

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ, ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΟΛΕΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ (POPULATION PROJECTIONS)

Η κύρια πηγή στατιστικών δεδομένων που αφορούν το μέγεθος και τη σύνθεση του πληθυσμού είναι η απογραφή. Η απογραφή πληθυσμού όμως είναι μια διαδικασία που επαναλαμβάνεται κάθε πέντε ή δέκα χρόνια ενώ ο πληθυσμός μεταβάλλεται συνεχώς.

Έτσι, τόσο για τις ανάγκες της πληθυσμιακής ανάλυσης όπως, για τον υπολογισμό ετήσιων δεικτών θνησιμότητας και γεννητικότητας, όσο και για τις ανάγκες οικονομικών και κοινωνικών σχεδιασμών του ιδιωτικού και δημόσιου τομέα, απαιτούνται εκτιμήσεις του μεγέθους του πληθυσμού για χρονικά σημεία μεταξύ απογραφών ή για χρονικά σημεία αμέσως μετά την τελευταία απογραφή (βραχυχρόνιες προβλέψεις με χρονική απόσταση ενός ή δύο ετών μετά την τελευταία απογραφή) αλλά και προβλέψεις του μεγέθους του πληθυσμού για μελλοντικά χρονικά σημεία που απέχουν περισσότερα των ενός ή δύο ετών από την τελευταία απογραφή, (μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες προβλέψεις).

Οι τελευταίες αναφέρονται στην δημογραφική βιβλιογραφία και πρακτική με τον όρο πληθυσμιακές προβολές.

8.1 Τεχνικές προβλέψεων

Οι δημογραφικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό εκτιμήσεων και προβλέψεων του μεγέθους του πληθυσμού χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

(1) Προσαρμογή κατάλληλων, παραμετρικών υποδειγμάτων σε διαχρονικά δεδομένα απογραφών. Αυτά τα υποδείγματα περιγράφουν την εξέλιξη του πληθυσμού μεταξύ απογραφών και προβάλλουν την εξέλιξη του στο μέλλον.

(2) Με βάση τα στοιχεία των απογραφών και με τη χρήση των στοιχείων των επίσημων καταγραφών φυσικής και μεταναστευτικής κίνησης του πληθυσμού καθώς και προβλέψεις για την εξέλιξη των δημογραφικών συμβάντων, υπολογίζονται εκτιμήσεις και προβλέψεις του μεγέθους του πληθυσμού. Η μέθοδος αυτή αναφέρεται στην βιβλιογραφία σαν αναλυτικό-συνθετική μέθοδος ή μέθοδος συνιστωσών.

(α) Μέθοδος γραμμικής ενδιάμεσης παρεμβολής

Με δεδομένα τα μεγέθη του πληθυσμού δύο απογραφών και τη χρήση του τύπου:

$$P_t = P_0 + (P_n - P_0) \frac{t}{n}$$

όπου:

P_0 το μέγεθος του πληθυσμού της πρώτης απογραφής,

P_n το μέγεθος του πληθυσμού της δεύτερης απογραφής,

P_t η εκτίμηση του μεγέθους του πληθυσμού κάποιου ενδιάμεσου

χρονικού σημείου t μεταξύ των δύο απογραφών,
 t ο αριθμός ετών μεταξύ της πρώτης απογραφής και του χρονικού
σημείου για το οποίο θέλουμε να παρέχουμε εκτίμηση,
 n ο αριθμός ετών μεταξύ των δύο απογραφών.

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην υπόθεση ότι ο πληθυσμός εξελίσσεται γραμμικά. Η υπόθεση αυτή δεν είναι ρεαλιστική, για εκτιμήσεις όμως του συνολικού μεγέθους του πληθυσμού για ενδιάμεσα, μεταξύ των δύο απογραφών, χρονικά σημεία η χρήση της θεωρείται ικανοποιητική.

(β) Εφαρμογή παραμετρικών υποδειγμάτων

Έχοντας διαχρονικές μετρήσεις του μεγέθους του πληθυσμού από δεδομένα απογραφών, μία εναλλακτική μέθοδος εκτιμήσεων του πληθυσμιακού μεγέθους είναι η εφαρμογή παραμετρικών μοντέλων στα δεδομένα αυτά. Τα μοντέλα αυτά εμφανίζουν το μέγεθος του πληθυσμού σαν συνάρτηση, κάποιας μαθηματικής μορφής, του χρόνου και ενός αριθμού παραμέτρων.

Τέτοια μοντέλα μπορεί να είναι απλής μορφής όπως:

- Το απλό γραμμικό μοντέλο : $P_t = \alpha + \beta t$
- Το μοντέλο δευτέρου βαθμού $P_t = \alpha + \beta t + \gamma t^2$
- Το εκθετικό μοντέλο : $P_t = \alpha \cdot e^{\beta t}$

Η εφαρμογή παραμετρικών υποδειγμάτων θεωρείται κατάλληλη τεχνική για εκτιμήσεις του μεγέθους του πληθυσμού για χρονικά σημεία μεταξύ απογραφών ή ακόμα και για βραχυχρόνιες προβλέψεις του πληθυσμιακού μεγέθους. Παρέχει συνήθως περισσότερο ικανοποιητικά αποτελέσματα από τον τύπο της απλής ενδιάμεσης παρεμβολής εφόσον αφ' ενός στηρίζεται σε περισσότερη εμπειρική παρατήρηση (χρησιμοποιεί δεδομένα ενός αριθμού διαδοχικών απογραφών ενώ η μέθοδος ενδιάμεσης παρεμβολής βασίζεται στα δεδομένα μόνο δύο απογραφών) και αφ' ετέρου η διαχρονική εξέλιξη του πληθυσμού εκφράζεται με περισσότερο σύνθετο τρόπο (με εξαίρεση το απλό γραμμικό υπόδειγμα του οποίου η μορφή ταυτίζεται με εκείνη του τύπου γραμμικής ενδιάμεσης παρεμβολής).

Τα υποδείγματα που ήδη παρουσιάστηκαν θεωρούν ότι δεν υπάρχει κάποιο ανώτατο όριο που το μέγεθος του πληθυσμού διαχρονικά θα προσεγγίσει.

Μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα περίπτωση παραμετρικού υποδείγματος είναι το *λογιστικό υπόδειγμα*. Σύμφωνα με αυτό το υπόδειγμα, ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού δεν είναι σταθερός αλλά διαχρονικά θα προσεγγίσει το μηδέν.

Ο πληθυσμός δηλαδή αρχικά αυξάνεται με αυξανόμενο ρυθμό, μέχρις κάποιου χρονικού σημείου μεταστροφής και συνεχίζει να αυξάνεται με φθίνοντα ρυθμό έτσι διαχρονικά προσεγγίζει κάποιο μέγιστο μέγεθος στο οποίο σταθεροποιείται. Η εξέλιξη του δηλαδή είναι μορφής πλάγιου S.

Το λογιστικό υπόδειγμα εκφράζεται από τον τύπο:

$$P_t = \frac{k}{1 + a \cdot e^{-\beta t}}$$

όπου:

P_t : το μέγεθος του πληθυσμού το έτος t ,

k : παράμετρος που εκφράζει το σημείο κορεσμού, το μέγιστο δηλαδή το

μέγεθος το οποίο ο πληθυσμός μπορεί να προσεγγίσει,
α: παράμετρος η οποία συνδέεται με το αρχικό μέγεθος του
πληθυσμού, και

β: παράμετρος της οποίας η τιμή είναι ανάλογη της ταχύτητας με την
οποία αυξάνεται ο πληθυσμός (συνδέεται δηλαδή με το ρυθμό
αύξησης του πληθυσμού).

Εφόσον οι περισσότεροι πληθυσμοί δεν έχουν ακόμα προσεγγίσει κάποιο μέγιστο όριο τους όλα τα προαναφερθέντα υποδείγματα μπορεί να χρησιμοποιηθούν ικανοποιητικά για εκτιμήσεις και βραχυχρόνιες προβλέψεις, αλλά προβολές πληθυσμού για τον οποίο είναι ρεαλιστικό να θεωρηθεί ότι διαχρονικά προσεγγίζει κάποιο ανώτατο όριο, το λογιστικό υπόδειγμα είναι το πλέον κατάλληλο.

(γ) Η συνθετική μέθοδος

Σύμφωνα με τη βασική εξίσωση εξέλιξης του πληθυσμού όπως αυτή παρουσιάστηκε προηγούμενα στο Κεφάλαιο 1.5 το μέγεθος του πληθυσμού κάποιας χρονικής στιγμής t μπορεί να υπολογιστεί από το μέγεθος του κάποιας προηγούμενης χρονικής στιγμής 0 (συνήθως της τελευταίας απογραφής) λαμβάνοντας υπόψη τις συνιστώσες της πληθυσμιακής ανάπτυξης για το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε δηλαδή, τις γεννήσεις (B) τους θανάτους (D) και τη μετανάστευση από (E) ή προς (I) τον πληθυσμό.

Δηλαδή:

$$P_t = P_0 + B - D + I - E$$

Οι μέθοδοι που ήδη αναφέρθηκαν θεωρούνται κατάλληλες για τον υπολογισμό εκτιμήσεων του μεγέθους του πληθυσμού για τα έτη μεταξύ απογραφών ή/και προβλέψεων για έτη αμέσως μετά την τελευταία απογραφή. Για βραχυχρόνια διαστήματα οι αποκλίσεις των αποτελεσμάτων τους δεν είναι σημαντικές. Εν τούτοις όσο αυξάνει το χρονικό διάστημα των προβλέψεων τόσο εντονότερες γίνονται αυτές οι αποκλίσεις.

Η μέθοδος γραμμικής ενδιάμεσης παρεμβολής και η εφαρμογή κάποιου παραμετρικού μοντέλου που απλά εκφράζει το μέγεθος του πληθυσμού σαν μια παραμετρική συνάρτηση του χρόνου ικανοποιητικά μόνο για βραχυχρόνια διαστήματα όσο δηλαδή είναι ρεαλιστική η υπόθεση ότι οι κύριες δημογραφικές συνιστώσες λειτουργούν με την ίδια ένταση στον πληθυσμό. Όσο όμως απομακρύνεται χρονικά η πρόβλεψη μας από τα υπάρχοντα στοιχεία (της τελευταίας απογραφής), τόσο περισσότερο αβέβαια γίνεται αυτή η υπόθεση. Η συνθετική μέθοδος προβλέψεων η οποία στηρίζεται στη βασική εξίσωση εξέλιξης του πληθυσμού, αν και στηρίζεται σε περισσότερη πληροφορία (δεν χρησιμοποιεί μόνο στοιχεία απογραφών αλλά και φυσικής και μεταναστευτικής κίνησης του πληθυσμού) θεωρείται επίσης κατάλληλη για την εκτίμηση του μεγέθους του πληθυσμού μόνο για χρονικά σημεία μεταξύ απογραφών ή για βραχυχρόνιες προβλέψεις.

Η εφαρμογή της προϋποθέτει πλήρη και ακριβή στοιχεία απογραφών και επισήμων καταγραφών των δημογραφικών συμβάντων. Εντούτοις, έχει αναφερθεί στη βιβλιογραφία (Poggard, Pollard) ότι ακόμα και σε χώρες με αξιόπιστο σύστημα καταγραφών των δημογραφικών συμβάντων όπως η Αυστραλία, η Μ. Βρετανία και οι ΗΠΑ, η χρήση αυτής της μεθόδου για προβλέψεις που απείχαν κάποια χρόνια από την τελευταία απογραφή έδειξε σοβαρές αποκλίσεις από τα πραγματικά στοιχεία (τα οποία βέβαια αποκτήθηκαν εκ των υστέρων).

8.2 Προβολές πληθυσμού

Για τις ανάγκες μακροχρόνιων προβλέψεων του μεγέθους του πληθυσμού (πληθυσμιακών προβολών) η μόνη μέθοδος η οποία θεωρείται ότι παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα είναι η αναλυτικοσυνθετική. Η μέθοδος αυτή βασίζεται σε κατά φύλο και ηλικία (ή ομάδες ηλικιών) δεδομένα και κατά συνέπεια παρέχει προβλέψεις για κάθε πληθυσμιακό κα- κατά φύλο και ηλικία (ή ομάδες ηλικιών) υποσύνολο.

Η βασική σκέψη στην οποία στηρίζεται η ανάπτυξη αυτής της μεθόδου είναι ότι τα άτομα συγκεκριμένης ηλικίας στον πληθυσμό κάποιου έτους είναι όσα τα νεότερα κατά ένα χρόνο άτομα στον πληθυσμό του προηγούμενου έτους αφού αφαιρεθούν όσοι από αυτούς πέθαναν και όσοι μετανάστευσαν από τον πληθυσμό και προστεθούν όσοι μετανάστευσαν προς τον πληθυσμό, στην αντίστοιχη ηλικία κατά την διάρκεια του χρονικού διαστήματος που μεσολάβησε. Ειδικά τα παιδιά που δεν έχουν συμπληρώσει το πρώτο έτος ζωής (ηλικίας μηδέν) υπολογίζονται από τις γεννήσεις του προηγούμενου έτους αφού αφαιρεθούν οι θάνατοι και ληφθεί υπ' όψη η μετανάστευση.

Γνωρίζοντας το μέγεθος του πληθυσμού και την σύνθεση του κατά φύλο και ηλικία κάποιο αρχικό έτος βάσης και έχοντας θέσει υποθέσεις για την εξέλιξη των επιπέδων θνησιμότητας, γεννητικότητας και μεταναστευτικής κίνησης του πληθυσμού, η διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί για όσα χρονικά σημεία στο μέλλον θέλουμε να προβάσουμε τον πληθυσμό, μειώνοντας βέβαια την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων μας όσο οι προβολές απομακρύνονται από το χρονικό σημείο βάσης.

Συνήθως η μέθοδος χρησιμοποιείται σε δεδομένα που αναφέρονται σε πενταετείς ομάδες ηλικιών.

Τα βασικά στάδια της αναλυτικοσυνθετικής μεθόδου είναι τα εξής:

(i) Θεωρούνται τα μεγέθη του πληθυσμού κατά το έτος βάσης (δεδομένα της τελευταίας απογραφής) κατά φύλο και πενταετείς ομάδες ηλικιών $[x, x+5)$, ${}_5P_x^{(0)}$

(ii) Τα μεγέθη αυτά πολλαπλασιάζονται με τους αντίστοιχους λόγους επιβίωσης $\frac{{}_5L_{x+5}}{{}_5L_x}$, ενώ για την τελευταία ομάδα ηλικιών με το λόγο $\frac{T_{x+5}}{T_x}$. Έτσι υπολογίζονται τα άτομα κατά πενταετείς ομάδες ηλικιών, που έχουν επιβιώσει μετά από πέντε χρόνια και είναι κατά συνέπεια πέντε χρόνια μεγαλύτεροι:

$${}_5P_{x+5}^{(5)} = {}_5P_{x+5}^{(0)} \left(\frac{{}_5L_{x+5}}{{}_5L_x} \right)$$

Οι λόγοι επιβίωσης που χρησιμοποιούνται εδώ προέρχονται από ένα πίνακα επιβίωσης που θεωρείται ότι εκφράζει τα επίπεδα θνησιμότητας του πληθυσμού κατά το έτος προβολής. Η επιλογή ενός κατάλληλου τέτοιου πίνακα μπορεί να προέρχεται από κάποια σειρά προτύπων πινάκων επιβίωσης, όπως αυτές των Coale και Demeny και του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών. Εναλλακτικά, θεωρώντας την διαχρονική σειρά πινάκων επιβίωσης του πληθυσμού μέχρι το έτος βάσης, με τη χρήση παραμετρικών μοντέλων μπορεί να εκτιμηθεί ο πίνακας επιβίωσης του έτους προβολής.¹⁷ Η διαχρονική μεταβολή των επιπέδων

¹⁷ Ανάλυση τέτοιων μεθόδων δίνεται στα:

1. Pollard A.H. "Methods of Forecasting Mortality Using Australian Data" Journal of the Institute of Actuaries, Vol.75, 1949,
2. A. Kostaki "Methodology and Application of the Heligman-Pollard formula" Doctoral Dissertation, Department of Statistics, University of Lund, Sweden, 1992,
3. A. Kostaki "A nine-parameter version of the Heligman-Pollard formula" Mathematical Population Studies, Vol. 3 1992.

θνησιμότητας ενός πληθυσμού είναι μια σχετικά αργή διαδικασία με μονότονη κατεύθυνση, έτσι τα μελλοντικά επίπεδα θνησιμότητας μπορούν σχετικά εύκολα να προβλεφθούν ικανοποιητικά.

(iii) Υπολογίζεται, ο αριθμός γεννήσεων κατά την διάρκεια της περιόδου που μεσολαβεί μεταξύ του έτους βάσης και του έτους προβολής.

Αυτό επιτυγχάνεται με τον πολλαπλασιασμό των προβολών του κατά πενταετείς ομάδες ηλικιών, γυναικείου πληθυσμού με τους αντίστοιχους ειδικούς κατά ομάδες ηλικιών συντελεστές γεννητικότητας του έτους βάσης. Στη συνέχεια, ο αριθμός γεννήσεων, όπως υπολογίστηκε προηγουμένα, θα χωριστεί σε γεννήσεις θηλέων και αρρένων πολλαπλασιαζόμενος με 100/205 και 105/205 αντίστοιχα (θεωρώντας ότι ο λόγος φύλου στον πληθυσμό είναι ίσος με 105). Τέλος τα δύο αυτά μεγέθη θα πολλαπλασιαστούν με τους αντίστοιχους λόγους επιβίωσης ${}_5L_0/5 \cdot \ell_0$ για το κάθε φύλο και έτσι θα προκύψει ο αριθμός ζώντων του διαστήματος ηλικιών (0,5) κατά το έτος προβολής.

Εδώ οι υπολογισμοί στηρίζονται στην υπόθεση ότι τα επίπεδα γεννητικότητας του πληθυσμού το έτος προβολής παραμένουν ίδια με εκείνα του έτους βάσης. Η υπόθεση αυτή μπορεί να θεωρηθεί αρκετά ρεαλιστική εφ' όσον τα επίπεδα γεννητικότητας εκφράζουν σχετικά αργή εξέλιξη στους διάφορους πληθυσμούς. Εναλλακτικά μπορεί να θεωρηθεί ότι τα επίπεδα γεννητικότητας δεν παραμένουν σταθερά αλλά εκφράζουν σημαντική μεταβολή μεταξύ του έτους βάσης και του έτους πρόβλεψης.

Σε τέτοια περίπτωση οι συντελεστές γεννητικότητας του έτους βάσης θα πρέπει να προβληθούν με τη σειρά τους στο έτος προβολής. Γενικά, η εκτίμηση μελλοντικών επιπέδων γεννητικότητας είναι περισσότερο αβέβαιη διαδικασία από την αντίστοιχη των επιπέδων θνησιμότητας. Είναι γνωστό ότι τα επίπεδα θνησιμότητας ενός πληθυσμού εκφράζουν μια συστηματική διαχρονική εξέλιξη. Αντίθετα τα επίπεδα γεννητικότητας δεν εμφανίζουν συστηματική εξέλιξη διαχρονικά εφ' όσον επηρεάζονται έντονα από κοινωνικές εξελίξεις και συμπεριφορές.

Η διαδικασία των σταδίων (i) έως (iii) μπορεί να εφαρμοστεί επανειλημμένα για να προβάλλει τον πληθυσμό δέκα, δεκαπέντε, είκοσι χρόνια μετά το έτος βάσης. Κάθε επανάληψη θα στηριχθεί στα αποτελέσματα της προηγούμενης προβολής και σε κατάλληλους πίνακες επιβίωσης και συντελεστές γεννητικότητας που θα θεωρηθεί ότι εκφράζουν την θνησιμότητα και τη γεννητικότητα αντίστοιχα, του πληθυσμού κατά το επίκαιρο έτος προβολής.

Αν ο πληθυσμός δεν μπορεί να θεωρηθεί κλειστός, αν δηλαδή η καθαρή μετανάστευση θεωρείται σημαντική και είναι μη ρεαλιστικό να αγνοηθεί, τότε τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τα τρία βασικά στάδια της αναλυτικοσυνθετικής μεθόδου θα πρέπει να διορθωθούν ως προς τη μεταναστευτική κίνηση, αν αυτή δρα σημαντικά στον πληθυσμό, δεν μεταβάλλει απλά το μέγεθος του πληθυσμού αλλά αλλοιώνει την κατά ηλικία και φύλο σύνθεσή του εφ' όσον η κατά ηλικία και φύλο σύνθεση των μεταναστών είναι σημαντικά διαφορετική από εκείνη του γενικού πληθυσμού. Ακόμα, τόσο τα επίπεδα γεννητικότητας όσο και τα επίπεδα θνησιμότητας των μεταναστών επίσης διαφέρουν από εκείνα του γενικού πληθυσμού με αποτέλεσμα να αλλοιώνουν την κατά ηλικία σύνθεσή του.

17. and Application of the Heligman-Pollard formula" Doctoral Dissertation, Department of Statistics, University of Lund, Sweden, 1992, 3.A Kostaki "A nine-parameter version of the Heligman-Pollard formula" Mathematical Population Studies, Vol. 3 1992.