



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**«Ευαισθησία και βελτιστοποίηση δεικτών αειφορίας με τη
βοήθεια ασαφούς λογικής»**

**Διατριβή που υπεβλήθη για την μερική ικανοποίηση των
απαιτήσεων για την απόκτηση Διδακτορικού Διπλώματος**

ΥΠΟ

Βίκτωρα Κουλουμπή

2007



**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**



Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Εκπαίδευσης και Αρχικής
Επαγγελματικής Κατάρτισης

**©Copyright υπό Βίκτωρα Κουλουμπή
2007**

Η διδακτορική διατριβή του Βίκτωρα Κουλουμπή εγκρίνεται.

Χανιά 12-12-2007

Τα μέλη της Επταμελούς Επιτροπής Εξέτασης:



Ι. Φίλης, Καθηγητής τμήματος Μ.Π.Δ.

Επιβλέπων Καθηγητής, Μέλος τριμελούς συμβουλευτικής Επιτροπής



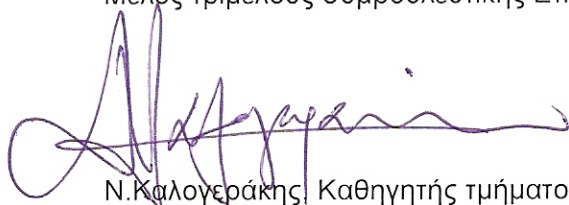
Β. Κουϊκόγλου, Καθηγητής τμήματος Μ.Π.Δ.

Μέλος τριμελούς συμβουλευτικής Επιτροπής



Β. Διαμαντόπουλος, Καθηγητής τμήματος ΜΗ.ΠΕΡ.

Μέλος τριμελούς συμβουλευτικής Επιτροπής



Ν. Καλογεράκης, Καθηγητής τμήματος ΜΗ.ΠΕΡ.



Ν. Τσουρβελούδης, Αναπληρωτής Καθηγητής τμήματος Μ.Π.Δ.



Π. Γεωργιλάκης, Επίκουρος Καθηγητής τμήματος Μ.Π.Δ.



Θ. Τσούτσος, Επίκουρος καθηγητής τμήματος ΜΗ.ΠΕΡ.

Περιεχόμενα

Περίληψη διατριβής	6
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1 Αειφόρος ανάπτυξη και μέτρησή της	8
1.1.1 Το πρόβλημα της επίδρασης του χρόνου	11
1.1.2 Το πρόβλημα της κοινά αποδεκτής παγκόσμιας μέτρησης	12
1.2 Ανασκόπηση θεωρίας ασαφών συνόλων	13
1.3 Χρήση της ασαφούς λογικής για τη μέτρηση της αειφορίας	16
2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	21
2.1 Αναλυτική περιγραφή του βασικού μοντέλου	21
2.2 Επεκτάσεις στο βασικό μοντέλο	30
2.2.1 Μονοτονικότητα	30
2.2.2 Ανάλυση ευαισθησίας	33
2.2.3 Χρονική επίδραση	35
2.2.4 Επεκτάσεις στους τρόπους υπολογισμού του μοντέλου	36
2.2.5 Επεκτάσεις στην γεωγραφική και χρονική κάλυψη χωρών	38
3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	40
3.1. Εφαρμογή σε παγκόσμια κλίμακα	40
3.2 Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας	44
3.3 Σύγκριση με τον Δείκτη Περιβαλλοντικής Αειφορίας (Environmental Sustainability Index)	48
4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	54
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΒΑΣΕΙΣ ΚΑΝΟΝΩΝ	55
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ	61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	81

Ευχαριστίες

Τα πρώτα ευχαριστήρια πρέπει να αποδοθούν στους καθηγητές μου Γιάννη Φίλη και Βασίλη Κουϊκόγλου, οι οποίοι δέχτηκαν να εργαστώ υπό την επίβλεψή τους και μου έδωσαν την ευκαιρία να επικοινωνήσω μαζί τους σε επιστημονικό επίπεδο υπομένοντας τις όποιες αβλεψίες μου. Η επιστημονική τους υποστήριξη και κατεύθυνση και η ηθική τους συμπαράσταση ήταν αυτή που βοήθησε να ξεπεραστούν τα όποια προβλήματα εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια της διδακτορικής έρευνας.

Μεγάλο ηθικό στήριγμα στο εγχείρημά μου αυτό υπήρξε η οικογένειά μου και καλοί φίλοι και συνεργάτες με κύριο τον φίλο και παλιό μου συμφοιτητή, Δρ. Γ. Τσιναράκη. Τέλος, ευχαριστώ για την υπομονή τους, τους κατά καιρούς επαγγελματικούς μου συνεργάτες και ιδιαίτερα τον Επικ.Καθ. Θ.Τσούτσο, ο οποίος επέδειξε αρκετή κατανόηση στην ιδιαίτερη περίπτωσή μου.

Σύντομο Βιογραφικό

Ο Βίκτωρ Κουλουμπής γεννήθηκε στις 20 Ιανουαρίου 1977 στην Αθήνα. Μετά την αποφοίτησή του από το τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης το 2002 και έχοντας ολοκληρώσει τις στρατιωτικές του υποχρεώσεις έγινε δεκτός στο διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «Έλεγχος Ποιότητας και Διαχείριση Περιβάλλοντος» του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος. Αφού ολοκλήρωσε το μεταπτυχιακό πρόγραμμα και έχοντας εργαστεί σε διάφορες θέσεις στον ιδιωτικό τομέα έγινε δεκτός ως υποψήφιος διδάκτορας στο τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης τον Απρίλιο του 2004. Η ερευνητική του εμπειρία καλύπτει θέματα εφοδιαστικής και μεταφορών, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αειφόρου ανάπτυξης.

Περίληψη Διατριβής

Η αειφορία (sustainability) είναι μία πολυδιάστατη και ασαφής έννοια, χωρίς ένα κοινά αποδεκτό ορισμό. Στη διατριβή αυτή εφαρμόζεται μία μέθοδος μέτρησης της αειφορίας η οποία χρησιμοποιεί επί μέρους δείκτες κατάστασης του περιβάλλοντος, της οικονομίας, της παιδείας, του πολιτεύματος και των κοινωνικών συνθηκών. Οι δείκτες μπορεί να εκφράζονται είτε σε αριθμητική κλίμακα είτε σε κάποια λεκτική-ποιοτική κλίμακα. Από τους επί μέρους δείκτες προκύπτουν συνιστώσες αειφορίας του οικοσυστήματος και της κοινωνίας και από αυτές προκύπτει ο ολικός δείκτης αειφορίας για κάθε χώρα. Η σύνθεση των επί μέρους δεικτών σε πιο σύνθετες συνιστώσες της αειφορίας γίνεται με τη θεωρία της ασαφούς λογικής και ένα πλήθος κανόνων EAN-TOTE. Οι κανόνες διαμορφώνονται με βάση την ειδική γνώση που είναι διαθέσιμη σε κάθε περιοχή ή χώρα.

Η μέθοδος που αναπτύσσεται σε αυτή τη διατριβή βελτιώνει σημαντικά το μοντέλο SAFE (Sustainability Assessment using Fuzzy Evaluation), το οποίο έχει προταθεί στις εργασίες [1]-[4].

Η συνεισφορά της παρούσας διατριβής συνοψίζεται στα ακόλουθα:

- i. *Διασφάλιση της μονοτονικότητας.* Εφαρμόζεται η μέθοδος εξαγωγής συμπεράσματος γινομένου/αθροίσματος γιατί έτσι εξασφαλίζεται ότι όταν βελτιώνεται ένας βασικός δείκτης, βελτιώνεται και ο δείκτης συνολικής αειφορίας, δηλαδή στο μοντέλο υπάρχει μονοτονικότητα. Το αρχικό μοντέλο SAFE χρησιμοποιεί τη μέθοδο min/max η οποία δεν έχει αυτή την ιδιότητα.
- ii. *Ανάλυση ευαισθησίας.* Η ανάλυση της ευαισθησίας της ολικής αειφορίας ως προς τις συνιστώσες-δείκτες της βοηθά στον προσδιορισμό πολιτικών βελτιστοποίησης της αειφορίας σε κάθε κράτος. Η ανάλυση ευαισθησίας δίνει τη δυνατότητα να αναγνωριστούν οι πιο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αειφορία, πράγμα απαραίτητο για την ανάδειξη του μοντέλου ως εργαλείο λήψης αποφάσεων.

- iii. *Ενσωμάτωση της επίδρασης του χρόνου.* Η ενσωμάτωση της επίδρασης του χρόνου είναι σημαντική γιατί η εκτίμηση της αειφορίας γίνεται πιο ακριβής όταν κανείς συμπεριλάβει χρονολογικά δεδομένα για κάθε δείκτη αειφορίας αντί για μία μόνον ετήσια τιμή. Κάτι τέτοιο είναι αναγκαίο, αφού μία περιβαλλοντικά φιλική πολιτική ανάπτυξης σε μία χώρα αναμένεται να έχει θετικά αποτελέσματα μόνον αν εφαρμόζεται συνεχώς. Για το σκοπό αυτό γίνεται εκθετική εξομάλυνση των τιμών της χρονοσειράς για κάθε δείκτη προκειμένου να ληφθεί υπόψη η επίδραση του χρόνου.
- iv. *Εισαγωγή νέων πιο σύνθετων βάσεων κανόνων.* Με την εισαγωγή πιο σύνθετων βάσεων κανόνων επιτρέπεται πλέον να συνδυάζονται έως και 6 βασικοί δείκτες με 3 λεκτικές τιμές, δηλαδή συνολικά $3^6 = 729$ κανόνες ανά βάση, και έως 4 δείκτες με 5 λεκτικές τιμές, δηλαδή συνολικά $5^4 = 625$ κανόνες.
- v. *Εφαρμογή του μοντέλου σε μεγάλο αριθμό χωρών.* Αυτό επιτρέπει να γίνουν συγκρίσεις της μεθόδου με άλλες μεθόδους μέτρησης της αειφορίας. Στη διατριβή παρουσιάζεται σύγκριση με τον δείκτη ESI (Environmental Sustainability Index) ο οποίος αναπτύχθηκε από τα πανεπιστήμια Yale και Columbia, σε συνεργασία με το Παγκόσμιο Οικονομικό Φόρουμ και το Ερευνητικό Κέντρο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.
- vi. *Εισαγωγή νέων δεικτών.* Αρκετά δεδομένα εξετάστηκαν για την ικανοποιητική κάλυψη τόσο στη διάσταση του χώρου όσο και του χρόνου. Η εύρεση και η εξέταση των δεδομένων οδήγησε σε προσθήκη, αφαίρεση και αντικατάσταση δεικτών ανάλογα με τη διαθεσιμότητα και την ομοιογένεια των μετρήσεων των δεικτών.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αειφόρος ανάπτυξη και μέτρησή της

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται ολοένα και πιο έντονα η έλλειψη πόρων αλλά και η απώλεια της σταθερότητας κάθε συστήματος, φυσικού και ανθρωπογενούς. Το μοντέλο οικονομικής ανάπτυξης που υιοθετείται παγκοσμίως δεν μπορεί να διατηρηθεί χωρίς την διατήρηση των φυσικών πόρων και της κοινωνικής συνοχής. Απόδειξη για τα παραπάνω αποτελούν η παγκόσμια κλιματική αλλαγή και η εξάντληση και καταστροφή των φυσικών πόρων. Γίνεται πλέον φανερό ότι η οικονομία δεν μπορεί να αναπτύσσεται εις βάρος του περιβάλλοντος, αλλά θα πρέπει να ακολουθήσει μια ανάπτυξη έτσι ώστε να μην καταστρέφει το περιβάλλον και να διατηρεί ισορροπία μεταξύ της σφαίρας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και της βιόσφαιρας.

Για το λόγο αυτό θα πρέπει η οικονομική ανάπτυξη, η οποία στις περισσότερες φορές μεταφράζεται σε οικονομική μεγέθυνση, να δώσει τη θέση της στη λεγόμενη αειφόρο ανάπτυξη (sustainable development), η οποία έχει τεθεί ως στόχος αρκετών πολιτικών τόσο σε εθνικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο σχηματισμών κρατών όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση και ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών, ο οποίος έχει θέσει τους λεγόμενους Στόχους της Χιλιετίας (Millenium Development Goals) [6].

Με τον όρο Αειφόρος Ανάπτυξη γίνεται προσπάθεια να προσεγγιστεί το ζήτημα της κατεύθυνσης που θα πρέπει να λάβει η ανάπτυξη για να συνθέσει όλες τις διαστάσεις της σε πολιτικό, οικονομικό, κοινωνικό, τεχνικό/τεχνολογικό και πολιτισμικό επίπεδο έτσι ώστε να καταστεί βιώσιμη. Ένας από τους πιο διαδεδομένους ορισμούς είναι αυτός που έχει δοθεί από τον WCED (World Commission on environment and Development, 1987)

και διατυπώνει ότι «Αειφόρος Ανάπτυξη είναι η ανάπτυξη η οποία επιτρέπει στις παρούσες γενιές να ανταποκριθούν στις ανάγκες τους, χωρίς να βάζει σε κίνδυνο την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ανταποκριθούν στις δικές τους».

Παρ'όλ'αυτά, για την έκφραση του όρου sustainable development στα Ελληνικά έχουν προταθεί πολλές διαφορετικές μεταφράσεις όπως βιώσιμη, αξιοβίωτη, διηνεκής, διατηρήσιμη, κτλ. Όπως υπάρχουν πολλές διαφορετικές μεταφράσεις έτσι υπάρχουν και πολλοί διαφορετικοί ορισμοί οι οποίοι κυρίως προκύπτουν από την σκοπιά από την οποία προσεγγίζεται το ζήτημα (οικονομική, κοινωνική ή περιβαλλοντική).

Παρά το γεγονός ότι είναι εύκολο να βρεθούν εργαλεία που βοηθούν στη διαμόρφωση στρατηγικών για την οικονομική ανάπτυξη, δεν υπάρχουν αρκετά εργαλεία τα οποία να παρέχουν επιστημονική υποστήριξη για την προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης. Συνήθως, τα οικονομικά εργαλεία αποτυγχάνουν να καλύψουν την ανάγκη για την ενσωμάτωση των δύο αντικρουόμενων κριτηρίων που αφορούν στην ανθρώπινη ευημερία και την περιβαλλοντική ακεραιότητα. Οι αποφάσεις που οδηγούν στην αειφόρο ανάπτυξη πρέπει να βασίζονται σε επιστημονικές βάσεις και επαρκή πληροφόρηση. Επομένως, απαιτούνται επαρκή δεδομένα για περιβαλλοντικούς, οικονομικούς και κοινωνικούς παράγοντες, οι οποίοι είναι γνωστοί ως δείκτες αειφορίας.

Η εκτίμηση της αειφορίας βασίζεται σε δείκτες για την αποτίμηση της ανθρώπινης ανάπτυξης και της κατάστασης του περιβάλλοντος. Ο κάθε δείκτης παρέχει πληροφορία σχετικά με την κατάσταση ή την τάση κάποιων τμημάτων των ανθρωπογενών ή οικολογικών συστημάτων. Δεδομένου ότι η αειφορία είναι από τη φύση της μια ασαφής έννοια η οποία στερείται ευρέως αποδεκτού επιστημονικού ορισμού και τρόπου μέτρησης, η ασαφής λογική φαίνεται να είναι το κατάλληλο εργαλείο για τον ορισμό και τη μέτρησή της διότι μπορεί να περιγράψει συστήματα που χαρακτηρίζονται από συνθετότητα και αβεβαιότητα και η αειφορία και η αειφόρος ανάπτυξη παρουσιάζουν αυτά τα χαρακτηριστικά.

Επιπλέον, η λήψη αποφάσεων σχετικά με την αειφορία εμπεριέχει την επιλογή των κατάλληλων εργαλείων όπως πολιτικές, δράσεις, ενέργειες, τεχνολογίες και πόρους που χρησιμοποιούνται προκειμένου να βελτιωθεί η αειφορία. Λόγω των περιορισμών στο χρόνο, τους οικονομικούς, φυσικούς και ανθρώπινους πόρους, οι αποφάσεις συχνά περιορίζονται σε ένα μικρό υποσύνολο δεικτών προς βελτίωση. Έτσι, είναι αναγκαία η συγκρότηση ενός κρίσιμου συνόλου δεικτών το οποίο με τη βελτίωσή του να μπορεί να επιφέρει τη μέγιστη δυνατή βελτίωση της συνολικής αειφορίας. Αυτό είναι δυνατό με την ανάλυση ευαισθησίας.

Όπως γίνεται αντιληπτό και από τον ορισμό της, η προσπάθεια για την επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης είναι ένα πρόβλημα το οποίο ξεπερνά τα όρια της σφαίρας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (οικονομικών και κοινωνικών) και επεκτείνεται στη βιόσφαιρα. Η επίλυση ενός τέτοιου προβλήματος το οποίο είναι πολυδιάστατο χρειάζεται ευρεία σκοπιά. Περιλαμβάνει πολλούς παράγοντες, η εξέταση των οποίων ανήκει σε διαφορετικά επιστημονικά επίπεδα, οι οποίοι αλληλεπιδρούν αυξάνοντας έτσι την πολυπλοκότητα του προβλήματος. Μια ακόμη ιδιαιτερότητα του προβλήματος είναι ότι το όλο σύστημα συμπεριφέρεται ως «μαύρο κουτί» και δεν είναι δυνατή η αναλυτική περιγραφή όλων των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα.

Η δυσκολία του καθορισμού της αειφορικής συμπεριφοράς του συστήματος που μελετάται επεκτείνεται και στον τρόπο μέτρησής της. Είναι πραγματική η δυσκολία καθορισμού δεικτών που θα μπορούν αντικειμενικά και με ομοιογένεια να εκτιμήσουν την αειφορία κάθε συστήματος σε τοπικό επίπεδο, για παράδειγμα κράτος ή νομό. Λόγω της φύσης του προβλήματος, εμπλέκονται όχι μόνο ποσοτικοί αλλά και ποιοτικοί παράγοντες οι οποίοι είναι δύσκολο να συμπεριληφθούν ή μελετηθούν, διότι εμπεριέχουν ασάφεια και υποκειμενικότητα όπως είναι για παράδειγμα η μέτρηση της δημοκρατίας σε μια χώρα. Επιπλέον, οι πολλές ομάδες εμπλεκόμενων φορέων οι οποίες συνήθως εκφράζουν αντικρουόμενα συμφέροντα, λόγω των διαφορετικών απαιτήσεων και αναγκών τους, προκαλούν πρόσθετα προβλήματα στην προσπάθεια αντικειμενικής και αξιόπιστης εκτίμησης της αειφορίας ενός συστήματος.

Τέλος, λόγω του πολυδιάστατου του προβλήματος, απαιτούνται πολλά δεδομένα διαφορετικής φύσης τα οποία προέρχονται από διαφορετικές πηγές. Πολλές φορές είναι αδύνατο να συλλεγούν τα απαιτούμενα δεδομένα είτε λόγω της δυσκολίας μέτρησης είτε λόγω της ελλιπούς μέτρησης κατά το παρελθόν. Ακόμη και σε περιπτώσεις που τα δεδομένα είναι προσιτά και υπάρχουν, ελλοχεύει πάντα ο κίνδυνος της οικονομικής δυσκολίας απόκτησής τους ή της απαγόρευσης προσπέλασης στις βάσεις δεδομένων οι οποίες μπορεί να είναι διαβαθμισμένες ως απόρρητες.

Με τις παραπάνω αναφορές στο πρόβλημα της αιφόρου ανάπτυξης γίνεται μια σκιαγράφηση της φύσης των δυσκολιών που συναντώνται στην προσπάθεια εκτίμησής της. Ειδικότερα προβλήματα αναφορικά με την εκτίμηση της αιφορίας ενός κράτους αποτελούν η επίδραση του χρόνου, η ανάγκη δηλαδή για ένα δυναμικό μοντέλο και το πρόβλημα της παγκόσμια αποδεκτής μέτρησης.

1.1.1 Το πρόβλημα της επίδρασης του χρόνου

Το πρόβλημα της εκτίμησης της αιφορίας γίνεται δυσκολότερο αν ληφθεί υπόψη η επίδραση που έχει ο χρόνος. Πολλά από τα φαινόμενα (όπως η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα) επιδρούν σωρευτικά ή παρουσιάζουν μεγάλες μεταβολές στο χρόνο με αποτέλεσμα οι μετρούμενες τιμές των δεικτών αιφορίας να μεταβάλλονται από έτος σε έτος. Απόρροια των παραπάνω είναι η εκτίμηση της αιφορίας σε ένα συγκεκριμένο έτος, χρησιμοποιώντας την πιο πρόσφατη μετρούμενη τιμή για κάθε δείκτη, να μην είναι τόσο αντιπροσωπευτική της πραγματικής κατάστασης.

Για τον παραπάνω λόγο προτείνεται να διενεργείται εκτίμηση η οποία θα βασίζεται σε τιμές οι οποίες θα προκύπτουν από την εκθετική εξομάλυνση των τιμών κάθε δείκτη. Στη διατριβή αυτή χρησιμοποιούνται χρονοσειρές από το 1990 έως και το 2005. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται πιθανά σφάλματα μετρήσεων που μπορεί να υπάρχουν σε ένα έτος και η αδυναμία αποτύπωσης σωρευτικών επιδράσεων φαινομένων στο χρόνο [15],[16].

1.1.2 Το πρόβλημα της κοινά αποδεκτής παγκόσμιας μέτρησης

Κύριο πρόβλημα στην εκτίμηση της αειφορίας με σκοπό την κατάταξη των κρατών σε παγκόσμιο επίπεδο είναι η διαφορετικότητα των παραγόντων που επηρεάζουν την αειφορία για τα κράτη αυτά. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει απόλυτος ορισμός είναι δύσκολο να καθιερωθεί μια κοινά αποδεκτή παγκόσμια μέτρηση. Αρκετή καλή προσπάθεια αποτελούν οι Στόχοι της Χιλιετίας στους οποίους συμπεριλαμβάνεται και ο Δείκτης Ανθρώπινης Ανάπτυξης, οι οποίοι βρίσκουν εφαρμογή σε όλες τις χώρες. Είναι προφανές όμως ότι με τις μετρήσεις αυτές δεν είναι δυνατό κάποιος να εκφράσει σε ικανοποιητικό βάθος την επίδραση σημαντικών παραγόντων στις διάφορες πτυχές της ανθρώπινης δραστηριότητας αλλά ούτε και να μπορέσει να τις συνθέσει σε ένα συνολικό δείκτη επιτρέψει κατατάξεις αλλά και προσπάθειες βελτιστοποίησης.

Στην προσπάθεια ανάπτυξης μίας μεθόδου μέτρησης δεν πρέπει να ακολουθηθεί η πρακτική της χρήσης όσο το δυνατόν περισσότερων δεικτών προκειμένου να καλυφθεί κάθε είδους επίδραση στη συνολική αειφορία ενός κράτους. Ο λόγος είναι ότι ένα τέτοιο σύστημα δεικτών θα ήταν δύσχρηστο ως προς την μελέτη, την εξαγωγή συμπερασμάτων και τη βελτιστοποίησή του, εξαιτίας της αύξησης του πλήθους των απαιτούμενων πράξεων αλλά και του αριθμού των αλληλεπιδράσεων των δεικτών αναμεταξύ τους. Επί πλέον όταν χρησιμοποιούνται δείκτες οι οποίοι δεν θα ανταποκρίνονταν στην αποτύπωση του συστήματος της κάθε χώρας δημιουργούνται πολλές διαστρεβλώσεις. Θα πρέπει δηλαδή να χρησιμοποιούνται δείκτες οι οποίοι αποτυπώνουν φαινόμενα που υπάρχουν σε όλες τις χώρες και όχι κάποια ιδιαιτερότητα μίας χώρας. Για παράδειγμα ο αριθμός των παιδιών που συμμετέχουν σε πολέμους αν και επηρεάζει σημαντικά τις χώρες στις οποίες συμβαίνει δεν είναι δυνατό να αποτελέσει δείκτη για την μέτρηση για όλες τις χώρες.

Για τους λόγους αυτούς θα πρέπει οι δείκτες αειφορίας να είναι τόσοι ώστε και να εκφράζουν όλες τις επιδράσεις στην αειφορία κάθε χώρας, αλλά και συγχρόνως να είναι διαθέσιμοι για όλες τις χώρες.

1.2 Ανασκόπηση θεωρίας ασαφών συνόλων

Το 1965, ο Lofti A. Zadeh έθεσε τις βάσεις της θεωρίας των ασαφών συνόλων. Από τότε, συνεπικουρούμενη από την ανάπτυξη των υπολογιστικών συστημάτων, η θεωρία αυτή βρήκε εφαρμογές σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας, αλλά και σε προϊόντα που χρησιμοποιούνται καθημερινά. Η ασαφής λογική ή αλλιώς η θεωρία ασαφών συνόλων αποτελεί μια μαθηματική θεωρία μοντελοποίησης της αβεβαιότητας που σχετίζεται με την έλλειψη ενός γενικά αποδεκτού ορισμού μίας έννοιας ή με την αμφιβολία για το περιεχόμενό της. Όπως φαίνεται από τη δυσκολία να καθοριστούν ακριβώς και παγκοσμίως αποδεκτά τα όρια βάσει των οποίων ερμηνεύονται οι εκφράσεις «ακριβό αυτοκίνητο» ή «ψηλός άνθρωπος», η ασάφεια εκδηλώνεται στον τρόπο που εξηγούνται τα φαινόμενα μέσω της φυσικής γλώσσας.

Η θεωρία ασαφών συνόλων αποτελεί το μαθηματικό πλαίσιο εξήγησης και μοντελοποίησης της αβεβαιότητας θεωρώντας προτάσεις που είναι εν μέρει αληθείς και εν μέρει ψευδείς, και στοιχεία που ανήκουν εν μέρει σε κάποιο σύνολο και εν μέρει δεν ανήκουν σε αυτό. Η ασαφής λογική είναι μια γενικευμένη έκφραση των ασαφών συνόλων με τη μορφή λογικής πολλών τιμών. Σε αντίθεση με τη δυαδική λογική μία πρόταση μπορεί να πάρει άπειρες τιμές ανάμεσα στο 0 (ψευδής) και 1 (αληθής).

Ας υποθέσουμε X το χώρο ορισμού των συνόλων ή το γενικευμένο σύνολο του οποίου τα στοιχεία παριστάνονται με x . Ένα ασαφές σύνολο A στο χώρο X ορίζεται ως εξής:

$$A = \{[\mu_A(x), x], \mu_A(x) \in [0, 1], x \in X\}$$

όπου η $\mu_A(x)$ ονομάζεται συνάρτηση συμμετοχής του x στο A . Η συνάρτηση συμμετοχής είναι συνεχής ή διακριτή και δηλώνει το βαθμό με τον οποίο το στοιχείο x ανήκει στο σύνολο A . Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της, τόσο περισσότερο ανήκει στο σύνολο A .

Για παράδειγμα ας θεωρήσουμε το ασαφές σύνολο $A = \text{“Πολύ πλούσια χώρα”}$, και ας θεωρήσουμε ως X το σύνολο των χωρών: $\{\text{Ελβετία, Αίγυπτος, Γερμανία, Ισπανία, Ελλάδα, Τανζανία, Ινδία}\}$. Για τις χώρες Ελβετία και Γερμανία είναι κανείς σίγουρος ότι ανήκουν στο σύνολο A και για τις χώρες Αίγυπτος, Τανζανία και Ινδία ότι με βεβαιότητα δεν ανήκουν στο σύνολο. Όμως για τις χώρες Ισπανία και Ελλάδα δεν μπορεί κανείς να δηλώσει με βεβαιότητα αν ανήκουν στο σύνολο ή όχι. Συνεπώς, το ασαφές σύνολο “Πολύ πλούσια χώρα” κάποιος θα μπορούσε να το ορίσει ως εξής: $\{(1, \text{Ελβετία}), (1, \text{Γερμανία}), (.6, \text{Ισπανία}), (.4, \text{Ελλάδα})\}$

Σύμφωνα με τον Zadeh, τη θεωρία των ασαφών συνόλων ως ένωση των συνόλων A και B ορίζεται το ασαφές σύνολο $A \cup B$ με συνάρτηση συμμετοχής :

$$A \cup B \Leftrightarrow \mu_{A \cup B}(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)], \forall x \in X$$

Σε αυτή την εργασία χρησιμοποιείται το άθροισμα και το γινόμενο των δύο συνόλων αντίστοιχα.

Ως τομή των συνόλων A και B ορίζεται το ασαφές σύνολο $A \cap B$ με συνάρτηση συμμετοχής:

$$A \cap B \Leftrightarrow \mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)], \forall x \in X$$

Το συμπλήρωμα A^c ενός ασαφούς συνόλου A έχει συνάρτηση συμμετοχής:

$$\mu_{A^c}(x) = 1 - \mu_A(x), \forall x \in X$$

Ορίζονται λογικές πράξεις μεταξύ των ασαφών συνόλων και είναι επεκτάσεις των αντίστοιχων της δυαδικής λογικής στο χώρο των συναρτήσεων συμμετοχής. Έτσι και στα ασαφή σύνολα ισχύουν οι κλασικές ιδιότητες των συνόλων εκτός από δύο εξαιρέσεις.

Πρώτον, δεν ισχύει ο κανόνας της αντίφασης δηλαδή,

$$A \cap A^c \neq \emptyset$$

και ο κανόνας του αποκλειστικού μέσου δηλαδή,

$$A \cup A^c \neq X$$

Χαρακτηριστικό της ασαφούς λογικής είναι ότι η αναπαράσταση της γνώσης γίνεται μέσω των λεκτικών μεταβλητών, των οποίων οι τιμές δεν είναι απαραίτητα αριθμοί αλλά λέξεις ή γενικότερα προτάσεις φυσικής ή τεχνητής γλώσσας (Zadeh 1975). Στο παράδειγμα του «ψηλός άνθρωπος», το «ύψος» είναι μια λεκτική μεταβλητή που μπορεί να πάρει τιμές: ψηλός, πολύ ψηλός, όχι ψηλός, κοντός, όχι πολύ κοντός, κτλ. Για να συμβολιστεί μία λεκτική μεταβλητή χρησιμοποιείται η αναπαράσταση: $[V, LV, \mu_{LV}, X]$ όπου V είναι το όνομα της μεταβλητής, LV είναι το σύνολο των λεκτικών τιμών της μεταβλητής, μ_{LV} είναι οι συναρτήσεις συμμετοχής των λεκτικών τιμών και X είναι το γενικευμένο σύνολο ορισμού. Ως σύνολο ορισμού X ορίζεται το σύνολο που περιέχει τις αριθμητικές τιμές που σχετίζονται με τη μεταβλητή. Για το παράδειγμα της μεταβλητής «ύψος» αυτό μπορεί να είναι το διάστημα $[50, 230 \text{ cm}]$.

Η γνώση στα ασαφή συστήματα αναπαρίσταται με κανόνες της μορφής «EAN-TOTE». Ένας ασαφής κανόνας είναι μια έκφραση της μορφής «EAN το X είναι A TOTE το Y είναι B» και συμβολίζεται με $(A \rightarrow B)$ όπου A και B είναι οι τιμές των λεκτικών μεταβλητών X και Y. Το κομμάτι της έκφρασης που αναφέρεται στο EAN δηλαδή η πρόταση «το X είναι A» ονομάζεται **προϋπόθεση** του κανόνα και μαθηματικά ισοδυναμεί με τη συνάρτηση συμμετοχής $\mu_A(x)$ του ασαφούς συνόλου A. Το κομμάτι της έκφρασης που αναφέρεται στο TOTE δηλαδή η πρόταση «το Y είναι B» ονομάζεται **επακόλουθο ή συμπέρασμα** του κανόνα και μαθηματικά ισοδυναμεί με τη συνάρτηση συμμετοχής $\mu_B(y)$ του ασαφούς συνόλου B.

Ο κανόνας αυτός είναι ισοδύναμος με την εξίσωση που εκφράζει τη σχέση μεταξύ των συνόλων A και B, μ_R :

$$\mu_R(x,y) = \mu_A(x) \otimes \mu_B(y), \forall x \in X, y \in Y$$

όπου \otimes είναι κάποιος τελεστής ασαφούς συμπεράσματος.

1.3 Χρήση της ασαφούς λογικής για τη μέτρηση της αειφορίας

Οι πρώτες προσεγγίσεις μέτρησης της αειφορίας ήταν αποσπασματικές και αντιμετώπιζαν το πρόβλημα μερικώς, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τους τις αλληλεπιδράσεις οικονομίας, κοινωνίας και περιβάλλοντος. Από την πλευρά της οικονομίας είχαν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα τα οποία αφορούσαν την οικονομική βιωσιμότητα των επιχειρήσεων αρχικά και την οικονομία περιοχών μετέπειτα, αλλά η μόνη αναφορά σε θέματα συνολικής αειφόρου ανάπτυξης γινόταν σε θέματα που αφορούσαν τη διαθεσιμότητα των φυσικών πόρων που αντιστοιχούσαν σε πρώτες ύλες. [9]-[12],[14]. Αντίστοιχα, τα θέματα αειφορίας των περιβαλλοντικών συστημάτων περιορίζονταν σε ανάπτυξη μοντέλων που αφορούν την βιωσιμότητα στην αγροτική ή δασική ή αλλιευτική παραγωγή, χωρίς όμως να δίνουν ιδιαίτερη βαρύτητα και σε κοινωνικά/οικονομικά ζητήματα που επιδρούν στη συνολική αειφορία.

Οι προσεγγίσεις στη μέτρηση της συνολικής βιωσιμότητας φαίνονται στον Πίνακα 1.

Χρόνος έκδοσης	Όνομα - Αναφορά	Πεδίο Αναφοράς	Είδος Προσέγγισης	Μεθοδολογία μέτρησης της Ολικής Αειφορίας	Σύνολο Δεικτών
1991	AMOEBA	Συγκεκριμένο Οικοσύστημα	Οικολογική	Σύνθεση και άθροιση των δεικτών	60 παράγοντες ποιότητας περιβάλλοντος
1992	ECOCAPACITY (RMNO, Dutch Advisory Council for Research on Nature & Environment)	Παγκόσμιο	Οικολογική	Προσομοίωση της εξέλιξης των δεικτών	10 μακρο-δείκτες ποιότητας περιβάλλοντος
1993	Pears & Atkinson	Εθνικό	Οικονομική	Υπολογισμός κόστους ζημιών	3 οικονομικοί και ένας δείκτης καταστροφής φυσικών πόρων
1994	Pressure- Status Response (ΟΟΣΑ, Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης)	Χώρες ΟΟΣΑ	Οικολογική Οικονομική	Διεθνής σύγκριση περιβαλλοντικών δεικτών	Περιβαλλοντικοί δείκτες Πίεσης- Κατάστασης και δείκτες ανθρώπινης ανταπόκρισης στις ζημιές

1995	Barometer of Sustainability (IUCN, International Union for the Conservation of Nature)	Τοπικό, Περιφερειακό Εθνικό, Παγκόσμιο	Ανθρωπογενές και φυσικό περιβάλλον ως σύνολο	Συστημική Εκτίμηση Αειφορίας από το Χρήστη με γραφική αποτύπωση	Μέγιστοι 4 δείκτες για κάθε θέμα των υπολογισμών των δεικτών οικολογικής και ανθρώπινης ευμάρειας
------	--	--	--	---	---

Πίνακας 1. Ανασκόπηση των υπαρχουσών προσεγγίσεων για τη μέτρηση της αειφορίας

Κατόπιν, αναπτύχθηκαν πρότυπα για την αξιολόγηση της αειφορίας σε εθνικό και τοπικό επίπεδο. Χαρακτηριστικά αναφέρονται ο Genuine Progress Indicator και ο Ecological Footprint από τον οργανισμό Redefining Progress, ο Living Planet Index του WWF, ο Dashboard of Sustainability του WSSD (World Summit on Sustainable Development), και ο Human Development Index του UNDP (United Nation Development Program). Τα παραπάνω δεν είναι τα μόνα, μια και πολλοί οργανισμοί προσπαθούν να προσεγγίσουν το ζήτημα και προτείνουν τρόπους μέτρησης.

Βασισμένοι στις μέχρι τώρα προσεγγίσεις στο θέμα και δεδομένων των χαρακτηριστικών του προβλήματος, γίνεται αντιληπτή η καταλληλότητα της χρήσης ασαφούς λογικής για την εκτίμηση της αειφόρου ανάπτυξης. Δεν είναι ξεκάθαρο και εύκολο να διατυπωθεί με σαφήνεια ότι ένα συγκεκριμένο κράτος έχει αειφόρο ανάπτυξη ή όχι. Είναι δύσκολο ακόμη και να υποστηριχθεί ότι ένα κράτος έχει κατά ένα συγκεκριμένο ποσοστό αειφόρο ανάπτυξη. Μάλιστα, ο μεγάλος αριθμός ορισμών που έχουν προταθεί κάνει ξεκάθαρη τη δυσκολία αυτή.

Η ασαφής λογική δύναται να χρησιμοποιηθεί στην εκτίμηση προβλημάτων τα οποία δεν είναι μόνο οικονομικά ή μόνο περιβαλλοντικά. Μπορεί να συνθέσει δείκτες οι οποίοι εκφράζουν διαφορετικές πλευρές της ανθρώπινης δραστηριότητας. Δηλαδή μπορούν να συνδυαστούν δείκτες που αφορούν την υγεία (για παράδειγμα αριθμός ιατρών προς τον αριθμό των ασθενών) με δείκτες που αφορούν την οικονομία (για παράδειγμα παραγωγικότητα του δευτερογενούς τομέα). Επίσης, μέσω της ασαφούς λογικής είναι δυνατό να εκφραστούν κανόνες οι οποίοι περιγράφουν την αλληλεπίδραση πολλών παραγόντων, πράγμα το οποίο ταιριάζει στο πρόβλημά μας: η αειφορία έχει 3 βασικές

διαστάσεις, οικονομία, κοινωνία και περιβάλλον, οι οποίες μέχρι πρόσφατα εξετάζονταν χωριστά από διαφορετικά και πολλές φορές μη συνδυαζόμενα επιστημονικά πεδία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αλληλεπίδρασης των παραγόντων αποτελεί ο συνδυασμός πρακτικών για την επίτευξη περιβαλλοντικών και οικονομικών στόχων, όπως είναι η μη χρήση αυτοκινήτων για την κάλυψη μικρών αποστάσεων η οποία οδηγεί στη μείωση της κατανάλωσης βενζίνης με άμεση συνέπεια την μείωση στις εκπομπές ρύπων και λιγότερα έξοδα.

Η χρήση κανόνων και η εξαγωγή συμπερασμάτων για την εύρεση ενός «μέσου όρου» δεικτών με τη βοήθεια της ασαφούς λογικής δίνει την ευκαιρία να μη χαθεί η πληροφορία που εμπεριέχει κάθε δείκτης. Ένα από τα κυριότερα πλεονεκτήματα είναι η δυνατότητα χειρισμού τόσο ποσοτικών όσο και ποιοτικών δεδομένων. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να συμπεριληφθούν δείκτες που δεν μπορούν να μετρηθούν άμεσα ποσοτικά (το αίσθημα ασφάλειας, η οδική ασφάλεια, κτλ) και έτσι είναι δυνατή η έκφραση φαινομένων που συμβάλλουν στην συνολική αειφορία αλλά μπορούν να περιγραφούν μόνο λεκτικά. Το παραπάνω χαρακτηριστικό γνώρισμα δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν απόψεις ειδικών οι οποίες διατυπώνονται μέσω της φυσικής γλώσσας και προσφέρουν περισσότερη πληροφορία από κάποιες μετρήσεις που θα άγγιζαν απλά το ζήτημα από μια μόνο σκοπιά.

Η ευκολία στην έκφραση ποιοτικών χαρακτηριστικών και στη χρήση λεκτικών μεταβλητών οδηγεί σε μεγαλύτερη αλληλεπίδραση μεταξύ ατόμων που διαθέτουν τη γνώση και παρέχουν τις πληροφορίες και των σχεδιαστών/ χρηστών του μοντέλου. Για το λόγο αυτό είναι δυνατή και η εξαγωγή συμπερασμάτων από πολλές ομάδες ενδιαφερομένων αν αυτές έχουν επιλεγεί να εκφραστούν με τρόπο (κυρίως λεκτικό) που να είναι κατανοητός σε μεγαλύτερη μερίδα ατόμων και όχι μόνο σε συγκεκριμένους επιστήμονες. Για παράδειγμα, είναι ευκολότερο ένας δημοτικός σύμβουλος, ένας ψαράς ή οποιοσδήποτε απλός πολίτης να αντιληφθεί ότι η συγκέντρωση ρυπαντών στο νερό είναι πολύ μεγάλη άρα το νερό είναι πολύ μολυσμένο παρά να του γνωστοποιηθεί ότι το BOD (Βιοχημικώς Απαιτούμενο Οξυγόνο) και το COD (Χημικώς Απαιτούμενο Οξυγόνο) του νερού της λίμνης έχει την συγκεκριμένη τιμή.

Τέλος, ένα από τα κυριότερα πλεονεκτήματα τα οποία καθιστούν την ασαφή λογική κατάλληλη για την εκτίμηση της αειφόρου ανάπτυξης είναι ότι επιτρέπει τη μοντελοποίηση συστημάτων χωρίς να απαιτείται λεπτομερής μαθηματική περιγραφή τους. Είναι γεγονός ότι είναι αδύνατον να μοντελοποιήσει κανείς με ακρίβεια και σαφήνεια το σύστημα που περιλαμβάνει ανθρώπινες δραστηριότητες και τη βιόσφαιρα, δηλαδή τον πλανήτη Γη μαζί με όλες τις εκφάνσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας και τις αλληλεπιδράσεις τους. Το όλο σύστημα θα μπορούσε να θεωρηθεί ως «μαύρο κουτί» και οι γνώσεις μας για αυτό παρόμοιες με τις γνώσεις που έχει ένα παιδί που κάνει κούνια για τις εξισώσεις που περιγράφουν την βαρύτητα, την κίνηση, την τριβή κτλ. Παρ'όλ'αυτά, το μικρό παιδί είναι δυνατόν να χειριστεί την κούνια με τρόπο που να μην κινδυνεύσει η ασφάλειά του και ταυτόχρονα να πετύχει τον στόχο του. Κάτι ανάλογο ισχύει και για τον τρόπο με τον οποίο η ασαφής λογική μας βοηθά να πετύχουμε τους αναπτυξιακούς μας στόχους ως κοινωνία χωρίς να θέτουμε σε κίνδυνο το ίδιο το σύστημα.

Το μοντέλο SAFE (Sustainability Assessment using Fuzzy Evaluation) [1]-[4],[13] χρησιμοποιεί την ασαφή λογική για εξαγωγή συμπερασμάτων. Αρχικά τυχόν αριθμητικά δεδομένα μετατρέπονται σε ασαφή σύνολα και στη συνέχεια το μοντέλο:

- Προσδιορίζει σε ποιούς κανόνες αντιστοιχούν τα δεδομένα
- Εξάγει συμπεράσματα από κάθε κανόνα με μορφή ασαφών συνόλων
- Συνθέτει όλα τα συμπεράσματα σε ένα
- Αποσαφηνίζει παρέχοντας ένα αριθμητικό δείκτη για την αειφορία του συστήματος.

Επίσης, είναι δυνατόν να γίνει ανάλυση ευαισθησίας και υπόδειξη λύσεων ή πρόταση τρόπων δράσης εντοπίζοντας τους δείκτες που είναι σημαντικότεροι.

Συγκεκριμένα, ο δείκτης της συνολικής αειφορίας συντίθεται από δύο κύριες συνιστώσες: το ανθρωπογενές σύστημα και το φυσικό σύστημα. Οι κύριες συνιστώσες με τη σειρά τους συντίθενται από επιμέρους δείκτες που αφορούν τον αέρα, τη γη, το νερό, τη βιοποικιλότητα και την πολιτική, την οικονομική ευημερία, την υγεία και την

εκπαίδευση. Για την εκτίμηση της αειφορίας κάθε δείκτη χρησιμοποιούνται πιο στοιχειώδεις ή βασικοί, όπως θα αναφέρονται στο εξής, δείκτες. Προς τούτο υιοθετείται η πρακτική του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (Ο.Ο.Σ.Α.) που διακρίνει τους βασικούς δείκτες ως δείκτες Πίεσης (Pressure), Κατάστασης (State) ή Απόκρισης (Response).

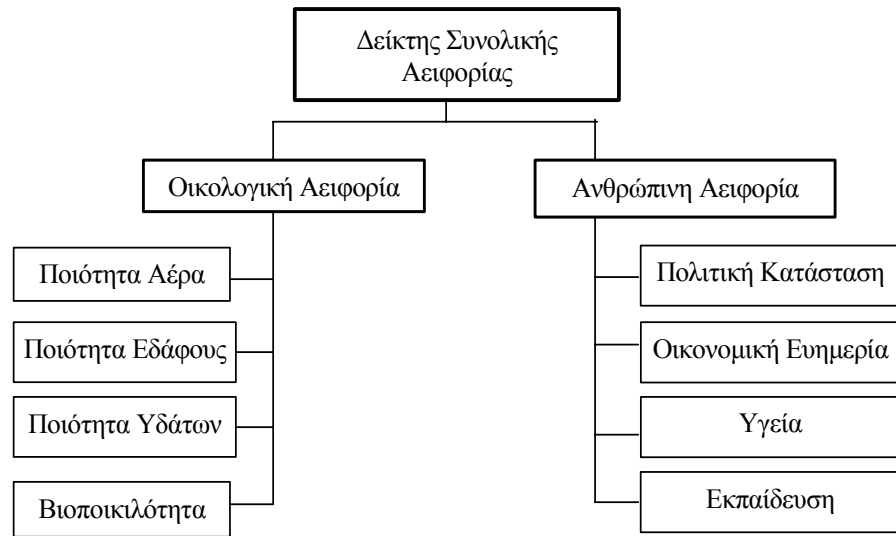
Η μεθοδολογία που χρησιμοποιεί το μοντέλο SAFE αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο.

2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

2.1 Αναλυτική περιγραφή του βασικού μοντέλου

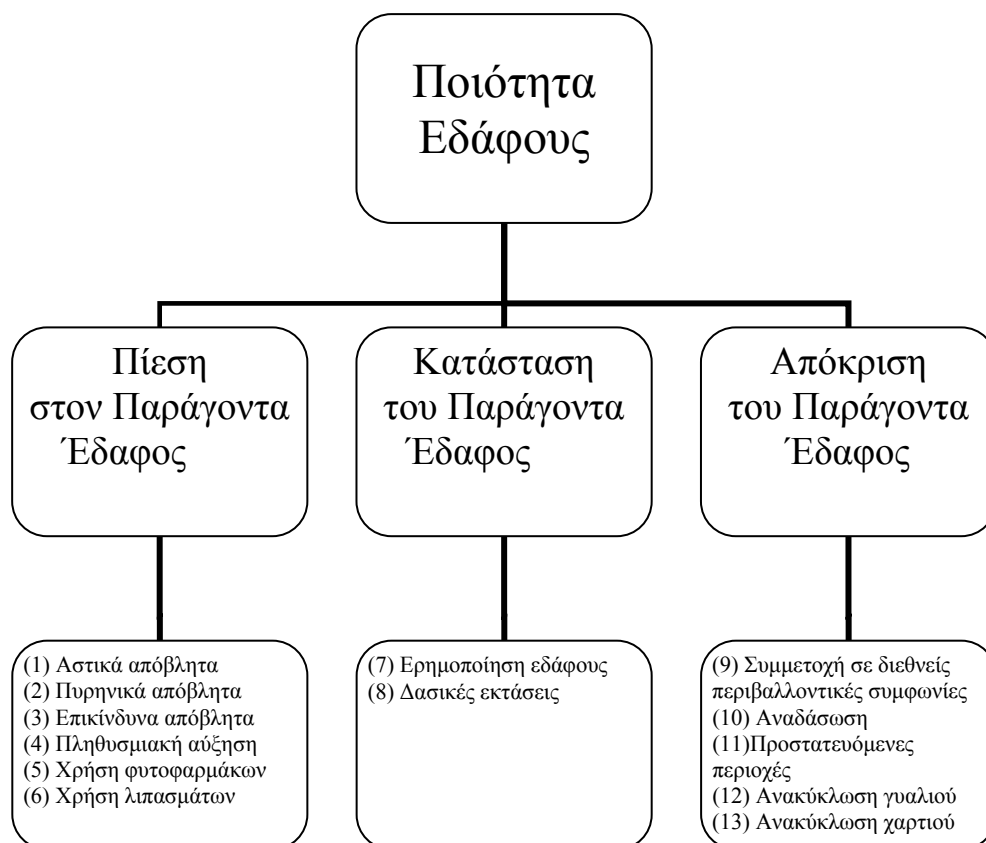
Το βασικό μοντέλο SAFE αναπαριστά τους δείκτες αειφορίας με ασαφή σύνολα και υπολογίζει τη συνεισφορά τους στο συνολικό δείκτη αειφορίας OSUS (Overall Sustainability) με μια πολυεπίπεδη διαδικασία εξαγωγής συμπερασμάτων. Σε κάθε στάδιο, διάφοροι δείκτες χρησιμοποιούνται ως είσοδοι σε μια μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων και υπολογίζεται ένας σύνθετος δείκτης, ο οποίος αποτελεί είσοδο σε μια άλλη μηχανή στο επόμενο στάδιο και ούτω καθ'εξής. Η τελική μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων συνθέτει τους πρωτεύοντες δείκτες Οικολογικής Αειφορίας ECOS (Ecological Sustainability) και Ανθρώπινης Αειφορίας HUMS (Human Sustainability) για να υπολογίσει το συνολικό δείκτη αειφορίας.

Με τη σειρά του κάθε πρωταρχικός δείκτης συντίθεται από τέσσερις δευτερεύοντες δείκτες, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1. Για την οικολογική διάσταση είναι οι: Ποιότητα νερού, Ποιότητα εδάφους, Ποιότητα αέρα και Βιοποικιλότητα, ενώ για την ανθρώπινη διάσταση της αειφορίας χρησιμοποιούνται οι: Πολιτική κατάσταση, Οικονομική ευημερία, Υγεία και Εκπαίδευση.



Σχήμα 1. Σχέσεις των δεικτών αειφορίας πρώτης και δεύτερης τάξης

Οι δείκτες δεύτερης τάξης, είναι με τη σειρά τους σύνθεση 3 δεικτών: Πίεσης, Κατάστασης και Απόκρισης (Pressure-State-Response). Με τον όρο κατάσταση ορίζουμε την τρέχουσα κατάσταση ενός δείκτη δεύτερης τάξης. Για παράδειγμα στο διάγραμμα 1, για την Κατάσταση της Ποιότητας του εδάφους εξετάζονται οι βασικοί δείκτες (7) *Ερημοποίηση* και (8) *Δασική έκταση* των οποίων η σύνθεση μπορεί να αποτυπώσει την κατάσταση της ποιότητας του εδάφους. Η Πίεση είναι η τάση επιδείνωσης της Κατάστασης όπως είναι ο δείκτης (3) *Επικίνδυνα απόβλητα*. Απόκριση είναι οι ενέργειες που λαμβάνονται προκειμένου να επαναφέρουν τον δευτερεύοντα δείκτη σε καλύτερη Κατάσταση, όπως είναι ο δείκτης (11) *Προστασία των ευαίσθητων περιοχών*. Έτσι, κάθε ένας από τους 8 δευτερεύοντες δείκτες συντίθεται από τους αντίστοιχους 3 τριτεύοντες δείκτες: Πίεση, Κατάσταση, Απόκριση. Τέλος, κάθε τριτεύων δείκτης προκύπτει από τη σύνθεση πιο εξειδικευμένων δεικτών οι οποίοι καλούνται βασικοί διότι αποτελούν τη βάση της σύνθεσης των άλλων δεικτών, για την εκτίμηση των οποίων χρησιμοποιούνται τα δεδομένα που έχουν συλλεγεί αρχικά.

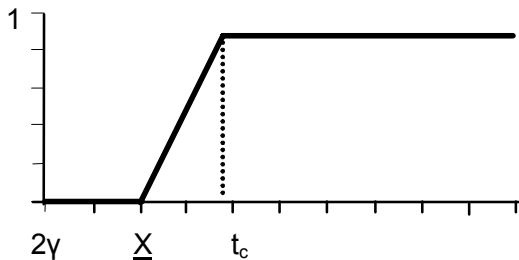
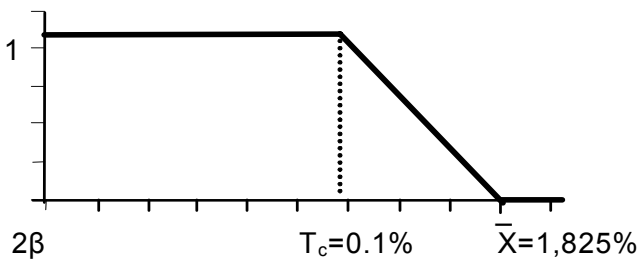
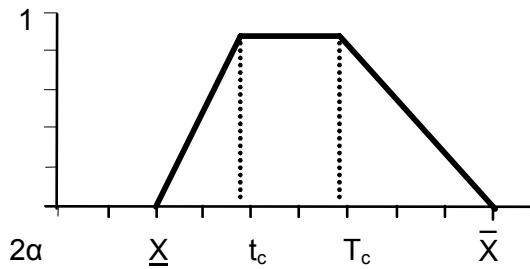


Διάγραμμα 1. Παράδειγμα Πίεσης-Κατάστασης-Απόκρισης για την Ποιότητα Εδάφους

Το μοντέλο παρέχει ευελιξία στην επιλογή των δεικτών, δίνοντας τη δυνατότητα στο χρήστη να τους προσαρμόζει στις ανάγκες που προκύπτουν ανάλογα με τις εξελίξεις και τις αλλαγές που συντελούνται στο ανθρωπογενές και φυσικό περιβάλλον. Οι βασικοί δείκτες που χρησιμοποιούνται φαίνονται στον πίνακα 2, ενώ μια αναλυτική περιγραφή του μοντέλου SAFE δίνεται στο Σχήμα 2 που ακολουθεί.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι η ακόλουθη όπως φαίνεται και στα διάφορα στάδια του Σχήματος 3. Το πρώτο βήμα είναι η κανονικοποίηση, με την οποία οι βασικοί δείκτες ανάγονται σε αδιάστατα μεγέθη στην κλίμακα $[0,1]$, όπου το 0 δηλώνει μη αειφόρο δείκτη και το 1 αειφόρο. Για κάθε βασικό δείκτη c ευρίσκεται η ελάχιστη τιμή \underline{c} , η μέγιστη τιμή \bar{c} , και προσδιορίζεται ένα διάστημα $[t_c, T_c]$ το οποίο αντιπροσωπεύει το εύρος των επιθυμητών τιμών για το συγκεκριμένο δείκτη. Επίσης ορίζονται δύο τιμές

\underline{x} και \bar{x} για κάθε δείκτη. Τα \underline{x} και \bar{x} είναι οι κρίσιμες τιμές πέραν των οποίων η αειφορία του δείκτη είναι μηδέν. Για παράδειγμα, ποσοστά εμφάνισης του AIDS HIV μεγαλύτερα ή ίσα του $\bar{x} = 1,825\%$ θεωρούνται πολύ κακοί δείκτες και έχουν κανονικοποιημένη τιμή 0 όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2β. Αντίστοιχα για τον εμβολιασμό ενάντια στην ιλαρά ποσοστά μικρότερα του 77%, δηλαδή για τιμές του $\underline{x} = 77$ και κάτω, θεωρούνται πολύ κακοί δείκτες και έχουν κανονικοποιημένη τιμή 0 όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2γ. Αναλυτικότερα, διαχωρίζουμε 3 περιπτώσεις όπως φαίνεται και στα Σχήματα 2α, 2β, 2γ.



Σχήμα 2. Κανονικοποίηση για τις περιπτώσεις: (α) $\underline{x} \geq \underline{c}$ και $\bar{x} \leq \bar{c}$, (β) $\bar{x} \geq \bar{c} = T_c$ και (γ) $\underline{x} \leq \underline{c} = t_c$

Στην περίπτωση που για κάποια χώρα η τιμή του δείκτη c κατά το έτος t είναι $z_{c,t}$ και ισχύει $\underline{x} \geq \underline{c}$ και $\bar{x} \leq \bar{c}$, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.α, η κανονικοποιημένη τιμή του υπολογίζεται ως ακολούθως: x

$$x_{c,t} = \begin{cases} \frac{z_{c,t} - \underline{c}}{t_c - \underline{c}} & \underline{c} \leq z_{c,t} < t_c \\ 1 & t_c \leq z_{c,t} < T_c \\ \frac{\bar{c} - z_{c,t}}{\bar{c} - T_c} & T_c \leq z_{c,t} < \bar{c}. \end{cases} \quad \text{Εξ.1}$$

Στην περίπτωση που για κάποια χώρα η τιμή του δείκτη c κατά το έτος t είναι $z_{c,t}$ και ισχύει $\bar{x} \geq \bar{c} = T_c$, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.β, η κανονικοποιημένη τιμή του υπολογίζεται ως ακολούθως:

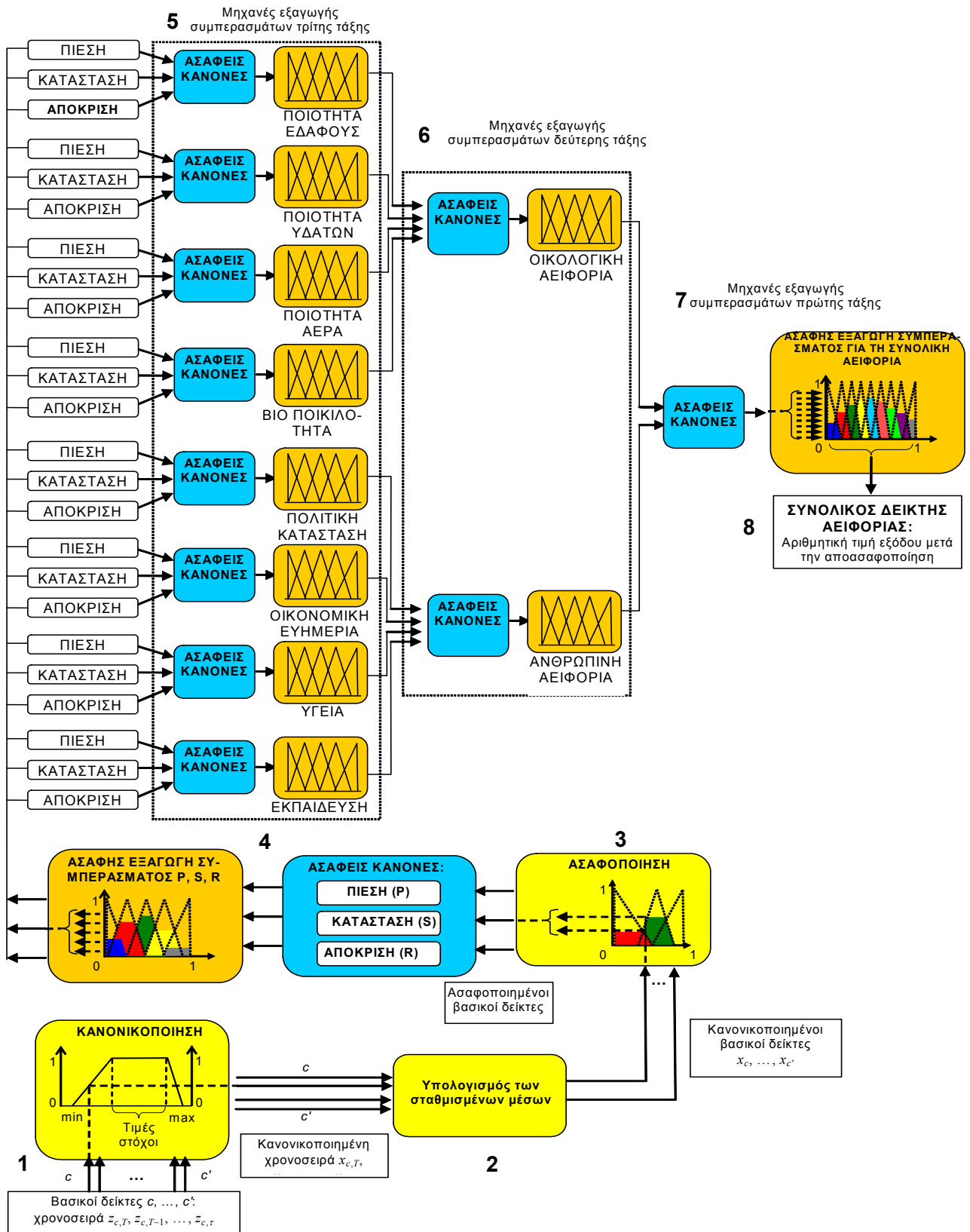
$$x_{c,t} = \begin{cases} 1, z_{c,t} \leq T_c \\ 0, \bar{x} < z_{c,t} \\ \frac{\bar{x} - z_{c,t}}{\bar{x} - T_c} & T_c \leq z_{c,t} < \bar{x} \end{cases} \quad \text{Εξ.2}$$

Στην περίπτωση που για κάποια χώρα η τιμή του δείκτη c κατά το έτος t είναι $z_{c,t}$ και ισχύει $\underline{x} \leq \underline{c} = t_c$, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.γ, η κανονικοποιημένη τιμή του υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$x_{c,t} = \begin{cases} 1, t_c \leq z_{c,t} \\ 0, z_{c,t} < \underline{x} \\ \frac{z_{c,t} - \underline{x}}{t_c - \underline{x}} & \underline{x} \leq z_{c,t} < t_c \end{cases} \quad \text{Εξ.3}$$

Δευτερεύοντες δείκτες	ΠΙΕΣΗ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΑΠΟΚΡΙΣΗ
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ	(1) Αστικά απόβλητα (2) Πυρηνικά απόβλητα (3) Επικίνδυνα απόβλητα (4) Πληθυσμιακή αύξηση (5) Χρήση φυτοφαρμάκων (6) Χρήση λιπασμάτων	(7) Ερημοποίηση εδάφους (8) Δασικές εκτάσεις	(9) Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες (10) Αναδάσωση (11) Προστατευόμενες περιοχές (12) Ανακύκλωση γυαλιού (13) Ανακύκλωση χαρτιού
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΔΑΤΩΝ	(14) Καταναλώσεις υδάτων (5) Χρήση φυτοφαρμάκων (6) Χρήση λιπασμάτων	(15-17) Ποιότητα υδάτινων πόρων: BOD, φώσφορος, βαρέα μέταλλα	(18) Δημόσιες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων (9) Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες
BIO-ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ	(19-24) Απειλούμενα είδη: πτηνά, θηλαστικά, φυτά, ιχθύς, αμφίβια και ερπετά	(8) Δασικές εκτάσεις	(9) Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες (10) Αναδάσωση (11) Προστατευόμενες περιοχές
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ	(25) Ουσίες που καταστρέφουν το όζον (26) Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου	(27) Θνησιμότητα από ασθένειες του αναπνευστικού (28-30) Συγκεντρώσεις NO ₂ , SO ₂ , αιωρούμενων σωματιδίων	(31) Παραγωγή από Α.Π.Ε. (32) Επιβάτες σιδηροδρόμου (9) Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες
ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	(33) Αμυντικές δαπάνες (34) Ποσοστό προσφύγων	(35) Πολιτικά δικαιώματα (36) Πολιτικές ελευθερίες (37) Δείκτης Gini	(38) Περιβαλλοντική νομοθεσία (39) Ανταποδοτικότητα φορολογίας
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΥΗΜΕΡΙΑ	(40) Πληθωρισμός (41) Εισαγωγές (42) Ανεργία	(43) Εξωτερικό χρέος (44) Ακαθάριστο εθνικό εισόδημα (45) Φτώχεια	(46) Εξαγωγές (47) Άμεσες εξωτερικές επενδύσεις
ΥΓΕΙΑ	(48) Θνησιμότητα βρεφών (49) Θνησιμότητα μητέρων (50) AIDS HIV (51) Φυματίωση (52) Πολιομυελίτιδα	(53) Προσδόκιμο ζωής (54,55) Εμβολιασμός βρεφών για: Ιλαρά και DPT (56) Ημερήσια πρόσληψη θερμίδων	(57) Αριθμός ιατρών (58) Νοσοκομειακές κλίνες (59) Δημόσια δαπάνη για υγεία (60) Πρόσβαση σε ασφαλείς υδάτινους πόρους (61) Πρόσβαση σε υγιεινή
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	(62-64) Αναλογία μαθητών εκπαιδευτικού προσωπικού (πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση)	(65,66) Αναμενόμενη διάρκεια εκπαίδευσης: άνδρες και γυναίκες (67,68) Ποσοστό εγγραφέντων στο σχολείο: πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση (69) Αλφαριθμητισμός	(70) Δημόσια δαπάνη σε έρευνα και ανάπτυξη (71) Δημόσια δαπάνη για εκπαίδευση (72) Προσωπικοί Η/Υ (73) Χρήστες διαδικτύου (74) Δαπάνη για τεχνολογίες πληροφορικής & επικοινωνίας

Πίνακας 2: Βασικοί δείκτες του μοντέλου SAFE

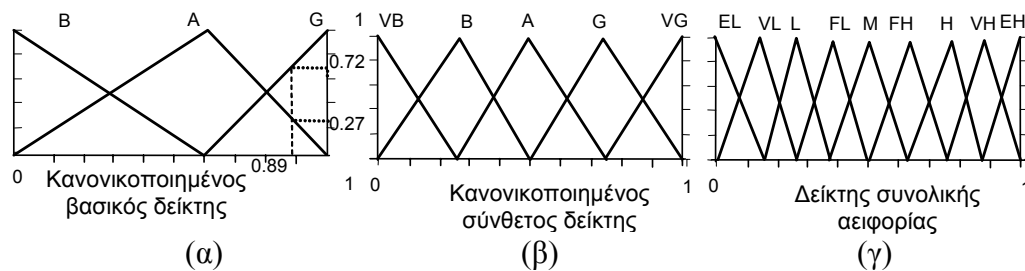


Διάγραμμα 2. Αναλυτική περιγραφή του μοντέλου SAFE (1-8: βήματα του αλγορίθμου)

Μετά την κανονικοποίηση των τιμών, προκύπτουν τιμές στο διάστημα $[0,1]$ και ακολουθεί η ασαφοποίηση δηλαδή η μετατροπή τους σε ασαφή σύνολα.

Δηλαδή κάθε κανονικοποιημένη είσοδος ασαφοποιείται υπολογίζοντας το βαθμό συμμετοχής, στο διάστημα $[0, 1]$, στον οποίο η κανονικοποιημένη τιμή ανήκει στο ασαφές σύνολο *bad*, *average*, *good*, τα οποία έχουν συναρτήσεις συμμετοχής όπως αυτές που φαίνονται στο σχήμα 3α.

Το μοντέλο δέχεται κάθε πολυγωνική μορφή (τριγωνική, τραπεζοειδής κτλ) για τις συναρτήσεις συμμετοχής των ασαφών συνόλων. Για τους σύνθετους δείκτες χρησιμοποιούμε τα ασαφή σύνολα, *very bad*, *bad*, *average*, *good*, και *very good* όπως φαίνεται στο σχήμα. 3β, ενώ για το δείκτη συνολικής αειφορίας χρησιμοποιούμε τα εννέα ασαφή σύνολα: *extremely low*, *very low*, *low*, *fairly low*, *moderate*, *fairly high*, *high*, *very high*, και *extremely high* όπως φαίνεται στο σχήμα. 3γ.



Σχήμα 3. Συναρτήσεις συμμετοχής δεικτών: (α) βασικές, (β) σύνθετες, και (γ) συνολικού δείκτη OSUS .

Ας εξετάσουμε ένα παράδειγμα κανονικοποίησης και ασαφοποίησης, όπως είναι τα ποσοστά εμφάνισης AIDS HIV στην Ελλάδα, τα οποία είναι 0.2%. Η ελάχιστη τιμή που εμφανίζεται για τις χώρες είναι 0.1% ενώ η μέγιστη είναι 38%. Οι επιθυμητές τιμές είναι η επίτευξη του ελάχιστου δυνατού δηλαδή το 0,1% και ενδεχομένως αν ήταν κάτι τέτοιο δυνατό το 0%. Εφαρμόζοντας τον τύπο της κανονικοποίησης (εξ.2) προκύπτει ότι η κανονικοποιημένη τιμή για το δείκτη αυτό είναι 0.89 περίπου. Όπως φαίνεται και από το σχήμα 3α, η τιμή 0.89 είναι *good* με βαθμό συμμετοχής 0.72603 και *average* με βαθμό συμμετοχής 0.27397. Επομένως έχουμε: $\mu_B(\text{AIDS}) = 0$, $\mu_A(\text{AIDS}) = 0.27397$ και $\mu_G(\text{AIDS}) = 0.72603$.

Έχοντας τις συναρτήσεις συμμετοχής των βασικών δεικτών ως εισόδους στο μοντέλο, εφαρμόζουμε μια μέθοδο εξαγωγής συμπερασμάτων με ασαφείς κανόνες "EAN-TOTE". Οι κανόνες αντιπροσωπεύουν τις σχέσεις και τις αρχές που διέπουν τους δείκτες εισόδου και τη συμβολή τους στο σύνθετο δείκτη ο οποίος είναι το αποτέλεσμα της μηχανής εξαγωγής συμπερασμάτων. Κατά παρόμοιο τρόπο, υπολογίζονται οι πιο σύνθετοι δείκτες και τελικά ο συνολικός δείκτης αειφορίας. Οι κανόνες, οι είσοδοι και οι έξοδοι μιας μηχανής εξαγωγής συμπερασμάτων εκφράζονται συμβολικά με λέξεις ή φράσεις μιας φυσικής γλώσσας και μαθηματικά ως λεκτικές μεταβλητές και ασαφή σύνολα.

Ένας κανόνας έχει τη μορφή «Αν *προϋπόθεση* (είσοδος) Τότε *συμπέρασμα* (έξοδος)». Παραδείγματα «EAN-TOTE» κανόνων είναι τα εξής:

ΕΑΝ ΕΡΗΜΟΠΟΙΗΣΗ είναι *average* **ΚΑΙ** ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ είναι *bad*, **ΤΟΤΕ** ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ) είναι *bad* (1)

ΕΑΝ ΠΙΕΣΗ (ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ) είναι *average* **ΚΑΙ** ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ) είναι *good* **ΚΑΙ** ΑΠΟΚΡΙΣΗ (ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ) είναι *bad*, **ΤΟΤΕ** ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ είναι *average* (2)

ΕΑΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ είναι *very bad* **ΚΑΙ** ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΔΑΤΩΝ είναι *very bad* **ΚΑΙ** ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ είναι *very bad* **ΚΑΙ** ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ είναι *very bad*, **ΤΟΤΕ** ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΕΙΦΟΡΙΑ είναι *very bad*; (3)

ΕΑΝ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΕΙΦΟΡΙΑ είναι *good* **ΚΑΙ** ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΑΕΙΦΟΡΙΑ είναι *bad*, **ΤΟΤΕ** ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΕΙΦΟΡΙΑ είναι *moderate*. (4)

Μια μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων χρησιμοποιεί τους βαθμούς συμμετοχής των μεταβλητών εισόδου και τους κανόνες της βάσης κανόνων για να αντιστοιχίσει ένα «καθαρό αριθμό» στην έξοδο. Αν η μεταβλητή αυτή χρησιμοποιείται ως είσοδος σε επόμενες μηχανές, πρέπει να έχει επίσης ένα βαθμό συμμετοχής σε κάθε ασαφές σύνολο. Η διαδικασία της εξαγωγής συμπερασμάτων πρέπει να είναι μονοτονική, δηλαδή όταν ένας βασικός δείκτης βελτιώνεται, να μην χειροτερεύει ο επόμενος σύνθετος δείκτης και ο δείκτης συνολικής αειφορίας.

2.2 Επεκτάσεις στο βασικό μοντέλο

2.2.1 Μονοτονικότητα

Το αρχικό μοντέλο SAFE χρησιμοποιεί μέθοδο εξαγωγής συμπερασμάτων ελάχιστο/μέγιστο (min/max inference) για να υπολογίσει την έξοδο κάθε βάσης γνώσης. Συγκεκριμένα, το λογικό « και » εκφράζεται με τον τελεστή του ελαχίστου, ενώ το λογικό « ή » εκφράζεται με τον τελεστή του μεγίστου. Για παράδειγμα, στον κανόνα (1) **εάν** ο βαθμός συμμετοχής του δείκτη «Ερημοποίηση εδάφους» στην έννοια *average* είναι 0.2 **και εάν** ο βαθμός συμμετοχής του δείκτη «Δασικές εκτάσεις» στην έννοια *bad* είναι 0.717 **τότε** ο βαθμός συμμετοχής του δείκτη «Κατάσταση Ποιότητας Εδάφους» στην έννοια *bad* είναι 0.2.

Στην εργασία αυτή όμως, χρησιμοποιείται η μέθοδος εξαγωγής συμπεράσματος γινομένου/αθροίσματος γιατί έτσι διασφαλίζεται ότι όταν βελτιώνεται ένας βασικός δείκτης, βελτιώνεται και ο δείκτης συνολικής αειφορίας, δηλαδή στο μοντέλο υπάρχει μονοτονικότητα. Για το προηγούμενο παράδειγμα δηλαδή ισχύει ότι:

ο βαθμός συμμετοχής του δείκτη «Κατάσταση Ποιότητας Εδάφους» στην έννοια *bad* είναι $0.2 \times 0.717 = 0.1434$.

Ας θεωρήσουμε μια βάση κανόνων με M κανόνες, n εισόδους x_1, \dots, x_n , και έξοδο x_{n+1} .

Οι κανόνες έχουν τη μορφή:

$$\begin{aligned} R_1: & \quad \text{AN}(x_1 \text{ είναι } L_{1,1}) \text{ KAI } \dots \text{ KAI } d(x_n \text{ είναι } L_{n,1}), \text{ TOTE } (x_{n+1} \text{ είναι } L_{n+1,1}) \\ & \quad \vdots \\ R_p: & \quad \text{AN}(x_1 \text{ είναι } L_{1,p}) \text{ KAI } \dots \text{ KAI } (x_n \text{ είναι } L_{n,p}), \text{ TOTE } (x_{n+1} \text{ είναι } L_{n+1,p}) \\ & \quad \vdots \\ R_M: & \quad \text{AN}(x_1 \text{ είναι } L_{1,M}) \text{ KAI } \dots \text{ KAI } (x_n \text{ είναι } L_{n,M}), \text{ TOTE } (x_{n+1} \text{ είναι } L_{n+1,M}) \end{aligned}$$

Ο $L_{i,p}$ είναι το ασαφές σύνολο που αντιστοιχεί στη μεταβλητή x_i στον κανόνα R_p . Το ασαφές σύνολο $L_{i,p}$ δεν είναι απαραίτητα μοναδικό. Για παράδειγμα οι παρακάτω κανόνες διαφέρουν στην είσοδο αλλά έχουν την ίδια συνέπεια “ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΕΙΦΟΡΙΑ είναι Β”.

ΑΝ (ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ είναι Β) ΚΑΙ (ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΔΑΤΩΝ είναι Β) ΚΑΙ (ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ είναι Β) ΚΑΙ (ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ είναι VG), ΤΟΤΕ (ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΕΙΦΟΡΙΑ είναι Β)

ΑΝ (ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ είναι Β) ΚΑΙ (ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΔΑΤΩΝ είναι Β) ΚΑΙ (ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ είναι Β) ΚΑΙ (ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ είναι G), ΤΟΤΕ (ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΕΙΦΟΡΙΑ είναι Β)

Η τομή «ΚΑΙ» η οποία χρησιμοποιείται για να συνδέσει τις *προϋποθέσεις* κάθε κανόνα παριστάνεται αλγεβρικά με το γινόμενο των ξεχωριστών τιμών αλήθειας κάθε πρότασης. Έτσι, ο συνολικός βαθμός αλήθειας του κανόνα R_p (βαθμός για τον οποίο ο R_p είναι εφαρμόσιμος) είναι

$$\mu_{n+1,p}(x_{n+1}) = \prod_{i=1}^n \mu_{i,p}(x_i), \quad (1)$$

όπου $\mu_{i,p}(x_i)$ είναι ο βαθμός συμμετοχής του x_i στο ασαφές σύνολο $L_{i,p}$.

Αν περισσότεροι του ενός κανόνες απεικονίζουν την έξοδο x_{n+1} στο ίδιο ασαφές σύνολο L τότε πρέπει να υπολογιστεί ένας συνολικός βαθμός συμμετοχής $\mu_L(x_{n+1})$ του x_{n+1} στο L . Οι κανόνες που έχουν τις ίδιες συνέπειες συνδυάζονται με τον τελεστή που αντιστοιχεί στην ένωση, ο οποίος αλγεβρικά παριστάνεται με το άθροισμα των αντίστοιχων βαθμών αλήθειας. Έτσι, ο βαθμός συμμετοχής του x_{n+1} στο ασαφές σύνολο L είναι

$$\mu_L(x_{n+1}) = \sum_{p: L_{n+1,p}=L} \mu_{n+1,p}(x_0), \quad (2)$$

όπου “ $p: L_{n+1,p}=L$ ” συμβολίζει το σύνολο των κανόνων R_p οι οποίοι αποδίδουν τη λεκτική τιμή L στο x_{n+1} . Τελικά, για την έξοδο υπολογίζεται εφαρμόζοντας τη μέθοδο αποσαφήνισης τύπου ύψους:

$$x_{n+1} = \frac{\sum_{\substack{\text{all linguistic} \\ \text{values } L \text{ of } x_{n+1}}} y_L \mu_L(x_{n+1})}{\sum_{\substack{\text{all linguistic} \\ \text{values } L \text{ of } x_{n+1}}} \mu_L(x_{n+1})}, \quad (3)$$

όπου y_L είναι η κορυφαία τιμή του L — μια τιμή στο διάστημα $[0, 1]$ για την οποία η συνάρτηση συμμετοχής $\mu_L(x)$ μεγιστοποιείται.

Υποθέτουμε ότι τα ασαφή σύνολα που αντιστοιχούν σε κάθε βασική είσοδο αποτελούν μία πλήρη διαμέριση της περιοχής εισόδου, δηλαδή κάθε αριθμητική τιμή ενός βασικού δείκτη έχει ένα θετικό βαθμό συμμετοχής σε τουλάχιστον ένα ασαφές σύνολο. Επί πλέον το σύνολο των ασαφών συνόλων που αντιστοιχούν σε κάθε μεταβλητή εισόδου ή εξόδου είναι ένα ταξινομημένο σύνολο στο οποίο ορίζεται μια συγκεκριμένη δυαδική σχέση " $<$ ". Για παράδειγμα, τα ασαφή σύνολα που φέρουν τους τίτλους $W = weak$, $M = medium$, $S = strong$ ικανοποιούν τη σχέση $W < M < S$. Ακόμη, η σχέση " $A \leq B$ " χρησιμοποιείται για να δηλώσει είτε τη σχέση « $A = B$ », είτε τη σχέση « $A < B$ ».

Η παρακάτω εξίσωση είναι το αποτέλεσμα της αντικατάστασης των εξισώσεων (1) και (2) στην (3):

$$x_{n+1} = \frac{\sum_{p=1}^M y_{n+1,p} \prod_{i=1}^n \mu_{i,p}(x_i)}{\sum_{p=1}^M \prod_{i=1}^n \mu_{i,p}(x_i)}, \quad (4)$$

στην οποία ορίζουμε $y_{n+1,p} \triangleq y_L$ για όλους τους κανόνες R_p έτσι ώστε $L_{n+1,p} = L$. Η εξίσωση (4) είναι έξοδος ενός ασαφές συνόλου τύπου Takagi-Sugeno-Kang (TSK).

Όπως αναφέρεται και στην εργασία [5] οι παρακάτω συνθήκες διασφαλίζουν ότι ο δείκτης συνολικής αειφορίας OSUS είναι μια αύξουσα συνάρτηση (όχι απαραίτητα γνησίως αύξουσα) των βασικών δεικτών:

Συνθήκη 1. Οι συναρτήσεις συμμετοχής που αντιστοιχούν στις εισόδους είναι συνεχείς παντού και διαφορίσιμες παντού εκτός ίσως από ένα πεπερασμένο αριθμό σημείων. Επί πλέον, για κάθε ζεύγος ασαφών συνόλων A και B , αν $A < B$ τότε

$[d\mu_A(x)/dx]/\mu_A(x) \leq [d\mu_B(x)/dx]/\mu_B(x)$, σε κάθε σημείο x στο οποίο οι συναρτήσεις συμμετοχής $\mu_A(x)$ και $\mu_B(x)$ είναι διαφορίσιμες.

Συνθήκη 2. Οι βάσεις κανόνων είναι αύξουσες απεικονίσεις, δηλαδή για κάθε ζεύγος κανόνων R_p και R_q των οποίων οι υποθέσεις είναι πανομοιότυπες εκτός από την συνθήκη i η οποία στον κανόνα R_p είναι (x_i είναι $L_{i,p}$) ενώ στον κανόνα R_q είναι (x_i είναι $L_{i,q}$), αν $L_{i,p} < L_{i,q}$, τότε τα ασαφή σύνολα που αντιστοιχούν στην έξοδο των δύο κανόνων ικανοποιούν την σχέση $L_{n+1,p} \leq L_{n+1,q}$.

Συνθήκη 3. Τα βάρη που χρησιμοποιούνται στην αποσαφήνιση είναι κατά τμήματα διαφορίσιμες και αύξουσες συναρτήσεις, δηλαδή τα βάρη $y_L(x_1, \dots, x_n)$ που αντιστοιχούν στο ασαφές σύνολο L του x_{n+1} είναι μη φθίνουσες συναρτήσεις των x_1, \dots, x_n . Επί πλέον, για δύο διακριτά ασαφή σύνολα L και A , αν $L < A$ τότε θα πρέπει $y_L \leq y_A$ για όλα τα (x_1, \dots, x_n) .

Η συνθήκη 1 ισχύει για διάφορους τύπους συναρτήσεων συμμετοχών: τριγωνικών, τραπεζοειδών, Gaussian, και ούτω καθ' εξής. Οι συνθήκες 2 και 3 συμφωνούν με τη διαίσθηση: ένα μη φθίνον ασαφές σύστημα πρέπει να αντιστοιχίζει μεγάλες τιμές, λεκτικές και αριθμητικές, σε μεγάλες εισόδους. Το σύστημα μέτρησης της αειφορίας που αναπτύσσεται σε αυτή τη διατριβή πληροί και τις 3 συνθήκες μονοτονικότητας.

2.2.2 Ανάλυση ευαισθησίας

Μια σημαντική επέκταση στο μοντέλο είναι η εφαρμογή ανάλυσης ευαισθησίας του συνολικού δείκτη αειφορίας σε σχέση με τους υπόλοιπους δείκτες αειφορίας. Η ανάλυση ευαισθησίας δίνει τη δυνατότητα να αναγνωριστούν οι πιο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αειφορία, πράγμα όχι εύκολο αλλά απαραίτητο για την ανάδειξη του μοντέλου ως εργαλείο λήψης αποφάσεων.

Για τη σωστή λήψη αποφάσεων για την αειφορία είναι απαραίτητη η εύρεση βέλτιστων πρακτικών πολιτικών ενεργειών και η σωστή επιλογή των πόρων που θα χρησιμοποιηθούν. Οι περιορισμοί στους πόρους (είτε αυτοί εκφράζονται σε χρόνο, χρήμα, φυσικό και ανθρωπογενές κεφάλαιο) οδηγούν σε περιορισμούς στην επιλογή των δεικτών που θα βελτιωθούν. Επομένως, είναι σημαντικό να μπορεί να αναγνωρισθεί το σημαντικό εκείνο υποσύνολο των δεικτών που συμβάλουν με το πιο αποτελεσματικό τρόπο στη μεγιστοποίηση της συνολικής αειφορίας.

Ένας απλός τρόπος να αναγνωριστούν οι σημαντικοί δείκτες είναι να ιεραρχηθούν ανάλογα με το πόσο μεγάλη είναι η μερική παράγωγος του συνολικού δείκτη αειφορίας σε σχέση με κάθε δείκτη. Οι δείκτες που έχουν τη μεγαλύτερη παράγωγο είναι οι πιο σημαντικοί και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν σχεδιάζονται πολιτικές για την αειφόρο ανάπτυξη. Οι παράγωγοι αυτές μπορούν να υπολογιστούν ως ακολούθως:

- (1) *Υπολογισμός του OSUS* : Υπολογίζονται οι βαθμοί συμμετοχής των σύνθετων δεικτών για τα αντίστοιχα ασαφή σύνολα (VB, B, A, G, και VG για τις συνιστώσες και EL,VL,L,FL,I,FH,H,VH,EH για τη συνολική αειφορία). Η διαδικασία ξεκινά από τις μηχανές εξαγωγής συμπεράσματος που χρησιμοποιούν ως είσοδο τους βασικούς δείκτες και συνεχίζεται με τις μηχανές που χρησιμοποιούν πιο σύνθετους δείκτες. Έχοντας υπολογίσει τους βαθμούς συμμετοχής για το συνολικό δείκτη αειφορίας, υπολογίζουμε και την αριθμητική τιμή για αυτόν από την Εξ.(3).
- (2) *Εισαγωγή της διαταραχής*: Για ένα βασικό δείκτη $x \in [0, 1]$, αυξάνουμε την κανονικοποιημένη του τιμή κατά ένα δεδομένο βαθμό δ (για παράδειγμα, 0.1 ή 10%). Σε περίπτωση που το αποτέλεσμα είναι μεγαλύτερο της μονάδας, γίνεται μονάδα προκειμένου να μην βγει ο δείκτης εκτός ορίων.
- (3) *Ανάλυση ευαισθησίας*: Λαμβάνοντας υπόψη όλο το σύνολο των δεικτών όπως και προηγουμένως, αντικαθιστώντας όμως την τιμή του δείκτη x με την τιμή $x + \delta$ εκτιμούμε την αειφορία όπως και στο βήμα 1, χαρακτηρίζοντας τη νέα εκτίμηση ως $OSUS(x + \delta)$. Η ευαισθησία του OSUS σε σχέση με το x ορίζεται ως η διαφορά

$$\Delta_x = OSUS(x + \delta) - OSUS.$$

Ακολουθώς επαναφέρουμε τον βασικό δείκτη στην αρχική του τιμή x .

Τα βήματα (2) και (3) εκτελούνται επανειλημμένα για όλους τους βασικούς δείκτες. Αλλάζοντας παραπάνω από έναν δείκτες ταυτόχρονα στο βήμα (2) μπορούμε να υπολογίσουμε παραγώγους μεγαλύτερης τάξης και έτσι να επεξεργαστούμε καλύτερες πολιτικές για την αειφόρο ανάπτυξη. Για παράδειγμα, η ευαισθησία δεύτερης τάξης για τον δείκτη συνολικής αειφορίας συναρτήσει των x και y ορίζεται ως η διαφορά:

$$\Delta_{x,y} = \text{OSUS}(x + \delta, y + \delta) - \text{OSUS}.$$

2.2.3 Χρονική επίδραση

Πολλά φαινόμενα χαρακτηρίζονται από αθροιστικές επιδράσεις και για το λόγο αυτό η μέτρηση των τιμών κάποιων βασικών δεικτών την πιο πρόσφατη χρονική στιγμή που υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα μπορεί να είναι παραπλανητική.

Το μοντέλο επιχειρεί να συλλάβει την μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη επίδραση της κατάστασης του περιβάλλοντος, των πολιτικών και των πιέσεων που ασκούνται ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα συνδυάζοντας τις κανονικοποιημένες τιμές που μετρώνται την παρούσα ή την πιο πρόσφατη χρονική στιγμή με αυτές παλαιότερων ετών. Με τον τρόπο αυτό οι τιμές εισόδου στο μοντέλο υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις τρέχουσες όσο και τις παρελθοντικές τιμές.

Έχοντας μια σειρά δεδομένων για ένα επαρκές χρονικό διάστημα, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η χρονοσειρά αυτή μπορεί να προσαρμοστεί σε ένα μοντέλο ARIMA(0,1,1) (Autoregressive Integrated Moving Average), το οποίο είναι αντίστοιχο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης. Δηλαδή τα δεδομένα μπορεί να εξομαλυνθούν υπολογίζοντας εκθετικά σταθμισμένους μέσους. Η προσαρμοσμένη τιμή τη χρονική στιγμή t θα είναι η εξομαλυνθείσα τιμή στη χρονική στιγμή $t-1$. Η εξομαλυνθείσα αυτή

τιμή χρησιμοποιείται πλέον ως είσοδος στο μοντέλο μας για την εκτίμηση της συνολικής αειφορίας (OSUS). Η εξομαλυνθείσα τιμή για το έτος t της χρονοσειράς η οποία έχει διαθέσιμα δεδομένα για T έτη δίδεται από την ακόλουθη εξίσωση.

$$S_t = a \cdot X_t + (1 - a) \cdot S_{t-1}$$

όπου, X_t είναι η κανονικοποιημένη τιμή για το έτος t ,

S_{t-1} είναι η εξομαλυνθείσα τιμή για το έτος $t-1$ και

a , είναι ο συντελεστής εξομάλυνσης ο οποίος ενεργεί ως βάρος, καθορίζοντας πόσο γρήγορες θα είναι οι αλλαγές στην ευθεία προσαρμογής. Όσο πιο μεγάλα είναι τα βάρη τόσο μεγαλύτερες είναι και οι αλλαγές στην προσαρμοσμένη ευθεία.

Για $t=1$ έχουμε:

$$S_1 = a \cdot X_1 + (1 - a) \cdot S_0$$

Το οποίο σημαίνει ότι η αρχικώς εξομαλυνθείσα τιμή που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του S_1 , είναι η τιμή S_0 , για την οποία χρησιμοποιείται η παλαιότερη διαθέσιμη τιμή της χρονοσειράς.

Για τον υπολογισμό του βέλτιστου συντελεστή εξομάλυνσης, ελαχιστοποιούμε το μέσο τετραγωνικό σφάλμα, ένα κοινό μέτρο της ακρίβειας προσαρμογής των τιμών μιας χρονοσειράς. Η εξίσωση που δίνει το μέσο τετραγωνικό σφάλμα είναι η ακόλουθη:

$$M.S.E. = \sum_{t=1}^T (S_t - X_t)^2$$

όπου S_t και X_t είναι οι εξομαλυνθείσες τιμές και η πραγματική τιμή του δείκτη για το έτος t αντίστοιχα.

2.2.4 Επεκτάσεις στους τρόπους υπολογισμού του μοντέλου

Σε ότι αφορά στις βάσεις κανόνων, έγιναν επεκτάσεις προκειμένου να είναι εύκολη η πρόσθεση νέων κανόνων. Το πρόγραμμα στη Fortran επιτρέπει πλέον σε κάθε βάση να συνδυάζει έως 6 βασικούς δείκτες με 3 δυνατές λεκτικές τιμές (π.χ. ΚΑΚΟΣ, ΜΕΤΡΙΟΣ, ΚΑΛΟΣ δείκτης), ήτοι συνολικά $3^6 = 729$ κανόνες ανά βάση. Για δείκτες με 5 λεκτικές

τιμές, οι κανόνες μπορούν να δεχθούν έως 4 δείκτες, πράγμα το οποίο αντιστοιχεί σε μια βάση με $5^4 = 625$ κανόνες.

Στον καθορισμό των βάσεων κανόνων, για την καλύτερη απόδοση της σημαντικότητας κάποιων δεικτών, όπως είναι τα πυρηνικά και επικίνδυνα απόβλητα, η ερημοποίηση, οι δασικές εκτάσεις, οι καταναλώσεις υδάτων, τα απειλούμενα είδη, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τα πολιτικά δικαιώματα και ελευθερίες, η θνησιμότητα μητέρων και νεογέννητων και το AIDS HIV, δεν χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες βάσεις που αντιστοιχούν στον αριθμό των εισόδων, αλλά δημιουργήθηκαν ειδικές βάσεις οι οποίες περιέχουν κανόνες οι οποίοι δίνουν περισσότερο βάρος στις συνέπειες που έχουν οι δείκτες αυτοί. Η προσθήκη αυτή αυξάνει τη δυνατότητα του μοντέλου να προσαρμοστεί στις ανάγκες και τις εξελίξεις στο παγκόσμιο περιβάλλον.

Επί πλέον, στην προσπάθεια να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο κατά το οποίο η έλλειψη δεδομένων για κάποιο δείκτη έχει ως συνέπεια να μην εκφραστεί η επίδοση της χώρας στο φαινόμενο που περιγράφει ο δείκτης, το μοντέλο εισάγει για τον δείκτη αυτό μία λεκτική τιμή η οποία προκύπτει από το μέσο όρο των τιμών των υπόλοιπων δεικτών για τους οποίους υπάρχουν δεδομένα και οι οποίοι συμμετέχουν στη σύνθεση του ίδιου δείκτη τρίτης τάξης. Δηλαδή η τιμή που χρησιμοποιείται για τον δείκτη αυτό εξαρτάται από τις τιμές των υπόλοιπων δεικτών και κατ'επέκταση από τη γενικότερη κατάσταση που επικρατεί στη χώρα αυτή αναφορικά με τον δείκτη τρίτης τάξης. Με τον τρόπο αυτό αφ'ενός δεν δημιουργούνται κενά στις μηχανές εξαγωγής συμπερασμάτων λόγω της έλλειψης των δεικτών αυτών, αφ'ετέρου δε δεν δημιουργούνται μεγάλες αποκλίσεις στο τελικό συμπέρασμα που θα προκύψει διότι ο δείκτης αυτός έχει τιμή η οποία εκφράζει τη μέση κατάσταση.

Επίσης, όπως παρουσιάστηκε και στο Σχήμα 2γ για την σύνθεση της συνιστώσας της ανθρώπινης αειφορίας και της οικολογικής αειφορίας προκειμένου να υπολογιστεί ο δείκτης της συνολικής αειφορίας χρησιμοποιούνται αντί για πέντε τα εξής εννέα ασαφή σύνολα: extremely low, very low, low, fairly low, moderate, fairly high, high, very high, και extremely high.

2.2.5 Επεκτάσεις στην γεωγραφική και χρονική κάλυψη χωρών

Η θεσμοθέτηση των Στόχων της Χιλιετίας (Millennium Development Goals) από τη Διακήρυξη της Χιλιετίας, στη Διάσκεψη Κορυφής της Χιλιετίας των Ηνωμένων Εθνών [6] το Σεπτέμβριο του 2000 από 189 κράτη, οδήγησε πολλές κυβερνήσεις, υπηρεσίες παροχής βοήθειας, κοινωνικούς και άλλους διεθνείς οργανισμούς στην υιοθέτησή τους, όπως είναι η Παγκόσμια Τράπεζα, η οποία προσαρμοσε τους Παγκόσμιους Δείκτες Ανάπτυξης (World Development Indicators) που εκδίδει από το 1987 [7], [8].

Επίσης, με την πρόοδο της τεχνολογίας, τις αλλαγές σε συνεργασίες κρατών όπως είναι η διεύρυνση της Ευρωπαϊκής ένωσης, την επικράτηση του φιλελευθερισμού και το άνοιγμα της αγοράς κυρίως σε πρώην κομμουνιστικές χώρες, όπως είναι η Κίνα και η υιοθέτηση των «δυτικών καταναλωτικών προτύπων» όπως γίνεται στην Ινδία, οδηγούν στην ανάγκη επαναπροσδιορισμού των δεικτών με τους οποίους θα μπορέσει να εκτιμηθεί η αειφορία.

Σημαντικό ρόλο στην επιλογή των δεικτών αποτελεί και η εγκυρότητα των πηγών, συχνά σχετιζόμενη με την πιθανότητα μελλοντικής υποστήριξης στην παροχή δεδομένων αλλά και στην παρακολούθηση των τιμών των δεικτών, έτσι ώστε να είναι δυνατή η χρονολογική εξέλιξη και η δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων σχετικά με το φαινόμενο που περιγράφουν οι δείκτες. Καλό είναι δε η πηγή παροχής δεδομένων να χρησιμοποιείται κι από άλλους εκτιμητές της αειφορίας έτσι ώστε να είναι δυνατή η ευκολότερη σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Στην προσθήκη ή την αντικατάσταση δεικτών σημαντική επίδραση έχει η διαθεσιμότητα καθώς και η ομοιογένεια των μετρήσεων των δεικτών, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε απόρριψη κάποιων δεικτών έναντι άλλων λιγότερο αντιπροσωπευτικών. Οι προτεινόμενοι δείκτες, για τους οποίους έχει διασφαλιστεί η διαθεσιμότητα των δεδομένων, σε σχετικά ικανοποιητικό βαθμό παρουσιάστηκαν στον πίνακα 2.

Αρκετά δεδομένα εξετάστηκαν για την ικανοποιητική κάλυψη τόσο στη διάσταση του χώρου όσο και του χρόνου. [17]-[49]. Η εύρεση και η εξέταση των δεδομένων απαιτήσε αρκετό χρόνο για τους ακόλουθους λόγους. Δεν υπάρχουν οι κατάλληλοι μηχανισμοί συλλογής δεδομένων σε όλες τις χώρες, είτε αυτοί είναι ανεξάρτητοι οργανισμοί και ερευνητικά κέντρα είτε κυβερνητικές υπηρεσίες όπως υπουργεία κτλ. Δεν υπάρχει διαθεσιμότητα σε τόση χρονική κλίμακα όση απαιτείται για να είναι δυνατή η απόκτηση ενός αντιπροσωπευτικού μέσου όρου της απόκλισης από την επιθυμητή τιμή. Ως διάστημα επιδιώκεται να υπάρχουν μετρήσεις για ένα διάστημα μιας δεκαετίας περίπου. Δεν υπάρχει συμβατότητα μεταξύ των τρόπων μετρήσεων αλλά και μεταξύ των μετρούμενων ποσοτήτων ανάμεσα στα διάφορα κράτη. Δεν υπάρχει η δυνατότητα απόκτησης συγκεκριμένων δεδομένων για κράτη τα οποία ανήκαν σε κάποια συνομοσπονδία ή ευρύτερη ένωση η οποία μετρούσε τα συγκεκριμένα δεδομένα σε ενιαία κλίμακα. Δεν είναι διαθέσιμα πολλά στοιχεία από κάποιες υπηρεσίες και φορείς με ευκολία διότι ανήκουν σε βάση δεδομένων η οποία διατίθεται ως προϊόν προς πώληση στους ενδιαφερόμενους ερευνητές.

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Εφαρμογή σε παγκόσμια κλίμακα

Για να υπάρχει καλύτερη εκτίμηση της απόδοσης του μοντέλου αλλά και για να είναι δυνατή η σύγκρισή του με άλλα μοντέλα, πρέπει να είναι δυνατό να εφαρμοστεί σε παγκόσμια κλίμακα σε όσο το δυνατόν περισσότερες χώρες. Στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι στην παρούσα εργασία ο όρος χώρα και κράτος χρησιμοποιούνται «καταχρηστικά» ως ισοδύναμες παρά το γεγονός ότι σύμφωνα με τα όσα ισχύουν στο διεθνές δίκαιο υπάρχουν σαφείς διαφορές.

Ο συνολικός αριθμός χωρών που εξετάστηκαν ήταν 192 όπως καταγράφονται και επίσημα στον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών. Από αυτές εξαιρέθηκαν οι χώρες που έχουν είτε πολύ μικρή έκταση είτε πολύ μικρό πληθυσμό, με αποτέλεσμα ο αριθμός αυτός να μειωθεί σε 148. Όποιες από τις χώρες αυτές δεν πληρούσαν προϋποθέσεις κάλυψης των δεδομένων αφαιρέθηκαν διότι δεν ήταν δυνατό να εφαρμοστεί το μοντέλο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι χώρες για τις οποίες δεν υπήρχαν δεδομένα αρκετά για να γίνει η σύνθεση των δεικτών και να λειτουργήσουν σωστά οι μηχανές εξαγωγής συμπερασμάτων. Έτσι, οι χώρες που εξετάστηκαν σε πρώτη φάση είναι 127.

Επειδή η εύρεση δεδομένων είναι μια υπόθεση χρονοβόρα και πολλές φορές πρέπει να δαπανηθούν και χρήματα προκειμένου να εξασφαλιστούν δεδομένα, υπάρχει πάντα στο μέλλον η δυνατότητα εισαγωγής και εξέτασης και άλλων χωρών μια και η έρευνα προς αυτή την κατεύθυνση είναι συνεχής και γίνεται παράλληλα. Οι δυσκολίες που παρουσιάστηκαν στην αναζήτηση δεδομένων αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.

Ακολουθεί πίνακας με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του μοντέλου στις ακόλουθες χώρες.

Πίνακας 3: Κατάταξη χωρών βάσει του συνολικού δείκτη αειφορίας.

Κατάταξη	Χώρα	Δείκτης συνολικής αειφορίας	Δείκτης οικολογικής αειφορίας	Δείκτης ανθρώπινης αειφορίας
1	ΣΟΥΗΔΙΑ	0.7579	0.7658	0.7500
2	ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	0.7545	0.6278	0.8821
3	ΕΛΒΕΤΙΑ	0.7503	0.7507	0.7500
4	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	0.7365	0.7230	0.7500
5	ΑΥΣΤΡΙΑ	0.7212	0.6925	0.7500
6	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	0.7125	0.6755	0.7498
7	ΓΑΛΛΙΑ	0.7066	0.6627	0.7506
8	ΟΛΛΑΝΔΙΑ	0.7028	0.6408	0.7651
9	ΔΑΝΙΑ	0.7021	0.6541	0.7500
10	ΛΕΤΟΝΙΑ	0.7016	0.7474	0.6558
11	ΙΤΑΛΙΑ	0.6715	0.6028	0.7409
12	ΤΣΕΧΙΑ	0.6711	0.6319	0.7125
13	ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	0.6632	0.7438	0.5827
14	ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ	0.6571	0.4888	0.4980
15	ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	0.6513	0.5560	0.7466
16	ΟΥΓΓΑΡΙΑ	0.6513	0.5937	0.7096
17	ΚΑΝΑΔΑΣ	0.6433	0.5349	0.7518
18	ΣΛΟΒΑΚΙΑ	0.6378	0.6513	0.6250
19	ΝΕΑ ΖΗΛΑΝΔΙΑ	0.6365	0.5230	0.7500
20	ΙΑΠΩΝΙΑ	0.6358	0.5265	0.7462
21	ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ	0.6257	0.5003	0.7510
22	ΒΕΛΓΙΟ	0.6251	0.5017	0.7489
23	ΙΣΠΑΝΙΑ	0.6226	0.5065	0.7389
24	ΠΑΝΑΜΑΣ	0.6159	0.7365	0.4959
25	Η.Π.Α.	0.6157	0.4821	0.7492
26	ΙΡΛΑΝΔΙΑ	0.6099	0.4971	0.7246
27	ΣΛΟΒΕΝΙΑ	0.6087	0.4970	0.7205

28	ΠΟΛΩΝΙΑ	0.6046	0.7038	0.5067
29	ΕΣΘΟΝΙΑ	0.5928	0.5565	0.6290
30	ΙΣΡΑΗΛ	0.5805	0.5036	0.6603
31	ΝΟΤΙΑ ΚΟΡΕΑ	0.5776	0.4935	0.6657
32	ΤΑΪΛΑΝΔΗ	0.5364	0.5748	0.4981
33	ΒΕΝΕΖΟΥΕΛΑ	0.5295	0.6564	0.4027
34	ΕΛΛΑΔΑ	0.5280	0.4962	0.5599
35	ΑΡΓΕΝΤΙΝΗ	0.5237	0.5819	0.4665
36	ΙΟΡΔΑΝΙΑ	0.5232	0.5628	0.4872
37	ΒΟΛΙΒΙΑ	0.5138	0.6405	0.3923
38	ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	0.5120	0.5239	0.5000
39	ΧΙΛΗ	0.5076	0.5260	0.4910
40	ΜΕΞΙΚΟ	0.5041	0.5117	0.4968
41	ΛΕΥΚΟΡΩΣΙΑ	0.5026	0.5130	0.4921
42	ΟΥΡΟΥΓΟΥΑΗ	0.5022	0.5044	0.5003
43	ΜΑΛΑΙΣΙΑ	0.5015	0.5039	0.4996
44	ΡΩΣΙΑ	0.5010	0.5028	0.4993
45	ΑΡΜΕΝΙΑ	0.5009	0.5032	0.4986
46	ΚΡΟΑΤΙΑ	0.4994	0.4985	0.5002
47	ΠΑΡΑΓΟΥΑΗ	0.4989	0.6367	0.3611
48	ΒΡΑΖΙΛΙΑ	0.4955	0.5490	0.4464
49	ΟΥΚΡΑΝΙΑ	0.4933	0.2918	0.5092
50	ΤΥΝΙΣΙΑ	0.4926	0.5006	0.4864
51	ΜΟΛΔΑΒΙΑ	0.4922	0.4985	0.4858
52	ΡΟΥΜΑΝΙΑ	0.4890	0.5024	0.4761
53	ΚΑΖΑΚΣΤΑΝ	0.4862	0.4736	0.4987
54	ΜΠΟΤΣΟΥΑΝΑ	0.4798	0.5829	0.3767
55	ΠΕΡΟΥ	0.4790	0.5866	0.3725
56	ΑΖΕΡΜΠΑΪΤΖΑΝ	0.4754	0.4843	0.4665
57	ΚΙΝΑ	0.4742	0.5005	0.4496
58	ΚΟΛΟΜΒΙΑ	0.4696	0.5286	0.4195
59	ΝΟΤΙΑ ΑΦΡΙΚΗ	0.4681	0.4951	0.4489
60	Π.Γ.Δ.Μ.	0.4668	0.4687	0.4649
61	ΕΚΟΥΑΔΟΡ	0.4643	0.6368	0.2918
62	ΚΥΡΓΙΖΙΑ	0.4611	0.4386	0.4836
63	ΕΛ ΣΑΛΒΑΔΟΡ	0.4584	0.5009	0.4160
64	ΓΕΩΡΓΙΑ	0.4530	0.4850	0.4210
65	ΡΟΥΑΝΤΑ	0.4504	0.6548	0.2459
66	ΛΙΒΑΝΟΣ	0.4493	0.4085	0.4901
67	ΤΑΤΖΙΚΙΣΤΑΝ	0.4450	0.4786	0.4114
68	ΑΙΓΥΠΤΟΣ	0.4415	0.5116	0.3714

69	ΑΛΒΑΝΙΑ	0.4407	0.4961	0.3852
70	ΣΑΟΥΔΙΚΗ ΑΡΑΒΙΑ	0.4328	0.4909	0.3796
71	ΣΡΙ ΛΑΝΚΑ	0.4270	0.4857	0.3683
72	ΤΟΓΚΟ	0.4260	0.6056	0.2464
73	ΟΥΖΜΠΕΚΙΣΤΑΝ	0.4251	0.3580	0.4922
74	ΟΜΑΝ	0.4046	0.4766	0.3326
75	ΗΝΩΜΕΝΑ ΑΡΑΒΙΚΑ ΕΜΙΡΑΤΑ	0.4005	0.5017	0.2502
76	ΚΟΝΓΚΟ	0.4004	0.5515	0.2493
77	ΑΛΓΕΡΙΑ	0.3994	0.4974	0.3013
78	ΓΚΑΜΠΟΝ	0.3988	0.5475	0.2500
79	ΟΝΔΟΥΡΑ	0.3980	0.4714	0.3249
80	ΜΑΡΟΚΟ	0.3978	0.4553	0.3444
81	ΚΟΥΒΕΪΤ	0.3903	0.4320	0.3486
82	ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ	0.3887	0.5470	0.2304
83	ΝΑΜΙΒΙΑ	0.3832	0.4999	0.2664
84	ΣΥΡΙΑ	0.3814	0.4736	0.2892
85	ΓΟΥΑΤΕΜΑΛΑ	0.3812	0.5096	0.2528
86	ΑΚΤΗ ΕΛΕΦΑΝΤΟΣΤΟΥ	0.3802	0.5231	0.2374
87	ΠΑΠΟΥΑ ΝΕΑ ΓΟΥΙΝΕΑ	0.3798	0.5093	0.2502
88	ΓΚΑΝΑ	0.3783	0.5063	0.2502
89	TANZANIA	0.3762	0.5022	0.2503
90	ΟΥΓΚΑΝΤΑ	0.3759	0.5795	0.7371
91	ΓΚΑΜΠΙΑ	0.3759	0.5017	0.2501
92	ΛΑΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΤΟΥ ΚΟΝΓΚΟ	0.3747	0.4993	0.2500
93	ΚΑΜΕΡΟΥΝ	0.3741	0.4981	0.2500
94	ΣΕΝΕΓΑΛΗ	0.3740	0.5072	0.2411
95	ΝΕΠΑΛ	0.3735	0.4988	0.2483
96	ΜΠΑΓΚΛΑΝΤΕΣ	0.3731	0.4982	0.2481
97	ΛΑΟΣ	0.3728	0.4983	0.2473
98	ΚΑΜΠΟΤΖΗ	0.3727	0.4998	0.2456
99	ΜΠΕΝΙΝ	0.3727	0.4997	0.2457
100	ΒΙΕΤΝΑΜ	0.3706	0.4258	0.3155
101	ΙΝΔΙΑ	0.3705	0.4934	0.2478
102	ΦΙΛΙΠΠΙΝΕΣ	0.3671	0.4597	0.2744
103	ΖΙΜΠΑΜΠΟΥΕ	0.3653	0.4804	0.2509
104	ΜΟΓΓΟΛΙΑ	0.3648	0.4808	0.2487
105	ΙΝΔΟΝΗΣΙΑ	0.3639	0.4757	0.2522
106	ΤΟΥΡΚΙΑ	0.3575	0.4642	0.2510
107	ΠΑΚΙΣΤΑΝ	0.3568	0.4715	0.2421

108	ΜΑΔΑΓΑΣΚΑΡΗ	0.3520	0.4948	0.2092
109	ZAMΠΙΑ	0.3490	0.4993	0.1987
110	ΓΟΥΙΝΕΑ	0.3405	0.4866	0.1944
111	ΜΟΖΑΜΒΙΚΗ	0.3398	0.5038	0.1758
112	ΝΙΓΗΡΑΣ	0.3395	0.5180	0.1610
113	ΜΑΛΑΟΥΙ	0.3348	0.4995	0.1700
114	ΙΡΑΝ	0.3271	0.3824	0.2747
115	ΝΙΓΗΡΙΑ	0.3254	0.4068	0.2439
116	KENYA	0.3250	0.5080	0.1427
117	ΣΙΕΡΑ ΛΕΟΝΕ	0.3208	0.4993	0.1424
118	ΜΑΛΙ	0.3189	0.4729	0.1649
119	ΥΕΜΕΝΗ	0.3069	0.4337	0.1800
120	ΣΟΥΔΑΝ	0.3036	0.4615	0.1457
121	ΓΟΥΙΝΕΑ	0.2956	0.4990	0.0922
122	ΜΠΟΥΡΚΙΝΑ ΦΑΣΣΟ	0.2897	0.5000	0.0794
123	ΜΠΟΥΡΟΥΝΤΙ	0.2842	0.5000	0.0684
124	ΑΓΚΟΛΑ	0.2713	0.4996	0.0429
125	ΤΣΑΝΤ	0.2700	0.4986	0.0414
126	ΜΑΥΡΙΤΑΝΙΑ	0.2665	0.4759	0.0571
127	ΑΙΘΙΟΠΙΑ	0.2483	0.4941	0.0246

3.2 Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας

Διενεργώντας ανάλυση ευαισθησίας με το μοντέλο SAFE, είναι δυνατό να αναγνωριστούν οι πιο σημαντικοί παράγοντες που συνεισφέρουν στην αειφόρο ανάπτυξη για 127 χώρες και να παρέχουν πολύτιμα αποτελέσματα σε ότι αφορά στους παράγοντες που επηρεάζουν την αειφορία.

Όπως ήταν αναμενόμενο, σύμφωνα με τα αποτελέσματα που φαίνονται στον πίνακα 3, η ανάλυση ευαισθησίας υποδεικνύει ότι οι πιο σημαντικοί παράγοντες για τις αναπτυγμένες χώρες είναι οι περιβαλλοντικοί και σε κάποιες περιπτώσεις όπως η Ιρλανδία και την Ελλάδα οικονομικοί οι οποίοι έχουν να κάνουν περισσότερο με τη σταθεροποίηση κάποιας κατάστασης. Δηλαδή οι περισσότερες αναπτυγμένες χώρες δεν

δείχνουν πολύ μεγάλη βελτίωση της αειφορίας αν βελτιωθούν δείκτες που σχετίζονται με την ανθρώπινη αειφορία. Συγκεκριμένα, για τον δείκτη της Εκπαίδευσης δεν υφίστανται προβλήματα σε ευρωπαϊκές χώρες (με εξαίρεση τη Ρουμανία) και γενικότερα σε δυτικού τύπου αναπτυγμένες κοινωνίες. Το πρόβλημα αυτό εμφανίζεται στις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες μαζί με την πολιτική τους κατάσταση, η οποία εκφράζεται κυρίως με την ανάδειξη των δεικτών «Αμυντικές δαπάνες» και «Πρόσφυγες».

Πίνακας 4. Οι πιο σημαντικοί βασικοί δείκτες (ανάλυση ευαισθησίας 1^{ης} τάξης)

Χώρα	Δείκτης	Χώρα	Δείκτης
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	Αναλογία μαθητών εκπαιδευτικού προσωπικού τριτοβάθμια, Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες	ΓΑΛΛΙΑ	Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, Αναδάσωση
ΛΕΥΚΟΡΩΣΙΑ	Χρήση λιπασμάτων, Εισαγωγές	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	Απειλούμενα είδη: ιχθύς Αναδάσωση
ΠΟΛΩΝΙΑ	Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες, Αναδάσωση	ΒΕΛΓΙΟ	Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες, Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου
ΙΣΠΑΝΙΑ	Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες, Προστατευόμενες περιοχές	ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ	Ανακύκλωση γυαλιού Αναδάσωση
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες, Χρήση Λιπασμάτων	ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ	Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες, Χρήση φυτοφαρμάκων
ΕΛΛΑΔΑ	Εξωτερικό χρέος Πληθωρισμός	ΚΑΜΠΟΤΖΗ	Αμυντικές δαπάνες Δασικές εκτάσεις
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	Εισαγωγές Άμεσες ξένες επενδύσεις	ΜΠΟΤΣΟΥΑΝΑ	Πληθυσμιακή αύξηση, Αμυντικές δαπάνες

Παρά το γεγονός ότι οι αναπτυγμένες χώρες δείχνουν να μην έχουν πολλά προβλήματα ανθρώπινης αειφορίας, δεν συμβαίνει το ίδιο και στην περίπτωση των αναπτυσσόμενων χωρών οι οποίες δείχνουν να επηρεάζονται και από περιβαλλοντικά αλλά και από ανθρώπινης φύσης προβλήματα. Προϋπόθεση για την διατήρηση της περιβαλλοντικής

αειφορίας είναι η ταυτόχρονη ύπαρξη καλής ανθρώπινης αειφορίας. Τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι για να διατηρηθεί η περιβαλλοντική αειφορία είναι απαραίτητο να υπάρχει ένα πολύ καλό πολιτικό σύστημα που θα διασφαλίζει την εύρυθμη λειτουργία του κράτους η οποία είναι απαραίτητη για τη λήψη μέτρων και την προώθηση πολιτικών για την διατήρηση του περιβάλλοντος. Ειδικότερα για το πρόβλημα των αμυντικών εξοπλισμών, πρέπει να τονιστεί ότι είναι ένα στοιχείο που αποτελεί τροχοπέδη για την ανάπτυξη τόσο αναπτυγμένων όσο και αναπτυσσόμενων κρατών.

Επιπροσθέτως, παρατηρείται ότι κάποιοι δείκτες, δείχνουν να επικρατούν, και η βελτίωσή τους να μην επιφέρει την ίδια βελτίωση και στο συνολικό δείκτη αειφορίας για κάθε χώρα. Συνήθως, οι χώρες που επηρεάζονται λιγότερο είναι αυτές που έχουν είτε πολύ υψηλό είτε πολύ χαμηλό δείκτη συνολικής αειφορίας, και αυτό δείχνει τη δυσκολία να ξεφύγει μια χώρα από μια σταθερή κατάσταση, άσχετο με το αν αυτή είναι καλή ή κακή. Επί πλέον, το σύνολο των σημαντικών δεικτών δεν είναι το ίδιο για κάθε χώρα. Τούτο σημαίνει ότι βελτιώνοντας τους ίδιους δείκτες δεν λύνει τα προβλήματα αειφορίας για όλες τις χώρες.

Παρά το γεγονός ότι πολλές χώρες μπορούν να αποτελέσουν μια ομάδα ανάλογα με το δυναμικό βελτίωσής τους, το εύρος της βελτίωσης ποικίλει. Έτσι, γίνεται ξεκάθαρο ότι δεν υπάρχει μοναδικός δρόμος που να οδηγεί στην αειφορία, και έτσι οι αποφασίζοντες θα πρέπει να επιλέξουν διαφορετικά κριτήρια και στρατηγικές για τη λήψη αποτελεσματικών αποφάσεων για την αειφορία κάθε χώρας.

Η ανάλυση ευαισθησίας δεύτερης τάξης με το μοντέλο SAFE, αναδεικνύει σημαντικά ζεύγη δεικτών. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 5, σε κάποιες περιπτώσεις οι δείκτες που αναδεικνύονται δεν εμφανίζονται στην ανάλυση ευαισθησίας πρώτης τάξης. Ο λόγος για τη διαφορά αυτή είναι ότι ο συνολικός δείκτης αειφορίας δεν είναι μια γραμμική συνάρτηση των δεικτών εισόδου. Η βελτίωση που προκύπτει από την ταυτόχρονη βελτίωση δύο βασικών δεικτών δεν είναι απαραίτητα ίση με το άθροισμα των

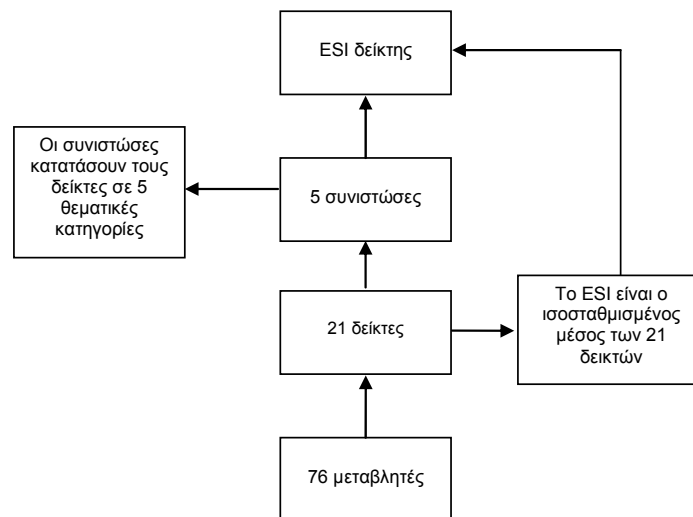
βελτιώσεων που παρέχουν οι δύο δείκτες ξεχωριστά. Γενικότερα, οι αναλύσεις ευαισθησίας δεύτερης τάξης και άνω μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τον σχεδιασμό καλύτερων περιβαλλοντικών πολιτικών μια και μπορούν να αναδείξουν πιθανά φαινόμενα συνέργειας που υπάρχουν μεταξύ περιβαλλοντικών παραγόντων μεταξύ τους αλλά και των αλληλεπιδράσεων τους με ανθρώπινους παράγοντες.

Πίνακας 5. Οι πιο σημαντικοί βασικοί δείκτες (ανάλυση ευαισθησίας 2^{ης} τάξης)

Χώρα	Δείκτης	Χώρα	Δείκτης
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	Αναλογία μαθητών εκπαιδευτικού προσωπικού τριτοβάθμια, Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες	ΓΑΛΛΙΑ	Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, Αναδάσωση
ΛΕΥΚΟΡΩΣΙΑ	Χρήση λιπασμάτων, Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	Απειλούμενα είδη: ιχθείς Φυτοφάρμακα
ΠΟΛΩΝΙΑ	Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες, Αναδάσωση	ΒΕΛΓΙΟ	Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες, Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου
ΙΣΠΑΝΙΑ	Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες, Προστατευόμενες περιοχές	ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ	Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου Αναδάσωση
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες, Χρήση Λιπασμάτων	ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ	Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες, Χρήση φυτοφαρμάκων
ΕΛΛΑΔΑ	Εξωτερικό χρέος Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες	ΚΑΜΠΟΤΖΗ	Αμυντικές δαπάνες Δασικές εκτάσεις
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	Εισαγωγές Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες	ΜΠΟΤΣΟΥΑΝΑ	Πληθυσμιακή αύξηση, Αμυντικές δαπάνες

3.3 Σύγκριση με τον Δείκτη Περιβαλλοντικής Αειφορίας (Environmental Sustainability Index)

Στην αρχική φάση το πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκε πάνω στη δομή και στα δεδομένα γνωστών μοντέλων που μετρούν την αειφορία, όπως είναι το ESI (Environmental Sustainability Index) των πανεπιστημίων Yale και Columbia, προκειμένου να συγκριθούν τα αποτελέσματα του προτεινόμενου μοντέλου με αυτά. Το μοντέλο ESI αναπτύχθηκε από τα πανεπιστήμια αυτά σε συνεργασία με το Παγκόσμιο Οικονομικό Φόρουμ και το Ερευνητικό Κέντρο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Η δομή του φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί, και παρά το γεγονός ότι και αυτό ακολουθεί μια διαδικασία άθροισης των βασικών δεικτών σε πιο σύνθετους, έχει μεγάλες διαφορές σε σχέση με το SAFE κυρίως στον τρόπο με τον οποίο γίνεται η άθροιση.



Σχήμα 4. Υπολογισμός του δείκτη ESI

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως το SAFE χρησιμοποιεί ασαφή λογική ενώ το ESI αναπαριστά έναν ισοσταθμισμένο μέσο 21 σύνθετων δεικτών. Σύμφωνα με αυτούς κάθε σύνθετος δείκτης συντίθεται από ένα υποσύνολο από 76 βασικούς δείκτες που ονομάζονται μεταβλητές. Για παράδειγμα, η ποιότητα του αέρα, είναι ένας σύνθετος δείκτης και περιλαμβάνει μεταβλητές που παρακολουθούν τις συγκεντρώσεις οξειδίων του νατρίου, διοξειδίων του θείου και αιωρούμενων σωματιδίων. Δεδομένων των προτεραιοτήτων για κάθε χώρα, είναι πολύ δύσκολο να υπάρξει πλήρης συμφωνία για

ένα παγκόσμια αποδεκτό σύνολο βαρών για τη σύνθεση των 21 δεικτών. Αυτό είναι φυσικό γιατί για κάποιες χώρες τα θέματα ποιότητας των υδάτων μπορεί να είναι πιο πειστικά από τα άλλα θέματα, ενώ για άλλες η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να είναι σημαντικότερη.

Χρησιμοποιώντας τους δείκτες και τα δεδομένα του ESI λάβαμε αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα, παρά το γεγονός ότι το ESI χρησιμοποιεί διαφορετική δομή και δείκτες. Μετά την σύγκριση του μοντέλου, και τη διαπίστωση ότι λειτουργεί σε ικανοποιητικό βαθμό, προσαρμόστηκε στους δείκτες και τα δεδομένα που έχουν επιλεγεί ως τα πλέον κατάλληλα για την μέτρηση της αειφορίας. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν συγκρίθηκαν και πάλι με αυτά του Yale και φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 5. Σύγκριση της κατάταξης των χωρών από τα δύο μοντέλα

Κατάταξη	ESI 2005	SAFE
1	ΦΙΛΑΝΔΙΑ	ΣΟΥΗΔΙΑ
2	NORΒΗΓΙΑ	ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ
3	ΟΥΡΟΥΓΟΥΑΗ	ΕΛΒΕΤΙΑ
4	ΣΟΥΗΔΙΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ
5	ΙΣΛΑΝΔΙΑ	ΑΥΣΤΡΙΑ
6	ΚΑΝΑΔΑΣ	NORΒΗΓΙΑ
7	ΕΛΒΕΤΙΑ	ΓΑΛΛΙΑ
8	ΓΟΥΙΑΝΑ	ΟΛΛΑΝΔΙΑ
9	ΑΡΓΕΝΤΙΝΗ	ΔΑΝΙΑ
10	ΑΥΣΤΡΙΑ	ΛΕΤΟΝΙΑ
11	ΒΡΑΖΙΛΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ
12	ΓΚΑΜΠΟΝ	ΤΣΕΧΙΑ
13	ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ	ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ
14	ΝΕΑ ΖΗΛΑΝΔΙΑ	ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ
15	ΛΕΤΟΝΙΑ	ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ
16	ΠΕΡΟΥ	ΟΥΓΓΑΡΙΑ
17	ΠΑΡΑΓΟΥΑΗ	ΚΑΝΑΔΑΣ
18	ΚΟΣΤΑ ΡΙΚΑ	ΣΛΟΒΑΚΙΑ
19	ΚΡΟΑΤΙΑ	ΝΕΑ ΖΗΛΑΝΔΙΑ
20	ΒΟΛΙΒΙΑ	ΙΑΠΩΝΙΑ
21	ΙΡΛΑΝΔΙΑ	ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ
22	ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	ΒΕΛΓΙΟ
23	ΚΟΛΟΜΒΙΑ	ΙΣΠΑΝΙΑ
24	ΑΛΒΑΝΙΑ	ΠΑΝΑΜΑΣ

25	ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ	Η.Π.Α.
26	ΔΑΝΙΑ	ΙΡΛΑΝΔΙΑ
27	ΕΣΘΟΝΙΑ	ΣΛΟΒΕΝΙΑ
28	ΠΑΝΑΜΑΣ	ΠΟΛΩΝΙΑ
29	ΣΛΟΒΕΝΙΑ	ΕΣΘΟΝΙΑ
30	ΙΑΠΩΝΙΑ	ΙΣΡΑΗΛ
31	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΝΟΤΙΑ ΚΟΡΕΑ
32	ΝΑΜΙΒΙΑ	ΤΑΪΛΑΝΔΗ
33	ΡΩΣΙΑ	ΒΕΝΕΖΟΥΕΛΑ
34	ΜΠΟΤΣΟΥΑΝΑ	ΕΛΛΑΔΑ
35	ΠΑΠΟΥΑ ΝΕΑ ΓΟΥΙΝΕΑ	ΑΡΓΕΝΤΙΝΗ
36	ΓΑΛΛΙΑ	ΙΟΡΔΑΝΙΑ
37	ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	ΒΟΛΙΒΙΑ
38	ΜΑΛΑΙΣΙΑ	ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ
39	ΚΟΝΓΚΟ	ΧΙΛΗ
40	ΟΛΛΑΝΔΙΑ	ΜΕΞΙΚΟ
41	ΜΑΛΙ	ΛΕΥΚΟΡΩΣΙΑ
42	ΧΙΛΗ	ΟΥΡΟΥΓΟΥΑΗ
43	ΜΠΟΥΤΑΝ	ΜΑΛΑΙΣΙΑ
44	ΑΡΜΕΝΙΑ	ΡΩΣΙΑ
45	ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ ΑΜΕΡΙΚΗΣ	ΑΡΜΕΝΙΑ
46	ΜΥΑΝΜΑΡ	ΚΡΟΑΤΙΑ
47	ΛΕΥΚΟΡΩΣΙΑ	ΠΑΡΑΓΟΥΑΗ
48	ΣΛΟΒΑΚΙΑ	ΒΡΑΖΙΛΙΑ
49	ΓΚΑΝΑ	ΟΥΚΡΑΝΙΑ
50	ΚΑΜΕΡΟΥΝ	ΤΥΝΙΣΙΑ
51	ΕΚΟΥΑΔΟΡ	ΜΟΛΔΑΒΙΑ
52	ΛΑΟΣ	ΡΟΥΜΑΝΙΑ
53	ΚΟΥΒΑ	ΚΑΖΑΚΣΤΑΝ
54	ΟΥΓΓΑΡΙΑ	ΜΠΟΤΣΟΥΑΝΑ
55	ΤΥΝΗΣΙΑ	ΠΕΡΟΥ
56	ΓΕΩΡΓΙΑ	ΑΖΕΡΜΠΑΪΤΖΑΝ
57	ΟΥΓΚΑΝΤΑ	ΚΙΝΑ
58	ΜΟΛΔΑΒΙΑ	ΚΟΛΟΜΒΙΑ
59	ΣΕΝΕΓΑΛΗ	ΝΟΤΙΑ ΑΦΡΙΚΗ
60	ΖΑΜΠΙΑ	Π.Γ.Δ.Μ.
61	ΒΟΣΝΙΑ ΕΡΖΕΓΟΒΙΝΗ	ΕΚΟΥΑΔΟΡ
62	ΙΣΡΑΗΛ	ΚΥΡΓΙΖΙΑ
63	ΤΑΝΖΑΝΙΑ	ΕΛ ΣΑΛΒΑΔΟΡ
64	ΜΑΔΑΓΑΣΚΑΡΗ	ΓΕΩΡΓΙΑ

65	ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ	ΡΟΥΑΝΤΑ
66	ΝΙΚΑΡΑΓΟΥΑ	ΛΙΒΑΝΟΣ
67	ΕΛΛΑΔΑ	ΤΑΤΖΙΚΙΣΤΑΝ
68	ΚΑΜΠΟΤΖΗ	ΑΙΓΥΠΤΟΣ
69	ΙΤΑΛΙΑ	ΑΛΒΑΝΙΑ
70	ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	ΣΑΟΥΔΙΚΗ ΑΡΑΒΙΑ
71	ΜΟΓΓΟΛΙΑ	ΣΡΙ ΛΑΝΚΑ
72	ΓΚΑΜΠΙΑ	ΤΟΓΚΟ
73	ΤΑΙΛΑΝΔΗ	ΟΥΖΜΠΕΚΙΣΤΑΝ
74	ΜΑΛΑΟΥΙ	ΟΜΑΝ
75	ΙΝΔΟΝΗΣΙΑ	ΗΝΩΜΕΝΑ ΑΡΑΒΙΚΑ ΕΜΙΡΑΤΑ
76	ΙΣΠΑΝΙΑ	ΚΟΝΓΚΟ
77	ΓΟΥΙΝΕΑ ΜΠΙΣΑΟ	ΑΛΓΕΡΙΑ
78	ΚΑΖΑΚΣΤΑΝ	ΓΚΑΜΠΟΝ
79	ΣΡΙ ΛΑΝΚΑ	ΟΝΔΟΥΡΑ
80	ΚΙΡΓΙΣΙΑ	ΜΑΡΟΚΟ
81	ΓΟΥΙΝΕΑ	ΚΟΥΒΕΪΤ
82	ΒΕΝΕΖΟΥΕΛΑ	ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
83	ΟΜΑΝ	ΝΑΜΙΜΠΙΑ
84	ΙΟΡΔΑΝΙΑ	ΣΥΡΙΑ
85	ΝΕΠΑΛ	ΓΟΥΑΤΕΜΑΛΑ
86	ΜΠΕΝΙΝ	ΑΚΤΗ ΕΛΕΦΑΝΤΟΣΤΟΥ
87	ΟΝΔΟΥΡΑ	ΠΑΠΟΥΑ ΝΕΑ ΓΟΥΙΝΕΑ
88	ΑΚΤΗ ΕΛΕΦΑΝΤΟΣΤΟΥ	ΓΚΑΝΑ
89	ΣΕΡΒΙΑ Κ ΜΑΥΡΟΒΟΥΝΙΟ	ΤΑΝΖΑΝΙΑ
90	ΠΡΩΗΝ ΓΙΟΥΓΚΟΣΛΑΒΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	ΟΥΓΚΑΝΤΑ
91	ΤΟΥΡΚΙΑ	ΓΚΑΜΠΙΑ
92	ΤΣΕΧΙΑ	ΛΑΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΤΟΥ ΚΟΝΓΚΟ
93	ΝΟΤΙΑ ΑΦΡΙΚΗ	ΚΑΜΕΡΟΥΝ
94	ΡΟΥΜΑΝΙΑ	ΣΕΝΕΓΑΛΗ
95	ΜΕΞΙΚΟ	ΝΕΠΑΛ
96	ΑΛΓΕΡΙΑ	ΜΠΑΓΚΛΑΝΤΕΣ
97	ΜΠΟΥΡΚΙΝΑ ΦΑΣΣΟ	ΛΑΟΣ
98	ΝΙΓΗΡΙΑ	ΚΑΜΠΟΤΖΗ
99	ΑΖΕΡΜΠΑΙΤΖΑΝ	ΜΠΕΝΙΝ
100	ΚΕΝΥΑ	ΒΙΕΤΝΑΜ
101	ΙΝΔΙΑ	ΙΝΔΙΑ
102	ΠΟΛΩΝΙΑ	ΦΙΛΙΠΠΙΝΕΣ

103	ΝΙΓΗΡΑΣ	ΖΙΜΠΑΜΠΟΥΕ
104	ΤΣΑΝΤ	ΜΟΓΓΟΛΙΑ
105	ΜΑΡΟΚΟ	ΙΝΔΟΝΗΣΙΑ
106	ΡΟΥΑΝΤΑ	ΤΟΥΡΚΙΑ
107	ΜΟΖΑΜΒΙΚΗ	ΠΑΚΙΣΤΑΝ
108	ΟΥΚΡΑΝΙΑ	ΜΑΔΑΓΑΣΚΑΡΗ
109	ΤΖΑΜΑΪΚΑ	ΖΑΜΠΙΑ
110	ΗΝΩΜΕΝΑ ΑΡΑΒΙΚΑ ΕΜΙΡΑΤΑ	ΓΟΥΙΝΕΑ
111	ΤΟΓΚΟ	ΜΟΖΑΜΒΙΚΗ
112	ΒΕΛΓΙΟ	ΝΙΓΗΡΑΣ
113	ΛΑΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΤΟΥ ΚΟΝΓΚΟ	ΜΑΛΑΟΥΙ
114	ΜΠΑΓΚΛΑΝΤΕΣ	ΙΡΑΝ
115	ΑΙΓΥΠΤΟΣ	ΝΙΓΗΡΙΑ
116	ΓΟΥΑΤΕΜΑΛΑ	ΚΕΝΥΑ
117	ΣΥΡΙΑ	ΣΙΕΡΑ ΛΕΟΝΕ
118	ΕΛ ΣΑΛΒΑΔΟΡ	ΜΑΛΙ
119	ΔΟΜΙΝΙΚΑΝΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ	ΥΕΜΕΝΗ
120	ΣΙΕΡΑ ΛΕΟΝΕ	ΣΟΥΔΑΝ
121	ΛΙΒΕΡΙΑ	ΓΟΥΪΝΕΑ
122	ΝΟΤΙΑ ΚΟΡΕΑ	ΜΠΟΥΡΚΙΝΑ ΦΑΣΣΟ
123	ΑΓΚΟΛΑ	ΜΠΟΥΡΟΥΝΤΙ
124	ΜΑΥΡΙΤΑΝΙΑ	ΑΓΚΟΛΑ
125	ΦΙΛΙΠΠΙΝΕΣ	ΤΣΑΝΤ
126	ΛΙΒΥΗ	ΜΑΥΡΙΤΑΝΙΑ
127	ΒΙΕΤΝΑΜ	ΑΙΘΙΟΠΙΑ
128	ΖΙΜΠΑΜΠΟΥΕ	
129	ΛΙΒΑΝΟΣ	
130	ΜΠΟΥΡΟΥΝΤΙ	
131	ΠΑΚΙΣΤΑΝ	
132	ΙΡΑΝ	
133	ΚΙΝΑ	
134	ΤΑΤΖΙΚΙΣΤΑΝ	
135	ΑΙΘΙΟΠΙΑ	
136	ΣΑΟΥΔΙΚΗ ΑΡΑΒΙΑ	
137	ΥΕΜΕΝΗ	
138	ΚΟΥΒΕΪΤ	
139	ΤΡΙΝΙΝΤΑΝΤ ΚΑΙ ΤΟΜΠΑΓΚΟ	
140	ΣΟΥΔΑΝ	
141	ΑΪΤΗ	
142	ΟΥΖΜΠΕΚΙΣΤΑΝ	

143	ΙΡΑΚ	
144	ΤΟΥΡΚΜΕΝΙΣΤΑΝ	
145	ΤΑΪΒΑΝ	
146	ΒΟΡΕΙΑ ΚΟΡΕΑ	

Οι όποιες διαφορές προέκυψαν ήταν μέσα σε αποδεκτά πλαίσια καθότι το μοντέλο είναι διαφορετικό, διότι δεν περιορίζεται σε περιβαλλοντικούς δείκτες, όπως τα άλλα μοντέλα, αλλά χρησιμοποιεί δείκτες αειφορίας που εκφράζουν και πτυχές της ανθρώπινης δραστηριότητας, όπως η οικονομία, η εκπαίδευση και η υγεία. Ακόμη και όταν τα άλλα μοντέλα όπως το ESI χρησιμοποιούν δείκτες που αναφέρονται στις ανθρώπινες δραστηριότητες περιορίζονται στο κατά πόσο οι δραστηριότητες αυτές επηρεάζουν το περιβάλλον, χωρίς να υπολογίζουν μια καθαρή συνιστώσα της ανθρώπινης αειφορίας.

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα είτε αυτά αποκτώνται λαμβάνοντας υπόψη τη χρονική επίδραση είτε όχι, είναι εύκολο να αναγνωριστεί ένα γενικό πρότυπο κατάταξης το οποίο μπορεί μεν να αλλάζει παροδικά αλλά διατηρεί τη γενική του μορφή έχοντας τις αναπτυγμένες χώρες στην κορυφή του καταλόγου και τις λιγότερο ανεπτυγμένες στις χαμηλότερες θέσεις. Τούτο αποδεικνύει ότι παρά τα όποια περιβαλλοντικά προβλήματα εμφανίζονται στα κράτη αυτά, είναι σημαντικό για ένα κράτος να είναι τόσο αναπτυγμένο ώστε να διατηρεί την ανθρώπινη αειφορία σε σημείο τέτοιο ώστε ο οικονομικοκοινωνικός αυτός σχηματισμός να μπορεί να επεξεργαστεί λύσεις και να εφαρμόσει πολιτικές που να μπορούν να οδηγήσουν και σε βελτίωση της οικολογικής αειφορίας. Έτσι εξηγείται και η ύπαρξη λιγότερο ισχυρών οικονομικά κρατών αλλά με καλύτερη κοινωνική οργάνωση σε καλύτερες θέσεις από αυτές πλουσιότερων κρατών. Δηλαδή, το μοντέλο SAFE έχει τη δυνατότητα να εξετάσει το πρόβλημα σφαιρικά και να δώσει μια ικανοποιητική κατάταξη με βάση την αειφόρο ανάπτυξη μιας χώρας.

Η εκθετική εξομάλυνση μας δίνει τη δυνατότητα πλέον να είμαστε πιο σίγουροι για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων και την διαχρονικότητα των προβλημάτων δίνοντας έτσι καλύτερη εικόνα για την πορεία κάθε χώρας στο δρόμο για την αειφορία.

Επίσης, με το μοντέλο SAFE μπορεί να εφαρμοστεί ανάλυση ευαισθησίας και να αναγνωριστούν οι πιο σημαντικοί παράγοντες που συνεισφέρουν στην αειφόρο ανάπτυξη δίνοντας χρήσιμη πληροφόρηση στους αποφασίζοντες για τους παράγοντες που επηρεάζουν την αειφορία. Η πληροφορία αυτή δεν είναι η ίδια για κάθε χώρα πράγμα το οποίο αποδεικνύει τη δυνατότητα να αναγνωριστεί η μοναδικότητα κάθε χώρας και ο διαφορετικός τύπος προβλημάτων αλλά και ο τρόπος με τον οποίο τα αντιμετωπίζει, αποδεικνύοντας ότι δεν υπάρχει μοναδική συνταγή για μια αειφόρο ανάπτυξη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΒΑΣΕΙΣ ΚΑΝΟΝΩΝ

Πίνακας 1

Βάση κανόνων για την σύνθεση των δεικτών τρίτης τάξης (Πίεση-Κατάσταση-Απόκριση) για την περίπτωση πέντε εισόδων
Παράδειγμα για την Ανάδραση της Εκπαίδευσης

Καν όνας R_p	ΑΝ ο βασικός δείκτης 70 είναι	ΑΝ ο βασικός δείκτης 71 είναι	ΑΝ ο βασικός δείκτης 72 είναι	ΑΝ ο βασικός δείκτης 73 είναι	ΑΝ ο βασικός δείκτης 74 είναι	ΤΟΤΕ η Απόκρισ η για την Εκπαίδευ ση είναι	Καν όνας R_p	ΑΝ ο βασικός δείκτης 70 είναι	ΑΝ ο βασικός δείκτης 71 είναι	ΑΝ ο βασικός δείκτης 72 είναι	ΑΝ ο βασικός δείκτης 73 είναι	ΑΝ ο βασικός δείκτης 74 είναι	ΤΟΤΕ η Απόκρισ η για την Εκπαίδευ ση είναι
R_1	B	B	B	B	B	VB	R_{124}	A	A	A	G	G	VG
R_2	B	B	B	B	A	VB	R_{125}	A	A	G	B	B	B
R_3	B	B	B	B	G	VB	R_{126}	A	A	G	B	A	A
R_4	B	B	B	A	B	VB	R_{127}	A	A	G	B	G	G
R_5	B	B	B	A	A	VB	R_{128}	A	A	G	A	B	A
R_6	B	B	B	A	G	VB	R_{129}	A	A	G	A	A	G
R_7	B	B	B	G	B	VB	R_{130}	A	A	G	A	G	VG
R_8	B	B	B	G	A	VB	R_{131}	A	A	G	G	B	G
R_9	B	B	B	G	G	B	R_{132}	A	A	G	G	A	VG
R_{10}	B	B	A	B	B	VB	R_{133}	A	A	G	G	G	VG
R_{11}	B	B	A	B	A	VB	R_{134}	A	G	B	B	B	VB
R_{12}	B	B	A	B	G	VB	R_{135}	A	G	B	B	A	B
R_{13}	B	B	A	A	B	VB	R_{136}	A	G	B	B	G	A
R_{14}	B	B	A	A	A	VB	R_{137}	A	G	B	A	B	B
R_{15}	B	B	A	A	G	B	R_{138}	A	G	B	A	A	A
R_{16}	B	B	A	G	B	VB	R_{139}	A	G	B	A	G	G
R_{17}	B	B	A	G	A	B	R_{140}	A	G	B	G	B	A
R_{18}	B	B	A	G	G	A	R_{141}	A	G	B	G	A	G
R_{19}	B	B	G	B	B	VB	R_{142}	A	G	B	G	G	VG
R_{20}	B	B	G	B	A	VB	R_{143}	A	G	A	B	B	B
R_{21}	B	B	G	B	G	B	R_{144}	A	G	A	B	A	A
R_{22}	B	B	G	A	B	VB	R_{145}	A	G	A	B	G	G
R_{23}	B	B	G	A	A	B	R_{146}	A	G	A	A	B	A
R_{24}	B	B	G	A	G	A	R_{147}	A	G	A	A	A	G
R_{25}	B	B	G	G	B	B	R_{148}	A	G	A	A	G	VG
R_{26}	B	B	G	G	A	A	R_{149}	A	G	A	G	B	G
R_{27}	B	B	G	G	G	G	R_{150}	A	G	A	G	A	VG
R_{28}	B	A	B	B	B	VB	R_{151}	A	G	A	G	G	VG
R_{29}	B	A	B	B	A	VB	R_{152}	A	G	G	B	B	A
R_{30}	B	A	B	B	G	VB	R_{153}	A	G	G	B	A	G
R_{31}	B	A	B	A	B	VB	R_{154}	A	G	G	B	G	VG
R_{32}	B	A	B	A	A	VB	R_{155}	A	G	G	A	B	G
R_{33}	B	A	B	A	G	B	R_{156}	A	G	G	A	A	VG
R_{34}	B	A	B	G	B	VB	R_{157}	A	G	G	A	G	VG
R_{35}	B	A	B	G	A	B	R_{158}	A	G	G	G	B	VG

Πίνακας 1

Βάση κανόνων για την σύνθεση των δεικτών τρίτης τάξης (Πίεση-Κατάσταση-Απόκριση) για την περίπτωση πέντε εισόδων
Παράδειγμα για την Ανάδραση της Εκπαίδευσης

Καν όνας R_p	AN ο βασικός δείκτης 70 είναι	AN ο βασικός δείκτης 71 είναι	AN ο βασικός δείκτης 72 είναι	AN ο βασικός δείκτης 73 είναι	AN ο βασικός δείκτης 74 είναι	TOTE η Απόκρισ η για την Εκπαίδευ ση είναι	Καν όνας R_p	AN ο βασικός δείκτης 70 είναι	AN ο βασικός δείκτης 71 είναι	AN ο βασικός δείκτης 72 είναι	AN ο βασικός δείκτης 73 είναι	AN ο βασικός δείκτης 74 είναι	TOTE η Απόκρισ η για την Εκπαίδευ ση είναι
R_{36}	B	A	B	G	G	A	R_{159}	A	G	G	G	A	VG
R_{37}	B	A	A	B	B	VB	R_{160}	A	G	G	G	G	VG
R_{38}	B	A	A	B	A	VB	R_{161}	G	B	B	B	B	VB
R_{39}	B	A	A	B	G	B	R_{162}	G	B	B	B	A	VB
R_{40}	B	A	A	A	B	VB	R_{164}	G	B	B	B	G	B
R_{41}	B	A	A	A	A	B	R_{165}	G	B	B	A	B	VB
R_{42}	B	A	A	A	G	A	R_{166}	G	B	B	A	A	B
R_{43}	B	A	A	G	B	B	R_{167}	G	B	B	A	G	A
R_{44}	B	A	A	G	A	A	R_{168}	G	B	B	G	B	B
R_{45}	B	A	A	G	G	G	R_{169}	G	B	B	G	A	A
R_{46}	B	A	G	B	B	VB	R_{170}	G	B	B	G	G	G
R_{47}	B	A	G	B	A	B	R_{171}	G	B	A	B	B	VB
R_{48}	B	A	G	B	G	A	R_{172}	G	B	A	B	A	B
R_{49}	B	A	G	A	B	B	R_{173}	G	B	A	B	G	A
R_{50}	B	A	G	A	A	A	R_{174}	G	B	A	A	B	B
R_{50}	B	A	G	A	G	G	R_{175}	G	B	A	A	A	A
R_{51}	B	A	G	G	B	A	R_{176}	G	B	A	A	G	G
R_{52}	B	A	G	G	A	G	R_{177}	G	B	A	G	B	A
R_{53}	B	A	G	G	G	VG	R_{178}	G	B	A	G	A	G
R_{54}	B	G	B	B	B	VB	R_{179}	G	B	A	G	G	VG
R_{55}	B	G	B	B	A	VB	R_{180}	G	B	G	B	B	B
R_{56}	B	G	B	B	G	B	R_{181}	G	B	G	B	A	A
R_{57}	B	G	B	A	B	VB	R_{182}	G	B	G	B	G	G
R_{58}	B	G	B	A	A	B	R_{183}	G	B	G	A	B	A
R_{59}	B	G	B	A	G	A	R_{184}	G	B	G	A	A	G
R_{60}	B	G	B	G	B	B	R_{185}	G	B	G	A	G	VG
R_{61}	B	G	B	G	A	A	R_{186}	G	B	G	G	B	G
R_{62}	B	G	B	G	G	G	R_{187}	G	B	G	G	A	VG
R_{63}	B	G	A	B	B	VB	R_{188}	G	B	G	G	G	VG
R_{64}	B	G	A	B	A	B	R_{189}	G	A	B	B	B	VB
R_{65}	B	G	A	B	G	A	R_{190}	G	A	B	B	A	B
R_{66}	B	G	A	A	B	B	R_{191}	G	A	B	B	G	A
R_{67}	B	G	A	A	A	A	R_{192}	G	A	B	A	B	B
R_{68}	B	G	A	A	G	G	R_{193}	G	A	B	A	A	A
R_{69}	B	G	A	G	B	A	R_{194}	G	A	B	A	G	G
R_{70}	B	G	A	G	A	G	R_{195}	G	A	B	G	B	A
R_{71}	B	G	A	G	G	VG	R_{196}	G	A	B	G	A	G
R_{72}	B	G	G	B	B	B	R_{197}	G	A	B	G	G	VG
R_{73}	B	G	G	B	A	A	R_{198}	G	A	A	B	B	B
R_{74}	B	G	G	B	G	G	R_{199}	G	A	A	B	A	A
R_{75}	B	G	G	A	B	A	R_{200}	G	A	A	B	G	G
R_{76}	B	G	G	A	A	G	R_{201}	G	A	A	A	B	A
R_{77}	B	G	G	A	G	VG	R_{202}	G	A	A	A	A	G

Πίνακας 1

Βάση κανόνων για την σύνθεση των δεικτών τρίτης τάξης (Πίεση-Κατάσταση-Απόκριση) για την περίπτωση πέντε εισόδων
Παράδειγμα για την Ανάδραση της Εκπαίδευσης

Καν όνας R_p	AN ο βασικός δείκτης 70 είναι	AN ο βασικός δείκτης 71 είναι	AN ο βασικός δείκτης 72 είναι	AN ο βασικός δείκτης 73 είναι	AN ο βασικός δείκτης 74 είναι	TOTE η Απόκρισ η για την Εκπαίδευ ση είναι	Καν όνας R_p	AN ο βασικός δείκτης 70 είναι	AN ο βασικός δείκτης 71 είναι	AN ο βασικός δείκτης 72 είναι	AN ο βασικός δείκτης 73 είναι	AN ο βασικός δείκτης 74 είναι	TOTE η Απόκρισ η για την Εκπαίδευ ση είναι
R_{78}	B	G	G	G	B	G	R_{203}	G	A	A	A	G	VG
R_{79}	B	G	G	G	A	VG	R_{204}	G	A	A	G	B	G
R_{80}	B	G	G	G	G	VG	R_{205}	G	A	A	G	A	VG
R_{81}	A	B	B	B	B	VB	R_{206}	G	A	A	G	G	VG
R_{82}	A	B	B	B	A	VB	R_{207}	G	A	G	B	B	A
R_{82}	A	B	B	B	G	VB	R_{208}	G	A	G	B	A	G
R_{83}	A	B	B	A	B	VB	R_{209}	G	A	G	B	G	VG
R_{84}	A	B	B	A	A	VB	R_{210}	G	A	G	A	B	G
R_{85}	A	B	B	A	G	B	R_{211}	G	A	G	A	A	VG
R_{86}	A	B	B	G	B	VB	R_{212}	G	A	G	A	G	VG
R_{87}	A	B	B	G	A	B	R_{213}	G	A	G	G	B	VG
R_{88}	A	B	B	G	G	A	R_{214}	G	A	G	G	A	VG
R_{89}	A	B	A	B	B	VB	R_{215}	G	A	G	G	G	VG
R_{90}	A	B	A	B	A	VB	R_{216}	G	G	B	B	B	B
R_{91}	A	B	A	B	G	B	R_{217}	G	G	B	B	A	A
R_{92}	A	B	A	A	B	VB	R_{218}	G	G	B	B	G	G
R_{93}	A	B	A	A	A	B	R_{219}	G	G	B	A	B	A
R_{94}	A	B	A	A	G	A	R_{220}	G	G	B	A	A	G
R_{95}	A	B	A	G	B	B	R_{221}	G	G	B	A	G	VG
R_{96}	A	B	A	G	A	A	R_{222}	G	G	B	G	B	G
R_{97}	A	B	A	G	G	G	R_{223}	G	G	B	G	A	VG
R_{98}	A	B	G	B	B	VB	R_{224}	G	G	B	G	G	VG
R_{99}	A	B	G	B	A	B	R_{225}	G	G	A	B	B	A
R_{100}	A	B	G	B	G	A	R_{226}	G	G	A	B	A	G
R_{101}	A	B	G	A	B	B	R_{227}	G	G	A	B	G	VG
R_{102}	A	B	G	A	A	A	R_{228}	G	G	A	A	B	G
R_{103}	A	B	G	A	G	G	R_{229}	G	G	A	A	A	VG
R_{104}	A	B	G	G	B	A	R_{230}	G	G	A	A	G	VG
R_{105}	A	B	G	G	A	G	R_{231}	G	G	A	G	B	VG
R_{106}	A	B	G	G	G	VG	R_{232}	G	G	A	G	A	VG
R_{107}	A	A	B	B	B	VB	R_{233}	G	G	A	G	G	VG
R_{108}	A	A	B	B	A	VB	R_{234}	G	G	G	B	B	G
R_{109}	A	A	B	B	G	B	R_{235}	G	G	G	B	A	VG
R_{110}	A	A	B	A	B	VB	R_{236}	G	G	G	B	G	VG
R_{111}	A	A	B	A	A	B	R_{237}	G	G	G	A	B	VG
R_{112}	A	A	B	A	G	A	R_{238}	G	G	G	A	A	VG
R_{113}	A	A	B	G	B	B	R_{239}	G	G	G	A	G	VG
R_{114}	A	A	B	G	A	A	R_{241}	G	G	G	G	B	VG
R_{115}	A	A	B	G	G	G	R_{242}	G	G	G	G	A	VG
R_{116}	A	A	A	B	B	VB	R_{243}	G	G	G	G	G	VG
R_{117}	A	A	A	B	A	B							
R_{118}	A	A	A	B	G	A							
R_{119}	A	A	A	A	B	B							

Πίνακας 1

Βάση κανόνων για την σύνθεση των δεικτών τρίτης τάξης (Πίεση-Κατάσταση-Απόκριση) για την περίπτωση πέντε εισόδων
 Παράδειγμα για την Ανάδραση της Εκπαίδευσης

Καν όνας R_p	ΑΝ ο βασικός δείκτης 70 είναι	ΑΝ ο βασικός δείκτης 71 είναι	ΑΝ ο βασικός δείκτης 72 είναι	ΑΝ ο βασικός δείκτης 73 είναι	ΑΝ ο βασικός δείκτης 74 είναι	ΤΟΤΕ η Απόκρισ η για την Εκπαίδευ ση είναι	Καν όνας R_p	ΑΝ ο βασικός δείκτης 70 είναι	ΑΝ ο βασικός δείκτης 71 είναι	ΑΝ ο βασικός δείκτης 72 είναι	ΑΝ ο βασικός δείκτης 73 είναι	ΑΝ ο βασικός δείκτης 74 είναι	ΤΟΤΕ η Απόκρισ η για την Εκπαίδευ ση είναι
R_{120}	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>							
R_{121}	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>G</i>	<i>G</i>							
R_{122}	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>G</i>	<i>B</i>	<i>A</i>							
R_{123}	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>G</i>	<i>A</i>	<i>G</i>							

Πίνακας 2

Βάση κανόνων για τη σύνθεση των δεικτών δεύτερης τάξης. Παράδειγμα για την περίπτωση της Εκπαίδευσης

Κανόνας R_p	AN η Πίεση είναι	KAI η Κατάσταση είναι	KAI η Απόκριση είναι	TOTE η Εκπαίδευση είναι	Κανόνας R_p	AN η Πίεση είναι	KAI η Κατάσταση είναι	KAI η Απόκριση είναι	TOTE η Εκπαίδευση είναι	Κανόνας R_p	AN η Πίεση είναι	KAI η Κατάσταση είναι	KAI η Απόκριση είναι	TOTE η Εκπαίδευση είναι
R_1	VB	VB	VB	VB	R_{44}	B	G	G	A	R_{86}	G	A	VB	A
R_2	VB	VB	B	VB	R_{45}	B	G	VG	G	R_{87}	G	A	B	A
R_3	VB	VB	A	B	R_{46}	B	VG	VB	A	R_{88}	G	A	A	A
R_4	VB	VB	G	B	R_{47}	B	VG	B	A	R_{89}	G	A	G	G
R_5	VB	VB	VG	B	R_{48}	B	VG	A	A	R_{90}	G	A	VG	G
R_6	VB	B	VB	VB	R_{49}	B	VG	G	G	R_{91}	G	G	VB	A
R_7	VB	B	B	B	R_{50}	B	VG	VG	G	R_{92}	G	G	B	A
R_8	VB	B	A	B	R_{51}	A	VB	VB	B	R_{93}	G	G	A	G
R_9	VB	B	G	B	R_{52}	A	VB	B	B	R_{94}	G	G	G	G
R_{10}	VB	B	VG	A	R_{53}	A	VB	A	B	R_{95}	G	G	VG	G
R_{11}	VB	A	VB	B	R_{54}	A	VB	G	A	R_{96}	G	VG	VB	A
R_{12}	VB	A	B	B	R_{55}	A	VB	VG	A	R_{97}	G	VG	B	G
R_{13}	VB	A	A	B	R_{56}	A	B	VB	B	R_{98}	G	VG	A	G
R_{14}	VB	A	G	A	R_{57}	A	B	B	B	R_{99}	G	VG	G	G
R_{15}	VB	A	VG	A	R_{58}	A	B	A	A	R_{100}	G	VG	VG	VG
R_{26}	VB	G	VB	B	R_{59}	A	B	G	A	R_{101}	VG	VB	VB	B
R_{17}	VB	G	B	B	R_{60}	A	B	VG	A	R_{102}	VG	VB	B	A
R_{18}	VB	G	A	A	R_{61}	A	A	VB	B	R_{103}	VG	VB	A	A
R_{19}	VB	G	G	A	R_{62}	A	A	B	A	R_{104}	VG	VB	G	A
R_{20}	VB	G	VG	A	R_{63}	A	A	A	A	R_{105}	VG	VB	VG	G
R_{21}	VB	VG	VB	B	R_{64}	A	A	G	A	R_{106}	VG	B	VB	A
R_{22}	VB	VG	B	A	R_{65}	A	A	VG	G	R_{107}	VG	B	B	A
R_{23}	VB	VG	A	A	R_{66}	A	G	VB	A	R_{108}	VG	B	A	A
R_{24}	VB	VG	G	A	R_{67}	A	G	B	A	R_{109}	VG	B	G	G
R_{25}	VB	VG	VG	G	R_{68}	A	G	A	A	R_{110}	VG	B	VG	G
R_{26}	B	VB	VB	VB	R_{69}	A	G	G	G	R_{111}	VG	A	VB	A
R_{27}	B	VB	B	B	R_{70}	A	G	VG	G	R_{112}	VG	A	B	A
R_{28}	B	VB	A	B	R_{71}	A	VG	VB	A	R_{113}	VG	A	A	G
R_{29}	B	VB	G	B	R_{72}	A	VG	B	A	R_{114}	VG	A	G	G
R_{30}	B	VB	VG	A	R_{73}	A	VG	A	G	R_{115}	VG	A	VG	G
R_{31}	B	B	VB	B	R_{74}	A	VG	G	G	R_{116}	VG	G	VB	A
R_{32}	B	B	B	B	R_{75}	A	VG	VG	G	R_{117}	VG	G	B	G
R_{33}	B	B	A	B	R_{76}	G	VB	VB	B	R_{118}	VG	G	A	G
R_{34}	B	B	G	A	R_{77}	G	VB	B	B	R_{119}	VG	G	G	G
R_{35}	B	B	VG	A	R_{78}	G	VB	A	A	R_{120}	VG	G	VG	VG
R_{36}	B	A	VB	B	R_{79}	G	VB	G	A	R_{121}	VG	VG	VB	G
R_{37}	B	A	B	B	R_{80}	G	VB	VG	A	R_{122}	VG	VG	B	G
R_{38}	B	A	A	A	R_{81}	G	B	VB	B	R_{123}	VG	VG	A	G
R_{39}	B	A	G	A	R_{82}	G	B	B	A	R_{124}	VG	VG	G	VG
R_{40}	B	A	VG	A	R_{83}	G	B	A	A	R_{125}	VG	VG	VG	VG
R_{41}	B	G	VB	B	R_{84}	G	B	G	A					
R_{42}	B	G	B	A	R_{85}	G	B	VG	G					

Πίνακας 3

Βάση κανόνων για τη σύνθεση του δείκτη OSUS

Κανόνας R_p	ΑΝ η το ECOS είναι	ΚΑΙ το HUMS είναι	TOTE το OSUS είναι	Κανόνας R_p	ΑΝ η το ECOS είναι	ΚΑΙ το HUMS είναι	TOTE το OSUS είναι	Κανόνας R_p	ΑΝ η το ECOS είναι	ΚΑΙ το HUMS είναι	TOTE το OSUS είναι
R_1	VB	VB	EL	R_6	B	VB	VL	R_{11}	A	VB	L
R_2	VB	B	VL	R_7	B	B	L	R_{12}	A	B	FL
R_3	VB	A	L	R_8	B	A	FL	R_{13}	A	A	I
R_4	VB	G	FL	R_9	B	G	I	R_{14}	A	G	FH
R_5	VB	VG	I	R_{10}	B	VG	FH	R_{15}	A	VG	H

Κανόνας R_p	ΑΝ η το ECOS είναι	ΚΑΙ το HUMS είναι	TOTE το OSUS είναι	Κανόνας R_p	ΑΝ η το ECOS είναι	ΚΑΙ το HUMS είναι	TOTE το OSUS είναι
R_{16}	G	VB	FL	R_{21}	VG	VB	I
R_{17}	G	B	I	R_{22}	VG	B	FH
R_{18}	G	A	FH	R_{23}	VG	A	H
R_{19}	G	G	H	R_{24}	VG	G	VH
R_{20}	G	VG	VH	R_{25}	VG	VG	EH

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ

Στην ενότητα αυτή αναφέρονται οι ορισμοί των δεικτών έτσι όπως αυτοί περιγράφονται από τους φορείς από τους οποίους αποκτήθηκαν τα στοιχεία.

1. Δημοτικά απόβλητα.

Μετριέται σε χιλιόγραμμα ανά κάτοικο.

Δημοτικά απόβλητα είναι τα απόβλητα που συλλέγονται και διαχειρίζονται από ή για τους δήμους. Ο ορισμός καλύπτει απόβλητα από νοικοκυριά, συμπεριλαμβανομένου και των ογκωδών, παρόμοιων αποβλήτων από το εμπόριο, τα γραφεία, τα ιδρύματα και τις μικρές επιχειρήσεις, τις αυλές και τους κήπους, τον καθαρισμό των δρόμων, τα περιεχόμενα των κάδων απορριμμάτων και καθαριστικών της αγοράς. Ο ορισμός δεν περιλαμβάνει απόβλητα δημοτικά δίκτυα αποχέτευσης, ούτε και απόβλητα δημοτικών κατασκευών και κατεδαφίσεων.

Πηγή: Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης

2. Πυρηνικά απόβλητα.

Μετριέται σε χιλιάδες τόνους ανά κάτοικο.

Ο ορισμός αναφέρεται στα ρεύματα αποβλήτων που ελέγχονται σύμφωνα με τη σύμβαση Basel για τον έλεγχο των διασυνοριακών κινήσεων των επικίνδυνων αποβλήτων και της απόθεσής τους.

Πηγή: Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης

3. Επικίνδυνα απόβλητα.

Μετριέται σε τόνους βαρέων μετάλλων ανά κάτοικο.

Τα πυρηνικά απόβλητα παρουσιάζουν τις αυξήσεις στην ετήσια κατανάλωση καυσίμων στις μονάδες παραγωγής πυρηνικής ενέργειας του ΟΟΣΑ. Τα δεδομένα εκφράζονται σε τόνους βαρέων μετάλλων και περιλαμβάνουν προβλέψεις και εκτιμήσεις μέχρι το 2015. Κατά την ανάγνωση των δεδομένων θα πρέπει να σημειωθεί ότι δεν αντιπροσωπεύουν όλα τα δημιουργούμενα ραδιενεργά απόβλητα, και ότι οι καταναλωθείσες ποσότητες εξαρτώνται από το μερίδιο πυρηνικής ενέργειας στη παροχή ενέργειας και από την τεχνολογία που έχει υιοθετηθεί στις πυρηνικές μονάδες.

Πηγή: Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης

4. Ετήσιος ρυθμός πληθυσμιακής αύξησης

Ο πληθυσμός βασίζεται στον de facto ορισμό του πληθυσμού, ο οποίος μετρά όλους τους κατοίκους ανεξαρτήτου νομικής υπόστασης ή υπηκοότητας – εκτός από τους πρόσφυγες που δεν έχουν εγκατασταθεί στη χώρα που προσφέρει άσυλο, οι οποίοι γενικότερα θεωρούνται μέρος του πληθυσμού της χώρας καταγωγής τους.

Πηγή: Εκτιμήσεις της Παγκόσμιας Τράπεζας από διάφορες πηγές συμπεριλαμβανομένου αναφορές απογραφών, την Αναφορά Στατιστικών Πληθυσμών και Ζωής του Στατιστικού Τμήματος των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Statistics Division's Population and Vital Statistics Report), κρατικών στατιστικών υπηρεσιών, δημογραφικές έρευνες και έρευνες υγείας από εθνικές πηγές και τη Macro International.

5. Κατανάλωση φυτοφαρμάκων

Μετριέται σε καταναλωθέντα κιλά ανά εκτάριο καλλιεργήσιμης γης

Η υπερβολική χρήση φυτοφαρμάκων στις καλλιέργειες έχει αρνητικές συνέπειες στο έδαφος, τα ύδατα, τους ανθρώπους και τα άγρια ζώα.

Πηγή: Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα Ηνωμένων Εθνών

6. Κατανάλωση λιπασμάτων

Μετριέται σε 100 γραμμάρια λιπάσματος ανά εκτάριο καλλιεργήσιμης γης.

Η κατανάλωση λιπασμάτων μετράει την ποσότητα των θρεπτικών που χρησιμοποιούνται καλλιεργήσιμης γης και τα προϊόντα αυτά καλύπτουν νιτρικά, ποτάσα και φωσφορικά λιπάσματα. Η υπερβολική χρήση λιπασμάτων στις καλλιέργειες έχει αρνητικές συνέπειες

στο έδαφος, τα ύδατα, αλλάζει την χημεία και τα επίπεδα θρεπτικών οδηγώντας σε ευτροφισμό των υδάτινων φορέων.

Πηγή: Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα Ηνωμένων Εθνών

7. Ερημοποίηση εδάφους

Μετριέται σε % ποσοστό άνυδρων περιοχών.

Οι άνυδρες περιοχές είναι υποβαθμισμένα εδάφη που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της ερημοποίησης λόγω της υπερβόσκησης και άλλων ακατάλληλων μορφών χρήσης.

Πηγή: Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) του ΟΗΕ.

8. Δασικές εκτάσεις

Μετριέται σε % ποσοστό της έκτασης που υπήρχε το έτος 2000.

Δασική περιοχή θεωρείται το έδαφος με φυσικές ή φυτεμένες συστάδες δέντρων, παραγωγικών ή μη.

Πηγή: Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), Ετήσια αναφορά παραγωγής και αρχεία δεδομένων.

9. Συμμετοχή σε διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες

Μετριέται σε κλίμακα μεταξύ 0 και 1, 1 ισοδυναμεί σε πλήρη συμμετοχή.

Η συμμετοχή στις διεθνείς περιβαλλοντικές προσπάθειες πρέπει να μετριέται πέρα από τις υπογραφές σε συμβάσεις. Για το λόγο αυτό, η μεταβλητή αυτή συνδυάζει επικυρώσεις συμφωνιών και συμβάσεων με το επίπεδο ενεργούς συμμετοχής και συμβολής και συμμόρφωσης στις υποχρεώσεις που απορρέουν.

Πηγή: Περιβαλλοντικός Δείκτης Αειφορίας, Κέντρο Περιβαλλοντικής Νομοθεσίας και Πολιτικών του Πανεπιστημίου του Yale.

10. Αναδάσωση (Μεταβολή δάσους)

Μετριέται σε ποσοστό και είναι η ετήσια αύξηση ή μείωση της δασικής περιοχής.

Πηγή: Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), Ετήσια αναφορά παραγωγής και αρχεία δεδομένων.

11. Προστατευόμενες περιοχές

Μετρίεται σε % ποσοστό της συνολικής έκτασης.

Προστατευόμενη περιοχή εδάφους ή υδάτων θεωρείται η περιοχή η οποία είναι αφιερωμένη ειδικά, στην προστασία και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και των φυσικών και σχετικών πολιτιστικών πόρων, και η οποία διαχειρίζεται μέσω νομικών ή άλλων αποτελεσματικών μέσων.

Πηγή: Παγκόσμια Ένωση Διατήρησης (World Conservation Union).
www.wcmc.org.uk/protected_areas/categories/eng/index.html

12. Ανακύκλωση γυαλιού

Μετρίεται ως κλάσμα.

Ο «λόγος ανακύκλωσης» είναι ο λόγος των ποσοτήτων που συλλέγονται για ανακύκλωση προς την προφανή κατανάλωση (με την οικονομική έννοια της εγχώριας παραγωγής + εισαγωγές – εξαγωγές). Θα έπρεπε, όμως, να τονιστεί ότι οι ορισμοί μπορεί να διαφέρουν από το ένα κράτος στο άλλο. Συγκεκριμένα, σε κάποιες περιοχές ο λόγος ανακύκλωσης μπορεί να χρησιμοποιεί τη συνολική ποσότητα των δημιουργούμενων αποβλήτων.

13. Ανακύκλωση χαρτιού.

Μετρίεται ως κλάσμα.

Ο «λόγος ανακύκλωσης» είναι ο λόγος των ποσοτήτων που συλλέγονται για ανακύκλωση προς την προφανή κατανάλωση (με την οικονομική έννοια της εγχώριας παραγωγής + εισαγωγές – εξαγωγές). Θα έπρεπε, όμως, να τονιστεί ότι οι ορισμοί μπορεί να διαφέρουν από το ένα κράτος στο άλλο. Συγκεκριμένα, σε κάποιες περιοχές ο λόγος ανακύκλωσης μπορεί να χρησιμοποιεί τη συνολική ποσότητα των δημιουργούμενων αποβλήτων.

14. Καταναλώσεις υδάτων ανά κάτοικο.

Μετρίεται σε ποσοστό κατανάλωσης προς τα ετήσια ανανεώσιμα αποθέματα .

Πηγή: Παγκόσμιο Ινστιτούτο Πόρων (World Resources Institute)

15. Εκπομπές ρυπαντών υδάτων Βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (BOD).

Οι εκπομπές οργανικών ρυπαντών μετρώνται σε όρους βιοχημικώς απαιτούμενου οξυγόνου, το οποίο αναφέρεται στην ποσότητα οξυγόνου που χρειάζονται να καταναλώσουν τα βακτηρίδια του νερού προκειμένου να διασπάσουν τα απόβλητα. Πρόκειται για ένα τυπικό έλεγχο επεξεργασίας του νερού για την παρουσία οργανικών ρυπαντών.

Πηγή: Παγκόσμια Τράπεζα, Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα Ηνωμένων Εθνών

16. Ποιότητα υδάτινων πόρων, Συγκεντρώσεις Φωσφόρου

Μετριέται σε μgrams φωσφόρου ανά λίτρο νερού.

Αποτελεί δείκτη ευτροφισμού, ο οποίος επηρεάζει τους υδάτινους πόρους.

Πηγή: Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα Ηνωμένων Εθνών

17. Ποιότητα υδάτινων πόρων, Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Μετριέται σε Micro-Siemens ανά εκατοστόμετρο centimeter

Αποτελεί ως μέτρο της συγκέντρωσης των μετάλλων και της αλατότητας. Μεγάλα επίπεδα αγωγιμότητας αντιστοιχούν σε μεγάλες συγκεντρώσεις μετάλλων.

Πηγή: Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα Ηνωμένων Εθνών

18. Δημόσιες μονάδες επεξεργασίας υδατολυμάτων.

Μετριέται σε ποσοστό του πληθυσμού που είναι συνδεδεμένο με δημόσιες μονάδες επεξεργασίας υδατολυμάτων.

Σύνδεση εννοείται ως η πραγματική σύνδεση μέσω δημοσίου δικτύου αποχέτευσης. Μη δημόσιες μονάδες επεξεργασίας, όπως βιομηχανικές ή ιδιωτικές όπως σепτικές δεξαμενές δεν καλύπτονται από τον ορισμό. Αξίζει να σημειωθεί ότι η βέλτιστη τιμή δεν είναι 100% διότι μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τις χώρες, βασισμένοι στα γεωγραφικά χαρακτηριστικά και τη χωρική διανομή των κατοίκων.

Πηγή: Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης

19. Απειλούμενα είδη πτηνών.

Μετρίεται σε απόλυτο αριθμό ειδών.

Ο όρος «απειλούμενος» περιλαμβάνει είδη τα οποία ανήκουν στις κατηγορίες Οριακά σε κίνδυνο -Critically Endangered (CR)- σε κίνδυνο -Endangered (EN)- και Τρωτά -Vulnerable (VU). Μια τάξη ειδών είναι Οριακά σε κίνδυνο όταν τα βέλτιστα διαθέσιμα αποδεικτικά στοιχεία δεικνύουν ότι ικανοποιεί κάποιο από τα κριτήρια Α έως Ε για την υπαγωγή του στην κατηγορία αυτή και για το λόγο αυτό θεωρείται να αντιμετωπίζει υπερβολικά μεγάλη πιθανότητα έκλειψης. Μια τάξη ειδών είναι σε κίνδυνο όταν τα βέλτιστα διαθέσιμα αποδεικτικά στοιχεία δεικνύουν ότι ικανοποιεί κάποιο από τα κριτήρια Α έως Ε για την υπαγωγή του στην κατηγορία αυτή και για το λόγο αυτό θεωρείται να αντιμετωπίζει πολύ μεγάλη πιθανότητα έκλειψης. Μια τάξη ειδών είναι σε κίνδυνο όταν τα βέλτιστα διαθέσιμα αποδεικτικά στοιχεία δεικνύουν ότι ικανοποιεί κάποιο από τα κριτήρια Α έως Ε για την υπαγωγή του στην κατηγορία αυτή και για το λόγο αυτό θεωρείται να αντιμετωπίζει μεγάλη πιθανότητα έκλειψης.

Πηγή: Διεθνής Ένωση για τη Διατήρηση της Φύσης, International Union for the Conservation of Nature (IUCN)

20. Απειλούμενα είδη θηλαστικών

Ομοίως με τα απειλούμενα είδη πτηνών (19)

21. Απειλούμενα είδη φυτών

Ομοίως με τα απειλούμενα είδη πτηνών (19)

22. Απειλούμενα είδη ιχθύων

Ομοίως με τα απειλούμενα είδη πτηνών (19)

23. Απειλούμενα είδη αμφίβιων

Ομοίως με τα απειλούμενα είδη πτηνών (19)

24. Απειλούμενα είδη ερπετών

Ομοίως με τα απειλούμενα είδη πτηνών (19)

25. Ουσίες που καταστρέφουν το Όζον (Κατανάλωση CFCs)

Μετριέται σε μετρικούς τόνους.

Η χρήση και απελευθέρωση χλωροφθορανθράκων οδηγεί στην αλλοίωση του στρώματος του Όζοντος. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν απαγορεύσεις σε αρκετές χώρες, η χρήση συνεχίζεται κυρίως σε λιγότερο ανεπτυγμένες.

Πηγή: Γραμματεία Όζοντος του Περιβαλλοντικού προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών (UNEP-Ozone Secretariat).

26. Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου

Μετριέται σε ισοδύναμους τόνους CO₂ ανά κάτοικο

Περιλαμβάνει συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs and SF₆), χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι αλλαγές χρήσεις γης και δασών.

Πηγή: UNFCCC

27. Θνησιμότητα από αναπνευστικές μολύνσεις.

Μετριέται σε θανάτους ανά 100.000 κατοίκους.

Για τις ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος τα αποτελέσματα γενικά είναι ενόχληση και μειωμένη λειτουργία των πνευμόνων με αυξημένα περιστατικά αναπνευστικών ασθενειών, ειδικά στα πιο επιρρεπή άτομα του πληθυσμού όπως τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι και οι ασθματικοί.

Πηγή: Βάση δεδομένων Ευρωπαϊκών Δεικτών θνησιμότητας, European mortality indicator database (HFA-MDB), www.euro.who.int

28. Συγκεντρώσεις NO₂ στην ατμόσφαιρα

Μετριέται σε (ug/m³) χρησιμοποιώντας έτος βάσης το 1990 όπου αποδίδεται η τιμή 100.

Η μετρήσεις αφορούν τις σημαντικότερες πόλεις κρατών του Ο.Ο.Σ.Α. ενώ υπάρχουν και αναγωγές σε εθνικό επίπεδο. Οι μετρητές είναι τοποθετημένοι σε περιοχές με υψηλές συγκεντρώσεις. Η απόκλιση από το έτος βάσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της κατάστασης της ποιότητας του αέρα.

Πηγή: Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης

29. Συγκεντρώσεις SO₂ στην ατμόσφαιρα

Ομοίως με τις συγκεντρώσεις NO₂ (28)

30. Συγκεντρώσεις συνολικών αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα

Ομοίως με τις συγκεντρώσεις NO₂ (28)

31. Παραγωγή από ΑΠΕ

Μετριέται σε % ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Πρόκειται για ποσοστό ενέργειας που παράγεται από υδροηλεκτρικά και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ως προς τη συνολική κατανάλωση ενέργειας.

Πηγή: Υπηρεσία Πληροφόρησης Ενέργειας Η.Π.Α., Διεθνής Υπηρεσία Ενέργειας

32. Επιβάτες σιδηροδρόμου.

Ο όρος επιβάτες σιδηροδρόμου αναφέρεται στο συνολικό αριθμό επιβατών που μεταφέρονται επί τον αριθμό των χιλιομέτρων που ταξιδεύουν διαιρεμένα με το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν σε εκατομμύρια δολάρια, μετρούμενα με όρους αγοραστικής ικανότητας (PPP).

Πηγή: Παγκόσμια Τράπεζα

33. Αμυντικές Δαπάνες

Μετριέται σε ποσοστό % Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος.

Οι αμυντικές δαπάνες βασίζονται στον ορισμό του NATO, ο οποίος περιλαμβάνει όλες τις τρέχουσες και δαπάνες κεφαλαίου των ενόπλων δυνάμεων, συμπεριλαμβάνοντας τις ειρηνευτικές δυνάμεις, τα υπουργεία αμύνης και τις υπόλοιπες κυβερνητικές υπηρεσίες που εμπλέκονται σε προγράμματα άμυνας, παραστρατιωτικές δυνάμεις, αν έχει κριθεί ότι έχουν εκπαιδευτεί και εξοπλιστεί για στρατιωτικούς σκοπούς και στρατιωτικές ενέργειες του διαστήματος. Οι παραπάνω δαπάνες περιλαμβάνουν στρατιωτικό και πολιτικό προσωπικό, συμπεριλαμβάνοντας συντάξεις και κοινωνικές παροχές του προσωπικού, λειτουργία και συντήρηση, προμήθειες, στρατιωτική έρευνα και ανάπτυξη και

στρατιωτική βοήθεια (στις στρατιωτικές δαπάνες της χώρας δότη). Δεν περιλαμβάνονται πολιτική άμυνα και τρέχοντα έξοδα από προηγούμενες στρατιωτικές ενέργειες, όπως τα επιδόματα των βετεράνων, ακινητοποίηση, μετατροπή και καταστροφή των όπλων. Ο ορισμός αυτός δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις χώρες, όμως, από τη στιγμή που κάτι τέτοιο θα απαιτούσε πιο λεπτομερείς πληροφορίες από όσες είναι διαθέσιμες σχετικά με το τι περιλαμβάνεται στους στρατιωτικούς προϋπολογισμούς και για είδη εκτός στρατιωτικού προϋπολογισμού. (Για παράδειγμα, οι στρατιωτικοί προϋπολογισμοί μπορεί ή όχι να καλύπτουν την πολιτική άμυνα, τις εφεδρείες και τις βοηθητικές δυνάμεις, την αστυνομία και παραστρατιωτικές δυνάμεις, δυνάμεις διπλής χρησιμότητας όπως στρατιωτική και πολιτική αστυνομία, στρατιωτικές παροχές σε είδος, συντάξεις για στρατιωτικό προσωπικό και κοινωνικά επιδόματα που πληρώνονται από μια κυβέρνηση σε μια άλλη.)

Πηγή: Διεθνές Ινστιτούτο Έρευνας Ειρήνης Στοκχόλμη, Stockholm International Peace Research Institute (SPIRE), Yearbook: Armaments, Disarmament and International Security.

34. Πρόσφυγες

Μετρίεται σε ποσοστό του πληθυσμού της χώρας προέλευσης.

Πρόσφυγες είναι οι άνθρωποι που αναγνωρίζονται έτσι υπό την Σχετική Σύμβαση για την Κατάσταση των Προσφύγων του 1951 ή το Πρωτόκολλο του 1967, τη Σύμβαση του Οργανισμού Αφρικανικής Ενότητας που Διέπει τις Ειδικές Περιπτώσεις των Προβλημάτων Προσφύγων στην Αφρική του 1969, άνθρωποι που αναγνωρίζονται ως πρόσφυγες από την Ύπατη Αρμοστεία για τους Πρόσφυγες του ΟΗΕ, άνθρωποι στους οποίους έχει δοθεί στάτους ύπαρξης τύπου προσφύγων και άνθρωποι που τυγχάνουν υπό προσωρινή προστασία.

Πηγές: Παγκόσμια Τράπεζα, ΟΗΕ

35. Πολιτικά δικαιώματα.

Μετρίεται σε κλίμακα από 1 έως 7 (με το 1 να αντιπροσωπεύει τα πιο ελεύθερα και το 7 τα λιγότερο) από την The Freedom House Annual Survey η οποία εφαρμόζει τη λίστα

ελέγχου των Πολιτικών δικαιωμάτων για να καθορίσει το βαθμό στον οποίο οι άνθρωποι συμμετέχουν στις πολιτικές διαδικασίες της χώρας τους.

36. Πολιτικές ελευθερίες.

Μετριέται σε κλίμακα από 1 έως 7 (με το 1 να αντιπροσωπεύει τα πιο ελεύθερα και το 7 τα λιγότερο) από την The Freedom House Annual Survey η οποία εφαρμόζει τη λίστα ελέγχου των Πολιτικών ελευθεριών για να παρακολουθήσει την πρόοδο και την εξασθένιση των παγκόσμια.

37. Δείκτης Gini

Μετράει το εύρος διασπορά του εισοδήματος (ή σε κάποιες περιπτώσεις των δαπανών κατανάλωσης) ανάμεσα σε ιδιώτες ή νοικοκυριά, για την απόκλιση μιας οικονομίας από την τέλεια ίση κατανομή. Μια καμπύλη Lorenz σκιαγραφεί τα αθροιστικά ποσοστά του συνολικού εισοδήματος έναντι του αθροιστικού αριθμού των ληπτών του εισοδήματος, ξεκινώντας με το φτωχότερο άτομο ή νοικοκυριό. Ο δείκτης μετρά την περιοχή μεταξύ της καμπύλης και της υποθετικής ευθείας της απόλυτης ισότητας, εκφρασμένη ως ποσοστό της μέγιστης περιοχής πάνω από την ευθεία Έτσι ο δείκτης με 0 αναπαριστά την τέλεια ισότητα, ενώ ο 100 την τέλεια ανισότητα.

Πηγή: Παγκόσμια Τράπεζα

38. Περιβαλλοντική νομοθεσία

Μετριέται σε κλίμακα 0 έως 100.

Βασίζεται σε ερωτήσεις έρευνας για πολλές πτυχές περιβαλλοντικής νομοθεσίας: κανονισμοί για την ποιότητα του αέρα και των υδάτων, τα χημικά και τοξικά απόβλητα. Επίσης, αναφέρεται στη διαφάνεια και σταθερότητα, ευελιξία, καινοτομία, αυστηρότητα και συνέπεια της επιβολής των περιβαλλοντικών κανονισμών και ηγεσίας στην περιβαλλοντική πολιτική.

Πηγές: Παγκόσμιο Οικονομικό Φόρουμ

39. Ανταποδοτικότητα φορολογίας

Τα έσοδα εισφορών αναφέρονται στις υποχρεωτικές μεταφορές στην κεντρική κυβέρνηση για συγκεκριμένους δημόσιους σκοπούς. Συγκεκριμένες υποχρεωτικές μεταφορές όπως πρόστιμα, ποινές και οι κυριότερες εισφορές κοινωνικής ασφάλισης αποκλείονται. Επιστροφές και διορθώσεις λανθασμένα συλλεγόντων φόρων αντιμετωπίζονται ως αρνητική εισφορά.

Πηγή: Διεθνές νομισματικό ταμείο, International Monetary Fund, International Financial Statistics and data files, και εκτιμήσεις της Παγκόσμιας τράπεζας και του ΟΟΣΑ.

40. Πληθωρισμός

Μετρίεται σε ετήσιο % ποσοστό του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (Α.Ε.Π.) και δείχνει το ρυθμό αλλαγής των τιμών σε μια οικονομία στο σύνολό της. Ο πληθωρισμός είναι ο ρυθμός του Α.Ε.Π. σε τρέχον τοπικό νόμισμα προς το Α.Ε.Π. σε σταθερό τοπικό νόσημα.

Πηγή: Δεδομένα εθνικών λογαριασμών της Παγκόσμιας Τράπεζας και δεδομένα εθνικών λογαριασμών του ΟΟΣΑ.

41. Εισαγωγές

Μετρίεται σε % ποσοστό του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος.

Οι εισαγωγές προϊόντων και υπηρεσιών αντιπροσωπεύουν την αξία όλων των αγαθών και άλλων αγοραίων υπηρεσιών που λαμβάνονται από τον υπόλοιπο κόσμο. Περιλαμβάνουν την αξία της εμπορίας, αποστολής, ασφάλειας, μεταφορά, ταξιδιού, δικαιωμάτων, αδειών και άλλων υπηρεσιών όπως, επικοινωνίας, κατασκευής, οικονομικών, πληροφοριών, επιχειρηματικών, ιδιωτικών και κυβερνητικών υπηρεσιών. Εξαιρούνται τα εισοδήματα εργασίας και ιδιοκτησίας (υπηρεσίες συντελεστών) όπως και πληρωμές μεταφορών.

Πηγή: Δεδομένα εθνικών λογαριασμών της Παγκόσμιας Τράπεζας και δεδομένα εθνικών λογαριασμών του ΟΟΣΑ.

42. Ανεργία

Μετρίεται σε % ποσοστό του εργατικού δυναμικού.

Αναφέρεται στο μερίδιο του εργατικού δυναμικού το οποίο δεν εργάζεται αλλά είναι διαθέσιμο και ερευνά για εξεύρεση εργασίας. Οι ορισμοί του εργατικού δυναμικού και της ανεργίας ποικίλουν από χώρα σε χώρα.

Πηγή: Διεθνής οργανισμός εργασίας, International Labor Organization, Key Indicators of the Labor Market database.

43. Εξωτερικό χρέος

Μετριέται σε % ποσοστό του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος.

Χρέος είναι το ολικό απόθεμα των άμεσων κυβερνητικών καθορισμένου χρόνου υποχρεώσεων σε τρίτους την συγκεκριμένη ημερομηνία. Περιλαμβάνει εγχώριες και απαιτήσεις εξωτερικού όπως χρηματικές καταθέσεις, ασφάλειες άλλες πέραν των μετοχών και δανείων. Είναι το ακαθάριστο ποσό των κυβερνητικών πιστώσεων μειωμένες κατά το ποσό των ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων και οικονομικών παραγώγων που κρατώνται από την κυβέρνηση. Επειδή το χρέος είναι ένα απόθεμα παρά μια ροή, μετριέται για μια δεδομένη ημερομηνία, συνήθως την τελευταία ημέρα του λογιστικού έτους.

Πηγή: Διεθνές Νομισματικό Ταμείο, Αρχεία διεθνών οικονομικών στατιστικών και εκτιμήσεις της Παγκόσμιας Τράπεζας και του ΟΟΣΑ για το ΑΕΠ. International Monetary Fund, International Financial Statistics and data files, and World Bank and OECD GDP estimates.

44. Ακαθάριστο Εθνικό Εισόδημα ανά κάτοικο.

Μετριέται σε δολάρια ΗΠΑ βασισμένο σε ισοτιμίες αγοραστικής δύναμης (PPP).

Είναι το Ακαθάριστο Εθνικό Εισόδημα που έχει μετατραπεί σε διεθνή δολάρια χρησιμοποιώντας τους λόγους της αγοραστικής δύναμης. Ένα διεθνές δολάριο έχει την ίδια αγοραστική αξία πάνω στο Ακαθάριστο Εθνικό Εισόδημα με αυτή που έχει ένα δολάριο ΗΠΑ στις ΗΠΑ. Το Ακαθάριστο Εθνικό Εισόδημα είναι το άθροισμα της προστιθέμενης αξίας από όλους τους κατοίκους παραγωγούς συν φόρους προϊόντων (εκτός επιχορηγήσεων) τα οποία δεν περιλαμβάνονται στην εκτίμηση του αποτελέσματος συν τις καθαρές εισπράξεις του αρχικού εισοδήματος (αποζημίωση εργαζομένων και

εισοδήματα ιδιοκτησίας) από το εξωτερικό. Τα δεδομένα είναι σε τρέχοντα διεθνή δολάρια.

Πηγή: Παγκόσμια Τράπεζα, Βάση δεδομένων Προγράμματος Διεθνών Συγκρίσεων. World Bank, International Comparison Programme database.

45. Φτώχεια

Μετρίεται σε % ποσοστό του συνολικού πληθυσμού.

Το εθνικό ποσοστό πτώχειας είναι το ποσοστό του πληθυσμού το οποίο διαβιώνει κάτω από το εθνικό όριο πτώχειας. Οι εθνικές εκτιμήσεις βασίζονται σε εκτιμήσεις υποομάδων σταθμισμένου πληθυσμού από έρευνες σε νοικοκυριά.

Πηγή: Εκτιμήσεις του προσωπικού της Παγκόσμιας Τράπεζας βασισμένες στις εκτιμήσεις πτώχειας κάθε κράτους.

46. Εξαγωγές

Μετρίεται σε % ποσοστό του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος.

Οι εξαγωγές προϊόντων και υπηρεσιών αντιπροσωπεύουν την αξία όλων των αγαθών και άλλων αγοραίων υπηρεσιών που παρέχονται προς τον υπόλοιπο κόσμο. Περιλαμβάνουν την αξία της εμπορίας, αποστολής, ασφάλειας, μεταφορά, ταξιδιού, δικαιωμάτων, αδειών και άλλων υπηρεσιών όπως, επικοινωνίας, κατασκευής, οικονομικών, πληροφοριών, επιχειρηματικών, ιδιωτικών και κυβερνητικών υπηρεσιών. Εξαιρούνται τα εισοδήματα εργασίας και ιδιοκτησίας (υπηρεσίες συντελεστών) όπως και πληρωμές μεταφορών.

Πηγή: Δεδομένα εθνικών λογαριασμών της Παγκόσμιας Τράπεζας και δεδομένα εθνικών λογαριασμών του ΟΟΣΑ.

47. Άμεσες εξωτερικές επενδύσεις

Μετρίεται σε % ποσοστό του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος.

Οι άμεσες επενδύσεις εξωτερικού είναι οι καθαρές εισροές των επενδύσεων για την απόκτηση lasting management interest διαρκούς διαχειριστικού επιτοκίου (10% ή περισσότερο των voting stock) σε μια επιχείρηση που λειτουργεί σε μια οικονομία άλλη από αυτή των επενδυτών. Είναι το άθροισμα του κεφαλαίου ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων, επανεπένδυσης των κερδών, πέραν των μακροπρόθεσμων κεφαλαίων, και

βραχυπρόθεσμων κεφαλαίων όπως παρουσιάζονται στο ισοζύγιο πληρωμών. Οι σειρές αυτές παρουσιάζουν τις καθαρές εισροές στην αναφερόμενη οικονομία.

Πηγή: Διεθνές Νομισματικό Ταμείο, Αρχεία διεθνών οικονομικών στατιστικών και εκτιμήσεις της Παγκόσμιας Τράπεζας και του ΟΟΣΑ για το ΑΕΠ. International Monetary Fund, International Financial Statistics and data files, and World Bank and OECD GDP estimates.

48. Θνησιμότητα βρεφών

Υπολογίζεται ως ο αριθμός των βρεφών που πεθαίνουν πριν να συμπληρώσουν το πρώτο έτος της ηλικίας τους, ανά 1.000 γεννήσεις σε μια δεδομένη χρονιά.

Πηγή: Εκτιμήσεις της Παγκόσμιας Τράπεζας χρησιμοποιώντας δεδομένα του ΟΗΕ και της UNICEF, State of the World's Children.

49. Θνησιμότητα μητέρων

Μετριέται σε περιπτώσεις ανά 100.000 κατοίκους

Μητρικός θάνατος θεωρείται ο θάνατος μιας γυναίκας η οποία είναι έγκυος ή βρίσκεται σε διάστημα 42 ημερών από τη λήξη της εγκυμοσύνης, ανεξάρτητα από τη διάρκεια και τον τόπο της εγκυμοσύνης, από οποιοδήποτε αίτιο που σχετίζεται ή οφείλεται στην εγκυμοσύνη ή τη διαχείρισή της αλλά όχι από ατυχήματα.

Πηγή: Παγκόσμια Οργάνωση υγείας.

50. AIDS HIV

Μετριέται ως % ποσοστό του πληθυσμού ηλικίας 15-49 που έχει μολυνθεί με τον ιό.

Πηγή: Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας και Ο.Η.Ε. για το AIDS, UNAIDS

51. Φυματίωση

Μετριέται σε περιστατικά ανά πληθυσμό.

Αναφέρεται σε όλες τις μορφές φυματίωσης, συμπεριλαμβανομένου φορέων HIV.

Πηγή: Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας

52. Πολιομυελίτιδα

Μετριέται σε περιστατικά ανά πληθυσμό

Περιπτώσεις πολιομυελίτιδας είναι αυτές που επιβεβαιώνονται με εργαστηριακές εξετάσεις ή είναι εγγενείς της μόλυνσης με πολιομυελίτιδα.

Πηγή: Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας

53. Προσδόκιμο ζωής (στη γέννηση)

Το προσδόκιμο ζωής στη γέννηση δεχνει τον αριθμό των ετών που ένα νεογέννητο θα ζούσε αν τα επικρατώντα πρότυπα θνησιμότητας της στιγμής της γέννησης διατηρούνταν τα ίδια σε όλη τη διάρκεια της ζωής του.

Πηγή: Εκτιμήσεις της Παγκόσμιας Τράπεζας από διάφορες πηγές συμπεριλαμβανομένου αναφορές απογραφών, την Αναφορά Στατιστικών Πληθυσμών και Ζωής του Στατιστικού Τμήματος των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Statistics Division's Population and Vital Statistics Report), κρατικών στατιστικών υπηρεσιών, δημογραφικές έρευνες και έρευνες υγείας από εθνικές πηγές και τη Macro International.

54. Εμβολιασμός ενάντια στην ιλαρά (% παιδών ηλικίας 12-23 μηνών)

Μετριέται ως το % ποσοστό των παιδιών ηλικίας 12-23 μηνών που έχουν εμβολιαστεί πριν συμπληρώσουν το πρώτο έτος της ηλικίας τους. Ένα παιδί θεωρείται ότι είναι επαρκώς ανοσοποιημένο ενάντια στη ιλαρά αφού έχει λάβει 1 δόση του εμβολίου.

Πηγή: Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας

55. Ανοσοποίηση ενάντια στο DPT (% παιδών ηλικίας 12-23 μηνών)

Μετριέται ως το % ποσοστό των παιδιών ηλικίας 12-23 μηνών που έχουν εμβολιαστεί πριν συμπληρώσουν το πρώτο έτος της ηλικίας τους. Ένα παιδί θεωρείται ότι είναι επαρκώς ανοσοποιημένο ενάντια στη διφθερίτιδα, τον κοκκύτη και τον τέτανο αφού έχει λάβει 3 δόσεις του εμβολίου.

Πηγή: Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας

56. Ημερήσια πρόσληψη θερμίδων.

Μετριέται σε χιλιοθερμίδες.

Τα δεδομένα δίνουν εκτιμήσεις συνολικών και κατά κεφαλή προμηθειών τροφίμων διαθέσιμων για κατανάλωση κατά τη διάρκεια της αναφερόμενης περιόδου σε όρους ποσοτήτων και, εφαρμόζοντας τους κατάλληλους συντελεστές σύνθεσης τροφίμων για όλα τα παρασκευασμένα και μη προϊόντα, επίσης σε όρους θερμιδικής αξίας και περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και λίπος. Οι προμήθειες κατά κεφαλή σε όρους βάρους προϊόντος παράγονται από τις συνολικές προμήθειες που είναι διαθέσιμες για ανθρώπινη κατανάλωση (πχ φαγητό) διαιρώντας τις ποσότητες τροφής με τον συνολικό αριθμό πληθυσμού στον οποίο πραγματικά χορηγούνται οι προμήθειες τροφίμων κατά την περίοδο αναφοράς, για παράδειγμα για τον πραγματικό πληθυσμό που υπάρχει σε μια περιοχή μέσα στα γεωγραφικά όρια μιας χώρας. Με άλλα λόγια εξαιρούνται οι υπήκοοι που μένουν στο εξωτερικό, αλλά οι αλλοδαποί που διαμένουν στην χώρα. Τροποποιήσεις γίνονται όποτε είναι δυνατό για μερική απουσία ή παρουσία, όπως μόνιμοι πρόσφυγες, τουρίστες και πρόσφυγες που υποστηρίζονται από συγκεκριμένα προγράμματα.

Πηγή: Οργανισμός Γεωργίας και Τροφίμων FAO.

57. Αριθμός γιατρών ανά 1000 άτομα

Μετρείται ως ο λόγος των ιατρών προς το συνολικό πληθυσμό.

Ως ιατροί θεωρούνται οι απόφοιτοι κάθε σχολής ιατρικής οι οποίοι εργάζονται στην χώρα σε οποιοδήποτε τομέα της υγείας (πρακτική, διδασκαλία, έρευνα).

Πηγή: Παγκόσμια Τράπεζα, Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, ΟΟΣΑ

58. Νοσοκομειακές κλίνες (ανά 1000 άτομα)

Περιλαμβάνουν κλίνες ασθενών διαθέσιμες σε δημόσια, ιδιωτικά, γενικά και εξειδικευμένα νοσοκομεία και μονάδες αποκατάστασης. Στις περισσότερες περιπτώσεις περιλαμβάνονται κλίνες για άμεση αλλά και χρόνια φροντίδα.

Πηγή: Παγκόσμια Τράπεζα, Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, ΟΟΣΑ

59. Δημόσια δαπάνη για την Υγεία

Μετρείται σε % ποσοστό του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος.

Οι δημόσια δαπάνη για την υγεία αποτελείται από επιστραφέντα κεφάλαια και κατανάλωση κεφαλαίου από τον προϋπολογισμό της κυβέρνησης (κεντρικής και τοπικής), εξωτερικά δάνεια και χορηγήσεις (περιλαμβάνοντας δωρεές από διεθνείς υπηρεσίες και μη κυβερνητικούς οργανισμούς), και δημόσια (ή υποχρεωτικά) κεφάλαια ασφάλισης υγείας.

Πηγή: Παγκόσμια Τράπεζα, Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας

60. Πρόσβαση σε ασφαλείς υδάτινους πόρους

Μετριέται σε ποσοστό %.

Το ποσοστό του πληθυσμού με πρόσβαση σε εγκαταστάσεις παροχής καθαρού πόσιμου νερού.

Πηγή: Παγκόσμια Τράπεζα, Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας

61. Πρόσβαση σε συνθήκες υγιεινής

Μετριέται σε ποσοστό %.

Το ποσοστό του πληθυσμού με πρόσβαση σε εγκαταστάσεις υγιεινής.

Πηγή: Παγκόσμια Τράπεζα, Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας

62. Αναλογία καθηγητών προς μαθητές στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση

Μετριέται σε % ποσοστό των μαθητών.

Ως καθηγητικό προσωπικό θεωρούνται άτομα που προσλαμβάνονται με μόνιμη ή μερική απασχόληση ώστε επισήμως να καθοδηγούν και να κατευθύνουν την μαθησιακή εμπειρία μαθητών και σπουδαστών, ανεξάρτητα από τις ικανότητές τους ή τους μηχανισμούς για παράδειγμα ιδιαίτερα ή εξ αποστάσεως μάθηση. Ο ορισμός εξαιρεί το εκπαιδευτικό προσωπικό που δεν έχει ενεργά εκπαιδευτικά καθήκοντα (για παράδειγμα διευθυντές που δεν διδάσκουν) και άτομα που εργάζονται περιστασιακά ή σε εθελοντική βάση σε εκπαιδευτικά ιδρύματα.

Πηγή: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO) Institute for Statistics.

63. Αναλογία καθηγητών προς μαθητές στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Ομοίως με την πρωτοβάθμια εκπαίδευση (62).

64. Αναλογία καθηγητών προς μαθητές στην τριτοβάθμια εκπαίδευση

Ομοίως με την πρωτοβάθμια εκπαίδευση (62).

65. Αναμενόμενα έτη παρακολούθησης εκπαίδευσης αρρένων

Αποτελεί το άθροισμα των ποσοστών εγγραφής των συγκεκριμένων ηλικιών για τα καθορισμένα επίπεδα εκπαίδευσης. Για την αντιστάθμιση των ελλειπών δεδομένων ανά ηλικία για την τριτοβάθμια εκπαίδευση το ποσοστό εγγραφής για την τριτοβάθμια πολλαπλασιάζεται με 5 και χρησιμοποιείται ως σταθερά των συγκεκριμένων ηλικιών για τα καθορισμένα επίπεδα εκπαίδευσης. Οι εγγραφές για τα υπόλοιπα επίπεδα εκπαίδευσης τα οποία δεν κατανέμονται σε ηλικίες διαιρούνται με τον πληθυσμό σχολικής ηλικίας και πολλαπλασιάζονται με τη διάρκεια του συγκεκριμένου επιπέδου πριν προστεθεί στο άθροισμα των αναλογιών εγγραφής των συγκεκριμένων ηλικιών.

Πηγή: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO) Institute for Statistics.

66. Αναμενόμενα έτη παρακολούθησης εκπαίδευσης θηλέων

Ομοίως με των αρρένων (65).

67. Καθαρό ποσοστό εγγραφής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση

Το καθαρό ποσοστό εγγραφής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση προκύπτει ως ακολούθως. Μετριέται ως ο αριθμός των μαθητών που εγγράφονται σε μια δεδομένη τάξη ή επίπεδο εκπαίδευσης ανεξάρτητα από την ηλικία τους. Τυπικά, τα δεδομένα αυτά συλλέγονται στην αρχή κάθε σχολικής χρονιάς. Θεωρητικά ο αριθμός των μαθητών του συνόλου σχολικής ηλικίας για ένα συγκεκριμένο επίπεδο εκπαίδευσης, εκφράζεται ως το % ποσοστό του συνολικού πληθυσμού στη συγκεκριμένη ηλικία. Διαιρώντας τον αριθμό των εγγεγραμμένων μαθητών, οι οποίοι ανήκουν στο επίσημο ηλικικό σύνολο, με τον πληθυσμό του ηλικιακού συνόλου και πολλαπλασιάζοντας το αποτέλεσμα με 100 προκύπτει το καθαρό ποσοστό εγγραφής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Πηγή: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO)
Institute for Statistics.

68. Καθαρό ποσοστό εγγραφής στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση
Ομοίως με την πρωτοβάθμια εκπαίδευση (68).

69. Ποσοστό αναλφαριθμητισμού

Το ποσοστό των αναλφάβητων ενηλίκων είναι το % ποσοστό των ατόμων ηλικίας άνω των 15 ετών, οι οποίοι δεν μπορούν να διαβάσουν ή να γράψουν μια απλή δήλωση στην καθημερινή τους ζωή κατανοώντας το περιεχόμενο της.

Πηγή: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO)
Institute for Statistics.

70. Δαπάνες για έρευνα και ανάπτυξη.

Μετρίεται ως % ποσοστό του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος.

Οι δαπάνες για έρευνα και ανάπτυξη είναι οι τρέχοντες και κεφαλαιουχικές δαπάνες (δημόσιες και ιδιωτικές) σε δημιουργικές, συστηματικές ενέργειες οι οποίες αυξάνουν το απόθεμα γνώσης. Περιλαμβάνονται η βασική και εφαρμοσμένη έρευνα και ανάπτυξη πειραματικών έργων τα οποία οδηγούν σε νέες συσκευές, προϊόντα ή διαδικασίες.

Πηγή: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO)
Institute for Statistics.

71. Δημόσια δαπάνη για την εκπαίδευση

Μετρίεται ως % ποσοστό του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος.

Η δημόσια δαπάνη για την παιδεία αποτελείται από τις δαπάνες για τη δημόσια εκπαίδευση συν τα επιδόματα σε ιδιωτική εκπαίδευση σε πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση.

Πηγή: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO)
Institute for Statistics.

72. Ηλεκτρονικοί υπολογιστές

Μετριέται ως ο αριθμός των ηλεκτρονικών υπολογιστών που είναι σχεδιασμένοι να χρησιμοποιούνται αποκλειστικά από ένα ιδιώτη, ανά 1000 άτομα.

Πηγή: Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών, Παγκόσμια Αναφορά Ανάπτυξης Τηλεπικοινωνιών.

73. Χρήστες διαδικτύου

Μετριέται ως ο αριθμός των ατόμων τα οποία έχουν πρόσβαση στο παγκόσμιο δίκτυο, ανά 1000 άτομα.

Πηγή: Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών, Παγκόσμια Αναφορά Ανάπτυξης Τηλεπικοινωνιών.

74. Δαπάνες για τεχνολογία πληροφορικής και τεχνολογίας

Μετριέται σε % ποσοστό του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος.

Οι δαπάνες για τεχνολογία πληροφορικής και τεχνολογίας περιλαμβάνουν μηχανήματα Η/Υ (υπολογιστές, αποθηκευτικές συσκευές, εκτυπωτές και άλλα περιφερειακά), λογισμικό (λειτουργικά συστήματα, προγραμματιστικά εργαλεία, εφαρμογές, και ανάπτυξη εσωτερικού λογισμικού), υπηρεσίες για υπολογιστές (συμβουλευτική σε τεχνολογία πληροφορικής, ολοκλήρωση συστημάτων υπολογιστών και δικτύων, φιλοξενία στο δίκτυο, υπηρεσίες επεξεργασίας δεδομένων και άλλες υπηρεσίες), και επικοινωνιακές υπηρεσίες (φωνητικές και δεδομένων) καθώς και ενσύρματο και ασύρματο επικοινωνιακό εξοπλισμό.

Πηγή: Παγκόσμιος Συνασπισμός Τεχνολογιών και Υπηρεσιών Πληροφορίας, World Information Technology and Services Alliance, Digital Planet 2004: The Global Information Economy, and Global Insight, Inc.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Andriantiatsaholiniaina Luc A., 2001. “Sustainability assessment using fuzzy logic”, Doctorate thesis.
- [2] Andriantiatsaholiniaina Luc A., Kouikoglou Vassilis S., Phillis Yannis A., 2004. “Evaluating Strategies for sustainable development: fuzzy logic reasoning and sensitivity analysis”, *Ecological Economics* 48, 149-172.
- [3] Phillis Yannis A., Andriantiatsaholiniaina Luc A., 2001. “Sustainability: an ill-defined concept and its assessment using fuzzy logic”, *Ecological Economics* 37, 435-456.
- [4] Phillis Yannis A., Kouikoglou Vassilis S., Andriantiatsaholiniaina Luc A., 2003. “Sustainable development: a definition and assessment” *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol.2 No.4 345-355.
- [5] V. S. Kouikoglou and Y. A. Phillis, "A monotonic hierarchical fuzzy system with sum-product logic," *Fuzzy Sets and Systems*, submitted 2007.
- [6] United Nations Development Programme (UNDP), 2003. “Human Development Report 2003”, New York, Oxford University Press.
- [7] World Bank, 1995. “Monitoring environmental progress : a report on work in progress”, World Bank Environmentally Sustainable Development International Bank for Reconstruction and Development Washington, D.C.
- [8] Ordoubadi, S.M.H. et al., “World development indicators,” The World Bank Development Data Center, 2005.
- [9] Peter Nijkamp, Jeroen C.J.M. van den Bergh “New advances in economic modelling and evaluation of environmental issues” *European Journal of Operational Research* 99 (1997)

- [10] Mark J. Duceya, Bruce C. Larson "A fuzzy set approach to the problem of sustainability" *Forest Ecology and Management* 115 (1999)
- [11] Keith M. Reynolds , K. Norman Johnson , Sean N. Gordon "The science/policy interface in logic-based evaluation of forest ecosystem sustainability" *Forest Policy and Economics* 5 (2003)
- [12] G.A. Mendozaa, Ravi Prabhu "Fuzzy methods for assessing criteria and indicators of sustainable forest management" *Ecological Indicators* 3 (2003)
- [13] Yannis A. Phillis, Vassilis S. Kouikoglou, Luc A. Andriantiatsaholiniaina "Sustainable Development: A Definition and Assessment", *Environmental Engineering and Management Journal* Vol.2 No.4 (2003)
- [14] A.M.G. Cornelissen, J. van den Berg b, W.J. Koops a, M. Grossman c, H.M.J. Udo "Assessment of the contribution of sustainability indicators to sustainable development: a novel approach using fuzzy set theory" *Agriculture, Ecosystems and Environment* 86 (2001)
- [15] V. D. Kouloumpis, Y. A. Phillis, and V. S. Kouikoglou, 2007. "Definition and assessment of sustainability using fuzzy logic: a dynamic approach", First Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics, Skiathos island, Greece
- [16] Y. A. Phillis, V. D. Kouloumpis, and V. S. Kouikoglou, 2007. "SAFE: A method for assessing sustainability and its application to sustainable decision-making", 10th International Conference on Environmental Science and Technology, Kos, Greece
- [17] Esty, D.C., Levy, M., Srebotnjak, T. & Sherbinin, A., "2005 Environmental Sustainability Index: Benchmarking National Environmental Stewardship," New Haven: Yale Center for Environmental Law & Policy, 2005.
- [18] The Earth Summit <http://www.un.org/geninfo/bp/enviro.html>
- [19] European Environment Agency <http://www.eea.eu.int>
- [20] Energy Information Administration <http://www.eia.doe.gov>
- [21] Energy Institute <http://www.energyinst.org.uk>
- [22] Engineers for a Sustainable World <http://www.esustainableworld.org/default.asp>
- [23] Statistical Office of the European Communities <http://epp.eurostat.cec.eu.int>
- [24] Η δικτυακή πύλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης <http://europa.eu.int>

- [25] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UN <http://www.fao.org>
- [26] Human Development Reports <http://hdr.undp.org/>
- [27] International Emissions Trading Association <http://www.ieta.org/ieta>
- [28] International Monetary Fund <http://www.imf.org/>
- [29] International Energy Agency <http://www.iea.org>
- [30] World Conservation Union <http://www.iucn.org/>
- [31] Organisation for Economic Co-operation and Development <http://www.oecd.org>
- [32] Sustainable Measures <http://www.sustainablemeasures.com/>
- [33] UNESCO <http://portal.unesco.org/en/>
- [34] United Nations Framework Convention on Climate Change
<http://unfccc.int/2860.php>
- [35] Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora
<http://www.cites.org>
- [36] World Health Organization <http://www.who.int/en/>
- [37] World in Figures <http://www.worldinfigures.org/glo/eng/index.html>
- [38] World Resources Institute <http://www.wri.org/>
- [39] Worldwatch Institute <http://www.worldwatch.org/>
- [40] Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Της Ελλάδος <http://www.statistics.gr/>
- [41] Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης <http://www.ekpaa.gr/>
- [42] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας http://www.cres.gr/kape/index_gr.htm
- [43] Υπουργείο Ανάπτυξης http://www.ypan.gr/index_c cms.htm
- [44] Υπουργείο Παιδείας www.ypepth.gr
- [45] Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών <http://www.ypetho.gr/>
- [46] Υπ.Πε.Χω.Δε <http://www.minenv.gr/>
- [47] World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)
<http://www.wbcsd.ch/templates>
- [48] International Institute for Sustainable Development <http://www.iisd.org/>
- [49] GEO Data Portal - The Online Environmental Database UNEP.Net, the Environment Network.url <http://geodata.grid.unep.ch/index.php>