

29 Εφαρμογές της θεωρίας των παιγνίων

Στο τελευταίο κεφάλαιο περιγράψαμε αρκετές σημαντικές έννοιες της θεωρίας των παιγνίων και τις απεικονίσαμε με τη βοήθεια κάποιων παραδειγμάτων. Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε τέσσερα σημαντικά ζητήματα της θεωρίας των παιγνίων –τη συνεργασία, τον ανταγωνισμό, τη συνύπαρξη και τη δέσμευση– και θα δούμε πώς λειτουργούν σε διάφορες στρατηγικές αλληλεπιδράσεις.

Προκειμένου να το κάνουμε αυτό, θα αναπτύξουμε πρώτα ένα σημαντικό αναλυτικό εργαλείο, τις **καμπύλες άριστης αντίδρασης**, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βρεθούν λύσεις ισορροπίας των παιγνίων.

29.1 Καμπύλες άριστης αντίδρασης

Ας εξετάσουμε ένα παίγνιο δύο ατόμων, και ας μπούμε στη θέση του ενός από τους παίκτες. Για κάθε επιλογή που μπορεί να κάνει ο άλλος παίκτης, η **άριστη αντίδρασή** σας είναι η επιλογή που μεγιστοποιεί την απόδοσή σας. Αν υπάρχουν πολλές επιλογές που μεγιστοποιούν την απόδοσή σας, τότε η άριστη αντίδρασή σας θα είναι το σύνολο όλων αυτών των επιλογών.

Για παράδειγμα, ας δούμε το παίγνιο που απεικονίζεται στον Πίνακα 29.1, ο οποίος χρησιμοποιείται για να απεικονίσει την έννοια μιας ισορροπίας κατά Nash. Αν ο παίκτης της στήλης παίζει «αριστερά», η καλύτερη αντίδραση της σειράς είναι να παίζει «πάνω». Αν η στήλη παίζει «δεξιά», η άριστη αντίδραση της σειράς είναι να παίζει «κάτω». Αντίστοιχα, οι άριστες αντιδράσεις της στήλης είναι να παίζει «αριστερά» ως απάντηση στην επιλογή «πάνω» και να παίζει «δεξιά» ως απάντηση στην επιλογή «κάτω».

Πίνακας 29.1 Ένα απλό παίγνιο

		Στήλη	
		Αριστερά	Δεξιά
Σειρά	Πάνω	2, 1	0, 0
	Κάτω	0, 0	1, 2

Μπορούμε να γράψουμε τον ακόλουθο πίνακα:

Επιλογή στήλης:	Αριστερά	Δεξιά
Άριστη αντίδραση σειράς:	Πάνω	Κάτω
Επιλογή σειράς:	Πάνω	Κάτω
Άριστη αντίδραση στήλης:	Αριστερά	Δεξιά

Σημειώστε ότι αν η στήλη θεωρεί ότι η σειρά θα παίζει «πάνω», τότε η στήλη θα θέλει να παίζει «αριστερά», και αν η σειρά θεωρεί ότι η στήλη θα παίζει «αριστερά», η σειρά θα θέλει να παίζει «πάνω». Επομένως, το ζεύγος των επιλογών (πάνω, αριστερά), είναι αμοιβαίως συνεπές, με την έννοια ότι κάθε παίκτης έχει μια άριστη αντίδραση στην επιλογή του άλλου παίκτη.

Ας εξετάσουμε ένα γενικό παίγνιο δύο ατόμων, όπου κάθε σειρά έχει επιλογές $r_1, \dots, r_R$ και η στήλη έχει επιλογές $c_1, \dots, c_C$. Για κάθε επιλογή r που κάνει η σειρά, έστω ότι $b_c(r)$ είναι η καλύτερη αντίδραση για τη στήλη, και για κάθε επιλογή c που κάνει η στήλη, έστω ότι $b_r(c)$ είναι η καλύτερη αντίδραση για τη σειρά. Τότε μια **ισορροπία κατά Nash** είναι ένα ζεύγος στρατηγικών (r^*, c^*) , τέτοιο ώστε

$$c^* = b_c(r^*)$$

$$r^* = b_r(c^*).$$

Η έννοια της ισορροπίας κατά Nash εκφράζει με τύπο την ιδέα της «αμοιβαίας συνέπειας». Αν η σειρά αναμένει ότι η στήλη θα παίζει «αριστερά», τότε η σειρά θα παίζει «πάνω», και αν η στήλη αναμένει ότι η σειρά θα παίζει «πάνω», η στήλη θα θέλει να παίζει «αριστερά». Επομένως, αυτό που παρουσιάζει συνέπεια σε μια ισορροπία κατά Nash είναι οι πεποιθήσεις και οι πράξεις των παικτών.

Παρατηρήστε ότι σε ορισμένες περιπτώσεις ένας από τους παίκτες μπορεί να είναι αδιάφορος μεταξύ των διάφορων άριστων επιλογών. Γι' αυτό το λόγο, απαιτούμε μόνο το c^* να είναι μία από τις άριστες επιλογές της στήλης, και το r^* μία από τις άριστες επιλογές της

σειράς. Αν υπάρχει μία και μόνον άριστη αντίδραση για κάθε επιλογή, τότε οι καμπύλες άριστης αντίδρασης μπορούν να εκφραστούν ως συναρτήσεις άριστης αντίδρασης.

Ο τρόπος με τον οποίον εξετάζουμε την έννοια της ισορροπίας κατά Nash ξεκαθαρίζει το γεγονός ότι αποτελεί απλώς μια γενίκευση της ισορροπίας κατά Cournot που περιγράφεται στο Κεφάλαιο 27. Στην περίπτωση Cournot, η μεταβλητή της επιλογής είναι η ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος, η οποία είναι συνεχής μεταβλητή. Η ισορροπία κατά Cournot έχει την ιδιότητα ότι κάθε επιχείρηση επιλέγει την ποσότητα που μεγιστοποιεί το κέρδος, με δεδομένη την επιλογή της άλλης επιχείρησης.

Η ισορροπία κατά Bertrand, η οποία περιγράφηκε επίσης στο Κεφάλαιο 27, είναι μια ισορροπία κατά Nash των στρατηγικών τιμολόγησης. Κάθε επιχείρηση επιλέγει την τιμή που μεγιστοποιεί το κέρδος της, με δεδομένη την επιλογή που θεωρεί ότι θα κάνει η άλλη επιχείρηση.

Αυτά τα παραδείγματα δείχνουν το πώς η καμπύλη άριστης αντίδρασης γενικεύει τα προηγούμενα μοντέλα, και μας προσφέρει έναν σχετικά απλό τρόπο επίλυσης της ισορροπίας κατά Nash. Αυτές οι ιδιότητες καθιστούν τις καμπύλες άριστης αντίδρασης ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο επίλυσης της ισορροπίας ενός παιγνίου.

29.2 Μεικτές στρατηγικές

Ας χρησιμοποιήσουμε τις συναρτήσεις άριστης αντίδρασης για να αναλύσουμε το παίγνιο που παρουσιάζεται στον Πίνακα 29.2.

Πίνακας 29.2 Επίλυση της ισορροπίας κατά Nash

		Στήλη	
		Αριστερά	Δεξιά
Σειρά	Πάνω	2, 1	0, 0
	Κάτω	0, 0	1, 2

Μας ενδιαφέρουν οι ισορροπίες μεικτής στρατηγικής καθώς και οι ισορροπίες καθαρής στρατηγικής, επομένως θα θεωρήσουμε ότι r είναι η πιθανότητα ότι η σειρά θα παίξει «πάνω», και $(1 - r)$ η πιθανότητα ότι θα παίξει «κάτω». Αντίστοιχα, θεωρούμε ότι c είναι η πιθανότητα ότι η στήλη θα παίξει «αριστερά», και $(1 - c)$ η πιθανότητα ότι θα παίξει «δεξιά». Οι καθαρές στρατηγικές συμβαίνουν όταν r και c είναι ίσα με 0 ή 1.

Ας υπολογίσουμε την προσδοκώμενη απόδοση της σειράς, αν επιλέξει πιθανότητα r της επιλογής «πάνω» και αν η στήλη επιλέξει πιθανότητα c της επιλογής «αριστερά». Ας δούμε την ακόλουθη διάταξη:

Συνδυασμός	Πιθανότητα	Απόδοση παιγνίου
Πάνω, αριστερά	rc	2
Κάτω, αριστερά	$(1-r)c$	0
Πάνω, δεξιά	$r(1-c)$	0
Κάτω, δεξιά	$(1-r)(1-c)$	1

Για να υπολογίσουμε την προσδοκώμενη απόδοση της σειράς, θα σταθμίσουμε τις αποδόσεις της σειράς στην τρίτη στήλη με βάση την πιθανότητα εμφάνισης, που αναγράφεται στη δεύτερη στήλη, και τις προσθέτουμε. Η απάντηση είναι

$$\text{Απόδοση σειράς} = 2rc + (1-r)(1-c),$$

την οποία μπορούμε να πολλαπλασιάσουμε για να βρούμε

$$\text{Απόδοση σειράς} = 2rc + 1 - r - c + rc.$$

Ας υποθέσουμε τώρα ότι η σειρά σχεδιάζει να αυξήσει το r κατά Δr . Πώς θα μεταβληθεί η απόδοση;

$$\begin{aligned}\Delta \text{ απόδοση σειράς} &= 2c\Delta r - \Delta r + c\Delta r \\ &= (3c - 1)\Delta r.\end{aligned}$$

Αυτή η έκφραση θα είναι θετική όταν $3c > 1$, και αρνητική όταν $3c < 1$. Συνεπώς, η σειρά θα θέλει να αυξήσει το r σε κάθε περίπτωση που $c > 1/3$, να μειώσει το r όταν $c < 1/3$, και θα είναι ευχαριστημένη με κάθε αξία $0 \leq r \leq 1$, όταν $c = 1/3$.

Αντίστοιχα, η απόδοση της στήλης δίνεται από:

$$\text{Απόδοση στήλης} = cr + 2(1-c)(1-r).$$

Η απόδοση της στήλης θα αλλάξει όταν το c μεταβληθεί κατά Δc , σύμφωνα με

$$\begin{aligned}\Delta \text{ απόδοση σειράς} &= r\Delta c + 2r\Delta c - 2\Delta c \\ &= (3r - 2)\Delta c.\end{aligned}$$

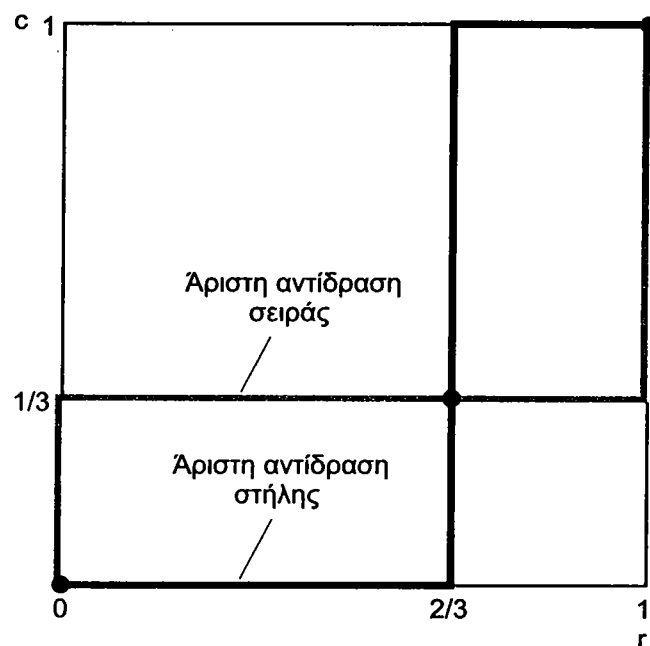
Συνεπώς, η στήλη θα θέλει να αυξήσει το c σε κάθε περίπτωση που $r > 2/3$, να μειώσει το c όταν $r < 2/3$, και θα είναι ευχαριστημένη με κάθε αξία $0 \leq c \leq 1$, όταν $r = 2/3$.

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτή την πληροφορία για να χαράξουμε τις καμπύλες άριστης αντίδρασης. Ας ξεκινήσουμε με τη σειρά. Αν η στήλη επιλέξει $c = 0$, η σειρά θα θέλει

να κάνει το r όσο πιο μικρό γίνεται, επομένως, το $r = 0$ είναι η καλύτερη αντίδραση σε $c = 0$. Αυτή η επιλογή θα συνεχίσει να είναι η άριστη αντίδραση μέχρι $c = 1/3$, στο οποίο σημείο κάθε αξία του r μεταξύ 0 και 1 είναι μια άριστη αντίδραση. Για κάθε $c > 1/3$, η άριστη αντίδραση που μπορεί να έχει η σειρά είναι $r = 1$.

Οι καμπύλες αυτές απεικονίζονται στο Σχήμα 29.1. Είναι εύκολο να δούμε ότι τέμνονται σε τρία σημεία: $(0, 0)$, $(2/3, 1/3)$ και $(1, 1)$, τα οποία αντιστοιχούν στις τρεις ισορροπίες κατά Nash σε αυτό το παίγνιο. Δύο από τις στρατηγικές αυτές είναι καθαρές στρατηγικές, και η μία είναι μεικτή στρατηγική.

Σχήμα 29.1



Καμπύλες άριστης αντίδρασης. Οι δύο καμπύλες απεικονίζουν την άριστη αντίδραση της σειράς και της στήλης στις επιλογές η μία της άλλης. Τα σημεία τομής των καμπυλών είναι ισορροπίες κατά Nash. Σε αυτή την περίπτωση, υπάρχουν τρεις ισορροπίες, δύο με καθαρές στρατηγικές και μία με μεικτή στρατηγική.

29.3 Παίγνια συντονισμού

Εξοπλισμένοι με τα εργαλεία της τελευταίας ενότητας, μπορούμε να εξετάσουμε το πρώτο είδος παιγνίων, τα **παίγνια συντονισμού**. Πρόκειται για παίγνια όπου οι αποδόσεις των παικτών αγγίζουν το υψηλότερο επίπεδό τους όταν εκείνοι μπορούν να συντονίσουν τις στρατη-

γικές τους. Το πρόβλημα, στην πράξη, είναι η ανάπτυξη μηχανισμών που καθιστούν εφικτό αυτόν το συνδυασμό.

Μάχη των δύο φύλων

Το κλασικό παράδειγμα ενός παιγνίου συντονισμού είναι η λεγόμενη μάχη των δύο φύλων. Σε αυτό το παίγνιο, ένα αγόρι κι ένα κορίτσι θέλουν να συναντηθούν για να δούνε μια ταινία, χωρίς να έχουν συνεννοηθεί προηγουμένως για το ποια ταινία θέλουν να δουν. Δυστυχώς, έχουν ξεχάσει στο σπίτι τα κινητά τους τηλέφωνα, επομένως δεν έχουν τρόπο να συντονίσουν τη συνάντησή τους, και άρα ο ένας πρέπει να μαντέψει σε ποια ταινία θα θέλει να πάει ο άλλος.

Το αγόρι θέλει να δει την τελευταία ταινία δράσης που έχει βγει στα σινεμά, ενώ το κορίτσι θα προτιμούσε να δει μια ταινία τέχνης, αλλά και οι δύο προτιμούν να πάνε στην ίδια ταινία από το να μη συναντηθούν καθόλου. Οι αποδόσεις που είναι συνεπείς με τις προτιμήσεις αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 29.3. Σημειώστε το καθοριστικό στοιχείο των παιγνίων συντονισμού: οι αποδόσεις είναι υψηλότερες, όταν οι παίκτες συντονίζουν τις κινήσεις τους από ό,τι όταν δεν τις συντονίζουν.

Πίνακας 29.3 Η μάχη των δύο φύλων

		Κορίτσι	
		Δράση	Τέχνη
Αγόρι	Δράση	2, 1	0, 0
	Τέχνη	0, 0	1, 2

Ποιες είναι οι ισορροπίες κατά Nash σ' αυτό το παίγνιο; Ευτυχώς, αυτό είναι απλά το παίγνιο που χρησιμοποιήσαμε στην προηγούμενη ενότητα για να απεικονίσουμε τις καμπύλες άριστης αντίδρασης. Είδαμε ότι υπάρχουν τρεις ισορροπίες: και οι δύο επιλέγουν την ταινία δράσης, και οι δύο επιλέγουν την ταινία τέχνης, ή ο καθένας επιλέγει τη δική του προτιμώμενη επιλογή με πιθανότητα $2/3$.

Αφού όλες οι παραπάνω ισορροπίες είναι πιθανές, είναι δύσκολο να πούμε τι θα συμβεί από αυτή την περιγραφή και μόνο. Γενικά, θα πρέπει να εξετάσουμε τις παραμέτρους εκτός της επίσημης περιγραφής του παιγνίου για να λύσουμε το πρόβλημα. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι η ταινία τέχνης βρίσκεται σε έναν κοντινότερο προορισμό για έναν από τους

δύο παίκτες. Τότε και οι δύο παίκτες μπορεί λογικά να υποθέσουν ότι αυτή θα είναι η επιλογή ισορροπίας.

Όταν οι παίκτες έχουν καλούς λόγους να πιστεύουν ότι μία ισορροπία είναι πιο «φυσική» από τις υπόλοιπες, η ισορροπία αυτή ονομάζεται **σημείο εστίασης** του παιγνίου.

Το δилήμμα του φυλακισμένου

Το δилήμμα του φυλακισμένου, το οποίο εξετάσαμε εκτενώς στο τελευταίο κεφάλαιο, είναι επίσης ένα παίγνιο συντονισμού. Ας θυμηθούμε την ιστορία: οι δύο φυλακισμένοι μπορούν είτε να ομολογήσουν ενοχοποιώντας ο ένας τον άλλον, ή να αρνηθούν τη συμμετοχή τους στο έγκλημα. Οι αποδόσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 29.4.

Το εντυπωσιακό χαρακτηριστικό του διλήμματος του φυλακισμένου είναι ότι η ομολογία είναι μια κυρίαρχη στρατηγική, ακόμη και αν ο συντονισμός (και οι δύο επιλέγουν την άρνηση) είναι πολύ ανώτερος σε όρους συνολικής απόδοσης. Ο συντονισμός θα επέτρεπε στους φυλακισμένους να επιλέξουν την άριστη απόδοση, αλλά το πρόβλημα είναι ότι δεν υπάρχει εύκολος τρόπος να συμβεί κάτι τέτοιο σε ένα παίγνιο μοναδικής ευκαιρίας.

Ένας τρόπος επίλυσης του διλήμματος του φυλακισμένου είναι να μεγεθύνουμε το παίγνιο προσθέτοντας νέες επιλογές. Είδαμε στο τελευταίο κεφάλαιο ότι ένα απείρως επαναλαμβανόμενο παίγνιο διλήμματος του φυλακισμένου θα μπορούσε να επιτύχει το αποτέλεσμα συνεργασίας μέσω στρατηγικών ανταπόδοσης των ίσων, με τις οποίες οι παίκτες ανταμείβουν τη συνεργασία και τιμωρούν την έλλειψη αυτής μέσω των μελλοντικών τους δράσεων. Η επιπλέον στρατηγική παράμετρος εδώ είναι ότι η άρνηση συνεργασίας σήμερα μπορεί να καταλήξει σε παρατεταμένη τιμωρία αργότερα.

Πίνακας 29.4 Το δилήμμα του φυλακισμένου

		Παίκτης Β	
		Ομολογία	Άρνηση
Παίκτης Α	Ομολογία	-3, -3	0, -6
	Άρνηση	-6, 0	-1, -1

Ένας άλλος τρόπος «επίλυσης» του διλήμματος του φυλακισμένου είναι να προσθέσουμε την πιθανότητα σύναψης συμβολαίου. Για παράδειγμα, και οι δύο παίκτες θα μπορούσαν να υπογράψουν ένα συμβόλαιο, στο οποίο θα δηλώνουν ότι θα τηρήσουν τη στρατηγική συνερ-

γασίας. Αν κάποιος από τους δυο παραβιάσει το συμβόλαιο, θα πρέπει να πληρώσει κάποιο πρόστιμο ή να τιμωρηθεί με κάποιον άλλο τρόπο. Τα συμβόλαια είναι πολύ εξυπηρετικά στην επίτευξη κάθε είδους αποτελεσμάτων, αλλά βασίζονται πολύ στην ύπαρξη ενός νομικού συστήματος που ενισχύει τα εν λόγω συμβόλαια. Αυτό ισχύει για επιχειρηματικές διαπραγματεύσεις, αλλά δεν αποτελεί κατάλληλη υπόθεση σε άλλα πλαίσια, όπως τα στρατιωτικά παίγνια ή οι διεθνείς διαπραγματεύσεις.

Παίγνια εξασφάλισης

Ας εξετάσουμε τον αμυντικό ανταγωνισμό μεταξύ ΗΠΑ και ΕΣΣΔ κατά τη δεκαετία του '50, όπου κάθε χώρα μπορούσε να κατασκευάσει πυρηνικούς πυραύλους ή να επιλέξει να μην τους κατασκευάσει. Οι αποδόσεις αυτών των στρατηγικών μπορεί να μοιάζουν με εκείνες που παρουσιάζονται στον Πίνακα 29.5. Το άριστο αποτέλεσμα και για τα δύο μέλη είναι να μην κατασκευάσουν τους πυραύλους, το οποίο έχει απόδοση (4, 4). Αν όμως το ένα μέλος απόσχει από την κατασκευή πυραύλων και το άλλο μέλος κατασκευάσει, η απόδοση θα είναι 3 για τον κατασκευαστή και 1 για τον μη κατασκευαστή. Η απόδοση των παικτών, εάν επιλέξουν και οι δύο την κατασκευή πυρηνικών εργοστασίων, θα είναι (2, 2).

Δεν είναι δύσκολο να δούμε ότι υπάρχουν δύο ισορροπίες κατά Nash με καθαρή στρατηγική, (αποχή, αποχή) και (κατασκευή, κατασκευή). Ωστόσο, η (αποχή, αποχή) είναι άριστη και για τις δύο πλευρές. Το πρόβλημα είναι ότι καμιά από τις δύο πλευρές δεν ξέρει ποια επιλογή θα κάνει η άλλη πλευρά. Πριν δεσμευτούν στην αποχή, κάθε πλευρά θέλει κάποια εξασφάλιση ότι και η άλλη πλευρά θα απέχει.

Ένας τρόπος επίτευξης αυτής της εξασφάλισης είναι αν ένας παίκτης κινηθεί πρώτος, προσφέροντας τη δυνατότητα, ας πούμε, επιθεώρησης. Σημειώστε ότι αυτό μπορεί να είναι μονομερές, τουλάχιστον στο βαθμό που κάποιος πιστεύει τις αποδόσεις του παιγνίου. Αν ένας παίκτης ανακοινώσει ότι απέχει από την κατασκευή πυρηνικών πυραύλων και δώσει στον άλλον παίκτη επαρκείς αποδείξεις της επιλογής του, μπορεί να μείνει ήσυχος ότι ο άλλος παίκτης θα απόσχει και αυτός.

Πίνακας 29.5 Αγώνας αμυντικού εξοπλισμού

		ΕΣΣΔ	
		Αποχή	Κατασκευή
ΗΠΑ	Αποχή	4, 4	1, 3
	Κατασκευή	3, 1	2, 2

Δειλία

Το τελευταίο παίγνιο συντονισμού βασίζεται σε ένα παίγνιο αυτοκινήτων που έγινε δημοφιλές μέσω των κινηματογραφικών ταινιών. Δύο έφηβοι ξεκινούν από τις αντίθετες μεριές του δρόμου και οδηγούν σε μια ευθεία γραμμή ο ένας προς τον άλλον. Ο πρώτος που θα παρεκκλίνει χάνει τη δημοτικότητά του. Αν κανένας από τους δύο δεν παρεκκλίνει, θα πέσουν ο ένας επάνω στον άλλον. Κάποιες πιθανές αποδόσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 29.6.

Υπάρχουν δύο ισορροπίες κατά Nash καθαρής στρατηγικής (σειρά παρέκκλιση, στήλη ευθεία πορεία). Η στήλη προτιμά την πρώτη ισορροπία και η σειρά τη δεύτερη, αλλά κάθε ισορροπία είναι καλύτερη από τη σύγκρουση. Παρατηρήστε τη διαφορά μεταξύ αυτού του παιγνίου και του παιγνίου εξασφάλισης. Εκεί, και οι δύο παίκτες βελτιώνουν τη θέση τους αν κάνουν το ίδιο (κατασκευή ή αποχή), και όχι αν κάνουν κάτι διαφορετικό. Εδώ, και οι δύο παίκτες επιδεινώνουν τη θέση τους αν κάνουν το ίδιο (ευθεία πορεία ή παρέκκλιση), και όχι αν κάνουν κάτι διαφορετικό.

Κάθε παίκτης γνωρίζει ότι αν μπορεί να δεσμευτεί στην ευθεία πορεία, ο άλλος παίκτης θα δειλιάσει. Φυσικά, όμως, κάθε παίκτης γνωρίζει επίσης ότι θα ήταν τρελό να πέσουν ο ένας πάνω στον άλλον. Επομένως, πώς μπορεί ο κάθε παίκτης να ενισχύσει την επιθυμητή ισορροπία του;

Μία σημαντική στρατηγική είναι η δέσμευση. Έστω ότι η σειρά κλειδώνει επιδεικτικά το τιμόνι του αυτοκινήτου της προτού ξεκινήσει. Η στήλη, αναγνωρίζοντας ότι η σειρά δεν έχει άλλη επιλογή από την ευθεία πορεία, θα επιλέξει να παρεκκλίνει. Φυσικά, αν και οι δύο παίκτες κλειδώσουν το τιμόνι τους, το αποτέλεσμα θα είναι καταστροφικό!

Τρόπος συντονισμού

Αν είστε παίκτης σε ένα παίγνιο συντονισμού, μπορεί να θέλετε να πείσετε τον άλλο παίκτη να συνεργαστεί σε μια ισορροπία που επιθυμείτε και οι δύο (παίγνιο εξασφάλισης), να συνεργαστείτε σε μια ισορροπία που επιθυμεί ο ένας από τους δύο (μάχη των δύο φύλων), να παίξετε κάτι άλλο εκτός από τη στρατηγική ισορροπίας (δίλημμα του φυλακισμένου), ή να κάνετε μια επιλογή που να οδηγεί στο προτιμώμενο αποτέλεσμα για σας (δειλία).

Στο παίγνιο εξασφάλισης, τη μάχη των δύο φύλων, και τη δειλία, αυτό μπορεί να επιτευχθεί αν ένας παίκτης κινηθεί πρώτος και δεσμευτεί σε μια συγκεκριμένη επιλογή. Ο άλλος παίκτης μπορεί τότε να παρατηρήσει την επιλογή και να αντιδράσει αντίστοιχα. Στο δίλημμα του φυλακισμένου, αυτή η στρατηγική δεν λειτουργεί: αν ένας παίκτης επιλέξει να μην ομολογήσει, είναι συμφέρον για τον άλλο παίκτη να ομολογήσει. Αντί για διαδοχικές κινήσεις, η επανάληψη και η σύναψη συμβολαίου είναι πολύ σημαντικοί τρόποι «επίλυσης» του διλήμματος του φυλακισμένου.

Πίνακας 29.6 Δειλία

		Στήλη	
		Παρέκκλιση	Ευθεία πορεία
Σειρά	Παρέκκλιση	0, 0	-1, 1
	Ευθεία πορεία	1, -1	-2, -2

29.4 Παίγνια ανταγωνισμού

Το αντίθετο άκρο της συνεργασίας είναι ο ανταγωνισμός. Αυτή είναι η περίφημη περίπτωση των **παιγνίων μηδενικού αθροίσματος**, τα οποία ονομάζονται έτσι επειδή η απόδοση του κάθε παίκτη είναι ίση με τις απώλειες του άλλου παίκτη.

Τα περισσότερα αθλήματα αποτελούν ουσιαστικά παίγνια μηδενικού αθροίσματος: ένας βαθμός που κερδίζει μία ομάδα ισοδυναμεί με την αφαίρεση ενός βαθμού από την άλλη ομάδα. Ο ανταγωνισμός είναι έντονος σε τέτοια παίγνια, επειδή τα συμφέροντα των παικτών είναι διαμετρικά αντίθετα.

Ας διευκρινίσουμε το παίγνιο μηδενικού αθροίσματος εξετάζοντας το ποδόσφαιρο. Η σειρά χτυπά ένα πέναλτι και η στήλη αποκρούει. Η σειρά μπορεί να χτυπήσει το σουτ προς τα αριστερά ή προς τα δεξιά. Η στήλη μπορεί να προτιμήσει τη μία πλευρά και να συγκεντρώσει την άμυνά της προς τα αριστερά ή προς τα δεξιά για να αποκρούσει το σουτ.

Θα εκφράσουμε τις αποδόσεις αυτών των στρατηγικών σε όρους προσδοκώμενων κερδών. Προφανώς, η σειρά θα είναι πιο επιτυχημένη αν η στήλη πέσει στη λάθος πλευρά. Από την άλλη, το παίγνιο μπορεί να μην είναι απόλυτα συμμετρικό, αφού η σειρά μπορεί να είναι καλύτερη στο χτύπημα προς τη μια πλευρά απ' ό,τι στην άλλη, και η στήλη μπορεί να είναι καλύτερη στην απόκρουση από τη μία πλευρά από ό,τι στην άλλη.

Ας υποθέσουμε ότι η σειρά θα σκοράρει στο 80% των προσπαθειών, αν χτυπήσει προς τα αριστερά και η στήλη πέφτει δεξιά, αλλά μόνο στο 50% των προσπαθειών αν η στήλη πέσει αριστερά. Αν η σειρά χτυπήσει δεξιά, θα υποθέσουμε ότι θα πετύχει στο 90% των προσπαθειών, αν η στήλη πέσει αριστερά, αλλά μόνο στο 20% των προσπαθειών αν η στήλη πέσει δεξιά. Οι αποδόσεις αυτές απεικονίζονται στον Πίνακα 29.7.

Παρατηρήστε ότι οι αποδόσεις σε κάθε στοιχείο έχουν άθροισμα μηδέν, γεγονός που δείχνει ότι οι παίκτες έχουν διαμετρικά αντίθετους στόχους. Η σειρά θέλει να μεγιστοποιήσει την προσδοκώμενη απόδοσή της, και η στήλη θέλει να μεγιστοποιήσει τη δική της προσδο-

κώμενη απόδοση – γεγονός που σημαίνει ότι θέλει να ελαχιστοποιήσει την απόδοση της σειράς.

Πίνακας 29.7 Πέναλτι στο ποδόσφαιρο

		Στήλη	
		Απόκρουση αριστερά	Απόκρουση δεξιά
Σειρά	Σουτ αριστερά	50, -50	80, -80
	Σουτ δεξιά	90, -90	20, -20

Προφανώς, αν η στήλη ξέρει προς ποια κατεύθυνση θα σουτάρει η σειρά, θα έχει μεγάλο πλεονέκτημα. Η σειρά, επειδή το ξέρει, θα προσπαθήσει να κάνει τη στήλη να μαντέψει. Συγκεκριμένα, θα χτυπήσει μερικές φορές στη δυνατή της πλευρά και μερικές φορές στην αδύναμη πλευρά. Δηλαδή, θα ακολουθήσει μια **μεικτή στρατηγική**.

Αν η σειρά χτυπήσει αριστερά με πιθανότητα p , θα έχει προσδοκώμενη απόδοση $50p + 90(1 - p)$, όταν η στήλη πέσει αριστερά και $80p + 20(1 - p)$, όταν η στήλη πέσει δεξιά. Η σειρά θέλει να κάνει αυτή την προσδοκώμενη απόδοση όσο πιο μεγάλη γίνεται, και η στήλη θέλει να την κάνει όσο πιο μικρή γίνεται.

Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι η σειρά επιλέγει τις μισές φορές να σουτάρει αριστερά. Αν η στήλη πέσει αριστερά, η σειρά θα έχει προσδοκώμενη απόδοση $50 \times 1/2 + 90 \times 1/2 = 70$, και αν η στήλη πέσει δεξιά, η σειρά θα έχει προσδοκώμενη απόδοση $80 \times 1/2 + 20 \times 1/2 = 50$.

Η στήλη, φυσικά, μπορεί να ακολουθήσει την ίδια συλλογιστική. Αν η στήλη θεωρεί ότι η σειρά θα σουτάρει τις μισές φορές αριστερά, τότε η στήλη θα θέλει να πέσει δεξιά, αφού αυτή είναι η επιλογή που ελαχιστοποιεί την προσδοκώμενη απόδοση της σειράς (μεγιστοποιώντας έτσι την προσδοκώμενη απόδοση της στήλης).

Το Σχήμα 29.2 δείχνει την προσδοκώμενη απόδοση της σειράς για διαφορετικές επιλογές του p . Αυτό απλά περιλαμβάνει τη γραφική αναπαράσταση των δύο συναρτήσεων $50p + 90(1 - p)$ και $80p + 20(1 - p)$. Αφού αυτές οι δύο εκφράσεις είναι γραμμικές συναρτήσεις του p , τα γραφήματα είναι ευθείες γραμμές.

Η σειρά αναγνωρίζει ότι η στήλη θα προσπαθεί πάντοτε να ελαχιστοποιήσει την προσδοκώμενη απόδοσή της. Έτσι, για κάθε p , η καλύτερη απόδοση στην οποία μπορεί να ελπίζει είναι η **ελάχιστη** των αποδόσεων που δίνουν οι δύο στρατηγικές. Έχουμε απεικονίσει αυτή την κατάσταση με τη σκιασμένη γραμμή στο Σχήμα 29.2.

Πού βρίσκεται το μέγιστο σημείο αυτών των ελάχιστων αποδόσεων; Προφανώς, βρίσκε-

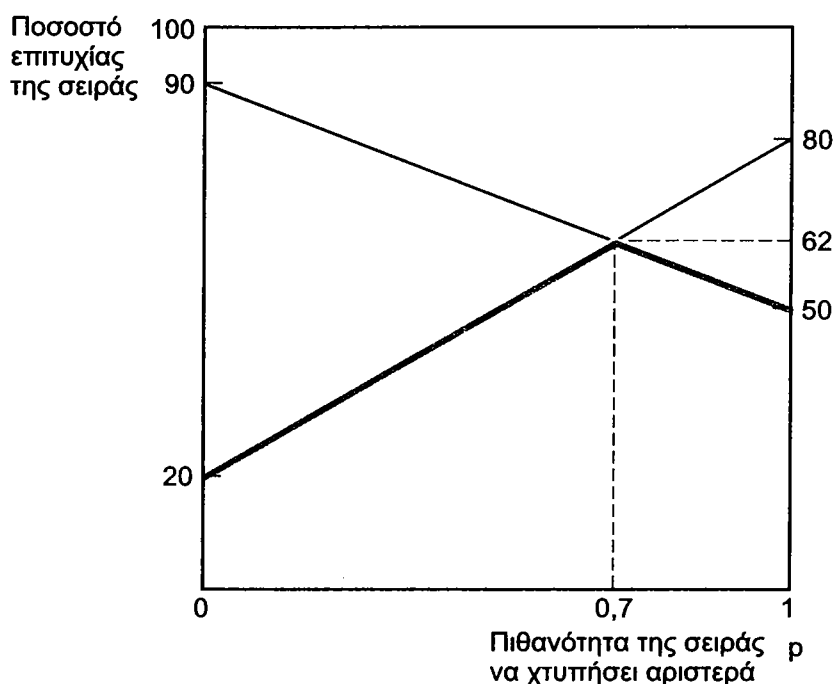
ται στο κορυφαίο σημείο της σκιασμένης γραμμής, ή, αντίστοιχα, στο σημείο τομής των δύο γραμμών. Μπορούμε να υπολογίσουμε αυτή την αξία αλγεβρικά επιλύοντας τη σχέση

$$50p + 90(1 - p) = 80p + 20(1 - p)$$

ως προς p . Μπορείτε να επαληθεύσετε ότι η λύση είναι $p = 0,7$.

Επομένως, αν η σειρά σουτάρει αριστερά στο 70% των προσπαθειών και η στήλη αντιδράσει με τον άριστο τρόπο, η σειρά θα έχει προσδοκώμενη απόδοση $50 \times 0,7 + 90 \times 0,3 = 62$.

Σχήμα 29.2



Η στρατηγική της σειράς. Οι δύο καμπύλες δείχνουν την προσδοκώμενη απόδοση της σειράς ως συνάρτηση του p , η πιθανότητα ότι θα χτυπήσει αριστερά. Όποιο p και αν επιλέξει, η στήλη θα προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει την απόδοση της σειράς.

Τι συμβαίνει, όμως, με τη στήλη; Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μια παρόμοια ανάλυση για τις δικές της επιλογές. Υποθέτουμε ότι η στήλη αποφασίζει να πέσει αριστερά με πιθανότητα q και να πέσει δεξιά με πιθανότητα $(1 - q)$. Τότε, η προσδοκώμενη απόδοση της σειράς θα είναι $50q + 80(1 - q)$ αν η στήλη πέσει αριστερά, και $90q + 20(1 - q)$ αν η στήλη πέσει δεξιά. Για κάθε q , η στήλη θα θέλει να ελαχιστοποιήσει την απόδοση της σειράς. Αλλά η στήλη αναγνωρίζει ότι η σειρά θέλει να μεγιστοποιήσει την ίδια απόδοση.

Επομένως, αν η στήλη αποφασίσει να πέσει αριστερά με πιθανότητα $1/2$, θα αναγνωρίσει

ότι η σειρά θα έχει προσδοκώμενη απόδοση $50 \times 1/2 + 80 \times 1/2 = 65$ αν η σειρά σουτάρει δεξιά, και $90 \times 1/2 + 20 \times 1/2 = 55$ αν η σειρά σουτάρει δεξιά. Σ' αυτή την περίπτωση, η σειρά φυσικά θα επιλέξει να σουτάρει αριστερά.

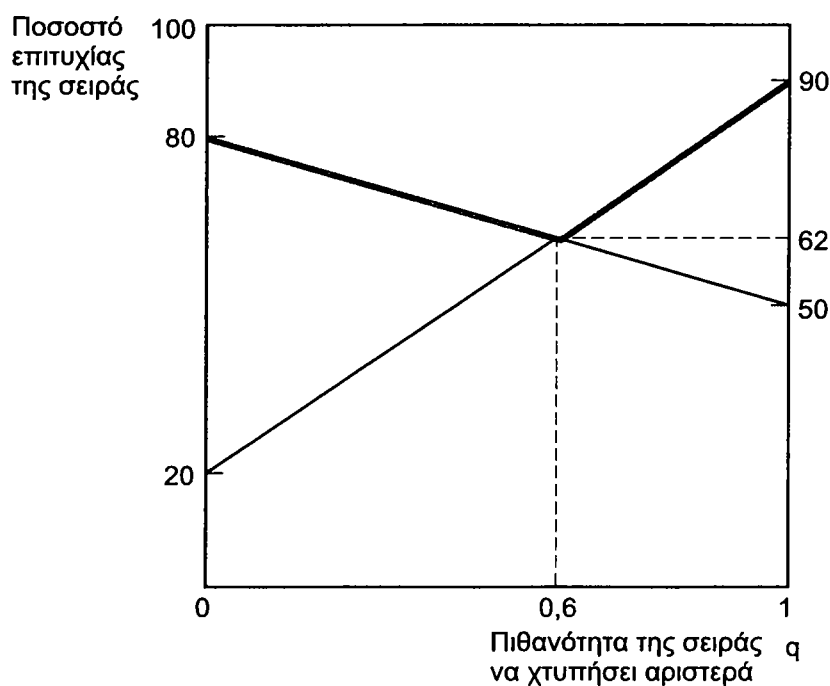
Μπορούμε να απεικονίσουμε τις δύο αποδόσεις στο Σχήμα 29.3, το οποίο είναι ανάλογο με το προηγούμενο διάγραμμα. Από πλευράς της στήλης, αυτό που την ενδιαφέρει είναι το μέγιστο από τις δύο γραμμές, αφού αυτό εκφράζει την άριστη επιλογή της σειράς για κάθε επιλογή του q . Συνεπώς, το διάγραμμα απεικονίζει αυτές τις γραμμές με έντονο χρώμα. Όπως προηγουμένως, μπορούμε να βρούμε το άριστο q για τη στήλη – το σημείο όπου ελαχιστοποιείται η μέγιστη απόδοση της σειράς. Αυτό συμβαίνει όταν

$$50q + 80(1 - q) = 90q + 20(1 - q),$$

το οποίο σημαίνει ότι $q = 0,6$.

Έχουμε τώρα υπολογίσει τις στρατηγικές ισορροπίας για κάθε παίκτη. Η σειρά πρέπει να σουτάρει αριστερά με πιθανότητα 0,7, και η στήλη πρέπει να πέσει αριστερά με πιθανότητα 0,6. Αυτές οι αξίες επιλέχτηκαν έτσι ώστε οι αποδόσεις της σειράς και της στήλης να είναι οι ίδιες,

Σχήμα 29.3



Η στρατηγική της στήλης. Οι δύο γραμμές δείχνουν την προσδοκώμενη απόδοση της σειράς ως συνάρτηση του q , η πιθανότητα ότι η στήλη θα αποκρούσει αριστερά. Όποιο q κι αν επιλέξει η στήλη, η σειρά θα θέλει να μεγιστοποιήσει την απόδοσή της.

ό,τι κι αν κάνει ο άλλος παίκτης, αφού βρήκαμε τις τιμές εξισώνοντας τις αποδόσεις των δύο στρατηγικών που θα μπορούσε να επιλέξει ο αντίπαλος παίκτης.

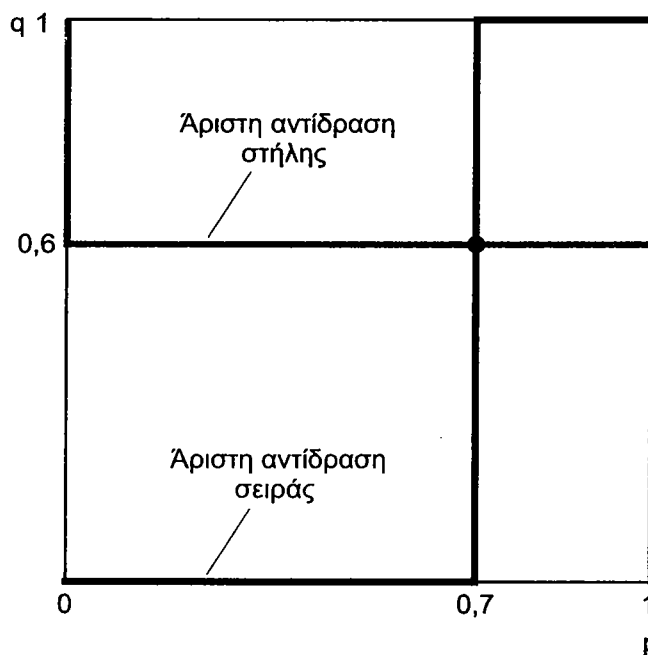
Έτσι, όταν η σειρά επιλέξει 0,7, η στήλη είναι αδιάφορη μεταξύ τού να πέσει αριστερά και δεξιά, ή, για την ακρίβεια, να πέσει αριστερά με πιθανότητα q . Συγκεκριμένα, η στήλη είναι απόλυτα ικανοποιημένη με το να πέσει αριστερά με πιθανότητα 0,6.

Αντίστοιχα, αν η στήλη πέσει αριστερά με πιθανότητα 0,6, η σειρά θα είναι αδιάφορη μεταξύ τού να σουτάρει αριστερά ή δεξιά, ή για οποιοδήποτε μείγμα των δύο επιλογών. Συγκεκριμένα, είναι ευχαριστημένη αν σουτάρει αριστερά με πιθανότητα 0,7. Συνεπώς, αυτές οι επιλογές αποτελούν ισορροπία κατά Nash: κάθε παίκτης μεγιστοποιεί τις πιθανότητές του, με δεδομένες τις επιλογές του άλλου παίκτη.

Σε κατάσταση ισορροπίας, η σειρά σκοράρει με ποσοστό 62% και αποτυγχάνει με ποσοστό 38%. Αυτό είναι το καλύτερο που μπορεί να κάνει, αν ο άλλος παίκτης αντιδράσει με τον άριστο τρόπο.

Τι θα συμβεί αν η στήλη δεν αντιδράσει με τον άριστο τρόπο; Μπορεί η σειρά να τα πάει καλύτερα; Για να απαντήσουμε σε αυτή την ερώτηση, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις καμπύλες άριστης αντίδρασης που παρουσιάστηκαν στην αρχή του κεφαλαίου. Έχουμε δει ήδη ότι όταν το p είναι μικρότερο από το 0,7, η στήλη θα θέλει να πέσει αριστερά, και όταν το

Σχήμα 29.4



Καμπύλες άριστης αντίδρασης. Αυτές είναι οι καμπύλες άριστης αντίδρασης για τη σειρά και τη στήλη, ως συνάρτηση του p , η πιθανότητα ότι η σειρά θα σουτάρει δεξιά, και q , η πιθανότητα ότι η στήλη θα πέσει αριστερά.

p είναι μεγαλύτερο από 0,7, η στήλη θα θέλει να αποκρούσει δεξιά. Αντίστοιχα, όταν το q είναι μικρότερο από 0,6, η σειρά θα θέλει να σουτάρει αριστερά, και όταν το q είναι μεγαλύτερο από 0,6, τότε η σειρά θα θέλει να σουτάρει δεξιά.

Το Σχήμα 29.4 απεικονίζει αυτές τις καμπύλες άριστης αντίδρασης. Παρατηρήστε ότι τέμνονται στο σημείο όπου $p = 0,7$ και $q = 0,6$. Το καλό σχετικά με τις καμπύλες άριστης αντίδρασης είναι ότι δηλώνουν σε κάθε παίκτη τι να κάνει σε κάθε επιλογή του άλλου παίκτη, είτε αυτή είναι άριστη είτε όχι. Η μόνη επιλογή που αποτελεί καλύτερη αντίδραση σε μια άριστη επιλογή είναι στο σημείο όπου οι δύο καμπύλες τέμνονται – η ισορροπία κατά Nash.

29.5 Παίγνια συνύπαρξης

Έχουμε ερμηνεύσει τις μεικτές στρατηγικές ως τυχαία επιλογή από τους παίκτες. Στο παίγνιο των πέναλτι, αν η στρατηγική της σειράς είναι να παίζει αριστερά με πιθανότητα 0,7 και δεξιά με πιθανότητα 0,3, τότε θεωρούμε ότι η σειρά θα «αναμειξεί» το παίγνιό της και θα παίζει αριστερά στο 70% των προσπαθειών και δεξιά στο 30% των προσπαθειών.

Υπάρχει, όμως, και μια άλλη ερμηνεία. Έστω ότι οι σουτέρ και οι τερματοφύλακες συνδυάζονται τυχαία και ότι το 70% των σουτέρ πάντοτε χτυπάει αριστερά και το 30% πάντα χτυπάει δεξιά. Τότε, από την πλευρά του τερματοφύλακα, είναι απλώς σαν να αντιμετωπίζει ένα μοναδικό παίκτη που κάνει μια τυχαία επιλογή με αυτές τις πιθανότητες.

Μπορεί αυτή η ιστορία να μην είναι ό,τι καλύτερο όσον αφορά το ποδόσφαιρο, αλλά αποτελεί μια καλή ιστορία για συμπεριφορά των ζώων. Η ιδέα είναι ότι διάφορα είδη συμπεριφοράς είναι γενετικά προγραμματισμένα και ότι η εξέλιξη επιλέγει τα μείγματα του πληθυσμού που είναι σταθερά σε σχέση με τις δυνάμεις της εξέλιξης. Τα τελευταία χρόνια, οι βιολόγοι έχουν αρχίσει να θεωρούν τη θεωρία των παιγνίων ως αναπόσπαστο εργαλείο για τη μελέτη της συμπεριφοράς των ζώων.

Το επόμενο διάσημο παίγνιο ζωικής αλληλεπίδρασης είναι το **παίγνιο του γερακιού και του περιστεριού**. Αυτό δεν αναφέρεται σε ένα παίγνιο μεταξύ γερακιών και περιστεριών (που θα είχε ένα αρκετά προβλέψιμο αποτέλεσμα), αλλά περισσότερο σε ένα παίγνιο που περιλαμβάνει ένα μοναδικό είδος, το οποίο παρουσιάζει δύο είδη συμπεριφοράς.

Σκεφτείτε έναν άγριο σκύλο. Όταν δύο άγριοι σκύλοι βλέπουν ένα κομμάτι φαγητό, πρέπει να αποφασίσουν αν θα παλέψουν γι' αυτό ή αν θα το μοιραστούν. Η πάλη είναι η στρατηγική του γερακιού: ο ένας θα κερδίσει και ο άλλος θα χάσει. Η μοιρασιά είναι η στρατηγική του περιστεριού: λειτουργεί καλά αν ο άλλος παίκτης είναι επίσης «περιστέρι», αλλά αν ο άλλος παίκτης είναι «γεράκι», η προσφορά της μοιρασιάς απορρίπτεται και ο παίκτης «περιστέρι» δεν θα πάρει τίποτα.

Μια σειρά πιθανών αποδόσεων του παιγνίου απεικονίζεται στον Πίνακα 29.8.

Πίνακας 29.8 Παίγνιο γερακιού-περιστεριού

		Στήλη	
		Γεράκι	Περιστέρι
Σειρά	Γεράκι	-2, -2	4, 0
	Περιστέρι	0, 4	2, 2

Αν και τα δύο άγρια σκυλιά παίζουν σαν «περιστέρια», θα καταλήξουν με (2, 2). Αν ο ένας παίζει σαν «γεράκι» και ο άλλος παίζει σαν «περιστέρι», ο παίκτης «γεράκι» θα τα κερδίσει όλα. Αν όμως και οι δύο παίζουν σαν «γεράκια», και τα δύο σκυλιά θα τραυματιστούν σοβαρά.

Προφανώς, δεν μπορεί να υπάρξει ισορροπία αν και οι δύο παίζουν σαν «γεράκια», μια που αν κάποιος σκύλος παίζει σαν «περιστέρι», θα καταλήξει με 0 αντί για -2. Και αν όλοι οι σκύλοι παίζουν σαν «γεράκια», θα είναι καλό για κάποιον να αποκλίνει και να παίζει σαν «γεράκι». Επομένως, θα πρέπει να υπάρχει κάποιο μείγμα γερακιού και περιστεριού σε κατάσταση ισορροπίας. Τι είδους μείγμα πρέπει να αναμένουμε;

Έστω ότι το τμήμα που παίζει σαν «γεράκι» είναι p . Τότε η πιθανότητα για ένα γεράκι να συναντήσει ένα άλλο γεράκι είναι p και η πιθανότητα να συναντήσει ένα περιστέρι είναι $1 - p$. Η προσδοκώμενη απόδοση για το γεράκι θα είναι

$$H = -2p + 4(1 - p).$$

Η προσδοκώμενη απόδοση για το περιστέρι θα είναι

$$D = 2(1 - p).$$

Έστω ότι ο τύπος με την υψηλότερη απόδοση αναπαράγεται πιο γρήγορα και κληρονομεί την τάση του γερακιού ή του περιστεριού στους απογόνους του. Έτσι, αν $H > D$, θα δούμε ότι το τμήμα του γερακιού στον πληθυσμό θα αυξηθεί, και αν $H < D$, θα αναμένουμε να δούμε τον αριθμό των περιστεριών να αυξάνεται.

Ο μόνος τρόπος που μπορεί ο πληθυσμός να βρεθεί σε ισορροπία είναι αν οι αποδόσεις για κάθε τύπο παίκτη είναι οι ίδιες. Αυτό προϋποθέτει ότι:

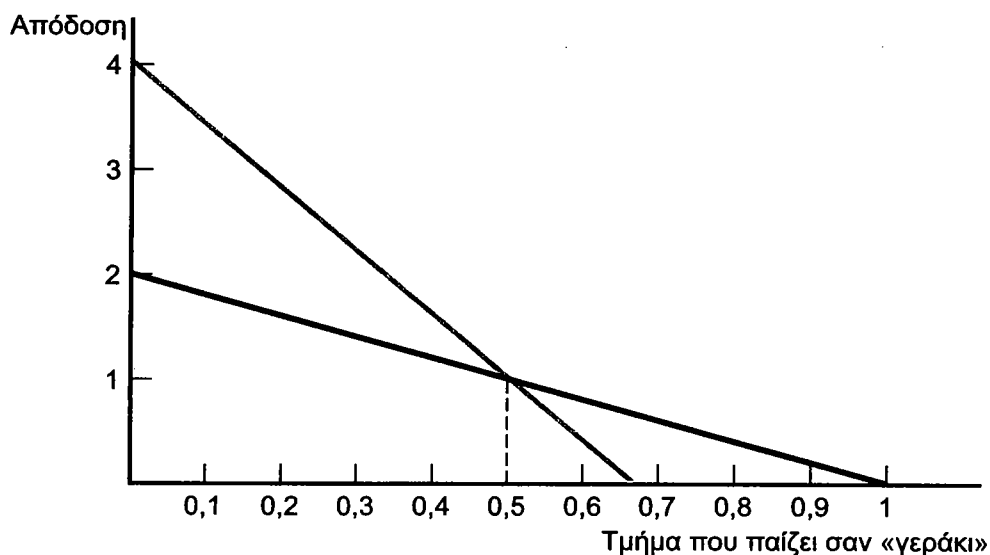
$$H = -2p + 4(1 - p) = 2(1 - p) = D,$$

το οποίο έχει λύση $p = 1/2$.

Βρήκαμε ότι ένα μείγμα 50-50 περιστεριών και γερακιών δεν αποτελεί ισορροπία. Είναι αυτό σταθερό με κάποιο έννοια; Θα χαράξουμε τις αποδόσεις γερακιού και περιστεριού ως

συνάρτηση του p , το τμήμα του πληθυσμού που παίζει σαν «γεράκι» στο Σχήμα 29.5. Παρατηρήστε ότι όταν $p > 1/2$, η απόδοση για τον παίκτη «γεράκι» είναι μικρότερη από ό,τι εκείνη του παίκτη «περιστεριού». Θα αναμέναμε, επομένως, να δούμε τα περιστέρια να αναπαράγονται πιο γρήγορα, και να μας επιστρέφουν στο λόγο ισορροπίας 50-50. Αντίστοιχα, όταν $p < 1/2$, η απόδοση του γερακιού είναι μεγαλύτερη από την απόδοση του περιστεριού, και οδηγεί τα γεράκια σε πιο γρήγορη αναπαραγωγή.

Σχήμα 29.5



Αποδόσεις του παιγνίου γερακιού – περιστεριού. Η απόδοση του γερακιού είναι έγχρωμη, ενώ η απόδοση του περιστεριού είναι σκούρα. Όταν $p > 1/2$, η απόδοση του γερακιού είναι χαμηλότερη από την απόδοση του περιστεριού και αντιστρόφως ανάλογα, δείχνοντας ότι η ισορροπία είναι σταθερή.

Αυτό το επιχείρημα δείχνει ότι όχι μόνο το $p = 1/2$ αποτελεί μια ισορροπία, αλλά είναι και σταθερή με βάση τις δυνάμεις εξέλιξης. Οι αντιλήψεις αυτού του είδους οδήγησαν σε μια έννοια που είναι γνωστή ως **εξελικτικά σταθερή στρατηγική** ή **ESS**.¹ Το εντυπωσιακό είναι ότι μια εξελικτικά σταθερή στρατηγική αποδεικνύεται ότι είναι ισορροπία κατά Nash, παρόλο που προκύπτει από αρκετά διαφορετικές πεποιθήσεις.

Η ισορροπία κατά Nash σχεδιάστηκε για να ασχοληθεί με ορθολογικά άτομα που κάνουν υπολογισμούς, το καθένα από τα οποία προσπαθεί να επινοήσει μια στρατηγική που είναι κατάλληλη για την άριστη στρατηγική που θα μπορούσε να επιλέξει ο άλλος παίκτης. Η εξελικτικά σταθερή στρατηγική σχεδιάστηκε για να μοντελοποιήσει τη συμπεριφορά των ζώων υπό εξελικτικές δυνάμεις, όπου οι στρατηγικές με τις μεγαλύτερες αποδόσεις επιβίωσης θα

1. Βλέπε John Maynard Smith, *Evolution and the Theory of Games*, (Cambridge University Press, 1982).

αναπαράγονται πιο γρήγορα. Αλλά οι ισορροπίες ESS αποτελούν επίσης ισορροπίες κατά Nash, προσφέροντας ένα άλλο επιχείρημα ως προς το γιατί αυτή η συγκεκριμένη έννοια στη θεωρία παιγνίων είναι τόσο ελκυστική.

29.6 Παίγνια δέσμευσης

Τα προηγούμενα παραδείγματα που αναφέρονταν σε παίγνια συνεργασίας και ανταγωνισμού αφορούσαν παίγνια **ταυτόχρονων κινήσεων**. Κάθε παίκτης έπρεπε να κάνει την επιλογή του χωρίς να γνωρίζει τι θα επιλέξει (ή τι έχει επιλέξει) ο άλλος παίκτης. Πράγματι, τα παίγνια συντονισμού ή ανταγωνισμού μπορεί να είναι αρκετά απλά, αν ο ένας παίκτης γνωρίζει τις επιλογές του άλλου παίκτη.

Σε αυτή την ενότητα θα στρέψουμε την προσοχή μας σε παίγνια **διαδοχικών κινήσεων**. Ένα σημαντικό θέμα στρατηγικής που προκύπτει σε τέτοια παίγνια είναι η **δέσμευση**. Για να δούμε πώς λειτουργεί αυτό, πρέπει να εξετάσουμε πάλι το παίγνιο της δειλίας που περιγράψαμε νωρίτερα σε αυτό το κεφάλαιο. Είδαμε εκεί ότι αν ο ένας παίκτης μπορούσε να αναγκάσει τον εαυτό του να επιλέξει ευθεία, ο άλλος παίκτης θα επέλεγε ως άριστη λύση να παρεκκλίνει. Στο παίγνιο εξασφάλισης, το αποτέλεσμα θα ήταν καλύτερο και για τους δύο παίκτες αν ο ένας από τους δύο κινηθεί πρώτος.

Παρατηρήστε ότι αυτή η δεσμευτική επιλογή πρέπει να είναι και μη αναστρέψιμη και παρατηρήσιμη με τον άλλο παίκτη. Η μη αναστρεψιμότητα είναι μέρος της δέσμευσης, ενώ η παρατηρησιμότητα είναι κρίσιμη αν ο άλλος παίκτης πρόκειται να πειστεί να αλλάξει τη συμπεριφορά του.

Ο βάτραχος και ο σκορπιός

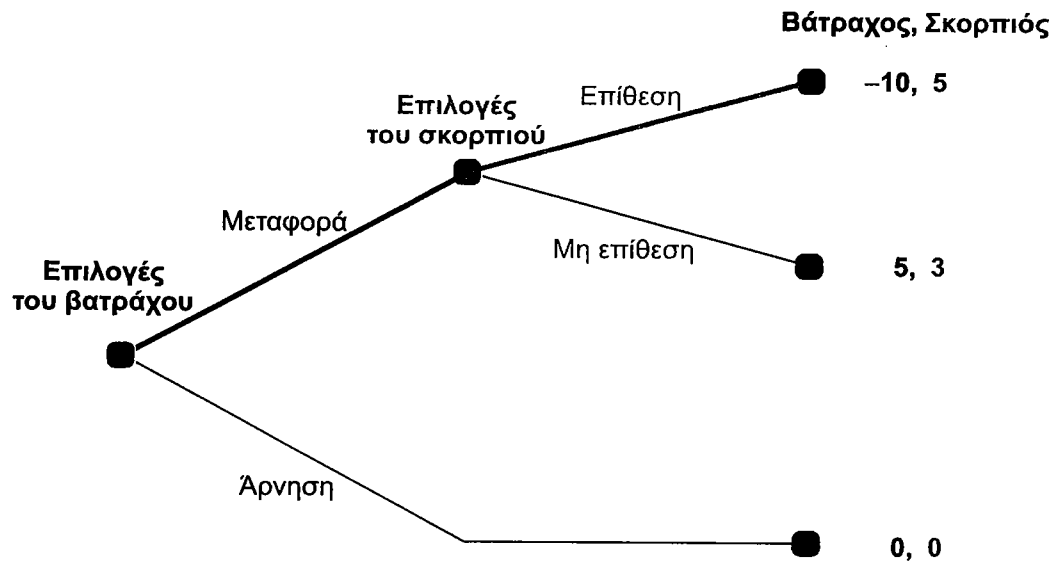
Θα ξεκινήσουμε με το μύθο του βατράχου και του σκορπιού. Τα δύο ζώα κάθονταν στην όχθη του ποταμού, προσπαθώντας να βρουν έναν τρόπο για να περάσουν απέναντι. «Το βρήκα», είπε ο σκορπιός. «Θα σκαρφαλώσω στην πλάτη σου και εσύ μπορείς να διασχίσεις το ποτάμι κολυμπώντας». Ο βάτραχος είπε: «Και τι θα γίνει αν με τσιμπήσεις με το κεντρί σου;» Ο σκορπιός απάντησε: «Γιατί να το κάνω αυτό; Τότε θα πεθάνουμε και οι δύο».

Ο βάτραχος θεώρησε αρκετά πειστική αυτή την απάντηση, και έτσι ο σκορπιός σκαρφάλωσε στην πλάτη του και ξεκίνησαν να διασχίζουν το ποτάμι. Στα μισά του δρόμου, και στο πιο βαθύ σημείο, ο σκορπιός τσίμπησε το βάτραχο. Φωνάζοντας από πόνο, ο βάτραχος τον ρώτησε: «Γιατί το έκανες αυτό; Τώρα είμαστε και οι δύο χαμένοι!». «Δυστυχώς», είπε ο σκορπιός, καθώς βυθιζόταν στο ποτάμι, «είναι στη φύση μου».

Ας δούμε την ιστορία του σκορπιού και του βατράχου από τη σκοπιά της θεωρίας παιγνίων. Το Σχήμα 29.6 απεικονίζει ένα διαδοχικό παίγνιο με αποδόσεις που είναι συνεπείς με την ιστορία. Θα ξεκινήσουμε από τη βάση του παιγνίου. Αν ο βάτραχος αρνηθεί την προσφο-

ρά του σκορπιού, κανένας από τους δύο δεν θα πάρει τίποτα. Αν ανεβούμε μία γραμμή, θα δούμε ότι αν ο βάτραχος κουβαλήσει το σκορπιό, θα έχει ωφέλεια 5, επειδή θα κάνει μια καλή πράξη, και ο σκορπιός θα έχει ωφέλεια 3, επειδή θα διασχίσει το ποτάμι. Στη γραμμή όπου ο σκορπιός επιτίθεται, ο βάτραχος θα έχει απόδοση -10 , και ο σκορπιός θα έχει απόδοση 5, που αντιπροσωπεύει την ικανοποίηση από την εκπλήρωση των φυσικών του ενστίκτων.

Σχήμα 29.6

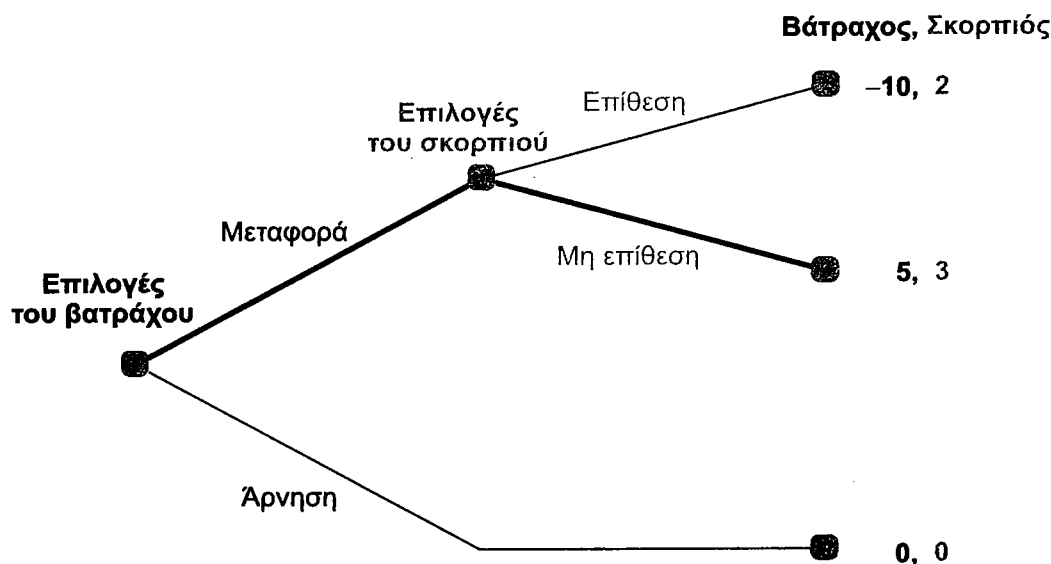


Ο βάτραχος και ο σκορπιός. Αν ο βάτραχος επιλέξει να κουβαλήσει το σκορπιό, ο σκορπιός θα επιλέξει να τον τοιμήσει και θα πεθάνουν και οι δύο.

Είναι καλύτερα να αρχίσουμε με την τελική κίνηση του παιγνίου: η επιλογή του σκορπιού είναι η επίθεση ή η μη επίθεση. Η επίθεση έχει υψηλότερη απόδοση για το σκορπιό επειδή «είναι στη φύση του». Κατά συνέπεια, ο βάτραχος θα έπρεπε ορθολογικά να επιλέξει να αρνηθεί να μεταφέρει το σκορπιό. Δυστυχώς, ο βάτραχος δεν κατάλαβε τις αποδόσεις του σκορπιού. Προφανώς, σκέφτηκε ότι οι αποδόσεις του σκορπιού έμοιαζαν περίπου με εκείνες του Σχήματος 29.7. Δυστυχώς, αυτό το λάθος αποδείχτηκε θανάσιμο για το βάτραχο.

Ένας έξυπνος βάτραχος θα έβρισκε κάποιον τρόπο για να δεσμεύσει το σκορπιό ότι δεν θα του επιτεθεί. Θα μπορούσε, για παράδειγμα, να του δέσει την ουρά. Ή θα μπορούσε να προσλάβει έναν προστάτη βάτραχο, που θα εκδικούνταν στο όνομά του ενάντια στην οικογένεια του σκορπιού. Όποια και να ήταν η στρατηγική που θα ακολουθούσε, το κρίσιμο για το βάτραχο θα ήταν να αλλάξει τις αποδόσεις του σκορπιού κάνοντας την επίθεση πιο δαπανηρή γι' αυτόν ή να του αποτρέψει περισσότερες ανταμοιβές.

Σχήμα 29.7



Ο βάτραχος και ο σκορπιός. Με αυτές τις αποδόσεις, αν ο βάτραχος επιλέξει να μεταφέρει το σκορπιό, ο σκορπιός δεν θα επιλέξει να τον τοιμήσει, και οι δύο θα καταφέρουν να διασχίσουν με ασφάλεια το ποτάμι.

Ο ευγενής απαγωγέας

Η απαγωγή για λύτρα είναι μια σημαντική επιχείρηση σε κάποια μέρη του κόσμου. Στην Κολομβία, υπολογίζεται ότι ετησίως πραγματοποιούνται περισσότερες από 2.000 απαγωγές για λύτρα. Στην πρώην Σοβιετική Ένωση, οι απαγωγές αυξήθηκαν από 5 το 1992 σε 105 το 1999. Πολλά από τα θύματα ήταν δυτικοί επιχειρηματίες.

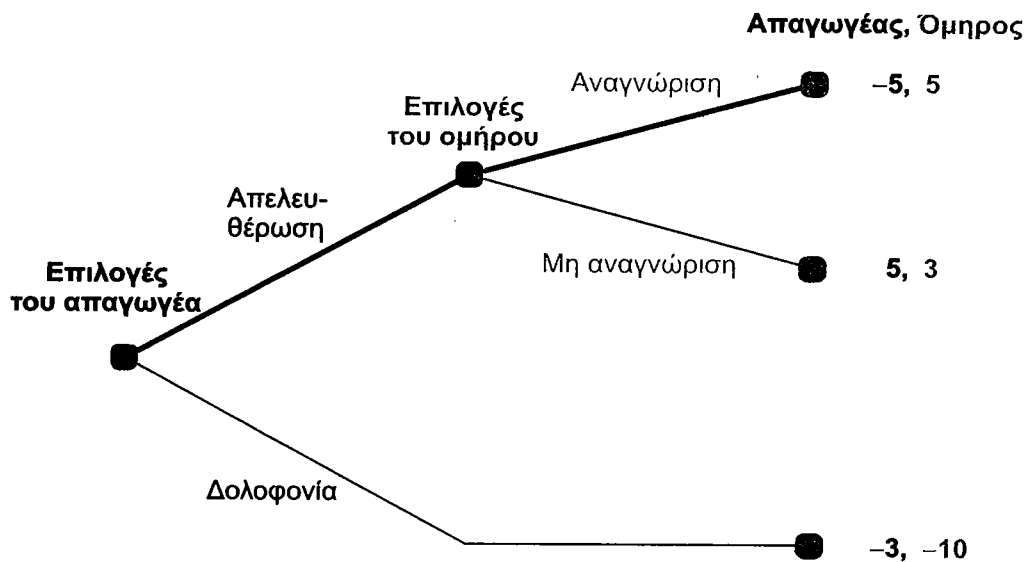
Κάποιες χώρες, όπως η Ιταλία, έχουν νόμους ενάντια στην απαγωγή. Η συλλογιστική είναι ότι αν η οικογένεια του θύματος ή οι εργοδότες του δεσμευτούν ότι δεν θα πληρώσουν λύτρα, οι απαγωγείς δεν θα έχουν κίνητρο να απαγάγουν το θύμα.

Το πρόβλημα είναι, φυσικά, ότι από τη στιγμή που γίνεται μια απαγωγή, η οικογένεια του θύματος θα προτιμήσει να πληρώσει τους απαγωγείς, ακόμη και αν αυτό είναι παράνομο. Συνεπώς, οι ποινές για την πληρωμή λύτρων μπορεί να μην είναι τόσο αποτελεσματικές ως μηχανισμός δέσμευσης.

Ας υποθέσουμε ότι κάποιοι απαγωγείς απαγάγουν έναν όμηρο και έπειτα ανακαλύπτουν ότι δεν μπορούν να πληρωθούν. Πρέπει να τον απελευθερώσουν; Ο όμηρος, φυσικά, υπόσχεται να μην αποκαλύψει την ταυτότητα των απαγωγέων. Αλλά θα κρατήσει την υπόσχεσή του; Από τη στιγμή που θα απελευθερωθεί, δεν θα έχει κίνητρο να το κάνει – αλλά θα έχει κάθε κίνητρο να προσπαθήσει να τιμωρήσει τους απαγωγείς. Ακόμη και αν οι απαγωγείς θέλουν να αφήσουν τον όμηρο να φύγει, δεν μπορούν να το κάνουν, από φόβο μήπως αναγνωριστούν.

Το Σχήμα 29.8 απεικονίζει κάποιες πιθανές αποδόσεις. Ο απαγωγέας θα νιώσει άσχημα αν σκοτώσει τον όμηρο, και θα λάβει απόδοση -3 . Φυσικά, ο όμηρος θα νιώσει ακόμη χειρότερα με απόδοση -10 . Αν ο όμηρος απελευθερωθεί, και δεν καταδώσει τον απαγωγέα, ο όμηρος θα έχει απόδοση 3 και ο απαγωγέας θα έχει απόδοση 5 . Αν όμως ο όμηρος καταδώσει τον απαγωγέα, θα έχει εκείνος απόδοση 5 , και ο απαγωγέας απόδοση -5 .

Σχήμα 29.8



Παίγνιο απαγωγής. Ο απαγωγέας θα ήθελε να απελευθερώσει τον όμηρο, αλλά αν το κάνει, ο όμηρος θα τον αναγνωρίσει.

Τώρα ο όμηρος είναι εκείνος που έχει το πρόβλημα της δέσμευσης: πώς μπορεί να πείσει τους απαγωγείς ότι δεν θα αθετήσει την υπόσχεσή του και δεν θα αποκαλύψει την ταυτότητά τους;

Ο όμηρος πρέπει να βρει έναν τρόπο για να αλλάξει τις αποδόσεις του παιγνίου. Συγκεκριμένα, πρέπει να βρει έναν τρόπο για να επιβάλει ένα κόστος στον εαυτό του αν αναγνωρίσει τους απαγωγείς.

Ο Thomas Schelling, ένας οικονομολόγος από το Πανεπιστήμιο του Maryland που έχει εργαστεί εκτενώς στη στρατηγική ανάλυση των δυναμικών παιγνίων, προτείνει στον όμηρο να βάλει τους απαγωγείς να τον φωτογραφήσουν σε κάποια ντροπιαστική σκηνή και να τους αφήσει τις φωτογραφίες. Αυτό θα άλλαζε ουσιαστικά τις αποδόσεις της αποκάλυψης των απαγωγέων, αφού εκείνοι μετά θα έχουν την επιλογή να αποκαλύψουν την ντροπιαστική φωτογραφία.

Το είδος αυτής της στρατηγικής είναι γνωστό ως «ανταλλαγή ομήρων». Στο Μεσαίωνα, όταν δύο βασιλείς ήθελαν να διασφαλίσουν ότι δεν θα αθετηθεί ένα συμβόλαιο, αντάλλαζαν

ομήρους από τα μέλη της οικογένειάς τους. Αν κάποιος βασιλιάς αθετούσε τη συμφωνία, οι όμηροι θα θυσιάζονταν. Κανείς δεν ήθελε να θυσιάσει τα μέλη της οικογένειάς του, επομένως κάθε βασιλιάς είχε κίνητρο να σεβαστεί τους όρους του συμβολαίου.

Στην περίπτωση της απαγωγής, η ντροπιαστική φωτογραφία θα επέβαλλε κόστη στον όμηρο αν απελευθερωνόταν, διασφαλίζοντας έτσι ότι θα σεβαστεί τη συμφωνία να μην αποκαλύψει την ταυτότητα του δράστη.

Όταν η δύναμη είναι αδυναμία

Το επόμενο παράδειγμά μας προέρχεται από τον κόσμο της ψυχολογίας των ζώων. Αποδεικνύεται ότι τα γουρούνια εδραιώνουν γρήγορα σχέσεις κυριαρχίας – υποτέλειας, όπου το κυρίαρχο γουρούνι έχει την τάση να καταπιέζει το υποτελές γουρούνι.

Κάποιοι ψυχολόγοι τοποθετούν δύο γουρούνια, ένα κυρίαρχο και ένα υποτελές, σε ένα μεγάλο στάβλο.² Στο ένα άκρο του στάβλου βρίσκεται ένας μοχλός που αδειάζει μια μερίδα φαγητού σε μια γούρνα που βρίσκεται στην άλλη άκρη του στάβλου. Το ερώτημα που μας ενδιαφέρει είναι το εξής: ποιο γουρούνι θα σπρώξει το μοχλό και θα φάει το φαγητό;

Αυτό που μας εντυπωσιάζει στο αποτέλεσμα του πειράματος είναι ότι το κυρίαρχο γουρούνι πίεσε το μοχλό, ενώ το υποτελές γουρούνι περίμενε για το φαγητό. Έτσι, το υποτελές γουρούνι έφαγε το περισσότερο φαγητό, ενώ το κυρίαρχο γουρούνι έτρεξε όσο πιο γρήγορα μπορούσε στη γούρνα και κατέληξε με λίγα υπόλοιπα. Ο Πίνακας 29.9 απεικονίζει ένα παίγνιο που παρουσιάζει το πρόβλημα.

Πίνακας 29.9 Γουρούνια που πιέζουν μοχλούς

		Κυρίαρχο γουρούνι	
		Μη πίεση μοχλού	Πίεση του μοχλού
Υποτελές γουρούνι	Μη πίεση μοχλού	0, 0	4, 1
	Πίεση του μοχλού	0, 5	2, 3

Το υποτελές γουρούνι συγκρίνει μια απόδοση (0, 4) με μια απόδοση (0, 2) και καταλήγει στο συμπέρασμα, αρκετά λογικά, ότι η πίεση του μοχλού κυριαρχείται από τη μη πίεσή του.

2. Η αρχική αναφορά προέρχεται από τους Baldwin και Meese, «Social Behavior in Pigs Studied by Means of Operant Conditioning». (*Animal Behavior*, (1979)). Βασιζόμαστε επίσης στην περιγραφή του John Maynard Smith, *Evolution and the Theory of Games* (Cambridge University Press, 1982).

Με δεδομένο ότι το υποτελές γουρούνι δεν πιέζει το μοχλό, το κυρίαρχο γουρούνι δεν έχει άλλη επιλογή από το να τον πιέσει.

Αν το κυρίαρχο γουρούνι μπορούσε να συγκρατηθεί και να μη φάει όλο το φαγητό και να ανταμείψει το υποτελές γουρούνι για την πίεση του μοχλού, θα μπορούσε να επιτύχει ένα καλύτερο αποτέλεσμα. Το πρόβλημα είναι ότι τα γουρούνια δεν έχουν συμβόλαια, και το κυρίαρχο γουρούνι δεν μπορεί να σταματήσει να είναι χοίρος!

Όπως στην περίπτωση του καλού απαγωγέα, το κυρίαρχο γουρούνι έχει πρόβλημα δέσμευσης. Αν μπορούσε να δεσμευτεί ότι δεν θα φάει όλο το φαγητό, θα βελτίωνε περισσότερο τη θέση του.

Αποταμιεύσεις και κοινωνική ασφάλιση

Τα προβλήματα δέσμευσης δεν περιορίζονται στον κόσμο των ζώων. Παρουσιάζονται και στην οικονομική πολιτική.

Η αποταμίευση για τη σύνταξη είναι ένα ενδιαφέρον και επίκαιρο παράδειγμα. Όλοι δηλώνουν ότι η αποταμίευση είναι καλή ιδέα. Δυστυχώς, ελάχιστοι άνθρωποι το κάνουν. Ένας λόγος γι' αυτή την απροθυμία αποταμίευσης είναι ότι τα άτομα αναγνωρίζουν ότι η κοινωνία δεν θα τους αφήσει να πεινάσουν, επομένως υπάρχει μια καλή πιθανότητα να γλιτώσουν αργότερα.

Για να το διατυπώσουμε αυτό το φαινόμενο σε ένα παίγνιο μεταξύ των γενεών, θα εξετάσουμε δύο στρατηγικές για την παλαιότερη γενιά: αποταμίευση ή σπατάλη. Η νεότερη γενιά έχει επίσης δύο στρατηγικές: να υποστηρίξει τους ηλικιωμένους ή να αποταμιεύσει για τη δική της σύνταξη. Μια πιθανή μήτρα παιγνίου παρουσιάζεται στον Πίνακα 29.10.

Πίνακας 29.10 Διαμάχη μεταξύ των γενεών σχετικά με τις αποταμιεύσεις

		Νέα γενιά	
		Υποστήριξη	Μη υποστήριξη
Παλαιότερη γενιά	Αποταμίευση	3, -1	1, 1
	Σπατάλη	2, -1	-2, -2

Αν η παλαιότερη γενιά αποταμιεύσει και η νέα γενιά τη στηρίζει, οι ηλικιωμένοι θα καταλήξουν με επίπεδο ωφέλειας 3 και οι νεότεροι θα καταλήξουν με -1. Αν η παλαιότερη γενιά είναι σπατάλη και η νεότερη γενιά την υποστηρίζει, οι ηλικιωμένοι θα καταλήξουν με ωφέλεια 2 και οι νεότεροι με ωφέλεια -1.

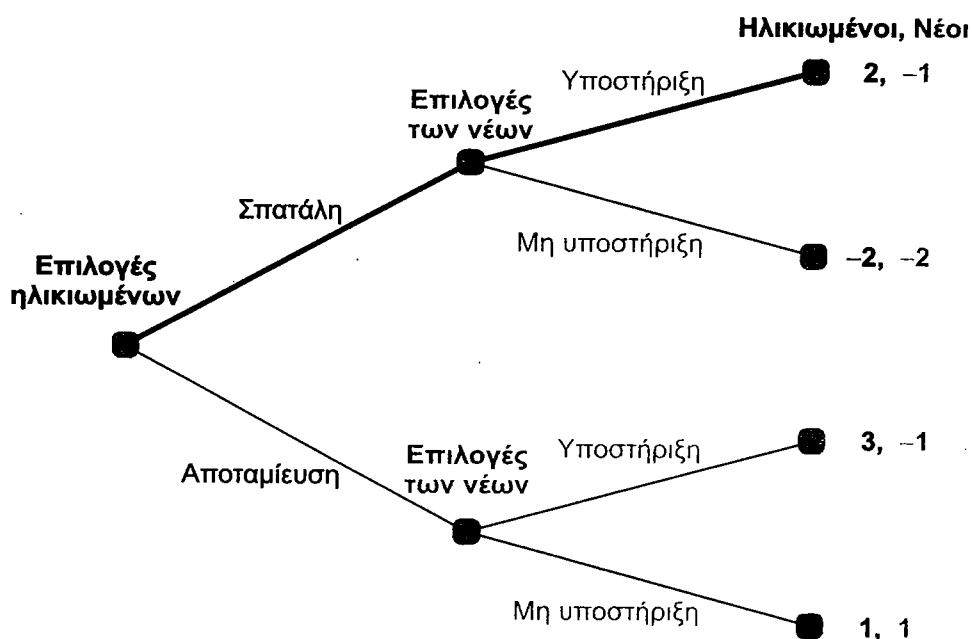
Αν η νεότερη γενιά αποφασίσει να μη στηρίζει τους ηλικιωμένους και η παλαιότερη γενιά

αποταμιεύει, οι ηλικιωμένοι θα λάβουν 1 και οι νεότεροι επίσης 1. Τέλος, αν οι ηλικιωμένοι σπαταλούν και οι νέοι τούς αγνοήσουν, ο καθένας θα καταλήξει με απολαβή -2 , οι παλαιότεροι από τη φτώχεια και οι νέοι από το ηθικό πλήγμα.

Δεν είναι δύσκολο να δούμε ότι υπάρχουν δύο ισορροπίες κατά Nash στο παίγνιο. Αν οι παλαιότεροι επιλέξουν να αποταμιεύσουν, οι νεότεροι θα επιλέξουν ιδανικά να τους αγνοήσουν. Αλλά αν οι παλαιότεροι επιλέξουν τη σπατάλη, τότε είναι άριστο για τη νέα γενιά να τους υποστηρίξει. Και, φυσικά, με δεδομένο ότι η νεότερη γενιά θα υποστηρίξει τους ηλικιωμένους, είναι άριστο για τους ηλικιωμένους να σπαταλήσουν!

Ωστόσο, η ανάλυση αγνοεί τη χρονική διάρθρωση του παιγνίου: ένα από τα (ελάχιστα) πλεονεκτήματα του να είναι κανείς ηλικιωμένος είναι ότι προλαβαίνει να κινηθεί πρώτος. Αν σχεδιάσουμε το παίγνιο, οι αποδόσεις μοιάζουν με εκείνες του Πίνακα 29.9.

Σχήμα 29.9



Παίγνιο αποταμιεύσεων εκτατικής μορφής. Γνωρίζοντας ότι η νέα γενιά θα τους υποστηρίξει, οι ηλικιωμένοι επιλέγουν τη σπατάλη. Η τέλεια ισορροπία του υποπαιγνίου είναι (υποστήριξη, σπατάλη).

Αν οι ηλικιωμένοι αποταμιεύσουν, οι νέοι θα επιλέξουν να τους αγνοήσουν, με αποτέλεσμα οι ηλικιωμένοι να καταλήξουν με απόδοση 1. Αν οι ηλικιωμένοι σπαταλήσουν, ξέρουν ότι οι νέοι δεν θα αντέξουν να τους δουν να πεινάνε, επομένως οι ηλικιωμένοι θα καταλήξουν με απόδοση 3. Συνεπώς, το λογικό για τους ηλικιωμένους είναι να σπαταλήσουν, γνωρίζοντας ότι οι νέοι θα τους υποστηρίξουν.

Φυσικά, οι περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες σήμερα διαθέτουν κάποιο πρόγραμμα,

όπως τα προγράμματα κοινωνικής ασφάλισης των ΗΠΑ, το οποίο υποχρεώνει όλες τις γενιές να αποταμιεύσουν για τη σύνταξή τους.

Καθυστέρηση

Ας εξετάσουμε την ακόλουθη αλληλεπίδραση στρατηγικής. Προσλαμβάνετε έναν εργολάβο για να χτίσετε μια αποθήκη. Μετά την έγκριση των σχεδίων και αφού η κατασκευή έχει σχεδόν ολοκληρωθεί, συνειδητοποιείτε ότι το χρώμα δεν είναι καλό, και ζητάτε από τον εργολάβο να αλλάξει την μπογιά, γεγονός που συνεπάγεται ένα μηδαμινό έξοδο. Ο εργολάβος σάς δηλώνει: «Αυτή η αλλαγή θα σας στοιχίσει \$1.500, παρακαλώ».

Αναγνωρίζετε ότι θα σας κοστίσει τουλάχιστον τόσο πολύ το να καθυστερήσετε την κατασκευή μέχρι να βρείτε μπογιατζή, και επειδή θέλετε πολύ το νέο χρώμα, πληρώνετε μπουρμυρίζοντας το κόστος. Συγχαρητήρια, έχετε εξαπατηθεί!

Φυσικά, οι εργολάβοι δεν είναι η μόνη πλευρά που έχει σφάλμα σε αυτό το είδος παιγνίου. Οι πελάτες μπορούν να «καθυστερήσουν» την πληρωμή τους, προκαλώντας προβλήματα στον εργολάβο.

Το δέντρο παιγνίου σε αυτό το πρόβλημα καθυστέρησης απεικονίζεται στο Σχήμα 29.10. Υποθέτουμε ότι η αξία που προσδίδει ο ιδιοκτήτης στη νέα μπογιά είναι \$1.500 και ότι το πραγματικό κόστος της μπογιάς είναι \$200. Ξεκινώντας από την κορυφή του δέντρου, αν ο εργολάβος χρεώσει \$1.500, θα αποκτήσει ένα κέρδος \$1.300, και ο πελάτης θα έχει καθαρή ωφέλεια μηδέν.

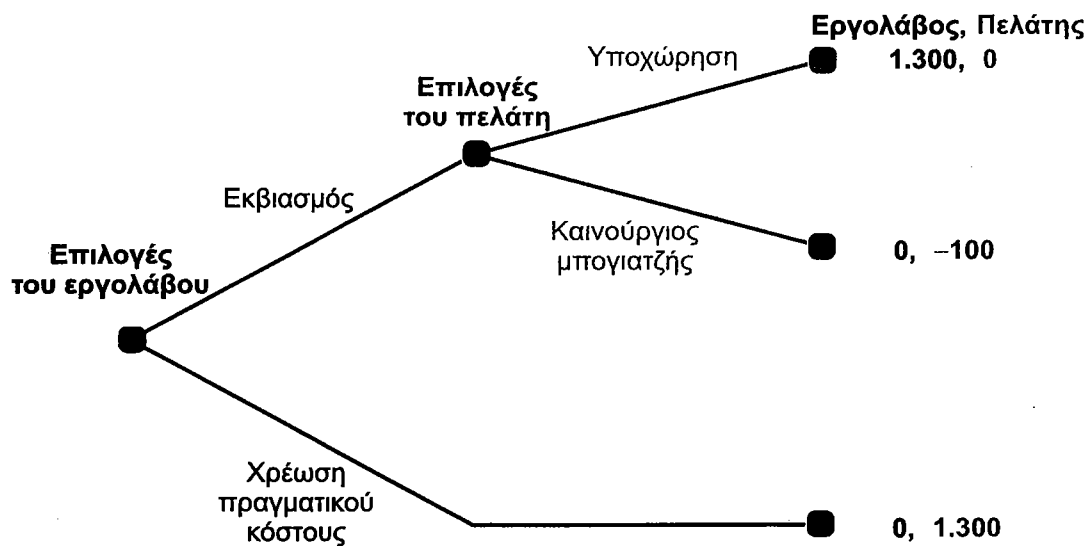
Αν ο πελάτης ψάξει για άλλο μπογιατζή, θα του κοστίσει \$200 για να πληρώσει τον μπογιατζή, και, π.χ., \$1.400 σε χαμένο χρόνο. Θα πάρει το χρώμα που θέλει, το οποίο έχει αξία, π.χ., \$1.500, αλλά πρέπει να πληρώσει \$1.600 σε άμεσα κόστη και κόστη καθυστέρησης, γεγονός που τον αφήνει με καθαρή ζημία \$100.

Αν ο εργολάβος χρεώσει τον πελάτη με το πραγματικό κόστος \$200, θα ισοσκελίσει και ο πελάτης θα λάβει μια αξία \$1.500 έναντι \$200, γεγονός που θα του αφήσει μια καθαρή απόδοση \$1.300.

Όπως μπορούμε να δούμε, η άριστη επιλογή για τον εργολάβο είναι να εκβιάσει την πληρωμή, και η άριστη επιλογή για τον πελάτη είναι να υποχωρήσει. Αλλά ένας λογικός πελάτης θα αναγνωρίσει ότι η αλλαγή της παραγγελίας μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε έργο. Λόγω αυτού, ο πελάτης δεν θα δεχτεί να προσλάβει εργολάβους με φήμη για εκβιασμό, το οποίο, φυσικά, είναι κακό για τον εργολάβο.

Πώς αντιμετωπίζουν οι εταιρείες το πρόβλημα της καθυστέρησης; Η βασική απάντηση είναι τα συμβόλαια. Συνήθως, οι εργολάβοι διαπραγματεύονται ένα συμβόλαιο, το οποίο διευκρινίζει τι είδους αλλαγές είναι δεκτές και πώς θα ορίζονται τα κόστη τους. Μερικές φορές υπάρχουν και άλλες διαδικασίες επίλυσης αυθαιρεσιών ή άλλων διαφωνιών. Πολύς χρόνος, ενέργεια και χρήμα δαπανάται στη συγγραφή συμβολαίων για να διασφαλιστεί ότι δεν υπάρχει περίπτωση παραβίασής του.

Σχήμα 29.10



Το πρόβλημα της καθυστέρησης. Ο εργολάβος χρεώνει μια υψηλή τιμή για την αλλαγή εφόσον ο πελάτης δεν έχει άλλη επιλογή.

Αλλά τα συμβόλαια δεν είναι η μόνη λύση. Ένας άλλος τρόπος επίλυσης του προβλήματος είναι μέσω της δέσμευσης. Για παράδειγμα, ο εργολάβος μπορεί να κάνει καταχώριση που εγγυάται την εμπρόθεσμη ολοκλήρωση του έργου. Και πάλι, γενικά θα υπάρχουν κάποιοι αντικειμενικά εξειδικευμένοι όροι σχετικά με το τι σημαίνει ολοκλήρωση.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι η φήμη. Προφανώς, ένας εργολάβος που συνεχώς προσπαθεί να εκβιάσει τους πελάτες του θα αποκτήσει κακή φήμη. Δεν θα τον προσλάβει ξανά ο ίδιος πελάτης, και σίγουρα δεν θα έχει καλές συστάσεις. Αυτό το αποτέλεσμα φήμης μπορεί να εξεταστεί σε ένα πλαίσιο επαναλαμβανόμενου παιγνίου, στο οποίο η εξαπάτηση σήμερα θα έχει κόστος για τον εργολάβο στο μέλλον.

29.7 Διαπραγματεύσεις

Το κλασικό πρόβλημα της διαπραγμάτευσης είναι η διαίρεση του δολαρίου. Δύο παίκτες έχουν ένα δολάριο που θέλουν να το μοιράσουν μεταξύ τους. Πώς θα το κάνουν;

Το πρόβλημα, όπως αναφέρεται, δεν έχει λύση, αφού έχουμε ελάχιστες πληροφορίες για να μπορέσουμε να κατασκευάσουμε ένα λογικό μοντέλο. Η πρόκληση στην κατασκευή μοντέλου για τη διαπραγμάτευση είναι να βρεθούν κάποιες άλλες διαστάσεις πάνω στις οποίες μπορούν να διαπραγματευτούν οι παίκτες.

Μία λύση, το **μοντέλο διαπραγμάτευσης κατά Nash**, χρησιμοποιεί μια αξιωματική προσέγγιση, με το να προσδιορίζει συγκεκριμένες ιδιότητες που θα πρέπει να έχει μια λογική λύση

διαπραγμάτευσης και έπειτα αποδεικνύει ότι υπάρχει μόνον ένα αποτέλεσμα που ικανοποιεί αυτά τα αξιώματα.

Το αποτέλεσμα καταλήγει να εξαρτάται από το πόσο αποστροφή στον κίνδυνο έχουν οι παίκτες και τι θα συμβεί αν δεν γίνουν διαπραγματεύσεις. Δυστυχώς, μια πλήρης αντιμετώπιση του μοντέλου είναι πέρα από το πεδίο αυτού του βιβλίου.

Μια εναλλακτική προσέγγιση, το **μοντέλο διαπραγμάτευσης κατά Rubinstein**, εξετάζει μια ακολουθία επιλογών και έπειτα επιλύει για την τέλεια ισορροπία του υποπαιγνίου. Ευτυχώς, η βασική διαίσθηση αυτού του μοντέλου είναι εύκολο να απεικονιστεί σε απλές περιπτώσεις.

Δύο παίκτες, η Άλις και ο Μπομπ, θέλουν να μοιραστούν μεταξύ τους \$1. Συμφωνούν να αφιερώσουν τουλάχιστον τρεις ημέρες διαπραγματεύσεων για τη μοιρασιά. Την πρώτη ημέρα, η Άλις θα κάνει μια προσφορά, και ο Μπομπ είτε θα τη δεχτεί, είτε θα κάνει μια αντιπροσφορά την επόμενη μέρα, και την τρίτη μέρα η Άλις θα κάνει μια τελική προσφορά. Αν δεν καταφέρουν να φθάσουν σε συμφωνία μέσα σε τρεις ημέρες, και οι δύο παίκτες παίρνουν μηδέν.

Υποθέτουμε ότι η Άλις και ο Μπομπ διαφέρουν ως προς το βαθμό ανυπομονησίας: η Άλις προεξοφλεί τις μελλοντικές αποδόσεις σε ρυθμό α ημερησίως, και ο Μπομπ προεξοφλεί τις αποδόσεις σε ρυθμό β ημερησίως. Τέλος, υποθέτουμε ότι αν ένας παίκτης είναι αδιάφορος μεταξύ δύο προσφορών, θα αποδεχτεί τη μία που είναι προτιμότερη από τον αντίπαλό του. Η συλλογιστική είναι ότι ο αντίπαλος μπορεί να προσφέρει κάποια αυθαίρετα μικρή ποσότητα που θα κάνει τον παίκτη να προτιμήσει αυστηρά τη μία επιλογή και ότι η υπόθεση αυτή μάς επιτρέπει να προσεγγίσουμε μια τέτοια «αυθαίρετα μικρή ποσότητα» με το μηδέν. Αποδεικνύεται ότι υπάρχει μια μοναδική τέλεια ισορροπία υποπαιγνίου σε αυτό το παίγνιο διαπραγμάτευσης.

Θα ξεκινήσουμε την ανάλυσή μας από το τέλος του παιγνίου, ακριβώς πριν από την τελευταία ημέρα. Σε αυτό το σημείο, η Άλις μπορεί να κάνει μια προσφορά-τελεσίγραφο «τώρα ή ποτέ» στον Μπομπ. Φυσικά, το φυσιολογικό για την Άλις σε αυτό το σημείο θα είναι να προσφέρει στον Μπομπ τη μικρότερη δυνατή ποσότητα που θα αποδεχόταν εκείνος, η οποία, εξ υποθέσεως, είναι μηδέν. Έτσι, αν το παίγνιο διαρκέσει πραγματικά τρεις ημέρες, η Άλις θα έπαιρνε \$1 και ο Μπομπ θα έπαιρνε μηδέν (δηλαδή μια αυθαίρετα μικρή ποσότητα).

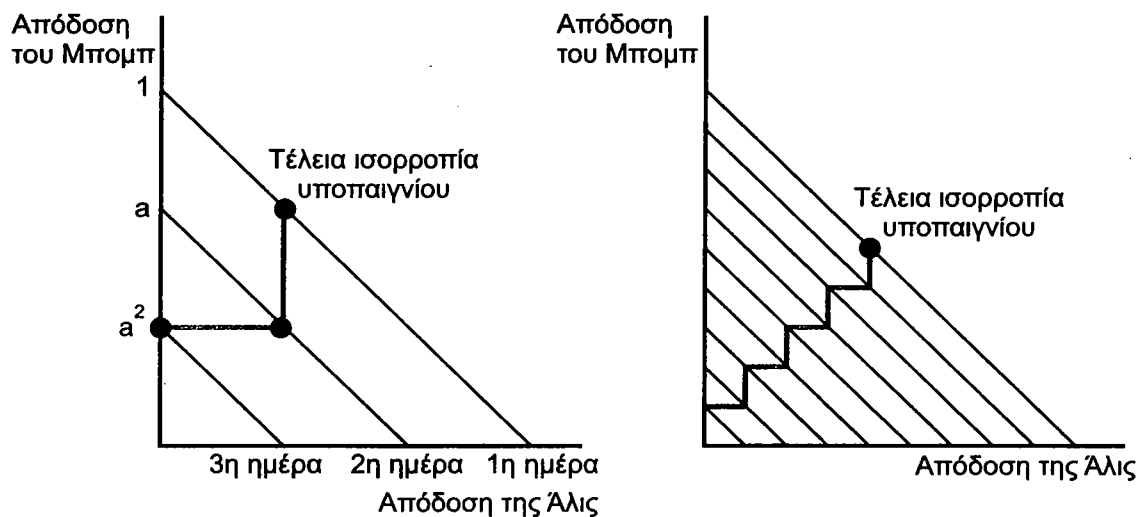
Ας επιστρέψουμε τώρα στην προηγούμενη κίνηση, όπου ο Μπομπ καταφέρνει να προτείνει ένα μοίρασμα. Σ' αυτό το σημείο, ο Μπομπ θα συνειδητοποιήσει ότι η Άλις μπορεί να εγγυηθεί στον εαυτό της \$1 με την επόμενη κίνηση, αν απλά απορρίψει την προσφορά του. Ένα δολάριο την επόμενη περίοδο αξίζει α για την Άλις σε αυτή την περίοδο, επομένως κάθε προσφορά που είναι χαμηλότερη από α θα απορριφθεί σίγουρα. Ο Μπομπ προτιμά σίγουρα το $1 - \alpha$ τώρα από το μηδέν στην επόμενη περίοδο, άρα λογικά θα προσφέρει α στην Άλις, το οποίο εκείνη θα δεχτεί. Έτσι, αν το παίγνιο τελειώσει στη δεύτερη κίνηση, η Άλις θα πάρει α και ο Μπομπ $1 - \alpha$.

Ας πάμε τώρα στην πρώτη μέρα. Σε αυτό το σημείο, η Άλις θα κάνει την προσφορά και θα συνειδητοποιήσει ότι ο Μπομπ μπορεί να πάρει $1 - \alpha$, απλά αν περιμένει μέχρι τη δεύτερη

μέρα. Συνεπώς, η Άλις πρέπει να προσφέρει μια απόδοση που έχει τουλάχιστον αυτή την παρούσα αξία για τον Μπομπ προκειμένου να αποφύγει την καθυστέρηση. Άρα, προσφέρει $\beta(1 - \alpha)$ στον Μπομπ. Ο Μπομπ θεωρεί ότι αυτό είναι αποδεκτό και το παίγνιο τελειώνει. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι το παίγνιο τελειώνει με την πρώτη κίνηση, όπου η Άλις δέχεται $1 - \beta(1 - \alpha)$ και ο Μπομπ δέχεται $\beta(1 - \alpha)$.

Το πρώτο πλαίσιο στο Σχήμα 29.11 απεικονίζει αυτή τη διαδικασία σε περίπτωση που $\alpha = \beta < 1$. Η εξωτερική διαγώνια γραμμή δείχνει τα πιθανά πρότυπα αποδόσεων την πρώτη ημέρα, δηλαδή, όλες τις αποδόσεις με μορφή $x_A + x_B = 1$. Η αμέσως επόμενη διαγώνια γραμμή που κινείται προς τη βάση των αξόνων δείχνει την παρούσα αξία των αποδόσεων, αν το παίγνιο τελειώσει στη δεύτερη περίοδο: η εξίσωση γι' αυτή τη γραμμή είναι $x_A + x_B = \alpha$. Το μονοπάτι με τις ορθές γωνίες απεικονίζει τα ελάχιστα αποδεκτά μερίδια για κάθε περίοδο, και οδηγεί στην τελική τέλεια ισορροπία υποπαιγνίου. Το δεύτερο πλαίσιο στο Σχήμα 29.11 δείχνει τη μορφή της ίδιας διαδικασίας με περισσότερα στάδια διαπραγμάτευσης.

Σχήμα 29.11



Ένα παίγνιο διαπραγμάτευσης. Η σκιασμένη γραμμή συνδέει τα αποτελέσματα ισορροπίας στα υποπαίγνια. Το σημείο στη γραμμή που απέχει περισσότερο είναι η τέλεια ισορροπία του υποπαιγνίου.

Είναι φυσικό να αφήσουμε τον ορίζοντα να προχωρήσει στο άπειρο και να αναρωτηθούμε τι θα συμβεί στο άπειρο παίγνιο. Αποδεικνύεται ότι η τέλεια διαίρεση ισορροπίας του υποπαιγνίου είναι

$$\text{Απόδοση για την Άλις} = \frac{1 - \beta}{1 - \alpha\beta}$$

$$\text{Απόδοση για τον Μπομπ} = \frac{\beta(1 - \alpha)}{1 - \alpha\beta}.$$

Παρατηρήστε ότι αν $\alpha = 1$ και $\beta < 1$, τότε η Άλις παίρνει ολόκληρη την απόδοση.

Το παίγνιο του τελεσίγραφου

Το μοντέλο διαπραγμάτευσης κατά Rubinstein είναι τόσο κομψό που οι οικονομολόγοι έσπευσαν να το δοκιμάσουν στο εργαστήριο. Δυστυχώς, ανακάλυψαν ότι η κομψότητα δεν υποδηλώνει και ακρίβεια. Απλοϊκά θέματα (π.χ., μη οικονομικά ζητήματα) δεν ενδείκνυνται για να προβλέψουμε περισσότερα από ένα ή δύο βήματα, και αυτό στην καλύτερη περίπτωση.

Επιπλέον, υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που δημιουργούν προβλήματα. Για να το δούμε αυτό, ας εξετάσουμε μια εκδοχή ενός βήματος του μοντέλου διαπραγμάτευσης που περιγράψαμε παραπάνω. Η Άλις και ο Μπομπ εξακολουθούν να θέλουν να μοιραστούν ένα \$1 μεταξύ τους. Η Άλις προτείνει ένα μοίρασμα, και αν ο Μπομπ συμφωνήσει, το παίγνιο τελειώνει. Το ερώτημα είναι, τι πρέπει να πει η Άλις;

Σύμφωνα με τη θεωρία, θα έπρεπε να προτείνει 99 σεντς για την ίδια και 1 σεντ για τον Μπομπ. Ο Μπομπ, σκεπτόμενος ότι 1 σεντ είναι καλύτερο από το τίποτα, δέχεται, και η Άλις επιστρέφει στο σπίτι της ευχαριστημένη που σπούδασε οικονομικά.

Δυστυχώς, το παίγνιο δεν λειτουργεί έτσι. Ένα πολύ πιο πιθανό αποτέλεσμα είναι ότι ο Μπομπ, θυμωμένος με τη μηδαμινή προσφορά του 1 σεντ, λέει «Αποκλείεται», και η Άλις καταλήγει να μην πάρει τίποτα. Η Άλις, αναγνωρίζοντας αυτό το ενδεχόμενο, θα έχει την τάση να βελτιώσει την προσφορά. Σε πραγματικά πειράματα, η μέση προσφορά για τους αμερικανούς προπτυχιακούς φοιτητές είναι περίπου 45 σεντς, και αυτή η προσφορά έχει την τάση να γίνεται αποδεκτή τις περισσότερες φορές.

Οι παίκτες που προσφέρουν, συμπεριφέρονται ορθολογικά, με την έννοια ότι η προσφορά των 45 σεντς πλησιάζει αρκετά στη μεγιστοποίηση της προσδοκώμενης απόδοσης, με δεδομένη την παρατηρούμενη συχνότητα της απόρριψης. Οι παίκτες-αποδέκτες είναι εκείνοι που συμπεριφέρονται διαφορετικά από ό,τι προβλέπει η θεωρία, αφού απορρίπτουν τις μικρές προσφορές, ακόμη και αν αυτό επιδεινώνει τη θέση τους.

Υπάρχουν πολλές προτεινόμενες ερμηνείες γι' αυτό. Μία άποψη είναι ότι μια πολύ μικρή προσφορά παραβιάζει τις **κοινωνικές νόρμες** συμπεριφοράς. Πράγματι, οι οικονομολόγοι έχουν ανακαλύψει σημαντικές δια-πολιτισμικές διαφορές ως προς τη συμπεριφορά σε παίγνια τελεσίγραφου. Μία άλλη, όχι ασυνεπής άποψη, είναι ότι οι αποδέκτες λαμβάνουν κάποια απόδοση ωφέλειας από τη ζημία των παικτών που κάνουν την προσφορά, ως ανταπόδοση για τη μικρή προσφορά. Στο κάτω κάτω, αν το μόνο που θα χάσετε είναι μια δεκάρα, η ικανοποίηση της ανταπόδοσης των άλλων παικτών είναι αρκετά ελκυστική.

Περίληψη

1. Η συνάρτηση άριστης αντίδρασης του παίκτη A τού προσφέρει την άριστη επιλογή ως συνάρτηση των επιλογών που μπορούν να κάνουν οι άλλοι παίκτες.
2. Μια ισορροπία κατά Nash σε ένα παίγνιο δύο ατόμων είναι ένα ζεύγος στρατηγικών, ένα για κάθε παίκτη, το καθένα από τα οποία είναι η άριστη αντίδραση στην άλλη στρατηγική.
3. Μια ισορροπία κατά Nash μεικτής στρατηγικής περιλαμβάνει την τυχαία επιλογή μεταξύ διαφόρων στρατηγικών.
4. Τα συνήθη παίγνια συντονισμού είναι η μάχη των δύο φύλων, όπου και οι δύο παίκτες θέλουν να κάνουν το ίδιο και όχι κάτι διαφορετικό, το δίλημμα του φυλακισμένου, όπου η κυρίαρχη στρατηγική καταλήγει να ζημιώσει και τους δύο παίκτες, το παίγνιο της εξασφάλισης, όπου και οι δύο παίκτες θέλουν να συνεργαστούν στο βαθμό που θεωρούν ότι ο άλλος παίκτης θα συνεργαστεί, και η δειλία, όπου οι παίκτες θέλουν να αποφύγουν να κάνουν το ίδιο πράγμα.
5. Ένα παίγνιο μηδενικού αθροίσματος με δύο άτομα είναι ένα παίγνιο στο οποίο οι αποδόσεις ενός παίκτη είναι το αρνητικό των αποδόσεων του άλλου παίκτη.
6. Τα εξελικτικά παίγνια ασχολούνται με αποτελέσματα που είναι σταθερά κάτω από συνθήκες αναπαραγωγής του πληθυσμού.
7. Σε διαδοχικά παίγνια, οι παίκτες κινούνται ο ένας μετά τον άλλο. Επομένως, κάθε παίκτης πρέπει να σκεφτεί τι θα κάνει ο άλλος ως απάντηση στις επιλογές του.
8. Σε πολλά διαδοχικά παίγνια, η δέσμευση είναι ένα σημαντικό θέμα. Η ανεύρεση τρόπων για τον εξαναγκασμό της δέσμευσης σε συγκεκριμένες στρατηγικές μπορεί να είναι σημαντική.

Ερωτήσεις

1. Σε μια ισορροπία κατά Nash με δύο άτομα, κάθε παίκτης επιλέγει μια άριστη αντίδραση σε τι; Σε μια κυρίαρχη στρατηγική ισορροπίας, κάθε παίκτης επιλέγει μια άριστη αντίδραση σε τι;
2. Εξετάστε τις άριστες αντιδράσεις για τη σειρά και τη στήλη στην ενότητα των μεικτών στρατηγικών. Αυτές δημιουργούν τις συναρτήσεις άριστης αντίδρασης;
3. Αν και οι δύο παίκτες κάνουν την ίδια επιλογή σε ένα παίγνιο συντονισμού, όλα θα πάνε καλά.

4. Το κείμενο υποστηρίζει ότι η σειρά σκοράρει με ποσοστό επιτυχίας 62% σε ισορροπία. Πώς προκύπτει αυτό το νούμερο;
5. Ένας εργολάβος δηλώνει ότι σκοπεύει να «ρίξει την προσφορά και να το αναπληρώσει με τις αλλαγές που θα του ζητηθούν». Τι εννοεί;