

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ**

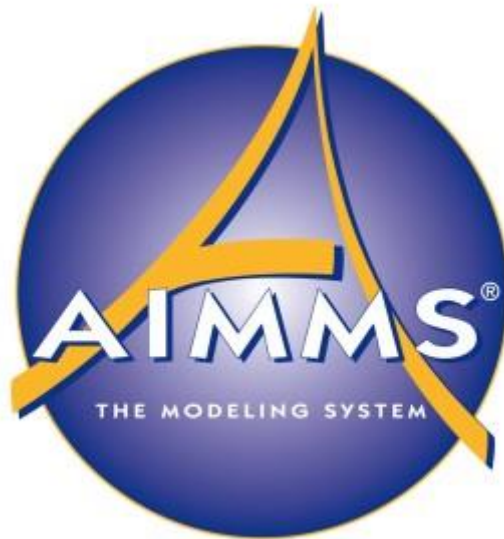
**ΕΔΡΑ ΠΑΤΡΑ**

**Τίτλος Εργασίας:**

**Το πρόγραμμα AIMMS. Μοντελοποίηση προβλημάτων**

**Title:**

**The AIMMS program. Problems modeling**



**Παπαντωνίου Γεώργιος, AM 8998**

**Γρούσπας Ιωάννης, AM 9087**

**Επιβλέπων Καθηγήτρια: Μιχοπούλου Μαρία**

**Πάτρα 2015**

## Επιτελική Σύνοψη

Η παρούσα πτυχιακή εξετάζει την μαθηματική γλώσσα προγραμματισμού AIMMs, την συνεισφορά της στην λήψη επιχειρησιακών αποφάσεων, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της καθώς και τα πλεονεκτήματά της σε σχέση με τον ανταγωνισμό. Στη συνέχεια η εργασία προχωράει στην οικοδόμηση ενός μαθηματικού μοντέλου, όπου περιγράφονται και αναλύονται εκτενώς οι διαδικασίες εισαγωγής των στοιχείων, το κτίσιμο του μοντέλου, οι παράμετροι και δείκτες που χρησιμοποιούνται, η επεξεργασία της λύσης και τέλος η εμφάνιση εναλλακτικών λύσεων, παράλληλα με την δημιουργία σεναρίων επιλογής της βέλτιστης λύσης. Τέλος, με βάση τα στοιχεία που αναφέρθηκαν παραπάνω, η πτυχιακή προβαίνει στην επίλυση ενός προβλήματος του πραγματικού κόσμου.

## Executive Summary

The dissertation, examines the AIMMs Programming Language, its contribution to the decision making process, its specific characteristics and its benefits contrasting to the competition. Next, this work proceeds to the construction of a mathematical model in which the model construction, the parameters and indices in use, the manipulation of the solution, and finally, the indication of alternative solutions through the creation of relative scenarios are thoroughly described and analysed. Based on the findings of the previous section the dissertation concludes by solving a real world problem.

## Πίνακας περιεχομένων

Επιτελική Σύνοψη .....	0
Executive Summary.....	1
Ευρετήριο Πινάκων.....	5
Ευρετήριο Εικόνων .....	5
Εισαγωγή Πτυχιακής Εργασίας.....	8
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> – Ανασκόπηση Προγραμμάτων Γραμμικού Προγραμματισμού .....	9
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> - Εισαγωγή στην γλώσσα προγραμματισμού AIMMS .....	13
2.1 Γενικά .....	13
2.2 Χαρακτηριστικά της AIMMS .....	13
2.3 Χρήση του AIMMS στη βιομηχανία .....	15
2.4 Πλεονεκτήματα του AIMMS έναντι του ανταγωνισμού.....	15
2.4.1 Ολοκληρωμένο και εύκαμπτο περιβάλλον μοντελοποίησης.....	15
2.4.2 Μείωση κόστους, χρόνου ανάπτυξης και επιχειρησιακού ρίσκου.....	16
2.4.3 Υψηλή ευλυγισία και διαβάθμιση .....	17
2.4.4 Υψηλή Αποδοτικότητα .....	17
2.4.4 Εύκολο στην εκμάθηση και την χρήση.....	17
2.4.5 Χρησιμοποιείται σε μεγάλο εύρος εφαρμογών .....	18
2.5 Εργαλεία και οδηγοί της AIMMS.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> – Περιγραφή της Γλώσσας AIMMS .....	20
3.1 Σκοπός του οδηγού.....	20
3.2 Περιγραφή του προβλήματος και κατάσταση μοντέλου .....	20
3.3 Μία προεπισκόπηση του αποτελέσματος .....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> - Κατασκευή του μοντέλου .....	25
4.1 Ξεκινώντας ένα καινούριο έργο (project) .....	25
4.2 Model Explorer .....	26
4.3 Εισαγωγή συνόλων και δεικτών .....	27

4.4 Εισαγωγή παραμέτρων και μεταβλητών .....	29
4.5 Εισαγωγή περιορισμών και το μαθηματικό πρόγραμμα.....	32
4.6 Προβολή των αναγνωριστικών .....	35
Κεφάλαιο 5 <sup>ο</sup> – Εισαγωγή και αποθήκευση δεδομένων .....	40
5.1 Εισαγωγή δεδομένων συνόλου .....	40
5.2 Εισαγωγή δεδομένων παραμέτρων .....	41
5.3 Αποθήκευση των δεδομένων .....	43
Κεφάλαιο 6 <sup>ο</sup> – Επίλυση του μοντέλου .....	46
6.1 Υπολογισμός της λύσης .....	46
Κεφάλαιο 7 <sup>ο</sup> – Υλοποιώντας μια σελίδα .....	49
7.1 Υλοποίηση μιας νέας σελίδας.....	49
7.2 Παρουσιάζοντας τα δεδομένα εισόδου .....	49
7.3 Παρουσίαση των δεδομένων εξόδου .....	53
7.4 Ολοκλήρωση της σελίδας.....	55
Κεφάλαιο 8 <sup>ο</sup> – Εκτελώντας σενάρια .....	60
8.1 Τροποποιώντας δεδομένα εισόδου .....	60
Κεφάλαιο 9 <sup>ο</sup> – Παράδειγμα Χρήσης της Γλώσσας Προγραμματισμού AIMMS .....	62
9.1 Εισαγωγή – Ορισμός Προβλήματος.....	62
9.2 Ανάλυση του προβλήματος .....	65
9.3 Υλοποίηση του προβλήματος.....	66
9.3.1 Σύνολα.....	66
9.3.2 Παράμετροι .....	70
9.3.3 Μεταβλητές .....	71
9.3.4 Περιορισμοί.....	73
9.4 Μαθηματικό Πρόβλημα .....	75
9.5 Εισαγωγή τιμών παραμέτρων.....	78
9.6 Εκτέλεση του προγράμματος - Αποτελέσματα .....	82

Συμπεράσματα.....	85
Βιβλιογραφία.....	86

## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικά Χαρακτηριστικά Μοντελοποίησης Αλγεβρικών Γλωσσών .....	11
Πίνακας 2: Συγκεντρωτικά Χαρακτηριστικά Διεπαφής Αλγεβρικών Γλωσσών.....	12
Πίνακας 3: Δεδομένα εισαγωγής για το πρόβλημα μεταφοράς της μπίρας .....	21
Πίνακας 4: Κόστος αποστολής από τα σημεία διανομής στον πελάτη .....	63
Πίνακας 5: Αριθμός παραγγελιών ανά εταιρία - πελάτη .....	64

## Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Χάρτης της Ολλανδίας .....	23
Εικόνα 2: Σελίδα Εισερχομένων - Εξερχομένων .....	24
Εικόνα 3: Οδηγός Νέου Έργου (NewProjectWizard) .....	26
Εικόνα 4: Αρχικό δένδροειδές μοντέλο.....	27
Εικόνα 5: Φόρμα αρχικών ιδιοτήτων του συνόλου (set) των μονάδων παραγωγής (plants)	28
Εικόνα 6: Ενδιάμεσο δένδροειδές μοντέλο.....	28
Εικόνα 7: Ενδιάμεσο δένδροειδές μοντέλο.....	30
Εικόνα 8: Ο wizard εύρους του AIMMS .....	31
Εικόνα 9: Η ολοκληρωμένη φόρμα ιδιοτήτων της μεταβλητής "TotalTransportCost".....	32
Εικόνα 10: Η ολοκληρωμένη φόρμα ιδιοτήτων για τον περιορισμό "SupplyRestriction".....	32
Εικόνα 11: Η ολοκληρωμένη φόρμα ιδιοτήτων για τον περιορισμό "DemandRequirement"	33
Εικόνα 12: Η ολοκληρωμένη φόρμα ιδιοτήτων του μαθηματικού προγράμματος.....	33
Εικόνα 13: Ο οδηγός επιλογής αναγνωριστικού .....	34
Εικόνα 14: Το ολοκληρωμένο δένδρικό μοντέλο.....	35
Εικόνα 15: Επιθεώρηση μοντέλου ως κείμενο .....	36
Εικόνα 16: Μοντέλο ως κείμενο .....	37
Εικόνα 17: Παράθυρο επιθεώρησης ορισμών αναγνωριστικών .....	37
Εικόνα 18: Παράθυρο επιλογής αναγνωριστικού.....	38
Εικόνα 19: Παράθυρο διαχείρισης προβολών.....	39
Εικόνα 20: Σελίδα δεδομένων συνόλου "Plants".....	40
Εικόνα 21: Σελίδα δεδομένων για το σύνολο "Customers".....	41
Εικόνα 22: Σελίδα δεδομένων παραμέτρου "Supply".....	42
Εικόνα 23: Σελίδα δεδομένων παραμέτρου "Demand".....	42
Εικόνα 24: Σελίδα δεδομένων παραμέτρου "UnitTransportCost".....	42
Εικόνα 25: Πλαίσιο διαλόγου SaveCase.....	43

Εικόνα 26: Πλαίσιο διαλόγου AIMMSOptions .....	44
Εικόνα 27: Πλαίσιο διαλόγου LoadCase .....	45
Εικόνα 28: Η φόρμα ιδιοτήτων της διαδικασίας MainExecution .....	46
Εικόνα 29: Υπομενού Βοήθειας .....	47
Εικόνα 30: Παράθυρο προόδου εκτέλεσης .....	48
Εικόνα 31: Σελίδα δεδομένων εμφανίζοντας την επίλυση για την μεταβλητή "Transport" ....	48
Εικόνα 32: Ο PageManager με μια νέα σελίδα .....	49
Εικόνα 33: Οδηγός επιλογής αναγνωριστικού .....	51
Εικόνα 34: Σελίδα περιεχομένων πίνακα .....	52
Εικόνα 35: Πίνακας προβολής δεδομένων εισόδου .....	52
Εικόνα 36: Ενδιάμεση σελίδα εισόδου – εξόδου .....	53
Εικόνα 37: Πλαίσιο διαλόγου ιδιοτήτων ραβδογράμματος .....	54
Εικόνα 38: Σελίδα ενέργειας του πλαισίου διαλόγου επιλογών κουμπιού .....	56
Εικόνα 39: Μενού Object σελίδας σε κατάσταση επεξεργασίας .....	57
Εικόνα 40: Η σελίδα text του πλαισίου διαλόγου textproperties .....	57
Εικόνα 41: Η σελίδα font του πλαισίου διαλόγου textproperties .....	58
Εικόνα 42: Μια σελίδα εισόδου – εξόδου .....	59
Εικόνα 43: Διαδικασία μετακίνησης δεδομένων προσφοράς .....	60
Εικόνα 44: Επίδραση των αλλαγών στα δεδομένα προσφοράς .....	61
Εικόνα 45: Εξερευνητής μοντέλου .....	66
Εικόνα 46: Νέο σύνολο ορισμών "DistributionCenter" .....	66
Εικόνα 47: Φόρμα ιδιοτήτων "DistributionCenter" .....	67
Εικόνα 48: Σύνολο "Customer" .....	67
Εικόνα 49: Φόρμα ιδιοτήτων "Customer" .....	68
Εικόνα 50: Εξερευνητής μοντέλου προβολής τιμών συνόλου .....	68
Εικόνα 51: Τιμές συνόλου "DistributionCenter" .....	69
Εικόνα 52: Τιμές συνόλου "Customer" .....	69
Εικόνα 53: Παράμετρος "SalesPrice(c)" .....	70
Εικόνα 54: Παράμετροι "Demand(c), ShippingCost(c,d) και CostD(d) .....	70
Εικόνα 55: Μεταβλητή X(c,d) .....	71
Εικόνα 56: Φορμα ιδιοτήτων μεταβλητής X(c,d) .....	71
Εικόνα 57: Μεταβλητή "Revenue" .....	72
Εικόνα 58: Φόρμα ιδιοτήτων μεταβλητής "Revenue" .....	72

Εικόνα 59: Περιορισμός "DemandConstraint(c)" .....	73
Εικόνα 60: Φόρμα Ιδιοτήτων "DemandConstraint(c)" .....	73
Εικόνα 61: Περιορισμός "CapacityConstraint(d)" .....	74
Εικόνα 62: Φόρμα Ιδιοτήτων "CapacityConstraint(d)" .....	74
Εικόνα 63: Αναγνωριστικό "MathematicalProgram" .....	75
Εικόνα 64: Ορισμός "DecisionMakingModel" .....	76
Εικόνα 65: Φόρμα Ιδιοτήτων μαθηματικού προγράμματος .....	76
Εικόνα 66: Φόρμα Ιδιοτήτων "Maximize" .....	77
Εικόνα 67: Φόρμα Ιδιοτήτων "SolveDecisionMakingModel" .....	77
Εικόνα 68: Εξευρενητής Μοντέλου Εισαγωγής Τιμών Παραμέτρων .....	78
Εικόνα 69: Φόρμα Επεξεργασίας Δεδομένων SalesPrice .....	78
Εικόνα 70: Τιμές παραμέτρου "SalesPrice" .....	79
Εικόνα 71: Τιμές παραμέτρου "Demand" .....	80
Εικόνα 72: Τιμές παραμέτρου ShippingCost .....	81
Εικόνα 73: Τιμές "ShippingCost" .....	81
Εικόνα 74: Τιμές παραμέτρου "Cost" .....	81
Εικόνα 75: Εκτέλεση του προγράμματος .....	82
Εικόνα 76: Εμφάνιση αποτελέσματος .....	83
Εικόνα 77: Εμφάνιση τιμών μεταβλητής $X(c,d)$ .....	83
Εικόνα 78: Τελική Τιμή "Revenue" .....	84



## Εισαγωγή Πτυχιακής Εργασίας

Η γλώσσα AIMMS αποτελεί ένα ολοκληρωμένο Σύστημα Μοντελοποίησης με πλούσια χαρακτηριστικά περιβάλλοντος ανάπτυξης, το οποίο επιτρέπει στους εμπειρογνώμονες βελτιστοποίησης να δημιουργήσουν προσαρμοσμένες τεχνολογικά λύσεις βελτιστοποίησης (AIMMs.com, 2015).

Είναι ένα λογισμικό που διευκολύνει τα καλύτερα μοντέλα βελτιστοποίησης μέσω μοναδικών εργαλείων σχεδιασμού για την κατασκευή μοντέλων, μοντελοποίησης δεδομένων, καθώς και δημιουργίας γραφικής διεπαφής χρήστη. Επειδή η γραφική διεπαφή χρήστη είναι ολοκληρωμένη και ευέλικτη, οι χρήστες μπορούν να επικυρώσουν τα αποτελέσματα δημιουργώντας οπτικές αναπαραστάσεις στην οθόνη του υπολογιστή τους. Αυτό τους επιτρέπει να συμμετέχουν βαθύτερα σε ολόκληρη τη διαδικασία ανάπτυξης, η οποία αυξάνει την ταχύτητα και την επιτυχία των λύσεων AIMMS Modeling System, 2015).

Η ολοκληρωμένη μοντελοποίηση δεδομένων διαθέτει επίσης τη δυνατότητα των υπευθύνων του εταιρικών τμημάτων πληροφοριακών συστημάτων καθώς και άλλων ενδιαφερόμενων ομάδων να συνεργαστούν, ενώ τα δεδομένα προστίθενται στα σχετικά μοντέλα και αναλύονται.

Τα χαρακτηριστικά της γλώσσας προγραμματισμού AIMMS καθιστούν εύκολη την ανάπτυξη λύσεων χωρίς να θίγεται η συγκρότηση των προγραμματιστικών δομών. Η εύκολη εκμάθηση της γλώσσας, σε συνδυασμό με το πλούσιο γραφικό περιβάλλον, επιτρέπει στους χρήστες να κατασκευάσουν ολοκληρωμένες λύσεις σε μικρότερο χρονικό διάστημα σε σχέση με άλλα εργαλεία.

Η πτυχιακή εργασία, έχει λοιπόν ως στόχο την ενδελεχή εξέταση της γλώσσας προγραμματισμού AIMMS, του γραφικού της περιβάλλοντος, καθώς και των επιμέρους χαρακτηριστικών της. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη ανασκόπηση του συνόλου του λογισμικού γραμμικού προγραμματισμού και περιγράφονται τα κύρια στοιχεία τους. Το κεφάλαιο 2, αναφέρεται στα χαρακτηριστικά της AIMMS και στα πλεονεκτήματα που έχει έναντι των ανταγωνιστικών της προϊόντων. Στη συνέχεια το κεφάλαιο 3 προχωράει σε μια εκτενή περιγραφή της γλώσσας και την περιγραφή του βασικού προβλήματος. Το κεφάλαιο 4 αφορά την κατασκευή του βασικού μοντέλου, ενώ το κεφάλαιο 5 εστιάζει στην εισαγωγή των δεδομένων του προβλήματος. Το κεφάλαιο 6 προβαίνει στον υπολογισμό των λύσεων, ενώ το κεφάλαιο 7 προβαίνει στην εξαγωγή των συμπερασμάτων μέσα από τα δεδομένα εξόδου. Το κεφάλαιο 8 κλείνει την διαδικασία επίλυσης του

προβλήματος με την δημιουργία σεναρίων. Τέλος το κεφάλαιο 9 επιλύει ένα πρακτικό παράδειγμα, εξηγώντας βήμα – βήμα την διαδικασία επίλυσής του.

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> – Ανασκόπηση Προγραμμάτων Γραμμικού Προγραμματισμού

Στην αγορά κυκλοφορούν πολλά συστήματα βελτιστοποίησης μοντέλων που έχουν σχεδιαστεί γύρω εξειδικευμένες αλγεβρικές γλώσσες μοντελοποίησης. Οι γλώσσες αυτές χρησιμοποιούν προσαρμογές από την ήδη γνωστή μαθηματική σημειογραφία για να περιγράψουν τα προβλήματα βελτιστοποίησης, όπως είναι:

- η ελαχιστοποίηση ή η μεγιστοποίηση των αλγεβρικών εκφράσεων σε αποφάσεις αριθμητικών μεταβλητών
- τα υποκείμενα σε περιορισμούς που εκφράζονται ως ισότητες ή ανισότητες μεταξύ των αλγεβρικών εκφράσεων στις μεταβλητές απόφασης.

Οι προηγμένοι μεταφραστές γλωσσών καθώς και οι διεπαφές για τις γλώσσες αυτές παρέχουν υποστήριξη για την απλοποίηση και την ανάλυση των μοντέλων. Ορισμένα από αυτά τα μοντέλα προβλέπουν επίσης επεκτάσεις γλωσσών για την περιγραφή αλγοριθμικών συστημάτων που αντιμετωπίζουν δύσκολα προβλήματα με εναλλάξ επίλυση αλληλοσυνδεδεμένων υπο-προβλημάτων.

Μερικές από τις εμπορικές αλγεβρικές γλώσσες μοντελοποίησης είναι οι παρακάτω AMPL (2014), IBMILGCPLEX (2015), :

- AMPL, γλώσσα υπολογιστών για την περιγραφή της παραγωγής, της διανομής, της μίξης και του σχεδιασμού, καθώς και πολλών άλλων ειδών προβλημάτων τα οποία είναι πιο γνωστά γενικότερα ως βελτιστοποίηση μεγάλης κλίμακας ή ως μαθηματικός προγραμματισμός.
- GAMS, μία από τις πρώτες γλώσσες αυτού του είδους, η οποία σήμερα χρησιμοποιείται ευρέως σε ορισμένες βιομηχανίες.
- IBM ILOGCPLEX, μια σειρά προγραμματιστικών εργαλείων υποστήριξης αναλυτικών αποφάσεων
- XPRESS, ακόμα ένα λογισμικό επίλυσης μαθηματικών μοντέλων και βελτιστοποίησης λύσεων

- MGG, ακόμα μία από τις πρώτες γλώσσες μαθηματικού προγραμματισμού με μακρά ιστορία υποστήριξης.
- LINGO, η πιο ισχυρή έκδοση της δίδυμης γλώσσας LINDO που χρησιμοποιούνται ευρέως στη στοιχειώδη εκπαίδευση.
- MPL, ξεχωρίζει για τις συνδέσεις της γραφικής του διεπαφής και τη βάση δεδομένων του.

Κάθε μία από τις παραπάνω γλώσσες έχει ιδιαίτερα πλεονεκτήματα για ορισμένες κατηγορίες προβλημάτων. Αποτελούν τη πιο φυσική μορφή για πολλές κατηγορίες προβλημάτων, όπως επίσης αποτελούν μία από τις πιο φυσικές μορφές για μια ακόμη ευρύτερη ποικιλία κατηγοριών προβλημάτων.

Στο παρακάτω πίνακα φαίνονται τα χαρακτηριστικά του κάθε προϊόντος ξεχωριστά όσον αφορά τα χαρακτηριστικά της μοντελοποίησης (βλ. Πίνακας 1: Συγκεντρωτικά Χαρακτηριστικά Μοντελοποίησης

Χαρακτηριστικά Μοντελοποίησης	AIMMS	GAMS	CPLEX	Xpress	AMPL	MPL	Lingo
			Studio	Mosel			
Επιλογές Γλώσσας							
<b>Μαθηματικός Προγραμματισμός</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Συγκεντρωτικές καταστάσεις</b>	✓	✓	✓	✓	✓		✓
<b>Ροής Ελέγχου</b>							
<b>Διαδικασίες</b>	✓			✓	✓		
<b>Ορισμοί</b>	✓				✓		
<b>Λειτουργίες Διόρθωσης</b>	✓						
<b>Μοντέλου</b>							
<b>Διαχείριση Περιπτώσεων</b>	✓	✓					
<b>Μονάδες μετρήσεων</b>	✓						
<b>Ημερολόγια και Χρονικοί</b>	✓						
<b>Οριζοντες</b>							
<b>Τεχνολογία Συντελεστών</b>	✓						
<b>Διαχείριση Χρηστών</b>	✓						
Αναπτυξιακή Διεπαφή							
<b>Windows IDE</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Θέαση Προσαρμοσμένων</b>	✓						
<b>Μοντέλων</b>							
<b>Μοντέλα βασισμένα σε ASCII</b>	✓ (μόνο θέαση)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Μοντέλα Δενδρικής Δομής</b>	✓						
<b>Διαγνωστικά Εργαλεία (Παραπο</b>	✓	✓			✓		

<b>μπές/Διορθωτές/Σχεδιαστές)</b>								
<b>Επιθεωρητής Μαθηματικού Προγραμματισμού</b>	✓							
<b>Υποστήριξη Πολλαπλών Παραγόντων Ανάπτυξης</b>	✓							
Επιλογές Οδηγού Λύσεων								
<b>LP/MIP</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>QP</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>NLP</b>	✓	✓		✓(SLP)	✓	✓	✓	✓
<b>MINLP</b>	✓	✓		✓(SLP)	✓	✓	✓	✓
<b>MCP</b>	✓	✓			✓	✓		
<b>CP</b>	✓		✓	✓				
<b>Global</b>	✓	✓					✓	✓
<b>Πολλαπλά Προγράμματα Μαθηματικών</b>	✓	✓						
<b>Στοχαστικός Προγραμματισμός</b>	✓	✓		✓				
<b>Σθεναρή Βελτιστοποίηση</b>	✓							
Ενσωματωμένες Επιλογές Ασφάλειας								
<b>Κρυπτογράφηση Μοντέλου (μονής ή διπλής κατεύθυνσης)</b>	✓							
<b>Προσωπική άδεια VAR</b>	✓							

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικά Χαρακτηριστικά Μοντελοποίησης Αλγεβρικών Γλωσσών. Πηγή: AIMMs Mathematical Modeling Tools (2015)

Ο παρακάτω πίνακας αφορά τα χαρακτηριστικά της διεπαφής χρήστη, του κάθε προϊόντος (βλ. Πίνακας 2: Συγκεντρωτικά Χαρακτηριστικά Διεπαφής Αλγεβρικών Γλωσσών)

<b>Χαρακτηριστικά Διεπαφής</b>	AIMMS	GAMS	OPL	Xpress	AMPL	MPL	Lingo
			Studio	Mosel			
Ενσωματωμένος Οδηγός Γραφικού Περιβάλλοντος Τελικού Χρήστη	✓						
<b>Προσαρμοσμένες Θεάσεις Δεδομένων</b>	✓						
<b>Υποστήριξη GIS</b>	✓						
<b>Διαδραστικά Δεδομένα &amp; Γραφικές Οθόνες</b>	✓						
<b>Προσαρμοσμένοι Pivot Πίνακες (Προγραμματιστή και Τελικού Χρήστη)</b>	✓						
<b>Ολοκληρωμένη διεπαφή Web (Προγραμματιστή και Τελικού Χρήστη)</b>	✓						

Χρήστη)							
Ενσωματωμένη Συνδεσιμότητα							
<b>ODBC/OLE DB</b>	✓		✓	✓	✓	✓	
<b>Excel Link</b>	✓						✓
<b>OpenOfficeCalcLink</b>	✓						
<b>XML</b>	✓						✓
<b>Εξωτερικές Λειτουργίες</b>	✓	✓		✓	✓		
Λειτουργίες Ανάπτυξης Έτοιμες για Χρήση							
<b>Εκδόσεις για Unix / Linux</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>C++ APIs</b>	✓		✓	✓			✓
<b>Java APIs</b>	✓		✓	✓			
<b>.Net APIs</b>	✓		✓	✓			
<b>COM object</b>	✓		✓				✓
<b>Excel Add-in</b>	✓						✓
<b>Web Services</b>	✓						
<b>Πακέτα Μεμονωμένων Αρχείων</b>							
<b><a href="#">AIMMSPRO</a>: Χώρος αποθήκευσης Επιχειρησιακών Εφαρμογών για την Ανάπτυξη των Εφαρμογών του AIMMS</b>	✓						

✓ : Διαθέσιμο

Πίνακας 2: Συγκεντρωτικά Χαρακτηριστικά Διεπαφής Αλγεβρικών Γλωσσών. Πηγή: AIMMS Mathematical Modeling Tools (2015)

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> - Εισαγωγή στην γλώσσα προγραμματισμού AIMMS

### 2.1 Γενικά

Το AIMMS (ακρωνύμιο για Advanced Interactive Multidimensional Modeling System – Προχωρημένο Διαδραστικό Πολυδιάστατο Σύστημα Μοντελοποίησης), αποτελεί έναν λογισμικό σύστημα σχεδιασμένο για την μοντελοποίηση και επίλυση μεγάλης κλίμακας προβλημάτων βελτιστοποίησης, όπως επίσης και προβλημάτων προγραμματισμού κατανομής χρόνου. Το AIMMS, αποτελείται από τρία μέρη: α) την αλγεβρική γλώσσα μοντελοποίησης, β) ένα ενσωματωμένο περιβάλλον ανάπτυξης και γ) ένα γραφικό περιβάλλον χρήστη. Το λογισμικό πλαισιώνεται από πολλαπλές μεθόδους λύσεων μέσα από το Ανοικτό Περιβάλλον Λύσεων (Open Solver Interface), το οποίο όμως δεν πρέπει να συγχέεται με το αντίστοιχο COIN-OR περιβάλλον το οποίο αποτελεί λογισμικό ανοικτού κώδικα, σε αντίθεση με το AIMMS. Το πρόγραμμα υποστηρίζει ένα εύρος από οδηγούς λύσεων προβλημάτων, συμπεριλαμβανομένων των: CPLEX, Gurobi, MOSEK, CBC, Conopt, MINOS, IPOPT, SNOPT, KNITRO και CP Optimizer (Paragon Decision Technology, 2009).

### 2.2 Χαρακτηριστικά της AIMMS

Το AIMMS, εμφανίζει ένα σύνολο δηλωτικών και υποχρεωτικών προγραμματιστικών στυλ. Η μορφοποίηση των μοντέλων βελτιστοποίησης γίνεται μέσα από στοιχεία της δηλωτικής γλώσσας όπως είναι τα σύνολα και οι δείκτες καθώς επίσης και οι βαθμωτοί ή πολυδιάστατοι παράμετροι, μεταβλητές και περιορισμοί, που είναι κοινά σε όλες τις αλγεβρικές γλώσσες μοντελοποίησης και επιτρέπουν μια συγκροτημένη περιγραφή των περισσότερων προβλημάτων στο πεδίο της μαθηματικής βελτιστοποίησης. Οι μονάδες μέτρησης ενσωματώνονται στη γλώσσα, ενώ η ανάλυση μονάδων μετάφρασης γλωσσών και χρόνου εγκατάστασης κοινής γλώσσας μπορεί να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να εντοπιστούν λάθη στην διαδικασία μοντελοποίησης (AIMMS Implementation Approaches, 2015).

Διαδικασίες και δηλώσεις ροής ελέγχου είναι διαθέσιμες στην AIMMS για:

- Την ανταλλαγή δεδομένων από εξωτερικές πηγές όπως είναι τα λογιστικά φύλλα, οι βάσεις δεδομένων, και τα αρχεία κειμένου ή XML
- Την διεξαγωγή προ και μετά επεξεργασιών σχετικά με τα μοντέλα βελτιστοποίησης
- Τον χειρισμό διεπαφών συμβάντων

- Την κατάρτιση υβριδικών αλγορίθμων για τύπους προβλημάτων για τα οποία δεν υπάρχουν διαθέσιμοι οδηγοί προβλημάτων

Προκειμένου να υποστηρίξει την επαναχρησιμοποίηση κοινών στοιχείων μοντελοποίησης, η γλώσσα AIMMS επιτρέπει στους δημιουργούς των μοντέλων να οργανώσουν τον μοντέλο τους μέσα από βιβλιοθήκες μοντελοποίησης χρηστών.

Η γλώσσα προγραμματισμού AIMMS υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα μαθηματικών τύπων βελτιστοποίησης προβλημάτων όπως (AIMMS Mathematical Programming, 2015):

- Γραμμικός προγραμματισμός
- Τετραγωνικός προγραμματισμός
- Μη – γραμμικός προγραμματισμός
- Προγραμματισμός πολλαπλών ακεραίων αριθμών
- Μη γραμμικός προγραμματισμός πολλαπλών ακεραίων αριθμών
- Παγκόσμια βελτιστοποίηση
- Στοχαστικός προγραμματισμός
- Σθεναρή βελτιστοποίηση
- Προγραμματισμός περιορισμών

Η αβεβαιότητα μπορεί να ληφθεί υπόψη από το AIMMS μέσα από ντετερμινιστικά, γραμμικά και πολλαπλών ακεραίων αριθμών, μοντέλα μέσα από τον προσδιορισμό επιπρόσθετων ιδιοτήτων, με τέτοιο τρόπο ώστε οι στοχαστικές ή οι τεχνικές σθεναρής βελτιστοποίησης να εφαρμόζονται ταυτόχρονα με τις υπάρχουσες ντετερμινιστικές τεχνικές λύσεων. Με την AIMMS μπορούν να κατασκευαστούν αλγόριθμοι υβριδικοί και αποσύνθεσης, ειδικά διαμορφωμένοι και προσαρμοσμένοι από τον χρήστη, χρησιμοποιώντας το σύστημα βιβλιοθήκης GMP το οποίο καθιστά διαθέσιμο στο επίπεδο μοντελοποίησης πολλά από τα βασικά δομικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται εσωτερικά από τις μεθόδους υψηλότερου επιπέδου λύσεων που υπάρχουν στο AIMMS, όπως είναι οι μέθοδοι τροποποίησης μήτρας, καθώς και τα εξειδικευμένα βήματα για την προσαρμογή αλγορίθμων λύσεων για συγκεκριμένους τύπους προβλημάτων (AIMMS, Uncertainty Modeling, 2015).

Οι βελτιστοποιήσεις των λύσεων που δημιουργήθηκαν με τη γλώσσα προγραμματισμού AIMMS μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως αυτόνομες εφαρμογές σταθερών υπολογιστών γραφείου ή

μπορούν να ενσωματωθεί ως συστατικό λογισμικού σε άλλες εφαρμογές (AIMMsModelDeployment, 2015).

## 2.3 Χρήση του AIMMs στη βιομηχανία

Το AIMMS χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών κλάδων, συμπεριλαμβανομένου των εταιριών καυσίμων και χημικών προϊόντων, τη παραγωγή χάλυβα και των γεωργικών επιχειρήσεων (Lasschuit, W., etal. 2004, ShellGlobalSolutions, 2011, MedeirosM. E., 2010).

Η AlstomGrid χρησιμοποιεί AIMMS ως μηχανή μοντελοποίησης και βελτιστοποίησης του λογισμικού εκκαθάρισης της αγοράς ενέργειας. Μαζί με την AlstomGrid, το AIMMS, το οποίο παλαιότερα ήταν γνωστό ως ParagonDecisionTechnology, ήταν μέρος της ομάδας αναλυτών της MidwestISO που κέρδισε το βραβείο FranzEdelman για τα επιτεύγματα της πάνω στην Επιχειρησιακή Έρευνα και τη διαχείριση των Επιστημών του 2011, καθώς και για την επιτυχή εφαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας στην αγορά της ενέργειας (InformImpactPrize, 2012).

## 2.4 Πλεονεκτήματα του AIMMs έναντι του ανταγωνισμού

Η γλώσσα προγραμματισμού AIMMs, περιλαμβάνει μια σειρά από πλεονεκτήματα έναντι των ανταγωνιστικών της προϊόντων, τα οποία αναφέρονται κατηγοριοποιημένα όπως παρακάτω (BenefitsofAIMMs 2015):

### 2.4.1 Ολοκληρωμένο και εύκαμπτο περιβάλλον μοντελοποίησης

Η γλώσσα προγραμματισμού AIMMs προσφέρει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης για την δημιουργία μοντέλων υψηλής απόδοσης υποστήριξης αποφάσεων και προηγμένες εφαρμογές προγραμματισμού για τη βελτιστοποίηση και τον εξορθολογισμό των στρατηγικών λειτουργιών. Επιτρέπει στους οργανισμούς να βελτιώσουν γρήγορα την ποιότητα, την εξυπηρέτηση, την κερδοφορία και την ανταπόκριση των εργασιών τους. Το AIMMS προσφέρει μια ολοκληρωμένη λύση για την παρουσίαση, τους επιχειρηματικούς κανόνες, καθώς και τη διαστρωμάτωση των δεδομένων μιας επιχειρησιακής εφαρμογής, από τις οποίες ένας προγραμματιστής μπορεί να επιλέξει τις διαστρωματώσεις εκείνες που σχετίζονται με τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Η γραφική διεπαφή χρήστη, το μοντέλο με οδηγούς λύσεων, και όλα τα δεδομένα διαχείρισης βρίσκονται ενσωματωμένα στο AIMMS, αλλά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ανεξάρτητα ώστε να επιτρέψουν την



κατασκευή βαθμωτών, αρθρωτών και με «ανοχή σφαλμάτων» στοιχείων της εφαρμογής. Το AIMMS διευκολύνει την επικοινωνία με διάφορες πηγές δεδομένων, όπως είναι οι ODBC- και OLE DB-συμβατές βάσεις δεδομένων, έγγραφα Excel και XML. Επίσης, το AIMMS επίσης C ++ / COM API για εξωτερική πρόσβαση στα μοντέλα, επιτρέποντας στους προγραμματιστές να χρησιμοποιούν το AIMMS με έναν τρόπο που να ταιριάζει καλύτερα με την τρέχουσα υποδομή της πληροφορικής και τις επιχειρηματικές τους ανάγκες.

#### **2.4.2 Μείωση κόστους, χρόνου ανάπτυξης και επιχειρησιακού ρίσκου**

Το υψηλού επιπέδου δηλωτικό περιβάλλον του AIMMS μπορεί εύκολα να γίνει κατανοητό τόσο από τους εμπειρογνώμονες πεδίων, όσο και από τους εμπειρογνώμονες της βελτιστοποίησης. Έτσι, το AIMMS μπορεί να χρησιμεύσει ως μια κοινή πλατφόρμα προκειμένου οι δύο αυτές κατηγορίες εμπειρογνομόνων να αλληλεπιδρούν και να συναινούν σχετικά με τις προδιαγραφές ενός προβλήματος το οποίο πρόκειται να διαμορφωθεί. Σε πολλές περιπτώσεις, το μοντέλο AIMMS μπορεί να χρησιμεύσει ως μια πλήρης αντικατάσταση ενός πραγματικού προβλήματος, περιέχοντας όλες τις προδιαγραφές του έτσι ώστε να μειώνεται ο χρόνος και η προσπάθεια που χρειάζεται για να διαμορφωθεί και να αντιμετωπιστεί το συγκεκριμένο πρόβλημα. Επιπλέον, επειδή το AIMMS μεταφράζει αυτόματα τα προβλήματα βελτιστοποίησης σε μια μορφή που μπορεί να επικοινωνήσει με έναν οδηγό λύσης, όπως επίσης υποστηρίζει την χειραγώγηση υψηλού επιπέδου πολυδιάστατων δεδομένων, αποτελεί ένα ιδανικό εργαλείο για να δοκιμαστούν διαμορφώσεις σε διαφορετικά προβλήματα και προσεγγίσεις λύσεων, τα οποία επιτρέπουν γρήγορα και εύκολα στο χρήστη να βρει μέσα τη λύση που να λειτουργεί για το πρόβλημα. Τα διαγνωστικά εργαλεία, όπως ένα πρόγραμμα εντοπισμού σφαλμάτων και ένας σχεδιαστής είναι διαθέσιμα για να δώσουν περαιτέρω πληροφορίες για τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του μοντέλου ή της εκτέλεσής του. Η διαδρομή από το πρωτότυπο πρόβλημα στην επιχειρησιακή εφαρμογή είναι μικρή, δεδομένου ότι το ίδιο περιβάλλον χρησιμοποιείται και για τα δύο. Αυτά τα μοναδικά χαρακτηριστικά του AIMMS επιτρέπει στους στόχους του έργου να επαληθευτούν και να βελτιωθούν πιο γρήγορα στη φάση της προδιαγραφής και της δημιουργίας πρωτοτύπων, και να μειώσουν σημαντικά το ενδεικτικό χρόνο καθώς και την προσπάθεια ανάπτυξης που χρειάζονται προκειμένου να μετατραπεί ένα πρωτότυπο σε πλήρη επιχειρησιακή εφαρμογή. Το AIMMS μειώνει έτσι σημαντικά το συνολικό χρόνο, τον κίνδυνο και το κόστος που συνδέονται με την ανάπτυξη λογισμικού.

### 2.4.3 Υψηλή ευλυγισία και διαβάθμιση

Η προσέγγιση μοντελοποίησης του AIMMS προσφέρει την ευελιξία μιας πλήρους προγραμματιστικής λύσης σε συνδυασμό με την περιορισμένη αναπτυξιακή προσπάθεια ενός πακέτου λύσεων. Με τον τρόπο αυτό επιλύει το παραδοσιακό δίλλημα της κατασκευής έναντι της αγοράς ανάμεσα σε μια προκαθορισμένη λύση που μπορεί να μην ταιριάζει με τις ανάγκες των επιχειρήσεων ή μπορεί να απαιτεί σημαντικές αλλαγές στις υπάρχουσες επιχειρηματικές διαδικασίες από τη μία πλευρά και μια υψηλού κόστους, δυνητικά επικίνδυνη και χρονοβόρα πλήρης προγραμματιστική προσέγγιση από την άλλη πλευρά. Το AIMMS παρέχει ένα μόνο μέσο ώστε να ενεργοποιηθούν τα προηγμένα πρωτότυπα σε ισχυρές και μεγάλης κλίμακας επιχειρησιακά συστήματα τελικού χρήστη. Ως εκ τούτου, το AIMMS είναι κατάλληλο για σταδιακά αυξανόμενο προγραμματισμό. Οι επιχειρησιακές εφαρμογές που έχουν δημιουργηθεί μέσω του AIMMS μπορούν εύκολα να επεκταθούν και να τροποποιηθούν προκειμένου να φιλοξενήσουν τις εξελισσόμενες απαιτήσεις των επιχειρήσεων.

### 2.4.4 Υψηλή Αποδοτικότητα

Το πρόγραμμα AIMMs βασισμένο σε μια πολύχρονη εμπειρία ανάπτυξης, προσαρμογής και βελτίωσης των επιδόσεών του, προσφέρει ένα πολύ ισχυρό και υψηλό περιβάλλον απόδοσης. Το AIMMs περιλαμβάνει LP / MIP και NLP οδηγούς λύσεων και μπορεί να επεκταθεί περαιτέρω με οποιαδήποτε από τους προηγμένους εμπορικούς λύτες που διατίθενται στην αγορά σήμερα. Η σύγχρονη μηχανή εκτέλεσης εντολών του AIMMS σε συνδυασμό με τους βέλτιστους διαθέσιμους οδηγούς λύσεων προσφέρει υψηλή απόδοση για μαθηματικά προβλήματα μοντελοποίησης.

### 2.4.4 Εύκολο στην εκμάθηση και την χρήση

Η εκμάθηση του AIMMS είναι απλή, λόγω της ύπαρξης μιας συνολικής τεκμηρίωσης, η οποία είναι διαθέσιμη σε ηλεκτρονική μορφή, καθώς και σε μορφή βιβλίου. Η τεκμηρίωση αυτή περιλαμβάνει ένα οδηγό χρήσης, μια αναφορά γλώσσας, εκπαιδευτικές ασκήσεις, μια εισαγωγή στη βελτιστοποίηση - Μοντελοποίηση και διάφορα παραδείγματα περιπτώσεων της πραγματικής ζωής.

#### 2.4.5 Χρησιμοποιείται σε μεγάλο εύρος εφαρμογών

Το υψηλό επίπεδο καθώς και η ευέλικτη φύση του AIMMS το καθιστά κατάλληλο για ερευνητικές δραστηριότητες, στρατηγικές συμβουλευτικές υπηρεσίες, ανάπτυξη εφαρμογών των επιχειρήσεων, όπως επίσης και την μεγαλύτερης αξίας μεταπώληση των λύσεων τελικού χρήστη.

#### 2.5 Εργαλεία και οδηγοί της AIMMS

Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους μπορεί κάποιος να μάθει τη γλώσσα AIMMS ώστε να λάβει μία βασική γνώση του περιβάλλοντος ανάπτυξης. Οι ακόλουθες ευκαιρίες είναι άμεσα διαθέσιμες και είναι μέρος της εγκατάστασης του AIMMS (Roelofs, M., 2010a, 2010b).

- Υπάρχουν δύο οδηγοί εκμάθησης για το AIMMS οι οποίοι μπορούν να παρέχουν μια αρχική γνωστική βάση για το σύστημα και για τη γλώσσα του. Ο ένας οδηγός εκμάθησης προορίζεται για αρχάριους, ενώ ο άλλος στοχεύει σε επαγγελματίες χρήστες του AIMMS.
- Υπάρχει μία βιβλιοθήκη πρότυπο με ποικιλία παραδειγμάτων για την υλοποίηση απλών εφαρμογών καθώς και εφαρμογών υψηλότερου επιπέδου ταυτόχρονα με συγκεκριμένες πτυχές τόσο τις γλώσσες προγραμματισμού όσο και της γραφικής διεπαφής του χρήστη.
- Υπάρχουν τρία βιβλία αναφοράς για το AIMMS τα οποία είναι διαθέσιμα σε .pdf μορφή καθώς και σε έντυπη μορφή. Αυτά είναι *Ο Οδηγός Χρήστη* για την αρχική ένταξη του χρήστη στο AIMMS και στο περιβάλλον ανάπτυξης αυτού, *Αναφορά στη Γλώσσα AIMMS* το οποίο περιγράφει την γλώσσα μοντελοποίησης σε βάθος, και *Βελτιστοποίηση Μοντέλων* το οποίο παρέχει οικειότητα στη δημιουργία μοντέλων.

Ως αρχάριος χρήστης στις γλώσσες βελτιστοποίησης μοντέλων, ίσως να μην διαθέτει τον απαιτούμενο χρόνο για την εκμάθηση ενός ακόμα εργαλείου ώστε να ολοκληρωθεί ένα έργο ή για την κάλυψη των αναγκών μίας εργασίας. Σε αυτή την περίπτωση ο συγκεκριμένος χρήστης χρειάζεται να επικεντρώσει τις προσπάθειές του σε αυτόν τον οδηγό εκμάθησης. Μετά την ολοκλήρωση του οδηγού εκμάθησης ο χρήστης είναι σε θέση να χρησιμοποιεί το σύστημα χτίζοντας απλά μοντέλα και θέτοντας τις δικές του δομές δεδομένων για μεταγενέστερη παρακολούθηση. Το βιβλίο Βελτιστοποίησης Μοντέλων

χρησιμοποιείται προκειμένου να παρέχει στον χρήστη κάποιες χρήσιμες τεχνικές και να του δώσει διαφορετικά παραδείγματα για τη βελτιστοποίηση μοντέλων.

Συνήθως ο επαγγελματίας στο πεδίο της βελτιστοποίησης μοντέλων αναζητεί ένα εργαλείο το οποίο απλοποιεί τη δουλειά του και ελαχιστοποιεί το χρόνο που χρειάζεται για την κατασκευή μοντέλων και τη συντήρησή τους. Σε αυτή την περίπτωση ο πεπειραμένος χρήστης δεν δύναται να αγνοήσει το γεγονός πως χρειάζεται να προβεί σε μια σημαντική επένδυση από το χρόνο του προκειμένου να μάθει πολλά από τα προηγμένα χαρακτηριστικά τα οποία υποστηρίζουν το ρόλο του ως επαγγελματία δημιουργό εφαρμογών. Σύμφωνα με τις ικανότητες του, την εμπειρία του και τις μαθησιακές συνήθειες χρειάζεται να χαράξει το δικό του τρόπο εκμάθησης. Μέσα από αυτή τη διαδικασία καλό είναι ο χρήστης να συμβουλευτεί τον εκτενή οδηγό εκμάθησης ο οποίος έχει σχεδιαστεί για επαγγελματίες. Ο συγκεκριμένος οδηγός εκμάθησης για επαγγελματίες παρέχει ένα καλό ξεκίνημα και ενθαρρύνει τον έμπειρο χρήστη ώστε να ασχοληθεί σε βάθος με τις προχωρημένες δυνατότητες του AIMMS. Μεμονωμένα παραδείγματα στη βιβλιοθήκη συν επιλεγμένα τμήματα και από τα τρία βιβλία προσφέρουν και άλλες ιδέες για την αποτελεσματικότερη χρήση του AIMMS χτίζοντας προηγμένες εφαρμογές για κάθε είδους ανάγκη.

Ο οδηγός εκμάθησης της μίας ώρας για αρχάριους έχει σχεδιαστεί ως το ελάχιστο που απαιτείται για τη δημιουργία απλών μοντέλων χρησιμοποιώντας το AIMMS Model Explorer. Οι τιμές των δεδομένων εισάγονται με το χέρι χρησιμοποιώντας σελίδες δεδομένων και ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει μια σελίδα με αντικείμενα για να προβάλει και να επεξεργάζεται τα δεδομένα. Ο εκτεταμένος οδηγός εκμάθησης για επαγγελματίες αποτελεί μια επιμελημένη ανασκόπηση του AIMMS καλύπτοντας ένα εύρος προηγμένων χαρακτηριστικών της γλώσσας μια εισαγωγή σε όλα τα εργαλεία ανάπτυξης. Θέμα ειδικού ενδιαφέροντος είναι η μοντελοποίηση χρόνου χρησιμοποιώντας τις έννοιες του ορίζοντα και του ημερολογίου, η χρήση ποσοτήτων και μονάδων, η σύνδεση με βάση δεδομένων, η σύνδεση με ένα εξωτερικό DLL (βιβλιοθήκη έτοιμων ρουτινών προγραμμάτων), και προηγμένες δυνατότητες δημιουργίας αναφορών. Ακόμα και τότε όμως κάποια θέματα όπως τα κριτήρια αποδοτικότητας (η απόδοση εκτέλεσης, οι υπολογισμοί ρουτίνας) και το API του AIMMS παραμένουν ανέγγιχτα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο-Περιγραφή της Γλώσσας AIMMS

### 3.1 Σκοπός του οδηγού

Αυτό το κεφάλαιο περιέχει μια σύντομη επισκόπηση των εργασιών που εκτελούνται, μία σύντομη περιγραφή του μοντέλου το οποίο πρόκειται να κατασκευαστεί καθώς και ένα δείγμα του αποτελέσματος το οποίο εξάγεται από την λύση του προβλήματος.

Το μοντέλο που χρησιμοποιείται εδώ αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο πρόβλημα του οποίου μια σύντομη μαθηματική περιγραφή παρουσιάζεται στη συνέχεια. Ο χρήστης με βάση την συγκεκριμένη περιγραφή χρειάζεται να συμπληρώσει μια σειρά ασκήσεων οι οποίες είναι:

- Δημιουργία ενός νέου έργου (project) στο AIMMS
- Εισαγωγή όλων των αναγνωριστικών δηλώσεων
- Εισαγωγή των δεδομένων χειροκίνητα
- Αποθήκευση των δεδομένων μίας υπόθεσης
- Δημιουργία μιας μικρής διαδικασίας
- Δημιουργία μίας σελίδας με
  - Κείμενο επικεφαλίδας
  - Ένα βασικό πίνακα με δύο ραβδογράμματα με τα δεδομένα εισαγωγής
  - Ένα σύνθετο πίνακα και ένα στατικό ραβδόγραμμα με τα δεδομένα εξόδου
  - Ένα κουμπί το οποίο να εκτελεί τη διαδικασία και
  - Ένα βαθμιδωτό αντικείμενο με τη βέλτιστη τιμή
- Υλοποίηση συνθήκης what - if

### 3.2 Περιγραφή του προβλήματος και κατάσταση μοντέλου

Φορτία μπύρας πρόκειται να αποσταλούν από δύο μονάδες παραγωγής (εργοστάσια) σε πέντε πελάτες που βρίσκονται σε διαφορετικές πόλεις της Ολλανδίας, κατά τη διάρκεια μίας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Τόσο η διαθέσιμη τροφοδοσία κάθε μονάδας όσο και η απαιτούμενη ζήτηση από κάθε πελάτη (μετρήσιμα σε ορολογία φορτίων) είναι γνωστά. Το κόστος μετακίνησης του φορτίου από τη μονάδα στον πελάτη παρέχεται επίσης. Ο στόχος είναι να δημιουργηθεί ένα σχέδιο με το

ελάχιστο κόστος μετακίνησης της μπίρας και οι αποστολές να μην υπερβαίνουν τη διαθέσιμη ποσότητα από κάθε ζυθοποιείο.

Ο παρακάτω πίνακας παρέχει τα δεδομένα τα οποία περιγράφονται στην προηγούμενη παράγραφο.

Πελάτες (Clients)  Τόποι Εργοστασίων (Plants)	Κόστος Μεταφοράς Μονάδας (UnitTransportCost)					Προσφορά (Supply)
	Amsterdam	Breda	Gouda	Amersfoort	DenBosch	
Haarlem	131	405	188	396	485	47
Eindhoven	554	351	479	366	155	63
Ζήτηση (Demand)	28	16	22	31	12	

Πίνακας 3: Δεδομένα εισαγωγής για το πρόβλημα μεταφοράς της μπίρας

Οι ακόλουθες δηλώσεις δείχνουν τα αναγνωριστικά τα οποία είναι μέρος του μαθηματικού προγράμματος το οποίο πρόκειται να κατασκευαστεί αμέσως μετά.

#### Δείκτες (Indices):

$p$  εργοστάσια (plants)

$c$  πελάτες (customers)

#### Παράμετροι (Parameters):

$S_p$  Προσφορά στο εργοστάσιο  $p$

$D_c$  Ζήτηση από τον πελάτη  $c$

$U_{pc}$  Κόστος μεταφοράς μονάδας από  $p$  στον  $c$

#### Μεταβλητές (Variables):

$X_{pc}$  Μεταφορά από  $p$  στον  $c$

$z$  Συνολικό κόστος μεταφοράς

Η σύνοψη του μαθηματικού μοντέλου παρακάτω δείχνει το σχέδιο ελάχιστου κόστους για τη μεταφορά μύρας στο οποίο η απαίτηση πληρείται και οι μεταφορές δεν ξεπερνούν τις διαθέσιμες προμήθειες.

**Ελαχιστοποίηση (Minimize):**

$$z = \sum_{pc} U_{pc} X_{pc}$$

**Υποκείμενο σε (Subjectto):**

$$\sum_c X_{pc} \leq S_p \quad \forall p$$

$$\sum_p X_{pc} \geq D_c \quad \forall c$$

$$X_{pc} \geq 0 \quad \forall (p, c)$$



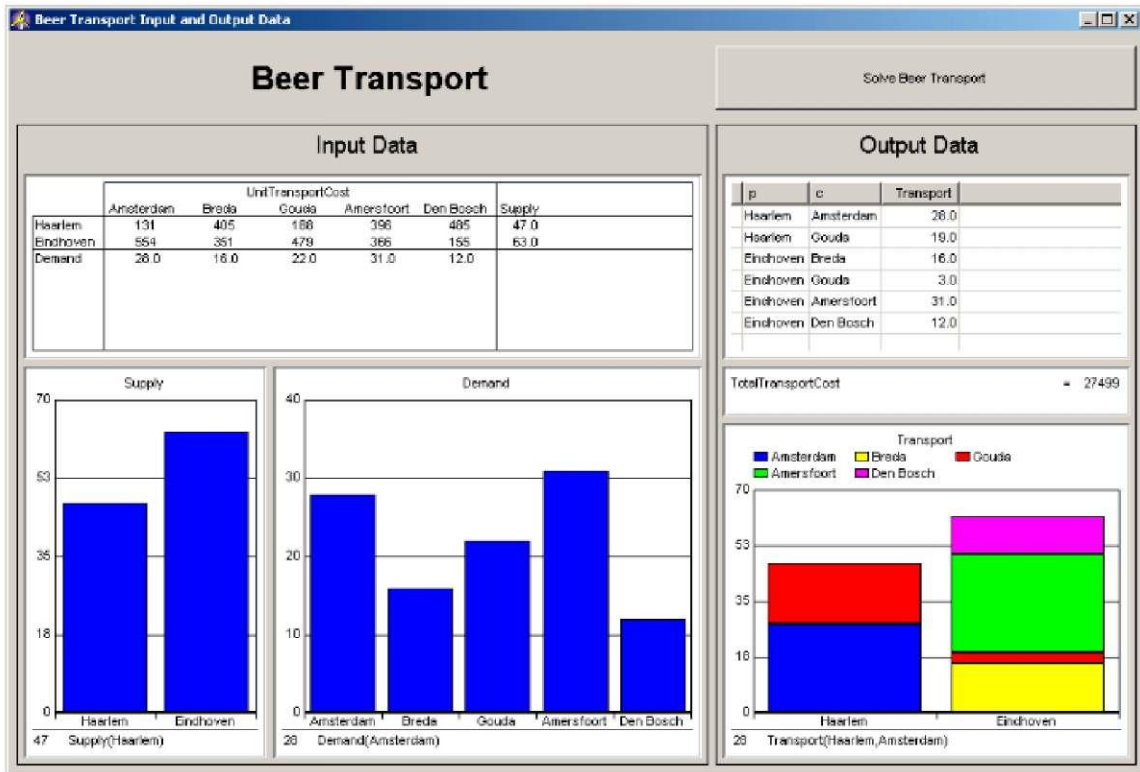
Εικόνα 1: Χάρτης της Ολλανδίας

Παρόλο που η παραπάνω σημειογραφία με σύμβολα ενός γράμματος είναι τυπική για μικρά μοντέλα μαθηματικής βελτιστοποίησης, δεν χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει το μοντέλο στο AIMMs. Αντ' αυτού ορίζονται αυστηρά *πλήρη* ονόματα προκειμένου να αποφευχθούν μη απαραίτητα σύμβολα μετάφρασης. Ο αριθμός των συμβόλων που χρειάζονται για την περιγραφή πρακτικών εφαρμογών είναι γενικά μεγάλος, και μια ξεκάθαρη αναφορά σε πλήρεις ονομασίες υποστηρίζει την κατανόηση μεγάλων μοντέλων.



### 3.3 Μία προεπισκόπηση του αποτελέσματος

Η εικόνα 2 εμφανίζει μια σελίδα η οποία περιέχει τόσο τα δεδομένα εισόδου όσο και τα δεδομένα εξόδου συσχετισμένα με το μοντέλο μεταφοράς μπύρας. Το κεφάλαιο 6 αναφέρεται στην κατασκευή αυτής της σελίδα χρησιμοποιώντας τις διαθέσιμες δυνατότητες του AIMMS.





Εικόνα 2: Σελίδα Εισερχομένων - Εξερχομένων


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο - Κατασκευή του μοντέλου


### 4.1 Ξεκινώντας ένα καινούριο έργο (project)

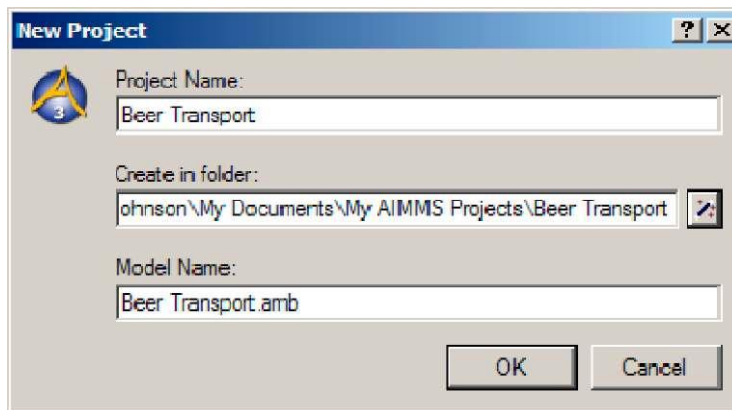
Υποθέτοντας ότι το AIMMs είναι ήδη εγκατεστημένο στον υπολογιστή, εάν υπάρχει η συντόμευση του AIMMs στην επιφάνεια εργασίας τότε ο χρήστης με διπλό κλικ ξεκινάει την εφαρμογή, διαφορετικά ο χρήστης εκτελεί την ακόλουθη διαδικασία για να ξεκινήσει το AIMMs.

- Αρχικά κλικ το κουμπί **έναρξη**  στη γραμμή εργασιών
- Στη συνέχεια επιλογή του υπομενού **Προγράμματα** και τέλος,
- Επιλογή και κλικ στο εικονίδιο AIMMs  για να ξεκινήσει το AIMMs.

Στη συνέχεια εμφανίζεται η αρχική οθόνη του AIMMs. Καλό είναι να απενεργοποιηθεί το παράθυρο διαλόγου με τη «*Συμβουλή της Ημέρας*» καθώς δεν είναι χρήσιμο σε αυτή τη φάση.

Ο χρήστης τότε κάνει κλικ στο κουμπί **NewProject** , το οποίο είναι τοποθετημένο στην πιο αριστερή θέση της γραμμής εργαλείων του AIMMs. Το παράθυρο διαλόγου που φαίνεται στην εικόνα 3 εμφανίζεται στην συνέχεια, απαιτώντας να ακολουθηθούν οι παρακάτω ενέργειες:

- Το όνομα του έργου(project) ορίζεται ως: «BeerTransport», στο σχετικό πλαίσιο
- Ακολουθεί κλικ στο κουμπί wizard  για να γίνει η επιλογή του φακέλου για τα AIMMsprojects. Εάν ο χρήστης δεν επιθυμεί τον προκαθορισμένο φάκελο που δίδεται από το πρόγραμμα δηλαδή «... ,\MyDocuments\MyAIMMSProjects\BeerTransport", μπορεί να επιλέξει τον φάκελο με το όνομα της αρεσκείας του.
- Τέλος ο χρήστης κάνει κλικ στο κουμπί **OK**



Εικόνα 3: Οδηγός Νέου Έργου (NewProjectWizard)

Έπειτα τα πλαίσια του «Εξερευνητή Μοντέλου» (**Model Explorer**) και «Διαχειριστή Σελίδας»(**PageManager**) του AIMMSανοίγουν αυτόματα. Στη συνέχεια γίνεται μια μικρή περιγραφή του ModelExplorer

## 4.2 Model Explorer




Όταν ανοίγει για πρώτη φορά ο**Model Explorer**εμφανίζεται το αρχικό μοντέλο το οποίο φαίνεται στην εικόνα4. Σε αυτό το αρχικό δενδροειδές μοντέλο υπάρχουν:

- Το τμήμα δηλώσεων(*declarationsection*), στο οποίο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει τις δηλώσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται για το συγκεκριμένο μοντέλο
- Την προκαθορισμένη διαδικασία*MainInitialization*, η οποία δεν είναι σχετική με αυτό τον οδηγό,
- Την προκαθορισμένη διαδικασία*MainExecution*, στην οποία τοποθετείται η δήλωση εκτέλεσης η οποία είναι απαραίτητη για τη μαθηματική επίλυση του προβλήματος, και
- Η προκαθορισμένη διαδικασία*MainTermination*, η οποία δεν είναι σχετική με αυτό τον οδηγό




Εικόνα 4: Αρχικό δενδροειδές μοντέλο

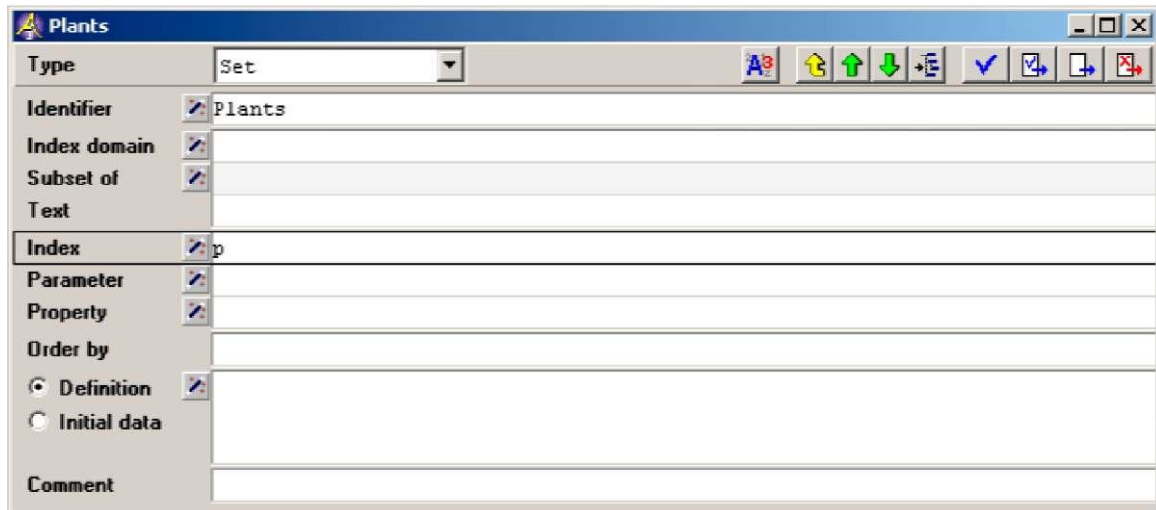
### 4.3 Εισαγωγή συνόλων και δεικτών

Η δήλωση των αναγνωριστικών του μοντέλου απαιτεί ότι ο χρήστης ανοίγει πρώτα το τμήμα των δηλώσεων. Αυτό γίνεται είτε με κλικ στο εικονίδιο  ή με διπλό κλικ στο εικονίδιο . Σημειώνεται ότι πατώντας διπλό κλικ στο όνομα του τμήματος δηλώσεων αντί για το εικονίδιο ανοίγει η φόρμα των ιδιοτήτων του τμήματος δηλώσεων. Αφού εμφανιστεί το τμήμα των δηλώσεων τα κύρια αναγνωριστικά  κουμπιάστη γραμμή εργαλείων είναι πλέον διαθέσιμα.

Για τη δημιουργία των μονάδων παραγωγής χρειάζονται οι ακόλουθες ενέργειες:

- Αρχικά, κλικ στο κουμπί **Set**  για να δημιουργηθεί ένα νέο σύνολο (set) αναγνωριστικών στο δενδροειδές μοντέλο,
- Ορίζεται η λέξη «Plants» ως όνομα για το σετ και
- Πάτημα στο κουμπί *Enter* για την καταγραφή του ονόματος.

Στη συνέχεια χρειάζεται να δηλωθεί ο δείκτης *p* ως ιδιότητα του σετ "Plants". Η φόρμα ιδιοτήτων μπορεί να ανοιχθεί κάνοντας διπλό κλικ στον κόμβο "Plants" στο δενδροειδές μοντέλο. Η αρχική φόρμα ιδιοτήτων του σετ "Plants" φαίνεται στην εικόνα 5.

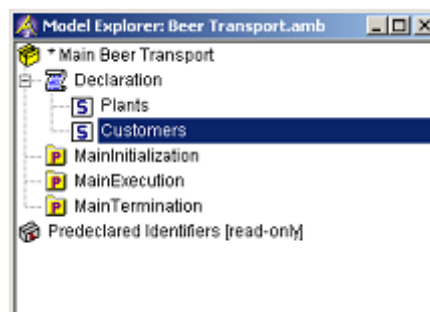


Εικόνα 5: Φόρμα αρχικών ιδιοτήτων του συνόλου (set) των μονάδων παραγωγής (plants)


Για να δηλωθεί ο δείκτης  $p$  ως ιδιότητα του σετ "Plants" πρέπει να εκτελεστούν οι ακόλουθες ενέργειες:

- Ο χρήστης μετακινεί τον κέρσορα του ποντικιού στο πεδίο ιδιοτήτων "Index" και κάνει κλικ στο (κενό) πεδίο edit,
- Στη συνέχεια εισάγει το γράμμα  $p$  και
- Συμπληρώνει τη φόρμα ιδιοτήτων πατώντας το κουμπί **Check, Commit** και **Close**.

Στη συνέχεια ο χρήστης δημιουργεί το σετ "Customers" με δείκτη  $c$  με ακριβώς τον ίδιο τρόπο όπως δημιούργησε το σετ "Plants" με δείκτη  $p$ . Η εικόνα 6 περιέχει το δενδροειδές μοντέλο όπως αυτό έχει διαμορφωθεί.




Εικόνα 6: Ενδιάμεσο δενδροειδές μοντέλο

Ο αστερίσκος στα αριστερά του ονόματος του project δείχνει ότι οι προσθήκες στο project δεν έχουν αποθηκευθεί. Για να αποθηκευτεί η πρόοδος του έργου χρήστης πρέπει να πατήσει στο κουμπί **Save**  από την γραμμή εργαλείων του προγράμματος.

#### 4.4 Εισαγωγή παραμέτρων και μεταβλητών

Σε αυτήν την ενότητα, ο χρήστης δηλώνει τις παραμέτρους και μεταβλητές που χρειάζονται για την κατασκευή του μοντέλου. Τα σύνολα «plants» και «Customers» καθώς και οι συναφείς δείκτες τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να καθορίσουν το πεδίο δείκτη για τις παραμέτρους και μεταβλητές.

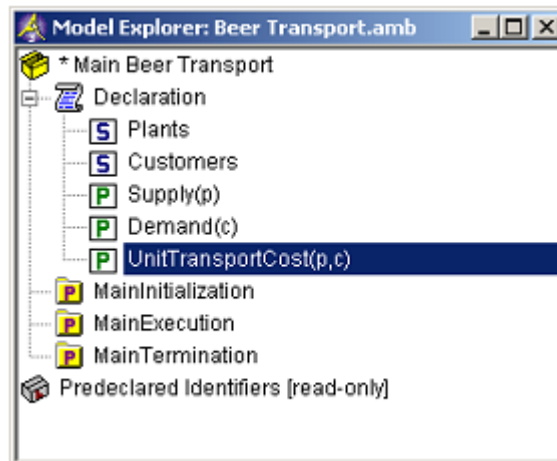
Η δήλωση μιας παραμέτρου είναι παρόμοια με μια δήλωση ενός συνόλου (set). Για την εισαγωγή της παραμέτρου «Supply (p)», ο χρήστης πρέπει να εκτελέσει τις παρακάτω ενέργειες:

- Κλικ στο εικονίδιο παραμέτρου  στην γραμμή εργαλείων ώστε να δημιουργηθεί μια νέα παράμετρος για το δένδροειδές μοντέλο
- Καθορισμός του «Supply(p)» ως όνομα για την παράμετρο, και
- Πάτημα στο πλήκτρο *Enter* για να κατοχυρωθεί το όνομα

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι οι παρενθέσεις χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν το πεδίο δείκτη για το αναγνωριστικό «Supply».


Η παράμετρος «Demand(c)» μπορεί να προστεθεί με τον ίδιο τρόπο. Στην περίπτωση όπου ο χρήστης κάνει κάποιο λάθος στην εισαγωγή της πληροφορίας, τότε μπορεί ανά πάσα στιγμή να διορθώσει το όνομα του πεδίου, απλά κάνοντας ένα κλικ μέσα στο συγκεκριμένο πεδίο.


Η τελευταία παράμετρος του μοντέλου «UnitTransportCost» αποτελεί μια παράμετρο δύο διαστάσεων με πεδίο δείκτη ( $p, c$ ). Μετά την εισαγωγή του «UnitTransportCost(p,c)», το δεντρικό μοντέλο που προκύπτει, είναι το ίδιο με την εικόνα 7.

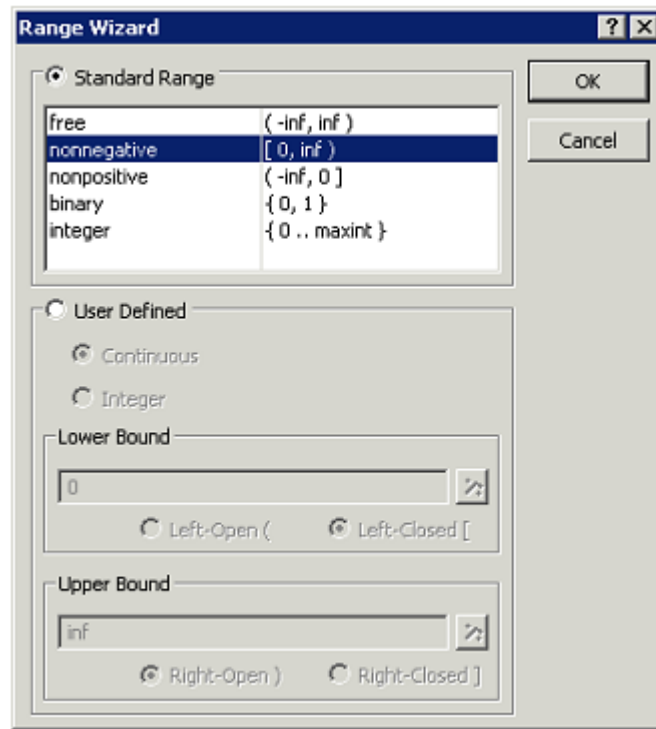


Εικόνα 7: Ενδιάμεσο δενδροειδές μοντέλο

Η δήλωση της μεταβλητής αποτελεί μια παρόμοια διαδικασία με την δήλωση μιας παραμέτρου.

- Ο χρήστης κάνει κλικ στο κουμπί μεταβλητής  στην γραμμή εργαλείων ώστε να δημιουργηθεί ένα δενδρικό μοντέλο,
- Στη συνέχεια προσδιορίζεται το «Transport(p,c)» ως το όνομα της μεταβλητής και τέλος,
- Με το πλήκτρο *Enter* καταχωρείται η μεταβλητή

Στη συνέχεια, αφού ανοίξει τη φόρμα ιδιοτήτων της μεταβλητής με διπλό κλικ στον κόμβο «Transport» στο δενδρικό μοντέλο, ο χρήστης πατάει το κουμπί wizard  μπροστά από το πεδίο ιδιοτήτων «Range – Εύρος». Το πλαίσιο διαλόγου που προκύπτει δίνει την ευκαιρία στο να προσδιοριστεί το εύρος των τιμών που η μεταβλητή «Transport» δύναται να λάβει. Σε αυτήν την περίπτωση, ο χρήστης επιλέγει «StandardRange – Τυπικό Εύρος», και στην συνέχεια «nonnegative» και τελικά πατάει το κουμπί *OK*, όπως δείχνει η εικόνα 8.



Εικόνα 8: Ο wizardεύρους του AIMMS

Φαίνεται λοιπόν ξεκάθαρα πως δημιουργείται η μεταβλητή «TotalTransportCost». Αυτή η μεταβλητή χρησιμοποιείται προκειμένου να καθορίσει την αντικειμενική λειτουργία. Ο χρήστης αφού εισάγει την μεταβλητή, ανοίγει την φόρμα ιδιοτήτων. Δεν υπάρχει ανάγκη για τον καθορισμό των ιδιοτήτων εύρους, εφόσον το προεπιλεγμένο εύρος «free» αρκεί. Ο χρήστης πλέον είναι έτοιμος να εισάγει τον ακόλουθο ορισμό της συγκεκριμένης μεταβλητής:

$$\text{sum[ (p,c) , UnitTransportCost(p,c) * Transport(p,c) ]}$$

Ο παραπάνω ορισμός εισάγεται στο πεδίο ιδιοτήτων «Definition – Ορισμός». Ο χρήστης μπορεί να εισάγει χειροκίνητα ολόκληρο τον ορισμό ή μπορεί να αφήσει το AIMMS να συμπληρώσει το πεδίο αυτόματα. Δεδομένης της παραμέτρου «UnitTransportCost(p,c)», τα ακόλουθα δύο χαρακτηριστικά στήριξης είναι ιδιαίτερα χρήσιμα.

- Η αυτόματη συμπλήρωση ονομασιών, μετά από το ταυτόχρονο πάτημα του συνδυασμού πλήκτρων  $U$  του  $Ctrl$  και του κενού (Spacebar).
- Μια ακόμη λειτουργία διαθέσιμη στον χρήστη είναι εκείνος να «σύρει» το όνομα «UnitTransportCost (p, c)» από το δενδρικό μοντέλο στο πεδίο επεξεργασίας της ιδιότητας «Attribute».





Η φόρμα ιδιοτήτων πρέπει να έχει τώρα το ίδιο περιεχόμενο, όπως φαίνεται στην εικόνα 9. Πατώντας τα κουμπιά Check, Commit και Κλείσιμο, μπορεί ο χρήστης να επιβεβαιώσει αν το AIMMS δέχεται τον ορισμό που έχει εισαχθεί.

TotalTransportCost	
Type	Variable
Identifier	TotalTransportCost
Index domain	
Text	
Range	free
Unit	
Default	
Property	
Nonvar status	
Definition	<code>sum [ (p,c), UnitTransportCost(p,c)*Transport(p,c) ]</code>
Comment	

Εικόνα 9: Η ολοκληρωμένη φόρμα ιδιοτήτων της μεταβλητής "TotalTransportCost"

#### 4.5 Εισαγωγή περιορισμών και το μαθηματικό πρόγραμμα



Για τη δημιουργία των περιορισμών της προσφοράς και ζήτησης, κάθε ένα με το δικό του ορισμό, χρειάζεται τις ίδιες διεργασίες όπως είναι η δημιουργία μιας μεταβλητής με έναν ορισμό, όπως έχει ήδη ολοκληρωθεί. Η μόνη διαφορά είναι ότι χρειάζεται η χρήση του κουμπιού , αντί του κουμπιού . Οι επόμενες δύο φόρμες αποτελούν το αποτέλεσμα των υφιστάμενων προσπαθειών του χρήστη:

SupplyRestriction	
Type	Constraint
Identifier	SupplyRestriction
Index domain	p
Text	
Unit	
Property	
Definition	<code>sum [ c, Transport(p,c) ] &lt;= Supply(p)</code>
Comment	

Εικόνα 10: Η ολοκληρωμένη φόρμα ιδιοτήτων για τον περιορισμό "SupplyRestriction"

DemandRequirement	
Type	Constraint
Identifier	DemandRequirement
Index domain	c
Text	
Unit	
Property	
Definition	sum[ p, Transport(p,c) ] >= Demand(c)
Comment	

Εικόνα 11: Η ολοκληρωμένη φόρμα ιδιοτήτων για τον περιορισμό "DemandRequirement"

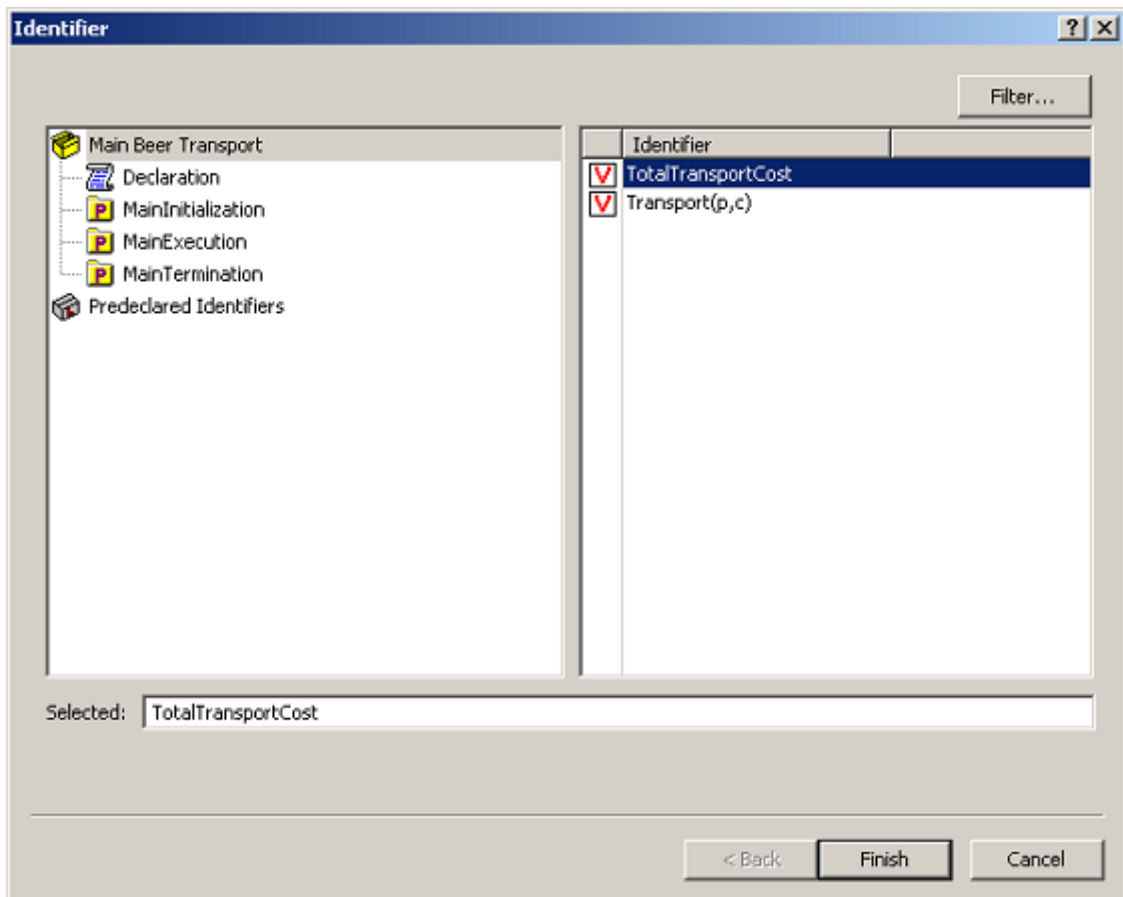
Ένα μαθηματικό πρόγραμμα, σε αντίθεση με τα σύνολα, τις παραμέτρους, τις μεταβλητές και περιορισμούς, δε διαθέτει ειδικό κουμπί στη γραμμή εργαλείων. Χρησιμοποιώντας το κουμπί αναγνώρισης  ο χρήστης αποκτά πρόσβαση σε όλους τους υπόλοιπους τύπους των αναγνωριστικών του AIMMs. Με τη χρήση του συγκεκριμένου κουμπιού, ο χρήστης επιλέγει την εισαγωγή "MathematicalProgram" σε συνδυασμό με το κουμπί , στη συνέχεια επιλέγοντας το κουμπί OK, και εισάγει "LeastCostTransportPlan" ως το όνομα του μαθηματικού προγράμματος.

Η ολοκληρωμένη μορφή της φόρμας ιδιοτήτων απεικονίζεται στην Εικόνα 12. Ανάμεσα σε άλλες ιδιότητες, το AIMMS έχει αυτόματα συμπληρώσει τις ιδιότητες **Direction**, **Constraints**, **Variables** και **Type** με προεπιλεγμένες τιμές και γι' αυτό δεν χρειάζεται να αλλαχτούν γι' αυτό το έργο. Ο χρήστης οφείλει να συμπληρώσει μόνο την ιδιότητα **Objective**.

LeastCostTransportPlan	
Type	Mathematical Progr
Identifier	LeastCostTransportPlan
Objective	TotalTransportCost
Direction	minimize
Constraints	AllConstraints
Variables	AllVariables
Text	
Type	Automatic
Violation penalty	
Comment	


Εικόνα 12: Η ολοκληρωμένη φόρμα ιδιοτήτων του μαθηματικού προγράμματος

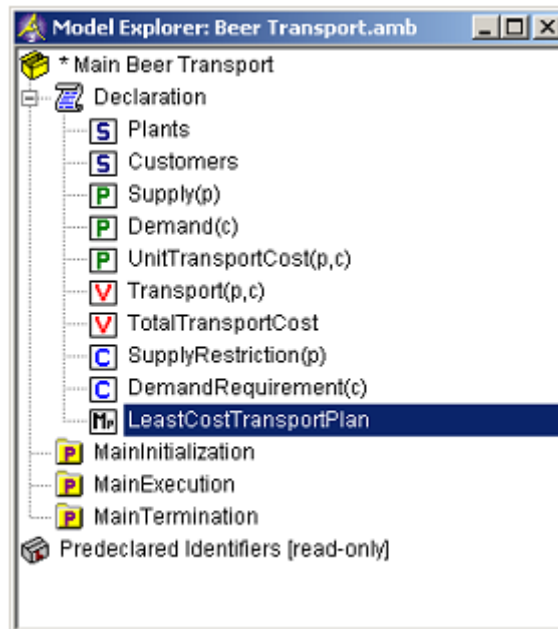
Ο οδηγός ιδιοτήτων Objective χρειάζεται από τον χρήστη επιλογή βαθμωτής μεταβλητής. Στον οδηγό επιλογής αναγνωριστικού (βλέπε Εικόνα 13), απλά εισάγεται η βαθμωτή μεταβλητή "TotalTransportCost", και ο χρήστης επιλέγει το κουμπί Finish.



Εικόνα 13: Ο οδηγός επιλογής αναγνωριστικού

## 4.6 Προβολή των αναγνωριστικών

Ο χρήστης έχει πλέον εισάγει και δηλώσει όλα τα αναγνωριστικά του μοντέλου. Το δενδρικό μοντέλο που προκύπτει απεικονίζεται στην Εικόνα 14. Πιέζοντας το πλήκτρο F5 ο χρήστης μπορεί άμεσα να ελέγξει την εγκυρότητα του μοντέλου. Σε περίπτωση σφάλματος ειδοποιείται με μήνυμα. Εφόσον η εγκυρότητα του μοντέλου πιστοποιηθεί, ο χρήστης μπορεί να προβεί σε αποθήκευση του έργου του πιέζοντας το SaveProject-Αποθήκευση Έργουκουμπί .

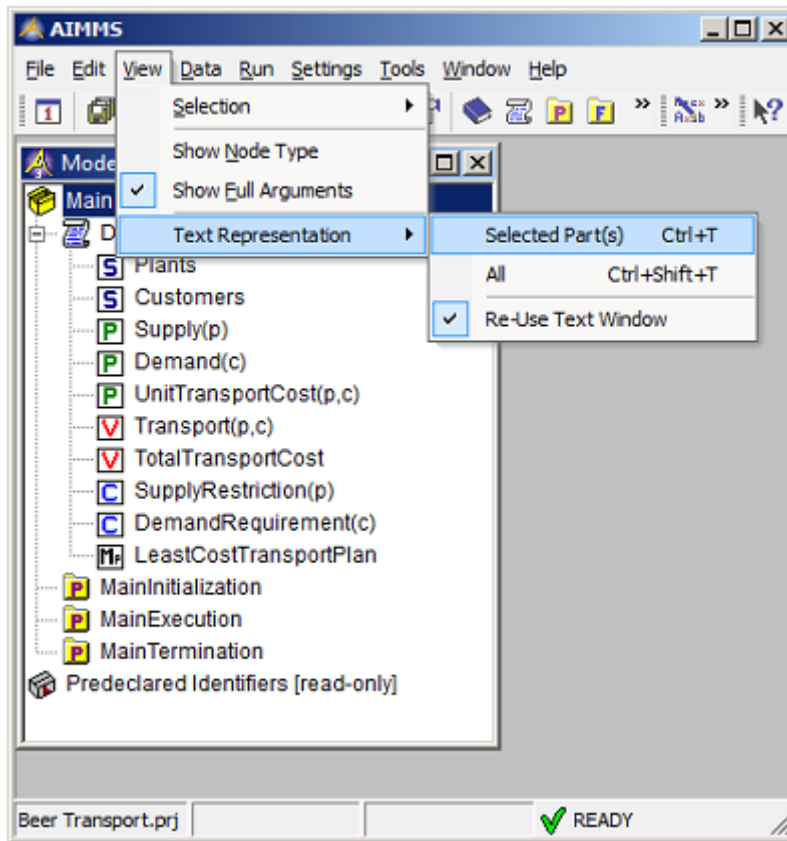


Εικόνα 14: Το ολοκληρωμένο δενδρικό μοντέλο

Αν και το ModelExplorer-Εξερευνητής Μοντέλου αποτελεί ένα άνετο τρόπο με τον οποίο ο χρήστης μπορεί να χτίσει και να επιθεωρήσει το μοντέλο, το πρόγραμμα AIMMS διαθέτει δύο επιπλέον τρόπους για την επιθεώρηση του μοντέλου.

Αν ο χρήστης επιθυμεί να δει μια παρουσίαση σε κείμενο (ASCII), μπορεί να κάνει τα εξής:

- Selectnodes – επιλογήκόμβωνστοModelExplorer – Εξερευνητή Μοντέλου
- Μετάβαση στο μενού View – TextRepresentationκαι εκτέλεση της εντολής SelectedParts (βλέπε Εικόνα 15).



Εικόνα 15: Επιθεώρηση μοντέλου ως κείμενο

Το μοντέλο ως κείμενο προσφέρει μια απλή επισκόπηση των επιλεγμένων αναγνωριστικών. Για παράδειγμα η Εικόνα 16 δείχνει το μοντέλο ως κείμενο όταν ο κόμβος της ρίζας MainBeerTransportεπιλεγεί.

```

[Text Repr] Main Beer Transport
MAIN MODEL Main_Beer_Transport

DECLARATION SECTION

SET:
  identifier : Plants
  index      : p ;

SET:
  identifier : Customers
  index      : c ;

PARAMETER:
  identifier : Supply
  index domain : p ;

PARAMETER:
  identifier : Demand
  index domain : c ;

PARAMETER:
  identifier : UnitTransportCost
  index domain : (p,c) ;

VARIABLE:
  identifier : Transport
  index domain : (p,c)

```


Εικόνα 16: Μοντέλο ως κείμενο

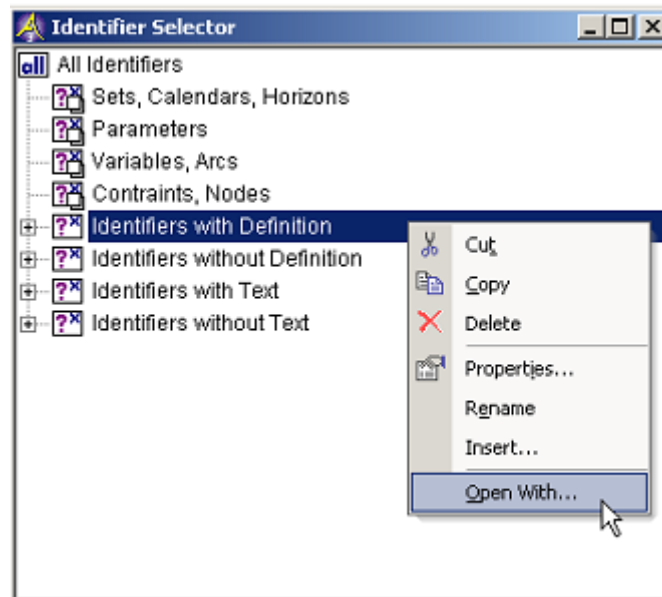
Ένας εναλλακτικός τρόπος επιθεώρησης του μοντέλου είναι με το AIMMSIdentifierSelector–Επιλογή Αναγνωριστικού. Αυτό επιτρέπει την προβολή αναγνωριστικών με παρόμοιες ιδιότητες ταυτόχρονα. Ο χρήστης συναντάενατέτοιο παράδειγμα προκαθορισμένης εμφάνισης, συγκεκριμένα όλα τα αναγνωριστικά με ορισμό (βλέπε Εικόνα 17). Το πρόγραμμα AIMMSεπιτρέπει στο χρήστη να δημιουργήσει τις δικές του οθόνες επιθεώρησης.

Identifier	Index domain	Definition
<input checked="" type="checkbox"/> TotalTransportCost		sum[ (p,c), UnitTransportCost(p,c) * Transport(p,c) ]
<input checked="" type="checkbox"/> SupplyRestriction	p	sum[ c, Transport(p,c) ] <= Supply(p)
<input checked="" type="checkbox"/> DemandRequirement	c	sum[ p, Transport(p,c) ] >= Demand(c)

Εικόνα 17: Παράθυρο επιθεώρησης ορισμών αναγνωριστικών

Ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει το δικό του παράθυρο επιθεώρησης εκτελώντας τα ακόλουθα βήματα:

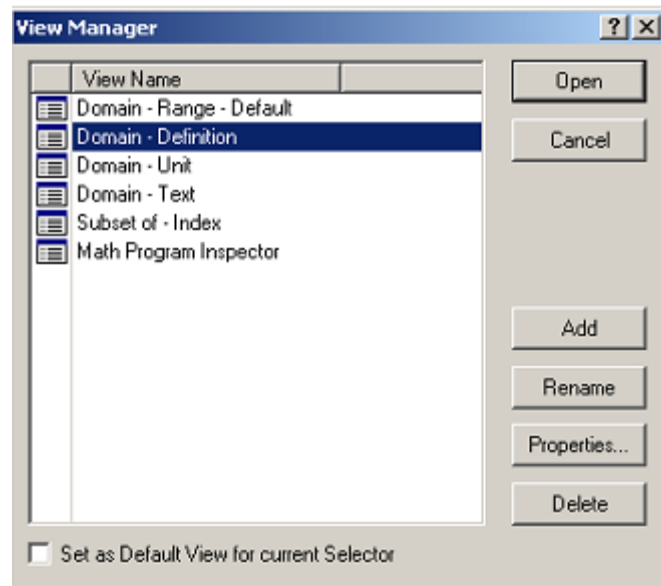
- επιλογή του κουμπιού IdentifierSelector  από τη γραμμή εργαλείων,
- επιλογή του “IdentifierswithDefinition” (Αναγνωριστικών με ορισμό) κόμβου, και
- πάτημα του δεξιού πλήκτρου του ποντικιού και επιλογή της εντολής OpenWith... (Άνοιγμα με...) από το αναδυόμενο μενού (βλέπεΕικόνα 18).



Εικόνα 18: Παράθυρο επιλογής αναγνωριστικού

Για τα επιλεγμένα αναγνωριστικά, η οθόνη μπορεί να κατασκευαστεί ως ακολούθως:

- Επιλογή της εισαγωγής «Ορισμού Τομέα – DomainDefinition» από το παράθυρο «διαχείρισης προβολής – ViewManager», (Βλέπε Εικόνα 19), και
- Πάτημα του κουμπιού *Open* για εμφάνιση της συνολικής προβολής.



Εικόνα 19: Παράθυρο διαχείρισης προβολών




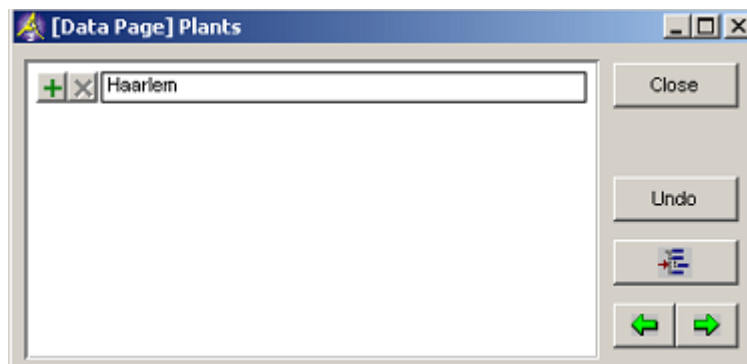
## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> – Εισαγωγή και αποθήκευση δεδομένων

### 5.1 Εισαγωγή δεδομένων συνόλου

Το συγκεκριμένο παράδειγμα περιέχει ελάχιστα δεδομένα και ως εκ τούτου η εισαγωγή τους μπορεί να γίνει χειροκίνητα. Σε περιπτώσεις πιο πολύπλοκων προβλημάτων τα δεδομένα εισάγονται από μια βάση δεδομένων. Το κεφάλαιο αυτό, αναφέρεται στη αντιμετώπιση από μέρους του χρήστη μιας λειτουργίας τυπικής εισαγωγής δεδομένων. Κάθε αναγνωριστικό έχει μια αντίστοιχη σελίδα δεδομένων την οποία ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει για να δει ή να επεξεργαστεί τα δεδομένα.

Για την εισαγωγή των δύο στοιχείων του συνόλου “Plants” ο χρήστης πρέπει να εκτελέσει τις ακόλουθες ενέργειες:

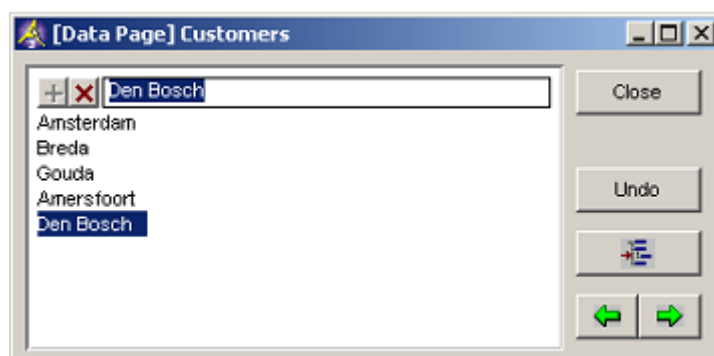
- Άνοιγμα της φόρμας ιδιοτήτων του συνόλου “Plants”,
- Επιλογή του κουμπιού “Data” 
- Μετακίνηση του δείκτη του ποντικιού στη σελίδα δεδομένων όπως φαίνεται στην Εικόνα 20, και επιλογή στο κενό πεδίο εισαγωγής στο πάνω μέρος της σελίδας δεδομένων,
- Εισαγωγή “Haarlem” ως το πρώτο στοιχείο του συνόλου,
- Επιλογή του κουμπιού *Enter* για την καταχώριση του στοιχείου,
- Εισαγωγή “Eindhoven” ως το δεύτερο στοιχείο του συνόλου,
- Επιλογή του κουμπιού *Enter* για την καταχώριση του στοιχείου,
- Κλείσιμο της σελίδας δεδομένων πατώντας το κουμπί *Close* (οι αλλαγές των δεδομένων αποθηκεύονται άμεσα).



Εικόνα 20:Σελίδα δεδομένων συνόλου "Plants"

Για την αλλαγή του ονόματος ενός στοιχείου, απλά, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το στοιχείο, να πατήσει το κουμπί delete και να εισάγει το τροποποιημένο όνομα με το ίδιο τρόπο που προαναφέρθηκε.

Τα στοιχεία του συνόλου “Customers” εισάγονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως με το σύνολο “Plants”. Τα πρώτα στοιχεία φαίνονται στη λίστα της Εικόνα 21. Να σημειωθεί ότι το τελευταίο στοιχείο “DenBosch” περιέχει ένα κενό χαρακτήρα.




Εικόνα 21: Σελίδα δεδομένων για το σύνολο "Customers"

## 5.2 Εισαγωγή δεδομένων παραμέτρων

Η σελίδα δεδομένων κάθε παραμέτρου συμπληρώνεται αυτόματα με τα στοιχεία του αντίστοιχου συνόλου. Το μόνο που απομένει στο χρήστη είναι να εισάγει τις μη μηδενικές τιμές.

Για να εισαχθούν τα δεδομένα για την παράμετρο “Supply”, ο χρήστης πρέπει να εκτελέσει τις επόμενες ενέργειες (οι οποίες είναι παραπλήσιες με αυτές που περιγράφηκαν στην προηγούμενη ενότητα):

- άνοιγμα της φόρμας ιδιοτήτων της παραμέτρου “Supply”,
- επιλογή κουμπιού Data 
- μετακίνηση του δείκτη του ποντικιού και επιλογή του πρώτου πεδίου δεδομένων,
- εισαγωγή του αριθμού 47,
- πάτημα του κουμπιού Enter για την καταχώριση της πρώτης τιμής,
- εισαγωγή του αριθμού 63,
- πάτημα του κουμπιού Enter για την καταχώριση της δεύτερης τιμής, και
- κλείσιμο της σελίδας δεδομένων πατώντας το κουμπί Close.

Η Εικόνα 22 εμφανίζει την ολοκληρωμένη σελίδα δεδομένων για την παράμετρο “Supply”.

	p
Haarlem	47
Eindhoven	63

Εικόνα 22: Σελίδα δεδομένων παραμέτρου "Supply"

Οι τιμές δεδομένων της παραμέτρου “Demand” εισάγονται με ακριβώς τον ίδιο τρόπο, όπως για την παράμετρο “Supply”. Οι πέντε τιμές δεδομένων εμφανίζονται στην Εικόνα 23.

	c
Amsterdam	28
Breda	16
Gouda	22
Amersfoort	31
Den Bosch	12

Εικόνα 23: Σελίδα δεδομένων παραμέτρου "Demand"

Η παράμετρος “UnitTransportCost” είναι διδιάστατη και απαιτεί την εισαγωγή ενός πίνακα. Η ολοκληρωμένη σελίδα δεδομένων γι’ αυτήν την παράμετρο φαίνεται στην Εικόνα 24.

	c	Amsterdam	Breda	Gouda	Amersfoort	Den Bosch
p						
Haarlem		131	405	188	396	485
Eindhoven		554	351	479	366	155

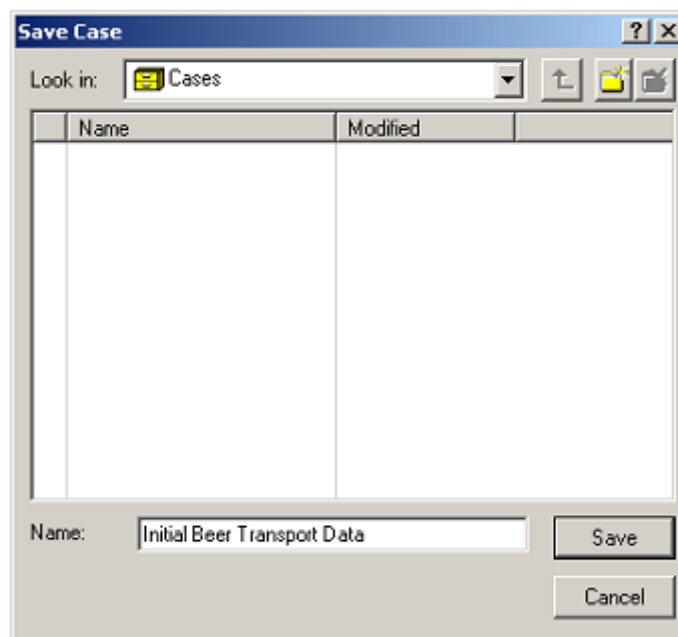
Εικόνα 24: Σελίδα δεδομένων παραμέτρου "UnitTransportCost"

### 5.3 Αποθήκευση των δεδομένων

Το πρόγραμμα AIMMsέχει την επιλογή της αποθήκευσης των δεδομένων όλων των αναγνωριστικών τα οποία θεωρούνται ως μια περίπτωση – case. Υπάρχουν λειτουργίες με τις οποίες μπορεί ο χρήστης να αποθηκεύει και να φορτώνει περιπτώσεις – cases.

Προκειμένου να αποθηκευτούν τα δεδομένα που μόλις έχουν εισαχθεί ως μια νέα περίπτωση – case, ονομαζόμενη “InitialBeerTransportData”, ο χρήστης πρέπει να εκτελέσει τα ακόλουθα βήματα:

- μετάβαση στο μενού Dataκαι εκτέλεση της εντολής SaveCase,
- στο πλαίσιο διαλόγου SaveCase(βλ. Εικόνα 25) εισαγωγή του ονόματος “InitialBeerTransportData” στο πεδίο “Name” (χωρίς τα εισαγωγικά), και
- επιλογή του κουμπιού Saveγια την αποθήκευση των δεδομένων.

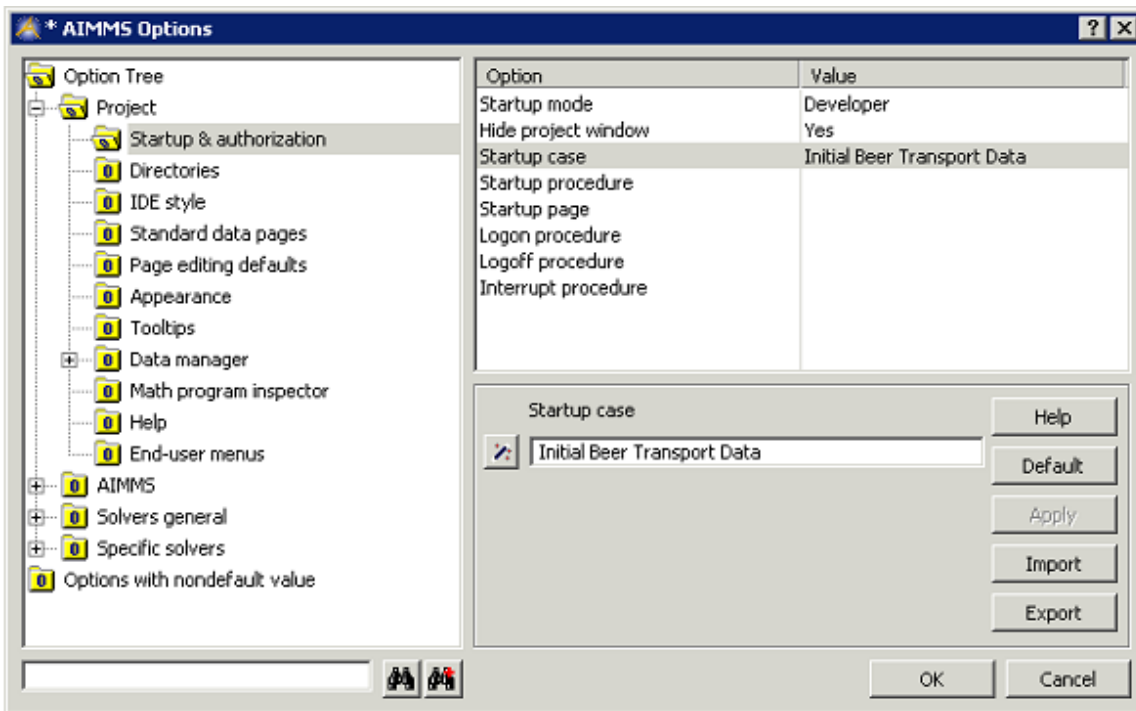


Εικόνα 25: Πλαίσιο διαλόγου SaveCase


Εάν ένα έργο στο AIMMsκλείσει και στην συνέχεια ανοιχτεί πάλι, ο χρήστης μπορεί να χρειαστεί να επαναφορτώσει τα δεδομένα. Μπορεί επίσης ο χρήστης να θέλει το AIMMsνα φορτώνει αυτόματα μια συγκεκριμένη περίπτωση – caseκάθε φορά που ανοίγει ένα έργο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί (χωρίς προγραμματισμό) με τη χρήση του πλαισίου διαλόγου Optionsόπως φαίνεται στην Εικόνα 26.

- μετάβαση στο μενού Settingsκαι εκτέλεση της εντολής ProjectOptions,
- επιλογή του φακέλου “Project – Startup&Authorization” στο δένδρο επιλογών,
- εκτέλεση της επιλογής «StartupCase” από το δεξί παράθυρο,
- επιλογή του κουμπιού οδηγού – wizard,
  - επιλογή της περίπτωσης– case “Initial Beer Transport Data”,

- ο επιλογή κουμπιού OK από το πλαίσιο διαλόγου SelectCase,
- ο επιλογή του κουμπιού Apply του πλαισίου διαλόγου “AIMMSOptions”, και
- ο τερματισμός με την επιλογή του κουμπιού OK.

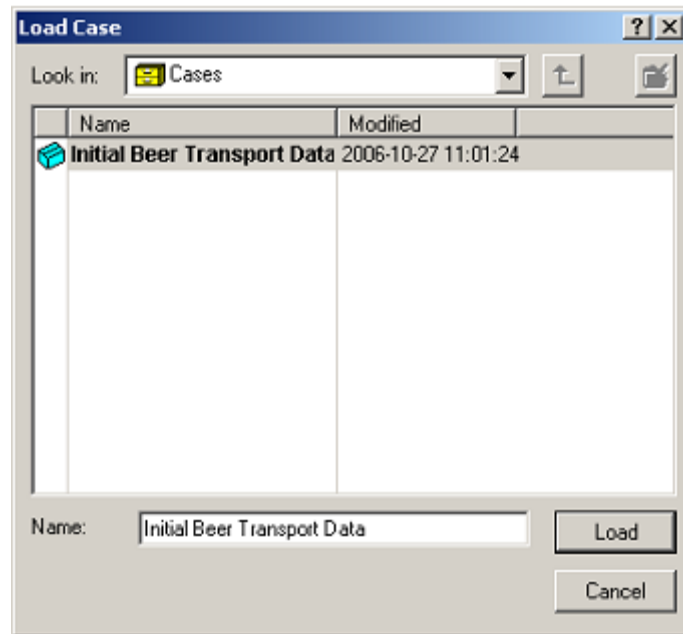


Εικόνα 26: Πλαίσιο διαλόγου AIMMSOptions

Αποτελεί καλή πρακτική να αποθηκεύονται τα δεδομένα τακτικά από τη μεριά του χρήστη. Οι παραπάνω επιλογές αποθηκεύονται επίσης με την αποθήκευση ολόκληρου του έργου. Ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει το έργο με την επιλογή του κουμπιού SaveProject . Να σημειωθεί ότι με την αποθήκευση ενός έργου, δεν σημαίνει ότι τα δεδομένα επίσης αποθηκεύονται. Η αποθήκευση των δεδομένων απαιτεί την αποθήκευση μιας περίπτωσης – case.

Οποιαδήποτε στιγμή κατά την διάρκεια της συνεδρίας AIMMs, ο χρήστης μπορεί να φορτώσει χειροκίνητα μια περίπτωση - case ως ακολούθως:

- ο Μετάβαση στο μενού **Data**, επιλογή του υπομενού LoadCase και εκτέλεση της εντολής AsActive... ,
- ο Επιλογή του επιθυμητού ονόματος περίπτωσης στο πλαίσιο διαλόγου dialogbox (βλ. Εικόνα 27), και
- ο Επιλογή του κουμπιού Load

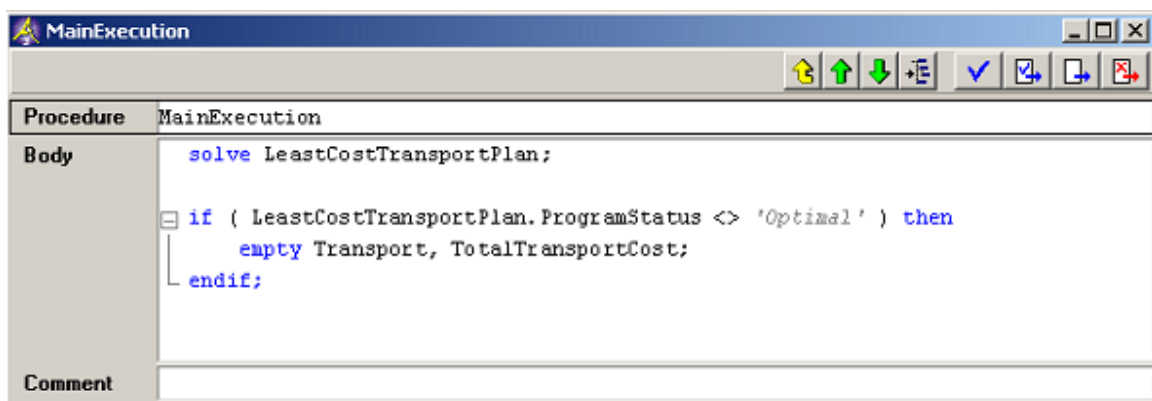


Εικόνα 27: Πλαίσιο διαλόγου LoadCase

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup> – Επίλυση του μοντέλου


### 6.1 Υπολογισμός της λύσης

Έως τώρα ο χρήστης έχει εισάγει όλα τα αναγνωριστικά, τις ιδιότητες και τα δεδομένα τους. Επίσης χρειάζεται να υλοποιηθεί τουλάχιστον μια διαδικασία έτσι ώστε να καθοδηγήσει το πρόγραμμα AIMMs, ως το πια δράση να αναλάβει. Στο παρόν πρόβλημα, ο χρήστης εισάγει δύο εντολές μέσα στο σώμα της υπάρχουσας κενής διαδικασίας MainExecution: η πρώτη εντολή για τη επίλυση του μαθηματικού προβλήματος, και η άλλη για να θέσει την επίλυση με μηδέν όταν το μαθηματικό πρόβλημα δεν είναι βέλτιστο.



Εικόνα 28: Η φόρμα ιδιοτήτων της διαδικασίας MainExecution

Η διαδικασία MainExecution μπορεί να υλοποιηθεί ως ακολούθως:

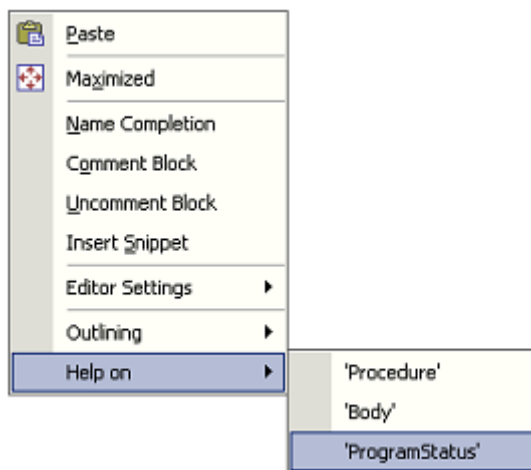
- Επιλογή του κουμπιού F8 για το άνοιγμα του ModelExplorer,
- Επιλογή της διαδικασίας MainExecution και άνοιγμά της με διπλό κλικ,
- Εισαγωγή των δύο εντολών στο σώμα ιδιοτήτων όπως φαίνεται στην Εικόνα 28, και
- Επιλογή του κουμπιού Check, Commit and Close  για την καταχώριση των αλλαγών.

Στην περίπτωση σφαλμάτων, απλά ο χρήστης μπορεί να ελέγξει τα δεδομένα εισόδου και να προβεί στις απαραίτητες διορθώσεις.

Προκειμένου να αποκτήσει πληροφορίες σχετικά με συγκεκριμένες λέξεις κλειδιά του AIMMs, ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει το δεξί κλικ του ποντικιού για να αναδύσει το μενού τεκμηρίωσης.

Για παράδειγμα, ο χρήστης μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση στη βοήθεια για την λέξη κλειδί “ProgramStatus”, ως ακολούθως:

- Τοποθέτηση του δείκτη του ποντικού πάνω από την λέξη-κλειδί “ProgramStatus”
- Δεξί κλικ και επιλογή της λέξης κλειδί “ProgramStatus” από τα περιεχόμενα του υπομενού της Βοήθειας – Help (βλ. Εικόνα 29)

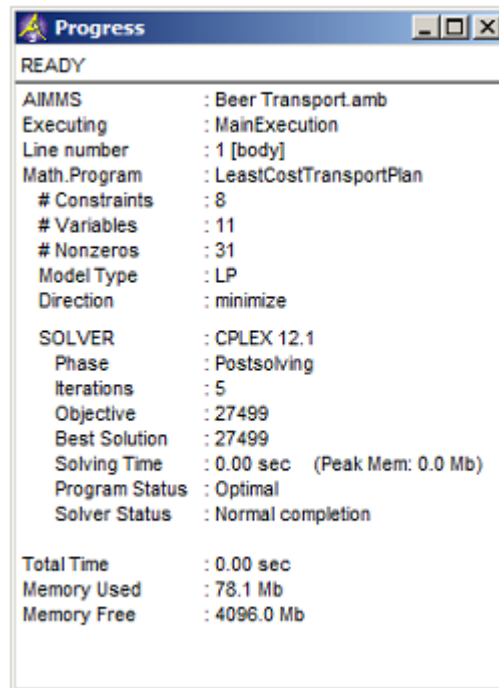


Εικόνα 29: Υπομενού Βοήθειας

Η διαδικασία MainExecution μπορεί να εκτελεστεί πατώντας το κουμπί F6. Για όλες τις υπόλοιπες διεργασίες ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει το δεξί κουμπί του ποντικιού και να επιλέξει την εντολή RunProcedure.

Με την επιλογή του συνδυασμού πλήκτρων Ctrl και P ταυτόχρονα, το AIMMs εμφανίζει ένα παράθυρο προόδου με επιλεγμένες πληροφορίες για την πρόοδο που έχει επιτευχθεί, κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης. Η Εικόνα 30 εμφανίζει το παράθυρο προόδου το οποίο χρήστης αναμένεται να δει.





Εικόνα 30: Παράθυρο προόδου εκτέλεσης

Ο χρήστης έχει ήδη συναντήσει σελίδες δεδομένων, καθώς εισάγει στοιχεία συνόλων και αριθμητικών τιμών των παραμέτρων. Από τη στιγμή που το AIMMS έχει υπολογίσει τις τιμές της μεταβλητής “Transport”, αυτές οι τιμές εμφανίζονται άμεσα στις αντίστοιχες σελίδες δεδομένων. Ο χρήστης απλά χρειάζεται να μεταβεί στη μεταβλητή του δενδρικού μοντέλου, και να την επιλέξει. Στην συνέχεια χρειάζεται να χρησιμοποιήσει το δεξί κουμπί του ποντικιού και να εκτελέσει την εντολή Data... για να ανοίξει τη σελίδα δεδομένων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το άνοιγμα του συγκεντρωτικού πίνακα των δεδομένων “Transport” και των αντίστοιχων επιθημάτων. Εάν σύρει την επικεφαλίδα της στήλης επιθήματος έξω από τον συγκεντρωτικό πίνακα και ορίσει αυτή ως το επίπεδο, ο χρήστης βλέπει την εικόνα που ακολουθεί. Με το κλείσιμο της σελίδας δεδομένων επιλέγοντας “yes” αποθηκεύεται η διάταξη των επιλογών που μόλις επιλέχθηκαν.

Suffix	Level	Amsterdam	Breda	Gouda	Amersfoort	Den Bosch
p						
Haarlem		28		19		
Eindhoven			16	3	31	12

Εικόνα 31: Σελίδα δεδομένων εμφανίζοντας την επίλυση για την μεταβλητή "Transport"

## Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup> – Υλοποιώντας μια σελίδα

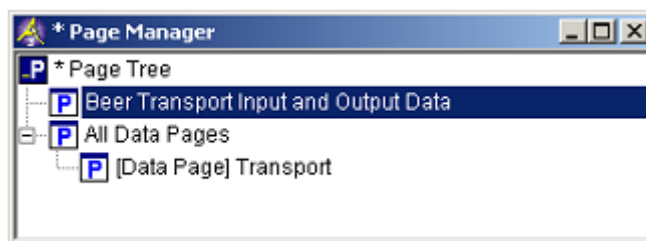
Αν και για κάθε αναγνωριστικό το AIMMS παρέχει μια τυπική σελίδα, αυτές σελίδες δεν έχουν δημιουργηθεί για να εξερευνούν σύνολα σχετικών αναγνωριστικών. Για αυτό το λόγο οι κατασκευαστές μοντέλων και οι τελικοί χρήστες μιας εφαρμογής συνήθως προτιμούν να αλληλεπιδρούν με μια εφαρμογή μέσω μίας ή παραπάνω ειδικά κατασκευασμένης σελίδας.

### 7.1 Υλοποίηση μιας νέας σελίδας

Για τη δημιουργία μια νέας κενής σελίδας ο χρήστης πρέπει να ακολουθήσει τα εξής βήματα:

- ο επιλογή του κουμπιού PageManager από τη γραμμή εργαλείων,
- ο επιλογή του κουμπιού από τη γραμμή εργαλείων για τα δημιουργία νέας σελίδας,
- ο ορισμός “BeerTransportInputandOutputData” ως το όνομα αυτής της νέας σελίδας, και
- ο επιλογή του κουμπιού Enter για καταχώριση της σελίδας.

Ο PageManager με μια νέα σελίδα εμφανίζεται στην Εικόνα 32.




Εικόνα 32: Ο PageManager με μια νέα σελίδα

Να σημειωθεί ότι οι αλλαγές που έγιναν στην προηγούμενη ενότητα που αφορούν τη διάταξη του πίνακα δεδομένων “Transport” αποθηκεύονται επίσης με το PageManager.


### 7.2 Παρουσιάζοντας τα δεδομένα εισόδου

Μια σελίδα μπορεί να είναι είτε στην κατάσταση επεξεργασίας – edit, είτε στην κατάσταση χρήστη – usermode. Η κατάσταση επεξεργασίας χρησιμοποιείται για τη δημιουργία και την τροποποίηση των αντικειμένων μιας σελίδας. Η κατάσταση χρήστη χρησιμοποιείται μόνο για προβολή και επεξεργασία των δεδομένων προβολής αντικειμένων εντός της σελίδας.

Για το άνοιγμα μιας σελίδας σε κατάσταση επεξεργασίας:

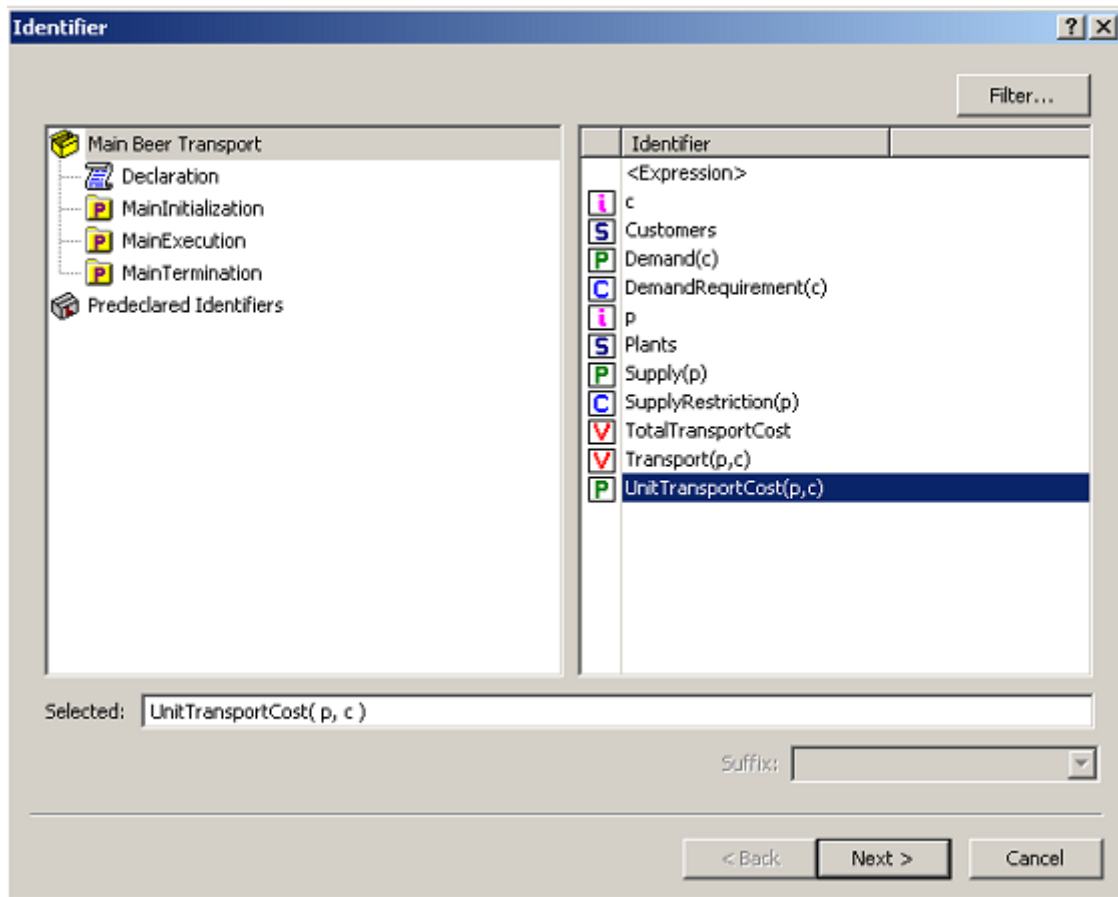
- Διπλό κλικ στο όνομα της σελίδας στο PageManager, και
- Επιλογή του κουμπιού  από την γραμμή εργαλείων για άνοιγμα της επιλεγμένης σελίδας σε κατάσταση επεξεργασίας

Για τη δημιουργία ενός νέου πίνακα, ο χρήστης ακολουθεί τις επόμενες ενέργειες:

- Επιλογή του κουμπιού NewTable  από τη γραμμή εργαλείων,
- Τοποθέτηση του δείκτη του ποντικιού στην πάνω αριστερή θέση όπου δημιουργείται ο νέος πίνακας,
- Πίεση του αριστερού κουμπιού του ποντικιού και μετακίνηση του δείκτη του ποντικιού μέχρι την κάτω δεξιά γωνία όπου δημιουργείται ο νέος πίνακας,
- Άφηση του πλήκτρου του ποντικιού.


Ο χρήστης τώρα μπορεί να συμπληρώσει το πλαίσιο διαλόγου αναγνωριστικού ως ακολούθως:

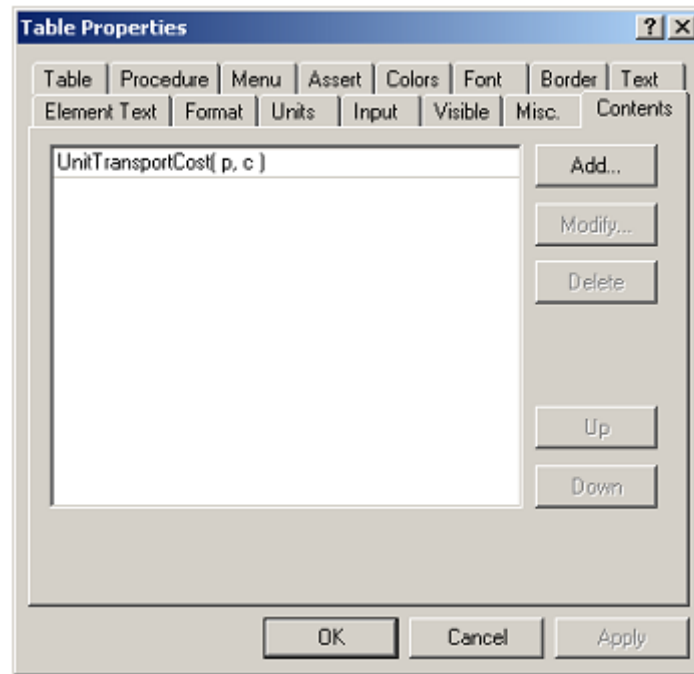
- Επιλογή της παραμέτρου “UnitTransportCost (p,c)” στον οδηγό επιλογής αναγνωριστικού όπως φαίνεται στην Εικόνα 33,
- Επιλογή του κουμπιού Next,
- Επιλογή του κουμπιού Finish, και αν είναι αναγκαίο
- Ρύθμιση της θέσης και μεγέθους του αντικειμένου του πίνακα έτσι ώστε όλες οι πληροφορίες να είναι ευδιάκριτες.



Εικόνα 33: Οδηγός επιλογής αναγνωριστικού

Για την εισαγωγή ενός νέου αναγνωριστικού στον πίνακα “UnitTransportCost”, ο χρήστης ακολουθεί τις επόμενες ενέργειες στην κατάσταση επεξεργασίας:

- Επιλογή του πίνακα με πάτημα του κουμπιού του ποντικιού,
- Επιλογή του κουμπιού  από την γραμμή εργαλείων (ή εναλλακτικά, χρησιμοποιώντας το δεξί πλήκτρο του ποντικιού), για πρόσβαση στο πλαίσιο διαλόγου ιδιοτήτων,
- Επιλογή της σελίδας περιεχομένων (βλ. Εικόνα 34),
- Επιλογή του κουμπιού Add
- Επιλογή του αναγνωριστικού “Supply(p)”, επιλογή του κουμπιού Next, και μετά επιλογή του κουμπιού Finish, και
- Επιστρέφοντας στην σελίδα περιεχομένων, επιλογή του κουμπιού OK.



Εικόνα 34: Σελίδα περιεχομένων πίνακα

Ο χρήστης μπορεί να προσθέσει δεδομένα ζήτησης στον πίνακα με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο προσθέτει δεδομένα προσφοράς. Ο πίνακας που προκύπτει φαίνεται στην Εικόνα 35

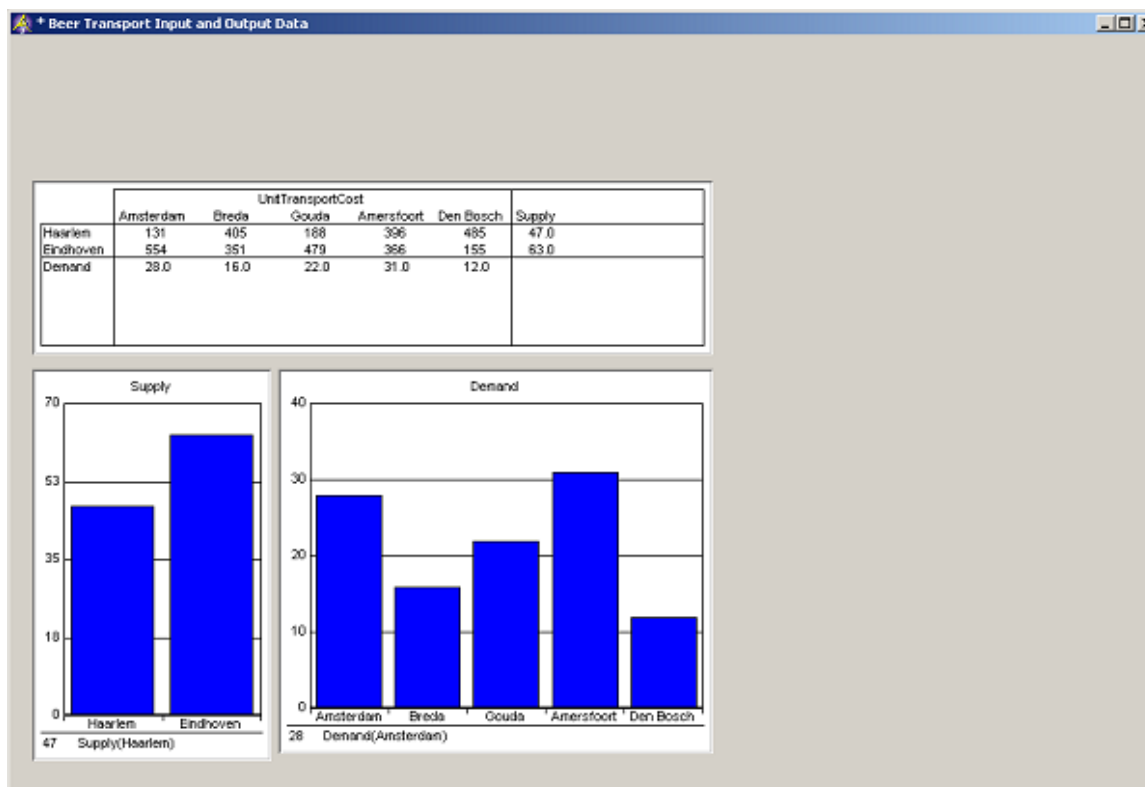
	UnitTransportCost					
	Amsterdam	Breda	Gouda	Amersfoort	Den Bosch	Supply
Haarlem	131	405	188	396	485	47.0
Eindhoven	554	351	479	366	155	63.0
Demand	28.0	16.0	22.0	31.0	12.0	

Εικόνα 35: Πίνακας προβολής δεδομένων εισόδου

Η δημιουργία ενός ραβδογράμματος ακολουθεί την ίδια διαδικασία με την δημιουργία ενός πίνακα. Τα ακόλουθα βήματα συνοψίζουν την διαδικασία για την παράμετρο “Supply”:

- Επιλογή του κουμπιού new-bar-chart στην γραμμή εργαλείων
- Τοποθέτηση του δείκτη του ποντικιού, και μετακίνηση για δημιουργία του νέου ραβδογράμματος
- Επιλογής της παραμέτρου “Supply(p)” στον οδηγό επιλογής αναγνωριστικού
- Επιλογή του κουμπιού Next, και στη συνέχεια επιλογή του κουμπιού Finish


Ο χρήστης, στη συνέχεια μπορεί να δημιουργήσει ένα ραβδόγραμμα για τα δεδομένα ζήτησης με τον ίδιο τρόπο που δημιούργησε το ραβδόγραμμα για τα δεδομένα προσφοράς. Η ενδιάμεση σελίδα πρέπει τώρα να φαίνεται όπως στην Εικόνα 36.



Εικόνα 36: Ενδιάμεση σελίδα εισόδου – εξόδου

### 7.3 Παρουσίαση των δεδομένων εξόδου

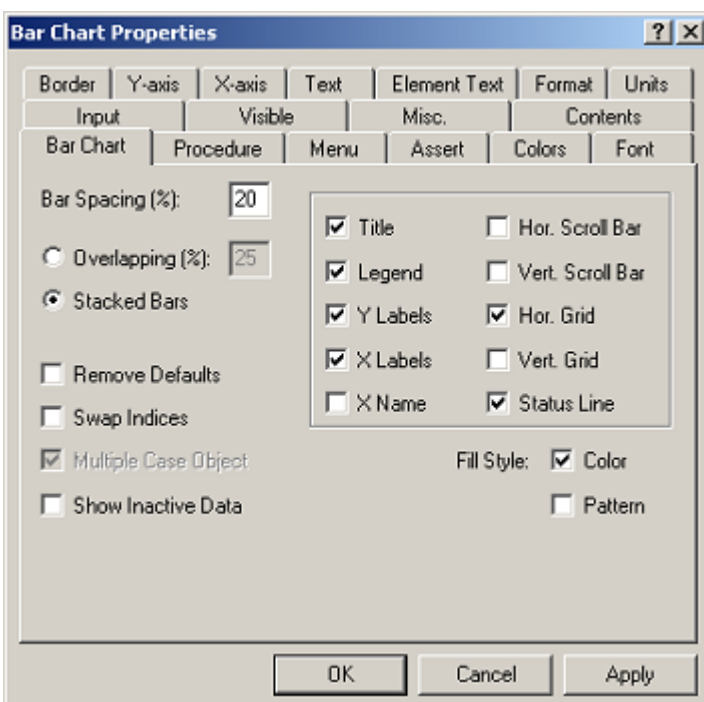
Ένας σύνθετος πίνακας στο πρόγραμμα AIIMM είναι όπως ένας πίνακας μιας σχεσιακής βάσης δεδομένων: Οι πρώτες στήλες περιέχουν ευρετήρια και οι επόμενες στήλες περιέχουν αναγνωριστικά που ορίζονται από αυτά τα ευρετήρια. Η δημιουργία ενός σύνθετου πίνακα, η οποία περιέχει μόνο τη βέλτιστη λύση είναι παρόμοια με τη δημιουργία ενός τυπικού πίνακα ή ενός ραβδογράμματος, και απαιτεί τις επόμενες ενέργειες:

- Επιλογή του κουμπιού  από την εργαλειοθήκη, για τη δημιουργία ενός σύνθετου πίνακα,
- Σχηματισμός του πίνακα χρησιμοποιώντας το ποντίκι
- Επιλογή της μεταβλητής “Transport(p,c)” στον οδηγό επιλογής αναγνωριστικού για τον ορισμό των τιμών του ευρετηρίου που εμφανίζονται,

- Επιλογή του κουμπιού Next και μετά του κουμπιού Finish


Άλλος ένας τρόπος εμφάνισης της επίλυσης είναι η χρήση του ραβδογράμματος στοιβάδας:

- Δημιουργία ενός τυπικού ραβδογράμματος που εμφανίζει την μεταβλητή “Transport(p,c)”
- Επιλογή της σελίδας “barchart” από το πλαίσιο διαλόγου επιλογών όπως φαίνεται στην Εικόνα 37,
- Αντί της προκαθορισμένης επιλογής “Overlapping”, επιλογή της “StackedBar”, και
- Επιλογή του κουμπιού OK



Εικόνα 37: Πλαίσιο διαλόγου ιδιοτήτων ραβδογράμματος

Το βαθμωτό αντικείμενο έχει σχεδιαστεί για να απεικονίζει βαθμωτές τιμές, για να εμφανιστεί η βέλτιστη τιμή επίλυσης σε ένα βαθμωτό αντικείμενο πρέπει να ακολουθηθούν τα παρακάτω βήματα:


- Επιλογή του κουμπιού  στην γραμμή εργαλείων για την δημιουργία ενός βαθμωτού αντικειμένου
- Σχεδιασμός του βαθμωτού αντικειμένου, χρησιμοποιώντας το ποντίκι
- Επιλογή της βαθμωτής μεταβλητής “TotalTransportCost” στον οδηγό επιλογής αναγνωριστικού, και

- ο Επιλογή του κουμπιού Finish.


## 7.4 Ολοκλήρωση της σελίδας


Η συγκεκριμένη ενότητα εστιάζει στην δημιουργία ενός καλαίσθητου γραφικού περιβάλλοντος, όπως φαίνεται από την Εικόνα 42, στο τέλος της ενότητας αυτής.

Ένα αντικείμενο σε αυτή τη σελίδα έχει σχεδιαστεί να ενεργοποιεί την επίλυση του μαθηματικού προγράμματος “Least-CostTransportPlan”. Για τη δημιουργία ενός τέτοιου κουμπιού, χρειάζεται να εκτελεστούν οι ακόλουθες ενέργειες:

- ο Επιλογή του κουμπιού  από την γραμμή εργαλείων για τη δημιουργία ενός νέου κουμπιού, και σχηματισμός του κουμπιού, χρησιμοποιώντας το ποντίκι,
- ο Εισαγωγή της συμβολοσειράς “SolveBeerTransport” ως ο τίτλος του κουμπιού και,
- ο Επιλογή της σελίδας Actions

Η ενέργεια που ορίζεται, στη συνέχεια εκτελείται από το πρόγραμμα AIMMsως διαδικασία. Σε αυτό το παράδειγμα η διαδικασία είναι η “MainExecution”. Ο χρήστης πρέπει να ακολουθήσει τα παρακάτω βήματα:

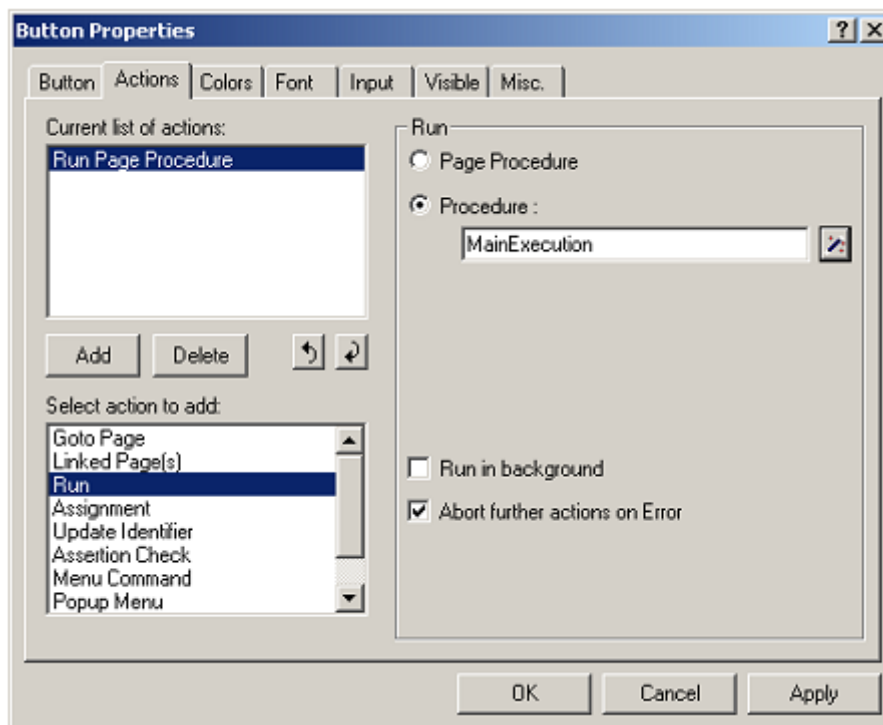
- ο Επιλογή “Run” ως την ενέργεια που προστεθεί,
- ο Επιλογή του κουμπιού Add,
- ο Επιλογή Procedure,
- ο Επιλογή του ενεργοποιημένου κουμπιού οδηγού ,
- ο Επιλογή της διεργασίας “MainExecution”,
- ο Επιλογή του κουμπιού Finishκαι αποδοχή επιλέγοντας το κουμπί OK.

Η ολοκληρωμένη σελίδα Actions του πλαισίου διαλόγου ButtonProperties εμφανίζεται στην Εικόνα 38. Να σημειωθεί ότι το κουμπί μπορεί μόνο να χρησιμοποιηθεί για την επίλυση του μοντέλου όταν η σελίδα είναι σε κατάσταση χρήστη, επιλέγοντας το κουμπί UserMode .

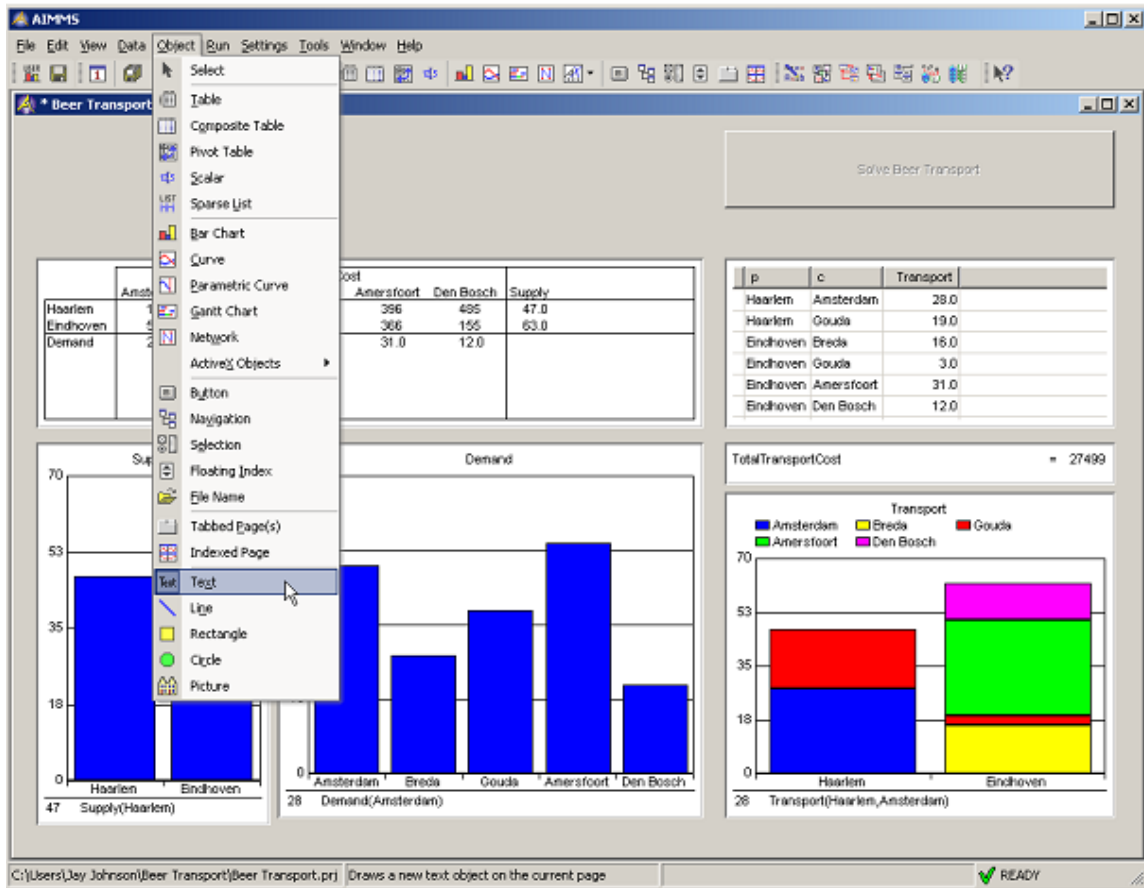
Η προκύπτουσα σελίδα εισόδου – εξόδου (βλ.Εικόνα 42) περιέχει 3 αντικείμενα κειμένου. Ο τίτλος “BeerTransport” μπορεί να δημιουργηθεί ως ακολούθως:



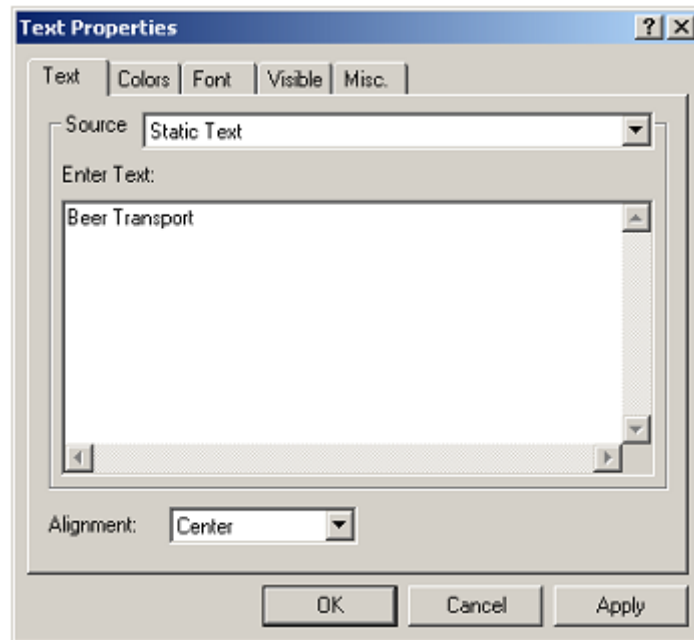
- Επιλογή της εντολής Text από το μενού Object (βλ. Εικόνα 39), και δημιουργία ενός παραλληλόγραμμου χρησιμοποιώντας το ποντίκι,
- Ορισμός του “BeerTransport” ως το στατικό κείμενο στη σελίδα text του πλαισίου διαλόγου TextProperties,
- Επιλογή “Center” από την αναπτυσσόμενη λίστα “Alignment” (βλ. Εικόνα 40),
- Επιλογή της σελίδας Font από το πλαίσιο διαλόγου TextProperties, και
- Επιλογή του κουμπιού Add.



Εικόνα 38: Σελίδα ενέργειας του πλαισίου διαλόγου επιλογών κουμπιού



Εικόνα 39: Μενού Οβιετσελίδας σε κατάσταση επεξεργασίας

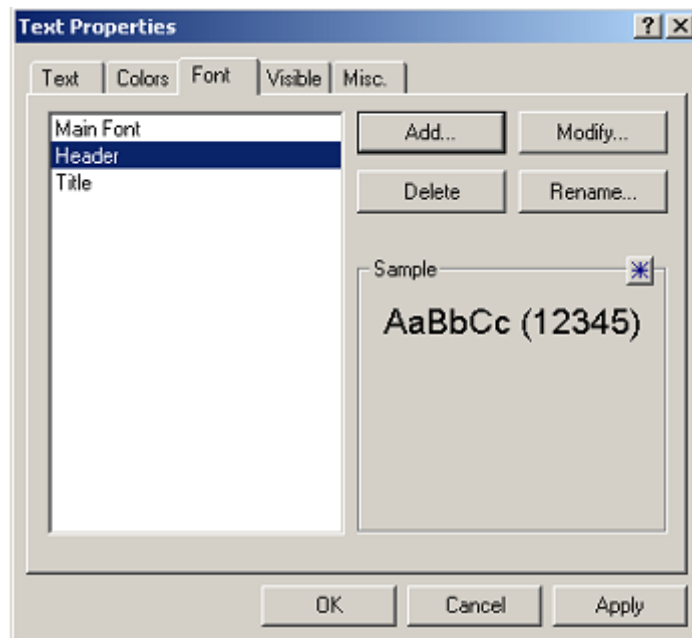


Εικόνα 40: Η σελίδα τεχπου πλαισίου διαλόγου textproperties

Ο χρήστης τώρα μπορεί να ορίσει το όνομα της κατάλληλης γραμματοσειράς και συνεπώς να ολοκληρώσει το αντικείμενο text.

- Επιλογή “Bold” ως στυλ γραμματοσειράς, και “20” ως το “fontsize”
- Επιλογή κουμπιού OK
- Ορισμός “Title” ως το όνομα της νέας γραμματοσειράς
- Επιλογή κουμπιού OK για επιστροφή στη σελίδα TextProperties
- Επιλογή OK για κλείσιμο του πλαισίου διαλόγου TextProperties

Τα υπόλοιπα δύο αντικείμενα που εμφανίζουν το κείμενο “InputData” και “OutputData” δημιουργούνται με τον ίδιο τρόπο. Ο χρήστης εκτός από την χρήση του μόλις δημιουργημένου “Title”, χρειάζεται να δημιουργήσει μια δεύτερη, ειδικά διαμορφωμένη, γραμματοσειράς “Header” με μέγεθος “14”. Η σελίδα γραμματοσειράς του πλαισίου διαλόγου TextProperties εμφανίζεται στην Εικόνα 41.

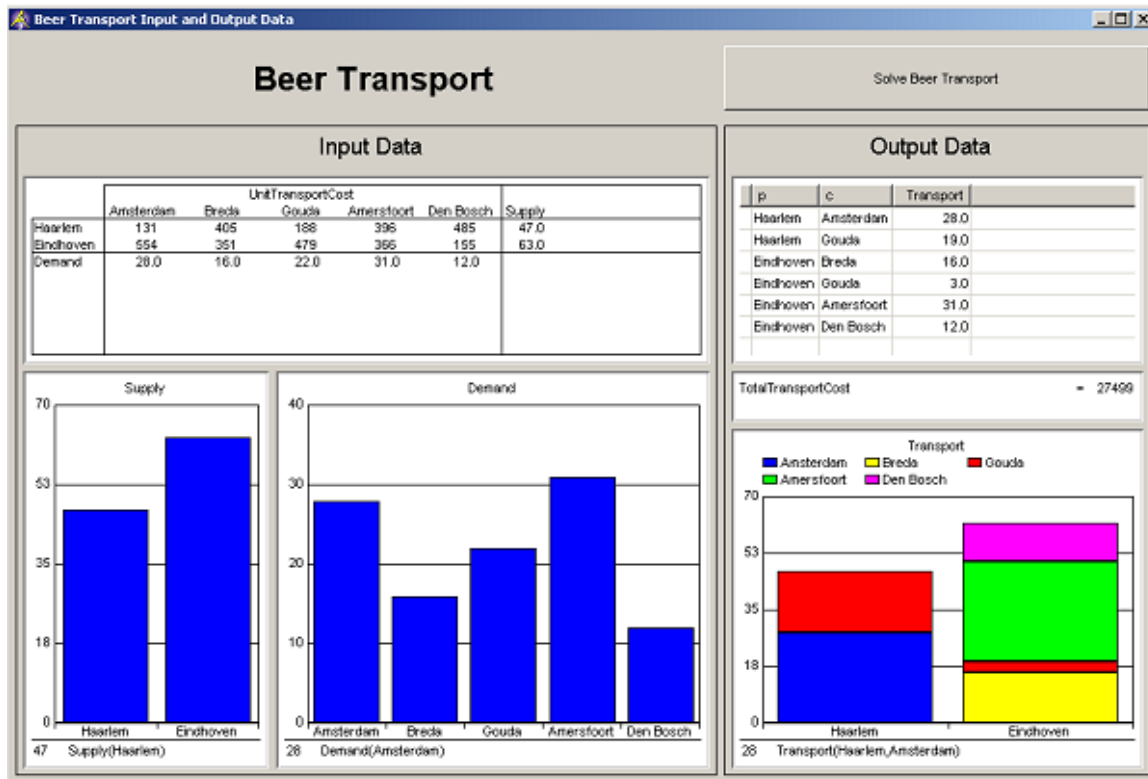


Εικόνα 41: Η σελίδα font του πλαισίου διαλόγου textproperties

Η σελίδα ολοκληρώνεται με την προσθήκη δύο παραλληλογράμμων που δίνουν έμφαση στο ότι υπάρχουν δύο ομάδες αντικειμένων που αναπαριστούν δεδομένα εισόδου και εξόδου. Υποθέτοντας ότι ο χρήστης έχει διαμορφώσει και τοποθετήσει τα αντικείμενα ώστε να ταιριάζουν ιδανικά μεταξύ τους, μπορεί να σχηματίσει τα παραλληλόγραμμα ως εξής:

- Επιλογή της εντολής “Rectangle” από το μενού “Object”, και
- Σχηματισμός του παραλληλόγραμμου χρησιμοποιώντας το ποντίκι


Η συγκεκριμένη σελίδα πρέπει να εμφανίζεται όπως στην Εικόνα 42.



Εικόνα 42: Μια σελίδα εισόδου – εξόδου

## Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup> – Εκτελώντας σενάρια

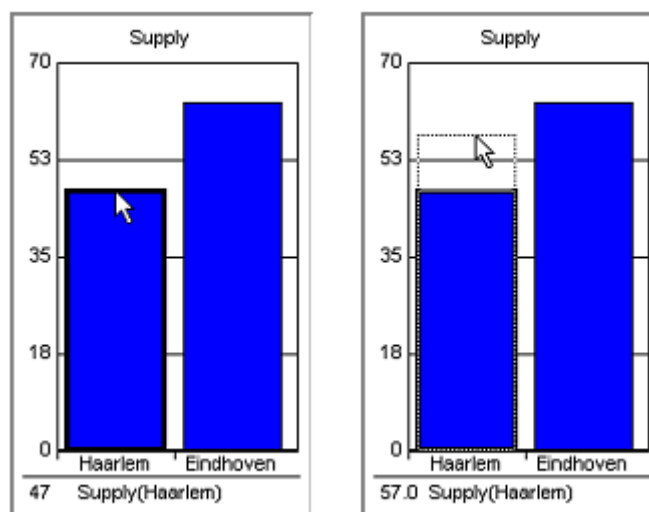
### 8.1 Τροποποιώντας δεδομένα εισόδου

Ο χρήστης έχοντας υλοποιήσει την σελίδα εισόδου – εξόδου, είναι τώρα έτοιμος να χρησιμοποιήσει τη σελίδα. Για αυτό το σκοπό, πρέπει να εισαχθεί η σελίδα σε κατάσταση χρήστη, επιλέγοντας το κουμπί UserMode .

Η σελίδα εισόδου – εξόδου επιτρέπει στον χρήστη να δει την επίδραση των αλλαγών είτε στη ζήτηση, την προσφορά ή τις τιμές κόστους του μοντέλου transport. Αρκεί μόνο η αλλαγή οποιασδήποτε τιμής εισόδου, επαναυπολογισμός του μοντέλου και προβολή των αποτελεσμάτων εξόδου.

Για παράδειγμα, για την αλλαγή της υπάρχουσα προσφοράς στο “Haarlem”, ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει τις παρακάτω ενέργειες:

- Στο ραβδόγραμμα “Supply”, επιλογή της στήλης που αντιπροσωπεύει την προσφορά στο “Haarlem”.
- Τοποθέτηση του δείκτη του ποντικιού στη κορυφή της στήλης, και απλά
- Μετακίνηση του ποντικιού προς τα πάνω για αύξηση της προσφοράς από 47 σε 57 (βλ. Εικόνα 43).

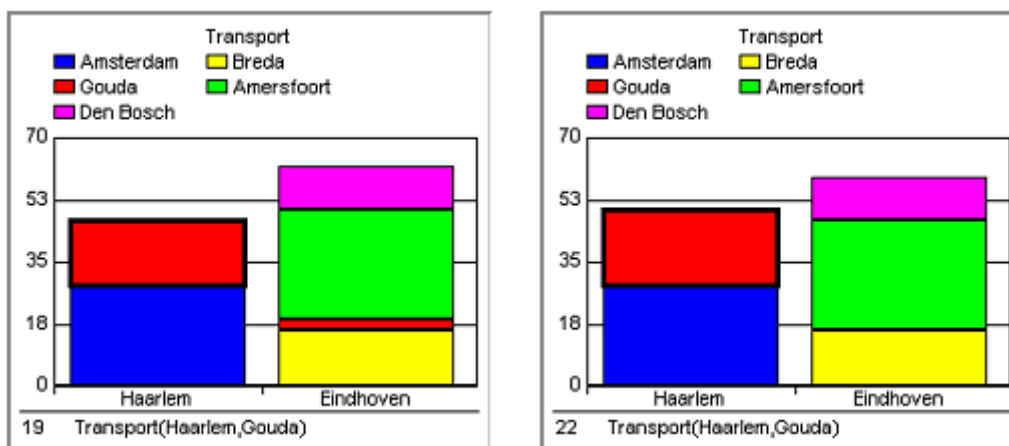


Εικόνα 43: Διαδικασία μετακίνησης δεδομένων προσφοράς

Εναλλακτικά, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την αντίστοιχη στήλη και αν εισάγει την νέα τιμή προσφοράς (57) στο πλαίσιο επεξεργασίας στο κάτω αριστερό τμήμα του ραβδογράμματος.

Ο χρήστης τώρα είναι έτοιμος να επιλύσει το μοντέλο. Για να γίνει αυτό, το μόνο που χρειάζεται είναι να πατήσει το κουμπί “SolveBeerTransport” που βρίσκεται στο πάνω μέρος της σελίδας. Το αποτέλεσμα που ανακύπτει δείχνει μια βελτίωση (π.χ. μείωση) του βέλτιστου κόστους από 27499 σε 26626.

Μια τέτοια μείωση του κόστους θεωρείται αναμενόμενη, γιατί η ολική χωρητικότητα του “Haarlem” έχει αρχικά χρησιμοποιηθεί. Αυξάνοντας την προσφορά στο Haarlem, η “Gouda” δεν χρειάζεται πλέον την “Eindhoven” για εναλλακτικό προμηθευτή (βλ. Εικόνα 44).



Εικόνα 44: Επίδραση των αλλαγών στα δεδομένα προσφοράς

## Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup> – Παράδειγμα Χρήσης της Γλώσσας Προγραμματισμού AIMMS

### 9.1 Εισαγωγή – Ορισμός Προβλήματος

Στην παρούσα ενότητα μελετάται ο ορισμός (μαθηματική μοντελοποίηση) και η προγραμματιστική επίλυση ενός προβλήματος σε γλώσσα AIMMS. Θεωρώντας ότι είναι θεμιτό να επινοηθεί ένα σενάριο το οποίο να είναι κοντά με έννοιες που ασχολείται η διοίκηση, όπως παραγωγή, μεταφορά, πελάτες, παρουσιάζεται το επόμενο πρόβλημα:

Έστω ότι υπάρχει μια εταιρία με ονομασία HellasPinA.E. που κατασκευάζει πινέζες. Η HellasPinA.E. δέχεται 20 παραγγελίες από εταιρίες με ονομασία A-1 έως A-20. Οι πινέζες πακετάρονται σε κούτες τους ενός κιλού έκαστη. Οι κούτες τακτοποιούνται σε κιβώτια. Κάθε κιβώτιο περιέχει 100 κούτες.

Η εταιρία έχει 4 κέντρα διανομής (D1-D4) στα οποία στέλνει τα κιβώτια. Κάθε κέντρο διανομής μπορεί να αποθηκεύει μέχρι και 25.000 κιβώτια. Το κόστος μεταφοράς ενός κιβωτίου σε κάθε κέντρο διανομής είναι:

- D1: 25,00
- D2: 30,00
- D3: 20,00
- D4: 27,00

Το εργοστάσιο έχει τα εξής έξοδα:

- Κόστος λειτουργίας εργοστασίου: 8.500.000,00
- Κόστος παραγωγής ανά κούτα: 5,00
- Πακετάρισμα κιβωτίου: 15,00

Κόστος αποστολής σε κάθε πελάτη από τα σημεία διανομής:

Πελάτης-Εταιρία	Κόστος μεταφοράς από D-1	Κόστος μεταφοράς από D-2	Κόστος μεταφοράς από D-3	Κόστος μεταφοράς από D-4
A-1	0,7	0,9	0,6	1,1
A-2	2,3	2,1	1,9	3,1
A-3	3,0	2,8	2,5	3,1
A-4	4,3	3,8	3,6	4,4
A-5	5,5	4,8	4,5	5,4
A-6	5,2	4,9	4,2	5,6
A-7	0,5	2,6	1,8	3,2
A-8	2,3	1,7	3,5	2,3
A-9	0,5	1,8	2,9	3,1
A-10	0,2	1,2	0,5	0,3
A-11	0,5	0,4	0,8	0,6
A-12	0,5	0,6	0,2	0,9
A-13	0,1	1,2	2,3	1,4
A-14	5,2	4,3	2,5	3,1
A-15	1,4	2,3	1,9	2,1
A-16	3,5	3,7	1,8	2,9
A-17	4,2	4,3	1,6	3,3
A-18	2,7	2,9	1,7	3,0
A-19	3,0	2,5	2,3	3,1
A-20	3,5	2,5	2,0	4,1

Πίνακας 4: Κόστος αποστολής από τα σημεία διανομής στον πελάτη



Όλα τα παραθθέντα κιβώτια αποστέλλονται στα κέντρα διανομής. Οι εταιρίες πελάτες παραλαμβάνουν τις παραγγελίες τους από τα κέντρα διανομής.

Η παρακάτω λίστα περιέχει τον αριθμό παραγγελιών ανά εταιρία-πελάτη και την τιμή αγοράς μίας κούτας ενός κιλού:

Εταιρία-Πελάτης	Τρίμηνο-3	Τρίμηνο-4	Τιμή Πώλησης
A-1	6200	6650	10
A-2	2300	2300	12
A-3	4000	4000	15
A-4	4700	5000	13
A-5	2500	2700	15,5
A-6	3000	2400	16,7
A-7	6100	6800	11,0
A-8	1100	1100	13,1
A-9	4500	1500	10,3
A-10	3500	3000	10,8
A-11	4000	3500	10,4
A-12	10300	10300	10,1
A-13	5000	5000	9,7
A-14	3290	3500	16,3
A-15	4570	4900	12,6
A-16	6500	6800	12,9
A-17	1300	1000	13,2
A-18	6100	6200	13,5
A-19	4900	4900	13,7
A-20	1011	942	14,0

Πίνακας 5: Αριθμός παραγγελιών ανά εταιρία - πελάτη

Το μαθηματικό πρόβλημα προς επίλυση είναι: *πόσα κιβώτια πρέπει να αποσταλούν σε κάθε κέντρο διανομής και πόσα πρέπει να αποσταλούν από κάθε κέντρο διανομής σε κάθε εταιρία-πελάτη, έτσι ώστε το κέρδος της εταιρίας να μεγιστοποιηθεί;*

## 9.2 Ανάλυση του προβλήματος

Το πρόβλημα μπορεί να αναπαρασταθεί μαθηματικά ως εξής:

Σύνολα:

**d:** DistributionCentre (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub>)

**c:** Customer (A<sub>1</sub>, ..., A<sub>20</sub>)

Παράμετροι:

**Demand(c):** Ζήτηση ανά πελάτη (c)

**ShippingCost(c, d):** Κόστος μεταφοράς κιβωτίου από d σε c

**SalesPrice(c):** Τιμή πώλησης ανά c

**CostD(d):** Κόστος μεταφοράς κιβωτίου σε κάθε κέντρο διανομής d

Μεταβλητές:

**X<sub>c, d</sub> ≥ 0:** Αριθμός κιβωτίων που μεταφέρονται από d σε c

$$\text{Revenue} = \sum_c \left( 100 * \text{SalesPrice}(c) * \sum_d (X_{c,d}) \right)$$

$$- 5 * 100 * \sum_{c,d} (X_{c,d})$$

$$- 15 * \sum_{c,d} (X_{c,d})$$

$$- \sum_{c,d} (\text{ShippingCost}(c, d) * X_{c,d})$$

$$- \sum_d \left( \text{CostD}(d) * \sum_c (X_{c,d}) \right)$$

$$- 8.500.000,00$$

Το μαθηματικό πρόβλημα ορίζεται ως:

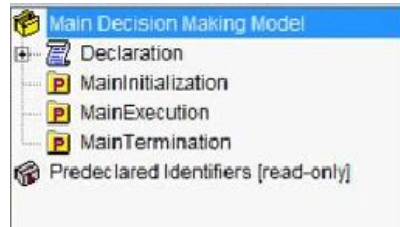
Maximize Revenue, όπου

$$\sum_d (X_{c,d}) \leq \text{Demand}(c) \quad \forall c \text{ και}$$

$$\sum_c (X_{c,d}) \leq 25.000 \quad \forall d$$



### 9.3 Υλοποίηση του προβλήματος

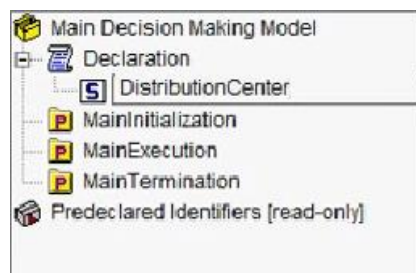
Ο χρήστης ανοίγει την γλώσσα προγραμματισμού AIMMs και επιλέγει από το μενού **File** -> **New Project**. Θέτει το όνομα του έργου ως DecisionMakingModel στο πεδίο **ProjectName** και πιάζει το κουμπί **OK**. Ακολούθως, εμφανίζεται αριστερά ο τυπικός εξερευνητής μοντέλου (Model Explorer) για κενό έργο:



Εικόνα 45: Εξερευνητής μοντέλου

#### 9.3.1 Σύνολα

Ο χρήστης επιλέγει με τον δείκτη του ποντικιού το Declaration και αυτόματα ενεργοποιείται το κουμπί  στη γραμμή εργαλείων που του επιτρέπει να εισάγει ένα νέο σύνολο στους ορισμούς. Στη συνέχεια εκτελεί το κουμπί  και εισάγει το κείμενο DistributionCenter στη νέα, κενή, θέση που εμφανίστηκε κάτω από το Declaration, και πατάει <Enter>:





Εικόνα 46: Νέο σύνολο ορισμών "DistributionCenter"

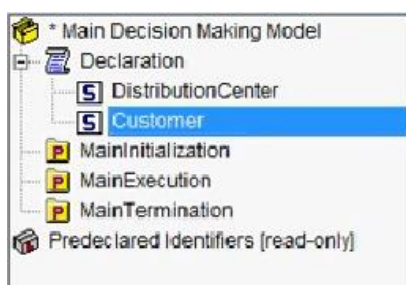
Κάνοντας διπλό κλικ στο DistributionCenter, ανοίγει η φόρμα ιδιοτήτων του συνόλου. Εκεί συμπληρώνεται το πεδίο Index, και ElementRange (from: 1, to: 4, prefix: 'Distribution Center: - ') στο πεδίο Definition

<b>DistributionCenter</b>	
Type	Set
Identifier	DistributionCenter
Index domain	
Subset of	
Text	
Index	d
Parameter	
Property	
Order by	
Definition	ElementRange (from: 1, to: 4, prefix: 'Distribution Center - ')
Initial data	

Εικόνα 47: Φόρμα Ιδιοτήτων "DistributionCenter"

και έπειτα επιλέγεται το κουμπί  από τη γραμμή εργαλείων για κλείσιμο και αποθήκευση του νέου συνόλου. Το σύνολο αυτό τώρα περιέχει 4 τιμές και μπορεί να γίνει αναφορά σε αυτές με τον δείκτη d.

Εκτελείται πάλι το κουμπί  από τη γραμμή εργαλείων για να δημιουργηθεί τώρα το σύνολο Customer:




Εικόνα48: Σύνολο "Customer"

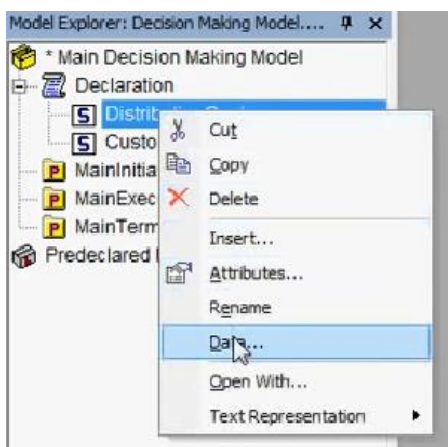
Στη συνέχεια με διπλό κλικ στο Customer ανοίγει η φόρμα ιδιοτήτων του συνόλου, όπου συμπληρώνεται: στο πεδίο Index, και ElementRange (from: 1, to: 20, prefix: 'A - ') στο πεδίο Definition



Εικόνα 49: Φόρμα Ιδιοτήτων "Customer"

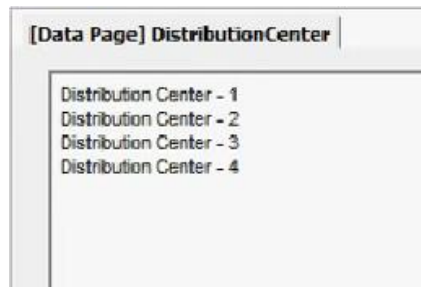
και έπειτα επιλέγεται το κουμπί  από τη γραμμή εργαλείων για κλείσιμο και αποθήκευση του νέου μας συνόλου. Το σύνολο αυτό τώρα περιέχει 20 τιμές και μπορεί να γίνει αναφορά σε αυτές με τον δείκτη c.

Προκειμένου ο χρήστης να δει /επεξεργαστεί τις τιμές που περιέχονται σε οποιοδήποτε σύνολο, μπορεί να πατήσει δεξί κλικ πάνω στον ορισμό του συνόλου, και από το αναδυόμενο μενού να επιλέξει Data...:



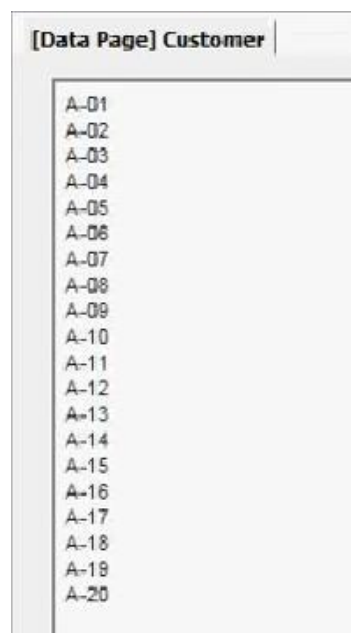
Εικόνα 50: Εξερευνητής μοντέλου προβολής τιμών συνόλου

Για παράδειγμα, το σύνολο DistributionCenter περιέχει αυτές τις τιμές:



Εικόνα 51: Τιμές συνόλου "DistributionCenter"



Ενώ το σύνολο Customer περιέχει αυτές τις τιμές:



Εικόνα 52: Τιμές συνόλου "Customer"

Με την ολοκλήρωση και των δύο συνόλων που χρειάζονται να χρησιμοποιηθούν για το συγκεκριμένο πρόβλημά είναι δυνατή η εκκίνηση της διαδικασίας εισαγωγής των παραμέτρων.

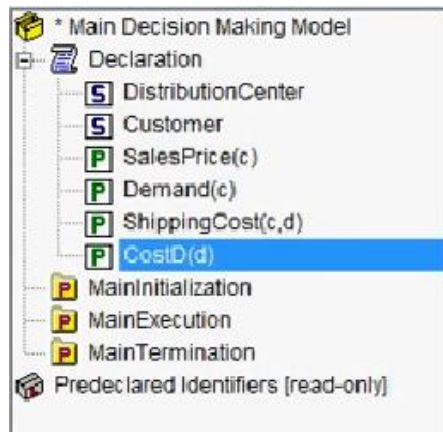
### 9.3.2 Παράμετροι

Η εισαγωγή μιας νέας παραμέτρου γίνεται με το κουμπί  που βρίσκεται στη γραμμή εργαλείων. Ο χρήστης εκτελεί το κουμπί  και εισάγει SalesPrice(c) στη νέα κενή θέση που εμφανίστηκε στους ορισμούς:



Εικόνα 53: Παράμετρος "SalesPrice(c)"



Με τον ίδιο τρόπο εισάγονται τις υπόλοιπες 3 παραμέτρους που χρειάζονται, το Demand(c), ShippingCost(c, d) και CostD(d):

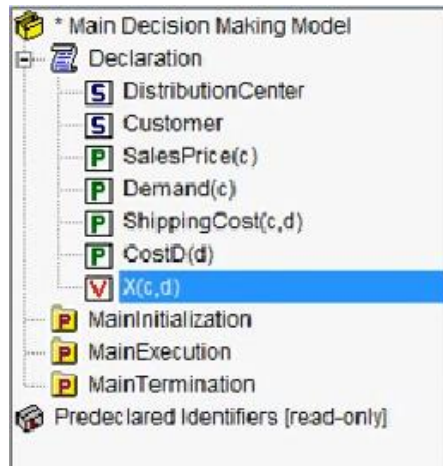


Εικόνα 54: Παράμετροι "Demand(c), ShippingCost(c,d) και CostD(d)"

Αυτοί ήταν οι ορισμοί των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται. Πρόκειται να γίνει ξανά αναφορά σε αυτούς λίγο πριν την επίλυση του μαθηματικού προβλήματος προκειμένου να εισαχθούν οι τιμές. Τώρα ο χρήστης είναι έτοιμος να εισάγει τις μεταβλητές.

### 9.3.3 Μεταβλητές

Η εισαγωγή μιας νέας μεταβλητής γίνεται με το κουμπί  από τη γραμμή εργαλείων. Ο χρήστης εκτελεί το κουμπί  και εισάγει  $X(c, d)$  στη νέα, κενή, θέση που εμφανίστηκε στους ορισμούς:




Εικόνα 55: Μεταβλητή  $X(c,d)$

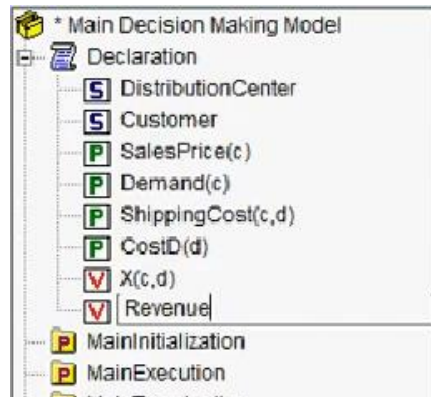
Ο χρήστης πατάει διπλό κλικ στη νέα μεταβλητή για να εμφανιστεί η φόρμα ιδιοτήτων της μεταβλητής. Εκεί επιλέγει **nonnegative** στο πεδίο Range γιατί η μεταβλητή δεν μπορεί να δεχτεί αρνητικούς αριθμούς:

X	
Type	Variable
Identifier	X
Index domain	(c, d)
Text	
Range	nonnegative
Unit	
Default	
Property	
Nonvar status	
Definition	

Εικόνα 56: Φορμα Ιδιοτήτων μεταβλητής  $X(c,d)$



Ο χρήστης επιλέγει πάλι το κουμπί  από τη γραμμή εργαλείων προκειμένου να εισάγει και τη δεύτερη μεταβλητή, το Revenue:

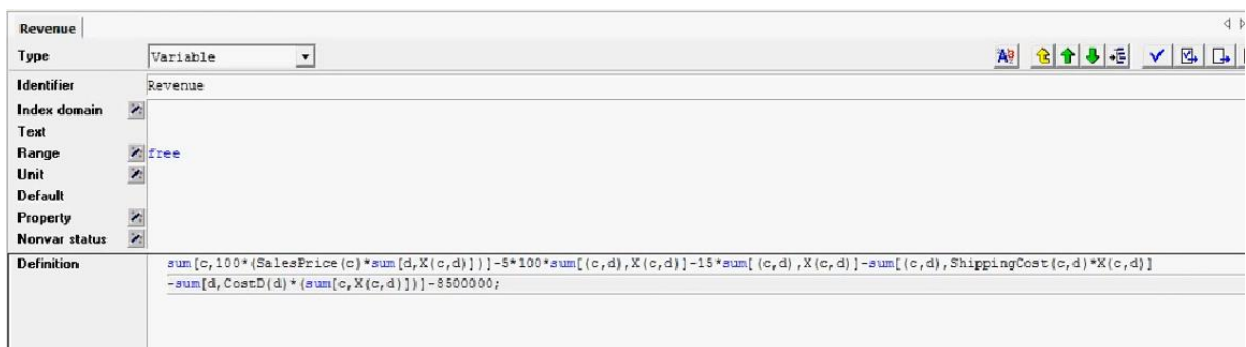


Εικόνα 57:Μεταβλητή "Revenue"

Ο χρήστης ανοίγει τη φόρμα ιδιοτήτων της με διπλό κλικ, και εισάγει στο πεδίο Definition τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζεται. Ο τύπος για το Revenue εκφράζεται με τελεστές του AIMMS ως εξής:


$$\begin{aligned} & \text{sum}[c, 100 * (\text{SalesPrice}(c) * \text{sum}[d, X(c, d)])] \\ & - 5 * 100 * \text{sum}[(c, d), X(c, d)] \\ & - 15 * \text{sum}[(c, d), X(c, d)] \\ & - \text{sum}[(c, d), \text{ShippingCost}(c, d) * X(c, d)] \\ & - \text{sum}[d, \text{CostD}(d) * \text{sum}[c, X(c, d)]] \\ & - 8500000 \end{aligned}$$


Η φόρμα ιδιοτήτων πρέπει να μοιάζει έτσι:

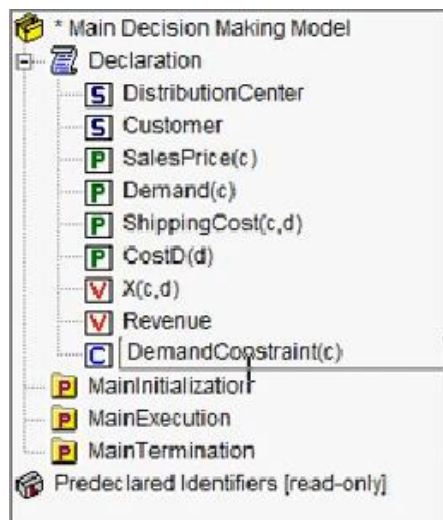


Εικόνα 58: Φόρμα Ιδιοτήτων μεταβλητής "Revenue"

### 9.3.4 Περιορισμοί

Για να ολοκληρωθεί το μοντέλο ο χρήστης πρέπει να εισάγει τους περιορισμούς, όπως για παράδειγμα ότι κάθε κέντρο διανομής μπορεί να αποθηκεύει μέχρι 25.000 κιβώτια. Για την εισαγωγή ενός περιορισμού, χρησιμοποιούμε το κουμπί  από τη γραμμή εργαλείων.

Πατώντας το κουμπί  πραγματοποιείται η εισαγωγή του πρώτου περιορισμού DemandConstraint(c), στη νέα, κενή, θέση στους ορισμούς:




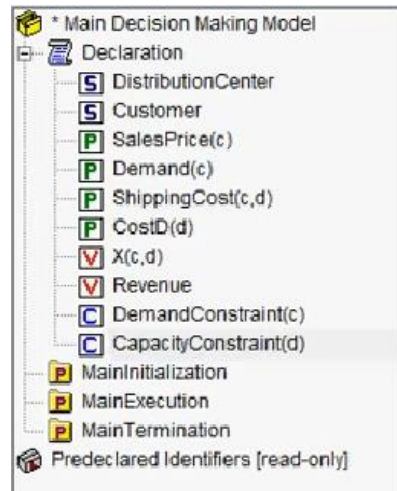
Εικόνα 59: Περιορισμός "DemandConstraint(c)"

Με διπλό κλικ εμφανίζεται η φόρμα ιδιοτήτων του περιορισμού. Εκεί ο χρήστης εισάγει τον περιορισμό στο πεδίο Definition:  $\text{sum}[d, X(c, d)] \leq \text{Demand}(c)$ . Η φόρμα ιδιοτήτων πρέπει να μοιάζει πλέον έτσι:

<b>DemandConstraint</b>	
Type	Constraint
Identifier	DemandConstraint
Index domain	c
Text	
Unit	
Property	
Definition	$\text{sum}[d, X(c, d)] \leq \text{Demand}(c)$

Εικόνα 60: Φόρμα Ιδιοτήτων "DemandConstraint(c)"

Πατώντας το κουμπί  ο χρήστης εισάγει τον δεύτερο ορισμό, CapacityConstraint(d):



Εικόνα 61: Περιορισμός "CapacityConstraint(d)"


Εμφανίζοντας τη φόρμα ιδιοτήτων με διπλό κλικ, εισάγεται ο περιορισμός  $\text{sum}[c, X(c, d)] \leq 25000$  στο πεδίο Definition:

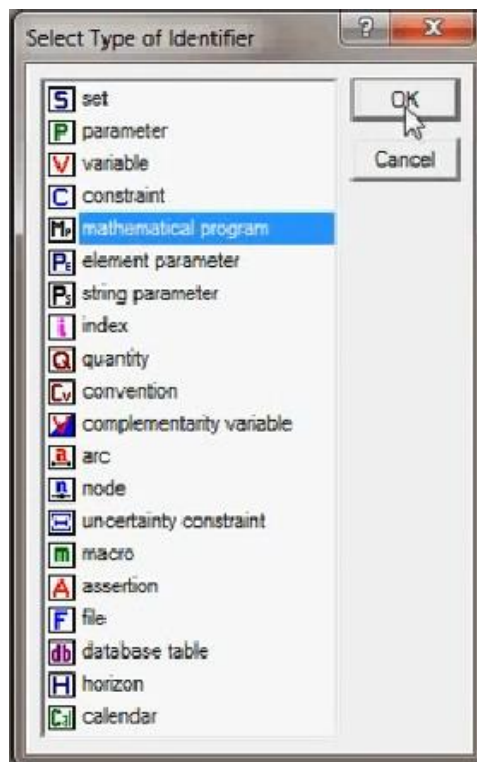
CapacityConstraint	
Type	Constraint
Identifier	CapacityConstraint
Index domain	d
Text	
Unit	
Property	
Definition	$\text{sum}[c, X(c, d)] \leq 25000;$

Εικόνα 62: Φόρμα Ιδιοτήτων "CapacityConstraint(d)"

Τώρα ο χρήστης είναι έτοιμος να εισάγει το μαθηματικό πρόγραμμα προς επίλυση του προβλήματος.

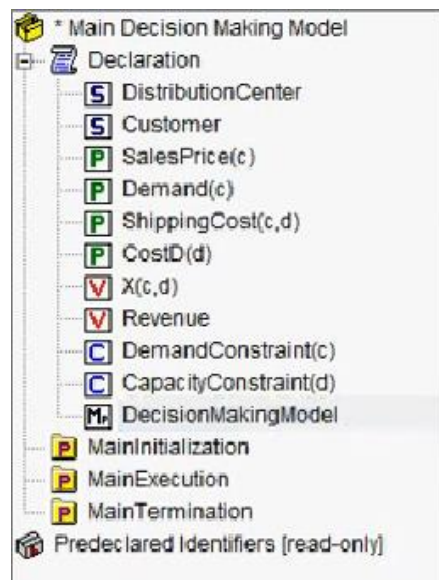
## 9.4 Μαθηματικό Πρόβλημα

Ενα μαθηματικό πρόγραμμα εισάγεται με το κουμπί  από τη γραμμή εργαλείων, και επιλέγοντας Mathematicalprogram από το πλαίσιο διαλόγου που εμφανίζεται:



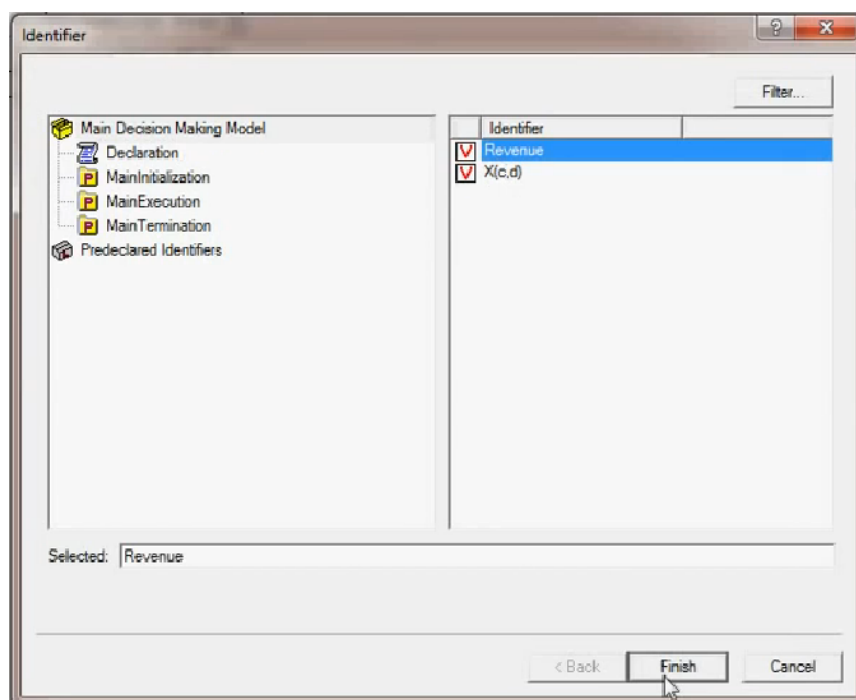
Εικόνα 63: Αναγνωριστικό "MathematicalProgram"

Στη νέα κενή θέση που εμφανίζεται στους ορισμούς ο χρήστης πληκτρολογεί DecisionMakingModel:



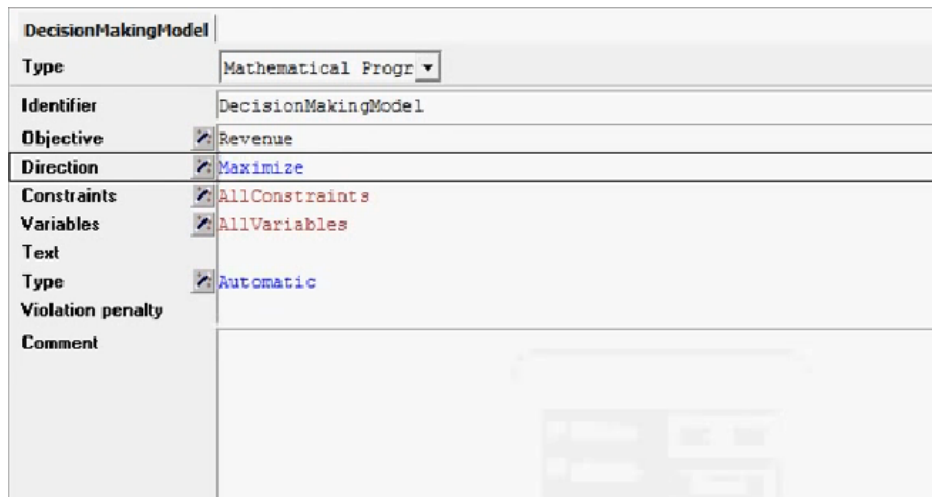
Εικόνα 64: Ορισμός "DecisionMakingModel"

Πατώντας διπλό κλικ εμφανίζεται η φόρμα ιδιοτήτων του μαθηματικού προγράμματος. Ο χρήστης επιλέγει τη μεταβλητή Revenue στο πεδίο Objective, χρησιμοποιώντας τον οδηγό:



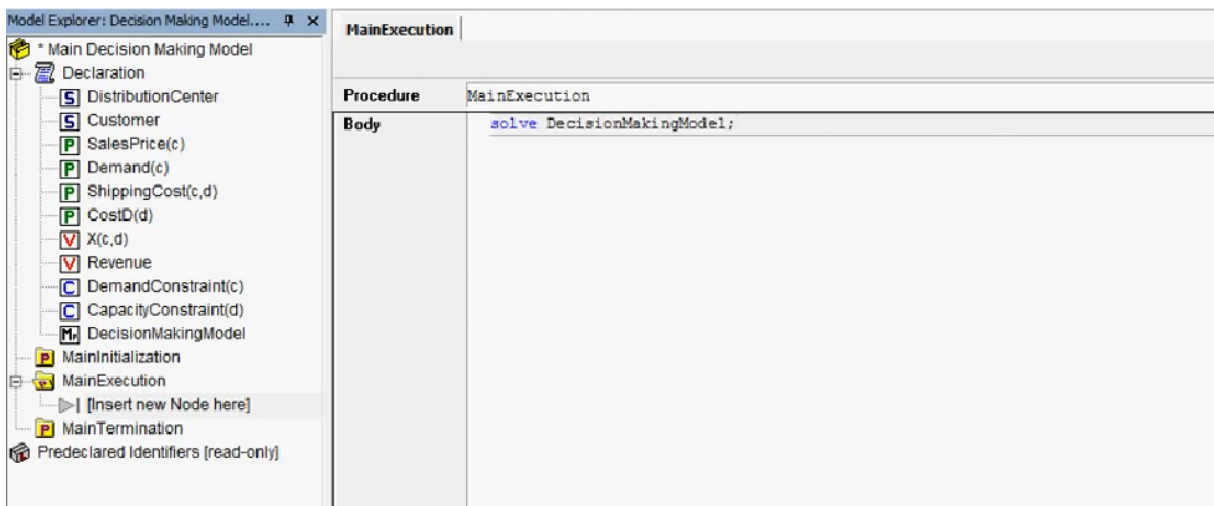
Εικόνα 65: Φόρμα Ιδιοτήτων μαθηματικού προγράμματος

και Maximize στο πεδίο Direction. Η φόρμα πρέπει πλέον να μοιάζει έτσι:



Εικόνα 66: Φόρμα Ιδιοτήτων "Maximize"

Τώρα το AIMM γνωρίζει τι θέλει να κάνει ο χρήστης. Ο χρήστης όμως, από την άλλη δεν έχει ενημερώσει το πρόγραμμα που/πότε πρόκειται να το εκτελέσει. Η εκτέλεση του προγράμματος πρέπει να γίνει στο MainExecution. Πατάει διπλό κλικ στο κείμενο "Insertnewnodehere" που βρίσκεται κάτω από το MainExecution, και στην φόρμα ιδιοτήτων που εμφανίζεται συμπληρώνει solveDecisionMakingModel στο πεδίο body:

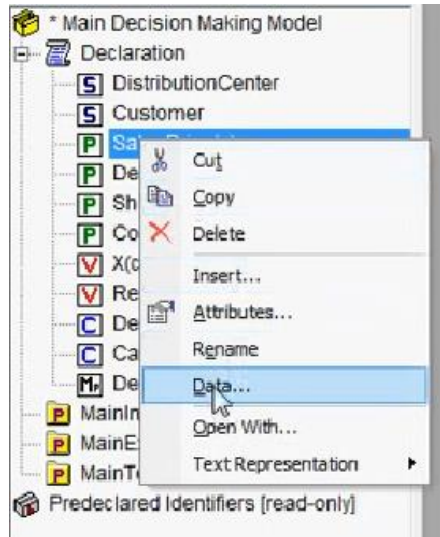


Εικόνα 67: Φόρμα Ιδιοτήτων "SolveDecisionMakingModel"

Το πρόγραμμα τώρα μπορεί να επιλύσει το πρόβλημα. Το μόνο που χρειάζεται είναι να τεθούν οι απαραίτητες τιμές στις παραμέτρους που ακόμα είναι κενές.

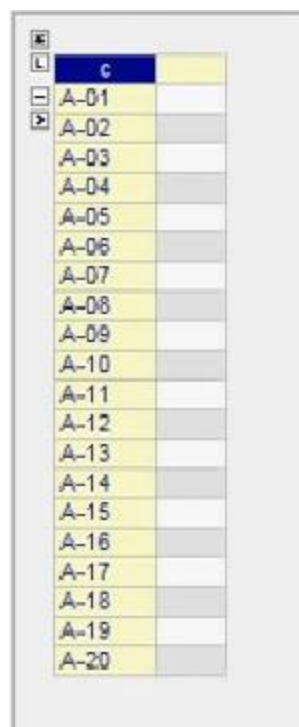
## 9.5 Εισαγωγή τιμών παραμέτρων

Οι παράμετροι που ορίστηκαν από τον χρήστη δεν έχουν ακόμα τιμές. Για να εισάγει τιμές σε παραμέτρους, επιλέγει την παράμετρο από τον εξερευνητή μοντέλου και πατάει δεξί κλικ. Στο αναδυόμενο μενού επιλέγουμε Data...:



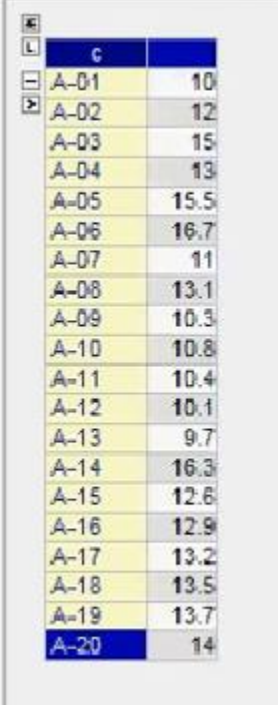
Εικόνα 68: Εξερευνητής Μοντέλου Εισαγωγής Τιμών Παραμέτρων

Ανοίγοντας τη φόρμα επεξεργασίας δεδομένων της παραμέτρου SalesPrice εμφανίζεται το εξής παράθυρο:

A screenshot of the 'SalesPrice' data entry form. It shows a table with 20 rows labeled A-01 to A-20 and a column labeled 'C'. The 'C' column is highlighted in blue, and the first row (A-01) is also highlighted in blue. The rest of the rows are highlighted in yellow.

Εικόνα 69: Φόρμα Επεξεργασίας Δεδομένων SalesPrice

Εδώ, ο χρήστης μπορεί να εισάγει τις τιμές μία-μία με το χέρι ή εναλλακτικά να κάνει αντιγραφή και επικόλληση από άλλο πρόγραμμα όπως για παράδειγμα το Excel. Οι τιμές που πρέπει να εισαχθούν σύμφωνα με τον ορισμό του προβλήματος, είναι οι εξής:

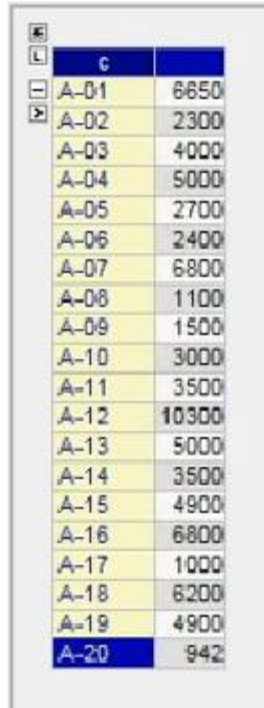


	C
A-01	10
A-02	12
A-03	15
A-04	13
A-05	15.5
A-06	16.7
A-07	11
A-08	13.1
A-09	10.3
A-10	10.8
A-11	10.4
A-12	10.1
A-13	9.7
A-14	16.3
A-15	12.6
A-16	12.9
A-17	13.2
A-18	13.5
A-19	13.7
A-20	14

Εικόνα 70: Τιμές παραμέτρου "SalesPrice"



Η επόμενη παράμετρος στην οποία πρέπει να συμπληρωθούν οι τιμές είναι η Demand.  
Συμπληρώνονται οι εξής τιμές:



	C
A-01	6650
A-02	2300
A-03	4000
A-04	5000
A-05	2700
A-06	2400
A-07	6800
A-08	1100
A-09	1500
A-10	3000
A-11	3500
A-12	<b>10300</b>
A-13	5000
A-14	3500
A-15	4900
A-16	6800
A-17	1000
A-18	6200
A-19	4900
A-20	942

Εικόνα 71: Τιμές παραμέτρου "Demand"

Ο χρήστης θέτει τις τιμές της παραμέτρου ShippingCost σύμφωνα με τον ορισμό του προβλήματος:

	d	Distribution Center - 1	Distribution Center - 2	Distribution Center - 3	Distribution Center - 4
A-01		0.7	0.9	0.6	1.1
A-02		2.3	2.1	1.9	3.1
A-03		3	2.8	2.5	3.1
A-04		4.3	3.8	3.6	4.4
A-05		5.5	4.8	4.5	5.4
A-06		5.2	4.9	4.2	5.6
A-07		0.5	2.6	1.8	3.2
A-08		2.3	1.7	3.5	2.3
A-09		0.5	1.8	2.9	3.1
A-10		0.2	1.2	0.5	0.3
A-11		0.5	0.4	0.8	0.6
A-12		0.5	0.6	0.2	0.9
A-13		0.1	1.2	2.3	1.4
A-14		5.2	4.3	2.5	3.1
A-15		1.4	2.3	1.9	2.1
A-16		3.5	3.7	1.8	2.9
A-17		4.2	4.3	1.6	3.3
A-18		2.7	2.9	1.7	3
A-19		3	2.5	2.3	3.1
A-20		3.5	2.5	2	4.1

Εικόνα 72: Τιμές παραμέτρου ShippingCost

Εικόνα 73: Τιμές "ShippingCost"

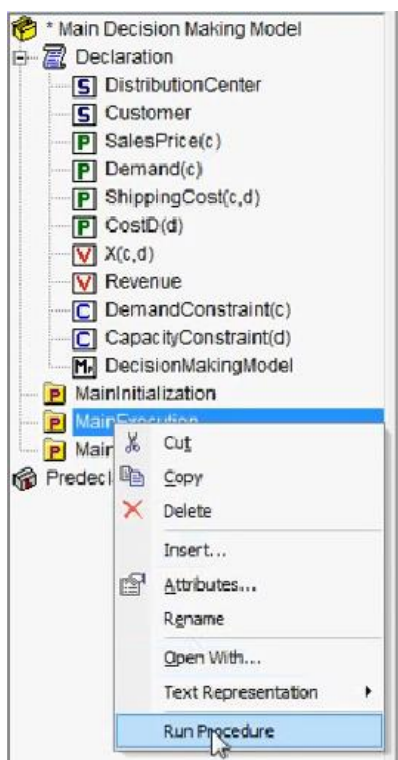
Και τέλος θέτει και τις τιμές για την CostD:

	d
Distribution Center - 1	20
Distribution Center - 2	30
Distribution Center - 3	27
Distribution Center - 4	25

Εικόνα 74: Τιμές παραμέτρου "Cost"

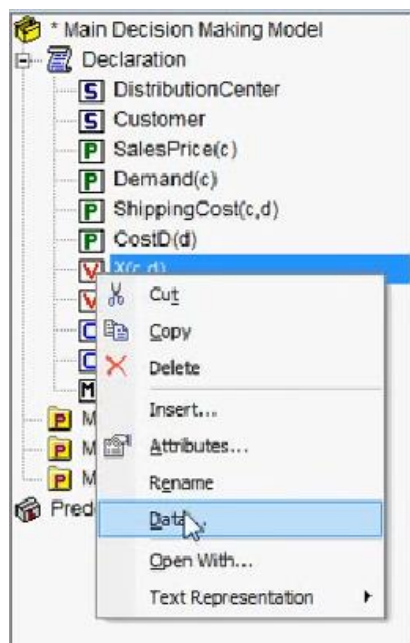
## 9.6 Εκτέλεση του προγράμματος - Αποτελέσματα

Για την εκτέλεση του προγράμματος ο χρήστης αρκεί να πατήσει δεξί κλικ στο MainExecution και να επιλέξει RunProcedure από το αναδυόμενο μενού:



Εικόνα 75: Εκτέλεση του προγράμματος

Το πρόγραμμα εκτελείται και παράλληλα ενημερώνονται οι τιμές της μεταβλητής X (c, d) και Revenue. Για να εμφανιστεί το αποτέλεσμα, ο χρήστης πατάει δεξί κλικ στη μεταβλητή X (c, d) και επιλέγει Data... από το αναδυόμενο μενού:



Εικόνα 76: Εμφάνιση αποτελέσματος

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εμφανιστούν οι τιμές που πλέον περιέχει η X (c, d):

	d	Distribution Ce...		Distribution Ce...		Distribution Ce...		Distribution Ce...	
	Suffix	Level	basic	Level	basic	Level	basic	Level	basic
A-01		5950	Basic		NonBasic		NonBasic	700	Basic
A-02		850	Basic		NonBasic	1450	Basic		NonBasic
A-03			NonBasic		NonBasic		NonBasic	4000	Basic
A-04			NonBasic	1492	Basic	3508	Basic		NonBasic
A-05			NonBasic		NonBasic	2700	Basic		NonBasic
A-06			NonBasic		NonBasic	2400	Basic		NonBasic
A-07		6800	Basic		NonBasic		NonBasic		NonBasic
A-08			NonBasic	1100	Basic		NonBasic		NonBasic
A-09		1500	Basic		NonBasic		NonBasic		NonBasic
A-10			NonBasic		NonBasic		NonBasic	3000	Basic
A-11			NonBasic		NonBasic		NonBasic	3500	Basic
A-12			NonBasic		NonBasic		NonBasic	10300	Basic
A-13		5000	Basic		NonBasic		NonBasic		NonBasic
A-14			NonBasic		NonBasic		NonBasic	3500	Basic
A-15		4900	Basic		NonBasic		NonBasic		NonBasic
A-16			NonBasic		NonBasic	6800	Basic		NonBasic
A-17			NonBasic		NonBasic	1000	Basic		NonBasic
A-18			NonBasic		NonBasic	6200	Basic		NonBasic
A-19			NonBasic	4900	Basic		NonBasic		NonBasic
A-20			NonBasic		NonBasic	942	Basic		NonBasic

Εικόνα 77: Εμφάνιση τιμών μεταβλητής X(c,d)

Οι τιμή του Revenue επίσης έχει ενημερωθεί:



Εικόνα 78: Τελική Τιμή "Revenue"

## Συμπεράσματα

Η πτυχιακή εργασία με τίτλο «Πρόγραμμα AIMMs: Μοντελοποίηση Προβλημάτων», εξέτασε τη μαθηματική γλώσσα προγραμματισμού AIMMs, η οποία αποτελεί ένα από τα πλέον σημαντικά λογισμικά για την επίλυση των μαθηματικών μοντέλων και τη βελτιστοποίηση σε ολόκληρο τον κόσμο. Το πρόγραμμα διαθέτει ένα μεγάλο εύρος από εργαλεία που επιτρέπουν στους επαγγελματίες της επιχειρησιακής έρευνας, τους αναλυτές καθώς και τους επιχειρησιακούς συμβούλους να αναπτύσσουν γρήγορα εφαρμογές βελτιστοποίησης που επιλύουν πολύπλοκα προβλήματα του πραγματικού κόσμου των επιχειρήσεων. Το AIMMs παρέχει τρόπους για τη δημιουργία, ανάπτυξη και χρήση λύσεων βελτιστοποίησης των επιχειρήσεων βασισμένο σε επεκτάσιμους αλγορίθμους υψηλής απόδοσης, ένα ευέλικτο περιβάλλον μοντελοποίησης, καθώς και ταχεία εφαρμογή και υποβολή εκθέσεων και σεναρίων σχετικά με τις δυνατότητες εφαρμογής των λύσεων. Η εργασία προέβη σε μια ενδελεχή εξέταση των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων της γλώσσας προγραμματισμού AIMMs καθώς και των στοιχείων εκείνων που την κάνουν να ξεχωρίζουν από τον ανταγωνισμό. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μια συνολική θεώρηση των τρόπων λειτουργίας του προγράμματος. Τέλος, όσον αφορά το πρακτικό μέρος της εργασίας, επιλύθηκε ένα πρόβλημα του πραγματικού κόσμου με βάση τα προτεινόμενα εργαλεία της AIMMs και αναλύθηκε μεθοδικά η μέθοδος εξεύρεσης λύσης του συγκεκριμένου προβλήματος.

## Βιβλιογραφία

1. "Integration and Optimisation of Crude Planning and Scheduling in the Hydrocarbon Supply Chain" (Press release). Shell Global Solutions. January 17, 2011.
2. AIMMs.com (2015), "We are moving forward, from now on you can call us AIMMS", στο: <http://business.AIMMs.com/moving-forward-now-can-call-us-AIMMs/>
3. AIMMs Implementation Approaches (2015),στο: <http://www.AIMMs.com/operations-research/implementation-approaches/>
4. AIMMs Mathematical Modeling Tools (2015), στο: <http://www.AIMMs.com/operations-research/mathematical-modeling-tools/>
5. AIMMs Mathematical Programming (2015), στο: <http://www.AIMMs.com/operations-research/mathematical-programming/>
6. AIMMs Model Deployment (2015), στο: <http://www.AIMMs.com/AIMMs/model-deployment/>
7. AIMMs Modeling System (2015),στο:<http://www.AIMMs.com/technology/AIMMs-modeling-system/>
8. AIMMs Uncertainty Modeling (2015), στο: <http://www.AIMMs.com/operations-research/uncertainty-modeling/>
9. AMPL (19 July, 2014). "General FaQ" στο: <http://tomopt.com/ampl/service/general.php>
10. Benefits of AIMMS (2015) στο: <http://www.AIMMs.com/operations-research/benefits-of-AIMMs/>
11. IBM ILOG CPLEX Optimization Studio (2015), στο: <http://www-03.ibm.com/software/products/en/ibmilogcpleoptistud/>
12. "Inform Impact Prize"(2012) στο: <http://www.informs.org/Blogs/E-News-Blog/INFORMS-Impact-Prize>
13. Kallrath, Joseph (2004). *Modeling Languages in Mathematical Optimization*. KluwerAcademicPublishing.
14. Lasschuit, Winston, Thijssen, Nort (15 June 2004). "Supporting supply chain planning and scheduling decisions in the oil and chemical industry" . *Computers & Chemical Engineering* (Volume 28, Issues 6-7, FOCAPO 2003 Special issue), σελ. 863–870
15. Medeiros Milanez, Eduardo (April 2010). "25 years of O.R. in Brazil". *OR/MS Today*.
16. Paragon Decision Technology (2009). "AIMMS Open Solver Interface API".
17. Roelofs, Marcel (2010a). *AIMMS Language Reference*
18. Roelofs, Marcel (2010b). *AIMMS User's Guide* (PDF)
19. Streiffert, D.; Philbrick, R.; Ott, A. (August 1, 2005). "A mixed integer programming solution for market clearing and reliability analysis" (PDF). *Power Engineering Society General Meeting, 2005. IEEE*. pp. 2724–2731 Vol. 3.