



**Τ.Ε.Ι. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**  
**ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ &**  
**ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ARENA ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ  
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΣΕ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ»**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΑΜ: 2004223**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΑΥΡΙΔΟΓΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**Νοέμβριος 2013**

**Καλαμάτα**

1223

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής υλοποιήθηκε με την υποστήριξη του επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γεώργιου Μαυριδόγλου, χάρη στην καθοδήγηση και την βοήθεια του ολοκλήρωσα επιτυχώς την έρευνά μου.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου για την ηθική και οικονομική στήριξη τους κατά την διάρκεια των σπουδών μου στο ΤΕΙ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ.

Τσεκούρας Γεώργιος

Νοέμβριος 2013

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή έχει ως σκοπό να περιγράψει το λογισμικό ARENA, καθώς και να γίνει η προσομοίωση κάποιων από τις διαδικασίες του στη λειτουργία του νοσοκομείου.

Αρχικά αναλύεται ο όρος προσομοίωση, η οποία αποτελεί την μίμηση ή αναπαράσταση ενός πραγματικού αντικειμένου, μιας κατάστασης ή μιας διαδικασίας. Ταυτόχρονα, παρουσιάζονται τα οφέλη της προσομοίωσης, τη χρησιμότητα και τα πλεονεκτήματά της.

Στη συνέχεια περιγράφεται η λειτουργία του λογισμικού Arena με τη βοήθεια των οθονών του προγράμματος. Παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του προγράμματος και οι διαθέσιμες εκδόσεις του. Επίσης, περιγράφονται οι λειτουργίες του μενού και των επιμέρους υπό – μενού του λογισμικού.

Ακολουθεί η εφαρμογή του προγράμματος και η δημιουργία προσομοίωσης των διαδικασιών του λογισμικού στις λειτουργίες και τις διαδικασίες ενός νοσοκομείου. Συγκεκριμένα, η προσομοίωση αφορά μια απλή διαδικασία που ισχύει σε ένα νοσοκομείο, αυτή της εισαγωγής ενός ασθενή.

Τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη προσομοίωση των διαδικασιών του συγκεκριμένου λογισμικού στη λειτουργία του νοσοκομείου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Η ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ .....	8
1.1 Η σημασία της προσομοίωσης.....	8
1.2 Πλεονεκτήματα .....	9
1.3 Μειονεκτήματα .....	11
1.4 Εφαρμογές Προσομοίωσης.....	12
1.5 Φάσεις προσομοίωσης.....	13
1.6 Είδη προσομοίωσης.....	14
1.6.1 Προσομοίωση διακεκριμένων γεγονότων .....	14
1.6.2 Προσομοίωση βασισμένη σε υπόθεση (scenario based simulation).....	16
1.6.3 Προσομοίωση βασισμένη σε αριθμητικά δεδομένα (numeric based simulation) .....	16
1.6.4 Κατανεμημένη προσομοίωση .....	17
1.6.5 Συνεχής προσομοίωση.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ARENA .....	19
2.1 Rockwell Arena.....	19

2.1.1	Χαρακτηριστικά του λογισμικού Arena .....	20
2.1.2	Εκδόσεις του λογισμικού Arena .....	20
2.2	Εφαρμογές και περιπτώσεις χρήσης του Rockwell Arena.....	21
2.3	Βασικές λειτουργίες .....	26
2.3.1	Μενού File .....	27
2.3.2	Μενού Edit.....	28
2.3.3	Μενού View.....	28
2.3.4	Μενού Tools .....	28
2.3.5	Μενού Arrange .....	30
2.3.6	Μενού Object.....	30
2.3.7	Μενού Run.....	31
2.3.8	Μενού Window.....	32
2.3.9	Μενού Help.....	32
2.3.10	Μενού Αντικειμένων .....	32
2.3.11	Σχόλια .....	33
 <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ARENA ΣΕ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ</b>		<b>34</b>
3.1	Δεδομένα για τον σχεδιασμό του μοντέλου προσομοίωσης .....	34
3.2	Σχεδιασμός μοντέλου – προσομοίωση.....	35
3.3	Εκτέλεση Προσομοίωσης.....	40
3.4	Έγγραφο αναφορά.....	41
 <b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>		<b>47</b>
 <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>		<b>50</b>

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 Αρχικό περιβάλλον λογισμικού Arena.....	19
Εικόνα 2.2 Αρχική οθόνη του Arena.....	27
Εικόνα 2.3 Η μπάρα συντομεύσεων με κοινές επιλογές με το μενού «File».....	28
Εικόνα 2.4 Υπό – μενού επιλογών διαμόρφωσης αναφοράς.....	29
Εικόνα 2.5 Υπό – μενού ρυθμίσεων επιλογών.....	30
Εικόνα 2.6 Επιλογές εκτέλεσης του μοντέλου προσομοίωσης.....	31
Εικόνα 2.7 Το μενού των αντικειμένων.....	33
Εικόνα 2.8 Ιδιότητες των αντικειμένων.....	33
Εικόνα 3.1 Μονάδα εισροής Δημιουργίας (Create) στο σύστημα.....	35
Εικόνα 3.2 Μονάδα Διαδικασίας (Process) στο σύστημα.....	36
Εικόνα 3.3 Μοντέλο προσομοίωσης.....	38
Εικόνα 3.4 Διαδικασία εισαγωγής του κόστους του πόρου.....	38
Εικόνα 3.5 Επιλογές εκτέλεσης του μοντέλου προσομοίωσης.....	39
Εικόνα 3.6 Οθόνη ολοκλήρωσης προσομοίωσης.....	40
Εικόνα 3.7 Έγγραφο αναφορά.....	42
Εικόνα 3.8 Χρονική ανάλυση του μοντέλου.....	43
Εικόνα 3.9 Κόστος ανά ασθενή.....	44
Εικόνα 3.10 Ουρά αναμονής.....	45
Εικόνα 3.11 Απασχόληση και κόστος πόρου.....	46

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Arena είναι ένα λογισμικό προσομοίωσης στο οποίο ο χρήστης κατασκευάζει το μοντέλο προσομοίωσης που επιθυμεί, εισάγοντας διαφορετικές διαδικασίες που έχουν αντίστοιχα διάφορες ιδιότητες.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να περιγράψει το λογισμικό ARENA, καθώς και να γίνει η προσομοίωση κάποιων από τις διαδικασίες του στη λειτουργία του νοσοκομείου.

Η εργασία αναλύεται σε τρία κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο αναλύει τον όρο προσομοίωση, η οποία αποτελεί την μίμηση ή αναπαράσταση ενός πραγματικού αντικειμένου, μιας κατάστασης ή μιας διαδικασίας. Παρουσιάζει τα οφέλη της προσομοίωσης, τη χρησιμότητα και τα πλεονεκτήματά της.

Το δεύτερο κεφάλαιο περιγράφει τη λειτουργία του λογισμικού Arena με τη βοήθεια των οθονών του προγράμματος. Παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του προγράμματος και οι διαθέσιμες εκδόσεις του. Επίσης, περιγράφονται οι λειτουργίες του μενού και των επιμέρους υπό – μενού του λογισμικού.

Στο τρίτο κεφάλαιο, γίνεται προσπάθεια προσομοίωσης των διαδικασιών του λογισμικού στις λειτουργίες και τις διαδικασίες ενός νοσοκομείου. Συγκεκριμένα, θα προσομοιωθεί μια απλή διαδικασία που ισχύει σε ένα νοσοκομείο, αυτή της εισαγωγής ενός ασθενή, καθώς και την έξοδό του από αυτό με την ολοκλήρωση της περίθαλψής του. Αρχικά, σχεδιάζεται ένα απλό μοντέλο και στη συνέχεια το μοντέλο αυτό βελτιώνεται με νέα στοιχεία παρατηρώντας και σχολιάζοντας τις αλλαγές που θα προκύπτουν.

Τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη προσομοίωση των διαδικασιών του συγκεκριμένου λογισμικού στη λειτουργία του νοσοκομείου.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι Η ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

### 1.1 Η σημασία της προσομοίωσης

Η μοντελοποίηση και η προσομοίωση εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια του Β' Παγκόσμιου Πολέμου σαν μία αριθμητική τεχνική για τη λύση προβλημάτων. Τότε οι γνωστές μέθοδοι χρησιμοποιήθηκαν από τον John Von Neuman και Stanislaw Ulam στα εργαστήρια του Los Alamos για τη λύση προβλημάτων διάχυσης νετρονίων. Ο όρος προσομοίωση εμφανίστηκε για πρώτη φορά σε βιογραφικά πανεπιστημίων, σε βιβλία και σε περιοδικά τη δεκαετία του 1960.

Η προσομοίωση μιας διαδικασίας είναι η αναπαράστασή της ή η μίμησή της. Η προσομοίωση είναι η αναπαράσταση των σημαντικών χαρακτηριστικών της διαδικασίας. Σημαντικά θέματα στην προσομοίωση είναι:

- η χρήση έγκυρων δεδομένων εισόδου σχετικά με το προς μοντελοποίηση σύστημα.
- η σωστή επιλογή των σημαντικών χαρακτηριστικών και συμπεριφορών του συστήματος,
- η χρήση προσεγγίσεων και υποθέσεων που μπορεί να απλοποιούν το σύστημα και, τέλος,
- η ακρίβεια και η εγκυρότητα των εξαγόμενων αποτελεσμάτων της προσομοίωσης.

Η προσομοίωση χρησιμοποιείται για διάφορες περιπτώσεις όπως για μοντελοποίηση φυσικών ή τεχνητών συστημάτων ώστε να γίνει κατανοητή η λειτουργία τους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα προσομοίωσης αφορούν τους τομείς της Ιατρικής, των Υπολογιστών (ρομποτική κτλ), της Φυσικής, της Άμυνας, της Διοίκησης Επιχειρήσεων, ακόμη και της ίδιας της Γης ως φυσικού συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, μερικά από τα προβλήματα για τα οποία γίνεται χρήση της προσομοίωσης είναι τα εξής:

- Σχεδιασμός και ανάλυση κατασκευαστικών συστημάτων.



- Υπολογισμός των απαιτήσεων υλικού και λογισμικού συστημάτων υπολογιστών.
- Σχεδιασμός συστημάτων επικοινωνιών και των αντίστοιχων πρωτοκόλλων μηνυμάτων.
- Σχεδιασμός και λειτουργία μέσων μεταφοράς και των αντίστοιχων εγκαταστάσεων, όπως αεροδρόμια, λιμάνια, υπόγειοι σιδηρόδρομοι.
- Ανάλυση οικονομικών συστημάτων.
- Υπολογισμός νέων συστημάτων στρατιωτικών όπλων ή στρατιωτικής τακτικής.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για βελτιστοποίηση συστημάτων, εκπαίδευση ενός συστήματος και αύξηση απόδοσης. Η προσομοίωση αποτελεί τη μόνη προσέγγιση για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων στα οποία δεν υπάρχουν αναλυτικές λύσεις και επιπλέον η εκτέλεση πειραμάτων στην πράξη είναι αδύνατη ή πρακτικά μη εφικτή. Έχει τεράστιο εύρος άμεσων εφαρμογών (επιχειρήσεις, κατασκευαστικές εταιρείες, οικονομικοί οργανισμοί κλπ.) αλλά και έμμεσων εφαρμογών, με σκοπό την επίλυση προβλημάτων άλλων επιστημονικών περιοχών (για παράδειγμα, ουρές αναμονής, θεωρία παιγνίων, αξιοπιστία συστημάτων κλπ.).

Η μέθοδος της προσομοίωσης βασίζεται στη δημιουργία ενός μοντέλου, το οποίο αποτελείται και αναπαριστάνει τα στοιχεία (στοιχειώδη μέρη) του εξεταζόμενου συστήματος, τα γεγονότα που παράγονται ή προέρχονται από κάθε στοιχείο του και τις σχέσεις ανάμεσα στα στοιχεία του συστήματος.

## 1.2 Πλεονεκτήματα

Τα περισσότερα σύνθετα μοντέλα με στοχαστικά στοιχεία δεν μπορούν να περιγραφούν ακριβώς με μαθηματικά μοντέλα που μπορούν να υπολογιστούν αναλυτικά. Έτσι, η προσομοίωση είναι συνήθως η μόνη δυνατή μέθοδος μελέτης και επίλυσης.

Το κυριότερο πλεονέκτημα της χρήσης της μεθόδου της προσομοίωσης είναι η δυνατότητα δοκιμών εναλλακτικών λύσεων στη λειτουργία ενός συστήματος σε τεχνητό περιβάλλον (για παράδειγμα, σε ηλεκτρονικό υπολογιστή), με σκοπό τον προσδιορισμό της βέλτιστης λύσης που θα ικανοποιεί τις προδιαγραφές που έχουν οριστεί.

Με την προσομοίωση, μπορεί να επιτευχθεί καλύτερος έλεγχος όταν ο πειραματισμός γίνεται στο μοντέλο από ότι θα ήταν δυνατόν αν ο πειραματισμός γινόταν πάνω στο ίδιο το σύστημα, είτε λόγω μεγέθους του συστήματος (π.χ. προσομοιωτής ενός αεροδρομίου), είτε για λόγους ασφάλειας (π.χ. προσομοιωτής πτήσης) κτλ.

Η προσομοίωση επιτρέπει σε ελάχιστο χρόνο τη μελέτη ενός μεγάλης χρονικής διάρκειας διαστήματος λειτουργίας ενός συστήματος. Με την προσομοίωση επιτρέπεται ο υπολογισμός της απόδοσης ενός υπάρχοντος συστήματος κάτω από προτεινόμενες συνθήκες λειτουργίας. Εναλλακτικοί σχεδιασμοί ενός συστήματος (ή εναλλακτικοί τρόποι λειτουργίας του ίδιου συστήματος) μπορούν να συγκριθούν μέσω της προσομοίωσης, για να βρεθεί ο τρόπος που ανταποκρίνεται καλύτερα στις προκαθορισμένες απαιτήσεις.

Στα πλεονεκτήματα συγκαταλέγονται επίσης η οικονομικότητα της μεθόδου, αφού με τη χρήση της αποφεύγονται οι δαπανηρές πραγματικές δοκιμές, ενώ συγχρόνως παρέχεται η δυνατότητα καλύτερου ελέγχου των συνθηκών των πειραμάτων και μελέτης συστημάτων με μακρόχρονη εξέλιξη (για παράδειγμα, οικονομικά συστήματα) σε πολύ μικρότερο χρόνο.

Η μέθοδος της προσομοίωσης χρησιμοποιείται, μεταξύ άλλων, στη βιομηχανία με σκοπό την αύξηση της παραγωγής με παράλληλη μείωση του κόστους, σε περιβάλλοντα γραφείων για τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών, σε υπολογιστικά και επικοινωνιακά δίκτυα για τη μελέτη των φορτίων και την αύξηση της χωρητικότητας των γραμμών, στην πρόγνωση του καιρού, όπου η προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη πιθανών εξελίξεων στις μετεωρολογικές συνθήκες, για την εκπαίδευση ανθρώπων (για παράδειγμα, πιλότων αεροσκαφών και στρατιωτικών διοικητών), για τη σχεδίαση και βελτίωση υπολογιστικών συστημάτων κλπ.

Επισημαίνεται ότι η διάκριση μεταξύ της προσομοίωσης (simulation) και της εξομοίωσης (emulation) δεν είναι πάντοτε σαφής. Η εξομοίωση συνήθως εκφράζει μια ρεαλιστική αναπαράσταση ενός συστήματος με την έννοια ότι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε άμεση αντικατάσταση ενός μέρους ή όλου του συστήματος που εξομοιώνεται. Σε αντιδιαστολή η προσομοίωση παρέχει συνήθως ένα πειραματικό μοντέλο κάποιας πτυχής ή του συνόλου ενός συστήματος.

Στο άμεσο μέλλον η προσομοίωση θα είναι σε θέση να προσφέρει λειτουργίες όπως: Αυτόματη στατιστική ανάλυση, «έξυπνο λογισμικό» που θα προτείνει αλλαγές στο σύστημα, απόλυτη ολοκλήρωση με όλα τα λειτουργικά συστήματα, εικονική πραγματικότητα.

### 1.3 Μειονεκτήματα

Πέρα όμως από τα πλεονεκτήματα της προσομοίωσης, είναι λογικό να υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα, τα κυριότερα των οποίων είναι τα εξής:

- Τα μοντέλα της προσομοίωσης είναι συνήθως ακριβά και απαιτείται πολύς κόπος και χρόνος για την ανάπτυξή τους.
- Κάθε εφαρμογή (run) ενός στοχαστικού μοντέλου προσομοίωσης παράγει μόνο εκτιμήσεις των πραγματικών χαρακτηριστικών ενός μοντέλου για ένα συγκεκριμένο σύνολο παραμέτρων εισόδου. Συνεπώς απαιτείται να μελετηθούν αρκετές ανεξάρτητες εφαρμογές του μοντέλου για κάθε σύνολο παραμέτρων εισόδου. Αντίθετα, ένα αναλυτικό μοντέλο, εφ' όσον είναι το κατάλληλο, μπορεί συχνά να παράγει εύκολα τα ακριβή χαρακτηριστικά του μοντέλου αυτού για διάφορα σύνολα παραμέτρων εισόδου.
- Εάν ένα μοντέλο δεν παριστάνει σωστά το προς μελέτη σύστημα, τότε τα αποτελέσματα της προσομοίωσης δεν θα δώσουν σωστές πληροφορίες για το πραγματικό σύστημα.

#### 1.4 Εφαρμογές Προσομοίωσης

Η προσομοίωση (simulation) ως τεχνική μίμησης της συμπεριφοράς ενός συστήματος από ένα άλλο σύστημα, καταλαμβάνει περίοπτη θέση στα πλαίσια των εκπαιδευτικών εφαρμογών των τεχνολογιών πληροφορικής. Μπορούμε να ορίσουμε την προσομοίωση ως μια μέθοδο μελέτης ενός συστήματος (ενός αντικειμένου, ενός φαινομένου, μιας δραστηριότητας, μιας διαδικασίας) με τη βοήθεια ενός άλλου συστήματος.

Η προσομοίωση δηλαδή είναι μία αναπαράσταση ή ένα μοντέλο που έχει κατασκευαστεί για να αναπαραστήσει και να επιτρέψει την κατανόηση της λειτουργίας ενός συστήματος. Το σύστημα προσομοίωσης «μιμείται» τη συμπεριφορά αυτού που αναπαριστά και συνεπώς επιτρέπει εξοικείωση με τα χαρακτηριστικά του και κατανόηση των λειτουργιών του.

Το σύστημα προσομοίωσης στις περισσότερες περιπτώσεις σήμερα είναι ένα μοντέλο που «εκτελείται» σε έναν υπολογιστή. Μια προσομοίωση με υπολογιστές είναι υπολογιστικό μοντέλο που χρησιμοποιείται για να πειραματιστούμε πάνω σε ένα πραγματικό σύστημα χωρίς να έχουμε άμεση επαφή μαζί του. Στόχος ενός συστήματος προσομοίωσης είναι η μελέτη, η κατανόηση και ο πειραματισμός με πολύπλοκα συστήματα (στα οποία συνήθως δεν έχουμε απευθείας πρόσβαση). Οι χρήστες χειρίζονται τα συστατικά του συστήματος με πλήρως αλληλεπιδραστικό τρόπο, όπως είναι για παράδειγμα η προσομοίωση χειρισμού ενός πολεμικού αεροπλάνου.

Η έννοια της προσομοίωσης εμφανίστηκε αρχικά στο χώρο της επιστημονικής έρευνας ως τεχνική μελέτης των αποτελεσμάτων μιας δράσης πάνω σε ένα φαινόμενο χωρίς να απαιτείται παρέμβαση στο ίδιο το φαινόμενο. Οι προσομοιώσεις χρησιμοποιούνται για τη μελέτη και την κατανόηση αρχών λειτουργίας πολλών φυσικών, βιολογικών και κοινωνικών διαδικασιών.

Τα συστήματα προσομοίωσης αποτελούν στις μέρες μας πολύ διαδεδομένες και ταυτόχρονα από τις αποτελεσματικές εφαρμογές στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η εκπαιδευτική προσομοίωση ορίζεται ως ένα μοντέλο κάποιου φαινομένου ή κάποιας



δραστηριότητας, το οποίο οι χρήστες χρησιμοποιούν και μαθαίνουν μέσω της αλληλεπίδρασης με την προσομοίωση. Σε μια παιδαγωγική κατάσταση προσομοίωσης, ο μαθητής, αλλάζοντας κατά βούληση ορισμένες – κύριες κατά κανόνα - μεταβλητές του προς μελέτη φαινομένου, έχει στα χέρια του την πρωτοβουλία εξέλιξής του και δεν οφείλει να απαντά απλώς σε ερωτήσεις που έχουν προβλεφθεί από τους δημιουργούς του λογισμικού. Αντίθετα, με βάση τις παρατηρήσεις που κάνει πάνω στα αποτελέσματα των χειρισμών του, είναι δυνατόν να ανακαλύψει το μοντέλο το οποίο προσομοιώνει το λογισμικό ή τις βασικές παραμέτρους που το συνθέτουν και να εφαρμόσει αυτά που έχει ήδη μάθει. Στο πλαίσιο αυτό, τα συστήματα προσομοιώσεων διαφέρουν ριζικά από τα συστήματα καθοδήγησης και τα συστήματα εξάσκησης και πρακτικής.

Οι προσομοιωτές πτήσης των πιλότων και των αστροναυτών μπαίνουν δυναμικά στην Ιατρική, για να εκπαιδεύσουν και να αξιολογήσουν τους γιατρούς του 21ου αιώνα. Η ιατρική εκπαίδευση με τη χρήση τεχνολογιών προσομοίωσης (simulation) αποτελεί ένα νέο επιστημονικό πεδίο, που στοχεύει στον δραστικό περιορισμό πολλών μειονεκτημάτων που συνδέονται με το παραδοσιακό μοντέλο εκμάθησης.

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας έφερε τεράστια πρόοδο στις τεχνικές μεθόδους που εφαρμόζονται σήμερα στην Ιατρική – ιδιαίτερα στη χειρουργική και σε αναίμακτες επεμβατικές μεθόδους – που πριν από λίγα χρόνια ήταν αδιανόητη.

### **1.5 Φάσεις προσομοίωσης**

Η διαδικασία της προσομοίωσης αποτελείται από τρεις διακριτές φάσεις:

- α) την κατασκευή του μοντέλου προσομοίωσης,
- β) την εκτέλεση ή τρέξιμο του μοντέλου και
- γ) την ανάλυση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης.

Η κατασκευή του μοντέλου αποτελεί ίσως το πιο σημαντικό βήμα για την προσομοίωση του συστήματος, επειδή η ποιότητα και αξιοπιστία του καθορίζουν και

την αξιοπιστία της προσομοίωσης. Στα επόμενα κεφάλαια δίνεται αναλυτικά η μεθοδολογία ανάπτυξης μοντέλων για συνεχή και διακριτά συστήματα. Τα μοντέλα συνεχών συστημάτων λύνονται συνήθως με αναλυτικές μεθόδους, ενώ για τα διακριτά συστήματα χρησιμοποιείται συνήθως η προσομοίωση. Στο κεφάλαιο αυτό δίνονται μόνο οι μηχανισμοί αντιμετώπισης της δυναμικότητας των μοντέλων. Αναπτύσσονται, δηλαδή, οι μεθοδολογίες ελέγχου του χρόνου καθώς το μοντέλο εξελίσσεται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι ο χρόνος που χρησιμοποιείται κατά την προσομοίωση αποτελεί μοντελοποίηση του χρόνου του συστήματος. Επομένως, ο προσομοιούμενος χρόνος δεν έχει καμία σχέση με τον πραγματικό χρόνο που παρέρχεται όταν εκτελείται η προσομοίωση.

## **1.6 Είδη προσομοίωσης**

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι κυριότερες μορφές προσομοίωσης, οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- **Προσομοίωση διακεκριμένων γεγονότων**
- **Προσομοίωση βασισμένη σε υπόθεση**
- **Προσομοίωση βασισμένη σε αριθμητικά δεδομένα**
- **Κατανεμημένη προσομοίωση**
- **Συνεχής προσομοίωση**

### *1.6.1 Προσομοίωση διακεκριμένων γεγονότων*

Η προσομοίωση διακεκριμένων γεγονότων (discrete event simulation) αφορά την μοντελοποίηση ενός συστήματος καθώς αυτό εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου. Το σύστημα, δηλαδή, αναπαρίσταται σαν μια χρονική σειρά γεγονότων (events).

Στην αναπαράσταση ενός τέτοιου συστήματος οι μεταβλητές κατάστασης μεταβάλλονται στιγμιαία σε διακεκριμένες χρονικές στιγμές. Χρησιμοποιώντας τη μαθηματική ορολογία, θα μπορούσαμε να πούμε ότι το σύστημα μπορεί να αλλάζει

μόνον σε μετρητό αριθμό σημείων στο χρόνο. Ένα γεγονός (ένα στιγμιαίο συμβάν το οποίο μπορεί να αλλάξει την κατάσταση του συστήματος) μπορεί να συμβεί στα σημεία αυτά.

Εξ' αιτίας της δυναμικής φύσης των μοντέλων προσομοίωσης διακεκριμένων γεγονότων, θα πρέπει ο σχεδιαστής να παρακολουθεί την τρέχουσα τιμή του χρόνου προσομοίωσης καθώς η προσομοίωση προχωρά. Επίσης, χρειάζεται ένας μηχανισμός που να προχωρά τον χρόνο προσομοίωσης από μία τιμή σε μία άλλη. Τις παραπάνω λειτουργίες αναλαμβάνει το ρολόι προσομοίωσης, η μεταβλητή αυτή δηλαδή που δίνει την τρέχουσα τιμή του χρόνου προσομοίωσης.

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος για να προχωρήσει το ρολόι προσομοίωσης είναι η μέθοδος «να προχωρήσει ο χρόνος στο επόμενο γεγονός» (next event time advance). Με τη μέθοδο αυτή το ρολόι προσομοίωσης παίρνει αρχική τιμή μηδέν και υπολογίζονται οι χρόνοι που θα συμβούν τα μελλοντικά γεγονότα. Στη συνέχεια το ρολόι προχωράει και δείχνει το χρόνο του πιο κοντινού μελλοντικού γεγονότος και γίνονται οι απαραίτητες ενημερώσεις στο σύστημα (ενημερώνεται η κατάσταση συστήματος, μια συλλογή μεταβλητών κατάστασης που είναι απαραίτητες για την περιγραφή του συστήματος σε κάθε χρονική στιγμή). Το ρολόι προχωρά και δείχνει το χρόνο του επόμενου πιο κοντινού μελλοντικού γεγονότος κοκ. Η διαδικασία αυτή προχωρά το ρολόι από ένα γεγονός στο αμέσως επόμενο χρονικά και συνεχίζεται έως ότου ικανοποιηθεί κάποια συνθήκη τερματισμού της προσομοίωσης.

Ένα απλό παράδειγμα για το πώς μπορεί κανείς να κατασκευάσει ένα μοντέλο προσομοίωσης διακεκριμένων γεγονότων είναι η μοντελοποίηση μιας ουράς, όπως για παράδειγμα μιας ουράς πελατών μιας τράπεζας που περιμένουν να εξυπηρετηθούν από έναν ταμιά. Στο παράδειγμα αυτό, οι οντότητες του συστήματος είναι η ουρά των πελατών (Client Queue) και οι ταμίες (Cashiers). Τα γεγονότα είναι οι αφίξεις και οι αναχωρήσεις των πελατών (Client Arrival και Client Departure αντίστοιχα). Η κατάσταση του συστήματος περιλαμβάνει μεταβλητές για τον αριθμό πελατών στην ουρά (NOF Clients in Queue, ακεραίος αριθμός από 0 μέχρι ένα προκαθορισμένο λογικό όριο  $n$ ) και την κατάσταση του ταμιά (Cashier Status, busy ή idle). Δύο πολύ χρήσιμες και σημαντικές μεταβλητές είναι ο χρόνος μεταξύ των αφίξεων των πελατών (Client Interarrival Time) και ο χρόνος εξυπηρέτησης του



ταμία (Cashier Service Time), οι οποίοι κατά κανόνα ακολουθούν συγκεκριμένες κατανομές που έχουν προηγουμένως υπολογιστεί από την στατιστική μελέτη του συστήματος.

Φυσικά υπάρχει και το ρολόι της προσομοίωσης και, τέλος, πρέπει να οριστεί και μια συνθήκη τερματισμού της προσομοίωσης. Συνήθως η συνθήκη είναι του τύπου «τερματισμός της προσομοίωσης στο χρόνο  $t$ », «τερματισμός μετά από την επεξεργασία  $n$  αριθμού γεγονότων» ή, πιο γενικά, «όταν η μεταβλητή  $X$  λάβει την τιμή  $x$ ».

#### *1.6.2 Προσομοίωση βασισμένη σε υπόθεση (scenario based simulation)*

Μία υπόθεση (ένα «σενάριο») διαδραματίζεται από την αρχή μέχρι το τέλος της μέσα στο περιβάλλον προσομοίωσης και ο χρήστης καλείται να πάρει αποφάσεις οι οποίες θα καθορίσουν την έκβαση της προσομοίωσης.

Συχνά παρουσιάζονται μονοπάτια με πολλαπλές εναλλακτικές διόδους και, ανάλογα με το ποιο μονοπάτι θα ακολουθήσει ο χρήστης, η τελική έκβαση της υπόθεσης ακολουθεί τη διαδρομή ενός διακλαδωμένου δένδρου, το οποίο είναι βασισμένο στις αποφάσεις που έχει πάρει ο χρήστης. Ενδιάμεσα της διαδικασίας της προσομοίωσης ο χρήστης λαμβάνει απόκριση (ανάδραση – feedback) από το σύστημα, ώστε να γνωρίζει τυχόν απαραίτητες πληροφορίες για μετέπειτα αποφάσεις που θα πρέπει να λάβει.

#### *1.6.3 Προσομοίωση βασισμένη σε αριθμητικά δεδομένα (numeric based simulation)*

Με αυτόν τον τύπο της προσομοίωσης επιτυγχάνεται η αναπαράσταση σε υψηλό επίπεδο μιας ολόκληρης επιχείρησης ή ενός μέρους αυτής, ή διάφορων διαδικασιών και λειτουργιών της. Ο χρήστης λαμβάνει αποφάσεις χειριζόμενος μοχλούς και διάφορα μηχανήματα, καθώς και εισάγοντας αριθμητικά δεδομένα.

Οι αποφάσεις αξιολογούνται και κατόπιν υπολογίζονται τα αποτελέσματα, τα οποία παρουσιάζονται σε γραφήματα και αναφορές. Ενδιάμεσα της διαδικασίας της προσομοίωσης ο χρήστης λαμβάνει απόκριση (ανάδραση – feedback) από το σύστημα.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν πολλές περιπτώσεις χρήσης προσομοίωση βασισμένης σε αριθμητικά δεδομένα που συμπεριλαμβάνουν την ύπαρξη ανταγωνισμού εναντίον ανταγωνιστριών εταιρειών ή τεχνητών (computer generated) ανταγωνιστών.

#### *1.6.4 Κατανεμημένη προσομοίωση*

Σε ένα σύστημα ουρών με έναν εξυπηρέτη, η εκτέλεση εξαρτάται από το χρόνο που συμβαίνουν τα γεγονότα στο μοντέλο προσομοίωσης. Συνεπώς, η προσομοίωση είναι σειριακή (sequential) και όλη η δουλειά γίνεται με έναν υπολογιστή. Είναι δυνατόν να συνδεθούν μαζί είτε ανεξάρτητοι υπολογιστές, είτε ανεξάρτητοι υπολογιστές σχηματίζοντας παράλληλα (parallel) ή κατανεμημένα (distributed) υπολογιστικά συστήματα.

Στα κατανεμημένα συστήματα τα διαφορετικά τμήματα της υπολογιστικής εργασίας κατανέμονται σε διαφορετικούς επεξεργαστές που δουλεύουν παράλληλα, γεγονός που οδηγεί σε ελαχιστοποίηση του συνολικού χρόνου εκτέλεσης της εργασίας. Αυτό όμως, εξαρτάται από το διαθέσιμο υλικό και λογισμικό.

Η κατανεμημένη και η παράλληλη επεξεργασία εφαρμόζονται σε πολλές περιοχές. Παράδειγμα αποτελεί η εφαρμογή τους στη δυναμική προσομοίωση. Είναι δυνατό να χωριστεί το ίδιο το μοντέλο σε τμήματα που καταχωρούνται σε διαφορετικούς επεξεργαστές για εκτέλεση. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται για να διατηρηθεί η σωστή διάταξη των ενεργειών του όλου συστήματος σε σχέση με το χρόνο. Δηλαδή, να συγχρονιστεί η λειτουργία των τμημάτων του μοντέλου στους

διαφορετικούς επεξεργαστές έτσι ώστε να παριστάνεται σωστά η όλη λειτουργία του μοντέλου.

Το πλεονέκτημα αυτής της διαδικασίας είναι ότι δεν υπάρχει ούτε ένα ολικό (global) ρολόι προσομοίωσης, ούτε μια ολοκληρωμένη λίστα γεγονότων για όλο το μοντέλο. Αντίθετα υπάρχει ένα σύστημα για *πέρασμα μηνυμάτων (message passing)* μεταξύ των επεξεργαστών, όπου κάθε μήνυμα μεταφέρει μαζί του μια χρονική επιγραφή (*time stamp*).

Ένα μειονέκτημα αυτού του τύπου προσομοίωσης είναι ότι μπορεί να συμβεί αδιέξοδο όπου και οι δύο επεξεργαστές πρέπει να περιμένουν ένα μήνυμα ο ένας από τον άλλο πριν μπορέσουν να προχωρήσουν. Μία έννοια, που σχετίζεται με την κατανομή των τμημάτων του μοντέλου στους παράλληλους επεξεργαστές, είναι γνωστή ως *εικονικός χρόνος (virtual time)*.

#### 1.6.5 Συνεχής προσομοίωση

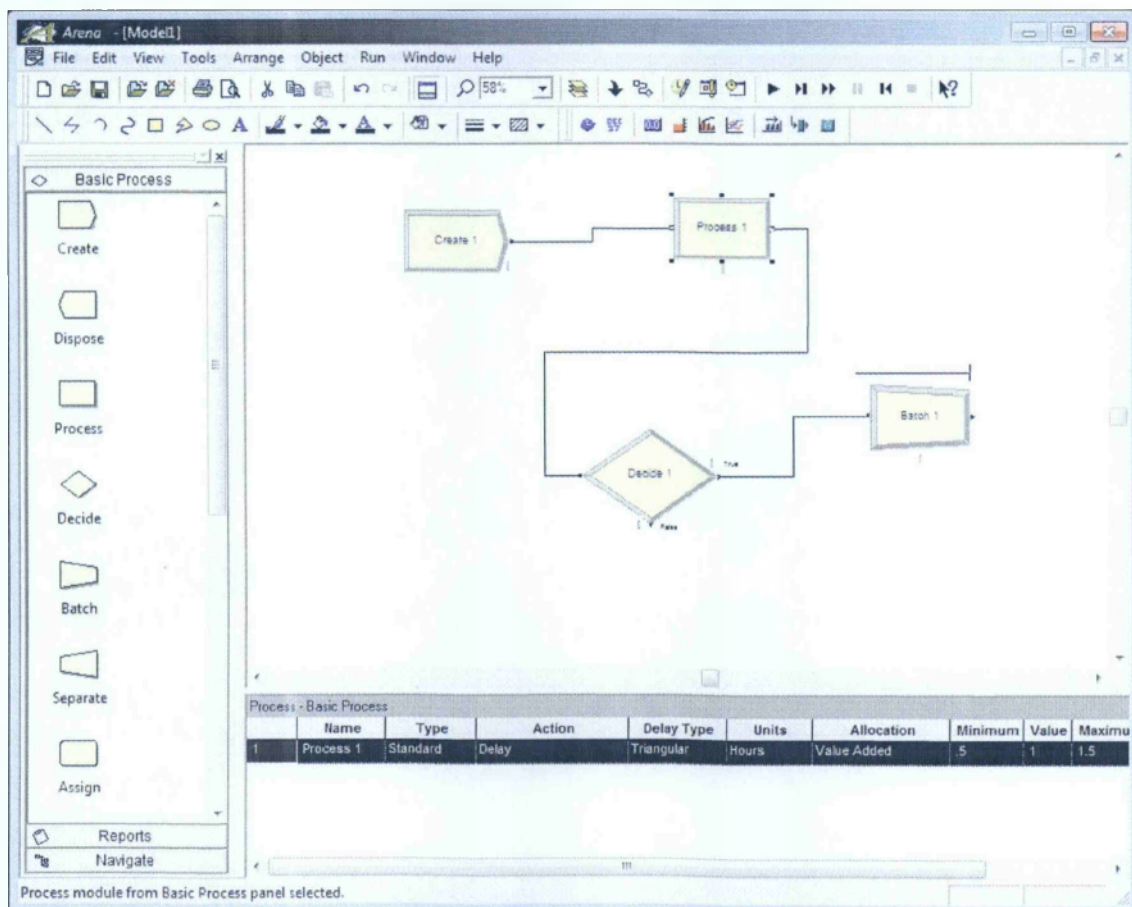
Η συνεχής προσομοίωση είναι η μμοντελοποίηση ενός συστήματος κατά μήκος του χρόνου όπου οι μεταβλητές κατάστασης μεταβάλλονται συνεχώς σε σχέση με το χρόνο. Γίνεται χρήση των διαφορικών εξισώσεων που δίνουν σχέσεις για τους ρυθμούς αλλαγής των μεταβλητών κατάστασης σε σχέση με το χρόνο. Οι εξισώσεις αυτές, μπορούν να λυθούν αναλυτικά αν είναι πολύ απλές, για να δώσουν τις τιμές των μεταβλητών κατάστασης για όλες τις τιμές του χρόνου σαν συνάρτηση των τιμών των μεταβλητών κατάστασης στο χρόνο μηδέν.

Για τα περισσότερα συνεχή μοντέλα όμως δεν είναι δυνατές οι αναλυτικές λύσεις και χρησιμοποιούνται τεχνικές της αριθμητικής ανάλυσης. Για την κατασκευή συνεχών μοντέλων προσομοίωσης, υπάρχουν ειδικές γλώσσες προσομοίωσης όπως η ACSL και η CSSL-IV.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ARENA

### 2.1 Rockwell Arena

Το Rockwell Arena είναι ένα λογισμικό προσομοίωσης της εταιρείας Rockwell Automation. Στο Arena ο χρήστης κατασκευάζει το μοντέλο προσομοίωσης που επιθυμεί, εισάγοντας τα modules («κουτιά» διαφορετικών σχημάτων), τα οποία αναπαριστούν διαφορετικές διαδικασίες και έχουν αντίστοιχα διάφορες ιδιότητες. Τα modules μπορούν να ενωθούν με συνδετικές γραμμές αναπαριστώντας το σύστημα για προσομοίωση. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται όλα αυτά τα χαρακτηριστικά.



Εικόνα 2.1 Αρχικό περιβάλλον λογισμικού Arena



Το Arena χρησιμοποιεί τεχνολογίες της Microsoft. Στην περίπτωση που θα χρειαστεί να χρησιμοποιηθεί κώδικα για το μοντέλο που σχηματίζεται, το Arena υποστηρίζει την γλώσσα Visual Basic for Applications, ώστε να επιτευχθεί περισσότερη αυτοματοποίηση και ευκολία. Υποστηρίζεται επίσης η χρήση διαγραμμάτων ροής του Microsoft Visio, καθώς και η ανάγνωση από και εγγραφή σε φύλλα Excel και βάσεις δεδομένων σε Access. Άλλωστε, το λογισμικό Arena εξάγει και στατιστικά στοιχεία σε μορφή αναφορών.

### 2.1.1 Χαρακτηριστικά του λογισμικού Arena

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του λογισμικού Arena.

- **Λογική και σταθερή μεθοδολογία μοντελοποίησης.** Το Arena υποστηρίζει διαγράμματα ροής.
- **Δυνατότητα επέκτασης και επαναχρησιμοποίησης του κώδικα.** Ο χρήστης μπορεί να λάβει τμήματα κώδικα από άλλους χρήστες ή να δώσει ένα δικό του τμήμα κώδικα σε άλλους χρήστες και να τα εισάγει στο μοντέλο.
- **Φιλικό προς τον χρήστη.** Είναι εύχρηστο και φιλικό προς τον χρήστη ακόμα και αν είναι αρχάριος. Είναι ταυτόχρονα ικανοποιητικό και για έναν έμπειρο χρήστη.
- **Δυνατότητες αναφορών και παρουσίασης.** Εμπεριέχει πλήθος αναφορών και παρουσίασης, στατιστικών στοιχείων και ανάλυσης δεδομένων εισόδου εξόδου ακόμα και με animation.

### 2.1.2 Εκδόσεις του λογισμικού Arena

Οι εκδόσεις του Arena ακολουθούν τις κυριότερες κατηγορίες που ισχύουν για τα προγράμματα και είναι οι εξής:

#### 1. **Student Edition:**

Δωρεάν έκδοση για φοιτητές που έρχονται σε επαφή για πρώτη φορά.

Η χρήση του είναι μη εμπορική.

## **2. Research Edition:**

Έκδοση για ακαδημαϊκή χρήση, όπως π.χ. για τη διδασκαλία σε πανεπιστήμια. Η χρήση του είναι μη εμπορική.

## **3. Basic Edition:**

Εισαγωγική έκδοση και περιλαμβάνει μόνο ένα βασικό σύνολο προτύπων (templates).

## **4. Professional Edition:**

Είναι έκδοση γενικής χρήσης και επιτρέπει στον χρήστη να κατασκευάσει δικά του πρότυπα.

## **5. Enterprise Suite:**

Περιλαμβάνει όλα τα διαθέσιμα εργαλεία για την κάλυψη πολλών αναγκών.

## **2.2 Εφαρμογές και περιπτώσεις χρήσης του Rockwell Arena**

Το λογισμικό Arena έχει εφαρμοστεί σε πολλές και διάφορες πτυχές της οικονομικής, στρατιωτικής και επιχειρηματικής ζωής, έτσι όπως παρουσιάζεται στην συνέχεια.

- **Χρήση του Arena σε στρατιωτικές και αμυντικές επιχειρήσεις:** Το αμερικανικό ναυτικό κατασκεύασε δύο μοντέλα προσομοίωσης που αφορούν στην επισκευή ενός αεροσκάφους με σκοπό τη μείωση του απαιτούμενου χρόνου.

Τα τμήματα μεταφορών του στρατού έρχονται αντιμέτωπα με πολύπλοκα δίκτυα εφοδιασμού που έχουν να κάνουν με πληθώρα αντικειμένων. Ο στρατός των ΗΠΑ μοντελοποίησε και προσομοίωσε ένα τέτοιο δίκτυο, και έδειξε ποσοτικά τις επιπτώσεις στην μεταφορά των αγαθών, το κόστος της επιχείρησης και την απόδοσή της.

Η πολεμική αεροπορία των ΗΠΑ κατασκεύασε ένα λογισμικό προσομοίωσης το οποίο βοηθά στη λήψη αποφάσεων όσον αφορά τόσο τις αεροπορικές επιχειρήσεις όσο και μετά την ολοκλήρωση αποστολών.

Το υπουργείο εθνικής ασφάλειας των Ηνωμένων Πολιτειών, χρησιμοποιώντας το Arena, ανέπτυξε ένα πλαίσιο όπου λαμβάνει χώρα ένα κύριο σενάριο το οποίο περιλαμβάνει υποσενάρια, όσον αφορά μία επίθεση με το μικρόβιο του άνθρακα.

- **Χρήση του Arena στις επιχειρηματικές διαδικασίες (business processes):**  
Η Γενική Τράπεζα του Λουξεμβούργου δημιούργησε ένα σύστημα προσομοίωσης το οποίο εφαρμόζει στην ανάλυση και το σχεδιασμό του συστήματος διοίκησης της.

Ενδιαφέρον έχει και ο συνδυασμός του Arena με ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) που ως σκοπό είχε την προσομοίωση της διέλευσης πλοίων από την διώρυγα του Παναμά.

Το Pearson Airport του Τορόντο του Καναδά χρησιμοποίησε το Arena για την ανάλυση και αξιολόγηση του συστήματος μεταφοράς των φορτίων του.

Η Delta Airlines χρησιμοποίησε το Arena για την δημιουργία προσομοίωσης που αφορούσε την αξιολόγηση ορισμένων προτεινόμενων χρονοπρογραμμάτων πτήσεων, καθώς και τις αλλαγές που θα μπορούσαν αυτά να επιφέρουν.

Το τμήμα ερευνών της IBM, αλλά και το τμήμα επίλυσης προβλημάτων ταξιδιωτικών εταιριών και εταιριών μεταφορών χρησιμοποιούν το Arena για την δημιουργία προσομοίωσης για να αντιληφθούν τις επιπτώσεις που έχει η χρήση νέων τεχνολογιών σε περιπτώσεις συμφόρησης, σχετικά με τις ανάγκες για προσωπικό και την εξυπηρέτηση των πελατών.



- **Χρήση του Arena στον τομέα της υγείας:** Στην περιοχή Pais Valencia της Ισπανίας χρησιμοποιήθηκε το Arena για να κατασκευαστεί ένα μοντέλο της λίστας αναμονής για μεταμόσχευση νεφρού.

Στην Ελλάδα χρησιμοποιήθηκε το Arena για να κατασκευαστεί ένα γενικής χρήσης μοντέλο προσομοίωσης διακριτού χρόνου, το οποίο αρχικά επικεντρώνεται στον εμβολιασμό παιδιών ενός μικρού ιατρικού κέντρου που εξυπηρετεί τις οικονομικά ασθενείς τάξεις.

Το Jackson Memorial Hospital των ΗΠΑ μοντελοποίησε τις διαδικασίες που ακολουθούνται στην αίθουσα τοκετού και στους θαλάμους νέων μητέρων.

Το κέντρο υγείας παιδών του Cincinnati στις ΗΠΑ κατασκεύασε ένα μοντέλο που προσομοιώνει τη διαδικασία με την οποία γίνεται ο χρονοπρογραμματισμός εξωτερικών ασθενών για ιατρικές επισκέψεις.

Στην ίδια περιοχή, προσομοιώθηκε ένα κέντρο υγείας για την αντιμετώπιση του καρκίνου. Σκοπός της εργασίας ήταν η ανάλυση της ροής ασθενών, η χρήση διαφορετικών επιλογών χρονοπρογραμματισμού, η αξιολόγηση των πόρων και η έρευνα για την ανάγκη ύπαρξης ενός καινούριου κτιρίου.

- **Χρήση του Arena στη βιομηχανία:** Η Ericsson Radio System της Σουηδίας κατασκεύασε ένα σύστημα προσομοίωσης με σκοπό τον σχεδιασμό της γραμμής παραγωγής. Σκοπός ήταν η προσομοίωση να στηρίξει τη λειτουργία της λήψης σημαντικών αποφάσεων από τη διοίκηση της εταιρίας για την οργάνωση της παραγωγής.

Αρκετές βιομηχανίες δημιουργούν συστήματα προσομοίωσης προκειμένου να ασκούν έλεγχο στην πολύπλοκη τεχνολογία του λογισμικού και των αυτοματισμών που χρησιμοποιείται στην παραγωγή. Για παράδειγμα, η MGV

Manufacturing Inc. που εδρεύει στο Huntsville της Alabama χρησιμοποιεί ένα σύστημα προσομοίωσης με σκοπό τη γρήγορη μοντελοποίηση της γραμμής παραγωγής βιομηχανιών ηλεκτρονικών συσκευών.

Η Catalyst Paper Corporation, μία από τις μεγαλύτερες βιομηχανίες παραγωγής χαρτιού της βόρειας Αμερικής με πελάτες σε ολόκληρο τον πλανήτη, δημιούργησε και εφαρμόζει σύστημα προσομοίωσης με το Arena με σκοπό τη μείωση του κόστους παραγωγής, τη μείωση των εξόδων διακίνησης και την καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών της.

Συχνά μια εταιρία καλείται να αντιμετωπίσει το ζήτημα της κατακόρυφης αύξησης της παραγωγής ενός προϊόντος. Αρχικά αυτό φαίνεται να είναι μια απλή διαδικασία, όμως πρέπει να παρθούν σημαντικές αποφάσεις, όπως το άνω όριο της παραγωγής, το κόστος του εγχειρήματος και η επίτευξη συγκεκριμένων στόχων. Αρκετές επιχειρήσεις συνδυάζουν την χρήση προσομοίωσης με το Arena και λογιστικά προγράμματα για να πετύχουν τη μετάβαση από μια μικρή γραμμή παραγωγής ενός προϊόντος σε μια πολύ μεγαλύτερη.

- **Χρήση του Arena στις εφοδιαστικές αλυσίδες (supply chains):** Η ανάλυση της λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας του τμήματος εξαρτημάτων μιας βιομηχανίας αυτοκινήτων περιλαμβάνει την μεταφορά εξαρτημάτων από τις αποθήκες της βιομηχανίας στους προμηθευτές, αλλά και από προμηθευτή σε προμηθευτή. Κάποιες αυτοκινητοβιομηχανίες κάνουν χρήση προσομοίωσης με το Arena με σκοπό την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του συστήματος, τη χάραξη στρατηγικής όσον αφορά την απογραφή των εξαρτημάτων που βρίσκονται στην κατοχή των προμηθευτών, αλλά και τον αντίκτυπο που θα μπορούσε να επιφέρει η χάραξη μιας κοινής στρατηγικής σε ένα σύνολο προμηθευτών, σε κάθε επίπεδο της απογραφής.

Ο σχεδιασμός της ακολουθίας παραγωγής – διανομής είναι η πιο σημαντική διαδικασία της διαχείρισης μιας εφοδιαστικής αλυσίδας. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος σχεδιασμού έχουν προταθεί τόσο αναλυτικές μέθοδοι, όσο και χρήση προσομοίωσης. Ωστόσο, καθεμιά από τις δύο μεθόδους έχει τα μειονεκτήματά της. Αρκετές εταιρίες Logistics συνδύασαν αναλυτικές μεθόδους και προσομοίωση. Η ικανότητα παραγωγής μιας μηχανής και η ικανότητα διανομής θεωρούνται στοχαστικοί παράγοντες της αναλυτικής μεθόδου, και ρυθμίζονται ανάλογα με τα αποτελέσματα που παράγει ένα γενικής χρήσης μοντέλο προσομοίωσης, σχετικό με την επίλυση προβλημάτων παραγωγής – διανομής. Αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία ενός μοντέλου το οποίο συνδυάζει τα κύρια πλεονεκτήματα της επίλυσης μέσω αναλυτικών μεθόδων και μέσω προσομοίωσης, με παράλληλη αποφυγή των μειονεκτημάτων κάθε διαδικασίας επίλυσης.

Κάποιες εταιρίες Logistics με τη χρήση του Arena ανέπτυξαν ένα αφαιρετικό μοντέλο προσομοίωσης για την αξιολόγηση των επιχειρηματικών διεργασιών και των παραμέτρων του ελέγχου αποθεμάτων μιας λογιστικής αλυσίδας λογιστικής και διανομής.

Σε ότι αφορά την προσομοίωση, ένας από τους πιο κρίσιμους παράγοντες της επιτυχούς χρήσης της είναι ο τρόπος της επιλογής της μοντελοποίησης του πραγματικού συστήματος. Συνεπώς, ο σχεδιασμός του μοντέλου προσομοίωσης ενός συστήματος είναι το ίδιο σημαντικός με την κατασκευή του ίδιου του μοντέλου. Μια μεγάλη εταιρία Logistics μοντελοποίησε και προσομοίωσε έναν καινούργιο σιδηροδρομικό σύνδεσμο για τη μεταφορά φορτίων από το λιμάνι του Rotterdam (Ολλανδία) προς τον κυριότερο πελάτη, στην περιοχή Rhur (Γερμανία).

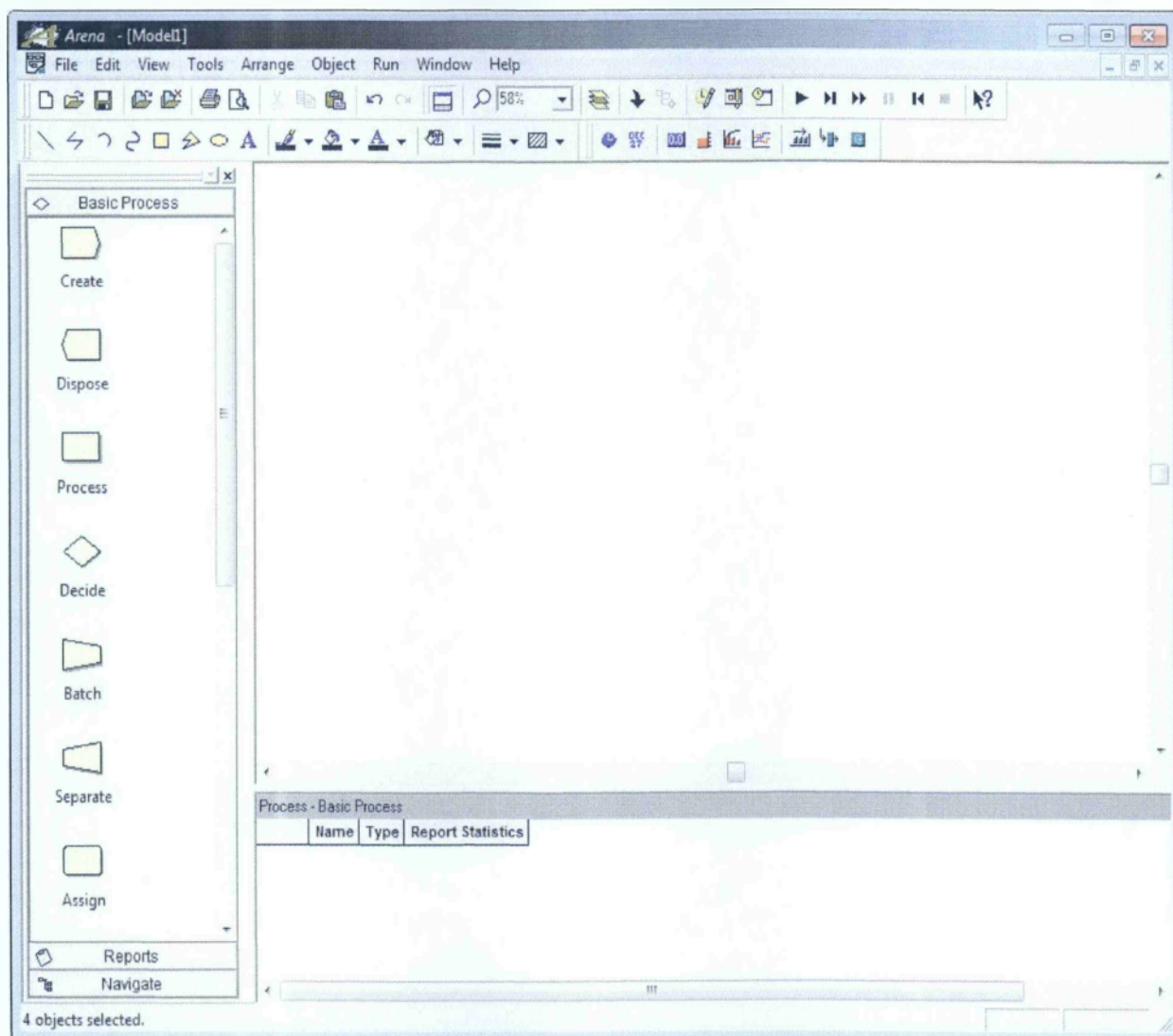
Η τοπική κυβέρνηση του Τέξας (ΗΠΑ) χρησιμοποίησε το Arena για την προσομοίωση της κίνησης οχημάτων και πεζών από και προς το διεθνές αεροδρόμιο Austin-Bergstrom, το οποίο βρίσκεται στο Austin του Texas. Το μοντέλο προσομοίωσης που κατασκευάστηκε αποδείχθηκε πολύ χρήσιμο όσον αφορά τον σχεδιασμό του αεροδρομίου, ιδιαιτέρως λόγω των αποτελεσμάτων για την κίνηση των οχημάτων και των πεζών.

### 2.3 Βασικές λειτουργίες

Με την εκκίνηση του λογισμικού, εμφανίζεται το παράθυρο με το κυρίως περιβάλλον, το οποίο περιλαμβάνει τις βασικές λειτουργίες. Οι λειτουργίες αυτές είναι:

- Μενού File
- Μενού Edit
- Μενού View
- Μενού Tools
- Μενού Arrange
- Μενού Object
- Μενού Run
- Μενού Window
- Μενού Help
- Μενού Αντικειμένων

Η εικόνα που ακολουθεί δείχνει την αρχική οθόνη του λογισμικού, με τις βασικές λειτουργίες που περιλαμβάνει.



**Εικόνα 2.2 Αρχική οθόνη του Arena**

### 2.3.1 Μενού File

Το μενού «File» περιέχει όλες τις επιλογές που αφορούν διαχείριση αρχείων, εκτυπώσεις κλπ. Κάποιες χρήσιμες επιλογές από το μενού File βρίσκονται και στη μπάρα συντομεύσεων.





**Εικόνα 2.3** Η μπάρα συντομεύσεων με κοινές επιλογές με το μενού «*File*»

### 2.3.2 Μενού *Edit*

Το μενού «*Edit*» περιλαμβάνει τις λειτουργίες που χρειάζονται κυρίως για την δημιουργία και την επεξεργασία του μοντέλου. Από αυτό το μενού μπορούμε να εισάγουμε νέα αντικείμενα και να χρησιμοποιήσουμε κι άλλες χρήσιμες λειτουργίες.

### 2.3.3 Μενού *View*

Το μενού «*View*» περιλαμβάνει όλες εκείνες τις επιλογές σχετικά με το τί θα εμφανίζεται στην οθόνη.

### 2.3.4 Μενού *Tools*

Το μενού *Tools* περιλαμβάνει μια λίστα με εργαλεία που μπορεί να συνδεθεί το Arena. Εδώ βρίσκονται δύο υπό-μενού, το πρώτο είναι το *Model Documentation Report* που μπορεί κανείς να ρυθμίσει το τι θα περιέχει η αναφορά του (εικόνα 2.4) και το υπό-μενού *Options* που είναι οι βασικές επιλογές του λογισμικού που μπορούν να ρυθμιστούν.

### Arena Model Documentation Options

Model Data Reported	
<input checked="" type="checkbox"/> Project Description	<input checked="" type="checkbox"/> Logic Modules
<input checked="" type="checkbox"/> Replication Parameters	<input checked="" type="checkbox"/> Submodel Objects
<input checked="" type="checkbox"/> Data Modules	<input type="checkbox"/> Animation Objects
Report Options	
<input checked="" type="checkbox"/> Recurse Submodels	<input type="checkbox"/> Show Module Operand Data
<input checked="" type="checkbox"/> Show Separators	<input type="checkbox"/> Include Objects With No User-Specified Descriptions
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/> <input type="button" value="Help"/>	

**Εικόνα 2.4** Υπό – μενού επιλογών διαμόρφωσης αναφοράς





**Εικόνα 2.5 Υπό – μενού ρυθμίσεων επιλογών**

### 2.3.5 Μενού Arrange

Η λειτουργία του μενού «Arrange» αφορά τη ρύθμιση και την αλλαγή της οπτικής του μοντέλου που σχεδιάζουμε.

### 2.3.6 Μενού Object

Το μενού «Object» αναφέρεται στα αντικείμενα του λογισμικού. Με τη συγκεκριμένη λειτουργία δίνεται η δυνατότητα να συνδεθούν ή να αποσυνδεθούν τα αντικείμενα μεταξύ τους.

### 2.3.7 Μενού Run

Από το μενού «Run» γίνεται η εκκίνηση της προσομοίωσης του μοντέλου που έχει σχεδιαστεί. Επίσης, η λειτουργία αυτή δίνει τη δυνατότητα της εκτέλεσης βήμα-βήμα της προσομοίωσης και της διενέργειας ελέγχου για λάθη. Στην παρακάτω εικόνα, παρουσιάζεται το υπό-μενού «Run Setup», το οποίο περιλαμβάνει τις επιλογές εκτέλεσης, καθώς και τις ρυθμίσεις που καθορίζουν τον τρόπο εκτέλεσης της προσομοίωσης.



**Εικόνα 2.6** Επιλογές εκτέλεσης του μοντέλου προσομοίωσης

### 2.3.8 Μενού *Window*

Η λειτουργία του μενού «*Window*» ρυθμίζει, καθορίζει τον τρόπο παρουσίασης του προγράμματος και το πώς θα φαίνονται τα παράθυρα της εφαρμογής.

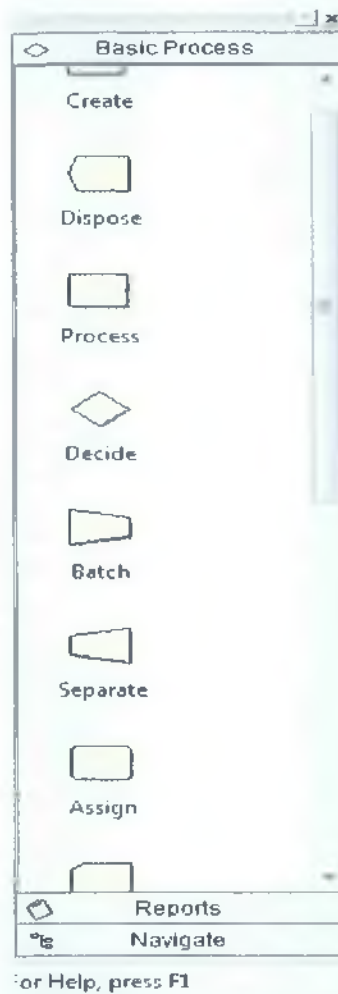
### 2.3.9 Μενού *Help*

Η λειτουργία του μενού «*Help*» αφορά στην επίλυση των αποριών του χρήστη, εμπεριέχοντας γρήγορες απαντήσεις για τη λειτουργία του λογισμικού, καθώς και το εγχειρίδιο χρήσης του.

### 2.3.10 Μενού *Αντικειμένων*

Η χρήση του μενού αυτού αποσκοπεί στην εισαγωγή αντικειμένων κατά τη δημιουργία του μοντέλου με βάση το λογισμικό. Το μενού των αντικειμένων βρίσκεται αριστερά του κεντρικού παραθύρου της εφαρμογής *Arena* (εικόνα 2.7) και διαθέτει τρεις τύπους αντικειμένων. Αυτοί είναι:

- Οι διεργασίες (*processes*),
- Οι αναφορές (*reports*) και,
- Η πλοήγηση (*navigate*).



**Εικόνα 2.7 Το μενού των αντικειμένων**

### 2.3.11 Σχόλια

Κάτω δεξιά στο αρχικό παράθυρο υπάρχουν οι διάφορες ιδιότητες των αντικειμένων με τη δυνατότητα επεξεργασίας, ώστε να συμβαδίζουν με το μοντέλο έχει δημιουργηθεί (εικόνα 2.8). Κατά κύριο λόγο αυτές είναι πχ το Όνομα, Τύπος, Στατιστικά, Απασχόληση ανά ώρα κ.ά.

Create - Basic Process								
	Name	Entity Type	Type	Value	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
1	Create 1	Entity 1	Random (Έξοχο)	1	Hours	1	Infinite	0.0

**Εικόνα 2.8 Ιδιότητες των αντικειμένων**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ARENA ΣΕ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ

Στο κεφάλαιο αυτό θα υλοποιηθεί ένα μοντέλο λογισμικού Arena για νοσοκομείο. Αρχικά, θα σχεδιαστεί ένα απλό μοντέλο για μια απλή περίπτωση χρήσης σε νοσοκομείο και στη συνέχεια το μοντέλο αυτό θα βελτιώνεται με νέα στοιχεία παρατηρώντας και σχολιάζοντας τις αλλαγές που θα προκύπτουν.

Από τη διαδικασία σχεδιασμού της προσομοίωσης, θα προστεθούν και τα γραφικά που θα απεικονίζουν αντικείμενα. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας θα παρουσιαστούν και οι αναφορές που προκύπτουν ώστε να εξαχθούν τα ανάλογα συμπεράσματα.

### 3.1 Δεδομένα για τον σχεδιασμό του μοντέλου προσομοίωσης

Έστω ότι πρόκειται να σχεδιαστεί και να εφαρμοστεί ένα μοντέλο λογισμικού Arena για την παθολογική κλινική ενός μικρού επαρχιακού νοσοκομείου. Το αντικείμενο λειτουργίας της κλινικής είναι η αποθεραπεία των ασθενών που εισάγονται σε αυτή.

Η παθολογική κλινική διαθέτει έναν γιατρό ο οποίος εξετάζει έναν – έναν τους ασθενείς και αναλαμβάνει τον επόμενο όταν έχει τελειώσει με τον προηγούμενο, δηλαδή, δεν εξετάζει δύο ασθενείς ταυτόχρονα.

Το επαρχιακό νοσοκομείο είναι το μόνο σε όλο το νομό και για τον λόγο αυτόν λειτουργεί όλο το εικοσιτετράωρο, διαθέτοντας πάντοτε ένα γιατρό στην παθολογική κλινική σε όλες τις βάρδιες.

Η μέση αμοιβή του γιατρού ορίζεται σε 12 € την ώρα σε όλες τις βάρδιες. Έστω ότι ο ρυθμός αφίξεων ασθενών είναι 50 και έστω ο μέσος χρόνος που χρειάζεται για να εξεταστούν από τον γιατρό είναι 20 λεπτά.

### 3.2 Σχεδιασμός μοντέλου – προσομοίωση

Με την εκκίνηση του λογισμικού, εμφανίζεται το παράθυρο με το κυρίως περιβάλλον, το οποίο περιλαμβάνει τις βασικές λειτουργίες.

Αρχικά, κινούμαστε στο μενού των αντικειμένων που βρίσκεται αριστερά του κεντρικού παραθύρου της εφαρμογής. Επιλέγουμε μια μονάδα Δημιουργίας (Create) και την σύρουμε στον χώρο εργασίας του λογισμικού. Η μονάδα αυτή θα είναι η είσοδος στο μοντέλο μας και θα εμπεριέχει τους κανόνες που διέπουν την είσοδο των ασθενών στο νοσοκομείο. Με διπλό κλικ πάνω στη μονάδα, μπορούμε να ρυθμίσουμε τους κανόνες αυτούς. Στη εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι δυνατότητες επεξεργασίας στη μονάδα αυτή.

Name:		Entity Type:
Arrival		Patient
Time Between Arrivals		
Type:	Expression:	Units:
Expression	50	Minutes
Entities per Arrival:	Max Arrivals:	First Creation:
1	Infinite	0.0
OK		Cancel Help

**Εικόνα 3.1 Μονάδα εισροής Δημιουργίας (Create) στο σύστημα**

Στη πρώτη σειρά δηλώνουμε το όνομα της μονάδας που είναι η «*άφιξη*» και τον τύπο της οντότητας που είναι «*ασθενής*». Στη δεύτερη σειρά δίνεται η κατανομή του χρόνου με μονάδα μέτρησης τα λεπτά. Η 3<sup>η</sup> σειρά δείχνει πόσες οντότητες –

ασθενείς εισέρχονται στο σύστημα, πόσες μπορούν να γίνουν (στο παράδειγμά μας άπειρες) και τότε θα εισρεύσει η πρώτη από αυτές (χρονική στιγμή 0.0).

Στη συνέχεια θα εισαχθεί η μονάδα Διαδικασίας (Process) και θα ενωθεί με την μονάδα Δημιουργίας (Create) που ήδη προϋπάρχει. Αυτό θα γίνει με το εικονίδιο σύνδεσης (Connect) στο πάνω μέρος στην εργαλειοθήκη. Με τον ίδιο τρόπο ρυθμίζονται οι κανόνες και αυτής της μονάδας.

Process

Name: Healing Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, doctor 1
- <End of list>

Delay Type: Expression Units: Minutes Allocation: Other

Expression: 20

Report Statistics

OK Cancel Help

**Εικόνα 3.2 Μονάδα Διαδικασίας (Process) στο σύστημα**

Στη πρώτη σειρά δηλώνουμε το όνομα της μονάδας και τον τύπο της. Ως όνομα ορίζεται η θεραπεία του ασθενούς. Στον τύπο διαλέγουμε Standard γιατί θέλουμε όλη η λογική διεργασία να αποθηκευτεί σε αυτήν την μονάδα.



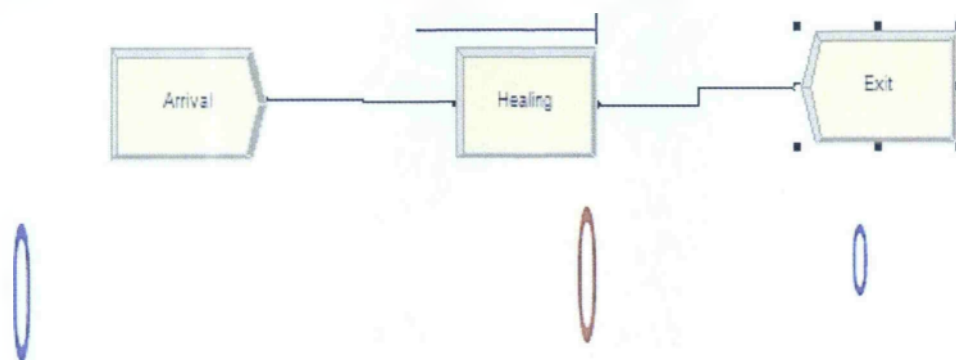
Στην ενότητα Λογικής Διεργασίας (Logic) υπάρχει η δραστηριότητα της Ενέργειας (Action) όπου επιλέγεται η Καθυστέρηση Εισαγωγής (Seize Delay Release). Αυτό συμβαίνει επειδή ορίσαμε ότι κάθε ασθενής (οντότητα) που εισάγει την διαδικασία ίασης (Healing) να καταλαμβάνει τον πόρο (γιατρός) και να μην επιτρέπει σε άλλες οντότητες (ασθενείς) να εισέλθουν. Όταν ο ασθενής (οντότητα) ολοκληρώσει με τον πόρο (γιατρό), τότε θα επιτρέψει σε άλλες οντότητες (ασθενείς) να εισέλθουν.

Στο επόμενο βήμα εισάγουμε έναν Πόρο (Resource) στην διεργασία αυτή. Ο πόρος που εισάγεται είναι ο γιατρός (doctor), δηλαδή ο γιατρός της παθολογικής κλινικής.

Στη συνέχεια, εισάγεται ο τύπος της Καθυστέρησης (Delay) ο οποίος αφορά τον χρόνο της εξέτασης. Ο χρόνος αυτός έχει οριστεί σε 20 λεπτά.

Στο τέλος, είναι προεπιλεγμένη η Αναφορά για Στατιστικά στοιχεία (Report Statistics) ώστε να εξαχθούν τα στατιστικά στοιχεία της προσομοίωσης που θα ακολουθήσει.

Επόμενο βήμα στη δημιουργία της προσομοίωσης είναι η εισαγωγή μιας μονάδας εξόδου, η οποία ονομάζεται Έξοδος (Exit) και επιλέγουμε την καταγραφή στατιστικών. Το μοντέλο έχει πλέον πάρει την μορφή που εμφανίζεται στην εικόνα 3.3. Παρατηρούμε ότι πάνω από την μονάδα Θεραπείας (Healing) υπάρχει μια μπάρα αναμονής.



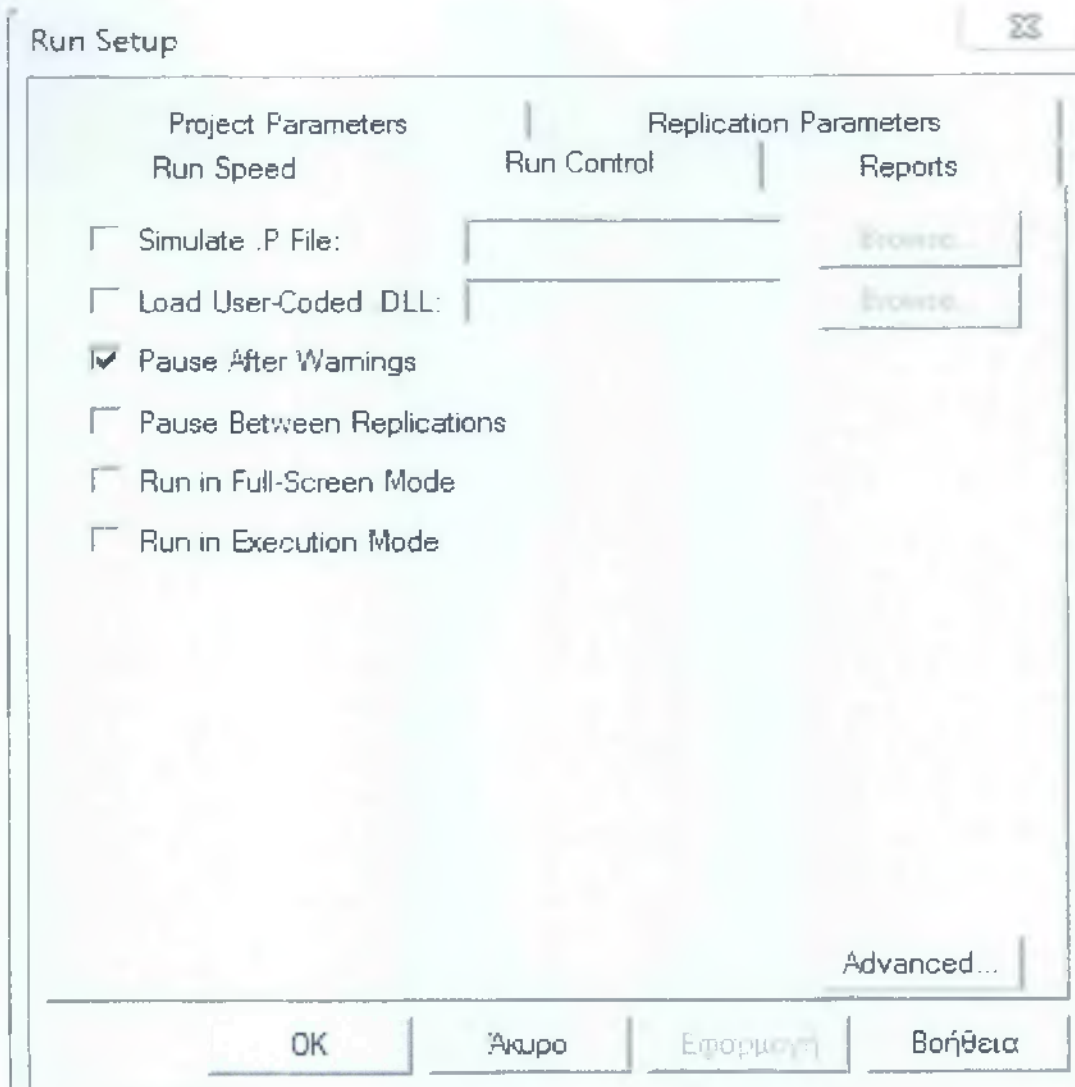
**Εικόνα 3.3 Μοντέλο προσομοίωσης**

Το επόμενο βήμα στη δημιουργία του μοντέλου είναι να εισαχθεί ο Πόρος (Resource), δηλαδή το κόστος του γιατρού. Επιλέγοντας το εικονίδιο Resource από αριστερά εισάγουμε το κόστος ανά ώρα που έχει ο ιατρός, το οποίο έχει οριστεί σε 12€. Η εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζει την διαδικασία εισαγωγής του κόστους του πόρου.

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	State Set Name	Failures	Report Statistics
1	doctor	Fixed Capacity	1	12	12	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

**Εικόνα 3.4 Διαδικασία εισαγωγής του κόστους του πόρου**

Το τελευταίο στάδιο στη δημιουργία της προσομοίωσης είναι ο η ρύθμιση του τρόπου εκτέλεσης του μοντέλου. Η ρύθμιση αυτή γίνεται από το μενού «Run» και στη συνέχεια μέσω του υπό-μενού «Run Setup» (εικόνα 3.5).



**Εικόνα 3.5 Επιλογές εκτέλεσης του μοντέλου προσομοίωσης**

Στην καρτέλα «*Project Parameters*» εισάγονται κάποια αναγνωριστικά στοιχεία του μοντέλου όπως «*Hospital Simple Analysis*».

Στην καρτέλα «*Replication Parameters*» επιλέγεται το πεδίο «Warm-up Period» να έχει τιμή 0 ώστε το μοντέλο να εκτελείται για όλο το χρονικό διάστημα της προσομοίωσης.

Στο πεδίο «*Replication Length*» ο χρήστης δηλώνει το χρονικό διάστημα για το οποίο θέλει να τρέχει το μοντέλο, ενώ στο πεδίο «*Hours per day*» εισάγονται οι εργάσιμες ώρες που αντιστοιχούν ανά ημέρα. Το εν λόγω νοσοκομείο, όπως ορίστηκε

παραπάνω, λειτουργεί όλο το 24ωρο. Η ημέρα έχει 24 ώρες αλλά ως μονάδα μέτρησης εισάγονται τα λεπτά.

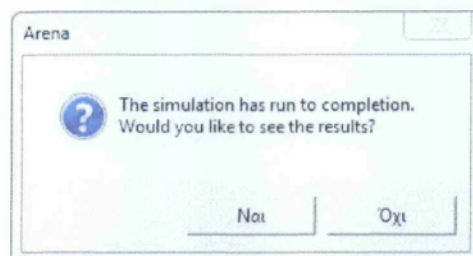
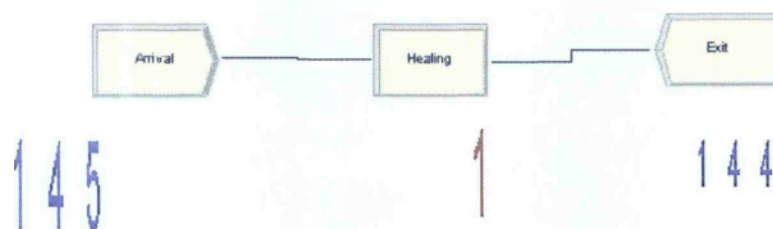
Στην καρτέλα «*Run Speed*» γίνεται η ρύθμιση του πόσο γρήγορα θα εκτελεστεί το μοντέλο.

Στην καρτέλα «*Run Control*» δίνεται η δυνατότητα επιλογής ανάμεσα σε διάφορους τρόπους εκτέλεσης του μοντέλου.

Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω βημάτων, το μοντέλο είναι έτοιμο προς εκτέλεση η οποία θα γίνει με το πάτημα «*Go*».

### 3.3 Εκτέλεση Προσομοίωσης

Κάνοντας κλικ στο κουμπί «*Go*» το μοντέλο εκτελείται. Μόλις ολοκληρωθεί η εκτέλεση παρουσιάζεται η παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 3.6 Οθόνη ολοκλήρωσης προσομοίωσης

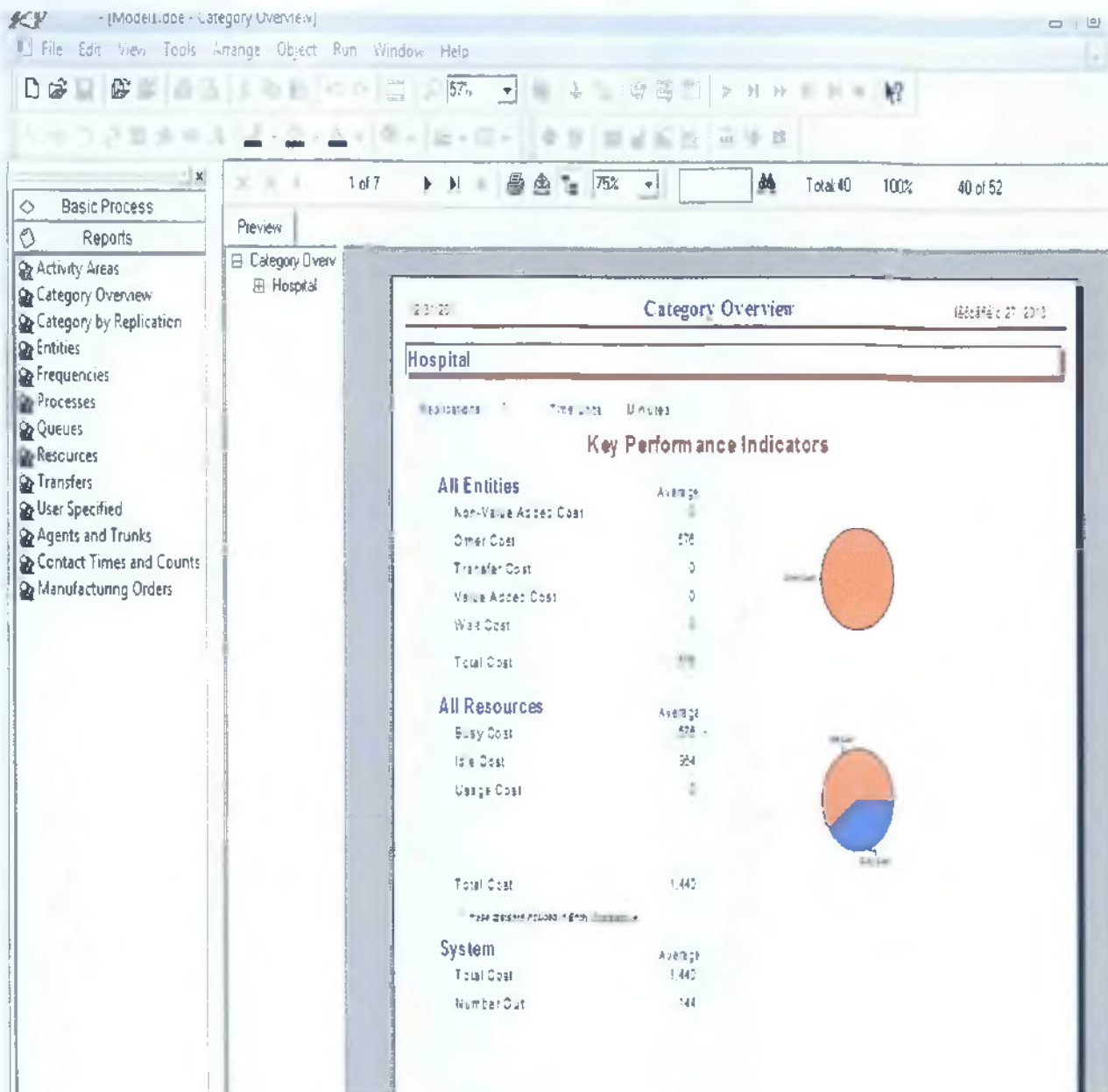
Παρατηρούμε ότι στην οθόνη εμφανίζονται τρεις αριθμοί, 145 – 1 – 144. Η επεξήγησή τους είναι η ακόλουθη:

- 145 είναι ο αριθμός των αφίξεων των ασθενών στο νοσοκομείο,
- 1 είναι ο ασθενής που βρίσκεται αυτή τη στιγμή στο νοσοκομείο και
- 144 είναι οι ασθενείς που έχουν φύγει από το νοσοκομείο.

Στο κάτω μέρος της οθόνης εμφανίζεται ένα παράθυρο, το οποίο ενημερώνει ότι η προσομοίωση ολοκληρώθηκε, ενώ προβάλλει την ερώτηση εάν υπάρχει επιθυμία για την εμφάνιση των αποτελεσμάτων. Εάν γίνει κλικ στο «Ναι» δημιουργείται η έγγραφη αναφορά.

### **3.4 Έγγραφη αναφορά**

Όταν η προσομοίωση ολοκληρωθεί, εμφανίζεται ένα παράθυρο, το οποίο, εκτός των άλλων, προβάλλει την ερώτηση εάν υπάρχει επιθυμία για την εμφάνιση των αποτελεσμάτων. Κάνοντας κλικ στο «Ναι» δημιουργείται η έγγραφη αναφορά, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα που ακολουθεί.



**Εικόνα 3.7 Έγγραφο αναφορά**

Στο πρώτο διάγραμμα απεικονίζεται το συνολικό κόστος (other cost), το οποίο αποτελείται από τους μισθούς του ιατρού.

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζεται το κόστος εργασίας που είναι 576€, καθώς και το κόστος της μη απασχόλησης, που είναι 864€.

Τέλος, παρουσιάζεται το συνολικό κόστος που είναι 1440€ (576 + 864), καθώς και ο αριθμός των ασθενών που βγήκαν από το νοσοκομείο.



Αριστερά, στην καρτέλα «Hospital» → «Entity» φαίνεται η λίστα μιας χρονικής ανάλυσης του μοντέλου. Στην λίστα αυτή υπάρχει ο χρόνος αναμονής ενός ασθενή ο οποίος είναι κατά μέσο όρο 20 λεπτά σύμφωνα με τις παραδοχές που ορίστηκαν αρχικά.

Entity				
<b>Time</b>				
VA Time	Average	Max Value	Minimum Value	Maximum Value
Patient	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
NVA Time	Average	Max Value	Minimum Value	Maximum Value
Patient	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Max Value	Minimum Value	Maximum Value
Patient	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
Transfer Time	Average	Max Value	Minimum Value	Maximum Value
Patient	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Max Value	Minimum Value	Maximum Value
Patient	20.0000	(insufficient)	20.0000	20.0000
Total Time	Average	Max Value	Minimum Value	Maximum Value
Patient	20.0000	(insufficient)	20.0000	20.0000
<b>Cost</b>				
VA Cost	Average	Max Value	Minimum Value	Maximum Value
Patient	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
NVA Cost	Average	Max Value	Minimum Value	Maximum Value
Patient	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
Wait Cost	Average	Max Value	Minimum Value	Maximum Value
Patient	0.00	(insufficient)	0.00	0.00

**Εικόνα 3.8 Χρονική ανάλυση του μοντέλου**

Τέλος γίνεται ανάλυση κόστους ανά οντότητα (ασθενή) από όπου προκύπτει ότι το κόστος είναι κατά μέσο όρο 4€ ανά ασθενή.

## Process

### Time per Entity

Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
healing	0.00	insufficient	0.00	0.00
Other Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
healing	20.0000	insufficient	20.0000	20.0000
Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
healing	20.0000	insufficient	20.0000	20.0000

### Accumulated Time

Accum. Wait Time	Value
healing	0.00
Accum. Other Time	Value
healing	2800.00
Total Accum. Time	Value
healing	2800.00

### Cost per Entity

Wait Cost Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
healing	0.00	insufficient	0.00	0.00
Other Cost Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
healing	4.0000	insufficient	4.0000	4.0000

Εικόνα 3.9 Κόστος ανά ασθενή

Στην παρακάτω εικόνα έχουμε κάποια στατιστικά για την ουρά αναμονής. Ο μέγιστος αριθμός ασθενών στην αναμονή είναι 0.

## Queue

### Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Healing Queue	0.00	(insufficient)	0.00	0.00

### Cost

Waiting Cost	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Healing Queue	0.00	(insufficient)	0.00	0.00

### Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Healing Queue	0.00	(insufficient)	0.00	0.00

**Εικόνα 3.10** Ουρά αναμονής

Τέλος βλέπουμε κάποια στατιστικά για τους πόρους που συμμετέχουν στο μοντέλο, δηλαδή τον ιατρό. Όπως φαίνεται ο ιατρός είναι απασχολημένος το 40% του χρόνου ενώ τον υπόλοιπο είναι σε αναμονή. Επίσης βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα το κόστος του ιατρού όσο είναι απασχολημένος και όσο βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής.

## Resource

### Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
doctor	0.4000	insufficient	0.00	1.0000

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
doctor	0.4000	insufficient	0.00	1.0000

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
doctor	1.0000	insufficient	1.0000	1.0000

Scheduled Utilization	Value
doctor	0.4000

Total Number Seized	Value
doctor	145.00

### Cost

Busy Cost	Value
doctor	576.00

Idle Cost	Value
doctor	364.00

Usage Cost	Value
doctor	0.00

Εικόνα 3.11 Απασχόληση και κόστος πόρου

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η προσομοίωση είναι μία αναπαράσταση ή ένα μοντέλο που έχει κατασκευαστεί για να αναπαραστήσει και να επιτρέψει την κατανόηση της λειτουργίας ενός συστήματος. Το σύστημα προσομοίωσης «μιμείται» τη συμπεριφορά αυτού που αναπαριστά και συνεπώς επιτρέπει εξοικείωση με τα χαρακτηριστικά του και κατανόηση των λειτουργιών του.

Συνεπώς, η μέθοδος μοντελοποίησης και προσομοίωσης για τη λύση προβλημάτων θα πρέπει να προτιμάται όταν το πρόβλημα είναι δύσκολο, χρονοβόρο, δαπανηρό, επικίνδυνο ή αδύνατο να λυθεί με συνηθισμένες αναλυτικές, αριθμητικές ή φυσικές πειραματικές μεθόδους. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα της προσομοίωσης είναι λιγότερο ακριβή από εκείνα των αναλυτικών λύσεων, καθώς αποτελούν προσεγγίσεις των τελευταίων.

Στην εργασία αυτή, υλοποιήθηκε ένα μοντέλο λογισμικού Arena για ένα υποθετικό νοσοκομείο. Αρχικά, σχεδιάστηκε ένα απλό μοντέλο για μια απλή περίπτωση χρήσης σε νοσοκομείο και στη συνέχεια το μοντέλο αυτό βελτιωνόταν με νέα στοιχεία παρατηρώντας και σχολιάζοντας τις αλλαγές που προέκυπταν.

Σε πρώτη φάση, μια κίνηση για πιθανή βελτίωση της αποδοτικότητας του μοντέλου είναι να προστεθεί ένας ακόμη γιατρός ώστε οι ασθενείς να εξυπηρετούνται πιο γρήγορα. Εάν λοιπόν γίνει κλικ στο εικονίδιο resources και προστεθεί ένας γιατρός ακόμα, και τρέξουμε το μοντέλο, παρατηρούμε ότι στις αναφορές άλλαξε στην καρτέλα Hospital το συνολικό κόστος αλλά και το Idle cost που είναι το κόστος μη απασχόλησης των γιατρών. Αυτό είναι προφανές διότι διπλασιάστηκε το κόστος αφού και ο δεύτερος γιατρός πληρώνεται το ίδιο με τον πρώτο. Συνεπώς, γίνεται αντιληπτό ότι δεν χρειάζεται δεύτερος γιατρός γιατί, όχι μόνο δεν βελτιώνει την αποδοτικότητα, αλλά αυξάνει το κόστος. Όλα αυτά φαίνονται στην παρακάτω καρτέλα.

## Hospital

Replications: 1 Time Units: Minutes

### Key Performance Indicators

#### All Entities

	Average
Non-Value Added Cost	0
Other Cost	576
Transfer Cost	0
Value Added Cost	0
Wait Cost	0
Total Cost	576



#### All Resources

	Average
Busy Cost	576
Idle Cost	2,304
Usage Cost	0



Total Cost 2,880

\* Total costs are included in Entity Cost table

#### System

	Average
Total Cost	2,880
Number Out	144

Όπως φαίνεται στη παραπάνω εικόνα το κόστος έγινε 2880 από 1440, ενώ οι χρόνοι αναμονής και ο αριθμός εξυπηρέτησης έμειναν οι ίδιοι. Άρα ο δεύτερος γιατρός δεν αυξάνει την αποτελεσματικότητα της συγκεκριμένης κλινικής. Πρέπει να σημειωθεί ότι απλά προστέθηκε ένας επιπλέον γιατρός ίδιος με τον πρώτο.

Συνεπώς, γίνεται αντιληπτό ότι με τον ίδιο τρόπο, μία επιχείρηση, ένας ερευνητής, μια εταιρία και οποιοσδήποτε άλλος οργανισμός, μπορεί χρησιμοποιώντας το εργαλείο αυτό που λέγεται Arena να καταλάβει πότε χρειάζεται ή όχι επιπλέον πηγές και πόρους (π.χ. εργαζόμενους) στο σύστημά του. Έπειτα, μπορεί να κάνει τις απαραίτητες ενέργειες ώστε να βελτιώσει το μοντέλο και να πειραματιστεί κάνοντας αλλαγές.

Επιπρόσθετα, η δυνατότητα της οπτικής απεικόνισης στις αναφορές όλων αυτών των στοιχείων που προαναφέρθηκαν, δίνουν τη γνώση εκ των προτέρων το πώς θα λειτουργήσει το μοντέλο, το οποίο στην πραγματικότητα προσομοιάζει μια επιχείρηση, μια διαδικασία ή ότι άλλο είναι επιθυμητό. Έχοντας, λοιπόν,



συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα από πολλές εκτελέσεις προσομοίωσης μιας διαδικασίας, με διαφορετικά δεδομένα κάθε φορά, δύνεται η δυνατότητα να συγκριθούν μεταξύ τους και να επιλεγθεί η καλύτερη και η αποδοτικότερη, κάνοντας τις αλλαγές που χρειάζονται.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abellan J.J., Armero C., Conesa D., Perez-Panades J., Martinez-Beneito A.M., Zurriaga O., Garcia-Blasco J.M., Vanaclocha H.**, “Predicting the behaviour of the renal transplant waiting list in the pavs Valencia (Spain) using simulation modeling”, 2004.
- Alexander J.G., Pater J.G., Teunisse M.**, “The use of a template-based methodology in the simulation of a new cargo track from Rotterdam Harbor to Germany”, 1997.
- Alexopoulos C., Goldsman D., Fontanesi J., Sawyer M., De Guire M., Kopald D., Holcomb K.**, “A discrete-event simulation application for clinics serving the poor”, 2001.
- Altioik T., Benjamin Melamed,** “*Simulation, Modeling & analysis with Arena*”, Academic Press, USA, 2007.
- Bilbrey J.K., Biles W.E., & Sasso D.**, “Integration of simulation and geographic information systems: Modeling traffic flow in Inland Waterways”, 2004.
- Centeno A.M., Lee A.M., Lopez E., Fernandez R.H., Carrillo M., Ogazon T.**, “A simulation study of the labor and delivery rooms at JMH”, 2001.
- Chung A.C.**, “*Simulation Modeling Handbook: A Practical Approach*”, CRC Press, UK, 2004.
- Clarke J.**, “Simulation, Modeling & Analysis with Arena”, 2001.
- Clay R.G., Grange F.**, “Evaluating forecasting algorithms and stocking level strategies using discrete-event simulation“, 1997.
- Ervin C.E., Harris C.R.**, “*Simulation analysis of truck driver scheduling rules*”, Simulation Conference, Proceedings of the 2004, winter, 5-8 Dec, 2004.

**Estremadoyro N.D., Farrington A.P., Bernard  $\beta$ ., Schroer J., Swain J.J.,** "Simulation of Memory Chip Line Using an Electronics Manufacturing Simulator", 1997.

**Gossard T., Brown N., Powers S., Crippen D.,** "Scalable integration model for objective resource capability evaluations (Sim-Force)", 1999

**Gulati S., Malcolm S.A.,** "Call Center scheduling technology evaluation using simulation", 2001.

**Guo M., Wagner M., West C.,** "Outpatient clinic scheduling – A simulation approach", 2004.

**Harmonosky M.C., Traband T.M., Robbie D., Miller L.J., Tillotson R., Rosen L.S.,** "Interfacing simulation with costing software to drive the transformation from prototype manufacturing to high volume manufacturing", 1999

**Jain S., Collins M.L, Workman W.R., Ervin C.E.,** "development of a High-Level supply chain simulation model", 2001.

**Kang K., Gue K.R., Eaton D.R.,** "Cycle time reduction for naval aviation depots", 1998.

**Kelton W.D., Sadowski R.P., Sadowski D.A.,** "Simulation with Arena", 2001.

**Lee H.Y., Kim H.S.,** "Optimal production- Distribution planning in supply chain Management using a hybrid simulation-Analytic approach", 2000.

**McGee J.B., Rossetti M.D. Mason S.J.,** "Simulating Transportation Practices in Multi-Indenture Multi-Echelon (Mime) Systems", 2004.

**Nsakanda A.L., Turcotte M.,** "Air Cargo Operations evaluation and analysis through simulation", 2004.

**Pater J.G.,** "Business Process Simulation: "A Fundamental Step Supporting Process Centered Management", 1999.

**Pollak E., Falash M., Ingraham L., Gottesman V.,** "Operational Analysis Framework for Emergency Operations Center Preparedness Training", 2004.

**Robinson S.**, “*Simulation: The practice of model development and use*”, John Wiley & Sons Press, USA, 2004.

Rockwell Automation, [www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)

**Saltzman R., Mehrotra V.**, “A manager-friendly platform for simulation modeling and analysis of call center queuing systems”, 2004.

**Schumacher B.**, “Proactive flight schedule evaluation at DELTA AIR LINES”, 1999.

**Sepúlveda A.J., Thompson J.W., Baesler F.F., Alvarez I.M., Cahoon E.L.**, “The use of simulation for process improvement in a cancer treatment center”, 1999.

**Snowdon L.J., El-Taji S., Montevocchi M., MacNair E., Callery A.C., Miller S.**, “Avoiding the blues for airline travelers”, 1998.

**Tunasar C., Bender G., Young H.**, “Modeling Curbside Vehicular Traffic at Airports”, 1998.

**Woller J.**, “The basics of Monte Carlo Simulations”, Physical Chemistry Lab, University of Nebraska, Lincoln, 1996.

**Καρατζά Ε.**, “*Μοντελοποίηση και Προσομοίωση*”, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2006.

**Κεμερτζής Γ.**, «*Προσομοίωση στη Διοίκηση με το λογισμικό Rockwell Arena*», Πτυχιακή εργασία, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Πληροφορικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2008