



**ΑΝΟΙΚΤΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΚΥΠΡΟΥ**

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»**

ΕΞΟΜΟΙΩΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΟΡΩΝ ΣΕ ΜΟΝΑΔΕΣ ΥΓΕΙΑΣ

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

ΜΑΡΙΝΑ ΙΩΑΝΝΟΥ
Αύγουστος, 2010

Επιβλέπων Καθηγητής: Θανάσης Χατζηλάκος

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή:	1
2. Επεξήγηση Εννοιών / Συμβόλων:	5
3. Μοντέλο Εξομοίωσης Ροής Ανθρώπινου Δυναμικού:	8
3.1. Γενικές Προδιαγραφές:	8
3.2. Προδιαγραφές Εφαρμογής:	8
3.3. Παραδοχές:	9
3.4. Μοντέλο Προβλήματος:	9
3.4.1 Πρώτη Έκδοση:	10
3.4.2 Δεύτερη Έκδοση:	14
3.4.3 Τρίτη Έκδοση:	16
3.4.4 Τέταρτη Έκδοση:	17
4. Μοντέλο Εξομοίωσης Ροής Ασθενών στο Τμήμα Ατυχημάτων Επειγόντων Περιστατικών:	19
4.1. Γενικές Προδιαγραφές:	19
4.2. Προδιαγραφές Εφαρμογής:	19
4.3. Παραδοχές:	20
4.4. Μοντέλο Προβλήματος:	21
5. Μοντέλο Εξομοίωσης Ροής Ασθενών στο Χειρουργικό Τμήμα:	27
5.1. Γενικές Προδιαγραφές:	27
5.2. Προδιαγραφές Εφαρμογής:	27
5.3. Παραδοχές:	27
5.4. Μοντέλο Προβλήματος:	28
6. Επικοινωνία Χρήστη - Συστήματος:	36
7. Συμπεράσματα:	47
8. Μελλοντικές Προοπτικές:	47
Βιβλιογραφία	48
Παράρτημα 1: Εξισώσεις Πρώτης Έκδοσης Μοντέλου Εξομοίωσης Ροών Ανθρώπινου Δυναμικού	49
Παράρτημα 2: Εξισώσεις Δεύτερης Έκδοσης Μοντέλου Εξομοίωσης Ροών Ανθρώπινου Δυναμικού	50
Παράρτημα 3: Εξισώσεις Τρίτης Έκδοσης Μοντέλου Εξομοίωσης Ροών Ανθρώπινου Δυναμικού	51
Παράρτημα 4: Εξισώσεις Τέταρτης Έκδοσης Μοντέλου Εξομοίωσης Ροών Ανθρώπινου Δυναμικού	53
Παράρτημα 5: Εξισώσεις Μοντέλου Εξομοίωσης Ροών Ασθενών στο Τμήμα Ατυχημάτων και Επειγόντων Περιστατικών	56
Παράρτημα 6: Εξισώσεις Μοντέλου Εξομοίωσης Ροών Ασθενών στο Χειρουργικό Τμήμα	58

1. Εισαγωγή:

Η διοίκηση επιχειρήσεων παροχής υπηρεσιών διαφοροποιείται σημαντικά από τη διοίκηση επιχειρήσεων παραγωγής αγαθών κυρίως εξαιτίας της ταυτόχρονης παραγωγής και κατανάλωσης που χαρακτηρίζει τις υπηρεσίες. Μία επιχείρηση παραγωγής αγαθών, μπορεί να παράγει και να δημιουργεί αποθέματα για να αντιμετωπίσει τις διακυμάνσεις στη ζήτηση των αγαθών, μία δυνατότητα που δεν δίνεται στις επιχειρήσεις παροχής υπηρεσιών.

Η διοίκηση των επιχειρήσεων του τομέα παροχής υπηρεσιών, συνήθως έχει να αντιμετωπίσει διακυμάνσεις στη ζήτηση. Σύμφωνα με τους, *James A. Fitzsimmons* και *Mona J. Fitzsimmons* [1], υπάρχουν τρεις βασικές επιλογές, οι οποίες είναι δυνατό να συνδυαστούν ανάλογα με το είδος της επιχείρησης και τους στόχους της. Η διοίκηση μπορεί:

- Να ομαλοποιεί τη ζήτηση με τη χρήση κρατήσεων ή ραντεβού, δίνοντας κίνητρα μέσα από τις τιμές των υπηρεσιών που προσφέρει σε ώρες μη αιχμής και αποτρέποντας τους πελάτες από το να λαμβάνουν την προσφερόμενη υπηρεσία σε ώρες αιχμής (demarketing peak times).
- Να αναπροσαρμόζει τη δυνατότητα παροχής υπηρεσιών (service capacity), χρησιμοποιώντας έκτακτο προσωπικό κατά τις ώρες αιχμής, προγραμματίζοντας βάρδιες εργασίας για να προσαρμόζει το ανθρώπινο δυναμικό σύμφωνα με τη ζήτηση και αυξάνοντας το μέρος της υπηρεσίας που μπορεί ο πελάτης να αυτοεξυπηρετηθεί.
- Να αφήνει τον πελάτη να περιμένει, δίνοντας έτσι ο πελάτης παθητική συνεισφορά στη διαδικασία παροχής της υπηρεσίας, έχοντας όμως το ρίσκο να χάσει έναν μη ικανοποιημένο πελάτη.

Για τη διοίκηση μίας μονάδας υγείας είναι δύσκολο να μπορέσει να διαχειριστεί τη ζήτηση εξαιτίας της ιδιαίτερης φύσης της υπηρεσίας που προσφέρει. Είναι δυνατό να ομαλοποιήσει τη ζήτηση με τη χρήση ραντεβού για τους ασθενείς που πιθανό να πάσχουν από κάποιο νόσημα και χρειάζεται να γίνει έλεγχος των συμπτωμάτων ή για ασθενείς με χρόνιες παθήσεις, οι οποίοι χρειάζονται παρακολούθηση. Για τη διαχείριση της ζήτησης για ιατρική θεραπεία για οξείας φύσεως παθήσεις ή τραυματισμούς η πρώτη επιλογή δε μπορεί να εφαρμοστεί. Είναι δυνατή όμως η αναπροσαρμογή της δυνατότητας του νοσοκομείου για παροχή της υπηρεσίας της ιατρικής εξέτασης χρησιμοποιώντας βάρδιες εργασίας. Επιπλέον, με το σύστημα της διαλογής των ασθενών δίνεται η δυνατότητα όταν το επιτρέπει η ιατρική κατάσταση των ασθενών να περιμένουν στο χώρο αναμονής μέχρι να υπάρχει η δυνατότητα παροχής της ιατρικής θεραπείας.

Η αποδοτική διοίκηση μιας επιχείρησης στηρίζεται σημαντικά στην ικανότητα των διοικητικών της στελεχών. Αρκετές από τις αποφάσεις που λαμβάνουν τα διοικητικά στελέχη, στηρίζονται στην ικανότητά τους να αντιδράσουν σε αλλαγές του γενικού επιχειρησιακού περιβάλλοντος, κρίσιμες για την επιβίωση της επιχείρησης. Χρειάζεται να

μπορούν να αξιολογούν έγκαιρα και ορθά, τις ολοένα και αυξανόμενες πληροφορίες που λαμβάνουν για τη βέλτιστη κατανομή των πόρων της επιχείρησης.

Χρησιμοποιώντας μοντέλα για να αναπαραστήσουν την πραγματικότητα μπορούν να διεξάγουν ελεγχόμενα πειράματα για να εξετάσουν τα αποτελέσματα αποφάσεων πριν εφαρμοστούν στην πράξη. Πιθανές καταστροφές μπορούν να αποφευχθούν και η διαδικασία λήψης αποφάσεων μπορεί να βελτιωθεί κατανοώντας καλύτερα το περιβάλλον. Η μοντελοποίηση είναι τέχνη, γιατί χρειάζεται να εξασκηθεί κρίση στην επιλογή των σημαντικών παραγόντων της πραγματικότητας που αφορούν το κάθε πρόβλημα. Είναι όμως και επιστήμη, γιατί χρειάζεται η συλλογή δεδομένων για τη μέτρηση της σχέσης μεταξύ παραμέτρων, επιθυμητών στόχων και διαθέσιμων πόρων [1].

Αρκετές από τις αποφάσεις που έχει ένα διοικητικό στέλεχος να λάβει μπορεί να ληφθούν με τη χρήση διάφορων μοντέλων βελτιστοποίησης* που έχουν αναπτυχθεί. Υπάρχουν αποφάσεις που το μέγεθος ή η πολυπλοκότητα του προβλήματος δυσχεραίνουν ή δεν επιτρέπουν τη χρήση μοντέλων βελτιστοποίησης. Προσφέρεται όμως η δυνατότητα χρησιμοποίησης της τεχνικής εξομοίωσης (simulation). Ο όρος εξομοίωση αναφέρεται στη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή για την πραγματοποίηση πειραμάτων σε ένα μοντέλο ενός πραγματικού συστήματος [6], όπως είναι μία μονάδα υγείας. Με τη χρήση εξομοίωσης έχουν εκτενώς μελετηθεί περίπλοκα προβλήματα ουρών και προβλήματα αποθεμάτων, σχεδιασμού και συντήρησης [6]. Επιπλέον, η εξομοίωση είναι χρήσιμη στην εκπαίδευση διευθυντικών στελεχών και άλλων υπαλλήλων, της πραγματικής λειτουργίας ενός συστήματος, στην παρουσίαση των επιπτώσεων αλλαγών σε μεταβλητές του συστήματος και στην ανάπτυξη νέων ιδεών για το πώς μπορεί να λειτουργήσει μία επιχείρηση [6].

Η επιδίωξη μιας μονάδας υγείας, συνήθως δεν είναι η μεγιστοποίηση του κέρδους αλλά η προσφορά της υπηρεσίας της ιατρικής εξέτασης και νοσηλείας κάτω από τις όσο δυνατό καλύτερες συνθήκες γίνεται για τους ασθενείς. Όμως ένα νοσοκομείο, όπως και κάθε άλλη επιχείρηση, έχει περιορισμένους πόρους. Η λειτουργία του νοσοκομείου και η βασική του επιδίωξη περιορίζονται από τους οικονομικούς, υλικούς και ανθρώπινους πόρους που έχει στη διάθεση του. Η διοίκηση ενός νοσοκομείου πρέπει να λάβει αποφάσεις όπως να προσλάβει περισσότερο προσωπικό, να αυξήσει τη χωρητικότητα του χώρου αναμονής για ιατρική εξέταση ή τη χωρητικότητα του χώρου της ιατρικής εξέτασης στο Τμήμα Ατυχημάτων και Επειγόντων Περιστατικών (ΤΑΕΠ). Για να ληφθούν τέτοιες αποφάσεις η διοίκηση χρειάζεται εργαλεία, τα οποία θα τη βοηθήσουν να εντοπίσει ποιά είναι τα σημεία στην λειτουργία του συστήματος που καθυστερούν κάποια διαδικασία (bottlenecks) και αν είναι εφικτό να βελτιώσει αυτά τα σημεία της διαδικασίας, π.χ. αν αυξήσει τη χωρητικότητα του χώρου αναμονής θα μειωθεί ο χρόνος αναμονής των ασθενών για ιατρική εξέταση ή καλύτερα να αυξήσει τη χωρητικότητα της Μονάδας Εντατικής Θεραπείας;

Στόχος της μελέτης αυτής είναι η δημιουργία μιας εφαρμογής, η οποία θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί αρχικά για εκπαιδευτικούς σκοπούς σε υποψήφια διοικητικά στελέχη μονάδων υγείας για καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας ενός νοσοκομείου και τις

* Χαρακτηριστικό των μοντέλων βελτιστοποίησης είναι η μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση μιας ποσότητας ικανοποιώντας τους περιορισμούς του προβλήματος.

επιδράσεις που πιθανό να έχουν διάφορες διοικητικές αποφάσεις στην καθημερινή λειτουργία του και πιθανή μεταγενέστερη χρήση του από διοικητικά στελέχη μονάδων υγείας για υποβοήθηση της διαδικασίας λήψης σημαντικών αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση των πόρων της επιχείρησης.

Θα χρησιμοποιηθεί το λογισμικό *STELLA*[†], το οποίο προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας μοντέλων, τα οποία εξομοιώνουν τις διαδικασίες μιας επιχείρησης και τη δημιουργία σεναρίων, παρουσιάζοντας τις επιδράσεις εφαρμογής νέων διαδικασιών ή πολιτικών, παρέχοντας έτσι την ευκαιρία να εντοπιστούν ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Αφορμή της χρήσης του λογισμικού αυτού, ήταν μία αναφορά στο βιβλίο *"The Deadline: A Novel about Project Management"*, του Tom DeMarco (1997) [2]. Στο βιβλίο αυτό γίνεται αναφορά στη δημιουργία ενός μοντέλου, το οποίο παρουσιάζει την επίδραση στο διαθέσιμο προσωπικό της πολιτικής μίας επιχείρησης να προσλαμβάνει τόσους υπαλλήλους όσους αποχωρούν. Στο βιβλίο του ο Tom DeMarco [2], χρησιμοποιεί ένα λογισμικό που ονομάζεται *ithink*[‡], με το οποίο σχεδιάζει τη δομή του προβλήματος. Το λογισμικό *STELLA*, είναι όμοιο με το λογισμικό *ithink*, με μόνη διαφορά ότι το *STELLA* παρέχεται για σκοπούς εκπαίδευσης και έρευνας, ενώ το *ithink* για επιχειρήσεις.

Για την κατανόηση της λειτουργίας μιας μονάδας υγείας έχει χρησιμοποιηθεί η διατριβή μεταπτυχιακού επιπέδου του Ανδρέου Χρίστου, με θέμα «Μοντελοποίηση Διαδικασιών Επεξεργασίας Δεδομένων στις Δημόσιες Μονάδες Υγείας της Κύπρου» [6]. Σύμφωνα με τη μελέτη αυτή, κάθε νοσοκομείο συγκροτείται κυρίως από τέσσερα αλληλεπιδρώντα υποσυστήματα: τον επιχειρησιακό τομέα, τις συμπληρωματικές υπηρεσίες και τις υποστηρικτικές υπηρεσίες και το διοικητικό τομέα.

Στον επιχειρησιακό τομέα υπάγονται τα τμήματα του νοσοκομείου, στα οποία παρέχονται τα τρία επίπεδα περίθαλψης που προσφέρουν οι υπηρεσίες υγείας (πρωτοβάθμιο, δευτεροβάθμιο, τριτοβάθμιο), τα τμήματα νοσηλείας (παθολογικό, νεφρολογικό, χειρουργικό), τα τμήματα στα οποία εκτελούνται οι διαγνωστικές εξετάσεις, το τμήμα φυσιοθεραπείας και το χειρουργείο.

Οι υποστηρικτικές υπηρεσίες περιλαμβάνουν τις υπηρεσίες που υποστηρίζουν τη λειτουργία των τμημάτων του επιχειρησιακού τομέα π.χ. υπηρεσίες λογιστηρίου, υπηρεσίες της τράπεζας αίματος. Οι συμπληρωματικές υπηρεσίες αφορούν τμήματα που ασχολούνται με την εκπαίδευση του προσωπικού, την έρευνα και τον έλεγχο της ποιότητας των υπηρεσιών.

Ο διοικητικός τομέας περιλαμβάνει το συντονισμό της λειτουργίας των επιμέρους τμημάτων του νοσοκομείου και τη διαχείριση, υποστήριξη και αξιολόγηση της απόδοσης όλων των πόρων που απαιτούνται για τη λειτουργία της μονάδας υγείας.

Συνεπώς, η μοντελοποίηση όλων των διαδικασιών ενός νοσοκομείου είναι μία περίπλοκη διαδικασία, για την οποία θα χρειαστεί μεγάλη επένδυση χρόνου και το αποτέλεσμα της

[†] *STELLA*[®] είναι εγγεγραμμένο εμπορικό σήμα της High Performance Systems, Inc., Hanover, N.H.

[‡] *ithink*[®], είναι εγγεγραμμένο εμπορικό σήμα της High Performance Systems, Inc., Hanover, N.H.

οποίας ίσως τελικά να είναι δυσνόητο παρά χρήσιμο. Με τη χρήση του λογισμικού θα μπορούσαν να προσομοιωθούν οι ροές των ασθενών στα διάφορα τμήματα του νοσοκομείου, των εργαζομένων όλης της μονάδας υγείας (ιατροί διαφορετικών ειδικοτήτων, νοσηλευτικό προσωπικό, διοικητικό προσωπικό κ.α.) ακόμη και τη ροή των υλικών που υποστηρίζουν τη λειτουργία ενός νοσοκομείου (χάπια, ενέσεις, γάζες κ.α.).

Στην συνέχεια παρουσιάζεται η λογισμική εφαρμογή, η οποία έχει αναπτυχθεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς και με περαιτέρω ανάπτυξη θα μπορέσει να αποτελέσει εργαλείο για τη βέλτιστη κατανομή των πόρων μιας μονάδας υγείας.

Το μεγαλύτερο μέρος της μελέτης θα επικεντρωθεί στις διάφορες ροές των ασθενών σε κάποια από τα τμήματα του νοσοκομείου. Αρχικά όμως θα παρουσιαστεί ένα μοντέλο εξομοίωσης της ροής του ανθρώπινου δυναμικού ενός νοσοκομείου. Το εν λόγω μοντέλο έχει πιο απλή μορφή και σκόπιμα παρουσιάζεται πρώτο έτσι ώστε να παρουσιαστεί στην απλοποιημένη του μορφή και το λογισμικό που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη των πιο περίπλοκων μοντέλων ροής των ασθενών. Ακολούθως θα παρουσιαστεί ο τρόπος επικοινωνίας του χρήστη με το σύστημα και τέλος κάποιες εισηγήσεις για μελλοντική ανάπτυξη της εφαρμογής.

2. Επεξήγηση Εννοιών / Συμβόλων:

Για τη δημιουργία των μοντέλων θα χρησιμοποιηθούν κάποια σύμβολα, τα οποία χρειάζεται να επεξηγηθούν για την κατανόηση του σχεδιαγράμματος. Στην συνέχεια ορίζονται τα σύμβολα με βάση την τεχνική τεκμηρίωση του λογισμικού *STELLA*.

Το απόθεμα συσσωρεύει τις εισροές σε αυτό μείον τις εκροές από αυτό. Το λογισμικό προσφέρει τη δυνατότητα αναπαράστασης τεσσάρων διαφορετικών ειδών αποθέματος (stock). Θα μας απασχολήσουν μόνο δύο από αυτά, τα οποία επεξηγούνται πιο κάτω:

Reservoir



= συσσωρευτής, αντιπροσωπεύει μία δεξαμενή που συσσωρεύει τις εισροές μείον τις εκροές π.χ. το διαθέσιμο προσωπικό ενός νοσοκομείου δημιουργείται από την εισροή εκπαιδευμένου προσωπικού, η οποία μειώνεται με το προσωπικό που αποχωρεί από το νοσοκομείο.

Conveyor



= μετακομιστής, λειτουργεί σαν μία ζώνη μεταφορών όπου τα αντικείμενα ανεβαίνουν για κάποιο χρονικό διάστημα και μετά κατεβαίνουν. Το χρονικό διάστημα μπορεί να είναι σταθερό ή μεταβλητό. Π.χ. το προσωπικό που προσλαμβάνεται είναι πιθανό να χρειάζεται να περάσει από κάποια εκπαίδευση διάρκειας ενός ή δύο μηνών και μετά να συμπεριληφθεί στο διαθέσιμο προσωπικό.



Converter

= μετατροπέας, αποθηκεύει σταθερές, καθορίζει τις παραμέτρους που θα δοθούν από το χρήστη (external inputs) και υπολογίζει αλγεβρικές σχέσεις. Γενικά, μετατρέπει εισροές (inputs) σε εκροές (outputs). Π.χ. ο χρήστης δίνει τη χρονική διάρκεια της εκπαίδευσης του νεοπροσληφθέντος προσωπικού ή τον αριθμό του ανθρώπινου δυναμικού που επιθυμεί να διατηρήσει σταθερό.



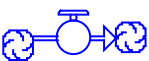
Converter

= μετατροπέας, του οποίου την τιμή μπορεί να ορίσει ο χρήστης.



Graphical Function

= μετατροπέας ορισμένος σαν γραφική παράσταση π.χ. γραφική παράσταση των τιμών της παραμέτρου σε σχέση με το χρόνο, π.χ. ο μέσος όρος των αφίξεων ασθενών στο Τμήμα Ατυχημάτων και Επειγόντων Περιστατικών ανά ώρα για ένα εικοσιτετράωρο .

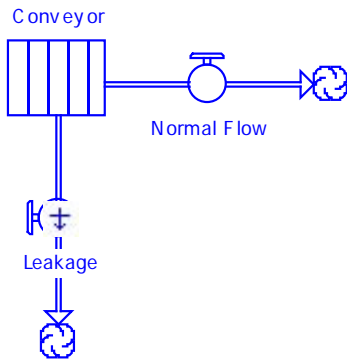


Flow

= ροή, χρησιμεύει για να γεμίζει και να αδειάζει τους συσσωρευτές. Το σύννεφο δείχνει ότι είναι εκτός της σκοπιάς του μοντέλου από που έρχεται η ροή ή που

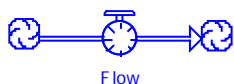
πηγαίνει. Π.χ. εισροή προσωπικού που έχει προσληφθεί, άφιξη ασθενών στο Τμήμα Ατυχημάτων και Επειγόντων Περιστατικών.

Όταν ένας μετακομιστής έχει δύο εκροές, όπως φαίνεται στο διάγραμμα πιο κάτω, η μία θεωρείται ότι είναι η βασική ροή (Normal Flow) ενώ η δεύτερη θεωρείται ότι είναι διαρροή (Leakage).



Π.χ. όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία της ιατρικής εξέτασης στο Τμήμα Ατυχημάτων και Επειγόντων Περιστατικών, οι ασθενείς συνήθως απολύονται (βασική ροή), αλλά υπάρχει η πιθανότητα να χρειαστούν εντατική θεραπεία και γίνονται εισαγωγή στην Μονάδα Εντατικής Θεραπείας (διαρροή).

Όταν το σύμβολο μιας ροής παρουσιάζεται σαν ρολόι αυτό υποδεικνύει ότι η ροή αυτή αντιπροσωπεύει την αρχή του χρόνου κύκλου (cycle-time) και έτσι υπάρχει η δυνατότητα σε οποιοδήποτε σημείο μετά τη ροή αυτή να ληφθούν στατιστικά στοιχεία για το χρόνο που χρειάζεται να τύχουν «επεξεργασίας» τα αντικείμενα ενώ κινούνται προς το τέλος της αλυσίδας ροών.

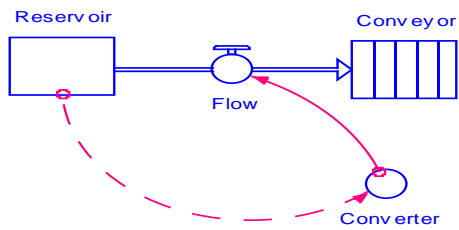


Π.χ. η αρχή του χρόνου αναμονής των ασθενών για ιατρική εξέταση στο Τμήμα Ατυχημάτων και Επειγόντων Περιστατικών είναι η στιγμή άφιξης τους στο χώρο αναμονής του τμήματος.

Όταν χρησιμοποιείται ένας μετατροπέας για να ληφθούν στατιστικά στοιχεία για το χρόνο κύκλου παρουσιάζεται όπως πιο κάτω, κάτι που υποδεικνύει ότι ο μετατροπέας περιλαμβάνει κάποια στατιστική συνάρτηση η οποία σχετίζεται με το χρόνο κύκλου.



Υπάρχουν δύο είδη συνδέσεων (connectors) μεταξύ των στοιχείων του μοντέλου.



Η συνεχόμενη σύνδεση υποδηλώνει ότι τα δύο στοιχεία συνδέονται με κάποια ενέργεια, ενώ η διακεκομμένη σύνδεση ότι τα δύο στοιχεία ανταλλάσσουν κάποια πληροφορία.

Decision
Process 1



= διαδικασία λήψης απόφασης, ουσιαστικά χρησιμοποιείται για να ομαδοποιήσει τους κανόνες που διέπουν μία απόφαση κάνοντας το διάγραμμα του μοντέλου λιγότερο περίπλοκο.

3. Μοντέλο Εξομοίωσης Ροής Ανθρώπινου Δυναμικού:

Ένας σημαντικός πόρος που χρειάζεται να διαχειριστεί η διεύθυνση ενός νοσοκομείου είναι το ανθρώπινο δυναμικό της. Στην συνέχεια παρουσιάζεται το μοντέλο εξομοίωσης της ροής του ανθρώπινου δυναμικού σε μία μονάδα υγείας. Θα παρουσιαστούν οι προδιαγραφές της εφαρμογής, οι παραδοχές που έχουν γίνει και τέσσερις εκδόσεις του μοντέλου. Η πρώτη είναι η πιο απλή μορφή του μοντέλου και προχωρώντας προσθέτονται περαιτέρω στοιχεία αυξάνοντας την περιπλοκότητα του μοντέλου.

3.1. Γενικές Προδιαγραφές:

Η διεύθυνση πρέπει να είναι σε θέση να γνωρίζει το προσωπικό που θα χρειάζεται να είναι διαθέσιμο, έτσι ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί στις ανάγκες των πελατών της. Το πιθανότερο σενάριο είναι, το σύνολο του προσωπικού της σε κάθε δεδομένη στιγμή να μην ισούται με το διαθέσιμό της, εξαιτίας διάφορων παραγόντων όπως η βασική εκπαίδευση νεοπροσληφθέντος προσωπικού, η παρουσία προσωπικού σε συνέδρια, άδειες απουσίας, άδειες ασθενείας και άλλων. Επομένως, η δημιουργία ενός εργαλείου όπου θα προβλέπονται οι διαφορετικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα του προσωπικού και η προβλεπόμενη αποχώρηση προσωπικού, θα συμβάλει σημαντικά στην ορθότερη λήψη της απόφασης για την αναγκαία πρόσληψη προσωπικού.

Ακόμη μία σημαντική απόφαση στη διαχείριση του ανθρώπινου δυναμικού είναι, η κατανομή του προσωπικού σε μόνιμο και έκτακτο ανάλογα με τις ανάγκες του νοσοκομείου και λαμβάνοντας πάντα υπόψη την μείωση του κόστους και κατ' επέκταση την αποτελεσματικότερη χρήση των πόρων του.

3.2. Προδιαγραφές Εφαρμογής:

Το λογισμικό θα παρέχει στον χρήστη πληροφορίες σχετικά με, τον αριθμό των προσλήψεων που πρέπει να πραγματοποιηθούν σε κάθε χρονική στιγμή έτσι ώστε να διατηρηθεί ο αριθμός του επιθυμητού διαθέσιμου προσωπικού σε κάθε περίοδο, την κατανομή του προσωπικού σε μόνιμο και έκτακτο και διάφορα στατιστικά στοιχεία όπως τον αριθμό των εκπαιδευόμενων και τις αποχωρήσεις στην αρχή κάθε χρονικής περιόδου.

Οι χρήστες θα έχουν τη δυνατότητα να αλλάζουν τις εξής παραμέτρους:

- Αριθμός επιθυμητού διαθέσιμου προσωπικού.
- Διάρκεια βασικής εκπαίδευσης νεοπροσληφθέντος προσωπικού.
- Άδειες απουσίας.

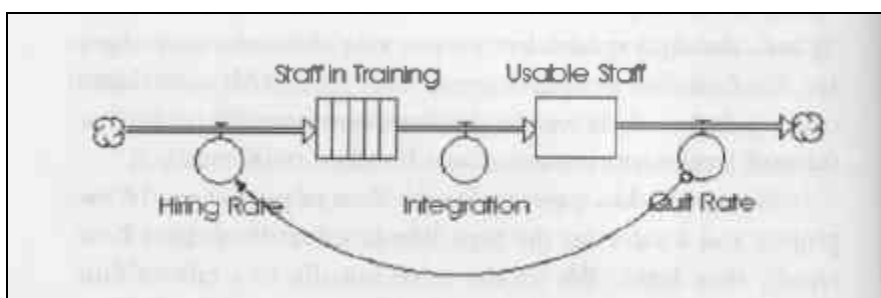
3.3. Παραδοχές:

Για σκοπούς απλοποίησης του μοντέλου που παρουσιάζεται θεωρείται ότι:

- Οι προσλήψεις γίνονται στην αρχή κάθε χρονικής περιόδου.
- Για να αποχωρήσει (απολυθεί ή παραιτηθεί) προσωπικό θα πρέπει να έχει διανύσει τουλάχιστο μία χρονική περίοδο ως διαθέσιμο.
- Για σκοπούς προγραμματισμού το νοσοκομείο ζητά από την αρχή του έτους μία δήλωση από τους εργαζόμενους για το πότε αναμένεται να λάβουν τις άδειες ανάπαυσης τους, συνεπώς είναι γνωστές εκ των προτέρων οι μέρες απουσίας του προσωπικού για κάθε μήνα.
- Η αναγκαία περίοδος για την πραγματοποίηση νέων προσλήψεων, π.χ. χρειάζεται έγκριση της απόφασης από το διοικητικό συμβούλιο, αξιολόγηση των αιτήσεων, προσωπικές συνεντεύξεις κ.α. έχει την ίδια επίδραση με την περίοδο εκπαίδευσης του νεοπροσληθέντος προσωπικού για λόγους απλοποίησης του συστήματος δεν παρουσιάζεται ξεχωριστά.

3.4. Μοντέλο Προβλήματος:

Στο βιβλίο του ο Tom DeMarco [2], χρησιμοποιεί το λογισμικό *ithink*, με το οποίο σχεδιάζει τη δομή του προβλήματος, πόσο θα είναι το διαθέσιμο προσωπικό αν προσλαμβάνει τόσο προσωπικό όσο αυτό που αποχωρεί. Το σχεδιάγραμμα παρουσιάζεται στην Εικόνα 1. Στο μοντέλο αυτό χρησιμοποιείται ένας συσσωρευτής, ο οποίος αντιπροσωπεύει το διαθέσιμο προσωπικό (Usable Staff) της επιχείρησης. Ο συσσωρευτής έχει μία εκροή, η οποία αντιπροσωπεύει τον αριθμό του προσωπικού που αποχωρεί από την επιχείρηση (Quit Rate) και το σύννεφο στο οποίο οδηγείται αυτό το προσωπικό υποδεικνύει ότι φεύγουν από τα πλαίσια ενδιαφέροντος του μοντέλου. Η αρχική ροή του μοντέλου αντιπροσωπεύει το



Εικόνα 1. Σχεδιάγραμμα από το βιβλίο "The Deadline: A Novel about Project Management", Tom DeMarco [2], σελ. 104.

προσωπικό που προσλαμβάνεται (Hiring Rate), το οποίο συσχετίζεται με τον αριθμό του προσωπικού που αποχωρεί. Στο συγκεκριμένο μοντέλο προσλαμβάνεται προσωπικό ίσο με αυτό που αποχωρεί. Επιπλέον, στο μοντέλο υπάρχει μία μεταβατική εκπαιδευτική περίοδος από την οποία πρέπει να περάσει το προσωπικό από τη στιγμή που θα προσληφθεί για να μπορεί να συμπεριληφθεί στο διαθέσιμο προσωπικό. Το προσωπικό που βρίσκεται σε αυτή

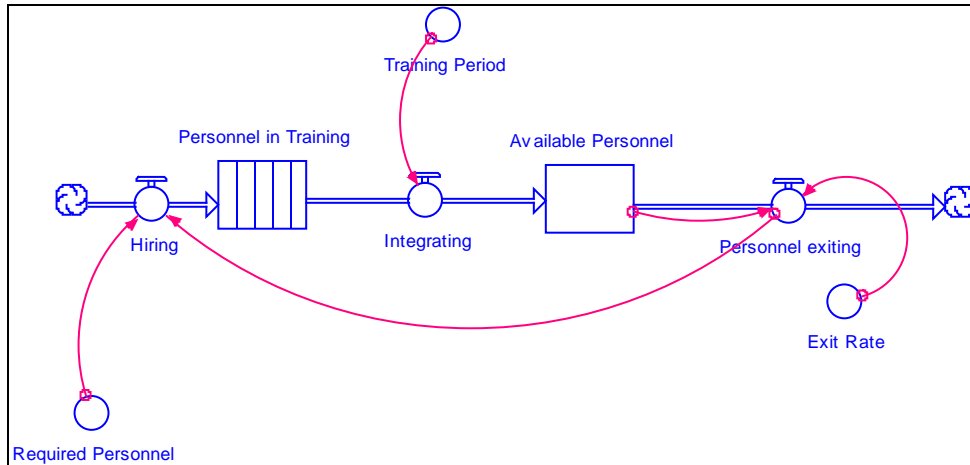
τη μεταβατική περίοδο παρουσιάζεται στο μοντέλο με τη χρήση ενός μετακομιστή (Staff in Training).

3.4.1 Πρώτη Έκδοση:

Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται η πρώτη έκδοση του μοντέλου εξομοίωσης διαχείρισης του ανθρώπινου δυναμικού. Η αρχική ροή αντιπροσωπεύει τις προσλήψεις προσωπικού (hiring), η οποία εξαρτάται από την απόφαση για τον αριθμό των ατόμων που θα προσληφθούν. Αυτή η ροή είναι εισροή στον μετατροπέα που συσσωρεύει το νεοπροσληφθέν προσωπικό, το οποίο πρέπει για ένα χρονικό διάστημα να περάσει από πρόγραμμα εκπαίδευσης (Personnel in Training) και όταν το ολοκληρώσει να συμπεριληφθεί στο διαθέσιμο προσωπικό (Available Personnel). Τέλος, έχουμε εκροή από το διαθέσιμο προσωπικό, το προσωπικό που αποχωρεί με βάση το προβλεπόμενο ποσοστό αποχώρησης προσωπικού (Personnel exiting).

Αυτή η πρώτη ανάπτυξη του μοντέλου είναι απλοποιημένη έτσι ώστε να μας βοηθήσει να αποφασίσουμε ποιά θα ήταν η ορθή εξίσωση για την απόφαση πόσα άτομα πρέπει να προσλαμβάνουμε κάθε μήνα.

Η προφανής απόφαση θα ήταν να προσλαμβάνουμε όσα άτομα αποχωρούν για να διατηρηθεί το επίπεδο του διαθέσιμου ανθρώπινου δυναμικού του νοσοκομείου σταθερό. Είναι όμως αυτή η απάντηση;



Εικόνα 2. Πρώτη έκδοση του μοντέλου εξομοίωσης διαχείρισης ανθρώπινου δυναμικού.

Αρχικά ορίσαμε την απόφαση πρόσληψης προσωπικού, σύμφωνα με την Εξίσωση 1.

Προσλήψεις($\mu=1$) = Επιθυμητός αριθμός
 Προσλήψεις($\mu>1$) = Διαθέσιμο προσωπικό * Ποσοστό αποχώρησης,
 όπου μ = μήνας.

Εξίσωση 1. Πρώτη δοκιμή για τη διαμόρφωση της απόφασης πρόσληψης προσωπικού.

Σε πρώτο χρόνο προσλαμβάνουμε όσο προσωπικό επιθυμούμε να έχουμε με βάση της λειτουργικές ανάγκες του νοσοκομείου και στην συνέχεια προσλαμβάνουμε όσο προσωπικό

αποχωρεί. Για να πάρουμε αποτελέσματα από τη λογιστική εφαρμογή χρειάζεται να τρέξουμε την εξομοίωση, δίνοντας έτσι μήνυμα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή να επεξεργαστεί τις μαθηματικές εξισώσεις του μοντέλου. Οι εξισώσεις αυτές παρουσιάζονται στο Παράρτημα 1: Εξισώσεις Πρώτης Έκδοσης Μοντέλου Εξομοίωσης Ροών Ανθρώπινου Δυναμικού. Τρέξαμε το μοντέλο για δώδεκα μήνες, με διάρκεια εκπαίδευσης ένα μήνα και επιθυμητό επίπεδο προσωπικού 100 άτομα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Οι πίνακες που παρουσιάζονται πιο κάτω είναι αποτέλεσμα της λογισμικής εφαρμογής που αναπτύχθηκε.

Month	Available Personnel	Personnel in Training	Hiring	Personnel Exiting
Jan: Initial	0	0		
Jan	0	100	100	0
Feb	100	0	0	0
Mar	96	4	4	4
Apr	96.16	3.84	3.84	3.84
May	96.15	3.85	3.85	3.85
Jun	96.15	3.85	3.85	3.85
July	96.15	3.85	3.85	3.85
Aug	96.15	3.85	3.85	3.85
Sep	96.15	3.85	3.85	3.85
Oct	96.15	3.85	3.85	3.85
Nov	96.15	3.85	3.85	3.85
Dec	96.15	3.85	3.85	3.85

Πίνακας 1. Προσλήψεις = Αποχωρήσεις.

Καταλήγουμε στο ίδιο συμπέρασμα με τον Tom DeMarco [2], ότι υπάρχει σταθεροποίηση του αριθμού του προσωπικού αλλά σε χαμηλότερο επίπεδο από το επιθυμητό. Στην συνέχεια ορίσαμε την απόφαση για προσλήψεις σύμφωνα με την Εξίσωση 2.

Προσλήψεις($\mu=1$) = Επιθυμητός αριθμός
 Προσλήψεις($\mu>1$) = Ποσοστό αποχώρησης * Επιθυμητός αριθμός,
 όπου μ = μήνας.

Εξίσωση 2. Δεύτερη δοκιμή για τη διαμόρφωση της απόφασης πρόσληψης προσωπικού.

Τον πρώτο μήνα οι προσλήψεις να ισούνται με το επιθυμητό επίπεδο προσωπικού. Για τους επόμενους πρέπει να προβλέψουμε να προσλάβουμε προσωπικό και να προλάβει να εκπαιδευτεί μέχρι τον μήνα που θα αποχωρήσει αντίστοιχο προσωπικό. Για αυτό πρέπει να προβούμε σε προσλήψεις, τόσους μήνες πριν να αποχωρήσει προσωπικό, όσοι χρειάζονται για να εκπαιδευτεί νεοπροσληφθέν προσωπικό. Τα αποτελέσματα του μοντέλου με τα ίδια δεδομένα όπως και πιο πάνω παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Month	Available Personnel	Personnel in Training	Hiring	Personnel Exiting
Jan: Initial	0	0		
Jan	0	100	100	0
Feb	100	4	4	0
Mar	100	4	4	4
Apr	100	4	4	4
May	100	4	4	4
Jun	100	4	4	4
July	100	4	4	4
Aug	100	4	4	4
Sep	100	4	4	4
Oct	100	4	4	4
Nov	100	4	4	4
Dec	100	4	4	4

Πίνακας 2. Χρονική διάρκεια εκπαίδευσης 1 μήνας

Τρέξαμε το μοντέλο μεταβάλλοντας τη χρονική διάρκεια εκπαίδευσης νέου προσωπικού και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους Πίνακας 3, Πίνακας 4 και Πίνακας 5.

Χρησιμοποιώντας αυτά τα αποτελέσματα καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι μέχρι το μήνα στον οποίο οι πρώτοι που έχουν προσληφθεί θα ολοκληρώσουν την εκπαίδευσή τους πρέπει να έχουμε κάθε μήνα σε εκπαίδευση προσωπικό σύμφωνα με την Εξίσωση 3. Ενώ, αν έχουν ολοκληρώσει οι πρώτοι προσληφθέντες την εκπαίδευσή τους τότε πρέπει να έχουν προσωπικό σε εκπαίδευση ίσο με την Εξίσωση 4. Σε όλες τις περιπτώσεις οι προσλήψεις μετά τον πρώτο μήνα ισούνται με την Εξίσωση 2.

Month	Available Personnel	Personnel in Training	Hiring	Personnel Exiting
Jan: Initial	0	0		
Jan	0	100	100	0
Feb	0	104	4	0
Mar	100	8	4	0
Apr	100	8	4	4
May	100	8	4	4
Jun	100	8	4	4
July	100	8	4	4
Aug	100	8	4	4
Sep	100	8	4	4
Oct	100	8	4	4
Nov	100	8	4	4
Dec	100	8	4	4

Πίνακας 3. Χρονική διάρκεια εκπαίδευσης 2 μήνες

Month	Available Personnel	Personnel in Training	Hiring	Personnel Exiting
Jan: Initial	0	0		
Jan	0	100	100	0
Feb	0	104	4	0
Mar	0	108	4	0
Apr	100	12	4	0
May	100	12	4	4
Jun	100	12	4	4
July	100	12	4	4
Aug	100	12	4	4
Sep	100	12	4	4
Oct	100	12	4	4
Nov	100	12	4	4
Dec	100	12	4	4

Πίνακας 4. Χρονική διάρκεια εκπαίδευσης 3 μήνες

Month	Available Personnel	Personnel in Training	Hiring	Personnel Exiting
Jan: Initial	0	0		
Jan	0	100	100	0
Feb	0	104	4	0
Mar	0	108	4	0
Apr	0	112	4	0
May	0	116	4	0
Jun	0	120	4	0
July	100	24	4	0
Aug	100	24	4	4
Sep	100	24	4	4
Oct	100	24	4	4
Nov	100	24	4	4
Dec	100	24	4	4

Πίνακας 5. Χρονική διάρκεια εκπαίδευσης 6 μήνες

Εκπαιδευόμενο προσωπικό(μ)=Επιθυμητός αριθμός+(μ-1)*Ποσοστό αποχώρησης*Επιθυμητός αριθμός,
όπου μ = μήνας.

Εξίσωση 3. Εκπαιδευόμενο προσωπικό σε μ ≤ χρονική διάρκεια εκπαίδευσης.

Εκπαιδευόμενο προσωπικό(μ)=Ποσοστό αποχώρησης*Επιθυμητός αριθμός*Μήνες εκπαίδευσης,
όπου μ = μήνας.

Εξίσωση 4. Εκπαιδευόμενο προσωπικό σε μ > χρονική διάρκεια εκπαίδευσης.

3.4.2 Δεύτερη Έκδοση:

Αφού καταλήξαμε ότι η Εξίσωση 2 μας δίνει τα ζητούμενα αποτελέσματα συνεχίζουμε προσθέτοντας στο μοντέλο μας ακόμη μία παράμετρο, σημαντική στη διαχείριση του ανθρώπινου δυναμικού, τις άδειες ανάπαυσης του προσωπικού. Ο κάθε υπάλληλος δικαιούται καθορισμένο αριθμό εργάσιμων ημερών. Σύνηθες πρόβλημα με τις άδειες ανάπαυσης είναι ότι είναι άγνωστο το πότε ο κάθε υπάλληλος θα ζητήσει άδεια απουσίας. Πλέον όμως, έχει εφαρμοστεί μία πρακτική στον τομέα των επιχειρήσεων για να εξομαλύνει αυτό το πρόβλημα. Για σκοπούς καλύτερου προγραμματισμού αρκετές επιχειρήσεις ζητούν από τους υπαλλήλους να δηλώσουν προκαταρκτικά πότε υπολογίζουν ότι θα λάβουν άδειες απουσίας. Για αυτό όπως αναφέρθηκε στις παραδοχές θεωρούμε ότι είναι εκ των προτέρων γνωστές οι άδειες απουσίας που θα ζητηθούν κάθε μήνα.

Το ζητούμενο μας είναι, αρχικά να δούμε πώς οι άδειες ανάπαυσης επηρεάζουν το επίπεδο του διαθέσιμου ανθρώπινου δυναμικού κάθε μήνα. Προσθέσαμε στο μοντέλο μία παράμετρο για τις άδειες απουσίας (Leaves), την οποία ορίσαμε σαν γραφική παράσταση του χρόνου και των ημερών ανάπαυσης. Χρειάζεται να εκφράσουμε με κάποιο τρόπο τις μέρες ανάπαυσης κάθε μήνα στον αντίστοιχο αριθμό προσωπικού που θα απουσιάζει κάθε μήνα, αφού οι ροές μας αντιπροσωπεύουν ροή ανθρώπων. Θέσαμε σαν παραμέτρους τις εργάσιμες μέρες κάθε υπαλλήλου ανά εβδομάδα (Working days per week), τις εργάσιμες εβδομάδες του χρόνου (Working weeks per year) και τους εργάσιμους μήνες του χρόνου (Working months per year). Ορίσαμε σαν προεπιλεγμένες τιμές για τις δύο αυτές παραμέτρους έξι (6), πενήντα δύο (52) και δώδεκα (12) αντίστοιχα, θεωρώντας ότι οι υπάλληλοι εργάζονται εξαήμερα, όλες οι εβδομάδες του χρόνου είναι εργάσιμες και όλοι οι μήνες του έτους είναι εργάσιμοι. Χρησιμοποιώντας αυτές τις παραμέτρους ορίσαμε την Εξίσωση 5. Ο συλλογισμός είναι ο εξής: Εφόσον γνωρίζουμε τον συνολικό αριθμό των ημερών που θα απουσιάζει προσωπικό για να τις μετατρέψουμε στον αντίστοιχο αριθμό ανθρώπινου δυναμικού, τις διαιρούμε με τις μέρες που εργάζεται ένας υπάλληλος στο νοσοκομείο κάθε μήνα.

Αδειούχο προσωπικό(μ) = Ημέρες Ανάπαυσης(μ) / Εργάσιμες ημέρες α.υ α.μ

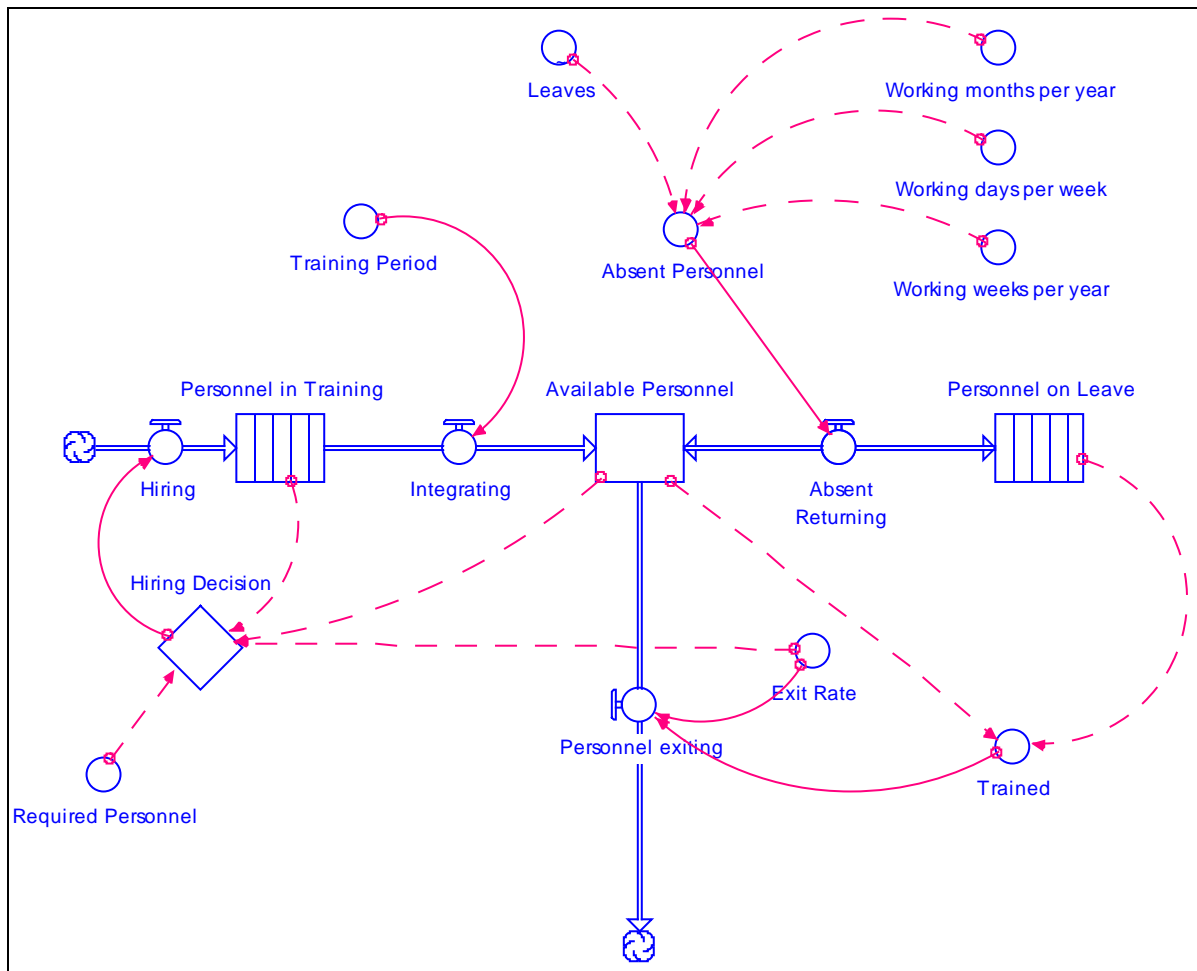
Όπου,

Εργάσιμες μέρες α.υ α.μ=Εργάσιμες μέρες α.υ α.β*Εργάσιμες βδομάδες α.υ α.ε/Εργάσιμοι μήνες α.υ α.ε
μ = μήνας,
α.υ = ανά υπάλληλο,
α.μ = ανά μήνα,
α.β = ανά βδομάδα,
α.ε = ανά έτος..

Εξίσωση 5. Υπολογισμός αδειούχου προσωπικού.

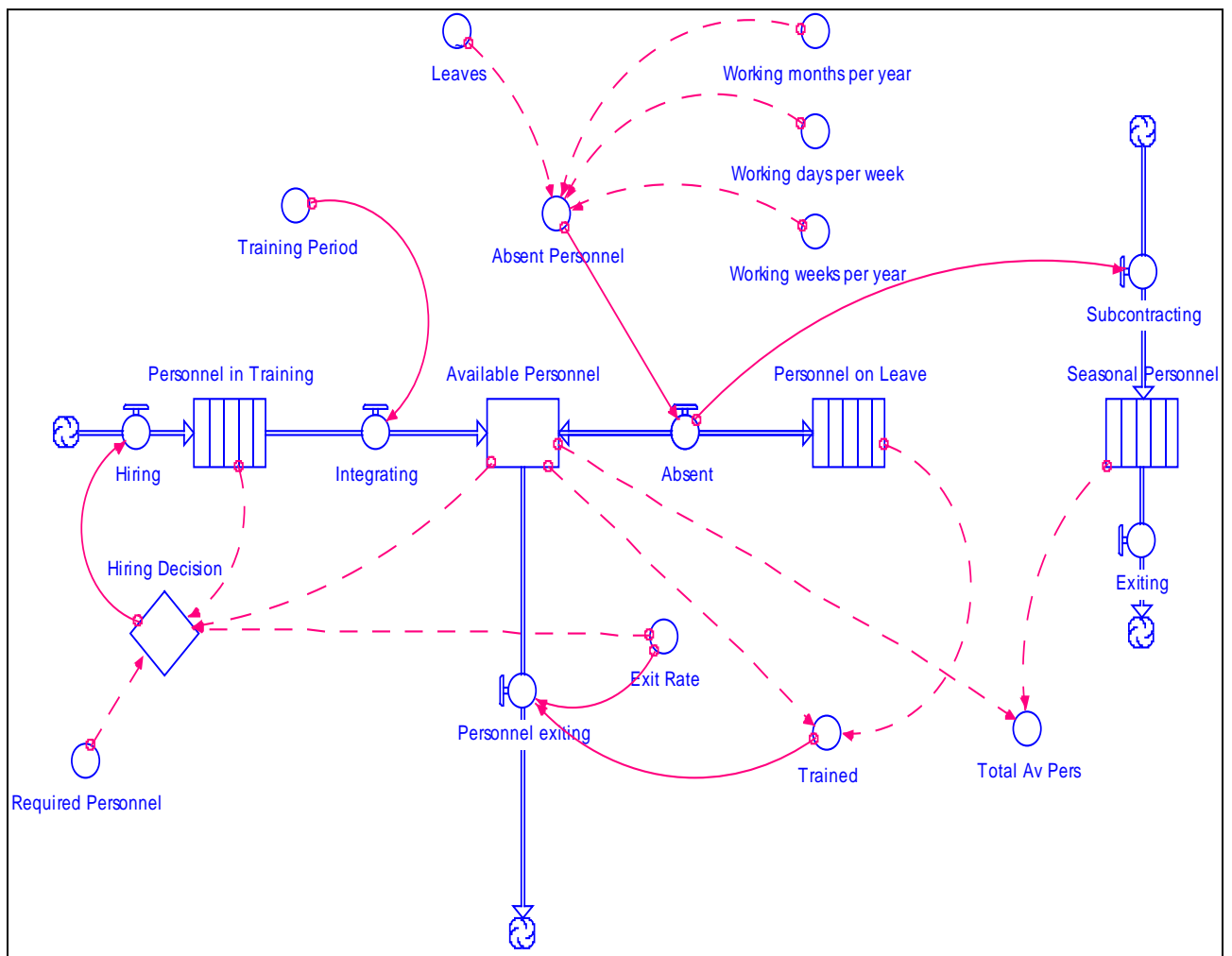
Το σύνολο του αδειούχου προσωπικού κάθε μήνα το παρουσιάζουμε χρησιμοποιώντας ένα μετατροπέα, στον οποίο συσσωρεύεται το προσωπικό που θα λάβει άδεια σε κάθε μήνα, αποτελεί εκροή από το διαθέσιμο προσωπικό, και τον επόμενο μήνα επιστρέφει στο διαθέσιμο προσωπικό. Στην πραγματικότητα, για να αναπαραστήσουμε αυτές τις ροές χρησιμοποιήσαμε μία εκροή από το διαθέσιμο προσωπικό (Absent) και μία εισροή στο διαθέσιμο προσωπικό (Returning). Για σκοπούς καλύτερης παρουσίασης βάλαμε την μία ροή πάνω στην άλλη.

Το ολοκληρωμένο μοντέλο παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.



Εικόνα 3. Δεύτερη έκδοση του μοντέλου εξομοίωσης διαχείρισης ανθρώπινου δυναμικού.

Η μείωση στο διαθέσιμο προσωπικό εξαιτίας των αδειών απουσίας δεν είναι μόνιμη για κάθε μήνα, αλλά αποτελεί μία περιοδική μείωση. Για το λόγο αυτό θεωρούμε καταλληλότερη την κάλυψη της με έκτακτο προσωπικό (seasonal personnel). Έτσι όσο προσωπικό απουσιάζει θα προσλαμβάνουμε αντίστοιχο προσωπικό σε έκτακτη βάση. Το αναθεωρημένο μοντέλο εξομοίωσης διαχείρισης ανθρώπινου δυναμικού παρουσιάζεται στην Εικόνα 4. Οι εξισώσεις το τελικό μοντέλου παρουσιάζονται στο Παράρτημα 2: Εξισώσεις Δεύτερης Έκδοσης Μοντέλου Εξομοίωσης Ροών Ανθρώπινου Δυναμικού.

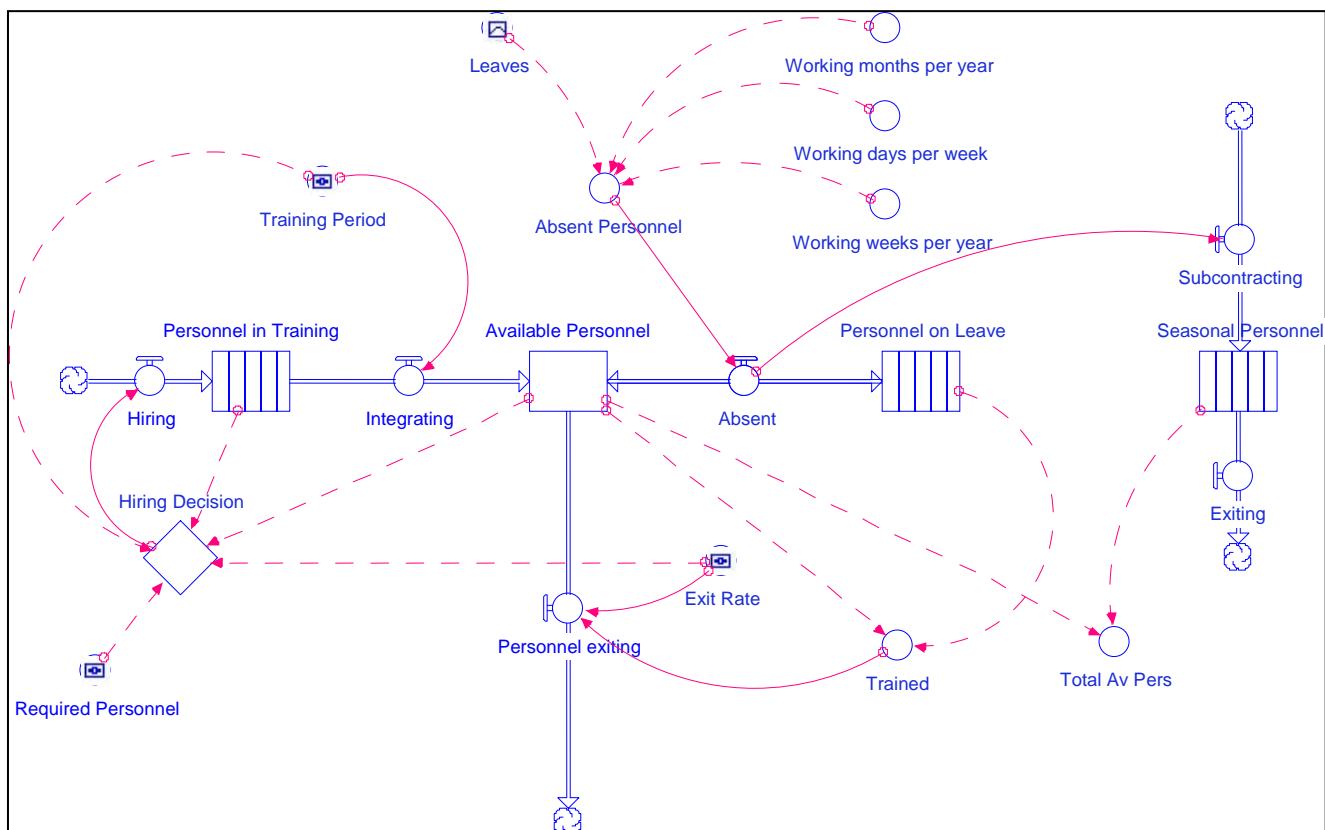


Εικόνα 4. Αναθεωρημένη δεύτερη έκδοση μοντέλου εξομοίωσης διαχείρισης ανθρώπινου δυναμικού.

3.4.3 Τρίτη Έκδοση:

Το μοντέλο που παρουσιάστηκε μέχρι τώρα είναι αποτελεσματικό μόνο αν το αρχικό διαθέσιμο προσωπικό είναι μηδέν, το οποίο ισχύει μόνο για νεοσύστατες μονάδες υγείας. Συνεπώς, το μοντέλο χρειάζεται βελτίωση έτσι ώστε να μπορεί ο χρήστης να ορίζει το αρχικό διαθέσιμο προσωπικό και το επίπεδο στο οποίο επιθυμεί να διατηρήσει το ανθρώπινο δυναμικό του νοσοκομείου. Η επόμενη έκδοση του μοντέλου στηρίζεται στην Εξίσωση 3 για κάθε χρονική στιγμή του μοντέλου εκτός της αρχική όπου ο επιθυμητός αριθμός εκπαιδευμένου προσωπικού προϋποθέτει επιπρόσθετα την διαφορά μεταξύ του επιθυμητού διαθέσιμου προσωπικού και του διαθέσιμου προσωπικού.

Για να πάρει το σύστημα την απόφαση πόσα άτομα να προσληφθούν σε κάθε δεδομένη στιγμή συγκρίνει τον αριθμό του εκπαιδευμένου προσωπικού στο τέλος κάθε χρονικής περιόδου με τον επιθυμητό αριθμό εκπαιδευμένου προσωπικού. Το μοντέλο παρουσιάζεται στην Εικόνα 5. Οι μαθηματικές εξισώσεις του μοντέλου παρουσιάζονται στο Παράρτημα 3: Εξισώσεις Τρίτης Έκδοσης Μοντέλου Εξομοίωσης Ροών Ανθρώπινου Δυναμικού.



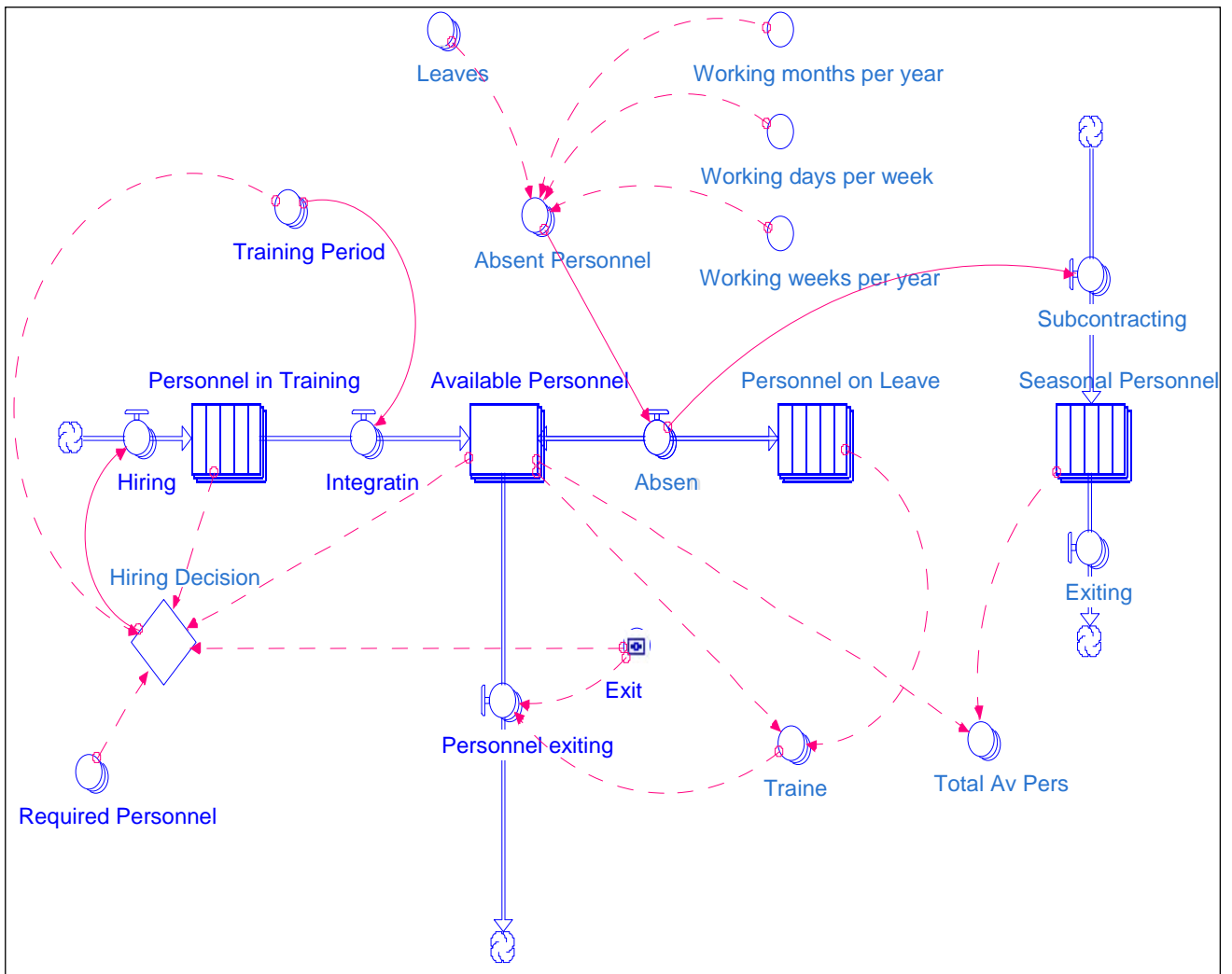
Εικόνα 5. Τρίτη έκδοση μοντέλου εξομοίωσης διαχείρισης ανθρώπινου δυναμικού.

3.4.4 Τέταρτη Έκδοση:

Το μοντέλο αναφέρεται σε νοσοκομείο, του οποίου το προσωπικό έχει διαφορετικές ειδικότητες. Θεωρούμε ότι το μοντέλο θα πρέπει να μπορεί να διαχειριστεί τις διαφορετικές ειδικότητες. Ο χρήστης θα πρέπει να μπορεί να εισάγει τα διάφορα δεδομένα ανάλογα με την ειδικότητα και να λαμβάνει σαν αποτέλεσμα την πρόσληψη μόνιμου και έκτακτου προσωπικού ανάλογα με την ειδικότητα.

Αυτή η δυνατότητα δίνεται από το πρόγραμμα με τη χρήση πινάκων. Χρησιμοποιώντας πίνακες μπορούμε να δημιουργήσουμε παράλληλα μοντέλα. Κάθε μοντέλο θα αφορά μία συγκεκριμένη ειδικότητα. Αρχικά ορίσαμε εννέα (9) διαφορετικές ειδικότητες (specialties). Νοσοκομειακό προσωπικό (nurses), ορθοπεδικούς (orthopedists), χειρουργούς (surgeons), παθολόγους (pathologists), καρδιολόγους (cardiologists), αναισθησιολόγους (anesthesiologists), νευρολόγους (neurologists), γυναικολόγους (gynecologists) και παιδίατρους (pediatricians).

Το τελικό ολοκληρωμένο μοντέλο εξομοίωσης διαχείρισης ανθρώπινου δυναμικού σε μία μονάδα υγείας παρουσιάζεται στην Εικόνα 6. Οι μαθηματικές εξισώσεις του μοντέλου παρουσιάζονται στο Παράρτημα 4: Εξισώσεις Τέταρτης Έκδοσης Μοντέλου Εξομοίωσης Ροών Ανθρώπινου Δυναμικού.



Εικόνα 6. Τέταρτη έκδοση μοντέλου εξομοίωσης διαχείρισης ανθρώπινου δυναμικού.

4. Μοντέλο Εξομοίωσης Ροής Ασθενών στο Τμήμα Ατυχημάτων Επειγόντων Περιστατικών:

Στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε το μοντέλο εξομοίωσης της ροής των ασθενών μιας μονάδας υγείας στο Τμήμα Ατυχημάτων και Επειγόντων Περιστατικών (ΤΑΕΠ).

4.1. Γενικές Προδιαγραφές:

Ένας ασθενής μπορεί να ακολουθήσει μία από τις δύο διαθέσιμες εισόδους σε ένα νοσοκομείο, ανάλογα με τις ανάγκες του. Οι δύο εισοδοί είναι το Τμήμα Ατυχημάτων και Επειγόντων Περιστατικών (ΤΑΕΠ) και το Τμήμα Εξωτερικών Ιατρείων (ΤΕΙ). Η επιλογή εξαρτάται από το κατά πόσο η προσέλευση στη μονάδα υγείας είναι απρογραμμάτιστη ή προγραμματισμένη. Το ΤΑΕΠ χαρακτηρίζεται από απρογραμμάτιστη άφιξη ασθενών και σημαντική παράμετρος για την ταχύτητα εισδοχής στο χώρο όπου λαμβάνεται η θεραπεία είναι η κρισιμότητα της κάθε περίπτωσης. Συνεπώς, είναι δυνατό κάποιοι ασθενείς με την άφιξή τους στο χώρο διαλογής να μετακινούνται απευθείας στο χώρο της ιατρικής εξέτασης, ενώ κάποιοι άλλοι να περιμένουν στο χώρο αναμονής μέχρι να υπάρξει διαθεσιμότητα στο χώρο της ιατρικής εξέτασης.

4.2. Προδιαγραφές Εφαρμογής:

Σκοπός της εφαρμογής είναι ο χρήστης να μπορεί να δει την επίδραση στο μέσο χρόνο αναμονής των ασθενών από τη στιγμή άφιξής τους στο ΤΑΕΠ μέχρι την μετάβαση τους στο χώρο της ιατρικής εξέτασης, διαφορετικών διοικητικών αποφάσεων όπως:

- την αύξηση της χωρητικότητας στο χώρο της ιατρικής εξέτασης σε αριθμό κρεβατιών,
- την αύξηση της χωρητικότητας του χώρου αναμονής στο ΤΑΕΠ σε αριθμό ασθενών, έτσι ώστε να μειωθεί ο αριθμός των ασθενών που παραπέμπονται σε άλλα ΤΑΕΠ άλλων μονάδων υγείας. Αυξάνοντας τον αριθμό των ασθενών που τυγχάνουν ιατρικής εξέτασης επηρεάζεται ο μέσος χρόνος αναμονής των ασθενών.
- την αύξηση της χωρητικότητας της Μονάδας Εντατικής Θεραπείας (ΜΕΘ) σε αριθμό κρεβατιών, μειώνοντας έτσι τον αριθμό των ασθενών που χρειάζονται εντατική θεραπεία και παραμένουν στο χώρο της ιατρικής εξέτασης μέχρι να υπάρξει διαθεσιμότητα στο χώρο της ΜΕΘ.

Αλλάζοντας αυτές τις παραμέτρους ο χρήστης θα μπορεί να διαπιστώσει ποιοί είναι το σημείο στη λειτουργία του ΤΑΕΠ που καθυστερεί την διαδικασία λήψης ιατρικής φροντίδας από τους ασθενείς.

Επιπλέον, το πρόγραμμα θα προσφέρει στο χρήστη τη δυνατότητα να διαπιστώσει την επίδραση διαφορετικών σεναρίων άφιξης των ασθενών και άλλων εκτιμήσεων που γίνονται

από τη διεύθυνση π.χ. το ποσοστό ασθενών που καταφθάνουν στο ΤΑΕΠ και η κρισιμότητα τους απαιτεί άμεση φροντίδα.

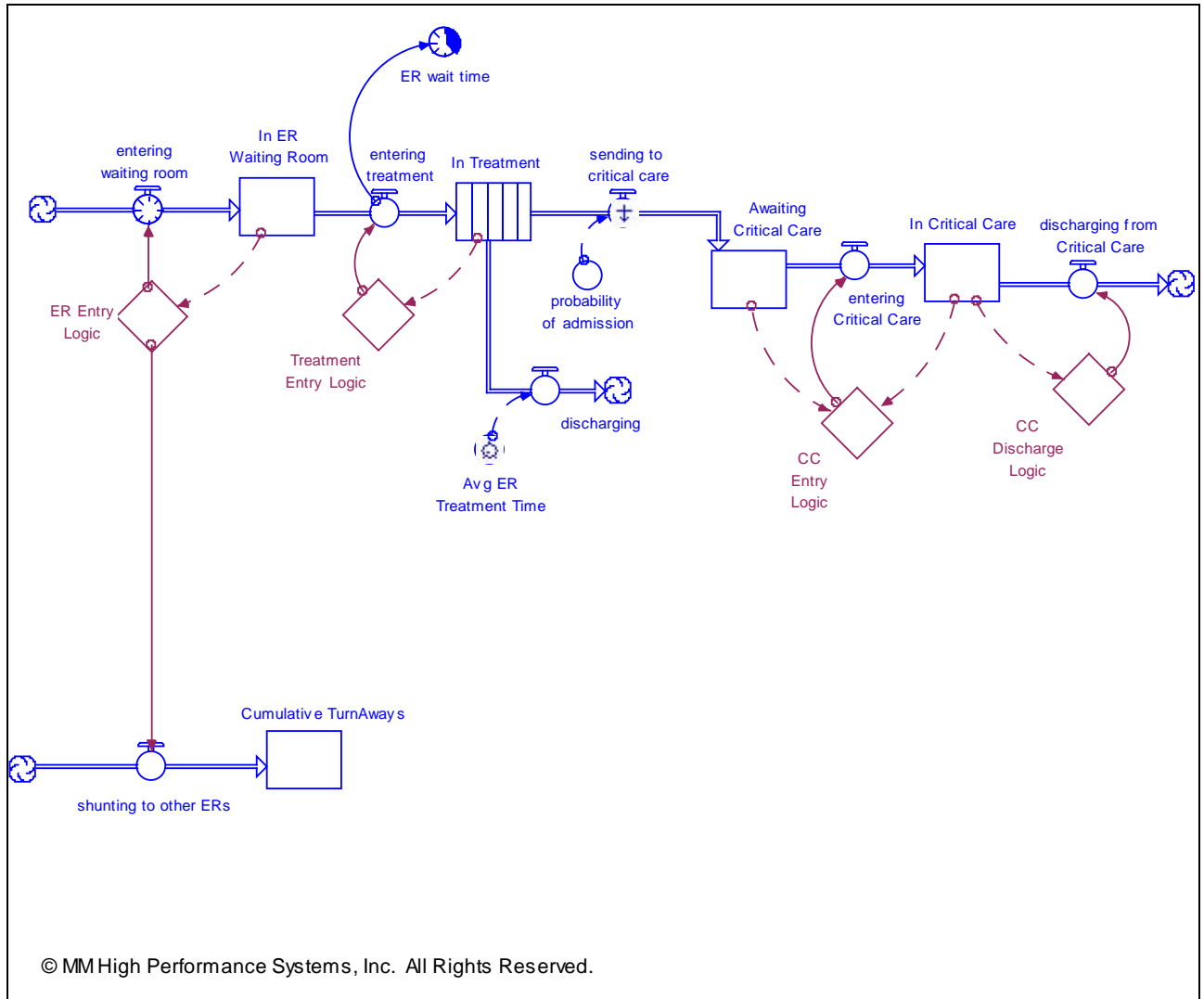
4.3. Παραδοχές:

Για σκοπούς απλοποίησης του μοντέλου που παρουσιάζεται θεωρείται ότι:

- Η διαδικασία της ιατρικής εξέτασης και της λήψης θεραπείας εμπεριέχει πολλές διαφορετικές μικρότερες διαδικασίες και η πρόβλεψη όλων των πιθανών σεναρίων είναι εκτός του σκοπού αυτής της μελέτης, για αυτό ομαδοποιούνται όλες σε μία γενική διαδικασία λήψης θεραπείας.
- Απόρροια της πρώτης παραδοχής είναι ο μέσος χρόνος λήψης θεραπείας να είναι μία παράμετρος που καταχωρείται από το χρήστη μέσα από στατιστικά δεδομένα του νοσοκομείου.

4.4. Μοντέλο Προβλήματος:

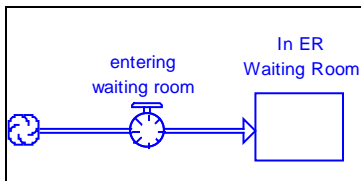
Στη βάση των παραδειγμάτων του λογισμικού *ithink* [3], εντοπίστηκε ένα μοντέλο εξομοίωσης της λειτουργίας μιας μονάδας αντιμετώπισης επειγόντων περιστατικών. Το εν λόγω μοντέλο παρουσιάζεται στην Εικόνα 7.



Εικόνα 7. Μοντέλο εξομοίωσης της λειτουργίας μιας μονάδας αντιμετώπισης επειγόντων περιστατικών από τη βάση παραδειγμάτων για το λογισμικό *ithink* [3].

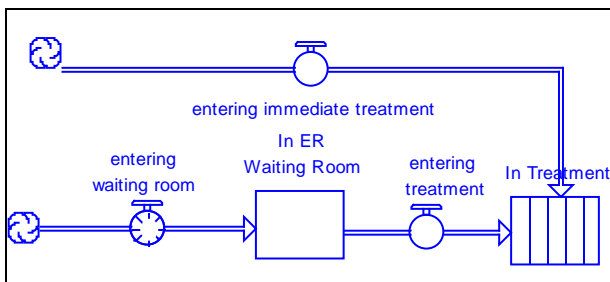
Έγιναν αρκετές τροποποιήσεις στο μοντέλο αυτό ώστε να παρουσιάζεται ορθότερα η πραγματική λειτουργία του ΤΑΕΠ. Το τροποποιημένο μοντέλο θα παρουσιαστεί τμηματικά και στην συνέχεια θα δούμε πώς ολοκληρώνεται. Οι μαθηματικές εξισώσεις του ολοκληρωμένου μοντέλου παρουσιάζονται στο Παράρτημα 5: Εξισώσεις Μοντέλου Εξομοίωσης Ροών Ασθενών στο Τμήμα Ατυχημάτων και Επειγόντων Περιστατικών.

Αρχικά, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 8, ο ασθενής εισέρχεται στο χώρο αναμονής. Στο χώρο αναμονής παραμένουν οι ασθενείς μέχρι να υπάρξει διαθεσιμότητα στο χώρο της ιατρικής εξέτασης.



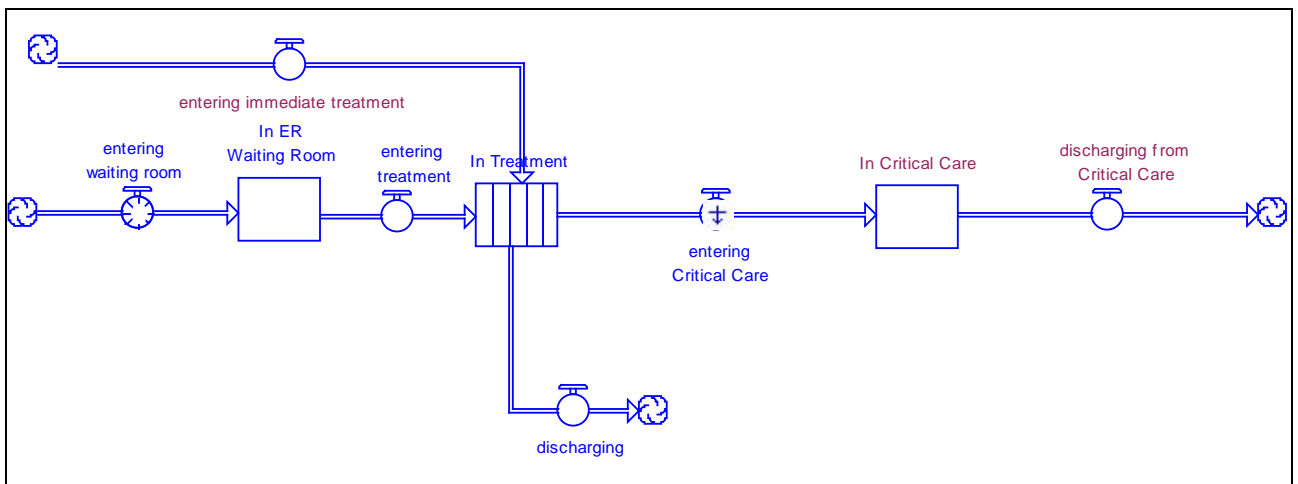
Εικόνα 8. Εισροή στο χώρο αναμονής

Στην Εικόνα 9, φαίνεται η δυνατότητα μεταφοράς του ασθενούς απευθείας στο χώρο της ιατρικής εξέτασης χωρίς να περάσει από το χώρο αναμονής, αν η κρισιμότητα της κατάστασης του επιβάλλει άμεση ιατρική φροντίδα.



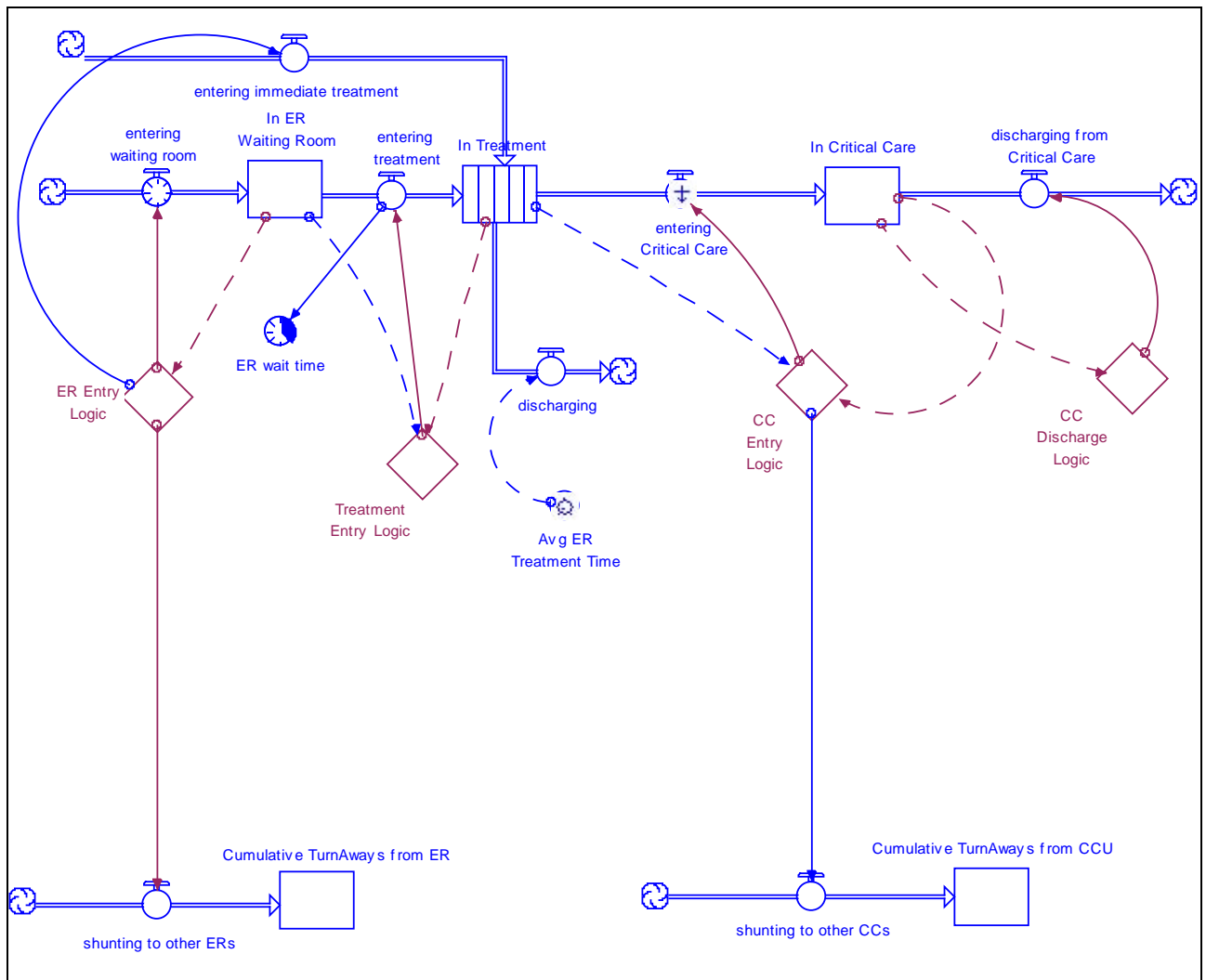
Εικόνα 9. Εισροή στο χώρο της ιατρικής εξέτασης.

Κατά την ιατρική εξέταση είναι πιθανό ένας ασθενής να κριθεί ότι χρειάζεται να εισαχθεί στη Μονάδα Εντατικής Θεραπείας (ΜΕΘ) ή ότι έχει ολοκληρωθεί η θεραπεία του και γίνεται απόλυση του ασθενούς (Εικόνα 10).



Εικόνα 10. Εκροές από το χώρο της ιατρικής εξέτασης.

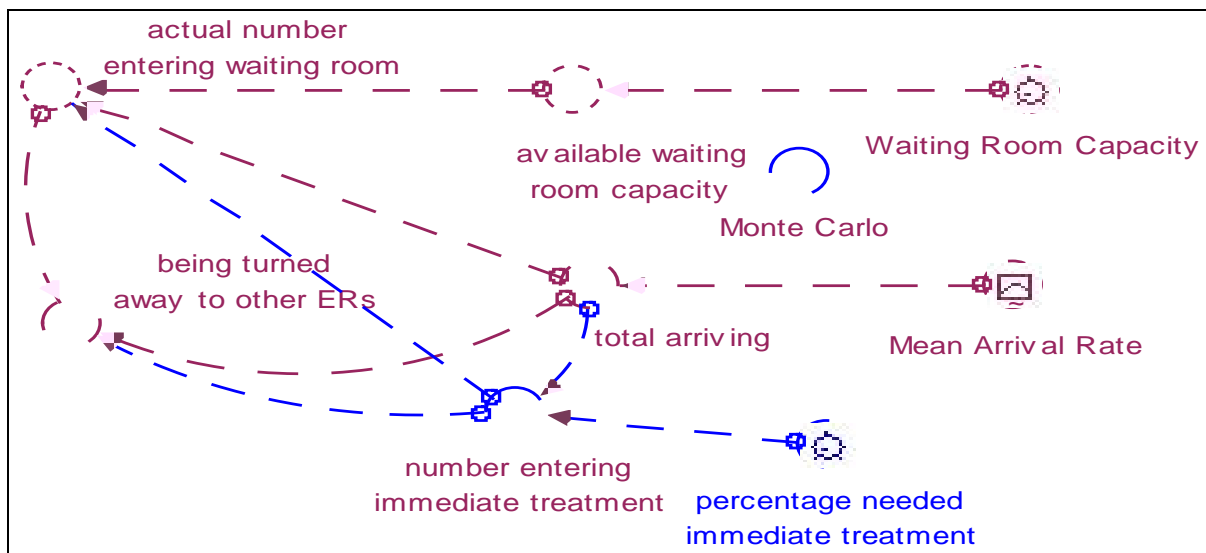
Το ολοκληρωμένο μοντέλο εξομοίωσης της λειτουργίας του ΤΑΕΠ παρουσιάζεται στην Εικόνα 11. Στο ολοκληρωμένο μοντέλο παρουσιάζονται κάποια επιπλέον στοιχεία τα οποία θα αναλύσουμε στην συνέχεια.



Εικόνα 11. Μοντέλο εξομοίωσης της λειτουργίας του Τμήματος Επειγόντων Περιστατικών (ΤΑΕΠ).

Αρχικά πρέπει να ληφθεί η απόφαση της αποδοχής του ασθενούς για θεραπεία ή όχι (ER Entry Logic), ανάλογα με το αν υπάρχει διαθεσιμότητα στο χώρο αναμονής των ασθενών. Αν δεν υπάρχει τότε γίνεται παραπομπή του ασθενούς σε ένα άλλο ΤΑΕΠ αν φυσικά το επιτρέπει η κρισιμότητα της κατάστασης του. Στην Εικόνα 12, παρουσιάζεται ο τρόπος λήψης αυτής της απόφασης με βάση τρεις παραμέτρους που θέτει ο χρήστης. Πρώτα πρέπει να καθοριστεί ο μέγιστος αριθμός ασθενών που μπορούν να βρίσκονται στο χώρο αναμονής (Waiting Room Capacity). Το πρόγραμμα συγκρίνοντας αυτή την παράμετρο με τον αριθμό των ασθενών που βρίσκονται ήδη στο δωμάτιο αναμονής (In ER Waiting Room) υπολογίζει τη διαθεσιμότητα του χώρου αναμονής.

Στην συνέχεια καθορίζεται ο μέσος όρος των αφίξεων ασθενών στο ΤΑΕΠ ανά ώρα για ένα εικοσιτετράωρο (Mean Arrival Rate). Το λογισμικό επιλέγει τυχαία έναν αριθμό από μία σειρά τυχαίων αριθμών που ικανοποιούν μια κατανομή (συγκεκριμένα την κατανομή Poisson), με μέσο όρο τον μέσο αριθμό αφίξεων που έχει τεθεί για τη συγκεκριμένη ώρα και ορίζεται σαν ο αριθμός των ασθενών που καταφθάνουν στο ΤΑΕΠ τη συγκεκριμένη ώρα (total arriving).



Εικόνα 12. Απόφαση εισόδου ασθενή (ER Entry Logic).

Επιπλέον, πρέπει να καθοριστεί από το χρήστη με βάση στατιστικές που έχουν διεξαχθεί το ποσοστό των ασθενών που καταφθάνουν στο ΤΑΕΠ και χρειάζονται άμεση ιατρική φροντίδα (percentage needed immediate treatment). Με βάση αυτό το ποσοστό υπολογίζεται πόσοι ασθενείς από αυτούς που καταφθάνουν κάθε ώρα (total arriving) χρειάζονται άμεση ιατρική φροντίδα (number entering immediate treatment) και μεταβαίνουν απευθείας στο χώρο της ιατρικής εξέτασης (entering immediate treatment).

Η εφαρμογή δίνει τον αριθμό των ασθενών που θα πρέπει να παραπεμφθούν σε άλλο ΤΑΕΠ (being turned away to other ERs), συγκρίνοντας τον συνολικό αριθμό ασθενών που καταφθάνουν στο ΤΑΕΠ ανά ώρα (total arriving) με τον αριθμό των ασθενών που θα εισέλθουν στο χώρο αναμονής (actual number entering waiting room) και τον αριθμό των ασθενών που θα μεταβούν απευθείας στο χώρο της ιατρικής εξέτασης (entering immediate treatment), όπως φαίνεται στην Εξίσωση 6. Στην Εξίσωση 6 παρουσιάζεται και ο τρόπος υπολογισμού του αριθμού των ασθενών που θα εισέλθουν στο χώρο αναμονής.

$A.A \text{ που παραπέμπονται}(\omega) = \text{Συνολικός } A.A(\omega) - A.A \text{ που εισέρχονται στο } \chi.a(\omega) - A.A \text{ που χρειάζονται α.ι.φ}(\omega)$,
 όπου $\omega = \text{ώρα}$,
 $A.A \text{ που εισέρχονται στο } \chi.a(\omega) = \text{Συνολικός } A.A(\omega) - \text{Διαθεσιμότητα } \chi.a(\omega) - A.A \text{ που χρειάζονται α.ι.φ}(\omega)$,
 $A.A = \text{Αριθμός Ασθενών}$,
 $\chi.a = \text{Χώρος αναμονής}$,
 $\alpha.ι.φ. = \text{άμεση ιατρική φροντίδα}$.

Εξίσωση 6. Υπολογισμός αριθμού ασθενών που παραπέμπονται σε άλλο ΤΑΕΠ.

Στην Εικόνα 12, παρουσιάζεται ένας μετατροπέας Monte Carlo, ο οποίος περιέχει τη συνάρτηση για πραγματοποίηση ανάλυσης ευαισθησίας Monte-Carlo[§]. Όταν ο χρήστης ενεργοποιήσει την ανάλυση ευαισθησίας το σύστημα θα τρέξει δέκα διαδοχικές φορές

[§] Η ανάλυση Monte-Carlo στηρίζεται στη δειγματοληψία τιμών από την συνάρτηση πιθανότητας με την οποία συνδέονται οι τυχαίες μεταβλητές [1]. Τιμές των μεταβλητών επιλέγονται τυχαία από την ανάλογη συνάρτηση και χρησιμοποιούνται στην εξομοίωση. Αυτό επαναλαμβάνεται με σκοπό οι διαδοχικές τιμές που δίνει το σύστημα στις μεταβλητές να μιμούνται τη συμπεριφορά τους, η οποία εκφράζεται από τη συνάρτηση πιθανότητας που τις χαρακτηρίζει.

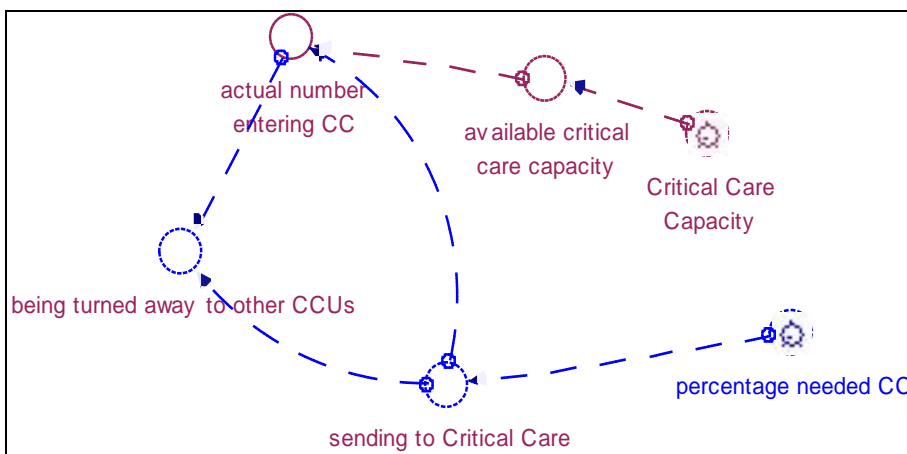
χρησιμοποιώντας τις ίδιες τιμές για τις παραμέτρους που έχει θέσει ο χρήστης αλλά με διαφορετικούς τυχαίους αριθμούς που αντιπροσωπεύουν τους ασθενείς που καταφθάνουν στο ΤΑΕΠ κάθε ώρα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται μαζί σε μία γραφική παράσταση.

Στην συνέχεια, το σύστημα υπολογίζει κατά πόσο υπάρχουν διαθέσιμα κρεβάτια στο χώρο της ιατρικής εξέτασης (available ER treatment slots) με βάση την χωρητικότητα του χώρου (ER capacity) όπως την καθορίζει ο χρήστης και τους ασθενείς που βρίσκονται ήδη στο χώρο (In Treatment), όπως φαίνεται στην Εικόνα 13.



Εικόνα 13. Απόφαση εισόδου ασθενών στο χώρο ιατρικής εξέτασης (Treatment Entry Logic).

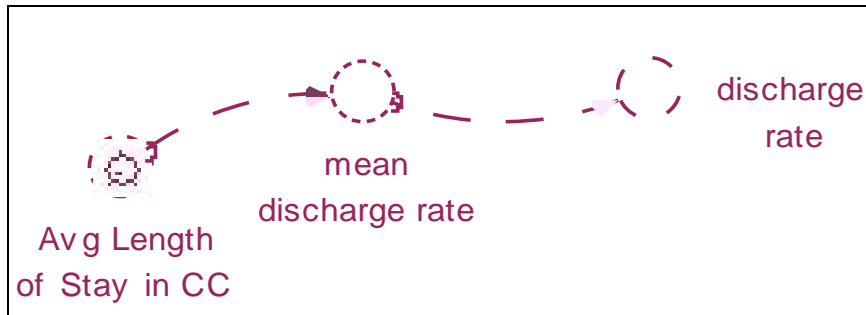
Επίσης, το σύστημα θα πρέπει να αποφασίσει των αριθμών των ασθενών που θα γίνουν εισαγωγή στην ΜΕΘ (CC Entry Logic). Η λογική της απόφασης αυτής παρουσιάζεται στην Εικόνα 14. Υπάρχει περίπτωση με βάση τη χωρητικότητα της ΜΕΘ σε αριθμό ασθενών να μην μπορούν να γίνουν εισαγωγή όλοι οι ασθενείς που κρίνεται όπου πρέπει να γίνουν. Έτσι το πρόγραμμα με βάση την χωρητικότητα του χώρου (Critical Care Capacity) υπολογίζει τη διαθεσιμότητα της μονάδας (available critical care capacity). Οι ασθενείς που στέλνονται σε ΜΕΘ υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη το ποσοστό των ασθενών που χρειάζονται εντατική θεραπεία (percentage needed CC), το οποίο καθορίζει ο χρήστης στηριζόμενος σε ιστορικά στοιχεία. Στην συνέχεια, γίνονται εισαγωγή στην ΜΕΘ τόσο ασθενείς όσοι είναι η διαθεσιμότητα της ΜΕΘ (actual number entering CC) και οι υπόλοιποι γίνονται παραπομπή σε άλλη ΜΕΘ (being turned away to other CCUs).



Εικόνα 14. Απόφαση εισδοχής στην Μονάδα Εντατικής Θεραπείας (CC Entry Logic).

Επιπλέον, θα πρέπει να υπολογίζεται ο αριθμός των ασθενών που απολύονται από την ΜΕΘ ανά ώρα (Εικόνα 15). Ο χρήστης καθορίζει με βάση ιστορικά στοιχεία τον μέσο χρόνο παραμονής ενός ασθενή στη ΜΕΘ (Avg Length of Stay in CC). Το σύστημα υπολογίζει το μέσο ρυθμό απόλυσης των ασθενών (mean discharge rate) διαιρώντας τους

ασθενείς που βρίσκονται στην ΜΕΘ (In Critical Care) με το μέσο χρόνο παραμονής τους (Avg Length of Stay in CC). Ακολουθώντας, χρησιμοποιεί τον μέσο ρυθμό σαν το μέσο όρο μιας κατανομής (συγκεκριμένα της Poisson) από την οποία επιλέγει τυχαία έναν αριθμό ως το ρυθμό απόλυσης κάθε ώρας (discharge rate).



Εικόνα 15. Απόφαση απόλυσης ασθενών από την ΜΕΘ (CC Discharge Logic).

Οι πληροφορίες που παίρνει ο χρήστης από το σύστημα είναι:

- Ο μέσος σταθμισμένος χρόνος αναμονής των ασθενών από την είσοδο τους στο ΤΑΕΠ μέχρι την είσοδο τους στο χώρο της ιατρικής εξέτασης.
- Ο αριθμός των ασθενών που παραπέμπονται σε άλλα ΤΑΕΠ εξαιτίας του περιορισμού της χωρητικότητας του χώρου αναμονής των ασθενών.
- Ο αριθμός των ασθενών που παραπέμπονται σε άλλες ΜΕΘ εξαιτίας του περιορισμού της χωρητικότητας της ΜΕΘ.
- Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας Monte Carlo.

5. Μοντέλο Εξομοίωσης Ροής Ασθενών στο Χειρουργικό Τμήμα:

Στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε το μοντέλο εξομοίωσης της ροής των ασθενών μιας μονάδας υγείας στο Χειρουργικό Τμήμα των Εξωτερικών Ιατρείων.

5.1. Γενικές Προδιαγραφές:

Όπως έχει ήδη αναφερθεί υπάρχουν δύο είσοδοι από τις οποίες μπορεί ένας ασθενής να εισέλθει σε ένα νοσοκομείο, το Τμήμα Ατυχημάτων και Επειγόντων Περιστατικών (ΤΑΕΠ) και το Τμήμα Εξωτερικών Ιατρείων (ΤΕΙ). Η άφιξη στα εξωτερικά ιατρεία είναι προγραμματισμένη και για να καταστεί δυνατό ένας ασθενής να εξεταστεί από το γιατρό που επιθυμεί θα πρέπει να εγγραφεί. Ανάλογα με την ιατρική ειδικότητα που απαιτείται, η ροή των ασθενών στην μονάδα υγείας πιθανό να διαφοροποιείται σε κάποια σημεία, αλλά είναι πιθανό αρκετά τμήματα των εξωτερικών ιατρείων να έχουν πανομοιότυπη ροή των ασθενών τους. Στο σημείο αυτό θα παρουσιαστεί η ροή των ασθενών, οι οποίοι χρειάζεται να εξεταστούν από χειρουργό.

5.2. Προδιαγραφές Εφαρμογής:

Σκοπός της εφαρμογής είναι ο χρήστης να μπορεί να δει την επίδραση στο χρόνο αναμονής των ασθενών για εγγραφή, εξέταση και κλείσιμο ραντεβού για χειρουργική επέμβαση, διαφορετικών διοικητικών αποφάσεων όπως:

- την αύξηση της χωρητικότητας του χώρου αναμονής στο ΤΕΙ για εγγραφή σε αριθμό ασθενών,
- την αύξηση του γραμματειακού προσωπικού που εκτελεί τη διαδικασία της εγγραφής των ασθενών,
- την αύξηση της χωρητικότητας του χώρου αναμονής στο ΤΕΙ για κλείσιμο ραντεβού για χειρουργική επέμβαση σε αριθμό ασθενών,
- την αύξηση του γραμματειακού προσωπικού που εκτελεί τη διαδικασία της κράτησης ραντεβού για χειρουργικές επεμβάσεις ασθενών.

5.3. Παραδοχές:

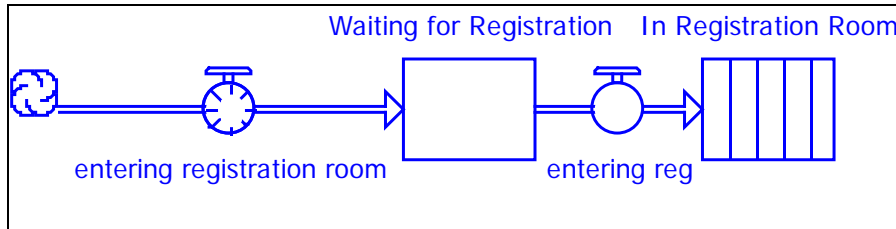
Για σκοπούς απλοποίησης του μοντέλου που παρουσιάζεται θεωρείται ότι:

- Η διαδικασία της ιατρικής εξέτασης περιέχει πολλές διαφορετικές μικρότερες διαδικασίες και η πρόβλεψη όλων των πιθανών σεναρίων είναι εκτός του σκοπού αυτής της μελέτης, για αυτό ομαδοποιούνται όλες σε μία γενική διαδικασία ιατρικής εξέτασης.

- Απόρροια της πρώτης παραδοχής είναι ο μέσος χρόνος της ιατρικής εξέτασης να μην μπορεί να υπολογιστεί από το σύστημα και είτε θα παρέχετε σαν παράμετρος από το χρήστη, όπως στο μοντέλο προβλήματος του ΤΑΕΠ, είτε δεν θα συμπεριληφθεί στο μοντέλο. Στο μοντέλο προβλήματος του Χειρουργικού Τμήματος δεν θα συμπεριληφθεί λόγω περιορισμού του προγράμματος *STELLA*. Μετά την ιατρική εξέταση ένας ασθενής είναι πιθανό να ακολουθήσει μία από τις τρεις πιθανές ροές (κλείσιμο ραντεβού για χειρουργική επέμβαση, νοσηλεία στο νοσοκομείο ή ολοκληρώνεται η ιατρική εξέταση και φεύγει). Ένας μετακομιστής θα χρησιμοποιούσε το χρόνο της ιατρικής εξέτασης για να αποφασίσει πότε θα υπάρξει εκροή όμως μπορεί να έχει μόνο δύο εκροές. Για αυτό οι ασθενείς που εξετάζονται έπρεπε να αναπαρασταθούν σαν απόθεμα χωρίς να ληφθεί υπόψη ο χρόνος της ιατρικής εξέτασης.
- Θεωρείται ότι δεν υπάρχει περιορισμός χωρητικότητας του χώρου αναμονής των ασθενών για εγγραφή και ιατρική εξέταση.

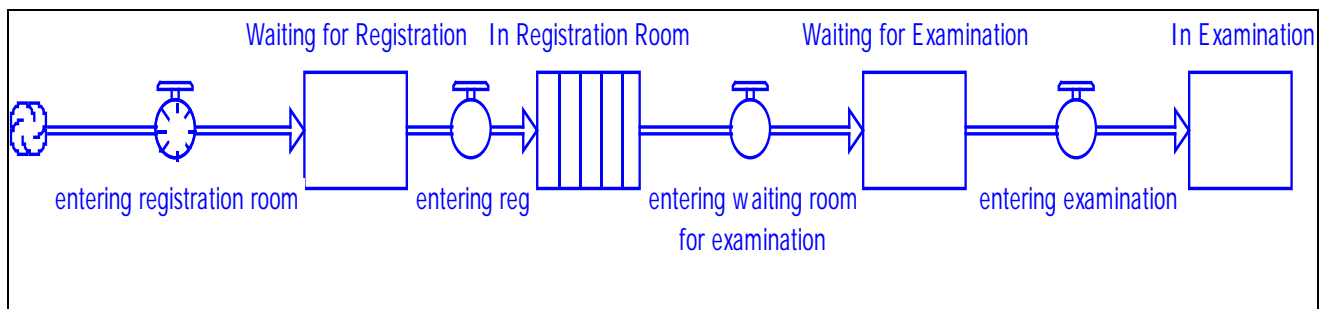
5.4. Μοντέλο Προβλήματος:

Αρχικά ο ασθενής καταφθάνει στην μονάδα υγείας στο ΤΕΙ και κατευθύνεται στο χώρο όπου πραγματοποιούνται οι εγγραφές των ασθενών. Η ροή αυτή παρουσιάζεται στην Εικόνα 16.



Εικόνα 16. Εισροή στο χώρο εγγραφής των ασθενών.

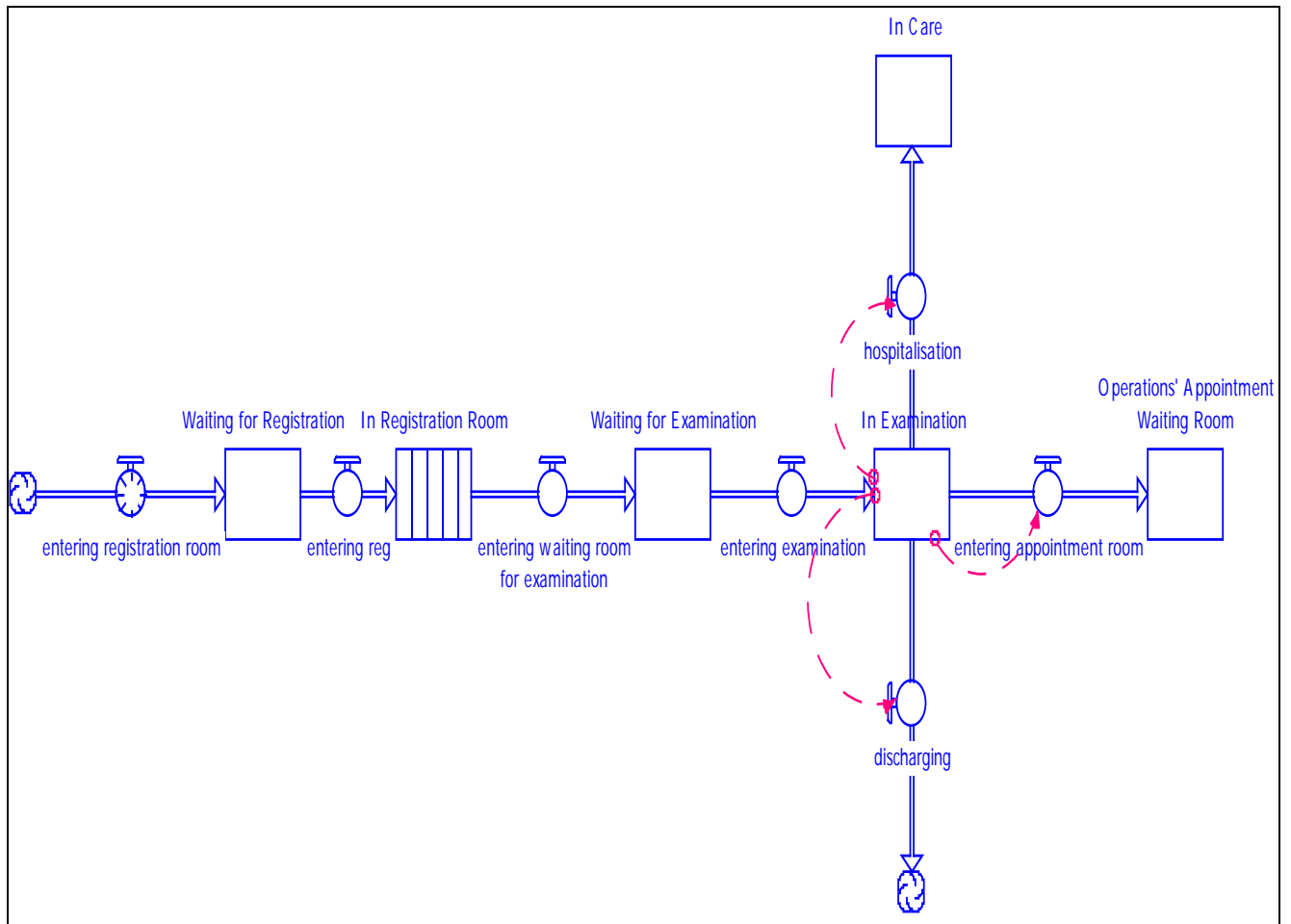
Αφού εγγραφούν οι ασθενείς αναμένουν για να εξεταστούν από κάποιο χειρουργό (Waiting for Examination). Όταν ελευθερωθεί κάποιος χειρουργός μεταβαίνουν στο χώρο της ιατρικής εξέτασης (In Examination). Η ροή αυτή παρουσιάζεται στην Εικόνα 17.



Εικόνα 17. Εισροή στο χώρο της ιατρικής εξέτασης.

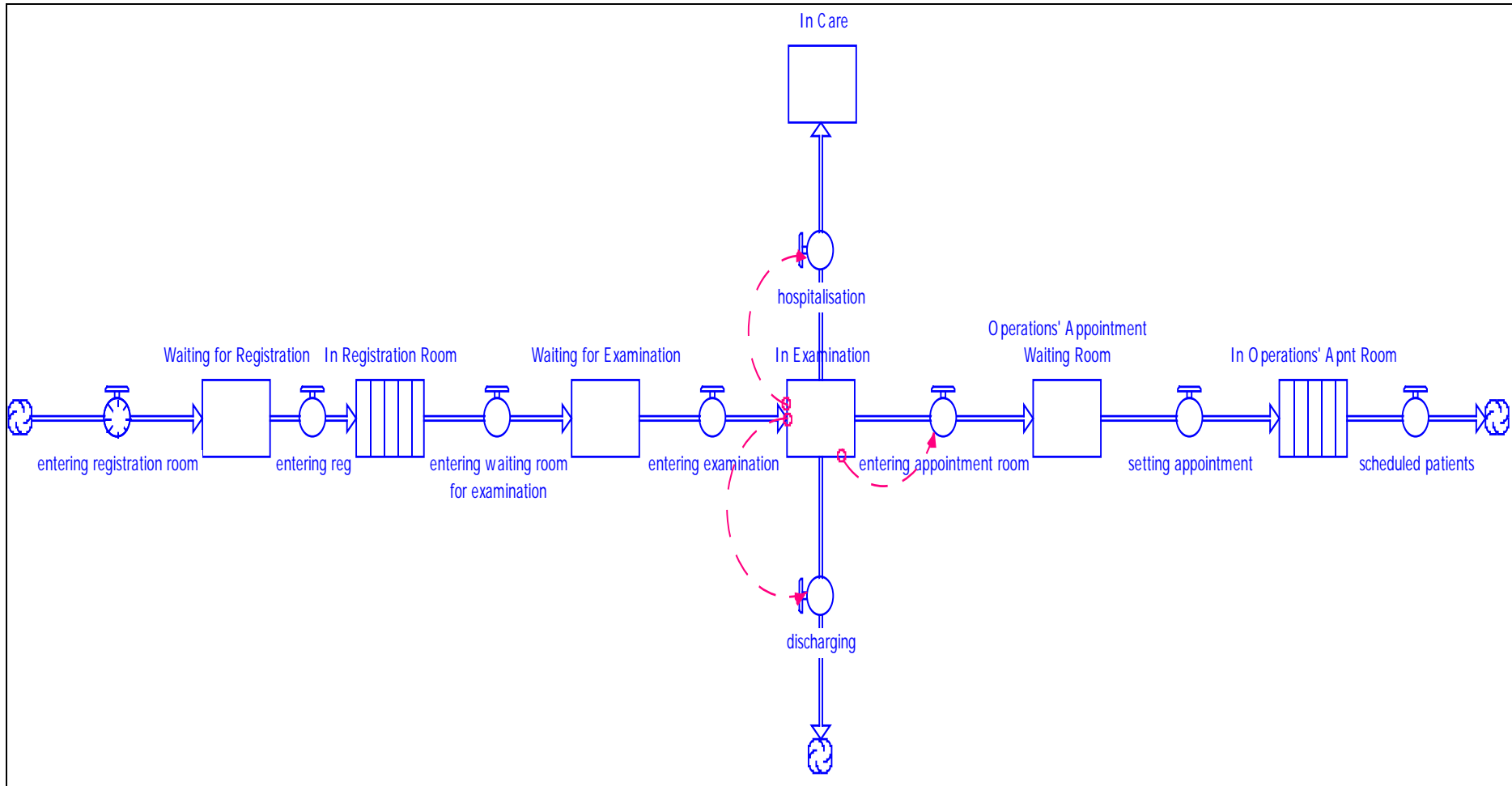
Στην Εικόνα 18, παρουσιάζονται οι τρεις εναλλακτικές ροές μετά την ιατρική εξέταση. Ένας ασθενής αφού εξεταστεί από χειρουργό είναι πιθανό είτε να χρειάζεται χειρουργική

επέμβαση και συνεπώς θα πρέπει να προβεί σε κλείσιμο ραντεβού για τη μέρα που θα πραγματοποιηθεί η επέμβαση (entering appointment room), είτε να χρειάζεται νοσηλεία (hospitalisation), ή μετά την εξέταση ο γιατρός να αποφάνθηκε ότι δε χρειάζεται ούτε επέμβαση ούτε νοσηλεία ή η εξέταση ήταν απλώς ένας μεταχειρουργικός έλεγχος (discharging).



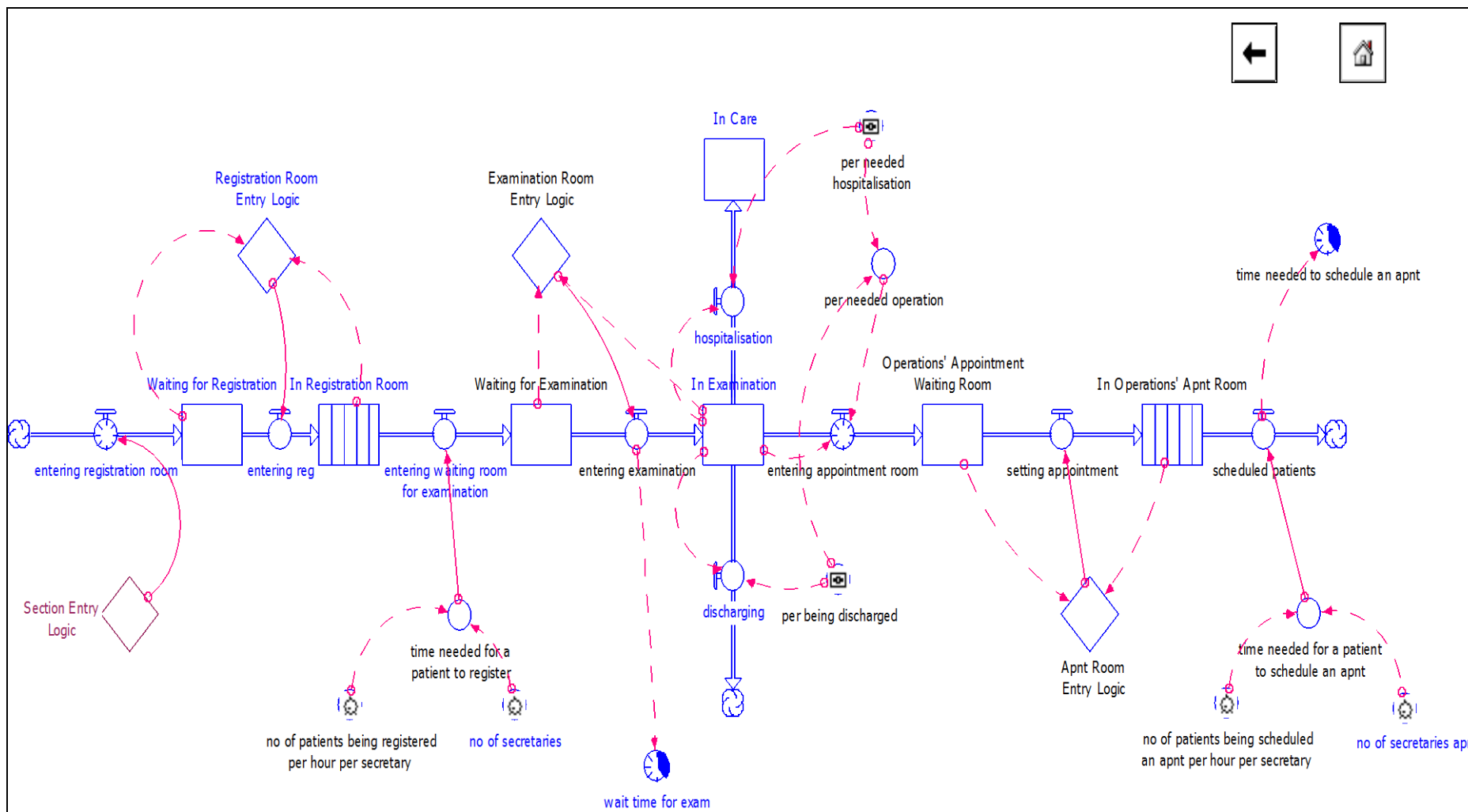
Εικόνα 18. Εκροές από την ιατρική εξέταση.

Στην Εικόνα 19, έχει προστεθεί η διαδικασία κλεισίματος ραντεβού για χειρουργική επέμβαση. Ο ασθενής μεταβαίνει στο χώρο αναμονής για κλείσιμο ραντεβού (entering appointment room), αναμένει μέχρι να ελευθερωθεί κάποιο άτομο από το γραμματειακό προσωπικό για να προγραμματίσει το ραντεβού του (setting appointment).



Εικόνα 19. Διαδικασία κλεισίματος ραντεβού για χειρουργική επέμβαση.

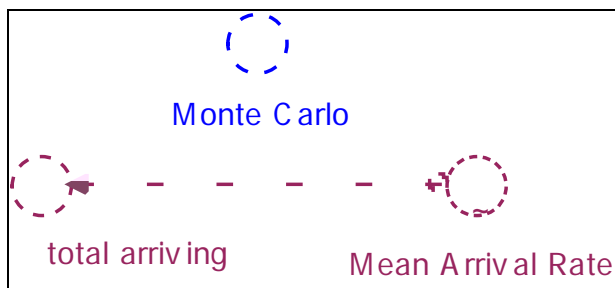
Στην Εικόνα 20, παρουσιάζεται ολοκληρωμένο το μοντέλο εξομοίωσης της ροής των ασθενών στο Χειρουργικό Τμήμα των Εξωτερικών Ιατρείων ενός νοσοκομείου. Υπάρχουν κάποια στοιχεία στο ολοκληρωμένο μοντέλο τα οποία ακόμη δεν έχουν επεξηγηθεί και παρουσιάζονται στη συνέχεια.



Εικόνα 20. Μοντέλο Εξομοίωσης Ροής Ασθενών στο Χειρουργικό Τμήμα.

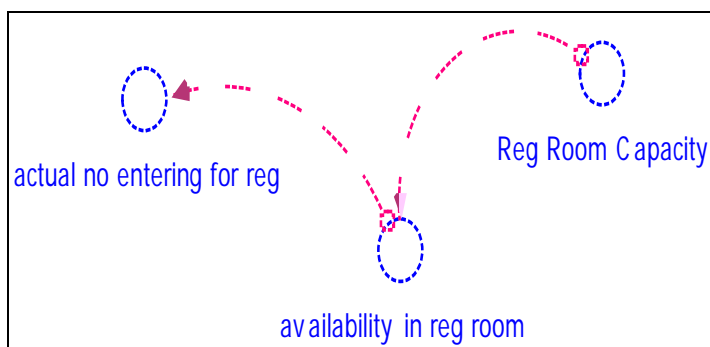
Η λογική της εισροής ασθενών στο Χειρουργικό Τμήμα (Section Entry Logic) είναι σχετικά απλή, και παρουσιάζεται διαγραμματικά στην Εικόνα 21. Καθορίζεται από το χρήστη ο μέσος όρος των αφίξεων ασθενών στο ΤΕΙ και χρειάζονται να επισκεφθούν χειρουργό, ανά ώρα για ένα εικοσιτετράωρο (Mean Arrival Rate). Το λογισμικό επιλέγει τυχαία έναν αριθμό από μία σειρά τυχαίων αριθμών που ικανοποιούν μια κατανομή (συγκεκριμένα την κατανομή Poisson), με μέσο όρο τον μέσο αριθμό αφίξεων που έχει τεθεί για τη συγκεκριμένη ώρα (total arriving).

Στην Εικόνα 21, παρουσιάζεται ένας μετατροπέας Monte Carlo, ο οποίος περιέχει τη συνάρτηση για πραγματοποίηση ανάλυσης ευαισθησίας Monte-Carlo. Όταν ο χρήστης ενεργοποιήσει την ανάλυση ευαισθησίας το σύστημα θα τρέξει δέκα διαδοχικές φορές χρησιμοποιώντας τις ίδιες τιμές για τις παραμέτρους που έχει θέσει ο χρήστης αλλά με διαφορετικούς τυχαίους αριθμούς που αντιπροσωπεύουν τους ασθενείς που καταφθάνουν στο ΤΕΙ κάθε ώρα και επιθυμούν να επισκεφθούν χειρουργό. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται μαζί σε μία γραφική παράσταση.



Εικόνα 21. Απόφαση εισροής ασθενών στο Χειρουργικό Τμήμα (Section Entry Logic).

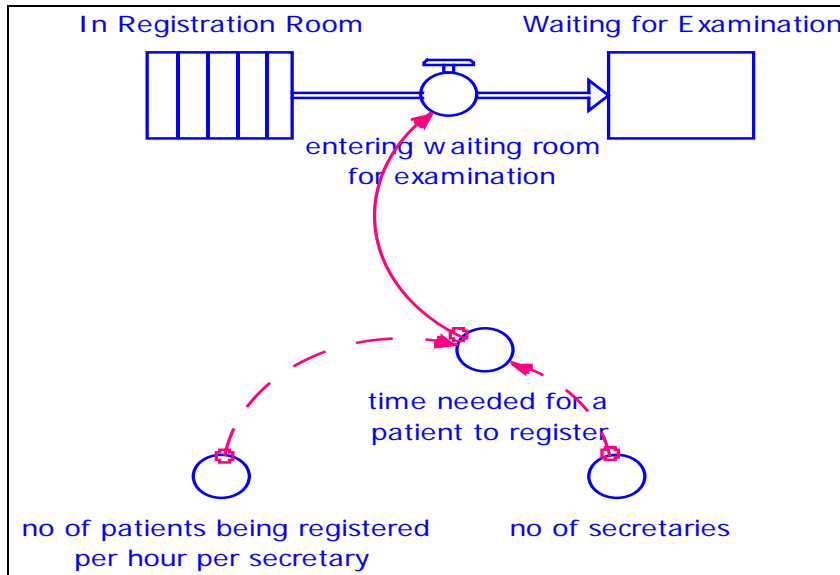
Όπως φαίνεται στην Εικόνα 22, η εισροή στο χώρο εγγραφής ασθενών (actual no entering for reg) περιορίζεται από τη χωρητικότητα του χώρου (Reg Room Capacity). Αν υπάρχει διαθεσιμότητα (availability in reg room) τότε εισέρχεται ο επόμενος ασθενής.



Εικόνα 22. Απόφαση εισροής ασθενών στο χώρο εγγραφής (Registration Room Entry Logic).

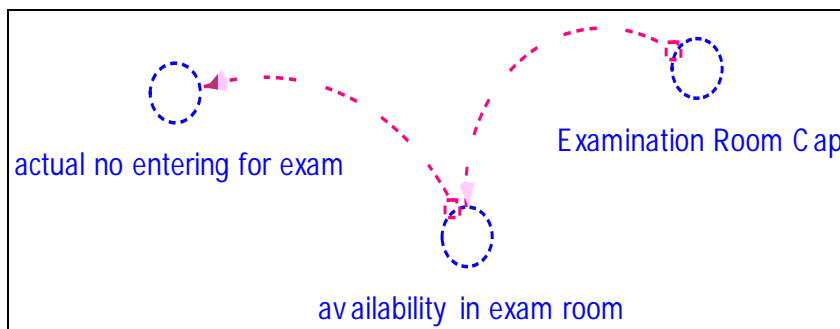
Ο χρόνος που χρειάζεται για να μεταβεί ένας ασθενής από δωμάτιο εγγραφής (In Registration Room) στο δωμάτιο αναμονής για ιατρική εξέταση (Waiting for Examination), εξαρτάται από το χρόνο που διαρκεί η εγγραφή ενός ασθενή, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 23. Ο χρόνος που χρειάζεται για να εγγραφεί κάποιος ασθενής (time needed for a patient to register) εξαρτάται κυρίως από δύο παράγοντες. Από τον αριθμό του γραμματειακού προσωπικού (no of secretaries) που εκτελεί τη διαδικασία της εγγραφής και τον μέσο όρο των ασθενών που εγγράφονται ανά ώρα από ένα άτομο του γραμματειακού προσωπικού (no of patients being registered per hour

per secretary). Το γινόμενο των δύο αυτών παραμέτρων δίνει τον αριθμό ασθενών που εγγράφονται ανά ώρα κατά μέσο όρο. Το πηλίκο του ενός διά το γινόμενο μας δίνει την ώρα που χρειάζεται να εγγραφεί ένας ασθενής κατά μέσο όρο (time needed for a patient to register). Χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση $\text{exp}(-\lambda t)$, η οποία δίνει τυχαίες τιμές από την εκθετική συνάρτηση (exponential distribution) με μέση τιμή το μέσο χρόνο που χρειάζεται ένας ασθενής να εγγραφεί. Η εκθετική συνάρτηση χρησιμοποιείται συνήθως στη μοντελοποίηση του χρονικού διαστήματος μεταξύ διαδοχικών τυχαίων γεγονότων.



Εικόνα 23. Ροή ασθενών από το χώρο εγγραφής στο χώρο αναμονής για ιατρική εξέταση.

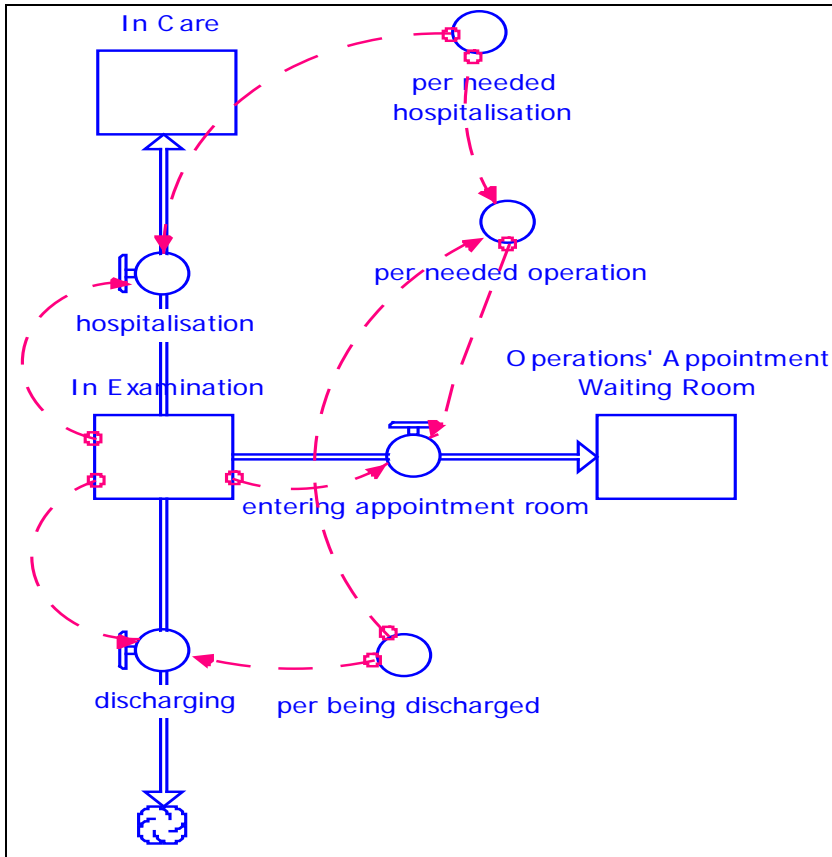
Η απόφαση για την εισροή ασθενών στο χώρο της ιατρικής εξέτασης (actual no entering for exam) είναι πανομοιότυπη με την εισροή στο χώρο εγγραφής. Η εισροή περιορίζεται από τη χωρητικότητα του χώρου (Examination Room Cap). Αν υπάρχει διαθεσιμότητα (availability in exam room) τότε εισέρχεται ο επόμενος ασθενής (Εικόνα 24).



Εικόνα 24. Απόφαση εισροής ασθενών στο χώρο της ιατρικής εξέτασης (Examination Room Entry Logic).

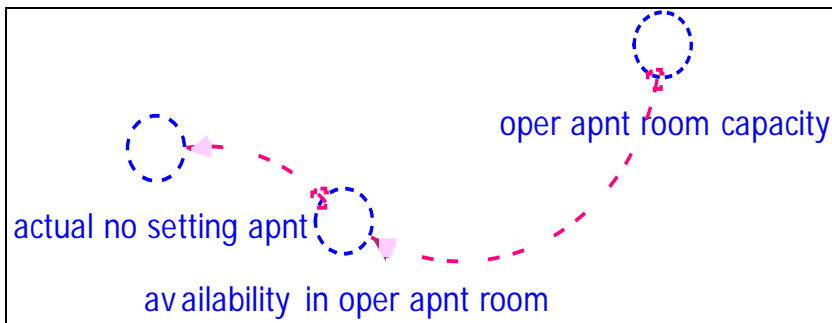
Όπως έχει αναφερθεί μετά από την ιατρική εξέταση είναι πιθανό ο ασθενής είτε να χρειάζεται χειρουργική επέμβαση και συνεπώς θα πρέπει να προβεί σε κλείσιμο ραντεβού για τη μέρα που θα πραγματοποιηθεί η επέμβαση (entering appointment room), είτε να χρειάζεται νοσηλεία (hospitalisation), ή μετά την εξέταση ο γιατρός να αποφάνθηκε ότι δε χρειάζεται ούτε επέμβαση ούτε νοσηλεία ή η εξέταση ήταν απλώς ένας μετεγχειρητικός έλεγχος (discharging). Ο χρήστης με βάση ιστορικά δεδομένα του νοσοκομείου καταχωρεί το μέσο ποσοστό των ασθενών που επισκέπτονται κάποιο

χειρουργό και ακολούθως χρειάζονται να υποβληθούν σε επέμβαση (per needed operation), το μέσο ποσοστό που χρειάζεται νοσηλεία (per needed hospitalisation) και το μέσο ποσοστό που δε χρειάζεται ούτε το ένα ούτε το άλλο (per being discharged). Όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 25, το πρόγραμμα υπολογίζει την κάθε εκροή από την ιατρική εξέταση.



Εικόνα 25. Λογική εκροών από την ιατρική εξέταση.

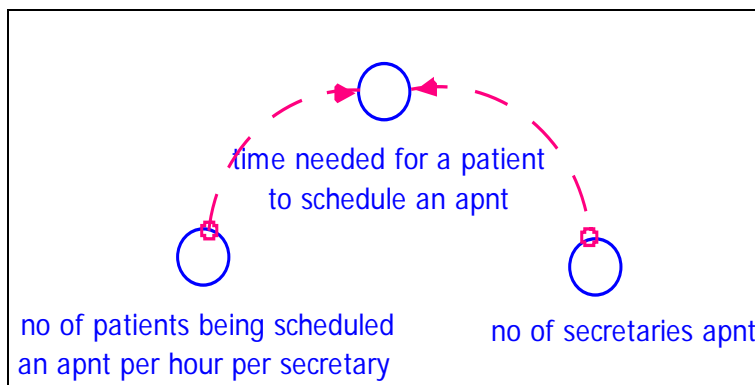
Η απόφαση για την εισροή ασθενών στο χώρο των κρατήσεων ραντεβού για χειρουργική επέμβαση (actual no setting apnt) και πάλι προσδιορίζεται από τη χωρητικότητα του χώρου (oper apnt room capacity). Αν υπάρχει διαθεσιμότητα (availability in oper apnt room) τότε εισέρχεται ο επόμενος ασθενής (Εικόνα 24).



Εικόνα 26. Απόφαση εισροής ασθενών στο χώρο των κρατήσεων ραντεβού για χειρουργική επέμβαση.

Ο χρόνος που απαιτείται για την κράτηση ενός ραντεβού για χειρουργική επέμβαση (time needed for a patient to schedule an apnt) εξαρτάται κυρίως από δύο παράγοντες,

όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 27. Από τον αριθμό του γραμματειακού προσωπικού (no of secretaries apnt) που εκτελεί τη διαδικασία της κράτησης ραντεβού και τον μέσο όρο των ασθενών που προγραμματίζονται για χειρουργική επέμβαση ανά ώρα από ένα άτομο του γραμματειακού προσωπικού (no of patients being scheduled an apnt per hour per secretary). Το γινόμενο των δύο αυτών παραμέτρων δίνει τον αριθμό ασθενών που προγραμματίζονται για χειρουργική επέμβαση ανά ώρα κατά μέσο όρο. Το πηλίκο του ενός διά το γινόμενο μας δίνει την ώρα που χρειάζεται να γίνει κράτηση ενός ραντεβού για χειρουργική επέμβαση κατά μέσο όρο (time needed for a patient to schedule an apnt). Χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση $\text{exp}(-rd)$, η οποία δίνει τυχαίες τιμές από την εκθετική συνάρτηση (exponential distribution) με μέση τιμή το μέσο χρόνο που χρειάζεται ένας ασθενής να προγραμματίσει ένα ραντεβού. Η εκθετική συνάρτηση, όπως έχει αναφερθεί, χρησιμοποιείται συνήθως στη μοντελοποίηση του χρονικού διαστήματος μεταξύ διαδοχικών τυχαίων γεγονότων.



Εικόνα 27. Χρόνος που απαιτείται για την κράτηση ενός ραντεβού για χειρουργική επέμβαση.

Οι πληροφορίες που παίρνει ο χρήστης από το σύστημα είναι:

- Ο μέσος σταθμισμένος χρόνος αναμονής των ασθενών από την είσοδο τους στο ΤΕΙ μέχρι την είσοδο τους στο χώρο της ιατρικής εξέτασης.
- Ο μέσος σταθμισμένος χρόνος αναμονής των ασθενών από το τέλος της ιατρικής εξέτασης μέχρι την κράτηση ραντεβού για χειρουργική επέμβαση.
- Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας Monte Carlo.

6. Επικοινωνία Χρήστη - Συστήματος:

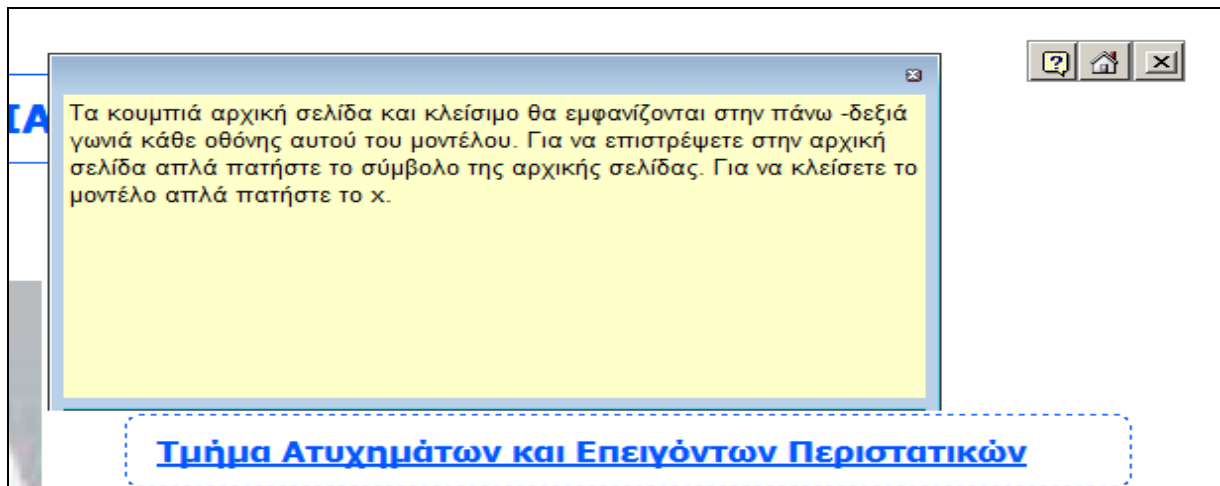
Απαραίτητο συστατικό μιας επιτυχημένης λογισμικής εφαρμογής είναι η ευχρηστία της. Σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 9241, *ευχρηστία ενός συστήματος είναι η ικανότητά του να λειτουργεί αποτελεσματικά και αποδοτικά, ενώ παρέχει υποκειμενική ικανοποίηση στους χρήστες του* [4]. Η Ευχρηστία του συστήματος αναλύεται στις εξής παραμέτρους: (α) ευκολία εκμάθησης, (β) υψηλή απόδοση εκτέλεσης έργου, (γ) χαμηλή συχνότητα σφαλμάτων χρήστη, (δ) ευκολία συγκράτησης της γνώσης χρήσης του και (ε) υποκειμενική ικανοποίηση χρήστη [4].

Συνεπώς το λογισμικό που αναπτύχθηκε θα πρέπει να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από μη ειδικευμένους χειριστές των υπολογιστών εύκολα και αποτελεσματικά. Ακολουθώς παρουσιάζεται η διεπιφάνεια χρήστη (user interface) της εφαρμογής.

Στην Εικόνα 28, φαίνεται η αρχική οθόνη της εφαρμογής, από την οποία δίνεται η δυνατότητα πλοήγησης στις διάφορες οθόνες του λογισμικού. Στην πάνω-δεξιά γωνιά της οθόνης βρίσκονται τα κουμπιά πληροφοριών, αρχικής οθόνης και κλείσιμο. Πατώντας το κουμπί πληροφοριών εμφανίζεται το παράθυρο που φαίνεται στην Εικόνα 29, δίνοντας πληροφορίες στο χρήστη για τη λειτουργία των κουμπιών αρχική σελίδα και κλείσιμο.



Εικόνα 28. Αρχική Οθόνη Εφαρμογής.



Εικόνα 29. Κουμπιά Πληροφοριών στην Αρχική Οθόνη.

Πατώντας ο χρήστης τον σύνδεσμο «Πλαίσιο Εφαρμογής», μεταφέρεται στην δεύτερη οθόνη του προγράμματος στην οποία δίνονται πληροφορίες για το στόχο της εφαρμογής και τις δυνατότητες που προσφέρει (Εικόνα 30).

ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η αποδοτική διοίκηση μιας επιχείρησης στηρίζεται σημαντικά στην ικανότητα των διοικητικών της στελεχών. Αρκετές από τις αποφάσεις που λαμβάνουν τα διοικητικά στελέχη, στηρίζονται στην ικανότητά τους να αντιδράσουν σε αλλαγές του γενικού επιχειρησιακού περιβάλλοντος, κρίσιμες για την επιβίωση της επιχείρησης. Χρειάζεται να μπορούν να αξιολογούν έγκαιρα και ορθά, τις ολοένα και αυξανόμενες πληροφορίες που λαμβάνουν. Στόχος της εφαρμογής αυτής είναι να υποβοηθήσει διοικητικά στελέχη μιας μονάδας υγείας στη λήψη σημαντικών αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση των πόρων της επιχείρησης.

Αρχικά προσφέρεται η δυνατότητα να παρθούν αποφάσεις σε ερωτήματα σε σχέση με τη διαχείριση του ανθρώπινου δυναμικού της όπως είναι τα εξής:

- Πόσα άτομα πρέπει να προσληφθούν από κάθε ειδικότητα σε κάθε χρονική στιγμή ώστε να διατηρηθεί το επιθυμητό επίπεδο του ανθρώπινου δυναμικού;
- Πόσα άτομα να προσληφθούν σε μόνιμη βάση και πόσα σε προσωρινή;

Επιπλέον, μέσα από την εφαρμογή θα μπορεί ο χρήστης αλλάζοντας κάποιες παραμέτρους να διαπιστώσει ποιο είναι το σημείο στη λειτουργία διαφορετικών τμημάτων του νοσοκομείου που καθυστερεί την διαδικασία λήψης ιατρικής φροντίδας από τους ασθενείς, λαμβάνοντας σαν πληροφορία από την εφαρμογή την επίδραση στο χρόνο αναμονής των ασθενών σε διαφορετικές διοικητικές αποφάσεις όπως π.χ. την αύξηση της χωρητικότητας στο χώρο της ιατρικής εξέτασης σε αριθμό κρεβατιών, την αύξηση της χωρητικότητας του χώρου αναμονής στο ΤΑΕΠ σε αριθμό ασθενών, την αύξηση της χωρητικότητας της Μονάδας Εντατικής Θεραπείας (ΜΕΘ) σε αριθμό κρεβατιών.

Επιπλέον, το πρόγραμμα θα προσφέρει στο χρήστη τη δυνατότητα να διαπιστώσει την επίδραση διαφορετικών σεναρίων άφιξης των ασθενών στα διάφορα τμήματα και άλλων εκτιμήσεων που γίνονται από τη διεύθυνση π.χ. το ποσοστό ασθενών που καταφθάνουν στο ΤΑΕΠ και η κρίσιμότητα τους απαιτεί άμεση φροντίδα.

Εικόνα 30. Οθόνη «Πλαίσιο Εφαρμογής».

Ακολουθώντας επιλέγοντας το σύνδεσμο «Τμήμα Ατυχημάτων και Επειγόντων Περιστατικών» ο χρήστης μεταφέρεται στην τρίτη οθόνη της εφαρμογής. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 31, ο χρήστης έχει τρεις επιλογές, οι οποίες επεξηγούνται στο χρήστη με το πάτημα του κουμπιού πληροφοριών που βρίσκεται δίπλα από κάθε σύνδεσμο. Η πρώτη επιλογή «Επεξήγηση Δομής Μοντέλου» μεταφέρει το χρήστη σε μία οθόνη στην οποία μπορεί να παρακολουθήσει μία ξενάγηση στη βασική ροή που ακολουθούν οι ασθενείς που εισέρχονται στο ΤΑΕΠ.

Η δεύτερη επιλογή «Ολοκληρωμένο Μοντέλο» παρουσιάζει στο χρήστη το ολοκληρωμένο μοντέλο εξομοίωσης της ροής των ασθενών στο ΤΑΕΠ με κάθε λεπτομέρεια όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 11.



Εικόνα 31. Οθόνη Τμήματος Ατυχημάτων και Επειγόντων Περιστατικών.

Ο τρίτος σύνδεσμος «Επεξεργασία Μοντέλου» μεταφέρει το χρήστη στην οθόνη στην οποία μπορεί να αλλάξει τις τιμές των παραμέτρων του μοντέλου και να τρέξει το πρόγραμμα, βλέποντας τα αποτελέσματα σε γραφήματα. Στην Εικόνα 32, φαίνεται η διεπιφάνεια του χρήστη με το σύστημα μέσω της οποίας θα έχει ο χρήστης τη δυνατότητα να αλλάξει τις τιμές των παραμέτρων, να τρέξει την εξομοίωση και να δει τα αποτελέσματα σε διάφορα διαγράμματα.

Τα γραφήματα είναι χρονικές σειρές (time series) διαφόρων παραμέτρων. Το πρώτο παρουσιάζει τις τιμές που λαμβάνει σε κάθε χρονική στιγμή η μεταβλητή «χρόνος αναμονής» (ER Wait Time). Όταν ο χρήστης πατήσει το σύμβολο της διπλωμένης σελίδας που βρίσκεται κάτω από τον αριθμό της σελίδας της γραφικής παράστασης θα δει το δεύτερο γράφημα το οποίο παρουσιάζει τον αριθμό των ασθενών που συσσωρεύονται στο δωμάτιο αναμονής (In ER Waiting Room) και στο χώρο της ιατρικής

εξέτασης (In Treatment). Η τρίτη γραφική παράσταση δείχνει πώς αυξάνεται ο αριθμός των ασθενών που αποστέλλονται σε άλλα ΤΑΕΠ και ο αριθμός των ασθενών που παραπέμπονται σε άλλες ΜΕΘ.

Από την ίδια οθόνη (Εικόνα 32), ο χρήστης μπορεί να ενεργοποιήσει την ανάλυση ευαισθησίας και να δει τα αποτελέσματα των δέκα διαδοχικών φορών που θα τρέξει το σύστημα σε ένα γράφημα όσον αφορά την μεταβλητή «χρόνος αναμονής» (ER Wait Time).

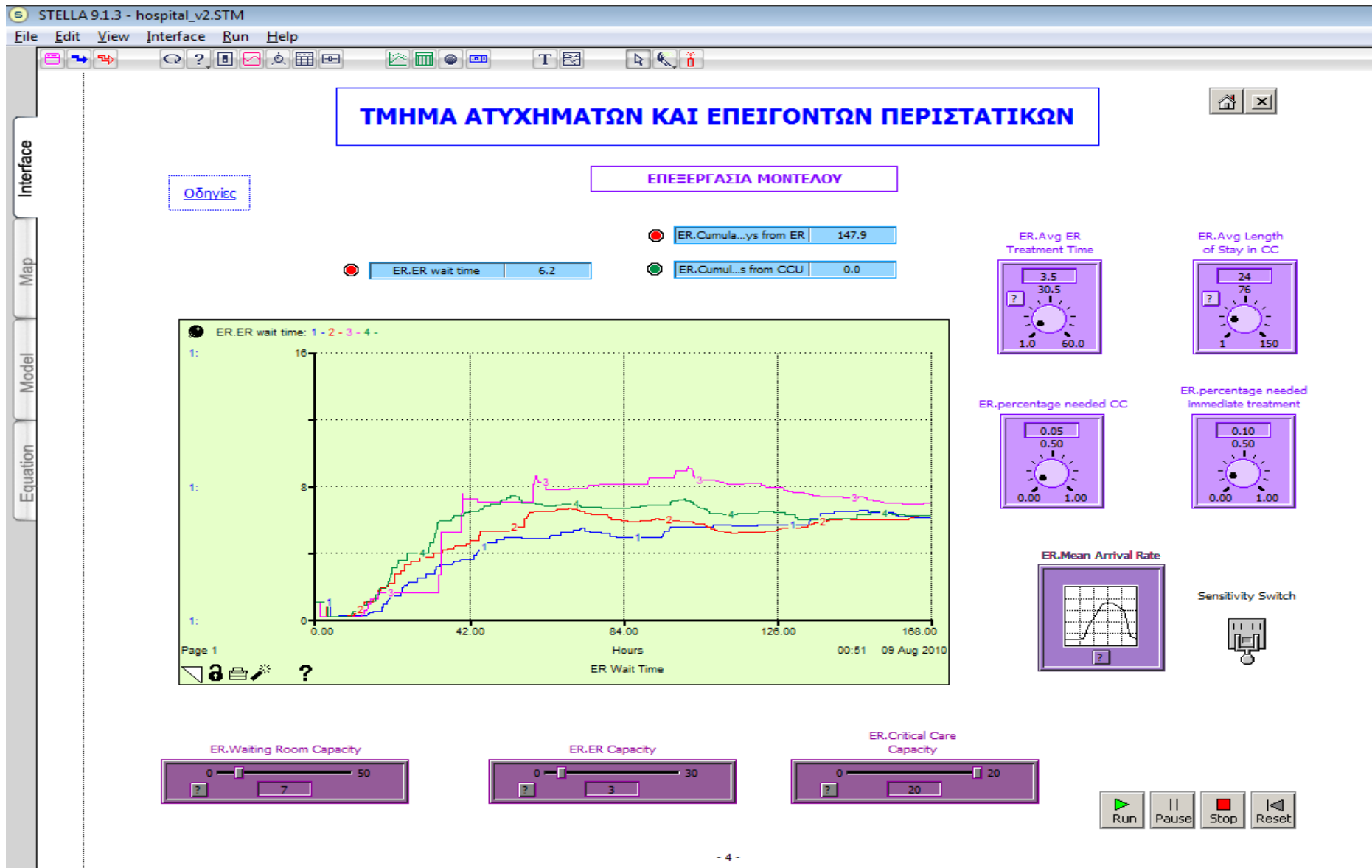
Από την αρχική οθόνη του προγράμματος, Εικόνα 28, επιλέγοντας το σύνδεσμο «Χειρουργικό Τμήμα» ο χρήστης μεταφέρεται στην πέμπτη οθόνη της εφαρμογής. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 33, ο χρήστης έχει και πάλι τρεις επιλογές, οι οποίες επεξηγούνται στο χρήστη με το πάτημα του κουμπιού πληροφοριών που βρίσκεται δίπλα από κάθε σύνδεσμο. Η πρώτη επιλογή «Επεξήγηση Δομής Μοντέλου», όπως και με την αντίστοιχη επιλογή στην οθόνη του ΤΑΕΠ, μεταφέρει το χρήστη σε μία οθόνη στην οποία μπορεί να παρακολουθήσει μία ξενάγηση στη βασική ροή που ακολουθούν οι ασθενείς που εισέρχονται στα ΤΕΙ και επισκέπτονται χειρουργό.

Η δεύτερη επιλογή «Ολοκληρωμένο Μοντέλο» παρουσιάζει στο χρήστη το ολοκληρωμένο μοντέλο εξομίωσης της ροής των ασθενών στο Χειρουργικό Τμήμα των Εξωτερικών Ιατρείων με κάθε λεπτομέρεια όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 20.

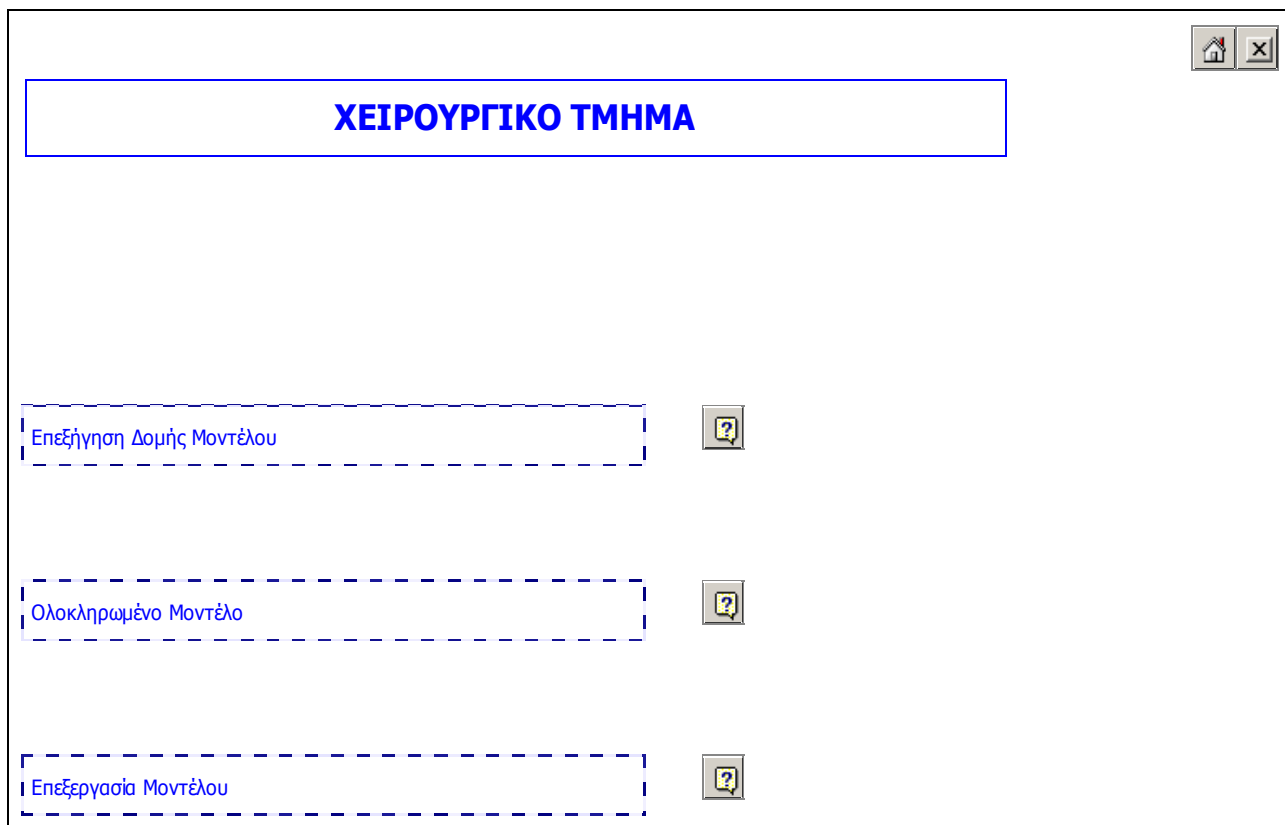
Ο τρίτος σύνδεσμος «Επεξεργασία Μοντέλου» μεταφέρει το χρήστη στην οθόνη στην οποία μπορεί να αλλάξει τις τιμές των παραμέτρων του μοντέλου και να τρέξει το πρόγραμμα, βλέποντας τα αποτελέσματα σε γραφήματα. Στην Εικόνα 34, φαίνεται η διεπιφάνεια του χρήστη με το σύστημα μέσω της οποίας θα έχει ο χρήστης τη δυνατότητα να αλλάξει τις τιμές των παραμέτρων, να τρέξει την εξομίωση και να δει τα αποτελέσματα σε διάφορα διαγράμματα.

Τα γραφήματα είναι χρονικές σειρές (time series) διαφόρων παραμέτρων. Το πρώτο παρουσιάζει τις τιμές που λαμβάνει σε κάθε χρονική στιγμή η μεταβλητή «χρόνος αναμονής για ιατρική εξέταση» (wait time for exam). Όταν ο χρήστης πατήσει το σύμβολο της διπλωμένης σελίδας που βρίσκεται κάτω από τον αριθμό της σελίδας της γραφικής παράστασης θα δει το δεύτερο γράφημα το οποίο παρουσιάζει τις τιμές που λαμβάνει σε κάθε χρονική στιγμή η μεταβλητή «χρόνος που χρειάζεται για να προγραμματιστεί ένα ραντεβού» (time needed to schedule an apnt). Η τρίτη γραφική παράσταση δείχνει τον αριθμό των ασθενών που συσσωρεύονται στο δωμάτιο αναμονής για εγγραφή (Waiting for Registration), στο δωμάτιο αναμονής για ιατρική εξέταση (Waiting for Examination) και στο χώρο αναμονής για προγραμματισμό ραντεβού για χειρουργική επέμβαση (Operations' Appointment Waiting Room).

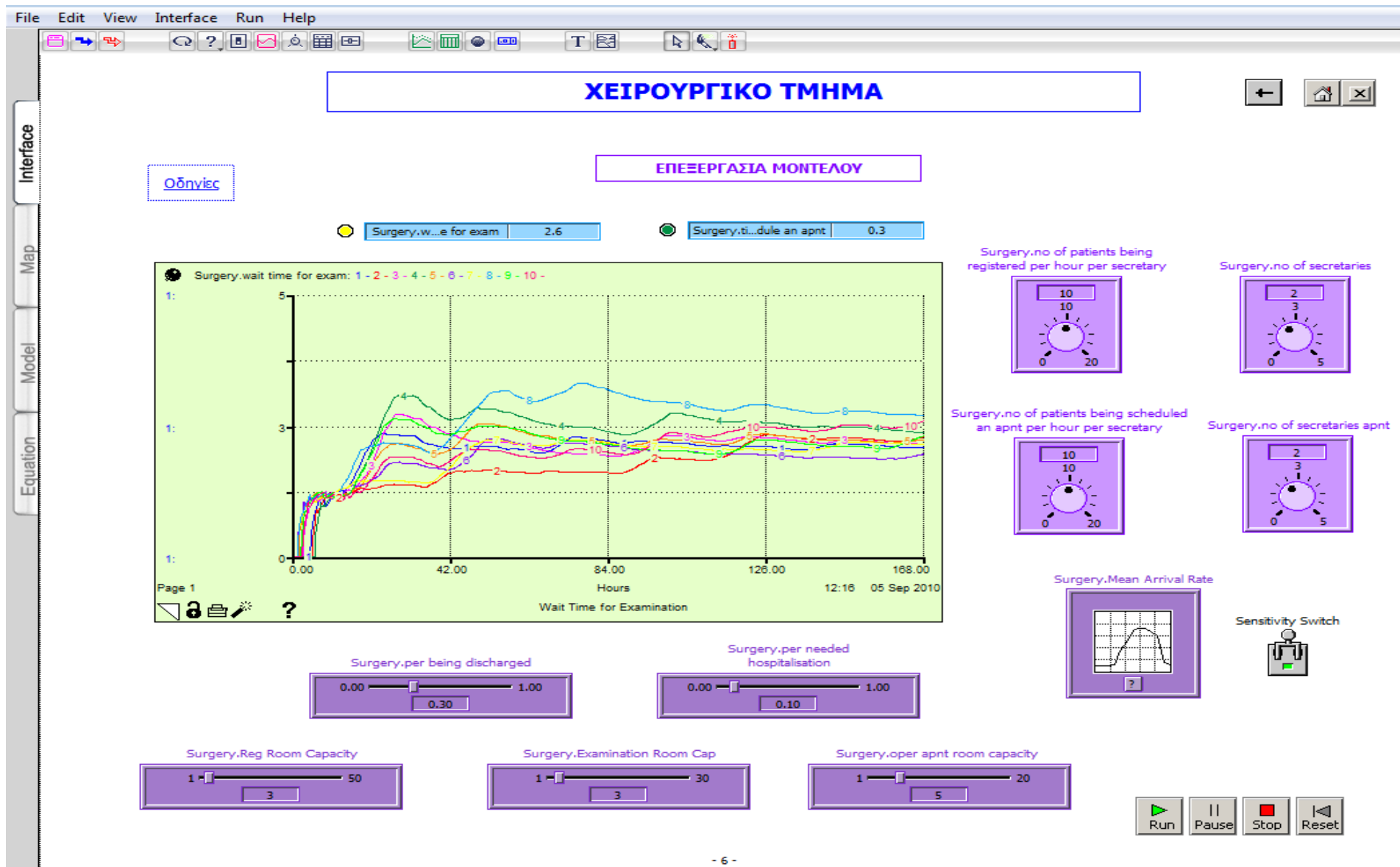
Από την ίδια οθόνη (Εικόνα 34), ο χρήστης μπορεί να ενεργοποιήσει την ανάλυση ευαισθησίας και να δει τα αποτελέσματα των δέκα διαδοχικών φορών που θα τρέξει το σύστημα σε ένα γράφημα όσον αφορά την μεταβλητή «χρόνος αναμονής για ιατρική εξέταση» (wait time for exam) και σε ξεχωριστό γράφημα τις τιμές της μεταβλητής «χρόνος που χρειάζεται για να προγραμματιστεί ένα ραντεβού» (time needed to schedule an apnt).



Εικόνα 32. Οθόνη «Επεξεργασία Μοντέλου» του ΤΑΕΠ.



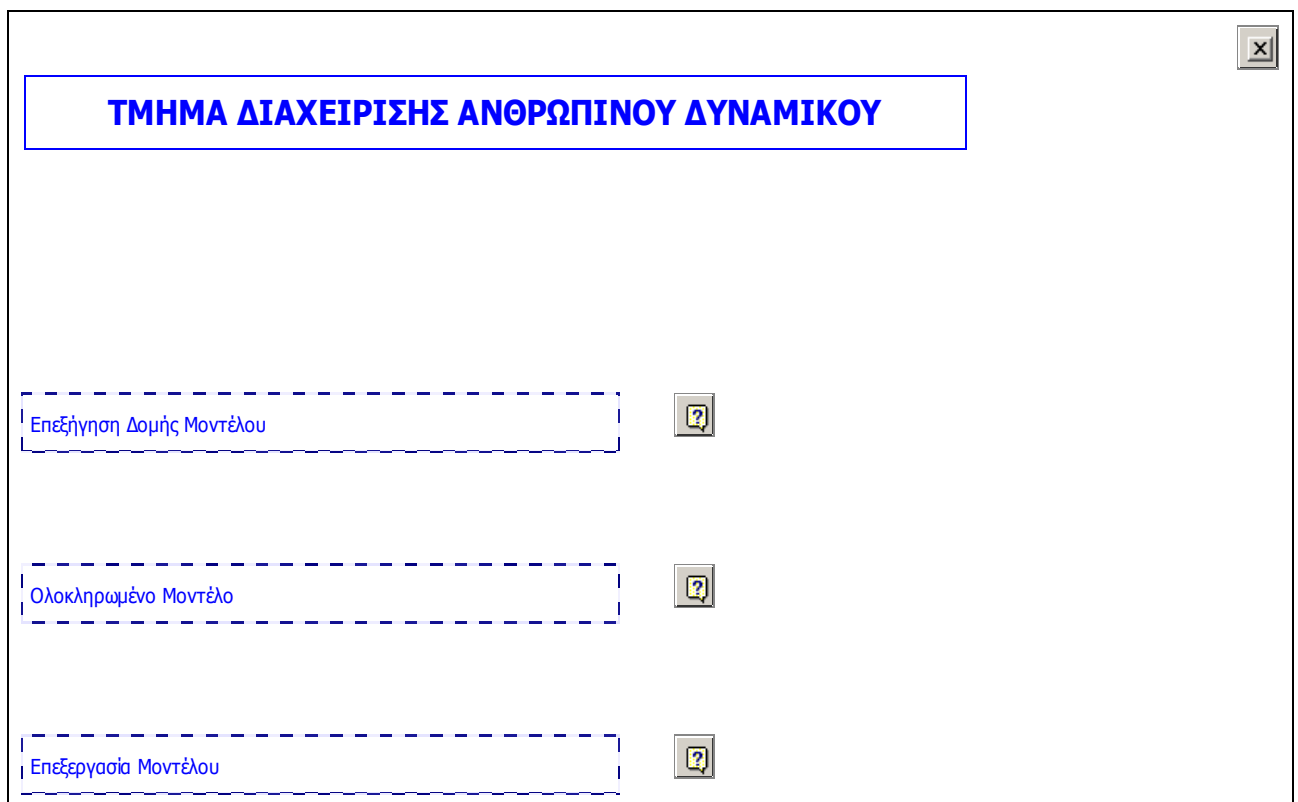
Εικόνα 33. Οθόνη «Χειρουργικό Τμήμα».



Εικόνα 34. Οθόνη «Επεξεργασία Μοντέλου» για το μοντέλο εξομίωσης των διαδικασιών του Χειρουργικού Τμήματος.

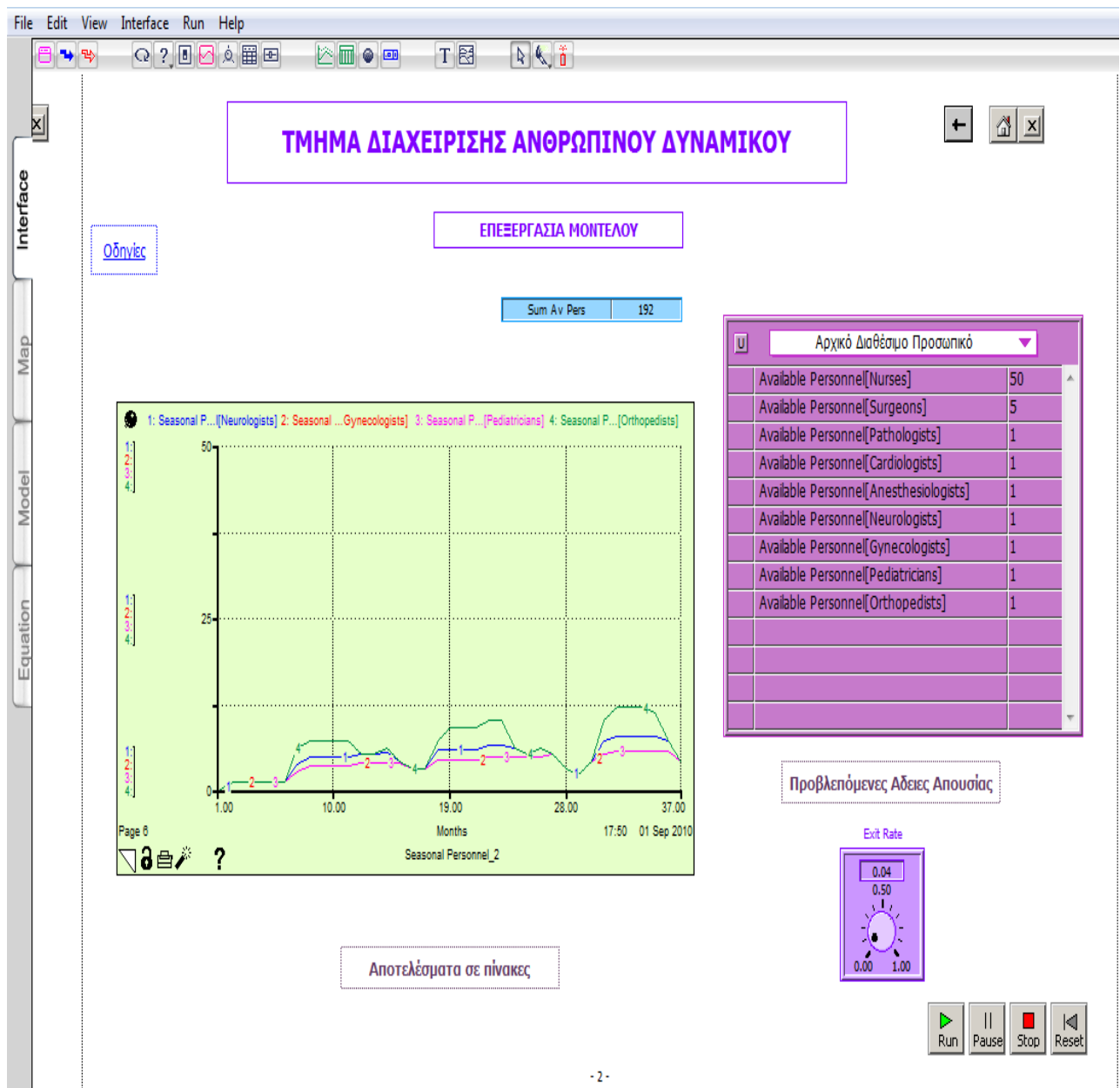
Τέλος, επιλέγοντας το σύνδεσμο «Τμήμα Διαχείρισης Ανθρώπινου Δυναμικού» ο χρήστης μεταφέρεται στην αρχική οθόνη που αφορά το συγκεκριμένο τμήμα. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 35, ο χρήστης έχει και εδώ τις τρεις επιλογές που είχε και στις οθόνες που αναφέρονταν στα άλλα τμήματα, οι οποίες επεξηγούνται στο χρήστη με το πάτημα του κουμπιού πληροφοριών που βρίσκεται δίπλα από κάθε σύνδεσμο. Η πρώτη επιλογή «Επεξήγηση Δομής Μοντέλου» μεταφέρει το χρήστη σε μία οθόνη στην οποία μπορεί να παρακολουθήσει μία ξενάγηση στη βασική ροή που ακολουθούν οι εργαζόμενοι στη μονάδα υγείας.

Η δεύτερη επιλογή «Ολοκληρωμένο Μοντέλο» παρουσιάζει στο χρήστη το ολοκληρωμένο μοντέλο εξομοίωσης της ροής των εργαζομένων στο Τμήμα Διαχείρισης Ανθρώπινου Δυναμικού, με κάθε λεπτομέρεια όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.



Εικόνα 35. Οθόνη Τμήματος Διαχείρισης Ανθρώπινου Δυναμικού.

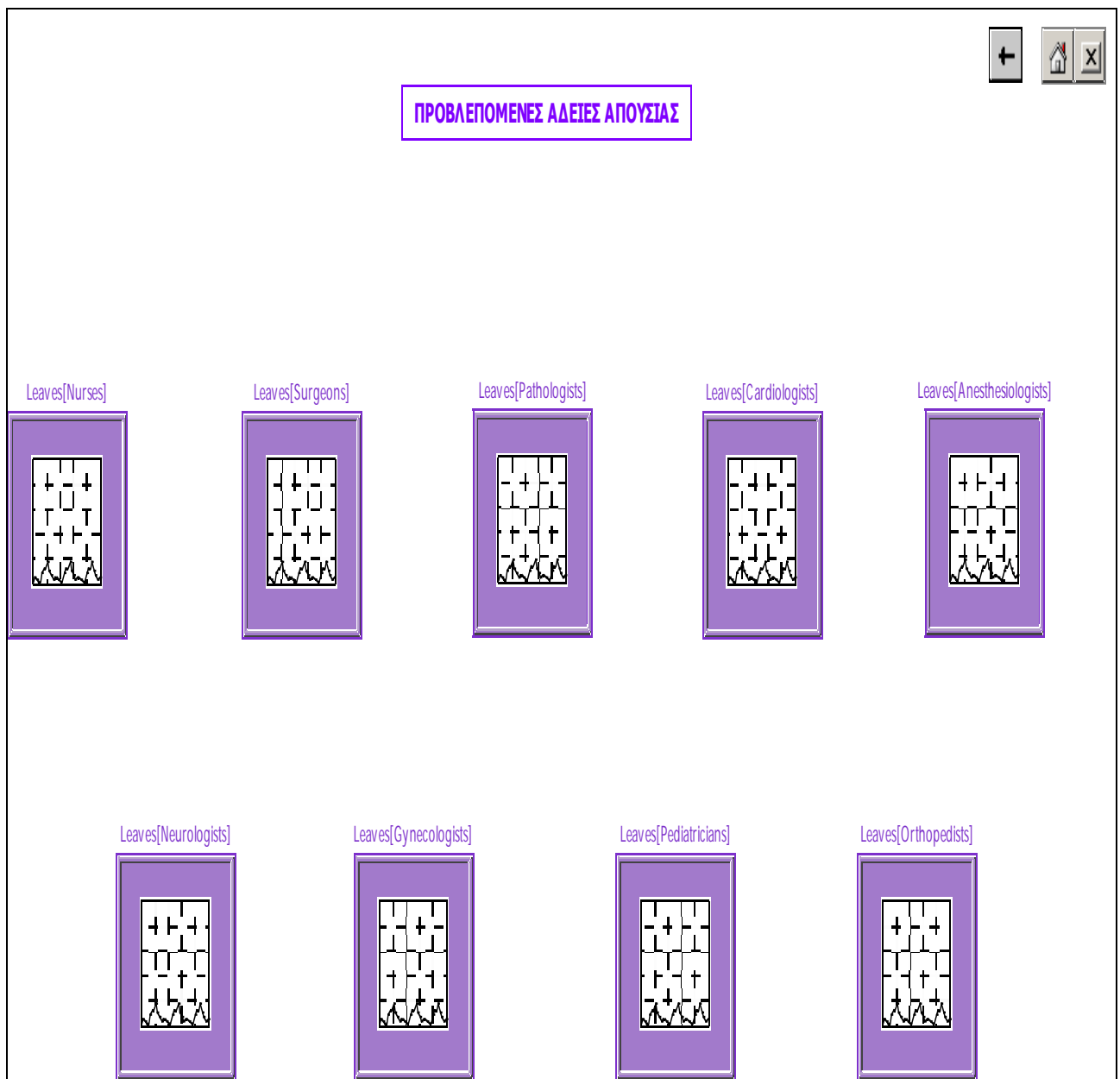
Ο τρίτος σύνδεσμος «Επεξεργασία Μοντέλου» μεταφέρει το χρήστη στην οθόνη στην οποία μπορεί να αλλάξει τις τιμές των παραμέτρων του μοντέλου και να τρέξει το πρόγραμμα, βλέποντας τα αποτελέσματα σε γραφήματα. Στην Εικόνα 36, φαίνεται η διεπιφάνεια του χρήστη με το σύστημα μέσω της οποίας θα έχει ο χρήστης τη δυνατότητα να αλλάξει τις τιμές των παραμέτρων, να τρέξει την εξομοίωση και να δει τα αποτελέσματα σε διάφορα διαγράμματα. Το Αρχικό Διαθέσιμο Προσωπικό ανά ειδικότητα, ο επιθυμητός αριθμός προσωπικού ανά ειδικότητα και διάφορα χρονικά δεδομένα του μοντέλου π.χ. διάρκεια εκπαίδευσης νεοπροσληφθέντος προσωπικού, αριθμός εργασιμων ημερών κ.τ.λ., μπορούν να τροποποιηθούν από τη λίστα που παρουσιάζεται στην Εικόνα 36, επιλέγοντας τη λίστα στην οποία χρειάζεται να γίνουν τροποποιήσεις.



- 2 -

Εικόνα 36. Οθόνη «Επεξεργασία Μοντέλου» του Τμήματος Διαχείρισης Ανθρώπινου Δυναμικού.

Αν ο χρήστης επιθυμεί να καταχωρήσει τις προβλεπόμενες άδειες απουσίας του προσωπικού ανά ειδικότητα τότε πρέπει να πατήσει τον σύνδεσμο «Προβλεπόμενες Άδειες Απουσίας» που παρουσιάζεται στην Εικόνα 36, και να μεταφερθεί στην αντίστοιχη οθόνη του συστήματος (Εικόνα 37).



Εικόνα 37. Οθόνη «Προβλεπόμενες Άδειες Απουσίας» του Τμήματος Διαχείρισης Ανθρώπινου Δυναμικού.

Τα γραφήματα της οθόνης «Επεξεργασία Μοντέλου» του Τμήματος Διαχείρισης Ανθρώπινου Δυναμικού (Εικόνα 36), είναι χρονικές σειρές (time series) διαφόρων παραμέτρων. Το πρώτο παρουσιάζει το συνολικό διαθέσιμο προσωπικό ανά ειδικότητα (Total Av Pers[*]) για πέντε ειδικότητες, ενώ το δεύτερο παρουσιάζει το συνολικό διαθέσιμο προσωπικό ανά ειδικότητα (Total Av Pers[*]) για τις υπόλοιπες τέσσερις ειδικότητες. Το τρίτο και το τέταρτο γράφημα παρουσιάζει τις προσλήψεις προσωπικού ανά ειδικότητα ανά μήνα (Hiring[*]), ενώ το πέμπτο και έκτο γράφημα παρουσιάζει τον αριθμό του έκτακτο προσωπικού ανά ειδικότητα ανά μήνα, με το οποίο συνάπτει συμφωνία η μονάδα υγείας εργοδότησης σε προσωρινή βάση.

Πατώντας ο χρήστης τον σύνδεσμο «Αποτελέσματα σε πίνακες» μεταφέρεται στην οθόνη που παρουσιάζεται στην Εικόνα 38. Σε αυτή την οθόνη παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής, στον πρώτο πίνακα ο αριθμός των ατόμων που πρέπει

να προσληφθούν σαν μόνιμο προσωπικό ανά ειδικότητα, ενώ στον δεύτερο πίνακα τον αριθμό των ατόμων που χρειάζεται να εργαδοτήσει το νοσοκομείο με προσωρινή σύμβαση εργοδότησης ανά ειδικότητα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕ ΠΙΝΑΚΕΣ

Months	Hiring[Nurses]	Hiring[Surgeons]	Hiring[Pathologists]	Hiring[Cardiologists]	Hiring[Anesthesiologists]	Hiring[Neurologists]	Hiring[Gynecologists]	Hiring[Pediatricians]	Hiring[Orthopedists]
Initial									
1	70.00	7.00	5.00	1.40	5.00	2.80	1.40	1.40	5.00
2	8.00	5.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	20.00	2.00	1.00	0.40	1.00	0.80	0.40	0.40	1.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	20.00	2.00	1.00	0.40	1.00	0.80	0.40	0.40	1.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	20.00	2.00	1.00	0.40	1.00	0.80	0.40	0.40	1.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	20.00	2.00	1.00	0.40	1.00	0.80	0.40	0.40	1.00
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Εικόνα 38. Οθόνη «Αποτελέσματα σε Πίνακες» του Τμήματος Διαχείρισης Ανθρώπινου Δυναμικού.

7. Συμπεράσματα:

Η λογισμική εφαρμογή, η οποία έχει αναπτυχθεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί από υποψήφια διευθυντικά στελέχη για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας μιας μονάδας υγείας και των ρίσκων που εμπεριέχονται σε διάφορες διοικητικές αποφάσεις.

Η εξομοίωση των δύο μοντέλων που έχουν αναπτυχθεί, το μοντέλο εξομοίωσης της ροής ασθενών στο Τμήμα Ατυχημάτων και Επειγόντων Περιστατικών και το μοντέλο εξομοίωσης της ροής των ασθενών στο Χειρουργικό Τμήμα, χαρακτηρίζονται από κάποιο βαθμό αβεβαιότητας για τις τιμές των δεδομένων στα οποία στηρίζονται αρκετές αποφάσεις. Γι' αυτό έχουν χρησιμοποιηθεί στοχαστικά μοντέλα (stochastic models). Τα στοχαστικά μοντέλα δίνουν απαντήσεις όχι σε απόλυτους αριθμούς αλλά σε κατανομές πιθανών απαντήσεων, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μετρηθεί το ρίσκο που υπάρχει σε μία απόφαση.

Σε αντίθεση, η εξομοίωση της ροής των εργαζομένων σε μία μονάδα υγείας, έχει γίνει με ανάπτυξη προσδιοριστικού μοντέλου (deterministic model), το οποίο δίνει απαντήσεις σε απόλυτους αριθμούς, καθιστώντας το ένα εργαλείο για ορθή διαχείριση των ανθρώπινων πόρων μιας μονάδας υγείας.

8. Μελλοντικές Προοπτικές:

Η λογισμική εφαρμογή, θα μπορούσε να αναπτυχθεί σε σημείο που να εξομοιώνει τις ροές των ασθενών σε όλα τα τμήματα που πιθανό να έχει μία μονάδα υγείας. Επιπλέον, θα μπορούσαν να μοντελοποιηθούν οι ροές των υλικών που υποστηρίζουν τη λειτουργία ενός νοσοκομείου (χάπια, ενέσεις, γάζες κ.α.), ακόμη και να συμπεριληφθούν στις διάφορες ροές, μηχανήματα όπως είναι ο αξονικός τομογράφος, τα οποία θα αυξήσουν την πολυπλοκότητα του μοντέλου. Όλες αυτές οι ροές πιθανό να συνδέονται και θα μπορούσε να περιληφθούν οι συνδέσεις μεταξύ των διάφορων ροών στο ολοκληρωμένο μοντέλο για καλύτερη αποτύπωση της πραγματικότητας του συστήματος ενός νοσοκομείου. Η τελική εφαρμογή θα μπορούσε να αποτελέσει βασικό εργαλείο για τη λήψη σημαντικών αποφάσεων από διοικητικά στελέχη μονάδων υγείας. Αν αναπτυχθεί η εφαρμογή σε αυτό το σημείο, που θα αντικατοπτρίζει το πραγματικό περιβάλλον μιας μονάδας υγείας και θα περιλαμβάνει όλους τους περιορισμούς που έχει ένα νοσοκομείο, στην επίτευξη του στόχου του για προσφορά ιατρικής εξέτασης και θεραπείας σε ασθενείς, τότε σίγουρα θα είναι ένα εργαλείο με τη χρήση του οποίου τα διευθυντικά στελέχη θα παίρνουν με μεγαλύτερη σιγουριά αποφάσεις για καίρια ζητήματα.

Η δημιουργία ενός εργαλείου με τη χρήση του οποίου διοικητικά στελέχη θα μπορούν να πειραματίζονται και να εντοπίζουν τις επιπτώσεις που πιθανό να έχουν στη λειτουργία του νοσοκομείου διάφορες διοικητικές αποφάσεις είναι δυνατή.


Βιβλιογραφία

- [1] James A. Fitzsimmons, Mona J. Fitzsimmons, *“Service Management, Operations, Strategy and Information Technology”*, McGraw-Hill, (2001).
- [2] Tom DeMarco, *“The Deadline: A Novel about Project Management”*, DORSET HOUSE PUBLISHING CO., (1997).
- [3] www.iseesystems.com/community/downloads/BusinessDownloads.aspx
- [4] Νικόλαος Αβούρης, *“Επικοινωνία Ανθρώπου – Υπολογιστή”*, Τόμος Α', Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, (2003).
- [5] Ανδρέου Χρίστος, *“Μοντελοποίηση Διαδικασιών Επεξεργασίας Δεδομένων στις Δημόσιες Μονάδες Υγείας της Κύπρου”*, Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου, (2009).
- [6] Richard B. Chase, F. Robert Jacobs, Nicholas J. Aquilano, *“Operations Management for Competitive Advantage”*, McGraw-Hill, (2004).

Παράρτημα 1: Εξισώσεις Πρώτης Έκδοσης Μοντέλου Εξομοίωσης Ροών Ανθρώπινου Δυναμικού

- $Available_Personnel(t) = Available_Personnel(t - dt) + (Integrating - Personnel_exiting) * dt$
INIT Available_Personnel = 0
INFLOWS:
 - ⇒ Integrating = CONVEYOR OUTFLOW
TRANSIT TIME = Training_PeriodOUTFLOWS:
 - ⇒ Personnel_exiting = Available_Personnel*Exit_Rate
- $Personnel_in_Training(t) = Personnel_in_Training(t - dt) + (Hiring - Integrating) * dt$
INIT Personnel_in_Training = 0
TRANSIT TIME = varies
INFLOW LIMIT = INF
CAPACITY = INF
INFLOWS:
 - ⇒ Hiring = IF TIME=1 THEN Required_Personnel ELSE Required_Personnel*Exit_RateOUTFLOWS:
 - ⇒ Integrating = CONVEYOR OUTFLOW
TRANSIT TIME = Training_Period
- Exit_Rate = 0.04
- Required_Personnel = 100
- Training_Period = 6


Παράρτημα 2: Εξισώσεις Δεύτερης Έκδοσης Μοντέλου Εξομοίωσης Ροών Ανθρώπινου Δυναμικού

- Available_Personnel(t) = Available_Personnel(t - dt) + (Integrating + Return - Absent - Personnel_exiting) * dt
INIT Available_Personnel = 0
INFLOWS:
 - ↔ Integrating = CONVEYOR OUTFLOW
TRANSIT TIME = Training_Period
 - ↔ Return = CONVEYOR OUTFLOWOUTFLOWS:
 - ↔ Absent = ROUND(Absent_Personnel)
 - ↔ Personnel_exiting = ROUND(Trained*Exit_Rate)
 - Personnel_in_Training(t) = Personnel_in_Training(t - dt) + (Hiring - Integrating) * dt
INIT Personnel_in_Training = 0
TRANSIT TIME = varies
INFLOW LIMIT = INF
CAPACITY = INF
INFLOWS:
 - ↔ Hiring = Hiring_LogicOUTFLOWS:
 - ↔ Integrating = CONVEYOR OUTFLOW
TRANSIT TIME = Training_Period
 - Personnel_on_Leave(t) = Personnel_on_Leave(t - dt) + (Absent - Return) * dt
INIT Personnel_on_Leave = 0
TRANSIT TIME = 1
INFLOW LIMIT = INF
CAPACITY = INF
INFLOWS:
 - ↔ Absent = ROUND(Absent_Personnel)OUTFLOWS:
 - ↔ Return = CONVEYOR OUTFLOW
 - Absent_Personnel =
Leaves/(Working_days_per_week*Working_weeks_per_year/Working_months_per_year)
 - Exit_Rate = 0.04
 - Required_Personnel = 100
 - Trained = Available_Personnel+Personnel_on_Leave
 - Training_Period = 1
 - Working_days_per_week = 6
 - Working_months_per_year = 12
 - Working_weeks_per_year = 52
 - Leaves = GRAPH(TIME)
-  (0.00, 0.00), (1.03, 150), (2.06, 90.0), (3.08, 50.0), (4.11, 80.0), (5.14, 250), (6.17, 330), (7.19, 350), (8.22, 450), (9.25, 300), (10.3, 200), (11.3, 100), (12.3, 150), (13.4, 150), (14.4, 90.0), (15.4, 50.0), (16.4, 80.0), (17.5, 250), (18.5, 330), (19.5, 350), (20.6, 450), (21.6, 300), (22.6, 200), (23.6, 100), (24.7, 150), (25.7, 150), (26.7, 90.0), (27.8, 50.0), (28.8, 80.0), (29.8, 250), (30.8, 330), (31.9, 350), (32.9, 450), (33.9, 300), (34.9, 200), (36.0, 100), (37.0, 150)
- Hiring Decision:**
- Hiring_Logic = IF TIME=1 THEN Required_Personnel-Total_Personnel ELSE Exit_Rate*Required_Personnel
 - Total_Personnel = Available_Personnel+Personnel_in_Training

Παράρτημα 3: Εξισώσεις Τρίτης Έκδοσης Μοντέλου Εξομοίωσης Ροών Ανθρώπινου Δυναμικού

- $Available_Personnel(t) = Available_Personnel(t - dt) + (Integrating + Return - Absent - Personnel_exiting) * dt$
INIT Available_Personnel = 50
INFLOWS:
 - ↻ Integrating = CONVEYOR OUTFLOW
TRANSIT TIME = Training_Period
 - ↻ Return = CONVEYOR OUTFLOWOUTFLOWS:
 - ↻ Absent = ROUND(Absent_Personnel)
 - ↻ Personnel_exiting = ROUND(Trained*Exit_Rate)
- $Personnel_in_Training(t) = Personnel_in_Training(t - dt) + (Hiring - Integrating) * dt$
INIT Personnel_in_Training = 0
TRANSIT TIME = varies
INFLOW LIMIT = INF
CAPACITY = INF
INFLOWS:
 - ↻ Hiring = Hiring_LogicOUTFLOWS:
 - ↻ Integrating = CONVEYOR OUTFLOW
TRANSIT TIME = Training_Period
- $Personnel_on_Leave(t) = Personnel_on_Leave(t - dt) + (Absent - Return) * dt$
INIT Personnel_on_Leave = 0
TRANSIT TIME = 1
INFLOW LIMIT = INF
CAPACITY = INF
INFLOWS:
 - ↻ Absent = ROUND(Absent_Personnel)OUTFLOWS:
 - ↻ Return = CONVEYOR OUTFLOW
- $Seasonal_Personnel(t) = Seasonal_Personnel(t - dt) + (Subcontracting - Exiting) * dt$
INIT Seasonal_Personnel = 0
TRANSIT TIME = 1
INFLOW LIMIT = INF
CAPACITY = INF
INFLOWS:
 - ↻ Subcontracting = AbsentOUTFLOWS:
 - ↻ Exiting = CONVEYOR OUTFLOW
- Absent_Personnel =
 $Leaves / (Working_days_per_week * Working_weeks_per_year / Working_months_per_year)$
- Exit_Rate = 0.04
- Required_Personnel = 100
- Total_Av_Pers = Available_Personnel + Seasonal_Personnel
- Trained = Available_Personnel + Personnel_on_Leave
- Training_Period = 5
- Working_days_per_week = 6
- Working_months_per_year = 12
- Working_weeks_per_year = 52

Leaves = GRAPH(TIME)

 (0.00, 0.00), (1.03, 150), (2.06, 90.0), (3.08, 50.0), (4.11, 80.0), (5.14, 250), (6.17, 330), (7.19, 350), (8.22, 450), (9.25, 300), (10.3, 200), (11.3, 100), (12.3, 150), (13.4, 150), (14.4, 90.0), (15.4, 50.0), (16.4, 80.0), (17.5, 250), (18.5, 330), (19.5, 350), (20.6, 450), (21.6, 300), (22.6, 200), (23.6, 100), (24.7, 150), (25.7, 150), (26.7, 90.0), (27.8, 50.0), (28.8, 80.0), (29.8, 250), (30.8, 330), (31.9, 350), (32.9, 450), (33.9, 300), (34.9, 200), (36.0, 100), (37.0, 150)


Hiring Decision:

- Hiring_Logic = IF (TIME=1) THEN Req_Per_in_Training*2 ELSE IF mod(TIME, Train_Per)=1 THEN Req_Per_in_Training ELSE max(Req_Per_in_Training-Personnel_in_Training, 0)
- Req_Per_in_Training = Exit_Rate*Required_Personnel*Train_Per
- Train_Per = Training_Period

Παράρτημα 4: Εξισώσεις Τέταρτης Έκδοσης Μοντέλου Εξομοίωσης Ροών Ανθρώπινου Δυναμικού

- $Available_Personnel[Specialities](t) = Available_Personnel[Specialities](t - dt) + (Integrating[Specialities] + Return[Specialities] - Absent[Specialities] - Personnel_exiting[Specialities]) * dt$
INIT Available_Personnel[Specialities] = 50
INFLOWS:
 - ↻ Integrating[Specialities] = CONVEYOR OUTFLOW
TRANSIT TIME = Training_Period[Specialities]
 - ↻ Return[Specialities] = CONVEYOR OUTFLOWOUTFLOWS:
 - ↻ Absent[Specialities] = ROUND(Absent_Personnel[Specialities])
 - ↻ Personnel_exiting[Specialities] = ROUND(Trained[Specialities]*Exit_Rate)
- $Personnel_in_Training[Specialities](t) = Personnel_in_Training[Specialities](t - dt) + (Hiring[Specialities] - Integrating[Specialities]) * dt$
INIT Personnel_in_Training[Specialities] = 0
INFLOWS:
 - ↻ Hiring[Specialities] = Hiring_Logic[Specialities]OUTFLOWS:
 - ↻ Integrating[Specialities] = CONVEYOR OUTFLOW
TRANSIT TIME = Training_Period[Specialities]
- $Personnel_on_Leave[Specialities](t) = Personnel_on_Leave[Specialities](t - dt) + (Absent[Specialities] - Return[Specialities]) * dt$
INIT Personnel_on_Leave[Specialities] = 0
INFLOWS:
 - ↻ Absent[Specialities] = ROUND(Absent_Personnel[Specialities])OUTFLOWS:
 - ↻ Return[Specialities] = CONVEYOR OUTFLOW
- $Seasonal_Personnel[Specialities](t) = Seasonal_Personnel[Specialities](t - dt) + (Subcontracting[Specialities] - Exiting[Specialities]) * dt$
INIT Seasonal_Personnel[Specialities] = 0
INFLOWS:
 - ↻ Subcontracting[Specialities] = Absent[Specialities]OUTFLOWS:
 - ↻ Exiting[Specialities] = CONVEYOR OUTFLOW
- Absent_Personnel[Specialities] = Leaves[Specialities]/(Working_days_per_week*Working_weeks_per_year/Working_months_per_year)
- Exit_Rate = 0.04
- Required_Personnel[Specialities] = 100
- Sum_Av_Pers = ARRAYSUM(Total_Av_Pers[*])
- Total_Av_Pers[Specialities] = Available_Personnel[Specialities]+Seasonal_Personnel[Specialities]
- Trained[Specialities] = Available_Personnel[Specialities]+Personnel_on_Leave[Specialities]
- Training_Period[Specialities] = 5
- Working_days_per_week = 6
- Working_months_per_year = 12
- Working_weeks_per_year = 52


Leaves[Orthopedists] = GRAPH(TIME)

 (0.00, 0.00), (1.03, 150), (2.06, 90.0), (3.08, 50.0), (4.11, 80.0), (5.14, 250), (6.17, 330), (7.19, 350),
(8.22, 450), (9.25, 300), (10.3, 200), (11.3, 100), (12.3, 150), (13.4, 150), (14.4, 90.0), (15.4, 50.0),
(16.4, 80.0), (17.5, 250), (18.5, 330), (19.5, 350), (20.6, 450), (21.6, 300), (22.6, 200), (23.6, 100),
(24.7, 150), (25.7, 150), (26.7, 90.0), (27.8, 50.0), (28.8, 80.0), (29.8, 250), (30.8, 330), (31.9, 350),
(32.9, 450), (33.9, 300), (34.9, 200), (36.0, 100), (37.0, 150)

Hiring Decision:

- Hiring_Logic[Specialities] = IF (TIME > 1 AND mod(TIME, Train_Per[Specialities]) = 1) THEN
Req_Per_in_Training[Specialities] ELSE
max(Req_Per_in_Training[Specialities]-Personnel_in_Training[Specialities], 0)
- Req_Per_in_Training[Specialities] = IF (TIME <= Train_Per[Specialities]) THEN
(Required_Personnel[Specialities]-Available_Personnel[Specialities])+Train_Per[Specialities]*E
xit_Rate*Required_Personnel[Specialities] ELSE
Exit_Rate*Required_Personnel[Specialities]*Train_Per[Specialities]
- Train_Per[Specialities] = Training_Period[Specialities]

Παράρτημα 5: Εξισώσεις Μοντέλου Εξομοίωσης Ροών Ασθενών στο Τμήμα Ατυχημάτων και Επειγόντων Περιστατικών

- Cumulative_TurnAways_from_CCU(t) = Cumulative_TurnAways_from_CCU(t - dt) + (shunting_to_other_CCs) * dt
INIT Cumulative_TurnAways_from_CCU = 0
INFLOWS:
 ↻ shunting_to_other_CCs = being_turned_away_to_other_CCUs
- Cumulative_TurnAways_from_ER(t) = Cumulative_TurnAways_from_ER(t - dt) + (shunting_to_other_ERs) * dt
INIT Cumulative_TurnAways_from_ER = 0
INFLOWS:
 ↻ shunting_to_other_ERs = pulse(being_turned_away_to_other_ERs)
- In_Critical_Care(t) = In_Critical_Care(t - dt) + (entering__Critical_Care - discharging_from__Critical_Care) * dt
INIT In_Critical_Care = 0
INFLOWS:
 ↻ entering__Critical_Care = LEAKAGE OUTFLOW
 LEAKAGE FRACTION = actual_number__entering_CC
 NO-LEAK ZONE = 0%
OUTFLOWS:
 ↻ discharging_from__Critical_Care = pulse(discharge__rate)
- In_ER__Waiting_Room(t) = In_ER__Waiting_Room(t - dt) + (entering__waiting_room - entering__treatment) * dt
INIT In_ER__Waiting_Room = 0
INFLOWS:
 ↻ entering__waiting_room = pulse(actual_number__entering_waiting_room)
 TIMESTAMPED
OUTFLOWS:
 ↻ entering__treatment = pulse(enter__treatment)
- ▣ In_Treatment(t) = In_Treatment(t - dt) + (entering__treatment + entering_immediate_treatment - discharging - entering__Critical_Care) * dt
INIT In_Treatment = 0
TRANSIT TIME = varies
INFLOW LIMIT = INF
CAPACITY = 10
INFLOWS:
 ↻ entering__treatment = pulse(enter__treatment)
 ↻ entering_immediate_treatment = number_entering_immediate_treatment
OUTFLOWS:
 ↻ discharging = CONVEYOR OUTFLOW
 TRANSIT TIME = exprnd(Avg_ER__Treatment_Time)
 ↻ entering__Critical_Care = LEAKAGE OUTFLOW
 LEAKAGE FRACTION = actual_number__entering_CC
 NO-LEAK ZONE = 0%
- Avg_ER__Treatment_Time = 3.5
○ ER_wait_time = CTMEAN(entering__treatment,0,1)
⊗ Mean_Arrival_Rate = GRAPH(COUNTER(0,24))
 (0.00, 0.465), (2.00, 0.465), (4.00, 0.465), (6.00, 0.55), (8.00, 1.44), (10.0, 2.00), (12.0, 2.79), (14.0, 2.94), (16.0, 2.94), (18.0, 2.71), (20.0, 2.48), (22.0, 0.69), (24.0, 0.525)

ER.CC Discharge Logic:

- Avg_Length_of_Stay_in_CC = 24
- discharge_rate = POISSON(mean_discharge_rate)
- mean_discharge_rate = ln_Critical_Care/Avg_Length_of_Stay_in_CC

ER.CC Entry Logic:

- actual_number_entering_CC =
MIN(sending_to_Critical_Care,available_critical_care_capacity)
- available_critical_care_capacity = max(Critical_Care_Capacity-ln_Critical_Care, 0)
- being_turned_away_to_other_CCUs = sending_to_Critical_Care-actual_number_entering_CC
- Critical_Care_Capacity = 30
- percentage_needed_CC = 0.05
- sending_to_Critical_Care = round(ln_Treatment*percentage_needed_CC)

ER.ER Entry Logic:

- actual_number_entering_waiting_room =
min(total_arriving-number_entering_immediate_treatment,available_waiting_room_capacity)
- available_waiting_room_capacity = max(Waiting_Room_Capacity-ln_ER_Waiting_Room, 0)
- being_turned_away_to_other_ERs =
total_arriving-actual_number_entering_waiting_room-number_entering_immediate_treatment
- Monte_Carlo = 1
- number_entering_immediate_treatment =
round(percentage_needed_immediate_treatment*total_arriving)
- percentage_needed_immediate_treatment = 0.10
- total_arriving = (POISSON(Mean_Arrival_Rate))
- Waiting_Room_Capacity = 7


ER.Treatment Entry Logic:

- available_ER_treatment_slots = max(ER_Capacity-ln_Treatment, 0)
- enter_treatment = IF (ln_ER_Waiting_Room >= available_ER_treatment_slots) then
available_ER_treatment_slots else ln_ER_Waiting_Room
- ER_Capacity = 3

Παράρτημα 6: Εξισώσεις Μοντέλου Εξομοίωσης Ροών Ασθενών στο Χειρουργικό Τμήμα

- $In_Care(t) = In_Care(t - dt) + (hospitalisation) * dt$
 INIT $In_Care = 0$
 INFLOWS:
 ↻ $hospitalisation = pulse(round(per_needed_hospitalisation * In_Examination))$
- $In_Examination(t) = In_Examination(t - dt) + (entering_examination - discharging - hospitalisation - entering_appointment_room) * dt$
 INIT $In_Examination = 0$
 INFLOWS:
 ↻ $entering_examination = actual_no_entering_for_exam$
 OUTFLOWS:
 ↻ $discharging = pulse(round(In_Examination * per_being_discharged))$
 ↻ $hospitalisation = pulse(round(per_needed_hospitalisation * In_Examination))$
 ↻ $entering_appointment_room = pulse(round(In_Examination * per_needed_operation))$
 TIMESTAMPED
- ▣ $In_Operations_Apnt_Room(t) = In_Operations_Apnt_Room(t - dt) + (setting_appointment - scheduled_patients) * dt$
 INIT $In_Operations_Apnt_Room = 0$
 TRANSIT TIME = varies
 INFLOW LIMIT = INF
 CAPACITY = INF
 INFLOWS:
 ↻ $setting_appointment = pulse(actual_no_setting_apnt)$
 OUTFLOWS:
 ↻ $scheduled_patients = CONVEYOR OUTFLOW$
 TRANSIT TIME = $time_needed_for_a_patient_to_schedule_an_apnt$
- ▣ $In_Registration_Room(t) = In_Registration_Room(t - dt) + (entering_reg - entering_waiting_room_for_examination) * dt$
 INIT $In_Registration_Room = 0$
 TRANSIT TIME = varies
 INFLOW LIMIT = INF
 CAPACITY = INF
 INFLOWS:
 ↻ $entering_reg = pulse((actual_no_entering_for_reg))$
 OUTFLOWS:
 ↻ $entering_waiting_room_for_examination = CONVEYOR OUTFLOW$
 TRANSIT TIME = $EXPRND(time_needed_for_a_patient_to_register)$
- $Operations_Appointment_Waiting_Room(t) = Operations_Appointment_Waiting_Room(t - dt) + (entering_appointment_room - setting_appointment) * dt$
 INIT $Operations_Appointment_Waiting_Room = 0$
 INFLOWS:
 ↻ $entering_appointment_room = pulse(round(In_Examination * per_needed_operation))$
 TIMESTAMPED
 OUTFLOWS:
 ↻ $setting_appointment = pulse(actual_no_setting_apnt)$
- $Waiting_for_Examination(t) = Waiting_for_Examination(t - dt) + (entering_waiting_room_for_examination - entering_examination) * dt$
 INIT $Waiting_for_Examination = 0$
 INFLOWS:
 ↻ $entering_waiting_room_for_examination = CONVEYOR OUTFLOW$
 TRANSIT TIME = $EXPRND(time_needed_for_a_patient_to_register)$


OUTFLOWS:

 entering_examination = actual_no_entering_for_exam


Waiting_for_Registration(t) = Waiting_for_Registration(t - dt) + (entering_registration_room - entering_reg) * dt

INIT Waiting_for_Registration = 0

INFLOWS:

 entering_registration_room = pulse(total_arriving)
TIMESTAMPED

OUTFLOWS:

 entering_reg = pulse((actual_no_entering_for_reg))

no_of_patients_being_registered_per_hour_per_secretary = 10

no_of_patients_being_scheduled_an_apnt_per_hour_per_secretary = 10

no_of_secretaries = 2

no_of_secretaries_apnt = 2

per_being_discharged = 0.3

per_needed_operation = 1-per_being_discharged-per_needed__hospitalisation

per_needed__hospitalisation = 0.1

time_needed_for_a_patient_to_register =

1/(no_of_patients_being_registered_per_hour_per_secretary*no_of_secretaries)


time_needed_for_a_patient_to_schedule_an_apnt =

1/(no_of_patients_being_scheduled_an_apnt_per_hour_per_secretary*no_of_secretaries_apnt)

time_needed_to_schedule_an_apnt = CTMEAN(scheduled_patients, 0, 1)

wait_time_for_exam = CTMEAN(entering_examination, 0, 1)

Mean_Arrival_Rate = GRAPH(COUNTER(0,24))

 (0.00, 0.465), (2.00, 0.465), (4.00, 0.465), (6.00, 0.55), (8.00, 1.44), (10.0, 2.00), (12.0, 2.79), (14.0, 2.94), (16.0, 2.94), (18.0, 2.71), (20.0, 2.48), (22.0, 0.69), (24.0, 0.525)

Surgery.Apnt Room Entry Logic:

actual_no_setting_apnt = min(Operations'_Appointment_Waiting_Room, availability_in_oper_apnt_room)

availability_in_oper_apnt_room = max(oper_apnt_room_capacity-In_Operations'_Apnt_Room, 0)

oper_apnt_room_capacity = 5

Surgery.Examination Room Entry Logic :

actual_no_entering_for_exam = min(Waiting_for_Examination, availability_in_exam_room)

availability_in_exam_room = max(Examination_Room_Cap-In_Examination, 0)

Examination_Room_Cap = 3

Surgery.Registration Room Entry Logic:

actual_no_entering_for_reg = min(Waiting_for_Registration, availability_in_reg_room)

availability_in_reg_room = max(Reg_Room_Capacity-In_Registration_Room, 0)

Reg_Room_Capacity = 3

Surgery.Section Entry Logic:

Monte_Carlo = 1

total_arriving = POISSON(Mean_Arrival_Rate)