

# ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΠΙΣΤΩΤΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ\*

**ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΖΟΠΟΥΝΙΔΗ**

Καθηγήτῃ του Πολυτεχνείου Κρήτης  
Προέδρου του Τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

**ΜΙΧΑΗΛ ΔΟΥΜΠΟΥ**

Λέκτορα του Πολυτεχνείου Κρήτης

**Η** εκτίμηση του πιστωτικού κινδύνου βρίσκεται στο επίκεντρο των γεγονότων στον επιχειρηματικό και χρηματοοικονομικό χώρο εδώ και πάρα πολλά χρόνια, παρουσιάζοντας σημαντικό ενδιαφέρον τόσο για τους επιστήμονες του χώρου, όσο και για τους επαγγελματίες (πιστωτικούς και χρηματοοικονομικούς αναλυτές, επενδυτές κ.ά.).

Χαρακτηριστικό της σημασίας του θέματος αυτού στον ελλαδικό χώρο αποτελεί η αύξηση του αριθμού των επιχειρήσεων που σταματούν τις δραστηριότητές τους, κηρύσσοντας πτώχευση (η πτώχευση είναι άμεσα συνυφασμένη με την έννοια του πιστωτικού κινδύνου). Σύμφωνα με τη Γενική Συνομοσπονδία Επαγγελματιών και Βιοτεχνών Εμπόρων Ελλάδος, το 1999 διέκοψαν τη δραστηριότητά τους 61.850 επιχειρήσεις, το 2000 64.904 επιχειρήσεις και το 2001 67.494 επιχειρήσεις.

Η έρευνα για την ανάπτυξη αξιόπιστων μεθοδολογιών εκτίμησης του πιστωτικού κινδύνου και πρόβλεψης της πτώχευσης επιχειρήσεων σημείωσε σημαντικά βήματα προόδου, κυρίως μετά τα τέλη της δεκαετίας του 1960, δίνοντας έμφαση στη χρήση στατιστικών τεχνικών και άλλων μεθόδων ποσοτικής ανάλυσης (βλ. Zorounidis και Dimitras, 1998, *Multicriteria Decision Aid Methods for the Prediction*

*of Business Failure*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht).

Εκτός όμως της ανάπτυξης μεθοδολογιών για την κατασκευή υποδειγμάτων εκτίμησης του πιστωτικού κινδύνου, ιδιαίτερη σημασία έχει και η ανάπτυξη των κατάλληλων εργαλείων για τον έλεγχο της αξιοπιστίας των υποδειγμάτων αυτών. Στο διεθνή χώρο το εν λόγω θέμα αποτελεί σημαντικό πεδίο έρευνας, όχι μόνο σε ακαδημαϊκό επίπεδο, αλλά και από τα αρμόδια στελέχη κορυφαίων διεθνών χρηματοπιστωτικών οργανισμών.

Γενικά, κάθε ανάλυση της αποτελεσματικότητας ενός υποδείγματος εκτίμησης του πιστωτικού κινδύνου θα πρέπει να εξετάζει τα ακόλουθα δύο βασικά ζητήματα:

1. την ποιότητα των εξεταζόμενων παραγόντων και των λοιπών διαθέσιμων στοιχείων,
2. την επάρκεια του υποδείγματος.

## Στατιστική ανάλυση των εξεταζόμενων παραγόντων και των λοιπών στοιχείων

Η επιτυχία κάθε υποδείγματος εκτίμησης πιστωτικού κινδύνου καθορίζεται σε σημαντικό βαθμό από τους παράγοντες που εξετάζει. Οι παράγοντες αυτοί μπορεί να είναι ποσοτικοί (χρηματοοικονο-

\* Το άρθρο αυτό εντάσσεται στο πλαίσιο μιας ερευνητικής συνεργασίας μεταξύ του Εργαστηρίου Συστημάτων Χρηματοοικονομικής Διοίκησης και της ICAP στον τομέα ανάπτυξης και αξιολόγησης υποδειγμάτων εκτίμησης του πιστωτικού κινδύνου επιχειρήσεων.

μικοί δείκτες) αλλά και ποιοτικοί (μάνατζμεντ, οργάνωση, θέση στην αγορά κ.ά.). Προφανώς οι εξεταζόμενοι παράγοντες πρέπει να έχουν άμεση σχέση με το επίπεδο του πιστωτικού κινδύνου των επιχειρήσεων. Η σχέση αυτή θα πρέπει να μπορεί να διαπιστωθεί με σαφήνεια σε πραγματικά δεδομένα.

Η επίδραση των εξεταζόμενων παραγόντων στον πιστωτικό κίνδυνο των επιχειρήσεων μπορεί να διαπιστωθεί και να αξιολογηθεί μέσω κατάλληλων στατιστικών αναλύσεων σε επαρκή δείγματα δεδομένων, βάσει των οποίων θα πρέπει να εξεταστούν τα ακόλουθα ζητήματα:

**1.** Τα στατιστικά χαρακτηριστικά των παραγόντων: Οι στατιστικές τεχνικές που συχνά χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη υποδειγμάτων πιστωτικού κινδύνου βασίζονται σε συγκεκριμένες υποθέσεις σχετικές με τα στατιστικά χαρακτηριστικά των εξεταζόμενων παραγόντων. Οι υποθέσεις αυτές αφορούν τρία κύρια θέματα: (α) τη στατιστική κατανομή των παραγόντων, (β) τις διακυμάνσεις που παρουσιάζονται στον κάθε παράγοντα για κάθε κατηγορία επιχειρήσεων και (γ) τις συσχετίσεις μεταξύ των παραγόντων. Με τη χρήση των κατάλληλων στατιστικών ελέγχων εξετάζονται αυτά τα θέματα και βάσει των αποτελεσμάτων αναλύεται η επίδρασή τους στη χρήση στατιστικών τεχνικών κατά την ανάπτυξη υποδειγμάτων πιστωτικού κινδύνου.

**2.** Η στατιστική σημαντικότητα των παραγόντων: Κατά την ανάπτυξη υποδειγμάτων εκτίμησης του πιστωτικού κινδύνου είναι σημαντικό να διερευνηθούν οι διαφοροποιήσεις που παρουσιάζονται στους εξεταζόμενους παράγοντες για τις διάφορες κατηγορίες επιχειρήσεων (κατηγορίες πιστωτικού κινδύνου). Η χρησιμοποίηση παραγόντων στους οποίους δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των κατηγοριών είναι πιθανό να έχει αρνητική επίδραση στην αποτελεσματικότητα των αναπτυσσόμενων υποδειγμάτων. Το θέμα αυτό μπορεί να εξεταστεί χρησιμοποιώντας γνωστούς στατιστικούς ελέγχους, ώστε να αξιολογηθούν οι διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται μεταξύ των κατηγοριών στους παράγοντες που εξετάζονται στα

υπάρχοντα μοντέλα, αλλά και στα λοιπά στοιχεία που είναι διαθέσιμα.

## **Αξιολόγηση της επάρκειας των υποδειγμάτων πιστωτικού κινδύνου**

### **Προσδιορισμός των εσφαλμένων εκτιμήσεων**

Η αξιολόγηση της επάρκειας και αποτελεσματικότητας ενός υποδείγματος εκτίμησης του πιστωτικού κινδύνου είναι προφανώς το πλέον σημαντικό σημείο της ανάλυσης.

Κύριο κριτήριο της αποτελεσματικότητας του υποδείγματος αποτελεί το σφάλμα που παρατηρείται στις εκτιμήσεις του, αξιολογούμενο βάσει ενός δείγματος επιχειρήσεων, ο πιστωτικός κίνδυνος των οποίων είναι γνωστός (συνεπείς, ασυνεπείς πελάτες). Το σφάλμα αυτό αναλύεται σε δύο βασικές διαστάσεις: το σφάλμα τύπου I και το σφάλμα τύπου II. Ως σφάλμα τύπου I ( $\sigma_I$ ) θεωρείται το ποσοστό των επιχειρήσεων υψηλού κινδύνου, οι οποίες ταξινομούνται από το υπόδειγμα ως επιχειρήσεις χαμηλού κινδύνου. Αντίστοιχα, ως σφάλμα τύπου II ( $\sigma_{II}$ ) θεωρείται το ποσοστό των επιχειρήσεων χαμηλού κινδύνου, οι οποίες ταξινομούνται από το υπόδειγμα ως επιχειρήσεις υψηλού κινδύνου.

Η επίδραση του κάθε τύπου σφάλματος στη συνολική αξιολόγηση ενός υποδείγματος προσδιορίζεται συναρτήσει δύο στοιχείων:

**1.** Του κόστους  $K_I$  και  $K_{II}$  για κάθε τύπο σφάλματος. Το κόστος  $K_I$  αναφέρεται στο σφάλμα τύπου I και αφορά την απώλεια κεφαλαίων που πιθανόν να προέλθουν από τη σύναψη επιχειρηματικών σχέσεων με εταιρείες υψηλού πιστωτικού κινδύνου. Αντίθετα το κόστος  $K_{II}$  αναφέρεται στο σφάλμα τύπου II και αφορά το κόστος ευκαιρίας που προκύπτει από την απόρριψη κερδοφόρων επιχειρηματικών συνεργασιών με εταιρείες χαμηλού πιστωτικού κινδύνου. Προφανώς το κόστος  $K_I$  είναι σημαντικά υψηλότερο σε σχέση με το κόστος  $K_{II}$  (έρευνες στις ΗΠΑ έχουν προσδιορίσει ότι το κόστος  $K_I$  είναι πε-

ρίπου 15 φορές υψηλότερο σε σχέση με το κόστος  $K_{II}$ , αν και η σχέση αυτή διαφέρει ανάλογα με τη χώρα και τη χρονική περίοδο).

2. Των α priori πιθανοτήτων  $p_I$  και  $p_{II}$ , οι οποίες προσδιορίζουν την αναμενόμενη συχνότητα εμφάνισης κάθε τύπου σφάλματος. Οι πιθανότητες αυτές προσδιορίζονται με βάση το πλήθος των επιχειρήσεων υψηλού/χαμηλού κινδύνου σε σχέση με το σύνολο των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στη χώρα σε μια δεδομένη χρονική στιγμή (για παράδειγμα πλήθος πτωχεύσεων σε σχέση με το σύνολο των επιχειρήσεων). Σε κάθε περίπτωση η πιθανότητα  $p_I$  είναι σημαντικά χαμηλότερη της πιθανότητας  $p_{II}$ , καθώς οι επιχειρήσεις υψηλού κινδύνου είναι σημαντικά λιγότερες σε σχέση με τις επιχειρήσεις χαμηλού κινδύνου. Για παράδειγμα, έρευνες στις ΗΠΑ έχουν προσδιορίσει ότι κάθε χρόνο πτωχεύει περίπου το 5% των επιχειρήσεων ( $p_I \approx 0,05$  και  $p_{II} \approx 0,95$ ). Βέβαια η σχέση μεταξύ των δύο πιθανοτήτων δύναται να μεταβάλλεται ανάλογα με τις γενικότερες συνθήκες του οικονομικού και επιχειρηματικού περιβάλλοντος.

Με βάση τα παραπάνω δύο στοιχεία (κόστη και πιθανότητες), η συνολική αποτελεσματικότητα ενός υποδείγματος εκτίμησης του πιστωτικού κινδύνου μπορεί να προσδιοριστεί βάσει του αναμενόμενου κόστους  $K$ , που προκύπτει από τις εσφαλμένες εκτιμήσεις του υποδείγματος:

$$K = p_I K_I \sigma_I + p_{II} K_{II} \sigma_{II}$$

Βέβαια οι αριθμητικές τιμές για τις πιθανότητες  $p_I$  και  $p_{II}$ , καθώς και για τα κόστη  $K_I$  και  $K_{II}$  δεν είναι εύκολο να προσδιοριστούν. Δεδομένων όμως των παραπάνω παρατηρήσεων είναι εμφανές ότι η πιθανότητα  $p_I$  είναι πολύ χαμηλότερη σε σχέση με την πιθανότητα  $p_{II}$ , ενώ αντίθετα το κόστος  $K_I$  είναι πολύ υψηλότερο από το κόστος  $K_{II}$ . Συνεπώς είναι λογικό να θεωρηθεί ότι τα γινόμενα  $p_I K_I$  και  $p_{II} K_{II}$  είναι περίπου ίσα, οπότε ο υπολογισμός του αναμενόμενου κόστους εσφαλμένων ταξινομήσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί πιο απλά ως εξής:

$$K \approx 0,5 \times (\sigma_I + \sigma_{II})$$

Αυτό το μέγεθος μπορεί να αποτελέσει ένα πρώτο μέτρο αξιολόγησης ενός υποδείγματος, καθώς ο υπολογισμός του είναι ιδιαίτερα απλός, ενώ ταυτόχρονα τα αποτελέσματά του είναι εύκολα κατανοητά. Περαιτέρω ανάλυση της αποτελεσματικότητας του υποδείγματος μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω των διαγραμμάτων ROC και CAP, καθώς και μέσω της χρησιμοποίησης πιο εξελιγμένων κριτηρίων αξιολόγησης.

### Διαγράμματα ROC και CAP

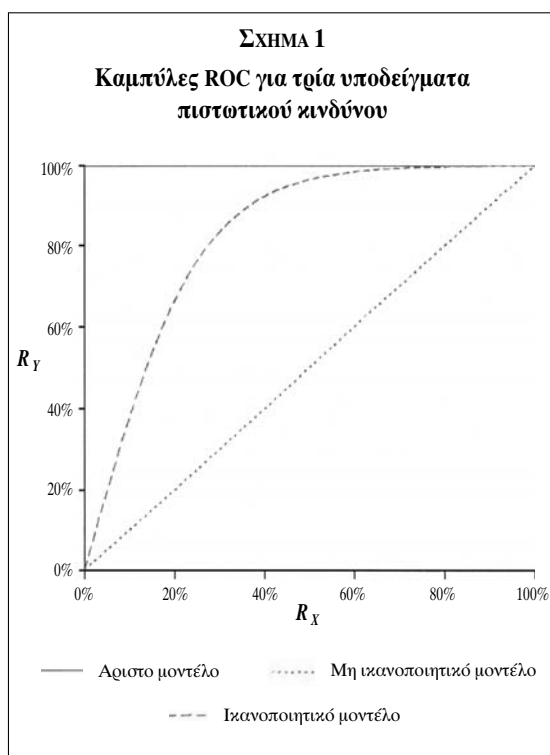
Για τον προσδιορισμό του αναμενόμενου σφάλματος  $K$  ενός υποδείγματος σημαντικό ρόλο παίζει η κατάλληλη επιλογή του σημείου διαχωρισμού των κατηγοριών με βάση τις βαθμολογίες των επιχειρήσεων, όπως αυτές προκύπτουν από το υπόδειγμα. Η ανάλυση του θέματος αυτού μπορεί να υλοποιηθεί μέσω δύο διαδομένων τεχνικών γραφικής ανάλυσης, τα διαγράμματα ROC (Receiver Operating Characteristic) και CAP (Cumulative Accuracy Profiles). Τα διαγράμματα αυτά αναπαριστούν γραφικά την αποτελεσματικότητα ενός υποδείγματος και ταυτόχρονα βοηθούν στον καθορισμό του σημείου διαχωρισμού των κατηγοριών. Η κατασκευή των διαγραμμάτων αυτών βασίζεται στην υπόθεση ότι υπάρχουν δύο κατηγορίες επιχειρήσεων (υψηλού και χαμηλού κινδύνου), αλλά η χρήση τους μπορεί εύκολα να επεκταθεί και στην περίπτωση περισσότερων κατηγοριών.

Το διάγραμμα ROC (σχήμα 1) είναι ένα διάγραμμα δύο αξόνων, το οποίο κατασκευάζεται με βάση τις βαθμολογίες των επιχειρήσεων, όπως αυτές υπολογίζονται από ένα υπόδειγμα πιστωτικού κινδύνου. Ουσιαστικά το διάγραμμα ROC απαντά στην ερώτηση:

*Ποιο είναι το ποσοστό των επιχειρήσεων χαμηλού κινδύνου που πρέπει να απορριφθούν ώστε να επι-*

τευχθεί η απόρριψη ενός καθορισμένου ποσοστού επιχειρήσεων υψηλού κινδύνου;

Για ένα δεδομένο σημείο διαχωρισμού των επιχειρήσεων ο οριζόντιος άξονας του διαγράμματος δείχνει το ποσοστό  $R_X$  των επιχειρήσεων χαμηλού κινδύνου που απορρίπτονται, καθώς με βάση τα αποτελέσματα του υποδείγματος ταξινομούνται στην κατηγορία υψηλού κινδύνου, ενώ στον κάθετο άξονα παρουσιάζεται το ποσοστό  $R_Y$  των επιχειρήσεων χαμηλού κινδύνου (απορριπτέες επιχειρήσεις), που ταξινομούνται από το υπόδειγμα στη σωστή κατηγορία. Μεταβάλλοντας την τιμή του σημείου διαχωρισμού σχεδιάζεται η καμπύλη ROC.



Για ένα άριστο υπόδειγμα, το οποίο ταξινομεί με απόλυτη ακρίβεια τόσο τις επιχειρήσεις υψηλού κινδύνου, όσο και τις επιχειρήσεις χαμηλού κινδύνου ανεξαρτήτως του σημείου διαχωρισμού, η καμπύλη ROC έχει τη μορφή μιας ευθείας παράλληλης προς τον οριζόντιο άξονα, η οποία τέμνει τον κάθετο άξονα στο σημείο (0, 100). Στην αντίθετη

περίπτωση, για ένα μη ικανοποιητικό υπόδειγμα, το οποίο δεν διαθέτει καμία ουσιαστική δυνατότητα διάκρισης μεταξύ επιχειρήσεων υψηλού και χαμηλού κινδύνου, αλλά αποδίδει αποτελέσματα που αντιστοιχούν σε μια τυχαία ταξινόμηση, η καμπύλη ROC έχει τη μορφή μιας ευθείας γραμμής, η οποία διέρχεται από την αρχή των αξόνων και έχει κλίση  $45^\circ$ . Στη γενική περίπτωση η καμπύλη ενός ικανοποιητικού υποδείγματος βρίσκεται μεταξύ των δύο αυτών περιπτώσεων. Γενικά, όσο μεγαλύτερο είναι το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη ROC, τόσο καλύτερο θεωρείται ένα υπόδειγμα.

Κατά παρόμοιο τρόπο κατασκευάζεται και το διάγραμμα CAP, το οποίο έχει όμοια μορφή με το διάγραμμα ROC. Για ένα δεδομένο σημείο διαχωρισμού των επιχειρήσεων ο οριζόντιος άξονας του διαγράμματος CAP δείχνει το ποσοστό  $R$  των επιχειρήσεων που ταξινομούνται από το εξεταζόμενο υπόδειγμα στην κατηγορία υψηλού κινδύνου (απορριπτέες επιχειρήσεις), ενώ στον κάθετο άξονα παρουσιάζεται το ποσοστό  $R_Y$  των επιχειρήσεων υψηλού κινδύνου που ταξινομούνται από το υπόδειγμα στη σωστή κατηγορία. Μεταβάλλοντας την τιμή του σημείου διαχωρισμού σχεδιάζεται η καμπύλη CAP. Ουσιαστικά το διάγραμμα CAP απαντά στην ερώτηση:

*Ποιο είναι το ποσοστό των επιχειρήσεων που πρέπει να απορριφθούν ώστε να επιτευχθεί η απόρριψη ενός καθορισμένου ποσοστού επιχειρήσεων υψηλού κινδύνου;*

Σε ένα άριστο υπόδειγμα πιστωτικού κινδύνου η συντριπτική πλειονότητα των επιχειρήσεων υψηλού κινδύνου θα πρέπει να έχει ιδιαίτερα χαμηλή βαθμολογία, με αποτέλεσμα μια μικρή αύξηση του σημείου διαχωρισμού να οδηγεί σε σημαντική αύξηση του αριθμού των επιχειρήσεων υψηλού κινδύνου που ταξινομούνται σωστά. Αντίθετα, για ένα μη ικανοποιητικό υπόδειγμα οι βαθμολογίες των επιχειρήσεων υψηλού και χαμηλού κινδύνου δεν παρουσιάζουν ουσιαστικές διαφοροποιήσεις και συνεπώς μικρή αύξηση του σημείου διαχωρισμού δεν συμβάλλει ουσιαστικά στον εντοπισμό μεγάλου πλήθους επιχειρήσεων υψηλού κινδύνου. Στη

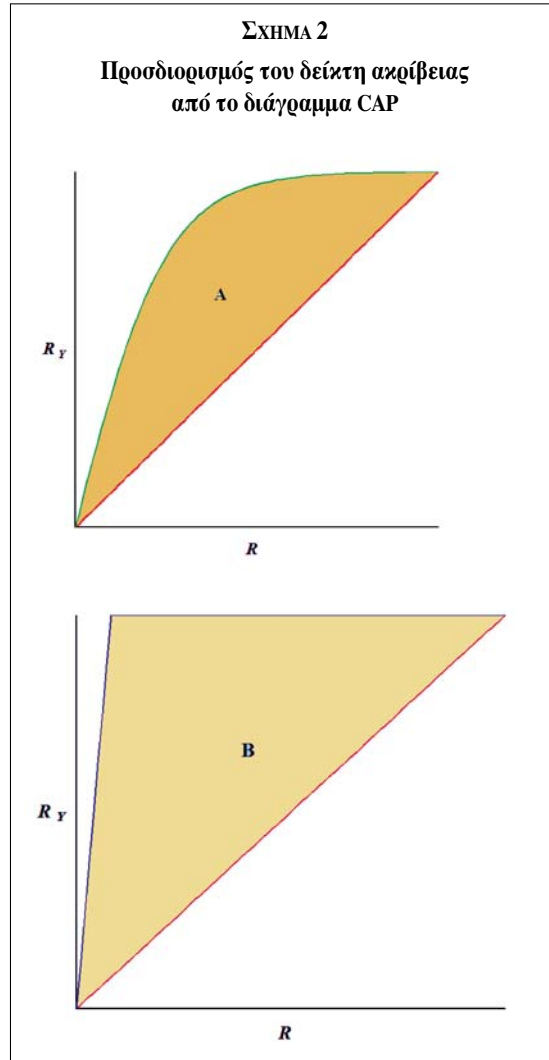
γενική περίπτωση η καμπύλη CAP ενός ικανοποιητικού υποδείγματος βρίσκεται μεταξύ των δύο αυτών περιπτώσεων. Όπως και στην περίπτωση της ανάλυσης ROC, όσο μεγαλύτερο είναι το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη CAP, τόσο καλύτερο θεωρείται ένα υπόδειγμα.

### Κριτήρια αποτελεσματικότητας

Εκτός της γραφικής ανάλυσης που προσφέρουν τα διαγράμματα ROC και CAP, ταυτόχρονα βοηθούν στην ανάπτυξη νέων κριτηρίων αξιολόγησης των υποδειγμάτων πιστωτικού κινδύνου. Ένα από τα πλέον διαδεδομένα κριτήρια είναι ο δείκτης ακρίβειας (accuracy ratio,  $AR$ ), ο οποίος προσδιορίζεται μέσω του διαγράμματος CAP. Ειδικότερα, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 2, ο δείκτης ακρίβειας υπολογίζεται ως  $AR = A / B$ , όπου  $A$  είναι το εμβαδόν της περιοχής μεταξύ της καμπύλης CAP του εξεταζόμενου υποδείγματος και της καμπύλης CAP του μη ικανοποιητικού υποδείγματος, και  $B$  είναι το εμβαδόν της περιοχής μεταξύ της καμπύλης CAP του άριστου υποδείγματος και της καμπύλης CAP του μη ικανοποιητικού υποδείγματος.

Οι τιμές του δείκτη ακρίβειας κυμαίνονται μεταξύ 0% και 100%. Ένα υπόδειγμα με χαμηλό δείκτη ακρίβειας δεν διαθέτει καμία ουσιαστική ικανότητα διάκρισης μεταξύ επιχειρήσεων υψηλού και χαμηλού κινδύνου και τα αποτελέσματα που αποδίδει δεν διαφέρουν σημαντικά από μια τυχαία ταξινόμηση των επιχειρήσεων. Αντίθετα ένα υπόδειγμα με υψηλό δείκτη ακρίβειας διαθέτει υψηλή δυνατότητα διάκρισης μεταξύ επιχειρήσεων υψηλού και χαμηλού κινδύνου και συνεπώς κρίνεται αποτελεσματικό. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι τα μοντέλα της Moody's έχουν δείκτη ακρίβειας περίπου 75%.

Ένα εναλλακτικό κριτήριο για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας υποδειγμάτων πιστωτικού κινδύνου είναι ο δείκτης εντροπίας της υπό συνθήκη πληροφορίας που αποδίδουν τα μοντέλα (conditional information entropy ratio,  $CIER$ ).



Ο δείκτης αυτός βασίζεται στην πληροφορία που παρέχει η βαθμολογία ενός υποδείγματος σχετικά με την κατάσταση των επιχειρήσεων (επίπεδο πιστωτικού κινδύνου). Ο δείκτης  $CIER$  συγκρίνει το επίπεδο αβεβαιότητας  $A_1$ , το οποίο παρατηρείται στις εκτιμήσεις του πιστωτικού κινδύνου των επιχειρήσεων στην περίπτωση που οι εκτιμήσεις αυτές δεν βασίζονται σε κάποιο υπόδειγμα με την αβεβαιότητα  $A_2$ , η οποία απομένει μετά τη χρησιμοποίηση κάποιου υποδείγματος:

Ένα μη ικανοποιητικό υπόδειγμα, το οποίο δεν διαθέτει καμία δυνατότητα σωστής εκτίμησης του πιστωτικού κινδύνου, έχει  $CIER=0\%$ . Το υπόδειγμα αυτό δεν παρέχει καμιά παραπάνω πληροφορία



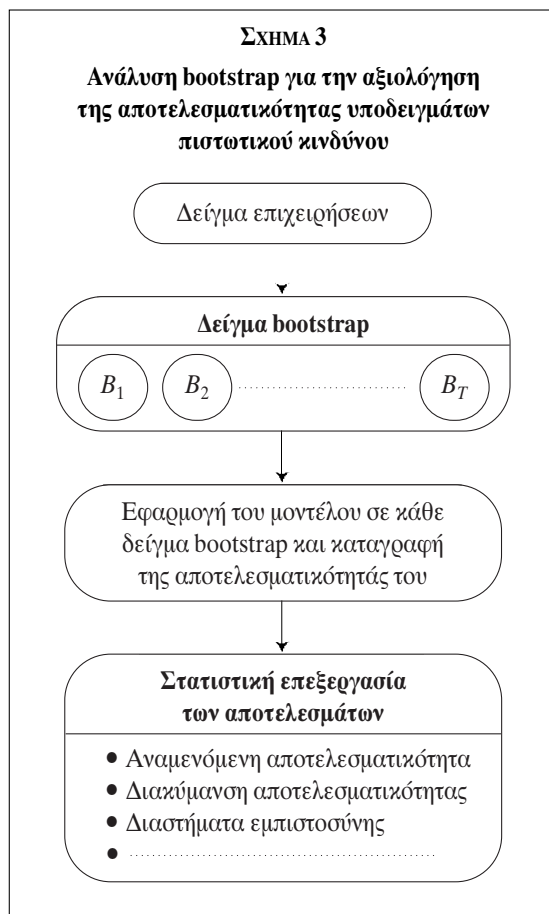
σε σχέση με ό,τι είναι ήδη γνωστό. Αντίθετα ένα άριστο υπόδειγμα έχει  $CIER=100\%$ , γεγονός το οποίο υποδεικνύει ότι το υπόδειγμα συνεισφέρει ουσιαστικά στη λήψη ορθών εκτιμήσεων σχετικά με τον πιστωτικό κίνδυνο των επιχειρήσεων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι ο δείκτης  $CIER$  των υποδειγμάτων της Moody's κυμαίνεται περίπου στο 20%.

### Ανάλυση ευστάθειας

Η πραγματοποίηση όλων των αναλύσεων που αναφέρθηκαν προηγούμενα βασίζεται σε ένα δείγμα επιχειρήσεων, το οποίο περιλαμβάνει επιχειρήσεις υψηλού και χαμηλού κινδύνου. Το δείγμα αυτό αποτελεί τη βάση για τον έλεγχο του εξεταζόμενου υποδείγματος πιστωτικού κινδύνου. Προφανώς κάθε αριθμητικό αποτέλεσμα σχετικό με την αποτελεσματικότητα του υποδείγματος επηρεάζεται από το δείγμα που χρησιμοποιείται και συνεπώς πρέπει να εξεταστεί η ευστάθεια των αποτελεσμάτων των παραπάνω αναλύσεων σε αλλαγές του εξεταζόμενου δείγματος.

Δεδομένου ότι η συλλογή διάφορων δειγμάτων είναι μια δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία, η μελέτη του παραπάνω θέματος μπορεί να βασιστεί στη χρήση τεχνικών επαναληπτικής δειγματοληψίας (resampling techniques), όπως η ανάλυση bootstrap, η λειτουργία της οποίας παρουσιάζεται γραφικά στο σχήμα 3.

Δεδομένου ενός δείγματος  $\Delta$  αποτελούμενου από  $n$  επιχειρήσεις, η ανάλυση bootstrap βασίζεται στην κατασκευή  $T$  τυχαίων δειγμάτων  $B_1, B_2, \dots, B_T$  (δείγματα bootstrap), καθένα από τα οποία έχει τον ίδιο αριθμό παρατηρήσεων  $n$  με το αρχικό δείγμα  $\Delta$  (σε κάθε δείγμα κάποιες από τις επιχειρήσεις εμφανίζονται περισσότερες από μία φορές). Κατά μέσο όρο, κάθε δείγμα bootstrap περιλαμβάνει το 63,2% των επιχειρήσεων του δείγματος  $\Delta$ . Ανάλογα με το αντικείμενο της ανάλυσης, το πλήθος των δειγμάτων bootstrap μπορεί να κυμαίνεται από μερικές δεκάδες, μέχρι και μερικές χιλιάδες. Στην περίπτωση που σκοπός είναι η ανάλυση της ευστάθειας και



της μεταβλητότητας κάποιων αριθμητικών εκτιμήσεων, περίπου 1.000 δείγματα bootstrap θεωρούνται επαρκή. Για κάθε δείγμα bootstrap υπολογίζονται όλα τα απαραίτητα μεγέθη που προσδιορίζουν την επάρκεια του εξεταζόμενου υποδείγματος. Με την ολοκλήρωση των υπολογισμών για όλα τα δείγματα bootstrap πραγματοποιείται κατάλληλη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων (μέσες τιμές, διακυμάνσεις, διαστήματα εμπιστοσύνης κ.ά.), η οποία συμβάλλει στη διαμόρφωση μιας ολοκληρωμένης εικόνας για την αναμενόμενη αποτελεσματικότητα του υποδείγματος που εξετάζεται.

Κατά την ανάλυση bootstrap ιδιαίτερο βάρος πρέπει να δίνεται στη σύνθεση του εξεταζόμενου δείγματος (πλήθος επιχειρήσεων υψηλού και χαμηλού κινδύνου), δεδομένου ότι η σχέση μεταξύ επιχειρήσεων υψηλού και χαμηλού κινδύνου παρουσιάζει αυξομειώσεις στην πορεία του χρόνου ανά-

λογα με τις γενικότερες οικονομικές και επιχειρηματικές συνθήκες, επηρεάζοντας έτσι την αποτελεσματικότητα ενός υποδείγματος εκτίμησης του πιστωτικού κινδύνου.

Ως επιπλέον μέσο ανάλυσης της ευστάθειας του υποδείγματος μπορεί να εξεταστεί η συμπεριφορά και η αποτελεσματικότητά του, όταν στα εξεταζόμενα δεδομένα γίνουν τυχαίες μεταβολές προκαθορισμένου επιπέδου (προσθήκη “θορύβου”). Οπως παρουσιάζεται γραφικά στο σχήμα 4, η αποτελεσματικότητα ενός καλού υποδείγματος εκτίμησης του πιστωτικού κινδύνου θα πρέπει να είναι ευσταθής σε αλλαγές των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του υποδείγματος. Αντίθετα, εάν η αποτελεσματικότητα ενός υποδείγματος μειώνεται ακόμη κι όταν υπάρξουν μικρές αλλαγές στα δεδομένα, τότε το υπόδειγμα αυτό δεν μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητικό.

### Συμπεράσματα

Η ανάπτυξη εργαλείων και μεθοδολογιών για την αξιολόγηση υποδειγμάτων εκτίμησης του πιστωτικού κινδύνου επιχειρήσεων μπορεί να είναι εξίσου σημαντική με την ανάπτυξη των ίδιων των υποδειγμάτων. Η χρησιμοποίηση τέτοιων μεθοδολογιών από τους χρηματοπιστωτικούς οργανισμούς παρέχει τη δυνατότητα ανάλυσης της λειτουργίας των υποδειγμάτων πριν από το στάδιο της πραγματικής τους χρήσης, συμβάλλοντας έτσι στον εντοπισμό ατελειών και πιθανών προβλημάτων. Στη βάση αυτή, τα εργαλεία που παρουσιάστηκαν παραπάνω μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό τμήμα ενός ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης και ελέγχου του πιστωτικού κινδύνου ενός χρηματοπιστωτικού οργανισμού.

