportament al agentului și mediu. Subsistemul modelează procesul descris de Lazarus.

Evenimentele percepute de la mediu sunt mai întâi procesate de către modulul de evaluare, unde o forță emoțională este asociată cu acesta. Lista rezultată de evenimente este sortată în ordine descendentă în funcție de intensitate, apoi preluată de către modulul de percepție al agentului. Acest proces respectă teoria legată de îngustarea atenției.

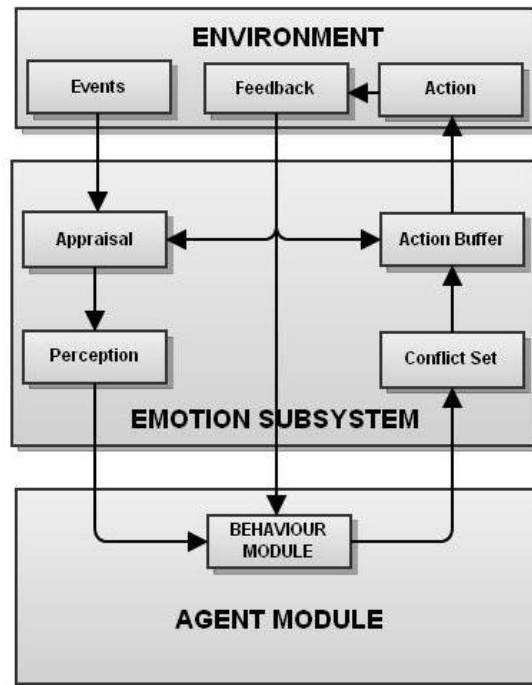


FIG. 4.3. Arhitectura sistemului emoțional

Modulul de comportament al agentului este tratat ca o cutie neagră în care sunt introduse percepte și rezultă o listă de acțiuni posibile. Modulul de evaluare al acțiunilor evaluează acțiunile rezultate pentru a încerca să prezică feedbackul primit pentru efectuarea acestora. Feedbackul emoțional de la mediu este distribuit modulelor de evaluare a elementelor de percepție și acțiunilor. Acțiunile efectuate sunt stocate într-o zonă tampon pentru a distribui feedbackul.

4.2.3 Învățarea în NES

Scopul modulului de evaluare a elementelor de percepție este acela de a prezice feedbackul emoțional primit de la mediu în funcție de caracteristicile evenimentului și feedbackul anterior (prin metode de învățare automată). Scopul modulului de feedback este să eticheteze evenimentele (astfel stabilindu-le prioritatea) cât mai bine.

Modulul de evaluare al acțiunilor funcționează în mod analog și are ca scop prezicerea cât mai exactă a feedbackului primit după executarea unei acțiuni. Acțiunea cu cea mai bună diferență Gain Risk va fi aleasă. Ambele module tratează evenimentul, respectiv acțiunea, ca starea observabilă a sistemului și încearcă să prezică următoarea stare ascunsă (forța de feedback emoțional).

4.2.4 Filtru de personalitate

Filtrul de personalitate permite proiectatorilor să distorsioneze percepția unui agent asupra evenimentelor. Acest filtru constă într-un vector patru-dimensional și se aplică feedbackului primit de la mediu, scalându-l în funcție de criterii personale. Feedbackul aplicat stării agentului ar deveni:

$$Feedback' = Filter \cdot Feedback$$

Acest filtru, împreună cu centrul emoțional și masa emoțională, acești trei factori sunt toți parametrii necesari pentru specificarea unui personaj.

4.2.5 Emoțiile ca motivație

Feedbackul emoțional primit de către agent de la mediu îi influențează acestuia comportamentul. Acest lucru este realizat folosind feedbackul prezis de către modulele de evaluare ca motivație. Pentru a evalua efectul unei acțiuni asupra stării curente a agentului, folosim un produs tensor, ce are interpretarea fizică de stres produs de către o forță emoțională asupra alteia. Acest produs tensorial este calculat între forța de feedback și gravitația stării curente a agentului, arătând influența feedbackului asupra stării agentului.

Folosim două metrice pentru a evalua o acțiune: Well-being (măsoară efectele acțiunii pe pozitive, bucurie și încredere) și Danger (descrie riscul, măsurând efectul pe axele negative, frica și surpriza). Când se alege o acțiune, se face diferența între câștig (Gain) și risc (Risk) și este aleasă acțiunea cu cel mai mare factor de impact.

$$Impact = Gain - Risk$$

Capitolul 5

Integrarea emoțiilor în jocuri

În acest capitol prezentăm cum cele două arhitecturi ce au fost integrate pentru a furniza comportamentul personajelor virtuale în două jocuri: un joc serios (ALICE) care prezintă un scenariu de evacuare în caz de incendiu și un joc demonstrativ ce prezintă capacitățile sistemului emoțional Newtonian, numit OrcWorld.

5.1 Inteligența artificială în medii virtuale

În această secțiune prezentăm domenii de aplicații și tehnici folosite în domeniul nou apărut aflat la intersecția dintre inteligența artificială și realitatea virtuală, numite medii virtuale inteligente [20], în încercarea de a crea medii captivante atât din punct de vedere grafic, dar și comportamental.

5.1.1 Domenii de aplicație

Jocuri Jocurile pe calculator au folosit medii virtuale încă de la începuturi. Cele mai populare medii virtuale de până astăzi aparțin jocurilor video (World of Warcraft, Second Life, The Sims). Industria, de asemenea, este renumită pentru folosirea inteligenței artificiale, așadar domeniul mediilor virtuale inteligente există de zeci de ani. Totuși părerea noastră este că industria jocurilor ar avea mult de câștigat investind în tehnici de inteligență artificială mai rafinate decât sunt folosite în prezent.

Jocuri serioase Alt domeniu care a câștigat avânt în ultima perioadă sunt jocurile serioase. Un joc serios este proiectat pentru un alt scop decât distracția, cum ar fi educația sau antrenamentul. O paradigmă a inteligenței artificiale a fost folosită extensiv în domeniul educației și antrenamentului, anume, sistemele expert bazate pe reguli. Acestea au cunoștințe de nivel expert în domeniul lor și sunt capabile să creeze planuri, explice acțiuni și chiar să raționeze ne monotonic.

Învățământul electronic Educația a părut dintotdeauna un domeniu de aplicație natural pentru tehnologiile de inteligență artificială și realitate virtuală, datorită faptului că reprezentarea vizuală și interacțiunea socială joacă un rol important în procesul uman de învățare. Există câteva aplicații deja în acest sens: În Cosmo System, un agent artificial a făcut uz de mijloace emoționale pentru a atinge scopuri didactice. ITSPOKE [21] încearcă înregistrarea stărilor emoționale ale studentului și folosirea acestora pentru a adapta dialogul corespunzător. FearNot folosește personaje virtuale conduse de frică pentru a preda lecții despre agresiune [22].

5.1.2 Tehnici

În această secțiune prezentăm aplicații a mai multor paradigme ale inteligenței artificiale în cadrul aplicațiilor de medii virtuale, concentrându-ne asupra jocurilor, jocurilor serioase și învățământului electronic.

Rețele neurale Într-un context MMORPG (Massive Multiplayer Online Roleplaying Game), rețelele neurale ar putea acționa ca și clasificatoare rapide și eficiente (procesul de antrenament fiind efectuat offline) ce ajută personajele virtuale să clasifice și să raționeze despre mediul lor, incluzând jucători umani, obiecte și alți agenți. De exemplu, în funcție de caracteristicile personajelor artificiale sau ale utilizatorilor umani, i-ar putea clasifica pe aceștia în diverse categorii, cum ar fi amenințător, prieten, dușman sau neutru.

Algoritmi genetici În contextul unui mediu virtual inteligent algoritmi genetici ar putea fi folosiți să genereze metode de deplasare pentru personaje autonome, generarea bounding box-urilor în timp real, cât și alte probleme de optimizare necesare agenților artificiali, unde o soluție exactă nu este strict necesară, dar constrângerile de timp impuse sunt stricte, cum ar fi planificarea parțială.

Sisteme cu auto-organizare Swarm intelligence este un domeniu bazat pe algoritmi dezvoltați să simuleze comportamente complexe emergente în lumea naturală compuse din comportamente simple la un nivel mai mic. Aplicația evidentă a acestor tehnici în medii virtuale este simularea comportamentelor creaturilor asemănătoare care populează mediul. Alte aplicații sunt de asemenea posibile cum ar fi folosirea Ant Colony Optimization pentru a calcula rute optime în mediu, sau folosirea particle swarm optimization pentru a crea sisteme de particule mai complexe și mai versatile [23], până la simularea mulțimilor de personaje.

Agenți reactivi Agenții reactivi, fiind un tip simplu de agent ar putea fi folosiți pentru a simula forme de viață inferioare din mediu, cum ar fi animale, sau umanoizi neevoluați.

Agenți cognitivi Capabilitățile de planificare și raționare despre mediu cât și alte subsisteme posibile (cum ar fi cele de menținere a adevărului), fac agenții cognitivi ideali pentru simularea personajelor în medii virtuale inteligente dinamice, în continuă schimbare. Am propus o arhitectură ce folosește înlănțuirea înainte și înapoi, un sistem de menținere a adevărului și simulare a emoțiilor pentru a realiza personaje virtuale cât mai credibile.

Sisteme expert Sistemele expert au fost folosite în trecut cu succes în cadrul aplicațiilor de învățare electronică, datorită capabilităților lor de a rezolva probleme și a sări pași în raționament [24].

Simularea emoțiilor Simularea artificială a emoțiilor personajelor se poate dovedi un mare atu în privința creării personajelor virtuale credibile, și astfel, a creșterii nivelului de imersiune al utilizatorului prin simularea unei lumi perpetue în jurul acestuia, care dispune de aceleași mecanisme psihologice și are comportamente asemănătoare.

Ontologii Ontologiile sunt definite de așa natură încât să fie înțelese atât de oameni cât și de entități artificiale, și pot fi folosite pentru a acoperi distanța între limbajul uman și cel automat în medii virtuale, făcând interacțiunile între cele două tipuri de agenți, mai facile, astfel crescând nivelul de imersiune.

5.2 ALICE (SGI)

În cadrul unui stadiu petrecut la Serious Games Institute, în Coventry, Marea Britanie, am dezvoltat și implementat un cadru pentru personaje virtuale (Fig. 5.1) pentru motorul de joc Unity 3d [25] pentru a fi folosit în cadrul unui joc serios numit ALICE, menit să învețe comportamentul adecvat în cazul evacuării de incendiu a unei școli. Sistemul folosește componente collider din Unity pentru a colecta informații despre mediu. Cadrul a fost proiectat să fie folosit în tandem cu două biblioteci Unity de inteligență artificială: proiectul A* [26] și biblioteca Unitysteer [27] bazată pe inițiativă Opensteer [28]. Cel mai important modul este modulul Character, unde este generat comportamentul personajului. Pe baza acestuia este creat un pachet acțiune ce este trimis către handlerul adecvat spre a fi procesat. Arhitectura este folosită de studenți virtuali autonomi pentru a reacționa la evenimente din mediu.

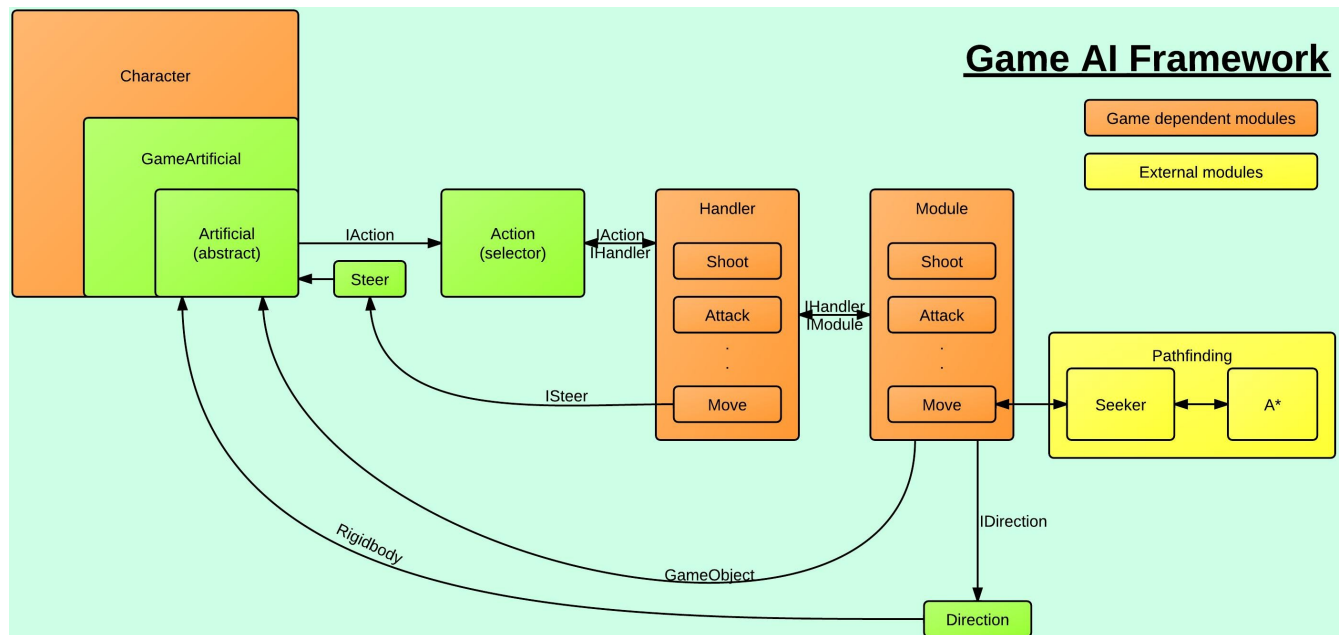


FIG 5.2. Cadru inteligență artificială

5.3 Orc World

În cadrul unui stadiu petrecut la Laboratoire d'Informatique Paris 6, Universitatea Pierre et Marie Curie, Paris, Franța, am proiectat și implementat un joc bazat pe cadrul de inteligență artificială pentru jocuri pentru a testa sistemul de emoții Newtonian. În următoarele secțiuni definim scenariul și regulile folosite, prezentăm acțiunile disponibile agenților, cum este generat feedbackul emoțional și algoritmi de învățare folosiți.

5.3.1 Scenariu și reguli

Premisa jocului este simplă. Am creat o lume virtuală populată de creaturi numite orci. Fiecare orc dispune de o comoară pe care trebuie să o mărească. Acest lucru poate fi realizat găsind lucruri valoroase în mediu, sau furând de la alte personaje. Acest scenariu ne furnizează folosirea aceluiași modul de comportament

pentru toate personajele, arătând diferențele în comportament bazate pe personalitatea și experiența personajelor. Scenariul ne furnizează și un amestec de interacțiuni fizice, sociale și de mediu. Pentru a determina succesul sau eșecul unei acțiuni am folosit o variantă simplificată a regulilor pentru Dungeons and Dragons ediția 3.5 [29].

5.3.2 Acțiuni și feedback

În demonstrația noastră, feedbackul este generat pe baza unei formule dezvoltate empiric în funcție de context. Acesta este distribuit pe o serie de n acțiuni pentru a lua în calcul contribuția unei secvențe de acțiuni la recompensa curentă. Feedbackul emoțional al acțiunilor Attack, Social și Move este generat conform formulei următoare, unde *success* și *direction* [-1,1] (pentru alte acțiuni, acesta este distribuit cum am menționat anterior):

$$feedback = succes \cdot (direction \cdot action_{emotion} + \sum_{params} param_{emotion})$$

5.3.3 Modul de învățare

Feedbackul de la mediu are o forță emoțională atașată, care afectează starea agentului. Agentul încearcă să și maximizeze câștigul (Gain - format din axele bucurie și adevăr) și să minimizeze riscul (Risk – frică și surpriză) și astfel va alege acțiunile ce vor fi executate prin această prismă. Agentul nu cunoaște care va fi feedback-ul primit de la mediu; este sarcina modulului de învățare să încerce prezicerea acestuia, bazat pe contextul curent și experiența anterioară. Cu cât predicția este mai bună, cu atât agentul poate lua o decizie mai bine informată. Am folosit regresia liniară pentru a stabili un șablon între datele de intrare, reprezentate printr-un vector de caracteristici ce reprezintă contextul curent (Fig. 5.2) și feedbackul primit de la mediu.

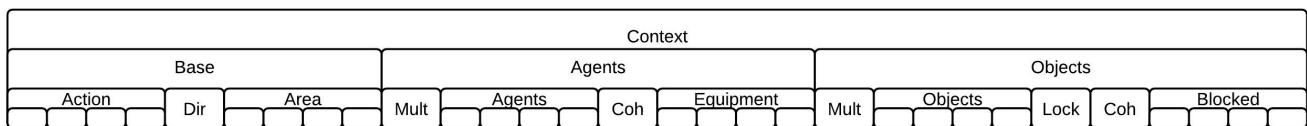


FIG. 5.2. Vector caracteristici context

5.3.4 Modul de comportament

Pentru modulul de generare a comportamentului am folosit arbori de comportament. Arborii de comportament sunt un cadru pentru inteligență artificială în jocuri ce gestionează modelarea comportamentului personajelor, fiind simple dar foarte flexibile. Arborii de comportament sunt la un nivel de abstracție superior automatelor finite deterministe, și sunt un mariaj fericit între scripturile liniare și automatelor reactive, dar în același timp permițând comportament orientat către scopuri similar planificatoarelor [30, 32]. Un arbore de comportament este o forma de logica ierarhică, compusa din noduri de comportament. Aceasta înseamnă ca o sarcina este descompusa în sub-sarcini recursiv până când se ajunge la nodurile arborelui.

5.4 Reprezentare grafică

În această secțiune vom prezenta reprezentarea grafică menită să fie văzută de către utilizatorul final (jucătorii), numită reprezentarea prin graf ponderat, cât și alte metode mai clasice bazate pe grafice, ce sunt mai mult menită să ajute în studiul și analiza sistemului.

Reprezentarea prin rețea ponderată Reprezentarea vectorială a sistemului Newtonian de emoții este foarte bine adaptată reprezentării grafice. Putem avea o reprezentare grafică pentru fiecare emoție de bază (fiecare capăt al fiecărei axe), și putem folosi proiecția emoției pe axa pentru a interpola între cele două capete, pentru ca apoi să îmbine cele patru emoții rezultante (realizând astfel nuanțe subtile ale expresiei emoției, prin variația stării agentului în spațiul emoțional). Această reprezentare finală va fi interpolată mai departe cu secvențe de animație cum ar fi respirația sau actul de vorbire.



FIG. 5.3. Exemple de emoții afișate de un personaj

Grafice clasice Pe lângă reprezentarea prin rețea ponderată, propunem încă două metode, care fac mai ușoară urmărirea evoluției stării emoționale a personajelor din punctul de vedere al cercetării. Prima dintre acestea este un grafic normal bidimensional în care evoluția celor patru axe ale sistemului Newtonian este prezentată în același plan.

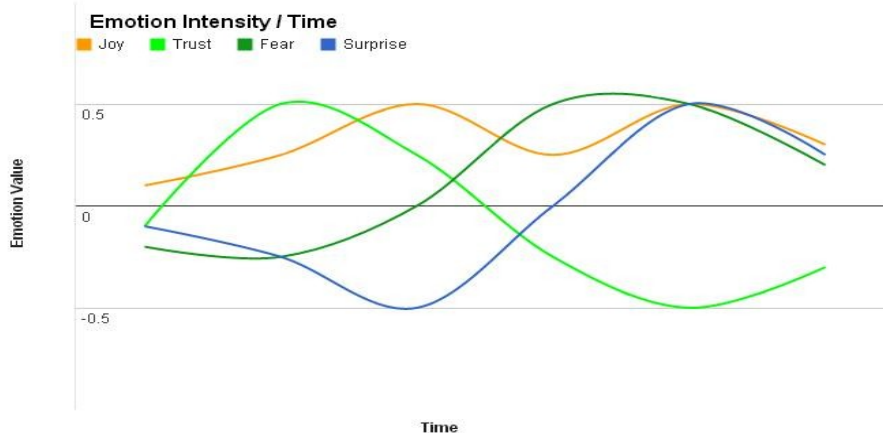


FIG. 5.3. Grafic bidimensional reprezentare emoții

Cealaltă metoda de vizualizare propusă folosește spațiul tridimensional, unde primele trei axe se mapează pe una din cele trei axe ale spațiului fizic, iar a patra este reprezentată prin intensitatea culorii punctelor.

Capitolul 6

Concluzii și dezvoltări ulterioare

În aceasta secțiune prezentăm concluziile noastre, un rezumat al contribuțiilor aduse și câteva direcții interesante pentru dezvoltări ulterioare.

6.1 Concluzii

Principalul scop al acestei teze a fost dezvoltarea unui model de simulare emoțională și a unei arhitecturi agent ce furnizează personajelor artificiale în medii virtuale un comportament credibil, pentru a îmbunătăți experiența mediului virtual din perspectiva utilizatorului uman; aceasta înseamnă că emoțiile ar trebui să acționeze ca motivație pentru comportamentul agentului, să influențeze și să îmbunătățească percepția, raționamentul și procesul de luare a deciziilor. Obiectivul principal al acestui proiect a fost propunerea unei soluții arhitecturale originale de reprezentare a emoțiilor și a unui cadru pentru personaje virtuale ce posedă următoarele caracteristici:

- ușor de extins; independentă de tehnicile de inteligență artificială folosite pentru a genera comportamentul de bază al personajelor
- simplu, algoritm cu puțini parametri, facil de învățat, folosit și implementat
- realizează toate efectele emoțiilor asupra comportamentului conform teoriei psihologice și folosește emoțiile ca motivație
- ușor integrat cu un motor de joc

Este important în domeniu ca tehnicile de inteligență artificială folosite să fie pe măsura capacităților agentului, mediului și a jocului. În acest scop am renunțat la paradigma BDI, deoarece nu toate aplicațiile necesită același proces complex și detaliat de raționament, și am proiectat arhitectura Plug-and-play ca un mijloc generic de furnizare a unui strat afectiv oricărei arhitecturi pentru personaje, ca o interfață între

modulul de comportament al personajului și mediul virtual. Sistemul funcționează conform teoriei psihologice, influențând felul în care un personaj percepe mediul. Sistemul nu influențează raționamentul, dar influențează acțiunile agentului prin intermediul mecanismului de motivație.

6.2 Contribuții

Contribuțiile principale ale acestei teze sunt următoarele: Am conceput un model de agenți BDI (Belief-Desire-Intention) înzestrați cu emoții pentru a fi folosit ca bază pentru construcția personajelor virtual credibile. Am conceput și dezvoltat motorul de raționament BDI bazat pe emoții care reproduce felul în care credem și înțelegem că funcționează cogniția umana, și felul în care aceasta este influențată de emoții.

- Am propus modelul de emoție Newtoniană și sistemul Newtonian de emoții asociat, o schemă de reprezentare a emoțiilor ușor integrată și folosită în medii computaționale, bazată pe teoria emoțiilor a lui Plutchik.
- Am conceput și implementat un sistem de evaluare ghidat de emoții, bazat pe teoria Lazarus de evaluare, și l-am folosit în ghidarea comportamentului personajelor virtuale credibile.
- Am proiectat și implementat arhitectura Plug-and-play pentru integrarea calculului afectiv în sisteme de agenți artificiali inteligenți.
- Am propus un cadru pentru integrarea comportamentului inteligent credibil în jocurile pe calculator (cu precădere computer role-playing games).
- Am conceput și implementat un cadru pentru arbori de comportament ce administrează execuția nodurilor generatoare de comportament pentru personaje virtuale.
- Am dezvoltat un modul de acțiune ca parte dintr-o aplicație demonstrativă, care tratează acțiunile efectuate de un personaj, calculând consecințele acestora și feedbackul lor.
- Am conceput și validat un model în care emoțiile funcționează ca motivație pentru acțiunile personajului virtual și în care emoțiile sunt folosite ca euristici pentru a îmbunătăți timpul de evaluare a evenimentelor și de luare a deciziilor.
- Am dezvoltat un modul de simulare a emoțiilor, unde personalitatea unui personaj și experiențele anterioare (prin prisma învățării automate) îi influențează raționamentul și deciziile.
- Am proiectat și dezvoltat un sistem de simulare a emoțiilor, generic și independent de domeniu care este simplu și facil de învățat, adoptat și integrat.
- Am propus un set de metode pentru reprezentarea grafică a emoțiilor generate artificial.
- Am investigat o serie de teorii generale asupra emoțiilor și teorii computaționale de raționament afectiv, am comparat meritele și dezavantajele acestora.

Publicații

- V. Lungu and A. Băltoiu. Using Emotion as Motivation in the Newtonian Emotion System for Intelligent Virtual Characters. În Buletin Universitatea Politehnica București, București, trimisă 2012.
- V. Lungu. Newtonian Emotion System. În Proceedings of the 6th International Symposium on Intelligent Distributed Computing - IDC 2012, Springer Series on Intelligent Distributed Computing, vol. VI, pag. 307-315, Calabria, Italia, 2012.
- V. Lungu. Artificial Emotion Simulation Model and Agent Architecture. În Advances in Intelligent Control Systems and Computer Science, Springer Series in Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 187, pag. 207-221, 2013.
- V. Lungu and A. Sofron. Using Particle Swarm Optimization for Particle Systems. În The 18th International Conference on Control Systems and Computer Science, vol. 2, pages 750-754, București, România, 2011.
- V. Lungu. Artificial Emotion Simulation Model. În The 7th Workshop on Agents for Complex Systems (ACSYS 2010) ținut împreună 12th International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing - SYNASC 2010, Timișoara, România, 2010.
- V. Lungu. Rule-based System for Emotional Decision-Making Agents. În Distributed Systems Conference, Suceava, România, 2009.

6.3 Dezvoltări ulterioare

Există mai multe domenii de aplicație pentru care modelul ar putea ușor extins. Primul între acestea ar fi ca un model de încredere și reputație. Emoțiile joacă un astfel de rol în societatea umană. Procesul se numește altruism reciproc, o normă emergentă în sisteme umane care afirmă că o persoană se va sacrifica pentru a o ajuta pe alta, aparent fără posibilitatea de a fi răsplătit, în speranța că actorul inițial va fi ajutat el însuși ulterior - în termeni ai inteligenței artificiale, aceasta înseamnă ca un agent va acționa într-o manieră ce îi reduce temporar fitnessul, în timp ce ar crește fitnessul altui agent, cu așteptarea ca și el la rândul său să fie ajutat de către același sau alt agent ulterior. Emoțiile servesc ca un sistem evaluator pentru a detecta trișorii ce încearcă să abuzeze de sistem.

O altă posibilă extensie a modelului este în domeniul sistemelor multi-agent, înzestrând sistemul cu emoții colective, unde, bazat pe legea atracției universale, agenții și-ar influența unii altora starea prin proximitate. Această tehnică ar putea da o evaluare la nivel macroscopic al sistemului; de exemplu, dacă unul sau câțiva agenți sunt deteriorați, efectul la nivelul sistemului ar trece neobservat, dar, dacă ar exista nereguli la nivelul

rețelei, atunci efectul negativ al emoțiilor ar fi observabil (dând o măsură de sănătate a sistemului). Această tehnică ar putea folosită în sistemele cu auto organizare (cum ar fi aplicațiile de inteligență ambientală) pentru a furniza un diagnostic non-invasiv utilizatorilor; diferite emoții ar putea folosite pentru a atrage atenția asupra a diferite clase de probleme.

Bibliografie

- [1] Ronald de Sousa. Emotion. Online, available at <http://plato.stanford.edu/entries/emotion/>, September 2010. Stanford Encyclopedia of Philosophy.
- [2] Robert Plutchik. Emotion: Theory, research, and experience: Vol. 1. Theories of emotion. New York: Academic, New York, NY, 1990.
- [3] Richard S. Lazarus. Emotion and Adaptation. Oxford University Press, New York, NY, 1991.
- [4] Alex J. Champandard. Trends and highlights in game ai for 2011. Online, February 2012. <http://aigamedev.com/insider/discussion/2011-trends-highlights>.
- [5] Stanley Schachter and Jerome Singer. Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological Review*, 69:379-399, 1962.
- [6] Tali Sharot and Elizabeth A. Phelps. How arousal modulates memory: Disentangling the effects of attention and retention. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 4:294-306, 2004.
- [7] Elizabeth A. Kensinger. Remembering emotional experiences: The contribution of valence and arousal. *Reviews in the Neurosciences*, 15:241-251, 2004.
- [8] Friderike Heuer Alafair Burke and Daniel Reisberg. Remembering emotional events. *Memory and Cognition*, 20:277-290, 1992.
- [9] Gerald Clore Andrew Ortony and Allan Collins. The cognitive structure of emotions. Cambridge University Press, Cambridge, 1988.
- [10] Randolph M. Jones Amy E. Henninger and Eric Chown. Behaviors that emerge from emotion and cognition: implementation and evaluation of a symbolic-connectionist architecture. In *Proceedings of the Second international Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, pages 321-328, Melbourne, Australia, 2003. ACM, New York, NY.
- [11] Thomas R. Ioegeer Magy Seif El-Nasr and John Yen. Peteei: a pet with evolving emotional intelligence. In *Proceedings of the third annual conference on Autonomous Agents*, pages 9-15, Seattle, Washington, United States, April 1999.
- [12] Nelma Moreira David Pereira, Eugnio Oliveira and Lus Sarmiento. Towards an architecture for emotional BDI agents. In *EPIA 05: Proceedings of 12th Portuguese Conference on Artificial Intelligence*, pages 40-47. Springer, 2005.

- [13] Martin Strauss. Eric: a generic rule-based framework for an affective embodied commentary agent. In AAMAS 08: Proceedings of the 7th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems, pages 97-104, 2008.
- [14] Nicolas Sabouret Magalie Ochs and Vincent Corruble. Simulation of the dynamics of non-player characters' emotions and social relations in games. IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, 1(4): 281-297, December 2009.
- [15] Iolanda Leite Andre Pereira, Carlos Martinho and Ana Paiva. iCat, the chess player: the influence of embodiment in the enjoyment of a game. In Proceedings of the 7th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems, volume 3 of AAMAS '08, pages 1253-1256, Richland, SC, 2008. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems.
- [16] Mehdi Dastani Bas R. Steunebrink and Jean-Jules Ch. Meyer. Emotions as heuristics in multi-agent systems. In Proceedings of the 1st Workshop on Emotion and Computing - Current Research and Future Impact, pages 15-18, 2006.
- [17] Mehdi Dastani Bas R. Steunebrink and John-Jules Ch. Meyer. A logic of emotions for intelligent agents. In Proceedings of the 22nd national conference on Artificial intelligence - Volume 1, pages 142-147. AAAI Press, 2007. ISBN 978-1-57735-323-2.
- [18] Mehdi Dastani Bas R. Steunebrink and John-Jules Ch. Meyer. The occ model revisited. In Proceedings of the 4th Workshop on Emotion and Computing - Current Research and Future Impact, 2009.
- [19] Valentin Lungu. Artificial emotion simulation model. In 7th Workshop on Agents for Complex Systems (ACSYS 2010) tinut impreuna cu 12th International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing, Timisoara, 2010. SYNASC 2010.
- [20] Ruth Aylett and Michael Luck. Applying artificial intelligence to virtual reality: Intelligent virtual environments. In Applied Artificial Intelligence 4, pages 3-32, 2000.
- [21] Itspoke: An intelligent tutoring spoken dialogue system. Online, available at <http://www.cs.pitt.edu/litman/itspoke.html>, October 2009.
- [22] Roddy Cowie. Emotion oriented computing: State of the art and key challenges. Online, available at <http://emotionresearch.net/projects/humaine/aboutHUMAINE/HUMAINE%20white%20paper.pdf>, October 2010. Humaine Network of Excellence.
- [23] Valentin Lungu and Angela Sofron. Using particle swarm optimization to create particle systems. Proceedings of CSCS-18 18th International Conference on Control Systems and Computer Science, 2:750-754, May 2011.
- [24] Je Rickel and W. Lewis Johnson. Steve: An animated pedagogical agent for procedural training in virtual environments (extended abstract). SIGART Bulletin, 8:16-21, 1997.
- [25] Unity Technologies. Unity 3d game engine reference manual. Online, 2012. available at

<http://docs.unity3d.com/Documentation/Components/index.html>.

[26] Aron Granberg. A* pathfinding project. Online, 2012. available at <http://www.arongranberg.com/unity/a-pathfinding>.

[27] Arges Systems. Unitysteer - steering components for unity. Online, 2000. available at <http://arges-systems.com/blog/2009/07/08/unitysteer-steering-components-for-unity/>.

[28] Craig Reynolds. Steering behaviors for autonomous characters. Online, 1999. available at <http://www.red3d.com/cwr/steer/>.

[29] Jans W. Carton. The hypertext d20 system reference document. Online, 2012. available at <http://d20srd.org>.

[30] Alex J. Champanard. Understanding behavior trees. Online, September 2007. <http://aigamedev.com/open/article/bt-overview/>.

[31] Alex J. Champanard. Behavior Trees for Next-gen Game AI (video, part 1). Online, December 2007. <http://aigamedev.com/open/article/behavior-trees-part1/>.

[32] Alex J. Champanard. Behavior Trees for Next-Gen Game AI. Online, December 2008. <http://aigamedev.com/insider/presentations/behavior-trees/>.