

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Τμήμα Πληροφορικής

ΠΜΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ



Πτυχιακή εργασία

Αλληλεπίδραση μεταξύ εικονικών χαρακτήρων με τη χρήση αληθοφανών πρακτόρων

Επιβλέπων καθηγητής: κ. Θέμης Παναγιωτόπουλος

Ιγνάτιος Καρέκος

ΜΠΠΛ13033

Περιεχόμενα

A. Εισαγωγή.....	4
B. Περιγραφή χώρου προβλήματος και τρέχουσα κατάσταση	4
B1. Μελέτη προσωπικότητας.....	4
B1.1. Προσωπικότητα.....	4
B1.2. Συναισθήματα	5
B2. Πράξεις και συμπεριφορά	8
Γ. Περιγραφή προσέγγισης	8
Γ1. Στόχοι της εφαρμογής	8
Γ2. Προσωπικότητα (OCEAN model)	9
Γ3. Συναισθήματα (OCC model)	9
Γ4. Αντίληψη & αξιολόγηση (perception & appraisal).....	9
Γ5. Μνήμη (πρακτόρων).....	9
Γ6. Περιβάλλον (Φιλικό, Εχθρικό, Ουδέτερο κλπ)	10
Γ7. Πράξεις (Δράσεις, Αντιδράσεις, Μικτές)	10
Γ8. Συσχετισμός Προσωπικότητας και Συναισθημάτων	10
Γ9. Συσχετισμός Συναισθημάτων και Πράξεων	11
Γ10. Σενάριο χρήσης του μοντέλου.....	11
Δ. Σχεδιασμός.....	13
Δ1. Ανάλυση αναγκών της εφαρμογής Emotional Agent	13
Δ2. Διάγραμμα εξαρτημάτων (component diagram)	15
Δ3. Διάγραμμα κλάσεων (class diagram)	16
Δ4. Διάγραμμα αντικειμένων ενός αντικειμένου τύπου Agent (object diagram).....	17
Δ5. Διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης (use case diagram) της εφαρμογής Emotional Agent	18
Δ6. Διάγραμμα καταστάσεων κατά την εκτέλεση της εφαρμογής EmotionalAgent (state diagram)	19
Δ7. Διάγραμμα δραστηριοτήτων για την παραγωγή μιας Αντίδρασης (Reaction) από έναν πράκτορα (activity diagram) στα πλαίσια του μοντέλου	20
Ε. Υλοποίηση	21
Ε1. Περιγραφή λειτουργίας εφαρμογής	21
Ε2. Δοκιμές (Test cases)	29
Ε3. Ενσωμάτωση του μοντέλου σε Unity application	31
.....	47
ΣΤ. Αποτελέσματα και συμπεράσματα	48
ΣΤ1. Αξιολόγηση χρήσης του μοντέλου	48

ΣΤ2. Δυνατότητες επέκτασης και τμηματικής διαφοροποίησης του μοντέλου	48
Z. Μελλοντική εργασία	48
Z1. Αναζήτηση ακριβών σχέσεων μεταξύ των μοντέλων OCEAN & OCC	48
Z2. Αναζήτηση ακριβών αλγορίθμων υπολογισμού των διαφόρων επιδράσεων κατά την επιλογή πράξης	48
Z3. Χρήση της Μνήμης Πράξεων για μεταβολή των πιθανοτήτων επιλογής Πράξεων (με χρήση της ActionsMemory).....	48
Βιβλιογραφία	50

A. Εισαγωγή

Η εμφάνιση και ραγδαία ανάπτυξη του τομέα των τρισδιάστατων γραφικών (3D graphics) επιτρέπει την δημιουργία αληθοφανών χαρακτήρων οι οποίοι μπορούν να κινούνται και να ομιλούν. Με τη χρήση νέων τεχνολογιών, όπως η καταγραφή κίνησης (motion capture), η κίνηση στον τρισδιάστατο χώρο (3D animation) και η αναγνώριση φωνής (speech recognition), η κίνηση των τρισδιάστατων χαρακτήρων και η χρήση διαλόγων φυσικής γλώσσας εκ μέρους τους έχει καταστεί δυνατή.

Με την ανάπτυξη των παραπάνω τεχνολογιών, έχει αναδειχθεί και η σημασία της ανάπτυξης ενός υπολογιστικού μοντέλου που θα αναπαριστά όσο το δυνατόν πιστότερα την ανθρώπινη προσωπικότητα με σκοπό την ενσωμάτωση και τη χρήση του από τρισδιάστατους χαρακτήρες σε ψηφιακά παίγνια (digital games), σε προγράμματα Τεχνητής Νοημοσύνης (AI), καθώς και σε εφαρμογές αναπαράστασης της πραγματικότητας (simulations).¹

Η ανθρώπινη προσωπικότητα, σαν μια ιδιαίτερα πολύπλοκη και όχι πλήρως αντικειμενικά αξιολογήσιμη δομή, δεν προσφέρεται για μια απόλυτα πιστή και έγκυρη ψηφιακή αναπαράσταση. Τόσο όσον αφορά τον ορισμό, όσο και τη δομή και την ερμηνεία, οι θεωρίες για την ανθρώπινη προσωπικότητα παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία. Η πλήρης ψηφιοποίηση ενός από τα υπάρχοντα μοντέλα προσωπικότητας αναμφίβολα ενέχει και πολλές ad-hoc παραδοχές κατά την ανάπτυξη του μοντέλου, οι οποίες θα πρέπει να καλύψουν ασάφειες αλλά και να επιλύσουν πρακτικά προβλήματα που προκύπτουν κατά τη μεταφορά του μοντέλου από τη θεωρία στην πρακτική εφαρμογή του στα πλαίσια (και με τους περιορισμούς) ενός ηλεκτρονικού προγράμματος.

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η παρουσίαση και ανάπτυξη ενός απλού μοντέλου προσωπικότητας αληθοφανών πρακτόρων, το οποίο επιτρέπει την αλληλεπίδραση ανάμεσα σε πράκτορες που μπορούν να είναι ενσωματωμένοι σε τρισδιάστατους εικονικούς χαρακτήρες. Το μοντέλο αυτό περιλαμβάνει τις έννοιες της Προσωπικότητας, των Συναισθημάτων και των Πράξεων. Για να επιτευχθεί η όσο το δυνατόν ευρύτερη χρήση και γενίκευση της χρησιμότητας του μοντέλου, οι Πράξεις μπορούν να οριστούν από τον προγραμματιστή που το χρησιμοποιεί, ούτως ώστε να μπορούν να ορίζονται οι κατάλληλες πράξεις για κάθε περιβάλλον εφαρμογής όπου θα χρησιμοποιείται το μοντέλο.

B. Περιγραφή χώρου προβλήματος και τρέχουσα κατάσταση

B1. Μελέτη προσωπικότητας

B1.1. Προσωπικότητα

Η ανθρώπινη προσωπικότητα αναφέρεται στις ιδιαιτερότητες κάθε ανθρώπου όσον αφορά τον τρόπο που σκέφτεται, αισθάνεται και συμπεριφέρεται. Η μελέτη της ανθρώπινης προσωπικότητας χωρίζεται σε δύο επιμέρους τομείς: στη μελέτη των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της προσωπικότητας (ανάλυση) και στην κατανόηση της συνένωσης των ανθρώπινων χαρακτηριστικών στη δημιουργία της προσωπικότητας (σύνθεση).²

Σύμφωνα με τη θεωρία των Χαρακτηριστικών Προσωπικότητας (Trait Theory), η ανθρώπινη προσωπικότητα μπορεί να μελετηθεί μελετώντας τα επί μέρους χαρακτηριστικά της. Τα

χαρακτηριστικά αυτά είναι μοτίβα συμπεριφοράς, σκέψεων και συναισθημάτων, τα οποία μπορούν να ξεχωρίσουν μεταξύ τους και να αξιολογηθούν από τους μελετητές.³

Η θεωρία των Χαρακτηριστικών Προσωπικότητας υποστηρίζει ότι τα χαρακτηριστικά της προσωπικότητας παραμένουν σχετικά σταθερά στο πέρασμα του χρόνου, διαφέρουν από άνθρωπο σε άνθρωπο και επηρεάζουν την ανθρώπινη συμπεριφορά. Κάθε χαρακτηριστικό είναι μετρήσιμο και μπορεί να λάβει μια τιμή που να βρίσκεται μέσα σε κάποιο συγκεκριμένο εύρος τιμών (π.χ. από 0 - 1).

Η ανεύρεση των χαρακτηριστικών που απαρτίζουν την ανθρώπινη προσωπικότητα και η προσπάθεια κατάταξής τους σε ποσοτική κλίμακα, έχει συγκεντρώσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών και έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη θεωριών όπως είναι η Θεωρία των 16 Παραγόντων του R. Cattell και η θεωρία των τριών παραγόντων του H. Eysenck.

Το μοντέλο που διαθέτει ωστόσο τη μεγαλύτερη εμπειρική υποστήριξη και είναι το πλέον διαδεδομένο, είναι η Θεωρία των Πέντε Μεγάλων (Big Five) διαστάσεων της προσωπικότητας που αναπτύχθηκε από τον L. Goldberg, το οποίο ονομάζεται και OCEAN από το ακρωνύμιο των χαρακτηριστικών προσωπικότητας τα οποία περιλαμβάνει: Openness to experience (Δεκτικότητα σε εμπειρίες), Conscientiousness (Σχολαστικότητα), Extraversion (Εξωστρέφεια), Agreeableness (Προθυμία) και Neuroticism (Συναισθηματική αστάθεια). Το μοντέλο αυτό κωδικοποιεί την ανθρώπινη προσωπικότητα αναλύοντάς τη στις προαναφερθείσες πέντε επί μέρους διαστάσεις:

1. Δεκτικότητα σε εμπειρίες, η οποία περιγράφει την ικανότητα του ατόμου να είναι ευφάνταστο, ανεξάρτητο και να επιθυμεί ποικιλία εμπειριών.
2. Σχολαστικότητα, η οποία περιλαμβάνει την οργανωτικότητα, την προσοχή, την επιμέλεια και την πειθαρχία.
3. Εξωστρέφεια, η οποία χαρακτηρίζεται από κοινωνικότητα, προσήνεια και φιλαλληλία.
4. Προθυμία, που προσδιορίζεται από την τάση για εμπιστοσύνη και βοήθεια προς τους άλλους.
5. Συναισθηματική αστάθεια, η οποία χαρακτηρίζεται από αισθήματα άγχους, ανασφάλειας και αυτολύπησης.

Το μοντέλο των Πέντε Μεγάλων χρησιμοποιείται ευρέως για την αξιολόγηση της ανθρώπινης προσωπικότητας μέσω της χρήσης ερωτηματολογίων (International Personality Item Pool (IPIP), NEO-PI-R, λεξιλογικά ερωτηματολόγια, ερωτηματολόγια αυτοπεριγραφής και αυτοαξιολόγησης κ.α.).⁴

B1.2. Συναισθήματα

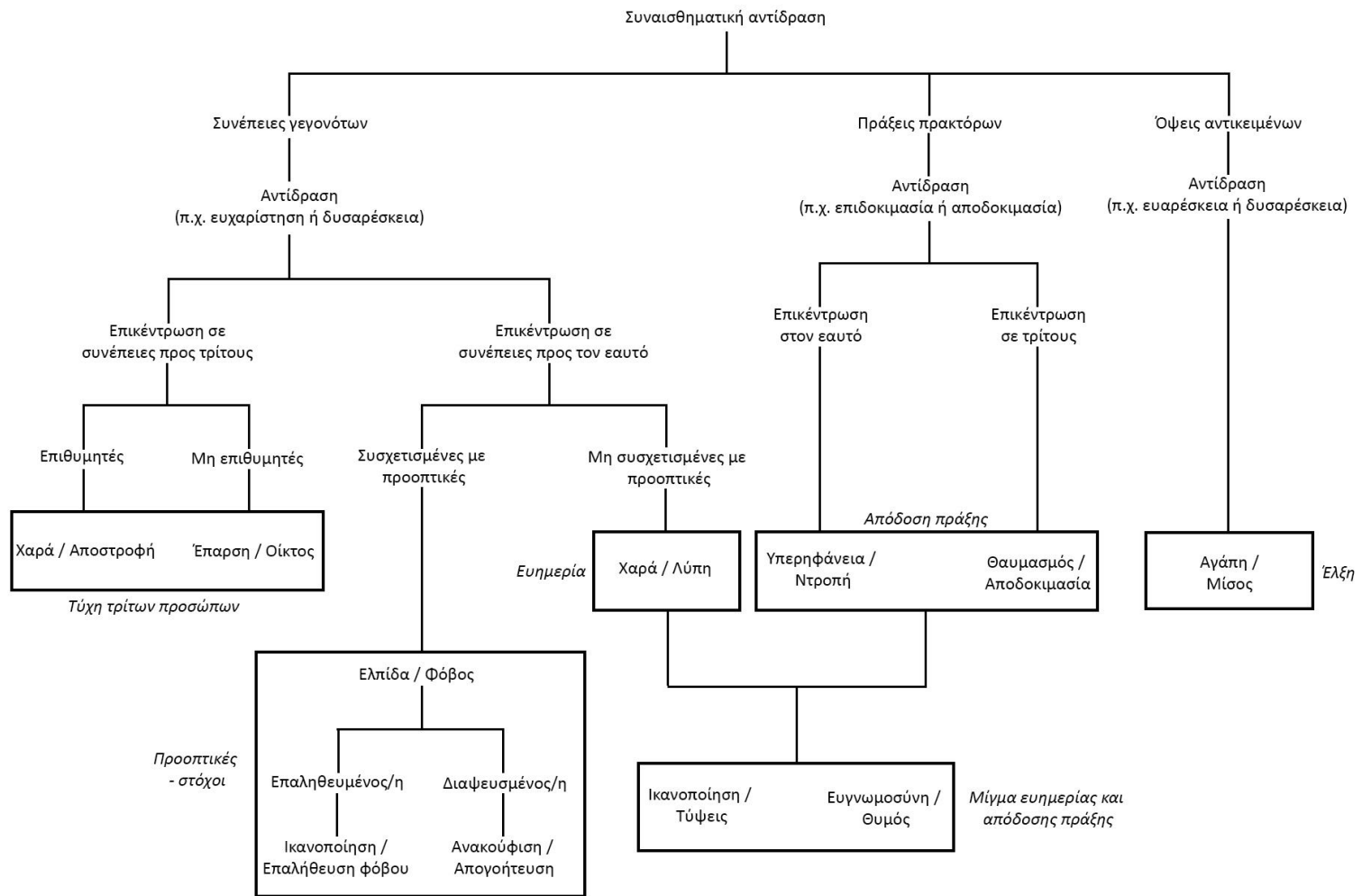
Η μελέτη της ανθρώπινης προσωπικότητας πραγματεύεται και τη μελέτη των ανθρώπινων συναισθημάτων. Ως συναίσθημα μπορεί να χαρακτηριστεί μια σχετικά σύντομη, συνειδητή ανθρώπινη εμπειρία η οποία συνοδεύεται από ευχάριστη ή δυσάρεστη αξιολόγηση εκ μέρους του ατόμου που τη βίωσε.⁵

Τα συναισθήματα είναι πολύπλοκα βιώματα, καθώς σχετίζονται άμεσα με τα χαρακτηριστικά της προσωπικότητας του ατόμου που τα βιώνει αλλά και με τις νοητικές διεργασίες του και επηρεάζουν την ανθρώπινη συμπεριφορά.⁶

Η επί μέρους ανάλυση των συναισθημάτων οδήγησε σε θεωρίες όπως αυτή του K.R. Scherer, σύμφωνα με την οποία κάθε συναισθηματικό επεισόδιο - ως διαδικασία - διαθέτει μια σειρά σταδίων, τα οποία είναι: η νοητική αξιολόγηση της κατάστασης, τα σωματικά συμπτώματα, οι τάσεις προς δράση, η έκφραση του συναισθήματος και τα συνοδευτικά αισθήματα μετά την πράξη.⁷

Μια σημαντική θεωρία που μπορεί να αποτελέσει την πρώτη ύλη για τη μοντελοποίηση των ανθρώπινων συναισθημάτων στα πλαίσια της ανθρώπινης προσωπικότητας είναι το μοντέλο OCC (ακρωνύμιο από τα ονόματα των δημιουργών του, Ortony, Clore & Collins). Το μοντέλο αυτό προτείνει μια ξεκάθαρη δομή των ανθρώπινων συναισθημάτων και των παραγόντων που επηρεάζουν την έντασή τους.⁸

Πιο συγκεκριμένα, το μοντέλο OCC περιγράφει μια ταξινομημένη ιεραρχία 22 διαφορετικών τύπων συναισθημάτων, όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Η ιεραρχία περιλαμβάνει τρεις κεντρικούς κλάδους: συνέπειες γεγονότων, πράξεις πρακτόρων και όψεις αντικειμένων. Ακόμη, κάποιοι ειδικότεροι κλάδοι συνδυάζονται σχηματίζοντας μικτά συναισθήματα που περιλαμβάνουν αντιδράσεις προς συνέπειες γεγονότων, όπως είναι η ευγνωμοσύνη ή ο θυμός. Η παραπάνω συσχέτιση ανάμεσα σε μοντέλα πρακτόρων, γεγονότα, πράξεις και αντικείμενα καθιστά το μοντέλο OCC κατάλληλο για χρήση σε μοντέλα απομίμησης της ανθρώπινης συμπεριφοράς.



Σχήμα 1: Το μοντέλο OCC

B2. Πράξεις και συμπεριφορά

Η ανθρώπινη πράξη μπορεί να οριστεί ως μια εκούσια, στοχευμένη, συνειδητή και υποκειμενικά σημαντική δραστηριότητα που συμβαίνει στα πλαίσια μιας συγκεκριμένης κατάστασης. Οι συνέπειες που συνοδεύουν μια πράξη ενίοτε θεωρούνται κι αυτές τμήματα της πράξης, εισάγοντας μια ηθική διάσταση στον παραπάνω ορισμό. Μια πράξη συνήθως προϋποθέτει κάποιου τύπου σωματική κίνηση για να πραγματοποιηθεί, κάτι που θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στον ορισμό της πράξης σύμφωνα με τις συμπεριφοριστικές σχολές της ψυχολογίας.

Η μελέτη των πράξεων στην ψυχολογία ταυτίζεται με τη μελέτη της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Στην μελέτη τους Health Behavior: Theory, Research, and Practice⁹ οι K. Glanz, B. K. Rimer και K. Viswanath υποστηρίζουν την κατασκευή ενός μοντέλου ενσωμάτωσης συμπεριφοράς (integrated behavioral model) που διέπει την επιλογή συγκεκριμένων πράξεων και ορίζει την ανθρώπινη συμπεριφορά.

Σύμφωνα με την παραπάνω θεωρία, η επιλογή ή μη μιας συγκεκριμένης συμπεριφοράς (ή πράξης) προκύπτει από την επίδραση τριών διακριτών δομών. Η πρώτη δομή είναι η στάση του ατόμου προς τη συγκεκριμένη συμπεριφορά. Η θετική ή αρνητική στάση του ατόμου επηρεάζει ανάλογα και την πιθανότητα να επιλέξει την έκφραση της συμπεριφοράς. Ως δεύτερη δομή χαρακτηρίζονται οι κοινωνικές αντιλήψεις. Αυτές αντικατοπτρίζουν την κοινωνική πίεση που ασκείται προς όφελος ή εις βάρος της επιλογής της εκάστοτε συμπεριφοράς. Την τρίτη δομή αποτελεί η προσωπική αντίληψη του ατόμου προς την υπό εξέταση συμπεριφορά. Σε αυτή τη δομή ασκούν επίδραση τα θετικά ή αρνητικά συναισθήματα και πεποιθήσεις του ατόμου απέναντι στη συμπεριφορά αυτή, οι συνέπειες που αναμένεται να έχει η συμπεριφορά, η αναμενόμενη αξιολόγηση της συμπεριφοράς από τον κοινωνικό περίγυρο καθώς και η αξιολόγηση του περιβάλλοντος, που μπορεί να καθιστά την έκφραση της συμπεριφοράς πιο εύκολη ή πιο δύσκολη.

Το παραπάνω μοντέλο αποτελεί μια ενδιαφέρουσα και περιεκτική προσέγγιση για τον καθορισμό των παραγόντων που διέπουν την επιλογή συμπεριφορών ή πράξεων σε ένα μοντέλο αλληλεπίδρασης μεταξύ αληθοφανών πρακτόρων.

Γ. Περιγραφή προσέγγισης

Γ1. Στόχοι της εφαρμογής

Όπως γίνεται φανερό από την προηγούμενη ενότητα, η προσωπικότητα ενός ατόμου σε συνδυασμό με τα συναισθήματα που κυριαρχούν στο άτομο αυτό σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, μπορεί να επηρεάσει την εκφραζόμενη συμπεριφορά του εν λόγω ατόμου. Σε αυτό το πλαίσιο, το τρίπτυχο προσωπικότητα – συναισθήματα – πράξεις αποτελεί τη βάση του προτεινόμενου μοντέλου αληθοφανών πρακτόρων.

Ο σκελετός του προτεινόμενου μοντέλου αποτελείται από μια σειρά τριών διαδικασιών που είναι: η αντίληψη, η αξιολόγηση ερεθισμάτων και η έκφραση.

Κατά την διαδικασία της αντίληψης, ο πράκτορας λαμβάνει ένα ερέθισμα (π.χ. μια πράξη άλλου πράκτορα) και προχωρά σε καταχώρηση των απαραίτητων πληροφοριών. Η αξιολόγηση ερεθισμάτων περιλαμβάνει την απόφαση για το αν πρέπει ο πράκτορας να αντιδράσει στο εν λόγω ερέθισμα ή όχι, καθώς και την επιλογή συγκεκριμένης αντίδρασης σε περίπτωση που αποφασίσει να αντιδράσει. Η διαδικασία της έκφρασης εμπεριέχει την

πραγματοποίηση της επιλεγμένης πράξης και την καταχώρηση των πληροφοριών που προκύπτουν από την τέλεσή της στη μνήμη του πράκτορα.

Γ2. Προσωπικότητα (OCEAN model)

Όπως προαναφέρθηκε, ένα ιδιαίτερα αποδεκτό και σύγχρονο μοντέλο που μελετά τα χαρακτηριστικά της προσωπικότητας είναι το μοντέλο των Μεγάλων Πέντε χαρακτηριστικών της προσωπικότητας (Big Five). Η ποσοτικοποίηση των χαρακτηριστικών της προσωπικότητας που προσφέρεται από το μοντέλο αυτό, το καθιστά ιδανικό για χρήση στα πλαίσια ενός συστήματος αλληλεπίδρασης αληθοφανών πρακτόρων. Για τον λόγο αυτό, η παρούσα εφαρμογή κάνει χρήση του μοντέλου προσωπικότητας OCEAN προκειμένου να εκφράσει τα συστατικά της προσωπικότητας των αληθοφανών πρακτόρων.

Γ3. Συναισθήματα (OCC model)

Το μοντέλο OCC που αναλύθηκε στην ενότητα Β.1.2 αποτελεί ένα ιδανικό υπόβαθρο για τον ποιοτικό διαχωρισμό και την ποσοτική έκφραση των συναισθημάτων που “βιώνονται” από τους αληθοφανείς πράκτορες της εφαρμογής, καθώς διαθέτει μια περιεκτική και ταξινομημένη ιεραρχία συναισθημάτων, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους και σχηματίζουν μια λογική δομή, που μπορεί να συσχετιστεί με πράξεις που μπορούν να εκφραστούν ως δράσεις, αντιδράσεις ή μικτές.

Γ4. Αντίληψη & αξιολόγηση (perception & appraisal)

Η αντίληψη, στα πλαίσια ενός μοντέλου αληθοφανών πρακτόρων, συνίσταται στην καταχώρηση πληροφοριών τις οποίες ένας πράκτορας αντλεί από το περιβάλλον του και οι οποίες μπορεί να είναι χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, πράξεις ή συναισθήματα άλλων πρακτόρων ή οντοτήτων κλπ. Η αντίληψη ενός πράκτορα σχετίζεται άμεσα με τη δυνατότητά του να λάβει αποφάσεις που αφορούν τη δράση του, καθώς αποτελεί το απαραίτητο βήμα πριν την επεξεργασία των πληροφοριών που θα οδηγήσει στο σχηματισμό μιας συγκεκριμένης απόφασης.

Πιο συγκεκριμένα, η τροφοδότηση του πράκτορα μέσω της αντίληψης επιτρέπει την αξιολόγηση μιας πράξης ή κατάστασης και τη συνακόλουθη απόφαση (ή μη) για δράση. Η αξιολόγηση αυτή λαμβάνει χώρα όποτε ο πράκτορας λαμβάνει κάποιο ερέθισμα μέσω της αντίληψής του και οδηγεί σε αυτόνομη δράση του πράκτορα ή και σε παραγωγή συγκεκριμένης αντίδρασης, σε περίπτωση που το ερέθισμα ήταν δράση άλλου πράκτορα.

Γ5. Μνήμη (πρακτόρων)

Η διατήρηση των πληροφοριών που λαμβάνει ένας αληθοφανής πράκτορας μέσω της διαδικασίας της αντίληψης, καθώς και τα αποτελέσματα της αξιολόγησής τους, αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για τον σχηματισμό σχέσεων και τη διαφοροποίηση της συμπεριφοράς του πράκτορα. Το προτεινόμενο μοντέλο περιλαμβάνει δομές οι οποίες αντιπροσωπεύουν τη μνήμη του πράκτορα σε δύο επίπεδα: σε επίπεδο ατόμων και σε επίπεδο πράξεων. Στο επίπεδο “μνήμης ατόμων” καταχωρούνται οι οντότητες (πράκτορες ή οντότητες ελεγχόμενες από ανθρώπινο χρήστη) με τις οποίες έχει αλληλεπιδράσει ο πράκτορας, καθώς και πληροφορίες οι οποίες προσδιορίζουν τη σχέση του μαζί τους. Το επίπεδο “μνήμης πράξεων” περιλαμβάνει τις πράξεις του πράκτορα, αλλά και τις πράξεις άλλων ατόμων προς εκείνων. Και τα δύο παραπάνω επίπεδα μνήμης επηρεάζουν τις διαδικασίες αξιολόγησης ερεθισμάτων και λήψης αποφάσεων. Η μνήμη ενός πράκτορα, εφόσον εκείνος έρθει σε επαφή με ποικίλα ερεθίσματα, δίνει τη δυνατότητα μεγάλης

διαφοροποίησής του ακόμη και από πράκτορες που διαθέτουν ακριβώς το ίδιο υπόβαθρο προσωπικότητας αλλά αντιμετωπίζουν διαφορετικά ερεθίσματα.

Γ6. Περιβάλλον (Φιλικό, Εχθρικό, Ουδέτερο κλπ)

Η αντίληψη και αξιολόγηση του περιβάλλοντος συνιστά βασικό συντελεστή κατά την επιλογή μιας πράξης (δράσης ή αντίδρασης). Στην παρούσα υλοποίηση, ένα απειλητικό περιβάλλον μπορεί να ενθαρρύνει πράξεις που σχετίζονται με αρνητικά συναισθήματα όπως είναι ο φόβος και η επιθετικότητα, ενώ ένα θετικά αξιολογούμενο περιβάλλον μπορεί να συντελέσει στην επιλογή θετικών ενεργειών εκ μέρους του πράκτορα. Οι διαβαθμίσεις του περιβάλλοντος στο παρόν μοντέλο είναι: Εχθρικό, Αρνητικό, Ουδέτερο, Θετικό, Φιλικό. Οι διαβαθμίσεις αυτές μπορούν να οριστούν από τον χρήστη του μοντέλου, ανάλογα με το είδος και τους στόχους της εφαρμογής για την οποία το χρησιμοποιεί.

Γ7. Πράξεις (Δράσεις, Αντιδράσεις, Μικτές)

Οι πράξεις ενός πράκτορα, στα πλαίσια του προτεινόμενου μοντέλου, αποτελούν ενέργειες οι οποίες φέρουν ένα συγκεκριμένο συντελεστή βάρους (θετικό ή αρνητικό αριθμό) και οι οποίες επηρεάζουν έναν ή περισσότερους πράκτορες. Οι πράξεις μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω τρεις κατηγορίες.

1. Δράσεις: Μια πράξη χαρακτηρίζεται ως δράση (Action) εφόσον προέρχεται από αυτόνομη απόφαση του πράκτορα, χωρίς να αποτελεί απάντηση σε κάποια άλλη δράση η οποία προηγήθηκε. Η απόφαση για δράση μπορεί να ληφθεί με κάποιον προκαθορισμένο τρόπο ως προγραμματισμένο γεγονός (timed event) σε τακτά χρονικά διαστήματα ή να πυροδοτείται από ερεθίσματα του περιβάλλοντος.
2. Αντιδράσεις: Οι πράξεις που χαρακτηρίζονται ως αντιδράσεις αποτελούν απάντηση του πράκτορα σε προϋπάρχουσες δράσεις. Οι αντιδράσεις απαιτούν πάντοτε την προϋπαρξη μιας δράσης η οποία έχει σαν στόχο τον πράκτορα προκειμένου να εισαχθούν στις πιθανές επιλογές του πράκτορα και τελικώς να εκφραστούν.
3. Μικτές: Οι μικτές πράξεις διαθέτουν τα χαρακτηριστικά και των δύο παραπάνω κατηγοριών, μπορούν δηλαδή να χρησιμοποιηθούν είτε ως αυτόνομες δράσεις, είτε ως αντιδράσεις.

Γ8. Συσχετισμός Προσωπικότητας και Συναισθημάτων

Προκειμένου να καταστεί δυνατή η μοντελοποίηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς, απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί ο συσχετισμός των χαρακτηριστικών της ανθρώπινης προσωπικότητας με επί μέρους συναισθήματα. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, το παρόν μοντέλο χρησιμοποιεί τη συσχέτιση των πέντε τύπων προσωπικότητας του μοντέλου OCEAN με τις κατηγορίες συναισθημάτων του μοντέλου OCC. Πιο συγκεκριμένα, μέσω αυτής της συσχέτισης το μοντέλο καταχωρεί τροποποιητές οι οποίοι επηρεάζουν τη συμπεριφορά των αληθοφανών πρακτόρων, καθώς συμβάλλουν στη λήψη αποφάσεων. Ο ακόλουθος πίνακας περιλαμβάνει τους συσχετισμούς αυτούς.

OCC bipole	Openness	Conscientiousness	Extraversion	Agreeableness	Neuroticism	Focus	
happy for / resentment	3	1	5	4	1	other	
gloating / pity	4	1	5	4	2	other	

hope / fear	1	4	3	1	5	self	
joy / distress	4	1	3	4	5	self	
pride / shame	3	1	4	2	5	self	
admiration / reproach	1	1	4	5	2	other	
love / hatred	1	5	4	5	5	other	
satisfaction / conf. of fears	1	3	3	4	5	self	
relief / disappointment	1	1	5	2	5	other	
gratification / remorse	5	5	3	2	5	self	
gratitude / anger	1	5	2	4	5	other	
Total	25	28	41	37	45		

Σχεδιάγραμμα συσχέτισης των τύπων προσωπικότητας του μοντέλου OCEAN με τις κατηγορίες συναισθημάτων του μοντέλου OCC

Γ9. Συσχετισμός Συναισθημάτων και Πράξεων

Μια ακόμη σύνδεση που κρίνεται απαραίτητη για την κατασκευή ενός ολοκληρωμένου μοντέλου συμπεριφοράς, είναι ο συσχετισμός ανάμεσα στα συναισθήματα του αληθοφανούς πράκτορα και στις διαθέσιμες σε αυτόν πράξεις. Για να πραγματοποιηθεί ο παραπάνω συσχετισμός, στο παρόν μοντέλο η κάθε πράξη ενός πράκτορα συνδέεται με συγκεκριμένα συναισθήματα, μέσω ενός παράγοντα που ονομάζεται «Συναισθηματική Επιρροή» (Emotional Influence). Το μοντέλο υποστηρίζει την εισαγωγή ενός απεριόριστου αριθμού πράξεων, οι οποίες θα χρησιμοποιούνται από τους πράκτορες παράγοντας αληθοφανείς συμπεριφορές, εφόσον η επιλογή των συσχετιζόμενων με αυτές συναισθημάτων, καθώς και η βαρύτητά τους είναι σωστά επιλεγμένες. Ακολουθεί ένα παράδειγμα δομής μιας πράξης που περιλαμβάνει και τον συσχετισμό της με συναισθήματα του μοντέλου OCC.

Όνομα Πράξης	Έπαινος
Τύποι Πράξης	Δράση & Αντίδραση
Τροποποιητής επιρροής	+1
Επιρροή ανά τύπο συναισθημάτων (OCC)	Συσχέτιση με στόχους: 0.5, συσχέτιση με συμπεριφορές: 0.5
Συναισθήματα που σχετίζονται με την εκτέλεση της Πράξης (OCC)	Ικανοποίηση, Ανακούφιση, Υπερηφάνεια

Γ10. Σενάριο χρήσης του μοντέλου

Το μοντέλο που αναπτύσσεται στην παρούσα εργασία έχει τους εξής στόχους:

- Να συνδέεται με υπάρχοντες τρισδιάστατους ή δισδιάστατους ή και μη ορατούς χαρακτήρες (π.χ. σε εφαρμογές που διαθέτουν μόνο κείμενο) μέσω της ανάθεσης σε καθέναν από αυτούς ενός πράκτορα.

- Να αναπαριστά τις δράσεις και αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πρακτόρων, με ταυτόχρονη ενδεικτική δραστηριότητα μέσα στο εικονικό περιβάλλον, π.χ. πραγματοποίηση δράσεων και κινήσεων (animation) από τους χαρακτήρες, παραγωγή διαλόγου κλπ.
- Να επιτρέπει τον σχηματισμό δυναμικών σχέσεων μεταξύ των πρακτόρων ώστε, με τη μεγαλύτερη δυνατή αληθοφάνεια, να εμψυχώνει τους χαρακτήρες του περιβάλλοντος στο οποίο χρησιμοποιείται.

Για την πραγματοποίηση των παραπάνω, το σενάριο χρήσης του μοντέλου που συνοδεύει αυτή την εργασία είναι μια εφαρμογή σε περιβάλλον Unity, η οποία κάνει χρήση τρισδιάστατων κινούμενων χαρακτήρων, οι οποίοι κατ'επιλογήν του χρήστη αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, ενώ οι πληροφορίες σχετικά με τα είδη των αλληλεπιδράσεών τους (συναισθήματα, πράξεις, μεταξύ τους σχέση) είναι πλήρως ορατά στον χρήστη ως στοιχεία της διεπαφής της εφαρμογής.

Δ. Σχεδιασμός

Δ1. Ανάλυση αναγκών της εφαρμογής Emotional Agent

Μια ανάλυση αναγκών σύμφωνα με τα λειτουργικά κριτήρια που πρέπει να διέπουν την υλοποίηση του μοντέλου, καθιστά εμφανές ότι τα παρακάτω αποτελούν απαραίτητα στοιχεία της εφαρμογής:

- Κλάσεις για τη δημιουργία αντικειμένων (objects) που αναπαριστούν τους Πράκτορες του μοντέλου.
- Κλάσεις που αναπαριστούν τα στοιχεία της προσωπικότητας των Πρακτόρων σύμφωνα με το μοντέλο OCEAN, καθώς και τη δομή των συναισθημάτων των Πρακτόρων σύμφωνα με το μοντέλο OCC.
- Κλάση που αναπαριστά την επίδραση της λογικής (rational state) του Πράκτορα.
- Κλάσεις που αναπαριστούν τις Δράσεις και Αντιδράσεις των Πρακτόρων.
- Μέθοδοι που επιτρέπουν την αλληλεπίδραση μεταξύ των Πρακτόρων, αλλά και όλες τις απαραίτητες βοηθητικές ενέργειες και υπολογισμούς λαμβάνοντας υπόψη την προσωπικότητα και τη συναισθηματική κατάσταση των Πρακτόρων.
- Κατά το δυνατόν μεγαλύτερη δυνατή γενίκευση του μοντέλου, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα από περιβάλλον ανάπτυξης, χωρίς περιορισμό που θα μπορούσε να προέλθει από μια τυχόν εγγενώς κωδικοποιημένη (hard-coded) συσχέτιση προκαθορισμένων πράξεων με τους τύπους προσωπικότητας OCEAN και τα συναισθηματικά δίπολα του μοντέλου OCC.
- Συμπερίληψη μιας βοηθητικής βιβλιοθήκης για εύκολη αρχικοποίηση ενός νέου project με τη χρήση προκαθορισμένων (default) τιμών προσωπικότητας, συναισθημάτων και πράξεων.
- Κατασκευή unit tests για την επαλήθευση της ορθής λειτουργίας του μοντέλου κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής του, αλλά και για χρήση σε περίπτωση μελλοντικής επέκτασης.

Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια να υλοποιηθούν όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία, τα οποία προέκυψαν από την ανάλυση των αναγκών της εφαρμογής. Επιχειρήθηκε η δημιουργία ενός περιεκτικού αλλά και ευέλικτου υπολογιστικού μοντέλου που φανερώνει στον χρήστη-προγραμματιστή μόνο όσες κλάσεις και μεθόδους είναι χρήσιμες για τον ίδιο, παρέχοντας όμως κατά το δυνατόν υψηλές δυνατότητες εξατομίκευσης, επιλεκτικής χρήσης και ευχρηστίας, έχοντας ως στόχο να μπορεί να ενσωματωθεί εύκολα και να χρησιμοποιηθεί σε κάθε είδους project όπου κρίνεται σκόπιμη η χρήση αληθοφανών πρακτόρων.

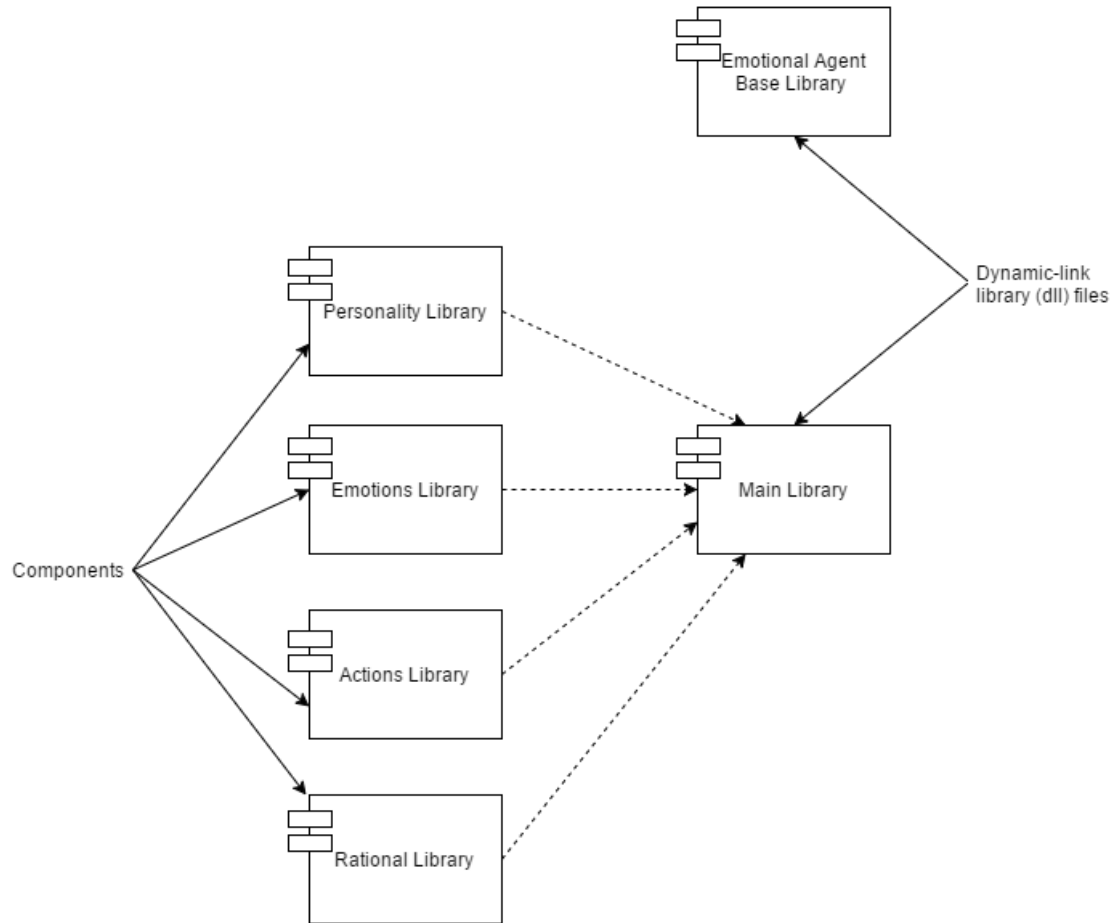
Ακολουθεί ένα στιγμιότυπο από τη ροή εκτέλεσης του προγράμματος, το οποίο δείχνει –σε κατάσταση αποσφαλμάτωσης (debugging)– τη δομή ενός αντικειμένου τύπου Agent, όπως αυτό προέκυψε από την υλοποίηση της αντίστοιχης κλάσης, η οποία δημιουργήθηκε για να καλύψει το πρώτο από τα προαναφερθέντα σημεία της ανάλυσης αναγκών.

Name	Value	Type
agent1	[EmotionalAgentLib.Agent]	Emotion
ActionsMemory	Count = 1	System.Collections.Generic.List`1[EmotionalAgentLib.Emotion]
[0]	Count = 1	System.Collections.Generic.List`1[EmotionalAgentLib.Emotion]
Key	0	int
Value	Count = 1	System.Collections.Generic.List`1[EmotionalAgentLib.Emotion]
[0]	[EmotionalAgentLib.Emotion]	Emotion
FocusSelf	true	bool
Name	"Hope"	string
NegativePole	[EmotionalAgentLib.Tuple<EmotionalAgentLib.EmotionBipole, float>]	Emotion
First	Fear	Emotion
Second	0.922	float
PositivePole	[EmotionalAgentLib.Tuple<EmotionalAgentLib.EmotionBipole, float>]	Emotion
First	Hope	Emotion
Second	0.077999942	float
Type	ActionsRelated	Emotion
Raw View		
key	0	int
value	Count = 1	System.Collections.Generic.List`1[EmotionalAgentLib.Emotion]
Raw View		
[0]	Count = 1	System.Collections.Generic.List`1[EmotionalAgentLib.Emotion]
Key	[[200, -1.5]]	System.Collections.Generic.List`1[EmotionalAgentLib.Emotion]
Value	200	int
key	-1.5	float
value	200	int
key	-1.5	float
value	-1.5	float
Raw View		
[0]	Count = 5	System.Collections.Generic.List`1[EmotionalAgentLib.Action]
[0]	[EmotionalAgentLib.Action]	Emotion
ActionPriority	0	float
ActionType	Both	Emotion
AffectedAgents	Count = 0	System.Collections.Generic.List`1[EmotionalAgentLib.Agent]
AvailableReactions	Count = 0	System.Collections.Generic.List`1[EmotionalAgentLib.Action]
EmotionalExpectations	null	System.Collections.Generic.List`1[EmotionalAgentLib.Action]
EmotionalPriorities	Count = 1	System.Collections.Generic.List`1[EmotionalAgentLib.Action]
Id	0	int
Intensity/Value	-1	float
LikelihoodToSelect	0.5	float
Name	"Attack"	string
OutcomeEvent	[EmotionalAgentLib.Event]	Emotion
PerformedBy	[EmotionalAgentLib.Agent]	Emotion
PersonalityPriorities	null	System.Collections.Generic.List`1[EmotionalAgentLib.Action]
UnavailableReactions	Count = 0	System.Collections.Generic.List`1[EmotionalAgentLib.Action]
_actionPriority	0	float
[1]	[EmotionalAgentLib.Action]	Emotion
[2]	[EmotionalAgentLib.Action]	Emotion
[3]	[EmotionalAgentLib.Action]	Emotion
[4]	[EmotionalAgentLib.Action]	Emotion
Raw View		
[0]	Count = 11	System.Collections.Generic.List`1[EmotionalAgentLib.Emotion]
[0]	[EmotionalAgentLib.Emotion]	Emotion
FocusSelf	false	bool
Name	"Happiness"	string
NegativePole	[EmotionalAgentLib.Tuple<EmotionalAgentLib.EmotionBipole, float>]	Emotion
PositivePole	[EmotionalAgentLib.Tuple<EmotionalAgentLib.EmotionBipole, float>]	Emotion
Type	AttitudesRelated	Emotion
[1]	[EmotionalAgentLib.Emotion]	Emotion
[2]	[EmotionalAgentLib.Emotion]	Emotion
[3]	[EmotionalAgentLib.Emotion]	Emotion
[4]	[EmotionalAgentLib.Emotion]	Emotion
[5]	[EmotionalAgentLib.Emotion]	Emotion
[6]	[EmotionalAgentLib.Emotion]	Emotion
[7]	[EmotionalAgentLib.Emotion]	Emotion
[8]	[EmotionalAgentLib.Emotion]	Emotion
[9]	[EmotionalAgentLib.Emotion]	Emotion
[10]	[EmotionalAgentLib.Emotion]	Emotion
Raw View		
FreeActionSelection	true	bool
FreeReactionSelection	true	bool
Id	100	int
Personality	[EmotionalAgentLib.Personality]	Emotion
Agreeableness	0.1	float
Conscientiousness	0.1	float
Extraversion	0.1	float
Neuroticism	0.1	float
Openness	0.1	float
RationalState	[EmotionalAgentLib.RationalState]	Emotion
EnvironmentClassification	Neutral	Emotion

Εικόνα ενός αντικειμένου τύπου Agent κατά την εκτέλεση της εφαρμογής.

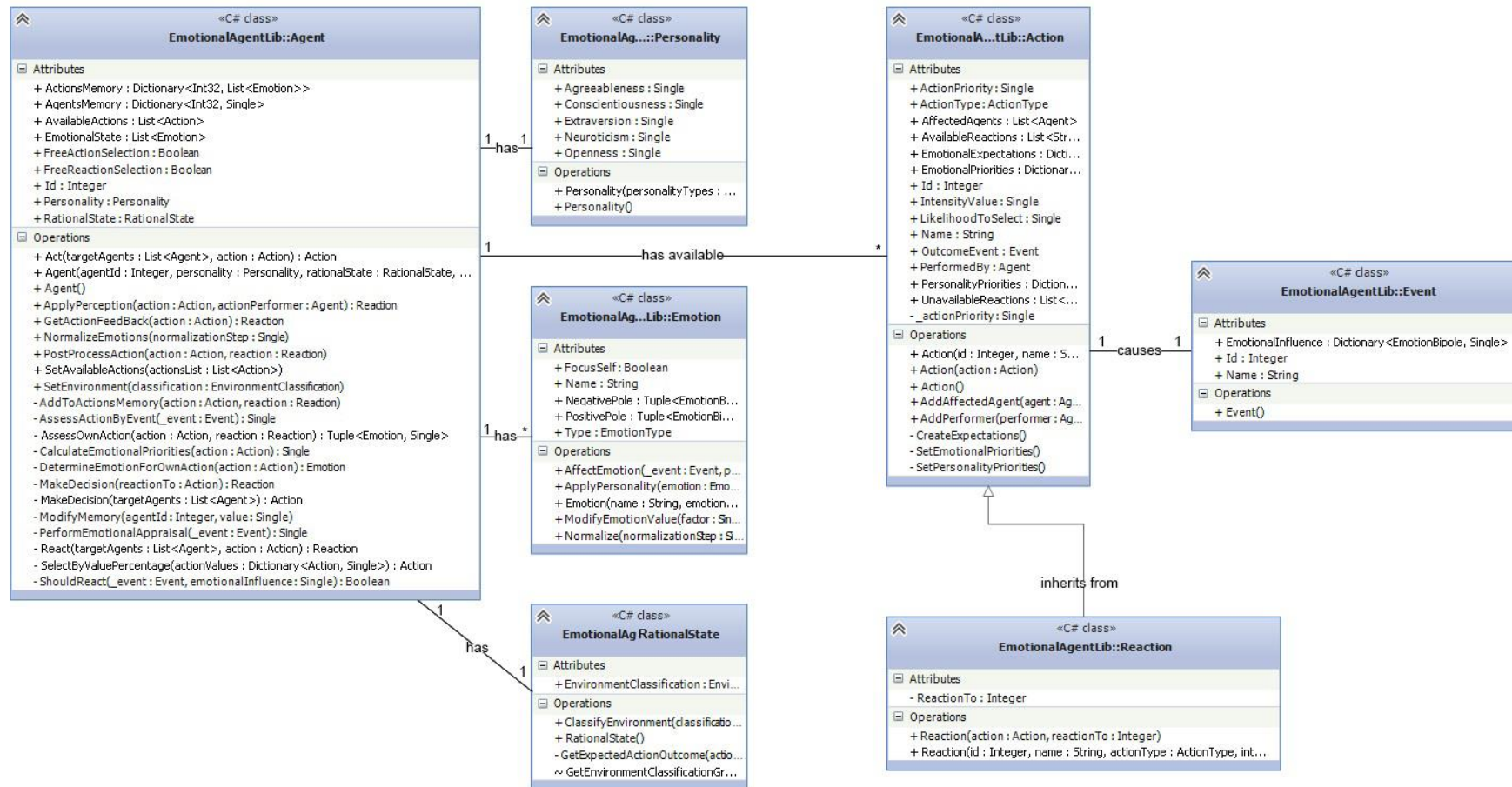
Στις επόμενες ενότητες ακολουθούν διαγράμματα που επεξηγούν τη δομή του μοντέλου και με βάση τα οποία πραγματοποιήθηκε η υλοποίησή του.

Δ2. Διάγραμμα εξαρτημάτων (component diagram)

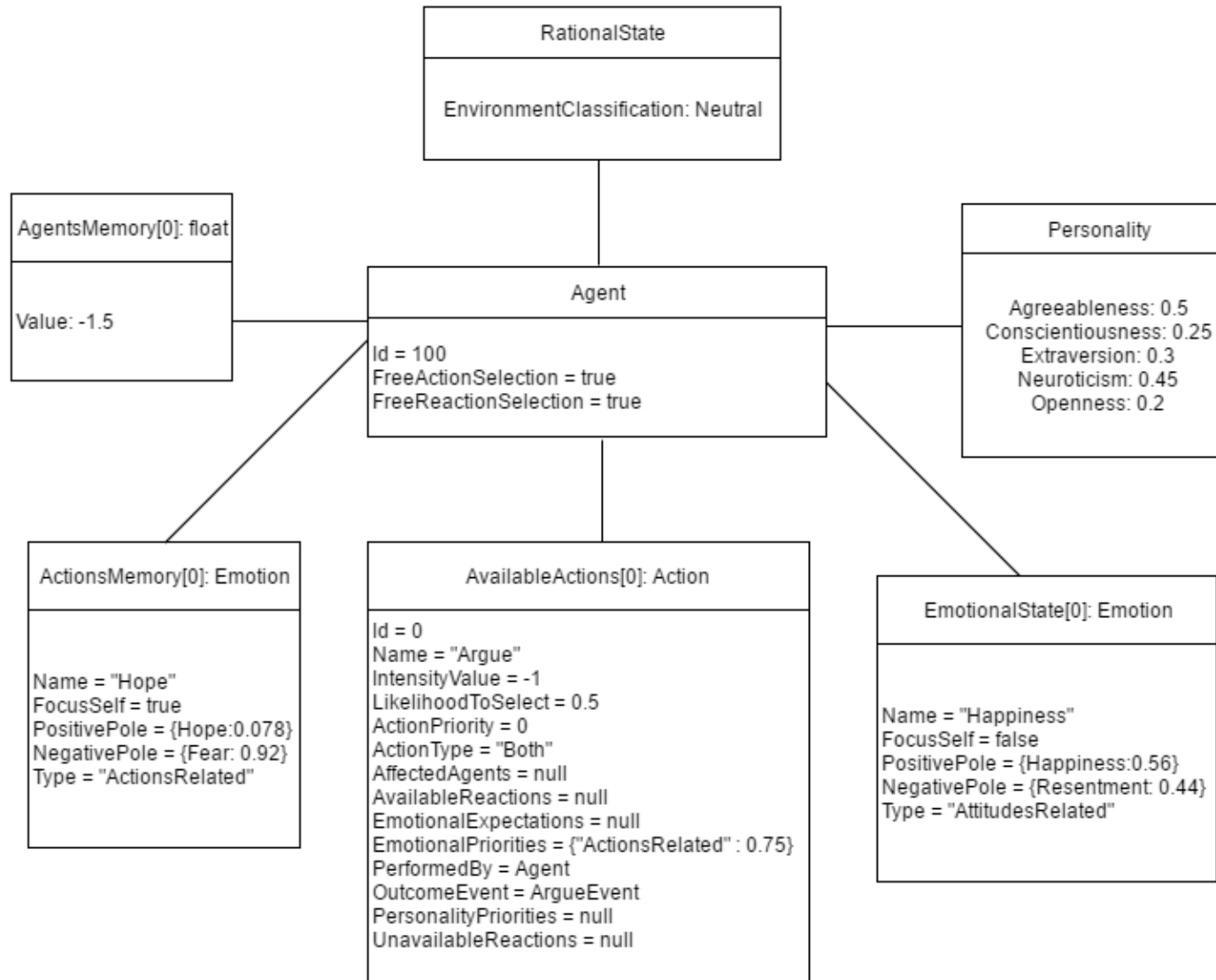


Το παραπάνω διάγραμμα εξαρτημάτων απεικονίζει τα τμήματα που απαρτίζουν την εφαρμογή, η οποία αποτελεί υλοποίηση του μοντέλου.

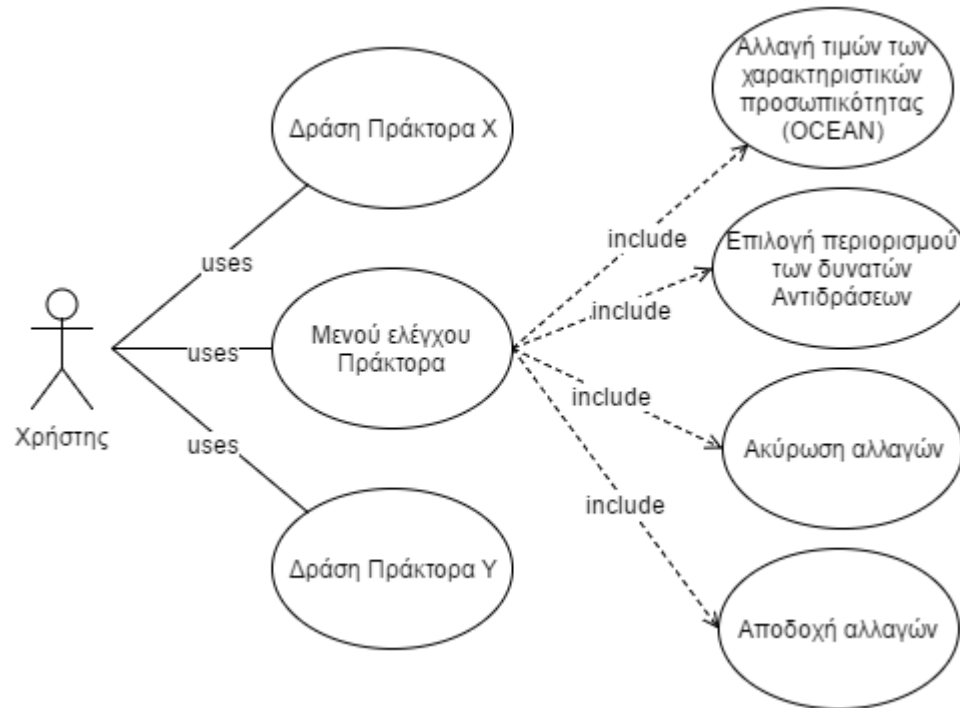
Δ3. Διάγραμμα κλάσεων (class diagram)



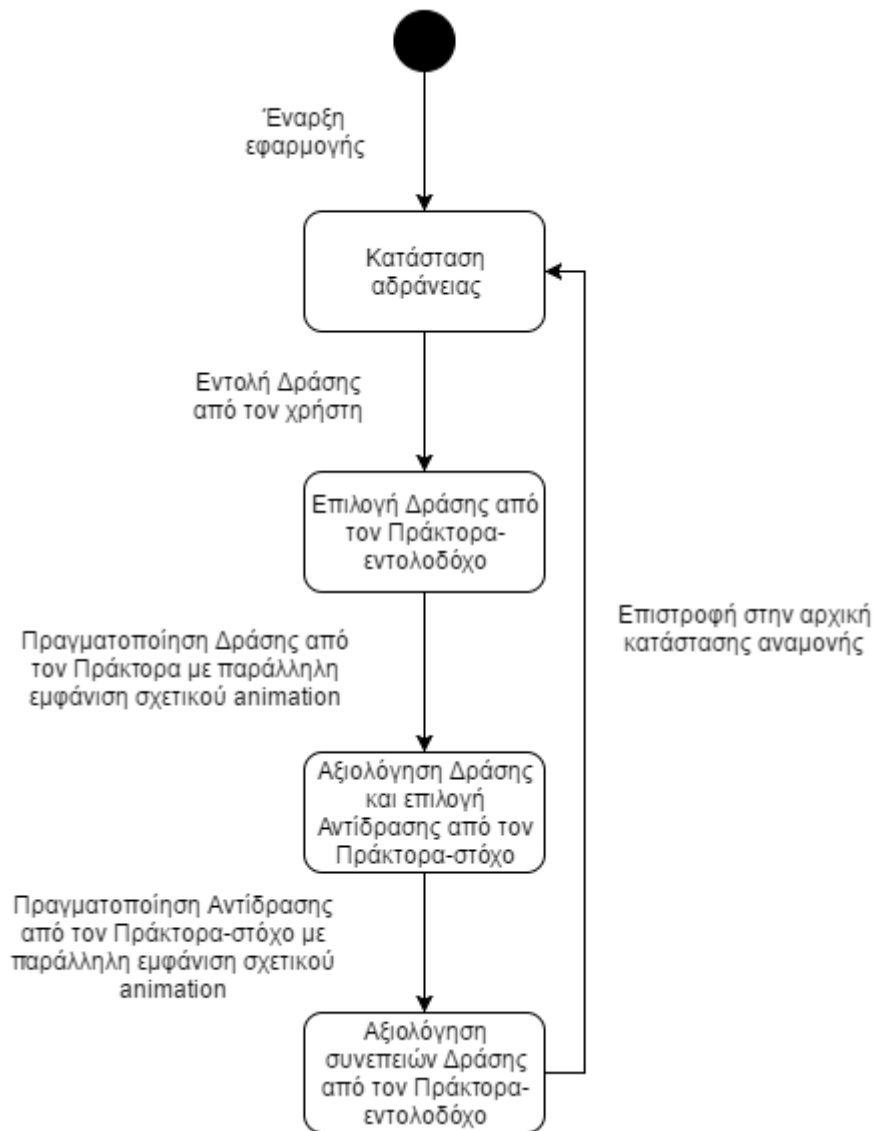
Δ4. Διάγραμμα αντικειμένων ενός αντικειμένου τύπου Agent (object diagram)



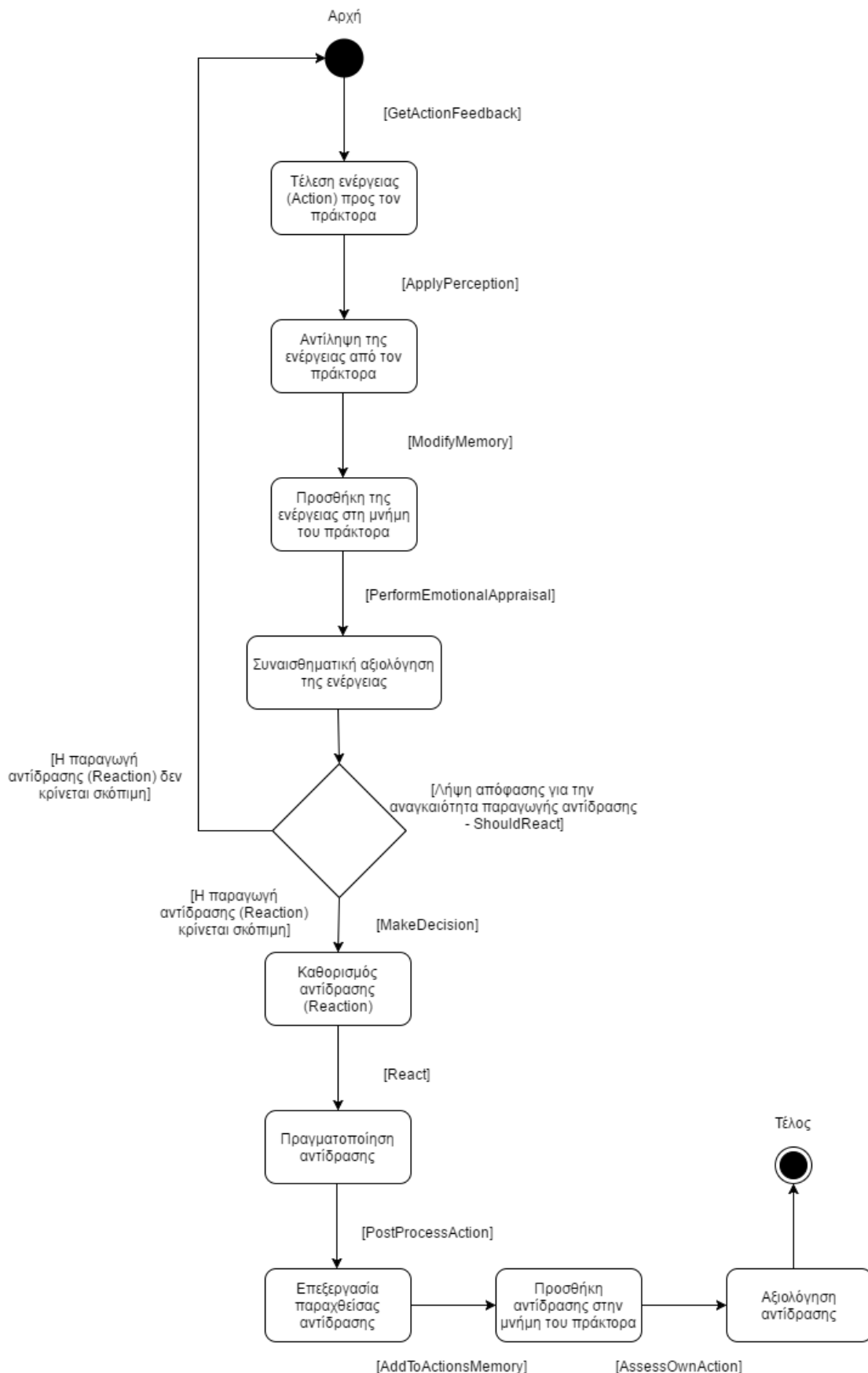
Δ5. Διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης (use case diagram) της εφαρμογής Emotional Agent



Δ6. Διάγραμμα καταστάσεων κατά την εκτέλεση της εφαρμογής EmotionalAgent (state diagram)



Δ7. Διάγραμμα δραστηριοτήτων για την παραγωγή μιας Αντίδρασης (Reaction) από έναν πράκτορα (activity diagram) στα πλαίσια του μοντέλου



Ε. Υλοποίηση

Ε1. Περιγραφή λειτουργίας εφαρμογής

Η υλοποίηση του μοντέλου ακολουθεί την Object-oriented λογική, κάνοντας χρήση της γλώσσας προγραμματισμού C# σε περιβάλλον ανάπτυξης Visual Studio. Η παραπάνω επιλογή πραγματοποιήθηκε για τους εξής λόγους:

- Οι αντικειμενοστραφείς γλώσσες προσφέρουν δυνατότητες καλύτερης οργάνωσης και εύκολης κατανόησης του κώδικα, κάτι που τον καθιστά εύκολα συντηρήσιμο και επεκτάσιμο.
- Η γλώσσα C# χρησιμοποιείται τόσο για δημιουργία λογισμικού που κάνουν χρήση του .NET περιβάλλοντος της Microsoft, αλλά αποτελεί και τη βασική γλώσσα (scripting language) της μηχανής Unity.

Κεντρικό στοιχείο της υλοποίησης αποτελεί η κλάση Agent (Πράκτορας). Η κλάση αυτή περιέχει τόσο τα δεδομένα που απαιτούνται για τον καθορισμό της ταυτότητας και των χαρακτηριστικών ενός πράκτορα, όσο και τις μεθόδους που καλούνται για την επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων.

Η βασική κλάση Agent του μοντέλου πλαισιώνεται από τις παρακάτω κλάσεις.

- Personality (προσωπικότητα): διατηρεί πληροφορίες που αφορούν στους πέντε τύπους προσωπικότητας του μοντέλου OCEAN.
- RationalState (νοητική κατάσταση): περιέχει πληροφορίες για τη νοητική κατάσταση του πράκτορα.
- Emotion (συναίσθημα): περιέχει πληροφορίες και μεθόδους που αφορούν τον καθορισμό και την επεξεργασία των συναισθημάτων του πράκτορα.
- Action (δράση): περιλαμβάνει παραμέτρους που ορίζουν τις διαθέσιμες πράξεις του πράκτορα.
- Reaction (αντίδραση): κληρονομεί από την κλάση Action. Στοιχειοθετεί τις διαθέσιμες αντιδράσεις για τον πράκτορα.
- Event (γεγονός): περιέχει πληροφορίες για τις συνέπειες που συνοδεύουν μία πράξη.

Ακολουθεί λεπτομερής αναφορά στις λειτουργίες κάθε μίας από τις κλάσεις που προαναφέρθηκαν.

Agent (πράκτορας)

Η πλέον βασική κλάση του μοντέλου, η κλάση Agent περιλαμβάνει μια σειρά παραμέτρων και μεθόδων που της προσδίδουν τη λειτουργικότητα του αληθοφανούς πράκτορα. Η κλάση αυτή περιέχει τις παρακάτω παραμέτρους:

Id: ένας μοναδικός ακέραιος αριθμός που μπορεί να λειτουργήσει ως η ταυτότητα του πράκτορα.

Personality: ένα αντικείμενο τύπου Personality που διατηρεί τις τιμές των τύπων προσωπικότητας του πράκτορα.

RationalState: ένα αντικείμενο τύπου RationalState όπου μπορεί να τεθεί και να ανασυρθεί η νοητική κατάσταση του πράκτορα.

EmotionalState: περιέχει την συναισθηματική κατάσταση του πράκτορα σε μορφή λίστας από αντικείμενα τύπου `Emotion` (συναίσθημα).

AvailableActions: στοιχειοθετεί τη λίστα με τις διαθέσιμες πράξεις (δράσεις ή/ και αντιδράσεις) του πράκτορα.

ActionsMemory: περιλαμβάνει μια δομή τύπου `Dictionary` η οποία περιέχει ως κλειδιά τα χαρακτηριστικά ταυτότητας (`Id`) των πράξεων και ως τιμές λίστες με συναισθήματα (`Emotions`) τα οποία συνδέονται με τις πράξεις αυτές.

AgentsMemory: αποτελεί μια δομή τύπου `Dictionary` που περιλαμβάνει ως κλειδιά τα χαρακτηριστικά ταυτότητας (`Id`) των πρακτόρων με τους οποίους έχει έρθει σε επαφή ο πράκτορας (εκτός του ιδίου) και ως τιμές δεκαδικούς αριθμούς που προσδιορίζουν την σχέση του με τους πράκτορες αυτούς.

FreeActionSelection: μια δυαδική τιμή που περιλαμβάνει την πληροφορία για το αν επιτρέπεται η ελεύθερη επιλογή αυτόνομης δράσης κατά την πρώτη επαφή με άλλο πράκτορα.

FreeReactionSelection: η δυαδική αυτή τιμή καθορίζει το αν επιτρέπεται η επιλογή αντίδρασης διαφορετικού προσήμου σε σχέση με την πράξη που την προκάλεσε.

Ακόμη, η κλάση `Agent` περιλαμβάνει τις παρακάτω μεθόδους:

void `SetEnvironment(EnvironmentClassification classification)`

Η μέθοδος αυτή μπορεί να κληθεί από τον προγραμματιστή που χρησιμοποιεί το μοντέλο προκειμένου να θέσει ή να μεταβάλλει την αξιολόγηση του περιβάλλοντος του πράκτορα.

Reaction `ApplyPerception(Action action, Agent actionPerformer)`

Αποτελεί την βασική μέθοδο με την οποία ο πράκτορας καταχωρεί, αξιολογεί και αποφασίζει να πραγματοποιήσει μια αντίδραση (`Reaction`) με βάση μια πράξη την οποία αντελήφθη. Για να επιτύχει τα παραπάνω κάνει χρήση των βοηθητικών μεθόδων `ModifyMemory`, `PerformEmotionalAppraisal`, `ShouldReact` και `React`.

Reaction `GetActionFeedBack(Action action)`

Είναι η μέθοδος που καλείται από τον προγραμματιστή και εμπεριέχει την μέθοδο `ApplyPerception` που προαναφέρθηκε. Σκοπός της είναι η επιστροφή της επιλεγείσας αντίδρασης (`Reaction`) σαν απάντηση της αρχικής πράξης, καθώς και η μετεπεξεργασία της πράξης αυτής.

Action `Act(List<Agent> targetAgents, Action action)`

Χρησιμοποιείται για την πραγματοποίηση μια πράξης προς συγκεκριμένους παραλήπτες (πράκτορες). Η πράξη, σε περίπτωση που δεν προσδιορίζεται κατά την κλήση της μεθόδου, επιλέγεται δυναμικά κάνοντας χρήση της μεθόδου `MakeDecision` δίνοντας σαν όρισμα τη λίστα με τους παραλήπτες.

Action `MakeDecision(List<Agent> targetAgents)`

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται από την μέθοδο `Act` και σκοπός της είναι η λήψη απόφασης για το ποια πράξη θα πραγματοποιηθεί με στόχο κάποιους συγκεκριμένους πράκτορες. Για να ληφθεί η απόφαση αυτή, λαμβάνονται υπόψη οι εξής παράμετροι:

- Η πράξη πρέπει να είναι εντός των πράξεων που είναι διαθέσιμες στον πράκτορα (AvailableActions).
- Υπάρχει η δυνατότητα απόδοσης βάρους σε κάθε πράξη από τον προγραμματιστή (ActionPriority), που μπορεί να καταστήσει τις πιθανότητες επιλογής της περισσότερες ή λιγότερες.
- Η αξιολόγηση του περιβάλλοντος έχει επίσης επίδραση στην επιλογή μιας θετικής ή αρνητικής αντίδρασης.
- Η σχέση του πράκτορα που αποφασίζει με τους πράκτορες-στόχους, όπως αυτή βρίσκεται καταχωρημένη στην AgentsMemory.
- Η ύπαρξη περιορισμού ή όχι στις διαθέσιμες πράξεις (παράμετρος FreeActionSelection του Agent).
- Η υφιστάμενη συναισθηματική κατάσταση του πράκτορα (EmotionalState).

Reaction React(List<Agent> targetAgents, Action action)

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για τον καθορισμό μιας αντίδρασης απέναντι σε συγκεκριμένους πράκτορες και κάνει χρήση της μεθόδου MakeDecision, δίνοντας ως όρισμα την πράξη action.

Reaction MakeDecision(Action reactionTo)

Η μέθοδος αυτή λαμβάνει την απόφαση για το ποια αντίδραση πρέπει να επιλεγεί ως απάντηση για μια συγκεκριμένη πράξη και την επιστρέφει. Κατά τον υπολογισμό της επιθυμητής αντίδρασης, λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω παράγοντες:

- Η ταυτότητα των πρακτόρων-στόχων, οι οποίοι πραγματοποίησαν την πράξη που αποτελεί το έναυσμα για την αντίδραση και η σχέση τους με τον πράκτορα.
- Η ισχύς της κάθε αντίδρασης (IntensityValue), η οποία πρέπει να είναι κατά το δυνατόν ανάλογη με την πράξη-έναυσμα.
- Το πρόσημο της επιλεγείσας αντίδρασης πρέπει να είναι το ίδιο με αυτό της πράξης που την προκάλεσε.
- Τυχόν προτεραιότητα που λαμβάνει κάθε αντίδραση, όπως αυτή έχει τεθεί από τον προγραμματιστή που χρησιμοποιεί το μοντέλο.
- Το γεγονός που συνοδεύει την κάθε πιθανή αντίδραση.
- Η αξιολόγηση του περιβάλλοντος του πράκτορα (EnvironmentClassification).
- Η παρουσία και αξιολόγηση συναισθηματικών προτεραιοτήτων (emotional priorities).
- Οι διαθέσιμες αντιδράσεις επιλέγονται από τη λίστα AvailableReactions, την οποία έχει αρχικοποιήσει και έχει δώσει τιμές ο προγραμματιστής.

void PostProcessAction(Action action, Reaction reaction)

Η μέθοδος αυτή πραγματοποιεί την μετεπεξεργασία μια πράξης, εφόσον έχει πραγματοποιηθεί μια αντίδραση σαν απάντηση αυτής. Κάνει χρήση της μεθόδου AddToActionsMemory.

Action SelectByValuePercentage(Dictionary<Action, float> actionValues)

Με τη μέθοδο αυτή πραγματοποιείται η επιλογή μιας πράξης, με βάση τα ποσοστά πιθανότητας επιλογής της κάθε μίας από τις διαθέσιμες πράξεις.

float CalculateEmotionalPriorities(**Action** action)

Η μέθοδος αυτή υπολογίζει και επιστρέφει σε μορφή δεκαδικού αριθμού την επιρροή των συναισθηματικών προτεραιοτήτων του πράκτορα έναντι μιας συγκεκριμένης πιθανής δράσης.

void ModifyMemory(**int** agentId, **float** value)

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για την καταχώρηση μιας χαρακτηριστικής τιμής της σχέσης (reputation) ενός άλλου πράκτορα στη μνήμη πρακτόρων (AgentsMemory) του πράκτορα, ή για την μεταβολή της τιμής αυτής στην περίπτωση που ο άλλος πράκτορας είναι ήδη καταχωρημένος.

float AssessActionByEvent(**Event** _event)

Με τη μέθοδο αυτή αξιολογείται η επίδραση της σημασίας του γεγονότος που επισύρει μια πράξη. Ο δεκαδικός αριθμός που επιστρέφεται χρησιμοποιείται κατά την απόφαση για τη λήψη της πράξης της οποία συνέπεια είναι το γεγονός που περιλαμβάνεται στο όρισμα αυτής της μεθόδου.

bool ShouldReact(**Event** _event, **float** emotionalInfluence)

Αποφαίνεται αν ο πράκτορας θα ανταποκριθεί σε μια πράξη η οποία έγινε αντιληπτή, λαμβάνοντας υπόψη το συνοδευτικό της γεγονός, καθώς και την συναισθηματική επίδρασή της στον πράκτορα.

float PerformEmotionalAppraisal(**Event** _event)

Η μέθοδος αυτή τροποποιεί την συναισθηματική κατάσταση (EmotionalState) του πράκτορα με βάση τα συναισθήματα που προκαλεί το γεγονός που περιλαμβάνεται στο όρισμα της μεθόδου.

void NormalizeEmotions(**float** normalizationStep)

Η μέθοδος αυτή μπορεί να καλείται από τον προγραμματιστή σε τακτά χρονικά διαστήματα για την σταδιακή εξομάλυνση της συναισθηματικής κατάστασης (EmotionalState) του πράκτορα.

void AddToActionsMemory(**Action** action, **Reaction** reaction)

Χρησιμοποιείται για την καταχώρηση μιας πράξης και του επικρατέστερου συναισθήματος που αυτή προκάλεσε στη μνήμη πράξεων (ActionsMemory) του πράκτορα. Τα συνοδευτικά συναισθήματα λαμβάνονται με χρήση της μεθόδου DetermineEmotionForOwnAction και η αξιολόγησή τους γίνεται με χρήση της μεθόδου AssessOwnAction.

Tuple<Emotion, float> AssessOwnAction(**Action** action, **Reaction** reaction)

Η μέθοδος αυτή επιστρέφει ένα ζεύγος που περιέχει το επικρατέστερο συναίσθημα που συνοδεύει μια πράξη και μια τιμή χαρακτηρίζει την έντασή του. Η τιμή αυτή υπολογίζεται με βάση την πράξη και την αντίδραση που τη συνόδευσε (εφόσον υπάρχει).

Emotion DetermineEmotionForOwnAction(**Action** action)

Με αυτή τη μέθοδο υπολογίζεται και επιστρέφεται το επικρατέστερο συναίσθημα που συνόδευσε μια πράξη του πράκτορα, με βάση την συναισθηματική επιρροή (EmotionalInfluence) του γεγονότος που συνοδεύει την πράξη.

`void SetAvailableActions(List<Action> actionsList)`

Αυτή η μέθοδος θέτει τις δυνατές πράξεις του πράκτορα σε μια λίστα πράξεων την οποία μπορεί να ορίσει ο προγραμματιστής.

Personality

Η κλάση αυτή περιλαμβάνει τιμές για τους πέντε τύπους προσωπικότητας του μοντέλου OCEAN: Δεκτικότητα, Σχολαστικότητα, Εξωστρέφεια, Προθυμία και Συναισθηματική αστάθεια. Κάθε Πράκτορας διαθέτει μια μεταβλητή αυτού του τύπου, η οποία καθορίζει τα στοιχεία της προσωπικότητάς του.

Παράμετροι της κλάσης αυτής είναι οι παρακάτω.

Agreeableness: Δεκαδικός αριθμός που καθορίζει τον βαθμό προθυμίας του πράκτορα.

Conscientiousness: Δεκαδικός αριθμός που αντιπροσωπεύει τη σχολαστικότητα του πράκτορα.

Extraversion: Δεκαδικός αριθμός που ορίζει την εξωστρέφεια του πράκτορα.

Neuroticism: Δεκαδικός αριθμός που καθορίζει την συναισθηματική αστάθεια που παρουσιάζει ο πράκτορας.

Openness: Δεκαδικός αριθμός που αντιπροσωπεύει την δεκτικότητα του πράκτορα.

Όλες οι παραπάνω παράμετροι δύνανται να λάβουν τιμές από 0 έως 1.

RationalState

Στην κλάση αυτή είναι προσβάσιμες οι πληροφορίες που αφορούν τη νοητική κατάσταση του πράκτορα. Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα υλοποίηση η κλάση αυτή χρησιμοποιείται για την αποθήκευση της εκτίμησης του περιβάλλοντος (Environment classification), η αξιολόγηση του οποίου κυμαίνεται ανάλογα με τα επίπεδα “φιλικότητας” προς τον Πράκτορα. Ενδεικτικά, το περιβάλλον μπορεί να αξιολογηθεί ως: Φιλικό, Θετικό, Ουδέτερο, Αρνητικό, Εχθρικό.

Ακολουθούν οι παράμετροι, καθώς και οι μέθοδοι της κλάσης.

EnvironmentClassification: Παράμετρος της κλάσης RationalState, είναι μια μεταβλητή τύπου enum (enumeration) η οποία διατηρεί την πληροφορία για την εκάστοτε αξιολόγηση του περιβάλλοντος του πράκτορα.

`void ClassifyEnvironment(EnvironmentClassification classification)`

Η παραπάνω μέθοδος καλείται από την μέθοδο SetEnvironment του πράκτορα και σκοπός της είναι η καταχώρηση της επιρροής του περιβάλλοντος, η οποία λαμβάνεται υπόψη κατά τη λήψη αποφάσεων εκ μέρους του πράκτορα.

`Tuple<float, float> GetEnvironmentClassificationGrades()`

Η μέθοδος αυτή επιστρέφει τους παράγοντες επιρροής που λαμβάνει η αξιολόγηση του περιβάλλοντος από τον πράκτορα, τόσο για θετικά όσο και για αρνητικά αξιολογούμενες συμπεριφορές. Οι μέθοδοι `MakeDecision` κάνουν χρήση της μεθόδου αυτής.

Emotion

Η κλάση αυτή περιέχει παραμέτρους και μεθόδους που μπορούν να αναπαραστήσουν τα συναισθήματα του πράκτορα. Αντικείμενα του τύπου `Emotion` χρησιμοποιούνται τόσο στα πλαίσια της συναισθηματικής κατάστασης (`EmotionalState`) του πράκτορα, όσο και ως συνδεδεμένα με πράξεις στη μνήμη πράξεων του πράκτορα (`ActionsMemory`), καθώς και ως συνοδευτικά γεγονότων (αντικείμενα τύπου `Event`). Επίσης χρησιμοποιούνται κατά την συναισθηματική αξιολόγηση των πράξεων του πράκτορα, αλλά και κατά την απόφαση για δράση ή αντίδραση. Κάθε συναισθηματικό διαθέτει δύο πόλους: έναν θετικό και έναν αρνητικό.

Ακολουθούν οι παράμετροι και οι μέθοδοι της κλάσης.

Name: μια αλφαριθμητική μεταβλητή που ορίζει το όνομα του συναισθήματος.

Type: μεταβλητή τύπου `enum` που καθορίζει τον τύπο του συναισθήματος ο οποίος είναι ένας από τους ακόλουθους: `GoalsRelated` (συσχέτιση με τους στόχους του πράκτορα), `ActionsRelated` (συσχέτιση με πράξεις) και `AttitudesRelated` (συσχέτιση με στάσεις και συμπεριφορές).

FocusSelf: Καθορίζει αν ο πράκτορας παρουσιάζει το συναίσθημα προς άλλους πράκτορες (π.χ. θυμός, ευγνωμοσύνη) ή προς τον εαυτό του (π.χ. λύπη, ανακούφιση).

PositivePole: Ένα ζεύγος (`Tuple`) που περιλαμβάνει τον θετικό πόλο του συναισθήματος (`enum` τύπου `EmotionBipole`) και έναν δεκαδικό αριθμό που αποτελεί την παρούσα τιμή του.

NegativePole: Ομοίως με το `PositivePole`, περιέχει ένα ζεύγος που περιλαμβάνει τον αρνητικό πόλο του συναισθήματος και την παρούσα τιμή του. Το άθροισμα των τιμών των δύο πόλων κάθε συναισθήματος είναι πάντοτε 1.

float `AffectEmotion(Event _event, Personality personality)`

Η μέθοδος αυτή λαμβάνει αν ορίσματα ένα γεγονός και την προσωπικότητα ενός πράκτορα και πραγματοποιεί δύο λειτουργίες: αφενός τροποποιεί τους πόλους του συναισθήματος κάνοντας χρήση της μεθόδου `ModifyEmotionValue` και αφετέρου επιστρέφει έναν δεκαδικό αριθμό που αποτελεί την συναισθηματική επίδραση που είχε το εν λόγω γεγονός σύμφωνα με την προσωπικότητα του πράκτορα. Η μέθοδος `Agent.PerformEmotionalAppraisal` κάνει χρήση της παραπάνω τιμής για τη μεταβολή της συναισθηματικής κατάστασης του πράκτορα.

void `Normalize(float normalizationStep)`

Η μέθοδος αυτή καλείται από την μέθοδο εξομάλυνσης της συναισθηματικής κατάστασης του πράκτορα (`Agent.NormalizeEmotions`) και εξομαλύνει τις τιμές του συναισθήματος από το οποίο κλήθηκε, δηλαδή τις απομακρύνει από τα άκρα (ελάχιστη και μέγιστη) με κατεύθυνση το μέσο, κατά το οποίο και οι δύο πόλοι θα έχουν τιμή 0.5.

float `ApplyPersonality(EmotionBipole emotion, Personality personality)`

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κατά τη λήψη απόφασης για δράση από τον πράκτορα, καθώς και κατά την αξιολόγηση μιας πράξης. Η μέθοδος αυτή συνδέει το μοντέλο συναισθημάτων OCC με τους τύπους προσωπικότητας του μοντέλου OCEAN, επιστρέφοντας την τιμή του πιο σημαντικού παράγοντα επιρροής στην αξιολόγηση του συναισθήματος που περιλαμβάνεται στο όρισμα της μεθόδου.

float ModifyEmotionValue(float factor)

Αυτή η μέθοδος υπολογίζει και επιστρέφει έναν δεκαδικό αριθμό που αντιπροσωπεύει τη μεταβολή που συντελείται στις τιμές του αντικειμένου τύπου Emotion από το οποίο καλείται.

Action

Η κλάση Action αποτελεί την υλοποίηση που αφορά τις πράξεις του πράκτορα, τόσο σε επίπεδο δράσεων όσο και αντιδράσεων. Ο προγραμματιστής που κάνει χρήση της βιβλιοθήκης που περιέχει το παρόν μοντέλο, μπορεί να ορίσει πράξεις όπως εκείνος επιθυμεί και να καθορίσει τις παραμέτρους τους. Με αυτόν τον τρόπο το μοντέλο μπορεί να γίνει χρήσιμο για κάθε είδους υλοποίηση, καθώς οι μόνες σταθερές είναι τα συναισθήματα (μοντέλο OCC) και οι τύποι προσωπικότητας (μοντέλο OCEAN). Οι διαθέσιμες πράξεις για κάθε πράκτορα ορίζονται επίσης από τον προγραμματιστή.

Ακολουθούν οι παράμετροι και οι μέθοδοι της κλάσης αυτής.

Id: Ακέραιος αριθμός που αποτελεί το χαρακτηριστικό ταυτότητας της συγκεκριμένης πράξης.

Name: Αλφαριθμητικό που αποδίδει το όνομα της πράξης.

ActionType: Μεταβλητή τύπου enum που καταδεικνύει το αν η εν λόγω πράξη είναι δράση (Action) ή αντίδραση (Reaction).

IntensityValue: Δεκαδικός αριθμός που αντιπροσωπεύει τον βαθμό έντασης της συγκεκριμένης πράξης, όπως αυτός θα γίνει αντιληπτός από έναν πράκτορα.

PerformedBy: Αναφορά σε αντικείμενο τύπου Agent. Αποτελεί τον πράκτορα ο οποίος πραγματοποιεί τη συγκεκριμένη πράξη.

AffectedAgents: Λίστα από αντικείμενα τύπου Agent, τα οποία αποτελούν τους πράκτορες-στόχους της πράξης αυτής.

OutcomeEvent: Μεταβλητή τύπου Event που συνοδεύει την πράξη.

AvailableReactions: Λίστα από αλφαριθμητικές μεταβλητές οι οποίες αποτελούν τα ονόματα (Reaction.Name) των διαθέσιμων αντιδράσεων απέναντι σε αυτή την πράξη.

UnavailableReactions: Περιλαμβάνει μια λίστα από αλφαριθμητικά στοιχεία που αποτελούν τα ονόματα των αντιδράσεων που δεν επιτρέπεται να αποτελέσουν αντίδραση προς αυτή την πράξη.

ActionPriority: Δεκαδικός αριθμός μεταξύ 0 και 1 που δηλώνει την προτεραιότητα που έχει η εν λόγω πράξη.

PersonalityPriorities: Μεταβλητή τύπου Dictionary που περιέχει ζεύγη PersonalityType (οι 5 τύποι προσωπικότητας του μοντέλου OCEAN) και δεκαδικών αριθμών. Τα ζεύγη αυτά

συνιστούν τις προτεραιότητες προσωπικότητας με τις οποίες είναι συνδεδεμένη η συγκεκριμένη πράξη.

EmotionalPriorities: Αποτελείται από μια δομή Dictionary που περιλαμβάνει ζεύγη των τύπων enum EmotionType (είδος συναισθήματος: σχετικό με στόχους, πράξεις ή συμπεριφορές) και δεκαδικού αριθμού. Δηλώνει τον συσχετισμό της συγκεκριμένης πράξης με τα είδη συναισθήματος που προαναφέρθηκαν.

EmotionalExpectations: Δομή Dictionary αποτελούμενη από ζεύγη EmotionalNeedType και δεκαδικών αριθμών. Καταδεικνύει τη συσχέτιση ανάμεσα στις συναισθηματικές ανάγκες του πράκτορα (ασφάλεια, ικανοποίηση, υπερηφάνεια, αλτρουισμός) και τη συγκεκριμένη πράξη.

LikelihoodToSelect: Δεκαδικός αριθμός ο οποίος μεταβάλλει την πιθανότητα επιλογής της συγκεκριμένης πράξης και κυμαίνεται μεταξύ 0 (μη επιλογή) και 1 (πολύ πιθανή επιλογή).

void AddPerformer(Agent performer)

Η μέθοδος αυτή θέτει τον πράκτορα ο οποίος πραγματοποιεί την πράξη.

void AddAffectedAgent(Agent agent)

Με τη μέθοδο αυτή προστίθεται στη λίστα των AffectedAgents ο πράκτορας που περιέχεται στο όρισμα της μεθόδου.

void CreateExpectations()

void SetPersonalityPriorities()

void SetEmotionalPriorities()

Οι παραπάνω μέθοδοι αρχικοποιούν τις ακόλουθες λίστες: συναισθηματικές προσδοκίες (EmotionalExpectations), προτεραιότητες της προσωπικότητας (PersonalityPriorities) και συναισθηματικές προτεραιότητες (EmotionalPriorities). Οι λίστες αυτές δεν χρησιμοποιούνται στην παρούσα υλοποίηση, αλλά αποτελούν υλικό για μελλοντική έρευνα και υλοποίηση.

Reaction

Η κλάση αυτή κληρονομεί από την κλάση Action και στοιχειοθετεί τις αντιδράσεις που μπορεί να εμφανίσει ο πράκτορας απέναντι σε δράσεις τρίτων. Κάνει χρήση των μεθόδων της κλάσης Action και διαφέρει μόνο ως προς το ότι διατηρεί την ταυτότητα της πράξης (Action) η οποία την προκάλεσε. Η πληροφορία αυτή διατηρείται στην παράμετρο ReactionTo η οποία είναι τύπου Action.

Event

Η κλάση Event ορίζει τα γεγονότα τα οποία συνοδεύουν τις πράξεις που είναι διαθέσιμες στον πράκτορα. Τα γεγονότα αυτά χρησιμοποιούνται στην αξιολόγηση των συνεπειών μιας πράξης, καθώς και στον υπολογισμό της επίδρασής της στη συναισθηματική κατάσταση ενός πράκτορα.

Ακολουθούν οι παράμετροι που εμπεριέχονται στην κλάση αυτή.

Id: Ακέραιος αριθμός που αναπαριστά την μοναδική ταυτότητα του συγκεκριμένου τύπου γεγονότος.

Name: Αλφαριθμητική μεταβλητή που αποτελεί το όνομα του γεγονότος.

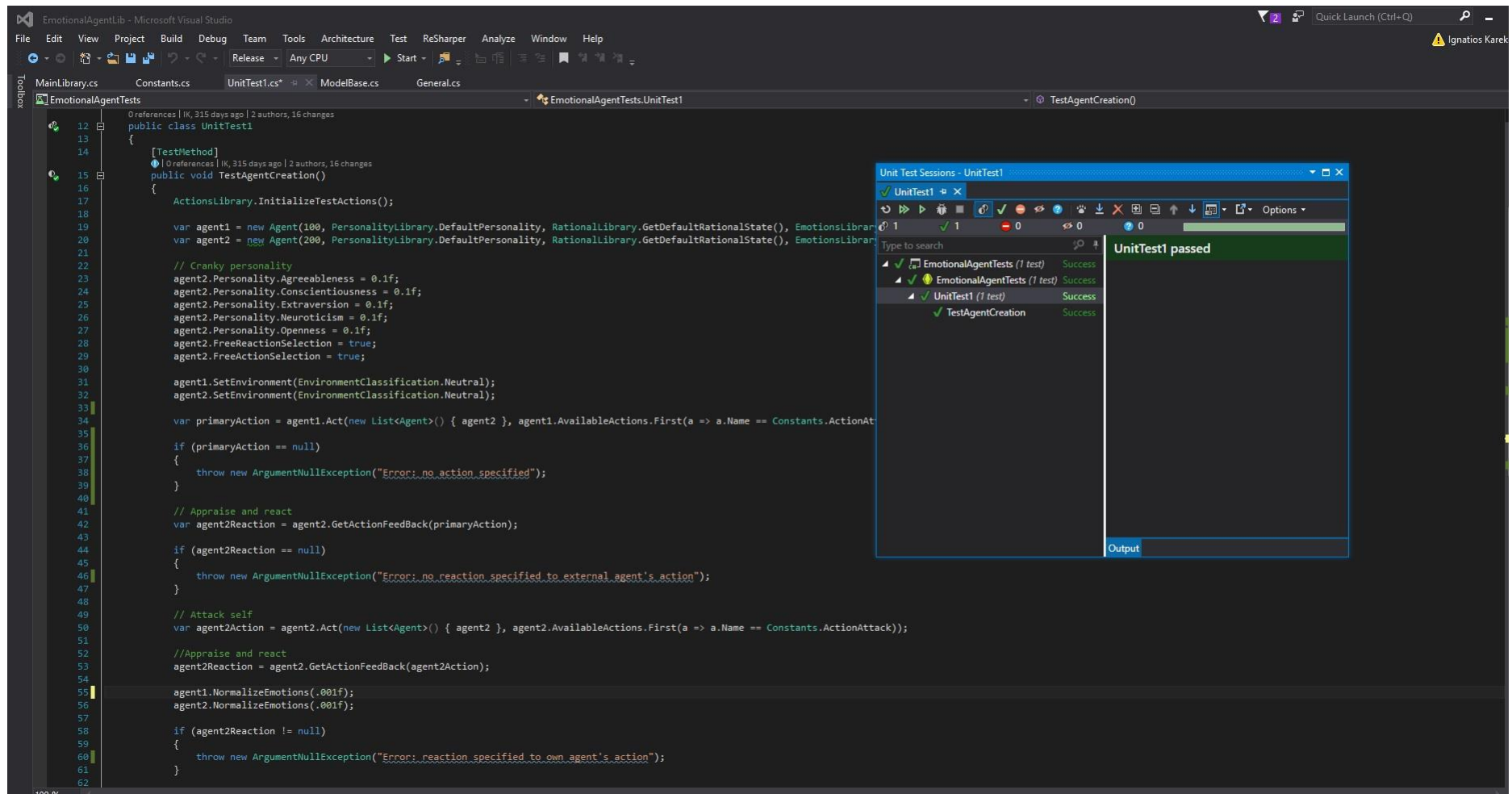
EmotionalInfluence: Μια δομή τύπου Dictionary που περιέχει ζεύγη των τύπων EmotionBipole (συναισθηματικό δίπολο) και float (δεκαδικός αριθμός). Τα ζεύγη αυτά αντιπροσωπεύουν την συναισθηματική επίδραση του συγκεκριμένου γεγονότος σε έναν πράκτορα.

E2. Δοκιμές (Test cases)

Κατά την υλοποίηση της βιβλιοθήκης (Emotional Agent Library) κρίθηκε σκόπιμη η κατασκευή κάποιων δοκιμαστικών τεστ που να πιστοποιούν τη βασική λειτουργικότητα του μοντέλου. Για το σκοπό αυτό, προστέθηκε ένα Unit Test Project στο solution της εφαρμογής στο Visual Studio, το οποίο έλαβε ως reference την Emotional Agent Library (δηλαδή το project με όνομα EmotionalAgentLib). Τα τεστ τα οποία γράφτηκαν για τον έλεγχο της υλοποίησης του μοντέλου περιλαμβάνουν τα εξής:

- Δημιουργία δύο νέων πρακτόρων.
- Αλλαγή χαρακτηριστικών της προσωπικότητας του ενός εκ των δύο πρακτόρων.
- Αρχικοποίηση περιβάλλοντος (Environment Classification).
- Δοκιμαστική δράση: επίθεση του πράκτορα 1 προς τον πράκτορα 2.
- Δοκιμαστική αντίδραση: αντίδραση του πράκτορα 2 στην πρότερη δράση του πράκτορα 1.
- Δοκιμαστική δράση: επίθεση του πράκτορα 2 προς τον εαυτό του.
- Δοκιμαστική αντίδραση: αντίδραση του πράκτορα 2 προς την ίδια του την πράξη.

Τα παραπάνω καλύπτουν τη βασική λειτουργικότητα που πρέπει να έχει η υλοποίηση του μοντέλου και επιβεβαιώνουν ότι παράγει αξιόπιστα αποτελέσματα, τουλάχιστον σε ένα βασικό επίπεδο (παραγωγής δράσεων και συνακόλουθων αντιδράσεων).

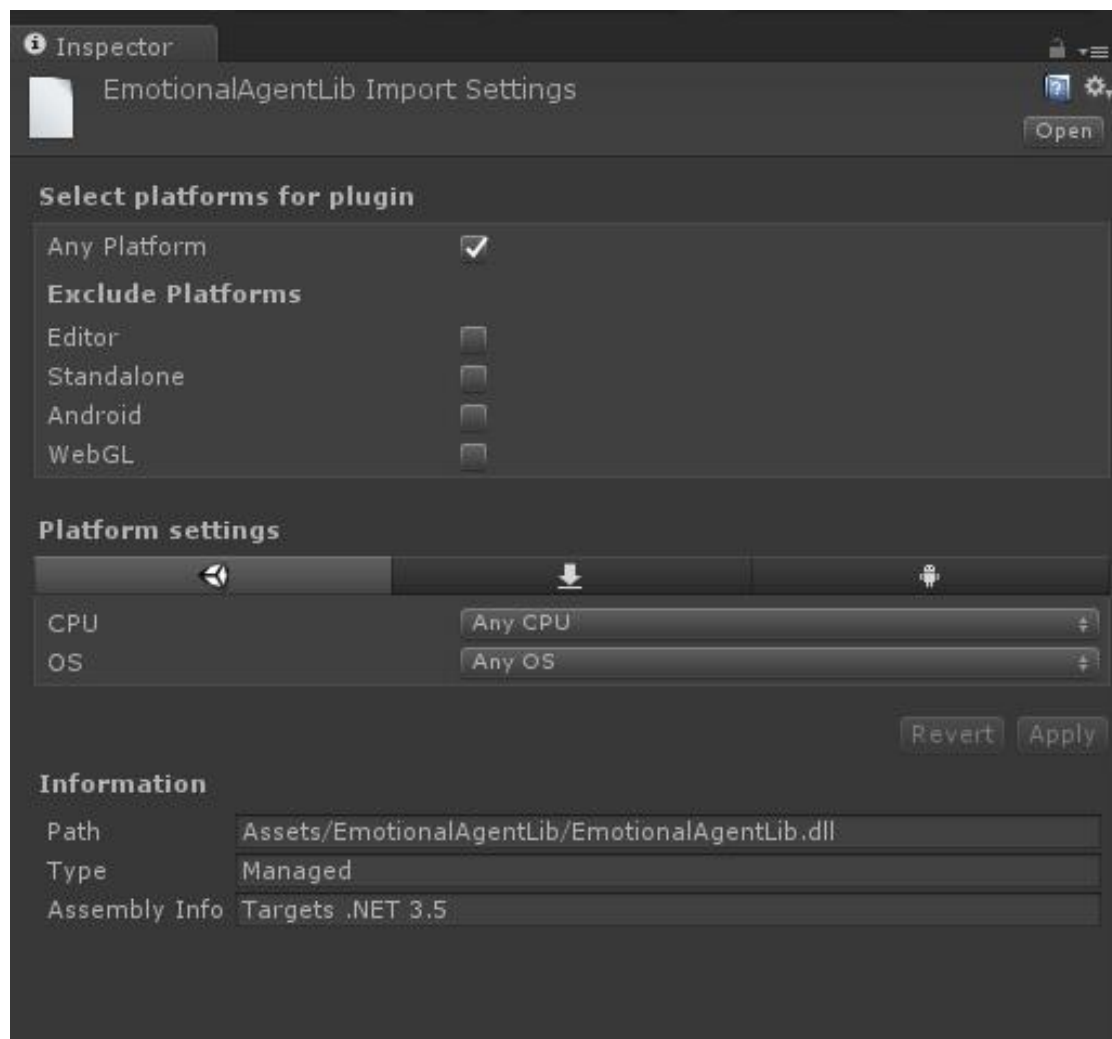


Στιγμιότυπο (screenshot) από την εκτέλεση των Unit Tests.

E3. Ενσωμάτωση του μοντέλου σε Unity application

Εισαγωγή και χρήση του μοντέλου σε Unity project

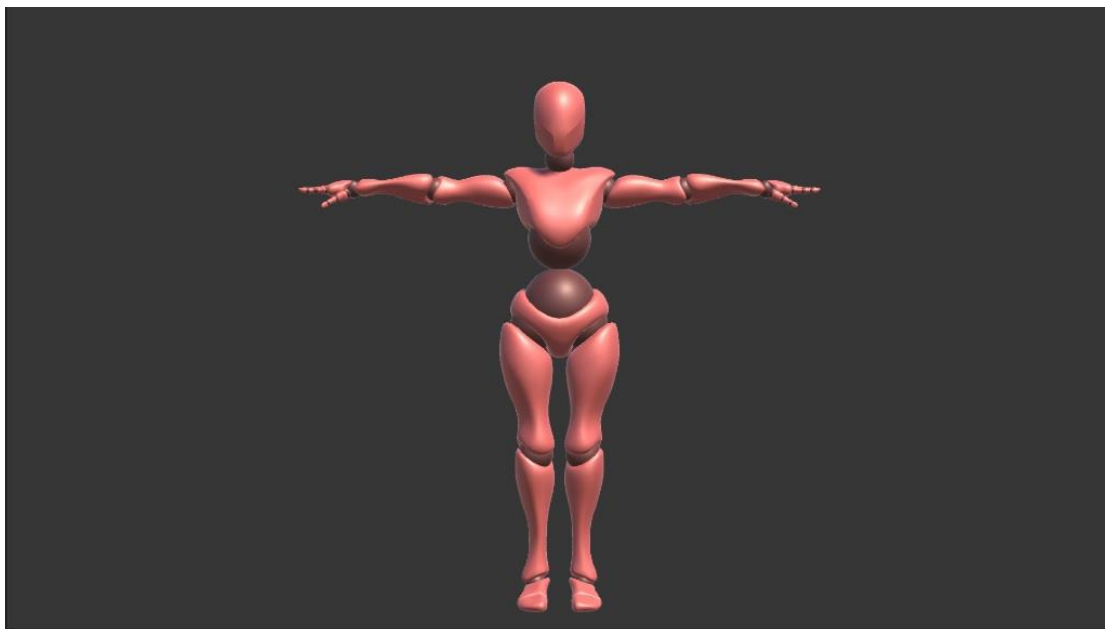
- Εισαγωγή βιβλιοθηκών EmotionalAgentLib & MainLibrary στο Unity Project
- Εισαγωγή του Unity package EmotionalAgent στο Unity Project
- Θέσπιση νέων Actions & Reactions μέσω κώδικα C# ή χρήση των εισαχθέντων
- Δημιουργία λειτουργιών Act & React που κάνουν χρήση της λειτουργικότητας των βιβλιοθηκών
- Δημιουργία Agent GameObjects και προσάρτηση σε αυτά του script EmotionalAgentController
- Καθορισμός Id και τιμών μοντέλου προσωπικότητας (OCEAN) για κάθε πράκτορα



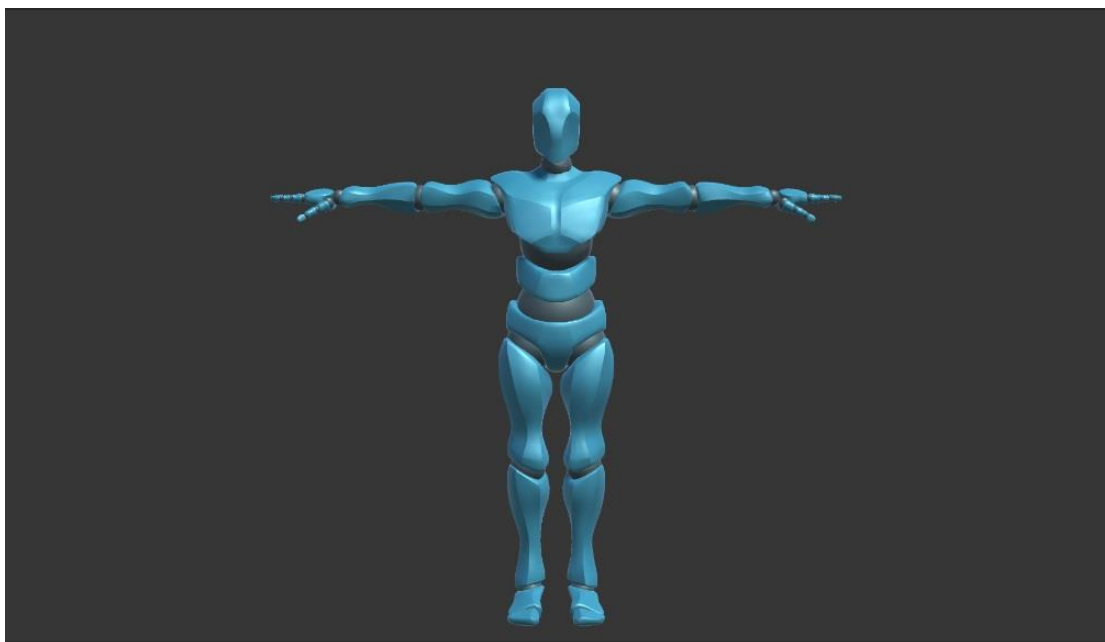
Ρυθμίσεις για την εισαγωγή της βιβλιοθήκης Emotional Agent Library στο Unity project.

Περιεχόμενα εφαρμογής Unity

Η εφαρμογή αυτή κάνει χρήση τρισδιάστατων μοντέλων και κινήσεων (animations) για την αναπαράσταση των πρακτόρων και των πράξεων τους. Τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται είναι ένα ρομπότ με ανδρική μορφή με όνομα Agent Y και ένα ρομπότ γυναικείας μορφής με όνομα Agent X.



Τρισδιάστατο μοντέλο για τον χαρακτήρα Agent X (ρομπότ θηλυκής μορφής)



Τρισδιάστατο μοντέλο για τον χαρακτήρα Agent Y (ρομπότ αρσενικής μορφής)

Οι δύο αυτοί χαρακτήρες διαθέτουν μια ποικιλία δράσεων και αντιδράσεων, η οποία έχει καθοριστεί στα πλαίσια αυτής της εφαρμογής ακολούθως.

A) Δράσεις: Χορός (Dance), Κολακεία (Flatter), Φλερτ (Flirt).

Σημείωση: τα δύο μοντέλα, καθώς και τα animations που διαθέτουν προέρχονται από την ιστοσελίδα <https://www.mixamo.com> και είναι διαθέσιμα δωρεάν για εμπορική αλλά και μη εμπορική χρήση.

Β) Αντιδράσεις: Συμφωνία (Agree), Επευφημία (Cheer), Αναλογισμός (Consider), Κλάμα (Cry), Διαφωνία (Disagree), Παραίτηση (GiveUp), Γέλιο (Laugh).

Γ) Κοινές (μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως δράσεις είτε ως αντιδράσεις): Θυμός (ExpressAnger), Προσφορά (Offer), Παράκληση (Plead), Έπαινος (Praise), Επίκριση (Reprimand), Ομιλία (Talk).

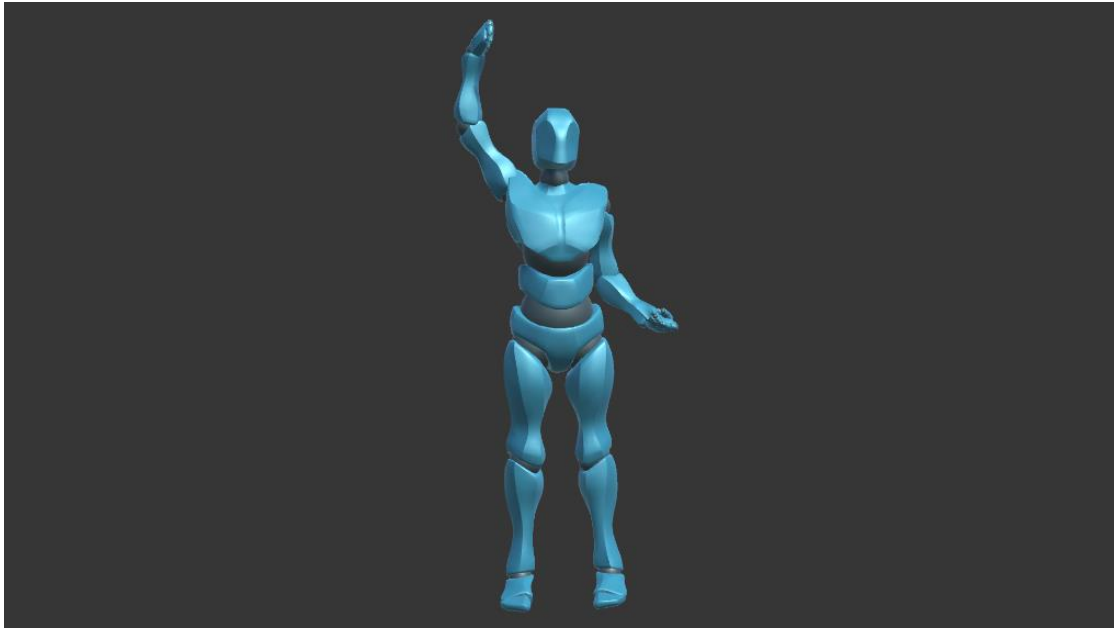
Κάθε μία από τις παραπάνω δράσεις συνοδεύεται από συγκεκριμένες πιθανές αντιδράσεις, όπως φαίνεται από τον ακόλουθο πίνακα.

Δράση	Αντιδράσεις
Χορός	Επευφημία, Φλερτ, Επίκριση, Θυμός, Έπαινος
Θυμός	Θυμός, Κλάμα, Ομιλία, Παράκληση
Κολακεία	Γέλιο, Αναλογισμός, Επίκριση
Προσφορά	Αναλογισμός, Συμφωνία, Επευφημία, Διαφωνία
Παράκληση	Προσφορά, Αναλογισμός, Συμφωνία, Διαφωνία, Επίκριση
Έπαινος	Επευφημία, Γέλιο, Ομιλία, Έπαινος
Επίκριση	Παραίτηση, Αναλογισμός, Κλάμα, Θυμός
Ομιλία	Ομιλία, Αναλογισμός, Γέλιο, Κλάμα, Επευφημία, Έπαινος, Επίκριση, Παράκληση, Προσφορά

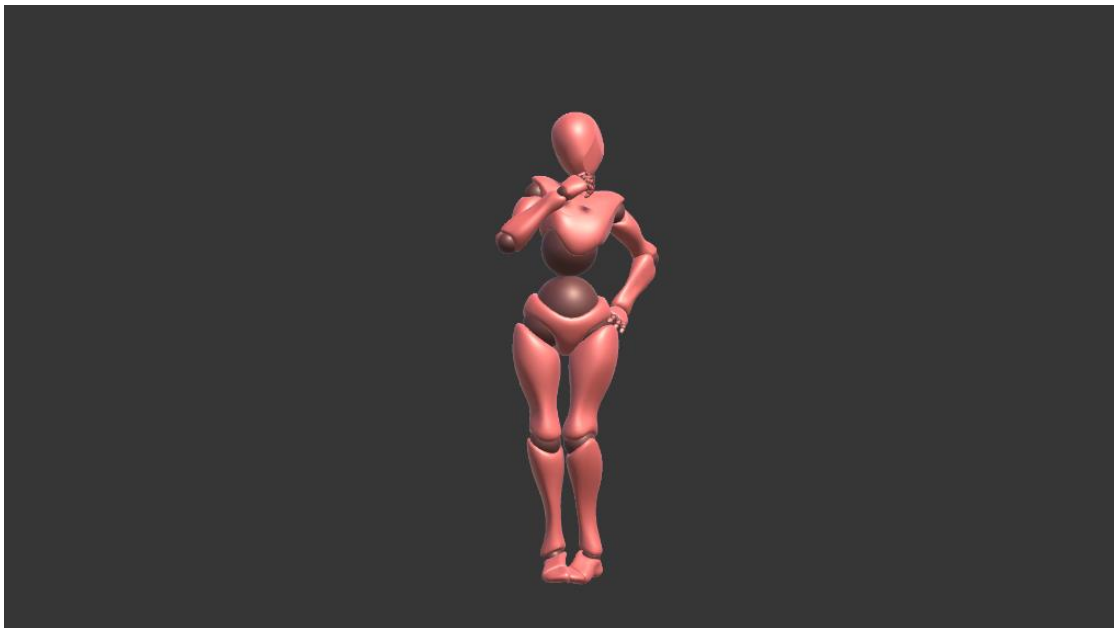
Κάθε μία από τις προαναφερθείσες πράξεις περιλαμβάνει ένα προκαλούμενο γεγονός (Event) το οποίο σχετίζεται με ένα ή περισσότερα συναισθηματικά δίπολα (Emotional Bipoles), όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πράξη	Συναισθηματικά δίπολα	Επίδραση
Συμφωνία	Ικανοποίηση, Ευχαρίστηση	Θετική
Επευφημία	Έπαρση, Χαρά	Θετική
Αναλογισμός	Ελπίδα	Θετική
Κλάμα	Έπαρση, Ανακούφιση	Αρνητική
Χορός	Θαυμασμός, Χαρά	Θετική
Διαφωνία	Ευχαρίστηση, Ικανοποίηση	Αρνητική
Θυμός	Χαρά, Ελπίδα, Αγάπη	Αρνητική
Κολακεία	Ευγνωμοσύνη, Ευχαρίστηση	Θετική
Φλερτ	Χαρά, Αγάπη	Θετική
Παραίτηση	Ικανοποίηση	Αρνητική
Γέλιο	Χαρά, Αγάπη	Θετική
Προσφορά	Ευγνωμοσύνη	Θετική
Παράκληση	Έπαρση	Θετική
Έπαινος	Ικανοποίηση, Ανακούφιση, Έπαρση	Θετική
Επίκριση	Ικανοποίηση, Ανακούφιση, Έπαρση	Αρνητική
Ομιλία	Ικανοποίηση, Ευχαρίστηση	Θετική

Κάθε μία από τις παραπάνω δράσεις και αντιδράσεις αντιπροσωπεύεται μέσα στο project από ένα σχετικό animation.



Agent Y: Cheer animation (Επευφημία)



Agent X: Consider animation (Αναλογισμός)

Η εφαρμογή κάνει χρήση της προκαθορισμένης προσωπικότητας (Default Personality) και της προκαθορισμένης συναισθηματικής κατάστασης των πρακτόρων (Default Emotional State) τα οποία εμπεριέχονται στη βοηθητική βιβλιοθήκη Main Library που συνοδεύει το Emotional Agent Library και παρέχει χρηστικά βοηθήματα για ενσωμάτωση και γρήγορη δοκιμή του μοντέλου.

Οι προκαθορισμένες τιμές τόσο του τύπου προσωπικότητας όσο και της συναισθηματικής κατάστασης είναι αντιπροσωπευτικές του μέσου όρου, χωρίς παρεκκλίσεις προς το άνω ή κάτω άκρο της κλίμακας. Κατά την εκτέλεση της εφαρμογής, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα,

με τρόπο που περιγράφεται στη συνέχεια, να τροποποιήσει την αρχική προσωπικότητα μεταβάλλοντας τις τιμές των χαρακτηριστικών της.

Χρήση του μοντέλου στην εφαρμογή Unity

Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί το μοντέλο, δημιουργήθηκε μια εφαρμογή σε περιβάλλον Unity η οποία παρουσιάζει τη βασική λειτουργικότητα που προσφέρει το μοντέλο, που μπορεί να συνδυαστεί με οποιαδήποτε άλλη λειτουργικότητα επιθυμεί ένας προγραμματιστής να ενσωματώσει στο παιχνίδι του. Για παράδειγμα ένας προγραμματιστής θα μπορούσε σε ένα παιχνίδι ρόλων να επιτρέπει στους χαρακτήρες του να προβαίνουν σε διαφορετικές πράξεις ανάλογα με την μεταξύ τους αλληλεπίδραση, με εντός του παιχνιδιού συνέπειες.

Στοιχεία διεπαφής με το χρήστη (interface elements)

A. Αρχική οθόνη

Τα διαδραστικά στοιχεία της εφαρμογής (interactable elements) είναι τα εξής:

- Agent X Action: Προκαλεί τον πράκτορα X να προβεί σε μια πράξη έναντι του πράκτορα Y.
- Agent Y Action: Ομοίως, προκαλεί τον πράκτορα Y να προβεί σε μια πράξη έναντι του πράκτορα X.
- Menu: Σύνδεσμος προς την οθόνη επιλογή τιμών για τα χαρακτηριστικά προσωπικότητας των πρακτόρων.

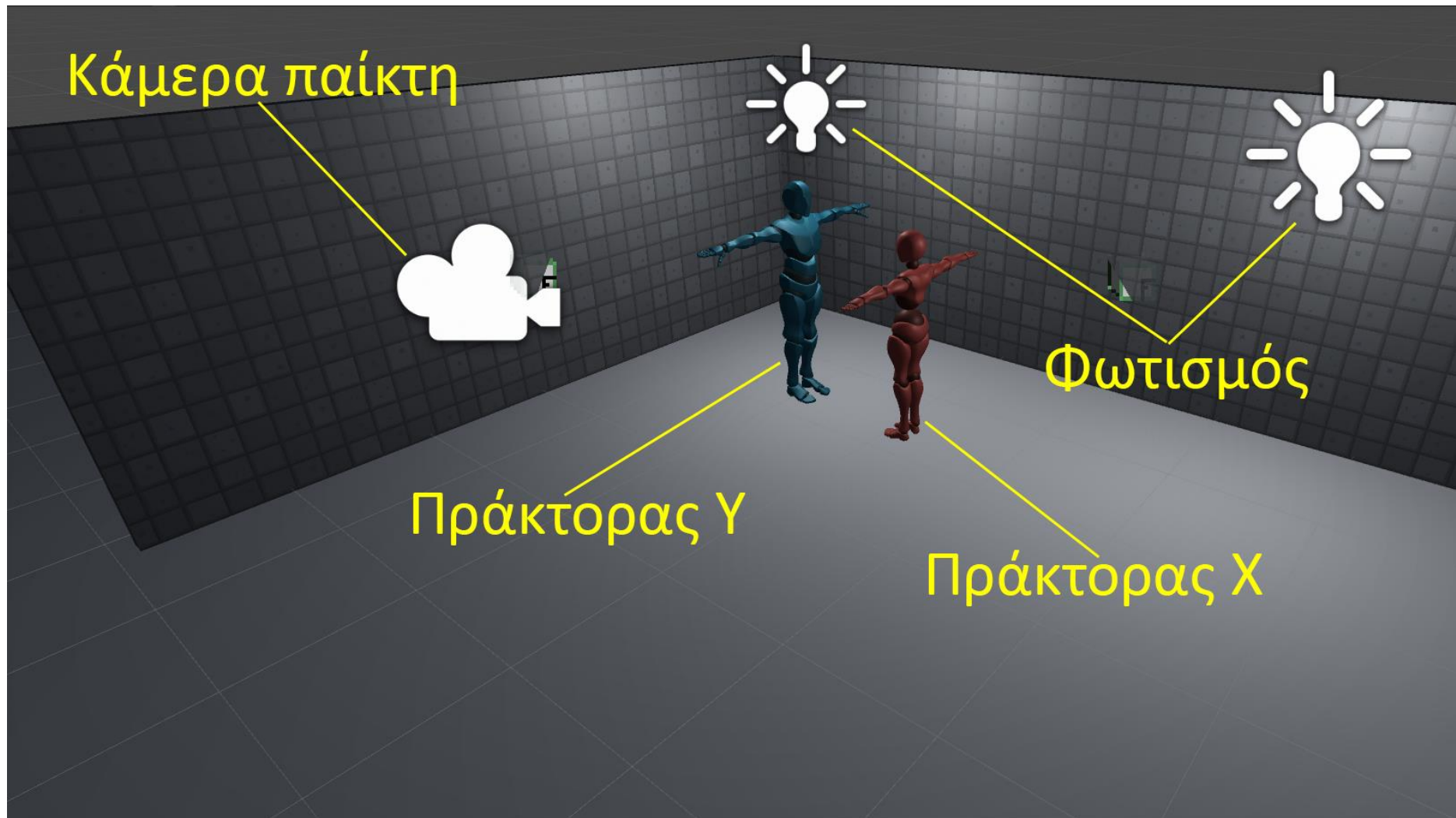
Τα στατικά - ενημερωτικά στοιχεία (heads-up display elements) είναι τα εξής:

- Τιμή σχέσης πράκτορα X: αναφέρει την δεκαδική τιμή που αντιπροσωπεύει την άποψη του πράκτορα X προς τον πράκτορα Y.
- Τιμή σχέσης πράκτορα Y: ομοίως με το παραπάνω, αναπαριστά την άποψη που έχει ο πράκτορας Y για τον πράκτορα X.
- Δράση ή αντίδραση πράκτορα X: εδώ αναφέρονται οι παραγόμενες δράσεις ή αντιδράσεις που εκπορεύονται από τον πράκτορα X.
- Δράση ή αντίδραση πράκτορα Y: ομοίως, αναφέρονται οι δράσεις και αντιδράσεις του πράκτορα Y.
- Συναισθήματα πράκτορα-δέκτη: αναφέρονται τα κυρίαρχα συναισθήματα (όπως αυτά εκφράζονται από τα Emotional bipoles) που προκαλεί μια πράξη στον πράκτορα που τη δέχεται.

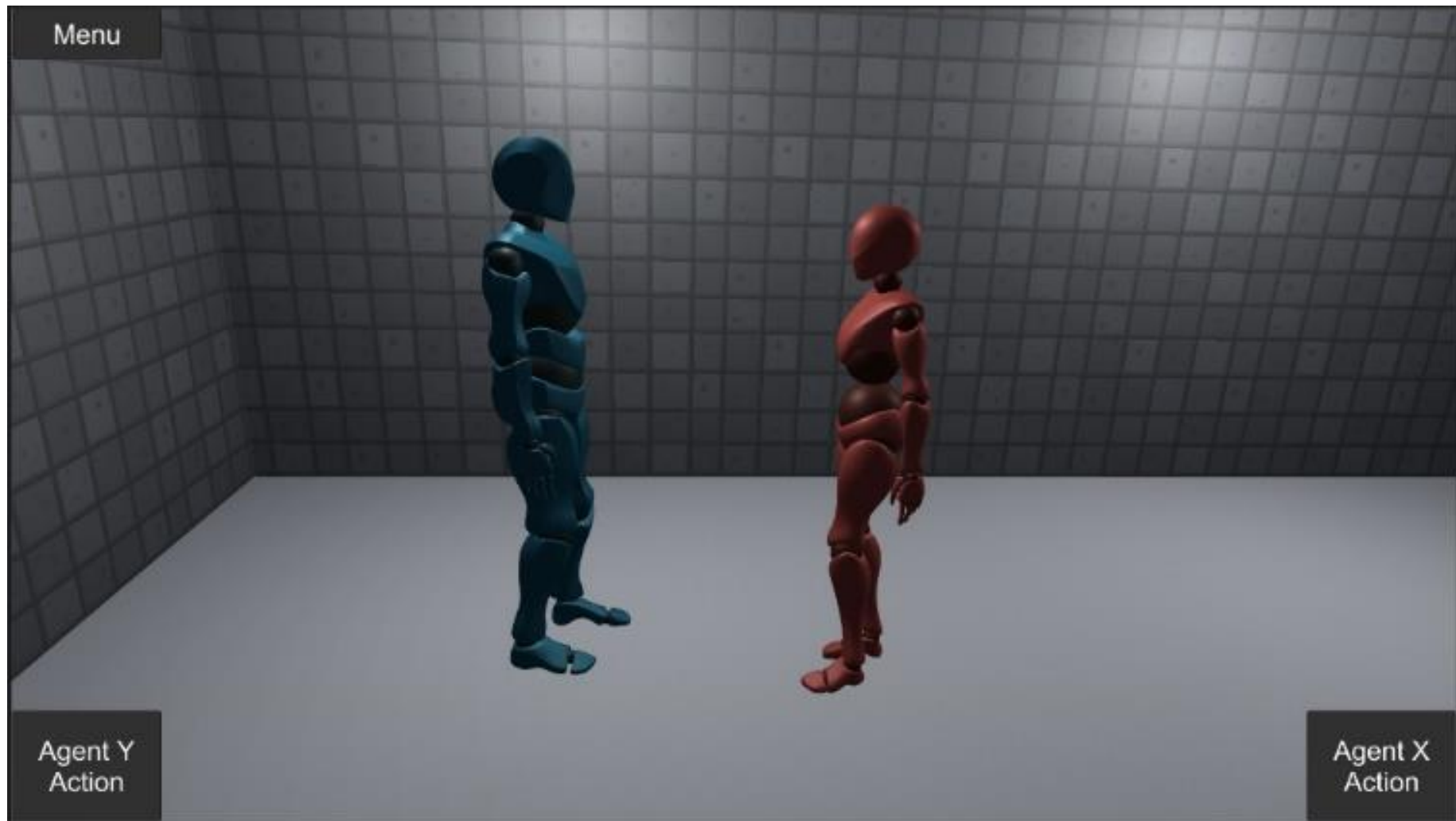
B. Οθόνη επιλογής τιμών προσωπικότητας

Στην οθόνη αυτή, εμφανίζονται στα δεξιά και αριστερά δύο στήλες από μπάρες (sliders) στις οποίες ο χρήστης μπορεί να θέσει τις τιμές των χαρακτηριστικών προσωπικότητας των δύο πρακτόρων. Ακόμη, υπάρχει ένα κουτί επιλογής (checkbox) με το οποίο μπορεί ο χρήστης να επιλέξει αν επιθυμεί να περιοριστούν οι δράσεις και οι αντιδράσεις του κάθε πράκτορα με βάση το πρόσημο της άποψής τους για τον άλλο πράκτορα, καθώς και η επιλογή αντιδράσεων να περιορίζεται σε αυτές που έχουν όμοιο πρόσημο και βαθμό επίδρασης με τις δράσεις που τις προκάλεσαν.

Ακολουθούν εικόνες από την χρήση του μοντέλου Emotional Agent σε υλοποίηση εικονικών χαρακτήρων σε περιβάλλον Unity.



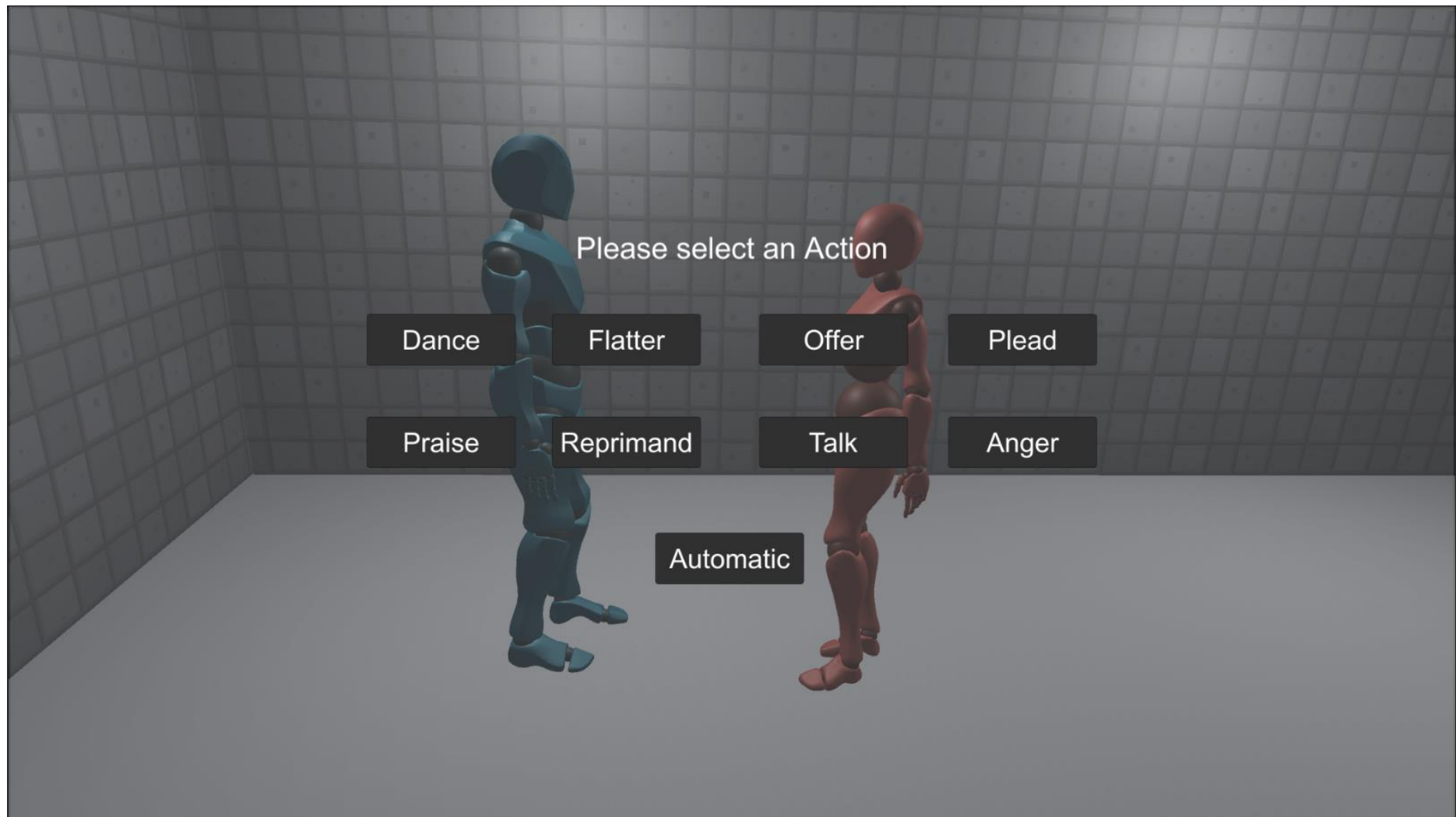
Η σκηνή (scene) της εφαρμογής μέσα στο πρόγραμμα Unity με επεξηγηματικές λεζάντες.



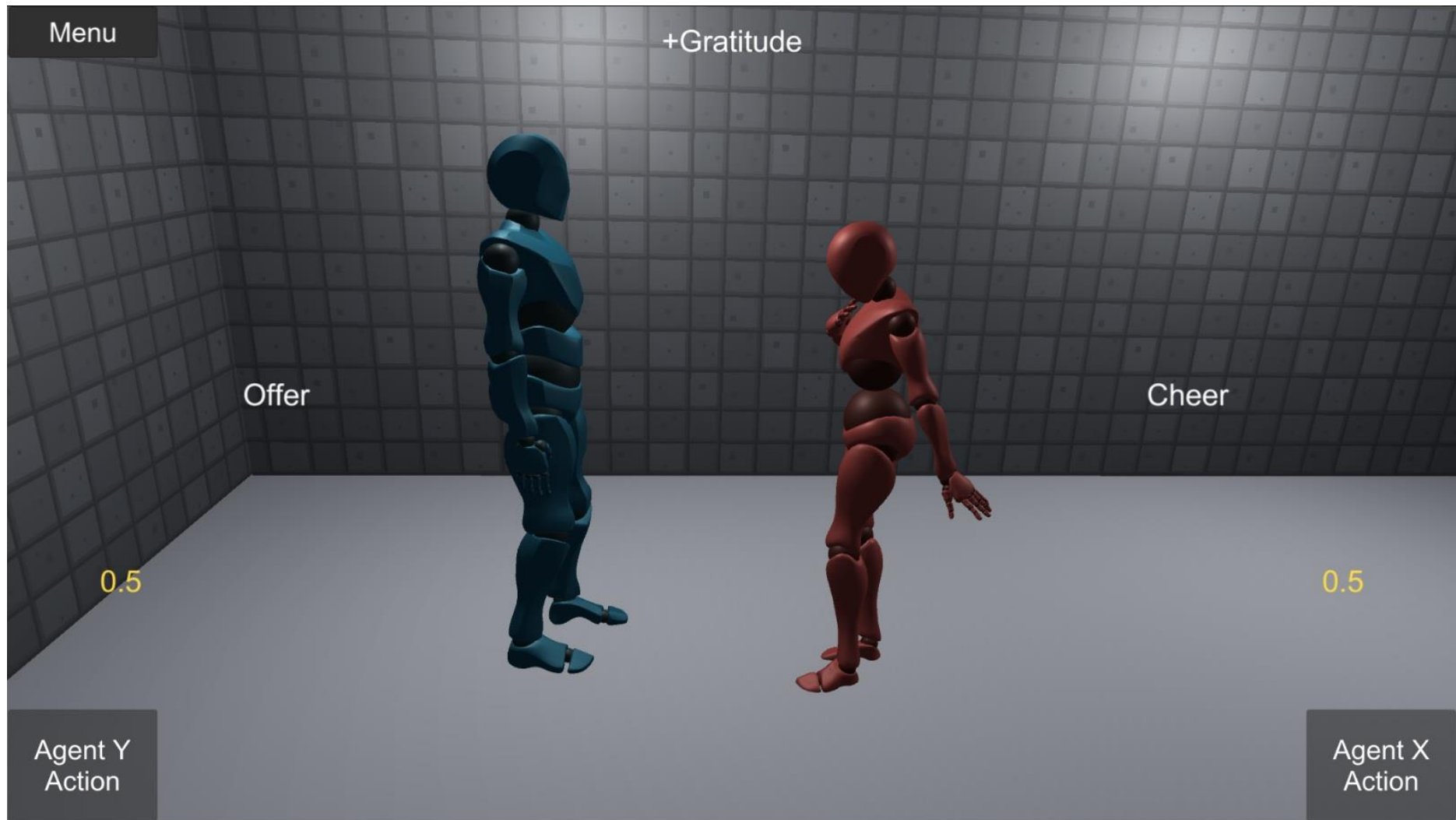
Αρχική οθόνη της εφαρμογής. Είναι ορατά τα κουμπιά δράσεων για τους πράκτορες (X και Y), καθώς και το κουμπί του μενού.



Ο πίνακας ελέγχου από όπου μπορούν να οριστούν τα χαρακτηριστικά της προσωπικότητας του κάθε πράκτορα.



Το μενού επιλογής Δράσης, στο οποίο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μια συγκεκριμένη Δράση ή να παραχωρήσει την επιλογή στον Πράκτορα (Automatic).



Δράση από τον πράκτορα Y, παραγωγή συναισθήματος και αντίδρασης από τον πράκτορα X, δημιουργία τιμών σχέσης μεταξύ των πρακτόρων (reputation).

Δομή εφαρμογής Unity

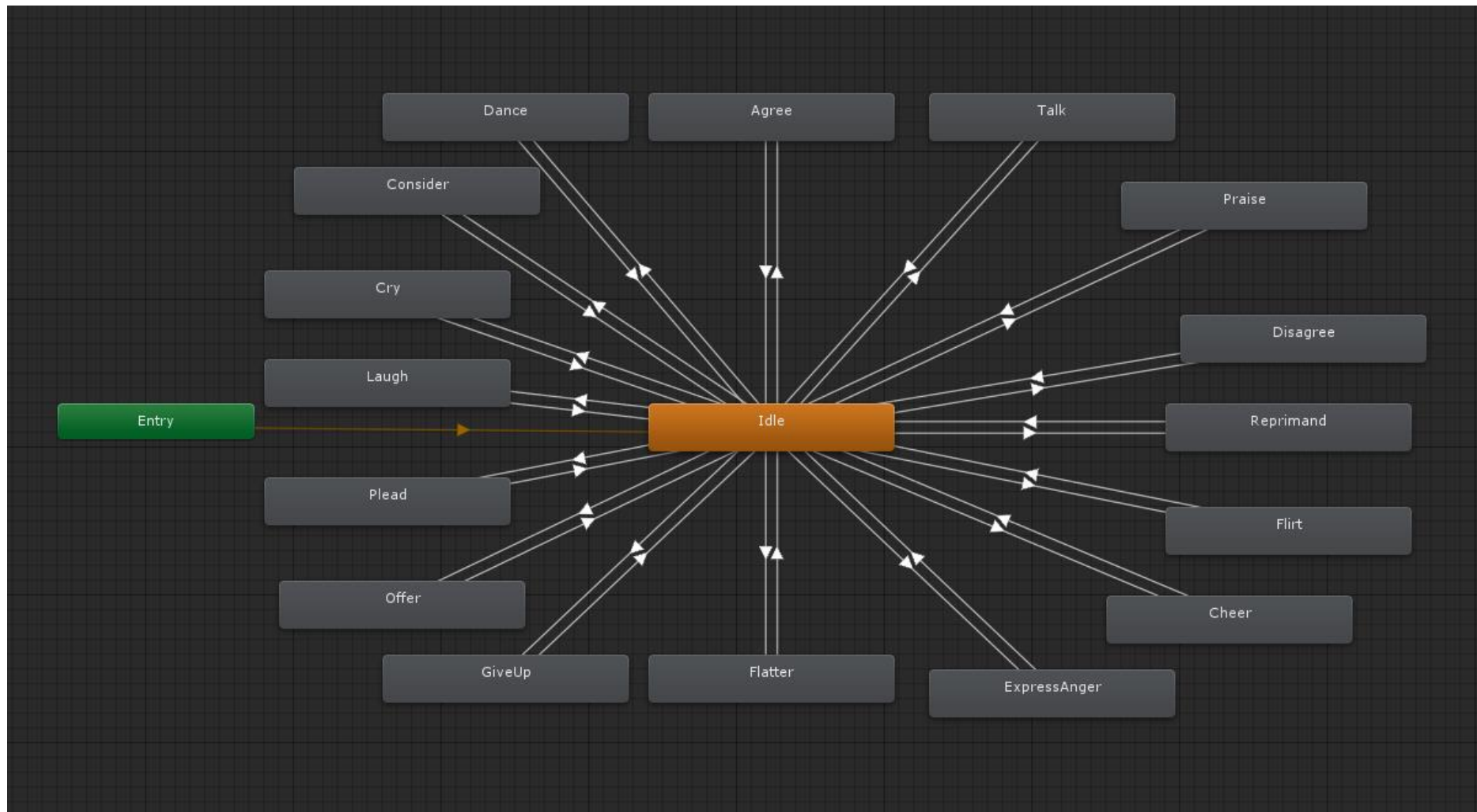
Η εφαρμογή περιλαμβάνει τέσσερις κλάσεις:

Κλάση	Λειτουργία
AnimationDone	Περιλαμβάνει μεθόδους που καλούνται από τον Animator των μοντέλων.
Constants	Περιλαμβάνει σταθερές που χρησιμοποιούνται για βοηθητικούς σκοπούς και για αποφυγή σφαλμάτων, όπως π.χ. τα ονόματα των πράξεων.
EmotionalAgentController	Είναι ενσωματωμένο στους χαρακτήρες της εφαρμογής. Χρησιμοποιείται για την αρχικοποίηση των πρακτόρων, καθώς και για τη μετάδοση εντολών για animation.
SceneController	Κλάση που κάνει χρήση του Singleton pattern, η οποία υλοποιεί το μεγαλύτερο μέρος της λειτουργικότητας της εφαρμογής.

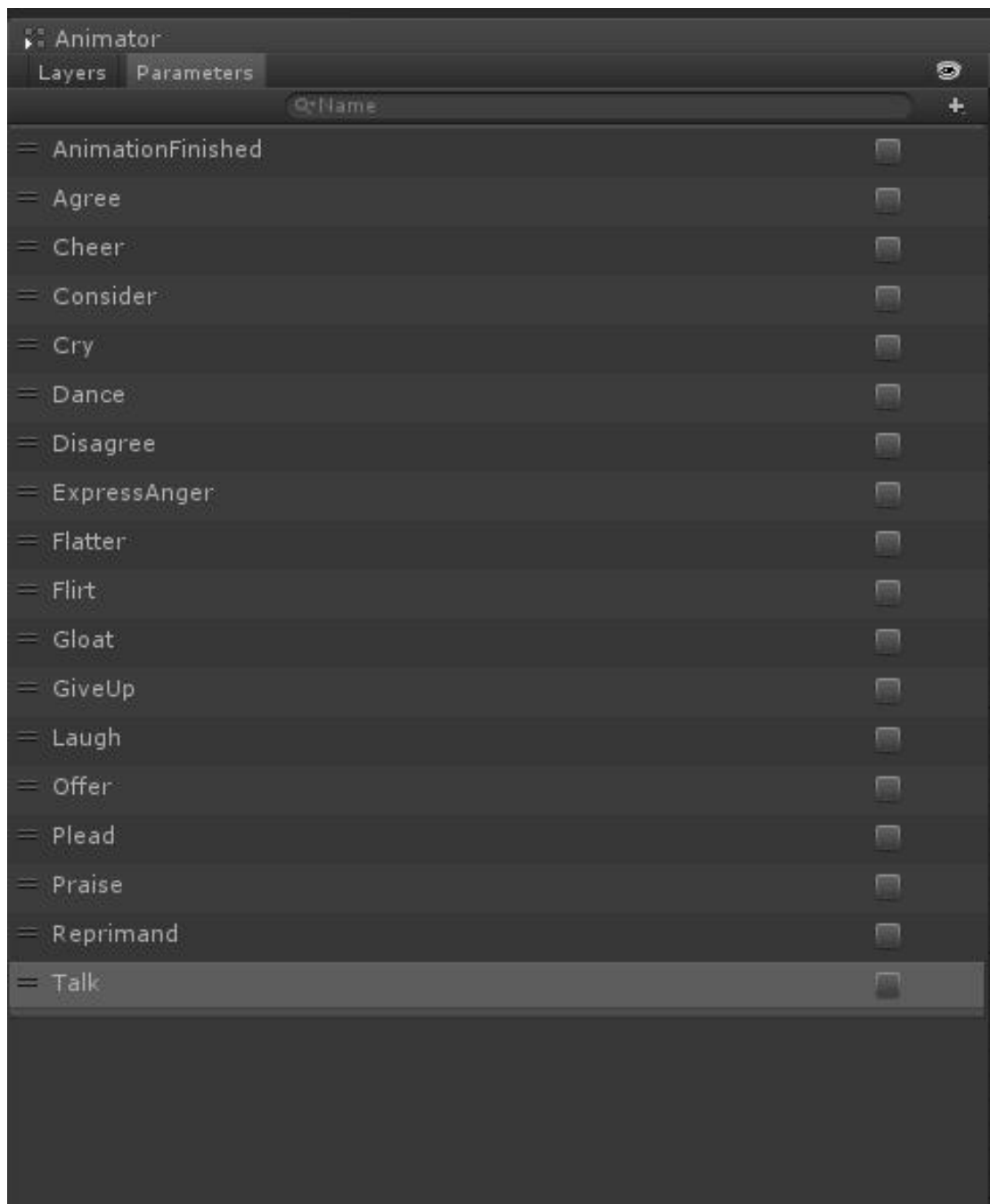
Animators

Κάθε χαρακτήρας έχει ενσωματωμένο το δικό του Animator, το οποίο είναι μια μηχανή καταστάσεων που καθορίζει ποιο animation θα πραγματοποιηθεί, ανάλογα με τις εντολές που λαμβάνει από τον EmotionalAgentController του χαρακτήρα.

Ο κάθε Animator έχει μια λίστα παραμέτρων, οι οποίες είναι δυαδικού τύπου (Boolean) και αντιπροσωπεύουν την κατάσταση animation στην οποία βρίσκεται ο χαρακτήρας. Στην παρούσα εφαρμογή, μόνο μία παράμετρος επιτρέπεται να είναι αληθής ανά πάσα στιγμή, κάτι που ορίζεται από τον EmotionalAgentController όπως προαναφέρθηκε. Εφόσον ένα animation ολοκληρωθεί, η τιμή της παραμέτρου που του αντιστοιχεί επιστρέφει σε τιμή false και έτσι η μηχανή καταστάσεων επιστρέφει στο animation αδράνειας (idle).



Η γραφική αναπαράσταση του Animator για τον πράκτορα X. Είναι ορατή η δυνατότητα αμφίδρομης μετάβασης από την κατάσταση αδράνειας (idle) σε όλες τις άλλες καταστάσεις.



Οι παράμετροι που περιλαμβάνονται στο Animator του πράκτορα X.

Scene Controller

Η κλάση SceneController περιλαμβάνει την πλειονότητα των μεθόδων της εφαρμογής. Ακολουθεί το Singleton pattern προκειμένου να δημιουργεί μόνο ένα αντικείμενο, το οποίο θα είναι προσβάσιμο από τα αντικείμενα των άλλων κλάσεων κατά την εκτέλεση της εφαρμογής. Ακολουθεί μια αναλυτική αναφορά στις μεθόδους της κλάσης αυτής.

Μέθοδος	Λειτουργία
<code>void SetupActions()</code>	Δημιουργεί τις πράξεις (Δράσεις και Αντιδράσεις) που χρησιμοποιούνται στην εφαρμογή και αρχικοποιεί τη λίστα πράξεων (AvailableActions).
<code>void SelectAgent(int agentId)</code>	Πραγματοποιεί την επιλογή του χαρακτήρα ο οποίος πρόκειται να προβεί σε μια πράξη, εμφανίζοντας και το αντίστοιχο panel του UI, από όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την πράξη που επιθυμεί να πραγματοποιηθεί.
<code>void AgentAct(string actionName)</code>	Διαχειρίζεται την πραγματοποίηση της πράξης από τον επιλεγμένο χαρακτήρα, πραγματοποιώντας την πράξη που έχει το όνομα που δόθηκε στο όρισμα. Αν το όρισμα είναι κενό, τότε ο πράκτορας επιλέγει αυτόματα μία πράξη. Η μέθοδος αυτή κάνει χρήση της βιβλιοθήκης Emotional Agent Library για τον καθορισμό της πράξης που θα επιλεγθεί και, μετά την επιλογή της, στέλνει εντολή για εκτέλεση του σχετικού animation στον EmotionalAgentController του πράκτορα. Τέλος, καλεί την μέθοδο DisplayAction προκειμένου να εμφανιστεί το όνομα της πράξης στο UI, ενημερώνοντας τον χρήστη.
<code>void InitializeReactions()</code>	Καλείται από την κλάση AnimationDone όταν έχει ολοκληρωθεί το animation μιας Action, κινητοποιώντας το μηχανισμό παραγωγής αντίδρασης.
<code>void DisplayAction(string actionName, string rep, int agentId)</code>	Εμφανίζει τα πληροφοριακά δεδομένα μιας πράξης στο UI της εφαρμογής.
<code>IEnumerator ResetUI()</code>	Καλείται από την μέθοδο InitializeReactions. Επαναφέρει το UI στην αρχική κατάσταση, σβήνοντας προοδευτικά (fading) τις γραμματοσειρές των ενημερωτικών κειμένων του UI.
<code>void AgentReact(int agentId)</code>	Καλείται από την μέθοδο InitializeReactions για να διαχειριστεί την παραγωγή μιας αντίδρασης από τον πράκτορα που διαθέτει το agentId που δίνεται στο όρισμα. Εφόσον παραχθεί αντίδραση, δίνεται εντολή για το αντίστοιχο animation και εμφανίζονται οι σχετικές πληροφορίες στο UI.
<code>void ToggleActionButtons(bool toggle)</code>	Εμφανίζει ή εξαφανίζει τα κουμπιά επιλογής χαρακτήρα και εμφάνισης του μενού επιλογής πράξης.
<code>void ToggleActionsPanel(bool toggle)</code>	Εμφανίζει ή εξαφανίζει το μενού επιλογής πράξης.
<code>void OpenMenu()</code>	Ανοίγει το μενού μεταβολής χαρακτηριστικών προσωπικότητας και αρχικοποιεί τα συρόμενα περιθώρια επιλογής.
<code>void CloseMenu()</code>	Κλείνει το μενού μεταβολής χαρακτηριστικών προσωπικότητας.

<code>void SavePreferences()</code>	Αποθηκεύει τις τιμές που έχει επιλέξει ο χρήστης για τα χαρακτηριστικά προσωπικότητας των πρακτόρων.
<code>void LimitReactionsToggleChanged()</code>	Καθορίζει τον περιορισμό δράσεων και αντιδράσεων με βάση το πρόσημό τους.
<code>void SetSliders()</code>	Αρχικοποιεί τα συρόμενα πλαίσια των χαρακτηριστικών στο μενού μεταβολής χαρακτηριστικών προσωπικότητας.
<code>void SetSlidersForAgent(GameObject agent, GameObject controls)</code>	Καλείται από την <code>SetSliders</code> . Αρχικοποιεί το συρόμενο πλαίσιο (<code>controls</code>) που αντιστοιχεί στον <code>agent</code> που δίνεται στο όρισμα, με βάση τις τιμές των χαρακτηριστικών της προσωπικότητας που διαθέτει.
<code>void SaveSlidersForAgent(GameObject agent, GameObject controls)</code>	Αποθηκεύει τις τιμές που έχουν επιλεγεί από το χρήστη ως τιμές των χαρακτηριστικών της προσωπικότητας των πρακτόρων. Καλείται από την <code>CloseMenu</code> , όταν ο χρήστης κλείνει το μενού μεταβολής χαρακτηριστικών προσωπικότητας.

Ακόμη, ο `SceneController` διαθέτει τα ακόλουθα φανερά (`public`) πεδία, το περιεχόμενο των οποίων ορίζεται μέσα στον `Unity Editor`:

`GameObject[] AgentGameObjects` – καταχωρούνται οι δύο χαρακτήρες - πράκτορες.

`GameObject[] AgentActionTexts` – καταχωρούνται τα βοηθητικά κείμενα των υπό εκτέλεση πράξεων.

`GameObject[] ActionButtons` – καταχωρούνται τα κουμπιά επιλογής και δράσης που αντιστοιχούν στον κάθε πράκτορα.

`GameObject[] AgentRepTexts` – καταχωρούνται τα κείμενα που αφορούν το `reputation` - την τιμή που αντιστοιχεί στο επίπεδο της σχέσης ανάμεσα στους δύο πράκτορες.

`GameObject EmotionText` – καταχωρείται το κείμενο που αναφέρει τα συναισθήματα που προκαλεί μία δράση.

`GameObject MainPanel` – καταχωρείται το αρχικό περιεχόμενο του `UI`.

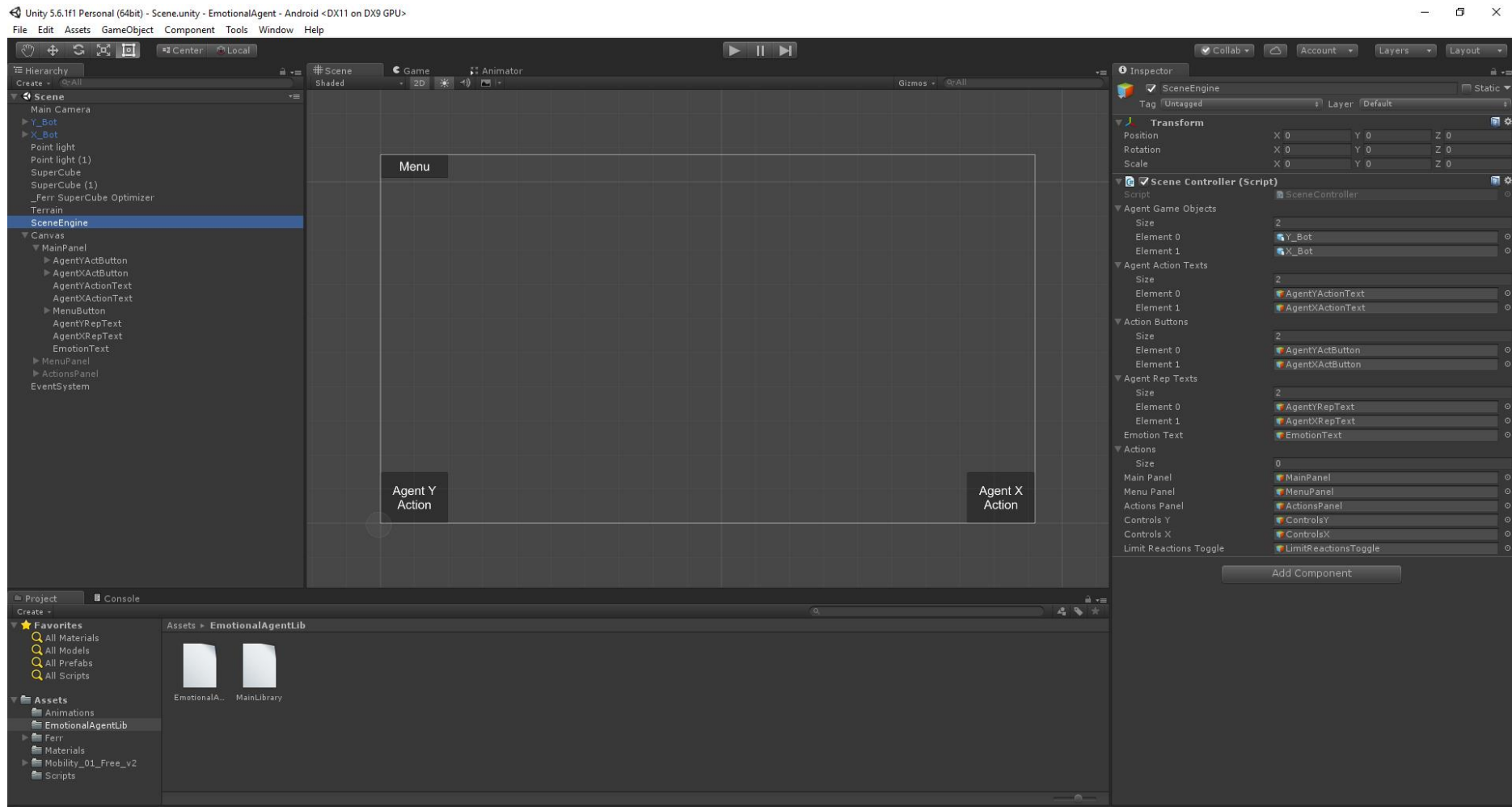
`GameObject MenuPanel` – καταχωρείται το μενού τροποποίησης των χαρακτηριστικών προσωπικότητας των πρακτόρων.

`GameObject ActionsPanel` – καταχωρείται το `panel` με τις διαθέσιμες `Actions` που μπορεί να επιλέξει ο χρήστης για τον επιλεγμένο χαρακτήρα.

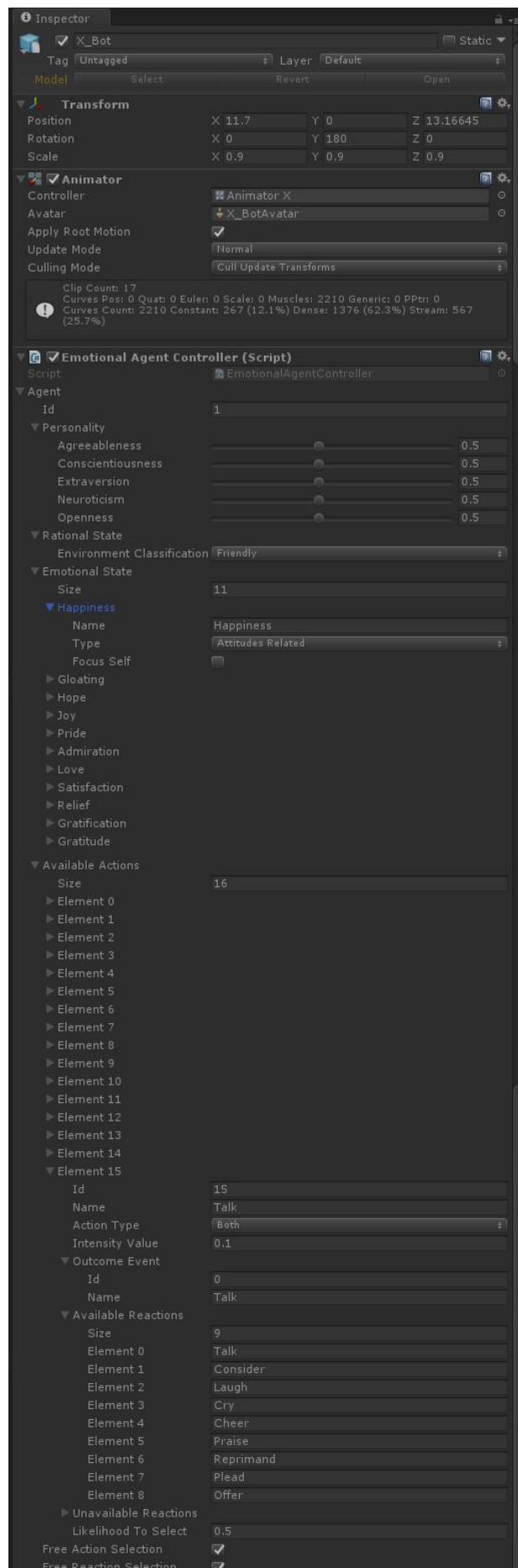
`GameObject ControlsY` – καταχωρούνται τα συρόμενα πεδία (`Slider components`) με τα οποία ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει τα χαρακτηριστικά της προσωπικότητας του πράκτορα `Y`.

`GameObject ControlsX` – ομοίως με το παραπάνω, για τον πράκτορα `X`.

`GameObject LimitReactionsToggle` – καταχωρείται το κουτί επιλογής που, αν ενεργοποιηθεί, περιορίζει τις διαθέσιμες Αντιδράσεις σε αυτές μόνο που έχουν ίδια χροιά (θετική ή αρνητική) με τη Δράση που τις προκάλεσε.



Ο SceneController βρίσκεται ενσωματωμένος στο GameObject με όνομα SceneEngine. Στην εικόνα φαίνονται τα περιεχόμενα του SceneController μέσα στον Unity Editor.



Ο Emotional Agent Controller του Πράκτορα X κατά την εκτέλεση της εφαρμογής στον Unity Editor.

ΣΤ. Αποτελέσματα και συμπεράσματα

ΣΤ1. Αξιολόγηση χρήσης του μοντέλου

Το μοντέλο δίνει στους προγραμματιστές τη δυνατότητα να ορίσουν τις δράσεις και αντιδράσεις που επιθυμούν και να τις συσχετίσουν με συναισθήματα του μοντέλου OCC, ενώ παράλληλα μπορούν να θέσουν τιμές στους πέντε παράγοντες προσωπικότητας του μοντέλου OCEAN, στοιχειοθετώντας την προσωπικότητα των πρακτόρων. Σαν πρόσθετο εργαλείο κατά τη δημιουργία ηλεκτρονικών παιχνιδιών (add-on), η υλοποίηση του μοντέλου μπορεί να αξιολογηθεί ως ιδιαίτερα χρήσιμη και πρωτότυπη, καθώς μπορεί να συμβάλλει στην δημιουργία και απόδοση πιο αληθοφανών ανθρώπινων χαρακτήρων, καθώς επίσης και να τροποποιηθεί ως προς τις διαθέσιμες πράξεις έτσι ώστε να ταιριάζει σε οποιοδήποτε σύστημα.

ΣΤ2. Δυνατότητες επέκτασης και τμηματικής διαφοροποίησης του μοντέλου

Το παρόν μοντέλο αληθοφανών πρακτόρων μπορεί να επεκταθεί τμηματικά και να λάβει προσαρτήσεις οι οποίες θα διευρύνουν τη χρησιμότητά του. Σε περίπτωση λ.χ. που πραγματοποιηθεί μια έγκυρη συσχέτιση ανάμεσα στα μοντέλα OCEAN και OCC, το μοντέλο αυτό θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και στην έρευνα της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Στην παρούσα μορφή του, το μοντέλο προσφέρεται για χρήση σε κάθε ψηφιακό περιβάλλον όπου δρουν χαρακτήρες με ανθρώπινη προσωπικότητα, όπως π.χ. σε ηλεκτρονικά παιχνίδια.

Z. Μελλοντική εργασία

Z1. Αναζήτηση ακριβών σχέσεων μεταξύ των μοντέλων OCEAN & OCC

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε παραπάνω παρουσιάζει την ιδιαιτερότητα ότι συνδυάζει την θεωρία των Πέντε Μεγάλων (Big Five) τύπων προσωπικότητας με το συναισθηματικό μοντέλο OCC, κάνοντας χρήση των παραπάνω για την υλοποίηση και τη λειτουργία των αληθοφανών πρακτόρων. Ωστόσο, ο συσχετισμός αυτός γίνεται με ad hoc παραδοχές και όχι με βάση επισταμένη και έγκυρη επιστημονική έρευνα, η οποία θα απαιτούσε χρήση ή/και κατασκευή ψυχομετρικών τεστ, χορήγησή τους σε ικανό δείγμα και στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων για να εξαχθούν οι ακριβείς σχέσεις ανάμεσα στους τύπους προσωπικότητας του μοντέλου OCEAN και τα συναισθήματα του μοντέλου OCC. Η εργασία αυτή αποτελεί προαπαιτούμενο προκειμένου το παρόν μοντέλο να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κλινική έρευνα ή σε εξομοιώσεις της ανθρώπινης συμπεριφοράς.

Z2. Αναζήτηση ακριβών αλγορίθμων υπολογισμού των διαφόρων επιδράσεων κατά την επιλογή πράξης

Στα πλαίσια κατοχύρωσης της επιστημονικής εγκυρότητας του μοντέλου, κρίνεται επίσης απαραίτητη η ανεύρεση ακριβών αλγορίθμων υπολογισμού των επιδράσεων κατά την λήψη απόφασης για την τέλεση μιας πράξης. Στην παρούσα υλοποίηση, ο πράκτορας λαμβάνει αποφάσεις θέτοντας μία τιμή για την πιθανότητα επιλογής για κάθε πιθανή πράξη και κατόπιν επιλέγει μία από τις διαθέσιμες πράξεις, με συντελεστή βαρύτητας την παραπάνω τιμή.

Z3. Χρήση της Μνήμης Πράξεων για μεταβολή των πιθανοτήτων επιλογής Πράξεων (με χρήση της ActionsMemory)

Μια δυνατότητα επέκτασης του μοντέλου θα ήταν η υλοποίηση της μεταβολής των πιθανοτήτων επιλογής μιας δράσης ή αντίδρασης με βάση τη Μνήμη Πράξεων

(ActionsMemory). Στη Μνήμη Πράξεων διατηρούνται οι διάφορες δράσεις και αντιδράσεις που έχει πραγματοποιήσει ο πράκτορας, συνδυασμένες με τα συναισθήματα που του προκάλεσαν οι συνέπειες της εκτέλεσής τους. Ωστόσο στην παρούσα υλοποίηση τα δεδομένα αυτά δεν χρησιμοποιούνται κατά την λήψη απόφασης για την παραγωγή μιας δράσης ή αντίδρασης.

Βιβλιογραφία

1. A. Egges, S. Kshirsagar, N. Magnenat-Thalmann. Generic Personality and Emotion Simulation for Conversational Agents. *Computer Animation and Virtual Worlds*. 15(1): pp 1-13. January 2004.
2. Alan E. Kazdin, PhD, *Encyclopedia of Psychology: 8 Volume*, American Psychological Association (<http://www.apa.org/topics/personality/>).
3. Saul Kassin, (2003). *Psychology*. USA: Prentice-Hall, Inc.
4. Digman, J.M. (1990). "Personality structure: Emergence of the five-factor model". *Annual Review of Psychology* 41: 417–440.
5. Cabanac, Michel (2002). "What is emotion?" *Behavioural Processes* 60(2): 69-83.
6. Schacter, Daniel L. (2011). *Psychology Second Edition*. 41 Madison Avenue, New York, NY 10010: Worth Publishers. p. 310. ISBN 978-1-4292-3719-2.
7. Scherer, K. R. (2005). "What are emotions? And how can they be measured?". *Social Science Information* 44: 693–727.
8. Steunebrink, B.R., Dastani, M.M. & Meyer, J.-J.Ch. (2009). *The OCC Model Revisited*.
9. Karen Glanz, Barbara K. Rimer, K. Viswanath. *Health Behavior: Theory, Research, and Practice*. John Wiley & Sons, 2015.
10. Joscha Bach. *The Doerner Model of Emotion*, Workshop Emotion & Computation KI 2006, Bremen.
11. Leland R. Beaumont, David Stout. *Five Factor Constellations and Popular Personality Types, Emotional Competency*, *Psychology* 106 (2003).
12. C. Becker, S. Kopp, and I. Wachsmuth. *Why emotions should be integrated into conversational agents*. *Conversational Informatics: An Engineering Approach*, Wiley, 2007.
13. J. Gratch and S. Marsella. *A domain-independent framework for modeling emotion*. *Cognitive Science Research*, 2004.
14. J. Gratch, J. Rickel, E. Andr e, J. Cassell, E. Petajan, and N. Badler. *Creating interactive virtual humans: Some assembly required*. *IEEE Intelligent Systems*, 2002.
15. R.P. Marinier, J. E. Laird. *Computational Modeling of Mood and Feeling from Emotion*, University of Michigan, 2007.
16. I. Roseman, C. Smith. *Appraisal theory: Overview, assumptions, varieties, controversies*, 2001.
17. A. Zoumpoulaki, N. Avradinis, S. Vosinakis. *A Multi-agent Simulation Framework for Emergency Evacuations Incorporating Personality and Emotions*, University of Piraeus & University of the Aegean, 2010.
18. N. Avradinis. *An emotional model for agent-based emergency behaviour simulation (Working draft)*, 2015.