



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ στα
ΠΟΛΥΠΛΟΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ και ΔΙΚΤΥΑ

ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τίτλος Εργασίας

Πίνακες επιβίωσης και η διαχείριση τους
Εκτίμηση των Γραφικών τους Παραστάσεων με τη χρήση του
Συντελεστή Μεταβλητότητας

Life tables and their management
Estimation of their Graphs using the Coefficient of Variation

Δημήτριος Γ. Σειρηνόπουλος

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Νικόλαος Φαρμάκης, Αν. Καθηγητής Α.Π.Θ.

Θεσσαλονίκη, Δεκέμβριος 2017





ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ στα

ΠΟΛΥΠΛΟΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ και ΔΙΚΤΥΑ

ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τίτλος Εργασίας

Πίνακες επιβίωσης και η διαχείρισή τους
Εκτίμηση των Γραφικών τους Παραστάσεων με τη χρήση του
Συντελεστή Μεταβλητότητας

Life tables and their management
Estimation of their Graphs using the Coefficient of Variation

Δημήτριος Γ. Σειρηνόπουλος

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Νικόλαος Φαρμάκης, Αν. Καθηγητής Α.Π.Θ.

Εγκρίθηκε από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή την ... Δεκεμβρίου 2017

.....
Φαρμάκης Νικόλαος,
Αν. Καθηγητής Α.Π.Θ.

.....
Κολυβά-Μαχαίρα
Φωτεινή,
Αν. Καθηγήτρια Α.Π.Θ.

.....
Μπράτσας Χαράλαμπος,
Ε.ΔΙ.Π. Α.Π.Θ.

Θεσσαλονίκη, Δεκέμβριος 2017



.....

Δημήτριος Γ. Σειρηνόπουλος

Πτυχιούχος του Τμήματος Στατιστικής και Αναλογιστικών Χρηματοοικονομικών
Μαθηματικών του Πανεπιστημίου Αιγαίου

Copyright © Δημήτριος Γ. Σειρηνόπουλος, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

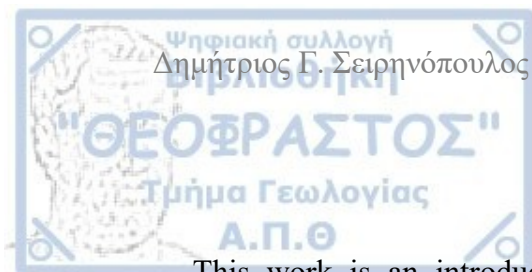


ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή την εργασία γίνεται μία εισαγωγή σε βασικές έννοιες όπως αυτή του πληθυσμού και της σύνθεσης του κατά φύλο και κατά ηλικία καθώς και των δεικτών τους, της πληθυσμιακής πυραμίδας και των τύπων της και των δεικτών γονιμότητας, θνησιμότητας και μετανάστευσης που μελετούν ένα πληθυσμό. Στη συνέχεια, γίνεται μία ανάλυση για τους πίνακες επιβίωσης, τα είδη και τη δομή τους και παρουσιάζεται ο τρόπος κατασκευής τους μέσα από ένα παράδειγμα με πραγματικά δεδομένα. Τέλος, γίνεται μία προσπάθεια εκτίμησης των γραφικών παραστάσεων του πίνακα με τη χρήση του συντελεστή μεταβλητότητας.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ

Πίνακες επιβίωσης, θνησιμότητα, πληθυσμιακή πυραμίδα, συντελεστής μεταβλητότητας, γραφική παράσταση



ABSTRACT

This work is an introduction to basic concepts such as population and gender composition and age, as well as their indicators, the population pyramid and its types and the indicators of fertility, mortality and migration that study a population. An analysis is made for survival tables, their kinds and structure, and the way they are constructed is presented through an example of real data. Finally, an attempt is made to estimate the graphs of the table using the coefficient of variability.

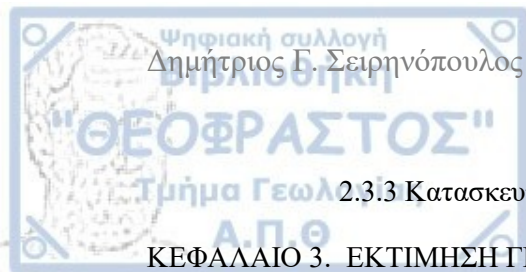
KEY WORDS

Survival tables, mortality, population pyramid, coefficient of variability, graph



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ.....	5
ABSTRACT-KEY WORDS.....	6
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	7
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	9
ΑΦΙΕΡΩΣΗ.....	11
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΗ ΠΥΡΑΜΙΔΑ.....	15
1.1 Πληθυσμός.....	15
1.1.1 Ορισμός.....	15
1.1.2 Σύνθεση του πληθυσμού κατά φύλο.....	15
1.1.3 Δομή του πληθυσμού κατά ηλικία.....	19
1.2 Πληθυσμιακή πυραμίδα.....	21
1.2.1 Ορισμός.....	21
1.2.2 Τύποι πληθυσμιακής πυραμίδας.....	22
1.3 Δείκτες μελέτης του πληθυσμού.....	25
1.3.1 Δείκτες γονιμότητας.....	25
1.3.2. Δείκτες μετανάστευσης.....	27
1.3.3. Δυναμική του πληθυσμού.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΙΝΑΚΕΣ ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ	30
2.1 Θάνατος.....	30
2.2 Θνησιμότητα.....	31
2.2.1 Ορισμός	31
2.2.2 Δείκτες Θνησιμότητας.....	31
2.3 Πίνακας επιβίωσης (ή θνησιμότητας).....	32
2.3.1 Ορισμός και είδη πινάκων.....	32
2.3.2 Δομή και κατασκευή πλήρους πίνακα επιβίωσης.....	33



Δημήτριος Γ. Σειρηνόπουλος

2.3.3 Κατασκευή πλήρους πίνακα επιβίωσης.....37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ

ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ42

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....48

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ.....50



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου στο ΔΠΜΣ Πολύπλοκα Συστήματα και Δίκτυα για τις γνώσεις που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Κυρίως θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αν. καθηγητή Νίκο Φαρμάκη για την υποστήριξη και την καθοδήγηση του καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών αλλά κυρίως κατά τη συγγραφή της Διπλωματικής μου καθώς και τον καθηγητή Σπύρο Παυλίδη για την πολύτιμη συνεισφορά του στην εξέλιξη μου κατά τον κύκλο των μαθημάτων. Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω το φίλο και συνοδοιπόρο μου σε αυτό τον κύκλο της ζωής μου Μάριο Γραβάνη, χωρίς την πολύτιμη βοήθεια του οποίου αυτό το μεταπτυχιακό ίσως να μην είχε ολοκληρωθεί ποτέ, όπως και τις φίλες και συναδέλφους Ελισσάβετ Μπάτζιου και Γεωργία Ξανθοπούλου γιατί ήταν εκεί όποτε τις χρειάστηκα. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη σύντροφο μου Ελίνα για την υπομονή της, την επιμονή της και την αμέριστη συμπαράσταση της κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού και, τέλος, τους παιδικούς μου φίλους Ανέστη, Γιώργο, Δημήτρη, Ηλία, Κωνσταντίνο και Πηνελόπη για την πίστη τους σε μένα όλα αυτά τα χρόνια και γιατί πάντα ήταν και είναι δίπλα μου.



Δημήτριος Γ. Σειργινόπουλος



Πίνακες επιβίωσης και η διαχείριση τους
Εκτίμηση των Γραφικών τους Παραστάσεων με τη χρήση του Συντελεστή Μεταβλητότητας

Στη μητέρα μου Ζηνοβία

για όλους τους κόπους και τις θυσίες της για να φτάσω μέχρι εδώ



Δημήτριος Γ. Σειργινόπουλος



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία συγγράφηκε υπό την επίβλεψη του αν. καθηγητή Νικόλαου Φαρμάκη στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών σπουδών «Πολύπλοκα Συστήματα και Δίκτυα» του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου. Κύριο θέμα της είναι οι πίνακες επιβίωσης και μια εκτίμηση των γραφικών τους παραστάσεων με τη χρήση του συντελεστή μεταβλητότητας.



Δημήτριος Γ. Σειργινόπουλος

1 ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΗ ΠΥΡΑΜΙΔΑ

1.1 Πληθυσμός

1.1.1 Ορισμός

Πριν ορίσουμε τι είναι πληθυσμιακή πυραμίδα, πρέπει να ορίσουμε τη γενεά, την κοορτή και τον πληθυσμό. Γενεά ονομάζουμε το σύνολο των ατόμων που γεννήθηκαν το ίδιο ημερολογιακό έτος. Τα γεγονότα τα οποία αναφέρονται συνήθως σε μία γενεά είναι οι γεννήσεις, οι θάνατοι και οι μεταναστεύσεις. Κοορτή (τάξη) ονομάζουμε το σύνολο των ατόμων στα οποία βίωσαν το ίδιο γεγονός στην διάρκεια κάποιου ή κάποιων ημερολογιακών ετών (π.χ. γεννήθηκαν τον ίδιο χρόνο, αποφοίτησαν τον ίδιο χρόνο κλπ.). Ένας πληθυσμός είναι το σύνολο των ατόμων εν ζωή μιας εκατοντάδας περίπου γενεών.

Κατά τη μελέτη ενός πληθυσμού το ενδιαφέρον επικεντρώνεται κατά βάση στην ανάλυση της κατάστασής του (δηλαδή τη δομή και τη σύνθεση του) και στη δυναμική του (τις μεταβολές τις οποίες μπορεί να έχει). Οι δύο πιο βασικές μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση του πληθυσμού είναι η ηλικία και το φύλο. Στη Δημογραφία, την επιστήμη που μελετά τον πληθυσμό, η διάρκεια και η ένταση των δημογραφικών φαινομένων καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τη δομή κατά φύλο και ηλικία του πληθυσμού, γεγονός που αποτυπώνεται και στους δείκτες γεννητικότητας, θνησιμότητας και μετανάστευσης (θα αναλυθούν παρακάτω εκτενέστερα).

1.1.2 Σύνθεση του πληθυσμού κατά φύλο

Σύμφωνα με το Γραφείο Απογραφών των ΗΠΑ (U.S. Census Bureau), η κατανομή του πληθυσμού σε άνδρες και γυναίκες δεν είναι ούτε ισομερής ούτε ομοιόμορφη ηλικιακά. Οι άνδρες σε παγκόσμιο επίπεδο είναι περισσότεροι από τις γυναίκες. Σύμφωνα με τα στοιχεία του U.S.C.B. για το 2017, ο παγκόσμιος πληθυσμός αποτελείται από 7,405 δισεκατομμύρια ανθρώπους εκ των οποίων 3,729 δισεκατομμύρια είναι άνδρες και 3,675 δισεκατομμύρια είναι γυναίκες. Το θέμα της αναλογίας είναι αρκετά σύνθετο και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και διαφέρει ανά γεωγραφική περιοχή. Ο κύριος δείκτης αποτύπωσης της αριθμητικής αναλογίας μεταξύ των δύο φύλων σε έναν πληθυσμό είναι ο λόγος των φύλων.

Ο λόγος των φύλων (sex ratio) είναι ο βασικότερος και ευρύτερα χρησιμοποιούμενος δείκτης για τη μελέτη της κατά φύλο σύνθεσης ενός πληθυσμού. Εκφράζεται από τον

λόγο του ανδρικού πληθυσμού (P_M) προς τον γυναικείο πληθυσμό (P_F). Ο λόγος αυτός, αν πολλαπλασιαστεί με το 100, δηλώνει τον αριθμό των ανδρών που αντιστοιχούν σε 100 γυναίκες κατά τη διάρκεια ενός έτους t .

$$SR = P_M / P_F \times 100 \quad (1.1)$$

Αν ο λόγος των φύλων είναι μεγαλύτερος του 100, οι άνδρες είναι υπεράριθμοι έναντι των γυναικών, αν είναι μικρότερος του 100 οι γυναίκες υπερτερούν και αν είναι ίσος με 100 τότε οι άνδρες και οι γυναίκες είναι ισάριθμοι.

Ο λόγος των φύλων, σύμφωνα με τα στοιχεία του U.S.C.B., για το 2017 είναι 101,5. Υπολογίζεται ότι σταδιακά η αναλογία μεταξύ ανδρών και γυναικών τείνει να ισοσκελιστεί και ο λόγος των φύλων γίνει 100. Σύμφωνα με τις προβλέψεις του U.S.C.B., αυτό θα γίνει το 2044 και θα συνεχίσει να μειώνεται.

Πίνακας 1: Παγκόσμιος πληθυσμός και Sex Ratio, 2017 (Πηγή: U.S. Census Bureau, www.census.gov)

Age	Population	Male Population	Female Population	Sex Ratio
Total	7,405,107,650	3,729,242,483	3,675,865,167	101.5

Ο λόγος των φύλων καταγράφει έντονες γεωγραφικές διαφοροποιήσεις λόγω του ότι είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος στην ηλικιακή δομή του πληθυσμού. Μπορούμε να πούμε ότι ισχύει ο κανόνας πως όσο νεότερος είναι ένας πληθυσμός τόσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος των φύλων υπέρ των ανδρών. Είναι γενική διαπίστωση ότι η γεννητικότητα, η θνησιμότητα και η μεταναστευτική κίνηση επιδρούν με διαφορετικό τρόπο στη σύνθεση του πληθυσμού επηρεάζοντας δραστικά την αριθμητική ισορροπία είτε υπέρ του ενός φύλου είτε υπέρ του άλλου. Οι άνδρες παρατηρείται ότι ευνοούνται από τη γεννητικότητα ενώ οι γυναίκες από τη θνησιμότητα (φαινόμενο ανδρικής υπερθνησιμότητας). Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι, στις μικρότερες ηλικίες ο αριθμός των αγοριών να υπερβαίνει τον αριθμό των κοριτσιών σε αντίθεση με τις μεγάλες ηλικίες στις οποίες οι γυναίκες είναι περισσότερες από τους άνδρες. Οι έρευνες έχουν δείξει ότι στις ενδιάμεσες ηλικίες καθοριστική για την κατά φύλο σύνθεση του πληθυσμού είναι η μετανάστευση.

Σημαντικό επίσης στη μελέτη ενός πληθυσμού είναι και ο υπολογισμός του δείκτη σε συγκεκριμένες ηλικιακές ομάδες, ο οποίος δίνει μια πιο λεπτομερή αποτύπωση των επί μέρους διαφορών. Μία βασική ηλικιακή ομάδα που μελετάται είναι των νεογέννητων που αποτυπώνεται στο λόγο των φύλων κατά τη γέννηση (sex ratio at birth) ο οποίος εκφράζει τον αριθμό των νεογέννητων αγοριών που αντιστοιχούν σε 100 γεννήσεις ζώντων κοριτσιών.

$$SR_B = \frac{B_M}{B_F} \times 100 \quad (1.2)$$

Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να δούμε τους λόγους των φύλων για όλες τις ηλικιακές ομάδες. Παρατηρούμε ότι κατά τη γέννηση ο λόγος είναι υπέρ των ανδρών ενώ όσο αυξάνεται η ηλικία η πλάστιγγα γέρνει αισθητά προς τις γυναίκες, ειδικότερα στις πολύ μεγάλες ηλικίες. Διαχρονικά αλλά και γεωγραφικά έχει παρατηρηθεί και επιβεβαιωθεί ότι ο αριθμός των γεννήσεων αγοριών υπερέχει έναντι των κοριτσιών.

Πίνακας 2: Παγκόσμιος πληθυσμός και Sex Ratio ανά ηλικία, 2017 (Πηγή: U.S. Census Bureau, www.census.gov)

Age	Population	Male Population	Female Population	Sex Ratio	Age	Population	Male Population	Female Population	Sex Ratio
0	132,245,273	68,247,216	63,998,057	106.6	51	86,101,935	43,035,041	43,066,894	99.9
1	130,599,962	67,416,219	63,183,743	106.7	52	84,613,067	42,165,052	42,448,015	99.3
2	129,488,918	66,884,580	62,604,338	106.8	53	83,943,457	41,717,109	42,226,348	98.8
3	128,455,472	66,378,851	62,076,621	106.9	54	83,972,420	41,724,982	42,247,438	98.8
4	127,609,063	65,971,283	61,637,780	107.0	55	71,818,650	35,392,761	36,425,889	97.2
5	126,768,609	65,561,615	61,206,994	107.1	56	66,467,597	32,570,400	33,897,197	96.1
6	125,845,823	65,106,221	60,739,602	107.2	57	67,401,820	33,091,084	34,310,736	96.4
7	125,099,984	64,723,655	60,376,329	107.2	58	65,343,933	31,988,658	33,355,275	95.9
8	124,500,606	64,422,240	60,078,366	107.2	59	67,634,930	33,144,938	34,489,992	96.1
9	123,859,579	64,108,344	59,751,235	107.3	60	64,882,534	31,606,150	33,276,384	95.0
10	122,686,071	63,510,583	59,175,488	107.3	61	62,137,389	30,131,640	32,005,749	94.1
11	121,457,889	62,878,375	58,579,514	107.3	62	61,791,067	29,955,600	31,835,467	94.1
12	120,540,335	62,407,951	58,132,384	107.4	63	58,379,066	28,170,331	30,208,735	93.3
13	119,813,928	62,030,415	57,783,513	107.3	64	55,361,053	26,588,816	28,772,237	92.4
14	119,008,174	61,613,764	57,394,410	107.4	65	52,969,387	25,363,955	27,605,432	91.9
15	118,493,893	61,344,075	57,149,818	107.3	66	49,046,836	23,350,059	25,696,777	90.9
16	118,262,283	61,221,584	57,040,699	107.3	67	48,054,098	22,886,066	25,168,032	90.9
17	118,048,599	61,093,202	56,955,397	107.3	68	44,090,324	20,865,908	23,224,416	89.8

18	117,929,898	61,013,022	56,916,876	107.2	69	41,626,841	19,634,949	21,991,892	89.3
19	118,053,256	61,033,751	57,019,505	107.0	70	39,197,258	18,397,121	20,800,137	88.4
20	118,091,344	61,010,833	57,080,511	106.9	71	34,384,624	16,033,299	18,351,325	87.4
21	118,433,021	61,159,213	57,273,808	106.8	72	32,020,943	14,872,947	17,147,996	86.7
22	118,666,750	61,229,873	57,436,877	106.6	73	30,442,985	14,053,004	16,389,981	85.7
23	118,273,562	60,933,990	57,339,572	106.3	74	28,819,102	13,157,155	15,661,947	84.0
24	117,769,174	60,595,100	57,174,074	106.0	75	27,716,945	12,463,129	15,253,816	81.7
25	118,024,052	60,648,478	57,375,574	105.7	76	26,214,979	11,662,270	14,552,709	80.1
26	118,534,146	60,801,280	57,732,866	105.3	77	24,389,559	10,689,289	13,700,270	78.0
27	125,334,144	63,817,109	61,517,035	103.7	78	22,411,160	9,689,673	12,721,487	76.2
28	120,863,621	61,288,394	59,575,227	102.9	79	20,935,356	8,945,748	11,989,608	74.6
29	118,273,633	60,335,513	57,938,120	104.1	80	18,995,204	8,001,583	10,993,621	72.8
30	118,464,916	60,364,882	58,100,034	103.9	81	17,149,340	7,113,820	10,035,520	70.9
31	113,282,043	57,662,511	55,619,532	103.7	82	15,197,085	6,203,387	8,993,698	69.0
32	109,985,796	55,937,154	54,048,642	103.5	83	13,433,510	5,402,260	8,031,250	67.3
33	108,817,532	55,227,012	53,590,520	103.1	84	11,992,251	4,704,994	7,287,257	64.6
34	107,932,976	54,699,395	53,233,581	102.8	85	10,424,247	3,989,372	6,434,875	62.0
35	109,936,256	55,818,154	54,118,102	103.1	86	9,156,563	3,410,533	5,746,030	59.4
36	102,583,528	52,058,146	50,525,382	103.0	87	7,936,154	2,870,044	5,066,110	56.7
37	101,917,605	51,685,389	50,232,216	102.9	88	6,582,405	2,298,518	4,283,887	53.7
38	99,944,018	50,633,782	49,310,236	102.7	89	5,506,425	1,867,083	3,639,342	51.3
39	97,686,575	49,434,409	48,252,166	102.5	90	4,432,079	1,444,871	2,987,208	48.4
40	96,695,471	48,896,550	47,798,921	102.3	91	3,558,338	1,108,210	2,450,128	45.2
41	96,344,194	48,671,214	47,672,980	102.1	92	2,831,238	841,156	1,990,082	42.3
42	96,341,502	48,636,994	47,704,508	102.0	93	2,164,897	614,752	1,550,145	39.7
43	96,693,918	48,759,422	47,934,496	101.7	94	1,630,469	441,807	1,188,662	37.2
44	96,530,264	48,624,922	47,905,342	101.5	95	1,226,025	318,299	907,726	35.1
45	95,563,516	48,195,470	47,368,046	101.7	96	907,117	224,592	682,525	32.9
46	95,869,378	48,401,686	47,467,692	102.0	97	631,896	148,858	483,038	30.8
47	94,208,268	47,416,096	46,792,172	101.3	98	397,427	89,462	307,965	29.0
48	93,419,885	46,993,656	46,426,229	101.2	99	265,691	56,988	208,703	27.3
49	89,062,142	44,798,544	44,263,598	101.2	100+	519,165	97,398	421,767	23.1
50	85,689,964	42,945,245	42,744,719	100.5					

1.1.3 Δομή του πληθυσμού κατά ηλικία

Η σύνθεση ενός πληθυσμού με βάση την ηλικία, όπως οι επιστήμονες βλέπουν στους σχετικούς δείκτες, δεν επηρεάζει μόνο τα δημογραφικά χαρακτηριστικά μιας χώρας αλλά επιδρά δραστικά και πολιτική, οικονομική και κοινωνικής εξέλιξη της. Η παιδεία, η εργασία και οικονομία είναι μερικοί βασικοί τομείς που επηρεάζονται από τη δομή του πληθυσμού κατά ηλικία και τις μεταβολές της.

Υπάρχουν αρκετοί δείκτες για να μελετήσουμε τη δομή αυτή. Ένας δείκτης, αντίστοιχος με τη διάμεσο στην περιγραφική στατιστική, είναι η ηλικιακή διάμεσος (median age), η οποία χωρίζει ηλικιακά ένα πληθυσμό στη μέση.

Ο λόγος των εξαρτημένων ατόμων (νέοι έως 14 ετών και ηλικιωμένοι άνω των 65 ετών) έναντι των οικονομικά ενεργών ηλικιών (15 έως 64 ετών) καλείται λόγος ηλικιακής εξάρτησης (age-dependency ratio). Πρακτικά, ο δείκτης αυτός εκφράζει πόσοι μη ενεργοί οικονομικά άνθρωποι αντιστοιχούν σε κάθε εν δυνάμει οικονομικά ενεργό.

$$ADR = P_{0-14} / P_{15-64} + P_{65+} / P_{15-64} \quad (1.3)$$

Αντιστοίχως, ο λόγος των νέων έως 14 ετών προς τον πληθυσμό 15 με 64 ετών ονομάζεται λόγος εξάρτησης των νέων (child dependency ratio)

$$CDR = P_{0-14} / P_{15-64} \quad (1.4)$$

και ομοίως ο λόγος εξάρτησης ηλικιωμένων (old age dependency ratio).

$$OADR = P_{65+} / P_{15-64} \quad (1.5)$$

Όπως μπορούμε να συμπεράνουμε, το άθροισμα του λόγου εξάρτησης των νέων και του λόγου εξάρτησης των ηλικιωμένων είναι ο λόγος ηλικιακής εξάρτησης.

$$ADR = CDR + OADR \quad (1.6)$$

Αντιστρόφως, ο αριθμός των εν δυνάμει ενεργών που αντιστοιχούν σε έναν ηλικιακά εξαρτημένο άνθρωπο είναι ο αντίστροφος του λόγου ηλικιακής εξάρτησης (support ratio).

Επίσης, ως προς το σύνολο του πληθυσμού, συναντάμε το δείκτη γήρανσης και το δείκτη νεανικότητας. Ο δείκτης γήρανσης εκφράζει την αναλογία (συνηθίζεται να παρουσιάζεται ως ποσοστό) των ατόμων άνω των 65 ετών στο σύνολο του πληθυσμού.

$$P_{65+}/P_T \times 100 \quad (1.7)$$

Ο δείκτης νεανικότητας αντίστοιχα αποτυπώνεται ως η αναλογία (ή το ποσοστό) των ατόμων έως 14 ετών στο σύνολο του πληθυσμού.

$$P_{0-14}/P_T \times 100 \quad (1.8)$$

Ο δείκτης γήρανσης συχνά αναφέρεται ως ο λόγος των ανθρώπων άνω των 65 ετών προς των ανθρώπων έως 14 ετών.

$$P_{65+}/P_{0-14} \times 100 \quad (1.9)$$

Τέλος, ένας δείκτης σημαντικός για ένα πληθυσμό είναι ο δείκτης ανανέωσης του πληθυσμού εργάσιμης ηλικίας. Είναι ο λόγος των ανθρώπων από 10 έως 14 ετών προς των ανθρώπων από 60 έως 64 ετών. Ουσιαστικά, γίνεται αριθμητική σύγκριση των νέων εργαζόμενων που πρόκειται να εισέλθουν στην αγορά εργασίας με αυτούς που λόγω συνταξιοδότησης πρόκειται να εξέλθουν.

$$P_{10-14}/P_{60-64} \quad (1.10)$$

Οι αριθμοί που έχουν χρησιμοποιηθεί ως όρια είναι αυτοί που συνηθίζονται στη ευρύτερη βιβλιογραφία αλλά δεν θεωρούνται δεδομένοι. Στις περισσότερες χώρες η υποχρεωτική εκπαίδευση σταματάει στη ηλικία των 15 ετών άρα το άτομο δύναται να ενταχθεί στην αγορά εργασίας. Η ηλικία των 65 ετών αντίστοιχα συνηθίζεται να είναι η ηλικία συνταξιοδότησης. Οι ηλικίες λοιπόν που χρησιμοποιούνται μπορεί να τροποποιούνται ανάλογα την περιοχή ή τη χώρα που μελετάται καθώς και την περίοδο.

1.2 Πληθυσμιακή πυραμίδα

1.2.1 Ορισμός

Η πληθυσμιακή πυραμίδα (ή πυραμίδα ηλικιών) είναι η γραφική απεικόνιση της σύνθεσης κατά φύλο και κατά ηλικία ενός πληθυσμού σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή σε έναν ειδικό τύπο διπλού ιστογράμματος.

Για την κατασκευή της, ο πληθυσμός που μελετάται τοποθετείται στην τετμημένη ενός καρτεσιανού συστήματος χωρισμένος στα δύο. Στον αρνητικό ημιάξονα τοποθετούμε τους άνδρες και στον θετικό ημιάξονα τις γυναίκες. Συνηθίζεται να μην τοποθετείται ο αριθμός των ατόμων αλλά το ποσοστό για να μπορεί να γίνεται άμεση σύγκριση με άλλες γεωγραφικές περιοχές ή χώρες. Στην τεταγμένη (στο θετικό μόνο μέρος) τοποθετούνται οι ηλικιακές ομάδες, συνήθως χωρισμένες σε πενταετείς ομάδες. Για κάθε ομάδα σχηματίζεται ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο. Η οριζόντια πλευρά έχει μήκος ίσο με το ποσοστό των ανδρών ή των γυναικών κάθε ηλικιακής ομάδας ενώ η κάθετη πλευρά (η δεξιά κάθετη για τους άνδρες, η αριστερή για τις γυναίκες) συμπίπτει με τον άξονα των y αντιπροσωπεύοντας την αντίστοιχη ηλικιακή ομάδα. Συναντάται στη βιβλιογραφία και η πυραμίδα να έχει τον πληθυσμό στον άξονα των y και τις ηλικιακές ομάδες στον άξονα των x .

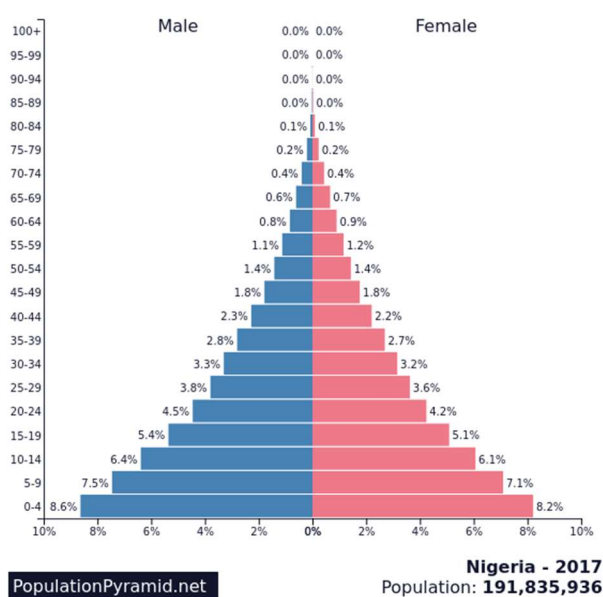
Η πυραμίδα έχει συνήθως μέγιστο ύψος τα 100 χρόνια. Επειδή συνήθως η βάση έχει το μεγαλύτερο εύρος και, λόγω της θνησιμότητας, όσο ανεβαίνουμε στα επίπεδα των ηλικιακών ομάδων το πλήθος των ατόμων μειώνεται, το ραβδόγραμμα τείνει να πάρει τη μορφή πυραμίδας, εξ ου και η ονομασία πληθυσμιακή πυραμίδα (population pyramid). Παράγοντες, όμως, όπως η γεννητικότητα και η μετανάστευση σε έναν πληθυσμό και οι έντονες μεταβολές αυτών μπορούν να διαταράξουν αυτόν τον πυραμοειδή σχηματισμό.

Σε γενικές γραμμές ισχύει ότι η θνησιμότητα των ανδρών είναι μεγαλύτερη από των γυναικών και οι γεννήσεις των αγοριών περισσότερες από τις γεννήσεις των κοριτσιών. Τα φαινόμενα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα οι πυραμίδες να μην είναι συμμετρικές. Μολονότι τα στοιχεία που συνθέτουν μία πυραμίδα είναι μιας συγκεκριμένης χρονικής στιγμής, η μορφή της πυραμίδας, πέρα από την απεικόνιση της δεδομένης χρονικής στιγμής της σύνθεσης κατά φύλο και κατά ηλικία ενός πληθυσμού, εκφράζει και τις τάσεις ενός πληθυσμού και την εξέλιξη των γενεών που γεννήθηκαν διαδοχικά μέσα σε μία εκατονταετία.

1.2.2 Τύποι πληθυσμιακής πυραμίδας

α) Νεανικός πληθυσμός με υψηλό ρυθμό αύξησης

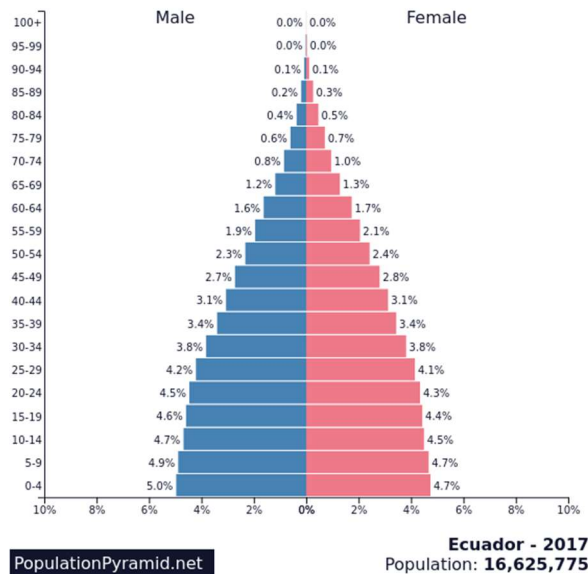
Ως μία κλασσική πυραμίδα τριγωνικής μορφής όπου κάθε γενιά είναι αριθμητικά μεγαλύτερη από την προηγούμενη μπορεί να παρουσιαστεί μία πυραμίδα νεανικού πληθυσμού. Οι υψηλοί δείκτες γονιμότητας και θνησιμότητας και ο υψηλός ρυθμός πληθυσμιακής αύξησης είναι τα κύρια χαρακτηριστικά ενός τέτοιου πληθυσμού. Ο μέσος όρος ηλικίας είναι μικρός. Συναντάμε αυτό το μοντέλο πληθυσμού στην Ανατολική και την Κεντρική Αφρική.



Φωτογραφία 1. Πληθυσμιακή πυραμίδα Νιγηρίας το 2017 (Πηγή: www.populationpyramid.net)

β) Σταδιακά επιβραδυνόμενης αύξησης νεανικός πληθυσμός

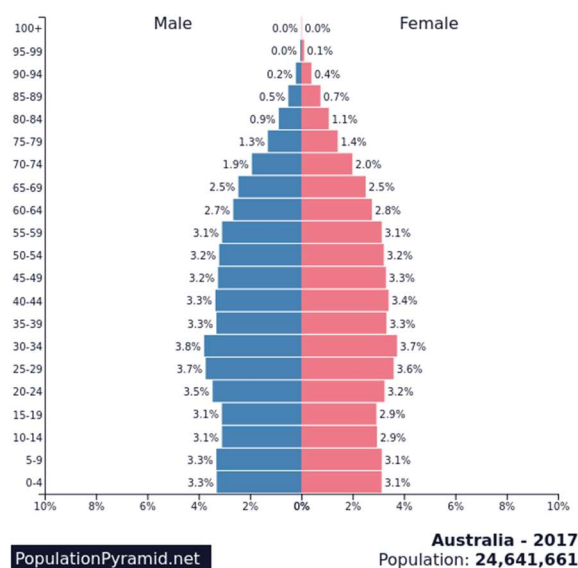
Σε έναν νεανικό πληθυσμό όταν παρουσιάζεται μείωση στη θνησιμότητα και τη γονιμότητα του, τότε για ένα διάστημα διανύει μια περίοδο ταχείας αύξησης λόγω του υψηλού αριθμού γεννήσεων ο οποίος διατηρείται παρά τη μείωση της γονιμότητας εξαιτίας του μεγάλου αριθμού ατόμων που βρίσκονται στην αναπαραγωγική ηλικία. Ο μέσος όρος ηλικίας είναι αρκετά μεγάλος. Αυτό το μοντέλο πληθυσμού το συναντάμε στη Λατινική Αμερική και τη Δυτική Αφρική.



Φωτογραφία 2. Πληθυσμιακή πυραμίδα Ισημερινού το 2017 (Πηγή: www.populationpyramid.net)

γ) Όριμος μηδενικής αύξησης πληθυσμός

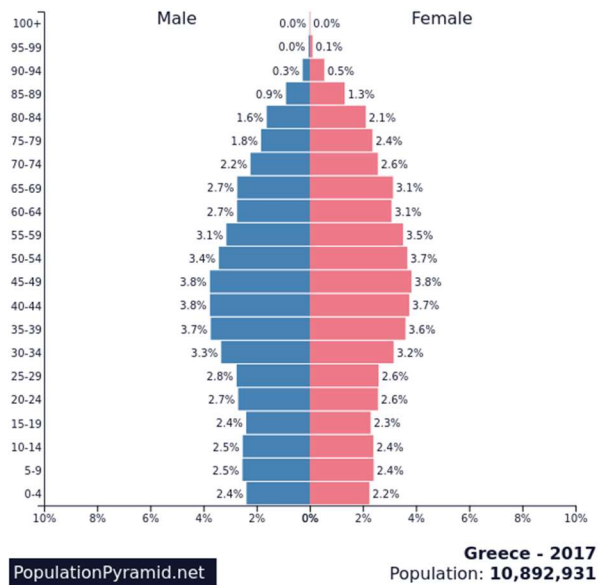
Σε ένα ώριμο πληθυσμό η ηλικιακή πυραμίδα αρχίζει να χάνει την τυπική μορφή της και τείνει να μοιάζει περισσότερο με σβούρα έχοντας στενή βάση και διογκούμενα το κέντρο και την κορυφή. Σε παρατεταμένες περιόδους ιδιαίτερα χαμηλής γονιμότητας σε συνδυασμό με αυξανόμενο προσδόκιμο ζωής εμφανίζεται ο συγκεκριμένος τύπος. Ο μέσος όρος ηλικίας είναι μεγάλος. Συναντάται κυρίως στην Κεντρική και Δυτική Ασία, τη Βόρεια Αμερική και την Ωκεανία.



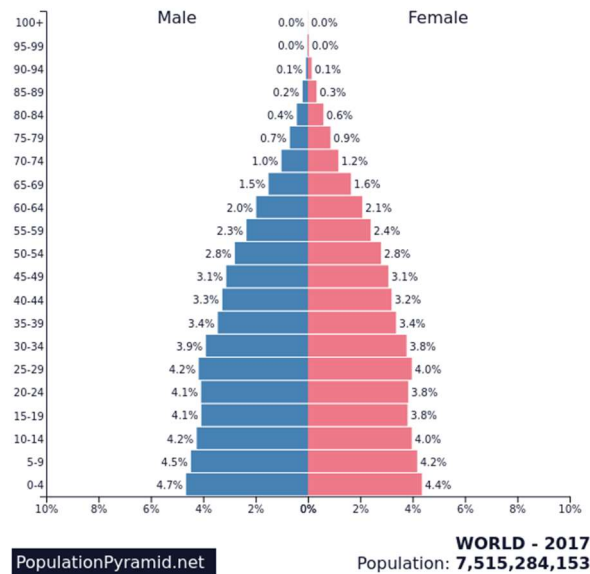
Φωτογραφία 3. Πληθυσμιακή πυραμίδα Αυστραλίας το 2017 (Πηγή: www.populationpyramid.net)

δ) Γηρασμένος πληθυσμός και σταδιακά συρρικνωμένος

Οι μεσαίες και υψηλές ηλικιακές ομάδες συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο τμήμα του πληθυσμού και η βάση είναι διαρκώς συρρικνωμένη. Παρουσιάζει ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα γονιμότητας και θνησιμότητας τα οποία οδηγούν σε μηδενικούς ή αρνητικούς ρυθμούς πληθυσμιακής αύξησης. Ο μέσος όρος ηλικίας είναι μεγάλος. Σε Ανατολική Ασία και Ευρώπη παρατηρείται το συγκεκριμένο μοντέλο.

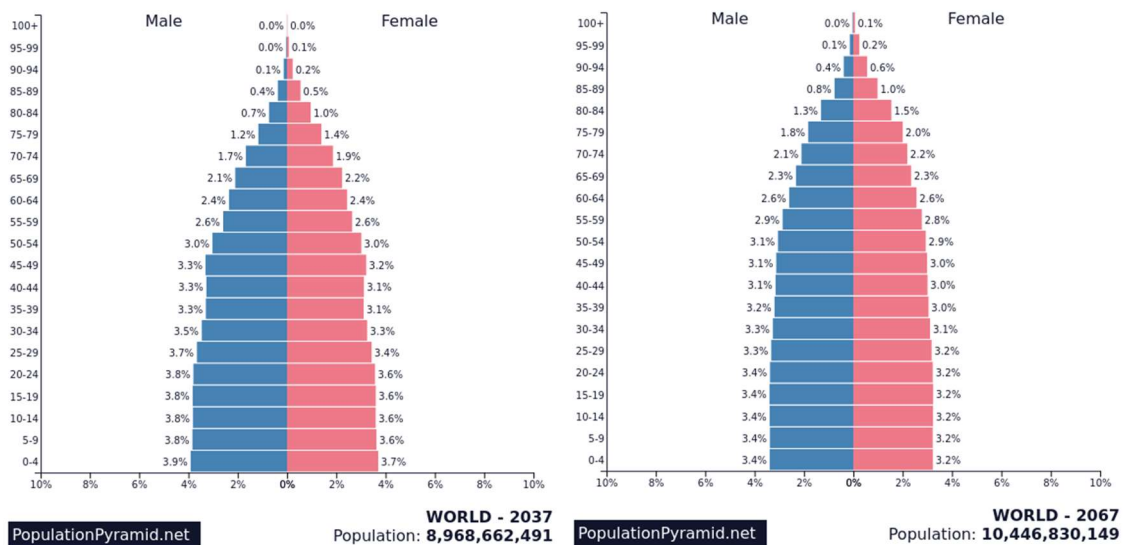


Φωτογραφία 4. Πληθυσμιακή πυραμίδα Ελλάδας το 2017 (Πηγή: www.populationpyramid.net)



Φωτογραφία 5. Παγκόσμια πληθυσμιακή πυραμίδα το 2017 (Πηγή: www.populationpyramid.net)

Στην παραπάνω φωτογραφία βλέπουμε την πληθυσμιακή πυραμίδα για ολόκληρο τον πληθυσμό του πλανήτη όπως είναι σήμερα ενώ στις δύο φωτογραφίες που ακολουθούν είναι οι εκτιμήσεις για την εξέλιξη της πυραμίδας μετά από 20 χρόνια και μετά από 50 χρόνια μέσα από τη διαδικτυακή πλατφόρμα www.populationpyramid.net η οποία έχει σαν βασικό αντικείμενο τη μελέτη των πληθυσμών σε χώρες του κόσμου, αλλά και συνολικά, με δεδομένα και αναλύσεις για πληθώρα θεμάτων όπως η εξάπλωση του ιού HIV, ο διαβήτης, η σχολική μόρφωση, η δουλειά κ.ά.



Φωτογραφίες 6-7. Εκτίμηση της Παγκόσμιας πληθυσμιακή πυραμίδα το 2037 και το 2067, αντίστοιχα (Πηγή: www.populationpyramid.net)

1.3 Δείκτες μελέτης του πληθυσμού

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, τρεις είναι οι βασικοί συντελεστές της μεταβολής του πληθυσμού οι οποίοι διαμορφώνουν τη δομή και τη σύνθεση ενός πληθυσμού, οι γεννήσεις, οι θάνατοι και η μετανάστευση. Για την καλύτερη ανάλυση τους χρησιμοποιούμε αντίστοιχα τους δείκτες γονιμότητας (ή γεννητικότητα), θνησιμότητας και μετανάστευσης (ή μεταναστευτικής κίνησης).

1.3.1 Δείκτες γονιμότητας

Οι δείκτες γονιμότητας έχουν ως κύριο ενδιαφέρον τη μέτρηση της τάσης ενός πληθυσμού για αναπαραγωγή. Απόρροια αυτού είναι η εκτίμηση της γεννητικότητας ως

συντελεστής της μεταβολής του πληθυσμού. Οι δείκτες γονιμότητας, με κριτήριο το αν αναφέρονται σε γεγονότα μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου ή μιας συγκεκριμένης γενιάς, διαχωρίζονται σε δείκτες περιόδου και δείκτες κοορτής.

Ένας βασικός δείκτης περιόδου είναι ο αδρός δείκτης γεννητικότητας (Crude Birth Rate). Ο ακαθάριστος δείκτης (όπως αλλιώς λέγεται) είναι ο λόγος των γεννήσεων που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια ενός έτους (ή μία περιόδου, ανάλογα τη μελέτη) προς το συνολικό πληθυσμό.

$$CBR = B/P \times 1000 \quad (1.11)$$

Ο γενικός δείκτης γονιμότητας (General Fertility Rate) είναι ο λόγος των γεννήσεων σε ένα έτος προς τον πληθυσμό των γυναικών ηλικίας μεταξύ 15 και 49 ετών, δηλαδή τις γυναίκες που θεωρούνται ότι βρίσκονται σε αναπαραγωγική ηλικία.

$$CFR = B/P_{F,(15,49)} \times 1000 \quad (1.12)$$

Ο γενικός δείκτης έχει ως στόχο να αποφευχθούν μερικές αδυναμίες του αδρού δείκτη γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται κατά κόρον στις συγκρίσεις μεταξύ διαφορετικών πληθυσμών. Έχει ως βασικό μειονέκτημα τη σημαντική διαφοροποίηση της γονιμότητας μεταξύ διαφορετικών ηλικιακών ομάδων.

Η κατά ηλικία μέτρηση της γονιμότητας, εξαιτίας της σημαντικής διαφοροποίησης της γονιμότητας στις διαφορετικές ηλικιακές ομάδες, παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον. Ο ειδικός κατά ηλικία δείκτης γονιμότητας (Age-Specific Fertility Rate) είναι ο αντίστοιχος λόγος των γεννήσεων από γυναίκες συγκεκριμένης ηλικιακής ομάδας προς το συνολικό γυναικείο πληθυσμό της ομάδας.

$$ASFR_{(x,x+n)} = B_{(x,x+n)} / P_{F,(x,x+n)} \quad (1.13)$$

Ο πιο εύχρηστος και διαδεδομένος δείκτης γονιμότητας όμως είναι ο δείκτης ολικής γονιμότητας (ή συνθετικός δείκτης γονιμότητας) (Total Fertility Rate) ο οποίος χρησιμοποιείται πολύ συχνά για τη σύγκριση των επιπέδων γονιμότητας και σε διαφορετικές χρονικές στιγμές αλλά και σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές. Αποτελεί το άθροισμα των επιμέρους ειδικών κατά ηλικία συντελεστών γονιμότητας για

το έτος t (συνηθίζεται η χρήση πενταετών ηλικιακών ομάδων οπότε το n παρακάτω τύπο στις περισσότερες περιπτώσεις ισούται με $n=5$).

$$TFR = \sum_{x=15}^{49-n} (ASFR_{(x,x+n)} \times n) \quad (1.14)$$

Ανάλογοι δείκτες με το δείκτη ολικής γονιμότητας είναι ο ακαθάριστος δείκτης αναπαραγωγής ο οποίος διαφέρει με τον πρώτο στο ότι σε αυτόν υπολογίζονται μόνο οι γεννήσεις κοριτσιών. Ο καθαρός δείκτης αναπαραγωγής διαφέρει με τον αντίστοιχο ακαθάριστο στο γεγονός ότι εδώ υπολογίζεται και η θνησιμότητα

Μερικοί ακόμη δείκτες που χρησιμοποιούνται είναι ο λόγος παιδιών προς γυναίκες (Child-Woman Ratio) (ο λόγος των παιδιών κάτω των 4 ετών προς το συνολικό γυναικείο πληθυσμό σε αναπαραγωγική ηλικία), η μέση ηλικία τεκνοποίησης (Mean Age at Birth) (υπολογίζει τη μέση ηλικία των γυναικών που αποκτούν παιδί σε ένα έτος) και η μέση ηλικία πρώτης τεκνοποίησης (συμπεριλαμβάνονται μόνο οι πρώτες γέννες) και το ποσοστό γεννήσεων εκτός γάμου (γεννήσεις εκτός γάμου προς το σύνολο γεννήσεων).

Τέλος, από τους δείκτες κοορτής, ο πιο γνωστός είναι ο τελικός αριθμός απογόνων (Completed Fertility). Είναι ο μέσος αριθμός παιδιών για κάθε γυναίκα γενιάς που έχει ολοκληρώσει την αναπαραγωγική διαδικασία, δηλαδή γυναικών άνω των 50 ετών.

1.3.2. Δείκτες μετανάστευσης

Η μετανάστευση μπορεί να οριστεί ως κάθε μόνιμη μεταβολή στον τόπο διαμονής και κατ' επέκταση μεταφορά του συνόλου δραστηριοτήτων του ατόμου. Η μετανάστευση, ανάλογα με τον προορισμό του ατόμου, χαρακτηρίζεται ως εσωτερική αν είναι εντός συνόρων ενώ ως εξωτερική ή διεθνής όταν είναι σε άλλη χώρα.

Σε αντίθεση με τη γονιμότητα και τη θνησιμότητα, η μετανάστευση δεν είναι βιολογικό φαινόμενο αλλά σύνθετο κοινωνικό φαινόμενο του οποίου η ένταση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες με πιο βασικούς τις οικονομικές και πολιτικές συνθήκες. Η επιστροφή στην χώρα προέλευσης του ατόμου, η συνεχής μετανάστευση, η ομαδική μετανάστευση αλλά κυρίως η μετανάστευση που δεν ακολουθεί τις τυπικές προϋποθέσεις για την είσοδο σε μία χώρα (παράνομη είσοδος μη καταγεγραμμένη) καθιστούν έντονη τη δυσκολία της καταγραφής του φαινομένου για την τήρηση αξιόπιστων αρχείων για την εξαγωγή δεδομένων.

Οι τρεις πιο βασικοί δείκτες μετανάστευσης, όταν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, είναι ο ακαθάριστος δείκτης μεταναστευτικής εκροής (Gross rate of out-migration),

$$GREm = E_t / P_t \times 1000 \quad (1.15)$$

ο ακαθάριστος δείκτης μεταναστευτικής εισροής (Gross rate of in-migration)

$$GRIm = I_t / P_t \times 1000 \quad (1.16)$$

και ο αδρός δείκτης καθαρής μετανάστευσης (Crude Net Migration Rate).

$$CNMR = I_t - E_t / P_t \times 1000 \quad (1.17)$$

Στο επόμενο κεφάλαιο θα αναλυθούν η θνησιμότητα και οι αντίστοιχοι δείκτες θνησιμότητας.

1.3.3. Δυναμική του πληθυσμού

Η θεμελιώδης δημογραφική εξίσωση, λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των γεννήσεων και των θανάτων σε μία περίοδο $t-1, t$ καθώς και τον αριθμό των ατόμων που εισήλθαν και εξήλθαν από μία συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή ή χώρα μέσα στην αντίστοιχη περίοδο, εκφράζει τον αριθμό των ατόμων που ζουν στη συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή t .

$$P_t = P_{t-1} + B_{(t-1,t)} - D_{(t-1,t)} + I_{(t-1,t)} - E_{(t-1,t)} \quad (1.18)$$

Οι τρεις πρωταρχικοί παράγοντες που διαμορφώνουν το μέγεθος ενός πληθυσμού είναι οι γεννήσεις, οι θάνατοι και οι πληθυσμιακές μετακινήσεις (μετανάστευση) και γι' αυτό ονομάζονται παράγοντες πληθυσμιακής μεταβολής.

Μπορούμε να υπολογίσουμε τη μεταβολή του πληθυσμού από τον τύπο

$$G = P_t - P_0 \quad (1.19)$$

την αντίστοιχη ποσοστιαία μεταβολή (Percentage Growth) από τον τύπο

$$(P_t - P_0) / P_0 \times 100 \quad (1.20)$$



Πίνακες επιβίωσης και η διαχείριση τους
Εκτίμηση των Γραφικών τους Παραστάσεων με τη χρήση του Συντελεστή Μεταβλητότητας

και το ρυθμό πληθυσμιακής μεταβολής (Population Growth Rate) από την παρακάτω σχέση (όπου n έτη για τα οποία υπολογίζεται η μεταβολή)

$$r = \frac{\ln(P_t/P_0)}{n} \quad (1.21)$$

2 ΠΙΝΑΚΕΣ ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ

2.1 Θάνατος

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, θάνατος είναι η διαρκής και οριστική εξαφάνιση κάθε ένδειξης ζωής, η οποία επέρχεται σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή μετά τη γέννηση ζώντος ανθρώπινου οργανισμού.

Ο θάνατος εμβρύου ή αλλιώς γέννηση νεκρού ορίζεται η γέννηση νεογνού, το οποίο δεν ανέπνευσε κατά την έξοδό του από το σώμα της μητέρας του ούτε έδειξε άλλα σημεία ζωής, ο δε θάνατος του εμβρύου επήλθε μετά από κύηση 28 πλήρων εβδομάδων και άνω, πριν από την πλήρη έξοδο και τον αποχωρισμό του από τη μητέρα.

Ο βρεφικός θάνατος αναφέρεται στο θάνατο που επέρχεται σε ένα βρέφος πριν συμπληρώσει το 1^ο έτος της ζωής του.

Από ιατρικής άποψης ο θάνατος διακρίνεται, με βάση τις αιτίες που τον προκαλούν, σε φυσιολογικό ή φυσικό, σε βίαιο και σε θάνατο «εκ νόσου». Ο φυσιολογικός θάνατος επέρχεται σε υπερήλικα άτομα ως αποτέλεσμα της εκφύλισης των ζωτικών τους οργάνων. Ο θάνατος «εκ νόσου» επέρχεται λόγω κάποιου σοβαρού χρόνιου νοσήματος των ζωτικών οργάνων ενός ατόμου. Ο βίαιος θάνατος μπορεί να είναι αποτέλεσμα διαφόρων αιτιών όπως ατυχήματος ή τραυματισμού, απόπειρας αυτοκτονίας ή ανθρωποκτονίας, δηλητηρίασης κ.α.

Στην επιστήμη της Δημογραφίας, ο θάνατος αποτελεί αναπόφευκτο παρεπόμενο (της γέννησης) μη επαναλαμβανόμενο δημογραφικό γεγονός.

Οι βασικότερες αιτίες που προκαλούν τον θάνατο συνοπτικά είναι:

α) Βιολογικές: το γήρας, κληρονομικές, «συγγενείς», ορμονικές και άλλες ανωμαλίες και παθήσεις, η αστία, η κακή διατροφή κλπ.,

β) Ασθένειες: λοιμώδεις και μεταδοτικές αρρώστιες, εκφυλιστικές παθήσεις

γ) Βίαιοι θάνατοι: ανθρωποκτονίες, ατυχήματα, αυτοκινητιστικά, άλλα ατυχήματα

δ) Θεομηνίες και έκτακτα γεγονότα, π.χ. σεισμοί, πλημμύρες

ε) Πολεμικές αιτίες

2.2 Θνησιμότητα

2.2.1 Ορισμός

Αν θέλουμε να δώσουμε ένα ορισμό, μπορούμε να πούμε ότι η θνησιμότητα είναι η σχέση μεταξύ του αριθμού των θανάτων σε ένα πληθυσμό ως προς τον πληθυσμό αυτόν. Πολλοί παράγοντες μπορούν επηρεάσουν τη θνησιμότητα σε ένα πληθυσμό. Ενδεικτικά, μερικοί από αυτούς είναι η ηλικία, το φύλο, η κληρονομικότητα, ο τόπος διαμονής, η διατροφή κ.ά. Μπορούμε να τους διαχωρίσουμε σε βιολογικούς παράγοντες που καλούνται ενδογενείς και σε παράγοντες περιβάλλοντος που καλούνται εξωγενείς.

Πέρα από το καθαρά επιστημονικό ενδιαφέρον, η θνησιμότητα μελετάτε έντονα, κυρίως από κρατικούς φορείς, και για πρακτικούς λόγους σε σημαντικά θέματα όπως η εργασία, η κοινωνική περίθαλψη, η εργασία, το συνταξιοδοτικό κ.ά.

Μέσα στα γενικότερα συμπεράσματα που θεωρούνται κοινά στον κόσμο για τη θνησιμότητα είναι ότι στα βρέφη και στους ηλικιωμένους παρατηρείται υψηλότερη θνησιμότητα ενώ οι άνδρες παρουσιάζουν υψηλότερη θνησιμότητα σε σχέση με τις γυναίκες.

2.2 Δείκτες Θνησιμότητας

Υπάρχουν αρκετοί δείκτες θνησιμότητας. Ένας πολύ βασικός είναι ο αδρός δείκτης θνησιμότητας ο οποίος εκφράζεται ως ο λόγος των θανάτων κατά τη διάρκεια ενός έτους (ή μιας χρονικής περιόδου) προς το μέσο πληθυσμό αυτού του έτους. Συνηθίζεται να εκφράζεται ως ο αριθμός των θανάτων ανά 1000 κατοίκους.

$$CDR = D/p \times 1000 \quad (2.1)$$

Ανάλογα το τι μελετάμε, μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο εξειδικευμένος δείκτης όπως ο αδρός δείκτης κατά αιτία και ο ειδικός κατά ηλικία δείκτης θνησιμότητας. Ο αδρός δείκτης κατά αιτία είναι ο λόγος των θανάτων από την αιτία j προς τον πληθυσμό αυτού του έτους

$$CDR_j = D_j/p \times 1000 \quad (2.2)$$

ενώ ο ειδικός κατά ηλικία δείκτης θνησιμότητας είναι ο λόγος των θανάτων σε άτομα της ίδιας ηλικιακής ομάδας $[x, x+n]$ προς το συνολικό πληθυσμό της συγκεκριμένης ηλικιακής ομάδας κατά τη διάρκεια ενός έτους.

$$ASDR_{(x,x+n)} = \frac{D_{(x,x+n)}}{P_{(x,x+n)}} \quad (2.3)$$

Ένας ακόμη πολύ βασικός δείκτης είναι η βρεφική θνησιμότητα (Infant Mortality) που ορίζεται ως ο λόγος των θανάτων βρεφών πριν να συμπληρωθεί το πρώτο έτος της ηλικίας τους (D_0) κατά τη διάρκεια ενός έτους προς το συνολικό αριθμό γεννήσεων (B) του έτους αυτού. Στην ουσία μιλάμε για την πιθανότητα θανάτου κατά το πρώτο έτος ζωής ενός ατόμου. Είναι ευρέως χρησιμοποιούμενος δείκτης καθώς θεωρείται ότι αποτυπώνει το βιοτικό επίπεδο ενός πληθυσμού.

$$IM = \frac{D_0}{B} \times 1000 \quad (2.4)$$

Λόγω της ευρείας χρήσης του και των ιατρικών αναγκών για περαιτέρω ανάλυση και διερεύνηση, μπορεί να χωριστεί σε νεογνική θνησιμότητα (μετρούνται οι θάνατοι μέχρι την ηλικία των 28 ημερών) και σε μετανεογνική θνησιμότητα (από την πέμπτη εβδομάδα μέχρι τη συμπλήρωση του πρώτου έτους ζωής). Το άθροισμα των δύο παραπάνω μας δίνει τη βρεφική θνησιμότητα.

Τέλος, για να υπολογιστεί η μέση αναμενόμενη διάρκεια ζωής σε έτη ενός νεογέννητου (με βάση τους ειδικούς δείκτες θνησιμότητας κατά ηλικία κατά το έτος γέννησης και θεωρώντας ότι θα παραμείνουν σταθεροί εφ' όρου ζωής) χρησιμοποιούμε το προσδόκιμο ζωής κατά τη γέννηση (Life Expectancy at Birth). Πέρα από τη γέννηση, το προσδόκιμο ζωής μπορεί να υπολογιστεί για οποιαδήποτε ηλικία θέλουμε. Για τον υπολογισμό του, όπως θα δούμε και παρακάτω, χρησιμοποιούμε τους Πίνακες Επιβίωσης.

2.3 Πίνακας επιβίωσης (ή θνησιμότητας)

2.3.1 Ορισμός και είδη πινάκων

Ένας πίνακας επιβίωσης (ή πίνακας θνησιμότητας ή πίνακας ζωής) είναι ο τρόπος για να αποτυπώσουμε και να εκφράσουμε συνοπτικά τις πιθανότητες επιβίωσης (ή θανάτου)

των ατόμων ενός πληθυσμού. Ένας πίνακας επιβίωσης μπορεί να πάρει αρκετές προεκτάσεις και να υπολογιστούν πληθώρα μεταβλητών ανάλογα με τη σκοπιά του ερευνητή. Η αρχική μορφή του πίνακα ήταν ιδέα του J. Graunt το 17^ο αιώνα. Σήμερα, βασική και πιο αξιόπιστη πηγή δεδομένων για ένα πίνακα επιβίωσης είναι τα στοιχεία των απογραφών.

Δύο είναι τα βασικά κριτήρια με τα οποία χωρίζουμε τους πίνακες. Είτε ανάλογα με το έτος που αναφέρονται, είτε ανάλογα με τη μορφή τους. Ανάλογα με το έτος που αναφέρονται διακρίνονται σε πίνακες επιβίωσης γενεάς ή περιόδου. Οι πίνακες γενεάς (Cohort life tables) παρουσιάζουν την πραγματική πιθανότητα θανάτου για τα άτομα σε κάθε ηλικία με κοινό έτος γέννησης. Εφόσον όμως μιλάμε για πραγματική πιθανότητα, για να παρακολουθήσουμε τη θνησιμότητα των ατόμων πρέπει να ξεκινήσουν από τη γέννηση των ατόμων μέχρι το θάνατο του συνόλου των ατόμων της γενεάς, δηλαδή συνήθως 100 έτη. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται οι πίνακες επιβίωσης περιόδου, ο οποίος είναι προσέγγιση ενός πίνακα γενεάς. Χρησιμοποιεί τους κατά ηλικία δείκτες θνησιμότητας μιας συγκεκριμένης περιόδου (συνηθίζεται το ένα έτος) ως τη θνησιμότητα των διαφόρων ηλικιών για τα άτομα μιας υποθετικής γενιάς (100.000 ή 10.000) κατά τη διάρκεια της ζωής τους.

Με βάση τη μορφή τους, δηλαδή ανάλογα με το εύρος των ηλικιακών ομάδων, διακρίνονται σε πλήρεις και συνεπτυγμένους πίνακες. Στους πλήρεις πίνακες τα δεδομένα παρουσιάζονται για κάθε ηλικιακή ομάδα και είναι πιο αναλυτικοί και ακριβείς. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε κλάδους όπως η Βιοστατιστική ή η Αναλογιστική στους οποίους είναι αναγκαία η ακρίβεια. Οι συνεπτυγμένοι πίνακες χωρίζουν τις ηλικιακές ομάδες σε μεγαλύτερες (συνήθως ανά 5 ή 10 έτη). Με αυτό τον τρόπο, χρησιμοποιούν μικρότερο αριθμό δεδομένων οπότε είναι και πιο εύχρηστοι. Μειονέκτημα τους είναι ότι υστερούν σε πληροφορία. Συνηθίζεται το πρώτο έτος ζωής να παρουσιάζεται ξεχωριστά λόγω της υψηλής βρεφικής θνησιμότητας και τα έτη 1 έως 5 σε ξεχωριστή ηλικιακή ομάδα.

2.3.2 Δομή πλήρους πίνακα επιβίωσης

Αρχικά, στη δομή ενός πίνακα θεωρούμε κάποια υποθετικά στοιχεία κατά σύμβαση ως δεδομένα, τα οποία βοηθούν στη μετέπειτα κατασκευή ενός πίνακα. Υποθέτουμε ότι ο αρχικός αριθμός ατόμων ενός πληθυσμού, ο οποίος καλείται ρίζα του πίνακα

επιβίωσης, είναι 100.000 (ή 10.000 ή 1.000, ανάλογα τον ερευνητή), ο πληθυσμός δεν επηρεάζεται καθόλου από τη μετανάστευση άρα η μεταβολή του αρχικού πληθυσμού είναι αποτέλεσμα μόνο των θανάτων και οι θάνατοι σε κάθε ηλικία ακολουθούν ένα προκαθορισμένο και σταθερό πρότυπο θνησιμότητας.

Οι βασικές συναρτήσεις ενός πίνακα επιβίωσης είναι οι ακόλουθες:

➤ x

Ακριβής ηλικία ενός ατόμου σε ένα πληθυσμό (για πλήρη πίνακα).

➤ $(x, x+n)$

Το διάστημα μεταξύ της ηλικίας x και $x+n$ (για συνεπτυγμένο πίνακα).

➤ n

Η διαφορά ανάμεσα σε διαδοχικές ηλικίες. Στους συνεπτυγμένους πίνακες χρησιμοποιείται ως αριστερός δείκτης στη μεταβλητές για να υποδηλώσει τη διαφορά. Για πλήρεις πίνακες, το $n=1$ οπότε και παραλείπεται.

➤ P_x

Ο μέσος πληθυσμός ηλικίας x .

➤ D_x

Ο αριθμός των θανάτων στην ηλικία x .

➤ α_x

Ο μέσος αριθμός ετών επιβίωσης ατόμου ηλικίας x που τελικά πεθαίνει εντός του έτους. Υποθέτουμε, εξαιρώντας το πρώτο έτος ζωής στο οποίο λόγω της βρεφικής θνησιμότητας διαφοροποιείται, ότι οι θάνατοι κατανέμονται ομοιόμορφα μέσα σε ένα έτος οπότε το

$$\alpha_x = 1/2$$

➤ m_x

Ο ειδικός συντελεστής θνησιμότητας κάθε ηλικιακής ομάδας. Για τον υπολογισμό του χρησιμοποιούμε το λόγο του αριθμού των καταγεγραμμένων θανάτων ηλικίας x , δηλαδή

το D_x , προς το μέσο πληθυσμό της ηλικίας x (P_x). Αποτελεί το βασικό παράγοντα υπολογισμού της πιθανότητας θανάτου.

$$m_x = D_x / P_x \quad (2.5)$$

➤ q_x

Η πιθανότητα θανάτου κατά την ηλικία x . Υπολογίζεται ως ο λόγος του αριθμού των θανάτων των επιζώντων του πίνακα με βάση την υποθετική γενεά (l_0) το έτος x , δηλαδή του d_x , προς τον αριθμό των επιζώντων ηλικίας x (l_x).

$$q_x = d_x / l_x \quad (2.6)$$

➤ p_x

Η πιθανότητα επιβίωσης κατά την ηλικία x . Υπολογίζεται αν από τη μονάδα αφαιρέσουμε την πιθανότητα θανάτου.

$$p_x = 1 - q_x \quad (2.7)$$

➤ l_x

Ο αριθμός των επιζώντων ηλικίας x από την υποθετική γενεά l_0 . Υπολογίζεται από το γινόμενο του αριθμού των επιβιωσάντων του προηγούμενου έτους με την πιθανότητα επιβίωσης του προηγούμενου έτους

$$l_{x+n} = l_x \times p_x \quad (2.8)$$

➤ l_0

Ο αριθμός γεννήσεων των ατόμων της υποθετικής γενεάς. Συνήθως ισούται με 100.000.

➤ d_x

Ο αριθμός των θανάτων των επιζώντων του πίνακα με βάση την υποθετική γενεά (l_0) το έτος x . Υπολογίζεται ως η διαφορά του αριθμού επιζώντων ηλικίας x και του αριθμού επιζώντων ηλικίας $x+1$.

$$d_x = l_x - l_{x+1} \quad (2.9)$$

Αντικαθιστώντας στον τύπο (2.9), χρησιμοποιώντας τους τύπους (2.8) και (2.7), μπορούμε να εκφράσουμε το d_x και ως εξής:

$$d_x = l_x \times q_x \quad (2.10)$$

➤ L_x

Ο συνολικός αριθμός ετών ζωής που βιώνονται κατά το διάστημα $[x, x+1)$ (ή $[x, x+n)$ για συνεπτυγμένους πίνακες) από τα άτομα του πληθυσμού.

$$L_x = l_{x+1} + a_x \times d_x \quad (2.11)$$

➤ T_x

Ο συνολικός αριθμός ετών ζωής που θα βιώσουν μετά την ηλικία x τα άτομα του πληθυσμού.

$$T_x = \sum_{i=x}^{\infty} L_i \quad (2.12)$$

➤ e_x

Το προσδόκιμο ζωής ή η μέση προσδοκώμενη ζωή στην ηλικία x . Είναι η πιο σημαντική και ουσιαστική μεταβλητή του πίνακα καθώς μας δίνει το μέσο όρο ετών που αναμένεται να ζήσει ακόμα ένα άτομο που έχει φτάσει την ηλικία x .

$$e_x = T_x / l_x \quad (2.13)$$

Μία μεταβλητή που συνήθως δε χρησιμοποιείται σε πίνακες επιβίωσης, αλλά είναι ουσιώδης για διάφορους κλάδους, είναι η πιθανότητα επιβίωσης μέχρι την ηλικία x .

➤ $S(x)$

Για να υπολογίσουμε ότι ένα άτομο θα επιβιώσει στο διάστημα ηλικίας $[0, x]$ χρησιμοποιούμε το λόγο του αριθμού επιζώντων ηλικίας x ως προς τον αριθμό της υποθετικής γενεάς.

$$S(x) = l_x / l_0 \quad (2.14)$$

2.3.3 Κατασκευή πλήρους πίνακα επιβίωσης

Για την κατασκευή του πίνακα θα χρησιμοποιήσουμε δεδομένα που πάρθηκαν από την διαδικτυακή πλατφόρμα Human Mortality Database (www.mortality.org) του Πανεπιστημίου του Berkley των Η.Π.Α. και του Ινστιτούτου Δημογραφικής Έρευνας Max Planck της Γερμανίας. Αφορούν τον πληθυσμό της Ελλάδος το έτος 2013. Η αρχική πηγή της πλατφόρμας για τα συγκεκριμένα δεδομένα ήταν το Εργαστήριο Δημογραφικών και Κοινωνικών Αναλύσεων του τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (www.lds.gr). Η επεξεργασία τους έχει γίνει με τη χρήση του MS Excel.

Από τα δεδομένα που πήραμε, μας ήταν γνωστές τρεις στήλες (πέραν του x) από τις οποίες θα φτάσουμε στη στήλη του προσδόκιμου ζωής: ο δείκτης θνησιμότητας (ο οποίος έχει ήδη υπολογιστεί από τον αριθμό θανάτων και το μέσο πληθυσμό κάθε ηλικιακής ομάδας), ο μέσος αριθμός ετών επιβίωσης ενός ατόμου ηλικίας x που τελικά πεθαίνει σε αυτή την ηλικία και η πιθανότητα θανάτου κάθε ηλικιακής ομάδας.

Πίνακας 3α: Ανάλυση των δεδομένων για τον πληθυσμό της Ελλάδος το 2013

x	mx	ax	qx
0	0,00356	0,06	0,00355
1	0,00018	0,5	0,00018
2	0,00011	0,5	0,00011
3	0,00013	0,5	0,00013
4	0,00011	0,5	0,00011
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
107	0,62557	0,5	0,47652
108	0,65544	0,5	0,49366
109	0,68416	0,5	0,50978
110	0,71156	1,41	1

Χρησιμοποιώντας τη σχέση (2.7), βρίσκουμε τη στήλη της πιθανότητας επιβίωσης.

Πίνακας 3β: Ανάλυση των δεδομένων για τον πληθυσμό της Ελλάδος το 2013

x	mx	ax	qx	px
0	0,00356	0,06	0,00355	0,99645
1	0,00018	0,5	0,00018	0,99982
2	0,00011	0,5	0,00011	0,99989
3	0,00013	0,5	0,00013	0,99987
4	0,00011	0,5	0,00011	0,99989
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
107	0,62557	0,5	0,47652	0,52348
108	0,65544	0,5	0,49366	0,50634
109	0,68416	0,5	0,50978	0,49022
110	0,71156	1,41	1	0

Στη συνέχεια, με τη χρήση της υποθετικής γενεάς $l_0 = 100.000$ και τη χρήση της σχέσης (2.8), δημιουργούμε τη στήλη του αριθμού επιζώντων της υποθετικής γενεάς για κάθε ηλικία x.

Πίνακας 3γ: Ανάλυση των δεδομένων για τον πληθυσμό της Ελλάδος το 2013

x	mx	ax	qx	px	lx
0	0,00356	0,06	0,00355	0,99645	100000
1	0,00018	0,5	0,00018	0,99982	99645
2	0,00011	0,5	0,00011	0,99989	99627
3	0,00013	0,5	0,00013	0,99987	99616
4	0,00011	0,5	0,00011	0,99989	99603
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
107	0,62557	0,5	0,47652	0,52348	55
108	0,65544	0,5	0,49366	0,50634	29
109	0,68416	0,5	0,50978	0,49022	15
110	0,71156	1,41	1	0	7

Έπειτα, μέσω της σχέσης (2.9), συμπληρώνουμε τον αριθμό θανάτων των επιζώντων για κάθε ηλικία x .

Πίνακας 3δ: Ανάλυση των δεδομένων για τον πληθυσμό της Ελλάδος το 2013

x	m_x	a_x	q_x	p_x	l_x	dx
0	0,00356	0,06	0,00355	0,99645	100000	355
1	0,00018	0,5	0,00018	0,99982	99645	18
2	0,00011	0,5	0,00011	0,99989	99627	11
3	0,00013	0,5	0,00013	0,99987	99616	13
4	0,00011	0,5	0,00011	0,99989	99603	11
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
107	0,62557	0,5	0,47652	0,52348	55	26
108	0,65544	0,5	0,49366	0,50634	29	14
109	0,68416	0,5	0,50978	0,49022	15	7
110	0,71156	1,41	1	0	7	7

Κατόπιν, με τη βοήθεια της (2.11), δημιουργούμε τη στήλη του συνολικού αριθμού ετών ζωής που βιώνονται κατά το διάστημα $[x, x+1)$ από τα άτομα του πληθυσμού.

Πίνακας 3ε: Ανάλυση των δεδομένων για τον πληθυσμό της Ελλάδος το 2013

x	m_x	a_x	q_x	p_x	l_x	dx	L_x
0	0,00356	0,06	0,00355	0,99645	100000	355	99666
1	0,00018	0,5	0,00018	0,99982	99645	18	99636
2	0,00011	0,5	0,00011	0,99989	99627	11	99622
3	0,00013	0,5	0,00013	0,99987	99616	13	99610
4	0,00011	0,5	0,00011	0,99989	99603	11	99598
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
107	0,62557	0,5	0,47652	0,52348	55	26	42
108	0,65544	0,5	0,49366	0,50634	29	14	22
109	0,68416	0,5	0,50978	0,49022	15	7	11
110	0,71156	1,41	1	0	7	7	10

Από τη σχέση (2.12), συμπληρώνουμε τη στήλη για το συνολικό αριθμό ετών ζωής που θα βιώσουν μετά την ηλικία x τα άτομα του πληθυσμού.

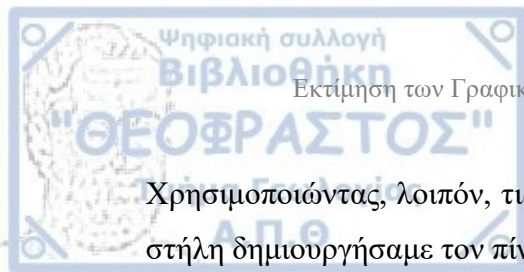
Πίνακας 3στ: Ανάλυση των δεδομένων για τον πληθυσμό της Ελλάδος το 2013

x	mx	ax	qx	px	lx	dx	Lx	Tx
0	0,00356	0,06	0,00355	0,99645	100000	355	99666	8105774
1	0,00018	0,5	0,00018	0,99982	99645	18	99636	8006107
2	0,00011	0,5	0,00011	0,99989	99627	11	99622	7906471
3	0,00013	0,5	0,00013	0,99987	99616	13	99610	7806850
4	0,00011	0,5	0,00011	0,99989	99603	11	99598	7707240
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
107	0,62557	0,5	0,47652	0,52348	55	26	42	85
108	0,65544	0,5	0,49366	0,50634	29	14	22	43
109	0,68416	0,5	0,50978	0,49022	15	7	11	21
110	0,71156	1,41	1	0	7	7	10	10

Τέλος, η σχέση (2.13) μας δίνει τη στήλη για το προσδόκιμο ζωής (και το συνολικό συμπληρωμένο πίνακα επιβίωσης).

Πίνακας 3ζ: Ανάλυση των δεδομένων για τον πληθυσμό της Ελλάδος το 2013

x	mx	ax	qx	px	lx	dx	Lx	Tx	ex
0	0,00356	0,06	0,00355	0,99645	100000	355	99666	8105774	81,06
1	0,00018	0,5	0,00018	0,99982	99645	18	99636	8006107	80,35
2	0,00011	0,5	0,00011	0,99989	99627	11	99622	7906471	79,36
3	0,00013	0,5	0,00013	0,99987	99616	13	99610	7806850	78,37
4	0,00011	0,5	0,00011	0,99989	99603	11	99598	7707240	77,38
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
107	0,62557	0,5	0,47652	0,52348	55	26	42	85	1,54
108	0,65544	0,5	0,49366	0,50634	29	14	22	43	1,48
109	0,68416	0,5	0,50978	0,49022	15	7	11	21	1,44
110	0,71156	1,41	1	0	7	7	10	10	1,41



Χρησιμοποιώντας, λοιπόν, τις σχέσεις που είχαμε, από τα αρχικά δεδομένα μας, στήλη στήλη δημιουργήσαμε τον πίνακα επιβίωσης για τον πληθυσμό της Ελλάδος το 2013 και βρήκαμε το προσδόκιμο ζωής για κάθε ηλικία. Στο επόμενο κεφάλαιο θα δούμε πως μπορούμε με τη χρήση του συντελεστή μεταβλητότητας να προχωρήσουμε τον πίνακα κάποια βήματα παραπέρα.

3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ

Πριν προχωρήσουμε στην εκτίμηση, να επισημάνουμε κάποιες βασικές έννοιες που είναι χρήσιμες για τη συνέχεια. Ο συντελεστής μεταβλητότητας είναι ο λόγος της δειγματικής τυπικής απόκλισης από το δειγματικό μέσο.

$$C_V = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{\sqrt{VarX}}{EX} \quad (3.1)$$

Οι κατανομές που θα ασχοληθούμε είναι φθίνουσες. Διακρίνουμε δύο μορφές σ.π.π.

α) Πρώτου τύπου σ.π.π. (I)

Για την πρώτη μορφή έχουμε τον εξής τύπο :

$$f(x) = \begin{cases} h \cdot (1 - \frac{x}{b})^v, & x \in [0, b] \\ 0 & , x \notin [0, b] \end{cases}, \quad h = \frac{v+1}{b} \quad (3.2)$$

Η μέση τιμή και τη διασπορά της δοσμένης σ.π.π. είναι

$$EX = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x) \cdot dx = \frac{-h}{b^v} \left\{ \frac{x \cdot (b-x)^{v+1}}{v+1} + \frac{(b-x)^{v+2}}{(v+1) \cdot (v+2)} \right\} \Big|_0^b = \frac{b}{(v+2)} \quad (3.3)$$

$$EX^2 = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 \cdot f(x) \cdot dx = \frac{2 \cdot b^2}{(v+2) \cdot (v+3)} \quad (3.4)$$

$$VarX = \frac{2 \cdot b^2}{(v+2) \cdot (v+3)} - \left(\frac{b}{v+2} \right)^2 = \frac{b^2 \cdot (v+1)}{(v+3) \cdot (v+2)^2} \quad (3.5)$$

Οπότε ο συντελεστής μεταβλητότητας θα είναι:

$$C_v = \sqrt{\frac{v+1}{v+3}} \quad (3.6)$$

Ισχύουν ότι:

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \quad \text{ή} \quad \lambda = C_v^{-2} \quad (3.7)$$

$$v = \frac{3-\lambda}{\lambda-1} = -1 + \frac{2}{\lambda-1}, \text{ με } \lambda \in (1, +\infty) \quad (3.8)$$

β) Δεύτερου τύπου σ.π.π. (II)

Έστω τ.μ. X με σ.π.π. που προσεγγίζεται από τον τύπο:

$$f(x) = \begin{cases} h \cdot \left(1 - \left(\frac{x}{b}\right)^v\right), & x \in [0, b] \\ 0, & x \notin [0, b] \end{cases} \quad h = \frac{v+1}{v \cdot b} \quad (3.9)$$

Η μέση τιμή και τη διασπορά της σ.π.π.

$$EX = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x) \cdot dx = \frac{h}{b^v} \cdot \left\{ \frac{x^2 \cdot b^v}{2} - \frac{x^{v+1}}{(v+2)} \right\} \Big|_0^b = \frac{b \cdot (v+1)}{2 \cdot (v+2)} \quad (3.10)$$

$$EX^2 = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 \cdot f(x) \cdot dx = \frac{(v+1) \cdot b^2}{3 \cdot (v+3)} \quad (3.11)$$

$$VarX = \frac{(v+1) \cdot b^2}{3 \cdot (v+3)} - \left(\frac{(v+1) \cdot b}{2 \cdot (v+2)} \right)^2 = \frac{b^2 \cdot (v+1) \cdot (v^2 + 4v + 7)}{12 \cdot (v+3) \cdot (v+2)^2} \quad (3.12)$$

Οπότε έχουμε:

$$C_v = \sqrt{\frac{(v+1) \cdot (v^2 + 4v + 7)}{3 \cdot (v+3)}} \quad (3.13)$$

Ισχύουν

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \quad \text{ή} \quad \lambda = \frac{(EX)^2}{VarX} = C_v^{-2} \quad (3.14)$$

$$v = -2 + \sqrt{3 \cdot \frac{\lambda+1}{3-\lambda}}, \text{ με } \lambda \in (0, 3) \quad (3.15)$$

Τώρα μπορούμε να προχωρήσουμε στην εκτίμηση. Αρχικά, διαιρούμε τη στήλη του αριθμού επιζώντων με 10.000 στρογγυλοποιώντας στα 2 δεκαδικά.

Πίνακας 4α: Βήματα εκτίμησης συνάρτησης με τη χρήση του συντελεστή μεταβλητότητας

x	mx	ax	qx	px	lx	dx	Lx	Tx	ex	Ni=lx/10000
0	0,00356	0,06	0,00355	0,99645	100000	355	99666	8105774	81,06	10
1	0,00018	0,5	0,00018	0,99982	99645	18	99636	8006107	80,35	9,96
2	0,00011	0,5	0,00011	0,99989	99627	11	99622	7906471	79,36	9,96
3	0,00013	0,5	0,00013	0,99987	99616	13	99610	7806850	78,37	9,96
4	0,00011	0,5	0,00011	0,99989	99603	11	99598	7707240	77,38	9,96
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
107	0,62557	0,5	0,47652	0,52348	55	26	42	85	1,54	0
108	0,65544	0,5	0,49366	0,50634	29	14	22	43	1,48	0
109	0,68416	0,5	0,50978	0,49022	15	7	11	21	1,44	0
110	0,71156	1,41	1	0	7	7	10	10	1,41	0

Στη συνέχεια, πολλαπλασιάζουμε τη νέα μεταβλητή N_i με την ηλικία x.

Πίνακας 4β: Βήματα εκτίμησης συνάρτησης με τη χρήση του συντελεστή μεταβλητότητας

x	mx	ax	qx	px	lx	dx	Lx	Tx	ex	Ni	Ni*x
0	0,00356	0,06	0,00355	0,99645	100000	355	99666	8105774	81,06	10	0
1	0,00018	0,5	0,00018	0,99982	99645	18	99636	8006107	80,35	9,96	10
2	0,00011	0,5	0,00011	0,99989	99627	11	99622	7906471	79,36	9,96	19,9
3	0,00013	0,5	0,00013	0,99987	99616	13	99610	7806850	78,37	9,96	29,9
4	0,00011	0,5	0,00011	0,99989	99603	11	99598	7707240	77,38	9,96	39,8
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
107	0,62557	0,5	0,47652	0,52348	55	26	42	85	1,54	0	0
108	0,65544	0,5	0,49366	0,50634	29	14	22	43	1,48	0	0
109	0,68416	0,5	0,50978	0,49022	15	7	11	21	1,44	0	0
110	0,71156	1,41	1	0	7	7	10	10	1,41	0	0

Πολλαπλασιάζουμε τη N_i με το τετράγωνο της ηλικίας x .

Πίνακας 4γ: Βήματα εκτίμησης συνάρτησης με τη χρήση του συντελεστή μεταβλητότητας

x	mx	ax	qx	px	lx	dx	Lx	Tx	ex	Ni	Ni*x	Ni*x^2
0	0,00356	0,06	0,00355	0,99645	100000	355	99666	8105774	81,06	10	0	0
1	0,00018	0,5	0,00018	0,99982	99645	18	99636	8006107	80,35	9,96	10	9,96
2	0,00011	0,5	0,00011	0,99989	99627	11	99622	7906471	79,36	9,96	19,9	39,85
3	0,00013	0,5	0,00013	0,99987	99616	13	99610	7806850	78,37	9,96	29,9	89,65
4	0,00011	0,5	0,00011	0,99989	99603	11	99598	7707240	77,38	9,96	39,8	159,37
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
107	0,62557	0,5	0,47652	0,52348	55	26	42	85	1,54	0	0	0
108	0,65544	0,5	0,49366	0,50634	29	14	22	43	1,48	0	0	0
109	0,68416	0,5	0,50978	0,49022	15	7	11	21	1,44	0	0	0
110	0,71156	1,41	1	0	7	7	10	10	1,41	0	0	0

Από τον πίνακα και χρησιμοποιώντας τα αθροίσματα από τις αντίστοιχες στήλες, βρίσκουμε κατά σειρά για τη N_i τη μέση τιμή

$$EX = 42,0905085$$

τη διασπορά

$$VarX = 658$$

την τυπική απόκλιση

$$SD = 25,65596934$$

και τέλος, το συντελεστή μεταβλητότητας.

$$CV = 0,60954287$$

Χρησιμοποιώντας, λοιπόν, τις σχέσεις (3.14), (3.15) και (3.9) (για το h) που αναφέραμε παραπάνω για τη φθίνουσα κατανομή τύπου (II), βρίσκουμε τους συντελεστές λ , ν και h

$$\lambda = 2,691482$$

$$\nu = 0,182395$$

οπότε αντικαθιστώντας στη σχέση (3.2) έχουμε τη συνάρτηση

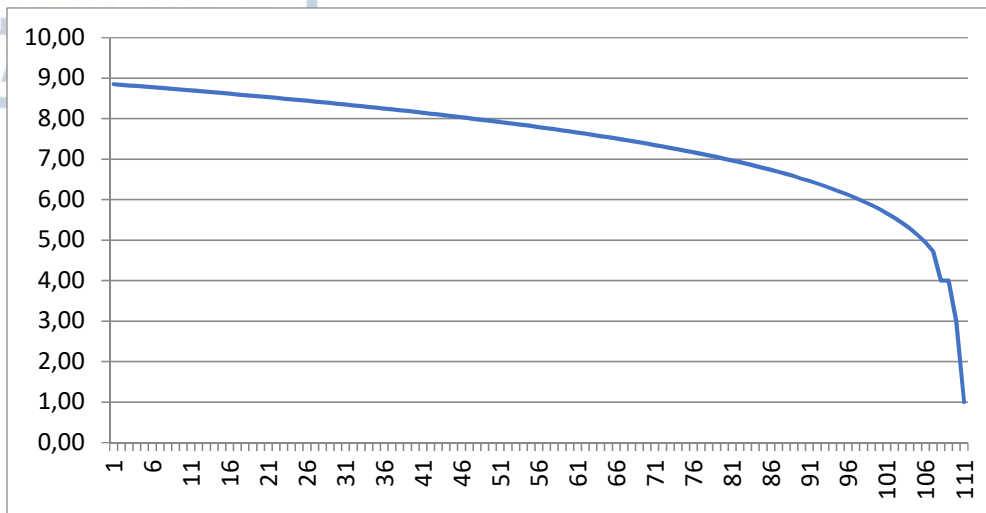
$$\theta(x) = \begin{cases} 0,010749 \cdot \left(1 - \left(\frac{x}{110}\right)^{0,182395}\right), & x \in [0,110] \\ 0, & x \notin [0,110] \end{cases} \quad (3.16)$$

Από τη σχέση αυτή, δημιουργούμε τη στήλη θ_i και τη στήλη X^2 (τα στοιχεία της στήλης προκύπτουν από τη σχέση N_i^2 / θ_i) η οποία θα μας βοηθήσει να κάνουμε το test X^2

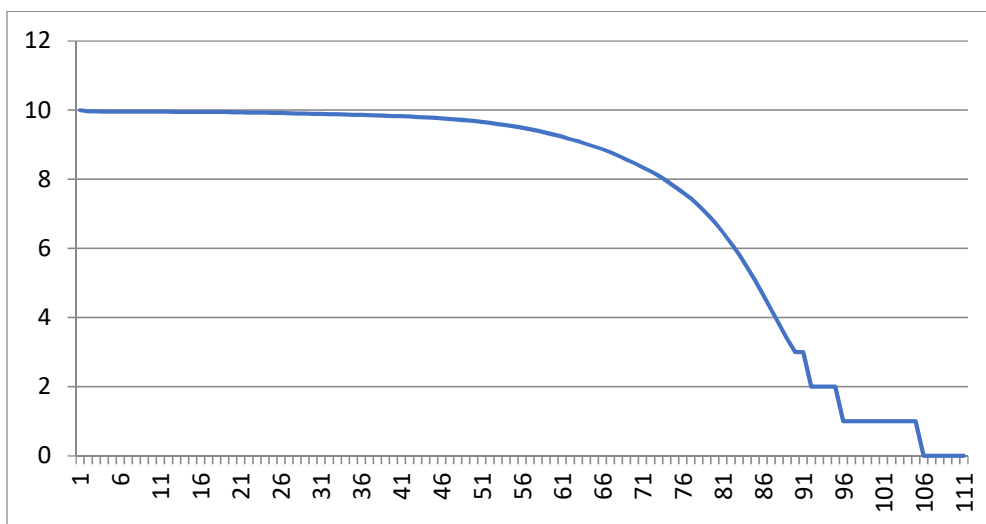
Πίνακας 4δ: Βήματα εκτίμησης συνάρτησης με τη χρήση του συντελεστή μεταβλητότητας

x	mx	ax	qx	px	lx	dx	Lx	Tx	ex	Ni	Ni*x	Ni*x^2	θi	X^2
0	0,00356	.	.	.	100000	355	99666	8105774	81,06	10	0	0	8,85	11,3
1	0,00018	.	.	.	99645	18	99636	8006107	80,35	9,96	10	9,96	8,84	11,24
2	0,00011	.	.	.	99627	11	99622	7906471	79,36	9,96	19,9	39,85	8,82	11,25
3	0,00013	.	.	.	99616	13	99610	7806850	78,37	9,96	29,9	89,65	8,81	11,27
4	0,00011	.	.	.	99603	11	99598	7707240	77,38	9,96	39,8	159,37	8,79	11,29
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
107	0,62557	.	.	.	55	26	42	85	1,54	0	0	0	4	0
108	0,65544	.	.	.	29	14	22	43	1,48	0	0	0	4	0
109	0,68416	.	.	.	15	7	11	21	1,44	0	0	0	3	0
110	0,71156	.	.	.	7	7	10	10	1,41	0	0	0	1	0

Η διαφορά των αθροισμάτων των στηλών X^2 και θ_i μας δίνει αποτέλεσμα 100 το οποίο είναι μικρότερο από την τιμή 135 (τιμή της κατανομής X^2 για 110 βαθμούς ελευθερίας και $\alpha=0,05$) οπότε τα N_i έχουν καλή προσαρμογή στα θ_i επομένως η εκτιμώμενη γραφική παράσταση του αριθμού επιζώντων είναι η παρακάτω.



Σχήμα 1: Εκτιμώμενη γραφική παράσταση με τη χρήση του συντελεστή μεταβλητότητας



Σχήμα 2: Γραφική παράσταση πραγματικών δεδομένων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Farmakis, N. (Eds.). (2010) . “Coefficient of Variation : Connecting Sampling with some Increasing Distribution Models”. In: SMTDA 2010, Proceedings of Stochastic Modeling Techniques and Data Analysis International Conference, 8/11 June 2010 Chania, Crete, Greece

Farmakis, N. (2011b, September) “Coefficient of Variation: Connecting Sampling with some Decreasing Distribution Models”, Book of Abstracts of Balkan Conference on Operation Research (BALCOR-2011), Thessaloniki, Greece

Farmakis, N. (2003, June) “Estimation of coefficient of variation: scaling of symmetric continuous distributions” [Electronic Version]. Statistics in Transition , Vol 6 (1) , pp.83 - 96

Δρεκόλια, Σ. (2012), «Ανάλυση των μεταβολών στο προσδόκιμο επιβίωσης στην Ελλάδα και παράγοντες που τις επηρεάζουν: 1991-2001», Διπλωματική εργασία, Πειραιάς

Κολυβά - Μαχαίρα, Φ. , Μπόρα – Σέντα, Ε. (1998β) , «Στατιστική, Θεωρία, Εφαρμογές, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη

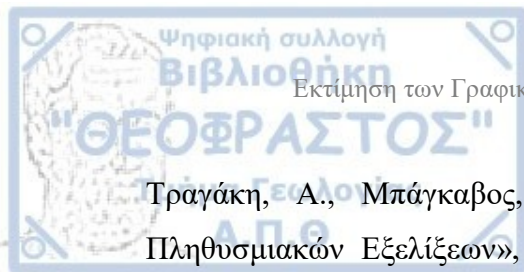
Κοτζαμάνης, Β., Ανδρουλάκη, Ε. (2001), «Στοιχεία δημογραφίας» Εκδόσεις Α&Π Χριστοδουλίδη, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος

Κουκίδου, Θ. (2016), «Συντελεστής μεταβλητότητας και κατανομές: οι τρεις βασικές μορφές», Θεσσαλονίκη

Κωστάκη, Α. (2003), «Τεχνικές Δημογραφικής Ανάλυσης». Ο.Π.Α., Αθήνα

Παπαδάκης, Μ., Τσίμπος, Κ. (2004), «Δημογραφική Ανάλυση, Αρχές-Μέθοδοι-Υποδείγματα», Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα

Σπανός, Π. (2013), «Μελέτη των τάσεων και των εποχικών κυμάνσεων των δεικτών θνησιμότητας του πληθυσμού της Ελλάδας από νεοπλάσματα και νόσους του κυκλοφορικού συστήματος», Διπλωματική εργασία, Πειραιάς



Τραγάκη, Α., Μπάγκαβος, Χ., Ντύνας, Δ. (2015), «Περί Δημογραφίας και Πληθυσμιακών Εξελίξεων», Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα, Αθήνα

Φαρμάκης, Ν. (2009α), «Εισαγωγή στη Δειγματοληψία», Εκδόσεις Α&Π Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη

Φαρμάκης, Ν. (2009β), «Δημοσκοπήσεις & Δεοντολογία», Εκδόσεις Α&Π Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη

Φαρμάκης, Ν. (2001), «Στατιστική, Περιληπτική Θεωρία – Ασκήσεις» Εκδόσεις Α&Π Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη



ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

www.census.gov (U.S. Census Bureau)

www.lds.gr

Εργαστήριο Δημογραφικών και Κοινωνικών Αναλύσεων, τμ. Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πολυτεχνική Σχολή Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

www.mortality.org

Human Mortality Database. University of California, Berkeley (USA), and Max Planck Institute for Demographic Research (Germany). www.mortality.org or www.humanmortality.de (τα δεδομένα για την εργασία πάρθηκαν την 29/11/2017)