

# Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Οικονομικών Επιστημών και Διοίκησης

*Διοίκηση Επιχειρήσεων (MBA)*

**Μεταπτυχιακή Διατριβή**



**Ανάλυση Αξιολόγησης Πιστοληπτικής Ικανότητας με τη  
Χρήση Μοντέλων Γραμμικής Παλινδρόμησης**

**Κωνσταντίνος Χ. Ρούσσοσ**

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Μιχάλης Κολοσιιάτης**

**Μάιος 2020**

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Σχολή Οικονομικών Επιστημών και Διοίκησης**

***Διοίκηση Επιχειρήσεων (MBA)***

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**Ανάλυση Αξιολόγησης Πιστοληπτικής Ικανότητας με τη  
Χρήση Μοντέλων Γραμμικής Παλινδρόμησης**

**Κωνσταντίνος Χ. Ρούσσοσ**

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Μιχάλης Κολοσιιάτης**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στην Διοίκηση Επιχειρήσεων (MBA) από τη Σχολή Οικονομικών Επιστημών και Διοίκησης του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

**Μάιος 2020**



## Περίληψη

Η αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας των χωρών από τους κύριους οίκους αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας, υπήρξε ένα επίκαιρο θέμα κατά την περίοδο της πρόσφατης οικονομικής κρίσης. Ωστόσο, τα μοντέλα που χρησιμοποιούν οι οίκοι αυτοί δεν αποκαλύπτονται. Αρκετά μοντέλα έχουν προταθεί στην τρέχουσα βιβλιογραφία, τα περισσότερα από τα οποία ακολουθούν είτε πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (multiple linear regression) είτε διατεταγμένα μοντέλα απόκρισης (ordered response models). Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αναθεωρεί και μελετά κάποια από τα μοντέλα που έχουν προταθεί δίνοντας έμφαση σε αυτά που ακολουθούν πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση. Ακολούθως, πραγματοποιείται ανάλυση πραγματικών δεδομένων με τα μοντέλα αυτά, ερμηνεία των αποτελεσμάτων από πρακτικής άποψης καθώς και σύγκριση των αποτελεσμάτων με αυτά της βιβλιογραφίας. Επίσης, επιχειρείται ο καθορισμός νέων στατιστικών μοντέλων μελετώντας τη σχέση των αξιολογήσεων της πιστοληπτικής ικανότητας με το δανεισμό, τις συναλλαγματικές ισοτιμίες και άλλους οικονομικούς και χρηματοοικονομικούς δείκτες για διάφορες χώρες εφαρμόζοντας τη θεωρία της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Στη συνέχεια, παρατίθεται σύγκριση μεταξύ νέων μοντέλων και μοντέλων βιβλιογραφίας. Τέλος, γίνεται αναφορά στα σχετικά συμπεράσματα αλλά και στους περιορισμούς οι οποίοι προέκυψαν κατά τη διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας καθώς και σε κάποιες προτάσεις οι οποίες προκύπτουν για περαιτέρω έρευνα στο συγκεκριμένο θέμα.

## **Summary**

The assessment of countries' creditworthiness by major credit rating agencies has been a topical issue during the recent economic crisis. However, the models used by these agencies are not disclosed. Several models have been proposed in the current literature, most of which follow either multiple linear regression or ordered response models. This dissertation reviews and studies some of the proposed models with an emphasis on multiple linear regression. Then, real data analysis is performed with these models, interpretation of the results from a practical point of view as well as comparison of the results with those of the literature. Attempts are also being made to identify new statistical models by studying the relationship between creditworthiness and lending ratings, exchange rates and other economic and financial indicators for different countries applying the theory of multiple linear regression. The following is a comparison between new models and bibliographic models. Finally, reference is made to the relevant conclusions but also to the limitations that arose during the research process as well as to some proposals that arise for further research on this topic.

# Περιεχόμενα

Περίληψη.....	iii
Summary.....	iv
<b>1 Εισαγωγή.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας.....</b>	<b>5</b>
2.1 Εισαγωγή.....	5
2.2 Οίκοι Αξιολόγησης Πιστοληπτικής Ικανότητας.....	5
2.2.1 Γενικά.....	5
2.2.2 Διαδικασία & Συστήματα Αξιολόγησης Πιστοληπτικής Ικανότητας.....	6
2.2.3 Κριτική.....	8
2.3 Συναφείς Έρευνες και Μεθοδολογία.....	9
2.3.1 Μοντέλα Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης.....	10
2.3.2 Διατεταγμένα Μοντέλα Απόκρισης.....	11
2.3.3 Άλλα Μοντέλα.....	12
2.4 Σύνοψη.....	12
2.4.1 Κριτική Αξιολόγηση.....	13
2.4.2 Υιοθετηθείσα Μεθοδολογία.....	13
<b>3 Θεωρητικό Υπόβαθρο.....</b>	<b>15</b>
3.1 Εισαγωγή.....	15
3.2 Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση.....	15
3.2.1 Ερμηνεία.....	15
3.2.2 Υπόδειγμα.....	15
3.2.3 Βασικές Υποθέσεις.....	17
3.2.4 Εκτίμηση Παραμέτρων.....	17
3.2.5 Τυπικά Σφάλματα & Διαστήματα Εμπιστοσύνης.....	21
3.2.6 Συντελεστής Πολλαπλού Προσδιορισμού, $R^2$ & Διορθωμένο $R^2$ .....	21
3.2.7 Έλεγχος Στατιστικής Σημαντικότητας.....	23
3.3 Επιλογή Μεταβλητών για Κατασκευή Μοντέλου.....	24
<b>4 Συλλογή &amp; Ανάλυση Δεδομένων.....</b>	<b>27</b>
4.1 Εισαγωγή.....	27
4.2 Δεδομένα.....	27
4.2.1 Συλλογή.....	27
4.2.2 Βάσεις Δεδομένων.....	28
4.2.3 Προβλήματα που Παρουσιάστηκαν κατά τη Συλλογή & Επίλυσή τους.....	29

4.2.4	Προπεξεργασία.....	30
4.3	Προτεινόμενα Μοντέλα Βιβλιογραφίας.....	32
4.3.1	Περιγραφή .....	33
4.3.2	Παρουσίαση & Ανάλυση Αποτελεσμάτων.....	36
4.4	Ανάπτυξη/Υπολογισμός Νέων Μοντέλων.....	40
4.4.1	Περιγραφή .....	40
4.4.2	Παρουσίαση & Ανάλυση Αποτελεσμάτων.....	41
4.5	Σύγκριση Προτεινόμενων και Νέων Μοντέλων .....	45
<b>5</b>	<b>Συμπεράσματα .....</b>	<b>47</b>
5.1	Σύνοψη Αποτελεσμάτων.....	47
5.2	Κύρια Ευρήματα και Συμπεράσματα.....	49
5.3	Περιορισμοί Παρούσας Έρευνας.....	50
5.4	Μελλοντική Έρευνα.....	50
	<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>52</b>
	<b>Γλωσσάριο .....</b>	<b>57</b>
	<b>Παραρτήματα.....</b>	<b>58</b>
<b>A</b>	<b>Ανεξάρτητες Μεταβλητές.....</b>	<b>58</b>
A.1	Παγκόσμια Τράπεζα .....	58
A.2	Διεθνές Νομισματικό Ταμείο .....	59
A.3	Nada Mora.....	59
<b>B</b>	<b>Κώδικες .....</b>	<b>60</b>
B.1	Μοντέλο Βιβλιογραφίας.....	60
B.2	Μέθοδος Ελάχιστων Τετραγώνων.....	61
B.3	Νέα Μοντέλα.....	62





# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

Η αξιολόγηση της αξιοπιστίας μεταξύ δανειστή και δανειζόμενου σε ένα οικονομικό συμβιβασμό αποτέλεσε ζητούμενο πολλών χρόνων. Αρχικά, αυτή η αξιολόγηση λάμβανε χώρα εμπειρικά στηριζόμενη σε στοιχεία κυρίως ποιοτικά. Με το πέρασμα του χρόνου και την ανάπτυξη της οικονομικής επιστήμης και της τεχνολογίας, οι αξιολογήσεις απέκτησαν όχι μόνο μεγάλη σημασία λόγω της παγκοσμιοποίησης και της αύξησης του μεγέθους των αγορών, αλλά και τις κατάλληλες προϋποθέσεις και εργαλεία για την ποσοτική μέτρησή τους (Akdemir & Karsli, 2012). Στο πλαίσιο αυτό, ευνοήθηκε και η ίδρυση των οίκων αξιολόγησης οι οποίοι παρέχουν μια γνωμοδότηση σχετικά με την πιστοληπτική ικανότητα των συναλλασσόμενων μερών (δανειστή και δανειζόμενου). Σήμερα λειτουργούν πάνω από διακόσιοι οίκοι αξιολόγησης μεταξύ των οποίων και οι φημισμένοι Moody's Investors Service, Standard & Poor's και Fitch Ratings οι οποίοι ελέγχουν συνολικά περίπου το 95% της παγκόσμιας αγοράς (Marandola, 2016).

Η πιστοληπτική ικανότητα ως οικονομικός όρος αποτυπώνει την αξιοπιστία και τη φερεγγυότητα μιας χώρας (ή ακόμα και ενός ατόμου ή επιχείρησης) στην αποπληρωμή των οικονομικών της υποχρεώσεων (δανεισμός). Επίσης, γνωστοποιεί στο δανειστή ή τον επενδυτή την δυνατότητα του δανειολήπτη να μπορέσει να ανταποκριθεί στις δανειακές του υποχρεώσεις χωρίς τον κίνδυνο της πτώχευσης. Μια χαμηλή αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας φανερώσει υψηλό κίνδυνο για μη αποπληρωμή ενός δανείου και καταλήγει είτε σε υψηλά επιτόκια είτε ακόμα και σε άρνηση του δανειστή (τράπεζα ή κάποιο άλλο χρηματοπιστωτικό ίδρυμα/οργανισμός) για χορήγηση του δανείου (Hájek, 2011). Αντίθετα, όσο πιο καλή είναι η αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας του δανειζόμενου, τόσο πιο εύκολο και πιθανό είναι από το δανειστή να εγκρίνει ή να επεκτείνει ή να ανανεώσει την πίστωση προς αυτόν.

Η αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας των χωρών από τους οίκους αξιολόγησης υπήρξε ένα επίκαιρο θέμα κατά την περίοδο της πρόσφατης οικονομικής κρίσης. Ωστόσο, τα μοντέλα που χρησιμοποιούν οι οίκοι αυτοί για την αξιολόγηση της πιστοληπτικής

ικανότητας των χωρών, δεν αποκαλύπτονται. Αρκετά μοντέλα έχουν προταθεί στην τρέχουσα βιβλιογραφία, τα περισσότερα από τα οποία ακολουθούν είτε γραμμική παλινδρόμηση είτε διατεταγμένα μοντέλα απόκρισης (probit ή logit). Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η αναθεώρηση και η μελέτη κάποιων από τα μοντέλα που έχουν προταθεί αλλά και η ανάπτυξη νέων χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης.

Για την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, ακολουθήθηκε συγκεκριμένη μεθοδολογία. Αρχικά, μετά την οριστικοποίηση του επιδιωκόμενου σκοπού πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση τόσο σε ελληνικό, όσο και σε διεθνές επίπεδο. Κατά τη διάρκεια της βιβλιογραφικής ανασκόπησης διεξάχθηκε αναζήτηση παρεμφερών ερευνών σε διάφορα επιστημονικά περιοδικά καθώς επίσης και γενικών πληροφοριών σχετικά με το εξεταζόμενο θέμα οι οποίες θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμες στη συγκεκριμένη έρευνα. Μέσω των συγκεκριμένων ερευνών έγινε προσπάθεια να αποκτηθεί μια εμπειρία για την επεξεργασία τέτοιων θεμάτων, αλλά και να αποφασιστεί η μέθοδος με την οποία θα γίνει η επεξεργασία των στοιχείων για να επιτευχθεί οι επιδιωκόμενος σκοπός.

Μετά τη μελέτη των στοιχείων που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση έγινε η συλλογή των δεδομένων που χρειάζονταν για την εκπόνηση της μεταπτυχιακής διατριβής. Η συλλογή των δεδομένων αφορούσε πρωτίστως τη συλλογή αυτών των δεδομένων των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν στα μοντέλα της βιβλιογραφίας (Cantor & Packer, 1996; Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999; Mora, 2006). Ο σκοπός της συλλογής αφορούσε την ανάλυση αυτών των δεδομένων με τα μοντέλα της βιβλιογραφίας, την ερμηνεία των αποτελεσμάτων από πρακτικής άποψης, καθώς και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αποτελέσματα της βιβλιογραφίας. Ακολούθως, η συλλογή των δεδομένων συνεχίστηκε και για επιπλέον μεταβλητές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τον καθορισμό νέων στατιστικών μοντέλων. Για τη συλλογή των εν λόγω μεταβλητών χρησιμοποιήθηκαν οι βάσεις δεδομένων του οίκου αξιολόγησης Moody's (Moody's Investors Service Data, 2020) για απόκτηση των εξαρτημένων μεταβλητών και της Παγκόσμιας Τράπεζας (World Bank Open Data, 2020) και του Διεθνούς Νομισματικού Ταμείου (International Monetary Fund Data, 2020) για την απόκτηση των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Στο επόμενο στάδιο, λόγω του μεγάλου αριθμού αλλά και του μεγέθους των αρχείων των δεδομένων που έχουν αποκτηθεί από τις προαναφερθέντες βάσεις δεδομένων, έγινε

επιλογή και ταξινόμηση τους σε ένα αρχείο, σε μια νέα ενιαία βάση δεδομένων. Για τη δημιουργία της έγινε χρήση του λογισμικού MATLAB (MATLAB, 2018) το οποίο χρησιμοποιήθηκε και για την ανάλυση των δεδομένων τα οποία αφορούν δεκαεπτά χώρες\* για τη χρονική περίοδο 1989-1998. Το εν λόγω λογισμικό είναι μια προγραμματική γλώσσα τέταρτης γενιάς με ένα περιβάλλον αριθμητικής υπολογιστικής με δυνατότητες περιγραφής, ανάλυσης και μοντελοποίησης δεδομένων.

Μετά το πέρας της διαδικασίας ανάλυσης των δεδομένων προέκυψαν δύο νέα στατιστικά μοντέλα τα οποία αποτελούν και το πιο ενδιαφέρον μέρος της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής γιατί εξηγούν σε μεγαλύτερο βαθμό τα δεδομένα του δείγματος σε σύγκριση με τα μοντέλα που προτάθηκαν στη βιβλιογραφία. Αυτά τα μοντέλα προέκυψαν μελετώντας τη σχέση των αξιολογήσεων της πιστοληπτικής ικανότητας με το δανεισμό και άλλους οικονομικούς και χρηματοοικονομικούς δείκτες.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονιστεί ότι για τα πιο πάνω μοντέλα ισχύει ο περιορισμός ότι αναφέρονται για συγκεκριμένο δείγμα των δεκαεπτά χωρών για τη χρονική περίοδο 1989-1998. Η αναγωγή συμπερασμάτων ή η χρήση τους για ευρύτερα σύνολα χωρών ή ακόμα και σε παγκόσμια κλίμακα και για διαφορετικές χρονικές περιόδους, θα πρέπει να γίνει μετά από επισταμένη έρευνα και εκτεταμένη μελέτη. Οι συγκεκριμένες χώρες έχουν επιλεγεί λόγω του πλήθους των δεδομένων και των μοντέλων τα οποία έχουν δημοσιευτεί αναφορικά με αυτές.

Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή της διπλωματικής εργασίας. Σκοπός του είναι να παρουσιάσει στον αναγνώστη το γενικότερο θέμα του αντικειμένου με το οποίο ασχολείται. Ξεκινά με τον προσδιορισμό του προβλήματος και τη σχετική διεθνή εμπειρία στην προσέγγιση αλλά και στην επίλυσή του. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται ο επιδιωκόμενος σκοπός με αναφορά στην περιγραφή της γενικής μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την επίτευξή του. Επίσης, γίνεται αναφορά στα νέα μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή που αποτελούν και το πιο ενδιαφέρον μέρος της αλλά και στους περιορισμούς που υπόκεινται αυτά. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την παρούσα αναφορά στη δομή της.

Το δεύτερο κεφάλαιο αποτελείται από τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης τα οποία προέκυψαν μετά από την αναζήτηση και την καταγραφή

---

\* Αργεντινή, Αυστραλία, Βενεζουέλα, Βραζιλία, Ελλάδα, Ινδία, Ινδονησία, Ισλανδία, Κίνα, Κορέα, Μαλαισία, Μεξικό, Νέα Ζηλανδία, Ουγγαρία, Πορτογαλία, Ταϊλάνδη και Φιλιππίνες

ερευνών με περιεχόμενο συναφές με αυτό της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής. Συγκεκριμένα, γίνεται εκτενής αναφορά στους οίκους αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας και εξετάζονται έρευνες οι οποίες έχουν δημοσιευθεί σε επιστημονικά περιοδικά ενώ δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο πλαίσιο της έρευνας, στη μεθοδολογία που έχει χρησιμοποιηθεί και τα βασικά αποτελέσματά τους. Στο τέλος του κεφαλαίου παρατίθεται αιτιολόγηση για την επιλογή της υιοθετηθείσας μεθοδολογίας.

Το τρίτο κεφάλαιο αποτελεί το θεωρητικό υπόβαθρο της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής. Παρουσιάζεται και αναλύεται σε βάθος η υιοθετηθείσα μεθοδολογία ενώ δίνεται ιδιαίτερη έμφαση σε μαθηματικές και στατιστικές θεωρίες στις οποίες αυτή στηρίζεται.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή της διαδικασίας με την οποία έγινε η συλλογή και η επεξεργασία των δεδομένων στα οποία στηρίχθηκε η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι διάφορες βάσεις δεδομένων που έχουν χρησιμοποιηθεί. Επίσης, περιγράφεται ο τρόπος απόκτησης των δεδομένων και η διαδικασία επεξεργασίας τους. Επιπλέον, το κεφάλαιο περιλαμβάνει αναλυτική περιγραφή της εφαρμογής της μεθοδολογίας και την παρουσίαση και ανάλυση του συνόλου των αποτελεσμάτων της. Η εν λόγω μεθοδολογία εφαρμόζεται τόσο σε μοντέλα που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, όσο και σε μοντέλα που αναπτύσσονται στο συγκεκριμένο κεφάλαιο. Στο τέλος του κεφαλαίου παρατίθεται σύγκριση μεταξύ των εκτιμημένων μοντέλων όπου επιλέγεται το βέλτιστο το οποίο προσεγγίζει καλύτερα τις κρατικές αξιολογήσεις του οίκου αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας Moody's για το δείγμα που εξετάστηκε.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ερμηνεία των εξαγόμενων μοντέλων για τις κρατικές αξιολογήσεις του δείγματος που εξετάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Επίσης, τονίζεται η χρησιμότητα των βασικών αποτελεσμάτων που προέκυψαν και κατατίθενται κάποιες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο συγκεκριμένο θέμα.

# Κεφάλαιο 2

## Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

### 2.1 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο αφορά τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης τα οποία προέκυψαν μετά από την αναζήτηση και την καταγραφή ερευνών με περιεχόμενο συναφές με αυτό της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής. Αρχικά, γίνεται εκτενής αναφορά στους οίκους αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας, στη διαδικασία και τα συστήματα αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας που χρησιμοποιούν, καθώς και στην κριτική που έχουν δεχτεί τα τελευταία χρόνια. Στη συνέχεια, εξετάζονται έρευνες οι οποίες έχουν δημοσιευθεί στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία, ενώ δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο πλαίσιο της έρευνας, στη μεθοδολογία που έχει χρησιμοποιηθεί και στα βασικά αποτελέσματά τους. Στο τέλος του κεφαλαίου, συνοψίζοντας, παρατίθεται κριτική αξιολόγηση για τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης καθώς επίσης και αιτιολόγηση για την επιλογή της υιοθετηθείσας μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής.

### 2.2 Οίκοι Αξιολόγησης Πιστοληπτικής Ικανότητας

#### 2.2.1 Γενικά

Οι οίκοι αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας είναι ιδιωτικοί οργανισμοί οικονομικού ενδιαφέροντος που παρέχουν κυρίως συμβουλευτικές “ανεξάρτητες και έγκυρες” υπηρεσίες στη δευτερογενή αγορά. Η αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας του δανειζόμενου (άτομο, επιχείρηση, δήμο, κράτος) καθώς και των χρεογράφων που εκδίδει ο δανειζόμενος, προσφέρουν σχετικές πληροφορίες στους υποψήφιους δανειστές (τράπεζα ή κάποιο άλλο χρηματοπιστωτικό ίδρυμα/οργανισμό) έτσι ώστε να λαμβάνουν πιο ασφαλείς χρηματοδοτικές αποφάσεις. Πρόκειται για μη πλειοψηφικούς ρυθμιστές διεθνών αγορών με σημαντικό και έντονο ρόλο, εφόσον οι αξιολογήσεις τις οποίες διεξάγουν έχουν τη δυνατότητα να ασκήσουν επιρροή ακόμα και στη διεθνή αγορά.

Η αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας παίζει σημαντικό ρόλο στις χρηματοπιστωτικές αγορές για τους δανειστές, τους επενδυτές, τους δανειολήπτες και τις επιχειρήσεις (Benbouzid, Mallick, & Sousa, 2017). Αποτυπώνει την αξιοπιστία και τη φερεγγυότητα μιας χώρας (ή ακόμα και ενός ατόμου ή επιχείρησης) στην αποπληρωμή των οικονομικών της υποχρεώσεων (δανεισμός). Επίσης, αποκαλύπτει στο δανειστή ή τον επενδυτή την πιθανότητα του δανειολήπτη να μπορέσει να ανταποκριθεί στις δανειακές του υποχρεώσεις χωρίς τον κίνδυνο της πτώχευσης (Chen et al., 2016). Μια χαμηλή αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας φανερώνει υψηλό κίνδυνο για μη αποπληρωμή ενός δανείου και καταλήγει είτε σε υψηλά επιτόκια είτε ακόμα και σε άρνηση του δανειστή (τράπεζα ή κάποιο άλλο χρηματοπιστωτικό ίδρυμα/οργανισμό) για χορήγηση του δανείου. Αντίθετα, όσο πιο καλή είναι η αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας του δανειζόμενου, τόσο πιο εύκολο και πιθανό είναι από το δανειστή να εγκρίνει ή να επεκτείνει ή να ανανεώσει την πίστωση προς αυτόν. Επομένως, μια δίκαιη και ακριβής αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας θα μπορούσε να αποφύγει την παραπλάνηση των επενδυτών και των δανειστών, να βελτιώσει την πρόσβαση στην χρηματοδότηση ατόμων, επιχειρήσεων και χωρών, και να βοηθήσει τους ρυθμιστικούς φορείς να διαχειριστούν τους συστηματικούς κινδύνους (Douprios & Figueira, 2019; Ögüt et al., 2012; Shi et al., 2019).

Όπως είναι γνωστό, σήμερα υπάρχουν τρεις κύριοι διεθνείς οίκοι αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας οι οποίοι ελέγχουν περίπου το 95% των κρατικών αξιολογήσεων (Altdörfer et al., 2019). Οι οίκοι αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας Moody's Investors Service (εφεξής Moody's) και Standard & Poor's (εφεξής S&P) ελέγχουν συνολικά περίπου το 80% της παγκόσμιας αγοράς, ενώ ο οίκος Fitch Ratings (εφεξής Fitch) ελέγχει περίπου ένα επιπλέον 15%.

### **2.2.2 Διαδικασία & Συστήματα Αξιολόγησης Πιστοληπτικής Ικανότητας**

Κάθε οίκος αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας έχει αναπτύξει το δικό του σύστημα διαβάθμισης για τους δανειζόμενους. Ο οίκος αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας Fitch το 1924 ανέπτυξε ένα σύστημα αξιολόγησης το οποίο υιοθετήθηκε και από τον οίκο S&P. Ο οίκος αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας Moody's χρησιμοποιεί ένα σύστημα αξιολόγησης λίγο διαφορετικό. Ο Πίνακας 2.1 παρουσιάζει τις αξιολογήσεις των κύριων οίκων αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας οι οποίες συμβολίζονται με γράμματα σε μια κλίμακα από τον περισσότερο μέχρι τον λιγότερο πιστοληπτικά αξιόπιστο. Στον ίδιο

πίνακα περιγράφεται η κάθε βαθμίδα αξιολόγησης καθώς επίσης και ο πιστωτικός της κίνδυνος.

S&P	Fitch	Moody's	Πιστωτικός Κίνδυνος	Περιγραφή Αξιολόγησης
AAA	AAA	Aaa	Ελάχιστος	Ανώτατη
AA+	AA+	Aa1	Πιο μικρός	Υψηλή
AA	AA	Aa2		
AA-	AA-	Aa3		
A+	A+	A1	Μικρότερος	Ανώτερη μέση
A	A	A2		
A-	A-	A3		
BBB+	BBB+	Baa1	Μικρός	Χαμηλότερη μέση
BBB	BBB	Baa2		
BBB-	BBB-	Baa3		
BB+	BB+	Ba1	Μεγάλος	
BB	BB	Ba2		
BB-	BB-	Ba3		
B+	B+	B1	Μεγαλύτερος	Μη επενδυτική βαθμίδα
B	B	B2		
B-	B-	B3		
CCC+	CCC	Caa1	Πιο μεγάλος	
CCC	CC	Caa2		
CCC-	C	Caa3		
CC	RD	Ca	Μέγιστος	Σε χρεοκοπία
-	-	C		

Πίνακας 2.1: Αλφαριθμητική αξιολόγηση κύριων οίκων αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας

Ο οίκος αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας S&P χρησιμοποιεί πέντε βασικούς καθοριστικούς παράγοντες, δηλαδή τους βασικούς δείκτες: θεσμικών, οικονομικών, εξωτερικών, δημοσιονομικών και νομισματικών αξιολογήσεων, ως βάση εκχώρησης για τις κρατικές αξιολογήσεις (Kraemer et al., 2017). Αυτοί οι παράγοντες, αξιολογούνται σε αριθμητική κλίμακα έξι σημείων από το ένα (ισχυρότερο) μέχρι το έξι (πιο αδύναμο) και ομαδοποιούνται σε δύο γενικές κατηγορίες: το θεσμικό προφίλ και το προφίλ ευελιξίας και απόδοσης. Στη συνέχεια, οι δύο γενικές κατηγορίες που προκύπτουν συνδυάζονται με τη χρήση ενός πίνακα για να προσδιοριστεί το ενδεικτικό ή το βασικό επίπεδο αξιολόγησης το οποίο συνήθως τροποποιείται με συμπληρωματικούς παράγοντες προσαρμογής. Ο οίκος S&P δεν δημοσιεύει ούτε την ποσοστιαία στάθμιση αλλά ούτε και την πλήρη λίστα των μεταβλητών που χρησιμοποιεί κάνοντας δύσκολη την αντιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης που ακολουθεί.

Από την άλλη πλευρά, ο οίκος αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας Fitch χρησιμοποιεί έξι βασικούς καθοριστικούς παράγοντες, δηλαδή τους βασικούς δείκτες: κανόνας

δικαίου & κίνδυνοι διακυβέρνησης, θεσμικοί περιορισμοί, διεθνές εμπόριο, διεθνής χρηματοοικονομική ολοκλήρωση, κίνδυνοι πληθωρισμού και κίνδυνοι ισοτιμίας, ως βάση εκχώρησης για τις κρατικές αξιολογήσεις (Hornung et al., 2018). Αυτοί οι παράγοντες, συμπεριλαμβάνουν δεκαέξι διαφορετικές μεταβλητές μεταξύ των οποίων: ο έλεγχος της διαφθοράς, εξαγωγές και εισαγωγές, ακαθάριστα περιουσιακά στοιχεία, ακαθάριστες εξωτερικές υποχρεώσεις, δείκτης μεταβλητότητας πληθωρισμού, ιστορικό πληθωρισμού, καθαρό εξωτερικό χρέος τραπεζών, καθαρό εξωτερικό χρέος άλλων τομέων, καθεστώς συναλλαγματικής ισοτιμίας κλπ. Η προσέγγιση του οίκου αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας Fitch είναι πιο διαφανής από την προσέγγιση του οίκου S&P αφού δημοσιεύει την ποσοστιαία στάθμιση των δεκαέξι μεταβλητών, παρόλο που δεν γίνεται κάποια ανάλυση για τη σημασία της κάθε μεταβλητής.

Τέλος, ο οίκος αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας Moody's χρησιμοποιεί τέσσερις βασικούς καθοριστικούς παράγοντες, δηλαδή τους βασικούς δείκτες: οικονομικών, θεσμικών, φορολογικών και ευαισθησίας σε κίνδυνο γεγονότων (Hornung et al., 2018). Κάθε ένας από τους παράγοντες στηρίζεται σε ένα υποσύνολο καλά καθορισμένων μεταβλητών. Ο εν λόγω οίκος αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας ως και ο πιο διαφανής, δημοσιεύει την ποσοστιαία στάθμιση και τα όρια των μεταβλητών όσον αφορά το μέρος της θεμελιώδης ανάλυσης για την εκτίμηση της αξιολόγησης.

Αν και τα κριτήρια αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας είναι πιο ξεκάθαρα για τους οίκους Fitch και Moody's, ορισμένοι έρευνητες (Gärtner, Griesbach, & Jung, 2011; Vernazza & Nielsen, 2015), έχουν δείξει ότι η υποκειμενική ανάλυση της διαδικασίας αξιολόγησης είναι σημαντική και ότι αλλάζει με την πάροδο του χρόνου.

### **2.2.3 Κριτική**

Λόγω της ανάπτυξης των αγορών και της σημαντικότητας των αξιολογήσεων, οι οίκοι αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας έχουν γίνει στόχος κριτικής από πολλούς σχετικά με συγκρούσεις συμφερόντων, έλλειψη διαφάνειας και εσφαλμένες αξιολογήσεις, ειδικά κατά την περίοδο της πρόσφατης οικονομικής κρίσης (Yalta & Yalta, 2018). Σε διάφορα έγκυρα δημοσιογραφικά πρακτορεία, γίνεται αναφορά ότι οι κρατικές αξιολογήσεις πιστοληπτικής ικανότητας δεν αντικατοπτρίζουν πάντα τις οικονομικές αρχές ρεαλιστικά και με επαρκή τρόπο. Συνεπώς, οι ισχυρισμοί για μεροληπτικές αξιολογήσεις πιστοληπτικής ικανότητας προς κάποιες χώρες έχουν γίνει πρώτο θέμα σε πολλές συζητήσεις. Συγκεκριμένα, πολιτικοί, αξιωματούχοι και τεχνοκράτες από



διάφορες αναπτυσσόμενες χώρες έχουν εκφραστεί αποδοκιμαστικά κατά των οίκων αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας. Μεταξύ πολλών, ο Πρόεδρος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (Reuters, 2011), ο Κινέζος Υπουργός Οικονομικών (Bloomberg, 2016), ο Ρώσος Υπουργός Οικονομικών (The Telegraph, 2015), ο Τούρκος Πρόεδρος (Reuters, 2016) και ο επικεφαλής οικονομικός σύμβουλος της Ινδίας (The Times of India, 2017), ισχυρίστηκαν ότι οι οίκοι αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας ήταν προκατειλημμένοι εναντίον των χωρών καταγωγής τους.

Οι πιο πάνω ισχυρισμοί από τους διάφορους πολιτικούς, αξιωματούχους και τεχνοκράτες έχουν προσελκύσει την προσοχή και το ενδιαφέρον και στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία. Εντούτοις, επί του παρόντος υπάρχουν πολύ λίγες επιστημονικές έρευνες που διερευνούν πιθανές προκαταλήψεις όσον αφορά τις αξιολογήσεις πιστοληπτικής ικανότητας με αντιφατικά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, ο Reinhart (Reinhart, 2002) εξέτασε δεδομένα για σαράντα χώρες για την χρονική περίοδο 1979-1999 και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι μετά από μια τραπεζική ή νομισματική κρίση οι οίκοι αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας υποβαθμίζουν τις αναδυόμενες οικονομίες με μεγαλύτερη αυστηρότητα. Οι Gültekin-Karakaş et al. (Gültekin-Karakaş, Hisarcıklılar, & Öztürk, 2011), χρησιμοποίησαν ένα διατεταγμένο μοντέλο απόκρισης (probit) όπου υποστηρίζουν ότι οι οίκοι αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας αντιμετωπίζουν τις αναπτυσσόμενες χώρες διαφορετικά και δίνουν υψηλότερη αξιολόγηση στις ανεπτυγμένες χώρες. Οι Erdem και Varli (Erdem & Varli, 2014), ανέλυσαν τους καθοριστικούς παράγοντες της πιστοληπτικής ικανότητας σε αναδυόμενες αγορές και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας της Τουρκίας από τον οίκο S&P ήταν χαμηλότερη από τις εκτιμήσεις τους. Πιο πρόσφατα, οι Fuchs και Gehring (Fuchs & Gehring, 2017), διερευνήσαν εμπειρικά εάν υπάρχουν συστηματικές ενδείξεις για εγχώρια μεροληψία στις κρατικές πιστοληπτικές αξιολογήσεις. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι οίκοι αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας αποδίδουν υψηλότερες βαθμολογίες όχι μόνο στις αντίστοιχες χώρες καταγωγής τους, αλλά και σε αυτές που είναι οικονομικά, γεωπολιτικά και πολιτισμικά ευθυγραμμισμένες με αυτές.

### **2.3 Συναφείς Έρευνες και Μεθοδολογία**

Οι ανησυχίες για την ποιότητα των αξιολογήσεων πιστοληπτικής ικανότητας και την κατανόησή τους έγιναν κίνητρο για διεξαγωγή πολλών ερευνών σε όλο τον κόσμο τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Δεδομένης της σημαντικής βοήθειας που προσφέρουν οι αξιολογήσεις πιστοληπτικής ικανότητας στις χρηματοπιστωτικές αγορές για τους

δανειστές, τους επενδυτές, τους δανειολήπτες και τις επιχειρήσεις (Benbouzid, Mallick, & Sousa, 2017), αυτές πρέπει να αναπαράγονται με διαφάνεια, κάτι που στην πράξη δεν είναι εύκολο.

Παρά την υψηλή επιρροή της *υποκειμενικής ανάλυσης*, ορισμένες προσπάθειες για την πρόβλεψη των αξιολογήσεων πιστοληπτικής ικανότητας χρησιμοποιώντας μόνον ένα μικρό σύνολο μεταβλητών έχουν δείξει υψηλή ικανότητα για την κατανόησή τους. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν δύο βασικές μεθοδολογίες που σχετίζονται με την προσέγγιση των μοντέλων που χρησιμοποιούνται: τα μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης και τα διατεταγμένα μοντέλα απόκρισης.

### **2.3.1 Μοντέλα Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης**

Τα μοντέλα που χρησιμοποιούν τη μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης έχουν αποκτήσει μια καλή προγνωστική δύναμη και έχουν συμβάλει καταλυτικά στην κατανόηση των βασικών καθοριστικών παραγόντων που επηρεάζουν τις κρατικές αξιολογήσεις πιστοληπτικής ικανότητας.

Ένα από τα πρώτα άτομα που έκαναν χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου, ο Lee (S. H. Lee, 1993), υπολόγισε ένα μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για σαράντα αναπτυσσόμενες χώρες για τη χρονική περίοδο 1979-1987 χρησιμοποιώντας εννέα μεταβλητές λαμβάνοντας μια καλή προσαρμογή. Οι Cantor και Packer (Cantor & Packer, 1996), εξήγησαν τις αξιολογήσεις των οίκων αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας Moody's και S&P για σαράντα εννιά χώρες για όλες τις μακροοικονομικές μεταβλητές. Έξι από αυτές τις μεταβλητές έφτασαν σε αρκετά υψηλή προβλέψιμη ισχύ (αύξηση στο ακαθάριστο εγχώριο προϊόν, κατά κεφαλήν εισόδημα, εξωτερικό χρέος, επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης, πληθωρισμός και προεπιλεγμένο ιστορικό).

Στη συνέχεια, άλλοι ερευνητές επέκτειναν τον αριθμό των χωρών, τον αριθμό των μεταβλητών και τη χρονική περίοδο στις προσεγγίσεις τους. Συγκεκριμένα, οι Monfort και Mulder (Monfort & Mulder, 2000), επέκτειναν την χρονική περίοδο του δείγματος μέχρι και το 1999 για να συμπεριλάβουν και την ασιατική οικονομική κρίση. Ο Afonso (Afonso, 2003), μεταξύ άλλων μεθόδων χρησιμοποίησε γραμμικούς μετασχηματισμούς και ανάλυσε τους πιθανούς καθοριστικούς παράγοντες των κρατικών αξιολογήσεων πιστοληπτικής ικανότητας που έχουν διεξαχθεί από τους οίκους Moody's και S&P για ογδόντα ένα χώρες για το έτος 2001. Οι Alexe et al. (Alexe et al., 2003), ανέπτυξαν ένα

γραμμικό μοντέλο που συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τις αξιολογήσεις του οίκου S&P. Χρησιμοποίησαν ένα δείγμα εξήντα εννέα χωρών για το έτος 1998. Οι Rowland και Torres (Rowland & Torres, 2004), χρησιμοποίησαν δεδομένα αναδυόμενων αγορών για να προσδιορίσουν τους καθοριστικούς παράγοντες της πιστοληπτικής ικανότητας.

### **2.3.2 Διατεταγμένα Μοντέλα Απόκρισης**

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Sanz, 2020), η μέθοδος των διατεταγμένων μοντέλων απόκρισης χρησιμοποιήθηκε για να δώσει λύσεις σε κάποιους περιορισμούς της προηγούμενης προσέγγισης. Στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση θεωρείται ότι οι κατηγορίες πιστοληπτικής ικανότητας διαχωρίζονται με την ίδια ποσοστιαία στάθμιση. Αυτό σημαίνει ότι η διαφορά κινδύνου μεταξύ όλων των κατηγοριών πιστοληπτικής ικανότητας είναι η ίδια. Αυτή η δήλωση δεν είναι απαραίτητα ορθή. Στην πραγματικότητα, οι οίκοι αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας καθορίζουν ότι υπάρχει σημαντική διαφορά στον αντιληπτό κίνδυνο μιας χώρας, εάν χαρακτηρίζεται ως επενδυτικός βαθμός ή όχι. Στην περίπτωση των διατεταγμένων μοντέλων απόκρισης, οι διαφορές μεταξύ των κατηγοριών πιστοληπτικής ικανότητας εκτιμώνται στο ίδιο το μοντέλο (A. Afonso, Gomes, & Rother, 2011; Bissoondoyal-Bheenick, 2005; Hu, Kiesel, & Perraudin, 2002; Mora, 2006; Treviño, 2001).

Ο Bissoondoyal-Bheenick (Bissoondoyal-Bheenick, 2005), αναλύει τους ποσοτικούς καθοριστικούς παράγοντες των κρατικών αξιολογήσεων που παρέχονται από τους οίκους αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας S&P και Moody's με ένα διατεταγμένο μοντέλο απόκρισης. Σε αυτή τη μελέτη, χρησιμοποιεί ένα δείγμα ενενήντα πέντε χωρών που καλύπτει την χρονική περίοδο 1995-1999. Σύμφωνα με τον Bissoondoyal-Bheenick (Bissoondoyal-Bheenick, 2005), το ακαθάριστο εθνικό προϊόν και ο πληθωρισμός έδειξαν να είναι οι πιο σχετικές οικονομικές μεταβλητές. Επιπλέον, οι οικονομικές μεταβλητές δεν διατηρούν την ίδια σημασία με την πάροδο του χρόνου αλλά ούτε και μεταξύ των οίκων αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας. Οι Bissoondoyal-Bheenick et al. (Bissoondoyal-Bheenick, Brooks, & Yip, 2006), συγκρίνουν διατεταγμένα μοντέλα απόκρισης (probit) και άλλες τεχνικές για τη μοντελοποίηση των αξιολογήσεων πιστοληπτικής ικανότητας. Διαπιστώνουν επίσης ότι η τεχνολογική ανάπτυξη, συγκεκριμένα, η χρήση κινητού τηλεφώνου, είναι ένας σημαντικός και καθοριστικός παράγοντας της αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας, που παραδοσιακά δεν χρησιμοποιείται σε προηγούμενες μελέτες. Οι Hill et al. (Hill, Brooks, & Faff, 2010) χρησιμοποίησαν δεδομένα για εκατό

είκοσι εννέα χώρες για την χρονική περίοδο 1990–2006 προκειμένου να εξηγήσουν τις διαφορές στην ποιότητα αξιολόγησης μεταξύ των κύριων οίκων αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας (Moody's, S&P και Fitch). Χρησιμοποιώντας ένα διατεταγμένο μοντέλο απόκρισης (probit), διαπίστωσαν ότι πολλές μεταβλητές έχουν διαφορετική σημασία για την εξήγηση των αξιολογήσεων μεταξύ των οίκων αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας. Πιο πρόσφατα, οι Andreasen και Valenzuela (Andreasen & Valenzuela, 2016), διερεύνησαν την επίδραση του χρηματοοικονομικού ανοίγματος σε αξιολογήσεις εταιρειών και χρεών, διαπιστώνοντας ότι το χρηματοοικονομικό άνοιγμα έχει σημαντικό αντίκτυπο στις αξιολογήσεις πιστοληπτικής ικανότητας.

### **2.3.3 Άλλα Μοντέλα**

Στη βιβλιογραφία γίνεται αναφορά και σε άλλες μεθοδολογίες εκτός από τις δύο βασικές που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη των μοντέλων αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας. Συγκεκριμένα, οι Yim και Mitchell (Yim & Mitchell, 2005), χρησιμοποίησαν διαφορετικές στατιστικές τεχνικές ως υβριδικά νευρωνικά δίκτυα (hybrid neural networks), μεταξύ άλλων για να προβλέψουν τις αξιολογήσεις πιστοληπτικής ικανότητας των χωρών χρησιμοποιώντας ένα δείγμα πενήντα δύο χωρών για το έτος 2002. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα υβριδικά νευρωνικά δίκτυα ξεπερνούν όλα τα άλλα μοντέλα συμπεριλαμβανομένων των διατεταγμένων μοντέλων απόκρισης (probit και logit). Οι Bennell et al. (Bennell et al., 2006), συγκρίνουν την απόδοση των προαναγγελθέντων διατεταγμένων μοντέλων απόκρισης (probit) και των τεχνητών νευρωνικών δικτύων (artificial neural networks). Σε αυτό το άρθρο, τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα εμφανίζουν υψηλότερη ακρίβεια πρόβλεψης για την αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας. Τέλος, οι Polito και Wickens (Polito & Wickens, 2015), υπολόγισαν την αξιολόγηση πιστοληπτικής ικανότητας δεκατεσσάρων ευρωπαϊκών χωρών κατά την χρονική περίοδο 1995-2012. Ο υπολογισμός έγινε βάσει ενός μοντέλου που προέρχεται από τη δημοσιονομική κατάσταση μιας χώρας, υπολογίζοντας την πρόβλεψη μελλοντικών υποχρεώσεων χρέους και το ενδεχόμενο κάθε χώρας να αποπληρώσει το χρέος της.

## **2.4 Σύνοψη**

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που έγινε για τις ανάγκες της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής. Έγινε αναφορά στους οίκους αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας και εξετάστηκαν έρευνες

που έχουν δημοσιευθεί στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία, ενώ δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στο πλαίσιο της έρευνας, στη μεθοδολογία που έχει χρησιμοποιηθεί και στα βασικά αποτελέσματά τους.

#### **2.4.1 Κριτική Αξιολόγηση**

Από τις προηγούμενες έρευνες που έχουν διεξαχθεί και αναφέρονται πιο πάνω, μπορούν να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα. Πρώτον, πολλές έρευνες επικεντρώθηκαν γενικά σε ένα μικρό σύνολο μεταβλητών. Αυτό το γεγονός, συμβάλλει στη μειωμένη διερεύνηση για νέες μεταβλητές, η οποία θα μπορούσε να βελτιώσει την ακρίβεια των μοντέλων. Θα μπορούσε να είναι ένας περιορισμός για τον λόγο ότι οι οίκοι αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας ενημερώνουν τις μεθοδολογίες που χρησιμοποιούν, και κάθε φορά μπορεί να προσθέτουν νέες μεταβλητές στα μοντέλα τους.

Δεύτερον, τα μοντέλα στηρίζονται μόνο σε ποσοτικές διακυμάνσεις λόγω της δυσκολίας να γνωρίζουμε και να κατανοήσουμε τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται από τους οίκους αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας, αν και η ποιοτική εμπειρογνωμοσύνη αυτών των οίκων αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό μέρος των κρατικών αξιολογήσεων πιστοληπτικής ικανότητας.

Τρίτον, η χρήση κειμένων και μη δομημένων δεδομένων για την πρόβλεψη των κρατικών αξιολογήσεων πιστοληπτικής ικανότητας, είναι περιορισμένη. Για παράδειγμα, ο Απέργης (Apergis, 2015), εξέτασε τον τρόπο με τον οποίο οι ειδήσεις επηρεάζουν την αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας τριών ευρωπαϊκών χωρών (Ελλάδα, Ιρλανδία, Πορτογαλία) με προβλήματα κρατικού χρέους. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι ειδήσεις προέρχονται από πηγές της αγοράς και είναι ένας καλός καθοριστικός παράγοντας για την αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας. Από την ημερομηνία δημοσίευσης αυτού του άρθρου, δεν έχουν βρεθεί άλλα άρθρα που επιχειρούν να εξαγάγουν πληροφορίες από κείμενα για την πρόβλεψη των κρατικών αξιολογήσεων πιστοληπτικής ικανότητας.

#### **2.4.2 Υιοθετηθείσα Μεθοδολογία**

Ως συνέπεια των παραπάνω, προέκυψε η ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση της μεθοδολογίας που χρησιμοποιείται από τους οίκους αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας για τις κρατικές αξιολογήσεις. Για την ανάλυση των δεδομένων επιλέχθηκε να εφαρμοστεί η μέθοδος της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης αφού αποτελούσε

και μέρος της διδαχθείσας ύλης για απόκτηση του μεταπτυχιακού τίτλου για τον οποίο υποβάλλεται και η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή. Η μέθοδος της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης που χρησιμοποιείται στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή περιορίζεται σε απλά γραμμικά μοντέλα και μοντέλα αλληλεπίδρασης.

# Κεφάλαιο 3

## Θεωρητικό Υπόβαθρο

### 3.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο στηρίζεται η στατιστική ανάλυση των δεδομένων της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής. Αρχικά, γίνεται μια εκτενής ανάλυση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμηση όπου περιγράφεται η σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών. Στη συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά η εκτίμηση των διάφορων παραμέτρων και ο έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας. Στο τέλος του κεφαλαίου, αναφέρονται οι επαναληπτικές μέθοδοι με τις οποίες υπολογίζονται αυτόματα υποσύνολα ανεξάρτητων μεταβλητών που συμπίπτουν ή προσεγγίζουν το βέλτιστο μοντέλο. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην μέθοδο Stepwise Regression όπου χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη των προτεινόμενων μοντέλων που παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο.

### 3.2 Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση

#### 3.2.1 Ερμηνεία

Η ανάλυση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης ασχολείται με την ανάπτυξη ενός γραμμικού μοντέλου για να μελετηθεί η εξάρτηση μιας μεταβλητής, της εξαρτημένης από άλλες δύο ή περισσότερες οι οποίες είναι ανεξάρτητες. Η ανάλυση αυτή έχει στόχο την εκτίμηση της τιμής του πληθυσμιακού μέσου όρου σε όρους γνωστών τιμών ή σταθερών σε επαναλαμβανόμενη δειγματοληψία των τελευταίων (Gujarati & Porter, 2010).

#### 3.2.2 Υπόδειγμα

Η γενική εξίσωση του μοντέλου πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης η οποία περιγράφει τη σχέση μεταξύ εξαρτημένης μεταβλητής και των  $k$  ανεξάρτητων μεταβλητών δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (3.1)$$

Όπου  $Y$  είναι η εξαρτημένη μεταβλητή,  $X_j$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ ) οι τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών οι οποίες δε θεωρούνται τυχαίες,  $\beta_0$  ο σταθερός όρος,  $\beta_j$  οι συντελεστές πολλαπλής παλινδρόμησης οι οποίοι περιγράφουν την επίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών και  $\varepsilon$  το σφάλμα της πολλαπλής παλινδρόμησης (η διαφορά μεταξύ της πραγματικής τιμής  $Y$  και της τιμής πρόβλεψης  $\hat{y}$ ).

Ο όρος γραμμική αναφέρεται στους συντελεστές  $\beta_j$  της πολλαπλής παλινδρόμησης και όχι στις τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_j$  (Χαλικιάς, Μανωλέσου, & Λάλου, 2015). Εκτός από το γραμμικό μοντέλο της εξίσωσης (3.1), γραμμικά μπορούν να εκφραστούν και το πολυωνυμικό μοντέλο της εξίσωσης (3.2) καθώς επίσης και το μοντέλο με αλληλεπίδραση της εξίσωσης (3.3).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2^2 + \dots + \beta_k X_k^k + \varepsilon \quad (3.2)$$

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_1 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (3.3)$$

Για τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής  $Y$  και των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_j$ , γίνεται χρήση ενός δείγματος μεγέθους  $n$  και για κάθε στοιχείο αυτού του δείγματος καταγράφονται οι τιμές των συγκεκριμένων μεταβλητών. Για παράδειγμα, για το  $i$  στοιχείο του δείγματος γίνεται καταγραφή των τιμών των μεταβλητών  $Y_i$ ,  $X_{ji}$  και του σφάλματος  $\varepsilon_i$ . Επομένως, η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.4)$$

Η απεικόνιση του μοντέλου της εξίσωσης (3.4) μπορεί να γίνει και με χρήση πινάκων (Χαλικιάς, Μανωλέσου, & Λάλου, 2015). Για  $n$  ανεξάρτητες παρατηρήσεις ισχύει:

$$Y_1 = \beta_0 + \beta_1 X_{11} + \beta_2 X_{21} + \dots + \beta_k X_{k1} + \varepsilon_1 \quad (3.5)$$

$$Y_2 = \beta_0 + \beta_1 X_{12} + \beta_2 X_{22} + \dots + \beta_k X_{k2} + \varepsilon_2 \quad (3.6)$$

⋮

$$Y_n = \beta_0 + \beta_1 X_{1n} + \beta_2 X_{2n} + \dots + \beta_k X_{kn} + \varepsilon_n \quad (3.7)$$

Ισοδύναμα:



$$Y = \beta X + \varepsilon \Rightarrow \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{21} & \cdots & X_{k1} \\ 1 & X_{12} & X_{22} & \cdots & X_{k2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{1n} & X_{2n} & \cdots & X_{kn} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

Στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση θεωρείται ότι τα σημεία-δεδομένα δεν βρίσκονται “κοντά” (κατά προσέγγιση) σε μια ευθεία αλλά κοντά σε ένα υπερεπίπεδο με  $d$  διαστάσεις (Κούτρας & Ευαγγελάρας, 2010). Όπου  $d > 2$ .

### 3.2.3 Βασικές Υποθέσεις

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Gujarati & Porter, 2010), το υπόδειγμα της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης στηρίζεται σε κάποιες βασικές υποθέσεις όπως:

- Να είναι γραμμικό ή γραμμικό ως προς τις παραμέτρους
- Η μέση τιμή στο σφάλμα  $\varepsilon$  πρέπει να είναι μηδενική για κάθε  $i$ .
- Οι τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_{ji}$  πρέπει να είναι ανεξάρτητες από το σφάλμα  $\varepsilon_i$ .
- Σταθερή διακύμανση του σφάλματος  $\varepsilon_i$ .
- Απουσία αυτοσυσχέτισης ή σειριακής συσχέτισης μεταξύ των σφαλμάτων  $\varepsilon_i$ .
- Το μέγεθος του δείγματος  $n$  πρέπει να είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των ανεξάρτητων μεταβλητών  $k$  που πρέπει να εκτιμηθούν.
- Στις τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_{ji}$  πρέπει να υπάρχει διακύμανση.
- Να μην υπάρχει σφάλμα εξειδίκευσης. Δηλαδή το υπόδειγμα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης να έχει προσδιοριστεί ορθά.
- Να μην υπάρχει ακριβής γραμμική σχέση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_{ji}$ .

### 3.2.4 Εκτίμηση Παραμέτρων

Για την εκτίμηση των παραμέτρων της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης που προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα χρησιμοποιείται η μέθοδος των ελάχιστων τετραγώνων. Αυτή η μέθοδος έγκειται στον καθορισμό των παραμέτρων της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης ούτως ώστε να ελαχιστοποιείται το άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων.

#### Βασικές Υποθέσεις

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Κιτικίδου, 2006), η εφαρμογή της μεθόδου των ελάχιστων τετραγώνων για την ανάλυση παλινδρόμησης, πρέπει να στηρίζεται σε κάποιες βασικές υποθέσεις όπως:

- Τα σφάλματα  $\varepsilon_i$  πρέπει να είναι τυχαία.
- Τα σφάλματα  $\varepsilon_i$  πρέπει να είναι ασυσχέτιστα.
- Η διακύμανση των σφαλμάτων  $\varepsilon_i$  πρέπει να είναι σταθερή σε όλο το εύρος των εξαρτημένων μεταβλητών πολλαπλής παλινδρόμησης  $Y_i$ . Εναλλακτικά, μπορεί να εξεταστεί αν η διακύμανση των σφαλμάτων  $\varepsilon_i$  είναι σταθερή σε όλο το εύρος των εκτιμημένων τιμών πολλαπλής παλινδρόμησης  $\hat{y}_i$ , επειδή οι τιμές των  $\varepsilon_i$  και των  $Y_i$  συνήθως συσχετίζονται ενώ οι τιμές των  $\varepsilon_i$  και  $\hat{y}_i$  όχι.
- Αν εκτός από την εκτίμηση των  $\beta_0$  και  $\beta_j$  πρέπει να εκτιμηθούν και τα διαστήματα εμπιστοσύνης ή να γίνει έλεγχος στατιστικών υποθέσεων (με  $t$ -έλεγχο ή  $F$ -έλεγχο), τότε οι τιμές των εξαρτημένων μεταβλητών πολλαπλής παλινδρόμησης  $Y_i$  πρέπει επιπλέον να ακολουθούν την κανονική κατανομή  $N(\mu, \sigma^2)$ . Όπου  $\mu$  η μέση τιμή και  $\sigma^2$  η διακύμανση κανονικής κατανομής.
- Αν εκτός από την εκτίμηση των  $\beta_0$  και  $\beta_j$  πρέπει να εκτιμηθούν και τα διαστήματα εμπιστοσύνης ή να γίνει έλεγχος στατιστικών υποθέσεων (με  $t$ -έλεγχο ή  $F$ -έλεγχο), τότε οι τιμές των εξαρτημένων μεταβλητών πολλαπλής παλινδρόμησης  $Y_i$  πρέπει επιπλέον να είναι και ανεξάρτητες.

### Εκτιμηθείσα Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση

Για τον εντοπισμό των εκτιμητών της μεθόδου των ελάχιστων τετραγώνων χρησιμοποιείται η εκτιμηθείσα παλινδρόμηση (προσαρμοσμένη) που δίνεται από την εξίσωση (3.9), η οποία αντιστοιχεί στην παλινδρόμησης της εξίσωσης (3.4) (Μπόρα-Σέντα & Μωυσιάδης, 1995). Όπου  $\hat{\beta}_0$  ο εκτιμητής του  $\beta_0$  και  $\hat{\beta}_j$  ο εκτιμητής του  $\beta_j$  με  $j=1, 2, \dots, k$ .

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{1i} + \hat{\beta}_2 X_{2i} + \dots + \hat{\beta}_k X_{ki}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.9)$$

Η διαδικασία της μεθόδου των ελάχιστων τετραγώνων αποτελείται από την επιλογή των τιμών των αγνώστων παραμέτρων έτσι ώστε το άθροισμα των τετραγώνων των καταλοίπων ή σφαλμάτων ( $RSS$ ) να είναι όσο το δυνατό μικρότερο. Η πιο κάτω έκφραση του  $RSS$  στην εξίσωση (3.10) προκύπτει με απλούς αλγεβρικούς χειρισμούς της εξίσωσης (3.9).

$$\min \sum_{i=1}^n \hat{\varepsilon}_i^2 = \min \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_{1i} - \hat{\beta}_2 X_{2i} - \dots - \hat{\beta}_k X_{ki})^2 \quad (3.10)$$

Η απλούστερη διαδικασία για την απόκτηση των εκτιμητών οι οποίοι θα ελαχιστοποιήσουν την εξίσωση (3.10), προκύπτει από την πρώτη μερική παραγωγή αυτής της εξίσωσης ως προς κάθε ένα από τους  $k$  αγνώστους  $(\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_k)$ . Στη συνέχεια, ορίζοντας τις προκύπτουσες εξισώσεις ίσες με το μηδέν και αντιμεταθέτοντας, εξάγονται οι κανονικές εξισώσεις (3.11), (3.12), (3.13) και (3.14) σε  $k$  αγνώστους. Για τη χρήση των πεζών γραμμάτων στις συγκεκριμένες εξισώσεις λήφθηκε υπόψιν η σύμβαση ότι τα πεζά γράμματα δηλώνουν τις αποκλίσεις από τις μέσες τιμές του δείγματος (Gujarati & Porter, 2010).

$$\sum_{i=1}^n \hat{y}_i = \hat{\beta}_0 n + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{2i} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ki} \quad (3.11)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{1i} \hat{y}_i = \hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_{1i} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{ki} \quad (3.12)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{2i} \hat{y}_i = \hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_{2i} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{2i}^2 + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{ki} \quad (3.13)$$

⋮

$$\sum_{i=1}^n x_{ki} \hat{y}_i = \hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_{ki} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{ki} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{ki} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ki}^2 \quad (3.14)$$

Η εξίσωση (3.15) δίνει την απεικόνιση των πιο πάνω εξισώσεων ((3.11), (3.12), (3.13), (3.14)) σε πίνακες. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι η εξίσωση (3.16) δίνει το ίδιο αποτέλεσμα με την εξίσωση (3.15).

Υποθέτοντας ότι ο πίνακας  $(x^T x)$  είναι αντιστρέψιμος, τότε για τον υπολογισμό των τιμών των εκτιμητών  $\hat{\beta}$   $(\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_k)$  αρκεί να πολλαπλασιαστούν και τα δύο μέλη της εξίσωσης (3.16) με το  $(x^T x)^{-1}$ , οπότε προκύπτει η σχέση (3.21).

Για την πλήρη περιγραφή της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης εκτός από τους εκτιμητές  $(\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_k)$ , πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν και η διακύμανση του σφάλματος  $\varepsilon$  η οποία προκύπτει από τη σχέση (3.22). Όπου  $p$ , ο συνολικός αριθμός των εκτιμητών  $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_k$  ( $p = k + 1$ ).

$$\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \hat{y}_i \\ \sum_{i=1}^n x_{1i} \hat{y}_i \\ \sum_{i=1}^n x_{2i} \hat{y}_i \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^n x_{ki} \hat{y}_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_{1i} & \sum_{i=1}^n x_{2i} & \cdots & \sum_{i=1}^n x_{ki} \\ \sum_{i=1}^n x_{1i} & \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 & \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} & \cdots & \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{ki} \\ \sum_{i=1}^n x_{2i} & \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} & \sum_{i=1}^n x_{2i}^2 & \cdots & \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{ki} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^n x_{ki} & \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{ki} & \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{ki} & \cdots & \sum_{i=1}^n x_{ki}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \vdots \\ \hat{\beta}_k \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

$$x^T \hat{y}_i = (x^T x) \hat{\beta} \quad (3.16)$$

Όπου

$$\hat{y}_i = \begin{bmatrix} y_i \\ y_i \\ y_i \\ \vdots \\ y_i \end{bmatrix} \quad (3.17)$$

$$x = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} & \cdots & x_{k1} \\ 1 & x_{12} & x_{22} & \cdots & x_{k2} \\ 1 & x_{13} & x_{23} & \cdots & x_{k3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & x_{2n} & \cdots & x_{kn} \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

$$x^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \cdots & 1 \\ x_{11} & x_{12} & x_{13} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{k1} & x_{k2} & x_{k2} & \cdots & x_{kn} \end{bmatrix} \quad (3.19)$$

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \vdots \\ \hat{\beta}_k \end{bmatrix} \quad (3.20)$$

$$\hat{\beta} = (x^T x)^{-1} x^T \hat{y}_i \quad (3.21)$$

$$\varepsilon = \sigma_\varepsilon^2 = \frac{RSS}{n-p} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p} \quad (3.22)$$

### 3.2.5 Τυπικά Σφάλματα & Διαστήματα Εμπιστοσύνης

#### Τυπικά Σφάλματα

Από τον πίνακα της εξίσωσης (3.20) είναι προφανές ότι οι εκτιμήσεις των ελάχιστων τετραγώνων είναι συνάρτηση του δείγματος των στοιχείων. Καθώς όμως τα στοιχεία είναι πιθανό να μεταβάλλονται από δείγμα σε δείγμα, οι εκτιμήσεις της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, εκ των πραγμάτων θα αλλάξουν. Για το λόγο αυτό χρειάζεται ένα μέτρο ακρίβειας των εκτιμητών  $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_k$ . Στη στατιστική η ακρίβεια μιας εκτίμησης μετριέται με το τυπικό της σφάλμα (Gujarati & Porter, 2010).

Για τον υπολογισμό των τυπικών σφαλμάτων των εκτιμητών αρχικά υπολογίζεται ο πίνακας συνδιακύμανσης ο οποίος δίνεται από τη σχέση (3.23). Όπου  $\varepsilon, x^T$  και  $x$  δίνονται από τις εξισώσεις (3.22), (3.19) και (3.18) αντίστοιχα. Τα διαγώνια στοιχεία του πίνακα συνδιακύμανσης δίνουν τις διακυμάνσεις των εκτιμητών. Τα τυπικά σφάλματα των εκτιμητών της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης προκύπτουν από την τετραγωνική ρίζα των αντίστοιχων διακυμάνσεων. Το τυπικό σφάλμα του εκτιμητή  $\beta_j$  συμβολίζεται με  $se_{\beta_j}$ .

$$\Sigma = \varepsilon \cdot (x^T x)^{-1} \quad (3.23)$$

#### Διαστήματα Εμπιστοσύνης

Τα διαστήματα εμπιστοσύνης των συντελεστών δίνουν ένα μέτρο ακρίβειας για τις εκτιμήσεις των συντελεστών της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (Tullis & Albert, 2013). Ένα διάστημα εμπιστοσύνης  $100(1 - \alpha)\%$  δίνει το εύρος ότι ο αντίστοιχος συντελεστής πολλαπλής παλινδρόμησης θα είναι με  $100(1 - \alpha)\%$  εμπιστοσύνη. Τα διαστήματα εμπιστοσύνης  $100(1 - \alpha)\%$  για τους συντελεστές της πολλαπλής παλινδρόμησης είναι:

$$\beta_j \pm t_{(1-\frac{\alpha}{2}, n-p)} se_{\beta_j} \quad (3.24)$$

### 3.2.6 Συντελεστής Πολλαπλού Προσδιορισμού, $R^2$ & Διορθωμένο $R^2$

#### Συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού $R^2$

Ο συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού  $R^2$  μετρά το πόσο καλή είναι η προσαρμογή της εξίσωση του μοντέλου πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (Gujarati & Porter,

2010; Κούτρας & Ευαγγελάρας, 2010). Δηλαδή, δίνει το ποσοστό ή την αναλογία της διακύμανσης στην εξαρτημένη μεταβλητή πολλαπλής παλινδρόμησης  $Y_i$  που εξηγείται από κοινού με τις ανεξάρτητες μεταβλητές  $X_{ji}$ . Ο συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού δίνεται από τη σχέση (3.25). Όπου  $\bar{Y}_i$ , η μέση τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής πολλαπλής παλινδρόμησης.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2} \quad (3.25)$$

Το  $\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{y}_i)^2$  στον αριθμητή της εξίσωσης (3.25), εξαρτάται από τον αριθμό των μεταβλητών  $X_{ji}$  στο υπόδειγμα ενώ το  $\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2$  στον παρονομαστή είναι ανεξάρτητο (Gujarati & Porter, 2010). Καθώς ο αριθμός των μεταβλητών  $X_{ji}$  αυξάνεται, το  $\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{y}_i)^2$  είναι πιθανό να μειωθεί ή τουλάχιστον δε θα αυξηθεί. Ως εκ τούτου, ο συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού  $R^2$ , όπως ορίζεται στην εξίσωση (3.25) θα αυξηθεί. Έχοντας υπόψιν αυτό, όταν συγκρίνονται δύο υποδείγματα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης με την ίδια εξαρτημένη μεταβλητή  $Y_i$ , αλλά με διαφορετικό αριθμό ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_{ji}$ , πρέπει να υπάρχει ιδιαίτερη προσοχή όσο αφορά την επιλογή του υποδείγματος με το μεγαλύτερο συντελεστή πολλαπλού προσδιορισμού  $R^2$ .

Για τη σύγκριση δύο τιμών συντελεστή πολλαπλού προσδιορισμού  $R^2$ , πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_{ji}$  που υπάρχουν στο υπόδειγμα. Αυτό μπορεί να γίνει με το διορθωμένο  $R^2$  (Gujarati & Porter, 2010).

#### Διορθωμένο $R^2$

Ο όρος διορθωμένο, σημαίνει διόρθωση ως προς τους βαθμούς ελευθερίας  $(n - 1)$  που σχετίζονται με τα αθροίσματα των τετραγώνων που μπαίνουν στην εξίσωση (3.25). Το διορθωμένο  $R^2$  συμβολίζεται με το  $\bar{R}^2$  και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{y}_i)^2 / (n - p)}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2 / (n - 1)} = 1 - \frac{(1 - R^2)(n - 1)}{(n - p)} \quad (3.26)$$

Καθώς ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_{ji}$  αυξάνεται, το  $\bar{R}^2$  αυξάνεται λιγότερο σε σύγκριση με το  $R^2$ . Επίσης, το  $\bar{R}^2$  μπορεί να είναι αρνητικό, παρόλο που το  $R^2$  είναι πάντα θετικό. Στην περίπτωση που το  $\bar{R}^2$  υπολογιστεί με αρνητικό πρόσημο σε κάποια εφαρμογή, τότε η τιμή του θεωρείται μηδέν. Σύμφωνα με τον Theil (Theil, 1978), θα

πρέπει να χρησιμοποιείται το  $\bar{R}^2$  και όχι το  $R^2$  γιατί το  $R^2$  δίνει μια αρκετά αισιόδοξη εικόνα της προσαρμογής της παλινδρόμησης, ειδικά όταν ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών δεν είναι πολύ μικρός σε σχέση με το μέγεθος του δείγματος  $n$ . Παρόλα αυτά, η θέση του Theil δεν είναι κοινά αποδεκτή γιατί δεν στηρίζεται σε καμία θεωρητική αιτιολόγηση.

### 3.2.7 Έλεγχος Στατιστικής Σημαντικότητας

Με τον έλεγχο στατιστικής σημαντικότητας (Fleming & Nellis, 2000) ελέγχεται αν η εξίσωση πολλαπλής παλινδρόμησης στο σύνολο της ερμηνεύει ένα μεγάλο μέρος των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_{ji}$ . Αν ισχύει αυτό, τότε ελέγχεται και η σημαντικότητα των συντελεστών  $\beta_j$  της πολλαπλής παλινδρόμησης ξεχωριστά. Με αυτό τον τρόπο διαπιστώνεται ποιες από αυτές τις μεταβλητές έχουν σημαντική επίδραση στην εξαρτημένη μεταβλητή  $Y_i$  και ποιες όχι.

#### F-έλεγχος

Ο έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας για την εξίσωση της πολλαπλής παλινδρόμησης ταυτίζεται με τον έλεγχο στατιστικής σημαντικότητας του συντελεστή πολλαπλού προσδιορισμού  $R^2$ . Δηλαδή, ελέγχεται αυτό που μετρά ο συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού  $R^2$ , αν το ποσοστό μεταβολών της εξαρτημένης μεταβλητής  $Y_i$  που οφείλεται στις επιδράσεις των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_{ji}$  είναι διάφορο του μηδενός. Επομένως, στη μηδενική υπόθεση  $H_0$  θέτουμε ότι η εξίσωση πολλαπλής παλινδρόμησης δεν εξηγεί καθόλου τις μεταβολές της εξαρτημένης μεταβλητής  $Y_i$  και οι συντελεστές  $\beta_j$  ισούνται με το μηδέν. Στην εναλλακτική υπόθεση  $H_1$ , η εξίσωση πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης εξηγεί ένα μέρος των μεταβολών της εξαρτημένης μεταβλητής  $Y_i$  και τουλάχιστον ένας από τους συντελεστές  $\beta_j$  είναι διάφορος του μηδέν. Η μηδενική υπόθεση  $H_0$  και η εναλλακτική της  $H_1$ , μπορούν να διατυπωθούν ως εξής:

$$H_0: \beta_j = 0 \quad (3.27)$$

$$H_1: \beta_j \neq 0 \quad (3.28)$$

Για τον έλεγχο των πιο πάνω υποθέσεων χρησιμοποιείται η σχέση που περιγράφεται από την εξίσωση (3.29). Αν η τιμή αυτής της εξίσωσης είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη τιμή της  $F_{(p-1, n-p), \alpha}$ , τότε απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση  $H_0$ , και αντίστροφα. Όπου  $\alpha$  το επίπεδο σημαντικότητας.

$$F_{(p-1, n-p)} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y}_i)^2 / (p-1)}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 / n-p} \quad (3.29)$$

### t-έλεγχος

Αν ο  $F$ -έλεγχος δείξει ότι η εξίσωση πολλαπλής παλινδρόμησης στο σύνολο της ερμηνεύει ένα μεγάλο μέρος των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_{ji}$ , τότε ελέγχεται και η σημαντικότητα των συντελεστών  $\beta_j$ . Ότι ισχύει με όλες τις παραμέτρους που η εκτίμηση τους στηρίζεται σε δείγμα παρατηρήσεων, έτσι και οι συντελεστές  $\beta_j$  υπόκεινται στα σφάλματα δειγματοληψίας. Αυτό σημαίνει ότι δεν αρκεί μόνο να γνωρίζουμε αν οι συντελεστές  $\beta_j$  είναι διάφοροι του μηδενός, αλλά και σε ποιο διάστημα εμπιστοσύνης ορίζονται οι τιμές των εκτιμητών  $\hat{\beta}$ . Εξάλλου, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι συντελεστές  $\beta_j$  έχουν όλη την ευθύνη για την περιγραφή της σχέσης μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής  $Y_i$  και των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_{ji}$ .

Δεδομένου ότι όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές  $X_{ji}$  περιλαμβάνονται στο δείγμα, η μηδενική υπόθεση  $H_0$  και η εναλλακτική της  $H_1$  μπορούν να διατυπωθούν ως εξής από τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$H_0: \beta_j = 0 \quad (3.30)$$

$$H_1: \beta_j \neq 0 \quad (3.31)$$

Για τον έλεγχο των πιο πάνω υποθέσεων χρησιμοποιείται η σχέση που περιγράφεται από την εξίσωση (3.32). Όπου  $se_{\hat{\beta}_j}$  το τυπικό σφάλμα του εκτιμητή  $\hat{\beta}_j$ . Αν η απόλυτη τιμή αυτής της εξίσωσης είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη τιμή της  $\left| t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-p\right)} \right|$ , τότε απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση  $H_0$ , και αντίστροφα.

$$t = \frac{\hat{\beta}_j}{se_{\hat{\beta}_j}} \quad (3.32)$$

## 3.3 Επιλογή Μεταβλητών για Κατασκευή Μοντέλου

Όταν το σύνολο των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_{ji}$  είναι πολύ μεγάλο, ο υπολογισμός ενός “καλού” υποσυνόλου  $X_{ji}$  με βάση τα κριτήρια της υποενότητας 3.2 πιθανών να μην είναι εφικτός. Αυτό το πρόβλημα οφείλεται σε κάποιο βαθμό και στο γεγονός ότι οι πολλαπλές παλινδρομήσεις που πρέπει να αναπτυχθούν είναι πάρα πολλές και ο



απαιτούμενος χρόνος ακόμα και με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή μπορεί να είναι απαγορευτικός. Ο πολύ μεγάλος αριθμός ανεξάρτητων μεταβλητών ενδέχεται να παρουσιάσει και πρόβλημα πολυσυγγραμμικότητας (Gujarati & Porter, 2010). Επίσης, η ερμηνεία ενός πιο σύνθετου μοντέλου με μεγάλο αριθμό ανεξάρτητων μεταβλητών, πρακτικά είναι και πιο δύσκολη.

Για την αποφυγή του πιο πάνω προβλήματος αναζητούνται τρόποι οι οποίοι μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση του αριθμού των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_{ji}$  έτσι ώστε η δημιουργία ενός “καλού” υποσυνόλου  $X_{ji}$ , να είναι εφικτή και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επιλογή του βέλτιστου μοντέλου. Αυτοί οι τρόποι καλούνται ως επαναληπτικοί μέθοδοι και έχουν σκοπό τη δημιουργία μιας αλληλουχίας γραμμικών μοντέλων (παλινδρομήσεων) με την εισαγωγή ή τη διαγραφή μιας ανεξάρτητης μεταβλητής  $X_{ji}$  από αυτά κάθε φορά. Αποτέλεσμα αυτών των μεθόδων είναι η ανάπτυξη του βέλτιστου γραμμικού μοντέλου ή ενός γραμμικού μοντέλου που να προσεγγίζει το βέλτιστο.

Στις επαναληπτικές μεθόδους συγκαταλέγονται οι ακόλουθες (Bouveyron et al., 2019; Y.-C. Lee, 2007; Liu, Zhou, & Shi, 2007; Shi, Chi, & Li, 2020):

- Stepwise Regression
- Forward Ranking
- Backward Elimination
- Forward Selection
- Forward Procedure
- Διαδοχικής Αντικατάστασης Μεταβλητών
- Αντικατάστασης Ζευγών Μεταβλητών

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Bouveyron et al., 2019), ο καλύτερος τρόπος για τον εντοπισμό του βέλτιστου γραμμικού μοντέλου στην περίπτωση όπου το πλήθος των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_{ji}$  είναι αρκετά μεγάλο, είναι η επιλογή και δημιουργία ενός πιο μικρού υποσύνολο μεταβλητών  $X_{ji}$  κάνοντας χρήση των επαναληπτικών μεθόδων. Στη συνέχεια, προτείνεται η εφαρμογή των κριτηρίων που αναφέρονται στην υποενότητα 3.2 στο υποσύνολο μεταβλητών  $X_{ji}$ .

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή για τον εντοπισμό του βέλτιστου γραμμικού μοντέλου γίνεται χρήση της επαναληπτικής μεθόδου Stepwise Regression (βηματική

παλινδρόμηση). Η συγκεκριμένη επαναληπτική μέθοδος χρησιμοποιείται πιο συχνά σε σύγκριση με της υπόλοιπες και απαιτεί χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή (Karter, 2016; Y.-C. Lee, 2007).

Το βέλτιστο μοντέλο αναπτύσσεται με την είσοδο μιας ανεξάρτητης μεταβλητής  $X_{ji}$  κάθε φορά (αν θεωρηθεί σημαντική για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής  $Y_i$ ), αλλά και με τον παράλληλο έλεγχο κατά πόσο το διαμορφωμένο σε κάθε βήμα μοντέλο χρειάζεται όλες τις εισαχθείσες ανεξάρτητες μεταβλητές  $X_{ji}$ .

Η Stepwise Regression επιτρέπει τον επανέλεγχο των ανεξάρτητων μεταβλητών που έχουν συμπεριληφθεί στο μοντέλο από προηγούμενα βήματα. Για παράδειγμα, μια ανεξάρτητη μεταβλητή  $X_{ji}$  που έχει συμπεριληφθεί στο γραμμικό μοντέλο σε αρχικό στάδιο, μπορεί να μην χρησιμοποιηθεί σε επόμενο στάδιο λόγω της σχέσης της με άλλες ανεξάρτητες μεταβλητές που συμπεριλήφθηκαν στο γραμμικό μοντέλο αργότερα από αυτή.

Για τον έλεγχο αυτής της πιθανότητας, για κάθε βήμα γίνεται ένας μερικός  $F$ -έλεγχος για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή  $X_{ji}$  που είναι στο γραμμικό μοντέλο σαν να ήταν η πιο πρόσφατη ανεξάρτητη μεταβλητή  $X_{ji}$  που συμπεριλήφθηκε, ανεξάρτητα σε ποιο βήμα μπήκε σε αυτό. Η ανεξάρτητη μεταβλητή  $X_{ji}$  με την μικρότερη μη-στατιστικά σημαντική μερική  $F$ -τιμή (αν υπάρχει) αφαιρείται από το γραμμικό μοντέλο. Στη συνέχεια το γραμμικό μοντέλο προσαρμόζεται με τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές εκ-νέου. Τέλος, η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να μην υπάρχει ανεξάρτητη μεταβλητή  $X_{ji}$  που να μπορεί να συμπεριληφθεί ή να αφαιρεθεί από το γραμμικό μοντέλο.

# Κεφάλαιο 4

## Συλλογή & Ανάλυση Δεδομένων

### 4.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται περιγραφή της διαδικασίας με την οποία έγινε η συλλογή, η επεξεργασία και η ανάλυση των δεδομένων στα οποία στηρίχθηκε η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή. Παρουσιάζονται οι διάφορες βάσεις δεδομένων που έχουν χρησιμοποιηθεί και περιγράφεται ο τρόπος απόκτησης των δεδομένων και η διαδικασία επεξεργασίας τους. Επιπλέον, το κεφάλαιο περιλαμβάνει αναλυτική περιγραφή της εφαρμογής της μεθοδολογίας της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης και την παρουσίαση του συνόλου των αποτελεσμάτων της. Συγκεκριμένα, η εν λόγω μεθοδολογία αρχικά εφαρμόζεται σε μοντέλα που αναφέρονται στη βιβλιογραφία για σκοπούς σύγκρισης αποτελεσμάτων. Ακολούθως, εφαρμόζεται και για τον καθορισμό νέων στατιστικών μοντέλων μελετώντας τη σχέση των κρατικών αξιολογήσεων πιστοληπτικής ικανότητας με το δανεισμό, τις συναλλαγματικές ισοτιμίες και άλλους οικονομικούς και χρηματοοικονομικούς δείκτες. Μετά από κάθε εφαρμογή της μεθοδολογίας παρατίθεται παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν.

### 4.2 Δεδομένα

#### 4.2.1 Συλλογή

Για την επίτευξη του στόχου της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής χρειάστηκε η συλλογή δεδομένων που αφορούσε δεκαεπτά χώρες (Αργεντινή, Αυστραλία, Βενεζουέλα, Βραζιλία, Ελλάδα, Ινδία, Ινδονησία, Ισλανδία, Κίνα, Κορέα, Μαλαισία, Μεξικό, Νέα Ζηλανδία, Ουγγαρία, Πορτογαλία, Ταϊλάνδη και Φιλιππίνες) για περίοδο δέκα χρόνων (1989-1998). Για σκοπούς σύγκρισης, στα δεδομένα αυτά κρίθηκε αναγκαίο να συμπεριληφθούν και οι μεταβλητές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στα προτεινόμενα μοντέλα της βιβλιογραφίας (Cantor & Packer, 1996; Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999; Mora, 2006) τα οποία αναλύονται στη συνέχεια. Η διαδικασία της συλλογής των δεδομένων

ήταν το δυσκολότερο μέρος της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής αφού δεν ήταν εφικτή με τη χρήση μόνο μιας βάσης δεδομένων. Για το λόγο αυτό, έγινε αναζήτηση σε διάφορες αξιόπιστες βάσεις δεδομένων για τις οποίες γίνεται λεπτομερής αναφορά πιο κάτω. Επίσης, για κάποιες από τις μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στα προτεινόμενα μοντέλα της βιβλιογραφίας (Cantor & Packer, 1996; Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999; Mora, 2006) δεν κατέστη δυνατόν ο εντοπισμός τους, και ζητήθηκε βοήθεια από τους συγγραφείς για απόκτηση τους.

#### **4.2.2 Βάσεις Δεδομένων**

Για την απόκτηση των δεδομένων της εξαρτημένης μεταβλητής αξιοποιήθηκε η βάση δεδομένων του οίκου αξιολόγησης Moody's (Moody's Investors Service Data, 2020). Ο εν λόγω οίκος αξιολόγησης παρέχει τη δυνατότητα για δωρεάν εγγραφή στην ιστοσελίδα της βάσης δεδομένων, όπου ο χρήστης μπορεί να αντλήσει δωρεάν δεδομένα χρονοσειρών σχετικά με τις αξιολογήσεις του οίκου για κάθε χώρα ξεχωριστά. Όλα τα δεδομένα για κάθε χώρα παρουσιάζονται ξεχωριστά σε πίνακα που εμφανίζεται στην ιστοσελίδα του οίκου. Για την απόκτηση αυτών των δεδομένων, ο χρήστης μπορεί να αντιγράψει αυτά από τον πίνακα και να τα αποθηκεύσει σε κάποιο αρχείο δεδομένων (.csv, .xml, .xls, .dat κλπ).

Το μεγαλύτερο μέρος των δεδομένων για τις ανεξάρτητες μεταβλητές προήλθε έπειτα από αναζήτηση στη βάση δεδομένων της Παγκόσμιας Τράπεζας (World Bank Open Data, 2020). Η Παγκόσμια Τράπεζα παρέχει δωρεάν και ανοικτή πρόσβαση στα δεδομένα ανάπτυξης της τα οποία ενημερώνει συνεχώς. Τα δεδομένα περιέχουν σύγκριση περισσότερων από 1.400 δεικτών χρονοσειρών από τους Παγκόσμιους Δείκτες Ανάπτυξης για 217 χώρες. Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα απόκτησης δεδομένων για κάθε χώρα ξεχωριστά με επιλογή της χρονικής περιόδου και του τύπου του αρχείου (.csv, .xml, .xls). Οι ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν από τη βάση δεδομένων της Παγκόσμιας Τράπεζας παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α, Πίνακας Α.1.

Μια άλλη βάση δεδομένων η οποία αξιοποιήθηκε για την απόκτηση επιπλέον ανεξάρτητων μεταβλητών είναι αυτή του Διεθνούς Νομισματικού Ταμείου (International Monetary Fund Data, 2020). Το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο παρέχει τη δυνατότητα για δωρεάν εγγραφή στην ιστοσελίδα της βάσης δεδομένων. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να αντλήσει δωρεάν δεδομένα χρονοσειρών σχετικά με το δανεισμό του Διεθνούς Νομισματικού Ταμείου, τις συναλλαγματικές ισοτιμίες και άλλους χρηματοοικονομικούς

και οικονομικούς δείκτες για διάφορες χώρες. Η συγκεκριμένη βάση δεδομένων παρέχει τη δυνατότητα απόκτησης δεδομένων σε αρχείο .xls είτε για κάθε χώρα ξεχωριστά, είτε με επιλογή αριθμού χωρών και χρονικής περιόδου. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν από τη βάση δεδομένων του Διεθνούς Νομισματικού Ταμείου παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α, Πίνακας Α.2.

#### **4.2.3 Προβλήματα που Παρουσιάστηκαν κατά τη Συλλογή & Επίλυσή τους**

Το σημαντικότερο πρόβλημα που παρουσιάστηκε κατά τη διάρκεια της συλλογής των δεδομένων ήταν αυτό της επιλογής των ανεξάρτητων μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν στην υποενότητα 4.4 για την ανάπτυξη/ υπολογισμό νέων μοντέλων. Λόγω του μεγάλου αριθμού ανεξάρτητων μεταβλητών (>1500) που αντλήθηκε από τις βάσεις δεδομένων της Παγκόσμιας Τράπεζας (World Bank Open Data, 2020) και του Διεθνούς Νομισματικού Ταμείου (International Monetary Fund Data, 2020), αποφασίστηκε όπως ο αριθμός αυτός μειωθεί σημαντικά για ευκολότερη επεξεργασία και ανάλυση των εν λόγω δεδομένων. Για τη μείωση του αριθμού των ανεξάρτητων μεταβλητών αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν μόνο αυτές που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία (Cantor & Packer, 1996; Dimitrakopoulos & Kolossiatis, 2016; Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999; Gaillard, 2009; Hájek, 2011; Mora, 2006; Vernazza & Nielsen, 2015), αλλά και μεταβλητές που κρίθηκε ότι μπορεί να επηρεάζουν σημαντικά την πιστοληπτική αξιολόγηση μιας χώρας (μεταβλητές που σχετίζονται με επενδύσεις, φόρους, χρέη κλπ.).

Λόγω της ύπαρξης πολλών διαδικτυακών βάσεων δεδομένων (κρατών, τραπεζών, οίκων αξιολόγησης κλπ.) που μπορεί να περιέχουν μεταβλητές που να σχετίζονται με τις πιστοληπτικές αξιολογήσεις ανά χώρα, είναι δυνατό να παρουσιαστούν προβλήματα που πιθανό να οδηγήσουν στη διατύπωση λανθασμένων συμπερασμάτων μετά από τη χρήση τους. Αυτό το πρόβλημα οφείλεται σε διαφορετικούς ορισμούς των μεταβλητών που έχουν οι βάσεις δεδομένων για τα διάφορα επιμέρους στοιχεία (π.χ. οι βάσεις δεδομένων διαφόρων κρατών). Για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία μόνο από αξιόπιστες βάσεις δεδομένων οι οποίες αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία (Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999; Mora, 2006). Με αυτό τον τρόπο τα δεδομένα που προέρχονται από την κάθε χώρα έχουν υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία για να παρουσιάζονται ομοιόμορφα και να είναι συγκρίσιμα.

Ένα άλλο πρόβλημα που προέκυψε κατά τη διάρκεια συλλογής των δεδομένων ήταν η μη αναφορά όλων των απαιτούμενων στοιχείων για τα ίδια έτη (ίδιο χρονικό πλαίσιο).

Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε έλλειψη δεδομένων σε κάποιες από τις ανεξάρτητες μεταβλητές οι οποίες επιλεχθήκαν να μελετηθούν και να αναλυθούν για τις δεκαεπτά χώρες που αναφέρονται στο σημείο 4.2.1 πιο πάνω. Στις περιπτώσεις όπου έλειπε μεγάλος αριθμός (>40) δεδομένων από μια μεταβλητή, αυτή η μεταβλητή αφαιρείτο από το δείγμα, ενώ σε αντίθετη περίπτωση όπου έλειπε αρκετά μικρός αριθμός (<10) δεδομένων, η μεταβλητή παρέμενε στο δείγμα. Στις περιπτώσεις στις οποίες έλειπε μικρός αριθμός δεδομένων από μια μεταβλητή, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης για απόκτησή τους. Παρόλα αυτά, η συγκεκριμένη μέθοδος δε χρησιμοποιήθηκε γιατί η έλλειψη δεδομένων παρατηρείται και στα δείγματα που αναφέρονται στη βιβλιογραφία (Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999; Mora, 2006).

Τέλος, κατά τη διάρκεια συλλογής των δεδομένων, δεν κατέστη δυνατόν να εντοπιστούν σε κάποια αξιόπιστη βάση δεδομένων οι ανεξάρτητες μεταβλητές External debt και Overall budget balance που αναφέρονται στα προτεινόμενα μοντέλα της βιβλιογραφίας (Cantor & Packer, 1996; Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999; Mora, 2006). Για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος ζητήθηκε βοήθεια από τους συγγραφείς οι οποίοι ανταποκρίθηκαν θετικά (Παράρτημα Α, Πίνακας Α.3).

#### **4.2.4 Προεπεξεργασία**

Για την προεπεξεργασία των δεδομένων σε πρώτη φάση απαιτήθηκε η συγκέντρωση όλων των απαραίτητων μεταβλητών μέσω των προαναφερθέντων βάσεων δεδομένων. Από τη βάση δεδομένων του οίκου αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας Moody's (Moody's Investors Service Data, 2020) έγινε συγκέντρωση των αξιολογήσεων (εξαρτημένη μεταβλητή) του οίκου για τις 17 χώρες που αναφέρονται στο σημείο 4.2.1 για τη χρονική περίοδο 1989-1998 σε ένα αρχείο .xls. Στη συνέχεια, με τη χρήση του προγράμματος MATLAB (MATLAB, 2018) αναπτύχθηκε ένας κώδικας για να μετατρέψει τις αλφαριθμητικές αξιολογήσεις του οίκου σε αριθμητικές όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία (Cantor & Packer, 1996; Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999; Mora, 2006). Ο πιο κάτω πίνακας δείχνει την μετατροπή της αντίστοιχης αλφαριθμητικής αξιολόγησης σε αριθμητική.

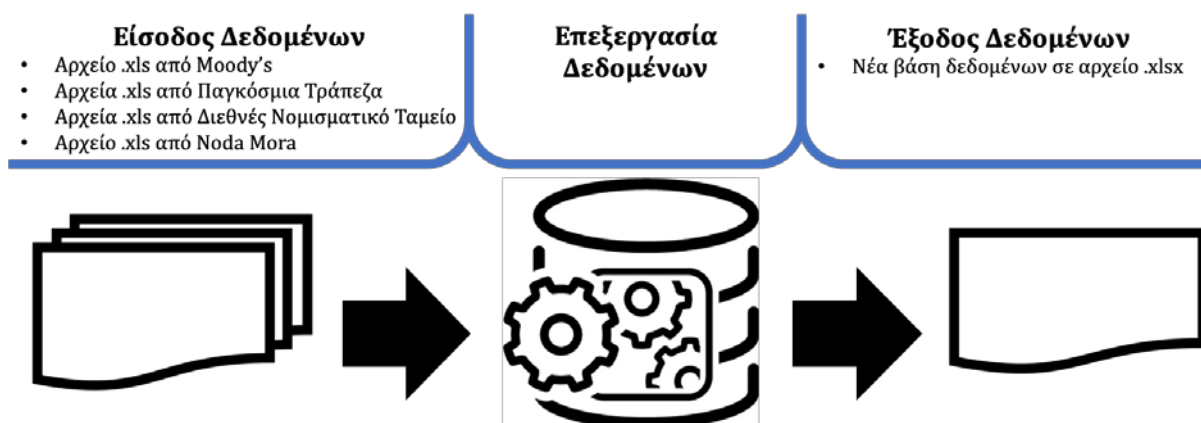
Σχετικά με τις ανεξάρτητες μεταβλητές, από τη βάση δεδομένων της Παγκόσμιας Τράπεζας (World Bank Open Data, 2020) αποκτήθηκαν 17 αρχεία .xls, ένα για κάθε χώρα. Το κάθε αρχείο περιέχει περίπου 1.400 μεταβλητές για τη χρονική περίοδο 1960-2019.

Από τη βάση δεδομένων του Διεθνούς Νομισματικού Ταμείου (International Monetary Fund Data, 2020) αποκτήθηκαν 22 αρχεία .xls, ένα για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή (Παράρτημα Α, Πίνακας Α.2), για 200 χώρες για τη χρονική περίοδο 1980-2019. Τέλος, από τη Nada Mora (Mora, 2006) αποκτήθηκε ακόμα ένα αρχείο .xls το οποίο περιέχει τις ανεξάρτητες μεταβλητές που αναφέρονται στο Παράρτημα Α, Πίνακας Α.3 για τις 17 χώρες για τη χρονική περίοδο 1989-1998.

<b>Αλφαριθμητική αξιολόγηση</b>	<b>Αριθμητική αξιολόγηση</b>
Aaa	100
Aa1	95
Aa2	90
Aa3	85
A1	80
A2	75
A3	70
Baa1	65
Baa2	60
Baa3	55
Ba1	50
Ba2	45
Ba3	40
B1	35
B2	30
B3	25
Caa1	20
Caa2	15
Caa3	10
Ca	5
C	0

Πίνακας 4.1: Μετατροπή αλφαριθμητικής αξιολόγησης οίκου Moody's σε αριθμητική

Στη συνέχεια και αφού συγκεντρώθηκαν όλα τα απαραίτητα δεδομένα σε διάφορα αρχεία, ξεκίνησε η δημιουργία μιας κοινής βάσης δεδομένων με τη χρήση του προγράμματος MATLAB. Στο Διάγραμμα 4.1 παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθεί ο κώδικας που αναπτύχθηκε στο εν λόγω πρόγραμμα για τη δημιουργία της νέας βάσης δεδομένων. Στο στάδιο της εισόδου των δεδομένων, το πρόγραμμα διαβάζει όλα τα αρχεία .xls που αναφέρονται πιο πάνω. Κατά την διάρκεια της επεξεργασίας δημιουργείται ένας πίνακας στον οποίο τοποθετούνται όλες οι εξαρτημένες (σε μορφή αριθμητικής αξιολόγησης) και ανεξάρτητες (Παράρτημα Α) μεταβλητές για τις δεκαεπτά χώρες που αναφέρονται στο σημείο 4.2.1 για τη χρονική περίοδο 1989-1998. Τέλος, το πρόγραμμα στο στάδιο της εξόδου των δεδομένων αποθηκεύει τον πίνακα που δημιουργείται σε μορφή .xlsx.



Διάγραμμα 4.1: Διαδικασία δημιουργίας νέας βάσης δεδομένων στο πρόγραμμα MATLAB

Στον πιο κάτω πίνακα γίνεται αντιληπτός ο τρόπος με τον οποίο δημιουργήθηκε η νέα βάση δεδομένων. Στην πρώτη στήλη του πίνακα γίνεται αρίθμηση των γραμμών του. Αυτός ο αριθμός δίνει και τον αριθμό των πολλαπλών γραμμικών παλινδρομήσεων που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση των δεδομένων. Στη δεύτερη και τρίτη στήλη τοποθετείται η χώρα και το έτος που αφορούν τα δεδομένα των μεταβλητών σε κάθε γραμμή του πίνακα. Η τέταρτη στήλη αφορά την εξαρτημένη μεταβλητή που αντιστοιχεί στην αξιολόγηση του οίκου Moody's η οποία δίνεται σε μορφή αριθμητικής αξιολόγησης. Στις υπόλοιπες στήλες του πίνακα τοποθετούνται τα δεδομένα όλων των ανεξάρτητων μεταβλητών που παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α. Όπου  $k$ , το σύνολο των ανεξάρτητων μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν (55 ανεξάρτητες μεταβλητές).

$i$	Χώρα	Έτος	Εξαρτημένη Μεταβλητή, $Y$	Ανεξάρτητες Μεταβλητές, $X$			
1			$Y_1$	$X_{11}$	$X_{21}$	...	$X_{k1}$
2			$Y_2$	$X_{12}$	$X_{22}$	...	$X_{k2}$
⋮			⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$n$			$Y_n$	$X_{1n}$	$X_{2n}$	...	$X_{kn}$

Πίνακας 4.2: Μορφή πίνακα νέας βάσης δεδομένων

### 4.3 Προτεινόμενα Μοντέλα Βιβλιογραφίας

Τα μοντέλα που χρησιμοποιούν τη μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης έχουν αποκτήσει μια καλή προγνωστική δύναμη και έχουν συμβάλει καταλυτικά στην κατανόηση των βασικών καθοριστικών παραγόντων που επηρεάζουν τις κρατικές αξιολογήσεις πιστοληπτικής ικανότητας. Ένα από αυτά για το οποίο γίνεται και συχνή αναφορά στη βιβλιογραφία είναι αυτό που ανέπτυξαν οι Cantor και Packer (Cantor & Packer, 1996) (1.673 αναφορές μέχρι σήμερα). Εξήγησαν τις αξιολογήσεις των οίκων



αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας Moody's και S&P για σαράντα εννιά χώρες για όλες τις μακροοικονομικές μεταβλητές.

Το μοντέλο των Cantor και Packer (Cantor & Packer, 1996) χρησιμοποιήθηκε και από τους Ferri et al. (Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999) οι οποίοι εξήγησαν τις αξιολογήσεις του οίκου αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας Moody's για τις δεκαεπτά χώρες που αναφέρονται στο σημείο 4.2.1 πιο πάνω, για τη χρονική περίοδο 1989-1998. Ακολούθως, για σκοπούς σύγκρισης αποτελεσμάτων με αυτά των Ferri et al. (Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999), η Mora (Mora, 2006) χρησιμοποίησε το ίδιο μοντέλο, χώρες και χρονική περίοδο.

Στην παρούσα υποενότητα επιχειρείται σύγκριση αποτελεσμάτων με αυτά των Ferri et al. (Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999) και Mora (Mora, 2006) εφαρμόζοντας τη μεθοδολογία που περιγράφεται στην υποενότητα 3.2. Αξίζει να σημειωθεί ότι κρίθηκε σκόπιμο όπως χρησιμοποιηθεί το ίδιο μοντέλο, χώρες και χρονική περίοδος αφού κάποια αλλαγή σε αυτά θα επηρέαζε τη σύγκριση αποτελεσμάτων. Πιο κάτω ακολουθεί η περιγραφή του συγκεκριμένου μοντέλου, παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν καθώς επίσης και σύγκριση τους με αυτά της βιβλιογραφίας (Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999; Mora, 2006).

#### 4.3.1 Περιγραφή

Το θεωρητικό μοντέλο των Ferri et al. (Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999) για τις κρατικές αξιολογήσεις (ratings) πιστοληπτικής ικανότητας δίνεται από την εξίσωση (4.1). Όπου  $\beta_0$  ο σταθερός όρος,  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_7$  οι συντελεστές πολλαπλής παλινδρόμησης οι οποίοι περιγράφουν την επίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών και  $\varepsilon$  το σφάλμα. Σύμφωνα με την μεθοδολογία που ακολουθούν (Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999), μετατρέπουν τις αλφαριθμητικές αξιολογήσεις του οίκου Moody's σε μια αριθμητική - γραμμική αντιστοίχιση των είκοσι ένα αξιολογήσεων πιστοληπτικής ικανότητας σε κλίμακα από το 100 μέχρι το 0, με το 100 να αντιστοιχεί στο Aaa και το 0 στο C (ο Πίνακας 2.1 δείχνει το αποτέλεσμα αυτής της μετατροπής). Για τον εντοπισμό των εκτιμητών των συντελεστών χρησιμοποιείται η εκτιμηθείσα παλινδρόμηση (προσαρμοσμένη) του μοντέλου που δίνεται από την εξίσωση (4.2), η οποία αντιστοιχεί στο μοντέλο παλινδρόμησης της εξίσωσης (4.1).

$$\begin{aligned} Rating = & \beta_0 + \beta_1 \cdot GDP \text{ per capita, PPP} + \beta_2 \cdot Real \text{ GDP growth rate} + \beta_3 \\ & \cdot Inflation + \beta_4 \cdot Overall \text{ budget balance} + \beta_5 \\ & \cdot Current \text{ account balance} + \beta_6 \cdot External \text{ debt} + \beta_7 \cdot OECD + \varepsilon \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rating} = & \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \cdot \text{GDP per capita, PPP} + \hat{\beta}_2 \cdot \text{Real GDP growth rate} + \hat{\beta}_3 \\
 & \cdot \text{Inflation} + \hat{\beta}_4 \cdot \text{Overall budget balance} + \hat{\beta}_5 \\
 & \cdot \text{Current account balance} + \hat{\beta}_6 \cdot \text{External debt} + \hat{\beta}_7 \cdot \text{OECD}
 \end{aligned}
 \tag{4.2}$$

Όπου  $\hat{\beta}_0$  ο εκτιμητής του σταθερού όρου και  $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_7$ , οι εκτιμητές των συντελεστών του μοντέλου. Όσον αφορά τις ανεξάρτητες μεταβλητές, ερμηνεύονται ως εξής:

- GDP per capita, PPP (ανά κατά κεφαλήν ακαθάριστο εγχώριο προϊόν): Μετρά το μέσο επίπεδο του εθνικού εισοδήματος ανά άτομο. Όσο μεγαλύτερη είναι η φορολογική βάση της δανείζουσας χώρας, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ικανότητα της κυβέρνησης να ξοφλήσει το χρέος. Η μεταβλητή αυτή μπορεί επίσης να χρησιμεύσει ως πληρεξούσιο για το επίπεδο πολιτικής σταθερότητας και άλλων σημαντικών παραγόντων (Cantor & Packer, 1996). Το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν είναι η αγοραία αξία όλων των αγαθών και υπηρεσιών που παράγονται σε μια χώρα σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο
- Real GDP growth rate (πραγματικός ρυθμός ανάπτυξης ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος): Είναι ο ρυθμός με τον οποίο το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν μιας χώρας αλλάζει από το ένα έτος στο άλλο. Ένας σχετικά υψηλός ρυθμός οικονομικής ανάπτυξης υποδηλώνει ότι το υφιστάμενο χρέος μιας χώρας θα ξοφλήσει ευκολότερα με την πάροδο του χρόνου (Cantor & Packer, 1996).
- Inflation (πληθωρισμός): Είναι το ποσοστό με το οποίο οι τιμές αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου, με αποτέλεσμα τη μείωση της αγοραστικής αξίας του χρήματος. Ένα ψηλό ποσοστό πληθωρισμού δείχνει διαρθρωτικά προβλήματα στα οικονομικά της κυβέρνησης. Όταν μια κυβέρνηση δεν είναι σε θέση να πληρώσει για τρέχοντα δημοσιονομικά έξοδα (μέσω φόρων ή έκδοσης χρεών), πρέπει να καταφύγει σε πληθωριστική χρηματοδότηση (Cantor & Packer, 1996). Η δυσαρέσκεια του κοινού με τον πληθωρισμό μπορεί με τη σειρά της να οδηγήσει σε πολιτική αστάθεια.
- Overall budget balance ή fiscal balance (συνολικό υπόλοιπο προϋπολογισμού ή δημοσιονομικό υπόλοιπο): Είναι το χρηματικό ποσό που λαμβάνει μια κυβέρνηση από φορολογικά έσοδα και έσοδα πωληθέντων περιουσιακών στοιχείων, μείον τυχόν κρατικά έξοδα. Όταν το υπόλοιπο είναι αρνητικό, η κυβέρνηση έχει δημοσιονομικό έλλειμμα ενώ όταν το υπόλοιπο είναι θετικό, έχει δημοσιονομικό πλεόνασμα. Ένα μεγάλο δημοσιονομικό έλλειμμα απορροφά ιδιωτικές εγχώριες

αποταμιεύσεις και δείχνει ότι η κυβέρνηση δεν έχει τη θέληση ή την ικανότητα να φορολογήσει τον πολίτη της για να καλύψει τα τρέχοντα έξοδα ή να εξυπηρετήσει τα χρέη της (Cantor & Packer, 1996).

- Current account balance (υπόλοιπο τρεχούμενου λογαριασμού): Είναι το ήμισυ του ισοζυγίου πληρωμών, ενώ το άλλο μισό είναι ο χρηματοοικονομικός λογαριασμός. Ο τρεχούμενος λογαριασμός μετρά τις εισαγωγές και εξαγωγές αγαθών, εισαγωγές και εξαγωγές υπηρεσιών, πληρωμές σε αλλοδαπούς επενδυτές μιας χώρας, πληρωμές που λαμβάνονται από επενδύσεις στο εξωτερικό και μεταφορές όπως εμβάσματα. Ο τρεχούμενος λογαριασμός μιας χώρας μπορεί να είναι θετικός (πλεόνασμα) ή αρνητικός (έλλειμμα). Όταν είναι θετικός δείχνει ότι η χώρα είναι καθαρός δανειστής στον υπόλοιπο κόσμο, ενώ όταν είναι αρνητικός δείχνει ότι είναι καθαρός δανειολήπτης. Το πλεόνασμα τρεχουσών συναλλαγών αυξάνει τα καθαρά ξένα περιουσιακά στοιχεία μιας χώρας κατά το ποσό του πλεονάσματος, ενώ το έλλειμμα τρεχουσών συναλλαγών το μειώνει κατά το ποσό του ελλείμματος (Cantor & Packer, 1996).
- External debt (εξωτερικό χρέος): Το εξωτερικό χρέος είναι το τμήμα του χρέους μιας χώρας που δανείστηκε από ξένους δανειστές οι οποίοι μπορεί να είναι εμπορικές τράπεζες, κυβερνήσεις ή διεθνή χρηματοπιστωτικά ιδρύματα (Dufrenot & Paret, 2019). Μια υψηλή επιβάρυνση εξωτερικού χρέους πιθανόν να αντιστοιχεί και σε δυσκολία αποπληρωμής του.
- OECD ή Economic development indicator (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης ή δείκτης οικονομικής ανάπτυξης): Ο OECD (Organization for Economic Cooperation and Development, 2020) είναι ένας διεθνής οργανισμός που αποτελείται από αναπτυγμένες χώρες-μέλη που υποστηρίζουν τις αρχές της αντιπροσωπευτικής δημοκρατίας και της οικονομίας της ελεύθερης αγοράς. Παρόλο που το επίπεδο ανάπτυξης μετριέται από τη μεταβλητή ανά κατά κεφαλήν ακαθάριστο εγχώριο προϊόν, οι οίκοι αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας φαίνεται να επηρεάζουν σε ένα βαθμό τη σχέση μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης και κινδύνου (Cantor & Packer, 1996). Δηλαδή, όταν οι χώρες φτάσουν σε ένα επίπεδο ανάπτυξης, ενδέχεται να είναι λιγότερο πιθανό να χρεοκοπήσουν. Η μεταβλητή για το δείκτη οικονομικής ανάπτυξης δείχνει εάν μια χώρα έχει ταξινομηθεί ως βιομηχανική από τη Διεθνές Νομισματικό Ταμείο ή όχι (Cantor & Packer, 1996). Σε περίπτωση που έχει ταξινομηθεί ως βιομηχανική παίρνει την τιμή 1, ενώ σε αντίθετη περίπτωση παίρνει την τιμή 0.

### 4.3.2 Παρουσίαση & Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Ο Πίνακας 4.3 παρουσιάζει τα αποτελέσματα τριών διαφορετικών μοντέλων που περιγράφουν την αξιολόγηση πιστοληπτικής ικανότητας των δεκαεπτά χωρών που αναφέρονται στο σημείο 4.2.1 πιο πάνω, για τη χρονική περίοδο 1989-1998. Παρόλο που και τα τρία μοντέλα αναπτύχθηκαν από την εξίσωση (4.1), είναι εντελώς διαφορετικά αφού οι τιμές των αντίστοιχων εκτιμητών των συντελεστών οι οποίοι περιγράφουν την επίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι διαφορετικές.

Τύπος μοντέλου		Γραμμικό		
Μοντέλο		<i>FLS</i>	<i>FLS<sub>M</sub></i>	<i>FLS<sub>R</sub></i>
Εξαρτημένη μεταβλητή		Rating	Rating	Rating
Ανεξάρτητες μεταβλητές	Εκτιμητές			
Constant (σταθερά)	$\hat{\beta}_0$	51.2*** (3.6)	57.8659*** (4.7942)	56.1243*** (3.0777)
GDP per capita, PPP	$\hat{\beta}_1$	0.0002 (0.0004)	0.0010*** (0.0003)	0.0014*** (0.0003)
Real GDP growth rate	$\hat{\beta}_2$	31.2*** (7.6)	0.3145** (0.1481)	0.7937*** (0.2397)
Inflation	$\hat{\beta}_3$	-0.001 (0.0009)	-0.0041 (0.1309)	-0.3594 (0.2334)
Overall budget balance	$\hat{\beta}_4$	0.4** (0.2)	0.3940* (0.2312)	0.4479 (0.3378)
Current account balance	$\hat{\beta}_5$	-0.5*** (0.2)	-0.5512*** (0.1649)	-0.4433* (0.2661)
External debt	$\hat{\beta}_6$	-0.0001* (0.00006)	-3.5692*** (1.2941)	-6.5356*** (1.0688)
OECD	$\hat{\beta}_7$	5.2*** (1.5)	-3.8610 (2.4549)	9.6914*** (3.6578)
<i>Επίπεδο σημαντικότητας</i>				
* → $\alpha = 10\%$	$n$	161	144	144
** → $\alpha = 5\%$	$R^2$	0.30	0.54	0.65
*** → $\alpha = 1\%$	$\bar{R}^2$	-	-	0.63
Τα τυπικά σφάλματα των εκτιμητών δίνονται στις παρενθέσεις				

Πίνακας 4.3: Αποτελέσματα μοντέλων βιβλιογραφίας

Τα μοντέλα *FLS* και *FLS<sub>M</sub>* αναφέρονται στα μοντέλα των Ferri et al. (Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999) και Mora (Mora, 2006) αντίστοιχα. Οι τιμές που παρουσιάζονται στον πίνακα για τα συγκεκριμένα μοντέλα παρατίθενται στη βιβλιογραφία (Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999; Mora, 2006). Αξίζει να σημειωθεί ότι οι Ferri et al. (Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999) δεν αναφέρονται στα τυπικά σφάλματα των εκτιμητών αλλά στον *t*-έλεγχο. Για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, οι συγκεκριμένες

τιμές που αναφέρουν για τον  $t$ -έλεγχο μετατράπηκαν σε τυπικά σφάλματα (οι τιμές των παρενθέσεων) χρησιμοποιώντας την εξίσωση (3.32).

Όσον αφορά το εκτιμημένο μοντέλο  $FLS_R$ , αναφέρεται στο μοντέλο το οποίο αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της παρούσας διατριβής. Ο υπολογισμός του  $FLS_R$  έγινε στο πρόγραμμα MATLAB (MATLAB, 2018) χρησιμοποιώντας την εντολή `fitlm` (MathWorks, 2013a). Η συγκεκριμένη εντολή δημιουργεί το μοντέλο χρησιμοποιώντας τις τιμές της εξαρτημένης και των ανεξάρτητων μεταβλητών από τη νέα βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε (σημείο 4.2.4). Επίσης, γίνονται όλοι οι απαραίτητοι υπολογισμοί που χρειάζονται έτσι ώστε τα αποτελέσματά που παρουσιάζονται στον πιο πάνω πίνακα να είναι συγκρίσιμα. Αυτοί οι υπολογισμοί αφορούν τις τιμές των εκτιμητών και τα τυπικά τους σφάλματα καθώς επίσης και την στατιστική τους σημαντικότητα η οποία έγινε με τον  $t$ -έλεγχο. Εκτός από τους υπολογισμούς που αφορούν τους εκτιμητές, έγιναν και υπολογισμοί που αφορούν το μοντέλο γενικά, όπως το μέγεθος του δείγματος  $n$ , ο συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού  $R^2$  και το διορθωμένο  $R^2$  ( $\bar{R}^2$ ). Ο κώδικας που αναπτύχθηκε για τον υπολογισμό του εκτιμημένου μοντέλου  $FLS_R$  και των παραμέτρων του δίνεται στο Παράρτημα Β.1. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι οι υπολογισθείσες τιμές των εκτιμητών των συντελεστών του μοντέλου επαληθεύτηκαν και με τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων όπως περιγράφεται στο σημείο 3.2.4 με την ανάπτυξη ενός νέου κώδικα στο πρόγραμμα MATLAB (βλέπε Παράρτημα Β.2).

Όσον αφορά τα εκτιμημένα μοντέλα γενικά στον πιο πάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το  $FLS_R$  έχει τον μεγαλύτερο συντελεστή πολλαπλού προσδιορισμού  $R^2$  σε σύγκριση με τα άλλα δύο. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Gujarati & Porter, 2010), για τη σύγκριση δύο τιμών συντελεστή πολλαπλού προσδιορισμού  $R^2$ , πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών που υπάρχουν στο μοντέλο χρησιμοποιώντας το διορθωμένο  $R^2$  ( $\bar{R}^2$ ). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ο υπολογισμός του  $\bar{R}^2$  δεν παίζει κανένα ρόλο αφού και τα τρία τα μοντέλα έχουν τον ίδιο αριθμό ανεξάρτητων μεταβλητών. Άρα, το εκτιμημένο μοντέλο  $FLS_R$  προσαρμόζει καλύτερα σε σύγκριση με τα άλλα δύο στις κρατικές αξιολογήσεις του οίκου αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας Moody's για το συγκεκριμένο δείγμα.

Στη συνέχεια, παρατηρούμε ότι το μέγεθος του δείγματος  $n$  για το εκτιμημένο μοντέλο  $FLS_R$  είναι μικρότερο από το αναμενόμενο ( $n = 170$ , 17 χώρες για 10 χρόνια), γεγονός που φανερώνει ότι λείπουν δεδομένα. Στις περιπτώσεις όπου λείπει μικρός αριθμός δεδομένων από μια μεταβλητή μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της γραμμικής

παλινδρόμησης για απόκτησή τους. Παρόλα αυτά, η συγκεκριμένη μέθοδος δε χρησιμοποιήθηκε γιατί έλλειψη δεδομένων παρατηρείται και στα δείγματα των  $FLS$  και  $FLS_M$ . Κάτι επιπλέον που παρατηρείται σχετικά με το μέγεθος του δείγματος, είναι ότι τα  $FLS_R$  και  $FLS_M$  έχουν ίσο μέγεθος δείγματος ( $n = 144$ ). Αυτό οφείλεται στο μέγεθος του δείγματος της μεταβλητής Overall budget balance η οποία έχει αποκτηθεί από την Mora (Mora, 2006). Το μέγεθος του δείγματος υπολογίζεται από το άθροισμα των “συμπληρωμένων” παλινδρομήσεων. Δηλαδή, αν σε κάποια παλινδρόμηση απουσιάζουν στοιχεία από μια ή περισσότερες μεταβλητές (ανεξάρτητες ή ακόμα και από την εξαρτημένη), τότε αυτή η παλινδρόμηση δε θεωρείται “συμπληρωμένη”.

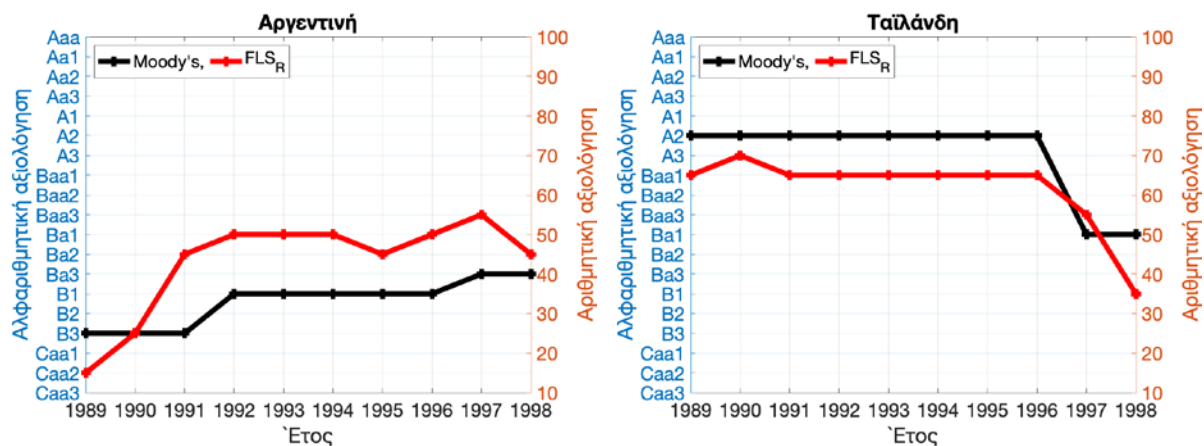
Οι εκτιμήσεις των συντελεστών των ανεξάρτητων μεταβλητών και των τριών εκτιμημένων μοντέλων είναι ως επί το πλείστον συγκρίσιμες. Παρατηρούμε ότι όλες οι αντίστοιχες εκτιμήσεις έχουν τα ίδια πρόσημα εκτός από τον εκτιμητή της ανεξάρτητης μεταβλητής OECD στο μοντέλο  $FLS_M$ . Επίσης, η μεταβλητή Inflation δεν έχει καμία επίδραση σε κανένα από τα τρία μοντέλα αφού δεν είναι στατιστικά σημαντική σε κανένα από τα τρία επίπεδα σημαντικότητας.

Σχετικά με το εκτιμημένο μοντέλο  $FLS$  παρατηρούμε ότι την ισχυρότερη επίδραση στο μοντέλο την έχουν οι μεταβλητές Real GDP growth rate, Current account balance και OECD αφού είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%. Με ισχυρή επίδραση στο μοντέλο ακολουθεί η μεταβλητή Overall budget balance αφού είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Με λιγότερο ισχυρή επίδραση στο μοντέλο ακολουθεί η μεταβλητή External debt αφού είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 10%. Όσον αφορά την μεταβλητή GDP per capita, PPP, δεν έχει καμία επίδραση στο εκτιμημένο μοντέλο αφού δεν είναι στατιστικά σημαντική σε κανένα από τα τρία επίπεδα σημαντικότητας.

Σχετικά με το εκτιμημένο μοντέλο  $FLS_M$  παρατηρούμε ότι την ισχυρότερη επίδραση στο μοντέλο την έχουν οι μεταβλητές GDP per capita, PPP, Current account balance και External debt αφού είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%. Με ισχυρή επίδραση στο εκτιμημένο μοντέλο ακολουθεί η μεταβλητή Real GDP growth rate αφού είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Με λιγότερο ισχυρή επίδραση στο εκτιμημένο μοντέλο ακολουθεί η μεταβλητή Overall budget balance αφού είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 10%. Όσον αφορά την μεταβλητή OECD, δεν έχει καμία επίδραση στο εκτιμημένο μοντέλο αφού δεν είναι στατιστικά σημαντική σε κανένα από τα τρία επίπεδα σημαντικότητας.

Σχετικά με το εκτιμημένο μοντέλο  $FLS_R$  παρατηρούμε ότι την ισχυρότερη επίδραση στο μοντέλο την έχουν οι μεταβλητές GDP per capita, PPP, Real GDP growth rate, External debt και OECD αφού είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%. Με λιγότερο ισχυρή επίδραση στο εκτιμημένο μοντέλο ακολουθεί η μεταβλητή Current account balance αφού είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 10%. Όσον αφορά την μεταβλητή Overall budget balance, δεν έχει καμία επίδραση στο εκτιμημένο μοντέλο αφού δεν είναι στατιστικά σημαντική σε κανένα από τα τρία επίπεδα σημαντικότητας.

Στο Διάγραμμα 4.2 παρουσιάζονται οι εκτιμημένες αξιολογήσεις του μοντέλου  $FLS_R$  με τις πραγματικές αξιολογήσεις του οίκου πιστοληπτικής ικανότητας Moody's για την Αργεντινή και την Ταϊλάνδη για τη χρονική περίοδο 1989-1998. Η γραφική παράσταση για την Ταϊλάνδη παρουσιάζεται και στη βιβλιογραφία (Ferri, Liu, & Stiglitz, 1999; Mora, 2006) για τα μοντέλα  $FLS$  και  $FLS_M$  όπου αναφέρεται ότι έχουν μια “καλή” προσέγγιση στις αξιολογήσεις του οίκου πιστοληπτικής ικανότητας Moody's για τη συγκεκριμένη χώρα. Για τον ίδιο λόγο επιλέχθηκε να παρουσιαστεί και στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή. Η Αργεντινή επιλέχθηκε να παρουσιαστεί για τον αντίθετο λόγο. Οι εκτιμημένες τιμές του μοντέλου  $FLS_R$  για την Αργεντινή έχουν μια “κακή” προσέγγιση στις αξιολογήσεις του οίκου πιστοληπτικής ικανότητας Moody's σε σύγκριση με τις εκτιμημένες τιμές των υπολοίπων δεκαέξι χωρών. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι τιμές του μοντέλου  $FLS_R$  που παρουσιάζονται στις γραφικές παραστάσεις έχουν στρογγυλοποιηθεί στον πλησιέστερο μικρότερο, ίσο ή μεγαλύτερο ακέραιο πολλαπλάσιο του 5 έτσι ώστε να αντιστοιχούν στην αντίστοιχη αλφαριθμητική αξιολόγηση του οίκου πιστοληπτικής ικανότητας Moody's.



Διάγραμμα 4.2: Αξιολογήσεις οίκου Moody's και εκτιμημένες αξιολογήσεις μοντέλου  $FLS_R$

## 4.4 Ανάπτυξη/Υπολογισμός Νέων Μοντέλων

Όπως έχει προαναφερθεί, τα μοντέλα που χρησιμοποιούν τη μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης έχουν αποκτήσει μια καλή προγνωστική δύναμη και έχουν συμβάλει καταλυτικά στην κατανόηση των βασικών καθοριστικών παραγόντων που επηρεάζουν τις κρατικές αξιολογήσεις πιστοληπτικής ικανότητας. Ως συνέπεια των παραπάνω, προέκυψε η ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση της μεθοδολογίας που χρησιμοποιείται από τους οίκους αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας για τις κρατικές αξιολογήσεις. Έτσι, στην παρούσα υποενοότητα επιχειρήθηκε η εκτίμηση δύο νέων μοντέλων για την περιγραφή των εν λόγω αξιολογήσεων. Το πρώτο μοντέλο είναι ένα απλό, όπως αυτό που περιγράφεται από την εξίσωση (3.1) και το δεύτερο είναι ένα μοντέλο αλληλεπίδρασης όπως αυτό που περιγράφεται από την εξίσωση (3.3).

### 4.4.1 Περιγραφή

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή για την εκτίμηση του βέλτιστου γραμμικού μοντέλου σε κάθε μία από τις δύο περιπτώσεις (για τα δύο μοντέλα που παρουσιάζονται πιο κάτω), γίνεται χρήση της επαναληπτικής μεθόδου Stepwise Regression όπως περιγράφεται στην υποενοότητα 3.3. Ο εντοπισμός του βέλτιστου γραμμικού μοντέλου έγινε στο πρόγραμμα MATLAB (MATLAB, 2018) χρησιμοποιώντας την εντολή `stepwiselm` (MathWorks, 2013b). Η συγκεκριμένη εντολή δημιουργεί το μοντέλο χρησιμοποιώντας τις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής (αριθμητική αξιολόγηση) και των ανεξάρτητων μεταβλητών από τη νέα βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε (σημείο 4.2.4). Οι εξισώσεις (4.3) και (4.4) περιγράφουν τα εκτιμημένα μοντέλα που προέκυψαν από την συγκεκριμένη μέθοδο. Ο κώδικας που αναπτύχθηκε για τον υπολογισμό των πιο κάτω εκτιμημένων μοντέλων και των παραμέτρων τους δίνεται στο Παράρτημα Β.3

$$\begin{aligned} Rating = & \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \cdot GDP \text{ per capita, PPP} + \hat{\beta}_2 \cdot Inflation + \hat{\beta}_3 \\ & \cdot Total \text{ investment} + \hat{\beta}_4 \cdot OECD + \hat{\beta}_5 \cdot Merchandise \text{ exports} \end{aligned} \quad (4.3)$$

$$\begin{aligned} Rating = & \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \cdot GDP \text{ per capita, PPP} + \hat{\beta}_2 \cdot Inflation + \hat{\beta}_3 \\ & \cdot Total \text{ investment} + \hat{\beta}_4 \cdot OECD + \hat{\beta}_5 \cdot Real \text{ GDP growth rate} + \hat{\beta}_6 \\ & \cdot External \text{ debt} + \hat{\beta}_7 \cdot Total \text{ investment} \cdot GDP \text{ per capita, PPP} \\ & + \hat{\beta}_8 \cdot Total \text{ investment} \cdot Inflation + \hat{\beta}_9 \cdot Total \text{ investment} \\ & \cdot OECD + \hat{\beta}_{10} \cdot GDP \text{ per capita, PPP} \cdot Real \text{ GDP growth rate} + \hat{\beta}_{11} \\ & \cdot GDP \text{ per capita, PPP} \cdot OECD + \hat{\beta}_{12} \cdot Inflation \cdot OECD + \hat{\beta}_{13} \\ & \cdot External \text{ deb} \cdot OECD \end{aligned} \quad (4.4)$$



Όπου  $\hat{\beta}_0$  ο εκτιμητής του σταθερού όρου και  $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_7$ , οι εκτιμητές των συντελεστών των μοντέλων. Όσον αφορά τις ανεξάρτητες μεταβλητές, ερμηνεύονται ως εξής:

- Total investment (συνολική επένδυση): Εκφράζεται από την αρχική επένδυση, το κεφάλαιο κίνησης και τις επακόλουθες προσθήκες στο απόθεμα και τον εξοπλισμό που θα είναι απαραίτητες για μια πλήρως λειτουργική και κερδοφόρα επιχείρηση.
- Merchandise exports (εξαγωγές εμπορευμάτων): Οι εξαγωγές εμπορευμάτων δείχνουν την εγχώρια τιμή των αγαθών που παρέχονται στον υπόλοιπο κόσμο. Με τον όρο εγχώρια τιμή αγαθών εννοούμε την αξία των αγαθών εξαιρουμένων των μεταφορών, των ασφαλειών και των εμπορευματικών μεταφορών. Η εγχώρια τιμή αποτιμάται σε US\$.

#### 4.4.2 Παρουσίαση & Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Ο Πίνακας 4.4 παρουσιάζει τα αποτελέσματα των μοντέλων των εξισώσεων (4.3) και (4.4). Το μοντέλο  $CCR_1$  (Constantinos C. Roussos 1) αντιστοιχεί στο μοντέλο της εξίσωσης (4.3) ενώ το μοντέλο  $CCR_2$  (Constantinos C. Roussos 2) αντιστοιχεί στο μοντέλο της εξίσωσης (4.4). Τα συγκεκριμένα μοντέλα περιγράφουν την αξιολόγηση πιστοληπτικής ικανότητας των δεκαεπτά χωρών που αναφέρονται στο σημείο 4.2.1 πιο πάνω για τη χρονική περίοδο 1989-1998.

Τα αποτελέσματα στον πιο κάτω πίνακα αφορούν τις τιμές των εκτιμητών και τα τυπικά τους σφάλματα καθώς επίσης και την στατιστική τους σημαντικότητα η οποία έγινε με τον  $t$ -έλεγχο. Εκτός από τους υπολογισμούς που αφορούν τους εκτιμητές, έγιναν και υπολογισμοί που αφορούν το μοντέλο γενικά, όπως το μέγεθος του δείγματος  $n$ , ο συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού  $R^2$ , το διορθωμένο  $R^2$  ( $\bar{R}^2$ ), το σφάλμα  $\varepsilon$  και ο  $F$ -έλεγχος.

Όσον αφορά τα μοντέλα γενικά στον πιο κάτω πίνακα παρατηρούμε ότι το εκτιμημένο μοντέλο  $CCR_2$  έχει μεγαλύτερο συντελεστή πολλαπλού προσδιορισμού  $R^2$  σε σύγκριση με το  $CCR_1$ . Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Gujarati & Porter, 2010), για τη σύγκριση δύο τιμών συντελεστή πολλαπλού προσδιορισμού  $R^2$ , πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών που υπάρχουν στο μοντέλο χρησιμοποιώντας το διορθωμένο  $R^2$  ( $\bar{R}^2$ ). Ακόμα και στην περίπτωση του  $\bar{R}^2$ , το  $CCR_2$  εξακολουθεί να έχει μεγαλύτερη τιμή από το  $\bar{R}^2$  του  $CCR_1$ . Άρα, το εκτιμημένο μοντέλο  $CCR_2$  προσαρμόζει

καλύτερα σε σύγκριση με το  $CCR_1$  στις κρατικές αξιολογήσεις του οίκου αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας Moody's για το συγκεκριμένο δείγμα.

Τύπος μοντέλου		Γραμμικό	Αλληλεπί.
Μοντέλο		$CCR_1$	$CCR_2$
Εξαρτημένη μεταβλητή		Rating	Rating
Ανεξάρτητες μεταβλητές	Εκτιμητές		
Constant (σταθερά)	$\hat{\beta}_0$	8.3107** (3.8429)	47.5385*** (7.7487)
GDP per capita, PPP	$\hat{\beta}_1$	0.0014*** (0.0002)	-0.0031*** (0.0009)
Inflation	$\hat{\beta}_2$	-0.5826*** (0.1861)	1.0340* (0.5639)
Total investment	$\hat{\beta}_3$	1.2898*** (0.1222)	0.2142 (0.2636)
OECD	$\hat{\beta}_4$	11.8236*** (2.7575)	47.0942*** (15.8348)
Merchandise exports	$\hat{\beta}_5$	0.4051** (0.1734)	
Real GDP growth rate	$\hat{\beta}_5$		0.9952*** (0.3413)
External debt	$\hat{\beta}_6$		-2.7171** (1.1102)
Total investment × GDP per capita, PPP	$\hat{\beta}_7$		0.0001*** (0.00004)
Total investment × Inflation	$\hat{\beta}_8$		-0.0797** (0.0315)
Total investment × OECD	$\hat{\beta}_9$		-2.0355*** (0.4586)
GDP per capita, PPP × Real GDP growth rate	$\hat{\beta}_{10}$		-0.00008** (0.000004)
GDP per capita, PPP × OECD	$\hat{\beta}_{11}$		0.0012*** (0.0004)
Inflation × OECD	$\hat{\beta}_{12}$		-86.852*** (19.9937)
External debt × OECD	$\hat{\beta}_{13}$		7.4707*** (2.2144)
<i>Επίπεδο σημαντικότητας</i>		<i>n</i>	159
* → $\alpha = 10\%$		$R^2$	0.73
** → $\alpha = 5\%$		$\bar{R}^2$	0.72
*** → $\alpha = 1\%$		$\varepsilon$	100.53
		F-έλεγχος	83.33
Τα τυπικά σφάλματα των εκτιμητών δίνονται στις παρενθέσεις			

Πίνακας 4.4: Αποτελέσματα νέων μοντέλων που αναπτύχθηκαν στην παρούσα διατριβή

Στη συνέχεια, παρατηρούμε ότι το μέγεθος του δείγματος  $n$  και για τα δύο εκτιμημένα είναι  $n = 159$ , μικρότερο από το αναμενόμενο ( $n = 170$ , 17 χώρες για 10 χρόνια),

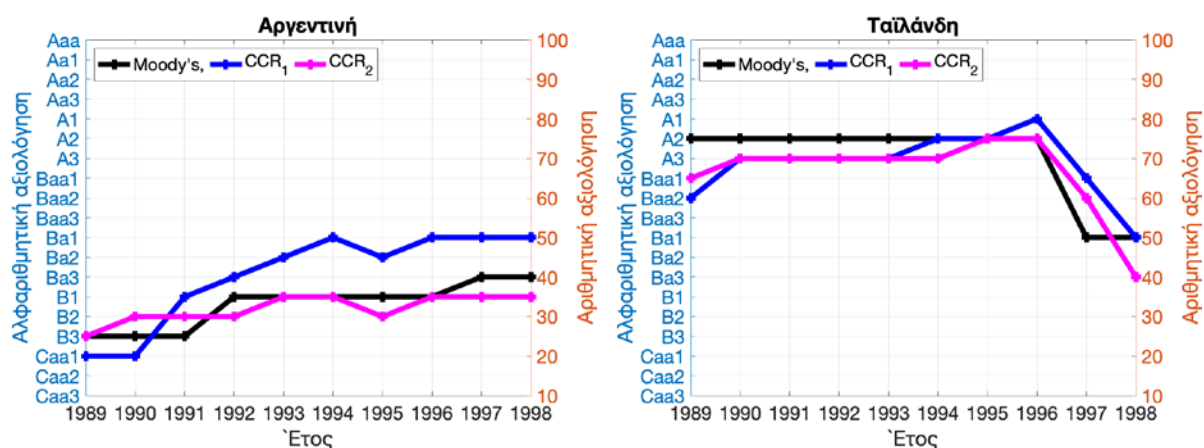
γεγονός που φανερώνει ότι λείπουν δεδομένα. Στις περιπτώσεις όπου λείπει μικρός αριθμός δεδομένων από μια μεταβλητή, μπορεί να εφαρμοστεί αυτό που προαναφέρθηκε και πιο πάνω. Δηλαδή να εφαρμοστεί η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης για απόκτησή τους. Παρόλα αυτά, η συγκεκριμένη μέθοδος δε χρησιμοποιήθηκε γιατί το μέγεθος του δείγματος είναι αρκετά καλό, μόλις 2 μονάδες μικρότερο από αυτό του μοντέλου *FLS*. Το μέγεθος του δείγματος υπολογίζεται από το άθροισμα των “συμπληρωμένων” παλινδρομήσεων. Δηλαδή, αν σε κάποια παλινδρόμηση απουσιάζουν στοιχεία από μια ή περισσότερες μεταβλητές (ανεξάρτητες ή ακόμα και από την εξαρτημένη), τότε αυτή η παλινδρόμηση δε θεωρείται “συμπληρωμένη”.

Επίσης, όσον αφορά τα εκτιμημένα μοντέλα γενικά, στον πιο πάνω πίνακα παρατηρούμε ότι υπάρχουν κάποιες εκτιμήσεις συντελεστών με αρνητικό πρόσημο. Για παράδειγμα, το αρνητικό πρόσημο για την ανεξάρτητη μεταβλητή *Inflation* στο εκτιμημένο μοντέλο  $CCR_1$  ερμηνεύεται ως εξής: Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής *Inflation* με τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές σταθερές, τόσο μικρότερη θα είναι και η εκτιμημένη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής για την κρατική αξιολόγηση και το αντίστροφο. Για θετικό πρόσημο συμβαίνει το αντίθετο. Για παράδειγμα, το θετικό πρόσημο για την ανεξάρτητη μεταβλητή *GDP per capita, PPP* στο εκτιμημένο μοντέλο  $CCR_1$  ερμηνεύεται ως εξής: Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής *GDP per capita, PPP* με τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές σταθερές, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η εκτιμημένη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής για την κρατική αξιολόγηση και το αντίστροφο. Το άλλο που παρατηρείται στον πιο πάνω πίνακα είναι ότι όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές από μόνες τους με εξαίρεση την μεταβλητή *Total investment* στο εκτιμημένο μοντέλο  $CCR_2$  είναι στατιστικά σημαντικές σε τουλάχιστον ένα από τα επίπεδα σημαντικότητας. Όταν μια μεταβλητή είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 1%, τότε είναι στατιστικά σημαντική και σε επίπεδα σημαντικότητας 5% και 10% ή όταν είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, τότε είναι στατιστικά σημαντική και σε επίπεδο σημαντικότητας 10%.

Σχετικά με το εκτιμημένο μοντέλο  $CCR_1$  παρατηρούμε ότι την ισχυρότερη επίδραση στο μοντέλο την έχουν οι μεταβλητές *GDP per capita, PPP, Inflation, Total investment* και *OECD* αφού είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%. Με ισχυρή επίδραση στο εκτιμημένο μοντέλο ακολουθεί η μεταβλητή *Merchandise exports* αφού είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Σχετικά με το εκτιμημένο μοντέλο  $CCR_2$  παρατηρούμε ότι την ισχυρότερη επίδραση στο μοντέλο την έχουν οι μεταβλητές GDP per capita, PPP, OECD και Real GDP growth rate καθώς επίσης και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μεταβλητών Total investment  $\times$  GDP per capita, PPP, Total investment  $\times$  OECD, GDP per capita, PPP  $\times$  OECD, Inflation  $\times$  OECD και External debt  $\times$  OECD αφού είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%. Με ισχυρή επίδραση στο εκτιμημένο μοντέλο ακολουθεί η μεταβλητή External debt καθώς επίσης και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μεταβλητών Total investment  $\times$  Inflation και GDP per capita, PPP  $\times$  Real GDP growth rate αφού είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Με λιγότερο ισχυρή επίδραση στο εκτιμημένο μοντέλο ακολουθεί η μεταβλητή Inflation αφού είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 10%. Όσον αφορά την ανεξάρτητη μεταβλητή Total investment στο εκτιμημένο μοντέλο  $CCR_2$  δεν είναι στατιστικά σημαντική σε κανένα από τα τρία επίπεδα σημαντικότητας αλλά η αλληλεπίδραση της με τις ανεξάρτητες μεταβλητές GDP per capita, PPP, Inflation και OECD είναι στατιστικά σημαντική στα αντίστοιχα επίπεδα που αναφέρονται πιο πάνω.

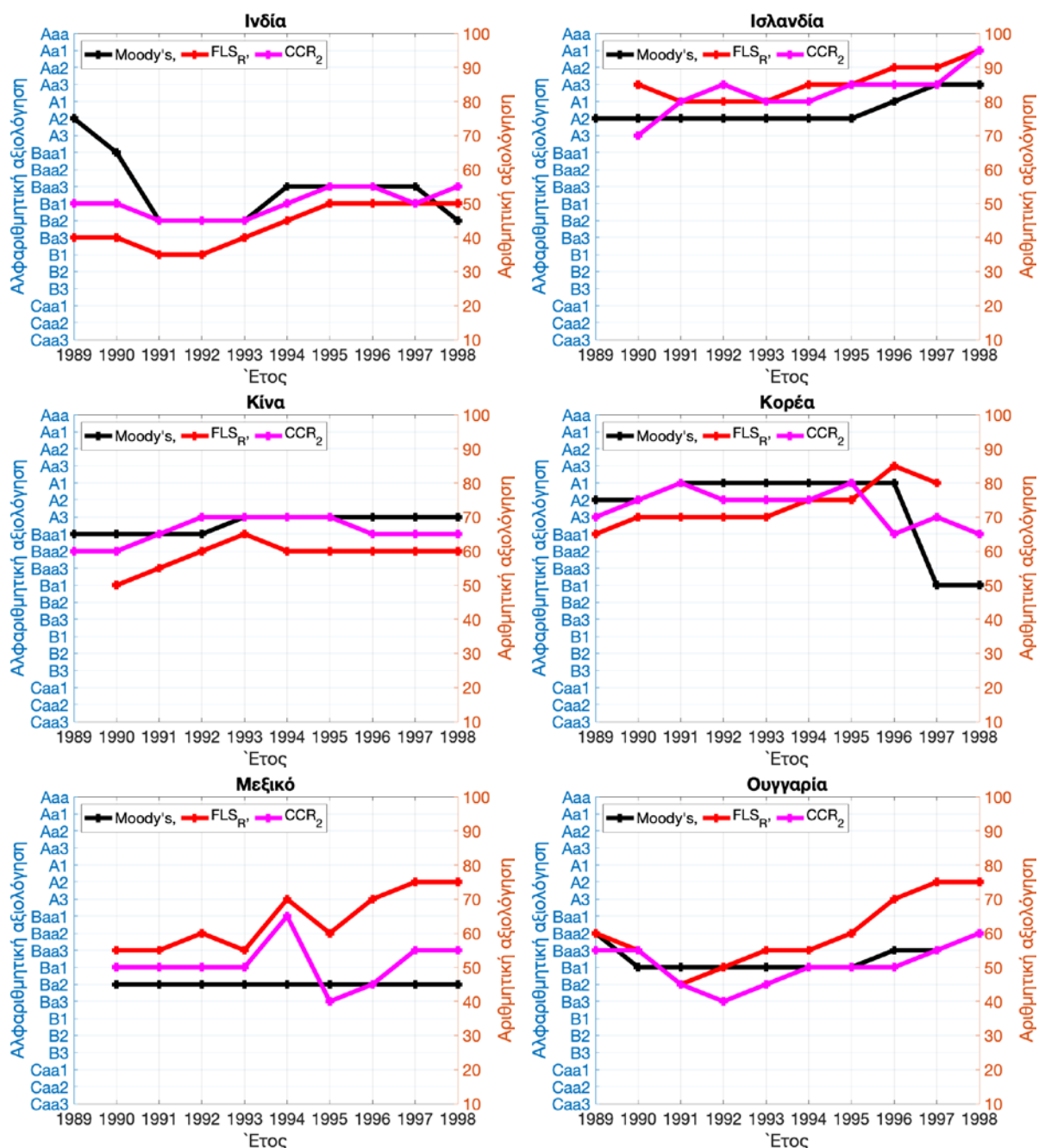
Στο Διάγραμμα 4.3 παρουσιάζονται οι εκτιμημένες αξιολογήσεις των μοντέλων  $CCR_1$  και  $CCR_2$  με τις πραγματικές αξιολογήσεις του οίκου Moody's για την Αργεντινή και την Ταϊλάνδη για τη χρονική περίοδο 1989-1998. Οι συγκεκριμένες χώρες επελέγησαν για τον λόγο ότι παρουσιάζονται και στην υποενότητα 4.3. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι τιμές των εκτιμημένων μοντέλων  $CCR_1$  και  $CCR_2$  που παρουσιάζονται στις γραφικές παραστάσεις έχουν στρογγυλοποιηθεί στον πλησιέστερο μικρότερο, ίσο ή μεγαλύτερο ακέραιο πολλαπλάσιο του 5 έτσι ώστε να αντιστοιχούν στην αντίστοιχη αλφαριθμητική αξιολόγηση του οίκου πιστοληπτικής ικανότητας Moody's. Οι συγκεκριμένες γραφικές παραστάσεις επαληθεύουν την υπεροχή του  $CCR_2$  έναντι του  $CCR_1$ .



Διάγραμμα 4.3: Αξιολογήσεις οίκου Moody's και εκτιμημένες αξιολογήσεις  $CCR_1$  &  $CCR_2$

## 4.5 Σύγκριση Προτεινόμενων και Νέων Μοντέλων

Στην παρούσα υποενότητα γίνεται σύγκριση μεταξύ του καλύτερου προτεινόμενου εκτιμημένου μοντέλου  $FLS_R$  και του καλύτερου νέου εκτιμημένου μοντέλου  $CCR_2$ . Για σκοπούς σύγκρισης, στο Διάγραμμα 4.4 παρουσιάζονται οι εκτιμημένες αξιολογήσεις των μοντέλων με τις πραγματικές του οίκου πιστοληπτικής ικανότητας Moody's για έξι χώρες του δείγματος. Οι τιμές των εκτιμημένων μοντέλων που παρουσιάζονται στις γραφικές παραστάσεις έχουν στρογγυλοποιηθεί στον πλησιέστερο μικρότερο, ίσο ή μεγαλύτερο ακέραιο πολλαπλάσιο του 5 έτσι ώστε να αντιστοιχούν στην αντίστοιχη αλφαριθμητική αξιολόγηση του οίκου πιστοληπτικής ικανότητας Moody's.



Διάγραμμα 4.4: Αξιολογήσεις οίκου Moody's και εκτιμημένες αξιολογήσεις μοντέλων  $FLS_R$  &  $CCR_2$

Από τις γραφικές παραστάσεις στο Διάγραμμα 4.4 είναι φανερό ότι το εκτιμημένο μοντέλο  $CCR_2$  ερμηνεύει καλύτερα τις κρατικές αξιολογήσεις του οίκου πιστοληπτικής ικανότητας Moody's για το δείγμα των δεκαεπτά χωρών για τη χρονική περίοδο 1989-1998 σε σύγκριση με το εκτιμημένο μοντέλο  $FLS_R$ . Επίσης, επιβεβαιώνουν τους υπολογισμούς που έγιναν στα δύο εκτιμημένα μοντέλα για το  $\bar{R}^2$ . Το  $FLS_R$  πρόκειται για ένα απλό γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης το οποίο αποτελείται από το σταθερό όρο και επτά ανεξάρτητες μεταβλητές (GDP per capita, PPP, Real GDP growth rate, Inflation, Overall budget balance, Current account balance, External debt και OECD). Όσον αφορά το  $CCR_2$ , πρόκειται για ένα γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης με αλληλεπίδραση το οποίο αποτελείται από το σταθερό όρο και έξι ανεξάρτητες μεταβλητές. Το εκτιμημένο μοντέλο  $CCR_2$  πέραν του σταθερού όρου αποτελείται από την ανεξάρτητη μεταβλητή Total investment και πέντε από τις ανεξάρτητες μεταβλητές στο  $FLS_R$  (εξαιρούνται οι Overall budget balance και Current account balance). Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι ο μεγαλύτερος αριθμός που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση του μοντέλου  $CCR_2$  το κάνει πιο αξιόπιστο από το  $FLS_R$ .

Για την ολοκλήρωση της μεθοδολογίας που περιγράφεται στο Κεφάλαιο 3 για τα μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, στον πιο κάτω πίνακα παρουσιάζονται τα διαστήματα εμπιστοσύνης των εκτιμητών των συντελεστών του μοντέλου  $CCR_2$ . Τα υπολογισμένα διαστήματα εμπιστοσύνης αφορούν επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Εκτιμητής	Διάστημα εμπιστοσύνης
$\hat{\beta}_0$	$\pm 15.3291$
$\hat{\beta}_1$	$\pm 0.00192$
$\hat{\beta}_2$	$\pm 0.15510$
$\hat{\beta}_3$	$\pm 0.0215$
$\hat{\beta}_4$	$\pm 11.3251$
$\hat{\beta}_5$	$\pm 0.67520$
$\hat{\beta}_6$	$\pm 1.19632$
$\hat{\beta}_7$	$\pm 0.00007$
$\hat{\beta}_8$	$\pm 0.06237$
$\hat{\beta}_9$	$\pm 0.90717$
$\hat{\beta}_{10}$	$\pm 0.00008$
$\hat{\beta}_{11}$	$\pm 0.00089$
$\hat{\beta}_{12}$	$\pm 39.5524$
$\hat{\beta}_{13}$	$\pm 4.38066$

Πίνακας 4.5: Διαστήματα εμπιστοσύνης εκτιμητών σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

# Κεφάλαιο 5

## Συμπεράσματα

### 5.1 Σύνοψη Αποτελεσμάτων

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής αποτέλεσε η διερεύνηση της επιρροής διάφορων ανεξάρτητων μεταβλητών που σχετίζονται με το δανεισμό και άλλους οικονομικούς και χρηματοοικονομικούς δείκτες ως προς τις κρατικές αξιολογήσεις του οίκου πιστοληπτικής ικανότητας Moody's.

Μετά την οριστικοποίηση του επιδιωκόμενου σκοπού, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση τόσο σε ελληνικό, όσο και σε διεθνές επίπεδο. Κατά τη διάρκεια της βιβλιογραφικής ανασκόπησης διεξάχθηκε αναζήτηση παρεμφερών ερευνών σε διάφορα επιστημονικά περιοδικά καθώς επίσης και γενικών πληροφοριών σχετικά με το εξεταζόμενο θέμα οι οποίες θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμες στη συγκεκριμένη έρευνα.

Ακολούθως, μετά τη μελέτη των στοιχείων που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση έγινε η συλλογή των δεδομένων που χρειαζόνταν για την εκπόνηση της μεταπτυχιακής διατριβής. Η συλλογή των δεδομένων αφορούσε πρωτίστως τη συλλογή αυτών των δεδομένων των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν σε μοντέλα της βιβλιογραφίας. Ο σκοπός της συλλογής αφορούσε την ανάλυση αυτών των δεδομένων με τα μοντέλα της βιβλιογραφίας, την ερμηνεία των αποτελεσμάτων από πρακτικής άποψης, καθώς και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αποτελέσματα της βιβλιογραφίας. Ακολούθως, η συλλογή των δεδομένων συνεχίστηκε και για επιπλέον μεταβλητές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τον καθορισμό νέων στατιστικών μοντέλων. Για τη συλλογή των εν λόγω μεταβλητών χρησιμοποιήθηκαν οι βάσεις δεδομένων του οίκου αξιολόγησης Moody's για απόκτηση των εξαρτημένων μεταβλητών και της Παγκόσμιας Τράπεζας και του Διεθνούς Νομισματικού Ταμείου για την απόκτηση των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Στο επόμενο στάδιο, λόγω του μεγάλου αριθμού αλλά και του μεγέθους των αρχείων των δεδομένων που έχουν αποκτηθεί από τις προαναφερθέντες βάσεις δεδομένων, έγινε επιλογή και ταξινόμηση τους σε ένα αρχείο, σε μια νέα ενιαία βάση δεδομένων. Για τη δημιουργία της έγινε χρήση του λογισμικού MATLAB (MATLAB, 2018) το οποίο χρησιμοποιήθηκε και για την ανάλυση των δεδομένων. Τα δεδομένα αφορούν ένα σύνολο δεκαεπτά χωρών<sup>‡</sup> για τη χρονική περίοδο 1989-1998.

Στη συνέχεια, μετά τη συλλογή των δεδομένων και την ταξινόμηση τους σε μια νέα ενιαία βάση δεδομένων ακολούθησε η επεξεργασία τους για την ανάπτυξη των διάφορων μοντέλων. Αρχικά, τα δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη/εκτίμηση ενός μοντέλου που αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι ένα απλό μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή τις κρατικές αξιολογήσεις του οίκου αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας Moody's και επτά ανεξάρτητες μεταβλητές (GDP per capita, PPP, Real GDP growth rate, Inflation, Overall budget balance, Current account balance, External debt και OECD) πέραν του σταθερού όρου.

Ακολούθως, επιχειρήθηκε η εκτίμηση δύο νέων μοντέλων τα οποία αποδείχθηκε ότι προσεγγίζουν καλύτερα τις κρατικές αξιολογήσεις του οίκου αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας Moody's για το συγκεκριμένο δείγμα που χρησιμοποιήθηκε. Το πρώτο μοντέλο που αναπτύχθηκε είναι ένα απλό μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης το οποίο αποτελείται από το σταθερό όρο και πέντε ανεξάρτητες μεταβλητές (GDP per capita, PPP, Inflation, Total investment, OECD και Merchandise exports). Όσον αφορά το δεύτερο μοντέλο που αναπτύχθηκε, πρόκειται για ένα γραμμικό μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης με αλληλεπίδραση το οποίο αποτελείται από το σταθερό όρο και έξι ανεξάρτητες μεταβλητές. Το συγκεκριμένο μοντέλο αποτελείται από την ανεξάρτητη μεταβλητή Total investment και πέντε από τις ανεξάρτητες μεταβλητές που αναφέρονται και στο μοντέλο της βιβλιογραφίας (εξαιρούνται οι Overall budget balance και Current account balance).

Στο τέλος, πραγματοποιήθηκε σύγκριση όλων των εκτιμημένων μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν με δύο διαφορετικές μεθόδους. Η πρώτη μέθοδος αφορά τις τιμές των εκτιμητών και τα τυπικά τους σφάλματα καθώς επίσης και την στατιστική τους

---

<sup>‡</sup> Αργεντινή, Αυστραλία, Βενεζουέλα, Βραζιλία, Ελλάδα, Ινδία, Ινδονησία, Ισλανδία, Κίνα, Κορέα, Μαλαισία, Μεξικό, Νέα Ζηλανδία, Ουγγαρία, Πορτογαλία, Ταϊλάνδη και Φιλιππίνες



σημαντικότητα η οποία έγινε με τον  $t$ -έλεγχο. Εκτός από τους υπολογισμούς που αφορούν τους εκτιμητές, έγιναν και υπολογισμοί που αφορούν τα μοντέλα γενικά, όπως το μέγεθος του δείγματος  $n$ , ο συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού  $R^2$ , το διορθωμένο  $R^2$  ( $\bar{R}^2$ ), το σφάλμα  $\varepsilon$  και ο  $F$ -έλεγχος. Τα αποτελέσματα της δεύτερης μεθόδου αφορούν την γραφική σύγκριση των αποτελεσμάτων για τις εκτιμημένες αξιολογήσεις που δίνουν τα μοντέλα με τις πραγματικές αξιολογήσεις του οίκου πιστοληπτικής ικανότητας Moody's. Τα αποτελέσματα και των δύο διαφορετικών μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν έδειξαν ότι το μοντέλο παλινδρόμησης με αλληλεπίδραση που αναπτύχθηκε στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υπερτερεί έναντι των άλλων δύο μοντέλων αφού προσεγγίζει σε μεγαλύτερο βαθμό τις κρατικές αξιολογήσεις του οίκου πιστοληπτικής ικανότητας Moody's στο συγκεκριμένο δείγμα.

## 5.2 Κύρια Ευρήματα και Συμπεράσματα

Από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής προέκυψαν κάποια ευρήματα και συμπεράσματα σχετικά με τον επιδιωκόμενο σκοπό που τέθηκε αρχικά. Τα σημαντικότερα ευρήματα και συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων από τα μοντέλα πολλαπλής παλινδρόμησης είναι τα εξής:

- Και από τα τρία μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης τα οποία αναπτύχθηκαν διαπιστώθηκε ότι οι κρατικές αξιολογήσεις του οίκου πιστοληπτικής ικανότητας Moody's έχουν άμεση σχέση με τις ανεξάρτητες μεταβλητές GDP per capita, PPP και OECD. Συγκεκριμένα, και για τα δύο απλά μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης που αναπτύχθηκαν διαπιστώθηκε ότι αν μια από τις δεκαεπτά χώρες του δείγματος είναι μέλος του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, τότε αυτόματα η αξιολόγηση της αυξάνεται κατά δύο βαθμίδες (η μεταβλητή OECD παίρνει τις τιμές 0 και 1). Όσον αφορά την μεταβλητή GDP per capita, PPP διαπιστώθηκε ότι με την αύξησή της αυξάνεται και η κρατική αξιολόγηση και το αντίστροφο.
- Τα δύο μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης τα οποία αναπτύχθηκαν στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή διαπιστώθηκε ότι προσεγγίζουν καλύτερα τις κρατικές αξιολογήσεις του οίκου πιστοληπτικής ικανότητας Moody's σε σύγκριση με αυτά που εξετάστηκαν και αναφέρονται στη βιβλιογραφία.
- Η μέθοδος του γραμμικού μοντέλου πολλαπλής παλινδρόμησης με αλληλεπίδραση διαπιστώθηκε ότι είναι η κατάλληλη για την ανάλυση των κρατικών αξιολογήσεων για το συγκεκριμένο δείγμα που χρησιμοποιήθηκε. Το

τελικό μαθηματικό μοντέλο το οποίο αναπτύχθηκε με τη χρήση της μεθόδου αυτής, θεωρείται γενικά αξιόπιστο αφού είχε την καλύτερη προσαρμογή στα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν και τα αποτελέσματά της κρίθηκαν από το λογισμικό ικανοποιητικά.

### **5.3 Περιορισμοί Παρούσας Έρευνας**

Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονιστεί ότι για τα πιο πάνω μοντέλα ισχύει ο περιορισμός ότι αναφέρονται για συγκεκριμένο δείγμα των δεκαεπτά χωρών για τη χρονική περίοδο 1989-1998. Η αναγωγή συμπερασμάτων ή η χρήση τους για ευρύτερα σύνολα χωρών ή ακόμα και σε παγκόσμια κλίμακα και για διαφορετικές χρονικές περιόδους, θα πρέπει να γίνει μετά από επισταμένη έρευνα και εκτεταμένη μελέτη. Οι συγκεκριμένες χώρες έχουν επιλεγεί λόγω του πλήθους των δεδομένων και των μοντέλων τα οποία έχουν δημοσιευτεί αναφορικά με αυτές.

Συνεπώς, οι συγκεκριμένοι περιορισμοί θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν κάθε φορά που γίνεται αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της συγκεκριμένης έρευνας ή κάποια αναφορά σε αυτή και τα αποτελέσματά της.

### **5.4 Μελλοντική Έρευνα**

Στο πλαίσιο της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, μελετήθηκε η αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας δεκαεπτά χωρών από τον οίκο Moody's για τη χρονική περίοδο 1989-1998 εξετάζοντας διάφορες μεταβλητές που σχετίζονται με το δανεισμό και άλλους οικονομικούς και χρηματοοικονομικούς δείκτες. Αρκετά αξιοσημείωτη θα ήταν η επέκταση της παρούσας έρευνας τόσο στο χρονικό πλαίσιο (εικοσαετία, πενηνταετία), όσο και γεωγραφικά με μια αντίστοιχη έρευνα να πραγματοποιείται είτε συγκριτικά μεταξύ ηπείρων, είτε για ένα σύνολο άλλων χωρών.

Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσε να εξεταστεί εάν οι ανεξάρτητες μεταβλητές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έχουν την ίδια βαρύτητα παγκόσμιος ή σε άλλα σύνολα χωρών. Επίσης, θα μπορούσε να γίνει σύγκριση των αξιολογήσεων πιστοληπτικής ικανότητας μεταξύ χωρών με παρόμοια χαρακτηριστικά με σκοπό την αναγνώριση πιθανών παραλείψεων και τάσεων οι οποίες ενδέχεται να συνδέονται με οικονομικά, πολιτικά, γεωγραφικά και άλλα χαρακτηριστικά.

Επιπρόσθετα, θα μπορούσε να διερευνηθεί η συσχέτιση των κρατικών αξιολογήσεων του οίκου πιστοληπτικής ικανότητας Moody's με τις ίδιες μεταβλητές που αναφέρονται στα

μοντέλα τα οποία έχουν αναπτυχθεί στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή με τη χρήση άλλων μεθόδων μοντελοποίησης όπως διατεταγμένα μοντέλα απόκρισης ή με υβριδικά νευρωνικά δίκτυα.

Επιπλέον, θα μπορούσε να διερευνηθεί η συσχέτιση των κρατικών αξιολογήσεων του οίκου πιστοληπτικής ικανότητας Moody's με τη χρήση άλλων τύπων πολλαπλής παλινδρόμησης όπως λογαριθμικών ή πολυωνυμικών.

Τέλος, θα μπορούσε να διερευνηθεί η συσχέτιση των κρατικών αξιολογήσεων του οίκου πιστοληπτικής ικανότητας Moody's με περισσότερες μεταβλητές που δεν έχουν εξεταστεί στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εφαρμόζοντας την ίδια μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στα μοντέλα της παρούσας έρευνας.

# Βιβλιογραφία

- Afonso, A. (2003). Understanding the determinants of sovereign debt ratings: Evidence for the two leading agencies. *Journal of Economics and Finance*, 27/1, 56-74.
- Afonso, A., Gomes, P., & Rother, P. (2011). Short- and long-run determinants of sovereign debt credit ratings. *International Journal of Finance & Economics*, 16/1, 1-15.
- Akdemir, A., & Karšli, D. (2012). An assessment of Strategic Importance of Credit Rating Agencies for Companies and Organizations. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 58/1, 1628-1639.
- Alexe, S., Hammer, P. L., Kogan, A., & Lejeune, M. A. (2003). A Non-Recursive Regression Model for Country Risk Rating: Report RRR 9-2003, Rutgers Center for Operations Research, Rutgers University.
- Altdörfer, M., De las Salas Vega, C. A., Guettler, A., & Löffler, G. (2019). The case for a European rating agency: Evidence from the Eurozone sovereign debt crisis. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 58/1, 1-18.
- Andreasen, E., & Valenzuela, P. (2016). Financial openness, domestic financial development and credit ratings. *Finance Research Letters*, 16/1, 11-18.
- Apergis, N. (2015). Newswire messages and sovereign credit ratings: Evidence from European countries under austerity reform programmes. *International Review of Financial Analysis*, 39/1, 54-62.
- Benbouzid, N., Mallick, S. K., & Sousa, R. M. (2017). An international forensic perspective of the determinants of bank CDS spreads. *Journal of Financial Stability*, 33/1, 60-70.
- Bennell, J. A., Crabbe, D., Thomas, S., & Gwilym, O. a. (2006). Modelling sovereign credit ratings: Neural networks versus ordered probit. *Expert Systems with Applications*, 30/3, 415-425.
- Bissoondoyal-Bheenick, E. (2005). An analysis of the determinants of sovereign ratings. *Global Finance Journal*, 15/3, 251-280.
- Bissoondoyal-Bheenick, E., Brooks, R., & Yip, A. Y. N. (2006). Determinants of sovereign ratings: A comparison of case-based reasoning and ordered probit approaches. *Global Finance Journal*, 17/1, 136-154.

- Bloomberg. (2016). China's Finance Minister Accuses Credit-Rating Companies of Bias. April 16.
- Bouveyron, C., Celeux, G., Murphy, B. T., & Raftery, A. E. (2019). *Model-Based Clustering and Classification for Data Science* (1st ed.). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Cantor, R. M., & Packer, F. (1996). Determinants and Impact of Sovereign Credit Ratings. *Economic Policy Review*, 2/2, 37-54.
- Chen, S.-S., Chen, H.-Y., Chang, C.-C., & Yang, S.-L. (2016). The relation between sovereign credit rating revisions and economic growth. *Journal of Banking & Finance*, 64/1, 90-100.
- Dimitrakopoulos, S., & Kolossiatis, M. (2016). State Dependence and Stickiness of Sovereign Credit Ratings: Evidence from a Panel of Countries. *Journal of Applied Econometrics*, 31/6, 1065-1082.
- Doumpos, M., & Figueira, J. R. (2019). A multicriteria outranking approach for modeling corporate credit ratings: An application of the Electre Tri-nC method. *Omega*, 82/1, 166-180.
- Dufrénot, G., & Paret, A.-C. (2019). Power-law distribution in the external debt-to-fiscal revenue ratios: Empirical evidence and a theoretical model. *Journal of Macroeconomics*, 60/1, 341-359.
- Erdem, O., & Varli, Y. (2014). Understanding the sovereign credit ratings of emerging markets. *Emerging Markets Review*, 20/1, 42-57.
- Ferri, G., Liu, L.-G., & Stiglitz, J. E. (1999). The Procyclical Role of Rating Agencies: Evidence from the East Asian Crisis. *Economic Notes*, 28/3, 335-355.
- Fleming, M. C., & Nellis, J. G. (2000). *Principles of Applied Statistics: An Integrated Approach using MINITAB™ and Excel* (2nd ed.). Boston, MA, USA: Cengage Learning EMEA.
- Fuchs, A., & Gehring, K. (2017). The Home Bias in Sovereign Ratings. *Journal of the European Economic Association*, 15/6, 1386-1423.
- Gaillard, N. (2009). The Determinants of Moody's Sub-Sovereign Ratings. *International Research Journal of Finance and Economics*, 31/1, 194-209.
- Gärtner, M., Griesbach, B., & Jung, F. (2011). PIGS or Lambs? The European Sovereign Debt Crisis and the Role of Rating Agencies. *International Advances in Economic Research*, 17/3, 288-299.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Basic Econometrics* (5th ed.). Boston, USA: McGraw-Hill.

- Gültekin-Karakaş, D., Hisarcıklılar, M., & Öztürk, H. (2011). Sovereign Risk Ratings: Biased Toward Developed Countries? *Emerging Markets Finance and Trade*, 47/2, 69-87.
- Hájek, P. (2011). Municipal credit rating modelling by neural networks. *Decision Support Systems*, 51/1, 108-118.
- Hill, P., Brooks, R., & Faff, R. (2010). Variations in sovereign credit quality assessments across rating agencies. *Journal of Banking & Finance*, 34/6, 1327-1343.
- Hornung, D., Robinson, M., Lemay, Y., Wilson, A., Leos, M., Fang, G., & Diron, M. (2018). Rating Methodology - Sovereign Bond Ratings. New York, NY, USA: Moody's Investors Service.
- Hu, Y.-T., Kiesel, R., & Perraudin, W. (2002). The estimation of transition matrices for sovereign credit ratings. *Journal of Banking & Finance*, 26/7, 1383-1406.
- International Monetary Fund Data. (2020). <http://data.imf.org> [Πρόσβαση: 01.Apr.2020]
- Karter, J. (2016). *Regression Models With Matlab* (1st ed.). Scotts Valley, CA, US: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Kraemer, M., Esters, C., Briozzo, S., Tan, K., Dianous, B. D., Montmaur, V., . . . Puccia, M. (2017). Criteria - Governments - Sovereigns: Sovereign Rating Methodology. New York, NY, USA: S&P Global Ratings.
- Κιτικίδου, Κ. (2006). *Εφαρμοσμένη Στατιστική με Χρήση του Στατιστικού Πακέτου SPSS* (1st ed.). Θεσσαλονίκη, Ελλάδα: Εκδόσεις Τζιόλα.
- Κούτρας, Μ. Β., & Ευαγγελάρας, Χ. (2010). *Ανάλυση Παλινδρόμησης* (1st ed.). Αθήνα, Ελλάδα: Σταμούλη Α.Ε.
- Lee, S. H. (1993). Are the credit ratings assigned by bankers based on the willingness of LDC borrowers to repay? *Journal of Development Economics*, 40/2, 349-359.
- Lee, Y.-C. (2007). Application of support vector machines to corporate credit rating prediction. *Expert Systems with Applications*, 33/1, 67-74.
- Liu, G., Zhou, Z., & Shi, Y. (2007). A multi-dimensional forward selection method for firms' credit sale. *Computers & Mathematics with Applications*, 54/9, 1228-1233.
- Marandola, G. (2016). InkLocal credit rating agencies: a new dataset. *Research in International Business and Finance*, 38/1, 83-103.
- MathWorks, MATLAB fitlm command. (2013a). <https://uk.mathworks.com/help/stats/fitlm.html> [Πρόσβαση: 10.May.2020]

- MathWorks, MATLAB stepwiselm command. (2013b). <https://uk.mathworks.com/help/stats/stepwiselm.html> [Πρόσβαση: 10.May.2020]
- MATLAB. (2018). 9.4.0.813654 (R2018a). Natick, MA, USA: The MathWorks Inc.
- Monfort, B., & Mulder, C. (2000). Using Credit Ratings for Capital Requirements on Lending to Emerging Market Economies - Possible Impact of a New Basel Accord: Report 00/69. IMF Working Papers.
- Moody's Investors Service Data. (2020). <https://www.moodys.com> [Πρόσβαση: 01.Apr.2020]
- Mora, N. (2006). Sovereign credit ratings: Guilty beyond reasonable doubt? *Journal of Banking & Finance*, 30/7, 2041-2062.
- Μπόρα-Σέντα, Ε., & Μωυσιάδης, Χ. (1995). *Εφαρμοσμένη Στατιστική*. Θεσσαλονίκη, Ελλάδα: Εκδόσεις Ζήτη.
- Öğüt, H., Doğanay, M., Ceylan, N., & Aktas, R. (2012). Prediction of Bank Financial Strength Ratings: The Case of Turkey. *Economic Modelling*, 29/3, 632-640.
- Organization for Economic Cooperation and Development - OECD. (2020). <https://www.oecd.org/about/> [Πρόσβαση: 15.Apr.2020]
- Polito, V., & Wickens, M. (2015). Sovereign credit ratings in the European Union: A model-based fiscal analysis. *European Economic Review*, 78/1, 220-247.
- Reinhart, C. (2002). Sovereign Credit Ratings Before and After Financial Crises. In R. M. Levich, G. Majnoni, & C. Reinhart (Eds.), *Ratings, Rating Agencies and the Global Financial System. The New York University Salomon Center Series on Financial Markets and Institutions* (Vol. 9, pp. 251-268). Boston, MA, USA: Springer.
- Reuters. (2011). EU Slams Ratings Agencies After Portugal Downgraded. July 6.
- Reuters. (2016). Moody's cuts Turkey's credit rating to 'junk'. September 24.
- Rowland, P., & Torres, J. L. (2004). Determinants of Spread and Creditworthiness for Emerging Market Sovereign Debt - A Panel Data Study: Report 295, Institutional Repository of the Banco de la Republica.
- Sanz, I. P. (2020). Using the European Commission country recommendations to predict sovereign ratings: A topic modeling approach. *Expert Systems with Applications: X*, 5/1, 100026-100035.
- Shi, B., Chi, G., & Li, W. (2020). Exploring the mismatch between credit ratings and loss-given-default: A credit risk approach. *Economic Modelling*, 85/1, 420-428.

- Shi, B., Zhao, X., Wu, B., & Dong, Y. (2019). Credit rating and microfinance lending decisions based on loss given default (LGD). *Finance Research Letters*, 30/1, 124-129.
- The Telegraph. (2015). S&P downgrades Russia's sovereign credit rating to 'junk'. Jan 27.
- The Times of India. (2017). Arvind Subramanian Takes Dig at Rating Agencies: They Have 'poor Standards'. May 11.
- Theil, H. (1978). *Introduction to Econometrics*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice Hall.
- Treviño, L. (2001). Local versus Foreign Currency Ratings. *What Determines Sovereign Transfer Risk?*, 11/1, 65-76.
- Tullis, T., & Albert, B. (2013). *Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics* (2nd ed.). Waltham, MA, USA: Elsevier Inc.
- Vernazza, D. R., & Nielsen, E. F. (2015). The Damaging Bias of Sovereign Ratings. *Economic Notes*, 44/2, 361-408.
- World Bank Open Data. (2020). <https://data.worldbank.org> [Πρόσβαση: 01.Apr.2020]
- Χαλικιάς, Μ., Μανωλέσου, Α., & Λάλου, Π. (2015). *Μεθοδολογία Έρευνας και Εισαγωγή στη Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων με το IBM SPSS STATISTICS* (1st ed.). Αθήνα, Ελλάδα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Yalta, A. T., & Yalta, A. Y. (2018). Are credit rating agencies regionally biased? *Economic Systems*, 42/4, 682-694.
- Yim, J., & Mitchell, H. (2005). Comparison of country risk models: hybrid neural networks, logit models, discriminant analysis and cluster techniques. *Expert Systems with Applications*, 28/1, 137-148.



# Γλωσσάριο

$d$	Διάσταση
$F$	Έλεγχος που βασίζεται στην κατανομή $F$
$i$	Στοιχείο του δείγματος
$k$	Συνολικός αριθμός ανεξάρτητων μεταβλητών
$n$	Μέγεθος δείγματος
$N(\mu, \sigma^2)$	Κανονική κατανομή
$p$	Συνολικός αριθμός εκτιμητών ( $p = k + 1$ )
$\bar{R}^2$	Διορθωμένο $R^2$
$R^2$	Συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού
$RSS$	Άθροισμα τετραγώνων των καταλοίπων
$se_{\hat{\beta}_j}$	Τυπικό σφάλμα του εκτιμητή $\hat{\beta}_j$
$SST$	Διασπορά εξαρτημένης μεταβλητής
$t$	Έλεγχος που βασίζεται στην κατανομή $t$
$X$	Πίνακα που περιέχει τις ανεξάρτητες μεταβλητές
$X_j$	Ανεξάρτητη μεταβλητή $j$
$\hat{y}_i$	Εκτιμηθείσα παλινδρόμηση $i$
$\bar{Y}_i$	Μέση τιμή εξαρτημένης μεταβλητής πολλαπλής παλινδρόμησης
$Y$	Εξαρτημένη μεταβλητή ή πίνακας με τις εξαρτημένες μεταβλητές
$\alpha$	Επίπεδο σημαντικότητας
$\hat{\beta}_0$	Εκτιμητής σταθερού όρου πολλαπλής παλινδρόμησης
$\hat{\beta}_j$	Εκτιμητής συντελεστής $j$ πολλαπλής παλινδρόμησης
$\beta_0$	Σταθερός όρος πολλαπλής παλινδρόμησης
$\beta_j$	Συντελεστής $j$ πολλαπλής παλινδρόμησης
$\beta$	Πίνακας που περιέχει το σταθερό όρο και τους συντελεστές παλινδρόμησης
$\hat{\varepsilon}_i$	Κατάλοιπα
$\varepsilon$	Σφάλμα ή πίνακας με τα σφάλματα
$\mu$	Μέση τιμή
$\sigma^2$	Διακύμανση
$\sigma_\varepsilon^2$	Διακύμανση σφάλματος

# Παράρτημα Α

## Ανεξάρτητες Μεταβλητές

### A.1 Παγκόσμια Τράπεζα

Ο πιο κάτω πίνακας παρουσιάζει τις ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν από τη βάση δεδομένων της Παγκόσμιας Τράπεζας (World Bank Open Data, 2020).

#	Variable Name	Unit of Measurement
1	Adjusted net national income	annual % growth
2	Adjusted net national income per capita	annual % growth
3	Adjusted net savings, in. pa. emission damage	% of GNI
4	Adjusted savings: gross savings	% of GNI
5	Adjusted savings: natural resources depletion	% of GNI
6	Adjusted net savings, ex. pa. emission damage	% of GNI
7	Adjusted savings: net national savings	% of GNI
8	Central government debt	% of GDP
9	Customs and other import duties	% of tax revenue
10	Foreign direct investment, net outflows	% of GDP
11	GDP per capita, PPP	current international \$
12	GNI growth	annual %
13	GNI per capita growth	annual %
14	Goods and services expense	% of expense
15	Government expenditure on education, total	% of GDP
16	Gross domestic savings	% of GDP
17	Insurance and financial services	% of commercial service imports
18	Insurance and financial services	% of service exports, BoP
19	Merchandise exports	current US\$
20	Net investment in nonfinancial assets	% of GDP
21	Other taxes	% of revenue
22	Personal remittances, received	% of GDP
23	Revenue, excluding grants	% of GDP
24	Tax revenue	% of GDP
25	Taxes on exports	% of tax revenue
26	Taxes on goods and services	% value added of industry & serv.
27	Taxes on goods and services	% of revenue
28	Taxes on income, profits and capital gains	% of total taxes
29	Taxes on income, profits and capital gains	% of revenue
30	Taxes on international trade	% of revenue

Πίνακας Α.1: Ανεξάρτητες μεταβλητές από τη βάση δεδομένων της Παγκόσμιας Τράπεζας

## A.2 Διεθνές Νομισματικό Ταμείο

Ο πιο κάτω πίνακας παρουσιάζει τις ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν από τη βάση δεδομένων του Διεθνούς Νομισματικού Ταμείου (International Monetary Fund Data, 2020).

#	Variable Name	Unit of Measurement
1	Central government debt	% of GDP
2	Current account balance	% of GDP
3	General government gross debt	% of GDP
4	General government primary net lending/borrowing	% of GDP
5	General government revenue	% of GDP
6	General government structural balance	% of GDP
7	General government total expenditure	% of GDP
8	Gross domestic product per capita, current prices	% of GDP
9	Gross national savings	% of GDP
10	Historical Public debt	% of GDP
11	Implied PPP conversion rate	current US\$
12	Inflation	annual %
13	Inflation, end of period consumer prices	annual %
14	Overall fiscal balance, excluding grants	% of GDP
15	Real DDP growth	% of GDP
16	Real GDP growth rate	annual %
17	Total investment	% of GDP
18	Unemployment rate	annual %
19	Volume of exports of goods and services	annual %
20	Volume of Imports of goods	annual %
21	Volume of imports of goods and services	annual %
22	Volume of imports of goods and services	annual %

Πίνακας A.2: Ανεξάρτητες μεταβλητές από τη βάση δεδομένων του Διεθνούς Νομισματικού Ταμείου

## A.3 Nada Mora

Ο πιο κάτω πίνακας παρουσιάζει τις ανεξάρτητες μεταβλητές που αποκτήθηκαν από τη Nada Mora (Mora, 2006).

#	Variable Name	Unit of Measurement
1	External debt	% of GDP
2	Overall budget balance	% of GDP
3	OECD	Indicator variable; 1 or 0

Πίνακας A.3: Ανεξάρτητες μεταβλητές από τη Nada Mora

# Παράρτημα Β

## Κώδικες

### B.1 Μοντέλο Βιβλιογραφίας

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% C. C. Roussos %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%% File info
% Title:FLS model - fitlm command
% Author: Constantinos C. Roussos
% Date: 07/04/2020

clear all
close all
clc

%%
% File path
File_path = '';
% Change current folder
cd(File_path)

%% Import data

% Read Microsoft Excel spreadsheet file. File name: Database.xlsx
[Data, Variables] = xlsread('Database.xlsx',1);

%% Remove missing entries
[~, c] = find(strcmp(Variables,'Rating')==1); Data(:,c) = 0;
Data = rmmissing(Data);

%% Define variables

% Dependent variable
[~, c] = find(strcmp(Variables,'Rating_num')==1);
y_hat = (Data(:,c));

% Independent variables
VariableName = {'GDPperCapita', 'GDPgrowthRate', 'Inflation'...
               'OverallBudgetBalanceGDP', 'CurrentAccountGDP', ...
               'ExternalDebt', 'OECD'};

% Find the Independent Variables
for k=1:length(VariableName)
    [~, c] = find(strcmp(Variables,VariableName{k})==1);
    % Independent values
```

```

        x(:,k) = Data(:,c);
end

%% Linear regression model
% Model
mdl = fitlm(x,y_hat);

% b-hat values
b_hat = mdl.Coefficients(:,1);

% Mean squared error (residuals),  $\sigma^2$ 
MSE = mdl.SSE/mdl.DFE;

% Standard Error
SE = mdl.Coefficients(:,2);

% tStat
tStat = mdl.Coefficients(:,3);

% p-values
pValues = mdl.Coefficients(:,4);

% Coefficient Confidence Intervals, alpha = 5%
CoefficientConfidenceIntervals = coefCI(mdl,0.05);

% R-squared
Rsquared = mdl.Rsquared.Ordinary;

% R-Adjusted
RAdjusted = mdl.Rsquared.Adjusted;

% Analysis of variance for generalized linear mixed-effects model
ANOVA = anova(mdl, 'summary');

% F-statistic value
Fstatistic = ANOVA(2,4);

% p-value for the F-test on the model
pValue_Ftest = ANOVA(2,5);

```

## B.2 Μέθοδος Ελάχιστων Τετραγώνων

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% C. C. Roussos %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%% File info
% Title:FLS model - Least Squares Method
% Author: Constantinos C. Roussos
% Date: 07/04/2020

clear all
close all
clc

%%
% File path

```

```

File_path = '';
% Change current folder
cd(File_path)

%% Import data

% Read Microsoft Excel spreadsheet file. File name: Database.xlsx
[Data, Variables] = xlsread('Database.xlsx',1);

%% Remove missing entries
[~, c] = find(strcmp(Variables, 'Rating')==1); Data(:,c) = 0;
Data = rmmissing(Data);

%% Define variables
% Dependent values
[~, c] = find(strcmp(Variables, 'Rating_num')==1);
y_hat = Data(:,c);

% Independent variables
VariableName = {'GDPperCapita', 'GDPgrowthRate', 'Inflation'...
               'OverallBudgetBalanceGDP', 'CurrentAccountGDP', ...
               'ExternalDebt', 'OECD'};

% Find the Independent Variables
for k=1:length(VariableName)

    [~, c] = find(strcmp(Variables, VariableName{k})==1);

    % Independent values
    x(:,k) = Data(:,c);
end

x = [ones(size(x,1),1), x];

%% Least Squares Solution
% Equation: b_hat = ((x^T * x)^(-1)) * x^T * y_hat

% b-hat values
b_hat = inv(x' * x) * x' * y_hat;

```

## B.3 Νέα Μοντέλα

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% C. C. Roussos %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% File info
% Title: New models - stepwiselm command
% Author: Constantinos C. Roussos
% Date: 07/04/2020

clear all
close all
clc

%%
% File path

```

```

File_path = '';
% Change current folder
cd(File_path)

%% Import data

% Read Microsoft Excel spreadsheet file. File name: Database.xlsx
Data = readtable('Database.xlsx');
Data = Data(:,4:(size(Data,2)));

%% Model 1 - Linear
mdl1 = stepwiselm(Data,'Upper','linear','ResponseVar',...
    'Rating_num');

% b-hat values
b_hat = mdl1.Coefficients(:,1);

% Mean squared error (residuals),  $\hat{\sigma}^2$ 
MSE = mdl1.SSE/mdl1.DFE;

% Standard Error
SE = mdl1.Coefficients(:,2);

% tStat
tStat = mdl1.Coefficients(:,3);

% p-values
pValues = mdl1.Coefficients(:,4);

% Coefficient Confidence Intervals, alpha = 5%
CoefficientConfidenceIntervals = coefCI(mdl1,0.05);

% R-squared
Rsquared = mdl1.Rsquared.Ordinary;

% R-Adjusted
RAdjusted = mdl1.Rsquared.Adjusted;

% Analysis of variance for generalized linear mixed-effects model
ANOVA = anova(mdl1,'summary');

% F-statistic value
Fstatistic = ANOVA(2,4);

% p-value for the F-test on the model
pValue_Ftest = ANOVA(2,5);

%% Model 2 - Interactions

mdl2 = stepwiselm(Data,'Upper','interactions','ResponseVar',...
    'Rating_num')

% b-hat values
b_hat = mdl2.Coefficients(:,1);

```

```

% Mean squared error (residuals),  $\sigma^2$ 
MSE = mdl2.SSE/mdl2.DFE;

% Standard Error
SE = mdl2.Coefficients(:,2);

% tStat
tStat = mdl2.Coefficients(:,3);

% p-values
pValues = mdl2.Coefficients(:,4);

% Coefficient Confidence Intervals, alpha = 5%
CoefficientConfidenceIntervals = coefCI(mdl2,0.05);

% R-squared
Rsquared = mdl2.Rsquared.Ordinary;

% R-Adjusted
RAdjusted = mdl2.Rsquared.Adjusted;

% Analysis of variance for generalized linear mixed-effects model
ANOVA = anova(mdl2,'summary');

% F-statistic value
Fstatistic = ANOVA(2,4);

% p-value for the F-test on the model
pValue_Ftest = ANOVA(2,5);

```