



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
UNIVERSITY OF PIRAEUS

Τμήμα Χρηματοοικονομικής & Τραπεζικής Διοικητικής
Π.Μ.Σ. στη « Χρηματοοικονομική και Τραπεζική » με κατεύθυνση :
«Χρηματοοικονομική Ανάλυση για Στελέχη»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Χρηματοπιστωτικά Δίκτυα»

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ

Θεοδωροπούλου Κυριακή

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Επικ. Καθηγητής Βολιώτης Δημήτριος

ΜΕΛΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Καθηγητής Χαρδούβελης Γκίκας

Αναπλ. Καθηγητής Κουρογένης Νικόλαος

ΠΕΙΡΑΙΑΣ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2019

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε με σκοπό την απόκτηση του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη «Χρηματοοικονομική και Τραπεζική» με ειδίκευση στη «Χρηματοοικονομική Ανάλυση για Στελέχη Επιχειρήσεων» του τμήματος Χρηματοοικονομικής και Τραπεζικής Διοικητικής του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για την καθοδήγηση που μου παρείχε ο Επίκουρος Καθηγητής κ. Βολιώτης Δημήτρης, υπό την επίβλεψη του οποίου εκπονήθηκε η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα όλους τους καθηγητές του τμήματος οι οποίοι συνέτελεσαν στην απόκτηση άρτιας επιστημονικής γνώσης, η οποία ήταν ωφέλιμη όχι μόνο για την πορεία των σπουδών μου, αλλά και γενικότερα σε διάφορους τομείς της ζωής. Τέλος θα ήθελε να ευχαριστήσω την οικογένεια μου , που με στήριξε σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου .

Copyright © Κυριακή Π. Θεοδωροπούλου , 2019.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All Rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα κύρια θέματα που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία είναι η ύπαρξη ή η συνεργασία μεταξύ των πρακτόρων και η δημιουργία δικτύων και συγκεκριμένα τα χρηματοπιστωτικά δίκτυα. Ένα δίκτυο είναι ένα σύστημα επικοινωνίας δεδομένων που συνδέει δύο ή περισσότερους αυτόνομους και ανεξάρτητους πράκτορες . Δύο πράκτορες θεωρούνται διασυνδεδεμένοι όταν μπορούν να ανταλλάσσουν μεταξύ τους πληροφορίες.

Μία από τις πιο διαδεδομένες πτυχές του σύγχρονου χρηματοοικονομικού περιβάλλοντος είναι το πλούσιο δίκτυο διασυνδέσεων μεταξύ των επιχειρήσεων. Αν και οι οικονομικές υποχρεώσεις που οφείλονται από μία επιχείρηση στην άλλη συνήθως διαμορφώνονται ως μονοκατευθυντικές υποχρεώσεις που εξαρτώνται μόνο από την οικονομική κατάσταση της εκδότριας εταιρείας, στην πραγματικότητα, η δομή ευθύνης των εταιρικών υποχρεώσεων είναι πάντοτε πολύ πιο περίπλοκη. Η αξία των περισσότερων επιχειρήσεων εξαρτάται από τις απολαβές που λαμβάνουν από τις απαιτήσεις τους σε άλλες επιχειρήσεις . Η αξία αυτών των απαιτήσεων εξαρτάται, με τη σειρά τους, από την οικονομική κατάσταση άλλων επιχειρήσεων του συστήματος δημιουργώντας έτσι ένα χρηματοπιστωτικό δίκτυο . Όσον αφορά λοιπόν τα χρηματοπιστωτικά δίκτυα θα αναλυθούν τα χαρακτηριστικά τους , ο τρόπος που πραγματοποιείται η επικοινωνία μεταξύ τους και τέλος ο κίνδυνος που μπορεί να προκύψει.

Στη συνέχεια του 1^{ου} κεφαλαίου γίνεται μία εισαγωγή καθώς και βιβλιογραφική ανασκόπηση που αναφέρονται οι ιδιότητες των δικτύων όπως τις περιγράφουν οι συγγραφείς . Στο 2^ο κεφάλαιο αναφερόμαστε στη γενική σημασία των δικτύων , την περιγραφή μοντέλου , τα δίκτυα Nash καθώς και τις επιλογές δημιουργίας δικτύου είτε μέσω μιας ροής πληροφοριών είτε μέσω αμφίδρομης ροής. Στο 3^ο κεφάλαιο εμβαθύνουμε την ανάλυση μελετώντας συγκεκριμένα τα χρηματοπιστωτικά δίκτυα , τον ορισμό τους στην άλγεβρα και τη δημιουργία διανυσμάτων πληρωμής . Στο 4^ο κεφάλαιο αναφερόμαστε στη σημαντικότητα των δικτύων και τα κίνητρα που έχουν τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα να επιλέξουν τον κίνδυνο στα χαρτοφυλάκιά τους. Τέλος στο 5^ο κεφάλαιο γίνεται εφαρμογή των δικτύων μέσω της γλώσσας προγραμματισμού Python με σκοπό την σύγκριση των αποτελεσμάτων .

Λέξεις Κλειδιά : χρηματοπιστωτικά δίκτυα, οικονομικά δίκτυα, ισορροπία Nash , μονόδρομη και αμφίδρομη ροή πληροφοριών, κίνδυνος χαρτοφυλακίου .

ABSTRACT

The main issues that this diploma deals with, are the existence or cooperation of actors and the creation of networks and specifically the financial networks. A network is a data communication system that connects two or more autonomous and independent entities. Two factors are considered interconnected when they can exchange information with each other.

One of the most common aspects of the modern financial environment is the rich network of interconnections between businesses. Although financial liabilities due from one business to another are usually formulated as one-way liabilities that depend only of the issuer's financial position, in fact, the liability structure of the corporate liabilities is always much more complex. The value of most businesses depends on the remuneration they receive from their claims on other companies. The value of these receivables in turn depends on the financial position of other companies in the system, so all this creates a financial network. About financial networks will be analyzed their characteristics, the way they are communicated to each other and finally the risk that may arise.

The first chapter is followed by an introduction as well as a bibliographic review and properties of the networks as described by the authors. In Chapter 2 we discuss the general importance of networks, model description, Nash networks, and network options either through one-way flow of information or a two-way flow. In Chapter 3 we delve deeper into the analysis by specifically examining financial networks, their definition in algebra, and the creation of payment vectors. In chapter 4 we discuss about the importance of networks and the incentives that financial institutions have to choose risk in their portfolios. Finally, in Chapter 5 the networks are implemented through the programming language Python to compare the results.

Key Words: financial networks, economic networks, Nash equilibrium, one-way and two-way information flow, portfolio risk

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
	1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
	1.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	8
2	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	13
	2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
	2.2 ΔΙΚΤΥΑ NASH.....	14
	2.3 ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.....	18
	2.4 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΙΑΣ ΡΟΗΣ (One-Way Flow Model).....	19
	2.5 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΜΦΙΔΡΟΜΗΣ ΡΟΗΣ (Two-Way Flow Model).	23
3	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	29
	3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΟΡΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΑΛΓΕΒΡΑΣ.....	29
	3.2 ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΑ ΠΛΗΡΩΜΗΣ ΕΚΚΑΘΑΡΙΣΗΣ.....	36
	3.3 ΜΟΝΑΔΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΩΜΗΣ ΕΚΚΑΘΑΡΙΣΗΣ.....	37
4	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	39
	4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	39
	4.2 ΣΥΣΤΗΜΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ – ΜΟΝΤΕΛΑ.....	41
	4.3 ΠΡΟΤΥΠΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΑΛΛΗΛΕΞΑΡΤΗΣΕΩΝ.....	43
	4.4 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΟΥ ‘.....	47
	4.5 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ.....	53
	4.6 ΤΕΛΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....	55
5	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΣΕ ΓΛΩΣΣΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΡΥΘΜΩΝ.....	56
	5.1 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΦΘΟΡΑ (ΚΟΣΤΟΣ).....	56
	5.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΙΚΤΥΟΥ «ΤΡΟΧΟΣ» ΜΕ ΓΛΩΣΣΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΡΥΘΜΩΝ.....	58
	5.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΙΚΤΥΟΥ «ΑΣΤΕΡΙ» ΜΕ ΓΛΩΣΣΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΡΥΘΜΩΝ.....	61
6	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....	63
	6.1 ΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ.....	63
	6.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΦΙΑ.....	63

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος δίκτυο μπορεί να αναφέρεται σε οποιοδήποτε αλληλοσυνδεόμενη ομάδα ή σύστημα. Στην καθημερινότητα μας χρησιμοποιείται για να δώσει έννοια σε πολλούς διαφορετικούς ορισμούς. Υπάρχουν πολλά είδη όπως το οδικό δίκτυο , κοινωνικό δίκτυο , σιδηροδρομικό δίκτυο , δίκτυο επικοινωνιών , δίκτυο εξαερισμού , δίκτυο ανταποκριτών , τοπικά δίκτυα , δίκτυα ευρείας περιοχής , διαδίκτυα και φυσικά τα χρηματοοικονομικά δίκτυα.

Στα σύγχρονα χρηματοπιστωτικά συστήματα, ένας πολύπλοκος ιστός απαιτήσεων και υποχρεώσεων συνδέει τους ισολογισμούς μιας ευρείας ποικιλίας μεσαζόντων, όπως οι τράπεζες και τα αμοιβαία κεφάλαια αντιστάθμισης κινδύνου, σε μια δομή δικτύου. Η εμφάνιση περίπλοκων χρηματοπιστωτικών προϊόντων, όπως οι συμβάσεις αντιστάθμισης πιστωτικού κινδύνου και οι εγγυημένες χρεωστικές υποχρεώσεις, αύξησαν ακόμη περισσότερο την πολυπλοκότητα αυτών των συνδέσεων. Παρουσιάζονται δύο βασικά κανάλια μετάδοσης στα χρηματοπιστωτικά συστήματα, με τα οποία η αθέμιτη κατανομή μπορεί να διαδοθεί από ένα ίδρυμα σε άλλο. Η κύρια εστίαση είναι στον τρόπο με τον οποίο οι απώλειες μπορούν δυνητικά να εξαπλωθούν μέσω του σύνθετου δικτύου άμεσων ανοιγμάτων αντισυμβαλλομένου μετά από μια αρχική αθέτηση.

Ο χαρακτηρισμός της αρχιτεκτονικής των οικονομικών και χρηματοπιστωτικών δικτύων αποκτά αυξανόμενη σημασία. Το χρηματοπιστωτικό σύστημα πρέπει να θεωρηθεί ως ένα σύνθετο δίκτυο του οποίου οι κόμβοι είναι χρηματοπιστωτικά ιδρύματα και συνδέσεις είναι οικονομικές εξαρτήσεις. Από την άποψη αυτή, ο συστημικός κίνδυνος εννοείται εδώ ως ο κίνδυνος συστημικής αθέτησης, δηλαδή της αδυναμίας πληρωμής μεγάλου μέρους του χρηματοπιστωτικού συστήματος. Μπορεί να ποσοτικοποιηθεί και να μετρηθεί από την ανάλυση της δυναμικής εξέλιξης των κόμβων και από τη δομή του δικτύου.

1.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Αρχικά θα αναφερθούμε στους Venkatesh Bala και Sanjeev Goyal (2000) και στο άρθρο τους με τίτλο «A noncooperative model of network formation», το οποίο δημοσιεύτηκε το 2000, παρουσιάζουν μία προσέγγιση του σχηματισμού δικτύων. Ένα μεγάλο μέρος αυτής της έρευνας διεξήχθη όταν ο πρώτος συγγραφέας επισκέφθηκε το Πανεπιστήμιο Columbia και το Πανεπιστήμιο της Νέας Υόρκης, ενώ ο δεύτερος συγγραφέας επισκέφθηκε το Πανεπιστήμιο του Yale. Παρουσιάζουν μια προσέγγιση στο σχηματισμό δικτύων με βάση την ιδέα ότι τα κοινωνικά δίκτυα σχηματίζονται από ατομικές αποφάσεις που ανταλλάσσουν το κόστος διαμόρφωσης και διατήρησης δεσμών ενάντια στις πιθανές ανταμοιβές από αυτό. Υποθέτουμε ότι ένας σύνδεσμος με έναν άλλο πράκτορα επιτρέπει την πρόσβαση, εν μέρει και σε εύθετο χρόνο, στα οφέλη που έχει στη διάθεσή του μέσω των δικών του συνδέσμων. Έτσι, οι μεμονωμένοι σύνδεσμοι παράγουν εξωτερικά στοιχεία, η αξία των οποίων εξαρτάται από το επίπεδο αποσύνθεσης - καθυστέρησης που συνδέεται με έμμεσους δεσμούς. Μια ξεχωριστή πτυχή της προσέγγισής τους είναι ότι το κόστος της δημιουργίας συνδέσμων δημιουργείται μόνο από το άτομο που ξεκινά τη σύνδεση. Αυτό επιτρέπει τη διαδικασία σχηματισμού του δικτύου ως ένα μη συνεργατικό παιχνίδι. Ασχολήθηκαν με την ανάπτυξη του υποδείγματος δικτύου μίας ροής (one-way flow model) και του υποδείγματος δικτύου αμφίδρομης ροής (two-way flow model). Στην πρώτη περίπτωση, ο πράκτορας i δημιουργεί σύνδεσμο με τον πράκτορα j και μέσω της σύνδεσης αυτής προκύπτουν κάποια οφέλη που αντιστοιχούν μόνο στον παίκτη i . Ενώ, στην δεύτερη περίπτωση τα οφέλη που προκύπτουν αντιστοιχούν και στους δύο παίκτες. Το αρχικό αποτέλεσμα της έρευνάς τους ήταν ότι τα δίκτυα Nash είναι είτε συνδεδεμένα είτε κενά. Όμως, η ύπαρξη πολλαπλών ισορροπιών Nash αποτέλεσε κίνητρο για την ανεύρεση μίας ισχυρότερης ισορροπίας. Γενικά, εάν ένας πράκτορας έχει στην διάθεσή του διάφορες εναλλακτικές στρατηγικές εξίσου καλές, τότε το δίκτυο καθίσταται λιγότερο σταθερό διότι ο πράκτορας μπορεί να μπει στον πειρασμό να αλλάξει την στρατηγική του με μία άλλη αντίστοιχων απολαβών. Το γεγονός αυτό οδήγησε τους Bala και Goyal (2000) στην μελέτη της φύσης των δικτύων που μπορούν να υποστηριχθούν σε μία ισχυρή ισορροπία Nash. Η εργασία τους είναι μια συμβολή στη θεωρία του σχηματισμού δικτύου. Υπάρχει μεγάλη βιβλιογραφία στην οικονομία, καθώς και στην επιστήμη των υπολογιστών, την έρευνα των

επιχειρήσεων και την κοινωνιολογία στο θέμα των δικτύων όπως οι Wellman, B., & Berkowitz, S. D. (Eds.). (1988) στο άρθρο *Structural analysis in the social sciences*, Vol. 2. *Social structures: A network approach* και Burt, R.S. (1992) *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Harvard University Press, Cambridge, MA και MARSHAK, T., AND R. RADNER (1972) στο άρθρο *The Economic Theory of Teams*. New Haven: Yale University Press. Μεγάλο μέρος αυτής της εργασίας ασχολείται με τις πτυχές απόδοσης των διαφόρων δομών δικτύου και παίρνει την άποψη τους. Αντίθετα, αναφέρονται στο σχηματισμό δικτύων από την πλευρά των ατομικών κινήτρων. Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη τους αναφέρει ότι ο σχηματισμός συνδέσμων είναι μονόπλευρος και μη συνεργατικός, ένας μεμονωμένος πράκτορας μπορεί να σχηματίσει δεσμούς με άλλους επιβαρύνοντας με κάποιο κόστος. Αντίθετα οι Jackson και Wolinsky αναφέρουν ότι μια σχέση μεταξύ δύο ανθρώπων προϋποθέτει ότι και οι δύο άνθρωποι πραγματοποιούν κάποιες επενδύσεις και ότι η έννοια των σταθερών δικτύων βασίζεται επομένως σε δυαδική συμβατότητα κινήτρων επομένως στην ισόποση κατανομή του κόστους. Αυτή η διαφοροποίηση όσον αφορά τον τρόπο μοντελοποίηση είναι ουσιαστική, γιατί επιτρέπει την χρησιμοποίηση της έννοιας της ισορροπίας κατά Nash καθώς και των σχετικών βελτιώσεων στην μελέτη του σχηματισμού δικτύων. Κάποιες άλλες διαφορές στις αναλύσεις των προαναφερθέντων μελετητών ήταν οι εξής: οι Jackson και Wolinsky (1996) έδειξαν με τον αμφίπλευρο σχηματισμό συνδέσμων ότι το δίκτυο «αστέρι» (star network) είναι αποτελεσματικό, αλλά δεν είναι σταθερό για ένα ευρύ φάσμα παραμέτρων. Αντιθέτως, οι Bala και Goyal (2000) στο μη συνεργατικό υπόδειγμά τους διαπίστωσαν ότι το δίκτυο σε σχήμα αστεριού αποτελεί το μοναδικό αποτελεσματικό δίκτυο καθώς και ένα αυστηρό δίκτυο Nash για ένα σύνολο αξιών.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η έρευνα των Larry Eisenberg και Thomas H. Noe οι οποίοι αναφέρθηκαν στον κίνδυνο στα χρηματοπιστωτικά συστήματα. Θεώρησαν ότι η αθέτηση υποχρεώσεων από επιχειρήσεις αποτελούν μέρος ενός μόνο μηχανισμού εκκαθάρισης. Οι υποχρεώσεις όλων των εταιρειών του συστήματος καθορίζονται ταυτόχρονα με τρόπο που να συμβαδίζει με την προτεραιότητα των απαιτήσεων χρέους και την περιορισμένη ευθύνη των ιδίων κεφαλαίων. Μία από τις πιο διαδεδομένες πτυχές του σύγχρονου χρηματοοικονομικού περιβάλλοντος είναι το πλούσιο δίκτυο διασυνδέσεων μεταξύ των επιχειρήσεων. Η αξία των περισσότερων επιχειρήσεων εξαρτάται από τις απολαβές που λαμβάνουν από τις απαιτήσεις τους σε άλλες επιχειρήσεις. Μια από τις πιο ενδιαφέρουσες αποτυχίες

ενός στενά συνδεδεμένου συστήματος εκκαθάρισης ήταν η κατάρρευση του 1982 της χρηματιστηριακής αγοράς al-Manakh στο Κουβέιτ. Το σύστημα εκκαθάρισης, αποτελούμενο από περίπου 29.000 μεταγενέστερες επιταγές που συντάχθηκαν από τους εμπόρους, κατέρρευσε μετά από μείωση της αγοραίας αξίας κατά 45%. Οι ονομαστικές μεικτές υποχρεώσεις των συμμετεχόντων στην αγορά μεταξύ τους κατά την κατάρρευση ήταν περισσότερο από τέσσερις φορές το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν του Κουβέιτ. Οι επιπτώσεις της διμερούς εκκαθάρισης των αντισταθμιστικών ονομαστικών υποχρεώσεων αναλύθηκαν διεξοδικά από τους Duffie και Huang (1996) στο άρθρο Swap Rates and Credit Quality . Οι Rochet και Tirole (1996) ανέλυσαν τις επιπτώσεις του διατραπεζικού δανείου στην παροχή κινήτρων και παρακολούθησης. Από μια πιο εμπειρική άποψη, οι Angelini et al. (1996) αναπτύσσουν ένα εμπειρικό μοντέλο αλληλοεπικαλυπτόμενων αθετήσεων. Σε αυτό το μοντέλο, η πιθανότητα ότι μία προεπιλογή από μια επιχείρηση ενεργοποιεί την προεπιλογή μιας άλλης επιχείρησης καθορίζεται εξωγενώς χωρίς να διαμορφωθούν οι αλληλοεπιδρώντες ταμειακές ροές. Eliam et al. (1997) αναφέρουν την πραγματική διαδικασία που χρησιμοποιείται για την εκκαθάριση των ενδοεταιρικών χρεών μετά τη συντριβή της αγοράς σοκ στο Κουβέιτ. Ωστόσο, σύμφωνα με την τεχνογνωσία μας, το άρθρο των Larry Eisenberg και Thomas H. Noe είναι το πρώτο που αναλύει, γενικά, τις ιδιότητες των διασυνωριακών ταμειακών ροών σε χρηματοπιστωτικά συστήματα με κυκλική αλληλεξάρτηση και ενδογενώς καθορισμένους φορείς εκκαθάρισης. Αυτή η έλλειψη προσοχής στην κυκλική αλληλεξάρτηση είναι ακόμη πιο περίεργη δεδομένης της εκτεταμένης μοντελοποίησης της βιβλιογραφίας σε ένα απλό μονόδρομο και διμερές πλαίσιο. Έτσι λοιπόν οι συγγραφείς βασισμένοι στα άρθρα ανέπτυξαν ένα γενικό μοντέλο εκκαθάρισης. Το μοντέλο αυτό ικανοποιεί τους τυποποιημένους όρους που επιβάλλονται από το νόμο περί πτωχεύσεων, δηλαδή τους φορείς εκκαθάρισης που αντιπροσωπεύουν τον φορέα πληρωμών από κόμβους στο χρηματοπιστωτικό σύστημα σε άλλους κόμβους ικανοποιούν τις προϋποθέσεις αναλογικής εξόφλησης των υποχρεώσεων σε περίπτωση αθέτησης, της περιορισμένης ευθύνης των ιδίων κεφαλαίων και της απόλυτης προτεραιότητας του χρέους έναντι των ιδίων κεφαλαίων .

Τέλος μελετήσαμε το άρθρο What Makes Financial Networks Special? Distorted Investment Incentives, Regulation, and Systemic Risk Measurement. Matthew O.

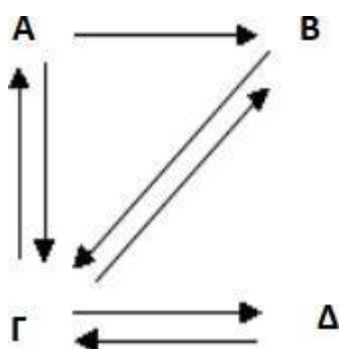
Jackson and Agathe Pernoud¹ April 2019 το οποίο ήταν εξίσου σημαντικό στην ανάλυση των χρηματοπιστωτικών δικτύων. Στο άρθρο αυτό αναφέρθηκαν ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά των χρηματοπιστωτικών δικτύων που σχετίζονται με τον συστημικό κίνδυνο , αναλύθηκαν τα κίνητρα που έχουν τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα να επιλέξουν τον κίνδυνο στα χαρτοφυλάκιά τους, τους εμπορικούς τους εταίρους και τη συσχέτιση των χαρτοφυλακίων τους με αυτούς τους άμεσους και έμμεσους αντισυμβαλλομένους. Δείχνουμε ότι έχουν κίνητρα να επιλέξουν υπερβολικά επικίνδυνα χαρτοφυλάκια και να μην διαφοροποιήσουν σημαντικά την επιλογή πολύ μικρών αντισυμβαλλομένων με τους οποίους θα μοιράζονται κινδύνους. Δείχνουμε επίσης ότι οι τράπεζες έχουν ισχυρά κίνητρα για την τέλεια συσχέτιση των καταστάσεων στις οποίες τα χαρτοφυλάκιά τους παρουσιάζουν κακή απόδοση, γεγονός που γενικά αυξάνει τον συστημικό κίνδυνο. Είδαμε τις ελάχιστες παρεμβάσεις ή κεφάλαια που απαιτούνται για τη διασφάλιση της συστημικής φερεγγυότητας. Τα συμπεράσματα προήλθαν έπειτα από πολλά παραδείγματα που μελετήθηκαν και άρθρα που βασίστηκαν . Για παράδειγμα έχει παρατηρηθεί ότι μέγεθος των σοκ και τα διάφορα δίκτυα μπορεί να έχουν διαφορετικές ευαισθησίες ανάλογα με το σοκ. Σε ένα δαισθητικό επίπεδο, η προσθήκη περισσότερων συνδέσεων βοηθάει στην διαφοροποίηση και επομένως μειώνει τον κίνδυνο εκτός εάν υπάρχουν μεγαλύτερες διαταραχές, οπότε οι προστιθέμενες συνδέσεις απλώς βοηθούν στη μετάδοση αυτού του σοκ. Υπάρχουν και άλλες αποχρώσεις που εξαρτώνται από το μοντέλο και το είδος των συμβάσεων που υπάρχουν μεταξύ των ιδρυμάτων όπως αναλύουν (π.χ. Allen and Gale (2000), Gai και Karadia (2010) και Acemoglu, Ozdaglar και Tahbaz-Salehi (2015)). Οι μεγάλες τράπεζες πυρήνων μπορεί να είναι ανθεκτικές σε μικρές διαταραχές, αλλά μπορεί να αποτύχουν καταστροφικά όταν χτυπήσουν με μεγάλες διαταραχές, ειδικά όταν συσχετίζονται αυτές οι διαταραχές. Όπως δείχνουν οι Elliott, Golub και Jackson (2014), αυτό μπορεί να διαγράψει τη μη μονοτονικότητα που συζητήθηκε παραπάνω, καθώς η αποτυχία μιας μεγάλης τράπεζας ή οντότητας που άλλες μεγάλες τράπεζες έχουν μεγάλη έκθεση μπορεί να οδηγήσει σε εκτεταμένη μετάδοση στον πυρήνα τότε με επέκταση σε ολόκληρη την οικονομία

Έτσι, συνοψίζοντας, υπάρχουν τρεις βασικές δυνάμεις στην εργασία στα χρηματοπιστωτικά δίκτυα: Η προσθήκη περισσότερων συνδέσεων οδηγεί σε περισσότερους διαύλους μετάδοσης και πιθανές ευκαιρίες για μετάδοση κραδασμών και αφερεγγυότητας. Η ύπαρξη περισσότερων αντισυμβαλλομένων μειώνει επίσης την έκθεση σε κάποιο συγκεκριμένο και έτσι μπορεί να μετριάσει τη μετάδοση που προκαλείται από ιδιοσυγκρασιακές διαταραχές. Η αλλαγή του συνολικού τμήματος του χαρτοφυλακίου ενός χρηματοπιστωτικού ιδρύματος που συνεπάγεται επενδύσεις με αντισυμβαλλόμενους λειτουργεί και προς τις δύο κατευθύνσεις: αφήνει περισσότερες επενδύσεις του να εξαρτώνται από την υγεία άλλων, αλλά μπορεί επίσης να διαφοροποιήσει τις επενδύσεις του εάν έχει περιορισμένες δυνατότητες διαφοροποίησης από μόνο του

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γενικά ο όρος δίκτυο μπορεί να αναφέρεται σε οποιοδήποτε αλληλοσυνδεόμενη ομάδα ή σύστημα. Υπάρχουν διάφοροι τύποι δικτύων, μεταξύ των οποίων Δίκτυα επιχειρήσεων ή Δίκτυα οικονομικά ή Δίκτυα ξενοδοχείων ή Δίκτυα κοινωνικά. Ένα κοινωνικό δίκτυο είναι μία κοινωνική δομή αποτελούμενη από κόμβους (συνήθως άτομα ή επιχειρήσεις) οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με έναν ή περισσότερους τύπους αλληλεξάρτησης, όπως αξίες, οράματα, ιδέες, οικονομικές συναλλαγές, ή επιγραμματικές (web) επαφές. Συγκεκριμένα η απεικόνιση των δικτύων γίνεται με δύο τρόπους είτε με γράφους είτε με πίνακες . Οι γράφοι αποτελούνται από κόμβους , οι οποίοι απεικονίζουν τους ανθρώπους ή τις ομάδες, ενώ οι ακμές δείχνουν τις σχέσεις ή τις ροές μεταξύ των κόμβων. Οι πίνακες αποτελούνται από τόσες γραμμές και στήλες όσοι είναι οι κόμβοι του δικτύου, με τα στοιχεία τους να παριστάνουν τους δεσμούς ανάμεσα στους κόμβους.



ΓΡΑΦΟΣ

	A	B	Γ	Δ
A	-	1	1	0
B	0	-	1	0
Γ	1	1	-	1
Δ	0	0	1	-

ΠΙΝΑΚΑΣ

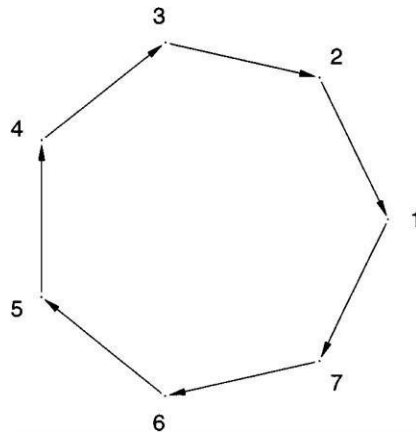
Ο σχηματισμός δικτύων γίνεται με βάση την ιδέα ότι τα κοινωνικά δίκτυα σχηματίζονται από ατομικές αποφάσεις που ανταλλάσσουν το κόστος διαμόρφωσης και διατήρησης δεσμών ενάντια στις πιθανές ανταμοιβές από αυτό. Υποθέτουμε ότι ένας σύνδεσμος με έναν άλλο «κόμβο» επιτρέπει την πρόσβαση, εν μέρει και σε εύθετο χρόνο, στα οφέλη που έχει στη διάθεσή του μέσω των δικών του συνδέσμων. Έτσι, οι μεμονωμένοι σύνδεσμοι παράγουν εξωτερικά στοιχεία, η

αξία των οποίων εξαρτάται από το επίπεδο αποσύνθεσης – καθυστέρησης που συνδέεται με έμμεσους δεσμούς. Μια ξεχωριστή πτυχή είναι ότι το κόστος της δημιουργίας συνδέσμων δημιουργείται μόνο από το άτομο που ξεκινά τη σύνδεση. Αυτό μας επιτρέπει να διαμορφώσουμε τη διαδικασία σχηματισμού του δικτύου ως ένα μη συνεργατικό μοντέλο. Το κόστος της δημιουργίας συνδέσμων δημιουργείται μόνο από το άτομο που ξεκινά τη σύνδεση. Αυτό μας επιτρέπει να μοντελοποιήσουμε τη διαδικασία σχηματισμού του δικτύου ως ένα μη συνεργατικό μοντέλο, όπου η στρατηγική ενός «κόμβου» είναι μια εξειδίκευση του συνόλου των πρακτόρων με τους οποίους σχηματίζει δεσμούς. Οι σύνδεσμοι που σχηματίζονται από τους «κόμβους» ορίζουν ένα κοινωνικό δίκτυο. Θα αναφερθούμε τόσο στη μονόδρομη όσο και στην αμφίδρομη ροή των ωφελειών. Στην πρώτη περίπτωση, η σχέση που σχηματίζει ο «κόμβος» i με τον «κόμβος» j αποφέρει οφέλη μόνο στον «κόμβος» i , ενώ στην τελευταία περίπτωση, τα οφέλη προκύπτουν και στους δύο «κόμβους». Εκτός από αυτό υπάρχει και μία γενική κατηγορία ατομικών λειτουργιών πληρωμής η οποία αυξάνεται σύμφωνα με το αν οι «κόμβοι» έχουν άμεση πρόσβαση και μειώνεται με έμμεση πρόσβαση στους δεσμούς που δημιουργήθηκαν.

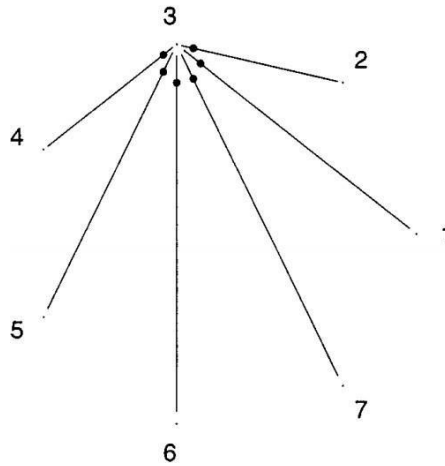
2.2 ΔΙΚΤΥΑ NASH

Υποθέτουμε ότι ένας πράκτορας με έναν άλλο πράκτορα επιτρέπει την πρόσβαση, εν μέρει και σε εύθετο χρόνο, στα οφέλη που έχει στη διάθεσή του μέσω των δικών του δεσμών. Έτσι οι μεμονωμένοι σύνδεσμοι παράγουν εξωτερικά στοιχεία, η αξία των οποίων εξαρτάται από το επίπεδο αποσύνθεσης - καθυστέρησης που συνδέεται με έμμεσους δεσμούς. Μια ξεχωριστή πτυχή της προσέγγισής μας είναι ότι το κόστος της δημιουργίας συνδέσμων δημιουργείται μόνο από το άτομο που ξεκινά τη σύνδεση. Αυτό μας επιτρέπει να μοντελοποιήσουμε τη διαδικασία σχηματισμού του δικτύου ως ένα μη συνεργατικό «παιχνίδι», όπου η στρατηγική ενός πράκτορα είναι μια εξειδίκευση του συνόλου των πρακτόρων με τους οποίους σχηματίζει δεσμούς. Οι σύνδεσμοι που σχηματίζονται από τους πράκτορες ορίζουν ένα κοινωνικό δίκτυο. Μελετάμε τόσο τη μονόδρομη όσο και την αμφίδρομη ροή των ωφελειών. Στην πρώτη περίπτωση, η σχέση που σχηματίζει ο πράκτορας i με τον πράκτορα j αποφέρει οφέλη μόνο στον πράκτορα i , ενώ στην τελευταία περίπτωση, τα οφέλη προκύπτουν και στους δύο πράκτορες. Μελετάμε τόσο τη μονόδρομη όσο και την αμφίδρομη ροή παροχών. Στην πρώτη περίπτωση, ο σύνδεσμος που ο

πράκτορας i σχηματίζει με τον πράκτορα j αποφέρει οφέλη μόνο στον πράκτορα i , ενώ στη δεύτερη περίπτωση, τα οφέλη προκύπτουν και στους δύο πράκτορες. Στο πρότυπο αναφοράς, το οφέλη μεταξύ των προσώπων υποτίθεται ότι είναι χωρίς τριβή : εάν ένας πράκτορας i συνδέεται με κάποιον άλλο πράκτορα j μέσω μιας ακολουθίας ενδιάμεσων δεσμών $(j_1 \dots j_s)$. Μάθετε πώς προφέρεται μετά το όφελος που απορρέει από τον i στο j δεν είναι ευαίσθητο στον αριθμό των μεσαζόντων. Εκτός από αυτό, επιτρέπουμε μια γενική κατηγορία ατομικών λειτουργιών πληρωμής : η πληρωμή αυξάνεται αυστηρά στον αριθμό άλλων προσώπων που έχουν πρόσβαση (απευθείας ή έμμεσα) και μειώνοντας αυστηρά τον αριθμό των δεσμών που δημιουργήθηκαν. Το πρώτο μας αποτέλεσμα είναι ότι τα δίκτυα Nash είναι είτε συνδεδεμένα είτε κενά. Η συνδεσιμότητα είναι, ωστόσο, μια επιτρεπτή απαίτηση: ένα παράδειγμα, μονόδρομης ροής και 6 πράκτορες μπορεί να έχει πάνω από 20.000 δίκτυα Nash που αντιπροσωπεύουν περισσότερες από 30 διαφορετικές αρχιτεκτονικές. Αυτή η πολλαπλότητα ισορροπίας Nash παρακινεί την εξέταση μιας ισχυρότερης αντίληψης ισορροπίας. Αν έχει κάποιος πράκτορας πολλές καλύτερες απαντήσεις στις στρατηγικές ισορροπίας των άλλων, τότε αυτό μπορεί να καθιστά το δίκτυο λιγότερο σταθερό καθώς ο πράκτορας μπορεί να μπει στον πειρασμό να αλλάξει σε μία άλλη ισοδύναμη στρατηγική πληρωμής. Αυτό μας οδηγεί στη μελέτη της φύσης των δικτύων που μπορούν να υποστηρίζονται σε μια αυστηρή ισορροπία Nash. Θεωρούμε ότι η επαναβεβαίωση της αυστηρότητας είναι πολύ αποτελεσματική στο περιβάλλον μας. Στο μονόδρομο μοντέλο ροής, οι μόνες αυστηρές αρχιτεκτονικές Nash είναι ο τροχός και το κενό δίκτυο. Το Σχήμα 1 απεικονίζει έναν τροχό, το οποίο είναι ένα δίκτυο όπου κάθε πράκτορας σχηματίζει έναν σύνδεσμο, που αντιπροσωπεύεται από ένα βέλος που δείχνει στον πράκτορα. Το βέλος επίσης υποδεικνύει την κατεύθυνση της ωφέλιμης ροής. Το κενό δίκτυο είναι εκείνο όπου δεν υπάρχουν σύνδεσμοι. Στο μοντέλο αμφίδρομης ροής, οι μοναδικές αυστηρές αρχιτεκτονικές Nash είναι το σχήμα με το κεντρικό αστέρι και το κενό δίκτυο. Το Σχήμα 2 λοιπόν απεικονίζει ένα χορηγούμενο αστέρι από το κέντρο όπου ένας πράκτορας σχηματίζει όλους τους συνδέσμους με τον πράκτορα 3 όπως αντιπροσωπεύεται από τους δεσμευμένους κύκλους σε κάθε σύνδεσμο παρακείμενο στον πράκτορα αυτό.



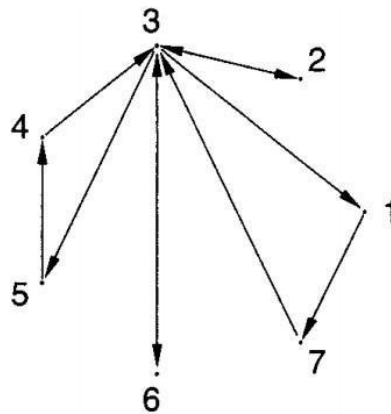
Σχήμα 1



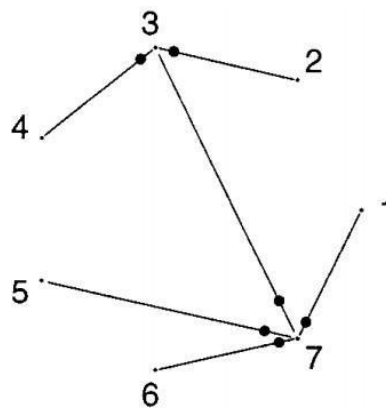
Σχήμα 2

Αυτά τα αποτελέσματα εκμεταλλεύονται την παρατήρηση ότι σε ένα δίκτυο, εάν δύο πράκτορες i και j έχουν μια σύνδεση με τον ίδιο πράκτορα k , τότε ένας από αυτούς λέει ότι θα είμαι αδιάφορος μεταξύ του σχηματισμού μιας σύνδεσης με το k ή αντ' αυτού σχηματισμού μιας σύνδεσης με το j . Γνωρίζουμε ότι τα δίκτυα Nash είναι είτε συνδεδεμένα είτε κενά. Αυτό το επιχείρημα υποδηλώνει ότι στο μονόδρομο μοντέλο ροής ένα μη εξηρημένο αυστηρό δίκτυο Nash έχει ακριβώς n συνδέσμους. Δεδομένου ότι ο τροχός είναι το μοναδικό τέτοιο δίκτυο, το αποτέλεσμα ακολουθεί.

Στην περίπτωση του αμφίδρομου μοντέλου, εάν ο πράκτορας i έχει έναν σύνδεσμο με j , τότε κανένας άλλος πράκτορας δεν μπορεί να έχει σύνδεση με το j . Όταν ένα Nash δίκτυο είναι συνδεδεμένο, αυτό σημαίνει ότι πρέπει να είμαι το κέντρο ένα αστέρι.



Σχήμα 3α



Σχήμα 3β

Μια περαιτέρω συνέπεια της παραπάνω παρατήρησης είναι ότι κάθε σύνδεσμος σε αυτό το αστέρι πρέπει να γίνει ή να «χορηγηθεί» από το κέντρο.

Παρόλο που αυτά τα δεδομένα περιορίζουν απότομα το σύνολο των δικτύων, το πρόβλημα συντονισμού που αντιμετωπίζουν οι πράκτορες στη σύνθεση δικτύου δεν έχει επιλυθεί πλήρως. Για παράδειγμα, στο μοντέλο μονής κατεύθυνσης με n πράκτορες, υπάρχουν $(n-1)!$ δίκτυα που αντιστοιχούν στην αρχιτεκτονική των τροχών. Επίσης, υπάρχουν n δίκτυα που αντιστοιχούν στην αρχιτεκτονική των αστεριών. Έτσι οι πράκτορες πρέπει να επιλέξουν μεταξύ αυτών των διαφορετικών ισοροπιών. Αυτό οδηγεί στη μελέτη της διαδικασίας με την οποία οι πράκτορες μαθαίνουν για το δίκτυο και αναθεωρούν τις αποφάσεις τους για τη δημιουργία συνδέσμων, με την πάροδο του χρόνου. Συγκεκριμένα, όταν αποφασίζει ένα άτομο επιλέγει ένα σύνολο δεσμών που μεγιστοποιεί τις απολαβές του, λαμβάνοντας υπόψη το δίκτυο της προηγούμενης περιόδου. Δύο χαρακτηριστικά του μοντέλου μας είναι σημαντικά: ένα, υπάρχει κάποια πιθανότητα ότι ένα άτομο παρουσιάζει αδράνεια, δηλαδή επιλέγει την ίδια στρατηγική όπως στην προηγούμενη περίοδο. Αυτό εξασφαλίζει ότι οι πράκτορες δεν έχουν συνεχή εσφαλμένη συνεργασία. Δύο, εάν περισσότερες από μία στρατηγικές είναι βέλτιστες για κάποιο άτομο, τότε τυχαίνει σε όλες τις βέλτιστες στρατηγικές. Αυτή η απαίτηση συνεπάγεται, ειδικότερα, ότι ένα μη αυστηρό δίκτυο Nash δεν μπορεί ποτέ να είναι μια σταθερή κατάσταση της δυναμικής. Ο ορισμός του αυστηρού Nash είναι μια κοινή στρατηγική αν κάθε παίχτης επιτυγχάνει αυστηρά χαμηλότερη αποζημίωση μεταβαίνοντας μονομερώς σε μια άλλη στρατηγική. (Theorem, Bala and Goyal, 2000). Ωστόσο, δεν είμαστε σε θέση να παράσχουμε ένα χαρακτηρισμό αυστηρών Nash και αποτελεσματικών δικτύων, ανάλογων της περίπτωσης χωρίς φθορά. Η κύρια δυσκολία έγκειται στη διευκρίνιση της καλύτερης ανταπόκρισης των αντιπροσώπων.

2.3 ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Έστω $N = \{1, \dots, n\}$ είναι ένα σύνολο πράκτορες και θέτουμε το i και j να είναι τυπικά μέλη αυτού του συνόλου. Προκειμένου να αποφευχθούν τυχόν ασάφειες, θα υποθέσουμε καθ' όλη τη διάρκεια του να ισχύει $n \geq 3$. Για λόγους συγκεκριμένης εφαρμογής, θα χρησιμοποιήσουμε το παράδειγμα των κερδών από την ανταλλαγή πληροφοριών ως την πηγή των οφελών. Κάθε πράκτορας υποτίθεται ότι διαθέτει κάποιες πληροφορίες αξίας για τον εαυτό του και για άλλους πράκτορες. Μπορεί να αυξήσει αυτές τις πληροφορίες επικοινωνώντας με άλλους πράκτορες αυτή η επικοινωνία απαιτεί πόρους, χρόνο και προσπάθεια και καθίσταται δυνατή μέσω

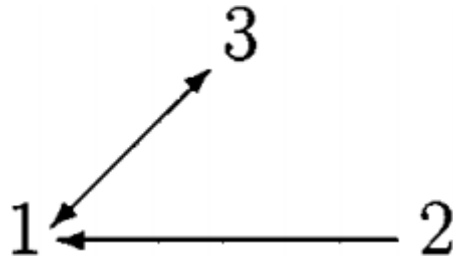
της δημιουργίας ζευγαριών συνδέσμων . Μία στρατηγική με πράκτορες όπου $i \in N$ είναι ένας φορέας γραμμών :

$$g_i = (g_{i,1} , \dots , g_{i,i-1} , g_{i,i+1} , \dots , g_{i,n})$$

Όπου $g_{i,j} \in \{ 0 , 1 \}$ για κάθε $j \in N \setminus \{ i \}$. Ο πράκτορας i έχει μια σύνδεση με j εάν $g_{i,j} = 1$. Μια σύνδεση μεταξύ των πρακτόρων i και j μπορεί να επιτρέψει είτε μονόδρομη ασύμμετρη ή αμφίδρομη συμμετρική ροή πληροφοριών. Με την επικοινωνία μονής κατεύθυνσης, ο σύνδεσμος $g_{i,j} = 1$ επιτρέπει στον πράκτορα i να αποκτήσει πρόσβαση στις πληροφορίες του j , αλλά όχι το αντίστροφο. Με αμφίδρομη επικοινωνία, το $g_{i,j} = 1$ επιτρέπει στο i και j να έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες του άλλου . Το σύνολο όλων των στρατηγικών του πράκτορα i υποδηλώνεται από τον G_i . Περιορίζουμε την προσοχή μας σε καθαρές στρατηγικές. Δεδομένου ότι ο πράκτορας i έχει την επιλογή σχηματισμού ή μη σχηματισμού συνδέσμου με καθένα από τους υπόλοιπους $n - 1$ πράκτορες, ο αριθμός των στρατηγικών του πράκτορα i είναι σαφώς $|G_i| = 2^{n-1}$. Το σετ $G = G_1 \times \dots \times G_n$ είναι ο χώρος των καθαρών στρατηγικών όλων των πρακτόρων. Τώρα θεωρούμε ότι το “παιχνίδι” γίνεται από τους πράκτορες σύμφωνα με τις δύο εναλλακτικές παραδοχές σχετικά με τη ροή πληροφοριών.

2.4 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΙΑΣ ΡΟΗΣ (ONE-WAY FLOW MODEL)

Έστω ότι έχουμε ένα μοντέλο μονής κατεύθυνσης μπορούμε να απεικονίσουμε ένα προφίλ στρατηγικής $g = (g_1, \dots, g_N)$ στο G . Στο σενάριο αυτό οι ροές πληροφοριών ρέουν μόνο από το 1 στο 2. Στο μοντέλο ροής αυτό ένα δίκτυο μπορεί να εκπροσωπείται από ένα κατευθυνόμενο γράφημα με κορυφές τα άτομα της ομάδας και βέλη που υποδεικνύουν κατεύθυνση ροής πληροφοριών. Εδώ ο πράκτορας 1 έχει σχηματίσει συνδέσμους με πράκτορες 2 και 3, ο πράκτορας 3 έχει μια σύνδεση με τον πράκτορα 1, ενώ ο πράκτορας 2 δεν συνδέεται με κανέναν άλλο πράκτορα. Επειδή ο πράκτορας 2 δεν διατηρεί κανέναν σύνδεσμο, δεν υπάρχουν βέλη που να δείχνουν προς την κατεύθυνσή τους. Σημειώστε ότι υπάρχει είναι μια αλληλογραφία μεταξύ του συνόλου όλων των κατευθυνόμενων δικτύων με n κορυφές και σύνολο G .



Σχήμα 4

Το σύνολο των πρακτόρων όπου ο πράκτορας 1 έχει συνδέσεις καθορίζεται ως εξής : $N^d(i; g) = \{k \in N \mid g_{i,k} = 1\}$ ως σύνολο πρακτόρων με τους οποίους διατηρεί ένα σύνδεσμο. Λέμε ότι υπάρχει μια διαδρομή από το j στο i στο g εάν $g_{i,j} = 1$ ή υπάρχουν ξεχωριστοί πράκτορες $\{j_1, \dots, j_m\}$ διαφορετικοί από i και j έτσι ώστε $g_{ij_1} = g_{j_1j_2} = \dots = g_{j_mj} = 1$. Στην διαδρομή από τον πράκτορα 2 στον 3 υπάρχει μια σημείωση $j \xrightarrow{g} i$ το οποίο επαληθεύει τη σύνδεση του j με τον i στο g .

Σημειώνεται επίσης $N(i; g) = \{k \in N \mid k \xrightarrow{g} i\} \cup \{i\}$. Αυτό είναι το σύνολο όλων των πρακτόρων των οποίων πληροφορίες i έχουν πρόσβαση είτε μέσω συνδέσμου είτε μέσω αλληλουχίας συνδέσμων. Συνήθως αναφέρονται $N(i; g)$ ως το σύνολο των πρακτόρων που παρατηρούνται από i . Χρησιμοποιείται η σύμβαση $i \in N(i; g)$ όπου ο πράκτορας i παρουσιάζει τον εαυτό του. Έστω $\mu^d: G \rightarrow \{0, \dots, n-1\}$ και $\mu_i: G \rightarrow \{1, \dots, n\}$ ορίζεται ως $\mu_i^d(g) = |N^d(i; g)|$ και $\mu_i(g) = |N(i; g)|$ για κάθε $g \in G$.

Για να ολοκληρωθεί ο ορισμός ενός κανονικού σχηματισμού δικτύου, πρέπει να καθορίστε μια κατηγορία λειτουργιών πληρωμής. Η συνάρτηση απολαβής $\Pi_i: G \rightarrow R$ ορίζεται ως εξής: $\Pi_i(g) = \Phi(\mu_i(g), \mu_i^d(g))$. Όπου $\mu_i^d(g)$ είναι ο αριθμός των πρακτόρων με τους οποίους ο i έχει διαμορφωμένους συνδέσμους ενώ $\mu_i(g)$ είναι ο αριθμός των συνδέσεων που διατηρούνται από τον πράκτορα i . Η συνάρτηση απολαβής υπονοεί σιωπηρά ότι η αξία των πληροφοριών δεν εξαρτάται

από τον αριθμό των ατόμων μέσω των οποίων έχει περάσει, δηλ. ότι δεν υπάρχει αποσύνθεση πληροφοριών ή καθυστέρηση στην μετάδοση.

Ειδική περίπτωση αποτελεί η γραμμική απολαβή. Για να ορίσουμε αυτό, καθορίζουμε δύο παραμέτρους $V > 0$ και $c > 0$, όπου το V θεωρείται ως η τιμή της πληροφορίας του κάθε πράκτορα στον εαυτό του και σε άλλους, ενώ το c είναι το κόστος του συνδέσμου σχηματισμού. Χωρίς απώλεια της γενικότητας, το V μπορεί να εξομαλυνθεί στο 1. Έτσι ισχύει $\Pi_i(g) = (\mu_i(g) - \mu^d(g)) c$.

Με άλλα λόγια, η αποπληρωμή του πράκτορα i είναι ο αριθμός των πρακτόρων που παρατηρεί λιγότερο το συνολικό κόστος του σχηματισμού συνδέσμων. Αναγνωρίζουμε τρεις περιοχές παραμέτρων σημασίας εάν το $c \in (0,1)$ τότε ο πράκτορας i θα είναι πρόθυμος να σχηματίσει μια σύνδεση με τον πράκτορα j για χάρη των πληροφοριών του j μόνο. Όταν $c \in (1, n-1)$ ο πράκτορας i θα απαιτήσει στον j να προσθέσει μερικούς πρόσθετους πράκτορες που τον ωθούν να σχηματίσει μια σύνδεση με τον j . Τέλος, αν $c > n-1$ τότε το κόστος της δημιουργίας συνδέσμων υπερβαίνει το συνολικό όφελος των διαθέσιμων πληροφοριών από την υπόλοιπη σύνδεση.

Στο μοντέλο δικτύου μιας ροής ένα δίκτυο Nash είναι είτε κενό, δηλαδή κανένα άτομο δεν διατηρεί καμία σύνδεση με κανένα άλλο άτομο ή είναι ελάχιστα συνδεδεμένο, δηλαδή όλα τα άτομα συνδέονται μεταξύ τους και η απομάκρυνση οποιουδήποτε άμεσου συνδέσμου καταστρέφει αυτή την ιδιοκτησία. Στο μοντέλο δικτύου μιας ροής δείχνουν ότι τα μόνο αυστηρά δίκτυα Nash είναι το κενό δίκτυο και ο κύκλος. Ο κύκλος είναι ο μοναδικός αυστηρός Nash εάν το κόστος ενός συνδέσμου c δεν υπερβαίνει το οριακό όφελος μιας σύνδεσης b . Εάν $b < c < (n-1)b$, τόσο ο κύκλος όσο και το κενό δίκτυο είναι αυστηρά δίκτυα Nash (όπου n είναι ο αριθμός των συνδέσεων). Αν $c > (n-1)b$, μόνο το κενό δίκτυο είναι αυστηρό Nash. Έτσι αναλύοντας τη φύση του σχηματισμού δικτύου διακρίνουμε αν υπάρχουν πληροφορίες στη μονόδρομη ροή. Τα αποτελέσματά μας παρέχουν ένα χαρακτηρισμό των αυστηρών Nash και αποτελεσματικά δίκτυα και επίσης δείχνουν ότι η δυναμική διαδικασία συγκλίνει σε ένα οριακό δίκτυο, το οποίο είναι ένα αυστηρό δίκτυο Nash, σε όλες τις περιπτώσεις.

Ειδικά υπάρχουν ιδιότητες όσον αφορά το υπόδειγμα μονόδρομης ροής.

Αρχικά δεδομένου ενός δικτύου g , συνόλου $C \subset N$ ονομάζεται συνιστώσα του g αν για κάθε g διακριτό ζεύγος πρακτόρων i και j στο C έχουμε $j \in N(i; g)$ και δεν υπάρχει αυστηρό cover C' του C για την οποία αυτό ισχύει.

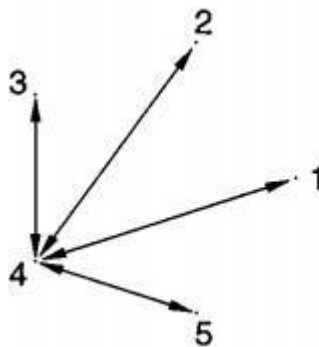
Έπειτα ένα στοιχείο C λέγεται ότι είναι ελάχιστο εάν το C δεν είναι πια ένα συστατικό κατά την αντικατάσταση ενός συνδέσμου $g_{i,j} = 1$ μεταξύ δύο πρακτόρων i και j στο C με $g_{j,i} = 0$, ceterisparibus.

Ακόμα ένα δίκτυο g φαίνεται να είναι συνδεδεμένο εάν έχει ένα μοναδικό συστατικό στοιχείο. Εάν το μοναδικό στοιχείο είναι ελάχιστο, το g ονομάζεται ελάχιστα συνδεδεμένο.

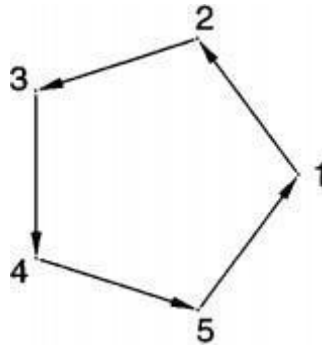
Καθώς και το δίκτυο που δεν είναι συνδεδεμένο αναφέρεται ως αποσυνδεδεμένο.

Επιπλέον ένα δίκτυο λέγεται ότι είναι κενό εάν $N(i, g) = \{i\}$ και ονομάζεται πλήρες εάν $N^d(i; g) = N \setminus \{i\}$ για όλα τα $i \in N$. Δηλώνουμε το κενό και το πλήρες δίκτυο με g^e και g^c αντίστοιχα.

Επίσης το δίκτυο «τροχός» είναι αυτό όπου οι πράκτορες είναι διατεταγμένοι ως $\{i_1, \dots, i_n\}$ με $g_{i_2 i_1} = \dots = g_{i_n i_{n-1}} = g_{i_1 i_n} = 1$ χωρίς να υπάρχουν άλλοι σύνδεσμοι. Το δίκτυο τροχού σημειώνεται g^w .



Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό είναι το δίκτυο «αστέρι» έχει ένα κεντρικό πράκτορα i έτσι ώστε $g_{i,j} = g_{j,i} = 1$ για όλα τα $j \in N \setminus \{i\}$ χωρίς να υπάρχουν άλλοι σύνδεσμοι.

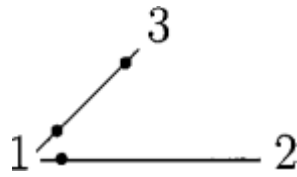


Η γεωδαισιακή απόσταση από τον πράκτορα j στον πράκτορα i σε g είναι ο αριθμός των συνδέσεων όπου η συντομότερη διαδρομή από j σε i δηλώνεται ως $d(i, j; g)$. Ορίσαμε $d(i, j; g) = \infty$ εάν δεν υπάρχει άλλη σύνδεση από το j σε i στο g . Το πρώτο αποτέλεσμα υπογραμμίζει μια γενική ιδιότητα των δικτύων Nash όταν οι πράκτορες είναι συμμετρικά τοποθετημένοι έναντι των πληροφοριών και το κόστος πρόσβασης: σε ισορροπία, είτε δεν υπάρχει κοινωνική επικοινωνία είτε έχει πρόσβαση σε κάθε πράκτορα για όλες τις πληροφορίες στη σύνδεση.

2.5 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΜΦΙΔΡΟΜΗΣ ΡΟΗΣ (TWO-WAY FLOW MODEL)

Έστω ότι στο μοντέλο αμφίδρομης ροής έχουμε ένα σύνολο στρατηγικών $g = (g_1, \dots, g_n)$ ως ένα μη κατευθυνόμενο δίκτυο. Ο σύνδεσμος $g_{i,j} = 1$ αντιπροσωπεύει τη σύνδεση μεταξύ i και j ένας γεμάτος κύκλος που βρίσκεται στην άκρη κοντά στον πράκτορα i δείχνει ότι αυτός είναι ο πράκτορας ο οποίος έχει ξεκινήσει τη σύνδεση. Όπως και πριν, ο πράκτορας 1 έχει σχηματίσει συνδέσμους με πράκτορες 2 και 3, πράκτορα 3 έχει σχηματίσει μια σύνδεση με τον πράκτορα 1, ενώ ο πράκτορας 2 δεν συνδέεται με κανένα άλλο πράκτορα. Στο μοντέλο δικτύου αμφίδρομης ροής, η ροή πληροφοριών ρέει και στους δύο πράκτορες, δηλ. από τον 1 στο 2 και από το 2 στον 1. Δηλαδή το δίκτυο είναι ένα μη κατευθυνόμενο γράφημα με κουκίδες που δείχνουν ποιο από τα δύο συνδεδεμένα άτομα διατηρεί τη σύνδεση. Στο σχήμα 5 περιγράφεται ένα μοντέλο αμφίδρομης ροής. Στο Σχήμα οι ίδιοι σύνδεσμοι διατηρούνται από τα άτομα. Σε αυτή την περίπτωση, ωστόσο, οι πληροφορίες ρέουν και στις δύο κατευθύνσεις. Οι δύο κουκίδες που έχουν σχεδιαστεί κοντά στο 1 υποδεικνύουν ότι διατηρεί τόσο μια σύνδεση προς το 2 όσο και προς το 3. Η κουκίδα στο άτομο 3 δείχνει ότι και αυτός από την πλευρά του

διατηρεί μια σύνδεση με τον 1. Κάθε σύνολο στρατηγικών όπου $g \in G$ έχει έναν μοναδικό τρόπο αναπαράστασης



Σχήμα 5

Επίσης στο μοντέλο δικτύου αμφίδρομης ροής ένα δίκτυο Nash είναι και πάλι κενό ή είναι ελάχιστα συνδεδεμένο με δύο τρόπους, δηλαδή όλα τα άτομα συνδέονται μεταξύ τους, δεν υπάρχει κανένας κύκλος και κανένα από τα δύο άτομα δεν διατηρούν άμεση σύνδεση μεταξύ τους. Έτσι, για να είναι ένα δίκτυο Nash και στις δύο συνθήκες πληροφόρησης, δεν πρέπει να συνδέονται με κανένα ή με όλα τα άτομα. Συγκεκριμένα, δεν υπάρχουν απομονωμένες (ομάδες) ατόμων. Επιπλέον, δεν διατηρούνται πλεονάζοντες δεσμοί. Στο μοντέλο δικτύου αμφίδρομης ροής, μόνο το κενό δίκτυο και το αστερί που υποστηρίζεται από το κέντρο είναι αυστηρά δίκτυα Nash.

Για να περιγράψουμε επίσημα τις ροές πληροφοριών, είναι χρήσιμο να ορίσουμε το κλείσιμο του g : αυτό είναι ένα μη προσανατολισμένο δίκτυο που υποδηλώνεται $\bar{g} = cl(g)$ και ορίζεται ως $\bar{g}_{i,j} = \max \{ g_{i,j}, g_{j,i} \}$ για κάθε i και j που ανήκουν στο N . Λέμε ότι υπάρχει ένα διπλό μονοπάτι για αμφίδρομη είσοδο στο g μεταξύ i και j εάν υπάρχει $\bar{g}_{i,j} = 1$ είτε εάν υπάρχουν πράκτορες (j_1, \dots, j_m) καθώς και i και j τέτοιοι ώστε $\bar{g}_{i,j_1} = \dots = \bar{g}_{j_m,j} = 1$. Το αμφίδρομο μονοπάτι ανάμεσα στους πράκτορες i και

j στο g ορίζεται ως $i \xleftrightarrow{\bar{g}} j$. Ορίζεται $N(i; g)$ ως το σύνολο των πρακτόρων που παρατηρούνται από i . Όπου $\mu_i^d(g)$ είναι ο αριθμός των πρακτόρων με τους οποίους ο i έχει διαμορφωμένους συνδέσμους δηλαδή το κόστος. Το σύνολο $N(i; g)$

$\bar{g}) = \{ k \mid i \xleftrightarrow{\bar{g}} k \} \cup \{ i \}$ και αποτελείται από τους παίκτες i στον g σε αμφίδρομη επικοινωνία όσο $\mu_i(\bar{g}) = |N(i; \bar{g})|$. Η πληρωμή που συγκεντρώνεται στον πράκτορα i στο δίκτυο g ορίζεται ως:

$$\bar{P}_i(g) = \Phi(\mu_i(g) - \mu_i^d(g))$$

Ειδική περίπτωση αποτελεί η γραμμική απολαβή. Για να ορίσουμε αυτό, καθορίζουμε δύο παραμέτρους $V > 0$ και $c > 0$, όπου το V θεωρείται ως η τιμή της πληροφορίας του κάθε πράκτορα στον εαυτό του και σε άλλους, ενώ το c είναι το κόστος του συνδέσμου σχηματισμού. Χωρίς απώλεια της γενικότητας, το V μπορεί να εξομαλυνθεί στο 1. Έτσι ισχύει $P_i(g) = (\mu_i(g) - \mu_i^d(g)) c$.

Με άλλα λόγια, η αποπληρωμή του πράκτορα i είναι ο αριθμός των πρακτόρων που παρατηρεί λιγότερο το συνολικό κόστος του σχηματισμού συνδέσμων. Αναγνωρίζουμε τρεις περιοχές παραμέτρων σημασίας εάν το $c \in (0,1)$ τότε ο πράκτορας i θα είναι πρόθυμος να σχηματίσει μια σύνδεση με τον πράκτορα j για χάρη των πληροφοριών του j μόνο. Όταν $c \in (1, n-1)$ ο πράκτορας i θα απαιτήσει στον j να προσθέσει μερικούς πρόσθετους πράκτορες που τον ωθούν να σχηματίσει μια σύνδεση με τον j . Τέλος, αν $c > n-1$ τότε το κόστος της δημιουργίας συνδέσμων υπερβαίνει το συνολικό όφελος των διαθέσιμων πληροφοριών από την υπόλοιπη σύνδεση.

Στο μοντέλο αμφίδρομης ροής μόνο το κενό δίκτυο και το αστέρι που υποστηρίζεται από το κέντρο είναι αυστηρά δίκτυα Nash. Το αστέρι που υποστηρίζεται από το κέντρο είναι το μοναδικό αυστηρό δίκτυο Nash αν $c < b$ και το κενό δίκτυο είναι το μοναδικό αυστηρό δίκτυο Nash, εάν $c > b$. Τέλος, τόσο ο κύκλος όσο και το αστέρι που υποστηρίζεται από το κέντρο είναι αποτελεσματικά δίκτυα, όπου ένα αποτελεσματικό δίκτυο ορίζεται ως ένα δίκτυο που μεγιστοποιεί το άθροισμα των πληρωμών των παικτών.

Όπως στο δίκτυο μονόδρομης ροής, έτσι και τώρα στην αμφίδρομη υπάρχουν κάποιες ιδιότητες του δικτύου.

Αρχικά δεδομένου ενός δικτύου g , συνόλου $C \subset N$ ονομάζεται αμφίδρομη συνιστώσα του g αν για κάθε i και j στο C υπάρχει μία διαδρομή μεταξύ τους και δεν υπάρχει αμφίδρομη διαδρομή ενός πράκτορα στο C και ενός άλλου στον $N \setminus C$.

Έπειτα ένα στοιχείο C λέγεται ότι είναι ελάχιστο εάν δεν υπάρχει αμφίδρομος κύκλος εντός του C για παράδειγμα αν $g \geq 3$ πράκτορες $(j_1, \dots, j_q) \subset C$ έτσι ώστε

$\overline{g_{j_1, j_2}} = \dots = \overline{g_{j_q, j_1}} = 1$ και $g_{i, j} = 1$ που υποδηλώνει $g_{j, i} = 0$ για κάθε ζεύγος i, j που υπάρχει στο C .

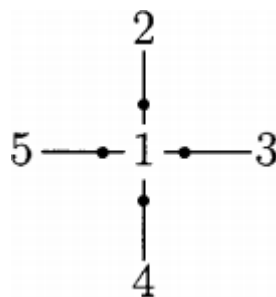
Ακόμα το δίκτυο g φαίνεται να είναι αμφίδρομο συνδεδεμένο εάν έχει ένα μοναδικό συστατικό δύο στοιχείο. Εάν το μοναδικό στοιχείο είναι ελάχιστο, το g ονομάζεται ελάχιστα συνδεδεμένο σε δύο σημεία. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει μια μοναδική διαδρομή ανάμεσα σε οποιουδήποτε δύο πράκτορες στο N .

Η απόσταση μεταξύ δύο πρακτόρων i και j στο g είναι η το μήκος της συντομότερης διαδρομής δύο μεταξύ τους και δηλώνεται από τη σχέση $d(i, j; \bar{g})$.

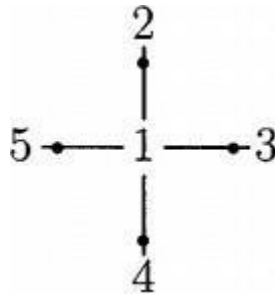
Τέλος κάνουμε κάποιες παρατηρήσεις σχετικά με το παραπάνω αποτέλεσμα. Πρώτον, με τον ορισμό των πληρωμών, ενώ ένας πράκτορας φέρει το κόστος μιας σύνδεσης, και οι δύο πράκτορες αποκτούν τα οφέλη που συνδέονται με αυτό. Αυτή η ασυμμετρία στις πληρωμές είναι σημαντική για τον ορισμό της αρχιτεκτονικής του δικτύου. Για παράδειγμα, σημειώνουμε ότι τώρα υπάρχουν τρεις τύποι δικτύων "αστέρι"

- Center-sponsored : Υποστηριζόμενο δίκτυο από το κέντρο (Κεντρικό)
- Periphery-sponsored : Υποστηριζόμενο δίκτυο από την περιφέρεια (Περιφερειακό)
- Mixed-type : Μικτό δίκτυο

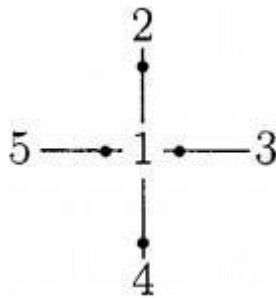
Ανάλογα με το ποιοι φορείς επιβαρύνονται με το κόστος των συνδέσεων στο δίκτυο. Για μια κοινωνία με $n = 5$ πράκτορες, τα Σχήματα 6, 7, 8 απεικονίζουν αυτά τύπους. Το Σχήμα 6 δείχνει ένα αστέρι με χορηγία στο κέντρο, το Σχήμα 7 που χρηματοδοτείται από περιφέρεια και το σχήμα 8 απεικονίζει ένα αστέρι μικτού τύπου.



Σχήμα 6 (Center-sponsored)

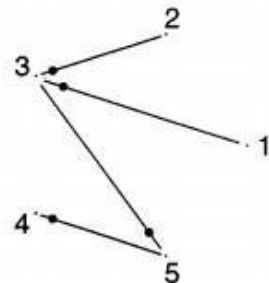
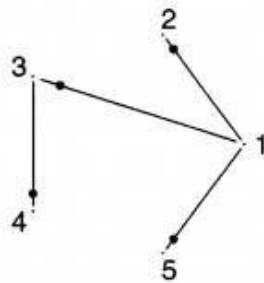
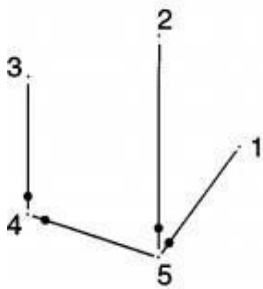
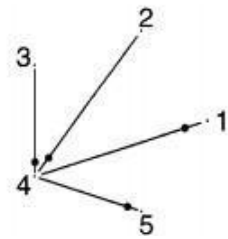
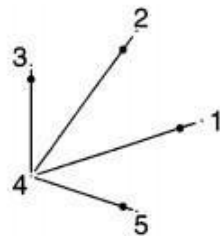
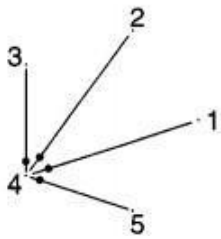
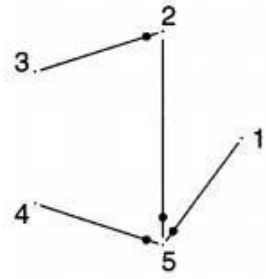
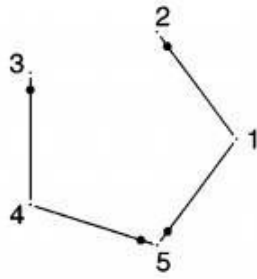
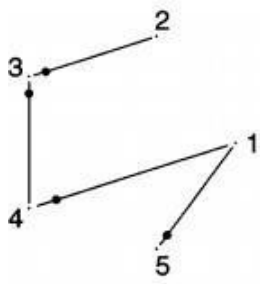


Σχήμα 7 (Periphery-sponsored)



Σχήμα 8 (Mixed-type)

Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός ισορροπιών Nash. Αν θεωρήσουμε γραμμικές προδιαγραφές με $n = 3, 4, 5$ και 6 πράκτορες τότε υπάρχουν $12, 128, 2000$ και 44352 Nash δίκτυα αντίστοιχα. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα :



3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΟΡΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΑΛΓΕΒΡΑΣ

Μία από τις πιο διαδεδομένες πτυχές του σύγχρονου χρηματοοικονομικού περιβάλλοντος είναι το πλούσιο δίκτυο διασυνδέσεων μεταξύ των επιχειρήσεων . Αν και με απλή λογική οι υποχρεώσεις που οφείλονται από μια επιχείρηση σε μία άλλη φαίνεται να είναι προς μία κατεύθυνση υποχρεώσεις και να εξαρτώνται μόνο από την οικονομική κατάσταση της εκδότριας εταιρείας στην πραγματικότητα είναι πολύ πιο περίπλοκο . Η αξία των περισσότερων επιχειρήσεων εξαρτάται από τις απολαβές που λαμβάνουν από τις απαιτήσεις που έχουν σε άλλες επιχειρήσεις . Η αξία των οποίων εξαρτάται από την οικονομική κατάσταση άλλων επιχειρήσεων του συστήματος . Για παράδειγμα εάν έχουμε τρεις επιχειρήσεις A , B , Γ μια παράλειψη της επιχείρησης A για τις υποχρεώσεις της ως προς την B μπορεί να οδηγήσει την B στην μη εκπλήρωση των υποχρεώσεων της απέναντι στην Γ . Όμως αυτή η παράλειψη της B ως προς την Γ μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα στην εκπλήρωση υποχρεώσεων τις Γ ως προς την A . Έτσι δημιουργείται ένα γενικό χαρακτηριστικό στα χρηματοπιστωτικά συστήματα το οποίο ονομάζουμε κυκλική αλληλεπίδραση . Ψάχνουμε ένα μηχανισμό εκκαθάρισης στις περιπτώσεις κυκλικής αλληλεπίδρασης , για την ακρίβεια θέλουμε να παράγουμε ένα μοντέλο για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων . Το μοντέλο αυτό θα μπορεί να κάνει τον υπολογισμό των φορέων εκκαθάρισης αναμεσα στα χρηματοπιστωτικά συστήματα , ικανοποιώντας τους τυποποιημένους όρους που επιβάλλονται από τον νομό περί πτωχεύσεως . Δηλαδή οι εκκαθαριστικοί φορείς που αντιπροσωπεύουν τον φορέα πληρωμών από κόμβους του χρηματοπιστωτικού συστήματος σε άλλους κόμβους, ικανοποιούν τις προϋποθέσεις αναλογικής εξόφλησης υποχρεώσεων σε περίπτωση αθέτησης, περιορισμένης ευθύνης ιδίων κεφαλαίων και απόλυτη προτεραιότητα του χρέους έναντι των ιδίων κεφαλαίων.

Αυτό το διάλυμα εκκαθάρισης μπορεί να υπολογιστεί μέσω ενός αλγόριθμου . Ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί έναν αριθμό τυπικών ορισμών από την άλγεβρα της μήτρας και τη βασική θεωρία πλέγματος.

Έστω ότι R αντιπροσωπεύει η διαστάσεις σε μια ευκλείδεια νόρμα .

Για κάθε δυο διανύσματα, $x, y \in \mathbb{R}^n$, ορίζουμε τις πράξεις πλέγματος

$$X \wedge Y := (\min[x_1, y_1], \min[x_2, y_2] \dots \min[x_n, y_n])$$

$$X \vee Y := (\max[x_1, y_1], \max[x_2, y_2] \dots \max[x_n, y_n])$$

$$X^+ := (\max[x_1, 0], \max[x_2, 0] \dots \max[x_n, 0])$$

Έστω 1 αντιπροσωπεύει ένα n -διαστάσεων φορέα, όλα του τα συστατικά ίσα με 1 , δηλαδή, $1 = (1, \dots, 1)$. Παρομοίως, το 0 αντιπροσωπεύει ένα n -διαστάσεων φορέα, όλα τα συστατικά του οποίου είναι ίσα με 0 .

Έστω $\|\cdot\|$ υποδηλώνουν το κανονικό πρότυπο στο \mathbb{R} , έτσι για κάθε διάνυσμα x ισχύει :

$$\|x\| := \sum_{i=1}^n |x_i|$$

Για έναν πίνακα $n \times n$ ισχύει

$$\|M\| \equiv \sup_{\|x\| \leq 1} \|Mx\|$$

Ένας σημαντικός ορισμός για τη μελλοντική μας ανάλυση οποιού T συνάρτηση πραγματικών αριθμών, για κάθε x πραγματικό αριθμό θα ισχύει αυτή η συνθήκη

$$\|T(x) - T(y)\| \leq \|x - y\|$$

Τέλος κάθε φορά που μια ακολουθία στοιχείων του R αναφέρεται στην συνέχεια τότε η ακολουθία αναφέρεται και στην παραλλαγή των σημείων που προκαλείται από τις πράξεις πλέγματος :

$$x \leq y \Leftrightarrow x_i \leq y_i \quad \text{for all } i \in N$$

Για να μπορέσουμε να βγάλουμε συμπεράσματα για μια τέτοια οικονομία, θεωρούμε ότι χωρίζεται από n κόμβους . Ο κάθε κόμβος θεωρείται ξεχωριστή οντότητα στο σύστημα και έχει υποχρεώσεις έναντι σε άλλους κόμβους . Αυτές οι ονομαστικές υποχρεώσεις αντιπροσωπεύουν τις πληρωμές που οφείλονται σε άλλους κόμβους του συστήματος. Δίνουμε μορφή σε αυτή τη δομή των υποχρεώσεων με το $n \times n$ ονομαστικό παθητικό πίνακα L , όπου $L_{i,j}$ μας δείχνει την οφειλή του κόμβου i στον κόμβο j . Υποθέτουμε ότι όλες οι ονομαστικές απαιτήσεις είναι μη αρνητικές και ότι κανένας κόμβος δεν έχει ονομαστική αξίωση έναντι του ίδιου. Όπως είπαμε και πριν ο πίνακας είναι μη αρνητικός και τα διαγώνια στοιχεία είναι 0 .

Δηλαδή :

$$\forall i, j \in N, L_{i,j} \geq 0 \quad \text{και} \quad \forall i, L_{i,i} = 0$$

Πρέπει κάπου να μετράμε τις ταμειακές ροές που έχει ο κόμβος εκτός του χρηματοπιστωτικού συστήματος , δηλαδή τις εξωγενείς λειτουργικές ταμειακές ροές , θέτουμε αυτή τη μεταβλητή ως E_i που είναι μεγαλύτερο ή ίσο με το μηδέν . Έτσι το χρηματοπιστωτικό σύστημα εκφράζεται ως ένα ζεύγος ενός πίνακα L και ενός διανύσματος e με (L, e) .

Επιπλέον θα πρέπει να δημιουργήσουμε έναν δείκτη ο οποίος να αντιπροσωπεύει την ολική ονομαστική υποχρέωση ενός κόμβου i σε όλους τους υπόλοιπους κόμβους . Ονομάζουμε τον δείκτη αυτό r_i .

$$\bar{p} = \sum_{j=1}^n L_{i,j}$$

Έτσι έχω το \bar{p} το οποίο αντιπροσωπεύει το επίπεδο πληρωμής που απαιτείται για την ικανοποίηση όλων των συμβατικών υποχρεώσεων από όλους τους κόμβους .

$$\bar{p} = (\bar{p}_1, \bar{p}_2, \dots, \bar{p}_n)$$

Δημιουργούμε έναν πίνακα Π ο οποίος καταγράφει την ονομαστική υποχρέωση ενός κόμβου σε ένα άλλο κόμβο στο σύστημα ως ποσοστό των συνολικών υποχρεώσεων του κόμβου του οφειλέτη.

$$P_{i,j} \equiv \begin{cases} \frac{L_{i,j}}{\bar{p}_i} & \text{if } \bar{p} > 0 \\ 0 & \text{διαφορετικά} \end{cases}$$

Υποθέτουμε ότι όλες οι απαιτήσεις χρέους έχουν την ίδια προτεραιότητα. Αυτή η ισότητα προτεραιότητας συνεπάγεται ότι η πληρωμή γίνεται από τον κόμβο i στον κόμβο j και δίνεται από τη σχέση $p_i P_{i,j}$

Αφού ο πίνακας μετράει ποσοστιαίο χρέος ενός κόμβου έναντι σε έναν άλλο κόμβο αυτό συνεπάγεται ότι οι πληρωμές που γίνονται σε κάποιο κόμβο του συστήματος θα πρέπει να αθροίζονται στη μονάδα

$$\forall i, \sum_{j=1}^n P_{i,j} = 1$$

Η συνολική ταμειακή ροή ισούται με το άθροισμα των πληρωμών που γίνονται από άλλους κόμβους συν τη λειτουργική ταμειακή ροή .

$$\sum_{j=1}^n \Pi_{i,j}^T p_j + e_i$$

Τελικά η αξία των ιδίων κεφαλαίων του κόμβου i δίνεται από τις ταμειακές ροές εάν αφαιρέσουμε τις πληρωμές που υπάρχουν στους πιστωτές δηλαδή στους άλλους κόμβους.

$$\sum_{j=1}^n \Pi_{i,j}^T p_j + e_i - p_i$$

Όπως αναφέραμε και στην αρχή ένα δάνυσμα πληρωμών εκκαθάρισης σε ένα χρηματοπιστωτικό σύστημα θα πρέπει να αντιπροσωπεύει μία περιγραφή των πληρωμών που πραγματοποιούνται από τους κόμβους αλλά ταυτόχρονα είναι συνεπής με τους νομικούς κανόνες που κατανέμουν την αξία μεταξύ των κόμβων και μεταξύ των κατόχων χρεών των ιδίων κεφαλαίων. Υπάρχουν τρία κριτήρια τα οποία πρέπει να πληρούνται:

α) Η περιορισμένη ευθύνη η οποία απαιτεί ότι οι συνολικές πληρωμές που πραγματοποιούνται από έναν κόμβο στους άλλους δεν πρέπει ποτέ να υπερβαίνουν τις διαθέσιμες ταμειακές ροές στον κόμβο αυτό.

β) Η προτεραιότητα των απαιτήσεων, η οποία απαιτεί ότι οι μέτοχοι στον κόμβο δεν θα λάβουν μέρος μέχρι ο κόμβος να είναι σε θέση να εξοφλήσει όλες τις εκκρεμείς υποχρεώσεις του έναντι σε άλλους κόμβους.

γ) Η αναλογικότητα η οποία απαιτεί ότι σε περίπτωση πτώχευσης του χρηματοπιστωτικού αυτού οργανισμού όλοι οι κόμβοι των αιτούντων πληρώνονται από τον αθέμιτο κόμβο ανάλογα με το μέγεθος ονομαστική τους απαίτησης επί των περιουσιακών στοιχείων της επιχείρησης .

Έτσι προκύπτει ο ακόλουθος ορισμός

ΟΡΙΣΜΟΣ 3.1 : Ένα διάνυσμα πληρωμής εκκαθάρισης για ένα χρηματοπιστωτικό σύστημα (Π, p, e) είναι ένα διάνυσμα $p^* \in [0, p]$ που ικανοποιεί τις ακόλουθες συνθήκες :

α) περιορισμένης ευθύνης, $\forall i \in N$

$$p_i^* \leq \sum_{j=1}^n \Pi_{ij}^T p_j^* + e_i$$

β) απόλυτη προτεραιότητα, $\forall i \in N$ είτε οι υποχρεώσεις πληρώνονται στο ακέραιο δηλαδή $p_i^* = \bar{p}_i$ είτε η αξία καταβάλλεται στους πιστωτές δηλαδή

$$p_i^* = \sum_{j=1}^n \Pi_{ij}^T p_j^* + e_i$$

Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό, ορισμένες επιχειρήσεις θα υποχρεωθούν να πληρώσουν όλη την αξία τους στους πιστωτές. Το γεγονός αυτό εγείρει το ερώτημα γιατί οι επιχειρήσεις που αντιμετωπίζουν ορισμένες αδυναμίες παρέχουν τις ταμειακές ροές τους στο σύστημα εκκαθάρισης, γνωρίζοντας ότι όλα τα μετρητά που συνεισφέρουν θα καταβάλλονται σε άλλες επιχειρήσεις. Εκ των υστέρων, ορισμένες επιχειρήσεις βρίσκονται με μηδενικά υπόλοιπα ιδίων κεφαλαίων, καταβάλλοντας κάθε αξία σε άλλες επιχειρήσεις στο σύστημα. Φυσικά, εκ των υστέρων, οι ιδιοκτήτες επιχειρήσεων προτιμούν να μην κάνουν αυτές τις πληρωμές. Ωστόσο, αυτό δεν έχει σημασία, διότι αναλαμβάνουμε μια τέλεια τεχνολογία επιβολής των απαιτήσεων, σύμφωνα με την οποία πρέπει να τηρηθούν όλες οι εκ των προτέρων δεσμεύσεις. Ένα κεντρικό σημείο αυτής της εργασίας είναι ότι το πρόβλημα εκκαθάρισης δεν είναι τετριμμένο σε ένα πολυμερές δίκτυο με κυκλικές υποχρεώσεις.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα όλα όσα αναλύσαμε στο κεφάλαιο αυτό θα δώσουμε ένα παράδειγμα, το οποίο θα αναφέρεται σε τρεις επιχειρήσεις και θα μας αναλύει πως ορίζεται ο κύκλος των πληρωμών. Έστω ότι έχουμε τρία χρηματοπιστωτικά ιδρύματα (A, B, Γ).

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

i/j	A	B	Γ	ΣΥΝΟΛΟ (1)
A	0	50	100	150
B	30	0	50	80
Γ	100	50	0	150
ΣΥΝΟΛΟ (2)	200	120	150	-

Αναλυτικά: Θα πρέπει πρώτα να ορίσουμε τις λειτουργικές ταμειακές ροές της κάθε επιχείρησης. Ας υποθέσουμε ότι οι λειτουργικές ταμειακές ροές της A είναι 70 ($e_A = 70$), της B είναι 20 ($e_B = 20$) και της Γ είναι μηδέν ($e_\Gamma = 0$). Στις γραμμές (i) ορίζονται τα ποσά που χρωστάει η κάθε επιχείρηση στην άλλη, αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίον υπάρχουν μηδενικά (για παράδειγμα η A δεν μπορεί να χρωστάει στον εαυτό της). Αντίθετα στις στήλες (j) υπάρχουν τα ποσά που χρωστάνε στην κάθε εταιρεία αντίστοιχα (για παράδειγμα η 1^η στήλη αναγραφεί τα ποσά που οι εκάστοτε εταιρείες οφείλουν στην επιχείρηση A). Η παραπάνω θεωρία αναφέρει τους τύπους που θα χρησιμοποιήσουμε, το ΣΥΝΟΛΟ (1) υπολογίζει τις οφειλές της επιχείρησης A, B, Γ και δίνεται από τον τύπο

$\bar{p} = \sum_{j=1}^n L_{i,j}$ ενώ το ΣΥΝΟΛΟ (2) που υπολογίζει τις οφειλές των άλλων εταιρειών ως προς την A, B, Γ και δίνεται από τον τύπο

$$p_i^* = \sum_{j=1}^n \Pi_{ij}^T p_j^* + e_i. \text{ Άρα:}$$

$$\bar{p}_A = \sum_{j=1}^3 L_{A,j} = L_{A,1} + L_{A,2} + L_{A,3} = 0 + 50 + 100 = 150$$

$$\bar{p}_B = \sum_{j=1}^3 L_{B,j} = L_{B,1} + L_{B,2} + L_{B,3} = 30 + 0 + 50 = 80$$

$$\bar{p}_\Gamma = \sum_{j=1}^3 L_{\Gamma,j} = L_{\Gamma,1} + L_{\Gamma,2} + L_{\Gamma,3} = 100 + 50 + 0 = 150$$

$$p_A^* = \sum_{j=1}^3 \Pi_{Aj}^T p_j^* + e_A = \Pi_{A1}^T p_1^* + \Pi_{A2}^T p_2^* + \Pi_{A3}^T p_3^* + e_A = 0 + 30 + 100 + 70 = 200$$

$$p_B^* = \sum_{j=1}^3 \Pi_{Bj}^T p_j^* + e_B = \Pi_{B1}^T p_1^* + \Pi_{B2}^T p_2^* + \Pi_{B3}^T p_3^* + e_B = 50 + 0 + 50 + 20 = 120$$

$$p_\Gamma^* = \sum_{j=1}^3 \Pi_{\Gamma j}^T p_j^* + e_\Gamma = \Pi_{\Gamma 1}^T p_1^* + \Pi_{\Gamma 2}^T p_2^* + \Pi_{\Gamma 3}^T p_3^* + e_\Gamma = 100 + 50 + 0 + 0 = 150$$

Τέλος βλέπουμε ότι ικανοποιείται η σχέση της πληρωμής εκκαθάρισης καθώς το Σύνολο (1) \leq Σύνολο (2) .

3.2 ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΑ ΠΛΗΡΩΜΗΣ ΕΚΚΑΘΑΡΙΣΗΣ

Ένας μηχανισμός εκκαθάρισης υπολογίζει έναν φορέα πληρωμής εκκαθάρισης, δηλαδή έναν φορέα πληρωμών από κάθε τράπεζα σε κάθε άλλη τράπεζα. Ο σχεδιασμός καλών μηχανισμών εκκαθάρισης είναι δύσκολος λόγω των πολύπλοκων αλληλεξαρτήσεων στα σημερινά χρηματοπιστωτικά δίκτυα. Το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα δύσκολο επειδή οι εξαρτήσεις μεταξύ των τραπεζών μπορεί να είναι κυκλικές και επειδή οι τράπεζες που αθετούν τις υποχρεώσεις τους μπορούν τυπικά να ανακτήσουν μόνο μέρος της αξίας των περιουσιακών τους στοιχείων (δηλ. συνεπάγονται κόστος προεπιλογής). Για να διαπιστωθεί η ύπαρξη ενός διανύσματος εκκαθάρισης, θα απαιτήσουμε ένα χαρακτηρισμό σταθερών σημείων των διανυσμάτων εκκαθάρισης. Για να καθοριστεί αυτός ο χαρακτηρισμός σταθερού σημείου, πρέπει πρώτα να σημειώσουμε ότι η περιορισμένη ευθύνη και η απόλυτη προτεραιότητα υπονοούν ότι το $p^* \in [0, \bar{p}]$ και είναι ένα διάνυσμα πληρωμής εκκαθάρισης αν και μόνο αν ισχύει η ακόλουθη συνθήκη: $\forall i \in N$,

$$p_i^* = \min[e_i + \sum_{j=1}^n \Pi_{ij}^T p_j^*, \bar{p}_i]$$

Ο πρώτος όρος στην παραπάνω εξίσωση δηλαδή στη δεξιά πλευρά της αναπαριστά "τι έχει ο κόμβος", το σύνολο των εισροών στο i . Ο δεύτερος όρος στην παραπάνω εξίσωση δηλαδή στην αριστερή πλευρά είναι "τι οφείλει ο κόμβος", τις συνολικές υποχρεώσεις του κόμβου i σε άλλους κόμβους στο σύστημα. Ένα διάνυσμα εκκαθάρισης είναι ένας φορέας στον οποίο κάθε κόμβος πληρώνει το ελάχιστο από αυτό που έχει σε σχέση με το τι οφείλει.

ΘΕΩΡΗΜΑ 1 : Αντιστοιχεί σε κάθε χρηματοπιστωτικό σύστημα (Π, \bar{p}, e)

α. Υπάρχει ένας μεγαλύτερος και ένας ελάχιστος διανυσματικός φορέας πληρωμής, p^+ και p^- .

β. Κάτω από όλους τους φορείς εκκαθάρισης, η αξία των ιδίων κεφαλαίων στο

κάθε κόμβος του χρηματοπιστωτικού συστήματος είναι ίδια , δηλαδή αν p'

και p'' είναι δυο οποιαδήποτε διανύσματα εκκαθάρισης ισχύει :

$$(\Pi^T(p') + e - \bar{p})^T = (\Pi^T(p'') + e - \bar{p})^T$$

3.3 ΜΟΝΑΔΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΩΜΗΣ ΕΚΚΑΘΑΡΙΣΗΣ

Η καθιέρωση της μοναδικότητας για ένα ευρύ φάσμα οικονομικών συστημάτων απαιτεί περισσότερη μελέτη. Πρέπει να αποκλείσουμε περιπτώσεις όπου η ίδια κατανομή της αξίας των ιδίων κεφαλαίων μπορεί να υποστηριχθεί από πολλές προδιαγραφές πληρωμών μεταξύ κόμβων. Υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες οι φορείς εκκαθάρισης δεν είναι μοναδικοί. Παρακάτω θα δείξουμε ότι, για να αποκλείσουμε τέτοιες περιπτώσεις, πρέπει να επιβάλλουμε μόνο προϋποθέσεις που διασφαλίζουν ότι όλα τα μέρη του συστήματος έχουν κάποια απτή οικονομική αξία, με τη μορφή ταμειακών ρών λειτουργίας, για να διανέμουν στους άλλους κόμβους . Για να μπορέσουμε να αποδείξουμε την μοναδικότητα του διανύσματος πληρωμής εκκαθάρισης θα βασιστούμε σε κάποιους ορισμούς.

ΟΡΙΣΜΟΣ 3.2 : Ο πρώτος ορισμός είναι αυτός του «συνόλου πλεονασμάτων» ή αλλιώς «surplus set» δηλαδή αναφέρεται στην περίπτωση όπου κανένας κόμβος στο σύνολο δεν έχει καμία υποχρέωση σε οποιονδήποτε άλλο κόμβο , έτσι προκύπτει ότι το σύνολο (δηλαδή όλοι οι κόμβοι μεταξύ τους) έχουν θετικές λειτουργικές ροές . Επειδή λοιπόν το σύνολο πλεονασμάτων είναι κλειστό, η τιμή πρέπει να ρέει αποκλειστικά σε κάποιον κόμβο.

ΟΡΙΣΜΟΣ 3.3 : Ο δεύτερος ορισμός για την καθιέρωση της μοναδικότητας είναι ένα γράφημα οικονομικής δομής το οποίο περιγράφει με ποιοτικό τρόπο τους δεσμούς μεταξύ των κόμβων σε ένα χρηματοπιστωτικό σύστημα. Στους κόμβους όπου ο πράκτορας έχει συμβατικές υποχρεώσεις , βρίσκονται εκείνες που λέγονται άμεσοι σύνδεσμοι στο σύστημα των κόμβων. Ωστόσο οι άμεσοι αυτοί σύνδεσμοι δεν εξαντλούν το σύνολο όλων των κόμβων που επηρεάζονται από την προεπιλογή του. Οι προεπιλογές καταρρέουν μέσω του συστήματος. Η αθέτηση υποχρέωσης ενός μόνο κόμβου μειώνει τις εισροές προς τους πιστωτές της, ενδεχομένως η

αθέτηση υποχρέωσης προκλήθηκε από έναν από αυτούς τους πιστωτές, και ίσως αθετήθηκε περαιτέρω.

ΟΡΙΣΜΟΣ 3.4 : Η τροχιά κινδύνου ενός κόμβου είναι το σύνολο όλων εκείνων που συνδέονται με τον δεδομένο κόμβο μέσω κάποιας κατευθυνόμενης διαδρομής, στην προκειμένη περίπτωση κυκλικής, μέσω του συστήματος. Οι έννοιες όπως η ισχυρή σύνδεση και οι τροχιές κινδύνου μπορεί να μη δίνουν κάποιο χρήσιμο χαρακτηριστικό των διανυσμάτων πληρωμής εκκαθάρισης για το σύστημα αντίθετα η ιδιοκτησία αυτών αποτελεί τη βάση για την απόδειξη της μοναδικότητας του φορέα πληρωμής εκκαθάρισης.

ΟΡΙΣΜΟΣ 3.5 : Ένα χρηματοπιστωτικό σύστημα είναι τακτικό αν κάθε τροχιά κινδύνου, είναι ένα σύνολο πλεονασμάτων. Στο μοντέλο μας η πραγματική οικονομική αξία παράγεται από λειτουργικά έσοδα και αυτή η τιμή διατηρείται από το σύστημα εκκαθάρισης. Σε ένα δίκτυο δηλαδή όπου η οικονομική αξία διανέμεται με τη μορφή λειτουργικών ταμειακών ροών (operating cash flows) ονομάζεται κανονικότητα. Στην περίπτωση που η ίδια μπορεί να φτάσει σε όλα τα σημεία του συστήματος ονομάζεται τακτικότητα. Έτσι εάν το χρηματοοικονομικό σύστημα είναι τακτικό, οι μεγαλύτεροι και οι ελάχιστοι εκκαθαριστικοί φορείς είναι ίδιοι, δηλ. $p^+ = p^-$, υποδηλώνοντας ότι ο φορέας εκκαθάρισης είναι μοναδικός.

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο σας παρέχουμε μια επισκόπηση ορισμένων βασικών τάσεων και χαρακτηριστικών των χρηματοπιστωτικών δικτύων που σχετίζονται με τον συστημικό κίνδυνο. Παρέχουμε επίσης ένα νέο μοντέλο δικτύων αλληλεξαρτήσεων και το χρησιμοποιούμε για να αναλύσουμε τα κίνητρα που έχουν τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα να επιλέξουν τον κίνδυνο στα χαρτοφυλάκιά τους, τους εμπορικούς τους εταίρους και τη συσχέτιση των χαρτοφυλακίων τους με αυτούς τους άμεσους και έμμεσους αντισυμβαλλομένους. Δείχνουμε ότι έχουν κίνητρα να επιλέξουν υπερβολικά επικίνδυνα χαρτοφυλάκια και να μην διαφοροποιήσουν σημαντικά την επιλογή πολύ μικρών αντισυμβαλλομένων με τους οποίους θα μοιράζονται κινδύνους. Δείχνουμε επίσης ότι οι τράπεζες έχουν ισχυρά κίνητρα για την τέλεια συσχέτιση των καταστάσεων στις οποίες τα χαρτοφυλάκιά τους παρουσιάζουν κακή απόδοση, γεγονός που γενικά αυξάνει τον συστημικό κίνδυνο. Στη συνέχεια παρέχουμε ένα μέτρο χρηματοοικονομικής κεντρικής σημασίας όσον αφορά τις συνέπειες του χαρτοφυλακίου ενός συγκεκριμένου ιδρύματος στις πιθανές αθετήσεις άλλων θεσμικών οργάνων. Συζητάμε τις ελάχιστες παρεμβάσεις ή κεφάλαια που απαιτούνται για τη διασφάλιση της συστημικής φερεγγυότητας. Οι χρηματοπιστωτικές αγορές διαφέρουν από εγχειρίδια σε αποτελεσματικές αγορές σε διάφορες διαστάσεις και είναι σημαντικές για να κατανοήσουν δεδομένου ότι είναι θεμελιώδεις για όλες τις επιχειρήσεις και τους τομείς της οικονομίας. Οι χρηματοπιστωτικές αγορές είναι ώριμες με εξωγενείς επιπτώσεις, συχνά λεπτές αλλά με συνέπεια. Σε ένα πιο βασικό επίπεδο, ο κίνδυνος αθέτησης υποχρέωσης από αντισυμβαλλόμενο έχει συνέπειες σε έναν κόσμο χωρίς πλήρεις αγορές στις οποίες πολλοί κίνδυνοι δεν μπορούν να αντισταθμιστούν .

Ιστορικά η ανάπτυξη του διεθνούς εμπορίου σκάστηκε από μια παρόμοια αύξηση της παγκόσμιας χρηματοδότησης. Ένας γενικός κανόνας είναι ότι περίπου το ένα τρίτο της χρηματοδότησης μιας χώρας προέρχεται από ξένες πηγές. Επιπλέον, ο χρηματοπιστωτικός τομέας χαρακτηρίζεται από ισχυρές αλληλεξαρτήσεις. Έτσι το

κεφάλαιο κυκλοφορεί από τη χρηματοπιστωτική εταιρεία στη χρηματοοικονομική εταιρεία. Ο χρηματοπιστωτικός / τραπεζικός τομέας έχει αυξηθεί πάρα πολύ, αλλά έχει επίσης εδραιωθεί, με πολύ λιγότερες τράπεζες και εκείνες που είναι πολύ μεγαλύτερες από ό, τι παλαιότερα. Το 1980 υπήρχαν 14 χιλιάδες εμπορικές τράπεζες στις ΗΠΑ σύμφωνα με το FDIC10, με συνολικό ενεργητικό 2 τρισεκατομμυρίων δολαρίων. Το 2018 υπήρχαν 4.7K με περιουσιακά στοιχεία 16,5 τρισεκατομμυρίων δολαρίων. Ο αριθμός των τραπεζών έπεσε στο ένα τρίτο του συνόλου και ταυτόχρονα οι τράπεζες διαχειρίζονται περισσότερες από οκτώ φορές σε σχέση με το σύνολο των περιουσιακών στοιχείων.¹¹ Αυτή η ενοποίηση συνέχισε να αυξάνεται ακόμη και μετά τη χρηματοπιστωτική κρίση του 2008. Για παράδειγμα, το 1990 οι πέντε μεγαλύτερες τράπεζες στις ΗΠΑ κατείχαν το 10% των συνολικών χρηματοοικονομικών περιουσιακών στοιχείων, το 2007 κατέχουν 35% και το 2015 το 45%. Οι δέκα μεγαλύτερες τράπεζες στον κόσμο διέθεσαν 26 τρισεκατομμύρια δολάρια το 2016. Για να το θέσουμε σε προοπτική, οι ΗΠΑ και το Κινεζικό ΑΕΠ το 2016 ήταν 29 τρισεκατομμύρια δολάρια και το παγκόσμιο ΑΕΠ ήταν 75 τρισεκατομμύρια δολάρια. (Matthew O. Jackson and Agathe Pernoud April 2019)

Οι εμπειρικές μελέτες των χρηματοπιστωτικών δικτύων, και ειδικότερα ο διατραπεζικός δανεισμός, κατέδειξαν τη δομή των βασικών περιφερειών των χρηματοπιστωτικών συστημάτων, όπου το μεγαλύτερο μέρος του χρηματοπιστωτικού εμπορίου πραγματοποιείται από μερικές μεγάλες τράπεζες. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για να υπάρξει μια δομή πυρήνα-περιφέρειας, καθώς υπάρχουν πλεονεκτήματα για συγκέντρωση σε μεσάζοντες, οι οποίοι στη συνέχεια μπορούν να διαχειριστούν καλύτερα το απόθεμά τους και να ταιριάξουν αγοραστές με πωλητές. Ωστόσο, οι πυκνές συνδέσεις μέσα σε μια δομή πυρήνα-περιφέρειας έχουν επίσης συνέπειες μετάδοσης. Η χρηματοπιστωτική κρίση του 2008 ήταν μια προφανής κατάσταση στην οποία πολλά χρηματοπιστωτικά ιδρύματα ήταν εκτεταμένα εκτεθειμένα στις ίδιες αγορές ενυπόθηκων στεγαστικών δανείων και στεγαστικών δανείων και είχαν εκτεταμένες εκθέσεις μεταξύ τους ταυτόχρονα. Αυτό το είδος συσχέτισης συμβαίνει για πολλούς λόγους. Οι τρεις πρωταρχικοί είναι οι εξής. Πρώτον, ο ανταγωνισμός μεταξύ των ιδρυμάτων μπορεί να τους οδηγήσει να επιλέξουν παρόμοιες επενδύσεις. Αυτό συνέβαλε στην εκτεταμένη έκθεση των οργανισμών αποταμίευσης και δανείων σε στεγαστικά δάνεια και αργότερα σε χρεωστικά ομόλογα και την κρίση της S & L κατά τη δεκαετία του 1980 και του '90. Δεύτερον, μπορεί να υπάρχουν κανονισμοί που περιορίζουν τα είδη επενδύσεων που μπορούν να κάνουν οι τράπεζες και άλλα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα με ένα

μέρος του κεφαλαίου τους ή άλλες απαιτήσεις σχετικά με το ποια στοιχεία ενεργητικού μπορούν να χρησιμοποιήσουν για την κάλυψη των υποχρεωτικών αποθεματικών ή μπορούν να χρησιμοποιήσουν για βραχυπρόθεσμους δανεισμούς. Τρίτον, όπως δείχνουμε παρακάτω, οι τράπεζες έχουν πολύ ισχυρά κίνητρα για να επιλέξουν σκόπιμα χαρτοφυλάκια που συσχετίζονται με αυτά των αντισυμβαλλομένων τους, δεδομένου ότι προτιμούν να είναι διαλυτά όταν κερδίζουν τις μεγαλύτερες αποδόσεις από τους αντισυμβαλλομένους τους και είναι αφερέγγυοι όταν οι αντισυμβαλλόμενοί τους είναι αφερέγγυοι.

4.2 ΣΥΣΤΗΜΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ – ΜΟΝΤΕΛΑ

Οι εξωτερικότητες είναι σημαντικές όχι μόνο λόγω των βασικών στρεβλώσεων της επένδυσης που προκύπτουν, αλλά και λόγω των σημαντικών τριβών και του κόστους πτώχευσης που εμφανίζονται στη χρηματοοικονομική κατάσταση των δικτύων. Εάν ένας μεγάλος αντισυμβαλλόμενος κάποιας οικονομικής οργάνωσης πτωχεύσει, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλες απώλειες για την οργάνωση και τελικά να προκαλέσει σε αθέτηση πληρωμών. Υπάρχουν σημαντικές τριβές, καθυστερήσεις και ασάφειες που απορρέουν από την πτώχευση, ειδικά σε δύσκολες στιγμές. Αυτά προκύπτουν μεταξύ άλλων από τις πωλήσεις, την πρόωρη λήξη των συμβάσεων, την πολυπλοκότητα των συμβάσεων που πρέπει να αναληφθούν, τις μακρές διαπραγματεύσεις, το νομικό κόστος. Οι χρηματοπιστωτικές αγορές μπορούν να παρουσιάσουν τουλάχιστον τρεις ευρείες κατηγορίες συστημικής αποτυχίας, σε κάθε μία από τις οποίες οι εξωτερικές επιδράσεις είναι κεντρικές. Η πρώτη είναι η κλασική μορφή μαζικών τραπεζικών αναλήψεων και πανικού, στην οποία η συμπεριφορά γίνεται ξεκάθαρη. Μια δεύτερη μορφή μετάδοσης σχετίζεται με την αβεβαιότητα, όπου η πληροφόρηση σχετικά με ένα αφερέγγυο ίδρυμα οδηγεί σε μια μορφή «ενοχής λόγω ομοιότητας» - στην οποία κάποιος τότε έχει αμφιβολίες σχετικά με τη φερεγγυότητα άλλων επιχειρήσεων που είναι κάπως παρόμοιες. Υπάρχει επίσης ο φόβος ότι ο δανεισμός μεταξύ των ιδρυμάτων μπορεί να παγώσει και έτσι κανείς αρχίζει να συσσωρεύει τα μετρητά και τα περιουσιακά του στοιχεία, γεγονός που οδηγεί σε περαιτέρω περιορισμό και πιθανή στρέβλωση. Η πιο βασική μορφή της μετάδοσης δεν βασίζεται στις προσδοκίες ή τα συμπεράσματα, αλλά στις πραγματικές καταστροφές αφερεγγυότητας. Μια τράπεζα γίνεται αφερέγγυα και δεν μπορεί να πληρώσει τα χρέη της. Καθώς καθυστερούν αυτές οι υποχρεώσεις, αυτό επιδεινώνει τους

ισολογισμούς άλλων ιδρυμάτων, με αποτέλεσμα ορισμένα από αυτά να καταστούν αφερέγγυα. Καθώς πολλές από αυτές γίνονται αφερέγγυες, αυτό επιδεινώνει περαιτέρω τις συνθήκες για τους άλλους και η κατάσταση μπορεί να γίνει καταστροφική. Το πιο ενδιαφέρον σημείο είναι ότι στην πυκνότητα του δικτύου υπάρχει μια μη μονοτονικότητα στο ενδεχόμενο κινδύνου. Αυτό είναι ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό που αφορά τις χρηματοπιστωτικές αγορές και τις διακρίνει από τις πιο βασικές αναλύσεις της μετάδοσης και της εξάπλωσης, για παράδειγμα η προσθήκη περισσότερων αλληλεπιδράσεων οδηγεί μόνο σε πιο εκτεταμένες τιμές της μετάδοσης. Καθώς μια τράπεζα προσθέτει περισσότερους αντισυμβαλλομένους, υπάρχουν αντισταθμιστικές συνέπειες. Γίνεται πιο επιρρεπής σε κραδασμούς από περισσότερες πηγές και, ως εκ τούτου, τείνει να αυξήσει τις δυνατότητες για αλληλουχίες. Επίσης λιγότερο εκτίθενται σε οποιονδήποτε αντισυμβαλλόμενο και έτσι μειώνεται η πιθανότητα μετάδοσης κινδύνου. Έτσι, υπάρχουν τρεις βασικές δυνάμεις στην εργασία στα χρηματοπιστωτικά δίκτυα: Η προσθήκη περισσότερων συνδέσεων οδηγεί σε περισσότερους διαύλους μετάδοσης και πιθανές ευκαιρίες για μετάδοση κραδασμών και αφερεγγυότητας. Η ύπαρξη περισσότερων αντισυμβαλλομένων μειώνει επίσης την έκθεση σε κάποιο συγκεκριμένο και έτσι μπορεί να μετριάσει τη μετάδοση κινδύνου που προκαλείται από ιδιοσυγκρασιακές διαταραχές. Η αλλαγή του συνολικού τμήματος του χαρτοφυλακίου ενός χρηματοπιστωτικού ιδρύματος που συνεπάγεται επενδύσεις με αντισυμβαλλόμενους λειτουργεί και προς τις δύο κατευθύνσεις όπου αφήνει περισσότερες επενδύσεις του να εξαρτώνται από την υγεία άλλων, αλλά μπορεί επίσης να διαφοροποιήσει τις επενδύσεις του εάν έχει περιορισμένες δυνατότητες διαφοροποίησης από μόνο του. Πέρα από όλα αυτά, η δομή του δικτύου έχει σημασία και τα χρηματοπιστωτικά δίκτυα απέχουν πολύ από τη συμμετρία. Η πιθανότητα μετάδοσης κινδύνου οφείλεται ιδιαίτερα στην ύπαρξη μιας βασικής δομής, η οποία, όπως προαναφέρθηκε, είναι κοινή σε πολλά οικονομικά περιβάλλοντα. Οι μεγάλες τράπεζες πυρήνων μπορεί να είναι ανθεκτικές σε μικρές διαταραχές, αλλά μπορεί να αποτύχουν καταστροφικά όταν χτυπηθούν με μεγάλες διαταραχές, ειδικά όταν συσχετίζονται αυτές. Δεδομένου ότι ο συστημικός κίνδυνος εξαρτάται από το δίκτυο, τις επενδύσεις των οργανώσεων και τη συσχέτιση τους, αξίζει να κατανοηθεί ο βαθμός στον οποίο τα ιδρύματα έχουν αποτελεσματικά κίνητρα - δηλαδή, κίνητρα για επενδύσεις και επιλογή εταιρικών σχέσεων που μεγιστοποιούν τη συνολική αξία του χρηματοπιστωτικού συστήματος. Δεδομένου

ότι υπάρχουν εξωτερικά στοιχεία, θα πρέπει να αναμένουμε ότι τα μεμονωμένα οικονομικά κίνητρα δεν θα ευθυγραμμιστούν με τη γενική ευημερία της οικονομίας.

4.3 ΠΡΟΤΥΠΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ

Εδώ, ορίζουμε ένα μοντέλο οικονομικών αλληλεπιδράσεων που μας επιτρέπει να εξετάσουμε τις επιλογές των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων στο δίκτυο. Στο μοντέλο συμπεριλαμβάνουμε χρέος και ίδια κεφάλαια, καθώς υπάρχουν σημαντικές διαφορές στα κίνητρα και στον συστημικό κίνδυνο που δημιουργούν στο δίκτυο. Οι αφερεγγυότητες προκαλούνται από την αδυναμία πληρωμής των χρεών, αλλά όχι από τα ίδια κεφάλαια. Έτσι, ο σχετικός συνδυασμός του χρέους και της μετοχής στο χαρτοφυλάκιο μιας τράπεζας έχει σημαντικές επιπτώσεις για τα κίνητρα, και γι' αυτό είναι σημαντικό να επιτρέψουμε αυτή τη διάκριση στο μοντέλο. Η διάκριση μεταξύ χρέους και μετοχικού κεφαλαίου δεν είναι απλώς θεωρητική, αφού και οι δύο τύποι τίτλων είναι απαραίτητοι για τη συγκέντρωση των ισολογισμών ορισμένων από τα πιο σημαντικά και σημαντικά είδη χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων. Για παράδειγμα, οι ισολογισμοί των τραπεζών περιλαμβάνουν σημαντικά τμήματα καταθέσεων, δανείων, CDO (εξασφαλισμένες δανειακές υποχρεώσεις) και άλλα είδη χρεωστικών τίτλων. Αντίθετα, οι επιχειρήσεις επιχειρηματικών κεφαλαίων και πολλά άλλα είδη επενδυτικών κεφαλαίων κατέχουν συνήθως μετοχές και είτε κατέχονται ιδιωτικά είτε εκδίδουν μετοχικούς τίτλους. Αυτά τα κεφάλαια και άλλες μορφές σκιώδους τραπεζικής έχουν όλο και μεγαλύτερη σημασία ως πηγή χρηματοδότησης για τις επιχειρήσεις, ιδίως στον τομέα της τεχνολογίας και σε άλλα αναπτυσσόμενα τμήματα της οικονομίας. Επιπλέον, ορισμένες μεγάλες επενδυτικές τράπεζες είναι υβρίδια που περιλαμβάνουν σημαντικά τμήματα και των δύο τύπων ανοιγμάτων. Η κατανόηση των διαφορετικών κινήτρων που έχουν αυτές οι διαφορετικές μορφές θεσμών και οι υπάρχουσες εξωτερικές επιδράσεις είναι επομένως σχετική.

Θεωρούμε ένα σύνολο $N = \{0, 1, \dots, n\}$ των ιδρυμάτων που εμπλέκονται στο δίκτυο. Αντιμετωπίζουμε $\{1, \dots, n\}$ ως χρηματοπιστωτικούς οργανισμούς ή "τράπεζες" για λόγους απλοποίησης στην ορολογία. Αυτά πρέπει να ερμηνεύονται ως μια ευρεία ποικιλία χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων, συμπεριλαμβανομένων τραπεζών, κεφαλαίων επιχειρηματικών κεφαλαίων, μεσίτες-εμπόρων, κεντρικών αντισυμβαλλομένων (CCP), ασφαλιστικών εταιρειών και πολλών άλλων τραπεζών σκιάς και ιδρυμάτων που έχουν σημαντικές χρηματοοικονομικές εκθέσεις και στις

δύο πλευρές τους ισολογισμούς τους. Πρόκειται για οργανισμούς που μπορούν να εκδίδουν καθώς και να κατέχουν χρέη, να αγοράζουν και να πωλούν μετοχικούς τίτλους και να πραγματοποιούν άλλες επενδύσεις. Η ευρεία εφαρμογή του μοντέλου επιτρέπει την αξιολόγησή του για τους κινδύνους των εξελισσόμενων ρόλων των κεντρικών αντισυμβαλλομένων και του μεγάλου τραπεζικού σκιάδους τομέα, και όχι μόνο των παραδοσιακών τραπεζών. Τα χαρτοφυλάκια των τραπεζών αποτελούνται τόσο από επενδύσεις σε πρωτόγονα περιουσιακά στοιχεία εκτός του δικτύου όσο και από χρηματοοικονομικές συμβάσεις εντός του δικτύου. Ένας οργανισμός μπορεί επίσης να έχει οικονομικές συμβάσεις με άλλους οργανισμούς στο δίκτυο. Γενικά μια σύμβαση μεταξύ των οργανώσεων i και j συμβολίζεται από το $f_{ij}(V, p)$ και όχι μόνο εξαρτάται από την αξία της οργάνωσης j , αλλά και από την αξία άλλων οργανισμών. Αυτό αντιπροσωπεύει κάποια ροή πληρωμών η οποία οφείλεται σε αντάλλαγμα για κάποιο αγαθό ή επένδυση που έχει δοθεί από το i στο j . Για λόγους ευκολίας, για αρχή περιορίζεται το σύνολο των πιθανών χρηματοοικονομικών συμβάσεων σε χρέη και ίδια κεφάλαια. Έστω D ο πίνακας των απαιτήσεων χρέους και S ο πίνακας των απαιτήσεων σε μετοχές, όπου ο $D_{i,j}$ είναι ο οργανισμός που οφείλει στο i και το $S_{i,j}$ είναι η δικαιοσύνη για το i . Οι οργανισμοί είναι είτε ιδιωτικοί $P_i S_{i,j} = 0$, είτε δημόσιοι $P_i S_{i,j} = 1$. Ας υποθέσουμε ότι υπάρχει τουλάχιστον ένας ιδιωτικός οργανισμός και ότι κάθε δημόσιος οργανισμός έχει κάποια έμμεση ιδιωτική ιδιοκτησία-δηλ. υπάρχει μια κατευθυνόμενη πορεία σε μετοχές από κάθε δημόσια τράπεζα σε μια ιδιωτική τράπεζα. Ένα χρηματοπιστωτικό δίκτυο είναι τότε πλειάδα (N, D, S) . Το συνολικό ποσό του χρέους που οφείλεται στο i και οφείλεται από το i , αντίστοιχα Αυτό υποδηλώνεται από :

$$D_i^A = \sum_j D_{i,j}$$

Και

$$D_i^L = \sum_j D_{j,i}$$

Το πρώτο είναι τα περιουσιακά στοιχεία του χρέους του i , και αργότερα οι υποχρεώσεις του. Η λογιστική αξία V_i ενός οργανισμού ισούται με την αξία των πρωτόγονων περιουσιακών στοιχείων της οργάνωσης καθώς και τα χρέη που

οφείλονται μείον αυτά που οφείλει συν την αξία των απαιτήσεων της σε άλλους οργανισμούς :

$$V_i = \sum_k q_{ik} p_k + \sum_j (D_{i,j} - D_{j,i}) \sum_j S_{i,j} V_j$$

$$= \sum_k q_{ik} p_k + (D_i^A - D_i^L) + \sum_j S_{i,j} V_j$$

Πραγματοποιείται μια εισαγωγή στις προεπιλογές των τραπεζών και τις συναφείς δαπάνες τους. Εάν η τιμή V_i ενός οργανισμού i πέσει κάτω από κάποιο επίπεδο κατωφλίου V_i , τότε το i λέγεται ότι αποτυγχάνει και συνεπάγεται κόστος αποτυχίας $\beta_i(p)$. Στην περίπτωση του χρέους και των ιδίων κεφαλαίων, το προεπιλεγμένο κατώτατο όριο είναι συνήθως μηδέν: μια τράπεζα αθετεί όταν οι υποχρεώσεις του υπερβαίνουν την αξία των περιουσιακών του στοιχείων (συμπεριλαμβανομένων των επενδύσεων, της αξίας των ιδίων κεφαλαίων και της αξίας του χρέους που οφείλουν άλλοι). Οι αποτιμήσεις έχουν αναλογίες όταν συμπεριλαμβάνουμε ασυνέχειες στην αξία λόγω αποτυχιών και κόστους πτώχευσης. Οι ασυνεχείς πτώσεις επιβαρύνουν άμεσα τους λογαριασμούς των οργανισμών και έτσι η λογιστική αξία της οργάνωσης γίνεται:

$$V_i = \sum_k q_{ik} p_k + \sum_{j \neq i} S(V)_{ij} V_j + \sum_j (D(V)_{ij} - D(V)_{ji}) - \beta_i I V_i \leq \underline{V}_i$$

Όπου $I V_i < \underline{V}_i$ είναι μια μεταβλητή δείκτη λαμβάνοντας την τιμή 1 εάν $V_i < \underline{V}_i$

διαφορετικά λαμβάνει την τιμή 0 .

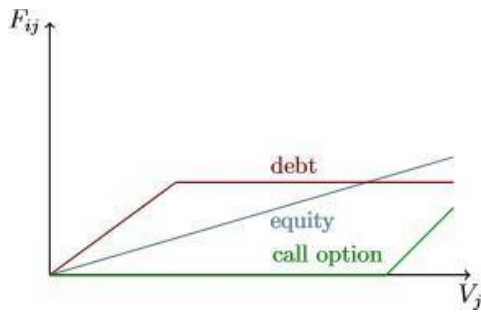
Μια λύση για τις αξίες οργάνωσης είναι ένα σύνολο ισορροπιών τιμών και ενθυλακώνει το δίκτυο διασταυρούμενων εκμεταλλεύσεων σε καθαρή και ισχυρή μορφή, με βάση τον πίνακα εξάρτησης S , καθώς και την κατοχή χρεών. Υπάρχουν δύο πηγές πολλαπλότητας ισορροπίας. Το πρώτο οφείλεται σε αυτοτελείς τράπεζες όπου μπορεί να υπάρξει μια ισορροπία στην οποία η τράπεζα i είναι διαλυτή και μία

στην οποία αθετεί, ακόμα και όταν διατηρεί οτιδήποτε άλλο σταθερό. Η δεύτερη πηγή πολλαπλότητας προέρχεται από τις αλληλεπιδράσεις των τραπεζών όπου μπορεί να υπάρξει μια ισορροπία στην οποία ένα υποσύνολο τραπεζών είναι διαλυτό και ένα άλλο στο οποίο όλες οι άλλες αθετούν. Σε ένα χρηματοπιστωτικό δίκτυο στο οποίο οι συμβάσεις δεν περιορίζονται σε μετοχές και χρεωστικούς τίτλους - μια οικονομική σύμβαση μεταξύ τράπεζας i και j είναι μία απαίτηση πληρωμής $f_{ij}(V, p)$ από j σε i η οποία επιτρέπεται να εξαρτάται από τις αξίες τόσο των τραπεζών όσο και των πρωτόγονων περιουσιακών στοιχείων. Η 2λογιστική αξία V_i ενός οργανισμού μπορεί να γραφτεί ως εξής.

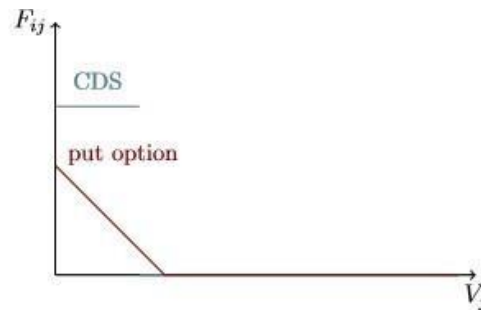
$$V_i = \sum_k q_{ik} p_k + \sum_j f_{ij}(V, p) - [\sum_j (f_{ij}(V, p) - S_{ji}(V) V_i)] - b_i(V, p)$$

όπου το $f_{ij}(V, p) - S_{ji}(V) V_i$ αντιπροσωπεύει το γεγονός ότι το χρέος και οι συμβάσεις εκτός από τα ίδια κεφάλαια περιλαμβάνονται ως υποχρέωση στον υπολογισμό της λογιστικής αξίας.

Μια λύση για τις οργανωτικές τιμές στην εξίσωση είναι μια ομάδα τιμών ισορροπίας. Δεδομένου ότι τα $b_i(V, p)$ μειώνονται σε V (υψηλότερες τιμές οδηγούν σε ασθενώς λιγότερες πτωχεύσεις) και οριοθετημένες λειτουργίες (υποθέτοντας ότι το κόστος δεν μπορεί να ξεπεράσει κάποιο συνολικό επίπεδο), τότε αν πάρουμε κάθε $f_{ij}(V, p) - S_{ji}(V) V_i$ να μην αυξάνεται στο V , και είτε παίρνουμε f να οριοθετήσουμε ή να δεσμευτούμε τις μέγιστες τιμές του V , (χρησιμοποιώντας τη συνήθη μερική σειρά Euclidean) υπάρχει ένα σταθερό σημείο από το θεώρημα του σταθερού σημείου Tarski για κάθε p . Στην πραγματικότητα, αποτελούν ένα πλήρες πλέγμα. Οι ασυνέχειες, οι οποίες προέρχονται από το κόστος πτώχευσης και ενδεχομένως από τις ίδιες τις χρηματοοικονομικές συμβάσεις, μπορούν να οδηγήσουν σε πολλαπλές λύσεις για τις αξίες των οργανώσεων. Έτσι αν υποθεθεί ότι οι μη μειούμενες χρηματοδοτικές συμβάσεις αποκλείουν τους τίτλους όπως οι συμβάσεις αντιστάθμισης πιστωτικού κινδύνου και τα δικαιώματα πώλησης.



(α) Μη Μείωση Χρηματοδοτικών Συμβολαίων



(β) Μη Αύξηση Χρηματοδοτικών Συμβάσεων

Όταν οι χρηματοοικονομικές συμβάσεις δεν αυξάνουν τις λειτουργίες των αξιών των οργανισμών, V , μπορεί να μην υπάρχει ισορροπία. Για παράδειγμα, μόλις ορισμένες τράπεζες ασφαλιστούν έναντι της αθέτησης του αντισυμβαλλόμενου ή στοιχηματίσετε για την αποτυχία άλλου, απλοί λογιστικοί κανόνες ενδέχεται να μην αποφέρουν σταθερές τιμές για όλους τους οργανισμούς του χρηματοπιστωτικού δικτύου.

4.4 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΟΥ

Σε αυτό διαμορφώνουμε τις επενδυτικές αποφάσεις των τραπεζών και τις πιθανές ανωμαλίες που προκύπτουν από τις εξωτερικές επιδράσεις του δικτύου. Λόγω των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των οργανισμών στο χρηματοπιστωτικό δίκτυο, η επενδυτική απόφαση μιας τράπεζας όχι μόνο επηρεάζει τις αξίες της αλλά και τις αξίες των άλλων. Η πλήρης επένδυση στο επικίνδυνο χαρτοφυλάκιο είναι συχνά κοινωνικά μη αποδοτική, αφού η απόφαση της τράπεζας επηρεάζει και το υπόλοιπο του χρηματοπιστωτικού δικτύου. Πρώτον, μια τράπεζα δεν υπολογίζει το κόστος προεπιλογής όταν αποφασίζει την επένδυσή της: η παραπάνω απόφαση μεγιστοποίησης είναι ανεξάρτητη από το b . Πράγματι, κάτω από περιορισμένη ευθύνη, οι υπολειπόμενοι ιδιοκτήτες θεωρούν μόνο τις αποδόσεις που κερδίζονται όταν είναι διαλυτές και αγνοούν εντελώς τι συμβαίνει στο πλαίσιο αφερεγγυότητας. Δεύτερον, η απόφαση επένδυσης μιας τράπεζας επηρεάζει άλλους μέσω χρηματοοικονομικών συμβάσεων και διασταυρούμενων συμμετοχών. Ειδικότερα, εάν δεν εκπληρώσει την υποχρέωσή της, δεν θα εξοφλήσει τις οφειλές της και οι πιστωτές της ενδέχεται να οδηγήσουν σε αφερεγγυότητα, προκαλώντας αύξηση του

κόστους πτώχευσης. Εξαιτίας αυτών, ένας προγραμματιστής θα προτιμούσε συχνά λιγότερο επικίνδυνες επενδύσεις. Η ερμηνεία πίσω από αυτό είναι απλή. Οι μέτοχοι ή η διοίκηση της τράπεζας έχουν κίνητρα να μεγιστοποιήσουν :

$$E[V_i|V_i > 0] P [V_i > 0]$$

ενώ οι πλήρεις επιπτώσεις στην κοινωνία είναι :

$$E[V_i|V_i > 0] P [V_i > 0] + E[V_i - b|V_i < 0] P [V_i < 0] - [\text{Contagion Cost}] P [V_i < 0]$$

όπου ο δεύτερος και ο τρίτος όρος είναι αρνητικοί και γενικά είναι πιο αρνητικοί στο ποσό του κινδύνου που λαμβάνεται στην επένδυση, q_i . Αυτό καθιστά επίσης σαφές ότι, μολονότι τα αποτελέσματα μπορεί να εξασθενήσουν, τα αποτελέσματα θα επεκταθούν στην περίπτωση των επενδυτών που δεν αντιμετωπίζουν κινδύνους εξακολουθούν να υπάρχουν αρνητικές εξωτερικές επιδράσεις σε άλλες που δεν λαμβάνονται υπόψη από τους επενδυτές που επιλέγουν την επένδυση. Το αποτέλεσμα της πρότασης γενικά επεκτείνεται σε όλες τις συνεχιζόμενες χρηματοοικονομικές συμβάσεις, οι οποίες στη συνέχεια δίνουν ισοδύναμα κίνητρα στις τράπεζες όσον αφορά τις επενδυτικές αποφάσεις: καθιστούν πάντοτε το μέγιστο όφελος για τις τράπεζες να επενδύουν πλήρως στο περιουσιακό στοιχείο με την υψηλότερη αναμενόμενη απόδοση ανεξάρτητα από τους κινδύνους. Ωστόσο, αν μια σύμβαση δανεισμού επιτρέπει την ασυνεχή ανταπόκριση μέσω της αξίας των αντισυμβαλλομένων, τότε μπορεί να ενθαρρύνει τις τράπεζες να παίρνουν λιγότερο κίνδυνο απ' ό, τι μια σύμβαση μετοχικού κεφαλαίου αν προβλέπουν αυτό το έμμεσο αποτέλεσμα. Το ακόλουθο παράδειγμα απεικονίζει αυτή την ερμηνεία και υπογραμμίζει το γεγονός ότι τα κίνητρα εξαρτώνται από την ισορροπία που επιλέγουμε π.χ. ποικίλλουν ανάλογα με το αν οι τράπεζες αναμένουν να προκύψει η χειρότερη περίπτωση ή η καλύτερη ισορροπία για μια δεδομένη πραγματοποίηση των αποδόσεων των περιουσιακών στοιχείων. Αυτό που είναι ξεκάθαρο είναι ότι οι τράπεζες έχουν χαμηλότερα κατώτατα όρια προεπιλογής στα ίδια κεφάλαια. Συνεπώς, η διατήρηση των κινήτρων σταθερή, η ισότητα είναι πιο αποτελεσματική,

καθώς μειώνει την πιθανότητα αθέτησης και κατά συνέπεια το αναμενόμενο κόστος πτώχευσης που μπορεί να χρειαστεί να πληρώσει το σύστημα. Ωστόσο, υπάρχουν λόγοι για τη χρησιμοποίηση του χρέους όπως να πληρώσουν οι εργαζόμενοι που μπορούν να πληρώσουν τους δικούς τους λογαριασμούς, να λογοδοτήσουν για την αποφυγή κινδύνου των επενδυτών και να χειριστούν βραχυπρόθεσμα δάνεια και καταθέσεις όψεως κ.λπ. Η αντίθεση μεταξύ χρέους και ισοτιμίας υποδηλώνει επίσης ότι οι ρόλοι συστημικού κινδύνου των ιδρυμάτων όπως οι τράπεζες των οποίων οι ισολογισμοί έχουν μεγάλα ποσά χρέους και στις δύο πλευρές, σε σύγκριση με τα κεφάλαια επιχειρηματικού κινδύνου και άλλα ταμεία των οποίων οι ισολογισμοί είναι σχεδόν αποκλειστικά μετοχικοί. Η συσχέτιση των επενδύσεων σε όλα τα τραπεζικά θέματα αφορά τη χρηματοοικονομική μετάδοση: το γεγονός ότι πολλές οργανώσεις που κατείχαν άμεσα ή έμμεσα παρόμοια στεγαστικά δάνεια χαμηλού κινδύνου καθιστούσαν όλο το σύστημα πιο εύθραυστο. Αυτό μπορεί επίσης να συμβεί με πράγματα όπως κοινοπρακτικά δάνεια και άλλες εταιρικές σχέσεις, ανταλλαγές και γενικά κίνητρα για την κατοχή των ίδιων περιουσιακών στοιχείων. Η συσχέτιση των επενδύσεων επηρεάζει τον συστημικό κίνδυνο με δύο τρόπους: καθιστά το δίκτυο περισσότερο επιρρεπές στην μετάδοση υπό την προϋπόθεση μιας πρώτης αποτυχίας, αλλά μπορεί επίσης να αλλάξει την πιθανότητα μιας πρώτης ζημίας απευθείας. Πράγματι, υπό συσχετισμένες επενδύσεις, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, εάν μια τράπεζα έχει χαμηλή ή αρνητική απόδοση της επένδυσής της, τότε είναι πιθανό οι αντισυμβαλλόμενοί της να βρίσκονται σε παρόμοια κατάσταση. Η απαίτηση ιδίων κεφαλαίων ή / και οι απαιτήσεις χρέους μπορούν επίσης να πληρώσουν πολύ λιγότερο, γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα αδυναμίας πληρωμής της τράπεζας. Σε περίπτωση αθέτησης, οι αντισυμβαλλόμενοι της είναι επίσης πιθανότερο να γίνουν αφερέγγυοι, επειδή δεν αντιμετωπίζουν αρκετά υψηλές αποδόσεις περιουσιακών στοιχείων για να απορροφήσουν το σοκ. Υπάρχουν ισορροπίες σε μια ποικιλία ρυθμίσεων στις οποίες και οι δύο τράπεζες επενδύουν πλήρως σε ένα επικίνδυνο περιουσιακό στοιχείο, το οποίο κυριαρχείται πρώτης τάξεως από άλλο, λόγω του κινήτρου να συσχετίζει την επένδυσή τους. Υπάρχουν επίσης πάντα ισορροπίες στις οποίες και οι δύο επενδύουν στο περιουσιακό στοιχείο που πληρώνει την υψηλότερη αποπληρωμή, ακόμα και αν αυτό συσχετίζει πλήρως τα χαρτοφυλάκιά τους. Γενικότερα, η παραπάνω ανάλυση υποδηλώνει ότι εάν μπορούν να επενδύσουν σε διαφορετικά χαρτοφυλάκια που έχουν τα ίδια κέρδη και μπορούν να επιλέξουν αν θα τα συσχετίζουν ή όχι, τότε θα προτιμούν αυστηρά να τα συσχετίζουν. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η συσχέτιση είναι η

μοναδική ισορροπία. Όσο υπάρχει κύκλος συμμετοχικού κεφαλαίου στο χρηματοπιστωτικό δίκτυο, τότε η θετική απόδοση μιας τράπεζας παίρνει μεγαλύτερη σημασία όταν τα υπόλοιπα του κύκλου παραμένουν διαλυτά, γεγονός που ενθαρρύνει τη συσχέτιση χαρτοφυλακίων, ακόμη και αν οι τράπεζες δεν ενεργούν υπό περιορισμένη ευθύνη. Αυτή η ερμηνεία γενικά ασκείται ανεξάρτητα από το πώς επιλύονται οι πτωχεύσεις ή πόσο μεγάλες είναι αυτές οι δαπάνες και ειδικότερα χωρίς να υποθέσουμε ότι μια τράπεζα θα επιβαρυνόταν με το κόστος της χρεοκοπίας του αντισυμβαλλόμενου.

Παρά το γεγονός ότι έχουμε συνεργαστεί με τράπεζες ουδέτερου κινδύνου για να διατηρήσουμε την ανάλυση χωρίς περιορισμούς και να τονίσουμε τον αντίκτυπο των οικονομικών αλληλεπιδράσεων, θα πρέπει να καταστεί σαφές περίπτωση κατά την οποία οι επενδυτές αντιμετωπίζουν κίνδυνο. Εάν άλλοι έχουν συσχετισμένες επενδύσεις και όταν γίνουν αφερέγγυοι, έτσι και θα γίνει μια συγκεκριμένη τράπεζα, τότε είναι προς το συμφέρον της τράπεζας να συσχετίσει τις επενδύσεις της με τις επενδύσεις των άλλων, ανεξάρτητα από την αποφυγή κινδύνου. Επομένως, η τέλεια συσχέτιση παραμένει μια ισορροπία ανεξάρτητα από τις ανοχές των κινδύνων. Επιπλέον, το αποτέλεσμα ότι η πλήρης ανεξαρτησία δεν είναι ισορροπία ισχύει ακριβώς για τους ίδιους λόγους, ανεξάρτητα από την ανοχή του κινδύνου. Από την άποψη της αποτελεσματικότητας, η μεγιστοποίηση της συνολικής αξίας όλων των ιδιωτών επενδυτών στην οικονομία ισοδυναμεί με την ελαχιστοποίηση του αναμενόμενου αριθμού αθετήσεων. Πράγματι, η διάρθρωση συσχετισμού των επενδύσεων σε όλες τις τράπεζες δεν αλλάζει την αναμενόμενη συνολική αξία χαρτοφυλακίου, $\sum_i p_i = \theta \sum_i R_i$ αλλά επηρεάζει το σύνολο των τραπεζών που αθετούν τις υποχρεώσεις τους και συνεπώς το κόστος των πτωχεύσεων. Οι συσχετιζόμενες επενδύσεις σε όλες τις τράπεζες είναι τότε κοινωνικά αποδοτικές αν και μόνο εάν προκαλούν χαμηλότερο αναμενόμενο αριθμό αθετήσεων. Σημειώστε ότι αυτή είναι η περίπτωση που οποιαδήποτε τράπεζα που παίρνει $p_i = 0$ γίνεται πάντα αφερέγγυος ανεξάρτητα από το τι συμβαίνει σε άλλα χαρτοφυλάκια: οι ανεξάρτητες επενδύσεις δεν εξασθενούν τον συστημικό κίνδυνο καθώς οι υψηλές ρευστοποιήσεις χαρτοφυλακίου από ορισμένες τράπεζες δεν μπορούν ποτέ να αποτρέψουν την αθέτηση υποχρέωσης. Σε αυτή την ακραία περίπτωση, οι συσχετισμένες επενδύσεις είναι κοινωνικά αποδοτικές και τα κίνητρα των τραπεζών είναι ευθυγραμμισμένα με τα κίνητρα των κοινωνικών στελεχών. Ωστόσο, μόλις ο συσχετισμός επιδεινώσει τον κίνδυνο μετάδοσης, η ισορροπία γενικά δεν είναι

κοινωνικά βέλτιστη. Αυτό θα ισχύει σε πολλές περιπτώσεις ενδιαφέροντος, όπως όταν το θ είναι υψηλό και η πλήρης ανεξαρτησία θα καθιστούσε σπάνια τις τράπεζες να πάρουν μαζί χαμηλές αποδόσεις και οι πτωχεύσεις θα ήταν πολύ πιο σπάνιες υπό την ανεξαρτησία από ό, τι υπό πλήρη συσχέτιση. Σε γενικές γραμμές, η πλήρης συσχέτιση είναι η χειρότερη δυνατή περίπτωση για το κόστος πτώχευσης, δεδομένου ότι όλες οι τράπεζες είναι αφερέγγυες κάθε φορά που η απόδοσή τους είναι 0 και έτσι κάθε φορά που κάποιος παίρνει αποτέλεσμα 0, υφίστανται έξοδα πτώχευσης. Εάν, αντ' αυτού, αλλάξει η δομή συσχέτισης, έτσι ώστε να υπάρχουν κράτη στις οποίες ορισμένες τράπεζες παίρνουν 0 επιστροφές και δεν γίνονται αφερέγγυες (και έτσι οι μοναδικές αφερέγγυες τράπεζες είναι αυτές με 0 επιστροφές), τότε μειώνεται το κόστος πτώχευσης. Γενικότερα, όσο η συνολική συχνότητα των συνολικών αφερεγγυότητας είναι μικρότερη χωρίς τέλεια συσχέτιση, έτσι ώστε να υπάρχουν λιγότερες πτωχεύσεις από το μέσο όρο (και υποτιθέμενη συμμετρία στο κόστος πτώχευσης), τότε το κόστος πτώχευσης μειώνεται όταν κάποιος απομακρυνθεί από την τέλεια συσχέτιση. Έτσι, στις περισσότερες περιπτώσεις, η αποκεντρωμένη ισορροπία είναι κοινωνικά μη αποδοτική και δεν υπάρχει ισορροπία στην οποία οι τράπεζες επιλέγουν ανεξάρτητα χαρτοφυλάκια, αλλά υπάρχει μια επιλογή στην οποία αυτοί επιλέγουν τέλεια συσχέτιση, ανεξάρτητα από το πώς η συσχέτιση συνεπάγεται συστημικό κίνδυνο. Δεδομένου ότι αναμένονται συσχετισμένα χαρτοφυλάκια στο χρηματοπιστωτικό σύστημα, τότε η εκτέλεση δοκιμών αντοχής για κάθε τράπεζα ξεχωριστά παραβλέπει μια σημαντική πηγή συστημικού κινδύνου. Πράγματι, χωρίς λεπτομερείς πληροφορίες για το συνολικό δίκτυο, μια ανάλυση ακραίων καταστάσεων τράπεζας δεν καταγράφει το γεγονός ότι η μείωση των άμεσων περιουσιακών στοιχείων μιας τράπεζας είναι επίσης πιθανό να υποβαθμίσει τις αξίες άλλων τραπεζών και, κατά συνέπεια, τραπεζικών περιουσιακών στοιχείων. Επιστρέφοντας στο παράδειγμα της τελευταίας χρηματοπιστωτικής κρίσης, μια ενιαία τράπεζα με προσομοίωση του χαρτοφυλακίου θα υποτιμήσει την επικείμενη κατάρρευση, καθώς θα κατέστρεφε τμήματα του χαρτοφυλακίου αλλά δεν θα λαμβάνει πλήρως υπόψη το γεγονός ότι πολλά άλλα περιουσιακά στοιχεία θα πέσουν στην αξία ταυτόχρονα λόγω των διασυνδέσεων, των νέων πωλήσεων και του πλήθους των ανατροφοδοτήσεων δικτύου. Η καλύτερη επίβλεψη και ο έλεγχος ακραίων καταστάσεων στο δίκτυο θα μπορούσαν να προσδιορίσουν τα πρότυπα συσχέτισης προτού καταστούν καταστροφικά, δεδομένης της μεγάλης πίεσης για τα συνδεδεμένα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα να επενδύσουν στα ίδια περιουσιακά στοιχεία.

Ένα από τα πολλά πράγματα που κάνουν τα χρηματοπιστωτικά δίκτυα ξεχωριστά είναι ότι η χρηματοοικονομική μετάδοση εξαρτάται μη-μονοτονικά κατά μέσο όρο (Elliott, Golub και Jackson (2014)). Ο υψηλότερος μέσος όρος των αντισυμβαλλομένων διευκολύνει την εξάπλωση με την προϋπόθεση της πρώτης αποτυχίας. Ωστόσο, οδηγεί επίσης τα χαρτοφυλάκια των τραπεζών να γίνουν πιο διαφοροποιημένα μέσω διασταυρούμενων συμμετοχών, μειώνοντας τον κίνδυνο μιας πρώτης αποτυχίας. Πέρα από ένα ορισμένο επίπεδο χρηματοοικονομικής ολοκλήρωσης, αυτό το δεύτερο φαινόμενο κυριαρχεί. Υπάρχει λοιπόν ένας κρίσιμος αριθμός αντισυμβαλλομένων, στους οποίους ο συστημικός κίνδυνος είναι μέγιστος, που οι Elliott, Golub και Jackson (2014) καλούν το sweetspot.

Το μέγεθος των τραπεζών είναι σημαντικό κατά την ανάλυση της μετάδοσης: οι μεγαλύτερες τράπεζες μπορούν να χρησιμεύσουν ως εμπόδια και να σταματήσουν τις προεπιλεγμένες αλληλουχίες ή, αντίθετα, να οδηγηθούν σε αφερεγγυότητα από ένα μικρότερο κλάδο. Εάν οι δύο συγχωνευόμενες τράπεζες έχουν απαιτήσεις χρεών μεταξύ τους τότε η συγχώνευση μειώνει επίσης το κατώτατο όριο αφερεγγυότητας τους, γεγονός που μειώνει την πιθανότητα αθέτησης όλων των άλλων. Μια συγχώνευση μεταξύ της τράπεζας i και j αυξάνει το σύνολο των τραπεζών που αθετούν τις υποχρεώσεις τους εάν και μόνο εάν μία από τις δύο τράπεζες - δηλαδή η τράπεζα i - θα παρέμενε ικανή να εξυπηρετήσει χρέη ή άλλες υποχρεώσεις αν δεν συνέβαινε η συγχώνευση ενώ και οι δύο αθέτησαν όταν συγχωνεύτηκαν. Αυτό απαιτεί $X_i - D_{i,j} \geq 0$ αλλά $X_j + D_{j,i} - D_{i,j} < 0$, όπου X_i είναι η καθαρή αξία του περιουσιακού στοιχείου του i , εξαιρουμένων των συμβάσεων του χρέους του με j , και παρόμοια για το X_j . Η τράπεζα j φέρνει σε αφερεγγυότητα κατά τη διάρκεια της συγχώνευσης εάν

$$X_i + X_j < 0 \rightarrow X_j < -D_{j,i}$$

δηλαδή εάν το καθαρό χρέος που οφείλει σε άλλες τράπεζες είναι τουλάχιστον τόσο μεγάλο όσο αυτό που οφείλεται στην τράπεζα j . Ως εκ τούτου, γενικά, μια συγχώνευση μπορεί είτε να μετριάσει είτε να επιδεινώσει μια προεπιλεγμένη αλληλουχία.

4.5 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Όπως θα πρέπει να είναι προφανές μέχρι τώρα, η σωστή εκτίμηση του συστημικού κινδύνου περιλαμβάνει μια ολιστική άποψη του δικτύου. Η επαφή μπορεί να συμβεί απευθείας μεταξύ των αντισυμβαλλομένων ή ακόμη και έμμεσα χωρίς ενδιάμεσες προεπιλογές, καθώς οι τιμές των τραπεζών αλληλεξαρτώνται ακόμη και σε απόσταση μέσω αλυσίδων σχέσεων. Ως σημαντική συνιστώσα της αξιολόγησης του συστημικού κινδύνου, οι ρυθμιστικές αρχές χρησιμοποιούν προσομοιώσεις ακραίων καταστάσεων, οι οποίες διεξάγονται είτε από την ίδια την αρχή είτε από μεμονωμένες τράπεζες, συνήθως με αποκεντρωμένο τρόπο. Η κύρια εισαγωγή σε πολλές προσομοιώσεις ακραίων καταστάσεων είναι τα στοιχεία του ισολογισμού, τα οποία περιγράφουν το ύψος κάθε είδους χρηματοοικονομικών περιουσιακών στοιχείων και υποχρεώσεων που κατέχει κάθε τράπεζα. Τα στοιχεία του ισολογισμού δεν παρέχουν συνήθως πληροφορίες σχετικά με την ταυτότητα των αντισυμβαλλομένων, ούτε τις λοιπές επενδύσεις και τους αντισυμβαλλομένους τους και, συνεπώς, τη δομή του δικτύου. Υποστηρίζουμε εδώ ότι κάθε μέτρο του συστημικού κινδύνου που βασίζεται αποκλειστικά σε τέτοια συγκεντρωτικά δεδομένα μπορεί να είναι παραπλανητικό και να λείπει τελείως ποιες είναι οι τράπεζες με τις περισσότερες πιθανότητες να ξεκινήσουν μια προκαθορισμένη αλληλουχία ή να μπουν σε μία. Το παρακάτω παράδειγμα επεξηγεί αυτό το σημείο. Το σημείο είναι προφανές, αλλά αξίζει να δοθεί έμφαση δεδομένης της σημασίας του. Πρώτον, είναι χρήσιμο να εξετάσουμε μια ειδική περίπτωση, που αναφέρεται ως δίκτυο ισορροπημένου χρέους. Λέμε ότι υπάρχει ισορροπημένο χρέος στο σύστημα εάν $D_i^A \geq D_i^L$ για όλους i . Αυτή είναι μια απαίτηση ότι κάθε τράπεζα έχει τουλάχιστον το ίδιο ποσό χρέους που έρχεται σε όσο βγαίνει. Δεδομένου ότι όλες οι απαιτήσεις και οι υποχρεώσεις πρέπει να ακυρώνονται στο σύνολό τους, αυτό συνεπάγεται $D_i^L = D_i^A$ για όλες τις i . Σύμφωνα με αυτή την απαίτηση, όσο μια τράπεζα λαμβάνει τις πληρωμές χρεών που έρχονται, τότε ανεξάρτητα από τις επενδύσεις της, θα είναι σε θέση να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις της ως προς το χρέος. Ως εκ τούτου, υπάρχει πάντα μια καλύτερη ισορροπία στην οποία κανένας δεν αθετήσει ποτέ, αφού αν όλες οι τράπεζες, αλλά τιμούν τις συμβάσεις χρέους τους, τότε μπορώ επίσης να επιστρέψω το χρέος της πλήρως σε ένα ισορροπημένο δίκτυο. Αυτή η λογική ισχύει ανεξάρτητα από τη διάρθρωση του δικτύου και ακόμη

και όταν όλα τα στοιχεία κινδύνου έχουν μηδενική πραγματοποίηση. Ωστόσο, σε αυτή την περίπτωση, υπάρχει μια άλλη ισορροπία στην οποία ο καθένας αθετεί και το σύστημα υφίσταται κόστος πτώχευσης για όλες τις οργανώσεις που έχουν θετικές οφειλές. Η έλλειψη ισορροπίας των χαρτοφυλακίων των τραπεζών, σημαίνει ειδικότερα ότι μια τράπεζα μπορεί να έχει περισσότερες υποχρεώσεις χρέους από τα περιουσιακά στοιχεία. Για να διασφαλιστεί η φερεγγυότητα ολόκληρου του δικτύου, ο ρυθμιστής πρέπει πρώτα να εξισορροπήσει τα χαρτοφυλάκια όλων των τραπεζών που είναι καθαροί δανειολήπτες. Στη συνέχεια επιστρέφουμε στην ισορροπημένη περίπτωση και μια τράπεζα σε κάθε κατευθυνόμενο απλό κύκλο πρέπει να είναι διαλύτης μονομερώς αν πρέπει να αντιμετωπίσουμε τη χειρότερη ισορροπία. Επομένως, είναι απαραίτητο και επαρκές για την ρυθμιστική αρχή να εισάγει την καθαρή ανισορροπία όλων των τραπεζών, εξασφαλίζοντας παράλληλα μια μονομερώς διαλύτη τράπεζα σε κάθε κύκλο. Μπορεί συνεπώς να είναι σημαντικά δαπανηρή για να διασφαλιστεί η φερεγγυότητα ενός μη ισορροπημένου χρηματοπιστωτικού δικτύου, δεδομένου ότι ο ρυθμιστής υποχρεωτικά πρέπει να εισφέρει το ποσό του καθαρού χρέους όλων των καθαρών δανειοληπτών. Στην πραγματικότητα, τα περισσότερα ιδρύματα έχουν ορισμένες συμβάσεις χρέους με εταίρους που είναι ιδιώτες και που δεν εμπλέκονται με άλλο τρόπο στο δίκτυο: για παράδειγμα, έχουν δάνεια ως ενυπόθηκα δάνεια ή καταθέσεις που μπορούν να αντιμετωπίζονται ως χρέη για τους σκοπούς μας (π.χ. καταθέσεις όψεως, πιστοποιητικά κατάθεσης, ολονύκτια δάνεια, λογαριασμοί χρηματαγοράς κ.λπ.) . Αυτά τα χρέη δεν ανακυκλώνονται στο δίκτυο και έτσι δεν μπορούν να ακυρωθούν. Παρόλο που τα χρέη εξισορροπούν πλήρως το σύνολο - για κάθε δανειστή υπάρχει ένας δανειολήπτης - ορισμένοι οργανισμοί ή άτομα είναι καθαροί δανειστές και άλλοι είναι καθαροί δανειολήπτες. Οποιοσδήποτε οργανισμός ανήκει στην τελευταία κατηγορία μπορεί να είναι μια πρώτη αποτυχία και να ξεκινήσει μια προεπιλεγμένη αλληλουχία. Μπορούν επίσης να προωθήσουν αποτυχίες και, ως εκ τούτου, είναι οι κρίσιμες οργανώσεις. Αντίθετα, οι καθαρές δανειστές δεν μπορούν ποτέ να είναι οι πρώτοι που αποτυγχάνουν, αλλά μπορούν να τεθούν σε πτώχευση, καθώς και αρκετοί από τους αντισυμβαλλομένους τους.

4.6 ΤΕΛΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Το ένα είναι ότι για να αξιολογηθεί σωστά ο συστημικός κίνδυνος χρειάζονται λεπτομερή δεδομένα δικτύου. Αυτό είναι εύκολο να καταγραφεί, δεδομένου ότι μια φορά κάποιος έχει πληροφορίες αντισυμβαλλομένου, παρότι είναι εντατικής επεξεργασίας δεδομένων, ο τρόπος με τον οποίο κάποιος πρέπει να αξιολογήσει συστημικό κίνδυνο είναι απλός. Βάζουμε εύκολα εισαγωγικά αφού, αν και αυτό που χρειάζεται είναι απλό και προφανές, μπορεί να είναι πολύ διασκεδαστικό από πολιτική άποψη. Θέτει επίσης ερωτήματα σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο το δημόσιο κάνει τα αποτελέσματα τέτοιων δοκιμών αντοχής και τον τρόπο με τον οποίο κάποιος ενεργεί πάνω στις πληροφορίες. Παρόλα αυτά, είναι σαφές ότι η λειτουργία χωρίς τέτοιες πληροφορίες ζητά απλώς να συμβεί μια άλλη οικονομική κρίση.

Το δεύτερο σημείο είναι ότι οι εξωτερικές επιδράσεις στα χρηματοπιστωτικά δίκτυα οδηγούν σε διάφορα προβλήματα κινήτρων: τα ιδρύματα έχουν κίνητρα να αναλαμβάνουν υπερβολικά επικίνδυνες θέσεις, να εμπλέκουν πολύ λίγους αντισυμβαλλομένους και να συσχετίζουν υπερβολικά τα χαρτοφυλάκιά τους με αυτά των άλλων. Αυτά είναι πιο δύσκολα. Ο υπερβολικός κίνδυνος καλύπτεται εν μέρει, αλλά ατελή, από τις απαιτήσεις των αποθεματικών. Η ατέλεια συνδέεται με το γεγονός ότι ο συστημικός κίνδυνος δεν μετριέται κατάλληλα και οι απαιτήσεις για τα αποθέματα ακατέργαστου αποθέματος γενικά είτε θα υπολείπονται είτε θα είναι υπερβολικές και θα είναι περιστασιακά σε κατάλληλα επίπεδα. Επιπλέον, τα αποθεματικά αυτά επιβάλλονται μόνο με βάση ένα μέρος των υποχρεώσεων και μόνο για ένα υποσύνολο χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων. Τα κίνητρα να αναλάβουν πολύ λίγους αντισυμβαλλομένους και να συσχετίζουν υπερβολικά τα χαρτοφυλάκια είναι επίσης θέματα που έχουν γενικά αγνοηθεί εντελώς και όχι εκείνα για τα οποία υπάρχουν εύκολες πολιτικές. Κάποιος θα μπορούσε να απαιτήσει από τις αγορές να διαθέτουν κεντρικές υπηρεσίες συμψηφισμού αντισυμβαλλομένων - κεντρικούς αντισυμβαλλομένους. Αυτά περνούν όλες τις συναλλαγές μέσω κεντρικού διαμεσολαβητή, ο οποίος μπορεί να παρακολουθεί θέσεις και να επιβάλλει απαιτήσεις περιθωρίου. Ένας τότε πρέπει να ανησυχεί για την παροχή στα ΚΠΚ κατάλληλων κινήτρων και ανησυχιών για το μέγεθός τους. Μεγάλες κυβερνητικές επιχειρήσεις που επεξεργάζονται τεράστιες ποσότητες χρεογράφων έχουν μια ανομοιογενή ιστορία επιτυχίας, ειδικά εάν εξετάσουμε τις αποτυχίες του Fannie Mae

και του Freddie Mac το 2008 κρίση. Ανεξάρτητα από την ακριβή πολιτική που αναλαμβάνει, την ανάπτυξη και τη διατήρηση μιας πληρέστερης εικόνας του δικτύου και των χαρτοφυλακίων των τραπεζών μαζί με αυτά των αντισυμβαλλομένων τους, είναι ένα απαραίτητο πρώτο βήμα.

5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΣΕ ΓΛΩΣΣΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΡΥΤΗΘΝ

5.1 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΦΘΟΡΑ (ΚΟΣΤΟΣ)

Θεωρούμε μια τροποποίηση της δομής γραμμικής απόδοσης όπου η τιμή των πληροφοριών είναι $V = 1$ και το κόστος της είναι $c > 0$. Θα μετρήσουμε το επίπεδο της φθοράς πληροφοριών, το κόστος, δηλαδή αυτό που χάνεται με την παράμετρο $\delta \in (0,1]$. Δεδομένου ενός δικτύου g , υποθέτουμε ότι ένας πράκτορας i έχει μία σύνδεση με έναν πράκτορα j , δηλαδή $g_{i,j} = 1$, όπου ο πράκτορας i λαμβάνει πληροφορίες από τον j αξίας δ . Γενικότερα, εάν η συντομότερη διαδρομή στο δίκτυο από j σε i έχει $q \geq 1$ συνδέσμους, τότε η τιμή των πληροφοριών του πράκτορα j στο i είναι δ^q . Το κόστος του σχηματισμού σύνδεσης εξακολουθεί να θεωρείται ως c ανά σύνδεσμο. Η πληρωμή ενός πράκτορα i στο δίκτυο g δίνεται στη συνέχεια από τη σχέση :

$$\Pi_i(g) = 1 + \sum_{j \in N(i;g) \setminus \{i\}} \delta^{d(i,j;g)} - \mu_i^d(g)c$$

Όπου $d(i,j;g)$ είναι η γεωδαισιακή απόσταση από τον j στον i . Το γραμμικό μοντέλο ισχύει για $\delta = 1$. Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις αυτό που υποθέτουμε ότι ισχύει είναι $\delta < 1$.

Η ισορροπία μεταξύ των δαπανών του σχηματισμού συνδέσμων και των ωφελειών από την ύπαρξη βραχέων διαύλων πληροφόρησης για την αντιμετώπιση ζημιών μετάδοσης είναι σημαντική στην κατανόηση της αρχιτεκτονικής των δικτύων σε αυτό το πλαίσιο. Αν $c < \delta - \delta^2$ η πρόσθετη αποζημίωση από την αντικατάσταση μιας έμμεσης σύνδεσης από μια άμεση υπερβαίνει το κόστος του σχηματισμού σύνδεσης.

Ως εκ τούτου, αυτή να είναι μια κυρίαρχη στρατηγική για ένα πράκτορα για τη δημιουργία δεσμών με όλους, και το πλήρες δίκτυο g^c να είναι η μοναδική αυστηρή ισορροπία Nash. Αν υποθέσουμε, λοιπόν, ότι ισχύει $\delta - \delta^2 < c < \delta$, επειδή $c < \delta$ ένας πράκτορας έχει κίνητρο για άμεση ή έμμεση πρόσβαση σε όλους. Επιπρόσθετα, το ότι ισχύει $\delta - \delta^2 < c$ υποδηλώνει ότι αν ένας πράκτορας έχει δημιουργήσει συνδέσεις με οποιονδήποτε άλλον τότε το υπόλοιπο σύνολο θα σχηματίσει μια ενιαία σύνδεση μ' αυτόν τον πράκτορα. Γενικότερα, η αντιστάθμιση μεταξύ κόστους και αποσύνθεσης οδηγεί σε αυστηρά δίκτυα Nash όπου ένας κεντρικός πράκτορας μειώνει τις αποστάσεις μεταξύ τους, ενώ η παρουσία μικρών τροχών τους επιτρέπει να εξοικονομούν τον αριθμό των συνδέσεων. Ένα δίκτυο «αστέρι» είναι πάντα μία αυστηρή ισορροπία Nash όπως, επίσης και το δίκτυο «τροχός» αποτελεί αυστηρή ισορροπία Nash για $\delta=1$ ή για τιμές κοντά στο 1. Το κενό δίκτυο για $c>\delta$ είναι αυστηρό δίκτυο Nash.

Σημειώνουμε τον αντίκτυπο του μεγέθους της κοινωνίας στην αρχιτεκτονική για τα αυστηρά δίκτυα Nash. Καθώς το n (οι κόμβοι) αυξάνεται, οι αποστάσεις στο δίκτυο των τροχών γίνονται μεγαλύτερες, δημιουργώντας μεγαλύτερο περιθώριο για τους κεντρικούς πράκτορες να μειώσουν τις αποστάσεις. Αυτό υποδηλώνει ότι τα ενδιάμεσα δίκτυα πρέπει να γίνουν πιο εμφανή όσο το δίκτυο μεγαλώνει.

Έτσι, η αντιστάθμιση μεταξύ κόστους και φθοράς της πληροφόρησης οδηγεί σε αυστηρά Nash δίκτυα που ο κεντρικός πράκτορας μειώνει τις αποστάσεις μεταξύ τους, ενώ η παρουσία μικρών «συνδέσεων» επιτρέπει στους πράκτορες την εξοικονόμηση των συνδέσεων. Επομένως, καταλαβαίνουμε ότι η φθορά της πληροφορίας δημιουργεί έναν βασικό ρόλο για τους κεντρικούς πράκτορες των δικτύων.

5.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΙΚΤΥΟΥ «ΤΡΟΧΟΣ» ΜΕ ΓΛΩΣΣΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΡΥΤΗΘΝ

Ο κώδικας ο οποίος γράφτηκε για την απεικόνιση του σχεδιαγράμματος ήταν ο παρακάτω :

```
IPython console
Console 6/A x Console 7/A x Console 8/A x
In [1]: import networkx as nx
...: %matplotlib inline
...: import matplotlib.pyplot as plt

In [2]: g = nx.Graph()
...: g.add_node(1)

In [3]: g.nodes()
Out[3]: NodeView((1,))

In [4]: g.add_nodes_from([2, 3, 4])
...: g.nodes()
Out[4]: NodeView((1, 2, 3, 4))

In [5]: g.add_edge(1, 2)

In [6]: g.edges()
Out[6]: EdgeView([(1, 2)])

In [7]: g.add_edges_from([(3, 4), (5, 6), (7, 8), (9, 10)])

In [8]: g.edges()
Out[8]: EdgeView([(1, 2), (3, 4), (5, 6), (7, 8), (9, 10)])

In [9]: e = (2, 3)

In [10]: g.add_edge(*e)

In [11]: e = (4, 5)

In [12]: g.add_edge(*e)

In [13]: e = (6, 7)

In [14]: g.add_edge(*e)

In [15]: e = (8, 9)

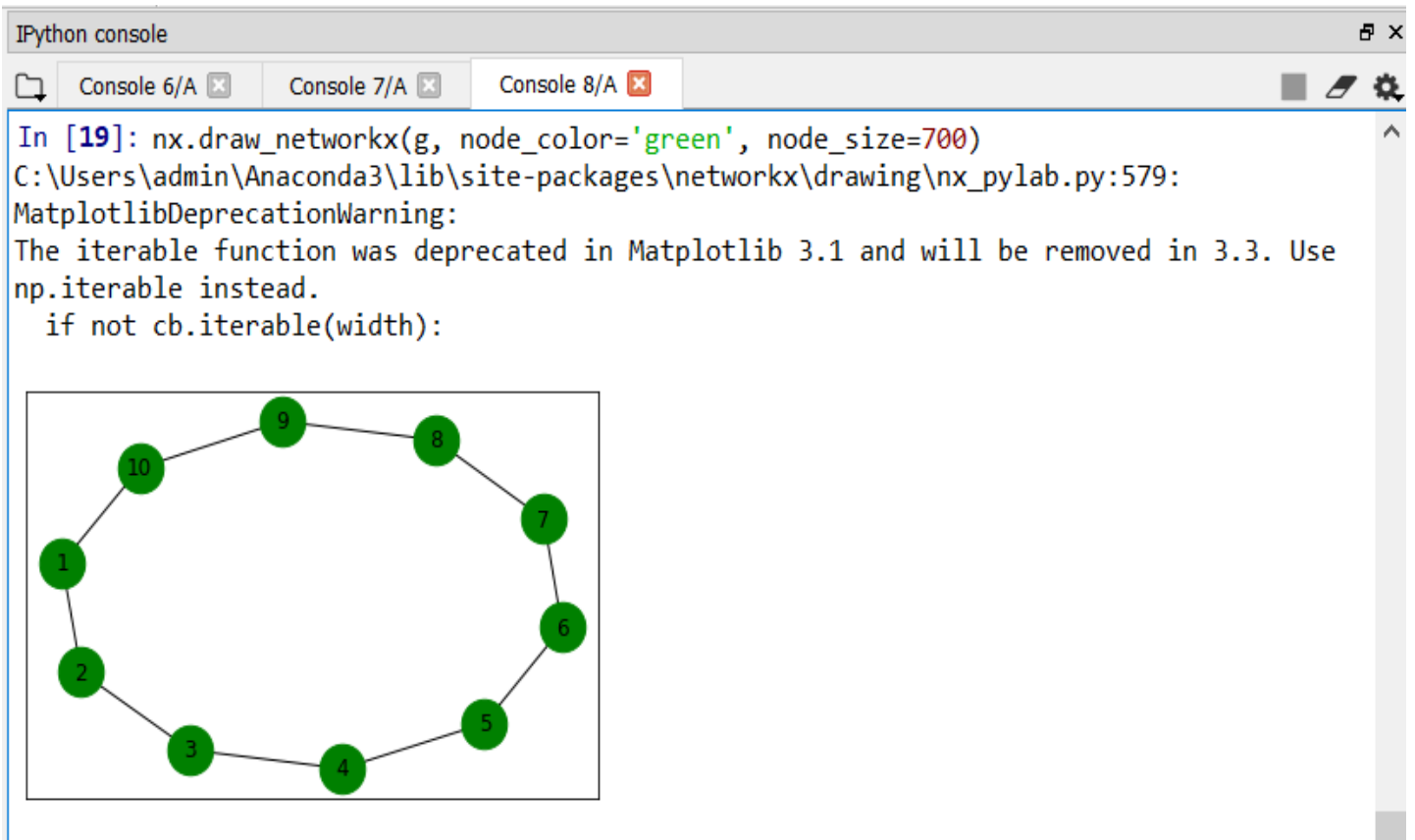
In [16]: g.add_edge(*e)

In [17]: e = (10, 1)

In [18]: g.add_edge(*e)
```

Αρχικά δημιουργήσαμε ένα δίκτυο καλώντας τις κατάλληλες βιβλιοθήκες και έπειτα δημιουργήσαμε τον κόμβο 1 , προσθέσαμε τους κόμβους 2,3,4 και ενώσαμε τον κόμβο 1 με τον κόμβο 2 . Προσθέσαμε και άλλους κόμβους και τους ενώσαμε ανά δύο . Δηλαδή τον 1 – 2 , 3 – 4 , 5 – 6 , 7- 8 , 9 -10 όμως μας έλειπαν οι ενδιάμεσες

συνδέσεις συνεπώς χρησιμοποιώντας την εντολή `e = (a,b)` και ακολούθως `g.add_edge(*e)` κάνοντας χρήση της κατάλληλης βιβλιοθήκης ενώσαμε όλους τους κόμβους . Και εμφανίσαμε το δίκτυο :



Αν υποθέσουμε ότι η κεντρική τράπεζα βρίσκεται στον κόμβο 1 και όλοι οι υπόλοιποι κόμβοι είναι απλές τράπεζες , με βάση σχεδιαγράμματος είναι αντιληπτό ότι εκτός του κόμβου 2 που συνδέεται άμεσα με την κεντρική τράπεζα όλοι οι υπόλοιποι κόμβοι για να μπορέσουν να δανειστούν θα πρέπει να δανειστούν από την « γειτονική » τους τράπεζα , αυτό σημαίνει ότι θα επιβαρυνθούν με κάποιο επιτόκιο.

Ας μιλήσουμε με νούμερα για παράδειγμα υποθέτουμε ότι η κεντρική τράπεζα δανείζει με επιτόκιο 2% και δανείζεται με 1 % . Οι τράπεζες στους υπόλοιπους κόμβους δανείζουν με επιπλέον 0,50% από αυτό που δανείστηκαν ώστε να βγάλουν κάποιο κέδρος. Είναι λοιπόν κατανοητό ότι για όλες τις τράπεζες είναι άδικο και κοστίζει καθώς μόνο η τράπεζα στον κόμβο 2 είναι εκείνη που μπορεί να δανειστεί απευθείας. Κυρίως η τράπεζα στον κόμβο 10 είναι αρκετά μη ωφελημένη καθώς για να δανειστεί θα πρέπει να πληρώσει το επιτόκιο που έχει περάσει από όλες τις

ενδιάμεσες τράπεζες αλλά δεν θα καταφέρει να βγάλει κάποιο κέδρος καθώς για να δανείσει στην κεντρική τράπεζα , έχει συγκεκριμένο επιτόκιο 1% .

Συνεπώς ένα τέτοιο δίκτυο δεν είναι ωφέλιμο για όλες τις τράπεζες το ίδιο μπορούμε να το δούμε αναλυτικά με νούμερα για την καλύτερη κατανόηση . Περιγράφουμε τον κόμβο που θα δανείσει , το ποσό , τον κόμβο που θα δανειστεί και το ποσό που θα οφείλει.

1	100	2	$100+2\%=102$
2	100	3	$102+0,5\%=102,51$
3	100	4	$102,51+0,5\%=103,02$
4	100	5	$103,02+0,5\%=103,53$
5	100	6	$103,53+0,5\%=104,05$
6	100	7	$104,05+0,5\%=104,57$
7	100	8	$104,57+0,5\%=105,09$
8	100	9	$105,09+0,5\%=105,62$
9	100	10	$105,62+0,5\%=106,15$
10	100	1	$100+1\%=101$

5.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΙΚΤΥΟΥ «ΑΣΤΕΡΙ» ΜΕ ΓΛΩΣΣΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΡΥΤΗΘΝ

Ο κώδικας ο οποίος γράφτηκε για την απεικόνιση του σχεδιαγράμματος ήταν ο παρακάτω :

```
IPython console
Console 10/A Console 12/A

In [1]: import networkx as nx
...: %matplotlib inline
...: import matplotlib.pyplot as plt

In [2]: g = nx.Graph()
...: g.add_node(1)

In [3]: g.nodes()
Out[3]: NodeView((1,))

In [4]: g.add_nodes_from([2, 3, 4,5,6,7,8,9,10])
...: g.nodes()
Out[4]: NodeView((1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10))

In [5]: g.add_edge(1, 2)

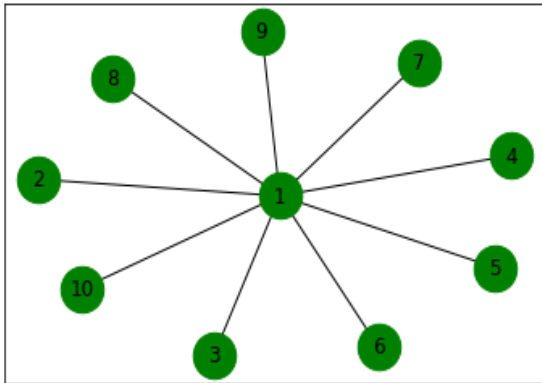
In [6]: g.edges()
Out[6]: EdgeView([(1, 2)])

In [7]: g.add_edges_from([(1, 3), (1, 4),(1, 5), (1, 6),(1, 7),(1, 8),(1, 9),(1, 10)])

In [8]: g.edges()
...:
Out[8]: EdgeView([(1, 2), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (1, 6), (1, 7), (1, 8), (1, 9), (1, 10)])
```

Αρχικά δημιουργήσαμε ένα δίκτυο καλώντας τις κατάλληλες βιβλιοθήκες και έπειτα δημιουργήσαμε τον κόμβο 1 , προσθέσαμε τους κόμβους 2,3,4,5,6,7,8,9,10 και ενώσαμε τον κόμβο 1 με τον κόμβο 2 . Προσθέσαμε και άλλους κόμβους και τους ενώσαμε ανά δύο . Δηλαδή όλους τους κόμβους με τον κόμβο 1 χρησιμοποιώντας την εντολή `g.add_edge` και ακολούθως `g.edges()` κάνοντας χρήση της κατάλληλης βιβλιοθήκης ενώσαμε όλους τους κόμβους . Και εμφανίσαμε το δίκτυο :

```
In [9]: nx.draw_networkx(g, node_color='green', node_size=700)
C:\Users\admin\Anaconda3\lib\site-packages\networkx\drawing\nx_pylab.py:579:
MatplotlibDeprecationWarning:
The iterable function was deprecated in Matplotlib 3.1 and will be removed in 3.3. Use
np.iterable instead.
  if not cb.iterable(width):
```



Αν υποθέσουμε ότι η κεντρική τράπεζα βρίσκεται στον κόμβο 1 και όλοι οι υπόλοιποι κόμβοι είναι απλές τράπεζες, με βάση σχεδιαγράμματος είναι αντιληπτό ότι όλοι οι κόμβοι συνδέονται άμεσα με την κεντρική τράπεζα και μπορούν να δανειστούν και να δανείζονται άμεσα.

Ας μιλήσουμε με νούμερα για παράδειγμα υποθέτουμε ότι η κεντρική τράπεζα δανείζει με επιτόκιο 2% και δανείζεται με 1%. Είναι λοιπόν κατανοητό ότι για όλες τις τράπεζες είναι το ίδιο κόστος. Η σύνδεση είναι απευθείας με την κεντρική τράπεζα και ακόμα και ο κόμβος 10 που στην προηγούμενη σύνδεση «τροχός» ήταν η πιο αδικημένη τράπεζα καθώς δανειζόταν με πολύ υψηλό επιτόκιο παρατηρούμε ότι εδώ είναι εξίσου ίδιο για όλους και δανείζεται και δανείζει όπως και οι υπόλοιπες τράπεζες.

Συνεπώς ένα τέτοιο δίκτυο είναι ωφέλιμο για όλες τις τράπεζες.

6 ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

6.1 ΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ

Ξεκινήσαμε την μελέτη δικτύων από την αρχή , συγκεκριμένα με τον ορισμό . Είδαμε τι είναι δίκτυο και πως αναλύεται στην επιστήμη . Ύστερα ασχοληθήκαμε και αναλύσαμε συγκεκριμένα τα οικονομικά δίκτυα , πως ορίζονται και βεβαίως τους κινδύνους που υπάρχουν . Τα είδη δικτύων : το δίκτυο τροχός , και το δίκτυο αστέρι. Η επιλογή του καλύτερου δικτύου είναι μια δύσκολή απόφαση όπως και τον κίνδυνο των τραπεζών στα χαρτοφυλάκιά τους, τους εμπορικούς τους εταίρους και τη συσχέτιση των χαρτοφυλακίων τους με αυτούς τους άμεσους και έμμεσους αντισυμβαλλομένους. Δείχνουμε ότι έχουν κίνητρα να επιλέξουν υπερβολικά επικίνδυνα χαρτοφυλάκια και να μην διαφοροποιήσουν σημαντικά την επιλογή πολύ μικρών αντισυμβαλλομένων με τους οποίους θα μοιράζονται κινδύνους. Τέλος με ένα μικρό παράδειγμα μέσα από την γλώσσα προγραμματισμού python αποδείξαμε ποιο είδος δικτύου είναι καλύτερο σε θέματα κόστους.

6.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΦΙΑ

1. Allen, Franklin. and Douglas Gale, "Financial Contagion," *Journal of Political Economy*, 2000, 108 (1), 1–33
2. Al-Taie, Mohammed Zuhair, Kadry, Seifedine (2017) : Python for Graph and Network Analysis
3. Bala V. and Goyal S. (2000), "A noncooperative model of network formation", *Econometrica*, Vol. 68, No. 5 September, 2000, 1181-1229
4. BALA, V. (1996): "Dynamics of Network Formation," unpublished notes, McGill University.
5. Burt, R.S. (1992) *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
6. Darrell Duffie (1988): *Security Markets: Stochastic Models*. Boston: Academic Press, 358 pp
7. Darrell Duffie and Ming Huang (1996): *Swap Rates and Credit Quality* *Journal of Finance*, vol. 51, issue 3, 921-49

8. Elliott, Matthew, Benjamin Golub, and Matthew O. Jackson, "Financial Networks and Contagion," *American Economic Review*, 2014, 104(10), 3115–3153
9. Gai, Prasanna and Sujit Kapadia, "Contagion in financial networks," *Proceedings of the Royal Society A*, 2010, 466, 2401–2423
10. Goyal S. (1993), "Sustainable Communications Networks", Discussion Paper TI 93-250, Tinbergen Institute, Amsterdam-Rotterdam
11. Jackson M. and Wolinsky A. (1996), "A strategic model of economic and social networks", *J. Econ. Theory* 71, pp. 44-74
12. Jean Rochet and Jean Tirole (1996): Interbank Lending and Systemic Risk *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 28, issue 4, 733-62
13. Larry Eisenberg and Thomas Noe (2001): Systemic Risk in Financial Systems, *Management Science*, vol. 47, issue 2, 236-249
14. MARSHAK, T., AND R. RADNER (1972): *The Economic Theory of Teams*. New Haven: Yale University Press
15. Matthew O. Jackson and Agathe Pernoud (April 2019): What Makes Financial Networks Special? Distorted Investment Incentives, Regulation, and Systemic Risk Measurement.
16. Wellman, B., & Berkowitz, S. D. (Eds.). (1988) στο άρθρο Structural analysis in the social sciences, Vol. 2. Social structures: A network approach.