



ΠΜΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ &  
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ**

**Θεόδωρος Π. Παπακωνσταντίνου**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Αν. Καθηγητής Χάλκος Γεώργιος**

**Βόλος 2010**

## **Υπεύθυνη Δήλωση πρωτοτυπίας διπλωματικής εργασίας**

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στη διπλωματική εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές για τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στην Εφαρμοσμένη Οικονομική του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Βόλος, Ιανουάριος 2010.

## Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Χάλκο Γεώργιο, για την πολύτιμη βοήθεια, την υπομονή που έδειξε και την καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου. Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, για την υπομονή τους και την αμέριστη αντικειμενικότητα που έδειξαν κατά την παρουσίαση της εργασίας μου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου Σωτηρία και τον αδερφό μου και συνάδερφό μου Αθανάσιο για την κατανόηση και τη βοήθεια που επέδειξαν κατά την σύνταξη αυτής της διπλωματικής εργασίας, για την υπομονή τους σε θέματα εργασίας, για την φιλία τους, την υποστήριξή τους και την συμπαράστασή τους. Τέλος θέλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου για την βοήθειά τους και πάνω απ' όλα για την αγάπη τους, όπως επίσης και την σύντροφό μου Μαρία.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία είναι μία προσπάθεια σύνδεσης στοιχείων με σκοπό να τονιστεί η σπουδαιότητα των επενδύσεων σε έρευνα και ανάπτυξη στην παραγωγικότητα των κρατών – επιχειρήσεων και περαιτέρω στην οικονομική ανάπτυξη των κρατών. Η έρευνα και η τεχνολογική ανάπτυξη αποτελούν σήμερα τους σημαντικότερους τομείς ανάπτυξης για την οικονομική ευημερία του τόπου, ιδιαίτερα σε καιρούς κρίσεων εύθραυστους και αβέβαιους. Στη διπλωματική αυτή και μέσα από την ανάλυση των συντελεστών παραγωγικότητα, κεφάλαιο, R&D και εργασία επιχειρείται να δοθεί μία ολοκληρωμένη ερμηνεία τους, για την καλύτερη κατανόηση του αναγνώστη επεξηγώντας παράλληλα τους δείκτες και τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται στην εν λόγω εργασία. Ακολούθως γίνεται εκτενής αναφορά σε εμπειρικές μελέτες που παρουσιάστηκαν από ερευνητές σε σχέση με την μεθοδολογία τους και τα στοιχεία τα οποία παρουσίασαν. Αναλύοντας πιθανά σφάλματα που προκύπτουν σε εμπειρικές μελέτες τέτοιου είδους, παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθείται κατά καιρούς και διάφορες προσεγγίσεις του συντελεστή τεχνολογία στην εξίσωση παραγωγής. Τέλος μετά από πιο ουσιαστική ανάλυση panel δεδομένων για 33 χώρες βρήκαμε ότι η ελαστικότητα παραγωγής ως προς την έρευνα και ανάπτυξη ισούται με 0,07. Αντίστοιχα για εργασία η ελαστικότητα παραγωγής ως προς την εργασία είναι 0,21 ενώ για το κεφάλαιο είναι 0,1. Τα αποτελέσματα αυτά δεν αποκλίνουν ιδιαίτερα από τις υπάρχουσες εμπειρικές μελέτες όπως αναφέρεται αναλυτικά στην εργασία.

Λέξεις κλειδιά: R&D, παραγωγικοί συντελεστές, παραγωγικότητα, panel δεδομένα.

JEL ταξινόμηση: O3, O32

## ABSTRACT

This paper is an attempt to connect data in order to underline the importance of investment in research and development in the productivity factors of countries and firms and furthermore to the economic development of nations. Research and technological development are now the major growth areas for the economic prosperity of the place, especially in times of crisis fragile and uncertain. This study through the analysis of productivity rates, capital, R & D and labor, attempts to provide a comprehensive interpretation of these terms for the reader's understanding, while explaining the indicators and data used in this work. Furthermore, an extensive reference to empirical studies presented by researchers in relation to the methodology and the data that was presented in these studies is given. Analyzing possible errors which may arise in empirical studies of this kind, the methodology employed in this study and several approaches of the rate of technology in the production equation are given. Finally, after a substantial analysis of panel data for 33 countries it is found that the elasticity of production in research and development is equal to 0.07. Similarly, in terms of labor the flexibility production labor is 0.21, while the corresponding value for the capital is 0.1. These results do not differ particularly from existing empirical studies as detailed in the paper.

Key words: R&D, production factors, productivity, panel data.

JEL codes: O3, O32

## Πίνακας Περιεχομένων

Εισαγωγή .....	1
<b>Κεφάλαιο 1 .....</b>	<b>3</b>
Γενικά Στοιχεία και ορολογίες.....	3
1.1 Παραγωγικότητα - Εργασία.....	3
1.2 Έρευνα και Ανάπτυξη.....	7
1.3 Μέτρηση των μεταβλητών της παρούσας εργασίας .....	9
<b>Κεφάλαιο 2 .....</b>	<b>14</b>
Εμπειρικά υποδείγματα συσχέτισης R&D και παραγωγικότητας.....	14
2.1 Θεωρητική ανασκόπηση .....	14
2.2 Εμπειρικά υποδείγματα R&D (συνάρτηση Cobb-Douglas) .....	19
2.3 Διάφορα εκτιμημένα θέματα.....	22
2.3.1 Σφάλμα μέτρησης .....	22
2.3.2 Συγχρονισμός .....	23
2.3.3 Παραλειπόμενες μεταβλητές .....	23
2.3.4 Δυναμικά .....	24
<b>Κεφάλαιο 3 .....</b>	<b>26</b>
Ανάλυση προτεινόμενης μεθοδολογίας .....	26
3.1 Τεχνολογική Μεταβολή .....	26
3.2 Εξωγενής Τεχνολογική Μεταβολή .....	27
3.3 Ενσωματωμένη Τεχνολογική Μεταβολή .....	28
3.4 Ενσωματωμένη Τεχνολογική Μεταβολή (Το υπόδειγμα του Solow).....	29
3.5 Ενσωματωμένη Τεχνολογική Μεταβολή (Το υπόδειγμα του Denison) .....	30
<b>Κεφάλαιο 4 .....</b>	<b>32</b>
Εμπειρική Εφαρμογή.....	32
4.1 Ανάλυση Panel Data .....	32
4.2 Χαρακτηριστικά που δεν μετρώνται (Unobserved Characteristics) .....	32
4.3 Βασικό μοντέλο ανάλυσης.....	33
4.4 Τα μοντέλα σταθερής επίδρασης.....	34
4.4.1 Διαφορετικοί σταθεροί όροι και διαφορετικές κλίσεις: .....	34
4.4.2 Διαφορετικοί σταθεροί όροι και ίδιες κλίσεις.....	35
4.4.3 Ίδιοι σταθεροί όροι και ίδιες κλίσεις .....	36
4.4.4 Τα μοντέλα τυχαίας επίδρασης (Random Effects) .....	36
4.5 Εμπειρική Εφαρμογή.....	38
<b>Κεφάλαιο 5 .....</b>	<b>44</b>

<b>Συμπεράσματα – Πολιτικές Επιπτώσεις.....</b>	<b>44</b>
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>47</b>
<b>Παράρτημα Α –Αποτελέσματα EViews .....</b>	<b>52</b>

## Εισαγωγή

Η οικονομική μεγέθυνση (growth)–ανάπτυξη (development) αποτελεί από παλαιά το κεντρικό θέμα τόσο της οικονομικής επιστήμης όσο και της πολιτικής. Μέσα από αυτό το πλαίσιο η ανάπτυξη των επενδύσεων σε έρευνα και ανάπτυξη (**R&D** από το **Research & Development**) και η δημιουργία καινοτόμων ιδεών κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική. Η έννοια της καινοτομίας, στην ουσία προϋποθέτει την αντικατάσταση «παλαιών» μεθόδων παραγωγής με «νέες» καινοτόμες δράσεις και αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της οικονομίας της γνώσης.

Ο Schumpeter (1934) σημειώνει πως η καινοτομία, η οποία συνδέεται με την επιχειρηματικότητα, μπορεί να πάρει διάφορες μορφές, όπως η εισαγωγή στην αγορά ενός νέου ή καλύτερου ποιοτικά αγαθού (προϊόντος ή υπηρεσίας), η αξιοποίηση μιας νέας παραγωγικής διαδικασίας, η απόκτηση μιας νέας εισροής, η επέκταση σε μια νέα αγορά ή τέλος η υιοθέτηση μιας νέας δομής στην οργάνωση της επιχείρησης. Δεν είναι άλλωστε τυχαίο πως η καινοτομία ορίζεται από πολλούς οικονομολόγους ως «γνώση στην πράξη» (Σταϊκούρας, 2006).

Τόσο η οικονομική θεωρία όσο και οι εμπειρικές μελέτες έχουν αποδείξει ότι η έρευνα και οι επενδύσεις σε νέες τεχνολογίες αποτελούν αναγκαία συνθήκη για την οικονομική ανάπτυξη. Μέσα από τις επενδύσεις σε R&D καθορίζονται οι κατευθύνσεις της εξέλιξης των σύγχρονων κοινωνιών. Επενδύοντας στους συντελεστές παραγωγής της εργασίας, του κεφαλαίου, της έρευνας και της ανάπτυξης, μία επιχείρηση είναι ικανή να βελτιώσει όχι μόνο την δική της κερδοφορία και παραγωγικότητα, αλλά και την παραγωγικότητα εκείνων των μονάδων που καταναλώνουν τα προϊόντα της. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι διαφορές ανταγωνιστικότητας και κατά κεφαλήν εισοδήματος που παρατηρούνται ανάμεσα στις εθνικές οικονομίες μπορούν, σε ένα βαθμό τουλάχιστον, να αποδοθούν σε διαφορετικά επίπεδα καινοτομικής δράσης.

Το αντικείμενο της εργασίας πραγματεύεται την έρευνα και την τεχνολογική ανάπτυξη σε μία σειρά Ευρωπαϊκών κρατών. Στην παρούσα μελέτη θα χρησιμοποιηθούν δυναμικά διαστρωματικά στοιχεία (panel data) και τα υποδείγματα σταθερών και τυχαίων επιδράσεων για να εξεταστεί η επίδραση των δαπανών σε R&D πάνω στην παραγωγικότητα. Η ανάλυση θα γίνει σε επίπεδο χωρών/εθνικών οικονομιών αν και τα προτεινόμενα υποδείγματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και σε επίπεδο επιχειρήσεων.



Η διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας είναι η ακόλουθη. Το Κεφάλαιο 1 παρουσιάζει γενικά στοιχεία πάνω στην παραγωγικότητα και τις δαπάνες για έρευνα και τεχνολογία. Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στα υπάρχοντα εμπειρικά υποδείγματα και τα ευρήματα της υπάρχουσας σχετικής βιβλιογραφίας. Το επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζει αλγεβρικά της μεθοδολογία υποδειματοποίησης της τεχνολογικής μεταβολής ενώ το τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζει τα εμπειρικά αποτελέσματα από την ανάλυση δείγματος δυναμικών διαστρωματικών στοιχείων και τα υποδείγματα σταθερών και τυχαίων επιδράσεων σε μια σειρά χωρών. Το τελευταίο κεφάλαιο κλείνει την διπλωματική με τα βασικά συμπεράσματα και τις πολιτικές επιπτώσεις αυτών των συμπερασμάτων.

# Κεφάλαιο 1

## Γενικά Στοιχεία και ορολογίες

Ο όρος έρευνα και ανάπτυξη αναφέρεται στην καινοτομία και στην προσπάθεια ανεύρεσης νέων καινοτόμων ιδεών που σκοπό έχουν την διευκόλυνση και την δημιουργικότητα αναπτύσσοντας παράλληλα νέους ορίζοντες και νέα προϊόντα με απώτερο σκοπό την διευκόλυνση των πελατών και την μείωση κόστους. Η έρευνα, η τεχνολογική ανάπτυξη και η καινοτομική δραστηριότητα είναι σήμερα από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό παραγωγικότητας και ανταγωνιστικότητας, τόσο της οικονομίας όσο και των επιμέρους περιφερειών μιας χώρας.

### 1.1 Παραγωγικότητα - Εργασία

Ο όρος παραγωγικότητα εκφράζει το λόγο των αποτελεσμάτων, δηλαδή των προϊόντων και υπηρεσιών που παράγονται σε ένα σύστημα – σε μια επιχείρηση, σε ένα οικονομικό κλάδο, ή σε μια οικονομία – προς τους πόρους (παραγωγικούς συντελεστές) που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή του αποτελέσματος, όπως είναι η εργασία, ο εξοπλισμός, τα υλικά κ.ά. Η παραγωγικότητα, δηλαδή, εκφράζει το πόσο αποδοτικά και αποτελεσματικά χρησιμοποιούνται οι (συντελεστές) πόροι για την παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών.

Για τα αποτελέσματα ενός συστήματος χρησιμοποιείται ο όρος «εκροές» ενώ για τους συντελεστές παραγωγής που χρησιμοποιούνται υιοθετείται ο όρος «εισροές».

$$\text{Παραγωγικότητα} = \text{Εκροές (output)} / \text{Εισροές (input)}$$

Η αύξηση στην παραγωγικότητα από μια περίοδο σε άλλη παρατηρείται:

1. όταν παράγονται περισσότερα προϊόντα ή υπηρεσίες με τη χρήση των ίδιων πόρων
2. όταν παράγονται τα ίδια (σε ποσότητα και ποιότητα) προϊόντα ή υπηρεσίες με τη χρήση λιγότερων πόρων
3. όταν η αύξηση στα προϊόντα και υπηρεσίες που παράγονται είναι μεγαλύτερη από την αύξηση των πόρων που χρησιμοποιούνται.

Όταν αναφερόμαστε σε μέτρα ή δείκτες παραγωγικότητας εννοούμε είτε μετρήσεις του ρυθμού μεταβολής της παραγωγικότητας, που δίνουν μια εικόνα της μεταβολής της παραγωγικότητας στο χρόνο, είτε μετρήσεις του απόλυτου ύψους της παραγωγικότητας, που χρησιμεύουν για συγκρίσεις μεταξύ διαφορετικών οικονομικών συστημάτων. Αυτές οι μετρήσεις είναι δυνατό να γίνουν σε διάφορα επίπεδα: στο επίπεδο της επιχείρησης, το επίπεδο του κλάδου ή το επίπεδο της οικονομίας.

Σε κάθε περίπτωση χρησιμοποιούνται διάφοροι δείκτες παραγωγικότητας:

1. Ο Δείκτης της Ολικής Παραγωγικότητας (Total Factor Productivity) που συσχετίζει το αποτέλεσμα με το σύνολο των χρησιμοποιούμενων πόρων.
2. Σύνθετοι δείκτες που συσχετίζουν το αποτέλεσμα με κάποιες εισροές π.χ. την εργασία και το κεφάλαιο.
3. Απλοί δείκτες που συσχετίζουν το αποτέλεσμα με μία μόνο εισροή, όπως η Παραγωγικότητα Εργασίας (που είναι ο πιο διαδεδομένος δείκτης) και η Παραγωγικότητα Κεφαλαίου.
4. Απλουστευμένοι, εξειδικευμένοι δείκτες για κάθε επιχείρηση ή ακόμη για κάθε λειτουργία της επιχείρησης π.χ. αριθμό ατόμων που εξυπηρετούνται ανά ανθρωπόωρα ή αριθμό μονάδων προϊόντων και υπηρεσιών που παράγονται ανά εργαζόμενο.

Για την κατασκευή των δεικτών παραγωγικότητας είναι απαραίτητη η μέτρηση τόσο των εκροών όσο και των εισροών ενός συστήματος. Άρα στην πράξη η μέτρηση της παραγωγικότητας ενός συστήματος καταλήγει σε μέτρηση των εκροών και των εισροών του συστήματος και στη συσχέτισή τους. Τόσο για τη μέτρηση των εκροών όσο και για τη μέτρηση των εισροών χρησιμοποιούνται διάφοροι τρόποι κάποιιοι από τους οποίους περιγράφονται πιο κάτω:

Για τον υπολογισμό της παραγωγικότητας οι εκροές ενός συστήματος μπορούν να μετρηθούν ως:

1. Η συνολική αξία της παραγωγής (αξία πωλήσεων + μεταβολή στην αξία των αποθεμάτων και ενδιάμεσων προϊόντων)
2. Η Ακαθάριστη Προστιθέμενη Αξία (αξία των αγαθών και υπηρεσιών που παράγονται αφού αφαιρεθεί η αξία των αγαθών και υπηρεσιών που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ή αλλιώς η συνολική αξία της παραγωγής μείον την ενδιάμεση κατανάλωση).

3. Το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) στο επίπεδο της Εθνικής Οικονομίας ή των οικονομικών δραστηριοτήτων της (Ακαθάριστη Προστιθεμένη Αξία συν τους φόρους μείον τις επιδοτήσεις)

Από την άλλη πλευρά η εργασία είναι ο πόρος που χρησιμοποιείται στον πιο διαδεδομένο δείκτη παραγωγικότητας και μπορεί να καθοριστεί με βάση:

1. Τις συνολικές ώρες εργασίας,
2. Το συνολικό αριθμό εργαζομένων (που περιλαμβάνει εργαζόμενους με πλήρη και μερική απασχόληση), ή
3. Τον αριθμό εργαζομένων σε ισοδύναμο πλήρους απασχόλησης

Η επιλογή του τρόπου μέτρησης των εκροών και εισροών εξαρτάται και από τη διαθεσιμότητα των στοιχείων. Όταν μετρούνται οι εισροές και εκροές για μια χρονική περίοδο είναι σημαντικό να απαλειφθεί η επίδραση του πληθωρισμού. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται κατάλληλοι δείκτες τιμών ως αποπληθωριστές.

Η Παραγωγικότητα Εργασίας είναι ο πιο διαδεδομένος δείκτης παραγωγικότητας και εκφράζει το αποτέλεσμα ενός συστήματος σε σχέση με το ανθρώπινο δυναμικό (αριθμός ατόμων, ή ώρες εργασίας) που παράγει το αποτέλεσμα. Ο δείκτης αυτός δεν εκφράζει την προσπάθεια του ανθρώπινου δυναμικού, ούτε μπορεί το επίπεδο της παραγωγικότητας εργασίας να θεωρηθεί υψηλό ή χαμηλό εξ υπαιτιότητας και μόνον των εργαζομένων. Αντίθετα αντικατοπτρίζει τη συνολική επίδραση πολλών παραγόντων στο αποτέλεσμα, όπως του φυσικού κεφαλαίου (κτίρια, μηχανήματα), της τεχνολογίας, του ανθρώπινου κεφαλαίου (εκπαίδευση και κατάρτιση), της οργάνωσης της εργασίας, των οικονομιών κλίμακας κ.λπ..

Οι δείκτες της παραγωγικότητας χρησιμοποιούνται από οικονομικούς αναλυτές για ανάλυση της επίδρασης διαφόρων παραγόντων όπως της τεχνολογίας και της εκπαίδευσης στην παραγωγικότητα και κατ' επέκταση στην οικονομική ανάπτυξη. Με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων οι κυβερνήσεις διαμορφώνουν πολιτική για να επηρεάσουν θετικά την παραγωγικότητα και την ανταγωνιστικότητα της χώρας τους προς όφελος του πληθυσμού.

Ορισμένοι δείκτες παραγωγικότητας επιτρέπουν συγκρίσεις μεταξύ χωρών, κάτι που επίσης βοηθά στη διαμόρφωση πολιτικής από τις κυβερνήσεις με στόχο την αύξηση της ανταγωνιστικότητας της χώρας. Οι εργοδοτικές και συνδικαλιστικές οργανώσεις χρησιμοποιούν τους δείκτες παραγωγικότητας για τις διαπραγματεύσεις των μισθών.

Επίσης οι επιχειρήσεις, στηριζόμενες σε μετρήσεις της παραγωγικότητας στο επίπεδο τμημάτων και διαδικασιών, καταστρώνουν σχέδια δράσης για βελτίωση της

παραγωγικότητας, και της ανταγωνιστικότητας προς όφελος και των ίδιων των ιδιοκτητών (αυξημένη κερδοφορία) αλλά και των εργαζομένων (ψηλότεροι μισθοί).

Η βελτίωση της παραγωγικότητας κάθε επιχείρησης βελτιώνει την ανταγωνιστικότητά της και επιφέρει αυξημένα κέρδη. Η επιχείρηση μπορεί να διανέμει μέρος των κερδών για αύξηση των μισθών των εργαζομένων ή/και για μείωση της τιμής των προϊόντων και υπηρεσιών τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της αγοραστικής δύναμης όχι μόνο των εργαζομένων της ίδιας της επιχείρησης αλλά και των υπόλοιπων καταναλωτών. Η βελτίωση της παραγωγικότητας σε μια οικονομία οδηγεί γενικά σε ψηλότερο κατά κεφαλήν εισόδημα το οποίο αποτελεί το σημαντικότερο κριτήριο του βιοτικού επιπέδου ενός λαού δεδομένου ότι το κράτος μεριμνά για δίκαιη κατανομή του εισοδήματος, επαρκείς κοινωνικές παροχές, ασφάλεια, ισότητα ευκαιριών, προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και σεβασμό των ανθρωπίνων δικαιωμάτων.

Στο επίπεδο της επιχείρησης, η εισαγωγή κάποιου μέτρου για βελτίωση της παραγωγικότητας, όπως η χρήση νέας τεχνολογίας στην παραγωγική διαδικασία, είναι δυνατόν να οδηγήσει σε μείωση των ατόμων που απαιτούνται για τη διεκπεραίωση του όγκου παραγωγής. Μακροπρόθεσμα όμως, καθώς η επιχείρηση γίνεται πιο ανταγωνιστική, είναι σε θέση να αυξήσει το μερίδιο αγοράς, και σε συνδυασμό με καινοτομίες να δημιουργήσει ακόμη περισσότερη ζήτηση για τα προϊόντα της, ώστε να χρειάζεται η πρόσληψη πρόσθετων εργαζομένων για ανταπόκριση στον αυξημένο όγκο εργασίας.

Στο επίπεδο της εθνικής οικονομίας, οι ενδείξεις που υπάρχουν μέχρι σήμερα είναι ότι βελτίωση της παραγωγικότητας δεν οδηγεί σε μείωση στις ευκαιρίες απασχόλησης. Η βελτίωση της παραγωγικότητας δημιουργεί, μακροχρόνια, ανάπτυξη στο εθνικό εισόδημα και την εθνική παραγωγή ώστε να οδηγήσει σε γενική αύξηση της απασχόλησης.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγικότητα είναι πολλοί και παρουσιάζουν μεταξύ τους περίπλοκες σχέσεις αλληλεπίδρασης. Στο μακροοικονομικό επίπεδο, οι κυριότεροι από αυτούς είναι:

1. η δομή της οικονομίας
2. η οικονομική σταθερότητα
3. η απασχόληση
4. η ανεργία
5. οι υποδομές

Ομοίως στο μικροοικονομικό επίπεδο οι κυριότεροι από αυτούς είναι:

1. οι γνώσεις και δεξιότητες του προσωπικού
2. η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία

3. η οργάνωση της εργασίας
4. οι διευθυντικές πρακτικές
5. η έρευνα και η καινοτομία
6. ο ανταγωνισμός

## 1.2 Έρευνα και Ανάπτυξη

Η έρευνα και ανάπτυξη, που οδηγεί σε νέα προϊόντα, νέες διαδικασίες και νέα γνώση, είναι μια σημαντική πηγή τεχνικής αλλαγής. Όπως ορίζεται από τον OECD (1993), το R&D “*συνιστά τη δημιουργική εργασία που επιτελείται σε συστηματική βάση με σκοπό την αύξηση του αποθέματος των γνώσεων και τη χρήση αυτού του αποθέματος γνώσης για την εκπόνηση νέων εφαρμογών*”. Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι R&D, και κατά συνέπεια και το αποτέλεσμα του R&D για την παραγωγικότητα μπορεί να λειτουργήσει με διάφορους τρόπους. Για να καλυφθούν οι σχέσεις μεταξύ R&D και της παραγωγικότητας είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη τα στοιχεία αυτά.

Το R&D δεν είναι η μόνη πηγή της νέας τεχνολογίας: στις σύγχρονες, βιομηχανικές οικονομίες. Άλλες δραστηριότητες, όπως η μάθηση μέσα από την πράξη ή το σχέδιο που διεξάγεται στις περισσότερες περιπτώσεις, βάσει των νέων τεχνολογιών που προέρχονται από το R&D (π.χ. αλλαγές στην οργάνωση των επιχειρήσεων που σχετίζονται με τη χρήση της τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών) είναι εξίσου σημαντικοί παράγοντες αύξησης της τεχνολογίας. Η σχέση μεταξύ R&D και καινοτομίας είναι μια σύνθετη, μη-γραμμική σχέση. Ωστόσο, αναγνωρίζεται επίσης ότι είναι δύσκολο για την υλοποίηση σημαντικών προόδων στην τεχνολογία να εμφανιστεί χωρίς να έχει προηγηθεί έργο που επιτελείται σε συστηματική βάση, και το R&D είναι ένας καλός δείκτης του ευρύτερου αυτού του φαινομένου.

Το R&D που πραγματοποιείται μέσα από τα αποτελέσματα των επιχειρήσεων οδηγεί σε νέα αγαθά και υπηρεσίες, σε υψηλότερη ποιότητα της παραγωγής και σε νέες διαδικασίες παραγωγής. Αυτοί είναι οι παράγοντες της αύξησης της παραγωγικότητας στο επίπεδο της επιχείρησης και σε μακροοικονομικό επίπεδο. Η επίδραση του R&D των επιχειρήσεων στην παραγωγικότητα έχει διερευνηθεί σε πολλές εμπειρικές μελέτες, οι οποίες πραγματοποιούνται σε όλα τα επίπεδα συγκέντρωσης-επιχειρηματικές μονάδες, επιχειρήσεις, βιομηχανία και εθνικό επίπεδο - και για πολλές χώρες (κυρίως για τις ΗΠΑ).

Όλες οι μελέτες αυτές καταλήγουν στο συμπέρασμα πως το R&D παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς η εκτιμώμενη ελαστικότητα παραγωγής όσον αφορά το R&D των επιχειρήσεων κυμαίνεται από 10% τοις εκατό σε 30% (Nadiri, 1993). Αυτή η μεγάλη

απόκλιση οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι οι μελέτες διαφέρουν όσον αφορά όρους οικονομετρικών προδιαγραφών, πηγές δεδομένων, τον αριθμό των οικονομικών μονάδων, των μεθόδων μέτρησης για το R&D και των οικονομικών επιδόσεων και τις υπό μελέτη περιόδους. Επιχειρήσεις που έχουν δραστηριότητες R&D μπορεί να χρηματοδοτούνται για αυτή την δραστηριότητα είτε από τις ίδιες τις επιχειρήσεις είτε από κρατικά κονδύλια (Guellec και van Pottelsberghe, 1999, 2001). Θα μπορούσε κάποιος να πει πως οι δαπάνες σε R&D των επιχειρήσεων έχουν διαφορετική επίδραση στην παραγωγικότητα ανάλογα με την προέλευση των κεφαλαίων για τον σκοπό αυτό, (η οποία επηρεάζει την ημερήσια διάταξη της έρευνας και της δομή των κινήτρων).

Το R&D που υλοποιείται είτε μέσα από κρατικές ενισχύσεις είτε μέσα από την πανεπιστημιακή κοινότητα παράγει βασική γνώση. Σε πολλές περιπτώσεις, το αποτέλεσμα της έρευνας της κυβέρνησης σχετικά με την παραγωγικότητα δεν μετριέται, είτε επειδή είναι έμμεσο είτε γιατί τα αποτελέσματά της δεν είναι ενταγμένα σε υφιστάμενα μέτρα του ΑΕΠ (π.χ. τα αποτελέσματα για την υγεία που συνδέονται με την έρευνα επιτρέπουν τη βελτίωση της διάρκειας και της ποιότητας της ζωής, τα οποία όμως δεν έχουν ληφθεί υπόψη στο ΑΕΠ). Η βασική έρευνα που διενεργείται κυρίως από πανεπιστήμια ενισχύει το σύνολο των γνώσεων της κοινωνίας. Οι νέες γνώσεις δεν θεωρούνται ως αποτέλεσμα εξόδου στο ισχύον σύστημα των εθνικών λογαριασμών (σε αντίθεση με υλικές επενδύσεις και επενδύσεις λογισμικού, για παράδειγμα), και ως τέτοια δεν συμπεριλαμβάνεται στο ΑΕΠ και για αυτό το λόγο η άμεση έκβαση της βασικής έρευνας παραβλέπεται. Ωστόσο, η βασική έρευνα μπορεί να ανοίξει νέες ευκαιρίες για την επιχειρηματική έρευνα, η οποία με τη σειρά της επηρεάζει την παραγωγικότητα.

Κατά συνέπεια, δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι υπήρξαν πολύ λίγες μελέτες των επιπτώσεων της δημόσιας έρευνας σχετικά με την παραγωγικότητα. Ορισμένα μόνο στοιχεία της δημόσιας έρευνας χρησιμοποιούνται σε εμπειρικά πλαίσια. Για παράδειγμα, ο Adams (1990) διαπιστώνει ότι τα θεμελιώδη αποθέματα της γνώσης, εκφρασμένα μέσα από συσσωρευμένα ακαδημαϊκά επιστημονικά έγγραφα, συνέβαλαν σημαντικά στην αύξηση της παραγωγικότητας στις ΗΠΑ στις κατασκευαστικές βιομηχανίες. Ένα άλλο παράδειγμα αποτελεί η μελέτη των Poole και Bernard (1992) για τις στρατιωτικές καινοτομίες στον Καναδά, οι οποίες παρουσιάζουν αποδεικτικά στοιχεία ότι σχετιζόμενο με την άμυνα απόθεμα καινοτομίας έχει αρνητικές σημαντικές επιπτώσεις στην αύξηση της συνολικής παραγωγικότητας των συντελεστών παραγωγής σε τέσσερις βιομηχανίες κατά την περίοδο 1961-85.

Εξωτερικές γνώσεις (γνώσεις που παράγονται σε άλλες χώρες) είναι μια τρίτη πηγή της νέας τεχνολογίας για κάθε εθνική οικονομία. Υπάρχουν πολλοί τρόποι για την τεχνολογία για να περάσει τα σύνορα, όπως γνώσεις που προέρχονται από την έρευνα μιας δεδομένης χώρας που χρησιμοποιείται από επιχειρήσεις άλλης χώρας. Οι εταιρείες μπορούν να αγοράσουν τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας, πιστοποιητικά ή τεχνογνωσία από ξένες εταιρείες, που μπορούν να παρατηρούν τον ανταγωνισμό (π.χ. reverse engineering), να προσλαμβάνουν ξένους επιστήμονες και μηχανικούς, που μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τους ξένους ανταγωνιστές που επένδυσαν στη χώρα τους, να διαβάσουν την επιστημονική και τεχνολογική βιβλιογραφία, ή να έχουν απευθείας επαφές με τους ξένους μηχανικούς σε συνέδρια ή εκθέσεις. Η επίδραση στη γνώση που παράγεται από εξωτερικούς φορείς, όπως περιγράφηκε παραπάνω εξαρτάται από την ικανότητα της αποδέκτριας χώρας να αφομοιώσει αυτές τις γνώσεις, να προχωρήσει σε αποτελεσματική χρήση της, το οποίο απαιτεί με τη σειράς αυτή η χώρα να έχει επαρκή τεχνολογική δραστηριότητα. Αυτό είναι που παραδοσιακά επισημαίνεται ως «ικανότητα απορρόφησης» της οικονομίας.

Σε μερικές μελέτες, όπως αυτές των Coe και Helpman (1995) και Van Pottelsberghe and Lichtenberg (2001), έχει εκτιμηθεί η προερχόμενη από την αλλοδαπή επίδραση της R&D στην παραγωγικότητα. Στην πρώτη εργασία των Coe και Helpman βρέθηκε πως οι επενδύσεις σε εγχώριες δαπάνες για R&D, συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση της παραγωγικότητας και ότι ο αντίκτυπος αυτός είναι σημαντικά υψηλότερος για τις χώρες του G7 από ό, τι για τις άλλες αναπτυσσόμενες χώρες. Στην εργασία των Lichtenberg και van Pottelsberghe (1996) υποστηρίζεται πως οι επιδράσεις R&D άλλων χωρών μπορούν να επηρεάσουν τις εγχώριες αποδόσεις μέσω τόσο των εισαγωγών όσο και των εξαγωγών της τεχνολογίας των άμεσων ξένων επενδύσεων.

### **1.3 Μέτρηση των μεταβλητών της παρούσας εργασίας**

Για λόγους πληρότητας παρατίθενται παρακάτω κάποιες βασικές έννοιες που παρουσιάζονται στην εργασία αυτή και η επεξήγηση τους ενώ παράλληλα αναφέρονται δείκτες οι οποίοι επεξηγούνται και χρησιμοποιούνται συχνά σε παρόμοιες αναλύσεις με διαστρωματικά στοιχεία που αφορούν την παραγωγικότητα, το κεφάλαιο, την R&D και τρόπους διαχωρισμού τέτοιων στοιχείων.

#### **- Συνολικές δαπάνες R&D ως ποσοστό του ΑΕΠ**

Ο δείκτης ορίζεται ως το ποσοστό των δαπανών για R&D (Ακαθάριστες εγχώριες δαπάνες για R&D) στο ΑΕΠ. Έρευνα και πειραματική ανάπτυξη (R&D) συνιστά η



δημιουργική εργασία που επιτελείται σε συστηματική βάση με σκοπό την αύξηση του αποθέματος γνώσης.

- Ποσοστό απασχόλησης ανάλογα με το φύλο

Το ποσοστό απασχόλησης υπολογίζεται διαιρώντας τον αριθμό των εργαζομένων ηλικίας από 15 έως 64 ετών ως προς το συνολικό πληθυσμό της ίδιας ηλικιακής ομάδας. Ο δείκτης βασίζεται στα στοιχεία της EUROSTAT Labour Force Survey. Η έρευνα καλύπτει το σύνολο του πληθυσμού που ζει σε ιδιωτικά νοικοκυριά και εξαιρεί τα μέλη των συλλογικών νοικοκυριών, όπως οικοτροφεία, αίθουσες διαμονής και νοσοκομεία. Ο απασχολούμενος πληθυσμός αποτελείται από τα πρόσωπα τα οποία κατά την εβδομάδα αναφοράς έκαναν οποιαδήποτε εργασία με αμοιβή ή κέρδος για τουλάχιστον μία ώρα, ή δεν εργάζονταν αλλά είχαν μια θέση εργασίας από την οποία απουσίαζαν προσωρινά.

- Ρυθμός αύξησης της παραγωγικότητας της εργασίας ανά ώρα εργασίας επί της ποσοστιαία αλλαγή έναντι των προηγούμενων ετών

Η παραγωγικότητα της εργασίας ανά ώρα εργασίας υπολογίζεται ως η πραγματική παραγωγή (ΑΕΠ μετρούμενο σε σταθερές ή τρέχουσες τιμές) ανά μονάδα εργασίας (με βάση το συνολικό αριθμό των ωρών εργασίας). Μέτρηση της παραγωγικότητας της εργασίας ανά ώρα εργασίας παρέχει μια καλύτερη εικόνα των εξελίξεων της παραγωγικότητας της οικονομίας από την παραγωγικότητα της εργασίας ανά απασχολούμενο άτομο, δεδομένου ότι εξαλείφει τις διαφορές στην πλήρη απασχόληση / μερική απασχόληση του εργατικού δυναμικού μεταξύ των χωρών και των διαφορετικών υπό εξέταση χρονικών περιόδων.

- Συνολική επένδυση ως ποσοστό του ΑΕΠ

Ο δείκτης αυτός ορίζεται ως το σύνολο των ακαθάριστων επενδύσεων παγίου κεφαλαίου (GFCF), εκφραζόμενο ως ποσοστό του ΑΕΠ, για το δημόσιο και τον ιδιωτικό τομέα. Το GFCF αποτελείται από εγχώριους παραγωγικούς εξοπλισμούς (*resident producers acquisitions*), μείον πωλήσεις παγίων περιουσιακών στοιχείων συν ορισμένες προσθήκες στην αξία των μη παραγωγικών (συνήθως φυσικών) περιουσιακών στοιχείων που πραγματοποίησε η παραγωγική δραστηριότητα. Περιλαμβάνει επίσης ορισμένες προσθήκες στην αξία των μη παραχθέντων περιουσιακών στοιχείων που πραγματοποίησε η παραγωγική δραστηριότητα, όπως η βελτίωση της γης. Ο δείκτης δίνει το μερίδιο του ΑΕΠ που χρησιμοποιείται από το δημόσιο και τον ιδιωτικό τομέα για επενδύσεις (και όχι αυτό που χρησιμοποιείται σε άλλες δραστηριότητες όπως λόγου χάριν π.χ. για κατανάλωση ή εξαγωγές).

- Ακαθάριστες εγχώριες δαπάνες για R&D (GERD) κατά πηγή χρηματοδότησης - Ποσοστό του συνολικού GERD

Αυτή η μέτρηση παρουσιάζει τα σχετικά μερίδια των διαφόρων χρηματοδοτικών πόρων στον τομέα της R&D. Πιο συγκεκριμένα οι δείκτες που παρέχονται είναι το ποσοστό των GERD (Ακαθάριστων εγχώριων δαπανών για R&D) που χρηματοδοτείται αντίστοιχα από τη βιομηχανία, την κυβέρνηση, την τριτοβάθμια εκπαίδευση και τον ιδιωτικό τομέα μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα.

Μια άλλη μορφή κεφαλαίων που εμφανίζεται είναι η GERD η οποία χρηματοδοτείται από το εξωτερικό. Η R&D είναι μια δραστηριότητα στην οποία υπάρχουν σημαντικές μεταφορές πόρων μεταξύ των μονάδων, οργανισμών, τομέων και χωρών. Η σημασία της πηγής χρηματοδότησης έχει αναγνωριστεί σε έναν από τους στόχους της Βαρκελώνης της συνθήκης της Λισαβόνας, όπου αναφέρεται ότι ο κατάλληλος διαχωρισμός-κατανομή για την R&D είναι το 1 / 3 να χρηματοδοτείται από δημόσιους πόρους και 2 / 3 από τον ιδιωτικό τομέα.

- Η παραγωγικότητα της εργασίας ανά απασχολούμενο άτομο - ΑΕΠ σε μονάδες αγοραστικής δύναμης (PPS) ανά απασχολούμενο σε σχέση με την EU-27 (EU-27 = 100)

Πρέπει να τονιστεί ότι ο δείκτης αυτός έχει αναπροσαρμοστεί, δηλαδή τα στοιχεία που εκφράζονται σε σχέση με την EU-27 = 100. Έτσι, δεν είναι συγκρίσιμα με τις προηγούμενες δημοσιεύσεις βάσει της EU-25 = 100. Καθώς το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) είναι ένα μέτρο για την οικονομική δραστηριότητα οριζόμενο ως η αξία όλων των αγαθών και υπηρεσιών που παράγονται μείον την αξία των αγαθών ή υπηρεσιών που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία τους, το ΑΕΠ ανά απασχολούμενο άτομο έχει σκοπό να δώσει μια συνολική εικόνα της παραγωγικότητας των εθνικών οικονομιών που εκφράζονται σε σχέση με τον μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU-27).

Εάν ο δείκτης μιας χώρας είναι υψηλότερος από 100, το επίπεδο αυτής της χώρας σε ΑΕΠ ανά απασχολούμενο είναι υψηλότερο από το μέσο όρο της EU και αντίστροφα. Βασικά στοιχεία εκφρασμένα σε PPS, δηλαδή ένα κοινό νόμισμα που εξαλείφει τις διαφορές στα επίπεδα τιμών μεταξύ των χωρών, επιτρέπουν ουσιαστικές συγκρίσεις όγκου του ΑΕΠ μεταξύ χωρών. Σημειώνουμε πως με τον όρο «απασχολούμενοι» δεν γίνεται καμία διάκριση μεταξύ πλήρους και μερικής απασχόλησης.

- Οι επενδύσεις των επιχειρήσεων - Ακαθάριστες επενδύσεις παγίου κεφαλαίου του ιδιωτικού τομέα ως ποσοστό του ΑΕΠ

Ο δείκτης αυτός ορίζεται ως το σύνολο των ακαθάριστων επενδύσεων παγίου κεφαλαίου (GFCF) εκφραζόμενο ως ποσοστό του ΑΕΠ για τον ιδιωτικό τομέα. Ο όρος GFCF αποτελείται από εξαγορές εγχώριων παραγωγικών εξοπλισμών μείον τις πωλήσεις των παγίων υλικών ή άυλων στοιχείων ενεργητικού, όπως κτίρια, μηχανήματα και εξοπλισμό, οχήματα, ή λογισμικό.

Περιλαμβάνει επίσης ορισμένες προσθήκες στην αξία των μη παραχθέντων περιουσιακών στοιχείων που πραγματοποίησε η παραγωγική δραστηριότητα, όπως η βελτίωση της γης. Ο δείκτης δίνει το μερίδιο του ΑΕΠ που χρησιμοποιείται από τον ιδιωτικό τομέα για επενδύσεις (και όχι για κατανάλωση).

- Καινοτομία και έρευνα

Οι επενδύσεις σε ανθρώπινους πόρους και η έρευνα και ανάπτυξη είναι ουσιώδεις για την ανάπτυξη των γνώσεων και των νέων τεχνολογιών. Η ανάπτυξη της ΕΥ και οι στρατηγικές απασχόλησης υπογραμμίζουν τη σημασία των τεχνολογιών της πληροφορίας και της επικοινωνίας (ICT), καθώς και τη στρατηγική i2010 για μια ευρωπαϊκή κοινωνία της πληροφορίας με ανάπτυξη και απασχόληση που υποστηρίζονται από την κοινωνική ένταξη, βελτιωμένων δημόσιων υπηρεσιών και ποιότητας ζωής.

Ας δούμε τώρα κάποιους άλλους ειδικούς δείκτες αναφορικά με το ανθρώπινο κεφάλαιο.

- Εκπαίδευση των νέων με βάση το μορφωτικό επίπεδο ανά φύλο

Η δευτεροβάθμια εκπαίδευση θεωρείται γενικά το ελάχιστο όριο για τη συμμετοχή τους σε μια κοινωνία βασισμένη στη γνώση, είτε για την είσοδο στην αγορά εργασίας ή την περαιτέρω συνέχιση σε τριτοβάθμια εκπαίδευσης.

- Επιστήμη και τεχνολογία κατά φύλο

Ένας δευτερεύων στόχος είναι να αυξηθεί το ποσοστό φοίτησης σε επιστημονικές και τεχνικές μελέτες. Η Ευρώπη χρειάζεται μαθηματικούς και επιστήμονες για να διατηρήσει την ανταγωνιστικότητά της.

- Ακαθάριστες εγχώριες δαπάνες για E & A

Επενδύσεις στη δημιουργία νέων γνώσεων είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη νέων και βελτιωμένων προϊόντων και διαδικασιών.

- Αμοιβές διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας

Η καινοτομία και οι ιδέες πρέπει να αμείβονται ικανοποιητικά, ιδίως μέσω της προστασίας των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας. Εδώ αξίζει να αναφερθεί ότι υπάρχει δυνατότητα χορήγησης διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας από αιτήσεις χορήγησης διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας στο Ευρωπαϊκό Γραφείο Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας (EPO). Διπλώματα

ευρεσιτεχνίας χορηγήθηκαν μεταξύ των άλλων από το Τμήμα Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας και Εμπορικών Σημάτων (USPTO) στις ΗΠΑ.

- Επενδύσεις κεφαλαίων επιχειρηματικού κινδύνου

Αυτό μέτρα το πώς τα εμπόδια για τις επενδύσεις στον τομέα της επιχειρηματικότητας αφαιρούνται – με απώτερο σκοπό την ενθάρρυνση μιας πραγματικής ευρωπαϊκής αγοράς επιχειρηματικών κεφαλαίων

- Ποσοστό ευρυζωνικής διείσδυσης

Η υψηλή ταχύτητα πρόσβασης στο Internet είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την αύξηση της παραγωγικότητας και την τόνωση της καινοτομίας - την εξασφάλιση της Ευρώπης στο να παραμένει σημαντικός παίκτης στο διαδίκτυο.

## Κεφάλαιο 2

### Εμπειρικά υποδείγματα συσχέτισης R&D και παραγωγικότητας

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται διάφορα εμπειρικά μοντέλα σύνδεσης της παραγωγικότητας και της επένδυσης σε R&D. Μία σχέση που αναλύεται εκτενέστερα είναι η σχέση παραγωγής Cobb-Douglas και η εξειδικευμένη περίπτωση της translog (Transcendental logarithmic production function). Ειδικότερα μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση αναφέρονται εργασίες στις οποίες η συγκεκριμένη συνάρτηση βρίσκει εφαρμογή τόσο σε επίπεδο εθνικών οικονομιών (κράτη) όσο και σε επίπεδο επιχειρήσεων. Η σχέση παραγωγής παρουσιάζεται αναλυτικά και παράλληλα αναλύονται διάφοροι παράμετροι εφαρμογής της (πχ. σφάλμα μέτρησης, συγχρονισμός, dynamics κ.ά.)

#### 2.1 Θεωρητική ανασκόπηση

Όπως έχει προαναφερθεί οι συντελεστές που εξετάζονται είναι το κεφάλαιο, η εργασία, η παραγωγικότητα και η έρευνα και ανάπτυξη (R&D). Παραδοσιακές αναλύσεις της συμπεριφοράς παραγωγής έχουν χρησιμοποιήσει το κεφάλαιο και την εργασία ως πρωτογενείς εισροές σε ορισμένες μελέτες, λαμβάνοντας υπόψη επιπρόσθετες εισροές, όπως η ενέργεια (Berndt and Christensen, 1973a, b. Berndt and Wood, 1975). Πέραν της χρησιμότητας της κατανομής των πόρων, κάθε ξεκάθαρη σχέση όσον αφορά την υποκατάσταση / συμπληρωματικότητα μεταξύ των συντελεστών παραγωγής μπορεί να έχει χρήσιμες και άμεσες επιπτώσεις στη δημόσια πολιτική. Εάν δηλαδή το κεφάλαιο και το R&D είναι συμπληρωματικές μεταβλητές, τότε η δημόσια πολιτική με σκοπό τη διευκόλυνση της χρήσης του R&D δεν θα αποφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα, εάν δεν ενθαρρυνθεί και η χρήση των κεφαλαίων. Από την άλλη πλευρά, αν το κεφάλαιο και το R&D είναι υποκατάστατα, η δημόσια πολιτική για την προώθηση του ενός μπορεί να μειώσει τη χρήση του άλλου.

Η βάση για την προσθήκη του R&D στην παραγωγική λειτουργία απορρέει από το γεγονός ότι η εισαγωγή και η αλληλεπίδραση μεταξύ του R&D με τις άλλες αποδόσεις των συντελεστών παραγωγής, μειώνουν το κόστος των καινοτόμων διαδικασιών. Η

απασχόληση των επιστημόνων στην R&D δημιουργεί καινοτομίες που βελτιώνουν την υπάρχουσα τεχνολογία παραγωγής. Συμπερασματικά, προκύπτει πως μια μελέτη για το πώς το R&D των εισροών αλληλεπιδρά με άλλες εισροές είναι απαραίτητη για την κατανομή των πόρων. Αυτό φυσικά, δεν είναι η πρώτη περίπτωση κατά την οποία το R&D έχει ενσωματωθεί στη λειτουργία της παραγωγής.

Διάφορα υποδείγματα με συμβολή του R&D στην παραγωγή έχουν προταθεί από στη βιβλιογραφία. Ο Lucas (1967) αναφέρει τις τεχνικές αλλαγές ως αποτέλεσμα, της κατανομής των εισροών μακριά από την τρέχουσα παραγωγή αλλά σε «τεχνολογικές επενδύσεις». Στην ίδια εργασία αναφέρεται ότι το ποσοστό των τεχνικών αλλαγών συσχετίζεται αρνητικά με το επιτόκιο. Το μοντέλο των Kamien και Schwartz (1969) αναφέρει μία ομοθετική (homothetic) συνάρτηση παραγωγής για μια επιχείρηση που θεωρεί τις δαπάνες R&D ως ενδογενή μεταβλητή. Η επιχείρηση τότε μεγιστοποιεί την παρούσα προεξοφλημένη αξία των μελλοντικών κερδών. Ο Rasmussen (1973) χρησιμοποιεί μια συνάρτηση παραγωγής για να δημιουργήσει ένα υπόδειγμα για επιχειρήσεις των οποίων στόχος είναι η ελαχιστοποίηση των δαπανών έρευνας και παραγωγής και η παραγωγή ενός εξωγενούς καθορισμένου επιπέδου παραγωγής.

Οι τρεις συντελεστές που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο του Berndt and Christensen (1973a) αναλύουν την συμπεριφορά της παραγωγής των ΗΠΑ σε 2 ψηφιακές SIC βιομηχανικές ομάδες. Οι συντελεστές είναι το κεφάλαιο, η εργασία και η έρευνα και ανάπτυξη. Η εισαγωγή της συνάρτησης παραγωγής TRANSLOG (Transcendental Logarithmic Production Function) από τους Christensen *et al.* (1973) έδωσε στους ερευνητές μια γενικότερη μορφή της συνάρτησης παραγωγής σε σχέση με τις Cobb-Douglas (CD) ή αυτή της Συνεχούς Ελαστικότητας Υποκατάστασης (Constant Elasticity of Substitution, CES). Και οι δύο προαναφερθείσες CD και CES συναρτήσεις παραγωγής υποθέτουν σταθερή ελαστικότητα υποκατάστασης μεταξύ των συντελεστών (Revankar, 1971), ενώ η translog συνάρτηση παραγωγής δεν επιβάλλει αυτόν τον περιορισμό. Η παραγωγική λειτουργία translog και η λειτουργία του κόστους χαρακτηρίζονται από δυαδικότητα ενώ ο Diewert (1982), ασχολήθηκε με τη μελέτη της συμπεριφοράς της παραγωγής των διαφόρων τομέων.

Οι Berndt και Christensen (1973a) επέκτειναν την αρχική υποδειματοποίηση της συνάρτησης παραγωγής από τη χρήση 2 εισροών στη θεώρηση και μιας νέας τρίτης εισροής. Οι Berndt και Wood (1975) εκτιμούν τη ζήτηση για ενέργεια χρησιμοποιώντας την translog συνάρτηση παραγωγής. Οι Griffin and Gregory (1976) και ο Griffin (1979) χρησιμοποιούν μια translog συνάρτηση παραγωγής για τη μελέτη της υποκατάστασης της

ενέργειας μεταξύ των χωρών του ΟΟΣΑ. Τέλος, οι Nelson and Wohar (1983) εξετάζουν τα αποτελέσματα των κανονιστικών ρυθμίσεων σε επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση της τεχνολογίας translog.

Τέλος, ο Goel (1990) αρχικά εκτιμά μίας translog συνάρτησης παραγωγής για τις αμερικανικές βιομηχανίες με το συντελεστή R&D ως εισροή. Κατόπιν πραγματοποιεί έλεγχο για υποκατάσταση /συμπληρωματικότητα μεταξύ των εισροών και εξετάζει το κατά πόσο οι σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRT) ισχύουν για οποιαδήποτε από τις βιομηχανίες. Τέλος προχωρά σε ανάλυση ευαισθησίας των αποτελεσμάτων στην επιλογή ενός ποσοστού απόσβεσης της R&D.

Στη συνέχεια παρατίθεται ο πίνακας 1 των εμπειρικών αποτελεσμάτων σχετικά με στοιχεία παραγωγικότητας, R&D και των υιοθετημένων μεθόδων ανάλυσης.

Η ποικιλία των προσεγγίσεων που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της R&D για την παραγωγικότητα, σημαίνει ότι είναι δύσκολο να γίνει μία σύνοψη όλων των ευρημάτων. Οι Mairese and Mohnen (2003) επανεξέτασαν τις εμπειρικές μελέτες σε επίπεδο-επιχειρήσεων και διαπίστωσαν ότι, για τα δεδομένα των ΗΠΑ μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 80, το ποσοστό απόδοσης των ιδιωτικών επενδύσεων στην R&D είναι μεταξύ 13% και 25%.

Ο Griffith (2000) κάνει αναφορά σε άλλες μελέτες και δηλώνει ότι τα ιδιωτικά επίπεδα αποδόσεων (*private rates of return*) τείνουν να είναι μεταξύ 10-15% και ότι οι εκτιμήσεις ελαστικότητας είναι περίπου 0,07. Σε γενικές γραμμές, οι εκτιμήσεις ελαστικότητας τείνουν να είναι υψηλότερες από τους αυτές των εκτιμητών με χρήση διαστρωματικών στοιχείων και χαμηλότερες από τις εκτιμήσεις με τη χρήση εκτιμητών panel (*within estimators*). Αυτό συνάδει με την ιδέα ότι, δεδομένης της παρουσίας του σφάλματος μέτρησης, οι συντελεστές μεροληπτούν προς τα κάτω σε εντός ή πρώτων διαφορών εκτιμήσεις.

Η μόνη άμεση μελέτη σχετικά με τις αποδόσεις κλίμακας (*rates of return*) είναι του Wakelin (2001) στην οποία οι εκτιμήσεις είναι περίπου 27%, αν και οι Griffith *et al.* (2004) υπολόγισαν τιμή ίση με 16% για τη μέση επιχείρηση στο δείγμα τους. Οι Bond *et al.* (2002) στο άρθρο τους δεν αναφέρουν τις αποδόσεις κλίμακας ρητά, όμως ισχυρίζονται ότι οι αποδόσεις κλίμακας των επιχειρήσεων του Ηνωμένου Βασιλείου πρέπει να είναι υψηλότερες από το αντίστοιχο των Γερμανικών επιχειρήσεων (δεδομένου ότι οι εκτιμήσεις ελαστικότητας είναι παρόμοιες, ενώ οι επιχειρήσεις του Ηνωμένου Βασιλείου έχουν χαμηλότερη ένταση Έρευνας και Ανάπτυξης). Οι Hall and Mairese (1995) εκτιμούν

διάφορα μοντέλα στα Γαλλικά δεδομένα (1980-87) με χρησιμοποίηση ποικίλων εκτιμητών και ο Harhoff (1998) για τις Γερμανικές επιχειρήσεις (1979-89).

Αντίστοιχα, ο Rogers (2005) συμπεραίνει πως ο συντελεστής για το αρχείο καταγραφής της R&D είναι γενικά μεταξύ 0,11 και 0,13. Ο συντελεστής του 0,12 σημαίνει ότι είναι μια αύξηση 1% σε (πραγματικές) δαπάνες R&D σχετίζεται με αύξηση 0,12% της προστιθέμενης αξίας. Δεδομένου ότι η παλινδρόμηση είναι ο έλεγχος των κεφαλαίων και της εργασίας, η σύνδεση αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως αύξηση της συνολικής παραγωγικότητας των συντελεστών. Αυτή η εκτίμηση βασίζεται σε σύγχρονα δεδομένα και η σύνδεση θα πρέπει να θεωρηθεί ως αποτέλεσμα επιπέδων (δηλαδή αύξηση 10% στον τομέα της R&D θα αυξήσει το επίπεδο της συνολικής παραγωγικότητας κατά 1,2%).



Πίνακας 1: Στοιχεία από πρόσφατες εμπειρικές μελέτες

Ερευνητής	R&D μεταβλητές	Μονάδες Εξόδου	Χώρα	Δείγμα	Εκτιμητής	Εκτίμηση ελαστικότητας	Εκτίμηση απόδοσης κλίμακας
Bond <i>et al.</i> (2002)	Ln(R&D)	Ln(sales)	Ηνωμένο Βασίλειο	230 μεγάλες κατασκευαστικές επιχειρήσεις	Common factor model (dynamic)	0.065 (Gmmsys) 0.044 (OLS)	Υπολογισμένο μόνο σαν κλάσμα στις Γερμανικές επιχειρήσεις
Greenhalgh & Longland (2002)	Ln(R&D/Assets)	Ln(value added)	Ηνωμένο Βασίλειο	740 παραγωγικές επιχειρήσεις (συμπεριλαμβάνοντας επιχειρήσεις χωρίς επενδύσεις στην R&D)	FE	0.04(full sample) 0.07 (high tech) 0.02 (low tech)	Μη υπολογισμένο
Griffith <i>et al.</i> (2004)	Ln(R&D stock)	Ln(value added)	Ηνωμένο Βασίλειο	188 κατασκευαστικές επιχειρήσεις	OLS GMM-SYS	0.029 0.026	16% για μεσαίες επιχειρήσεις
Wakelin (2001)	R&D/Sales (average 1988-92)	Growth of sales per employee (1988-1996)	Ηνωμένο Βασίλειο	170 μεγάλες κατασκευαστικές επιχειρήσεις, 1988-96	OLS		27% (πλήρες δείγμα) 26%(καινοτόμοι)
Ballot <i>et al.</i>	Ln(R&D stock)	Ln(value added)	Σουηδία	200 επιχειρήσεις 1987-1993	OLS GMM-SYS	0.10-0.15	
Bond et al.(2002)	Ln(R&D)	Ln(sales)	Γερμανία	205 κατασκευαστικές επιχειρήσεις 1987-96	Common factor model (dynamic)	0.079 (GMM-SYS) 0.093 (OLS)	
Goto & Suzuki (1989)	R&D stock (growth of)	Total factor productivity growth	Ιαπωνία	40 επιχειρήσεις, 1976-84	OLS		40% (πλήρες δείγμα) (Οι εκτιμήσεις του τομέα κυμαίνονται μεταξύ 19% & 81%)
Hall & Mairesse (1995)	Ln(R&D stock)	Ln(value added per employee)	Γαλλία	197 κατασκευαστικές επιχειρήσεις, 1980-87	OLS, FE, FD	0.18-0.25 (OLS) 0.05-0.07 (FE) 0.02-0.16 (FD)	
	(R&D/value added) <sub>t-1</sub>	Growth of value added per emp.					22%-34%
Harhoff (1998)	Ln(R&D stock)	Ln(sales)	Γερμανία	443 κατασκευαστικές επιχειρήσεις, 1979-89	OLS, FE, FD	0.13 (OLS) 0.09 (FE)	
	(R&D/value added)	Growth of value added per emp.			FD		22%
Los & Verpagen (2000)	Ln(R&D stock)	Ln(value added per employee)	Ηνωμένες Πολιτείες	485 κατασκευαστικές επιχειρήσεις, 1974-93 (15 ετών ισοσκελισμένα διαστρωματικά στοιχεία)	Between (BE) Fixed effect (FE) ECM	0.014 (BE/FE) 0.04-0.1 (for high tech sector)	
Tsai and Wang (2004)	Ln(R&D stock)	Ln(value added per unit of capital)	Ταϊβάν	136 επιχειρήσεις, 1994-2000	RE	0.18 (full sample) 0.07 (low tech) 0.3 (hich tech)	35% (high tech) 9% (low tech)

Notes:OLS=ordinary least squares; FE=fixed effects; RE=random effects;FD=first difference; ECM=error correction model GMMSYS=method of moments-system

Πηγή: «*Estimating the impact of R&D on productivity using the BERD-ARD data\**», Rogers M. Ιανουάριος 2005, σελ.31

## 2.2 Εμπειρικά υποδείγματα R&D (συνάρτηση Cobb-Douglas)

Η βασική σχέση η οποία θα υιοθετηθεί στην εργασία αυτή είναι η σχέση μεταξύ της προστιθέμενης αξίας των κρατών της Ευρώπης και των επενδύσεών τους σε R&D. Ένα πρότυπο για την εκπροσώπηση αυτών των ιδεών είναι η παραδοσιακή συνάρτηση παραγωγής Cobb-Douglas της μορφής:

$$Y = AL^{a_1}K^{a_2}R^{a_3} \quad (1)$$

την οποία και χρησιμοποιούμε. Στη σχέση αυτή

- Y είναι το μέτρο της προστιθέμενης στην παραγωγή,
- L η εργασία,
- K το κεφάλαιο και
- R οι επενδύσεις σε R&D
- Η παράμετρος A αντιπροσωπεύει το επίπεδο τεχνολογίας

Παρόλο που έχουμε συμπεριλάβει το R στη σχέση (1) αντιπροσωπεύοντας τις συνολικές επενδύσεις σε R&D, ορισμένοι συγγραφείς ερμηνεύουν αυτόν τον όρο ως απόθεμα γνώσης των κρατών και στη συνέχεια χρησιμοποιούν την R&D ως υποκατάστατο για αυτό τον όρο (Hall και Mairesse, 1995).

Για να προχωρήσουμε σε εμπειρική εφαρμογή της σχέσης (1), πρέπει να πάρουμε τους λογάριθμους, προσθέτοντας έναν όρο σφάλματος (διαταρακτικό όρο) και χρησιμοποιώντας το δείκτη  $i$  για τα κράτη και  $t$  για το χρόνο. Η (1) γίνεται:

$$\ln y_{it} = \beta_i + a + a_1 \ln L_{it} + a_2 \ln K_{it} + a_3 \ln R_{it} + u_{it} \quad (2)$$

Όπου η  $\beta_i$  αντιπροσωπεύει ψευδομεταβλητές στο χρόνο και  $u_{it}$  είναι ο διαταρακτικός όρος. Όπως αναφέρθηκε, ο όρος  $a$  αντιπροσωπεύει την επίδραση των εξωτερικών γνώσεων σχετικά με την παραγωγικότητα των κρατών. Το σφάλμα ως όρος μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει τρεις συνιστώσες:  $\beta_i + \eta_{it} + \varepsilon_{it}$ . Ορίζουμε ως  $\varepsilon_{it}$  το καθαρό σφάλμα στη μέτρηση των δεδομένων, που δημιουργήθηκε είτε με λογιστικά θέματα ή με σφάλματα στη συλλογή των δεδομένων, και είναι άγνωστο. Το  $\beta_i$  είναι αμετάβλητο στο χρόνο, παράγοντας συγκεκριμένος για τα κράτη, ο οποίος δεν παρατηρήθηκε στα δεδομένα, αλλά υποτίθεται ότι είναι γνωστό για τα κράτη.

Τέλος,  $\eta_{it}$  είναι ένα «σοκ» εμπειρικό και γνωστό από τα κράτη, το οποίο είναι εξωγενές. Αν δεν ελέγχεται η παρουσία των δύο συνιστωσών  $\eta_{it}$  και  $\beta_i$  και συσχετίζονται με τις επεξηγηματικές μεταβλητές, μπορεί οι εκτιμήσεις να είναι μεροληπτικές.

Ερμηνεύοντας την  $\beta_i$  για παράδειγμα ως ικανότητα διαχείρισης, φαίνεται η δυνατότητα μιας τέτοιας συσχέτισης. Υπάρχει επίσης βιβλιογραφία σχετικά με το ενδεχόμενο ότι οι κρίσεις «σοκ» (ή  $\eta_{it}$ ) μπορούν να επηρεάσουν επίσης τη βέλτιστη επιλογή των μεταβλητών Bond and Soderbom (2005) και Akerberg and Caves (2004).

Ξαναδιατυπώνουμε την (2) σε ανοικτή μορφή. Αυτό επιτυγχάνεται με την αφαίρεση του  $\log L$  από κάθε πλευρά, που εκφράζει τον όρο της παραγωγής ανά εργαζόμενο ως εξαρτημένη μεταβλητή. Εν συνεχεία αναδιατάσσουμε στην δεξιά πλευρά τους όρους και έχουμε:

$$\ln\left(\frac{Y_{it}}{L_{it}}\right) = \beta_i + \beta_i + a + (\phi - 1)\ln L_{it} + a_2 \ln\left(\frac{K_{it}}{L_{it}}\right) + a_3 \ln\left(\frac{R_{it}}{L_{it}}\right) + u_{it} \quad (3)$$

όπου  $\phi = \alpha_1 + a_2 + a_3$

Κατά συνέπεια, αυτό επιτρέπει την άμεση δοκιμή των συνεχών αποδόσεων κλίμακας (δηλαδή  $\phi-1$  θα ισούται με μηδέν εάν υπάρχουν σταθερές αποδόσεις κλίμακας). Οι Hall και Mairesse (1995) προτείνουν τη σχέση (3), καθώς προτιμάται για «ερμηνευτικούς λόγους», αν και ορισμένοι συγγραφείς ισχυρίζονται ότι αυτή η σχέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ακραίες συνθήκες και για ετερογενή προβλήματα (Los and Verspagen, 2000).

Με τη χρήση της  $R$  στις σχέσεις (2) ή (3), επιτρέπεται η εκτίμηση της ελαστικότητας της παραγωγής όσον αφορά τις επενδύσεις σε R&D ( $a_3$ ). Για την ακρίβεια, στις εκτιμήσεις (2) ή (3), βασική προϋπόθεση είναι πως η ελαστικότητα είναι ίση σε όλα τα κράτη του δείγματος. Οι ερευνητές ενδιαφέρονται, επίσης, για τις αποδόσεις κλίμακας (*rate of return*), εννοώντας τις αποδόσεις σε κέρδη των αντίστοιχων επενδύσεων σε R&D. Οι αποδόσεις κλίμακας για την R&D ( $dY/dR$ ) μπορούν να υπολογιστούν από την ελαστικότητα (δηλαδή  $dY/dr = a_3 Y/R$ ), πράγμα που σημαίνει πως οι αποδόσεις κλίμακας ποικίλλουν αντιστρόφως ανάλογα με την ένταση σε R&D.

Αυξημένης έντασης επενδύσεις σε R&D θα αποδώσουν αυτόματα χαμηλό οριακό ποσοστό απόδοσης. Αυτό είναι απόλυτα συμβατό με την κοιλότητα της συνάρτησης παραγωγής, αλλά δεν συμβιβάζεται με την ιδέα μιας ανταγωνιστικής αγοράς για την R&D, η οποία θα πρέπει να εξισώσει την οριακή απόδοση μεταξύ των κρατών. Κατά την άποψη αυτή, μια εναλλακτική μέθοδος εκτίμησης που χρησιμοποιείται επίσης είναι ο υπολογισμός του ποσοστού των αποδόσεων κλίμακας των κρατών. (Hall and Mairesse, 1995).

Παίρνοντας τις πρώτες διαφορές στην σχέση (2) έχουμε:

$$\Delta \ln Y_{it} = \Delta \beta_i + \Delta \alpha + \alpha_1 \Delta \ln L_{it} + \alpha_2 \Delta \ln K_{it} + \alpha_3 \Delta \ln R_{it} + \Delta u_{it} \quad (4)$$

$$\Delta \ln R = \ln R_t + \ln R_{t-1} = \ln \left[ \frac{RD_t + (1-\delta)RS_{t-1}}{RS_{t-1}} \right] = \ln \left[ \frac{RD_t}{RS_{t-1}} + (1-\delta) \right] \approx \frac{RD_t}{RS_{t-1}} \quad (5)$$

όπου  $RD_{it}$  είναι οι δαπάνες σε R&D δαπανών,  $RS_{it}$  είναι η R&D των αποθεμάτων και  $\delta$  είναι το ποσοστό απόσβεσης της R&D. Σύμφωνα με την παραδοχή ότι οι παράμετροι  $\delta$  και  $RD_{it}/RS_{it-1}$  είναι κοντά στο μηδέν, ο όρος  $\Delta \ln R_{it}$  είναι περίπου  $RD_{it}/RS_{it-1}$ . Δεδομένου ότι η παράμετρος  $\alpha_3$  είναι η ελαστικότητα της R&D, η εξίσωση (4) μπορεί να ξαναγραφεί ως:

$$\Delta \ln y_{it} = \Delta \beta_i + \Delta \alpha + \alpha_1 \Delta \ln L_{it} + \alpha_2 \Delta \ln K_{it} + \alpha_4 \frac{RD_{it}}{Y_{it}} + \Delta u_{it} \quad (6)$$

Ως εκ τούτου μπορούμε να προσθέσουμε την R&D στη σχέση της παραγωγής σε μια σχέση πρώτων διαφορών με το συντελεστή ( $\alpha_4$ ) να είναι η (κατά προσέγγιση) ακαθάριστη απόδοση κλίμακας (*rate of return*) στις επενδύσεις σε R&D. Αυτή η σχέση των πρώτων διαφορών αφαιρεί τον όρο ( $\beta_i$ ) και εμποδίζει την πιθανή πηγή μεροληψίας. Στην σχέση (6), υποθέτουμε ότι η ακαθάριστη οριακή απόδοση είναι σταθερή σε όλα τα κράτη του δείγματος, ενώ η εκτιμήσεις (2) ή (3), περιορίζουν την ελαστικότητα να είναι σταθερή.

Ένα σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζεται στις εκτιμήσεις των σχέσεων (2) ή (3) είναι το πώς λαμβάνονται υπόψη οι υπάρχουσες δαπάνες σε R&D. Στην εξίσωση (5), η τυποποιημένη προσέγγιση είναι ο υπολογισμός των αποθεμάτων της R&D από την παραδοχή ενός σταθερού ποσοστού απόσβεσης ( $\delta$ ) χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$RS_t = RD_{t-1} + (1-\delta)RS_{t-1} \quad (7)$$

όπου  $RS_t$  είναι η τιμή της R&D στην αρχή της περιόδου  $t$  και  $\delta$  θεωρείται συχνά να είναι 0,15 αν και ορισμένες αναλύσεις ευαισθησίας πέφτουν κάποιες φορές έξω. Οι Hall και Mairesse (1995) χρησιμοποίησαν αυτή τη διαδικασία σε μια μελέτη της R&D σε γαλλικές επιχειρήσεις παραγωγής στη δεκαετία του 1980.

Ένα άλλο ζήτημα είναι πώς μπορεί να παραχθεί το απόθεμα της πρώτης χρονιάς. Η γενική παραδοχή είναι ότι:

$$RS_1 = \frac{RD_0}{g + \delta} \quad (8)$$

Όπου  $g$  αντιπροσωπεύει το ρυθμό ανάπτυξης της R&D. Οι Bond *et al.* (2002) υπεραμύνονται της άποψης αυτής, δεδομένου ότι, σε σταθερή κατάσταση, ισχύει:

$$RD_t = (g+\delta) RS_{t-1} \quad (8a)$$

$$RS_t = (1 + g) RS_{t-1} \quad (8b)$$

Έτσι μπορούμε να γράψουμε:

$$\frac{RS_t}{(1+g)} = RS_{t-1} = \frac{RD_t}{g+\delta} \Rightarrow RD_t = \frac{g+\delta}{1+g} RS_t \quad (9)$$

Παίρνοντας τους λογαρίθμους βλέπουμε ότι το  $\ln RD_t$  είναι ίσο με  $\ln RS_t$  συν ένα σταθερό (όσο  $g$  και  $\delta$  είναι σταθερές μεταξύ των κρατών, φυσικά,  $\ln RD_t = \ln RS_t$  στην περίπτωση που οι αποσβέσεις αγγίζουν το 100%,  $\delta = 1$ ). Αυτό μας ωθεί να χρησιμοποιήσουμε τους λογαρίθμους των τρεχουσών δαπανών σε R&D ως υποκατάστατο του υπαρχουσών δαπανών σε R&D στην ανάλυσή μας. Πολλά άρθρα στηρίζουν την άποψη πως οι τιμές της R&D ενός μόνο έτους μπορεί να είναι καλύτερος εκτιμητής για την γνώση των αποθεμάτων μιας επιχείρησης (Hall και Mairesse, 1995). Αυτό μας δίνει τη δυνατότητα το εν λόγω απόθεμα γνώσης ενός κράτους να είναι κάτι περισσότερο από το άθροισμα (την παρούσα αξία) των προηγούμενων R&D. Για παράδειγμα, οι πρόσφατες πολιτικές R&D μπορεί να είναι κρίσιμες στο επιτρέψουν την απορρόφηση των γνώσεων άλλων κρατών.

### 2.3 Διάφορα εκτιμημένα θέματα

Παρά το γεγονός ότι οι εξισώσεις εκτίμησης (2), (3) και (6) χρησιμοποιούνται ευρέως, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ότι υπάρχει μια σειρά από δύσκολα ζητήματα που εμπλέκονται στην εκτίμηση τους. Οι δυσκολίες αυτές μπορούν να συνοψιστούν ως εξής.

#### 2.3.1 Σφάλμα μέτρησης

Κάθε μία από τις μεταβλητές μπορεί να υπόκειται σε σημαντικό σφάλμα μέτρησης. Ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζεται συχνά στην υποδειματοποίηση των δαπανών για R&D είναι το λεγόμενο θέμα της «διπλής καταμέτρησης» (αρχικά τέθηκε από τον Schankerman, 1981). Το θέμα εδώ είναι ότι οι δαπάνες της R&D περιλαμβάνουν χρήματα που δαπανώνται για τους εργαζόμενους και τον εξοπλισμό. Εφόσον εργαζόμενοι και κεφάλαιο τοποθετούνται ως επεξηγηματικές μεταβλητές, υποδηλώνεται ένα θέμα μέτρησης στο οποίο, σύμφωνα με τον Schankerman, οι εκτιμήσεις της R&D μεροληπτούν υποεκτιμώντας τις εκτιμημένες παραμέτρους. Οι Hall και Mairesse (1995) υποστηρίζουν αυτή την υποεκτιμημένη μεροληψία, αν και οι Silverberg and Verspagen (1995) δεν βρίσκουν να επηρεάζεται σημαντικά η εκτιμημένη παράμετρος.

Άλλες μεταβλητές επίσης πάσχουν από θέματα μετρήσεων. Για παράδειγμα, τα δεδομένα για το κεφάλαιο, λαμβάνονται συχνά από τους χρηματοοικονομικούς λογαριασμούς και, ως εκ τούτου, βασίζονται στις λογιστικές θεωρίες, οι οποίες διαφέρουν

από τις οικονομικές. Τα δεδομένα της απασχόλησης και πάλι προέρχονται από δημοσιευμένους λογαριασμούς στους οποίους συνήθως δεν γίνεται διάκριση μεταξύ μερικής και πλήρους απασχόλησης, πόσο μάλλον επιτρέπεται στον ερευνητή να υπολογίσει τις ώρες ως «μέτρο» των εισροών. Σε γενικές γραμμές, το σφάλμα της μέτρησης στις επεξηγηματικές μεταβλητές είναι ο κύριος λόγος που μπορεί να προκαλέσει μεροληψία.

### **2.3.2 Συγχρονισμός**

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η λειτουργία της παραγωγής είναι η συμπτυγμένη μορφή ενός συστήματος εξισώσεων. Κάθε μία από τις εξισώσεις αυτές μπορούν να θεωρηθούν ως καθοριστικές από κοινού για κάθε μία από τις βασικές μεταβλητές (δηλαδή,  $K$ ,  $L$  και  $R$ ). Αυτό δημιουργεί συσχέτιση (μεταξύ  $u_{it}$  και των μεταβλητών της δεξιάς πλευράς), η οποία θα επηρεάζει τους εκτιμημένους συντελεστές. Μερικοί ερευνητές αντιμετωπίζουν αυτό το ζήτημα κάνοντας την παραδοχή ότι οι μεταβλητές της δεξιάς πλευράς είναι προκαθορισμένες, ή ενδογενείς και στη συνέχεια, χρησιμοποιούν ως βοηθητικές μεταβλητές (instrumental variables) μεταβλητές με υστερήσεις. Τέλος, άλλοι ερευνητές υποθέτουν βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς και των εξωτερικών πληροφοριών (για επενδύσεις) για να προσδιορίζουν την παραγωγική λειτουργία (Olley και Pakes, 1996) και (Bond και Soderbom, 2005)

### **2.3.3 Παραλειπόμενες μεταβλητές**

Το γεγονός ότι τα διαθέσιμα στοιχεία δεν περιλαμβάνουν όλες τις πιθανές μεταβλητές ενδιαφέροντος δημιουργεί το πρόβλημα παράλειψης μεταβλητών. Για παράδειγμα, στην ανάλυση που ακολουθεί δεν υπάρχουν στοιχεία για τις επενδύσεις στον τομέα της πληροφορικής ή στοιχεία για το αν οι επενδύσεις σε R&D στα κράτη που αναλύονται είναι συγκεντρωτικά αθροίσματα δημοσίων – κρατικών ή ιδιωτικών επενδύσεων. Επίσης, δεν υπάρχουν στοιχεία για το επίπεδο ανθρώπινου κεφαλαίου και τις δεξιότητες, είτε γενικά σαν εργατικό δυναμικό ή σαν ομάδα διαχείρισης. Αυτοί οι τύποι των μεταβλητών θεωρούνται συχνά να είναι ζωτικής σημασίας για τον προσδιορισμό των αποτελεσμάτων της παραγωγικότητας, αλλά δεν είναι γενικά δυνατός ο άμεσος έλεγχος τους. Μια λύση είναι να υποθέσει κανείς ότι όλες αυτές οι μεταβλητές παραλείπονται και συμπεριλαμβάνονται σε κάποιον όρο ( $\beta_i$  ή κάποιον άλλο) της εξίσωσης, ως εκ τούτου θεωρούμε ότι η επίδραση αυτών των μεταβλητών είναι αμετάβλητη (τουλάχιστον κατά

την περίοδο του δείγματος). Ωστόσο, αυτό είναι αδύνατο να απομακρύνει την μεροληψία στις μεταβλητές τελείως.

### **2.3.4 Δυναμικά**

Ένα άλλο ζήτημα είναι η πιθανότητα των επιπτώσεων των υστερήσεων στην επιρροή των ερμηνευτικών μεταβλητών ή από παραλειπόμενες μεταβλητές που περιέχονται στον διαταρακτικό όρο. Αν και πολλές αναλύσεις αγνοούν τη δυνατότητα δυναμικών αποτελεσμάτων, ορισμένες μελέτες έχουν επικεντρωθεί σε αυτό το θέμα με εκτιμήσεις μοντέλων με ανεξάρτητες μεταβλητές με υστέρηση με χρήση αυτοπαλίνδρομων υποδειγμάτων ή υποδειγμάτων διόρθωσης λαθών (Nickell, 1996), (Bond *et al.*, 2002. Los and Verspagen, 2000).

Το πρόβλημα είναι πώς οι τρέχουσες δαπάνες σε R&D μπορούν να έχουν αντίκτυπο τόσο στην τρέχουσα όσο και στην μελλοντική παραγωγικότητα. Φαίνεται λογικό να υποθέσουμε ότι η τρέχουσα R&D επηρεάζει το μέλλον της παραγωγικότητας (όπως εναποτίθενται στην σχέση (1), όπου οι επιπτώσεις είναι ταυτόχρονες), εξ ου και κάποια μορφή δυναμικού μοντέλου να φαίνεται δικαιολογημένη. Πιο ρεαλιστικά, θα μπορούσε κανείς να αναμένει ότι οι συνέπειες της τρέχουσας R&D στη μελλοντική παραγωγικότητα μπορεί να εξαρτώνται από άλλες επενδύσεις (όπως λόγω χάριν επενδύσεις εμπορίας στην περίπτωση των προϊόντων που συνδέονται με R&D, ή επενδύσεις σε κεφάλαιο ή σε κατάρτιση στην περίπτωση της διαδικασίας R&D).

Τα διάφορα γενικά προβλήματα που συζητήθηκαν παραπάνω σημαίνουν ότι η εμπειρική ανάλυση της παραγωγικότητας σε επίπεδο κρατών πρέπει να αντιμετωπιστεί με προσοχή. Αν και η υπάρχουσα βιβλιογραφία αντιμετωπίζει ορισμένα από αυτά τα προβλήματα, δεν υπάρχουν μελέτες που επιχειρούν να αντιμετωπίσουν όλα αυτά τα ζητήματα. Δεδομένης της πολυπλοκότητας των θεμάτων, καθώς και το γεγονός ότι τα δεδομένα είναι περιορισμένα, αυτό είναι απολύτως κατανοητό. Η άποψή μας είναι ότι δεν υπάρχει ενιαίος εκτιμητής που μπορεί να επιλύσει όλα αυτά τα προβλήματα. Είναι μάλλον μεμονωμένοι εκτιμητές που επηρεάζονται από διαφορετικές πτυχές των παραπάνω προβλημάτων.

Επιστρέφοντας στις παραπάνω εμπειρικές προδιαγραφές, οι σχέσεις (2) και (3), περιέχουν τους όρους ( $\beta_i$ )(συγκεκριμένους επιχειρησιακούς παράγοντες), ως εκ τούτου, αν τα panel δεδομένα είναι διαθέσιμα, υποδηλώνεται ότι πρέπει να ακολουθήσουμε είτε πρώτες διαφορές (FD) ή εκτίμηση με σταθερές επιδράσεις (FE). Ορισμένες μελέτες χρησιμοποιούν OLS μεταξύ των εκτιμητών δεδομένης της πιθανής μεροληψίας μεταξύ

των συντελεστών. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί εάν υπάρχουν ανησυχίες ότι το σφάλμα της μέτρησης είναι σημαντικό. Πολλές μελέτες αναγνωρίζουν το πρόβλημα και το επιλύουν θεωρώντας την εργασία και το κεφάλαιο ως ενδογενείς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται ορισμένες τεχνικές βοηθητικών μεταβλητών (συμπεριλαμβανομένων και της μεθόδου των γενικευμένων ροπών (Halkos, 2003. Χάλκος, 2006). Ωστόσο, ορισμένες μελέτες χρησιμοποιούν απλά επίπεδα ως προς την περίοδο ως επεξηγηματικές μεταβλητές.

Οι μεταβλητές που αναφέρονται ανωτέρω σαφώς παρουσιάζουν δυσκολίες για κάθε μελέτη. Σε γενικές γραμμές τα δεδομένα για το ανθρώπινο κεφάλαιο, την εκπαίδευση ή την ειδική επένδυση δεν είναι διαθέσιμα. Η ένταξη των σταθερών επιδράσεων (FE) και η χρήση ψευδομεταβλητών βιομηχανίας είναι συνήθης. Ορισμένες μελέτες επιτρέπουν τον συντελεστή R&D να διαφέρει μεταξύ των τομέων, συνήθως υψηλής τεχνολογίας τομείς έναντι χαμηλής τεχνολογίας τομείς (Greenhalgh and Longland, 2002. Los and Verspagen, 2000). Ο Wakelin (2001) παραθέτει στοιχεία για το κατά πόσον οι επιχειρήσεις έχουν πραγματοποιήσει σημαντικές καινοτομίες στο παρελθόν και εξετάζει τη διαφορά στον συντελεστή της R&D μεταξύ των τομέων των «νεωτεριστών» και των «μη-καινοτόμων».

Το θέμα της δυναμικής που αναλύεται ανωτέρω δεν αναφέρεται συχνά. Μια εξαίρεση είναι οι Bond *et al.* (2002), οι οποίοι εκτιμούν ένα μόνο κοινό μοντέλο συντελεστή (δηλαδή ένα αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα (*an autoregressive distributed lag model*)), βρίσκοντας κάποια υποστήριξη για την προσέγγιση αυτή, αν και τα αποτελέσματα είναι πολύ ευαίσθητα στους εκτιμητές που χρησιμοποιούνται.

Ένα τελευταίο ζήτημα που αντιμετωπίζουν οι εμπειρικές μελέτες είναι αν πρέπει να φιλτράρονται τα δεδομένα πριν από την ανάλυση. Στις περισσότερες μελέτες δεν αναφέρεται αυτό ρητά, δηλαδή επιλέγονται μόνο οι μεγάλες επιχειρήσεις, μπορεί όμως να αφαιρεθούν και οι μικρές επιχειρήσεις με ακραίες τιμές για δαπάνες σε R&D. Ωστόσο, οι Hall and Mairesse (1995) «φιλτράρουν» τα δεδομένα τους με την απόρριψη ορισμένων ακραίων τιμών. Με την ίδια λογική αφαιρούμε και εμείς κράτη με δεδομένα λιγότερα των τριών ετών (Αμερική και Ιαπωνία), όπως αντίστοιχα έκαναν για τις επιχειρήσεις που ανέλυσαν οι Los and Verspagen (2000).



## Κεφάλαιο 3

### Ανάλυση προτεινόμενης μεθοδολογίας

Στην δεκαετία του 1980 διατυπώθηκε η θεωρία της ενδογενούς οικονομικής ανάπτυξης (*endogenous theory*) (Romer 1986, 1990 and Lucas 1988, 1990), η οποία ενσωματώνει την έρευνα και ανάπτυξη, την τεχνολογική εξέλιξη, και την γνώση ως ενδογενείς συντελεστές στο μοντέλο προσδιορισμού της οικονομικής ανάπτυξης. Οι νέες θεωρίες υποστηρίζουν ότι η εκπαίδευση δημιουργεί θετικές εξωτερικές οικονομίες και συμβάλλει με δύο τρόπους στην οικονομική μεγέθυνση. Αρχικά ως ένας κοινός, επιπρόσθετος, συντελεστής παραγωγής. Κατόπιν ως πολλαπλασιαστικός παράγων με την έννοια ότι επηρεάζει όλους τους άλλους συντελεστές παραγωγής, τους οποίους και καθιστά πιο παραγωγικούς.

Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένες μέθοδοι υποδειγματοποίησης της παραγωγικότητας βάσει της συνάρτησης παραγωγής Cobb-Douglas με προσθήκη του όρου της τεχνολογικής μεταβολής.

#### 3.1 Τεχνολογική Μεταβολή

Έχουμε τη συνάρτηση παραγωγής Cobb – Douglas για την περίοδο  $t$  ( $t=1,2,..T$ )

$$Y_t = AL^{a_1} K^{a_2} R^{a_3} \quad (1\alpha)$$

για την οποία υποθέτουμε ότι έχουμε σταθερές αποδόσεις κλίμακας παραγωγής. ( $a_1 + a_2 + a_3 = 1$ ). Στην ίδια εξίσωση έχουμε τυπικά την λεγόμενη Hicks-neutral τεχνολογική πρόοδο η οποία όμως δεν υφίσταται πρακτικά εφόσον το  $A$  εμφανίζεται εμμέσως ως σταθερό. Παίρνοντας μερικές παραγώγους στην (1α) έχουμε:

$$\Delta Y = \left(\frac{\partial Y}{\partial L}\right)\Delta L + \left(\frac{\partial Y}{\partial K}\right)\Delta K + \left(\frac{\partial Y}{\partial R}\right)\Delta R = \alpha_1\left(\frac{Y}{L}\right)\Delta L + \alpha_2\left(\frac{Y}{K}\right)\Delta K + \alpha_3\left(\frac{Y}{R}\right)\Delta R \quad (10)$$

Διαιρούμε και όλα τα μέλη της εξίσωσης με  $Y$  και έχουμε:

$$\left(\frac{\Delta Y}{Y}\right) = a_1\left(\frac{\Delta L}{L}\right) + a_2\left(\frac{\Delta K}{K}\right) + a_3\left(\frac{\Delta R}{R}\right) \quad (11)$$

Στην σχέση (11) φαίνεται πως το ποσοστό αύξησης (growth rate) του προϊόντος – εισοδήματος είναι το σταθμικό άθροισμα των ποσοστών αυξήσεως της εργασίας, του κεφαλαίου και των επενδύσεων σε έρευνα και τεχνολογία. Συγκεκριμένα στην περίπτωση μας φαίνεται πως οι σταθμικοί όροι είναι οι ελαστικότητες της συνάρτησης παραγωγής.

Στην εργασία του Abramowitz (1956) αναφέρεται πως το ποσοστό αύξησης του προϊόντος είναι μεγαλύτερο του ποσοστού αύξησης της εργασίας του κεφαλαίου. Οι λόγοι που εξηγούν κάτι τέτοιο είναι οι εξής:

- Υπάρχει περίπτωση να έχουμε αυξανόμενες αποδόσεις κλίμακας παραγωγής, με αποτέλεσμα το άθροισμα των σταθμικών – ελαστικότητων να είναι μεγαλύτερο της μονάδας. Αυτό εξηγεί το γεγονός το ποσοστό αυξήσεως του προϊόντος να είναι μεγαλύτερο των τριών άλλων ποσοστών αυξήσεως.
- Είναι δυνατή η ύπαρξη εξωγενών τεχνολογικών μεταβολών η οποία μπορεί να αυξήσει το ποσοστό  $(\Delta Y/Y)$  περισσότερο από τα ποσοστά  $(\Delta K/K)$ ,  $(\Delta L/L)$  και  $(\Delta R/R)$ , εφόσον όμως η παράμετρος  $A$  καθίσταται εξίσου σημαντική.
- Τέλος είναι δυνατή η ύπαρξη ενσωματωμένων τεχνολογικών μεταβολών στους συντελεστές παραγωγής, πράγμα όχι ιδιαίτερα αποτελεσματικό καθότι αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγικότητας του συντελεστή που εξετάζεται, χωρίς όμως να υπολογίζεται παράλληλα και η ενσωματωμένη τεχνολογική μεταβολή.
- Ένας τελευταίος λόγος στον οποίο πιθανό να οφείλεται το φαινόμενο που προαναφέραμε είναι το γεγονός πως μπορεί να λήφθηκε λάθος συνάρτηση παραγωγής.

### 3.2 Εξωγενής Τεχνολογική Μεταβολή

Γράφοντας εκ νέου τη σχέση (1α) έχουμε:

$$Y_t = AL^{a_1} K^{a_2} R^{a_3}$$

Παίρνοντας μερικές παραγώγους και ακολουθώντας την διαδικασία όπως προτείνεται από τον Γκαμαλέτσο (1973) έχουμε:

$$\Delta Y = \left(\frac{\partial A}{\partial A}\right)\Delta A + \left(\frac{\partial Y}{\partial L}\right)\Delta L + \left(\frac{\partial Y}{\partial K}\right)\Delta K + \left(\frac{\partial Y}{\partial R}\right)\Delta R = \left(\frac{Y}{A}\right)\Delta A + a_1\left(\frac{Y}{L}\right)\Delta L + a_2\left(\frac{Y}{K}\right)\Delta K + a_3\left(\frac{Y}{R}\right)\Delta R \quad (12)$$

$$\Delta Y = \left(\frac{Y}{A}\right)\Delta A + a_1\left(\frac{Y}{L}\right)\Delta L + a_2\left(\frac{Y}{K}\right)\Delta K + a_3\left(\frac{Y}{R}\right)\Delta R \quad (13)$$

$$\left(\frac{\Delta Y}{Y}\right) = \left(\frac{\Delta A}{A}\right) + a_1\left(\frac{\Delta L}{L}\right) + a_2\left(\frac{\Delta K}{K}\right) + a_3\left(\frac{\Delta R}{R}\right) \quad (14)$$

Υποθέτοντας ότι η εξωγενής τεχνολογική μεταβολή αυξάνεται διαχρονικά κατά ένα σταθερό ποσό, υποθέτουμε ότι:

$$A_t = A_0 e^{\beta} \quad (15)$$

όπου  $\beta$  είναι το ποσοστό αύξησης (παράμετρος). Η σχέση (12) γίνεται:

$$\left(\frac{\Delta Y}{Y}\right) = \beta + a_1\left(\frac{\Delta L}{L}\right) + a_2\left(\frac{\Delta K}{K}\right) + a_3\left(\frac{\Delta R}{R}\right) \quad (16)$$

Από οικονομετρική σκοπιά παρατηρούμε ότι η (16) μπορεί να εκτιμηθεί παλινδρομώντας την  $Y$  επάνω στον λόγο  $\left(\frac{\Delta K}{K}\right)$ ,  $\left(\frac{\Delta L}{L}\right)$  και  $\left(\frac{\Delta R}{R}\right)$ . Αποτέλεσμα αυτής της παλινδρόμησης

θα είναι να βρούμε το  $\beta$ , το  $a_1$ ,  $a_2$  και  $a_3$ . Χρησιμοποιώντας την μέθοδο GLS θα έχουμε:

$$\left(\frac{\Delta Y}{Y} - \frac{\Delta K}{K}\right) = \beta + a_1\left(\frac{\Delta L}{L} - \frac{\Delta K}{K}\right) + a_3\left(\frac{\Delta R}{R} - \frac{\Delta K}{K}\right) \quad (17)$$

που είναι μια γραμμική παλινδρόμηση.

Αν υποθέσουμε ότι η (15) δεν ισχύει, δηλαδή η εξωγενής τεχνολογική μεταβολή δεν αυξάνεται σταθερά διαχρονικά, τότε καταλήγουμε στη συνάρτηση (14) την οποία δεν μπορούμε να επεξεργαστούμε χωρίς περισσότερες πληροφορίες.

Η σχέση αυτή δίνει την τεχνολογική μεταβολή ως κατάλοιπα (residuals), έτσι ώστε να δικαιολογείται η πιθανή αύξηση του ποσοστού  $(\Delta Y/Y)$  έναντι των άλλων  $(\Delta L/L)$ ,  $(\Delta K/K)$  και  $(\Delta R/R)$ . Το πρόβλημα που τίθεται είναι πως μπορούμε να γνωρίζουμε την εκτίμηση της παραμέτρου  $a_i$ . Γνωρίζουμε πως το ποσοστό της εργασίας στο προϊόν ισούται με την ελαστικότητα της εργασίας στη συνάρτηση παραγωγής. Δηλαδή με την παράμετρο  $a_i$ . Εφόσον λοιπόν η ελαστικότητα  $a_i$  παραμένει σταθερή τότε και το ποσοστό συμμετοχής της εργασίας στο προϊόν θα πρέπει να παραμένει αμετάβλητο.

### 3.3 Ενσωματωμένη Τεχνολογική Μεταβολή

Μέχρι τώρα υποθέσαμε πως η τεχνολογική μεταβολή είναι εξωγενής, που σημαίνει πως έχουμε απλά μία παράλληλη μετατόπιση της καμπύλης της συνάρτησης παραγωγής. Η τεχνολογική μεταβολή όμως μπορεί να συμπεριλαμβάνεται σε κάθε συντελεστή της συνάρτησης παραγωγής. Εξαιτίας της γνώσης που αποκτάται στην εργασία και του γεγονότος πως η εργασία σήμερα είναι υπό πολύ καλύτερες συνθήκες απ' ό τι πριν 50 χρόνια, μεγαλύτερη εξειδίκευση, μόρφωση κτλ, υποθέτουμε ότι ο συντελεστής  $L$

βελτιώνεται συνεχώς και δεν συμπεριλαμβάνει την τεχνολογική μεταβολή. Για να διορθώσουμε κάτι τέτοιο, μετατρέπουμε την Cobb-Douglas, εισάγοντας τον όρο  $L^*$  (εργασία), ο οποίος μετράται πλέον σε μονάδες αποδοτικής εργασίας, δηλαδή λαμβάνεται υπόψη διαχρονικά, η τεχνολογική μεταβολή του συντελεστή εργασίας, άρα ισχύει:

$\frac{\Delta L^*}{L^*} > \frac{\Delta L}{L}$ , και επομένως η σχέση (12) γίνεται:

$$\left(\frac{\Delta Y}{Y}\right) = a_1 \left(\frac{\Delta L^*}{L^*}\right) + a_2 \left(\frac{\Delta K}{K}\right) + a_3 \left(\frac{\Delta R}{R}\right) \quad (18)$$

Το πρόβλημα που γεννιάται είναι το πώς συνδέεται η «θεωρητική» εργασία  $L^*$  με την «πραγματική» εργασία  $L$ .

Για να επιλύσουμε κάτι τέτοιο θεωρούμε ότι η ενσωματωμένη τεχνολογική μεταβολή αυξάνεται διαχρονικά κατά ένα σταθερό ποσοστό, άρα ισχύει:  $L_t^* = L_t e^{nt}$ , όπου  $n$ , το ποσοστό αύξησης της παραγωγικότητας της εργασίας. Αντικαθιστούμε και έχουμε:

$$Y_t = (L_t e^{nt})^{a_1} K_t^{a_2} R_t^{a_3} \quad (19)$$

η οποία μετατρέπεται σε:

$$Y_t = e^{a_1 n t} L_t^{a_1} K_t^{a_2} R_t^{a_3} \quad (20)$$

η οποία είναι η ίδια με την συνάρτηση παραγωγής (1α), αλλά αποτελεί μία συνάρτηση παραγωγής με Harrod-neutral τεχνολογική πρόοδο. Όλα αυτά ισχύουν και για τους συντελεστές κεφαλαίου  $K$  και έρευνας και ανάπτυξης  $R$ .

### 3.4 Ενσωματωμένη Τεχνολογική Μεταβολή (Το υπόδειγμα του Solow)

Το υπόδειγμα του Solow (Vintage Capital Model) βασίζεται στην αρχή ότι σε δεδομένη χρονική περίοδο η τεχνολογική εξέλιξη ενσωματώνεται στο κεφάλαιο  $K$ , το οποίο δημιουργείται κατά την συγκεκριμένη χρονική περίοδο, ενώ παράλληλα δεν επηρεάζεται το κεφάλαιο  $K$  παλαιότερων περιόδων. *“Τα κεφαλαιουχικά αγαθά κατά τη στιγμή κατασκευής τους, ενσωματώνουν όλες τις γνώσεις της τεχνολογίας, αλλά μεταγενέστερα δεν ενσωματώνουν οιαδήποτε τεχνολογική μεταβολή”* (Solow, 1960). Αυτό σημαίνει πως η παραγωγικότητα του *νέου* και όχι εκείνη του συνολικού κεφαλαίου  $K$  αυξάνεται διαχρονικά.

Έστω  $K_\tau(t)$  το κεφάλαιο, το οποίο δημιουργήθηκε στη χρονική στιγμή  $\tau$  και συμμετέχει στην παραγωγική διαδικασία της χρονική στιγμής  $t$ , άρα ( $\tau < t$ ),  $L_\tau(t)$  η εργασία και  $R_\tau(t)$  η έρευνα και ανάπτυξη που απαιτείται για τη λειτουργία του κεφαλαίου στο χρόνο  $\tau$ , ενώ  $Y_\tau(t)$  το τελικό προϊόν στη χρονική περίοδο  $t$ .

Υποθέτουμε την Cobb-Douglas της σχέσης (1) η οποία γίνεται

$$Y_\tau(t) = AL_\tau(t)^{a_1} K_\tau(t)^{a_2} R_\tau(t)^{a_3} \quad (21)$$

και ότι η παραγωγικότητα του νεοδημιουργηθέντος κεφαλαίου αυξάνεται διαχρονικά κατά ένα σταθερό ποσοστό, τότε:

$$Y_\tau(t) = AL_\tau(t)^{a_1} (e^{\mu\tau} K_\tau(t))^{a_2} R_\tau(t)^{a_3} \quad (22)$$

$$\text{όπου } \mu = \frac{m}{a_2}$$

$$\Rightarrow Y_\tau(t) = Ae^{\mu\tau} L_\tau(t)^{a_1} K_\tau(t)^{a_2} R_\tau(t)^{a_3} \quad (23)$$

στην οποία σχέση ο συντελεστής  $e^{\mu\tau}$  δείχνει όλη την τεχνολογική εξέλιξη η οποία συμπεριλαμβάνεται στο κεφάλαιο τη χρονική στιγμή  $\tau$ . Υποθέτουμε ότι το κεφάλαιο  $K$  αποσβένεται διαχρονικά κατά ένα σταθερό ποσοστό, έστω  $\lambda$ , τότε ισχύει:

$$K_\tau(t) = e^{-\lambda(t-\tau)} I(\tau) \quad (24)$$

όπου  $I(\tau)$  είναι οι ακαθάριστες επενδύσεις στη χρονική περίοδο  $\tau$ , δηλαδή:

$$K_\tau(t) = I(\tau) \quad (24\alpha)$$

Άρα το προϊόν, η εργασία και η R&D γίνονται αντίστοιχα:

$$Y(\tau) = \int_{-\infty}^{\tau} Y_\tau(t) d\tau \quad (24\beta)$$

$$L(\tau) = \int_{-\infty}^{\tau} L_\tau(t) d\tau \quad (24\gamma)$$

$$R(\tau) = \int_{-\infty}^{\tau} R_\tau(t) d\tau \quad (24\delta)$$

Και στις 2 τελευταίες σχέσεις υποθέτουμε ότι οι μεταβλητές είναι συνεχείς και γι' αυτό δεν υπάρχει περαιτέρω επεξεργασία.

### 3.5 Ενσωματωμένη Τεχνολογική Μεταβολή (Το υπόδειγμα του Denison)

Ο Denison (1962) δημιούργησε ένα υπόδειγμα το οποίο λαμβάνει υπόψη του τις ποιοτικές διαχρονικές μεταβολές της εργασίας. Η ποιοτική μέτρηση της εργασίας βασίζεται στο μορφωτικό επίπεδο των απασχολούμενων σε συνδυασμό με τις εκτιμήσεις των διαφορών στην παραγωγικότητα. Για  $i=1,2,\dots,n$  ο αριθμός των κατηγοριών στα οποία έχουμε κατατάξει τα έτη εκπαίδευσης.  $f_i(t)$  είναι η σχετική συχνότητα της  $I$  κατηγορίας

εκπαίδευσης κατά το έτος  $t$  και  $y_i(t)$ , το αντίστοιχο ημερομίσθιο (ή μέσο εισόδημα), τότε ο δείκτης ποιότητας είναι:

$$I^*(t) = \sum_{i=1}^n y_i(t^*) f_i(t) \quad (25)$$

όπου ο αστερίσκος (\*) δείχνει το έτος που επιλέχθηκε βάσεως  $t^*$ . Ο δείκτης αυτός γίνεται 100 δια το επιλεγθέν έτος (έστω  $T$ ) και τελικά δίνεται από τη σχέση:

$$I(t) = \frac{I^*(t)}{I^*(T)} \quad (26)$$

Στη συνέχεια βρίσκουμε την εργασία σε «μονάδες αποδοτικής εργασίας» η οποία δίνεται από αυτή τη σχέση:

$$L_t^* = I_t L_t \quad (27)$$

στην οποία το ποσοστό αύξησης είναι:  $\frac{\Delta L^*}{L} = \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta I}{I}$ . Τέλος χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση παραγωγής Cobb-Douglas και αγνοώντας προς το παρόν την εξωγενή ή ενσωματωμένη τεχνολογική μεταβολή έχουμε:

$$\begin{aligned} \left( \frac{\Delta Y}{Y} \right) &= a_1 \left( \frac{\Delta L^*}{L^*} \right) + a_2 \left( \frac{\Delta K}{K} \right) + a_3 \left( \frac{\Delta R}{R} \right) \Rightarrow \\ \left( \frac{\Delta Y}{Y} \right) &= a_1 \left( \frac{\Delta L}{L} \right) + a_2 \left( \frac{\Delta K}{K} \right) + a_3 \left( \frac{\Delta R}{R} \right) + a_1 \left( \frac{\Delta I}{I} \right) \end{aligned} \quad (28)$$

στην οποία βλέπουμε πως ο όρος  $\left( \frac{\Delta I}{I} \right)$  εξηγεί το γεγονός πως το ποσοστό αύξησης του προϊόντος είναι μεγαλύτερο από τα ποσοστά αύξησης του κεφαλαίου της εργασίας και της R&D. Οδηγούμαστε λοιπόν σε συναρτήσεις παραγωγής με αύξουσες αποδόσεις κλίμακας.

## Κεφάλαιο 4

### Εμπειρική Εφαρμογή

Στο κεφάλαιο αυτό εφαρμόζουμε αρχικά παρουσιάζουμε τη θεωρία ανάλυσης των panel δεδομένων (Halkos, 1994) και κατόπιν παρουσιάζουμε τα εμπειρικά αποτελέσματα από την προτεινόμενη υποδειματοποίηση σε ένα δείγμα δυναμικών διαστρωματικών στοιχείων (panel data) για 33 Ευρωπαϊκές χώρες. Εξαιρέθηκαν οι χώρες της Αμερικής και της Ιαπωνίας λόγω έλλειψης αρκετών στοιχείων.

#### 4.1 Ανάλυση Panel Data

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναλυθούν εκτενέστερα τα δυναμικά διαστρωματικά στοιχεία (panel data), έτσι ώστε να γίνει πιο κατανοητή η ανάλυση και η επεξεργασία των δεδομένων αυτών (Χάλκος, 1994).

#### 4.2 Χαρακτηριστικά που δεν μετρώνται (Unobserved Characteristics)

Ένα πρόβλημα με τα διαστρωματικά δεδομένα είναι ότι κάποια χαρακτηριστικά του στρώματος (πχ χώρες, επιχειρήσεις κτλ.) μπορεί να μην μετρώνται. Εάν αυτά τα χαρακτηριστικά που δεν παρατηρούνται συσχετίζονται με κάποιους παλινδρομητές, τότε μπορεί να πάρουμε λανθασμένα αποτελέσματα απ' την ανάλυση των διαστρωματικών στοιχείων.

Ας εξετάσουμε για παράδειγμα την περίπτωση που ένας ερευνητής επιθυμεί να ανακαλύψει την επίδραση ενός συγκεκριμένου τύπου εκπαίδευσης στα μελλοντικά κέρδη. Τα δεδομένα συλλέγονται σε μεγάλο δείγμα ατόμων κάποια από τα οποία κέρδη παλινδρομούνται στο επίπεδο εκπαίδευσης καθώς επίσης και σε άλλες μεταβλητές (πχ. Φύλο ηλικία κτλ) Υποθέτουμε όμως ότι κάποια εκπαιδευμένα άτομα μειονεκτούν κατά κάποιο τρόπο, έτσι που να είναι λιγότερο πιθανό να βρουν υψηλόμισθες δουλειές. Σε αυτήν την περίπτωση τα πραγματικά υποδείγματα γράφονται ως εξής:

$$W_i = aT_i + \beta D_i + u_i \quad (29)$$

Όπου  $T$  είναι η εκπαίδευση, το  $D$  είναι το μέτρο του μειονεκτηματος (disadvantages) και ξέρουμε ότι  $\alpha > 0$  και  $\beta < 0$ . Όπως εκτιμά ο ερευνητής:

$$W_i = \alpha T_i + \nu_i \quad (30)$$

Τότε έχουμε:

$$\hat{a} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i T_i}{\sum_{i=1}^n W_i^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (\alpha T_i + \beta D_i + u_i) T_i}{\sum_{i=1}^n W_i^2} = \alpha + \beta \frac{\sum_{i=1}^n D_i T_i}{\sum_{i=1}^n W_i^2} + \frac{\sum_{i=1}^n u_i T_i}{\sum_{i=1}^n W_i^2} \quad (31)$$

Έτσι:

$$E(\hat{a}) = \frac{\sum_{i=1}^n W_i T_i}{\sum_{i=1}^n W_i^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (\alpha T_i + \beta D_i + u_i) T_i}{\sum_{i=1}^n W_i^2} = \alpha + \beta \frac{\sum_{i=1}^n D_i T_i}{\sum_{i=1}^n W_i^2} + E \left[ \frac{\sum_{i=1}^n u_i T_i}{\sum_{i=1}^n W_i^2} \right] \quad (32)$$

$$E(\hat{a}) = \alpha + \beta \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{\sum_{i=1}^n W_i^2} \quad (33)$$

Καθώς όμως η εκπαίδευση συσχετίζεται θετικά με τα μη μετρήσιμα χαρακτηριστικά και καθώς το  $\beta$  είναι αρνητικό έχουμε ότι:

$$E(\hat{a}) < \alpha \quad (34)$$

και ενδέχεται ο συντελεστής στην εκπαίδευση να είναι ακόμη κι αρνητικός. Αυτό είναι πρόβλημα παράλειψης μια σχετικής μεταβλητής. Αυτό το πρόβλημα δεν θα εμφανιζόταν εάν τα άτομα είχαν οριστεί τυχαία στην εκπαίδευση, καθώς τότε θα είχαμε ότι

$$Cov(D_i T_i) = 0 \quad (35)$$

Τα Panel data μοντέλα είναι μια πιθανή λύση σ' αυτό το πρόβλημα, καθώς θα έχουμε παρατηρήσεις για όλα τα άτομα πριν και μετά την εκπαίδευσή τους και θα μπορούμε να ελέγξουμε την σταθερή επίδραση του μειονεκτηματος, η οποία διαφοροποιείται ανάλογα με το  $i$ , αλλά είναι σταθερή κατά μήκος του  $t$ .

### 4.3 Βασικό μοντέλο ανάλυσης

Εξετάζουμε το μοντέλο:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i x_{it} + u_{it} \quad u_{it} \sim iid(0, \sigma^2) \quad (36)$$



όπου  $y_{it}$   $i=1,\dots,N$ ,  $t=1,\dots,T$  είναι η εξαρτημένη μεταβλητή και  $x_{it}$  ένα κ-διαστάσεων διάνυσμα ανεξάρτητων (ερμηνευτικών) μεταβλητών (και μπορεί να περιλαμβάνει χρονικές επιδράσεις), ή οποία μπορεί:

α) να μεταβάλλεται στο  $i$  και  $t$ .

β) να μεταβάλλεται μόνο στο  $i$ .

γ) να μεταβάλλεται μόνο στο  $t$ .

Σ' αυτό το μοντέλο το  $\alpha_i$  αντιπροσωπεύει ατομικές επιδράσεις (και αυτές είναι συνήθως απαρατήρητες – για παράδειγμα, μειονεκτικές) και το  $\delta_t$  ( $\beta$ ) αντιπροσωπεύει τις ειδικές χρονικές επιδράσεις. Γενικά σ' αυτά τα μοντέλα panel data έχουμε να κάνουμε με μεγάλα  $N$  και μικρά  $T$ .

Για την εξίσωση (1) υπάρχουν 2 βασικά είδη μοντέλων

1. Τα μοντέλα σταθερής επίδρασης (Fixed Effects)

2. Τα μοντέλα τυχαίας επίδρασης (Random Effects)

και η επιλογή ανάμεσα στο ποιο είναι σωστό εξαρτάται από το εάν κάποιος χειρίζεται το  $\alpha_i$ 's σαν κάποιους καθορισμένους αριθμούς ή τυχαίες εξαγωγές από μία συγκεκριμένη κατανομή.

#### 4.4 Τα μοντέλα σταθερής επίδρασης

Υποθέτουμε ότι όλοι οι παλινδρομητές της δεξιάς πλευράς είναι εξωγενής προς το παρόν (δηλαδή ασυσχέτιστοι με τον διαταρακτικό όρο  $u$ ). Εν συνεχεία χρησιμοποιούμε την ακόλουθη παράσταση:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T x_{it}}{NT} \quad \text{και} \quad x_i = \frac{\sum_{t=1}^T x_{it}}{T} \quad (37)$$

##### 4.4.1 Διαφορετικοί σταθεροί όροι και διαφορετικές κλίσεις:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i x_{it} + u_{it} \quad u_{it} \sim iid(0, \sigma^2) \quad (38)$$

Αυτό το μοντέλο μπορεί να εκτιμηθεί μόνο αν το  $T$  είναι αρκετά μεγάλο για να μπορέσει να εκτελέσει  $N$  ξεχωριστές OLS παλινδρομήσεις. Αυτή η παλινδρόμηση θα παρέχει επίσης ξεχωριστές εκτιμήσεις της διακύμανσης του σφάλματος (μία για κάθε  $i$ ). Για  $\kappa=1$ , έχουμε standard OLS 2- τύποι των μεταβλητών της παλινδρόμησης για τους συντελεστές οι οποίοι βασίζονται στις  $T$  παρατηρήσεις.

$$\hat{\beta}_i = \frac{\sum_{t=1}^T (x_{it} - \bar{x}_i)(y_{it} - \bar{y}_i)}{\sum_{t=1}^T (x_{it} - \bar{x}_i)^2} \quad \text{και} \quad \hat{a}_i = \bar{y}_i - \hat{\beta}_i \bar{x}_i \quad (39)$$

### Σημειώσεις:

1.  $\beta_i$  και  $a_i$  είναι σταθεροί μόνο για μεγάλα T.
2. Αυτό το μοντέλο μπορούμε να το τρέξουμε εκτιμώντας N ξεχωριστές OLS εξισώσεις ή τρέχοντας μια μεγάλη εξίσωση χρησιμοποιώντας το προσθετικό μοντέλο καθώς και ψευδομεταβλητές που αλληλεπιδρούν (καθορισμένες για το άτομο i.) Οι εκτιμήσεις των συντελεστών θα είναι ίδιες όπως πριν, αλλά θα πάρουμε μόνο μία εκτιμημένη διακύμανση σφάλματος.
3. Καθώς αυτό το μοντέλο είναι ένα μοντέλο σταθερής επίδρασης δεν μπορούμε να έχουμε άλλες ανεξάρτητες μεταβλητές οι οποίες δεν μεταβάλλονται στο χρόνο, (καθώς αυτές συσχετίζονται τέλεια με το  $a_i$ 's)

### 4.4.2 Διαφορετικοί σταθεροί όροι και ίδιες κλίσεις

$$y_{it} = a_i + \beta_i x_{it} + u_{it} \quad u_{it} \sim iid(0, \sigma^2) \quad (40)$$

Για να εκτιμήσουμε αυτό το μοντέλο φτιάχνουμε N-1 ψευδομεταβλητές για N άτομα και παλινδρομούμε την y πάνω στο σταθερό, στις N-1 ψευδομεταβλητές και στη x. Εναλλακτικά μπορούμε να παλινδρομήσουμε την y πάνω στις N ψευδομεταβλητές και στη x's. Για  $k=1$  για τη δεύτερη περίπτωση έχουμε ότι:

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{it} - \bar{x}_i)(y_{it} - \bar{y}_i)}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{it} - \bar{x}_i)^2} \quad (41)$$

$$\hat{a}_i = \bar{y}_i - \hat{\beta} \bar{x}_i \quad (42)$$

και οι εκτιμήσεις των συντελεστών κλίσης από το OLS είναι συνεπείς, εξασφαλίζοντας ότι το N ή το T είναι μεγάλα ή το NT είναι μεγάλο, όμως οι σταθεροί όροι εκτιμούνται με συνέπεια μόνο αν το T είναι μεγάλο. Το μοντέλο θα μπορούσε εναλλακτικά να εκτιμηθεί από την παρακάτω εξίσωση:

$$y_{it} - \bar{y}_i = \beta_i (x_{it} - \bar{x}_i) + (u_{it} - \bar{u}_i) \quad (43)$$

και παίρνοντας την μέση απόκλιση θα εξαλείψαμε το  $\alpha_i$ 's ο οποίος είναι γνωστός ως ο μεταξύ (within estimator) των ομάδων εκτιμητής και τον συμβολίζουμε ως  $\beta^w$ .

#### 4.4.3 Ίδιοι σταθεροί όροι και ίδιες κλίσεις

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i x_{it} + u_{it} \quad u_{it} \sim iid(0, \sigma^2) \quad (44)$$

Εκτιμάμε το μοντέλο μας με OLS χρησιμοποιώντας NT παρατηρήσεις. Αυτό είναι το συνολικό μοντέλο και οι εκτιμήσεις είναι συνεπείς για μεγάλο N ή μεγάλο Tα ή μεγάλο NT.

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{it} - \bar{x}_{i.})(y_{it} - \bar{y}_{i.})}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{it} - \bar{x}_{i.})^2} \quad (45)$$

και

$$\hat{a} = \bar{y}_{i.} - \hat{\beta} \bar{x}_{i.} \quad (46)$$

Ας σημειωθεί ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για σταθερούς όρους και κλίσεις που μεταβάλλονται στο t και ή στο i.

#### 4.4.4 Τα μοντέλα τυχαίας επίδρασης (Random Effects)

$$y_{it} = \alpha_i + \beta x_{it} + u_{it} \quad u_{it} \sim iid(0, \sigma^2) \quad (47)$$

Αυτό το μοντέλο φαίνεται ίδιο με το προαναφερθέν μοντέλο (διαφορετικοί σταθεροί όροι ίδιες κλίσεις). Τώρα όμως εξετάζουμε  $\alpha_i$ 's σαν τυχαίες εξαγωγές από μία κατανομή, επιπλέον πρέπει να πούμε κάτι γι' αυτή την κατανομή. Κάνουμε τις ακόλουθες υποθέσεις:

$$E(\alpha_i) = 0$$

$$Cov(\alpha_i, \alpha_j) = E(\alpha_i) = 0 \text{ για } i \neq j$$

$$Var(\alpha_i) = E(\alpha_i^2) = \sigma_a^2$$

$$Var(u_{it}) = Var(\alpha_i + u_{it}) = \sigma_a^2 + \sigma^2$$

$$Cov(u_{it}, u_{is}) = Cov(\alpha_i + u_{it}, \alpha_i + u_{is}) = Var(\alpha_i) = \sigma_a^2$$

Και έτσι έχουμε ότι  $Cov(\alpha_i, u_{is}) = 0$

Γενικά αυτά προϋποθέτουν ότι η μήτρα διακύμανσης-συνδιακύμανσης για το άτομο i γράφεται ως εξής:

$$E(U_i U_i') = \Sigma = \sigma^2 \mathbf{1}_T + \sigma_\alpha^2 \mathbf{i} \mathbf{i}' = \begin{bmatrix} \sigma^2 + \sigma_\alpha^2 & \sigma_\alpha^2 & \dots & \sigma_\alpha^2 \\ \sigma_\alpha^2 & \sigma^2 + \sigma_\alpha^2 & \dots & \sigma_\alpha^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_\alpha^2 & \sigma_\alpha^2 & \dots & \sigma_\alpha^2 + \sigma^2 \end{bmatrix} \quad (48)$$

όπου  $\mathbf{i}$  είναι ένα  $(T \times 1)$  διάνυσμα μονάδων (vector of ones). Πέρα από όλες τις παρατηρήσεις ο διαταρακτικός όρος γράφεται ως:

$$\Omega = \mathbf{I}_N \otimes \Sigma = E[UU'] = \begin{bmatrix} \Sigma & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \Sigma & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \Sigma \end{bmatrix} \quad (49)$$

Υποθέτουμε ότι υπάρχει ένας κοινός σταθερός όρος. Μπορούμε να εκτιμήσουμε το μοντέλο της εξίσωσης χρησιμοποιώντας τον μεταξύ των ομάδων εκτιμητή (the within-group estimator). Τελικά εκτιμάμε το  $\beta$  από την εξίσωση:

$$y_{it} - y_i = \beta' (x_{it} - x_i) + (u_{it} - u_i) \quad (50)$$

Σημειώτεον ότι δεν εκτιμάμε τα  $\alpha_i$ 's.

Στην περίπτωση απλής ανεξάρτητης μεταβλητής,  $x$  και σταθερού παίρνουμε την εξίσωση γραμμική ως εξής:

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{it} - x_i)(y_{it} - y_i)}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{it} - x_i)^2} \quad (51)$$

ο εκτιμητής  $\hat{\beta}$  δεν είναι αποτελεσματικός καθώς αγνοεί την διάρθρωση της συσχέτισης του διαταρακτικού όρου που είναι προφανές στην εξίσωση.

Μια πιο αποτελεσματική μέθοδος θα μπορούσε να είναι αυτή των Γενικευμένων Ελαχίστων Τετραγώνων (GLS). Στην πραγματικότητα ο εκτιμητής GLS χρησιμοποιεί τη μήτρα  $\Omega$ , όπως αυτή ορίζεται στις εξισώσεις που παρουσιάστηκαν προηγουμένως, είναι BLUE εξασφαλίζοντας ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των  $x$ 's και των  $u$ 's.

## 4.5 Εμπειρική Εφαρμογή

Το υπόδειγμα που εκτιμήσαμε είναι της μορφής:

$$\log P_t = \beta_0 + \beta_1 \log L_t + \beta_2 \log(R \& D)_t + \beta_3 \log K_t + V_t \quad (52)$$

Η παραπάνω εξίσωση επιλύθηκε με τη μέθοδο τόσο των σταθερών (fixed effects model) όσο και των τυχαίων επιδράσεων (random effects model). Όταν χρησιμοποιούμε μοντέλο σταθερών επιδράσεων υποθέτουμε ότι κάτι μέσα στις ανεξάρτητες μεταβλητές μπορεί να επηρεάσει την μεροληψία της εξαρτημένης μεταβλητής. Στην προκειμένη περίπτωση η μεροληψία της παραγωγικότητας μπορεί να επηρεαστεί από τις ανεξάρτητες μεταβλητές εργασίας, R&D και κεφαλαίου. Πρόκειται για ένα αναμενόμενο αποτέλεσμα πίσω από την υπόθεση της αντιστοιχίας μεταξύ σφάλματος οντότητας των μεταβλητών στον χρόνο και στα στρώματα. Οι σταθερές επιδράσεις αφαιρούν την επίδραση του εν λόγω αμετάβλητου χρόνου από τις μεταβλητές πρόβλεψης, ώστε να μπορέσουμε να εκτιμήσουμε ένα καθαρό αποτέλεσμα.

Μία άλλη σημαντική υπόθεση των σταθερών επιδράσεων σε panel δεδομένα είναι πως τα χαρακτηριστικά των αμετάβλητων στο χρόνο στοιχείων είναι μοναδικά για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή και πως δεν πρέπει να συσχετιστεί με χαρακτηριστικά άλλων μεταβλητών. Κάθε μεταβλητή είναι διαφορετική στον χρόνο κατά συνέπεια των δεδομένων που αναλύονται, επομένως ο όρος του σφάλματος και η σταθερά δεν πρέπει να συσχετίζονται με τις υπόλοιπες μεταβλητές. Εάν οι όροι σφάλματος συσχετίζονται τα αποτελέσματα του υποδείγματος δεν θα είναι σωστά και θα πρέπει να εκτιμηθεί με τυχαίες επιδράσεις. Αυτό είναι και του σκεπτικό του Hausman's test.

Η λογική πίσω από το μοντέλο των τυχαίων επιδράσεων, σε αντίθεση με το μοντέλο των σταθερών επιδράσεων είναι ότι, οι διαφορές μεταξύ των τιμών των μεταβλητών που αναλύονται υποτίθεται ότι είναι τυχαίες και ασυσχέτιστες με τις ανεξάρτητες μεταβλητές που περιλαμβάνονται στο υπόδειγμα. Η κρίσιμη διάκριση μεταξύ σταθερών και τυχαίων επιδράσεων είναι κατά πόσο το μεμονωμένο αποτέλεσμα ενσωματώνει στοιχεία που συσχετίζονται με τους παλινδρομητές του μοντέλου, και όχι αν αυτά τα αποτελέσματα είναι στοχαστικά ή όχι. (Green, 2008. Halkos, 1994). Εάν υπάρχει κάποιος λόγος για τον οποίο πιθανώς οι διαφορές μεταξύ των τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών έχουν κάποια επίδραση στην εξαρτημένη μεταβλητή, τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν τυχαίες επιδράσεις.

Στις τυχαίες επιδράσεις πρέπει να καθοριστούν τα επιμέρους χαρακτηριστικά που μπορούν ή όχι να επηρεάσουν τις υπόλοιπες μεταβλητές. Το πρόβλημα που δημιουργείται είναι ότι ενδεχομένως να παραληφθούν μεταβλητές που μπορεί να είναι στατιστικά σημαντικές στον καθορισμό του αποτελέσματος. Η μέθοδος των τυχαίων επιδράσεων μπορεί να θεωρηθεί καταλληλότερη για δυο λόγους:

1) το μοντέλο περιέχει πολλές ψευδομεταβλητές, οι οποίες στο μοντέλο των σταθερών επιδράσεων απορρίπτονται και

2) το δείγμα των χωρών που χρησιμοποιούνται είναι τυχαία επιλεγμένο.

Το προτεινόμενο υπόδειγμα επιλύθηκε με τη βοήθεια του οικονομετρικού προγράμματος EVIEWS και τα αποτελέσματα παρατίθενται στον πίνακα 2. Στα αποτελέσματα της ανάλυσης των panel δεδομένων βλέπουμε ότι στο υπόδειγμα των σταθερών επιδράσεων όλες οι μεταβλητές είναι στατιστικά σημαντικές σε όλα τα επίπεδα σημαντικότητας. Η ελαστικότητα της παραγωγής ως προς την έρευνα και ανάπτυξη ισούται με 0,07. Δηλαδή αν αυξηθεί η R&D κατά μια μονάδα η παραγωγικότητα αυξάνεται κατά 0,07. Αντίστοιχα για εργασία η ελαστικότητα παραγωγής ως προς την εργασία είναι 0,21 ενώ για το κεφάλαιο είναι 0,1. Είναι εμφανής η ένδειξη στατιστικής σημαντικότητας σε όλα τα συνήθη επίπεδα σημαντικότητας (0.01, 0.05 και 0.1). Επίσης βάσει του Hausman ελέγχου το υπόδειγμα που επιλέγεται είναι αυτό των σταθερών επιδράσεων.

Στα αποτελέσματα του Πίνακα 2 και ακολουθώντας το Halkos (2003) εφαρμόστηκαν κάποια τεστ για να μπορέσουμε να διαπιστώσουμε εάν υπάρχει ετεροσκεδαστικότητα και σφάλμα εξειδίκευσης. Συγκεκριμένα οι έλεγχοι που ακολουθήθηκαν είναι οι ακόλουθοι:

**Hausman's Test 1:** Έλεγχος για την επιλογή σταθερών ή τυχαίων επιδράσεων.

**Heteroskedasticity Test 2:** Παλινδρόμηση των τετραγώνων των καταλοίπων πάνω στις ανεξάρτητες μεταβλητές ( $\ln[\text{total assets}]$ ).

**Heteroskedasticity Test 3:** Παλινδρόμηση της απόλυτης τιμής των καταλοίπων πάνω στις ανεξάρτητες μεταβλητές ( $\ln[\text{total assets}]$ ). (Glejser test).

**Heteroskedasticity Test 4:** Παλινδρόμηση του τετραγώνου των καταλοίπων πάνω στην εκτιμημένη εξαρτημένη  $\hat{y}$ .

**Heteroskedasticity Test 5:** Παλινδρόμηση του τετραγώνου των καταλοίπων πάνω στην εκτιμημένη εξαρτημένη  $\hat{y}$  και  $\hat{y}^2$ .

**Heteroskedasticity Test 6:** Παλινδρόμηση του λογαρίθμου του τετραγώνου των καταλοίπων πάνω στις ανεξάρτητες μεταβλητές. (Harvey test).

**Reset 1 Test 7:** Παλινδρόμηση των καταλοίπων πάνω στην  $y^2$ .

**Reset 2 Test 8:** Παλινδρόμηση των καταλοίπων πάνω στην  $y^3$ .

**Reset 3 Test 9:** Παλινδρόμηση των καταλοίπων πάνω στην  $y^4$ .

**Jarque-Bera Test 9:** Έλεγχος κανονικότητας.

Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων δεν παρουσιάστηκε κάποιο οικονομετρικό πρόβλημα. Ωστόσο, για αξιόπιστο έλεγχο χρησιμοποιούμε το Hausman's test για να καταλήξουμε εάν ένα fixed effects ή ένα random effects υπόδειγμα είναι καταλληλότερο στην παρούσα περίπτωση.

Τα αποτελέσματα βλέπουμε πως δεν αποκλίνουν ιδιαίτερα από τις εμπειρικές μελέτες που παρουσιάστηκαν προηγουμένως (πίνακας 1). Αυτό κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό και ενδιαφέρον καθότι το αποτέλεσμα της ανάπτυξης της R&D έχει σχεδόν ανεπαίσθητα αποτελέσματα στην παραγωγικότητα των κρατών βραχυπρόθεσμα. Αξίζει να σημειωθεί πως η αύξηση των δαπανών στον τομέα της έρευνας και ανάπτυξης θα έχει μακροπρόθεσμα θετικά αποτελέσματα τόσο στην αύξηση του εισοδήματος όσο και στην παραγωγικότητα. Κρίνεται λοιπόν ενδιαφέρον να δούμε εάν τελικώς αξίζει τα κράτη να επενδύσουν σε R&D ή να επικεντρώσουν τις προσπάθειές τους σε άλλες πηγές.

Εκτιμώντας ένα δυναμικό μοντέλο (Χάλκος) της μορφής,

$$\log(\hat{Pr od})_t = 0.556906 - 0.06327 \log(L_t) - 0.019237 \log(R \& D)_t + 0.40688 \log(K_t) + 0.905645 \log(\hat{Pr od})_{t-1} \quad (53)$$

Η εκτιμημένη βραχυχρόνια συνάρτηση παραγωγής δείχνει ότι η βραχυχρόνια ελαστικότητα R&D είναι στατιστικά σημαντική σε όλα τα επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας, η ελαστικότητα κεφαλαίου είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 5% ενώ παρουσιάζεται ως στατιστικά ασήμαντη η ελαστικότητα ως προς την εργασία. Ο συντελεστής προσαρμογής της ανισοροπίας στην ισοροπία είναι:  $\delta = 0,094355$ , πράγμα που σημαίνει ότι περίπου 10% της ανισοροπίας μεταξύ επιθυμητών και πραγματικών επιπέδων παραγωγικότητας εξαλείφεται σε ετήσια βάση. Για να πάρουμε πίσω τη μακροχρόνια συνάρτηση παραγωγής απλά αφήνουμε την υστέρηση  $\log(\hat{Pr od})_{t-1}$  εκτός δείγματος και διαιρούμε με τον συντελεστή προσαρμογής. Η εξίσωση που προκύπτει είναι της μορφής :

$$\log(\hat{P}_t) = 5.902241 - 0.670552L_t - 0.2038789(R \& D)_t + 4.312225K_t \quad (55)$$

Άρα η μακροχρόνια ελαστικότητα R&D είναι 0,2038789 κατά πολύ υψηλότερη από την αντίστοιχη βραχυχρόνια ελαστικότητα του 0,019237.

Η στατιστική DW είναι κοντά στο 2 αλλά στις περιπτώσεις των δυναμικών μοντέλων δεν ισχύουν επομένως κρίνεται αναγκαίο να βρεθεί η νέα h-Durbin ως εξής:

$$h = \left[ 1 - \frac{1}{2}(DW) \sqrt{\frac{n}{1 - n(S.E.)^2}} \right] \approx 1.8 \quad (56)$$

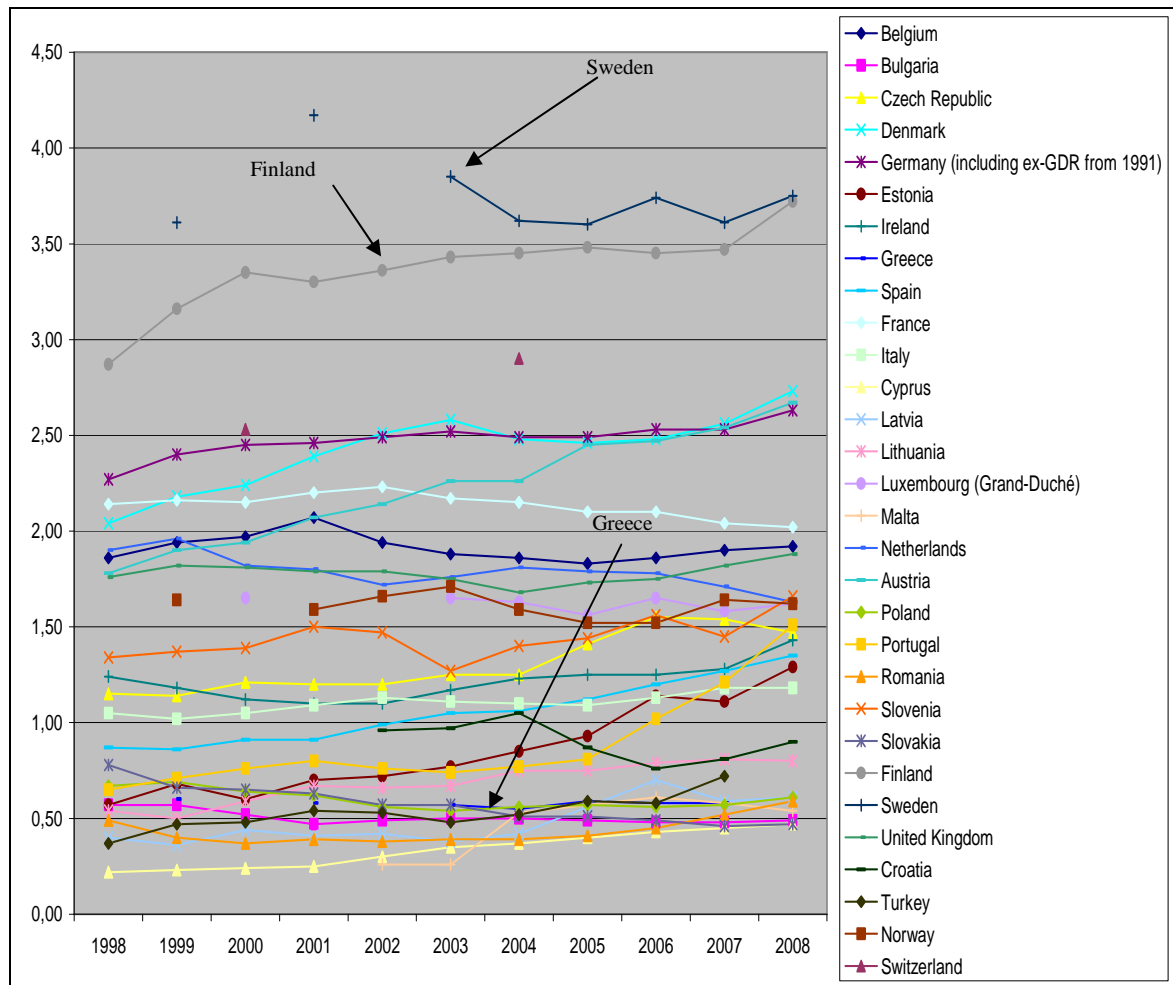
Εξαιτίας του μικρού δείγματος αυτό το τεστ θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί με προσοχή, καθώς ισχύει ασυμπτωτικά.



Πίνακας 2: Αποτελέσματα ανάλυσης panel δεδομένων

<b>Εξαρτημένη μεταβλητή : log(Prod)</b>			
Ανεξάρτητες μεταβλητές	Fixed Effects	Random Effects	Fixed Effects Dynamics
c	3.210853 (13.19073) [0.0000]	3.132249 (7.381268) [0.0000]	0.556906 (3.093960) [0.0022]
log(rd)	0.071022 (4.427225) [0.0000]	0.137066 (4.833333) [0.0000]	-0.019237 (-2.603116) [0.0099]
log(gfcf)	0.104771 (3.897661) [0.0001]	0.240419 (3.229914) [0.0014]	0.40688 (2.519760) [0.0124]
log(l)	0.216003 (3.345793) [0.0010]	0.133853 (0.847902) [0.3973]	-0.06327 (-1.196105) [0.2329]
log(prod(-1))	-	-	0.905645 (38.98427) [0.0000]
R-squared	0.996287	0.483007	0.997793
Durbin-Watson stat	0.636564	0.313727	2.122858
F-statistic	1759.706	79.10089	3320.190
Prob(F-statistic)	0.000000	0.000000	0.000000
<i>Diagnostic Tests for Panel data</i>			
Hausman	-	22.350627 [0.0001]	-
Heteroskedasticity	(0.410397) [0.6819]	(-0.503464) [0,6151]	(2.373153) [0.0184]
Heteroskedasticity	F=10.90574 [0.000001]	F=17.78704 [0.000000]	F=1.891266 [0.131500]
Heteroskedasticity	(0.142390) [0.8869]	(-0.720140) [0.4723]	(-0.161066) [0.8722]
Heteroskedasticity	F=0.805227 [0.448430]	F=1.618432 [0.200794]	F=0.745806 [0.475666]
Heteroskedasticity	(-0.329396) [0,7421]	(-1.832118) [0.0681]	(0.838145) [0.4027]
RESET <sub>1</sub>	(0.400214) [0.6894]	(0.162001) [0.8715]	(0.008818) [0.9930]
RESET <sub>2</sub>	(0.357483) [0.7211]	(0.156185) [0.8760]	(-0.014543) [0.9884]
RESET <sub>3</sub>	(0.317458) [0.7512]	(0.150324) [0.8807]	(-0.040772) [0.9675]
Normality Jarque-Bera	806.5971 [0.00000]	15.85150 [0.000361]	4.924197 [0.085256]

**Διάγραμμα 1: Τιμές R&D για τις υπό εξέταση χώρες**



Το διάγραμμα 1 δείχνει τις συνολικές επενδύσεις σε R&D των χωρών που εξετάζονται για τα έτη 1998 – 2008. Βλέπουμε πως υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των στοιχείων όσον αφορά τις μετρήσεις αυτές στο χρόνο. Ενώ παράλληλα φαίνεται η ελλείψεις οργανωτική δομή που έχουν οι χώρες στη συλλογή αποτελεσμάτων, καθότι χώρες όπως η Ελλάδα δεν παρουσιάζουν στοιχεία για έρευνα και ανάπτυξη για αρκετά χρόνια. Η Σουηδία της οποίας τα στοιχεία παρουσιάζονται από το 2003 παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον καθότι οι επενδύσεις σε R&D ξεπέρασαν κάθε προσδοκία σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες αγγίζοντας τιμές του 3,75. Στο ίδιο μοτίβο και η Φινλανδία η οποία με σταθερή πορεία στον τομέα της έρευνας και της ανάπτυξης σημειώνει μεγάλο ποσοστό δαπανών σε R&D σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες.

## Κεφάλαιο 5

### Συμπεράσματα – Πολιτικές Επιπτώσεις

Συνολικά, η μελέτη τονίζει τη σημασία της τεχνολογίας για την οικονομική ανάπτυξη, μέσω της ανάπτυξης των επιχειρήσεων, των επενδύσεων του δημόσιου τομέα ή επενδύσεων που προέρχονται από ξένες πηγές. Αναλύοντας τον όρο R&D στις υπό εξέταση Ευρωπαϊκές χώρες παρουσιάζεται η σημαντικότητα της συνεργασίας των χωρών στον τομέα της έρευνας.

Βρήκαμε ότι η ελαστικότητα παραγωγής ως προς την έρευνα και ανάπτυξη ισούται με 0,07. Αντίστοιχα για εργασία η ελαστικότητα παραγωγής ως προς την εργασία είναι 0,21 ενώ για το κεφάλαιο είναι 0,1. Τα αποτελέσματα αυτά δεν αποκλίνουν ιδιαίτερα από τις εμπειρικές μελέτες που παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 1. Τόσο ο Greenhalgh and Longland (2002) όσο και οι Hall and Mairesse (1995) βρήκαν ελαστικότητα 0,07 με (FE) για το Ηνωμένο Βασίλειο και για την Γαλλία αντίστοιχα. Κοιτάζοντας τις τιμές των υπολοίπων ερευνητών βλέπουμε πως όλες οι τιμές δείχνουν παρόμοια σχέση μεταξύ των επενδύσεων της R&D και της παραγωγικότητας των επιχειρήσεων.

Μπορούμε αρχικά να συμπεράνουμε πως αυξάνοντας την R&D κατά μία μονάδα έχουμε μικρή σχετικά αύξηση της παραγωγικότητας, ενώ αυξάνοντας αντίστοιχα κατά μία μονάδα την εργασία και το κεφάλαιο η παραγωγικότητα αυξάνεται κατά 0,21 και 0,1 αντίστοιχα. Αυτό κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό και ενδιαφέρον καθότι το αποτέλεσμα της ανάπτυξης της R&D έχει σχεδόν ανεπαίσθητα αποτελέσματα στην παραγωγικότητα των κρατών βραχυπρόθεσμα.

Αξίζει να σημειωθεί πως η αύξηση των δαπανών στον τομέα της έρευνας και ανάπτυξης θα έχει μακροπρόθεσμα θετικά αποτελέσματα τόσο στην αύξηση του εισοδήματος όσο και στην παραγωγικότητα. Κρίνεται λοιπόν ενδιαφέρον να δούμε εάν τελικώς αξίζει τα κράτη να επενδύσουν σε R&D ή να επικεντρώσουν τις προσπάθειές τους σε άλλες πηγές.

Οι επενδύσεις σε R&D είναι σημαντικές για την παραγωγικότητα και την οικονομική ανάπτυξη. Η R&D έχει υψηλά δευτερογενή αποτελέσματα, που ενισχύουν την

ικανότητα του τομέα των επιχειρήσεων οι οποίες αφομοιώνουν την τεχνολογία που προέρχεται από το εξωτερικό ή από την κυβέρνηση και τα πανεπιστήμια που μπορεί να διεξάγουν την έρευνα. Η κοινωνική απόδοση των επιχειρήσεων στην R&D είναι υψηλότερη από την ιδιωτική απόδοση της.

Οι κυβερνήσεις πρέπει να παρέχουν την κατάλληλη χρηματοδότηση σε R&D που εκτελούνται στον δημόσιο τομέα, και ειδικότερα στον τομέα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, η οποία έχει σημαντικές επιπτώσεις στην οικονομική ανάπτυξη μακροπρόθεσμα. Η μείωση των επιπτώσεων της έρευνας που εκτελούνται σε κρατικά εργαστήρια σε σύγκριση με την έρευνα που εκτελείται στον τομέα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης επισημαίνει την ανάγκη για την αναθεώρηση της έρευνας, στον τρόπο χρηματοδότησης της.

Ωστόσο, επειδή διαφέρουν οι θεσμικές ρυθμίσεις σημαντικά από χώρα σε χώρα, μελέτες ανά χώρα θα χρειαστούν για την κατάρτιση πιο ισχυρών συμπερασμάτων. Όλα τα αποτελέσματα τα οποία αναλύθηκαν και συμπεριλαμβάνουν όλες τις πηγές R&D των κρατών (δημόσιες-ιδιωτικές επενδύσεις σε R&D) επισημαίνουν το γεγονός πως η παραγωγικότητα εξαρτάται από την ένταση των επενδύσεων σε R&D των επιχειρήσεων. Στην πραγματικότητα, η έρευνα των επιχειρήσεων αναπτύσσει τεχνολογίες που έχουν διερευνηθεί σε πολλές περιπτώσεις, για πρώτη φορά από την έρευνα του δημοσίου τομέα. Είναι επομένως σημαντικό η εκάστοτε κυβέρνηση να παρέχει το κατάλληλο πλαίσιο για την ενθάρρυνση των σταθερών σχέσεων μεταξύ της δημόσιας και της ιδιωτικής έρευνας, έτσι ώστε η γνώση να ρέει πιο εύκολα μεταξύ των δύο τομέων.

Η ανάπτυξη των οικονομικών των Ευρωπαϊκών κρατών πρέπει να στηρίζεται στην υιοθέτηση και την εφαρμογή πολιτικών που να αξιοποιούν νέους δυνητικούς συντελεστές ανάπτυξης. Με την επένδυση στη γνώση, την ενίσχυση της έρευνας και της καινοτομίας, την τόνωση της επιχειρηματικότητας, την πραγματοποίηση των διαρθρωτικών μεταρρυθμίσεων, και την δημιουργία αποτελεσματικών, σύγχρονων και δίκαιων κρατών μπορεί να επιταχυνθεί ο ρυθμός ανάπτυξης των χωρών. Αυξάνοντας τις επενδύσεις σε R&D βελτιώνεται η ανταγωνιστικότητα, μειώνονται οι περιφερειακές ανισότητες, ενώ αντιμετωπίζεται η ανεργία και προωθείται η κοινωνική συνοχή. Οι βασικοί άξονες πολιτικής δράσης που πρέπει επομένως να ακολουθηθούν από όλα τα κράτη είναι η κατεύθυνση της επένδυσης στην εκπαίδευση, της έρευνας της καινοτομίας και της συνεργασίας.

Οι κυβερνήσεις μέσω της αλληλοβοήθειας και του πνεύματος συνεργασίας θα πρέπει να εξασφαλίζουν τον ανοικτό χαρακτήρα των εκάστοτε χωρών τους σε ξένες

τεχνολογίες, μέσω της ροής των εμπορευμάτων, των ανθρώπων ή των ιδεών, και να διασφαλίσουν ότι οι επιχειρήσεις τους έχουν τις ικανότητες απορρόφησης που απαιτούνται για την καλύτερη απορρόφηση της ξένης τεχνολογίας.

## Βιβλιογραφία

Abramowitz M. (1956). Resources and Output Trends in the United States Since 1870, *American Economic Review*, **46**, 5-23.

Akerberg D. and Caves K. (2004). Structural Identification of Production Functions, *mimeo*, UCLA Los Angeles.

Adams J. (1990). Fundamental stocks of knowledge and productivity growth, *Journal of Political Economy*, **98(4)**, 673-702.

Berndt E. R. and Christensen L. R. (1973a). The Translog Function and the Substitution of Equipment, Structures, and Labor in US. Manufacturing 1929-68, *Journal of Econometrics*, **1**, 81-114.

Berndt E. R. and Christensen L. R. (1973b). The Internal Structure of Functional Relationships: Separability, Substitution, and Aggregation, *Review of Economic Studies*, **40**, 403-410.

Berndt E. R. and Wood D. (1975). Technology, Prices, and the Derived Demand for Energy, *Review of Economics and Statistics*, **57**, 259-68.

Bond S. and Soderbom M. (2005). Adjustment Costs and the Identification of Cobb-Douglas Production Functions, *Economics Department Working Paper*, Oxford 2005-W04.

Bond S., Harhoff D. and Van Reenen J. (2002). Corporate R&D and Productivity in Germany and the UK, *mimeo*.

Christensen L. R., Jorgenson D. W. and Lau L. (1973). Transcendental Logarithmic Production Frontiers, *Review of Economics and Statistics*, **55**, 28-45.

Coe D.T. and Helpman E. (1995). International R&D spillovers, *European Economic Review*, **39**, 859-887.

Denison E. F. (1962). The Sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives Before Us, New York, *Committee for Economic Review*, **54**, 90-94

Diewert W. E. (1982). Duality Approaches to Microeconomic Theory, in Arrow, K. D. and Intriligator, M. D. (eds.), *Handbook of Mathematical Economics*, vol. 11. New York: North-Holland. pp. 535-599.

Goel R. K. (1990). The Substitutability of Capital, Labor, and R&D in U.S. Manufacturing, *Bulletin of Economic Research*, **42(3)**. 211-227.

Greenhalgh C. and Longland M. (2002). Running to Stand Still? - Intellectual Property and Value Added in Innovating Firms, *mimeo*, Oxford Intellectual Property Research Centre.

Griffin J. M. and Gregory P. R. (1976). An Inter Country Translog Model of Energy Substitution Responses, *American Economic Review*, **66**, 845-857.

Griffin J. M. (1979). Energy Conservation in the OECD: 1980 to 20MI (Massachusetts: Ballinger).

Griffith R. (2000). How Important is Business R&D for Economic Growth and should the Government Subsidise it?, IFS Briefing Note, **12**.

Griffith R., Harrison R. and Van Reenen J. (2004). How Special is the Special Relationship? Using the Impact of US R&D Spillovers on UK Firms as a Test of Technology Sources. Discussion Paper. CEPR 4698.

Guellec D. and Van Pottelsberghe de la Potterie B. (1999). Does government support stimulate private R&D?, *Economic Studies*, **29**, 95-122.

Guellec D. and Van Pottelsberghe de la Potterie B. (2001). The effectiveness of public policies in R&D, *Revue d'Économie Industrielle*, **94(1)**, 49-68.

Schumpeter J. A. (1934). *The theory of economic development*, Harvard University Press.

Silverberg G. and Verspagen B. (1995). Evolutionary Theorizing on Economic Growth. Working Paper number 95078. International Institute for Applied Systems Analysis.

Halkos G. (1994). Notes on panel data. Department of Economic. The University of York. UK.

Hall B. and Mairesse J. (1995). Exploring the relationship between R&D and productivity in French manufacturing firms, *Journal of Econometrics*, **65**, 263-293.

Harhoff D. (1998). R&D and Productivity in German Manufacturing Firms. *Economics, Innovation and New Technology*, **6**, 22-49.

Kamien M. I. and Schwartz N. L. (1969). Induced Factor Augmenting Technical Progress from a Microeconomic Viewpoint, *Econometrica*, **37**, 668-684.

Lichtenberg F. and Van Pottelsberghe de la Potterie B. (1996). International R&D Spillovers: A Re-Examination. Working Paper number 5668., National Bureau of Economic Research, Inc.

Lichtenberg F. and Van Pottelsberghe de la Potterie B. (2001). Does Foreign Direct Investment Transfer Technology Across Borders?, *The Review of Economics and Statistics*, **83(3)**, 490-497.

Los B. and Verspagen B. (2000). R&D Spillovers and Productivity: Evidence from U.S. Manufacturing Microdata, *Empirical Economics*, **25(1)**, 127-148.

Lucas R. E., Jr. (1967). Tests of a Capital Theoretic Model of Technical Change, *Review of Economic Studies*, **34**, 175-190.

Lucas R. E., Jr. (1988). On the Mechanics of Economic Development, *Journal of Monetary Economics*, **22 (1)**, 3-42.

Lucas R. E., Jr. (1990). Liquidity and Interest Rates, *Journal of Economic Theory*, **50 (2)**, 237-264.

Mairesse J. and Mohnen P. (2003). *Econometrie de l'innovation*. Encyclopedie de l'Innovation. P. Mustar and H. Penan. Paris, Economica.

Nadiri I. (1993). Innovations and technological spillovers. Working Paper Series NBER 4423, Cambridge, Ma.

Nelson R. A. and Wohar M. E. (1983). Regulation, Scale Economies, and Productivity in Steam-Electric Generation, *International Economic Review*, **24**, 57-79.



Nickell S.-J. (1996). Competition and Corporate Performance, *Journal of Political Economy*, **104(4)**, 724-746.

OECD (1993). The Measurement of Scientific and Technological Activities: Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development – Frascati Manual 1993, OECD, Paris. OECD (1997), Technology and Industrial Performance, OECD, Paris.

Olley G. S. and Pakes A. (1996). The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry, *Econometrica*, **64(6)**, 1263-1297.

Poole E. and Bernard J.T. (1992). Defence innovation stock and total factor productivity growth, *Canadian Journal of Economics*, **25(2)**, 438-452.

Rasmussen J. A. (1973). Applications of a Model of Endogenous Technical Change to U.S. Industry Data, *Review of Economic Studies*, **40**, 225-238.

Revankar N. S. (1971). A Class of Variable Elasticity of Substitution Production Functions, *Econometrica*, **39**, 61-71.

Rogers M. (2006). Estimating the impact of R&D on productivity using the BERD-ARD data. Report for the DTI.

Rogers M. (2005). R&D and Productivity in the UK: evidence from firm-level data in the 1990s. *mimeo*.

Romer Paul M. (1986). Increasing Returns and Long-run Growth, *Journal of Political Economy*, **94(5)**, 1002-1037.

Romer Paul M. (1990). Endogenous Technological Change, *Journal of Political Economy*, **98(5)**, 71-102.

Schankerman M. (1981). The Effects of Double-Counting and Expensing on the Measured Returns to R&D, *The Review of Economics and Statistics*, **63(3)**, 454-458.

Soderbom M. and T., Francis & Wambugu, Anthony, (2005). Unobserved heterogeneity and the relation between earnings and firm size: evidence from two developing countries, *Economics Letters, Elsevier*, **87(2)**, 153-159.

Solow M. R. (1959). Investment and Technical Progress, *Mathematical Methods in the Social Sciences*, Ed. by Arrow K., Karlin S. and Suppes P., Stanford Un. Press (1960).

Wakelin K. (2001). Productivity Growth and R&D Expenditure in UK Manufacturing Firms. Research Paper.

William H. Greene. (2003). *Econometric Analysis*, Pearson Education, Inc, Upper Saddle River, New Jersey.

Γκαμαλέτσος Θ. (1973). *Εφαρμοσμένη Οικονομετρία*, Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.

Μητρούση Ειρ. (1999). Οι πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις ΜΜΕ και η συμβολή των ΜΜΕ στην Τοπική Ανάπτυξη, Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Τσουνής Ν., Κατσουλάκος Τ. και Κούκιος Ε. (2003). *Η συμβολή της έρευνας, τεχνολογίας και καινοτομίας στην Περιφερειακή Ανάπτυξη – Η περίπτωση της Ελλάδας*, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.

Χάλκος Εμ. Γ. (2000). “*Στατιστική - Θεωρία, Εφαρμογές και Χρήση Στατιστικών Προγραμμάτων σε Η/Υ*”, εκδ. Τυπωθήτω, Αθήνα.

Χάλκος Εμ. Γ. (2007) “*Οικονομετρία - Θεωρία και πράξη: Οδηγίες χρήσης σε Eviews, Minitab, SPSS & Excel*”, εκδ. Β.Γκιούρδας, Αθήνα.

Σταϊκούρας Χρ. (2006) “*Η συμβολή της εκπαίδευσης της έρευνας και της καινοτομίας στην οικονομική ανάπτυξη*”, Αναπτυξιακό Συνέδριο Νομού Δράμας.

## Παράρτημα Α –Αποτελέσματα EVIEWS

### Β 1. Αποτελέσματα EVIEWS για υπόδειγμα σταθερών επιδράσεων

Dependent Variable: LOG(PROD)				
Method: Panel EGLS (Cross-section weights)				
Sample (adjusted): 2000 2008				
Cross-sections included: 32				
Total panel (unbalanced) observations: 258				
Linear estimation after one-step weighting matrix				
White cross-section standard errors & covariance (d.f. corrected)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.210853	0.243417	13.19073	0.0000
LOG(RD)	0.071022	0.016042	4.427225	0.0000
LOG(L)	0.216003	0.064560	3.345793	0.0010
LOG(GFCF)	0.104771	0.026881	3.897661	0.0001
R-squared	0.996287	Mean dependent var		8.272878
Adjusted R-squared	0.995720	S.D. dependent var		7.889772
S.E. of regression	0.054700	Sum squared resid		0.667244
F-statistic	1759.706	Durbin-Watson stat		0.636564
Prob(F-statistic)	0.000000			
R-squared	0.995237	Mean dependent var		4.443079
Sum squared resid	0.855813	Durbin-Watson stat		0.306298

## B 2. Αποτελέσματα EVIEWS για υπόδειγμα τυχαίων επιδράσεων

Dependent Variable: LOG(PROD)				
Method: Panel EGLS (Cross-section random effects)				
Sample (adjusted): 2000 2008				
Cross-sections included: 32				
Total panel (unbalanced) observations: 258				
Swamy and Arora estimator of component variances				
White cross-section standard errors & covariance (d.f. corrected)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.132249	0.424351	7.381268	0.0000
LOG(RD)	0.137066	0.028358	4.833333	0.0000
LOG(L)	0.133853	0.157864	0.847902	0.3973
LOG(GFCF)	0.240419	0.074435	3.229914	0.0014
Effects Specification				
			S.D.	Rho
	Cross-section random		0.290853	0.9598
	Idiosyncratic random		0.059559	0.0402
R-squared	0.483007	Mean dependent var		0.316617
Adjusted R-squared	0.476901	S.D. dependent var		0.085290
S.E. of regression	0.061687	Sum squared resid		0.966528
F-statistic	79.10089	Durbin-Watson stat		0.313727
Prob(F-statistic)	0.000000			
R-squared	0.208908	Mean dependent var		4.443079
Sum squared resid	34.42111	Durbin-Watson stat		0.008809

**B 3. Αποτελέσματα EViews για υπόδειγμα σταθερών επιδράσεων με δυναμική μορφή**

Dependent Variable: LOG(PROD)				
Method: Panel EGLS (Cross-section weights)				
Sample (adjusted): 2000 2008				
Cross-sections included: 32				
Total panel (unbalanced) observations: 258				
Linear estimation after one-step weighting matrix				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.556909	0.179999	3.093960	0.0022
LOG(L)	-0.060327	0.050436	-1.196105	0.2329
LOG(GFCF)	0.040688	0.016147	2.519760	0.0124
LOG(RD)	-0.019237	0.007390	-2.603116	0.0099
LOG(PROD(-1))	0.905645	0.023231	38.98427	0.0000
<b>Effects Specification</b>				
Cross-section fixed (dummy variables)				
<b>Weighted Statistics</b>				
R-squared	0.998093	Mean dependent var		6.561047
Adjusted R-squared	0.997793	S.D. dependent var		15.66000
S.E. of regression	0.021853	Sum squared resid		0.106019
F-statistic	3320.190	Durbin-Watson stat		2.122858
Prob(F-statistic)	0.000000			
<b>Unweighted Statistics</b>				
R-squared	0.998026	Mean dependent var		4.443079
Sum squared resid	0.109752	Durbin-Watson stat		2.056448