



ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ

# Οι προγνωστικές αγορές ως εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων

Η εγγενής αβεβαιότητα στο σύνολο των διαδικασιών logistics υπογραμμίζει την αναγκαιότητα για αξιόπιστες προγνώσεις. Καθώς οι τυπικές προσεγγίσεις στο πρόβλημα δείχνουν να αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες, μία νέα προσέγγιση αναδύεται ως πολλά υποσχόμενη εναλλακτική.

**Γεώργιος Τζιραλής,  
Ηλίας Τατσιόπουλος**  
*Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα  
Μηχανολόγων Μηχανικών  
Τομέας Βιομηχανικής Διοίκησης &  
Επιχειρησιακής Έρευνας*

**Ο**ι προγνωστικές αγορές, οι οποίες δημιουργούνται με σκοπό τη βέλτιστη και δυναμική υποστήριξη της άθροισης πληροφορίας των συμμετεχόντων σε αυτές, δύνανται να υποστηρίξουν την επεξεργασία των συνολικά διαθέσιμων δεδομένων και γνώσης, λειτουργώντας ως μετα-μηχανισμός πρόγνωσης. Η δημοσίευση εισάγει με χρήση περιγραφής, λιτής ανασκόπησης και παραδείγματος την έννοια των προγνωστικών αγορών, ενώ επίσης παρέχει το αναλυτικό πλαίσιο εφαρμογής αυτών για την υποστήριξη λήψης αποφάσεων στη διοίκηση εφοδιαστικής αλυσίδας.

**Το πρόβλημα  
Η αβεβαιότητα στη διοίκηση  
της εφοδιαστικής αλυσίδας**

Ως αντικειμενικός σκοπός της διοίκησης της εφοδιαστικής αλυσίδας (supply chain management) ορίζεται η ικανοποίηση των αναγκών του τελικού καταναλωτή με την παροχή του κατάλληλου προϊόντος στο κατάλληλο μείγμα τύπου, χρόνου και τιμής. Ο διαρκώς αυξανόμενος αριθμός των συστατικών μερών και απολήξεων της εφοδιαστικής αλυσίδας αναδεικνύει, ωστόσο, ως εγγενή την ισχυρή αβεβαιότητα στο θεμελιώδες πρόβλημα κατανομής πόρων (supply chain capacity allocation problem). Η βέλτιστη επίλυση του προβλήματος προϋποθέτει ικανοποιητικές απαντήσεις στην πρόγνωση πολλαπλών μεγεθών που αναφέρονται σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας, εκκινώντας για παράδειγμα από το κόστος α' υλών και ημι-έτοιμων προϊόντων και

φθάνοντας ως το χρόνο παράδοσης των εξωτερικά εκχωρούμενων (outsourced) εργασιών και την τελική ζήτηση ανά χρονική περίοδο και γεωγραφική περιοχή. Η επιχείρηση επομένως που επιτυγχάνει στην αποτελεσματική πρόγνωση των μεγεθών αυτών διαθέτει ισχυρό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, ίσως και «παράσταση νίκης».

**Πρόγνωση: Οι τυπικές προσεγγίσεις**

Η μελέτη των συνήθων επιχειρηματικών πρακτικών στο πρόβλημα της πρόγνωσης (forecasting), αναδεικνύει την παρουσία δύο ξεκάθαρα διακριτών προσεγγίσεων. Οι μέθοδοι στατιστικής φύσεως, με θεμέλια την οικονομετρία (econometrics) και την ανάλυση χρονοσειρών (time series analysis), επιχειρούν να μοντελοποιήσουν τα διαθέσιμα παρελθοντικά δεδομένα και να ανασύρουν μοτίβα (patterns) από αυτά, τα οποία και στη συνέχεια επιχειρούν να επεκτείνουν (extrapolate) στο μέλλον για την εξόρυξη προγνώσεων. Ωστόσο, πέρα από τη δεδομένη δυσκολία εφαρμογής τους, η οποία και περιορίζει εκ των πραγμάτων το εύρος των επιχειρηματικών εφαρμογών, η θεώρηση ενός μικρού υποσυνόλου από τις πιθανά σχετικές μεταβλητές, όπως επίσης και η προβληματική μετατροπή σε ρητή (explicit) της συνολικής συσχετιζόμενης με το υπό μελέτη μέγεθος γνώσης και πληροφόρησης, υποδεικνύει ως μη κατάλληλες τις προσεγγίσεις στατιστικής φύσεως. Εξ' άλλου, σύμφωνα με τον καθηγητή κ. Γ. Κοσμετάτο, «η προσπάθεια να προβλέψεις το μέλλον μελετώντας



JUPITER IMAGES

μόνο το παρελθόν μοιάζει με την προσπάθεια να οδηγήσεις κοιτώντας μόνο από τον καθρέπτη» (Κοσμετάτος 2004).

Περισσότερο συχνά, ωστόσο, εφαρμόζονται οι μέθοδοι που επιχειρούν την ποικιλότητα εκμείωση της κρίσης (judgement) των ειδικών. Οι πλέον συνήθεις τεχνοτροπίες αναφέρονται στην απλή εκμείωση της –κατά κανόνα αυθαίρετης– εκτίμησης (estimation) ενός, είτε, σπανιότερα, περισσότερων αρμόδιων στελεχών επί του ζητήματος. Στη δεύτερη εναλλακτική, οι ιεραρχικές διαδικασίες εξόρυξης των προγνώσεων χαρακτηρίζονται συνήθως ως χρονοβόρες, άκαμπτες και πολύπλοκες, εν ολίγοις δαπανηρές και απευκταίες. Σε κάθε περίπτωση, οι τυπικές προσεγγίσεις εκμείωσης κρίσεως των ειδικών δεν υποστηρίζουν τη απόλυτα δυναμική φύση του προβλήματος και δεν παρέχουν κίνητρα για την εξόρυξη πληροφορίας.

### **Εναλλακτική προσέγγιση**

Αναζητείται επομένως μηχανισμός που θα αναιρεί τις δομικές αυτές αδυναμίες των υφιστάμενων ευρέως χρησιμοποιούμενων τεχνοτροπιών. Στην παρούσα δημοσίευση επιχειρείται η διερεύνηση μίας καινοτομικής προσέγγισης στο ευρύ αυτό πρόβλημα. Η μέ-

θοδος συνίσταται στη δημιουργία και χρήση όμοιων προς την αγορά διαδικασιών εντός των ορίων της επιχείρησης («εσωτερικής αγοράς») για την υποστήριξη αποφάσεων της διοίκησης εφοδιαστικής αλυσίδας, για παράδειγμα κατανομής φόρτου εργασίας, εκχωρούμενων δραστηριοτήτων, χρόνων παράδοσης και μίγματος προϊόντων. Οι τρέχουσες εξελίξεις στην τεχνολογία πληροφοριών (information technology) καθιστούν εφικτή την αποτελεσματική εφαρμογή τέτοιων διαδικασιών σε πληθώρα περιπτώσεων, όπου μέχρι πρόσφατα η πολυπλοκότητα και το κόστος καθιστούσαν απαγορευτική.

### **Προγνωστικές Αγορές**

#### **Το πλαίσιο**

Μία αγορά, για παράδειγμα η χρηματιστηριακή, εξυπηρετεί εκ φύσεως με λειτουργικό τρόπο τη συσσωμάτωση και διάδοση πληροφοριών μέσω των τιμών αγοράς (Hayek 1945). Σύμφωνα με τη θεμελιώδη υπόθεση αποτελεσματικής αγοράς (efficient market hypothesis), οι τρέχουσες τιμές ενός αξιολογούμενου αναπαριστούν πλήρως την προσδοκώμενη αξία και καμιά πρόσθετη διαθέσιμη πληροφορία που αφομοιώνεται σε αυτές δε δύναται να βελτιώσει περαιτέρω την αξιοπιστία της πρόβλεψης της

αγοράς (Fama 1965). Παράλληλα, η οικονομική θεωρία των ορθολογικών προσδοκιών (rational expectations) επαληθεύει την ικανότητα των αγορών να αθροίζουν πληροφορίες, όπως επιπλέον και να αποδίδουν αυτές μέσω των τιμών και του όγκου συναλλαγής των διαπραγματευόμενων τίτλων (Muth 1961, Lucas 1987). Η απόδειξη της ορθολογικής συμπεριφοράς των παικτών σε πειραματικές αγορές υπήρξε, τέλος, κύριο αίτιο της απόκτησης του βραβείου Νόμπελ οικονομίας από τον Vernon Smith το έτος 2002 (Smith 2002).

Καθίσταται πλέον σαφές ότι μία αγορά λειτουργεί εκ φύσεως ως αθροιστής πληροφορίας, ο οποίος, υπό τη συνθήκη της αποτελεσματικότητας, παράγει τη βέλτιστη εκτίμηση για το δεδομένο όγκο πληροφορίας. Η λειτουργία αυτή είναι παρούσα, για παράδειγμα, στις αγορές δικαιωμάτων προαίρεσης (options) και συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης (futures), όπως επίσης και στις αγορές στοιχημάτων, ωστόσο, δεν αποτελεί παρά παραπροϊόν της κύριας λειτουργίας του συνόλου των υφιστάμενων αγορών (Bell 2006).

### Ορισμός και Αναδρομή

Επιχειρώντας την πλήρωση της ερευνητικής –συνάμα και απόλυτα πρακτικής– αναγκαιότητας που αναδύεται από τις παρατηρήσεις αυτές, ορίζουμε ως προγνωστική (prediction market) την αγορά εκείνη που δημιουργείται και λειτουργεί με πρώτιστο σκοπό την εξόρυξη και άθροιση διάσπαρτων ανά τους παίκτες πληροφοριών και τη μετέπειτα χρήση του πληροφοριακού της περιεχομένου, όπως αυτό απεικονίζεται στις τιμές αγοράς κατάλληλα διαμορφωμένων αξιογράφων, για την εκπόνηση προγνώσεων συσχετιζόμενων με συγκεκριμένα μελλοντικά γεγονότα.

Η σύλληψη της ιδέας κατεξοχήν λειτουργίας μίας αγοράς ως εργαλείου πρόγνωσης έλαβε χώρα στις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας, ωστόσο μόλις τα τελευταία 5 χρόνια οι ερευνητικές και επιχειρηματικές εφαρμογές των προγνωστικών αγορών παρουσιάζουν εκθετική αύξηση, όπως καταγράφεται στην βιβλιογραφική επισκόπηση των Tziralis και Tzisiopoulos (2007).

### Μηχανισμός λειτουργίας

Οι κύριοι μηχανισμοί λειτουργίας που έχουν αναπτυχθεί για την υποστήριξη της αντιστάθμισης του ρίσκου (hedging) ή και για την υλοποίηση κερδοσκοπικών συναλλαγών (speculation) απέναντι σε αβέβαια μελλοντικά

γεγονότα είναι ακατάλληλοι για τη λειτουργία προγνωστικών αγορών. Συγκεκριμένα, ο συνήθης μηχανισμός συνεχούς διπλής δημοπρασίας (continuous double auction), που χρησιμοποιείται στις χρηματοοικονομικές αγορές, παρουσιάζει το πρόβλημα έλλειψης ρευστότητας –επομένως και συναλλαγών και μεταβολής τιμών– στις συνήθως περιορισμένου αριθμού παικτών και εντολών προγνωστικές αγορές. Ο μηχανισμός του ειδικού διαπραγματευτή (market maker), που χρησιμοποιείται κατά κόρον σε αθλητικά στοιχήματα κυρίως με τη μορφή πράκτορα (bookmaker), εμφανίζει το μειονέκτημα έκθεσης του διοργανωτή σε σημαντικό χρηματικό κίνδυνο. Τέλος, ο μηχανισμός αμοιβαίου στοιχήματος (pari-mutuel wagering), ο οποίος εφαρμόζεται σε στοιχήματα ιπποδρομιών, δεν παρέχει κίνητρο για άμεση συναλλαγή και επακόλουθη ανακοίνωση νέας πληροφορίας.

Καθίσταται επομένως προφανές πως νέοι μηχανισμοί απαιτούνται για να εξασφαλίσουν τις επιθυμητές συνθήκες λειτουργίας μιας προγνωστικής αγοράς. Την ανάγκη αυτή κάλυψαν οι δύο νέοι μηχανισμοί που παρουσιάστηκαν από τον Hanson (2003, 'market scoring rules') και Pennock (2004, 'dynamic pari-mutuel market').

### Εφαρμογή στη διοίκηση της εφοδιαστικής αλυσίδας Παράδειγμα Εφαρμογής

Ένα παράδειγμα δύναται να καταστήσει περισσότερο σαφή την εφαρμοσιμότητα του μηχανισμού στη διοίκηση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Έστω ότι ο χρόνος παράδοσης μίας εσωτερικής παραγγελίας ημι-έτοιμων προϊόντων είναι κρίσιμη σημασίας για την ομαλή λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας και τον πιθανό ανασχεδιασμό των παρελκόμενων λειτουργιών και δραστηριοτήτων. Συστήνεται μία προγνωστική αγορά, με αντικείμενο το χρόνο παράδοσης της συγκεκριμένης εσωτερικής παραγγελίας. Το σύνολο των στελεχών που διαθέτουν πρόσβαση σε συμβατή με το υπό μελέτη μέγεθος γνώση και πληροφόρηση αποκτά δικαίωμα συμμετοχής στην αγορά και, παράλληλα, ένα –συνήθως εικονικό– χρηματικό ποσό για τις συναλλαγές του. Στη συνέχεια ορίζονται το αντικείμενο της αγοράς και οι τίτλοι των προς διαπραγμάτευση μετοχών ώστε να συσχετίζονται άμεσα και να περιγράφουν εξαντλητικά κάθε πιθανή τιμή του υπό μελέτη μεγέθους. Για παράδειγμα, η αγορά μπορεί να

έχει τίτλο «Ποιος ο χρόνος παράδοσης της εσωτερικής παραγωγείας Χ», ενώ ως μετοχές μπορούν να οριστούν οι «Μάιος», «Ιούνιος» και «Ιούλιος».

Κάθε μετοχή εισάγεται προς διαπραγμάτευση στην τιμή των 0,33€ έκαστη και, σε περίπτωση που η αξίωση που περιγράφει δεν αποδειχθεί αληθής, λαμβάνει μηδενική αξία κατά το κλείσιμο της αγοράς. Αντίθετα, σε περίπτωση που τελικά το ενδεχόμενο που περιγράφει αποδειχθεί πραγματικό, είτε λαμβάνει τιμή ίση με 1€, είτε λαμβάνει μερίδιο ίσο με το σύνολο των χρημάτων που έχουν επενδυθεί στην αγορά προς το συνολικό αριθμό των μετοχών του συγκεκριμένου ενδεχομένου που έχει αγοραστεί (ανάλογα με τον επιλεγμένο μηχανισμό λειτουργίας της αγοράς).

Έστω ότι, σε μία χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια της διαπραγμάτευσης της μετοχής «Μάιος», η τιμή της ανέρχεται σε  $T$  λεπτά. Στην τιμή αυτή δύναται να αποδοθεί η ερμηνεία ότι η αγορά, ή εναλλακτικά η συνηταμένη των εκτιμήσεων των στελεχών που συμμετέχουν σε αυτή, υποδεικνύει πιθανότητα πραγμάτωσης της αξίωσης ίση με  $T\%$ . Σε περίπτωση που κάποιος παίκτης εκτιμά ή έχει σχετική πληροφόρηση ότι η πιθανότητα αυτή είναι μεγαλύτερη, προβαίνει σε αγορά της μετοχής, ενώ σε αντίθετη περίπτωση προβαίνει σε πώληση του μεριδίου που πιθανά κατέχει, ούτως ώστε να αποκομίσει κέρδος από την αγοραπωλησία. Ως συνέπεια, μία εκτίμηση διαφοροποιημένη από τη συλλογική, όπως αυτή διαμορφώνεται μέσα από τις πεποιθήσεις των στελεχών και το μηχανισμό της αγοράς, προκαλεί μία συναλλαγή και μία επακόλουθη μεταβολή στην τρέχουσα τιμή αγοράς του αξιογράφου, με τρόπο ώστε αυτή να συμπεριλαμβάνει πλέον και τη διαφοροποιημένη εκτίμηση. Με άλλα λόγια, ο μηχανισμός της προγνωστικής αγοράς παρέχει εκτιμήσεις που απεικονίζουν το σύνολο των σχετικών με το υπό πρόγνωση μέγεθος πληροφοριών, καθώς, σε περίπτωση που κάποιος ανακαλύπτει πληροφορία που αμελείται στην τρέχουσα τιμή, μπορεί να αποκομίσει κέρδη από τη γνωστοποίησή της, γνωστοποίηση η οποία εν τέλει ισοδυναμεί με διόρθωση της τιμής αγοράς.

### **Υφιστάμενα παραδείγματα**

Οι μοναδικές απόπειρες εφαρμογής προγνωστικών αγορών στην εφοδιαστική αλυσίδα που έχουν ως σήμερα σε διεθνή κλίμακα υλοποιηθεί και καταγραφεί ερευνητικά είναι μονάχα οι ακόλουθες δύο, πιστοποιώντας το εμβρυϊκό στάδιο ανάπτυξης της μεθόδου. Η Hewlett-Packard επιχείρησε το 1996 τη σύσταση αγοράς για την πρόγνωση πωλήσεων εκτυπωτών (Chen et al. 2003, Plott and Chen 2002), ενώ η Siemens αποπειράθηκε το ίδιο έτος να προβλέψει την ημερομηνία ολοκλήρωσης ενός έργου ανάπτυξης λογισμικού (Ortner 1997, Ortner 1998). Τα αποτελέσματα υπήρξαν και στις δύο περιπτώσεις θετικά, σαφώς ανώτερα από ανταγωνιστικούς μηχανισμούς πρόγνωσης.

### **Οδηγός υλοποίησης**

Για την υλοποίηση προγνωστικών αγορών, απαιτείται η χρήση κατάλληλης διαδικτυακής υπηρεσίας (web service). Ως σήμερα, οι διαθέσιμες παγκοσμίως υπηρεσίες αυτού του είδους

είναι εξαιρετικά περιορισμένου αριθμού και στη συντριπτική πλειονότητά τους χρησιμοποιούν ακατάλληλο μηχανισμό λειτουργίας, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω. Ωστόσο η ερευνητική ομάδα του ΕΜΠ αναπτύσσει υψηλών προδιαγραφών λογισμικό, υλοποιώντας ένα καινοτόμο το οποίο βρίσκεται στο στάδιο τελικού ελέγχου.

Εφόσον το κατάλληλο λογισμικό έχει επιλεχθεί, επόμενο βήμα αποτελεί ο προσδιορισμός του αντικειμενικού στόχου των προβλέψεων. Ο μετασχηματισμός των ζητούμενων προς πρόγνωση μεγεθών της εφοδιαστικής αλυσίδας σε αγορές και τίτλους μετοχών πρέπει να πραγματοποιείται με τρόπο ώστε αυτές να προκύπτουν σαφείς, εύκολα κατανοητές και ξεκάθαρα αποτιμήσιμες.

Η επιλογή των συμμετεχόντων παικτών είναι επίσης καθοριστική. Κάθε στέλεχος που έχει πρόσβαση σε σχετική με το υπό πρόβλεψη μέγεθος γνώση και πληροφόρηση πρέπει να λαμβάνει το δικαίωμα εισόδου στην αγορά. Στη συνήθη περίπτωση λειτουργίας της αγοράς με εικονικά χρήματα, κάθε παίκτης λαμβάνει ίσο αρχικό ποσό και η επιρροή του στην αγορά διαμορφώνεται ανάλογα με την ιστορικά καταγεγραμμένη προβλεπτική του ικανότητα.

Τέλος, η παροχή ικανών για την υποκίνηση των συμμετεχόντων κινήτρων είναι εξίσου σημαντική. Η ανταμοιβή –χρηματική ή υλική–, η αναγνωριστικότητα των συμμετεχόντων και εκτός του παιχνιδιού της αγοράς, όπως επίσης και η συσχέτιση των υπό συναλλαγή ζητημάτων με τα άμεσα ενδιαφέροντα των

παικτών δύνανται να εξασφαλίσουν τακτική συμμετοχή, επομένως και ισχυρή πιθανότητα επιτυχίας της αγοράς.

## Συμπεράσματα

Οι προγνωστικές αγορές, οι οποίες δημιουργούνται με σκοπό την άθροιση πληροφοριών των συμμετεχόντων για εκπόνηση προγνώσεων, μοιάζουν ως μία πολλά υποσχόμενη προοπτική για περισσότερο αξιόπιστη αντιμετώπιση του προβλήματος της πρόγνωσης. Η διάχυτη αβεβαιότητα σε όλες τις αποφάσεις της διοίκησης εφοδιαστικής αλυσίδας καθιστά το γνωστικό αντικείμενο των logistics πρόσφορο για την εφαρμογή της τεχνοτροπίας, ενώ η ανάπτυξη του αντίστοιχου ερευνητικού κλάδου μοιάζει να έχει μόλις ξεκινήσει.

Η παρούσα δημοσίευση παρέχει εν τέλει μία περιεκτική περιγραφή της μεθόδου των προγνωστικών αγορών, όπως επίσης ένα υπόδειγμα υλοποίησής τους για την υποστήριξη αποφάσεων εφοδιαστικής και συμπαγή οδηγό εφαρμογής αυτών στην επιχειρηματική πρακτική. Ωστόσο, η δημοσίευση αυτή δεν πρέπει να ληφθεί παρά ως προπομπός των όσων πρόκειται να ακολουθήσουν, δεδομένης της έρευνας που εξελίσσεται στον Τομέα Βιομηχανικής Διοίκησης & Επιχειρησιακής Έρευνας του ΕΜΠ, η οποία και επικεντρώνεται τόσο στο αλγοριθμικό υπόβαθρο του μηχανισμού λειτουργίας, όσο και στη δημιουργία της απαιτούμενης διαδικτυακής πλατφόρμας λογισμικού και στην υλοποίηση πληθώρας μελετών περίπτωσης. ▲

## Βιβλιογραφία

- Bell, T.W. "The prediction exchange: progress in promoting the sciences and useful arts" Chapman University School of Law, Working Paper, 2006.
- Chen, K-Y, Fine LR and Huberman BA, "Predicting the future", Information Systems Frontiers, Vol. 5, pp. 47–61, 2003.
- Fama, E., "Behavior of Stock Market Prices", Journal of Business, Vol. 38, pp. 34-105, 1965.
- Hanson, R., "Combinatorial information market design", Information Systems Frontiers, Vol. 5, pp. 107–119, 2003.
- Hayek, F., "The use of knowledge in society", American Economic Review, Vol. 35, pp.519-530, 1945
- Κοσμετάτος, Γ., Προσωπική συνέντευξη με Τζιραλή Γ., Μάρτιος 2004
- Lucas, R., Models in business cycles, Blackwell, 1987.
- Muth, J., "Rational expectations and the theory of price movements", Econometrica, Vol. 29, No. 6, pp.315-335, 1961.
- Ortner, G., "Forecasting markets - an industrial application, Part I", Technical University of Vienna, Department of Managerial Economics and Industrial Organization, Working paper, 1997.
- Ortner, G., "Forecasting markets - an industrial application, Part II", Technical University of Vienna, Department of Managerial Economics and Industrial Organization, Working paper, 1998.
- Pennock, D.M., "A dynamic pari-mutuel market for hedging, wagering, and information aggregation", Proceedings of 5th Asian conference on Electronic commerce, New York, USA, ACM Press, pp 170–179, 2004.
- Plott, C.R. and Chen, K-Y, "Information aggregation mechanisms: concept, design and implementation for a sales forecasting problem", Division of the Humanities and Social Sciences, California Institute of Technology, Social Science Working Paper No. 1131, 2002.
- Smith, V., "Constructivist and Ecological Rationality in Economics", Nobel Prize Lecture, December 8, 2002.
- Tziralis, G. and Tatsiopoulos, I. "Prediction markets: An extended literature review", The Journal of Prediction Markets, Vol. 1, pp. 75-91, 2007.