

Σημειώσεις

Μοντέλα ανταγωνισμού και συνεργασίας σε εφοδιαστικές αλυσίδες

Απόστολος Μπουρνέτας, Πανεπιστήμιο Αθηνών

1 Προβλήματα Παραγωγής μιας Περιόδου – Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη.

Σ' αυτές τις σημειώσεις θα ασχοληθούμε με τυχαία ζήτηση σε μοντέλα μιας περιόδου. Στην περίπτωση αυτή δεν διατηρούνται αποθέματα για μελλοντικές περιόδους. Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις στην πράξη όπου δεν μπορούμε να κρατάμε αποθέματα και για το λόγο αυτό τα μοντέλα μιας περιόδου είναι χρήσιμα σε πολλές εφαρμογές. Μερικές από αυτές είναι π.χ., να προγραμματιστεί το μέγεθος της παραγωγής εποχιακών προϊόντων ρουχισμού ή να αποφασισθούν οι ποσότητες προϊόντων με μικρή ημερομηνία λήξης όπως τρόφιμα ή εφημερίδες.

Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη είναι ένα πρώτο απλό μοντέλο αυτής της κατηγορίας, και περιγράφεται παρακάτω.

Ένας λιανοπωλητής παραγγέλνει ένα μοναδικό προϊόν στην αρχή μιας περιόδου. Η παραγγελία αυτή θα χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά για να ικανοποιήσει τη ζήτηση κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου (δεν υπάρχουν αποθέματα). Θεωρούμε ότι η ζήτηση X είναι συνεχής μη αρνητική τυχαία μεταβλητή με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας $f(x)$ και συνάρτηση κατανομής $F(x)$. Η ποσότητα Q η οποία πρόκειται να παραγγείλει – μεταβλητή απόφασης – είναι εκείνη για την οποία ελαχιστοποιείται του αναμενόμενου κόστους στο τέλος της περιόδου.

Το κόστος προέρχεται από δύο πηγές:

C_0 = κόστος ανά μονάδα προϊόντος ή εμπορεύματος το οποίο μένει απώλητο στο τέλος μιας περιόδου (overstock cost).

C_u = κόστος ανά μονάδα χαμένων πωλήσεων, δηλαδή ζήτησης που δεν ικανοποιήθηκε (understock cost).

Τα δυο κόστη αυτά όπως φαίνεται είναι αντικρουόμενα δηλαδή οδηγούν την πολιτική σε αντίθετες κατευθύνσεις.

Αντικείμενο της ανάλυσης είναι να βρεθεί το Q το οποίο ελαχιστοποιεί το αναμενόμενο κόστος στο τέλος της περιόδου. Για να γίνει αυτό ακολουθούμε τρία βήματα:

Κατασκευή της συνάρτησης κόστους.

Βήμα 1: Κατασκευή μιας έκφρασης για το κόστος συναρτήσει των X , Q .

Βήμα 2: Υπολογισμός της αναμενόμενης τιμής αυτής της έκφρασης σε σχέση με τη συνάρτηση πιθανότητας της ζήτησης.

Βήμα 3: Εύρεση της τιμής του Q που ελαχιστοποιεί τη συνάρτηση αναμενόμενου κόστους.

Έστω $G(Q, X)$ το συνολικό κόστος το οποίο προκύπτει στο τέλος της περιόδου όταν Q μονάδες εμπορεύματος έχουν παραγγελθεί στην αρχή της περιόδου και X είναι η ζήτηση. Σε αυτή την περίπτωση η ποσότητα που μένει απώλητη είναι ίση με $\max\{Q - X, 0\}$. Επίσης, η ανικανοποίητη ζήτηση στο τέλος της περιόδου είναι ίση με $\max\{X - Q, 0\}$. Επομένως

έχουμε ότι $G(Q, X) = C_0 \max(0, Q - X) + C_u \max(0, X - Q)$.

Το επόμενο βήμα είναι να βρούμε το αναμενόμενο κόστος $G(Q) = E(G(Q, X))$.

Έτσι έχουμε

$$G(Q) = C_0 \int_0^{\infty} \max(0, Q - x) f(x) dx + C_U \int_0^{\infty} \max(0, x - Q) f(x) dx =$$

$$C_0 \int_0^Q (Q - x) f(x) dx + C_U \int_Q^{\infty} (x - Q) f(x) dx$$

Εύρεση της βέλτιστης πολιτικής.

Θέλουμε να βρούμε την τιμή του Q που ελαχιστοποιεί το αναμενόμενο κόστος $G(Q)$. Για να το κάνουμε αυτό, είναι απαραίτητο να εξετάσουμε τις ιδιότητες της συνάρτησης $G(Q)$. Έχουμε ότι

$$\frac{dG(Q)}{dQ} = C_0 \int_0^Q 1 f(x) dx + C_u \int_Q^\infty (-1) f(x) dx = C_0 F(Q) - C_u (1 - F(Q))$$

Ακολουθώντας έχουμε ότι

$$\frac{d^2 G(Q)}{dQ^2} = (C_0 + C_u) f(Q) \geq 0 \quad \forall Q \geq 0.$$

Επειδή η δεύτερη παράγωγος είναι μη αρνητική η συνάρτηση $G(Q)$ είναι κυρτή. Επίσης παρατηρούμε ότι μπορούμε να βρούμε την τιμή της πρώτης παραγώγου για $Q=0$ που είναι ίση με $\frac{dG(Q)}{dQ} = C_0 F(0) - C_u (1 - F(0)) = -C_u < 0$, αφού $F(0)=0$.

Αυτό σημαίνει ότι για $Q=0$ η $G(Q)$ είναι φθίνουσα. Επομένως η βέλτιστη λύση Q^* είναι το σημείο όπου μηδενίζεται η πρώτη παράγωγος της $G(Q)$. Δηλαδή έχουμε

$$G'(Q^*) = (C_0 + C_u) F(Q^*) - C_u = 0 \Leftrightarrow F(Q^*) = \frac{C_u}{C_0 + C_u}$$

Επειδή οι C_0 και C_u είναι θετικοί αριθμοί, ισχύει ότι $0 \leq \frac{C_u}{C_0 + C_u} \leq 1$. Επειδή επιπλέον η F είναι συνεχής, η παραπάνω εξίσωση έχει πάντοτε λύση.

Από την εξίσωση της βέλτιστης πολιτικής προκύπτει ότι το κλάσμα $\frac{C_u}{C_0 + C_u}$ είναι ίσο με

την πιθανότητα να ικανοποιηθεί όλη η ζήτηση κατά τη διάρκεια της περιόδου αν Q^* μονάδες έχουν παραγγελθεί στην αρχή της περιόδου. Είναι σημαντικό να διευκρινίσουμε ότι αυτό δεν είναι το ίδιο με το ποσοστό της ζήτησης που ικανοποιήθηκε. Όταν το κόστος θετικού και το κόστος αρνητικού εμπορεύματος είναι ίσα τότε το κλάσμα $\frac{C_u}{C_0 + C_u}$ είναι ακριβώς $\frac{1}{2}$. Σε

αυτή την περίπτωση το Q^* το βρίσκουμε στη διάμεσο της συνάρτησης ζήτησης. Όταν η συνάρτηση ζήτησης είναι συμμετρική (όπως η κανονική) το μέσο και η διάμεσος συμπίπτουν.

Ένας άλλος τρόπος για να δούμε την προηγούμενη ανάλυση είναι να μην σταθούμε στα κόστη θετικού και αρνητικού εμπορεύματος. Αυτή τη φορά θα ξεκινήσουμε την ανάλυση χρησιμοποιώντας και τα κέρδη.

Έστω

r = η τιμή πώλησης ανά μονάδα εμπορεύματος

c = κόστος αγοράς ανά μονάδα εμπορεύματος

h = αξία ανά μονάδα εμπορεύματος που απομένει απώλητο στο τέλος της περιόδου

p = κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης (επιπλέον του διαφυγόντος κέρδους).

Θα δείξουμε με ποιον τρόπο τα κόστη C_u και C_0 μπορούν να ερμηνευτούν με την βοήθεια των προηγούμενων παραμέτρων. Όπως προηγουμένως Q είναι η ποσότητα που θα παραγγείλουμε και X η ζήτηση κατά την διάρκεια της περιόδου.

Θεωρούμε χωρίς βλάβη της γενικότητας ότι ξεκινάμε με μηδενικές ποσότητες. Τότε το καθαρό κέρδος στο τέλος της περιόδου είναι

$$R(Q, X) = -cQ + h \max(Q - X, 0) - p \max(X - Q, 0) + r \min(Q, X)$$

Το αναμενόμενο κέρδος είναι ίσο με

$$P(Q) = -cQ + h \int_0^Q (Q-x)f(x)dx - p \int_Q^{+\infty} (x-Q)f(x)dx + r \int_0^Q xf(x)dx + rQ \int_Q^{+\infty} f(x)dx$$

Χρησιμοποιώντας την σχέση $\int_0^Q xf(x)dx = \int_0^x xf(x)dx - \int_Q^{+\infty} xf(x)dx = \mu - \int_Q^{+\infty} xf(x)dx$, το

αναμενόμενο κέρδος μπορεί να γραφτεί ως

$$P(Q) = -cQ + h \int_0^Q (Q-x)f(x)dx - (p+r) \int_Q^{+\infty} (x-Q)f(x)dx + r\mu$$

την βέλτιστη ποσότητα που πρέπει να παραγγείλουμε την βρίσκουμε ως λύση της

$$P(Q) = 0 \Leftrightarrow -c + hF(Q) + (p+r)(1-F(Q)) = 0 \Leftrightarrow F(Q) = \frac{p+r-c}{p+r-h}.$$

Παρατηρούμε ότι αν θέσουμε $C_u = p+r-c$ και $C_o = c-h$ παίρνουμε το κλάσμα

$$\frac{C_u}{C_u + C_o}$$

της προηγούμενης ανάλυσης.

2 Βασικές Ιδέες Ανάλυσης Εφοδιαστικών Αλυσίδων

Είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο αναλυτικά το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη, που είναι ένα πρόβλημα που αφορά μόνο έναν λιανοπωλητή. Στην πραγματικότητα όμως στις περισσότερες περιπτώσεις παραγωγής και διανομής προϊόντων εμπλέκονται περισσότεροι από έναν οικονομικοί συντελεστές, όπως π.χ. προμηθευτές πρώτων υλών, παραγωγοί, μεταφορείς, χονδρέμποροι, λιανοπωλητές, καταναλωτές κ.λ.π.. Με τον όρο εφοδιαστική αλυσίδα (supply chain) εννοούμε όλους τους συντελεστές της παραγωγής και διανομής ενός προϊόντος από τις πρώτες ύλες μέχρι τον τελικό καταναλωτή.

Οι περισσότερες εφοδιαστικές αλυσίδες αποτελούνται από ανεξάρτητους εταίρους με διαφορετικούς στόχους. Αυτοί οι εταίροι μπορεί να είναι ξεχωριστές εταιρίες ή ακόμη και διευθυντές διαφορετικών τμημάτων μέσα στην ίδια εταιρεία. Και στις δυο προηγούμενες περιπτώσεις είναι λογικό ότι κανένας από αυτούς δεν έχει τον απόλυτο έλεγχο για όλη την εφοδιαστική αλυσίδα και επομένως κανένας δεν έχει την δυνατότητα να μεγιστοποιήσει τα συνολικά κέρδη όλων των εταίρων.

Επίσης είναι λογικό να υποθέσουμε ότι κάθε εταίρος θα προσπαθήσει να μεγιστοποιήσει τα δικά του κέρδη γνωρίζοντας ότι και οι άλλοι θα κάνουν το ίδιο. Ένα ερώτημα που προκύπτει είναι αν αυτή η ανταγωνιστική συμπεριφορά οδηγεί τους εταίρους να επιλέγουν πολιτικές που μεγιστοποιούν τα κέρδη όλης της αλυσίδας. Η απάντηση είναι συνήθως όχι. Για παράδειγμα έστω ότι η απόφαση του εταίρου i ωφελεί τον εταίρο j . Αν όμως αυτή η απόφαση έχει σημαντικό κόστος για τον εταίρο i αυτός δεν πρόκειται να την εφαρμόσει ανεξάρτητα από το όφελος που μπορεί αυτή να επιφέρει συνολικά στην αλυσίδα. Γενικά πάντως σε μια εφοδιαστική αλυσίδα υπάρχουν αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στους εταίρους, καθώς οι αποφάσεις καθενός επηρεάζουν τους υπόλοιπους.

Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί πολύ το ενδιαφέρον, τόσο ερευνητικά όσο και πρακτικά για το πώς κανείς μπορεί να οργανώσει και να διευθύνει μια εφοδιαστική αλυσίδα. Λίγες εταιρίες είναι τόσο μικρές και λίγα προϊόντα τόσο απλά έτσι ώστε ένας μόνο οργανισμός να μπορεί να διευθύνει ολόκληρη την εταιρεία και να μεγιστοποιεί τα κέρδη της. Συνήθως απαιτείται συντονισμός ανεξάρτητων εταίρων οι οποίοι όλοι προσδοκούν να αυξήσουν τα κέρδη τους. Σ' αυτήν την περίπτωση προκύπτουν ερωτήματα όπως π.χ. ποιός παίρνει συγκεκριμένες αποφάσεις και πώς οι διαφοροί εταίροι μπορούν να συνεργαστούν. Είναι φανερό ότι παίζει σπουδαίο ρόλο η κατανόηση των διαφόρων συμφωνιών και συμβολαίων

που μπορεί να συναφθούν ανάμεσα στους εταίρους όπως επίσης και η κατανόηση των οικονομικών δεδομένων τους για να μπορεί κανείς να αναλύσει μια εφοδιαστική αλυσίδα.

Μια παράμετρος που παίζει σημαντικό ρόλο στη μελέτη των εφοδιαστικών αλυσίδων είναι οι ιδιότητες της ζήτησης από τους τελικούς καταναλωτές. Μια πρώτη διάκριση, που είναι συνηθισμένη και σε προβλήματα παραγωγής, είναι ανάμεσα σε ντετερμινιστική και στοχαστική ζήτηση. Σ' αυτές τις εισαγωγικές σημειώσεις θα κάνουμε μόνο την ανάλυση απλών μοντέλων εφοδιαστικών αλυσίδων με ντετερμινιστική ζήτηση. Στο τέλος θα αναφερθούμε γενικά στα προβλήματα που προκύπτουν στη στοχαστική περίπτωση και τους τρόπους αντιμετώπισής τους.

2.1 Ένα απλό μοντέλο με ντετερμινιστική ζήτηση.

Θεωρούμε μια εφοδιαστική αλυσίδα που αποτελείται από ένα προμηθευτή που πωλεί χονδρικά ένα προϊόν σε ένα λιανοπωλητή που με τη σειρά του το διαθέτει στην αγορά.

Υποθέτουμε ότι και οι δύο λειτουργούν σε μονοπωλιακό περιβάλλον. Ο προμηθευτής πωλεί στο λιανοπωλητή το προϊόν σε τιμή w ανά μονάδα. Στο πρόβλημα αυτό δεν υπάρχουν αποθέματα, δηλαδή ο λιανοπωλητής δεν αποθηκεύει προϊόντα που ενδεχομένως δεν μπόρεσε να πωλήσει. Ο λιανοπωλητής επίσης πωλεί το προϊόν σε τιμή r ανά μονάδα. Ο προμηθευτής παράγει το προϊόν έχοντας ένα κόστος c ανά μονάδα.

Οι μεταβλητές απόφασης είναι οι δύο τιμές. Συγκεκριμένα, ο προμηθευτής ανακοινώνει πρώτος την τιμή χονδρικής, και κατόπιν ο λιανοπωλητής αποφασίζει για την τιμή λιανικής και παραγγέλλει από τον προμηθευτή την ποσότητα που ξέρει ότι θα πωληθεί στην τιμή που έχει τεθεί. Το ερώτημα είναι να βρεθεί το σημείο στρατηγικής ισορροπίας στο παιχνίδι μεταξύ προμηθευτή και λιανοπωλητή, δηλαδή να βρεθεί η τιμή χονδρικής w^* που μεγιστοποιεί το κέρδος του προμηθευτή (πρώτου παίκτη) και η τιμή λιανικής r^* που αποτελεί τη βέλτιστη απόκριση του λιανοπωλητή. Προηγουμένως πρέπει να ορίσουμε την συνάρτηση ζήτησης. Η συνάρτηση ζήτησης στο πρόβλημα που θα αντιμετωπίσουμε, την οποία συμβολίζουμε με D , δεν είναι στοχαστική, αλλά μια γνωστή φθίνουσα συνάρτηση του r . Εδώ θα θεωρήσουμε την απλή περίπτωση όπου η ζήτηση είναι γραμμική συνάρτηση, και συγκεκριμένα, $D(r) = \max(A - kr, 0)$, όπου το A αντιπροσωπεύει το μέγεθος της αγοράς και η ποσότητα A/k τη μέγιστη δυνατή τιμή λιανικής. Επομένως για να έχει μη τετριμμένη λύση το πρόβλημα από τη μεριά του προμηθευτή πρέπει να ισχύει $c < w < r < A/k$.

Θα αναλύσουμε τις βέλτιστες πολιτικές του λιανοπωλητή και του προμηθευτή. Ξεκινάμε με την ανάλυση της βέλτιστης απάντησης του λιανοπωλητή σε κάθε χονδρική τιμή $0 \leq w \leq c$ που μπορεί να τεθεί από τον προμηθευτή. Δεδομένου του w , και για $w \leq r \leq c$, η συνάρτηση κέρδους του λιανοπωλητή μπορεί να γραφεί ως

$$\Pi_R(r; w) = (r - w)(A - kr).$$

Η συνάρτηση αυτή είναι κοίλη και παίρνει την μέγιστη τιμή της στο σημείο όπου μηδενίζεται η πρώτη παράγωγος. Επομένως η βέλτιστη απάντηση του λιανοπωλητή είναι ίση με

$$r^*(w) = \frac{1}{2} \left(w + \frac{A}{k} \right)$$

Γι' αυτή την τιμή του r , η ποσότητα που θα πωλήσει και επομένως θα παραγγείλει ο λιανοπωλητής είναι ίση με

$$d^*(w) = D(r^*(w)) = A - k \frac{A + kw}{2k} = \frac{A - kw}{2}.$$

Αυτή η ποσότητα παίζει το ρόλο της συνάρτησης ζήτησης του προμηθευτή, του οποίου η συνάρτηση κέρδους τώρα γίνεται:

$$\Pi_S(w) = (w - c) \left(\frac{A - kw}{2} \right).$$

Επομένως το πρόβλημα του προμηθευτή είναι ακριβώς αντίστοιχο με αυτό του λιανοπωλητή και η βέλτιστη τιμή χονδρικής προκύπτει εύκολα ότι είναι ίση με:

$$w^* = \frac{1}{2} \left(c + \frac{A}{k} \right),$$

από την οποία εύκολα προκύπτει με αντικατάσταση

$$r^* = r^*(w^*) = \frac{1}{2} \left(w^* + \frac{A}{k} \right) = \frac{1}{4} c + \frac{3}{4} \frac{A}{k} = w^* + \frac{A - kw^*}{2k}.$$

$$D^* = d(w^*) = \frac{A - kw^*}{2} = \frac{A - kc}{4}.$$

Επίσης τα κέρδη προμηθευτή και λιανοπωλητή στο σημείο ισορροπίας είναι:

$$\Pi_R^* = \Pi_R(r^*; w^*) = \frac{(A - kc)^2}{16k}$$

$$\Pi_S^* = \Pi_S(w^*) = \frac{(A - kc)^2}{8k}$$

$$\Pi_R^* + \Pi_S^* = \frac{3(A - kc)^2}{16k}$$

Παρατηρούμε ότι για τη συγκεκριμένη συνάρτηση ζήτησης το κέρδος του προμηθευτή είναι διπλάσιο από αυτό του λιανοπωλητή.

2.2 Συνολικό Κέρδος - Συντονισμός

Η τελευταία εξίσωση παριστάνει το συνολικό κέρδος των δύο εμπλεκόμενων στην εφοδιαστική αλυσίδα κάτω από το σημείο ισορροπίας. Ένα ερώτημα που προκύπτει είναι ποια θα ήταν η διαφορά (τόσο σε σχέση με τις πολιτικές όσο και με τα κέρδη) αν κάποιος κεντρικός αποφασίζων προσπαθούσε να μεγιστοποιήσει το συνολικό κέρδος προμηθευτή και λιανοπωλητή.

Ισοδύναμα, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι προμηθευτής και λιανοπωλητής είναι μέλη του ίδιου οργανισμού ή κοινοπραξίας, της οποίας αντικείμενο είναι η μεγιστοποίηση του

αθροίσματος των δύο κερδών. Έστω $\Pi_C = \Pi_R + \Pi_S$ το συνολικό κέρδος των δύο μερών. Αντικαθιστώντας τις γενικές εκφράσεις για τα κέρδη στην παραπάνω εξίσωση βρίσκουμε:

$$\Pi_C(r; w) = (r - w)(A - kr)$$

Παρατηρούμε ότι το συνολικό κέρδος δεν εξαρτάται από την τιμή χονδρικής w . Αυτό είναι και διαισθητικά αναμενόμενο, δεδομένου ότι η τιμή χονδρικής αντιπροσωπεύει πληρωμή από ένα μέρος της κοινοπραξίας σε ένα άλλο, και επομένως δεν είναι ούτε πραγματικό έσοδο ούτε πραγματικό έξοδο. Τέτοιου είδους πληρωμές ονομάζονται πληρωμές μεταφοράς (transfer payments) στην οικονομική ορολογία. Βλέπουμε λοιπόν ότι η κοινοπραξία ισοδυναμεί με ένα μοναδικό παραγωγό που παράγει με κόστος μονάδας c και πωλεί με τιμή λιανικής r . Επομένως, με ανάλογο συλλογισμό όπως και στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, βρίσκουμε ότι η τιμή λιανικής που μεγιστοποιεί το κέρδος της κοινοπραξίας είναι ίση με

$$r_C^* = \frac{1}{2}\left(c + \frac{A}{k}\right),$$

η αντίστοιχη ποσότητα παραγγελίας

$$D_C^* = \frac{A - kc}{2} = 2D^*,$$

και το βέλτιστο συνολικό κέρδος

$$\Pi_C^* = \Pi_C(r_C^*) = \frac{(A - kc)^2}{4k}$$

Επομένως κάτω από τη βέλτιστη τιμή της κοινοπραξίας η λιανική τιμή είναι μικρότερη απ'ότι στην περίπτωση του ανταγωνισμού, η συνολική ποσότητα που πωλείται διπλάσια, ενώ για το συνολικό κέρδος ισχύει:

$$\Pi_R^* + \Pi_S^* = \frac{3}{4}\Pi_C^*$$

δηλαδή όταν ο προμηθευτής και ο λιανοπωλητής δρουν ανταγωνιστικά το συνολικό τους κέρδος είναι ίσο με το 75% αυτού που θα μπορούσαν να καταφέρουν μαζί αν συνεργάζονταν.

Παρ'όλο που οι ακριβείς τιμές των παραπάνω ποσοτήτων εξαρτώνται από τη μορφή της συνάρτησης ζήτησης, το τελευταίο φαινόμενο είναι γενικό. Μπορεί δηλαδή εύκολα να δείξει κανείς ότι για οποιαδήποτε μορφή της συνάρτησης $D(r)$ ισχύει

$$\Pi_R^* + \Pi_S^* < \Pi_C^*.$$

Η μαθηματική αιτιολόγηση της παραπάνω ανισότητας είναι προφανής. Το δεξιό μέλος αντιστοιχεί στην πολιτική $(r_C^* = \frac{1}{2}(c + \frac{A}{k}), w_C^* \in [0, r_C^*])$, που μεγιστοποιεί τη συνάρτηση

$\Pi_C = \Pi_R + \Pi_S$, ενώ το αριστερό στην πολιτική $(r^* = \frac{1}{4}c + \frac{3}{4}\frac{A}{k}, w^* = \frac{1}{2}(c + \frac{A}{k}))$, που μεγιστοποιεί καθένα από τα κέρδη των R, S χωριστά, άρα δεν είναι απαραίτητα βέλτιστη για το πρόβλημα του συνολικού κέρδους.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα την οικονομική ερμηνεία αυτού του φαινομένου, παρατηρούμε ότι αν θέσουμε $w=c$, δηλαδή αναγκάσουμε τον προμηθευτή να πωλεί στον λιανοπωλητή σε τιμή κόστους, τότε η βέλτιστη απάντηση του λιανοπωλητή, με βάση την ανάλυση του προβλήματος ανταγωνισμού θα είναι ίση με $\frac{1}{2}(c+A/k)=r_C^*$. Σ' αυτή την περίπτωση τα κέρδη των δύο μερών θα είναι

$$\Pi_R = \frac{(A-kc)^2}{4k}, \Pi_W = 0, \Pi_R + \Pi_W = \frac{(A-kc)^2}{4k} = \Pi_C^*$$

Βλέπουμε ότι ακόμη και όταν τα δύο μέρη δεν αποτελούν κοινοπραξία, υπάρχει τρόπος να πετύχουν το μέγιστο συνολικό κέρδος, ακολουθώντας την παραπάνω πολιτική. Το χαρακτηριστικό της πολιτικής αυτής είναι ότι εξαφανίζει το περιθώριο κέρδους ($w-c$) του προμηθευτή, και επομένως μηδενίζει και τα συνολικά του κέρδη. Αυτή είναι μια λύση βέλτιστη για το άθροισμα των κερδών αλλά όχι σημείο ισορροπίας, επειδή δεν είναι βέλτιστο για τον προμηθευτή να την ακολουθήσει σε περιβάλλον ανταγωνισμού.

Στην οικονομική θεωρία, το φαινόμενο αυτό, όπου τα δύο μέρη δρώντας ανταγωνιστικά θέτουν το καθένα το δικό του περιθώριο κέρδους ($w-c > 0$ και $r-w > 0$), ενώ για το συνολικό τους καλό θα ήταν βέλτιστο να υπάρχει ένα μόνο θετικό περιθώριο κέρδους, ονομάζεται φαινόμενο διπλού περιθωρίου κέρδους (double marginalization effect).

Επιστρέφοντας στο μοντέλο προμηθευτή-λιανοπωλητή, θα λέμε ότι έχουμε συντονισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας (supply chain coordination, channel coordination) αν η πολιτική που αντιστοιχεί στο σημείο ισορροπίας σε συνθήκες ανταγωνισμού επιφέρει συνολικό κέρδος των δύο μερών ίσο με το βέλτιστο κέρδος συνεργασίας. Ο συντονισμός είναι καλή ιδιότητα επειδή εξασφαλίζει ότι ακόμη και όταν καθένας από τους εμπλεκόμενους ακολουθεί τη δική του βέλτιστη πολιτική, αυτό που καταλήγουν να κάνουν είναι το καλύτερο δυνατό και για το άθροισμά τους. Βέβαια, όπως είδαμε προηγουμένως, στο πρόβλημα που μελετάμε δεν υπάρχει συντονισμός. Μάλιστα, η απώλεια κέρδους λόγω έλλειψης συντονισμού είναι ίση με

$$\Pi_C^* - (\Pi_R^* + \Pi_S^*) = \frac{1}{4} \Pi_C^*$$

Στο παράδειγμα αυτό δεν υπάρχει τρόπος να επιτευχθεί συντονισμός, εκτός αν επιτραπούν πλουσιότερες κατηγορίες συμφωνιών ή συμβολαίων μεταξύ των δύο μερών. Μέχρι τώρα υποθέσαμε ότι οι μόνες μεταβλητές απόφασης για κάθε μέρος είναι η τιμή ανά μονάδα που χρεώνει το αντίστοιχο μέρος. Αν επιτρέψουμε να γίνονται μεταξύ τους πληρωμές όχι απαραίτητα γραμμικές ως προς την ποσότητα αγοράς, τότε το σημείο ισορροπίας κάτω από ανταγωνισμό μπορεί να δειχθεί ότι είναι το εξής: Ο προμηθευτής θέτει δύο χρεώσεις: η τιμή χονδρικής ανά μονάδα προϊόντος είναι ίση με το κόστος παραγωγής, και υπάρχει και μια πάγια χρέωση προς το λιανοπωλητή ίση με $\Pi_C^* - \varepsilon$, όπου ε είναι ένα μικρό ποσό. Τότε η βέλτιστη απάντηση του λιανοπωλητή είναι να χρεώσει τιμή λιανικής ίση με r_C^* . Σ' αυτή την περίπτωση το κέρδος του προμηθευτή είναι ίσο με $\Pi_C^* - \varepsilon$ και του λιανοπωλητή ίσο με ε , και επομένως επιτυγχάνεται συντονισμός. Σ' αυτή την περίπτωση βέβαια υποφέρει ο λιανοπωλητής, ο οποίος με την προσθήκη της «πλουσιότερης» συμφωνίας βλέπει τα αρχικά του κέρδη να εξανεμίζονται. Στην πραγματικότητα αυτό συμβαίνει επειδή υποθέσαμε ότι οι μοναδικές αποφάσεις είναι οι χρεώσεις. Αν ο λιανοπωλητής έχει τη δυνατότητα να μη συμμετέχει σ' αυτή τη διαδικασία αν τα κέρδη του δεν υπερβαίνουν κάποιο ελάχιστο κάτω φράγμα, τότε θα μπορεί ενδεχομένως να διαπραγματευθεί με τον προμηθευτή για μεγαλύτερη συμμετοχή στα κέρδη (δηλαδή μικρότερη πάγια χρέωση) προκειμένου να μπει στο παιχνίδι. Τέτοιου είδους συμφωνίες και διαδικασίες βλέπει κανείς σε περιπτώσεις franchising.

2.3 Συντονισμός σε περιβάλλον αβεβαιότητας

Όταν η ζήτηση είναι στοχαστική (ας υποθέσουμε για απλούστευση ένα μοντέλο εφημεριδοπώλη για το λιανοπωλητή), ο λιανοπωλητής κάνει την παραγγελία πριν έρθει η πραγματική ζήτηση. Η αβεβαιότητα αυτή είναι δυνατόν να τον κάνει να παραγγείλει πολύ μικρές ποσότητες από το προϊόν, αν η τιμή χονδρικής είναι μεγάλη. Είναι φυσικό εξάλλου ότι ο λιανοπωλητής δεν θα σκεφτεί το κέρδος που μπορεί να έχει ο προμηθευτής αλλά θα σκεφτεί την περίπτωση όπου ο ίδιος μπορεί να χάσει αν παραγγείλει ποσότητες μεγαλύτερες από την ζήτηση. Δηλαδή παρουσιάζεται μπροστά του ένα πρόβλημα για το οποίο πρέπει να αναλάβει όλο το επιχειρηματικό κίνδυνο (ρίσκο) από την αβεβαιότητα της ζήτησης. Αυτό συμβαίνει επειδή ο προμηθευτής φαινομενικά δεν αναλαμβάνει κανένα ρίσκο, καθώς απλώς παίρνει την παραγγελία του λιανοπωλητή και με αυτήν την ποσότητα τον προμηθεύει. Από την στιγμή που τον προμηθεύει και μετά το πρόβλημα όλο μετατοπίζεται στον λιανοπωλητή. Είναι αυτός λοιπόν που αναλαμβάνει όλο το ρίσκο.

Στην πραγματικότητα όμως τον προμηθευτή όμως όλο αυτό δεν τον αφήνει αδιάφορο. Μπορεί, όπως είπαμε να μην φέρει εκείνος άμεσα το ρίσκο των πωλήσεων, όμως δεν τον συμφέρει να έχει και μικρές παραγγελίες. Γιατί αυτό που μπορεί να συμβεί όπως έχουμε αναφέρει είναι ο λιανοπωλητής να φοβηθεί μην του μείνουν μεγάλες ποσότητες απώλητες και να κάνει μικρή παραγγελία. Έτσι λοιπόν ο προμηθευτής πρέπει να χρησιμοποιήσει κάποιες πολιτικές που να βοηθούν τον λιανοπωλητή να κάνει καλύτερες παραγγελίες. Ουσιαστικά δηλαδή να αναλάβει και εκείνος μέρος του ρίσκου του λιανοπωλητή ώστε να μην είναι εντελώς άνιση η κατανομή του κινδύνου. Χρειάζεται λοιπόν να γίνουν συμφωνίες και συμβόλαια ανάμεσα στον προμηθευτή και στον λιανοπωλητή έτσι ώστε ο προμηθευτής να μην είναι πλέον αμέτοχος παρατηρητής αλλά να μοιράζεται το ρίσκο με τον λιανοπωλητή.

Τέτοιου είδους συμφωνίες που κάνουν αναδιανομή του κινδύνου προς όφελος του συνολικού κέρδους έχουν μελετηθεί εκτεταμένα στη σύγχρονη βιβλιογραφία προβλημάτων παραγωγής και διοίκησης εφοδιαστικών αλυσίδων. Σ' αυτή τη σύντομη συζήτηση θα κάνουμε μια μικρή εισαγωγή σ' αυτό του είδους τις συμφωνίες και συμβόλαια..

Ένα πρώτο είδος συμβολαίου που μπορεί να γίνει ανάμεσα στον προμηθευτή και τον λιανοπωλητή είναι οι επιστροφές (buy back contracts). Υποθέτουμε ότι εκτός από την τιμή πώλησης ω που ορίζει ο προμηθευτής ορίζει και μια δεύτερη τιμή b . Αυτή είναι η τιμή που θα αγοράσει από τον λιανοπωλητή όποια ποσότητα του περισσέψει αφού ολοκληρωθούν οι πωλήσεις του, δηλαδή το απώλητο (stock) εμπόρευμα. Η δεύτερη αυτή τιμή b θα είναι $b < \omega$. Έτσι αν η πραγματική ζήτηση X είναι μικρότερη από την ποσότητα Q που έχει παραγγείλει ο λιανοπωλητής, τότε θα πάρει $b(Q-X)$ χρήματα στο τέλος της περιόδου, ως επιστροφή από τον προμηθευτή. Το γεγονός ότι χρησιμοποιείται τιμή b μικρότερη του ω εξασφαλίζει ότι ο προμηθευτής δεν δίνει στον λιανοπωλητή ευκαιρία για κερδοσκοπία εις βάρος του, αλλά απλά του επιτρέπει να αγοράσει μεγαλύτερες ποσότητες προϊόντος επειδή μπορεί να επιστρέψει τις stock ποσότητες και να πάρει πίσω κάποια από τα χρήματα της παραγγελίας.

Βέβαια για να είναι η συμφωνία ενδιαφέρουσα για τον λιανοπωλητή η τιμή b πρέπει να είναι μεγαλύτερη από αυτή που ο λιανοπωλητής μπορεί από μόνος του να πετύχει αν πουλήσει εκείνος το stock εμπόρευμα. Για να αξιολογήσουμε πόσο αποτελεσματικά μπορεί να είναι τέτοια συμβόλαια, πρέπει να κάνουμε κάποιες υποθέσεις για τις ευκαιρίες που ανοίγονται τόσο για τον προμηθευτή όσο και για τον λιανοπωλητή. Πρώτα από όλα μπορούμε να υποθέσουμε ότι ο προμηθευτής μπορεί να εκποιήσει το προϊόν σε μια λογική τιμή v ανά μονάδα, ενώ ο λιανοπωλητής μπορεί να εκποιήσει το προϊόν σε τιμή μικρότερη ή ίση του v . Όταν ο προμηθευτής προσφέρει στον λιανοπωλητή ένα συμβόλαιο επιστροφών με την τιμή b , αυτό του κοστίζει $b-v$ ανά μονάδα εμπορεύματος. Εδώ βέβαια πρέπει να σημειωθεί ότι η τιμή b δεν είναι υποχρεωτικό να είναι θετική τιμή. Για παράδειγμα, ο λιανοπωλητής μπορεί να πληρώσει τον προμηθευτή για να πάρει stock εμπόρευμα από εκείνον από την στιγμή που δίνοντας b του κοστίζει λιγότερο από κάθε άλλη επιλογή που μπορεί να έχει.

Οι πολιτικές των συμβολαίων με επιστροφές επιτρέπουν πληρωμές οι οποίες εξαρτώνται από την ποσότητα stock εμπορεύματος που θα επιστραφεί και από την πραγματική ζήτηση. Επίσης εκτός από την προηγούμενη περίπτωση επιστροφών που αναλύσαμε υπάρχουν και πιο σύνθετα συμβόλαια με επιστροφές που προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία στα κέρδη και για τον προμηθευτή και για τον λιανοπωλητή. Ο σκοπός βέβαια αυτήν των συμβολαίων είναι πάντα ο ίδιος. Προσπαθούν να δώσουν ένα έναυσμα στον λιανοπωλητή να μην φοβηθεί και να αυξήσει την παραγγελία του. Επομένως και αυτός κερδίζει άλλα και ο προμηθευτής επίσης κερδίζει αφού δέχεται μεγαλύτερες παραγγελίες.

Μια δεύτερη συμφωνία –συμβόλαιο που μπορεί να γίνει ανάμεσα στον προμηθευτή και τον λιανοπωλητή είναι ένα ευέλικτο συμβόλαιο που δίνει τη δυνατότητα στον λιανοπωλητή να αγοράσει αρχικά οποία ποσότητα προϊόντος εκείνος πιστεύει ότι αντιστοιχεί στην αναμενόμενη ζήτηση. Για αυτήν την ποσότητα μπορεί να φερθεί όσο εγκρατής θέλει εκείνος. Ο προμηθευτής όμως επιπλέον τον πληροφορεί ότι αν χρειαστεί αργότερα στο μέλλον επιπλέον ποσότητα προϊόντος, επειδή ενδεχομένως θα δει ότι η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από αυτή που περίμενε, μπορεί να του πουλήσει επιπλέον απόθεμα, αλλά σε ακριβότερη τιμή από την αρχική. Έτσι με αυτόν τον τρόπο ο προμηθευτής ρισκάρει ως ένα βαθμό γιατί μπορεί το απόθεμα που έχει κρατήσει να μην το ζητήσει ο λιανοπωλητής και να του μείνει stock εμπόρευμα στην αποθήκη του. Από την άλλη μεριά όμως αν η ζήτηση είναι τελικά μεγάλη, ή τουλάχιστον μεγαλύτερη από την παραγγελία που έχει κάνει αρχικά ο λιανοπωλητής, οπότε ο λιανοπωλητής θα κάνει και δεύτερη παραγγελία, ο προμηθευτής θα έχει μεγαλύτερο κέρδος εφόσον τη δεύτερη παραγγελία την κοστολογεί με ακριβότερη τιμή. Ο λιανοπωλητής τώρα από τη μεριά του, μπορεί να κάνει μια πρώτη παραγγελία στην οποία δεν χρειάζεται να ρισκάρει πολύ. Ξέρει όμως ότι αν η ζήτηση ξεπεράσει τις προσδοκίες του δεν θα έχει μεγάλες απώλειες αφού μπορεί να παραγγείλει επιπλέον ποσότητες από το προϊόν. Βέβαια η δεύτερη τιμή του προϊόντος, παρόλο που είναι ακριβότερη από την πρώτη, πρέπει να είναι συμφέρουσα για τον λιανοπωλητή. Δηλαδή να είναι μικρότερη από την τιμή πώλησης του προϊόντος ώστε ο λιανοπωλητής να μπορεί να έχει κάποιο κέρδος. Διαφορετικά δεν θα ενδιαφερόταν για αυτήν την πρόταση του προμηθευτή και αυτό το είδος συμβολαίου δεν θα είχε νόημα.

Βλέπουμε λοιπόν ότι μπορούν να γίνουν διάφορες συμφωνίες ανάμεσα στον λιανοπωλητή και στον προμηθευτή. Αυτές οι συμφωνίες μπορούν να μεγαλώσουν τις πωλήσεις και βοηθούν στην καλύτερη συνεργασία ανάμεσα στον προμηθευτή και στον λιανοπωλητή. Επίσης τα συμβόλαια αυτά βοηθούν στο να υπάρξει συντονισμός. Ο συντονισμός είναι ουσιαστικά μια κατάλληλη συνεργασία ανάμεσα στον προμηθευτή και τον λιανοπωλητή, η οποία επιφέρει μέγιστα κέρδη και για τους δύο μαζί.