



## Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής – Ανάπτυξη Λογισμικού  
και Τεχνητής Νοημοσύνης»

### Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	<b>Συστημικές Μεθοδολογίες στην ανάπτυξη εφαρμόσιμων Δυναμικών Μοντέλων: χρήση των Λογισμικών DCSYM Case Tool και Vensim PLE συμπεριλαμβάνοντας την διαχείριση Συστημικού Χρόνου</b>  <b>Systemic Methodologies developing applied Dynamic Models: Use of software DCSYM Case Tool and Vensim PLE managing the Systemic Time</b>
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	<b>Αντώνιος Δραγώνας</b>
Πατρώνυμο	<b>Αυγερινός</b>
Αριθμός Μητρώου	<b>ΜΠΣΠ/ 18010</b>
Επιβλέπων	<b>Γεώργιος Τσιχριντζής, Καθηγητής</b>

Ημερομηνία Παράδοσης **Δεκέμβριος 2021**

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

**Γεώργιος Τσιχριντζής**  
Καθηγητής

**Ευάγγελος Σακκόπουλος**  
Επίκουρος Καθηγητής

**Διονύσιος Σωτηρόπουλος**  
Επίκουρος Καθηγητής

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των σπουδών μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής -ΕΤΕΑΗΥ» του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή μου κύριο Νικήτα Ασημακόπουλο για την εξαιρετικά ενδιαφέρουσα σπικτική της Συστημικής Θεώρησης των Λειτουργούντων Συστημάτων και την εφαρμοσμένη έκφρασή της με την υποστήριξη πανίσχυρων εργαλείων για την κατανόηση, μελέτη, ανάλυση, εκτίμηση και βελτιστοποίηση των Δυναμικών Συστημάτων.

Οι άοκνες προσπάθειες και το θερμό του ενδιαφέρον καθ' όλη την διάρκεια του Προγράμματος έδωσαν σε όλους τους φοιτητές εφόδια επαγγελματικού επιπέδου για άμεση εφαρμογή στο περιβάλλον μιας σύγχρονης επιχείρησης και με εφοδίασαν με πολύτιμες απόψεις και με ενίσχυσαν με πολύτιμες συμβουλές..

Ο ενθουσιασμός, που μου προκάλεσε αυτή η συγκροτημένη και ισχυρότατη Συστημική Θεώρηση, την ανάγκη της οποίας έχω βιώσει σε όλα τα μακρά χρόνια της επαγγελματικής μου εμπειρίας σαν Αναλυτής και Μηχανικός Συστημάτων Η/Υ, με οδήγησε στην επιλογή αυτής της θεματολογίας ως αντικείμενο της Μεταπτυχιακής μου Διατριβής.

Η προσέγγιση της ανάπτυξης Μοντέλων, που περιέχεται στην Διατριβή αυτή και εντάσσονται και λειτουργούν μέσα στον πραγματικό χρόνο και τροφοδοτούνται από περίπλοκες συναρτήσεις μετασχηματισμού και τα επιχειρησιακά πολύτιμα αποτελέσματα που παράγονται από αυτά, έγιναν σε πολλές ευκαιρίες δεκτά ιδιαίτερα θερμά από την κοινότητα των Συστημικών και Επιχειρησιακών Αναλυτών σε πολλές ευκαιρίες από τον Νοέμβριο του 2019 έως και σήμερα και, επίσης, ευχαριστώ τον Καθηγητή μου κύριο Νικήτα Ασημακόπουλο για την ευκαιρία για επιστημονική και επαγγελματική ανάδειξη, που μου προσέφερε.

Ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή κύριο Γεώργιο Τσιχριντζή, ο οποίος ήταν και Πρόεδρος του παρόντος Μεταπτυχιακού Προγράμματος για τις συνεχείς εκπαιδευτικές και συντονιστικές προσπάθειες του, που είχαν για όλους τους φοιτητές του Μεταπτυχιακού Προγράμματος αξιοσημείωτα αποτελέσματα, καθώς η πλειονότητα των φοιτητών ήταν εργαζόμενοι επαγγελματίες με σημαντικές εμπειρίες αλλά και με εξ ίσου σημαντικές υποχρεώσεις.

Ακόμα θερμότερα ευχαριστώ τον Καθηγητή κύριο Γεώργιο Τσιχριντζή για την εξαιρετική τιμή, που αποτελεί για μένα η συναίνεση του να αποτελέσει τον Πρόεδρο της Εξεταστικής Επιτροπής της Μεταπτυχιακής Διατριβής μου και, κυρίως, για την τιμή να ασχοληθεί με την μελέτη και την αξιολόγηση του εν λόγω επιστημονικού μου πονήματος.

Εξ ίσου θερμά ευχαριστώ τον Καθηγητή κύριο Χαράλαμπο Κωνσταντόπουλο, εξαιρετικό αλγοριθμιστή και άνθρωπο, ο οποίος με ενθουσίασε με τις εξαιρετικά συγκροτημένες εκπαιδεύσεις του σχετικά με την χρήση και την αξιοποίηση σύγχρονων αλγοριθμικών τεχνικών, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν εξαιρετικά στο πεδίο της εφαρμοσμένης Τεχνολογίας Λογισμικού.

Ευχαριστώ και όλους τους υπόλοιπους διδάσκοντες σε αυτό το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα, οι οποίοι κατέβαλαν κάθε ανθρωπίνως δυνατή προσπάθεια για την επίτευξη του πολύ δύσκολου έργου τους: δηλαδή της επίτευξης της ουσιαστικής καλλιέργειας των μεταπτυχιακών φοιτητών στον τομέα των Προχωρημένων Τεχνολογιών Ανάπτυξης Λογισμικού καθώς ουδέποτε ασχολήθηκαν με την απλά παράθεση τεχνολογιών, αλλά πάντα έδιναν πλήρη έμφαση στην αξιοποίηση των Τεχνολογιών σε πραγματικό περιβάλλον και ήταν πάντα πρόθυμοι και ανοιχτοί σε κάθε αίτημα για επεξήγηση ή συνεργασία.

Τέλος, θα επιθυμούσα να ευχαριστήσω την σύζυγό μου και την κόρη μου, οι οποίες μου συμπαραστάθηκαν καθ' όλη την διάρκεια αυτής της προσπάθειάς μου και υπέμειναν στωικά την ένταση και την πίεση, που εξέπεμπα κάτω από τις εξαιρετικά αυξημένες επιστημονικές, ερευνητικές αλλά και «ενεργειακές» απαιτήσεις του Προγράμματος αυτού.

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία περιέχει μια προσέγγιση επιλεγμένων πτυχών της Συστημικής Σκέψης και παρουσιάζει συστημικές μεθοδολογίες και εργαλεία κατάλληλα για την υποστήριξη και βελτίωση της διαχείρισης περίπλοκων και απαιτητικών καταστάσεων και φαινομένων, τα οποία αναφύονται από την περίπλοκη αλληλεπίδραση πολύπλοκων Συστημάτων.

Στην εισαγωγή παρουσιάζονται υφιστάμενες απόψεις και αναπτύσσονται προσωπικές θέσεις και αιτιάσεις για την (δι)ερμηνεία της εμφάνισης της Συστημικής Σκέψης και εν συνεχεία παρατίθενται επιλεγμένα στοιχεία εκ της Γενικής Θεωρίας Συστημάτων, ώστε να θεμελιωθεί μια επαρκής αντίληψη της έννοιας του Συστήματος και της ανάγκης για την ανάπτυξη διαχειριστικών μεθόδων των Συστημάτων.

Καθώς η κατανόηση ενός Συστήματος ενισχύεται, όταν το Σύστημα μπορεί να αναπαρασταθεί, αναπτύσσεται η DCSYM, η οποία είναι μεθοδολογία, που οδηγεί στην ανάπτυξη της δισδιάστατης οπτικοποίησης ενός Συστήματος με σύνθετες δυνατότητες στρωματοποιημένης αποτύπωσης πολλαπλών εσωτερικών δομών ενός Συστήματος και των ζεύξεων αυτών των δομών και παρατίθεται εκφρασμένη με την μεθοδολογία DCSYM η λειτουργική και διεργασιακή αναδόμηση μιας επιχείρησης Πληροφορικής Τεχνολογίας, της A.C. & E. Hellas A.E.

Μετά παρουσιάζεται και αναπτύσσεται η έννοια των Δυναμικών Συστημάτων και η ανάγκη για την ανάπτυξη μεθόδων, οι οποίες υποστηρίζουν την δυνατότητα βελτίωσης της αντίληψης αλλά και της διαχειριστικής δυνατότητας της Δυναμικής Πολυπλοκότητας και ενός συγκεκριμένου Συστήματος, αλλά, κυρίως, και της πολυσύνθετης (έως και σε ανεξέλεγκτο βαθμό) αλληλεπίδρασης πολλαπλών Συστημάτων.

Η Συστημική Δυναμική παρουσιάζεται σαν ολοκληρωμένο φιλοσοφικό και εφαρμοστικό Σύστημα κατανόησης και διαχείρισης των Δυναμικών Συστημάτων και πλαισιώνεται και υποστηρίζεται από την ανάπτυξη απλοποιημένων προσομοιώσεων (μοντέλων) των υπό εξέταση/ διαχείριση Δυναμικών Συστημάτων. Αναπτύσσεται η ιδέα, η εφαρμογή και η απορρέουσα σημαντικότητα των προσομοιώσεων για την λήψη επιτυχών αποφάσεων σχετικά με την διαχείριση των Δυναμικών Συστημάτων, τα οποία εξετάζονται.

Ακολουθεί διεξοδική αναφορά στο λογισμικό Vensim (έκδοση PLE), το οποίο είναι ολοκληρωμένο λογισμικό Προσομοίωσης της Λειτουργίας Δυναμικών Συστημάτων, όπου χτίζουμε με βηματικό και επεξηγηματικό τρόπο την ανάπτυξη της Προσομοίωσης μιας Γραμμής Παραγωγής (που χαρακτηρίζεται «απλή», καθώς αφορά την παραγωγή ενός είδους προϊόντων), η οποία συμπλέκεται αιτιωδώς με ένα πλήθος άλλων Συστημάτων, όπως η «Παραγωγική Υποδομή» («εργοστάσιο»), το «Ανθρώπινο Δυναμικό Υποστήριξης της Παραγωγικής Διαδικασίας», το «Σύστημα Προμηθειών της Γραμμής Παραγωγής», το «Σύστημα Αποθήκευσης των Προϊόντων», το «Σύστημα Διάθεσης των Προϊόντων» κλπ. Και το αποτέλεσμα της πλήρως συντεθειμένης Προσομοίωσης εκφράζεται σε άμεσα και απόλυτα κατανοητές τιμές Εσόδων και Κέρδους, οπότε το μοντέλο καθίσταται σημαντικό εφόδιο για την καλύτερη λήψη επιχειρηματικών αποφάσεων («Επιχειρηματική Ευφυΐα» - «Business Intelligence»).

Όπως και σε όλες τις Προσομοιώσεις, οι οποίες αναπτύχθηκαν με την χρήση του Λογισμικού Vensim PLE, η παρουσίαση της Προσομοίωσης και των αποτελεσμάτων γίνεται με την χρήση πινάκων και γραφημάτων, που δημιουργούνται από το Vensim και με παράθεση της οπτικής αποτύπωσης του πλήρους μοντέλου κατά την πραγματική του εκτέλεση με κατά περίπτωση παράθεση σχολίων, που αφορούν είτε την αποτύπωση του μοντέλου ή/ και των πινάκων/ γραφημάτων, που αφορούν την εξέλιξη των μεταβλητών της προσομοίωσης σε σχέση με τον Συστημικό Χρόνο.

Η ανάπτυξη της Προσομοίωσης μιας Γραμμής Παραγωγής, οι μεθοδολογίες και οι (συναρτησιακές) ζεύξεις, οι οποίες επελέγησαν και χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και η υπολογιστική και διαχειριστική ευελιξία και αποτελεσματικότητα του μοντέλου σχολιάζονται, αξιολογούνται και προτείνονται βελτιώσεις. **Μια εξ ων ουκ άνευ βελτίωση/ εξέλιξη του Λογισμικού Vensim PLE είναι η «κατασκευή της μεταβλητής του Συστημικού Χρόνου»** και παρουσιάζουμε αυτή την εξέλιξη, την εξαιρετική ευελιξία και τις εντυπωσιακές δυνατότητες, τις οποίες αποκτά το Vensim PLE μέσω της διαθεσιμότητας για χρήση και «επέμβαση» της μεταβλητής του Συστημικού Χρόνου.

Αναπτύσσονται και παρουσιάζονται παραδείγματα μοντέλων με υστέρηση ή προπορεία Συστημικού Χρόνου, η δημιουργία και η διαχείριση περίπλοκων συναρτήσεων, οι οποίες μπορούν πλέον να χρησιμοποιηθούν σαν «είσοδοι» (input) σε διαδικασίες μετασχηματισμού κατά την αποτελεσματική προσομοίωση Δυναμικών Συστημάτων.

Τέλος παρουσιάζεται ανεπτυγμένο και στηριγμένο στην εξέλιξη του Vensim PLE το γνωστό Αρχέτυπο **«Ανάδραση με Χρονική Υστέρηση»** (εξισορροπητική αντίδραση με χρονική υστέρηση στην συμπεριφορά ενός εξελισσόμενου συστήματος, που αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του), η εξέλιξη της «Προσομοίωσης μιας Γραμμής Παραγωγής» σε **«Προσομοίωση μιας Γραμμής Παραγωγής και Πωλήσεων με χειρισμό του Συστημικού Χρόνου»** και, εν τέλει, η απλή παρουσίαση ενός μοντέλου, που αφορά την **«Εκτίμηση κατανάλωσης καυσίμου εμπορικού πλοίου συναρτήσει μεταβαλλόμενων συνθηκών πλεύσης»**, όπου η πλήρης εργασία βρίσκεται σε στάδιο δημοσίευσης σε διεθνές περιοδικό.

## Abstract

This paper presents an approach to selected aspects of Systems Thinking and presents systemic methodologies and tools appropriate to support and improve the management of complex and demanding situations and phenomena arising from the complicated interaction of complex systems.

We present selected elements from the General Systems Theory in order to establish an adequate understanding of the concept of systems and we document through our point of view the need for development of systemic management models.

The next section is dedicated to methods to represent and study a System and refers to the DCSYM, which is a two-dimensional visualization method with complex layering capabilities of multiple Internal Structures of a System and the links of these structures and is presented a real world structural and operational reconstruction of an IT company (A.C. & E. Hellas SA).

In the next section is introduced and developed the concept of Dynamic Systems and the need to develop methods, that support the ability to improve both the perception and management capability of Dynamic Complexity of a particular System, but, most importantly, the complex (up to an uncontrolled degree) interaction of multiple Systems. System Dynamics is used as an integrated philosophical and applied System for understanding and managing Dynamic Systems and is supported by the development of simplified simulations (models) of the Dynamic Systems under consideration/ management.

Hereinafter we refer to Vensim software (PLE version), which is a complete Function Simulation software of Dynamic Systems, where we build in a step-by-step way the development of a Production Line Simulation (characterized as "simple" as it refers to the production of one type of product), which is structured by a multitude of other Systems (as the Physical Infrastructure Subsystem, the Human Resources Subsystem, the Demand and Sales Subsystems).

The result of a fully constructed Simulation is expressed in straightforward and perfectly understood Income and Profit values, whereby the model becomes an important tool for better business decision making ('Business Intelligence').

The simulation and results are presented using tables and graphs created by Vensim PLE and by visualizing the full model during its actual execution, with appropriate comments being given on a case-by-case basis followed by comments, evaluations and proposed improvements.

All the previous are followed by a study concerning with the implementation of the "Systemic Time Handling" of the Vensim PLE and presenting the excellent flexibility that the Vensim PLE acquires through the availability to use and "intervene" to the Systemic Time variable.

Based on "Systemic Time Handling Availability" are developed and presented:

Models using Systemic Time Delay and/or Advance such as complex functions (useful as rate inflow/outflow to/ from transformation processes to support Dynamic Systems Simulations), the well-known "Feedback with Time Delay" Archetype, the evolution of the Model "Single Production Line and Sales" to a "Single Production Line and Sales with Systemic Time Handling" and, ultimately, a model for the "Estimation of commercial ship fuel consumption as a function of changing cruise and weather conditions" which paper is in publication process in an international journal.

## Πίνακας περιεχομένων

<b>ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....</b>	<b>1</b>
<b>Δομή της Πτυχιακής Εργασίας .....</b>	<b>1</b>
<b>Προσωπικές θέσεις και Καινοτομίες .....</b>	<b>3</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>5</b>
<b>Ποικιλότητα και αβεβαιότητα στον φυσικό κόσμο .....</b>	<b>5</b>
<b>Ανάλυση και Σύνθεση .....</b>	<b>7</b>
<b>Ανάλυση.....</b>	<b>7</b>
<b>Η Μηχανιστική Σκέψη και η Αναλυτική Σκέψη.....</b>	<b>9</b>
<b>Η Μηχανιστική Σκέψη (mechanistic perception) .....</b>	<b>9</b>
<b>Το Σύστημα στην Αναλυτική Σκέψη.....</b>	<b>10</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....</b>	<b>14</b>
<b>Συστήματα και Υποσυστήματα.....</b>	<b>14</b>
<b>Ιεραρχίες: Υποσυστήματα &amp; Υπερσυστήματα .....</b>	<b>15</b>
<b>Σχέση Αιτίας-Αιτιατού: Υπερσυστήματα - Υποσυστήματα .....</b>	<b>15</b>
<b>Αναδυόμενες ιδιότητες (Emergent properties) .....</b>	<b>15</b>
<b>Σύστημα: Μια αδιαίρετη ολότητα .....</b>	<b>16</b>
<b>Σκοπός και βελτίωση ενός Συστήματος .....</b>	<b>17</b>
<b>Το μηχανικό ρολοί .....</b>	<b>17</b>
<b>Σημασία της επίτευξης ελέγχου της συμπεριφοράς των συστημάτων .....</b>	<b>21</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: DCSYM .....</b>	<b>22</b>
<b>Μέθοδοι Αναπαράστασης Συστημάτων .....</b>	<b>22</b>
<b>Μέρη του συστήματος .....</b>	<b>22</b>
<b>Διεργασιακές Δομές.....</b>	<b>22</b>
<b>Ιεραρχική Αναπαράσταση και Σχολιασμός της Αποτελεσματικότητας της ...</b>	<b>23</b>
<b>Ιεραρχική «τμηματοποίηση» μιας επιχείρησης (organization).....</b>	<b>23</b>
<b>Δυσδιάστατη Οπτικοποίηση Συστήματος.....</b>	<b>24</b>
<b>Μεθοδολογία DCSYM και DCSYM Case Tool .....</b>	<b>25</b>
<b>Συστήματα και άτομα στο DCSYM case tool .....</b>	<b>25</b>
<b>Συμπερίληψη ατόμων ή/ και υποσυστημάτων σε συστήματα .....</b>	<b>27</b>
<b>Σύνθετο Σύστημα – Ζεύξεις – Έλεγχοι – Περιβάλλον.....</b>	<b>28</b>
<b>Εφαρμογή της DCSYM στην A.C. &amp; E. Hellas A.E.....</b>	<b>31</b>
<b>Εισαγωγή και γενική περιγραφή της εταιρείας .....</b>	<b>31</b>

Υφιστάμενα προβλήματα της εταιρείας .....	32
Αρχική Κατάσταση - Υφιστάμενη Ιεραρχική Δομή της A.C. & E. Hellas .....	35
Βελτιωμένη Κατάσταση (BK) της A.C. & E. Hellas A.E. ....	42
Ανασκόπηση της αναδόμησης της A.C.& E. Hellas – Συμβολή της DCSYM.....	46
Σκέψεις σχετικά με δυνητική μετεξέλιξη της DCSYM .....	48
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ .....</b>	<b>49</b>
Εισαγωγή .....	49
<b>Μοντέλο.....</b>	<b>50</b>
Ορισμός .....	50
Σύστημα - Μοντέλο .....	50
Σκοπός της δημιουργίας μοντέλων (προσομοίωσης): .....	50
Η Αρχή της Ελλιπούς Γνώσης .....	50
Μεθοδολογία – Μέθοδος –Τεχνική.....	51
Συστημική Δυναμική .....	52
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: VENSIM .....</b>	<b>55</b>
Εισαγωγή .....	55
Τύποι δομικών μεγεθών/ αντικειμένων του Vensim .....	55
Παράδειγμα Σημείου Συσσώρευσης και Ροών Εισόδου και Εξόδου .....	56
Προσομοίωση 2 επικοινωνούντων σημείων συσσώρευσης με ρύθμιση των ροών.....	57
Μοντέλο Υπερχείλισης.....	58
Μοντέλο πώλησης υπό όρους .....	62
Μοντέλο σημείων συσσώρευσης πλήρους γραμμής μετασχηματισμού .....	64
1 <sup>ο</sup> Μοντέλο πλήρους γραμμής μετασχηματισμού, αποθήκευσης και πώλησης .....	65
2 <sup>ο</sup> Μοντέλο πλήρους γραμμής μετασχηματισμού, αποθήκευσης και πώλησης .....	66
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Single Production Line and Sales (SPLaS).....</b>	<b>67</b>
Κοστολόγηση της παραγωγικής διαδικασίας της Γραμμής Παραγωγής.....	68
Παραγωγική διαδικασία της Γραμμής Παραγωγής.....	72
Διαμόρφωση τιμής πώλησης τεμαχίου .....	76
Διαμόρφωση ζήτησης.....	76
Μεταβλητές υπολογισμού εσόδων και κέρδους .....	78
Μεταβλητές αξιολόγησης μεγεθών.....	78



ΠΛΗΡΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟ .....	79
Εξισώσεις ορισμού και συσχέτισης μεταβλητών .....	80
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Παρουσίαση Αποτελεσμάτων Προσομοίωσης .....</b>	<b>83</b>
Κόστος Γραμμής Παραγωγής.....	83
Κόστος Γραμμής Παραγωγής και Γραμμή Παραγωγής.....	87
Κόστος- Γραμμή Παραγωγής - Πωλήσεις.....	90
Πλήρης Προσομοίωση .....	96
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Αποτίμηση και Βελτίωση του μοντέλου .....</b>	<b>100</b>
Αποτίμηση μοντέλου .....	100
Προβλήματα και μέθοδοι επίλυσης.....	101
Μελλοντική βελτίωση.....	102
Συμπεράσματα .....	102
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ VENSIM PLE .....</b>	<b>103</b>
Εισαγωγή .....	103
Σύντομη επισκόπηση του Vensim (έκδοση PLE).....	105
Σημείο Συσσώρευσης και Ροές Εισόδου και Εξόδου .....	106
Μοντέλο προσομοίωσης 2 επικοινωνούντων σημείων συσσώρευσης με ρύθμιση των ροών .....	107
Σχολιασμός της μεθόδου (προσεγγιστικής) αριθμητικής ολοκλήρωσης .....	108
Χειρισμός του πραγματικού χρόνου εξέλιξης ενός μοντέλου .....	109
Δημιουργία και πίνακες τιμών συναρτήσεων πραγματικού χρόνου.....	110
Γραμμική συνάρτηση του πραγματικού χρόνου του μοντέλου .....	110
Συνάρτηση 2 <sup>ου</sup> βαθμού του πραγματικού χρόνου του μοντέλου.....	112
Τριγωνομετρική συνάρτηση του πραγματικού χρόνου του μοντέλου .....	114
Σύνθετη τριγωνομετρική συνάρτηση του πραγματικού χρόνου του μοντέλου .....	115
Βαθμωτή συνάρτηση δύο (2) τιμών του πραγματικού χρόνου του μοντέλου ..	116
«Ολίσθηση» του πραγματικού χρόνου του μοντέλου.....	117
Χρήση χρόνου με υστέρηση σε σχέση με τον πραγματικό χρόνο του μοντέλου.....	119
<b>Αρχέτυπο «Εξισορροπητική Αντίδραση Με Χρονική Υστέρηση» (<i>Balancing Process with Delay</i>).....</b>	<b>121</b>
Γενική Περιγραφή του Αρχετύπου.....	121
Υλοποίηση Δυναμικής Προσομοίωσης του Αρχετύπου (βασική μορφή) .....	123
Εξισώσεις, Ζεύξεις Αιτιότητας και Ζεύξεις Χρήσεως της Δυναμικής Προσομοίωσης .....	126

Εκτέλεση της Δυναμικής Προσομοίωσης του Αρχετύπου στην βασική μορφή	129
Εκτέλεση της Δυναμικής Προσομοίωσης του Αρχετύπου με βαθμωτή ζήτηση	131
Εκτέλεση της Δυναμικής Προσομοίωσης του Αρχετύπου με ζήτηση παραγόμενη από σύνθετη συνάρτηση .....	135
<b>Μοντέλο Single Production Line and Sales (SPLaS) with time handling .....</b>	<b>137</b>
Περιγραφή του Μοντέλου.....	137
SPLaS with Selectable Material Input Delay and Movement Material to Stock to Reform Delay .....	138
<b>Model for Commercial Ship's Voyage Fuel Consumption Estimation under different cruise conditions.....</b>	<b>147</b>
Εισαγωγή στο πρόβλημα «μελέτη της πλεύσης πλοίου».....	147
Προβλήματα στην αναλυτική προσέγγιση του προβλήματος.....	147
Model for Commercial Ship's Voyage Fuel Consumption Estimation: voyage condition 1 .....	149
Model for Commercial Ship's Voyage Fuel Consumption Estimation: voyage condition 2 .....	150
Model for Commercial Ship's Voyage Fuel Consumption Estimation: voyage condition 3.....	151
Ανασκόπηση των τριών προσομοιώσεων του Μοντέλου .....	152
<b>Συμπεράσματα .....</b>	<b>153</b>
<b>Επίλογος - Σκέψεις για μελλοντική έρευνα .....</b>	<b>154</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>155</b>
Ξένη Βιβλιογραφία .....	155
Ελληνική Βιβλιογραφία.....	157

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

### Δομή της Πτυχιακής Εργασίας

#### **Εισαγωγή:**

Ποικιλότητα και αβεβαιότητα στον φυσικό κόσμο  
Ανάλυση και Σύνθεση  
Η Μηχανιστική Σκέψη και η Αναλυτική σκέψη  
Το Σύστημα στην Αναλυτική Σκέψη – Η θεώρηση του Newton

#### **Συστήματα:**

Συστήματα και Υποσυστήματα  
Σύστημα: Μια αδιαίρετη ολότητα  
Σκοπός και βελτίωση ενός Συστήματος  
Σημασία της επίτευξης ελέγχου της συμπεριφοράς των συστημάτων

#### **DCSYM**

Μέθοδοι Αναπαράστασης Συστημάτων  
Ιεραρχική Αναπαράσταση και Σχολιασμός της Αποτελεσματικότητας της  
Δυσδιάστατη Οπτικοποίηση Συστήματος  
Μεθοδολογία DCSYM και DCSYM case tool  
Περιγραφή – Περιβάλλον – Σχόλια  
**Εφαρμογή της DCSYM στην A.C. & E. Hellas A.E.**  
Σκέψεις σχετικά με δυναμική μετεξέλιξη της DCSYM

#### **Συστημική Δυναμική**

##### **Εισαγωγή**

Μοντέλο

##### **Μεθοδολογία – Μέθοδος - Τεχνική**

Συστημική Δυναμική

#### **Vensim**

Παράδειγμα Σημείου Συσσώρευσης και Ροών Εισόδου και Εξόδου  
Μοντέλο προσομοίωσης 2 επικοινωνούντων σημείων συσσώρευσης  
με ρύθμιση των ροών  
Μοντέλο υπερχειλίσης  
Μοντέλο πώλησης υπό όρους  
Μοντέλο σημείων συσσώρευσης πλήρους γραμμής μετασχηματισμού  
1<sup>ο</sup> Μοντέλο πλήρους γραμμής μετασχηματισμού, αποθήκευσης και πώλησης  
2<sup>ο</sup> Μοντέλο πλήρους γραμμής μετασχηματισμού, αποθήκευσης και πώλησης

**Μοντέλο Single Production Line and Sales (SPLaS)**

Κοστολόγηση της παραγωγικής διαδικασίας της Γραμμής Παραγωγής  
Διαδικασία πωλήσεων των υλικών, που παράγονται από την Γραμμή Παραγωγής  
Διαμόρφωση τιμής πώλησης/ ζήτησης τεμαχίου  
Διαμόρφωση τιμής πώλησης τεμαχίου  
Διαμόρφωση Ζήτησης  
Μεταβλητές υπολογισμού εσόδων και κέρδους  
Μεταβλητές αξιολόγησης μεγεθών  
Πλήρες Μοντέλο  
Εξισώσεις ορισμού και συσχέτισης μεταβλητών

**Παρουσίαση αποτελεσμάτων προσομοίωσης**

Κόστος Γραμμής Παραγωγής  
Κόστος Γραμμής Παραγωγής και Γραμμή  
Κόστος - Γραμμή Παραγωγής - Πωλήσεις  
Πλήρης Προσομοίωση

**Αποτίμηση και Βελτίωση του μοντέλου**

Αποτίμηση του μοντέλου  
Προβλήματα και μέθοδοι βελτίωσης  
Μελλοντική βελτίωση

**Βελτίωση του Vensim PLE**

Εισαγωγή – Τεκμηρίωση της ανάγκης για χειρισμό του χρόνου στο Vensim PLE  
Υλοποίηση Μεταβλητής Χρόνου στο Vensim PLE  
Υλοποίηση «Ολίσθησης» Χρόνου στο Vensim PLE  
Υλοποίηση Συναρτήσεων Πραγματικού Χρόνου στο Vensim PLE  
Προσομοίωση του Αρχετύπου «Ανάδραση με Χρονική Υστέρηση»  
Μοντέλο Single Production Line and Sales (SPLaS) – Model with Systemic Time Handling  
Εισαγωγή στο «Μοντέλο για την εκτίμηση της κατανάλωσης εμπορικού πλοίου σε διαφορετικές συνθήκες πλεύσης»

**Συμπεράσματα****Επίλογος - Προτάσεις για μελλοντική έρευνα****Βιβλιογραφία - Αναφορές**

## Προσωπικές θέσεις και Καινοτομίες

Στην παρούσα εργασία έχουν αναπτυχθεί προσωπικές μας θέσεις αλλά και μέθοδοι σχετικά με θέματα απόμεινα της Συστημικής Σκέψης και των Συστημικών Μεθόδων και Συστημικών Εργαλείων.

Στο Κεφάλαιο 1 «ΕΙΣΑΓΩΓΗ» παρουσιάζουμε μια δομημένη θέση σχετικά με την ανάδυση της ανάγκης για προσάρτηση νέων προσεγγίσεων, θεωρήσεων, μεθόδων και μεθοδολογιών στην προσπάθεια για κατανόηση και διαχείριση όλο και πιο περίπλοκων και πολυπλεγμένων συστημάτων (σελίδες 16 έως 19).

Συνεχίζουμε με την «Συστημική Θεώρηση» της Αναλυτικής Σκέψης και της Νευτώνειας θεώρησης στην ενότητα «Το Σύστημα στην Αναλυτική Σκέψη» (σελίδες 21 έως 25).

Στο Κεφάλαιο 2 «ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ», στην ενότητα «Σκοπός και βελτίωση ενός Συστήματος» και κυρίως στην υποενότητα «Βελτίωση ενός Συστήματος» δομούμε με κατάλληλες αναφορές και συσχετίσεις τις θέσεις, οι οποίες περιέχονται και αναπτύσσονται στην εργασία μας «Systems and Systemic Operational Processes - The use of Macro and Micro Computing Process Models to Support Business Intelligence», Συνέδριο HSSS, Νοέμβριος 2019.

Στις ενότητες αυτές παρουσιάζονται και συνδέονται λογικά και λειτουργικά με την συστημική θεώρηση, που προτείνουμε, οι εισαγόμενοι όροι «Διεργασιακές Δομές» («Processing Structures»), «Διεργασιακές Ροές» («Process Flows»), «Διεργασιακές Ζεύξεις» («Processing Interfaces»), «στοιχειώδεις Διεργασιακοί Εκτελεστές» («Elementary Process Performers»).

Στο Κεφάλαιο 3 «DCSYM» και ειδικά στις ενότητες «Διεργασιακές Δομές», «Δυσδιάστατη Οπτικοποίηση Συστήματος», «Εφαρμογή της DCSYM στην A.C. & E. Hellas A.E.» και «Σκέψεις σχετικά με την δυναμική μετεξέλιξη της DCSYM» συνεχίζουμε την δόμηση και την λειτουργική τεκμηρίωση αυτής της προσέγγισής μας.

Στο Κεφάλαιο 5 «VENSIM» παρουσιάζουμε μια συνθετική προσέγγιση του προγράμματος σχεδιασμού, ανάπτυξης και υλοποίησης προσομοιώσεων Συστημικής Δυναμικής.

Στο Κεφάλαιο 6 «Single Production Line and Sales (SPLaS)» αναπτύσσεται βηματικά ολοκληρωμένη προσομοίωση μιας Γραμμής Παραγωγής, η οποία παράγει αντικείμενα ενός τύπου και αλληλεπιδρά με πολλαπλούς τρόπους με το περιβάλλον της (εισαγωγή υλικών, πωλήσεις παραγόμενων αντικειμένων).

Το συνολικό πρόβλημα/ αντικείμενο μελέτης αποδομείται αναλυτικά στα βασικά συστατικά του:

Υποσύστημα Παραγωγής Κόστους, που με την σειρά του αποτελείται από Υποσύστημα Φυσικών και Μηχανολογικών Υποδομών, το Υποσύστημα Κοστολόγησης Υλικών και το Υποσύστημα Ανθρώπινου Δυναμικού

Υποσύστημα Γραμμής Παραγωγής, που με την σειρά του αποτελείται από το Υποσύστημα Παραλαβής- Εισαγωγής Υλικών, το Υποσύστημα Μετασχηματισμού των Υλικών και το Υποσύστημα Διαχείρισης Παραγομένων Υλικών.

Υποσύστημα Παραγωγής Εσόδων, που με την σειρά του αποτελείται από το Υποσύστημα Ζήτησης και το Υποσύστημα Πώλησης.

**Τα Υποσυστήματα, τα οποία χρησιμοποιούμε, είναι «Διεργασιακές Δομές» ιδιαίτερα υψηλού επιπέδου (δηλαδή έχουμε επιλέξει πολύ μικρό βαθμό αναλυτικής αποδόμησης του αρχικού προβλήματος), αλλά διαπιστώνουμε την εντυπωσιακή αποτελεσματικότητα της Συστημικής Δυναμικής στην εκτίμηση της εξέλιξης των οικονομικών μεγεθών της δραστηριότητας σε σχέση με τις μεταβολές των παραμέτρων των Υποσυστημάτων, που επελέγησαν και συνδέθηκαν κατάλληλα (ακολουθώντας τις προτάσεις μας για τις «Διεργασιακές Ζεύξεις» των «Διεργασιακών Δομών»).**

Οι εξαιρετικά σύνθετοι έλεγχοι πλήθους τιμών μεταβλητών για τον παραμετρικό έλεγχο της συμπεριφοράς του πλήρους Συστήματος και των Υποσυστημάτων του λειτουργούν υποδειγματικά και έτσι αποδεικνύεται η εντυπωσιακή πληροφόρηση, η οποία αντλείται από μια αποτελεσματική προσομοίωση.

Η προσομοίωση έχει αναπτυχθεί έτσι ώστε το κάθε Υποσύστημα να μπορεί να λειτουργήσει ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα και να ενεργοποιούνται διακοπτικά οι «Διεργασιακές Ζεύξεις».

Στο Κεφάλαιο 9 «ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ VENSIM PLE» αναπτύσσεται με βηματικό τρόπο η κατά την άποψή μας σημαντικότερη καινοτομία της ανάπτυξης μεθόδου για τον Χειρισμό του πραγματικού χρόνου εξέλιξης ενός μοντέλου.

Εδώ πρέπει να τονίσουμε, ότι το λογισμικό Vensim PLE χρησιμοποιείται από πάρα πολλούς φοιτητές αλλά και μελετητές διεθνώς και η έλλειψη της δυνατότητας διαχείρισης του συστημικού χρόνου περιορίζει δραστικά και τις δυνατότητες ανάπτυξης προσομοιώσεων αλλά και τις δυνατότητες κατανόησης της σημασίας συστημικής δυναμικής.

Παρ' όλα αυτά πρέπει να αναφέρουμε, ότι, ακόμα και στην πλήρη έκδοση του Vensim, όπου υπάρχει η δυνατότητα «κλήσης» του συστημικού χρόνου, όταν γίνεται η σχετική «κλήση» της μεταβλητής «time», εμφανίζεται προειδοποιητικό πλαίσιο διαλόγου, το οποίο εφιστά την προσοχή του μελετητή, αν όντως επιθυμεί να χειρισθεί τον συστημικό χρόνο!

Ο λόγος της προειδοποίησης είναι, ότι εύλογα οι κατασκευαστές του Vensim επιθυμούν να αποτρέψουν από την ελεγχόμενη χρήση του συστημικού χρόνου, διότι κάτι τέτοιο ενέχει κινδύνους σε περίπτωση αλλίωση του κυρίως συστημικού χρόνου!

Στις σελίδες 112 έως 123 αναπτύσσονται πλήρη μοντέλα, τα οποία δημιουργούν συναρτησιακές εκφράσεις του συστημικού χρόνου, οι οποίες μπορούν να καταστούν δυνητικά πολύτιμες σχέσεις ελέγχου ροών εισόδου ή εξόδου σε σημεία συσσώρευσης συναρτησιακά εξαρτημένες από τον εξελισσόμενο συστημικό χρόνο του μοντέλου.

Αναπτύσσεται και παρουσιάζεται μέθοδος διαχείρισης της συμπεριφοράς υποσυστημάτων, των οποίων ο συστημικός χρόνος έπεται (**λειτουργία με χρονική υστέρηση – time delay**) ή προηγείται (**λειτουργία με χρονική προπορεία – time advance**) του συστημικού χρόνου του κυρίως Συστήματος.

Στις σελίδες 124 έως 138 παρουσιάζεται πλήρως ανεπτυγμένο το γνωστό Αρχέτυπο:

**«Ανάδραση Με Χρονική Υστέρηση» (Balancing Process with Delay)**

**Εκτός από την παραμετρικά ελεγχόμενη χρονική υστέρηση της ενεργοποίησης των Διεργασιακών Δομών του μοντέλου έχουν κατασκευαστεί και εφαρμόζονται στο μοντέλο συναρτησιακές εκφράσεις ελέγχου ροών όχι μόνο γραμμικές, αλλά και ημιτονοειδείς αλλά και βαθμωτές καθώς και σύνθετες εκφράσεις των προηγούμενων!!!**

Στις σελίδες 139 έως 148 παρουσιάζεται πλήρως ανεπτυγμένο το

**Μοντέλο Single Production Line and Sales (SPLaS) with time handling**

**Οι καινοτομίες**, οι οποίες υλοποιήθηκαν και συμπεριελήφθησαν στο μοντέλο περιγράφονται αναλυτικά στην ενότητα «Περιγραφή του Μοντέλου» στην σελίδα 150.

Παρουσιάζονται πολλαπλές εκτελέσεις του μοντέλου με διάφορες αρχικές συνθήκες και επιλογές παραμέτρων.

Στην συνέχεια 149 έως 153 γίνεται αναφορά στο **Μοντέλο Commercial Ship's Voyage Fuel Consumption Estimation** και παρουσιάζεται μια εμπειριστατωμένη αναφορά στο θεωρητικό υπόβαθρο, στην εφαρμοσμένη δυσκολία προσέγγισης του προβλήματος και στην αδυναμία διαμόρφωσης ευρέως εφαρμόσιμης αναλυτικής μεθόδου για την εξαγωγή αξιοποιήσιμων αποτελεσμάτων σχετικά με την κατανάλωση εμπορικού πλοίου σε διαφορετικές συνθήκες πλεύσης. Γίνεται ακόμα μια φορά αναφορά στην επιστημονική μας προσέγγιση για την εφαρμογή της ελάχιστης δυνατής αναλυτικής αποδόμησης του υπό διαχείριση προβλήματος και, τέλος, παρουσιάζονται πολλαπλές εκτελέσεις του μοντέλου με διάφορες αρχικές συνθήκες και επιλογές παραμέτρων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Ποικιλότητα και αβεβαιότητα στον φυσικό κόσμο

Ο φυσικός κόσμος αποτελείται από ένα απειροπληθές σύνολο πολυσύνθετων αντικειμένων, τα οποία συνεχώς αλληλεπιδρούν καθένα με όλα τ' άλλα με όλους τους δυνατούς τρόπους.

Όλοι αυτοί οι διαφορετικοί τρόποι αλληλεπίδρασης δεν γίνονται καν αντιληπτοί και πολύ περισσότερο κατανοητοί και το μόνο, που είναι αντιληπτικά προσιτό και κατανοήσιμο είναι κάποιες μόνο από τις μακροσκοπικές και εμπίπτουσες στις ανθρώπινες αισθήσεις συμπεριφορές των συστατικών του φυσικού κόσμου.

Η πολυπλοκότητα των συνεχόμενων αυτών αλληλεπιδράσεων μεταξύ όλων των εξαιρετικά ποικιλόμορφων και πολυσύνθετων συστατικών του φυσικού κόσμου προκαλεί ένα πλήθος επαγόμενων νέων αλληλεπιδράσεων, οι οποίες προκαλούν ακόμα μεγαλύτερη πολυπλοκότητα, αλλά και παράγωγη νέα ποικιλομορφία.

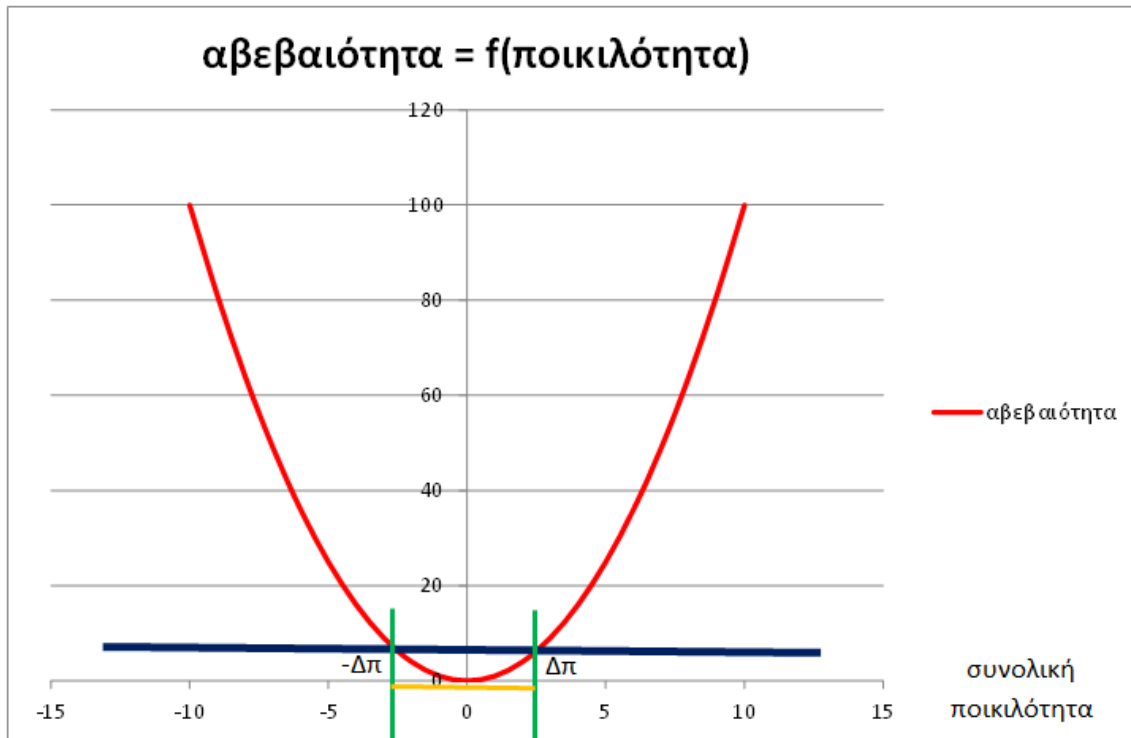
Ουσιαστικά η δυνατότητα αιτιοκρατικής πρόβλεψης της εξέλιξης της συμπεριφοράς ενός σώματος/ πολυσύνθετου αντικειμένου υπό την επίδραση όλων των υπολοίπων είναι αδύνατη.

Η μόνη περίπτωση επιτυχούς αιτιοκρατικής εξήγησης στην παραγωγή επαγόμενων καταστάσεων ή/ και συμπεριφορών προκύπτει σε μελέτες της συμπεριφοράς συστημάτων αποτελούμενων από ολίγιστο πλήθος μελών και αφού προηγουμένως έχουν θεωρηθεί ως ισχύουσες ένα πλήθος από προϋποθέσεις απλοποίησης της υφισταμένης πολυπλοκότητας, των ζεύξεων και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μελών τους και της αλληλεπίδρασης του εξεταζόμενου συστήματος με τα περιβάλλον.

Αυτό το γεγονός, θα οδηγούσε την συνείδηση και την αντίληψη του παρατηρητή/ μελετητή στο συμπέρασμα, ότι ο φυσικός κόσμος δεν χαρακτηρίζεται από αιτιοκρατική διασύνδεση επάλληλων καταστάσεων, οπότε και θα προέκυπτε η προφανής συνέπεια της αδυναμίας της άσκησης διαχειριστικού η/και τροποποιητικού ελέγχου στον φυσικό κόσμο.

Παρ' όλα αυτά **η υπεραπλουστευμένη αιτιοκρατική μελέτη και (δι)ερμηνεία των φυσικών φαινομένων**, μ' άλλα λόγια των αποτελεσμάτων των περίπλοκων και πολυποίκιλων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των εξόχως ποικιλομόρφων συστατικών του φυσικού κόσμου, **κατορθώνει και οδηγεί σε σταθερές και αποτελεσματικές διαχειριστικές και εφαρμοστικές διαδικασίες**, οι οποίες με την σειρά τους παράγουν πραγματικά, ακλόνητα και αντικειμενικά υφιστάμενα αποτελέσματα, τα οποία φυσικά ενισχύουν και εντείνουν την ποικιλομορφία και την ποικιλότητα του φυσικού κόσμου.

Η παρατήρηση και η συνειδητοποίηση αυτής της δεδομένης πραγματικότητας θα μπορούσε να θεωρηθεί, ότι προκύπτει από την παρακάτω θεώρηση:



Σχήμα 1: Διάγραμμα Αβεβαιότητας - Ποικιλότητας

Όταν η **συνολική ποικιλότητα** (πλήθος αλληλεπιδρώντων «αντικειμένων» και πλήθος των μεταξύ αυτών αλληλεπιδράσεων) του συστήματος των αλληλεπιδρώντων μερών του συστήματος είναι  $\leq 2 \Delta\pi$ , τότε η αβεβαιότητα σχετικά με την τελική συμπεριφορά του συστήματος βρίσκεται κάτω από το απώτατο όριο «ανοχής», οπότε το σύστημα συμπεριφέρεται αιτιοκρατικά, άρα «προβλέψιμα».

Για συνολική ποικιλομορφία μεγαλύτερη του προηγούμενου ορίου η επαγόμενη συνολική αβεβαιότητα αυξάνεται εκθετικά και η συμπεριφορά του συστήματος των αλληλεπιδρώντων μερών καθίσταται απρόβλεπτη.

Μέσα, λοιπόν, από την πιο πάνω σκιαγραφηθείσα αδυναμία κατανόησης και εντοπισμού των αιτιωδών σχέσεων, που οδηγούν στην μετεξέλιξη των πολύπλοκων και ποικιλόμορφων και απειροσζευγμένων συστημάτων και δη των βιολογικών, ανεφύη στα 1954 η Γενική Θεωρία Συστημάτων από τον Ludwig von Bertalanffy.

Στην εργασία αυτή θα προσπαθήσουμε να παρουσιάσουμε τις βασικές αρχές της σύγχρονης Συστημικής προσέγγισης των φαινομένων, τα οποία είναι οι αισθητηριακά αντιληπτές και αναμφισβήτητες και καταγράψιμες εκδηλώσεις εκ των αλληλεπιδρώντων συστημάτων, εν συνεχεία, να προσεγγίσουμε με κατάλληλα εργαλεία (DCSYM Case Tools) τις δομές αυτών των συστημάτων και τέλος να προσπαθήσουμε να βελτιώσουμε την αντίληψή μας για τις μη προβλέψιμες συμπεριφορές τους με την ανάπτυξη και χρήση αιτιωδών πλέον επιστημονικών και εφαρμοστικών μεθόδων (Συστημική Δυναμική), που, μέσω της σύνθεσης και εκτέλεσης μοντέλων προσομοίωσης των εξεταζόμενων Συστημάτων, επιτρέπουν την απλοποιημένη αλλά σημαντική εξαγωγή συμπεριφορικών αλλά και αποτελεσματικών συμπερασμάτων γι αυτά τα Συστήματα.



## Ανάλυση και Σύνθεση

Η φιλοσοφική διαδικασία, η οποία συνίσταται από δύο επάλληλα πλήρη και ουσιώδη τμήματα και είναι μια πανίσχυρη «μηχανή» διαχείρισης περίπλοκων και πολυσύνθετων καταστάσεων με σκοπό την επίτευξη επιθυμητού αποτελέσματος, αποτελεί ουσιαστικά εφεύρεση των αρχαίων Ελλήνων φιλοσόφων και χαρακτηρίζεται από την παράθεση των δύο επαλλήλων τμημάτων της:

### Ανάλυση και Σύνθεση

#### Ανάλυση

Η διαδικασία της Ανάλυσης προηγείται της όποιας δράσης για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος και εκκινεί από το επιθυμητό αποτέλεσμα A (ενδεχόμενα πολυσύνθετη κατάσταση χαρακτηριζόμενη από πλήθος συμπλεκόμενων φυσικών και λογικών συστατικών και αλληλεπιδράσεων).

Με διαδοχικά λογικά βήματα οπισθοδρομεί στον μη διανυθέντα ακόμα χρόνο, προς το 1<sup>ο</sup> προαπαιτούμενο βήμα  $\Pi_1$  (ενδεχόμενα πολυσύνθετη κατάσταση χαρακτηριζόμενη από πλήθος συμπλεκόμενων φυσικών και λογικών συστατικών και αλληλεπιδράσεων) προ του τελικού αποτελέσματος.

Αυτό το 1<sup>ο</sup> προαπαιτούμενο βήμα  $\Pi_1$ , αν υφίστατο, με την εφαρμογή δεδομένων και αιτιωδών διεργασιών, θα προκαλούσε το επιθυμητό αποτέλεσμα A

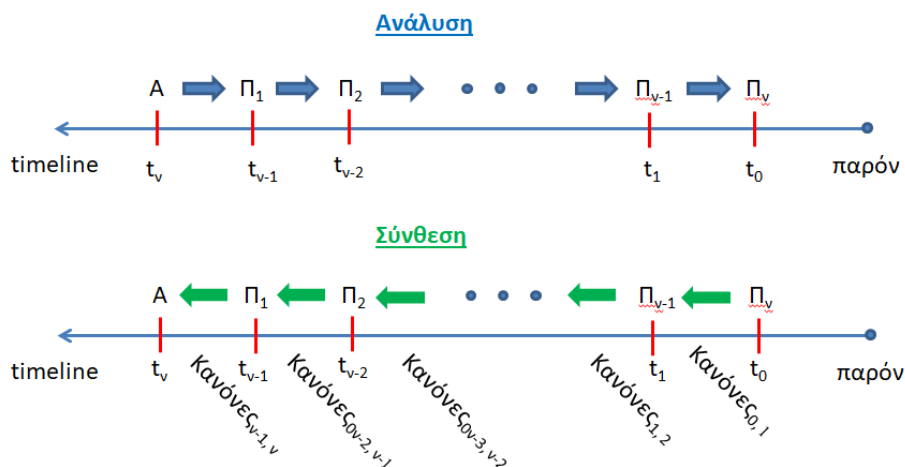
Εν συνεχεία, εκτελείται η ίδια διαδικασία με επιθυμητό αποτέλεσμα πλέον το  $\Pi_1$  και προαπαιτούμενο το  $\Pi_2$  (άλλη ομοίως ενδεχόμενα πολυσύνθετη κατάσταση χαρακτηριζόμενη από πλήθος συμπλεκόμενων φυσικών και λογικών συστατικών και αλληλεπιδράσεων), το οποίο, αν υφίστατο, με την εφαρμογή δεδομένων και αιτιωδών διεργασιών, θα προκαλούσε το επιθυμητό αποτέλεσμα  $\Pi_1$  και ούτω καθεξής.

Η οπισθοδρόμηση από το βήμα  $\Pi_k$  στο βήμα  $\Pi_{k+1}$  πραγματοποιείται με λογική εφαρμογή μιας σειράς δράσεων, όπου αυτή η σειρά των δράσεων είναι ακριβώς αντίστροφη από την σειρά των δράσεων, η οποία από το υφιστάμενο «βήμα»  $\Pi_{k+1}$  θα οδηγούσε στο βήμα  $\Pi_k$ .

Η διαδικασία της οπισθοδρόμησης αυτής ολοκληρώνεται, όταν προσεγγισθεί κατάσταση  $\Pi_v$  υπαρκτή/ διαθέσιμη και χρονικά κείμενη στο πραγματικό παρόν ή, πιο σωστά, στο επερχόμενο μέλλον, από την οποία μπορεί να εκκινήσει η ανάστροφη διαδικασία.

Η διαδικασία της Σύνθεσης είναι η διαδικασία, η οποία από το πλήρως αποδομημένο τελικό βήμα  $\Pi_v$  της Ανάλυσης, οδηγεί με την βηματική εφαρμογή αλγορίθμων μετασχηματισμού (οι οποίοι ενδεχόμενα περιέχουν και απλές έως πολλαπλές και πολυσύνθετες διαδικασίες ελέγχου και υπό όρους επιλογή μονοπατιών δράσης) στο βήμα  $\Pi_{v-1}$  και εντεύθεν στο βήμα  $\Pi_{v-2}$  και ούτω καθεξής μέχρι την επίτευξη της επιθυμητής κατάστασης  $A = \Pi_0$ .

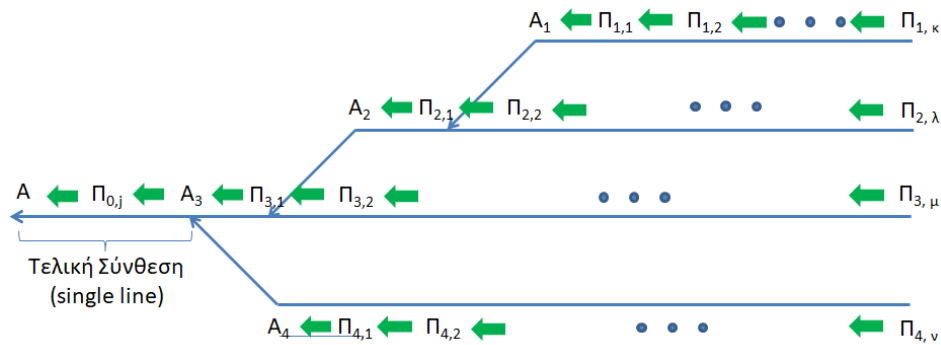
Η περίπτωση της απλής «σειριακής» Ανάλυσης και της παρεπόμενα «σειριακής» Σύνθεσης θα μπορούσε να αναπαρασταθεί με το παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 2: Σειριακή Ανάλυση και Σειριακή Σύνθεση

Στην πιο περίπλοκη αλλά, φυσικά, και πιο συνηθισμένη περίπτωση της βηματικής σύνθεσης της επιθυμητής/ στοχευόμενης κατάστασης από πολλαπλές ακολουθίες σειριακών συνθέσεων η διαδικασία της Ανάλυσης καθίσταται ιδιαίτερα περίπλοκη, καθώς πολλές φορές δεν ταυτοποιείται επαρκώς και μονοσήμαντα η οπισθοδρόμηση σε προηγούμενη κατάσταση.

### Σύνθεση «παράλληλων» υπο-συνθέσεων



Σχήμα 3: Παράλληλη Ανάλυση και Παράλληλη Σύνθεση

Από την περιπλοκότητα της «παράλληλης» πολυσυνθετικής διαδικασίας, όπου η κάθε μία «γραμμή σειριακής σύνθεσης» πληροί τις προϋποθέσεις που αναπτύξαμε νωρίτερα, προκύπτει η ιδιαίτερη δυσκολία να προβείς σε επιτυχή ανάλυση, καθώς στα σημεία, όπου η κάθε σειριακή διαδικασία διακλαδίζεται σε περισσότερους «αναλυτικούς απογόνους», ενδέχεται να μην υφίστανται επαρκείς κανόνες αποσύνθεσης/ διακλάδωσης της οπισθοδρομούσης κύριας σειριακής ακολουθίας σε άλλες, οι οποίες κατά την διαδικασία της Σύνθεσης θα την απέδιδαν μονοσήμαντα!

Σε μια τέτοια περίπτωση η επιτυχής αντίληψη και η διαχειριστική προσέγγιση του περίπλοκου αυτού συστήματος θα πρέπει να γίνει με άλλο τρόπο. Εδώ, λοιπόν, η Συστημική Σκέψη και Θεώρηση εμπλέκεται και δίνει σημαντική βοήθεια στους μελετητές και εφαρμοστές

## Η Μηχανιστική Σκέψη και η Αναλυτική Σκέψη

### Η Μηχανιστική Σκέψη (mechanistic perception)

Ο θεμελιωτής της σύγχρονης Αναλυτικής Σκέψης είναι ο Μαρκήσιος Rene Descartes (1596 – 1650), ο οποίος μεταξύ άλλων όρισε την Καρτεσιανή μέθοδο γνώσης ως ακολούθως:

Η Καρτεσιανή μέθοδος γνώσης έχει **τέσσερις κανόνες**:

- Καταρχήν, **δε δεχόμαστε κάτι ως αληθινό**, αν δεν υπάρχει εμφανής γνώση της αλήθειάς του.
- Κατόπιν **διαιρούμε** κάθε μια από τις δυσκολίες σε όσο το δυνατόν **περισσότερα μέρη**.
- Τρίτον, κατευθύνουμε τις σκέψεις μας με τρόπο παρατακτικό, **ξεκινώντας με τα απλούστερα** και τα ευκολότερα γνωστά αντικείμενα, για να καταλήξουμε σταδιακά στη γνώση των συνθέτων.
- και τέλος **επανελέγχουμε** τη συλλογιστική πορεία μας για να βεβαιωθούμε ότι δεν υπάρχουν παραλείψεις.

Η μηχανιστική σκέψη προσκολλάται στην **ανάλυση** και στην **αναγωγή**, καθώς ισχυρίζεται ότι όλα τα αντικείμενα και τα γεγονότα καθώς και οι ιδιότητές τους μπορούν να γίνουν κατανοητά με όρους γενικών και απόλυτων αρχών.

Αυτό οδήγησε στην θεώρηση, ότι **το σύμπαν είναι κατασκευασμένο από δομικά κομμάτια τακτοποιημένα σε μια ιεραρχία δημιουργώντας μια τεράστια μηχανή**.

Αυτή η θεώρηση κατευθύνει τους σπαδούς της στα ακόλουθα:

1. Διάσπαση του συνόλου σε επιμέρους υποσύνολα
2. Μελέτη των μεμονωμένων υποσυνόλων
3. Αναγωγή της αποκτηθείσας γνώσης στο σύνολο

Ο Καρτέσιος, αναπτύσσοντας μια εναλλακτική μεθοδολογία υποστήριξε, απορρίπτοντας την εμπειρία, ότι μόνο κριτήριο για την γνώση είναι η απόλυτη βεβαιότητα για την αλήθεια των προτάσεών μας. Βάση της μεθοδολογίας του είναι η λογική παραγωγή και η αξιωματική μέθοδος των μαθηματικών, που βασίζεται στην διανοητική ενόραση. Η εφαρμογή της καρτεσιανής μεθόδου κατακύρωσε τον μηχανιστικό κοσμοειδωλο και ορισμένες θεωρίες: το ότι κάθε σώμα έχει έκταση, το ότι δεν υπάρχει κενό, και το ότι η κίνηση επιτελείται μόνο μέσα από την άμεση σύγκρουση ή επαφή ενός σώματος με ένα άλλο. Το καρτεσιανό σύστημα ικανοποιούσε την μηχανιστική αντίληψη για το σύμπαν και αρκετές επιστημονικές αρχές, και κατέστη κυρίαρχο μέχρι την κατάρριψή του από τον Νεύτωνα.

## Το Σύστημα στην Αναλυτική Σκέψη

### Η θεώρηση του Newton

Η έννοια του Συστήματος και η χρησιμοποίησή του στην θεώρηση και μελέτη του Φυσικού Κόσμου έχει πατέρα τον υπέρλαμπρο διανοητή **Isaac Newton** (1643 – 1727).

Ο Newton έθεσε τις βάσεις της σύγχρονης Φυσικής και ασχολήθηκε με εντυπωσιακά αποτελέσματα με το «καυτό» πρόβλημα της επιστημονικής σκέψης της εποχής του, ήτοι την εξήγηση και μελέτη της κίνησης των ουρανίων σωμάτων.

Είναι δεδομένο, ότι **ο εκπληκτικός αυτός άνθρωπος αντελήφθη την απεριόριστη συνθετότητα και πολυπλοκότητα του προβλήματος, που επιθυμούσε να μελετήσει και εντόπισε την αδυναμία του να διαχειρισθεί και να μελετήσει συνολικά το σύνολο των αλληλεπιδρώντων ουρανίων σωμάτων.**

Οπότε πρώτος αυτός **εισήγαγε την ανάγκη της εφαρμογής απλουστευτικών περιορισμών στην θεώρηση του συνολικού προβλήματος**, μέχρι του σημείου όπου η απλούστευση αυτή δεν αλλοιώνει την παρατηρούμενη και, επομένως αδιαμφισβήτητη συμπεριφορά του συνόλου των αλληλεπιδρώντων σωμάτων.

**Το σύνολο των αλληλεπιδρώντων σωμάτων στις μελέτες του το ονόμασε Σύστημα** και έκτοτε ο όρος αυτός εντάχθηκε με αυτήν την κύρια σημασία στο λεξικό της Φυσικής αλλά και των υπολοίπων επιστημονικών και εφαρμοστικών τομέων.

Ο Newton, μολονότι κατενόησε πλήρως, ότι **το Σύστημα των αλληλεπιδρώντων σωμάτων εμφανίζει την** συνολικά παρατηρούμενη αλλά και υπολογιζόμενη και μαθηματικά προβλεπόμενη **συμπεριφορά του σαν απόρροια αυτής ακριβώς της συνεχούς αλληλεπίδρασης των μερών του (!!!)**, υποχρεώθηκε να προβεί σε κάποιες απλουστεύσεις, διότι χωρίς αυτές ήταν αδύνατη η μαθηματική προσομοίωση της συμπεριφοράς του Συστήματος.

Έτσι:

Για κάθε μελετώμενο Σύστημα, θεώρησε, ότι αυτό το Σύστημα ΔΕΝ δέχεται «εισροή» και επίδραση από άλλα Συστήματα (απομονωμένο Σύστημα).

Απλούστευσε την θεώρηση των μερών του Συστήματος θεωρώντας ότι τα αλληλεπιδρώντα σώματα χαρακτηρίζονται **μόνο** από το **ειδοποιό τους χαρακτηριστικό**, την **μάζα** τους και ότι οι διαστάσεις τους για την προκειμένη μελέτη δεν παίζουν σημαντικό ρόλο, οπότε εισήγαγε την κατά περίπτωση θεώρηση των υλικών σωμάτων ως **υλικά σημεία** και ότι, εκτός από την μάζα των υλικών σημείων, το άλλο θεμελιώδες φυσικό μέγεθος, που επιδρά στην συμπεριφορά του συστήματος είναι η **απόσταση** αυτών των υλικών σημείων.

Και, τέλος, συνέλαβε την **ιδέα** της αναγωγής της μετατόπισης καθενός εκ των μελετώμενων υλικών σημείων του Συστήματος σε ένα σύνολο πάρα πολύ μικρών (**απειροστών**) μετατοπίσεων, όπου στο τέλος της κάθε απειροστής μετατόπισης θεωρούσε, ότι εκκινούσε νέα προς μελέτη κατάσταση του Συστήματος των υλικών σημείων, καθώς αυτή η επισυμβαίνουσα απειροστή μετατόπιση άλλαζε το «μέγεθος» των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μερών του Συστήματος.

Με το «**μηχανικό του σύστημα**» ο Νεύτωνας πέτυχε να εκφράσει μια κατηγορία φυσικών φαινομένων στην γλώσσα των μαθηματικών και της λογικής και, μέσω αυτής, όχι μόνο να εξηγήσει πλήρως, αλλά και να προβλέψει με βεβαιότητα την δυναμική τους

Ενώ η παραπάνω θέση είναι ορθή και αδιαμφισβήτητη, καθώς οι Νόμοι του Νεύτωνα θεωρούνται πρακτικά ακλόνητοι στον υλικό κόσμο των συνήθων ταχυτήτων και των συνήθων φυσικών διαστάσεων, έχει δημιουργηθεί η άποψη, ότι :

Δημιούργησε την αντίληψη, ότι ο κόσμος μας είναι μια «οργανωμένη απλότητα» και δέσμευσε την επιστημονική δραστηριότητα στα χαρακτηριστικά μιας διαδικασίας, που επιδιώκει να αποκαλύψει και να διατυπώσει τους θεμελιώδεις και γενικούς νόμους, στους οποίους αυτή η οργανωμένη απλότητα υπακούει.

Και αυτή η αντίληψη θεωρήθηκε, ότι εξώθησε άλλους μελετητές στην επικέντρωση της προσοχής τους στον εξαντλητικό εντοπισμό και καθορισμό των απολύτως στοιχειωδών μερών ενός συστήματος και των σχέσεων αυτών των μερών και πολύ λιγότερο ή και καθόλου στην συμπεριφορά του πλήρους Συστήματος.

Γεγονός, το οποίο με την σειρά του οδήγησε στην παράβλεψη των αναδυομένων νέων συμπεριφορών του (υπερ)Συστήματος, οι οποίες απορρέουν από την διαρκή και διαρκώς μεταβαλλόμενη αλληλεπίδρασή του κάθε Συστήματος με όλα τα υπόλοιπα Συστήματα του περιβάλλοντός του.

### **Σύντομη Κριτική της Αναλυτικής Σκέψης και των μεθόδων της**

Ουσιαστικά καταλογίζεται στον Νεύτωνα και στην Αναλυτική σκέψη, ότι προσπάθησε να αναγάγει και να περιορίσει την θεώρηση και μελέτη του Φυσικού Κόσμου στην θεώρηση και μελέτη ανεξάρτητων και νομοτελειακά ολοκληρωμένων και «απομονωμένων» Υποσυστημάτων, τα αποτελέσματα της λειτουργίας των οποίων δεν επιδρούν συνεχώς και σημαντικά στην λειτουργία άλλων συζευγμένων με αυτά (υπο)Συστημάτων.

Δεν θεωρούμε, ότι είναι ορθή αυτή η προσέγγιση της Νευτώνειας θεώρησης, αλλά παρερμηνεύει την προσέγγιση του Νεύτωνα.

**Κατά την άποψή μας, ο Νεύτωνας με ολοκληρωμένο και τεκμηριωμένο τρόπο λειτουργεί σαν ο πρώτος μελετητής Συστημάτων, ο οποίος εφάρμοσε ισχυρά τεκμηριωμένη και επαναλήψιμη εξασθένιση (attenuation) της πολυπλοκότητας και της ποικιλομορφίας του μελετώμενου Συστήματος.**

Στην προσπάθειά του να κατορθώσει να κατανοήσει τις παρατηρούμενες και μετρούμενες συμπεριφορές, εκκινεί από το αρχικό μελετώμενο Σύστημα και «κατεβαίνει» «αναλυτικά» προς τα δομικά και λειτουργικά Υποσυστήματα του σε επαναλαμβανόμενα βήματα (downward causation), μέχρι να προσεγγίσει ένα «κατανοητό και διαχειρίσιμο Υποσύστημα».

Τότε διερμηνεύει την λειτουργία αυτού του απλοποιημένου (υπο)Συστήματος με επιτυχή προσομοίωση και αναπτύσσει νόμους, οι οποίοι διέπουν, εξηγούν και προβλέπουν την λειτουργία αυτού του (υπο)Συστήματος αναφοράς, καθώς με πειραματικές παρατηρήσεις και μετρήσεις επαληθεύεται η ορθή επιλογή της επιτελεσθείσας απλοποίησης και επιτυχούς προσομοίωσης του μελετώμενου (υπο)Συστήματος.

Οι νόμοι, που αφορούν το μελετηθέν (υπο)Σύστημα, γενικεύονται σε κατάλληλες περιπτώσεις, ώστε να «ανέβει» ο μελετητής σε υψηλότερο επίπεδο πιο περίπλοκων συζευγμένων (υπερ)Συστημάτων και ούτω καθεξής.

Η κατανόηση της λειτουργίας και του μηχανισμού παραγωγής των αποτελεσμάτων από την λειτουργία ενός Υποσυστήματος, μέρους ενός μεγαλύτερου Συστήματος θεωρούμε, ότι είναι αναγκαία, ώστε ο μελετητής. (δια)χειριστής του μεγαλύτερου Συστήματος (Υπερσυστήματος) να μπορεί να κατανοήσει την ανάδυση των νέων ιδιοτήτων και συμπεριφορών του Υπερσυστήματος δια της αλληλεπίδρασης των αποτελεσμάτων των Υποσυστημάτων του.

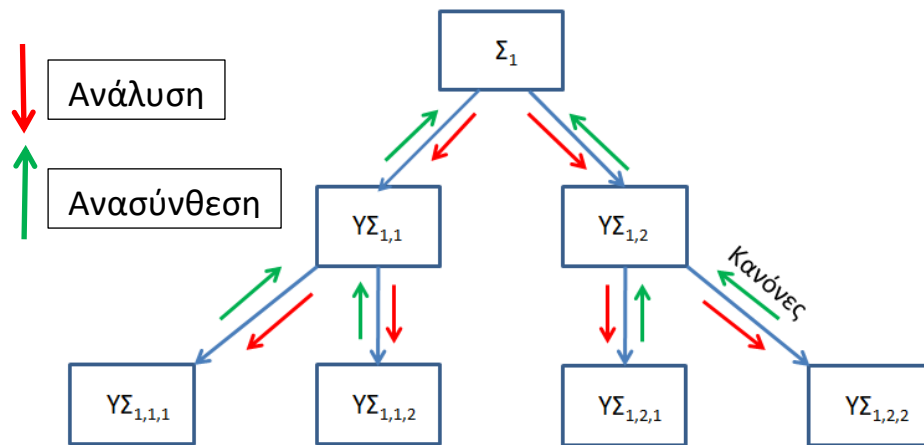
Το εύλογα αναμενόμενο πρόβλημα μιας τέτοιας προσέγγισης είναι, ότι η απόλυτα ελεγχόμενη νομοτελειακά ζεύξη των διερμηνευμένων Υποσυστημάτων με τα προκύπτοντα από την αλληλεπίδρασή τους Υπερσυστήματα καθίσταται εκθετικά δυσκολότερη και σε ελάχιστα βήματα δεν υπάρχει διαθέσιμος, κατανοητός και εφαρμόσιμος μηχανισμός νομοτελειακής προσέγγισης (upward causation) του αμέσως επομένου Υπερσυστήματος!

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να ανακόπτεται η πορεία «ανασύνθεσης» προς το αρχικό Υπερσύστημα, το οποίο, όπως εξηγήσαμε, διεσπάρθη (ανελύθη δηλαδή στα συστατικά του σε πολλά επαναλαμβανόμενα βήματα).

Εδώ, λοιπόν, δημιουργείται ένα εύλογο κενό κατανόησης και διαχείρισης, το οποίο αναγκαστικά δεν μπορεί να καλυφθεί από την «Νευτώνεια αναλυτική και (ανα)συνθετική προσέγγιση», που περιγράψαμε.

Στο παρακάτω σχήμα, όπου το Αρχικό Σύστημα αναλύεται σε ένα δυαδικό δένδρο, είναι καταφανής η περιπλοκή στην βηματική αιτιώδη διαδικασία ανασύνθεσης του Αρχικού Συστήματος από τα προσδιορισθέντα Υποσυστήματά του.

#### Αρχικό Σύστημα και Δυαδικό Δένδρο Υποσυστημάτων



Σχήμα 4: Αρχικό Σύστημα και Δυαδικό Δένδρο Υποσυστημάτων

Εάν η βηματική ανάλυση του Αρχικού Συστήματος σε Υποσυστήματα ακολουθεί πιο περίπλοκη δομή απ' αυτήν του δυαδικού δένδρου, τότε και η αιτιώδης αποσύνθεση αλλά και η ανασύνθεση του Αρχικού Συστήματος είναι εκθετικά πιο περίπλοκη και ενδεχόμενα αδύνατη.

Εάν, επιπρόσθετα, λάβουμε υπ' όψιν την ανάγκη, η οποία ικανοποιείται πολύ δύσκολα, για λήψη αδιαμφισβήτητων παρατηρήσεων, οι οποίες να επιβεβαιώνουν τις αιτιώδεις αποδομήσεις (ή και ανασυνθέσεις, όταν ανασυνθέτουμε Υπερσυστήματα από τα Υποσυστήματά τους), προκύπτει εφαρμοστική αδυναμία στην εξαντλητική τήρηση της διαδικασίας που περιγράψαμε.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα «ολικής ανάλυσης» είναι η κλασική ανάλυση ενός υλικού σώματος (Υπερσυστήματος) στα μικρότερα συστατικά του, που υπάρχουν ελεύθερα στην φύση, τα μόρια, τα οποία αποτελούν τα φυσικά απολύτως στοιχειώδη Υποσυστήματα του Αρχικού Συστήματος!

Όμως η ανασύνθεση του υλικού σώματος εκκινώντας από τα απολύτως στοιχειώδη συστατικά του ΔΕΝ είναι εφικτή ακολουθώντας μια «βηματική αιτιώδη (ανα)σύνθεση», όπως αυτή που παρουσιάσαμε προηγουμένως!

Έτσι τα γνωστής και κατανοητής δομής και σύζευξης και αλληλεπίδρασης ελάχιστα Υποσυστήματα (μόρια) του Αρχικού Συστήματος (υλικού σώματος), τελικά δεν αποτελούν την αφηρητή αιτιώδους ανακατασκευής του υλικού σώματος και, τελικά, ασχολούμαστε με το υλικό σώμα σε καθαρά μακροσκοπικό (ολιστικό) επίπεδο και, ενδεχόμενα, με τα αντιστοίχως μακροσκοπικά Υποσυστήματά του απόλυτα αντιληπτά, παρατηρήσιμα και διαχειρίσιμα.

Η επίγνωση, λοιπόν, ότι δεν είναι εφικτή η νομοτελειακή αναδόμηση ενός Συστήματος από τα Υποσυστήματά του, που προσδιορίζονται σε πολλά επαναλαμβανόμενα βήματα, απαιτεί να αναπτυχθούν άλλες μέθοδοι αντίληψης και διαχείρισης και εκτίμησης και ελέγχου των Συστημάτων.

## Συμπέρασμα

Ο Newton καταρρίπτει οριστικά τις προηγούμενες θέσεις του Καρτέσιου (μαθηματική ανάλυση προβλήματος σε απλές έννοιες και λογική δευτερογενών αληθειών βασισμένων σε αξιώματα και σε μεταφυσικές υποθέσεις με ανεπαρκή εμπειρικά θεμέλια).

Αναδεικνύει την σημαντικότητα και την ανάγκη της πραγματοποίησης παρατηρήσεων και πειραμάτων. Τα συνεπή πειραματικά αποτελέσματα (επαναλαμβανόμενα αποτελέσματα μέσα σε αποδεκτό εύρος αποκλίσεων) επαληθεύουν τις μαθηματικές προσεγγίσεις και αποτελούν την βάση για την συναγωγή γενικών συμπερασμάτων δια της **επαγωγής**.

Ο Newton επιδίδεται στην παραγωγή θεωρητικών προτάσεων, που συνάγονται από την συστηματική παρατήρηση, και οι οποίες είναι συνεχώς υπό αίρεση και το πλέγμα των γενικών νόμων που διατύπωσε, επέτρεψε στην παραγωγή προβλέψεων για τα φυσικά φαινόμενα, επιβεβαιώνοντας το εξηγητικό τους πλαίσιο και έδωσε σημαντική ώθηση στην αιτιοκρατική σκέψη (ντετερμινισμό).

Καταλήγει με συνθετικό τρόπο να οδηγείται στην κατανόηση του πλήρους Συστήματος και, επομένως, γνωρίζοντας την παραγωγή της συνολικής συμπεριφοράς του μπορεί να κατανοήσει και την σχέση της αναδυόμενης συμπεριφοράς του, που εκπηγάει από την συμπεριφορά και την αλληλεπίδραση των μερών του.

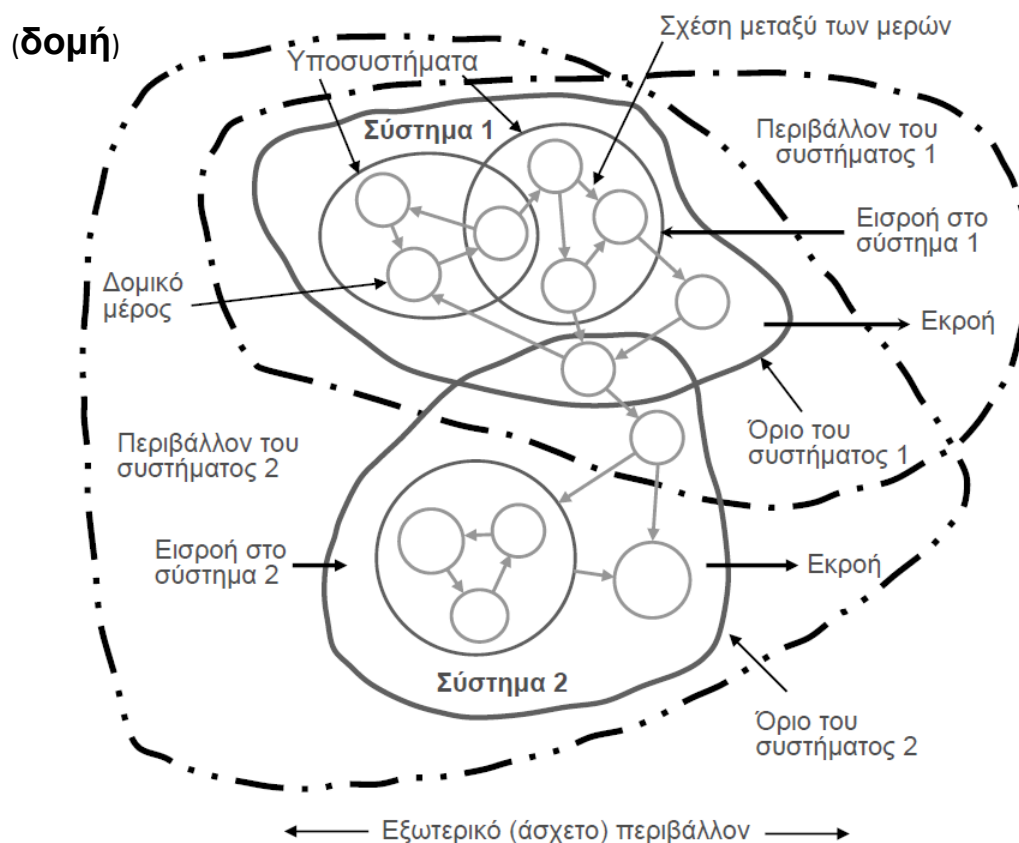
Οι σπινθηροβόλες αν και υποχρεωτικές επιλογές του Νεύτωνα, ώστε να μπορέσει να μελετήσει ένα δομικά και διαδραστικά υπερπερίπλοκο Σύστημα, μέσω της εξασθένησης (**attenuation**) της πολυπλοκότητας και της ποικιλομορφίας του μελετώμενου Συστήματος, αποτελούν την βάση για την ανάπτυξη και εξέλιξη μεθόδων αποτελεσματικής διαχείρισης των αιτιωδών ζεύξεων των συμπλεκόμενων Υποσυστημάτων ενός Συστήματος και αιτιοκρατικής ερμηνείας των αναδυόμενων συμπεριφορών των Συστημάτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

### Συστήματα και Υποσυστήματα

Σύστημα είναι ένα ενιαίο σύνολο, το οποίο έχει μια ή περισσότερες λειτουργίες (defining functions) και το οποίο αποτελείται από δυο ή περισσότερα ουσιώδη μέρη (essential parts).

1. Κάθε ουσιώδες μέρος του συστήματος μπορεί να επηρεάσει τη συμπεριφορά ή /και τις ιδιότητες του συνόλου.
- 2.
3. Κανένα από τα ουσιώδη μέρη δεν μπορεί να έχει ανεξάρτητη επίδραση στη βασική (εξ) λειτουργία (εξ) του συνόλου.
4. Όταν τα επιμέρους τμήματα του συστήματος οργανώνονται σε υποσυστήματα, έχουν τις ίδιες ιδιότητες με τα ουσιώδη μέρη.



Σχήμα 5: Συστήματα - Υποσυστήματα – Δομές - Συζεύξεις

Ως **δομή** ορίζεται το πρότυπο (σχέδιο) βάσει του οποίου συνδέονται τα στοιχεία ενός συστήματος.

Η δομή αναφέρεται στα πραγματικά στοιχεία και τις συσχετίσεις, που πρέπει αυτά να ικανοποιούν για τη συγκρότηση μίας συγκεκριμένης ενότητας (μονάδας).

Η αλληλεξάρτηση των στοιχείων προκαλεί την λειτουργική τους αλληλεπίδραση και συνεισφέρει στην επίτευξη κάποιου σκοπού ή κάποιας τελικής σταθερής κατάστασης ή κάποιας κατάστασης ισορροπίας.



## Ιεραρχίες: Υποσυστήματα & Υπερσυστήματα

Τα συστήματα είναι οργανωμένα σε ιεραρχίες **οργανωμένης πολυπλοκότητας**, όπου κάθε επίπεδο αποτελείται από διαφορετικά συστήματα.

Ένα σύστημα μικρότερης πολυπλοκότητας αποτελεί πάντα υποσύστημα συστήματος μεγαλύτερης πολυπλοκότητας.

Ένα σύστημα μπορεί να είναι ένα απλό στοιχείο ενός μεγαλύτερου συστήματος.

Σε σχέση με το σύνολο, τα επιμέρους στοιχεία χαρακτηρίζονται ως **υποσυστήματα** και σε σχέση με τα επιμέρους στοιχεία, το σύνολο χαρακτηρίζεται ως **υπερσύστημα**.

**Η διάκριση γίνεται με βάση το επίπεδο πολυπλοκότητας και δεν εκφράζει επίπεδα εξουσίας.**

### Υποσυστήματα

Μέρος ενός μεγαλύτερου συστήματος, που ορίζεται σε ένα υποσύνολο μεταβλητών αυτού.

Τα υποσυστήματα μπορεί να διακρίνονται από έναν παρατηρητή, αλλά μπορεί να διατηρούν την ταυτότητά τους και τα σύνορά τους ανεξάρτητα από αυτόν.

**Τα υποσυστήματα μπορούν να επικαλύπτονται.**

### Υπερσυστήματα

Ένα μεγαλύτερο σύστημα, που περιέχει το υπό εξέταση σύστημα μέσα σε ένα υποσύνολο μεταβλητών.

Το Υπερσύστημα παρέχει το «πλαίσιο» ορισμού και μελέτης του συστήματος.

Συστήματα, υπερσυστήματα και υποσυστήματα συνδέονται με μία σχέση στοιχείου - ολότητας.

Η πολυπλοκότητα σε κάθε σύστημα αυξάνει όσο ανερχόμαστε τα επίπεδα της ιεραρχίας των συστημάτων με την έννοια ότι κάθε σύστημα ενός επιπέδου αποτελείται από όλα των χαμηλότερων επιπέδων.

## Σχέση Αιτίας-Αιτιατού: Υπερσυστήματα - Υποσυστήματα

**Downward Causation:** Όλες οι διεργασίες κάθε επιπέδου της ιεραρχίας περιορίζονται και λαμβάνουν χώρα σύμφωνα με τους νόμους του αμέσως ανώτερου επιπέδου.

Οι νόμοι που κυβερνούν το σύνολο (whole) περιορίζουν τη συμπεριφορά των επιμέρους στοιχείων του.

**Upward Causation:** Η γνώση των νόμων, που διέπουν τα επιμέρους στοιχεία, οδηγεί στην εξαγωγή των νόμων, που διέπουν την συμπεριφορά του συστήματος στο σύνολό του.

## Αναδυόμενες ιδιότητες (Emergent properties)

Η πολυπλοκότητα σε κάθε σύστημα αυξάνει, όσο ανερχόμαστε τα επίπεδα της ιεραρχίας των συστημάτων με την έννοια, ότι κάθε σύστημα ενός επιπέδου αποτελείται από όλα των χαμηλότερων επιπέδων.

Σε κάθε επίπεδο προκύπτουν κάποιες νέες ιδιότητες, οι οποίες δεν υφίστανται στα κατώτερα επίπεδα και τις οποίες ονομάζουμε **αναδυόμενες ιδιότητες** (emergent properties). Οι ιδιότητες αυτές είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης των μερών του Συστήματος!

**Οι αναδυόμενες ιδιότητες των συστημάτων είναι το θεμελιώδες χαρακτηριστικό της ολιστικής και κατ' επέκταση της συστημικής θεώρησης.**

Ακριβώς λόγω των αναδυόμενων ιδιοτήτων, που προαναφέραμε, το Σύστημα σαν οντότητα είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα των μερών του!

### Σύστημα: Μια αδιαίρετη ολότητα

Ως Σύστημα λογίζεται συνολικά και αδιαίρετα και το σύνολο των μερών του και το σύνολο των ζεύξεων μεταξύ των μερών του και το σύνολο των προκαλούμενων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μερών του και οι αναδυόμενες ιδιότητες του συνόλου!

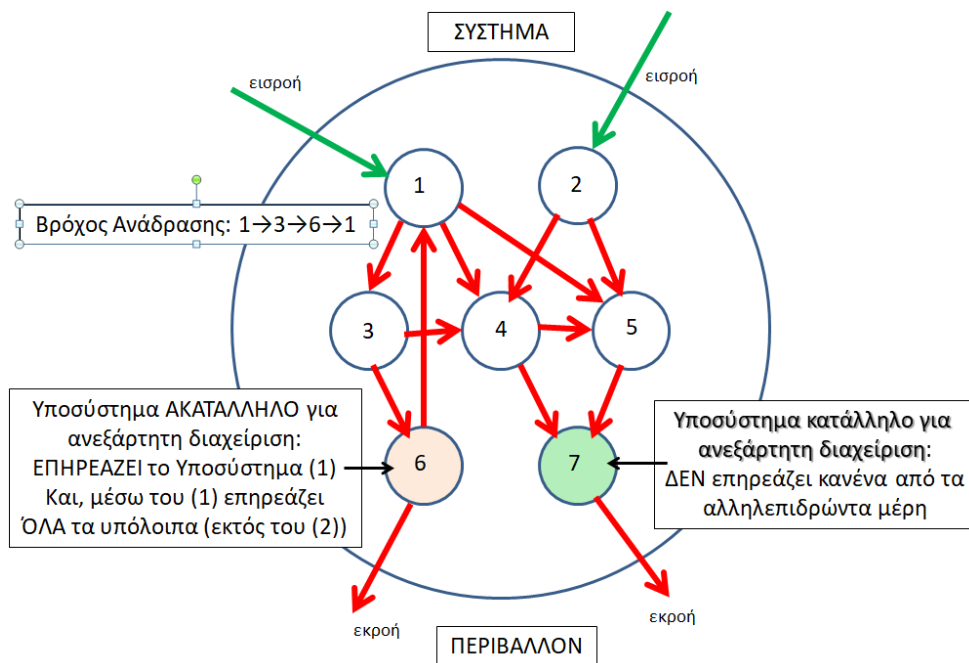
Ένα Σύστημα είναι ένα σύνολο, το οποίο δεν μπορεί να διαιρεθεί σε ανεξάρτητα μέρη (τμήματα).

Ως διαίρεση λογίζεται η μερική αλλοίωση ή και διακοπή των υφισταμένων αλληλεπιδράσεων των μερών προ της διαίρεσης!

Αυτή η μερική αλλοίωση ή και διακοπή των υφισταμένων αλληλεπιδράσεων των μερών προ της διαίρεσης προκαλεί την εξάλειψη των αναδυόμενων ιδιοτήτων, που εμφάνιζε το Σύστημα πριν την διαίρεσή του. Αν συνέβαινε αυτό, τότε τα προκύπτοντα μέρη δεν επιτελούν πλέον τις λειτουργίες, που επιτελούντο από το Σύστημα πριν την διαίρεσή του.

Παρ' όλα αυτά, για την κατανόηση και την αποτελεσματική διαχείριση ενός πολυσύνθετου Συστήματος απαιτείται, όπως σχολιάσαμε εκτεταμένα και στην εισαγωγή, η ενασχόλησή μας με κατάλληλα επιλεγμένα κατά περίπτωση Υποσυστήματα του συνολικού Συστήματος.

Ένα Υποσύνολο του μελετώμενου Συστήματος, το οποίο μπορεί να μελετηθεί αυτοτελώς ή/ και σαν ολότητα αποτελούμενη από λίγα αλληλεπιδρώντα μέρη (Υποσυστήματα), θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από τις απλούστερες δυνατόν ζεύξεις και μεταξύ αυτού και του υπολοίπου Συστήματος.



Σχήμα 6: Διεργασιακές Ροές

Τέτοια ιδανικά «ανεξάρτητα» Υποσυστήματα έχουν μόνο σειριακές (διεργασιακές) ζεύξεις

## Σκοπός και βελτίωση ενός Συστήματος

Η λειτουργία ενός Συστήματος αποσκοπεί στην επίτευξη ενός ή και περισσότερων σκοπών

Οι εκροές, οι οποίες προκύπτουν από το Σύστημα του προηγούμενου σχήματος, συνιστούν τα αποτελέσματα, τα οποία παράγονται από το Σύστημα και αντιλαμβάνεται το περιβάλλον του και, αν υφίστανται κατάλληλες ζεύξεις (στις οποίες οι εκροές αυτές καθίστανται εισροές σε άλλα συστήματα), αυτά τα αποτελέσματα προκαλούν αλληλεπιδραστικές «αντιδράσεις» στα συζευγμένα συστήματα.

Παρ' όλα αυτά, εκτός από τα «εξερχόμενα» αποτελέσματα, τα οποία ενδέχεται να επηρεάσουν το συζευγμένο περιβάλλον του Συστήματος, κατά την πολυσύνθετη «**Διεργασιακή Ροή**» (βλέπε Α.Δραγώνας, Συνέδριο HSSS 2019, «Systems and Systemic Operational Processes - The use of Macro and Micro Computing Process Models to Support Business Intelligence», Νοέμβριος 2019) ενδέχεται να προκληθούν και συνήθως προκαλούνται εσωτερικές αλλαγές στα Υποσυστήματα του Συστήματος ή/ και στις ζεύξεις αυτών!

Και αυτές οι αλλαγμένες δομές και ζεύξεις στο εσωτερικό του Συστήματος ανά στοιχειώδες τμήμα dt του παρερχόμενου Συστημικού Χρόνου αποτελούν νέες **καταστάσεις** του Συστήματος συνεχώς μεταβαλλόμενες!

### Το μηχανικό ρολόι

Το απλούστερο παράδειγμα ενός τέτοιου συστήματος, το οποίο **συνεχώς** αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του με συνεχείς διακριτές «εκροές» των υποσυστημάτων του, ενώ το ίδιο το σύστημα συνεχώς μεταπίπτει σε νέες (και όχι απαραίτητα διακριτές) καταστάσεις είναι το γνωστό μηχανικό ρολόι!

Αυτό, ενώ κατέχει με τις φυσικές του διαστάσεις συγκεκριμένη θέση του χώρου κατά την «έναρξη» του συστημικού χρόνου (ο χρόνος στον οποίον εξελίσσεται η παρατήρηση του συστήματος και των αλληλεπιδράσεων με το περιβάλλον του), παράγει οπτικώς αντιλήψιμο αποτέλεσμα από την αλλαγή της θέσης των δεικτών του και, συνήθως, διακριτό ακουστικώς αντιλήψιμο αποτέλεσμα από την επιλεγμένη ηχητική υπογραφή του ταλαντωτή του ή/ και των υποσυστημάτων του.

Η αντίληψη (εισροή) του οπτικού και του ακουστικού αποτελέσματος, που παράγει το μηχανικό ρολόι, επιτυγχάνεται από κατάλληλα δομημένα (μάτι, αυτί) και κατάλληλα συζευγμένα υποσυστήματα σε **κατάλληλες συνθήκες σύζευξης**, υφιστάμενη οπτική επαφή ματιού – ρολογιού και υπό κατάλληλη γωνία θέασης, ώστε να είναι ορατοί οι δείκτες του ρολογιού και ακουστική/ ηχητική σύζευξη αυτιού – ρολογιού με παραλαμβανόμενη από το αυτί ακουστική ενέργεια μεγαλύτερη ή ίση από το «κατώφλι ακουστότητας» του συγκεκριμένου «αυτιού».

Καθώς τα «συμβάντα αλληλεπίδρασης», που περιγράψαμε συνεχίζουν να εξελίσσονται κατά την πάροδο του (συστημικού) χρόνου, εσωτερικές δομές (υποσυστήματα) του ρολογιού αλλάζουν κατάσταση υπακούοντας σε υφιστάμενες ή/ και αναπροσαρμοζόμενες εσωτερικές «διεργασιακές ροές»:

Οι δείκτες του ρολογιού αλλάζουν θέση προκαλώντας συνεχώς μεταβαλλόμενες στρεπτικές ροπές στους συζευγμένους άξονες, τα εσωτερικά γρανάζια αλλάζουν τις σχετικές τους θέσεις προκαλώντας μεταβλητές επιβαρύνσεις στους άξονες, το συσπειρωμένο ελατήριο (αποθήκη μηχανικής ενέργειας) αποσυσπειρώνεται αποδίδοντας μηχανική ενέργεια στο ενεργοβόρο μηχανικό σύστημα του ρολογιού κλπ.

Επίσης υπό όρους το σύστημα – μηχανικό ρολοί δέχεται επιδράσεις από το περιβάλλον του, οι οποίες αλλάζουν την κατάστασή του:

Η **εξωτερική μηχανική (επι)δράση μεταβάλλει την φυσική του θέση στον χώρο**, η οποία αλλαγή επιδρά στην οπτική και ακουστική σύζευξή του με το περιβάλλον του, αλλά ΚΑΙ στις εσωτερικές (μηχανικές) δομές του ρολογιού, καθώς, λόγω αλλαγής της φυσικής θέσης του ρολογιού, μεταβάλλονται οι δυνάμεις και ροπές «συμπλοκής» των στοιχείων (διεργασιακών δομών - υποσυστημάτων) του μηχανισμού του και οι οποίες αλλαγές εξισορροπούνται από το ενυπάρχον «υποσύστημα ομοιόστασης», το οποίο εν προκειμένω είναι ο μηχανισμός αποθήκευσης ενέργειας και απόδοσής της σε ζήτηση (αλλαγή στις ενεργειακές απαιτήσεις του μηχανισμού)!

Άλλη εξωτερική μηχανική (επι)δράση συνιστά η μηχανική εισροή ενέργειας στο υποσύστημα ενέργειας του ρολογιού μέσω κατάλληλου μηχανισμού διασύνδεσης (interface), ο οποίος είναι το «κουρδιστήρι» και κατάλληλη και **μάλιστα μη γραμμική** παροχέτευση και αποθήκευση της εξωτερικά προσφερόμενης ενέργειας στο υποσύστημα αποθήκευσης της μηχανικής ενέργειας (συσπειρωμένο ελατήριο). Αυτή η παροχέτευση και αποθήκευση καθίσταται δυνατή μέσω της κατάλληλης **Διεργασιακής Ροής**, η οποία επισυμβαίνει στην κατάλληλη **Διεργασιακή Δομή** και στην περίπτωση του ρολογιού είναι καθαρά φυσικές μηχανικές δομές και (συ)ζεύξεις (**hardcoded subsystem and hardcoded process**).

#### **Ο σκοπός του μηχανικού ρολογιού**

Σύμφωνα με τα παραπάνω, θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε, ότι σκοπός του μηχανικού ρολογιού (συστήματος) είναι η παροχή (εκροή) οπτικών ή/ και ακουστικών δεδομένων στο περιβάλλον του.

Επομένως, η βελτίωση του εν λόγω Συστήματος θα μπορούσε να ορισθεί, ως η βελτιστοποίηση της παροχής αυτής της οπτικής ή/ και ακουστικής ροής δεδομένων.

Παρ' όλα αυτά, αν και ο σκοπός του Συστήματος αυτού ορίζεται εύκολα, ο ορισμός της «βελτίωσης» είναι πολύ πιο δύσκολος.

Στην συνέχεια, χρησιμοποιώντας αυτό το τόσο προσιτό παράδειγμα του μηχανικού ρολογιού, θα σκιαγραφήσουμε την θεώρηση της βελτίωσης ενός Συστήματος.

## «Βελτίωση» ενός Συστήματος

### Ορισμός της «βελτίωσης» ενός Συστήματος

Αμέσως εγείρεται το ερώτημα, αν η «βελτίωση» του συστήματος (πχ. του μηχανικού ρολογιού) είναι κάτι, που αφορά αυτό καθαυτό το σύστημα ή, τελικά, αυτό αφορά την αλληλεπίδραση του συστήματος με το περιβάλλον του.

Φυσικά μια δήλωση της μορφής «βελτίωση του μηχανικού ρολογιού» είναι δεδομένο, ότι αφορά το ρολόι και όχι την αλληλεπίδραση του με το περιβάλλον του.

Όμως τι σημαίνει «βελτίωση»;

Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι το «μηχανικό ρολόι» λογίζεται ως ένα σύστημα, **«βελτίωση» ενός συστήματος σημαίνει αλλαγή της κατάστασης του συστήματος, ώστε το αποτέλεσμα που παράγεται από την λειτουργία του, να προσεγγίζει το στοχευόμενο αποτέλεσμα με μικρότερη απόκλιση, απ' όσο το αποτέλεσμα του συστήματος στην αρχική του κατάσταση προσεγγίζει το στοχευόμενο αποτέλεσμα.**

Φυσικά, για να υπάρχει περιθώριο «βελτίωσης», όπως αυτή ορίσθηκε παραπάνω, αυτό σημαίνει, ότι η υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος («μηχανικό ρολόι») κατά την λειτουργία της αποδίδει ως τελική «εκροή» αποτέλεσμα, το οποίο εμφανίζει απόκλιση από το στοχευόμενο αποτέλεσμα.

Η αλλαγή της κατάστασης ενός συστήματος προκύπτει από:

- Την αλλαγή ζεύξης των μερών του (Διεργασίες η/ και Διεργασιακές Δομές)

ή/ και

-Την αλλαγή των μερών του

Η αλλαγή των μερών του συστήματος προκαλεί εγγενώς αλλαγές στις ζεύξεις μεταξύ τους

Οι παραπάνω αλλαγές στο σύστημα προκαλούν εν γένει αποτέλεσμα (από την λειτουργία του) διαφορετικό από το αποτέλεσμα, που προκύπτει από την λειτουργία του αρχικού συστήματος.

Παρ' όλα αυτά ενδέχεται το σύνολο των αλλαγών, που υιοθετήθηκαν, να «παράγει» αποτέλεσμα ΙΣΟ με το αποτέλεσμα, που προκύπτει από το αρχικό σύστημα, οπότε, σε μια τέτοια περίπτωση, προφανώς το πλήθος των αλλαγών δεν προκάλεσε αλλαγή στην συμπεριφορά του συστήματος!

Αν στην παραπάνω ανάλυση προσθέσουμε το διαθέσιμο πλήθος αλλαγών με στοιχειώδες βήμα αλλαγής (ουσιαστικά ο πληθάρθμος του χώρου καταστάσεων του συστήματος), τότε οδηγούμαστε στο συμπέρασμα, ότι η αξιολόγηση των επικείμενων αλλαγών χαρακτηρίζεται από σχεδόν απειριζόμενη αβεβαιότητα, όσον αφορά το αποτέλεσμα, που θα προκύψει μετά την εφαρμογή της εξεταζόμενης αλλαγής!!!

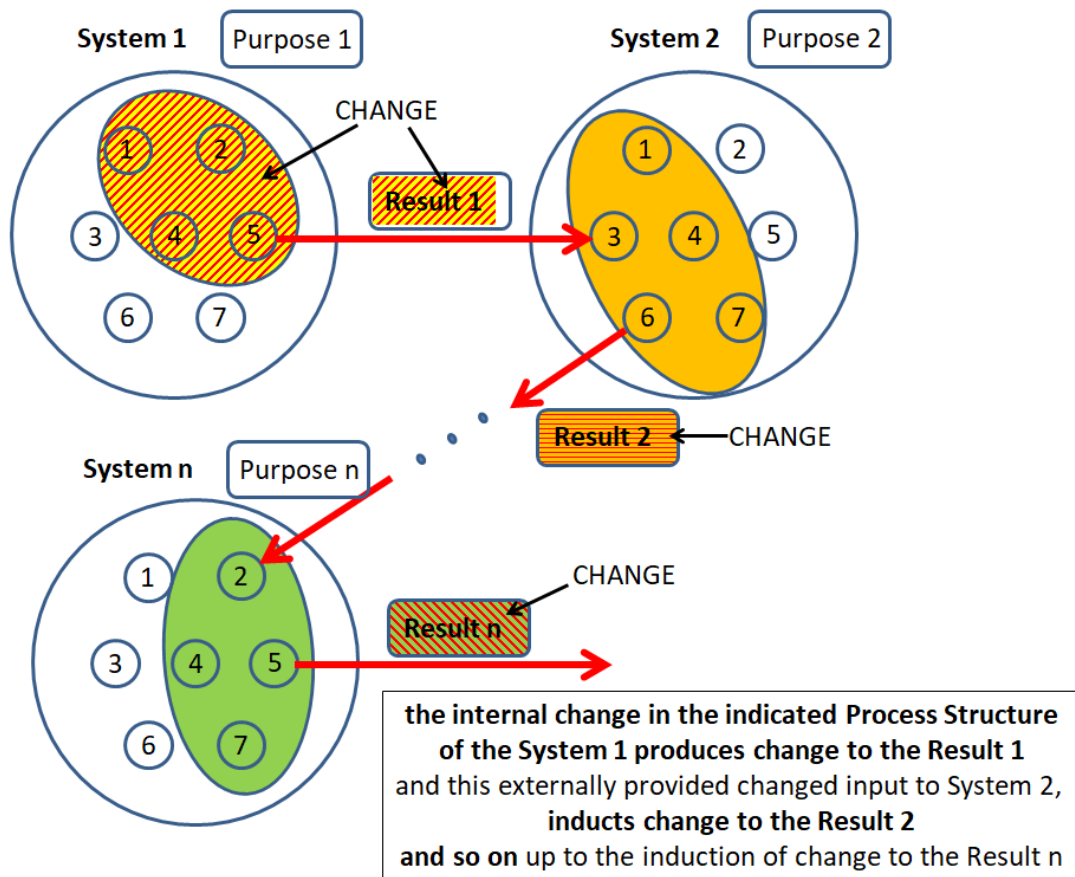
Είναι, λοιπόν, δεδομένο, ότι, καθώς ουσιαστικά απαιτείται να λαμβάνονται οι «καλύτερες αποφάσεις» για να επιτευχθεί «βελτίωση του συστήματος», πρέπει να αναπτυχθεί μια μεθοδολογία περιορισμού των απειροπληθών διαθέσιμων αλλαγών του αρχικού συστήματος, διότι ΔΕΝ είναι δυνατόν να εκτελεσθεί ένα πλήθος δοκιμών και μετρήσεων του αποτελέσματος των αλλαγών ακόμα και μόνον εξαιτίας του χρόνου που απαιτείται για το πλήθος των δοκιμών, αν και ακόμα σημαντικότερος αποτρεπτικός παράγοντας για απειροπληθείς δοκιμές είναι η ουσιαστική απεμπλοκή του μεταβαλλόμενου συστήματος από την **Διεργασιακή Δομή** ενός Υπερσυστήματος, στο οποίο αυτό συμμετέχει.

Οδηγούμαστε, λοιπόν, στο συμπέρασμα, ότι η επιλογή οποιασδήποτε αλλαγής ενός (υπο)συστήματος για την επίτευξη διαφορετικού σκοπούμενου αποτελέσματος ΔΕΝ μπορεί να προκύψει σαν αποτέλεσμα φυσικών δοκιμών, αλλά μόνο σαν αποτέλεσμα εκτίμησης με την χρήση προσομοίωσης Συστημικής Δυναμικής και σπανιότατα με την χρήση συγκεκριμένων αλγορίθμων επιλογής.

### Στοχευόμενο αποτέλεσμα ενός συστήματος και επίδραση στο περιβάλλον του

Όπως ήδη φάνηκε από το παράδειγμα, που χρησιμοποιούμε σαν αναφορά, αλλά και όπως όλοι αντιλαμβανόμαστε από την εμπειρία μας, **ο σκοπός ενός συστήματος, δηλαδή το αποτέλεσμα εκ της λειτουργίας του συστήματος κάτω από μεταβαλλόμενες αρχικές συνθήκες (εισροές από το περιβάλλον του) και με δεδομένη την εσωτερική του Διεργασιακή Δομή, έχει επίδραση στο περιβάλλον του.**

Αυτό συμβαίνει, εφ' όσον ένα τουλάχιστον υποσύστημα του εξεταζόμενου συστήματος αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του με μια τουλάχιστον «εκροή» του να αποτελεί «εισροή» σε ένα τουλάχιστον συζευγμένο υποσύστημα του περιβάλλοντος του αρχικού συστήματος. Τότε η κατά περίπτωση μεταβαλλόμενη εκροή εκ του αρχικού συστήματος επηρεάζει (ως εισροή) κάθε άλλο άμεσα συζευγμένο με αυτό σύστημα του περιβάλλοντός του.



**Σχήμα 7: Επίδραση του αποτελέσματος ενός Συστήματος στο Περιβάλλον του**

Από το σχήμα φαίνεται η διάδοση των αλλαγών κατά την φορά των **διεργασιακών ζεύξεων** στο σύνολο των συζευγμένων (υπο)συστημάτων, οπότε καθίσταται υποχρεωτική η ανάγκη για έλεγχο και των αλλαγών και των συνεπειών τους.

## **Σημασία της επίτευξης ελέγχου της συμπεριφοράς των συστημάτων**

Όπως κατέστη καταφανές, από όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, η θεμελιώδης σημασία της Συστημικής Σκέψης και Θεώρησης προκύπτει από την ανάγκη για καλύτερη αντίληψη της λειτουργίας των περίπλοκων συστημάτων, των εσωτερικών τους Διεργασιακών Δομών, των αποτελεσμάτων που προκαλεί η λειτουργία τους, των συζεύξεών τους με το περιβάλλον, και, κυρίως των αλληλεπιδράσεων τους.

Η επίτευξη σε επαρκή βαθμό αυτής της κατανόησης συζητήθηκε εκτεταμένα στο προηγούμενο κεφάλαιο, όπου φάνηκε, ότι η ελάχιστη αλλαγή του περιβάλλοντος, είτε εσωτερική – Διεργασιακή ή/ και εξωγενής, δηλαδή αλλαγή των εισροών από το περιβάλλον, προκαλεί επαγόμενες αλλαγές σε όλα τα συμπεπλεγμένα υποσυστήματα και αλλάζει όλα τα αποτελέσματα των υποσυστημάτων αυτών και, φυσικά, αλλάζει και το αποτέλεσμα (εκροή) του εξεταζόμενου συστήματος.

Αυτό σημαίνει, ότι, **αν είναι επιθυμητή η επιλεγόμενη επίτευξη ομοιόστασης ή η κατευθυνόμενη και επιλεγόμενη αποτελεσματικότητα**, μ' άλλα λόγια, αν είναι επιθυμητό το ολοκληρωμένο σύστημα να διατηρεί την «ίδια συμπεριφορά» ή να επιτυγχάνεται από το σύστημα επιλεγόμενο αποτέλεσμα ανεξάρτητα από τις αλλαγές του περιβάλλοντός του ή/ και από τις ενδεχόμενες εσωτερικές – Διεργασιακές αλλαγές, **θα πρέπει να υπάρχει μια ολοκληρωμένη διαδικασία δυναμικής εξισορρόπησης του συστήματος**.

Αυτή η διαδικασία ή, καλύτερα, μεθοδολογία ή προσέγγιση θα μπορούσε να αποκληθεί **λειτουργική ευφυΐα** (operational intelligence) και στην πράξη έχει επικρατήσει να χρησιμοποιείται ο όρος «**επιχειρηματική ευφυΐα**» (Business Intelligence), καθώς εύλογα η ισχυρή απαίτηση για τέτοια **ικανότητα για προσαρμοστικότητα των συστημάτων** αναφέρεται συνεχώς σε κάθε επιχειρηματική δραστηριότητα, στον τομέα δηλαδή όπου η συνθετότητα και η πολυσυμπλοκή των αλληλεπιδρώντων συστημάτων θα δημιουργούσε εκθετική αβεβαιότητα και αδυναμία πρόβλεψης και λήψης αποφάσεων.

Η ανάπτυξη της θεωρητικής, νοητικής και συλλογιστικής υποδομής και, εν συνεχεία, της διεργασιακής μεθοδολογίας και των εργαλείων για την υποστήριξη των μηχανισμών επίτευξης της κατά περίπτωση επιθυμητής ελεγχόμενης συμπεριφοράς αποτελεί ένα ολόκληρο επιστημονικό και εφαρμοστικό τομέα και ξεφεύγει τελείως από τους στόχους της παρούσης εργασίας.

Στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε εν συντομία δύο τομείς της Συστημικής και θα αναπτύξουμε σε κάποιο βαθμό την «τεχνολογία» DCSYM και εν συνεχεία τις αρχές της Συστημικής Δυναμικής, που ο συνδυασμός τους υποστηρίζει αποτελεσματικά την «επιχειρηματική ευφυΐα».

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: DCSYM

### Μέθοδοι Αναπαράστασης Συστημάτων

Η οπτικοποίηση ενός εξεταζομένου συστήματος είναι πολύ σημαντικό εργαλείο για την κατανόηση των εσωτερικών του δομών (μέρη του συστήματος) και των ζεύξεων τους.

#### Μέρη του συστήματος

*Σύστημα είναι ένα ενιαίο σύνολο, το οποίο έχει μια ή περισσότερες λειτουργίες (defining functions) και το οποίο αποτελείται από δυο ή περισσότερα ουσιώδη μέρη (essential parts).*

1. Κάθε ουσιώδες μέρος του συστήματος μπορεί να επηρεάσει τη συμπεριφορά ή /και τις ιδιότητες του συνόλου.
2. Κανένα από τα ουσιώδη μέρη δεν μπορεί να έχει ανεξάρτητη επίδραση στη βασική (εξ) λειτουργία (εξ) του συνόλου.
3. Όταν τα επιμέρους τμήματα του συστήματος οργανώνονται σε υποσυστήματα, έχουν τις ίδιες ιδιότητες με τα ουσιώδη μέρη.

Ως **δομή** ορίζεται το πρότυπο (σχέδιο) βάσει του οποίου συνδέονται τα στοιχεία ενός συστήματος.

Η δομή αναφέρεται στα πραγματικά στοιχεία και τις συσχετίσεις, που πρέπει αυτά να ικανοποιούν για τη συγκρότηση μίας συγκεκριμένης ενότητας (μονάδας).

Η αλληλεξάρτηση (ζεύξη) των στοιχείων προκαλεί την λειτουργική τους αλληλεπίδραση και συνεισφέρει στην επίτευξη κάποιου σκοπού ή κάποιας τελικής σταθερής κατάστασης ή κάποιας κατάστασης ισορροπίας.

#### Διεργασιακές Δομές

Οι **Διεργασιακές Δομές** είναι λειτουργικά υποσύνολα αποτελούμενα εκ συζευγμένων μερών του εξεταζόμενου Συστήματος, όπου τα συζευγμένα αυτά μέρη αλληλεπιδρούν σύμφωνα με δεδομένη και συγκεκριμένη διεργασία, η εκτέλεση της οποίας από τα μέρη αυτά (**στοιχειώδεις διεργασιακοί εκτελεστές**) παράγει ελεγχόμενο (μέσω της διαδικασίας) και στοχευόμενο ενδιαίμεσο αποτέλεσμα (partial result).

Αυτό το μερικό αποτέλεσμα αποτελεί εισροή σε επάλληλη **Διεργασιακή Δομή** και εν τέλει το εξεταζόμενο Σύστημα παράγει αποτέλεσμα, το οποίο τείνει στο εξ αρχής στοχευόμενο αποτέλεσμα.

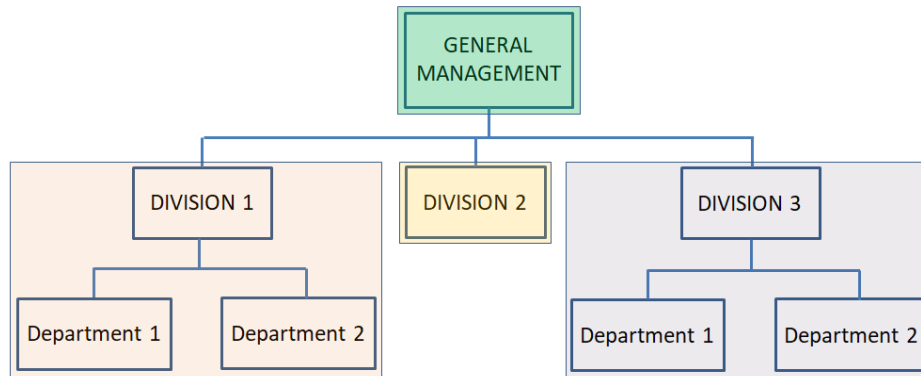
Όπως προκύπτει άμεσα από την παραπάνω προσέγγιση, τα μέρη ενός Συστήματος ανασυνδυάζονται δημιουργώντας κατάλληλες **Διεργασιακές Δομές** με σκοπό να εκτελέσουν επιλεγμένες Διεργασίες, ώστε να παραχθούν επιλεγμένα (ενδιάμεσα) αποτελέσματα.

Αυτός ο ανασυνδυασμός των μερών του Συστήματος επιτάσσεται από ένα κατάλληλο Σύστημα Λήψης Αποφάσεων, το οποίο είτε υπάρχει ενσωματωμένο στις φυσικές δομές των μερών του Συστήματος (πχ συζευγμένα γρανάζια και λήψη ενέργειας από το συσπειρωμένο και μη γραμμικά αποσυσπειρούμενο ελατήριο) είτε δομείται εκτός του Συστήματος, αλλά συζευγνύεται σε «αισθητηριακό» επίπεδο με αυτό και τις επισυμβαίνουσες αλλαγές συνθηκών και σκοπούμενων αποτελεσμάτων.



## Ιεραρχική Αναπαράσταση και Σχολιασμός της Αποτελεσματικότητας της

### Ιεραρχική «τμηματοποίηση» μιας επιχείρησης (organization)



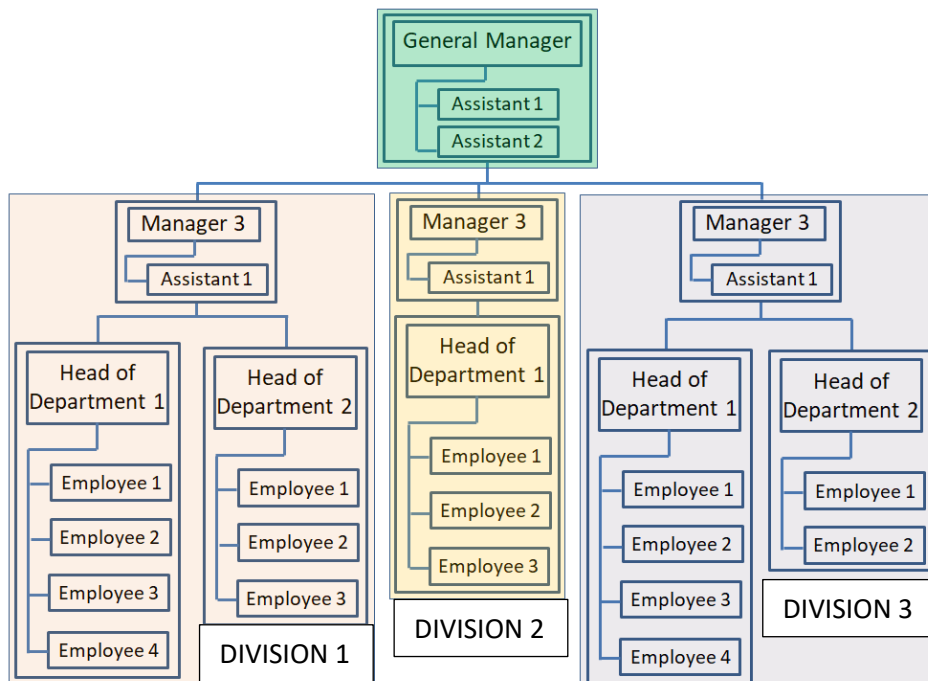
Σχήμα 8: Ιεραρχική «τμηματοποίηση» μιας επιχείρησης (organization)

Στην ιεραρχική δομή τα υπερκείμενα στοιχεία ασκούν (ή, καλύτερα, μπορούν να ασκήσουν) έλεγχο επί όλων των υποκειμένων όπως και έχουν το δικαίωμα εντολοδότησης των υποκειμένων τμημάτων.

Στην παραπάνω «τμηματοποιημένη» Ιεραρχική Δομή τα υπερκείμενα τμήματα της δομής αυτής «περιέχουν» όλα τα υποκείμενα κυρίως υπό το πρίσμα του ελέγχου και της εντολοδότησης και λιγότερο υπό το πρίσμα της συμπερίληψης ως υποσυνόλου.

Ο χρωματικός κώδικας χρησιμοποιείται εδώ για την διάκριση των υποσυστημάτων του οργανισμού.

Η παραπάνω ιεραρχική δομή εμφανίζει τα τμήματα του Οργανισμού εφοδιασμένα (populated) με συζευγμένες λειτουργικές μονάδες (linked essential parts), είτε αυτές είναι «τμήματα» είτε άτομα!



## Δυσδιάστατη Οπτικοποίηση Συστήματος

Οι «**Διεργασιακές Δομές**» αποδίδουν σχηματικά και λογικά τα κατάλληλα επιλεγμένα υποσύνολα του Συστήματος, τα οποία εκτελούν μια δεδομένη Διεργασία και έχουν σαν συζευγμένα μέρη τους («**Στοιχειώδεις Διεργασιακούς Εκτελεστές**») κατάλληλα επιλεγμένα μέρη του Συστήματος.

Οι όροι αυτοί δημιουργήθηκαν (και εμφανίζονται και στην εργασία μας, που παρουσιάστηκε στο 17<sup>ο</sup> Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρίας Συστημικών Μελετών, Πειραιάς 29 και 30 Νοεμβρίου 2019: «**Systems and Systemic Operational Processes The use of Macro and Micro Computing Process Models to Support Business Intelligence**»), για να περιγράψουν την επιλεκτική σύζευξη μερών του Συστήματος, ώστε να δημιουργηθεί, όταν χρειασθεί, ένα «λειτουργικό υποσύνολο» («**Διεργασιακή Δομή**»), το οποίο θα παράξει με την λειτουργία του στοχευμένο αποτέλεσμα, το οποίο στην συνέχεια θα αποτελέσει «είσοδο» σε επάλληλες «**Διεργασιακές Δομές**» κλπ.

Αποκαλέσαμε «**Στοιχειώδεις Διεργασιακούς Εκτελεστές**» τα κατάλληλα επιλεγμένα μέρη, που συνθέτουν κάθε **Διεργασιακή Δομή**. Αυτά τα μέρη είναι υποσύνολα του εξεταζομένου Συστήματος, αλλά ΔΕΝ είναι απαραίτητα μέρη «ιδίου επιπέδου αποσύνθεσης» (decomposition level) του αρχικού Συστήματος.

Μπορεί, δηλαδή, στο παράδειγμά μας, ένα στοιχείο της **Διεργασιακής Δομής** να είναι Τμήμα του Οργανισμού, ενώ ένα άλλο στοιχείο της **Διεργασιακής Δομής** συζευγμένο με το προηγούμενο, να είναι απλό άτομο (employee) ή ολόκληρη διεύθυνση (division).

Όπως έχει πολλές φορές μέχρι τώρα φανεί και στα σχήματα, που έχουμε παραθέσει, η αποτυπωμένη με «βέλη» «**Διεργασιακή Ζεύξη**» των «**Στοιχειωδών Διεργασιακών Εκτελεστών**» αποδίδει γραφικά το νόημα της «**Διεργασιακής Ροής**», η οποία επιτελείται, για να παραχθεί ΕΝΑ σκοπούμενο αποτέλεσμα!

Είναι φανερό, ότι οι συμβατικές ιεραρχικές δομές είναι δομές, οι οποίες παρουσιάζουν οπτικοποιημένα «διαύλους εντολοδότησης», αλλά ΔΕΝ παρουσιάζουν απαραίτητα και «ροές εντολοδότησης»!

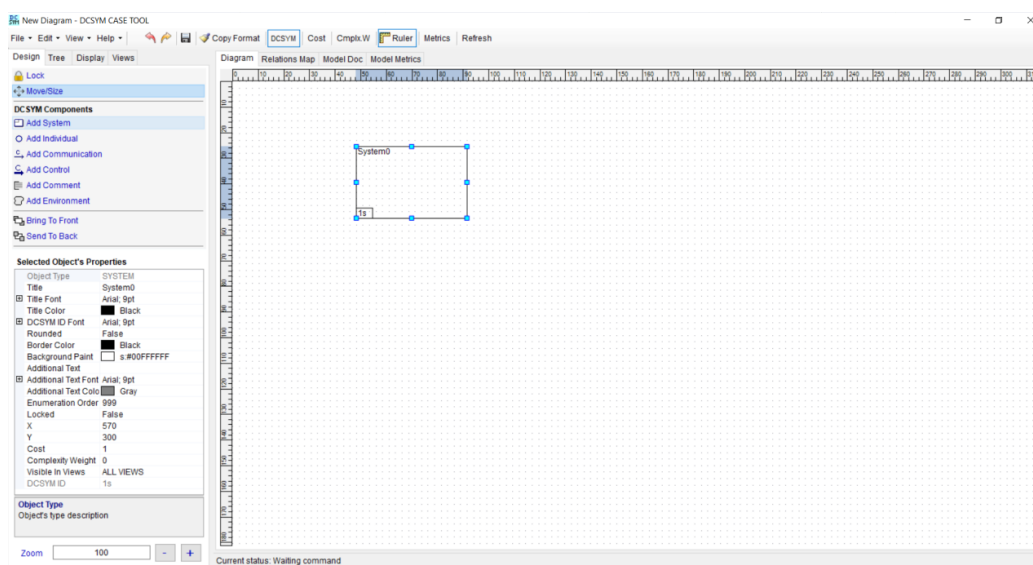
Οι ιεραρχικές δομές, μολονότι έχουν δυσδιάστατη οπτικοποίηση, δεν παρέχουν καμία βέβαιη πληροφορία σχετικά με τις **Διεργασιακές Ροές** ή με τις **Διεργασιακές Δομές** και τους **Στοιχειώδεις Διεργασιακούς Εκτελεστές** και η απομονωμένη τους χρήση δεν υποστηρίζει επαρκώς την αντίληψη της λειτουργίας του Οργανισμού, στον οποίον αναφέρονται!

Θα ήταν, λοιπόν, χρήσιμο να αξιοποιηθεί η δυσδιάστατη οπτικοποίηση, ώστε να υποστηριχθεί εκτός από την απεικόνιση της τμηματοποίησης και της σύνθεσης των τμημάτων του Οργανισμού και η βελτίωση της αντίληψης του μελετητή του Συστήματος για τις διαθέσιμες **Διεργασιακές Δομές**, οι οποίες θα υποστηρίξουν αναφυόμενες ανάγκες για **Διεργασιακές Ροές**.

## Μεθοδολογία DCSYM και DCSYM Case Tool

Τώρα, λοιπόν, θα παρουσιάσουμε την μεθοδολογία **DCSYM**, ένα πολύ ισχυρό εργαλείο, για να υποστηριχθεί η αντίληψη για την υφιστάμενη Δομή του Οργανισμού την χρονική στιγμή της «αποτύπωσής» του, καθώς με την βοήθεια του λογισμικού **DCSYM Case Tool** οπτικοποιούνται σε μορφή ολοκληρωμένου μοντέλου και τα μέρη του Οργανισμού και οι «**διεργασιακές ζεύξεις**» μεταξύ μερών του Οργανισμού αλλά και η ροή των ελέγχων από δεδομένο μέρος του Οργανισμού προς ένα ή περισσότερα από τα άλλα μέρη του Οργανισμού.

Η μεθοδολογία **Design and Control SYstemic Method (DCSYM)** απεικονίζει τα υποσυστήματα του εξεταζομένου Συστήματος/ Οργανισμού, τους λειτουργικούς (διεργασιακούς) κόμβους (άτομα), τα οποία δομούν τα σχεδιασμένα Υποσυστήματα, τις επιθυμητές ζεύξεις ελέγχου μεταξύ υποσυστημάτων ή μεταξύ υποσυστημάτων και κόμβων ή μεταξύ κόμβων, τις επικοινωνίες μεταξύ των παραπάνω συνδυασμών, η ποιότητα των οποίων ζεύξεων χαρακτηρίζεται και βαθμολογείται κατάλληλα, ώστε να μπορεί να εκτιμηθεί μια διεργασιακή ροή και, επίσης, σχεδιάζονται οι όποιες ζεύξεις Συστημάτων του περιβάλλοντος με τα μέρη του Συστήματος/ Οργανισμού.

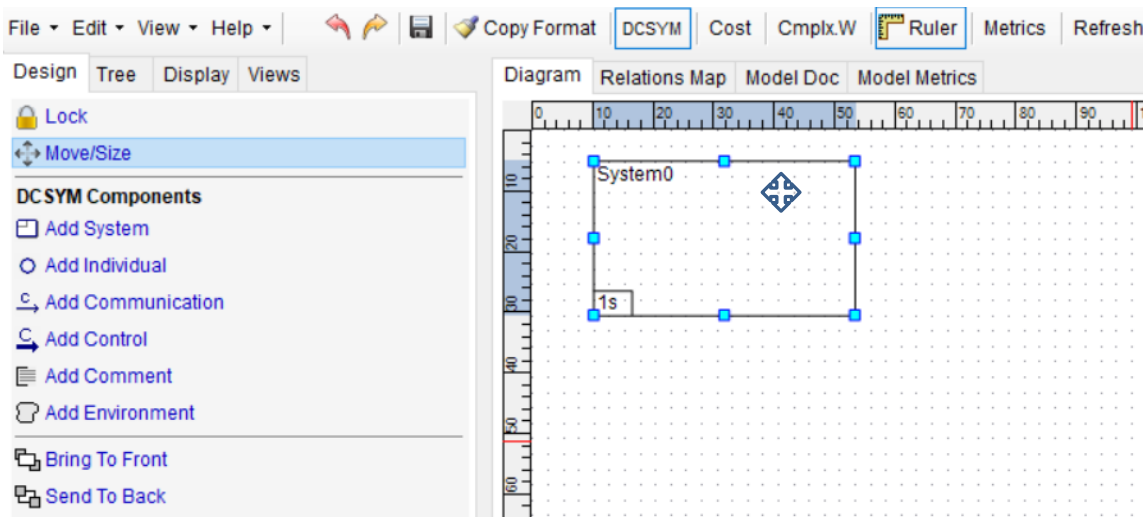


Σχήμα 9: Περιβάλλον DCSYM Case Tool

## Συστήματα και άτομα στο DCSYM case tool

Τα συστήματα, που εισάγονται στο DCSYM case tool σχεδιάζονται σαν ορθογώνια παραλληλόγραμμα, τα οποία φέρουν επιλεγόμενο όνομα και αρίθμηση με βάση την σειρά σχεδιαστικής συμπερίληψης του υποσυστήματος στην απεικόνιση του εξεταζομένου Συστήματος/ Οργανισμού.

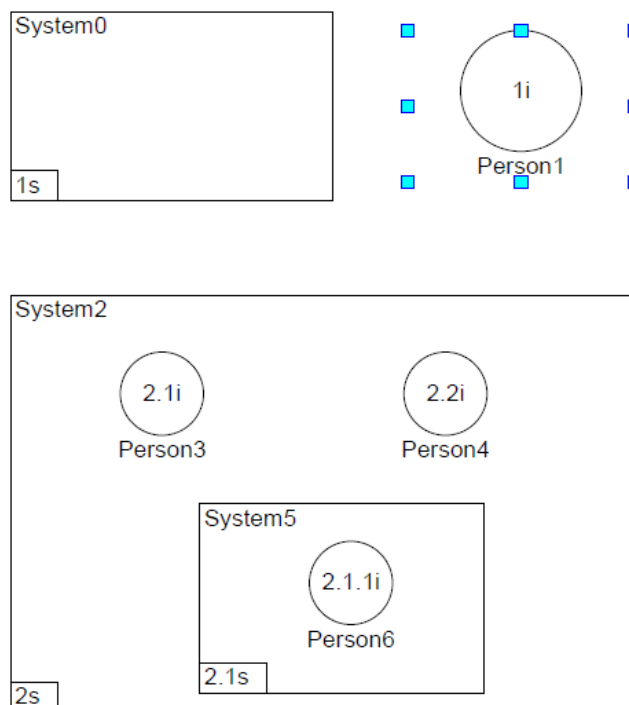
Το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, το οποίο αποδίδει οπτικοποιημένα ένα σύστημα, έχει οκτώ (8) σημεία ελέγχου των διαστάσεών του, αλλάζει διαστάσεις, όπως αλλάζει διαστάσεις ένα σχήμα στο powerpoint και αλλάζει θέση, όταν ο δείκτης θέσης του ποντικιού βρεθεί κοντά στην πάνω πλευρά του προς τα δεξιά και σύρουμε προς την επιθυμητή κατεύθυνση με το αριστερό πλήκτρο πατημένο.



**Σχήμα 10: Εισαγωγή Συστήματος κατά DCSYM (DCSYM CaseTool)**

Τα άτομα, που εισάγονται στο DCSYM case tool σχεδιάζονται σαν κύκλοι, τα οποία φέρουν επιλεγόμενο όνομα και αρίθμηση με βάση την σειρά σχεδιαστικής συμπερίληψης του ατόμου στην απεικόνιση του εξεταζομένου Συστήματος/ Οργανισμού.

Ο κύκλος, ο οποίος αποδίδει οπτικοποιημένα ένα άτομο, έχει οκτώ (8) σημεία ελέγχου των διαστάσεών του, αλλάζει διαστάσεις, όπως αλλάζει διαστάσεις ένα σχήμα στο powerpoint και αλλάζει θέση, όταν ο δείκτης θέσης του ποντικιού βρεθεί κοντά στην πάνω πλευρά του και σύρουμε προς την επιθυμητή κατεύθυνση με το αριστερό πλήκτρο πατημένο.



**Σχήμα 11: Εισαγωγή Συστημικών Στοιχείων στο DCSYM Case Tools**

### Συμπερίληψη ατόμων ή/ και υποσυστημάτων σε συστήματα

Τα άτομα, τα οποία περιλαμβάνονται σε ένα σύστημα, λαμβάνουν ιεραρχική απαρίθμηση, της μορφής

$$X.Y.Zi$$

όπου, από δεξιά προς τα αριστερά μετά το «i», που σημαίνει «άτομο» («individual»), ο 1<sup>ος</sup> αριθμός, εδώ «z», είναι η απόλυτη αρίθμηση του ατόμου μεταξύ όλων των ατόμων, που περιέχονται στο εσώτατο «container», στο οποίο «container» και αντιστοιχεί η υπόλοιπη ακολουθία αριθμών και αποδίδει την συμπερίληψη του εσώτατου «container» μέσα σε ιεραρχική δομή υπερσυστημάτων.

Έτσι, η παραπάνω συμβολική αναφορά στο συγκεκριμένο άτομο του μοντέλου σημαίνει:

«το άτομο με απόλυτη αρίθμηση **i** μεταξύ των ατόμων του συστήματος **Z**,

το οποίο (σύστημα **Z**) συμπεριλαμβάνεται στο σύστημα **Y**

(και το σύστημα **Z** έχει απόλυτη αρίθμηση **Z** μεταξύ των

συστημάτων του συστήματος **Y**)

το οποίο (σύστημα **Y**) συμπεριλαμβάνεται στο σύστημα **X**

(και το σύστημα **Y** έχει απόλυτη αρίθμηση **Y** μεταξύ των

συστημάτων του συστήματος **X**)»

Για να εντυπωθεί η νοηματική της ιεραρχικής αριθμητικής αναφοράς στα αντικείμενα, τα οποία συμπεριλαμβάνονται σε ένα μοντέλο DCSYM, προχωρούμε στην ανάγνωση της αναφοράς στο άτομο

$$X.Y.Zi$$

«στο σύστημα **X**

περιέχεται το (υπο)σύστημα **Y**

όπου περιέχεται το άτομο **Z**»

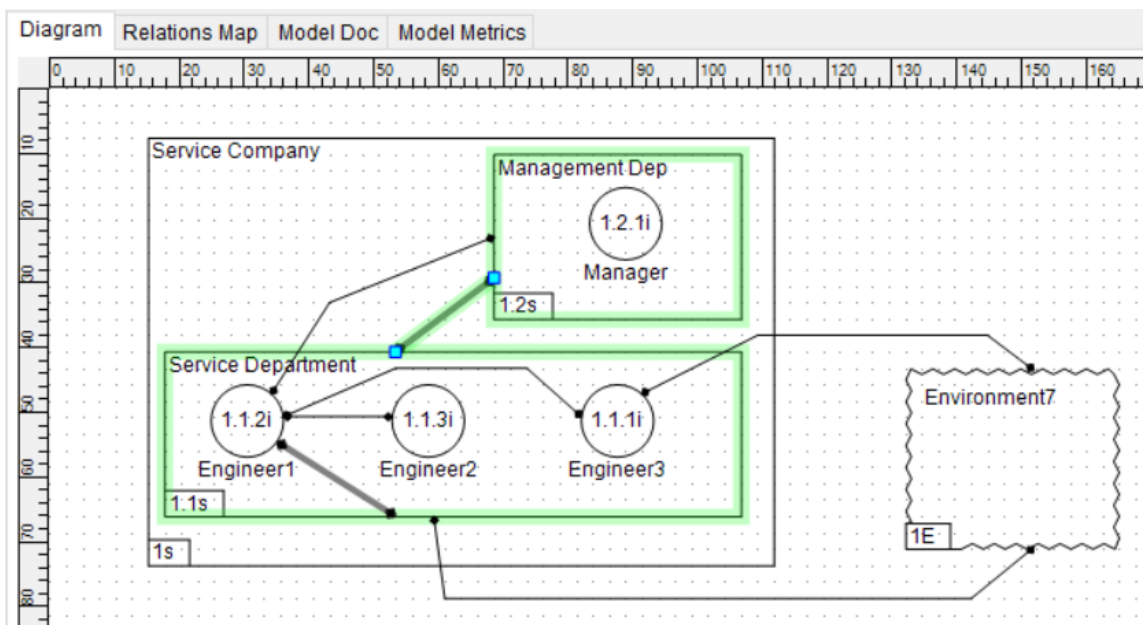
Σύμφωνα, λοιπόν, με τα παραπάνω, και η αναφορά

$$2.1s$$

σημαίνει:

«το 1<sup>ο</sup> σε απόλυτη αρίθμηση σειράς συμπερίληψης υποσυστήμα του συστήματος 1»

## Σύνθετο Σύστημα – Ζεύξεις – Έλεγχοι – Περιβάλλον



Σχήμα 12: Συζεύξεις Συστημικών Στοιχείων στο DCSYM Case Tools

Εδώ, χάριν παραδείγματος, έχει οπτικοποιηθεί με την χρήση του DCSYM case tool μια μικρή επιχείρηση παροχής υπηρεσιών.

Η επιχείρηση αναπαρίσταται ως «Σύστημα **1s**» - Service Company. Περιέχει δύο (2) υποσυστήματα:

το «Υποσύστημα **1.2s**» - Management Dep, το οποίο περιέχει  
«το άτομο **1.2.1i**» - Manager

και

το «Υποσύστημα **1.1s**» - Service Department, το οποίο περιέχει  
«το άτομο **1.1.2i**» - Engineer1  
«το άτομο **1.1.3i**» - Engineer2  
«το άτομο **1.1.1i**» - Engineer3

### Ζεύξεις ελέγχου

Το «Υποσύστημα **1.2s**» - Management Dep ασκεί στο σύνολό του έλεγχο στο «Υποσύστημα **1.1s**» - Service Department.

Το «άτομο **1.1.2i**» - Engineer1 ασκεί συνολικά έλεγχο στο «Υποσύστημα **1.1s**» - Service Department, επομένως και στα μέρη του.

### Ζεύξεις επικοινωνιών

Το «Υποσύστημα **1.2s**» - Management Dep επικοινωνεί με το «Υποσύστημα **1.1s**» - Service Department αποκλειστικά με «άτομο **1.1.2i**» - Engineer1.

Στο «Υποσύστημα **1.1s**» - Service Department

Το «άτομο **1.1.2i**» - Engineer1 επικοινωνεί με το «άτομο **1.1.3i**» - Engineer2 και το «άτομο **1.1.1i**» - Engineer3.

Το «Περιβαλλοντικό Σύστημα **1.E**» επικοινωνεί με το «Υποσύστημα **1.1s**» - Service Department:

Εισάγοντας εκροές του με αποδέκτη τα «άτομο **1.1.1i**» - Engineer3

Παραλαμβάνοντας τις εκροές του «Υποσυστήματος **1.1s**»

### Views

Είναι φανερό, ότι ένα περίπλοκο σύστημα θα έχει μια περίπλοκη οπτικο-ποιημένη μορφή, ειδικά εφ' όσον έχουν αχθεί όλες οι ζεύξεις επικοινωνίας ή/ και ελέγχου μεταξύ των μερών του.

Για να υπάρχουν διαθέσιμες οπτικοποιημένες απόψεις για επιλεγμένα μέρη του Συστήματος, το DCSYM case tool έχει την δυνατότητα, να εμφανίζει κάποιο επιλεγμένο υποσύνολο της πλήρους οπτικοποιημένης μορφής του συνολικού Συστήματος σαν «**View**».

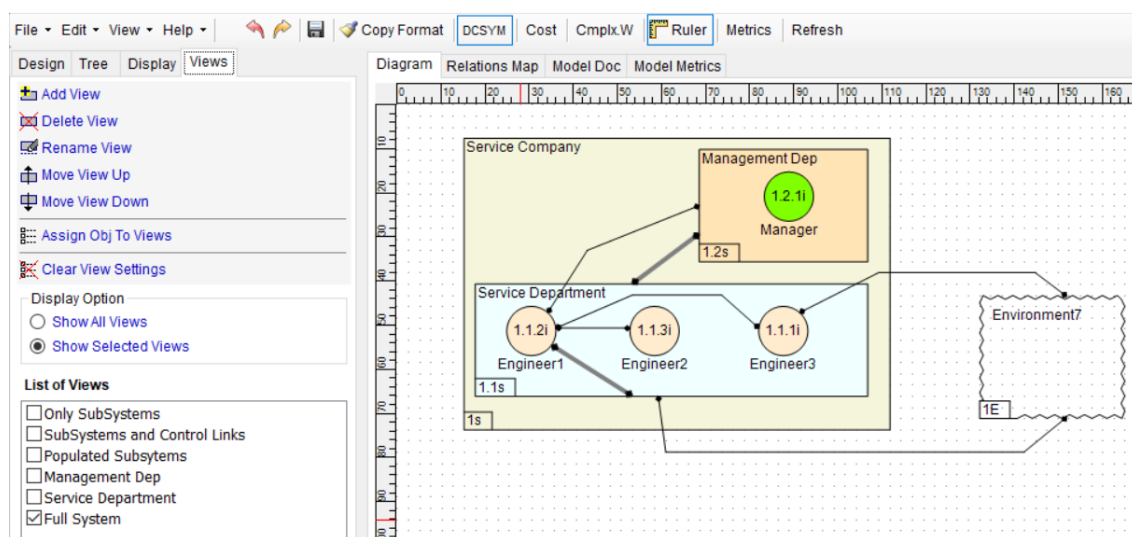
Ένα «**View**» δημιουργείται με τον παρακάτω τρόπο:

Δημιουργούμε ένα «**View**» με την χρήση της επιλογής «**Add View**» και, τότε, αυτό εμφανίζεται στο «**List of Views**».

Από το πλήρες Σύστημα επιλέγουμε κάποιο μέρος του (κάνοντας «αριστερό κλικ» στο ποντίκι με τον δείκτη θέσης του ποντικιού μέσα στο προς επιλογή μέρος) και με τον ίδιο τρόπο επιλέγουμε (απλά κρατώντας πλέον και το πλήκτρο «CTRL» πατημένο) και όσα άλλα μέρη του Συστήματος θέλουμε να περιλάβουμε σε ένα «**View**».

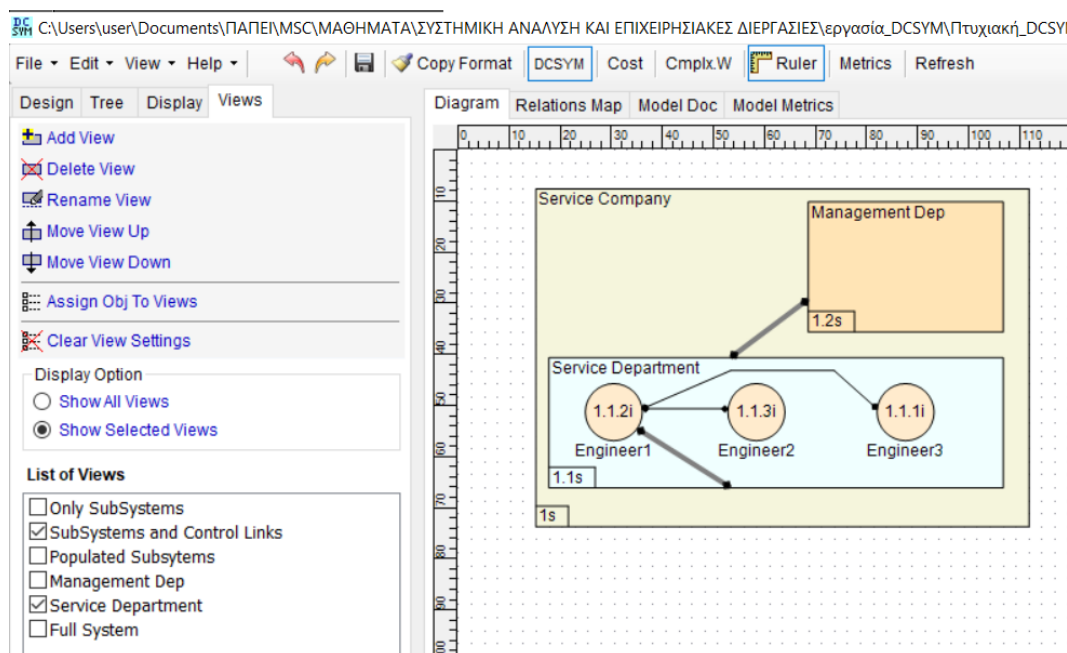
Με επιλεγμένα τα μέρη, που θέλουμε να περιλάβουμε σε ένα «**View**», επιλέγουμε «Assign obj to Views» και από τον κατάλογο όλων των Views επιλέγουμε, σε ποια Views επιθυμούμε να εμφανίζονται αυτά τα επιλεγμένα μέρη του Συστήματος.

Σημειώνουμε, ότι **δεν** μπορεί να εμφανισθεί ένα επιλεγμένο μέρος του Συστήματος, χωρίς να εμφανίζεται και το ιεραρχικά ανώτερό του, αυτό δηλαδή που το συμπεριλαμβάνει.



Σχήμα 13: Χρωματική απόδοση επιλεγμένων μερών του Συστήματος

Εδώ επιλεγμένα μέρη του πλήρους Συστήματος είναι χρωματισμένο και φαίνεται το «**List of Views**».



**Σχήμα 14: View «Subsystems and Control Links» και το Υποσύστημα «Service Department».**

Είναι φανερό, ότι με κατάλληλο σχεδιασμό των Views μπορούμε επιλέγοντας κατάλληλα Views από το «List of Views», μπορούμε και να δείξουμε, πως το μοντέλο του εξεταζόμενου Συστήματος εξελίσσεται προσθέτοντας μέρη και ζεύξεις!

### **Χαρακτηριστικά και Δυνατότητες**

Παρατηρούμε, ότι, αν επιλέξουμε κάποια ζεύξη ελέγχου ή κάποια ζεύξη επικοινωνίας τα συζευγμένα συστήματα και ο δεσμός (ζεύξη) αποκτούν έντονο χρωματιστό περίγραμμα.



## **Εφαρμογή της DCSYM στην A.C. & E. Hellas A.E.**

### **Εισαγωγή και γενική περιγραφή της εταιρείας**

Εδώ θα αναφερθούμε στην συνολική διαδικασία αναδόμησης, η οποία μελετήθηκε, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε κατά το έτος 1998 στην εταιρεία American Computers and Engineers Hellas (A. C. & E. Hellas).

Σε κάθε περίπτωση, κατά την οποία στοχεύουμε στην αξιολόγηση μιας υφιστάμενης επιχειρηματικής δομής και λειτουργίας και, επομένως, του εντοπισμού και της αξιολόγησης των υφιστάμενων επιχειρησιακών δομών και διαδικασιών, απαιτείται να έχουμε μορφώσει μια συγκροτημένη άποψη σχετικά με την πορεία, την οποία έχει ήδη διανύσει ο Οργανισμός, για να φθάσει στην μελετώμενη υφιστάμενη δομή, σε συνδυασμό με τις δράσεις και δραστηριότητες του και, φυσικά, τον σκοπό του και τον στόχο, που διέπει την ύπαρξή του.

Η A. C. & E. Hellas ξεκίνησε από το 1985 να δραστηριοποιείται στηριγμένη στις προσωπικές γνώριμες και επαφές του ιδρυτή και ιδιοκτήτη της Διονυσίου Ιωακείμ (πολιτικός μηχανικός) και στο πρωτότυπο σχεδιαστικό και φωτορεαλιστικό λογισμικό SCADA και λογισμικό διαχείρισης τεχνικών έργων ARIS.

Δραστηριοποιείται πάνω δύο κύριους άξονες:

Ανάπτυξη Λογισμικού για Πολιτικούς Μηχανικούς και Αρχιτέκτονες

Πώληση και υποστήριξη του παραπάνω Λογισμικού

και

Πώληση και εγκατάσταση ειδών πληροφορικής (H/Y , εκτυπωτές, plotters)

(κυρίως για την υποστήριξη των αγοραστών του λογισμικού της)

Επισκευές H/Y και Plotters

HP Plotters και Workstations Whole Sales

Τα προγράμματα, τα οποία αναπτύσσει και κυρίως προωθεί η εταιρεία είναι Microsoft Windows compatible και, επομένως, απαιτούν για την εγκατάσταση και την λειτουργία τους την διαθεσιμότητα σχετικού εξοπλισμού εφαρμοσμένης πληροφορικής (H/Y, δίκτυα, εκτυπωτές, plotters κλπ) και ολοένα αυξανόμενη υποστήριξη των πελατών της εταιρείας.

Επιπρόσθετα τα τελευταία 2 χρόνια η A. C. & E. Hellas έχει αναλάβει και την αποκλειστική υποστήριξη της απρόσκοπτης λειτουργίας του Ολοκληρωμένου Πληροφορικού Συστήματος του Αποθετηρίου Αθηνών, το οποίο λειτουργεί πάνω σε συστήματα της Digital Equipment.

Το επιχειρηματικό περιβάλλον στον χώρο της Εφαρμοσμένης Πληροφορικής στην Ελλάδα εξελίσσεται με θετικούς εκθετικούς ρυθμούς, οπότε η διατήρηση ή/ και η επέκταση του μεριδίου αγοράς της κάθε εταιρίας του χώρου, προϋποθέτει να έχει την ικανότητα να παρακολουθήσει τις συνεχώς εξελισσόμενες τεχνολογίες Πληροφορικής και τις αυξανόμενες απαιτήσεις των πελατών.

## Υφιστάμενα προβλήματα της εταιρείας

Η Α. C. & E. Hellas αντιμετωπίζει τα ακόλουθα προβλήματα:

### Τεχνικό Τμήμα (ΤΤ): Επικοινωνιακές διεργασίες και διαδικασίες

**Έλλειψη επικοινωνιακής οργάνωσης για επικοινωνία με τους πελάτες και την λήψη και διεκπεραίωση αιτημάτων Τεχνικής Υποστήριξης**

#### Υφιστάμενες Διαδικασίες Επικοινωνίας για Λήψη Τεχνικής Υποστήριξης:

Οι Πελάτες χρησιμοποιούν σχεσιοκεντρικό τρόπο, για να εξασφαλίσουν Τεχνική Υποστήριξη και επικοινωνούν:

είτε με τον ιδιοκτήτη (και προσωπικό τους φίλο), ο οποίος συντονίζει την Τεχνική Υποστήριξη (!!!)

είτε με τον μηχανικό τον εκτελούντα χρέη προϊσταμένου του Τεχνικού Τμήματος

είτε με την Λογίστρια της εταιρείας, η οποία ζητά από το ΤΤ την υποστήριξη του πελάτη (!!!)

είτε με τον Διευθυντή Πωλήσεων, ο οποίος ζητά από το ΤΤ την υποστήριξη του πελάτη (!!!)

#### **Αποτέλεσμα:**

Επικοινωνιακό χάος (mesh) μέσα στην εταιρεία

Κατανάλωση παραγωγικού χρόνου και απόσπαση από το έργο τους διαφορετικών σημαντικών παραγωγικών κόμβων για εργασία άσχετη με την θέση τους στην της δομής εταιρείας

Ανύπαρκτη ιχνηλασιμότητα της πορείας του αιτήματος για Τεχνική Υποστήριξη

Μειωμένη αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα της Τεχνικής Υποστήριξης

Ανικανοποίητοι πελάτες

Αύξηση κόστους για την παροχή Τεχνικής Υποστήριξης και μείωση εισπράξεων

### Τεχνικό Τμήμα (ΤΤ): Ανεπαρκής Εσωτερική Διαδικασία Τεχνικής Υποστήριξης

#### **Αποτέλεσμα:**

Πτώση αποτελεσματικότητας και απόδοσης

=> Αύξηση κόστους

=> Ανικανοποίητος πελάτης

=> Μείωση κερδών

**Τεχνικό Τμήμα (ΤΤ): Προσωπικό****Ανεπαρκές προσωπικό**

Μόνο 2 άτομα για την υποστήριξη όλων των πελατών της εταιρείας

**Ανεκπαιδευτο προσωπικό**

Εμπειρική γνώση της Τεχνολογίας των Η/Υ και των Λειτουργικών Συστημάτων

**Ανυπαρξία συστηματικού Logging**

Ανυπαρξία Αρχείου Καταγραφής Συμβάντων και Εξέλιξης Αιτήματος Τεχνικής Υποστήριξης (Αρχείο Καταγραφής Tasks Τεχνικού Τμήματος)

**Αποτέλεσμα:**

Ανύπαρκτη ιχνηλασιμότητα της πορείας της διεκπεραίωσης της παροχής Τεχνικής Υποστήριξης για κάποιον πελάτη

Μειωμένη αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα της Τεχνικής Υποστήριξης

Ανικανοποίητοι πελάτες

Αύξηση κόστους για την παροχή Τεχνικής Υποστήριξης και μείωση εισπράξεων

**Τμήμα Πωλήσεων: Πωλητές**

Πωλητές χωρίς επαρκή γνώση της Τεχνολογίας των Η/Υ και των Λειτουργικών Συστημάτων

**Αποτέλεσμα:**

Ανεπαρκείς ή και ανεπιτυχείς τεχνικές επιλογές και προσφορές και συμφωνίες

Ανικανοποίητοι πελάτες

Συγκρουσιακή επικοινωνία με το Τεχνικό Τμήμα για Υποστήριξη των Πωλήσεων

Κατασπατάληση χρόνου Τεχνικού Τμήματος λόγω μη σχεδιασμένης τεχνικής κάλυψης της πώλησης

Αύξηση κόστους για την υλοποίηση των έργων

Καθυστέρηση εισπράξεων Μείωση κερδών

**Υπόλοιπη εταιρεία: Επικοινωνίες και Κοινόχρηστοι Πόροι****Πρόβλημα:** Χαστικές επικοινωνίες (all to all):**Αποτέλεσμα:**

Ασαφής διεργασία Λήψης, Διαχείρισης και Ικανοποίησης Αιτήματος για Τεχνική Εξυπηρέτηση

Κατασπατάληση παραγωγικού χρόνου των παραγωγικών κόμβων

Πτώση απόδοσης και αποτελεσματικότητας

**Πρόβλημα:** Έλλειψη κοινόχρηστου ηλεκτρονικού Αρχείου Αποθήκης

Σχετικό αρχείο υπάρχει διαθέσιμο μόνο στο Λογιστήριο

(Αποθηκευμένα είδη:

Κωδικός – Περιγραφή - Ποσότητα – Τιμές – Παραγγελίες κλπ)

**Αποτέλεσμα:**

Δυσκολία στον εντοπισμό αναζητούμενων υλικών από:

Τεχνικό Τμήμα

Τμήμα Πωλήσεων

Χρειάζεται όχληση προς το Λογιστήριο και εμπλοκή ατόμων άλλου λειτουργικού τμήματος της εταιρείας.

Δυσκολία στον διεργασιακό συντονισμό για την υλοποίηση έργων

Αύξηση κόστους από αναίτια καταναλισκόμενο χρόνο

Καθυστερήσεις στην ολοκλήρωση του έργου => Ανικανοποίητος πελάτης

Μείωση κερδών

**Πρόβλημα:** Ανυπαρξία κοινόχρηστων Βάσεων Δεδομένων:**Αποτέλεσμα:**

Κατασπατάληση παραγωγικού χρόνου των παραγωγικών κόμβων

=>Πτώση αποτελεσματικότητας και απόδοσης

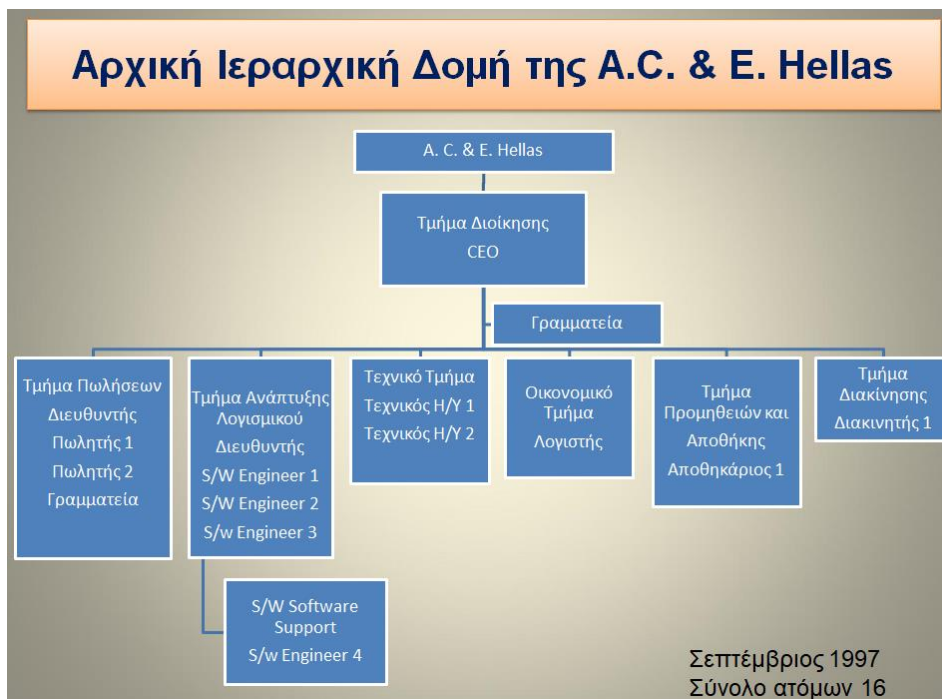
=> Αύξηση κόστους

=> Καθυστερήσεις στην διεργασική ροή

=> Ανικανοποίητος πελάτης

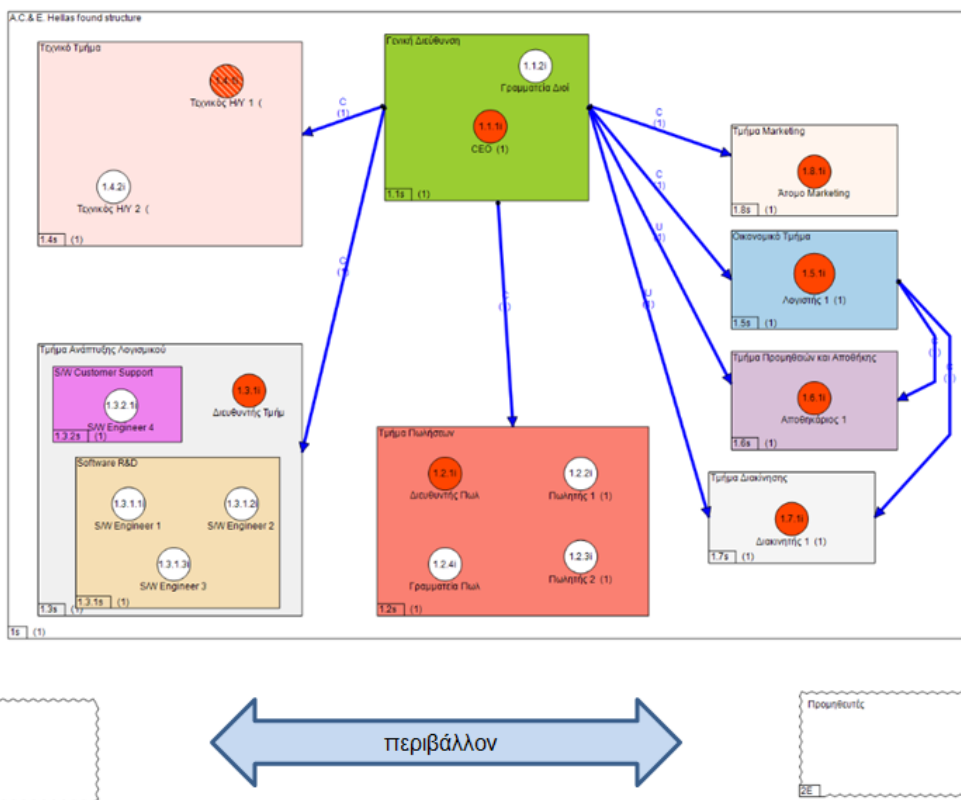
=> Μείωση κερδών

**Αρχική Κατάσταση - Υφιστάμενη Ιεραρχική Δομή της A.C. & E. Hellas**



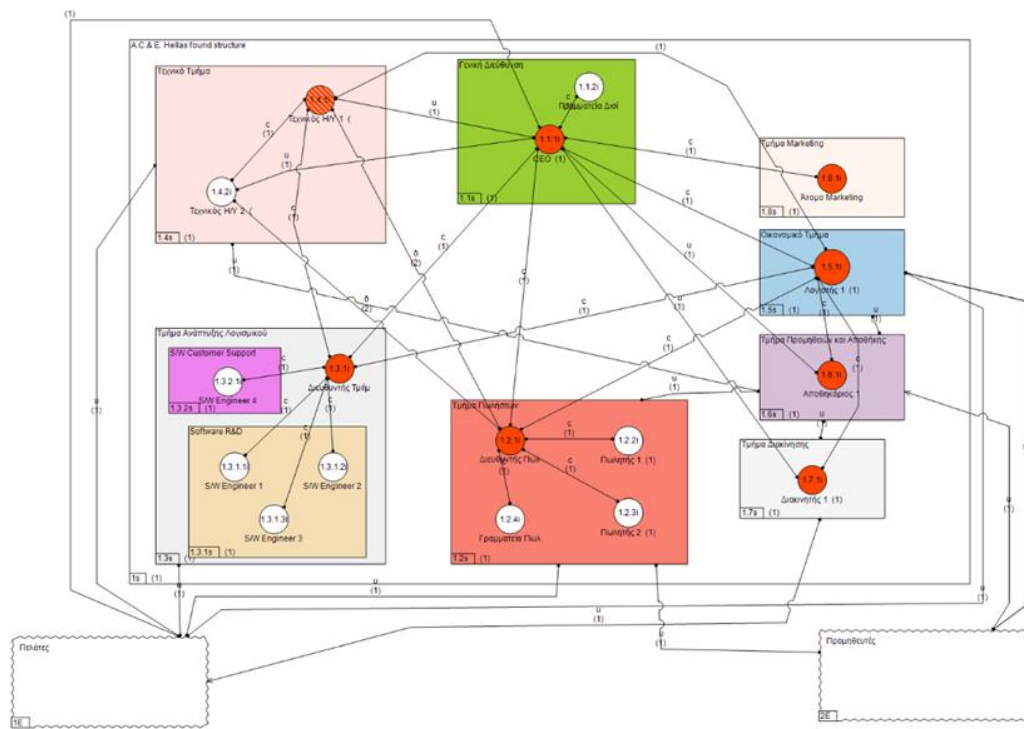
Σχήμα 15: Αρχική Ιεραρχική δομή της A.C.& E.Hellas

**Οπτικοποίηση Υφιστάμενης Κατάστασης (ΥΚ) με DCSYM – Υποσυστήματα και Έλεγχος**



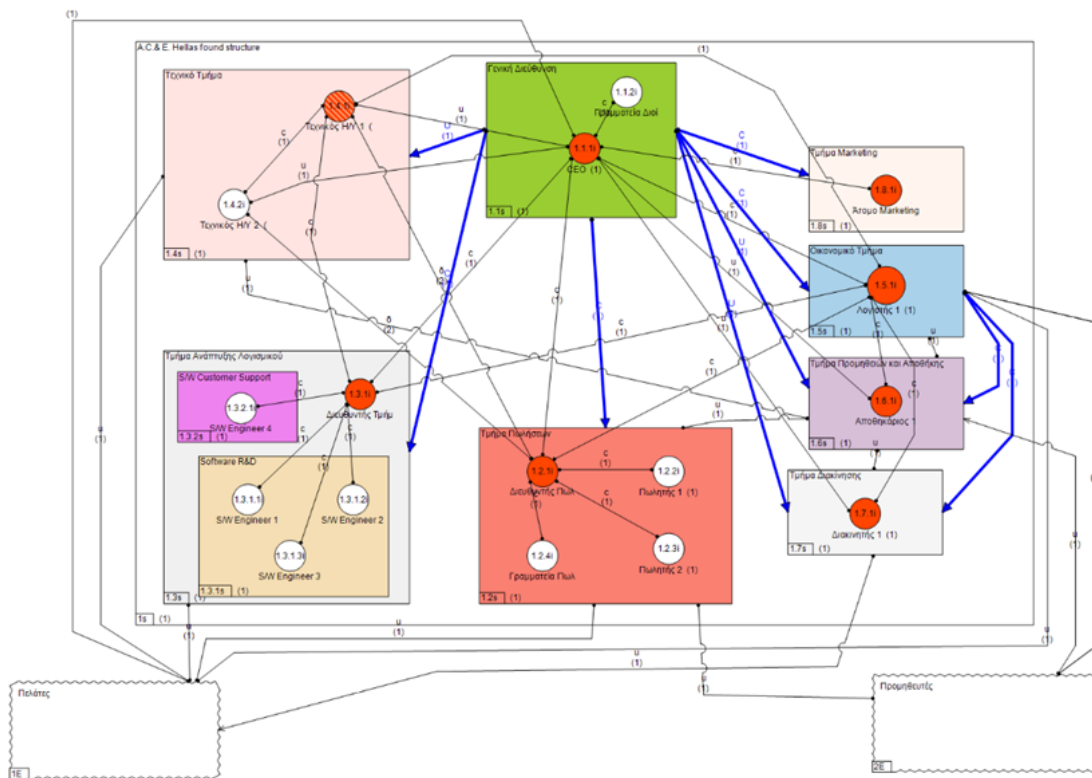
Σχήμα 16: Οπτικοποίηση της Υφιστάμενης δομής της A.C.& E.Hellas

**Οπτικοποίηση Υφιστάμενης Κατάστασης (ΥΚ) – Υποσυστήματα και Εικονωνίες**



**Σχήμα 16: Οπτικοποίηση της Υφιστάμενης δομής της A.C. & E. Hellas Υποσυστήματα και Εικονωνίες**

**Οπτικοποίηση Υφιστάμενης Κατάστασης (ΥΚ) – Υποσυστήματα, Έλεγχος και Επικοινωνίες**



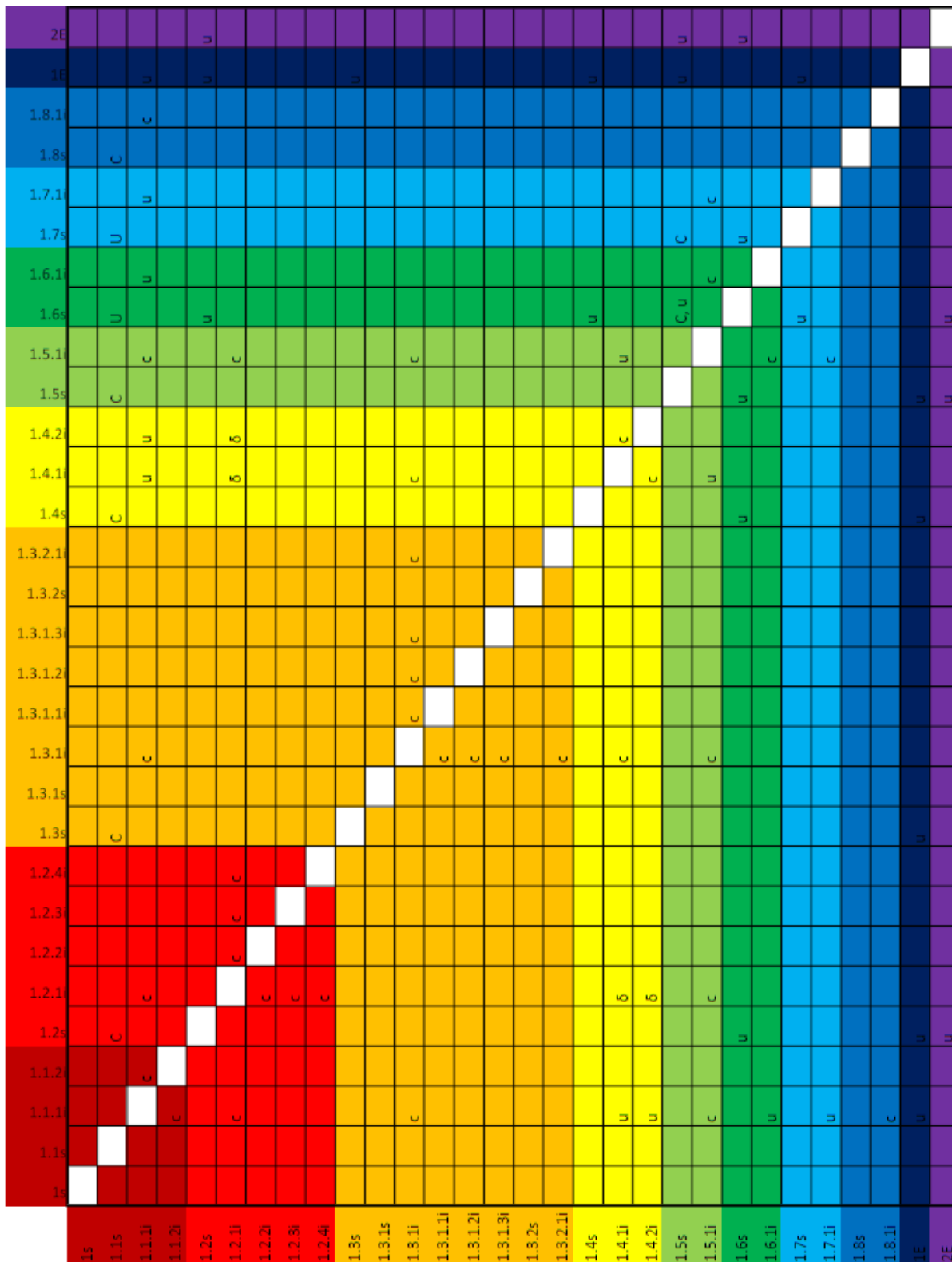
**Σχήμα 17: Οπτικοποίηση της Υφιστάμενης δομής της A.C. & E. Hellas Υποσυστήματα, Έλεγχος και Επικοινωνίες**

Οπτικοποίηση Υφιστάμενης Κατάστασης (ΥΚ) με DCSYM – Πίνακας Συστημάτων

1s A. C. & E. Hellas	1.1s Γενική Διεύθυνση	1.1.1i CEO	1.3.1i S/W Engineer 1 1.3.1.2i S/W Engineer 2 1.3.1.3i S/W Engineer 3 1.3.2.1i S/W Engineer 4
		1.1.2i Γραμματεία Διοίκησης	
		1.2.1i Διευθυντής Πωλήσεων	
	1.2.2i Πωλητής 1		
	1.2s Τμήμα Πωλήσεων	1.2.3i Πωλητής 2	
		1.2.4i Γραμματεία Πωλήσεων	
	1.3s Τμήμα Ανάπτυξης Λογισμικού	1.3.1i Διευθυντής Τμήματος Ανάπτυξης Λογισμικού	
		1.3.1s Software R&D	
		1.3.2s S/W Customer Support	
	1.4s Τεχνικό Τμήμα	1.4.1i Τεχνικός Η/Υ 1	
		1.4.2i Τεχνικός Η/Υ 2	
	1.5s Οικονομικό Τμήμα	1.5.1i Λογιστής 1	
	1.6s Τμήμα Προμηθειών και Αποθήκης	1.6.1i Αποθηκάριος 1	
	1.7s Τμήμα Διακίνησης	1.7.1i Διακινητής 1	
	1.8s Τμήμα Marketing	1.8.1i Άτομο Marketing 1	
	1E Πελάτες		
	2E Προμηθευτές		
	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		

Σχήμα 18: Υφιστάμενη Κατάσταση (ΥΚ) με DCSYM – Πίνακας Συστημάτων

**Οπτικοποίηση Υφιστάμενης Κατάστασης (ΥΚ) με DCSYM – Πίνακας Επικοινωνιών**



**Σχήμα 19: Υφιστάμενη Κατάσταση (ΥΚ) με DCSYM – Πίνακας Επικοινωνιών**



### **Η εφαρμογή της DCSYM στην Υφιστάμενη Κατάσταση του μελετώμενου Συστήματος**

Η Συστημική Μεθοδολογία DCSYM έχει την ικανότητα να οπτικοποιεί την δομή και τον μηχανισμό λειτουργίας ενός συστήματος.

Η DCSYM απεικονίζει με λεπτομέρεια τα συστήματα, τα υποσυστήματά τους, τους διεργασιακούς εκτελεστές (κόμβους), που εν προκειμένω είναι τα άτομα, που μετέχουν σε κάθε (υπο)σύστημα αλλά και τις ποιοτικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους, δηλαδή το κανάλι, την κατεύθυνση, και τον τύπο της μεταξύ τους επικοινωνίας, εισάγοντας επιπλέον την έννοια του ελέγχου.

Η περιγραφή της Υφιστάμενης Κατάστασης (ΥΚ) του Μελετώμενου Συστήματος με τη χρήση της μεθοδολογίας DCSYM διευκολύνει τον παρατηρητή, να αναδείξει τα σημεία της δομής του συστήματος, που χρήζουν παρέμβασης και τον κατευθύνει στην εξεύρεση στοχευμένων αλλαγών στη δομή αυτή, αλλά και των αναγκαίων ενεργειών, που θα επιφέρουν βελτίωση στο υπό μελέτη σύστημα.

Με τη χρήση της DCSYM υποστηρίζεται σε σημαντικό βαθμό η μελέτη «μαλακών» συστημάτων (soft systems), όπου ο ανθρώπινος παράγοντας παίζει πρωταγωνιστικό ρόλο και με την ικανότητα αναπαραγωγής της ποικιλομορφίας, που συναντάται σε ένα τέτοιο σύστημα, μπορεί να οδηγήσει στην επίλυση πολύπλοκων και πολυδιάστατων προβλημάτων.

Στην περίπτωση της A. C. & E. Hellas η οπτικοποίηση της ΥΚ με τη χρήση της DCSYM απεικονίζει άμεσα και απόλυτα κατανοητά την χαοτική και εξ αυτού αναποτελεσματική αλληλεπίδραση των Τμημάτων (δομών) της εταιρείας με το Τεχνικό Τμήμα, που μετεξελίσσεται ραγδαία σε κομβικής σημασίας υποσύστημα, καθώς και την παντελή έλλειψη δομών ελέγχου επικοινωνιών και χρονοδρομολόγησης και ιχνηλάτησης της πορείας εξελισσομένων έργων πάντα σε συνδυασμό με το Τεχνικό Τμήμα της εταιρείας.

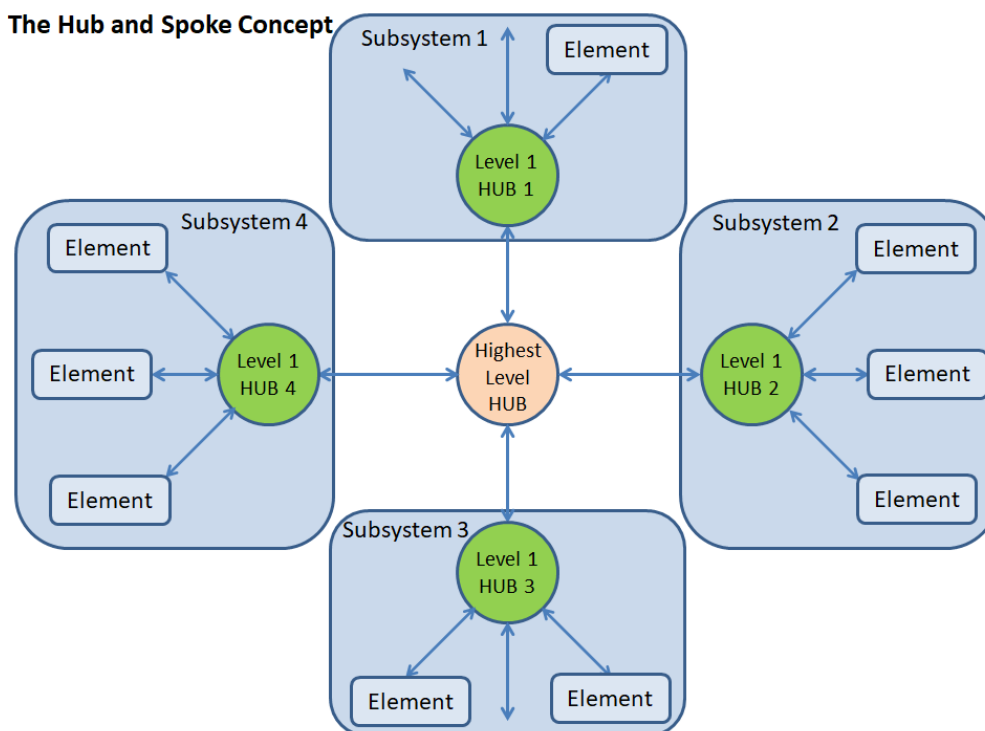
Η εμφάνιση και η οπτικοποιημένη αλληλεπίδραση των ανθρώπων - στοιχείων της δομής αναδεικνύει την ποικιλομορφία και την πολυπλοκότητα του συστήματος.

### **Βελτιώσεις, οι οποίες επελέγησαν και υλοποιήθηκαν**

Μετά την μελέτη της λειτουργίας της A. C. & E. Hellas από τον Σεπτέμβριο μέχρι και τον Δεκέμβριο του 1999, όπως αυτή λειτουργούσε στην Υφιστάμενη Κατάσταση που περιγράψαμε λεπτομερώς, οδηγηθήκαμε στα συμπεράσματα, που αναφέραμε και στον εντοπισμό των προβλημάτων, που απარიθμήσαμε.

Ο σκοπός των προταθέντων και υλοποιηθέντων βελτιώσεων ήταν η επίτευξη της άρσης των προβλημάτων της χαοτικής λειτουργίας της εταιρείας με τις ακόλουθες κύριες βελτιώσεις:

### **Εφαρμογή στα υποσυστήματα της εταιρείας της Τεχνικής «Hub and Spoke»**



**Σχήμα 20: Τεχνική Hub and Spoke**

Όλοι οι εργαζόμενοι ανά υποσύστημα αναφέρονται στον «προϊστάμενο του υποσυστήματος» και συντονίζονται από αυτόν.

Ομοίως ο προϊστάμενος του κάθε υποσυστήματος αναφέρεται στον «υπερκείμενο» διασυνδεδεμένο προϊστάμενο και συντονίζεται από αυτόν τον υπερκείμενο προϊστάμενο.

Εδώ πρέπει να τονισθεί, όπως συμβαίνει και σε όλη την παρούσα εργασία, ότι τα υποσυστήματα και τα μέρη τους (“elements”), τα οποία εμφανίζονται στο παραπάνω σχήμα, και οι ζεύξεις μεταξύ των εμφανιζόμενων στοιχείων είναι επιλεγμένες «**Διεργασιακές Δομές**» (εδώ «Υποσυστήματα») και «**στοιχειώδεις Διεργασιακοί Εκτελεστές**».

Εφαρμογή στις επικοινωνίες των υποσυστημάτων της εταιρείας της Τεχνικής «**Hub and Spoke**» όπου αυτό είναι δυνατόν!

**Χαρακτηριστική αξιοποίηση της ανωτέρω Τεχνικής επετεύχθη μέσω της υλοποίησης του Υποσυστήματος Help Desk του Τεχνικού Τμήματος:**

**Στο Help Desk του Τεχνικού Τμήματος αναφέρονται και ζητούν Τεχνική Εξυπηρέτηση ΟΛΟΙ οι εσωτερικοί και εξωτερικοί πελάτες** και το αίτημα τους καταγράφεται, δρομολογείται κατάλληλα για εξυπηρέτηση από τον Διευθυντή του Τεχνικού Τμήματος και η εξέλιξη του ιχνηλατείται συνεχώς μέσω αναφοράς στο **Αρχείο Καταγραφής Tasks Τεχνικού Τμήματος**. Με την ολοκλήρωση της εξυπηρέτησης του αιτήματος ενημερώνονται οι αιτούντες και ακολουθούνται οι επόμενες προβλεπόμενες διαδικασίες.

**Υλοποίηση προσπελάσιμων από το προσωπικό της εταιρίας αρχείων:****Αρχείου Αποθήκης:**

Αποθηκευμένα Είδη (Κωδικός – Περιγραφή - Ποσότητα – Τιμές – Παραγγελίες (κλπ)

**Αρχείου Καταγραφής Tasks Τεχνικού Τμήματος:**

Task (Πελάτης – Είσοδος –Μηχανικός – Status – Έξοδος)

Επόμενη θεμελιώδης και ριζική αλλαγή είναι ο

**σχεδιασμός και η υλοποίηση Τμήματος Ανάλυσης και Σχεδιασμού.****Το Τμήμα Ανάλυσης και Σχεδιασμού:**

Επικοινωνεί με Τεχνική Hub and Spoke με τα παραγωγικά Υποσυστήματα της εταιρείας και την Διοίκηση και παρέχει Επιστημονική – Τεχνική – Οικονομική – Υλοποιητική Ανάλυση, Μελέτη και Σχεδιασμό οποιουδήποτε Task υποβάλλεται από τα συνδεδεμένα υποσυστήματα για χειρισμό – αξιολόγηση – εκτίμηση κλπ

Κατά την Επιστημονική – Τεχνική – Οικονομική – Υλοποιητική Ανάλυση, Μελέτη και Σχεδιασμό του κάθε Task υπάρχει συνεχής επικοινωνία και αλληλεπίδραση των εμπλεκόμενων Τμημάτων υπό τον συντονισμό του Υπεύθυνου Ανάλυσης και Σχεδιασμού.

**Αποτελέσματα από την λειτουργία του Τμήματος Ανάλυσης και Σχεδιασμού:**

Υποστήριξη Ολοκληρωμένων Λύσεων Πληροφορικής:

Ανάλυση

Σχεδιασμός

Υλοποίηση

Υποστήριξη

Τεχνικοοικονομική Ανάλυση:

Κοστολόγησή αναγκών πελάτη (εσωτερικού ή εξωτερικού) με ανάδραση

Εντοπισμός τεχνικοοικονομικά βέλτιστων λύσεων

Βελτίωση της αποτελεσματικότητας των πωλήσεων

Βελτίωση της αποδοτικότητας των πωλήσεων

Αύξηση κερδών

Μείωση του κόστους υλοποίησης και υποστήριξης του έργου

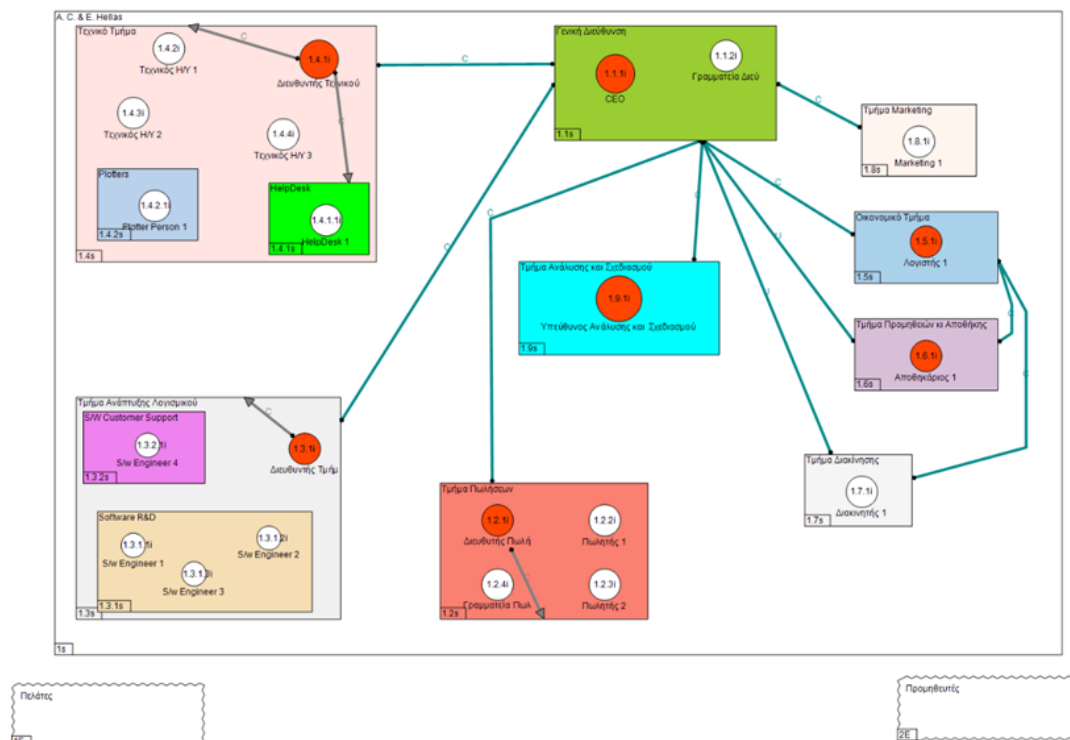
Ελαχιστοποίηση της σταθμισμένης εταιρικής χρονοκατανάλωσης ανά έργο

**Βελτιωμένη Κατάσταση (BK) της A.C. & E. Hellas A.E.**



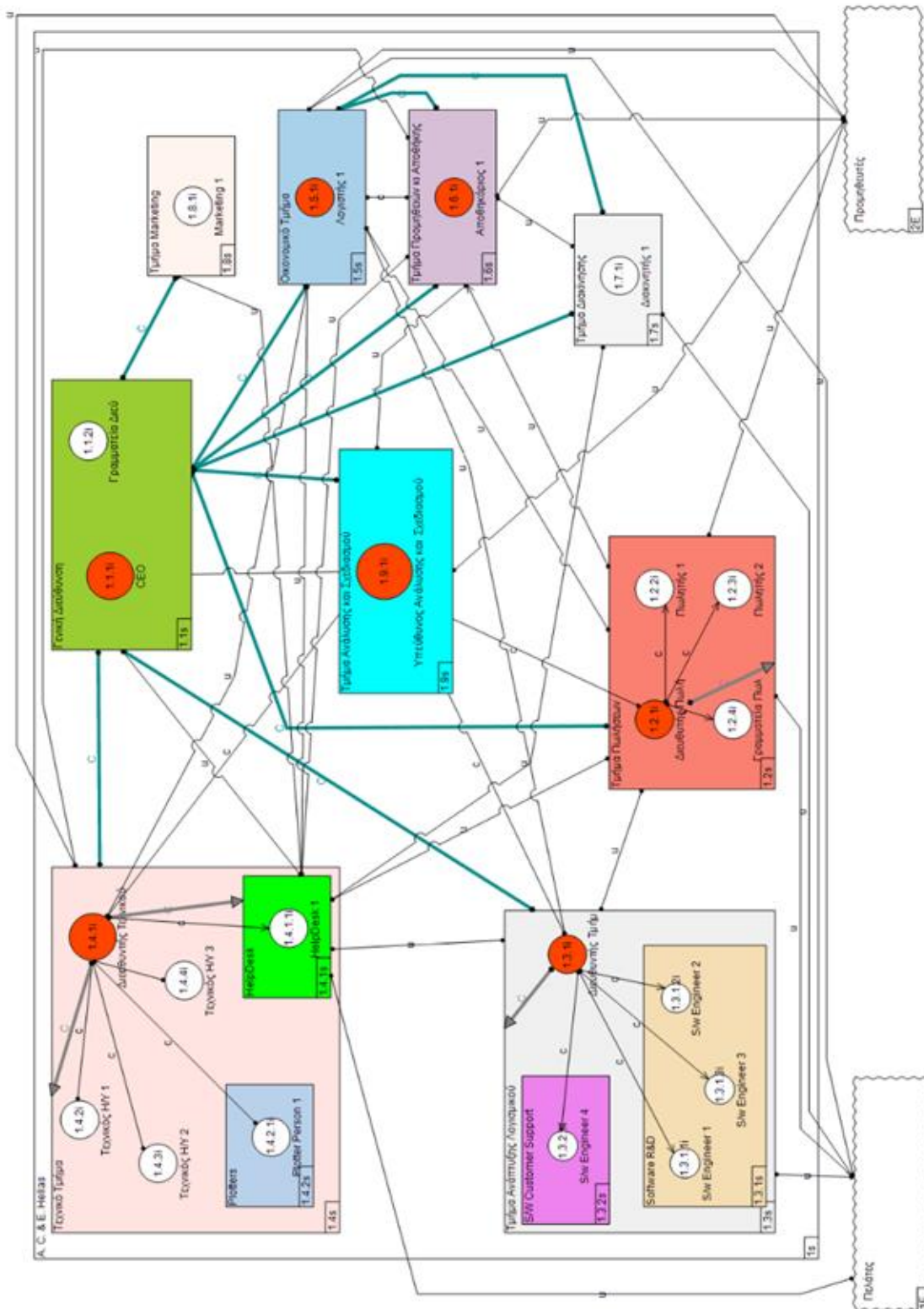
Σχήμα 21: Βελτιωμένη Κατάσταση (BK) της A.C. & E. Hellas (Οργανόγραμμα)

**Οπτικοποίηση Βελτιωμένης Κατάστασης (BK)- Υποσυστήματα και Έλεγχος**



Σχήμα 22: Οπτικοποίηση της Βελτιωμένης δομής της A.C.& E.Hellas Υποσυστήματα και Έλεγχος

**Οπτικοποίηση Βελτιωμένης Κατάστασης (BK) με DCSYM – Υποσυστήματα, Έλεγχος και Επικοινωνίες**



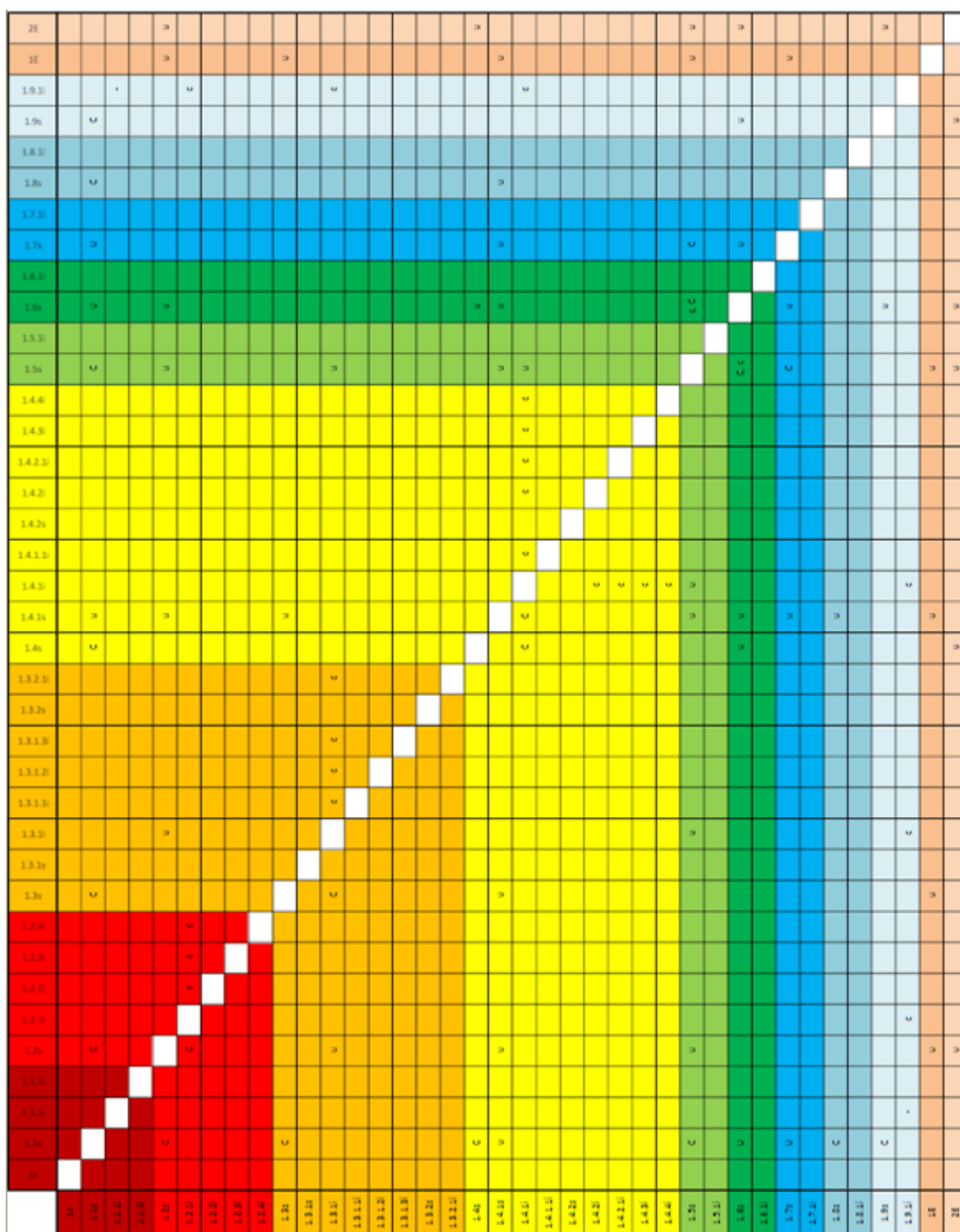
**Σχήμα 23: Βελτιωμένη Κατάσταση (BK) με DCSYM Υποσυστήματα, Έλεγχος και Επικοινωνίες**

### Οπτικοποίηση Βελτιωμένης Κατάστασης (ΒΚ) με DCSYM – Πίνακας Συστημάτων

A. C. & E. Hellas	1.1s	Γενική Διεύθυνση	1.1.1i	CEO	1.3.1i	Διευθυντής Τμήματος Ανάπτυξης Λογισμικού	1.3.1.1i	S/W Engineer 1
			1.1.2i	Γραμματεία Διοίκησης			1.3.1.2i	S/W Engineer 2
	1.2s	Τμήμα Πωλήσεων	1.2.1i	Διευθυντής Πωλήσεων	1.3.2i	S/W Customer Support	1.3.2.1i	S/W Engineer 4
			1.2.2i	Πωλητής 1				
			1.2.3i	Πωλητής 2				
			1.2.4i	Γραμματεία Πωλήσεων				
	1.3s	Τμήμα Ανάπτυξης Λογισμικού	1.3.1s	Software R&D				
			1.3.2s	S/W Customer Support				
	1.4s	Τεχνικό Τμήμα	1.4.1i	Διευθυντής Τεχνικού Τμήματος				
			1.4.1s	Τμήμα Help Desk	1.4.1.1i	HelpDesk1		
			1.4.2s	Plotters	1.4.2.1i	Plotters 1		
			1.4.2i	Τεχνικός Η/Υ 1				
			1.4.3i	Τεχνικός Η/Υ 2				
			1.4.4i	Τεχνικός Η/Υ 3				
			1.5.1i	Λογιστής 1				
			1.6.1i	Αποθηκάριος 1				
	1.7.1i	Διακινητής 1						
	1.8.1i	Άτομο Marketing 1						
	1.9s	Τμήμα Ανάλυσης και Σχεδιασμού	1.9.1i	Υπεύθυνος Ανάλυσης και Σχεδιασμού				
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	1E	Πελάτες						
	2E	Προμηθευτές						

Σχήμα 24: Βελτιωμένη Κατάσταση (ΒΚ) με DCSYM – Πίνακας Συστημάτων

### Οπτικοποίηση Βελτιωμένης Κατάστασης (BK) με DCSYM – Πίνακας Επικοινωνιών



Σχήμα 25: Βελτιωμένη Κατάσταση (BK) με DCSYM – Πίνακας Επικοινωνιών

Οι επικοινωνίες μεταξύ μερών του Συστήματος χαρακτηρίζονται με τα σύμβολα:

- c, C** → communication
- g, G** → general interaction or influence
- u, U** → purposeful action
- p, P** → potential conflict
- d, D** → distorted communication
- δ, Δ** → distorted purposeful communication

Τα μικρά γράμματα αφορούν επικοινωνία (αλληλεπίδραση) και τα μεγάλα αφορούν ροές ελέγχου

## **Ανασκόπηση της αναδόμησης της A.C.& E. Hellas – Συμβολή της DCSYM**

Η έντονα τροποποιημένη φυσική, οργανωτική και Διεργασιακή A. C. & E. Hellas φαίνεται οπτικοποιημένη ιδιαίτερα εύληπτα μέσω της χρήσης της DCSYM.

Τα γραφήματα της DCSYM απεικονίζουν άμεσα και απόλυτα κατανοητά την λειτουργική – ροϊκή και διεργασιακή βελτίωση της εταιρίας.

**Καταδεικνύονται με εντυπωσιακά εναργή οπτικοποιημένο τρόπο τα σημεία εφαρμογής της Τεχνικής (Τεχνολογίας) Hub and Spoke και η δομική και λειτουργική αλλαγή, που επήλθε με την εγκαθίδρυση και λειτουργία του Τμήματος Ανάλυσης και Σχεδιασμού.**

Εδώ χρειάζεται να παρατηρήσουμε, ότι το Τμήμα Ανάλυσης και Σχεδιασμού υποστηρίζει σαν κεντρικός κόμβος ενός Συστήματος Hub and Spoke **όλα** τα αιτήματα για συμβουλευτική υποστήριξη σε θέματα εφαρμοσμένης Πληροφορικής και αλληλεπιδρά με τους Προϊσταμένους **όλων** των υπολοίπων Τμημάτων (Υποσυστημάτων) της εταιρείας, όπου **και** αυτοί με την σειρά τους λειτουργούν μέσα στο Υποσύστημά τους σαν κεντρικοί κόμβοι διανομής και συλλογής πληροφοριών και σαν κεντρικοί κόμβοι ελέγχου γι αυτό!

Αυτή η Τεχνική (Τεχνολογία) οδηγεί σε μονοσήμαντα κανάλια ροής πληροφοριών και ελέγχου μεταξύ των Υποσυστημάτων, σε μοναδικό κόμβο συγκέντρωσης και αναδιανομής της πληροφορίας (single node for information concentration or/ and dispatching) ανά Υποσύστημα.

**Αυτό μειώνει δραστικά την επικοινωνιακή επιβάρυνση του επιχειρησιακού εσωτερικού χώρου της εταιρείας** και, εφ' όσον όλα τα υποσυστήματα λειτουργούν στο εσωτερικό τους και αυτά με διεργασιακά επιτυχημένο μοντέλο Hub and Spoke, δεν επιβαρύνονται (ενεργειακά και χρονικά) τα μέρη του κάθε Υποσυστήματος από υπερβάλλουσα δραστηριότητα, διότι κάθε μέρος υποστηρίζει το πολύ **ν διεργασιακές ζεύξεις**, όπου **ν** είναι το πλήθος των ατόμων (**διεργασιακών δομών**) του Υποσυστήματος.

Είναι οπτικά καταφανέστατη η «ελάφρυνση» του πλέγματος των αλληλεπιδράσεων και επικοινωνιών μετά την εφαρμογή των αλλαγών, μολονότι προστέθηκαν και Υποσυστήματα και θέσεις εργασίας.

Εδώ πρέπει να τονισθεί η επιλογή της δημιουργίας ανεξαρτήτου Υποσυστήματος Plotters μέσα στο Υποσύστημα Τεχνικού Τμήματος, καθώς οι ανάγκες για Τεχνική Υποστήριξη Plotters ήταν σημαντικές και εφαρμοστικά «ξένες» από τις λοιπές ανάγκες Τεχνικής Υποστήριξης.

Οι επιτελεσθείσες αλλαγές στις φυσικές, οργανωτικές και **διεργασιακές δομές** της την A. C. & E. Hellas είχαν σαν αποτέλεσμα:

Την βελτίωση της ποιότητας και την μείωση της ποσότητας της διακινούμενης πληροφορίας στο εσωτερικό της εταιρείας.

Τον περιορισμό των συμβάντων αντιδιαστέλλομενης εμπλοκής (conflict of interest) και αποτελεσματικότερης (άρα και ταχύτερης) συνεργασίας των μερών του Συστήματος.

Την μείωση του καταναλισκόμενου χρόνου ανά καθορισμένο task λόγω:

- Ξεκάθαρων διαδικασιών και δομών εντολοδοσίας και δράσης
- Μείωσης του χρόνου προετοιμασίας της έναρξης της διεκπεραίωσης κάθε έργου (task)
- Μείωσης του χρόνου της διεκπεραίωσης κάθε έργου (task)
- Μείωσης του χρόνου αλληλεπίδρασης με τον πελάτη για την λήψη του αποτελέσματος, που τον αφορά

Ταχύτερη επιλογή καλύτερων μεθόδων σχεδίασης και υλοποίησης έργων λόγω της διαθέσιμης **Διεργασιακής Δομής Υποστήριξης της Λήψης Αποφάσεων** (Τμήμα Ανάλυσης και Σχεδιασμού).

Παραγωγή ποιοτικότερου αποτελέσματος σε όχι περισσότερο χρόνο σε σχέση με την προτέρα κατάσταση του Συστήματος.



Τονίζουμε, ότι σαν εύλογη συνέχεια αλλά και σαν συνέπεια των σημαντικών δομικών και διεργασιακών αλλαγών στην εταιρεία ακολούθησε και η εκπόνηση και Πιστοποίηση Συστήματος Ποιότητας ISO 9001 για την A. C. & E. Hellas για τα ακόλουθα αντικείμενα:

Υποστήριξη Πληροφορικών Υποδομών (σχεδιασμός και υλοποίηση Υπηρεσιών Τεχνικής Υποστήριξης)

Σχεδιασμός και Υλοποίηση Ολοκληρωμένων Λύσεων Πληροφορικών Υποδομών (Ολοκληρωμένα Πληροφορικά Συστήματα αποτελούμενα από H/W και S/W, που σκοπούν σε συγκεκριμένους σκοπούς)

Σχεδιασμός και Υλοποίηση Ολοκληρωμένων Εφαρμογών Πληροφορικής (S/W)

Σημείωση: Στην A. C. & E. Hellas εργάσθηκα από τον 9<sup>ο</sup> του 1997 έως τον 6<sup>ο</sup> του 1999, όπου μέχρι και τον Δεκέμβριο του 1997 ήμουν Διευθυντής Τεχνικού Τμήματος και εντεύθεν κατέστην και Υπεύθυνος του Τμήματος Ανάλυσης και Σχεδιασμού (και Ολοκληρωμένων Λύσεων Πληροφορικής)

## Σκέψεις σχετικά με δυνητική μετεξέλιξη της DCSYM

Όπως ήδη και κατ' επανάληψη έχουμε αναφέρει στην τρέχουσα εργασία, θεωρούμε ως θεμελιώδεις δομές υποστήριξης της «επιχειρησιακής νοημοσύνης» τις «**Διεργασιακές Δομές**», οι οποίες δομούνται από «**στοιχειώδεις Διεργασιακούς Εκτελεστές**», ζευγνύονται από «**Διεργασιακές Ζεύξεις**» και εκτελούν επιλεγμένες διαδικασίες, που στοχεύουν στην επίτευξη του εκάστοτε τιθεμένου σκοπού.

Η αλλαγή του σκοπού προκαλεί και εύλογη «ενδο-ταλάντωση» του Συστήματος, ώστε να επιτύχει στην επίτευξη του νέου σκοπού, με αποτέλεσμα (εν γένει) να μεταπίπτει «Διεργασιακά» σε νέα Κατάσταση, που συντίθεται από το σύνολο των «**Διεργασιακών Δομών**», οι οποίες δομούνται από «**στοιχειώδεις Διεργασιακούς Εκτελεστές**» και εκτελούν επιλεγμένες διαδικασίες και των «**Διεργασιακών Ζεύξεων**» και των ενδεχόμενα αναδιοργανωμένων κανόνων, που διέπουν την αλληλεπίδραση των μερών του Συστήματος.

Οι προσεγγίσεις αυτές εύκολα εγείρουν την ανάγκη της αξιοποίησης των δυνατοτήτων της Μεθοδολογίας DCSYM στον τομέα της «**Διεργασιακής Αποτύπωσης**» των Συστημάτων.

**Σε μια τέτοια εξέλιξη και γενίκευση της Μεθοδολογίας DCSYM** θα θεωρούσαμε, ότι τα «άτομα» (individuals), που λογίζονται ως μέρη του κάθε σχεδιαζόμενου Συστήματος, ΔΕΝ αποτελούν «φυσικά» άτομα, αλλά «**Διεργασιακές Δομές**» και ότι οι «επικοινωνιακές συνδέσεις» αντιστοιχούν σε αυξημένης περιπλοκότητας «**Διεργασιακές Ζεύξεις**».

Φυσικά, σε μια τέτοια θεώρηση, τα φυσικά άτομα (εργαζόμενοι) ενός επιχειρησιακού οργανισμού συνεχίζουν να αποτελούν τις ελάχιστες «**Διεργασιακές Δομές**», που είναι ταυτόχρονα και οι «**στοιχειώδεις Διεργασιακοί Εκτελεστές**» του οργανισμού.

Σε μια τέτοια περίπτωση αυτονόητα θα διατηρούσαμε την δυνατότητα απόδοσης αριθμητικής τιμής «συνθέτου κόστους» (πολυπαραμετρικού) στην κάθε ζεύξη και θα μετατρέπαμε τον «χαρακτηρισμό της επικοινωνίας» με την χρήση χαρακτήρων σε επιπρόσθετο αριθμητικό χαρακτηρισμό επιπλέον «συνθέτου κόστους» (πολυπαραμετρικού) στην κάθε ζεύξη με κατάλληλο ζύγισμα παραγόντων σχετικών με τα χαρακτηριστικά της «**Διεργασιακής Ζεύξης**».

Ουσιαστικά θα προτείναμε την δημιουργία (αξιοποιώντας τις παραπάνω ιδέες) μεθόδου **DCProMM: Design and Control Process Management Method**.

Σε μια τέτοια περίπτωση, η πολύτιμη δυνατότητα οπτικοποίησης με κατάλληλα επιλεγόμενα και συμπλεκόμενα metrics μιας πολυσύνθετης **Διεργασιακής Επαλληλίας** υποστηριζόμενη από συγχρονισμένα μοντέλα **Συστημικής Δυναμικής** θα δημιουργούσε ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον εργαλείο υποστήριξης της **Λήψης Αποφάσεων (BI – Business Intelligence)**, με πολλές δυνατότητες μετεξέλιξης και ολοκλήρωσης.

Στο πλαίσιο της συνοπτικής μας αναφοράς σε μια πιθανή μετεξέλιξη της DCSYM θα θεωρούσαμε θετικό να τροποποιηθεί κατάλληλα το DCSYM case tool, ώστε, από εργαλείο λήψης σταθερών εικόνων ενός οργανισμού, να καταστεί μια «πλατφόρμα οπτικοποίησης» των δυναμικών αλλαγών των «**Διεργασιακών Δομών**» και των «**Διεργασιακών Ζεύξεων**» του μελετώμενου οργανισμού, καθώς αυτός αναπροσαρμόζεται, για να διαχειριστεί νέα «tasks», δηλαδή για να αντεπεξέλθει σε αλλασσόμενες στοχοθετήσεις!

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ

### Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε την **έννοια του μοντέλου** και θα αναπτύξουμε ένα μοντέλο, το οποίο θα προσομοιώνει την κοστολόγηση της διαδικασίας παραγωγής συνθέτων υλικών από μια γραμμή παραγωγής και την παράλληλη διαδικασία πώλησης των παραχθέντων συνθέτων υλικών.

Το έργο της κοστολόγησης της παραγωγικής διαδικασίας μιας Γραμμής Παραγωγής είναι ένα ιδιαίτερα περίπλοκο πολυπαραμετρικό πρόβλημα, του οποίου το πλήθος των εμπλεκόμενων παραμέτρων και η περίπλοκη αλληλεπίδραση των παραμέτρων αυτών συνθέτει ένα εξαιρετικά δύσκολο πρόβλημα ολιστικής διαχείρισης.

Αντιστοίχως και η διαχείριση των οικονομικών διεργασιών, οι οποίες συναρτώνται με την διαδικασία πώλησης των παραγομένων συνθέτων υλικών και των εμπλεκόμενων παραμέτρων συνθέτουν ένα επίσης εξαιρετικά δύσκολο πρόβλημα ολιστικής διαχείρισης.

Το μοντέλο, που αναπτύξαμε, ονομάζεται:

**«Προσομοίωση Κοστολόγησης Γραμμής Παραγωγής και Πώλησης των παραγομένων υλικών»**

ή

**Μοντέλο Single Production Line and Sales (SPLaS)**

Σκοπός του μοντέλου είναι διπλός:

Να καταδειχθεί η εξαιρετικά αυξημένη πολυπλοκότητα και της διαδικασίας παραγωγής και της κοστολόγησης της διαδικασίας παραγωγής και να αποδοθεί στην τρέχουσα φάση της εξέλιξης του μοντέλου η σύνδεση επιλεγμένων υποδιαδικασιών και παραμέτρων της διαδικασίας παραγωγής με την κοστολόγηση των επιλεγέντων υποδιαδικασιών

Και

Να καταδειχθεί η αντίστοιχα εξαιρετικά αυξημένη πολυπλοκότητα και της διαδικασίας πώλησης των παραγομένων συνθέτων υλικών αναφέροντας επιλεγμένες μόνο υποδιαδικασίες και παραμέτρους, οι οποίες εμπλέκονται με την αποτίμηση σε χρήμα της διαδικασίας πώλησης των παραγομένων συνθέτων υλικών και την εκτίμηση των παραγομένων οικονομικών αποτελεσμάτων από την αλυσίδα παραγωγής και πώλησης.

## Μοντέλο

### Ορισμός

**ΜΟΝΤΕΛΟ** ονομάζεται η αποτύπωση των σχέσεων αίτιου -αιτιατού, που προσομοιώνουν την συμπεριφορά ενός συστήματος .

### Σύστημα - Μοντέλο

Τα μοντέλα περιγράφουν τη **δομή** (στατικά στοιχεία) και την **κατάσταση** (δυναμικά στοιχεία) του συστήματος:

*Η περιγραφή γίνεται μέσω των εξισώσεων της κατάστασης του συστήματος, οι οποίες συσχετίζουν μεταξύ τους τις παραμέτρους (parameters) του μοντέλου με τις εισόδους, για να παράγουν εξόδους.*

Η χρήση μοντέλων μας βοηθά να κατανοήσουμε τον πολύπλοκο κόσμο που μας περιβάλλει. Τα μοντέλα αναπαριστούν επιλεγμένα στοιχεία μιας πραγματικότητας και δημιουργούνται για ένα συγκεκριμένο σκοπό.

### Σκοπός της δημιουργίας μοντέλων (προσομοίωσης):

Μελέτη της συμπεριφοράς ενός συστήματος σε δύο (συνήθως) βασικά βήματα:

- Έλεγχο υποθέσεων ή θεωριών σχετικά με τη συμπεριφορά ενός συστήματος
- Πρόβλεψη ή εκτίμηση της μελλοντικής συμπεριφοράς ενός συστήματος

### Κριτήρια καλού Μοντέλου:

- Αντιπροσωπεύει πιστότερα το σύστημα
- Ανταποκρίνεται στους συγκεκριμένους (μας) σκοπούς
- Είναι εύκολο στην κατανόηση από το χρήστη και μπορεί να μεταβληθεί εύκολα

### Η Αρχή της Ελλιπούς Γνώσης

Ένα μοντέλο είναι εξ ορισμού ελλιπές

Τα μοντέλα προσφέρουν ένα «προνομιακό» και ταυτόχρονα ένα «περιοριστικό» τρόπο προσέγγισης:

Προνομιακή προσέγγιση: *περιέχουν απλούστευση και καθοδηγούνται από θεωρία.*

Περιοριστική προσέγγιση: *στερεί από τον χρήστη την δυνατότητα δημιουργικής προσέγγισης.*

## Μεθοδολογία – Μέθοδος –Τεχνική

### Μεθοδολογία

Οργανωμένο σύνολο διαδικασιών, τεχνικών, εργαλείων και μέσων τεκμηρίωσης, που καθοδηγεί τις ενέργειες σε ένα χώρο γνώσης.

Περιγράφεται από φάσεις, στάδια, βήματα, δραστηριότητες κ.λπ.

Βασίζεται σε θεωρητικές αρχές (φιλοσοφική βάση) χρησιμοποιεί μεθόδους κάτω από μια *οπτική γωνία*.

### Μέθοδος

Εξέταση ενός αντικειμένου σύμφωνα με ορισμένους κανόνες.

Συστηματικός τρόπος εκτέλεσης μιας εργασίας χρησιμοποιώντας (πολλές) τεχνικές.

### Τεχνική

Χρήση τεχνικής για την επίτευξη ενός έργου.

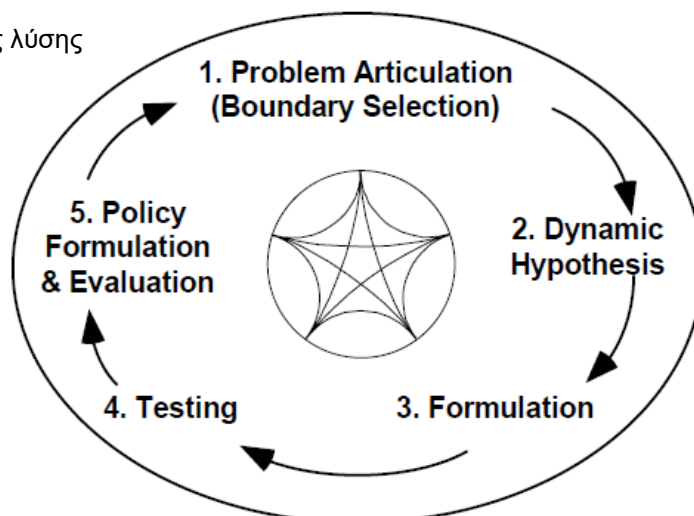
Μια τεχνική μπορεί να χρησιμοποιείται από πολλές μεθόδους.

### Βασική αρχή:

Γενικότερα, τα μοντέλα **πρέπει να είναι απλούστερα των φαινομένων, που υποτίθεται ότι προσομοιώνουν.**

### Υλοποίηση και Χειρισμός του Μοντέλου

- Προσδιορισμός του προβλήματος
- Ανάπτυξη μιας δυναμικής υπόθεσης, που εξηγεί τα αίτια του προβλήματος
- Κατασκευή ενός προτύπου προσομοίωσης του προβλήματος, στη ρίζα του προβλήματος
- Εξέταση του μοντέλου σε σχέση με την ικανότητά του να αναπαράγει την συμπεριφορά, που παρατηρείται από την λειτουργία του συστήματος στον πραγματικό κόσμο
- Επινόηση και εξέταση προτύπων εναλλακτικών πολιτικών (*παρεμβάσεων*), που «ανακουφίζουν το πρόβλημα
- και
- Εφαρμογή της λύσης



Σχήμα 26: Ο επαναλαμβανόμενος κύκλος του χειρισμού ενός προβλήματος

## Συστημική Δυναμική

### Ορισμός :

Μεθοδολογία κατανόησης της συμπεριφοράς σύνθετων συστημάτων στη διάρκεια του χρόνου με ειδικό χαρακτηριστικό την συμπερίληψη αναδράσεων (feedback loops).

Σκέψη της εξέλιξης στο χρόνο – όχι στατικές εικόνες.

Δυνατότητα εύρεσης σημείων ελέγχου («leverage» points).

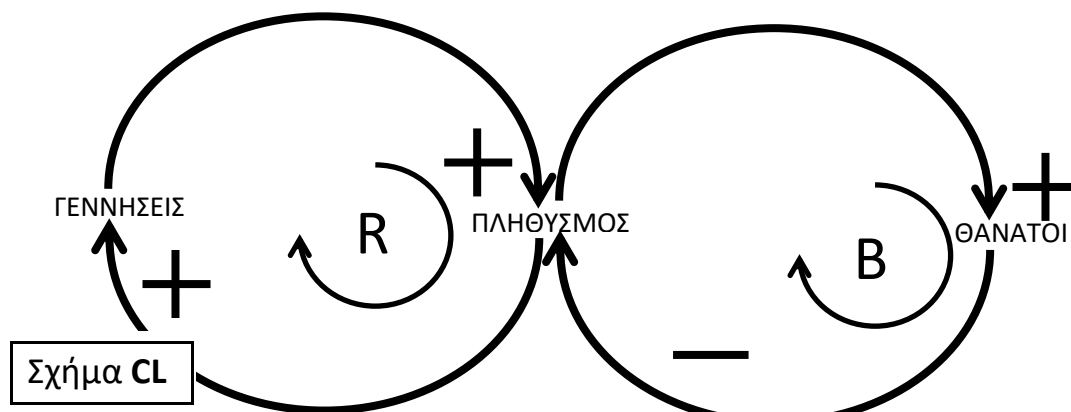
Γρήγορη ανάπτυξη και έλεγχος εφαρμογών.

Οπτικοποίηση των υποσυστημάτων.

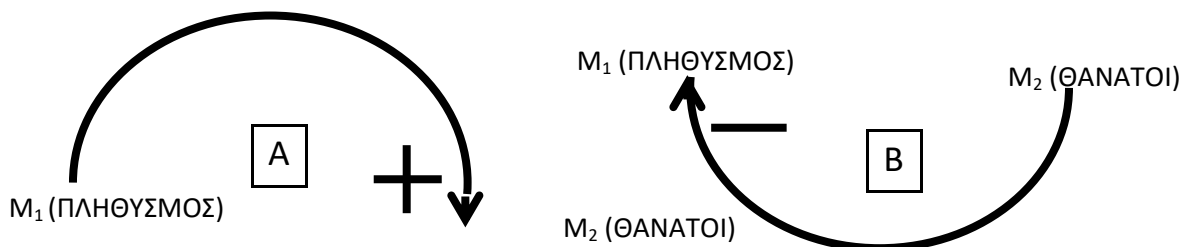
Οπτικοποίηση των σχέσεων αιτίας και αιτιατού.

### Causal Links/ Relationships - Causal Loops

Ζεύξεις/ Σχέσεις Αιτίου – Αιτιατού - Βρόχοι Αιτότητας



Σχήμα 27: Causal links και Causal Loops



Στο παραπάνω σύνθετο **σχήμα CL** το τμήμα **A** υποδηλώνει, ότι το πλήθος των γεννήσεων επιδρά στον πληθυσμό (το βέλος εκκινεί από το **αίτιο** και καταλήγει στο **αιτιατό**) και μάλιστα η επίδραση είναι «**ομόσημου ρυθμού μεταβολής**» (εξ ου και το σύμβολο «+»), δηλαδή η αύξηση της τιμής του μεγέθους  $M_1$  των γεννήσεων προκαλεί αύξηση της τιμής της συναρτημένης (συζευγμένης) μεταβλητής του μεγέθους  $M_2$  «πληθυσμός».

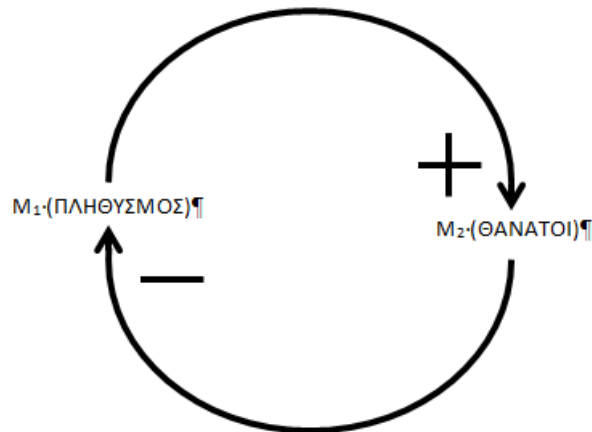
Δηλαδή, αν  $\Delta M_1 > 0 \Rightarrow \Delta M_2 > 0$  ή αν  $\Delta M_1 < 0 \Rightarrow \Delta M_2 < 0$

(όπου  $\Delta X$  = μεταβολή του μεγέθους  $X$ )

Αντίστοιχα το σχήμα **B** υποδηλώνει, ότι το πλήθος των θανάτων επιδρά στον πληθυσμό (το βέλος εκκινεί από το **αίτιο** και καταλήγει στο **αιτιατό**) και μάλιστα η επίδραση είναι «**ετερόσημου ρυθμού μεταβολής**» (εξ ου και το σύμβολο «-»), δηλαδή η αύξηση της τιμής του μεγέθους  $M_1$  των θανάτων προκαλεί μείωση της τιμής της συναρτημένης (συζευγμένης) μεταβλητής του μεγέθους «πληθυσμός».

Δηλαδή, αν  $\Delta M_1 > 0 \Rightarrow \Delta M_2 < 0$  ή αν  $\Delta M_1 < 0 \Rightarrow \Delta M_2 > 0$

Ο πλήρης κύκλος σύζευξης αιτίου - αιτιατού



Σχήμα 28: πλήρης κύκλος σύζευξης αιτίου - αιτιατού

ονομάζεται **βρόχος (σύζευξης αιτίου – αιτιατού (causal loop)** και περιγράφει την κατ' επαλληλία συνεχή αλληλεπίδραση των ζεύξεων αιτιότητας «πληθυσμός – θάνατοι» και «θάνατοι – πληθυσμός».

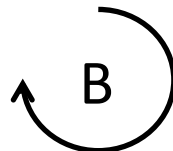
Η κυκλική αλληλεπίδραση αυτή προκαλεί ένα ενδιαφέρον αποτέλεσμα:

Ενώ η αύξηση του πληθυσμού προκαλεί εύλογα αύξηση των θανάτων (και εξ αυτής της σχέσης προκύπτει το ενδεικτικό σύμβολο «+»), η επερχόμενη αύξηση των θανάτων προκαλεί μείωση του πληθυσμού.

Οπότε στον επόμενο «κύκλο» η μείωση του πληθυσμού προκαλεί μείωση των θανάτων και αυτή με την σειρά της προκαλεί αύξηση του πληθυσμού!

Όπως, λοιπόν, είναι καταφανές το causal loop αυτό προκαλεί συναρτήση του χρόνου μια ταλάντωση των έτσι συζευγμένων μεγεθών «πληθυσμός» και «θάνατοι» γύρω από μια θέση ισορροπίας.

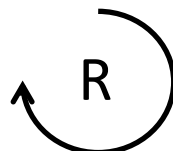
Λόγω αυτής της συμπεριφοράς, που μόλις περιγράψαμε, αυτοί οι βρόχοι αιτιότητας μπορούν να χαρακτηρισθούν (αυτο)**εξισορροπούμενοι (balanced ή negative feedback loop)**, εξ ου και το σύμβολο



Σχήμα 29: Balanced Loop

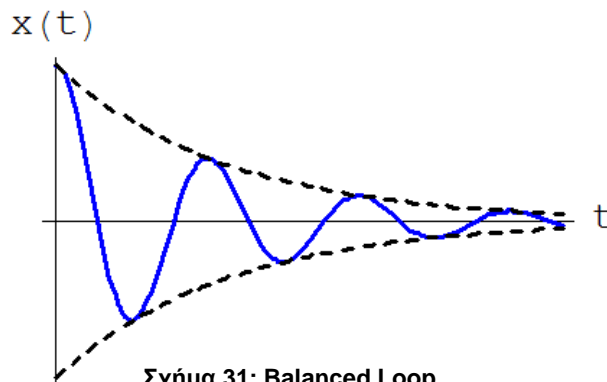
Με αντίστοιχους συλλογισμούς ο βρόχος αιτιότητας «γεννήσεις – πληθυσμός» είναι (αυτο)ενισχυόμενος, καθώς σε κάθε επανάληψή του οι τιμές των μεγεθών «γεννήσεις» και «πληθυσμός» διαρκώς αυξάνονται!

Ένας (αυτο)**ενισχυόμενος βρόχος αιτιότητας (Reinforced ή positive feedback loop)** συμβολίζεται με το σύμβολο



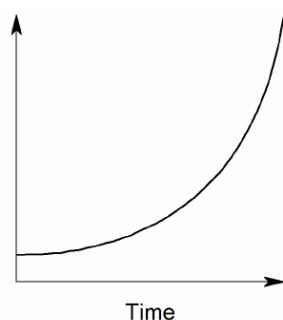
Σχήμα 30: Reinforced Loop

Κάθε βρόχος αιτιότητας, ο οποίος περιέχει άρτιο πλήθος (συ)ζεύξεων διαδοχικών μεγεθών τύπου «-», τότε η τελική συμπεριφορά του βρόχου αιτιότητας είναι (αυτο)εξισορροπούμενη (balanced).



Σχήμα 31: Balanced Loop

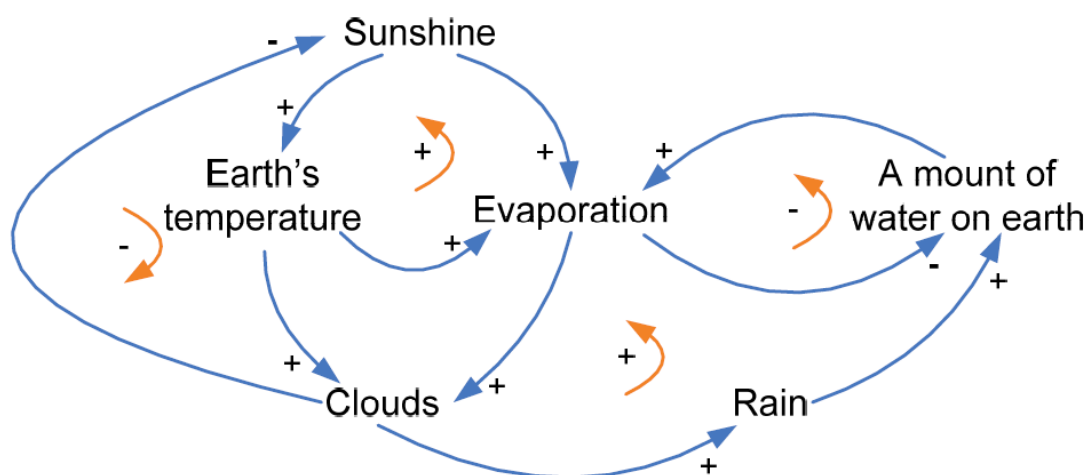
Κάθε βρόχος αιτιότητας, ο οποίος περιέχει περιττό πλήθος (συ)ζεύξεων διαδοχικών μεγεθών τύπου «-», τότε η τελική συμπεριφορά του βρόχου αιτιότητας είναι (αυτο)αυτοενισχυόμενη (Reinforced).



Σχήμα 32: Reinforced Loop

Οι βρόχοι αιτιότητας (causal loops) εν γένει αποτελούνται από N το πλήθος διαδοχικά συζευγμένα μεγέθη  $M_1, M_2, \dots, M_N$ :

$$M_1 \rightarrow M_2 \rightarrow M_3 \rightarrow \dots \rightarrow M_K \rightarrow M_{K+1} \rightarrow \dots \rightarrow M_{N-1} \rightarrow M_N \rightarrow M_1$$



Σχήμα 33: Βρόχοι αιτιότητας: Μοντέλο Ηλιοφάνειας, βροχής, εξάτμισης



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: VENSIM

### Εισαγωγή

Το Vensim είναι ένα εργαλείο οπτικής μοντελοποίησης, που μας επιτρέπει να αντιληφθούμε, να τεκμηριώσουμε, να προσομοιώσουμε, να αναλύσουμε και να βελτιστοποιήσουμε μοντέλα δυναμικών συστημάτων.

Το Vensim παρέχει έναν απλό και ευέλικτο τρόπο δημιουργίας μοντέλων προσομοίωσης, που αποτελούνται από σχέσεις αιτιότητας (causal links/ causal loops) ή/ και διαγράμματα αποθέματος (levels) και ροής (flows).

Τα μεγέθη, των οποίων η αλληλεπίδραση δομεί το μοντέλο του δυναμικού συστήματος, το οποίο θέλουμε να προσομοιάσουμε, αναπαρίστανται με λέξεις, που παρατίθενται σε ένα επίπεδο.

Οι λέξεις, οι οποίες αντιστοιχούν στα συμπλεκόμενα δομικά μεγέθη/ αντικείμενα του συστήματος συνδέονται με βέλη, τα οποία αναπαριστούν ζεύξεις αιτιότητας (causal links) και οι σχέσεις μεταξύ των διασυνδεδεμένων μεταβλητών του συστήματος εισάγονται και καταγράφονται ως αιτιώδεις συνδέσεις με την μορφή κατάλληλων εξισώσεων.

Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται από τον επεξεργαστή εξισώσεων, για να μας βοηθήσουν να διαμορφώσουμε ένα πλήρες μοντέλο προσομοίωσης. Μπορούμε να αναλύσουμε το μοντέλο μας σε όλη τη διαδικασία κατασκευής, εξετάζοντας τις αιτίες και τις χρήσεις μιας μεταβλητής, καθώς και στους βρόχους που αφορούν τη μεταβλητή. Όταν έχετε δημιουργήσει ένα μοντέλο, που μπορεί να προσομοιωθεί, το Vensim μας επιτρέπει να διερευνήσουμε διεξοδικά τη συμπεριφορά του μοντέλου.

### Τύποι δομικών μεγεθών/ αντικειμένων του Vensim

#### Μεταβλητές (variables)

##### Constant:

Είναι μέγεθος με τιμή μεταβαλλόμενη από τον χρήστη

ή

##### Auxiliary:

Είναι μέγεθος με τιμή, η οποία μεταβάλλεται λόγω αλληλεπιδράσεων με τις τιμές άλλων μεγεθών του μοντέλου μέσω κατάλληλων εξισώσεων συσχέτισης.

#### Σημείο Συσσώρευσης (Αποθέματος) (Level) :

Είναι μέγεθος με τιμή, η οποία μεταβάλλεται λόγω αλληλεπιδράσεως με τις τιμές μεγεθών ειδικού τύπου, οι οποίες αποκαλούνται **ροές (flows)**, όπου η τιμή της εκάστοτε ροής αποτελεί την «παροχή» προς ή από το σημείο συσσώρευσης.

**Τονίζουμε με έμφαση το ειδικό χαρακτηριστικό των σημείων συσσώρευσης, το οποίο είναι, ότι η τιμή τους προκύπτει από την ολοκλήρωση ως προς τον χρόνο λειτουργίας του μοντέλου των συναρτημένων ροών εισόδου και εξόδου προς και από το σημείο συσσώρευσης.**

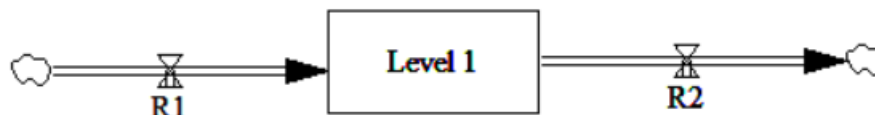
#### Ροή (flow)

Είναι μέγεθος άμεσα συναρτημένο με ένα σημείο συσσώρευσης είτε ως «παροχή» εισροής/ εκροής στο/ από το σημείο συσσώρευσης. Η «παροχή εκφράζεται ως συνάρτηση του χρόνου (Rate(t)).

Ο μαθηματικός ορισμός της ροής είναι της μορφής  $\frac{dRate(t)}{dt}$

## Παράδειγμα Σημείου Συσσώρευσης και Ροών Εισόδου και Εξόδου

Αν θεωρήσουμε το ακόλουθο μοντέλο:



Σχήμα 34: Σημείο Συσσώρευσης και Ροές Εισόδου και Εξόδου

όπου θεωρούμε, ότι η μονάδα μέτρησης του χρόνου του μοντέλου λογίζεται σε ημέρες (**day**) από  $t_{\min}$  έως  $t_{\max}$ , η μονάδα μέτρησης του χρόνου του μεγέθους μέτρησης του Level1 λογίζεται σε τεμάχια (**parts**) και , η μονάδα μέτρησης του χρόνου των μεγεθών μέτρησης των «παροχών» R1 και R2 λογίζεται σε τεμάχια/ημέρα (**parts/day**).

Σύμφωνα με την «εσωτερική μηχανή» του Vensim οι ροές (flows) θεωρούνται variables τύπου auxiliary και συνήθως εξαρτώνται από variables τύπου constant.

Η εξίσωση ορισμού της τιμής του μεγέθους Level1, η οποία τροφοδοτεί το Vensim, είναι η:

$$\text{Level1} = R1 - R2$$

Όμως η τιμή του μεγέθους Level1 είναι:

$$\text{Level1} = R1 (t_{\max} - t_{\min}) - R2 (t_{\max} - t_{\min})$$

αν τα μεγέθη R1 και R2 έχουν σταθερή τιμή για το χρονικό διάστημα  $[t_{\min}, t_{\max}]$ .

Στην γενική και συχνά εμφανιζόμενη περίπτωση κατά την οποία τα μεγέθη R1 και R2 **ΔΕΝ** έχουν σταθερή τιμή για το χρονικό διάστημα  $[t_{\min}, t_{\max}]$ , αλλά

το μέγεθος R1 έχει τις διαφορετικές τιμές  $R_{1,k}$ , όπου  $k = 1, 2, \dots, m$ , οι οποίες αντιστοιχούν στα  $k$  χρονικά διαστήματα  $[t_0, t_1], [t_1, t_2], \dots, [t_{m-1}, t_m]$ , όπου  $t_0 = t_{\min}$  και  $t_m = t_{\max}$  και  $R_{1,0}$  είναι η αρχική τιμή του μεγέθους  $R_{1,k}$ .

και

το μέγεθος R2 έχει τις διαφορετικές τιμές  $R_{2,k}$ , όπου  $k = 1, 2, \dots, n$ , οι οποίες αντιστοιχούν στα  $n$  χρονικά διαστήματα  $[t_0, t_1], [t_1, t_2], \dots, [t_{n-1}, t_n]$ , όπου  $t_0 = t_{\min}$  και  $t_n = t_{\max}$  και  $R_{2,0}$  είναι η αρχική τιμή του μεγέθους  $R_{2,k}$ .

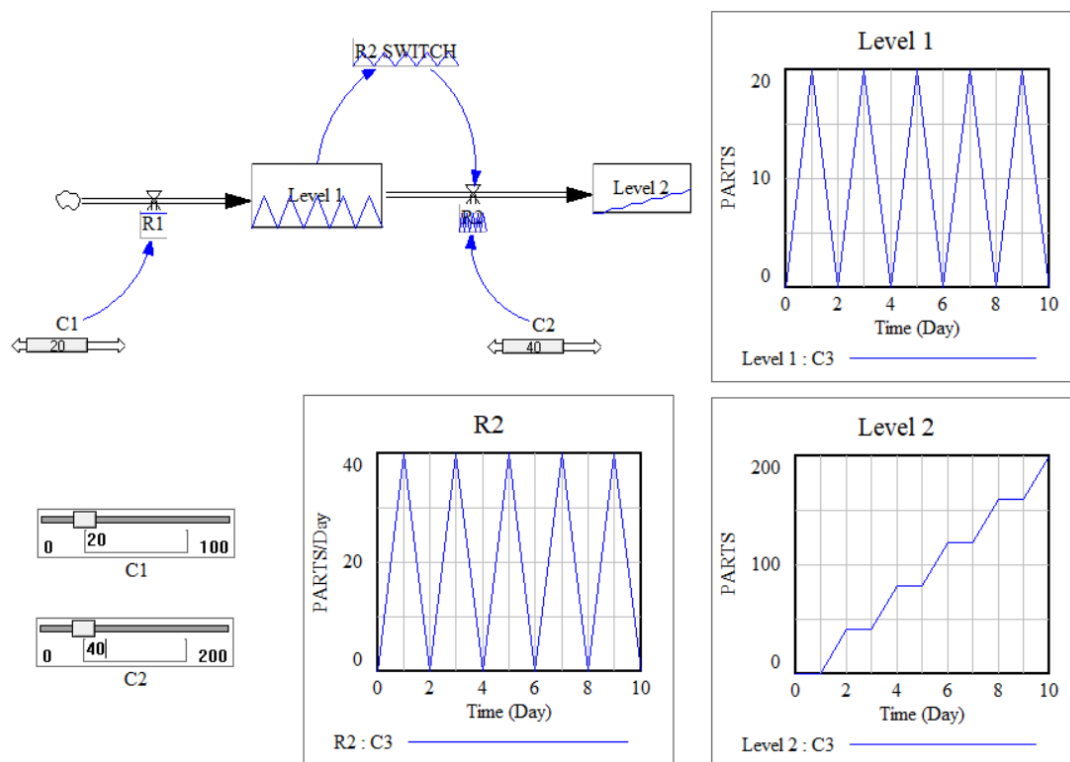
Τότε:

$$\text{Level1} = \sum_{i=0}^{i=m-1} R_{1,i} \cdot (t_{i+1} - t_i) - \sum_{i=0}^{i=n-1} R_{2,i} \cdot (t_{i+1} - t_i)$$

Η παρατεθείσα παραπάνω μέθοδος υπολογισμού αφορά **ΜΟΝΟ** τον υπολογισμό της τιμής των σημείων συσσώρευσης (level) συναρτήσεως του χρόνου.

Ακολουθεί μια εξέλιξη του προηγούμενου μοντέλου σε πλήρη δόμηση καθώς και οι γραφικές παραστάσεις από την παρακολούθηση της λειτουργίας του:

### Προσομοίωση 2 επικοινωνούντων σημείων συσσώρευσης με ρύθμιση των ροών



Σχήμα 35: Δύο επικοινωνούντα Σημεία Συσσώρευσης με ρύθμιση των Ροών

#### DEFINITIONS UNITS EQUATIONS

(01) C1=0 Units: PARTS/Day [0,100,10]	(07) R1=C1 Units: PARTS/Day [0,?]
(02) C2=0 Units: PARTS/Day [0,200,10]	(08) R2= IF THEN ELSE (R2 SWITCH = 0, 0, C2) Units: PARTS/Day [0,?]
(03) FINAL TIME = 10 Units: Day The final time for the simulation.	(09) R2 SWITCH= IF THEN ELSE (Level 1 > 0, 1, 0) Units: DMNL (dimensionless)
(04) INITIAL TIME = 0 Units: Day The initial time for the simulation.	(10) SAVEPER =TIME STEP Units: Day [0,?] The frequency with which output is stored.
(05) Level 1= INTEG (R1-R2,0) Units: PARTS [0,?]	(11) TIME STEP = 1 Integration Type EULER
(06) Level 2= INTEG (R2,0) Units: PARTS [0,?]	

Στην συνέχεια θα παραθέσουμε δύο (2) μελέτες υλοποίησης βασικών μοντέλων Vensim, τα οποία στην συνέχεια θα αξιοποιηθούν στην συνέχεια της παρούσης εργασίας.

## Μοντέλο Υπερχείλισης

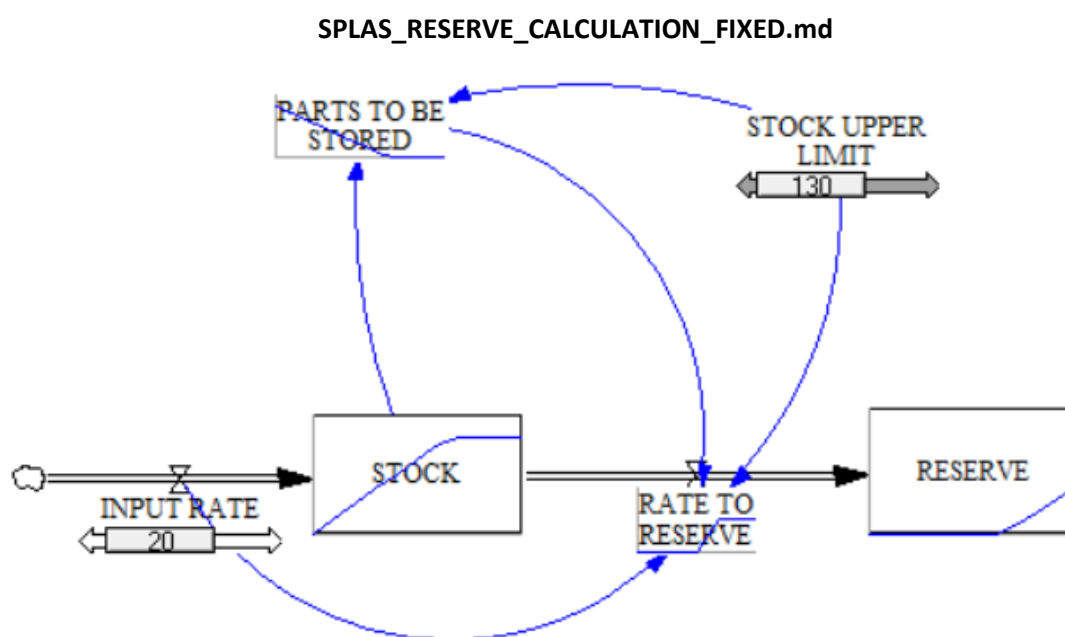
### Προσομοίωση 2 επικοινωνούντων σημείων συσσώρευσης με ρύθμιση των ροών ώστε το 2ο σημείο συσσώρευσης να λειτουργεί ως υπερχείλιση του 1ου

Το συγκεκριμένο μοντέλο προσομοιώνει την πλήρωση του 1ου σημείου συσσώρευσης «STOCK» υπό την επίδραση της ροής «INPUT RATE» και με βάση το επιλεγμένο «μέγιστο επίπεδο πλήρωσης» του 1ου σημείου συσσώρευσης προκαλείται αυτόματη διαδικασία υπερχείλισης προς το 2ο σημείο συσσώρευσης «RESERVE».

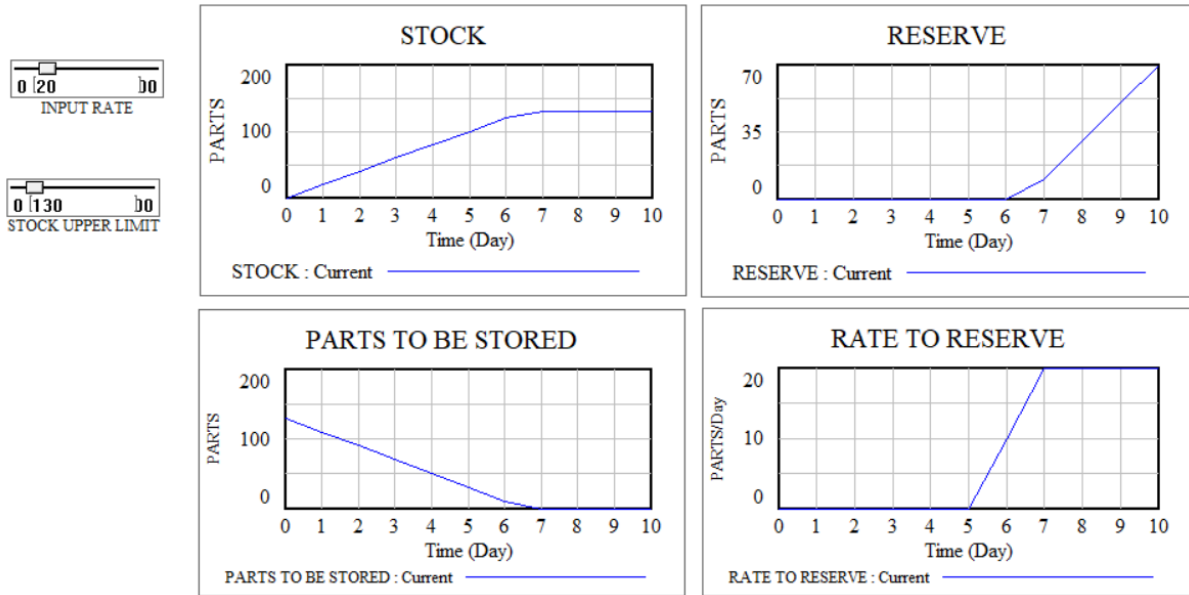
Στο μοντέλο αυτό έγινε προσπάθεια να εξασφαλισθεί η ορθή εκροή προς την «δεξαμενή υπερχείλισης» με την προθήκη κατάλληλων μεταβλητών και ζεύξεων αιτιότητας.

Η μεταβλητή «PARTS TO BE STORED» χρησιμοποιήθηκε ακριβώς για την επίτευξη της ορθής εκροής προς την «δεξαμενή υπερχείλισης» και αφορά την παρακολούθηση της συσσώρευσης αποθηκευόμενων υλικών συναρτήσει του χρόνου στο 1ο σημείο συσσώρευσης.

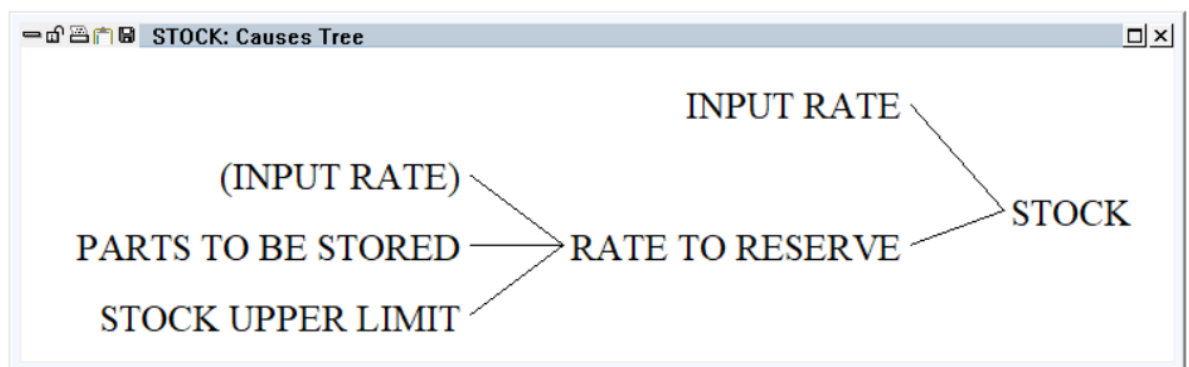
Θα αντιδιαστείλουμε τα αποτελέσματα αυτού του μοντέλου με τα παρόμοια υλοποίησης μοντέλα, τα οποία δεν παράγουν ορθή ροή προς την «δεξαμενή υπερχείλισης», αν δεν χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλες βοηθητικές μεταβλητές και ζεύξεις αιτιότητας.

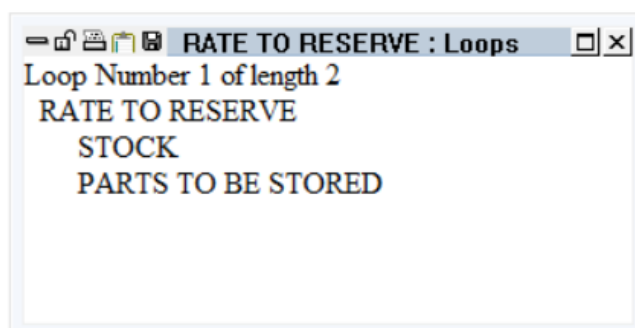
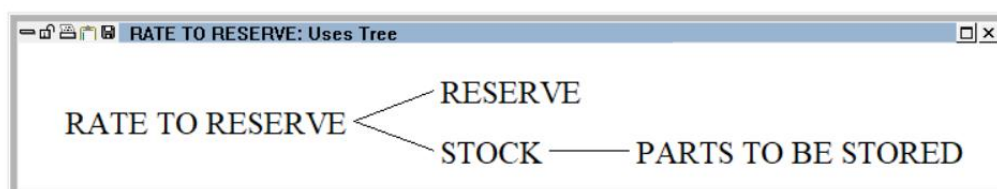
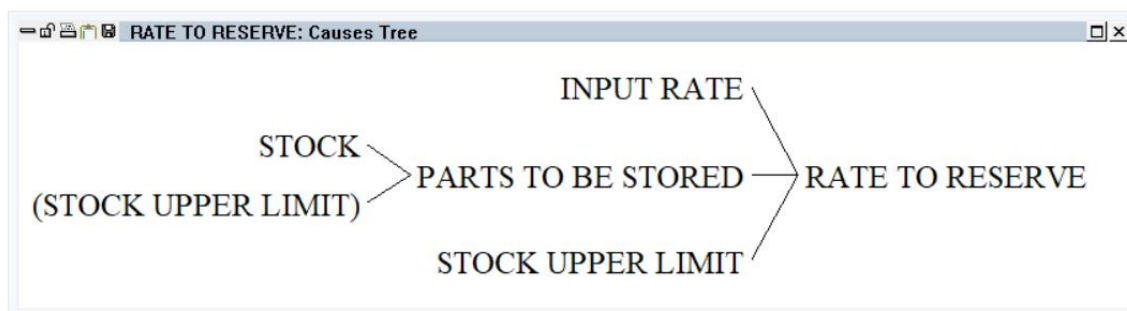


Σχήμα 35: Μοντέλο Υπερχείλισης



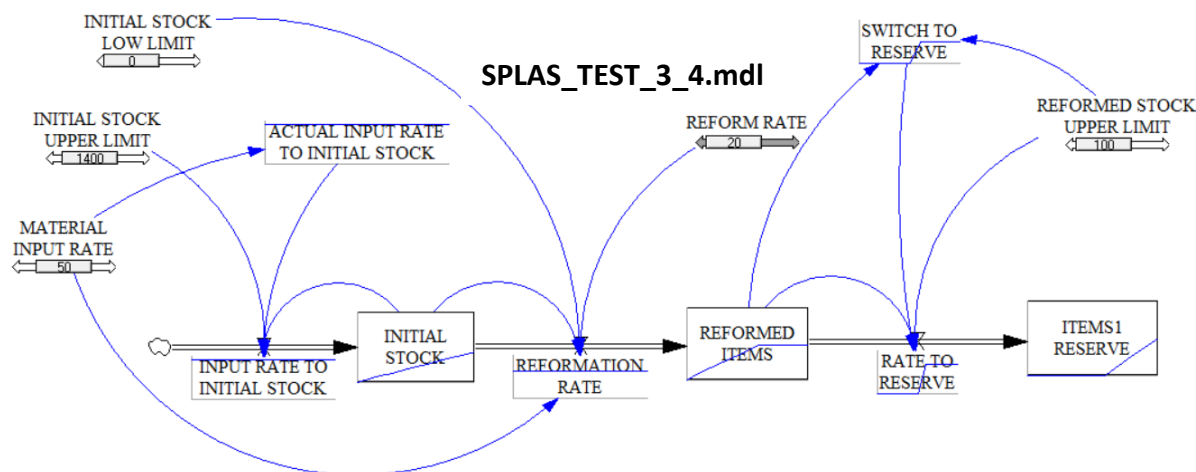
Time (Day)	"STOCK" Runs:	STOCK	"RATE TO RESERVE" Runs:	RATE TO RES	"RESERVE" Runs:	RESERVE
0	0	0	0	0	0	0
1	Current	20	0	0	0	0
2		40	Current	0	0	0
3		60		0	0	0
4		80		0	0	0
5		100		0	0	0
6		120		10	0	0
7		130		20	10	10
8		130		20	30	30
9		130		20	50	50
10		130		20	70	70





**DEFINITIONS UNITS EQUATIONS**

(01) INPUT RATE= 0 Units: PARTS/Day [0,100,5]	(05) STOCK= INTEG ( INPUT RATE-RATE TO RESERVE, 0) Units: PARTS [0,?]
(02) PARTS TO BE STORED= IF THEN ELSE (STOCK UPPER LIMIT - STOCK >= 0, STOCK UPPER LIMIT - STOCK, 0) Units: PARTS	(06) STOCK UPPER LIMIT= 0 Units: PARTS [0,1000,10]
(03) RATE TO RESERVE= IF THEN ELSE (STOCK UPPER LIMIT <= 0, 0, IF THEN ELSE (PARTS TO BE STORED >= INPUT RATE, 0, IF THEN ELSE (PARTS TO BE STORED > 0, INPUT RATE - PARTS TO BE STORED, INPUT RATE))) Units: PARTS/Day [0,?]	(07) TIME STEP = 1 Units: Day [0,?] The time step for the simulation.
(04) RESERVE= INTEG ( RATE TO RESERVE, 0) Units: PARTS [0,?]	(08) SAVEPER = TIME STEP Units: Day [0,?] The frequency with which output is stored.



**Σχήμα 36: Simple Production Line and Sales Υποσύστημα Παραγωγής και Αποθήκευσης**

Time (Day)	"REFORME D ITEMS"	REFORMED I	"ITEMS1 RESERVE"	ITEMS1 RESERVE
0	0	0	0	0
1	Runs:	20	Runs:	0
2	C12	40	C12	0
3		60		0
4		80		0
5		100		0
6		120		0
7		120		20
8		120		40
9		120		60
10		120		80

Όπου η εξίσωση προσδιορισμού της τιμής της ροής «RATE TO RESERVE» είναι:  
 IF THEN ELSE (SWITCH TO RESERVE = 0, 0, REFORMED ITEMS - REFORMED STOCK UPPER LIMIT)

Όπου ο έλεγχος «SWITCH TO RESERVE» με τιμές 0 ή 1, ελέγχει τις έναρξης συνθήκες ροής προς την «δεξαμενή υπερχείλισης» με εξίσωση προσδιορισμού της τιμής του:  
 IF THEN ELSE (REFORMED ITEMS \* REFORMED STOCK UPPER LIMIT > 0 :AND: REFORMED ITEMS > REFORMED STOCK UPPER LIMIT, 1, 0)

Από τον συνημμένο πίνακα τιμών καθίσταται καταφανές, ότι οι εύλογες σχέσεις αιτιότητας και οι έλεγχοι τιμών δεν επαρκούν, για να αποδώσουν ορθές τιμές στα σημεία συσσώρευσης, οπότε και υλοποιήθηκε το προηγούμενο διορθωμένο «μοντέλο υπερχείλισης»

### Μοντέλο πώλησης υπό όρους

Προσομοίωση 2 επικοινωνούντων σημείων συσσώρευσης «SALES STOCK» και «SOLD ITEMS» με ρύθμιση των ροών,

ώστε το 2<sup>ο</sup> σημείο συσσώρευσης να λειτουργεί ως δεξαμενή ελεγχόμενης εκροής του 1<sup>ου</sup>

Το συγκεκριμένο μοντέλο προσομοιώνει την πλήρωση του 1ου σημείου συσσώρευσης «SALES STOCK» υπό την επίδραση της ροής «RATE TO SALES STOCK» και με βάση το επιλεγμένο «ελάχιστο αποδεκτό επίπεδο πλήρωσης» του 1ου σημείου συσσώρευσης προκαλείται αυτόματη διαδικασία εκροής υπό όρους προς το 2ο σημείο συσσώρευσης «SOLD ITEMS».

Στο μοντέλο αυτό έγινε προσπάθεια να εξασφαλισθεί η ορθή εκροή προς την «δεξαμενή» «SOLD ITEMS» με την προθήκη κατάλληλων μεταβλητών και ζεύξεων αιτιότητας.

Η καινοτομία του παρόντος μοντέλου είναι η χρήση της μεταβλητή «NEXT TIME PERIOD SALES STOCK AVAILABILITY FORECAST», η οποία χρησιμοποιήθηκε ακριβώς για την επίτευξη της ορθής εκροής προς την «δεξαμενή πωληθέντων» «SOLD ITEMS». και αφορά τον υπολογισμό της ορθής εκροής υπό συνθήκας από την «δεξαμενή» «SALES STOCK» προς την «δεξαμενή» «SOLD ITEMS».

Οι παράγοντες ελέγχου της ροής αυτής «SALES RATE» είναι οι τιμές των:

«RATE TO SALES STOCK»

«SALES STOCK»

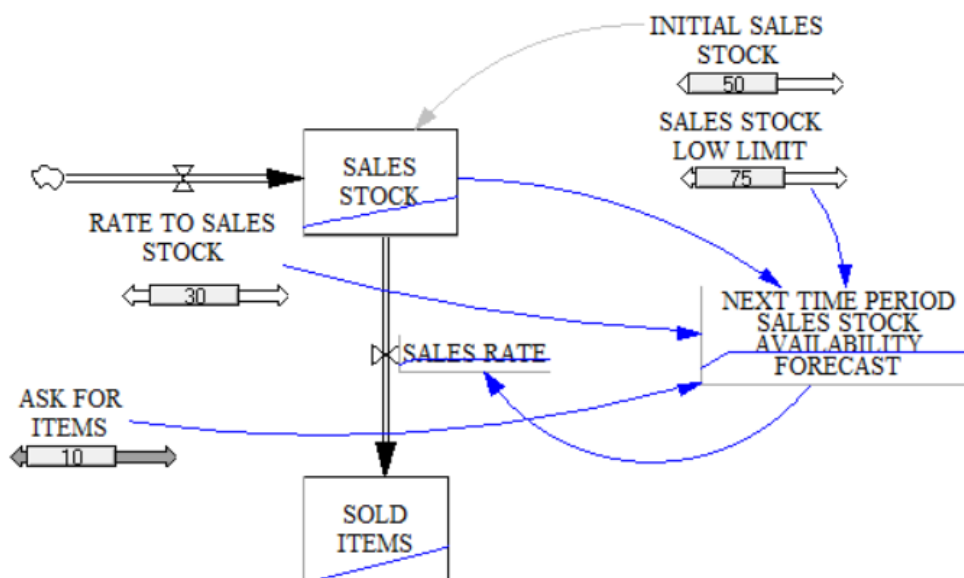
«INITIAL SALES STOCK»

SALES STOCK LOWLIMIT

«ASK FOR ITEMS»

Η επιτυχής πρόβλεψη του διαθέσιμου κατά την επόμενη χρονική περίοδο λειτουργίας του μοντέλου καθίσταται δυνατή με την προϋπόθεση του σταθερού ρυθμού πλήρωσης το u «SALES STOCK».

#### STEADY\_RATE\_TO\_SALES\_STOCK\_TO\_SOLD\_ITEMS\_TEST\_WORKING\_V\_2.mdl



Σχήμα 37: Simple Production Line and Sales - Υποσύστημα Πωλήσεων



**Αρχικές συνθήκες:**

«RATE TO SALES STOCK»: 30 parts/day

«INITIAL SALES STOCK»: 50 parts

«SALES STOCK LOWLIMIT»: 75 parts

«ASK FOR ITEMS»: 10 parts/day

INITIAL SALES STOCK + 10 days \* RATE TO SALES STOCK = 350 parts =  
SALES STOCK + SOLD ITEMS

Time (Day)	"SALES STOCK"	SALES STOCI	"NEXT TIME PERIOD"	NEXT TIME P	"SALES RATE"	SALES	SALES RATE	"SOLD ITEMS"	SALES
0	50		5		Runs: 5			0	
1	Runs: 75		SALES	10	Current	10		Runs: 5	
2	Current 95		STOCK	10		10		Current 15	
3	115		AVAILABILITY	10		10		25	
4	135		TY	10		10		35	
5	155		FORECAST	10		10		45	
6	175		Runs:	10		10		55	
7	195		Current	10		10		65	
8	215			10		10		75	
9	235			10		10		85	
10	255			10		10		95	

**Αρχικές συνθήκες:**

«RATE TO SALES STOCK»: 30 parts/day

«INITIAL SALES STOCK»: 0 parts

«SALES STOCK LOWLIMIT»: 90 parts

«ASK FOR ITEMS»: 10 parts/day

INITIAL SALES STOCK + 10 days \* RATE TO SALES STOCK = 300 parts =  
SALES STOCK + SOLD ITEMS

Time (Day)	"SALES STOCK"	SALES STOCI	"NEXT TIME PERIOD"	NEXT TIME P	"SALES RATE"	SALES	SALES RATE	"SOLD ITEMS"	SALES
0	0		-60		Runs: 0			0	
1	Runs: 30		SALES	-30	Current	0		Runs: 0	
2	Current 60		STOCK	0		0		Current 0	
3	90		AVAILABILITY	10		10		0	
4	110		TY	10		10		10	
5	130		FORECAST	10		10		20	
6	150		Runs:	10		10		30	
7	170		Current	10		10		40	
8	190			10		10		50	
9	210			10		10		60	
10	230			10		10		70	

Όπως καθίσταται καταφανές από τον παραπάνω πίνακα τιμών των σημείων συσσώρευσης και των μεταβλητών συναρτήσεως του χρόνου, υπάρχει ακριβέστατη σύζευξη αιτίου αποτελέσματος μεταξύ όλων των συμπλεκόμενων μεταβλητών και ελέγχων του μοντέλου.

Αυτό το μοντέλο θα ενταχθεί στο πλήρες μοντέλο σαν «Τμήμα Υλοποίησης Πωλήσεων» («SALES IMPLEMENTATION PART»), που θα περιγραφεί στην εργασία αυτή.

### Μοντέλο σημείων συσσώρευσης πλήρους γραμμής μετασχηματισμού

Το συγκεκριμένο μοντέλο προσομοιώνει την πλήρη διαδικασία:

**-Τροφοδοσία με υλικά της γραμμής μετασχηματισμού**

Εισαγωγή υλικών για μετασχηματισμό στην «δεξαμενή» «STOCK TO REFORM»

Πλήρωση της ως άνω «δεξαμενής» υπό όρους

Εφαρμογή ελέγχου οριακών τιμών

**-Μετασχηματισμός των αποθηκευμένων υλικών και μεταφορά τους σε άλλο σημείο συσσώρευσης**

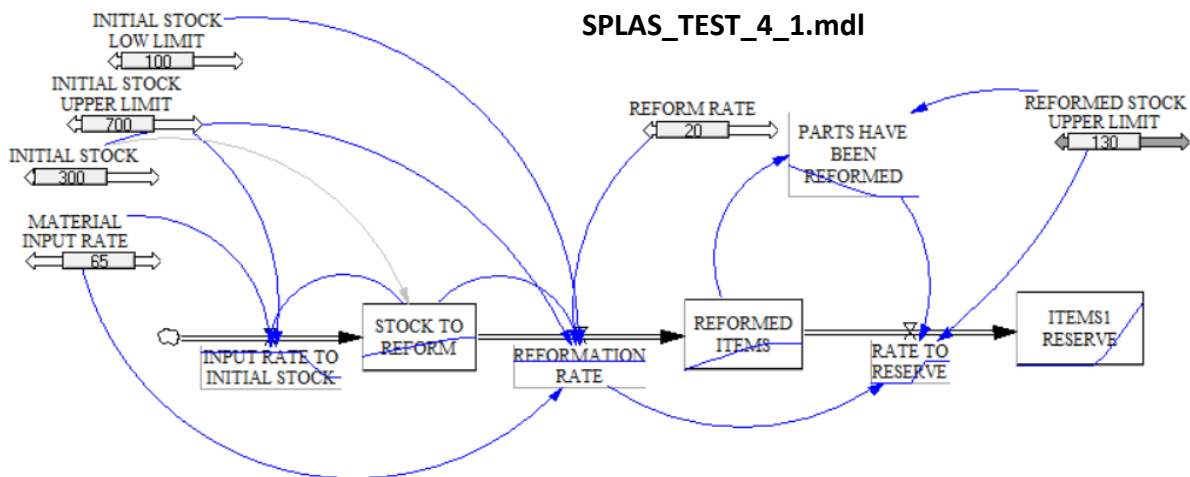
Μετασχηματισμός των υλικών της «δεξαμενής» «STOCK TO REFORM» υπό όρους

Αποθήκευση των μετασχηματισμένων υλικών στην «δεξαμενή» «REFORMED ITEMS»

Πλήρωση της ως άνω «δεξαμενής» υπό όρους

Εφαρμογή ελέγχου οριακών τιμών

**-Διαδικασία υπερχείλισης του σημείου συσσώρευσης «REFORMED ITEMS» (όπως περιγράφηκε παραπάνω)**



Σχήμα 38: SPLaS - Υποσύστημα Παραγωγής και Αποθήκευσης

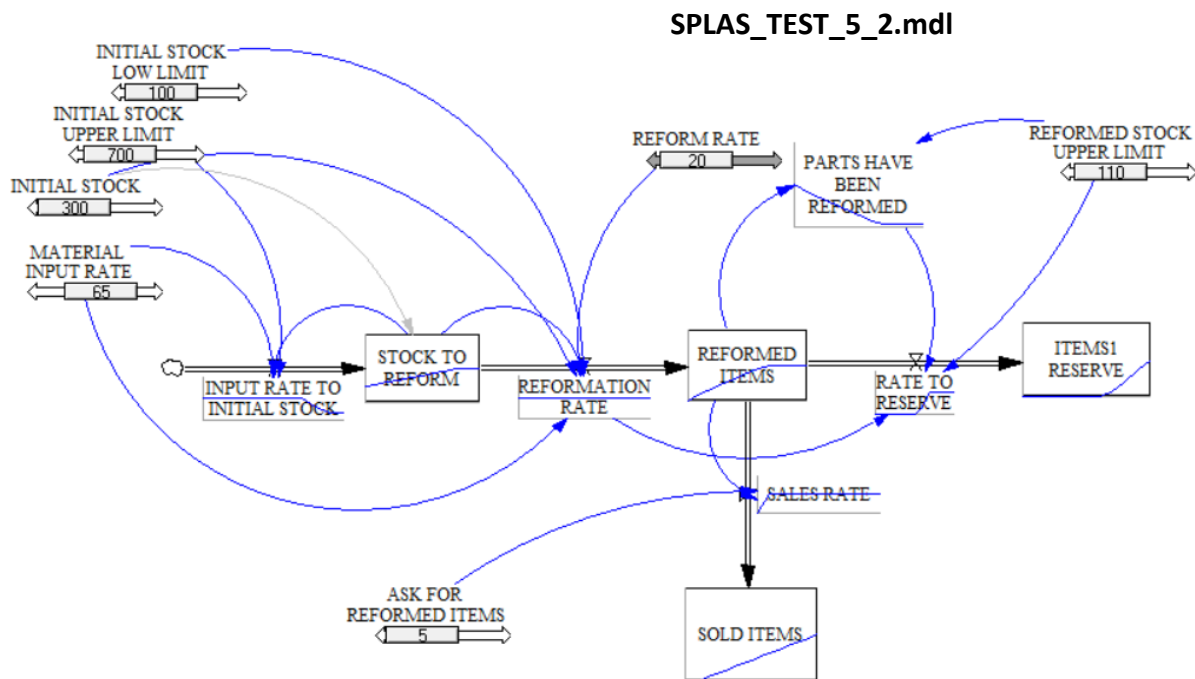
Time (Day)	"INPUT RATE TO INITIAL STOCK"	INPUT RATE	"STOCK TO REFORM"	STOCK TO REFORM	"REFORMATION RATE"	REFORMATION RATE	"REFORMED ITEMS"	REFORMED ITEMS	"ITEMS1 RESERVE"	ITEMS1 RESERVE
0	65	65	300	300	20	20	0	0	0	0
1	65	65	345	345	20	20	20	20	0	0
2	65	65	390	390	20	20	40	40	0	0
3	65	65	435	435	20	20	60	60	0	0
4	65	65	480	480	20	20	80	80	0	0
5	65	65	525	525	20	20	100	100	0	0
6	65	65	570	570	20	20	120	120	0	0
7	65	65	615	615	20	20	130	130	10	10
8	40	40	660	660	20	20	130	130	30	30
9	20	20	680	680	20	20	130	130	50	50

Σημειώνουμε, ότι η «δεξαμενή» «STOCK TO REFORM» ΔΕΝ φαίνεται να ΓΕΜΙΖΕΙ ΜΕΧΡΙ το όριο, που καθορίζει η τιμή της μεταβλητής «INITIAL STOCK UPPER LIMIT», καθώς «πρώτα» φθάνει στο εν λόγω όριο (πχ. 700) και, εν συνεχεία, αφαιρούνται τα τεμάχια (εδώ 20), που μετασχηματίστηκαν!

Εν συνεχεία θα παραθέσουμε και δύο παραλλαγές μοντέλου μετασχηματισμού (παραγωγής), αποθήκευσης παραγομένων και πώλησης και το 2<sup>ο</sup> μοντέλο, που θα παρατεθεί, θα στο πλήρες μοντέλο της εργασίας αυτής, το οποίο ακολουθεί στο κεφάλαιο «Μοντελοποίηση».

### 1ο Μοντέλο πλήρους γραμμής μετασχηματισμού, αποθήκευσης και πώλησης

Στο παρόν μοντέλο η «δεξαμενή υπερχειλίσσης παραγομένων» «ITEMS1 RESERVE» δεν αποτελεί σημείο αναφοράς και ικανοποίησης της ζήτησης μετασχηματισμένων αντικειμένων και η ικανοποίηση της ζήτησης μετασχηματισμένων αντικειμένων υποστηρίζεται από το σημείο συσσώρευσης «REFORMED ITEMS».



Σχήμα 39: SPLaS - Υποσύστημα Παραγωγής, Αποθήκευσης κα πώλησης

Time (Day)	"STOCK TO REFORM"	STOCK TO REFORM	"REFORMED ITEMS"	REFORMED ITEMS	"ITEMS1 RESERVE"	ITEMS1 RESERVE	"SOLD ITEMS"	SOLD ITEMS
0	REFORM"	300	D ITEMS"	0	RESERVE"	0	ITEMS"	0
1	Runs:	345	Runs:	20	Runs:	0	Runs:	0
2	C13	390	C13	35	C13	0	C13	5
3		435		50		0		10
4		480		65		0		15
5		525		80		0		20
6		570		95		0		25
7		615		105		5		30
8		660		105		20		35
9		680		105		35		40
10		680		105		50		45

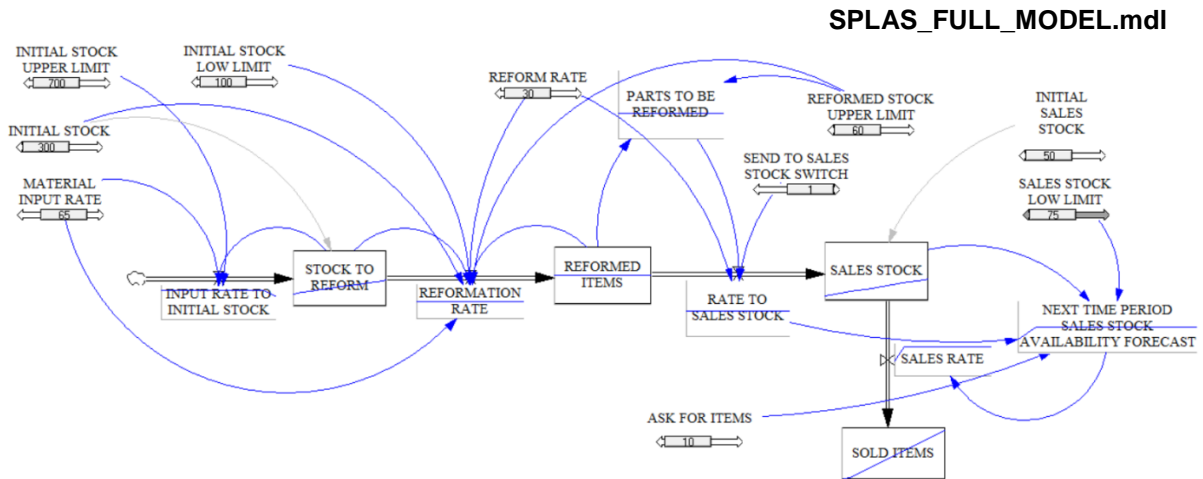
## 2ο Μοντέλο πλήρους γραμμής μετασχηματισμού, αποθήκευσης και πώλησης

Στο παρόν μοντέλο η «δεξαμενή υπερχειλίσης παραγομένων» «ITEMS1 RESERVE» έχει ονομασθεί «SALES STOCK» και αποτελεί την «δεξαμενή αντικειμένων προς πώληση», οπότε είναι και το σημείο αναφοράς και ικανοποίησης της ζήτησης μετασχηματισμένων αντικειμένων, το δε σημείο συσσώρευσης «REFORMED ITEMS» αποτελεί ουσιαστικά το σημείο εξόδου της γραμμής μετασχηματισμού.

Σε όλα τα στάδια λειτουργίας του μοντέλου λαμβάνονται υπ' όψιν ως παράγοντες ελέγχου της προσομοίωσης πλήθος προεπιλεγμένων μεταβλητών, των οποίων οι τιμές κινούνται εντός επιλεγμένων ορίων και εξισώσεις ελέγχου συνθηκών κατάλληλα επιλεγμένες.

Τονίζουμε, ότι στην παρούσα προσέγγιση η μοντελοποίησή μας ΔΕΝ λαμβάνει υπ' όψιν κάποιο «delay» κατά την διεκπεραίωση των «βημάτων» της συνολικής διαδικασίας:

ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΥΛΙΚΩΝ ΠΡΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ  
 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΥΛΙΚΩΝ  
 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΗ ΠΩΛΗΣΕΩΝ  
 ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΩΛΗΣΕΩΝ



Σχήμα40: SPLaS 2<sup>η</sup> έκδοση - Υποσύστημα Παραγωγής, Αποθήκευσης και πώλησης

Time (Day)	"SALES STOCK"	SALES STOCI	"SALES RATE"	SALES RATE	"SOLD ITEMS"	SOLD ITEMS
0	50		Runs: 5		0	
1	Runs: 75		C10	10	Runs: 5	5
2	C10	95		10	C10	15
3		115		10		25
4		135		10		35
5		155		10		45
6		175		10		55
7		195		10		65
8		215		10		75
9		235		10		85
10		255		10		95

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Single Production Line and Sales (SPLaS)

Στην παρούσα εργασία θα αναπτύξουμε ένα μοντέλο, το οποίο θα προσομοιώνει την κοστολόγηση της διαδικασίας παραγωγής συνθέτων υλικών από μια γραμμή παραγωγής και την παράλληλη διαδικασία πώλησης των παραχθέντων συνθέτων υλικών με την ζήτηση να εξαρτάται από την τιμή.

Η διαδικασία πώλησης των παραχθέντων συνθέτων υλικών παράγει έσοδα και αφαιρούμενου του εκτιμηθέντος κόστους παραγωγής των πωληθέντων τεμαχίων προκύπτει το παραγόμενο οικονομικό αποτέλεσμα από την συνολική διαδικασία παραγωγής – πώλησης.

Όλα τα συμπλεκόμενα μεγέθη ΚΟΣΤΟΥΣ, ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ, ΖΗΤΟΥΜΕΝΩΝ και ΠΩΛΟΥΜΕΝΩΝ ΤΕΜΑΧΙΩΝ, ΕΣΟΔΩΝ και ΚΕΡΔΟΥΣ παρακολουθούνται συναρτήσει του παρερχομένου χρόνου και παράγονται οι σχετικές καμπύλες μεγέθους – χρόνου.

Λόγω της πολυπλοκότητας του μοντέλου αυτό παρουσιάζεται κατά «λειτουργικά» τμήματα.

**Τα λειτουργικά τμήματα του μοντέλου SPLaS είναι:**

**Cost** (Cost Estimation Division)

**Total Cost Level** (TOTAL COST)

REFORM RATE (variable)

Material Cost

Production Cost Related to Material Transformation

Production Line Usage Continuous Cost

Manpower Cost

**Production** (Production Process Estimation Division)

REFORM RATE (variable)

**Stock to be Reformed Level** (STOCK TO REFORM)

**Flow** from environment to Stock to be Reformed Level

**Reformed Stock Level** (REFORMED ITEMS)

**Flow** from Stock to be Reformed Level to Reformed Stock Level

STOCK TO REFORM    **REFORMATION RATE**    REFORMED ITEMS

**Items for Sale** (SALES STOCK)

**Flow** from Reformed Stock Level to Stock of Items for Sale

REFORMED ITEMS    **SALES RATE**    SALES STOCK

**Sales** (Sales Estimation Division)

**Items for Sale** (SALES STOCK)

**Sold Items Stock** (SOLD ITEMS)

**Flow** from Reformed Stock Level to Sold Items (SOLD ITEMS)

REFORMED ITEMS    SALES RATE    SOLD ITEMS

Part's Price – Ask

Projected Part's Price

Projected/Actual Part's Price Ratio

} ⇒ Actual Part's Price

Part's Ask

Projected Part's Ask

Projected/Actual Ask Ratio

} ⇒ Actual Part's Ask

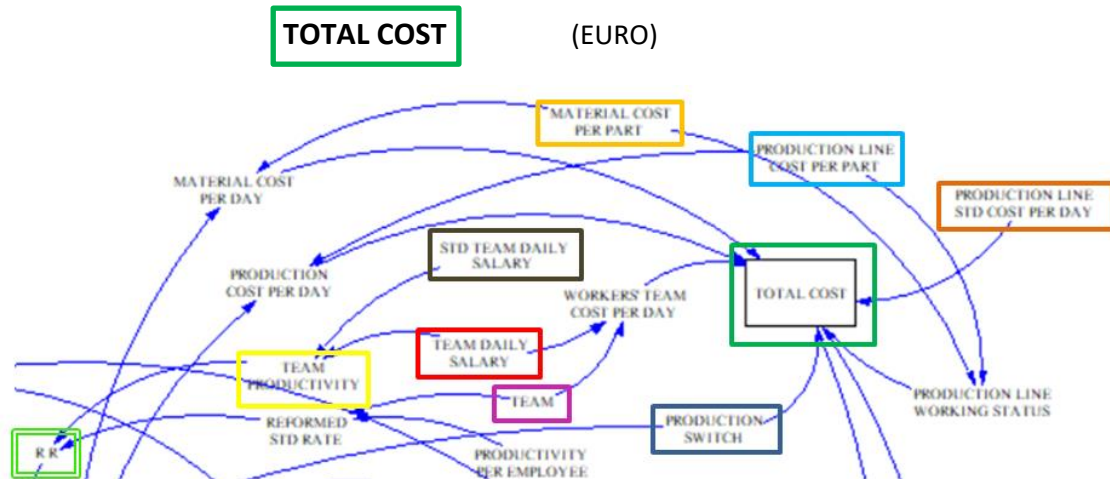
**Revenue – Profit** (Revenue - Profit Estimation Division)

## Κοστολόγηση της παραγωγικής διαδικασίας της Γραμμής Παραγωγής

Το έργο της κοστολόγησης της παραγωγικής διαδικασίας μιας Γραμμής Παραγωγής είναι ένα ιδιαίτερα περίπλοκο πολυπαραμετρικό πρόβλημα, του οποίου το πλήθος των εμπλεκόμενων παραμέτρων και η περίπλοκη αλληλεπίδραση των παραμέτρων αυτών συνθέτει ένα εξαιρετικά δύσκολο πρόβλημα ολιστικής διαχείρισης.

Κύριο **ΣΗΜΕΙΟ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗΣ** για την παρακολούθηση του κόστους της παραγωγικής διαδικασίας της Γραμμής Παραγωγής επελέγη το

«Συνολικό κόστος παραγωγής από την Γραμμή Παραγωγής αρ. 1»



Για να εκτιμηθεί το συνολικό κόστος της παραγωγικής διαδικασίας μιας Γραμμής Παραγωγής στο παρόν μοντέλο επελέγησαν οι παρακάτω **ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ** (constant variables):

Κόστος υλικών ανά παραγόμενο τεμάχιο

**MATERIAL1 COST PER PART** (EURO/PART)

Κόστος λειτουργίας της Γραμμής Παραγωγής ανά παραγόμενο τεμάχιο

**PRODUCTION LINE1 COST PER PART** (EURO/PART)

Σταθερό κόστος της Γραμμής Παραγωγής ανά ημέρα λειτουργίας

**PRODUCTION LINE1 STD COST PER DAY** (EURO/PART)

Πλήθος εργαζομένων ατόμων στην Γραμμή Παραγωγής

**TEAM1** (dmnl - dimensionless)

Μισθός **ΚΑΙ** Βασικός Μισθός του εργαζομένου στην Γραμμή Παραγωγής ανά ημέρα λειτουργίας

**TEAM1 DAILY SALARY** και **STD TEAM1 DAILY SALARY** (EURO/Day)

Οι δύο αυτές παράμετροι επηρεάζουν την παράμετρο

**TEAM1 PRODUCTIVITY** (dmnl - dimensionless)

η αλλαγή της οποίας επελέγει να προκύπτει με λογαριθμική συσχέτιση μεταξύ των 2 αυτών παραμέτρων, ώστε να αναδεικνύεται η συσχέτιση της αύξησης της παραγωγικότητας σε σχέση με την αύξηση του μισθού.

Για τον υπολογισμό της τιμής του θεμελιώδους μεγέθους της παραγωγικότητας της Γραμμής Παραγωγής σε τεμάχια/ημέρα δημιουργήθηκε η παράμετρος PRODUCTIVITY PER EMPLOYEE, η τιμή της οποίας αφορά την **βασική παραγωγικότητα** ανά ημέρα του κάθε εργαζομένου στην Γραμμή Παραγωγής

**PRODUCTIVITY PER EMPLOYEE**

(PARTS/Day)

Η ανωτέρω παράμετρος πολλαπλασιασμένη με την τιμή της παραμέτρου TEAM1 παράγει την τιμή της παραμέτρου

**REFORMED STD RATE**

(PARTS/Day)

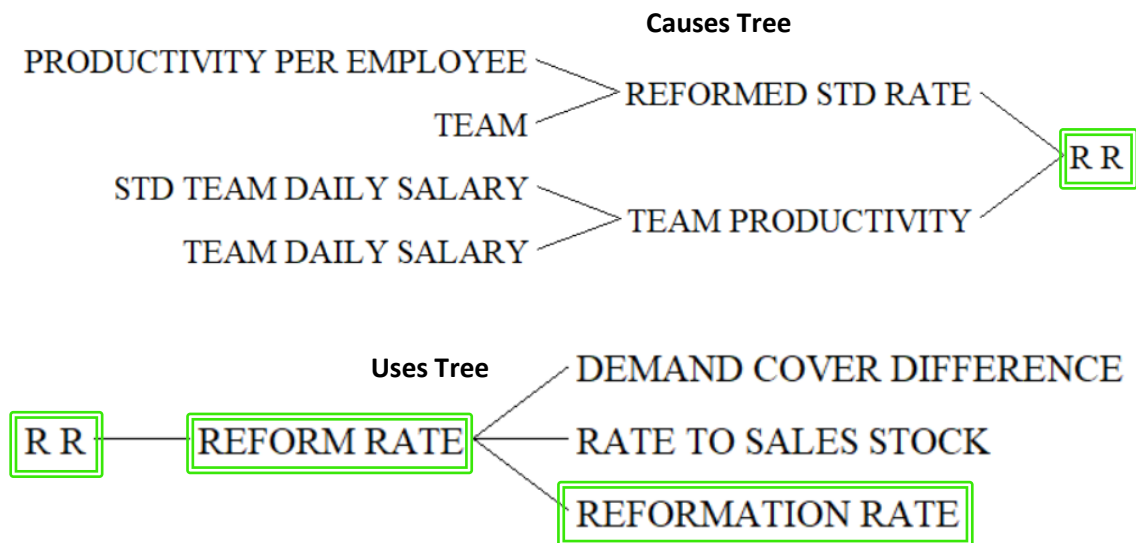
που εκφράζει την **βασική παραγωγικότητα** ανά ημέρα του συνόλου των εργαζομένων στην Γραμμή Παραγωγής

Ένα πλήθος παραμέτρων του μοντέλου συσχετίζονται με τις **ΚΟΜΒΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ**

**R R**

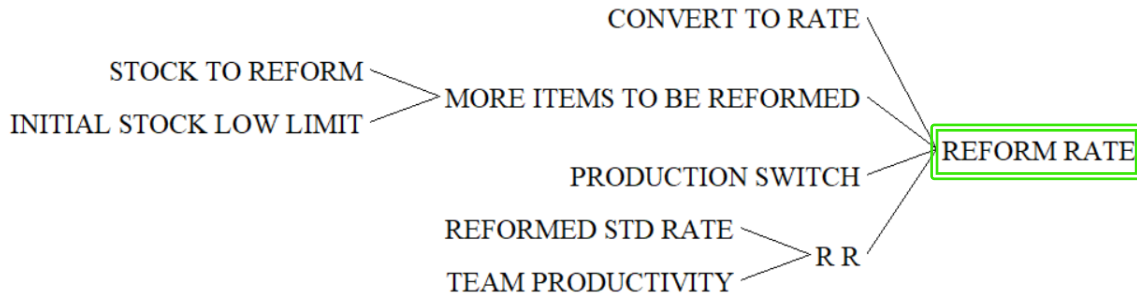
(Reform Rate)

που εκφράζει την **πραγματική παραγωγικότητα** ανά ημέρα του συνόλου των εργαζομένων στην Γραμμή Παραγωγής και επιδρά άμεσα στην παράμετρο **REFORM RATE**, η οποία εξαρτάται από την αρχική τιμή της μεταβλητής INITIAL STOCK LOW LIMIT και την εκάστοτε τρέχουσα τιμή της «δεξαμενής» STOCK TO REFORM και επηρεάζει θεμελιωδώς την **POH REFORMATION RATE**, η οποία με την σειρά της επηρεάζει το κόστος εκ της χρήσεως υλικών και της γραμμής παραγωγής.

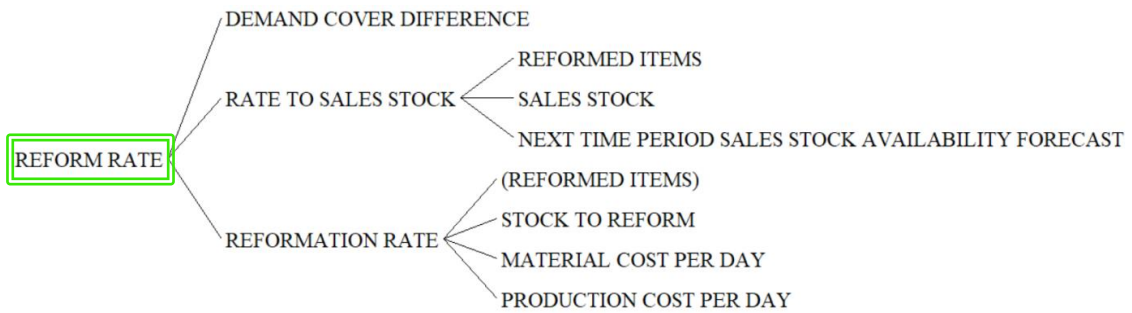


**Σημείωση:** Όπου στην εργασία μια μεταβλητή εμφανίζεται φέρουσα στο τέλος του ονόματος της το επίθεμα «1», υπονοείται η Γραμμή Παραγωγής υπ' αρ. 1 και σε κάθε περίπτωση χρησιμοποιείται η μεταβλητή αυτή αδιακρίτως και με την ακριβώς ίδια σημασία με την μεταβλητή χωρίς το επίθεμα.

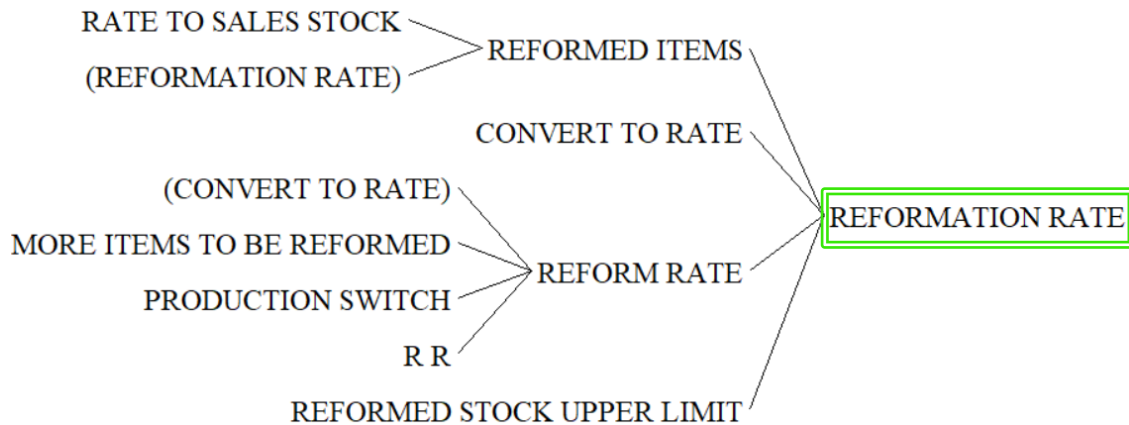
**Causes Tree**



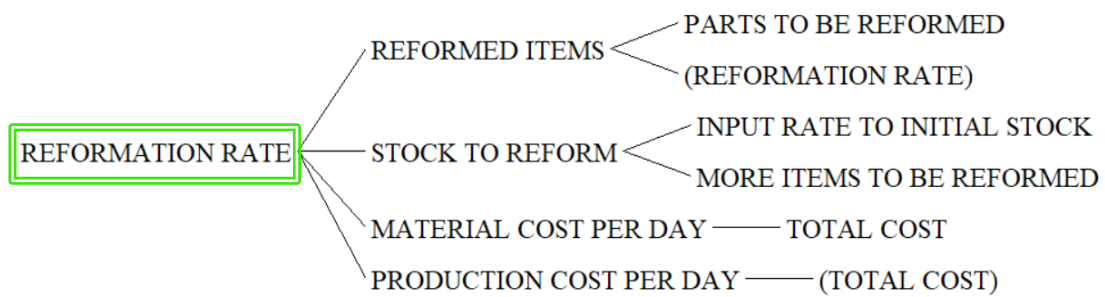
**Uses Tree**



**Causes Tree**



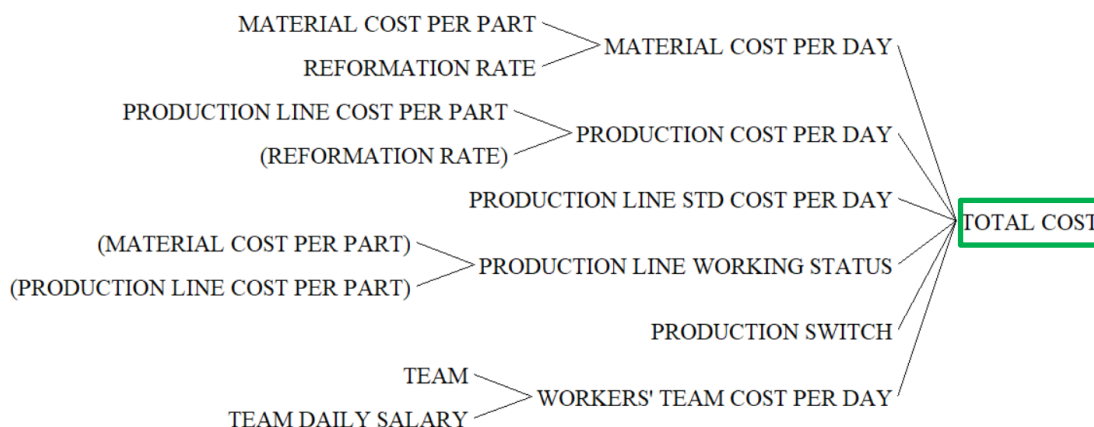
**Uses Tree**





Από τα παραπάνω «δένδρο αιτιότητας» καθίσταται καταφανής η αυτοματοποιημένη εξάρτηση του ρυθμού μετασχηματισμού υλικών «REFORMATION RATE» εκ της «δεξαμενής» «STOCK TO REFORM» προς αντικείμενα της «δεξαμενής» «REFORMED ITEMS» με την μεταβλητή «MATERIAL COST PER DAY» και την μεταβλητή «PRODUCTION LINE COST PER DAY», έτσι ώστε η αλλαγή του του ρυθμού μετασχηματισμού αντικειμένων «REFORMATION RATE» αλλάζει το συνολικό ημερήσιο κόστος του μετασχηματισμού των υλικών.

Το «δένδρο αιτιότητας» για το **σημείο συσσώρευσης TOTAL(1) COST** είναι το ακόλουθο:



Η παράμετρος **PRODUCTION(1) SWITCH** (dmnl, τιμές 0 ή 1), η οποία «ενεργοποιεί» την διαδικασία «μετασχηματισμού» των υλικών από την Γραμμή Παραγωγής και, επομένως, «ενεργοποιεί» και την διαδικασία κοστολόγησης της λειτουργίας της Γραμμής Παραγωγής.

Η παράμετρος **PRODUCTION LINE WORKING STATUS** (dmnl, τιμές 0 ή 1) παίρνει την τιμή 1, όταν  $MATERIAL1\ COST\ PER\ PART * PRODUCTION\ LINE1\ COST\ PER\ PART > 0$ , δηλαδή, όταν μετασχηματίζονται υλικά σε προϊόντα στην Γραμμή Παραγωγής.

Σημειώνουμε, ότι άπαξ και «ενεργοποιηθεί» η Γραμμή Παραγωγής το συνολικό κόστος επιβαρύνεται κατά το ημερήσιο κόστος **PRODUCTION LINE1 STD COST PER DAY** ακόμα και αν το προσωπικό δεν εργάζεται ή δεν μετασχηματίζονται υλικά σε προϊόντα στην Γραμμή Παραγωγής.

Επίσης σημειώνουμε, ότι, αντί να χρησιμοποιήσουμε «ροή», η οποία να τροφοδοτεί το σημείο συσσώρευσης «TOTAL1 COST», προτιμήσαμε να δείξουμε την **δυνατότητα, που παρέχει το Vensim, για απευθείας επίδραση επιλεγμένων μεταβλητών επί ενός σημείου συσσώρευσης αντί μέσω ροής!**

### Παραγωγική διαδικασία της Γραμμής Παραγωγής

Η παραγωγική διαδικασία μετασχηματίζει διαθέσιμα υλικά από το STOCK TO REFORM σε νέα υλικά/ αντικείμενα, στα οποία στο μοντέλο μας αναφερόμαστε με το πρόθεμα REFORMED(1), όπου το «1» αναφέρεται στον αριθμό της Γραμμής Παραγωγής, καθώς έχει προβλεφθεί η προοπτική επέκτασης του μοντέλου σε περισσότερες της μιας γραμμές παραγωγής.

Το τμήμα του μοντέλου, το οποίο αφορά την παραγωγική διαδικασία της Γραμμής Παραγωγής, περιέχει σε επαλληλία τα ακόλουθα ΣΗΜΕΙΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗΣ:

«Απόθεμα υλικών για μετασχηματισμό»

**STOCK TO REFORM**

(PARTS)

«Παραγόμενο απόθεμα μετασχηματισμένων υλικών»

**REFORMED ITEMS**

(PARTS)

«Απόθεμα από μετασχηματισθέντα υλικά μεταφερθέντα από την «δεξαμενή» REFORMED ITEMS.

**SALES STOCK**

### Διαδικασία πωλήσεων των υλικών, που παράγονται από την Γραμμή Παραγωγής

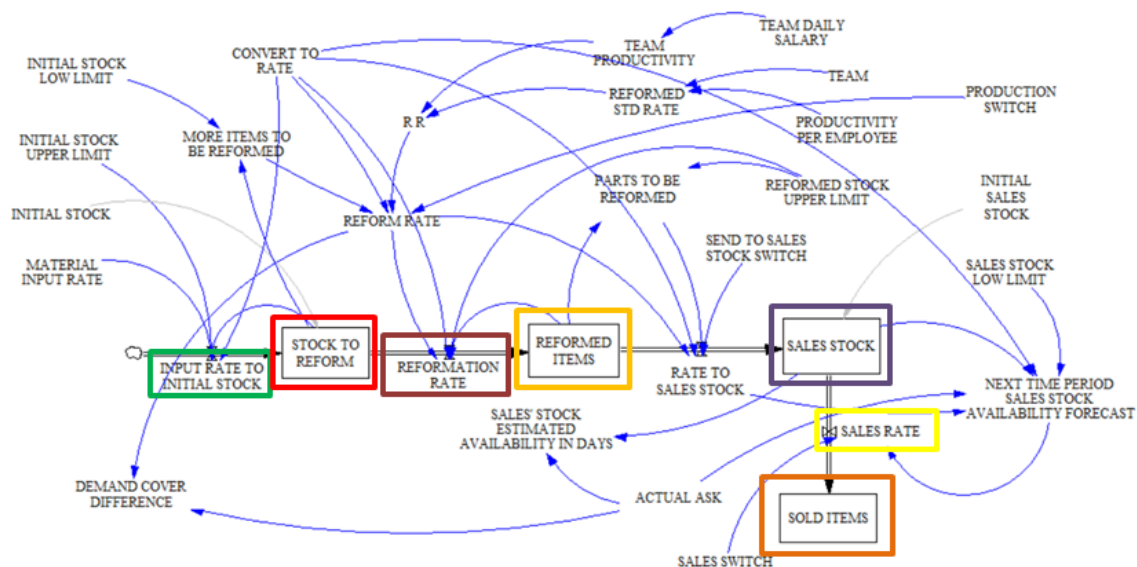
Το τμήμα του μοντέλου, το οποίο αφορά την διαδικασία πωλήσεων των υλικών, που παράγονται από την Γραμμή Παραγωγής, περιέχει ως κύριο ΣΗΜΕΙΟ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗΣ το:

«Πωληθέντα αντικείμενα παραχθέντα από την Γραμμή Παραγωγής αρ. 1»

**SOLD ITEMS**

(PARTS)

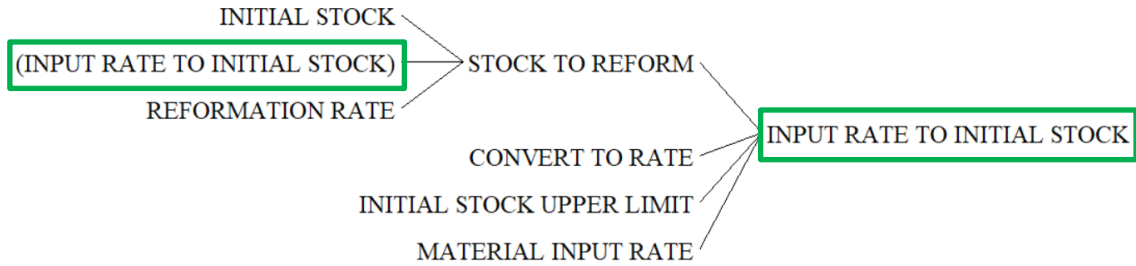
Στο παρατιθέμενο τμήμα του μοντέλου Vensim φαίνεται η διαδικασία μετασχηματισμού «εισερχομένων» υλικών στην Γραμμή Παραγωγής (αρ. 1) και η διενέργεια πωλήσεων, κατά τα οποία μετασχηματισμένα αντικείμενα μεταπίπτουν σε πωληθέντα υπό συνθήκας.



Σχήμα41: SPLaS - Υποσύστημα Παραγωγής, Αποθήκευσης και πώλησης

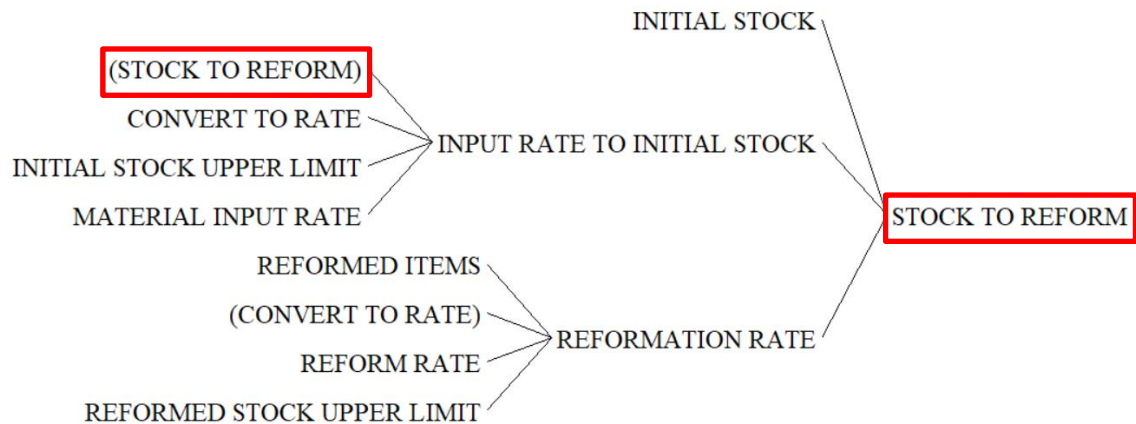
Η ροή πλήρωσης **INPUT RATE TO INITIAL STOCK** του σημείου συσσώρευσης STOCK TO REFORM εξαρτάται από την μεταβλητή **MATERIAL INPUT RATE** και μετρείται σε PARTS/DAY.

Επίσης η ροή πλήρωσης **INPUT RATE TO INITIAL STOCK** του σημείου συσσώρευσης STOCK TO REFORM εξαρτάται και από την τρέχουσα τιμή του αποθέματος **STOCK TO REFORM** σε σχέση με την παράμετρο **INPUT STOCK UPPER LIMIT**, ώστε να μην συνεχίζεται η εισροή για συσσώρευση υλικών για μετασχηματισμό, εάν δεν υπάρχει αντίστοιχος ρυθμός απορρόφησης των εξωγενώς εισερχομένων υλικών από την γραμμή παραγωγής.



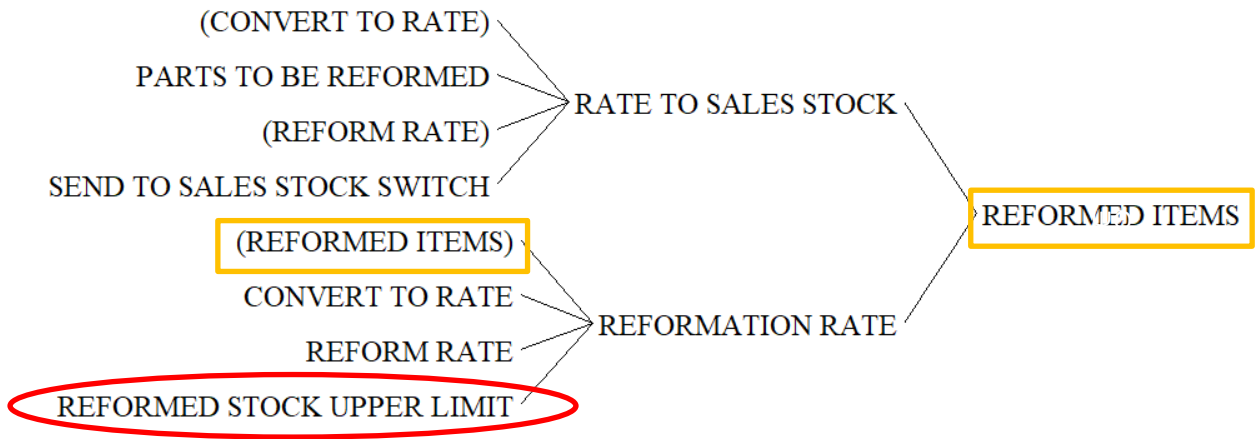
Στο παραπάνω «δένδρο αιτιότητας» φαίνεται η συσχέτιση αιτιότητας της ροής **ΡΟΗ προς STOCK1** με τα μεγέθη αιτιώδους σύζευξης, με τα οποία συναρτάται με σκοπό την επίτευξη του ελέγχου της ροής αυτής.

Και στο ακόλουθο «δένδρο αιτιότητας» φαίνεται και η συσχέτιση αιτιότητας του σημείου συσσώρευσης **STOCK1 TO REFORM** με τα μεγέθη αιτιώδους σύζευξης, με τα οποία συναρτάται με σκοπό την επίτευξη ελέγχου πλήρωσης για το σημείο συσσώρευσης αυτό:



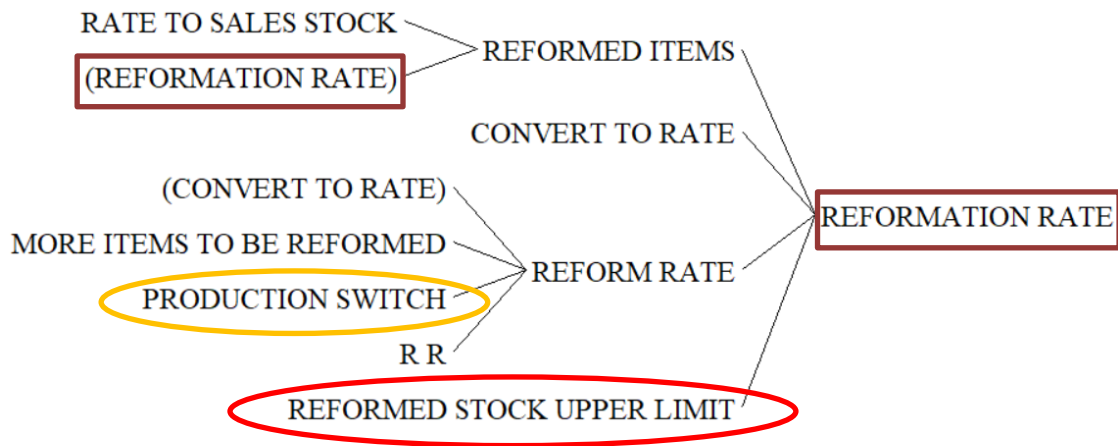
Στο παραπάνω «δένδρο αιτιότητας» φαίνεται η συσχέτιση αιτιότητας της ροής **Reformation1 Rate** με τα μεγέθη αιτιώδους σύζευξης, με τα οποία συναρτάται με σκοπό την επίτευξη του ελέγχου της ροής αυτής.

Και στο ακόλουθο «δένδρο αιτιότητας» φαίνεται και η συσχέτιση αιτιότητας του σημείου συσσώρευσης **REFORMED ITEMS** με τα μεγέθη αιτιώδους σύζευξης, με τα οποία συναρτάται με σκοπό την επίτευξη ελέγχου πλήρωσης για το σημείο συσσώρευσης αυτό:



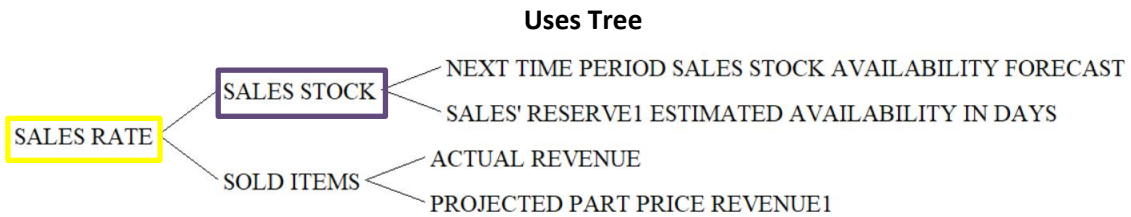
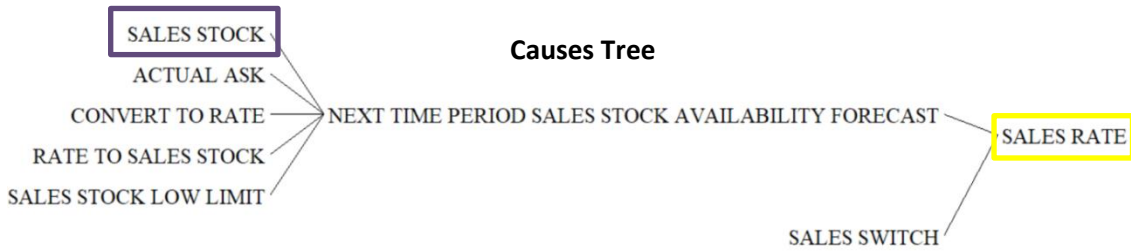
Σημειώνουμε την προσθήκη στο μοντέλο του **PRODUCTION SWITCH**, το οποίο παίρνει τιμές 0 και 1 και **ενεργοποιεί την διαδικασία μετασχηματισμού υλικών** από το απόθεμα STOCK1 TO REFORM σε μετασχηματισμένα αντικείμενα του αποθέματος REFORMED ITEMS καθώς και του **SALES SWITCH**, το οποίο παίρνει τιμές 0 και 1 και ενεργοποιεί την διαδικασία πώλησης αντικειμένων από το απόθεμα REFORMED ITEMS και τα «μετασχηματίζει» σε SOLD ITEMS1.

Στο «δένδρο αιτιότητας», το οποίο ακολουθεί, φαίνεται η **πλήρης** συσχέτιση αιτιότητας της ροής **REFORMATION RATE** με τα μεγέθη αιτιώδους σύζευξης, με τα οποία συναρτάται με σκοπό την επίτευξη του ελέγχου της ροής αυτής.

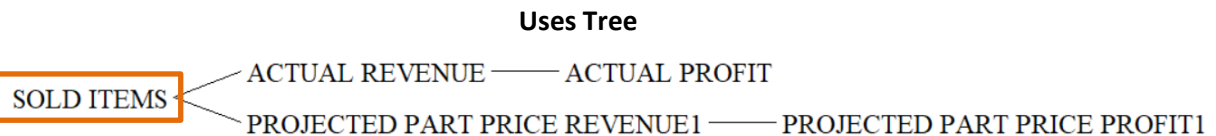
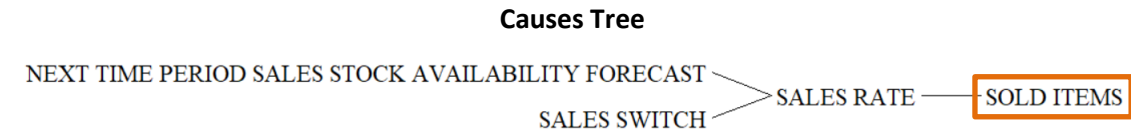


Τονίζουμε την σημαντικότητα της μεταβλητής **REFORMED STOCK UPPER LIMIT**, οποία λειτουργεί ως εν δυνάμει διακόπτης έναρξης του μετασχηματισμού των υλικών, διότι, αν η μεταβλητή **REFORMED STOCK UPPER LIMIT** έχει τιμή μηδέν (0), τότε ΔΕΝ θα διενεργηθεί μετασχηματισμός υλικών.

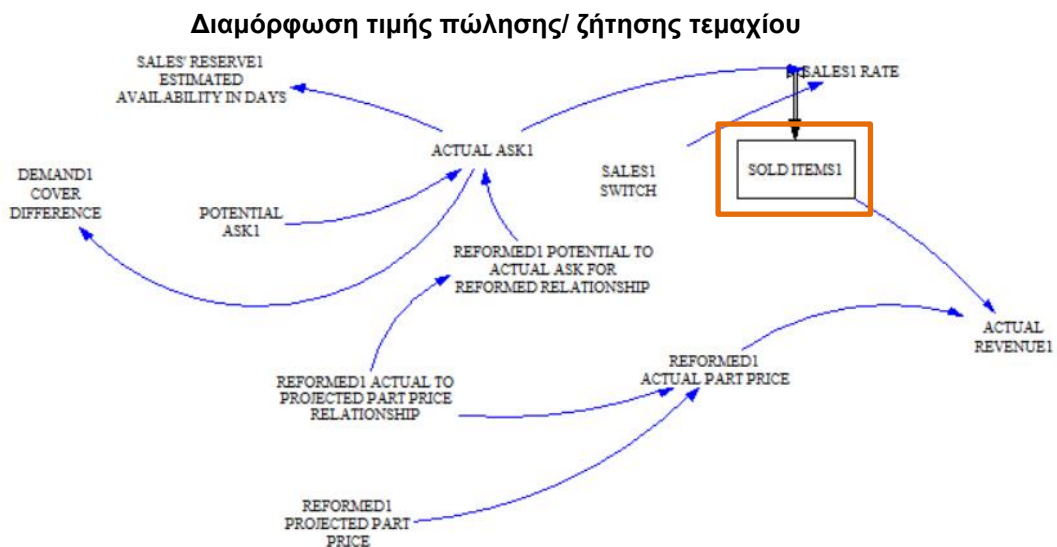
Στο «δένδρο αιτιότητας», το οποίο ακολουθεί, φαίνεται η **πλήρης** συσχέτιση αιτιότητας της ροής **SALES1 RATE** με τα μεγέθη αιτιώδους σύζευξης, με τα οποία συναρτάται με σκοπό την επίτευξη του ελέγχου της ροής αυτής.



Και στο ακόλουθο «δένδρο αιτιότητας» φαίνεται και η συσχέτιση αιτιότητας του σημείου συσσώρευσης **SOLD ITEMS1** με τα μεγέθη αιτιώδους σύζευξης, με τα οποία συναρτάται με σκοπό την επίτευξη ελέγχου πλήρωσης για το σημείο συσσώρευσης αυτό:



Στο παρακάτω τμήμα του μοντέλου Vensim παρουσιάζονται οι ζεύξεις αιτιότητας, οι οποίες οδηγούν στην διαμόρφωση της τελικής ζήτησης ACTUAL ASK1



Σχήμα42: SPLaS - Υποσύστημα Πώλησης και συσχετισμός με τις απαιτήσεις του Περιβάλλοντος

## Διαμόρφωση τιμής πώλησης τεμαχίου

Έχουμε επιλέξει η αρχική τιμή πώλησης για τα προς πώληση αντικείμενα, που έχουν παραχθεί από την γραμμή Παραγωγής αρ. 1, να αποδίδεται από την μεταβλητή παράμετρο **REFORMED1 PROJECTED PART PRICE** σε συνδυασμό με την επίσης μεταβλητή παράμετρο **REFORMED1 ACTUAL TO PROJECTED PART PRICE RELATIONSHIP**, η οποία αποδίδει τον λόγο

$$\text{REFORMED1 PROJECTED PART PRICE} / \text{REFORMED1 ACTUAL PART PRICE}$$

των οποίων το γινόμενο παράγει την **REFORMED1 ACTUAL PART PRICE**

Συγκεκριμένα η αύξηση της παραμέτρου (καθαρού αριθμού) **REFORMED1 ACTUAL TO PROJECTED PART PRICE RELATIONSHIP** αυξάνει την επιλεγμένη τιμή της μεταβλητής **REFORMED1 PROJECTED PART PRICE** και παράγει την **REFORMED1 ACTUAL PART PRICE**:

$$\text{REFORMED1 ACTUAL PART PRICE} = \text{REFORMED1 ACTUAL TO PROJECTED PART PRICE RELATIONSHIP} \cdot \text{REFORMED1 PROJECTED PART PRICE}$$

REFORMED1 ACTUAL TO PROJECTED PART PRICE RELATIONSHIP	ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΣΑ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ
> 1	REFORMED1 ACTUAL PART PRICE > REFORMED1 PROJECTED PART PRICE
< 1	REFORMED1 ACTUAL PART PRICE < REFORMED1 PROJECTED PART PRICE

## Διαμόρφωση ζήτησης

Έχουμε δημιουργήσει (όπως και στην περίπτωση της τιμής πώλησης τεμαχίου) δύο μεταβλητές αναφορικά με την ζήτηση των παραγομένων ειδών της Γραμμής Παραγωγής 1:

$$\text{POTENTIAL ASK1} \quad \text{και} \quad \text{ACTUAL ASK1}$$

Η μεταβλητή **POTENTIAL ASK1** λαμβάνει τιμές επιλεγόμενες από τον μελετητή του μοντέλου (είναι constant variable σύμφωνα με το Vensim), ενώ μεταβλητή **ACTUAL ASK1** λαμβάνει τιμές μέσω συσχέτισης των τιμών των

### POTENTIAL ASK1

και

### REFORMED1 POTENTIAL TO ACTUAL ASK FOR REFORMED RELATIONSHIP

Αν ονομάσουμε

$$x = \text{REFORMED1 ACTUAL TO PROJECTED PART PRICE RELATIONSHIP}$$

και

$$y = \text{REFORMED1 POTENTIAL TO ACTUAL ASK FOR REFORMED RELATIONSHIP}$$

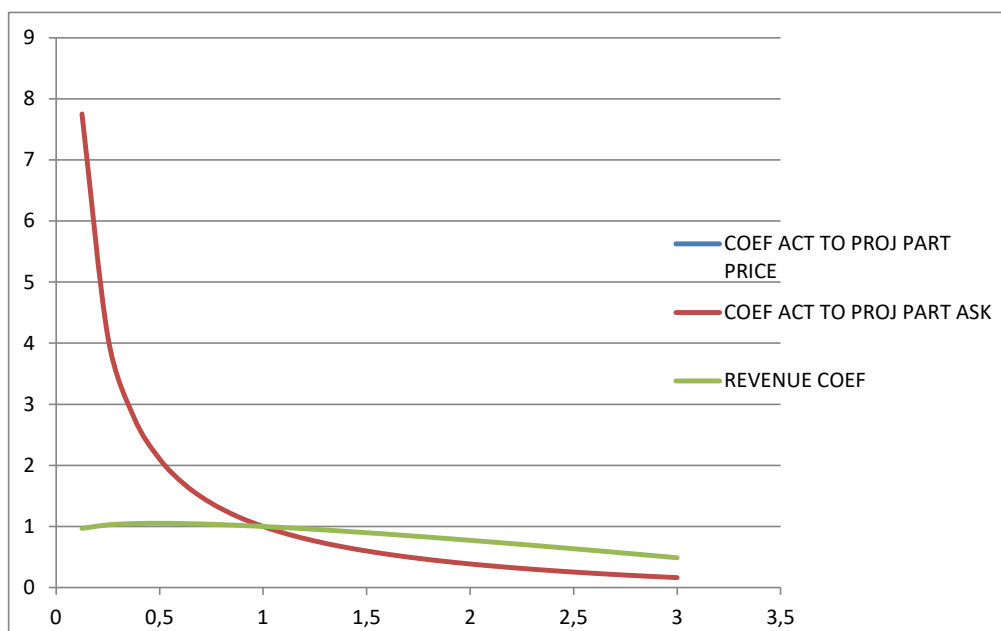
έχουμε ορίσει ως σχέση μεταξύ των x και y την σχέση:

$$y = \frac{1}{2,5 \cdot x} + \frac{1}{x^{1,3}} - 0,4$$

Στην ακόλουθη γραφική παράσταση φαίνεται η **ενδεικτικώς** επιλεγείσα συσχέτιση μεταξύ των συντελεστών «PROJECTED TO ACTUAL PRICE» και «POTENTIAL TO ACTUAL ASK».

Ο λόγος ACTUAL PART PRICE/ PROJECTED PART PRICE (COEF ACT TO PROJ PART ASK - κόκκινη γραμμή) επιδρά στην εμφανιζόμενη ζήτηση και

ο προκύπτων λόγος του εισπραττομένου ποσού (Actual Revenue), αν η τιμή μονάδος ήταν η Actual Part Price) προς το ποσό, το οποίο θα εισπραττόταν (Projected Revenue), αν η τιμή μονάδος ήταν η Projected Part Price.

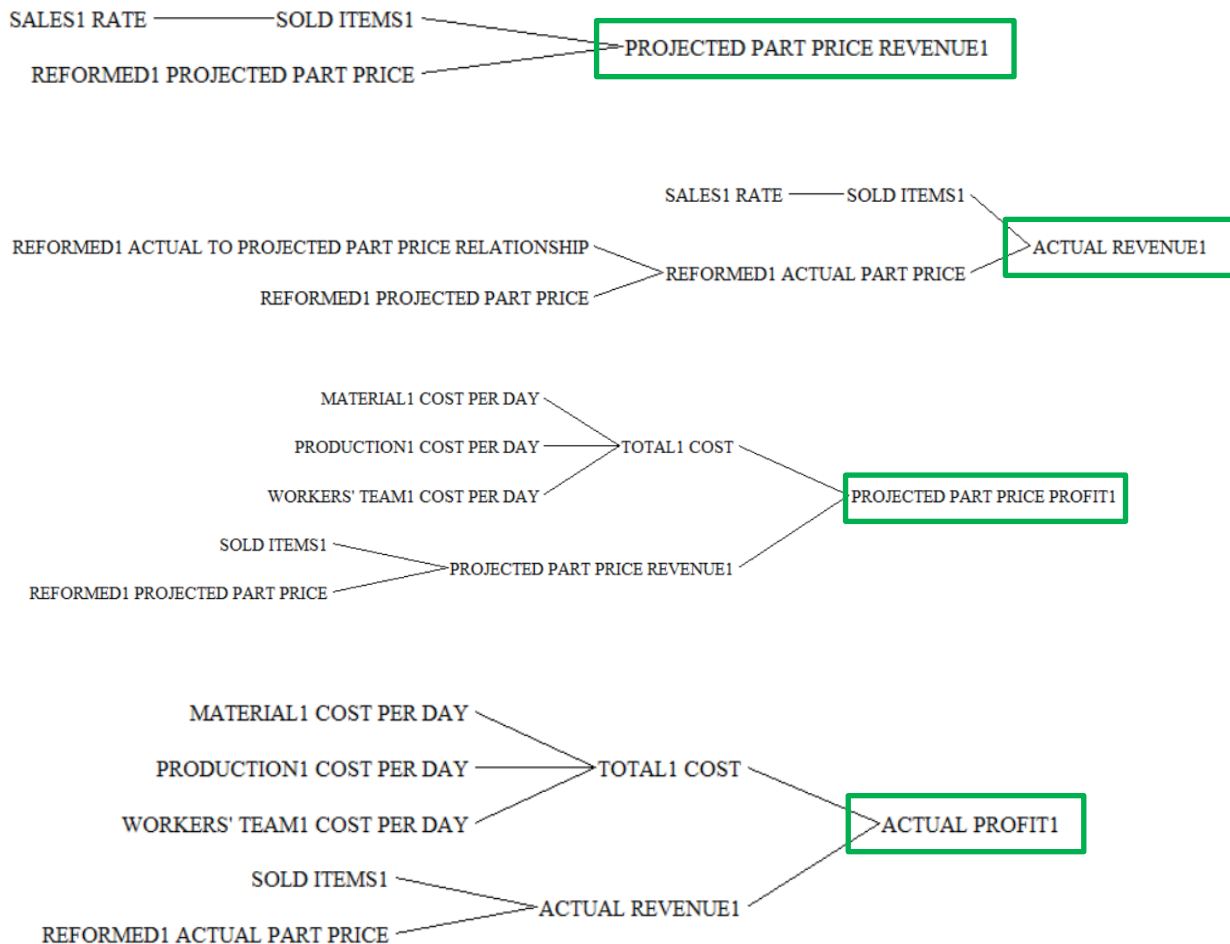


Σχήμα43: SPLaS – Διαμόρφωση τιμής πώλησης πτεμαχίου – συσχέτιση με την ζήτηση

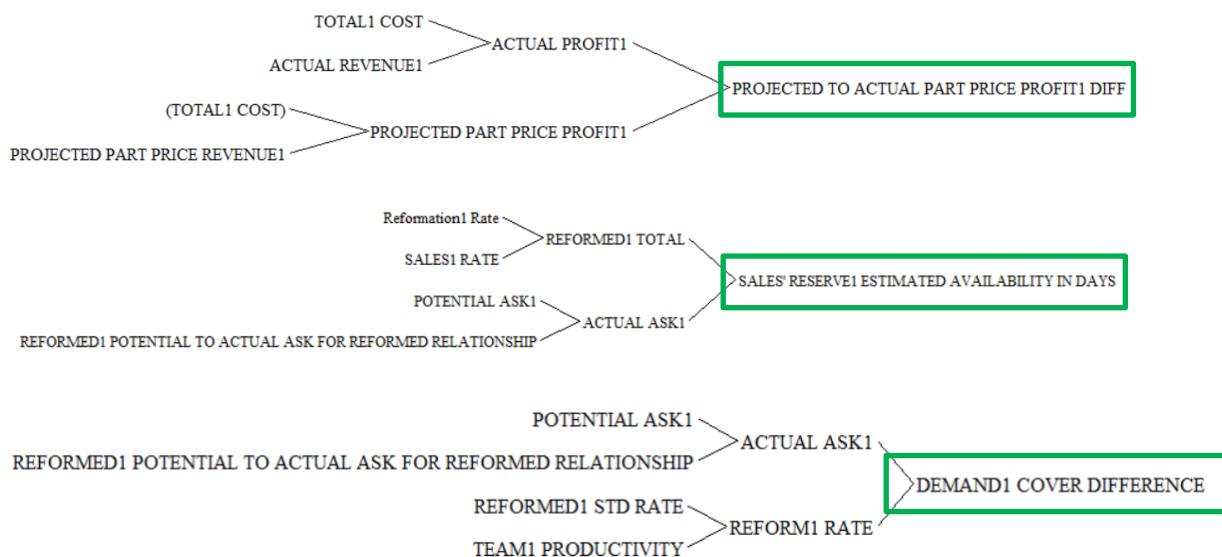
Με βάση την επιλεγμένη συνάρτηση η μέγιστη τιμή των εσόδων για συγκεκριμένο πλήθος πωλήσεων επιτυγχάνεται για πραγματική τιμή πώλησης περίπου στο 1/2 της προϋπολογισμένης.

PROJECTED PRICE	ACTUAL PRICE	COEF ACT TO PROJ PART PRICE	COEF ACT TO PROJ PART ASK	REVENUE
100	12,5	0,125	7,750905141	0,968863143
100	25	0,25	4,104845712	1,026211428
100	37,5	0,375	2,793180712	1,047442767
100	50	0,5	2,104360793	1,052180396
100	62,5	0,625	1,675540241	1,047212651
100	75	0,75	1,381023408	1,035767556
100	87,5	0,875	1,165320005	1,019655004
100	100	1	1	1
100	112,5	1,125	0,868936414	0,977553465
100	125	1,25	0,762274856	0,95284357
100	137,5	1,375	0,673641487	0,926257045
100	150	1,5	0,598724151	0,898086227
100	162,5	1,625	0,534497168	0,868557899
100	175	1,75	0,478772461	0,837851807
100	187,5	1,875	0,429926946	0,806113024
100	200	2	0,38673023	0,77346046
100	212,5	2,125	0,348231952	0,739992898
100	225	2,25	0,313685939	0,705793362
100	237,5	2,375	0,282497834	0,670932356
100	250	2,5	0,25418812	0,6354703
100	262,5	2,625	0,228365485	0,599459398
100	275	2,75	0,204707304	0,562945087
100	287,5	2,875	0,182945106	0,52596718
100	300	3	0,16285359	0,488560769

### Μεταβλητές υπολογισμού εσόδων και κέρδους



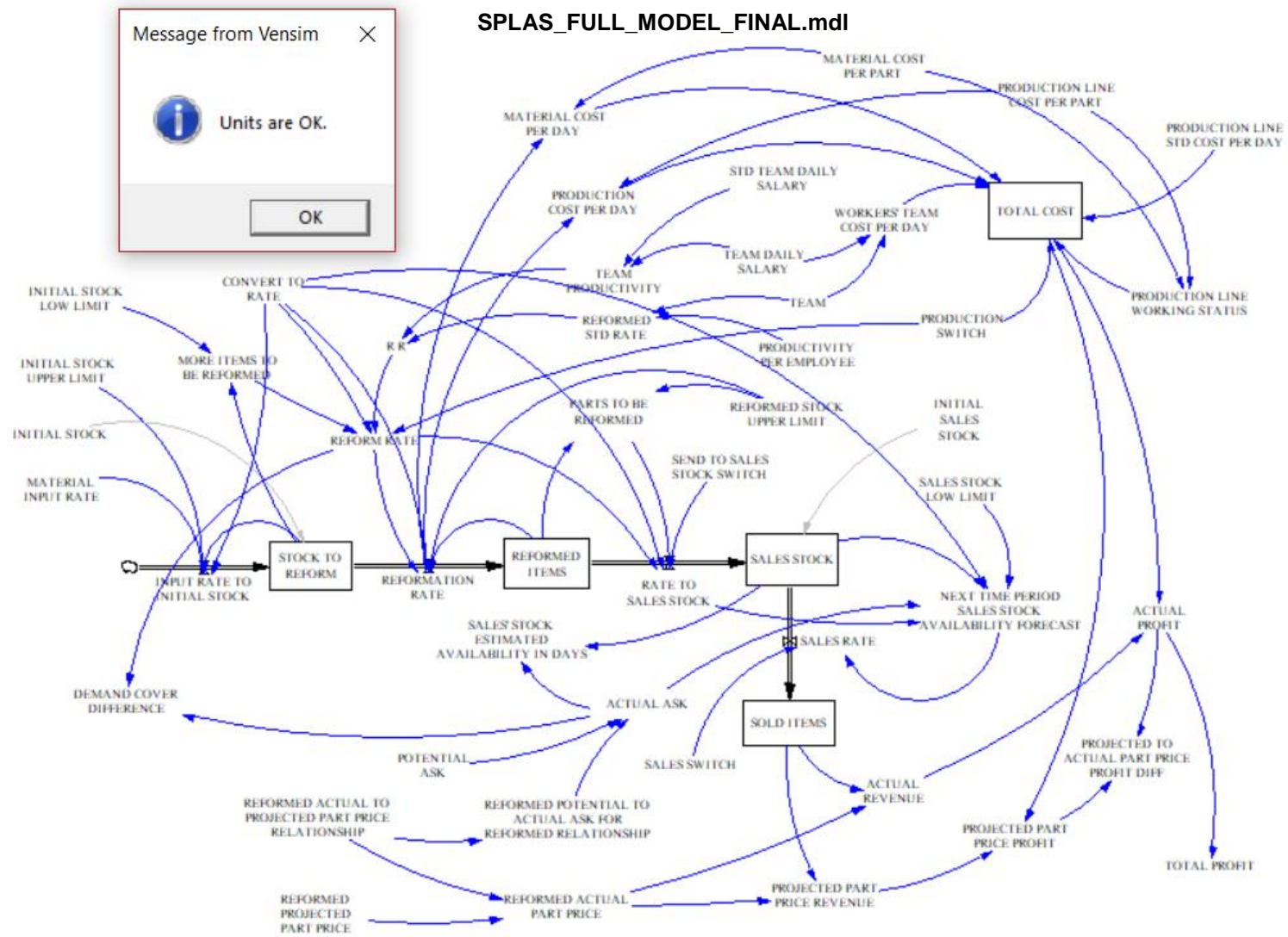
### Μεταβλητές αξιολόγησης μεγεθών





### ΠΛΗΡΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟ

### SPLAS\_FULL\_MODEL\_FINAL.mdl



## Εξισώσεις ορισμού και συσχέτισης μεταβλητών

Στο παρόν κεφάλαιο θα παραθέσουμε τις εξισώσεις, οι οποίες ορίζουν τις μεταβλητές (constant, auxiliary, level) του παρόντος μοντέλου, όπως αυτές παρέχονται πινακοποιημένες από το σχετικό εργαλείο του Vensim.

Στο τμήμα του πίνακα παράθεσης ορισμών/ σχέσεων/ συνθέτων συνθηκών απόδοσης τιμής οι εμφανιζόμενες αναφορές για την κάθε μεταβλητή, όπου προτάσσεται ο τίτλος «UNITS», αφορούν τις μονάδες μέτρησης της εν λόγω μεταβλητής και μέσα σε αγκύλη παρατίθενται τα μεγέθη!

[ελάχιστη τιμή, μέγιστη τιμή, βήμα μεταβολής (αν υπάρχει)]

<b>ΤΜΗΜΑ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗΣ</b>
<b>PRODUCTION SWITCH = 0</b> Units: Dmnl [0,1,1]
<b>TEAM = 0</b> Units: Dmnl [0,20,1]
<b>PRODUCTIVITY PER EMPLOYEE = 0</b> Units: PARTS/Day [0,100,5]
<b>REFORMED STD RATE = TEAM * PRODUCTIVITY PER EMPLOYEE</b> Units: PARTS/Day [0,?]
<b>STD TEAM DAILY SALARY = 5</b> Units: EURO/Day [5,100,5]
<b>TEAM DAILY SALARY = 5</b> Units: EURO/Day [5,100,5]
<b>TEAM PRODUCTIVITY = 1 + LOG(TEAM DAILY SALARY/STD TEAM DAILY SALARY, 10 )</b> Units: Dmnl [1,?]
<b>R R = INTEGER(REFORMED STD RATE * TEAM PRODUCTIVITY</b> Units: PARTS/Day [0,200,5]
<b>MATERIAL COST PER PART = 0</b> Units: EURO/PART [0,20,1]
<b>MATERIAL COST PER DAY = MATERIAL COST PER PART * REFORMATION RATE</b> Units: EURO/Day
<b>PRODUCTION LINE COST PER PART = 0</b> Units: EURO/PART [0,20,1]
<b>PRODUCTION LINE STD COST PER DAY = 0</b> Units: EURO/Day [0,10000,100]
<b>PRODUCTION LINE STD COST PER DAY = PRODUCTION LINE COST PER PART * REFORMATION RATE</b> Units: EURO/Day [0,10000,100]
<b>PRODUCTION LINE WORKING STATUS =</b> IF THEN ELSE (MATERIAL COST PER PART*PRODUCTION LINE COST PER PART * PRODUCTION LINE STD COST PER DAY > 0, 1, 0) Units: Dmnl [0,1]
<b>WORKERS' TEAM COST PER DAY = TEAM * TEAM DAILY SALARY</b> Units: EURO/Day
<b>TOTAL COST = INTEG ((MATERIAL COST PER DAY+PRODUCTION COST PER DAY) * PRODUCTION SWITCH * PRODUCTION LINE WORKING STATUS + WORKERS' TEAM COST PER DAY * PRODUCTION SWITCH + PRODUCTION LINE STD COST PER DAY,0)</b> Units: EURO

<b>ΤΜΗΜΑ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ SALES STOCK</b>	
<b>INITIAL STOCK LOW LIMIT = 0</b> Units: PARTS [0,1000,50]	
<b>INITIAL STOCK UPPER LIMIT = 0</b> Units: PARTS [0,5000,50]	
<b>INITIAL STOCK = 0</b> Units: PARTS [0,5000,100]	
<b>MATERIAL INPUT RATE = 0</b> Units: PARTS/Day [0,100,5]	
<b>INPUT RATE TO INITIAL STOCK =</b> IF THEN ELSE (STOCK TO REFORM > INITIAL STOCK UPPER LIMIT , 0, IF THEN ELSE ((INITIAL STOCK UPPER LIMIT - STOCK TO REFORM)/CONVERT TO RATE < MATERIAL INPUT RATE, ((INITIAL STOCK UPPER LIMIT - STOCK TO REFORM)/CONVERT TO RATE), MATERIAL INPUT RATE)) Units: PARTS/Day	
<b>STOCK TO REFORM = INTEG (INPUT RATE TO INITIAL STOCK-REFORMATION RATE,INITIAL STOCK)</b> Units: PARTS	
<b>MORE ITEMS TO BE REFORMED =</b> IF THEN ELSE (STOCK TO REFORM <= INITIAL STOCK LOW LIMIT , 0, STOCK TO REFORM - INITIAL STOCK LOW LIMIT) Units: PARTS	
<b>REFORM RATE.=</b> IF THEN ELSE (PRODUCTION SWITCH = 0, 0, IF THEN ELSE (MORE ITEMS TO BE REFORMED/CONVERT TO RATE > R R, R R, MORE ITEMS TO BE REFORMED/CONVERT TO RATE)) Units: PARTS/Day [0,?]	
<b>REFORMATION RATE =</b> IF THEN ELSE (REFORM RATE <= 0 :OR: REFORMED ITEMS >= REFORMED STOCK UPPER LIMIT, 0, IF THEN ELSE ((REFORMED STOCK UPPER LIMIT-REFORMED ITEMS)/CONVERT TO RATE<REFORM RATE, (REFORMED STOCK UPPER LIMIT - REFORMED ITEMS)/CONVERT TO RATE,REFORM RATE )) Units: PARTS/Day [0,?]	
<b>REFORMED ITEMS = INTEG (REFORMATION RATE-RATE TO SALES STOCK,0)</b> Units: PARTS [0,?]	
<b>REFORMED STOCK UPPER LIMIT = 0</b> Units: PARTS [0,1000,10]	
<b>SEND TO SALES STOCK SWITCH = 0</b> Units: Dmnl [0,1,1]	
<b>SALES SWITCH = 0</b> Units: Dmnl [0,1,1]	
<b>RATE TO SALES STOCK =</b> IF THEN ELSE (SEND TO SALES STOCK SWITCH = 0, 0, IF THEN ELSE (PARTS TO BE REFORMED/ CONVERT TO RATE >= REFORM RATE, REFORM RATE, IF THEN ELSE (PARTS TO BE REFORMED > 0, PARTS TO BE REFORMED/ CONVERT TO RATE , REFORM RATE))) Units: PARTS/Day [0,?]	
<b>INITIAL SALES STOCK = 0</b> Units: PARTS [0,1000,10]	
<b>SALES STOCK = INTEG (RATE TO SALES STOCK-SALES RATE,INITIAL SALES STOCK)</b> Units: PARTS [0,?]	
<b>SALES STOCK LOW LIMIT = 0</b> Units: PARTS [0,2000,5]	

<b>ΤΜΗΜΑ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ SALES STOCK (συνέχεια)</b>	
<b>NEXT TIME PERIOD SALES STOCK AVAILABILITY FORECAST =</b> IF THEN ELSE ((SALES STOCK - SALES STOCK LOW LIMIT)/CONVERT TO RATE + RATE TO SALES STOCK >= ACTUAL ASK, ACTUAL ASK, (SALES STOCK - SALES STOCK LOW LIMIT)/CONVERT TO RATE + RATE TO SALES STOCK) Units: PARTS/Day [0,?]	
<b>SALES SWITCH = 0</b> Units: Dmnl [0,1,1]	
<b>SALES RATE =</b> IF THEN ELSE (SALES SWITCH = 0, 0, IF THEN ELSE (NEXT TIME PERIOD SALES STOCK AVAILABILITY FORECAST <= 0, 0, NEXT TIME PERIOD SALES STOCK AVAILABILITY FORECAST)) Units: PARTS/Day [0,?]	
<b>SOLD ITEMS = INTEG (SALES RATE,0)</b>	

<b>ΤΜΗΜΑ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ – ΖΗΤΗΣΗΣ</b>	
<b>REFORMED PROJECTED PART PRICE = 100</b> Units: EURO/PART [0,200,5]	
<b>REFORMED ACTUAL PART PRICE =</b> REFORMED PROJECTED PART PRICE * REFORMED ACTUAL TO PROJECTED PART PRICE RELATIONSHIP Units: EURO/PART [0,?]	
<b>REFORMED ACTUAL TO PROJECTED PART PRICE RELATIONSHIP = 1</b> Units: Dmnl [0.01,?,0.01]	
<b>REFORMED POTENTIAL TO ACTUAL ASK FOR REFORMED RELATIONSHIP =</b> (1/(2.5*REFORMED ACTUAL TO PROJECTED PART PRICE RELATIONSHIP))+ (1/POWER(REFORMED ACTUAL TO PROJECTED PART PRICE RELATIONSHIP,(1/1.3))) - 0.4 Units: Dmnl [0,?]	
<b>POTENTIAL ASK = 0</b>	Units: PARTS/Day [0,500,5]
<b>ACTUAL ASK =</b> INTEGER(POTENTIAL ASK * REFORMED POTENTIAL TO ACTUAL ASK FOR REFORMED RELATIONSHIP) +1	

<b>ΤΜΗΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΣΟΔΩΝ - ΚΕΡΔΟΥΣ</b>	
<b>ACTUAL PROFIT = ACTUAL REVENUE - TOTAL COST</b> Units: EURO [0,?]	
<b>ACTUAL REVENUE = SOLD ITEMS * REFORMED ACTUAL PART PRICE</b> Units: EURO [0,?]	
<b>PROJECTED PART PRICE PROFIT = PROJECTED PART PRICE REVENUE - TOTAL COST</b> Units: EURO [0,?]	
<b>PROJECTED PART PRICE REVENUE = SOLD ITEMS * REFORMED ACTUAL PART PRICE</b> Units: EURO [0,?]	
<b>PROJECTED TO ACTUAL PART PRICE PROFIT1 DIFF = ACTUAL PROFIT - PROJECTED PART PRICE PROFIT1</b> Units: EURO [0,?]	
<b>TOTAL PROFIT = ACTUAL PROFIT</b> Units: EURO [0,?]	

<b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ</b>	
<b>CONVERT TO RATE = 1</b>	Units: Day [1,1]
<b>SALES' STOCK ESTIMATED AVAILABILITY IN DAYS = SALES STOCK / (ACTUAL ASK + 0.1)</b> Units: Day	
<b>DEMAND COVER DIFFERENCE = REFORM RATE - ACTUAL ASK</b>	Units: PARTS/Day

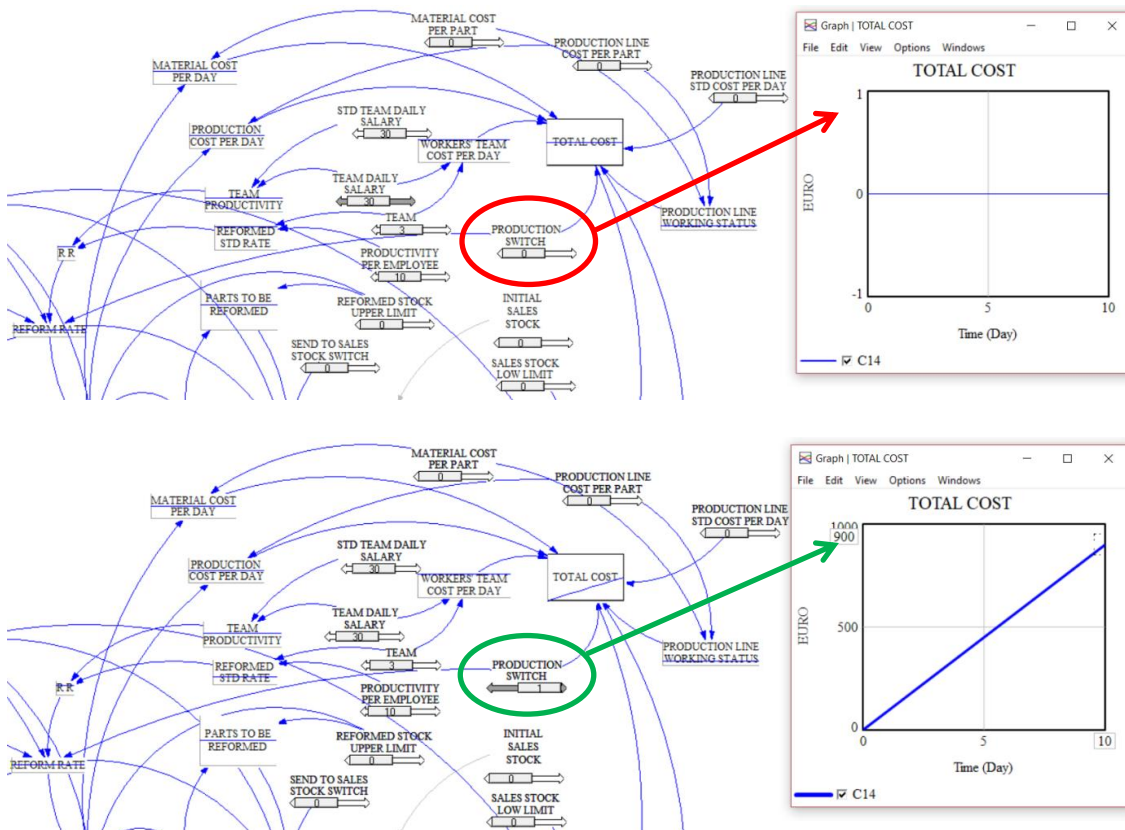
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Παρουσίαση Αποτελεσμάτων Προσομοίωσης

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε επιλεγμένα αποτελέσματα της εκτέλεσης προσομοίωσης από το μοντέλο SPLaS.

Ο χρόνος εκτέλεσης της προσομοίωσης είναι 10 ημέρες.

### Κόστος Γραμμής Παραγωγής

Στο στιγμιότυπο, που ακολουθεί, φαίνεται η πρόκληση κόστους από την χρήση εργαζομένων στην Γραμμή Παραγωγής.

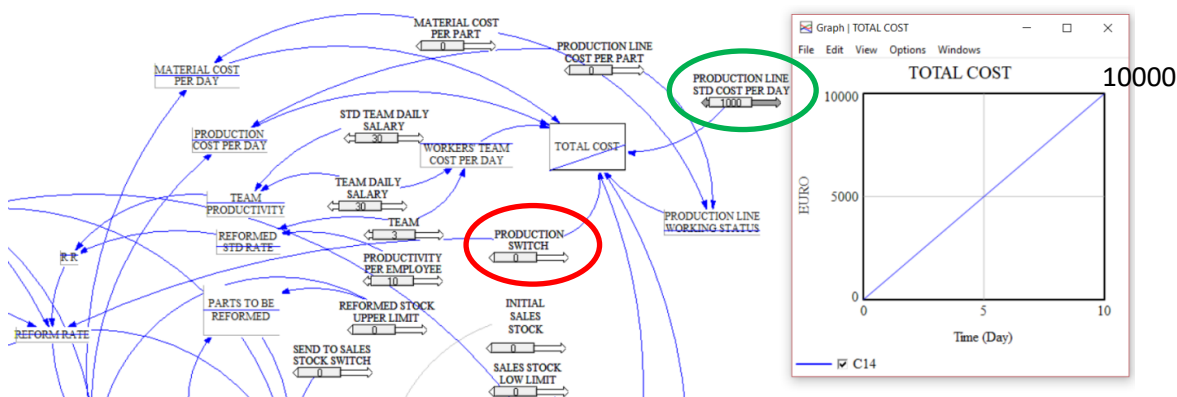


**Σχήμα44: SPLaS - Υποσύστημα Κόστους Γραμμής Παραγωγής – Διακόπτης Έναρξης**

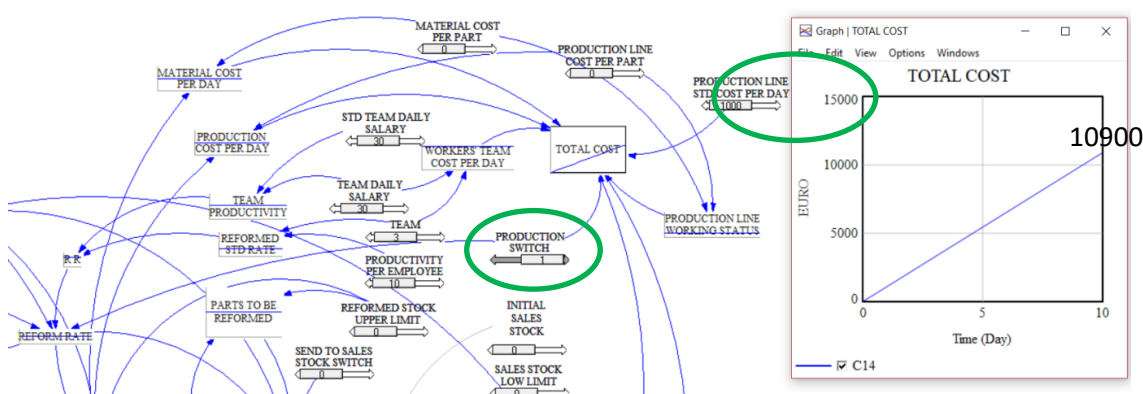
Είναι καταφανές, ότι ο «διακόπτης» **PRODUCTION SWITCH** «ενεργοποιεί» (1) ή «απενεργοποιεί» (0) πλήρως την Γραμμή Παραγωγής, αλλά ΔΕΝ συναρτάται με την παραγωγή κόστους εκ της λειτουργούσης υποδομής.

Η λειτουργούσα Γραμμή Παραγωγής (PRODUCTION SWITCH = 1) παράγει κόστος λόγω προσωπικού:

$$3 \text{ εργαζόμενοι} \times 30 \text{ ευρο/ημέρα/εργαζόμενο} \times 10 \text{ ημέρες} = 900 \text{ ευρο}$$



Σχήμα45: SPLaS - Κόστος υποδομής Γραμμής Παραγωγής



Σχήμα46: SPLaS - Κόστος υποδομής Γραμμής Παραγωγής και Κόστος Παραγωγής

Η Γραμμή Παραγωγής τίθεται σε λειτουργία και παράγει κόστος εκ της λειτουργούσης υποδομής, όταν

$$\text{PRODUCTION LINE1 STD COST PER DAY} > 0$$

Η λειτουργούσα Γραμμή Παραγωγής (PRODUCTION SWITCH = 1) παράγει κόστος λόγω προσωπικού και λειτουργούσης υποδομής:

$$(3 \text{ εργαζόμενοι} \times 30 \text{ euro/ημέρα/εργαζόμενο} + 1000 \text{ euro/ημέρα}) \times 10 \text{ ημέρες} = 10900 \text{ euro}$$

Τονίζουμε, ότι η απόδοση τιμών  $\neq 0$  για τα μεγέθη

MATERIAL1 COST PER PART και PRODUCTION LINE1 COST PER PART

δεν παράγει κόστος, αν δεν πληρούνται οι υπόλοιπες απαιτητές συνθήκες για την έναρξη του «reformation process».

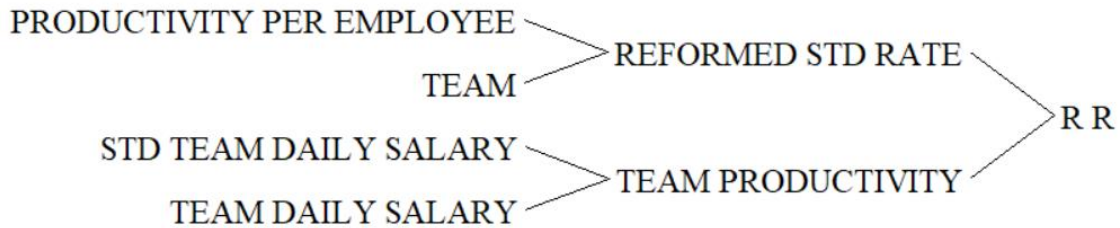
Σύμφωνα με τις παραπάνω επισημάνσεις, όταν είναι επιθυμητή η ρύθμιση της προσομοίωσης, συστήνεται να ρυθμισθούν ΟΛΕΣ οι τιμές των συμπλεκόμενων παραμέτρων και μετά να επιλεγεί η ενεργοποίηση της διαδικασίας παραγωγής (material transformation) θέτοντας τον διακόπτη PRODUCTION SWITCH στην θέση 1.

Κομβικό ρόλο στο μοντέλο SPLaS παίζουν οι μεταβλητές

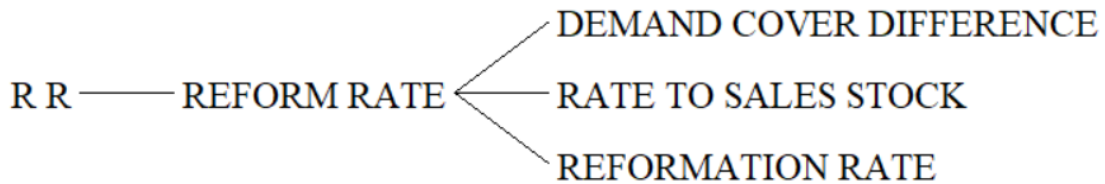
**R R, REFORM RATE, REFORMATION RATE**

οι οποίες συναρτώνται και με την παραγωγή κόστους και με το «reformation process» και με την διαδικασία πώλησης, όπου τα παραχθέντα αντικείμενα πωλούνται και παράγουν έσοδα.

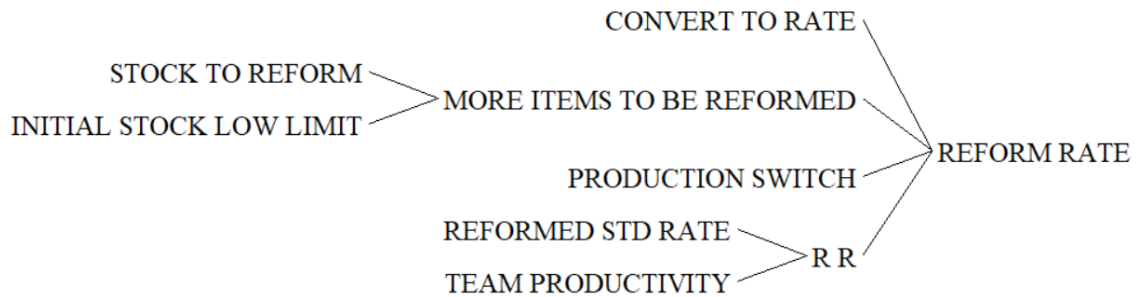
Η εξάρτηση αιτιότητας της μεταβλητής **R R** φαίνεται στο παρακάτω «δένδρο αιτιότητας»:



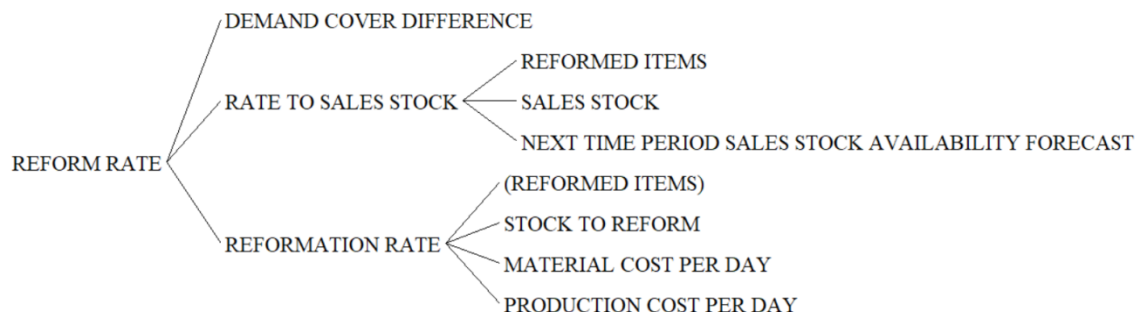
Η τιμή της μεταβλητής **R R** επηρεάζει πρωτογενώς ή επαγόμενα όλες τις μεταβλητές, που εμφανίζονται στο παρακάτω «δένδρο χρήσης»:



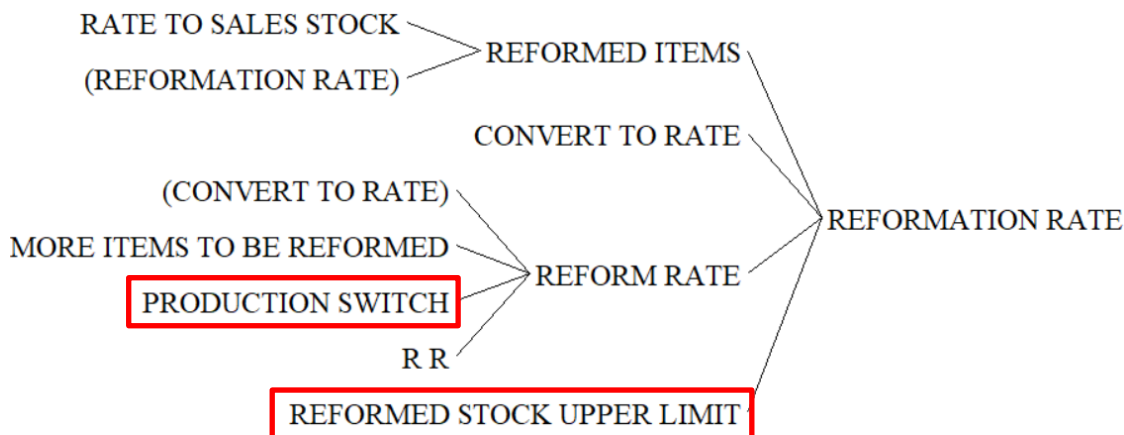
Η εξάρτηση αιτιότητας της μεταβλητής **REFORM RATE** φαίνεται στο παρακάτω «δένδρο αιτιότητας»:



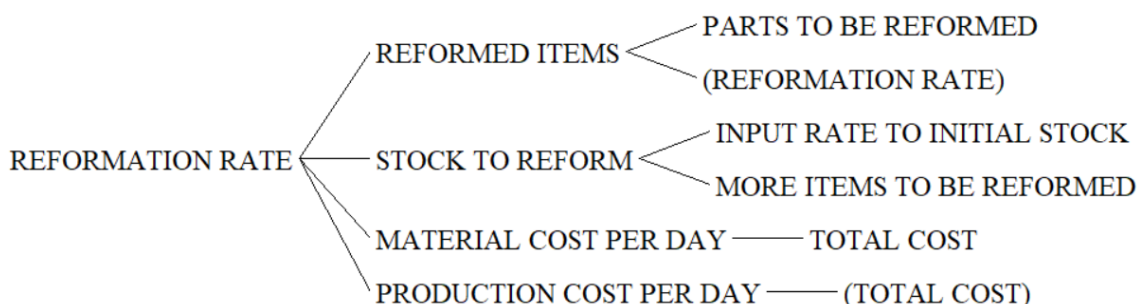
Η τιμή της μεταβλητής **REFORM RATE** επηρεάζει πρωτογενώς ή επαγόμενα όλες τις μεταβλητές, που εμφανίζονται στο παρακάτω «δένδρο χρήσης»:



Η εξάρτηση αιτιότητας του **REFORM RATE** φαίνεται στο παρακάτω «δένδρο αιτιότητας»:



Η τιμή της μεταβλητής **REFORMATION RATE** επηρεάζει πρωτογενώς ή επαγόμενα όλες τις μεταβλητές, που εμφανίζονται στο παρακάτω «δένδρο χρήσης»:



Η μεταβλητή **PRODUCTION SWITCH** με άμεση ζεύξη αιτιότητας προς την **REFORM RATE** λειτουργεί διακοπτικά και ενεργοποιεί την παραγωγική διαδικασία και την παραγωγή κόστους, που επάγεται από αυτήν.

Η μεταβλητή **REFORMED STOCK UPPER LIMIT** με άμεση ζεύξη αιτιότητας προς την **REFORMATION RATE** λειτουργεί διακοπτικά και ενεργοποιεί την διαδικασία μετασχηματισμού υλικών εκ του αποθέματος **STOCK TO REFORME** προς μετασχηματισμένα υλικά του αποθέματος **REFORMED ITEMS**.

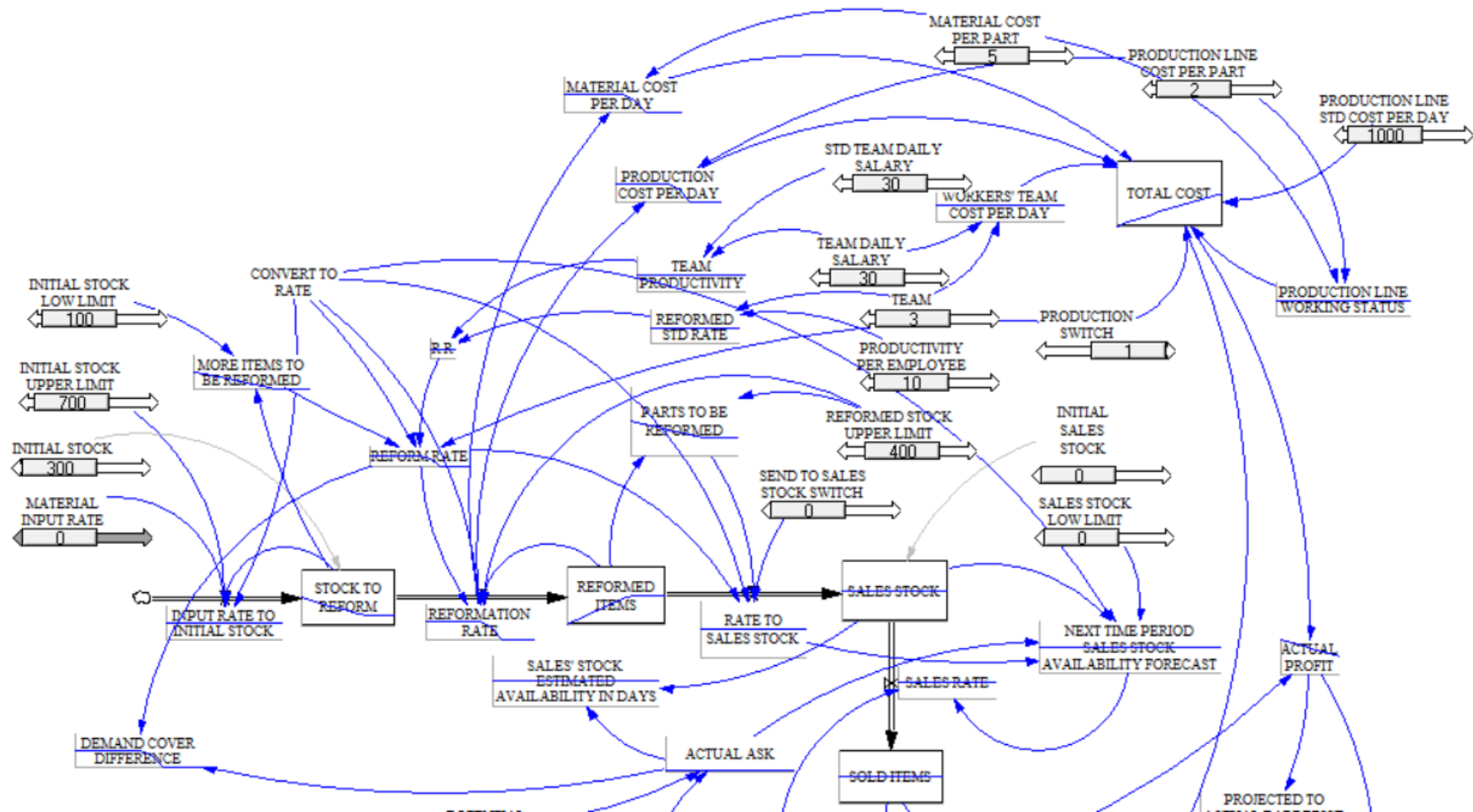
Η μεταβλητή **CONVERT TO RATE** είναι βοηθητική μεταβλητή με μονάδα μέτρησης **day** και αριθμητική τιμή **1** και σκοπό έχει την συμμετοχή σε τύπους συσχετίσεων άλλων μεταβλητών, ώστε να προκύπτουν αποτελέσματα με ορθές μονάδες μέτρησης.

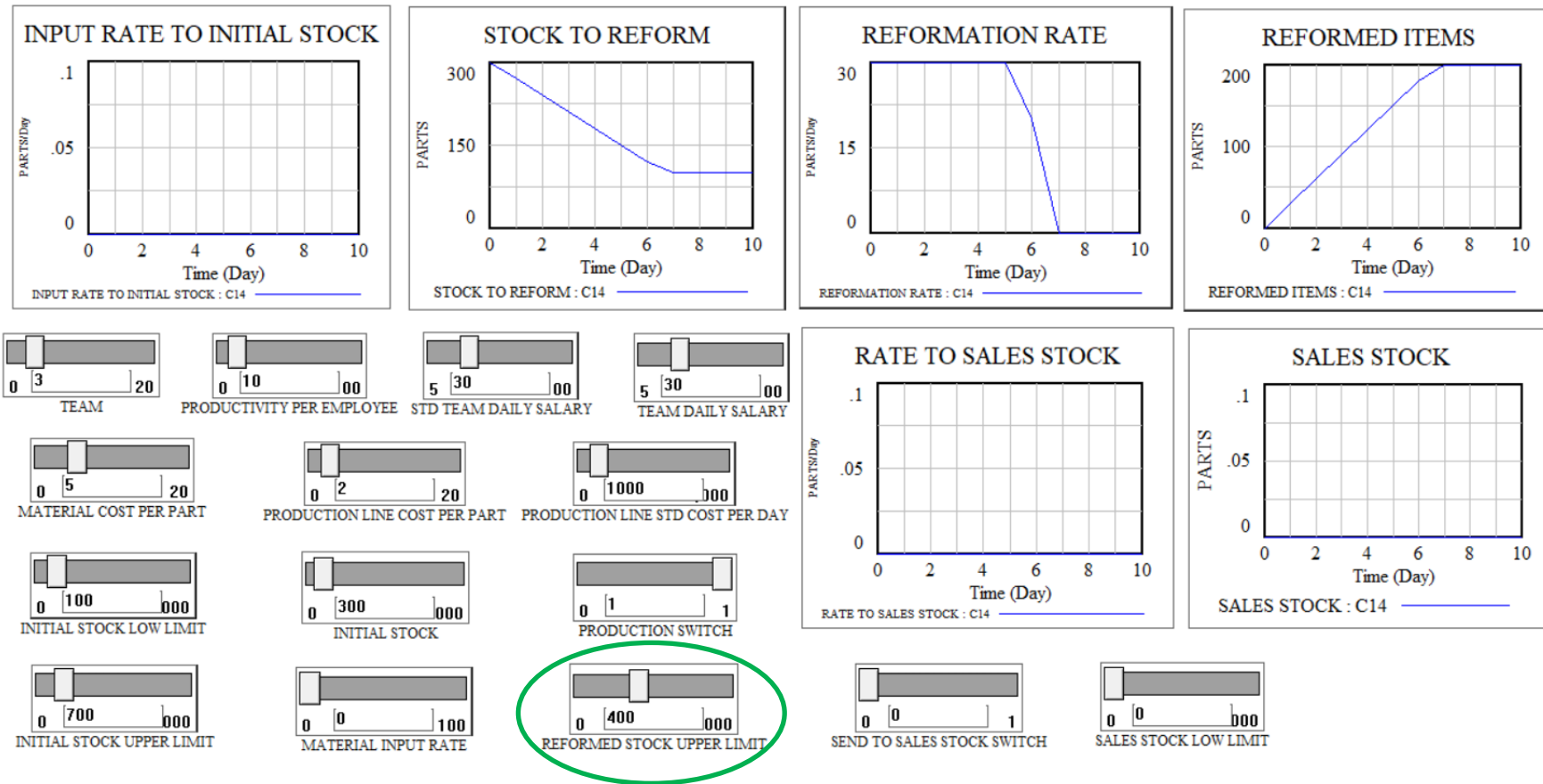
Στο στιγμιότυπο, που ακολουθεί, φαίνεται η παραγωγή αντικειμένων εκ μετασχηματισμού από την Γραμμή Παραγωγής. Η άμεση συσχέτιση με της διαδικασίας μετασχηματισμού με την μεταβλητή **Reformation1 Rate** καταδεικνύεται στην επόμενη εκτέλεση του μοντέλου **SPLaS** με περιορισμούς.



## Κόστος Γραμμής Παραγωγής και Γραμμή Παραγωγής

### Reformation Process w/o Material Input Rate, w/o Without Sales





Σχήμα47: SPLaS – Γραφήματα λειτουργίας του πλήρους Μοντέλου υπό όρους

Στην δεδομένη εκτέλεση του μοντέλου οι αρχικές συνθήκες είναι οι ακόλουθες:

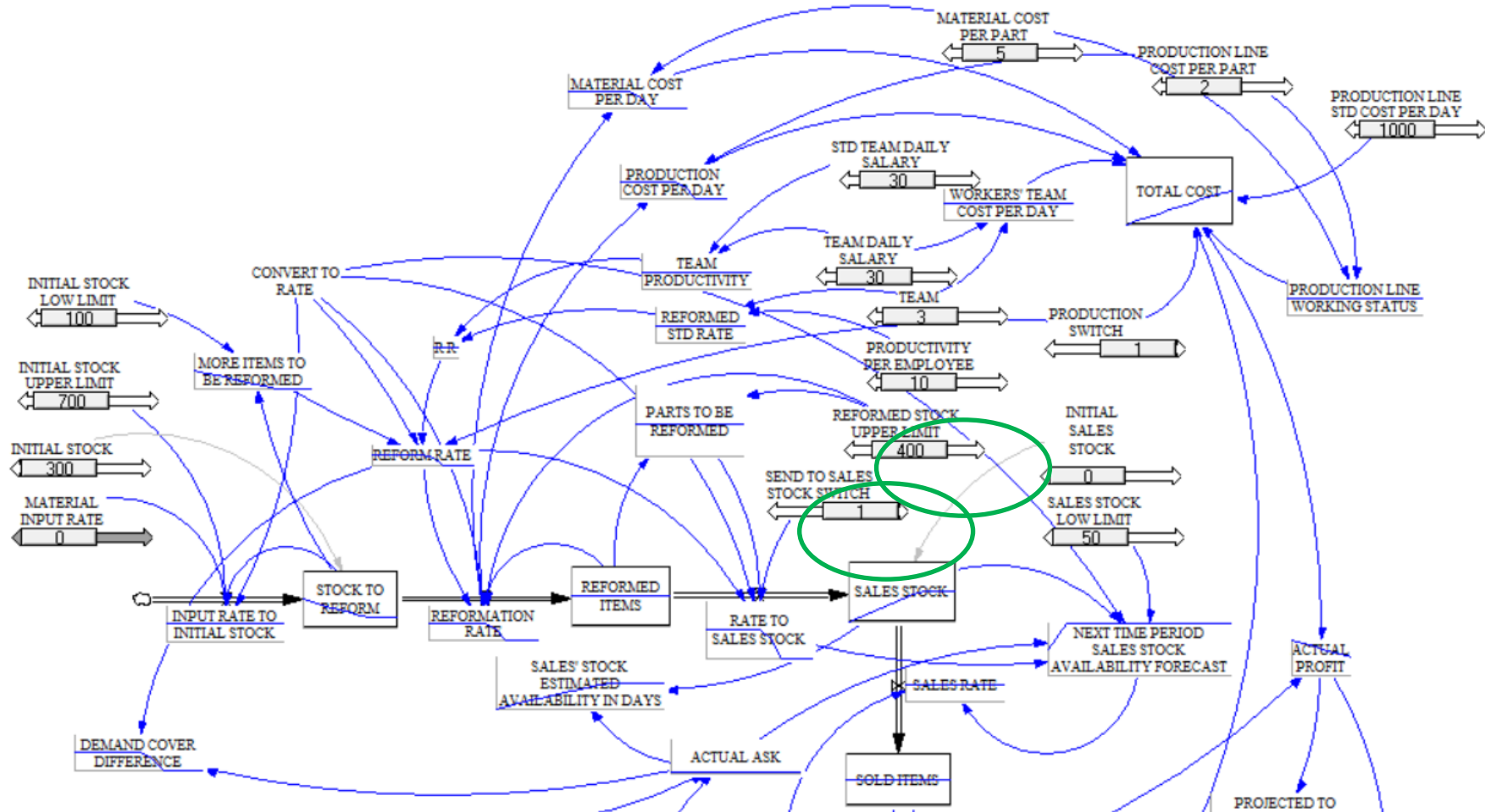
ΤΥΠΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΑΡΧΙΚΗ ΤΙΜΗ
ΚΟΣΤΟΣ	TEAM	3
	PRODUCTIVITY PER EMPLOYEE	10
	STD TEAM DAILY SALARY	30
	TEAM DAILY SALARY	30
	MATERIAL COST PER PART	5
	PRODUCTION LINE COST PER PART	2
	PRODUCTION LINE STD COST PER DAY	1000
	PRODUCTION SWITCH	1

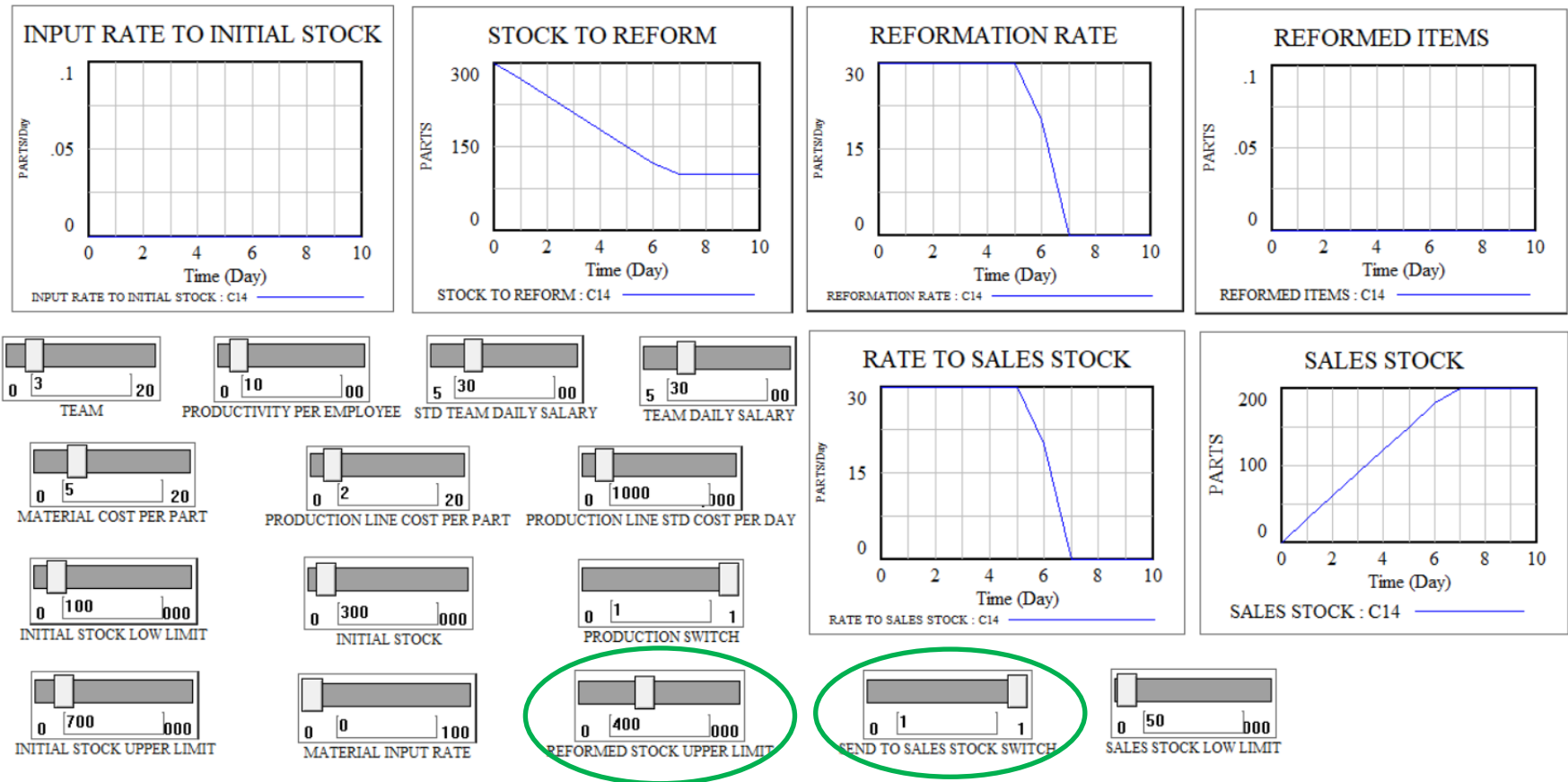
ΤΥΠΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΑΡΧΙΚΗ ΤΙΜΗ
ΠΑΡΑΓΩΓΗ	INITIAL STOCK LOW LIMIT	100
	INITIAL STOCK UPPER LIMIT	700
	INITIAL STOCK	300
	MATERIAL INPUT RATE	0
	REFORMED STOCK UPPER LIMIT	400
	SEND TO SALES STOCK SWITCH	0
	INITIAL SALES STOCK	0
	SALES STOCK LOW LIMIT	0
ΠΩΛΗΣΕΙΣ	REFORMED PROJECTED PART PRICE	100
	POTENTIAL ASK	1
	REFORMED POTENTIAL ACTUAL ASK RATIO	
	SALES SWITCH	

Time (Day)	STOCK TO RI	REFORMA TION RATE	REFORMATIC	REFORME D ITEMS	REFORMED I	RATE TO SALES	RATE TO SAL	TOTAL COST	TOTAL COST
0	300	Runs: 30	30	0	0	0	0	0	0
1	270	C14	30	30	30	0	0	1300	1300
2	240	30	30	60	60	0	0	2600	2600
3	210	30	30	90	90	0	0	3900	3900
4	180	30	30	120	120	0	0	5200	5200
5	150	30	30	150	150	0	0	6500	6500
6	120	20	30	180	180	0	0	7800	7800
7	100	0	0	200	200	0	0	9030	9030
8	100	0	0	200	200	0	0	10120	10120
9	100	0	0	200	200	0	0	11210	11210
10	100	0	0	200	200	0	0	12300	12300

### Κόστος- Γραμμή Παραγωγής - Πωλήσεις

Reformation Process w/o Material Input Rate, w/o Without Sales, Sales Stock ON





Σχήμα48: SPLaS – Γραφήματα λειτουργίας του πλήρους Μοντέλου υπό όρους

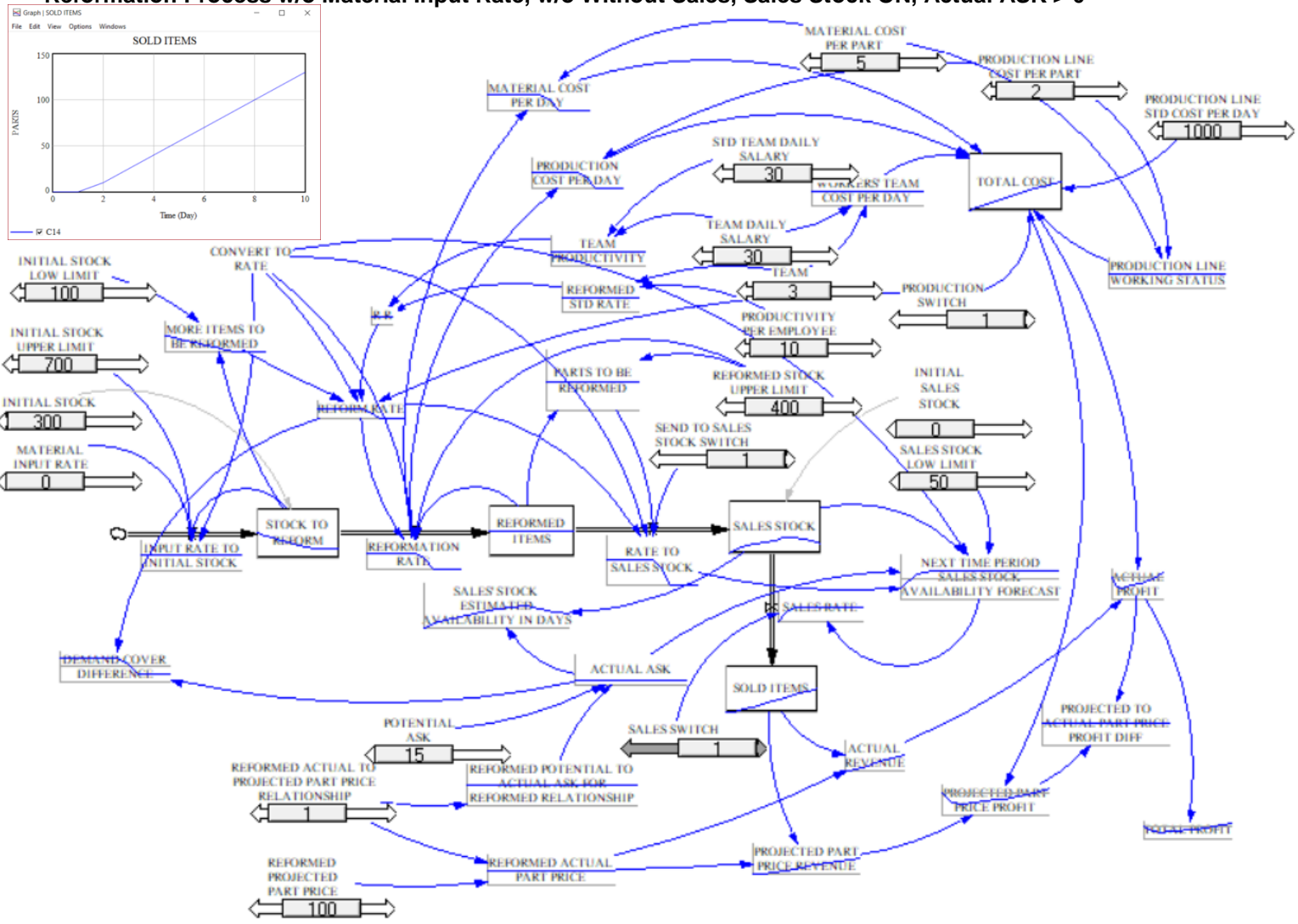
Στην δεδομένη εκτέλεση του μοντέλου οι αρχικές συνθήκες είναι οι ακόλουθες:

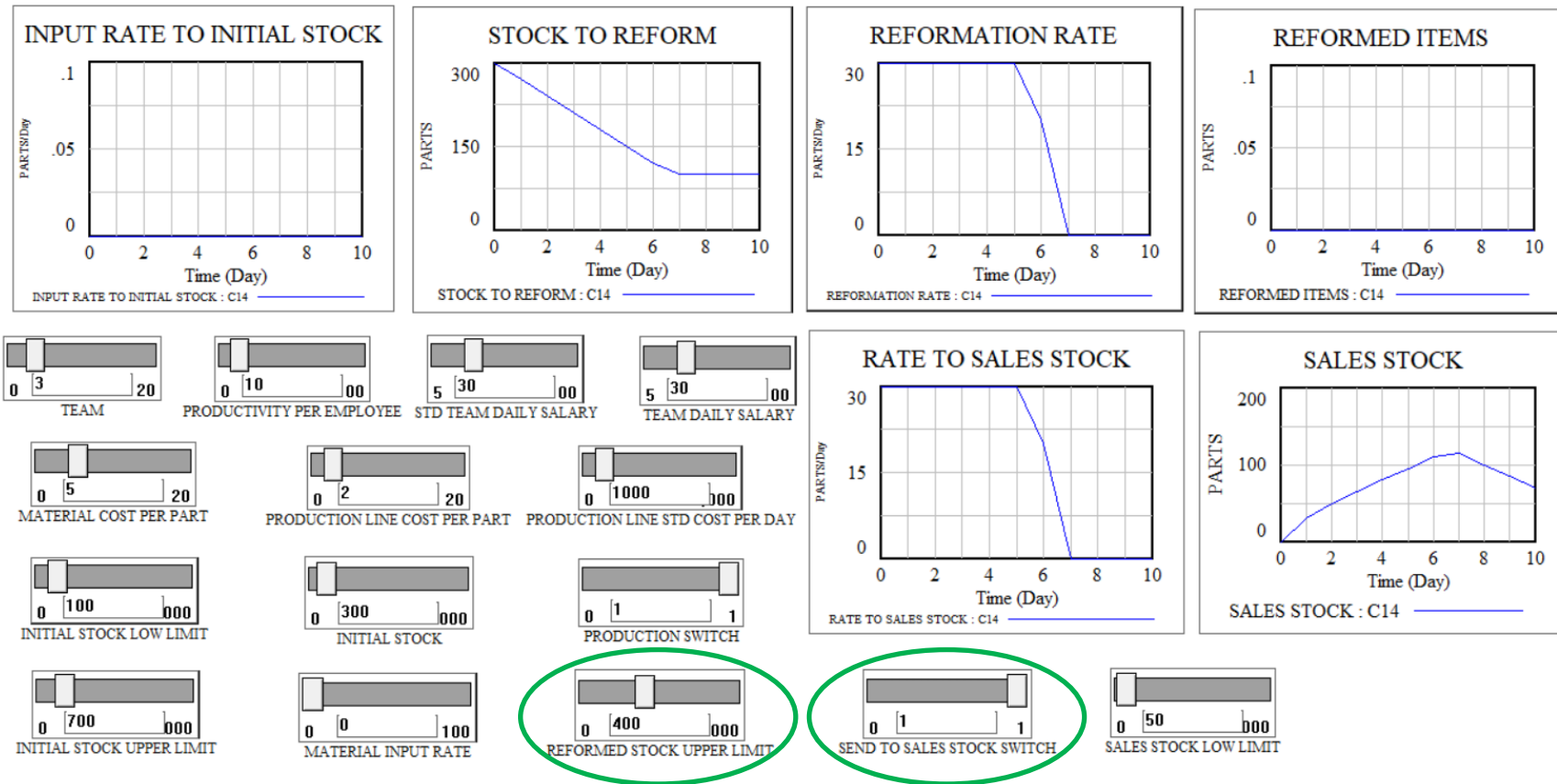
ΤΥΠΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΑΡΧΙΚΗ ΤΙΜΗ
ΚΟΣΤΟΣ	TEAM	3
	PRODUCTIVITY PER EMPLOYEE	10
	STD TEAM DAILY SALARY	30
	TEAM DAILY SALARY	30
	MATERIAL COST PER PART	5
	PRODUCTION LINE COST PER PART	2
	PRODUCTION LINE STD COST PER DAY	1000
	PRODUCTION SWITCH	1

ΤΥΠΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΑΡΧΙΚΗ ΤΙΜΗ
ΠΑΡΑΓΩΓΗ	INITIAL STOCK LOW LIMIT	100
	INITIAL STOCK UPPER LIMIT	700
	INITIAL STOCK	300
	MATERIAL INPUT RATE	0
	REFORMED STOCK UPPER LIMIT	400
	SEND TO SALES STOCK SWITCH	1
	INITIAL SALES STOCK	0
	SALES STOCK LOW LIMIT	50
ΠΩΛΗΣΕΙΣ	REFORMED PROJECTED PART PRICE	100
	POTENTIAL ASK	1
	REFORMED POTENTIAL ACTUAL ASK RATIO	
	SALES SWITCH	

Time (Day)	"STOCK TO REFORM"	STOCK TO RI	"REFORMA TION RATE"	REFORMATIC	"REFORME D ITEMS"	REFORMED I	"RATE TO SALES STOCK"	RATE TO SAL	"SALES STOCK"	SALES STOCI	"TOTAL COST" Runs:	TOTAL COST
0	300		30		0		30		0		0	
1	Runs: 270		Runs: 30		Runs: 0		30		Runs: 30		C14	1300
2	C14 240		C14 30		C14 0		Runs: 30		C14 60			2600
3	210		30		0		C14 30		90			3900
4	180		30		0		30		120			5200
5	150		30		0		30		150			6500
6	120		20		0		20		180			7800
7	100		0		0		0		200			9030
8	100		0		0		0		200			10120
9	100		0		0		0		200			11210
10	100		0		0		0		200			12300

**Reformation Process w/o Material Input Rate, w/o Without Sales, Sales Stock ON, Actual ASK > 0**





Σχήμα49: SPLaS – Γραφήματα λειτουργίας του πλήρους Μοντέλου υπό όρους



Στην δεδομένη εκτέλεση του μοντέλου οι αρχικές συνθήκες είναι οι ακόλουθες:

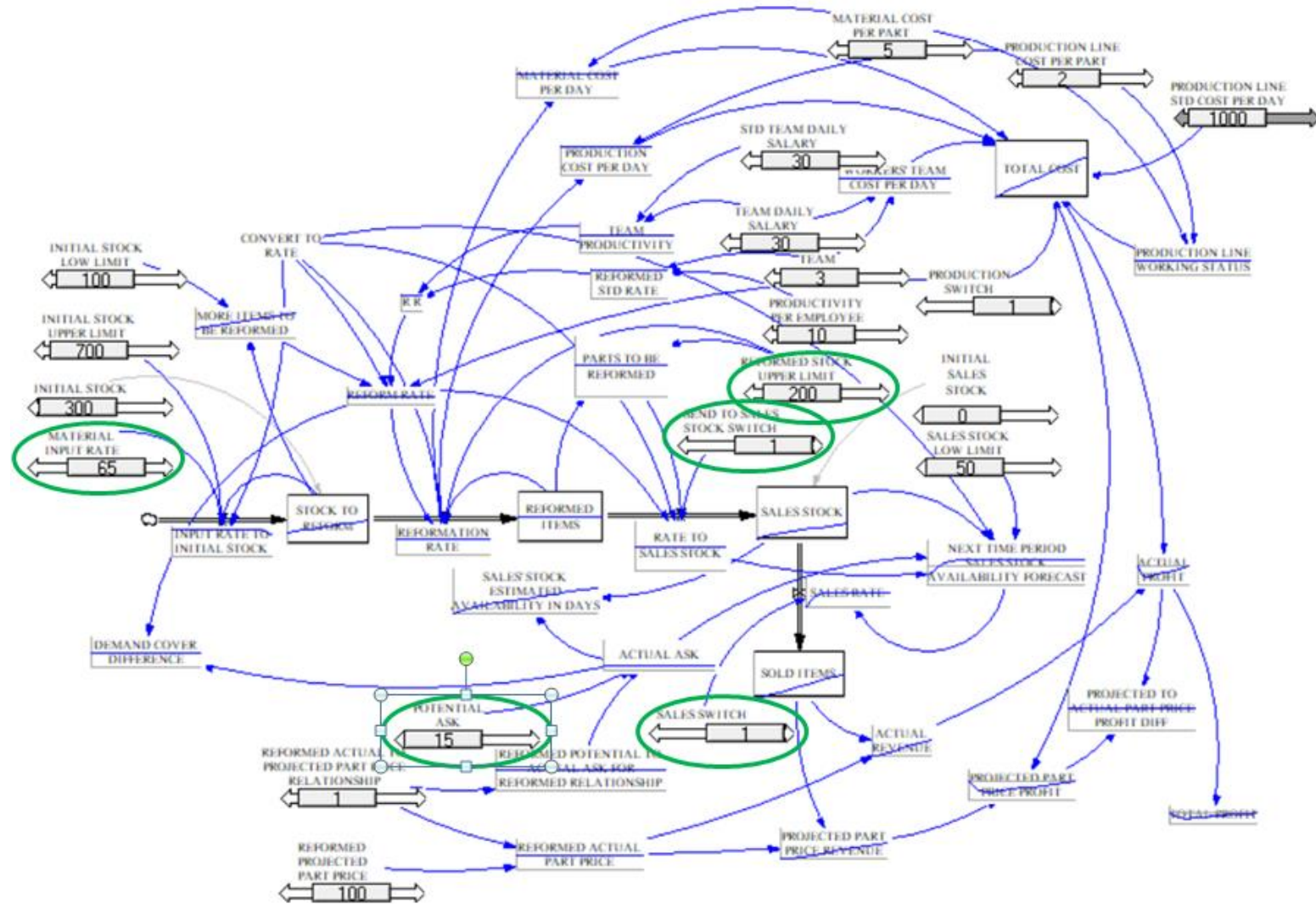
ΤΥΠΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΑΡΧΙΚΗ ΤΙΜΗ
ΚΟΣΤΟΣ	TEAM	3
	PRODUCTIVITY PER EMPLOYEE	10
	STD TEAM DAILY SALARY	30
	TEAM DAILY SALARY	30
	MATERIAL COST PER PART	5
	PRODUCTION LINE COST PER PART	2
	PRODUCTION LINE STD COST PER DAY	1000
	PRODUCTION SWITCH	1

ΤΥΠΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΑΡΧΙΚΗ ΤΙΜΗ
ΠΑΡΑΓΩΓΗ	INITIAL STOCK LOW LIMIT	100
	INITIAL STOCK UPPER LIMIT	700
	INITIAL STOCK	300
	MATERIAL INPUT RATE	0
	REFORMED STOCK UPPER LIMIT	400
	SEND TO SALES STOCK SWITCH	1
	INITIAL SALES STOCK	0
	SALES STOCK LOW LIMIT	50
ΠΩΛΗΣΕΙΣ	REFORMED PROJECTED PART PRICE	100
	POTENTIAL ASK	15
	REFORMED POTENTIAL ACTUAL ASK RATIO	1
	SALES SWITCH	1

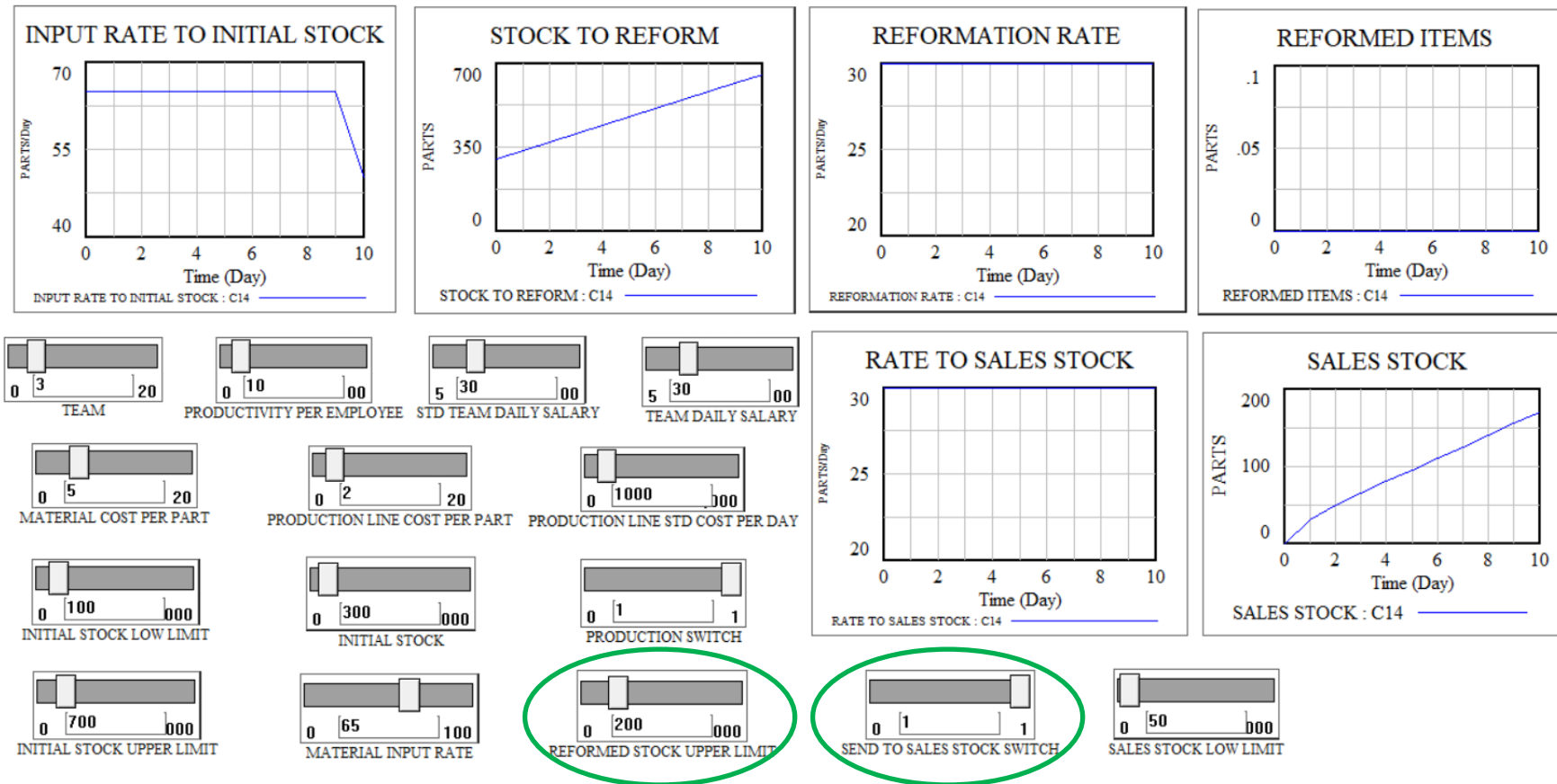
Time (Day)	REFORMED I	"RATE TO SALES STOCK"	RATE TO SAL	"SALES STOCK"	SALES STOCI	"SOLD ITEMS"	SOLD ITEMS	"TOTAL COST"	TOTAL COST	"ACTUAL REVENUE"	ACTUAL REV	"ACTUAL PROFIT"	ACTUAL PROFIT
0	0	SALES	30	0	0	0	0	Runs: 0	1300	0	0	Runs: 0	-1300
1	0	STOCK"	30	Runs: 30	30	Runs: 0	0	C14	2600	Runs: C14	1000	C14	-1600
2	0	Runs: C14	30	C14	50	C14	10		3900		2500		-1400
3	0		30		65		25		5200		4000		-1200
4	0		30		80		40		6500		5500		-1000
5	0		30		95		55		7800		7000		-800
6	0		20		110		70		9030		8500		-530
7	0		0		115		85		10120		10000		-120
8	0		0		100		100		11210		11500		290
9	0		0		85		115		12300		13000		700
10	0		0		70		130						

**Πλήρης Προσομοίωση**

Reformation Process WITH Material Input Rate, w/o Without Sales, Sales Stock ON, Actual ASK > 0



Συστημικές Μεθοδολογίες στην ανάπτυξη εφαρμοσίμων Δυναμικών Μοντέλων: χρήση των Λογισμικών DCSYM Case Tool και Vensim PLE συμπεριλαμβάνοντας την διαχείριση Συστημικού Χρόνου



Σχήμα50: SPlaS – Γραφήματα λειτουργίας του πλήρους Μοντέλου υπό όρους

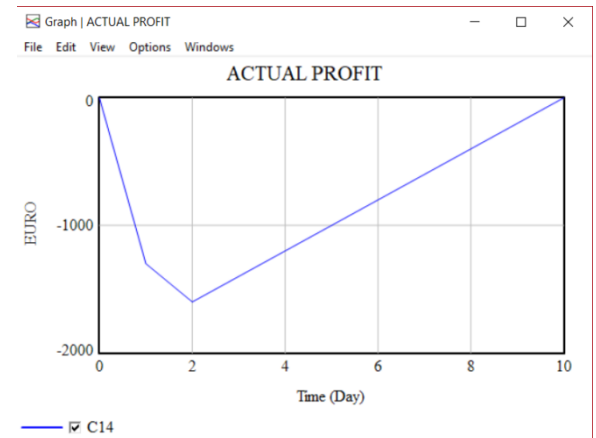
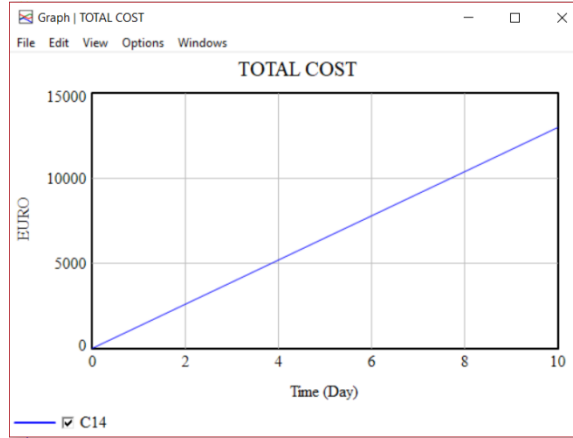
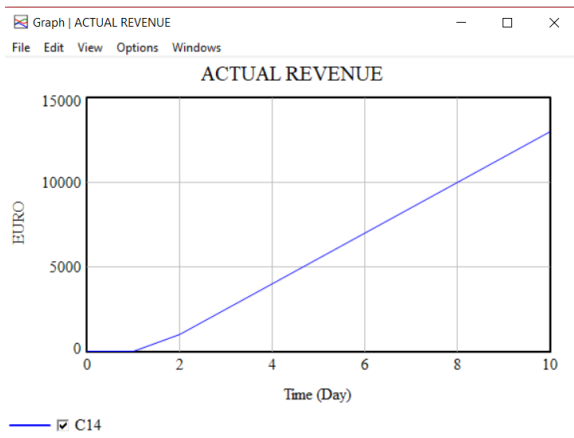
Στην δεδομένη εκτέλεση του μοντέλου οι αρχικές συνθήκες είναι οι ακόλουθες:

ΤΥΠΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΑΡΧΙΚΗ ΤΙΜΗ
ΚΟΣΤΟΣ	TEAM	3
	PRODUCTIVITY PER EMPLOYEE	10
	STD TEAM DAILY SALARY	30
	TEAM DAILY SALARY	30
	MATERIAL COST PER PART	5
	PRODUCTION LINE COST PER PART	2
	PRODUCTION LINE STD COST PER DAY	1000
	PRODUCTION SWITCH	1

ΤΥΠΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΑΡΧΙΚΗ ΤΙΜΗ
ΠΑΡΑΓΩΓΗ	INITIAL STOCK LOW LIMIT	100
	INITIAL STOCK UPPER LIMIT	700
	INITIAL STOCK	300
	MATERIAL INPUT RATE	65
	REFORMED STOCK UPPER LIMIT	400
	SEND TO SALES STOCK SWITCH	1
	INITIAL SALES STOCK	0
	SALES STOCK LOW LIMIT	50
ΠΩΛΗΣΕΙΣ	REFORMED PROJECTED PART PRICE	100
	POTENTIAL ASK	15
	REFORMED POTENTIAL ACTUAL ASK RATIO	1
	SALES SWITCH	1

Time (Day)	"INPUT RATE TO	INPUT RATE"	"STOCK TO REFORM"	STOCK TO REFORM	"REFORM RATE"	REFORM RATE	"REFORMED ITEMS"	REFORMED ITEMS	"RATE TO SALES"	RATE TO SALES	"SALES STOCK"	SALES STOCK
0	65	65	300	300	30	30	0	0	30	30	0	0
1	65	65	335	335	30	30	0	0	30	30	30	30
2	65	65	370	370	30	30	0	0	30	30	50	50
3	65	65	405	405	30	30	0	0	30	30	65	65
4	65	65	440	440	30	30	0	0	30	30	80	80
5	65	65	475	475	30	30	0	0	30	30	95	95
6	65	65	510	510	30	30	0	0	30	30	110	110
7	65	65	545	545	30	30	0	0	30	30	125	125
8	65	65	580	580	30	30	0	0	30	30	140	140
9	65	65	615	615	30	30	0	0	30	30	155	155
10	50	50	650	650	30	30	0	0	30	30	170	170

Time (Day)	"SALES STOCK"	SALES STOCI	"SOLD ITEMS"	SOLD ITEMS	"ACTUAL REVENUE"	ACTUAL REV	"TOTAL COST" Runs: 0	TOTAL COST	"ACTUAL PROFIT" Runs:	ACTUAL PROFIT
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	Runs: C14	30	Runs: C14	0	Runs: C14	0	C14	1300	Runs: C14	-1300
2		50		10		1000		2600		-1600
3		65		25		2500		3900		-1400
4		80		40		4000		5200		-1200
5		95		55		5500		6500		-1000
6		110		70		7000		7800		-800
7		125		85		8500		9100		-600
8		140		100		10000		10400		-400
9		155		115		11500		11700		-200
10		170		130		13000		13000		0



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Αποτίμηση και Βελτίωση του μοντέλου

### Αποτίμηση μοντέλου

Το πλήρες μοντέλο

#### SPLaS

(Single Production Line and Sales), το οποίο αναπτύχθηκε σ' αυτό το τμήμα της στην παρούσας εργασίας πέτυχε τον σκοπό του, δηλαδή πέτυχε να παρακολουθήσει με ιδιαίτερη ακρίβεια την εξελισσόμενη κατάσταση μιας πλήρους παραγωγικής μονάδας, η οποία:

παραλαμβάνει υλικά από το περιβάλλον της  
τα οποία μετασχηματίζει κατάλληλα χρησιμοποιώντας κατάλληλους πόρους  
όπου η χρήση των οποίων παράγει κόστος  
εν συνεχεία, πωλεί τα μετασχηματισμένα υλικά σύμφωνα με την ζήτηση  
και δια της πωλήσεως παράγει έσοδα.

Τα τμήματα της **SPLaS**, όπως περιγράψαμε διεξοδικά είναι:

«Τμήμα κοστολόγησης υπό συνθήκας»

«Τμήμα παραγωγής μετασχηματισμένων υλικών και δημιουργίας αποθέματος υλικών προς πώληση υπό συνθήκας»

«Τμήμα πωλήσεων μετασχηματισμένων υλικών υπό συνθήκας»

Και τα τρία (3) αυτά τμήματα «ενεργοποιούνται» ή διακόπτουν την λειτουργία τους είτε μηχανικά με επιλογή διακοπτικών τιμών ενεργοποίησης σε κατάλληλες μεταβλητές (Production Switch, Send to Sales Stock Switch, Sales Switch), είτε αυτομάτως μετά τον έλεγχο περίπλοκων συνθηκών ενεργοποίησης/ διακοπής επί των κατάλληλων μεταβλητών του μοντέλου (για παράδειγμα ο μετασχηματισμός των διαθέσιμων υλικών εκκινεί για Reform Rate > 0 εφ' όσον, όμως, ισχύει και ότι Reformed Items < Reformed Stock Upper Limit, επομένως η έναρξη της διαδικασίας μετασχηματισμού προϋποθέτει Reformed Stock Upper Limit ≠ 0)

Όλες οι παράμετροι, οι οποίες επελέγησαν και συνέθεσαν το μοντέλο λειτούργησαν με απόλυτη συνέπεια και αντιστοιχία με την πραγματική λειτουργία μιας τέτοιας πολυμηχανικής δομής.

## Προβλήματα και μέθοδοι επίλυσης

Τα προβλήματα, τα οποία ανεφύησαν σχετίζονται με την προχωρημένη πολυπλοκότητα του μοντέλου **SPLaS** και, προφανώς, η αυτοματοποίηση των λειτουργιών των υποτμημάτων του μοντέλου υπό συνθήκας περιέπλεξε τον σχεδιασμό, την υλοποίησή του και την τελική του μικρορύθμιση.

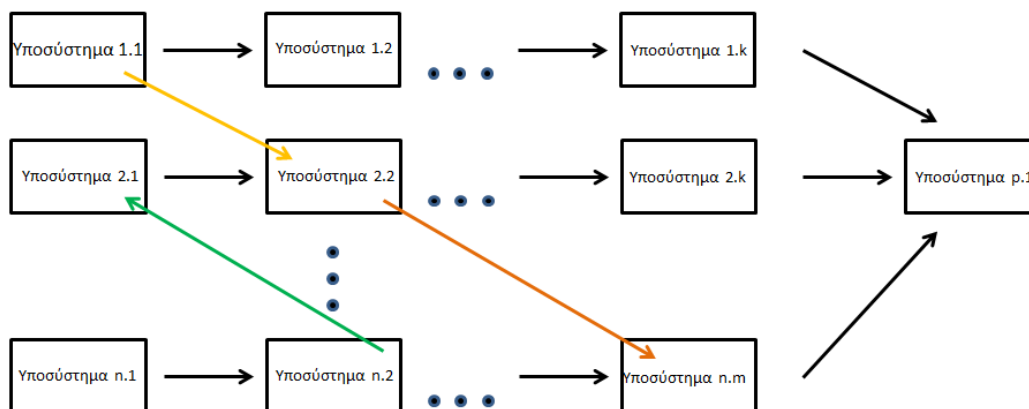
Όπως φαίνεται και στην παρούσα εργασία, **τα λειτουργικά υποτμήματα σχεδιάστηκαν, υλοποιήθηκαν, ρυθμίστηκαν και δοκιμάστηκαν ανεξάρτητα το ένα από το άλλο** και, μετά την κατά μόνας επιτυχή λειτουργία των κατ' επαλληλία λειτουργούντων υποτμημάτων, αυτά συντεθήσαν και απετέλεσαν συνθετότερα υποσυστήματα και ούτω καθεξής, έως ότου προέκυψε το πλήρες μοντέλο.

Το παρόν μοντέλο σχεδιάστηκε με την ακόλουθη διαδικασία:

- Καθορισμός του σκοπού του πλήρους μοντέλου
- Εντοπισμός των λειτουργικών υποσυστημάτων του πλήρους μοντέλου
  - Ανάπτυξη εκάστου υποσυστήματος
    - Εντοπισμός επάλληλων και παράλληλων τμημάτων του υποσυστήματος
    - Σχεδιασμός, υλοποίηση, ρύθμιση και δοκιμή των τμημάτων
- Σύμπλεξη των λειτουργικών υποσυστημάτων μέσω καταλλήλων μεταβλητών

Η περιγραφόμενη μέθοδος απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:

### ΠΟΛΛΑΠΛΩΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΩΝΤΑ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ



**Σχήμα 51: Πολυσυμπλεκόμενες σειριακές και παράλληλες Διεργασιακές Αλυσίδες**

Οι συμβιβασμοί, οι οποίοι έγιναν στο παρόν μοντέλο είναι οι απολύτως ελάχιστοι και αφορούν μόνο το πλήθος των επιλεγέντων και αλληλοσυμπλεκόμενων μεταβλητών, αλλά οι επιλεγείσες και εμπειρεχόμενες μεταβλητές είναι, όσες προέκυψαν από την λεπτομερή μελέτη και ανάλυση του πραγματικού προβλήματος ως σημαντικές και απαραίτητες.

Το σοβαρότερο υπολογιστικό πρόβλημα προέκυψε από την αδυναμία της εκπαιδευτικής εκδόσεως του Vensim (PLE), να χειρισθεί την μεταβλητή του χρόνου, ώστε να υπολογισθούν συμπεριφορές μεταβλητών σε προγενέστερες ή επόμενες χρονικές στιγμές από την εξεταζόμενη. Ομοίως και η διαδικασία της ολοκλήρωσης ως προς τον χρόνο διενεργείται αυτομάτως, χωρίς δυνατότητες επέμβασης από τον μελετητή.

Άλλο σοβαρότατο πρόβλημα προκύπτει από την αδυναμία της εκδόσεως PLE να υποστηρίξει την αντιγραφή λειτουργικού μοντέλου, για να χρησιμοποιηθεί στην ανάπτυξη άλλου σχετικού μοντέλου.

## Μελλοντική βελτίωση

Σε συνέχεια των προηγούμενων αναφορών μας στην προγραμματιστικές αδυναμίες του Vensim PLE έχουμε ήδη αναπτύξει εναλλακτικές μεθόδους διαχείρισης της μεταβλητής «TIME», ώστε, όταν απαιτείται να επιτυγχάνεται ολοκλήρωση για διαφορετικές περιόδους ολοκλήρωσης ως προς τον χρόνο.

Εύλογα, λοιπόν, θεωρούμε, ότι η χρήση της πλήρους εκδόσεως του Vensim αλλά και των εναλλακτικών μεθόδων διαχείρισης, που έχουμε αναπτύξει, είναι απαιτητή προκειμένου να αναπτυχθούν πλήρως λειτουργικά μοντέλα.

Η στοχευόμενη εξαρχής εξέλιξη του παρόντος μοντέλου είναι η δημιουργία συστήματος εκ πολλαπλών SPLaS με ενδεχόμενη ύπαρξη κάποιων κοινών υποσυστημάτων, όπου αυτό είναι δυνατόν.

Η προοπτική ανάπτυξης **MPLaS** (συστήματος εκ πολλαπλών SPLaS) θεωρείται απαραίτητη καθώς είναι εξαιρετικά σπάνια η περίπτωση, κατά την οποία κάποιο ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής κόστους – μετασχηματισμών – εσόδων αποτελείται μόνο από μία SPLaS.

## Συμπεράσματα

Το παρόν μοντέλο προσομοιώνει με εντυπωσιακή πιστότητα και αυτοματοποιημένες αλλαγές λειτουργίας υπό συνθήκας το σημαντικό θέμα της σε πραγματικό χρόνο εκτίμησης/ αξιολόγησης των χαρακτηριστικών λειτουργίας και των ποσοτικών/ αριθμητικών/ οικονομικών στοιχείων, τα οποία συναρτώνται με την λειτουργία μιας πλήρους απλής γραμμής παραγωγής και των αλληλεπιδρώντων υποσυστημάτων της (υποσύστημα «παραγωγής κόστους», υποσύστημα «μετασχηματισμού» και υποσύστημα «τιμολόγησης και πωλήσεων»).

Οι εντυπωσιακές δυνατότητες παρακολούθησης της πλήρους αλληλεπίδρασης με όλους τους δυνατούς τρόπους ενός πλήθους μεταβλητών ενός πολυπαραμετρικού Δυναμικού Συστήματος με εντυπωσιακά ελάχιστες παραχωρήσεις και συμβιβασμούς μέσω μιας ορθά μελετημένης, υλοποιημένης και ρυθμισμένης προσομοίωσης καθιστά καταφανή την σημαντικότητα της αξιοποίησης του σύγχρονου κατάλληλου λογισμικού προσομοίωσης της λειτουργίας Δυναμικών Συστημάτων.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ VENSIM PLE

### **Εισαγωγή**

Σ' αυτό το τμήμα της παρούσας εργασίας αναπτύσσουμε μεθόδους, οι οποίες προσδίδουν σημαντικές πρόσθετες δυνατότητες στην εκπαιδευτική έκδοση (PLE) του πακέτου Συστημικής Δυναμικής Vensim αλλά και σε οποιοδήποτε άλλη έκδοση του Vensim ή και άλλου προγράμματος Συστημικής Δυναμικής, που χρησιμοποιείται για να υλοποιηθούν προσομοιώσεις Δυναμικών Συστημάτων.

Όπως δηλώνεται και από τον κατασκευαστή, το πακέτο Vensim PLE δεν παρέχει την δυνατότητα χρησιμοποίησης του πραγματικού χρόνου του εκάστοτε αναπτυσσόμενου μοντέλου σαν μεταβλητή οποιασδήποτε άλλης συναρτησιακής έκφρασης, η οποία αναπαριστά σύμφωνα με τις ανάγκες του μοντέλου κάποια συστημική διεργασία του.

Αυτή η έλλειψη προκαλεί σοβαρό περιορισμό στις αναμφισβήτητα σημαντικές δυνατότητες του Vensim, οπότε χρησιμοποιούνται πλάγιες μέθοδοι δημιουργίας συναρτησιακών εκφράσεων του πραγματικού χρόνου του μοντέλου κυρίως μέσω βρόχων ανάδρασης.

Η μέθοδος αυτή για την δημιουργία συναρτησιακών εκφράσεων μπορεί να εφαρμοσθεί σε πολύ λίγες περιπτώσεις και, ουσιαστικά, ο χρήστης του Vensim PLE δεν μπορεί να εκφράσει τις ροές, που χρησιμοποιεί για την πλήρωση ή την κένωση των εμπλεκόμενων σημείων συσσώρευσης στην προσομοίωση του εξεταζομένου Δυναμικού Συστήματος. σαν επιθυμητές συναρτήσεις του πραγματικού χρόνου και καταλήγει να χρησιμοποιεί μόνο ροές σταθερές σε σχέση με τον πραγματικό χρόνο του μοντέλου.

**Εδώ αξιοποιώντας τις συγκεκριμένες σημαντικές δυνατότητες του Vensim PLE αναπτύξαμε μέθοδο κατασκευής του πραγματικού χρόνου του μοντέλου άμεσα διαθέσιμη για χρήση σε οποιαδήποτε διεργασία του μοντέλου.**

Εν συνεχεία, αξιοποιώντας την «κατασκευασμένη μεταβλητή του πραγματικού χρόνου» του οποιοδήποτε μοντέλου προσομοίωσης, αναπτύξαμε μέθοδο, η οποία εκμεταλλευόμενη την διαθεσιμότητα του πραγματικού χρόνου δημιουργεί «διεργασιακό χρόνο» συναρτημένο με την εκάστοτε διεργασία μέσα στην αιτιώδη επαλληλία των διεργασιών, οι οποίες συνθέτουν το μοντέλο.

Αυτό επιτρέπει στην κάθε διεργασία (που αναπαρίσταται από μεταβλητή τύπου «auxiliary»), να εξελίσσεται στον «δικό της» χρόνο, ο οποίος μπορεί να έπεται (μ' άλλα λόγια η διεργασία «αρχίζει» την λειτουργία της μετά την «έναρξη» του πραγματικού χρόνου του μοντέλου), όπως είναι και το σύνθημα και το αναπτύσσουμε στο σχετικό σημείο της εργασίας, αλλά μπορεί, αν απαιτείται, να προηγείται, για να χρησιμοποιηθεί η τιμή της χρονικά «προπορευομένης» διαδικασίας για την πρόβλεψη γεγονότων αναφουομένων από την δυναμική λειτουργία του μοντέλου.

Στην συνέχεια της εργασίας παρουσιάζεται η δημιουργία διαφόρων συναρτήσεων, των οποίων οι τιμές συναρτήσεως του χρόνου εκφράζουν την δυναμική εξέλιξη του μοντέλου προσομοίωσης και με την αιτιώδη διασύνδεση τους (causal link) επιτρέπουν την συνολική λειτουργία του μοντέλου.

Φυσικά, η ήδη διαθέσιμη ιδιότητα της ολοκλήρωσης συναρτήσεως του χρόνου των ροών εισόδου (πλήρωσης) στα σημείων συσσώρευσης και Η ΑΝΑ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΛΗΨΗΣ (και χρήσης) ΤΗΣ ΤΡΕΧΟΥΣΑΣ ΤΙΜΗΣ ΤΟΥ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΑΤΟΣ αξιοποιείται στο έπακρο και παράγει, όπως διεξοδικά αναλύουμε στο σχετικό σημείο της εργασίας, τις συναρτήσεις ολοκλήρωσης των κατασκευασμένων με την μεθόδό μας συναρτήσεων του πραγματικού χρόνου του μοντέλου.

Εφαρμογή όλων των παραπάνω μεθόδων χρησιμοποιείται για την προσομοίωση του κλασσικού Αρχετύπου «Ανάδραση με Χρονική Υστέρηση».

Θα παρουσιασθεί η μετεξέλιξη της προσομοίωσης SPLaS με διαθέσιμο πλέον για χρήση τον «συστημικό χρόνο» σε οποιαδήποτε στιγμή της εξέλιξης της προσομοίωσης

Με την χρήση του «συστημικού χρόνου» ικανοποιείται η προφανής απαίτηση για διαχείριση των χρονικών καθυστερήσεων στην διεκπεραίωση των διεργασιών του μοντέλου και εξορθολογίζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Τέλος σε μελλοντική εξέλιξη του μοντέλου SPLaS θα προσαρτήσουμε ρυθμούς εισροής (flow – rate) και εκροής σε σημεία συσσώρευσης εκπεφρασμένους ως περίπλοκες συναρτήσεις του συστημικού χρόνου

Σημειώνουμε με έμφαση την Προσομοίωση, που αναπτύχθηκε, για να καταδείξει τις εντυπωσιακές δυνατότητες της εξέλιξης του Vensim PLE υπό τον τίτλο και για να προτείνει μια άλλη προσέγγιση σε ένα πραγματικό πρόβλημα, το οποίο παραμένει άλυτο στην γενική του περίπτωση μέχρι σήμερα:

### **«Εκτίμηση κατανάλωσης καυσίμου εμπορικού πλοίου συναρτήσει μεταβαλλόμενων συνθηκών πλεύσης»**

Στο μοντέλο αυτό γίνεται ειδική χρήση του «συστημικού χρόνου» του Vensim PLE, ώστε να ενσωματωθούν στο μοντέλο περίπλοκες υπολογιστικές δυνατότητες και να υπολογισθούν συναρτησιακές εκφράσεις, οι οποίες δεν σχετίζονται με την εισροή/ εκροή σε/ από σημεία συσσώρευσης!

Στο τέλος της εργασίας μας έχουμε συμπεριλάβει τρεις (3) εκτελέσεις της εν λόγω Προσομοίωσης.

Η εργασία αυτή αναφορικά με την εκτίμηση παρουσιάστηκε διεξοδικά στο Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο Συστημικής, που διοργανώθηκε από την Ελληνική Εταιρία Συστημικών Μελετών (HSSS) στο Πανεπιστήμιο Πειραιά στις 29 και 30 Νοεμβρίου 2019.

Λεπτομερώς ανεπτυγμένη και πλήρως τεκμηριωμένη περιγραφή των επιστημονικών και υπολογιστικών μας θέσεων και μεθόδων θα συμπεριληφθεί σε άλλη εργασία μας.

## Σύντομη επισκόπηση του Vensim (έκδοση PLE)

Το Vensim είναι ένα εργαλείο οπτικής μοντελοποίησης, που μας επιτρέπει να αντιληφθούμε, να τεκμηριώσουμε, να προσομοιώσουμε, να αναλύσουμε και να βελτιστοποιήσουμε μοντέλα δυναμικών συστημάτων.

Το Vensim παρέχει έναν απλό και ευέλικτο τρόπο δημιουργίας μοντέλων προσομοίωσης, που αποτελούνται από σχέσεις αιτιότητας (causal links/ causal loops) ή/ και διαγράμματα αποθέματος (levels) και ροής (flows).

Τα μεγέθη, των οποίων η αλληλεπίδραση δομεί το μοντέλο του δυναμικού συστήματος, το οποίο θέλουμε να προσομοιάσουμε, αναπαρίστανται με λέξεις, που παρατίθενται σε ένα επίπεδο.

Οι λέξεις, οι οποίες αντιστοιχούν στα συμπλεκόμενα δομικά μεγέθη/ αντικείμενα του συστήματος συνδέονται με βέλη, τα οποία αναπαριστούν ζεύξεις αιτιότητας (causal links) και οι σχέσεις μεταξύ των διασυνδεδεμένων μεταβλητών του συστήματος εισάγονται και καταγράφονται ως αιτιώδεις συνδέσεις με την μορφή κατάλληλων εξισώσεων.

Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται από τον επεξεργαστή εξισώσεων, για να μας βοηθήσουν να διαμορφώσουμε ένα πλήρες μοντέλο προσομοίωσης.

Μπορούμε να αναλύσουμε το μοντέλο μας σε όλη την διαδικασία κατασκευής, εξετάζοντας τις αιτίες και τις χρήσεις μιας μεταβλητής καθώς και τους βρόχους, που αφορούν την μεταβλητή. Όταν έχει δημιουργηθεί ένα μοντέλο, που μπορεί να προσομοιωθεί, το Vensim μας επιτρέπει να διερευνήσουμε διεξοδικά την συμπεριφορά του μοντέλου.

## Τύποι δομικών μεγεθών/ αντικειμένων του Vensim

### Μεταβλητές (variables)

#### Constant:

Είναι μέγεθος με τιμή μεταβαλλόμενη από τον χρήστη

ή

#### Auxiliary:

Είναι μέγεθος με τιμή, η οποία μεταβάλλεται λόγω αλληλεπιδράσεων με τις τιμές άλλων μεγεθών του μοντέλου μέσω κατάλληλων εξισώσεων συσχέτισης.

#### Σημείο Συσσώρευσης (Αποθέματος) (Level) :

Είναι μέγεθος με τιμή, η οποία μεταβάλλεται λόγω αλληλεπιδράσεως με τις τιμές μεγεθών ειδικού τύπου, οι οποίες αποκαλούνται **ροές (flows)**, όπου η τιμή της εκάστοτε ροής αποτελεί την «παροχή» προς ή από το σημείο συσσώρευσης.

**Τονίζουμε με έμφαση το ειδικό χαρακτηριστικό των σημείων συσσώρευσης, το οποίο είναι, ότι η τιμή τους προκύπτει από την ολοκλήρωση ως προς τον χρόνο λειτουργίας του μοντέλου των συναρτημένων ροών εισόδου και εξόδου προς και από το σημείο συσσώρευσης.**

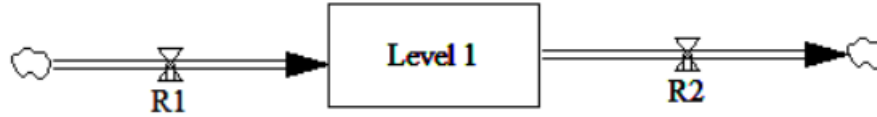
#### Ροή (flow ή Rate)

Είναι μέγεθος άμεσα συναρτημένο με ένα σημείο συσσώρευσης είτε ως «παροχή» εισροής στο σημείο συσσώρευσης είτε ως «παροχή» εκροής από το σημείο συσσώρευσης.

Ο μαθηματικός ορισμός της ροής είναι της μορφής  $\frac{dRate(t)}{dt}$

## Σημείο Συσσώρευσης και Ροές Εισόδου και Εξόδου

Αν θεωρήσουμε το ακόλουθο μοντέλο:



όπου θεωρούμε, ότι η μονάδα μέτρησης του χρόνου του μοντέλου λογίζεται σε ημέρες (**day**) από  $t_{\min}$  έως  $t_{\max}$ , η μονάδα μέτρησης του χρόνου του μεγέθους μέτρησης του Level1 λογίζεται σε τεμάχια (**parts**) και , η μονάδα μέτρησης του χρόνου των μεγεθών μέτρησης των «παροχών» R1 και R2 λογίζεται σε τεμάχια/ημέρα (**parts/day**).

**Σύμφωνα με την «εσωτερική μηχανή» του Vensim οι ροές (flows) θεωρούνται variables τύπου auxiliary και συνήθως εξαρτώνται από variables τύπου constant.**

Η εξίσωση ορισμού της τιμής του μεγέθους Level1, η οποία τροφοδοτεί το Vensim, είναι η:

$$Level1 = \int_{t_1}^{t_2} (R1(t) - R2(t))dt + C$$

Όπου  $t_1$  = Initial Time,  $t_2$  = Final Time και C = αρχική τιμή του σημείου συσσώρευσης (Initial Value)

Όμως η τιμή του μεγέθους Level1 είναι:

$$Level1 = R1 (t_{\max} - t_{\min}) - R2 (t_{\max} - t_{\min})$$

αν τα μεγέθη R1 και R2 έχουν σταθερή τιμή για το χρονικό διάστημα  $[t_{\min}, t_{\max}]$ .

Στην γενική και συχνά εμφανιζόμενη περίπτωση κατά την οποία τα μεγέθη R1 και R2 **ΔΕΝ** έχουν σταθερή τιμή για το χρονικό διάστημα  $[t_{\min}, t_{\max}]$ , αλλά

το μέγεθος R1 έχει τις διακριτές τιμές  $R_{1,k}$ , όπου  $k = 1, 2, \dots, m$ , οι οποίες αντιστοιχούν στα  $k$  χρονικά διαστήματα  $[t_0, t_1], [t_1, t_2], \dots, [t_{m-1}, t_m]$ , όπου  $t_0 = t_{\min}$  και  $t_m = t_{\max}$ .

και

το μέγεθος R2 έχει τις διακριτές τιμές  $R_{2,l}$ , όπου  $l = 1, 2, \dots, n$ , οι οποίες αντιστοιχούν στα  $n$  χρονικά διαστήματα  $[t_0, t_1], [t_1, t_2], \dots, [t_{n-1}, t_n]$ , όπου  $t_0 = t_{\min}$  και  $t_n = t_{\max}$  και εν γένει ισχύει  $m \neq n$ .

Τότε **η προσεγγιστική αριθμητική ολοκλήρωση** για το σύνολο των διακριτών τιμών των R1 και R2 δίνει:

$$Level1 = \sum_{i=0}^{i=m-1} R_{1,i} \cdot (t_{i+1} - t_i) - \sum_{j=0}^{j=n-1} R_{2,j} \cdot (t_{i+1} - t_i) + C$$

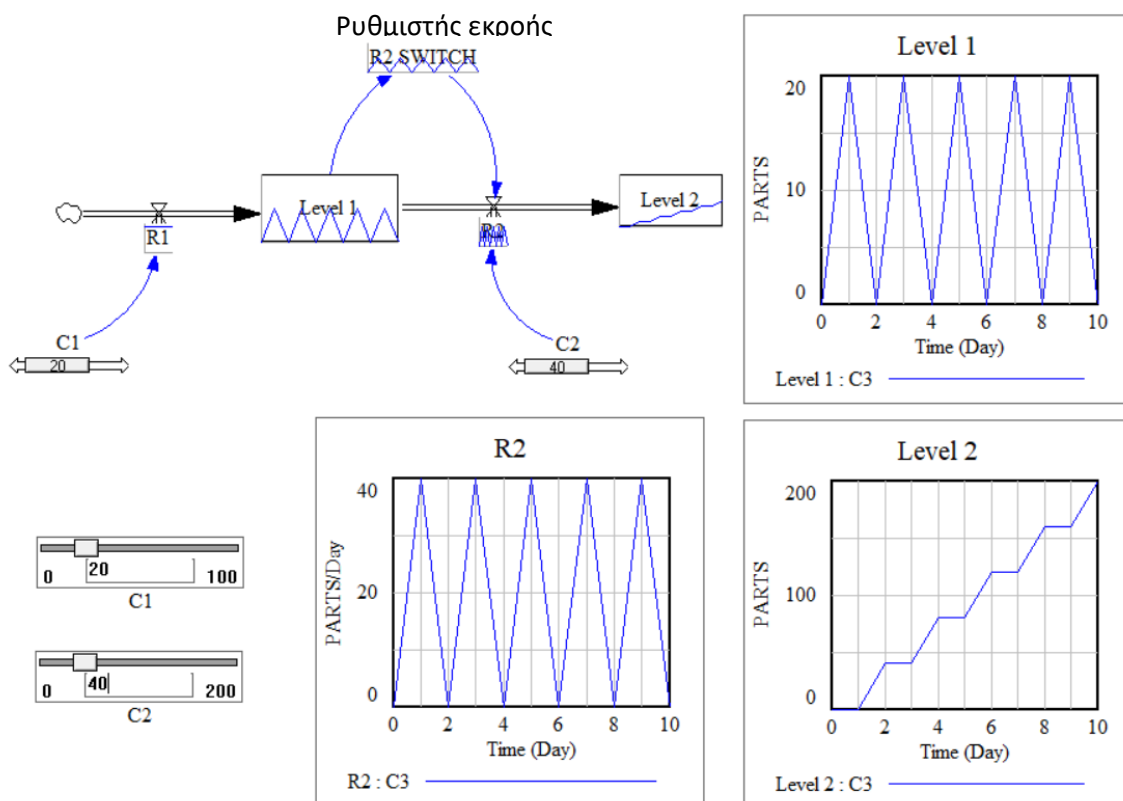
Στην περίπτωση κατά την οποία τα μεγέθη R1 και R2 έχουν το ίδιο πλήθος διακριτών τιμών ( $m = n$ ) και οι τιμές τους λογίζονται κατά την ίδια χρονική στιγμή, τότε:

$$Level1 = \sum_{i=0}^{i=m-1} (R_{1,i} - R_{2,i}) \cdot (t_{i+1} - t_i) + C$$

**Η παρατεθείσα παραπάνω μέθοδος υπολογισμού αφορά ΜΟΝΟ τον υπολογισμό της τιμής των σημείων συσσώρευσης (level) συναρτήσεως του χρόνου.**

Ακολουθεί μια εξέλιξη του προηγούμενου μοντέλου σε πλήρη δόμηση καθώς και οι γραφικές παραστάσεις από την παρακολούθηση της λειτουργίας του:

## Μοντέλο προσομοίωσης 2 επικοινωνούντων σημείων συσσώρευσης με ρύθμιση των ροών



### DEFINITIONS UNITS EQUATIONS

<p>(01) C1=0 Units: PARTS/Day [0,100,10]</p> <p>(02) C2=0 Units: PARTS/Day [0,200,10]</p> <p>(03) FINAL TIME = 10 Units: Day The final time for the simulation.</p> <p>(04) INITIAL TIME = 0 Units: Day The initial time for the simulation.</p> <p>(05) Level 1= INTEG (R1-R2,0) Units: PARTS [0,?]</p> <p>(06) Level 2= INTEG (R2,0) Units: PARTS [0,?]</p>	<p>(07) R1=C1 Units: PARTS/Day [0,?]</p> <p>(08) R2= IF THEN ELSE (R2 SWITCH = 0, 0, C2) Units: PARTS/Day [0,?]</p> <p>(09) R2 SWITCH= IF THEN ELSE (Level 1 &gt; 0, 1, 0) Units: DMNL (dimensionless)</p> <p>(10) SAVEPER =TIME STEP Units: Day [0,?] The frequency with which output is stored.</p> <p>(11) TIME STEP = 1 Integration Type EULER</p>
---	--

## Σχολιασμός της μεθόδου (προσεγγιστικής) αριθμητικής ολοκλήρωσης

Όπως φαίνεται και από το παραπάνω μοντέλο, οι ροές (Rates), οι οποίες επηρεάζουν τα σημεία συσσώρευσης διατηρούν σταθερή τιμή σε σχέση με την χρονική εξέλιξη του μοντέλου.

Η συμπεριφορά της τιμής των σημείων συσσώρευσης προκύπτει μόνο από τον διακοπτικό έλεγχο υπό συνθήκας των τιμών των ροών, καθώς οι τιμές άλλων μεταβλητών του μοντέλου μεταβάλλονται αυτοτελώς ή εξ αλληλεπιδράσεως με τις τιμές άλλων μεταβλητών του μοντέλου.

Μολονότι ο έλεγχος των ροών σταθερής τιμής μπορεί να οδηγήσει σε μοντέλα, τα οποία προσομοιώνουν με ικανή αποτελεσματικότητα δυναμικά συστήματα, η έλλειψη της δυνατότητας του Vensim PLE για ροές συναρτησιακά εξαρτημένες από τον πραγματικό χρόνο εξέλιξης του μοντέλου είναι ιδιαίτερα περιοριστική και υποχρεώνει τον μελετητή, να οδηγηθεί σε πιεστικούς και ενδεχόμενα ανεπαρκείς συμβιβασμούς κατά την ανάπτυξη του μοντέλου του, το δε μοντέλο καταλήγει να παρέχει ατελή προσομοίωση του πραγματικού δυναμικού συστήματος.

Τονίζουμε, ότι στο Vensim οι μόνες μεταβλητές των οποίων οι τιμές προκύπτουν από την ολοκλήρωση των ροών ως προς τον πραγματικό χρόνο εξέλιξης του μοντέλου είναι τα σημεία συσσώρευσης.

Σοβαρό πρόβλημα δημιουργείται, όταν το προσομοιούμενο δυναμικό σύστημα εμπεριέχει ροές, οι οποίες έχουν τιμές, οι οποίες εξαρτώνται από τον πραγματικό χρόνο εξέλιξης του μοντέλου:

$$\text{Ροή} = f(t)$$

Για παράδειγμα, είναι απαιτητό να είναι δυνατόν να υπολογισθούν οι τιμές των σημείων συσσώρευσης, όταν:

- 1) Η ροή εισόδου (εξόδου) στο (από το) σημείο συσσώρευσης είναι κυμαινόμενη
  - 1α) Ημιτονοειδής συνάρτηση
  - 1β) Βαθμωτή κατά διαστήματα συνάρτηση
- 2) Η ροή εισόδου στο σημείο συσσώρευσης είναι
  - 2<sup>α</sup>) Εκθετική συνάρτηση
  - 2β) Λογαριθμική συνάρτηση
  - 2γ) Πολυωνυμική συνάρτηση
  - 2δ) Γενική συνάρτηση

του πραγματικού χρόνου εξέλιξης του μοντέλου

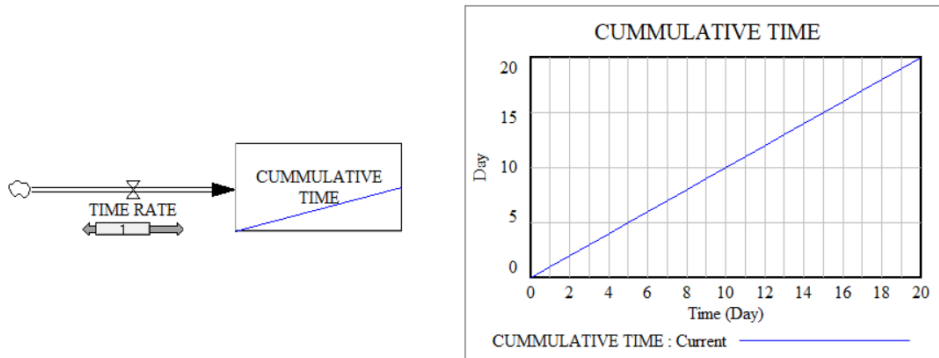
Για να καταστεί δυνατή η ικανοποίηση της παραπάνω απαίτησης, πρέπει να δημιουργηθεί η κατάλληλη μέθοδος διαχείρισης του πραγματικού χρόνου εξέλιξης του μοντέλου μέσα στο πλαίσιο των διαθέσιμων δυνατοτήτων του Vensim PLE.

Στην παρούσα εργασία θα αναπτυχθεί η διαδικασία διαχείρισης του πραγματικού χρόνου εξέλιξης ενός μοντέλου Vensim PLE και θα αναπτυχθούν μοντέλα, τα οποία επιλύουν τα προβλήματα, τα οποία ετέθησαν παραπάνω και θα χρησιμοποιηθούν οι διαδικασίες και τα μοντέλα για εφαρμογή σε γενικότερα προβλήματα της συστημικής δυναμικής.

## Χειρισμός του πραγματικού χρόνου εξέλιξης ενός μοντέλου

Η βασική ιδέα για την επίτευξη της διαχείρισης του πραγματικού χρόνου εξέλιξης ενός μοντέλου Vensim PLE στηρίζεται στην ενσωματωμένη δυνατότητα των σημείων συσσώρευσης του Vensim PLE, να επιστρέφουν τις «στιγμιαίες» τους τιμές προς χρήσιν από άλλες μεταβλητές του μοντέλου μέσω καταλλήλων ζεύξεων αιτιότητας και εξισώσεων ελέγχου και υπολογισμού τιμών.

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ «ΧΡΟΝΟΣ»



### DEFINITIONS UNITS EQUATIONS

- (1) CUMMULATIVE TIME = INTEG (TIME RATE,0)  
Units: Day
- (2) FINAL TIME = 20  
Units: Day  
The final time for the simulation.
- (3) INITIAL TIME = 0  
Units: Day  
The initial time for the simulation.
- (4) SAVEPER = TIME STEP  
Units: Day [0,?]  
The frequency with which output is stored.
- (5) TIME RATE = 1  
Units: Dmnl [0,5,1]
- (6) TIME STEP = 1  
Units: Day [0,?]  
The time step for the simulation.

Time (Day)	"CUMMULA TIVE TIME"	CUMMULATIVE TIME
0	0	0
1	Runs: 1	1
2	Current: 2	2
3		3
4		4
5		5
6		6
7		7
8		8
9		9
10		10
11		11
12		12
13		13
14		14
15		15
16		16
17		17
18		18
19		19
20		20

Η ροή «TIME RATE» με τιμή:

$$\text{TIME RATE} = 1$$

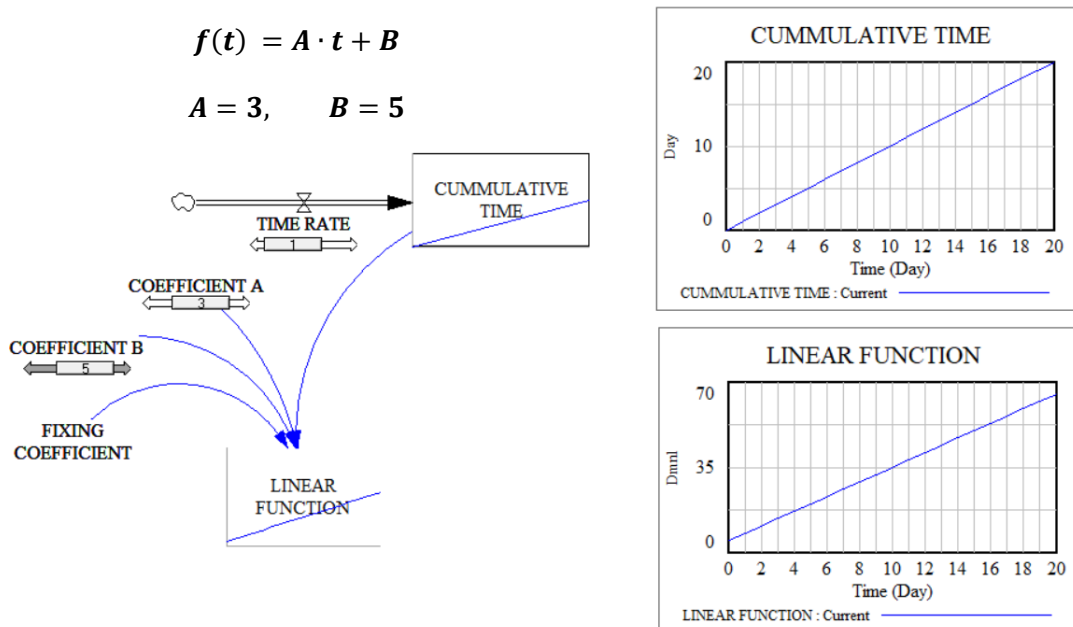
Εξασφαλίζει μέσω της ολοκλήρωσης, την οποία διενεργεί επ' αυτής το σημείο συσσώρευσης «CUMMULATIVE TIME» και για όλο το χρονικό διάστημα από

$$t_0 = \text{Initial Time (εδώ 0)} \text{ έως } t_1 = \text{Final Time (εδώ 20)}$$

και το σημείο συσσώρευσης επιστρέφει τις τιμές του, όπως αυτές φαίνονται και στον σχετικό πίνακα τιμών, σε όποιες μεταβλητές είναι συζευγμένες με αυτό μέσω σχέσεων αιτιότητας.

## Δημιουργία και πίνακες τιμών συναρτήσεων πραγματικού χρόνου

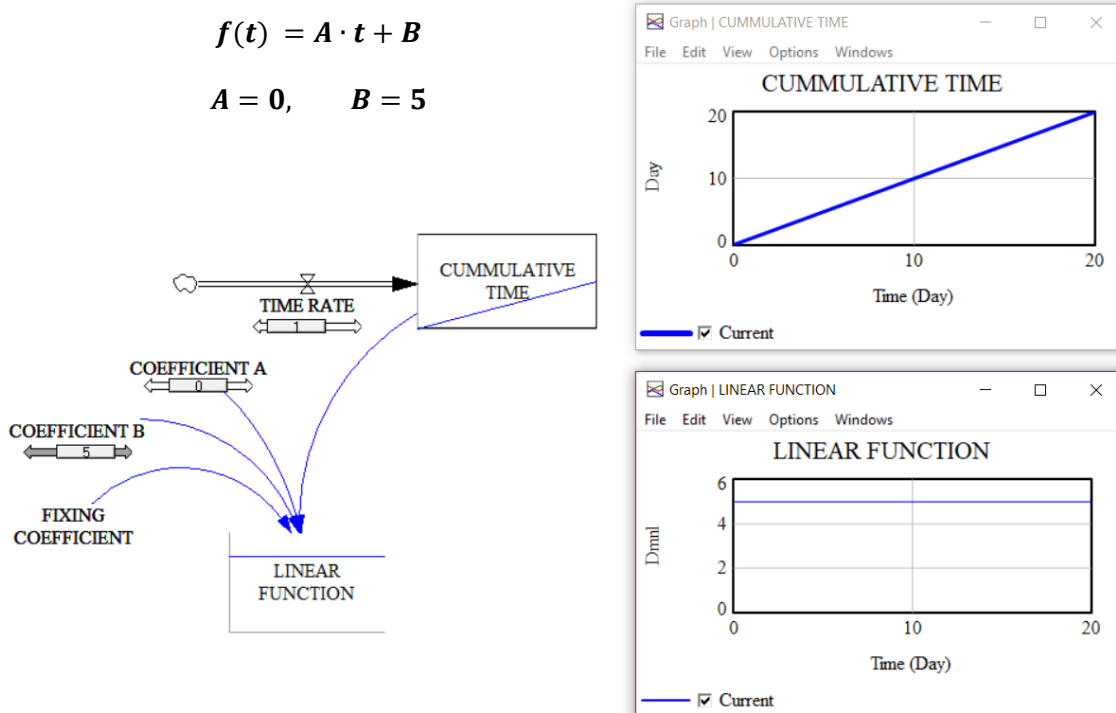
### Γραμμική συνάρτηση του πραγματικού χρόνου του μοντέλου



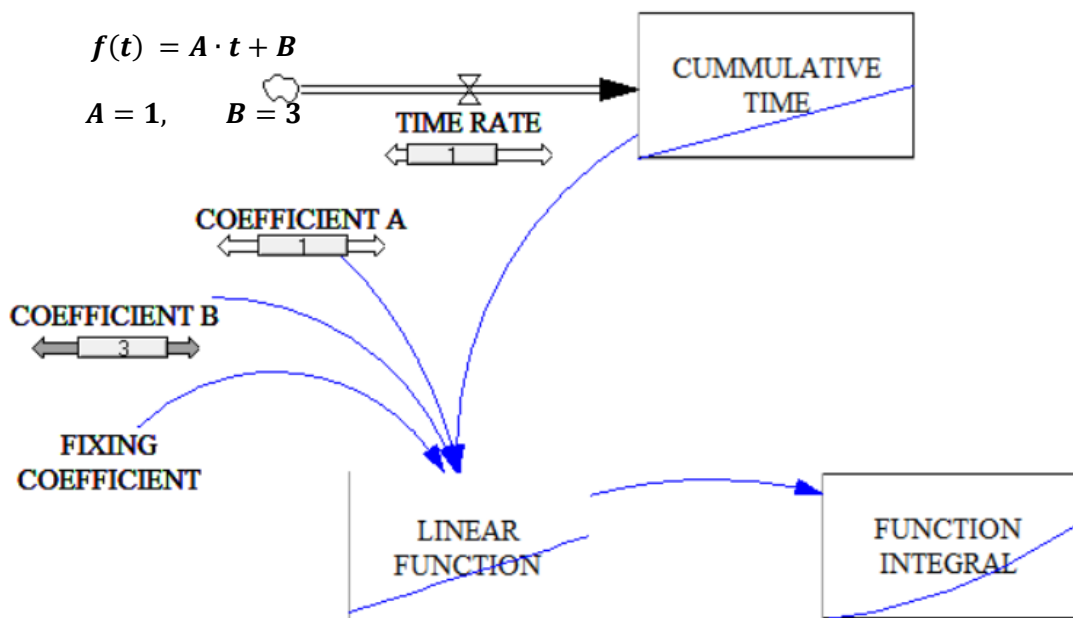
#### DEFINITIONS    UNITS    EQUATIONS

(01)	COEFFICIENT A = 0	Units: Dmnl [-10,10,1]
(02)	COEFFICIENT B = 0	Units: Dmnl [-10,10,1]
(03)	CUMMULATIVE TIME= INTEG (TIME RATE, 0)	Units: Day
(04)	FINAL TIME = 20 The final time for the simulation.	Units: Day
(05)	FIXING COEFFICIENT = 1	Units: 1/Day [1,1]
(06)	INITIAL TIME = 0 The initial time for the simulation.	Units: Day
(07)	LINEAR FUNCTION= COEFFICIENT A * CUMMULATIVE TIME * FIXING COEFFICIENT + COEFFICIENT B	Units: Dmnl
(08)	SAVEPER = TIME STEP The frequency with which output is stored.	Units: Day [0,?]
(09)	TIME RATE = 1	Units: Dmnl [0,5,1]
(10)	TIME STEP = 1 The time step for the simulation.	Units: Day [0,?]





Είναι αυτονόητο, ότι, εφ’ όσον πλέον υπάρχει συνάρτηση καλά ορισμένη και πλήρως υπολογίσιμη για τις τιμές του χρόνου, τις οποίες λαμβάνει υπ’ όψιν του το μοντέλο, έχουμε πλέον την δυνατότητα να ολοκληρώσουμε την συνάρτηση αυτή για οποιοδήποτε επιθυμητό χρονικό διάστημα  $[t_0, t_1]$ , όπου  $t_0 = \text{Initial Time}$  και  $t_1 \in [t_0, t_k]$ , όπου  $t_0 = \text{Initial Time}$  και  $t_1 = \text{Final Time}$  και το  $k$  είναι το πλήθος όλων των διακριτών τιμών, που λαμβάνει η μεταβλητή «χρόνος» του μοντέλου κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης του δυναμικού συστήματος.



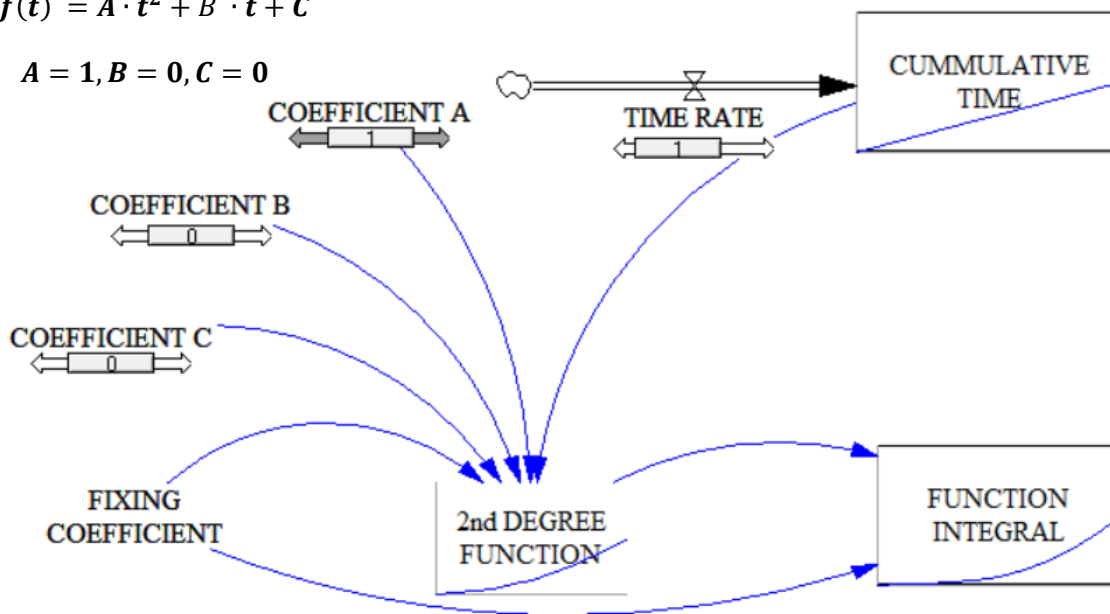
Τύπος ολοκλήρωσης RK4

Time (Day)	"LINEAR FUNCTION"	LINEAR FUNCTION	"FUNCTION INTEGRAL"	FUNCTION INTEGRAL
0		3		0
1	Runs:	4	Runs:	3.5
2	Current	5	Current	8
3		6		13.5
4		7		20
5		8		27.5
6		9		36
7		10		45.5
8		11		56
9		12		67.5
10		13		80
11		14		93.5
12		15		108
13		16		123.5
14		17		140
15		18		157.5
16		19		176
17		20		195.5
18		21		216
19		22		237.5
20		23		260

**Συνάρτηση 2<sup>ου</sup> βαθμού του πραγματικού χρόνου του μοντέλου**

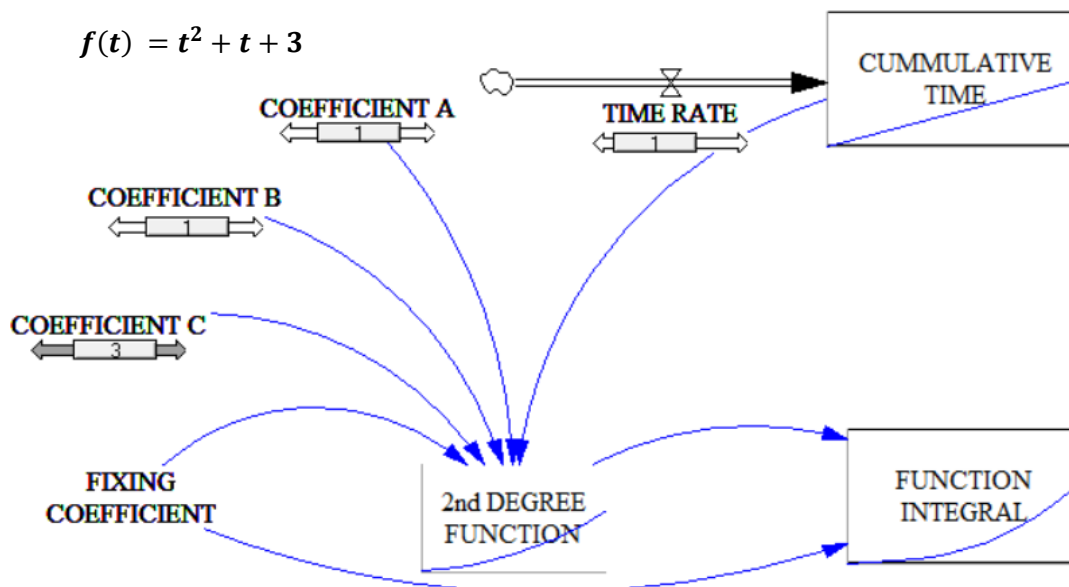
$$f(t) = A \cdot t^2 + B \cdot t + C$$

$$A = 1, B = 0, C = 0$$



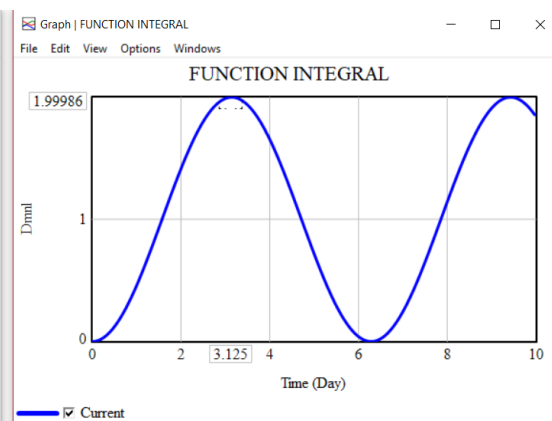
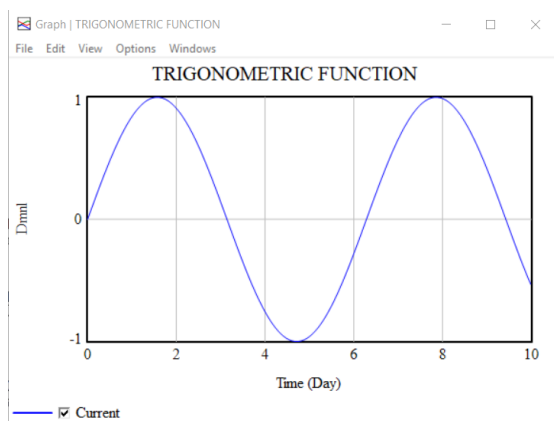
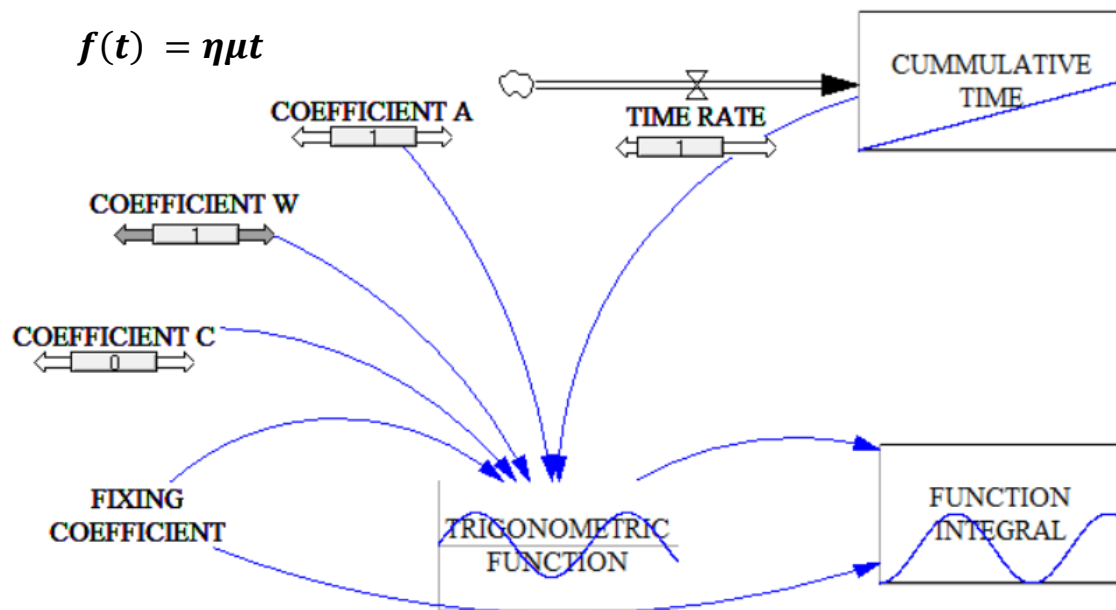
Time (Day)	"2nd DEGREE FUNCTION"	"2nd DEGREE FUNCTION INTEGRAL"	"FUNCTION INTEGRAL"
0	0	0	0
1	1	Runs: 0.333333	
2	4	Current 2.66667	
3	9		9
4	16		21.3333
5	25		41.6667
6	36		72
7	49		114.333
8	64		170.667
9	81		243
10	100		333.333

Και στην γενική περίπτωση, όπου  $A \cdot B \cdot C \neq 0$ :



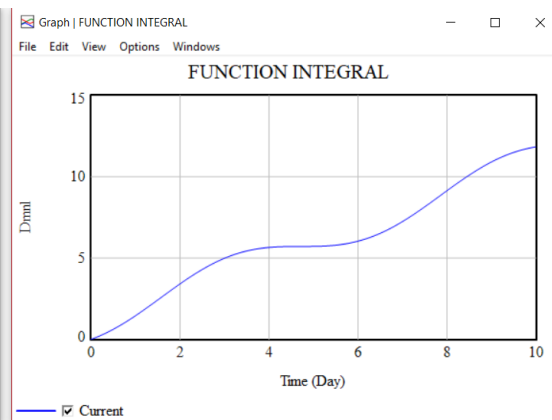
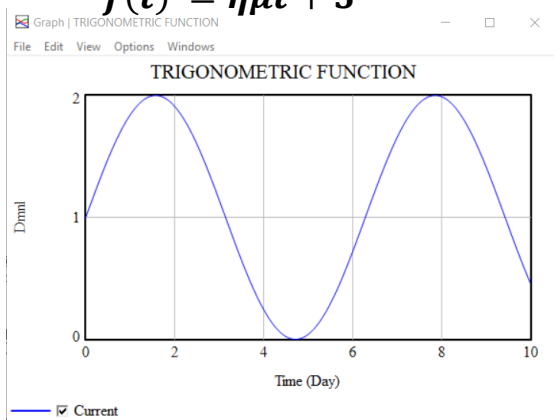
Time (Day)	"2nd DEGREE FUNCTION"	"2nd DEGREE FUNCTION INTEGRAL"	"FUNCTION INTEGRAL"
0	3	0	0
1	5	Runs: 3.83333	
2	9	Current 10.6667	
3	15		22.5
4	23		41.3333
5	33		69.1667
6	45		108
7	59		159.833
8	75		226.667
9	93		310.5
10	113		413.333

**Τριγωνομετρική συνάρτηση του πραγματικού χρόνου του μοντέλου**



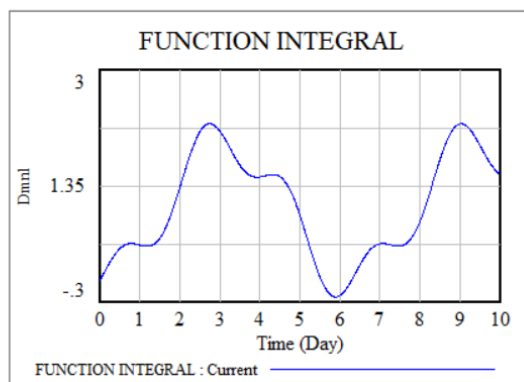
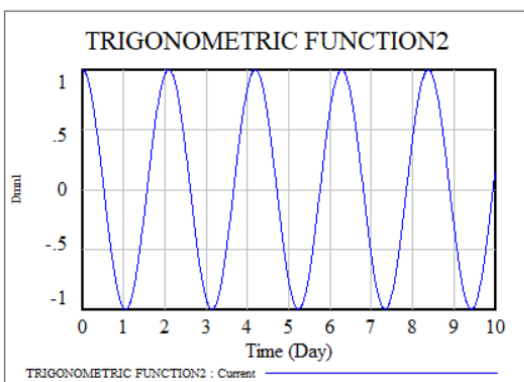
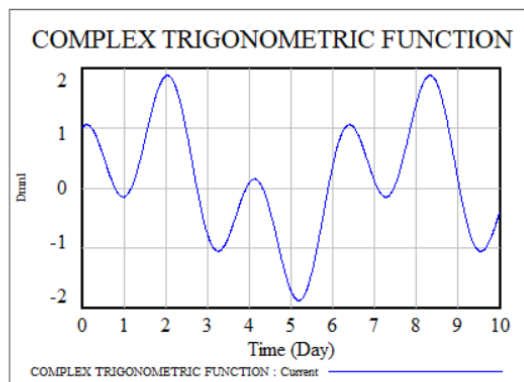
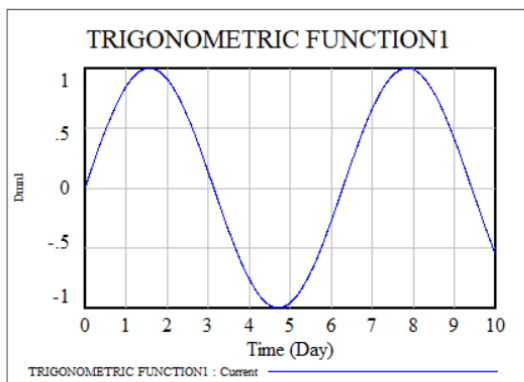
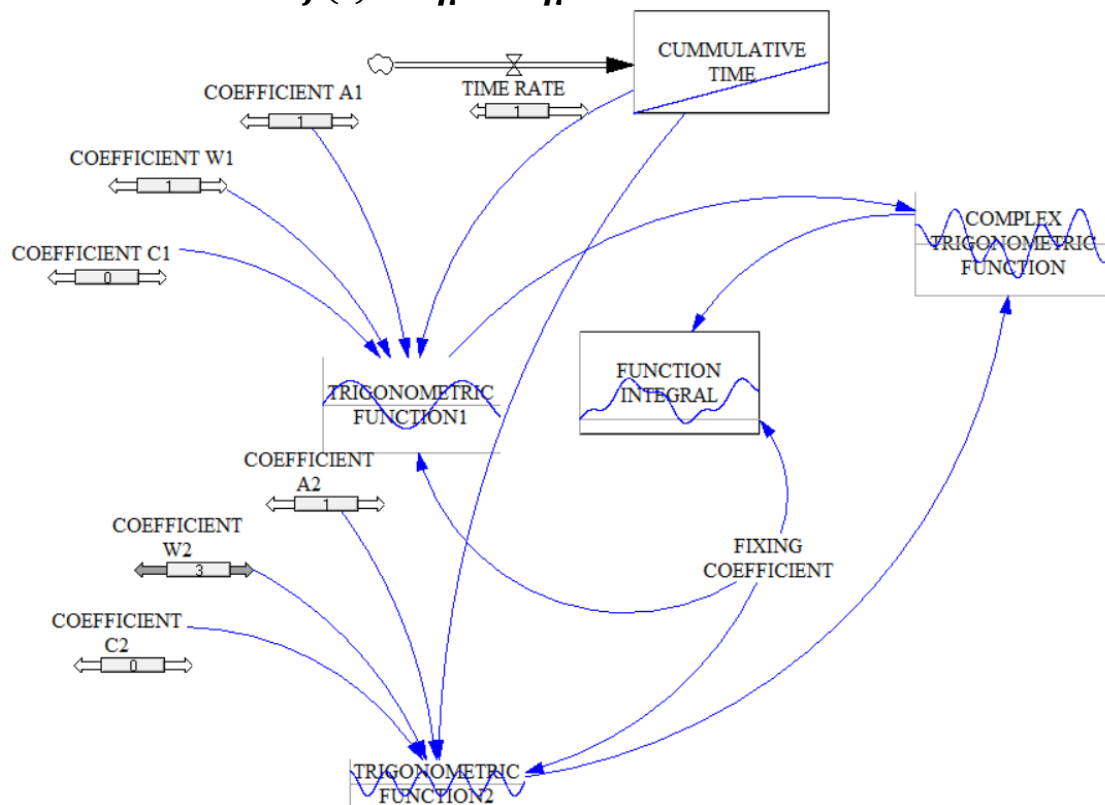
Και, αν , τότε:

$$f(t) = \eta\mu t + 3$$



**Σύνθετη τριγωνομετρική συνάρτηση του πραγματικού χρόνου του μοντέλου**

$$f(t) = \eta\mu t + \eta\mu 3t$$



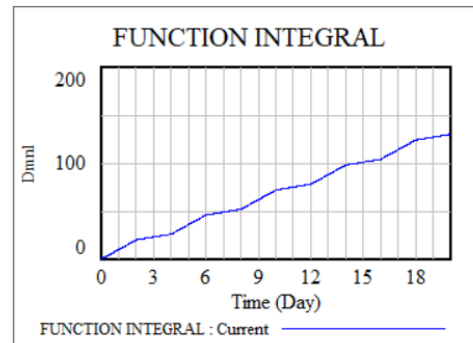
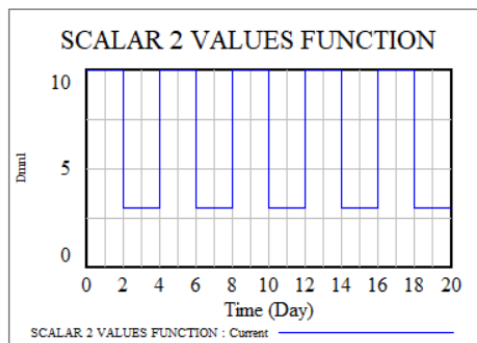
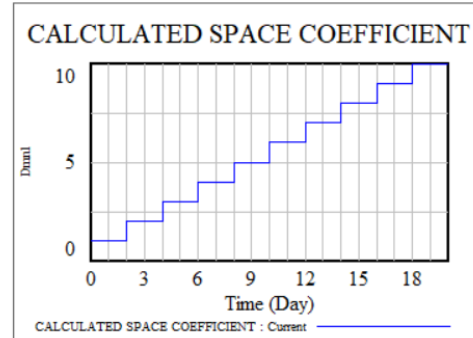
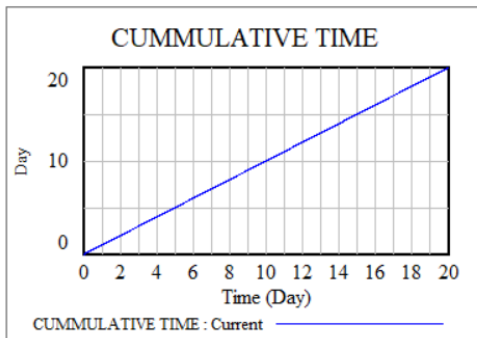
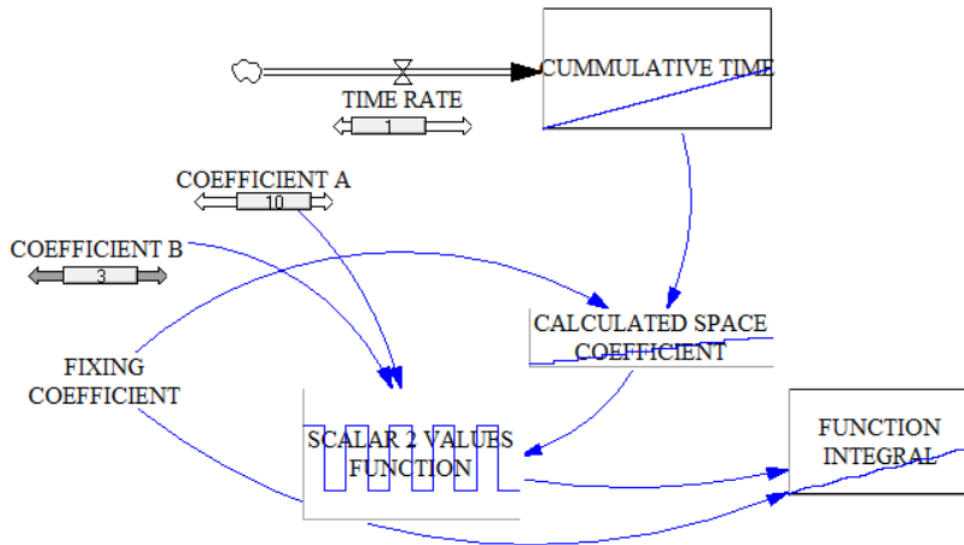
**Βαθμωτή συνάρτηση δύο (2) τιμών του πραγματικού χρόνου του μοντέλου**

Στο παρακάτω μοντέλο θα κατασκευάσουμε μία βαθμωτή συνάρτηση  $f(t)$  δύο (2) τιμών, όπου η τιμή της συνάρτησης θα τιμές παίρνοντας παίρνει την μία από τις δύο (2) διαθέσιμες τιμές, όταν ο πραγματικός χρόνος του μοντέλου λαμβάνει τιμές σε κάθε ένα από η ίσα διαθέσιμα διαστήματα, στα οποία έχει διαιρεθεί ο πραγματικός χρόνος του μοντέλου

$[t_0, t_{max}]$ , όπου  $t_0$  = Initial Time και  $t_{max}$  = Final Time

Οπότε

$$f(t) = \begin{cases} f(t) = A, \text{ όπου } t \in [t_{2\kappa}, t_{2\kappa+2}] \text{ με } \kappa \in \mathbb{N}_0 \text{ και } 0 \leq \kappa \leq 9 \text{ και } \kappa = \text{άρτιος} \\ \text{Και} \\ f(t) = B, \text{ όπου } t \in [t_{2\kappa}, t_{2\kappa+2}] \text{ με } \kappa \in \mathbb{N}_0 \text{ και } 0 \leq \kappa \leq 9 \text{ και } \kappa = \text{περιττός} \end{cases}$$

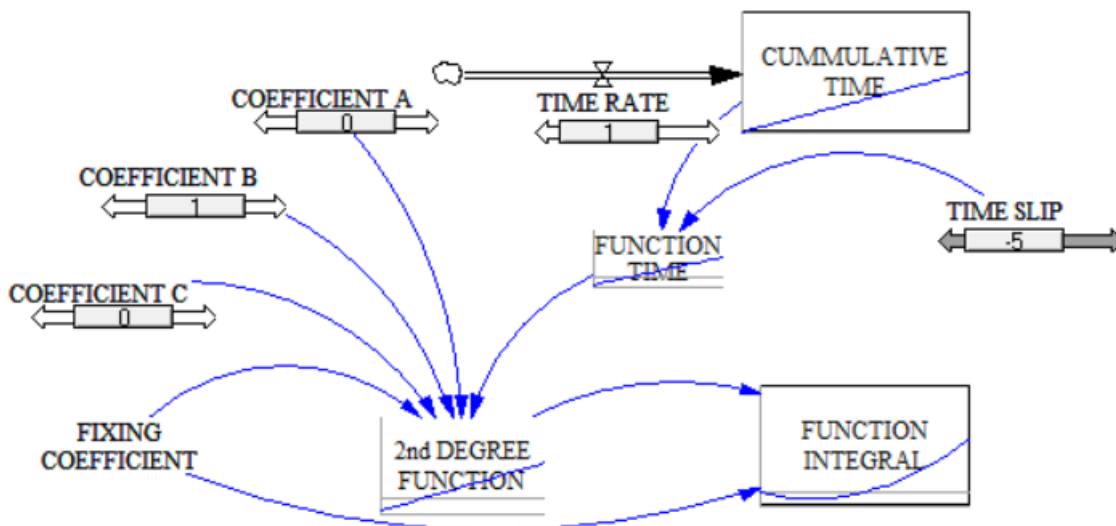


**«Ολίσθηση» του πραγματικού χρόνου του μοντέλου**

Στην πλειονότητα των δυναμικών συστημάτων τα επιμέρους υποσυστήματα του εκάστοτε δυναμικού συστήματος ΔΕΝ λειτουργούν συγχρονισμένα, αλλά η απόδοση του αποτελέσματος κάθε υποσυστήματος παρουσιάζει χρονική προπορεία ή υστέρηση σε σχέση με (τα) άλλα υποσυστήματα του δυναμικού συστήματος.

Επομένως κατά την υλοποίηση ενός μοντέλου προσομοίωσης ενός δυναμικού συστήματος πρέπει να μπορούμε να εισάγουμε ανά υποσύστημα του δυναμικού συστήματος ορθώς εκτιμημένη αλλά και μεταβαλλόμενη υστέρηση ή, σε μερικές περιπτώσεις, και προπορεία του πραγματικού χρόνου λειτουργίας του συγκεκριμένου υποσυστήματος σε σχέση με τον πραγματικό (απόλυτο) χρόνο του μοντέλου.

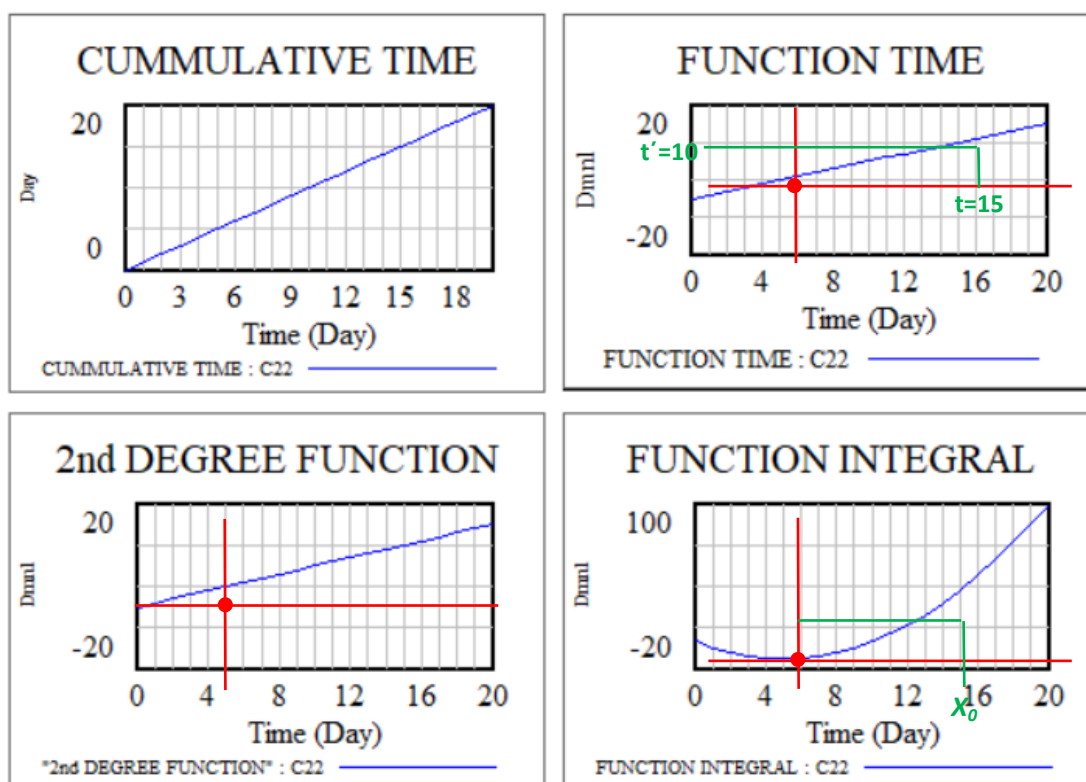
Στα παρακάτω μοντέλα φαίνεται η επίδραση της ελεγχόμενης «ολίσθησης» του πραγματικού χρόνου λειτουργίας ενός υποσυστήματος:



(01)	"2nd DEGREE FUNCTION" = COEFFICIENT A * FUNCTION TIME * FUNCTION TIME * FIXING COEFFICIENT * FIXING COEFFICIENT + COEFFICIENT B * FUNCTION TIME * FIXING COEFFICIENT + COEFFICIENT C Units: Dmnl	
(02)	COEFFICIENT A = 0	Units: Dmnl [-10,10,1]
(03)	COEFFICIENT B = 0	Units: Dmnl [-10,10,1]
(04)	COEFFICIENT C = 0	Units: Dmnl [-10,10,1]
(05)	CUMMULATIVE TIME = INTEG (TIME RATE, 0)	Units: Day
(06)	FINAL TIME = 20	Units: Day The final time for the simulation.
(07)	FIXING COEFFICIENT = 1	Units: 1/Day [1,1]
(08)	FUNCTION INTEGRAL = INTEG ("2nd DEGREE FUNCTION" * FIXING COEFFICIENT, 0) Units: Dmnl	
(09)	FUNCTION TIME = CUMMULATIVE TIME + TIME SLIP	Units: Dmnl

(10)	INITIAL TIME = 0	Units: Day simulation.	The initial time for the simulation.
(11)	SAVEPER = TIME STEP	Units: Day [0,?] The frequency with which output is stored.	
(12)	TIME RATE= 1	Units: Dmnl [0,5,1]	
(13)	TIME SLIP= 0	Units: Dmnl [-10,10,1]	
(14)	TIME STEP = 1	Units: Day [0,?] simulation.	The time step for the simulation.

Εδώ **TIME SLIP = -5**



Το 1<sup>ο</sup> γράφημα αναπαριστά τον πραγματικό χρόνο του μοντέλου.

Το 2<sup>ο</sup> γράφημα αναπαριστά την «ολίσθηση» του χρόνου, ο οποίος συναρτάται με την συνάρτηση  $f(t')$ , όπου εδώ  $t' = t - 5$ .

Στο 3<sup>ο</sup> και στο 4<sup>ο</sup> γράφημα ο οριζόντιος κόκκινος άξονας είναι ο άξονας του πραγματικού χρόνου του μοντέλου, ο κατακόρυφο κόκκινος άξονας είναι ο άξονας των τιμών της  $f(t)$  και του ολοκληρώματος της  $f(t)$ :

$$\int_{t=0}^{t=x_0} f(t - 5)dt$$

όπου αυτό ακριβώς το ολοκλήρωμα είναι και η «επιστρεφόμενη» τιμή του σημείου συσσώρευσης, του οποίου η λειτουργία περιγράφεται από το παραπάνω ολοκλήρωμα, την στιγμή  $t=x_0$  του πραγματικού χρόνου του μοντέλου.



### Χρήση χρόνου με υστέρηση σε σχέση με τον πραγματικό χρόνο του μοντέλου

Στην προηγούμενη παράγραφο εξετάσαμε γενικά τις δυνατότητες του Vensim για τον αριθμητικό υπολογισμό τιμών συναρτήσεων σε διάφορες χρονικές στιγμές του πραγματικού χρόνου ενός τμήματος ενός εικονικού μοντέλου προσομοίωσης.

Όμως, για να διαχειρισθούμε ορθολογικά και αποτελεσματικά ένα πραγματικό μοντέλο προσομοίωσης ενός δυναμικού συστήματος, θα πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν, ότι, όπως αναφέραμε και νωρίτερα, τα επάλληλα υποσυστήματα ενός δυναμικού συστήματος παρουσιάζουν «υστέρηση χρόνου» σε σχέση με τον πραγματικό χρόνο του μοντέλου και μάλιστα αυξανόμενη χρονική υστέρηση κατά την σειρά της επαλληλίας των υποσυστημάτων.

Δηλαδή, αν

$$ΥΣ1 \longrightarrow ΥΣ2 \longrightarrow ΥΣ3$$

είναι τρία επάλληλα Υποσυστήματα του μοντέλου προσομοίωσης του Δυναμικού Συστήματος αναφοράς, και

$$t_1', t_2' \text{ και } t_3'$$

είναι οι πραγματικοί χρόνοι «ενεργοποίησης» των Υποσυστημάτων αυτών σε «χρονική υστέρηση»

$u_i \geq 0$ , όπου  $i = 1, 2, 3$  σε σχέση με τον πραγματικό χρόνο  $t$  του μοντέλου, δηλαδή αν

$$t_i' = t - u_i, \text{ όπου } i = 1, 2, 3$$

τότε θα ισχύει

$$u_1 \leq u_2 \leq u_3$$

Όμως θεμελιώδους σημασίας είναι η κατανόηση, του ότι το κάθε Υποσύστημα  $ΥΣ_i$  συμμετέχει στην «ροή μετασχηματισμών» του μοντέλου προσομοίωσης από την χρονική στιγμή του πραγματικού χρόνου του μοντέλου, κατά την οποία ο «ειδικός» χρόνος  $t_i'$  του υποσυστήματος θα καταστεί μη αρνητικός ( $t_i' \geq 0$ ).

Πριν από αυτή την χρονική στιγμή, δηλαδή για  $t_i' < 0$  το Υποσύστημα  $ΥΣ_i$  δεν συμμετέχει στην «ροή μετασχηματισμών» του μοντέλου προσομοίωσης και σε κάθε περίπτωση η συνάρτηση  $f_i(t)$ , η οποία εκφράζει αυτό το υποσύστημα «παράγει» τιμές, οι οποίες αντιστοιχούν σε χρόνο  $t_i' = t - u_i$ .

Για να ικανοποιηθεί η παραπάνω περιγραφείσα λογική και λειτουργική απαίτηση, για πραγματικό χρόνο  $t$  του μοντέλου

$$t \leq u_i \text{ ή ισοδύναμα } t_i' < 0$$

θα θεωρούμε, ότι η συνάρτηση  $f_i(t)$ , η οποία εκφράζει αυτό το υποσύστημα, θα έχει τιμές

$$f_i(t) = 0, \text{ για } t \leq u_i$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω για το παράδειγμα «ολίσθησης» του πραγματικού χρόνου, που παρουσιάσαμε παραπάνω, η εξίσωση (01) πρέπει να πάρει την μορφή

$$(01) \quad \text{"2nd DEGREE FUNCTION"} = \text{IF THEN ELSE (FUNCTION TIME} < 0, 0,$$

$$\text{COEFFICIENT A * FUNCTION TIME * FUNCTION TIME * FIXING COEFFICIENT * FIXING COEFFICIENT}$$

$$\text{COEFFICIENT B * FUNCTION TIME * FIXING COEFFICIENT + COEFFICIENT C)}$$

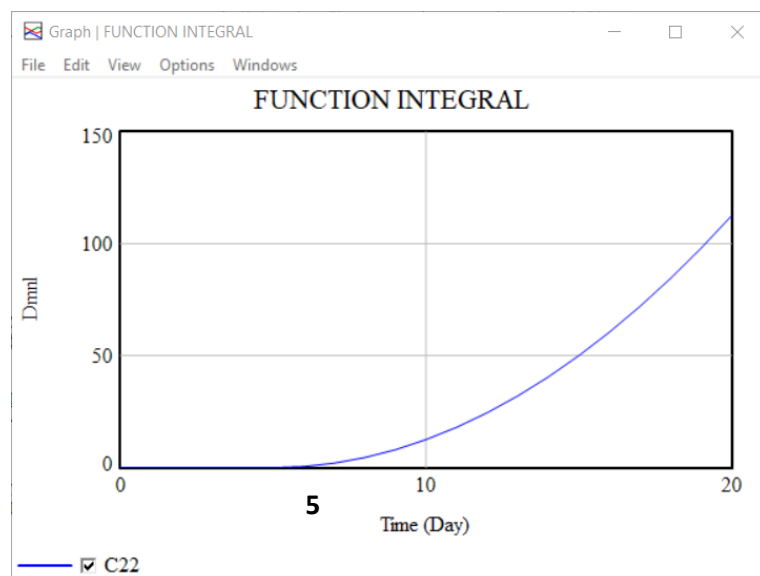
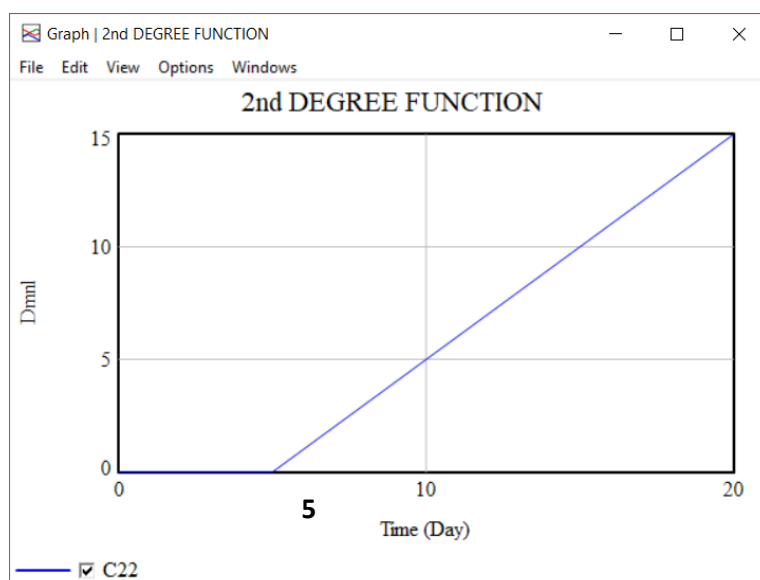
Κατόπιν αυτής της ουσιαστικής αλλαγής η μορφή της συνάρτησης "2nd DEGREE FUNCTION" παίρνει την ορθή μορφή, για να συμμετέχει σε δυναμική προσομοίωση με «υστέρηση χρόνου» ( $u$ , εδώ  $u = 5$ ) και οι τιμές της είναι

$$f(t) = \begin{cases} 0, & \text{όπου } 0 \leq t < 5 \\ 0 & \\ t, & \text{όπου } t \geq 5 \end{cases}$$

και οι τιμές της παράγουσας συνάρτησης  $F(t)$  είναι

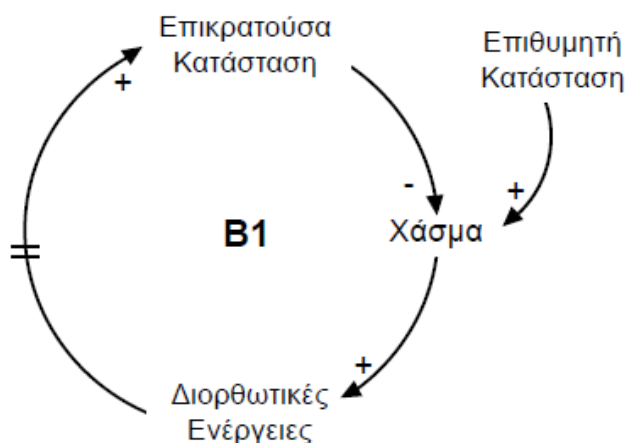
$$F(x_0) = \begin{cases} 0, & \text{όπου } 0 \leq x_0 < 5 \\ \text{και} \\ \int_{t=5}^{t=x_0} f(t-5)dt, & \text{όπου } x_0 \geq 5 \end{cases}$$

και τα γραφήματα των  $f(t)$  και  $F(x_0)$  είναι τα ακόλουθα



## Αρχέτυπο «Εξισορροπητική Αντίδραση Με Χρονική Υστέρηση» (*Balancing Process with Delay*)

### Γενική Περιγραφή του Αρχετύπου



Σχήμα52: Αρχέτυπο «Εξισορροπητική Αντίδραση Με Χρονική Υστέρηση»

### *Balancing Process with Delay*

Το παραπάνω Causal Loop Diagram, το οποίο περιγράφει το συγκεκριμένο αρχέτυπο, αποτελείται από έναν εξισορροπητικό βρόχο (B1), μέσω του οποίου παρουσιάζεται μια δομή στην οποία:

- 1) Επιχειρείται η ρύθμιση μιας επικρατούσας κατάστασης (σε σχέση με μια επιθυμητή), όπου
- 2) Το αποτέλεσμα της δράσης (διορθωτικές ενέργειες) παρουσιάζει χρονική υστέρηση (delay).

Το χάσμα μεταξύ της επιθυμητής και της επικρατούσας κατάστασης αποτελεί την κινητήριο δύναμη (γενεσιουργό αιτία) για την διορθωτική δράση.

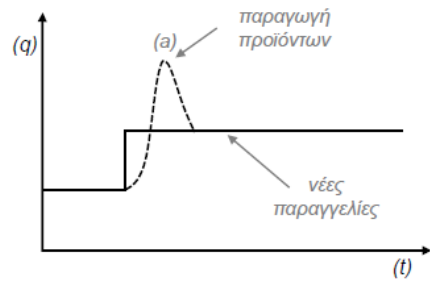
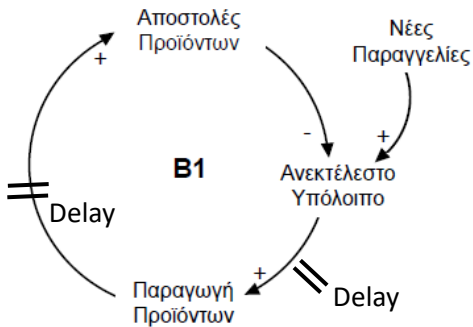
Όσο μεγαλύτερο είναι το χάσμα τόσο μεγαλύτερο είναι το κίνητρο, για διενέργεια διορθωτικής δράσης και παρεπόμενα αντίστοιχα μεγάλη είναι και η διορθωτική επίδραση της δράσης αυτής. Οι διορθωτικές ενέργειες, που λαμβάνονται, έχουν σαν αποτέλεσμα την μεταβολή των τιμών των μεταβλητών της επικρατούσας κατάστασης, οπότε αυτή ακριβώς η μεταβολή των μεταβλητών προκαλεί μείωση του χάσματος της νέας επικρατούσας κατάστασης σε σχέση με την επιθυμητή κατάσταση.

Όσο η δράση μικραίνει το χάσμα μεταξύ της επικρατούσας και της επιθυμητής κατάστασης, τόσο μικραίνει και το κίνητρο για τη δράση με την προοπτική, όταν η επικρατούσα και η επιθυμητή κατάσταση συμπέσουν, να παύσει η διορθωτική δράση.

Ωστόσο, όταν οι λαμβάνοντες αποφάσεις δεν αντιλαμβάνονται την επίπτωση της χρονικής υστέρησης μεταξύ του εντοπισμού του χάσματος και της εμφάνισης του αποτελέσματος της δράσης, ενδέχεται να υπερβούν ή να υποτιμήσουν το «μέγεθος» της δράσης, που απαιτείται για την πραγμάτωση των στόχων τους (ήτοι της σύγκλισης των 2 καταστάσεων και, εν τέλει, του μηδενισμού του χάσματος).

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια της δυνατότητας διευθέτησης της διορθωτικής ρύθμισης στο «σωστό» επίπεδο, οπότε προκύπτει απορρύθμιση (ταλάντωση) του συστήματος.

**Παράδειγμα:**



**Σχήμα53: Εξυπηρέτηση της ζήτησης των πελατών μέσω παραγωγής και αποστολής**

Σε μια παραδοσιακή διεργασία παραγωγής προϊόντων το ανεκτέλεστο υπόλοιπο (backlog) αντιπροσωπεύει το χάσμα μεταξύ των νέων παραγγελιών (οπότε η επιθυμητή κατάσταση είναι η ικανοποίησή τους) και των αποστολών προϊόντων (που είναι η επικρατούσα κατάσταση)

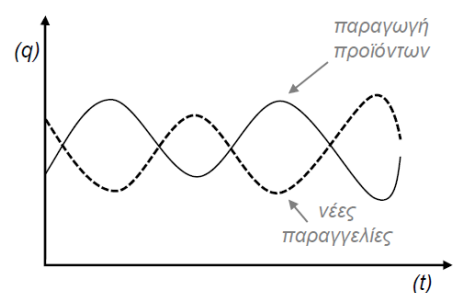
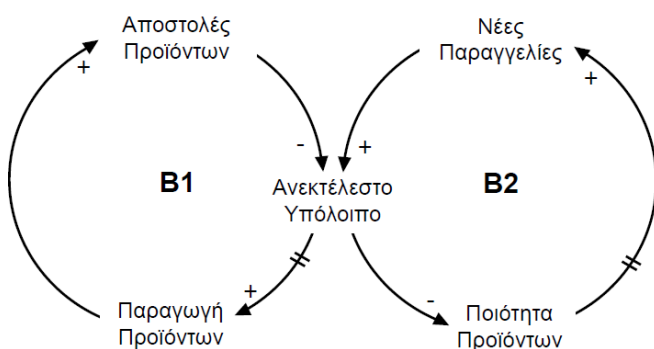
Εάν δεν υπάρξουν σημαντικές καθυστερήσεις στο σύστημα, η αύξηση της παραγωγής (με «κορυφή» της στο σημείο (a) του γραφήματος) θα οδηγήσει σε αύξηση των αποστολών προϊόντων μειώνοντας έτσι το ανεκτέλεστο υπόλοιπο.

Το γράφημα απεικονίζει την αύξηση της παραγωγής, η οποία έχει σαν σκοπό την προσαρμογή του συστήματος στην αυξανόμενη ζήτηση (νέες παραγγελίες).

Στην πράξη γενικά εμφανίζονται χρονικές υστερήσεις κατά την διαδικασία ολοκλήρωσης των επαλλήλων διεργασιών, οι οποίες συνδέονται με ζεύξεις αιτιότητας (causal links).

Στο παραπάνω παράδειγμα εύλογα αναμένεται χρονική υστέρηση μεταξύ της χρονικής στιγμής, κατά την οποία εισάγονται στο σύστημα οι νέες παραγγελίες μέχρι την επίτευξη του κατάλληλου ρυθμού παραγωγής, για να ικανοποιηθεί η μεταβαλλόμενη ζήτηση.

Ομοίως εύλογα αναμένεται χρονική υστέρηση μεταξύ της χρονικής στιγμής, κατά την οποία ολοκληρώνεται η παραγωγή προϊόντων μέχρι την αποστολή των παραχθέντων προϊόντων για την ικανοποίηση των εισηγμένων παραγγελιών και, επομένως, την μείωση του ανεκτέλεστου υπολοίπου.



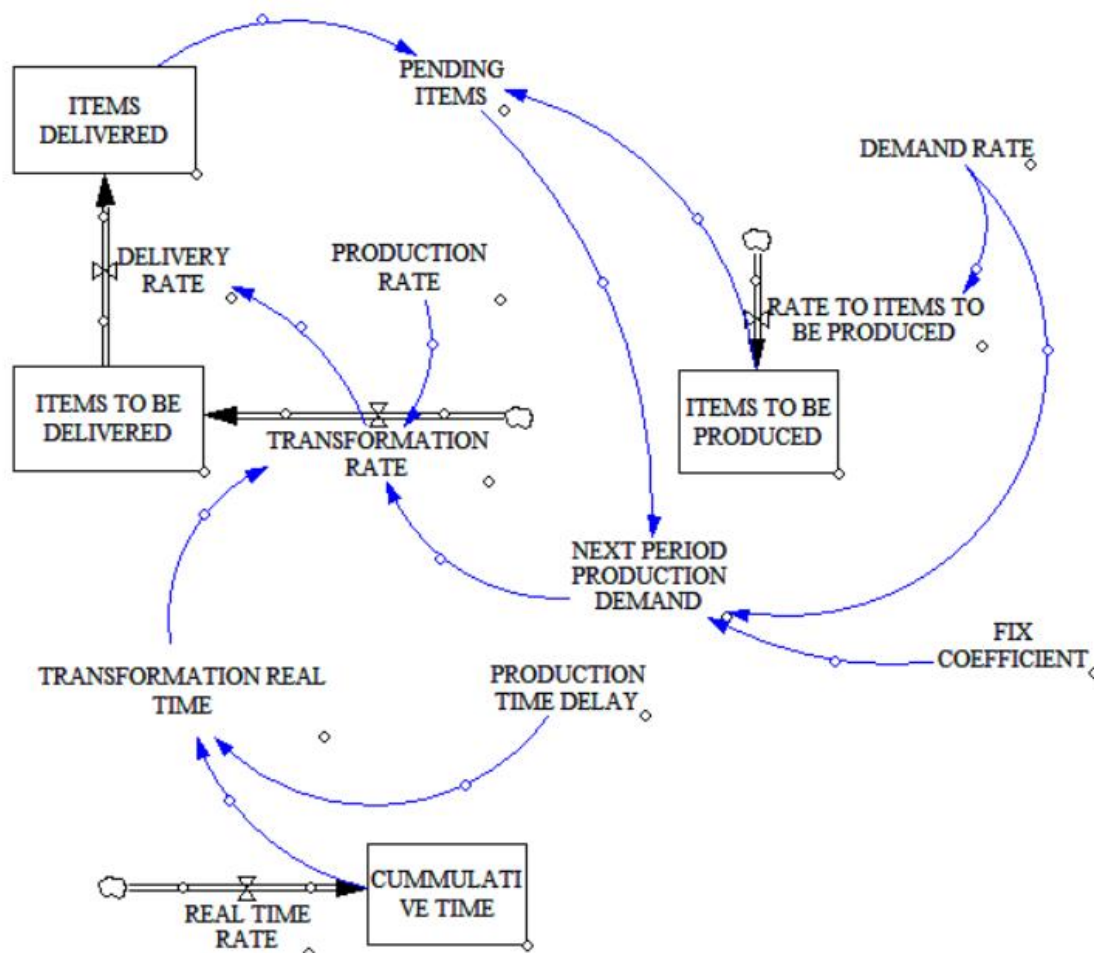
**Σχήμα54: Σύνθετη περίπτωση του Αρχέτυπου «Εξισορροπητική Αντίδραση με χρονική υστέρηση»**

Ένας βρόχος σπάνια λειτουργεί σε απομόνωση. Σε αυτήν την περίπτωση, η χρονική υστέρηση του βρόχου B1 έχει δυσμενείς επιπτώσεις στο χρόνο ανταπόκρισης στις παραγγελίες πελατών. Παράλληλα, η πίεση που ασκείται στην παραγωγή μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της ποιότητας των προϊόντων, η οποία, μετά από μία ακόμη χρονική υστέρηση, μπορεί να επηρεάσει τη μελλοντική ζήτηση, καθώς και τις τρέχουσες ανεκτέλεστες παραγγελίες (B2).

### Υλοποίηση Δυναμικής Προσομοίωσης του Αρχτύπου (βασική μορφή)

Εδώ θα αναπτύξουμε μια Δυναμική Προσομοίωση του Αρχτύπου Ανάδραση με Χρονική Υστέρηση στην βασική του μορφή, όπως αυτό περιγράφεται από το σχήμα 1.

Θα λάβουμε υπ' όψιν την μεθοδολογία, που αναπτύξαμε νωρίτερα στην εργασία αυτή, σχετικά με την διαχείριση του πραγματικού χρόνου ενός μοντέλου προσομοίωσης καθώς και με την διαχείριση της ολίσθησης του πραγματικού χρόνου σε κάθε επιμέρους διεργασία του μοντέλου αυτού.



Σχήμα55: Προσομοίωση του Αρχτύπου «Εξισορροπητική Αντίδραση με χρονική υστέρηση»

#### Περιγραφή των σημείων συσσώρευσης και των μεταβλητών του μοντέλου

Το σημείο συσσώρευσης «CUMMULATIVE TIME» υπολογίζει, όπως έχουμε περιγράψει στην παράγραφο «Ολίσθηση του πραγματικού χρόνου του μοντέλου», τον συνολικό πραγματικό χρόνο του μοντέλου προσομοίωσης και επιστρέφει τις υπολογιζόμενες τιμές του στις συζευγμένες μεταβλητές.

Για την αναπαράσταση της χρονικής υστέρησης σε κάποια από τις επάλληλες διεργασίες του μοντέλου θεωρήσαμε, ότι η **χρονική υστέρηση «PRODUCTION TIME DELAY»** σχετίζεται με την διαδικασία παραγωγής (transformation process) των αντικειμένων, τα οποία αφορούν οι παραγγελίες, οπότε και η χρονική ολίσθηση («time delay») συμμετέχει σε συνδυασμό με την κάθε τιμή του πραγματικού χρόνου του μοντέλου για τον υπολογισμό των αντιστοίχων τιμών του χρόνου «**TRANSFORMATION REAL TIME**» για την διαδικασία παραγωγής και οι έτσι παραγόμενες τιμές του χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του ρυθμού παραγωγής (transformation rate).

Το σημείο συσσώρευσης «ITEMS TO BE DELIVERED» αφορά τα παραγόμενα από την διαδικασία παραγωγής των αντικειμένων, τα οποία αφορούν οι παραγγελίες και τροφοδοτείται από την «POH» «TRANSFORMATION RATE».

Η ροή «TRANSFORMATION RATE» έχει εξίσωση λειτουργίας:

IF THEN ELSE (TRANSFORMATION REAL TIME < 0, 0,

IF THEN ELSE (NEXT PERIOD PRODUCTION DEMAND > PRODUCTION RATE,

PRODUCTION RATE, NEXT PERIOD PRODUCTION DEMAND))

Όπως προκύπτει από την παραπάνω εξίσωση, στο παρόν μοντέλο προσομοίωσης η διαδικασία παραγωγής (TRANSFORMATION RATE) εξαρτάται από τις ακόλουθες μεταβλητές:

**TRANSFORMATION REAL TIME:** Η ενεργοποίηση της διαδικασίας παραγωγής εξαρτάται από την μεταβλητή αυτή, και γίνεται όταν αυτή καταστεί μη αρνητική μετά την παρέλευση της χρονικής υστέρησης, όπως αυτή καθορίζεται από την επιλεγόμενη τιμή της μεταβλητής «PRODUCTION TIME DELAY».

**PRODUCTION RATE:** Η επιλεγόμενη τιμή της μεταβλητής αντιπροσωπεύει τον ΜΕΓΙΣΤΟ ρυθμό παραγωγής παραγγελθέντων αντικειμένων ανά χρονική περίοδο του  $u$  μοντέλου προσομοίωσης. Εδώ επελέγη **PRODUCTION RATE = σταθερό συναρτήσεως του χρόνου.**

**NEXT PERIOD PRODUCTION DEMAND:** Η μεταβλητή αυτή λαμβάνει ως τιμή κάθε χρονική στιγμή (αρχή χρονικής περιόδου) του πραγματικού χρόνου του μοντέλου το άθροισμα του ΗΔΗ ανεκτέλεστου υπολοίπου **PENDING ITEMS** και της τρέχουσας (για την δεδομένη χρονική περίοδο) ζήτησης **DEMAND RATE**.

**NEXT PERIOD PRODUCTION DEMAND = PENDING ITEMS + DEMAND RATE**

Είναι καταφανές, ότι η μεταβλητή αυτή μπορεί να περιγραφεί ως **τρέχον ανεκτέλεστο υπόλοιπο.**

Όταν έχει ενεργοποιηθεί η διαδικασία παραγωγής (TRANSFORMATION REAL TIME  $\geq 0$ ), τότε:

Όταν για την εξεταζόμενη χρονική περίοδο του μοντέλου προσομοίωσης η απαίτηση για παραγωγή αντικειμένων για την χρονική περίοδο αυτή (NEXT PERIOD PRODUCTION DEMAND) είναι μεγαλύτερη από τον (μέγιστο) ρυθμό παραγωγής αντικειμένων για την τρέχουσα περίοδο, τότε ΠΡΕΠΕΙ για την τρέχουσα περίοδο να παραχθεί ο μέγιστος αριθμός αντικειμένων (δηλ, πλήθος ίσο με την επιλεγμένη τιμή του PRODUCTION RATE.

**Αλλιώς** να παραχθούν ακριβώς τα απαιτητά για την τρέχουσα χρονική περίοδο αντικείμενα (**τρέχον ανεκτέλεστο υπόλοιπο** - NEXT PERIOD PRODUCTION DEMAND)

**PENDING ITEMS:** Η τιμή της μεταβλητής αυτής σε κάθε χρονική στιγμή καθορίζεται από την διαφορά των τιμών των σημείων συσσώρευσης «ITEMS TO BE PRODUCED» και «ITEMS DELIVERED», όπου οι τιμές αυτών των σημείων συσσώρευσης παράγονται κατά χρονική σειρά όμοια με την σειρά αναφοράς τους μέσα σε κάθε χρονική περίοδο του μοντέλου προσομοίωσης.

**DEMAND RATE:** Ο ρυθμός ζήτησης είναι μεταβλητή με επιλεγόμενη τιμή και αφορά την εισαγωγή στο σύστημα νέων παραγγελιών ανά χρονική περίοδο του  $u$  μοντέλου προσομοίωσης.

**Το σημείο συσσώρευσης «ITEMS DELIVERED» αφορά τα παραδοθέντα αντικείμενα, τα οποία παρήχθησαν (νωρίτερα!!!) από την διαδικασία παραγωγής των αντικειμένων, τα οποία αφορούν οι παραγγελίες**

Αυτό το σημείο συσσώρευσης τροφοδοτείται από την «POH» «DELIVERY RATE».

Η ροή «DELIVERY RATE» έχει εξίσωση λειτουργίας:

$$\text{DELIVERY RATE} = \text{TRANSFORMATION RATE}$$

Στην μοντελοποίηση της βασικής μορφής του Αρχετύπου «Ανάδραση με Χρονική Υστέρηση» επιλέξαμε να παρεμβάλουμε το σημαντικότερο **σημείο συσσώρευσης «ITEMS DELIVERED»**, καθώς είναι δεδομένο, ότι η διαδικασία παράδοσης εισάγει εν γένει πρόσθετη χρονική υστέρηση σε σχέση με τον πραγματικό χρόνο του μοντέλου.

Παρ' όλα αυτά στην βασική μορφή της μοντελοποίησης του Αρχετύπου ΔΕΝ εισήχθη η προαναφερθείσα χρονική υστέρηση, για λόγους απλότητας και συμβατότητας με την θεωρητική αναφορά στο Αρχέτυπο αυτό.

Βάσει της εξίσωσης

$$\text{DELIVERY RATE} = \text{TRANSFORMATION RATE}$$

είναι καταφανές, ότι τα σημεία συσσώρευσης «ITEMS TO BE DELIVERED» και «ITEMS DELIVERED» «**λειτουργούν ταυτόχρονα**», δηλαδή στον ίδιο «σχετικό χρόνο» σε σχέση με τον πραγματικό χρόνο του μοντέλου.

**Το σημείο συσσώρευσης «ITEMS TO BE PRODUCED» αφορά τις παραγγελίες, οι οποίες έχουν ήδη τεθεί σε κάποια χρονική στιγμή του πραγματικού χρόνου του μοντέλου.**

Αυτό το σημείο συσσώρευσης τροφοδοτείται από την «POH» «RATE TO ITEMS TO BE PRODUCED».

Η ροή «RATE TO ITEMS TO BE PRODUCED» έχει εξίσωση λειτουργίας:

$$\text{RATE TO ITEMS TO BE PRODUCED} = \text{DEMAND RATE}$$

Στο συγκεκριμένο εισαγωγικό μοντέλο προσομοίωσης του Αρχετύπου «Ανάδραση με Χρονική Υστέρηση» επιλέξαμε ο ρυθμός ζήτησης (DEMAND RATE) και ο ρυθμός παραγωγής να παραμένει σταθερός σε σχέση με τον πραγματικό χρόνο του μοντέλου:

$$\text{DEMAND RATE} = \text{σταθερό συναρτήσει του χρόνου}$$

και

$$\text{PRODUCTION RATE} = \text{σταθερό συναρτήσει του χρόνου}$$

Σε επόμενες παραγράφους θα παρουσιάσουμε μοντέλα του Αρχετύπου «Ανάδραση με Χρονική Υστέρηση» με DEMAND RATE και PRODUCTION RATE μεταβαλλόμενα σε σχέση με τον πραγματικό χρόνο του μοντέλου.

**ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:** Οι μεταβλητές αλλά και τα σημεία συσσώρευσης ενός μοντέλου δυναμικής προσομοίωσης, οι οποίες συνδέονται με ζεύξεις αιτιότητας κατ'επαλληλία λαμβάνουν τιμές META από προηγούμενες στην **ακολουθία αιτιώδους ζεύξης** (causal sequence).

**Οπότε** η επιστροφή (ανάδραση – feedback) της τιμής «επόμενης» μεταβλητής ή σημείου συσσώρευσης εκ της ακολουθίας αιτιώδους ζεύξης σε «προηγούμενη» επιστρέφει την τιμή, που είχε λάβει η μεταβλητή ή το σημείο συσσώρευση κατά την προηγούμενη χρονική περίοδο του μοντέλου.

## Εξισώσεις, Ζεύξεις Αιτιότητας και Ζεύξεις Χρήσεως της Δυναμικής Προσομοίωσης

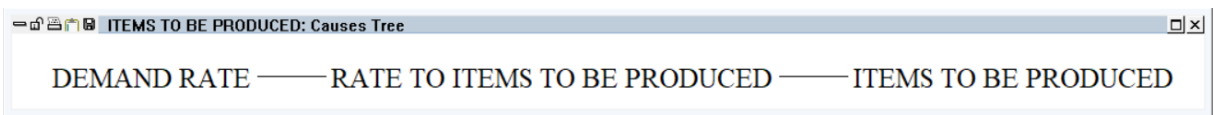
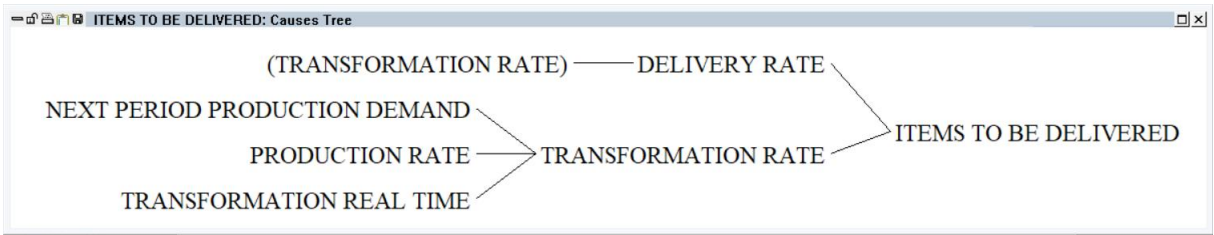
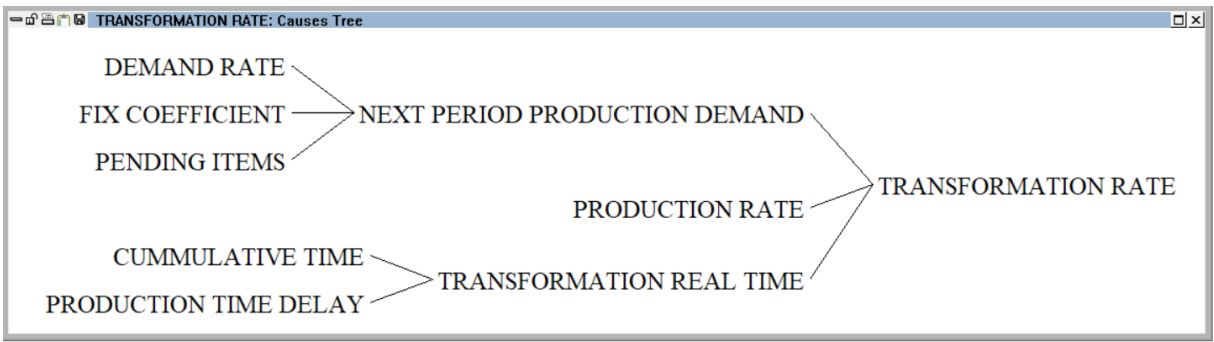
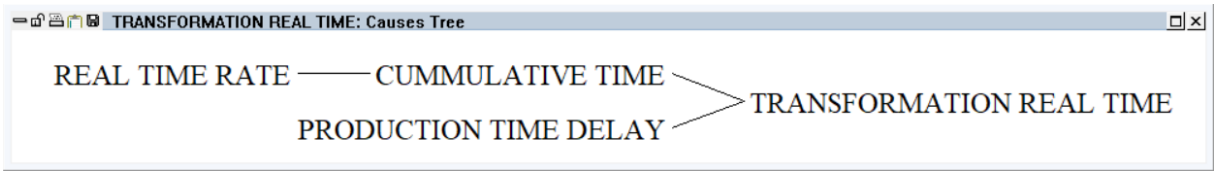
### ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ

- (01) **CUMMULATIVE TIME**= INTEG (REAL TIME RATE, 0)  
Units: Day
- (02) **DELIVERY RATE** = TRANSFORMATION RATE  
Units: PARTS/Day
- (03) **DEMAND RATE** = 0  
Units: PARTS/Day [0,100,1]
- (04) **FINAL TIME** = 20  
Units: Day  
The final time for the simulation.
- (05) **FIX COEFFICIENT** = 1  
Units: Day [1,1]
- (06) **INITIAL TIME** = 0  
Units: Day  
The initial time for the simulation.
- (07) **ITEMS DELIVERED** = INTEG (DELIVERY RATE, 0)  
Units: PARTS
- (08) **ITEMS TO BE DELIVERED**=  
INTEG (TRANSFORMATION RATE-DELIVERY RATE, 0)  
Units: PARTS
- (09) **ITEMS TO BE PRODUCED**=  
INTEG (RATE TO ITEMS TO BE PRODUCED, 0)  
Units: PARTS [0,?]
- (10) **NEXT PERIOD PRODUCTION DEMAND**=  
IF THEN ELSE (  
(PENDING ITEMS + DEMAND RATE \* FIX COEFFICIENT) - INTEGER(PENDING  
ITEMS  
+ DEMAND RATE \* FIX COEFFICIENT) > 0.5,  
INTEGER(PENDING ITEMS  
+ DEMAND RATE \* FIX COEFFICIENT) + 1, INTEGER(PENDING ITEMS  
+ DEMAND RATE \* FIX COEFFICIENT))  
Units: PARTS



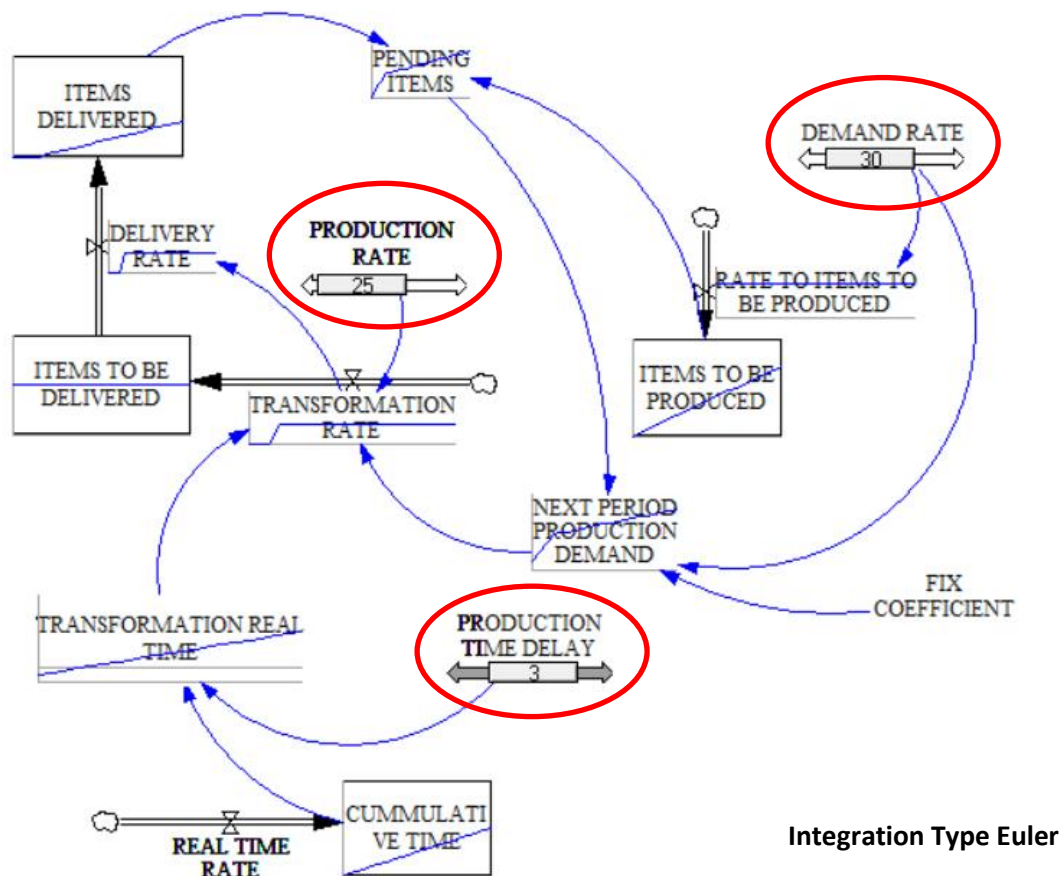
- ) **PENDING ITEMS=**  
 ITEMS TO BE PRODUCED - ITEMS DELIVERED  
 Units: PARTS
- (12) **PRODUCTION RATE = 0**  
 Units: PARTS/Day [0,200,1]
- (13) **PRODUCTION TIME DELAY = 0**  
 Units: Day [-20,20,1]
- (14) **RATE TO ITEMS TO BE PRODUCED=**  
 DEMAND RATE  
 Units: PARTS/Day
- (15) **REAL TIME RATE = 1**  
 Units: Dmnl [1,1]
- (16) **SAVEPER = TIME STEP**  
 Units: Day [0,?]  
 The frequency with which output is stored.
- (17) **TIME STEP = 1**  
 Units: Day [0,?]  
 The time step for the simulation.
- (18) **TRANSFORMATION RATE=**  
 IF THEN ELSE (TRANSFORMATION REAL TIME < 0, 0,  
 IF THEN ELSE  
 (NEXT PERIOD PRODUCTION DEMAND > PRODUCTION RATE, PRODUCTION  
 RATE  
 , NEXT PERIOD PRODUCTION DEMAND))  
 Units: PARTS/Day
- (19) **TRANSFORMATION REAL TIME=**  
 CUMMULATIVE TIME - PRODUCTION TIME DELAY  
 Units: Day

**ΖΕΥΞΕΙΣ ΑΙΤΙΟΤΗΤΑΣ**



**Εκτέλεση της Δυναμικής Προσομοίωσης του Αρχτύπου στην βασική μορφή**

**1<sup>η</sup> Περίπτωση:  $PRODUCTION\ RATE < DEMAND\ RATE, PRODUCTION\ TIME\ DELAY = 3$**

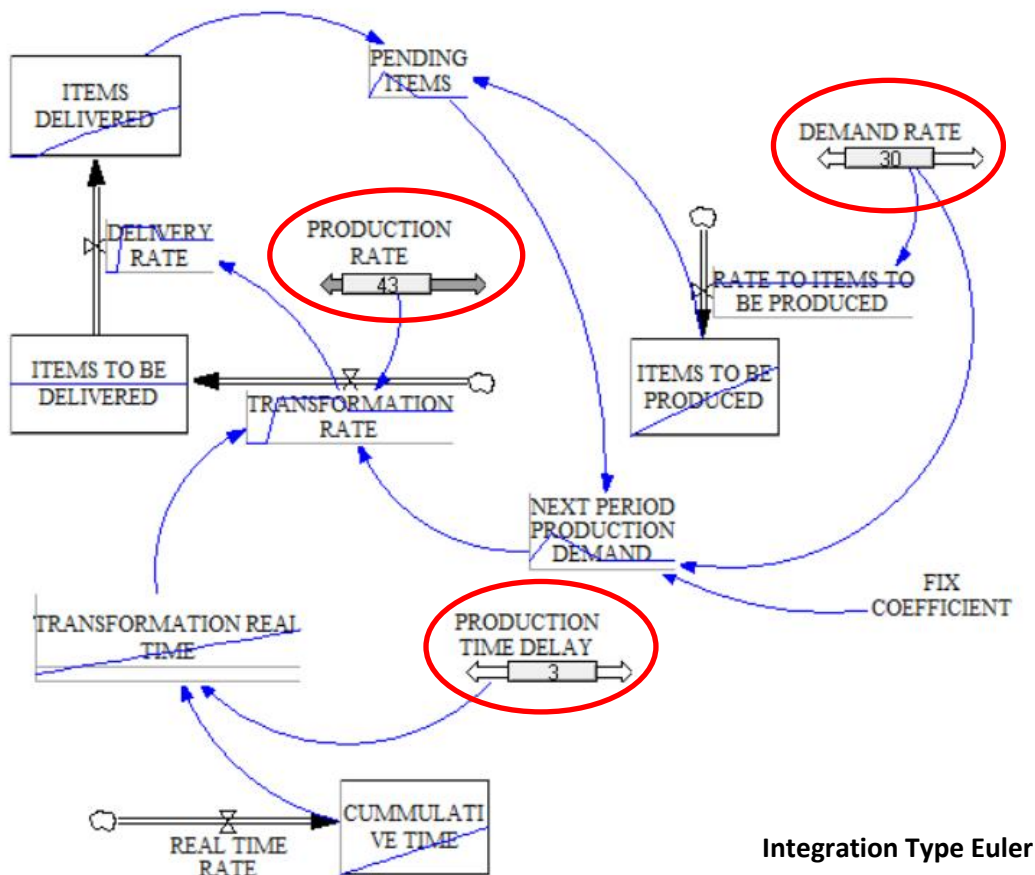


**Σχήμα56: 1<sup>η</sup> Προσομοίωση του Αρχτύπου «Εξισοροπτική Αντίδραση με χρονική υστέρηση»**

Στην περίπτωση αυτήν είναι καταφανές, ότι η παραγωγή εξαντλεί άμεσα το μέγιστο της παραγωγικής της ικανότητας, για να καλύψει τις αυξημένες ανάγκες.

Time (Day)	ITEMS TO BE	"NEXT PERIOD	NEXT PERIOD	"TRANSFOR	TRANSFORM	"ITEMS	ITEMS DELIV.	"PENDING	PENDING ITE.
0	0	PERIOD	30	MATION	0	DELIVERED	0	ITEMS"	0
1	30	PRODUCTI	60	RATE" Runs:	0	" Runs:	0	Runs:	30
2	60	ON	90	C19	0	C19	0	C19	60
3	90	DEMAND"	120	25	0	0	0	0	90
4	120	Runs:	125	25	25	25	25	25	95
5	150	C19	130	25	25	50	50	50	100
6	180		135	25	75	75	75	75	105
7	210		140	25	100	100	100	100	110
8	240		145	25	125	125	125	125	115
9	270		150	25	150	150	150	150	120
10	300		155	25	175	175	175	175	125
11	330		160	25	200	200	200	200	130
12	360		165	25	225	225	225	225	135
13	390		170	25	250	250	250	250	140
14	420		175	25	275	275	275	275	145
15	450		180	25	300	300	300	300	150
16	480		185	25	325	325	325	325	155
17	510		190	25	350	350	350	350	160
18	540		195	25	375	375	375	375	165
19	570		200	25	400	400	400	400	170
20	600		205	25	425	425	425	425	175

**2<sup>η</sup> Περίπτωση: PRODUCTION RATE > DEMAND RATE, PRODUCTION TIME DELAY = 3**



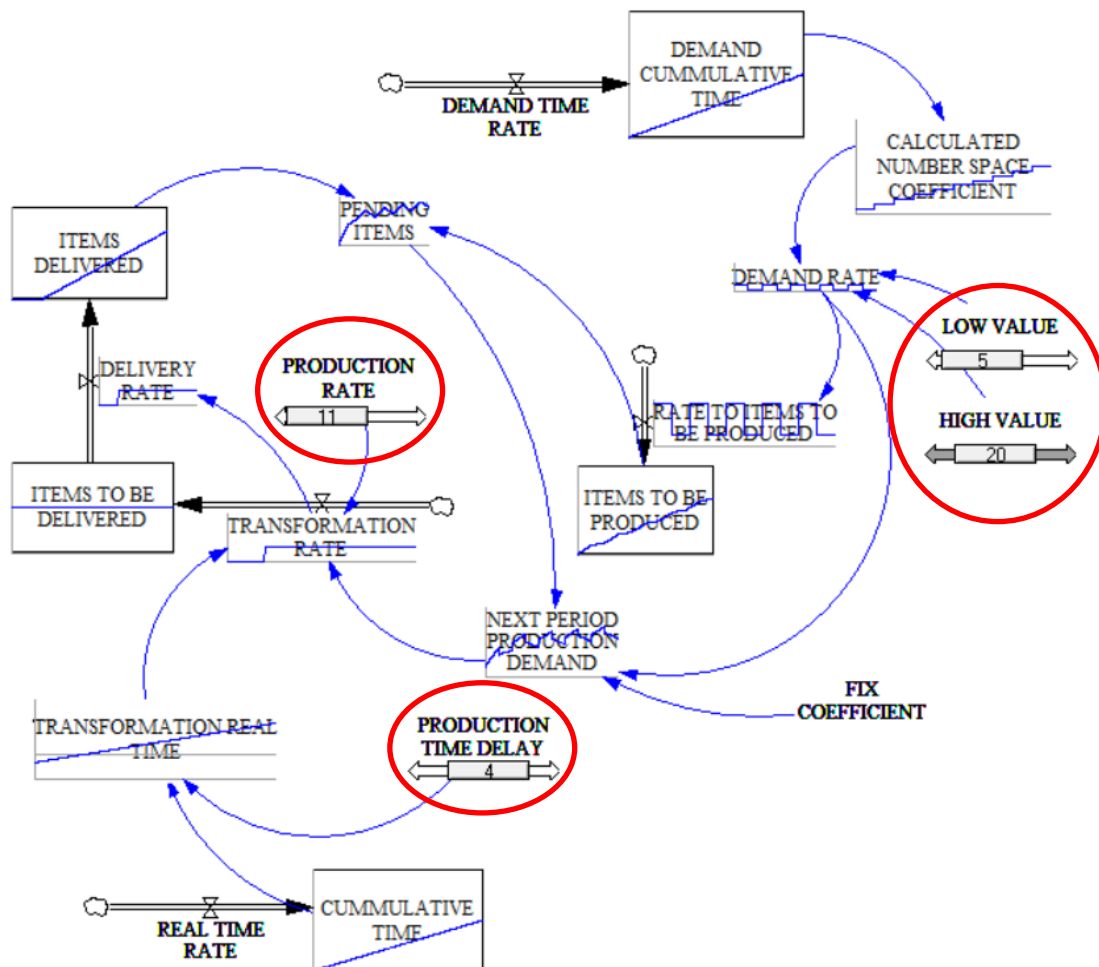
**Σχήμα57: 2<sup>η</sup> Προσομοίωση του Αρχέτυπου «Εξισορροπητική Αντίδραση με χρονική υστέρηση»**

Time (Day)	ITEMS TO BE PRODUCED	ITEMS TO BE DELIVERED	NEXT PERIOD DEMAND	NEXT PERIOD PRODUCTION	TRANSFORMATION RATE	ITEMS DELIVERED	ITEMS DELIV	PENDING ITEMS	PENDING
0	0	0	30	30	0	0	0	0	0
1	30	30	30	30	0	0	0	30	30
2	60	60	30	30	0	0	0	60	60
3	90	90	30	30	43	0	0	90	90
4	120	120	30	30	43	43	43	77	77
5	150	150	30	30	43	86	86	64	64
6	180	180	30	30	43	129	129	51	51
7	210	210	30	30	43	172	172	38	38
8	240	240	30	30	43	215	215	25	25
9	270	270	30	30	42	258	258	12	12
10	300	300	30	30	30	300	300	0	0
11	330	330	30	30	30	330	330	0	0
12	360	360	30	30	30	360	360	0	0
13	390	390	30	30	30	390	390	0	0
14	420	420	30	30	30	420	420	0	0
15	450	450	30	30	30	450	450	0	0
16	480	480	30	30	30	480	480	0	0
17	510	510	30	30	30	510	510	0	0
18	540	540	30	30	30	540	540	0	0
19	570	570	30	30	30	570	570	0	0
20	600	600	30	30	30	600	600	0	0

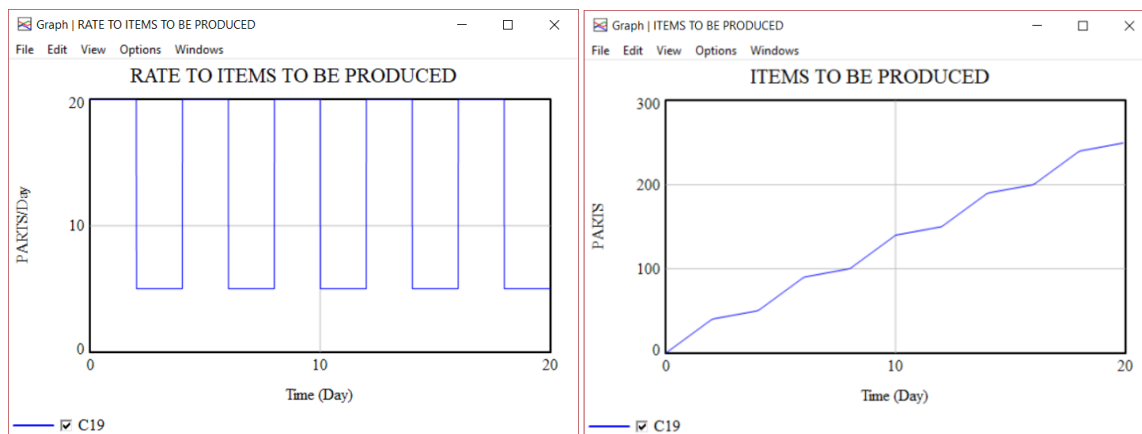
Εδώ είναι καταφανές, ότι η παραγωγή εξαντλεί άμεσα το μέγιστο της παραγωγικής της ικανότητας, για να καλύψει τις αυξημένες ανάγκες και, αφού καλύψει τις ανεκτέλεστες παραγγελίες, αναπροσαρμόζει (χαμηλώνει) τον ρυθμό παραγωγής, ώστε η παραγωγή να παρακολουθεί την ζήτηση.

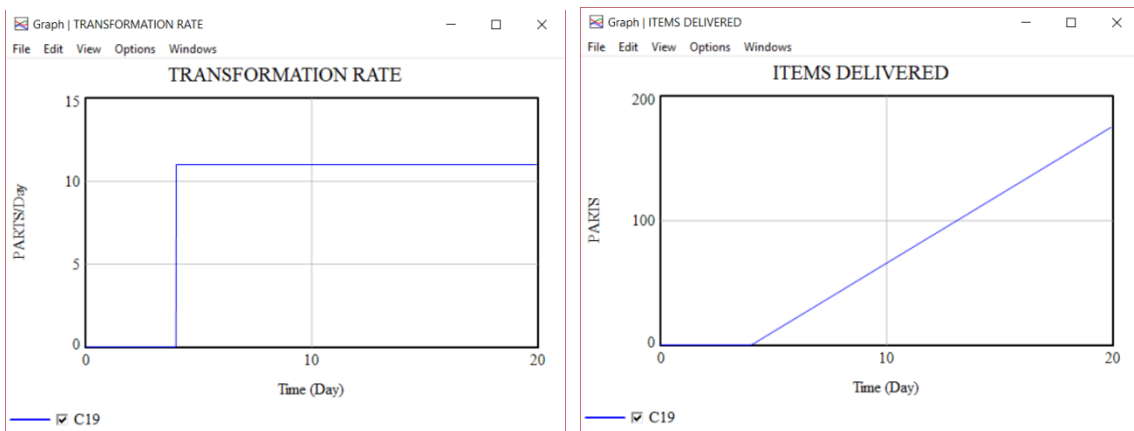
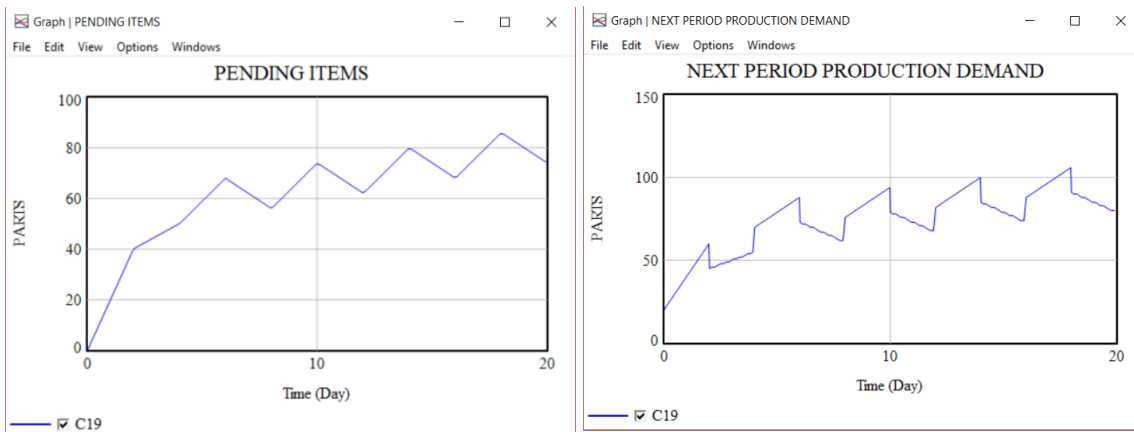
**Εκτέλεση της Δυναμικής Προσομοίωσης του Αρχτύπου με βαθμωτή ζήτηση**

1<sup>η</sup> Περίπτωση:  $2 \times \text{PRODUCTION RATE} < \text{HIGH DEMAND RATE} + \text{LOW DEMAND RATE}$ ,  $\text{PRODUCTION TIME DELAY} = 4$



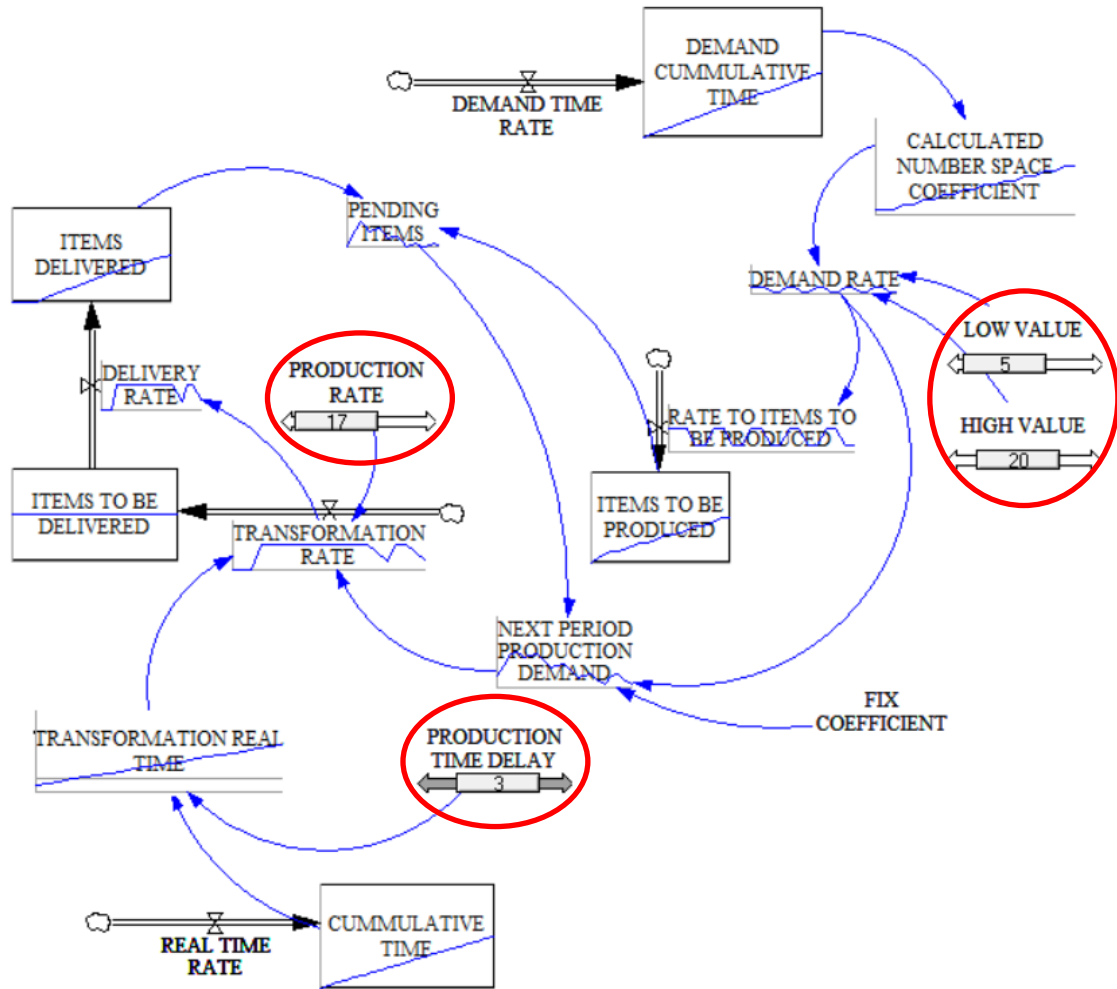
**Σχήμα58: Προσομοίωση του Αρχτύπου για Βαθμωτή Ζήτηση**



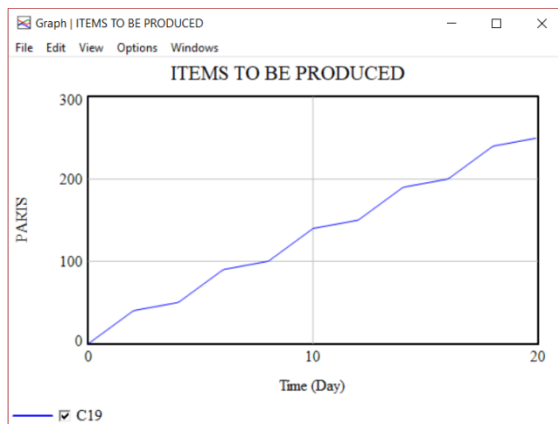
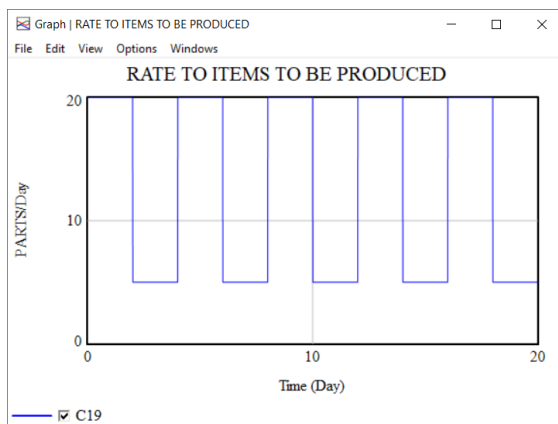


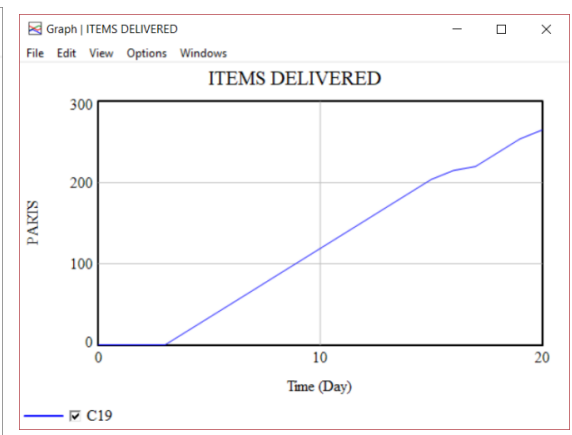
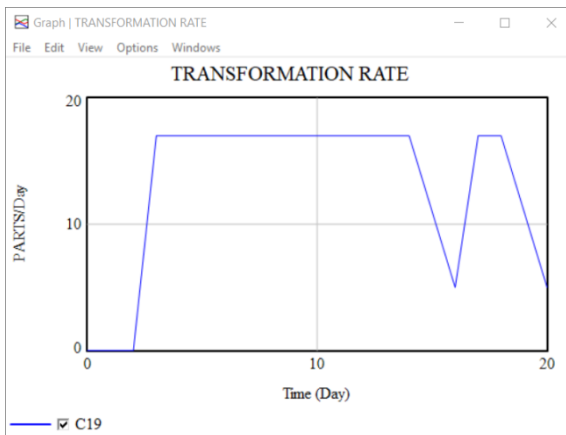
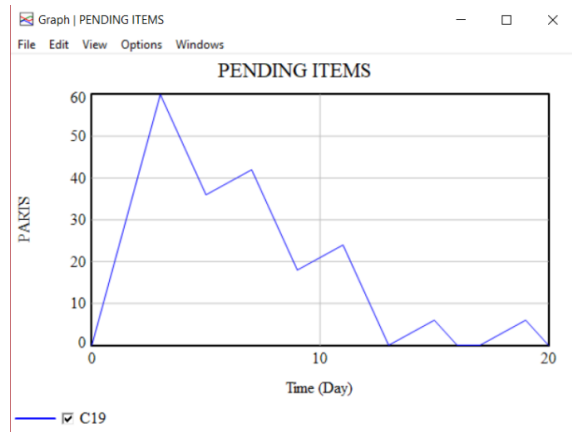
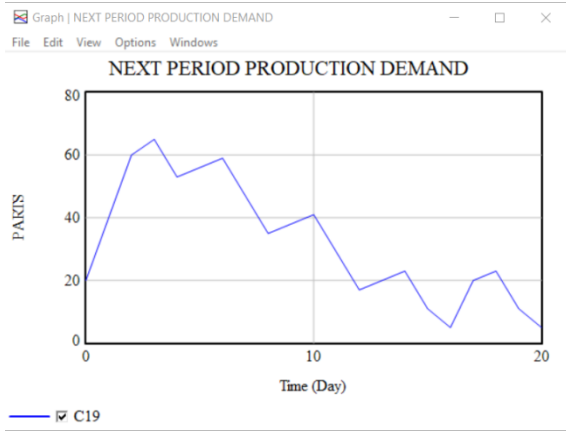
Time (Day)	"RATE TO BE PRODUCED"	"RATE TO ITEMS TO BE PRODUCED"	"ITEMS TO BE PRODUCED"	"ITEMS TO BE PRODUCED"	"PENDING ITEMS"	"PENDING ITEMS"	"NEXT PERIOD PRODUCTION DEMAND"	"NEXT PERIOD PRODUCTION DEMAND"	"TRANSFORMATION RATE"	"TRANSFORMATION RATE"	"ITEMS DELIVERED"	"ITEMS DELIVERED"
0	20	20	0	0	0	0	20	11	0	0	0	0
1	20	20	20	9	9	9	29	11	11	11	11	11
2	20	20	40	18	18	18	38	11	11	11	22	22
3	5	5	60	27	27	27	32	11	11	11	33	33
4	5	5	65	21	21	21	26	11	11	11	44	44
5	20	20	70	15	15	15	35	11	11	11	55	55
6	20	20	90	24	24	24	44	11	11	11	66	66
7	5	5	110	33	33	33	38	11	11	11	77	77
8	5	5	115	27	27	27	32	11	11	11	88	88
9	20	20	120	21	21	21	41	11	11	11	99	99
10	20	20	140	30	30	30	50	11	11	11	110	110
11	5	5	160	39	39	39	44	11	11	11	121	121
12	5	5	165	33	33	33	38	11	11	11	132	132
13	20	20	170	27	27	27	47	11	11	11	143	143
14	20	20	190	36	36	36	56	11	11	11	154	154
15	5	5	210	45	45	45	50	11	11	11	165	165
16	5	5	215	39	39	39	44	11	11	11	176	176
17	20	20	220	33	33	33	53	11	11	11	187	187
18	20	20	240	42	42	42	62	11	11	11	198	198
19	5	5	260	51	51	51	56	11	11	11	209	209
20	5	5	265	45	45	45	50	11	11	11	220	220

**2<sup>η</sup> Περίπτωση:  $2 \times \text{PRODUCTION RATE} > \text{HIGH DEMAND RATE} + \text{LOW DEMAND RATE}$ ,  $\text{PRODUCTION TIME DELAY} = 3$**



**FEEDBACK\_WITH\_DELAY\_ARCHTYPE\_SCALAR\_2\_VALUES\_DEMAND\_RATE\_FINAL\_EULER.mdl**





Time (Day)	DEMAND RA	ITEMS TO BE	ITEMS TO BE PRODUCED	"NEXT PERIOD"	"NEXT PERIOD"	"TRANSFOR MATION RATE"	"TRANSFORM ATION"	"ITEMS DELIVERED"	ITEMS DELIV.	"PENDING ITEMS"	PENDING ITE
0	20	0	0	PERIOD	20	0	0	0	0	0	0
1	20	20	20	PRODUCTI	40	0	0	0	0	20	20
2	20	40	40	ON	60	0	0	0	0	40	40
3	5	60	60	DEMAND"	65	17	17	0	0	60	60
4	5	65	65	Runs:	53	17	17	17	17	48	48
5	20	70	70	C19	56	17	17	34	34	36	36
6	20	90	90		59	17	17	51	51	39	39
7	5	110	110		47	17	17	68	68	42	42
8	5	115	115		35	17	17	85	85	30	30
9	20	120	120		38	17	17	102	102	18	18
10	20	140	140		41	17	17	119	119	21	21
11	5	160	160		29	17	17	136	136	24	24
12	5	165	165		17	17	17	153	153	12	12
13	20	170	170		20	17	17	170	170	0	0
14	20	190	190		23	17	17	187	187	3	3
15	5	210	210		11	11	11	204	204	6	6
16	5	215	215		5	5	5	215	215	0	0
17	20	220	220		20	17	17	220	220	0	0
18	20	240	240		23	17	17	237	237	3	3
19	5	260	260		11	11	11	254	254	6	6
20	5	265	265		5	5	5	265	265	0	0



**Εκτέλεση της Δυναμικής Προσομοίωσης του Αρχτύπου με ζήτηση παραγόμενη από σύνθετη συνάρτηση**

**2 x PRODUCTION RATE > HIGH DEMAND RATE+ LOW DEMAND RATE, PRODUCTION TIME DELAY = 3**

Στο παρακάτω μοντέλο θα κατασκευάσουμε μία ΣΥΝΘΕΤΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΖΗΤΗΣΗΣ προκύπτουσα από το άθροισμα δυο (2) συναρτήσεων με το ίδιο πεδίο ορισμού

$$[t_0, t_{max}], \text{ όπου } t_0 = \text{Initial Time και } t_{max} = \text{Final Time}$$

Η πρώτη είναι μια βαθμωτή συνάρτηση  $f(t)$  («SCALAR RATE») δύο (2) τιμών, όπου η τιμή της συνάρτησης θα παίρνει την μία από τις δύο (2) διαθέσιμες τιμές, όταν ο πραγματικός χρόνος του μοντέλου λαμβάνει τιμές σε κάθε ένα από η ίσα διαθέσιμα διαστήματα, στα οποία έχει διαιρεθεί ο πραγματικός χρόνος του μοντέλου

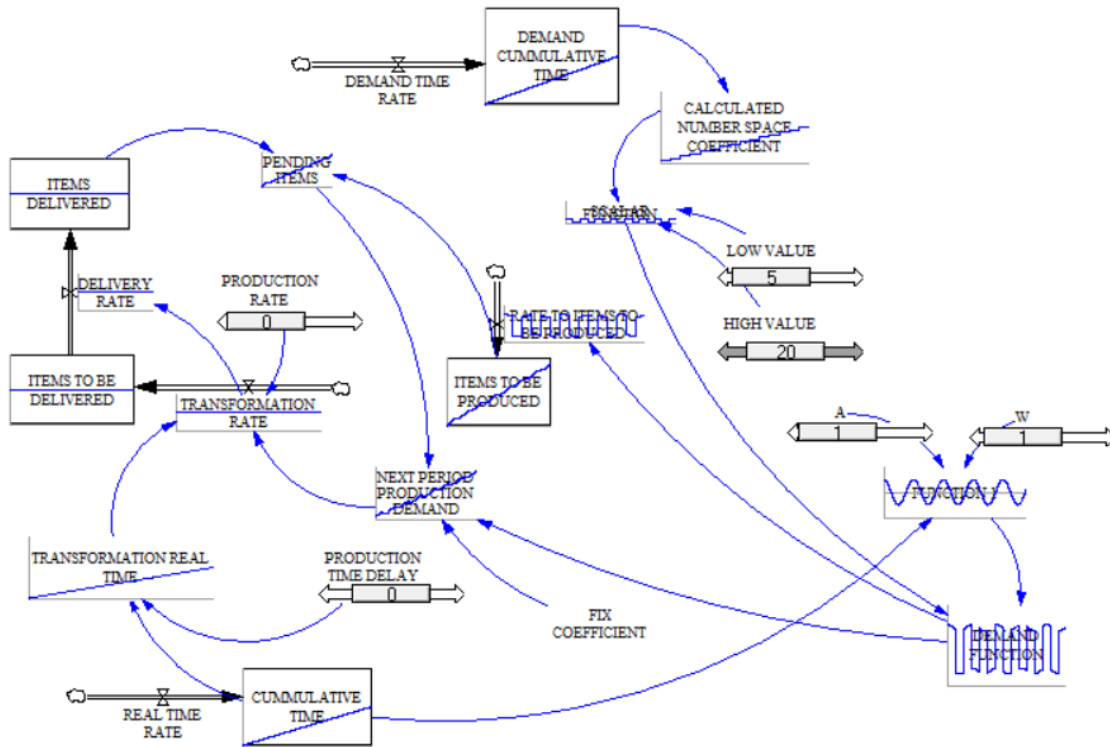
$$[t_0, t_{max}], \text{ όπου } t_0 = \text{Initial Time (0) και } t_{max} = \text{Final Time (30)}$$

Οπότε

$$f(t) = \begin{cases} f(t) = \text{HIGH VALUE, όπου } t \in [t_{2k}, t_{2k+2}] \text{ με } k \in \mathbb{N}_0 \text{ και } 0 \leq k \leq 14 \text{ και } k = \text{άρτιος} \\ \text{Και} \\ f(t) = \text{LOW VALUE, όπου } t \in [t_{2k}, t_{2k+2}] \text{ με } k \in \mathbb{N}_0 \text{ και } 0 \leq k \leq 14 \text{ και } k = \text{περιττός} \end{cases}$$

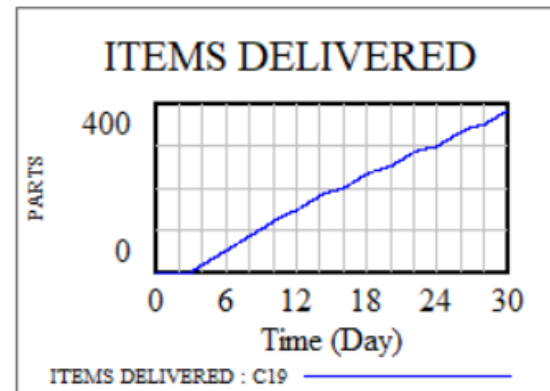
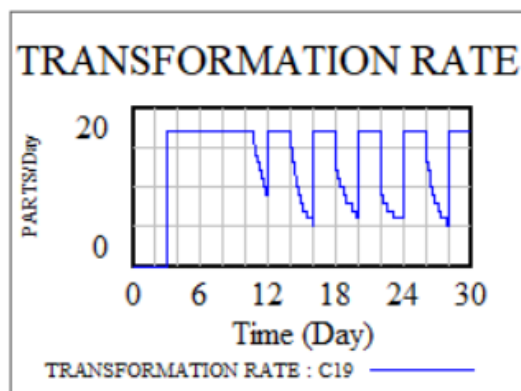
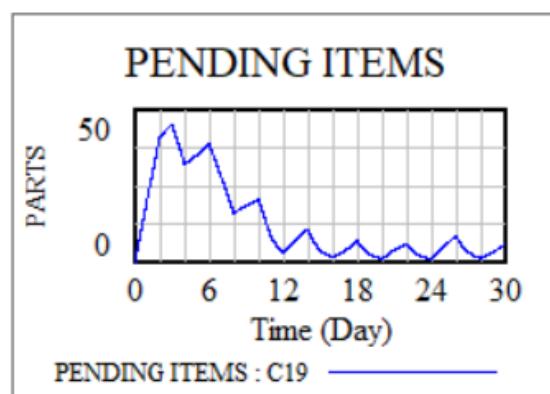
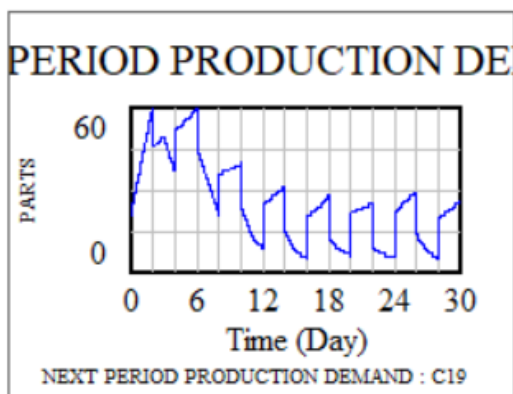
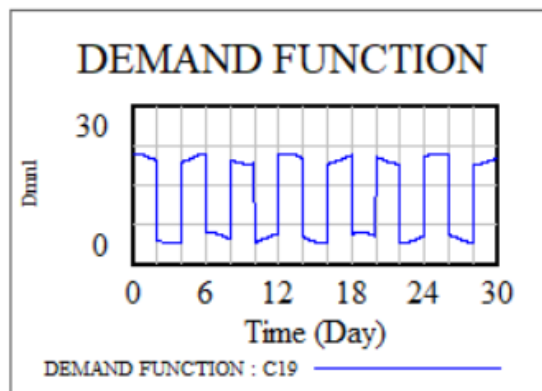
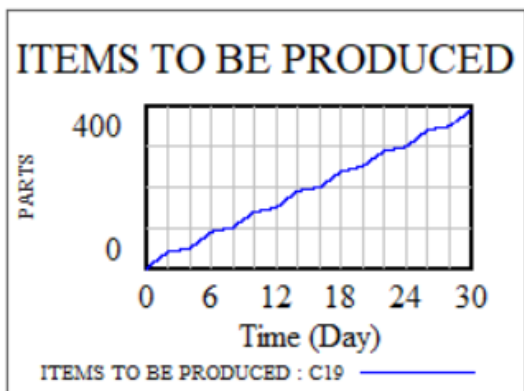
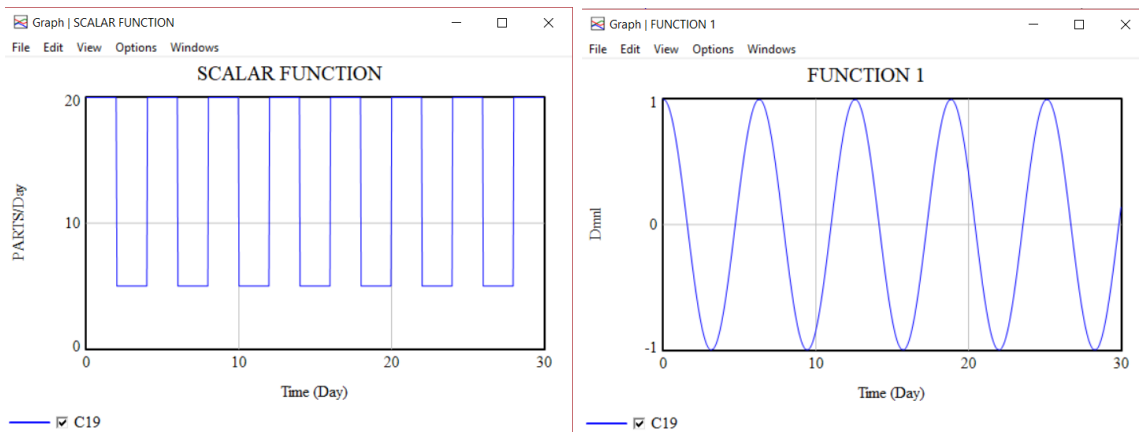
Η δεύτερη συνάρτηση είναι η τριγωνομετρική συνάρτηση  $g(t)$  με τιμές του χρόνου (t) τις τιμές του πραγματικού χρόνου του μοντέλου και τύπο

$$g(t) = A \cdot \cos(W \cdot t), \text{ όπου } t \in [t_0, t_{max}], \text{ με } t_0 = \text{Initial Time (0) και } t_{max} = \text{Final Time (30)}$$



**FEEDBACK\_WITH\_DELAY\_ARCHTYPE\_**

**COMPLEX\_DEMAND\_RATE\_FINAL\_EULER.mdl**



## Μοντέλο Single Production Line and Sales (SPLaS) with time handling

### Περιγραφή του Μοντέλου

Το συγκεκριμένο Μοντέλο αποτελεί απευθείας εξέλιξη του Μοντέλου

Single Production Line and Sales (SPLaS)

το οποίο ανεπτύχθη σε προηγούμενη εργασία μας και ΔΕΝ περιείχε την δυνατότητα πλήρους διαχείρισης του πραγματικού χρόνου του Μοντέλου και της ελεγχόμενης χρονικής ολίσθησης του τοπικού χρόνου μιας οποιασδήποτε διεργασίας στην επαλληλία διεργασιών του Μοντέλου.

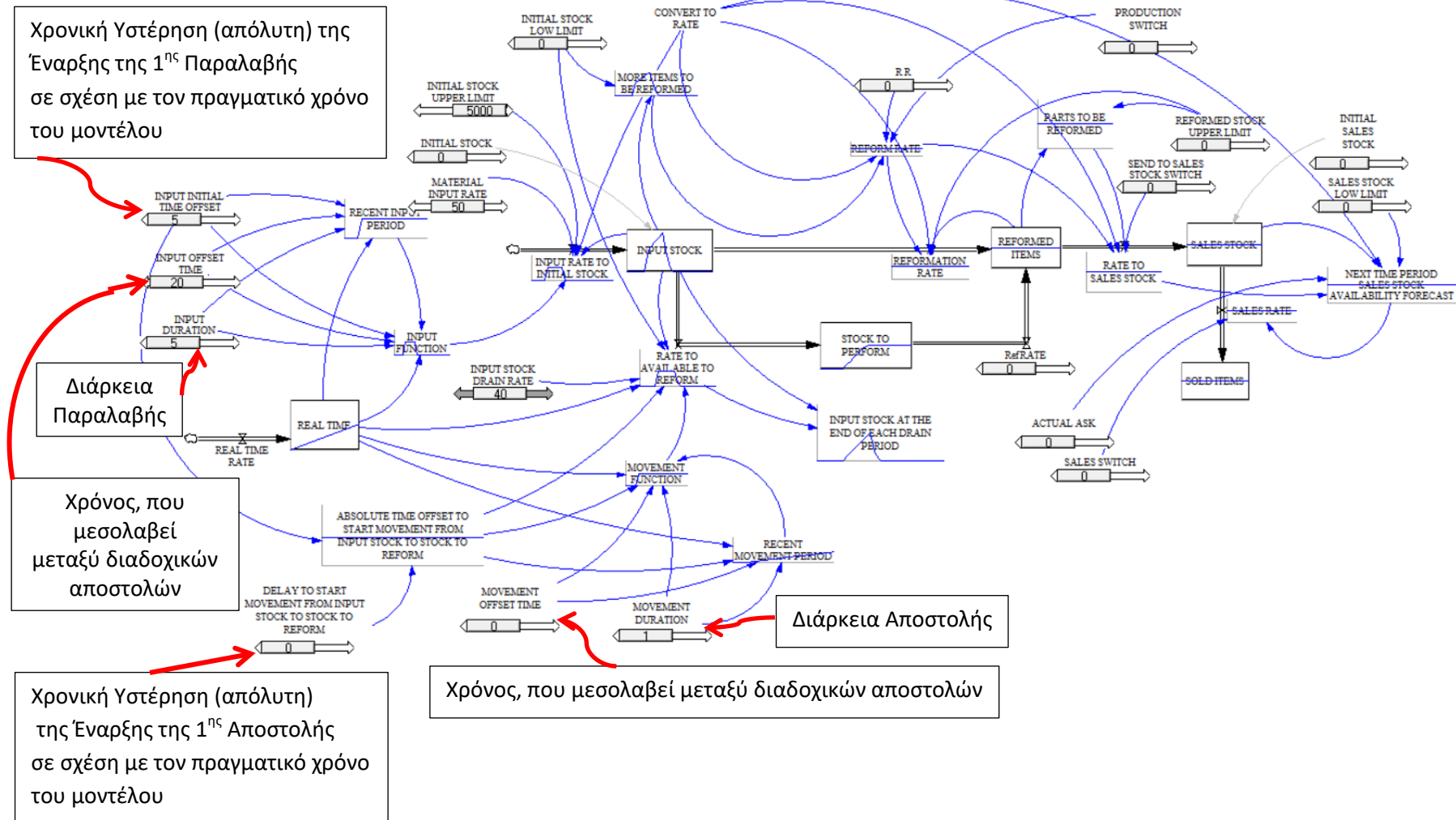
Στο τρέχον μοντέλο αξιοποιήθηκαν πλήρως όλες οι μέθοδοι, οι οποίες ανεπτύχθησαν στην εργασία μας

Vensim\_PLE\_Time\_Handling\_Study

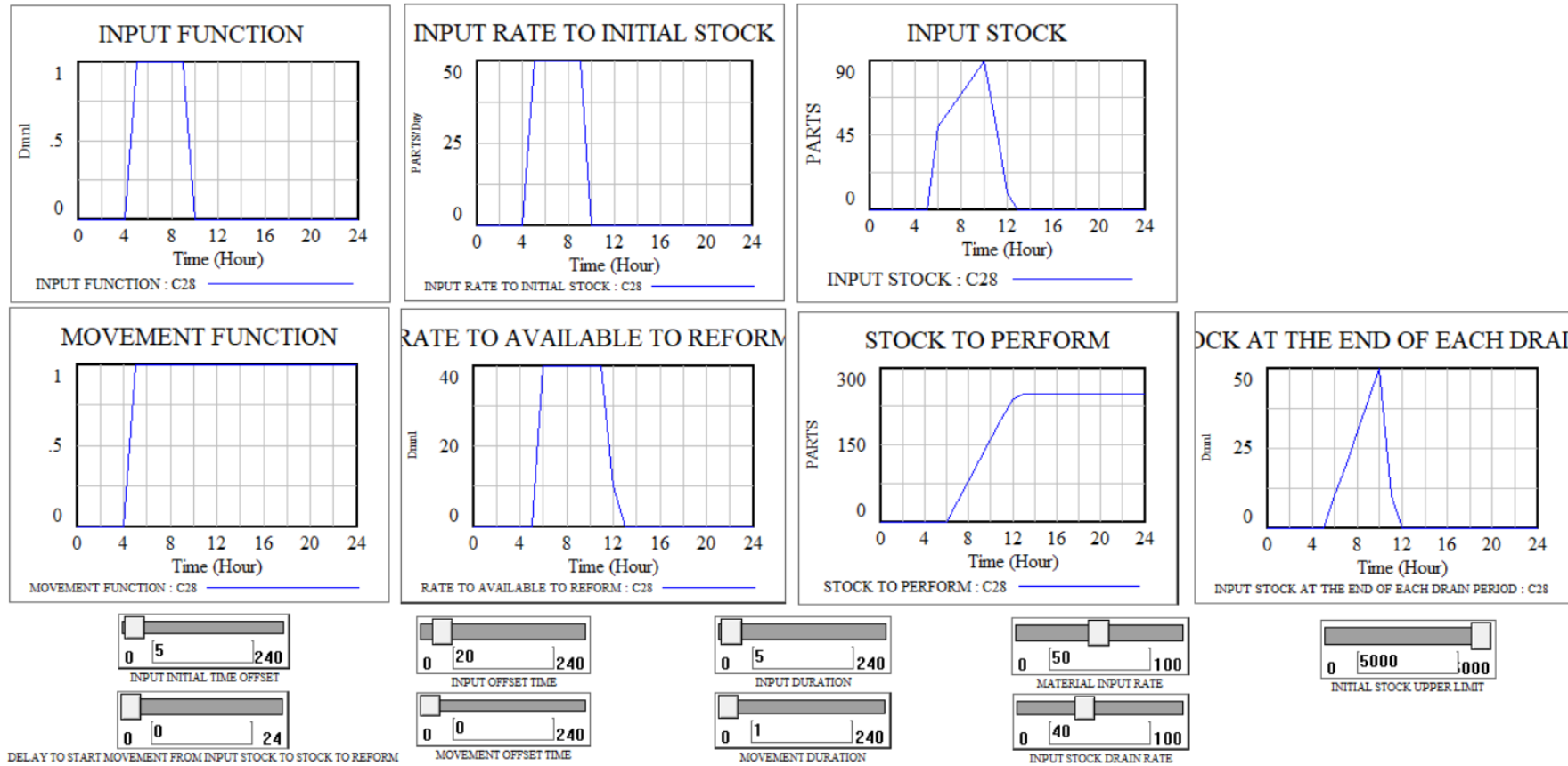
**Το εξελεγμένο μοντέλο της Γραμμής Παραγωγής περιλαμβάνει τις κάτωθι καινοτομίες και πρόσθετες δυνατότητες σε σχέση με το Μοντέλο SPLaS:**

1. **Διαδικασία εισαγωγής υλικών στο σύστημα της Γραμμής Παραγωγής με Έναρξη διαδικασίας με επιλεγόμενη χρονική υστέρηση σε σχέση με τον πραγματικό χρόνο του Μοντέλου**  
*Περιοδική Δράση (εισαγωγή υλικών) Επιλεγόμενης Διάρκειας  
 Επιλεγόμενη Χρονική Απόσταση μεταξύ των Περιόδων Δράσης  
 Δυνατότητα επιλογής Ρυθμού Εισαγωγής Υλικών, ο οποίος είναι συνάρτηση του πραγματικού χρόνου του Μοντέλου*
2. **Διαδικασία Μεταφοράς των Εισηγμένων Υλικών στην «Αποθήκη των Υλικών Προς Μετασχηματισμό» με Έναρξη διαδικασίας με επιλεγόμενη χρονική υστέρηση σε σχέση με τον πραγματικό χρόνο της προηγούμενης διαδικασίας (εισαγωγής υλικών) και, επομένως, σε σχέση και με τον πραγματικό χρόνο του Μοντέλου**  
*Περιοδική Δράση (μεταφορά υλικών) Επιλεγόμενης Διάρκειας  
 Επιλεγόμενη Χρονική Απόσταση μεταξύ των Περιόδων Δράσης  
 Δυνατότητα επιλογής Ρυθμού Μεταφοράς Υλικών, ο οποίος είναι συνάρτηση του πραγματικού χρόνου του Μοντέλου*

**SPLaS with Selectable Material Input Delay and Movement Material to Stock to Reform Delay**

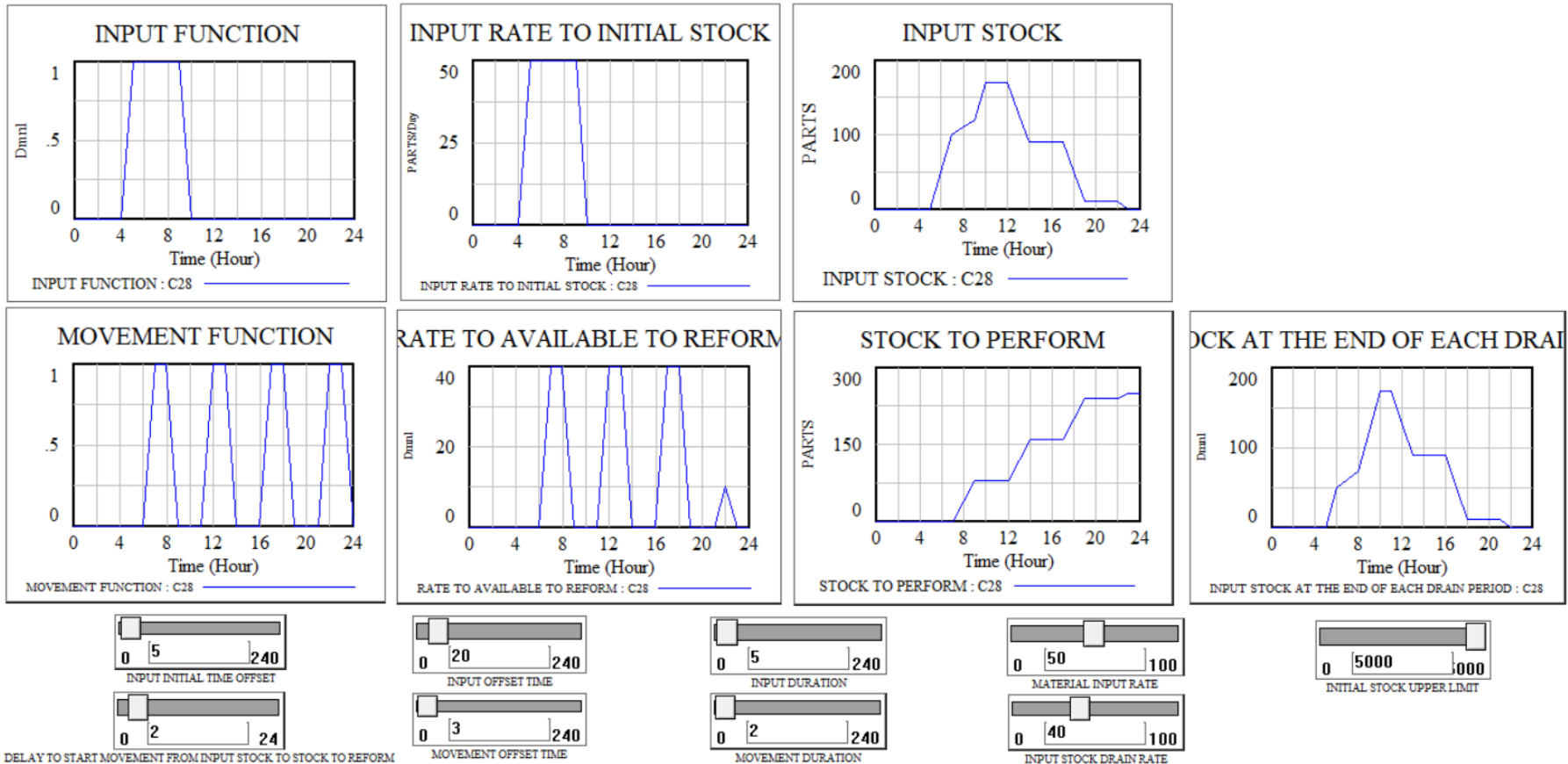


**1<sup>η</sup> Προσομοίωση (Διάρκεια 24 ώρες, Time Step = 1 hour)**



Time (Hour)	"INPUT RATE TO INITIAL STOCK" Runs: C28	INPUT RATE :	"INPUT RATE TO INITIAL STOCK" Runs: C28	INPKT RATE :	"INPUT STOCK" Runs: C28	INPKT STOCK	"INPUT STOCK AT THE END OF EACH DRAIN PERIOD" Runs: C28	INPUT STOCK	"STOCK TO PERFORM" Runs: C28	STOCK TO PERFORM
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	50	0	50	0	0	0	0	0	0	0
6	50	0	50	50	0	50	10	10	0	0
7	50	0	50	60	0	60	20	20	40	40
8	50	0	50	70	0	70	30	30	80	80
9	50	0	50	80	0	80	40	40	120	120
10	0	0	0	90	0	90	50	50	160	160
11	0	0	0	50	0	50	10	10	200	200
12	0	0	0	10	0	10	0	0	240	240
13	0	0	0	0	0	0	0	0	250	250
14	0	0	0	0	0	0	0	0	250	250
15	0	0	0	0	0	0	0	0	250	250
16	0	0	0	0	0	0	0	0	250	250
17	0	0	0	0	0	0	0	0	250	250
18	0	0	0	0	0	0	0	0	250	250
19	0	0	0	0	0	0	0	0	250	250
20	0	0	0	0	0	0	0	0	250	250
21	0	0	0	0	0	0	0	0	250	250
22	0	0	0	0	0	0	0	0	250	250
23	0	0	0	0	0	0	0	0	250	250
24	0	0	0	0	0	0	0	0	250	250

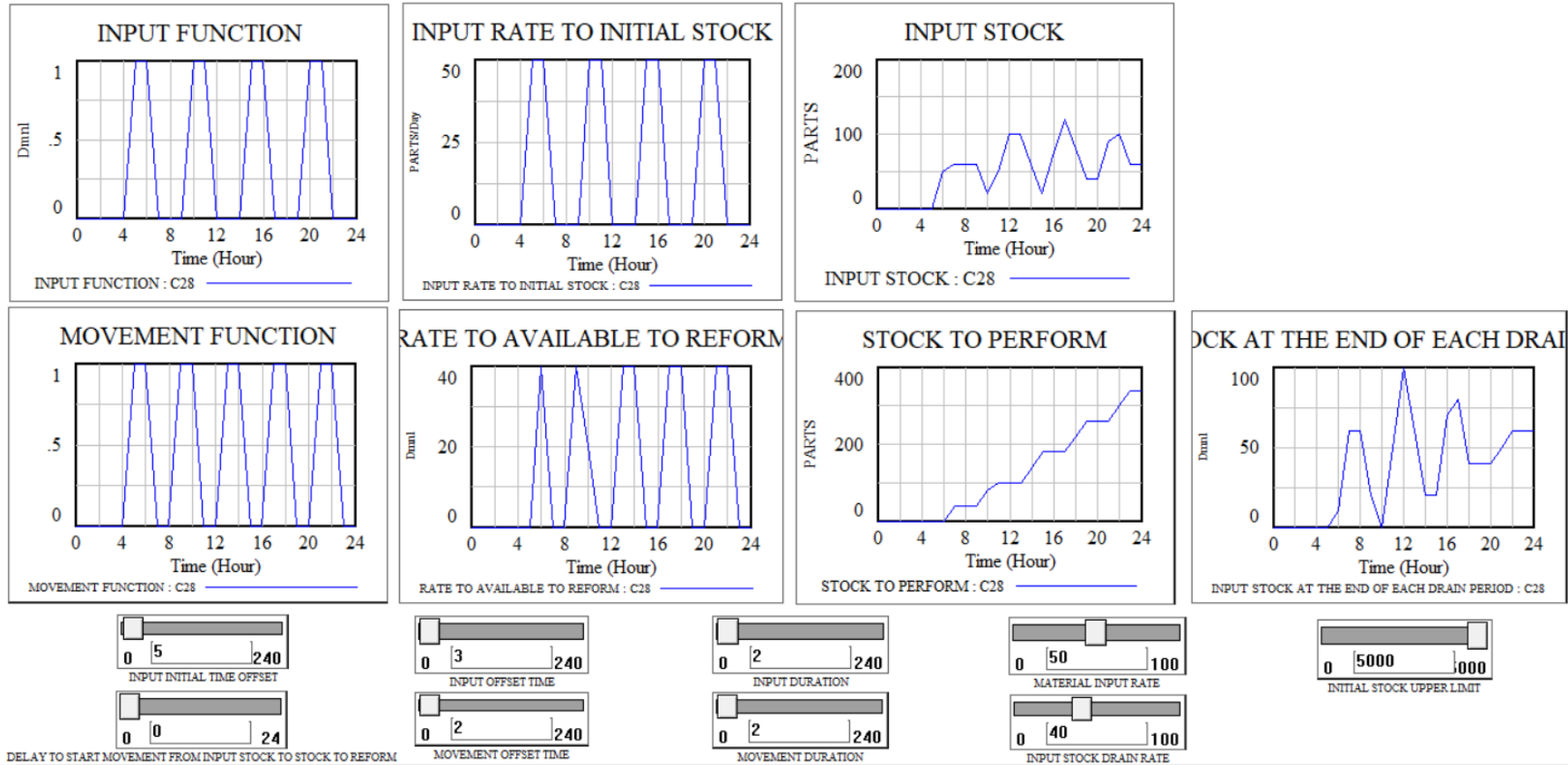
**2<sup>η</sup> Προσομοίωση (Διάρκεια 24 ώρες, Time Step = 1 hour)**



Time (Hour)	INPUT RATE	"INPUT STOCK"	INPUT STOCK	"RATE TO AVAILABLE TO REFORM"	RATE TO AVAILABLE TO REFORM	"STOCK TO PERFORM"	STOCK TO PERFORM	"INPUT STOCK AT THE END OF EACH DRAIN PERIOD"	INPUT STOCK AT THE END OF EACH DRAIN PERIOD
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	Runs: C28	0	0	0	Runs: C28	0	0	0
2	0		0	0	0		0	0	0
3	0		0	0	0		0	0	0
4	0		0	0	0		0	0	0
5	50		0	0	0		0	0	0
6	50		50	0	0		0	Runs: C28	50
7	50		100	40	0		0		60
8	50		110	40	40		40		70
9	50		120	0	80		80		120
10	0		170	0	80		80		170
11	0		170	0	80		80		170
12	0		170	40	80		80		130
13	0		130	40	120		120		90
14	0		90	0	160		160		90
15	0		90	0	160		160		90
16	0		90	0	160		160		90
17	0		90	40	160		160		50
18	0		50	40	200		200		10
19	0		10	0	240		240		10
20	0		10	0	240		240		10
21	0		10	0	240		240		10
22	0		10	10	240		240		0
23	0		0	0	250		250		0
24	0		0	0	250		250		0

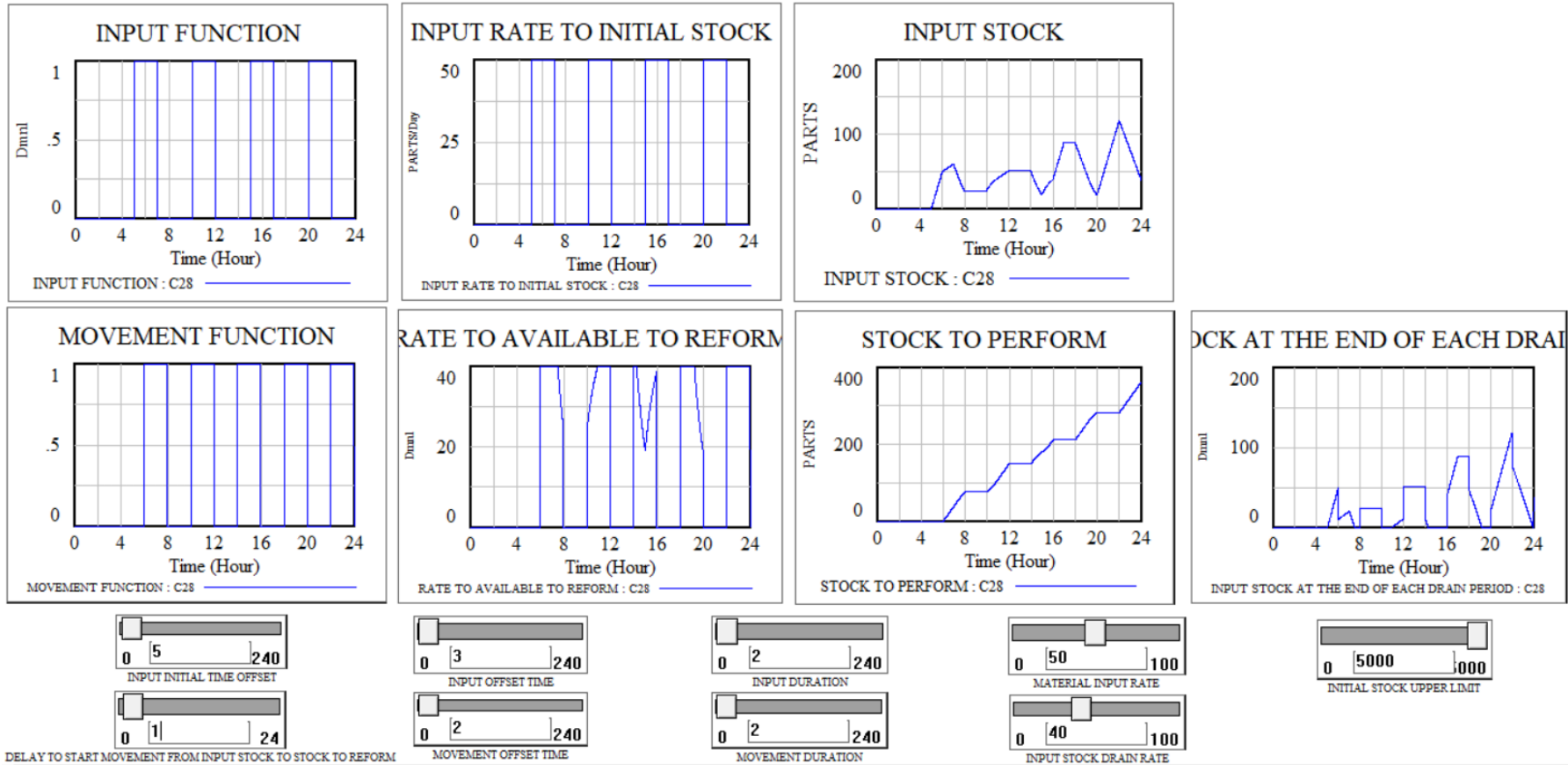


**3<sup>η</sup> Προσομοίωση (Διάρκεια 24 ώρες, Time Step = 1 hour)**

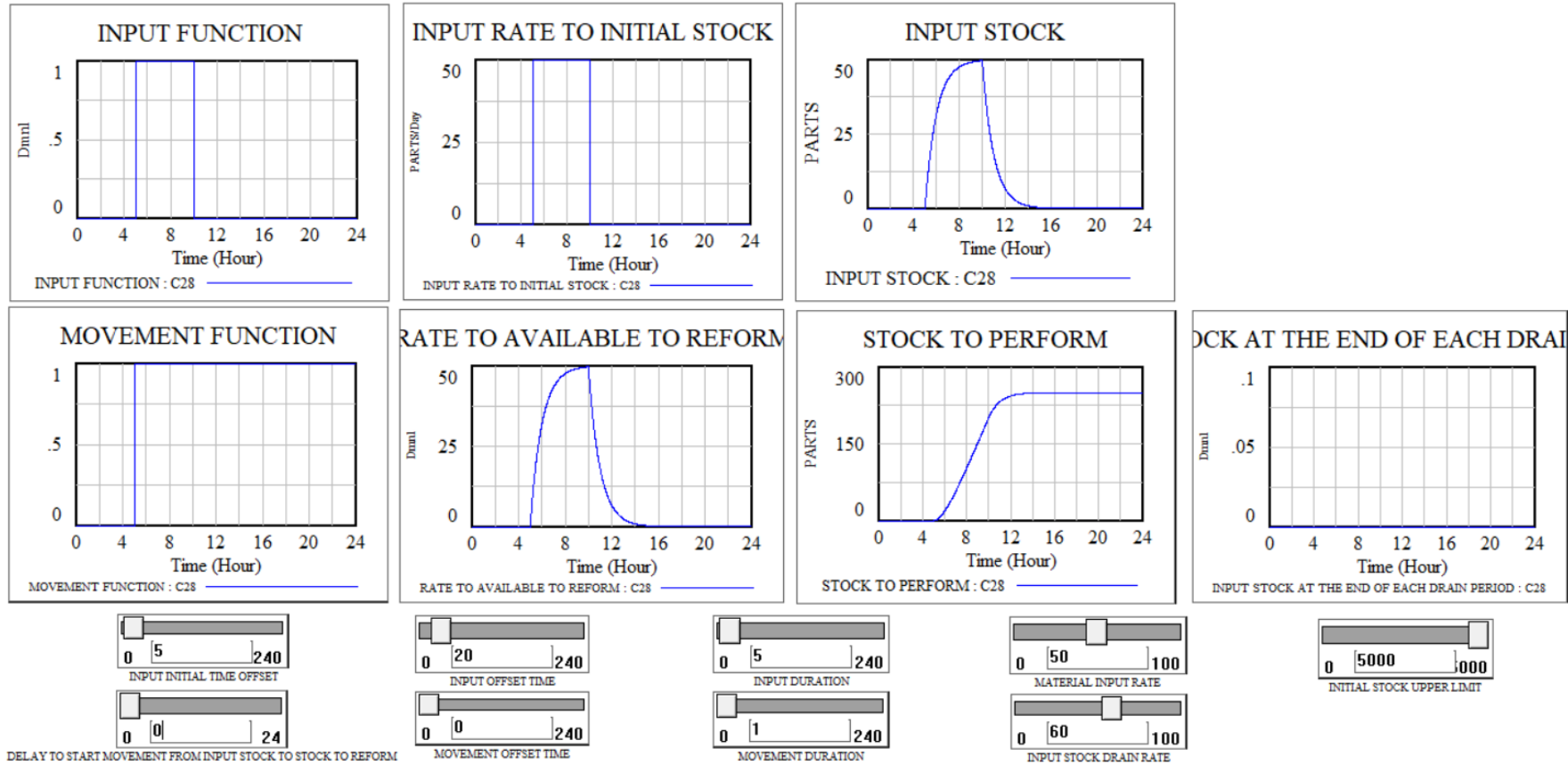


Time (Hour)	INPUT RATE	"INPUT STOCK" Runs: C28	INPUT STOCK	"RATE TO AVAILABLE TO REFORM" Runs: C28	RATE TO AVAILABLE TO REFORM	"STOCK TO PERFORM" Runs: C28	STOCK TO PERFORM	"INPUT STOCK AT THE END OF EACH DRAIN PERIOD" Runs: C28	INPUT STOCK AT THE END OF EACH DRAIN PERIOD
0	0		0		0		0		0
1	0		0		0		0		0
2	0		0		0		0		0
3	0		0		0		0		0
4	0		0		0		0		0
5	50		0		0		0		0
6	50		50		40		0		10
7	0		60		0		40		60
8	0		60		0		40		60
9	0		60		40		40		20
10	50		20		20		80		0
11	50		50		0		100		50
12	0		100		0		100		100
13	0		100		40		100		60
14	0		60		40		140		20
15	50		20		0		180		20
16	50		70		0		180		70
17	0		120		40		180		80
18	0		80		40		220		40
19	0		40		0		260		40
20	50		40		0		260		40
21	50		90		40		260		50
22	0		100		40		300		60
23	0		60		0		340		60
24	0		60		0		340		60

**4<sup>η</sup> Προσομοίωση (Διάρκεια 24 ώρες, Time Step = 1/128 hour)**



**5<sup>η</sup> Προσομοίωση (Διάρκεια 24 ώρες, Time Step = 1/128 hour)**



## **Model for Commercial Ship's Voyage Fuel Consumption Estimation under different cruise conditions**

### **Εισαγωγή στο πρόβλημα «μελέτη της πλεύσης πλοίου»**

Είναι γεγονός, ότι σε παγκόσμιο επίπεδο γίνονται εντατικές προσπάθειες, για την ανάπτυξη κατάλληλου λογισμικού, το οποίο να υποστηρίζει την λήψη αποφάσεων σχετικά με την χάραξη της πορείας ενός πλοίου, για την κίνησή του από ένα σημείο Α σε ένα σημείο Β με σκοπό την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμου και την κάλυψη της διαδρομής ΑΒ μέσα στο διαθέσιμο από την εκάστοτε εμπορική συμφωνία χρονικό διάστημα.

Η ανάπτυξη του λογισμικού αυτού του τύπου απαιτεί να ληφθούν υπ' όψιν ολόκληροι επιστημονικοί τομείς της σύγχρονης επιστήμης:

Της Φυσικής με προεξάρχοντα τον Τομέα της Ρευστοδυναμικής, καθώς ακόμα και ο μηχανισμός συσχέτισης των θαλασσιών κυμάτων με τον αέρα, ο οποίος τα προκαλεί, παραμένει σε αρχικό στάδιο μελέτης και τα φαινόμενα, που σχετίζονται με την κίνηση τρισδιάστατων σωμάτων μέσα σε ρευστό (εδώ το θαλάσσιο νερό) σε διαφορετικές συνθήκες πλεύσης (σχετική ταχύτητα σώματος – ρευστού, επίπεδο διαταραχής του ρευστού, συνθήκες γειννίασης του ρευστού με τα τοιχώματα, που το οριοθετούν) ομοίως παραμένουν σε στάδιο εξελισσόμενης μελέτης.

Της Ναυπηγικής, η οποία ουσιαστικά είναι η επιστήμη της κατάλληλα συσχετισμένης εφαρμογής των σχετικών νόμων της Φυσικής, οι οποίοι προκύπτουν από τις προαναφερθείσες μελέτες και έχει σκοπό την υλοποίηση αποτελεσματικών φυσικών ολοκληρωμένων πλεόντων συστημάτων (πλοίων).

Της Μηχανολογίας και ειδικά του Τομέα, που αναφέρεται στον σχεδιασμό, υλοποίηση, επιλογή και χρήση κατάλληλων κινητήρων στα πλοία διάφορων τύπων και καθηκόντων.

Της Χημείας και ειδικά του Τομέα, που αναφέρεται στην τεχνολογία των καυσίμων.

### **Προβλήματα στην αναλυτική προσέγγιση του προβλήματος**

Σε κάθε επιστημονικό Τομέα, ο οποίος εμπλέκεται στην μελέτη του φαινομένου της πλεύσης ενός πλοίου και των επαγομένων εξ αυτής καταστάσεων και αλληλεπιδράσεων, η προσπάθεια των επιστημόνων ανάγεται στις διαδικασίες, τις ποίες αναπτύξαμε στο 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο της παρούσης εργασίας μας «Σύντομη Κριτική της Αναλυτικής Σκέψης και των μεθόδων της» σελίδες 21 έως 24).

Αυτό σημαίνει, ότι οι επιστήμονες αυτών των συμπλεγόμενων επιστημονικών τομέων με το εξαιρετικά περίπλοκο πρόβλημα της «πλεύσης πλοίου», αν και επιτελούν ένα τεράστιο επιστημονικό αλλά και εφαρμοστικό έργο με τις μελέτες και τις ανακαλύψεις τους, έχουν εμπλακεί με μια διαδικασία ακλόνητης ανασύνθεσης των προηγουμένως εξαντλητικά αποδομηθέντων στοιχείων του προβλήματος με την διαδικασία της ανασύνθεσης να εδράζεται επί βηματικών δράσεων, που στηρίζονται σε ακλόνητους νόμους/ κανόνες, που οι ίδιοι έχουν ανακαλύψει στις μελέτες τους.

Όμως, όπως ακριβώς «εξηγήσαμε» προσπαθώντας να προσεγγίσουμε την από 400 ετών Νευτώνεια θεώρηση του Φυσικού Κόσμου, αναγκαστικά ο μελετητής αποδομεί με αιτώδεις αναλύσεις («αποξεύξεις») το υπό μελέτη πρόβλημα και, εν τέλει, όταν φθάσει σε μια επαρκώς αποδομημένη κατάσταση του αρχικού προβλήματος, που, ουσιαστικά, είναι μέρος του αρχικού προβλήματος, προβαίνει στην ικανοποιητική «λύση» του προβλήματος,

Όπου, πάλι, «λύση» του προβλήματος σημαίνει αιτιώδης εξήγηση των παρατηρούμενων συμπεριφορών, η οποία προκύπτει από την εξαντλητικά πλήρη και αυστηρή εφαρμογή κανόνων/ νόμων, οι οποίοι αφορούν και διέπουν αιτιώδως το (απλουστευμένο πρόβλημα – «εξασθενημένο στα όρια της κατάστασης, που δύναται να μελετηθεί»).

Όπως, λοιπόν ήδη περιγράψαμε στο Κεφάλαιο 1, μετά την αιτιώδως τεκμηριωμένη λύση των εκ της συστηματικής αποδομήσεως ακροτάτων στοιχειωδών προβλημάτων, επέρχεται το στάδιο της αιτιώδους ανασύνθεσης, το οποίο από τα επιλυμένα στοιχειώδη προβλήματα (καταστάσεις) αναδομεί με διαδικασίες αιτιώδους σύζευξης τις αμέσως πιο περίπλοκες καταστάσεις.

Αυτή η αναδόμηση θεωρείται επιτυχής, όταν η αναδομημένη πιο περίπλοκη κατάσταση εξηγείται πλήρως, αν έχοντας σαν «είσοδο» τα αποτελέσματα των απλούστερων συνθετικών της, ερμηνεύεται πλήρως με την χρήση των κανόνων/ νόμων, οι οποίοι «εξήγησαν» τα συστατικά της ΚΑΙ από τους νέους κανόνες/ νόμους σύζευξης και αλληλεπίδρασης των συνθετικών αυτών μερών!

Είναι, λοιπόν, καταφανές, ότι κάθε διαδικασία αιτιώδους αποδόμησης σε μεγάλο «βάθος», όπως και η ΠΙΟ ΠΕΡΙΠΛΟΚΗ αναστροφή διαδικασία αιτιώδους αναδόμησης, είναι επιρρεπής σε αποτυχία, καθώς τα βήματα αποδόμησης οδηγούν σε επεκτεινόμενα ν-αδικά δένδρα και, επιπρόσθετα, κάθε μια από τις ν διαδρομές υποστηρίζεται από ένα σοβαρό πλήθος κανόνων/ νόμων.

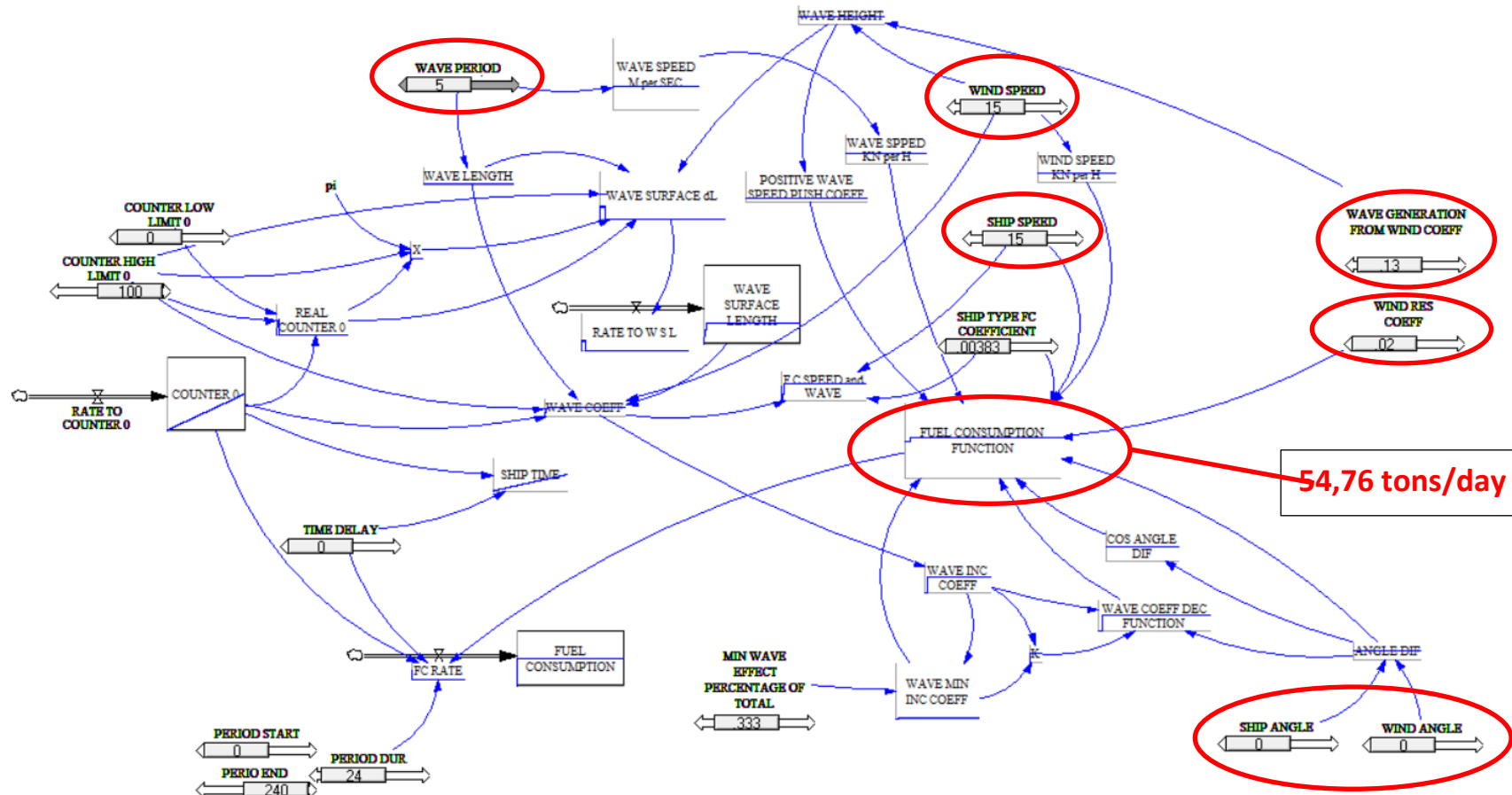
Η παραπάνω προσέγγιση δίνει μια θεωρητική εξήγηση για το γεγονός, ότι η Ρευστοδυναμική βρίσκεται, όπως αναφέραμε και νωρίτερα, ακόμα πολύ μακριά από την αιτιωδώς ανασυνθετική πλήρη εξήγηση των φαινομένων με το οποία ασχολείται!

Είναι, λοιπόν, επόμενο, όλες οι προσεγγίσεις για την μελέτη **πολυσύνθετων πολυσυστημάτων**, να στηρίζεται ΚΑΙ σε αιτιωδώς εξηγημένες συμπεριφορές/ καταστάσεις υποσυστημάτων (συνήθως ιδιαίτερα απλοποιημένων/ εξασθενημένων) του μελετώμενου πολυσύνθετου πολυσυστήματος αλλά ΚΑΙ σε υποχρεωτικές «ολιστικές προσεγγίσεις» των συμπεριφορών/ καταστάσεων είτε υποσυστημάτων του μελετώμενου πολυσύνθετου πολυσυστήματος, αλλά σε **βαθμό αποδόμησης ελαχίστων βημάτων** ή/ και του ίδιου του μελετώμενου πολυσυστήματος!

Αυτές πλέον οι «ολιστικές προσεγγίσεις»/ ερμηνείες ΔΕΝ αφορούν αιτιώδεις βηματικές αναδομήσεις από προηγούμενα μέρη, αλλά την μεθοδολογικά ισχυρά τεκμηριωμένη εξέταση και ερμηνεία γι την παραγωγή ΟΧΙ φυσικών αλλά «συμπεριφορικών» κανόνων για το μελετώμενο πολυσυστήμα!

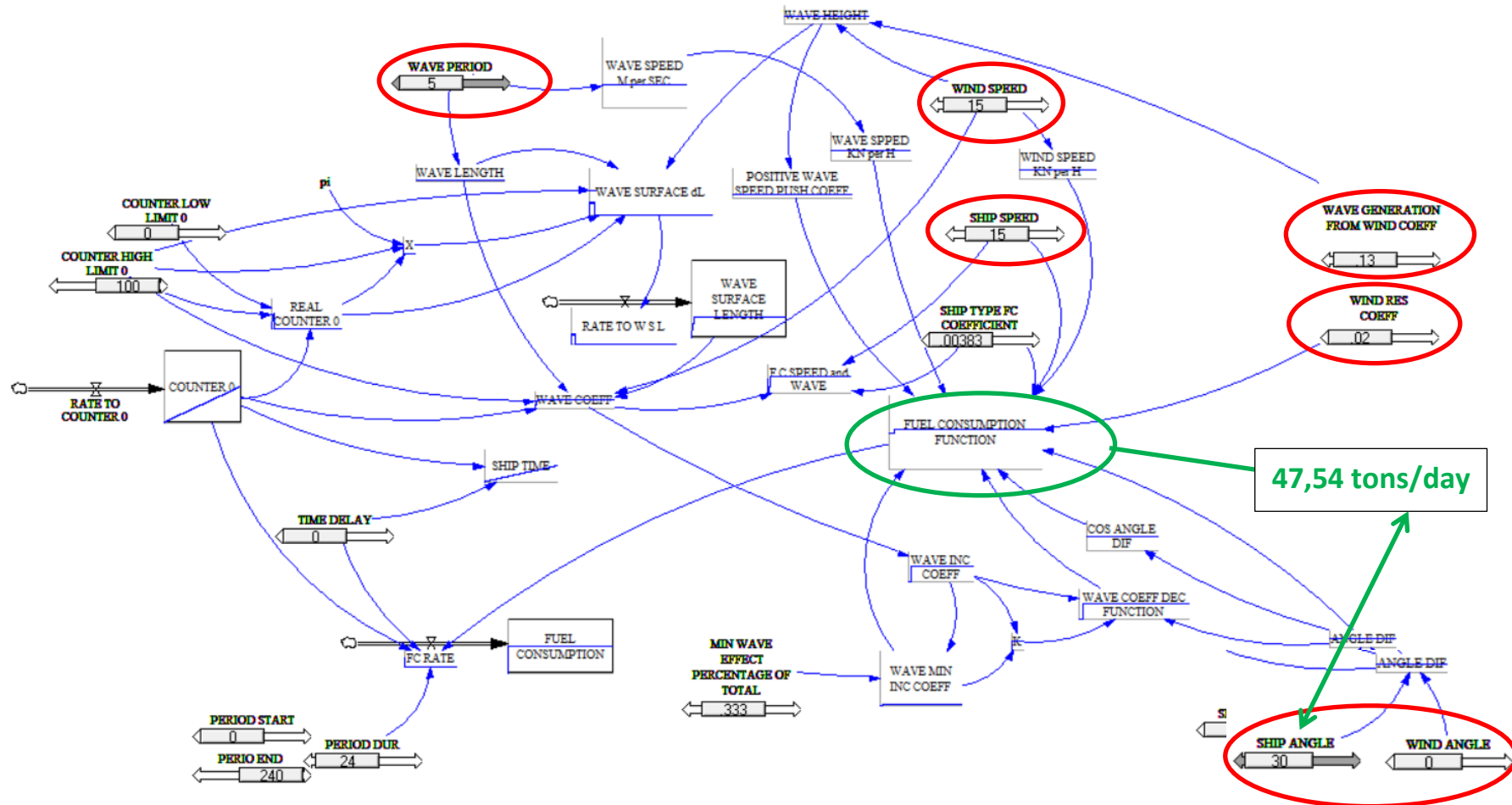
Καθώς, όπως ήδη έχουμε καταδείξει στα προηγούμενα κεφάλαια της εργασίας μας αυτής, η Συστημική Προσέγγιση χαρακτηρίζεται (και) από την ολιστική συμπεριφορική εκτίμηση αλλά και, επίσης, στοχεύει σε αυτήν, εμείς προσεγγίσαμε το εξαιρετικά πολύπλοκο πρόβλημα της **«πλεύσης πλοίου»** εκκινώντας από καταγεγραμμένες παρατηρήσεις ολιστικών συμπεριφορών πολυσύνθετων πολυσυστημάτων, τις οποίες εντάξαμε με κατάλληλες συναρτησιακές εξαρτήσεις και τεχνικές σε ένα μοντέλο συστημικής δυναμικής, που αναπτύξαμε με το Vensim PLE, όπως το εξελίξαμε, ώστε να υποστηρίζει πλήρεις χειρισμούς του συστημικού χρόνου!

**Model for Commercial Ship's Voyage Fuel Consumption Estimation: voyage condition 1**



Στο συγκεκριμένο μοντέλο λαμβάνονται υπ' όψιν μαθηματικοί τύποι και πίνακες αντιστοιχίων παραμέτρων και κατανάλωσης από τον πραγματικό κόσμο και οι ακόλουθες συνθήκες, που εμφανίζονται κατά την πλεύση του εμπορικού πλοίου: Η ταχύτητα του πλοίου, που προκαλεί υδροδυναμική και αεροδυναμική αντίσταση, η ταχύτητα του ανέμου, που προκαλεί κύματα με διαφορετικό ύψος και περίοδο και αντιστέκεται στην κίνηση του πλοίου ή το στρώχνει. Εδώ το πλοίο αναφοράς είναι εμπορικό μεταφορικής ικανότητας 3000 εμπορευματοκιβωτίων.

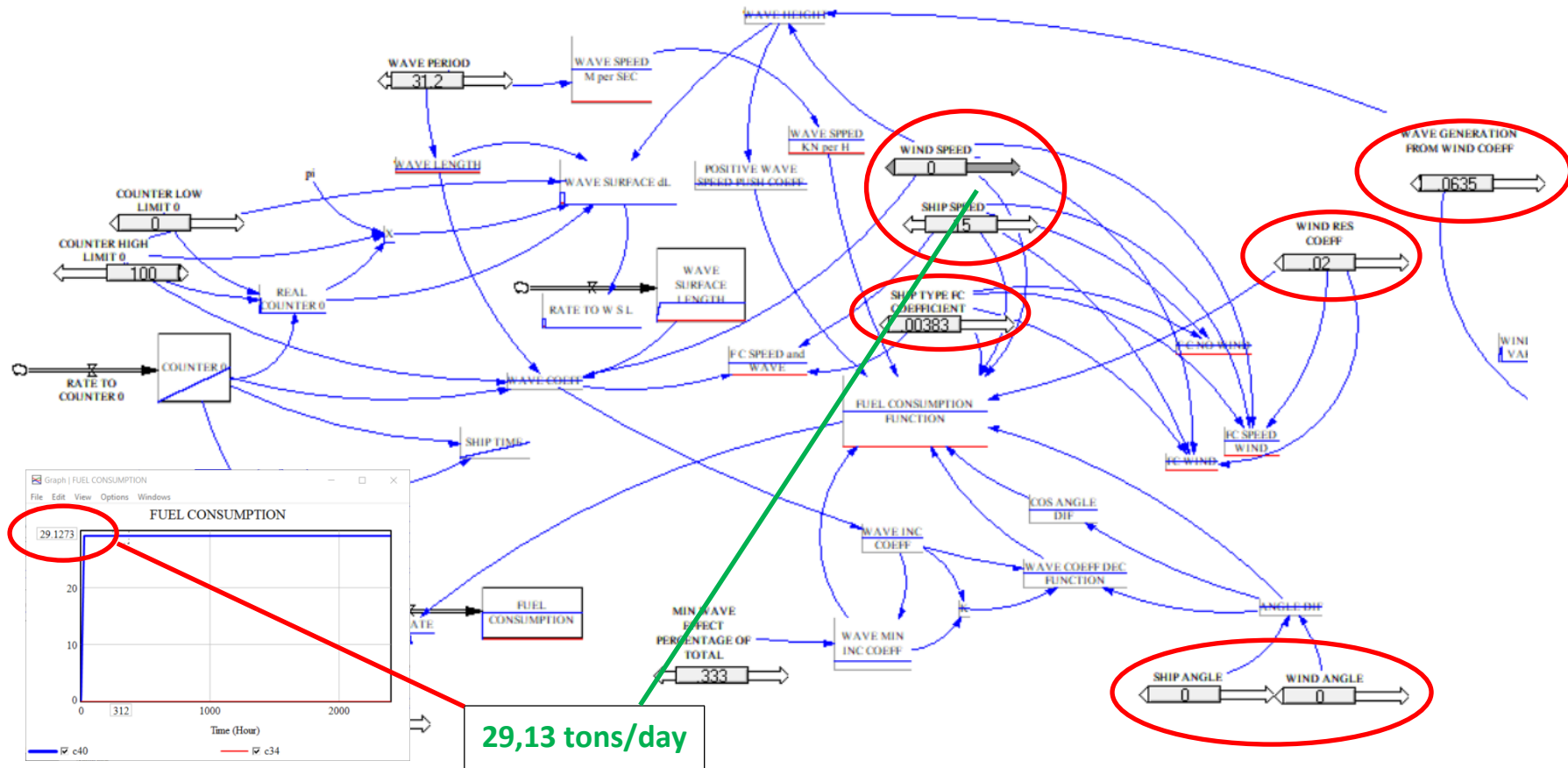
**Model for Commercial Ship's Voyage Fuel Consumption Estimation: voyage condition 2**



Παρατηρούμε, ότι στροφή του πλοίου, ώστε να προσβάλει τον πνέοντα άνεμο και, επομένως, και τον επαγόμενο κυματισμό υπό γωνία 30 μοιρών προκαλεί μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά 8,51 τόνους ανά ημέρα! (από 59, 51 τόνους/ ημέρα σε 50,92 τόνους/ ημέρα για ίδια ταχύτητα πλοίου και ίδια ταχύτητα αέρα και επαγόμενο κυματισμό ίσης περιόδου)



**Model for Commercial Ship's Voyage Fuel Consumption Estimation: voyage condition 3**



Φαίνεται η σοβαρότατη οικονομία καυσίμων για πλεύση σε συνθήκες νηνεμιάς!

Η πλεύση σε συνθήκες νηνεμιάς σε σχέση με την «όλως ενάντια» πλεύση προς τον κυματισμό (ship angle = 0) σε συνθήκες εναντίου ανέμου 35 km/h απαιτεί κατανάλωση 20 τόνων λιγότερου καυσίμου ανά ημέρα

**Ανασκόπηση των τριών προσομοιώσεων του Μοντέλου****1<sup>η</sup> περίπτωση**

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΛΟΙΟΥ	15 κόμβοι
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	15 m/sec (29,16 Kn/h)
ΥΨΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	2,98 m
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	7 sec
ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	39 m
ΓΩΝΙΑ ΠΛΕΥΣΗΣ - ΑΝΕΜΟΥ	0 μοίρες

**2<sup>η</sup> περίπτωση**

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΛΟΙΟΥ	15 κόμβοι
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	15 m/sec (29,16 Kn/h)
ΥΨΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	2,98 m
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	7 sec
ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	39 m
ΓΩΝΙΑ ΠΛΕΥΣΗΣ - ΑΝΕΜΟΥ	30 μοίρες

**3<sup>η</sup> περίπτωση**

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΛΟΙΟΥ	15 κόμβοι
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	0 km/h
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	
ΓΩΝΙΑ ΠΛΕΥΣΗΣ - ΑΝΕΜΟΥ	0 μοίρες

## Συμπεράσματα

Η αβεβαιότητα και η πολυπλοκότητα, που χαρακτηρίζουν τα πολυσύνθετα και πολυεπλεγμένα συστήματα καθιστούν αδύνατη την διαχείρισή τους με τις μεθόδους της αιτιώδους Ανάλυσης και της αιτιώδους ανασύνθεσης, οπότε χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί μια άλλη προσέγγιση αντίληψης, κατανόησης, επιστάσις και χειρισμού, η οποία να διαχειρίζεται το μελετώμενο σύστημα και τα συμπλεκόμενα υποσυστήματά του στο υψηλότερο δυνατό επίπεδο.

Αύτη η προσέγγιση είναι η Συστημική Σκέψη (Systemic Thinking)

Η ολιστική αντίληψη, την οποία προσφέρει η Συστημική Σκέψη για το μελετώμενο σύστημα σε συνδυασμό με τις Συστημικές μεθοδολογίες και τα Συστημικά Εργαλεία αποτελεί την βάση αλλά και την διεργασιακή υποδομή, η οποία θα οδηγήσει σε «Επιχειρησιακή Νοημοσύνη»

Τα Συστημικά Εργαλεία, που χρησιμοποιήσαμε και αξιοποιήσαμε στην παρούσα εργασία μας απέδωσαν εντυπωσιακά αποτελέσματα εφαρμόσιμα στον πραγματικό κόσμο.

Η Μεθοδολογία DCSYM και το DCSYM case tool παρέχει δυσδιάστατη στρωματοποιημένη οπτικοποίηση (layered visualization) του μελετώμενου συστήματος και μπορεί να μετεξελιχθεί σε πανίσχυρο εργαλείο αξιολόγησης των συμπλεκόμενων Διεργασιακών Δομών και Διεργασιακών Ροών του συστήματος για την επίτευξη διαφορετικών αποτελεσμάτων, που καλείται να επιτύχει το εν λόγω σύστημα.

Θεωρούμε ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα την προοπτική της προσθήκης στην DCSYM δυναμικών δυνατοτήτων αναπροσαρμογής των εσωτερικών δομών του συστήματος και προσθήκη μηχανισμών αξιολόγησης των δυναμικά ναπροσαρμοζομένων δομών με την χρήση και μοντέλων συστημικής δυναμικής

Η οποία Συστημική Δυναμική στην παρούσα εργασία μας έδωσε την δυνατότητα να προσθέσουμε την απαραίτητη και εντυπωσιακή δυνατότητα της πλήρους διαχείρισης του συστημικού χρόνου ενός μοντέλου συστημικής δυναμικής. Οι αναφερόμενες δυνατότητες της ποιοτικής εκτίμησης της συμπεριφοράς πολυτοκίλων συστημάτων, όταν μεταβάλλονται οι αλληλεπιδράσεις τους με άλλα συστήματα ή και όταν υπό όρους μεταβάλλεται η Διεργασιακή Δομή τους, για να υποστηριχθούν και να επιτευχθούν άλλα σκοπούμενα αποτελέσματα, με την βοήθεια της μεταβολής κατάλληλα επιλεγμένων και συμπεπλεγμένων παραμέτρων, μας επιτρέπει να ισχυροποιούμε τα συστήματα λήψης αποφάσεων και να παράγουμε «επιχειρηματική ευφυΐα».

Θα στοχεύσουμε στο μέλλον σε προσθήκη δυνατοτήτων δυναμικής επέμβασης στις συναρτησιακές σχέσεις των μοντέλων δυναμικής προσομοίωσης, ενώ το μοντέλο λειτουργεί και θα διευρύνουμε τις ήδη εφαρμοστικά και επιχειρησιακά πολύ ενδιαφέρουσες προσομοιώσεις μας, ώστε να αφορούν περισσότερο πολυσύνθετες δομές και περιβάλλοντα.

## **Επίλογος - Σκέψεις για μελλοντική έρευνα**

Το επιστημονικό πεδίο και οι εφαρμογές της Συστημικής Ανάλυσης εν δυνάμει αφορούν όλη την παγκοσμίως υφιστάμενη λειτουργική δομή και αλληλεπιδραστικότητα όλων των υφισταμένων Συστημάτων καθώς και την μετεξέλιξή τους καθώς μεταβάλλεται το περιβάλλον τους αλλά και οι σκοποί και οι στόχοι τους.

Η αύξηση των υφισταμένων διεργασιικών εκτελεστών από το επίπεδο των ανθρώπων – μελών ενός Συστήματος (στοιχειώδεις διεργασιικοί εκτελεστές) έως το επίπεδο υπερπολύπλοκων συστημάτων με πλήθος εσωτερικών Υποσυστημάτων) αυξάνει με δραματικό εκθετικό ρυθμό την πολυπλοκότητα του σύγχρονου κόσμου, πράγμα το οποίο οδηγεί σε χαοτικές συγκεντρώσεις αλληλεπιδρώντων συστημάτων κάθε εύρους και λειτουργικότητας και διαδραστικότητας.

Αυτή η εκθετική αύξηση της πολυπλοκότητας έχει άμεση επίδραση στην δυνατότητα εφαρμογής του απαιτητού ελέγχου επί των λειτουργούντων συστημάτων καθώς και στην δυνατότητα της έγκαιρης και επιτυχούς αναπροσαρμογής των Συστημάτων, τα οποία αναγκαστικά αντιδρούν στην προρρηθείσα εκθετική αύξηση της πολυπλοκότητας δομών, συζεύξεων, στόχων, αποφάσεων και δράσεων.

Σε επόμενες εργασίες μας σκοπεύουμε να επικεντρώσουμε την προσοχή μας στην ανάλυση των στοιχείων, που οδηγούν προς καταστάσεις μη διαχειρίσιμης πολυπλοκότητας, στην δημιουργία αλγορίθμων διαχείρισης της πολυπλοκότητας αυτής, στην μελέτη της διαχείρισης και του ελέγχου των διεργασιικών αλυσίδων σε συσχετισμό με τον συστημικό χρόνο και στην μελέτη της υποστήριξη της Λήψεως Αποφάσεων μέσα στο εκθετικά απειριζόμενο Συστημικό πλέγμα.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Ξένη Βιβλιογραφία**

1. Ackoff, R.L., Creating the Corporate Future. John Wiley, Chichester, 1981
2. Allenna Leonard, PhD, A Viable System Model: Consideration Of Knowledge Management, August 1999
3. Alexander Osterwalder, Yves Pigneur, Business Model Generation, 2010
4. Alexander Osterwalder, Yves Pigneur, Value Proposition Design, 2010
5. Ashby, W.R., 1956. Introduction to Cybernetics. John Wiley, Chichester
6. Ashby, W.R., Principles OF The Organizing System, 1962
7. Beer, S., The viable system model: Its provenance, development, methodology and pathology, Journal of the Operational Research Society 35, 1984
8. Bertalanffy, L. von, 1968. General system theory: Essays on its foundation and development (revised edition). George Braziller, New York
9. Daniel H. Kim ad Colleen P.Lannon, Applying Systems Archetypes, 1997
10. Daniel H. Kim, Systems Archetypes Basics, From Story To Structure, 1998
11. Forrester J.W. Introduction to Coding Theory for Flow Equations of Complex Systems Models, 1961
12. Forrester, J.W., 1961. Industrial Dynamics. MIT Press, Cambridge MA
13. Fortune, J., Peters, G., 1995. Learning from Failure: The Systems Approach. John Wiley, Chichester
14. Russell L. Ackoff, Management Consultant & Systems Thinker, 1919 -2009
15. Stafford Beer, The Heart Of Enterprise, 1979
16. Vimla Devi Ramdoo & Oomesh Gukhool Applying System Dynamic to Software Quality Management, February 2017
17. William Braun, The System Archetypes, 2002
18. Christian Lindeen, Wind Resistance Generated by Containers on Reefer Vessels, Master Thesis, 2008
19. Vengatesan Venugopal, George H. Smith: The effect of wave period filtering on wave power extraction and device tuning
20. Maersk Shipping (2010). "Maersk Container Brochure". Maersk. Archived from the original on 2008-11-15. Retrieved 2008-10-25.
21. CIRCA (2008). "Glossary: TEU (Twenty-foot Equivalent Unit)". The European Commission. Archived from the original on 2008-04-14. Retrieved 2008-03-20.

22. Rowlett, Russ; [University of North Carolina at Chapel Hill](#) (2000). "How Many? A Dictionary of Units of Measurement". University of North Carolina at Chapel Hill. Retrieved 2008-03-20.
23. Bohlman, Michael (September 2001). "ISO's container standards are nothing but good news". ISO Bulletin. International Organisation for Standardisation: 15. Archived from the original (PDF) on 2014-10-16. Retrieved 2008-03-20.
24. Organisation for Economic Co-operation and Development (2002-06-19). "Twenty Foot Equivalent Unit (TEU)". Glossary of Statistical Terms. Organisation for Economic Co-operation and Development. Retrieved 2008-03-20.
25. Corbet, J., Wang, H., Winebrake, J. (2009). "The effectiveness and cost of speed reduction on emissions from international shipping." *Transportation Research* 14 (8): 593-598.
26. Ronen, D. (1982). "The effect of oil price on the optimal ship speed " *Journal of the Operational Research Society* 33: 1035-1040.
27. Ronen, D. (2011). "The effect of oil price on containership speed and fleet size." *Journal of the Operational Research Society* 62(1): 211-216.
28. Stopford, M. (2009). *Maritime economics*. London ; New York, Routledge.
29. Notteboom, T. and P. Carriou (2009). *Fuel Surcharge Practices of Container Shipping Lines: Is it About Cost Recovery or Revenue Making?* 2009 IAME Conference, Copenhagen, Denmark.
30. <https://planetcalc.com/4442/> - The waves and the wind. Wave height statistical forecasting
31. <https://planetcalc.com/4406/> - The waves and the wind. Calculation of wave characteristics

## Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Assimakopoulos, Nikitas, and Ioannis Theocharopoulos. "The Design and Control Systemic Methodology (DCSYM): a multi-agent modelling and operation platform." *International Journal of Applied Systemic Studies* 2.3 (2009)
2. N.Assimakopoulos & I.Theocharopoulos, 2007, Η Μεθοδολογία Της Δομής Προβλήματος Problem Structuring Methodology PSM
3. CSAP e-library, Systems Thinking + Archetypes.pdf, 2015
4. Dimitrios S.Varsos Introduction and Conceptual Fundamentals of Systems Thinking I, 2015
5. Dimitrios S.Varsos Introduction and Conceptual Fundamentals of Systems Thinking II, 2015
6. Dimitrios S.Varsos, Diagnosing The System For Organization, The Viable System Model, 2015
7. Papaioannou P. (2013). Using the Design and Control Systemic Methodology to calculate Systems Complexity. 9th. HSSS National & International Conference, Program & Abstracts
8. Νικήτας Α. Ασημακόπουλος, Ιωάννης Χ. Θεοχαρόπουλος και Νικόλαος Κ. Δημητρίου, Εφαρμογή της Συστημικής Σκέψης και της Συστημικής Δυναμικής στην Ανάλυση Διαδικασιών Μάθησης, 2005
9. Θεόδωρος Καραχάλιος, Ιωάννης Μπεσλεμές, Πορεία Δορμολόγησης Πλοίου – Weather Routing, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, «Πληροφορική και Υπολογιστική Βιοϊατρική», Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
10. Πολίτης Ξενοφών – Πανεπιστήμιο Πειραιά.- Διπλωματική Εργασία - «Χαμηλή Ταχύτητα Πλεύσης: Τεχνοοικονομική και περιβαλλοντική αξιολόγηση», 2016
11. [http://www.ortsa.gr/κύματα\\_επιφανείας/](http://www.ortsa.gr/κύματα_επιφανείας/) - Ιάσωνα Θαλασσινού