

ΛΕΒΕΝΤΙΔΗ ΡΕΝΑ-ΑΡΤΕΜΙΣ

ΟΜΟΛΟΓΑ ΜΕ ΡΗΤΡΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΜΒΑ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟ ΜΑΝΑΤΖΜΕΝΤ  
Εποπτης Καθ:Π.ΜΠΟΥΦΟΥΝΟΥ

2021

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αναπτύσσουμε και παρουσιάζουμε ένα απλοποιημένο μοντέλο, εναλλακτικό της συμβατικής τιμολόγησης, για ομόλογα που συνδέονται με το ΑΕΠ. Η κύρια φιλοσοφία του υποδείγματος αυτού είναι η αντιστοίχιση των εξειδικευμένων αυτών χρεωστικών προϊόντων με κανονικούς τίτλους σταθερού εισοδήματος. Η διαδικασία αυτή τα καθιστά πιο κατανοητά και ελκυστικά στους συμμετέχοντες στην αγορά. Το βασικό χαρακτηριστικό των ομολόγων που συνδέονται με το ΑΕΠ είναι ότι τα τοκομερίδια τους σχετίζονται με την οικονομική ανάπτυξη των εκδοτών. Ως αποτέλεσμα, ο σχεδιασμός και η αντιστοίχιση αυτών των εργαλείων απαιτούν μακροοικονομική μοντελοποίηση βασικών παραμέτρων της οικονομικής ανάπτυξης, όπως πχ το κενό παραγωγής της χώρας έκδοσης. Αυτό γίνεται στην παρούσα διπλωματική για την περίπτωση της Ελλάδας ενώ επιπλέον παρουσιάζεται μια γενική μεθοδολογία αντιστοίχισης χρεωστικών εργαλείων βασισμένων σε δείκτες η οποία πραγματοποιείται μέσω προσομοιώσεων Monte-Carlo. Το μοντέλο μπορεί επίσης να εφαρμοστεί και σε άλλες χώρες, υπό την προϋπόθεση ότι τα δεδομένα θα πρέπει να προσαρμοστούν. Τέλος, η τιμολόγηση τέτοιων παραγώγων προϊόντων ώστε να ενσωματώνουν επιπλέον και πιστωτική αθέτηση είναι ένα περίπλοκο ζήτημα.

**Λέξεις-κλειδιά:** Ομόλογα συνδεδεμένα με το ΑΕΠ, plain vanilla ομόλογα.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΟ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου Παρασκευή Μπουφουνου για την στήριξη που μου έδειξε σε όλη την διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών .

Το συγκεκριμένο μεταπτυχιακό μου προσέφερε την γνώση πολλών νέων αντικειμένων τα οποία θα έχουν άμεση εφαρμογή στην εργασία μου ως τραπεζικός και θα βελτιώσουν ποιοτικά την δουλειά μου.

Για την υψηλή ποιότητα του μεταπτυχιακού αυτού θα ήθελα να συγχαρώ και να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές που συμμετέχουν σε αυτό και ιδιαίτερα τον Διευθυντή του προγράμματος αυτού κ. Χρηστο Πιτελή.

Θα ήθελα τέλος να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την συνεχή στήριξη που μου προσέφερε καθ'όλη την διάρκεια της ζωής μου και θα το αφιερώσω στην κορη μου Κρυσταλλία που την απόκτησα κατά την διάρκεια των σπουδών αυτών.

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

1.Εισαγωγή.

2. Περιγραφή Υποδείγματος.

3.Αντιστοιχία των ομολόγων που συνδέονται με το ΑΕΠ με ομόλογα τύπου vanilla.

4.Data ανάλυση και εφαρμογή του μοντέλου για την οικονομία.

5.Ομόλογα με ρητρα αναπτυξης.

6.Σχεδιασμός συμβολαίου και υλοποίηση ενός ομολογου με ρητρα αναπτυξης.

7.Συμπεράσματα.

8.Βιβλιογραφία.

## 1. Εισαγωγή

Ο όρος ομόλογα που συνδέονται με το ΑΕΠ αναφέρεται σε ομόλογα των οποίων οι αποπληρωμές δεν είναι σταθερές, αλλά αναπροσαρμόζονται με βάση την οικονομική κατάσταση της χώρας και ειδικότερα με βάση την πορεία του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ). Η ιδέα της έκδοσης αυτού του είδους των χρεωστικών μέσων δεν είναι νέα. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται σημαντική αύξηση των επιπέδων χρέους σε προηγμένες και αναδυόμενες οικονομίες σε όλο τον κόσμο. Ο κύριος λόγος φαίνεται να είναι η οικονομική ύφεση που επηρέασε τους δείκτες χρέους/ΑΕΠ για την πλειονότητα των χωρών. Ως αποτέλεσμα, η ιδέα της αντικατάστασης των συμβατικών μεθόδων με μέσα που σχετίζονται με την οικονομική κατάσταση της χώρας γίνεται όλο και πιο έντονη και η δυναμική των ομολόγων που συνδέονται με το ΑΕΠ γίνεται ισχυρότερη.

Τα τελευταία 25 χρόνια, εμφανίστηκαν γνωστοί οικονομολογοί να υποστηρίζουν την έκδοση ομολόγων με ρήτρα ανάπτυξης ως ευέλικτο χρεωστικό εργαλείο, για παράδειγμα οι Shiller (1993), Borensztein et al. (2004), Blanchart, Mauro & Acalin (2016). Σημαντικό δε είναι ότι το μήνυμά των επιστημόνων αυτών, βαθμιαία διαχέεται στους κύκλους που καθορίζουν την οικονομική πολιτική. Μερικές κεντρικές Τράπεζες όπως η Τράπεζα της Αγγλίας δραστηριοποιήθηκαν στη διερεύνηση των δυνατοτήτων τέτοιων μέσων (βλ. Benford, Best & Joy (2016)). Διεθνείς οργανισμοί, συμπεριλαμβανομένου πρόσφατα του ΔΝΤ, έχουν παράσχει μια διαφοροποιημένη, αλλά συνολικά υποστηρικτική αξιολόγηση της προοπτικής χρήσης χρεωστικών εργαλείων που να βασίζονται στην κατάσταση της οικονομίας ενός κράτους (Διεθνές Νομισματικό Ταμείο [ΔΝΤ] 2017). Ως ένδειξη αύξησης του ενδιαφέροντος για τέτοια μέσα οι διαμορφωτές πολιτικής των χωρών G20 (2017) συζήτησαν οδικό χάρτη για τα Ομόλογα με ρήτρα ανάπτυξης.

Χρεωστικά εργαλεία που σχετίζονται με την παραγωγή της χώρας θεωρούνται ευρέως ως σταθεροποιητές για τη βιωσιμότητα του χρέους. Πράγματι, στην περίπτωση αυτή, οι πληρωμές σχετίζονται αυτόματα με την ικανότητα πληρωμής του κράτους. Κατά συνέπεια, όπως αναφέρεται στους Abbas et al. (2019), όταν τα έσοδα είναι αδύναμα και η οικονομία αντιμετωπίζει κάποια ύφεση, οι πληρωμές μειώνονται σημαντικά. Αντίθετα, στα συμβατικά

ομόλογα, οι πληρωμές παραμένουν σταθερές επιβάλλοντας περαιτέρω περιορισμούς στην οικονομία καταλήγοντας έτσι σε έναν φαύλο κύκλο. Από αυτή την άποψη, τα ομόλογα που συνδέονται με το ΑΕΠ αποτελούν ελκυστικό εργαλείο, καθώς επιτρέπουν δημοσιονομικό χώρο κατά τη διάρκεια της ύφεσης και μειώνουν την πιθανότητα αθέτησης υποχρέωσης, η οποία είναι εξαιρετικά δαπανηρή τόσο για τους εκδότες όσο και για τους ομολογιούχους.

Η κοινή άποψη για τα ομόλογα συνδεδεμένα με το ΑΕΠ είναι (Abbas et al. (2019)) ότι συνδυάζουν κατ' αρχήν ελκυστικά στοιχεία με προκλήσεις στην εφαρμογή τους, που εξηγούν την μέχρι τώρα περιορισμένη αποδοχή τους. Τα ομόλογα με ρήτρα ανάπτυξης προσφέρουν ένα εσωτερικό μηχανισμό σταθεροποίησης του δημόσιου χρέους μέσα σε ένα περιβάλλον αβεβαιότητας. Αυτό είναι, ιδιαίτερα πολύτιμο όπου το χρέος είναι βιώσιμο, αλλά διατηρείται σε υψηλά επίπεδα και η εκκαθάριση του μέσω συμβατικής προσαρμογής απαιτεί χρόνο. Οι επενδυτές, απ' την πλευρά τους, ενδιαφέρονται για τη μείωση του κινδύνου αθέτησης υποχρέωσης. Επιπλέον ορισμένοι επενδυτές ενδέχεται να βρουν το ομόλογο αυτό ως ελκυστικό προϊόν που να εγγυάται αποδόσεις που να συνδέονται με το μέσο ρυθμό ανάπτυξης του ΑΕΠ δεδομένων των αναγκών και της φύσης των υποχρεώσεών τους. Ωστόσο, τα ομόλογα που συνδέονται με το ΑΕΠ δεν έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι στιγμής σε προηγμένες Οικονομίες και η περιστασιακή χρήση τους για αναδιάρθρωση χρεών συμβάλλει προς την διαμόρφωση αντίληψης ότι τα ομόλογα με ρήτρα ανάπτυξης είναι εργαλεία κατάλληλα για χώρες με υπερβολικό χρέος.

Αυτό μπορεί να αποδοθεί στα προβλήματα που σχετίζονται με τα ομόλογα συνδεδεμένα με το ΑΕΠ. Πρώτον, τα ομόλογα που συνδέονται με το ΑΕΠ εισάγουν τον πειρασμό στη χώρα έκδοσης να τροποποιήσει τα στατιστικά στοιχεία για το ΑΕΠ για να μειώσει τις πληρωμές. Επιπλέον, μια χώρα που γνωρίζει ότι η ανάπτυξή της καθορίζει αναλογικά τις αποπληρωμές του χρέους της μπορεί να επιδιώξει να αναπτυχθεί λιγότερο. Αυτοί οι δύο παράγοντες αυξάνουν το ασφάλιστρο κινδύνου που επιβάλλεται στα ομόλογα με ρήτρα ανάπτυξης, αυξάνοντας το κόστος τους και μειώνοντας τις επενδύσεις που συνδέονται με αυτά. Ένα ακόμη σημαντικότερο πρόβλημα με τα ομόλογα συνδεδεμένα με το ΑΕΠ είναι η χρηματοοικονομική τους δομή. Ένα ομόλογο συνδεδεμένο με το ΑΕΠ μπορεί να

σχεδιαστεί με πολλούς τρόπους. Όσο πιο περίπλοκος είναι ο σχεδιασμός, τόσο πιο δύσκολο είναι να τιμολογήσει και τόσο χαμηλότερη είναι η αξία.

Με τη μείωση της εξυπηρέτησης του χρέους σε κακές εποχές (και αντίστροφα), ο κίνδυνος αύξησης του ΑΕΠ μεταφέρεται από τη χώρα οφειλέτη στον πιστωτή, ο οποίος με τη σειρά του πρέπει να το αντισταθμίσει ή να το συγκεντρώσει στο πλαίσιο κάποιου συγκεκριμένου επενδυτικού δείκτη αναφοράς. Το πρόβλημα είναι ότι ο κίνδυνος ανάπτυξης είναι εξωτερικός, δύσκολος να τιμολογηθεί και να αντισταθμιστεί σωστά (κανένα χρηματοπιστωτικό μέσο δεν έχει υψηλή συσχέτιση με την πραγματική ανάπτυξη) και επομένως δαπανηρό για τους επενδυτές. Ως αποτέλεσμα, το σύμπαν των επενδυτών για αυτά τα ομόλογα είναι στενό και εξαιρετικά κερδοσκοπικό, το οποίο, και πάλι, αυξάνει το κόστος του χρέους.

Ωστόσο, υπήρξαν ορισμένες εμπειρίες κυρίως στο πλαίσιο αναδιρθώσεων χρέους με εργαλεία που μοιράζονται ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά με τα ομόλογα με ρήτρα ανάπτυξης τα οποία όμως λαμβάνουν την μορφή μη εμπορεύσιμων εργαλείων (Διεθνές Νομισματικό Ταμείο [ΔΝΤ] 2017). Κανένα κράτος δεν έχει ακόμη εκδώσει ομόλογο συνδεδεμένο με το ΑΕΠ με πλήρη και συμμετρικό επιμερισμό κινδύνου μεταξύ κρατών και ιδιωτών επενδυτών - μείωση με χαμηλότερο ΑΕΠ και αύξηση με υψηλότερα ΑΕΠ (βλ. Benford, Best & Joy (2016), OECD (2017)). Η πιο επιτυχημένη εμπειρία ομολόγων εξαρτημένων από την κατάσταση της οικονομίας, είναι τα ομόλογα συνδεδεμένα με τον πληθωρισμό που ξεκίνησαν για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1980. Σήμερα τα μέσα αυτά αντιπροσωπεύουν το 7% του δημόσιου χρέους συνολικά στις χώρες του ΟΟΣΑ (ΟΟΣΑ 2017), αλλά το ποσοστό αυτό φθάνει το ένα τέταρτο του δημόσιου χρέους στο Ηνωμένο Βασίλειο και πάνω από το 10 % στην Ιταλία και τη Γαλλία.

Η τρέχουσα εποχή μπορεί σιγά-σιγά να γίνει πιο ευνοϊκή (Abbas et al. (2019)) στην χρήση των ομολόγων που συνδέονται με το ΑΕΠ, συμπεριλαμβανομένων των προηγμένων οικονομιών και ιδίως των ευρωπαϊκών χωρών. Οι οικονομικές συνθήκες και οι δημοσιονομικές προοπτικές έχουν βελτιωθεί πρόσφατα σε όλες τις μετρήσεις της ΕΕ σε συνδυασμό με τη διεύρυνση της ανάκαμψης. Παρ' όλα αυτά, τα επίπεδα κρατικού χρέους είναι υψηλά ως κληρονομιά της κρίσης, ενώ οι προοπτικές ανάπτυξης παραμένουν αβέβαιες. Οι διαμορφωτές πολιτικής πρέπει να εγγυώνται τη βιωσιμότητα του χρέους σε αυτό το περιβάλλον. Τα

συνδεδεμένα με το ΑΕΠ ομόλογα μπορούν να συμβάλλουν αποτελεσματικά προς αυτή την κατεύθυνση απομειώνοντας τους κινδύνους που προέρχονται από κρίσεις δια μέσου λείων προσαρμογών. Τα ομόλογα συνδεδεμένα με το ΑΕΠ μπορεί να επίσης να αύξηση την ευκαμψία του βραχυπρόθεσμου προϋπολογισμού και τον διασυνοριακό επιμερισμό του κινδύνου ειδικά όταν ένα σημαντικό τμήμα του χρέους είναι ξένο. Τα οφέλη αυτά όσον αφορά την μακροχρόνια φερεγγυότητα και ανθεκτικότητα σε κραδασμούς έχουν σημασία για τις χώρες της ζώνης του ευρώ. Επιπλέον, τα ομόλογα που συνδέονται με το ΑΕΠ μπορεί να αποτελούν έμμεσο, αλλά αποτελεσματικό μέσο για απευαισθητοποίηση σε οικονομικές μεταρρυθμίσεις. Εν ολίγοις, σε περιβάλλον μετά-κρίσης, η περίπτωση των ομολόγων που συνδέονται με το ΑΕΠ μπορεί να Ισχυρότερη από πριν δίνοντας κίνητρο για περαιτέρω ανάλυση των επιπτώσεών τους.

Όπως προαναφέρθηκε, η εξοικείωση των αγορών, των επενδυτών, των κρατών κ.λπ., με αυτό το είδος χρεωστικών μέσων είναι ζωτικής σημασίας για την περαιτέρω ανάπτυξη και αποδοχή τους. Προς αυτή την κατεύθυνση, το πρώτο, και ίσως το μεγαλύτερο, ζήτημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι η τιμολόγηση αυτών των ομολόγων. Ενώ στα συμβατικά ομόλογα τα πράγματα είναι σαφή και εύκολα κατανοητά από την πλειοψηφία των συμμετεχόντων, η τιμολόγηση των ομολόγων που συνδέονται με το ΑΕΠ είναι ένα εξελιγμένο θέμα. Μέχρι σήμερα έχουν γίνει ελάχιστες προσπάθειες για την ανάπτυξη ενός πλαισίου τιμολόγησης για αυτά τα ομόλογα (βλ. Borensztein et al. 2004, Chanon & Mauro 2006, Ruban, Poon & Vonatsos 2008, Shiller 1993, eds. Shiller, Ostry and Benford 2018).

Στο άρθρο των Borensztein et al. 2004, οι συγγραφείς προσομοιώνουν τις επιπτώσεις των ομολόγων συνδεδεμένων με το ΑΕΠ κάτω από διαφορετικές παραδοχές σχετικά με τις λειτουργίες αντίδρασης της δημοσιονομικής πολιτικής και τις επιπτώσεις τους στην παραγωγή και να διαπιστώσουν ότι θα μπορούσαν να μειώνουν σημαντικά την πιθανότητα να καταστεί εκρηκτική η πορεία του δείκτη χρέους/ΑΕΠ. Στο Chanon & Mauro 2006, οι συγγραφείς παρουσιάζουν έναν διαφορετικό τρόπο τιμολογιακής ανάπτυξης ομολόγων συνδεδεμένων με το ΑΕΠ. Αρχίζουν με την παρατήρηση ότι υπάρχει τάση των αναδυόμενων αγορών να είναι μη ανεκτικές ως προς το χρέος και η αθέτηση υποχρέωσης να συμβαίνει όταν ο δείκτης χρέους/ΑΕΠ υπερβαίνει μια ορισμένη τιμή. Ως αποτέλεσμα η προσέγγισή τους βασίζεται



σε κανόνα ενεργοποίησης του δείκτη χρέους/ΑΕΠ. Στο Ruban, Poon & Vonatsos 2008, οι συγγραφείς λαμβάνουν τιμές και προφίλ αθετήσεων για απλά ομόλογα και διάφορες δομές που συνδέονται με το ΑΕΠ και τα οποία θα μπορούσαν να εκδοθούν από τα κράτη αναδυομένων αγορών. Το Shiller 1993, eds. Shiller, Ostry and Benford 2018, είναι μια συλλογή από άρθρα σχετικά με την λογική και τον σχεδιασμό ομολόγων που συνδέονται με το ΑΕΠ.

Σε αυτή την διπλωματική, παρουσιάζουμε ένα μοντέλο τιμολόγησης των ομολόγων που συνδέονται με το ΑΕΠ και το εφαρμόζουμε στην περίπτωση της ελληνικής οικονομίας. Το ΑΕΠ του κράτους διαμορφώνεται κατάλληλα ως η υπέρθεση μιας τάσης και μιας κυκλικής συνιστώσας που ακολουθεί την διεργασία Ornstein-Uhlenbeck. Για να καταστεί η τιμολόγηση αυτού του τύπου ομολόγων περισσότερο διαφανής τα αντιστοιχούμε σε απλά Ομόλογα. Χρησιμοποιούμε ιστορικά δεδομένα από την Ελληνική οικονομία τα τελευταία 60 χρόνια και αποσυνθέτουμε το ελληνικό ΑΕΠ, σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο, στη μακροχρόνια τάση και την κυκλική συνιστώσα. Εμείς χρησιμοποιούμε αυτή την αποσύνθεση για την τιμολόγηση-αντιστοίχιση Ελληνικών ομολόγων με ρήτρα ανάπτυξης με βάση διάφορα σενάρια μεταβλητών κουπονιών. Η μελέτη μας μπορεί να χρησιμοποιηθεί καταρχήν για την τιμολόγηση ομολόγων που συνδέονται με το ΑΕΠ για οποιαδήποτε οικονομία σε περίπτωση κατάλληλης προσαρμογής των οικονομικών στοιχείων. Τέλος, από την έρευνά μας προκύπτει ένα ακόμη ενδιαφέρον χαρακτηριστικό των ομολόγων με ρήτρα ανάπτυξης, το οποίο θεωρούμε ότι αξίζει να αναφερθεί: οι καμπύλες που δίνουν για τα ομόλογα αυτά την αντίστοιχη απόδοση ενός plain vanilla ομολόγου μπορούν να συνοψίσουν ορισμένες σημαντικές πληροφορίες για την οικονομία μιας χώρας (της Ελλάδας, στην προκειμένη περίπτωση). Για περισσότερες πληροφορίες παραπέμπουμε στην Ενότητα 5.

Η διπλωματική αυτή είναι οργανωμένο ως εξής: Στην Ενότητα 2 αναπτύσσουμε ένα μοντέλο για το ΑΕΠ του κράτους. Στην Ενότητα 3 αναλύουμε την αντιστοιχία μεταξύ ενός ομολόγου που συνδέεται με το ΑΕΠ και ενός απλού ομολόγου. Στην Ενότητα 4 χρησιμοποιούμε ιστορικά δεδομένα για την Ελλάδα τα τελευταία 60 χρόνια και αποσυνθέτουμε τη χρονοσειρά του ελληνικού ΑΕΠ όλα αυτά τα χρόνια σε μια τάση και μια κυκλική συνιστώσα. Στην Ενότητα 5 εφαρμόζουμε διάφορα σενάρια τιμολόγησης ενός ομολόγου που συνδέεται με το ΑΕΠ για την περίπτωση της ελληνικής οικονομίας. Στην Ενότητα 6 κάνουμε μερικές παρατηρήσεις

σχετικά με την εφαρμογή στην πράξη ενός ομολόγου που συνδέεται με το ΑΕΠ. Η Ενότητα 7 συνοψίζει τα βασικά συμπεράσματα της διπλωματικής και περιγράφει μελλοντικές κατευθύνσεις για την έρευνα. Τέλος, στο Παράρτημα δίνουμε τα βασικά στοιχεία του φίλτρου Hodrick–Prescott το οποίο αποσυνθέτει μια οικονομική χρονοσειρά σε τάση και κυκλική συνιστώσα.

## 2. Περιγραφή Υποδείγματος

Σε αυτή την ενότητα, αναπτύσσουμε ένα απλό διαρθρωτικό μοντέλο για ομόλογα συνδεδεμένα με το ΑΕΠ που σχετίζει τις ταμειακές ροές χρέους με τη δυναμική των μακροοικονομικών μεταβλητών.

Για λόγους απλότητας, θα υποθέσουμε ότι όλο το χρέος του δημοσίου αντιπροσωπεύεται από ένα ομόλογο, εκφρασμένο σε ξένο νόμισμα, και ότι μας ενδιαφέρει η αποτίμηση αυτού του ομολόγου. Μετά τον αρχικό χρόνο  $t = 0$ , δεν υπάρχει περαιτέρω έκδοση χρέους. Η υπόθεση μας είναι ότι τα κρατικά περιουσιακά στοιχεία που μπορούν να αφιερωθούν στην εξυπηρέτηση του χρέους κατά τη χρονική στιγμή  $t$  είναι συνάρτηση της δυνητικής παραγωγής (ή της τάσης παραγωγής) εκείνη τη στιγμή.

Η δυνητική παραγωγή ορίζεται συνήθως ως ένα μέτρο βιώσιμης παραγωγής στην οικονομία, στο οποίο η ένταση της χρήσης των πόρων δεν προσθέτει ή μειώνει την πληθωριστική πίεση. Είναι επίσης ένα μέτρο της τάσης του πραγματικού ΑΕΠ, όπου η επίδραση των βραχυπρόθεσμων διαταραχών καθώς και του επιχειρηματικού κύκλου έχει καταργηθεί.

Το κίνητρο πίσω από αυτή την υπόθεση είναι ότι η υψηλότερη βιώσιμη ανάπτυξη καθιστά δυνατή τη συσσώρευση μεγαλύτερων πόρων για την εξυπηρέτηση του χρέους. Μπορεί επίσης να σχετίζεται με την πρόσθετη ικανότητα δανεισμού που διαθέτει το δημόσιο, σε περίπτωση που το νέο χρέος χρησιμοποιηθεί για την εξυπηρέτηση παλαιών χρεών προκειμένου να αποφευχθεί η αθέτηση υποχρέωσης. Συμβολίζουμε τη δυνητική πραγματική παραγωγή (τάση του πραγματικού ΑΕΠ) κατά τη χρονική στιγμή  $t$  στο εγχώριο νόμισμα ως  $\bar{Y}_t$ .

Το πραγματικό ΑΕΠ σε εγχώριο νόμισμα τη χρονική στιγμή  $t$ , το οποίο συμβολίζουμε με  $Y_t$ , σχετίζεται με το δυνητικό ΑΕΠ μέσω του παραγωγικού κενού. Το κενό εξόδου στο χρόνο  $t$ ,  $G_t$ , ορίζεται ως ο λόγος της πραγματικής προς τη δυνητική παραγωγή, έτσι ώστε να ισχύει:

$$(2.1) \quad \bar{Y}_t = G_t Y_t$$

Υποθέτουμε ότι το  $\bar{Y}_t$  ικανοποιεί

$$(2.2) \quad d\bar{Y}_t = \mu\bar{Y}_t dt$$

Διαισθητικά,  $\mu$  καθορίζει τον αναμενόμενο μακροπρόθεσμο ρυθμό βιώσιμης ανάπτυξης.

Με τη λήψη λογάριθμων και στις δύο πλευρές του (2.1) λαμβάνουμε:

$$\ln\bar{Y}_t = \ln G_t + \ln Y_t$$

$$(2.3) \quad dg_t = -kg_t dt + VdW$$

όπου  $k > 0$ ,  $V > 0$  είναι σταθερές και  $W_t$  υποδηλώνει τη διαδικασία Wiener. Από οικονομική άποψη, το  $V$  οδηγεί την ένταση του επιχειρηματικού κύκλου, δηλαδή τις προσωρινές εκρήξεις και συσπάσεις, ενώ το  $k$  καθορίζει τη διάρκειά του.

Η διαδικασία Ornstein-Uhlenbeck είναι μια χρονικά ομοιογενής διαδικασία Gauss-Markov. Χρονική ομοιογένεια σημαίνει ότι οι κατανομές πιθανότητας δεν επηρεάζονται από τις μετατοπίσεις του άξονα  $t$ . Στην πραγματικότητα, είναι η μόνη μη τετριμμένη διαδικασία που πληροί αυτές τις τρεις προϋποθέσεις, ως του να επιτρέψει γραμμικούς μετασχηματισμούς των μεταβλητών χώρου και χρόνου. Πιο σημαντικά, είναι μια διαδικασία επαναφοράς μέσου που σημαίνει ότι τείνει να παρασύρεται προς τη μέση κατάσταση της με την πάροδο του χρόνου. Ακριβώς αυτή η ιδιότητα καθιστά σκόπιμη τη χρήση αυτής της διαδικασίας για την μοντελοποίηση της κυκλικής συνιστώσας του ΑΕΠ, διότι οι διακυμάνσεις του ΑΕΠ κοντά στην τάση  $\bar{Y}_t$  οδηγούνται, ακόμη και από την δημοσιονομική πολιτική, εάν αυτό είναι απαραίτητο, προς τη μέση τιμή τους.

Η εφαρμογή του μοντέλου που περιγράφεται στο τμήμα 2 αντιμετωπίζει το ίδιο βασικό ζήτημα με το Burns και το Mitchell (1946) πριν από πενήντα χρόνια: Πώς πρέπει κανείς να απομονώσει την κυκλική συνιστώσα μιας οικονομικής χρονοσειράς; Ειδικότερα, πώς θα πρέπει να διαχωρίζονται τα στοιχεία του

επιχειρηματικού κύκλου από τις αργά εξελισσόμενες μακροχρόνιες τάσεις και τις ταχέως μεταβαλλόμενες εποχιακές ή ακανόνιστες συνιστώσες; Η λύση του προβλήματος περιλαμβάνει τον καθορισμό του τι σημαίνει επιχειρηματικός κύκλος και μετατροπή ή φιλτράρισμα των μακροοικονομικών σειρών ώστε να συμφωνούν με αυτόν τον ορισμό. Στο προσάρτημα Α, παρουσιάζουμε μια σύντομη επισκόπηση του φίλτρου Hodrick-Prescott για την αποσύνθεση μιας χρονικής σειράς σε αναπτυξιακές και κυκλικές συνιστώσες.

Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε το μοντέλο (2.1), (2.2) και (2.3), προκειμένου να περιγράψουμε ποσοτικά τα ομόλογα που συνδέονται με το ΑΕΠ της Ελλάδας. Το πρώτο βήμα προς την επίτευξη αυτού του στόχου είναι η αντιστοίχιση των ομολόγων που συνδέονται με το ΑΕΠ με τα απλά ομόλογα βανίλια.

### 3. Αντιστοιχία των ομολόγων που συνδέονται με το ΑΕΠ με ομόλογα τύπου vanilla

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα ενός ομολόγου με δείκτη ανάπτυξης δεν είναι πάντα εύκολο να γίνουν κατανοητά. Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, αυτός είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους αυτού του είδους τα ομόλογα δεν είναι πολύ συνηθισμένα. Έχει επίσης προταθεί ότι η εξάρτηση των ομολόγων αυτών από δείκτες, όπως είναι δείκτες που εξαρτώνται από το ΑΕΠ, θα πρέπει να λάβει όσο το δυνατόν απλούστερη μορφή. Σε αυτή την ενότητα, αναπτύσσουμε μια μεθοδολογία για την ανάλυση της αντιστοιχίας μεταξύ ενός ομολόγου που συνδέεται με το ΑΕΠ και ενός απλού ομολόγου τύπου vanilla. Η προσδοκία είναι ότι τόσο οι εκδότες του ομολόγου όσο και οι επενδυτές θα κατανοήσουν καλύτερα την αξία του ομολόγου και θα αποκτήσουν κάποια εξοικείωση με αυτό το εργαλείο.

Υπενθυμίζουμε ότι τα ομόλογα τύπου vanilla είναι η πιο βασική και τυπική έκδοση των ομολόγων. Έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: α) σταθερό τοκομερίδιο, δηλαδή οι υποχρεώσεις πληρωμής του εκδότη είναι τυπικές, (β) ο χρόνος πληρωμής τοκομεριδίων είναι επίσης σταθερός και προκαθορισμένος, γ) προκαθορισμένη ημερομηνία λήξης και δ) σταθερή ονομαστική αξία του ομολόγου. Ως εκ τούτου, τα απλά ομόλογα τύπου vanilla γίνονται εύκολα κατανοητά τόσο από τους εκδότες όσο και από τους επενδυτές. Κατά συνέπεια, η καθιέρωση μιας αντιστοιχίας μεταξύ ομολόγων τύπου vanilla και ομολόγων που συνδέονται με το ΑΕΠ, αναμένεται να βελτιώσει την κατανόησή μας για τα τελευταία και να ενισχύσει την εξοικείωσή μας με αυτό το χρηματοδοτικό μέσο.

Ξεκινάμε τώρα με ένα ομόλογο συνδεδεμένο με το ΑΕΠ. Υποθέτουμε ότι το δημόσιο εκδίδει ομόλογο ονομαστικής αξίας ίσης με 1 με ορίζοντα 20 ετών. (Πολλές εργασίες υποστηρίζουν ότι τα ομόλογα αυτού του τύπου πρέπει να είναι διαρκή και να περιλαμβάνουν περισσότερους από έναν επιχειρηματικούς κύκλους (βλέπε [17]). Αυτό είναι επωφελές τόσο για τους εκδότες όσο και για τους επενδυτές). Το ομόλογο εξαρτάται από έναν δείκτη  $g_t$ . Κατά συνέπεια, το τοκομερίδιο  $\delta_t$  του ομολόγου είναι συνάρτηση  $f$  του  $g_t$

:  $\delta_t = f(g_t)$ . (Στην Ενότητα 5 αναλύουμε διάφορα σενάρια που αφορούν τη συνάρτηση  $f$ ). Ως εκ τούτου, οι επενδυτές λαμβάνουν τοκομερίδιο  $\delta_t = f(g_t)$  κατά το έτος  $t$ , το οποίο συνδέεται με τον ρυθμό ανάπτυξης της οικονομίας.

Είναι σαφές ότι οι πληρωμές που λαμβάνουν οι ομολογιούχοι εξαρτάται από μια ακολουθία

$$\bar{G} = (g_{t_1}, g_{t_2}, \dots, g_{t_{20}}) \in \mathbb{R}^{20},$$

που ονομάζουμε *μονοπάτι*. Από την Ενότητα 2, γνωρίζουμε ότι το  $g_t$  ακολουθεί μια στοχαστική διαδικασία. Κατά συνέπεια, το μονοπάτι  $\bar{G}$  είναι επίσης στοχαστικό και δεν μπορεί να προβλεφθεί.

Τώρα θεωρούμε έναν ομόλογο τύπου *vanilla* με ποσοστό απόδοσης ίσο με  $r$ . Θεωρούμε την εξίσωση:

$$(3.1) \quad 1 = \frac{f(g_{t_1})}{1+r} + \frac{f(g_{t_2})}{(1+r)^2} + \dots + \frac{1+f(g_{t_{20}})}{(1+r)^{20}}.$$

Επιλέγουμε ένα μονοπάτι  $\bar{G} = (g_{t_1}, g_{t_2}, \dots, g_{t_{20}}) \in \mathbb{R}^{20}$ . Τότε η πιο πάνω εξίσωση μπορεί να λυθεί ως προς  $r$  για το συγκεκριμένο μονοπάτι  $\bar{G}$  που επιλέξαμε. Η τιμή του  $r$  εξαρτάται από το μονοπάτι  $\bar{G}$  όπως επίσης και από τη συνάρτηση  $f$  που έχει επιλεγεί για το ομόλογο που εξαρτάται από το ΑΕΠ, δηλαδή είναι  $r = F(\bar{G}, f)$ .

Ωστόσο, τα μονοπάτια  $\bar{G}$ , δηλαδή τα χρόνια που η οικονομία αντιμετωπίζει κάποια κρίση ή αντιμετωπίζει μια δυσχέρεια, ακολουθούν κάποια στοχαστική διαδικασία. Για να ξεπεράσουμε αυτό το εμπόδιο, χρησιμοποιούμε τη μέθοδο Monte-Carlo για να προσομοιώσουμε μια σειρά από πιθανές διαδρομές και, στη συνέχεια, να υπολογίσουμε την αναμενόμενη τιμή στο σύνολο αυτών των διαδρομών. Το τελικό αποτέλεσμα είναι μια εξίσωση της μορφής:

$$(3.2) \quad r = \mathbb{E}_{\bar{G}}(F(\bar{G}, f)) = R(f).$$

Η εξίσωση (3.2) δίνει το ποσοστό απόδοσης  $r$  ενός απλού ομολόγου τύπου *vanilla* που αντιστοιχεί στη συνάρτηση  $f$  που έχει επιλεγεί για το ομόλογο που συνδέεται με το ΑΕΠ. Δεδομένου ότι, αυτά τα ομόλογα που συνδέονται με το ΑΕΠ λαμβάνουν υπόψη χρόνια ύφεσης, όταν η πληρωμή είναι μικρότερη, και χρόνια θετικού ρυθμού ανάπτυξης, όταν η πληρωμή είναι

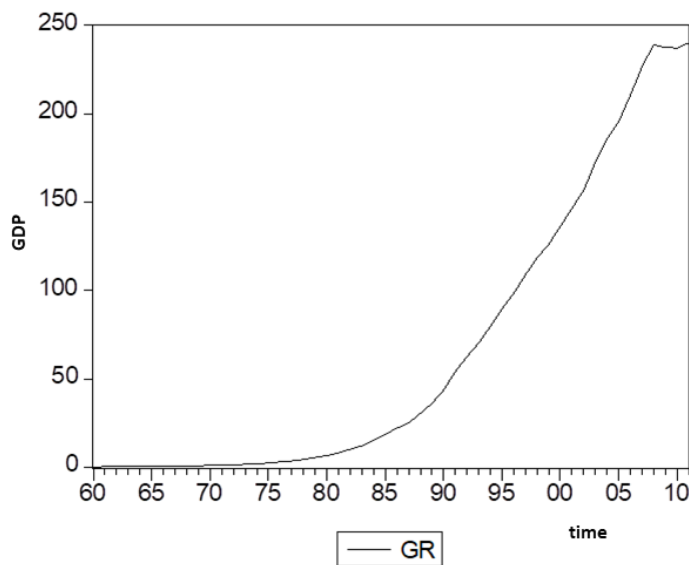
μεγαλύτερη ώστε να αντισταθμίζουν έτσι τις «κακές» περιόδους, η επόμενη ανισότητα θα πρέπει να ισχύει:

$$\min f \leq r \leq \max f.$$

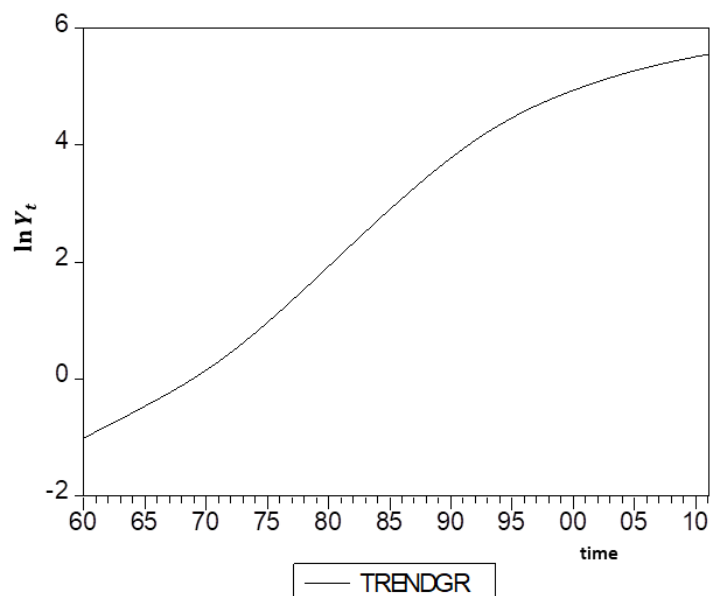


#### 4. Data ανάλυση και εφαρμογή του μοντέλου για την οικονομία

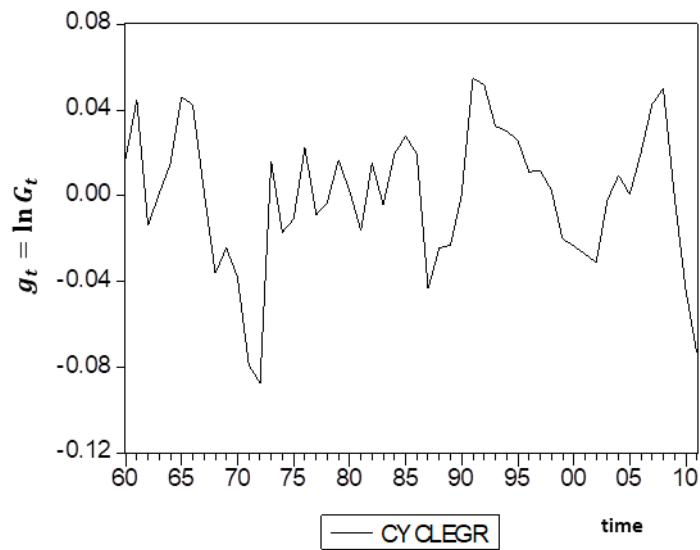
Στην έρευνά μας, συγκεντρώσαμε ιστορικά δεδομένα για την Ελλάδα τα τελευταία 60 χρόνια. Το Σχήμα 1 δείχνει το πραγματικό ΑΕΠ. Από αυτό το διάγραμμα, με τη χρήση του φίλτρου Hodrick-Prescott, ο λογάριθμος της χρονοσειράς για το ΑΕΠ αναλύεται σε μια τάση  $\ln Y_t$  και σε μία κυκλική συνιστώσα  $\ln G_t = g_t$  που εμφανίζονται στα Σχήματα 2 και 3 αντίστοιχα.



Σχήμα 1. Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν της Ελλάδας κατά τα έτη 1960-2010.



Σχήμα 2. Η συνιστώσα τάσης του λογαρίθμου του ΑΕΠ της Ελλάδας.



Σχήμα 3. Η κυκλική συνιστώσα  $g_t$  του λογαρίθμου του ΑΕΠ (κενό παραγωγής ή output gap).

Το κυκλικό τμήμα αντιστοιχεί σε μια στάσιμη διαδικασία η οποία, σε συνεχή χρόνο, μπορεί να μοντελοποιηθεί με μια διαδικασία Ornstein-Uhlenbeck, όπως περιγράφεται στην Εξίσωση (2.3). Το διακριτό ανάλογο αυτής της διαδικασίας είναι το μοντέλο παλινδρόμησης AR(1) τάξης 1 και λαμβάνεται ως εξής: θεωρούμε ότι το  $dt$  είναι χρονική περίοδος ίση με 1 και αντικαθιστούμε το  $dg_t$  με  $g_{t+1} - g_t$ . Ως εκ τούτου, έχουμε:

$$g_{t+1} = g_t - k \cdot g_t + V(W_{t+1} - W_t)$$

ή ισοδύναμα,

$$(4.1) \quad g_{t+1} = (1 - k) \cdot g_t + V(W_{t+1} - W_t).$$

Η διαδικασία που περιγράφεται στην Εξίσωση (4.1) προσαρμόστηκε στα μακροοικονομικά δεδομένα της Ελληνικής οικονομίας και τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο Σχήμα 4.

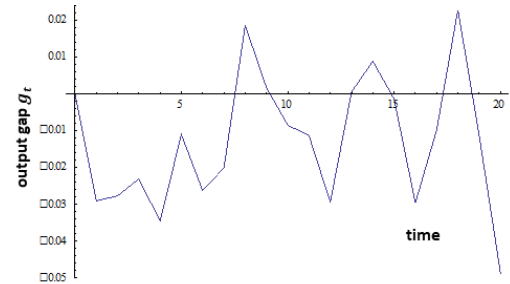
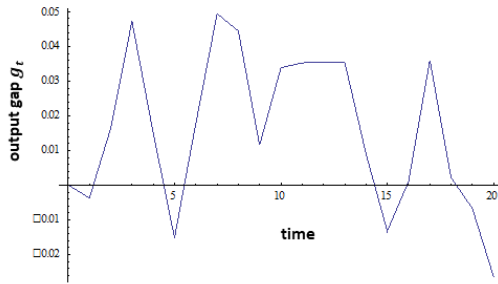
Dependent Variable: CYCLEGR  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/21/21 Time: 16:44  
 Sample(adjusted): 1961 2011  
 Included observations: 51 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CYCLEGR(-1)	0.597504	0.122319	4.884791	0.0000
R-squared	0.322979	Mean dependent var		-0.000342
Adjusted R-squared	0.322979	S.D. dependent var		0.032744
S.E. of regression	0.026942	Akaike info criterion		-4.370852
Sum squared resid	0.036293	Schwarz criterion		-4.332973
Log likelihood	112.4567	Durbin-Watson stat		1.698354

Σχήμα 4. Ανάλυση αυτοπαλινδρόμησης για το output gap  $g_t$ .

Η εξαρτημένη μεταβλητή CYCLEGR αναφέρεται στο  $g_t$  και CYCLEGR(-1) υποδηλώνει ότι κάνουμε μια αυτοπαλινδρόμηση με το  $g_{t-1}$ . Το αποτέλεσμα δείχνει ότι ο coefficient, δηλαδή, ο συντελεστής  $1 - k$  της εξίσωσης (4.1), ισούται με  $0.597504 \approx 0.6$ . Ως εκ τούτου  $k \approx 0.4 = 40\%$ . Επιπλέον, το τυπικό σφάλμα (S.E.) της παλινδρόμησης (το οποίο είναι ίσο με  $0.026942$ ) είναι μια εκτίμηση της τυπικής απόκλισης του «πραγματικού θορύβου» στο  $g_t$ , δηλαδή του όρου  $V(W_{t+1}-W_t)$ . Είναι γνωστό ότι αν  $W_t$  είναι μία διαδικασία Wiener, τότε η διαφορά  $W_{t+1}-W_t$  ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τιμή 0 και διακύμανση  $t+1-t=1$ . Συνεπώς  $V(W_{t+1}-W_t) \sim N(0, V^2)$  και, ως εκ τούτου, η τυπική απόκλισή του είναι ίση προς  $V$ . Έτσι  $V = 0.026942 \approx 0.027$ . Επομένως, από την ανάλυση αυτή προκύπτει ότι οι παράμετροι της συνεχούς διαδικασίας μπορούν να εκτιμηθούν ως  $k = 40\%$  για το συντελεστή επαναφοράς μέσου και ως  $V = 2.7\%$  για τη μεταβλητότητα του υποδείγματος.

Αυτή η διαδικασία επιτρέπει την παραγωγή πολυάριθμων φανταστικών σεναρίων κενού παραγωγής  $g_t$  για ορίζοντα είκοσι ετών. Για παράδειγμα, το Σχήμα 5 παρουσιάζει δύο από αυτά τα σενάρια, τα οποία επιλέχθηκαν τυχαία.



Σχήμα 5. Δύο εικοσαετή σενάρια για το κενό παραγωγής  $g_t$ .

Προσομοιώσεις μπορούν να τρέξουν σε μια σειρά από αυτά τα σενάρια (για παράδειγμα  $10^6$  τέτοια σενάρια), όπου κάθε τέτοιο σενάριο αντιστοιχεί και σε ένα μονοπάτι  $\bar{G} = (g_{t_1}, g_{t_2}, \dots, g_{t_{20}}) \in \mathbb{R}^{20}$ . Στη συνέχεια, μπορεί κανείς να εξετάσει την μέση τιμή σε όλες αυτές τις διαδρομές και να αποφασίσει για το σχεδιασμό και τις παραμέτρους των ομολόγων που συνδέονται με το ΑΕΠ. Τα κύρια σενάρια τιμολόγησης για τα ομόλογα που συνδέονται με το ΑΕΠ παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα.

## 5. ΟΜΟΛΟΓΑ ΜΕ ΡΗΤΡΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΣΕΝΑΡΙΑ

Η τιμολόγηση και ο σχεδιασμός της σύμβασης για ομόλογα συνδεδεμένα με το ΑΕΠ δεν είναι τόσο σαφή όσο τα αντίστοιχα καθήκοντα για την περίπτωση των ομολόγων τύπου vanilla. Ωστόσο, τα ζητήματα αυτά πρέπει να αντιμετωπιστούν και η εξοικείωση θα συμβάλλει στην αποδοχή των ομολόγων με δείκτη ανάπτυξης.

Σε αυτή την ενότητα, αναθεωρούμε διάφορα σενάρια, τα οποία έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία, για το σχεδιασμό της σύμβασης ενός ομολόγου συνδεδεμένου με το ΑΕΠ. Τα εφαρμόζουμε επίσης στην περίπτωση της Ελλάδας. Μελετάμε την ισοδυναμία τους με απλά ομόλογα τύπου vanilla και αναλύουμε τα αποτελέσματα που προκύπτουν. Όπως έχει προταθεί, η τιμολόγηση ενός ομολόγου θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν απλούστερη, ώστε να γίνει εύκολα κατανοητή.

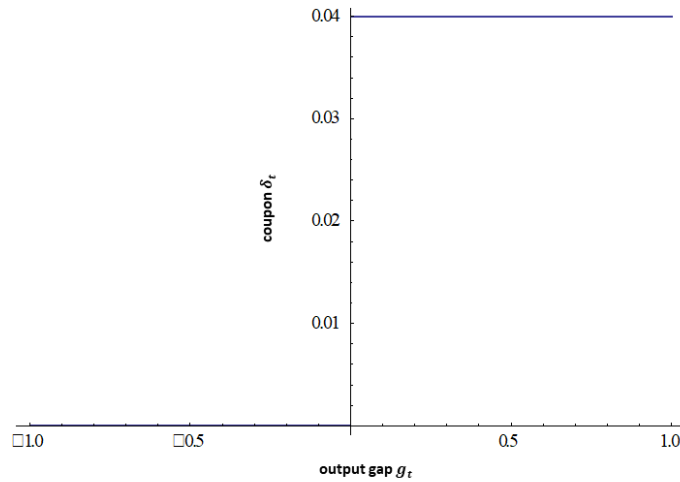
**5.1. Σενάριο 1:** Ξεκινάμε με μια πολύ απλή εξάρτηση από το δείκτη ανάπτυξης, που δίνεται από:

$$\delta_t = \begin{cases} 0, & \text{αν } g_t < 0 \\ c, & \text{αν } g_t \geq 0 \end{cases}$$

Ο παραπάνω τύπος μπορεί να γραφεί σε μια πιο συμπαγή μορφή ως εξής  $\delta_t = c \cdot \frac{\text{sign}(g_t)+1}{2}$ , όπου για κάθε πραγματικό αριθμό  $x$ ,  $\text{sign}(x)$  συμβολίζει το πρόσημο του  $x$  και όπου επίσης ακολουθούμε τη σύμβαση  $\text{sign}(0)=1$  (δηλαδή,  $\text{sign}(x)=1$  αν  $x \geq 0$  και  $\text{sign}(x)=-1$  διαφορετικά). Πράγματι, αν  $g_t \geq 0$ , τότε  $\text{sign}(g_t)=1$ , επομένως  $c \cdot \frac{\text{sign}(g_t)+1}{2} = c \cdot \frac{1+1}{2} = c$ . Παρόμοια, εάν  $g_t < 0$ , τότε  $\text{sign}(g_t)=-1$ , και επομένως  $c \cdot \frac{\text{sign}(g_t)+1}{2} = c \cdot \frac{-1+1}{2} = 0$ .

Σε αυτό το σενάριο, τα κρατικά ομόλογα πρέπει να πληρώνουν ένα σταθερό τοκομερίδιο  $c$  το έτος  $t$ , αν η δυναμική της οικονομίας είναι θετική, δηλαδή αν  $g_t > 0$ . Αυτό το κουπόνι είναι σταθερό και δεν εξαρτάται από το πόσο μεγάλη είναι η αξία του  $g_t$ . Διαφορετικά εάν υπάρχει ύφεση ( $g_t < 0$ ) οι επενδυτές λαμβάνουν μηδενικό τοκομερίδιο το έτος  $t$ . Η συνάρτηση αποπληρωμής  $\delta_t =$

$f(g_t) = c \cdot \frac{\text{sign}(g_t)+1}{2}$  είναι αρκετά απλή σε αυτό σενάριο και το γράφημά της εμφανίζεται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 6. Το γράφημα της συνάρτησης  $\delta_t = c \cdot \frac{\text{sign}(g_t)+1}{2}$ , του πρώτου σεναρίου, με  $c=0.04$ .

Ο άξονας των x παριστάνει το  $g_t$ , ενώ ο άξονας των y αντιστοιχεί στο τοκομερίδιο  $\delta_t$ .

**5.1.1. Ισοδυναμία με ομόλογα τύπου vanilla.** Σε αυτή την περίπτωση, μπορούμε να επαναλάβουμε τη διαδικασία που περιγράφεται στην Ενότητα 3 και να βρούμε έτσι την αντιστοιχία μεταξύ των ομολόγων τύπου vanilla και των ομολόγων που συνδέονται με το ΑΕΠ. Πιο συγκεκριμένα, σε αυτό το σενάριο, ένα μονοπάτι δίνεται στην πραγματικότητα από μια ακολουθία:

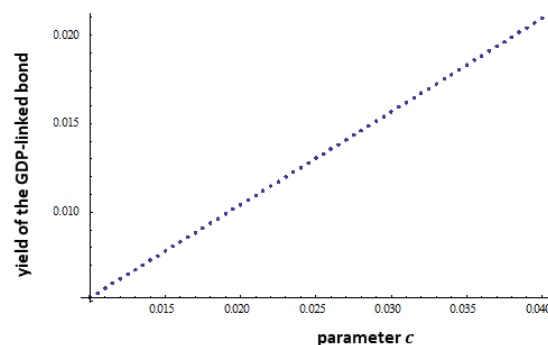
$$\bar{G} = (a_1, a_2, \dots, a_{20}) \in \{0,1\}^{20}.$$

Με άλλα λόγια,  $a_t=1$  σημαίνει ότι η οικονομία βρίσκεται σε άνοδο και οι επενδυτές λαμβάνουν ένα θετικό τοκομερίδιο  $c$ . Επιπλέον,  $a_t=0$  συνεπάγεται  $g_t < 0$  και, άρα μηδενικό τοκομερίδιο για τους ομολογιούχους. Έτσι, η Εξίσωση (3.1) παίρνει τη μορφή

$$1 = \frac{a_1 \cdot c}{1+r} + \frac{a_2 \cdot c}{(1+r)^2} + \dots + \frac{1 + a_{20} \cdot c}{(1+r)^{20}}$$

Για κάθε μονοπάτι του  $g_t$ , υπολογίστηκε το τοκομερίδιο του ομολόγου που συνδέεται με το ΑΕΠ και το ισοδύναμο ποσοστό απόδοσης  $r$ . Τέλος, το μέσο ποσοστό απόδοσης για όλα τα σενάρια υπολογίστηκε για ένα σταθερό τοκομερίδιο  $c$  (του ομολόγου που συνδέεται με το ΑΕΠ). Η σχέση του τοκομεριδίου  $c$  του συνδεδεμένου με το ΑΕΠ ομολόγου και του ισοδύναμου ποσοστού απόδοσης  $r$  ενός κοινού ομολόγου τύπου vanilla απεικονίζεται στο διάγραμμα του Σχήματος 7. Προκύπτει ότι για τα ιστορικά χαρακτηριστικά της ελληνικής οικονομίας ένας λογικός επενδυτής που αναζητά απόδοση  $x\%$  θα ήταν έτοιμος να επενδύσει σε ένα ελληνικό ομόλογο συνδεδεμένο με το ΑΕΠ υπό την προϋπόθεση ότι το τοκομερίδιο για τις καλές περιόδους είναι μεγέθους  $2x\%$ .

Η προηγούμενη παρατήρηση, η οποία προκύπτει από την κλίση της ευθείας του Σχήματος 7 (που ισούται με 2), περιέχει μια ουσιώδη πληροφορία για την πορεία της Ελληνικής οικονομίας τα επόμενα χρόνια. Ειδικότερα, προκύπτει ότι η δυναμική της οικονομίας είναι να μοιραστεί σε ισάριθμες καλά (θετικό κενό παραγωγής  $g_t$ ) με κακά (αρνητικό  $g_t$ ) έτη. Αυτό ισοδυναμεί με την παρατήρηση ότι στις καλές περιόδους ο επενδυτής θα λάβει τοκομερίδιο ίσο με  $2x\%$  ώστε να αντισταθμίσει τις αντίστοιχες αρνητικές περιόδους.



Σχήμα 7. Αντιστοιχία μεταξύ ενός ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης, τιμολογημένο με το πρώτο σενάριο, με το ποσοστό απόδοσης (IRR) ενός απλού ομολόγου vanilla. Ο άξονας  $y$  δείχνει την απόδοση του ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης. Ο άξονας  $x$  αντιπροσωπεύει την παράμετρο  $c$  του ομολόγου. Παρατηρούμε ότι οι επενδυτές που αναζητούν απόδοση  $x\%$  θα πρέπει να

επενδύσουν σε ομόλογο συνδεδεμένο με το ΑΕΠ με τοκομερίδιο  $c = 2x$ .

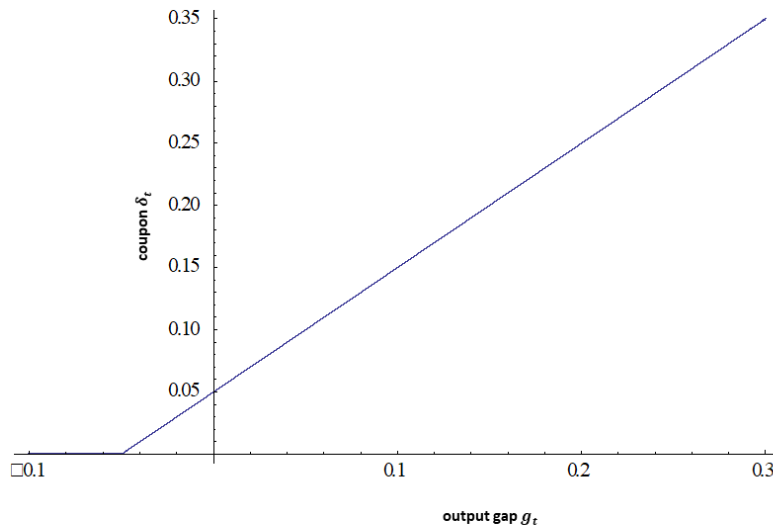
**5.2. Σενάριο 2:** Προχωρούμε τώρα με ένα δείκτη ανάπτυξης λίγο πιο σύνθετο από τον προηγούμενο. Σε αυτό το σενάριο, ο ομολογιούχος λαμβάνει κατά το έτος  $t$  ένα τοκομερίδιο  $\delta_t$  που δίνεται από την ακόλουθη έκφραση (βλέπε [7]):

$$\delta_t = \max\{0, a\% + g_t\},$$

όπου  $a$  είναι ένας θετικός αριθμός που ονομάζεται *υστέρηση* του ομολόγου. Ο αριθμός αυτός πρέπει να καθορίζεται στη σύμβαση μεταξύ του εκδότη και του ομολογιούχου.

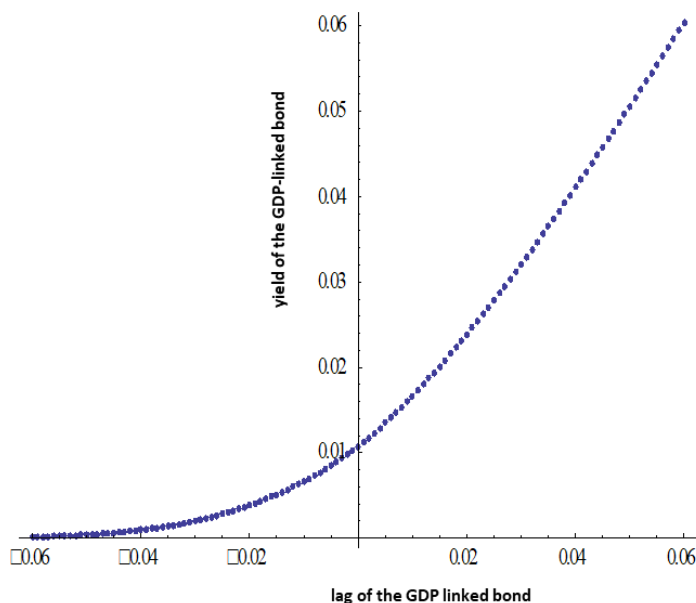
Επομένως, σύμφωνα με αυτό το σενάριο, η χώρα που εκδίδει το ομόλογο δεν πληρώνει τοκομερίδιο αν  $a+g_t < 0$ , δηλαδή όταν το ΑΕΠ μειώνεται κατά περισσότερο από  $a\%$ . Όταν το  $g_t$  ξεπεράσει το  $-a$  το κράτος πρέπει να καταβάλει τοκομερίδιο στους πιστωτές του ίσο με  $a+g_t$ . Όσο μεγαλύτερο είναι το  $g_t$ , τόσο μεγαλύτερο είναι το κουπόνι. Παρατηρούμε επίσης ότι δεν υπάρχει ανώτατο όριο για το  $\delta_t$ , δηλαδή σε χρόνια κατά τα οποία παρατηρείται σημαντική αύξηση του ΑΕΠ, το κράτος πρέπει να πληρώσει ένα μεγάλο τοκομερίδιο. Η συνάρτηση αποπληρωμής εμφανίζεται στο Σχήμα 8. Η υστέρηση του ομολόγου  $a$  επιτρέπει στον πιστωτή να αμείβεται ακόμη και στις «κακές» περιόδους της οικονομίας, όσο μεγαλύτερο είναι το  $a$  τόσο περισσότερες «κακές» περιόδους πληρώνεται ο πιστωτής. Η εν λόγω επιλογή θα μπορούσε να είναι πιο ελκυστική για ορισμένους πιστωτές ως επιλογή με λιγότερο ρίσκο.





Σχήμα 8. Το γράφημα της συνάρτησης  $\delta_t = \max\{\alpha + g_t, 0\}$ , του δεύτερου σεναρίου, με  $\alpha = 0.05$ . Ο άξονας των  $x$  παριστάνει το  $g_t$ , ενώ ο άξονας των  $y$  δείχνει το τοκομερίδιο  $\delta_t$  του ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης.

**5.2.1. Ισοδυναμία με ομόλογα vanilla.** Σταθεροποιώντας το lag στο  $\alpha\%$ , χρησιμοποιούμε προσομοιώσεις πάνω σε ένα φάσμα από πιθανά σενάρια για τον ρυθμό ανάπτυξης  $g_t$  σε έναν ορίζοντα 20 ετών. Για κάθε σενάριο εικοσαετούς πορείας του  $g_t$ , υπολογίστηκε το αντίστοιχο IRR και, στη συνέχεια, υπολογίστηκε η μέση τιμή του IRR πάνω σε όλα τα πιθανά σενάρια. Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στο Σχήμα 9. Ο άξονας  $x'$  του διαγράμματος αντιπροσωπεύει τις τιμές του lag  $\alpha$ , ενώ στον άξονα  $y'$  παρουσιάζονται οι αντίστοιχες αποδόσεις του ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης.



Σχήμα 9. Αντιστοιχία ενός ομολόγου συνδεδεμένου με το ΑΕΠ, τιμολογημένο με το δεύτερο σενάριο, με ένα ομόλογο plain vanilla. Ο άξονας γ'γ παριστάνει το αντίστοιχο IRR του ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης και ο άξονας x'x παριστάνει την υστέρηση α.

**5.2.2. Ανάλυση και σχολιασμός.** Από αυτό το σενάριο προκύπτουν αρκετές ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις. Καταρχάς, ας εξετάσουμε την περίπτωση στην οποία  $\alpha=0$ . Με αυτήν την υπόθεση, η συνάρτηση  $d_t$  που δίνει το επιτόκιο του ομολόγου παίρνει τη μορφή  $d_t = \max\{0, g_t\}$ . Συνεπώς, το κουπόνι καθορίζεται μόνο από τον παράγοντα  $g_t$  ο οποίος μετράει την απόκλιση της οικονομίας από το trend. Αν  $g_t > 0$ , τότε οι επενδυτές λαμβάνουν κουπόνι με επιτόκιο  $d_t$ , ενώ αν  $g_t < 0$ , τότε το κράτος δεν έχει την υποχρέωση να πληρώσει κουπόνι.

Από το γράφημα του Σχήματος 9, παρατηρούμε ότι, για  $\alpha=0$ , η απόδοση του ομολόγου που συνδέεται με το ΑΕΠ είναι σχετικά μικρή και ίση με 1%. Το αποτέλεσμα αυτό περιέχει στην πραγματικότητα ορισμένες πληροφορίες σχετικά με τα μακροοικονομικά χαρακτηριστικά της ελληνικής οικονομίας. Το συμπέρασμα που μπορεί να συναχθεί είναι ότι σε έναν ορίζοντα εικοσαετίας, η δυναμική του ΑΕΠ είναι κατά μέσο όρο μικρή: έτη στα οποία το  $g_t$  είναι μεγάλο, αναμένεται να ακολουθηθούν από αντίστοιχα μεγάλες περιόδους όπου το  $g_t$

είναι μικρό. Κατά συνέπεια, η απόδοση του ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης είναι χαμηλή.

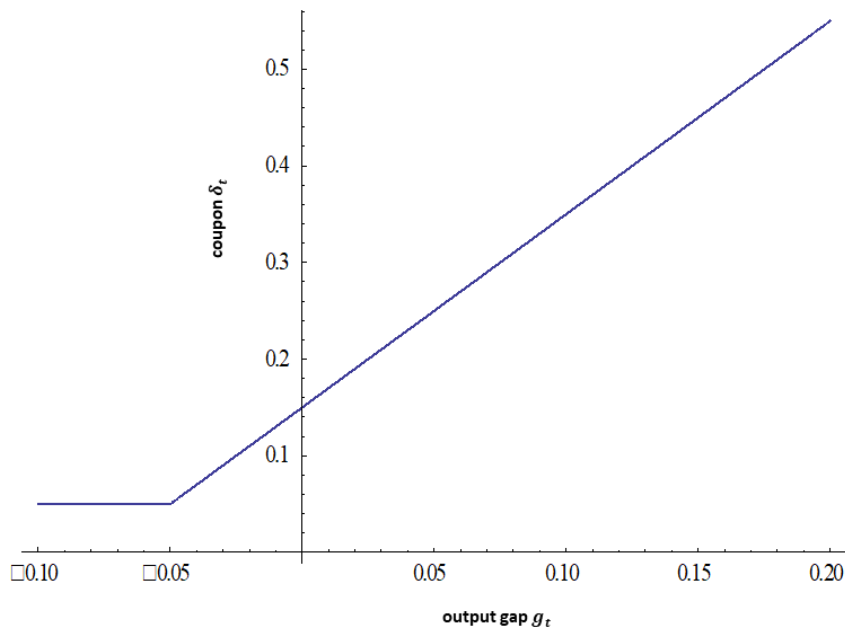
Μια άλλη παρατήρηση είναι ότι όταν  $\alpha > 0.01$ , τότε το διάγραμμα του Σχήματος 9 γίνεται σχεδόν γραμμικό και η συνάρτηση που περιγράφεται είναι κοντά στη ευθεία  $y=x$ . Συνεπώς, αν οι επενδυτές επιδιώκουν να επιτύχουν απόδοση ίση με 6%, τότε θα πρέπει να συμφωνήσουν σε  $\text{lag } \alpha = 6\%$ . Αυτό συνεπάγεται ότι το κράτος δεν έχει υποχρέωση να πληρώσει τοκομερίδιο, όταν το ΑΕΠ του υστερεί από το αναμενόμενο trend κατά 6% ή περισσότερο, ενώ πρέπει να πληρώσει τοκομερίδιο  $6\% + g_t$ , όταν  $g_t > -6\%$ . (Για παράδειγμα, αν  $g_t = 0$ , τότε  $\delta_t = 6\%$ , ενώ για  $g_t = 2$ , προκύπτει ότι  $\delta_t = 8\%$ .)

**5.3. Σενάριο 3:** Στο τρίτο σενάριο που εξετάζουμε, το επιτόκιο του κουπονιού ενός ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης δίνεται από την παρακάτω έκφραση:

$$\delta_t = \delta_* + b \cdot \max\{0, g_t + \alpha\}.$$

Σε σύγκριση με το προηγούμενο σενάριο τιμολόγησης, ο παραπάνω τύπος περιέχει δύο περαιτέρω χαρακτηριστικά. Πρώτον, ένα ελάχιστο τοκομερίδιο  $\delta_*$  (που ονομάζεται *floor* του ομολόγου) πρέπει να καταβάλλεται από το κράτος κάθε χρόνο ανεξάρτητα από την οικονομική ανάπτυξη ή την ύφεση. Ένα επιπλέον κουπόνι καταβάλλεται όταν η απόκλιση του ΑΕΠ από το trend υπερβαίνει κάποιο όριο  $-\alpha$ , το οποίο έχει προσδιοριστεί εκ των προτέρων κατά τη διάρκεια σχεδιασμού του συμβολαίου. Δεύτερον, ο (επίσης προκαθορισμένος) θετικός αριθμός  $b$  έχει εισαχθεί στον παραπάνω τύπο. Αυτή η παράμετρος πολλαπλασιάζει το επιπλέον κουπόνι και, άρα, καθορίζει το ποσοστό του πραγματικού ΑΕΠ το οποίο θα πληρωθεί στους επενδυτές. Μεγαλύτερες τιμές του  $b$  εισάγουν μεγαλύτερη ευαισθησία στο κουπόνι  $\delta_t$ . Ονομάζουμε την παράμετρο  $b$  κλίση (*slope* ή *gradient*) του ομολόγου.

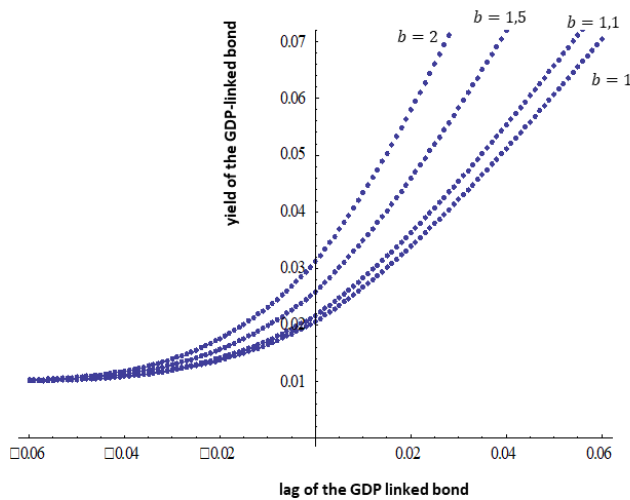
Είναι φανερό ότι το παρόν σενάριο, λόγω του ελάχιστου τοκομεριδίου  $\delta_*$ , μειώνει την ασφάλεια για την χώρα έκδοσης και αυξάνει την πιθανότητα χρεοκοπίας. Ωστόσο, είναι πιο ελκυστικό για τους επενδυτές, οι οποίοι μπορεί να επιμείνουν στην παρουσία του *floor*  $\delta_*$ . Το διάγραμμα του Σχήματος 10 παρουσιάζει το επιτόκιο του κουπονιού  $\delta_t$  συναρτήσει του  $g_t$ .



Σχήμα 10. Το γράφημα της συνάρτησης  $\delta_t = \delta^* + b \max\{a + g_t, 0\}$ , του τρίτου σεναρίου. Ο άξονας των x παριστάνει το  $g_t$ , ενώ ο άξονας των y δείχνει το τοκομερίδιο  $\delta_t$  του ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης.

Τέλος, μπορούμε να σημειώνουμε ότι οι παράμετροι του ομολόγου (δηλαδή, οι αριθμοί  $\delta^*$ ,  $b$  και  $a$ ) φαίνονται από το παραπάνω γράφημα της συνάρτησης  $\delta_t$  ως προς  $g_t$ . Πιο συγκεκριμένα, το floor  $\delta^*$  ισούται με την απόσταση της οριζόντιας γραμμής του διαγράμματος από τον άξονα x'x. Η παράμετρος  $a$  είναι η τετμημένη του σημείου όπου αλλάζει η κλίση του γραφήματος. Τέλος, η παράμετρος  $b$  ισούται με την κλίση της μη οριζόντιας γραμμής του γραφήματος.

**5.3.1. Ισοδυναμία με vanilla bonds.** Το γράφημα του Σχήματος 11 παρουσιάζει την ισοδυναμία μεταξύ ενός ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης, το οποίο έχει σχεδιαστεί με το τρίτο σενάριο, και ενός απλού vanilla bond. Το διάγραμμα αυτό έχει, όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, παραχθεί με προσομοιώσεις Monte-Carlo πάνω σε ένα φάσμα εικοσαετών σεναρίων για το  $g_t$  και στη συνέχεια υπολογίζοντας τη μέση τιμή πάνω σε όλα αυτά τα σενάρια.



Σχήμα 11. Αντιστοιχία ενός ομολόγου συνδεδεμένου με το ΑΕΠ, τιμολογημένο με το τρίτο σενάριο, με ένα ομόλογο plain vanilla. Ο άξονας γ'γ παριστάνει το αντίστοιχο IRR του ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης και ο άξονας χ'χ παριστάνει την υστέρηση α. Οι διαφορετικές καμπύλες αντιστοιχούν σε διαφορετικές τιμές της παραμέτρου b (από αριστερά προς τα δεξιά b = 2, 1.5, 1.1, 1).

**5.3.2. Ανάλυση και σχολιασμός.** Το παρόν σενάριο φαίνεται να είναι ένα από τα βασικά εργαλεία για την ανάλυση των ομολόγων με ρήτρα ανάπτυξης, καθώς μπορεί να αποκαλύψει διάφορες ιδιότητες αυτού του εργαλείου. Καταρχάς, ας υποθέσουμε ότι οι επενδυτές επιθυμούν να επιτύχουν απόδοση ίση με 5%. Σχεδιάζοντας την οριζόντια γραμμή από το σημείο (0, 0.05) στο Σχήμα 11, βλέπουμε ότι συναντά κάθε διάγραμμα σε ένα ακριβώς σημείο. Καθένα από αυτά τα σημεία αντιστοιχεί σε μια τριάδα  $(\delta^*, \alpha, b)$ . Στο συγκεκριμένο παράδειγμα που εξετάζουμε παίρνουμε τις τριάδες (0.01, 0.02, 2), (0.01, 0.03, 1.5), (0.01, 0.04, 1.1) και (0.01, 0.043, 1). Κάθε τέτοια τριάδα δημιουργεί και ένα διαφορετικό ομόλογο με ρήτρα ανάπτυξης. Στη συνέχεια, εξετάζουμε τα δύο ακραία σημεία. Φυσικά, μπορούν να ερευνηθούν και διάφορα ενδιάμεσα σημεία.

- Καταρχάς, ας θεωρήσουμε την περίπτωση  $\delta^*=0.01$ ,  $\alpha=0.02$  και  $b=2$ . Τότε, το επιτόκιο του ομολόγου το έτος t δίνεται από τον τύπο  $\delta_t=0.01+2 \cdot \max\{0, 0.02+g_t\}$ . Κατά συνέπεια, το κράτος πληρώνει επιτόκιο

$\delta_t=0.01$  όταν το ΑΕΠ υστερεί από το trend κατά 2% ή περισσότερο. Σε διαφορετική περίπτωση, έχει την υποχρέωση να πληρώσει επιτόκιο που δίνεται από την προηγούμενη σχέση. Επομένως, αυτό το σενάριο για τον σχεδιασμό ενός ομολόγου μειώνει την πίεση στην οικονομία κατά τη διάρκεια των “κακών” περιόδων. Ωστόσο, λόγω της μεγάλης κλίσης  $b=2$ , το κουπόνι αυξάνεται ραγδαία σε “καλές” περιόδους. Για παράδειγμα, όταν  $g_t = 0.02$ , παίρνουμε επιτόκιο  $\delta_t=9\%$ . Ως εκ τούτου, όταν τα έσοδα είναι υψηλά, ένα μεγάλο μέρος τους θα πρέπει να χρησιμοποιείται για την εξόφληση του ομολόγου. Συνεπώς, δεν μπορούν να επενδυθούν σε άλλες δραστηριότητες που πιθανώς συμβάλλουν στην περαιτέρω οικονομική ανάπτυξη.

- Το άλλο ακραίο σημείο στο παραπάνω σχήμα αντιστοιχεί στην τριάδα  $\delta^*=0.01$ ,  $\alpha=0.043$  και  $b=1$ , δηλαδή, το επιτόκιο του κουπονιού δίνεται από τον τύπο  $\theta_t=0.01+\max\{0, 0.043+g_t\}$ . Επομένως, αυτό το σενάριο ασκεί μεγαλύτερη πίεση στην οικονομία κατά τη διάρκεια των περιόδων ύφεσης. Για παράδειγμα, αν  $g_t=-3\%$ , τότε το κράτος πρέπει να πληρώσει περισσότερα από το floor  $\delta^*=1\%$ , πιο συγκεκριμένα,  $\theta_t=2.3\%$ , ενώ στην προηγούμενη περίπτωση είχαμε  $\delta_t=1\%$ . Αντίθετα, σε καλές περιόδους το ομόλογο αυτό παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία στο κράτος. Για παράδειγμα, όταν  $g_t=2\%$ , τότε το επιτόκιο του κουπονιού ισούται με  $\theta_t=7.3\%$ , αντί για  $\delta_t=9\%$  της προηγούμενης υπόθεσης.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι, ενώ η απόδοση του ομολόγου παραμένει σταθερή (ίση με 5%), το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να επιτευχθεί με διάφορα σενάρια. Προχωρώντας από την αριστερή καμπύλη του Σχήματος 11 προς τη δεξιά, μεταφέρουμε την πίεση στην οικονομία από τις “καλές” περιόδους στις “κακές” και αντίστροφα. Πράγματι, καθώς κινούμαστε από αριστερά προς τα δεξιά η παράμετρος  $b$  μειώνεται. Συνεπώς, προκειμένου η απόδοση του ομολόγου να παραμένει η ίδια, πρέπει το ομόλογο να πληρώνει περισσότερο σε όταν οι οικονομικές συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές, δηλαδή πρέπει η τιμή της παραμέτρου  $\alpha$  να αυξηθεί. Σημειώνουμε ότι οι μεγάλες θετικές τιμές της παραμέτρου  $\alpha$  υποδηλώνουν ότι το κράτος πληρώνει ακόμη και σε «κακές» περιόδους της οικονομίας, ενώ οι μικρές

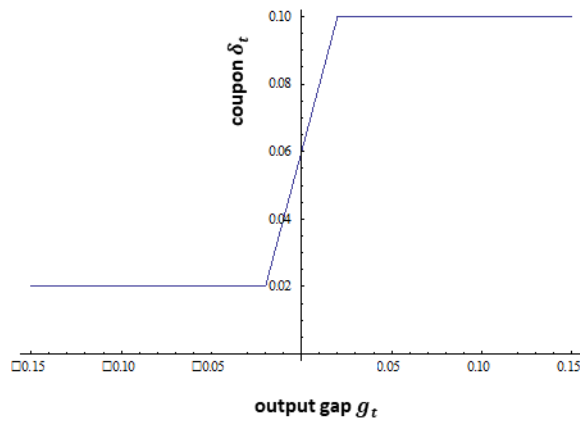
αρνητικές τιμές του  $\alpha$  υποδηλώνουν ότι το κράτος πληρώνει σε «καλές» περιόδους της οικονομίας. Αυτό εξηγεί ειδικότερα γιατί όλες οι καμπύλες του Σχήματος 11 συγκλίνουν για μικρές αρνητικές τιμές του  $\alpha$ . Κατά συνέπεια, αυτού του είδους τα ομόλογα δίνουν στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής την ευκαιρία να επιλέξουν το καλύτερο σενάριο (σύμφωνα και με άλλα μακροοικονομικά χαρακτηριστικά της οικονομίας), ενώ το αποτέλεσμα για τους ομολογιούχους θα παραμείνει αμετάβλητο.

Κλείνουμε τη μελέτη αυτού του σεναρίου με δύο παρατηρήσεις. Πρώτον, παρατηρούμε ότι αν  $\alpha=0$ , τότε, η απόδοση του ομολόγου έχει αυξηθεί από το 1% (του Σεναρίου 2) στο 2 – 3%. Αυτή η αύξηση οφείλεται αφενός στην παρουσία του  $\delta^*=1\%$  και αφετέρου στην κλίση  $b \in [1, 2]$ . Δεύτερον, παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει άνω φράγμα για το επιτόκιο  $\delta_t$  του ομολόγου. Αυτό συνεπάγεται ότι αν το  $g_t$  είναι πολύ υψηλός, τότε το κουπόνι που το κράτος θα κληθεί να πληρώσει είναι επίσης εξαιρετικά μεγάλο. Συνεπώς, σε καλές οικονομικά περιόδους, η χώρα είναι υποχρεωμένη να εξυπηρετεί το δάνειο, αντί να επενδύει τα έσοδά της σε άλλες κερδοφόρες δραστηριότητες. Αυτό το μειονέκτημα μπορεί να επιλυθεί με το επόμενο σενάριο.

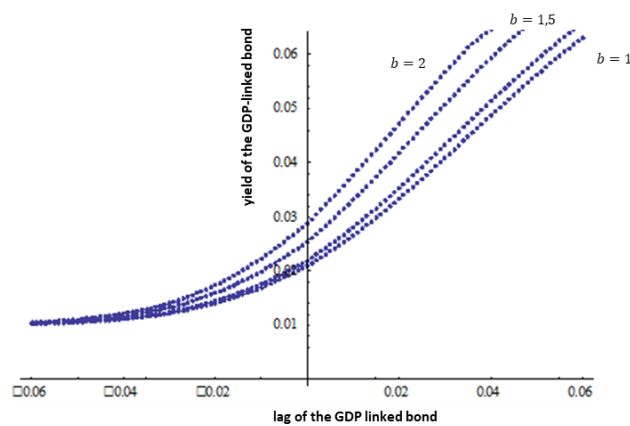
**5.4. Σενάριο 4:** Για την αντιμετώπιση του προβλήματος που αναφέρθηκε προηγουμένως, μπορούμε να σχεδιάσουμε την ακόλουθη συνάρτηση για το επιτόκιο του κουπονιού:

$$\delta_t = \min\{\delta_* + b \cdot \max\{0, g_t + a\}, \delta_M\}.$$

Σύμφωνα με την παραπάνω συνάρτηση,  $\delta_M$  είναι το μέγιστο κουπόνι που το κράτος είναι πρόθυμο να πληρώσει. Για το λόγο αυτόν, ονομάζουμε το  $\delta_M$  το *cap* του ομολόγου. Στα Σχήματα 12 και 13, παρουσιάζονται αντίστοιχα το γράφημα της συνάρτησης  $\delta_t$ , καθώς και η αντιστοιχία των ομολόγων με ρήτρα ανάπτυξης με τα plain vanilla bonds (η αντιστοιχία, όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, λαμβάνεται με προσομοιώσεις Monte-Carlo πάνω σε πιθανά εικοσαετή σενάρια για το  $g_t$ ). Δεδομένων των καμπυλών του Σχήματος 13, παρατηρούμε ότι η ανάλυση του σεναρίου 3 ισχύει και για το σενάριο 5.



Σχήμα 12. Το γράφημα της συνάρτησης  $\delta_t = \min\{\delta^* + b \cdot \max\{\alpha + g_t, 0\}, \delta_M\}$ , του τέταρτου σεναρίου. Ο άξονας των x παριστάνει το  $g_t$ , ενώ ο άξονας των y δείχνει το τοκομερίδιο  $\delta_t$  του ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης.



Σχήμα 13. Αντιστοιχία ενός ομολόγου συνδεδεμένου με το ΑΕΠ, τιμολογημένο με το τέταρτο σενάριο, με ένα ομόλογο plain vanilla. Ο άξονας y γ'γ παριστάνει το αντίστοιχο IRR του ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης και ο άξονας x παριστάνει την υστέρηση α. Οι διαφορετικές καμπύλες αντιστοιχούν σε διαφορετικές τιμές της παραμέτρου b (από αριστερά προς τα δεξιά b = 2, 1.5, 1.1, 1).

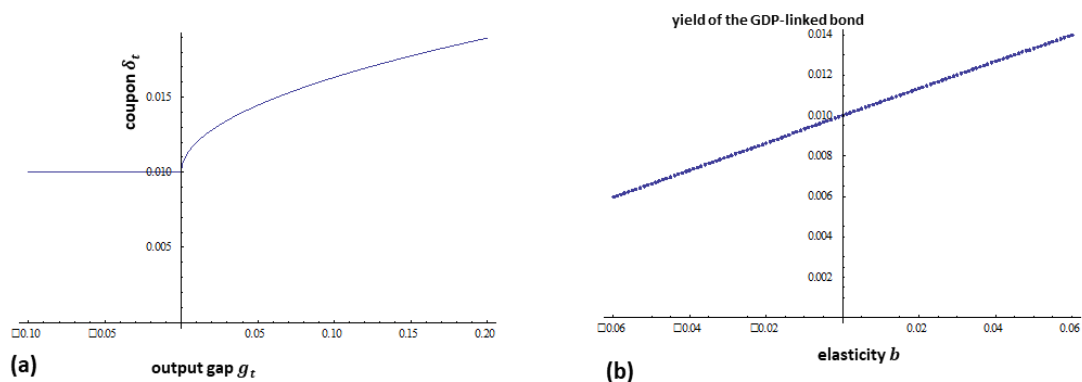
5.5. **Σενάριο 5:** Τέλος, σε όλα τα προαναφερθέντα σενάρια, μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι η εξάρτηση του  $\delta_t$  από το  $g_t$  είναι γραμμική. Ωστόσο, αυτό δεν είναι υποχρεωτικό και μπορεί κανείς να θεωρήσει και περιπτώσεις όπου η



εξάρτηση είναι μη γραμμική. Για παράδειγμα, μπορεί κανείς να ορίσει (βλ. [5]):

$$\delta_t = \delta_* + b \cdot \sqrt{\max\{0, g_t\}},$$

όπου  $b > 0$ . Στην παραπάνω συνάρτηση,  $\delta_*$  είναι το floor, δηλαδή το ελάχιστο επιτόκιο κουπονιού το οποίο το κράτος οφείλει να πληρώσει. Ένα επιπλέον ποσό προστίθεται στο  $\delta_*$  κατά το έτος  $t$  αν  $g_t > 0$ . Η θετική σταθερά  $b$  καθορίζει την ελαστικότητα του κουπονιού ως προς το  $g_t$ . Λόγω της τετραγωνικής ρίζας, μια θετική τιμή του  $g_t$  επιφέρει μεγαλύτερη αύξηση στο επιτόκιο  $\delta_t$  σε σύγκριση με τα προηγούμενα γραμμικά σενάρια (αυτό συμβαίνει διότι το κυκλικό μέρος  $g_t$  είναι ένας αριθμός μεταξύ 0 και 1).



Σχήμα 14. **(a)** Το γράφημα της συνάρτησης  $\delta_t$ , του πέμπτου σεναρίου. Ο άξονας των  $x$  παριστάνει το  $g_t$ , ενώ ο άξονας των  $y$  δείχνει το τοκομερίδιο  $\delta_t$  του ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης. **(b)** Αντιστοιχία του ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης με το IRR ενός plain vanilla ομολόγου.

5.6. **Σενάριο 6:** Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας που προηγήθηκε της οικονομικής κρίσης του 2007-2009, πολλές αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες σημείωσαν υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης για αρκετά συνεχόμενα έτη. Κάτω από ένα τέτοιο σενάριο, ένα ομόλογο με ρήτρα ανάπτυξης αποδεικνύεται πιο ακριβό σε σχέση με ένα απλό ομόλογο plain vanilla. Είναι επίσης γνωστό ότι αρκετοί υπεύθυνοι για τη χάραξη της οικονομικής πολιτικής μιας χώρας δεν θεωρούν ελκυστικά τα ομόλογα με ρήτρα ανάπτυξης, καθώς τα είναι πιο ακριβά από τα συνηθισμένα, από ομόλογα με δείκτη ανάπτυξης, γιατί είναι πιο ακριβά από τα ομόλογα plain vanilla, σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα υπό την προϋπόθεση

ότι η οικονομία βρίσκεται σε ανάπτυξη. Για να καλύψουμε την περίπτωση όπου η οικονομία τα πηγαίνει πολύ καλά για μεγάλο χρονικό διάστημα, μπορούμε να προτείνουμε την ακόλουθη συνάρτηση για το επιτόκιο ενός ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης:

$$\delta_t = \begin{cases} \delta_t^i, & t \in [0, t_0] \\ 0, & t = t_0 - 1, t_0, \text{ αν } g_t > g^* \text{ για κάθε } t \in [0, t_0 - 2] \end{cases}$$

όπου  $t_0$  είναι ο χρονικός ορίζοντας του ομολόγου και  $\delta_t^i$ ,  $i=1,2,\dots,5$  είναι η συνάρτηση που περιγράφεται σε κάποιο από τα προηγούμενα πέντε σενάρια. Με άλλα λόγια, στην περίπτωση που η οικονομία πάει εξαιρετικά καλά για πολλά χρόνια, τότε την τελευταία διετία ο επενδυτής δεν λαμβάνει κουπόνι.

## 6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΜΒΟΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΟΣ ΟΜΟΛΟΓΟΥ ΜΕ ΡΗΤΡΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Το συμβόλαιο ενός ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης οφείλει να σχεδιαστεί πολύ προσεκτικά στο σύνολό του και με κάθε λεπτομέρεια. Η υλοποίηση αυτού του τύπου των ομολόγων στις αγορές προϋποθέτει ότι πρέπει να αποσαφηνιστούν διάφορα καίρια θέματα και να διευκρινιστεί μια πληθώρα παραμέτρων. Στην παρούσα ενότητα, περιγράφουμε δύο βασικά βήματα όσον αφορά την υλοποίηση ενός ομολόγου που συνδέεται με το ΑΕΠ.

- *Παράμετροι του ομολόγου.* Το πρώτο βασικό βήμα για την υλοποίηση ενός ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης είναι η επιλογή της συνάρτησης  $d_t$  που δίνει το επιτόκιο την περίοδο  $t$ . Στις προηγούμενες ενότητες παρουσιάσαμε και μελετήσαμε μια σειρά από πιθανά σενάρια με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Καταρχάς, ο επενδυτής αποφασίζει για την απόδοση που απαιτεί να λάβει, καθώς και για τη διαδικασία αποπληρωμής του ομολόγου. Στη συνέχεια, ορισμένες παράμετροι πρέπει να επιλεγθούν (βλ. για παράδειγμα τα Σενάρια 3 ή 4 της προηγούμενης ενότητας). Κάθε επιλογή παραμέτρων δημιουργεί και μια διαφορετική διαδικασία αποπληρωμής. Για παράδειγμα, οι επενδυτές μπορεί να προτιμούν να έχουν μικρό lag αλλά μεγάλη κλίση (αυτό σημαίνει ότι θα λάβουν μεγαλύτερες πληρωμές σε περιόδους που η οικονομία πηγαίνει καλά), ή μπορεί να προτιμούν μεγαλύτερο lag με μικρότερη κλίση (που συνεπάγεται ότι θα λαμβάνουν κάποια πληρωμή ακόμη και σε έτη ύφεσης, αλλά στις καλές περιόδους τα κουπόνια θα είναι μικρότερα σε σχέση με την προηγούμενη επιλογή). Συνεπώς, βλέπουμε σε αυτό το σημείο ένα βασικό χαρακτηριστικό των ομολόγων με ρήτρα ανάπτυξης: προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα επιλογών προς τους επενδυτές.

Ωστόσο, ο εκδότης του ομολόγου ενδέχεται να μην συμφωνεί με τον σχεδιασμό και τις επιλογές των επενδυτών. Κατά συνέπεια, έχουμε τρεις περιπτώσεις: (α) Η χώρα σχεδιάζει το σύνολο του ομολόγου και τα χαρακτηριστικά. Στη συνέχεια, παρουσιάζει το προϊόν στην αγορά και οι

επενδυτές μπορούν να το αποδεχτούν ή να το απορρίψουν. (b) Οι επενδυτές σχεδιάζουν το ομόλογο με βάση την απόδοση που επιθυμούν να πετύχουν και τις προτιμήσεις τους σχετικά με τη διαδικασία αποπληρωμής. Στη συνέχεια, η χώρα έχει την επιλογή να αποδεχθεί το ομόλογο ή όχι. (c) Οι παράμετροι του ομολόγου καθορίζονται μέσα από διαπραγματεύσεις και συζητήσεις και υπάρχει συμβιβασμός μεταξύ του κράτους και των επενδυτών. Η τρίτη περίπτωση είναι εκείνη που εμφανίζεται περισσότερο στην πράξη.

- *Διαδικασία αποπληρωμής του ομολόγου.* Αφού τα δύο εμπλεκόμενα μέρη συμφωνήσουν στις παραμέτρους και τη συνάρτηση που δίνει το επιτόκιο του ομολόγου σε ετήσια βάση, η σύμβαση που θα υπογραφεί οφείλει επίσης να περιγράφει τον τρόπο αποπληρωμής του ομολόγου. Το κουπόνι σε ένα ομόλογο με ρήτρα ανάπτυξης δεν είναι σταθερό, αλλά εξαρτάται από το κυκλικό κομμάτι  $g_t$  του ΑΕΠ της χώρας. Αυτομάτως αυτό σημαίνει ότι το  $g_t$  του έτους  $t$  πρέπει να είναι γνωστό ώστε το κουπόνι να μπορεί να προσδιοριστεί. Για το σκοπό αυτό, το πρώτο βήμα είναι να καθοριστεί, από την αρχή του συμβολαίου, το trend  $\bar{Y}_t$  του ΑΕΠ. Η τάση  $\bar{Y}_t$  υπολογίζεται με βάση τα μακροοικονομικά χαρακτηριστικά της εγχώριας οικονομίας. Το κράτος οφείλει να παρουσιάσει τα ιστορικά δεδομένα της οικονομίας, καθώς βεβαίως και τη μέθοδο που ακολούθησε για τον υπολογισμό του  $\bar{Y}_t$ .

Στη συνέχεια, κάθε χρόνο πρέπει να υπολογίζεται το κυκλικό μέρος  $g_t$ . Η διαδικασία υπολογισμού του οφείλει να συμφωνηθεί κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού του συμβολαίου. Για παράδειγμα, πρέπει να συμφωνηθεί αν ο υπολογισμός θα γίνεται από κρατικούς φορείς ή από τον ιδιωτικό τομέα. Ένα επιπλέον ζήτημα που μπορεί να προκύψει είναι ότι σε όλες τις χώρες υπάρχει μια αναπόφευκτη καθυστέρηση στη μέτρηση του πραγματικού ΑΕΠ και κατά συνέπεια στον υπολογισμό του  $g_t$ . Σε ορισμένες περιπτώσεις, το ετήσιο ΑΕΠ αναθεωρείται ακόμη και μετά από μερικά χρόνια. Ωστόσο, μια μεγάλη καθυστέρηση στον

υπολογισμό του κουπονιού μπορεί να σημαίνει ότι το κράτος έχει ήδη εισέλθει σε περίοδο ύφεσης και δεν είναι σε θέση να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις του. Επομένως, γίνεται φανερό ότι πρέπει να συμφωνηθεί και ο χρόνος στον οποίο θα πραγματοποιείται ο υπολογισμός του κουπονιού

- *Άλλος πτυχές των ομολόγων.* Είναι προφανές ότι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός ομολόγου με ρήτρα ανάπτυξης δεν περιορίζονται στα δύο προηγούμενα βήματα. Πολλές άλλες διαπραγματεύσεις χρειάζεται να λάβουν χώρα και αρκετές ακόμη παράμετροι να συμφωνηθούν. Για παράδειγμα, θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ζητήματα που σχετίζονται με την εγκυρότητα των δεδομένων, καθώς και νομικά δικαιώματα των επενδυτών σε περίπτωση που το κράτος δεν είναι σε θέση να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις του. Για περισσότερα θέματα σχετικά με το σχεδιασμό αυτών των ομολόγων παραπέμπουμε στους Shiller, Ostry και Benford (2018).

## 7. Συμπεράσματα

Η Διεθνής Χρηματοπιστωτική κρίση του 2007-2009 και η επακόλουθη οικονομική κρίση στην Ευρωζώνη έθεσαν υπό ασφυκτική πίεση τις οικονομίες αρκετών αναπτυσσόμενων χωρών. Επιπλέον, η πρόσφατη πανδημία COVID-19 μείωσε απροσδόκητα και αναπάντεχα τις προοπτικές της παγκόσμιας οικονομίας. Κατά τη διάρκεια των επόμενων ετών, παρόμοιες προκλήσεις ενδέχεται να προκύπτουν με μεγαλύτερη συχνότητα. Για παράδειγμα, πολλές χώρες ανά τον κόσμο είναι πιθανό να έρθουν αντιμέτωπες με σοβαρά προβλήματα λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Πολλοί οργανισμοί, επιστήμονες και οικονομολόγοι υποστηρίζουν ότι έχουν ωριμάσει οι συνθήκες ώστε να εξετάσουμε την έκδοση ενός άλλου είδους ομολόγων, δηλαδή ομόλογα που να συνδέονται με την οικονομική ανάπτυξη. Είναι γενικά αποδεκτό ότι εργαλεία αυτού του τύπου μειώνουν την πιθανότητα χρεοκοπίας, η οποία είναι ζημιογόνα και καταστροφική για όλα τα εμπλεκόμενα μέρη (τόσο για τα κράτη όσο και για τους ομολογιούχους). Κατά συνέπεια, τα εργαλεία αυτά και ο μηχανισμός λειτουργίας τους πρέπει να μελετηθούν και να κατανοηθούν όσο το δυνατόν καλύτερα και ταχύτερα.

Στην παρούσα εργασία, μελετήσαμε αποκλειστικά την περίπτωση των ομολόγων που συνδέονται με την ανάπτυξη του ΑΕΠ μιας χώρας. Μπορούν επίσης να εξεταστούν διάφορες άλλες επιλογές, για παράδειγμα ομόλογα που συνδέονται με τον δείκτη πληθωρισμού, εξαγωγών ή βασικών προϊόντων, ομόλογα συνδεδεμένα με τον δείκτη μισθών κ.λπ. Ο συνδυασμός αυτών των εργαλείων είναι επίσης εφικτός και είναι πολύ πιθανό να προσφέρει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Ωστόσο, τα ομόλογα που συνδέονται με το ΑΕΠ παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι είναι πιο κατανοητά σε σχέση με ομόλογα συνδεδεμένα με άλλους δείκτες της οικονομίας. Σε αυτό συνεπικουρεί το γεγονός ότι τα στοιχεία σχετικά με το εθνικό ΑΕΠ δημοσιεύονται τακτικά και οι προβλέψεις είναι διαθέσιμες τόσο στους κρατικούς φορείς όσο και στον ιδιωτικό τομέα.

Επιπρόσθετα, σε αυτή τη μελέτη, δεχτήκαμε ως υπόθεση ότι μόνο το επιτόκιο

των ομολόγων συνδέεται με τη δυναμική της οικονομίας, ενώ το κεφάλαιο παραμένει σταθερό. Υπάρχουν επίσης έρευνες όπου τόσο το αρχικό κεφάλαιο όσο και τα ετήσια κουπόνια συνδέονται με το ΑΕΠ. Σε τέτοιου είδους σενάρια, ο λόγος του χρέους προς το ΑΕΠ παραμένει σταθερός. Παρόλα αυτά, η πλειοψηφία των επενδυτών αποζητά προστασία του κεφαλαίου και, συνεπώς στην πλειοψηφία των περιπτώσεων μόνο το ετήσιο κουπόνι μπορεί να συνδεθεί με την οικονομική κατάσταση της χώρας. Επιπλέον, έχουμε υιοθετήσει την υπόθεση ότι το σύνολο του κεφαλαίου θα καταβληθεί στο τέλος του ομολόγου. Ως εκ τούτου, δεν δώσαμε κάποιο ορισμό χρεοκοπίας και δεν εξετάσαμε την περίπτωση κατά την οποία το κράτος δεν είναι σε θέση να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις του. Αυτό αποτελεί ένα ουσιώδες κομμάτι στον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός ομολόγου, ωστόσο, πιστεύουμε ότι δεν επηρεάζει τους σκοπούς της παρούσας διπλωματικής.

Ο πρωταρχικός στόχος αυτής της μελέτης είναι η ανάλυση διάφορων σεναρίων για το ετήσιο επιτόκιο ενός ομολόγου συνδεδεμένου με το ΑΕΠ. Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήσαμε ιστορικά δεδομένα της Ελληνικής οικονομίας. Ωστόσο, ανάλογη μεθοδολογία μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλες οικονομίες (υπό την προϋπόθεση ότι είναι διαθέσιμα τα δεδομένα). Στη συνέχεια, μελετήσαμε την αναμενόμενη απόδοση του ομολόγου και την ισοδυναμία του με ένα απλό plain vanilla ομόλογο. Η προσέγγιση αυτή έχει ως στόχο να κάνει τα ομόλογα με ρήτρα ανάπτυξης πιο προσιτά σε όλα τα εμπλεκόμενα μέρη (δηλαδή, στα κράτη που εκδίδουν τα ομόλογα καθώς και στους επενδυτές). Στην διπλωματική αυτή παρουσιάσαμε διάφορα σενάρια που περιλαμβάνουν πληθώρα παραμέτρων: floor, lag, slope, cap. Οποιαδήποτε αλλαγή σε κάποια από τις παραμέτρους επιφέρει μεταβολές και στο ομόλογο. Το ομόλογο που προκύπτει μπορεί να μεταφέρει την πίεση στην οικονομία από τις κακές περιόδους στις καλές ή αντιστρόφως. Από ένα ευρύ φάσμα σεναρίων, επιλέξαμε έξι βασικές μεθόδους και αναλύσαμε την ισοδυναμία τους με την απόδοση ενός απλού plain vanilla ομολόγου.

Η ανάλυση που πραγματοποιήσαμε αποκάλυψε αρκετές ενδιαφέρουσες ιδιότητες του υπό μελέτη εργαλείου. Πρώτον, αυτός ο τύπος ομολόγων μπορεί να αξιοποιηθεί επίσης ως ένα μέτρο για τη μακροοικονομική συμπεριφορά της

οικονομίας της χώρας και περιέχει πληροφορίες για τη δυναμική της στη διάρκεια του επόμενου οικονομικού κύκλου. Δεύτερον, ομόλογα συνδεδεμένα με το ΑΕΠ:

- (a) μειώνουν την πιθανότητα χρεοκοπίας, η οποία αποτελεί καταστροφικό και ζημιογόνο σενάριο για όλα τα εμπλεκόμενα μέρη.
- (b) παρέχουν περισσότερες δυνατότητες στα κράτη να επιλέξουν και να σχεδιάσουν την πολιτική τους. Οι αποπληρωμές χρέους μειώνονται σε περιόδους ύφεσης και είναι υψηλότερες σε καλές περιόδους, ενώ η απόδοση του ομολόγου για τους επενδυτές παραμένει σταθερή.
- (c) προστατεύουν την οικονομία μιας χώρας από αναπάντεχα φαινόμενα, όπως η πρόσφατη πανδημία COVID-19 ή φυσικές καταστροφές.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. Ανάλυση σε συνιστώσα τάσης και κυκλική συνιστώσα

Στην πάροδο των ετών έχουν προταθεί διαφορετικές μεθοδολογίες (βλ. για παράδειγμα Hodrick 2020 και αναφορές σε αυτό) για την ανάλυση μιας χρονοσειράς στην συνιστώσα τάσης και την κυκλική συνιστώσα. Αυτή που έχει φανεί ότι εφαρμόζει καλύτερα στη χρονοσειρά του ΑΕΠ είναι το γνωστό φίλτρο Hodrick-Prescott (HP) (Hodrick & Prescott 1997). Το φίλτρο HP αποσυνθέτει μια χρονοσειρά,  $Y_t$ , σε μία συνιστώσα τάσης,  $\bar{Y}_t$ , και μία κυκλική συνιστώσα,  $C_t$ :

$$(A.1) \quad Y_t = C_t + \bar{Y}_t.$$

Στο υπό εξέταση πρόβλημα, έχουμε ειδικότερα:

$$(A.2) \quad Y_t \equiv \ln Y_t, \quad \bar{Y}_t \equiv \ln \bar{Y}_t, \quad C_t \equiv g_t.$$

Το Hodrick-Prescott (HP) φίλτρο (για μια χρονοσειρά  $Y_t$ ) συνίσταται στον καθορισμό ενός κανόνα προσαρμογής σύμφωνα με τον οποίο η συνιστώσα τάσης της σειράς  $Y_t$  κινείται συνεχώς και προσαρμόζεται σταδιακά. Πιο τυπικά, η (μη-παρατηρήσιμη) συνιστώσα τάσης  $Y_t$  προκύπτει λύνοντας το ακόλουθο πρόβλημα ελαχιστοποίησης ως προς  $\bar{Y}_t$ :

$$(A.3) \quad \sum_{t=1}^N (y_t - \bar{y}_t)^2 + \lambda \sum_{t=2}^N ((\bar{y}_t - \bar{y}_{t-1}) - (\bar{y}_{t-1} - \bar{y}_{t-2}))^2.$$

Άρα, ο σκοπός είναι να επιλέξουμε τη συνιστώσα τάσης, η οποία ελαχιστοποιεί το άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων από την παρατηρήσιμη χρονοσειρά, υπό τον περιορισμό ότι οι αλλαγές στο  $\bar{y}_t$  μεταβάλλονται σταδιακά ως προς το χρόνο. Ο συντελεστής  $\lambda$  είναι ένας θετικός αριθμός, ο οποίος επιφέρει μεταβολές στη συνιστώσα τάσης. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του  $\lambda$ , τόσο ομαλότερη είναι η συνιστώσα τάσης. Η συνήθης πρακτική είναι να θέτουμε  $\lambda=100$  και τα δεδομένα της χρονοσειράς να λαμβάνονται σε ετήσια βάση (Agenor 2004, σ. 361).

Είναι συνήθως βολικό να εκφράζεται συνάρτηση (A.3) που θέλουμε να ελαχιστοποιήσουμε με μορφή πινάκων:

$$(A.4) \quad (\mathbf{y} - \bar{\mathbf{y}})^T (\mathbf{y} - \bar{\mathbf{y}}) + \lambda \bar{\mathbf{y}}^T \nabla^{2T} \nabla^2 \bar{\mathbf{y}}$$

όπου  $\mathbf{y}$  και  $\bar{\mathbf{y}}$  είναι τα  $N \times 1$  διανύσματα των αρχικών δεδομένων και της τάσης και  $\nabla^2$  συμβολίζει τον πίνακα των δεύτερων διαφορών (Mohr 2005). Η λύση (Danthine & Girardin 1989) αυτού του προβλήματος βελτιστοποίησης προκύπτει από τις συνθήκες πρώτης τάξης σε μορφή πίνακα:

$$(A.5) \quad \bar{\mathbf{y}} = (\mathbf{I} + \lambda \nabla^{2T} \nabla^2)^{-1} \mathbf{y},$$

$$(A.6) \quad \mathbf{c} = \mathbf{y} - \bar{\mathbf{y}}.$$

Έστω  $\mathcal{Y}_{[1,t]}$  να είναι η χρονοσειρά  $\mathcal{Y}_1, \mathcal{Y}_2, \dots, \mathcal{Y}_t$  για τα έτη 1 έως  $t$ . Οι εξισώσεις (A.2), (A.5) και (A.6) συνεπάγονται:

$$(A.7) \quad \bar{\mathcal{Y}}_{[1,t]} = (\mathbf{I} + \lambda \nabla^{2T} \nabla^2)^{-1} \mathcal{Y}_{[1,t]}$$

$$(A.8) \quad g_t = \mathcal{Y}_t - \bar{\mathcal{Y}}_t.$$

Η εξίσωση (A.7) είναι ένα είδος smoothing τελεστή, ο οποίος εξαλείφει την κυκλική συνιστώσα από το  $\mathcal{Y}_{[1,t]}$  και δίνει την τάση  $\bar{\mathcal{Y}}_{[1,t]}$ .

## Αναφορές

1. Abbas, A, Pienkowski, A & Rogoff, K 2019, *Sovereign Debt: A Guide for Economists and Practitioners*, Oxford Scholarship Online: December DOI:10.1093/oso/9780198850823.001.0001
2. Agenor, P-R 2004, *The Economics of Adjustment and Growth*, Harvard University Press, Cambridge, Cambridge, Massachusetts.
3. Benford, J, Best, T & Joy, M 2016, "Sovereign GDP-linked bonds", Bank of England, Financial Stability Paper no. 39, September 2016 (with contributions from Kruger, M, Bank of Canada, and the Research Department, Central Bank of Argentina).
4. Blanchard, O, Mauro, P & Acalin, J 2016, "The case for growth-indexed bonds in advanced economies today", Peterson Institute for International Economics (PIIE), Policy Brief no. PB16-2.
5. Borensztein, E, Mauro, P, Ottaviani, M & Claessens, S 2004, "The case for GDP-linked bonds", *Economic Policy*, vol. 19, no. 38, pp. 167-216.
6. Burns, AF & Mitchell, WC 1946, *Measuring Business Cycles*, National Bureau of Economic Research (NBER), New York.
7. Chamon, M & Mauro, P 2006, "Pricing growth-indexed bonds", *Journal of Banking & Finance*, vol. 30, no. 12, pp. 3349-3366.
8. Danthine, J-P & Girardin, M 1989, "Business cycles in Switzerland. A comparative study", *European Economic Review*, vol. 33, no. 1, pp. 31-50.
9. Hodrick RJ 2020, "An Exploration of Trend-Cycle Decomposition Methodologies in Simulated Data", National Bureau of Economic Research, Working Paper no. 26750, [http:// www.nber.org/papers/w26750](http://www.nber.org/papers/w26750)
10. Hodrick, R & Prescott, E 1997, "Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation", *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 29, no. 1, pp. 1-16.
11. International Monetary Fund 2017, *State-contingent debt instruments for sovereigns*, IMF Policy Paper, May 22.
12. G20 2017, *Compass for GDP-linked bonds*, March 2017.

13. Mohr, M 2005, "A trend-cycle(-season) filter", European central bank, Working paper series no. 499.
14. OECD 2017, "The outlook for inflation-linked bonds", in *OECD Sovereign Borrowing Outlook*, OECD Publishing, Paris.
15. Ruban, O, Poon, S & Vonatsos, K 2008, "GDP linked bonds: Contract design and pricing", *International Finance eJournal*.
16. Shiller, R 1993, *Macro markets: creating institutions for managing society's largest economic risks*, Oxford University Press, New York.
17. Shiller, R, Ostry, JD & Benford, J (eds) 2018, *Sovereign GDP-Linked Bonds: Rationale and Design*, a VoxEU.org eBook, Centre for Economic Policy Research (CEPR) Press, London, UK