



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ
ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ &
ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ
ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΤΡΑΠΕΖΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

Σαλταγιάννη Μαρία

Επιβλέπων: Καθηγητής Νικόλαος Τζερεμές

Βόλος, Σεπτέμβριος 2023

Υπεύθυνη Δήλωση

Βεβαιώνω ότι είμαι η συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στη διπλωματική εργασία. Επίσης, έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς, είτε παραφρασμένες.

Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στην Εφαρμοσμένη Οικονομική του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Βόλος, Σεπτέμβριος 2023

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία, αποτελεί διπλωματική εργασία, που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Εφαρμοσμένη Οικονομική στη Διοίκηση Επιχειρήσεων και Δημοσίων Οργανισμών» του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών της Σχολής Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Θα ήθελα να υποβάλλω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Νικόλαο Τζερεμέ, ο οποίος μου προσέφερε την πολύτιμη βοήθειά του, την υποστήριξη και την καθοδήγησή του, από αρχή μέχρι την ολοκλήρωση της εργασίας μου, που ήταν απαραίτητη.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον σύζυγό μου, Λευτέρη, τα παιδιά μου Εύη και Κωστή και τους γονείς μου, Κώστα και Ευαγγελή, για την απέραντη υπομονή και τη στήριξη κατά τη διάρκεια, τόσο της εκπόνησης της εργασίας, όσο και καθ' όλης της διάρκειας του μεταπτυχιακού.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	7
Abstract.....	8
Εισαγωγή	9
Κεφάλαιο 1 ^ο : Τραπεζικό σύστημα.....	10
1.1. Το σύγχρονο τραπεζικό σύστημα.....	10
1.2. Τραπεζικό σύστημα και επιδράσεις της τεχνολογίας.....	11
1.3. Έλεγχος στο τραπεζικό σύστημα	13
Κεφάλαιο 2 ^ο : Απόδοση και ανάλυση βασικών εννοιών	16
2.1. Κριτήρια μέτρησης της απόδοσης στον τραπεζικό τομέα	16
2.2. Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα	23
2.3. Ανάλυση της έννοιας της αποδοτικότητας	23
2.4. Τραπεζική απόδοση	27
2.5. Προσεγγίσεις μέτρησης απόδοσης που εφαρμόζονται στα τραπεζικά καταστήματα	30
2.6. Ανάλυση παλινδρόμησης	31
2.7. Μεθοδολογίες οριακής απόδοσης και DEA.....	32
2.8. Αποτελεσματικότητα των τραπεζών και μέτρα αποδοτικότητας.....	33
Κεφάλαιο 3ο: Data Envelopment Analysis (DEA).....	44
3.1. Ανάλυση της μεθόδου DEA	44
3.2. Η DEA και τα βασικά της μοντέλα.....	48
3.3. Το βασικό μοντέλο Charnes-Cooper-Rhodes (CCR)	49
3.4. Μοντέλο DEA Banker-Charnes-Cooper (BCC).....	55
3.5. Σύγκριση μεταξύ Μοντέλου BCC και Μοντέλου CCR.....	57
3.6. Η DEA ως εργαλείο μέτρησης της απόδοσης στον τραπεζικό τομέα	59
3.7. Βασικές μέθοδοι της DEA.....	61
3.8. DEA και μέτρα αποδοτικότητας στα τραπεζικά καταστήματα.....	62
3.9. Επιλογή εισροών και εκροών.....	64
3.10. DEA: πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα	66
Κεφάλαιο 4 ^ο : Μοντέλα DEA ως μέτρηση απόδοσης τραπεζών.....	69
4.1. Διευθυντική Ευέλικτη Αναποτελεσματικότητα	69
4.2. Διευθυντική συνάρτηση απόστασης	72
4.3. Μέτρηση ακτινικής αποδοτικότητας	74
4.4. Μέτρα ευέλικτης τεχνικής αναποτελεσματικότητας.....	76
4.5. Μοντέλο απόδοσης του Tone's	79
4.6. Διευθυντικό μέτρο της αναποτελεσματικότητας κατά Russell.....	81
4.7. Κατευθυντικό δίκτυο SBI.....	86

4.8. Μοντέλο DEA δυναμικού δικτύου (DN).....	92
4.9. Μη ακτινική μέτρηση της αποδοτικότητας DEA	93
4.10. Μοντέλο της ευέλικτης αναποτελεσματικότητας ελάχιστης διευθυντικής απόστασης (mdDS)	97
4.11. Διμεταβατικό μοντέλο DEA.....	99
4.12. Μεθοδολογία DEA δικτύου δύο σταδίων σε τραπεζικό πλαίσιο	101
4.13. Δείκτες παραγωγικότητας.....	109
4.14. Μοντέλα δικτύου NDEA	113
4.15. Μοντέλο DEA δύο σταδίων και αντιμετώπιση καταθέσεων	115
4.16. Προσθετικό διμεταβατικό μοντέλο DEA και αντιμετώπιση ανεπιθύμητων εκροών	118
4.17. Λειτουργική διαδικασία τραπεζών	125
4.18. Μοντέλο συγκριτικής αξιολόγησης δύο βημάτων.....	132
4.19. Μοντέλα ευέλικτης αποτελεσματικότητας και σταθμισμένης ευέλικτης αποτελεσματικότητας	137
4.20. Μοντελοποίηση της ασθενούς απορριπτικότητας.....	141
4.21. Ανάλυση μοντέλου του Kuosmanen.....	145
4.22. Μοντελοποίηση τεχνολογιών των Murty, Russell και Levkoff.....	149
4.23. Μοντέλα πολλαπλών εξισώσεων.....	160
4.24. Τεχνική αποτελεσματικότητα	164
5. Συμπεράσματα	178
Πηγές.....	181

Σχήματα

Σχήμα 1: Γενική ταξινόμηση της αποτελεσματικότητας των τραπεζών.....	27
Σχήμα 2: Σύνορα παραγωγής του μοντέλου CCR.....	53
Σχήμα 3: Σύνορα παραγωγής του μοντέλου BCC.....	57
Σχήμα 4: Τα σύνορα παραγωγής του μοντέλου CCR και του μοντέλου BCC	57
Σχήμα 5: Τα σύνορα παραγωγής του μοντέλου CCR και του μοντέλου BCC.....	59
Σχήμα 6: Διευθυντική συνάρτηση απόστασης.....	73
Σχήμα 7: Δυναμικότητα μεταξύ κέρδους και τεχνολογίας.....	74
Σχήμα 8: Τραπεζική διαμεσολάβηση για DMU.....	87
Σχήμα 9. Διαδικασία παραγωγής τράπεζας δικτύου δύο σταδίων.....	102
Σχήμα 10. Η λειτουργική διαδικασία των κινέζικων τραπεζών.....	127
Σχήμα 11. Διαδικασία δύο σταδίων τραπεζικών εργασιών την περίοδο t	129
Σχήμα 12: Διαγράμματα πυκνοτήτων των εκτιμώμενων αναποτελεσματικών τραπεζών.....	174

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά την βιβλιογραφική ανασκόπηση των κυριότερων μεθόδων μέτρησης απόδοσης του τραπεζικού συστήματος με ιδιαίτερη έμφαση στη μέθοδο Data Envelopment Analysis (DEA). Η εργασία βασίζεται κυρίως σε ξένη βιβλιογραφία και συγκεκριμένα, σε άρθρα δημοσιευμένα σε ξένα περιοδικά. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση ξεκινά με μια γενική παρουσίαση του τραπεζικού συστήματος, την ανάγκη για εξέλιξη, που προήλθε εξαιτίας της εφαρμογής της τεχνολογίας σε αυτό, καθώς και τις επιδράσεις της και την τεχνική αποτελεσματικότητα που αξιολογείται μέσω του ελέγχου του τραπεζικού συστήματος. Στη συνέχεια, γίνεται ανάλυση κάποιων βασικών εννοιών της τραπεζικής απόδοσης, παρουσιάζονται τα κριτήρια μέτρησής της στον τραπεζικό τομέα και αναλύονται οι προσεγγίσεις μέτρησης που εφαρμόζονται σε αυτόν με διάφορες μεθόδους. Παρουσιάζονται τα βασικά μοντέλα της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων και ο τρόπος που χρησιμοποιείται ως εργαλείο μέτρησης απόδοσης. Καταλήγοντας, γίνεται μια πλήρης απεικόνιση των κυριότερων μεθόδων ανάλυσης της τραπεζικής αποδοτικότητας, παρουσιάζοντας αναλυτικά τις μεθόδους, καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε μίας από αυτές.

λέξεις-κλειδιά: απόδοση και αποδοτικότητα τραπεζών, περιβάλλουσα ανάλυση δεδομένων, αποτελεσματικότητα, διευθυντική ευέλικτη αναποτελεσματικότητα, μετρήσεις ακτινικής αποδοτικότητας, αποδοτικότητα εισροών κατά Pareto-Koopmans, μέτρα διευθυντικής ευέλικτης αναποτελεσματικότητας, ευέλικτη τεχνική αναποτελεσματικότητα, διμεταβατικό μοντέλο Nerlovian αναποτελεσματικότητας κόστους, μη εξυπηρετούμενα δάνεια (ΜΕΔ).

Abstract

This paper concerns the bibliographic review of the main performance measurement methods of the banking system with particular emphasis on the Data Envelopment Analysis (DEA) method. The work is mainly based on foreign literature and specifically, on articles published in foreign journals. The literature review begins with a general presentation of the banking system, the need for development, which came about due to the application of technology in it, as well as its effects and the technical efficiency evaluated through the control of the banking system. Then, some basic concepts of banking performance are analyzed, its measurement criteria are presented in the banking sector, and the measurement approaches applied to it with various methods are analyzed. The basic models of Data Envelopment Analysis and how it is used as a performance measurement tool are presented. Finally, a complete illustration of the main methods of analysis of banking efficiency is made, presenting in detail the methods, as well as the advantages and disadvantages of each of them.

keywords: bank performance and efficiency, data envelopment analysis, efficiency, directional slack inefficiency (DSI), radial efficiency measures, Pareto-Koopmans input efficiency, directional slacks-based Measures, slack-based technical inefficiency, two-Stage Nerlovian cost inefficiency (NCI) model, non-performance loans (NPL)

Εισαγωγή

Οι τράπεζες διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στην παγκόσμια οικονομία. Ενθαρρύνουν την ανάπτυξη των επιχειρήσεων και του εμπορίου. Η παρακολούθηση της απόδοσης της παγκόσμιας οικονομίας γενικότερα και ειδικότερα αυτή του τραπεζικού συστήματος είναι θέμα μείζονος σημασίας για τη βιωσιμότητα και την εύρωστη λειτουργία τους. (Meryem Duygun Fethi, Fotios Pasiouras, 2010).

Ως απότοκος του παραπάνω προκύπτει ότι οι πολιτικές υιοθέτησης στόχων αιεφόρου ανάπτυξης χρηματοδότησης του τίθενται -τόσο σε επίπεδο τραπεζών όσο και σε επίπεδο κρατών- βασίζονται κυρίως σε επενδύσεις επιχειρηματικού κλάδου με βαρύτητα σε τομείς που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος και τις εργασιακές συνθήκες.

Η διεύρυνση των δραστηριοτήτων τους και η διαφοροποίηση των προσφερόμενων τραπεζικών προϊόντων γίνονται με διστακτικά βήματα. Η οργάνωση της εργασίας μπορεί να μετατραπεί βαθμιαία με την αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών και των νέων συστημάτων πληροφορικής. Ο τραπεζικός τομέας, καθώς πιέζεται από το οικονομικό περιβάλλον ώστε να αναδιαρθρωθεί, μεταβάλλεται με γοργούς ρυθμούς. Οι μεταβολές αυτές επηρεάζουν σημαντικά τη διαχείριση των ανθρώπινων πόρων. Για την αντιμετώπιση των αναγκών ενός ολοένα και πιο απαιτητικού περιβάλλοντος, η πλειοψηφία των τραπεζών οδηγούνται στην ανάπτυξη νέων συστημάτων πρόσληψης και διαχείρισης προσωπικού.

Η σημαντική αύξηση του ανταγωνισμού και της ζήτησης στον ελληνικό χρηματοπιστωτικό τομέα, πριν ξεσπάσει η παγκόσμια χρηματοπιστωτική κρίση, είχε ως συνέπεια να αρθεί το πλέγμα με τις περιοριστικές κρατικές ρυθμίσεις των χρηματοδοτήσεων, της ελεύθερης κυκλοφορίας των κεφαλαίων, εκείνων που απελευθέρωναν σταδιακά την καταναλωτική πίστη και εκείνων που δέσμευαν υποχρεωτικά τις τράπεζες σε κρατικούς τίτλους.

Κεφάλαιο 1^ο: Τραπεζικό σύστημα

1.1. Το σύγχρονο τραπεζικό σύστημα

Ο τραπεζικός κλάδος σε όλο τον κόσμο έχει μεταμορφωθεί τα τελευταία χρόνια λόγω της πρωτοφανούς ενοποίησης και των διασυννοριακών δραστηριοτήτων. Ωστόσο, η διεθνής ενοποίηση έχει ήταν πολύ λιγότερο από ό,τι αναμενόταν σε ανεπτυγμένες χώρες —όπως τα μακροπρόθεσμα μέλη της ΕΕ— όπου τα εμπόδια εισόδου έχουν μειωθεί σημαντικά. Αντίθετα, οι ξένες τράπεζες έχουν γενικά επιτύχει πολύ μεγαλύτερη διείσδυση στα αναπτυσσόμενα έθνη. (Berger A., 2007).

Τα τραπεζικά συστήματα υπάρχουν εδώ και αιώνες, παρέχοντας έναν ασφαλή και αποτελεσματικό τρόπο αποθήκευσης και πρόσβασης στα χρήματά τους σε άτομα και επιχειρήσεις. Οι τράπεζες παρέχουν μια ποικιλία υπηρεσιών, όπως λογαριασμοί ελέγχου και ταμειευτηρίου, δάνεια και επενδυτικές ευκαιρίες. Προσφέρουν, επίσης, άλλες υπηρεσίες, όπως ηλεκτρονική τραπεζική, χρεωστικές κάρτες και πιστωτικές κάρτες.

Το τραπεζικό σύστημα είναι ένα πολύπλοκο δίκτυο χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων, συμπεριλαμβανομένων εμπορικών τραπεζών, επενδυτικών τραπεζών και κεντρικών τραπεζών. Τα τραπεζικά συστήματα είναι απαραίτητα για τη λειτουργία της οικονομίας. Παρέχουν έναν ασφαλή τρόπο αποθήκευσης και πρόσβασης στα χρήματά τους σε άτομα και επιχειρήσεις (Chu et al., 1998). Οι τράπεζες παρέχουν, επίσης, δάνεια, τα οποία βοηθούν τις επιχειρήσεις και τους ιδιώτες να χρηματοδοτήσουν τις εργασίες και τις επενδύσεις τους. Οι τράπεζες παρέχουν, επίσης, μια ποικιλία άλλων υπηρεσιών, όπως ηλεκτρονική τραπεζική, χρεωστικές κάρτες και πιστωτικές κάρτες.

Τα τραπεζικά συστήματα υπόκεινται, επίσης, σε κανονισμούς, οι οποίοι έχουν σχεδιαστεί για να προστατεύουν τους καταναλωτές και να διασφαλίζουν τη σταθερότητα του τραπεζικού συστήματος. Οι κανονισμοί περιλαμβάνουν κανόνες για τις κεφαλαιακές απαιτήσεις, την ασφάλιση καταθέσεων και την προστασία των καταναλωτών. Οι τράπεζες πρέπει, επίσης, να συμμορφώνονται με τους νόμους κατά της νομιμοποίησης εσόδων από παράνομες δραστηριότητες, οι οποίοι έχουν σχεδιαστεί για να εμποδίζουν τη χρήση των τραπεζών για εγκληματικές δραστηριότητες.

Οι εξελίξεις που προαναφέρθηκαν πιέζουν τους τραπεζικούς οργανισμούς ως προς την αποδοτικότητά τους, αυξάνοντας έτσι τον ανταγωνισμό μεταξύ τους και ωθώντας τους να εφαρμόσουν πιο ριψοκίνδυνες και πολύπλοκες στρατηγικές προκειμένου να

διατηρήσουν την κερδοφορία τους. Ιδιαίτερα στην Ευρώπη, η νομισματική ενοποίηση και η υιοθέτηση του ευρώ ενίσχυσε περισσότερο τον ανταγωνισμό και επιτάχυνε τις διαδικασίες για να σχηματιστεί μια ενιαία αγορά χρηματοπιστωτικών υπηρεσιών. Οι έντονες ανταγωνιστικές συνθήκες αναγκάζουν τους τραπεζικούς οργανισμούς να αναδιαμορφώσουν την επιχειρηματική δομή τους και να επανεξετάσουν τις στρατηγικές τους, ούτως ώστε να μειωθούν τα λειτουργικά κόστη (Dassesse, 2001).

1.2. Τραπεζικό σύστημα και επιδράσεις της τεχνολογίας

Το τραπεζικό σύστημα αποτελεί μέρος της κοινωνίας εδώ και αιώνες, παρέχοντας έναν ασφαλή τρόπο αποθήκευσης και μεταφοράς χρημάτων. Τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογία έχει αλλάξει δραστικά τον τρόπο λειτουργίας και αλληλεπίδρασης των τραπεζών με τους πελάτες. Από την ηλεκτρονική τραπεζική έως τις πληρωμές μέσω κινητού τηλεφώνου, η τεχνολογία έχει φέρει επανάσταση στον τραπεζικό κλάδο και είχε σημαντικό αντίκτυπο στον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι διαχειρίζονται τα οικονομικά τους.

Η πιο σημαντική αλλαγή που έχει φέρει η τεχνολογία στο τραπεζικό σύστημα είναι η εισαγωγή της ηλεκτρονικής τραπεζικής. Η ηλεκτρονική τραπεζική επιτρέπει στους πελάτες να έχουν πρόσβαση στους λογαριασμούς τους από οποιονδήποτε υπολογιστή ή φορητή συσκευή με σύνδεση στο διαδίκτυο. Οι πελάτες μπορούν να ελέγξουν τα υπόλοιπά τους, να μεταφέρουν κεφάλαια και να πληρώσουν λογαριασμούς χωρίς να χρειάζεται ποτέ να επισκεφτούν μια φυσική τράπεζα. Αυτό έχει κάνει τις τραπεζικές εργασίες πιο βολικές και έχει επιτρέψει στους πελάτες να διαχειρίζονται τα οικονομικά τους από οπουδήποτε στον κόσμο. Μια άλλη σημαντική επίδραση της τεχνολογίας στο τραπεζικό σύστημα είναι η εισαγωγή των πληρωμών μέσω κινητού τηλεφώνου. Οι πληρωμές μέσω κινητού επιτρέπουν στους πελάτες να πραγματοποιούν πληρωμές απευθείας από τα τηλέφωνα τους ή άλλες κινητές συσκευές. Αυτό έχει κάνει τις τραπεζικές υπηρεσίες πιο προσιτές και έχει επιτρέψει στους πελάτες να πραγματοποιούν πληρωμές γρήγορα και με ασφάλεια. Οι πληρωμές μέσω κινητού έχουν, επίσης, διευκολύνει τους πελάτες να παρακολουθούν τις δαπάνες τους και να διαχειρίζονται τα οικονομικά τους πιο αποτελεσματικά.

Η τεχνολογία είχε επίσης σημαντικό αντίκτυπο στην ασφάλεια του τραπεζικού συστήματος. Οι τράπεζες χρησιμοποιούν πλέον εξελιγμένη τεχνολογία κρυπτογράφησης για την προστασία των δεδομένων πελατών και των οικονομικών

συναλλαγών. Αυτό έχει κάνει τις τράπεζες πιο ασφαλείς και έχει μειώσει τον κίνδυνο απάτης και κλοπής ταυτότητας.

Συνολικά, η τεχνολογία είχε σημαντικό αντίκτυπο στο τραπεζικό σύστημα. Έχει κάνει τις τραπεζικές συναλλαγές πιο βολικές, ασφαλείς και προσβάσιμες. Η τεχνολογία έχει επιτρέψει στους πελάτες να διαχειρίζονται τα οικονομικά τους πιο αποτελεσματικά και έχει επιτρέψει στις τράπεζες να παρέχουν καλύτερες υπηρεσίες στους πελάτες τους. Η τεχνολογία έχει φέρει επανάσταση στο τραπεζικό σύστημα και έχει διευκολύνει τους ανθρώπους να διαχειρίζονται τα χρήματά τους.

Τις τελευταίες δεκαετίες, το τραπεζικό σύστημα οδηγήθηκε στην ανασυγκρότησή του εξαιτίας των ραγδαίων παγκόσμιων εξελίξεων κοινωνικά, πολιτικά και οικονομικά. Ειδικότερα, η παγκοσμιοποίηση και οι ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις είχαν ως συνέπεια να διεθνοποιηθούν οι οικονομικές συναλλαγές και να μεταβληθεί γενικά το παγκόσμιο τραπεζικό σύστημα, επηρεάζοντας το σύγχρονο χρηματοοικονομικό περιβάλλον και διαταράσσοντας την ευημερία της παγκόσμιας οικονομίας (Μοίρου, 2013). Ένα στοιχείο στενά συνδεδεμένο με την παγκοσμιοποίηση είναι ο ανταγωνισμός στον κόσμο των επιχειρήσεων και της οικονομίας γενικότερα.

Ο έντονος ανταγωνισμός έχει ως συνέπεια να ασκούνται ισχυρές πιέσεις στην κερδοφορία των επιχειρήσεων ενώ συγχρόνως καθίσταται πιο επιτακτική η ανάγκη διαρθρωτικών αλλαγών του ευρύτερου επιχειρηματικού περιβάλλοντος. Η δραστηριοποίηση των επιχειρήσεων στα πλαίσια ενός φιλελεύθερου πολιτικοοικονομικού περιβάλλοντος απαιτεί, μετά την διασφάλιση της διαχρονικής επιβιώσής τους, την κάλυψη της μεγαλύτερης απόστασης για την κοινωνικοοικονομική άνοδο. Η επιβίωση αυτή επιδιώκεται να διασφαλιστεί μέσω συγκεντρωτικών διαδικασιών, εξαγοράζοντας, συγχωνεύοντας, διεθνοποιώντας τις δραστηριότητές τους (Κακουλίδης, 2010). Ως αποτέλεσμα των νέων απαιτήσεων του παγκόσμιου οικονομικού περιβάλλοντος, τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα διεθνοποιούνται με γοργούς ρυθμούς, μέσα από εξαγορές, συγχωνεύσεις ή εμφανίζοντας κοινές επενδυτικές πρωτοβουλίες, ενώ οι διαδικασίες τους γίνονται περισσότερο συγκεντρωτικές.

Σε κάποιες χώρες, οι εθνικές τράπεζες μειώθηκαν σε μεγάλο βαθμό λόγω των προσαρμογών και παράλληλα αυξήθηκαν σημαντικά οι θυγατρικές ή τα καταστήματα ξένων τραπεζών. Όσον αφορά το τραπεζικό σύστημα της Ελλάδας, με κύριο στόχο να επεκτείνει το δίκτυό του στη χώρα, δεν ήταν δυνατή η παρακολούθηση των διαδικασιών διεθνοποίησης με τους ίδιους ρυθμούς. Οι απαιτήσεις της αγοράς και ο ανταγωνισμός

ανάμεσα στα διάφορα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, είχε ως αποτέλεσμα να αναμορφωθούν όλες οι δραστηριότητες του τραπεζικού τομέα και ο τρόπος που προσεγγίζονται οι πελάτες του. Ωστόσο, παρόλο που η λειτουργία των ελληνικών τραπεζών εξορθολογίστηκε, παρέμειναν παραδοσιακές σε μεγάλο βαθμό.

1.3. Έλεγχος στο τραπεζικό σύστημα

Ο έλεγχος του συστήματος μιας τράπεζας είναι ένα σημαντικό μέρος για τη διασφάλιση της ασφάλειας και της ασφάλειας του τραπεζικού συστήματος. Ο σκοπός ενός ελέγχου είναι να εντοπίσει τυχόν αδυναμίες ή ελλείψεις στο σύστημα και να κάνει συστάσεις για βελτίωση. Ο έλεγχος του συστήματος μιας τράπεζας θα πρέπει να περιλαμβάνει εξέταση των εσωτερικών ελέγχων, την ασφάλεια του συστήματος και την ακρίβεια των δεδομένων.

Το πρώτο βήμα σε έναν έλεγχο του συστήματος μιας τράπεζας είναι η αναθεώρηση των εσωτερικών ελέγχων. Αυτό περιλαμβάνει την εξέταση των διαδικασιών και των διαδικασιών που εφαρμόζονται για να διασφαλιστεί ότι το σύστημα είναι ασφαλές και ότι τα δεδομένα είναι ακριβή (Berger et al., 2007). Αυτό περιλαμβάνει την εξέταση των στοιχείων ελέγχου πρόσβασης, των διαδικασιών ελέγχου ταυτότητας και εξουσιοδότησης και των μεθόδων κρυπτογράφησης δεδομένων. Είναι επίσης σημαντικό να αναθεωρηθούν οι διαδικασίες δημιουργίας αντιγράφων ασφαλείας και ανάκτησης του συστήματος, ώστε να διασφαλιστεί ότι το σύστημα μπορεί να αποκατασταθεί σε περίπτωση καταστροφής. (Dwivedi et al., 2022).

Το επόμενο βήμα στον έλεγχο του συστήματος μιας τράπεζας είναι η αναθεώρηση της ασφάλειας του συστήματος. Αυτό περιλαμβάνει την εξέταση των μέτρων φυσικής ασφάλειας, όπως τα τείχη προστασίας, το λογισμικό προστασίας από ιούς και τα συστήματα ανίχνευσης εισβολών.

Το τρίτο βήμα στον έλεγχο του συστήματος μιας τράπεζας είναι η εξέταση της ακρίβειας των δεδομένων. Αυτό περιλαμβάνει την εξέταση της ακρίβειας των συναλλαγών, την ακρίβεια των πληροφοριών των πελατών και την ακρίβεια των οικονομικών καταστάσεων. Είναι επίσης σημαντικό να επανεξεταστεί η ικανότητα του συστήματος να ανιχνεύει και να αποτρέπει την απάτη.

Τέλος, ο έλεγχος θα πρέπει να περιλαμβάνει επισκόπηση της συμμόρφωσης του συστήματος με τους ισχύοντες νόμους και κανονισμούς. Αυτό περιλαμβάνει την εξέταση της ικανότητας του συστήματος να συμμορφώνεται με τον νόμο περί τραπεζικού απορρήτου, τον νόμο περί δίκαιης αναφοράς πιστώσεων και άλλους ισχύοντες νόμους και κανονισμούς.

Ο έλεγχος του συστήματος μιας τράπεζας είναι ένα σημαντικό μέρος για τη διασφάλιση της ασφάλειας και της ασφάλειας του τραπεζικού συστήματος. Ο σκοπός ενός ελέγχου είναι να εντοπίσει τυχόν αδυναμίες ή ελλείψεις στο σύστημα και να κάνει συστάσεις για βελτίωση. Πραγματοποιώντας έλεγχο του συστήματος μιας τράπεζας, οι τράπεζες μπορούν να διασφαλίσουν ότι τα συστήματά τους είναι ασφαλή και ότι τα δεδομένα είναι ακριβή.

Οι Murray και White (1983), αναγνώρισαν τη φύση πολλαπλών προϊόντων των ενδιάμεσων χρηματοοικονομικών ημερολογίων και χρησιμοποίησαν μια συνάρτηση κόστους μεταγραφής για να αξιολογήσουν τις οικονομίες κλίμακας και εμβέλειας των πιστωτικών ενώσεων στον Καναδά. Διαπίστωσαν ότι οι μεγάλες πιστωτικές ενώσεις πολλαπλών προϊόντων είναι πιο αποδοτικές ως προς το κόστος από τις μικρές πιστωτικές ενώσεις ενός προϊόντος. Οι Gilligann et al., (1984) χρησιμοποίησαν επίσης τη συνάρτηση κόστους μεταγραφής για να εξετάσουν τις οικονομίες κλίμακας και εμβέλειας στις τραπεζικές εταιρείες των ΗΠΑ. Βρήκαν οικονομίες εύρους, αλλά όχι οικονομίες κλίμακας μεταξύ των τραπεζών των ΗΠΑ στο δείγμα τους. Οι Hunter et al., (1990) αναλύουν την παραγωγή τραπεζών των ΗΠΑ χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση ενδιάμεσης διαμεσολάβησης και τη συνάρτηση παραγωγής πολλαπλού κόστους, καθώς δεν βρήκαν στοιχεία συμπληρωματικού κόστους, δηλ. καμία συνάρτηση υποπρόσθετου κόστους.

Επιπλέον, υπάρχουν παραλλαγές στη μέτρηση της απόδοσης των τραπεζών. Ο Revell (1980) χρησιμοποιεί το περιθώριο επιτοκίου, ως μέτρο απόδοσης, για τις εμπορικές τράπεζες των ΗΠΑ. Ορίζει το περιθώριο επιτοκίου, ως τη διαφορά μεταξύ εσόδων και εξόδων από τόκους, διαιρούμενο με το σύνολο του ενεργητικού. Οι Arshadi και Lawrence (1987) μετρούν την απόδοση της τράπεζας χρησιμοποιώντας ανάλυση κανονικής συσχέτισης. Οι πολυδιάστατοι δείκτες τους περιλαμβάνουν δείκτες κερδοφορίας, τιμολόγηση τραπεζικών υπηρεσιών και μερίδιο αγοράς δανείων. Ωστόσο, αυτά τα μέτρα ανταγωνιστικότητας των τραπεζών δεν είναι αυτά που αξιολογούνται από τη χρηματοπιστωτική αγορά. Το μέγεθος επηρεάζει την αποτελεσματικότητα των

τραπεζών. Προηγούμενη έρευνα, ειδικά στις Ηνωμένες Πολιτείες, δείχνει ότι οι οικονομίες κλίμακας εμφανίζονται σε μικρές τράπεζες και όχι σε μεγάλες (Short 1979, Miller & Noulas, 1996). Πιο πρόσφατες έρευνες δείχνουν ότι τα επίπεδα μεγέθους για την ύπαρξη οικονομιών κλίμακας είναι υψηλότερα λόγω της οικονομικής ανάπτυξης και της απελευθέρωσης της αγοράς (Miller & Noulas, 1997).

Έχει επίσης αποδειχθεί ότι σε αυτό το νέο ανταγωνιστικό περιβάλλον, οι μεγάλες τράπεζες θα επιβιώσουν. Οι μικρές τράπεζες θα μπορούσαν να επιβιώσουν μόνο εάν εξειδικεύονταν σε μερικές από τις δραστηριότητές τους (Peterson & Rajan, 1995, Hardy & Simigiannis, 1998). Η αποτελεσματικότητα και η τεχνική πρόοδος των γερμανικών συνεταιριστικών τραπεζών εξετάστηκε από τους Lang και Welzel (1996). Όλες οι τράπεζες απολαμβάνουν παραγωγικότητα, η οποία είναι υψηλότερη στις μικρές τράπεζες σύμφωνα με αυτό το δείγμα.

Η τεχνική αποτελεσματικότητα των μεγάλων τραπεζών εξετάστηκε από τους Miller και Noulas (1996). Οι μεγαλύτερες και πιο κερδοφόρες τράπεζες έχουν υψηλότερα επίπεδα τεχνικής αποτελεσματικότητας. Η αποτελεσματικότητα του τραπεζικού συστήματος υπήρξε ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα στο νέο νομισματικό και χρηματοοικονομικό περιβάλλον. Η αποτελεσματικότητα και η ανταγωνιστικότητα των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων δεν μπορούν εύκολα να μετρηθούν, καθώς τα προϊόντα και οι υπηρεσίες τους είναι άυλου χαρακτήρα. Πολλοί ερευνητές έχουν προσπαθήσει να μετρήσουν την παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα του τραπεζικού κλάδου χρησιμοποιώντας εκροές, κόστος, αποδοτικότητα και απόδοση. Ταυτόχρονα, οι μεγαλύτερες τράπεζες είναι πιο πιθανό να λειτουργούν με μειωμένες αποδόσεις της κλίμακας. Η απόδοση των νέων εμπορικών τραπεζών των ΗΠΑ εξετάστηκε από τους DeYoung και Hasan (1998). Η αποδοτικότητα του κέρδους των νέων τραπεζών βελτιώνεται ραγδαία κατά τα πρώτα χρόνια λειτουργίας, αλλά κατά μέσο όρο χρειάζονται περίπου εννέα χρόνια για να φτάσουν τα καθιερωμένα τραπεζικά επίπεδα. Οι μικρές τράπεζες δανείζουν μεγαλύτερο μέρος των περιουσιακών τους στοιχείων σε μικρές επιχειρήσεις από ό,τι οι μεγάλες τράπεζες. Στις ΗΠΑ, οι Jayaratne και Wolken (1999) βρήκαν ότι είναι πιθανό μια μικρή επιχείρηση να έχει πιστωτικό όριο από μια τράπεζα και αυτό δεν μειώνεται μακροπρόθεσμα. Αυτό συμβαίνει όταν υπάρχουν λίγες μικρές τράπεζες στην περιοχή, αν και μπορεί να προκύψουν βραχυπρόθεσμες διακοπές.

Οι Cavallo και Rossi (2001) εξέτασαν εάν είναι πιθανό να προκύψουν βελτιώσεις κόστους στην αποδοτικότητα της παραγωγής των ευρωπαϊκών τραπεζών από τη

συνεχιζόμενη διαδικασία. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι οι συγχωνεύσεις πρέπει να προσανατολίζονται στην αύξηση της τραπεζικής κλίμακας για τις μικρές τράπεζες και στην επέκταση σε νέες σειρές προϊόντων για τις μεγάλες τράπεζες.

Ο Berger (2003) εξέτασε τις πιθανές επιπτώσεις στην αποδοτικότητα μιας ενιαίας αγοράς χρηματοπιστωτικών υπηρεσιών στην Ευρώπη, ο οποίος, ανέφερε, μέσω της έρευνάς του, ότι η δημιουργία μιας ενιαίας αγοράς για τον ευρωπαϊκό κλάδο χρηματοπιστωτικών υπηρεσιών δεν είναι πιθανό να επιφέρει ισχυρά κέρδη αποτελεσματικότητας και ότι τα διασυνοριακά εμπόδια αποτελεσματικότητας ενδέχεται να εμποδίσουν την ενιαία αγορά να γίνει πραγματικότητα.

Κεφάλαιο 2^ο: Απόδοση και ανάλυση βασικών εννοιών

2.1. Κριτήρια μέτρησης της απόδοσης στον τραπεζικό τομέα

Ένας από τους κύριους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ήδη από το 1992 για την ενιαία αγορά ήταν να διευκολύνει την κυκλοφορία των αγορών και των υπηρεσιών μεταξύ των κρατών-μελών προκειμένου να αυξήσει την οικονομική αποδοτικότητα (Casu et al., 2003). Τα κριτήρια μέτρησης της απόδοσης σε ένα τραπεζικό σύστημα χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των λειτουργιών και των υπηρεσιών της τράπεζας. Αυτά τα κριτήρια μπορεί να περιλαμβάνουν την οικονομική απόδοση, την ικανοποίηση των πελατών, τη λειτουργική αποτελεσματικότητα και τη διαχείριση κινδύνου. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητας διαφορετικών πτυχών ενός οργανισμού, συστήματος, διαδικασίας, έργου ή ατόμου. Αυτά τα κριτήρια χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό σημείων αναφοράς και στόχων, την παρακολούθηση της προόδου και τον εντοπισμό τομέων προς βελτίωση.

Μερικά κοινά κριτήρια μέτρησης απόδοσης περιλαμβάνουν:

- Ποιότητα: αναφέρεται στον βαθμό αριστείας ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας όσον αφορά την ικανοποίηση ή την υπέρβαση των προσδοκιών των πελατών.

- Χρόνος: μετρά το χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση μιας εργασίας ή έργου και περιλαμβάνει μετρήσεις όπως ο χρόνος παράδοσης, ο χρόνος κύκλου και ο χρόνος παράδοσης.
- Κόστος: μετρά το ποσό των πόρων, συμπεριλαμβανομένων των χρημάτων, του χρόνου και της εργασίας, που απαιτούνται για την ολοκλήρωση μιας εργασίας ή ενός έργου.
- Παραγωγικότητα: μετρά την αποτελεσματικότητα ενός συστήματος ή μιας διαδικασίας και περιλαμβάνει μετρήσεις όπως η παραγωγή ανά ώρα, τα έσοδα ανά εργαζόμενο και οι μονάδες που παράγονται ανά ημέρα
- Ικανοποίηση πελατών: Αυτό μετρά τον βαθμό ικανοποίησης των πελατών από ένα προϊόν ή μια υπηρεσία και περιλαμβάνει μετρήσεις όπως η διατήρηση πελατών, η αφοσίωση και η καθαρή βαθμολογία προωθητή (NPS).
- Ικανοποίηση εργαζομένων: Αυτό μετρά τον βαθμό ικανοποίησης των εργαζομένων από την εργασία τους και περιλαμβάνει μετρήσεις όπως η δέσμευση των εργαζομένων, το ηθικό και ο κύκλος εργασιών.
- Ασφάλεια: Αυτό μετρά τον βαθμό ασφάλειας των εργαζομένων και των πελατών και περιλαμβάνει μετρήσεις όπως το ποσοστό ατυχημάτων, το ποσοστό τραυματισμών και τα συμβάντα ασφάλειας.
- Περιβαλλοντικός αντίκτυπος: Μετρά τον αντίκτυπο ενός οργανισμού στο περιβάλλον και περιλαμβάνει μετρήσεις όπως το αποτύπωμα άνθρακα, τη δημιουργία αποβλήτων και τη χρήση νερού.
- Καινοτομία: Μετρά την ικανότητα ενός οργανισμού να καινοτομεί και να αναπτύσσει νέα προϊόντα, υπηρεσίες ή διαδικασίες και περιλαμβάνει μετρήσεις όπως κατοχυρωμένα διπλώματα ευρεσιτεχνίας, επενδύσεις E&A και χρόνο κύκλου ανάπτυξης νέων προϊόντων.
- Οικονομική απόδοση: Αυτό μετρά την οικονομική υγεία και την κερδοφορία ενός οργανισμού και περιλαμβάνει μετρήσεις όπως η αύξηση των εσόδων, το περιθώριο κέρδους και η απόδοση επένδυσης (ROI).

Αυτά τα κριτήρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορους συνδυασμούς, ανάλογα με τους συγκεκριμένους στόχους και στόχους του οργανισμού ή του έργου που αξιολογείται (Kaffash et al., 2017).

Η οικονομική απόδοση είναι βασικός δείκτης της επιτυχίας μιας τράπεζας. Αυτό περιλαμβάνει μέτρα, όπως η απόδοση των περιουσιακών στοιχείων, η απόδοση των

ιδίων κεφαλαίων και το καθαρό περιθώριο επιτοκίου. Αυτές οι μετρήσεις βοηθούν στον προσδιορισμό της κερδοφορίας της τράπεζας και της ικανότητάς της να παράγει αποδόσεις για τους μετόχους της.

Η ικανοποίηση των πελατών είναι ένα σημαντικό κριτήριο μέτρησης της απόδοσης. Οι τράπεζες θα πρέπει να προσπαθούν να παρέχουν υψηλό επίπεδο εξυπηρέτησης και ικανοποίησης πελατών. Αυτό μπορεί να μετρηθεί μέσω ερευνών, σχολίων πελατών και καταγγελιών πελατών. Οι τράπεζες θα πρέπει επίσης να παρακολουθούν τα ποσοστά διατήρησης πελατών και την αφοσίωση των πελατών.

Η λειτουργική απόδοση είναι ένα άλλο σημαντικό κριτήριο μέτρησης της απόδοσης. Οι τράπεζες θα πρέπει να προσπαθήσουν να μειώσουν το κόστος και να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα προκειμένου να μεγιστοποιήσουν τα κέρδη. Αυτό μπορεί να μετρηθεί μέσω μέτρων όπως ο λόγος κόστους προς έσοδα, τα λειτουργικά έξοδα και ο λόγος λειτουργικής αποτελεσματικότητας.

Η διαχείριση κινδύνου αποτελεί βασικό κριτήριο μέτρησης της απόδοσης. Οι τράπεζες θα πρέπει να προσπαθούν να διαχειρίζονται αποτελεσματικά τον κίνδυνο προκειμένου να προστατεύουν τα περιουσιακά τους στοιχεία και να διασφαλίζουν την ασφάλεια των καταθέσεων των πελατών τους. Αυτό μπορεί να μετρηθεί μέσω μέτρων όπως ο δείκτης κεφαλαιακής επάρκειας, ο δείκτης ρευστότητας και η διαχείριση πιστωτικού κινδύνου.

Τα κριτήρια μέτρησης της απόδοσης σε ένα τραπεζικό σύστημα είναι σημαντικά για διάφορους λόγους.

Πρώτον, παρέχουν έναν τρόπο μέτρησης της απόδοσης της τράπεζας, ο οποίος μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό περιοχών προς βελτίωση και στον εντοπισμό πιθανών προβλημάτων.

Δεύτερον, τα κριτήρια απόδοσης μπορούν να βοηθήσουν να διασφαλιστεί ότι η τράπεζα εκπληρώνει τους στόχους και τους στόχους της.

Τρίτον, τα κριτήρια απόδοσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύγκριση της απόδοσης διαφορετικών τραπεζών, επιτρέποντας καλύτερη λήψη αποφάσεων και ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

Τέλος, μπορούν να βοηθήσουν να διασφαλιστεί ότι η τράπεζα πληροί τις κανονιστικές απαιτήσεις και παρέχει ένα ασφαλές περιβάλλον για τους πελάτες. Συνολικά, τα κριτήρια μέτρησης της απόδοσης σε ένα τραπεζικό σύστημα είναι

σημαντικά για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των λειτουργιών και των υπηρεσιών της τράπεζας. Αυτά τα κριτήρια βοηθούν να διασφαλιστεί ότι η τράπεζα είναι σε θέση να παράγει αποδόσεις για τους μετόχους της, να παρέχει υψηλό επίπεδο εξυπηρέτησης και ικανοποίησης πελατών, να μειώνει το κόστος και να βελτιώνει την αποτελεσματικότητα και να διαχειρίζεται αποτελεσματικά τον κίνδυνο.

Μερικές ενδιαφέρουσες απόψεις εκφράζει ο Eccles Robert μέσα ένα άρθρο του που δημοσίευσε το 1991. Στο άρθρο αυτό, το μανιφέστο της μέτρησης απόδοσης, αναφέρεται στο γεγονός ότι κάθε εταιρεία θα πρέπει να επανασχεδιάσει τον τρόπο με τον οποίο μετρά την επιχειρηματική της απόδοση.

Στο ευρύ φάσμα βιομηχανιών, συμπεριλαμβανομένων και των τραπεζών, ανώτερα στελέχη επανεξετάζουν πώς να μετρήσουν την απόδοση των επιχειρήσεών τους. Αναγνώρισαν ότι οι νέες στρατηγικές και οι ανταγωνιστικές πραγματικότητες απαιτούν νέα συστήματα μέτρησης και έχει γίνει αντιληπτό ότι πρέπει να ασχοληθούν βαθιά με τον καθορισμό και την ανάπτυξη αυτών των συστημάτων για τις εταιρείες τους.

Στο επίκεντρο αυτής της επανάστασης βρίσκεται μια ριζοσπαστική απόφαση: η μετάβαση από τη μεταχείριση των οικονομικών μεγεθών ως θεμέλιο για τη μέτρηση της απόδοσης στην αντιμετώπισή τους ως ένα από ένα ευρύτερο σύνολο μέτρων. Κάπως έτσι, δεν ακούγεται επαναστατικό. Πολλοί διευθυντές μπορούν ειλικρινά να ισχυριστούν ότι αυτοί - και οι εταιρείες τους - παρακολουθούν την ποιότητα, το μερίδιο αγοράς και άλλα μη χρηματοοικονομικά μέτρα για χρόνια.

Η ώθηση ήταν η συνειδητοποίησή τους ότι το υπάρχον σύστημα της εταιρείας, το οποίο ήταν σε μεγάλο βαθμό οικονομικό, υποβάθμιζε τη στρατηγική της, η οποία επικεντρωνόταν στην εξυπηρέτηση των πελατών. Σε νέες κατευθυντήριες οδηγίες, τα κέρδη ανά μετοχή έπεσαν στην τελευταία θέση, πριν από την ικανοποίηση των πελατών, τις ταμειακές ροές, την αποτελεσματικότητα της παραγωγής και την καινοτομία (με αυτή τη σειρά). Στις προηγούμενες οδηγίες, τα κέρδη ανά μετοχή ήταν πρώτα και σχεδόν μόνα τους.

Η δυσανεμία με τη χρήση οικονομικών μέτρων για την αξιολόγηση της επιχειρηματικής απόδοσης δεν είναι κάτι νέο. Μια σημαντική διαφορά είναι η ένταση και η φύση της κριτικής που απευθύνεται στα παραδοσιακά λογιστικά συστήματα. Τα τελευταία χρόνια, ακαδημαϊκοί και επαγγελματίες άρχισαν να αποδεικνύουν ότι τα μέτρα απόδοσης που βασίζονται σε δεδομένη βάση είναι στην καλύτερη περίπτωση, παρωχημένα — και πιο συχνά, επιβλαβή.

Η ποικιλομορφία σε προϊόντα, αγορές και επιχειρηματικές μονάδες ασκεί μεγάλη πίεση στους κανόνες και τις θεωρίες που αναπτύχθηκαν για μικρότερους, λιγότερο σύνθετους οργανισμούς. Το πιο επικίνδυνο είναι ότι οι αριθμοί που δημιουργούν αυτά τα συστήματα συχνά αποτυγχάνουν να υποστηρίξουν τις επενδύσεις σε νέες τεχνολογίες και αγορές που είναι απαραίτητες για επιτυχημένες επιδόσεις στις παγκόσμιες αγορές.

Μια τέτοια κριτική ενισχύει την ανησυχία για τις καταστροφικές επιπτώσεις της βραχυπρόθεσμης σκέψης στην ανταγωνιστικότητα των εταιρειών. Οι απόψεις για τα αίτια αυτής της νοοτροπίας δίστανται. Κάποιοι κατηγορούν την επενδυτική κοινότητα, η οποία πιέζει αμείλικτα για την αύξηση των τριμηνιαίων κερδών.

Για το λόγο αυτό, πολλοί διευθυντές, αναλυτές και χρηματοοικονομικοί οικονομολόγοι έχουν αρχίσει να επικεντρώνονται στις ταμειακές ροές, με την πεποίθηση ότι αντικατοπτρίζουν την οικονομική κατάσταση μιας εταιρείας με μεγαλύτερη ακρίβεια από τα αναφερόμενα κέρδη της.

Τέλος, πολλοί διευθυντές ανησυχούν ότι τα οικονομικά μεγέθη που βασίζονται στο εισόδημα είναι καλύτερα στη μέτρηση των συνεπειών των χθεσινών αποφάσεων παρά στην ένδειξη της απόδοσης του αύριο. Τα γεγονότα της περασμένης δεκαετίας τεκμηριώνουν αυτή την ανησυχία. Κατά τη δεκαετία του 1980, πολλά στελέχη είδαν τα ισχυρά οικονομικά στοιχεία των εταιρειών τους να επιδεινώνονται λόγω της απαρατήρητης μείωσης της ποιότητας ή της ικανοποίησης των πελατών ή επειδή οι παγκόσμιοι ανταγωνιστές κατέλαβαν το μερίδιο αγοράς τους. Ακόμη και οι διευθυντές που δεν έχουν πληγεί αισθάνονται την ανάγκη για προληπτική δράση. Ανώτερα στελέχη στις μεγάλες τράπεζες με κέντρο χρήματος, για παράδειγμα, αισθάνονταν όλο και πιο ανήσυχα για το ευρωπαϊκό κομμάτι της επιχείρησής τους, παρά τα ισχυρά οικονομικά τους στοιχεία. Για να αντιμετωπίσουν αυτή την ανησυχία, έχουν ορίσει πολλά νέα μέτρα (συμπεριλαμβανομένης της ικανοποίησης των πελατών, των αντιλήψεων των πελατών για το ανάστημα και τον επαγγελματισμό της τράπεζας και το μερίδιο αγοράς) που θα χρησιμεύσουν ως κορυφαίοι δείκτες της απόδοσης της επιχείρησης.

Κατά τη δεκαετία του 1980, πολλοί μάνατζερ βρήκαν μια τέτοια εναλλακτική στο κίνημα της ποιότητας. Κορυφαίοι κατασκευαστές και πάροχοι υπηρεσιών έχουν φτάσει να βλέπουν την ποιότητα ως στρατηγικό όπλο στις ανταγωνιστικές τους μάχες. Καθώς ο ανταγωνισμός συνεχίζει να σκληραίνει, οι στρατηγικές που εστιάζουν στην ποιότητα θα εξελιχθούν φυσικά σε στρατηγικές που βασίζονται στην εξυπηρέτηση πελατών. Πράγματι, αυτό συμβαίνει ήδη σε πολλές κορυφαίες εταιρείες. Ως αποτέλεσμα, έχουν δεσμεύσει σημαντικούς πόρους για την ανάπτυξη μέτρων όπως ποσοστά ελαττωμάτων,

χρόνος απόκρισης, δεσμεύσεις παράδοσης και άλλα παρόμοια για την αξιολόγηση της απόδοσης των προϊόντων, των υπηρεσιών και των λειτουργιών τους.

Εκτός από την πίεση από παγκόσμιους ανταγωνιστές, μια σημαντική ώθηση για αυτές τις προσπάθειες ήταν η ανάπτυξη του Κινήματος Ολικής Ποιότητας και των σχετικών προγραμμάτων, όπως το Εθνικό Βραβείο Ποιότητας, Malcolm Baldrige. Προτού μια εταιρεία υποβάλει αίτηση για ένα βραβείο Baldrige, πρέπει να επινοήσει κριτήρια για να μετρήσει την απόδοση ολόκληρης της λειτουργίας της —όχι μόνο των προϊόντων της— με ελάχιστη λεπτομέρεια. Μια άλλη ώθηση, που δυναμώνει μέρα με τη μέρα, προέρχεται από μεγάλους κατασκευαστές που είναι όλο και πιο πιθανό να επιβάλλουν αυστηρές απαιτήσεις ποιότητας στους προμηθευτές τους. Όποιο και αν είναι το ερέθισμα, το αποτέλεσμα είναι το ίδιο: τα μέτρα ποιότητας αντιπροσωπεύουν το πιο θετικό βήμα που έχει γίνει μέχρι σήμερα για τη διεύρυνση της βάσης της μέτρησης της επιχειρηματικής απόδοσης.

Ένα άλλο βήμα προς την ίδια κατεύθυνση προέρχεται από τις πρώιμες προσπάθειες για τη δημιουργία μέτρων ικανοποίησης των πελατών. Ότι ήταν η ποιότητα για τη δεκαετία του 1980, η ικανοποίηση των πελατών θα είναι για τη δεκαετία του 1990. Σε κάθε περίπτωση, το ενδιαφέρον της διοίκησης για την ανάπτυξη νέων μέτρων απόδοσης πυροδοτήθηκε από στρατηγικές που έδιναν έμφαση στην εξυπηρέτηση πελατών.

Καθώς ο ανταγωνισμός συνεχίζει να σκληραίνει, οι στρατηγικές που εστιάζουν στην ποιότητα θα εξελιχθούν φυσικά σε στρατηγικές που βασίζονται στην εξυπηρέτηση πελατών. Πράγματι, αυτό συμβαίνει ήδη σε πολλές κορυφαίες εταιρείες. Ως αποτέλεσμα, έχουν δεσμεύσει σημαντικούς πόρους για την ανάπτυξη μέτρων όπως ποσοστά ελαττωμάτων, χρόνος απόκρισης, δεσμεύσεις παράδοσης και άλλα παρόμοια για την αξιολόγηση της απόδοσης των προϊόντων, των υπηρεσιών και των λειτουργιών τους.

Η προσοχή στην ικανοποίηση των πελατών, η οποία μετρά την ποιότητα της εξυπηρέτησης πελατών, είναι ένα λογικό επόμενο βήμα στην ανάπτυξη μέτρων ποιότητας. Οι εταιρείες θα συνεχίσουν να μετρούν την ποιότητα με βάση δείκτες που δημιουργούνται εσωτερικά (όπως τα ποσοστά ελαττωμάτων) που υποτίθεται ότι σχετίζονται με την ικανοποίηση των πελατών. Αλλά θα αρχίσουν επίσης να αξιολογούν την απόδοσή τους συλλέγοντας δεδομένα απευθείας από πελάτες για πιο άμεσες μετρήσεις όπως τα ποσοστά διατήρησης πελατών, το μερίδιο αγοράς και η αντιληπτή αξία αγαθών και υπηρεσιών.

Ακριβώς όπως οι μετρήσεις που σχετίζονται με την ποιότητα έχουν κάνει την επανάσταση της μέτρησης απόδοσης πιο πραγματική, έτσι και η ανάπτυξη της ανταγωνιστικής συγκριτικής αξιολόγησης. Πρώτον, η συγκριτική αξιολόγηση δίνει στους διευθυντές μια μεθοδολογία που μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε μέτρο, οικονομικό ή μη, αλλά δίνει έμφαση σε μη χρηματοοικονομικές μετρήσεις. Δεύτερον, έχει μια μεταμορφωτική επίδραση στη νοοτροπία και τις προοπτικές των διευθυντικών στελεχών.

Η συγκριτική αξιολόγηση περιλαμβάνει τον εντοπισμό ανταγωνιστών ή/και εταιρειών σε άλλους κλάδους που αποτελούν παράδειγμα της βέλτιστης πρακτικής σε κάποια δραστηριότητα, λειτουργία ή διαδικασία και στη συνέχεια σύγκριση της απόδοσης του ατόμου με δικό τους. Αυτή η εξωτερικά προσανατολισμένη προσέγγιση κάνει τους ανθρώπους να γνωρίζουν βελτιώσεις που είναι τάξεις μεγέθους πέρα από αυτό που θα πίστευαν ότι είναι δυνατό.

Αντίθετα, εσωτερικά κριτήρια που μετρούν την τρέχουσα απόδοση σε σχέση με τα αποτελέσματα της προηγούμενης περιόδου, τον τρέχοντα προϋπολογισμό ή τα αποτελέσματα άλλων μονάδων εντός της εταιρείας σπάνια έχουν τόσο εντυπωσιακό αποτέλεσμα. Επιπλέον, αυτές οι εσωτερικά εστιασμένες συγκρίσεις έχουν το μειονέκτημα ότι γεννούν εφησυχασμό μέσω μιας ψευδούς αίσθησης ασφάλειας και διεγείρουν περισσότερη ενέργεια για ενδοσχολική αντιπαλότητα παρά για ανταγωνισμό στην αγορά.

Τέλος, η τεχνολογία της πληροφορίας έχει διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στο να καταστεί δυνατή μια επανάσταση στη μέτρηση της απόδοσης. Χάρη στις δραματικά βελτιωμένες αναλογίες τιμής - απόδοσης στο υλικό και στις πρωτοβουλίες στο λογισμικό και την τεχνολογία βάσεων δεδομένων, οι οργανισμοί μπορούν να δημιουργήσουν, να διαδώσουν, να αναλύσουν και να αποθηκεύσουν περισσότερες πληροφορίες από περισσότερες πηγές, για περισσότερους ανθρώπους, πιο γρήγορα και φθηνά από ό,τι θα μπορούσε να φανταστεί κανείς ακόμη και λίγοι χρόνια πίσω. Οι δυνατότητες των νέων τεχνολογιών, όπως οι φορητοί υπολογιστές για τους υπαλλήλους στον τομέα και τα συστήματα πληροφοριών στελεχών για τα ανώτερα στελέχη, μόλις αρχίζει να διερευνάται. Συνολικά, το εύρος των επιλογών μέτρησης που είναι οικονομικά εφικτές, έχει αυξηθεί ριζικά.

2.2. Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα

Η αξιολόγηση της αποδοτικότητας μειονεκτεί ως προς τη διαδικασία της, κατά την οποία προκύπτουν ορισμένα σφάλματα μειώνοντας την αξιοπιστία της. Συγκεκριμένα, τα σφάλματα αυτά είναι δύο κατηγοριών (Κατσανέβας, 2007):

α) σφάλματα μεταβλητών

Τα σφάλματα μεταβλητών ή σφάλματα μέτρησης (Variable Errors) προκαλούνται όταν διαφωνούν δύο εκτιμητές για κάποιο ζήτημα ή όταν δύο εκτιμήσεις του ίδιου θέματος και του ίδιου εκτιμητή αλλά διαφορετικής χρονικής στιγμής, δε συμφωνούν. Ως συνέπεια, δημιουργούν αποκλίσεις στις μετρήσεις.

β) σταθερά σφάλματα

Τα σταθερά (συστηματικά) σφάλματα (Constant Errors), προκαλούνται όταν υπάρχουν συστηματικά αποκλίσεις των μετρήσεων από την πραγματική τους αξία. Αυτό μπορεί να συμβεί, όταν κατά την αξιολόγηση, παρατηρούνται ομοιότητες λόγω της συνηθείας βαθμολόγησης των χαρακτηριστικών του ίδιου εργαζομένου με τον ίδιο βαθμό ή όταν πολλοί εργαζόμενοι μαζί βαθμολογούνται ομοιόμορφα, είτε υψηλά είτε χαμηλά. Επιπλέον, άλλοι λόγοι που μπορεί να μειώσουν την αξιοπιστία της αξιολόγησης της αποδοτικότητας είναι η οικειότητα, καθώς κάποιοι εργαζόμενοι μπορεί να αξιολογηθούν πιο ευνοϊκά. Ακόμη, μπορεί να προκύψει λανθασμένη αξιολόγηση λόγω παραπληροφόρησης, εάν δηλαδή η πληροφόρηση του αξιολογητή, είναι ελλιπής ή λανθασμένη.

2.3. Ανάλυση της έννοιας της αποδοτικότητας

Η αποτελεσματικότητα των τραπεζών μετριέται μέσω της ικανότητας της μεμονωμένης τράπεζας να μεγιστοποιεί την παραγωγή δεδομένου ενός συγκεκριμένου επιπέδου εισροών. Με τη μέτρηση της αποτελεσματικότητάς του, μπορεί να χρησιμεύσει ως έγκαιρη προειδοποίηση ή σημείο αναφοράς για την απόδοσή του και μπορεί να καθορίσει μελλοντική βελτίωση σε διάφορους τομείς, όπως διοικητικούς, τεχνολογικούς ή κοινωνικοοικονομικούς. Η μέθοδος DEA αποτελείται από δύο βασικά μοντέλα που είναι το μοντέλο DEA Charnes - Cooper - Rhodes με παραδοχή σταθερής απόδοσης στην κλίμακα και το μοντέλο DEA Banker - Charnes - Cooper με παραδοχή μεταβλητής απόδοσης σε κλίμακα (Othman et al., 2016).

Στον τραπεζικό κλάδο, η DEA χρησιμοποιεί δύο προσεγγίσεις: προσέγγιση παραγωγής και προσέγγιση διαμεσολάβησης. Η πρώτη υπογραμμίζει τις τράπεζες ως παροχή υπηρεσιών με τη μορφή συναλλαγών και η δεύτερη υποθέτει ότι οι τράπεζες διαμεσολαβούν τα κεφάλαια μεταξύ πλεονασματικών μονάδων σε μονάδα ελλείμματος. Η μελέτη της αποτελεσματικότητας σε τράπεζες με παρόμοια οικονομική και πολιτική κατάσταση είναι σημαντική καθώς οι τράπεζες λειτουργούν παράλληλα.

Η βάση της παραγωγικότητας στον κλάδο των υπηρεσιών, ειδικά στον τραπεζικό τομέα, γενικά μετριέται με βάση δύο βασικές έννοιες, δηλαδή την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα (Sherman και Zhu, 2006).

Η αποτελεσματικότητα αναφέρεται στην ικανότητα της τράπεζας να θέτει και να επιτυγχάνει τους στόχους και τους στόχους της, ενώ η αποδοτικότητα αναφέρεται στην ικανότητα της τράπεζας να παράγει προϊόν με ελάχιστους πόρους ή εισροές, ή συνήθως ορίζεται ως η αναλογία των εκροών προς τις εισροές (Sherman και Zhu, 2006, Chen et al., 2008).

Έτσι, πολλές μελέτες χρησιμοποιούν τους όρους παραγωγικότητα και αποδοτικότητα εναλλακτικά. Η αποτελεσματικότητα των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων έχει μελετηθεί ευρέως και εκτενώς τις τελευταίες δεκαετίες. Για τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, η αποτελεσματικότητα συνεπάγεται βελτιωμένη κερδοφορία, μεγαλύτερο ποσό κεφαλαίων που διοχετεύονται, καλύτερες τιμές και ποιότητα υπηρεσιών για τους καταναλωτές και μεγαλύτερη ασφάλεια από την άποψη του βελτιωμένου κεφαλαιακού αποθέματος στην απορρόφηση του κινδύνου (Berger et al., 1993). Αν και οι τράπεζες επικεντρώνονται κυρίως στην εξεύρεση τρόπων δημιουργίας νέων κεφαλαίων και δανεισμού κεφαλαίων με υψηλότερο επιτόκιο, έχουν αναπτύξει ανησυχίες για τη διαχείριση της λειτουργικής τους παραγωγικότητας προκειμένου να εξασφαλίσουν υψηλότερη κερδοφορία και να προσελκύουν συνεχώς περισσότερους επενδυτές (Sherman και Zhu, 2006).

Βασικά, η αποδοτικότητα μπορεί να οριστεί ως ο λόγος της παραγωγής προς την είσοδο και περισσότερη έξοδος ανά μονάδα εισόδου υποδηλώνει μεγαλύτερη απόδοση ενώ η μέγιστη απόδοση ανά μονάδα εισόδου αντικατοπτρίζει τη βέλτιστη απόδοση (Cooper et al., 2006, Sherman και Zhu, 2006). Η μέτρηση της αποδοτικότητας καθορίζει πώς η επιχείρηση μπορεί να μεγιστοποιήσει την παραγωγή και το κέρδος της και ταυτόχρονα να ελαχιστοποιήσει το κόστος της (Mokhtar et al., 2008).

Επίσης, η σχέση που ορίζει την αποδοτικότητα κατά Charnes, Cooper, & Rhodes είναι η εξής:

Η αποδοτικότητα για κάθε DMU υπολογίζεται από το λόγο του αθροίσματος των εξόδων (επί το βάρος που έχει αντιστοιχισθεί σε καθεμιά), διαιρούμενο από το άθροισμα των εισόδων (επί το βάρος που έχει αντιστοιχισθεί σε καθεμιά) (Charnes, Cooper, & Rhodes, 1978).

$$\frac{\sum_{r=1}^S U_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m N_i X_{ij}} \quad \text{μοντέλο (1)}$$

όπου:

i είναι η υποσημείωση των εισόδων ($i = 1, 2, \dots, m$)

j είναι η υποσημείωση των μονάδων λήψης απόφασης ($j = 1, 2, \dots, n$)

r είναι η υποσημείωση των εξόδων ($r = 1, 2, \dots, s$)

X_{ij} είναι η i είσοδος της j μονάδας λήψης απόφασης

Y_{ij} είναι η r έξοδος της j μονάδας λήψης απόφασης

s είναι ο αριθμός των εξόδων

m είναι ο αριθμός των εισόδων

n ο αριθμός των μονάδων λήψης απόφασης.

Αν μεγιστοποιήσουμε το μοντέλο (1) που ορίζει την αποδοτικότητα, προκύπτει η σχετική αποδοτικότητα μιας συγκεκριμένης μονάδας λήψης απόφασης (στο εξής θα την ονομάζουμε DMU_0). Αυτό γίνεται υπό τον περιορισμό ότι ο λόγος αποδοτικότητας είναι μικρότερος ή ίσος με ένα (σε κάθε DMU_0). Έτσι έχουμε $s+m$ μεταβλητές και περιορισμούς όσες και οι μονάδες (n).

Τότε ο μαθηματικός τύπος της μεθόδου για την εκτίμηση της αποδοτικότητας της DMU_0 ορίζεται ως εξής (Charnes, Cooper, & Rhodes, 1978):

$$\max \frac{\sum_{r=1}^S U_r Y_{r0}}{\sum_{i=1}^m N_i X_{i0}} \quad \text{μοντέλο (2)}$$

υπό τους περιορισμούς:

όπου:

i είναι η υποσημείωση των εισόδων ($i = 1, 2, \dots, m$)

j είναι η υποσημείωση των μονάδων λήψης απόφασης ($j = 1, 2, \dots, n$)

r είναι η υποσημείωση των εξόδων ($r = 1, 2, \dots, s$)

o είναι η υπό εξέταση μονάδα

X_{ij} είναι η i είσοδος της j μονάδας λήψης απόφασης

Y_{ij} είναι η r έξοδος της j μονάδας λήψης απόφασης
 s είναι ο αριθμός των εξόδων
 m είναι ο αριθμός των εισόδων
 n ο αριθμός των μονάδων λήψης απόφασης.

Το σύνολο των τιμών που θα πάρουν τα βάρη U_i, N_i είναι η λύση που μεγιστοποιεί το λόγο της αποδοτικότητας της μονάδας που μελετάται χωρίς να ξεπερνάει το 1.

Η μονάδα κρίνεται αποδοτική όταν παίρνει τιμή 1 και μη αποδοτική όταν παίρνει τιμή μικρότερη του 1. Αν μια μονάδα χαρακτηριστεί ως μη αποδοτική, τότε δεν υπάρχει κανένας συνδυασμός τιμών για τα βάρη που να ικανοποιεί τις συνθήκες αποδοτικότητας.

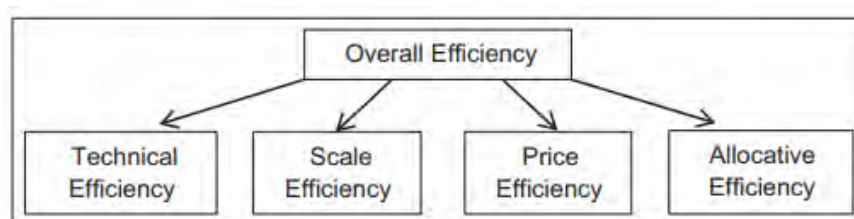
Η σημασία της μέτρησης της αποδοτικότητας επιτρέπει στους διευθυντές να αξιολογούν την απόδοση της τράπεζας και να ορίζουν τομείς αναποτελεσματικότητας για μελλοντικές βελτιώσεις (Mostafa, 2007). Οι τομείς της αναποτελεσματικότητας δεν περιορίζονται μόνο στο αποτέλεσμα της κακής απόδοσης της διοίκησης, αντίθετα μπορεί να οφείλονται σε διαχειριστικές, τεχνολογικές και κοινωνικοοικονομικές (Sherman και Zhu, 2006).

Ταξινομήσεις αποδοτικότητας

Σύμφωνα με τους Sherman και Zhu (2006), η συνολική παραγωγικότητα μιας τράπεζας εξαρτάται, όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 1, από τέσσερις συνιστώσες της ταξινόμησης της αποδοτικότητας:

- τεχνική αποτελεσματικότητα: επίσης, γνωστή ως παγκόσμια αποτελεσματικότητα μετρά την ικανότητα των τραπεζών να παράγουν πραγματικές εκροές με λιγότερες εισροές ή λιγότερους πόρους που χρησιμοποιούνται υποδηλώνουν υψηλότερη απόδοση.
- αποδοτικότητα κλίμακας: αναφέρεται στο βέλτιστο επίπεδο όγκου δραστηριότητας όπου μπορεί να προκύψει αναποτελεσματικότητα εάν τα αγαθά ή οι υπηρεσίες παράγονται πάνω ή κάτω από το βέλτιστο επίπεδο που είχε ως αποτέλεσμα προστιθέμενο σταθερό κόστος.
- αποδοτικότητα τιμών: η τράπεζα θα μπορούσε να αυξήσει την αποτελεσματικότητά της εάν μπορούσε να αγοράσει τις εισροές (ανθρώπινο κεφάλαιο και υλικά) σε χαμηλότερη τιμή χωρίς να θυσιάζει την ποιότητα.
- αποδοτικότητα κατανομής: το βέλτιστο μείγμα πολλών εισροών για την παραγωγή προϊόντων ή υπηρεσιών, όπως οι τράπεζες ενσωματώνουν αυτόματες ταμειακές μηχανές (ATM) και τραπεζικές υπηρεσίες μέσω Διαδικτύου για ανταλλαγές κεφαλαιακής εργασίας για αύξηση της αποδοτικότητας (Sherman και Zhu, 2006).

Εξ' ορισμού, η τεχνική αποτελεσματικότητα αναφέρεται στην ικανότητα της επιχείρησης να μεγιστοποιεί την παραγωγή με τις δεδομένες εισροές ή παράγουν το ίδιο επίπεδο εκροών με ελαχιστοποίηση των εισροών, ενώ η απόδοση κατανομής αναφέρεται στη βέλτιστη διάταξη των εισροών και των εκροών σε μια συγκεκριμένη τιμή (Cooper κ.ά., 2006). Η τεχνική αναποτελεσματικότητα μπορεί να προκύψει στις συνθήκες όπου οι τράπεζες παράγουν περισσότερες εκροές με τις πραγματικές εισροές ή όταν η τράπεζα παράγει πραγματικό προϊόν με λιγότερες εισροές (Sherman και Zhu, 2006) ή γενικά υπάρχει τεχνική ανεπάρκεια όταν οι τράπεζες σπαταλούν ορισμένες από τις εισροές (Mester, 2003).



Σχήμα 1: Γενική ταξινόμηση της αποτελεσματικότητας των τραπεζών (Sherman και Zhu, 2006; Othman et al. 2016).

Η αποδοτικότητα του κέρδους λαμβάνει υπόψη τις επιπτώσεις του κόστους και των εσόδων, καθώς μετρά τον λόγο του πραγματικού τραπεζικού κέρδους προς το μέγιστο επίπεδο κέρδους που μπορεί να επιτύχει η πιο αποτελεσματική τράπεζα. Η πιο περίπλοκη ανάλυση αποτελεσματικότητας για τις τράπεζες συνήθως περιλαμβάνει την ενσωμάτωση αντισταθμίσεων κινδύνου-απόδοσης (Mester, 2003). Σε αυτή τη σημείωση, η επιλογή των μεταβλητών για τις σχέσεις εισροών-εκροών και το μοντέλο αποδοτικότητας που χρησιμοποιήθηκε, καθόρισε τον τύπο της υπό διερεύνηση αποτελεσματικότητας (Mostafa, 2011).

2.4. Τραπεζική απόδοση

Μεταξύ του ευρέος φάσματος τεχνικών μοντελοποίησης στον τραπεζικό τομέα, η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (DEA) είναι μία από τις πιο επιτυχημένα χρησιμοποιούμενες τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας σε αξιολογήσεις για την απόδοση της τράπεζας (Fethi και Pasiouras, 2010). Λόγω της ισχυρής ικανότητας βελτιστοποίησης, η DEA επιτρέπει στη διοίκηση να εντοπίζει αντικειμενικά τους

καλύτερους επαγγελματίες και τους τομείς που χρήζουν βελτίωσης στις περίπλοκες καταστάσεις λειτουργίας της τράπεζας. Παρόλο που έχει δημοσιευθεί σημαντικός αριθμός εργασιών για τον τραπεζικό κλάδο με τη χρήση της DEA από τότε που εισήχθη η τεχνολογία, επικεντρώθηκαν κυρίως σε μελέτες σε θεσμικό επίπεδο. Για παράδειγμα, ο Paradi et al., (2013) βρήκαν 275 εφαρμογές DEA στον τραπεζικό τομέα μεταξύ 1985 και 2011, μεταξύ των οποίων 195 μελέτες εξέτασαν τραπεζικά ιδρύματα συνολικά, αλλά μόνο 80 σε επίπεδο υποκαταστημάτων. Υπάρχουν τρεις μελέτες που εξέτασαν τις εφαρμογές DEA στον τραπεζικό κλάδο. Ωστόσο, αυτές επικεντρώθηκαν στις μελέτες που ανέλυσαν την αποτελεσματικότητα σε τραπεζικό επίπεδο. Οι Berger και Humphrey (1997) ήταν οι πρώτοι που εξέτασαν πέντε κύριες τεχνικές ανάλυσης αποδοτικότητας, συμπεριλαμβανομένης της DEA, οι οποίες συνήθως χρησιμοποιήθηκαν για την εξέταση της αποτελεσματικότητας των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων προκειμένου να γίνουν μερικές χρήσιμες συγκρίσεις μεταξύ των μέσων επιπέδων αποδοτικότητάς τους. Από το σύνολο των 130 μελετών που εξετάστηκαν από αυτούς, υπήρχαν 57 εργασίες βασισμένες στη DEA, οι 42 εστιάζονταν σε τραπεζικό επίπεδο και οι 15 σε επίπεδο υποκαταστημάτων. Ο Berger (2007) εξέτασε περισσότερες από 100 εφαρμογές συνόρων τεχνικών που συνέκριναν την αποτελεσματικότητα των τραπεζών μεταξύ των κρατών. Οι Fethi και Pasiouras (2010) εξέτασαν 196 μελέτες που χρησιμοποιούν επιχειρησιακή έρευνα και τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης στην αξιολόγηση της απόδοσης των τραπεζών. Μεταξύ των 196 μελετών, οι 151 από αυτές χρησιμοποίησαν τεχνικές παρόμοιες με την DEA για τη μέτρηση της τραπεζικής αποτελεσματικότητας και αύξησης της παραγωγικότητας και μόνο 30 μελέτες επικεντρώθηκαν σε επίπεδο υποκαταστήματος.

Επειδή η διαθεσιμότητα των δεδομένων και τα μέτρα που έχουν σημασία για μια τράπεζα, ως οντότητα ή για ένα υποκατάστημα, ως μονάδα, είναι πολύ διαφορετικά, πρέπει να ληφθούν διαφορετικές προσεγγίσεις κατά τη μελέτη των τραπεζών ως μονάδων λήψης αποφάσεων (DMUs) σε αντίθεση με τις περιπτώσεις όπου τα τραπεζικά υποκαταστήματα είναι οι DMU. Επιπλέον, οι σκοποί των σπουδών σε επίπεδο τράπεζας και υποκαταστήματος είναι επίσης διαφορετικοί. Με βάση την έρευνα του Paradi et al., σε 195 δημοσιευμένες μελέτες σε τραπεζικό επίπεδο, τα κύρια ζητήματα εφαρμογής είναι: α) η αποδοτικότητα αλλάζει με την πάροδο του χρόνου λόγω της απελευθέρωσης και της απορρύθμισης των τραπεζών, της δομής της αγοράς και των οικονομικών περιβαλλοντικών αλλαγών, β) επιπτώσεις ιδιοκτησίας και τύπους τραπεζών, γ) σημείο αναφοράς απόδοσης της τράπεζας και βελτίωση, δ) διεθνής σύγκριση.

Ενώ η ποικιλομορφία των επιχειρηματικών στόχων των εφαρμογών της DEA σε επίπεδο κλάδου είναι τεράστια, οι περισσότερες από αυτές επικεντρώνονται σε αξιολόγηση των συγκεκριμένων λειτουργικών πτυχών του υποκαταστήματος με σκοπό την εξάλειψη της ανεπάρκειας που μπορεί να ελεγχθεί από τους διευθυντές υποκαταστημάτων, όπως η αποδοτικότητα χρήσης εργασίας υποκαταστήματος, η κερδοφορία, η αποτελεσματικότητα της διαμεσολάβησης, η αποδοτικότητα κόστους και η διερεύνηση των καθοριστικών παραγόντων της αποδοτικότητας, όπως το επιχειρηματικό περιβάλλον, το μέγεθος του υποκαταστήματος, τεχνικές καινοτομίες κ.λπ. Η μέτρηση της απόδοσης των τραπεζικών υποκαταστημάτων είναι πολύ δύσκολη υπόθεση. Τα υποκαταστήματα διατίθενται σε διάφορα μεγέθη, προσφέροντας διαφορετικές υπηρεσίες σε διαφορετικούς πελάτες ενώ λειτουργούν σε διαφορετικές οικονομικές περιοχές. Μια σχετική και αξιόπιστη αξιολόγηση της απόδοσης του τραπεζικού υποκαταστήματος θα πρέπει να είναι σε θέση:

- (1) να καταγράφει τις βασικές πτυχές των εσωτερικών λειτουργικών διαδικασιών της τράπεζας,
- (2) να οδηγήσει σε καλύτερη κατανόηση τέτοιων διαδικασιών όσον αφορά το τι επιτυγχάνεται και πώς επιτυγχάνεται,
- (3) να παρέχει κατευθυντήριες γραμμές για τη βελτίωση της διαχείρισης, προσδιορίζοντας τις βέλτιστες πρακτικές και τις χειρότερες πρακτικές, και
- (4) να επιτρέπουν μια ουσιαστική διερεύνηση διαφόρων υποθέσεων σχετικά με τις πηγές αναποτελεσματικότητας.

Από πολλές απόψεις, τέτοιες αναλύσεις σε επίπεδο υποκαταστημάτων είναι πιο επιθυμητές και πιο σημαντικές από ό,τι σε επίπεδο τραπεζικών ιδρυμάτων. Πρώτον, οι πληροφορίες σχετικά με την απόδοση των υποκαταστημάτων μπορούν να βοηθήσουν στη βελτίωση της κατανόησης των θεμελίων της αποτελεσματικότητας σε επίπεδο τράπεζας και να βοηθήσουν στην επίλυση ορισμένων προβλημάτων μέτρησης στην τυπική ανάλυση σε επίπεδο τράπεζας (Berger & Humphrey, 1997). Δεύτερον, το δίκτυο καταστημάτων μιας τράπεζας αντιπροσωπεύει συνήθως τη μεγαλύτερη πηγή λειτουργικών εξόδων για μια τράπεζα. Από διοικητική άποψη, η διαχείριση κόστους ελέγχεται πιο αποτελεσματικά σε επίπεδο υποκαταστήματος. Ως εκ τούτου, τα αποτελέσματα από τις αναλύσεις που επηρεάζουν την κατώτατη γραμμή είναι κοντά.

Ως εκ τούτου, η δυνατότητα συνεχούς βελτίωσης της απόδοσης του υποκαταστήματος είναι ζωτικής σημασίας για να βοηθήσει μια τράπεζα να κερδίσει σε μια εξαιρετικά ανταγωνιστική αγορά χρηματοοικονομικών υπηρεσιών και οι καλά εκτελεσμένες στρατηγικές υποκαταστημάτων, βασισμένες σε ορθές αναλύσεις, θα βελτιώσουν σχεδόν σίγουρα τα συνολικά λειτουργικά αποτελέσματα μιας τράπεζας.

2.5. Προσεγγίσεις μέτρησης απόδοσης που εφαρμόζονται στα τραπεζικά καταστήματα

Τουλάχιστον τέσσερις διαφορετικές προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται συνήθως: ανάλυση αναλογίας, ανάλυση παλινδρόμησης, ανάλυση απόδοσης συνόρων και άλλες τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης, όπως νευρωνικά δίκτυα, διεργασίες αναλυτικής ιεραρχίας και ισορροπημένες κάρτες βαθμολογίας, για να αναφέρουμε μόνο μερικές.

Ιστορικά, η ανάλυση αναλογιών ήταν η τυπική τεχνική που χρησιμοποιούν οι ρυθμιστικές αρχές, οι αναλυτές του κλάδου και η διοίκηση για την εξέταση της απόδοσης σε όλα τα επίπεδα. Οι δείκτες μετρούν τη σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών που επιλέχθηκαν για να παρέχουν πληροφορίες για διαφορετικές πτυχές των πολύπλευρων λειτουργιών του υποκαταστήματος, όπως η κερδοφορία, η κεφαλαιακή επάρκεια, η ποιότητα του ενεργητικού, η διαχείριση κινδύνου και πολλές άλλες. Οποιοσδήποτε αριθμός δεικτών μπορεί να σχεδιαστεί ανάλογα με τον στόχο της ανάλυσης, οι παραδοσιακοί χρηματοοικονομικοί δείκτες για την εκτίμηση της απόδοσης των τραπεζικών υποκαταστημάτων είναι η απόδοση του συνόλου του ενεργητικού, η απόδοση των επενδύσεων, τα δάνεια ανά εργαζόμενο, οι καταθέσεις ανά εργαζόμενο, κόστος στο εισόδημα και πολλά άλλα (Noulas et al., 2008).

Αν και τα παραδοσιακά μέτρα αναλογίας είναι ελκυστικά για τους αναλυτές λόγω της απλότητας και της ευκολίας κατανόησής τους, υπήρξαν πολλά μεθοδολογικά προβλήματα και περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη (Noulas et al., 2008, Barnes, 1987, Smith, 1990, Fernandez-Castro & Smith, 1994). Η κύρια αδυναμία του είναι ότι κάθε ένας από τους δείκτες εξετάζει μόνο ένα μέρος των δραστηριοτήτων της μονάδας, το οποίο αποτυγχάνει να αντικατοπτρίζει την πολυδιάστατη φύση ενός τραπεζικού υποκαταστήματος και, ως εκ τούτου, αποτυγχάνει να δώσει αρκετές πληροφορίες

απόδοσης. Επιπλέον, φαίνεται να υπάρχει ένας απεριόριστος αριθμός δεικτών που μπορούν να δημιουργηθούν από τα στοιχεία των οικονομικών καταστάσεων και τα αποτελέσματα μπορεί να είναι αντιφατικά και συγκεχυμένα, και επομένως αναποτελεσματικά για την αξιολόγηση της συνολικής απόδοσης ενός υποκαταστήματος. Οι αναλογίες, από τη φύση τους, είναι σταθερές αποδόσεις κλίμακας και αυτό είναι, επίσης, σαφώς, ένα πρόβλημα όταν εξετάζεται μια ποικιλία κλάδων όπου αυτό δεν ισχύει. Επιπλέον, αν και οι αναλογίες παρέχουν ορισμένες χρήσιμες πληροφορίες για την απόδοση μιας μονάδας σε συγκεκριμένες πτυχές, δεν είναι κατάλληλες για τον καθορισμό στόχων βελτίωσης για μη αποδοτικές μονάδες.

2.6. Ανάλυση παλινδρόμησης

Η ανάλυση παλινδρόμησης είναι μια άλλη κοινή μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε σε προηγούμενες μελέτες του τραπεζικού τομέα με βάση αναλύσεις εισροών-εκροών, όπως οι Olsen & Lord (1979), Murphy & Orgler (1982), Berger et al. (1993), Avkiran (1997) και Hensel (2003).

Το κύριο πλεονέκτημα της ανάλυσης παλινδρόμησης είναι ότι επιτρέπει στατιστικά συμπεράσματα και σφάλματα μέτρησης. Σε σύγκριση με την ανάλυση αναλογιών, ένα άλλο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι η επίδραση πολλαπλών ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή μπορεί να αξιολογηθεί ταυτόχρονα. Η ανάλυση παλινδρόμησης παρέχει τις πληροφορίες μέσης απόδοσης όλων των υποκαταστημάτων που περιλαμβάνονται στο δείγμα και, για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της αναμενόμενης απόδοσης νέων υποκαταστημάτων.

Αν και είναι αποτελεσματική σε πολλές περιπτώσεις (χρησιμοποιείται για τη μέτρηση σχεδόν κάθε πτυχής ή για τη σύγκριση παρόμοιων υποκαταστημάτων), η ανάλυση παλινδρόμησης έχει έναν αριθμό εγγενών περιορισμών που την καθιστούν ακατάλληλη για να αντικατοπτρίζει πλήρως την όλο και πιο περίπλοκη φύση της τραπεζικής υποκαταστημάτων. Πρώτον, η ανάλυση παλινδρόμησης είναι μια παραμετρική μέθοδος που απαιτεί να προσδιοριστεί ένα γενικό μοντέλο παραγωγής. Δεύτερον, η ανάλυση παλινδρόμησης είναι μια κεντρική μέθοδος τάσης όπου οι προβλεπόμενες τιμές προκύπτουν από ένα μοντέλο παλινδρόμησης παρέχουν το μέσο ή

αναμενόμενο επίπεδο αποτελέσματος με δεδομένες συγκεκριμένες εισροές, αντί του μέγιστου επιτεύξιμου αποτελέσματος (Ray, 1991; Soteriou, 1998). Τρίτον, είναι κατάλληλο μόνο για τη μοντελοποίηση μεμονωμένων εισόδων-πολλαπλών εξόδων ή πολλαπλών εισόδων-συστημάτων μιας εξόδου.

2.7. Μεθοδολογίες οριακής απόδοσης και DEA

Οι τεχνικές οριακής απόδοσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διάφορους τρόπους για να βοηθήσουν τη διοίκηση να αξιολογήσει εάν αποδίδουν καλύτερα ή χειρότερα από τις ομάδες ομοτίμων τους όσον αφορά την τεχνολογία, την κλίμακα, την ελαχιστοποίηση κόστους και τη μεγιστοποίηση εσόδων και κερδών (Banker, 2010) .

Οι προκύπτουσες πληροφορίες που προκύπτουν από αναλύσεις συνοριακής απόδοσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν τη διοίκηση να εντοπίσει τους επιχειρησιακούς τομείς που χρειάζονται περισσότερο βελτίωση, να καθορίσει μελλοντικές αναπτυξιακές στρατηγικές, να εντοπίσει ελκυστικούς στόχους για συγχωνεύσεις και εξαγορές και για πολλούς άλλους σκοπούς.

Επιπλέον, μπορούν να καθοριστούν επιτεύξιμοι στόχοι για αναποτελεσματικές μονάδες και οι επιπτώσεις των περιβαλλοντικών μεταβλητών προκειμένου να δοθούν πρόσθετες γνώσεις και να βελτιωθεί η συνολική κατανόηση των συστημάτων παραγωγής τους. Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, πέντε δημοφιλείς προσεγγίσεις για την αποτελεσματικότητα των συνόρων έχουν χρησιμοποιηθεί σε μετρήσεις αποτελεσματικότητας τραπεζικών υποκαταστημάτων. Τρεις από αυτές είναι παραμετρικές οικονομετρικές προσεγγίσεις: Στοχαστική Προσέγγιση Συνόρων (SFA), Προσέγγιση Πυκνού Συνόρου (TFA) και Προσέγγιση Άνευ Κατανομής (DFA). Οι άλλες δύο είναι μη παραμετρικές προσεγγίσεις γραμμικού προγραμματισμού: Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (DEA) και Ελεύθερη Θήκη Απόθεσης (FDH). Αυτές οι προσεγγίσεις διαφέρουν κυρίως στις υποθέσεις που επιβάλλονται στις προδιαγραφές του αποδοτικού ορίου, την ύπαρξη τυχαίου σφάλματος και την κατανομή των αναποτελεσματικών και τυχαίων σφαλμάτων (Berger, 1997, Thanassoulis et al., 1996).

Οι οικονομομετρικές αναλύσεις απαιτούν εκ των προτέρων προσδιορισμό της μορφής της συνάρτησης παραγωγής και συνήθως περιλαμβάνουν δύο στοιχεία σφάλματος: έναν όρο σφάλματος που καταγράφει την αναποτελεσματικότητα και ένα τυχαίο σφάλμα. Ενώ οι μαθηματικές, μη παραμετρικές μέθοδοι απαιτούν λίγες υποθέσεις κατά τον καθορισμό του ορίου βέλτιστης πρακτικής, γενικά δεν λαμβάνουν υπόψη τα τυχαία σφάλματα.

2.8. Αποτελεσματικότητα των τραπεζών και μέτρα αποδοτικότητας

Όπως αναφέρουν στην έρευνά τους οι Camanho et al., (2005) πρώτη φορά γίνεται λόγος για τη μέτρηση της απόδοσης από τους Debreu και Koopmans και τοποθετείται χρονικά το 1951 και 1957 αντίστοιχα. Ο πρώτος εξ' αυτών παρείχε το πρώτο μέτρο αποτελεσματικότητας, το οποίο ονομάστηκε συντελεστής χρήσης πόρων, ενώ ο δεύτερος ήταν αυτός που για πρώτη φορά, όρισε την έννοια της τεχνικής αποτελεσματικότητας.

Στη μέτρηση της αποδοτικότητας, η εστίαση μπορεί να δοθεί στην αξιολόγηση του πόσο καλά ένα τραπεζικό ίδρυμα χρησιμοποιεί τους πόρους του για να αποκτήσει τα τρέχοντα αποτελέσματα. Αυτό αντιστοιχεί σε μια αξιολόγηση προσανατολισμένη στις εισροές. Εναλλακτικά, το επίκεντρο μπορεί να είναι η αξιολόγηση του πόσο καλά παράγονται αποτελέσματα με τους τρέχοντες πόρους, που αντιστοιχεί σε μια ανάλυση προσανατολισμένη στην παραγωγή (Camanho et al., 2005).

Η αποτελεσματικότητα των τραπεζών επηρεάζει την οικονομική ανάπτυξη τόσο της ίδιας της τράπεζας σαν μονάδα όσο και το ευρύτερο περιβάλλον (κράτος) καθιστώντας την αυτό ένα σημαντικό θέμα που απασχολεί την κοινωνία και τους ερευνητές. (Lertworasirikul, 2007). Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και της τραπεζικής απόδοσης, η ακρίβεια πρόβλεψης του κινδύνου της χρεοκοπίας, η τραπεζική αποτυχία, οι τραπεζικές ρυθμίσεις, οι συγχωνεύσεις και οι εξαγορές, ακόμα και η διαχείριση των σχέσεων τράπεζας - πελάτη είναι ζητήματα που δημιουργήσαν την ανάγκη ελέγχου των τραπεζικών ιδρυμάτων. Παράγοντες επιρροής που έχουν καλή επεξηγητική σχέση στη διάρκεια του χρόνου σχετικά με τις αλλαγές της απόδοσης και της παραγωγικότητας, αποτελούν :

- Δάνεια
- Κεφάλαιο και
- Ρευστότητα

Καθώς και μη χρηματοοικονομικοί παράγοντες όπως :

- Απελευθέρωση
- Τραπεζική εποπτεία
- Αποζημίωση του CEO
- Λειτουργική συμπεριφορά και
- Ιδιοκτησιακή δομή

Ακόμα ένας παράγοντας που επηρεάζει την αξιολόγηση, ανά απόδοση της τράπεζας, είναι η αποτελεσματικότητά της. Η αποτελεσματικότητα της τράπεζας είναι ένα μέτρο του πόσο καλά μια τράπεζα είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει τους πόρους της για να δημιουργήσει κέρδη και να καλύψει τις ανάγκες των πελατών της (Torrington et al., 2005). Οι τράπεζες πρέπει να είναι αποτελεσματικές για να παραμείνουν ανταγωνιστικές και κερδοφόρες στον κλάδο των χρηματοπιστωτικών υπηρεσιών. Η αποτελεσματικότητα επιτυγχάνεται μέσω ενός συνδυασμού παραγόντων, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης τεχνολογίας, της διαχείρισης των πόρων και της ανάπτυξης στρατηγικών εξυπηρέτησης πελατών. Η αξιολόγηση της τραπεζικής αποτελεσματικότητας είναι ο εντοπισμός των κατάλληλων εισροών και εκροών. (Camanho et al., 2005).

Η τεχνολογία είναι βασικός παράγοντας για την αποτελεσματικότητα των τραπεζών. Οι τράπεζες πρέπει να διαθέτουν την τελευταία λέξη της τεχνολογίας για να διεκπεραιώνουν τις συναλλαγές τους γρήγορα και με ασφάλεια. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση αυτοματοποιημένων ταμειακών μηχανών (ATM), ηλεκτρονικής τραπεζικής και mobile banking (Dassesse et al., 2009). Χρησιμοποιώντας αυτές τις τεχνολογίες, οι τράπεζες μπορούν να μειώσουν το κόστος και να βελτιώσουν την εξυπηρέτηση των πελατών. Επιπλέον, οι τράπεζες πρέπει να διασφαλίζουν ότι τα συστήματά τους είναι ασφαλή και ότι προστατεύονται τα δεδομένα των πελατών.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας για την αποτελεσματικότητα της τράπεζας είναι η διαχείριση των πόρων. Οι τράπεζες πρέπει να είναι σε θέση να διαχειρίζονται αποτελεσματικά τους πόρους τους προκειμένου να μεγιστοποιούν τα κέρδη. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση κεφαλαίου, προσωπικού και τεχνολογίας. Οι τράπεζες πρέπει,

επίσης, να είναι σε θέση να διαχειρίζονται τον κίνδυνο και να διασφαλίζουν ότι οι επενδύσεις τους είναι υγιείς. (Andries et al., 2012).

Τέλος, οι τράπεζες πρέπει να είναι σε θέση να αναπτύσσουν στρατηγικές εξυπηρέτησης πελατών που να ανταποκρίνονται στις ανάγκες των πελατών τους. Οι τράπεζες πρέπει να είναι σε θέση να παρέχουν ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένων δανείων, καταθέσεων και άλλων χρηματοοικονομικών υπηρεσιών. Επιπλέον, οι τράπεζες πρέπει να είναι σε θέση να παρέχουν υποστήριξη πελατών και συμβουλές για να διασφαλίζουν ότι οι πελάτες είναι ικανοποιημένοι με τις υπηρεσίες τους.

Με τη χρήση τεχνολογίας, τη διαχείριση πόρων και την ανάπτυξη στρατηγικών εξυπηρέτησης πελατών, οι τράπεζες μπορούν να αυξήσουν την αποτελεσματικότητά τους και να παραμείνουν ανταγωνιστικές στον κλάδο των χρηματοοικονομικών υπηρεσιών. Οι τράπεζες πρέπει να είναι σε θέση να παρέχουν ποιοτικές υπηρεσίες στους πελάτες τους για να παραμείνουν κερδοφόρες και επιτυχημένες.

Η αποδοτικότητα συνδέεται στενά με την λειτουργική απόδοση της τράπεζας, καθώς δίνει τη δυνατότητα στη τράπεζα να επιτύχουν του στόχους που έχουν θέσει (ακόμα και αν έχουν υψηλό ρίσκο) (Leat et al., 2009).

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται προκειμένου να δώσουν απάντηση στα παραπάνω “προβλήματα” κάνουν χρήση τεχνικών επιχειρησιακής έρευνας (OR) και τεχνικής νοημοσύνης (AI).

Οι Kevork et al., (2017) σε μελέτη τους, αναφέρουν ότι μία από τις λίγες μελέτες που διερευνούν άμεσα την αποτελεσματικότητα των τραπεζών λαμβάνοντας υπόψη τη χρηματοπιστωτική κρίση, είναι αυτή που διεξήχθη από τους Curi et al., (2015).

Με την εφαρμογή πολλών μη παραμετρικών μεθόδων, έχουν μετρήσει την αποτελεσματικότητα των ξένων τραπεζών που λειτουργούν στο Λουξεμβούργο κατά την περίοδο από το 1995 έως το 2009. Τα αποτελέσματά τους υποδηλώνουν ότι οι τράπεζες που επικεντρώνονται σε μεγαλύτερη διαφοροποίηση χρηματοδότησης ή διαφοροποίηση εισοδήματος τείνουν να έχουν χαμηλότερα επίπεδα τεχνικής αποτελεσματικότητας και ήταν περισσότερο εκτεθειμένες κατά τη διάρκεια της χρηματοπιστωτικής κρίσης.

Ομοίως, οι Tsionas et al., (2015) διερεύνησαν τα επίπεδα αποτελεσματικότητας των τραπεζών της ΕΕ εφαρμόζοντας ένα μοντέλο δυναμικών συνόρων Μπεϋζιανού σε δείγμα 364 τραπεζών από 15 χώρες μέλη της ΕΕ κατά την περίοδο 2005-2012. Παρέχουν στοιχεία ότι τα επίπεδα απόδοσης των τραπεζών έχουν ανακάμψει μακροπρόθεσμα από τον αρχικό αντίκτυπο της κρίσης.

Οι Beccalli et al., (2015) χρησιμοποιώντας μια στοχαστική προσέγγιση συνόρων παρέχουν στοιχεία για οικονομίες κλίμακας για 103 ευρωπαϊκές τράπεζες εισηγμένες στο χρηματιστήριο κατά την περίοδο 2000-2011. Προτείνουν ότι οι ευρωπαϊκές τράπεζες που είναι σε θέση να εκμεταλλευτούν οικονομίες κλίμακας είναι εκείνες που εκτίθενται λιγότερο σε συστημικό κίνδυνο κατά τη διάρκεια της Παγκόσμιας Χρηματοπιστωτικής Κρίσης (GFC) και εκείνες που ανήκουν στην κατηγορία «πολύ μεγάλες για να αποτύχουν».

Οι Duygun et al., (2016) εφάρμοσαν έναν μη παραμετρικό μετασυνοριακό δείκτη Malmquist για τις τράπεζες εμπορικών σημάτων και μη εμπορικών σημάτων στο Ηνωμένο Βασίλειο, κατά την περίοδο 2005–2013. Τα αποτελέσματά τους υποδηλώνουν ότι τα κέρδη παραγωγικότητας μετά το αρχικό σοκ της χρηματοπιστωτικής κρίσης οφείλονταν κυρίως στα αυξημένα επίπεδα τεχνολογικών αλλαγών τους.

Επιπλέον, οι Casu et al., (2016) μέτρησαν τα επίπεδα παραγωγικότητας των τραπεζών της ΕΕ χρησιμοποιώντας ένα παραμετρικό μοντέλο μετα-συνόρων κατά την περίοδο 1992-2014. Τα αποτελέσματά τους υποδηλώνουν ότι η αύξηση της παραγωγικότητας κατά την εξεταζόμενη περίοδο οφείλεται κυρίως σε τεχνολογικές βελτιώσεις. Επιπλέον, τα ευρήματά τους δείχνουν ότι η χρηματοπιστωτική κρίση έχει επιδεινώσει τα επίπεδα παραγωγικότητας των τραπεζών.

Οι Asmild και Zhu (2016) χρησιμοποιώντας τη μέθοδο DEA, αξιολόγησαν τα επίπεδα αποτελεσματικότητας των 70 μεγαλύτερων ευρωπαϊκών τραπεζών κατά την περίοδο 2006–2009. Παρείχαν εμπειρικά στοιχεία ότι η χρηματοπιστωτική κρίση έχει επηρεάσει αρνητικά τα επίπεδα αποτελεσματικότητας των τραπεζών.

Επιπλέον, οι Nurboja και Košak (2016) μέτρησαν τα επίπεδα αποτελεσματικότητας των τραπεζών της ΕΕ εφαρμόζοντας μια στοχαστική ανάλυση συνόρων για 82 τράπεζες από χώρες μέλη της ΕΕ και 157 τράπεζες από χώρες εκτός ΕΕ κατά την περίοδο 1999-2013. Τα αποτελέσματά τους υπέδειξαν την ύπαρξη κενών ως προς την απόδοση κόστους μεταξύ των τραπεζικών συστημάτων της ΕΕ και των τρίτων. Επιπλέον, τα

ευρήματά τους υποδηλώνουν ότι η απόδοση των τραπεζών εκτός ΕΕ ήταν πιο ανθεκτική στις κρίσεις της χρηματοπιστωτικής κρίσης σε σύγκριση με τις τράπεζες της ΕΕ.

Οι Gallizo et al., (2016) εφαρμόζοντας στοχαστικά μοντέλα μπεϋζιανών συνόρων εξετάζουν την αποτελεσματικότητα των ευρωπαϊκών τραπεζών κατά την περίοδο 2000-2013. Βρήκαν στοιχεία που αποδεικνύουν ότι η έναρξη της χρηματοπιστωτικής κρίσης έχει διαστρεβλώσει τη διαδικασία σύγκλισης μεταξύ των ευρωπαϊκών τραπεζών, παρέχοντας περαιτέρω στοιχεία απόκλισης κατά την περίοδο της οικονομικής κρίσης.

Οι Degl'Innocenti et al., (2016) χρησιμοποιώντας τη δυική μέθοδο DEA περιοχής διασφάλισης βάρους, εξετάζουν την αποτελεσματικότητα για εννέα νέα μέλη της ΕΕ σε χώρες της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης (ΚΑΕ) κατά την περίοδο 2004-2015.

Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν αύξηση των επιπέδων αποτελεσματικότητας των τραπεζών μέχρι το 2010. Ωστόσο, μετά το 2010 τα επίπεδα αποτελεσματικότητας των τραπεζών έχουν μειωθεί, υποδηλώνοντας αρνητική επίδραση όταν εμφανίστηκε η κρίση δημόσιου χρέους.

Τέλος, οι Degl'Innocenti et al., (2017) κατασκευάζοντας ένα MPI index χρησιμοποιώντας ένα προσθετικό μοντέλο DEA δύο σταδίων, εξέτασαν τα επίπεδα σύγκλισης και παραγωγικότητας του ευρωπαϊκού τραπεζικού συστήματος κατά τη διάρκεια της χρηματοπιστωτικής κρίσης. Βρήκαν ενδείξεις ότι οι τράπεζες της Ανατολικής Ευρώπης έχουν συγκλίνει κατά τη διάρκεια της χρηματοπιστωτικής κρίσης, ενώ οι τράπεζες της Δυτικής Ευρώπης αντιμετώπισαν απόκλιση και μείωση των επιπέδων παραγωγικότητάς τους κατά τη διάρκεια της κρίσης δημόσιου χρέους.

Παρόλα αυτά, λίγες μελέτες εισήγαγαν σαφείς μεταβλητές κινδύνου στα μέτρα απόδοσης. Αρχικά, οι παραμετρικές αναλύσεις το έκαναν με προσεγγίσεις συνάρτησης κόστους (McAllister και McManus, 1993; Berger και DeYoung, 1997; Hughes και Mester, 1998; Altunbas et al., 2000). Για παράδειγμα, οι Hughes και Mester (1998) χρησιμοποίησαν το επίπεδο του χρηματοοικονομικού κεφαλαίου ως σήμα κινδύνου που χρησιμοποιούν οι διευθυντές τραπεζών για τον έλεγχο της ποιότητας παραγωγής.

Οι Altunbas et al., (2000) μέτρησαν την ποιότητα των δανείων μέσω του λόγου των μη εξυπηρετούμενων δανείων (NPL) προς τα συνολικά δάνεια. Σύμφωνα με τους Berger και DeYoung (1997) και Van Hoose (2010) αυτή η μεταβλητή αποτυπώνει την ποιότητα της παρακολούθησης των δανείων. Αναφέρεται στη βιβλιογραφία ότι αυτή η εισαγωγή

μειώνει τον κίνδυνο στη μη παραμετρική ανάλυση της αποτελεσματικότητας των τραπεζών (Park και Weber 2006, Fukuyama και Weber 2010, Barros et al., 2012).

Στην περίπτωση αυτή, ο κίνδυνος λαμβάνει τη μορφή ανεπιθύμητων εκροών, τα οποία για τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα τυπικά αντιστοιχίζονται μέσω NPL. Αυτή η μεταβλητή απεικονίζει τον πιστωτικό κίνδυνο, ο οποίος είναι κρίσιμος για τη μακροπρόθεσμη τραπεζική δραστηριότητα (Basel Committee of Banking Supervision 2011).

Ωστόσο, η βιβλιογραφία, αφήνει δύο αδιευκρίνιστα ζητήματα. Πρώτον, σε τυπικά περιβάλλοντα παραγωγής, τα επιθυμητά και τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα παράγονται από κοινού, με την έννοια ότι η παραγωγή επιθυμητών εκροών δεν είναι δυνατή χωρίς τη δημιουργία ανεπιθύμητων εκροών. Αυτό μπορεί να μην ισχύει για την τραπεζική δραστηριότητα, στην οποία μόνο ορισμένες εκροές συνδέονται με ανεπιθύμητα αποτελέσματα, όπως τα NPL. Δεύτερον, οι υπάρχουσες μη παραμετρικές τραπεζικές μελέτες που εισάγουν τον πιστωτικό κίνδυνο στις αξιολογήσεις της αποτελεσματικότητας συχνά υποθέτουν σταθερές αποδόσεις κλίμακας, ενώ η τεχνολογία είναι πιο πιθανό να εμφανίζει μεταβλητές αποδόσεις σε κλίμακα (VRS) (Chambers & Pope 1996) .

Για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων, η κύρια συμβολή της εργασίας των Epure & Lafuente (2014), είναι να προτείνουν ένα εργαλείο για την παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας των τραπεζών που ενσωματώνει τον πιστωτικό κίνδυνο στις αναλύσεις αποδοτικότητας, ενώ ορίζει με ακρίβεια την τεχνολογία της τράπεζας πολλαπλών εκροών. Λόγω αυτών των χαρακτηριστικών, η πρότασή τους είναι κατάλληλη για συστήματα διαχειριστικού ελέγχου που στοχεύουν στον καθορισμό στόχων και την αξιολόγηση του βαθμού επίτευξής τους.

Ξεκίνησαν από την μέθοδο του Kuosmanen (2005) που μοντελοποιεί σωστά τα επιθυμητά και ανεπιθύμητα αποτελέσματα όταν γίνεται υπόθεση VRS. Επέκτειναν αυτό το μοντέλο για να ορίσουν σωστά την πραγματική τραπεζική τεχνολογία. Συγκεκριμένα, οι ανεπιθύμητες εκροές, δηλαδή τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια (NPL) συνδέονται αυστηρά μόνο με εκείνη τη διάσταση του συνόλου εκροών που αναφέρεται στην πίστωση (δηλαδή τα δάνεια που εξυπηρετούν). Οι υπόλοιπες εκροές, όπως το επενδυτικό χαρτοφυλάκιο ή οι αμοιβές υπηρεσιών, δεν έχουν σχέση με τα NPL.

Στη συνέχεια εξηγούν πώς λειτουργεί το εργαλείο παρακολούθησης για την αξιολόγηση της απόδοσης της τράπεζας. Η αξιολόγηση της αποδοτικότητας ερμηνεύεται συστηματικά και συγκρίνεται με τους συμβατικούς λογιστικούς δείκτες

(δηλ. απόδοση περιουσιακών στοιχείων (ROA) και καθαρό επιτοκιακό περιθώριο (NIM)). Δεδομένης της εστίασης στον διαχειριστικό έλεγχο, οι επιπτώσεις συζητούνται σε τραπεζικό επίπεδο, ενώ αναλύεται, επίσης, εν συντομία τη σχέση μεταξύ κινδύνου και απόδοσης σε επίπεδο κλάδου. Στη συνέχεια, χρησιμοποίησαν την πρότασή τους για να εξετάσουν τις αλλαγές απόδοσης γύρω από τον κύκλο εργασιών των στελεχών, έναν συγκεκριμένο μηχανισμό εταιρικής διακυβέρνησης.

Η βιβλιογραφία για την εταιρική διακυβέρνηση αναφέρει ότι η ακριβής παρακολούθηση εκ των προτέρων σηματοδοτεί την απόδοση των διευθυντών, ενώ η εκ των υστέρων παρακολούθηση χρησιμοποιείται για να αποκαλύψει πιθανά κέρδη από τον κύκλο εργασιών στελεχών (Hermalin και Weisbach, 2003; Zhang και Rajagopalan, 2010). Αυτή η δραστηριότητα παρακολούθησης μπορεί κάλλιστα να γίνει μέσω του μέτρου που προτείνουν.

Η εμπειρική εφαρμογή εξετάζει ένα μοναδικό σύνολο δεδομένων τραπεζών της Κόστα Ρίκα μεταξύ 1998 και 2012. Αυτή η ρύθμιση είναι ελκυστική καθώς προηγουμένως υπέστη σημαντικές αλλαγές στο ρυθμιστικό πλαίσιο από κοινού με βελτιώσεις στις πρακτικές παρακολούθησης. Μέχρι το 1997, η δραστηριότητα της τράπεζας είχε απορυθμιστεί μεταξύ των διαφόρων παραγόντων και το εποπτικό ίδρυμα είχε όλες τις λειτουργίες παρακολούθησης. Έτσι, εκτός από τις γενικά διαθέσιμες λογιστικές μεταβλητές, το σύνολο δεδομένων παρουσιάζει καλά δομημένες πληροφορίες για τα NPL και την οργανωτική αρχιτεκτονική. Επιπλέον, στο πρώτο εξάμηνο του αναλυόμενου χρονικού διαστήματος ενισχύθηκε η παρακολούθηση των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων και κατά το δεύτερο μισό της υπό μελέτη περιόδου μπορεί να παρατηρηθεί ο αντίκτυπος της πρόσφατης χρηματοπιστωτικής κρίσης (IMF 2003, 2013).

Η πρόοδος της τεχνολογίας και τα διάφορα επεισόδια οικονομικών διακυμάνσεων που συνέβησαν τις τελευταίες δεκαετίες οδήγησαν πολλές διοικήσεις από αναπτυσσόμενες και ανεπτυγμένες οικονομίες στην αναδιάρθρωση χρηματοπιστωτικών τομέων. Αυτές οι νομικές μεταρρυθμίσεις εισήχθησαν για να ενισχύσουν και να σταθεροποιήσουν τα πλέον απορρυθμισμένα χρηματοπιστωτικά συστήματα και επικεντρώθηκαν στη δομή των τραπεζικών βιομηχανιών και στην ακριβή λειτουργία των εποπτικών ιδρυμάτων (Yildirim και Philippatos, 2007; Banker et al., 2010).

Μετά από αυτές τις βαθιές μεταρρυθμίσεις, οι τράπεζες αναμενόταν να ενοποιηθούν και να βελτιώσουν τις επιδόσεις τους ως νομικές αλλαγές που στοχεύουν, μεταξύ άλλων, στην ενίσχυση των πρακτικών διαχείρισης κινδύνων. Οι τράπεζες

ασκούν έτσι μια πιο επιμελή εποπτεία των εργασιών τους για να σηματοδοτήσουν την απόδοση και την ασφάλειά τους στην αγορά και στους εποπτικούς φορείς. Η ποιότητα των δραστηριοτήτων διαχείρισης κινδύνου στις τράπεζες συνδέεται συνήθως με τον πιστωτικό κίνδυνο και τα επίπεδα διαθέσιμων κεφαλαίων για την απορρόφηση πιθανών οικονομικών ζημιών. Υπό αυτή την έννοια, οι δραστηριότητες παρακολούθησης είναι ιδιαίτερα σημαντικές όταν σχετίζονται με τη διαχείριση των ΜΕΔ. Σε συμφωνία με τους Berger και DeYoung (1997), οι Altunbas et al., (2000) και Van Hoose (2010), αυτή η μεταβλητή θεωρείται ενδογενής και μπορεί να μοντελοποιηθεί ως συνάρτηση της διοικητικής προσπάθειας.

Για να αναφέρουμε μόνο μερικές μελέτες, υπάρχουν αναλύσεις για τις ΗΠΑ (Hughes και Mester 1998), την Ιαπωνία (Altunbas et al., 2000; Barros et al., 2012), τη Νότια Κορέα (Park και Weber, 2006; Banker et al., 2010), την Ταϊβάν (Hsiao et al., 2010), τη Βραζιλία (Tabak et al., 2011), για διάφορες χώρες της Λατινικής Αμερικής (Yildirim και Philippatos, 2007) ή για 87 χώρες σε όλο τον κόσμο (Lozano-Vivas και Pasiouras, 2010). Τα κύρια ευρήματα δείχνουν ότι το επίπεδο του χρηματοοικονομικού κεφαλαίου σχετίζεται θετικά με την αποτελεσματικότητα και ότι η χρήση μεταβλητών κινδύνου δεν συμβάλλει στην εξήγηση της αναποτελεσματικότητας της κλίμακας (Hughes και Mester, 1998; Altunbas et al., 2000).

Τα στοιχεία υποδεικνύουν επίσης ότι τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια (NPL) - που χρησιμοποιούνται ως μέτρο του πιστωτικού κινδύνου - επηρεάζουν αρνητικά την αποτελεσματικότητα (Barros et al., 2012).

Επιπλέον, οι Yildirim και Philippatos (2007) και οι Lozano-Vivas και Pasiouras (2010), διαπιστώνουν ότι οι αλλαγές στα ρυθμιστικά πλαίσια από κοινού με την εισαγωγή εργαλείων παρακολούθησης συμβάλλουν στη βελτίωση των επιπέδων αποτελεσματικότητας.

Από την άλλη πλευρά, οι τράπεζες αντιμετωπίζουν προβλήματα που προκύπτουν από την αναποτελεσματική παρακολούθηση (ή τις πρακτικές ελέγχου γενικότερα), καθώς ενδέχεται να εμφανιστούν συγκρούσεις συμφερόντων μεταξύ εντολέων, διαχειριστών και καταθετών. Ως εκ τούτου, η υπάρχουσα έρευνα εξετάζει επίσης τις σχέσεις μεταξύ μηχανισμών εταιρικής διακυβέρνησης και απόδοσης. Ωστόσο, όπως και στην περίπτωση της σχέσης μεταξύ κινδύνου και απόδοσης, σχετικά λίγες μελέτες επικεντρώνονται στον ρόλο της εταιρικής διακυβέρνησης στην απόδοση των τραπεζών (Simpson και Gleason, 1999; Macey και O'Hara, 2003; Crespi et al., 2004; De Andres και Vallengado, 2008; Laeven και Levine, 2009).

Όσο είναι γνωστό, αυτά τα δύο ερευνητικά ρεύματα δεν συγκλίνουν. Στη μελέτη τους, οι Epure και Lafuente (2014), προτείνουν έναν τρόπο αξιολόγησης της απόδοσης της τράπεζας παρουσία κινδύνου και εισάγουμε τον κύκλο εργασιών των στελεχών για την περαιτέρω απομόνωση της σχέσης μεταξύ των αλλαγών στις πρακτικές διαχείρισης και της μελλοντικής απόδοσης. Οι αντικαταστάσεις CEO είναι ζωτικής σημασίας επειδή συχνά συνδέονται με το έργο παρακολούθησης του διοικητικού συμβουλίου.

Υπάρχει μια γενική συναίνεση ότι η πιθανότητα αλλαγής του Διευθύνοντος Συμβούλου σχετίζεται αρνητικά με την απόδοση και ότι το διοικητικό συμβούλιο αντικαθιστά έναν CEO με κακή απόδοση για να βελτιώσει την απόδοση (Huson et al., 2001; Hermalin και Weisbach, 2003). Για αυτές τις περιπτώσεις, τα υπάρχοντα ευρήματα υποδηλώνουν ότι οι βελτιώσεις στον πλούτο των μετόχων και στις επιχειρηματικές δραστηριότητες ακολουθούν τον κύκλο εργασιών του διευθύνοντος Συμβούλου (Denis και Denis, 1995; Huson et al., 2004).

Ακόμα κι αν η διάκριση μεταξύ εθελοντικών και μη αναμενόμενων αντικαταστάσεων είναι σημαντική, οι Hermalin και Weisbach (2003) και οι Huson et al., (2004) αναφέρουν ότι μια οικειοθελής αποχώρηση CEO μπορεί να οφείλεται σε συνταξιοδότηση ή αποδοχή μιας εξωτερικής θέσης. Ως αποτέλεσμα, οι εθελούσιες αποχωρήσεις δεν αποτελούν ένδειξη κακής διαχείρισης ή κακής απόδοσης και, κατά συνέπεια, οι μελλοντικές επιδόσεις των επιχειρήσεων αναμένεται να παρουσιάζουν μικρότερες διακυμάνσεις σε σύγκριση με απροσδόκητες αποχωρήσεις. Με αυτόν τον τρόπο, ο μη προσδιορισμός του τύπου αποχώρησης προσθέτει θόρυβο στη μέτρηση αντιπροσώπου του κύκλου εργασιών των στελεχών, γεγονός που θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια προκατειλημμένη προς τα κάτω εκτίμηση των αλλαγών απόδοσης.

Όσον αφορά τον τύπο του διαδόχου, οι τράπεζες μπορούν να διορίσουν έναν εμπιστευόμενο ή εξωτερικό διευθύνοντα σύμβουλο. Όταν οι τράπεζες αποφασίζουν να προωθήσουν έναν εσωτερικό υποψήφιο, δεν αναμένονται σημαντικές βελτιώσεις στην απόδοση, καθώς ο νέος διευθύνων Σύμβουλος είναι πιο πιθανό να συνεχίσει με τις υπάρχουσες πολιτικές και συνήθειες. Εναλλακτικά, κάτω από την υπόθεση της βελτιωμένης διαχείρισης, μια τράπεζα προσλαμβάνει έναν ξένο CEO για να αναζητήσει οργανωτική αλλαγή που καθοδηγείται από αυτόν τον νέο πράκτορα που δεν επηρεάζεται από τους τρέχοντες μηχανισμούς.

Σε αυτήν την περίπτωση, η ποιότητα της διοίκησης αναμένεται να αυξηθεί, καθώς οι ξένοι έχουν συνήθως ισχυρότερα κίνητρα για να αποδείξουν τις δεξιότητές τους στο διοικητικό συμβούλιο εισάγοντας νέες πρακτικές που δυνητικά βελτιώνουν την

απόδοση (Zhang και Rajagopalan, 2010). Κατά συνέπεια, οι Borokhovich et al., (1996), Farrell και Whidbee (2003) και Huson et al., (2004) αναφέρουν σημαντικές θετικές αλλαγές στην απόδοση της εταιρείας όταν οι αποχωρήσεις CEO ακολουθήθηκαν από το διορισμό ενός CEO εκτός της εταιρείας.

Η τεχνική αναποτελεσματικότητα υποεκτιμάται και η αναποτελεσματικότητα της κατανομής υπερεκτιμάται όταν μετράται από τα μοντέλα ακτινικής DEA χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι μη ακτινικές χαλαρώσεις. Η υποεκτιμώμενη τεχνική ανεπάρκεια προκαλεί το παράδοξο ότι η παραγωγή μιας τράπεζας μπορεί να μην είναι αποδοτική κατά Pareto-Koopmans (1951) παρόλο που θεωρείται τεχνικά αποδοτική. Το μόνο που χρειάζονται οι διευθυντές είναι ένα αμερόληπτο μέτρο για να βοηθήσει μια τράπεζα να αναγνωρίσει ακριβώς τους αντίστοιχους βαθμούς αύξηση των κερδών μέσω της εξάλειψης των τεχνικών και καταναμητικών αναποτελεσματικών. Όπως παρουσιάζεται στους Fukuyama και Weber (2009), η τεχνική αποτελεσματικότητα μετριέται με DRM εάν και μόνο εάν είναι αποτελεσματική κατά Pareto-Koopmans (1951) .

Επιπλέον, όπως φαίνεται παρακάτω στην Εξ. (2), η συνολική αναποτελεσματικότητα (κέρδους) μπορεί να αναλυθεί σε τεχνική ανεπάρκεια και αναποτελεσματικότητα κατανομής (Juo et al., 2016). Η τεχνική ανεπάρκεια αντανακλά την αδυναμία μιας τράπεζας να αποκτήσει μεγαλύτερη παραγωγή από λιγότερη χρήση εισροών δεδομένης της ίδιας τεχνολογίας παραγωγής.

$$\begin{aligned}
 OI^t(p^t, w^t; g_y^t, -g_x^t) &\equiv \left[\pi^t(p^t, w^t) - \left(\sum_{r=1}^M p_r^t y_r^t - \sum_{l=1}^N w_l^t x_l^t \right) \right] / \pi^g \\
 &= \Delta \pi_{OI}^t / \pi^g \geq \vec{R}^t(y^t, x^t; g_y^t, -g_x^t),
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Εδώ, η τεχνική ανεπάρκεια στην Εξ. (1) έχει νόημα από την άποψη της αλλαγής κέρδους. Βοηθά τους διαχειριστές να εντοπίσουν την αύξηση του κέρδους από κάθε συγκεκριμένη παραγωγή και εισροή, εάν μια τράπεζα βελτιώσει την τεχνική της αποτελεσματικότητα.

$$\vec{R}^t(y^t, x^t; g_y^t, -g_x^t) = \sum_{r=1}^M \left(\frac{p_r^t g_{y_r}^t}{\pi^g} \right) \beta_r^t + \sum_{l=1}^N \left(\frac{w_l^t g_{x_l}^t}{\pi^g} \right) \beta_l^t.
 \tag{2}$$

Καταμεριστική αναποτελεσματικότητα στην Εξ. (3) καταγράφει την αδυναμία διαχείρισης των συνθέσεων εξόδου-εισόδου. Έχει επίσης νόημα από την άποψη της

αλλαγής του κέρδους και μπορεί να βοηθήσει τους διευθυντές να αποδώσουν την αύξηση του κέρδους σε κάθε συνεισφορά που σχετίζεται με την παραγωγή και την εισροή, μόλις εξαλειφθεί η αναποτελεσματικότητα της κατανομής

$$AI^t(p^t, w^t; g_y^t, -g_x^t) \equiv \frac{\pi^t(p^t, w^t) - \left(\sum_{i=1}^M p_i^t y_i^t - \sum_{i=1}^N w_i^t x_i^t \right)}{\pi^g} - \vec{R}^t(y^t, x^t; g_y^t, -g_x^t) \quad (3)$$

Σε σύγκριση με το ακτινωτό μέτρο στους Chambers et al. (1998), το ΑΙ στην Εξ. (3) είναι απολύτως σαφές από τεχνική ανεπάρκεια και πράγματι αντικατοπτρίζει ο βαθμός των εσφαλμένων κατανομών που σχετίζονται με την παραγωγή και τις εισροές. Διαφορετικά, η ΤΙ (αν μετράται από τη συνάρτηση απόστασης κατεύθυνσης σε Chambers et al. (1998) θα υποτιμηθεί και η τεχνητή νοημοσύνη θα υπερεκτιμηθεί. Η Εξ. (3) μπορεί να αναδιαταχθεί για να ληφθεί η αποσύνθεση της συνολικής αναποτελεσματικότητας

$$OI^t(p^t, w^t; g_y^t, -g_x^t) = TI^t(y^t, x^t; g_y^t, -g_x^t) + AI^t(p^t, w^t; g_y^t, -g_x^t)$$

ογ

$$\frac{\Delta \pi_{OI}^t}{\pi^g} = \frac{\Delta \pi_{TI}^t}{\pi^g} + \frac{\Delta \pi_{AI}^t}{\pi^g} \quad (4)$$

Συνοψίζοντας, η συνολική αναποτελεσματικότητα και οι δύο συνιστώσες της εκφράζονται με το λόγο της απαιτούμενης αύξησης του κέρδους πάνω την κατευθυντική διανυσματική τιμή. Επεκτείνουν περαιτέρω το μοντέλο Nerlovian αποτελεσματικότητας κόστους στους Chambers et al. (1998) σε γενικευμένο μέτρο. Αυτό αποκλείει εντελώς τις ευέλικτες εκροές και εισροές από την αναποτελεσματικότητα της κατανομής.

Αν $\beta_{y1}^t = \beta_{y2}^t \dots = \beta_{yM}^t = \beta_{x1}^t = \beta_{yx2}^t \dots = \beta_{xN}^t$ τότε

και η αποσύνθεσή του (ΟΙ) στην Εξ. (4) είναι εντελώς ίδια με το συμβατικό μέτρο αποδοτικότητας Nerlovian στους Chambers et al. (1998).

Κεφάλαιο 3ο: Data Envelopment Analysis (DEA)

3.1. Ανάλυση της μεθόδου DEA

Η ιδέα είχε εκτεθεί αρχικά στη θεμελιώδη εργασία του Farrell (1957): «Η μέτρηση της παραγωγικής αποδοτικότητας». Ο Farrell δεν είχε τη δύναμη του σύγχρονου υπολογιστικού εξοπλισμού στη διάθεσή του, επομένως η ανάπτυξη πρακτικών εφαρμογών δεν ήταν εφικτή από πρακτική άποψη. Όμως ο χρόνος πέρασε και η τεχνολογία αναπτύχθηκε έτσι ώστε το έργο του Farrell κατέστη δυνατό να εφαρμοστεί σε πολύπλοκα προβλήματα με πολλαπλές εισροές και εκροές. Οι δυνατότητες γραμμικού προγραμματισμού επέτρεψαν στα μοντέλα DEA να χρησιμοποιηθούν για διάφορα προβλήματα. Η εκτέλεση της DEA απαιτούσε συχνά την επανεκτέλεση ενός γραμμικού προγράμματος χιλιάδες φορές, μια δυνατότητα που δεν ήταν άμεσα διαθέσιμη τη δεκαετία του 1950. Σήμερα, η εκτέλεση πολλών επαναλήψεων γραμμικού προγραμματισμού που απαιτούνται για την DEA μπορεί να γίνει στο μέσο προσωπικό υπολογιστή χρησιμοποιώντας απλά προγράμματα προσαρμοσμένης κωδικοποίησης DEA ή ακόμα και το Microsoft Excel. Σιγά-σιγά, οι ερευνητές στην επιχειρησιακή έρευνα και τα οικονομικά άρχισαν να εφαρμόζουν την DEA στα προβλήματά τους.

Με ελάχιστες εξαιρέσεις, ο πρωταρχικός τους στόχος ήταν να επεκτείνουν τα θεωρητικά θεμέλια της επιστήμης και να το αναφέρουν σε παραδοσιακά ακαδημαϊκά περιοδικά με κριτές στη διαχείριση, την οικονομία, τις κοινωνικές επιστήμες και τα μαθηματικά. Καθώς περισσότεροι ερευνητές άρχισαν να εξετάζουν την DEA ως μια γόνιμη προσέγγιση για τα προβλήματα διαχείρισης και τα οικονομικά προβλήματα και τα έργα τους δημοσιεύονταν, η βιβλιογραφία αυξήθηκε, αρχικά αργά και τα τελευταία χρόνια αρκετά γρήγορα. Μόνο ο αριθμός των βιβλίων που δημοσιεύονται τώρα είναι περίπου 100 και αυξάνεται. Η τεχνολογία DEA έχει πλέον καθιερωθεί καλά, αλλά εξακολουθεί να αναπτύσσεται, και σχετικά μικρές θεωρητικές προσθήκες, επεκτάσεις και βελτιώσεις συνεχίζουν να αναφέρονται στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία.

Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων είναι μια μέθοδος προσέγγισης συνόρων. Οι προσεγγίσεις συνόρων προσδιορίζουν και αξιολογούν τους τομείς ή τα παραδείγματα βέλτιστων επιδόσεων ή βέλτιστων πρακτικών εντός του δείγματος, δηλαδή εκείνων που βρίσκονται στα «σύνορα». Το όριο που προσδιορίζεται από την DEA υποδηλώνει την καλύτερη απόδοση εντός της ομάδας των λειτουργικών μονάδων που αξιολογούνται και

δεν υπόσχεται, ούτε καν υποδηλώνει, ότι αυτές αντιπροσωπεύουν τη θεωρητικά καλύτερη απόδοση. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να αντιπαραβληθούν με τεχνικές παλινδρόμησης που επιδιώκουν να εξηγήσουν τη μέση συμπεριφορά σε ένα δείγμα. Οι τεχνικές Frontier μπορούν να χωριστούν σε δύο τύπους: παραμετρικές και μη παραμετρικές. Οι παραμετρικές τεχνικές καθορίζουν μια συνάρτηση συνόρων που πρέπει να προσαρμόζεται στα δεδομένα, με ή χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο θόρυβος στα δεδομένα.

Η DEA είναι μια μη παραμετρική προσέγγιση, που σημαίνει ότι δεν λαμβάνεται προηγούμενη λειτουργική μορφή για το όριο, εκτός μιας απλής υπόθεσης τμηματικών γραμμικών συνδέσεων μονάδων στο σύνορο. Η ικανότητα εφαρμογής DEA χωρίς την ανάληψη λειτουργικής μορφής είναι ένα πολύ ισχυρό χαρακτηριστικό. Αυτό σημαίνει ότι η ανάλυση μπορεί να προχωρήσει χωρίς να γνωρίζουμε τη συνάρτηση παραγωγής, που είναι ο τρόπος με τον οποίο οι εισροές μετατρέπονται σε εκροές. Οι μη παραμετρικές προσεγγίσεις μπορούν να χειριστούν ταυτόχρονα πολλαπλές εισόδους και εξόδους, αλλά δεν λαμβάνουν υπόψη τον θόρυβο στα δεδομένα, αντιμετωπίζοντας όλες τις αποκλίσεις από τα όρια ως αναποτελεσματικότητα (Cummins και Zi, 1998).

Ως μεθοδολογία μέτρησης και αξιολόγησης της αποδοτικότητας, η DEA είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε περιπτώσεις όπου οι μονάδες δειγμάτων, που ονομάζονται μονάδες λήψης αποφάσεων (Decision Making Units ή εφεξής DMU), χρησιμοποιούν πολλαπλές εισροές και εκροές και λειτουργούν υπό συγκρίσιμες συνθήκες. Η DEA μετρά πρωτίστως την τεχνική αποτελεσματικότητα, δηλ. επικεντρώνεται στα επίπεδα των εισροών σε σχέση με τις εκροές, σε αντίθεση με την οικονομική αποδοτικότητα που θα λαμβάνει επίσης υπόψη τις τιμές της αγοράς. Η χρήση επιπέδων εισροών και εκροών είναι ένα άλλο ισχυρό χαρακτηριστικό της DEA, καθώς μπορεί να ενσωματώσει εισροές και εκροές στις φυσικές μονάδες στις οποίες μετρώνται και δεν απαιτεί τη μετατροπή τους στις ίδιες μονάδες μέτρησης – συγκεκριμένα, δεν απαιτείται να μετατραπούν σε νομισματικές μονάδες.

Η DEA επιτρέπει στις αξιολογούμενες DMU να φαίνονται όσο το δυνατόν καλύτερα, ένα χαρακτηριστικό που μπορεί να θεωρηθεί ότι παρέχει μια «δίκαιη» αξιολόγηση των DMU με την έννοια ότι η ανάλυση θα πρέπει να περιορίζει τις αντιρρήσεις μεταξύ των DMU σχετικά με τις αξιολογήσεις τους. Αυτό το χαρακτηριστικό πηγάζει από τη βάση βελτιστοποίησης της DEA, όπου η DEA εκχωρεί

την υψηλότερη βαθμολογία απόδοσης σε κάθε DMU σε σύγκριση με το σύνολο των DMU που αναλύονται. Ουσιαστικά δίνει το «όφελος της αμφιβολίας» σε κάθε ενότητα.

Από τη σκοπιά της διαχείρισης, η DEA θα είναι λιγότερο πιθανό να προσδιορίσει εσφαλμένα μια αποτελεσματική μονάδα ως αναποτελεσματική και, ενώ μπορεί να μην καταγράφει όλες τις αναποτελεσματικές μονάδες, αυτές που προσδιορίζονται ως αναποτελεσματικές θα έχουν πραγματικές δυνατότητες βελτίωσης. Αντίθετα, αυτή η ίδια «δικαιοσύνη» μπορεί να επιτρέψει στις DMU να επιλέξουν κριτήρια αξιολόγησης που μπορεί να θεωρηθούν ακατάλληλα ή μη ρεαλιστικά. Τα αποτελέσματα της DEA, συμπεριλαμβανομένων των κριτηρίων αξιολόγησης, μπορούν να αναθεωρηθούν και να προσαρμοστούν από το χρήστη για την επανεκτέλεση του DEA για να συμπεριλάβει πιο κατάλληλα κριτήρια. Αυτός είναι ένας από τους πολλούς τρόπους με τους οποίους η DEA μπορεί να προσαρμοστεί στο συγκεκριμένο περιβάλλον λειτουργίας των DMU. Αυτές οι προσαρμογές καθιστούν την DEA πιο ισχυρή, αλλά απαιτούν επίσης από τον χρήστη να κατανοήσει τη φύση αυτών των πρόσθετων περιορισμών και πώς αυτή η φύση επηρεάζει τον τρόπο ανάλυσης των αποτελεσμάτων DEA. Ένα άλλο πλεονέκτημα της DEA είναι ότι προτείνει σαφείς στόχους βελτίωσης για αναποτελεσματικές DMU, δηλαδή το σημείο αναφοράς ή το σημείο στα σύνορα με το οποίο συγκρίνεται προκειμένου να μετρηθεί η αποτελεσματικότητά του. Επιπλέον, αυτό το οριακό σημείο θα οριστεί ως ο γραμμικός συνδυασμός ενός ή περισσότερων πραγματικών DMU που είναι αποτελεσματικά (δηλαδή στα αποδοτικά σύνορα).

Η αναποτελεσματική DMU παρουσιάζεται με ένα σχετικό σύνολο αποδοτικών DMU, που ονομάζεται σύνολο αναφοράς του (μερικές φορές αναφέρεται ως το αποδοτικό σύνολο αναφοράς). Το σύνολο αναφοράς αντιπροσωπεύει τις συγκεκριμένες αποδοτικές DMU έναντι των οποίων η αναποτελεσματική DMU κρίνεται αναποτελεσματική και οι αλλαγές για τη βελτίωση της αναποτελεσματικής DMU μπορούν να προσδιοριστούν πιο άμεσα με την ανάλυση των διαφορών μεταξύ της αναποτελεσματικής DMU και του συνόλου αναφοράς της. Έτσι, οι διευθυντές των μονάδων λαμβάνουν συμβουλές που μπορούν να γίνουν αντιληπτές ως δίκαιες και δίκαιες. Ο προσδιορισμός του ποσού των υπερβολικών πόρων που καταναλώνονται ή της πιθανής αύξησης των εκροών είναι δυνατή σε αναποτελεσματικές μονάδες σε σύγκριση με τις DMU στο αποδοτικό σύνολο αναφοράς μπορεί να είναι το πιο ισχυρό και χρήσιμο χαρακτηριστικό της DEA. (Paradi, 2018).

Τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες (1978-2016), υπάρχουν συνολικά 10.300 άρθρα σχετικά με την DEA στη βιβλιογραφία. Ειδικότερα, την τελευταία τριετία (2014, 2015 και 2016), ο αριθμός των άρθρων περιοδικών έφτασε σε μόλις 1000 περίπου δημοσιευμένες εργασίες κάθε χρόνο (Emrouznejad & Yang, 2018).

Η τεχνική DEA είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη τεχνική επιχειρησιακής έρευνας και τεχνικής νοημοσύνης για την αξιολόγηση της απόδοσης του τραπεζικού συστήματος αλλά παράλληλα και την αύξηση της παραγωγικότητας (Fenthi et al., 2010), ενώ ο Kirkwood et al., (2006) αναφέρουν ότι η μέθοδος της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της «παραγωγής» τραπεζικών υπηρεσιών που παράγουν έσοδα (αποτελεσματικότητα τραπεζικών υπηρεσιών εφεξής) και της αποτελεσματικότητας της παραγωγής κέρδους (αποτελεσματικότητα κέρδους). Παρά το γεγονός ότι η DEA χρησιμοποιείται και σε άλλους επιστημονικούς κλάδους, η εφαρμογή της στην τραπεζική έρευνα ήταν και παραμένει ιδιαίτερα υψηλή (Dessler, 2005).

Αυτή η μέθοδος ανάλυσης λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τις μεταβλητές εισόδου (εισροών) που σχετίζονται με τις διαδικασίες μιας τράπεζας, αλλά και τις εκροές που παράγονται από αυτές τις διαδικασίες. Η βαθμολογία αποδοτικότητας, υπολογίζεται ως το σταθμισμένο άθροισμα των εκροών διαιρούμενο με το σταθμισμένο άθροισμα των εισροών (Douplos et al., 2010). Τα στοιχεία αξιολόγησης ενός μοντέλου της τεχνική DEA, συμπεριλαμβανομένων των μονάδων λήψης αποφάσεων, των εισροών και των εκροών θα πρέπει να προσδιοριστούν εκ των προτέρων (Casu et al., 2003). Η DEA έχει βρεθεί ότι είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την αξιολόγηση της απόδοσης των τραπεζών, καθώς μπορεί να λάβει υπόψη πολλούς παράγοντες όπως το λειτουργικό κόστος, την ικανοποίηση των πελατών και την ποιότητα των υπηρεσιών. (Nepomuceno et al., 2023).

Η τεχνική DEA και οι τεχνικές που λειτουργούν παρόμοια με αυτή είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς στην αξιολόγηση της τραπεζικής απόδοσης και αυτό μπορεί να αποδοθεί σε πολλούς παράγοντες.

Πρώτον, η τραπεζική αποτελεσματικότητα αντιπροσωπεύει την ικανότητα των τραπεζών να μετατρέπουν τους πόρους σε έσοδα, έτσι ώστε οι αποτελεσματικές τράπεζες να μπορούν να αποκομίζουν περισσότερα κέρδη με χαμηλότερο κόστος, γεγονός που οδηγεί σε ανάπτυξη στην πραγματική οικονομία. Κατά την αποσύνθεση της τραπεζικής απόδοσης, η DEA μπορεί να αξιολογήσει τον λόγο μετατροπής των

εισροών προς τις εκροές σε κάθε μονάδα χωρίς την εκ των προτέρων απαίτηση να προσδιορίσει μια συνάρτηση παραγωγής ή κόστους και να αξιολογήσει τη διακριτή συμβολή κάθε στοιχείου στη συνολική απόδοση (Fenthi et al., 2010).

Ο δεύτερος λόγος για τον οποίο είναι ευρέως διαδεδομένοι οι μέθοδοι που βασίζονται στη DEA είναι ότι, σε ορισμένες μελέτες, η αποτελεσματικότητα των τραπεζών είναι ο δείκτης με τον οποίο αξιολογούνται οι συμπεριφορές τους (π.χ. αυξήσεις κεφαλαίων) ή τα αποτελέσματα της αλλαγής (π.χ. μεταρρυθμίσεις πολιτικής). Ένα άλλο σκέλος τραπεζικών μελετών εφαρμόζει επίσης μοντέλα DEA για τη δημιουργία μέτρων αποτελεσματικότητας των τραπεζών για τη μελέτη άλλων θεμάτων, όπως η τραπεζική ρύθμιση (Barth, et al., 2013), η απόδοση των τραπεζών (Eskelinen et al., 2014) και η αξιολόγηση κινδύνου (Boussemart et al., 2019).

Τέλος, η βελτίωση της ακρίβειας της μέτρησης της αποδοτικότητας είναι μια διαρκής πρόκληση στον τραπεζικό τομέα. Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της τράπεζας θα πρέπει να είναι ισχυρή και συνεπής καθώς και συνετή όταν πρόκειται για την ανάπτυξη μοντέλων για τη δημιουργία ακριβών εκτιμήσεων απόδοσης: αρκετές μεθοδολογικές μελέτες έχουν τροποποιήσει μοντέλα DEA χρησιμοποιώντας διαφορετικά στοιχεία, όπως η εξέταση των επιδράσεων χαλαρότητας και η ενσωμάτωση ασαφούς μοντέλα λογικής και κατευθυντικής απόστασης.

Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι η τεχνική DEA έχει εφαρμοστεί σχεδόν σε όλους τους τραπεζικούς τομείς ανά τον κόσμο και μάλιστα σε κάποιες περιπτώσεις υπάρχουν δεδομένα έρευνας για σύγκριση των τραπεζικών συστημάτων μεταξύ δύο ή περισσότερων χωρών. (Douplos et al., 2010). Επίσης, η εφαρμογή της DEA, καλύπτει ζητήματα όπως υποθέσεις σχετικά με το είδος των αποδόσεων σε κλίμακα, την επιλογή προσανατολισμού, τον ορισμό των εισροών και των εκροών και την ενσωμάτωση περιβαλλοντικών μεταβλητών.

3.2. Η DEA και τα βασικά της μοντέλα

Η μέθοδος DEA τροποποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Sherman για να μετρήσει την απόδοση των τραπεζών το 1984 και έκτοτε χρησιμοποιήθηκε εκτενώς από τον τραπεζικό κλάδο σε όλο τον κόσμο για τη μέτρηση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας των τραπεζών (Sherman και Zhu, 2006). Η DEA επιτρέπει τη

μέτρηση της αποτελεσματικότητας από πολλαπλές εισόδους και πολλαπλές εξόδους σε πολλαπλές μονάδες λήψης αποφάσεων (DMUs) (Sherman και Zhu, 2006). Μπορεί να αποδοθεί με τον παρακάτω ορισμό:

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

Πηγή: Othman et al. (2016). International Journal of Economics and Financial Issues, 6 (3), 911-916. σελ. 912.

Ωστόσο, αυτή η μέτρηση δεν αντιπροσωπεύει πλήρως την απόδοση καθώς συνήθως πολλαπλές εισροές χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μεμονωμένων ή περισσότερων εξόδους, που οδηγούν στην τροποποίηση της αρχικής εξίσωσης σε περιλαμβάνει μέτρηση πολλαπλών εισόδων και πολλαπλών εξόδων (Zhu και Sherman, 2006). Αυτή η έννοια επεκτάθηκε περαιτέρω σε βασικό μοντέλο CCR DEA που αναπτύχθηκε από το πρώτο μοντέλο CCR του 1978 με τροποποίηση της αρχικής εξίσωσης (Ayadi, 1998; Zhu και Sherman, 2006; Cooper et al., 2006).

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Weighted sum of Output}}{\text{Weighted sum of Input}}$$

3.3. Το βασικό μοντέλο Charnes-Cooper-Rhodes (CCR)

Το βασικό μοντέλο CCR αποτελεί από τα δύο μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται στη DEA και είναι το μοντέλο που έχει τη μεγαλύτερη εφαρμογή. Ως μοντέλα CCR αναφέρονται στη σχετική βιβλιογραφία τα μοντέλα σταθερής κλίμακας αποδόσεων (Constant Returns to Scale, CRS), από τα αρχικά ονόματα των ερευνητών (Charnes, Cooper & Rhodes) που τα εισήγαγαν το 1978. Στα μοντέλα αυτά θεωρείται ότι η τεχνολογία παραγωγής είναι τέτοια, ώστε μια αναλογική αύξηση σε όλες τις εισροές έχει ως αποτέλεσμα ίδια αναλογική αύξηση των εκροών. Το κλασματικό μοντέλο (2) που παρατέθηκε στη σελίδα 25 της παρούσας εργασίας, παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες στον υπολογισμό των λύσεων στις πρακτικές εφαρμογές της.

Για να λύσουμε το υπολογιστικό πρόβλημα μετατρέπουμε το μοντέλο σε ένα γραμμικό ισοδύναμο που παρουσιάζει δύο μορφές. Ακολουθώντας την αντίστοιχη θεωρία μετατροπής κλασματικού μοντέλου σε γραμμικό, θέτουμε ίσο με τη μονάδα τον

παρονομαστή της αντικειμενικής συνάρτησης (με τη μορφή περιορισμού) και μεγιστοποιούμε τον αριθμητή, ή αντίστοιχα θέτουμε τον αριθμητή ίσο με τη μονάδα (με τη μορφή περιορισμού) και ελαχιστοποιούμε τον παρονομαστή.

Οπότε θα έχουμε:

$$(A) \max h_0 = \sum_{r=1}^s U_r Y_{r0}$$

υπο τους περιορισμούς:

$$-\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj} + \sum_{i=1}^m N_i X_{ij} \geq 0 \quad \text{μοντέλο (3)}$$

$$\sum_{i=1}^m N_i X_{ij} = 1$$

$$N_i \geq \varepsilon$$

$$U_r \geq \varepsilon$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$r = 1, 2, \dots, s$$

Το ε , είναι απειροστός θετικός αριθμός και διασφαλίζει το γεγονός ότι οι τιμές εισόδων και εξόδων έχουν, έστω και μικρή, θετική τιμή.

Αυτό είναι το μοντέλο μεγιστοποίησης της εκροής. Η αντικειμενική συνάρτηση είναι το σταθμισμένο άθροισμα των εκροών με τον περιορισμό το σταθμισμένο άθροισμα των εισροών να ισούται με τη μονάδα.

$$(B) \min h_0 = \sum_{r=1}^s U_r Y_{r0}$$

υπό τους περιορισμούς:

$$\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m N_i X_{ij} \leq 0 \quad \text{μοντέλο (4)}$$

$$\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj} = 1$$

$$N_i \geq \varepsilon$$

$$U_r \geq \varepsilon$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$r = 1, 2, \dots, s$$

Το μοντέλο αυτό επιδιώκει να ελαχιστοποιήσει την αναλογία των εισροών της υπό αξιολόγηση DMU_0 , βασισμένο σε έναν σταθμισμένο συνδυασμό των εισροών και των εκροών των άλλων μονάδων, οι οποίες ξεπερνούν την DMU_0 . Όταν η υπό αξιολόγηση

DMU εκτιμάται ως μη αποδοτική η λύση στο δυικό πρόβλημα παρέχει κάποιες DMUs (σύνολο αναφοράς) που εκτιμώνται ως αποδοτικές με τα βάρη της υπό αξιολόγησης DMU.

Στη συνέχεια μετατρέπουμε τις εξόδους και εισόδους των DMU_0 , σε “ουσιαστικές εισόδους” και “ουσιαστικές εξόδους”, των οποίων ο λόγος γίνεται μέτρο αποδοτικότητας των DMUs το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στην εφαρμογή των μοντέλων BCC και CCR της DEA (Cooper et al., 2000).

Μετασχηματίζοντας λοιπόν τα:

U_r σε M_r και N_i σε U_i , τα μοντέλα (3) και (4) παίρνουν την εξής μορφή:

$$(A) \max Y_0 = \sum_{r=1}^s M_r Y_{r0}$$

υπό τους περιορισμούς:

$$i. \quad \sum_{i=1}^m U_i X_{i0} = 1 \quad \text{μοντέλο (3.1)}$$

$$ii. \quad \sum_{r=1}^s M_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m U_i X_{ij} \leq 0$$

$$iii. \quad M_r \geq \varepsilon$$

$$iv. \quad U_i \geq \varepsilon$$

$$(B) \min Y_0 = \sum_{r=1}^s M_r Y_{r0}$$

υπό τους περιορισμούς:

$$i. \quad \sum_{r=1}^s M_r Y_{r0} = 1 \quad \text{μοντέλο (4.1)}$$

$$ii. \quad \sum_{r=1}^s M_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m U_i X_{ij} \geq 0$$

$$iii. \quad M_r \geq \varepsilon$$

$$iv. \quad U_i \geq \varepsilon$$

η μετατροπή των μοντέλων (3) και (4) γίνεται σύμφωνα με τους παρακάτω κανόνες:

Αλλάζουμε τον περιορισμό i. με την μεταβλητή του δυικού θ_0 .

Αλλάζουμε τον περιορισμό ii. με τις μεταβλητές $\sum_{\lambda j} X_{ij}$ (με $j=1, \dots, n$) και

$\sum_{\lambda j} Y_{rj}$ (με $j=1, \dots, n$), αν πρόκειται για είσοδο και για έξοδο αντίστοιχα.

Αλλάζουμε τον περιορισμό iii. με τη μεταβλητή $(\sum S_i^- - \sum S_r^+)$ με $i = 1, \dots, m$

και $r = 1, \dots, s$

Ο δεύτερος κανόνας είναι ότι πρέπει να αντιστοιχιστεί ένας περιορισμός στο δυικό για κάθε μεταβλητή του προβλήματος. Έχοντας λοιπόν δυο μεταβλητές (η μια με μηδενικό συντελεστή) θα προκύψουν και δυο περιορισμοί αντίστοιχα στο δυικό. Άρα:

$$\min h_0 = \theta_0 = -\varepsilon(\sum S_i^+ + \sum S_r^+)$$

υπό τους περιορισμούς:

μοντέλο (5)

$$\theta_0 X_{i0} - \sum \lambda_j X_{ij} - S_i^- = 0$$

$$\sum \lambda_j Y_{rj} - S_r^+ = 0$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j=1, \dots, n$$

$$S_i^- \geq 0 \quad i=1, \dots, m$$

$$S_r^+ \geq 0 \quad r=1, \dots, s$$

Το δυικό μοντέλο (5), υπολογίζει τις ελάχιστες ποσότητες εισόδων (m), ώστε να επιτυγχάνονται τα προκαθορισμένα επίπεδα για τις εξόδους (s). Αν εφαρμόσουμε την ίδια μεθοδολογία για την μετατροπή του δυικού (4) καταλήγουμε:

$$\max f_0 = H_0 + (\sum S_i^+ + \sum S_r^-)$$

υπό τους περιορισμούς:

μοντέλο (6)

$$H_0 Y_{r0} - \sum \lambda_j Y_{rj} + S_r^+ = 0$$

$$\sum \lambda_j X_{ij} + S_i^- = 0$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j=1, \dots, n$$

$$S_i^- \geq 0 \quad i=1, \dots, m$$

$$S_r^+ \geq 0 \quad r=1, \dots, s$$

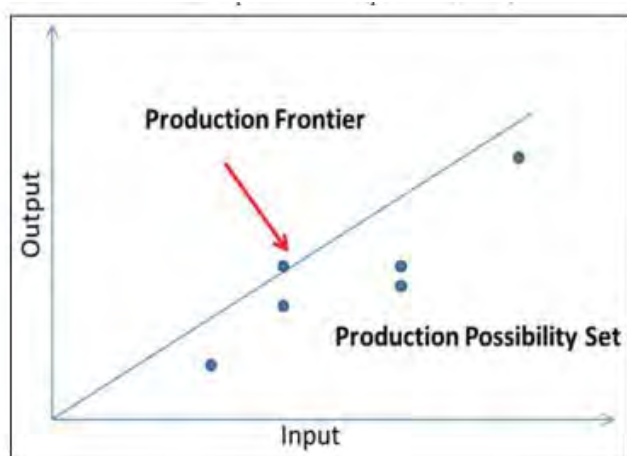
Το παραπάνω μοντέλο (6) εφαρμόζεται για τον υπολογισμό του μέγιστου ποσού εξόδων που μπορεί να δημιουργηθεί από ένα δοσμένο σύνολο εισόδων.

Όταν χρησιμοποιείται η DEA για τη μέτρηση της απόδοσης τραπεζών για ένα σύνολο DMU, ο αλγόριθμος γραμμικού προγραμματισμού θα υπολογίσει την απόδοση κάθε DMU με βάση τις ίδιες μεταβλητές εισόδων και εξόδων για να βρει τη μέγιστη αναλογία σταθμισμένου αθροίσματος εξόδου προς το σταθμισμένο άθροισμα εισόδου

(οι περισσότερες αποτελεσματικό DMU) και να χρησιμοποιηθεί ως σημείο αναφοράς έναντι άλλων DMU, με αποτέλεσμα τα DMU βέλτιστης πρακτικής να βρίσκονται στην αποτελεσματική συνοριακή γραμμή. Σημαίνει ότι οι μονάδες βέλτιστης πρακτικής είναι σχετικά αποτελεσματικές και προσδιορίζονται από τη βαθμολογία αποτελεσματικότητας DEA ως 100% (αποτελεσματικότητα = 1).

Οι Charnes et al., (1979) επέβαλαν περιορισμούς μη αρνητικότητας για να διασφαλίσουν ότι οι εισροές και οι εξοδοί έχουν θετικές τιμές βάρους, έτσι ώστε η βαθμολογία απόδοσης που θα εκχωρηθεί να είναι μεταξύ 1 και 0, και κανένας δείκτης απόδοσης μεγαλύτερος από ένα. Οι λιγότερο παραγωγικές μονάδες ή η αναποτελεσματικότητα προσδιορίζονται με βαθμολογία αποδοτικότητας <1).

Οι σχετικές μονάδες σε αυτό το σύνορο αντιπροσωπεύουν το βαθμό αναποτελεσματικότητας. Γραφικά, το παρακάτω σχήμα 2 απεικονίζει τα όρια παραγωγής του μοντέλου CCR, όπου υπολογίζει τα πιο αποτελεσματικά DMU σε διαγώνια γραμμή κατά μήκος της περιοχής όπου βρίσκονται τα σύνορα και άλλα DMU (σύνολα δυνατοτήτων παραγωγής). Οι παραπάνω εξηγήσεις προήλθαν από τους Soteriou και Stavrinos (1997), Cooper et al., (2006), Sherman και Zhu (2006), Ramanathan (2007), Chen et al., (2008), Hassan et al., (2009), Klimberg et al., (2009) και Yahya et al., (2012).



Σχήμα 2: Σύνορα παραγωγής του μοντέλου Charnes-Cooper-and Rhodes (Cooper et al., 2006).

Στο μοντέλο CCR ελαχιστοποίησης εισροών, το οποίο αναφέρεται επίσης σε διπλό μοντέλο στις βιβλιογραφίες DEA, η DMU είναι συγκριτικά αποτελεσματική εάν και

μόνο εάν οι βέλτιστες τιμές του λόγου απόδοσης (βαθμολογία), Θ είναι ίσο με ένα ή μονάδα (Cooper et al., 2006; Ramanathan, 2007; Wu & Wu, 2010).

Σε μια προσπάθεια χρήσης μοντέλων προσανατολισμένων σε εισροές και εκροών για τον υπολογισμό της βαθμολογίας απόδοσης DEA για 55 τράπεζες στο Συμβούλιο Συνεργασίας του Κόλπου (GCC), ο Ramanathan (2007) ανακάλυψε ότι και τα δύο μοντέλα παρήγαγαν παρόμοια αποτελέσματα. Αυτό υποδηλώνει ότι δεν υπάρχει εμφανής διαφορά στη βαθμολογία αποδοτικότητας που δημιουργείται και από τα δύο μοντέλα. Επομένως, δεν υπάρχουν παραπλανητικές ερμηνείες της βαθμολογίας DEA εάν επιλεγεί ένα από τα δύο μοντέλα.

Σύμφωνα με τους Sherman και Zhu (2006), το βασικό μοντέλο CCR που αναπτύχθηκε από το CCR υποθέτει σταθερή απόδοση στην κλίμακα (CRS).

Το αποτελεσματικό σύνορο στην DEA μπορεί να προκύψει χρησιμοποιώντας πέντε εναλλακτικές παραδοχές απόδοσης κλίμακας, οι οποίες καθεμία περιγράφει τον ρυθμό υποκατάστασης μεταξύ των εισροών και των εξόδων είτε αυτός αυξάνεται, είτε είναι σταθερός είτε μειώνεται σε κάθε τμήμα του συνόρου (Sherman και Zhu, 2006).

Οι πέντε εναλλακτικές λύσεις είναι:

- Αύξηση της απόδοσης κλίμακας: Συνθήκη όταν υπάρχει ανάλογη αύξηση της παραγωγής και της εισροής που προκαλεί την DMU να βρίσκεται εντός των συνόρων.
- CRS: Συνθήκη κατά την οποία υπάρχει ανάλογη αύξηση ή μείωση της εισροής ή της παραγωγής που προκαλεί τη μετακίνηση της DMU κατά μήκος της συννοριακής γραμμής ή πάνω από αυτήν και παρέχει ουσιαστική μέτρηση της τεχνικής και της αποδοτικότητας κλίμακας χωρίς να υπάρχουν δεδομένα για την τιμή εισροών ή το κόστος.
- μεταβλητή απόδοση σε κλίμακα (VRS): Χρησιμοποιείται όταν η υπόθεση του ΗΣΚ δεν ικανοποιείται ή δεν υπάρχουν οικονομίες κλίμακας και η αποτελεσματικότητα του DMU στα αποδοτικά σύνορα ερμηνεύεται ως καθαρά τεχνικά αποδοτική.
- μη αυξανόμενη επιστροφή στην κλίμακα: Συνθήκη ότι η DMU δεν βρίσκεται στη συννοριακή γραμμή και
- μη φθίνουσα απόδοση στην κλίμακα: Μια συνθήκη του DMU να μην βρίσκεται στη γραμμή των συνόρων (Ong et al., 2003; Sherman & Zhu, 2006; Ramanathan, 2007; Tahir & Haron, 2008).

Σύμφωνα με τους Charnes et al., (1994), όταν οι βαθμολογίες απόδοσης DEA υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας τόσο το μοντέλο CRS όσο και το μοντέλο VRS, οι βαθμολογίες απόδοσης CRS είναι μικρότερες ή ίσες με την αντίστοιχη βαθμολογία αποτελεσματικότητας VRS, λόγω του μεγέθους της διαφοράς κλίμακας κάθε DMU.

Ο Ramanathan (2007) προσπάθησε να επικυρώσει αυτό το εύρημα μετρώντας την αποτελεσματικότητα 55 τραπεζών στο GCC χρησιμοποιώντας DEA και με τις δύο υποθέσεις, CRS και VRS στα ίδια σύνολα δεδομένων, και ανακάλυψε ότι τα αποτελέσματα είναι σύμφωνα με τα παραπάνω, δείχνοντας ότι οι μέσες βαθμολογίες απόδοσης CRS είναι μικρότερες από μέση βαθμολογία απόδοσης VRS για κάθε χώρα στο ΣΣΚ.

3.4. Μοντέλο DEA Banker-Charnes-Cooper (BCC)

Η πρώτη βελτίωση του βασικού μοντέλου CCR αναπτύχθηκε από τους Banker, Charnes και Cooper το 1984 και ονομάστηκε από τα αρχικά τους, μοντέλο BCC που, με άλλα κριτήρια είναι ίδια με το CCR, εκτός από το ότι συμπληρώνουν την εξίσωση για τη μέτρηση των υπερβολών εισροών και των ελλειμμάτων παραγωγής (Cooper et al., 2006, Ong et al., 2003). Δηλαδή, επιτρέπει την μέτρηση της αποδοτικότητας υπό καθεστώς κλίμακας μεταβλητών αποδόσεων, (Variable Returns to Scale, VRS) (Banker, Charnes, & Cooper, 1984).

Το μοντέλο BCC δημιουργείται εισάγοντας τον παρακάτω περιορισμό στο μοντέλο (5):

Καθώς προστίθεται στο πρωτεύον μοντέλο (3) μια νέα μεταβλητή (u_0) απόφασης, η οποία παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις αποδόσεις κλίμακας που χαρακτηρίζουν κάθε μονάδα, το μοντέλο BCC διαμορφώνεται ως εξής:

$$\begin{aligned} \max Y_0 &= \sum_{r=1}^s M_r Y_{r0} - u_0 \\ \text{υπό τους περιορισμούς:} & \qquad \qquad \qquad \text{μοντέλο (7)} \\ \sum_{r=1}^s M_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m U_i X_{ij} + u_0 &\leq 0 \\ \sum_{i=1}^m U_i X_{i0} &= 1 \end{aligned}$$

$$M_r \geq \varepsilon$$

$$u_i \geq \varepsilon$$

Η δυική μορφή του μοντέλου BCC είναι η ακόλουθη:

$$\min h_0 = \theta_0 = -\varepsilon(\sum S_i^- + \sum S_r^+)$$

υπό τους περιορισμούς:

μοντέλο (8)

$$\theta_0 X_{i0} - \sum \lambda_j X_{ij} - S_i^- = 0$$

$$\sum \lambda_j Y_{rj} - S_r^+ = 0$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$S_i^- \geq 0 \quad i=1,2,\dots, m$$

$$S_r^+ \geq 0 \quad r=1,2,\dots, s$$

Μέσω της μεταβλητής u_0 στο αρχικό μοντέλο, προσδιορίζονται η σταθερή απόδοσης κλίμακας (CRS) και η μεταβλητή απόδοση κλίμακας (VRS). Συγκεκριμένα, αν λυθεί το πρόβλημα χωρίς τον περιορισμό $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$, τότε έχουμε τις δύο ακόλουθες περιπτώσεις (Zhu, 2009):

- $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ τότε έχουμε CRS
- $\sum_{j=1}^n \lambda_j \neq 1$ τότε έχουμε VRS

Όπου για τη δεύτερη περίπτωση:

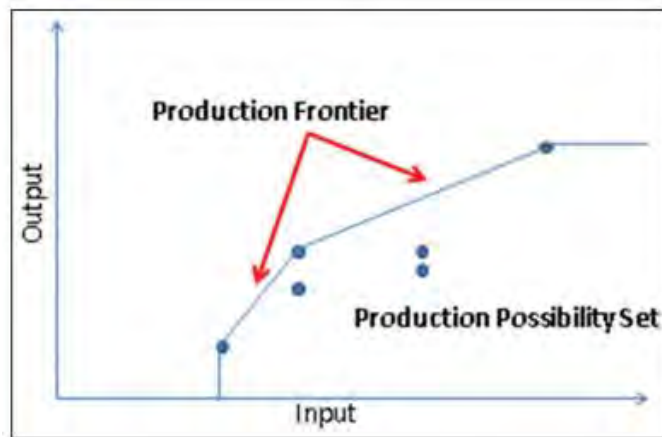
- $\sum_{j=1}^n \lambda_j < 1$ τότε βρισκόμαστε σε αύξουσα απόδοση κλίμακας (IRS)
- $\sum_{j=1}^n \lambda_j > 1$ τότε βρισκόμαστε σε φθίνουσα απόδοση κλίμακας (DRS)

Αντίστοιχα για τις τιμές της u_0 :

- $u_0 = 0$ τότε έχουμε CRS
- $u_0 \neq 0$ τότε έχουμε VRS με $u_0 < 0$ (IRS) και $u_0 > 0$ (DRS)

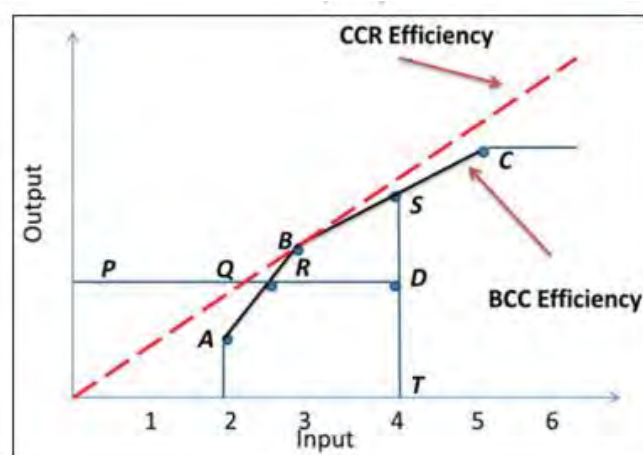
3.5. Σύγκριση μεταξύ Μοντέλου BCC και Μοντέλου CCR

Βασικά, στο μοντέλο BCC, ο τύπος υπολογίζει την απόδοση των DMU και των πιο αποδοτικών DMU που βρίσκονται στην κυρτή γραμμή δημιουργώντας αποτελεσματικά σύνορα μετά τη διέλευση από την περιοχή των DMU (σύνολο δυνατοτήτων παραγωγής). Το Σχήμα 3 απεικονίζει γραφικά τα όρια παραγωγής του μοντέλου BCC.



Σχήμα 3: Σύνορα παραγωγής του μοντέλου Banker-Charnes-Cooper (Cooper et al., 2006).

Σύμφωνα με τους Cooper κ.ά., (2006), το μοντέλο CCR υπολογίζει την αναλογική απόδοση, αλλά δεν μετρά την υπέρβαση εισόδου και τα ελλείμματα παραγωγής, τα οποία συμπληρώνονται από το μοντέλο BCC. Για περαιτέρω συγκρίσεις μεταξύ του μοντέλου BCC και του μοντέλου CCR, παρατίθεται το Σχήμα 4.



Σχήμα 4: Τα σύνορα παραγωγής του μοντέλου Charnes-Cooper-and Rhodes και του μοντέλου Banker-Charnes-Cooper (Cooper et al., 2006).

Από τους Cooper et al., (2006), εξηγούνται οι διαφορές μεταξύ των δύο μοντέλων. Λαμβάνοντας υπόψη ότι είναι τέσσερις DMUs, σημειώνονται ως σημεία A, B, C, D που χρησιμοποιούν τον ίδιο τύπο εισόδου για την παραγωγή του ίδιου τύπου εξόδου, το αποδοτικό όριο CCR στην κόκκινη διακεκομμένη γραμμή που τέμνεται με το B από την αρχή, ενώ το αποδοτικό όριο BCC είναι η μαύρη έντονη γραμμή που άγγιξε τα A, B, C. Επομένως, μόνο το B είναι CCR-efficient, ενώ τα A, B, C είναι BCC-efficient. Έτσι, πιο αποτελεσματικές DMU μπορούν να δημιουργηθούν μέσω του μοντέλου BCC και αυτό είναι σύμφωνο με τους Mester (2003) και Burger and Moormann (2008) που ανακάλυψαν ότι τα μοντέλα BCC είναι πιο χαλαρά επιτρέποντας περισσότερες DMU σε αποτελεσματική γραμμή συνόρων.

Επιπλέον, δεδομένου του DMU D, η απόδοση BCC μπορεί να υπολογιστεί μέσω του λόγου PR/PD. ενώ η τιμή απόδοσης CCR προσδιορίζεται μέσω της αναλογίας PQ/PD. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η τιμή της απόδοσης CCR είναι μικρότερη και δεν υπερβαίνει ποτέ την τιμή της απόδοσης BCC. Με αυτό, οι Cooper et al., (2006) η θεωρία υποστηρίζεται από τους Sherman και Zhu (2006).

Η αναποτελεσματικότητα για το DMU D, είναι η απόσταση από το D στο S, που υπολογίζεται μέσω του μοντέλου BCC ως ST/DT. Ενώ η αναποτελεσματικότητα του DMU D για το μοντέλο CCR είναι η απόσταση από το D έως το σημείο που τέμνεται με τη γραμμή απόδοσης CCR (διακεκομμένη κόκκινη γραμμή) από το ST. Επομένως, δεδομένου του ίδιου επιπέδου εισόδου, το DMU D μπορεί να επιτύχει τη βέλτιστη απόδοση αυξάνοντας την ποσότητα εξόδου SD (προσανατολισμένη στην έξοδο) (Cooper et al., 2006).

Αντίθετα, η αναποτελεσματικότητα για το DMU D χρησιμοποιώντας το μοντέλο CCR μπορεί απλά να εντοπιστεί με το $1/(PQ/PD)$ δημιουργώντας μια αμοιβαία σχέση μεταξύ εισόδου-εξόδου (Sherman και Zhu, 2006). Έτσι, για να επιτύχει το DMU D βέλτιστη απόδοση χρησιμοποιώντας το μοντέλο CCR, η είσοδος θα πρέπει να μειωθεί σε PQ ενώ παράγει το ίδιο επίπεδο εξόδου (προσανατολισμένο στην είσοδο) (Cooper et al., 2006, Sherman και Zhu, 2006).

Μερικά άλλα μοντέλα DEA που χρησιμοποιήθηκαν σε πιο προηγμένη και λεπτομερή έρευνα είναι το μοντέλο που βασίζεται στο slack, το υβριδικό μοντέλο, το μοντέλο Russell και το μοντέλο προσαρμοσμένο στην ποιότητα (Q-DEA).

3.6. Η DEA ως εργαλείο μέτρησης της απόδοσης στον τραπεζικό τομέα

Η μέτρηση της αποδοτικότητας της τράπεζας εφαρμόζεται με δύο προσεγγίσεις, την παραγωγή και τη διαμεσολάβηση. Η προσέγγιση παραγωγής έδωσε έμφαση στις τράπεζες ως εταιρείες που παρέχουν υπηρεσίες με τη μορφή συναλλαγών, ενώ στην προσέγγιση της διαμεσολάβησης, οι τράπεζες αναλάμβαναν τη διαμεσολάβηση κεφαλαίων μεταξύ αποταμιευτών και επενδυτών (Mostafa, 2011).

Η παραγωγική προσέγγιση υιοθέτησε τις τράπεζες ως παραγωγούς δανείων και καταθέσεων για δανειολήπτες και καταθέτες χρησιμοποιώντας τον παραδοσιακό συντελεστή παραγωγής, κεφάλαιο, γη και εργασία (Taufiq et al., 2009). Ως χρηματοοικονομικός ενδιάμεσος, η κύρια λειτουργία των τραπεζών είναι να διευκολύνουν την αποτελεσματική και αποδοτική κατανομή των χρηματοοικονομικών πόρων σε μια μορφή επενδύσεων και να λαμβάνουν οικονομικά οφέλη σε αντάλλαγμα (Batchelor, 2005).

Με άλλα λόγια, οι τράπεζες δανείζονται κεφάλαια από καταθέτες για να δανείσουν σε άλλους. Ως εκ τούτου, οι καταθέσεις θεωρούνται ως εισροές (Mester, 2003, Chen et al., 2008). Το σχήμα 5 απεικονίζει τη λειτουργία διαμεσολάβησης για τις τράπεζες. Η αναποτελεσματικότητα για το DMU D, είναι η απόσταση από το D στο S, που υπολογίζεται μέσω του μοντέλου BCC ως ST/DT. Ενώ η αναποτελεσματικότητα του DMU D για το μοντέλο CCR είναι η απόσταση από το D έως το σημείο που τέμνεται με τη γραμμή απόδοσης CCR (διακεκομμένη κόκκινη γραμμή) από το ST. Επομένως, δεδομένου του ίδιου επιπέδου εισόδου, το DMU D μπορεί να επιτύχει τη βέλτιστη απόδοση αυξάνοντας την ποσότητα εξόδου SD (προσανατολισμένη στην έξοδο) (Cooper κ.ά., 2006). Η προσέγγιση της διαμεσολάβησης είναι πιο κατάλληλη για την αξιολόγηση των τραπεζικών τομέων, καθώς η τράπεζα συλλέγει κεφάλαια και τα μετατρέπει σε δάνεια και άλλα περιουσιακά στοιχεία με κέρδη (Mokhtar et al., 2008).



Σχήμα 5: Τα σύνορα παραγωγής του μοντέλου Charnes-Cooper-and Rhodes και του μοντέλου Banker-Charnes-Cooper (Cooper et al., 2006).

Έτσι, όλες οι βιβλιογραφίες για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας των τραπεζών που αναφέρονται σε αυτή τη βιβλιογραφία χρησιμοποιούσαν είτε προσέγγιση διαμεσολάβησης είτε προσέγγιση παραγωγής.

Στη μελέτη τους, οι Othman et al., (2016), καθόρισαν την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα των τραπεζικών τομέων. Επεξεργάζονται περαιτέρω την αποτελεσματικότητα που χρησιμοποιείται εναλλακτικά με την παραγωγικότητα. Εξήγησαν τέσσερα στοιχεία της ταξινόμησης της αποδοτικότητας (δηλαδή, τεχνική αποδοτικότητα, αποδοτικότητα κλίμακας, αποδοτικότητα τιμής και αποτελεσματικότητα κατανομής) για να περιγραφεί η συνολική παραγωγικότητα.

Επιπλέον, εισήγαγαν την DEA ως εργαλείο μέτρησης της αποτελεσματικότητας στον τραπεζικό τομέα. Η μελλοντική μελέτη τραπεζικής αποτελεσματικότητας μπορεί να χρησιμοποιήσει τη DEA για τη λήψη σχετικών βαθμολογιών απόδοσης των τραπεζών του δείγματος. Μπορεί να μετρήσει την τεχνική αποτελεσματικότητα των τραπεζών υποθέτοντας προσέγγιση διαμεσολάβησης χρησιμοποιώντας το βασικό μοντέλο DEA CCR υπό τις παραδοχές CRS. Η υπόθεση CRS χρησιμοποιείται λαμβάνοντας υπόψη ότι όλες οι τράπεζες ή οι DMU υπό παρατήρηση λειτουργούν στη βέλτιστη κλίμακα υπό τέλει ανταγωνισμό (Ahmad & Luo, 2010). Αυτή η τεχνική θα αποκαλύψει ένα σύνολο βαθμολογίας αποτελεσματικότητας (CCR effect) για κάθε DMU για κάθε υπό μελέτη έτος. Η μέθοδος υιοθετήθηκε από τους Yahya et al., (2012), Hassan et al., (2009), Mokhtar et al., (2008) και Sufian (2007).

Επιπλέον, το μοντέλο BCC με υπόθεση VRS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της βαθμολογίας απόδοσης κάθε DMU χρησιμοποιώντας τις ίδιες μεταβλητές εισόδου εξόδου με σκοπό τη διερεύνηση της συμβολής της αναποτελεσματικότητας. Αυτή η διαδικασία θα δώσει ένα άλλο σύνολο βαθμολογίας αποτελεσματικότητας (BCC-efficient) για κάθε DMU για κάθε έτος υπό παρατήρηση.

Ο σκοπός αυτής της τεχνικής είναι να μετρήσει την πηγή και το επίπεδο αναποτελεσματικότητας μέσω της αποσύνθεσης της τεχνικής απόδοσης. Επιπλέον, οι βαθμολογίες απόδοσης CCR που λαμβάνονται από τη DEA μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εξαρτημένες μεταβλητές για να ελέγξουν την επίδραση των χαρακτηριστικών της τράπεζας στη βαθμολογία αποδοτικότητας χρησιμοποιώντας

γραμματική παλινδρόμηση. Πριν από αυτό, οι υπό παρακολούθηση τράπεζες δείγματος (DMU) θα επαναταξινομηθούν με βάση τα τραπεζικά χαρακτηριστικά τους.

3.7. Βασικές μέθοδοι της DEA

Οι Coelli et al. (2005) αναλύουν τέσσερις μεθόδους (προσεγγίσεις) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να ενσωματώσουν περιβαλλοντικές μεταβλητές σε εφαρμογές DEA. Η πρώτη μέθοδος, από τους Banker και Morey (1986), απαιτεί οι περιβαλλοντικές μεταβλητές να ταξινομούνται από τις λιγότερο προς τις πιο επιβλαβείς για την απόδοση. Στη συνέχεια, η απόδοση ενός δεδομένου rm συγκρίνεται με εκείνα τα rms στο δείγμα που έχουν μια τιμή της περιβαλλοντικής μεταβλητής που είναι μικρότερη ή ίση με τη δεδομένη rm . Αυτό διασφαλίζει ότι οι τράπεζες δεν συγκρίνονται με ομότιμους που λειτουργούν σε ευνοϊκότερο περιβάλλον.

Η δεύτερη μέθοδος, από τους Charnes et al. (1981), απαιτεί από τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων: α) να διαιρέσει το δείγμα σε υποδείγματα και να λύσει προβλήματα DEA για κάθε υποδείγμα, β) να προβάλει όλα τα παρατηρούμενα σημεία δεδομένων στα πιθανά σύνορά τους και γ) να λύσει μια ενιαία DEA χρησιμοποιώντας τα προβλεπόμενα σημεία και αξιολογήστε τυχόν διαφορά στη μέση απόδοση των δύο υποδειγμάτων. Σύμφωνα με τους Coelli et al. (2005), τα ακόλουθα δύο προβλήματα είναι κοινά και στις δύο μεθόδους: ο διαχωρισμός του δείγματος μειώνει το σύνολο σύγκρισης και μόνο μία περιβαλλοντική μεταβλητή μπορεί να ληφθεί υπόψη σε κάθε περίπτωση, περιορίζοντας έτσι το εύρος της ανάλυσης.

Σύμφωνα με την τρίτη μέθοδο, οι περιβαλλοντικές μεταβλητές περιλαμβάνονται απευθείας στο πρόβλημα DEA ως μη διακριτικές είσοδοι/εισροές (εάν λογίζεται ότι έχουν θετική επίδραση στην απόδοση) ή ως έξοδοι/εκροές (εάν έχουν αρνητική επίδραση στην απόδοση). Το μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι κάποιος πρέπει να γνωρίζει εκ των προτέρων την κατεύθυνση της επιρροής, ένα μειονέκτημα που ισχύει και στην περίπτωση της πρώτης μεθόδου. Εναλλακτικά, οι περιβαλλοντικές μεταβλητές μπορούν να συμπεριληφθούν ως μη διακριτικές, ουδέτερες μεταβλητές, χρησιμοποιώντας μια φόρμα ισότητας. Το μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι μπορεί να μειώσει το σύνολο αναφοράς για κάθε rm . Πρόσφατες εφαρμογές των

παραπάνω προσεγγίσεων στον τραπεζικό τομέα μπορούν να βρεθούν στους Pastor (1999) και Lozano-Vivas et al. (2001, 2002).

Η τέταρτη μέθοδος που συζητείται στους Coelli et al. (2005) είναι η δυική προσέγγιση (ή δύο σταδίων). Αυτή περιλαμβάνει ένα πρόβλημα DEA με παραδοσιακές εισροές και εκροές στο πρώτο στάδιο. Στο δεύτερο στάδιο, οι βαθμολογίες αποδοτικότητας που ελήφθησαν υποχωρούν στις περιβαλλοντικές μεταβλητές. Αν και αυτή η προσέγγιση έχει χρησιμοποιηθεί συχνά στην τραπεζική βιβλιογραφία με πολυάριθμες εφαρμογές, αποτυγχάνει να προσαρμόσει τα μέτρα απόδοσης. Ως εκ τούτου, είναι πιο κατάλληλο όταν ο στόχος είναι να εξεταστούν οι συσχετίσεις της απόδοσης με διάφορους παράγοντες αντί να παρέχει τη βάση για απόλυτες συγκρίσεις σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

Τέλος, οι Pastor (2002), Drake et al. (2006), Avkiran (2009b) και Thoraneenitiyan και Avkiran (2009) προσαρμόζουν τις βαθμολογίες απόδοσης της τράπεζας για κινδύνους και/ή εξωτερικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες, χρησιμοποιώντας ένα DEA πολλαπλών σταδίων. Σε αυτή την περίπτωση, η εφαρμογή ξεκινά με την εκτίμηση ενός μοντέλου DEA με παραδοσιακές εισόδους και εξόδους. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας τα slacks από το μοντέλο DEA, ποσοτικοποιούν την επίδραση του λειτουργικού περιβάλλοντος και προσαρμόζουν τις αρχικές εισόδους ή/και εξόδους δεδομένων δεδομένων. Τέλος, εκτελούν ξανά το αρχικό μοντέλο DEA χρησιμοποιώντας τα προσαρμοσμένα δεδομένα.

3.8. DEA και μέτρα αποδοτικότητας στα τραπεζικά καταστήματα

Δύο γραμμές έρευνας έχουν προκύψει γύρω από τη βελτίωση της μεθοδολογίας DEA: α) η επέκταση των παραδοσιακών μοντέλων DEA και β) ο συνδυασμός μοντέλων DEA με άλλες προηγμένες μεθοδολογίες επιχειρησιακής έρευνας.

Οι Fethi & Pasiouras (2010) κατέγραψαν ότι οι περισσότερες μελέτες επικεντρώνονται στην τεχνική αποτελεσματικότητα των τραπεζών (Lozano-Vivas et al., 2002; Drake et al., 2006; Pasiouras, 2008a,b). Αυτό το μέτρο αποδοτικότητας υποδεικνύει εάν μια τράπεζα χρησιμοποιεί την ελάχιστη ποσότητα εισροών για να

παράγει μια δεδομένη ποσότητα εκροών ή μεγιστοποιεί την ποσότητα παραγωγής δεδομένης μιας συγκεκριμένης ποσότητας εισροών.

Ωστόσο, όταν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα τιμών για τις εισροές και/ή τις εκροές, μπορεί κανείς, επίσης, να εκτιμήσει τα μέτρα κόστους ή/και αποτελεσματικότητας. Η απόδοση κόστους είναι το προϊόν της τεχνικής απόδοσης και της αποδοτικότητας κατανομής. Η τελευταία αναφέρεται στην ικανότητα μιας τράπεζας να χρησιμοποιεί το βέλτιστο μείγμα εισροών δεδομένων των αντίστοιχων τιμών τους. Κατά συνέπεια, η αποδοτικότητα κόστους δείχνει την ικανότητα μιας τράπεζας να παρέχει υπηρεσίες χωρίς σπατάλη πόρων ως αποτέλεσμα τεχνικής αναποτελεσματικότητας ή αναποτελεσματικότητας ανακατανομής. (Tortosa-Ausina, 2002a; Isik and Hassan, 2002, 2003a).

Οι εκτιμήσεις της αποδοτικότητας του κέρδους με την DEA είναι μάλλον περιορισμένες στη βιβλιογραφία. Ένας πιθανός λόγος είναι η δυσκολία συλλογής αξιόπιστων και διαφανών πληροφοριών για τις τιμές παραγωγής. Επιπλέον, η αποσύνθεση της αποδοτικότητας του κέρδους σε τεχνική και κατανομητική (technical και allocative) δεν είναι απλή (Coelli et al., 2005).

Οι Fare et al. (2004) προτείνουν τη λύση δύο συνόλων γραμμικών προγραμμάτων. Στην πρώτη, επιλύεται μια DEA μεγιστοποίησης αποδοτικότητας κέρδους για τη μέτρηση της αποδοτικότητας κέρδους. Στο δεύτερο πρόβλημα DEA, η τεχνική απόδοση μετριέται με βάση μια συνάρτηση κατευθυντικής απόστασης που επιτρέπει την ταυτόχρονη προσαρμογή εισόδων και εξόδων. Οι Kirkwood και Nahm (2006) εκτιμούν επίσης την αποτελεσματικότητα, αν και χρησιμοποιούν μόνο σε τιμές πώλησης. Ως εκ τούτου, κατά μία έννοια υπολογίζουν ένα μέτρο απόδοσης που είναι παρόμοιο με των Berger and Mester (1997) «εναλλακτική απόδοση» που χρησιμοποιείται, συνήθως στη βιβλιογραφία, της στοχαστικής ανάλυσης συνόρων (SFA).

Οι μελέτες των Maudos και Pastor (2003) και των Ariff και Can (2008) παρέχουν εκτιμήσεις τόσο της τυπικής όσο και της εναλλακτικής φυσικής αποτελεσματικότητας. Τέλος, περίπου 40 μελέτες λαμβάνουν εκτιμήσεις για την αύξηση της συνολικής παραγωγικότητας των συντελεστών (TFP) (π.χ. Casu et al., 2004, Tanna, 2009) για αλλαγή τεχνολογικής απόδοσης. Επιπλέον, στις περισσότερες περιπτώσεις, η αλλαγή τεχνολογικής απόδοσης αναλύεται σε καθαρή αλλαγή τεχνικής απόδοσης και αλλαγή κλίμακας απόδοσης κάτω από την υπόθεση της μεταβλητής απόδοσης στην κλίμακα.

3.9. Επιλογή εισροών και εκροών

Υπάρχει μια συνεχής συζήτηση στην τραπεζική βιβλιογραφία σχετικά με τον σωστό ορισμό εισροών και εκροών. Χρησιμοποιώντας τα λόγια του Bergendahl (1998) : *«Υπήρξαν σχεδόν τόσες υποθέσεις εισροών και εκροών όσες και εφαρμογές DEA»* (σ. 235).

Οι Berger και Humphrey (1997) προσδιορίζουν δύο κύριες προσεγγίσεις για την επιλογή των εισροών και των εκροών. Αυτές είναι η «προσέγγιση παραγωγής» (production approach) και η «προσέγγιση της διαμεσολάβησης» (intermediation approach). Η πρώτη προσέγγιση, υποθέτει ότι οι τράπεζες παράγουν υπηρεσίες λογαριασμών δανείων και καταθέσεων, χρησιμοποιώντας εργασία και κεφάλαιο ως εισροές και ότι ο αριθμός και ο τύπος των συναλλαγών ή των εγγράφων που επεξεργάζονται μετρά τις εκροές. Η δεύτερη προσέγγιση, αντιλαμβάνεται τις τράπεζες ως χρηματοοικονομικούς διαμεσολαβητές μεταξύ αποταμιευτών και επενδυτών. Οι Berger και Humphrey υποστηρίζουν ότι καμία από αυτές τις δύο προσεγγίσεις δεν είναι τέλεια, επειδή δεν μπορούν να συλλάβουν πλήρως τον διττό ρόλο των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων ως παρόχων υπηρεσιών συναλλαγών/επεξεργασίας εγγράφων και ως χρηματοοικονομικών διαμεσολαβητών.

Επισημαίνουν ότι η προσέγγιση παραγωγής μπορεί να είναι κάπως καλύτερη για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των τραπεζικών υποκαταστημάτων και η προσέγγιση της διαμεσολάβησης μπορεί να είναι πιο κατάλληλη για την αξιολόγηση των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων στο σύνολό τους. Επιπλέον, υπάρχουν δυσκολίες στη συλλογή των λεπτομερών πληροφοριών σχετικά με τις συναλλαγές που απαιτούνται στην προσέγγιση παραγωγής. Ως αποτέλεσμα, η προσέγγιση της διαμεσολάβησης είναι αυτή που προτιμάται στη βιβλιογραφία.

Ωστόσο, υπάρχει μια διαμάχη ακόμη και εντός αυτής της προσέγγισης σχετικά με το ρόλο των καταθέσεων (Berger and Humphrey, 1997). Κατά συνέπεια, ορισμένες μελέτες χρησιμοποιούν μόνο περιουσιακά στοιχεία κερδοφορίας ως εκροές, ενώ άλλες θεωρούν τις καταθέσεις, ως πρόσθετο προϊόν, μια επιλογή που ονομάζεται προσέγγιση προστιθέμενης αξίας (value-added approach). Βρέθηκαν περίπου 95 εφαρμογές στην τραπεζική αποδοτικότητα όπου η νομισματική αξία των καταθέσεων είναι μέρος του διανύσματος εισροών και 20 εφαρμογές όπου οι καταθέσεις αποτελούν μέρος του

διανύσματος εκροών. Περίπου 30 μελέτες χρησιμοποιούν τα έξοδα τόκων, ως εισροή, χωρίς να χρησιμοποιούν το απόθεμα των καταθέσεων (Weill, 2004; Ankiran, 2009a,b). Σε άλλες 7 εφαρμογές, το απόθεμα των καταθέσεων χρησιμοποιείται ως εκροή και η δαπάνη τόκων που καταβάλλεται στις καταθέσεις αποτελεί εισροή (π.χ. Maudos et al., 2002; Chen et al., 2005). Επιπλέον, 7 μελέτες χρησιμοποιούν τις προθεσμιακές καταθέσεις και τις καταθέσεις ταμειυτηρίου ως εισροές και τις καταθέσεις όψεως ως εκροές (Bauer et al., 1998; Gilbert and Wilson, 1998).

Τέλος, σε λίγες μελέτες οι καταθέσεις περιλαμβάνονται, τόσο ως εισροή όσο και ως εκροή (Tortosa-Ausina, 2002a). Πιο πρόσφατα, ορισμένες μελέτες υιοθέτησαν μια άλλη παραλλαγή της προσέγγισης της διαμεσολάβησης. Αυτή είναι η λεγόμενη προσέγγιση με προσανατολισμό στο κέρδος (profit orient approach) η οποία ορίζει τα στοιχεία εσόδων (π.χ. έσοδα από τόκους, έσοδα χωρίς τόκους κ.λπ.) ως εκροές και συνιστώσες κόστους (π.χ. δαπάνες προσωπικού, δαπάνες τόκων κ.λπ.) ως εισροές. Οι Drake et al. (2006) υποστηρίζουν ότι αυτή η προσέγγιση μπορεί να είναι πιο κατάλληλη για την αποτύπωση της ποικιλίας των στρατηγικών απαντήσεων από τα χρηματοπιστωτικά μέσα ενόψει των δυναμικών αλλαγών σε ανταγωνιστικές και περιβαλλοντικές συνθήκες.

Επιπλέον, ο Luo (2003) υπολογίζει ένα μέτρο της αποτελεσματικότητας της «εμπορευσιμότητας» σε μια προσπάθεια να αποτυπώσει την αξία της τράπεζας στο χρηματιστήριο. Σε αυτήν την περίπτωση, τα έσοδα και τα κέρδη θεωρούνται εισροές, ενώ η αγοραία αξία, τα κέρδη ανά μετοχή και η τιμή της μετοχής είναι εκροές. Ο Chen (2001) διαχωρίζει τις καταθέσεις σε τρέχουσες καταθέσεις και προθεσμιακές καταθέσεις, ενώ οι Das και Ghosh (2006) χρησιμοποιούν καταθέσεις ζήτησης, ταμειυτηρίου και ξένων καταθέσεων. Οι Casu & Girardone (2006) και Beccalli et al. (2006) χρησιμοποιήσαν το κόστος ως ενιαία εισροή, ενώ οι Casu και Molyneux (2003) χρησιμοποιούν δύο εισροές, δηλαδή το συνολικό κόστος και τις συνολικές καταθέσεις (δηλ. πελάτες και βραχυπρόθεσμη χρηματοδότηση). Αρκετές μελέτες χρησιμοποιούν δύο αποτελέσματα, συνήθως, δάνεια και άλλα περιουσιακά στοιχεία κερδοφορίας (π.χ. Casu and Molyneux, 2003; Casu and Girardone, 2004, 2006).

Ωστόσο, ορισμένες μελέτες χωρίζουν τα δάνεια σε διάφορες κατηγορίες, όπως στεγαστικά δάνεια και άλλα δάνεια (όπως οι Sturm & Williams, 2004), δάνεια ακινήτων, εμπορικά δάνεια και δάνεια ανά άτομο (όπως οι Mukherjee et al., 2001; Fare et al., 2004) ή βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα δάνεια (όπως οι Isik & Hassan,

2002). Άλλοι αναλύουν άλλα περιουσιακά στοιχεία με κέρδη σε επενδύσεις και ρευστότητα ως σύνολο (όπως οι Tsionas et al., 2003) ή επενδύσεις σε κρατικούς τίτλους και επενδύσεις σε δημόσιες και ιδιωτικές επιχειρήσεις (Chen, 2001). Οι Canhoto και Dermine (2003) χρησιμοποιούν τον αριθμό των υποκαταστημάτων ως πρόσθετο προϊόν με την υπόθεση ότι αντιπροσωπεύει μια πρόσθετη αξία για τους πελάτες λιανικής.

Τέλος, πρόσφατες μελέτες περιλαμβάνουν έσοδα χωρίς τόκους ή στοιχεία εκτός ισολογισμού ως πρόσθετα αποτελέσματα (π.χ. Isik & Hassan, 2002, 2003a; Sturm & Williams, 2004; Tortosa-Ausina, 2003; Havrylchyk, 2006; Pasiouras, 2008b). Τέλος, οι Halkos and Salamouris (2004) προτείνουν μια προσέγγιση που αποκλίνει από την παραπάνω βιβλιογραφία. Χρησιμοποιούν ένα διάνυσμα εξόδου που αποτελείται από οικονομικούς λόγους και όχι εισόδους. Η υποκείμενη υπόθεσή τους είναι ότι οι εισροές θεωρούνται παρόμοιες και ίσες για όλες τις τράπεζες καθώς λειτουργούν στις ίδιες αγορές χρήματος και υπηρεσιών. Η σύγκριση με τα τυπικά μοντέλα DEA που αναπτύχθηκαν με υποθέσεις είτε CRS είτε VRS, δείχνει ότι το μοντέλο αναλογίας (ratio model) DEA έχει την υψηλότερη δύναμη διάκρισης.

3.10. DEA: πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης DEA στο τραπεζικό σύστημα είναι πολλά.

Πρώτον, μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας εντοπίζοντας τις πιο αποτελεσματικές DMU και παρέχοντας καθοδήγηση σχετικά με τον τρόπο βελτίωσης της αποτελεσματικότητας άλλων DMU.

Δεύτερον, η DEA μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λήψη καλύτερων αποφάσεων παρέχοντας μια αντικειμενική σύγκριση της απόδοσης διαφορετικών DMU.

Τρίτον, η DEA μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό περιοχών προς βελτίωση, όπως η μείωση του κόστους ή η βελτιωμένη εξυπηρέτηση πελατών. Τέλος, η DEA μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συγκριτική αξιολόγηση της απόδοσης διαφορετικών DMU μεταξύ τους.

Παρά τα πολυάριθμα πλεονεκτήματα της χρήσης DEA στο τραπεζικό σύστημα, υπάρχουν και ορισμένα μειονεκτήματα. Πρώτον, η DEA μπορεί να είναι χρονοβόρα και δαπανηρή στην εφαρμογή της (Manthoulis et al., 2020). Δεύτερον, τα αποτελέσματα της DEA μπορεί να είναι δύσκολο να ερμηνευτούν και μπορεί να μην παρέχουν μια σαφή εικόνα της απόδοσης των DMU. Τρίτον, η DEA μπορεί να είναι προκατειλημμένη προς ορισμένες DMU και μπορεί να μην παρέχει ακριβή αξιολόγηση της συνολικής απόδοσης του συστήματος. Τέλος, η DEA μπορεί να μην είναι κατάλληλη για όλους τους τύπους τραπεζών, καθώς μπορεί να μην μπορεί να αποτυπώσει την πολυπλοκότητα του τραπεζικού συστήματος.

Μεταξύ του ευρέος φάσματος τεχνικών μοντελοποίησης στον τραπεζικό τομέα, είναι μία από τις πιο επιτυχημένα χρησιμοποιούμενες τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας σε αξιολογήσεις για την απόδοση της τράπεζας. (Manthoulis et al., 2020). Χρησιμοποιώντας τη DEA, οι τράπεζες μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα τις δραστηριότητές τους και να μετρήσουν με ακρίβεια την αποτελεσματικότητά τους. Με αυτά τα δεδομένα, οι τράπεζες μπορούν να εντοπίσουν τομείς βελτίωσης και να σχεδιάσουν στρατηγικές για την αύξηση της αποτελεσματικότητας. Επιπλέον, η χρήση της DEA είναι επίσης πλεονεκτική από άποψη κόστους-αποτελεσματικότητας και ακρίβειας, καθιστώντας την δημοφιλή επιλογή για τις τράπεζες.

Η τεχνική DEA λειτουργεί σε ικανοποιητικό βαθμό και σε προσέγγιση με την πραγματική εικόνα της τράπεζας σε μικρά δείγματα. Επίσης η τεχνική DEA δεν απαιτεί να γίνουν υποθέσεις σχετικά με την κατανομή αναποτελεσματικότητας και δεν απαιτεί συγκεκριμένη λειτουργική μορφή στα δεδομένα για τον προσδιορισμό των πιο αναποτελεσματικών τραπεζών.

Οι δύο κυριότεροι περιορισμοί στους οποίους υπόκειται η τεχνική DEA είναι ότι τα δεδομένα είναι απαλλαγμένα από σφάλματα μέτρησης και ότι είναι ευαίσθητα σε ακραίες τιμές.

Ο συνδυασμός DEA με τεχνικές μηχανικής αξιολόγησης μπορεί να προσφέρει μια σπουδαία εναλλακτική λύση , καθώς η πρώτη είναι ευαίσθητη σε ακραίες τιμές.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης DEA στην αποτελεσματικότητα των τραπεζών είναι ότι παρέχει μια πιο ολοκληρωμένη μέτρηση της αποτελεσματικότητας, καθώς και προσφέρει καλύτερες αξιολογήσεις απόδοσης σε σύγκριση με τις

παραδοσιακές μεθόδους. Επιπλέον, είναι επίσης εύκολο στη χρήση και οικονομικά αποδοτικό.

Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένα μειονεκτήματα που σχετίζονται με τη χρήση της DEA στην αποτελεσματικότητα της τράπεζας, όπως η δυσκολία ακριβούς μέτρησης των μεταβλητών εισόδου και εξόδου, καθώς και η έλλειψη ακρίβειας στα τραπεζικά δεδομένα. Με την παγκοσμιοποίηση και την συνεχή εξέλιξη των τραπεζικών συστημάτων η ανάγκη για πιο σαφή αποτελέσματα γίνεται όλο και πιο απαιτητική. Με δεδομένα τα παραπάνω όλο και περισσότερο μοντέλα της τεχνικής DEA είναι διαθέσιμα, γεγονός που ενώ εν μέρει είναι θετικό, παράλληλα δημιουργεί και προβληματισμούς εξαιτίας της σύγχυσης που προκαλείται στους ερευνητές σχετικά με την επιλογή που θα πρέπει να κάνουν όσον αφορά το καταλληλότερο μοντέλο ανάλογα με την περίπτωση που έχουν να αντιμετωπίσουν, καθώς και το δίλημμα της επιλογής των κατάλληλων εισροών και εκροών.

Πλεονεκτήματα:

- Ευελιξία: Η DEA είναι μια ευέλικτη μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας των τραπεζών με πολλαπλές εισροές και εκροές.
- Μη παραμετρική: Η DEA είναι μια μη παραμετρική μέθοδος που δεν απαιτεί υποθέσεις σχετικά με τη λειτουργική μορφή της συνάρτησης παραγωγής. Αυτό το καθιστά χρήσιμο εργαλείο για την ανάλυση της απόδοσης των τραπεζών.
- Συγκριτική ανάλυση: Η DEA επιτρέπει τη σύγκριση της απόδοσης των τραπεζών μεταξύ τους και με τα σημεία αναφοράς βέλτιστων πρακτικών. Αυτό μπορεί να βοηθήσει τις τράπεζες να εντοπίσουν τομείς στους οποίους πρέπει να βελτιώσουν τις επιδόσεις τους.
- Πολλαπλές εισροές και εκροές: Η DEA μπορεί να χειριστεί πολλαπλές εισροές και εκροές, κάτι που είναι χρήσιμο στον τραπεζικό κλάδο όπου οι τράπεζες πρέπει να εξισορροπούν την ανταλλαγή μεταξύ διαφορετικών εκροών, όπως το κέρδος, η ικανοποίηση των πελατών και ο κίνδυνος.

Μειονεκτήματα:

- Ζητήματα κλίμακας: Η DEA υποθέτει ότι οι είσοδοι και οι έξοδοι είναι ομοιογενείς και δεν μπορούν να χειριστούν ζητήματα κλίμακας. Αυτό σημαίνει ότι οι μεγαλύτερες τράπεζες μπορεί να έχουν πλεονέκτημα έναντι των μικρότερων τραπεζών, ανεξάρτητα από την αποτελεσματικότητά τους.

- Μέτρηση εισόδου/εξόδου: Η DEA είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στην επιλογή των μετρήσεων εισόδου και εξόδου που χρησιμοποιούνται. Η επιλογή των κατάλληλων μέτρων μπορεί να είναι δύσκολη και διαφορετικά μέτρα μπορούν να οδηγήσουν σε διαφορετικά αποτελέσματα.
- Έλλειψη στατιστικής σημαντικότητας: Τα αποτελέσματα DEA δεν είναι στατιστικά σημαντικά, πράγμα που σημαίνει ότι η σημασία των αποτελεσμάτων δεν μπορεί να ελεγχθεί. Αυτό μπορεί να δυσκολέψει την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων από τα αποτελέσματα της DEA.
- Σύνθετη ανάλυση: Η DEA μπορεί να είναι μια πολύπλοκη μέθοδος που απαιτεί πολλά δεδομένα και εξειδικευμένο λογισμικό για την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Αυτό μπορεί να δυσκολέψει τις τράπεζες να χρησιμοποιήσουν την DEA χωρίς εξειδικευμένη τεχνογνωσία.

Συμπερασματικά, η DEA μπορεί να είναι μια χρήσιμη μέθοδος για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας της τράπεζας, αλλά έχει τους περιορισμούς της. Οι αναλυτές θα πρέπει να εξετάσουν προσεκτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της DEA προτού την χρησιμοποιήσουν για να αναλύσουν την απόδοση των τραπεζών.

Κεφάλαιο 4^ο: Μοντέλα DEA ως μέτρηση απόδοσης τραπεζών

4.1. Διευθυντική Ευέλικτη Αναποτελεσματικότητα

Η μελέτη των Fukuyama et al. (2022), εξετάζει μια διαδικασία τραπεζικής παραγωγής με μη εξυπηρετούμενα δάνεια (NPL ή ΜΕΔ) στην ιαπωνική τραπεζική. Η παραγωγική διαδικασία των τραπεζών μετριέται με τη χρήση ενός μοντέλου ευέλικτης αναποτελεσματικότητας ελάχιστης διευθυντικής απόστασης και με τη διαχείριση των μη εξυπηρετούμενων δανείων μέσω της χρήσης της δαπανηρής ιδιότητας διάθεσης. Τα επίπεδα απόδοσης των ιαπωνικών τραπεζών αξιολογούνται κατά την περίοδο 2013–2019. Το μοντέλο ευέλικτης αναποτελεσματικότητας ελάχιστης διευθυντικής απόστασης των εκτιμώμενων τραπεζών αναλύεται περαιτέρω σε εργασία, φυσικό κεφάλαιο, δάνεια, επενδύσεις και στρατηγική (απόφαση) αναποτελεσματικότητα. Τα εμπειρικά ευρήματα υποδεικνύουν σημαντική αναποτελεσματικότητα στις ιαπωνικές

τραπεζικές συναλλαγές που αποδίδονται κυρίως στους δύσκολους στόχους που έχουν τεθεί από το πρότυπο κατευθυντικό μοντέλο αναποτελεσματικότητας που βασίζεται στην ιδέα του Koopmans για την ισχυρή απόδοση. Επίσης, το μοντέλο αυτό, παρέχει στους διαχειριστές τραπεζών πρακτικούς στόχους, αξιολογώντας τις τράπεζες στο πλησιέστερο σημείο στα εξαιρετικά αποδοτικά σύνορα. Τέλος, τα εμπειρικά στοιχεία υποδηλώνουν ότι οι βασικοί παράγοντες πίσω από την απόδοση των ιαπωνικών τραπεζών είναι τα υψηλά επίπεδα επενδύσεων και στρατηγικών (απόφασης) αποτελεσματικότητας.

Ενώ το μέτρο κατά Russell είναι προσανατολισμένο στις εισροές, συχνά θεωρείται ως η πρώτη συνεισφορά που σχετίζεται με την τεχνική αποτελεσματικότητα με βάση τα σύνορα αποδοτικής εισροής. Ο Färe (1975) ήταν πρώτος, ο οποίος πρότεινε τη συνάρτηση αποδοτικότητας εισόδου μέσω της ελαχιστοποίησης κάθε εισόδου, μία κάθε φορά.

Οι Charnes et al., (1985) εισήγαγαν ένα μοντέλο DEA μη προσανατολισμένης διευθυντικής απόστασης.

Το μοντέλο αυτό, βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην εννοιολογική χρήση των συνόλων δυνατοτήτων παραγωγής συνόρων αποδοτικότητας κατά Pareto για τον καθορισμό της συνάρτησης παραγωγής. Το έργο του Shephard (1953, 1970), υπό περιορισμούς στη μαθηματική δομή των συνόλων δυνατοτήτων παραγωγής και των σχέσεων κόστους, ανέπτυξε μια κομψή θεωρία «μετασχηματισμού» μεταξύ των πτυχών παραγωγής και των πτυχών κόστους όπως στους Charnes, Cooper και Schinnar (1982). Αυτό εφαρμόστηκε σε διάφορες κατηγορίες ρητά δεδομένων παραμετρικών συναρτησιακών μορφών και τα προβλήματα στατιστικής εκτίμησης των παραμέτρων από δεδομένα εξετάστηκαν σε κλασικά στατιστικά πλαίσια, ειδικά από διαδόχους όπως οι Afriat (1972) Aigner et al., (1977) και Fiirsund και Hjalmarsson (1979). Αυτές οι προσπάθειες αφορούσαν σχεδόν αποκλειστικά μεμονωμένη παραγωγή λειτουργιών. Ο Farrell (1957) εν μέρει ανταποκρινόμενος στις ανεπάρκειες των επιμέρους δεικτών παραγωγικότητας εργασίας, παραγωγικότητας κεφαλαίου κ.λπ., ανέλαβε αυτό που ανέφερε ως προσέγγιση «ανάλυσης δραστηριότητας» που θα μπορούσε να αντιμετωπίσει περισσότερο επαρκώς το πρόβλημα. Πιθανώς, λόγω των περιορισμών που χρησιμοποιούσε, ο Farrell περιόρισε τα αριθμητικά του παραδείγματα και τη συζήτησή του σε καταστάσεις μίας εκροής, αν και διατύπωσε την περίπτωση πολλαπλών εξόδων. Αν μη τι άλλο, η ανάγκη για άμεση αντιμετώπιση πολλαπλών

εκροών έχει γίνει όλο και πιο επιτακτική με τη συνεχιζόμενη ανάπτυξη των μη κερδοσκοπικών τομέων και των υπηρεσιών στις Ηνωμένες Πολιτείες και σε άλλες οικονομίες «δυτικού τύπου». Ακόμη και οι προσπάθειες μέτρησης και αξιολόγησης της «συνολικής παραγωγικότητας των συντελεστών» δεν θα ανταποκρίνονται σε αυτό που απαιτείται, δεδομένου ότι αυτή είναι εγγενώς μια έννοια μεμονωμένης παραγωγής. Ως εκ τούτου, ο Farrell είχε δίκιο όταν αναπροσανατολίζει την κατεύθυνση της ανάπτυξης προς τους διάφορους τύπους αποδοτικότητας που ανέφερε ως «τεχνικές», «κλίμακα» και «αποτελεσματικότητες ανακατανομής».

Με βάση τη μεμονωμένη DMU οι αξιολογήσεις του Farrell και η ιδέα της μηχανικής αναλογίας του μέτρου απόδοσης για μια ανάλυση απόδοσης μιας εισροής, μιας εκροής στις διαχειριστικές της πτυχές και τις κατασκευαστικές επεκτάσεις της σε καταστάσεις πολλαπλών εισροών και εκροών ξεκίνησε από τους Charnes, Cooper και Rhodes (1978, 1981).

Μεταγενέστερες επεκτάσεις και επεξεργασίες από τους προαναφερόμενους με άλλους μαθητές και ερευνητές (Charnes et al., 1977, 1978, 1980, 1981, 1982), Seiford και Stutz (1982, 1983) έγιναν με πιο λεπτομερή προσοχή στις κλασικές οικονομικές πτυχές και βαθύτερη ανάλυση της πλευράς της συνάρτησης παραγωγής της μαθηματικής δομής δυαδικότητας και της DEA που παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά στην αρχική εργασία CCR. Η αναλογία CCR μετρά και τις παραλλαγές των Farrell, Shephard, Fare et al., στην πλευρά του διπλού γραμμικού προγραμματισμού απαιτούνται, ωστόσο, μη αρχιμηδές δομές, για αυστηρή θεωρία και χρήση. Οι μέθοδοι επίλυσής τους, επίσης, δεν παρέχουν εύκολα σημαντικές απαραίτητες ιδιότητες των σχετικών εμπειρικών συναρτήσεων παραγωγής τους.

Έτσι, στη μελέτη των Charnes et al. (1985) εισάγεται ως βασική η ιδέα της αποδοτικότητας κατά Pareto σε σχέση με ένα εμπειρικά καθορισμένο σύνολο δυνατοτήτων παραγωγής. Ιδιότητες όπως η ισοτονικότητα, η μη κοιλότητα, οι οικονομίες κλίμακας, η αποσπασματική γραμμικότητα, οι μορφές Cobb-Douglas, οι διακριτικές και μη διακριτικές εισροές αντιμετωπίζονται μέσω μιας νέας μεθόδου DEA και πληροφορικής που επιτρέπουν μια εποικοδομητική ανάπτυξη μιας εμπειρικής συνάρτησης παραγωγής και των μερικών παραγώγων του χωρίς απώλεια ανάλυσης απόδοσης ή χρήση μη αρχιμήδειων επεκτάσεων πεδίου.

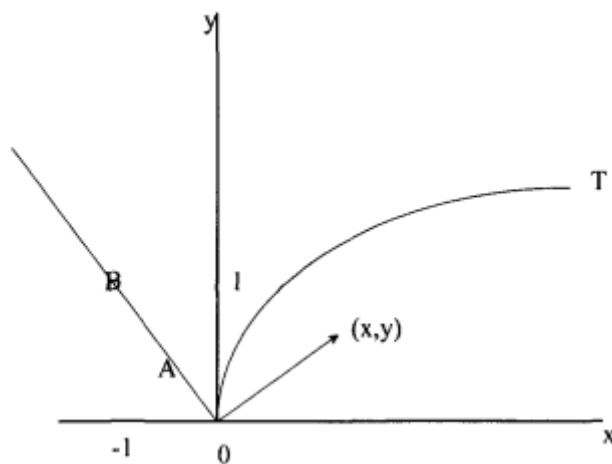
Με τον όρο «εμπειρική» συνάρτηση νοείται μια διανυσματική συνάρτηση της οποίας οι τιμές είναι γνωστές σε έναν πεπερασμένο αριθμό σημείων και της οποίας, οι τιμές σε άλλα σημεία του πεδίου ορίζονται από γραμμικούς (συνήθως κυρτούς) συνδυασμούς τιμών σε γνωστά σημεία. Τα σημεία στον τομέα είναι «εισροές», οι τιμές συνιστωσών της διανυσματικής συνάρτησης «εκροές». Η υπόθεση είναι ότι οι εισροές επιλέγονται έτσι ώστε να είναι κυρτές. Οι συνδυασμοί των τιμών για κάθε εισροή είναι σημαντικές τιμές εισροής. Αυτή η υπόθεση ισχύει και για τις τιμές εκροής. Στην ανάλυση αποδοτικότητας, οι παρατηρήσεις δημιουργούνται από έναν πεπερασμένο αριθμό μονάδων DMU, οι οποίες έχουν όλες τις ίδιες εισροές και εκροές. Για κάθε μονάδα πρέπει να λαμβάνεται σχετική βαθμολογία απόδοσης. Συνήθως, γίνονται παρατηρήσεις με την πάροδο του χρόνου για κάθε μονάδα και τα αποτελέσματα των αναλύσεων απόδοσης χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν στη διαχείριση κάθε μονάδας.

4.2. Διευθυντική συνάρτηση απόστασης

Οι Chambers et al., (1998) πρότειναν μια μη προσανατολισμένη διευθυντική συνάρτηση απόστασης (DDF) που αποτέλεσε τη βάση για πολλά μοντέλα DEA που αναλύουν την απόδοση των DMU.

Το 1965, ο Nerlove πρότεινε ένα μέτρο σχετικής αποδοτικότητας με βάση το κέρδος. Η βασική ιδέα πίσω από το μέτρο αποδοτικότητας Nerlove είναι να αποσυντεθεί η μεγιστοποίηση του κέρδους σε δύο στάδια: Στο πρώτο, το κέρδος μεγιστοποιείται για μια δεδομένη συνάρτηση παραγωγής. Στο δεύτερο, το μέγιστο δυνατό κέρδος δημιουργείται με τη μεγιστοποίηση όλων των δυνατών συναρτήσεων παραγωγής. Στη συνέχεια, η συνολική αποτελεσματικότητα κρίνεται συγκρίνοντας το παρατηρούμενο κέρδος για μια οντότητα λήψης αποφάσεων με το μέγιστο δυνατό κέρδος. Σύμφωνα με τον Farrell, αυτό το συνολικό μέτρο απόδοσης αναλύεται σε δύο επικουρικά μέτρα: ένα μέτρο τιμής ή απόδοσης κατανομής, το οποίο συνίσταται στη σύγκριση του παρατηρούμενου κέρδους με τη συνάρτηση κέρδους για τη δεδομένη συνάρτηση παραγωγής και στην τεχνική αποτελεσματικότητα που μετρά τη διαφορά μεταξύ της συνάρτησης κέρδους για τη δεδομένη συνάρτηση παραγωγής και του μέγιστου δυνατού κέρδους. Ας υποθέσουμε ότι μία είσοδος x χρησιμοποιείται για την παραγωγή εξόδου y . Έτσι η τεχνολογία T μπορεί να απεικονιστεί στο παρακάτω Σχήμα 6.

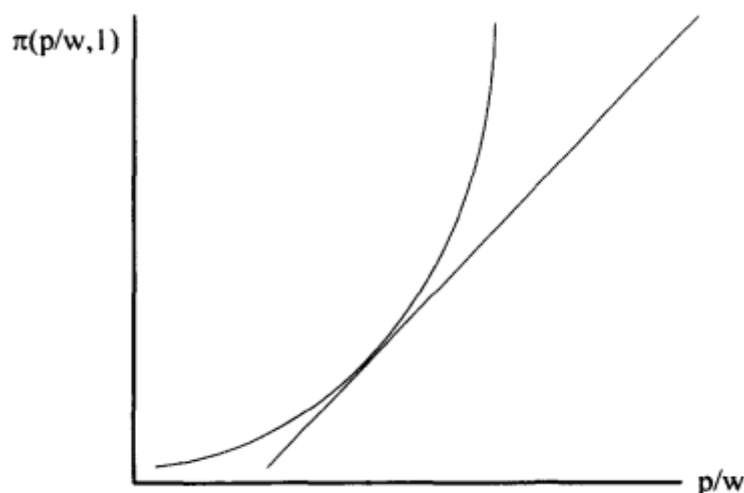
Οι περισσότερες από τις μελέτες της βιβλιογραφίας που αφορούν τη μέτρηση απόδοσης βασίζονται στις συναρτήσεις απόστασης εισροών και εκροών. Αυτό είναι στην μελέτη του Debreu (1951) και του Farrell (1957), οι οποίοι χρησιμοποίησαν το αντίστροφο αυτών των συναρτήσεων ως μέτρα τεχνικής αποτελεσματικότητας. Οι Chambers et al. (1996) έδειξαν πώς η διευθυντική συνάρτηση απόστασης $\vec{D}_t(x, y, g_x, g_y)$ μπορεί να υιοθετηθεί ως μέτρο τεχνικής απόδοσης. Οι συνήθεις λειτουργίες απόστασης μετρούν την τεχνική απόδοση είτε στην κατεύθυνση εισόδου είτε στην κατεύθυνση εξόδου. Το μέτρο που χρησιμοποιείται για την εισαγωγή των εισροών και διευρύνει ταυτόχρονα τις εκροές. Το μέτρο της αποτελεσματικότητας του Nerlove είναι η διαφορά μεταξύ του μέγιστου δυνατού κέρδους και του πραγματικού κέρδους. Τυπικά, το μέγιστο δυνατό κέρδος δίνεται από τη συνάρτηση κέρδους $\pi(p, w)$. Ως εκ τούτου, το μέτρο του Nerlove αντιστοιχεί στη διαφορά μεταξύ της συνάρτησης κέρδους και του πραγματικού κέρδους. Ωστόσο, όπως αναγνωρίζει ο Nerlove, αυτό το μέτρο δεν είναι αμετάβλητο σε αναλογικές αλλαγές τιμών. Επομένως, επιδιώκει μια κατάλληλη ομαλοποίηση.



Σχήμα 6: Διευθυντική συνάρτηση απόστασης. (Chambers et al, 1998).

Ένας προφανής συνδυασμός είναι η τιμή της χρησιμοποιημένης εισροής-εκροής $pg_y + wg_x$. Έτσι, το πρώτο τους μέτρο απόδοσης, με βάση το κέρδος είναι:

$$NE = [\pi(p, w) - (py - wx)] / (pg_y + wg_x).$$



Σχήμα 7: Δυαδικότητα μεταξύ κέρδους και τεχνολογίας. (Chambers et al, 1998).

Στη συνέχεια, η προσανατολισμένη διευθυντική συνάρτηση απόστασης που εισήχθη στην τεχνολογία, ερμηνεύτηκε ως ελάχιστο - μέγιστο και συγκρίθηκε με άλλες λειτουργικές αναπαραστάσεις της τεχνολογίας, συμπεριλαμβανομένων των συναρτήσεων απόστασης εισροής και εκροής κατά Shephard και της συνάρτησης μέτρησης κατά McFadden. Αναπτύσσεται μια διπλή αντιστοιχία μεταξύ της κατευθυντικής συνάρτησης απόστασης τεχνολογίας και της συνάρτησης κέρδους, και φαίνεται ότι όλες οι προηγούμενες διπλές αντιστοιχίες είναι ειδικές περιπτώσεις αυτής της αντιστοιχίας.

Η προσανατολισμένη διευθυντική συνάρτηση τεχνολογίας ορίζεται ως μια γενίκευση άλλων συναρτήσεων απόστασης που υπάρχουν και δίνεται μια ερμηνεία min-max.

Επιπλέον, οι αναλύσεις που παρουσιάζονται στις μελέτες των Fukuyama και Weber (2009, 2010, 2017) υποδηλώνουν ότι η διευθυντική ευέλικτης αναποτελεσματικότητας (DSI) είναι μια μη ακτινική γενίκευση της προσανατολισμένης διευθυντικής συνάρτησης απόστασης (DDF).

4.3. Μέτρηση ακτινικής αποδοτικότητας

Οι μετρήσεις ακτινικής αποδοτικότητας προβάλλουν τις αναποτελεσματικές μονάδες λήψης αποφάσεων (DMUs) στο ισοδύναμο, αλλά όχι πάντα στο αποδοτικό

υποσύνολο. Ως απάντηση σε αυτό το πιθανό μειονέκτημα μέτρησης, οι Färe (1975) και Färe και Lovell(1978) με βάση το μέτρο Russel, ήταν οι πρώτοι που εισήγαγαν μια μη ακτινική μέτρηση απόδοσης, η οποία ήταν συνεπής με το μοντέλο αποδοτικότητας εισροών κατά Pareto-Koopmans.

Με αυτό το μοντέλο η τεχνολογία παραγωγής μοντελοποιείται συνήθως μέσω μιας συνάρτησης παραγωγής, η οποία στην περίπτωση της κλιμακωτής εξόδου καθορίζει τη μέγιστη απόδοση που μπορεί να επιτευχθεί από ένα διάνυσμα εισόδου. Ο βαθμός, στον οποίον η πραγματική παραγωγή μιας μονάδας παραγωγής προσεγγίζει το μέγιστό της, ονομάζεται τεχνική αποτελεσματικότητα της παραγωγής. Μια τεχνικά αποδοτική μονάδα πρέπει να λειτουργεί σύμφωνα με τη λειτουργία παραγωγής της, αν και αυτή η προϋπόθεση δεν είναι επαρκής. Μια τεχνικά αναποτελεσματική μονάδα μπορεί να λειτουργεί κάτω από τη λειτουργία παραγωγής της, αν και αυτή η προϋπόθεση δεν είναι απαραίτητη. Εάν η έννοια της τεχνικής αποτελεσματικότητας πρόκειται να έχει εμπειρικό περιεχόμενο, πρέπει να βασίζεται σε ένα κατάλληλο μέτρο ή δείκτη της τεχνικής αποτελεσματικότητας μιας μονάδας παραγωγής.(Färe και Lovell, 1978).

Στη μελέτη τους οι Fukuyama και Weber (2009) παρουσίασαν ότι οι μετρήσεις ακτινικής αποδοτικότητας υπερεκτιμούν την τεχνική απόδοση όταν υπάρχουν μη μηδενικές χαλαρώσεις στους περιορισμούς που ορίζουν την τμηματική γραμμική τεχνολογία, οδηγώντας τους ερευνητές να κατασκευάσουν εναλλακτικά μέτρα απόδοσης που εξηγούν τη χαλάρωση. Ένα από τα πρώτα τέτοια μοντέλα κατασκευάστηκε από τους Fare και Lovell (1978), οι οποίοι εισήγαγαν ένα μέτρο κατά Russell προσανατολισμένο στις εισροές που ελαχιστοποιεί τις χαλαρές εισροές, αλλά εξακολουθεί να επιτρέπει τη χαλάρωση στους περιορισμούς των εκροών. Οι Charnes et al., (1985) παρουσίασαν ένα προσθετικό μοντέλο που μεγιστοποιούσε το άθροισμα των ευέλικτων εισροών και εκροών. Ωστόσο, το προσθετικό μοντέλο δεν θεωρήθηκε σοβαρό μέτρο απόδοσης, καθώς πρόσθεσε τη χαλάρωση των εισροών και των εκροών που μπορούν να μετρηθούν σε διαφορετικές μονάδες. Στη συνέχεια, οι ερευνητές άρχισαν να ομαλοποιούν τα slacks, έτσι ώστε να μπορεί να κατασκευαστεί ένα ουσιαστικό μέτρο αποτελεσματικότητας ή αναποτελεσματικότητας.

Οι Fare et al., (1985) τροποποίησαν το αρχικό μοντέλο των Fare και Lovell (1978) και παρουσίασαν ένα μέτρο εισροών Russell βασισμένο σε μη γραμμικό προγραμματισμό. Το μέτρο της γραφικής τους απόδοσης ήταν συνεπές με την πλήρη τεχνική απόδοση, καθώς δεν άφηνε ευέλικτα τους περιορισμούς εισροών και εκροών.

Υπάρχουν και άλλα μέτρα βαθμιαίας απόδοσης DEA που ενσωματώνουν όλες τις ανεπάρκειες εισροών και εκροών. Οι Cooper et al. (1999), για παράδειγμα, παρουσίασαν μια RAM (μέτρο προσαρμογής εύρους) αναποτελεσματικότητας που μεγιστοποιεί την κανονικότητα ελλείψεων εισροών και εκροών. Μια άλλη αξιοσημείωτη διατύπωση είναι η μέτρηση slacks-based του Tone (2001) (SBM), η οποία μεγιστοποιεί τις χαλαρώσεις εισροών και εκροών (Pastor et al., 1999) εξήγαγε ένα ενισχυμένο μέτρο Russell που είναι ισοδύναμο με το SBM του Tone.

4.4. Μέτρα ευέλικτης τεχνικής αναποτελεσματικότητας

Η υπόθεση είναι ότι υπάρχουν J μονάδες λήψης αποφάσεων (DMUs) και κάθε DMU $_j$ ($j=1,...,J$) μετατρέπει τις εισροές, ($n=1,...,N$), σε εκροές, ($m=1,...,M$). Επιπλέον, οι παρατηρούμενες ποσότητες εισροών και εκροών εισροών και εκροών, x_{nj} και y_{mj} , θεωρούνται θετικές. Βασιζόμενοι στους Fukuyama και Weber, (2009) το σύνολο δυνατοτήτων παραγωγής DEA συμβολίζεται ως:

$$T = \left\{ (x, y) : x_n \geq \sum_{j=1}^J x_{nj} \lambda_j, \quad \forall n; \right. \\ \left. y_m \leq \sum_{j=1}^J y_{mj} \lambda_j, \quad \forall m; \quad \sum_j \lambda_j = 1, \quad \lambda_j \geq 0, \quad \forall j \right\}, \quad (5)$$

όπου $x = (x_1, ..., x_N)$ και $y = (y_1, ..., y_M)$. Το λ_j είναι μεταβλητή έντασης (δομική) που σχηματίζει γραμμικούς συνδυασμούς παρατηρούμενων εισροών και εκροών με μεταβλητές αποδόσεις στην κλίμακα που επιβάλλονται από τον περιορισμό $\sum_j \lambda_j = 1$.

Ένα διάνυσμα εισροής/εκροής είναι αποδοτικό κατά Pareto-Koopmans (1951) αν :

$$(x, y) \in T, \text{ και } (-x', y') \geq (-x, y) \text{ με } (x', y') \neq (x, y) \text{ τότε } (x', y') \notin T.$$

δηλαδή, εάν όχι λιγότερη από οποιαδήποτε εισροή μπορεί να παράγει την ίδια εκροή, ή, εάν οι ίδιες εισροές δεν μπορούν να παράγουν πλέον καμία μεμονωμένη εκροή.

Σε σχέση με την παραπάνω συνάρτηση, οι συγγραφείς ορίζουν τη διευθυντική ευέλικτη αναποτελεσματικότητα SBI (slacks-based inefficiency) ως εξής:

$$\vec{S}(x_o, y_o; g^x, g^y) = \max_{s^x, s^y, \lambda} \left\{ \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{s_n^x}{g_n^x} + \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{s_m^y}{g_m^y}}{2} : \right.$$

$$x_{no} = \sum_{j=1}^J x_{nj} \lambda_j + s_n^x, \quad \forall n;$$

$$y_{mo} = \sum_{j=1}^J y_{mj} \lambda_j - s_m^y, \quad \forall m; \quad s_n^x \geq 0, \quad \forall n;$$

$$s_m^y \geq 0, \quad \forall m; \quad \sum_{j=1}^J \lambda_j = 1; \quad \lambda_j \geq 0, \quad \forall j \left. \right\}. \quad (6)$$

όπου το διάνυσμα (x_o, y_o) δείχνει το διάνυσμα εισόδου και εξόδου της DMUο και τα $g^x \in R_{++}^N$ και $g^y \in R_{++}^M$ είναι θετικά κατευθυντικά διανύσματα που συστέλλουν τις εισροές και επεκτείνουν τις εκροές. Τα διευθυντικά διανύσματα έχουν τις ίδιες μονάδες μέτρησης με τα διανύσματα χαλάρωσης εισροής και εκροής, γεγονός που επιτρέπει την προσθήκη των ευέλικτων αναλογιών κανονικότητας. Ο στόχος μεγιστοποιεί το άθροισμα της μέσης αναποτελεσματικότητας εισροών και της μέσης αναποτελεσματικότητας παραγωγής.

Το διευθυντικό μέτρο SBI σχετίζεται με τη διευθυντική συνάρτηση απόστασης τεχνολογίας DEA. Αρχικά επινοήθηκε από τον Luenberger (1992, 1995) ως η συνάρτηση έλλειψης στη θεωρία παραγωγής και η συνάρτηση οφέλους στη θεωρία των καταναλωτών, η διευθυντική συνάρτηση απόστασης τεχνολογίας προσαρμόστηκε και αναπτύχθηκε περαιτέρω από τους Chambers et al., (1996, 1998). Παίρνει την ακόλουθη μορφή:

$$\vec{D}(x_o, y_o; g^x, g^y) = \max_{\beta, z, t^x, t^y} \left\{ \beta : x_{no} = \sum_{j=1}^J x_{nj} z_j + \beta g_n^x + t_n^x, \quad \forall n;$$

$$y_{mo} = \sum_{j=1}^J y_{mj} z_j - \beta g_m^y - t_m^y, \quad \forall m; \quad t_n^x \geq 0, \quad \forall n;$$

$$t_m^y \geq 0 \quad \forall m; \quad \sum_{j=1}^J z_j = 1; \quad z_j \geq 0, \quad \forall j; \quad \beta \text{ free} \right\} \quad (7)$$

όπου t_n^x και t_m^y αντιπροσωπεύουν την ευελιξία στους περιορισμούς των εισροών και εκροών που παραμένουν όταν μια επιχείρηση έχει προχωρήσει στο σύνορο για τα διευθυντικά διανύσματα g^x και g^y . Αυτή η λειτουργία επιδιώκει τη μέγιστη συστολή στις εισροές και επέκταση σε εκροές που είναι εφικτές για τα διευθυντικά διανύσματα g^x και g^y . Ωστόσο, όταν υπολογίζεται με χρήση DEA, η διευθυντική συνάρτηση απόστασης (DDF) επιτρέπει χαλάρωση στην εισροή και την εκροή με περιορισμούς που καθορίζουν την τεχνολογία.

Έστω ότι $(\beta^*, t^{x*}, t^{y*}, z^*)$ λύνει το πρόβλημα βελτιστοποίησης και ορίζεται το:

$$s_n^{x*} = \beta^* g_n^x + t_n^{x*}, \quad s_m^{y*} = \beta^* g_m^y + t_m^{y*} \quad \text{και} \quad \lambda_j^* = z_j^*.$$

Τότε το παραπάνω πρόβλημα μπορεί να ξαναγραφτεί ως: (8)

$$\begin{aligned} \vec{S}(x_0, y_0; g^x, g^y) = \max_{s^x, s^y, \lambda^*} & \left\{ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{s_n^{x^*}}{g_n^x} + \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{s_m^{y^*}}{g_m^y} : x_{n0} = \sum_{j=1}^J x_{nj} \lambda_j^* + s_n^{x^*}, \forall n; \right. \\ & y_{m0} = \sum_{j=1}^J y_{mj} \lambda_j^* - s_m^{y^*}, \forall m; \quad s_n^{x^*} \geq 0, \forall n; \quad s_m^{y^*} \geq 0, \forall m; \quad \sum_{j=1}^J \lambda_j^* = 1, \lambda_j^* \geq 0, \forall j \left. \right\} \text{ or} \\ \vec{S}(x_0, y_0; g^x, g^y) = \max_{\beta^*, t^{x*}, t^{y*}, \lambda^*} & \left\{ \beta^* + \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{t_n^{x^*}}{g_n^x} + \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{t_m^{y^*}}{g_m^y} : x_{n0} = \sum_{j=1}^J x_{nj} \lambda_j^* + \beta^* g_n^x + t_n^{x^*}, \forall n; \right. \\ & y_{m0} = \sum_{j=1}^J y_{mj} \lambda_j^* - (\beta^* g_m^y + t_m^{y^*}), \forall m; \quad \beta^* g_n^x + t_n^{x^*} \geq 0, \forall n; \quad \beta^* g_m^y + t_m^{y^*} \geq 0, \forall m; \quad \sum_{j=1}^J \lambda_j^* = 1, \lambda_j^* \geq 0, \forall j \left. \right\}. \end{aligned}$$

Η τεχνολογία DEA, T, είναι το σύνολο όλων των εισροών και εκροών που οριοθετούνται από τις γραμμές XAB και την οριζόντια επέκταση από το B. Το αποδοτικό υποσύνολο κατά Pareto-Koopmans (1951) αντιπροσωπεύεται από τη γραμμή AB, ενώ το διευθυντικό διάνυσμα αντιπροσωπεύεται από την ακτίνα $0g$. Τα DMU C και E παράγουν εντός των συνόρων και είναι τεχνικά αναποτελεσματικά.

Όταν χρησιμοποιείται η διευθυντική συνάρτηση απόστασης, η DMU C έχει $\vec{D}(x^C, y^C, g^x, g^y) = CD/0g$, ενώ η DMU E έχει $\vec{D}(x^E, y^E, g^x, g^y) = EF/0g$.

Όταν χρησιμοποιούνται τα μέτρα αναποτελεσματικότητας διευθυντικής αδεσμείας SBI, οι DMU C και E, έχουν, αντίστοιχα, $\vec{S}(x^C, y^C, g^x, g^y) = (CD/0g) + (1/2)(AD/g^y)$ και $\vec{S}(x^E, y^E, g^x, g^y) = (EF/0g) + (1/2)(BF/g^x)$.

Η έννοια της διεθυντικής τεχνικής αναποτελεσματικότητας ορίζεται ως τη διαφορά μεταξύ των μέτρων αναποτελεσματικότητας διεθυντικής αδεσμείας SBI και της διεθυντικής συνάρτησης απόστασης τεχνολογίας:

$$\vec{B}^n(x_0, y_0; g^x, g^y) = \vec{S}(x_0, y_0; g^x, g^y) - \vec{D}(x_0, y_0; g^x, g^y) \quad (9)$$

Αυτή η θεωρία προκύπτει όταν μία DMU δεν μπορεί να συνάψει περαιτέρω εισροές και οι εκροές επεκτείνονται με τα διεθυντικά διανύσματα και g^x και g^y αλλά γίνονται ευέλικτα σε τουλάχιστον έναν περιορισμό εισροής ή εκροής που υπάρχει ακόμα. Όταν $B^{TI}(x_0, y_0, g^x, g^y) = 0$, η DMU αξιολογείται σε σχέση με ένα σημείο στο αποδοτικό υποσύνολο Pareto-Koopmans του T, όπου δεν υπάρχει ευελιξία στους περιορισμούς που ορίζουν την τεχνολογία. Αυξανόμενες τιμές του $B^{TI}(x_0, y_0, g^x, g^y)$ υποδεικνύουν μεγαλύτερη προκατάληψη λόγω της ύπαρξης χαλαρότητας.

Η αναδιάταξη του διεθυντικού SBI (εξ. 9) μπορεί να συνθεθεί εκ νέου ως εξής:

$$\vec{S}(x_0, y_0; g^x, g^y) = \vec{B}^n(x_0, y_0; g^x, g^y) + \vec{D}(x_0, y_0; g^x, g^y). \quad (10)$$

Πηγή: Fukuyama, Weber / Socio-Economic Planning Sciences 43 (2009) 274, σελ. 276.

4.5. Μοντέλο απόδοσης του Tone's

Η αποδοτικότητα με βάση το παραπάνω μοντέλο ορίζεται στο σύνολο της τεχνολογίας DEA ως:

$$S(x_0, y_0) \equiv \min_{r^x, r^y, \lambda} \left\{ \frac{1 - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{r_n^x}{x_{n0}}}{1 + \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{r_m^y}{y_{m0}}}; \right. \\ x_{n0} = \sum_{j=1}^J x_{nj} \lambda_j + r_n^x, \quad \forall n; \quad y_{m0} = \sum_{j=1}^J y_{mj} \lambda_j - r_m^y, \quad \forall m; \\ \left. r_n^x \geq 0, \quad \forall n; \quad r_m^y \geq 0, \quad \forall m; \quad \sum_{j=1}^J \lambda_j = 1, \quad \lambda_j \geq 0, \quad \forall j \right\}. \quad (11)$$

Αν οριστεί και για όλα τα n και m , η παραπάνω σύνθεση γίνεται:

$$\begin{aligned} \vec{S}(x_o, y_o; x_o, y_o) = \max_{r^x, r^y, \lambda} & \left\{ \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{r_n^x}{x_{no}} + \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{r_m^y}{y_{mo}}}{2} ; \right. \\ x_{no} &= \sum_{j=1}^J x_{nj} \lambda_j + r_n^x, \forall n; \\ y_{mo} &= \sum_{j=1}^J y_{mj} \lambda_j - r_m^y, \forall m; \quad r_n^x \geq 0, \forall n; \\ & \left. r_m^y \geq 0, \forall m; \sum_{j=1}^J \lambda_j = 1; \lambda_j \geq 0, \forall j \right\}, \end{aligned} \quad (12)$$

με περιορισμούς που είναι ίδιοι με αυτούς στην (11). Δεδομένου ότι ο στόχος στην (12) είναι μεγαλύτερος ή ίσος με μηδέν για το DMU με παρατηρούμενες εισόδους και εξόδους του $(x_o, y_o) \in T$, έχουμε:

$$\begin{aligned} \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{r_n^x}{x_{no}} + \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{r_m^y}{y_{mo}}}{2} \geq 0 & \Leftrightarrow 1 + \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{r_m^y}{y_{mo}} \\ & \geq 1 - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{r_n^x}{x_{no}} \Leftrightarrow \frac{1 - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{r_n^x}{x_{no}}}{1 + \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{r_m^y}{y_{mo}}} \leq 1, \end{aligned} \quad (13)$$

όπου η αριστερή πλευρά της τελευταίας ανισότητας είναι ο στόχος του SBM του Tone. Επομένως, το διευθυντικό SBI και το μοντέλο ευέλικτης αναποτελεσματικότητας του Tone's SBM σχετίζονται ως εξής :

$$\vec{S}(x_o, y_o; x_o, y_o) \geq 0 \Leftrightarrow S(x_o, y_o) \leq 1.$$

Ενώ το SBM του Tone λαμβάνει κατά μέσο όρο το ποσοστό της χαλάρωσης στους περιορισμούς εισόδου και εξόδου, το διευθυντικό SBI κανονικοποιεί τα slacks κατά g^x και g^y . Ως ειδική περίπτωση, όταν $g^y = y$ και $g^x = x$, το SBI κανονικοποιεί τις χαλαρώσεις ποσοστιαίων όρων, γενικεύοντας έτσι το SBM του Tone.

4.6. Διευθυντικό μέτρο της αναποτελεσματικότητας κατά Russell

Το 1978, οι Fare και Lovell (1978), εισήγαγαν μια μη ακτινική μέτρηση της τεχνικής απόδοσης Russell ως γενίκευση της αποτελεσματικότητας Farrell. Αυτό το μέτρο συστέλλει τις εισροές και επεκτείνει τις εκροές τουλάχιστον όσο και οι μετρήσεις αποτελεσματικότητας Farrell. Τα αποτελέσματα των Fare και Lovell (1978) γενικεύονται επεκτείνοντας περαιτέρω την εργασία τους σε ένα κατευθυντικό πλαίσιο. Έτσι ορίζουν το διευθυντικό μέτρο κατά Russell (DRM) της τεχνικής αναποτελεσματικότητας ως:

$$\begin{aligned} \vec{R}(x_o, y_o; g^x, g^y) = \max_{\sigma, \gamma, \lambda} & \left\{ \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \sigma_n + \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \gamma_m}{2} : \right. \\ x_{no} & \geq \sum_{j=1}^J x_{nj} \lambda_j + \sigma_n g_n^x, \quad \forall n; \\ y_{mo} & \leq \sum_{j=1}^J y_{mj} \lambda_j - \gamma_m g_m^y, \quad \forall m; \quad \sigma_n \geq 0 \quad \forall n; \\ \gamma_m & \geq 0 \quad \forall m; \quad \sum_{j=1}^J \lambda_j = 1; \quad \lambda_j \geq 0, \quad \forall j \left. \right\}. \end{aligned} \quad (14)$$

Μελέτες αποτελεσματικότητας τραπεζών Shinkin

Σε σύγκριση με μελέτες αποτελεσματικότητας που εξετάζουν κερδοσκοπικές τράπεζες, υπάρχει σχετικά μικρός αριθμός μελετών παραγωγής για συνεταιριστικά χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, και, μόνο λίγοι ερευνητές έχουν εξετάσει την απόδοση των τραπεζών Shinkin στην Ιαπωνία. Ωστόσο, ο Fukuyama(1996) χρησιμοποίησε την DEA για να υπολογίσει την τεχνική αποτελεσματικότητα και τις αποδόσεις κλίμακας για 435 τράπεζες Shinkin που λειτουργούσαν το 1992. Διαπίστωσε ότι η συνολική αποτελεσματικότητα βελτιώνεται, καθώς αυξάνεται το μέγεθος του ενεργητικού, αλλά τα κέρδη από τη μείωση της καθαρής τεχνικής αναποτελεσματικότητας που αποδίδονται στην έλλειψη διοικητικής εποπτείας, είναι μεγαλύτερα από εκείνα που προέρχονται από τη μείωση της αναποτελεσματικότητας κλίμακας. Με βάση μια στοχαστική ανάλυση

συνόρων (SFA), οι Satake και Tsutsui (2002) ανέφεραν ότι η αναλογία κόστους-καταθέσεων σχετίζεται θετικά με την αναποτελεσματικότητα των τραπεζών Shinkin που λειτουργούν στη νομαρχία του Κιότο.

Ο Harimaya (2004), χρησιμοποιώντας τόσο στοχαστικές προσεγγίσεις όσο και προσεγγίσεις DEA, βρήκε επίσης στοιχεία ότι η υψηλότερη αναλογία κόστους προς κατάθεση σχετίζεται με αυξημένη αναποτελεσματικότητα.

Οι Fukuyama και Weber (2008), υπολόγισαν μια παραμετρική διευθυντική συνάρτηση απόστασης χρησιμοποιώντας γραμμικό προγραμματισμό και συνέκριναν τις τράπεζες Shinkin με τις ιαπωνικές περιφερειακές τράπεζες όσον αφορά την αναποτελεσματικότητα, την τεχνολογική αλλαγή και τις σκιάδεις τιμές των επισφαλών δανείων κατά την περίοδο 2001-2004.

Βρήκαν στοιχεία ότι οι τράπεζες Shinkin αντιμετωπίζουν σχετικά χαμηλό κόστος για τη σύναψη επισφαλών δανείων, γεγονός που συνάδει με το γεγονός ότι χορηγούν μεγάλο αριθμό δανείων που στη συνέχεια γίνονται μη εξυπηρετούμενα. Επιπλέον, οι τράπεζες Shinkin σημείωσαν αργή τεχνολογική πρόοδο κατά την περίοδο της μελέτης και είχαν καλύτερες επιδόσεις από τις περιφερειακές τράπεζες.

Δεδομένου ότι οι πρώτες έχουν μια μη κερδοσκοπική συνεταιριστική οργάνωση, οι Fukuyama και Weber (2008) συνέκριναν τις κερδοσκοπικές περιφερειακές τράπεζες και τις τράπεζες Shinkin. Βρήκαν στοιχεία συμπεριφοράς εκροών-προτιμήσεων (1963) όπου οι διευθυντές των μη κερδοσκοπικών τραπεζών Shinkin επιδίωκαν το δικό τους συμφέρον και όχι τα οργανωτικά κέρδη.

Το 2010, στην μελέτη τους οι Fukuyama και Weber μοντελοποίησαν την απόδοση των DMU χρησιμοποιώντας ένα διμεταβατικό μοντέλο. Στο πρώτο στάδιο της παραγωγής οι DMU χρησιμοποιούν εισροές για να παράγουν μια ενδιάμεση έξοδο που γίνεται είσοδος σε ένα δεύτερο στάδιο όπου παράγονται οι τελικές εκροές. Τα προηγούμενα μοντέλα DEA μαύρου κουτιού επέτρεπαν τη μη ακτινική κλιμάκωση των εκροών και των εισροών και αντιπροσώπευαν χαλάρωση στους περιορισμούς που καθορίζουν την τεχνολογία. Επέκτειναν αυτά τα μοντέλα και δημιούργησαν ένα μέτρο απόδοσης που αντιπροσωπεύει μια δομή δικτύου παραγωγής. Χρησιμοποίησαν τη μέθοδο για να εκτιμήσουν την απόδοση των ιαπωνικών τραπεζών, οι οποίες χρησιμοποιούν εργασία, φυσικό κεφάλαιο και χρηματοοικονομικό μετοχικό κεφάλαιο σε ένα πρώτο στάδιο για να παράγουν μια ενδιάμεση παραγωγή καταθέσεων. Στο

δεύτερο στάδιο, αυτές οι καταθέσεις γίνονται εισροή στην παραγωγή δανείων και επενδύσεων σε τίτλους. Οι εκτιμήσεις του δικτύου αποκαλύπτουν μεγαλύτερη αναποτελεσματικότητα της τράπεζας από τις εκτιμήσεις που αντιμετωπίζουν τη διαδικασία παραγωγής της τράπεζας ως ένα μαύρο κουτί, με όλη την παραγωγή να πραγματοποιείται σε ένα μόνο στάδιο.

Στα παραδοσιακά μοντέλα DEA, η διαδικασία παραγωγής αντιμετωπίζεται ως μαύρο κουτί, όπου οι εισροές και οι εκροές είναι το επίκεντρο της έρευνας και ό,τι συμβαίνει μέσα στο κουτί συνήθως αγνοείται. Σε αντίθεση με την τεχνολογία παραγωγής μαύρου κουτιού, ορισμένα συστήματα παραγωγής έχουν δομή δικτύου, όπως όταν η παραγωγή από ένα τμήμα ή υποδιεργασία καταλήγει σε μια ενδιάμεση εκροή που αποτελεί εισροή σε μια άλλη υποδιεργασία. Σε αυτές τις περιπτώσεις, τα διευθυντικά στελέχη είναι πιθανό να συλλέξουν περισσότερες πληροφορίες από μέτρα αποδοτικότητας υποδιεργασιών ή τμημάτων παρά από μέτρα αποδοτικότητας σε επίπεδο επιχείρησης. Για παράδειγμα, οι Botti et al., (2009) χρησιμοποιούν DEA για να εκτιμήσουν την αποτελεσματικότητα των γαλλικών αλυσίδων ξενοδοχείων.

Τα τελευταία χρόνια, οι ερευνητές της DEA ανέλυσαν τη δομή του δικτύου της παραγωγής σε μοντέλα όπου οι ενέργειες που λαμβάνονται σε μια περίοδο ή από ένα τμήμα μιας DMU μπορούν να επηρεάσουν το μέγεθος της δυνατότητας παραγωγής που ορίζεται σε μελλοντικές περιόδους ή από άλλα τμήματα της DMU. Οι Fare και Whittaker (1996) εισήγαγαν ένα δυναμικό μοντέλο απόδοσης DEA που αντιπροσωπεύει τα ενδιάμεσα αποτελέσματα για την ανάλυση της παραγωγής βοοειδών και καλλιεργειών σε δέκα δυτικές πολιτείες των ΗΠΑ. Οι Fare και Grosskopf (1998) εκτίμησαν ένα δυναμικό μοντέλο DEA όπου το κεφάλαιο μπορεί να ανακατανομηθεί μεταξύ των περιόδων, έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί το μέγεθος του συνόλου δυνατοτήτων παραγωγής. Για να ενσωματώσουν ό,τι συμβαίνει μέσα στο μαύρο κουτί στη μέτρηση απόδοσης, οι Fare και Grosskopf (1996, 2000), οι Lothgren και Tambour (1999), οι Seiford και Zhu (1999) και οι Sexton και Lewis (2003) κατασκεύασαν μοντέλα DEA δικτύου πολλαπλών διεργασιών. Οι Fare et al. (2004) εισήγαγαν ένα μοντέλο DEA δικτύου για να λογοδοτήσει την εκχώρηση δικαιωμάτων ιδιοκτησίας σχετικά με την κερδοφορία των DMU σε ένα πλαίσιο Coase (1960). Τα περισσότερα από αυτά τα μοντέλα χρησιμοποιούν ακτινικές μετρήσεις απόδοσης Farrell και αγνοούν τις χαλαρώσεις εισροών ή/και τις χαλαρές εκροές που μπορεί να προκύψουν κατά τη μέτρηση της απόδοσης σε τμηματικές γραμμικές τεχνολογίες.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος των ευέλικτων μεταβλητών, ο Tone και ο Tsutsui (2009) εισήγαγαν ένα μοντέλο δικτύου όπου τα slacks υπολογίζονται στο μέτρο απόδοσης. Ο Ankitran (2009) χρησιμοποίησε τη μέθοδο των Tone και Tsutsui για να εξετάσει την αποδοτικότητα των κερδών των τραπεζών των ΗΑΕ που αντιστοιχούν σε τρία διαφορετικά κέντρα κερδοφορίας σε κάθε τράπεζα. Οι Yu και Lin (2008) χρησιμοποίησαν ένα μοντέλο DEA δικτύου πολλαπλών δραστηριοτήτων για να αναλύσουν την απόδοση των σιδηροδρόμων, αλλά χωρίς να υπολογίζουν πιθανές καθυστερήσεις στους τεχνολογικούς περιορισμούς.

Ένα βασικό πρόβλημα στη βιβλιογραφία για την αποτελεσματικότητα των τραπεζών ήταν εάν οι καταθέσεις πρέπει να αντιμετωπίζονται ως τραπεζικό προϊόν ή ως εισροή. Οι Berger και Humphrey (2008) εξέτασαν τις τρεις κοινές προσεγγίσεις για τον καθορισμό των εκροών και των εισροών των τραπεζών. Η προσέγγιση του ενεργητικού αντιμετωπίζει τις καταθέσεις και οι λοιπές υποχρεώσεις αντιμετωπίζονται ως εισροές στη διαδικασία διαμεσολάβησης. Η προσέγγιση κόστους χρήστη αντιμετωπίζει τις καταθέσεις ως προϊόν, εάν το οικονομικό τους κόστος είναι μικρότερο από το κόστος ευκαιρίας. Τέλος, η προσέγγιση της προστιθέμενης αξίας, αντιμετωπίζει όλες τις υποχρεώσεις και τα περιουσιακά στοιχεία που προσθέτουν αξία στην επιχείρηση ως εκροές.

Ως εναλλακτική λύση, σε αυτές τις τρεις προσεγγίσεις, οι τραπεζικές καταθέσεις θα μπορούσαν να μοντελοποιηθούν καλύτερα ως ενδιάμεσο προϊόν ενός πρώτου σταδίου παραγωγής που γίνεται εισροή στην παραγωγή δανείων και τίτλων. Οι Berger και Humphrey (1997) ερεύνησαν 130 μελέτες αποτελεσματικότητας τραπεζών, 62 από τις οποίες χρησιμοποίησαν DEA για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των τραπεζών. Από ό,τι είναι γνωστό, καμία από τις μελέτες που εξετάστηκαν από τους Berger και Humphrey (1997) δεν υπέθεσαν μια δομή δικτύου DEA για την τραπεζική παραγωγή, αν και ορισμένες από τις έρευνες εξέτασαν την αποτελεσματικότητα των τραπεζικών υποκαταστημάτων και των τραπεζικών εταιρειών χαρτοφυλακίου. Οι Sieford και Zhu (1999) εισήγαγαν ένα μοντέλο δικτύου για 55 μεγάλες εμπορικές τράπεζες των ΗΠΑ. Οι Liang et al., (2008) παρουσίασαν ένα μοντέλο παραγωγής τράπεζας δύο σταδίων και δοκιμάστηκε για μοναδική αποσύνθεση απόδοσης σε κάθε στάδιο. Επίσης, παρουσίασαν μοντέλα μη γραμμικού προγραμματισμού, για τον χαρακτηρισμό της αποδοτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας, όταν οι ενδιάμεσες εισροές/εκροές λαμβάνονται υπόψη στην αξιολόγηση απόδοσης.

Οι στόχοι της μελέτης των Fukuyama και Weber (2010) ήταν, πρώτον, να παρουσιάσουν ένα γενικευμένο μοντέλο δικτύου που υπολογίζει τη χαλάρωση στους περιορισμούς εισροής και εκροής που καθορίζουν την τεχνολογία και, δεύτερον, να επιτρέψουν τη μέτρηση της αναποτελεσματικότητας για μη ακτινικές συστολές στις εισόδους και επεκτάσεις στις εξόδους, ακόμη και όταν είναι χαλαρές ή δεν υπάρχουν.

Εφαρμόζουν τη μέθοδο στη μελέτη της τραπεζικής παραγωγής, την οποία μοντελοποιούν ως διαδικασία δύο σταδίων. Στο πρώτο στάδιο, οι τράπεζες συνδυάζουν εργασία, φυσικό κεφάλαιο και χρηματοοικονομικό μετοχικό κεφάλαιο για την άντληση καταθέσεων, οι οποίες χρησιμεύουν ως ενδιάμεσο προϊόν. Στο δεύτερο στάδιο, οι τράπεζες χρησιμοποιούν τις καταθέσεις που συγκεντρώθηκαν από το πρώτο στάδιο για να παράγουν δάνεια και επενδύσεις. Στο δεύτερο στάδιο, ορισμένα δάνεια, ενδέχεται να καταστούν μη εξυπηρετούμενα, με τους δανειολήπτες να μην μπορούν να αποπληρώσουν πλήρως ή ακόμη και μερική. Αντιμετωπίζουν τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια ως ανεπιθύμητη ή κακή απόδοση.

Οι Charnes et al. (1985) εξέτασαν μια κατηγορία μέτρων απόδοσης που μπορεί να εξηγήσουν κακές εκροές σε ένα μοντέλο DEA. Οι Fare et al. (1994) παρείχαν θεωρητική συζήτηση σχετικά με τη συμπερίληψη κακών εκροών στην τεχνολογία παραγωγής DEA. Πρώιμες εμπειρικές εργασίες για κακές εκροές, όπως των παραπάνω συγγραφέων, επικεντρώθηκαν στη ρύπανση ως την κακή παραγωγή που παράγεται από κοινού με τα επιθυμητά αποτελέσματα. Οι Fare et al. (2005) ενσωμάτωσαν ρυπογόνα αποτελέσματα στην τεχνολογία και μοντελοποίησαν την αναποτελεσματικότητα της επιχείρησης χρησιμοποιώντας τη μη προσανατολισμένη διευθυντική συνάρτηση απόστασης. Αργότερα, οι Park and Weber (2006) και οι Fukuyama and Weber (2008) μοντελοποίησαν τη διαδικασία παραγωγής της τράπεζας λογιστικοποιώντας τις απώλειες δανείων ως κακή απόδοση. Οι Fare και Grosskopf το 2003, υποστήριξαν ότι για να είναι συνεπείς με τους φυσικούς νόμους, οι ανεπιθύμητες εκροές θα πρέπει να μοντελοποιούνται με την υπόθεση της αδύναμης χρήσης. Αυτή η υπόθεση απαιτεί ότι οι ανεπιθύμητες εκροές μπορούν να μειωθούν, αλλά με κόστος παραγωγής λιγότερων επιθυμητών εκροών. Αντιμετωπίζουν τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια ως κακή απόδοση και όχι ως εισροή, καθώς τα μοντέλα παραγωγής επιτρέπουν την αδράνεια και οι τράπεζες δεν μπορούν να λαμβάνουν μη εξυπηρετούμενα δάνεια έως ότου χρησιμοποιηθούν οι εισροές για την έναρξη της χορήγησης δανείων.

Το εμπειρικό τους μοντέλο δικτύου για τις τράπεζες αντιμετώπισε ένα σοβαρό πρόβλημα, το οποίο αντιμετωπίζουν οι ερευνητές της τραπεζικής αποτελεσματικότητας: πρέπει οι καταθέσεις να αντιμετωπίζονται ως εισροές ή ως εκροές;

Δοκιμάζουν μοναδικές αποσυνθέσεις της αποτελεσματικότητας σε κάθε στάδιο χρησιμοποιώντας την προσέγγιση των Liang et al. (2008) και Chen et al. (2009).

4.7. Κατευθυντικό δίκτυο SBI

Παραδοσιακά, οι ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει μία από τις τρεις μεθόδους για να ορίσουν τις εισροές και τις εκροές των τραπεζών. Οι Berger and Humphrey (1992) στην προσέγγιση περιουσιακών στοιχείων των Sealey και Lindley (1977), τα δάνεια και άλλα περιουσιακά στοιχεία, όπως οι τίτλοι ορίζονται ως εκροές και οι καταθέσεις και οι λοιπές υποχρεώσεις, αντιμετωπίζονται ως εισροές. Η προσέγγιση της προστιθέμενης αξίας ορίζει τις εκροές ως τα περιουσιακά στοιχεία και τις υποχρεώσεις που προσθέτουν ουσιαστική αξία στην τράπεζα και περιλαμβάνουν εργασία και κεφάλαιο ως εισροές. Τέλος, το μοντέλο κόστους χρήστη του Hancock (1985) ορίζει τα αποτελέσματα ως εκείνα τα περιουσιακά στοιχεία ή τις υποχρεώσεις που συμβάλλουν στα έσοδα και ορίζει τις εισροές ως εκείνα τα περιουσιακά στοιχεία ή τις υποχρεώσεις που συμβάλλουν στο κόστος.

Ασφαλώς, ορισμένες καταθέσεις συναλλαγών παρέχουν στους πελάτες υπηρεσίες ελέγχου και δημιουργούν προμήθειες για τις τράπεζες που εξυπηρετούν αυτές τις καταθέσεις. Αυτές οι καταθέσεις συναλλαγών θα μπορούσαν να θεωρηθούν καλύτερα ως ένα ενδιάμεσο προϊόν που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή δανείων και τίτλων σε μεταγενέστερο στάδιο της παραγωγής. Παρά το γεγονός ότι η προσέγγιση της διαμεσολάβησης έχει μια δομή παραγωγής δικτύου, είναι σύνηθες να αντιμετωπίζεται μια τεχνολογία παραγωγής τραπεζών ως μαύρο κουτί.

Αυτές οι καταθέσεις συναλλαγών θα μπορούσαν να θεωρηθούν καλύτερα ως ένα ενδιάμεσο προϊόν που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή δανείων και τίτλων σε μεταγενέστερο στάδιο της παραγωγής. Παρά το γεγονός ότι η προσέγγιση της διαμεσολάβησης έχει μια δομή παραγωγής δικτύου, είναι σύνηθες να αντιμετωπίζεται μια τεχνολογία παραγωγής τραπεζών ως μαύρο κουτί. Λαμβάνοντας υπόψη αυτή τη δομή, οι συγγραφείς κατασκεύασαν ένα μέτρο της αναποτελεσματικότητας του δικτύου.



Σχήμα 8: Τραπεζική διαμεσολάβηση για DMU_0 . (Fukuyama και Weber, 2010).

Η αναποτελεσματικότητα του δικτύου ενσωματώνει ολόκληρη τη διαδικασία παραγωγής τραπεζών όπου οι ενδιάμεσες εκροές του πρώτου σταδίου γίνονται εισροές στο δεύτερο στάδιο και είναι συνεπής με την προσέγγιση της τραπεζικής διαμεσολάβησης. Το παραπάνω σχήμα απεικονίζει το μοντέλο δικτύου δύο σταδίων. Για να ενσωματωθεί η εσωτερική δομή που δείχνει το σχήμα, τροποποιούν τη μέτρηση SBI μαύρου κουτιού που παρουσιάζεται στο σχ. (8).

Ακολουθώντας τους Fukuyama και Weber, (2010) τα διανύσματα των μεταβλητών έντασης για τα δύο στάδια μπορούν να οριστούν ως:

$$\lambda^1 = (\lambda_1^1, \dots, \lambda_j^1) \text{ και } \lambda^2 = (\lambda_1^2, \dots, \lambda_j^2).$$

Ορίζουν την ευέλικτη τεχνική αναποτελεσματικότητα δικτύου ως:

$$NSBI(x_0, y_0, b_0; g^x, g^y, g^b) = \max_{\lambda^1, \lambda^2, s^-, s^+, s^\#} \left\{ \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{s_n^-}{g_n^x} + \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{s_m^+}{g_m^y} + \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \frac{s_l^\#}{g_l^b}}{3} \begin{cases} x_0 = \sum_{j=1}^J x_j \lambda_j^1 + s^-, \\ y_0 = \sum_{j=1}^J y_j \lambda_j^2 - s^+, \\ b_0 = \sum_{j=1}^J b_j \lambda_j^2 + s^\#, \\ \sum_{j=1}^J z_j \lambda_j^1 \geq \hat{z}, \sum_{j=1}^J z_j \lambda_j^2 \leq \hat{z}, \\ \lambda^1 \geq 0, \lambda^2 \geq 0, s^- \geq 0, \\ s^+ \geq 0, s^\# \geq 0, \hat{z} \geq 0 \end{cases} \right\} \quad (15)$$

Οι μεταβλητές $\hat{z}$ είναι ενδογενείς μεταβλητές επιλογής που σχετίζονται με την ενδιάμεση εκροή. Οι καταθέσεις είναι μια ενδιάμεση παραγωγή από το πρώτο στάδιο και μια εισροή στο δεύτερο στάδιο. Στο πρώτο στάδιο, οι τράπεζες προσπαθούν να μεγιστοποιήσουν την παραγωγή καταθέσεων, αλλά στο δεύτερο στάδιο προσπαθούν να ελαχιστοποιήσουν τη χρήση καταθέσεων για τη δημιουργία του χαρτοφυλακίου δανείων και τίτλων τους. Γίνεται αναφορά στο δείκτη της αναποτελεσματικότητας διευθυντικής αδεσμείας του δικτύου (NSBI). Σημείωση ότι μόνο οι χαλαρές τιμές των τυπικών εισόδων, των τελικών εξόδων και των κακών εξόδων μεγιστοποιούνται, ενώ οι χαλαρές ενδιάμεσες εξόδους δεν περιλαμβάνονται στην αντικειμενική συνάρτηση της εξ. (15). Η (15) μπορεί να θεωρηθεί ως μια διευθυντική έκδοση του μοντέλου δικτύου των Fare και Grosskopf (1996) που βασίζεται σε μέτρα ευέλικτης τεχνικής αναποτελεσματικότητας στην περίπτωση του σχ. 8. Η διπλή σύνθεση του αρχικού NSBI που δίνεται στην (15) είναι:

$$NSBI(x_o, y_o, b_o; g^x, g^y, g^b) = \min_{v, w, u, r} \left\{ vx_o - uy_o + rb_o \mid \begin{array}{l} vx_j - w^1 z_j \geq 0 \quad \forall j, \\ w^2 z_j - uy_j + rb_j \geq 0 \quad \forall j, \\ v \geq \left[\frac{1}{3Ng_1^x}, \dots, \frac{1}{3Ng_N^x} \right], \quad w^1 - w^2 \geq 0, \\ u \geq \left[\frac{1}{3Mg_1^y}, \dots, \frac{1}{3Mg_M^y} \right], \\ r \geq \left[\frac{1}{3Lg_1^b}, \dots, \frac{1}{3Lg_L^b} \right], \\ v \geq 0, u \geq 0, r \geq 0, w^1 \geq 0, w^2 \geq 0 \end{array} \right\}$$

(16)

Παρατηρείται ότι οι περιορισμοί μη αρνητικότητας, $\hat{z} \geq 0$, δεν χρειάζονται στην (15) επειδή είναι περιττοί. Ως εκ τούτου, η αντιμετώπιση του $\hat{z}$ ως ελεύθερων μεταβλητών στην (15) αποδίδει την αντίστοιχη διπλή μορφή που μπορεί να ληφθεί αντικαθιστώντας τους περιορισμούς μη αρνητικότητας $w^1 - w^2 \geq 0$, με τους περιορισμούς ισότητας $w^1 - w^2 = 0$, οι οποίοι δεν θα αλλάξουν τις βέλτιστες αντικειμενικές τιμές της (14) και (15). Κατά συνέπεια, το προβαλλόμενο σημείο με βάση το (5) βρίσκεται στο αποδοτικό σύνορο, δηλαδή, $NSBI(g^x, g^y, g^b) = 0$ για την προβολή $(z^* x_0 - s^{*-}, y_0 + s^{+*}, b_0 - s^{#*})$. ένα οριακό Αυτό δείχνει σημείο ότι ένα DMU

πρέπει να είναι και για τις δύο διαιρέσεις εάν το $\hat{z}$ είναι η βέλτιστη λύση στην (15). Αυτό δείχνει ότι ένα DMU z^* πρέπει να είναι οριακό σημείο και για τις δύο διαιρέσεις εάν το $\hat{z}$ είναι η βέλτιστη λύση.

Παρομοίως με τους Chen και Zhu (2004), είναι σαφές ότι:

$$\sum_{j=1}^J z_j \lambda_j^1 \geq \hat{z}, \sum_{j=1}^J z_j \lambda_j^2 \leq \hat{z} \Leftrightarrow \sum_{j=1}^J z_j \lambda_j^1 - \sum_{j=1}^J z_j \lambda_j^2 \geq 0 \quad (17)$$

οπότε:

$$NSBI(\mathbf{x}_0, \mathbf{y}_0, \mathbf{b}_0; \mathbf{g}^x, \mathbf{g}^y, \mathbf{g}^b) = \max_{\lambda^1, \lambda^2, \mathbf{s}^-, \mathbf{s}^+, \mathbf{s}^\#} \left\{ \begin{array}{l} \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{S_n^-}{g_n^x} + \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{S_m^+}{g_m^y} + \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \frac{S_l^\#}{g_l^b}}{3} \left| \begin{array}{l} \mathbf{x}_0 = \sum_{j=1}^J \mathbf{x}_j \lambda_j^1 + \mathbf{s}^-, \\ \mathbf{y}_0 = \sum_{j=1}^J \mathbf{y}_j \lambda_j^2 - \mathbf{s}^+, \\ \mathbf{b}_0 = \sum_{j=1}^J \mathbf{b}_j \lambda_j + \mathbf{s}^\#, \\ \sum_{j=1}^J z_j \lambda_j^1 - \sum_{j=1}^J z_j \lambda_j^2 \geq 0, \\ \lambda^1 \geq 0, \lambda^2 \geq 0, \\ \mathbf{s}^- \geq 0, \mathbf{s}^+ \geq 0, \mathbf{s}^\# \geq 0 \end{array} \right. \right\}$$

(18)

Έτσι λοιπόν, αναπτύσσεται μια τροποποίηση δικτύου της διευθυντικής συνάρτησης απόστασης τεχνολογίας Chambers, Chung και Fare ορίζοντας στην (15). Το μέτρο αναποτελεσματικότητας κατευθυντικής κατεύθυνσης δικτύου (ND) συμβολίζεται με:

$$ND(\mathbf{x}_0, \mathbf{y}_0, \mathbf{b}_0; \mathbf{g}^x, \mathbf{g}^y, \mathbf{g}^b) = \max_{\lambda^1, \lambda^2, \mathbf{s}^x, \mathbf{s}^y, \beta} \left\{ \beta \left| \begin{array}{l} \mathbf{x}_0 = \sum_{j=1}^J \mathbf{x}_j \lambda_j^1 + \beta \mathbf{g}^x + \mathbf{s}^x, \\ \mathbf{y}_0 = \sum_{j=1}^J \mathbf{y}_j \lambda_j^2 - \beta \mathbf{g}^y - \mathbf{s}^y, \\ \mathbf{b}_0 = \sum_{j=1}^J \mathbf{b}_j \lambda_j + \beta \mathbf{g}^b, \\ \sum_{j=1}^J z_j \lambda_j^1 - \sum_{j=1}^J z_j \lambda_j^2 \geq 0, \\ \lambda^1 \geq 0, \lambda^2 \geq 0, \mathbf{s}^x \geq 0, \mathbf{s}^y \geq 0, \beta : \text{free} \end{array} \right. \right\}$$

(19)

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το μοντέλο επεκτείνει το μέτρο ακτινικού δικτύου των Fare και Grosskopf στην περίπτωση του Σχήματος 8. Το μοντέλο τους παίρνει την εξής μορφή:

$$FG(\mathbf{x}_o, \mathbf{y}_o, \mathbf{b}_o) = \min_{\lambda^1, \lambda^2, \theta, \mathbf{s}^-, \mathbf{s}^+} \left\{ \theta \begin{cases} \theta \mathbf{x}_o = \sum_{j=1}^J \mathbf{x}_j \lambda_j^1 + \mathbf{s}^-, \\ \mathbf{y}_o = \sum_{j=1}^J \mathbf{y}_j \lambda_j^2 - \mathbf{s}^+, \\ \mathbf{b}_o = \sum_{j=1}^J \mathbf{b}_j \lambda_j^2, \\ \sum_{j=1}^J \mathbf{z}_j \lambda_j^1 - \sum_{j=1}^J \mathbf{z}_j \lambda_j^2 \geq \mathbf{0} \\ \lambda^1 \geq \mathbf{0}, \lambda^2 \geq \mathbf{0}, \mathbf{s}^- \geq \mathbf{0}, \mathbf{s}^+ \geq \mathbf{0} \end{cases} \right\} \quad (20)$$

Το διαδοχικό μοντέλο των Kao και Hwang (2008), μπορεί να τροποποιηθεί για να ληφθούν υπόψη οι κακές εκροές ως:

$$KH(\mathbf{x}_o, \mathbf{y}_o, \mathbf{b}_o) = \max_{\mathbf{v}, \mathbf{u}, \mathbf{w}, \mathbf{r}} \left\{ \mathbf{u} \mathbf{y}_o - \mathbf{r} \mathbf{b}_o \mid \begin{cases} \mathbf{v} \mathbf{x}_o = 1 \\ \mathbf{w} \mathbf{z}_j - \mathbf{v} \mathbf{x}_j \leq \mathbf{0} \quad \forall j, \\ \mathbf{u} \mathbf{y}_j - \mathbf{r} \mathbf{b}_j - \mathbf{w} \mathbf{z}_j \leq \mathbf{0} \quad \forall j, \\ \mathbf{v} \geq \mathbf{0}, \mathbf{w} \geq \mathbf{0}, \mathbf{u} \geq \mathbf{0}, \mathbf{r} \text{ free} \end{cases} \right\} \quad (21)$$

Οι Tone και Tsutsui το 2010 παρουσίασαν ένα μοντέλο δικτύου με αρκετές πιθανές εφαρμογές του μοντέλου τους σε εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας, νοσοκομεία, εταιρείες ραδιοτηλεοπτικής μετάδοσης και χρηματοοικονομικές εταιρείες χαρτοφυλακίου. Τροποποιώντας το μοντέλο απόδοσης δικτύου των Tone και Tsutsui για να ληφθούν υπόψη οι κακές εκροές που παράγονται εντός του δικτύου, η εξίσωση διαμορφώνεται:

$$TT(\mathbf{x}_0, \mathbf{y}_0, \mathbf{b}_0) = \min_{\lambda^1, \lambda^2, s^{1-}, s^{2+}, \hat{\mathbf{z}}} \left\{ \begin{array}{l} \sum_j \mathbf{x}_j \lambda_j^1 = \mathbf{x}_0 - \mathbf{s}^{1-}, \\ \sum_j \mathbf{y}_j \lambda_j^2 = \mathbf{y}_0 + \mathbf{s}^{2+}, \\ \sum_j \mathbf{z}_j \lambda_j^1 = \hat{\mathbf{z}}, \\ \sum_j \mathbf{z}_j \lambda_j^2 = \hat{\mathbf{z}}, \\ \mathbf{b}_0 = \sum_{j=1}^J \mathbf{b}_j \lambda_j^2, \\ \lambda_j^1 \geq 0 \ (\forall j), \lambda_j^2 \geq 0 \ (\forall j), \\ \mathbf{s}^{1-} \geq 0, \mathbf{s}^{2+} \geq 0 \end{array} \right\}$$

(22)

Σε αυτό το πλαίσιο, οι κακές εκροές δεν μπαίνουν στον στόχο που καθορίζει το TT (x_0, y_0, b_0) , αλλά αυτές οι κακές εκροές αποτελούν μέρος του δεύτερου σταδίου και χρησιμεύουν στον περιορισμό της τεχνολογίας σε σχέση με μια κατάσταση όπου δεν παράγονται κακές εκροές.

Μια μακροχρόνια συζήτηση στη βιβλιογραφία για την αποτελεσματικότητα των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων έχει ασχοληθεί με το εάν οι καταθέσεις πρέπει να αντιμετωπίζονται ως εισροές ή ως εκροές του χρηματοπιστωτικού ιδρύματος. Η προσέγγιση της χρηματοπιστωτικής διαμεσολάβησης ή η προσέγγιση περιουσιακών στοιχείων των Sealey και Lindley (1977) αντιμετωπίζει τις υποχρεώσεις κατάθεσης ως εισροή, ενώ η προσέγγιση κόστους του Hancock (1985) αντιμετωπίζει ορισμένες υποχρεώσεις από καταθέσεις, όπως καταθέσεις συναλλαγής, ως αποτέλεσμα, εάν αυτές οι καταθέσεις συμβάλλουν σε έσοδα της τράπεζας. Αν και οι Glass et al. (1998) διαπίστωσαν ότι η επιλογή των εκροών για τις ιαπωνικές τράπεζες ήταν ελάχιστης σημασίας, η Tortosa-Ausina (2002) βρήκε σημαντικές διαφορές στην υπό εξέταση τραπεζική αποτελεσματικότητα, ανάλογα με το αν οι καταθέσεις αντιμετωπίζονται ως εισροές ή ως εκροές. Η προσέγγιση, όμως, των Fukuyama και Weber, η οποία επιτρέπει μια δομή δικτύου όπου οι καταθέσεις παράγονται ως προϊόν σε μια υποδιεργασία και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται ως εισροές για την παραγωγή ενός χαρτοφυλακίου δανείων, τίτλων και άλλων επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, αναγνωρίζει και λαμβάνει υπόψη και τις δύο πλευρές της έρευνας για καταθέσεις για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας των τραπεζών.

Μια μελλοντική κατεύθυνση για την αναποτελεσματικότητα των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων θα ήταν να ληφθεί υπόψη μια δυναμική δομή στο μοντέλο δικτύου. Ένα τέτοιο μοντέλο μπορεί να λάβει επισφαλή δάνεια, τα οποία στο δικό μας μοντέλο αποτελούν ανεπιθύμητο προϊόν του δεύτερου σταδίου, ως περιοριστικό παράγοντα για το πρώτο στάδιο σε μια επόμενη περίοδο. Σε αυτή την περίπτωση, η παραγωγή επισφαλών δανείων μπορεί να περιορίσει τον τρόπο με τον οποίο η εργασία, το φυσικό κεφάλαιο και το μετοχικό κεφάλαιο μπορούν να παράγουν καταθέσεις. Ένα τέτοιο δυναμικό μοντέλο έχει προταθεί από τους Fare και Grosskopf(1998) για τη μελέτη της απόδοσης των χωρών στην οικονομική κοινότητα Ασίας-Ειρηνικού. Η μελέτη των Tone και Tsutsuito (2009) χρησιμοποιεί ένα μέτρο απόδοσης που βασίζεται σε slacks σε ένα δυναμικό μοντέλο που αντιπροσωπεύει ανεπιθύμητα αποτελέσματα.

4.8. Μοντέλο DEA δυναμικού δικτύου (DN)

Η σειρά εργασιών των Fukuyama και Weber (2013, 2015, 2016) ανέπτυξαν ένα μοντέλο DEA δυναμικού δικτύου (DN) για τη μέτρηση της απόδοσης της τράπεζας. Αυτές οι μελέτες αντιμετώπισαν τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια (NPL) ως ανεπιθύμητα από κοινού παραγόμενα κατά προϊόν της διαδικασίας παραγωγής δανείων. Τα μοντέλα εκτιμήθηκαν για τις ιαπωνικές συνεταιριστικές τράπεζες Shinkin και για τις μετοχικές εμπορικές τράπεζες. Επιπλέον, ο δυναμικός ορίζοντας επεκτάθηκε από τρεις σε πολλούς και τα κεφαλαιακά πρότυπα που βασίζονται στον κίνδυνο συμπεριλήφθηκαν ως περιορισμοί στην τεχνολογία των τραπεζών. Τα μοντέλα επέτρεψαν τη διάσπαση της μεταβολής της παραγωγικότητας σε συνολική αλλαγή απόδοσης, η οποία μετρά την «προσέγγιση» σε ένα δεδομένο όριο παραγωγής και τεχνική αλλαγή, η οποία μετρά τη μετατόπιση των συνόρων.

Όταν τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα παράγονται από κοινού μαζί με τα επιθυμητά αποτελέσματα, ο ερευνητής πρέπει να καθορίσει έναν παράγοντα μείωσης όταν χρησιμοποιεί την DEA για να εκτιμήσει την απόσταση των παρατηρούμενων εκροών μιας τράπεζας μέχρι τα σύνορα παραγωγής. Οι Fukuyama και Weber (2013, 2015, 2016) υπέθεσαν ότι όλες οι τράπεζες έχουν έναν κοινό παράγοντα μείωσης. Αυτή η προδιαγραφή είναι σιωπηρή στις περισσότερες μελέτες που εξετάζουν την κοινή παραγωγή επιθυμητών και ανεπιθύμητων εκροών. Ωστόσο, ο Kuosmanen (2005) έδειξε

ότι η υπόθεση κοινής μείωσης μεταξύ των παραγωγών μπορεί να προκαλέσει μεροληψία στα μέτρα απόδοσης.

Οι Fukuyama και Weber, ακολουθώντας τον Kuosmanen (2005), επεκτείνουν το μοντέλο DN για να επιτρέψουν σε κάθε τράπεζα να έχει έναν μοναδικό συντελεστή μείωσης για το πρώτο στάδιο και δεύτερο στάδιο της παραγωγής. Μετρούν την απόδοση των τραπεζών για τις τράπεζες των πόλεων, τις περιφερειακές τράπεζες και τις δεύτερες περιφερειακές τράπεζες και συγκρίνουν την απόδοση αυτών των τριών τύπων τραπεζών με τις εκτιμήσεις της απόδοσης της τράπεζας Shinkin από τους Fukuyama και Weber (2016). Τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια που παράγονται σε μια περίοδο γίνονται ανεπιθύμητη εισροή σε μια επόμενη περίοδο και περιορίζουν τη μελλοντική παραγωγή. Η τεχνολογία παραγωγής δικτύου αποτελείται από δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο οι τράπεζες χρησιμοποιούν εργατικό δυναμικό, μετοχικό κεφάλαιο και φυσικό κεφάλαιο για να δημιουργήσουν καταθέσεις. Στο δεύτερο στάδιο οι τράπεζες χρησιμοποιούν καταθέσεις για να δημιουργήσουν ένα χαρτοφυλάκιο έντοκων περιουσιακών στοιχείων που αποτελείται από επενδύσεις σε τίτλους και δάνεια, με ορισμένα από τα δάνεια να γίνονται μη εξυπηρετούμενα. Στην επόμενη περίοδο, τα NPL γίνονται ανεπιθύμητη εισροή στο πρώτο στάδιο της παραγωγής. Καθώς παράγονται περισσότερα NPL, η τράπεζα πρέπει να συγκεντρώσει επιπλέον μετοχικό κεφάλαιο για να συνεχίσει να δημιουργεί καταθέσεις.

Στο δεύτερο στάδιο της παραγωγής, οι διευθυντές τραπεζών επιλέγουν επίσης, εάν θα μετατρέψουν όλες τις καταθέσεις σε δάνεια και επενδύσεις σε τίτλους ή θα μεταφέρουν ορισμένες καταθέσεις στην επόμενη περίοδο, όταν οι οικονομικές συνθήκες ενδέχεται να διευκολύνουν την ελαχιστοποίηση των από κοινού παραγόμενων NPL. Η δυναμική πτυχή του μοντέλου αυτού, αναπτύσσει ένα μέτρο απόδοσης που μεγιστοποιεί τα επιθυμητά αποτελέσματα, ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιεί τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα σε πολλαπλές περιόδους, αντί για μία μόνο περίοδο.

4.9. Μη ακτινική μέτρηση της αποδοτικότητας DEA

Η μη ακτινική μέτρηση της αποδοτικότητας DEA μπορεί γενικά να ταξινομηθεί σε δύο τύπους μοντέλων: τα μοντέλα με τη μεγαλύτερη απόσταση και τα μοντέλα ελάχιστης απόστασης. Τα μοντέλα της πιο απομακρυσμένης απόστασης προσπαθούν να βρουν το πιο απομακρυσμένο σημείο στα αποδοτικά σύνορα για την αξιολογούμενη μονάδα λήψης

αποφάσεων, από υπολογιστική άποψη. Παραδείγματα αυτών των μοντέλων είναι το βελτιωμένο μοντέλο γραφήματος κατά Russell, το μοντέλο ευέλικτης αναποτελεσματικότητας, το μοντέλο απόδοσης προσαρμοσμένο σε εύρος τιμών και το μοντέλο διευθυντικής ευέλικτης αναποτελεσματικότητας (DSI). Αντίθετα, τα μοντέλα ελάχιστης απόστασης προσπαθούν να βρουν ένα πλησιέστερο σημείο στο αποδοτικό σύνορο (Angetal., 2019; Aparicio et al., 2007, 2013, 2017; Aparicio & Pastor, 2014; Ramon et al., 2018; Zhu et al., 2018). Είναι προφανές ότι το μοντέλο ελάχιστης απόστασης θέτει πιο εφικτούς στόχους σε σύγκριση με το μοντέλο μη ακτινικής προβολής. Οι Aparicio et al., (2014) αναφέρονται σε μια τέτοια αρχή, όπως η αρχή της ελάχιστης δράσης (PLA) που δανείζεται από τη φυσική.

Η προσέγγιση της ελάχιστης απόστασης έχει κάποιες επιθυμητές ιδιότητες των μέτρων (μη) αποδοτικότητας. Μεταξύ αυτών, η μονοτονία είναι μια από τις πιο συχνά μελετημένες ιδιότητες. Γενικά, οι εκδόσεις ελάχιστης απόστασης πολλών συμβατικών μοντέλων DEA δεν ικανοποιούν κανένα από τα δύο.

Η βιβλιογραφία της συγκριτικής αξιολόγησης έχει δώσει έμφαση στο ρόλο της DEA ως εργαλείο αναφοράς για τον καθορισμό πιθανών στόχων (Allen et al., 1997; Dyson & Thanassoulis, 1988; Emrouznejad et al., 2007). Από την έναρξη λειτουργίας της από τους Charnes et al. (1978), η DEA έχει αποδειχτεί ένα ζωτικής σημασίας εργαλείο αναφοράς που θέτει εύλογους στόχους για την αξιολόγηση των σχολείων και των ανώτερων ιδρυμάτων (μεταξύ άλλων, Charnes et al., 1981; Portela et al., 2012; Sarricoetal., 1997; Sarrico & Dyson, 2000; Thanassoulis, 1996; Thanassoulis et al., 2011). Ωστόσο, η σημασία και η δημοτικότητά της στη βιβλιογραφία συνδέεται με την αποτελεσματικότητα των τραπεζών, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη εργαλειοθήκη απόδοσης για τη μοντελοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων (Emrouznejad & Yang, 2018). Η δημοφιλής προσέγγιση μαθηματικού προγραμματισμού έχει εφαρμοστεί ευρέως στην τραπεζική βιβλιογραφία, δεδομένου του πλεονεκτήματος της για την εκτίμηση των τραπεζικών στόχων αναφοράς που προέρχονται από την εκτίμηση της παραγωγικής διαδικασίας της τράπεζας (Emrouznejad et al., 2008). Ωστόσο, όπως έχει υποστηριχθεί από τους Ramon et al., (2018), πολλές φορές, οι προσεγγίσεις που βασίζονται στη DEA θέτουν ορισμένους μη ρεαλιστικούς στόχους για τις DMUs που οι αξιολογούμενες μονάδες δεν είναι σε θέση να επιτύχουν. Οι Lim et al., (2011) υποστηρίζουν ότι σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι ανέφικτο για μια DMU να επιτύχει τον αποτελεσματικό στόχο του, ενώ ο Lozan

και η Villa (2005, 2010) τονίζουν ότι η αδυναμία των DMUs να φτάσουν στον πιο απομακρυσμένο στόχο είναι αποτέλεσμα της ανάγκης για υψηλή μείωση των εισροών τους και υψηλή αύξηση των εκροών τους. Λαμβάνοντας υπόψη αυτό το πιθανό πρακτικό μειονέκτημα, ο Θανασούλης (2008) επισημαίνει ότι από άποψη διαχείρισης και πολιτικής, ότι ο καθορισμός των εφικτών στόχων είναι πιο σημαντικός από τη μέτρηση των επιπέδων αναποτελεσματικότητας των DMUs.

Τα παραδοσιακά μη ακτινικά μέτρα στοχεύουν στην εύρεση λαμβάνοντας το «πιο απομακρυσμένο» ισχυρά αποδοτικό σημείο από την άποψη της υπολογιστικής ευκολίας. Ωστόσο, όταν αξιολογούμε την απόδοση της τράπεζας το πιο «μακρινό» σημείο μπορεί να είναι δύσκολο να επιτευχθεί με βάση τις δυνατότητες της τράπεζας και ως εκ τούτου είναι λογικό για τους διευθυντές της τράπεζας να βρουν έναν στόχο με λιγότερη προσπάθεια. Είναι σαφές ότι, από κοινωνική άποψη, η λειτουργία σε σταθερές επιστροφές σε κλίμακα (CRS) είναι επιθυμητή. Ωστόσο, οι Wheelock και Wilson (2001) προτείνουν ότι τις περισσότερες φορές οι τράπεζες λειτουργούν, είτε με αυξανόμενες αποδόσεις (IRS) είτε με μειωμένες αποδόσεις σε κλίμακα (DRS). Στην πραγματικότητα, υπάρχει ένα τεράστιο πλήθος εμπειρικών στοιχείων για τον τραπεζικό κλάδο που υποδηλώνουν ότι οι τράπεζες λειτουργούν σε μικρότερη κλίμακα από την αποδοτική κλίμακα (Berger & Mester, 1997; Mitchell & Onvural, 1996; Wheelock & Wilson, 2012). Σύμφωνα με τον Mester (2005), η τεχνολογία, οι ρυθμίσεις και οι συνθήκες ανταγωνισμού επηρεάζουν τις οικονομίες κλίμακας των τραπεζών, καθιστώντας δύσκολη τη λειτουργία των τραπεζών στη βέλτιστη κλίμακα. Ως εκ τούτου, σε τέτοιες περιπτώσεις, το μοντέλο ελάχιστης απόστασης καθορίζει έναν πιο εφικτό στόχο σε σύγκριση με το παραδοσιακό μη ακτινωτό μοντέλο, δίνοντας στον διαχειριστή της τράπεζας πιο ρεαλιστικές (εύλογες) αλλαγές βελτίωσης της απόδοσης.

Η προσέγγιση της ελάχιστης απόστασης έχει κάποιες επιθυμητές ιδιότητες των μέτρων (μη) αποδοτικότητας. Μεταξύ αυτών, η μονοτονία είναι μια από τις πιο συχνά μελετημένες ιδιότητες. Γενικά, οι εκδόσεις ελάχιστης απόστασης πολλών συμβατικών μοντέλων DEA δεν ικανοποιούν ούτε ασθενή μονοτονία ούτε ισχυρή μονοτονία. Η ασθενής μονοτονία υποδηλώνει ότι το μέτρο αποδοτικότητας (αναποτελεσματικότητα) είναι μη αυξανόμενο (μη μειούμενο) στις εισροές και μη μειούμενο (μη αυξανόμενο) στις εκροές. Για ισχυρή μονοτονία, το μέτρο αποδοτικότητας (αναποτελεσματικότητα) μειώνεται (αυξάνεται) στις εισροές και αυξάνεται (μειώνεται) στις εκροές.

Επιπλέον, χρησιμοποιώντας μια αυθαίρετη συνάρτηση p -Νόρμας ή συνάρτηση απόστασης Holder, ο Briec (1999) έδειξε ότι ικανοποιεί την ασθενή μονοτονία πάνω από το ασθενώς αποδοτικό όριο. Το ζήτημα της μονοτονίας πάνω από τα έντονα αποδοτικά σύνορα έχει προσελκύσει πρόσφατα την προσοχή αρκετών συγγραφέων. Συγκεκριμένα, οι Baek και Lee (2009) θεώρησαν ότι το σταθμισμένο ευκλείδειο μέτρο προσαρμοσμένο στην απόσταση βάσει της απόστασης δείχνει την ισχυρή μονοτονία του, αλλά αυτό το μέτρο αποδείχθηκε ασθενώς μη μονοτονικό από τους Aparicio και Pastor (2014a, 2014b). Οι Ando et al., (2017) έδειξαν την ανυπαρξία μέτρων στην συνάρτηση απόστασης Holder ελάχιστης απόστασης που ικανοποιούν την ασθενή μονοτονία πάνω από τα έντονα αποδοτικά σύνορα

Λαμβάνοντας υπόψη αυτό το αποτέλεσμα, οι Fukuyama et al. (2014a) παρείχαν ένα μέτρο συνάρτησης απόστασης Holder ελάχιστης απόστασης που ικανοποιεί την ισχυρή μονοτονία πάνω από τα εξαιρετικά αποδοτικά σύνορα. Για να αντιμετωπίσει το αποτέλεσμα της ανυπαρξίας του Ando et al., (2017), οι Fukuyama et al., (2014a) επέκτειναν το σύνολο ανταλλαγής των Ando et al., (2017) και ανέπτυξαν ένα έντονα μονοτονικό μέτρο. Στους Fukuyama et al. (2014b) η αναποτελεσματικότητα μετρείται από ένα σημείο του τροποποιημένου συνόλου συμβιβασμού της εταιρείας και όχι απευθείας από την αξιολογούμενη επιχείρηση.

Υπάρχει μια άλλη γραμμή έρευνας που επιχειρεί να δημιουργήσει έντονα μονοτονικά μέτρα (μη) αποτελεσματικότητας. Οι Aparicio και Pastor (2013) παρουσίασαν ένα ισχυρά μονοτονικό μέτρο απόδοσης εξόδου Russell με την υπόθεση ότι η απόδοση κατά Pareto-Koopmans χαρακτηρίζεται πλήρως από πλήρους διαστάσεις αποδοτικές πτυχές. Αυτό το μέτρο υπολογίζεται σε σχέση με το σύνολο δυνατοτήτων παραγωγής περιορισμένης όψης (Bessent et al., 1988) ή ισοδύναμα με το σύνολο δυνατοτήτων παραγωγής εκτεταμένων πτυχών (Olesen & Petersen, 1996). Ωστόσο, οι Olesen & Petersen (1996), Aparicio & Pastor (2014a, 2014b) και Ando et al., (2017) παρουσίασαν ορισμένες επιφυλάξεις σχετικά με το μέτρο αποδοτικότητας (ή μη), με βάση το σύνολο δυνατοτήτων παραγωγής εκτεταμένων πτυχών.

Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη τις επιθυμητές ιδιότητες στην προσέγγιση της ελάχιστης απόστασης, οι Aparicio, Kapelko, et al., (2020) εισήγαγαν ένα μοντέλο DEA με όφελος της αμφιβολίας για την κατασκευή ενός σύνθετου δείκτη, ο οποίος ικανοποιεί την αναλλοίωτη μεταβλητότητα των μονάδων και την αναλλοίωτη μετάφραση καθώς και την έντονη μονοτονία στο εξαιρετικά αποδοτικό όριο εξόδου. Αυτό το μοντέλο του

οφέλους της αμφιβολίας βασίζεται στην ιδέα του εκτεταμένου (πλήρους διαστάσεων) αποδοτικό σύνολο δυνατοτήτων παραγωγής όψεων.

4.10. Μοντέλο της ευέλικτης αναποτελεσματικότητας ελάχιστης διευθυντικής απόστασης (mdDS)

Έστω N και M τα σύνολα δεικτών εισόδων και εξόδων, αντίστοιχα. Ομοίως, έστω J το σύνολο δεικτών των παρατηρούμενων DMUs.

Ακολουθώντας τους Fukuyama et al. (2022), η τεχνολογία που είναι διαθέσιμη στις DMU ορίζεται από το σύνολο δυνατοτήτων παραγωγής DEA:

$$T \equiv \left\{ (x, y) \in \mathbb{R}_+^{N+M} \mid \sum_{j \in J} x_j \lambda_j \leq x, \sum_{j \in J} y_j \lambda_j \geq y, \sum_{j \in J} \lambda_j = 1, \lambda \geq 0 \right\}, \quad (23)$$

Σε σχέση με την παραπάνω εξίσωση, το τυπικό μέτρο ευέλικτης αναποτελεσματικότητας έχει την εξής μορφή

$$= \max \left\{ \frac{\frac{1}{|N|} \sum_{n \in N} \frac{s_n^x}{g_n^x} + \frac{1}{|M|} \sum_{m \in M} \frac{s_m^y}{g_m^y}}{2} \mid \begin{array}{l} x_{no} - s_n^x = \sum_{j \in J} x_{nj} \lambda_j, \quad n \in N; \\ y_{mo} + s_m^y = \sum_{j \in J} y_{mj} \lambda_j, \quad m \in M; \\ s_n^x \geq 0, n \in N; s_m^y \geq 0, m \in M; \\ \sum_{j \in J} \lambda_j = 1; \lambda_j \geq 0, \quad j \in J \end{array} \right\} \quad (24)$$

Η αντίστοιχη φόρμα πολλαπλασιαστή γράφεται ως:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{n \in N} \nu_n x_{nj} - \sum_{m \in M} \mu_m y_{mj} + \omega \geq 0, j \in J; \\ \nu_n \geq \frac{1}{2|N|g_n^x}, n \in N, \mu_m \geq \frac{1}{2|M|g_m^y}, m \in M; \\ \nu_n \geq 0, n \in N; \mu_m \geq 0, m \in M; \\ \omega \text{ unrestricted} \end{array} \right\} \quad (25)$$

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι ο Tone (1997, 2001) ήταν ο πρώτος που εισήγαγε τον όρο "slack-based" (γνωστός ως slack - based model ή SBM) στη βιβλιογραφία απόδοσης. Αυτό είναι ένα μέτρο «αποτελεσματικότητας» μορφής αναλογίας, το οποίο προτείνει τη λήψη της βέλτιστης λύσης μέσω του λεγόμενου μετασχηματισμού Charnes-Cooper. Ως εκ τούτου, αντί να λύσει το πρόβλημα του SBM απευθείας ως το πρόβλημα του κλασματικού προγραμματισμού, προτείνει την επίλυσή του με βάση τη γραμμικοποίηση του μετασχηματισμού Charnes-Cooper. Αντίθετα, αυτό που συντομεύεται ως DSI (directional "slack" inefficiency ή διευθυντική ευέλικτη αναποτελεσματικότητα) μετράει την αναποτελεσματικότητα και έχει μια αντικειμενική συνάρτηση προσθετικής μορφής. Το DSI είναι ένα απλό γραμμικό πρόγραμμα από την κατασκευή, και μπορεί να ενσωματώσει άμεσα το διάνυσμα κατεύθυνσης που χρησιμοποιείται στη διευθυντική συνάρτηση απόστασης.

Συγκεκριμένα, οι Fare και Lovell (1978), εισήγαγαν ένα μη ακτινωτό, προσανατολισμένο στις εισροές, το μέτρο κατά Russell (input-oriented Russell) που κλιμάκωσε τις εισόδους αλλάζοντας τους παράγοντες κλιμάκωσης.

$$R^{Inp}(x,y) = \min \left\{ \frac{\sum_{n \in N} \theta_n}{|N|} \mid (\theta \circ x - S^-, y) \in T, \theta \in (0,1] \times \dots \times (0,1], S^- \geq 0 \right\}$$
 (το οποίο που συνάδει με την ισχυρή αποδοτικότητα εισροών κατά Pareto-Koopmans.

Από την άλλη οι Charnes et al., (1985) πρότειναν ένα (μη σταθμισμένο) μη προσανατολισμένο προσθετικό μοντέλο DEA που δηλώνεται ως:

$$A(x,y) = \max \left\{ \sum_{n \in N} s_n^x + \sum_{m \in M} s_m^y \mid (x - s^x, y + s^y) \in T, s^x \geq 0, s^y \geq 0 \right\} \quad (26)$$

που συνάδει με την πλήρη απόδοση του Pareto-Koopmans.

Τα ευρήματα των συγγραφέων υποδηλώνουν ότι υπάρχει β-σύγκλιση μόνο για τα μοντέλα ελάχιστης απόστασης. Επιπλέον, όταν χρησιμοποιείται σ-σύγκλιση και τη διαδικασία αναγνώρισης συλλόγου των Phillips and Sul (2007), επαληθεύεται ότι δεν υπάρχει σύγκλιση και δεν υπάρχει σχηματισμός συλλόγων μεταξύ των εκτιμώμενων μετρήσεων απόδοσης των τραπεζών. Τέλος, η έρευνα μπορεί να κατευθυνθεί προς την αντιμετώπιση των μη εξυπηρετούμενων δανείων (NPLs) σε ένα μοντέλο ελάχιστης απόστασης κατευθυντικής χαλάρωσης και την ανάπτυξη δεικτών παραγωγικότητας

Malmquist που μετρούν τα επίπεδα παραγωγικότητας των τραπεζών χρησιμοποιώντας προσεγγίσεις ελάχιστης απόστασης.

4.11. Διμεταβατικό μοντέλο DEA

Ένα χρόνο νωρίτερα, οι Fukuyama et al., (2020) αναπτύσσοντας ένα μοντέλο δύο σταδίων, εξέτασαν τα επίπεδα αναποτελεσματικότητας κόστους των τουρκικών τραπεζών κατά την περίοδο από το 2007 έως το 2016.

Χρησιμοποιώντας την έννοια της αποδοτικότητας εισροών κατά Koopmans, εκτιμούν την αναποτελεσματικότητα κόστους Nerlovian στο άθροισμα της αναποτελεσματικότητας ανακατανομής και της τεχνικής αναποτελεσματικότητας. Μαζί με τις παραδοσιακές εισροές, ενδιάμεσες και εκροές που χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση της μέτρησης της απόδοσης των τραπεζών, χρησιμοποιούν επιπλέον τον παράγοντα ποιότητας εκπαίδευσης στην εργασία ως μη διακριτική εισροή. Αυτό τους επιτρέπει να μοντελοποιήσουν πώς οι παράγοντες ανθρώπινου κεφαλαίου επηρεάζουν το στάδιο δημιουργίας εσόδων μιας τράπεζας.

Τα ευρήματά τους υποδηλώνουν ότι τα επίπεδα αναποτελεσματικότητας κόστους καθοδηγούνται κυρίως από την ικανότητα μιας τράπεζας να ελέγχει τα επιμεριστικά επίπεδα αναποτελεσματικότητας. Τα εμπειρικά στοιχεία δείχνουν επίσης ότι οι ξένες τράπεζες έχουν καλύτερες επιδόσεις, υποδηλώνοντας ότι οι δομές ιδιοκτησίας των τραπεζών έχουν σημασία κατά τη μέτρηση της απόδοσης του κόστους. Τέλος, είναι προφανές ότι η Παγκόσμια Χρηματοπιστωτική Κρίση (GFC) είχε αρνητική επίδραση στην ικανότητα των τραπεζών να ελαχιστοποιήσουν τα επίπεδα αναποτελεσματικότητας κόστους. Ωστόσο, τα ευρήματα μετά την κρίση καταδεικνύουν ότι οι τουρκικές τράπεζες έχουν αρχίσει να ανακάμπτουν από τις αρνητικές επιπτώσεις της, κυρίως, βελτιώνοντας τις επιδόσεις τους.

Υπάρχει εκτενής έρευνα σχετικά με την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των τραπεζικών ιδρυμάτων που αναπτύσσουν μοντέλα DEA βασισμένα σε δίκτυο. Στην πραγματικότητα, ο τραπεζικός κλάδος, είναι το δεύτερο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο πεδίο για τις εφαρμογές του DEA στη βιβλιογραφία (Emrouznejad και Yang, 1978). Οι πρόσφατες διαφημίσεις στα μοντέλα DEA δικτύου δύο σταδίων παρέχουν στους επαγγελματίες αρκετά πλεονεκτήματα μέτρησης προκειμένου να αντιμετωπίσουν τις

παραδοσιακές προκλήσεις μοντελοποίησης κατά την εκτίμηση της παραγωγικής διαδικασίας της τράπεζας. Συγκεκριμένα, μία από τις κύριες προκλήσεις της μοντελοποίησης, είναι ο τρόπος με τον οποίο πρέπει να αντιμετωπίζονται οι τραπεζικές καταθέσεις. Οι καταθέσεις μπορούν να αντιμετωπίζονται στο μοντέλο, είτε ως εισροή είτε ως εκροή στο σύστημα (το λεγόμενο «δίλημμα κατάθεσης»).

Οι Burger και Humphrey (1992) ερευνήσαν το «δίλημμα κατάθεσης» και εντόπισαν τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις: α) την προσέγγιση της διαμεσολάβησης, η οποία αντιμετωπίζει τις καταθέσεις ως εισροές για την παραγωγή δανείων, τίτλων και άλλων περιουσιακών στοιχείων που αποκομίζουν κέρδη, β) την προσέγγιση παραγωγής, η οποία θεωρεί τις καταθέσεις ως εκροές, και γ) η προσέγγιση του κόστους, η οποία είναι ευαίσθητη, σε σχέση με την καθαρή συνεισφορά των καταθέσεων στα τραπεζικά έσοδα.

Σύμφωνα με τους Berger και Humphrey (1992), οι καταθέσεις διαθέτουν χαρακτηριστικά εισροών και εκροών. Η τραπεζική παραγωγική διαδικασία μπορεί, επίσης, να διαμορφωθεί ως ένα σύστημα δικτύου δύο σταδίων όπου στο πρώτο πωλήσεις, όπως οι εργαζόμενοι και τα πάγια στοιχεία ενεργητικού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε καταθέσεις που στη συνέχεια χρησιμοποιούνται στο δεύτερο στάδιο για τη δημιουργία δανείων και άλλων τίτλων (Fukuyama & Matousek, 2011; Fukuyama & Weber, 2010; Holod & Lewis, 2011). Αυτή η εναλλακτική διατύπωση παρέχει μια εύλογη λύση στο «δίλημμα των καταθέσεων» και διατηρεί ανέπαφο τον διττό ρόλο των καταθέσεων.

Μόνο λίγες από τις μελέτες ερευνούν την αποδοτικότητα κέρδους/εσόδων (Färe et al., 2019). Αυτό οφείλεται κυρίως στην έλλειψη δεδομένων καλής ποιότητας για την απόκτηση των τιμών παραγωγής και των δυσκολιών που προκύπτουν από τον διαχωρισμό της αποδοτικότητας του κέρδους σε τεχνική και επιμεριστική απόδοση (Fethi & Pasiouras, 2010). Οι Fukuyama και Matousek (2017) ξεπέρασαν τα προαναφερθέντα προβλήματα και υπολόγισαν την τιμή για τα NPLs καθώς και το μοντέλο μεγιστοποίησης εσόδων Nerlovian (Nerlove, 1965) του οποίου η συνολική αποτελεσματικότητα μπορεί να αναλυθεί σε τεχνικά και επιμεριστικά στοιχεία. Ωστόσο, οι Fukuyama και Matousek (2017) εφάρμοσαν ένα ασθενώς αποδοτικό όριο παραγωγής που υπερεκτιμά την πραγματική τεχνική αποτελεσματικότητα και παραβλέπει πιθανές χαλαρώσεις. Για να ξεπεράσουν αυτό το μειονέκτημα, οι Fukuyama και Matousek (2018) εφάρμοσαν ένα ισχυρά αποδοτικό όριο παραγωγής τροποποιώντας το μοντέλο

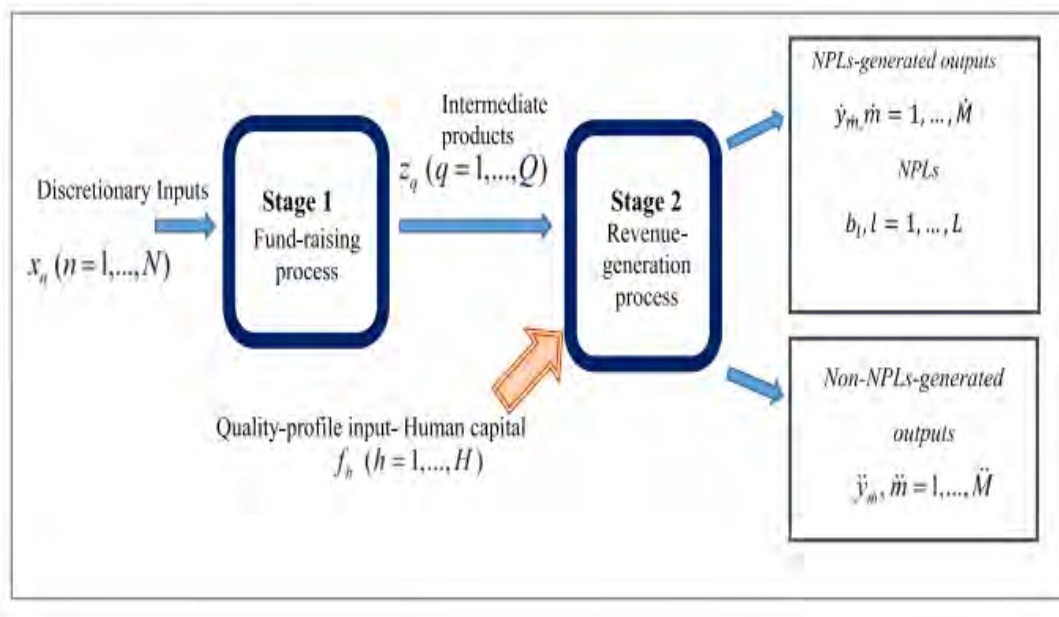
των Färe et al. (2015, 2016), σε μια προσθετική εναλλακτική που ταιριάζει στη συνάρτηση εσόδων Nerlovian και στο μοντέλο διευθυντικής συνάρτησης απόστασης.

Είναι μάλλον περίεργο, δεδομένης της σημασίας του ανθρώπινου κεφαλαίου, ότι δεν υπάρχουν μελέτες στη βιβλιογραφία για την τραπεζική αποτελεσματικότητα, που να περιλαμβάνουν τον παράγοντα ανθρώπινου κεφαλαίου, ως εισροή στη διαδικασία τραπεζικής παραγωγής. Η μελέτη των Fukuyama et al., (2020) είναι η πρώτη που μοντελοποιεί τον παράγοντα ανθρώπινου κεφαλαίου, ως εισροή, στη συνάρτηση παραγωγής τραπεζών σε ένα πλαίσιο δικτύου DEA δύο σταδίων. Τέλος, η εργασία τους, συμβάλλει σε μια μάλλον εκτενή εμπειρική έρευνα για την τουρκική τραπεζική στη βιομηχανία, αξιολογώντας την απόδοση 25 ταμιευτηρίων κατά την περίοδο 2007-2016.

4.12. Μεθοδολογία DEA δικτύου δύο σταδίων σε τραπεζικό πλαίσιο

Στη μελέτη τους εξετάζουν ένα πλαίσιο δικτύου δύο σταδίων DEA για την αξιολόγηση της τουρκικής τραπεζικής αποτελεσματικότητας.

Το πρώτο στάδιο αντιπροσωπεύει μια διαδικασία παραγωγής, στην οποία μεταβλητές εισροές $x=(x_1, x_2, \dots, x_N)^T \in \mathbb{R}_+^N$ παράγουν ενδιάμεσα προϊόντα $z=(z_1, z_2, \dots, z_Q)^T \in \mathbb{R}_+^Q$. Το δεύτερο στάδιο αντιπροσωπεύει μια διαδικασία παραγωγής, στην οποία τα ενδιάμεσα προϊόντα και οι μεταβλητές προφίλ ποιότητας $f=(f_1, f_2, \dots, f_H)^T \in \mathbb{R}_+^H$, χρησιμοποιούνται ως συντελεστές εισροής για την παραγωγή των μη εξυπηρετούμενων δανείων που δημιουργούνται για το επιδιωκόμενο καλό, υπάρχει το $\dot{y}=(\dot{y}_1, \dot{y}_2, \dots, \dot{y}_M)^T \in \mathbb{R}^M$, τα μη δημιουργούμενα NPL που προορίζονται καλές εκροές $\ddot{y}=(\ddot{y}_1, \ddot{y}_2, \dots, \ddot{y}_M)^T \in \mathbb{R}^M$ και το ανεπιθύμητο (κακό) υποπροϊόν ή NPLs $b=(b_1, b_2, \dots, b_L)^T \in \mathbb{R}_+^L$. Τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια που παρήγαγαν επιδιωκόμενο αποτέλεσμα σημαίνει ότι το $\dot{y}_m$ συνδέεται άμεσα με b_l , δηλαδή, η κακή παραγωγή πρέπει να αυξηθεί αναλογικά ή για να αυξηθεί η συνδεδεμένη καλή παραγωγή (από κοινού αδύναμη διάθεση). Το παρακάτω σχήμα δείχνει το προτεινόμενο πλαίσιο παραγωγής δύο σταδίων:



Σχήμα 9. Διαδικασία παραγωγής τράπεζας δικτύου δύο σταδίων (Fukuyama et al., 2020).

Σημείωση: Το x_n αναφέρεται στις διακριτικές εισροές (σύνολο πάγιων περιουσιακών στοιχείων και αριθμός εργαζομένων), το z_q αναφέρεται στις καταθέσεις, το f_h αναφέρεται στον παράγοντα ανθρώπινου κεφαλαίου, το y'_m αναφέρεται σε διάφορα δάνεια, το y''_m αναφέρεται σε επενδύσεις σε τίτλους και το b_l αναφέρεται σε διάφορους τύπους μη εξυπηρετούμενων δανείων (ΜΕΔ). Επίσης, οι y'_m είναι καλές εκροές που προκαλούνται από τις κακές εκροές, ενώ οι y''_m είναι καλές εκροές που δεν προκαλούνται από τις κακές εκροές.

Επίσης, τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα στη μελέτη τους είναι τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια. Συζητούν επίσημα την κοινή αδύναμη ιδιότητα μιας χρήσης αφού καθορίσουν την τεχνολογία παραγωγής. Το Σχήμα 9 απεικονίζει επίσης μια διαδικασία παραγωγής τράπεζας δικτύου δύο σταδίων, όπου το πρώτο και το δεύτερο στάδιο αντιστοιχούν στη δραστηριότητα συγκέντρωσης κεφαλαίων και στη δραστηριότητα δημιουργίας εσόδων, αντίστοιχα. Αυτή η παραγωγική διαδικασία διαφέρει από αυτές που χρησιμοποιούνται στους Fukuyama και Weber (2017) και Fukuyama και Matousek (2018), καθώς μοντελοποιεί διαφορετικά τη διαδικασία παραγωγής των τραπεζών χρησιμοποιώντας την ποιότητα της εργασίας (παράγοντας ανθρώπινου κεφαλαίου) που εμπλέκεται στη διαδικασία δημιουργίας εσόδων των τραπεζών. Ως αποτέλεσμα, οι μεταβλητές του προφίλ ποιότητας (η εκπαιδευτική ποιότητα της εργασίας στο πλαίσιο τραπεζικής παραγωγής μας) πηγαίνουν στο δεύτερο

στάδιο ως μη διακριτικές εισροές, επειδή η ποιότητα της εργασίας δεν μπορεί να αλλάξει μέσα σε ένα χρόνο.

Ακολουθώντας τους Fukuyama et al., (2020), η τεχνολογία του πρώτου σταδίου που αντιπροσωπεύει τη συγκέντρωση κεφαλαίων υποδηλώνεται με: $T[1] = \{(x, z) \mid \text{το } z \text{ είναι παραγόμενο από } x\}$,

και η τεχνολογία δεύτερου σταδίου που αντιπροσωπεύει τη δημιουργία εσόδων συμβολίζεται με: $T[2] = \{(z, f, \dot{y}, \ddot{y}, b) \mid (z, f) \text{ χρησιμοποιείται για την παραγωγή } (\dot{y}, \ddot{y}, b)\}$, το σύνολο δυνατοτήτων παραγωγής (ή ολόκληρη η τεχνολογία του συστήματος) που αποτελείται από τεχνολογίες σκηνής, $T[1]$ και $T[2]$, αντιπροσωπεύεται ως:

$$T = \{(x, z, f, \dot{y}, \ddot{y}, b) \mid (x, z) \in T[1] \text{ και } (f, z, \dot{y}, \ddot{y}, b) \in T[2]\}$$

που είναι η κυρτή «γάστρα» διάθεσης των $T[1]$ και $T[2]$. Διακρίνονται μεταξύ των δύο ειδών επιδιωκόμενες καλές εκροές. Το $\dot{y}$ είναι μια επιδιωκόμενη εκροή που προκαλεί κακή εκροή. Για την υλοποίηση αυτής της σχέσης, υποθέτουμε ότι τα $\dot{y}$ και b ικανοποιούν η κοινή αδύναμη διάθεση (JWD) που αναφέρει:

$(x, z, f, \dot{y}, \ddot{y}, b) \in T$ και $1 \geq \theta \geq 0, j = 1, \dots, J \Rightarrow (x, z, f, \theta \dot{y}, \theta \ddot{y}, \theta b) \in T$, η οποία δηλώνει ότι η αναλογική μείωση των κακών εκροών στο δεύτερο στάδιο επιφέρει την αναλογική μείωση των συνδεδεμένων καλών εκροών στο δεύτερο στάδιο. Αντίθετα, η καλή παραγωγή $\ddot{y}$ δεν έχει σχέση JWD όπως παραπάνω. Η έκδοση μαύρου κουτιού του JWD που δίνεται στην παραπάνω εξίσωση προτάθηκε από τον Shephard (1970).

η συνάρτηση κόστους τράπεζας συμβολίζεται με:

$$C(w, p, r, f, \dot{y}, \ddot{y}) = \min_{x, z, b} \{wx + pz + rb \mid (x, z, f, \dot{y}, \ddot{y}, b) \in T\} \quad (27)$$

Οι ερευνητές υποθέτουν ότι το κόστος που σχετίζεται με τα ενδιάμεσα προϊόντα έχει σημαντικό ρόλο για μια τράπεζα. Η διευθυντική συνάρτηση απόστασης εισόδου συμβολίζεται ως:

$$\begin{aligned} & \bar{D}(x, z, f, \dot{y}, \ddot{y}, b; g) \\ & = \sup_{\beta} \{ \beta \mid (x - \beta g^x, z - \beta g^z, f, \dot{y}, \ddot{y}, b - \beta g^b) \in T \}, \end{aligned} \quad (28)$$

όπου $g = (g^x, g^z, g^b)$ είναι ένα τριπλό κατευθυντικών διανυσμάτων για τις εισόδους στο πρώτο στάδιο, τις ενδιάμεσες εισροές στο δεύτερο στάδιο και τις ανεπιθύμητες εκροές στο δεύτερο στάδιο και το μέτρο αναποτελεσματικότητας εισόδου (network slack-based input inefficiency measure) που βασίζεται στο χαλαρό δίκτυο (Fukuyama et al., 2010) συμβολίζεται ως:

$$SBI(\mathbf{x}, \mathbf{z}, \mathbf{f}, \dot{\mathbf{y}}, \ddot{\mathbf{y}}, \mathbf{b}; \mathbf{g}) = \max_{\mathbf{s}^x, \mathbf{s}^z, \mathbf{s}^b} \left\{ \frac{1}{3} \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{s_n^x}{g_n^x} + \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q \frac{s_q^z}{g_q^z} + \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \frac{s_l^b}{g_l^b} \right) \middle| \begin{array}{l} (\mathbf{x} - \mathbf{s}^x, \mathbf{z} - \mathbf{s}^z, \mathbf{f}, \dot{\mathbf{y}}, \ddot{\mathbf{y}}, \mathbf{b} - \mathbf{s}^b) \in T, \\ \mathbf{s}^x \geq \mathbf{0}, \mathbf{s}^b \geq \mathbf{0} \end{array} \right\}.$$

(29)

Αν $(\mathbf{x}, \mathbf{z}, \mathbf{f}, \dot{\mathbf{y}}, \ddot{\mathbf{y}}, \mathbf{b}) \in T$, τότε η κατευθυντική ανισότητα του Mahler κατέχει:

$$\bar{D}(\mathbf{x}, \mathbf{z}, \mathbf{f}, \dot{\mathbf{y}}, \ddot{\mathbf{y}}, \mathbf{b}; \mathbf{g}) \leq \frac{(\mathbf{w}\mathbf{x} + \mathbf{p}\mathbf{z} + \mathbf{r}\mathbf{b}) - C(\mathbf{w}, \mathbf{p}, \mathbf{r}; \mathbf{f}, \dot{\mathbf{y}}, \ddot{\mathbf{y}})}{\mathbf{w}\mathbf{g}^x + \mathbf{p}\mathbf{g}^z + \mathbf{r}\mathbf{g}^b} \quad (30)$$

όπου $\mathbf{w}\mathbf{g}^x + \mathbf{p}\mathbf{g}^z + \mathbf{r}\mathbf{g}^b > 0$ είναι ένας παράγοντας κανονικοποίησης που μπορεί καθιερώσει μια σχέση δυαδικότητας μεταξύ της διευθυντική συνάρτηση απόστασης εισόδου και της συνάρτησης κόστους υπό την παρουσία κακού ανεπιθύμητης εκροής. Για μια διαδικασία παραγωγής μαύρου κουτιού χωρίς κακές εκροές, (Chambers et al., 1998), είναι ξεκάθαρο ότι:

$$\bar{D}(\mathbf{x}, \mathbf{z}, \mathbf{f}, \dot{\mathbf{y}}, \ddot{\mathbf{y}}, \mathbf{b}; \mathbf{g}) = \inf_{\mathbf{w}, \mathbf{p}, \mathbf{r}} \left\{ \frac{(\mathbf{w}\mathbf{x} + \mathbf{p}\mathbf{z} + \mathbf{r}\mathbf{b}) - C(\mathbf{w}, \mathbf{p}, \mathbf{r}; \mathbf{f}, \dot{\mathbf{y}}, \ddot{\mathbf{y}})}{\mathbf{w}\mathbf{g}^x + \mathbf{p}\mathbf{g}^z + \mathbf{r}\mathbf{g}^b} \right\}. \quad (31)$$

Υποδηλώνουν την διευθυντική τεχνική αναποτελεσματικότητα προσανατολισμένη στην αποδοτικότητα ως $DTI = D(\mathbf{x}, \mathbf{z}, \mathbf{f}, \dot{\mathbf{y}}, \ddot{\mathbf{y}}, \mathbf{b}; \mathbf{g})$

Ας υποδηλωθεί η αναποτελεσματικότητα κόστους Nerlovian με

$$NCI = \frac{\mathbf{w}\mathbf{x} + \mathbf{p}\mathbf{z} + \mathbf{r}\mathbf{b} - C(\mathbf{w}, \mathbf{p}, \mathbf{r}; \mathbf{f}, \dot{\mathbf{y}}, \ddot{\mathbf{y}})}{\mathbf{w}\mathbf{g}^x + \mathbf{p}\mathbf{g}^z + \mathbf{r}\mathbf{g}^b}. \quad (32)$$

Ορίζεται το υπόλοιπο μεταξύ NCI και DTI ως διευθυντική αναποτελεσματικότητα κατανομής: $DAI = NCI - DTI$. (33)

Από την διευθυντική ανισότητα του Mahler (29), είναι σαφές ότι $NCI \geq DTI$ εφόσον το διάνυσμα παραγωγής ανήκει στο σύνολο δυνατοτήτων παραγωγής. Ως αποτέλεσμα,

λαμβάνουμε τα ακόλουθα στην αποσύνθεση αναποτελεσματικότητας κόστους Nerlovian: $NCI = DAI + DTI$. (34)

Το μέτρο DAI της Εξ. (33) μπορεί να περιλαμβάνει πλεονάσματα εισροών, επειδή το DTI είναι το μεταφρασμένο ακτινικό μέτρο με βάση την αρχή σε σχέση με τα ασθενώς αποδοτικά σύνορα. Η μέτρηση της απόδοσης μέσω DTI μπορεί να οδηγήσει σε υπερεκτίμηση της τεχνικής απόδοσης και υποεκτίμηση της απόδοσης κατανομής. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, οι συγγραφείς στρέφονται στην έννοια της ισχυρής αποδοτικότητας εισροών (Koorpmans input efficiency). Ορίζεται πρώτα ένα υποσύνολο του T ως $\tau(f) = \{(x, z, y', y'', b) | (x, z, f, y', y'', b) \in T\}$. Η αναπαράσταση αποδοτικότητας εισροών Koorpmans δίνεται ως εξής. Για οποιαδήποτε $f \in \mathcal{R}_+^H$, έχουμε:

$SBI(x, z, f, y', y'', b) = 0$ αν και μόνο αν $(x, z, y', y'', b) \in K(\tau(f))$, όπου $K(\tau(f))$ είναι το αποδοτικό όριο εισροών Koorpmans του $\tau(f)$.

Τώρα το αστέρι * δείχνει τη βέλτιστη θέση στο (27). Αν $(x - s^{x*}, z - s^{z*}, y', y'', b - s^{b*}) \in \tau(f)$, τότε έχουμε:

$$C(w, p, r; f, y', y'') \leq w(x - s^{x*}) + p(z - s^{z*}) + r(b - s^{b*}). \quad (35)$$

Αν $(x, z, y', y'', b) \notin K(\tau(f))$, τότε ισχύει το εξής $w x + p z + r b - C(w, p, r; f, y', y'') \geq w s^{x*} + p s^{z*} + r s^{b*} = SBI(f, z, x, y', y'', b; g)$

$$\times \left(\frac{\sum_{n=1}^N \alpha_n^x s_n^{x*} + \sum_{q=1}^Q \alpha_q^z s_q^{z*} + \sum_{l=1}^L \alpha_l^b s_l^{b*}}{\frac{1}{3} \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{s_n^{x*}}{g_n^x} + \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q \frac{s_q^{z*}}{g_q^z} + \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \frac{s_l^{b*}}{g_l^b} \right)} \right). \quad (36)$$

$$\begin{aligned} \alpha_n^x &= \frac{w_n}{w g^x + p g^z + r g^b}, \text{ for all } n = 1, \dots, N; \\ \alpha_q^z &= \frac{p_q}{w g^x + p g^z + r g^b}, \text{ for all } q = 1, \dots, Q; \\ \alpha_l^b &= \frac{r_l}{w g^x + p g^z + r g^b}, \text{ for all } l = 1, \dots, L \end{aligned} \quad (37)$$

Όπου:

Όσον αφορά το μέγεθος της τεχνικής αναποτελεσματικότητας, $SBI(f, x, y', y'', b, g)$ έχει ερμηνεία αξίας εάν προσαρμόζεται από τον τελευταίο όρο της Εξ. (35). Επομένως, προκειμένου να γίνει σύγκριση μεταξύ της αναποτελεσματικότητας κόστους και

τεχνικής αναποτελεσματικότητας, ορίζεται το μέτρο τεχνικής αναποτελεσματικότητας που βασίζεται στη χαλάρωση (SBTI):

$$SBTI = SBI(\mathbf{f}, \mathbf{z}, \mathbf{x}, \dot{\mathbf{y}}, \ddot{\mathbf{y}}, \mathbf{b}; \mathbf{g}) \times \left(\frac{\sum_{n=1}^N \alpha_n^x s_n^{x*} + \sum_{q=1}^Q \alpha_q^z s_q^{z*} + \sum_{l=1}^L \alpha_l^b s_l^{b*}}{\frac{1}{3} \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{s_n^{x*}}{g_n^x} + \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q \frac{s_q^{z*}}{g_q^z} + \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \frac{s_l^{b*}}{g_l^b} \right)} \right) \quad (38)$$

Παίρνοντας τη διαφορά μεταξύ (32) και (29), συμβολίζουν την αναποτελεσματικότητα κατανομής με βάση το slack, SBAI, ως εξής: $SBAI = NCI - SBTI$. (39)

Προκύπτει από την Εξ.(39) ότι η αναποτελεσματικότητα κόστους Nerlovian είναι το άθροισμα του SBAI και του SBTI: $NCI = SBTI + SBAI$, (40)

που είναι μια προσαρμογή των Färe et al., (2016) και Fukuyama και Matousek (2018). Όταν οι τιμές των εισροών καθώς και οι κακές τιμές εκροών είναι διαθέσιμες, όλα τα εξαρτήματα στην εξ.(40) βασίζονται στην αξία (π.χ. δολάρια ή τουρκική λίρα). Ο Petersen (2018) εξετάζει τις βέλτιστες ενδογενείς κατευθύνσεις σε ένα DDF πλαίσιο αξιολόγησης μοντέλων εσόδων και αποδοτικότητας κόστους. Στην εμπειρική εφαρμογή αυτής της μελέτης, υποθέτουμε το ακόλουθο κατευθυντικό διάνυσμα:

$$\mathbf{g} = (\mathbf{g}^x, \mathbf{g}^z, \mathbf{g}^b) = \left(\frac{1}{3N\mathbf{w}}, \frac{1}{3Q\mathbf{p}}, \frac{1}{3L\mathbf{r}} \right), \quad \dots \dots$$

$$\frac{1}{3N\mathbf{w}} = \left(\frac{1}{3Nw_1}, \dots, \frac{1}{3Nw_N} \right)^T,$$

$$\frac{1}{3Q\mathbf{p}} = \left(\frac{1}{3Qp_1}, \dots, \frac{1}{3Qp_Q} \right) \quad \text{and} \quad \frac{1}{3L\mathbf{r}} = \left(\frac{1}{3Lr_1}, \dots, \frac{1}{3Lr_L} \right)^T \quad (41)$$

Πηγή: Fukuyama et al. / Omega 95 (2020) 102198, σελ. 5.

η τεχνική αναποτελεσματικότητα που βασίζεται σε χαλαρότητα είναι απλοποιημένη σε:

$$SBI \left(\mathbf{x}, \mathbf{z}, \mathbf{f}, \dot{\mathbf{y}}, \ddot{\mathbf{y}}, \mathbf{b}; \overbrace{\left(\frac{1}{3N\mathbf{w}}, \frac{1}{3Q\mathbf{p}}, \frac{1}{3L\mathbf{r}} \right)}^{\mathbf{g}} \right) = \sum_{n=1}^N w_n s_n^{x*} + \sum_{q=1}^Q \alpha_q^z s_q^{z*} + \sum_{l=1}^L r_l s_l^{b*} \quad (42)$$

Για μια εμπειρική υλοποίηση, γίνεται υπόθεση ότι υπάρχουν J παρατηρήσεις που σχετίζονται με κάθε τράπεζα, ας πούμε τράπεζα $j = 1, \dots, J$ τότε αντιπροσωπεύονται τα διανύσματα παραγωγής για την τράπεζα $j = 1, \dots, J$ ως εξής:

$$x_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{Nj})^T, z_j = (z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{Qj})^T, f_j = (f_{1j}, f_{2j}, \dots, f_{Hj})^T, y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{Mj})^T, y''_j = (y''_{1j}, y''_{2j}, \dots, y''_{Mj})^T \text{ και } b_j = (b_{1j}, b_{2j}, \dots, b_{Lj})^T$$

Έστω $\lambda^{[1]} = (\lambda_1^{[1]}, \dots, \lambda_J^{[1]})$ και $\lambda^{[2]} = (\lambda_1^{[2]}, \dots, \lambda_J^{[2]})$ είναι διανύσματα μεταβλητών έντασης των σταδίων 1 και 2 και το 0 είναι ένα κατάλληλο διάνυσμα μηδενικών διαστάσεων. Το σύνολο δυνατοτήτων παραγωγής που συμβολίζεται έχει ως εξής:

$$T = \left\{ (x, z, f, \dot{y}, \ddot{y}, b) \left| \begin{array}{l} x \geq \sum_{j=1}^J x_j \lambda_j^{[1]}; \sum_{j=1}^J z_j \lambda_j^{[1]} \geq z; \sum_{j=1}^J z_j \lambda_j^{[2]} \leq z; \\ f \geq \sum_{j=1}^J f_j \lambda_j^{[2]}; \dot{y} \leq \sum_{j=1}^J \dot{y}_j \vartheta_j \lambda_j^{[2]}; \ddot{y} \leq \sum_{j=1}^J \ddot{y}_j \lambda_j^{[2]}; \\ b = \sum_{j=1}^J b_j \vartheta_j \lambda_j^{[2]}; \sum_{j=1}^J \lambda_j^{[1]} = 1; \\ \lambda_j^{[1]} \geq 0, \forall j; \sum_{j=1}^J \lambda_j^{[2]} = 1; \\ \lambda_j^{[2]} \geq 0, \forall j; 1 \geq \vartheta_j \geq 0, \forall j \end{array} \right. \right\} \quad (43)$$

Συμπεράσματα και διαχειριστικές επιπτώσεις

Η σχετική βιβλιογραφία υπογραμμίζει τη θετική επίδραση της μορφωμένης εργασίας στη διαδικασία εσόδων των τραπεζών (2018). Το μορφωμένο εργατικό δυναμικό υιοθετεί πιο αποτελεσματικά νέες τεχνολογίες και διαφορετικές αλλαγές στις οργανωτικές δομές που με τη σειρά τους αυξάνουν την παραγωγικότητα των επιχειρήσεων (Fleisher et al., 2011; Moretti, 2004). Επιπλέον, το μορφωμένο εργατικό δυναμικό μπορεί να δημιουργήσει θετικές εξωτερικές επιπτώσεις στη δομή της τράπεζας μοιράζοντας τη γνώση μεταξύ ειδικευμένων και ανειδίκευτων εργαζομένων (Acemoglu, 1996, 1998; Benhabib & Spiegel, 1994). Δεδομένης της σημασίας του ανθρώπινου κεφαλαίου, οι μελέτες που εκτιμούν τη διαδικασία παραγωγής των τραπεζών έχουν αγνοήσει την επίδραση τέτοιων παραγόντων στη μέτρηση της αποτελεσματικότητας των τραπεζών (Kauko, 2009). Η μελέτη συμβάλλει στη βιβλιογραφία για την αποτελεσματικότητα των τραπεζών μοντελοποιώντας την επίδραση του ανθρώπινου κεφαλαίου στην εκτίμηση της παραγωγικής διαδικασίας των τραπεζών σε ένα πλαίσιο δικτύου DEA δύο σταδίων. Με αυτόν τον τρόπο, εφαρμόζεται το προτεινόμενο

τροποποιημένο διμεταβατικό μοντέλο Nerlovian αναποτελεσματικότητας κόστους (NCI) σε ένα δείγμα 25 ταμειωτηρίων κατά την περίοδο από το 2007 έως το 2016. Παρέχεται ένα μέτρο NCI που αναλύεται σε ένα πρόσθετο μέτρο είτε στο άθροισμα της διευθυντικής αναποτελεσματικότητας ανακατανομής (DAI) και της διευθυντικής τεχνικής αναποτελεσματικότητας (DTI), είτε στο άθροισμα της ευέλικτης αναποτελεσματικότητας ανακατανομής (SBAI) και ευέλικτης τεχνικής αναποτελεσματικότητας (SBTI).

Από μεθοδολογικής άποψης, αποδεικνύεται ότι το DTI υπερεκτιμά τα επίπεδα απόδοσης των τραπεζών. Προκειμένου να ξεπεραστεί η εκτίμηση μεροληψίας υιοθετούμε την έννοια της ισχυρής αποδοτικότητας εισροών (Koopmans input efficiency). Τα εμπειρικά ευρήματα της μελέτης από τα μέτρα SBTI και SBAI δείχνουν ότι τα αυξημένα επίπεδα NCI των τραπεζών αποδίδονται κυρίως στα επίπεδα τεχνικής αναποτελεσματικότητας των τραπεζών. Ως αποτέλεσμα, η μείωση των επιπέδων αναποτελεσματικότητας κόστους των τραπεζών βασίστηκε στην ικανότητα αύξησης της αποτελεσματικότητας ανακατανομής τους. Από διαχειριστική άποψη, αυτό το εύρημα υπογραμμίζει την ικανότητα του τουρκικού τραπεζικού κλάδου να παρέχει χρηματοοικονομικές υπηρεσίες και χρηματοοικονομικά προϊόντα που ευθυγραμμίζονται με τις προτιμήσεις των καταναλωτών.

Επιπλέον, παρέχονται εμπειρικά στοιχεία ότι οι ξένες τράπεζες έχουν καλύτερες επιδόσεις σε σύγκριση με τις ιδιωτικές και κρατικές τράπεζες. Ωστόσο, κατά το 2015 και το 2016 τα επίπεδα NCI των κρατικών τραπεζών μειώθηκαν. Αυτό το συμπέρασμα υποστηρίζει τη μελέτη των Partovi και Matousek (2019), η οποία υπογραμμίζει ότι το πρόγραμμα αναδιάρθρωσης που επιβλήθηκε στον τουρκικό τραπεζικό κλάδο είχε θετική επίδραση στα επίπεδα απόδοσης των κρατικών τραπεζών.

Σε μια ανάλυση δεύτερου σταδίου εξετάζεται η επίδραση της εκπαιδευτικής ποιότητας εργασίας των τραπεζών (παράγοντας ανθρώπινου κεφαλαίου) στα επίπεδα αποδοτικότητας κόστους των τραπεζών. Τα εμπειρικά ευρήματα υποδηλώνουν ότι η εκτιμώμενη επίδραση στα μέτρα αναποτελεσματικότητας κόστους των τραπεζών μπορεί να είναι μη γραμμική, υποδεικνύοντας τόσο θετικές όσο και αρνητικές αποδόσεις στα επίπεδα απόδοσης κόστους των τραπεζών. Όσον αφορά τις διαχειριστικές επιπτώσεις, αυτό το εύρημα υποδηλώνει ότι το προσωπικό δεν θα μειώνει πάντα τα επίπεδα αναποτελεσματικότητας κόστους των τραπεζών. Στην πραγματικότητα, όπως υποστηρίζει ο Kauko (2009), ο αντίκτυπος της εργασιακής εκπαίδευσης στην απόδοση

των τραπεζών δεν μπορεί να γίνει εύκολα κατανοητός, καθώς υπάρχουν επιδράσεις αλληλεπίδρασης με τα χαρακτηριστικά των τραπεζών. Στην περίπτωση αυτή, οι κρατικές τράπεζες έχουν επενδύσει σε εκπαιδευμένο εργατικό δυναμικό, ωστόσο, τα επίπεδα αναποτελεσματικότητας κόστους παρέμειναν πολύ υψηλά σε σύγκριση με τις ξένες και ιδιωτικές τράπεζες. Η διοικητική επίπτωση πίσω από αυτό το εύρημα δείχνει ότι η έλλειψη χρησιμοποίησης των εκπαιδευτικών δεξιοτήτων των εργαζομένων είναι ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να αυξήσει το κόστος των τραπεζών.

4.13. Δείκτες παραγωγικότητας

Στη μελέτη τους οι Juo et al., το 2016, επεσήμαναν ότι τα κερδοσκοπικά χρηματοπιστωτικά ιδρύματα όπως οι τράπεζες θεωρούν την απόδοση κερδοφορίας, ως έναν από τους πιο σημαντικούς τύπους διαχειριστικών πληροφοριών. Ωστόσο, σε σύγκριση με το τεχνικό και το κόστος αποτελεσματικότητας, η εκτίμηση της αποδοτικότητας κέρδους ήταν μάλλον περιορισμένη στην τραπεζική βιβλιογραφία τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της δυσκολία απόκτησης αξιόπιστων και διαφανών πληροφοριών για τιμές παραγωγής (Fethi and Pasiouras, 2010). Μεγάλος αριθμός μελετών, χρησιμοποιώντας την DEA, έχουν κάνει εξαιρετική συνεισφορά στην εκτίμηση των τραπεζών η αναποτελεσματικότητα του κέρδους και οι αποσυνθέσεις των κερδοσκοπικών τους αλλαγή παραγωγικότητας.

Έχουν αναπτύξει νέες μεθόδους επίλυσης ορισμένα δεδομένα και βασικά προβλήματα εκτίμησης, τα οποία αντιμετωπίζονται συχνά κατά τη μέτρηση της αποδοτικότητας των κερδών και της μεταβολής της παραγωγικότητας των τραπεζών, όπως: θεραπείες για μη θετικά δεδομένα κερδών και για ένα μέτρο απόδοσης που εξαρτάται από τη μονάδα, μοντέλα που λαμβάνουν υπόψη τις ταυτόχρονες προσαρμογές εισροών και εκροών και αντιμετωπίζουν μη ακτινικές χαλαρώσεις και τρόπους για τον πλήρη χαρακτηρισμό της κερδοσκοπικής συμπεριφοράς μιας δυναμικής τράπεζας και την ενσωμάτωση της αλλαγής παραγωγικότητας στην αποσύνθεση της αλλαγής κερδών. Δεδομένου ότι οι περισσότερες μελέτες αντιμετωπίζουν μόνο ένα ή δύο προβλήματα, τυχόν περαιτέρω μελέτες που μπορούν να φιλοξενήσουν πολλαπλά προβλήματα από κοινού, θα έχουν μεγάλο ενδιαφέρον για τη σχετική βιβλιογραφία.

Ενώ το κέρδος γενικά ορίζεται ως έσοδα μείον το κόστος, η αξία κέρδους μιας τράπεζας μπορεί να είναι μη θετική σε χαμηλές επιχειρηματικές περιόδους. Η εκτίμηση

της αποδοτικότητας του κέρδους αντιμετωπίζει συχνά αυτό το πρόβλημα αρνητικού ή μηδενικού κέρδους, όταν αυτή η εκτίμηση βασίζεται σε δείκτες του παρατηρούμενου κέρδους στο κέρδος καλύτερης απόδοσης.

Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, ορισμένες μελέτες χρησιμοποίησαν τη φόρμες διαφοράς για τη μέτρηση της απόδοσης του κέρδους. Ο Nerlove (1965) έλυσε το πρόβλημα του αρνητικού κέρδους εξετάζοντας το χάσμα μεταξύ του μέγιστου και των παρατηρούμενων κερδών. Ένα τέτοιο κενό μπορεί στη συνέχεια να αποδοθεί στις λειτουργικές επιδόσεις μιας τράπεζας και στον αντίκτυπο της παραγωγής και των τιμών των εισροών. Ωστόσο, ακόμα κι αν το κέρδος μετριέται με αυτήν την επεξεργασία διαφοράς, το προκύπτον μέτρο του Nerlove, εξακολουθεί να υποφέρει από την αδύναμη ιδιότητα της μονάδας εξάρτηση - δηλαδή, το μέτρο του κέρδους επηρεάζεται από το νόμισμα που χρησιμοποιείται στην έρευνα. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος που εξαρτάται από τη μονάδα του Nerlove, οι Chambers et al. (1998) πρότειναν έναν ανεξάρτητο δείκτη απόδοσης κέρδους, που ονομάζεται μέτρο αναποτελεσματικότητας Nerlovian, για να εκφράσουν την αναποτελεσματικότητα του κέρδους, ως το άθροισμα των ανακατανεμητικών και τεχνικών αναποτελεσματικών.

Η Nerlovian αναποτελεσματικότητα κέρδους ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ του μέγιστου και του παρατηρούμενου κέρδους, η οποία κανονικοποιείται από την τιμή των διανυσμάτων κατεύθυνσης εκροής-εισροής. Η κανονικοποίηση της τιμής, η οποία ακολουθεί φυσικά το μέγιστο κέρδος και το διάνυσμα κατεύθυνσης, λύνει το πρόβλημα γραμμικής ομοιογένειας που αναγνώρισε ο Nerlove (1965) σχετικά με το μέτρο του (Chambers et al., 1998). Το έργο των Chambers et al., ακολουθήθηκε από τους Färe et al. (2004), για να εξετάσουν την αποδοτικότητα των κερδών των τραπεζών στις ΗΠΑ, την Κεντρική και την Ανατολική Ευρώπη χώρες και κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αντίστοιχα. Ενώ η Nerlovian αναποτελεσματικότητα κέρδους είναι ανεξάρτητη από τη μονάδα, είναι ένα μέτρο στο πλαίσιο του ακτινικού DEA που αποτυγχάνει να συλλάβει την αναποτελεσματικότητα από τις μη ακτινικές χαλαρές εκροές και εισροές. Αγνοώντας τέτοιες μη ακτινικές χαλαρώσεις, το ακτινικό πλαίσιο DEA θα υποτιμήσει την τεχνική ανεπάρκεια, ενώ η υπολειπόμενη πηγή της αναποτελεσματικότητας του κέρδους, η ανακατανεμητική αναποτελεσματικότητα, θα υπερεκτιμηθεί.

Όταν εστιάζουμε στην απόδοση των τραπεζών σε χρονικές περιόδους, ο δείκτης παραγωγικότητας Malmquist (MPI) των Caves et al. (1982) και ο δείκτης παραγωγικότητας Luenberger (LPI) των Chamber et al. (1996) χρησιμοποιούνται

συχνά. Οι ερευνητές που υιοθετούν το MPI αναγκάζονται να επιλέξουν είτε μια προοπτική προσανατολισμένη στην έξοδο είτε μια προοπτική εισόδου στην εκτίμηση της απόδοσης μόνο, ενώ ο LPI, που αποτελείται από τις διευθυντικές συναρτήσεις απόστασης, εμφανίζεται σε μια προσθετική μορφή που μπορεί να αντιπροσωπεύει ταυτόχρονες προσαρμογές τόσο των εξόδων όσο και των εισόδων. Ενώ η συνάρτηση έλλειψης Luenberger είναι διπλή σε σχέση με τη συνάρτηση κέρδους, το LPI φαίνεται ότι περιλαμβάνει το MPI (Boussemart et al., 2003).

Παρά το ότι απαιτείται LPI για την αξιολόγηση οργανισμών που θεωρούνται ως παράγοντες μεγιστοποίησης του κέρδους, το LPI εξακολουθεί να βασίζεται στις ποσοτικές αποστάσεις χωρίς να καταφεύγει στις τιμές εκροών και εισροών. Επομένως, το συμβατικό LPI δεν μπορεί να συλλάβει καμία συνιστώσα κατανομής απόδοσης και επομένως δεν δίνει μια πλήρη εικόνα της πηγής της αλλαγής της παραγωγικότητας, όπως αυτά που προκύπτουν από μείγματα παραγωγής/ εισροών που δίνονται στις επικρατούσες σχετικές τιμές. Ως αποτέλεσμα, το συμβατικό LPI χάνει το σημαντικό μήνυμα ότι μια DMU μπορεί να βελτιώσει την απόδοση κέρδους αλλάζοντας τα μείγματα εξόδου-εισόδου.

Κάτω από το μη ακτινωτό πλαίσιο DEA, οι Fukuyama και Weber (2009) ανέπτυξαν ένα πιο γενικό μοντέλο που βασίζεται σε ένα ευέλικτο μέτρο (slack-based) που ονομάζεται DRM. Ενώ το μέτρο DRM συνδυάζει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά της διευθυντικής τεχνολογικής λειτουργίας απόστασης και της μέτρησης που βασίζεται σε slacks, ενοποιεί αρκετά υπάρχοντα μέτρα τεχνικής αναποτελεσματικότητας που ευθύνονται για τις ευέλικτες αποδόσεις. Ωστόσο, παρόλο που ένα τέτοιο DRM εμφανίζεται σε προσθετική μορφή, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποσύνθεση της αναποτελεσματικότητας του κέρδους λόγω της αδυναμίας του να λάβει υπόψη του τις επιπτώσεις από τις τιμές των εισροών και των εκροών. Επίσης, αποτυγχάνει να εξετάσει την αλλαγή παραγωγικότητας και τις αποσυνθέσεις με την πάροδο του χρόνου.

Τροποποιώντας το DRM, οι ερευνητές είναι σε θέση να αποσυνθέσουν την αναποτελεσματικότητα προσανατολισμένη στο κέρδος με έναν πιο γενικό τρόπο, ο οποίος μπορεί να αποδώσει τεχνικές και αναποτελεσματικότητες ανακατανομής σε συνεισφορές που σχετίζονται με την παραγωγή και τις εισροές και έτσι να παρέχουν μια πλήρη εικόνα των πηγών αλλαγής παραγωγικότητας με γνώμονα το κέρδος – Δηλαδή, προτείνουν ένα νέο LPI με βάση το slack, το οποίο καλύπτει το κενό στο DRM των

Fukuyama και Weber, όπως εφαρμόζεται στον δείκτη μεταβολής παραγωγικότητας προσανατολισμένη στο κέρδος.

Από την άλλη πλευρά, η μη ακτινική αποσύνθεση της αναποτελεσματικότητας του κέρδους, επεκτείνει το έργο των Chambers et al. (1998), ακολουθούμενο από τους Färe et al. (2004) για να επιτευχθούν αμερόληπτες τεχνικές και αναποτελεσματικές ανακατανομές. Τέλος, ο προσανατολισμένος στο κέρδος δείκτης μεταβολής της παραγωγικότητας στη μελέτη τους κατακτά το εξαρτώμενο από τη μονάδα πρόβλημα των Grifell-Tatjé and Lovell (1999), Asaftei (2008), Sahoo and Tone (2009), Juo et al. (2012).

Σε σύγκριση με άλλες εργασίες DEA, η μελέτη τους συνεισφέρει στη βιβλιογραφία σε τρεις τομείς. Πρώτον, όπως αποδεικνύεται από τους Fukuyama και Weber(2009), το DRM γενικεύει και ενοποιεί αρκετά μέτρα τεχνικής αναποτελεσματικότητας. Με βάση το DRM, αναλύεται περαιτέρω η αναποτελεσματικότητα του κέρδους σε τεχνικές και αναποτελεσματικότητες κατανομής με πιο γενικό τρόπο. Το προτεινόμενο μοντέλο όχι μόνο λαμβάνει πλήρως υπόψη τις ταυτόχρονες προσαρμογές των εισόδων και των εξόδων καθώς και τις μη ακτινικές χαλαρώσεις, αλλά συνδυάζει επίσης το μέτρο Nerlovian κέρδους με το συμβατικό LPI και έτσι παρέχει μέτρα ανεξάρτητα από τη μονάδα.

Δεύτερον, επεκτείνουν την παραπάνω αποσύνθεση για να αναπτύξουν έναν νέο δείκτη παραγωγικότητας με βάση το χαλαρό και προσανατολισμένο στο κέρδος, ο οποίος μπορεί να αναλυθεί περαιτέρω σε τέσσερα χρήσιμα στοιχεία: αλλαγή τεχνικής απόδοσης, αλλαγή της κατανομής απόδοσης, τεχνική αλλαγή και τις επιπτώσεις της τιμής των εκροών και εισροές.

Τρίτον, η μελέτη τους είναι η πρώτη που χρησιμοποίησε το DRM για να αποσυνθέσει, την προσανατολισμένη στο κέρδος, αλλαγή παραγωγικότητας των τραπεζών της Ταϊβάν.

Ορισμένες εργασίες διερεύνησαν τη λειτουργική αποδοτικότητα ή την αλλαγή παραγωγικότητας των χρηματοοικονομικών εταιρειών χαρτοφυλακίου της Ταϊβάν (Chiou, Lo&Lu, Hu et al., 2009), ενώ οι επιπτώσεις των συγχωνεύσεων στην αποδοτικότητα κόστους των τραπεζών και των πιστώσεων της Ταϊβάν. Οι συνεταιρισμοί συζητήθηκαν από τον Lin (2001, 2005). Ο αριθμός των μελετών στη βιβλιογραφία που στοχεύουν στην απόδοση κερδών των τραπεζών της Taiwanese είναι

σχετικά περιορισμένος, όπως οι Juo et al. (2012) και Juo (2014), ωστόσο κανένα δεν στοχεύει στην επίλυση του προβλήματος που εξαρτάται από τη μονάδα, το οποίο εξετάζει η μελέτη τους.

Η έρευνα για τα δυναμικά μοντέλα DEA που αντιπροσωπεύουν τις μεταφερόμενες δραστηριότητες έχει αυξηθεί ραγδαία τις τελευταίες δεκαετίες. Στην πραγματικότητα, η μη ακτινική δυναμική απόδοση που προτείνουν στη μελέτη τους, οι Juo et al, μπορεί να μετρηθεί με και χωρίς δραστηριότητες μεταφοράς. Αν και οι μεταφερόμενες δραστηριότητες των δυναμικών μοντέλων DEA δεν λαμβάνονται υπόψη στα μοντέλα μας λόγω έλλειψης μεταβλητών, είναι εφικτό σε μελλοντική έρευνα να εφαρμοστούν τα δυναμικά μη ακτινικά μοντέλα DEA, όπως τα DSBM του Tone και Tsutsui (2010), για την αποσύνθεση του μη ακτινικού δείκτη παραγωγικότητας κέρδους.

4.14. Μοντέλα δικτύου NDEA

Στη μελέτη του ο Lozano, (2016) ασχολήθηκε με τα λεγόμενα μοντέλα δικτύου DEA (NDEA) που αντί να εξετάζουν μόνο μία διαδικασία, θεωρούν το σύστημα ως ένα δίκτυο αλληλένδετων διαδικασιών, καθεμία με τις δικές της εισροές και εκροές, καθώς και με ενδιάμεσα προϊόντα, που παράγονται και καταναλώνονται το σύστημα (Färe & Grosskopf, 2000). Ο αριθμός και η πολυπλοκότητα των μοντέλων NDEA έχει αυξηθεί σημαντικά και ορισμένα από αυτά είχαν σημαντικό αντίκτυπο.

Ορισμένες από τις υπάρχουσες εφαρμογές NDEA έπρεπε να αντιμετωπίσουν την ύπαρξη κακών εκροών. Οι Kordrostami και Amirteimoori (2005) ήταν οι πρώτοι που εξέτασαν ανεπιθύμητες μεταβλητές στο NDEA. Εξέτασαν ένα σύστημα πολλαπλών σταδίων και πρότειναν μια διατύπωση πολλαπλασιαστή που αφαιρούσε τις ανεπιθύμητες εκροές από τις επιθυμητές εκροές για να υπολογίσει την εικονική εκροή (και πρόσθεσαν επιθυμητές εισροές σε κανονικές εισροές για τον υπολογισμό της εικονικής εισροής).

Οι Fukuyama και Weber (2010) και Akther et al. (2013) χρησιμοποίησαν ένα μέτρο ευέλικτης αναποτελεσματικότητας που βασίζεται σε αδράνεια δικτύου (NSBI) για να αξιολογήσει τις τράπεζες που διαμορφώθηκαν ως μοντέλο δύο σταδίων με ανεπιθύμητες (κακές) κακές εκροές. Θεωρήθηκε ασθενής απορριπτικότητα (WD) της ανεπιθύμητης

παραγωγής (δηλαδή των μη εξυπηρετούμενων δανείων). Οι Hosseinzadeh και Hasanpour (2010) πρότειναν ένα σταθμισμένο μοντέλο διευθυντικής απόστασης NDEA που έλαβε υπόψη ανεπιθύμητες μεταβλητές, καθώς και μη διακριτικά δεδομένα, αλλά όχι ασθενής απορριπτικότητα. Ο Ashrafi και ο Jafaar (2011) εξέτασαν, επίσης, ένα σύστημα δύο σταδίων και χρησιμοποίησαν μια προσέγγιση σταθμισμένης απόδοσης πρόσθετης αποσύνθεσης (WAED) για να αξιολογήσουν τα υποκαταστήματα των τραπεζών που θεωρούσαν κακή απόδοση.

Οι Lozano et al. (2013) χρησιμοποίησαν μια διευθυντική συνάρτηση απόστασης σε ένα σύστημα δύο σταδίων για να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα των αεροδρομίων, συμπεριλαμβανομένων των καθυστερήσεων πτήσεων ως κακών αποτελεσμάτων. Θεώρησαν ότι τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα ήταν WD σύμφωνα με τους Färe και Grosskopf (2003), γεγονός που οδηγεί σε μη γραμμικά προγράμματα που δεν μπορούν πάντα να γραμμικοποιηθούν. Οι Song et al. (2014) χρησιμοποίησαν ένα μέτρο απόδοσης με βάση το δίκτυο δύο σταδίων (NSBM) για να αξιολογήσουν την περιβαλλοντική απόδοση των κινεζικών επαρχιών όσον αφορά τα λύματα που παράγουν και απορρίπτουν. Οι Maghbouli et al. (2014) πρότειναν δύο διαφορετικά μοντέλα δύο σταδίων, μια προσέγγιση “ηγέτη-ακολουθού” για το χειρισμό ανεπιθύμητων ενδιάμεσων προϊόντων και μια κεντρική προσέγγιση NDEA για την περίπτωση ανεπιθύμητων τελικών αποτελεσμάτων. Είναι ενδιαφέρον ότι εξέτασαν το WD των ανεπιθύμητων εκροών, χρησιμοποιώντας την προσέγγιση WD που προτείνεται στον Kuosmanen (2005), η οποία οδηγεί πάντα σε ένα γραμμικό πρόγραμμα.

Οι Ebrahimnejad et al. (2014) χρησιμοποίησαν ένα δίκτυο τριών σταδίων με δύο κακές εκροές στο τελικό στάδιο. Δεν έλαβαν υπόψη, ωστόσο, το WD των κακών αποτελεσμάτων. Τέλος, οι Mirhedayatian et al. (2014) πρότειναν μια προσέγγιση NSBM για τη μελέτη συστημάτων πολλαπλών σταδίων λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες διπλού ρόλου, ανεπιθύμητα αποτελέσματα και ασαφή δεδομένα. Το εφάρμοσαν για να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα των πράσινων αλυσίδων εφοδιασμού που αποτελούνται από τέσσερα κλιμάκια (προμηθευτής, παραγωγός, διανομέας και πελάτης). Ας σημειωθεί, ότι, στην παραπάνω ανασκόπηση σχετικά με τις προσεγγίσεις DEA δικτύου που περιλαμβάνουν ανεπιθύμητα αποτελέσματα (NDEA-UO), συμπεριλήφθησαν μόνο εκείνες οι εργασίες που τα αντιμετωπίζουν ως κακές εκροές. Υπάρχουν, επίσης, άλλοι ερευνητές που τα αντιμετωπίζουν ως εισροές (Matthews, 2013)

ή ως κανονικές εκροές μετά την πραγματοποίηση ενός κατάλληλου μετασχηματισμού (Wang et al., 2014).

Οι περισσότερες από τις προσεγγίσεις NDEA-UO στη βιβλιογραφία ασχολούνται με συστήματα δύο σταδίων και πολλές από αυτές δεν λαμβάνουν υπόψη το WD. Στη μελέτη του Lozano (2016), επεκτείνεται η προσέγγιση NSBI των Fukuyama και Weber (2010) σε γενικά δίκτυα διεργασιών, χρησιμοποιώντας, για τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα, την προσέγγιση WD που προτείνεται στον Kuosmanen (2005). Εκτός από τη συνολική μέτρηση GNSBI, υπολογίζεται μια συγκεκριμένη βαθμολογία SBI για κάθε μεμονωμένη διαδικασία.

Η προσέγγιση είναι μάλλον γενική, όσον αφορά το μέγεθος και την τοπολογία των δικτύων που εξετάζονται καθώς και τις αντίστοιχες παραδοχές επιστροφών στην κλίμακα (RTS) των διαφορετικών διεργασιών. Ως παράδειγμα της ευελιξίας και της χρησιμότητας της προτεινόμενης προσέγγισης συζητούνται δύο διαφορετικές εφαρμογές στον τραπεζικό τομέα. Μια σημαντική συμβολή του Lozano, είναι, επομένως, η δυνατότητα εύκολης εφαρμογής του μέτρου SBI για οποιοδήποτε δίκτυο διαδικασιών. Σημείωση, ότι, αν και οι περισσότερες εφαρμογές NDEA μέχρι στιγμής περιλάμβαναν σχετικά απλά συστήματα δύο σταδίων, οι ερευνητές έχουν αρχίσει να εξετάζουν πιο περίπλοκες τοπολογίες διεργασιών (Tone & Tsutsui, Moreno & Lozano, 2014).

4.15. Μοντέλο DEA δύο σταδίων και αντιμετώπιση καταθέσεων

Στη μελέτη των Wang et al. (2014), χρησιμοποιήθηκε η προσέγγιση του δικτύου DEA ώστε οι ερευνητές να αξιολογήσουν και να ελέγξουν την αποτελεσματικότητα 16 μεγάλων κινεζικών εμπορικών τραπεζών κατά τον τρίτο γύρο της περιόδου της κινεζικής τραπεζικής μεταρρύθμισης (2003–2011) με τη μεταβλητή απόδοση σε ρύθμιση κλίμακας και τη συνεκτίμηση της ανεπιθύμητης/κακής απόδοσης. Τα κύρια ευρήματα αυτής της μελέτης στα οποία κατέληξαν οι ερευνητές είναι τα εξής:

α) το διμεταβατικό μοντέλο DEA είναι πιο αποτελεσματικό από το συμβατικό μοντέλο μαύρου κουτιού DEA στον εντοπισμό της αναποτελεσματικότητας του τραπεζικού συστήματος και η αναποτελεσματικότητα του κινεζικού τραπεζικού

συστήματος, προκύπτει, κυρίως, από την αναποτελεσματικότητα της υποδιεργασίας παραγωγής καταθέσεων,

β) η συνολική αποτελεσματικότητα του κινεζικού τραπεζικού συστήματος βελτιώνεται κατά την περίοδο της μελέτης λόγω της μεταρρύθμισης,

γ) οι κρατικές εμπορικές τράπεζες (SOB) φαίνεται να είναι συνολικά πιο αποτελεσματικές από τις μετοχικές εμπορικές τράπεζες (JSB) μόνο κατά την προ της μεταρρύθμισης περίοδο και η διαφορά αποτελεσματικότητας μεταξύ των SOB και των JSB μειώνεται στην μεταρρυθμιστική περίοδο

δ) η διάθεση μη εξυπηρετούμενων δανείων (ΜΕΔ) από το κινεζικό τραπεζικό σύστημα γενικά εξηγεί τη βελτίωση της αποτελεσματικότητάς του και η μεταρρύθμιση των SOB από κοινού μετοχικού κεφαλαίου αυξάνει συγκεκριμένα την αποτελεσματικότητά τους.

Οι κύριοι στόχοι της μελέτης τους ήταν να συμβάλουν στην κάλυψη των κενών στη βιβλιογραφία. Πρώτον, θεωρούν ότι η παραγωγική διαδικασία των τραπεζών είναι μια δομή δικτύου και εφαρμόζουν μια πρόσφατα αναπτυγμένη DEA δύο σταδίων μοντέλο (Kao και Hwang, 2008; Chen et al., 2009) για τη διαίρεση της αποδοτικότητας ολόκληρου του συστήματος σε διάφορες αποδόσεις συνδεδεμένων υποδιαδικασιών. Δεύτερον, μετρούν τη συνολική αποτελεσματικότητα δύο σταδίων των κινεζικών τραπεζών κατά την περίοδο 2003–2011 για να προσδιορίσουν την πηγή της τραπεζικής αναποτελεσματικότητας και να δώσουν μια πιο λεπτομερή εξήγηση των αλλαγών και των διαφορών στην αποτελεσματικότητα για τις κινεζικές τράπεζες. Τρίτον, διερευνούν εάν η μεταρρύθμιση της κινεζικής τραπεζικής αγοράς βελτίωσε την αποτελεσματικότητα του κινεζικού τραπεζικού συστήματος, εάν τα SOB είχαν καλύτερη απόδοση από τα JSB (ή το αντίστροφο) κατά την περίοδο της μεταρρύθμισης, εάν η μεταρρύθμιση βελτίωσε συγκεκριμένα την αποτελεσματικότητα των τεσσάρων μεγάλων SOB και ποιοι μπορεί να είναι οι καθοριστικοί παράγοντες της αποτελεσματικότητας του κινεζικού τραπεζικού συστήματος και πώς αυτοί οι παράγοντες επηρέασαν τις αλλαγές και τις διαφορές στην αποτελεσματικότητα.

Για να ληφθούν πιο αξιόπιστες και λεπτομερείς πληροφορίες αξιολόγησης απόδοσης, οι DMU μπορούν να θεωρηθούν ότι έχουν δομή δικτύου και η περίπλοκη διαδικασία ολόκληρης της παραγωγής μπορεί να χωριστεί σε πολλές υποδιεργασίες ή υποστάδια, στα οποία ορισμένα ενδιάμεσα προϊόντα θεωρούνται ως προϊόντα ενός

υποσταδίου και στη συνέχεια αντιμετωπίζονται ως εισροές του άλλου υποσταδίου. Για παράδειγμα, όπως συζητήθηκε στις μελέτες των Sexton (2003), Chen and Zhu (2004), Chen et al. (2006) και Kao (2009), οι DMU μπορούν να χωριστούν σε μια «δομή δύο σταδίων» στην οποία οι εκροές του πρώτου υποσταδίου χρησιμοποιούνται ως εισροές στο δεύτερο υποστάδιο. Αυτές οι ενδιάμεσες εκροές/εισροές ορίζονται περαιτέρω ως ενδιάμεσα μέτρα (Chen et al., 2009).

Η παραγωγική διαδικασία του τραπεζικού συστήματος είναι μια τυπική διαδικασία δύο σταδίων: η υποδιεργασία παραγωγής καταθέσεων και η υποδιεργασία κερδοφορίας. Στη διαδικασία παραγωγής καταθέσεων, η εργασία και το φυσικό κεφάλαιο χρησιμοποιούνται από τις τράπεζες για την άντληση καταθέσεων. Οι καταθέσεις αυτές θεωρούνται ως ενδιάμεσα προϊόντα των τραπεζών. Στη διαδικασία κερδοφορίας, τα ενδιάμεσα προϊόντα των καταθέσεων από τη διαδικασία παραγωγής καταθέσεων εφαρμόζονται περαιτέρω για την αύξηση των κερδών μέσω δανείων και άλλων δραστηριοτήτων. Ως εκ τούτου, για ένα μέτρο τραπεζικής αποτελεσματικότητας, οι Seiford και Zhu (1999) παρουσίασαν το πρώτο διμεταβατικό μοντέλο DEA για την αξιολόγηση της εμπορευσιμότητας και της κερδοφορίας των εμπορικών τραπεζών των ΗΠΑ. Επειδή χρησιμοποίησαν την τυπική μέθοδο DEA για να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα κάθε σταδίου, ανεξάρτητα, τα μέτρα απόδοσης δεν αντανακλούσαν καμία σχέση μεταξύ ολόκληρης της διαδικασίας και των στοιχείων της.

Οι Kao και Hwang (2008) ανέπτυξαν στη συνέχεια ένα σχεσιακό διμεταβατικό μοντέλο DEA που λαμβάνει υπόψη μια σχέση σειράς κατά την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των ασφαλιστικών εταιρειών. Αυτοί οι ερευνητές πρότειναν ότι η συνολική βαθμολογία αποδοτικότητας ολόκληρης της διαδικασίας είναι το προϊόν των δύο βαθμολογιών αποδοτικότητας υποδιεργασιών. Το μέτρο αποδοτικότητας των Kao και Hwang θεωρήθηκε πιο ουσιαστικό και λογικό, αλλά είχε έναν περιορισμό σε σχέση με τη ρύθμιση σταθερών αποδόσεων στην κλίμακα (CRS). Η υπόθεση CRS ισχύει μόνο όταν όλες οι DMU λειτουργούν σε βέλτιστη κλίμακα και η εφαρμογή της ρύθμισης VRS θα είναι πιο κατάλληλη για την αξιολόγηση της τραπεζικής αποτελεσματικότητας.

Επειδή οι παρατηρούμενες κινεζικές τράπεζες διαφέρουν ως προς το μέγεθος και επειδή η κινεζική χρηματοπιστωτική αγορά δεν είναι πλήρως ανεπτυγμένη και επομένως, ο τέλει ανταγωνισμός είναι απίθανος (Chen & Brown, 2005) το τεκμήριο ότι όλες οι υπό αξιολόγηση τράπεζες λειτουργούν ήδη σε βέλτιστη κλίμακα μπορεί να μην είναι σχετικό.

Οι Chen et al. (2009) ανέπτυξαν μια εναλλακτική διμεταβατική μέθοδο DEA, η οποία είναι μια προσθετική προσέγγιση υποθέτοντας ότι η συνολική απόδοση ολόκληρης της διαδικασίας είναι ένας σταθμισμένος μέσος όρος της απόδοσης των υποσταδίων της και όχι προϊόν αυτών. Κατά τον υπολογισμό της συνολικής απόδοσης, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν αριθμητικά μέσα με σταθμισμένη σημασία, στα οποία τα βάρη αντιπροσωπεύουν τη σχετική σημασία της απόδοσης των υποσταδίων στην απόδοση ολόκληρης της διαδικασίας. Επομένως, η προσέγγισή τους αναφέρεται ως προσθετική προσέγγιση.

Η προσθετική προσέγγιση επιτρέπει τη μέτρηση της απόδοσης τόσο στις ρυθμίσεις CRS όσο και στις ρυθμίσεις VRS. Επιπλέον, επειδή οι τραπεζικές καταθέσεις μπορεί να είναι καλύτερα μοντελοποιημένες ως ενδιάμεσες εισροές/εκροές στο πλαίσιο της DEA, το διμεταβατικό μοντέλο DEA είναι πιο κατάλληλο για να χαρακτηρίσει τη διαδικασία λειτουργίας της τράπεζας. Επομένως, στη μελέτη τους, διερευνούν την αποτελεσματικότητα των κινεζικών εμπορικών τραπεζών με βάση την προσθετική προσέγγιση δύο σταδίων DEA και αντιμετωπίζουν τις καταθέσεις ως ενδιάμεσα μέτρα. Η συνολική αποτελεσματικότητα και η αποτελεσματικότητα των υποδιαδικασιών του τραπεζικού συστήματος μετρώνται για να βοηθήσουν στον εντοπισμό της πηγής που προκαλεί αναποτελεσματικότητα σε ολόκληρο το σύστημα.

4.16. Προσθετικό διμεταβατικό μοντέλο DEA και αντιμετώπιση ανεπιθύμητων εκροών

Για τη μοντελοποίηση διεργασιών δύο σταδίων γενικότερα για να επιτραπεί μια ρύθμιση VRS, οι Chen et al. (2009) πρότειναν ένα προσθετικό διμεταβατικό μοντέλο DEA, στο οποίο η συνολική αποτελεσματικότητα ολόκληρης της διαδικασίας αποσυντέθηκε στον σταθμισμένο μέσο όρο απόδοσης των δύο υποσταδίων. Ακολουθώντας τους Wang et al. (2014), η συνολική απόδοση μπορεί να επιτευχθεί μέσω του παρακάτω μοντέλου:

$$\begin{aligned}
& \max \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj_0} + u^2 + \sum_{t=1}^p \pi_t z_{tj_0} + u^1 = E_0 \\
& \text{s.t. } \sum_{t=1}^p \pi_t z_{tj} + u^1 - \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, \\
& \quad \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} + u^2 - \sum_{t=1}^p \pi_t z_{tj} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, \\
& \quad \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij_0} + \sum_{t=1}^p \pi_t z_{tj_0} = 1, \\
& \quad \omega_i, \mu_r, \pi_t \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad r = 1, \dots, s, \quad t = 1, \dots, p, \\
& \quad u^1, u^2 \text{ free in sign.}
\end{aligned} \tag{44}$$

Στο μοντέλο (44), υπάρχουν n DMU. Κάθε DMU έχει m εισροές x_{ij} και p εκροές z_{tj} του πρώτου υποσταδίου. Στη συνέχεια, οι εκροές z_{tj} τροφοδοτούνται στο δεύτερο υποστάδιο ως εισροές του. Επιπλέον, το δεύτερο υποστάδιο έχει άλλο s εκροών y_{rj} ω_i μ_r και π_t είναι οι πολλαπλασιαστές που σχετίζονται με x_{ij} , y_{rj} και z_{tj} , αντίστοιχα. Οι u^1 και u^2 είναι ελεύθερες μεταβλητές που σχετίζονται με z_{tj} και y_{rj} , αντίστοιχα. Το E_0 είναι η βαθμολογία αποτελεσματικότητας του υπό αξιολόγηση DMU.

Αφού ληφθεί η βέλτιστη λύση του μοντέλου (44), μπορούν να υπολογιστούν οι αποδόσεις για τα δύο υποστάδια. Ωστόσο, η βέλτιστη λύση που προκύπτει από αυτό το μοντέλο μπορεί να μην είναι μοναδική.

Επομένως, η αποσύνθεση της συνολικής απόδοσης στις αποδόσεις των υποδιαδικασιών μπορεί να μην είναι μοναδική. Για την εύρεση ενός συνόλου κατάλληλων πολλαπλασιαστών που αποδίδει τη μεγιστοποιημένη βαθμολογία απόδοσης του πρώτου υποσταδίου (ή του δεύτερου υποσταδίου) διατηρώντας αμετάβλητο τη συνολική βαθμολογία απόδοσης, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η ακόλουθη διαδικασία: δεδομένης της συνολικής βαθμολογίας απόδοσης E_0 που λήφθηκε από το μοντέλο (44), είτε η βαθμολογία απόδοσης του πρώτου σταδίου E_0^1 είτε εκείνη του δεύτερου σταδίου, E_0^2 , θα μπορούσε να υπολογιστεί πρώτα και η βαθμολογία αποδοτικότητας των άλλων σταδίων θα μπορούσε στη συνέχεια να προκύψει από τη συνολική βαθμολογία αποτελεσματικότητας και την αρχικά αξιολογηθείσα βαθμολογία αποτελεσματικότητας. Για παράδειγμα, εάν η βαθμολογία αποτελεσματικότητας του δεύτερου σταδίου έχει προτεραιότητα να υπολογιστεί πρώτα, τότε το ακόλουθο μοντέλο (45) αποδίδει βαθμολογία αποτελεσματικότητας ως εξής:

$$\begin{aligned}
& \max \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj_0} + u^2 = E_0^2 \\
& \text{s.t. } \sum_{t=1}^p \pi_t z_{tj} + u^1 - \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij} \leq 0, \quad j=1, \dots, n, \\
& \quad \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} + u^2 - \sum_{t=1}^p \pi_t z_{tj} \leq 0, \quad j=1, \dots, n, \\
& \quad \sum_{t=1}^p \pi_t z_{tj_0} = 1, \\
& \quad \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj_0} + u^2 + u^1 - E_0 \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij_0} = E_0 - 1, \\
& \quad \omega_i, \mu_r, \pi_t \geq 0, \quad i=1, \dots, m, \quad r=1, \dots, s, \quad t=1, \dots, p, \\
& \quad u^1, u^2 \text{ free in sign.}
\end{aligned} \tag{45}$$

Στη συνέχεια, η απόδοση του πρώτου σταδίου υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned}
E_0^1 &= \frac{E_0 - w_2 E_0^2}{w_1}, \\
w_1 &= \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} + \sum_{t=1}^p \eta_t z_{tj_0}}, \\
w_2 &= \frac{\sum_{t=1}^p \eta_t z_{tj_0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} + \sum_{t=1}^p \eta_t z_{tj_0}}.
\end{aligned} \tag{46}$$

Εδώ τα w_1 και w_2 είναι τα βάρη που αντιπροσωπεύουν τη σχετική σημασία της απόδοσης δύο επιμέρους σταδίων για τη συνολική απόδοση κάθε DMU.

Όπως θεωρούν οι Fukuyama και Weber (2010), ορισμένα δάνεια μπορεί να γίνουν μη εξυπηρετούμενα, που σημαίνει ότι μπορεί να μην μπορούν να αποπληρωθούν μερικώς ή ακόμη και πλήρως από τους δανειολήπτες. Επομένως, αυτά τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως κακές εκροές ή ανεπιθύμητες εκροές. Στη μελέτη τους οι Wang et al., τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια αντιμετωπίζονται ως ανεπιθύμητες εκροές παρά ως εισροές, οι οποίες θα πρέπει να μειωθούν για να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα μιας τράπεζας, ώστε να είναι συνεπής με τη φυσική διαδικασία, καθώς μια τράπεζα δεν μπορεί να παράγει μη εξυπηρετούμενα δάνεια μέχρι τις καταθέσεις χρησιμοποιούνται για την παραγωγή δανείων.

Στο δεύτερο υποστάδιο, όταν εμφανίζονται τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια, θα πρέπει να θεωρούνται ως ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Προφανώς, η επιθυμία είναι να αυξηθούν οι καλές εκροές y_{rj} , $r \in G$ και, ταυτόχρονα, να μειωθούν οι κακές εκροές y_{rj} , $r \in B$ για να βελτιώσουν την απόδοση. Το G υποδηλώνει το σύνολο του δείκτη της επιθυμητής εκροής και το B υποδηλώνει το σύνολο του δείκτη της ανεπιθύμητης ή κακής εκροής. Για το σκοπό αυτό, οι Hailu και Veeman (2001) πρότειναν ένα μοντέλο

DEA, στο οποίο οι ανεπιθύμητες εκροές αντιμετωπίζονται ως επιζήμιες εισροές. Οι συγγραφείς ισχυρίστηκαν ότι το μοντέλο τους ικανοποιεί μεταβλητές αποδόσεις, για να κλιμακώσει την αδύναμη διαθεσιμότητα των εκροών που επιβάλλονται, αλλά αυτό το μοντέλο αμφισβητήθηκε από τους Färe και Grosskopf (2003). Οι τελευταίοι συγγραφείς έθεσαν μια υπόθεση εναντίον των Hailu και Veeman και ο Hailu το 2003 απάντησε συμπερασματικά ότι το μοντέλο τους θα μπορούσε να παρέχει ένα πιο αποδεκτό αποτέλεσμα, καθώς υπάρχουν λιγότερες αποτελεσματικές παρατηρήσεις από το μοντέλο που πρότειναν οι Färe και Grosskopf.

Επιπλέον, οι Seiford και Zhu (2002) πρότειναν επίσης μια μέθοδο μετάφρασης για την αντιμετώπιση των ανεπιθύμητων εκροών στην οποία κάθε ανεπιθύμητη εκροή πολλαπλασιάζεται πρώτα με "-1" και στη συνέχεια προστίθεται ένα κατάλληλο διάνυσμα μετάφρασης v στις αρνητικές ανεπιθύμητες εκροές για να γίνουν θετικές. Δηλαδή, $\bar{y}_{rj} = -y_{rj} + v_r > 0, r \in B$, που θα μπορούσε να επιτευχθεί επιλέγοντας $v_r = \max_j \{y_{rj}\} + 1, r \in B$. Στη ρύθμιση VRS, αυτός ο μετασχηματισμός παρέχει το ίδιο αποτελεσματικό όριο.

Οι Färe και Grosskopf (2004) σχολίασαν αυτή τη μέθοδο μετάφρασης και σημείωσαν ότι η προσέγγιση των Seiford και Zhu (2002) και η προσέγγιση διευθυντικής συνάρτησης απόστασης αποφέρουν διαφορετικά αποτελέσματα επειδή η πρώτη δεν είναι αμετάβλητη μετάφραση. Οι Seiford και Zhu (2005) απάντησαν στη συνέχεια, παραδεχόμενοι ότι τα αποτελέσματα που λήφθηκαν από τους Seiford και Zhu (2002) ήταν «διαφορετικά», και πρότειναν ένα εναλλακτικό μοντέλο που ενσωματώνει ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Ωστόσο, η προσέγγιση των Färe και Grosskopf (2003, 2004) έχει επίσης ορισμένα μειονεκτήματα στο ότι τα αποτελέσματα της αξιολόγησης βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην επιλογή της διευθυντικής συνάρτησης απόστασης.

Διαφορετικές συναρτήσεις μπορεί να οδηγήσουν σε εντελώς διαφορετικές βαθμολογίες απόδοσης για την ίδια DMU και η επιλογή των διευθυντικών συναρτήσεων απόστασης εξαρτάται από την υποκειμενική προτίμηση και την κρίση του αξιολογητή.

Στη μελέτη τους οι Wang et al. (2014), επιλέγουν την προσέγγιση των Seiford και Zhu (2002, 2005), η οποία είναι πιο κατάλληλη για την αντιμετώπιση των μη εξυπηρετούμενων δανείων στο δεύτερο στάδιο, ώστε η διαδικασία αξιολόγησης να συνάδει με τη διαδικασία λειτουργίας μιας τράπεζας.

Επομένως, το μοντέλο (44) επεκτείνεται στο ακόλουθο μοντέλο:

$$\begin{aligned}
& \max \sum_{r \in G} \mu_r y_{rj_0} + \sum_{r \in B} \mu_r \bar{y}_{rj_0} + u^2 + \sum_{t=1}^p \pi_t z_{tj_0} + u^1 = E_0 \\
& \text{s.t. } \sum_{t=1}^p \pi_t z_{tj} + u^1 - \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij} \leq 0, \quad j=1, \dots, n, \\
& \quad \sum_{r \in G} \mu_r y_{rj} + \sum_{r \in B} \mu_r \bar{y}_{rj} + u^2 - \sum_{t=1}^p \pi_t z_{tj} \leq 0, \quad j=1, \dots, n, \\
& \quad \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij_0} + \sum_{t=1}^p \pi_t z_{tj_0} = 1, \\
& \quad \omega_i, \mu_r, \pi_t \geq 0, \quad i=1, \dots, m, \quad r=1, \dots, s, \quad t=1, \dots, p, \\
& \quad u^1, u^2
\end{aligned} \tag{47}$$

Μόλις λάβουμε τη συνολική απόδοση, θα μπορούσε να αναπτυχθεί ένα εκτεταμένο μοντέλο (48) του μοντέλου (45) για τον προσδιορισμό της απόδοσης του δεύτερου σταδίου:

$$\begin{aligned}
& \max \sum_{r \in G} \mu_r y_{rj_0} + \sum_{r \in B} \mu_r \bar{y}_{rj_0} + u^2 = E_0^2 \\
& \text{s.t. } \sum_{t=1}^p \pi_t z_{tj} + u^1 - \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij} \leq 0, \quad j=1, \dots, n, \\
& \quad \sum_{r \in G} \mu_r y_{rj} + \sum_{r \in B} \mu_r \bar{y}_{rj} + u^2 - \sum_{t=1}^p \pi_t z_{tj} \leq 0, \quad j=1, \dots, n, \\
& \quad \sum_{t=1}^p \pi_t z_{tj_0} = 1, \\
& \quad \sum_{r \in G} \mu_r y_{rj_0} + \sum_{r \in B} \mu_r \bar{y}_{rj_0} + u^2 + u^1 - E_0 \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij_0} = E_0 - 1, \\
& \quad \omega_i, \mu_r, \pi_t \geq 0, \quad i=1, \dots, m, \quad r=1, \dots, s, \quad t=1, \dots, p, \\
& \quad u^1, u^2
\end{aligned} \tag{48}$$

Στη συνέχεια, η αποτελεσματικότητα του πρώτου σταδίου θα μπορούσε να εξαχθεί σε ένα παρόμοιο τρόπο όπως στο (46).

Οι επιλογές εισροών και εκροών για τα μέτρα απόδοσης των κινεζικών τραπεζών διαφέρουν ανάλογα με τους ερευνητικούς στόχους. Ωστόσο, με εξαίρεση τις καταθέσεις, υπάρχει γενικά συμφωνία σχετικά με τις κύριες κατηγορίες εισροών και εκροών για μέτρα τραπεζικής αποτελεσματικότητας (Fethi & Pasiouras, 2010). Για παράδειγμα, οι παραδοσιακές εισροές περιλαμβάνουν φυσικό κεφάλαιο και εργασία, και οι παραδοσιακές εκροές περιλαμβάνουν συνολικά δάνεια, άλλα περιουσιακά στοιχεία κερδοφορίας ή επενδύσεις (Ariff & Can, 2004; Chang et al., 2012). Οι Luo και Yao (2010) χώρισαν περαιτέρω άλλα περιουσιακά στοιχεία με κέρδη σε διάφορες κατηγορίες, όπως βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επενδύσεις, καταθέσεις σε κεντρικές τράπεζες και άλλες επενδύσεις. Επιπλέον, ορισμένες μελέτες έχουν συμπεριλάβει, επίσης, μη τόκους εισοδήματα ως πρόσθετες εκροές και υιοθέτησαν έσοδα από τόκους αντί για δάνεια (Yao et al., 2008; Fung & Leung, 2011).

Οι Berger και Humphrey (1997) υποστήριξαν ότι καμία από αυτές τις δύο γνωστές προσεγγίσεις (παραγωγική διαδικασία ή διαμεσολάβησης) δεν μπορεί να συλλάβει πλήρως τον διττό ρόλο των τραπεζών, επειδή οι καταθέσεις παρέχουν στις τράπεζες «πρώτη ύλη» για επενδύσεις και παρέχουν «ρευστότητα, ασφάλεια και υπηρεσίες πληρωμών στους καταθέτες».

Ορισμένες μελέτες έχουν υιοθετήσει μια άλλη ιδέα για την αντιμετώπιση των καταθέσεων σε μέτρα απόδοσης των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων στο πλαίσιο μιας νέας δομής δικτύου DEA (Matthews, 2013; Kao C, Hwang, 2008; Chen et al., 2009; Seiford & Zhu, 1999; Fukuyama & Weber, 2010; Fukuyama & Matousek, 2011). Σύμφωνα με το μοντέλο δικτύου DEA, οι καταθέσεις αντιμετωπίζονται ως ενδιάμεσο προϊόν, δηλαδή αντιμετωπίζονται πρώτα ως εκροές της προηγούμενης υποδιεργασίας και στη συνέχεια αντιμετωπίζονται ως εισροές της επόμενης υποδιεργασίας. Η διαδικασία λειτουργίας του τραπεζικού συστήματος χωρίζεται σε δύο υποδιαδικασίες που αντιπροσωπεύουν αντίστοιχα τη διαδικασία παραγωγής του (διαδικασία παραγωγής καταθέσεων με χρήση εργατικών και κεφαλαίων) και τη διαδικασία διαμεσολάβησής του (διαδικασία εισοδήματος και κερδοφορίας με χρήση δανειακών καταθέσεων). Οι ενδιάμεσες εισροές/εκροές καταθέσεων συνδέουν αυτές τις δύο υποδιεργασίες.

Ένα άλλο ζήτημα που σχετίζεται με την επιλογή εισροών και εκροών για μέτρα τραπεζικής αποτελεσματικότητας περιλαμβάνει τον χειρισμό επισφαλών δανείων ή μη εξυπηρετούμενα δάνεια (ΜΕΔ). Προφανώς, τα ΜΕΔ είναι ένα προϊόν, αλλά δεν είναι επιθυμητό για μια τράπεζα να έχει περισσότερα ΜΕΔ από αυτά που έχουν οι αντίστοιχες. Επομένως, τα ΜΕΔ θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως κακή ή ανεπιθύμητη παραγωγή και να ελαχιστοποιούνται ώστε μια τράπεζα να βελτιώσει την αποτελεσματικότητά της.

Ωστόσο, ένας περιορισμένος αριθμός μελετών εξέτασε τα ΜΕΔ υπό μια δομή δικτύου DEA. Οι Fukuyama και Weber (2010) πρότειναν ένα μοντέλο DEA βασισμένο σε χαλαρό δίκτυο για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της τράπεζας, όπου τα επισφαλή δάνεια αντιμετωπίζονταν ως ανεπιθύμητο προϊόν της υποδιαδικασίας της τράπεζας για την παραγωγή τελικού προϊόντος. Στη μόνη μελέτη που βρήκαν σχετικά με την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των κινεζικών τραπεζών στο πλαίσιο μιας δομής δικτύου DEA, τα ΜΕΔ αντιμετωπίστηκαν ως κύρια εισροή του τρίτου υποσταδίου της τελικής παραγωγής μιας τράπεζας (Matthews, 2013). Όπως υποδεικνύεται από τους Fukuyama και Weber (2010) είναι πιο ενδεδειγμένο να

αντιμετωπίζονται τα ΜΕΔ ως ανεπιθύμητη παραγωγή παρά ως εισροή της υποδιαδικασίας παραγωγής τελικής παραγωγής μιας τράπεζας στο πλαίσιο ενός δικτύου DEA για να διασφαλιστεί ότι η διαδικασία αξιολόγησης της αποδοτικότητας είναι συνεπής με η διαδικασία φυσικής λειτουργίας μιας τράπεζας, κατά την οποία μια τράπεζα δεν θα μπορούσε να παράγει μη εξυπηρετούμενα δάνεια έως ότου χρησιμοποιηθούν οι καταθέσεις για την παραγωγή δανείων.

Στην παραδοσιακή έρευνα DEA, η ανάλυση αποδοτικότητας βασίζεται σε μια ενιαία προοπτική, δηλαδή σε ένα μοναδικό σχήμα ταξινόμησης εισροών/εκροών σχετικά με τα χαρακτηριστικά της DMU. Γενικά το σχήμα ταξινόμησης που χρησιμοποιείται κάθε φορά για να καθοριστεί εάν ένα χαρακτηριστικό πρέπει να είναι θεωρείται ως εισροή ή εκροή, καθορίζεται από την προοπτική πριν από την ανάλυση απόδοσης. Εάν η τιμή ενός χαρακτηριστικού θεωρηθεί όσο περισσότερη τόσο το καλύτερο από την προοπτική, προσδιορίζεται ως εκροή. Στην αντίθετη περίπτωση, θεωρείται εισροή. Στην περίπτωση πολλαπλών προοπτικών, ένα χαρακτηριστικό μπορεί να παίζει διαφορετικούς ρόλους από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Για παράδειγμα, στην μελέτη των Wang et al., η DMU είναι ένα περίπλοκο τραπεζικό σύστημα στο οποίο τα ίδια χαρακτηριστικά μπορούν να ερμηνευτούν διαφορετικά με βάση τις πολλαπλές οπτικές γωνιών των διαφόρων ενδιαφερομένων. Ένα χαρακτηριστικό που θεωρείται ότι είναι μια εισροή από μια άποψη, αλλά μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι μια εκροή από μια άλλη άποψη, είναι η «κερδοσκοπική ικανότητα» μιας τράπεζας. Η κερδοφορία μιας τράπεζας θεωρείται, συνήθως, ως εισροή από την οπτική γωνία του πελάτη, επειδή η υψηλότερη κερδοφορία των τραπεζών επιτυγχάνεται σε βάρος τους με τη μορφή υψηλότερων προμηθειών και επιβαρύνσεων (Chen et al., 2005). Ωστόσο, από τη πλευρά της διοίκησης, η κερδοφορία μπορεί να οριστεί ως προϊόν, καθώς η υψηλότερη κερδοφορία οδηγεί σε υψηλότερο μισθό και μόνους για αυτούς.

Δεδομένου αυτού, η βαθμολογία απόδοσης της DMU₀ που εκτιμάται από το μοντέλο CCR ποικίλλει ανάλογα με τις διαφορετικές προοπτικές, καθώς θα χρησιμοποιούσαν διαφορετικές ταξινομήσεις εισροής/εκροής. Στην περίπτωση μιας μεμονωμένης προοπτικής, η μέθοδος για την αποτελεσματική βελτίωση της DMU₀ (υποθέτουμε ότι η DMU₀ δεν είναι αποδοτικό) είναι να μετακινηθεί η DMU₀ σε ένα σημείο που βρίσκεται στο αποδοτικό όριο, το οποίο είναι ο γραμμικός συνδυασμός των σημείων στο σύνολο αναφοράς του. Βασικά η κίνηση της DMU₀ μπορεί να συνοψιστεί είτε ως μείωση των εισόδων διατηρώντας το status quo για τις εξόδους (για το μοντέλο

CCR προσανατολισμένο στην είσοδο) είτε ως αύξηση των εξόδων και διατήρηση των εισόδων (για το μοντέλο CCR προσανατολισμένο στην έξοδο).

Καθώς οι πολλαπλές προοπτικές έχουν διαφορετικές ταξινομήσεις εισροής/εκροής που προκαλούν διαφορετικές προτιμήσεις στην προσαρμογή των χαρακτηριστικών της DMU₀, οι απόψεις για την προσαρμογή των χαρακτηριστικών της DMU₀ από αυτές τις προοπτικές είναι πάντα αντικρουόμενες. Για παράδειγμα, η διοίκηση μπορεί να αναμένει να επωφεληθεί από την υψηλότερη κερδοφορία, αλλά ο πελάτης μπορεί να επιμείνει στη μείωση της κερδοφορίας. Επίσης, έχουν διαφορετικές απόψεις για την προσαρμογή των χαρακτηριστικών της πιστωτικής ποιότητας και της αποτελεσματικότητας μιας τράπεζας. Αν ληφθούν υπόψη και άλλες προοπτικές όπως μέτοχος, εργαζόμενος κ.λπ., η κατάσταση γίνεται πολύ πιο περίπλοκη. Επομένως, χρειάζεται μια κατάλληλη μέθοδο για να καθοριστεί πώς να προσαρμοστούν τα χαρακτηριστικά της DMU₀ σε μια τέτοια συγκρουσιακή περίπτωση υπό πολλαπλές προοπτικές.

4.17. Λειτουργική διαδικασία τραπεζών

Οι λειτουργικές διαδικασίες των τραπεζών στην Κίνα μπορούν να χωριστούν σε στάδια παραγωγικότητας και κερδοφορίας. Στο πλαίσιο αυτό, τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια μπορούν να αντιμετωπιστούν ως μεταβλητή μεταφοράς, ανεπιθύμητη παραγωγή του σταδίου κερδοφορίας της προηγούμενης περιόδου, αλλά εισροή στο στάδιο κερδοφορίας στην τρέχουσα περίοδο. Χρησιμοποιώντας αυτό το πλαίσιο, οι Zha et al., (2016) προτείνουν ένα δυναμικό διμεταβατικό μοντέλο ευέλικτης αναποτελεσματικότητας για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των κινεζικών τραπεζών. Με βάση το παρακάτω προτεινόμενο μοντέλο τους, ορίζονται τα μέτρα απόδοσης σταδίου, ανά περίοδο. Τα βασικά ευρήματα είναι ότι οι τράπεζες στην Κίνα παρουσιάζουν τόσο τεχνική όσο και αναποτελεσματικότητα κλίμακας κατά την περίοδο 2008–2012, η οποία προκύπτει από την αναποτελεσματικότητα τόσο του σταδίου παραγωγικότητας όσο και του σταδίου κερδοφορίας. Οι εμπορικές τράπεζες που ανήκουν στην πόλη, είναι συνολικά πιο αποτελεσματικές, από τεχνική άποψη, από τις κρατικές εμπορικές τράπεζες και τις μετοχικές εμπορικές τράπεζες, αν και οι κρατικές εμπορικές τράπεζες δείχνουν βέλτιστες πρακτικές για καθαρά τεχνική αποτελεσματικότητα και οι εμπορικές τράπεζες που ανήκουν στην πόλη έχουν

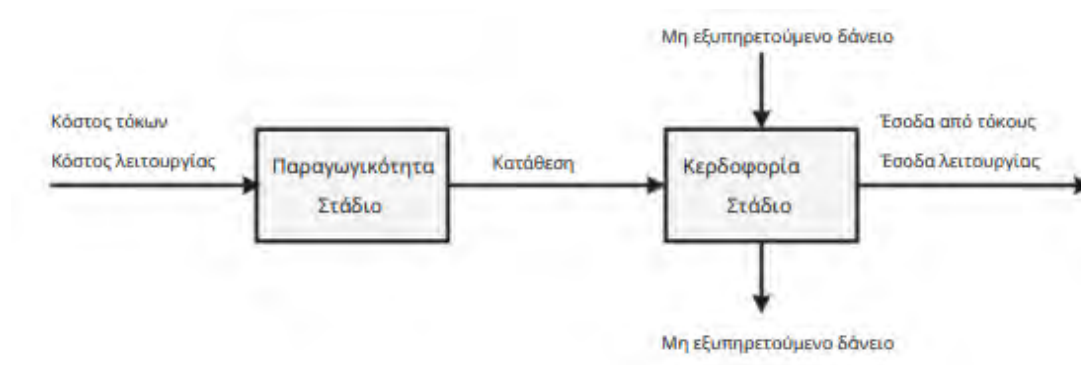
καλύτερες επιδόσεις από τις μετοχικές εμπορικές τράπεζες για καθαρή τεχνική αποτελεσματικότητα.

Όπως απεικονίζεται στο σχήμα (10), η επιχειρησιακή διαδικασία μιας τράπεζας μπορεί να χωριστεί σε δύο στάδια. Σύμφωνα με τους Yang και Liu (2012), το πρώτο στάδιο συνήθως περιγράφεται ως το στάδιο παραγωγικότητας, το οποίο καλύπτει διάφορες εισροές όπως το λειτουργικό κόστος και το κόστος τόκων για την προσέλκυση καταθέσεων από το κοινό και το δεύτερο στάδιο, κοινώς αποκαλούμενο στάδιο κερδοφορίας, χρησιμοποιεί την κατάθεση για να κερδίσει διάφορα εισοδήματα, π.χ. έσοδα από τόκους και εκμεταλλεύσεις. Εφόσον η κατάθεση είναι και εισροή του πρώτου σταδίου και εισροή του δεύτερου σταδίου, έχει μεγάλες επιπτώσεις στην επιχειρησιακή απόδοση και των δύο σταδίων. Κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης χρονικής περιόδου, ένα μη εξυπηρετούμενο δάνειο (ή ένα επισφαλές δάνειο) είναι ένα ανεπιθύμητο προϊόν του σταδίου κερδοφορίας. Είναι, επίσης, μια ανεπιθύμητη εισροή στο στάδιο της κερδοφορίας στην επόμενη χρονική περίοδο. Το σκεπτικό, για αυτό, συνοψίζεται ως εξής:

Πρώτον, στην πρακτική του κινεζικού τραπεζικού συστήματος, δημιουργείται ένα μη εξυπηρετούμενο δάνειο στο στάδιο της κερδοφορίας, όταν το δάνειο που εκδόθηκε από την τράπεζα δεν μπορεί να επιστραφεί στην τράπεζα κατά τη δεδομένη χρονική περίοδο. Βλάπτει τις τραπεζικές εργασίες και επηρεάζει άμεσα τις αποδόσεις. Σε αυτή την περίπτωση, υψηλότερο ποσοστό μη εξυπηρετούμενων δανείων σημαίνει χαμηλότερη λειτουργική αποτελεσματικότητα της τράπεζας. Έτσι, μπορεί να θεωρηθεί ως ανεπιθύμητη έξοδος σε αυτό το στάδιο. Δεύτερον, όπως υποδεικνύεται από τους Fukuyama και Weber (2010) και Akther et al. (2013), τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια που παράγονται σε μία χρονική περίοδο μεταφέρονται στην επόμενη περίοδο ως ανεπιθύμητη εισροή. Στη συνέχεια, στην επόμενη περίοδο, τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια θα εκποιηθούν ή θα συμψηφιστούν με τα έσοδα που αποκτήθηκαν στο στάδιο της κερδοφορίας και ενδέχεται να δημιουργηθούν και νέα μη εξυπηρετούμενα δάνεια. Όπως υποστήριξαν οι Tone και Tsutsui (2014), τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια είναι μια ανεπιθύμητη μεταφερόμενη μεταβλητή στα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα.

Ως εκ τούτου, η εργασία των Zha et al., (2016), αντιμετωπίζει το μη εξυπηρετούμενο δάνειο ως μια ανεπιθύμητη μεταφερόμενη μεταβλητή στο στάδιο της κερδοφορίας στις κινεζικές τράπεζες. Διαπιστώθηκε ότι μια αλλαγή στο μη εξυπηρετούμενο δάνειο μιας τράπεζας σε μια περίοδο μπορεί να έχει σημαντική

επίδραση στη λειτουργική απόδοση του σταδίου κερδοφορίας της τόσο στην τρέχουσα όσο και στις διαδοχικές περιόδους και κατά συνέπεια στη συνολική αποτελεσματικότητα της τράπεζας στις δύο περιόδους.



Σχήμα 10. Η λειτουργική διαδικασία των κινέζικων τραπεζών. (Zha et al. 2016).

Οι προαναφερθείσες επιπτώσεις του ενδιάμεσου παράγοντα και του παράγοντα μεταφοράς στην αποτελεσματικότητα των δύο σειριακών σταδίων καθώς και ολόκληρης της τράπεζας σε πολλαπλές χρονικές περιόδους εγείρουν τρία σημαντικά ζητήματα:

α) Καθώς μια τράπεζα είναι μια μονάδα πολλαπλών εισροών και πολλαπλών εκροών, απαιτείται ένα κατάλληλο μοντέλο αξιολόγησης πολλαπλών παραγόντων και όχι οποιοσδήποτε λογιστικός ή οικονομικός δείκτης για την ορθή αξιολόγηση της λειτουργικής του αποτελεσματικότητας,

β) Πώς αξιολογείται ταυτόχρονα η αποτελεσματικότητα μιας τράπεζας καθώς και η αποτελεσματικότητα των εσωτερικών δύο σταδίων της;

γ) Πώς αντιμετωπίζονται οι δυναμικές επιδράσεις του μη εξυπηρετούμενου δανείου ως μεταβλητή μεταβίβασης κατά τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας μιας τράπεζας καθώς και των σταδίων της σε πολλαπλές χρονικές περιόδους (δηλαδή, δυναμική αποτελεσματικότητα);

Οι διάφορες μελέτες που έχουν εκπονηθεί κατά καιρούς (Seiford και Zhu, 1999; Cook and Hababou, 2001; Meepadung et al., 2009; Fukuyama και Weber, 2010; Wangetal., 2014; Akther et al., 2013; Kao and Liu, 2014) αναλύουν την αποτελεσματικότητα των τραπεζών, λαμβάνοντας υπόψη, μόνο τις εσωτερικές

πολύπλοκες δομές (δηλαδή, πολλαπλά στοιχεία και δύο σειριακά στάδια) ή τη δυναμική απόδοση, αντιμετωπίζοντας τις τράπεζες ως «μαύρο κουτί». Καμία δεν έχει τεκμηριώσει επαρκώς τα ζητήματα της αποτελεσματικότητας των τραπεζών λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη τις δομές δύο σταδίων και τη δυναμική αποτελεσματικότητα. Ως εκ τούτου, τα υπάρχοντα μέτρα αποτελεσματικότητας των τραπεζών ενδέχεται να μην είναι κατάλληλα για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των κινεζικών τραπεζών με διαδικασία δύο σταδίων κατά τη διάρκεια πολλαπλών χρονικών περιόδων, διότι οι ενδιαμέσοι παράγοντες μεταξύ των εσωτερικών διαδικασιών και του παράγοντα μεταφοράς (μη εξυπηρετούμενο δάνειο). Η σύνδεση με τις λειτουργίες σε διαδοχικές χρονικές περιόδους αγνοείται. Όταν μια τράπεζα εκτιμάται ότι είναι αναποτελεσματική, δεν μπορούν να εντοπιστούν τα αίτια της αναποτελεσματικότητας, τα οποία προέρχονται από τα εσωτερικά λειτουργικά στάδια ή τις επιπτώσεις των παραγόντων μεταφοράς στην προηγούμενη χρονική περίοδο. Ως εκ τούτου, απαιτείται μια πιο κατάλληλη προσέγγιση για την αντιμετώπιση της αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των κινεζικών τραπεζών με δύο εσωτερικά στάδια σε πολλαπλές χρονικές περιόδους.

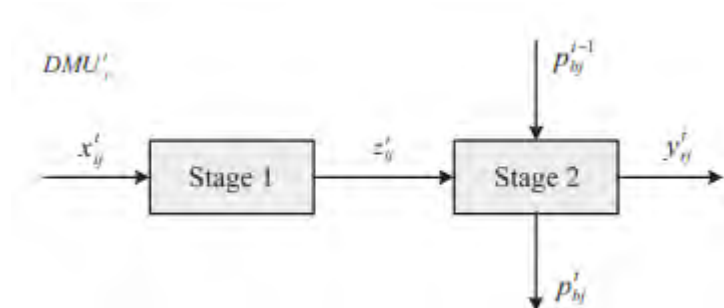
Οι Zha et al., για να αξιολογήσουν εύλογα τη λειτουργική αποτελεσματικότητα των τραπεζών στην Κίνα, προτείνουν ένα δυναμικό διμεταβατικό μοντέλο DEA, με βάση την προσέγγιση ενός μοντέλου ευέλικτης αναποτελεσματικότητας (SBM), εξετάζοντας ταυτόχρονα την εσωτερική διαδικασία δύο σταδίων και τις δυναμικές επιπτώσεις της μεταφοράς – μεταβλητής, πάνω από πολλές περιόδους.

Οι κύριες συνεισφορές της μελέτης τους, στην υπάρχουσα βιβλιογραφία, συνοψίζονται στις ακόλουθες πτυχές:

Πρώτον, αυτή η μελέτη είναι η πρώτη που εξετάζει τις δυναμικές επιπτώσεις των μεταφερόμενων μη εξυπηρετούμενων δανείων στη λειτουργική αποτελεσματικότητα των τραπεζών. Στην περιγραφόμενη προσέγγιση, παρέχονται επίσης τα μέτρα απόδοσης σταδίου, απόδοσης περιόδου και απόδοσης σταδίων περιόδου.

Δεύτερον, για να προσδιορίσουν την αναποτελεσματικότητα των τραπεζών στην Κίνα, ταξινομούν τις τράπεζες σε τρεις τύπους (δηλαδή, κρατικές τράπεζες, μετοχικές εμπορικές τράπεζες και εμπορικές τράπεζες ιδιοκτησίας πόλης) αντί για δύο ευρέως χρησιμοποιούμενους τύπους κρατικών τραπεζών και ανώνυμες εμπορικές τράπεζες στο σωζόμενο βιβλιογραφία. Επιπλέον, η συνολική τεχνική αποτελεσματικότητα (δηλαδή

απόδοση τεχνικής και κλίμακας) και η καθαρή τεχνική αποτελεσματικότητα εξετάζονται και οι δύο σε αυτή τη μελέτη, η οποία μπορεί να παρέχει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις πηγές αναποτελεσματικότητας των κινεζικών τραπεζών.



Σχήμα 11. Διαδικασία δύο σταδίων τραπεζικών εργασιών την περίοδο t . (Zha et al. 2016).

Υποθέτουν ότι υπάρχουν n DMUs (τράπεζες) στο τραπεζικό σύστημα στην Κίνα, που συμβολίζεται με DMU_j ($j=1,2,\dots, n$) απείρως μικρός. Η επιχειρησιακή διαδικασία κάθε DMU κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου t μπορεί να είναι θεωρείται ως διαδικασία δύο σταδίων (δηλαδή, στάδιο παραγωγικότητας και στάδιο κερδοφορίας) όπως φαίνεται στο Σχ. 11. Όπως φαίνεται στο Σχ. 11, για ένα συγκεκριμένο DMU_j σε μια δεδομένη χρονική περίοδο t ($t=1,2,\dots, T$), το πρώτο στάδιο καταναλώνει m εισροές x_{ij}^t ($i=1,2,\dots, m$) να παράγει k ενδιάμεσα προϊόντα z_{rj}^t ($r=1,2,\dots, k$). Το δεύτερο στάδιο παράγει s επιθυμητά αποτελέσματα y_{rj}^t ($r=1,2,\dots, s$) και h ανεπιθύμητες εκροές p_{bj}^t ($b=1,2,\dots, h$) χρησιμοποιώντας τα ενδιάμεσα προϊόντα και h ανεπιθύμητες εισροές p_{bj}^{t-1} ($b=1,2,\dots, h$) που παρήχθησαν στην προηγούμενη χρονική περίοδος $t-1$.

Το δεύτερο στάδιο του παράγει τα επιθυμητά αποτελέσματα p_{bj}^t ($b=1,2,\dots, h$) και h ανεπιθύμητες εκροές που παρήχθησαν στην προηγούμενη χρονική περίοδος $t-1$.

Για την αξιολόγηση της απόδοσης ενός DMU, το μέτρο ακτινικής απόδοσης και το μέτρο μη ακτινικής απόδοσης είναι τα δύο κοινά μέτρα χρησιμοποιείται σε υπάρχουσες μελέτες. Το ακτινικό μέτρο επιτρέπει το ίσο και αναλογική προσαρμογή για όλες τις εισροές ή εκροές στην απόδοση εκτίμηση. Αυτό το μέτρο έχει σχετικά αδύναμη διακριτική ισχύ απόδοσης, δηλαδή δεν μπορεί να παρέχει τις λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με την αναποτελεσματικότητα της συγκεκριμένης εκροής ή εισροής. Όπως υποστηρίζει ο Tone (2001), το μέτρο που βασίζεται σε slacks ως μη ακτινικό μέτρο μπορεί να αντιμετωπίσει άμεσα την «πλεόνασμα εισροών» και το «έλλειμμα

παραγωγής» και μπορεί να προβάλει κάθε οντότητα σε ένα «πιο απομακρυσμένο» σημείο στα αποτελεσματικά σύνορά του. Έτσι, το SBM μπορεί να βρει αποτελεσματικά τις πηγές της αναποτελεσματικότητας πίσω από τη λειτουργική διαδικασία κάθε τράπεζας. Οι ερευνητές προτείνουν ένα δυναμικό διμεταβατικό μοντέλο που βασίζεται στο SBM για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των τραπεζών στην Κίνα.

Γενικά, στο στάδιο της παραγωγικότητας, μια τράπεζα μπορεί να τη μεγιστοποιήσει επιθυμητές εκροές (κατάθεση) για δεδομένα επίπεδα εισροών (κόστος τόκου και λειτουργικό κόστος), ελαχιστοποιήσει τη χρήση των εισροών για δεδομένα ποσά των επιθυμητών εξόδων ή βελτιστοποιήσει τις εισόδους και τις εξόδους ταυτόχρονα. Από την άλλη πλευρά, στο στάδιο της κερδοφορίας, μια τράπεζα μπορεί να αυξήσει τα κέρδη της όσο το δυνατόν περισσότερο και να δημιουργήσει μη εξυπηρετούμενες δάνειο όσο το δυνατόν λιγότερο. Επομένως, είναι σημαντικό να ληφθούν αυτά τα δύο πτυχές που λαμβάνονται υπόψη στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των τραπεζών. Για το σκοπό αυτό, με βάση τα σύνολα πιθανότητας παραγωγής P_t και τους σύνδεσμούς σταδίων και περιόδων, η συνολική-αποτελεσματικότητα (η συνολική αποτελεσματικότητα σε δεδομένες πολλαπλές χρονικές περιόδους) μιας τράπεζας (DMU_o) μπορεί να οριστεί ως εξής:

Ακολουθώντας τους (Zha et al. 2016) το προτεινόμενο μοντέλο έχει ως εξής:

$$\theta_o = \min \frac{\sum_{t=1}^T \alpha^t \left[\beta_1 \left(1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^{t-}}{x_{io}^t} \right) + \beta_2 \left(1 - \frac{1}{n} \sum_{b=1}^n \frac{s_b^{t-}}{p_{bo}^t} \right) \right]}{\sum_{t=1}^T \alpha^t \left[\beta_1 \left(1 + \frac{1}{k} \sum_{l=1}^k \frac{s_l^{t+}}{z_{lo}^t} \right) + \beta_2 \left(1 + \frac{1}{r} \sum_{r=1}^r \frac{s_r^{t+}}{y_{ro}^t} \right) \right]}$$

$$\text{s.t.}$$

$$\left. \begin{aligned} x_{io}^t &= \sum_{j=1}^n \gamma_j^t x_{ij}^t + s_i^{t-}, \forall i, \forall t, \\ z_{lo}^t &= \sum_{j=1}^n \gamma_j^t z_{lj}^t - s_l^{t+}, \forall l, \forall t, \\ \sum_{j=1}^n \gamma_j^t z_{lj}^t &= \sum_{j=1}^n \lambda_j^t z_{lj}^t, \forall l, \forall t, \\ z_{lo}^t &= \sum_{j=1}^n \lambda_j^t z_{lj}^t, \forall l, \forall t, \\ p_{bo}^{t-1} &= \sum_{j=1}^n \lambda_j^t p_{bj}^{t-1}, \forall b, \forall t, \\ p_{bo}^t &= \sum_{j=1}^n \lambda_j^t p_{bj}^t + s_b^{t-}, \forall b, \forall t, \\ y_{ro}^t &= \sum_{j=1}^n \lambda_j^t y_{rj}^t - s_r^{t+}, \forall r, \forall t, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j^{t-1} p_{bj}^{t-1} &= \sum_{j=1}^n \lambda_j^t p_{bj}^{t-1}, \forall b, t=2, \dots, T, \\ \gamma_j^t, \lambda_j^t &\geq 0, \forall j, \forall t, \\ s_i^{t-}, s_l^{t+}, s_b^{t-}, s_r^{t+} &\geq 0, \forall i, l, b, r, t. \end{aligned} \right\}$$

$$\begin{aligned}
\theta_{\alpha}^{t*} &= \frac{\beta_1 \left(1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^{t-}}{x_{io}^t}\right) + \beta_2 \left(1 - \frac{1}{h} \sum_{b=1}^h \frac{s_b^{t-}}{p_{bo}^t}\right)}{\beta_1 \left(1 + \frac{1}{k} \sum_{l=1}^k \frac{s_l^{t+}}{z_{lo}^t}\right) + \beta_2 \left(1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{s_r^{t+}}{y_{ro}^t}\right)}, \\
\theta_{\alpha 1}^* &= \frac{\sum_{t=1}^T \alpha^t \left(1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^{t-}}{x_{io}^t}\right)}{\sum_{t=1}^T \alpha^t \left(1 + \frac{1}{k} \sum_{l=1}^k \frac{s_l^{t+}}{z_{lo}^t}\right)}, \\
\theta_{\alpha 2}^* &= \frac{\sum_{t=1}^T \alpha^t \left(1 - \frac{1}{h} \sum_{b=1}^h \frac{s_b^{t-}}{p_{bo}^t}\right)}{\sum_{t=1}^T \alpha^t \left(1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{s_r^{t+}}{y_{ro}^t}\right)}, \\
\theta_{\alpha 1}^{t*} &= \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^{t-}}{x_{io}^t}}{1 + \frac{1}{k} \sum_{l=1}^k \frac{s_l^{t+}}{z_{lo}^t}}, \\
\theta_{\alpha 2}^{t*} &= \frac{1 - \frac{1}{h} \sum_{b=1}^h \frac{s_b^{t-}}{p_{bo}^t}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{s_r^{t+}}{y_{ro}^t}}.
\end{aligned} \tag{49}$$

Προκειμένου να αξιολογηθεί η λειτουργική απόδοση των τραπεζών, είναι προφανές ότι η επιλογή των προτιμώμενων συντελεστών στάθμισης για χρονικές περιόδους και στάδια αποτελεί σημαντικό ζήτημα στην εφαρμογή του μοντέλου.

Όπως οι Cook et al. (2010), επισημαίνουν ότι για συγκεκριμένα μέτρα απόδοσης μεμονωμένων υποσυστημάτων, θα ήταν λογικό να οριστεί η αποτελεσματικότητα του συνολικού συστήματος δύο σταδίων ως το μέσο άθροισμα της απόδοσης των επιμέρους υποσυστημάτων ή ο πολλαπλασιασμός των υποσυστημάτων αποτελεσματικότητας των συστημάτων. Έτσι, στη μελέτη των Zha et al., υποθέτουν ότι τόσο το στάδιο παραγωγικότητας όσο και το στάδιο κερδοφορίας, έχουν την ίδια συνεισφορά στη συνολική αποδοτικότητα της τράπεζας και οι σταθμίσεις που αποδίδονται στα δύο στάδια είναι πανομοιότυποι, δηλαδή $\beta_1 = \beta_2 = 0.5$. Μετρούν πρώτα τη λειτουργική αποτελεσματικότητα των τραπεζών, υιοθετώντας το μοντέλο (49), σύμφωνα με την υπόθεση CRS.

Αυτή η υπόθεση σχετίζεται με την ικανότητα των διευθυντών να χρησιμοποιούν τους πόρους των τραπεζών και μπορεί να αντανάκλα τη συνολική αποτελεσματικότητα. Όπως υποστηρίζουν οι Ankiran (1999) και Soteriou & Zenios (1999), απαιτείται

προσοχή, όταν χρησιμοποιείται η διατύπωση VRS και είναι υπέρ της υπόθεσης CRS. Σε άλλες μελέτες, τα μοντέλα DEA, υπό την υπόθεση CRS, χρησιμοποιούνται ευρέως στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των τραπεζών, π.χ. Yang και Liu (2012) και Kao και Liu (2014).

Συνοπτικά, οι Zha et al., πρότειναν, λοιπόν, ένα δυναμικό διμεταβατικό μοντέλο που βασίζεται σε προσέγγιση με μοντέλο ευέλικτης αναποτελεσματικότητας (SBM) για την εξέταση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας των τραπεζών Κίνα κατά την περίοδο 2008-2012. Η λειτουργική διαδικασία των τραπεζών είναι θεωρείται ως μια δυναμική διμεταβατική διαδικασία, η οποία μπορεί να διαχωριστεί στο στάδιο της παραγωγικότητας και στο στάδιο της κερδοφορίας.

Ένα προφανές λειτουργικό χαρακτηριστικό των τραπεζών είναι ότι το μη εξυπηρετούμενο δάνειο ως μεταφερόμενη μεταβλητή συνδέει τα στάδια κερδοφορίας σε δύο διαδοχικές περιόδους, το οποίο αποτελεί έξοδο του σταδίου της προηγούμενης περιόδου και επίσης εισροή του σταδίου της τρέχουσας περιόδου. Με βάση το προτεινόμενο μοντέλο, μπορούν να ληφθούν ταυτόχρονα αποδόσεις περιόδου, σταδίου και περιόδου. Δεδομένου ότι το προτεινόμενο μοντέλο λαμβάνει ταυτόχρονα υπόψη την εσωτερική δομή της λειτουργικής διαδικασίας των τραπεζών και τη δυναμική επίδραση των μεταβλητών μεταφοράς, μπορεί να εντοπίσει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις πηγές αναποτελεσματικότητας στις τράπεζες από ό,τι τα υπάρχοντα μοντέλα DEA.

4.18. Μοντέλο συγκριτικής αξιολόγησης δύο βημάτων

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των εκτιμητών που βασίζονται στην DEA, είναι η ικανότητά τους να θέτουν στόχους που επιτρέπουν σε μια αξιολογούμενη τράπεζα να βελτιώσει την αποτελεσματικότητά της.

Ωστόσο, όπως δείχνουν οι Chen και Wang (2020), οι εκτιμήσεις βάσει DEA για τον καθορισμό στόχων μπορεί να είναι μη ρεαλιστικές στις περισσότερες περιπτώσεις. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι προέρχονται από τη μεγιστοποίηση των πιθανών βελτιώσεων.

Ομοίως, οι Ramón et al. (2018) τονίζουν ότι οι μη ρεαλιστικοί στόχοι που έχουν τεθεί από τους εκτιμητές DEA καθιστούν αδύνατον, για μια μονάδα λήψης αποφάσεων

(DMU), να επιτύχει τους εκτιμώμενους στόχους αναφοράς λόγω της ζήτησης για υψηλή μείωση (αύξηση) στις εισροές (εκροές) (Lozano & Villa 2005).

Τα μοντέλα που ακολουθούν την προσέγγιση που βασίζεται στους πλησιέστερους στόχους έχουν συμβάλει σημαντικά στη DEA ως εργαλείο για τη συγκριτική αξιολόγηση βέλτιστων πρακτικών των DMUs. Αυτά τα μοντέλα μπορεί να βοηθήσουν στον καθορισμό σχεδίων για βελτίωση που απαιτούν λιγότερη προσπάθεια από τις DMU. Ωστόσο, στην πράξη βρίσκουμε συχνά περιπτώσεις κακής απόδοσης, για τις οποίες οι πλησιέστεροι στόχοι εξακολουθούν να είναι ανέφικτοι.

Για αυτές τις DMU, οι Ramón et al. (2018) προτείνουν μια διαδικασία συγκριτικής αξιολόγησης δύο σταδίων (the two-step benchmarking model), στο πνεύμα του εξαρτώμενου από το περιβάλλον, μοντέλου DEA και εκείνων των μοντέλων, που ελαχιστοποιούν την απόσταση από τα αποδοτικά σύνορα DEA. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει τον καθορισμό πιο ρεαλιστικά επιτεύξιμων στόχων βραχυπρόθεσμα. Επιπλέον, μπορεί να προσφέρει διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις, για τον προγραμματισμό βελτιώσεων που κατευθύνονται προς αποτελεσματικούς στόχους DEA, οι οποίοι μπορούν να θεωρηθούν ότι αντιπροσωπεύουν βελτιώσεις σε μακροπρόθεσμη προοπτική. Έτσι, η διαδοχική προσέγγιση παρέχει στους μάνατζερ ένα εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων, για το σχεδιασμό στρατηγικών συνεχούς βελτίωσης, που βασίζονται σε εφικτούς στόχους, μαθαίνοντας από καλύτερες πρακτικές άλλων ως έμπειρο σύστημα.

Παρά τη χρησιμότητά τους για τη συγκριτική αξιολόγηση, τα μοντέλα DEA θέτουν μη ρεαλιστικούς στόχους, με την έννοια ότι αντιπροσωπεύουν σχέδια που απέχουν πολύ από τις πραγματικές επιδόσεις. Από αυτή την άποψη, τα μοντέλα που ελαχιστοποιούν την απόσταση από τις DMUs έως τα αποδοτικά σύνορα DEA έχουν σημειώσει σημαντική πρόοδο σε σχέση με τα κλασικά προσθετικά μοντέλα DEA, τα οποία μεγιστοποιούν τις χαλαρώσεις. Αυτά τα μοντέλα παρέχουν μια κατάλληλη προσέγγιση για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, επειδή επιδιώκουν να θέσουν στόχους που επιτρέπουν στις DMU να επιτύχουν την αποτελεσματικότητα με λιγότερη προσπάθεια (Aparicio et al., 2007; Fukuyama et al., 2014a,b; Aparicio & Pastor, 2014; Aparicio et al., 2017; Ramón et al., 2015; Ruiz et al., 2016; Cook et al., 2017). Ωστόσο, πολύ συχνά οι πλησιέστεροι στόχοι, εξακολουθούν να είναι ανέφικτοι για ορισμένες αναποτελεσματικές DMU, τουλάχιστον βραχυπρόθεσμα.

Μερικοί εκτιμητές έχουν επισημάνει αυτά τα προβλήματα της DEA με τη συγκριτική αξιολόγηση και έχουν εγείρει την ανάγκη νέων προσεγγίσεων για βελτιώσεις σχεδιασμού με βάση τη διαδοχική συγκριτική αξιολόγηση, όπου ο καθορισμός στόχων πραγματοποιείται σε διάφορα στάδια. Για παράδειγμα, ο Zhu (2003) δηλώνει: «Είναι πιθανό ότι μια συγκεκριμένη αναποτελεσματική DMU δεν είναι σε θέση να βελτιώσει αμέσως την απόδοσή της στα σύνορα βέλτιστων πρακτικών πρώτου επιπέδου λόγω περιορισμών όπως διαχείριση τεχνογνωσίας, διαθέσιμοι πόροι, κ.λπ. Επομένως, ενδιάμεσοι (και πιο εύκολα επιτεύξιμοι) στόχοι μπορεί να είναι επιθυμητοί για μια αναποτελεσματική DMU (...) Οι ενδιάμεσοι στόχοι που προκύπτουν είναι τοπικοί στόχοι, ενώ οι στόχοι στα σύνορα βέλτιστων πρακτικών πρώτου επιπέδου (αρχικό) είναι παγκόσμιος στόχος». Οι Lim, Bar και Lee (2011) ισχυρίζονται «Είναι πολύ πιθανό να είναι πρακτικά ανέφικτο για μια αναποτελεσματική DMU για να επιτευχθεί η αποτελεσματικότητα του στόχου σε ένα μόνο βήμα. Δηλαδή, εάν η αναποτελεσματική DMU απέχει πολύ από το αποδοτικό όριο, θα είναι αδύνατο για να φτάσετε στα σύνορα με μία μόνο κίνηση, η πιο λογική εναλλακτική είναι να κάνετε σταδιακές βελτιώσεις για να φτάσετε στον στόχο». Οι Lozano και Villa (2010) τονίζουν ότι «Στην DEA μια αναποτελεσματική μονάδα μπορεί να προβληθεί σε αποτελεσματικός στόχος που είναι πολύ μακριά, δηλαδή η επίτευξη του στόχου μπορεί να απαιτεί μεγάλες μειώσεις στις εισροές και αυξήσεις στις εκροές. Όταν οι προγραμματισμένες τροποποιήσεις εισροών και εκροών είναι μεγάλες, μπορεί να είναι ενοχλητικό να τις πραγματοποιήσετε όλες ταυτόχρονα».

Οι Ramón et al., προτείνουν μια συγκριτική αξιολόγηση δύο σταδίων που καθορίζεται από μερικά ένθετα αποτελεσματικά σύνορα DEA, ακολουθώντας μια προσέγγιση που βασίζεται στους πλησιέστερους στόχους. Έτσι, το διακριτικό χαρακτηριστικό σε σχέση με άλλες σταδιακές προσεγγίσεις συγκριτικής αξιολόγησης, που βασίζονται σε εξαρτώμενη, από το περιβάλλον DEA, είναι ότι χρησιμοποιούν μοντέλα που ελαχιστοποιούν την απόσταση από τα αποτελεσματικά σύνορα που σχετίζονται με τα διαφορετικά επίπεδα απόδοσης. Δηλαδή, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στο γεγονός ότι οι βελτιώσεις θα πρέπει να απαιτούν όσο το δυνατόν λιγότερη προσπάθεια από τις DMU. Επιπλέον, επιδιώκουν επίσης να βρουν στόχους που να είναι αποτελεσματικοί με την αποδοτικότητα εισροών κατά Pareto. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η προσέγγισή τους αναπτύσσεται στο πλαίσιο μη ακτινικών μοντέλων. Όπως αναφέρουν οι Θανασούλης et al., (2008), τα μη ακτινικά μοντέλα, είναι τα κατάλληλα μέσα για τον καθορισμό στόχων και τη συγκριτική αξιολόγηση.

Σε όλη την εργασία τους υποθέτουν ότι έχουμε n DMU που χρησιμοποιούν m εισροές για την παραγωγή s εκροών. Αυτές συμβολίζονται με (X_j, Y_j) , $j = 1, \dots, n$. Υποτίθεται ότι $X_j = (x_{1j}, \dots, x_{mj}) \geq 0$, $X_j \neq 0$, $j = 1, \dots, n$, και $Y_j = (y_{1j}, \dots, y_{sj}) \geq 0$, $Y_j \neq 0$, $j = 1, \dots, n$.

Για λόγους συγκριτικής αξιολόγησης, θεωρείται, επίσης, ότι το σύνολο δυνατοτήτων παραγωγής (PPS) $T = \{(X, Y) / X \text{ μπορεί να παράγει } Y\}$ ικανοποιεί τα κλασικά αξιώματα: κυρτότητα, μεταβλητές επιστροφές στην κλίμακα (VRS) και ελεύθερη διάθεση. Επομένως, το T μπορεί να χαρακτηριστεί ως εξής $T = \{(X, Y) / X \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j, Y \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0\}$.

Ακολουθώντας τους Ramón et al. (2018), για την ανάπτυξη της συγκριτικής αξιολόγησης δύο σταδίων, θεωρούμε δύο αποτελεσματικά σύνορα DEA. Έστω $\partial(T)$ το αποδοτικό σύνορο Pareto που σχηματίζεται από τα αποδοτικά DMU του T . Σημειώνουμε με E το σέτ που αποτελείται από εκείνα τα DMU, τα οποία βρίσκονται σε ένα πρώτο επίπεδο απόδοσης. Ομοίως, αν υποδηλώσουμε με TI το σύνολο των DMU στο T που προκύπτει από την παράλειψη αυτών στο E , τότε μπορούμε να θεωρήσουμε το αποδοτικό σύνορο 2ου επιπέδου $\partial(TI)$ (με την έννοια του Pareto), το οποίο είναι το σύνορο που σχηματίζεται από τα αποδοτικά DMU του TI (δηλαδή με EI αυτό το σύνολο αποδοτικών μονάδων). Προφανώς, και τα δύο σύνορα είναι φωλιασμένα. Οι DMU σε ένα δεύτερο επίπεδο απόδοσης μπορούν να συγκριθούν με αυτά του πρώτου επιπέδου. Επομένως, για κάθε DMU0 στο $\partial(TI)$, οι στόχοι $(\hat{X}_0, \hat{Y}_0)$ μπορούν να τεθούν χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο που ελαχιστοποιεί την απόσταση έως το $\partial(T)$ όπως το παρακάτω:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \| (X_0, Y_0) - (\hat{X}_0, \hat{Y}_0) \|_1^\omega \\ \text{s.t. :} \quad & (\hat{X}_0, \hat{Y}_0) \in \partial(T) \\ & (\hat{X}_0, \hat{Y}_0) \text{ dominates } (X_0, Y_0) \end{aligned} \quad (50)$$

Λαμβάνοντας υπόψη τον χαρακτηρισμό του $\partial(T)$ ως προς ένα σύνολο γραμμικών περιορισμών (π.χ., Aparicio et al., 2007), διαμορφώνεται η ακόλουθη λειτουργική διατύπωση του μοντέλου (50), η οποία εκφράζεται με όρους των συνηθισμένων slacks

$$\begin{aligned}
\text{Min} \quad & \sum_{i=1}^m \frac{s_{i0}^{E-}}{x_{i0}} + \sum_{r=1}^s \frac{s_{r0}^{E+}}{y_{r0}} \\
\text{s.t. :} \quad & \sum_{j \in E} \lambda_j^E x_{ij} = x_{i0} - s_{i0}^{E-} \quad i = 1, \dots, m \\
& \sum_{j \in E} \lambda_j^E y_{rj} = y_{r0} + s_{r0}^{E+} \quad r = 1, \dots, s \\
& \sum_{j \in E} \lambda_j^E = 1 \\
& -\sum_{i=1}^m v_i^E x_{ij} + \sum_{r=1}^s u_r^E y_{rj} + u_0^E + d_j^E = 0 \quad j \in E \\
& v_i^E x_{i0} \geq 1 \quad i = 1, \dots, m \\
& u_r^E y_{r0} \geq 1 \quad r = 1, \dots, s \\
& d_j^E \leq M^E b_j^E \quad j \in E \\
& \lambda_j^E \leq M^E (1 - b_j^E) \quad j \in E \\
& s_{i0}^{E-} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \\
& s_{r0}^{E+} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \\
& \lambda_j^E, d_j^E \geq 0 \quad j \in E \\
& b_j^E \in \{0, 1\} \quad j \in E \\
& u_0^E \text{ free}
\end{aligned} \tag{51}$$

M^E είναι μια μεγάλη θετική ποσότητα. Επομένως, χρησιμοποιώντας τις βέλτιστες λύσεις οι στόχοι $(\hat{X}_0^*, \hat{Y}_0^*)$ μπορούν να είναι ως εξής:

$$\begin{aligned}
\hat{X}_0^* &= X_0 - S_0^{E-*} \left(= \sum_{j \in E} \lambda_j^{E*} X_j \right) \\
\hat{Y}_0^* &= Y_0 + S_0^{E+*} \left(= \sum_{j \in E} \lambda_j^{E*} Y_j \right)
\end{aligned} \tag{52}$$

Και πάλι, η ιδέα είναι, ότι οι στόχοι ορίζουν κατευθύνσεις βελτίωσης που απαιτούν όσο το δυνατόν λιγότερη προσπάθεια από την DMU_0 . Όσον αφορά τον σταθμισμένο κανόνα L1, θα πρέπει να εξεταστεί η ελαχιστοποίηση και των δύο:

$$\begin{aligned} \|(X_0, Y_0) - (\hat{X}_0^l, \hat{Y}_0^l)\|_1^\omega &= \sum_{i=1}^m \frac{x_{i0} - \hat{x}_{i0}^l}{x_{i0}} + \sum_{r=1}^s \frac{\hat{y}_{r0}^l - y_{r0}}{y_{r0}} \\ \|(\hat{X}_0^l, \hat{Y}_0^l) - (\hat{X}_0, \hat{Y}_0)\|_1^\omega &= \sum_{i=1}^m \frac{\hat{x}_{i0}^l - \hat{x}_{i0}}{x_{i0}} + \sum_{r=1}^s \frac{\hat{y}_{r0} - \hat{y}_{r0}^l}{y_{r0}} \end{aligned} \quad (53)$$

Το συμπέρασμα είναι ότι η DEA αξιολογεί την απόδοση των μονάδων λήψης αποφάσεων από μια προοπτική συγκριτικής αξιολόγησης μέσω του καθορισμού στόχων στα σύνορα βέλτιστης πρακτικής που σχηματίζεται από αποτελεσματικές μονάδες, με τρόπο ώστε να μπορούν να αξιολογηθούν με άλλες. Η DEA είναι επομένως ένα εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της διαχείρισης όσο και για τον σχεδιασμό διαχείρισης. Στην πράξη, ο εντοπισμός των κατάλληλων σημείων αναφοράς και ο καθορισμός στόχων που μπορούν να υλοποιηθούν γίνονται βασικά ζητήματα για την παρακολούθηση και τον σχεδιασμό βελτιώσεων. Τα μοντέλα DEA που ελαχιστοποιούν την απόσταση από τα σύνορα και, επομένως, βρίσκουν τους πλησιέστερους στόχους, οδήγησαν σε βελτίωση αυτής της μεθοδολογίας στη χρήση της για σκοπούς συγκριτικής αξιολόγησης, επειδή δείχνουν κατευθύνσεις για βελτίωση που απαιτούν λιγότερη προσπάθεια από τους DMU.

4.19. Μοντέλα ευέλικτης αποτελεσματικότητας και σταθμισμένης ευέλικτης αποτελεσματικότητας

Όπως φαίνεται από τους Fukuyama et al. (2021), επιτυγχάνονται τέτοιοι μη ρεαλιστικοί στόχοι αναφοράς δεδομένου ότι οι τράπεζες αξιολογούνται με βάση το «απώτατο» αποτελεσματικό σημείο. Υπάρχουν πειστικά στοιχεία που δείχνουν ότι οι τράπεζες δεν λειτουργούν με σταθερές αποδόσεις σε κλίμακες (Wheelock & Wilson, 2001, 2012).

Για την εκτίμηση των μετρήσεων των οικονομιών κλίμακας και του μείγματος προϊόντων, πρέπει να καθοριστεί ένα μοντέλο τραπεζικού κόστους. Συνήθως, οι

τράπεζες θεωρούνται ότι μετατρέπουν διάφορους χρηματοοικονομικούς πόρους, καθώς και εργατικά και φυσικά εργοστάσια, σε δάνεια, άλλες επενδύσεις και, μερικές φορές, καταθέσεις. Αυτό γίνεται με την προσέγγιση της «διαμεσολάβησης», η οποία μετρά τα αποτελέσματα ως προς τα δάνεια και τις καταθέσεις. (Wheelock et al., 2001).

Η εργασία των Berger και Mester (1997) υποδηλώνει ότι οι σχέσεις του τραπεζικού κόστους έχουν αλλάξει από τη δεκαετία του 1980 και βρίσκουν ενδείξεις οικονομιών μεγαλύτερης κλίμακας στη δεκαετία του 1990 από ό,τι άλλες εκτιμήσεις για τις τράπεζες σε προηγούμενες περιόδους. Οι διαφορές στη μεθοδολογία εκτίμησης θα μπορούσαν επίσης να ευθύνονται για ορισμένες από τις διαφορές στις εκτιμήσεις των οικονομιών κλίμακας και μείγματος προϊόντων μεταξύ των μελετών. Οι McAllister και McManus (1993) σημειώνουν ότι οι εκτιμήσεις των οικονομιών κλίμακας που προκύπτουν από την προσαρμογή μιας συνάρτησης translog στο τραπεζικό κόστος μπορεί να είναι μεροληπτικές και, στο δείγμα τους, εκτιμούν ότι οι οικονομίες κλίμακας εξαντλούνται σε πολύ χαμηλότερο επίπεδο παραγωγής όταν η μεταγραφή είναι κατάλληλη για το τραπεζικό κόστος από όταν χρησιμοποιούνται ημι-και μη παραμετρικοί εκτιμητές για την προσαρμογή των δεδομένων. Λόγω των πιθανών προκαταλήψεων που σχετίζονται με τη χρήση της συνάρτησης translog, η ευέλικτη λειτουργική μορφή Fourier έχει γίνει μια δημοφιλής εναλλακτική μέθοδος προσαρμογής δεδομένων τραπεζικού κόστους.

Αντίθετα, οι Wheelock και Wilson (2001) χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο δείγμα, συμπεριλαμβανομένων τραπεζών όλων των μεγεθών, απέφυγαν πιθανά ψευδή ευρήματα που σχετίζονται με την εκτίμηση οικονομιών κλίμακας με περιορισμένα δείγματα. Επειδή ούτε η συνάρτηση translog ούτε η ευέλικτη λειτουργική μορφή Fourier, έχουν προβλήματα εκτίμησης ή τη δυνατότητα εισαγωγής προκαταλήψεων, υπολόγισαν επίσης οικονομιές κλίμακας και μείγματος προϊόντων χρησιμοποιώντας παλινδρόμηση πυρήνα και τοπική εξομάλυνση πολωνύμων. Αν και καμία μεθοδολογία εκτίμησης δεν είναι απαλλαγμένη από προβλήματα, η παλινδρόμηση πυρήνα και η τοπική εξομάλυνση, φαίνονται ιδιαίτερα κατάλληλες τεχνικές για την εκτίμηση της κλίμακας και τη μίξη των οικονομιών στον τραπεζικό τομέα, τόσο λόγω της τοπικής φύσης τους, όσο και επειδή οι στατιστικές ιδιότητες αυτών των εκτιμητών είναι καλά εδραιωμένες.

Δεδομένων αυτών των πιθανών προβλημάτων αναφοράς που σχετίζονται με τα παραδοσιακά μέτρα DEA, η σχετική βιβλιογραφία έχει αναπτύξει διάφορες εναλλακτικές μεθοδολογικές εργασίες πλαισίου – (εναλλακτικά μεθοδολογικά πλαίσια)

για την αξιολόγηση των DMU στο «πλησιέστερο» σημείο τους στα αποτελεσματικά σύνορα. Συγκεκριμένα, ένας μεγάλος αριθμός μελετών έχει αναπτύξει μοντέλα ελάχιστης απόστασης παρέχοντας εργαλεία αναφοράς, τα οποία οι DMU αξιολογούνται στο πλησιέστερο σημείο του εκτιμώμενου αποδοτικού ορίου (Aparicio et al, 2017 & 2007; Fukuyama, 2014; Ramón et al., 2018; Zhu et al., 2018).

Οι Aparicio et al. (2007), οι οποίοι προσπάθησαν να δημιουργήσουν ένα πλαίσιο ελάχιστης απόστασης, εξέτασαν την απόσταση L_p , η οποία κατασκευάζεται σε σχέση με ευέλικτες. Για $p = 1$, οι Aparicio et al. (2007) εξέτασαν τις εκδόσεις της ελάχιστης απόστασης των μοντέλων ευέλικτης αποτελεσματικότητας και σταθμισμένης ευέλικτης αποτελεσματικότητας.

Μια γενική προσέγγιση για την εύρεση των πλησιέστερων στόχων για μια DMU

Το μοντέλο που προτείνεται από τους Aparicio et al.. (2007) έχει ως εξής:

Θεωρούμε ότι έχουμε την DMU που χρησιμοποιούν m εισροές για να παράγουν s εκροές. Αυτές συμβολίζονται με $(X_j, Y_j,)$ $j = 1, \dots, n$.

Υποτίθεται ότι $X_j = (x_{1j}, \dots, x_{mj}) \geq 0$, $X_j \neq 0, j = 1, \dots, n$. και $Y_j = (y_{1j}, \dots, y_{sj}) \geq 0$, $Y_j \neq 0, j = 1, \dots, n$.

Η σχετική απόδοση κάθε DMU_0 στο δείγμα αξιολογείται με αναφορά στο λεγόμενο σύνολο δυνατοτήτων παραγωγής $T = \{(X,Y)/X \text{ μπορεί να παράγει } Y\}$ που κατασκευάζεται εμπειρικά από τις παρατηρήσεις υποθέτοντας πολλά αξιώματα (Banker, 1984).

$$T = \left\{ (X,Y) / X \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j, Y \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j, \lambda_j \geq 0, Y \geq 0 \right\} \quad (54)$$

$(X,Y) \in D_0 \Leftrightarrow \exists \lambda_j, d_j \geq 0, b_j \in \{0, 1\}, j \in E, v_i \geq 1,$
 $i = 1, \dots, m, \mu_r \geq 1, r = 1, \dots, s,$
 $s_{i0}^- \geq 0, i = 1, \dots, m, \text{ and } s_{r0}^+ \geq 0, r = 1, \dots, s, \text{ such that}$

$$X = \sum_{j \in E} \lambda_j X_j \quad (t.1)$$

$$Y = \sum_{j \in E} \lambda_j Y_j \quad (t.2)$$

$$\sum_{j \in E} \lambda_j x_{ij} = x_{i0} - s_{i0}^- \quad i = 1, \dots, m \quad (t.3)$$

$$\sum_{j \in E} \lambda_j y_{rj} = y_{r0} + s_{r0}^+ \quad r = 1, \dots, s \quad (t.4)$$

$$-\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} + d_j = 0 \quad j \in E \quad (t.5)$$

$$d_j \leq M b_j \quad j \in E \quad (t.6)$$

$$\lambda_j \leq M(1 - b_j) \quad j \in E \quad (t.7)$$

(55)

Τα κύρια χαρακτηριστικά της προσέγγισης αυτής είναι οι ακόλουθες: α) είναι μια γενική προσέγγιση η οποία, ειδικότερα, οδηγεί στους στόχους που επιδιώκονται από άλλες υφιστάμενες προσεγγίσεις που βασίζονται στην ομοιότητα, β) εγγυάται ότι επιτυγχάνεται το πλησιέστερο σημείο προβολής στο όριο αποδοτικότητας εισροών Pareto, και γ) είναι εύκολο στη χρήση του, με την έννοια ότι περιλαμβάνει μόνο την επίλυση ενός μοναδικού μικτού ακέραιου προγραμματισμού (MIP), που αποδίδει άμεσα τους πλησιέστερους στόχους, σε αντίθεση με τις διαδικασίες πολλαπλών σταδίων που βασίζονται σε αλγόριθμους που προορίζονται για την αναγνώριση όλων των πτυχών του αποτελεσματικού συνόρου.

Οι Zhu et al. (2018) τροποποιώντας το αποτέλεσμα των Fukuyama et al. (2014), υπολόγισαν ένα μοντέλο RAM ελάχιστης απόστασης που ικανοποιεί την έντονα μονοτονική ιδιότητα απόδοσης.

Ο Lozano (2016) υποστηρίζει ότι τα μοντέλα τραπεζικής αποτελεσματικότητας θα πρέπει να περιλαμβάνουν κακή απόδοση (μη εξυπηρετούμενα δάνεια – NPLs). Η πλειονότητα των μοντέλων της βιβλιογραφίας για την αποδοτικότητα των τραπεζών για κακές εκροές χρησιμοποιεί την υπόθεση αδύναμης διαθεσιμότητας είτε χρησιμοποιώντας το πλαίσιο των Färe και Grosskopf, (2003) είτε του Kuosmanen (2005).

4.20. Μοντελοποίηση της ασθενούς απορριπτικότητας

Ο Lozano (2016) υποστηρίζει ότι τα μοντέλα τραπεζικής αποτελεσματικότητας θα πρέπει να περιλαμβάνουν κακή απόδοση (μη εξυπηρετούμενα δάνεια – NPLs). Η πλειονότητα των μοντέλων της βιβλιογραφίας για την αποδοτικότητα των τραπεζών για κακές εκροές χρησιμοποιεί την υπόθεση αδύναμης διαθεσιμότητας είτε χρησιμοποιώντας το πλαίσιο των Färe και Grosskopf, (2003) είτε του Kuosmanen, (2005).

Η προσέγγιση αναποτελεσματικότητας που βασίζεται σε μη ακτινωτά slacks των Fukuyama et al. έχει επεκταθεί σε γενικά δίκτυα του διαδικασίες, που ενσωματώνουν την προσέγγιση WD των κακών εκροών που προτείνεται στο Kuosmanen (2005). Αυτό οδηγεί σε ένα συμπαγές, απλό μοντέλο LP NDEA που μπορεί να προσδιορίσει όλες τις πηγές αναποτελεσματικότητας, να καθορίσει μεμονωμένες βαθμολογίες SBI για τις διαφορετικές διεργασίες καθώς και μια συνολική τιμή GNSBI για κάθε DMU και να υπολογίσει τιμές-στόχους για όλες τις μεταβλητές.

Οι περισσότερες μελέτες εξετάζουν συστήματα δύο σταδίων σε σειρά, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις (Avkiran, 2009; Matthews, 2013; Lin & Chiu, 2013; Jalali et al., 2013; Ebrahimnejad et al, 2014), εξετάζονται τρεις ή και τέσσερις διαδικασίες. Υπάρχουν μερικές μελέτες με παράλληλη δομή διαδικασίας, όπως η μελέτη κοινών εισροών των Cook et al.(2000) ή η περιοδική μελέτη των Kao και Liu (2014). Οι κοινές εισροές εξετάστηκαν επίσης από τους Zha και Liang (2010) και Jalali, Naini et al.(2013). Αυτό είναι συχνά απαραίτητο όταν η κατανάλωση εισροής κάθε διεργασίας δεν είναι γνωστή, έτσι ώστε να θεωρείται ότι είναι κοινόχρηστη. Πολλαπλές περιόδους εξετάστηκαν, επίσης από τους Akther et al., (2015). Αλλά, πιθανώς, οι πιο εξελιγμένες τραπεζικές εφαρμογές NDEA είναι οι δυναμικές προσεγγίσεις NDEA στους Fukuyama & Weber (2013) και Avkiran (2015), αμφότερες εξετάζουν δύο μεταφορές μεταξύ περιόδων, μη εξυπηρετούμενα δάνεια (NPL) και αχρησιμοποίητα περιουσιακά στοιχεία στην περίπτωση των Fukuyama και Weber (2013) και NPL και αναλογία άκαρπων παραπομπών στην περίπτωση του Avkiran (2015). Όσον αφορά τις εισροές, τις εκροές και τα ενδιάμεσα προϊόντα που εξετάζονται, υπάρχει σίγουρα μια σημαντική ποικιλία στη βιβλιογραφία. Γενικά, φαίνεται ότι οι προσεγγίσεις NDEA επιτρέπουν την ενσωμάτωση του τις απόψεις παραγωγής και διαμεσολάβησης, με ένα πρώτο στάδιο που χρησιμοποιεί εργασία, φυσικό κεφάλαιο και ίδια κεφάλαια για τη δημιουργία

καταθέσεων, οι οποίες στη συνέχεια χρησιμοποιούνται από ένα δεύτερο στάδιο για τη δημιουργία δανείων.

Για ευνόητους λόγους, οι μελέτες που μας ενδιαφέρουν περισσότερο στην παρούσα εργασία είναι εκείνες που θεωρούν ορισμένα ανεπιθύμητα αποτελέσματα, συνήθως NPL [(επισημασμένες απαιτήσεις στη μελέτη των Ashrafi και Jaafar, (2011), επισφαλή δάνεια στους Akther et al., (2013) και καθυστερήσεις δανείων στους Ebrahimnejad et al. (2014)]. Ο Matthews (2013) θεώρησε, επίσης, τα NPL ως μεταβλητή εισροής και οι Wang et al. (2014) πραγματοποίησαν μια αντίστροφη μετάφραση του NPL, έτσι ώστε να μπορεί να αντιμετωπιστεί ως επιθυμητό αποτέλεσμα.

Ως εκ τούτου, ο Lozano (2006), αναφέρει ότι μόνο έξι μελέτες στην τραπεζική βιβλιογραφία του NDEA εξετάζουν συγκεκριμένα ανεπιθύμητα αποτελέσματα και ως εκ τούτου μπορούν να τα ονομάσουν NDEA-UO. Δύο από αυτούς, οι Fukuyama & Weber και Akther et al. (2013) χρησιμοποίησαν μια προσέγγιση διμεταβατική NSBI στο πλαίσιο του CRS και λαμβάνοντας υπόψη την ασθενή απορριπτικότητα (WD). Οι Ashrafi και Jaafar (2011) χρησιμοποίησαν μια διατύπωση πολλαπλασιαστική VRS, WAED (weighted additive efficiency decomposition) και είναι, μαζί με τους Ebrahimnejad et al. (2014), οι μόνες μελέτες, μεταξύ αυτών των έξι, που στόχευαν στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των τραπεζικών υποκαταστημάτων. Οι υπόλοιπες αντιστοιχούν σε αξιολογήσεις της τραπεζικής αποτελεσματικότητας. Οι Fukuyama και Weber (2013), χρησιμοποίησαν μια προσέγγιση CRS, DDF, δυναμική NDEA που θεωρούσε έναν ορίζοντα τριών διαδοχικών περιόδων. Τέλος, οι Ebrahimnejad et al. (2014) χρησιμοποίησαν ένα VRS, σταθμισμένο μοντέλο DEA ημιακτινικής περιβάλλουσας χωρίς WD ενώ Οι Huang et al. (2014) χρησιμοποίησαν ένα VRS, μη προσανατολισμένο, εξαιρετικά αποδοτικό NSBM προσέγγιση, επίσης χωρίς WD.

Η ασθενής απορριπτικότητα των εκροών σημαίνει ότι οι επιχειρήσεις μπορούν να μειώσουν τις επιβλαβείς εκπομπές μειώνοντας το επίπεδο δραστηριότητας. Η μοντελοποίηση της ασθενούς απορριπτικότητας στη μη παραμετρική ανάλυση παραγωγής έχει προκαλέσει κάποια σύγχυση. Αυτό το άρθρο εντοπίζει ένα δίλημμα σε αυτές τις προσεγγίσεις: οι συμβατικές συνθέσεις υποθέτουν σιωπηρά και ακούσια ότι όλες οι εταιρείες εφαρμόζουν ομοίομορφους παράγοντες μείωσης. Ωστόσο, είναι συνήθως οικονομικά αποδοτικό να μειώνουν τις εκπομπές σε εκείνες τις επιχειρήσεις, όπου το οριακό κόστος μείωσης είναι χαμηλότερο. Ο Kuosmanen το 2005 παρουσίασε

μια απλή διατύπωση ασθενούς απορριπτικότητας (WD) που επιτρέπει μη ομοιόμορφους παράγοντες μείωσης και διατηρεί τη γραμμική δομή του μοντέλου.

Η μοντελοποίηση ανεπιθύμητων εκροών (όπως οι εκπομπές επιβλαβών ουσιών στον αέρα, το νερό και το έδαφος) και άλλες επιζήμιες παρενέργειες των παραγωγικών δραστηριοτήτων (όπως ο θόρυβος) έχει προσελκύσει μεγάλη προσοχή μεταξύ των οικονομολόγων παραγωγής. Μια κοινή προσέγγιση είναι να αντιμετωπίζονται οι επιζήμιες μεταβλητές ως εισροές, με βάση το οικονομικό επιχείρημα ότι τόσο οι εισροές όσο και οι επιζήμιες παρενέργειες συνεπάγονται κόστος για μια επιχείρηση και επομένως οι επιχειρήσεις συνήθως ενδιαφέρονται να μειώσουν και τους δύο τύπους μεταβλητών όσο το δυνατόν περισσότερο (Cropper και Oates, 1992).

Από τεχνική άποψη, ωστόσο, οι εκπομπές στο περιβάλλον αντιπροσωπεύουν συνήθως αποτελέσματα για μια επιχείρηση. Σύμφωνα με τους Fare και Grosskopf (2003, 2004), η αντιμετώπιση των ανεπιθύμητων εκροών ως εισροών δεν συνάδει με τους φυσικούς νόμους και τα τυπικά αξιώματα της θεωρίας παραγωγής. Αυτοί οι ερευνητές υποστηρίζουν μια εναλλακτική προσέγγιση που μοντελοποιεί τις ανεπιθύμητες εκπομπές ως εκροές, επιβάλλοντας την υπόθεση ότι αυτές οι ανεπιθύμητες εκροές είναι ασθενώς αναλώσιμες. Η ασθενής δυνατότητα χρήσης σημαίνει γενικά ότι είναι δυνατό να μειωθούν οι εκπομπές μειώνοντας το επίπεδο της παραγωγικής δραστηριότητας.

Αυτές οι δύο προοπτικές είχαν συζητηθεί κριτικά από τους Hailu και Veeman (2001), Fare και Grosskopf (2003) και Hailu (2003). Αυτή η συζήτηση, συνέβαλε ουσιαστικά στην κατανόηση του σημαντικού ρόλου που διαδραματίζει η διάθεση ανεπιθύμητων προϊόντων. Η λειτουργικότητα της ασθενούς απορριπτικότητας στην εμπειρική ανάλυση παραγωγής ήταν κεντρικό θέμα αυτής της συζήτησης. Ενώ αυτή η ιδιότητα είναι θεωρητικά καλά καθορισμένη και διαισθητικά προφανής, η αντιμετώπισή της στην ανάλυση δραστηριότητας (ή στην DEA) έχει υποστεί πολλές παρερμηνείες και παραφράσεις.

Δυστυχώς, η συμβατική προδιαγραφή ανάλυσης δραστηριότητας της ασθενούς απορριπτικότητας εξακολουθεί να περιλαμβάνει μια περιοριστική, ακούσια υπόθεση, η οποία έχει περάσει απαρατήρητη μέχρι στιγμής. Ο Kuosmanen στη μελέτη του, για να γίνει πιο σαφής, εξέτασε τη μείωση της ρύπανσης που επιτυγχάνεται μέσω της μείωσης του επιπέδου δραστηριότητας της επιχείρησης. Η μείωση του επιπέδου δραστηριότητας μειώνει τόσο τα καλά όσο και τα κακά αποτελέσματα. Η συμβατική προδιαγραφή ασθενούς απορριπτικότητας (Fare και Grosskopf, 2003), η οποία παρατίθεται

παρακάτω, υποθέτει σιωπηρά ότι όλες οι επιχειρήσεις του δείγματος εφαρμόζουν έναν ομοιόμορφο συντελεστή μείωσης.

$$P^W(\mathbf{x}) = \left\{ (\mathbf{v}, \mathbf{w}) : \begin{aligned} &\theta \sum_{k=1}^K z_k v_{km} \geq v_m, \\ &\quad m = 1, \dots, M \\ &\theta \sum_{k=1}^K z_k w_{kj} = w_j, \quad j = 1, \dots, J \\ &\sum_{k=1}^K z_k x_{kn} \leq x_n, \quad n = 1, \dots, N \\ &z_k \geq 0, \quad k = 1, \dots, K \\ &\sum_{k=1}^K z_k = 1 \\ &0 \leq \theta \leq 1 \end{aligned} \right\}.$$

Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τη συνήθη περιβαλλοντική-οικονομική σοφία της εστίασης των προσπαθειών μείωσης σε εκείνες τις επιχειρήσεις όπου το κόστος μείωσης είναι χαμηλότερο. Για παράδειγμα, εάν οι εκπομπές νιτρικών στη γεωργία έπρεπε να μειωθούν με τη μείωση του επιπέδου δραστηριότητας, θα ήταν λογικό να στοχεύσουμε τις προσπάθειες μείωσης σε εκείνες τις καλλιέργειες ή γεωγραφικές περιοχές όπου το κόστος ευκαιρίας είναι χαμηλότερο, αντί να επιβληθούν ομοιόμορφες μειώσεις της παραγωγής σε όλες τις εκμεταλλεύσεις.

Εκτός από τον εντοπισμό αυτού του διλήμματος, ο σκοπός αυτού του άρθρου είναι να δείξει πόσο ασθενώς η τεχνολογία μιας χρήσης μπορεί να μοντελοποιηθεί έτσι ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν μη ανομοιόμορφοι παράγοντες μείωσης. Η προδιαγραφή μας για αδύναμη διαθεσιμότητα διατηρεί τη γραμμική δομή της τεχνολογίας και, ως εκ τούτου, μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα στην πράξη μέσω των τυπικών αλγορίθμων γραμμικού προγραμματισμού και πακέτων λογισμικού. Τα αποτελέσματα είναι άμεσα εφαρμόσιμα σε όλους τους τομείς της οικονομίας όπου χρησιμοποιούνται μοντέλα ανάλυσης δραστηριότητας, όπως για παράδειγμα μέτρηση παραγωγικότητας και αποδοτικότητας, εκτίμηση συναρτήσεων κόστους μείωσης σε επίπεδο επιχείρησης και κλάδου, δοκιμή υποθέσεων συμπεριφοράς και παραδοχών παραγωγής και πρόβλεψης απαντήσεων των επιχειρήσεων στη ρύθμιση των εκπομπών.

4.21. Ανάλυση μοντέλου του Kuosmanen

Ακολουθώντας τη σημειογραφία των Hailu και Veeman, τα μεγέθη εισόδου αντιπροσωπεύονται από το διάνυσμα $x = (x_1, \dots, x_N) \in \mathbb{R}_+^N$, η επιθυμητή ή καλή εκροή κατά $v = (v_1, \dots, v_M) \in \mathbb{R}_+^M$, και οι μη επιθυμητές εκροές κατά $w = (w_1, \dots, w_J) \in \mathbb{R}_+^J$. Η τεχνολογία παραγωγής χαρακτηρίζεται από σύνολο παραγωγής $Y = \{(v, w, x) \mid \text{Το } x \text{ μπορεί να παράγει } (v, w)\}$, ή εναλλακτικά, από το σύνολο εκροών $P(x) = \{(v, w) \mid (v, w, x) \in Y\}$. Σύμφωνα με τον Shephard (1970), η ασθενής απορριπτικότητα ορίζεται ως εξής: Οι εκροές είναι ασθενώς αναλώσιμες εάν $(v, w) \in P(x)$ και $0 \leq \theta \leq 1$ υποδηλώνει $(v, w) \in P(x)$.

Εάν η μείωση της ανεπιθύμητης παραγωγής λαμβάνει χώρα μέσω της μείωσης του επιπέδου δραστηριότητας, ο πολλαπλασιαστής θ μπορεί να ερμηνευτεί ως ο συντελεστής μείωσης.

Η έννοια της ασθενούς απορριπτικότητας είναι σημαντική για τη θεωρία της δυαδικότητας, είναι απαραίτητη και επαρκής προϋπόθεση η συνάρτηση απόστασης εξόδου ώστε να είναι πλήρης χαρακτηρισμός της τεχνολογίας (Fare και Primont). Ο ορισμός του Shephard είναι και σαφής και διαισθητικός. Η δυσκολία αφορά την εφαρμογή του σε μοντέλα ανάλυσης δραστηριότητας.

Ο Kuosmanen (2005) υποθέτει ότι παρατηρούνται δεδομένα παραγωγής K εταιρειών. Τα δεδομένα για την εταιρεία $k \in \{1, \dots, K\}$ αντιπροσωπεύονται με διάνυσμα (v^k, w^k, x^k) . Για να επιτρέψουν μη ομοιόμορφους συντελεστές μείωσης μεταξύ των επιχειρήσεων, συμβολίζουν τον συντελεστή μείωσης της εταιρείας k με θ^k . Ακολουθώντας τους Fare και Grosskopf (2003), υποθέτει ότι η ελεύθερη διάθεση των εισροών και των καλών εκροών, η ασθενής διαθεσιμότητα των ανεπιθύμητων εξόδων, η κυρτότητα του Y και οι μεταβλητές αποδόσεις σε κλίμακα. Σύμφωνα με αυτές τις παραδοχές, το εμπειρικό σύνολο εξόδου $\hat{P}(x)$ μπορεί να γραφτεί ως:

$$\hat{\mathbf{P}}(\mathbf{x}) = \left\{ (\mathbf{v}, \mathbf{w}) : \sum_{k=1}^K \theta^k z^k v_m^k \geq v_m, \right. \\ m = 1, \dots, M \\ \sum_{k=1}^K \theta^k z^k w_j^k = w_j, j = 1, \dots, J \\ \sum_{k=1}^K z^k x_n^k \leq x_n, n = 1, \dots, N \\ \sum_{k=1}^K z^k = 1 \\ z^k \geq 0, k = 1, \dots, K \\ \left. 0 \leq \theta^k \leq 1, k = 1, \dots, K \right\}. \quad (56)$$

Η διατύπωση (56) χρησιμοποιεί τις μεταβλητές z ως βάρη έντασης για το σχηματισμό κυρτών συνδυασμών παρατηρούμενων εταιρειών k (με βάση την υπόθεση της κυρτότητας). Οι επιστροφές μεταβλητών στην κλίμακα (VRS) επιβάλλονται από τον περιορισμό ότι οι μεταβλητές έντασης z πρέπει να αθροίζονται έως και 1. Η ελεύθερη διάθεση των εισόδων και των καλών εξόδων μοντελοποιείται μέσω της χρήσης περιορισμών ανισότητας όσον αφορά τα v και x .

Για παράδειγμα, εάν οι δεδομένες εκροές μπορούν να παραχθούν με εισροές $\sum_{k=1}^K z^k x^k$ και ανισότητα $x' \geq \sum_{k=1}^K z^k x^k$ ισχύει, τότε επίσης οι εισροές x' μπορούν παράγουν τις δεδομένες εκροές.

Όσον αφορά την αντιμετώπιση της ασθενούς απορριπτικότητας, δύο παρατηρήσεις αξίζει να σημειωθούν. Πρώτον, ο περιορισμός ισότητας για ανεπιθύμητες εκροές κερδίζει ή εξαλείφει την ισχυρή διαθεσιμότητα. Όπως σωστά επισημάνθηκε από τους Fare και Grosskopf (2003), ωστόσο, ο περιορισμός της ισότητας ως τέτοια δεν αρκούν για τη μοντελοποίηση αδύναμης διαθεσιμότητας: γράφοντας τον δεύτερο περιορισμό του (56) ως $\sum_{k=1}^K z^k w_j^k = w_j$ θα επέβαλε ουσιαστικά "καμία δυνατότητα χρήσης".

Δεύτερον, για να ληφθεί υπόψη η ασθενής απορριπτικότητα, η διατύπωση (56) εισάγει παράγοντες μείωσης θ^k που μειώνουν τόσο τις καλές όσο και τις κακές εκροές κατά το ίδιο κλάσμα, σύμφωνα με τον ορισμό του Shephard. Να σημειωθεί ότι αυτοί οι παράγοντες μείωσης είναι συγκεκριμένοι για την εταιρεία, γεγονός που επιτρέπει την μη ομοιόμορφη μείωση μεταξύ των επιχειρήσεων.

Εν κατακλείδι, η διατύπωση (56) είναι συνεπής με τις παραδοχές παραγωγής που διατηρούνται και τον ορισμό του Shephard για την αδύναμη διαθεσιμότητα.

Συγκρίνοντας τη σύνθεση (56) με τους Fare και Grosskopf (2003, σελ. 1071, εξίσωση (8), προκύπτει ότι η συμβατική σύνθεση εφαρμόζει ομοιόμορφο συντελεστή μείωσης σε όλες τις επιχειρήσεις. Αυτό αντιστοιχεί στην επιβολή ενός περαιτέρω περιορισμού στο μοντέλο $\theta^1 = \theta^2 = \dots = \theta^k$.

Ωστόσο, δεν υπάρχει θεωρητικός λόγος για τον οποίο θα πρέπει να εφαρμόζεται ενιαίος συντελεστής κλιμάκωσης για όλες τις επιχειρήσεις και αυτή η πρόσθετη υπόθεση δεν ισχύει αναφέρεται ρητά στις εφαρμογές ανάλυσης δραστηριότητας. Δεδομένου ότι η συμβατική προδιαγραφή της της ασθενούς απορριπτικότητας επιβάλλει έναν πιο περιοριστικό περιορισμό ομοιόμορφων παραγόντων μείωσης μεταξύ των επιχειρήσεων, τείνει να υποτιμά τις δυνατότητες παραγωγής σύμφωνα με τις αναφερόμενες διατηρούμενες παραδοχές. Αυτό μπορεί να έχει άμεσες συνέπειες για τα αποτελέσματα της ανάλυσης.

Η παραπάνω εξίσωση (56) μπορεί να γραμμικοποιηθεί με απλό αλλά αποτελεσματικό τρόπο. Χωρίζουμε το βάρος έντασης της εταιρείας k σε δύο μέρη ως: $z^k = \lambda^k + \mu^k$.

Η δεύτερη συνιστώσα μ^k αντιπροσωπεύει το μέρος της παραγωγής k 's της επιχείρησης που μειώνεται μέσω της μείωσης του επιπέδου δραστηριότητας (δηλαδή, $\mu^k = (1 - \theta^k)z^k$, ενώ η πρώτη συνιστώσα λ^k αντιπροσωπεύει το μέρος της παραγωγής της επιχείρησης k 's που παραμένει ενεργό (δηλαδή, $\lambda^k = \theta^k z^k$). Σημείωση ότι η αρχική μεταβλητή κλιμάκωσης μπορεί να ανακτηθεί ως $\theta^k = \lambda^k / (\lambda^k + \mu^k)$.

Χρησιμοποιώντας αυτόν τον συμβολισμό, η παραπάνω τεχνολογία ανάλυσης δραστηριότητας μπορεί να ξαναγραφτεί ως εξής:

$$\hat{\mathbf{P}}(\mathbf{x}) = \left\{ (\mathbf{v}, \mathbf{w}) : \sum_{k=1}^K \lambda^k v_m^k \geq v_m, \right. \\ m = 1, \dots, M \\ \sum_{k=1}^K \lambda^k w_j^k = w_j, j = 1, \dots, J \\ \sum_{k=1}^K (\lambda^k + \mu^k) x_n^k \leq x_n, n = 1, \dots, N \\ \sum_{k=1}^K (\lambda^k + \mu^k) = 1 \\ \left. \lambda^k, \mu^k \geq 0, k = 1, \dots, K \right\}. \quad (57)$$

Αυτή η τεχνολογία είναι γραμμική ως προς τις άγνωστες μεταβλητές, λ , μ . Οι εκροές της επιχείρησης k σταθμίζονται από το μη διατιθέμενο μέρος λ^k , ενώ οι εισροές σταθμίζονται από το άθροισμα των διατιθέμενων και μη διατιθέμενων συνιστωσών βάρους.

Στην πράξη, η ιδιότητα της της ασθενούς απορριπτικότητας μπορεί να εφαρμοστεί προσθέτοντας “K” «ανενεργές» παραλλαγές των παρατηρούμενων εταιρειών (που αντιπροσωπεύονται από διανύσματα $(0, 0, x^k)$, $k = 1, \dots, K$) στο σύνολο δεδομένων. Αυτές οι ανενεργές επιχειρήσεις “μ” αντιπροσωπεύουν ασθενή απορριπτικότητα που οδηγείται στα άκρα. Οι μεταβλητές έντασης μπορούν να ερμηνευθούν ως βάρη αυτών των ανενεργών επιχειρήσεων. Εφόσον το σύνολο εκροών είναι ένα κυρτό στα τελευταία σημεία του, χρειάζεται μόνο να συμπεριληφθούν στο σύνολο δεδομένων, τα διανύσματα παραγωγής που προκύπτουν από τις ακραίες δυνατότητες κλιμάκωσης και η ιδιότητα κυρτότητας φροντίζει για την πραγματική κλιμάκωση.

Ένα ελκυστικό χαρακτηριστικό της διατύπωσης (57) είναι ότι οι δεξιές πλευρές των περιορισμών εισροών και εκροής παραμένουν απαλλαγμένες από μεταβλητές κλιμάκωσης. Έτσι, μπορούν να εφαρμοστούν πολλαπλασιαστικούς δείκτες απόδοσης, όπως τα μέτρα Farrell (ή οι συναρτήσεις απόστασης του Shephard), στην ανάλυση ασθενώς αναλώσιμης δραστηριότητας και να διατηρήσουν τη γραμμική δομή του μοντέλου. Για παράδειγμα, εάν κάποιος θέλει να μετρήσει την αποδοτικότητα της επιχείρησης 0 in με όρους του δυναμικού μείωσης σε ανεπιθύμητες εξόδους, μπορεί να λυθεί το πρόβλημα του γραμμικού προγραμματισμού.

$$\min_{\phi, \lambda^k, \mu^k} \left\{ \begin{array}{l} \phi \geq 0 : \sum_{k=1}^K \lambda^k v_m^k \geq v_m^0, m = 1, \dots, M \\ \sum_{k=1}^K \lambda^k w_j^k = \phi w_j^0, j = 1, \dots, J \\ \sum_{k=1}^K (\lambda^k + \mu^k) x_n^k \leq x_n^0, n = 1, \dots, N \\ \sum_{k=1}^K (\lambda^k + \mu^k) = 1 \\ \lambda^k, \mu^k \geq 0, k = 1, \dots, K \end{array} \right\}. \quad (58)$$

Η βέλτιστη λύση φ^* μπορεί να ερμηνευθεί ως η πιθανή ισοανάλογη μείωση όλων των ανεπιθύμητων εκροών στα τρέχοντα επίπεδα εισροών και καλών εξόδων.

Η τεχνολογία (58) εμφανίζει μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας, καθώς το άθροισμα των μεταβλητών έντασης λ, μ ισούται με 1. Οι σταθερές αποδόσεις κλίμακας μπορούν να μοντελοποιηθούν παραλείποντας τον τρίτο περιορισμό και οι μη αυξανόμενες αποδόσεις κλίμακας γράφοντας τον τρίτο περιορισμό ως ανισότητα $\sum_{k=1}^K (\lambda^k + \mu^k) \leq 1$. Σημείωση ότι και στις δύο αυτές περιπτώσεις οι μεταβλητές καθίστανται περιττές. Όλα τα εφικτά διανύσματα εκροής μπορούν να ληφθούν ορίζοντας $\mu = 0$. Έτσι, οι υποσταθερές ή μη φθίνουσες αποδόσεις κλίμακας ικανοποιούνται από προεπιλογή ή ασθενής διαθεσιμότητα.

Από όσο είναι γνωστό, αυτός ο περιορισμός δεν έχει σημειωθεί στο παρελθόν. Εκτός από την επισήμανση του προβλήματος, έγινε ανάλυση επίσης μιας απλής αλλά αποτελεσματικής λύσης, η οποία διατηρεί τη γραμμική δομή του μοντέλου ανάλυσης δραστηριότητας. Στην πράξη, η δυνατότητα χρήσης μπορεί να μοντελοποιηθεί θεωρητικά με συνέπεια απλά εισάγοντας ανενεργές επιχειρήσεις στο σύνολο δεδομένων.

4.22. Μοντελοποίηση τεχνολογιών των Murty, Russell και Levkoff

Αν και η μελέτη των Fukuyama et al. (2021) είναι η πρώτη που εφαρμόζει το πλαίσιο ελάχιστης απόστασης, για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των

ιαπωνικών τραπεζών, η προσέγγιση μοντελοποίησης δεν εξετάζει ανεπιθύμητες εκροές στην εκτιμώμενη παραγωγική λειτουργία των τραπεζών. Επομένως, η μελέτη τους συμβάλλει στη βιβλιογραφία για την αποτελεσματικότητα των τραπεζών, επεκτείνοντας τη διαδικασία παραγωγής μοντελοποίησης των τραπεζών με βάση το πλαίσιο ελάχιστης απόστασης, ενσωματώνοντας τα NPL των τραπεζών ως ανεπιθύμητο προϊόν. Επιπλέον, το σύνολο δυνατοτήτων παραγωγής που κατασκευάστηκε βασίζεται στην τεχνολογία παραγωγής των Murty et al. (2012).

Η προσέγγιση της παραγωγής μπορεί να οριστεί ως η τομή της τυπικής υποτεχνολογίας και της περιβαλλοντικής υποτεχνολογίας που παράγει ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Το προτεινόμενο μοντέλο είναι η πρώτη εξ αποστάσεως ανάλυση ελάχιστης τραπεζικής αποδοτικότητας που υιοθετείται στην τεχνολογία παραγωγής. Επομένως, στο πλαίσιο της τραπεζικής αποτελεσματικότητας, τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια αντιμετωπίζονται ως ανεπιθύμητο προϊόν με βάση το πλαίσιο που εισήγαγαν οι Murty et al. (2012) και Murty και Russell (2020).

Οι Murty et al. (2012), υποστηρίζουν αναλυτικά ότι πολλά κοινώς χρησιμοποιούμενα μοντέλα τεχνολογίας που παράγουν ρύπανση, τα οποία αντιμετωπίζουν τη ρύπανση ως ελεύθερα αναλώσιμη εισροή ή ως ασθενώς αναλώσιμη και μηδενική κοινή εκροή, μπορεί να δημιουργήσουν απαράδεκτες συνέπειες για τους συμβιβασμούς μεταξύ των εισροών, των εκροών και της ρύπανσης. Έδειξαν ότι οι σωστές αντισταθμίσεις στην παραγωγή αποτυπώνονται καλύτερα εάν μια τεχνολογία που δημιουργεί ρύπανση μοντελοποιηθεί ως τομή μιας προβλεπόμενης τεχνολογίας παραγωγής της επιχείρησης και του συνόλου υπολειμματικής παραγωγής της φύσης. Το πρώτο ικανοποιεί τις τυπικές ιδιότητες μιας χρήσης, ενώ το δεύτερο παραβιάζει την ελεύθερη (ισχυρή) διάθεση ρύπανσης και εισροών που προκαλούν ρύπανση. Ως αποτέλεσμα, η διασταύρωση - την οποία ονομάζουν τεχνολογία παραγωγής - παραβιάζει την τυπική δωρεάν διάθεση ρύπανσης και εισροών που προκαλούν ρύπανση.

Χρησιμοποιώντας τη DEA σε εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας, απεικονίζουν τις ελλείψεις, δύο δημοφιλών δεικτών απόδοσης: τους δείκτες της υπερβολικής και διευθυντικής συνάρτησης απόστασης. Πρότειναν και υλοποίησαν έναν εναλλακτικό δείκτη με ανώτερες ιδιότητες. Κατά την υποπαραγωγή, οι περισσότεροι δείκτες απόδοσης αποσυντίθενται πολύ φυσικά σε δείκτες προβλεπόμενης παραγωγής και περιβαλλοντικής απόδοσης. Αυτή η αποσύνθεση είναι δύσκολο να βρεθεί κάτω από εναλλακτικές προδιαγραφές τεχνολογιών παραγωγής ρύπανσης.

Η ανάγνωση της βιβλιογραφίας της περιβαλλοντικής οικονομίας αποκαλύπτει τρία γενικά χαρακτηριστικά της ρύπανσης που οι οικονομολόγοι στοχεύουν να συλλάβουν. Πρώτον, η παραγωγή ρύπανσης/υπολειμμάτων φαίνεται να προχωρά χέρι-χέρι με τις διαδικασίες κατανάλωσης και παραγωγής. Δεύτερον, τα υπολείμματα που παράγονται με αυτόν τον τρόπο απαιτούν τη χρήση της αφομοιωτικής ικανότητας του περιβάλλοντος για τη διάθεσή τους. Τρίτον, η παραγωγή των υπολειμμάτων και η συνακόλουθη χρήση περιβαλλοντικών πόρων για τη διάθεσή τους δημιουργούν εξωτερικές επιπτώσεις τόσο στους καταναλωτές όσο και στους παραγωγούς και ως εκ τούτου την ανάγκη για πολιτικές για τη ρύθμιση της παραγωγής ρύπανσης.

Στη μελέτη τους, περιορίζονται στην αντιμετώπιση του πρώτου χαρακτηριστικού μόνο. Ειδικότερα, εστιάζουν στη ρύπανση που δημιουργείται από τις επιχειρήσεις. Διακρίνουν μεταξύ των εκροών που σκοπεύουν να παράγουν οι επιχειρήσεις και των εκροών που δημιουργούνται ακούσια (συμπτωματικά) από τις επιχειρήσεις όταν συμμετέχουν στην παραγωγή των επιδιωκόμενων εκροών. Η ρύπανση είναι μια τέτοια ακούσια παραγωγή. Ασχολούνται, κυρίως, με τη μελέτη των προδιαγραφών του τεχνολογικού συνόλου που αποτυπώνει καλύτερα τη σχέση μεταξύ της παραγωγής των προϊόντων που προορίζονται από τις επιχειρήσεις και της δημιουργίας ρύπανσης.

Είναι λογικό να λεχθεί ότι, στην περίπτωση της ρύπανσης που προκαλείται από επιχειρήσεις, υπάρχουν ορισμένες συγκεκριμένες πτυχές σχετικά με τη διαδικασία μετατροπής των εισροών σε επιδιωκόμενες εκροές (π.χ. η χρήση εισροών όπως ο άνθρακας ή η παραγωγή προϊόντων όπως ποικιλίες τυρί που απελευθερώνουν έντονη οσμή) που προκαλούν πρόσθετες αντιδράσεις στη φύση και (αφαιρούνται από δραστηριότητες μείωσης) αναπόφευκτα έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ρύπανσης ως υποπροϊόν. Στη μελέτη τους, αναφέρονται σε αυτές τις φυσικές αντιδράσεις, οι οποίες συμβαίνουν παράλληλα με την επιδιωκόμενη παραγωγή από τις επιχειρήσεις, ως υποπαραγωγή.

Στην περίπτωση τεχνολογιών που παρουσιάζουν υποπαραγωγή, παρατηρούν το αναπόφευκτο μιας ορισμένης ελάχιστης ποσότητας του υποπροϊόντος, δεδομένων των ποσοτήτων ορισμένων εισροών ή/και ορισμένων επιδιωκόμενων εκροών. Η αναποτελεσματικότητα στην παραγωγή θα μπορούσε να δημιουργήσει περισσότερο από αυτό το ελάχιστο ποσό της ακούσιας παραγωγής. Ταυτόχρονα, παρατηρούν επίσης το συνηθισμένο μενού των μέγιστων δυνατών διανυσμάτων των προβλεπόμενων εξόδων, δεδομένου ενός διανύσματος εισόδου. Ένα τέτοιο μενού αντικατοπτρίζει γενικά τις

αρνητικές ανταλλαγές στην παραγωγή των επιδιωκόμενων εκροών όταν οι εισροές παραμένουν σταθερές, καθώς η παραγωγή καθενός από αυτά τα εμπορεύματα είναι δαπανηρή όσον αφορά τις εισροές που χρησιμοποιούνται. Η αναποτελεσματικότητα στην προβλεπόμενη παραγωγή μπορεί να σημαίνει ότι μπορεί να παραχθεί λιγότερη από αυτή τη μέγιστη ποσότητα.

Η αύξηση των ποσοτήτων των εισόδων που χρησιμοποιούνται αυξάνει τα διανύσματα προβλεπόμενης εξόδου που είναι τεχνολογικά εφικτά. Ταυτόχρονα, αυξάνει την ελάχιστη ποσότητα της ακούσιας παραγωγής που μπορεί να παραχθεί. Τα παραπάνω υπογραμμίζουν δύο κρίσιμα σημεία που πρέπει να σημειωθούν σχετικά με τις τεχνολογίες που προκαλούν ρύπανση:

- οι τεχνολογίες των εταιρειών που παράγουν ρύπανση δεν ικανοποιούν τη δωρεάν διάθεση των υποπροϊόντων (η ρύπανση δεν μπορεί να απορριφθεί κάτω από το ελάχιστο επίπεδο που περιγράφεται παραπάνω, εάν οι εισροές και οι προβλεπόμενες εκροές παραμένουν σταθερές) και
- σε τέτοιες τεχνολογίες, υπάρχει αμοιβαία αλληλεξάρτηση μεταξύ των αλλαγών στις εισροές, των επιδιωκόμενων εκροών και της ρύπανσης - μια αλληλεξάρτηση που θα υποστηρίξουμε ότι είναι περισσότερο συσχετισμός παρά αιτιότητα.

Στην πλειονότητα της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, το τυπικό δομικό στοιχείο που χρησιμοποιείται για την κατασκευή τεχνολογιών που προκαλούν ρύπανση είναι η θετική συσχέτιση μεταξύ των επιδιωκόμενων και των ακούσιων εκροών. Αυτή η βιβλιογραφία αποδίδει την παρατηρούμενη θετική συσχέτιση με τις δραστηριότητες μείωσης από τις επιχειρήσεις και όχι άμεσα με το φαινόμενο της υποπαραγωγής. Οι δραστηριότητες περιορισμού των επιχειρήσεων περιλαμβάνουν εκτροπή πόρων (εισροές) για τον μετριασμό ή τον καθαρισμό της ρύπανσης που παράγουν. Στη μελέτη τους, μοντελοποιούν τις δραστηριότητες μείωσης ως εκροές της επιχείρησης. Ως εκ τούτου, η παραγωγή αυτών των δραστηριοτήτων μείωσης είναι δαπανηρή, δεδομένων των σταθερών ποσών πόρων: όσο περισσότεροι πόροι εκτρέπονται σε δραστηριότητες μείωσης, τόσο λιγότεροι είναι διαθέσιμοι για την παραγωγή των επιδιωκόμενων εκροών. Έτσι, η αύξηση του επιπέδου των δραστηριοτήτων μείωσης οδηγεί ταυτόχρονα τόσο σε χαμηλότερη υπολειμματική παραγωγή όσο και σε χαμηλότερη παραγωγή της επιδιωκόμενης παραγωγής.

Στη βιβλιογραφία, ωστόσο, οι δραστηριότητες μείωσης, συνήθως, δεν μοντελοποιούνται ρητά ως ένα άλλο σύνολο εκροών, που παράγονται από τις επιχειρήσεις. Αντίθετα, αυτό που προτείνεται είναι μια «μειωμένη μορφή» της τεχνολογίας στον χώρο των εισροών, των υποπροϊόντων και προβλεπόμενες εκροές. Γίνονται ειδικές υποθέσεις για να επιτραπεί στην τεχνολογία να παρουσιάσει θετική συσχέτιση μεταξύ των υποπροϊόντων και των επιδιωκόμενων εκροών, κάτι που εξηγείται σιωπηρά από τις επιλογές μείωσης που είναι ανοιχτές στις επιχειρήσεις. Ταυτόχρονα, θεωρείται επίσης ότι η τεχνολογία ικανοποιεί τις τυπικές παραδοχές μιας χρήσης σε σχέση με όλες τις εισροές και τις προβλεπόμενες εκροές.

Οι προσεγγίσεις που ακολουθούνται στη βιβλιογραφία για τη μοντελοποίηση της θετικής συσχέτισης περιλαμβάνουν: α) αντιμετώπιση της ρύπανσης ως τυπική εισροή, έτσι ώστε η τεχνολογία να ικανοποιεί (ισχυρή) δυνατότητα χρήσης χωρίς εισροές σε σχέση με τη ρύπανση, ή β) αντιμετώπιση της ρύπανσης ως εκροή αλλά με την τεχνολογία να ικανοποιεί τις παραδοχές της ασθενούς διαθεσιμότητας και της μηδενικής συνάφειας σε σχέση με τα επιδιωκόμενα και μη επιδιωκόμενα αποτελέσματα . και ανάπτυξη όταν οι οικονομικές μονάδες παράγουν επίσης παρεπόμενες εκροές όπως η ρύπανση. Τόσο η DEA όσο και οι οικονομετρικές προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται σε αυτή τη βιβλιογραφία.

Οι Murty et al., λοιπόν, πρότειναν ένα μοντέλο τεχνολογιών που δημιουργούν ρύπανση που καταγράφει τα κύρια χαρακτηριστικά (α) και (β) του φαινομένου της παραπαραγωγής που προσδιορίστηκε παραπάνω. Το μοντέλο της τεχνολογίας μας, το οποίο αναφέρουμε ως «τεχνολογία υποπαραγωγής», προκύπτει ως σύνθεση δύο τεχνολογιών: μιας τεχνολογίας προβλεπόμενης παραγωγής και μιας τεχνολογίας υπολειπόμενης παραγωγής. Η πρώτη είναι μια τυπική τεχνολογία που περιγράφει πώς οι εισροές μετατρέπονται σε προβλεπόμενες εκροές στην παραγωγή. Το τελευταίο αντανakλά τον υπολειπόμενο μηχανισμό παραγωγής της φύσης, ο οποίος είναι μια σχέση μεταξύ της ρύπανσης (μιας παραγωγής) και των εμπορευμάτων που προκαλούν ρύπανση. Έτσι, εάν υποτεθεί ότι ορισμένες εισροές (π.χ. άνθρακας) προκαλούν ρύπανση, τότε η αύξηση της χρήσης αυτών των εισροών έχει ως αποτέλεσμα (υπό τυπικές παραδοχές) αύξηση των προβλεπόμενων εκροών (π.χ. ηλεκτρική ενέργεια). Ταυτόχρονα, μια τέτοια αύξηση στη χρήση αυτών των εισροών προκαλεί επίσης αύξηση της ρύπανσης μέσω της τεχνολογίας παραγωγής υπολειμμάτων της φύσης.

Έτσι, ακόμη και χωρίς καμία αναφορά σε σαφείς προσπάθειες μείωσης από τις επιχειρήσεις, το μοντέλο δημιουργεί μια θετική συσχέτιση μεταξύ της παραγωγής ρύπανσης και των επιδιωκόμενων εκροών. Παράλληλα, έδειξαν ότι οι επιλογές μείωσης που είναι διαθέσιμες στις επιχειρήσεις μπορούν επίσης να συνυπολογιστούν ρητά στο μοντέλο μας. Όταν είναι διαθέσιμα, αποτελούν μέρος τόσο της προβλεπόμενης τεχνολογίας παραγωγής (καθώς η παραγωγή τους είναι επίσης δαπανηρή από πλευράς πόρων/εισροών της επιχείρησης) όσο και του μηχανισμού υπολειμματικής παραγωγής (καθώς μετριάζουν τη ρύπανση). Υποστήριξαν, επιπλέον, ότι η παρουσία επιλογών μείωσης συνεπάγεται ότι τα δεδομένα που παράγονται από τεχνολογίες που δημιουργούν ρύπανση μπορούν να παραβιάσουν την υπόθεση μηδενικής κοινής χρήσης (τα θετικά επίπεδα της επιδιωκόμενης παραγωγής μπορεί να συνάδουν με μηδενικά επίπεδα ρύπανσης). Η ασθενής μονοτονία μιας χρήσης στις τεχνολογίες που προκαλούν ρύπανση δεν αποκλείει περιοχές αρνητικής συσχέτισης μεταξύ των προβλεπόμενων και των ακούσιων εκροών κατά μήκος των συνόρων. Από την άλλη, στην τεχνολογία υποπαραγωγής, δεν παρατηρούνται τέτοιες περιοχές αρνητικών συσχετισμών.

Η προβλεπόμενη τεχνολογία παραγωγής ικανοποιεί τις τυπικές ιδιότητες ελεύθερης χρήσης όσον αφορά τις εισροές και τις προβλεπόμενες εκροές και θεωρείται ότι είναι ανεξάρτητη από το επίπεδο ρύπανσης. Όπως και στον Murty (2010), η τεχνολογία παραγωγής υπολειμμάτων της φύσης αντιμετωπίζει τη ρύπανση ως προϊόν που ικανοποιεί την υπόθεση της «δαπανηρής χρήσης» και παραβιάζει τις τυπικές ιδιότητες μιας χρήσης σε σχέση με αγαθά που έχουν ως αποτέλεσμα (επηρεάζουν) τη δημιουργία ρύπανσης. Ως αποτέλεσμα, η τεχνολογία παραγωγής, η οποία είναι μια διασταύρωση της προβλεπόμενης τεχνολογίας παραγωγής και της τεχνολογίας παραγωγής υπολειμμάτων της φύσης, παραβιάζει την τυπική δυνατότητα χρήσης σε σχέση με αγαθά που προκαλούν (ή επηρεάζουν) τη δημιουργία ρύπανσης και παρουσιάζει δαπανηρή δυνατότητα χρήσης όσον αφορά τη ρύπανση. Με αυτούς τους τρόπους, η προτεινόμενη προσέγγιση υποπαραγωγής είναι διαφορετική από τις τυπικές προσεγγίσεις εισροών και εκροών για τη μοντελοποίηση τεχνολογιών που δημιουργούν ρύπανση.

Αν και η συμβολή αυτής της εργασίας του, είναι κυρίως θεωρητική, για να δείξει την έτοιμη εφαρμογή της προσέγγισης της υποπαραγωγής σε εμπειρικές εργασίες, διεξάγει επίσης αριθμητικές και εμπειρικές αναλύσεις, η καθεμία χρησιμοποιώντας μεθόδους DEA. Πρώτα δείχνει πώς η τεχνολογία υποπαραγωγής μπορεί να κατασκευαστεί ως το σημείο τομής δύο τεχνολογιών DEA, μια για την προβλεπόμενη

παραγωγή και μία για την υπολειπόμενη παραγωγή. Αυτή η κατασκευή προσφέρεται για την ανάλυση πολλών σημαντικών ζητημάτων που παρατηρούνται στη βιβλιογραφία της περιβαλλοντικής οικονομίας. Εδώ, εστιάζεται μόνο σε μία τέτοια εφαρμογή: τον υπολογισμό της αποδοτικότητας μεμονωμένων επιχειρήσεων. Με τη βοήθεια ενός απλού παραδείγματος, που βασίζεται σε ένα τεχνητό σύνολο δεδομένων, δείχνουν ότι τα σύνολα των (ασθενών) αποτελεσματικών σημείων που λαμβάνονται από την προσέγγιση ασθενούς απορριπτικότητας, που συνήθως, χρησιμοποιείται στη βιβλιογραφία της DEA και τη νέα προσέγγιση κατά παραγωγή, είναι γενικά διαφορετικά (το πρώτο θα είναι ένα μεγαλύτερο σύνολο σημείων από το τελευταίο).

Στο πλαίσιο της υποπαραγωγής, οι συμβατικοί δείκτες (μη) αποδοτικότητας αποσυντίθενται ομαλά σε δείκτη απόδοσης προβλεπόμενης παραγωγής και δείκτη περιβαλλοντικής απόδοσης. Οι δείκτες της υπερβολικής και διευθυντικής συνάρτησης απόστασης παρουσιάζουν σοβαρά ελαττώματα όταν η τεχνολογία ικανοποιεί την υποπαραγωγή. Ειδικότερα, οι τυπικοί δείκτες τείνουν να υπερεκτιμούν την αποτελεσματικότητα. Στη συνέχεια προτείνει έναν εναλλακτικό δείκτη, μια τροποποίηση ενός δείκτη που προτείνεται από τους Fare et al. (1985), για τη μέτρηση της απόδοσης για τεχνολογίες υποπαραγωγής. Αυτός ο δείκτης διορθώνει τα ελαττώματα στους δείκτες της υπερβολικής και διευθυντικής συνάρτησης απόστασης. Αυτές οι συγκρίσεις διαφορετικών δεικτών απόδοσης σύμφωνα με τις συμβατικές προσεγγίσεις και τις προσεγγίσεις υποπαραγωγής επιβεβαιώνονται με εφαρμογή σε μια πραγματική βάση δεδομένων για 92 εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα.

Μέτρηση τεχνικής απόδοσης

Το μοντέλο DEA υποπαραγωγής των Murty et al. (2012), μπορεί να προσφερθεί σε πολλές σημαντικές εφαρμογές. Μια εφαρμογή σε ένα συχνά μελετημένο ζήτημα στη βιβλιογραφία είναι η μέτρηση της τεχνικής απόδοσης των DMU. Στη μελέτη τους, επιλέγουν αυτήν την εφαρμογή για να δείξουν πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η προσέγγιση από την παραγωγή σε εφαρμοσμένη εργασία. Δύο συμβατικοί δείκτες απόδοσης έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς στη βιβλιογραφία της περιβαλλοντικής οικονομίας: ο δείκτης υπερβολικής προσανατολισμένος στην παραγωγή [out put oriented hyperbolic (HYP)] που χρησιμοποιήθηκε στην αρχική μελέτη ρύπανσης DEA των Fare et al. (1986) και ο δείκτης διευθυντικής συνάρτησης απόστασης προσανατολισμένος στην εκροή [output – oriented directional distance function (DDF)] που χρησιμοποιείται σε πιο πρόσφατες μελέτες (π.χ. Fare et al., 2005). Αυτοί οι δείκτες

είναι «προσανατολισμένοι στην έξοδο» επειδή μετρούν την απόδοση στον (σκοπούμενο και μη) χώρο εξόδου (δηλαδή στην κατεύθυνση εξόδου).

Για κάθε τεχνολογία ($T = \tilde{T}_{WD}, T_{BP}$) και για κάθε μονάδα λήψης αποφάσεων ($d = 1, \dots, p$), ο προσανατολισμένος στην έξοδο δείκτης απόδοσης HYP ορίζεται από:

$$E_H(x^d, y^d, z^d, T) = \min_{\beta > 0} \{ \beta \mid \langle x^d, y^d / \beta, \beta z^d \rangle \in T \}, \quad (59)$$

και ο προσανατολισμένος στην εκροή δείκτης αναποτελεσματικότητας DDF ορίζεται από:

$$I_{DD}(x^d, y^d, z^d, T) = \max \{ \beta \mid \langle x^d, y^d + \beta g_y, z^d - \beta g_z \rangle \in T \}, \quad (60)$$

όπου $g = \langle g_y, g_z \rangle \in R_+^{m+m/}$ είναι η αυθαίρετη (εκροή) «διάνυσμα κατεύθυνσης».

Το E_H και να αντιστοιχίζεται στο διάστημα $(0, 1]$, ενώ το E_{DD} αντιστοιχίζεται σε R_+ . Για σημεία στο όριο των T , $E_H(x, y, z, T) = 1$ και $I_{DD}(x, y, z, T) = 0$. Τα διανύσματα $\langle x^d, y^d / \beta, \beta z^d \rangle$ και $\langle x^d, y^d + \beta g_y, z^d - \beta g_z \rangle$ όπου β είναι η τιμή λύσης σε κάθε περίπτωση, αναφέρονται ως «σημεία αναφοράς», είναι διανύσματα σύγκρισης για αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας ενός συγκεκριμένου φορέα παραγωγής.

Ανεπάρκειες των συμβατικών δεικτών αποδοτικότητας για την προσέγγιση της παραγωγής: της υπερβολικής (HYP) και διευθυντικής συνάρτησης απόστασης (DDF)

Χρησιμοποιώντας την προτεινόμενη προσέγγιση BP με την παραδοχή ότι το T_1 είναι ανεξάρτητο από το z και το T_2 είναι ανεξάρτητο από το y , οι δείκτες απόδοσης HYP και DDF (μη) απόδοσης στις παραπάνω εξισώσεις (59) και (60) σιωπηρά αποσυνθέτουν τη συνολική (μη) απόδοση (β) σε (μη) αποδοτικότητα στην προβλεπόμενη παραγωγή (b1) και περιβαλλοντική (μη) αποδοτικότητα (b2):

$$\begin{aligned}
E_H(x,y,z,T_{BP}) &= \min_{\beta > 0} \{ \beta \mid \langle x,y/\beta,\beta z \rangle \in T_{BP} \} = \min_{\beta > 0} \{ \beta \mid \langle x,y/\beta,\beta z \rangle \in T_1 \text{ and } \langle x,y/\beta,\beta z \rangle \in T_2 \} = \max\{\beta_1, \beta_2\}, \\
\beta_1 &= \min_{\beta > 0} \{ \beta \mid \langle x,y/\beta,z \rangle \in T_1 \} =: E_H^1(x,y,z,T_{BP}), \\
\beta_2 &= \min_{\beta > 0} \{ \beta \mid \langle x,y,\beta z \rangle \in T_2 \} =: E_H^2(x,y,z,T_{BP}), \\
I_{DD}(x,y,z,T_{BP}) &= \max_{\beta} \{ \beta \mid \langle x,y+g_y\beta,z-g_z\beta \rangle \in T_{BP} \} = \max_{\beta} \{ \beta \mid \langle x,y+g_y\beta,z-g_z\beta \rangle \in T_1 \text{ and } \langle x,y+g_y\beta,z-g_z\beta \rangle \in T_2 \}, \\
&= \min\{\beta_1, \beta_2\}, \\
\beta_1 &= \max_{\beta} \{ \beta \mid \langle x,y+g_y\beta,z \rangle \in T_1 \} =: I_{DD}^1(x,y,z,T_{BP}) \\
\beta_2 &= \max_{\beta} \{ \beta \mid \langle x,y,z-g_z\beta \rangle \in T_2 \} =: I_{DD}^2(x,y,z,T_{BP}).
\end{aligned}$$

(61)

Εάν $\max\{\beta_1, \beta_2\} = \beta_1 \neq \beta_2$ για το μέτρο απόδοσης προσανατολισμένο στην έξοδο HYP, το σημείο δεδομένων συγκρίνεται με ένα σημείο αναφοράς που είναι ασθενώς αποδοτικό στην προβλεπόμενη παραγωγή αλλά δεν είναι ασθενώς περιβαλλοντικά αποδοτικό. Εάν $\max\{\beta_1, \beta_2\} = \beta_2 \neq \beta_1$, το σημείο αναφοράς είναι ασθενώς περιβαλλοντικά αποδοτικό αλλά όχι ασθενώς αποδοτικό στην προβλεπόμενη παραγωγή. Μια παρόμοια λογική ισχύει με προφανή τρόπο για το μέτρο αναποτελεσματικότητας DDF. Έτσι, τα σημεία αναφοράς με τα οποία συγκρίνονται διαφορετικά DMU με τη μέτρηση της (μη) αποδοτικότητας μπορεί να μην είναι ακόμη και ασθενώς αποτελεσματικά όταν χρησιμοποιείται η προσέγγιση BP και υποστηρίζουμε παρακάτω ότι συνήθως δεν είναι πλήρως αποτελεσματικά.

Πολλοί δείκτες (μη) αποδοτικότητας έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία. Ωστόσο, σε εμπειρική εργασία για τις τεχνολογίες που δημιουργούν ρύπανση, οι HYP και DDF είναι από τους πιο ευρέως χρησιμοποιούμενους από αυτούς τους συμβατικούς δείκτες. Δεδομένων των παραπάνω προβλημάτων με αυτούς τους δύο δείκτες στο πλαίσιο της προσέγγισης BP, προτείνεται παρακάτω, μια τροποποίηση ενός άλλου συμβατικού δείκτη απόδοσης που χρησιμοποιείται καλύτερα για τη μέτρηση της απόδοσης στις τεχνολογίες παραγωγής BP.

Ένας προτεινόμενος δείκτης απόδοσης για τεχνολογίες υποπαραγωγής: τροποποίηση του δείκτη Fare–Grosskopf–Lovell.

Η προηγούμενη υποενότητα δείχνει ότι το κύριο πρόβλημα με τους ευρέως χρησιμοποιούμενους δείκτες απόδοσης υπερβολικών και διευθυντικών συναρτήσεων

αποστάσεων που εφαρμόζονται στις τεχνολογίες BP είναι η ενδημική υποεκτίμηση του βαθμού αναποτελεσματικότητας. Ο δείκτης που προτείνεται στη μελέτη του Murty για τη μέτρηση της απόδοσης στις τεχνολογίες προϊόντος υποκινείται από τον δείκτη εισροών που προτείνεται από τους Fare και Lovell (1978) και επεκτάθηκε πλήρως στο χώρο (εισροών/εκροών), για τυπικές τεχνολογίες (χωρίς ακούσιες εκροές) από τους Fare et al. (1985). Το βασικό χαρακτηριστικό αυτού του δείκτη είναι ότι τα σημεία αναφοράς που χρησιμοποιεί για την εκχώρηση βαθμολογιών απόδοσης στις DMU είναι όλα αποτελεσματικά, σε αντίθεση με τους δείκτες HYP και DDF, για τους οποίους τα σημεία αναφοράς είναι όλα ασθενώς αποδοτικά. Ειδικότερα, αυτό το μέτρο θεωρεί ότι μια DMU είναι αποτελεσματική εάν και μόνο εάν είναι ταυτόχρονα περιβαλλοντικά αποδοτικό και αποδοτικό στην προβλεπόμενη παραγωγή. Καθώς η τροποποίηση είναι ασήμαντη, αναφέρεται ως (προσανατολισμένη στην έξοδο) δείκτη Fare–Grosskopf–Lovell (FGL) και ορίζεται ως εξής:

$$E_{FGL}(x,y,z,T) := \frac{1}{2} \min_{\theta, \gamma} \left\{ \frac{\sum_j \theta_j}{m} + \frac{\sum_k \gamma_k}{m'} \mid \langle x, y \otimes \theta, \gamma \otimes z \rangle \in T \right\},$$

Όπου,

$$y \otimes \theta = \langle y_1/\theta_1, \dots, y_m/\theta_m \rangle \quad \text{and} \quad \gamma \otimes z = \langle \gamma_1 z_1, \dots, \gamma_{m'} z_{m'} \rangle. \quad (62)$$

Πηγή: Murty et al. / Journal of Environmental Economics and Management 64 (2012) 117–135, σελ. 128.

Αυτός ο δείκτης αντιστοιχίζεται στο διάστημα (0,1] και είναι ίσος με 1 εάν και μόνο εάν τα διανύσματα εξόδου είναι τεχνικά αποδοτικά. Στην περίπτωση των τεχνολογιών BP ο δείκτης διατυπώνεται ως εξής:

$$\begin{aligned}
E_{FGL}(x,y,z,T_{BP}) &:= \frac{1}{2} \min_{\theta,\gamma} \left\{ \frac{\sum_j \theta_j}{m} + \frac{\sum_k \gamma_k}{m'} \mid \langle x,y \otimes \theta, \gamma \otimes z \rangle \in T_{BP} \right\}, \\
&= \frac{1}{2} \min_{\theta,\gamma} \left\{ \frac{\sum_j \theta_j}{m} + \frac{\sum_k \gamma_k}{m'} \mid \langle x,y \otimes \theta, \gamma \otimes z \rangle \in T_1 \wedge \langle x,y \otimes \theta, \gamma \otimes z \rangle \in T_2 \right\}, \\
&= \frac{1}{2} \min_{\theta} \left\{ \frac{\sum_j \theta_j}{m} \mid \langle x,y \otimes \theta, z \rangle \in T_1 \right\} + \frac{1}{2} \min_{\gamma} \left\{ \frac{\sum_k \gamma_k}{m'} \mid \langle x,y, \gamma \otimes z \rangle \in T_2 \right\}, \\
&= \frac{1}{2} [E_{FGL}^1(x,y,z,T_1) + E_{FGL}^2(x,y,z,T_2)] = \frac{1}{2} [\beta_1 + \beta_2] = \beta,
\end{aligned}$$

(63)

όπου η τρίτη ταυτότητα προκύπτει από την ανεξαρτησία του T_1 από το z και την ανεξαρτησία του T_2 από το y . Αυτός ο δείκτης είναι το μισό του αθροίσματος των μέσων μέγιστων συντεταγμένων επεκτάσεων των προβλεπόμενων μεγεθών παραγωγής και των μέσων μέγιστων συντεταγμένων συστολών των μη προβλεπόμενων μεγεθών παραγωγής, υπό τον περιορισμό ότι το διάνυσμα διογκωμένης/συστελλόμενης ποσότητας παραγωγής παραμένει στο ορίζεται δυνατότητα παραγωγής για ένα δεδομένο διάνυσμα εισόδου. Σύμφωνα με τις παραδοχές μας για την ανεξαρτησία, ο δείκτης αποσυντίθεται στο άθροισμα ενός τυπικού δείκτη προσανατολισμένου στην προβλεπόμενη παραγωγή που ορίζεται στο T_1 (b_1). και ενός περιβαλλοντικού δείκτη που ορίζεται στο T_2 (b_2).

Για να αντιληφθεί κανείς το φαινόμενο της υποπαραγωγής, γίνεται μοντελοποίηση των τεχνολογιών που δημιουργούν ρύπανση ως σύνθεση δύο τεχνολογιών: μιας τεχνολογίας προβλεπόμενης παραγωγής και μιας τεχνολογίας υπολειμματικής παραγωγής. Το πρώτο περιγράφει πώς οι εισροές μετατρέπονται σε επιδιωκόμενες εκροές, θεωρείται ότι είναι ανεξάρτητο από το επίπεδο ρύπανσης και ικανοποιεί τις τυπικές ιδιότητες ελεύθερης χρήσης. Το τελευταίο αντικατοπτρίζει την υπολειμματική παραγωγή της φύσης, παραβιάζει τις τυπικές ιδιότητες μιας χρήσης σε σχέση με αγαθά που έχουν ως αποτέλεσμα (επηρεάζουν) τη δημιουργία ρύπανσης και παρουσιάζει δαπανηρή δυνατότητα χρήσης όσον αφορά τη ρύπανση. Ως αποτέλεσμα, η συνολική τεχνολογία παραβιάζει την τυπική δυνατότητα χρήσης όσον αφορά τις εισροές που προκαλούν (επηρεάζουν) τη δημιουργία ρύπανσης και εμφανίζει δαπανηρή δυνατότητα χρήσης σε σχέση με τη ρύπανση. Με αυτούς τους τρόπους, μια τεχνολογία υποπαραγωγής, η οποία βασίζεται σε πολλαπλές σχέσεις παραγωγής, είναι διαφορετική και καλύτερα ικανή να συλλάβει τις παρατηρούμενες ανταλλαγές στην παραγωγή από

τις συνήθεις προσεγγίσεις εισροών και εκροών για τη μοντελοποίηση τεχνολογιών που δημιουργούν ρύπανση που βασίζονται σε ένα μόνο σχέση παραγωγής.

Οι Murty et al. διατύπωσαν προδιαγραφές DEA για τεχνολογίες που ικανοποιούν την υποπαραγωγή, με ή χωρίς δραστηριότητες μείωσης της ρύπανσης, και τις χρησιμοποίησαν για τη μέτρηση της τεχνικής απόδοσης των επιχειρήσεων. Στο πλαίσιο της παραπαραγωγής, τα τυπικά μέτρα απόδοσης διασπώνται πολύ φυσικά σε περιβαλλοντικές και επιδιωκόμενες αποδόσεις απόδοσης. Ωστόσο, διαπιστώνεται ότι, στο πλαίσιο της υποπαραγωγής, χρησιμοποιούνται ευρέως οι δείκτες (μη) αποδοτικότητας, οι δείκτες της υπερβολικής και διευθυντικής συνάρτησης απόστασης, υπερεκτίμηση της απόδοσης. Στο υπάρχον σύνολο δεικτών (μη) αποδοτικότητας που προτείνεται στη βιβλιογραφία, βρίσκουν ότι μια τροποποίηση ενός δείκτη που προτείνεται από τους Fare et al., (1985) διορθώνει τα ελαττώματα στους δείκτες της υπερβολικής και διευθυντικής συνάρτησης απόστασης για τη μέτρηση της απόδοσης σε τεχνολογίες παραγωγής. Μια σύγκριση των τιμών αυτού του δείκτη με εκείνες των δεικτών υπερβολικής και διευθυντικής συνάρτησης απόστασης, χρησιμοποιώντας μια βάση δεδομένων για εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας, υποστηρίζει τα επιχειρήματά των Murty et al. σχετικά με τις ανεπάρκειες των τελευταίων.

4.23. Μοντέλα πολλαπλών εξισώσεων

Η μοντελοποίηση των τεχνολογιών παραγωγής έχει μακρά ιστορία. Η πρόωπη εννοιολόγηση των σχέσεων μεταξύ εισροών και εκροών, βασισμένη σε στυλιζαρισμένα γεγονότα και εμπειρικές παρατηρήσεις, εκδηλώθηκε στο νόμο της μείωσης της οριακής παραγωγικότητας (ή της αύξησης του οριακού κόστους) και των διαφόρων τύπων αποδόσεων κλίμακας. Αυτές οι προσπάθειες μοντελοποίησης κατέληξαν σε μια αυστηρή αξιωματοποίηση των τεχνολογιών παραγωγής και της αναπαράστασής τους από τις λειτουργίες παραγωγής στα μέσα του εικοστού αιώνα.

Εξέχουσα θέση μεταξύ των κύριων χαρακτηριστικών μιας τεχνολογίας που αναγνωρίζεται από αυτή τη βιβλιογραφία ήταν οι ιδιότητες ελεύθερης διάθεσης των εισροών και των εκροών. Μαζί υπονοούν την εμπειρικά παρατηρούμενη θετική σχέση μεταξύ εισροών και εκροών. Σε συνδυασμό με την υπόθεση της κυρτότητας, αυτή η

αξιοποίηση της τεχνολογίας έθεσε τα θεμέλια για πολλά θεμελιώδη θεωρητικά αποτελέσματα, συμπεριλαμβανομένης της ύπαρξης μιας γενικής ανταγωνιστικής ισορροπίας, της επισημοποίησης των δύο θεμελιωδών θεωρημάτων της ευημερίας και της δυαδικότητας μεταξύ τεχνολογικών περιορισμών και βελτιστοποίησης της συμπεριφοράς. π.χ. μεγιστοποίηση κέρδους και ελαχιστοποίηση κόστους). Αυτά τα αποτελέσματα διευκόλυναν μια πληθώρα εφαρμοζόμενων εργασιών με σημαντικές συνέπειες για την οικονομική πολιτική σε τομείς όπως η δημόσια οικονομία, η μέτρηση της αποδοτικότητας και της παραγωγικότητας, η οικονομική ανάπτυξη και η βιομηχανική οργάνωση.

Οι λειτουργίες πολλών τεχνολογιών οδηγούν στην παραγωγή όχι μόνο επιθυμητών οικονομικών εκροών αλλά και παρεπόμενων εκροών που μπορεί να έχουν ανεπιθύμητες συνέπειες για την υπόλοιπη οικονομία. Η αυστηρή μελέτη των σχέσεων μεταξύ εισροών και εκροών που ικανοποιούνται από τέτοιες τεχνολογίες γενικά έλειπε για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Μόνο στο δεύτερο μέρος του εικοστού αιώνα, καθώς ο τομέας της οικονομίας του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων εδραίωσε τις ρίζες του και κέρδισε δυναμική, οι ερευνητές αντιμετώπισαν την πρόκληση να μοντελοποιήσουν τη δημιουργία κακών (απρόβλεπτων) εκροών ως υποπροϊόντων του παραγωγής των επιθυμητών (προβλεπόμενων) οικονομικών εκροών.

Η αρχική αντιμετώπιση των κακών εκροών στη μοντελοποίηση των τεχνολογιών παραγωγής ήταν πολύ απλή. Η τυπική προσέγγιση, που υιοθετήθηκε στο κλασικό βιβλίο Baumol-Oates (1975, 1988) και παραμένει μέχρι σήμερα, είναι απλώς να συμπεριλάβει στη συνάρτηση παραγωγής μια μεταβλητή εκπομπής, η οποία θεωρείται ότι ικανοποιεί τις ίδιες συνθήκες (δωρεάν διάθεσης) με μια συμβατική είσοδο. Μια πρόωπη εξαίρεση στην τυπική προσέγγιση μπορεί να βρεθεί στους Färe et al. (1986) και Färe et al. (1989), όπου οι εκπομπές μοντελοποιούνται ως (κακές) εκροές που ικανοποιούν μια ασθενή υπόθεση μιας χρήσης: κακή και Οι καλές εκροές μπορούν να διατεθούν μόνο σε σειρά (αναλογικά). Η κύρια ιδέα πίσω από αυτές τις προσεγγίσεις «εισροών» ή «εκροών» για τη μοντελοποίηση κακών εκροών είναι να καταγραφεί η εμπειρικά παρατηρούμενη θετική σχέση μεταξύ της παραγωγής καλών και κακών εκροών: καθώς αυξάνεται η παραγωγή καλών εκροών, η τεχνολογία δημιουργεί επίσης περισσότερα από τα κακά. εξόδους. Κάτω από τέτοιες προσεγγίσεις, κατέστη δυνατή η αναπαράσταση του

τεχνολογικού συνόλου μιας μονάδας παραγωγής που παράγει εκπομπές από μια ενιαία συνάρτηση/εξίσωση παραγωγής.

Όπως επισημάνθηκε αρχικά από τους Førsund (1998) και Murty & Russell (2002), κάθε μία από αυτές τις προσεγγίσεις για τη μοντελοποίηση τεχνολογιών που δημιουργούν ρύπανση συνεπάγεται απίθανες ιδιότητες της τεχνολογίας. Το πιο σοβαρό, η σύνθεση Baumol-Oates υποδηλώνει ότι, *ceteris paribus*, οι αυξήσεις στη χρήση μιας εισροής που δημιουργεί ρύπανση μειώνουν τα επίπεδα των εκπομπών. Η αδύναμη προσέγγιση μιας χρήσης των Färe et al. (1989), συνεπάγεται δωρεάν διάθεση εισροών που παράγουν εκπομπές, υπονοώντας για παράδειγμα ότι η εισροή άνθρακα μπορεί να αυξηθεί χωρίς περιορισμούς και χωρίς να δημιουργεί πρόσθετη ρύπανση.

Βασίζόμενοι στις ιδέες των Frisch (1965), Førsund (1998) και Murty & Russell (2002) υποστήριξαν αναλυτικά ότι οι διεστραμμένες αντισταθμίσεις που προκαλούνται από τις αναπαραστάσεις μιας εξίσωσης των τεχνολογιών που προκαλούν ρύπανση μπορούν να αποφευχθούν χρησιμοποιώντας πολλαπλούς λειτουργικούς περιορισμούς για την περιγραφή της τεχνολογίας, μια κατασκευή που ο Murty και ο Russell αποκαλούν υποπαραγωγή. Αυτές οι ιδέες έχουν αναπτυχθεί περαιτέρω στους Førsund (2009), Murty (2010) και Murty et al., (2012).

Τα μοντέλα πολλαπλών εξισώσεων τεχνολογιών παραγωγής εκπομπών βασίζονται τόσο στον πρώτο όσο και στο δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής. Μαζί αυτοί οι νόμοι εξηγούν γιατί η παραγωγή εκπομπών είναι μια αναπόφευκτη συνέπεια της οικονομικής παραγωγής. Από τους δύο, ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής, που ονομάζεται επίσης ισορροπία υλικού ή συνθήκη ισορροπίας μάζας, είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στη βιβλιογραφία, όπου έχει χρησιμοποιηθεί συχνά για τη μέτρηση της έκτασης της παραγωγής εκπομπών. Διαισθητικά, δηλώνει ότι η ύλη δεν μπορεί να καταστραφεί και ως εκ τούτου ότι η μάζα όλων των υλικών εισροών πρέπει να ισούται με τη μάζα όλων των παραγόμενων εξόδων.

Με τα χρόνια, η κύρια εναλλακτική λύση στη μέθοδο των Baumol-Oates (μοναδική εξίσωση) για τη μοντελοποίηση τεχνολογιών παραγωγής εκπομπών ήταν η θεωρία συνόλων προσέγγιση που εγκαινιάστηκε από τους Färe et al., (1989). Αυτή η προσέγγιση, η οποία γενικά προσανατολίζεται σε μεθόδους DEA εκτίμησης ή κατασκευής τεχνολογιών, χαρακτηρίζει τις τεχνολογίες με σύνολα συνθηκών ανισότητας για τις εισροές και τις εκροές (και όχι με τη χρήση ρητών ή σιωπηρών

συναρτήσεων παραγωγής). Οι τεχνολογίες που κατασκευάζονται με αυτή τη μέθοδο ικανοποιούν τις προϋποθέσεις σχετικά με την ελεύθερη διάθεση της οικονομικής παραγωγής και τις τυπικές εισροές, αλλά όχι την προϋπόθεση σχετικά με τη δυνατότητα ελεύθερης χρήσης εισροών της εκπομπής.

Οι Murty (2015) και Murty & Russell (2018) υποστηρίζουν ότι δεν υπάρχει μοναδικό μοντέλο που να μπορεί να περιλαμβάνει όλες τις τεχνολογίες παραγωγής εκπομπών. Τα μοντέλα πρέπει να ποικίλλουν ανάλογα με τα ειδικά χαρακτηριστικά της παραγωγής εκπομπών και της οικονομικής παραγωγής. Υποστηρίζουν περαιτέρω, ωστόσο, ότι η προσέγγιση της υποπαραγωγής περιλαμβάνει σχέσεις παραγωγής που μπορούν να χαρακτηρίσουν όλες τις περιπτώσεις. Αυτά θα είναι γενικά δύο τύπων: α) αυτά που περιγράφουν την παραγωγή των οικονομικών εκροών και των εκροών μείωσης, και β) αυτά που βασίζονται κυρίως σε εκτιμήσεις όπως οι συνθήκες ισοζυγίου μάζας που συσχετίζουν τη δημιουργία εκπομπών με εισροές που προκαλούν εκπομπές χρησιμοποιείται στην παραγωγή των οικονομικών εκροών και των εκροών μείωσης και περιγράφει τον μετριασμό των εκπομπών από δραστηριότητες μείωσης. Κάθε μία από αυτές τις σχέσεις παραγωγής περιγράφει μια υποτεχνολογία με τα δικά της χαρακτηριστικά μιας χρήσης. Η συνολική τεχνολογία παραγωγής εκπομπών λαμβάνεται ως τομή αυτών των επιμέρους τεχνολογιών, δηλ. περιέχει διανύσματα παραγωγής που ικανοποιούν όλες τις σχέσεις παραγωγής στα (α) και (β). Οι ιδιότητες ικανότητας διάθεσης της συνολικής τεχνολογίας δημιουργούνται από τις ιδιότητες μιας χρήσης των επιμέρους τεχνολογιών της.

Μέτρηση αποτελεσματικότητας

Οι τεχνολογίες παραγωγής εκπομπών έχουν χαρακτηριστεί ως προς την παραγωγή και τα σύνολα εκπομπών, περιλαμβάνοντας τη δυνατότητα των επιχειρήσεων να παράγουν εκτός συνόρων λόγω τεχνολογικών ή διαχειριστικών αναποτελεσματικών. Αυτή η προσέγγιση επομένως διευκολύνει τη συζήτηση για τη μέτρηση της τεχνικής (μη) αποδοτικότητας - υπολογισμό μιας κλιμακωτής μέτρησης της «απόστασης» από το σημείο λειτουργίας της επιχείρησης έως τα τεχνολογικά σύνορα.

Τυπικά, ένας δείκτης περιβαλλοντικής τεχνολογικής απόδοσης είναι μια αντιστοίχιση, $E : R^t \cap T \rightarrow (0, 1]$, όπου T είναι το σύνολο των επιτρεπόμενων τεχνολογιών και, ανεπίσημα, μεγαλύτερες τιμές εικόνας ερμηνεύονται ως υψηλότερα επίπεδα απόδοσης. Ένας δείκτης τεχνολογικής αναποτελεσματικότητας είναι μια

αντιστοίχιση, $I : R^t + \cup T \rightarrow [0, \infty)$, όπου οι υψηλότερες τιμές εικόνας ερμηνεύονται ως μεγαλύτερα επίπεδα αναποτελεσματικότητας. Σαφώς, οποιοσδήποτε δείκτης αναποτελεσματικότητας μπορεί να μετατραπεί σε δείκτη απόδοσης, και αντίστροφα, με μια απλή επανακανονικοποίηση: $I(x, y, z, T) = [1/E(x, y, z, T)] - 1$. Το διάνυσμα παραγωγής $\{x, y, z\}$ είναι ένα σύνορο σημείο του T αν και μόνο αν $E(x, y, z, T) = 1$ ή $I(x, y, z, T) = 0$.

4.24. Τεχνική αποτελεσματικότητα

Αν και οι Fukuyama et al., (2021) υποστηρίζουν ότι οι καταθέσεις δημιουργούν ΜΕΔ, πρέπει να παραδεχτούμε ότι τα ΜΕΔ μπορούν επίσης να σχετίζονται με την εργασία (όπως οι υπάλληλοι δανείων) και το κεφάλαιο (όπως η επένδυση στο σύστημα υπολογιστών που βοηθά στον εντοπισμό των κινδύνων που σχετίζονται με τα ΜΕΔ). Στην πραγματικότητα, οι Fukuyama et al. (2020, 2021) εισήγαγαν μοντέλο συνάρτησης παραγωγής των τραπεζών που λογιστικοποιεί την επίδραση των μορφωτικών επιπέδων των εργαζομένων στα ΜΕΔ. Οι Hess και Kemerer (1994) προτείνουν ότι οι τράπεζες χρησιμοποιούν δίκτυα χρηματοοικονομικών υπηρεσιών προκειμένου να έχουν ταχύτερη και ποιοτική λήψη αποφάσεων σε σχέση με την παροχή δανείων.

Παρόλο που τέτοιες πληροφορίες σε σχέση με την εργασία και τα πάγια στοιχεία ενεργητικού των τραπεζών μπορούν να καθορίσουν καθοριστικά τα επίπεδα ΜΕΔ των τραπεζών, είναι αδύνατο να ληφθούν τέτοιου είδους πληροφορίες. Στοιχεία που περιλαμβάνουν τέτοιες πληροφορίες σε ετήσια βάση δεν αναφέρονται από λογαριασμούς τραπεζών. Μια άλλη προσέγγιση, για την αντιμετώπιση κακών εκροών στη μοντελοποίηση DEA, βασίζεται στην αρχή της ισορροπίας υλικών. Σε μια έννοια περιβαλλοντικής ρύθμισης, οι Rødseth (2013, 2017) και Rødseth και Romstad (2014) εκμεταλλεύονται τον τρόπο με τον οποίο οι ελεγχόμενες εκπομπές με ανώτατο όριο επηρεάζουν τη χρήση των εισροών σε μια περιβαλλοντική παραγωγική διαδικασία. Επομένως, θέτοντας όρια στις εκπομπές (κακές εκροές), θέτουν επίσης όρια στη χρήση των εισροών των παραγωγών, μαζί με τις επιθυμητές εκροές.

Στο τραπεζικό πλαίσιο, τα ανώτερα όρια μπορούν να επιβληθούν από κανονισμούς κεφαλαιουχικών κεφαλαίων μαζί με κάποια αναποτελεσματικότητα της κατανομής.

Επιπλέον, ένα μέρος των συνολικών δανείων μετατρέπεται σε NPL, ορισμένα από τα οποία διαγράφονται με ίδια κεφάλαια κ.λπ. Αυτή η δραστηριότητα σε ορισμένες συγκεκριμένες περιπτώσεις μπορεί να θεωρηθεί ως δραστηριότητα μείωσης. Παρόλο που μια τέτοια προσέγγιση είναι ελκυστική σε περιβαλλοντικό πλαίσιο, η εφαρμογή της σε αυτό μια διαδικασία τραπεζικής παραγωγής μπορεί να εγείρει ορισμένες ανησυχίες. Συγκεκριμένα, η δυναμική φύση των δανείων (κακών και καλών δανείων) μπορεί να βασίζεται σημαντικά στους εξωγενείς παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγική διαδικασία. μια διαδικασία τραπεζικής παραγωγής μπορεί να εγείρει ορισμένες ανησυχίες. Συγκεκριμένα, η δυναμική φύση των δανείων (κακών και καλών δανείων) μπορεί να βασίζεται σημαντικά στους εξωγενείς παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγική διαδικασία.

Για παράδειγμα, σε πολλές περιπτώσεις, αφού μια τράπεζα παράγει καλά δάνεια, αυτά τα δάνεια μπορεί να μετατραπούν σε NPL λόγω δυσμενούς μακροοικονομικού περιβάλλοντος/κλονισμών και αντίστροφα.

Αντίθετα, η προτεινόμενη επεξεργασία μοντελοποίησης των Fukuyama et al. βασίζεται στην προσέγγιση παραγωγής της διαμεσολάβησης που έχει γίνει ευρέως αποδεκτή και χρησιμοποιείται στη βιβλιογραφία για την αποτελεσματικότητα των τραπεζών (Berger, 1997; Sealey, 1977). Όπως έχει τεκμηριωθεί από τους Iosifidi et al. (2021), η πλειονότητα των μελετών DEA για τη μοντελοποίηση της παραγωγικής λειτουργίας των τραπεζών βασίζεται στην προσέγγιση της διαμεσολάβησης, υποθέτοντας ότι οι τράπεζες χρησιμοποιούν κυρίως καταθέσεις για τη δημιουργία δανείων. Στην πραγματικότητα, η σύνδεση μεταξύ καταθέσεων και δανείων θεωρείται ως μέτρηση χρηματοπιστωτικής διαμεσολάβησης που συλλαμβάνει κινδύνους που σχετίζονται με τη χρηματοδότηση των τραπεζών, τα επίπεδα ρευστότητας και τη χρηματοπιστωτική αστάθεια.

Από την άλλη, οι Bansal et al. (2022) σε μια μοντελοποίηση πολλαπλών σταδίων της διαδικασίας παραγωγής των τραπεζών περιγράφει τον μηχανισμό βάσει του οποίου η εργασία των τραπεζών, τα ίδια κεφάλαια και τα σταθερά ως σύνολα δημιουργούν τις καταθέσεις των τραπεζών. Τέλος, ο Arping (2017) υποστηρίζει ότι οι τριβές αντιπροσώπων χαρακτηρίζουν τις δραστηριότητες καταθέσεων και δανείων των τραπεζών ως μη διαχωρισμένες, παρέχοντας στοιχεία ότι ο ανταγωνισμός των καταθέσεων οδηγεί σε πιο επικίνδυνα δάνεια.

Επιπλέον, οι Fukuyama et al., χρησιμοποιούν την ερμηνεία της ανεπιθύμητης παραγωγής (NPLs) σύμφωνα με τους Fukuyama και Tan (2022). Επομένως, αποσυνθέτουμε τη συνολική απόδοση σε δύο στοιχεία που βασίζονται στην υποτεχνολογία: το ένα είναι η καλή παραγωγή και το άλλο σχετίζεται με τα ΜΕΔ (στρατηγική απόφαση). Τέλος, αναλύουν τη γενική αναποτελεσματικότητα σε πέντε συνιστώσες: αναποτελεσματικότητα εργασίας, αναποτελεσματικότητα φυσικού κεφαλαίου, αναποτελεσματικότητα παραγωγής δανείων, αναποτελεσματικότητα επενδύσεων και στρατηγική αναποτελεσματικότητα.

Δύο μελέτες του Fukuyama (1993, 1995) που εξετάζουν την τεχνική αποτελεσματικότητα και παραγωγικότητα του ιαπωνικού τραπεζικού τομέα, υποδηλώνουν ότι οι ιαπωνικές τράπεζες δεν λειτουργούν στη βέλτιστη κλίμακα. Ο Fukuyama (1993) προτείνει ότι οι τράπεζες μικρού μεγέθους λειτουργούν με αυξανόμενες αποδόσεις κλίμακας, ενώ ο Fukuyama (1995) παρέχει στοιχεία ότι τα κέρδη παραγωγικότητας για τις μεγάλες τράπεζες προέρχονται μόνο από τεχνολογικές πιθανότητες, καθώς οι περισσότερες τράπεζες λειτουργούν κοντά στην ελάχιστη κλίμακα απόδοσης. Από την άλλη, οι Drake et al. (2009) αναφέρουν ότι οι μεγάλες ιαπωνικές τράπεζες λειτουργούν πάνω από την ελάχιστη αποδοτική κλίμακα. Παρέχουν στοιχεία για οικονομίες κλίμακας για τις μικρές ιαπωνικές τράπεζες και δισεκονομίες κλίμακας για τις μεγαλύτερες τράπεζες (City).

Οι Fukuyama και Weber (2017) εισάγουν ένα δυναμικό μοντέλο παραγωγικότητας δικτύου που παρέχει στοιχεία που αποδεικνύουν ότι η αναποτελεσματικότητα της κλίμακας των τραπεζών σχετίζεται στενά με τον όγκο των ΜΕΔ. Ομοίως, οι Fukuyama και Matousek (2018) προτείνουν ότι τα επίπεδα NPL των τραπεζών είναι ένας κρίσιμος παράγοντας που καθορίζει την ικανότητα των ιαπωνικών τραπεζών να λειτουργούν σε βέλτιστα επίπεδα. Στο παρόμοιο εννοιολογικό πλαίσιο, οι Fukuyama et al. (2021) παρέχουν στοιχεία ότι οι ιαπωνικές τράπεζες με υψηλό όγκο ΜΕΔ λειτουργούν σε μη βέλτιστες κλίμακες. Επιπλέον κατά τη διάρκεια των ετών έχουν υιοθετηθεί διαφορετικά μοντέλα DEA προκειμένου να μετρηθεί η αποτελεσματικότητα των επιπέδων απόδοσης και παραγωγικότητας της Ιαπωνίας. Ειδικότερα, είναι προφανές ότι η μοντελοποίηση των ΜΕΔ ποικίλλει μεταξύ των μελετών που εξετάστηκαν. Η κυρίαρχη αντιμετώπιση μοντέλων των ΜΕΔ ως κακής παραγωγής στην παραγωγική διαδικασία των τραπεζών, είναι υπό την αδύναμη υπόθεση της διάθεσης που εισήχθη από τους Färe και Grosskopf (2003) και τον Kuosmanen (2005). Υπάρχει μια εξαίρεση, όταν οι Fukuyama et al.

(2021) ανέπτυξαν τη δαπανηρή ιδιοκτησία μιας χρήσης, που εισήχθη από τους Murty et al. (2012). Το πλεονέκτημα μιας τέτοιας επεξεργασίας μοντελοποίησης είναι η ικανότητα να επιτρέπει χωριστές τεχνολογίες καλών και κακών αποτελεσμάτων (εικροών) (Dakpo et al., 2016).

Επιπλέον, όλες οι μελέτες που βασίζονται στη DEA εξετάζουν την αποτελεσματικότητα του ιαπωνικού τραπεζικού τομέα υπόκεινται στον καθορισμό μη ρεαλιστικών στόχων, καθώς τα ακτινικά και μη ακτινικά μέτρα τείνουν να βρίσκουν το "πιο απομακρυσμένο" αποτελεσματικό σημείο (2018). Οι Fukuyama et al. (2021) προτείνουν, για πρώτη φορά, το πλαίσιο απόδοσης ελάχιστης απόστασης στο πλαίσιο της μέτρησης της απόδοσης των τραπεζών. Παρόλο που η μελέτη των Fukuyama et al. (2021) δείχνει πώς μπορούν να επιτευχθούν εφικτοί στόχοι, η εκτιμώμενη συνάρτηση παραγωγής των τραπεζών δεν περιλαμβάνει τα NPL. Δεδομένου ότι το πλαίσιο απόδοσης ελάχιστης απόστασης μπορεί να είναι κατάλληλο σε περιπτώσεις όπου οι τράπεζες λειτουργούν σε μη βέλτιστη κλίμακα, η μοντελοποίηση των κακών εκροών των τραπεζών είναι εξίσου σημαντική (Bansal et al., 2022; Fukuyama & Weber, 2008; Fukuyama et al., 2020; Wang et al., 2014; Zha, 2016).

Περιγραφή δεδομένων και μεθοδολογικό πλαίσιο

Το δείγμα στην εργασία των Fukuyama et al., (2022) εξήχθη από τη Nikkei Financial Quest κατά την περίοδο 2013-2019 έχοντας συνολικά 611 παρατηρήσεις (95 τράπεζες για το έτος 2013, 95 για το 2014, 93 για το 2015, 86 για το 2016, 84 για το 2017, 84 για το 2018 και 74 για το 2019). Επιπλέον, υποθέτουμε ότι η τράπεζα μετασχηματίζει την εργασία (L), το φυσικό κεφάλαιο (K) και τις καταθέσεις (D) για να παράγει δύο καλές τελικές εκροές δανείων (Y_1) και επενδύσεων σε τίτλους (Y_2) και ανεπιθύμητη παραγωγή NPLs (B).

Οι δύο πρώτες εισοδοί L, K, είναι συμβατικές εισροές, αλλά η τρίτη είσοδος του D είναι η είσοδος που επηρεάζει άμεσα την ποσότητα του B. Διατυπώνεται η άμεση σχέση μεταξύ D και B ως δαπανηρή δυνατότητα χρήσης ή δύο υποτεχνολογίες μέθοδος παραγωγής που προτείνεται από τους Murty et al. (2012) και Murty & Russell (2020). Οι δύο επιμέρους τεχνολογίες είναι αυτή που παράγει τις τυπικές καλές εκροές με τη χρήση τυπικών εισροών και αυτή με ακούσιες εξόδους που προκύπτουν από την άμεσα σχετιζόμενη είσοδο D. Αυτή η ιδέα είναι σύμφωνη με τον Førsund (2018), ο οποίος

ισχυρίζεται ότι τα ακούσια αποτελέσματα θα πρέπει να μοντελοποιούνται σε ένα πλαίσιο πολλαπλών επιμέρους τεχνολογιών.

Υιοθετώντας την προσέγγιση της υποπαραγωγής, οι Fukuyama και Tan (2022) ερμηνεύουν την υποτεχνολογία ως ένα σύνολο στρατηγικών αποφάσεων που είναι το σύνολο όλων των συνδυασμών κακών εκροών και των σχετικών εισροών. Η μελέτη τους ακολουθεί θεωρώντας το στρατηγικό σύνολο ως συνδυασμούς ΜΕΔ και καταθέσεων από την πλευρά της τραπεζικής διαχείρισης. Για να προχωρήσουν, προσδιορίζουν την καλή τεχνολογία παραγωγής ή διαμεσολάβησης T^G και το σύνολο στρατηγικών αποφάσεων T^{SG} που ορίζονται παρακάτω. Στην υποτεχνολογία ή το σύνολο αποφάσεων T^G η τράπεζα χρησιμοποιεί τα L , K και D για να παράγει τα Y_1 και Y_2 :

Έτσι λοιπόν το μοντέλο έχει ως εξής:

$$T^G = \{(L, K, D, Y_1, Y_2, B) \in \mathbb{R}_+^6 \mid (L, K, D) \text{ μπορεί να παράγει } (Y_1, Y_2)\} \quad (64)$$

Στην υποτεχνολογική T^G το μη εξυπηρετούμενο υποπροϊόν δημιουργείται από καταθέσεις:

$$T^{SG} = \{(L, K, D, Y_1, Y_2, B) \in \mathbb{R}_+^6 \mid D \text{ δημιουργώντας το } B.\} \quad (65)$$

Σημείωση ότι η μεταβλητή D εμφανίζεται στους περιορισμούς και των δύο (64) και (65). Λαμβάνοντας υπόψη τους Murty et al. (2012), οι Fukuyama et al. (2022) προτείνουν ότι η συνολική τεχνολογία τράπεζας κατασκευάζεται, ως το σημείο τομής, των δύο επιμέρους τεχνολογιών: $T = T^G \cap T^{SG}$. Δηλαδή, ο συνδυασμός Εξ. (64) και (65), το σύνολο των δυνατοτήτων τραπεζικής παραγωγής καθορίζεται από:

$$T = \{(L, K, D, Y_1, Y_2, B) \in \mathbb{R}_+^6 \mid (L, K, D, Y_1, Y_2, B) \in T^G \wedge (L, K, D, Y_1, Y_2, B) \in T^{SG}\}$$

$$\text{Στο } T^{SG} \text{ η μεταβλητή κατάθεσης είναι έντονα μίας χρήσης, με την έννοια ότι} \\ (L, K, D, Y_1, Y_2, B) \in T^G \wedge \hat{D} \geq D \Rightarrow (L, K, \hat{D}, Y_1, Y_2, B) \in T^G \quad (66)$$

Επιπλέον, οι εισοδοί K , L είναι ισχυρά αναλώσιμες ως εξής:

$$(L, K, D, Y_1, Y_2, B) \in T^G \wedge \hat{L} \geq L \Rightarrow (\hat{L}, K, D, Y_1, Y_2, B) \in T^G \quad (67)$$

$$(L, K, D, Y_1, Y_2, B) \in T^G \wedge \hat{K} \geq K \Rightarrow (L, \hat{K}, D, Y_1, Y_2, B) \in T^G \quad (68)$$

Αντίθετα, στο T^{SG} , το D είναι αντίστροφα μιας χρήσης σε αυτό

$$(L, K, D, Y_1, Y_2, B) \in T^{SG} \wedge \hat{D} \leq D \Rightarrow (L, K, \hat{D}, Y_1, Y_2, B) \in T^{SG} \quad (69)$$

Επιπλέον, η μεταβλητή των μη εξυπηρετούμενων δανείων είναι αντίστροφα διαθέσιμη:

$$(L, K, D, Y_1, Y_2, B) \in T^{SG} \wedge \hat{B} \leq B \Rightarrow (L, K, D, Y_1, Y_2, \hat{B}) \in T^{SG} \quad (70)$$

Οι αντίστροφες ανισότητες στις καταθέσεις και τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια λαμβάνουν υπόψη την αναποτελεσματικότητα στη χρήση των καταθέσεων και τη μη επιδιωκόμενη παραγωγή των μη εξυπηρετούμενων δανείων και εγγυώνται μια θετική σχέση μεταξύ καταθέσεων και μη εξυπηρετούμενων δανείων κατά μήκος των συνόρων στρατηγικής απόφασης.

Οι τράπεζες προσδιορίζονται με $j = 1, \dots, J$ και το διάνυσμα εισόδου-εξόδου $(L_j, K_j, D_j, Y_1^j, Y_2^j, B_j)$ δηλώνει το παρατηρούμενο διάνυσμα για το $Bank_j$. Το σύνολο δυνατοτήτων παραγωγής υποδηλώνεται με το σύνολο δυνατοτήτων παραγωγής DEA:

$$T = \left\{ (L, K, D, Y_1, Y_2, B) \in \mathbb{R}_+^6 \mid \begin{array}{l} \sum_{j=1}^J L_j \lambda_j^G \leq L, \quad \sum_{j=1}^J K_j \lambda_j^G \leq K, \quad \sum_{j=1}^J D_j \lambda_j^G \leq D, \\ \sum_{j=1}^J Y_{1j} \lambda_j^G \geq Y_1, \quad \sum_{j=1}^J Y_{2j} \lambda_j^G \geq Y_2, \quad \sum_{j=1}^J \lambda_j^G = 1, \\ \sum_{j=1}^J B_j \lambda_j^{SD} \leq B, \quad \sum_{j=1}^J D_j \lambda_j^{SD} \geq D, \quad \sum_{j=1}^J \lambda_j^{SD} = 1, \lambda_j^G \geq 0, \lambda_j^{SD} \geq 0 \forall j \end{array} \right\} \quad (71)$$

όπου λ_j^G και λ_j^{SG} είναι οι μεταβλητές έντασης της καλής τεχνολογίας παραγωγής T^G και του συνόλου στρατηγικών αποφάσεων T^{SG} . Υποθέτουμε ότι όλες οι παρατηρούμενες μεταβλητές παραγωγής είναι θετικές σε αυτό το άρθρο. Έστω $g = (g_L, g_K, g_{Y2}, g_{Y2}, g_B)$ το διάνυσμα κατεύθυνσης. Σε σχέση με την Εξ. (72), ορίζουμε τη διευθυντική συνάρτηση απόστασης με προσανατολισμό γραφήματος ως:

$$\vec{D}(L, K, D, Y_1, Y_2, B; g) = \max\{\beta \mid (L - \beta_{g_L}, K - \beta_{g_K}, D, Y_1 + \beta_{Y1}, Y_2 + \beta_{Y2}, B - \beta_{g_B}) \in T\} \quad (72)$$

$$\text{όπου έχουμε } D(L, K, D, Y_1, Y_2, B; g) \geq 0 \Leftrightarrow (L, K, D, Y_1, Y_2, B) \in T. \quad (73)$$

Μια διευθυντική επέκταση της εξ. (73) είναι το τυπικό μέτρο αναποτελεσματικότητας διευθυντικής χαλάρωσης για την $Bank_0$ που πρέπει να αξιολογηθεί, που υποδηλώνεται με:

$$\text{stDSI} (L_0, K_0, D_0, Y_{10}, Y_{20}, B_0; g)$$

$$= \max \left\{ \frac{s_L}{g_L} + \frac{s_K}{g_K} + \frac{s_{Y1}}{g_{Y1}} + \frac{s_{Y2}}{g_{Y2}} + \frac{s_B}{g_B} \mid \begin{array}{l} (L_0 - s_L, K_0 - s_K, D_0, Y_{10} + s_{Y1}, Y_{20} + s_{Y2}, B_0 - s_B) \in T \\ s_L \geq 0, s_K \geq 0, s_{Y1} \geq 0, s_{Y2} \geq 0, s_B \geq 0 \end{array} \right\} \quad (74)$$

που γράφεται μη παραμετρικά ως: $\max \frac{s_L}{g_L} + \frac{s_K}{g_K} + \frac{s_{Y1}}{g_{Y1}} + \frac{s_{Y2}}{g_{Y2}} + \frac{s_B}{g_B}$ υπόκειται σε:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^J L_j \lambda_j^G &= L_0 - s_L, \sum_{j=1}^J K_j \lambda_j^G = K_0 - s_K, \sum_{j=1}^J D_j \lambda_j^G \leq D_0 \\ \sum_{j=1}^J Y_{1j} \lambda_j^G &= Y_{10} + s_{Y1}, \sum_{j=1}^J Y_{2j} \lambda_j^G = Y_{20} + s_{Y2} \\ \sum_{j=1}^J D_j \lambda_j^{SD} &\geq D_0, \sum_{j=1}^J B_j \lambda_j^{SD} = B_0 - s_B \\ \sum_{j=1}^J \lambda_j^G &= 1, \sum_{j=1}^J \lambda_j^{SD} = 1 \\ s_L \geq 0, s_K \geq 0, s_{Y1} \geq 0, s_{Y2} \geq 0, s_B \geq 0; \lambda_j^G &\geq 0, \lambda_j^{SD} \geq 0 \forall j \in J \end{aligned} \quad (75)$$

Ο διπλός γραμμικός προγραμματισμός στην Εξ. (73) προκύπτει ως:

$$\min v_L^G L_0 + v_K^G K_0 + v_D^G D_0 - u_{Y1}^G Y_{10} - u_{Y2}^G Y_{20} - v_D^{SD} D_0 + r_B^{SD} B_0 + \omega^G + \omega^{SD} \quad \text{που υπόκειται σε:}$$

$$\begin{aligned} v_L^G L_j + v_K^G K_j + v_D^G D_j - u_{Y1}^G Y_{1j} - u_{Y2}^G Y_{2j} + \omega^G &\geq 0, \forall j \\ -v_D^{SD} D_j + r_B^{SD} B_j + \omega^{SD} &\geq 0, \forall j \\ v_L^G \geq \frac{1}{g_L}, v_K^G \geq \frac{1}{g_K}, v_D^G D_j \geq 0, u_{Y1}^G \geq \frac{1}{g_{Y1}}, u_{Y2}^G \geq \frac{1}{g_{Y2}}, v_D^{SD} D_j \geq 0, r_B^{SD} \geq \frac{1}{g_B}, \omega^G, \omega^{SD} &\end{aligned} \quad (76)$$

Η Εξ. (73) ή Εξ. (74) μεγιστοποιεί άμεσα ή έμμεσα τα slacks που κανονικοποιούνται από την κατεύθυνση, και ως εκ τούτου το καθένα προσπαθεί να επιτύχει το «πιο απομακρυσμένο» σημείο που μπορεί να είναι δύσκολο να επιτευχθεί για τη διοίκηση της τράπεζας. Το ακόλουθο σύνολο εξισώσεων προέρχεται από την αρχική διατύπωση του μέτρου ευέλικτης τεχνικής αναποτελεσματικότητας (74) για την τεχνολογία που συνδυάζει τις επιμέρους τεχνολογίες της παραγωγής καλής παραγωγής και της στρατηγικής δυνατότητας χρήσης. Εδώ το ισχυρά αποδοτικό σύνολο κατασκευάζεται χρησιμοποιώντας μόνο ισχυρά αποδοτικά DMU. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν την έκδοση (μοντέλο) ελάχιστης απόστασης επεκτείνοντας το τυπικό μέτρο διευθυντικής ευέλικτης αναποτελεσματικότητας ως εξής:

$$\text{mdDSI}(L, K, D, Y_1, Y_2, B; g) = \min \frac{S_L}{g_L} + \frac{S_K}{g_K} + \frac{S_{Y1}}{g_{Y1}} + \frac{S_{Y2}}{g_{Y2}} + \frac{S_B}{g_B} \quad \text{που υπόκειται σε:}$$

$$\begin{aligned} \sum_{j \in \partial(T^G)} L_j \lambda_j^G &= L_0 - S_L, \quad \sum_{j \in \partial(T^G)} K_j \lambda_j^G = K_0 - S_K, \quad \sum_{j \in \partial(T^G)} D_j \lambda_j^G \leq D_0 \\ \sum_{j \in \partial(T^G)} Y_{1j} \lambda_j^G &= Y_{10} + S_{Y1}, \quad \sum_{j \in \partial(T^G)} Y_{2j} \lambda_j^G = Y_{20} + S_{Y2} \\ \sum_{k \in \partial(T^{SD})} D_k \lambda_k^{SD} &\geq D_0, \quad \sum_{k \in \partial(T^{SD})} B_k \lambda_k^{SD} = B_0 - S_B \\ \sum_{j \in \partial(T^G)} \lambda_j^G &= 1, \quad \sum_{k \in \partial(T^{SD})} \lambda_k^{SD} = 1 \\ S_{Y1} \geq 0, S_{Y2} \geq 0, S_B \geq 0; \lambda_j^G &\geq 0 \quad \forall j \in \partial(T^G), \lambda_k^{SD} \geq 0 \quad \forall k \in \partial(T^{SD}) \end{aligned} \quad (77)$$

Το ακόλουθο σύνολο εξισώσεων συσχετίζεται με τη μορφή πολλαπλασιαστή της Εξ. (74):

$$\begin{aligned} v_L^G L_j + v_K^G K_j + v_D^G D_j - u_{Y1}^G Y_{1j} - u_{Y2}^G Y_{2j} + \omega^G - t_j^G &= 0, \quad j \in \partial(T^G) \\ -v_D^{SD} D_k + \omega^{SD} - t_k^{SD} &= 0, \quad k \in \partial(T^{SD}) \end{aligned} \quad (78)$$

Οι παραπάνω μορφές πολλαπλασιαστή εκφράζονται συνήθως ως ανισότητες. Αλλά κλείνουν κάθε ανισότητα προσθέτοντας $-t^G$ ή $-t_k^{SD}$. Αυτό επιτρέπει να προσδιοριστεί ο στόχος παραγωγής καλής παραγωγής της αξιολογούμενης τράπεζας προσδιορίζοντας τη σχετική υποστηρικτική υπερπεδία. Επομένως, εάν $t^G = 0$, τότε ο στόχος της αξιολογούμενης τράπεζας είναι σε αυτά τα πεδία. Επίσης, μπορεί να ερμηνευτεί για το στρατηγικό σύνολο μιας χρήσης.

Επιπλέον, προστίθεται ο περιορισμός, $V_L^G + V_K^G + V_D^G + u_{Y1}^G + u_{Y2}^G + V_D^{SD} + V_B^{SD} = 1$, προκειμένου να ομαλοποιηθούν οι τιμές των πολλαπλασιαστών. Επιπλέον, για τα κάτω όρια που σχετίζονται με τις προκαθορισμένες κατευθύνσεις προστίθενται οι ακόλουθοι περιορισμοί:

$$v_L^G \geq \frac{1}{g_L}, v_K^G \geq \frac{1}{g_K}, v_D^G \geq 0, u_{Y1}^G \geq \frac{1}{g_{Y1}}, u_{Y2}^G \geq \frac{1}{g_{Y2}}, v_D^{SD} \geq 0, r_B^{SD} \geq \frac{1}{g_B} \quad (79)$$

Επιπλέον, το ακόλουθο σύνολο εξισώσεων υλοποιείται για να μάθουμε ποιες τράπεζες βρίσκονται στα άνω επίπεδα που δεσμεύουν. Επομένως αν $\lambda_j^G > 0$, μετά $b_j^G = 0$. Ομοίως, αν $\lambda_k^{SD} > 0$ και μετά $\lambda_k^{SD} = 0$:

$$\lambda_j^G \leq M^G b_j^G, t_j^G \leq M^G (1 - b_j^G), b_j^G \in \{0, 1\}, j \in \partial(T^G)$$

$$\lambda_k^{SD} \leq M^{SD} b_k^{SD}, t_k^{SD} \leq M^{SD} (1 - b_k^{SD}), b_k^{SD} \in \{0, 1\}, k \in \partial(T^{SD})$$

Να σημειωθεί επίσης ότι $\partial(T^G)$ και $\partial(T^{SG})$ είναι τα σύνολα δεικτών των ισχυρά αποδοτικών τραπεζών στις υποτεχνολογίες M^G και M^{SG} , αντίστοιχα, και μεγάλοι αριθμοί M^G και M^{SG} λαμβάνονται ως:

$$M^G \geq \max \{(L_j, K_j, D_j \mid j \in \partial(T^G))\} + \max \{(Y_{1j}, Y_{2j}) \mid j \in \partial(T^G)\}$$

$$M^{SG} \geq \max \{(D_k \mid k \in \partial(T^{SG}))\} + \max \{(B_k \mid k \in \partial(T^{SG}))\}$$

Αν $S_L^* \geq 0, S_K^* \geq 0, S_{Y1}^* \geq 0, S_{Y2}^* \geq 0, S_B^* \geq 0$ τότε δείχνει τη βέλτιστη στην Εξ. (77), και η αντικειμενική συνάρτηση της εξ. (75) μπορεί να γραφτεί όπως και:

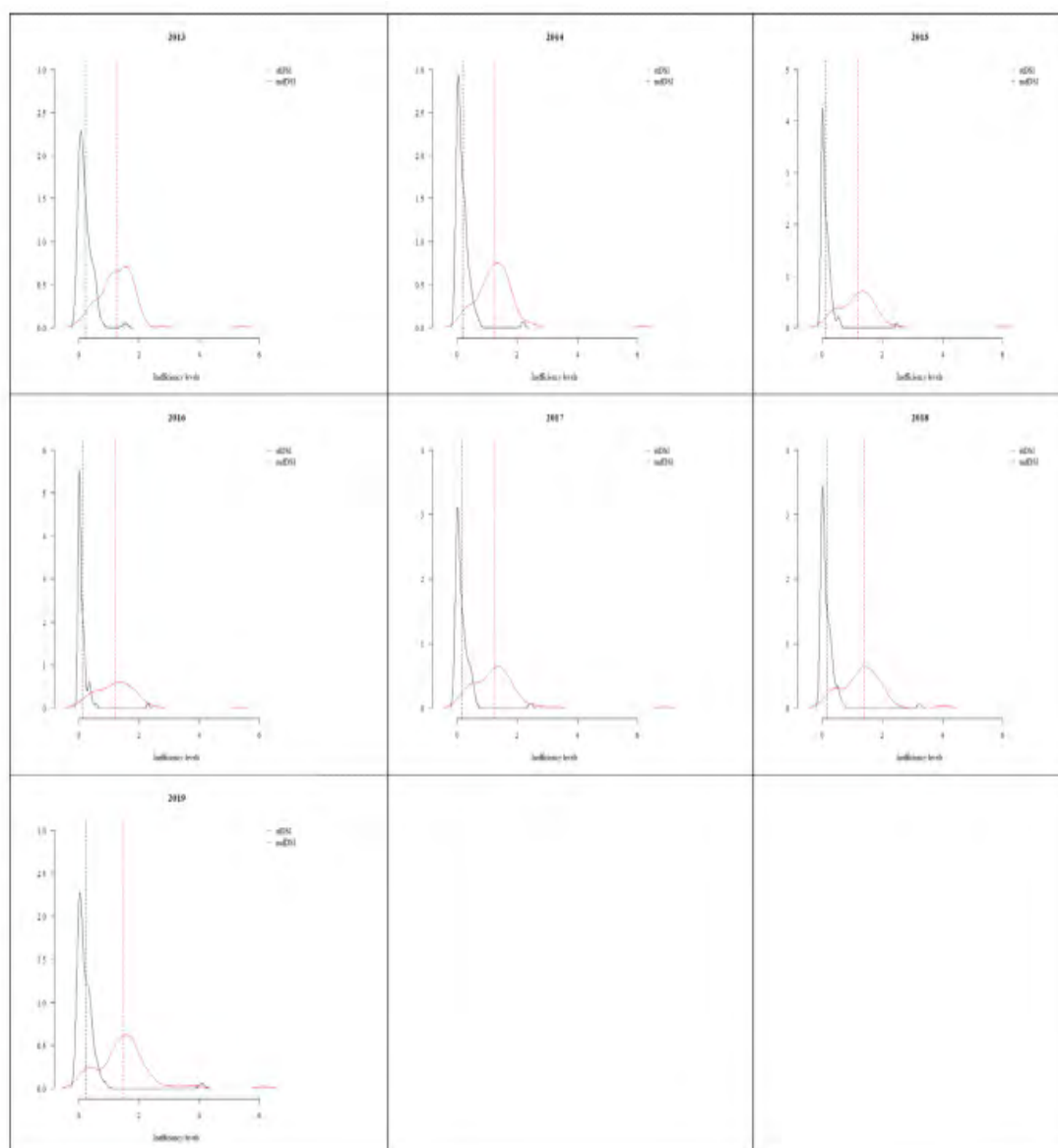
$$\begin{aligned} & \overbrace{mdDSI(L, K, D, Y_1, Y_2, B; \mathbf{g})}^{\text{Overall inefficiency}} \\ &= \overbrace{\frac{S_L^*}{g_L}}^{\text{Labor inefficiency}} + \overbrace{\frac{S_K^*}{g_K}}^{\text{Physical capital inefficiency}} + \overbrace{\frac{S_{Y1}^*}{g_{Y1}}}^{\text{Loan inefficiency}} + \overbrace{\frac{S_{Y2}^*}{g_{Y2}}}^{\text{Investment inefficiency}} + \overbrace{\frac{S_B^*}{g_B}}^{\text{Strategic inefficiency}} \end{aligned} \quad (80)$$

που δείχνει ότι η συνολική αναποτελεσματικότητα αποτελείται από αναποτελεσματικότητα εργασίας, αναποτελεσματικότητα φυσικού κεφαλαίου, αναποτελεσματικότητα δανείου, αναποτελεσματικότητα επενδύσεων και αναποτελεσματικότητα στρατηγικής (απόφασης). Επιπλέον, πρέπει να τονιστεί ότι ο περιορισμός του ενδιαμέσου προϊόντος, έχει δύο είδη των περιορισμών.

Αρχικά έχουμε $\sum_{j \in \partial(T^G)} D_j \lambda_j^G \leq D_0$ για την καλή τεχνολογία παραγωγής και δεύτερον έχουμε $\sum_{j \in \partial(T^G)} D_j \lambda_j^{SG} \geq D_0$ για το στρατηγικό σύνολο μιας χρήσης. Ως αποτέλεσμα έχουμε $\sum_{j \in \partial(T^G)} D_j \lambda_j^{SG} \geq D_0 \geq \sum_{j \in \partial(T^G)} D_j \lambda_j^G$. Θεωρείται επίσης ότι η μεταβλητή της κατάθεσης έχει διπλό ρόλο. Αρχικά χρησιμοποιείται στην παραγωγή καλής παραγωγής και στη συνέχεια ως εισροή δημιουργίας ΜΕΔ. Η μελέτη των Fukuyama et al., αφορά σχετικά με τη συνολική αποτελεσματικότητα σε επίπεδο τράπεζας και όχι τη χωριστή εξέταση της αποδοτικότητας της παραγωγής καλής παραγωγής και της στρατηγικής αποδοτικότητα.

Επομένως, η μελέτη τους δεν μετρά την αποτελεσματικότητα κάθε επιπέδου παραγωγής.

Θα πρέπει, επίσης, να σημειωθεί ότι η αναποτελεσματικότητα στρατηγικής απόφασης δεν είναι απαραίτητα η αναποτελεσματικότητα εκ μέρους των διευθυντών τραπεζών, αλλά εάν το επίπεδο είναι ουσιαστικά μεγάλο, τότε η τράπεζα θα έχει υψηλό κίνδυνο. Ως εκ τούτου, η παρούσα μελέτη στοχεύει στη μέτρηση του επιπέδου που σχετίζεται με τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια. Ως εκ τούτου, χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικά σύνολα δεικτών $\partial(T^G)$ και $\partial(T^{SG})$, αντί να χρησιμοποιούν ένα ενιαίο σύνολο που αποτελείται από ισχυρά αποδοτικές τράπεζες και στις δύο υποτεχνολογίες T^G και T^{SG} . Σχετικά με αυτό το ζήτημα, χρησιμοποιούν δύο διαφορετικά σύνολα δεικτών $\partial(T^G)$ και $\partial(T^{SG})$.



Σχήμα 12: Διαγράμματα πυκνοτήτων των εκτιμώμενων αναποτελεσματικών τραπεζών. (Σημείωση: Η κάθετη διακεκομμένη γραμμή υποδεικνύει τα μέσα επίπεδα αναποτελεσματικότητας των τραπεζών). Πηγή: Fukuyama et al. (2022).

Εμπειρικά ευρήματα

Το μοντέλο της εύελικτης αναποτελεσματικότητας ελάχιστης διευθυντικής απόστασης (mdDSI) βασίζεται στην προσέγγιση ελάχιστης απόστασης που παρουσιάζεται από τους Aparicio et al. (2007), και η προσέγγιση δαπανηρής χρήσης που εισήχθη στους Murty et al. (2012).

Είναι προφανές ότι οι αναφερόμενες διαφορές μεταξύ των δύο κατανομών αποδίδονται στον τρόπο κατασκευής των δύο εκτιμητών και επιβάλλουν τους στόχους αναφοράς των τραπεζών. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις ένας τέτοιος στόχος

αναφοράς μπορεί να είναι δύσκολο να επιτευχθεί από τις τράπεζες. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι διευθυντές τραπεζών μπορούν να αξιολογήσουν την απόδοση της τράπεζας θέτοντας πιο εύλογους στόχους. Επίσης, οι προτεινόμενοι εκτιμητές ευέλικτης αναποτελεσματικότητας ελάχιστης διευθυντικής απόστασης μπορεί να είναι καταλληλότεροι, καθώς μπορούν να θέσουν πιο εφικτούς στόχους, ειδικά για τράπεζες που δεν μπορούν να λειτουργήσουν με σταθερές αποδόσεις κλίμακας.

Η έρευνα των Fukuyama et al., (2022) μοντελοποιεί τη διαδικασία παραγωγής των τραπεζών που εφαρμόζει το πλαίσιο ελάχιστης απόστασης για την αξιολόγηση των ισχυρών επιπέδων αποτελεσματικότητας των ιαπωνικών τραπεζών (απόδοση Koormans). Με βάση το έργο των Fukuyama et al. (2021), η εργασία εισάγει το μοντέλο της ευέλικτης αναποτελεσματικότητας ελάχιστης διευθυντικής απόστασης (mdDSI) αντιμετωπίζοντας τα NPL των τραπεζών εφαρμόζοντας την προσέγγιση δαπανηρής χρήσης (Murty, 2012, Murty et al., 2020). Αναλύεται, κατά την περίοδο 2013–2019, ένα δείγμα ιαπωνικών τραπεζών και οι ερευνητές συγκρίνουν την ευέλικτη αναποτελεσματικότητα διευθυντικής απόστασης (stDSI) με το μοντέλο της ευέλικτης αναποτελεσματικότητας ελάχιστης διευθυντικής απόστασης (mdDSI). Μοντελοποιούν τη διαδικασία παραγωγής των ιαπωνικών τραπεζών με τη συμπερίληψη των NPL.

Η βασική συνεισφορά της μελέτης τους είναι να προτείνουν μια καινοτόμο μεθοδολογική προσέγγιση που χρησιμοποιεί την προσέγγιση ελάχιστης απόστασης για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας των τραπεζών και αντιμετωπίζει τα NPL στο πλαίσιο του δαπανηρού-διαθέσιμου πλαισίου. Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι το «πιο απομακρυσμένο» ισχυρά αποδοτικό σημείο που ορίζεται από τους εκτιμητές stDSI μπορεί να δημιουργήσει πιθανά προβλήματα διαχείρισης, καθώς οι στόχοι που έχουν τεθεί μπορεί να είναι μη ρεαλιστικοί. Ως αποτέλεσμα μιας τέτοιας μεθοδολογικής επεξεργασίας αναφοράς, οι βαθμολογίες αναποτελεσματικότητας που λαμβάνονται βάσει του εκτιμητή stDSI είναι υψηλότερες σε σύγκριση με αυτές που λαμβάνονται από τη μέτρηση mdDSI.

Επιπλέον, η μελέτη αναλύει την εκτιμώμενη αναποτελεσματικότητα σε επίπεδα εργασιακής, φυσικής, δανειακής, επένδυσης και στρατηγικής αναποτελεσματικότητας. Αυτές οι διαφορές μέτρησης είναι πιο έντονες κατά την αξιολόγηση της κατανομής των συνολικών επιπέδων αναποτελεσματικότητας κάτω από τους εκτιμητές stDSI και mdDSI. Το Σχ. 12 παρουσιάζει διαχρονικά τα διαγράμματα πυκνότητας των δύο μέτρων αναποτελεσματικότητας. Σε όλες τις περιπτώσεις είναι προφανές ότι τα επίπεδα mdDSI

είναι χαμηλότερα σε σύγκριση με τα επίπεδα stDSI. Επιπλέον, είναι επίσης προφανές ότι η κατανομή των επιπέδων stDSI των τραπεζών είναι πλατύκουρτη ενώ αυτή για τα επίπεδα mdDSI των τραπεζών είναι λεπτόκουρτη. Η κατανομή της λεπτόκουρτης συνεπάγεται μια ομαδοποίηση γύρω από μια συγκεκριμένη περιοχή των επιπέδων αναποτελεσματικότητας των τραπεζών (γύρω από το μέσο όρο των επιπέδων αναποτελεσματικότητας των τραπεζών), ενώ η κατανομή της πλατύκουρτης υποδηλώνει μια διάσπαρτη άποψη των επιπέδων αναποτελεσματικότητας των τραπεζών που έχει ευρύτερο και πιο επίπεδο σχήμα σε σύγκριση στη λεπτοκουρτική διανομή.

Κατά την εξεταζόμενη περίοδο, τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι με τα παραδοσιακά μη ακτινικά μέτρα, η αποτελεσματικότητα των τραπεζών ενισχύεται από τα αυξημένα επίπεδα αποδοτικότητας δανείων τους, ενώ, με τα μέτρα ελάχιστης απόστασης, η αποτελεσματικότητα των τραπεζών ενισχύεται από την αυξημένη στρατηγική και επενδυτική τους επίπεδα αποτελεσματικότητας. Επιπλέον, οι ερευνητές παρέχουν εμπειρικές ενδείξεις ότι τόσο στο πλαίσιο του stDSI όσο και στο πλαίσιο του mdDSI η αναποτελεσματικότητα του εργασιακού κόστους των τραπεζών είναι υψηλή. Τα ευρήματά τους υποστηρίζουν εκείνα των Fukuyama και Matousek (2017) που αναφέρουν υψηλά επίπεδα αναποτελεσματικότητας της εργασίας στον ιαπωνικό τραπεζικό τομέα.

Επιπλέον, τα ευρήματά τους, όταν αξιοποιούνται οι τυπικές αναποτελεσματικότητες ελάχιστης διεθυντικής απόστασης (stDSI), δείχνουν ότι μια καθοριστική πηγή συνολικής αναποτελεσματικότητας, είναι η στρατηγική αναποτελεσματικότητα. Από την ανάλυση stDSI μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι ο ιαπωνικός τραπεζικός τομέας συνεχίζει να υποφέρει από τον αυξανόμενο όγκο των NPL. Ωστόσο, αυτό το εύρημα δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το mdDSI analysis (δηλαδή από τον αριθμό των "στρατηγικά αποδοτικών τραπεζών"-mdDSI Strat Inn).

Τα ευρήματα, με βάση την ανάλυση stDSI, είναι συνεπή με τους Barros et al. (2012). Αυτό σημαίνει ότι διαχρονικά το ιαπωνικό τραπεζικό σύστημα υπέφερε πάνω από μια δεκαετία από τη συσσώρευση ΜΕΔ, που με τη σειρά του αντικατοπτρίστηκε στα αυξημένα επίπεδα τεχνικής αναποτελεσματικότητας των τραπεζών. Τα εμπειρικά στοιχεία στο πλαίσιο της ανάλυσης stDSI υποδηλώνουν ότι το πρόβλημα παραμένει. Η συνολική εικόνα υπογραμμίζει ότι κατά την εξεταζόμενη περίοδο, οι υπό αξιολόγηση ιαπωνικές τράπεζες δεν λειτουργούν με σταθερές αποδόσεις κλίμακας.

Σε σχέση με τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν σε αυτή τη μελέτη, πρέπει να εξεταστούν ορισμένα ζητήματα που συνδέονται με τη μονοτονία και τα ισχυρά αποδοτικά σύνορα. Όπως έχει συζητηθεί από τους Fukuyama et al. (2014), μια έκδοση ελάχιστης απόστασης των μοντέλων νόρμα L_p δεν θα είναι έντονα μονότονη στο άκρως αποδοτικό όριο, όταν το σύνολο δυνατοτήτων παραγωγής κατασκευάζεται με βάση τα τυπικά μοντέλα DEA που αναπτύχθηκαν από τους Charnes et al. (1978) και Banker et al. (1985). Ως εκ τούτου, το μοντέλο ευέλικτης αναποτελεσματικότητας ελάχιστης διευθυντικής απόστασης, δεν είναι έντονα μονότονο σε σχέση με τα εξαιρετικά αποδοτικά σύνορα, αφού υιοθετούμε τις τυπικές τεχνολογίες DEA. Αυτό το θέμα συζητείται επίσημα στους Fukuyama et al. (2014), οι οποίοι εισήγαγαν ένα «σύνολο ανταλλαγών» και έδειξαν ότι το μοντέλο τους είναι ένα πολύ αποτελεσματικό μέτρο αναποτελεσματικότητας. Ωστόσο, η ιδέα των προτεινόμενων μέτρων διαφέρει αρκετά από τα τυπικά μοντέλα DEA. Ως αποτέλεσμα αυτού, τα μοντέλα που βασίζονται στο συνδυασμένο αδύναμο και ισχυρά αποδοτικό σύνορο δεν είναι πολύ αποτελεσματικά για την τυπική περίπτωση DEA, αν και αυτό θα πρέπει να μελετηθεί επίσημα. Το θέμα των ισχυρών μέτρων αποτελεσματικότητας είναι πέρα από το εύρος της τρέχουσας μελέτης και μπορεί να συζητηθεί σε διάφορα έγγραφα, εάν βρεθούν κάποια νέα αποτελέσματα.

Επιπλέον, όταν εξετάζεται μια συγκεκριμένη όψη (όταν υπάρχει), η μονοτονία σχετίζεται με τους συμβιβασμούς μεταξύ των εισροών και/ή των εκροών, οι οποίοι μπορούν να προσδιοριστούν μέσω της ελαστικότητας υποκατάστασης ή/και της ελαστικότητας μετασχηματισμού. Αυτή η ελαστικότητα θα πρέπει να εκτιμηθεί χρησιμοποιώντας μια δεδομένη όψη και ως εκ τούτου, απαιτείται η πλήρης απαρίθμηση των όψεων. Ωστόσο, εάν οι ερευνητές επιθυμούν να εφαρμόσουν τις ακόλουθες περιπτώσεις: (α) κεφαλαιακές απαιτήσεις, (β) ύπαρξη μείωσης και (γ) το μείγμα των εκροών, τότε πρέπει να προσδιοριστούν άλλα σύνολα πτυχών. Τεχνικά, αυτό μπορεί να γίνει συμπεριλαμβάνοντας πρόσθετους περιορισμούς που σχετίζονται με τα (α), (β) και (γ). Ωστόσο, ακόμη και αν η πλήρης απαρίθμηση γίνεται σε κάθε περίπτωση, μια αλλαγή των εισόδων και/ή των εξόδων μπορεί να οδηγήσει σε μετακίνηση από τη μια όψη στην άλλη, οπότε η ελαστικότητα της υποκατάστασης ή του μετασχηματισμού δεν είναι καλά καθορισμένη. Η πραγματική εκτίμηση αυτών των ελαστικοτήτων είναι μια ανοιχτή πρόκληση στη DEA.

Συνολικά, αυτή η μελέτη τους υπογραμμίζει ότι μπορούν να εφαρμοστούν πιο ευέλικτες προσεγγίσεις μοντελοποίησης για τη μέτρηση της απόδοσης των τραπεζών σε περιπτώσεις όπου απαιτούνται πιο εφικτοί στόχοι αναφοράς. Το προτεινόμενο μοντέλο ευέλικτης αναποτελεσματικότητας ελάχιστης διευθυντικής απόστασης είναι ικανό να χειριστεί τα NPL και μπορεί να είναι κατάλληλο για τη μέτρηση των επιπέδων απόδοσης των τραπεζών, καθώς μπορεί να αξιολογήσει τις τράπεζες θέτοντας εφικτούς στόχους αναφοράς στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων.

5. Συμπεράσματα

Η DEA είναι ένα ισχυρό εργαλείο που ξεπερνά τους περιορισμούς πολλών παραδοσιακών τεχνικών για τη συγκριτική αξιολόγηση και τη μέτρηση της παραγωγικότητας. Παρέχει πολύ περισσότερα από απλά μέτρα απόδοσης για πολλαπλές διεργασίες εισροών/εκροών, συμπεριλαμβανομένων συγκεκριμένων πληροφοριών για βέλτιστες πρακτικές, ειδικών και εφικτών στόχων για αναποτελεσματικές DMU, ποσοτικοποιημένη πιθανή εξοικονόμηση και πιο κερδοφόρους τρόπους βελτίωσης και ρεαλιστικές πληροφορίες για σχεδιασμό και κοστολόγηση.

Όπως συμβαίνει με κάθε τεχνική, τα πλήρη οφέλη από τη χρήση της DEA μπορούν να επιτευχθούν μόνο μέσω της σωστής εφαρμογής της, καθώς και της παρουσίασης και επεξήγησης των αποτελεσμάτων της με χρήσιμο τρόπο, ώστε να επιτευχθεί η αποδοχή τόσο από τη διαχείριση όσο και από τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων. Η δουλειά του αναλυτή είναι να κατανοήσει τι θέλουν και τι θα δεχτούν οι διευθυντές, και στη συνέχεια να δημιουργήσει μοντέλα που να αντικατοπτρίζουν αυτές τις ανάγκες και αναφορές για να μεταφέρουν χρήσιμα τα αποτελέσματα. Προφανώς, κάποιος μπορεί να βρει προβλήματα ακόμη και όταν κάνει το καλύτερο δυνατό, π.χ. ζητήματα ποιότητας, ποσότητας και συνάφειας δεδομένων. Διάφορα μοντέλα DEA έχουν εφαρμοστεί στην αξιολόγηση των προβλημάτων απόδοσης και οι πολύπλοκες διαδικασίες παραγωγής των τραπεζών έχουν παρακινήσει περαιτέρω την επέκταση και τη βελτίωση των τεχνικών DEA.

Παρουσιάστηκε εκτενώς η μοντελοποίηση της διαδικασίας παραγωγής των τραπεζών που εφαρμόζεται με διάφορα μοντέλα DEA για την αξιολόγηση των επιπέδων αποτελεσματικότητάς τους και της αποδοτικότητάς τους.

Καταρχήν, όλες οι δυνατότητες και τα μοντέλα που αναφέρθηκαν, έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ωστόσο, υπάρχει μια διαμάχη στη βιβλιογραφία σχετικά με τον ρόλο των καταθέσεων, δηλαδή, εάν θα αντιμετωπίζονται οι καταθέσεις ως εκροές ή εισροές του τραπεζικού συστήματος, η οποία εξαρτάται από το εάν θα αντιμετωπίζεται το τραπεζικό σύστημα ως παραγωγική διαδικασία ή ως διαμεσολάβηση. Η πρώτη αντιμετωπίζει τις καταθέσεις ως εκροές και η δεύτερη θεωρεί τις καταθέσεις ως εισροές (Paradi & Zhu, 2013).

Οι διάφορες μελέτες που έχουν εκπονηθεί κατά καιρούς (Seiford και Zhu, 1999; Cook and Hababou, 2001; Meepadung et al., 2009; Fukuyama και Weber, 2010; Wang et al., 2014; Akther et al., 2013; Kao and Liu, 2014) αναλύουν την αποτελεσματικότητα των τραπεζών λαμβάνοντας υπόψη μόνο τις εσωτερικές πολύπλοκες δομές (δηλαδή, πολλαπλά στοιχεία και δύο σειριακά στάδια) ή τη δυναμική απόδοση αντιμετωπίζοντας τις τράπεζες ως «μαύρο κουτί». Καμία δεν έχει τεκμηριώσει επαρκώς, τα ζητήματα της αποτελεσματικότητας των τραπεζών, λαμβάνοντας, ταυτόχρονα, υπόψη τις δομές δύο σταδίων και τη δυναμική αποτελεσματικότητα.

Ως εκ τούτου, τα υπάρχοντα μέτρα αποτελεσματικότητας των τραπεζών ενδέχεται να μην είναι κατάλληλα για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των τραπεζών με διμεταβατική διαδικασία κατά τη διάρκεια πολλαπλών χρονικών περιόδων, διότι οι ενδιάμεσοι παράγοντες μεταξύ των εσωτερικών διαδικασιών και του παράγοντα μεταφοράς (μη εξυπηρετούμενο δάνειο). Η σύνδεση με τις λειτουργίες σε διαδοχικές χρονικές περιόδους αγνοείται. Όταν μια τράπεζα εκτιμάται ότι είναι αναποτελεσματική, δεν είναι εφικτό να εντοπιστούν τα αίτια της αναποτελεσματικότητας, τα οποία προέρχονται από τα εσωτερικά λειτουργικά στάδια ή τις επιπτώσεις των παραγόντων μεταφοράς στην προηγούμενη χρονική περίοδο. Ως εκ τούτου, απαιτείται μια πιο κατάλληλη προσέγγιση για την αντιμετώπιση της αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των τραπεζών με δύο εσωτερικά στάδια σε πολλαπλές χρονικές περιόδους.

Τρία από τα κύρια συμπεράσματα είναι ότι:

(α) η αποτελεσματικότητα και η αποδοτικότητα της χωρητικότητας έχουν λάβει αρκετά περιορισμένη προσοχή στις μελέτες DEA στον τραπεζικό τομέα.

(β) οι περισσότερες μελέτες που χρησιμοποιούν DEA δύο σταδίων δεν χρησιμοποιούν κατάλληλες τεχνικές bootstrapping και τα αποτελέσματά τους μπορεί να είναι μεροληπτικά,

(γ) υπάρχει μεγάλη ποικιλομορφία μεταξύ των μελετών όσον αφορά την επιλογή εισροών και εκροών. Όπως και στην περίπτωση των τραπεζών, στο σύνολό τους, η απόδοση κόστους και απόδοσης έχει λάβει πολύ λιγότερη προσοχή στις μελέτες αποτελεσματικότητας υποκαταστημάτων. Επιπλέον, ένας τομέας έρευνας που αξίζει προσοχής θα ήταν η εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των τραπεζικών υποκαταστημάτων σε διαδοχικές χρονικές περιόδους. Μελέτες που εμπίπτουν στη δεύτερη κατηγορία, επιχειρούν να αναπτύξουν μοντέλα κλασικής αξιολόγησης για την πρόβλεψη της αποτυχίας, τις αξιολογήσεις πιστοληπτικής ικανότητας των τραπεζών και τον εντοπισμό υποαποδόσεων.

Καθώς η διαμάχη σχετικά με τον τρόπο μοντελοποίησης ανεπιθύμητων εκροών υπό ένα πλαίσιο DEA εξακολουθεί να υφίσταται, δεν έχει επιτευχθεί συμφωνία στη βιβλιογραφία, ως προς το ποια από αυτές τις προσεγγίσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι προτιμότερη.

Παρουσιάστηκαν τόσο μελέτες χωρών ειδών όσο και μελέτες σε χώρες, όπως και εφαρμογές τεχνικών που προέρχονται από διάφορους κλάδους. Οι περισσότερες από τις μελέτες βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε οικονομικές πληροφορίες, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και μη χρηματοοικονομικές μεταβλητές. Δεδομένων των διαφορών στις προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται για την επικύρωση των μοντέλων, οι συγκρίσεις της ακρίβειας κλασικοποίησης σε όλες τις μελέτες θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με προσοχή. Βρίσκουμε μόνο λίγες μελέτες που προτείνουν το συνδυασμό των προβλέψεων μεμονωμένων μοντέλων σε ενσωματωμένους μεταταξινομητές και πιστεύουμε ότι αυτός είναι ένας τομέας έρευνας που αξίζει περαιτέρω προσοχής.

Το πρόβλημα για τους αναλυτές της DEA, είναι πώς θα μοντελοποιήσουν τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια, τα οποία όπως και οι καταθέσεις, άλλοτε αντιμετωπίζονται ως εισροή και άλλοτε ως εκροή. Για να γίνει εφικτή η μοντελοποίηση των NPL, η βιβλιογραφία χρησιμοποιεί μεθόδους από το περιβάλλον.

Με τη μέθοδο της DEA γίνεται προσπάθεια να εκτιμηθεί και να αξιολογηθεί η απόδοση των τραπεζών. Διαπιστώνουμε ότι υπάρχει ένα πρόβλημα με τις μελέτες αυτές. Το πρόβλημα είναι ότι οι τράπεζες χρειάζονται να μοντελοποιήσουν τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια ως κακή εκροή, κατά συνέπεια όλες οι μελέτες περιστρέφονται γύρω από αυτό το πρόβλημα, χρησιμοποιώντας μεθόδους, όπως των Kuosmanen και Murty και τις συναρτήσεις παραγωγής τους.

Πηγές

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Acemoglu D. (1996). A Microfoundation for social increasing returns in human capital accumulation. *Q J Econ*, 111(3):779–804.
2. Acemoglu D. (1998). Why do new technologies complement skills? Directed technical change and wage inequality. *Q J Econ*, 113(4):1055–89.
3. Afriat S. (1972). Efficiency estimation of production functions. *International Economic Review*, 13, 568-598.
4. Ahmad, W., Luo, R.H. (2010), Comparison of banking efficiency in Europe: Islamic versus conventional banks. *International banking in the New Era: Post-Crisis challenges and opportunities. International Finance Review*, 11, 361-389.
5. Aigner D.J., C.A.K. Lovell, P.J. Schmidt. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models, *Journal of Econometrics* 6, 21-37.
6. Akther S, Fukuyama H, Weber WL. (2013). Estimating two-stage network Slacks-based inefficiency: an application to Bangladesh banking. *Omega* 2013, 41(1):88–96.
7. Altunbas Y, Liu MH, Molyneux P, Seth R (2000) Efficiency and risk in Japanese banking. *J Bank Financ* 24(10):1605–1628.
8. Ando K, Kai A, Maeda Y, Sekitani K. (2012). Least distance based inefficiency measures on the Pareto-efficient frontier in DEA. *J Oper Res Soc, Jpn*, 55(1):73–91.

9. Ando K., Minamide M., Sekitani, K., & Shi, J. (2017). Monotonicity of minimum distance inefficiency measures for data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 260(1), 232–243.
10. Ang S., An Q., Yang F. & Ji X. (2019). Target setting with minimum improving costs in data envelopment analysis: A mixed integer linear programming approach. *Expert Systems*, 2019, 36(4), e12408.
11. Aparicio J. (2016). A survey on measuring efficiency through the determination of the least distance in data envelopment analysis. *Journal of Centrum Cathedra*, 2016, 9(2), 143–167.
12. Aparicio J., Borrás F., Pastor J. T., & Vidal, F. (2013). Accounting for slacks to measure and decompose revenue efficiency in the Spanish designation of origin wines with DEA. *European Journal of Operational Research*, 2013, 231(2), 443–451.
13. Aparicio J., Cordero J. M., Gonzalez M., & Lopez-Espin J. J. (2018). Using non-radial DEA to assess school efficiency in a cross-country perspective: An empirical analysis of OECD countries. *Omega*, 2018, 79, 9–20.
14. Aparicio J., Garcia-Nove E. M., Kapelko M., & Pastor J. T. (2017). Graph productivity change measure using the least distance to the pareto-efficient frontier in data envelopment analysis. *Omega*, 2017, 72, 1–14.
15. Aparicio, J., Cordero, J. M., & Pastor, J. T. (2017). The determination of the least distance to the strongly efficient frontier in data envelopment analysis oriented models: Modelling and computational aspects. *Omega*, 2017, 71, 1–10.
16. Aparicio, J., Kapelko M., Mahlberg B., & Sainz-Pardo J. L. (2017). Measuring input-specific productivity change based on the principle of least action. *Journal of Productivity Analysis*, 2017, 47(1), 17–31.
17. Aparicio J., Kapelko M., & Monge J. F. (2020). A well-defined composite indicator: An application to corporate social responsibility. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 186(1), 299–225.
18. Aparicio J., Mahlberg B., Pastor J. T., & Sahoo, B. K. (2014). Decomposing technical inefficiency using the principle of least action. *European Journal of Operational Research*, 2014, 239(3), 776–785.
19. Aparicio J., Pastor J. T. (2013). A well-defined efficiency measure for dealing with closest targets in DEA. *Applied Mathematics and Computation*, 2013, 219(17), 9142–9154.

20. Aparicio J., & Pastor, J. T. (2014). Closest targets and strong monotonicity on the strongly efficient frontier in DEA. *Omega*, 2014, 44, 51–57.
21. Aparicio, J., Ruiz, J. L., & Sirvent, I. (2007). Closest targets and minimum distance to the Pareto-efficient frontier in DEA. *Journal of Productivity Analysis*, 2007, 28(3), 209–218.
22. Ariff M, Can L. (2008). Cost and profit efficiency of Chinese banks: a non-parametric analysis. *China Economic Review* 2008, 19:260–73.
23. Arping S. (2017). Deposit competition and loan markets. *J Bank Financ*, 80:108–18.
24. Arshadi N. and E. C. Lawrence, (1987). An Empirical Investigation of New Bank Performance. *Journal of Banking & Finance*, 11, 33-48.
25. Asaftei G. (2008). The contribution of product mix versus efficiency and technical change in US banking. *Journal of Banking and Finance*, 32:2336–2345.
26. Ashrafi A., Jaafar A.B. (2011). Performance measurement of two-stage production systems with undesirable factors by data envelopment analysis. *Journal of Applied Sciences* 2011, 11(20):3515–9.
27. Asmild M, Matthews K. (2012). Multi-directional efficiency analysis of efficiency patterns in Chinese banks 1997–2008. *European Journal of Operational Research*, 219:434–41.
28. Avkiran NK. (1997). Models of retail performance for bank branches: predicting the level of key business drivers. *International Journal of Bank Marketing*, 15:224–37.
29. Avkiran NK. (1999). The evidence on efficiency gains: the role of mergers and the benefits to the public. *Journal of Banking & Finance*, 23(7):991–1013.
30. Avkiran NK. (2009). Opening the black box of efficiency analysis: an illustration with UAE banks. *Omega*, 37:930–41.
31. Avkiran NK. (2015). An illustration of dynamic network DEA in commercial banking including robustness tests, *Omega*, 55: 141–150.
32. Ayadi O.F., Adebayo A.O., Omolehinwa E. (1998). Bank performance measurement in a developing economy: An application of data envelopment analysis. *Managerial Finance*, 24 (7), 5-16.
33. Baek C, Lee JD. (2009). The relevance of DEA benchmarking information and the least- distance measure. *Math Comput Model*, 49(1):265–75.

34. Bansal P., Kumar S., Mehra A., Gulati R. (2022). Developing two dynamic Malmquist-Luenberger productivity indices: an illustrated application for assessing productivity performance of Indian banks. *Omega*, 107:102538.
35. Barnes P. (1987). The analysis and use of financial ratios: a review article. *Journal of Business Finance and Accounting*, 14:449–61.
36. Barros CP, Managi S, Matousek R (2012). The technical efficiency of the Japanese banks: non-radial directional performance measurement with undesirable output. *Omega* 40(1):1–8.
37. Basel Committee on Banking Supervision (2011). Range of methodologies for risk and performance alignment of remuneration.
38. Batchelor, V.B. (2005). A comparable cross-system bank productivity measure: Empirical evidence from the Malaysian dual banking system. Edith Cowan University.
39. Baumol WJ, Oates WE (1975, 1988). The theory of environmental policy, 1st and 2nd edns. Cambridge University Press, Cambridge.
40. Beccall, E., Frantz P. (2009). M&A operations and performance in banking. *Journal Financial Services Research* 36, 203–226.
41. Benhabib J, Spiegel M.M. (1994). The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data. *J Monet Econ*, 34(2):143–73.
42. Berger A.N, DeYoung R. (1997). Problem loans and cost efficiency in commercial banks. *J Bank Finance* 21(6):849–870.
43. Berger A.N, Humphrey D. (1992). Measurement and efficiency issues in commercial banking. In: Zvi Griliches Z, editor. *Output measurement in the service industry*. Chicago: University of Chicago Press, National Bureau of Economic Research, p. 245–96.
44. Berger A.N, Humphrey D. (1997). Efficiency of financial institutions: International survey and directions for future research. *European Journal of Operational Research*, 98:175–212.
45. Berger A.N, Mester LJ. (1997). Inside the black box: what explains differences in the efficiencies of financial institutions? *J Bank Financ*, 21(7):895–947.
46. Berger A.N, Hasanc, I., & Zhoud, M. (2007). Bank ownership and efficiency in China: What will happen in the world's largest nation.

47. Berger A.N. (2007). International comparisons of banking efficiency, financial markets. *Institutions and Instruments*, 16:119–44.
48. Berger A.N. (2003). The efficiency effects of a single market for financial services in Europe. *European Journal of Operational Research*, 15.
49. Bessent A., Bessent W., Elam J., & Clark T. (1988). Efficiency frontier determination by constrained facet analysis. *Operations Research*, 36(5), 785–796.
50. Botti L, Briec W, Cliquet G. (2009). Plural forms versus franchise and company-owned systems: a DEA approach of hotel chain performance. *Omega—The International Journal of Management Science*, 37:566–78.
51. Briec W. (1999). Holder distance function and measure- € ment of technical efficiency. *Journal of Productivity Analysis*, 11(2), 111–131.
52. Camanho A. S., & Dyson, R. G. (2005). Cost efficiency measurement with price uncertainty: a DEA application to bank branch assessments. *European journal of operational research*, 161(2), 432-446.
53. Casu B., & Molyneux P. (2003). A comparative study of efficiency in European banking. *Applied economics*, 35(17), 1865-1876.
54. Casu B., Girardone, C., & Molyneux, P. (2004). Productivity change in European banking: A comparison of parametric and non-parametric approaches. *Journal of Banking & Finance*, 28(10), 2521-2540.
55. Cavallo L. & Rossi, S., 2001, “Scale and scope economies in the European banking systems”, *Journal of Multinational Financial Management*, 11, 515-531.
56. Chambers RG, Chung Y, Färe R. (1998). Profit, directional distance functions, and Nerlovian efficiency. *J Optim Theory Appl* 1998, 98(2):351–64.
57. Chambers R. G., Chung Y., Färe R. (1996). Benefit and Distance Functions, *Journal of Economic Theory*, Vol. 70, pp. 407-419.
58. Chambers RG, Pope RD (1996) Aggregate productivity measures. *Am J Agric Econ* 78(5):1360–1365.
59. Chang TP, Hu JL, Chou RY, Sun L. (2012). The sources of bank productivity growth in China during 2002–2009: a disaggregation view. *Journal of Banking & Finance*, 36:1997–2006.
60. Charnes A., W.W. Cooper. (1962). Programming with linear fractional functionals. *Naval Research Logistics Quarterly* 9, nos. 3. 4.
61. Charnes A., W.W. Cooper. (1977). Goal programming and multiple objective optimizations. *European Journal of Operational Research* 1, no. 1.

62. Charnes A., W.W. Cooper. (1961). Management models and industrial applications of linear programming (Wiley, New York).
63. Charnes A., W.W. Cooper. (1980). Auditing and accounting for program efficiency in not-for profit entities, *Accounting, Organizations and Society* 5. 87-107.
64. Charnes A., W.W. Cooper, E. Rhodes. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units, *European Journal of Operations Research*, 2, 429-444.
65. Charnes A., W.W. Cooper, E. Rhodes. (1981). Evaluating program and managerial efficiency: An application of data envelopment analysis to program follow through, *Management Science*, 27, 668-687.
66. Charnes, A., W.W. Cooper, A. Schinnar. (1982). Transforms and approximations in cost and production function relations, *Omega* 10, 207-211.
67. Charnes A., W.W. Cooper, L. Seiford , J. Stutz.(1982). A multiplicative model for efficiency analysis, *Socio-Economic Planning Sciences*, 1982, 6, 223-224.
68. Charnes A., W.W. Cooper, L. Seiford, J. Stutz. (1983). A units invariant multiplicative measure, *Operations Research Letters*.
69. Chen X, Skully M, Brown K. (2005). Banking efficiency in China: application of DEA to pre-and post-deregulation eras: 1993-2000. *China Economic Review*, 2005, 16:229–45.
70. Chen Y, Zhu J. (2004). Measuring information technology's indirect impact on firm performance. *Information Technology and Management Journal*, 2004, 5: 9–22.
71. Chen Y, Cook WD, Li N, Zhu J. (2009). Additive efficiency decomposition in two-stage DEA. *European Journal of Operational Research* 2009, 196:1170–6.
72. Chen L, Wang Y.M. (2020). DEA target setting approach within the cross efficiency framework. *Omega*, 2020, 96:102072.
73. Chen Tser-Yieth, Yeh, Tsai-Lien (1998), “A study of efficiency evaluation in Taiwan’s banks”, *International Journal of Service Industry Management*, Vol. 9 No. 5, pp. 1-8.
74. Cherchye L, Van Puyenbroeck T. (2001). A comment on multi-stage DEA methodology. *Oper Res Lett*, 28(2):93–8.
75. Chiou CC. (2009). Effects of financial holding company act on bank efficiency and productivity in Taiwan. *Neurocomputing*, 72:3490–3506.
76. Chu, S. F., & Lim, G. H. (1998). Share performance and profit efficiency of banks in an oligopolistic market: evidence from Singapore. *Journal of Multinational Financial Management*, 8(2-3), 155-168.

77. Coase R. (1960). The problem of social cost. *The Journal of Law and Economics*, 1960, 3:1–4.
78. Cook, WD., Ruiz, JL., Sirvent, I., & Zhu, J. (2017). Within-group common benchmarking using DEA. *European Journal of Operational Research*, 256, 901–910.
79. Cook WD, Hababou M, Tuenter HJH. (2000). Multicomponent efficiency measurement and shared inputs in data envelopment analysis: an application to sales and service performance in bank branches. *Journal of Productivity Analysis*, 14:209–24.
80. Cooper W.W., Seiford, L.M., Tone, K., 2007. *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Springer, USA.
81. Cropper M.L., W.E. Oates. (1992). “Environmental Economics: A Survey.” *Journal of Economic Literature*, 30:675–740.
82. Cummins JD and HM Zi. (1998). “Comparison of Frontier Efficiency Methods: An Application to the US Life Insurance Industry.” *JPA* 10(2): 131-152.
83. Dakpo KH, Jeanneaux P, Latruffe L. (2016). Modelling pollution-generating technologies in performance benchmarking: recent developments, limits and future prospects in the nonparametric framework. *Eur J Oper Res*, 250(2):347–59
84. Dassesse M. (2001). Banking in Europe – Restrictions and Freedoms, *International Banking Law*. σελ. 11-14.
85. Debreu G. (1951). The Coefficient of Resource Utilization, *Econometrica*, Vol. 19, pp. 273-292.
86. Degl’Innocenti M., Kourtzidis S, Sevic Z., Tzeremes N., (2017). Bank productivity growth and convergence in the European Union during the financial crisis. *Journal of Banking and Finance*, 75, 184–199.
87. De Young R., Hasan, I., Kirchhoff, B. (1998). The impact of out-of-state entry on the efficiency of local banks. *Journal of Economics and Business* 50, 191–204.
88. Doumpos M., Zopounidis, C., Gounopoulos, D., Platanakis, E., & Zhang, W. (2022). *Operational Research and Artificial Intelligence Methods in Banking*. *European journal of operational research*, 306, 1-16.
89. Drake L., Hall M.J., Simper R. (2009). Bank modelling methodologies: a comparative non-parametric analysis of efficiency in the Japanese banking sector. *J Int Fi-nanc Mark Inst Money*, 19 (1):1–15 2009.

90. Dwivedi A., & Kochhar, K. (2022). Implementation of Artificial Intelligence in Indian Public Sector Banks. *Reimagining Business Education and Industry in 2030*, 41.
91. Ebrahimnejad A., Tavana M., Hosseinzadeh Lotfi F., Shahverdi R., Yousefpour M. (2014). A three-stage data envelopment analysis model with application to banking industry. *Measurement*, 49:308–19.
92. Eccles G. R., (2001). The Performance Measurement Manifesto. *Harvard Business Review*, January-February 1991, pp. 131-137.
93. Emrouznejad A., Tavares G., & Parker B. (2007). A bibliography of data envelopment analysis (1978–2003). *Socio-Economic Planning Sciences*, 38, 159–229.
94. Emrouznejad, A., & Yang, G. L. (2018). A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 4–8.
95. Färe R. (1975). Efficiency and the production function. *Z Nationalökon*, 35:317–24.
96. Färe R, Fukuyama H, Grosskopf S, Zelenyuk V. (2016). Cost decompositions and the efficient subset. *Omega*, 62:123–30.
97. Färe R, Lovell C. (1978). Measuring the technical efficiency of production. *J Econ Theory*, 19:150–62.
98. Färe R., L. Jansson. (1975). On VES and WDI Production Functions, *Int. Econ. Rev.*, 16, 245-250.
99. Färe R., Grosskopf S., Lovell C.A. Knox. (1985). *The Measurement of Efficiency of Production*, Kluwer-Nijhoff, Boston.
100. Färe R., Grosskopf S., Pasurka C. (1986). Effects of relative efficiency in electric power generation due to environmental controls, *Resources and Energy* 8: 167–184.
101. Färe R, Grosskopf S, Lovell CAK, Pasurka CA. (1989). Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach. *Rev Econ Stat* 71:90–98
102. Färe R, Grosskopf S. (2000). Network DEA. *Socio-Economic Planning Sciences*, 34:35–49.
103. Färe R, Grosskopf S. (2003). Nonparametric productivity analysis with undesirable outputs: comment. *American Journal of Agricultural Economics*, 85:1070–74.

104. Färe R, Grosskopf S. (2004). *New Directions: Efficiency and Productivity*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
105. Färe R., Grosskopf S., Noh D.W., Weber W. (2005). Characteristics of a polluting technology: theory and practice, *Journal of Econometrics* 126, 469–492.
106. Färe R., Fukuyama H., Grosskopf S., Zelenyuk V. (2015). Decomposing profit efficiency using a slack-based directional distance function. *Eur J Oper Res*, 2015, 247:335–7.
107. Färe R, Fukuyama H, Grosskopf S, Zelenyuk V. (2016). Cost decompositions and the efficient subset. *Omega*, 62:123–30.
108. Färe R, Grosskopf S, Lee WF. (2004). Property rights and profitability. In: Färe & Grosskopf, editors. *New directions: efficiency and productivity*. Norwell Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.
109. Färe R, He X, Li S, Zelenyuk V. (2019). A unifying framework for farrell profit efficiency measurement. *Oper Res*.
110. Farrell M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of Royal Statistical Society*, 1957, A 120, 253-281.
111. Fethi M, Pasiouras F. (2010). Assessing bank efficiency and performance with operational research and artificial intelligence techniques: a survey. *Eur J Oper Res*, 2010, 204:189–98.
112. Fiirsund F., Hjalmarsson L. (1979). Generalized Farrell measures of efficiency: An application to milk processing in Swedish dairy plants. *Economic Journal*, 89, 294-315.
113. Filzah Mohamed Othman, Nor Aiza Mohd-Zamil, Siti Zaleha Abdul Rasid, Amin Vakilbashi, Mozhdah Mokhber, (2016). A Tool of Measuring Efficiency in Banking Sector. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 6 (3), 911-916.
114. Fleisher BM, Hu Y, Li H, Kim S. (2011). Economic transition, higher education and worker productivity in China. *J Dev Econ*, 94(1):86–94.
115. Førsund F. (1998). Pollution modeling and multiple-output production theory. Discussion Paper D-37/1998, Department of Economics and Social Sciences, Agricultural University of Norway.
116. Førsund F. (2009). Good modelling of bad outputs: pollution and multiple-output production. *Int Rev Environ Resour Econ* 3:1–38.
117. Førsund F. (2018). Multi-equation modelling of desirable and undesirable outputs satisfying the materials balance. *Empir Econ*, 54(1):67–99 .

118. Frisch R. (1965). Theory of production. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
119. Fukuyama H. (1993). Technical and scale efficiency of Japanese commercial banks: a non-parametric approach. *Appl Econ*, 25(8):1101–12 .
120. Fukuyama H. (1995). Measuring efficiency and productivity growth in Japanese banking: a nonparametric frontier approach. *Appl Financ Econ*, 5(2):95–107.
121. Fukuyama H., Färe R., & Weber W. L. (2021). Valuing and ranking Japanese banks: Application to Japan Post Bank and Mizuho Bank. *Journal of the Operational Research Society*, 2018, 69(12), 2021–2033.
122. Fukuyama H., Maeda Y., Sekitani K., & Shi J. (2014a). Input–output substitutability and strongly monotonic p-norm least distance DEA measures. *European Journal of Operational Research*, 237(3), 997–1007.
123. Fukuyama H., Masaki H., Sekitani K., & Shi, J. (2014b). Distance optimization approach to ratio-form efficiency measures in data envelopment analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 42(2), 175–186.
124. Fukuyama H., Matousek R. (2011). Efficiency of Turkish banking: Two-stage network system. Variable returns to scale model. *Int. Fin. Markets, Inst. and Money*, 2011, 21, 75–91.
125. Fukuyama H, Matousek R. (2017). Modelling bank performance: a network DEA approach. *Eur J Oper Res*, 259:721–32.
126. Fukuyama, H., & Matousek, R. (2018). Nerlovian revenue inefficiency in a bank production context: Evidence from Shinkin banks. *European Journal of Operational Research*, 271(1), 317–330.
127. Fukuyama H., Matousek R., & Tzeremes G.N. (2020). Minimum distance efficiency measure in bank production: A directional slack inefficiency approach. *Omega* 95, 102-198.
128. Fukuyama H, Hashimoto A, Matousek R, Tzeremes NG. (2021). Analyzing bank “black boxes”: a two-stage Nerlovian profit inefficiency model. *Exp Syst Appl*, 2021:115405 .
129. Fukuyama H, Maeda Y, Sekitani K, Shi J. (2014). Input–output substitutability and strongly monotonic p-norm least distance DEA measures. *Eur J Oper Res*, 237 (3):997–1007.
130. Fukuyama H, Tan Y. (2022). Implementing strategic disposability for performance evaluation: innovation, stability, profitability and corporate social responsibility in Chinese banking. *Eur J Oper Res*, 296(2):652–68.

131. Fukuyama, H., & Sekitani, K. (2012). Decomposing the efficient frontier of the DEA production possibility set into a smallest number of convex polyhedrons by mixed integer programming. *European Journal of Operational Research*, 221(1), 165–174.
132. Fukuyama H, Weber WL. (2008). Japanese banking inefficiency and shadow pricing. *Math Comput Model*, 48(11-12):1854–67.
133. Fukuyama H., & Weber W. L. (2009). A directional slacks-based measure of technical inefficiency. *Socio Economic Planning Sciences*, 2009, 43(4), 274–287.
134. Fukuyama, H., & Weber, W. L. (2010). A slacks-based inefficiency measure for a two-stage system with bad outputs. *Omega*, 38(5), 398–409.
135. Fukuyama, H., Weber, W. L. (2017a). Japanese bank productivity, 2007–2012: A dynamic network approach. *Pacific Economic Review*, 22(4), 649–676.
136. Fukuyama, H., Weber, W. L. (2017b). Directional distance DEA models. In K. Tone (Ed.), *Advances in DEA theory and applications: with examples in forecasting models*, (Chapter 3, pp. 20–27).
137. Fukuyama H, Weber WL. (2013). A dynamic network DEA model with an application to Japanese Cooperative Shinkin Banks. In: Pasiouras F, editor. *Efficiency and productivity growth in the financial services industry*. London: Wiley, Chapter 9, p. 193-13.
138. Fukuyama H, Weber WL. (2015). Measuring Japanese bank performance: a dynamic network DEA approach. *J Product Anal*, 44(3):249–64.
139. Fung MK, Leung MK. (2011). X-efficiency and convergence of productivity among the national commercial banks in China. In: *Proceedings of the 19th China economic association (UK) annual conference*, April 1–2, University of Cambridge, UK.
140. Gallizo J., Moreno J., & Salvador M. (2016). Banking Efficiency in the Enlarged European Union: Financial Crisis and Convergence. *International Finance* 19:1, pp. 66–88.
141. Gilligann T., M. Smirlock and W. Marshall, 1984, “Scale and Scope Economics in the Multi-Product Banking Firm”, *Journal of Monetary Economics*, 13, 393-405.
142. Glass JC, McKillop DG, Morikawa Y. (1998). Intermediation and value-added models for estimating cost economies in large Japanese banks 1977–93. *Applied Financial Economics*, 8:653–61.

143. Grifell-Tatjé E, Lovell CAK. (1999). Profits and productivity. *Management Science*, 45:1177–1193.
144. Hailu, A. (2003). Non-parametric Productivity Analysis with Undesirable Outputs: Reply. *American Journal of Agricultural Economics* 85(2003): 1075–77.
145. Hailu A, Veeman T. (2001). Non-parametric productivity analysis with undesirable outputs: an application to Canadian pulp and paper industry. *American Journal of Agricultural Economics*, 2001, 83:605–16.
146. Halkos G., Salamouris, D. (2004). Efficiency measurement of the Greek commercial banks with the use of financial ratios: a data envelopment analysis approach. *Management Accounting Research* 15, 201–224.
147. Harimaya K. (2004). Measuring the efficiency in Japanese credit cooperatives. *Review of Monetary and Financial Studies*, 2004, 21:92–111 [in Japanese].
148. Hensel ND. (2003). Strategic management of efficiencies in networks: cross-country evidence on European branch banking. *European Financial Management*, 9:333–60.
149. Hermes N., Meesters A. (2015). Financial liberalization, financial regulation and bank efficiency: a multi-country analysis. *Appl. Econ.* 47 (no. 21), 2154–2172.
150. Hess CM, Kemerer CF. (1994). Computerized loan origination systems: an industry case study of the electronic markets hypothesis. *MIS Q*, 18(3): 251–275.
151. Holod D, Lewis HF. (2011). Resolving the deposit dilemma: a new DEA bank efficiency model. *J Bank Financ*, 2011, 35:2801–10.
152. Hosseinzadeh Lofti F, Hasanpour P. (2010). Evaluation of performance in network using dea with undesirable and non-discretionary data. *Applied Mathematical Sciences*, 4(34):1691–702.
153. Hu WC, Lai MC, Huang HC. (2009). Rating the relative efficiency of financial holding companies in an emerging economy: a multiple DEA approach. *Expert Systems with Applications*, 36:5592–5599.
154. Hua Z, Bian Y. (2008). Performance measurement for network DEA with undesirable factors. *International Journal of Management and Decision Making*, 9 (2):141–53.
155. Huang J, Chen J, Yin Z. (2014). A network DEA model with super efficiency and undesirable outputs: an application to bank efficiency in China. *Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2014, Article ID 793192, 14 pages.

156. Hughes JP, Mester LJ (1998) Bank capitalization and cost: evidence of scale economies in risk management and signalling. *Rev EconStat* 80(2):314–325
157. Hunter W.C., Timme S.G., Yang W.K. (1990). “An Examination of Cost Subadditivity and Multiproduct Production in Large U.S. Commercial Banks”, *Journal of Money, Credit and Banking*, 22, 504-525.
158. Iosifidi M., Panopoulou E., Tsoumas C. (2021). Mortgage loan demand and banks’ operational efficiency. *J Financ Stab*, 53:100851.
159. Jalali Naini SG, Moini A, Rezaee MJ. (2013). Nash bargaining game model for two parallel stages process evaluation with shared inputs. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 67:475–84.
160. Jayaratne J. and J. Wolken, (1999). How Important are Small Banks to Small Business Lending. New Evidence from a Survey of Small Firms, *Journal of Banking & Finance*, 23, 427-458.
161. Jia-Ching Juo, Tsu-Tan Fu, Ming-Miin Yu, Yu-Hui Lin. (2016). Non-radial profit performance: An application to Taiwanese banks. *Omega* 65, 111–121.
162. Kaffash S. & Marra M. (2017). Data envelopment analysis in financial services: a citations network analysis of banks, insurance companies and money market funds. *Annals of Operations Research*, 253 (1), 307-344.
163. Kao C, Hwang SN. (2008). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: an application to non-life insurance companies in Taiwan. *European Journal of Operational Research*, 2008,185:418–29.
164. Kao C. (2009). Efficiency decomposition in network data envelopment analysis: a relational model. *European Journal of Operational Research*, 192: 949–62.
165. Kao C., Liu ST. (2014). Multi-period efficiency measurement in data envelopment analysis: the case of Taiwanese commercial banks. *Omega*, 47:90–98.
166. Kauko K. (2009). Managers and efficiency in banking. *J Bank Financ*, 33(3):546–56.
167. Kevork I., Pange J., Tzeremes P., Tzeremes G. N., (2017). Estimating Malmquist productivity indexes using probabilistic directional distances: An application to the European banking sector. *European Journal of Operational Research* 261, 1125–1140.
168. Koopmans TC. (1951). An analysis of production as an efficient combination of activities. In: Koopmans TC, editor. *Activity Analysis of production and allocation*. New York: Wiley.

169. Kordrostami S., Amirteimoori A. (2005). Un-desirable factors in multi-component performance measurement. *Applied Mathematics and Computation*, 172:721–9.
170. Kuosmanen T. (2005). Weak disposability in nonparametric production analysis with undesirable outputs. *Am J Agric Econ*, 87(4):1077–82.
171. Lang G., and P. Welzel, (1996). “Efficiency and Technical Progress in Banking Empirical Results for a Panel of German Cooperative Banks”, *Journal of Banking & Finance*, 20, 6, 1003-1023.
172. Lertworasirikul S., Fang, S. C., Nuttle, H. L., & Joines, J. A. (2003). Fuzzy BCC model for data envelopment analysis. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 2, 337-358.
173. Liang L, Cook WD, Zhu J. (2008). DEA models for two-stage processes: game approach and efficiency decomposition. *Naval Research Logistics*, 55:643–53.
174. Liang L., Yang F., Cook W.D., Zhu J. (2006). DEA models for supply chain efficiency evaluation. *Annals of Operations Research*, 2006, 145(1):35–49.
175. Lim S., Bae, H., & Lee, L. H. (2011). A study on the selection of benchmarking paths in DEA. *Expert Systems with Applications*, 38(6), 7665–7673.
176. Lin TY, Chiu SH. (2013). Using independent component analysis and network DEA to improve bank performance evaluation. *Economic Modelling*, 32:608–16.
177. Lo SF, Lu WM. (2019). An integrated performance evaluation of financial holding companies in Taiwan. *European Journal of Operational Research*, 198:341–350.
178. Lothgren M, Tambour M. (1999). Productivity and customer satisfaction in Swedish pharmacies: a DEA network model. *European Journal of Operational Research*, 115: 449–458.
179. Lozano S. (2016). Slacks-based inefficiency approach for general networks with bad outputs: An application to the banking sector. *Omega* 60, 2016, 73–84.
180. Lozano-Vivas, A., Pastor, J. T., & Pastor, J. M. (2002). An efficiency comparison of European banking systems operating under different environmental conditions. *Journal of Productivity Analysis*, 18, 59-77.
181. Lozano S, Villa G. (2005). Determining a sequence of targets in DEA. *J Oper Res Soc*, 56 (12):1439–47.
182. Lozano, S., & Villa, G. (2010). Gradual technical and scale efficiency improvement in DEA. *Annals of Operations Research*, 173 (1), 123–136.
183. Luenberger DG. (1992). Benefit functions and duality. *Journal of Mathematical Economics*, 21:461–81.

184. Luenberger DG. (1995). *Microeconomic theory*. New York: McGraw Hill.
185. Luo D, Yao S. (2010). World financial crisis and the rise of Chinese commercial banks: an efficient analysis using DEA. *Applied Financial Economics*, 2010, 20: 1515–30.
186. Maghbouli M, Amirteimoori A, Kordrostami S. (2014). Two-stage networks structures with undesirable outputs: a DEA based approach. *Measurement*, 48:109–18.
187. Matthews K. (2013). Risk management and managerial efficiency in Chinese banks: a network DEA framework. *Omega*, 41:207–15.
188. McAllister P.H., McManus, D. (1993). Resolving the scale efficiency puzzle in banking. *Journal of Banking and Finance* 17, 389–405.
189. Mester L.J. (2005). Optimal industrial structure in banking. FRB of Philadelphia, 2005, Working Paper No. 08-2. Available at SSRN.
190. Mester L.J. (2003), Applying Efficiency Measurement Techniques to Central Banks. July. Working Paper. The Wharton Financial Institution Centers.
191. Miller S., Noulas A., (1997). Portfolio Mix and Large-Bank Profitability in the USA, *Applied Economics*, 29, 505-512.
192. Mirhedayatian SM, Azadi M, Farzipoor Saen R. (2014). A novel network data envelopment analysis model for evaluating green supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 147:544–54.
193. Mitchell K., & Onvural N. M. (1996). Economies of scale and scope at large commercial banks: Evidence from the Fourier flexible functional form. *Journal of Money, Credit and Banking*, 28(2), 178–199.
194. Mokhtar H.S.A., Abdullah N., Alhabshi, S.M. (2008). Efficiency and competition of Islamic banking in Malaysia. *Humanomics*, 24(1), 28-48.
195. Mostafa M.M. (2007), Modeling the efficiency of GCC banks: A data envelopment analysis approach. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 56 (7), 623-643.
196. Mostafa M.M. (2011). Modeling Islamic banks' efficiency: A non parametric frontier approach. *International Journal of Islamic and Middle Eastern Finance and Management*, 4(1), 7-29.
197. Moreno P, Lozano S. (2014). A network DEA assessment of team efficiency in the NBA. *Annals of Operations Research*, 214(1):99–124.

198. Moretti E. (2004). Workers' education, spillovers, and productivity: evidence from plant-level production functions. *Am Econ Rev*, 94(3):656–90.
199. Murray J. D., White R.W., (1983). Economies of Scales and Economics of Scope in Multiproduct Financial Institutions: A Study of British Columbia Credit Unions, *Journal of Finance*, 38, 887-902.
200. Murphy NB, Orgler YE. Cost analysis for branching systems: methodology, test results, and implications for management. *Journal of Financial Research* 1982, 5:181–8.
201. Murty S. (2010). Externalities and fundamental nonconvexities: a reconciliation of approaches to general equilibrium externality modeling and implications for decentralization, *Journal of Economic Theory* 145, 331–353.
202. Murty S. (2015). On the properties of an emission-generating technology and its parametric representation. *Econ Theory* 60:243–282.
203. Murty S., Russell R.R., Levkoff S.B. (2012). On modeling pollution-generating technologies. *J Environ Econ Manag*, 64 (1):117–35.
204. Murty S., Russell R.R. (2002). On modeling pollution-generating technologies. Department of Economics, University of California, Riverside, Discussion Papers Series, No 02-14.
205. Murty S., Russell R.R. (2018). Modeling emission-generating technologies: reconciliation of axiomatic and by-production approaches. *Empir Econ* 54:7–30.
206. Murty S., Russell R.R., Ray S., Chambers R., Kumbhakar S. (2020). Bad outputs. In: *Handbook of production economics*. Singapore: Springer, p. 1–53.
207. Nerlove M. (1965). Estimation and identification of Cobb-Douglas production functions. Chicago: Rand McNally & Co.
208. Noulas AG., Glaveli N., Kiriakopoulos I. (2018). Investigating cost efficiency in the branch network of a Greek bank: an empirical study. *Managerial Finance*, 34:160–71.
209. Olesen O., & Petersen, N. C. (1996). Indicators of ill-conditioned data sets and model misspecification in data envelopment analysis: An extended facet approach. *Management Science*, 42 (2), 205–219.
210. Ong, H., Habibullah, M.S., Radam, A., Azali, M. (2003). Evaluating a credit guarantee agency in a developing economy: Anon-parametric approach. *International Journal of Social Economy*, 30(1-2), 143-152.

211. Paradi C.J., Haiyan Zhu H. (2013). «A survey on bank branch efficiency and performance research with data envelopment analysis». *Omega* 41, 61–79.
212. Park KH, Weber WL (2006) A note on efficiency and productivity growth in the Korean banking industry, 1992–2002. *J Bank Financ* 30(8):2371–2386.
213. Partovi E., Matousek R. (2019). Bank efficiency and non-performing loans: evidence from Turkey. *Res Int Bus Financ*, 48:287–309.
214. Petersen M., Rajan R. (1995). The Effects of Credit Market Competition on Lending Relationships, *Quarterly Journal of Economics*, 60.
215. Portela M. C. S., Camanho A. S., & Borges D. (2012). Performance assessment of secondary schools: The snapshot of a country taken by DEA. *Journal of the Operational Research Society*, 63(8), 1098–1115.
216. Portela M, Borges PC, Thanassoulis E. (2003). Finding closest targets in non-oriented DEA models: the case of convex and non-convex technologies. *J Product Anal*, 19(2):251–69.
217. Ramanathan R. (2007). Performance of banks in countries of the Gulf Cooperation Council. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 56 (2), 137-154.
218. Ramón N, Ruiz JL, Sirvent I. (2018). Two-step benchmarking: setting more realistically achievable targets in DEA. *Exp Sys Appl*, 92:124–31.
219. Ramón N., Ruiz, J. L., & Sirvent I. (2016). On the Use of DEA Models with Weight Restrictions for Benchmarking and Target Setting. In J. Aparicio, C. A. K. Lovell, & J. T. Pastor (Eds.), *Advances in efficiency and productivity*. Springer.
220. Ray SC. (1991). Resource-use efficiency in public schools: a study of connecticut data. *Management Science*, 37:1620–8.
221. Revel J. (1980). *Costs and Margins in Banking: An International Survey*, Paris, OECD.
222. Rødseth KL. (2013). Capturing the least costly way of reducing pollution: a shadow price approach. *Ecol Econ*, 92:16–24.
223. Rødseth KL. (2017). Environmental regulations and allocative efficiency: application to coal-to-gas substitution in the US electricity sector. *J Product Anal*, 47(2):129–42. Rødseth KL. (2017). Axioms of a polluting technology: a materials balance approach. *Environ Resour Econ*, 67(1):1–22.

224. Rødseth KL, Romstad E. (2014). Environmental regulations, producer responses, and secondary benefits: carbon dioxide reductions under the acid rain program. *Environ Resour Econ*, 59(1):111–35.
225. Ruiz J. L., & Sirvent I. (2016). Common benchmarking and ranking of units with DEA. *Omega*, 65, 1–9.
226. Ruiz J. L., Segura J. V., & Sirvent I. (2015). Benchmarking and target setting with expert preferences: An application to the evaluation of educational performance of Spanish universities. *European Journal of Operational Research*, 242(2), 594–605.
227. Sahoo BK, Tone K. (2009). Radial and non-radial decompositions of profit change: with an application to Indian banking. *European Journal of Operational Research*, 2009,196:1130–1146.
228. Sarrico C. S., & Dyson R. G. (2000). Using DEA for planning in UK universities—An institutional perspective. *Journal of the Operational Research Society*, 2000, 51(7), 789–800.
229. Sarrico C. S., Hogan S. M., Dyson, R. G., & Athanassopoulos. (1997). A Data envelopment analysis and university selection. *Journal of the Operational Research Society*, 48(12), 1163–1177.
230. Satake M, Tsutsui Y. (2002). Why is Kyoto a haven of shinkin banks?: analysis based on the efficient structure hypothesis. In: Yuno T, editor. *Regional finance: a case of Kyoto*. Tokyo: Nippon Hyoron Sha.
231. Sealey CW, Lindley JT. (1977). Inputs, outputs, and a theory of production and cost at depository financial institutions. *J Financ*, 32(4):1251–66.
232. Seiford LM, Zhu J. (1999). Profitability and marketability of the top 55 US commercial banks. *Management Science*, 45(9):1270–88.
233. Sexton TR, Lewis HF. (2003). Two-stage DEA: an application to major league baseball. *Journal of Productivity Analysis*, 19:227–49.
234. Sherman HD, Gold F. (1985). Bank branch operating efficiency: evaluation with data envelopment analysis. *Journal of Banking and Finance*, 9:297–315.
235. Sherman H.D., Zhu J. (2006). *Service Productivity Management: Improving Service Performance Using Data Envelopment Analysis, (DEA)*. New York: Springer.
236. Shephard R.W. (1953). *Cost and production functions* (Princeton University Press. Princeton, NJ).

237. Shephard R.W. (1970). Theory of cost and production functions (Princeton University Press, Princeton, NJ).
238. Shephard R.W., Fare R. (1974). The law of diminishing returns, *Z. National okonomie* 34, 69-90.
239. Short B. (1979). The Relation between Commercial Bank Profit Rates and Banking Concentration in Canada, Western Europe and Japan. *Journal of Banking & Finance*, 3, 209-219.
240. Smith P. (1990). Data envelopment analysis applied to financial statements. *International Journal*, 18:131-8.
241. Song M., Wang S., Liu W. (2014). A two-stage DEA approach for environmental efficiency measurement. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(5):3041–51.
242. Soteriou AC, Zenios SA. (1999). Using data envelopment analysis for costing bank products. *European Journal of Operational Research*, 114(2):234–48.
243. Soteriou AC, Karahanna E, Papanastasiou C, Diakourakis MS. (1998). Using DEA to evaluate the efficiency of secondary schools: the case of Cyprus. *International Journal of Educational Management*, 12:65–73.
244. Taufiq H., Shamsher M., Bader M. K. I. (2009). Efficiency of conventional versus Islamic banks: Evidence from the Middle East. *International Journal of Islamic and Middle Eastern Finance and Management*, 2, 46-65.
245. Tahir, M.I., Haron, S. (2008). Technical efficiency of Malaysian commercial banks: A stochastic frontier approach. *Banks and Bank System*, 3(4), 65-72.
246. Tortosa-Ausina E. (2002). Bank cost efficiency and output specification. *Journal of Productivity Analysis*, 18:199–222.
247. Thanassoulis, E. (1996). Altering the bias in differential school effectiveness using data envelopment analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 47(7), 882–894.
248. Thanassoulis, E., Kortelainen, M., Johnes, G., & Johnes, J. (2011). Costs and efficiency of higher education institutions in England: A DEA analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 62 (7), 1282–1297.
249. Thanassoulis E., Portela, M. C. A. S., & Despic, O. (2008). Data Envelopment Analysis: The mathematical programming approach to efficiency analysis. In O. Harold, C. A. Fried, Lovell Knox, & S. Schmidt Shelton (Eds.), *The measurement*

- of productive efficiency and productivity growth. New York, NY (US): Oxford University Press.
250. Tone K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 130 (3) :498–509.
 251. Tone K, Tsutsui M. (2009). Network DEA: A slacks-based measure approach. *European Journal of Operational Research*, 197(1):243–52.
 252. Tone K, Tsutsui M. (2014). Dynamic DEA with network structure: a slacks-based measure approach. *Omega*, 42:124–31.
 253. Van Hoose D (2010). *The industrial organization of banking*. Springer, Berlin.
 254. Wang K, Huang W, Wu J, Liu Y.N. (2014). Efficiency measures of the Chinese commercial banking system using an additive two-stage DEA. *Omega*, 44:5–20.
 255. Wheelock D.C., Wilson P.W. (1999). Technical progress, inefficiency, and productivity change in US banking, 1984–1993. *Journal of Money, Credit, and Banking* 31, 212–234.
 256. Wheelock D. C., & Wilson, P. W. (2001). New evidence on returns to scale and product mix among US commercial banks. *Journal of Monetary Economics*, 47(3), 653–674.
 257. Wheelock D. C., & Wilson, P. W. (2012). Do large banks have lower costs? New estimates of returns to scale for US banks. *Journal of Money, Credit and Banking*, 44(1), 171–199.
 258. Yahya M.H., Muhammad J., Hadi A.R.A. (2012). A comparative study on the level of efficiency between Islamic and conventional banking systems in Malaysia. *International Journal of Islamic and Middle Eastern Finance and Management*, 5(1), 48-62.
 259. Yang C, Liu H-M. (2012). Managerial efficiency in Taiwan bank branches: a network DEA. *Economic Modelling*, 29(2):450–61.
 260. Yao S, Han Z, Feng G. (2008). Ownership reform, foreign competition and efficiency of Chinese commercial banks: a non-parametric approach. *The World Economy*, 31:1310–26.
 261. Yildirim HS, Philippatos GC (2007). Restructuring, consolidation and competition in Latin American banking markets. *J Bank Financ*, 31(3):629–639.
 262. Yu M-M, Lin ETJ. (2008). Efficiency and effectiveness in railway performance using a multi-activity network DEA model. *Omega—The International Journal of Management Sciences*, 36:1005–17.

263. Zh Q., Wu, J., Ji X., & Li F. (2018). A simple MILP to determine closest targets in non-oriented DEA model satisfying strong monotonicity. *Omega*, 79, 1–8.
264. Zha Y, Liang L. (2010). Two-stage cooperation model with input freely distributed among the stages. *European Journal of Operational Research*, 205:332–8.
265. Zha Y., Liang N., Wu M., Bian Y. (2016). Efficiency evaluation of banks in China: A dynamic two-stage slacks-based measure approach. *Omega* 60, 60–72.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κακουλίδης Κ. (2010). Αποδοτικότερη διοίκηση των Τραπεζικών Ιδρυμάτων μέσα από την αξιοποίηση των Ανθρώπινων Πόρων τους στην Ελλάδα., Εισήγηση στο Επιστημονικό Συνέδριο, HELORS, Άγιος Νικόλαος, Κρήτη.
2. Μοίρου Α. (2013). Η Επίδραση των Τεχνολογιών Πληροφοριών και Τηλεπικοινωνιών στα χαρακτηριστικά της απασχόλησης στον ελληνικό τραπεζικό κλάδο, Αθήνα.