

ΕΛΕΧΓΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ
ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ:
ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Δημήτριος Σ. Αλεξόπουλος
Πανεπιστήμιο Πατρών

Περίληψη: Μία από τις πολυμεταβλητές στατιστικές αναλύσεις που χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις διάφορες έρευνες είναι η παραγοντική ανάλυση. Η μέθοδος αυτή, όμως, είναι σε σημαντικό βαθμό υποκειμενική. Με τη χρήση της μεθόδου αυτής μειώνουμε τον αριθμό των μεταβλητών σε λιγότερες, δηλαδή σε παράγοντες, και έτσι διευκολύνεται η ανάπτυξη βασικών εννοιών σε μία περιοχή της επιστήμης. Η μέθοδος διακρίνεται σε: (α) διερευνητική παραγοντική ανάλυση, η οποία είναι όμοια με την ανάλυση κύριων συνιστωσών, και (β) επιβεβαιωτική παραγοντική ανάλυση. Δύο προβλήματα ανακύπτουν κατά τη χρήση της παραγοντικής ανάλυσης: (α) ο αριθμός των παραγόντων που θα εξαχθούν, και (β) το είδος της περιστροφής που θα χρησιμοποιηθεί, ορθογώνια ή πλάγια.

Λέξεις κλειδιά: Εξαγωγή παραγόντων, Παραγοντική ανάλυση, Περιστροφή παραγόντων.

Διεύθυνση: Δημήτριος Σ. Αλεξόπουλος, Τομέας Ψυχολογίας, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών, 265 00 Πάτρα. Τηλ.: 2610-997737, Fax: 2610-997740, E-mail: dalexopl@upatras.gr

Εισαγωγή

Η ερευνητική διαδικασία αποτελείται από διάφορα μέρη που αλληλεξαρτώνται. Βασικά υπάρχει αλληλεξάρτηση όσον αφορά το σχεδιασμό της έρευνας με τις στατιστικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται. Ειδικότερα, όταν μιλάμε για στατιστικές αναλύσεις αναφερόμαστε, συνήθως, στις μεθόδους που χρησιμοποιούμε για τη συλλογή ή την επεξεργασία ή την ερμηνεία των ποσοτικών δεδομένων. Επομένως, ο σχεδιασμός μιας έρευνας για διερεύνηση κάποιου θέματος επιβάλλει τη χρήση των κατάλληλων στατιστικών αναλύσεων των δεδομένων. Στην περίπτωση αυτή ο ερευνητής πρέπει να λάβει υπόψη του ορισμένες προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται για την επιλογή των κατάλληλων στατιστικών κριτηρίων.

Η παραγοντική ανάλυση είναι μία πολύπλοκη και εν μέρει υποκειμενική μέθοδος ανάλυσης των δεδομένων. Η παραγοντική ανάλυση είναι υποκειμενική επειδή πολλές φορές είναι δυνατόν να δοθούν περισσότερες της μιας έγκυρες λύσεις. Εξαρτάται μόνο από τον ερευνητή να αποφασίσει υποκειμενικώς ποια λύση θα προτιμήσει και η οποία, κατά την κρίση του, θα είναι η σωστή. Αυτό συμβαίνει επειδή δεν υπάρχει ένα σταθερό κριτήριο για να υπολογίσουμε τον αριθμό των παραγόντων ή την περιστροφή των παραγόντων που θα εξαγάγουμε.

Όταν, λοιπόν, χρησιμοποιούμε την ανάλυση παραγόντων τίθενται, από τη μια, ιδιαίτερες και εξαιρετικά περιοριστικές προϋποθέσεις για την ορθή χρήση της μεθόδου και, από την άλλη, κριτήρια για την πραγματοποίηση της στατιστικής αυτής ανάλυσης. Τα κριτήρια αυτά αναπτύχθηκαν τα τελευταία 55 χρόνια, περίπου, για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων της παραγοντικής ανάλυσης, δηλαδή αν τα αποτελέσματα που εξήχθησαν με τη μέθοδο αυτή ισχύουν ή όχι.

Περαιτέρω, επιβάλλεται να επισημανθεί ότι, όσον αφορά την παραγοντική ανάλυση, κυρίως λόγω της υποκειμενικότητας της μεθόδου, η ευρεία και η εύκολη χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών από μεγάλο αριθμό ατόμων, μπορεί να μεταβληθεί από ευλογία σε κατάρα, επειδή πολλοί ερευνητές χρησιμοποιούν τη μέθοδο αυτή χωρίς να τη γνωρίζουν σε ικανοποιητικό βαθμό, με συνέπεια τα αποτελέσματα διάφορων ερευνών να μην ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα.

Στην παραγοντική ανάλυση θεωρείται ότι είναι σημαντικότερη η σωστή

παρακολούθηση των μεθόδων που εφαρμόζονται από ό,τι η κατανόηση των τεχνικών λεπτομερειών της μεθόδου αυτής (Nunnally & Brenstein, 1994). Επισημαίνεται, επίσης, ότι η μέθοδος αυτή «δεν αποτελεί τη βασιλική οδό που οδηγεί στην αλήθεια, όπως μερικοί προφανώς νομίζουν, ούτε είναι απαραίτητος ένα συμπλήρωμα που επιβλήθηκε με τη βία στον εμπειρισμό, όπως άλλοι ισχυρίζονται» (Nunnally & Brenstein, 1994, σ. 535). Η παραγοντική ανάλυση δεν είναι τίποτα παραπάνω από ένα σύνολο μαθηματικών τύπων που βοηθούν στη διερεύνηση των συναφειών που υπάρχουν σε ένα μητρώο, και γι' αυτό το σκοπό είναι απαραίτητη σε διάφορες έρευνες. Η παραγοντική ανάλυση είναι μια μέθοδος με την οποία είναι δυνατόν να αποκαλύψουμε μεταβλητές (παράγοντες) που αποτελούν τη βάση, το υπόβαθρο των φανερών μεταβλητών. Αυτές οι υποκείμενες μεταβλητές ονομάζονται “παράγοντες” ή “λανθάνουσες μεταβλητές”. Οι παράγοντες μπορούν να εξηγήσουν κατά ένα μέρος τις σχέσεις που παρατηρήθηκαν ανάμεσα στις φανερές μεταβλητές.

Η παραγοντική ανάλυση, όπως είπαμε, διευκολύνει τον ερευνητή να μειώσει τον αριθμό των μεταβλητών σε λιγότερες μεταβλητές ή παράγοντες. Πολλές μεταβλητές που συσχετίζονται μεταξύ τους αποτελούν έναν παράγοντα. Η παραγοντική ανάλυση χρησιμοποιείται συχνά σε περιγραφικές έρευνες για να βρεθεί αν πολλές ερωτήσεις μπορούν να ομαδοποιηθούν ώστε να προκύψει ένας μικρότερος αριθμός παραγόντων. Καθεμιά από τις ομάδες αυτές ερωτήσεων παρουσιάζει μίαν άποψη, ή έναν παράγοντα, του φαινομένου που ερευνάται (Everitt, 1996). Έτσι, η παραγοντική ανάλυση βοηθάει στην ανάπτυξη βασικών εννοιών σε μία περιοχή της επιστήμης καθώς και στην ανάπτυξη κατάλληλων σύνθετων μεταβλητών ή κλιμάκων που αντιπροσωπεύουν διάφορες έννοιες (Gorsuch, 1983). Στην κατασκευή των τεστ νοημοσύνης, συγκεκριμένα, η παραγοντική ανάλυση χρησιμοποιείται για να καθοριστούν “πόσες και ποιες είναι οι επιμέρους βασικές νοητικές ικανότητες” (Παρασκευόπουλος, 1992).

Στην αρχή η παραγοντική ανάλυση ήταν μία *διερευνητική* στατιστική μέθοδος. Στις μέρες μας, όμως, γίνεται και έλεγχος υποθέσεων με τη χρήση της. Η μέθοδος αυτή ονομάστηκε *επιβεβαιωτική παραγοντική ανάλυση* και δημιουργήθηκε από τον Joreskog (Joreskog, 1973). Η παρουσίαση της μεθόδου έγινε με παράδειγμα σε ένα πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή με το όνομα LISREL. Το όνομα LISREL προέρχεται από τα αρχικά της φράσης “linear structural relations” (γραμμικές δομικές σχέσεις. Joreskog & Sorbom, 1984). Στην επιβεβαιωτική ανάλυση παραγόντων η ερευνητική υπόθεση που ελέγχεται κάθε φορά στηρίζεται σε μία θεωρία ή σε προηγού-

μενες έρευνες (Kline, 1994). Έτσι, σήμερα η ανάλυση παραγόντων χρησιμοποιείται με δύο διαφορετικούς τρόπους: (α) Ως διερευνητική παραγοντική ανάλυση, που εξετάζει τη δομή των συναφειών που παρατηρήθηκαν, και (β) ως επιβεβαιωτική παραγοντική ανάλυση, που ερευνά αν ένα θεωρητικό μοντέλο ταιριάζει με τις συνάφειες που παρατηρήθηκαν (Everitt, 1996). Με άλλα λόγια, με τη διερευνητική παραγοντική ανάλυση διαμορφώνουμε μια θεωρία, ενώ με την επιβεβαιωτική παραγοντική ανάλυση ελέγχουμε μια θεωρία (Bryant & Yarnold, 1995. Πλατσίδου, 2001).

Σχεδιασμός της ερευνητικής διαδικασίας

Κατ' αρχάς ο ερευνητής πρέπει να καθορίσει το σχεδιασμό της ερευνητικής διαδικασίας. Η ορθότητα και η πληρότητα του σχεδιασμού της ερευνητικής διαδικασίας διασφαλίζει και την ορθότητα και τη χρησιμότητα των αποτελεσμάτων της έρευνας. Βασικό ζήτημα που αντιμετωπίζει ο ερευνητής προκειμένου να χρησιμοποιηθεί η παραγοντική ανάλυση είναι ποιες μεταβλητές πρέπει να περιληφθούν στην έρευνα. Εάν δεν έχει γίνει σωστή δειγματοληψία των μεταβλητών που μετρούν το συγκεκριμένο τομέα που εξετάζουμε, τότε θα αποτύχουμε να βρούμε σημαντικούς κοινούς παράγοντες. Αν, πάλι, οι μεταβλητές είναι άσχετες αναφορικά με το συγκεκριμένο τομέα που μας ενδιαφέρει, τότε είναι δυνατόν να εμφανιστούν πλαστοί κοινοί παράγοντες ή κάποιοι πραγματικοί κοινοί παράγοντες να συγκαλυφθούν.

Επιπλέον, επιβάλλεται να επισημανθεί ότι ο ερευνητής θα πρέπει να συμπεριλάβει τουλάχιστον τρεις έως πέντε μεταβλητές που αντιπροσωπεύουν υποχρεωτικά κάθε κοινό παράγοντα, ενώ θα πρέπει να περιλαμβάνονται και άλλες πολλαπλές μεταβλητές που πιθανώς θα επηρεάζουν τον καθένα από τους κοινούς παράγοντες (Fabrigar, Wegener, MacCallum, & Strahan, 1999).

Επιπροσθέτως, η ορθή επιλογή των μεταβλητών προϋποθέτει ότι έχουν μελετηθεί οι ψυχομετρικές ιδιότητες των ψυχοτεχνικών μέσων που θα χρησιμοποιηθούν. Κατ' αρχάς, για να πραγματοποιηθεί παραγοντική ανάλυση με τις μεταβλητές της έρευνας που έχουμε χρειάζεται να υπάρχει επαρκής κοινή παραγοντική διακύμανση. Αν προκύψουν χαμηλές κοινές παραγοντικές διακυμάνσεις – κοινή παραγοντική διακύμανση είναι το άθροισμα των τετραγώνων των φορτίσεων καθεμιάς μεταβλητής σε όλους τους παράγοντες – αν δηλαδή οι κοινοί παράγοντες ερμηνεύουν μικρό ποσοστό διακύμανσης των μεταβλητών, τότε μπορούν να παρατηρηθούν σημαντικές παραποιήσεις των αποτελεσμάτων. Αυτό έχει ως συνέπεια τη χαμηλή αξιοπιστία και εγκυρότητα του τεστ. Οπωσδήποτε, στόχος της παραγοντικής ανάλυσης

είναι να δημιουργήσει ένα μικρότερο αριθμό μεταβλητών αφορμώμενη από έναν άλλο μεγαλύτερο αριθμό.

Παραγοντική ανάλυση και θεωρία

Ζητήματα που παρουσιάζονται στην παραγοντική ανάλυση και πρέπει να τα έχει υπόψη ο ερευνητής κατά το σχεδιασμό της έρευνας είναι τα ακόλουθα: (α) Τα ευρήματα της παραγοντικής ανάλυσης μας δίνουν πληροφορίες, δεν μας δίνουν απαντήσεις ή λύσεις. Δηλαδή η μέθοδος είναι ένα εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σύνεση ή ασύνετα. Όσο πιο πολύ γνωρίζει κάποιος να χρησιμοποιεί την παραγοντική ανάλυση, τόσο πιο πιθανόν είναι ότι θα τη χρησιμοποιήσει σωστά (για παράδειγμα, με σωστή δειγματοληψία ατόμων και μεταβλητών). Αντιστρόφως, όσο πιο λίγο γνωρίζει κάποιος να χρησιμοποιεί τη μέθοδο αυτή, τόσο πιο πιθανόν είναι να τη χρησιμοποιήσει χωρίς να εφαρμόζει τις προϋποθέσεις και τα κριτήρια της μεθόδου ή να ερμηνεύσει λανθασμένα τα ευρήματα που προκύπτουν από αυτήν. (β) Η χρησιμοποίηση αυτής της μεθόδου δεν είναι δυνατό να υποκαταστήσει μία καλώς θεμελιωμένη θεωρία. Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι δυνατόν ένας ερευνητής να διατυπώσει με πληρότητα μια θεωρία για ένα σύνολο αλληλοσχετιζόμενων γενικών ψυχολογικών ιδιοτήτων στηριζόμενος μόνο στα δεδομένα που προκύπτουν από την παραγοντική ανάλυση (Clark & Watson, 1995).

Ως προς τις σχέσεις της παραγοντικής ανάλυσης με τη θεωρία, θα πρέπει να γίνει αντιδιαστολή της διερευνητικής παραγοντικής ανάλυσης με την ανάλυση κύριων συνιστωσών από την επιβεβαιωτική ανάλυση παραγόντων. Και η διερευνητική παραγοντική ανάλυση και η ανάλυση κύριων συνιστωσών οδηγούν σε ερμηνεία των συναφειών μεταξύ μεταβλητών με τη μείωσή τους σε ένα μικρότερο αριθμό μεταβλητών από ό,τι ήταν στα αρχικά δεδομένα. Εντούτοις, οι δύο προαναφερθείσες μέθοδοι προσεγγίζουν το σκοπό αυτό με διαφορετικό τρόπο. Έτσι, η διερευνητική παραγοντική ανάλυση αρχίζει με ένα μοντέλο ή υπόθεση για τα δεδομένα. Αντιθέτως, η ανάλυση κύριων συνιστωσών είναι απλώς ένας μετασχηματισμός των δεδομένων, δηλαδή μια συνοπτική παρουσίαση των δεδομένων. Με την επιβεβαιωτική παραγοντική ανάλυση πάλι ο ερευνητής ελέγχει υποθέσεις ή επιβεβαιώνει θεωρίες σε σχέση με τους παράγοντες που έχει βρει (Everitt, 1996). Ωστόσο, στην επιβεβαιωτική ανάλυση υπάρχει ένα πολύ συγκεκριμένο μοντέλο που ελέγχεται κάθε φορά και το οποίο ορίζει πλήρως ποιες μεταβλητές θα φορτίζουν ποιον παράγοντα, πράγμα που δε συμβαίνει με τη διερευνητική ανάλυση παραγόντων.

Προϋποθέσεις εφαρμογής της παραγοντικής ανάλυσης

Προϋποθέσεις, που επιβάλλεται να τηρούνται όταν πρόκειται να αναλύσουμε τα δεδομένα μας με τη μέθοδο της παραγοντικής ανάλυσης, είναι η ποιότητα των δεδομένων και το μέγεθος του δείγματος.

Ποιότητα δεδομένων. Με τη φράση 'ποιότητα δεδομένων' εννοούμε, πρώτον, δεδομένα που έχουν τα χαρακτηριστικά της κλίμακας των ίσων διαστημάτων ή της οιονεί κλίμακας ίσων διαστημάτων. Η κλίμακα Likert, που κυμαίνεται από το 1 έως το 5 ή από το 1 έως το 7, γενικώς θεωρείται κλίμακα ίσων διαστημάτων ή οιονεί ίσων διαστημάτων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγοντική ανάλυση. Δεύτερον, δεδομένα που να σχετίζονται μεταξύ τους. Η πιο απλή μέθοδος για τον έλεγχο της απαιτούμενης ποιότητας δεδομένων, με σκοπό να τα χρησιμοποιήσουμε στην παραγοντική ανάλυση, είναι η προσεκτική επιλογή και ανάλυση των ερωτήσεων του τεστ που θα κατασκευάσουμε. Έτσι, η προκαταρκτική αξιολόγηση των ερωτήσεων που πρόκειται να αναλυθούν με τη μέθοδο της παραγοντικής ανάλυσης είναι πολύ σημαντική διαδικασία. Χρειάζεται να βρεθούν οι ψυχομετρικές ιδιότητες των ερωτήσεων, δηλαδή αν οι ερωτήσεις συσχετίζονται ως ένα βαθμό μεταξύ τους και με την ολική βαθμολογία του τεστ. Ερωτήσεις που δε συσχετίζονται ως ένα βαθμό – για παράδειγμα, $r = .20$ ή υψηλότερο – με άλλες ερωτήσεις του τεστ έχουν μικρή απόδοση στην παραγοντική ανάλυση.

Μέγεθος δείγματος. Η δεύτερη προϋπόθεση που είναι αναγκαίο να πληροϋνται για να μπορεί να πραγματοποιηθεί η παραγοντική ανάλυση είναι το μέγεθος του δείγματος. Ένας γενικός κανόνας που επιβάλλεται να τηρείται είναι οι εξεταζόμενοι να είναι όσο το δυνατό περισσότεροι. Ειδικότερα, για τη διερευνητική παραγοντική ανάλυση, η αναλογία εξεταζομένων προς μεταβλητές 4 προς 1 ή 5 προς 1 θεωρείται επαρκής. Ο Gorsuch (1983) έχει τη γνώμη ότι για κάθε μεταβλητή πρέπει να έχουμε 5 εξεταζόμενους και ότι το μέγεθος του δείγματος πρέπει να είναι τουλάχιστον 200. Ο Streiner (1994) εξάλλου υποστηρίζει ότι για να έχουμε μία ικανοποιητική λύση χρειάζονται 5 εξεταζόμενοι για κάθε μεταβλητή, εφόσον το δείγμα αποτελείται από 100 τουλάχιστον εξεταζόμενους, και 10 εξεταζόμενοι σε κάθε μεταβλητή, όταν οι εξεταζόμενοι είναι λιγότεροι από 100.

Επιπλέον, επιβάλλεται να γίνει έλεγχος όσον αφορά την εξαγωγή των παραγόντων και την περιστροφή τους. Περιστροφή παραγόντων γίνεται όταν έχουμε τουλάχιστον δύο παράγοντες και τους απεικονίζουμε ως άξονες αναφοράς σε δύο διαστάσεις. Η περιστροφή παραγόντων χρησιμοποιείται, αφού εξαγάγουμε τους παράγοντες για να μεγιστοποιήσουμε τις τιμές

των υψηλών φορτίσεων και να ελαχιστοποιήσουμε τις τιμές των χαμηλών φορτίσεων. Κριτήρια που συνήθως χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή των παραγόντων είναι: (α) *οι ιδιοτιμές*, δηλαδή το κριτήριο του Kaiser (Kaiser, 1960) – ιδιοτιμή είναι το άθροισμα των τετραγώνων των φορτίσεων όλων των μεταβλητών σε έναν παράγοντα, (β) *το διάγραμμα των ιδιοτιμών*, (γ) *ο αριθμός των μεταβλητών που έχουν σημαντικές φορτίσεις σε έναν παράγοντα*, δηλαδή .30 και άνω, (δ) *η παράλληλη ανάλυση*, (ε) *η ελάχιστη μέση μερική διαδικασία ή κριτήριο*, (στ) *η σύγκριση παραγόντων*, (ζ) *η επιβεβαιωτική παραγοντική ανάλυση*, (η) *η περιστροφή των αξόνων που στοχεύει στα ελάχιστα τετράγωνα ή Προσρούστειος περιστροφή των αξόνων*, και (θ) η λύση θα πρέπει να είναι *ερμηνεύσιμη, οικονομική και να καταλήγει σε απλή δομή*.

Επιπροσθέτως, συνιστάται να γίνονται γνωστές όλες οι λεπτομέρειες που αναφέρονται στη συγκεκριμένη κάθε φορά παραγοντική ανάλυση, δηλαδή το σκεπτικό για τις διαδικασίες που ακολουθήθηκαν, οι ειδικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν, τα κριτήρια που οδήγησαν στις συγκεκριμένες ερμηνείες και τα αποτελέσματα όλων των αναλύσεων. Με τη λεπτομερή αυτή περιγραφή είναι δυνατόν άλλοι ερευνητές να καταλάβουν και να επαναλάβουν όλες τις διαδικασίες της συγκεκριμένης παραγοντικής ανάλυσης.

Ως παράδειγμα εφαρμογής παραγοντικής ανάλυσης μπορούμε να αναφέρουμε τη στάθμιση του ομαδικού τεστ νοημοσύνης AH4 της Heim (1970), που πραγματοποιήθηκε από τον Alexopoulos (1998) σε ένα ελληνικό δείγμα. Κατ' αρχάς αναγνωρίστηκαν οι ερωτήσεις που αναφέρονταν σε καθεμιά ικανότητα σύμφωνα με τις οδηγίες που έδινε η κατασκευάστρια του τεστ. Στη συνέχεια επισημάνθηκε ότι η βαθμολογία καθεμιάς ερώτησης που ανήκε σε κάθε ικανότητα προστέθηκε μαζί με τις άλλες όμοιες ερωτήσεις και ότι το άθροισμα αποτέλεσε τη βαθμολογία καθεμιάς ικανότητας-μεταβλητής. Έτσι, δημιουργήθηκαν 11 νέες μεταβλητές. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών. Για την εξαγωγή των παραγόντων χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο του Kaiser (1960) και αυτό επιβεβαιώθηκε με τη χρησιμοποίηση του διαγράμματος των ιδιοτιμών. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε η άμεση πλάγια περιστροφή. Εξήχθησαν δύο παράγοντες που ερμήνευαν το 68.55% της ολικής διακύμανσης ύστερα από περιστροφή. Ο Παράγοντας 1 ερμήνευε το 34.73% της κοινής διακύμανσης και μπορεί να ονομαστεί *Λεκτική Νοητική Ικανότητα*. Ο Παράγοντας 2 ερμήνευε το 33.82% της κοινής διακύμανσης και μπορεί να ονομαστεί *Νοερή Απεικόνιση της Χωρικο-αντιληπτικής Οργάνωσης*.

Προβλήματα μετά την εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, σκοπός της παραγοντικής ανάλυσης είναι να προσδιορίσει αν ένας μικρός αριθμός παραγόντων μπορεί να ερμηνεύσει τις διάφορες τιμές που έχουμε από μία συστοιχία τεστ ή από διάφορες ερωτήσεις ενός τεστ. Κατά την εφαρμογή της ανάλυσης, όμως, μπορούν να ανακύψουν ορισμένα προβλήματα τα οποία απαιτούν τη λήψη απόφασης εκ μέρους του ερευνητή και, συγκεκριμένα, η ονομασία των παραγόντων και ο αριθμός των παραγόντων. Η όλη διαδικασία μπορεί να γίνει περισσότερο κατανοητή παρατηρώντας τον Πίνακα 1, ο οποίος μας δείχνει την ισχύ της σχέσης μεταξύ μεταβλητής και παράγοντα, όπως βρέθηκε σε μια συγκεκριμένη έρευνα (Alexopoulos, 1998).

Ονομασία παραγόντων. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, για κάθε μεταβλητή αντιστοιχεί μια τιμή σε κάθε παράγοντα. Αυτές οι τιμές ονομάζονται “φορτίσεις”. Κατά κανόνα τιμές υψηλότερες από .30 θεωρούνται σημαντικές, όπως λέχθηκε και προηγουμένως. Στο κάτω μέρος του Πίνακα 1, προτελευταία γραμμή, παρουσιάζονται οι ιδιοτιμές, οι οποίες δείχνουν πόση διακύμανση υπολογίζεται από καθένα συγκεκριμένο παράγοντα που προέρχεται από τις αρχικές μεταβλητές. Οι ιδιοτιμές γίνονται πιο κατανοητές με τη μετατροπή τους σε ποσοστά που παρουσιάζουν τη μέγιστη δυνατή διακύμανση σε κάθε παράγοντα, όπως φαίνεται στην τελευταία γραμμή του Πίνακα 1.

Συνήθως, οι περισσότερες φορτίσεις στην παραγοντική ανάλυση είναι μέτριες, πολύ λίγες πλησιάζουν το 1.00 ή το -1.00 ή το 0.00 – οι φορτίσεις, όπως και οι συνάφειες, κυμαίνονται από το 1.00 έως το -1.00. Ωστόσο, πολλές από τις μεταβλητές είναι πολύπλοκες από παραγοντική άποψη, δηλαδή φορτίζουν σε περισσότερους από έναν παράγοντα. Από στατιστική άποψη δεν υπάρχει κανένα σφάλμα, αλλά από την άποψη της κατανόησης του νοήματος του παράγοντα (δηλαδή της ποιότητάς του) υπάρχει πρόβλημα. Είναι δύσκολο, δηλαδή, να αντιληφθεί κανείς σε τι συμβάλλει η μεταβλητή στην ποιότητα, στο χαρακτήρα του παράγοντα, και τι σημαίνει ο κάθε παράγοντας. Όταν, επίσης, οι παράγοντες έχουν θετικές και αρνητικές φορτίσεις, η ερμηνεία του παράγοντα γίνεται δυσκολότερη, επειδή το φαινόμενο αυτό δείχνει ότι ο παράγοντας απαρτίζεται από υψηλές τιμές σε μερικές μεταβλητές και από χαμηλές σε άλλες.

Τέλος, ένα άλλο πρόβλημα που ανακύπτει είναι η ονομασία των παραγόντων. Πρέπει να τονιστεί ότι η ονομασία των παραγόντων είναι υποκειμενική. Γενικώς, όμως, το όνομα των παραγόντων αντιπροσωπεύει ψυχολογικές ιδιότητες, όπως, για παράδειγμα, η επαγωγική ικανότητα, κ.ο.κ. Το όνομα

Πίνακας 1: Σχηματισμός παραγοντικών φορτίσεων των επιμέρους ικανοτήτων του τεστ ΑΗ4 της Heim με μέσους όρους και τυπικές αποκλίσεις

Μεταβλητές	Παράγοντες		Μ.Ο.	Τ.Α.
	1	2		
Αντίθετα	.92	-.03	4.90	1.67
Συνώνυμα	.90	.11	4.58	1.54
Οδηγίες	.79	-.13	4.29	1.86
Λεκτικές Αναλογίες	.74	-.08	3.54	1.67
Απλοί Αριθμητικοί	.71	-.10	3.24	2.05
Υπολογισμοί				
Αριθμητικές Σειρές	.70	.06	4.36	1.73
Υπερποθετήσεις	.08	-.93	6.23	3.07
Αφαιρέσεις	-.01	-.90	7.26	3.04
Όμοια	-.00	-.83	8.96	2.34
Σειρές	.10	-.83	8.15	2.89
Αναλογίες	-.06	-.82	6.47	2.80
Ιδιοτιμές	3.82	3.72		
% Εξηγούμενης Διακύμανσης	34.73%	33.82%		

Σημείωση: Ο πίνακας ελήφθη από το άρθρο Alexopoulos (1998).

των παραγόντων προέρχεται από τις ερωτήσεις που έχουν τις υψηλότερες φορτίσεις στον παράγοντα.

Αριθμός παραγόντων. Ο αριθμός των παραγόντων στηρίζεται στις ιδιοτιμές και, ειδικότερα, στο μέγεθός τους. Δηλαδή με βάση το μέγεθος των ιδιοτιμών αποφασίζουμε για τον αριθμό των παραγόντων που θα εξαγάγουμε (βλέπε παρακάτω). Ο πρώτος παράγοντας που εξάγεται στην ανάλυση συγκεντρώνει τις υψηλότερες συνάφειες μεταξύ των μεταβλητών και του παράγοντα, και έτσι μεγιστοποιεί το ποσοστό της διακύμανσης που εξηγεί. Στη συνέχεια υπολογίζονται οι επόμενοι παράγοντες, που έχουν μικρότερη διακύμανση από τους προηγούμενους τους.

Ένα πρόβλημα που μπορεί να ανακύψει όταν πρέπει να αποφασίσουμε για τον αριθμό των παραγόντων που θα εξαγάγουμε έχει να κάνει με τις φορτίσεις ορισμένων μεταβλητών σε περισσότερους από έναν παράγοντα. Η ευκολότερη λύση είναι να ορίσουμε σε ποιον παράγοντα ανήκει κάθε μεταβλητή με το να την καταχωρίσουμε στον παράγοντα με τον οποίο έχει τη μεγαλύτερη φόρτιση και να αγνοήσουμε τους παράγοντες στους οποίους έχει μικρότερη φόρτιση. Αυτό μπορεί να γίνει όταν οι φορτίσεις έχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Όταν, όμως, οι φορτίσεις είναι όμοιες, π.χ.,

.36 προς .31, τότε δεν μπορούμε να αγνοήσουμε κάποια από τις φορτίσεις, διότι δεν κατανοούμε τα δεδομένα αν αγνοούμε δευτερεύουσες φορτίσεις. Άλλη επιλογή είναι να απορρίψουμε τη μεταβλητή που φορτίζει σε δύο ή περισσότερους παράγοντες. Στην περίπτωση αυτή καλό είναι να αντικαταστήσουμε τη μεταβλητή αυτή με μία άλλη, που εκφράζει την ιδιότητα που μας ενδιαφέρει με όμοιο τρόπο αλλά καλύτερα. Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να επαναλάβουμε την ανάλυση με νέες μεταβλητές.

Η επιλογή του αριθμού των παραγόντων στοχεύει, από τη μια, στην ανάγκη που έχουμε για οικονομία, δηλαδή να έχουμε όσο το δυνατόν λιγότερους παράγοντες, και, από την άλλη, στην ανάγκη για ευλογοφάνεια, δηλαδή να έχουμε ικανοποιητικό αριθμό κοινών παραγόντων που με επάρκεια να εξηγούν τις συνάψεις ανάμεσα στις μεταβλητές που μετρούμε. Με άλλα λόγια, σκοπός του ερευνητή είναι να καθορίσει τον αριθμό των κύριων παραγόντων που αποτελούν τη βάση του ψυχομετρικού μέσου. Τα σφάλματα στην επιλογή του αριθμού των παραγόντων έχουν σημαντική επίδραση στα αποτελέσματα που θα έχουμε. Υπάρχουν δύο τάσεις στην επιλογή του αριθμού των παραγόντων: η *υπο-παραγοντοποίηση*, δηλαδή η επιλογή λιγότερων παραγόντων από όσους πρέπει να εξαγάγουμε, και η *υπερ-παραγοντοποίηση*, δηλαδή η επιλογή περισσότερων παραγόντων από όσους πρέπει να εξαγάγουμε. Το πρώτο αποτελεί σοβαρότερο σφάλμα. Η έρευνα έχει δείξει ότι η επιλογή πολύ λίγων παραγόντων οδηγεί πιθανόν σε βασικά σφάλματα. Οποσδήποτε, όμως, και η υπερ-παραγοντοποίηση πρέπει να αποφεύγεται (Fabrigar et al., 1999).

Κριτήρια ή μέθοδοι για την εξαγωγή των παραγόντων

Ιδιοτιμή ή κριτήριο του Kaiser. Ένα κριτήριο που χρησιμοποιείται για τον αριθμό των παραγόντων που πρέπει να εξαχθούν είναι οι *ιδιοτιμές* ή το *κριτήριο του Kaiser* (Kaiser, 1960). Με το κριτήριο αυτό υπολογίζουμε τις ιδιοτιμές του μητρώου των συναφειών για να καθορίσουμε πόσες ιδιοτιμές είναι μεγαλύτερες από 1.00. Στη συνέχεια οι ιδιοτιμές που είναι μεγαλύτερες από 1.00 χρησιμοποιούνται για να οριστεί ο αριθμός των παραγόντων, δηλαδή έχουμε τόσους παράγοντες όσος είναι ο αριθμός των ιδιοτιμών που είναι μεγαλύτερες από 1.00. Πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η απλότητα και η αντικειμενικότητά της. Μειονεκτήματά της είναι: (α) Η διαδικασία αυτή μπορεί ως ένα βαθμό να είναι αυθαίρετη, όπως συμβαίνει με κάθε μηχανιστικό κριτήριο. (β) Η διαδικασία αυτή, συνήθως, οδηγεί σε υπερ-παραγοντοποίηση και σπανίως σε υπο-παραγοντοποίηση (Gorsuch, 1983).

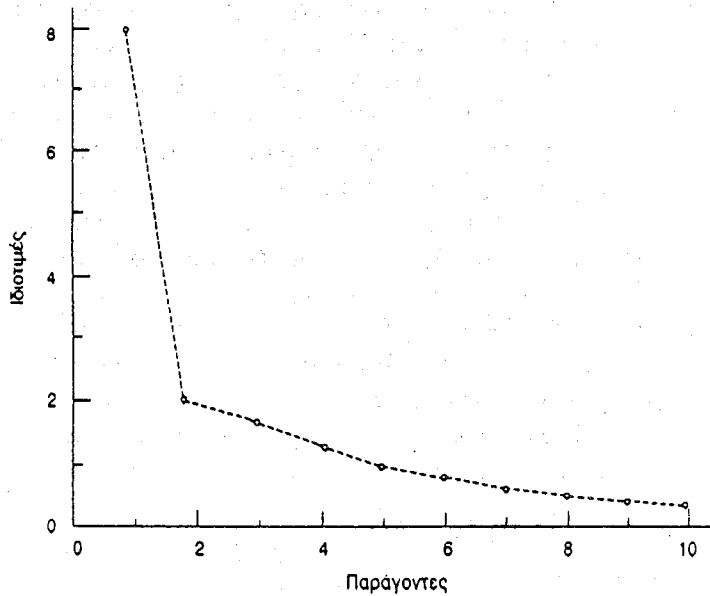
Διάγραμμα των ιδιοτιμών. Επίσης, χρησιμοποιείται το κριτήριο που ανα-

φέρεται με το όνομα *διάγραμμα των ιδιοτιμών* (Cattell, 1966). Η βασική λογική για τη χρησιμοποίηση του διαγράμματος των ιδιοτιμών είναι ότι το σύνολο των μεταβλητών μετράει έναν περιορισμένο αριθμό παραγόντων ικανοποιητικώς και ένα μεγαλύτερο αριθμό παραγόντων που είναι ασήμαντοι, ειδικοί, ή οφείλονται σε σφάλματα. Οι τελευταίοι παράγοντες είναι λιγότερο ικανοποιητικοί από τους πρώτους. Επομένως, οι πρώτοι παράγοντες, οι επικρατέστεροι, εξηγούν το μεγαλύτερο ποσοστό της διακύμανσης και είναι σημαντικοί, ενώ οι δεύτεροι παράγοντες είναι περισσότεροι, αλλά ασήμαντοι.

Το κριτήριο αυτό ή η μέθοδος αυτή, που χρησιμοποιείται συχνά, μας δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα, όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα διάφορων ερευνών (Gorsuch, 1983). Ειδικότερα, το διάγραμμα των ιδιοτιμών είναι πιο ακριβές όταν το μέγεθος του δείγματος είναι μεγάλο ή όταν οι κοινές παραγοντικές διακυμάνσεις έχουν υψηλές τιμές και η αναλογία των μεταβλητών προς τους παράγοντες είναι υψηλή, δηλαδή όταν, για παράδειγμα, 8 μεταβλητές προσδιορίζουν έναν παράγοντα, αντί 3 μεταβλητές να προσδιορίζουν έναν παράγοντα. Επίσης, το διάγραμμα των ιδιοτιμών λειτουργεί καλύτερα όταν περισσότερες μεταβλητές προσδιορίζουν έναν παράγοντα που πρόκειται να εξαχθεί. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει ένας αρκετά μεγάλος αριθμός μεταβλητών για κάθε παράγοντα που εξήχθη.

Στη μέθοδο αυτή οι ιδιοτιμές παριστάνονται γραφικώς. Παρατηρούμε τη γραφική παράσταση και προσέχουμε να βρούμε πότε κάμπτεται η κατεύθυνση της γραμμής μετά τον πρώτο παράγοντα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Όταν αγνοήσουμε την κάμψη στον πρώτο παράγοντα, η επόμενη κάμψη γίνεται μετά τον τέταρτο παράγοντα. Έτσι θα κρατήσουμε τους πρώτους τέσσερις παράγοντες και θα απορρίψουμε τους υπόλοιπους. Εάν είχαμε χρησιμοποιήσει το κριτήριο "ιδιοτιμή μεγαλύτερη ή ίση με 1.00", τότε θα διατηρούσαμε και τον πέμπτο παράγοντα.

Εντούτοις, το διάγραμμα των ιδιοτιμών παρουσιάζει μειονεκτήματα που οφείλονται είτε στο ότι υπάρχουν δύο κάμψεις στη γραμμή και είναι δύσκολο να αποφασίσει κανείς ποια κάμψη απεικονίζει με ακρίβεια τον αριθμό των παραγόντων που πρέπει να εξαχθεί είτε δεν υπάρχει εμφανής κάμψη στη γραμμή. Στην περίπτωση αυτή, ο ακριβής αριθμός των παραγόντων που πρέπει να εξαχθούν μπορεί να αμφισβητηθεί. Επομένως, δύο ανεξάρτητοι ερευνητές είναι δυνατόν να μη μπορούν να υποδείξουν τον ακριβή αριθμό των παραγόντων που πρέπει να εξαχθεί σύμφωνα με το διάγραμμα των ιδιοτιμών, διότι η γνώμη τους είναι υποκειμενική. Αυτό συνεπάγεται ότι δεν είναι δυνατόν να προγραμματίσουμε τον ηλεκτρονικό υπολογιστή για να επεξεργαστούμε περαιτέρω τα αποτελέσματα και να βρούμε τον αριθμό



Σχήμα 1. Διάγραμμα ιδιοτιμών

των παραγόντων σύμφωνα με το διάγραμμα των ιδιοτιμών (Gorsuch, 1983).

Αριθμός των μεταβλητών. Ένα άλλο πρακτικό κριτήριο, που βοηθά στην απόφαση για ποιους παράγοντες θα διατηρήσουμε, αναφέρεται στον αριθμό των μεταβλητών που έχουν σημαντικές φορτίσεις σε έναν παράγοντα. Γενικώς, χρειάζονται τρεις, τουλάχιστον, μεταβλητές για κάθε παράγοντα, για να μπορούμε να αναγνωρίσουμε την ύπαρξη κοινών παραγόντων (Floyd & Widaman, 1995). Όσον αφορά τον αριθμό των μεταβλητών που έχουν σημαντικές φορτίσεις σε ένα παράγοντα, δηλαδή .30 και άνω, υπάρχουν διάφορες παραλλαγές. Μία από αυτές είναι αυτή στην οποία αναγνωρίζεται ένας παράγοντας, συνήθως, αν έχει μία φόρτιση τουλάχιστον .60 σε μία ερώτηση, τουλάχιστον .50 σε μία δεύτερη ερώτηση, και .30 ή υψηλότερη φόρτιση σε τουλάχιστον δύο ή περισσότερες άλλες ερωτήσεις (Michael, Smith, & Michael, 1975).

Παράλληλη ανάλυση. Άλλο κριτήριο που χρησιμοποιείται για να αποφασίσουμε αναφορικά με τον αριθμό των παραγόντων που θα εξαγάγουμε είναι η παράλληλη ανάλυση (Horn, 1965. Humphreys & Ilgen, 1969. Montanelli & Humphreys, 1976). Το κριτήριο αυτό βασίζεται στη σύγκριση των ιδιοτιμών που αποκτήθηκαν από τα δεδομένα του δείγματος προς τις ιδιοτιμές που ένας ερευνητής αναμένει να αποκτήσει από δεδομένα που προέρ-

χονται από ένα τελείως τυχαίο δείγμα. Οι ιδιοτιμές που αναμένουμε να έχουμε από τα δεδομένα του τυχαίου δείγματος συγκρίνονται με τις ιδιοτιμές που πραγματικά αποκτήσαμε από τα δεδομένα μας, και στη συνέχεια εξάγουμε τον ίδιο αριθμό κοινών παραγόντων με τις πραγματικές ιδιοτιμές που είναι μεγαλύτερες των ιδιοτιμών που αναμένουμε από τα δεδομένα του τυχαίου δείγματος. Αυτή η διαδικασία μπορεί, επίσης, να είναι αυθαίρετη μερικές φορές επειδή όταν ένας παράγοντας ανταποκρίνεται στο κριτήριο που θέσαμε, τον διατηρούμε, ενώ όταν ένας παράγοντας είναι χαμηλότερος από το κριτήριο που θέσαμε, τον αγνοούμε. Τη μέθοδο αυτή δεν τη συναντούμε στα γνωστά στατιστικά προγράμματα. Εντούτοις, σε έρευνες προσομοίωσης φαίνεται ότι η μέθοδος αυτή λειτουργεί ικανοποιητικώς (Humphreys & Montanely, 1975).

Μερική διαδικασία του ελάχιστου μέσου. Ένα άλλο κριτήριο που εφαρμόζεται με ικανοποιητικά αποτελέσματα για τον καθορισμό του αριθμού των παραγόντων με τη μέθοδο των κύριων συνιστωσών είναι η μερική διαδικασία του ελάχιστου μέσου (Velicer, 1976. Zwick & Velicer, 1982, 1986). Το κριτήριο αυτό βασίζεται σε ένα μητρώο επιμέρους συναφειών. Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζουμε τη μέση τετραγωνική συνάφεια ανάμεσα σε δύο μεταβλητές, αφού απομονωθούν οι συνιστώσες (παράγοντες) που εξήχθησαν. Όταν βρεθεί η ελάχιστη τετραγωνική μερική συνάφεια, δεν είναι δυνατόν να εξαχθούν άλλοι παράγοντες. Η τελευταία έχει ελάχιστη τιμή, όταν το μητρώο στατιστικού υπολοίπου ομοιάζει πολύ με μητρώο ταυτότητας. (Το *μητρώο στατιστικού υπολοίπου* είναι αυτό που παραμένει όταν όλοι οι παράγοντες έχουν απομονωθεί από το μητρώο. Το *μητρώο ταυτότητας* είναι ένα διαγώνιο μητρώο, στο οποίο όλες οι συνάφειες που δε βρίσκονται στη διαγώνιο είναι μηδενικές, ενώ όλες οι συνάφειες που βρίσκονται στη διαγώνιο ισούνται με 1.00.) Έχει επισημανθεί από διάφορους ερευνητές ότι το κριτήριο αυτό είναι ακριβές (Velicer, 1976).

Επιβεβαιωτική παραγοντική ανάλυση. Μια μέθοδος που βοηθά τον ερευνητή στην εξαγωγή του σωστού αριθμού παραγόντων είναι η επιβεβαιωτική παραγοντική ανάλυση. Η χρήση της *επιβεβαιωτικής παραγοντικής ανάλυσης* θεωρήθηκε ότι αποτελούσε πρόοδο σε σύγκριση με τη μέθοδο της σύγκρισης των παραγόντων. Η σύγκριση παραγόντων στηρίζεται στην ομοιότητα των παραγοντικών λύσεων που παρουσιάζονται σε διάφορες έρευνες στις οποίες χρησιμοποιείται η μέθοδος αυτή και στις οποίες διερευνάται βασικώς η ίδια γνωστική περιοχή, τόσο από τους στατιστικούς όσο και από τους ερευνητές. Οι στατιστικοί θεώρησαν την επιβεβαιωτική ανάλυση παραγόντων πρόοδο διότι αυτή αποτελεί εξέλιξη, βελτίωση και συμπλήρωση

της παραγοντικής ανάλυσης. Οι ερευνητές διότι θεώρησαν ότι η μέθοδος έχει δύο πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τον απλό υπολογισμό της συμφωνίας των παραγόντων. (Ο υπολογισμός της συμφωνίας των παραγόντων εκφράζεται με το συντελεστή συμφωνίας παραγόντων, με τον οποίο συσχετίζουμε παράγοντες για να δειχθεί η ομοιότητα δύο σειρών παραγοντικών φορτίσεων.) Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου κατ' αυτούς είναι τα ακόλουθα: (α) Η διαδικασία επιδέχεται να επηρεάζεται η δομή των παραγόντων περισσότερο από τη θεωρία παρά από μαθηματικούς υπολογισμούς. (β) Η διαδικασία μας παρέχει στατιστικά κριτήρια προσαρμογής που είναι προτιμότερα από τις υποκειμενικές αξιολογήσεις οι οποίες στηρίζονται σε εμπειρικούς κανόνες (McCrae, Zonderman, Costa, Bond, & Paunonen, 1996).

Οπωσδήποτε, πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι (α) η ευελιξία και (β) η δυνατότητα να παρέχει στατιστικά μοντέλα προσαρμογής των δεδομένων της έρευνας προς διάφορα θεωρητικά μοντέλα, ενώ στα μειονεκτήματά της συγκαταλέγονται οι τεχνικές δυσκολίες για τον υπολογισμό των διάφορων μοντέλων που αναγκάζουν τους ερευνητές να διαθέτουν υπερβολικά πολύ χρόνο και μεγάλη προσπάθεια για να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της μεθόδου αυτής.

Περιστροφή που στοχεύει στα ελάχιστα τετράγωνα. Μια εναλλακτική μέθοδος που προτείνεται για την αξιολόγηση της αναπαραγωγής των παραγόντων από στατιστική άποψη και η οποία μας δίνει αποδεκτά αποτελέσματα, είναι η *περιστροφή που στοχεύει στα ελάχιστα τετράγωνα*. (Η αναπαραγωγή των παραγόντων επιτυγχάνεται αν οι ίδιοι παράγοντες έχουν εξαχθεί από τις ίδιες μεταβλητές σε διαφορετικά τυχαία δείγματα ατόμων που προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό.) Στη μέθοδο αυτή τα δεδομένα μελετώνται περιστρεφόμενα στη μέγιστη προσαρμογή με ένα υποθετικό μητρώο στο οποίο στοχεύουμε. Οι περιστροφές στις οποίες στοχεύουμε ονομάζονται *Προκρούστειες περιστροφές* επειδή εξαναγκάζονται, όσο αυτό είναι δυνατό, να προσαρμοστούν σε μία καθορισμένη δομή (Digman, 1967). Η μέθοδος αυτή δείχνει να μας παρέχει ικανοποιητικά αποτελέσματα ως ένα βαθμό (Barrett, 1986), αν και οι περιστροφές αυτές φαίνεται ότι δεν εμπνέουν εμπιστοσύνη σε μερικούς ερευνητές (Gorsuch, 1983), ενώ κατά τη γνώμη άλλων δε φαίνεται ότι μας παραπλανούν κατ' ανάγκη (McCrae et al., 1996). Οι Προκρούστειες περιστροφές είναι δύο: η *ορθογώνια* και η *πλάγια*. Η πρώτη είναι πολύ πιο συντηρητική από τη δεύτερη και μας δίνει στέρεα αποτελέσματα, που μας καθοδηγούν στην επιλογή της σωστής περιστροφής των παραγόντων (McCrae et al., 1996).

Παραγοντική συγκρισιμότητα. Η παραπάνω συζήτηση δείχνει ότι τα αμι-

γή στατιστικά κριτήρια δεν μπορούν να μας δώσουν καθαρές απαντήσεις, πράγμα που μπορεί να επιτευχθεί με εμπειρικές έρευνες με τις οποίες ελέγχεται αν αναπαράγονται οι παράγοντες, δηλαδή αν υπάρχει *παραγοντική συγκρισιμότητα*. Παραγοντική συγκρισιμότητα είναι «η συσχέτιση των φορτίσεων δύο παραγόντων που βασίζεται στις φορτίσεις που προέρχονται από δύο ανεξάρτητα επιμέρους δείγματα» (McCrae et al., 1996, σ. 556). Ο Thomson (1994) υποστήριξε ότι η παραγοντική συγκρισιμότητα σε διάφορα δείγματα αποτελεί θεμελιώδη προϋπόθεση της επιστήμης, δηλαδή η εύρεση αξιολογών επιδράσεων που αναπαράγουν τα αποτελέσματα κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις. Ο Everett (1983) επίσης υποστηρίζει την παραγοντική συγκρισιμότητα με παρόμοια επιχειρήματα. Δυστυχώς, ο καθορισμός των κοινών παραγόντων που θα βασίζεται στη σταθερότητα εμφάνισής τους δεν έχει αναπτυχθεί και δοκιμαστεί σε σημαντικό αριθμό ερευνών (Fabrigar et al., 1999). Οι μέθοδοι που βασίζονται σε αυτή τη λογική φαίνεται ότι αποτελούν μία κατεύθυνση που προοικονομείται ότι θα μας παρέχει στέρεα ευρήματα για μελλοντική έρευνα. Ο Cattell (1978) υποστήριξε ότι οι πραγματικοί παράγοντες είναι δυνατόν να αναπαραχθούν σε διάφορα δείγματα, ενώ οι πλαστοί παράγοντες δεν είναι σταθεροί στα διάφορα δείγματα.

Συντελεστές συμφωνίας παραγόντων. Οι ψυχολόγοι που ασχολούνται με την προσωπικότητα κατά κύριο λόγο αξιολογούν τη δομή των παραγόντων εδώ και πενήντα περίπου χρόνια, από τη μια, με τη χρήση της ομοιότητας της ερμηνείας των παραγόντων όταν εφαρμόζεται παραγοντική ανάλυση σε διάφορες μεταβλητές, και, από την άλλη, με τη χρήση διάφορων ποσοτικών δεικτών για την ομοιότητα των παραγόντων όταν πραγματοποιείται παραγοντική ανάλυση στις ίδιες μεταβλητές (Gorsuch, 1983. Guadagnoli & Velicer, 1991). Στην τελευταία περίπτωση, συνήθως χρησιμοποιούνται *συντελεστές συμφωνίας παραγόντων* (Burt, 1948. Tucker, 1951). Για κάθε δύο όμοιους παράγοντες που προέρχονται από δύο έρευνες ή δύο δείγματα που ελήφθησαν από τον ίδιο πληθυσμό στην ίδια έρευνα, υπολογίζεται με συγκεκριμένες διαδικασίες η πραγματική ομοιότητα των παραγόντων. Για να θεωρηθούν δύο παράγοντες όμοιοι χρειάζεται να έχουμε μία τιμή .90, αν και αυτό είναι ένας εμπειρικός κανόνας (Barrett, 1986. Mulaik, 1972).

Σύγκριση των φορτίσεων που αποκτήθηκε από τα δύο μισά ενός δείγματος. Το κριτήριο αυτό σε γενικές γραμμές, είναι όμοιο με την παραγοντική συγκρισιμότητα. Για παράδειγμα, από ένα δείγμα 500 ατόμων συγκρίνονται οι φορτίσεις των παραγόντων που αποκτήθηκαν από το μισό του δείγματος, δηλαδή 250 άτομα, με τις φορτίσεις των παραγόντων που αποκτήθηκαν από το άλλο μισό του δείγματος, δηλαδή τα υπόλοιπα 250 άτομα (Everett, 1983).

Απλή δομή. Οπωσδήποτε, το κριτήριο που συνήθως χρησιμοποιείται για την επιλογή των παραγόντων είναι η απλή δομή (Thurstone, 1947). Ο Thurstone πρότεινε ότι η καλύτερη λύση – ανάμεσα σε ισοδύναμες μαθηματικά λύσεις – είναι αυτή που έχει την πιο απλή δομή. Η πιο απλή δομή είναι γενικώς αυτή που ερμηνεύεται πιο εύκολα. Είναι η πιο σημαντική από ψυχολογική άποψη, δηλαδή έχει νόημα, και είναι αυτή που μπορεί να αναπαραχθεί. Με τον όρο “απλή δομή” αναφερόμαστε σε λύσεις στις οποίες κάθε παράγοντας ορίζεται από μία επιμέρους ομάδα μεταβλητών που έχουν υψηλές φορτίσεις στον παράγοντα αυτό σε σχέση με τις άλλες υπάρχουσες μεταβλητές και στις οποίες υπάρχει χαμηλή παραγοντική πολυπλοκότητα, δηλαδή πολλαπλές φορτίσεις της ίδιας μεταβλητής σε περισσότερους από έναν παράγοντες. Για το λόγο αυτό ο Thurstone πρότεινε οι παράγοντες να περιστρέφονται σε τρισδιάστατο διάστημα διότι αυτό βοηθά να φθάσουμε σε λύση με την πιο απλή δομή.

Συμπέρασμα. Από τη συζήτηση που προηγήθηκε φαίνεται ότι οι διάφοροι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή των παραγόντων παρουσιάζουν μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα. Οι μεθοδολόγοι-ερευνητές υποδεικνύουν τα μειονεκτήματα διάφορων μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν για την εξαγωγή παραγόντων και προτείνουν κάθε φορά μια καλύτερη μέθοδο. Εντούτοις, και οι νεότερες μέθοδοι εξαγωγής παραγόντων παρουσιάζουν, επίσης, μειονεκτήματα και σημαντικές δυσκολίες για την εφαρμογή τους. Επιπλέον, οι διάφορες μέθοδοι που προτείνονται είναι υποκειμενικές. Συνεπώς, φαίνεται ότι είναι σωστό να καταβληθεί προσπάθεια από τους μεθοδολόγους-ερευνητές να προτείνουν απλούστερες και λιγότερο χρονοβόρες, και συνεπώς πιο προσιτές μεθόδους, διότι αυτές θα χρησιμοποιηθούν ευρύτερα, θα δοκιμαστούν, και επομένως είτε θα επαληθευθούν είτε θα βελτιωθούν με την τροποποίησή τους είτε θα απορριφθούν. Έτσι, θα προαχθεί η έρευνα στους διάφορους τομείς της ψυχολογίας και των άλλων επιστημών στις οποίες χρησιμοποιείται η μέθοδος αυτή. Οπωσδήποτε, φαίνεται επί του παρόντος ότι τόσο οι αρχές της ερμηνευσιμότητας, της οικονομικότητας και της απλής δομής όσο και η σύγκριση των παραγόντων ανάμεσα σε διάφορες έρευνες μας παρέχουν στέρεα αποτελέσματα.

Επιπλέον, επιβάλλεται να επισημανθεί ότι η εξαγωγή του σωστού αριθμού παραγόντων είναι πολλές φορές κάτι το υποκειμενικό και ανάλογο με τη στρατηγική που θα ακολουθήσουμε, θα εξαγάγουμε και τον αριθμό των παραγόντων. Έτσι, είναι δυνατόν να εξαγάγουμε αριθμό παραγόντων σύμφωνα με τη θεωρία – όπως υποστηρίζει ο H. J. Eysenck και η S. B. G. Eysenck (Eysenck & Eysenck, 1971) – και, στη συνέχεια, να επακολουθήσει

επιβεβαιωτική παραγοντική ανάλυση είτε για να επαληθευθεί κάποια θεωρία ή μοντέλο είτε για να απορριφθεί. Επίσης, μπορεί να ακολουθήσει η Προκρούστεια περιστροφή ή να ευρεθούν οι συντελεστές συμφωνίας παραγόντων για να φανεί αν η θεωρία ή το μοντέλο μπορεί να αναπαραχθεί σύμφωνα με κάποιο δείκτη που προτείνεται. Τέλος, είναι δυνατόν να εξαγάγουμε περισσότερους παράγοντες για να αυξήσουμε τη διακύμανση των παραγόντων, όταν αυτή είναι χαμηλή, μέχρι του σημείου που θα μας δοθεί, ως ένα βαθμό, μία λύση οικονομική, ερμηγεύσιμη, που θα καταλήγει σε απλή δομή, δηλαδή τα αποτελέσματα θα είναι σε γενικές γραμμές σύμφωνα με τη θεωρία ή παλαιότερες έρευνες. Για παράδειγμα, να διασπάται ένας παράγοντας σε περισσότερους παράγοντες που αντιπροσωπεύουν επιμέρους όψεις του παράγοντα αυτού.

Περιστροφή παραγόντων

Όπως αναφέραμε, ο Thurstone (1947) προτείνει οι παράγοντες να περιστρέφονται στο χώρο ώστε να διαμορφώνεται μια πιο απλή δομή των παραγόντων. Έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι περιστροφής των παραγόντων με τις οποίες επιζητείται να φθάσουμε σε απλή δομή. Μια βασική διάκριση ως προς την περιστροφή των παραγόντων είναι αυτή που αναφέρεται σε *ορθογώνια* και *πλάγια περιστροφή*. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ορθογωνίας ή πλάγιας περιστροφής. Οι ορθογωνίες περιστροφές εφαρμόζονται όταν οι παράγοντες δε συσχετίζονται μεταξύ τους. Η καλύτερη ορθογώνια περιστροφή είναι η VARIMAX, η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη στην ψυχολογική έρευνα. Η VARIMAX είναι μια διαδικασία η οποία μεγιστοποιεί τη διακύμανση. Σκοπός της περιστροφής αυτής είναι να μεγιστοποιήσει τις φορτίσεις με το να κάνει τις υψηλές φορτίσεις υψηλότερες και τις χαμηλές φορτίσεις χαμηλότερες. Κατ' αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιεί τον αριθμό των μεταβλητών που φορτίζουν υψηλά σε έναν παράγοντα και έτσι διευκολύνεται η ερμηνεία των διάφορων παραγόντων.

Αντίθετα προς τις ορθογωνίες περιστροφές, οι πλάγιες περιστροφές συσχετίζουν τους παράγοντες μεταξύ τους. Στις πλάγιες περιστροφές περιλαμβάνονται η άμεση τετάρτου περιστροφή, η promax, η Harris-Kaiser, και η άμεση πλάγια περιστροφή. Αρκετοί ερευνητές προτιμούν την ορθογώνια περιστροφή παραγόντων εξαιτίας της απλότητας και της εννοιολογικής καθαρότητας (Nunnally, 1978). Ωστόσο, άλλοι ερευνητές (Fabrigar et al., 1999) θεωρούν ότι υπάρχουν λόγοι για να αμφισβητήσουν την άποψη αυτή. Οι λόγοι τους οποίους επικαλούνται είναι οι ακόλουθοι:

(α) Για πολλές έννοιες (ιδιότητες) που εξετάζονται στην ψυχολογία (π.χ., νοητικές ικανότητες, χαρακτηριστικά προσωπικότητας, στάσεις) υπάρχει σημαντική θεωρητική και εμπειρική βάση για να αναμένουμε αυτές οι ιδιότητες ή διαστάσεις αυτών των ιδιοτήτων να συσχετίζονται μεταξύ τους. Επομένως, οι πλάγιες περιστροφές μας δίνουν μια πιο ακριβή και πραγματική εικόνα του γεγονότος ότι οι ιδιότητες αυτές συσχετίζονται μεταξύ τους.

(β) Επειδή οι ορθογώνιες περιστροφές απαιτούν οι παράγοντες να μη συσχετίζονται, ενώ, αντιθέτως, οι πλάγιες περιστροφές αφήνουν τους παράγοντες να συσχετίζονται, οι ορθογώνιες περιστροφές είναι πιθανόν να μας δώσουν λύσεις με πιο αδύνατη απλή δομή.

(γ) Τελικώς, οι πλάγιες περιστροφές μας δίνουν περισσότερες πληροφορίες από τις ορθογώνιες περιστροφές.

Φαίνεται ότι οι παλαιότεροι ερευνητές προτιμούσαν την ορθογώνια περιστροφή (Nunnally, 1978), ενώ στις ημέρες μας υποστηρίζεται περισσότερο η πλάγια περιστροφή (Fabrigar et al., 1999). Συνήθως και οι δύο μέθοδοι περιστροφής των παραγόντων μας δίνουν όμοια ή παρόμοια αποτελέσματα, γι' αυτό πρέπει να ληφθούν υπόψη άλλοι λόγοι για την προτίμηση της μιας ή της άλλης μεθόδου περιστροφής, όπως αν έχουμε σημαντικές φορτίσεις μιας μεταβλητής σε δύο ή περισσότερους παράγοντες με τη μία μέθοδο παρά με την άλλη, οπότε θα προτιμηθεί η μέθοδος που καταλήγει σε πιο απλή δομή, και αυτή συνήθως είναι η ορθογώνια περιστροφή παραγόντων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, στην παρούσα εργασία επισημάνθηκε η αλληλεξάρτηση του σχεδιασμού της γενικότερης ερευνητικής διαδικασίας με τις στατιστικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται και ειδικότερα με την παραγοντική ανάλυση. Αναφέρθηκαν, επίσης, τα διάφορα είδη της μεθόδου αυτής, δηλαδή η διερευνητική παραγοντική ανάλυση, η ανάλυση των κύριων συνιστωσών και η επιβεβαιωτική παραγοντική ανάλυση. Στη συνέχεια αναφέρθηκαν τα διάφορα ζητήματα που παρουσιάζονται όταν χρησιμοποιούμε τη μέθοδο αυτή και οι προϋποθέσεις που επιβάλλεται να τηρούνται για την ανάλυση των δεδομένων, δηλαδή η ποιότητα των δεδομένων και το μέγεθος του δείγματος, καθώς και τα προβλήματα που ανακύπτουν μετά την εφαρμογή της μεθόδου αυτής, δηλαδή η ονομασία και ο αριθμός των παραγόντων. Επιπλέον, αναπτύχθηκαν τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή των παραγόντων. Τέλος, περιγράφηκε η περιστροφή των παραγόντων και τα δύο βασικά είδη της: η ορθογώνια και η πλάγια περιστροφή.

Εν κατακλείδι, επισημαίνουμε ότι η μελλοντική εξέλιξη της παραγοντικής ανάλυσης εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο τη χρησιμοποιούμε. «Αν χρησιμοποιείται για προβλήματα για τα οποία δεν είναι η κατάλληλη μέθοδος ή για να χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα έτσι ώστε να αποκτήσουμε τα προσδοκώμενα αποτελέσματα, το μέλλον της είναι σκοτεινό. Αν χρησιμοποιείται ως μέσο δημιουργικό, τότε θα διαδοθεί ως ένα πολύτιμο μεθοδολογικό εργαλείο» (Gorsuch, 1983, σ. 379).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alexopoulos, D. S. (1998). Factor structure of Heim's AH4. *Perceptual and Motor Skills*, 86, 643-646.
- Barrett, P. (1986). Factor comparison: An examination of three methods. *Personality and Individual Differences*, 7(3), 327-340.
- Bryant, R. W., & Yarnold, P. R. (1995). Principal-components analysis and exploratory and confirmatory factor analysis. In L. R. Grimm & P. R. Yarnold (Eds.), *Reading and understanding multivariate statistics* (pp. 99-136). Washington, DC: American Psychological Association.
- Burt, C. L. (1948). The factorial study of temperamental traits. *British Journal of Psychology (Statistical Section)*, 1, 178-203.
- Cattell, R. B. (1966). The scree test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research*, 1, 245-276.
- Cattell, R. B. (1978). *The scientific use of factor analysis in behavioral and life sciences*. New York: Plenum.
- Clark, L. A., & Watson, D. (1995). Constructing validity: Basic issues in objective scale development. *Psychological Assessment*, 7, 309-319.
- Digman, J. M. (1967). The Procrustes class of factor-analytic transformations. *Multivariate Behavioral Research*, 18, 89-94.
- Everett, J. E. (1983). Factor comparability as a means of determining the number of factors and their rotation. *Multivariate Behavioral Research*, 18, 197-218.
- Everitt, B. S. (1996). *Making sense of statistics in psychology*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Eysenck, H. J., & Eysenck, S. B. G. (1971). The orthogonality of psychoticism and neuroticism. A factorial study. *Perceptual and Motor Skills*, 33, 461-462.
- Fabrigar, L. R., Wegener, D. T., MacCallum, R. C., & Strahan, E. J. (1999). Evaluating the use of exploratory analysis in psychological research. *Psychological Methods*, 4(3), 272-299.
- Floyd, F. J., & Widaman, K. F. (1995). Factor analysis in the development and refinement of clinical assessment instruments. *Psychological Assessment*, 7, 286-299.
- Gorsuch, R. L. (1983). *Factor analysis* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Guadagnoly, E., & Velicer, W. F. (1991). Relation of sample size to the stability of component patterns. *Psychological Bulletin*, 103, 265-275.
- Heim, A. W. (1970). *AH4 Group Test of General Intelligence. Manual* (Rev. ed.). Windsor, Berkshire, UK: NFER-Nelson.
- Horn, J. L. (1965). A rationale and technique for estimating the number of factors in factor analysis. *Psychometrika*, 30, 179-185.

- Humphreys, L. G., & Ilgen, D. R. (1969). Note on a criterion for the number of common factors. *Educational and Psychological Measurement*, 29, 571-578.
- Humphreys, L. G., & Montanelli, R. G., Jr. (1975). An investigation of the parallel analysis criterion for determining the number of common factors. *Multivariate Behavioral Research*, 10, 193-205.
- Joreskog, K. G. (1973). General methods for estimating a linear structural equation system. In A. S. Goldberger & O. D. Duncan (Eds.), *Structural equation models in the social sciences* (pp. 85-112). New York: Academic.
- Joreskog, K. G., & Sorbom, D. (1984). *LISREL VI: User's guide* (3rd ed.). Mooresville, IN: Scientific Software.
- Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 141-151.
- Kline, P. (1994). *An easy guide to factor analysis*. London: Routledge.
- McCrae, R. R., Zonderman, A. B., Costa, P. T., Bond, M. H., & Paunonen, S. V. (1996). Evaluating replicability of factors in the revised NEO Personality Inventory: Confirmatory factor analysis versus Procrustes rotation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70, 552-556.
- Michael, W. B., Smith, R. A., & Smith, J. J. (1975). The factorial validity of the Piers-Harris Children's Self-concept Scale for each of three samples of elementary, junior high, and senior high school students in a large metropolitan school district. *Educational and Psychological Measurement*, 35, 405-414.
- Montanelli, R. G., Jr., & Humphreys, L. G. (1976). Latent roots of random data correlation matrices with squared multiple correlations on the diagonal: A Monte Carlo study. *Psychometrika*, 41, 341-348.
- Mulaik, S. A. (1972). *Foundations of factor analysis*. New York: McGraw Hill.
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). New York: McGraw Hill.
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory* (3rd ed.). New York: McGraw Hill.
- Παρασκευόπουλος, Ι. (1992). *Ψυχολογία ατομικών διαφορών*. Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Πλατσίδου, Μ. (2001). Η επιβεβαιωτική ανάλυση παραγόντων στην ψυχολογική έρευνα: Βασικές αρχές, περιορισμοί, και παραδείγματα εφαρμογής. Στο Κ. Δεληγιάννη-Κουιμιτζή, Π. Κορδούτης, & Ρ. Πήτα (Επιμ. Συντ.) και Κ. Δεληγιάννη-Κουιμιτζή & Α. Ψάλτη (Επιμ. Εκδ.), *Επιστημονική Επετηρίδα της Φιλοσοφικής Σχολής, Τμήμα Ψυχολογίας* (Τόμος 4, σ. 367-394). Θεσσαλονίκη: Art of Text.
- Streiner, D. L. (1994). Figuring out factors: The use and misuse of factor analysis. *Canadian Journal of Psychiatry*, 39, 135-140.
- Thomson, B. (1994). The pivotal role of replication in psychological research: Empirically evaluating the replicability of sample results. *Journal of Personality*, 62, 157-176.
- Thurstone, L. L. (1947). *Multiple factor analysis*. Chicago: University of Chicago Press.
- Tucker, L. R. (1951). *A method for synthesis of factor analysis studies* (Personnel Research Report No 984). Washington, DC: Department of the Army.
- Velicer, W. F. (1976). Determining the number of components from the matrix of partial correlations. *Psychometrika*, 41, 321-327.
- Zwick, W. R., & Velicer, W. F. (1982). Factors influencing four rules for determining the number of components to retain. *Multivariate Behavioral Research*, 17, 253-269.
- Zwick, W. R., & Velicer, W. F. (1986). Comparison of five rules for determining the number of components to retain. *Psychological Bulletin*, 99, 432-442.

EXAMINATION OF RESULTS OF STATISTICAL ANALYSES: FACTOR ANALYSIS

Demetrios S. Alexopoulos
University of Patras, Greece

Abstract: One of the multivariate statistical analyses, which is used widely in different studies, is factor analysis. However, the method is subjective to a considerable degree. By using this method, we reduce the number of variables to fewer, the factors, and thus the development of basic constructs is facilitated in a field of science. The method is distinguished in: (a) exploratory factor analysis, which is the same with principal components analysis, and (b) confirmatory factor analysis. Two problems emerge for the use of factor analysis: (a) the number of factors to be extracted, and (b) the kind of rotation which will be used, orthogonal or oblique.

Key words: Extraction of factors, Factor analysis, Rotation of factors.

Address: Demetrios S. Alexopoulos, Section of Psychology, Department of Primary Education, University of Patras, 265 00 Patras, Greece. Tel: ++30-2610-997737, Fax: ++30-2610-997740, E-mail: dalexopl@upatras.gr