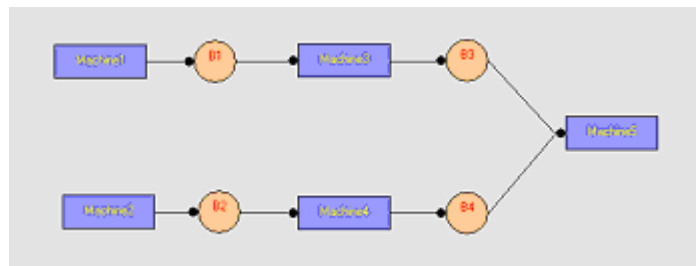


**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

Διπλωματική Εργασία:

*«Ανάπτυξη Γραφικού Περιβάλλοντος Σχεδίασης & Προσομοίωσης  
Συστημάτων Παραγωγής»*



**Κωνσταντάς Δημήτρης**

Επιβλέπων Καθηγητής:

**Κουϊκόγλου Βασίλης**

**Χανιά, 2005**

© 2005 από τον Δημήτρη Κωνσταντά

Με την ευκαιρία της παρουσίασης της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Βασίλη Κουϊκόγλου, για την πολύτιμη βοήθειά του και κυρίως για την εμπιστοσύνη του καθ' όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας. Αναθέτοντάς μου τη συγκεκριμένη εργασία, μου έδωσε την ευκαιρία να εμπλουτίσω τις γνώσεις μου γύρω από ένα αντικείμενο που με ενδιαφέρει πραγματικά.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την ουσιαστική στήριξη που μου προσέφεραν, από τη στιγμή που ξεκίνησα τις σπουδές μου μέχρι και σήμερα. Χωρίς αυτούς τίποτα δεν θα ήταν τόσο εύκολο.

Δημήτρης Κωνσταντάς  
Σεπτέμβριος 2005

*«Η αμοιβή για το χρέος που επιτελούμε,  
είναι η δύναμη που αντλούμε  
για να επιτελέσουμε το επόμενο»*

**Τ. Έλλιοτ**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ .....	5
1. Εισαγωγή .....	6
1.1. Το αντικείμενο του προγράμματος .....	6
1.2. Συστήματα παραγωγής .....	6
1.3. Προσομοίωση .....	9
2. Περιγραφή του προγράμματος .....	10
2.1. Το πρόγραμμα και οι δυνατότητές του .....	10
2.2. Η σχεδίαση των συστημάτων παραγωγής .....	11
2.3. Η προσομοίωση των συστημάτων παραγωγής .....	13
2.4. Προσομοίωση διακριτής κυκλοφορίας .....	15
2.5. Προσομοίωση συνεχούς ροής .....	17
3. Εφαρμογές – αριθμητικά αποτελέσματα .....	20
3.1. Εφαρμογή 1 <sup>η</sup> .....	20
3.2. Εφαρμογή 2 <sup>η</sup> .....	25
3.3. Παρατηρήσεις .....	28
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ .....	29
4. Εισαγωγή .....	31
5. Εγκατάσταση και κλήση του προγράμματος .....	32
5.1. Εγκατάσταση του προγράμματος .....	32
5.2. Κλήση του προγράμματος .....	33

6.	Το περιβάλλον του προγράμματος .....	36
6.1.	Κατάλογος εντολών διαχείρισης αρχείων και προσομοίωσης .....	37
6.1.1.	Εντολές διαχείρισης αρχείων .....	37
6.1.2.	Εντολές προσομοίωσης .....	42
6.2.	Κατάλογος εντολών πεδίου σχεδίασης .....	45
6.2.1.	Εντολές πεδίου σχεδίασης .....	45
6.2.2.	Εντολές μηχανών .....	46
6.2.3.	Εντολές αποθηκών .....	50
7.	Επιτρεπτές τιμές δεδομένων .....	54
7.1.	Δεδομένα μηχανών .....	54
7.2.	Δεδομένα αποθηκών .....	55
7.3.	Παράμετροι προσομοίωσης .....	55
8.	Συμβουλές .....	56
9.	Εφαρμογή .....	58
9.1.	Σχεδίαση δικτύου .....	58
9.2.	Προσομοίωση δικτύου .....	66
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	72
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	73

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα προγράμματα προσομοίωσης δικτύων παραγωγής πρέπει να παρέχουν τη δυνατότητα στο χρήστη να σχεδιάζει ένα σύστημα εύκολα και να έχουν μικρές υπολογιστικές απαιτήσεις. Στο εργαστήριο CAM του Πολυτεχνείου Κρήτης έχουν αναπτυχθεί ταχείς αλγόριθμοι προσομοίωσης, οι οποίοι όμως δεν έχουν τη δυνατότητα γραφικής απεικόνισης και σχεδίασης συστημάτων γιατί έχουν αναπτυχθεί σε περιβάλλον DOS και σε γλώσσα προγραμματισμού FORTRAN 77. Η γεωμετρία του δικτύου δίνεται έμμεσα χρησιμοποιώντας λίστες με τις διασυνδέσεις κάθε μηχανής, οι οποίες αποθηκεύονται ως αρχεία ASCII. Αυτή η διαδικασία δεν είναι φιλική προς το χρήστη, γιατί δεν έχει τη δυνατότητα να δει ένα δίκτυο παραγωγής στην οθόνη, να το αλλάξει κλπ.

Στην εργασία αυτή, αναπτύχθηκε ένα σχεδιαστικό πρόγραμμα σε VB6 με το οποίο μπορεί κανείς να σχεδιάσει δίκτυα παραγωγής με αποθήκες και μηχανές, με δυνατότητες αφαίρεσης ή πρόσθεσης νέων στοιχείων καθώς και αποθήκευσης των σχεδίων. Όσον αφορά την προσομοίωση, το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα να καλεί τις ανάλογες εφαρμογές, που αναλαμβάνουν να εκτελέσουν τη σχετική διαδικασία και να δώσουν πίσω στο πρόγραμμα τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, τα οποία και εμφανίζονται στο γραφικό περιβάλλον αυτού. Με τον τρόπο αυτό η όλη διαδικασία γίνεται πιο ευέλικτη και δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να χρησιμοποιήσει, αν το επιθυμεί, κάποιο δικό του πρόγραμμα προσομοίωσης, μετά από κάποιες απαραίτητες προσαρμογές.

Για τους σκοπούς της προσομοίωσης έχει προσαρμοσθεί στην παρούσα έκδοση του προγράμματός μας η δυνατότητα κλήσης δύο εκτελέσιμων αρχείων: ενός για προσομοίωση συνεχούς ροής και ενός για προσομοίωση διακριτής παραγωγής. Επίσης,

στην εργασία αυτή εξετάζονται δίκτυα όπου οι μηχανές μπορούν να εκτελούν συναρμολόγηση (assembly) εξαρτημάτων ή / και αποσυναρμολόγηση (disassembly) κομματιών, όπως π.χ. συμβαίνει σε κατεργασίες κοπής μετάλλων.

Κύριο μέλημά μας, καθ' όλη τη διάρκεια δημιουργίας του εν λόγω περιβάλλοντος, ήταν η διασφάλιση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ευχρηστίας για το τελικό πρόγραμμα. Ο αυξημένος βαθμός ευχρηστίας καθιστά το πρόγραμμα προσιτό ακόμα και σε άτομα που δεν είναι εξοικειωμένα με υπολογιστικά και προγραμματιστικά συστήματα. Αυτός είναι και ένας από τους βασικούς λόγους ύπαρξης της συγκεκριμένης εργασίας. Μια άλλη, πολύ σημαντική, συνεισφορά της εργασίας είναι να δείξει έναν τρόπο επαναχρησιμοποίησης (reuse) εφαρμογών, σε διαφορετικό περιβάλλον από εκείνο στο οποίο είχαν αναπτυχθεί.

Στο πρώτο μέρος της διπλωματικής θα περιγραφούν αναλυτικά οι δυνατότητες και οι λειτουργίες του προγράμματος και θα παρουσιασθούν μερικές εφαρμογές αυτού πάνω σε συγκεκριμένα παραδείγματα. Στο δεύτερο μέρος θα ακολουθήσει η παράθεση ενός αρκετά αναλυτικού εγχειριδίου χρήσης του προγράμματος (manual), στο οποίο θα μπορεί να ανατρέξει ο χρήστης για να επιλύσει τις απορίες που τυχόν θα έχει σχετικά με τη λειτουργία του.

## **ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ**

### **ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ *SimAD* v.1.0 ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

# **1. Εισαγωγή**

## **1.1. Το αντικείμενο του προγράμματος**

Όπως αναφέρθηκε και στον πρόλογο, η παρούσα εργασία έχει σαν αντικείμενό της τη δημιουργία ενός γραφικού περιβάλλοντος σχεδίασης και προσομοίωσης συστημάτων παραγωγής το οποίο χρησιμοποιεί ετερογενείς εφαρμογές.

Το σύστημα αυτό το ονομάσαμε *SimAD v.1.0 (Simulation of Assembly/Disassembly Production Networks)*. Το *SimAD* παρέχει όλα εκείνα τα μέσα που χρειάζεται κάποιος για να μπορέσει να σχεδιάσει καθώς και να αποθηκεύσει, με σκοπό την μετέπειτα επεξεργασία τους, τα συστήματα παραγωγής που επιθυμεί. Μετά την ολοκλήρωση της σχεδίασης και αφού έχουν εισαχθεί τα απαραίτητα δεδομένα για όλα τα αντικείμενα του συστήματος, το πρόγραμμα προσφέρει τη δυνατότητα της προσομοίωσής του είτε με συνεχή ροή είτε με διακριτή παραγωγή, καλώντας το αντίστοιχο εκτελέσιμο αρχείο. Μετά την ολοκλήρωση της προσομοίωσης ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων αυτής, μέσω του γραφικού περιβάλλοντος.

Πριν προχωρήσουμε στην περιγραφή του γραφικού περιβάλλοντος και των δυνατοτήτων του, θα ήταν χρήσιμο να κάνουμε μια αναφορά σε μερικούς βασικούς ορισμούς σχετικά με τα συστήματα παραγωγής, αλλά και με την προσομοίωση.

## **1.2. Συστήματα παραγωγής**

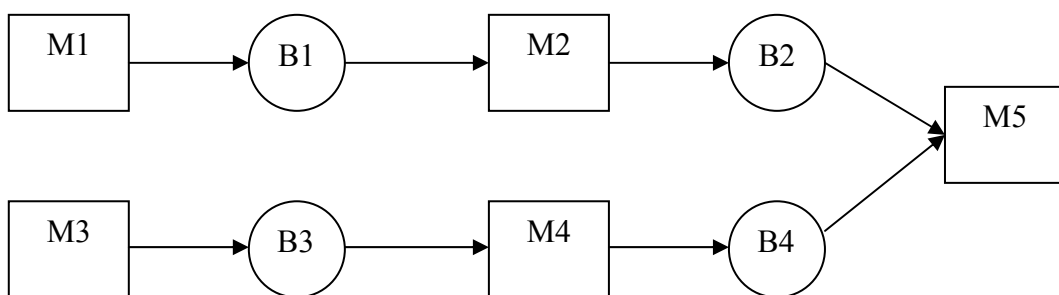
Ως *σύστημα παραγωγής* θεωρούμε το σύνολο όλων εκείνων των διαδικασιών που

μετατρέπουν τις πρώτες ύλες σε έτοιμα προϊόντα. Ένα σύστημα παραγωγής αποτελείται από σταθμούς παραγωγής και από αποθήκες, που συνδέονται μεταξύ τους με συγκεκριμένο τρόπο.

Ο σταθμός παραγωγής αποτελείται από ένα σύνολο μηχανών, που δέχονται πρώτες ύλες ή ανεπεξέργαστα κομμάτια και παράγουν επεξεργασμένα προϊόντα. (Στην παρούσα έκδοση του προγράμματός μας θεωρούμε σταθμούς παραγωγής μίας μόνο μηχανής και για αυτόν το λόγο, από εδώ και πέρα, θα αναφερόμαστε σε μηχανές και όχι σε σταθμούς παραγωγής.)

Η αποθήκη αποτελεί τον ενδιάμεσο χώρο εναποθήκευσης μεταξύ δύο διαδοχικών μηχανών. Τοποθετείται ανάμεσα στις μηχανές βοηθώντας τον συγχρονισμό αυτών καθώς και την αύξηση της παραγωγικότητας.

Ανάλογα με τη γεωμετρία τους, τα συστήματα παραγωγής, διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τις γραμμές παραγωγής και τα δίκτυα παραγωγής. Ως γραμμή παραγωγής θεωρούμε εκείνο το σύστημα παραγωγής που αποτελείται από μηχανές συνδεδεμένες εν σειρά. Ως δίκτυο παραγωγής θεωρούμε εκείνο το σύστημα παραγωγής του οποίου η συνδεσμολογία ακολουθεί τυχαία γεωμετρία (όχι απλώς εν σειρά).



**Σχήμα 1: Δίκτυο παραγωγής**



**Σχήμα 2: Γραμμή παραγωγής**

Κάθε μηχανή έχει κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά λειτουργίας. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι τα εξής:

- ρυθμός παραγωγής με τον οποίο παράγει προϊόντα (*production rate*)
- πιθανότητα με την οποία υφίσταται βλάβη (*failure probability*) και
- μέσος χρόνος επισκευής της σε περίπτωση βλάβης (*time-to-repair*)

Υποθέτουμε για ομοιομορφία, ότι οι χρόνοι επισκευής ακολουθούν εκθετική κατανομή αλλά τα προγράμματα προσομοίωσης μπορεί να δεχθούν οποιεσδήποτε κατανομές.

Αντίστοιχα, κάθε αποθήκη έχει τα εξής χαρακτηριστικά λειτουργίας:

- Χωρητικότητα σε αριθμό κομματιών (*capacity*)
- Αρχική στάθμη – αριθμός κομματιών στην αποθήκη αρχικά (*initial level*)
- Συντελεστής αποσυναρμολόγησης - αριθμός εξαρτημάτων που δέχεται, σαν παρτίδα, από τη μηχανή τροφοδοσίας της κάθε φορά που αποσυναρμολογείται ένα κομμάτι σε αυτή (*disassembly factor*) και
- Συντελεστής συναρμολόγησης - αριθμός εξαρτημάτων που στέλνει, σαν παρτίδα, στη μηχανή που τροφοδοτεί κάθε φορά που αυτή θέλει να εκτελέσει συναρμολόγηση (*assembly factor*)

Ως μέτρα απόδοσης των συστημάτων παραγωγής θεωρούμε μεγέθη που συνδέονται με το κέρδος ή το κόστος λειτουργίας του συστήματος. Τα συνηθέστερα μέτρα απόδοσης είναι: η παραγωγικότητα (μέσος ρυθμός παραγωγής σε μία μεγάλη χρονική περίοδο) και το μέσο απόθεμα κάθε αποθήκης. Τα κερδοφόρα συστήματα παραγωγής χαρακτηρίζονται από υψηλή παραγωγικότητα και χαμηλό μέσο απόθεμα, ώστε να έχουν μικρό κόστος συντήρησης αποθεμάτων. [2]

### 1.3. Προσομοίωση

*Προσομοίωση* είναι η μίμηση της λειτουργίας συστημάτων ή της εξέλιξης διαδικασιών μέσα στο χρόνο, με τη βοήθεια υπολογιστή. Η λειτουργία των συστημάτων υπόκειται σε κάποιους κανόνες οι οποίοι εκφράζουν την εξέλιξη της κατάστασης του συστήματος. Ως γεγονός (*event*), στην προσομοίωση, ορίζουμε οποιαδήποτε αλλαγή της κατάστασης του συστήματος. Για παράδειγμα, η στάθμη μιας αποθήκης (*κατάσταση*) μεταβάλλεται όταν εισέλθει ένα νέο κομμάτι σ' αυτήν (*γεγονός*). Συχνά, οι χρόνοι γεγονότων είναι τυχαίοι, όπως για παράδειγμα: το πότε θα συμβεί βλάβη σε μία μηχανή. Για την περιγραφή τυχαίων γεγονότων χρησιμοποιούνται γεννήτριες τυχαίων αριθμών που παράγουν αριθμούς που έχουν επιθυμητή στατιστική συμπεριφορά. [1]

Η χρήση της προσομοίωσης μας βοηθάει καθοριστικά στη μελέτη της εξέλιξης ενός συστήματος παραγωγής καθώς και στην εκτίμηση της παραγωγικότητάς του. Έτσι, με τη βοήθεια της προσομοίωσης, μπορεί κάποιος να μελετήσει ένα σύστημα παραγωγής πριν ακόμα το κατασκευάσει, να αξιολογήσει τη λειτουργία του σε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα και με τον τρόπο αυτό να κρίνει αν τελικά αξίζει να προχωρήσει στην κατασκευή του.

## 2. Περιγραφή του προγράμματος

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται αναλυτικά το πρόγραμμα *SimAD*, παρουσιάζοντας όλες τις λειτουργίες του. Ύστερα από μια γενική περιγραφή του, ακολουθεί μια πιο λεπτομερής ανάλυση αυτού, που χωρίζεται σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος παρουσιάζονται οι δυνατότητες του προγράμματος όσον αφορά στη σχεδίαση των συστημάτων παραγωγής και στη διαχείριση των σχεδίων τους σε αυτό. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζονται οι δυνατότητες του προγράμματος όσον αφορά στη προσομοίωση των συστημάτων παραγωγής και στη διαχείριση των αποτελεσμάτων της από αυτό.

### 2.1. Το πρόγραμμα και οι δυνατότητές του

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αναπτύξαμε το γραφικό περιβάλλον *SimAD* που έχει σαν κύριο στόχο του την οπτική παρουσίαση μηχανών και αποθηκών σε ένα δίκτυο παραγωγής και την υποστήριξη δυνατοτήτων όπως η πρόσθεση ή αφαίρεση στοιχείων του δικτύου και η αποθήκευση των δικτύων αυτών και των σχεδίων τους σε αρχεία.

Η δυνατότητα αναπαράστασης των συστημάτων παραγωγής στην οθόνη του υπολογιστή, που προσφέρει στο χρήστη το πρόγραμμα, βοηθάει σημαντικά στην καλύτερη κατανόηση του συνόλου της διαδικασίας δημιουργίας ενός δικτύου. Το γεγονός ότι ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να «χτίσει» βήμα-βήμα το δίκτυο παραγωγής που επιθυμεί και να το έχει μπροστά του οπτικοποιημένο, επεξεργάσιμο, αποθηκεύσιμο κ.λ.π. είναι από μόνο του κάτι πολύ σημαντικό για τη λειτουργικότητα του προγράμματος. Έτσι η όλη διαδικασία δημιουργίας ενός δικτύου γίνεται περισσότερο παραστατική και κατά συνέπεια πιο εύκολη και πιο ευχάριστη.

Όσο για τη διαδικασία της προσομοίωσης των συστημάτων παραγωγής, αυτή μπορεί να μην εκτελείται από αυτό καθ' αυτό το πρόγραμμα, όμως το τελευταίο έχει τη δυνατότητα κλήσης κάποιων προγραμμάτων προσομοίωσης που έχουν αναπτυχθεί παλαιότερα σε περιβάλλον DOS. Επίσης, το πρόγραμμα δύναται να παρουσιάσει στην οθόνη τα αποτελέσματα της προσομοίωσης μέσα σε ένα σχεδιάγραμμα του δικτύου παραγωγής που εξετάζεται.

Ακολουθεί παρουσίαση της διαδικασίας σχεδίασης με το πρόγραμμα *SimAD* και περιγραφή της προσομοίωσης συστημάτων παραγωγής μέσω αυτού.

## **2.2. Η σχεδίαση των συστημάτων παραγωγής**

Το κομμάτι του προγράμματος που αφορά στη σχεδίαση των συστημάτων παραγωγής και στη διαχείριση των σχεδίων αυτών καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του όλου προγράμματος. Στο σημείο αυτό θα παρουσιασθεί η σχετική διαδικασία καθώς και οι δυνατότητες που προσφέρει το πρόγραμμα στον υποψήφιο χρήστη.

Ο χώρος που έχει προβλεφθεί για τη σχεδίαση των συστημάτων παραγωγής καθορίζεται εντός του πεδίου σχεδίασης, το οποίο βρίσκεται στο βασικό παράθυρο του προγράμματος (αυτό που εμφανίζεται μόλις εισέλθουμε στο πρόγραμμα). Ο χώρος αυτός αρχικά είναι ίσος σε διαστάσεις με το πεδίο σχεδίασης αλλά μπορεί να μεγαλώσει αρκετά όταν αυτό ζητηθεί από τον χρήστη (με την μετακίνηση ενός αντικειμένου του συστήματος προς τα δεξιά και εκτός των αρχικών ορίων ή προς τα κάτω και εκτός των αρχικών ορίων). Βέβαια, θα πρέπει εδώ να τονίσουμε ότι αυτή η επέκταση των ορίων γίνεται μόνο μία φορά και είναι συγκεκριμένου μεγέθους. Από τη στιγμή που τα όρια σχεδίασης θα επεκταθούν (θα πάψουν να είναι ίσα με τα όρια του πεδίου σχεδίασης), θα αποκτήσουν συγκεκριμένη σταθερή τιμή και θα παραμείνουν αμετάβλητα. Έτσι οποιαδήποτε προσπάθεια περαιτέρω επέκτασής τους θα είναι χωρίς

αποτέλεσμα και ο χρήστης θα πρέπει να αρκεστεί στο χώρο που καθορίζεται πλέον από τις μπάρες κύλισης.

Η σχεδίαση των συστημάτων παραγωγής στο πεδίο σχεδίασης επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του καταλόγου εντολών που προσφέρεται από το πεδίο. Ο κατάλογος αυτός περιλαμβάνει τρία σύνολα εντολών:

- εντολές πεδίου σχεδίασης
- εντολές μηχανών και
- εντολές αποθηκών

Οι εντολές των συνόλων αυτών καλύπτουν όλες εκείνες τις λειτουργίες που σχετίζονται με το θέμα της σχεδίασης (εισαγωγή μηχανής, εισαγωγή αποθήκης, επεξεργασία δεδομένων μηχανής, επεξεργασία δεδομένων αποθήκης, διαγραφή μηχανής, διαγραφή αποθήκης, αλλαγή μηχανής κατεύθυνσης για αποθήκη).

Χρησιμοποιώντας κατάλληλα τις παραπάνω εντολές, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να σχεδιάσει εύκολα, βήμα-βήμα, ένα σύστημα παραγωγής και να προσδώσει σε αυτό τα χαρακτηριστικά που εκείνος επιθυμεί μέσω του καθορισμού τιμών για τα δεδομένα των μηχανών και των αποθηκών. Έτσι ολοκληρώνεται και η διαδικασία δημιουργίας ενός νέου δικτύου στο πρόγραμμα.

Εκτός όμως από τη δημιουργία ενός νέου δικτύου, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να «ανοίξει» (εμφανίσει) στο πεδίο σχεδίασης ένα ήδη αποθηκευμένο δίκτυο, μέσω της αντίστοιχης εντολής του συνόλου εντολών διαχείρισης αρχείων που βρίσκεται στον κατάλογο εντολών διαχείρισης αρχείων και προσομοίωσης. Στο σύνολο αυτό εκτός από την συγκεκριμένη εντολή υπάρχει επίσης εντολή για καθαρισμό του πεδίου σχεδίασης με σκοπό τη σχεδίαση ενός νέου δικτύου καθώς και εντολή για την αποθήκευση του δικτύου που βρίσκεται στο πεδίο σχεδίασης.

Χρησιμοποιώντας κατάλληλα τις εντολές του παραπάνω συνόλου, ο χρήστης έχει τη

δυνατότητα να διαχειριστεί, μέσω αρχείων, τα συστήματα παραγωγής που δημιουργεί. Η σωστή «εκμετάλλευση» της συγκεκριμένης δυνατότητας θα τον βοηθήσει σημαντικά στην όλη διαδικασία σχεδίασης των συστημάτων παραγωγής.

### **2.3. Η προσομοίωση των συστημάτων παραγωγής**

Το τμήμα του προγράμματος που αφορά στη προσομοίωση συστημάτων παραγωγής και στη διαχείριση των αποτελεσμάτων αυτής είναι μικρότερο, από απόψεως κώδικα, αυτού της αναπαράστασης και διαχείρισης των δικτύων παραγωγής, αποτελεί όμως την καρδιά του προγράμματος. Στο σημείο αυτό θα παρουσιάσουμε τη σχετική διαδικασία καθώς και τις δυνατότητες που προσφέρει το πρόγραμμα στον υποψήφιο χρήστη.

Αφού έχει καθορίσει στο πεδίο σχεδίασης το δίκτυο παραγωγής που θέλει να προσομοιώσει, είτε σχεδιάζοντάς το από την αρχή είτε «ανοίγοντας» ένα ήδη υπάρχον αποθηκευμένο αρχείο, ο χρήστης είναι πλέον σε θέση να προσομοιώσει τη λειτουργία του δικτύου για κάποιο χρονικό διάστημα. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει πρώτα να έχει αποδώσει τιμές σε όλες τις παραμέτρους κάθε μηχανής και κάθε αποθήκης (ρυθμό παραγωγής, πιθανότητα βλάβης, χρόνο επισκευής, αρχική στάθμη, χωρητικότητα, συντελεστή συναρμολόγησης και συντελεστή αποσυναρμολόγησης).

Η εκκίνηση της διαδικασίας επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του συνόλου εντολών προσομοίωσης του καταλόγου εντολών διαχείρισης αρχείων και προσομοίωσης που προσφέρεται από το πρόγραμμα. Το σύνολο αυτό περιλαμβάνει μόνο μία εντολή: αυτή της απόδοσης αρχικών τιμών για την έναρξη της προσομοίωσης. Η εντολή αυτή δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να αποδώσει τιμές στις δύο παραμέτρους που χρειάζονται για την προσομοίωση. Πιο συγκεκριμένα, πριν ξεκινήσει η προσομοίωση, ο χρήστης προσδιορίζει:

- Κυκλοφορία προϊόντων (διακριτή ή ροϊκή)

- Διάστημα προσομοίωσης
- «Σπόρος» (seed) για τις γεννήτριες τυχαίων αριθμών

Το πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα προσομοίωσης των δικτύων με δύο διαφορετικές μεθόδους: τη μέθοδο Συνεχούς Ροής και τη μέθοδο Διακριτής Κυκλοφορίας (και οι δύο μέθοδοι παρουσιάζονται παρακάτω).

Ακολούθως, το πρόγραμμα καλεί εκείνο το εκτελέσιμο αρχείο που αντιστοιχεί στο είδος της κυκλοφορίας που επέλεξε ο χρήστης και αρχίζει η εκτέλεση της προσομοίωσης. Το πρόγραμμα περνά σε κατάσταση αναμονής, περιμένοντας την ολοκλήρωση της διαδικασίας.

Μόλις το εκτελέσιμο αρχείο ολοκληρώσει τη προσομοίωση στέλνει πίσω στο πρόγραμμα ένα αρχείο ASCII με τα αποτελέσματα αυτής, που είναι τα εξής:

- Συνολική παραγωγή κάθε μηχανής
- Αριθμός βλαβών κάθε μηχανής
- Τελική στάθμη κάθε αποθήκης
- Μέση στάθμη κάθε αποθήκης
- Χρόνος ολοκλήρωσης προσομοίωσης

Το πρόγραμμα με τη σειρά του παίρνει τα αποτελέσματα και τα παρουσιάζει σε ξεχωριστό παράθυρο, μαζί με το δίκτυο που δημιούργησε ο χρήστης. Η παρουσίαση γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εύκολη η ταυτόχρονη επισκόπηση του συνόλου δικτύου και αποτελεσμάτων, με ευδιάκριτη την αντιστοιχία μεταξύ του κάθε αντικειμένου (μηχανής ή αποθήκης) και του αντίστοιχου αποτελέσματος (π.χ. συνολική παραγωγή ή μέσο απόθεμα).

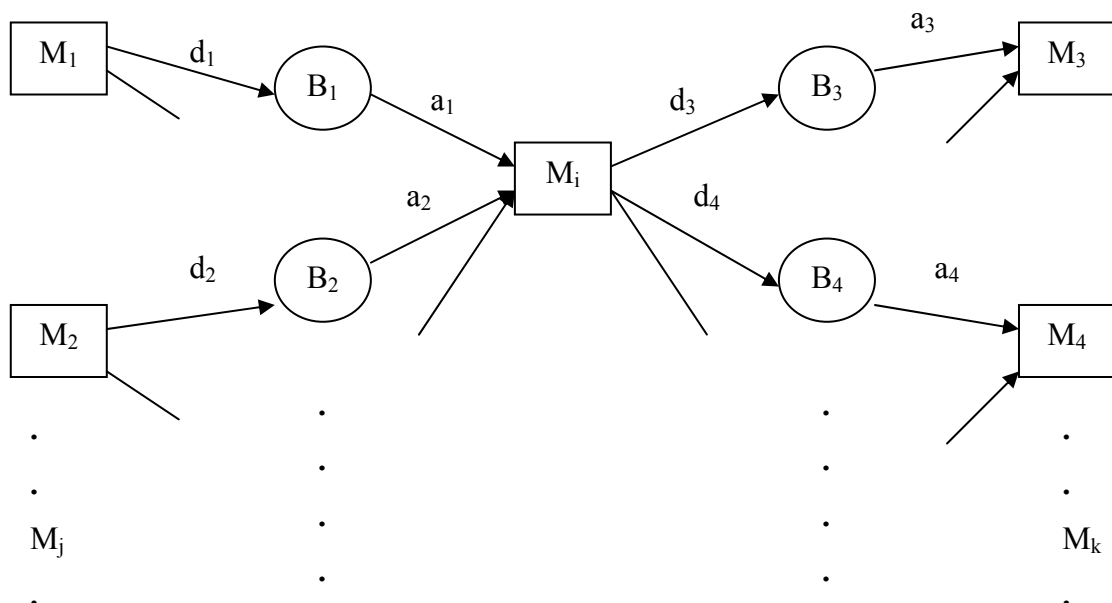
Κλείνοντας το παράθυρο παρουσίασης των αποτελεσμάτων, ο χρήστης επιστρέφει στο βασικό παράθυρο σχεδίασης όπου μπορεί να επεξεργαστεί το υπάρχον δίκτυο ή να «ανοίξει» ένα αποθηκευμένο δίκτυο ή να αρχίσει τη σχεδίαση ενός καινούργιου και να ξαν' ακολουθήσει την ίδια διαδικασία για να το προσομοιώσει.

Τέλος κλείνοντας το παράθυρο του πεδίου σχεδίασης, ο χρήστης εξέρχεται του προγράμματος τερματίζοντας έτσι τη λειτουργία του.

## 2.4. Προσομοίωση διακριτής κυκλοφορίας

Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει σαν βασική της ιδέα την παρατήρηση της κυκλοφορίας κάθε κομματιού ξεχωριστά μέσα στο σύστημα. Γι' αυτό και τα γεγονότα που χρησιμοποιεί η μέθοδος αυτή σχετίζονται με την αλλαγή της θέσης των κομματιών στο σύστημα. [1]

Θα εξηγήσουμε τη λειτουργία της μεθόδου διακριτής κυκλοφορίας με τη βοήθεια ενός παραδείγματος. Έστω ότι έχουμε ένα δίκτυο παραγωγής, τμήμα του οποίου φαίνεται στο Σχήμα 3, και εφαρμόζουμε σε αυτό τη συγκεκριμένη μέθοδο.



Σχήμα 3: Τμήμα τυχαίου δικτύου παραγωγής

Ο αλγόριθμος προσομοίωσης παρατηρεί την αναχώρηση κάθε κομματιού από κάθε μηχανή. Ας δούμε τι συμβαίνει όταν εκτελείται το γεγονός «*αναχώρηση από  $M_i$* ».

*Γεγονός = αναχώρηση από  $M_i$*

Ένα κομμάτι έχει παραχθεί από την μηχανή  $M_i$  και έχει αποσυναρμολογηθεί σε μικρότερα κομμάτια (εξαρτήματα) τα οποία είναι έτοιμα να μεταφερθούν στις αποθήκες που τροφοδοτεί η  $M_i$  (οι αποθήκες αυτές ονομάζονται κατάντις αποθήκες). Το κομμάτι αυτό έχει προκύψει από συναρμολόγηση  $a_1$  εξαρτημάτων από την αποθήκη  $B_1$ ,  $a_2$  εξαρτημάτων από την αποθήκη  $B_2$ , κ.ο.κ. Μετά την αποσυναρμολόγηση η  $M_i$  είναι έτοιμη να στείλει, συγχρόνως,  $d_3$  εξαρτήματα στην αποθήκη  $B_3$ ,  $d_4$  εξαρτήματα στην αποθήκη  $B_4$ , κ.ο.κ., εφόσον υπάρχει χώρος. Εξετάζουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Αν τουλάχιστον μία από τις αποθήκες  $B_3$ ,  $B_4$ , ... δεν μπορεί να δεχθεί όλα τα κομμάτια  $d_3$ ,  $d_4$ , ... τότε η  $M_i$  μένει αποκλεισμένη και  $T_i = \infty$  (γιατί δεν ξέρουμε πότε θα αναχωρήσει).
- Αλλιώς η  $M_i$  διοχετεύει την παραγωγή της προς τις  $B_3$ ,  $B_4$ , ... και είναι έτοιμη να ξεκινήσει νέα συναρμολόγηση.
  - Αν κάποια κατάντις μηχανή  $M_k$  ήταν αποστερημένη (επειδή η αποθήκη  $B_k$  έχει αδειάσει), τότε αν με την παραγωγή των  $d_k$  εξαρτημάτων η μηχανή αυτή παύει να είναι αποστερημένη, θα ξεκινήσει ένα νέο κύκλο παραγωγής. Τότε θέτουμε:  

$$T_k = t + (\text{τυχαία διάρκεια συναρμολόγησης} / \text{αποσυναρμολόγησης στην } M_k)$$

Μετά την αναχώρηση των κομματιών από την  $M_i$ , η μηχανή αυτή ξεκινά ένα νέο κύκλο συναρμολόγησης / αποσυναρμολόγησης.

- Αν δεν υπάρχουν τα απαραίτητα εξαρτήματα στις ποσότητες  $a_1$ ,  $a_2$ , ...,  $a_j$ , ... από τις ανάντις αποθήκες  $B_j$  τότε η  $M_i$  μένει αποστερημένη, οπότε  $T_i = \infty$ .
- Διαφορετικά, τα εξαρτήματα αφαιρούνται από τις αποθήκες και ξεκινά ένας νέος κύκλος παραγωγής, που προγραμματίζεται να ολοκληρωθεί τη στιγμή:

$$T_i = t + (\text{τυχαία διάρκεια συναρμολόγησης / αποσυναρμολόγησης στην } M_i)$$

- Αν μετά την αφαίρεση των προαναφερθέντων εξαρτημάτων, κάποιες από τις μηχανές  $M_1, M_2, \dots, M_j, \dots$  που τυχόν ήταν, πριν, αποκλεισμένες, μπορέσουν να διοχετεύσουν τα  $d_1, d_2, \dots, d_j, \dots$  εξαρτήματά τους, τότε παύουν να είναι αποκλεισμένες και εκτελούμε τα γεγονότα «αναχώρηση από  $M_j$ » σε κάθε μία από αυτές.

## 2.5. Προσομοίωση συνεχούς ροής

Προσπαθώντας να περιγράψουμε τη λογική της συγκεκριμένης μεθόδου προσομοίωσης, υποθέτουμε ότι η κίνηση των κομματιών μέσα στο σύστημα είναι παρόμοια με τη ροή ασυμπίεστου υγρού. Ως παραδείγματα εφαρμογών δικτύων συνεχούς ροής μπορούμε να αναφέρουμε τη χρήση τους στη χημική βιομηχανία, στη βιομηχανία τροφίμων καθώς και στα επικοινωνιακά συστήματα.

Η βασική ιδέα των ροϊκών συστημάτων είναι ότι, αντί να παρατηρούμε κάθε κομμάτι ξεχωριστά, παρατηρούμε τα γεγονότα εκείνα που μεταβάλλουν τους ρυθμούς παραγωγής των μηχανών. Τέτοιου είδους μεταβολή μπορεί να συμβεί λόγω βλάβης της μηχανής, αποκλεισμού της (η αποθήκη, την οποία τροφοδοτεί η μηχανή, γεμίζει) ή αποστέρησής της (η αποθήκη, από την οποία τροφοδοτείται η μηχανή, αδειάζει).

Πιο συγκεκριμένα, ο τρόπος με τον οποίο τα παραπάνω γεγονότα επηρεάζουν τη διαδικασία της προσομοίωσης περιγράφονται ως εξής:

- Βλάβη μηχανής: Με την εμφάνιση του γεγονότος αυτού απαιτείται η πάροδος ενός μεταβλητού χρονικού διαστήματος μέχρι να ξεκινήσει ξανά η παραγωγή. Το χρονικό αυτό διάστημα ορίζεται ως η διάρκεια επισκευής της μηχανής.
- Γέμισμα αποθήκης: Η εμφάνιση του γεγονότος αυτού συνεπάγεται το ότι η μηχανή που τροφοδοτεί τη συγκεκριμένη αποθήκη είναι πιο γρήγορη και για το

λόγο αυτό αναγκάζεται να επιβραδύνει, συγχρονίζοντας την παραγωγή της με εκείνη της αργής μηχανής που τροφοδοτείται από την αποθήκη.

- Άδειασμα αποθήκης: Η εμφάνιση του γεγονότος αυτού συνεπάγεται το ότι η μηχανή που τροφοδοτείται από τη συγκεκριμένη αποθήκη είναι πιο γρήγορη και για το λόγο αυτό αναγκάζεται να επιβραδύνει, συγχρονίζοντας την παραγωγή της με εκείνη της αργής μηχανής που τροφοδοτεί την αποθήκη.

Για περισσότερες λεπτομέρειες και για την απόκτηση μιας συνολικότερης εικόνας γύρω από τη συγκεκριμένη μέθοδο προσομοίωσης, παραπέμπουμε τον αναγνώστη στις εργασίες [3] και [4], όπου γίνεται αναλυτική παρουσίαση αυτής.

Επιχειρώντας μια μικρή σύγκριση των δύο αλγορίθμων που χρησιμοποιούμε, θα πρέπει να τονίσουμε ότι ο αλγόριθμος συνεχούς ροής παρατηρεί διαφορετικά γεγονότα από εκείνα που παρατηρεί ο αλγόριθμος διακριτής κυκλοφορίας.

Για παράδειγμα, αν μια αποθήκη αδειάσει τότε η μηχανή που τροφοδοτείται από αυτή μειώνει τον ρυθμό της. Από τη στιγμή εκείνη και μετά η μηχανή αρχίζει να παράγει κομμάτια με αυτόν, τον μειωμένο, ρυθμό αλλά ο αλγόριθμος δεν εκτελεί άλλα γεγονότα παρά μόνο αν συμβεί κάποια άλλη αλλαγή ρυθμού (π.χ. βλάβη της ίδιας της μηχανής, βλάβη της μηχανής που τροφοδοτεί την αποθήκη, άδειασμα ή γέμισμα γειτονικών αποθηκών, κ.ο.κ.)

Ο αλγόριθμος συνεχούς ροής είναι ταχύτερος από τον αλγόριθμο διακριτής κυκλοφορίας, αν οι συχνότητες εμφάνισης βλαβών των μηχανών και οι συχνότητες αδειάσματος και γεμίσματος των αποθηκών είναι μικρότερες από τους ρυθμούς παραγωγής (που αντιπροσωπεύουν τις συχνότητες γεγονότων στο μοντέλο διακριτής κυκλοφορίας). Αυτό συμβαίνει σε πολλά συστήματα παραγωγής, αφού συνήθως οι μηχανές έχουν παρόμοιους ρυθμούς (με αποτέλεσμα οι αποθήκες να μην γεμίζουν και να μην αδειάζουν συχνά) και οι βλάβες δεν συμβαίνουν σε κάθε κομμάτι που παράγεται (συνήθως συμβαίνουν αφού παραχθούν 10 ή ακόμα και 100 κομμάτια).

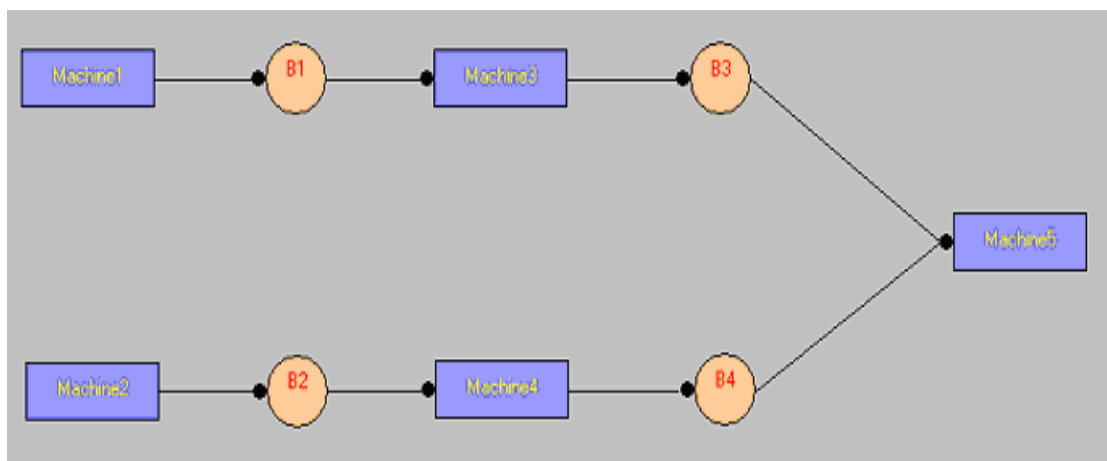
Συχνά ο αλγόριθμος συνεχούς ροής μπορεί να προσεγγίσει, με καλή ακρίβεια, διακριτά συστήματα παραγωγής. Την ακρίβεια του αλγορίθμου συνεχούς ροής και την ταχύτητα του σε σχέση με τον αλγόριθμο διακριτής κυκλοφορίας θα την εξετάσουμε σε επόμενο κεφάλαιο.

### 3. Εφαρμογές – αριθμητικά αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζουμε μερικές εφαρμογές του προγράμματος *SimAD* πάνω σε συγκεκριμένα παραδείγματα. Τα συστήματα παραγωγής που χρησιμοποιήθηκαν στα παραδείγματα είναι απλά για λόγους απλότητας, αλλά το πρόγραμμα *SimAD* μπορεί να χειρισθεί και πιο πολύπλοκα συστήματα. Μέσω των εφαρμογών που ακολουθούν θα έχουμε την ευκαιρία να δούμε τη χρήση του προγράμματος στην πράξη και να συγκρίνουμε τους αλγόριθμους προσομοίωσης συνεχούς ροής και διακριτής κυκλοφορίας, από απόψεως χρόνων εκτέλεσης στον υπολογιστή και ομοιότητας αριθμητικών αποτελεσμάτων.

#### 3.1. Εφαρμογή 1<sup>η</sup>

Θεωρούμε το δίκτυο παραγωγής πέντε μηχανών και τεσσάρων αποθηκών που φαίνεται στο Σχήμα 4.



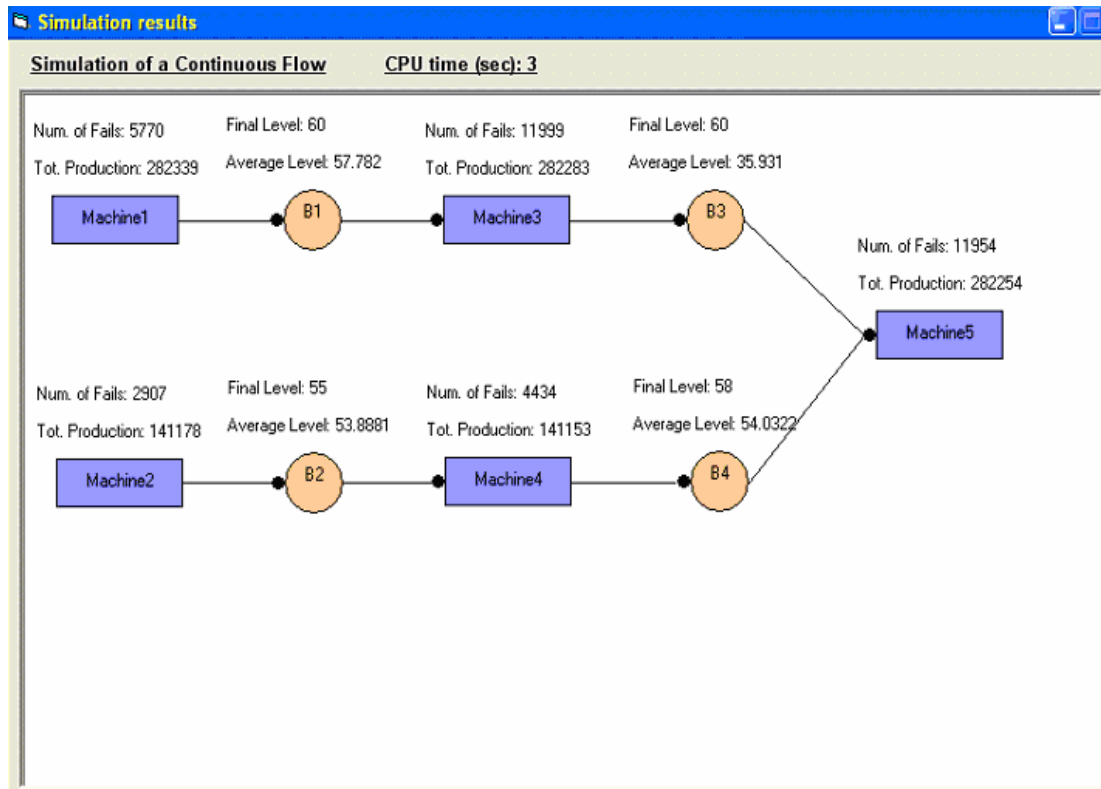
Σχήμα 4 : Το δίκτυο παραγωγής της 1<sup>ης</sup> εφαρμογής

Το συγκεκριμένο δίκτυο δημιουργήθηκε βήμα-βήμα στο πεδίο σχεδίασης με τη βοήθεια των εντολών που μας παρέχει το πρόγραμμα. (Για αναλυτική παρουσίαση της διαδικασίας δημιουργίας του σχεδίου ενός δικτύου, παραπέμπουμε τον αναγνώστη στο παράδειγμα που υπάρχει στο τέλος του εγχειριδίου χρήσης, στο δεύτερο μέρος της παρούσας αναφοράς).

Αφού ολοκληρώσαμε τη σχεδίαση, προχωρήσαμε στην απόδοση των τιμών που επιθυμούσαμε για τα δεδομένα των μηχανών, των αποθηκών και της προσομοίωσης. Στον παρακάτω πίνακα, συγκεντρώσαμε και παρουσιάζουμε τις τιμές όλων αυτών των δεδομένων που καθορίζουν και τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου δικτύου.

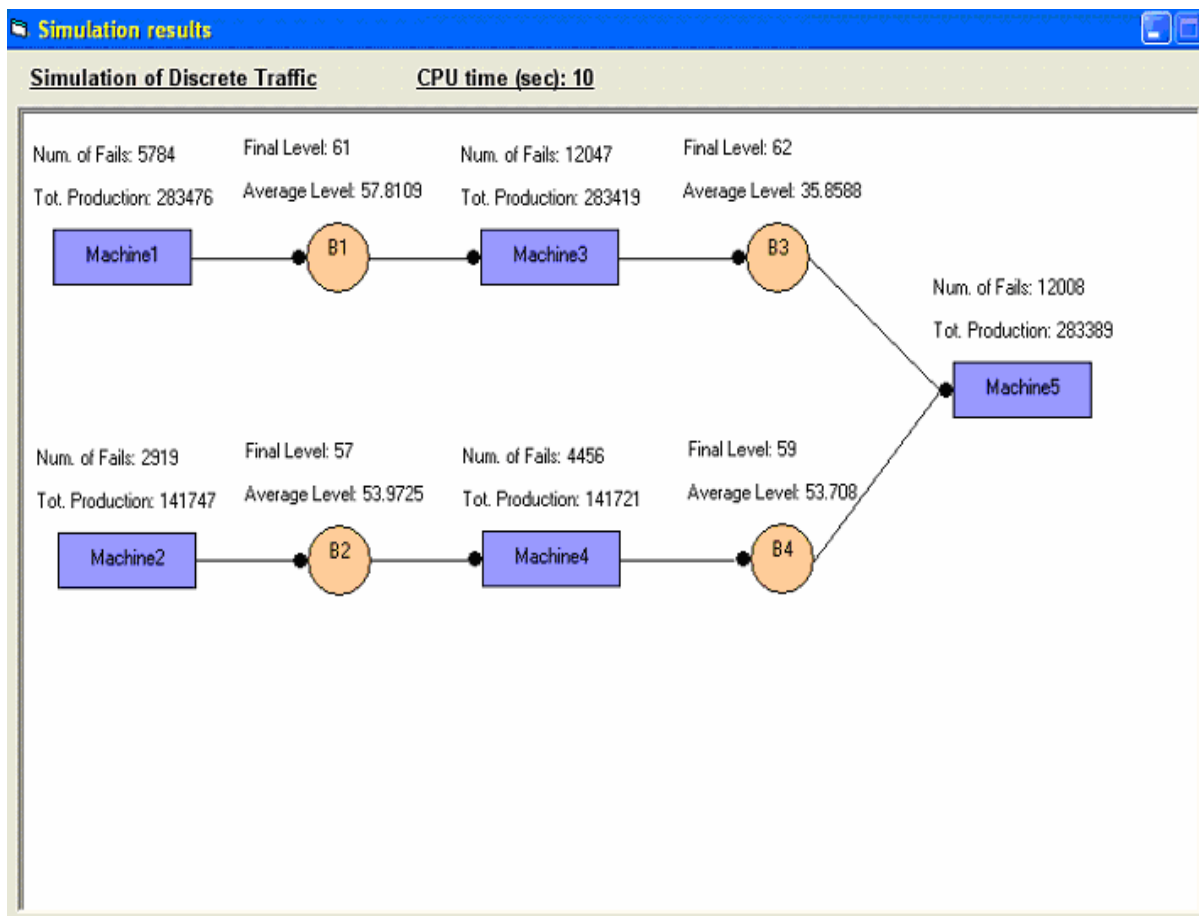
<b>Πίνακας δεδομένων δικτύου</b>					
<b>Μηχανές</b>					
<b>Μηχανή</b>	<i>Machine1</i>	<i>Machine2</i>	<i>Machine3</i>	<i>Machine4</i>	<i>Machine5</i>
<b>Αριθμός εισαγωγής</b>	1	2	3	4	5
<b>Ρυθμός παραγωγής</b>	40	34	36	40	50
<b>Πιθανότητα βλάβης</b>	0.02	0.02	0.04	0.03	0.04
<b>Χρόνος επισκευής</b>	1	1	2	2	3
<b>Αποθήκες</b>					
<b>Αποθήκη</b>	<i>B1</i>	<i>B2</i>	<i>B3</i>	<i>B4</i>	
<b>Αριθμός εισαγωγής</b>	1	2	3	4	
<b>Χωρητικότητα</b>	60	55	60	58	
<b>Αρχική στάθμη</b>	4	5	2	6	
<b>Συντελεστής αποσυναρμολόγησης</b>	1	2	2	2	
<b>Συντελεστής συναρμολόγησης</b>	1	2	2	1	
<b>Προσομοίωση</b>					
<b>Περίοδος</b>				55000	
<b>Σπόρος για γεννήτριες τυχαίων αριθμών</b>				1	

Στη συνέχεια εκτελέσαμε τη διαδικασία της προσομοίωσης για το δίκτυο, δύο φορές: μία με τη μέθοδο συνεχούς ροής και μία με τη μέθοδο διακριτής κυκλοφορίας. Στα δύο σχήματα που ακολουθούν φαίνονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, όπως ακριβώς μας τα παρουσίασε το πρόγραμμα.



**Σχήμα 5: Παρουσίαση αποτελεσμάτων προσομοίωσης συνεχούς ροής**

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα, τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται σε ένα ξεχωριστό παράθυρο και πάνω στο σχέδιο του δικτύου. Πάνω από κάθε μηχανή και κάθε αποθήκη μπορούμε να δούμε τα αντίστοιχα αποτελέσματα, που προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθόδου. Επίσης στο πάνω μέρος του παραθύρου φαίνεται η μέθοδος προσομοίωσης που ακολουθήθηκε και ο χρόνος που απαιτήθηκε για την ολοκλήρωσή της.



**Σχήμα 6: Παρουσίαση αποτελεσμάτων προσομοίωσης διακριτής κυκλοφορίας**

Ομοίως, στο Σχήμα 6 φαίνονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης διακριτής κυκλοφορίας για το δίκτυό μας, όπως ακριβώς μας τα παρουσίασε το πρόγραμμα.

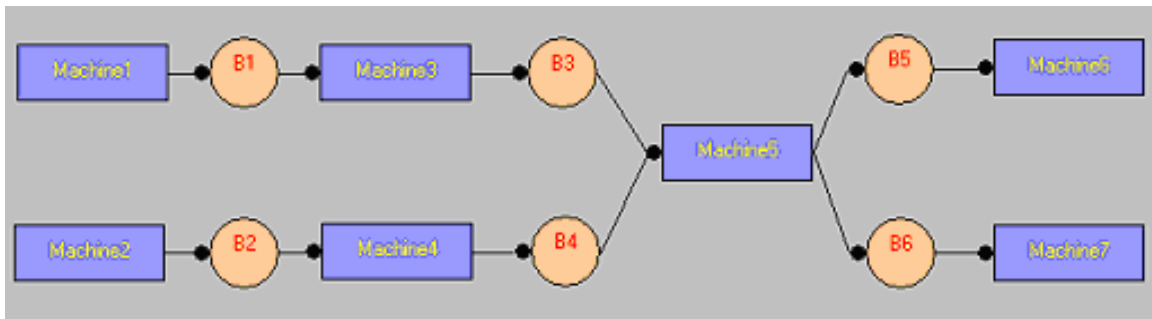
Στον πίνακα που ακολουθεί συγκεντρώσαμε όλα τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του δικτύου, και των δύο μεθόδων, έτσι ώστε να δώσουμε την ευκαιρία στον αναγνώστη να τα εξετάσει καλύτερα και να κάνει τις απαραίτητες συγκρίσεις μεταξύ των δύο μεθόδων.

Πίνακας αποτελεσμάτων προσομοίωσης δικτύου					
Προσομοίωση συνεχούς ροής					
Μηχανές					
Μηχανή	Machine1	Machine2	Machine3	Machine4	Machine5
Αριθμός βλαβών	5770	2907	11999	4434	11954
Συνολική παραγωγή	282339.0	141178.0	282283.0	141153.0	282254.0
Αποθήκες					
Αποθήκη		B1	B2	B3	B4
Τελική στάθμη		60.0	55.0	60.0	58.0
Μέση στάθμη		57.7820	53.8881	35.9310	54.0322
Προσομοίωση					
Διάρκεια (CPU time in sec.)				3	
Προσομοίωση διακριτής κυκλοφορίας					
Μηχανές					
Μηχανή	Machine1	Machine2	Machine3	Machine4	Machine5
Αριθμός βλαβών	5784	2919	12047	4456	12008
Συνολική παραγωγή	283476	141747	283419	141721	283389
Αποθήκες					
Αποθήκη		B1	B2	B3	B4
Τελική στάθμη		61	57	62	59
Μέση στάθμη		57.8109	53.9725	35.8588	53.7080
Προσομοίωση					
Διάρκεια (CPU time in sec.)				10	

Παρατηρούμε ότι ο αλγόριθμος συνεχούς ροής είναι σχεδόν 3.5 φορές ταχύτερος από τον αλγόριθμο διακριτής κυκλοφορίας, ενώ οι αποκλίσεις στη συνολική παραγωγή κάθε μηχανής και στα μέσα αποθέματα κάθε αποθήκης είναι πολύ μικρές.

### 3.2. Εφαρμογή 2<sup>η</sup>

Το σύστημα παραγωγής εδώ αποτελεί μια επέκταση του δικτύου της προηγούμενης εφαρμογής. Απλά προσθέσαμε στο δίκτυο που είχαμε δύο επιπλέον μηχανές και δύο αποθήκες με σκοπό τη δημιουργία ενός συστήματος που θα παράγει πλέον δύο διαφορετικούς τύπους προϊόντων. Έτσι προέκυψε ένα δίκτυο επτά μηχανών και έξι αποθηκών (Σχήμα 7) .



*Σχήμα 7: Το δίκτυο παραγωγής της 2<sup>ης</sup> εφαρμογής*

Για να σχεδιάσουμε το δίκτυο αυτό, «ανοίξαμε» μέσω του προγράμματος το αρχείο του ήδη αποθηκευμένου δικτύου της προηγούμενης εφαρμογής και πάνω σε αυτό προσθέσαμε, με τη βοήθεια των εντολών του πεδίου σχεδίασης, τις επιπλέον μηχανές και αποθήκες.

Αφού ολοκληρώσαμε τη δημιουργία του νέου δικτύου, προχωρήσαμε στην απόδοση των τιμών που επιθυμούσαμε για τα δεδομένα των επιπλέον μηχανών και αποθηκών καθώς και της προσομοίωσης. Στον πίνακα που ακολουθεί συγκεντρώσαμε και παρουσιάζουμε τις τιμές όλων αυτών των δεδομένων που καθορίζουν και τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου δικτύου.

<b>Πίνακας δεδομένων δικτύου</b>							
<b>Μηχανές</b>							
<b>Μηχανή</b>	<i>Machine1</i>	<i>Machine2</i>	<i>Machine3</i>	<i>Machine4</i>	<i>Machine5</i>	<i>Machine6</i>	<i>Machine7</i>
<b>Αριθμός εισαγωγής</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Ρυθμός παραγωγής</b>	40	34	36	40	50	55	50
<b>Πιθανότητα βλάβης</b>	0.02	0.02	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02
<b>Χρόνος επισκευής</b>	1	1	2	2	3	3	2
<b>Αποθήκες</b>							
<b>Αποθήκη</b>	<i>B1</i>	<i>B2</i>	<i>B3</i>	<i>B4</i>	<i>B5</i>	<i>B6</i>	
<b>Αριθμός εισαγωγής</b>	1	2	3	4	5	6	
<b>Χωρητικότητα</b>	60	55	60	58	78	56	
<b>Αρχική στάθμη</b>	4	5	2	6	4	6	
<b>Συντελεστής αποσυναρμολόγησης</b>	1	2	2	2	1	2	
<b>Συντελεστής συναρμολόγησης</b>	1	2	2	1	1	2	
<b>Προσομοίωση</b>							
<b>Περίοδος</b>					150000		
<b>Σπόρος για γεννήτριες τυχαίων αριθμών</b>					2		

Στη συνέχεια εκτελέσαμε τη διαδικασία της προσομοίωσης για το δίκτυο. Η διαδικασία εκτελέστηκε δύο φορές: μία με τη μέθοδο συνεχούς ροής και μία με τη μέθοδο διακριτής κυκλοφορίας. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, όπως μας τα έδωσε το πρόγραμμα για τις δύο μεθόδους καθώς επίσης και το χρόνο που χρειάστηκε για την ολοκλήρωση της.

Πίνακας αποτελεσμάτων προσομοίωσης δικτύου							
Προσομοίωση συνεχούς ροής							
Μηχανές							
Μηχανή	Machine1	Machine2	Machine3	Machine4	Machine5	Machine6	Machine7
Αριθμός βλαβών	14678	7221	29638	11232	29802	22171	14623
Συνολική παραγωγή	717686.0	358851.5	717630.0	358826.5	717601.0	717605.0	717604.0
Αποθήκες							
Αποθήκη	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
Τελική στάθμη	60.0	55.0	60.0	58.0	0.0	0.0	
Μέση στάθμη	58.1236	54.1177	39.9010	54.5167	18.0151	7.6955	
Προσομοίωση							
Διάρκεια (CPU time in sec.)						12	
Προσομοίωση διακριτής κυκλοφορίας							
Μηχανές							
Μηχανή	Machine1	Machine2	Machine3	Machine4	Machine5	Machine6	Machine7
Αριθμός βλαβών	14753	7247	29770	11287	29973	22265	14702
Συνολική παραγωγή	721308	360666	721251	360640	721227	721230	721229
Αποθήκες							
Αποθήκη	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
Τελική στάθμη	61	57	50	59	1	2	
Μέση στάθμη	58.1368	54.1923	39.7198	54.1633	17.9309	7.6713	
Προσομοίωση							
Διάρκεια (CPU time in sec.)						41	

Όπως και στην προηγούμενη εφαρμογή, τα αποτελέσματα είναι παρόμοια μεταξύ τους, ενώ ο αλγόριθμος συνεχούς ροής είναι περίπου 3.5 φορές ταχύτερος.

### 3.3. Παρατηρήσεις

Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων των παραπάνω εφαρμογών μας δίνουν την ευκαιρία να κάνουμε μερικές παρατηρήσεις σχετικά με το πρόγραμμα και τις μεθόδους που χρησιμοποιεί.

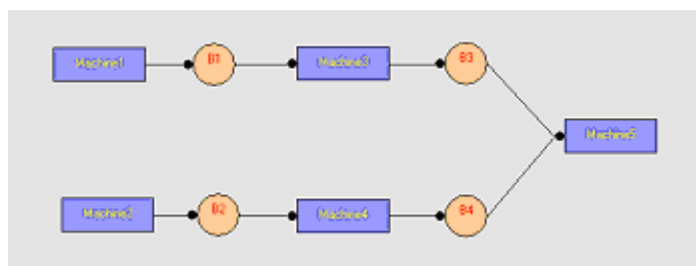
Κατ' αρχήν παρατηρούμε την ομοιότητα που παρουσιάζουν τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων προσομοίωσης μεταξύ τους. Παρατηρούμε επίσης ότι η μέθοδος συνεχούς ροής έχει σημαντικά μικρότερες υπολογιστικές απαιτήσεις. Και στις δύο εφαρμογές η προσομοίωση συνεχούς ροής ολοκληρώθηκε τουλάχιστον τρεις φορές πιο γρήγορα από τη προσομοίωση διακριτής κυκλοφορίας. Το αποτέλεσμα αυτό φαίνεται να είναι πολύ λογικό αν αναλογιστούμε τον τρόπο λειτουργίας της μεθόδου διακριτής κυκλοφορίας και τις ιδιαιτερότητες που αυτός έχει. Συνεπώς, φαίνεται ότι σε πολλές περιπτώσεις θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τον αλγόριθμο συνεχούς ροής σε συστήματα διακριτής κυκλοφορίας, αφού συνδυάζει ακρίβεια και ταχύτητα.

## **ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ**

### **ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ**

**SimAD v.1.0**

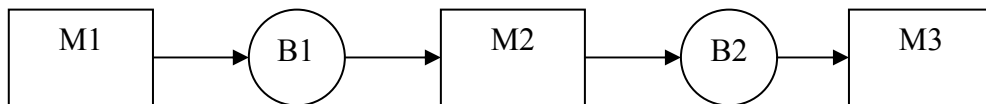
**Σύστημα Γραφικού Περιβάλλοντος  
Σχεδίασης και Προσομοίωσης  
Δικτύων Παραγωγής**



**Εγχειρίδιο Χρήσης**

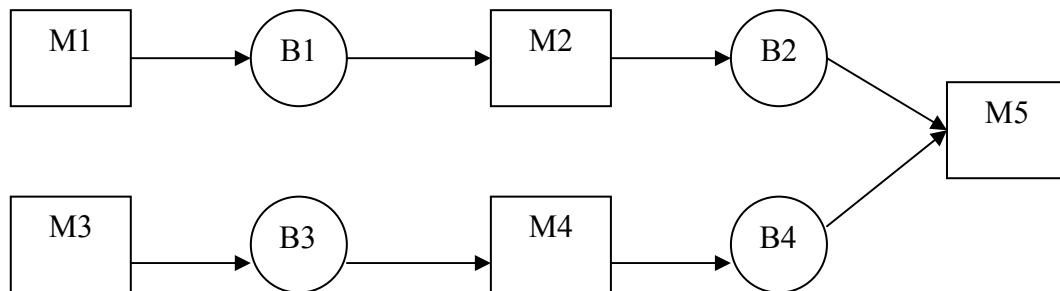
## 4. Εισαγωγή

Το πρόγραμμα *SimAD* v.1.0 (Simulation of Assembly/Disassembly Production Networks) είναι ένα εργαλείο για τη σχεδίαση συστημάτων παραγωγής και την προσομοίωσή τους με χρήση ετερογενών εφαρμογών. Ανάλογα με την περίπτωση, μπορεί να έχουμε σαν σύστημα παραγωγής είτε μία γραμμή παραγωγής



*Σχήμα 8: Γραμμή παραγωγής*

ή, στη πιο γενική περίπτωση, ένα δίκτυο παραγωγής



*Σχήμα 9: Δίκτυο παραγωγής*

Οι μηχανές συμβολίζονται στο πρόγραμμα με ορθογώνια και οι αποθήκες με κύκλους. Τα ενδιαμέσα τόξα καθορίζουν τις συνδέσεις, με τα βέλη (στο πρόγραμμα υπάρχουν ως μικροί κύκλοι) να δείχνουν την κατεύθυνση που έχει η κυκλοφορία των κομματιών / προϊόντων στο σύστημα.

## 5. Εγκατάσταση και κλήση του προγράμματος

Το πρόγραμμα λειτουργεί σε περιβάλλον MS WINDOWS και δεν έχει κάποια ιδιαίτερη απαίτηση σε ελεύθερο χώρο στο δίσκο. Επίσης δεν προαπαιτείται η ύπαρξη ή εγκατάσταση της VB6 ή οποιασδήποτε άλλης γλώσσας προγραμματισμού, που έχει τυχόν χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία των προγραμμάτων της προσομοίωσης (στην περίπτωση μας της FORTRAN77), αφού όλα τα προγράμματα που χρησιμοποιούμε είναι σε μορφή εκτελέσιμων αρχείων (.exe).

### 5.1. Εγκατάσταση του προγράμματος

Για την εγκατάσταση του προγράμματος το μόνο που απαιτείται είναι η αντιγραφή του φακέλου «*SimAD v.1.0*» από το CD (ή απ' όπου αλλού το έχουμε) και η επικόλλησή του στο σημείο του δίσκου όπου εμείς επιθυμούμε. Το πρόγραμμα είναι τώρα έτοιμο προς κλήση.

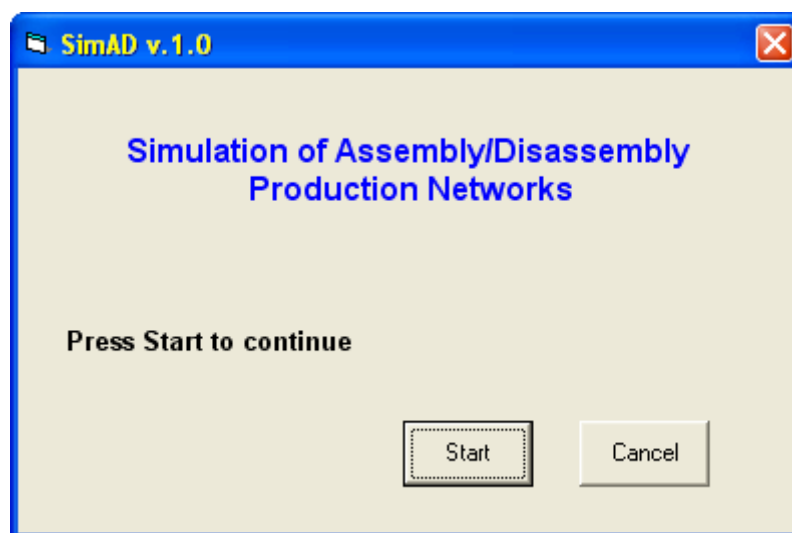
Πριν όμως από την κλήση θα πρέπει να εξετάσουμε μερικά πράγματα. Καταρχήν, τα περιεχόμενα του φακέλου. Ο φάκελος πρέπει να περιέχει έναν άλλο φάκελο με το όνομα «*Networks*», το εκτελέσιμο αρχείο του προγράμματός μας «*SimAD.exe*», τα δύο εκτελέσιμα αρχεία για την προσομοίωση: «*SimCont.exe*» και «*SimDiscr.exe*», για συνεχή ροή και διακριτή κυκλοφορία κομματιών / προϊόντων στο σύστημα, αντίστοιχα. Τέλος θα πρέπει να υπάρχει και ένα αρχείο κειμένου: το «*NetFileHist.txt*» το οποίο δεν πρέπει να είναι άδειο (θα πρέπει να περιέχει, τουλάχιστον, το στοιχείο «*FileNamesFile.txt*»). Αν το πρόγραμμα έχει χρησιμοποιηθεί έστω και μια φορά, μέσα στον φάκελο, θα υπάρχει επίσης το αρχείο κειμένου «*Ready.txt*» (βοηθητικό αρχείο) και άλλα δύο αρχεία κειμένου: τα «*Netdata.txt*» και «*SimRes.txt*», τα οποία είναι

προσωρινά αρχεία που κάθε φορά καταστρέφονται και ξαναδημιουργούνται για να κρατήσουν τα δεδομένα του συστήματος παραγωγής που προσομοιώνουμε και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης αυτού, αντίστοιχα.

Επίσης θα πρέπει εδώ να τονίσουμε ότι δεν μπορεί ο χρήστης να διαγράψει κανένα από τα παραπάνω αρχεία ούτε να κάνει οποιοδήποτε είδους παρεμβάσεις, άσκοπα, σε κάποιο από αυτά γιατί μπορεί να δημιουργηθούν προβλήματα κατά τη διαδικασία της εκτέλεσης του προγράμματος. Μπορεί όμως να διαγράψει κάποιο αρχείο από το φάκελο «*Networks*», **με την προϋπόθεση** ότι δεν χρειάζεται το αντίστοιχο δίκτυο και ότι θα διαγράψει παράλληλα και το όνομα του αρχείου αυτού από τη λίστα αρχείων «*NetFileHist.txt*».

## 5.2. Κλήση του προγράμματος

Για την κλήση του προγράμματος το μόνο που χρειάζεται είναι ένα διπλό αριστερό κλικ πάνω στο εκτελέσιμο αρχείο «*SimAD.exe*» που βρίσκεται στο φάκελο «*SimAD v.1.0*» .



**Σχήμα 10:** Το αρχικό παράθυρο που καλωσορίζει τον χρήστη

Με την έναρξη της εκτέλεσης του προγράμματος εμφανίζεται το «παράθυρο καλωσορίσματος» (Σχήμα 10) με το όνομα του προγράμματος που αποτελεί τον «προθάλαμο» του περιβάλλοντος σχεδίασης. Επιλέγοντας *OK*, ο χρήστης εισάγεται στο περιβάλλον του προγράμματος και πιο συγκεκριμένα στο παράθυρο σχεδίασης (Σχήμα 11). Αντίθετα, επιλέγοντας *Cancel*, ο χρήστης εξέρχεται του προγράμματος χωρίς να συνεχίσει περαιτέρω.

Η σωστή χρήση του προγράμματος περιλαμβάνει τις παρακάτω ενέργειες, με τη σειρά με την οποία παρατίθενται:

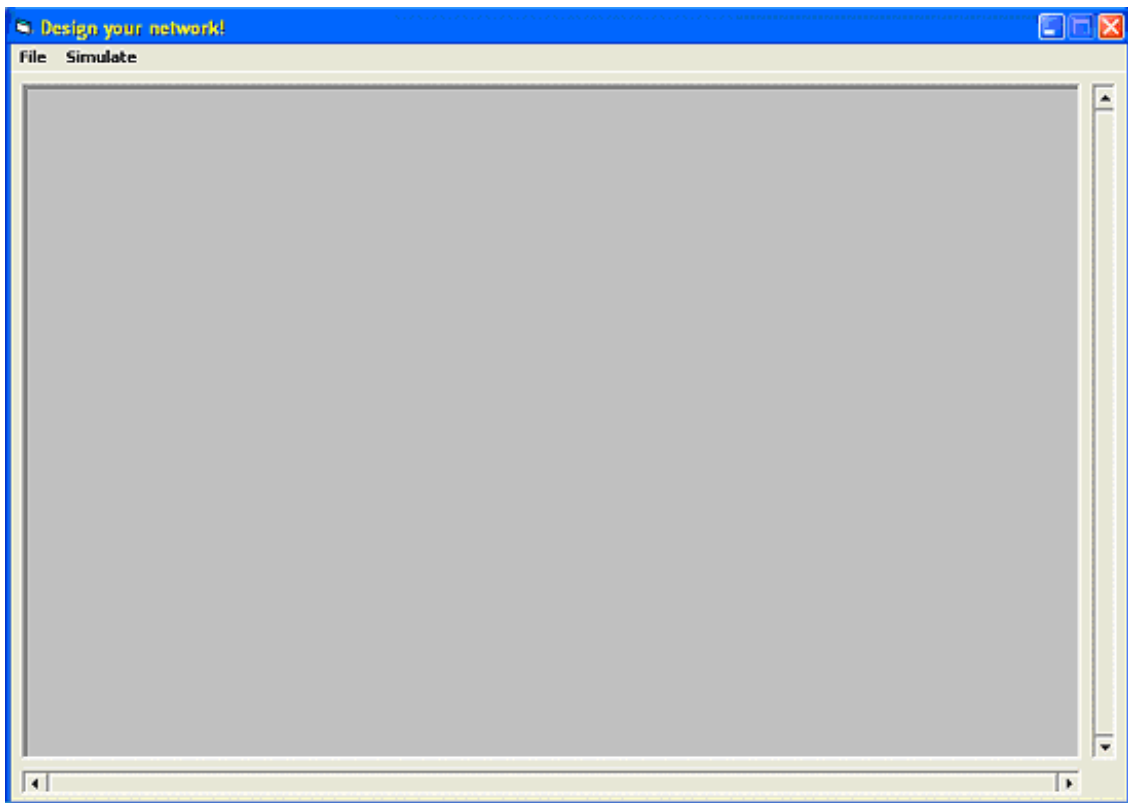
- Άνοιγμα του προγράμματος και εμφάνιση του παραθύρου σχεδίασης.
- Καθορισμός του συστήματος παραγωγής που θέλουμε να προσομοιώσουμε (αριθμός μηχανών και αποθηκών καθώς και συνδεσμολογία αυτών). Το σύστημα μπορούμε είτε να το σχεδιάσουμε από την αρχή, με τη βοήθεια των εντολών του πεδίου σχεδίασης, ή να το εμφανίσουμε «ανοίγοντας», με τη βοήθεια των εντολών διαχείρισης αρχείων, ένα ήδη υπάρχον σύστημα από τα αρχεία του προγράμματος.
- Καθορισμός των χαρακτηριστικών του συστήματος μέσω της απόδοσης των τιμών που επιθυμούμε στα δεδομένα των μηχανών και των αποθηκών αυτού, με τη βοήθεια των αντίστοιχων εντολών.
- Απόδοση αρχικών τιμών για τις παραμέτρους της προσομοίωσης, μέσω των αντίστοιχων εντολών και καθορισμός της μεθόδου που θα χρησιμοποιήσουμε. Έναρξη προσομοίωσης.
- Παρουσίαση της εξέλιξης της προσομοίωσης σε ξεχωριστό παράθυρο, μέσω του ποσοστού ολοκλήρωσης της διαδικασίας. Το πρόγραμμα βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής μέχρι το πέρας της προσομοίωσης.
- Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης σε διαφορετικό παράθυρο. Περιλαμβάνεται η κατάσταση και η απόδοση του δικτύου παραγωγής καθώς και ο χρόνος που χρειάστηκε για να ολοκληρωθεί η διαδικασία.
- Κλείσιμο του παραθύρου αποτελεσμάτων και επιστροφή του χρήστη στο πεδίο

σχεδίασης, όπου έχει τη δυνατότητα να επεξεργαστεί το υπάρχον δίκτυο και να προσομοιώσει τη λειτουργία του βάσει των καινούργιων του χαρακτηριστικών.

- Κλείσιμο του παραθύρου του πεδίου σχεδίασης και αυτόματος τερματισμός του προγράμματος.

## 6. Το περιβάλλον του προγράμματος

Όπως ήδη είπαμε, με την εκκίνηση του προγράμματος ο χρήστης εισάγεται στο παράθυρο που περιέχει το πεδίο σχεδίασης.



*Σχήμα 11 : Το παράθυρο με το πεδίο σχεδίασης του γραφικού περιβάλλοντος*

Ο χρήστης μπορεί να σχεδιάσει το σύστημα παραγωγής που επιθυμεί μέσα στα διακριτά όρια που του προσφέρονται. **Προσοχή:** η μετακίνηση μιας μηχανής ή αποθήκης και η τοποθέτησή της πέραν των ορίων σχεδίασης, που καθορίζονται από τις μπάρες κύλισης, συνεπάγεται τον αποκλεισμό της και την κατάργηση της δυνατότητας οποιασδήποτε επεξεργασίας αυτής. Το μέγεθος του χώρου σχεδίασης είναι αρκετά ικανοποιητικό (ειδικά μετά από την επέκτασή του) και μπορεί να καλύψει επαρκώς τις

ανάγκες σε χώρο, κατά τη σχεδίαση συστημάτων παραγωγής κανονικού ή και λίγο μεγαλύτερου μεγέθους.

Όλες οι λειτουργίες του προγράμματος καθίστανται προσιτές μέσω του καταλόγου εντολών που βρίσκεται στο πάνω μέρος της οθόνης και των διαφόρων καταλόγων εντολών που εμφανίζονται ύστερα από δεξί κλικ πάνω σε κάποιο αντικείμενο του συστήματος που σχεδιάζουμε (μηχανή ή αποθήκη) ή σε κάποιο σημείο του πεδίου σχεδίασης. Το κλείσιμο του παραθύρου του πεδίου σχεδίασης συνεπάγεται τον τερματισμό του προγράμματος.

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε, αναλυτικά, τη λειτουργία κάθε μίας εντολής που βρίσκεται σε κάποιον από τους υπάρχοντες καταλόγους εντολών.

## **6.1. Κατάλογος εντολών διαχείρισης αρχείων και προσομοίωσης**

Αποτελεί το βασικό κατάλογο εντολών του προγράμματος και μπορεί να χωριστεί σε δύο υποκαταλόγους: σε αυτόν των εντολών διαχείρισης αρχείων και σε αυτόν της προσομοίωσης.

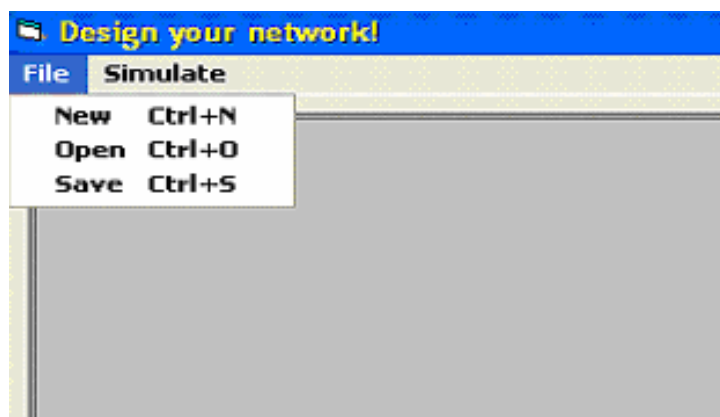
### **6.1.1. Εντολές διαχείρισης αρχείων**

Σε αυτό το σύνολο (Σχήμα 12) βρίσκονται όλες οι βασικές εντολές που θα χρειαστεί ο χρήστης για τη διαχείριση των αρχείων των συστημάτων που σχεδιάζει στο πρόγραμμα και των δεδομένων που έχει τυχόν καταχωρήσει σε αυτά.

- **New:**

Εντολή για την έναρξη σχεδίασης νέου συστήματος παραγωγής στο περιβάλλον του προγράμματος. Το πεδίο σχεδίασης «καθαρίζεται» από

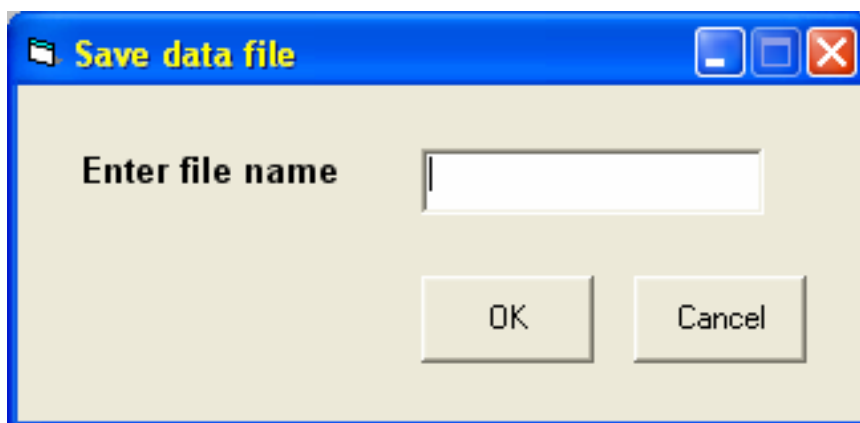
τυχόν προϋπάρχον σχέδιο άλλου συστήματος και προσφέρεται έτοιμο στον χρήστη για τη σχεδίαση του νέου συστήματος. Στην περίπτωση όπου κατά την επιλογή της συγκεκριμένης εντολής υπάρχει στο πεδίο σχεδίασης του περιβάλλοντος σχέδιο άλλου συστήματος, το οποίο δεν είναι αποθηκευμένο με την τρέχουσα μορφή του, τότε εμφανίζεται μήνυμα που ρωτάει το χρήστη αν επιθυμεί να αποθηκεύσει το υπάρχον σύστημα, πριν αυτό «σβηστεί» για την εισαγωγή του νέου.



**Σχήμα 12 : Εντολές διαχείρισης αρχείων**

Αν ο χρήστης απαντήσει αρνητικά τότε το σχέδιο του υπάρχοντος συστήματος καταστρέφεται και το πεδίο σχεδίασης «καθαρίζεται» για να υποδεχθεί το νέο σύστημα. Αν, πάλι, απαντήσει καταφατικά θα του ζητηθεί αυτομάτως, μέσω ενός νέου παραθύρου (Σχήμα 13), η εισαγωγή του ονόματος που επιθυμεί να αποδώσει στο αρχείο που θα δημιουργηθεί για την αποθήκευση του συστήματος. Με την εισαγωγή του ονόματος, το πρόγραμμα εξετάζει αν αυτό έχει ήδη αποδοθεί σε άλλο αρχείο. Στην περίπτωση όπου όντως συμβαίνει αυτό, εμφανίζεται στην οθόνη μήνυμα που ενημερώνει τον χρήστη για το γεγονός και το πρόγραμμα αναμένει την εισαγωγή ενός νέου ονόματος. Ακόμα και μετά την εισαγωγή ενός έγκυρου ονόματος ο χρήστης έχει τη δυνατότητα, μέσω του ίδιου παραθύρου και πιο συγκεκριμένα επιλέγοντας *Cancel*, να ακυρώσει την

διαδικασία αποθήκευσης και να προχωρήσει στη σχεδίαση του νέου συστήματος. Επιλέγοντας *OK*, το σχέδιο του υπάρχοντος συστήματος αποθηκεύεται, μαζί με τα δεδομένα των αποθηκών και των μηχανών και το πεδίο σχεδίασης «καθαρίζεται».



*Σχήμα 13: Παράθυρο εισαγωγής ονόματος για την αποθήκευση αρχείου συστήματος παραγωγής από το πεδίο σχεδίασης*

- **Open:**

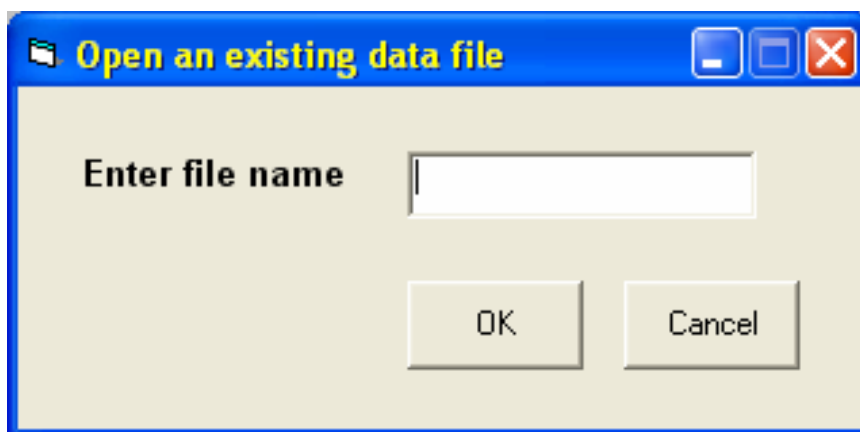
Εντολή για το άνοιγμα ήδη υπάρχοντος συστήματος, αποθηκευμένου σε αρχείο. Το πεδίο σχεδίασης «καθαρίζεται» από τυχόν προϋπάρχον σχέδιο άλλου συστήματος και προσφέρεται έτοιμο στον χρήστη για το άνοιγμα του συστήματος που εκείνος επιθυμεί. Στην περίπτωση όπου κατά την επιλογή της συγκεκριμένης εντολής υπάρχει στο πεδίο σχεδίασης του περιβάλλοντος σχέδιο άλλου συστήματος, το οποίο δεν είναι αποθηκευμένο με την τρέχουσα μορφή του, τότε εμφανίζεται μήνυμα που ρωτάει το χρήστη αν επιθυμεί να αποθηκεύσει το υπάρχον σύστημα, πριν αυτό «σβηστεί» για την εμφάνιση του νέου. Αν ο χρήστης απαντήσει αρνητικά τότε το σχέδιο του υπάρχοντος συστήματος καταστρέφεται και το πεδίο σχεδίασης «καθαρίζεται» για να υποδεχθεί το αποθηκευμένο σύστημα που εκείνος θέλει να ανοίξει. Αν, πάλι, απαντήσει καταφατικά θα του ζητηθεί αυτομάτως, μέσω ενός νέου παραθύρου (Σχήμα 13), η

εισαγωγή του ονόματος που επιθυμεί να αποδώσει στο αρχείο που θα δημιουργηθεί για την αποθήκευση του υπάρχοντος συστήματος. Με την εισαγωγή του ονόματος, το πρόγραμμα εξετάζει αν το συγκεκριμένο όνομα έχει ήδη αποδοθεί σε άλλο αρχείο. Στην περίπτωση που όντως συμβαίνει αυτό, εμφανίζεται στην οθόνη μήνυμα που ενημερώνει τον χρήστη για το γεγονός και το πρόγραμμα αναμένει την εισαγωγή ενός νέου ονόματος. Ακόμα και μετά την εισαγωγή ενός έγκυρου ονόματος ο χρήστης έχει τη δυνατότητα, μέσω του ίδιου παραθύρου και πιο συγκεκριμένα επιλέγοντας *Cancel*, να ακυρώσει την διαδικασία αποθήκευσης και να συνεχίσει κανονικά τη διαδικασία ανοίγματος του αρχείου που επιθυμεί. Επιλέγοντας *OK*, το σχέδιο του υπάρχοντος συστήματος αποθηκεύεται, μαζί με τα δεδομένα των αποθηκών και των μηχανών και το πεδίο σχεδίασης «καθαρίζεται». Τότε εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο (Σχήμα 14) που ζητάει από το χρήστη το όνομα του αρχείου που θέλει να ανοίξει. Με την εισαγωγή του ονόματος, το πρόγραμμα εξετάζει αν υπάρχει αποθηκευμένο αρχείο με αυτό το όνομα. Στην περίπτωση που κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει εμφανίζεται στην οθόνη μήνυμα που ενημερώνει τον χρήστη για το γεγονός και το πρόγραμμα αναμένει την εισαγωγή νέου ονόματος. Ο χρήστης μπορεί να ακυρώσει τη διαδικασία του ανοίγματος ενός αρχείου επιλέγοντας *Cancel*, ενώ επιλέγοντας *OK* εμφανίζεται στην οθόνη το σχέδιο του συστήματος που ήταν αποθηκευμένο στο αρχείο που ανοίξαμε.

- **Save:**

Εντολή για την αποθήκευση, σε αρχείο, του συστήματος παραγωγής που βρίσκεται τη συγκεκριμένη στιγμή στο πεδίο σχεδίασης του περιβάλλοντος του προγράμματος. Με την επιλογή της συγκεκριμένης εντολής, εμφανίζεται στην οθόνη ένα νέο παράθυρο (Σχήμα 13) όπου ζητείται από τον χρήστη να ορίσει το όνομα που επιθυμεί να αποδώσει στο αρχείο που θα δημιουργηθεί για την αποθήκευση του συστήματος. Με την

εισαγωγή του ονόματος, το πρόγραμμα εξετάζει αν το συγκεκριμένο όνομα έχει ήδη αποδοθεί σε άλλο αρχείο. Στην περίπτωση που όντως συμβαίνει αυτό, εμφανίζεται στην οθόνη μήνυμα που ενημερώνει τον χρήστη για το γεγονός και το πρόγραμμα αναμένει την εισαγωγή ενός νέου ονόματος. Ακόμα και μετά την εισαγωγή ενός έγκυρου ονόματος ο χρήστης έχει τη δυνατότητα, μέσω του ίδιου παραθύρου και πιο συγκεκριμένα επιλέγοντας *Cancel*, να ακυρώσει την διαδικασία αποθήκευσης και να συνεχίσει κανονικά τη διαδικασία επεξεργασίας του συστήματος υπό σχεδίαση ή να κάνει οτιδήποτε άλλο εκείνος επιθυμεί. Επιλέγοντας *OK*, το σχέδιο του υπάρχοντος συστήματος αποθηκεύεται, μαζί με τα δεδομένα των αποθηκών και των μηχανών.



**Σχήμα 14: Παράθυρο εισαγωγής ονόματος για το άνοιγμα αρχείου συστήματος παραγωγής στο πεδίο σχεδίασης**

Η εντολή *New* είναι ανενεργή κάθε φορά που ο χρήστης ξεκινάει το πρόγραμμα (αφού τότε είναι ήδη κενή η φόρμα και αναμένει τη σχεδίαση ενός νέου ή το άνοιγμα ενός αποθηκευμένου συστήματος παραγωγής) και αμέσως μετά από κάθε κλήση της, μέχρι ο χρήστης να σχεδιάσει κάτι. Το πρόγραμμα παρέχει επίσης τη δυνατότητα κλήσης της συγκεκριμένης εντολής μέσω πληκτρολογίου, επιλέγοντας *Ctrl + N*.

Η εντολή *Open* είναι ενεργή πάντα αναμένοντας την εκδήλωση σχετικής επιθυμίας από τον χρήστη. Το πρόγραμμα παρέχει επίσης τη δυνατότητα κλήσης της συγκεκριμένης εντολής μέσω πληκτρολογίου, επιλέγοντας *Ctrl + O* .

Η εντολή *Save* είναι ανενεργή όσο δεν υπάρχει κάποιο σύστημα παραγωγής, ή τμήμα του, στο πεδίο σχεδίασης. Επίσης αν, κατά την επιλογή της συγκεκριμένης εντολής, το υπάρχον σύστημα προς αποθήκευση δεν διαθέτει δεδομένα για όλες τις μηχανές και όλες τις αποθήκες του, τότε η εντολή δεν μπορεί να εκτελεστεί. Το πρόγραμμα εμφανίζει ένα μήνυμα που ενημερώνει τον χρήστη για την απαίτησή του να έχουν εισαχθεί δεδομένα, για όλα τα αντικείμενα του συστήματος, και δεν προχωρεί σε αποθήκευση αυτού αν πρώτα δεν εκπληρωθεί η συγκεκριμένη απαίτηση. Το πρόγραμμα παρέχει επίσης τη δυνατότητα κλήσης της συγκεκριμένης εντολής μέσω πληκτρολογίου, επιλέγοντας *Ctrl + S* .

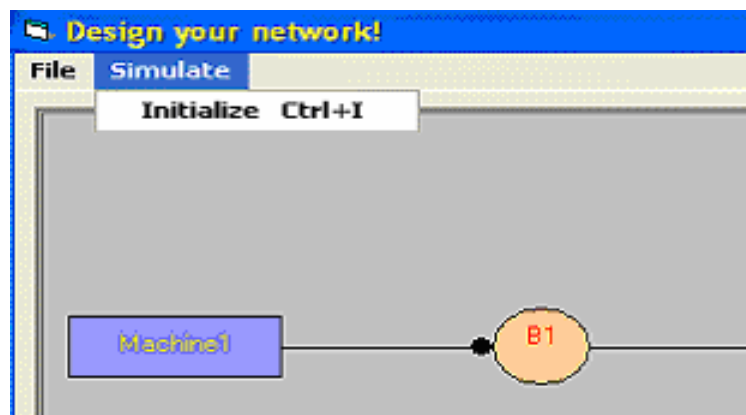
#### **6.1.2. Εντολές προσομοίωσης**

Το συγκεκριμένο σύνολο εντολών (*Σχήμα 15*) αναλαμβάνει εκείνο το τμήμα της διαχείρισης αρχείων που έχει να κάνει με την προσομοίωση των συστημάτων παραγωγής. Μέσω αυτού, ο χρήστης μπορεί να ξεκινήσει τη διαδικασία της προσομοίωσης για το σύστημα που έχει σχεδιάσει ή ανοίξει.

- **Initialize:**

Ζητάει από τον χρήστη να εισάγει τα δεδομένα εκείνα που χρειάζεται το πρόγραμμα για να εκτελέσει την προσομοίωση. Στην περίπτωση όπου κατά την επιλογή της συγκεκριμένης εντολής το σύστημα που βρίσκεται στο πεδίο σχεδίασης δεν είναι αποθηκευμένο με την τρέχουσα μορφή του, εμφανίζεται μήνυμα που ρωτάει το χρήστη αν επιθυμεί να το αποθηκεύσει, πριν το προσομοιώσει . Αν ο χρήστης απαντήσει αρνητικά η διαδικασία προχωράει κανονικά. Αν απαντήσει καταφατικά θα του ζητηθεί

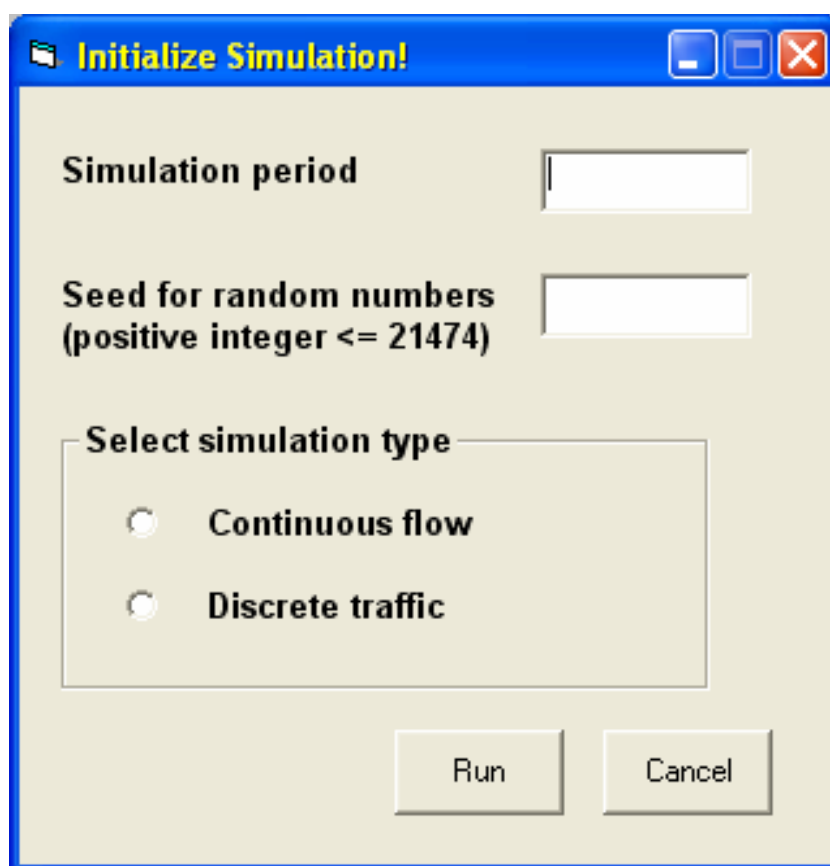
αυτομάτως, μέσω ενός νέου παραθύρου (Σχήμα 13), η εισαγωγή του ονόματος που επιθυμεί να αποδώσει στο αρχείο που θα δημιουργηθεί για την αποθήκευση του συστήματος.



**Σχήμα 15 : Εντολές προσομοίωσης**

Με την επιλογή της εντολής *Initialize* εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο (Σχήμα 16) στο οποίο ο χρήστης πρέπει να ορίσει τη χρονική περίοδο της προσομοίωσης, το σπόρο για τη γεννήτρια τυχαίων αριθμών καθώς και να επιλέξει μεταξύ των δυο διαθέσιμων μεθόδων προσομοίωσης (διακριτής κυκλοφορίας και συνεχούς ροής). Επιλέγοντας *Cancel*, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ακυρώσει τη διαδικασία της προσομοίωσης και να επανέλθει στο πεδίο σχεδίασης για επεξεργασία του υπάρχοντος συστήματος ή την εισαγωγή νέου. Για να επιλέξει *Run* και να συνεχίσει, ο χρήστης θα πρέπει να έχει δώσει όλα τα δεδομένα που ζητάει το πρόγραμμα. Σε διαφορετική περίπτωση εμφανίζεται μήνυμα που ενημερώνει τον χρήστη. Μετά την εισαγωγή των δεδομένων και αφού έχει επιλεγεί η μέθοδος της προσομοίωσης, πατώντας *Run*, ξεκινάει η αντίστοιχη διαδικασία. Στην οθόνη εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο που δείχνει την εξέλιξη της προσομοίωσης. Το πρόγραμμα μπαίνει σε κατάσταση αναμονής, για όσο χρόνο απαιτηθεί για την απρόσκοπτη ολοκλήρωση της προσομοίωσης και στη συνέχεια εμφανίζει, σε ένα

ξεχωριστό παράθυρο, το σχέδιο του συστήματος που προσομοίωσε μαζί με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για κάθε μηχανή και κάθε αποθήκη. Στη συνέχεια ο χρήστης, κλείνοντας το συγκεκριμένο παράθυρο, επανέρχεται στο πεδίο σχεδίασης όπου μπορεί να συνεχίσει είτε επεξεργάζοντας το υπάρχον σύστημα, είτε ξεκινώντας τη δημιουργία ενός καινούργιου, είτε ανοίγοντας ένα ήδη αποθηκευμένο.



**Σχήμα 16: Παράθυρο εισαγωγής των δεδομένων της προσομοίωσης**

Η εντολή *Initialize* είναι ανενεργή όσο στο πεδίο σχεδίασης δεν υπάρχει ένα στοιχειώδες σύστημα παραγωγής, δηλαδή δύο μηχανές που συνδέονται μεταξύ τους μέσω μιας αποθήκης. Επίσης, η εντολή δεν μπορεί να εκτελεστεί αν δεν υπάρχουν δεδομένα για όλα τα αντικείμενα του συστήματος (μηχανές και αποθήκες). Στη

περίπτωση που συμβαίνει κάτι τέτοιο, το πρόγραμμα ενημερώνει το χρήστη για το γεγονός και αναμένει την εισαγωγή των λοιπών δεδομένων. Το πρόγραμμα παρέχει επίσης τη δυνατότητα κλήσης της συγκεκριμένης εντολής μέσω πληκτρολογίου, επιλέγοντας *Ctrl + I*.

## 6.2. Κατάλογος εντολών πεδίου σχεδίασης

Ο κατάλογος αυτός αποτελείται από τα σύνολα εντολών που εμφανίζονται κάθε φορά, ύστερα από δεξί κλικ του χρήστη πάνω στο πεδίο σχεδίασης ή σε κάποιο από τα βασικά αντικείμενα που βρίσκονται σε αυτό (δηλαδή σε μια από τις μηχανές ή σε μια από τις αποθήκες). Το σύνολο των εντολών αυτού του καταλόγου χρησιμοποιείται για τη δημιουργία και την γενικότερη επεξεργασία των σχεδίων των εκάστοτε συστημάτων παραγωγής. Μέσω των εντολών αυτών γίνεται επίσης και η καταχώρηση των τιμών στα δεδομένα των μηχανών και των αποθηκών του εκάστοτε συστήματος.

### 6.2.1. Εντολές πεδίου σχεδίασης

Αν ο χρήστης κάνει δεξί κλικ σε ένα οποιοδήποτε σημείο του πεδίου σχεδίασης (σε σημείο όπου δεν υπάρχει κάτι άλλο) η μόνη διαθέσιμη εντολή που εμφανίζεται είναι η εντολή *Insert machine* (Σχήμα 17)

- **Insert machine:**

Εισάγει μια καινούργια μηχανή επιπλέον, εμφανίζοντάς την στο σημείο που έχει επιλέξει ο χρήστης με το δεξί κλικ. Η μηχανή αυτή αποκτά αυτόματα, σαν μη-επεξεργάσιμο δεδομένο, έναν αριθμό (*index No*) που εκφράζει τη σειρά με την οποία εισήχθη στο υπό σχεδίαση σύστημα. Επίσης ορίζεται σαν προσωρινό της όνομα το «*MachineNo*» (όπου *No* ο προαναφερθείς αριθμός). Κατά τα άλλα, η

μηχανή αναμένει από τον χρήστη την εισαγωγή τιμών για τα λοιπά, επεξεργάσιμα δεδομένα της.



*Σχήμα 17: Εντολές πεδίου σχεδίασης*

Η εντολή *Insert machine* είναι διαθέσιμη μέσω του προγράμματος ανά πάσα στιγμή, προς ικανοποίηση της αντίστοιχης επιθυμίας του χρήστη.

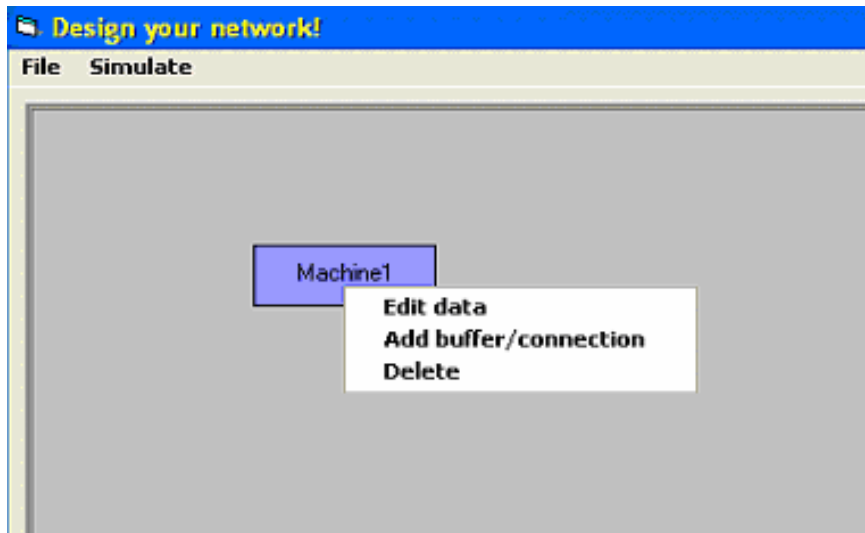
### 6.2.2. Εντολές μηχανών

Αν ο χρήστης κάνει δεξί κλικ πάνω σε μία οποιαδήποτε μηχανή τότε εμφανίζεται ο κατάλογος με το σύνολο των διαθέσιμων εντολών για τις μηχανές (Σχήμα 18). Οι εντολές που αποτελούν το συγκεκριμένο σύνολο είναι οι εξής:

- **Edit data:**

Δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να εισάγει τιμές στα δεδομένα της μηχανής από την οποία την κάλεσε, αν αυτή είναι καινούργια, ή να επεξεργαστεί αυτά που ήδη έχει, αν πρόκειται για μηχανή που διαθέτει ήδη δεδομένα. Για το σκοπό αυτό εμφανίζεται ένα

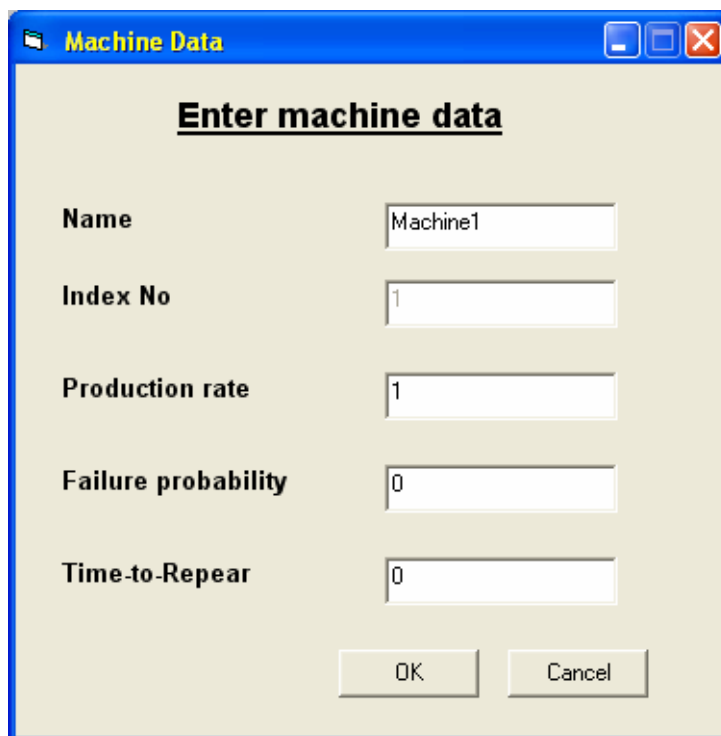
καινούργιο παράθυρο (Σχήμα 19) που ζητάει από το χρήστη να εισάγει τιμές στα δεδομένα της μηχανής: το όνομα (*name*), το ρυθμό παραγωγής (*production rate*), την πιθανότητα βλάβης (*failure probability*) και το μέσο χρόνο επισκευής (*time-to-repair*).



**Σχήμα 18: Εντολές μηχανών**

Πιο συγκεκριμένα, και μόνο για το όνομα, με την εισαγωγή του το πρόγραμμα εξετάζει αν χρησιμοποιείται ήδη από άλλη μηχανή. Στην περίπτωση που συμβαίνει κάτι τέτοιο, εμφανίζεται ένα μήνυμα που ενημερώνει το χρήστη για το γεγονός και το πρόγραμμα αναμένει την εισαγωγή νέου ονόματος. Ένα από τα δεδομένα, ο αριθμός εισαγωγής στο σύστημα (*index No*), είναι μη-επεξεργάσιμο και εκφράζει τη «σειρά εισαγωγής» της μηχανής στο πεδίο σχεδίασης. Για τα υπόλοιπα δεδομένα, με την εισαγωγή του καθενός, γίνεται έλεγχος επιτρεπτών τιμών. Στη περίπτωση που η τιμή που δίνει ο χρήστης, για κάποιο από αυτά είναι εκτός των ορίων επιτρεπτών τιμών, τότε το πρόγραμμα εμφανίζει ένα μήνυμα που ενημερώνει για τα όρια και αναμένει την εισαγωγή νέας, επιτρεπτής τιμής. Μετά την εισαγωγή όλων των δεδομένων, ή την επεξεργασία ορισμένων

εξ' αυτών, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει *OK* ή *Cancel*. Επιλέγοντας *OK*, το πρόγραμμα καταχωρεί τις νέες τιμές στα δεδομένα της μηχανής και επιστρέφει στο πεδίο σχεδίασης. Επιλέγοντας *Cancel*, ακυρώνεται η διαδικασία εισαγωγής ή επεξεργασίας των δεδομένων και επιστρέφουμε στο πεδίο σχεδίασης.



Enter machine data	
Name	Machine1
Index No	1
Production rate	1
Failure probability	0
Time-to-Repair	0
<div>OK Cancel</div>	

*Σχήμα 19: Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων για μηχανή*

- **Add buffer / connection:**

Εισάγει στο πεδίο σχεδίασης μια επιπλέον, καινούργια, αποθήκη. Με την επιλογή της συγκεκριμένης εντολής, η νέα αυτή αποθήκη εμφανίζεται στο πεδίο σχεδίασης, στα δεξιά της μηχανής από την οποία την καλέσαμε. Έχει καθορισμένη τη μηχανή από την οποία τροφοδοτείται (η προαναφερθείσα) και αναμένει από τον χρήστη να καθορίσει την μηχανή που θα τροφοδοτεί. Για τον καθορισμό της σύνδεσης αυτής, ο χρήστης πρέπει να κάνει τα εξής: αρχικά πρέπει

να κάνει ένα αριστερό κλικ πάνω στην αποθήκη και ύστερα, με πατημένο το αριστερό κουμπί του ποντικιού πάνω στο πεδίο σχεδίασης, να μετακινήσει τον κέρσορα του ποντικιού μέχρι να φτάσει πάνω από τη μηχανή που θέλει να ορίσει σαν μηχανή κατεύθυνσης για την αποθήκη. Καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της μετακίνησης μαζί με τον κέρσορα θα μετακινείται και το κυκλικό άκρο του συνδετικού τόξου. Μόλις ο χρήστης απελευθερώσει το αριστερό κουμπί του ποντικιού, η αποθήκη συνδέεται με τη μηχανή πάνω από την οποία έγινε η απελευθέρωση, η οποία και καθορίζεται πλέον ως η μηχανή που τροφοδοτεί η αποθήκη. Η νέα αποθήκη αποκτά αυτόματα, σαν μη-επεξεργάσιμο δεδομένο, έναν αριθμό (*index No*) που εκφράζει τη σειρά με την οποία εισήχθη στο υπό σχεδίαση σύστημα. Επίσης ορίζεται σαν προσωρινό της όνομα το «*BuffNo*» (όπου *No* ο προαναφερθείς αριθμός). Κατά τα άλλα, η αποθήκη αναμένει από τον χρήστη την εισαγωγή τιμών για τα υπόλοιπα, επεξεργάσιμα δεδομένα της.

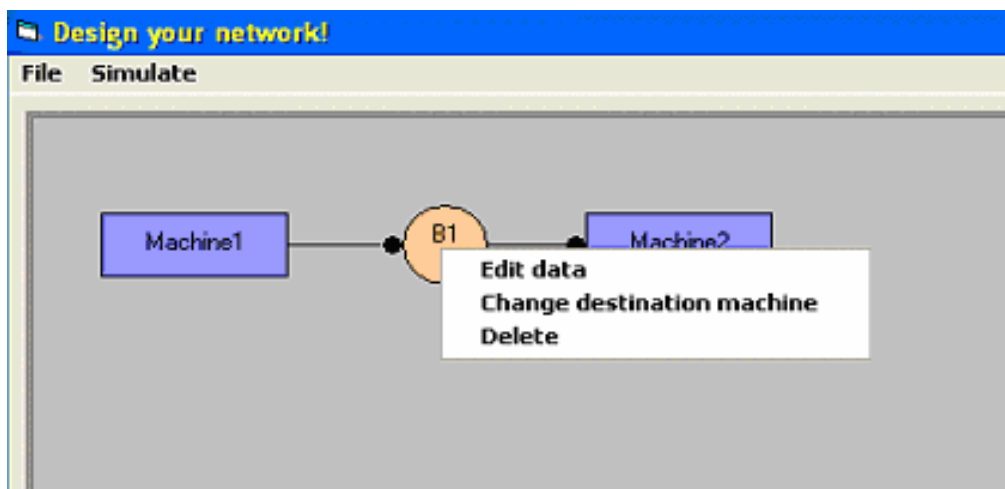
- **Delete:**

Διαγράφει τη μηχανή, από την οποία επιλέχθηκε η συγκεκριμένη εντολή. Σε περίπτωση που η μηχανή αυτή τροφοδοτεί ή τροφοδοτείται από μία ή περισσότερες αποθήκες, τότε διαγράφονται αυτόματα και αυτές, μαζί και με τα συνδετικά τόξα που την ή τις ενώνουν με αυτή.

Οι εντολές *Edit data*, *Add buffer / connection* και *Delete* είναι πάντα ενεργές και διαθέσιμες κάθε φορά που ο χρήστης κάνει δεξί κλικ πάνω σε μία από τις μηχανές που υπάρχουν στο πεδίο σχεδίασης.

### 6.2.3. Εντολές αποθηκών

Αν ο χρήστης κάνει δεξί κλικ πάνω σε μια αποθήκη τότε εμφανίζεται ο κατάλογος με το σύνολο των διαθέσιμων εντολών για τις αποθήκες (Σχήμα 20). Οι εντολές που αποτελούν το συγκεκριμένο σύνολο είναι οι εξής:



Σχήμα 20: Εντολές αποθήκης

- **Edit data:**

Δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να εισάγει δεδομένα, αν πρόκειται για καινούργια αποθήκη, ή να επεξεργαστεί τα ήδη υπάρχοντα, αν η αποθήκη διαθέτει ήδη δεδομένα. Για το σκοπό αυτό εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο (Σχήμα 21) με όλα τα δεδομένα της αποθήκης, που ζητάει από το χρήστη να κάνει την επεξεργασία που αυτός επιθυμεί. Τα επεξεργάσιμα δεδομένα της αποθήκης είναι τα εξής: όνομα (*name*), χωρητικότητα (*capacity*), αρχική στάθμη (*initial level*), συντελεστής αποσυναρμολόγησης (*disassembly factor*) και συντελεστής συναρμολόγησης (*assembly factor*). Αρχικά, όταν μια αποθήκη είναι καινούργια, όλα τα παραπάνω δεδομένα έχουν κάποιες προκαθορισμένες τιμές. Στο συγκεκριμένο παράθυρο

υπάρχουν επίσης και κάποια μη-επεξεργάσιμα δεδομένα όπως: ο αριθμός εισαγωγής της αποθήκης στο σύστημα (*index No*) καθώς και τα ονόματα και οι αριθμοί εισαγωγής της μηχανής από την οποία τροφοδοτείται (*fed by machine*) και της μηχανής που τροφοδοτεί (*feeds machine*).

Enter buffer data			
Name	Buff1		
Index No	1		
Capacity	1		
Initial level	0		
Fed by machine	Machine1	No	1
Feeds machine	Machine2	No	2
Disassembly factor	1		
Assembly factor	1		
OK Cancel			

**Σχήμα 21: Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων για αποθήκη**

Για τα επεξεργάσιμα δεδομένα, κάθε φορά που ο χρήστης επιχειρεί να εισάγει σε αυτά μια νέα τιμή, γίνεται έλεγχος επιτρεπτών τιμών. Αν για κάποιο δεδομένο η τιμή που έδωσε ο χρήστης είναι εκτός των επιτρεπτών ορίων τότε το πρόγραμμα εμφανίζει σχετικό μήνυμα, προς ενημέρωση, και αναμένει την εισαγωγή νέας τιμής. Αφού

επεξεργαστεί όσα δεδομένα επιθυμεί, ο χρήστης έχει δύο επιλογές: να επιλέξει *OK* ή *Cancel*. Επιλέγοντας *OK* καταχωρούνται οι όποιες αλλαγές έκανε, κλείνει το παράθυρο δεδομένων και το πρόγραμμα επιστρέφει στο πεδίο σχεδίασης. Ενώ επιλέγοντας *Cancel* ακυρώνεται η διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων, οι τιμές τους παραμένουν ως είχαν, το παράθυρο δεδομένων κλείνει και το πρόγραμμα επιστρέφει στο πεδίο σχεδίασης.

- **Change destination machine:**

Δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να αλλάξει την μηχανή που τροφοδοτεί η αποθήκη από την οποία επιλέχθηκε η συγκεκριμένη εντολή. Με την επιλογή της εντολής αυτής το τόξο σύνδεσης της αποθήκης με τη μηχανή που τροφοδοτείται από αυτήν, καθίσταται έτοιμο προς αποκόλληση. Ο χρήστης κρατώντας το αριστερό κουμπί του ποντικιού πατημένο πάνω στο πεδίο σχεδίασης και μετακινώντας αυτό, μεταφέρει το κυκλικό άκρο του τόξου σύνδεσης προς τη μηχανή που επιθυμεί να ορίσει ως νέα τροφοδοτούμενη μηχανή από την αποθήκη. Μόλις η άκρη του τόξου σύνδεσης μεταφερθεί **πάνω** από την εν λόγω μηχανή, τότε ο χρήστης απελευθερώνοντας το αριστερό κουμπί του ποντικιού «κλειδώνει» τη σύνδεση αυτής με την αποθήκη. Έτσι, η σύνδεση στο σχέδιο έχει αλλάξει και η πραγματοποιηθείσα αλλαγή φαίνεται πλέον και στα δεδομένα της αποθήκης όπου ως τροφοδοτούμενη μηχανή παρουσιάζεται η νέα μηχανή κατεύθυνσης.

- **Delete:**

Διαγράφει την αποθήκη μέσω της οποίας έγινε η κλήση της εντολής αυτής. Μαζί με την αποθήκη διαγράφονται επίσης και τα δύο τόξα σύνδεσης, που τη συνδέουν με τη μηχανή που αυτή τροφοδοτεί και

με τη μηχανή από την οποία τροφοδοτείται.

Οι εντολές *Edit data*, *Change destination machine* και *Delete* είναι πάντα ενεργές και διαθέσιμες κάθε φορά που ο χρήστης κάνει δεξί κλικ πάνω σε μία από τις αποθήκες που υπάρχουν στο πεδίο σχεδίασης.

## 7. Επιτρεπτές τιμές δεδομένων

Στο σημείο αυτό θα παρουσιάσουμε τα όρια των επιτρεπτών τιμών για όλα τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στο πρόγραμμα και των οποίων τις τιμές καθορίζει ο χρήστης.

Γνωρίζουμε ότι στην περίπτωση καταχώρησης τιμής εκτός των επιτρεπτών ορίων σε κάποιο δεδομένο, το πρόγραμμα εμφανίζει ένα μήνυμα που ενημερώνει το χρήστη για το γεγονός και αναμένει την εισαγωγή νέας τιμής. Η παρακάτω παρουσίαση των επιτρεπτών τιμών για κάθε δεδομένο θα βοηθήσει το χρήστη όπως αποφύγει την εμφάνισή τους.

### 7.1. Δεδομένα μηχανών

Οι επιτρεπτές τιμές για τα δεδομένα των μηχανών προσδιορίζονται ως εξής:

- Ρυθμός παραγωγής (*production rate*): θετικός αριθμός
- Πιθανότητα βλάβης (*failure probability*): αριθμός μεταξύ 0 και 1
- Χρόνος επισκευής (*time-to-repair*): μη-αρνητικός αριθμός

Όλα τα παραπάνω δεδομένα δέχονται μόνο αριθμητικές τιμές. Σε αντίθετη περίπτωση εμφανίζεται ανάλογο μήνυμα μη-επιτρεπτής τιμής.

Όσον αφορά το όνομα της μηχανής, όπως τονίσαμε και παραπάνω, η μόνη απαίτηση του προγράμματος είναι το όνομα που θα εισάγει ο χρήστης να μην χρησιμοποιείται ήδη από άλλη μηχανή.

## 7.2. Δεδομένα αποθηκών

Οι επιτρεπτές τιμές για τα δεδομένα των αποθηκών προσδιορίζονται ως εξής:

- Χωρητικότητα (*capacity*): θετικός, ακέραιος αριθμός
- Αρχική στάθμη (*initial level*): θετικός, ακέραιος αριθμός
- Συντελεστής αποσυναρμολόγησης (*disassembly factor*): θετικός, ακέραιος αριθμός
- Συντελεστής συναρμολόγησης (*assembly factor*): θετικός, ακέραιος αριθμός

Όλα τα παραπάνω δεδομένα δέχονται μόνο αριθμητικές τιμές. Σε αντίθετη περίπτωση εμφανίζεται ανάλογο μήνυμα μη-επιτρεπτής τιμής.

Όσον αφορά το όνομα της αποθήκης, όπως τονίσαμε και παραπάνω, η μόνη απαίτηση του προγράμματος είναι το όνομα που θα εισάγει ο χρήστης να μην χρησιμοποιείται ήδη από άλλη αποθήκη.

## 7.3. Παράμετροι προσομοίωσης

Οι επιτρεπτές τιμές για τις παραμέτρους της προσομοίωσης προσδιορίζονται ως εξής:

- Περίοδος προσομοίωσης (*simulation period*): θετικός αριθμός
- Σπόρος (*seed*): θετικός, ακέραιος αριθμός

Όλες οι παραπάνω παράμετροι δέχονται μόνο αριθμητικές τιμές. Σε αντίθετη περίπτωση εμφανίζεται ανάλογο μήνυμα μη-επιτρεπτής τιμής.

Όσον αφορά τον τύπο της προσομοίωσης, όπως τονίσαμε και παραπάνω, η μόνη απαίτηση του προγράμματος είναι να επιλεγεί μία εκ των δύο διαθέσιμων μεθόδων.

## 8. Συμβουλές

Στο σημείο αυτό θα δώσουμε στον υποψήφιο χρήστη μερικές σχεδιαστικές συμβουλές, που πιστεύουμε πως θα τον βοηθήσουν αρκετά κατά τη διαδικασία της σχεδίασης:

- Να αποφεύγει την τοποθέτηση μηχανών ή αποθηκών στα όρια του πεδίου σχεδίασης ή έξω από αυτά. Καλό είναι να αφήνει πάντα ένα μικρό διάστημα μεταξύ των αντικειμένων του σχεδίου και των ορίων σχεδίασης για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων, αργότερα.
- Ειδικά για μικρά συστήματα παραγωγής, να εκμεταλλεύεται το χώρο που του προσφέρει το πρόγραμμα και μην τοποθετεί τα αντικείμενα του σχεδίου (μηχανές και αποθήκες) πολύ κοντά μεταξύ τους. Ικανοποιητική απόσταση μεταξύ των αντικειμένων σημαίνει πιο ευδιάκριτη παρουσίαση των αποτελεσμάτων αργότερα.
- Καλό είναι, ο χρήστης να ξεκινήσει τη σχεδίαση από την εισαγωγή όλων των μηχανών και έπειτα να εισάγει τις αναγκαίες αποθήκες. Γενικά συνίσταται να προηγείται της εισαγωγής μιας αποθήκης η εισαγωγή της μηχανής που θα τροφοδοτείται από αυτή.
- Τέλος, κρίνεται φρόνιμο το «τσεκάρισμα», πριν από την έναρξη της προσομοίωσης, των τιμών που έχουν δοθεί στα δεδομένα του συστήματος, αφού μία λάθος τιμή σε ένα από τα δεδομένα είναι ικανή να οδηγήσει σε τελείως διαφορετικά αποτελέσματα.

Στην περίπτωση που δύο ή περισσότερες μηχανές ή αποθήκες του σχεδίου είναι αρκετά κοντά μεταξύ τους ώστε να αλληλεπικαλύπτονται τα αποτελέσματά τους, θα πρέπει να θυμίσουμε στο χρήστη ότι μπορεί να ανατρέξει στο αρχείο *SimRes.txt* που βρίσκεται στο φάκελο «*SimAD v.1.0*» ύστερα από την ολοκλήρωση της προσομοίωσης, όπου μπορεί να δει όλα τα αποτελέσματα αυτής. Η δομή του συγκεκριμένου αρχείου όσον

αφορά στη σειρά παρουσίασης σε αυτό, φαίνεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα.

Όνομα 1<sup>ης</sup> μηχανής

Συνολική παραγωγή 1<sup>ης</sup> μηχανής

Αριθμός βλαβών 1<sup>ης</sup> μηχανής

.....  
.....

Όνομα τελευταίας μηχανής

Συνολική παραγωγή τελευταίας μηχανής

Αριθμός βλαβών τελευταίας μηχανής

Όνομα 1<sup>ης</sup> αποθήκης

Μέση στάθμη 1<sup>ης</sup> αποθήκης

Τελική στάθμη 1<sup>ης</sup> αποθήκης

.....  
.....

Όνομα τελευταίας αποθήκης

Μέση στάθμη τελευταίας αποθήκης

Τελική στάθμη τελευταίας αποθήκης

Χρόνος ολοκλήρωσης προσομοίωσης

Η σειρά με την οποία εγγράφονται οι μηχανές και οι αποθήκες στο αρχείο, βασίζεται στους αντίστοιχους αριθμούς εισαγωγής τους στο πεδίο σχεδίασης. (πρώτη μηχανή είναι εκείνη που έχει αριθμό εισαγωγής 1, δεύτερη είναι εκείνη με τον αριθμό εισαγωγής 2, κ.ο.κ. )

Να αναφέρουμε εδώ πως το συγκεκριμένο αρχείο ανανεώνεται κάθε φορά που το πρόγραμμα εκτελεί προσομοίωση. Για το λόγο αυτό αν ο χρήστης επιθυμεί να κρατήσει κάπου τα αποτελέσματα μιας συγκεκριμένης προσομοίωσης, ακόμα και μετά την επόμενη προσομοίωση, θα πρέπει να αντιγράψει το συγκεκριμένο αρχείο σε ένα άλλο σημείο του δίσκου του.

## 9. Εφαρμογή

Στο σημείο αυτό θα παρουσιάσουμε αναλυτικά τις λειτουργίες του προγράμματος μέσω μιας εφαρμογής του. Θα δημιουργήσουμε ένα σύστημα παραγωγής χρησιμοποιώντας όλες τις εντολές που διαθέτει το πρόγραμμα και στη συνέχεια θα το προσομοιώσουμε.

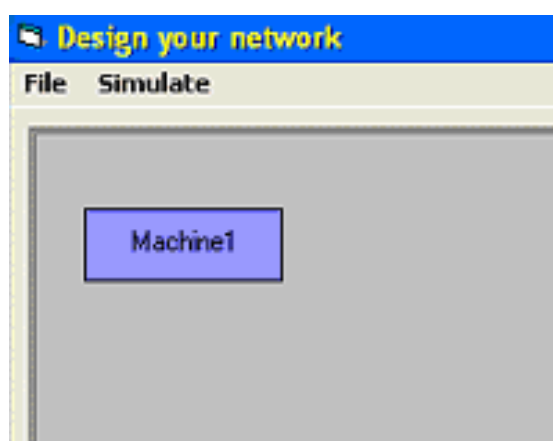
### 9.1. Σχεδίαση δικτύου

Αρχικά, «ανοίγουμε» το πρόγραμμα και εισερχόμαστε στο παράθυρο του πεδίου σχεδίασης. Σε πρώτη φάση, έστω ότι έχουμε στο μυαλό μας ένα σύστημα παραγωγής δύο μηχανών και μιας αποθήκης. Ξεκινάμε λοιπόν τη σχεδίαση του συστήματος αυτού.

Με δεξί κλικ στο σημείο εκείνο του πεδίου σχεδίασης όπου θέλουμε να εισάγουμε την πρώτη μας μηχανή, εμφανίζεται η αντίστοιχη εντολή (Σχήμα 22). Επιλέγοντάς την, εμφανίζεται αυτόματα στο συγκεκριμένο σημείο μία μηχανή (Σχήμα 23).

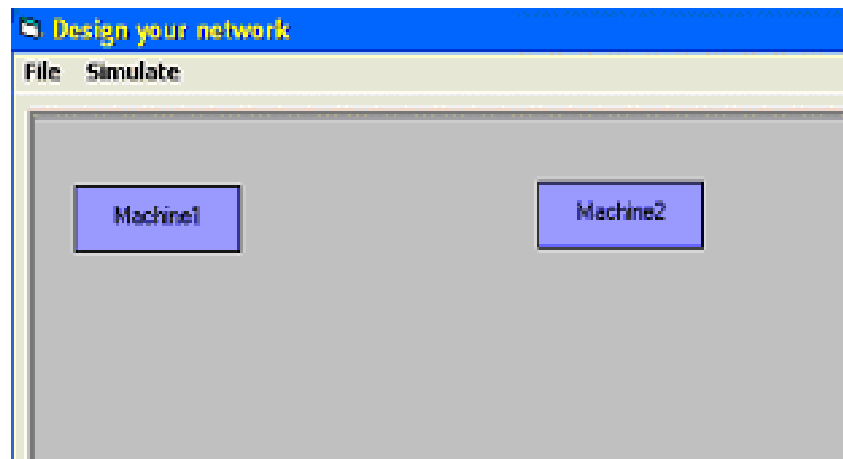


Σχήμα 22 : Εντολή εισαγωγής μηχανής



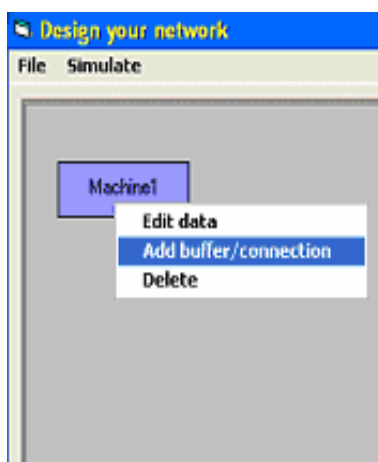
Σχήμα 23: Εμφάνιση μηχανής

Με τον ίδιο τρόπο εισάγουμε λίγο πιο δεξιά στο πεδίο σχεδίασης και τη δεύτερη μηχανή μας (Σχήμα 24).

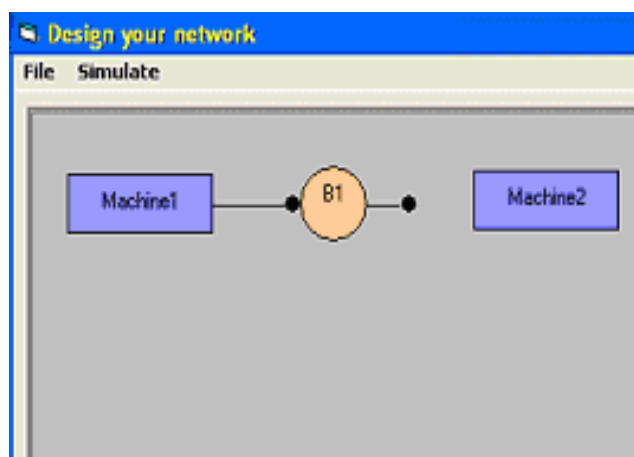


**Σχήμα 24 : Εισαγωγή της δεύτερης μηχανής**

Για την ολοκλήρωση της δημιουργίας της γραμμής παραγωγής μας, το μόνο που μένει είναι η εισαγωγή της αποθήκης που θα συνδέει τις δύο μηχανές. Η αποθήκη αυτή θα εισαχθεί στο σχέδιο με την εκτέλεση της αντίστοιχης εντολής που υπάρχει στο σύνολο εντολών μηχανών (Σχήμα 25), μέσω της 1ης μηχανής, αφού αυτή θα την τροφοδοτεί.



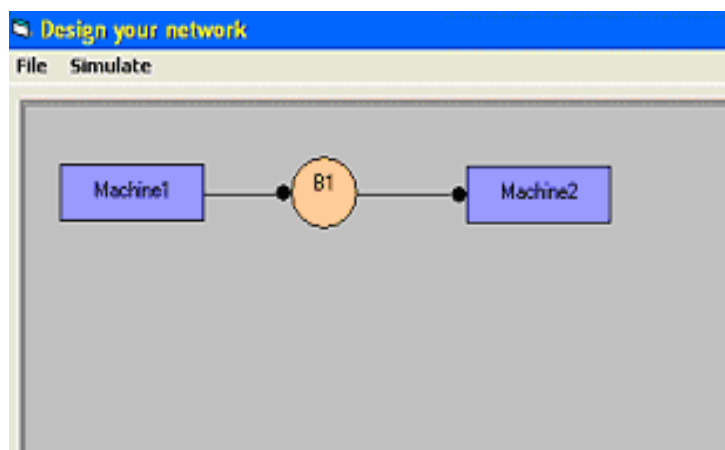
**Σχήμα 25 : Σύνολο εντολών μηχανής**



**Σχήμα 26: Εισαγωγή αποθήκης**

Επιλέγοντας τη συγκεκριμένη εντολή, εμφανίζεται αυτόματα η αποθήκη στο πεδίο σχεδίασης (Σχήμα 26). Όμως η σύνδεσή της με τη δεύτερη μηχανή δεν έχει πραγματοποιηθεί ακόμα. Για να συμβεί αυτό ακολουθούμε την εξής διαδικασία: πάμε με το ποντίκι πάνω από την αποθήκη και κάνουμε ένα αριστερό κλικ σε αυτή. Το άκρο του τόξου σύνδεσης, που ήταν μέχρι τώρα «στον αέρα», είναι πλέον έτοιμο να «οδηγηθεί» στη μηχανή κατεύθυνσης. Η διαδικασία της «οδήγησης» πραγματοποιείται ως εξής: πάμε πάλι πάνω από ένα σημείο του πεδίου σχεδίασης, πατάμε το αριστερό κουμπί του ποντικιού και κρατώντας το πατημένο σέρνουμε το ποντίκι μέχρι να φτάσουμε πάνω από τη μηχανή που θέλουμε να ορίσουμε ως μηχανή κατεύθυνσης. Όσο σέρνουμε το ποντίκι με πατημένο το αριστερό κουμπί του, αυτό σέρνει μαζί του και το άκρο του τόξου σύνδεσης, που οδηγείται με αυτό τον τρόπο προς τη προαναφερθείσα μηχανή. Όταν πλέον βρεθούμε πάνω από την εν λόγω μηχανή απελευθερώνουμε το αριστερό κουμπί του ποντικιού και, αυτόματα, η σύνδεση «κλειδώνει».


Μετά την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας έχουμε πλέον έτοιμη τη γραμμή παραγωγής μας (Σχήμα 27).



**Σχήμα 27 : Η γραμμή παραγωγής μας**

Τώρα θα πρέπει να εισάγουμε τιμές για όλα τα δεδομένα των δύο μηχανών και της αποθήκης. Το ότι δεν έχουμε εισάγει ακόμα τιμές φαίνεται και από το μαύρο χρώμα με το οποίο είναι γραμμένα τα ονόματα των μηχανών και της αποθήκης στο πεδίο σχεδίασης. Τα χρώματα αυτά θα αλλάξουν με την εισαγωγή τιμών.

Για να ξεκινήσει η διαδικασία εισαγωγής τιμών για τα δεδομένα μιας μηχανής πρέπει να επιλεγεί η αντίστοιχη εντολή που βρίσκεται στο σύνολο εντολών κάθε μηχανής. Το σύνολο αυτό εμφανίζεται κάνοντας δεξί κλικ πάνω σε μία μηχανή (Σχήμα 25). Επιλέγοντας την εντολή αυτή εμφανίζεται το παράθυρο εισαγωγής τιμών για τα δεδομένα της μηχανής από την οποία έγινε η επιλογή (Σχήμα 28).



The image shows a screenshot of a software application window titled "Design your network". Inside this window, there is a smaller dialog box titled "Machine Data" with the subtitle "Enter machine data". The dialog box contains five labeled input fields: "Name" with the value "Machine1", "Index No" with the value "1", "Production rate" with the value "1", "Failure probability" with the value "0", and "Time-to-Repair" with the value "0". At the bottom of the dialog box, there are two buttons: "OK" and "Cancel".

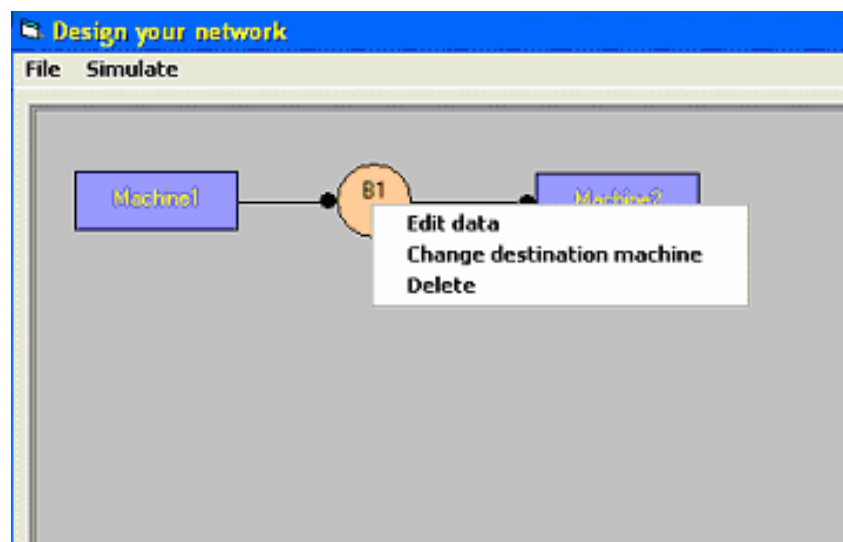
*Σχήμα 28: Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων μηχανής*

Όπως παρατηρούμε αρχικά το πρόγραμμα δίνει κάποιες προκαθορισμένες τιμές για τα δεδομένα της κάθε μηχανής. Εμείς εισάγουμε τα δεδομένα που επιθυμούμε και

επιλέγουμε *OK*. Για την πρώτη μηχανή επιλέγουμε σαν όνομα το προκαθορισμένο, ρυθμό παραγωγής ίσο με 40, πιθανότητα βλάβης ίση με 0.02 και χρόνο επισκευής ίσο με 3. Το σύνολο των τιμών αυτών γίνεται αποδεκτό από το πρόγραμμα και οι τιμές καταχωρούνται. Επίσης το όνομα της συγκεκριμένης μηχανής στο σχέδιο, παύει πλέον να είναι γραμμένο με μαύρο χρώμα.

Με αντίστοιχη διαδικασία εισάγουμε τιμές και για τα δεδομένα της άλλης μηχανής. Οι τιμές που επιλέγουμε είναι οι εξής: όνομα μηχανής το προκαθορισμένο, ρυθμός παραγωγής ίσος με 30, πιθανότητα βλάβης ίση με 0.03 και χρόνος επισκευής ίσος με 2. Το σύνολο των τιμών αυτών είναι εντός επιτρεπτών ορίων και γίνεται αποδεκτό.

Συνεχίζουμε με την εισαγωγή τιμών για τα δεδομένα της αποθήκης. Για να ξεκινήσει η διαδικασία εισαγωγής τιμών για τα δεδομένα μιας αποθήκης πρέπει να επιλεγεί η αντίστοιχη εντολή που βρίσκεται στο σύνολο εντολών κάθε αποθήκης. Το σύνολο αυτό εμφανίζεται κάνοντας δεξί κλικ πάνω σε μία αποθήκη (Σχήμα 29).



**Σχήμα 29: Εντολές αποθήκης**

Επιλέγοντας την εντολή αυτή εμφανίζεται το παράθυρο εισαγωγής τιμών για τα δεδομένα της αποθήκης από την οποία έγινε η επιλογή (Σχήμα 30).

**Design your network**

File Simulate

**Buffer Data**

**Enter buffer data**

Name

Index No

Capacity

Initial level

Fed by machine  No

Feeds machine  No

Disassembly factor

Assembly factor

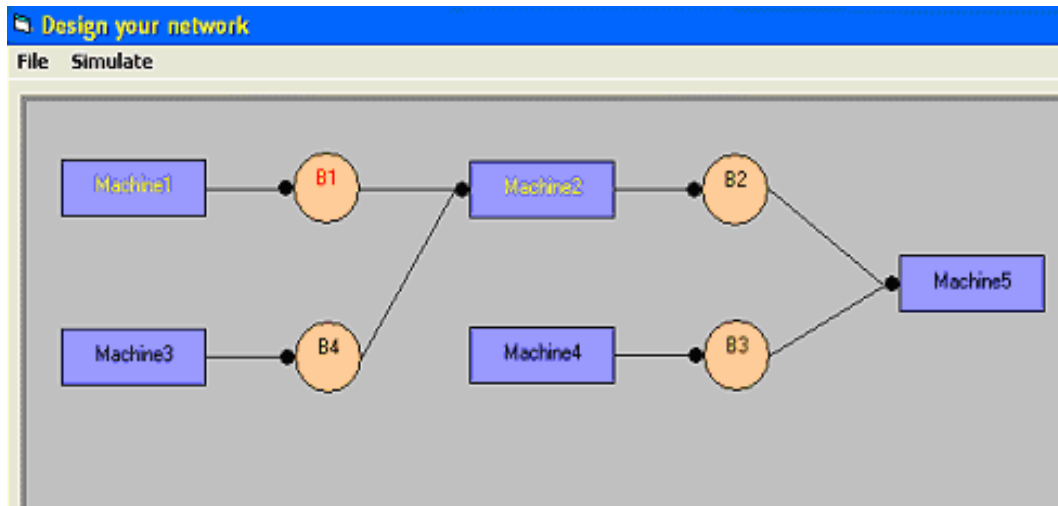
OK Cancel

**Σχήμα 30 : Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων αποθήκης**

Όπως παρατηρούμε αρχικά το πρόγραμμα δίνει κάποιες προκαθορισμένες τιμές για τα δεδομένα της κάθε αποθήκης. Εμείς εισάγουμε τα δεδομένα που επιθυμούμε και επιλέγουμε *OK*. Για την αποθήκη μας, τα δεδομένα που καταχωρήσαμε είναι τα εξής: όνομα αποθήκης *B1*, χωρητικότητα ίση με 56, αρχική στάθμη ίση με 8, παράγοντα αποσυναρμολόγησης ίσο με 1 και παράγοντα συναρμολόγησης επίσης ίσο με 1. Το σύνολο των τιμών αυτών είναι εντός επιτρεπτών ορίων και γίνεται αποδεκτό.

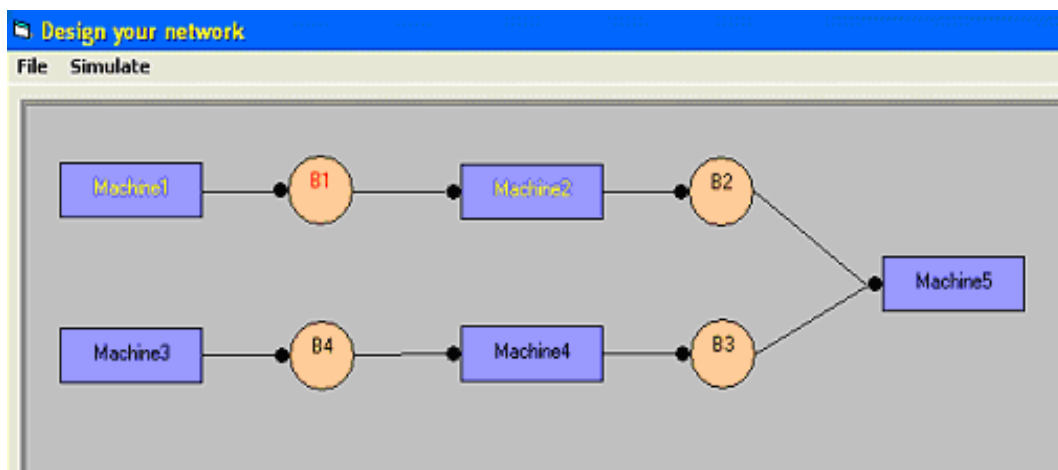
Πλέον η γραμμή παραγωγής μας διαθέτει όλα τα δεδομένα που απαιτούνται και είναι έτοιμη για προσομοίωση. Όμως, έστω ότι επιθυμούμε να προσθέσουμε και κάποιες επιπλέον μηχανές σχηματίζοντας πλέον ένα δίκτυο παραγωγής. Έτσι, με τη βοήθεια των εντολών του πεδίου σχεδίασης και των αντικειμένων αυτού, και με τρόπο ανάλογο με πριν, προσθέτουμε τις επιπλέον μηχανές και αποθήκες και καταλήγουμε στο δίκτυο

που θέλουμε (Σχήμα 31).



**Σχήμα 31 : Το δίκτυο παραγωγής μας**

Έστω ότι μετανιώσαμε για τη σύνδεση της μηχανής *Machine3* και προτιμούμε να συνδέεται με τη μηχανή *Machine4* (Σχήμα 32).



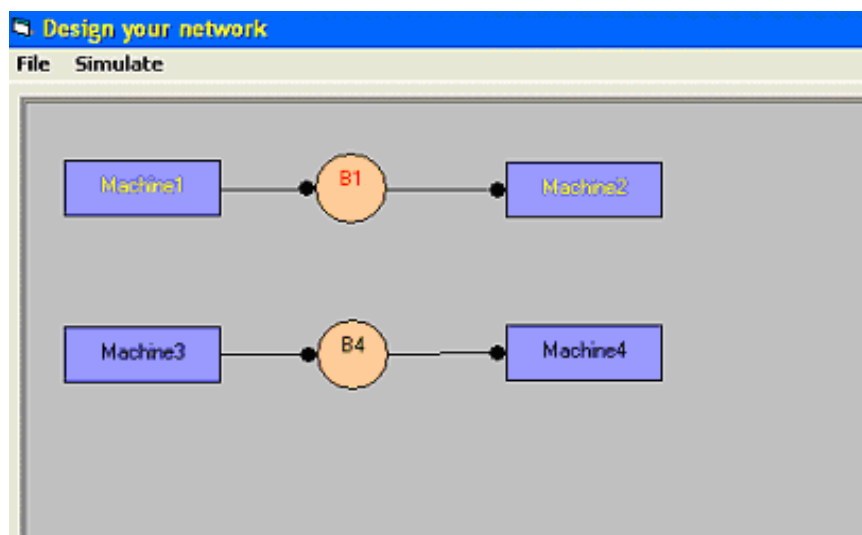
**Σχήμα 32 : Η νέα γεωμετρία του δικτύου μετά την αλλαγή σύνδεσης στη B4**

Για να αλλάξουμε τη σύνδεση πάμε στην αποθήκη που την εκφράζει, δηλαδή τη *B4*, και από το σύνολο εντολών της επιλέγουμε την αντίστοιχη εντολή. Με την επιλογή της

εντολής αυτής, το στρογγυλό άκρο του τόξου σύνδεσης, της συγκεκριμένης αποθήκης με τη μηχανή *Machine2*, αποκολλείται από τη μηχανή αυτή και αναμένει τη διαδικασία «οδήγησής» του στη μηχανή *Machine4*. Μόλις απελευθερωθεί πάνω από αυτή τη μηχανή, η νέα σύνδεση «κλειδώνει» και το δίκτυο αποκτά μια νέα γεωμετρία (Σχήμα 32).

Έστω ότι τελικά αποφασίσαμε ότι δεν θέλουμε να προσομοιώσουμε το δίκτυο παραγωγής αλλά την γραμμή που είχαμε σχεδιάσει αρχικά. Για να επαναφέρουμε το σύστημα παραγωγής στην αρχική μορφή του, αυτή της γραμμής παραγωγής, θα πρέπει να διαγραφούν οι επιπλέον μηχανές και αποθήκες.

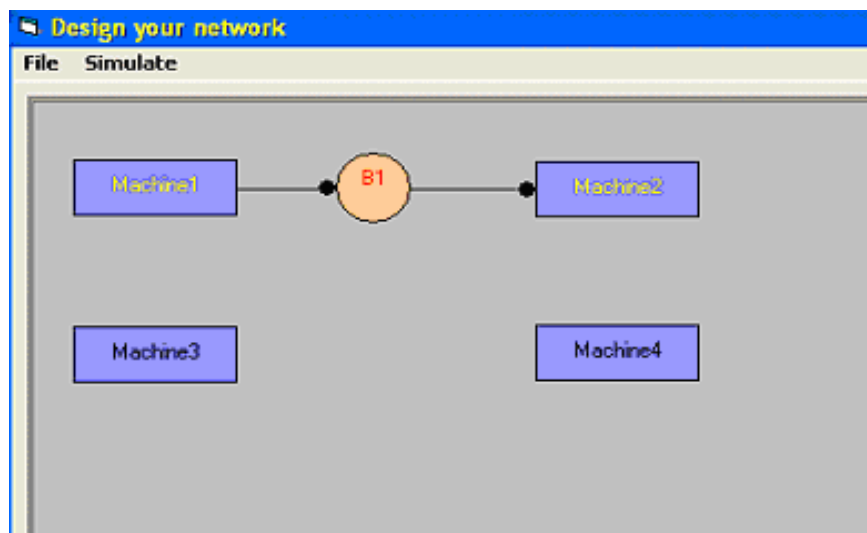
Αρχικά διαγράφουμε την μηχανή *Machine5*. Αυτό γίνεται μέσω της αντίστοιχης εντολής του συνόλου εντολών μηχανών. Με την επιλογή της συγκεκριμένης εντολής διαγράφεται αυτόματα η μηχανή αυτή καθώς και οι αποθήκες που συνδέονται μαζί της (η *B2* και η *B3*). Το δίκτυο αποκτά και πάλι μία νέα μορφή (Σχήμα 33).



**Σχήμα 33 : Η μορφή του δικτύου μετά τη διαγραφή της μηχανής *Machine5***

Συνεχίζοντας θα διαγράψουμε την αποθήκη *B4*. Αυτό γίνεται με τη χρήση της αντίστοιχης εντολής του συνόλου εντολών αποθηκών. Με την επιλογή της

συγκεκριμένης εντολής διαγράφεται αυτόματα η αποθήκη αυτή καθώς και τα τόξα σύνδεσης που τη συνδέουν με τις μηχανές που εξυπηρετεί (τη *Machine3* και τη *Machine4*). Το δίκτυο αποκτά και πάλι μία νέα μορφή (Σχήμα 34).

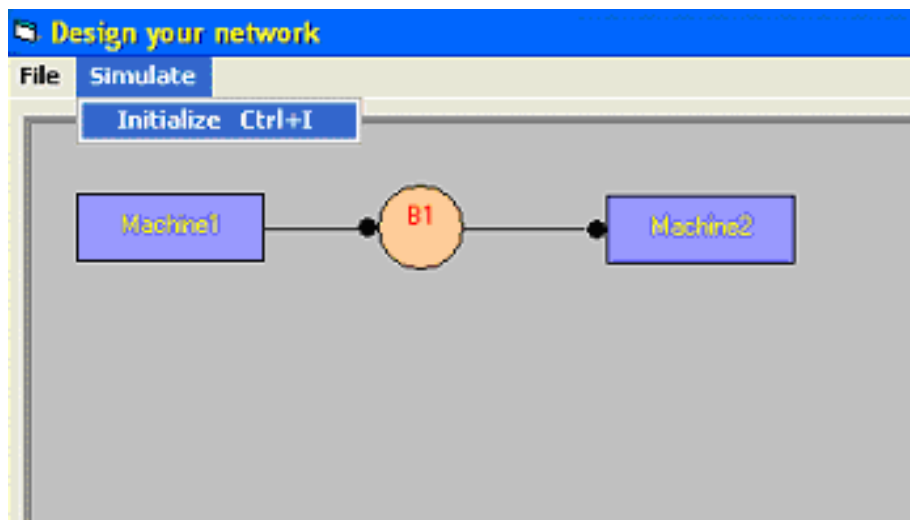


**Σχήμα 34:** Το δίκτυο μετά τη διαγραφή της αποθήκης *B4*

Τέλος διαγράφουμε τις μηχανές *Machine3* και *Machine4*, και καταλήγουμε στην αρχική γραμμή παραγωγής (Σχήμα 27). Δεν είχαμε κάνει εν τω μεταξύ καμία αλλαγή στα δεδομένα που είχαμε καταχωρήσει, οπότε είμαστε έτοιμοι να προχωρήσουμε στην προσομοίωση της γραμμής.

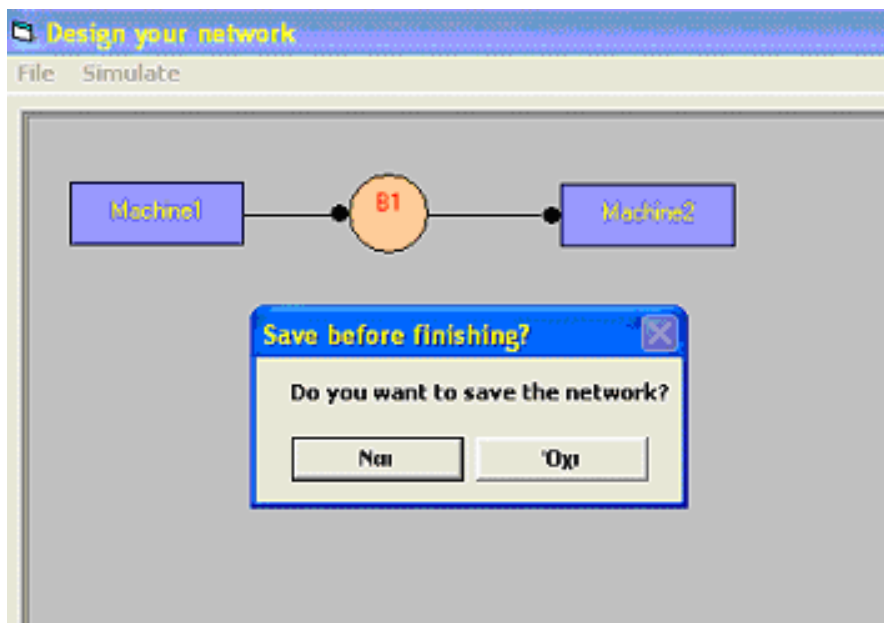
## 9.2. Προσομοίωση δικτύου

Για την έναρξη της διαδικασίας προσομοίωσης πηγαίνουμε στον κατάλογο εντολών διαχείρισης αρχείων και προσομοίωσης, και πιο συγκεκριμένα στο σύνολο εντολών προσομοίωσης και επιλέγουμε την αντίστοιχη εντολή (Σχήμα 35). Εναλλακτικά μπορούμε να εισέλθουμε στο παράθυρο απόδοσης αρχικών τιμών για την προσομοίωση επιλέγοντας *Ctrl + I*.

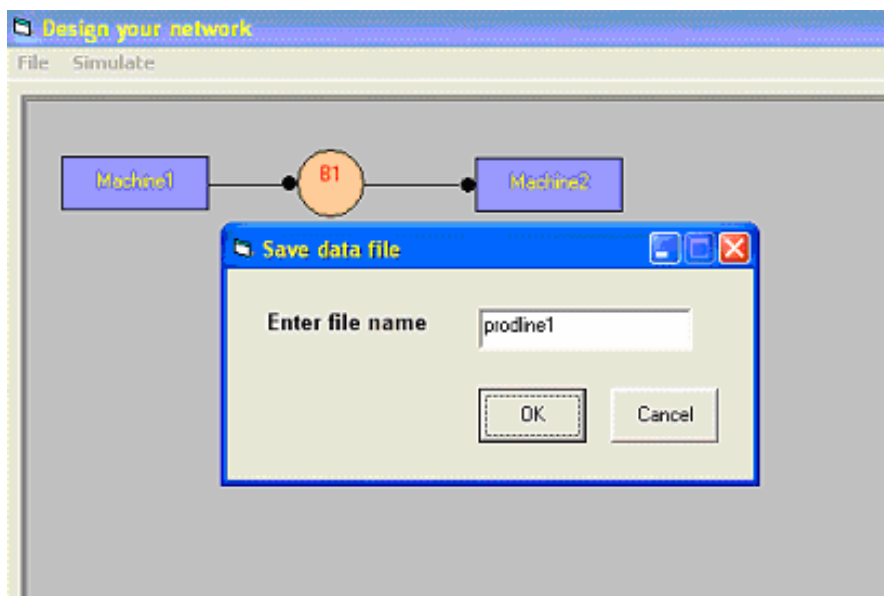


*Σχήμα 35: Η εντολή έναρξης της προσομοίωσης*

Επιλέγοντας τη συγκεκριμένη εντολή, παρατηρούμε ότι εμφανίζεται ένα μήνυμα που μας ρωτάει αν επιθυμούμε να αποθηκεύσουμε το σύστημά μας (Σχήμα 36). Επιλέγουμε *Ναι* και τότε εμφανίζεται το παράθυρο που μας ζητάει το όνομα που θέλουμε να έχει το αρχείο του συστήματός μας (Σχήμα 37).



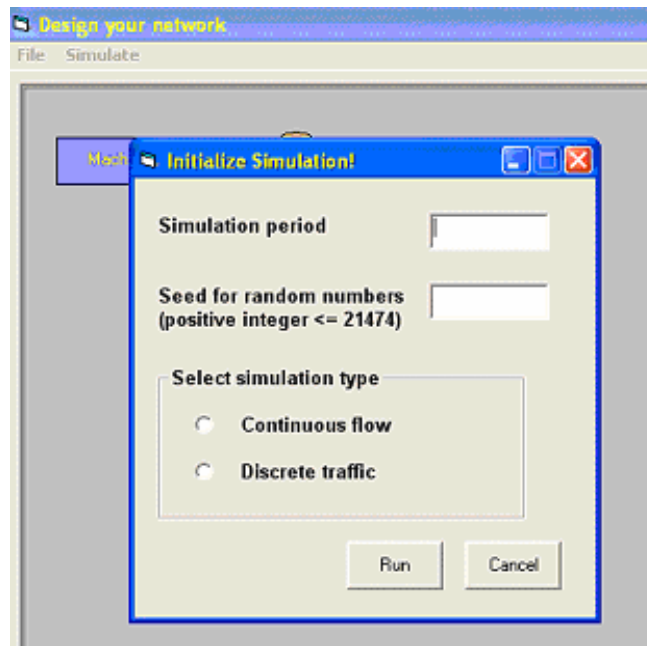
*Σχήμα 36: Ερώτηση αποθήκευσης συστήματος πριν από έναρξη προσομοίωσης*



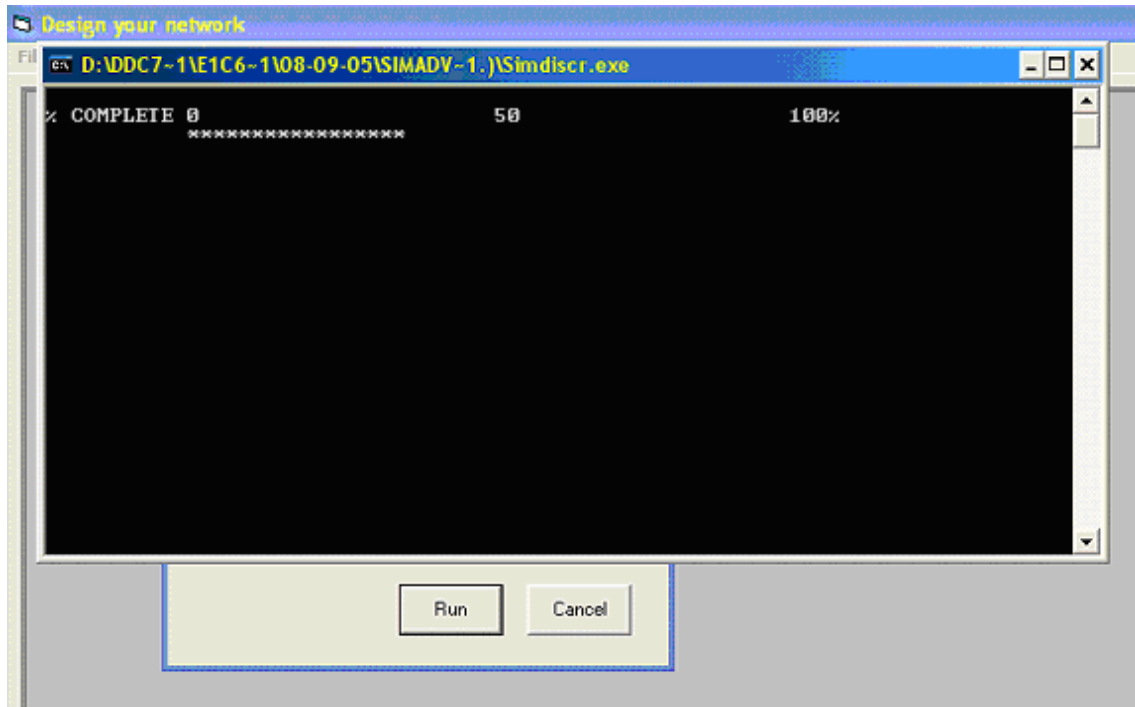
**Σχήμα 37: Εισαγωγή ονόματος αρχείου για την αποθήκευση του συστήματος**

Επιλέγουμε το όνομα *prodline1* και πατάμε *OK*. Το συγκεκριμένο όνομα δεν χρησιμοποιείται από κάποιο άλλο αρχείο, οπότε είναι έγκυρο. Τότε εμφανίζεται το παράθυρο για την επιλογή της μεθόδου προσομοίωσης και την απόδοση αρχικών τιμών στις παραμέτρους αυτής (Σχήμα 38).

Επιλέγουμε ως περίοδο προσομοίωσης το 245000, ως σπόρο για τις γεννήτριες τυχαίων αριθμών το 1 και ως μέθοδο, με την οποία θα γίνει η προσομοίωση, τη μέθοδο διακριτής κυκλοφορίας. Τα δεδομένα που εισήχθησαν είναι εντός των επιτρεπτών ορίων οπότε έγιναν αμέσως αποδεκτά από το πρόγραμμα. Επιλέγοντας *Run*, το πρόγραμμα καλεί το εκτελέσιμο αρχείο της μεθόδου προσομοίωσης διακριτής κυκλοφορίας και στην οθόνη εμφανίζεται ένα παράθυρο που μας δείχνει την εξέλιξη της προσομοίωσης (Σχήμα 39).

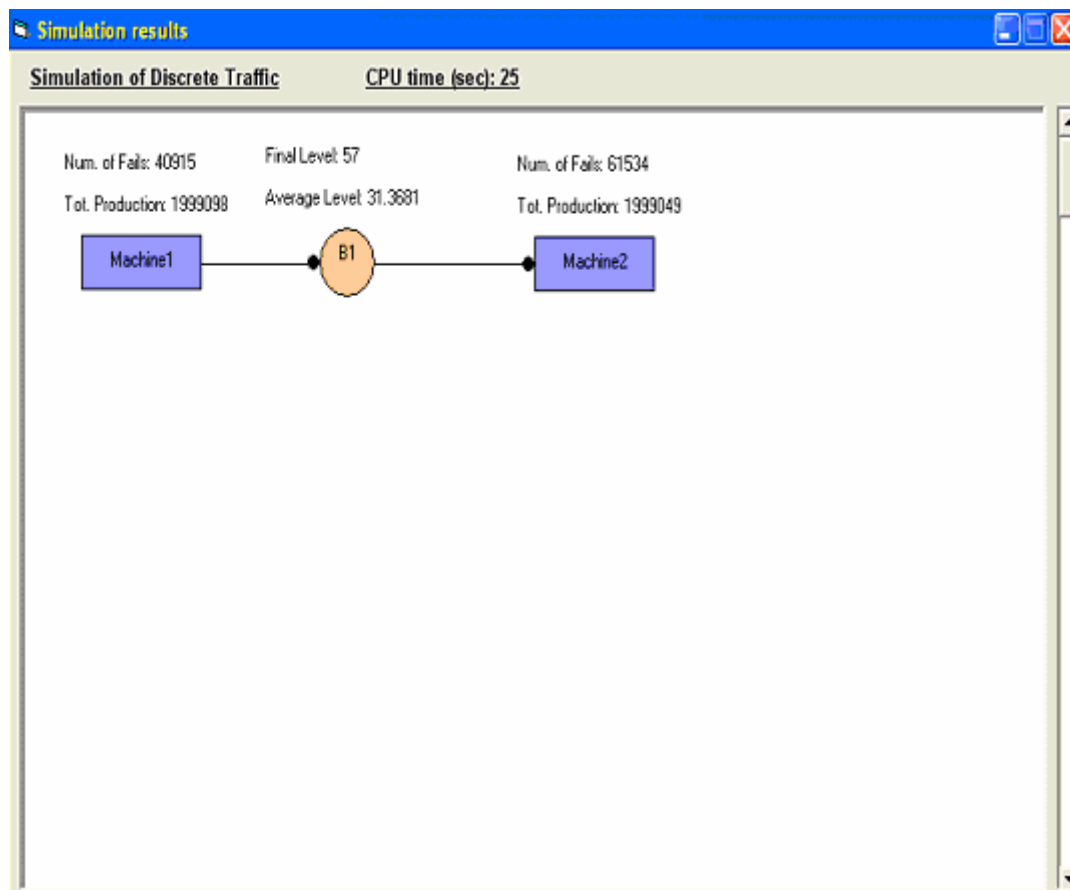


*Σχήμα 38: Το παράθυρο επιλογής μεθόδου προσομοίωσης και απόδοσης αρχικών τιμών για τις παραμέτρους αυτής.*



*Σχήμα 39: Το παράθυρο παρουσίασης της εξέλιξης της προσομοίωσης*

Το πρόγραμμα μπαίνει σε κατάσταση αναμονής μέχρι την ολοκλήρωση της προσομοίωσης. Με το που θα ολοκληρωθεί, το παράθυρο που δείχνει την εξέλιξη της εξαφανίζεται και εμφανίζεται ένα άλλο που παρουσιάζει το σύστημά μας και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για όλες τις μηχανές (αριθμός βλαβών, συνολική παραγωγή) και όλες τις αποθήκες (τελική στάθμη, μέση στάθμη). Στο παράθυρο αυτό φαίνεται ξεκάθαρα η μέθοδος προσομοίωσης που επιλέχθηκε καθώς και ο συνολικός χρόνος που απαιτήθηκε για την ολοκλήρωσή της (Σχήμα 40).



**Σχήμα 40: Το παράθυρο αποτελεσμάτων της προσομοίωσης**

Κλείνοντας το παράθυρο των αποτελεσμάτων, μεταφερόμαστε πάλι στο παράθυρο του πεδίου σχεδίασης, όπου έχουμε τη δυνατότητα να επεξεργαστούμε τη γραμμή

παραγωγής με σκοπό τη δημιουργία ενός νέου συστήματος και την προσομοίωσή του με τον ίδιο τρόπο.

Εμείς επιλέγουμε να κλείσουμε το παράθυρο σχεδίασης και με τον τρόπο αυτό τερματίζουμε και τη λειτουργία του προγράμματος.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία, είμαστε σε θέση να εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα σχετικά με τη λειτουργικότητα, τη χρησιμότητα και τις προοπτικές του προγράμματος *SimAD*:

- Είναι ένα πρόγραμμα που δίνει τη δυνατότητα γραφικών απεικονίσεων σε προγράμματα προσομοίωσης που έχουν αναπτυχθεί στο εργαστήριο CAM του Πολυτεχνείου Κρήτης. Ο οδηγός χρήσης του είναι σύντομος, περιέχει γενικές οδηγίες αλλά και μία εφαρμογή βήμα-προς-βήμα, ώστε το πρόγραμμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από άτομα που δεν έχουν σχετική εμπειρία στη χρήση προγραμμάτων προσομοίωσης ή δεν είναι εξοικειωμένα με υπολογιστικά και προγραμματιστικά συστήματα.
- Συμβάλει στην ανάπτυξη της ιδέας της επαναχρησιμοποίησης (reuse) εφαρμογών. Μάλιστα, η «φιλοσοφία» της παρούσας διπλωματικής (ένα σχεδιαστικό περιβάλλον συστημάτων παραγωγής δημιουργείται σε *VB6* για να λειτουργήσει υποστηρικτικά και ουσιαστικά να επαναχρησιμοποιήσει παλαιές, αλλά ταχείες και ακριβείς, εφαρμογές προσομοίωσης που έχουν δημιουργηθεί σε *FORTRAN77*) δείχνει έναν δημιουργικό τρόπο σύμπραξης ετερογενών εφαρμογών και ανοίγει τον δρόμο για ανάλογα εγχειρήματα, με σκοπό την εκμετάλλευση του συνόλου των ήδη υπαρχόντων πετυχημένων εφαρμογών.
- Διαθέτει προοπτικές επέκτασης και περαιτέρω βελτίωσης. Η εισαγωγή επιπλέον εντολών στο τμήμα της σχεδίασης, η περαιτέρω επέκταση του πεδίου αυτής, η δυνατότητα χρήσης σταθμών παραγωγής αντί για απλών μηχανών καθώς και η διεύρυνση των διαθέσιμων επιλογών μεθόδων προσομοίωσης θα μπορούσαν καταστήσουν το *SimAD* ακόμα πιο «δυνατό», ως εργαλείο σχεδίασης και προσομοίωσης συστημάτων παραγωγής.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Β. Κουϊκόγλου, *Προσομοίωση*, Σημειώσεις μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης (2002).
2. Γ. Φίλης, *Συστήματα Παραγωγής*, Σημειώσεις μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης (2001).
3. H. D'Angelo, M. Caramanis, S. Finger, A. Mavretic, Y. Phillis, and E. Ramsden, "Event-driven model of unreliable production lines with storage," *International Journal of Production Research*, **26**(7), pp. 1173-1182 (1988).
4. V. Kouikoglou, "An efficient discrete event model of assembly / disassembly production networks," *International Journal of Production Research*, **40**(17), pp. 4485-4503 (2002).