

**Το Πώς Σχεφονται τα Παιδιά** είναι ένα αναλυτικό εισαγωγικό εγχειρίδιο στη Γνωστική Ανάπτυξη που καλύπτει ένα μεγάλο βιβλιογραφικό κενό που υπάρχει σ' αυτό τον τομέα στη χώρα μας. Αποτελείται από τρία μέρη. Το πρώτο μέρος εξετάζει τις θεωρητικές απόψεις για τη γνωστική ανάπτυξη, όπως τη θεωρία του Πιαζέ και την προσέγγιση της επεξεργασίας των πληροφοριών. Το δεύτερο μέρος εξετάζει επί θεμελιωμένες πλευρές της σχέσης των παιδιών: την αντίληψη, την ομιλία, τη μνήμη, την κατανόηση εννοιών, την επίλυση προβλημάτων και την ανάπτυξη της αναγνώσις, της γραφής και των μαθηματικών. Το τρίτο μέρος συνοψίζει τα βασικά συμπεράσματα που συνάγονται σε σχέση με διάφορους τομείς της σχέσης των παιδιών και εντοπίζει βασικά ζητήματα για μελλοντική έρευνα. Το *Πώς Σχεφονται τα Παιδιά* προσπαθεί να απαντήσει σε δύο βασικά ερωτήματα σχετικά με τη σχέση των παιδιών: «Τι αναπτύσσεται;» και «Πώς συμβάίνει η ανάπτυξη;». Για τους λόγους αυτούς αποτελεί ένα πολύτιμη πηγή πληροφοριών, τόσο για τους φοιτητές και τους ελκταδευτικούς που ασχολούνται με θέματα γνωστικής ανάπτυξης, όσο και για τους γονείς και τους απλούς αναγνώστες που επιθυμούν να ενημερωθούν για τον τρόπο με τον οποίο αναπτύσσεται η σχέση των παιδιών από τη στιγμή της γέννησής τους μέχρι το τέλος της εφηβείας.

ΚΩΔ. ΔΙΟΚΙΜΟΣ  
9571-029



GUIBENBERG ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ



2

ROBERT S. SIEGLER

ΠΩΣ ΣΧΕΦΟΝΤΑΙ ΤΑ ΠΑΙΔΙΑ

ROBERT S. SIEGLER

# ΠΩΣ ΣΧΕΦΟΝΤΑΙ ΤΑ ΠΑΙΔΙΑ

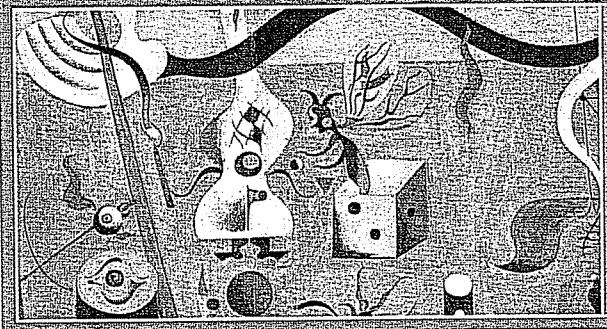
ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ

ΖΩΗ ΚΟΥΛΕΝΤΙΑΝΟΥ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

ΣΤΕΛΛΑ ΡΟΖΝΙΑΛΟΥ

GUIBENBERG ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ



μελετητών της γνωστικής ψυχολογίας ερευνούν ένα από τα ζητήματα που ήταν τα κίνητρα για την έρευνα του Piaget –πώς η βιολογία και η εμπειρία αλληλεπιδρούν για να παράγουν γνωστική ανάπτυξη– αλλά δίνοντας περισσότερη έμφαση στην έμφυτη γνώση και στη γνώση που αναπτύσσεται πρώιμα απ' όση στη θεωρία του Piaget.

FLAVELL, J. H. (1963). *The developmental psychology of Jean Piaget*. New York: Van Nostrand. Η κλασική σύνοψη του έργου του Piaget από το 1925 ως το 1960.

MOSHMAN, D. (υπό έκδοση). Cognitive development beyond childhood. To appear in D. KUHN & R. S. SIEGLER (Eds), W. DAMON (Series ed.). *Handbook of child psychology* (5η έκδοση), Vol. 2: Cognition, perception and language. New York: Wiley. Το άρθρο αυτό δίνει μια κατανοητή και ενημερωμένη επισκόπηση των πολλών αλλαγών στον επιστημονικό και λογικό συλλογισμό που συμβαίνουν από την εφηβεία και μετά.

PIAGET, J. (1952). *The child's concept of number*. New York. W.W. Norton. Στο βιβλίο αυτό, ο Piaget περιγράφει τα κλασικά του πειράματα για τη συμπερίληψη σε τάξεις, τη σειροθέτηση, τη διατήρηση της υγρής ποσότητας και τη διατήρηση των αριθμών.

## ΘΕΩΡΙΕΣ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Σκηνή: Κόρη και πατέρας στην αυλή τους. Ένας φίλος περνάει με το ποδήλατο.

Παιδί: Μπαμπά, θα ξεκλειδώσεις την πόρτα του υπογείου;

Πατέρας: Γιατί;

Παιδί: Γιατί θέλω να κάνω ποδήλατο.

Πατέρας: Το ποδήλατό σου είναι στο γκαράζ.

Παιδί: Όμως οι κάλτσες μου είναι στο στεγνωτήριο (Klahr, 1978, σσ. 181-2).

**Π**ΟΙΑ ΣΚΕΨΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΕΙ ΤΑ ΑΙΝΙΓΜΑΤΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ ΤΟΥ ΠΑΙΔΙΟΥ;  
Ο Klahr, ένας εξέχων θεωρητικός της επεξεργασίας των πληροφοριών, έφτιαξε το παρακάτω μοντέλο σκέψης που οδήγησε το παιδί στο αρχικό αίτημα να ξεκλειδώσει ο πατέρας την πόρτα του υπογείου:

Βασικός στόχος: Θέλω να κάνω ποδήλατο.

Ανάγκη: Χρειάζομαι παπούτσια για να κάνω με άνεση ποδήλατο.

Γεγονός: Είμαι ξυπόλητη.

Υποστόχος 1: Να βάλω τα αθλητικά μου.

Γεγονός: Τα αθλητικά είναι στην αυλή.

Γεγονός: Δεν είναι βολικά με γυμνά πόδια.

Υποστόχος 2: Να βάλω κάλτσες.

Γεγονός: Το συρτάρι με τις κάλτσες ήταν άδειο σήμερα το πρωί.

Συμπέρασμα: Οι κάλτσες πιθανότατα είναι στο στεγνωτήριο.

Υποστόχος 3: Να τις πάρω από το στεγνωτήριο.

Γεγονός: Το στεγνωτήριο είναι στο υπόγειο.

Υποστόχος 4: Να πάω στο υπόγειο.

Γεγονός: Είναι πιο σύντομα, αν πάω από την πόρτα της αυλής.

Γεγονός: *Η πόρτα της αυλής είναι πάντα κλειδωμένη.*  
 Υποστόχος 5: *Να ξεκλειδώσω την πόρτα του υπογείου.*  
 Γεγονός: *Οι μπαμπάδες έχουν κλειδιά για τα πάντα.*  
 Υποστόχος 6: *Να ζητήσω από τον μπαμπά να ξεκλειδώσει την πόρτα.*

Όπως υποδηλώνεται από το παράδειγμα αυτό, η προσέγγιση της επεξεργασίας των πληροφοριών για την ανάπτυξη αναφέρεται στη σημαντική ένταση μέσα στη σκέψη των παιδιών, μια ένταση που παράγεται αδιάκοπα από τα παιδιά τα οποία αγωνίζονται να πετύχουν τους στόχους τους, παρά την κατακερματισμένη γνώση τους, τις περιορισμένες ικανότητες και τα εμπόδια που θέτει ο εξωτερικός κόσμος. Η στρατηγική που χρησιμοποιήθηκε σ' αυτό το παράδειγμα είναι η *ανάλυση μέσου-σκοπού*, που συνίσταται σε διαρκή σύγκριση της κατάστασης κάποιου και του στόχου του και στη συνέχεια στη λήψη μέτρων για να μειωθεί η απόσταση ανάμεσά τους. Σε άλλες καταστάσεις, τα παιδιά χρησιμοποιούν άλλες στρατηγικές. Για να ξεπεράσουν τις περιορισμένες ικανότητες της μνήμης τους, χρησιμοποιούν στρατηγικές, όπως η *επανάληψη* (επανάληψη του υλικού ξανά και ξανά πριν την ανάκλησή του, όπως όταν θέλουν να θυμηθούν έναν αριθμό τηλεφώνου). Για να ξεπεράσουν την περιορισμένη γνώση τους, χρησιμοποιούν τα εργαλεία που τους παρέχει ο πολιτισμός μέσα στον οποίον ζουν: μεγαλύτερα παιδιά και ενήλικους που θα απαντήσουν στις ερωτήσεις τους, λεξικά, εγκυκλοπαίδειες, αριθμομηχανές και άλλα μηχανήματα.

Οι θεωρίες της επεξεργασίας των πληροφοριών για την ανάπτυξη διαφέρουν μεταξύ τους, αλλά όλες συμφωνούν ορισμένες βασικές προϋποθέσεις. Η πιο θεμελιώδης προϋπόθεση είναι πως η σκέψη είναι επεξεργασία πληροφοριών. Αντί να εστιάζουν σε στάδια της ανάπτυξης, εστιάζουν στην πληροφορία που αναπαριστούν τα παιδιά, στις επεξεργασίες που εφαρμόζουν στην πληροφορία και στα όρια της μνήμης που περιορίζουν το ποσό των πληροφοριών που μπορούν τα παιδιά να αναπαραστήσουν και να επεξεργαστούν. Η γνωστική ανάπτυξη αναλύεται σύμφωνα με αλλαγές αυτών των ικανοτήτων που σχετίζονται με την ηλικία. Οι αναλύσεις της επεξεργασίας των

πληροφοριών γενικά είναι πιο ακριβείς απ' αυτές της θεωρίας των σταδίων· οι λεπτομερείς αναλύσεις των στόχων, υποστόχων, γνώσης και συμπερασμάτων μέσα στο μοντέλο του Klahr για τη σκέψη της κόρης του είναι χαρακτηριστικές.

Ένα δεύτερο προσδιοριστικό χαρακτηριστικό των θεωριών της επεξεργασίας των πληροφοριών για την ανάπτυξη είναι η έμφαση στην *ακριβή ανάλυση των μηχανισμών αλλαγής*. Δύο κρίσιμοι στόχοι είναι η αναγνώριση των μηχανισμών αλλαγής που συμβάλλουν περισσότερο στην ανάπτυξη και ο προσδιορισμός τού πώς ακριβώς συνεργάζονται αυτοί οι μηχανισμοί αλλαγής για να παράγουν γνωστική ανάπτυξη. Η άλλη όψη αυτής της έμφασης σχετικά με το πώς συμβαίνει η ανάπτυξη είναι μια έμφαση στα γνωστικά όρια που εμποδίζουν την ανάπτυξη να συμβαίνει ταχύτερα. Έτσι, οι θεωρίες επεξεργασίας των πληροφοριών προσπαθούν να εξηγήσουν τόσο το πώς παιδιά δεδομένων ηλικιών φτάνουν στο σημείο που φτάνουν, όσο και το γιατί δεν φτάνουν πιο πέρα.

Μια τρίτη προϋπόθεση των θεωριών επεξεργασίας των πληροφοριών είναι ότι η αλλαγή παράγεται με μια διαδικασία συνεχούς *αυτοτροποποίησης*. Δηλαδή, τα αποτελέσματα που γεννώνται από τις δραστηριότητες των ίδιων των παιδιών αλλάζουν τον τρόπο με τον οποίο θα σκέφτονται τα παιδιά στο μέλλον. Για παράδειγμα, στο μοντέλο επιλογής στρατηγικής των Siegler και Shipley (1995), η χρήση εναλλακτικών στρατηγικών δημιουργεί όλο και μεγαλύτερη γνώση σε σχέση με την αποτελεσματικότητα της κάθε στρατηγικής η οποία, με τη σειρά της, αλλάζει τις στρατηγικές που έχουν χρησιμοποιηθεί. Τέτοιες αυτο-τροποποιητικές διαδικασίες αναιρούν την ανάγκη υπολογισμού ειδικών μεταβατικών περιόδων που προσδιορίζονται από την ηλικία, όπως προτείνεται από τον Piaget, για τη μετάβαση από το στάδιο των συγκεκριμένων λογικών ενεργειών σ' αυτό των τυπικών λογικών ενεργειών γύρω στην ηλικία των 12. Αντίθετα, η σκέψη των παιδιών θεωρείται πως αλλάζει συνεχώς, σε όλες τις ηλικίες.

Ποια είναι η σχέση των προσεγγίσεων επεξεργασίας των πληροφοριών με τις εναλλακτικές απόψεις, όπως αυτή του Piaget; Οι δύο προσεγγίσεις έχουν πολλά κοινά. Και οι δύο έχουν στόχο να απαντήσουν τα ίδια θεμελιώδη ερωτήματα: «Τι αναπτύσσεται;» και «Πώς



συμβαίνει η ανάπτυξη;». Και οι δύο προσπαθούν να αναγνωρίσουν τις γνωστικές ικανότητες και τα όρια των παιδιών σε διάφορες στιγμές της ανάπτυξης. Και οι δύο προσπαθούν να εξηγήσουν πώς η όψιμη, πιο προωθημένη κατανόηση, προέρχεται από την πρώιμη, πιο στοιχειώδη κατανόηση.

Ωστόσο, οι προσεγγίσεις της επεξεργασίας των πληροφοριών δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στο ρόλο των περιορισμών της επεξεργασίας, των στρατηγικών για την άμβλυνση των περιορισμών αυτών και της γνώσης για το επιμέρους περιεχόμενο. Υπάρχει επίσης μια μεγαλύτερη έμφαση στη συγκεκριμένη ανάλυση της αλλαγής και στη συμβολή της αδιάκοπης γνωστικής δραστηριότητας σ' αυτή την αλλαγή. Οι διαφορές αυτές οδήγησαν σε μεγαλύτερη χρήση τεχνολογικών εφαρμογών, όπως οι προσομοιώσεις με υπολογιστές και τα διαγράμματα ροής, που επιτρέπουν στους θεωρητικούς της επεξεργασίας των πληροφοριών να αναπλάσουν λεπτομερειακά τον τρόπο εξέλιξης της σκέψης. Μια τελευταία διαφορά είναι ότι οι θεωρίες της επεξεργασίας των πληροφοριών προϋποθέτουν ότι η κατανόησή μας για το πώς σκέφτονται τα παιδιά μπορεί να εμπλουτιστεί σε μεγάλο βαθμό από τη γνώση του πώς σκέφτονται οι ενήλικοι. Η πεποίθηση στη βάση αυτής της θεωρίας είναι ότι ακριβώς όπως μπορούμε εμείς να κατανοήσουμε βαθύτερα την ενήλικη σκέψη μας, όταν αποτιμούμε το πόσο αναπτύχθηκε, μπορούμε επίσης καλύτερα να καταλάβουμε την ανάπτυξη της σκέψης των παιδιών, όταν ξέρουμε πού κατευθύνεται η ανάπτυξη.

Το κεφάλαιο αυτό χωρίζεται σε δύο βασικά μέρη. Στο πρώτο, εξετάζουμε το βασικό πλαίσιο της επεξεργασίας των πληροφοριών. Το πλαίσιο αυτό παρέχει έναν τρόπο σκέψης για τα γνωστικά συστήματα παιδιών και ενηλίκων. Στο δεύτερο τμήμα εξετάζουμε πέντε θεωρίες επεξεργασίας των πληροφοριών που επικεντρώνονται στην ανάπτυξη. Καμιά από τις θεωρίες αυτές δεν καλύπτει την τεράστια έκταση θεμάτων και ηλικιών που περιλαμβάνονται στη θεωρία του Piaget. Από την άλλη, καθεμιά δίνει πιο ακριβείς και ολοκληρωμένους χαρακτηρισμούς απ' αυτούς του Piaget για επιμέρους πλευρές της ανάπτυξης. Η οργάνωση του κεφαλαίου διαγράφεται στον Πίνακα 3.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: Διάγραμμα του Κεφαλαίου

- I. Μια επισκόπηση του συστήματος επεξεργασίας των πληροφοριών
  - A. Δομικά χαρακτηριστικά
  - B. Διεργασίες
- II. Θεωρίες της επεξεργασίας των πληροφοριών για την ανάπτυξη
  - A. Νεοπιαζετικές θεωρίες
  - B. Ψυχομετρικές θεωρίες
  - Γ. Θεωρίες συστήματος παραγωγής
  - Δ. Συνδετικές θεωρίες
  - E. Εξελικτικές θεωρίες
- III. Περίληψη
  - Προτεινόμενη βιβλιογραφία

### *Μια επισκόπηση του συστήματος επεξεργασίας των πληροφοριών*

**Κ**ΑΘΕ γνωστική θεωρία πρέπει να καταπιάνεται με δύο βασικά χαρακτηριστικά της ανθρώπινης γνώσης. Πρώτον, η σκέψη μας είναι περιορισμένη, τόσο ως προς το ποσοστό πληροφοριών που μπορούμε να προσεγγίσουμε ταυτόχρονα, όσο και ως προς την ταχύτητα με την οποία μπορούμε να επεξεργαστούμε την πληροφορία. Δεύτερον, η σκέψη μας είναι ευέλικτη, ικανή να προσαρμόζεται σε διαρκώς εναλλασσόμενους στόχους, περιστάσεις και απαιτήσεις έργων. Οι θεωρίες της επεξεργασίας των πληροφοριών προσπάθησαν να καταπιασθούν μ' αυτή τη διπλή φύση της γνώσης, εστιάζοντας τόσο στα *δομικά χαρακτηριστικά*, που προσδιορίζουν τα όρια μέσα στα οποία λαμβάνει χώρα η σκέψη, όσο και στις *διεργασίες*, που παρέχουν το μέσο για την ευέλικτη προσαρμογή σ' έναν κόσμο που διαρκώς αλλάζει.

### *Δομικά χαρακτηριστικά*

Τα δομικά χαρακτηριστικά του συστήματος επεξεργασίας των πληροφοριών παρέχουν τη βασική του οργάνωση. Μερικές φορές αναφέ-

ρονται επίσης ως γνωστική αρχιτεκτονική, σε αναλογία με το αρχιτεκτονικό σχέδιο ενός κτιρίου που περιγράφει τα γενικά χαρακτηριστικά του, αλλά όχι τις λεπτομέρειες. Τα δομικά χαρακτηριστικά τού γνωστικού συστήματος συνήθως είναι σχετικά διαρκή· πιστεύεται ότι η ίδια βασική οργάνωση διατηρείται σε όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης. Τα δομικά χαρακτηριστικά είναι επίσης καθολικά: όλα τα παιδιά έχουν την ίδια βασική γνωστική οργάνωση, αν και η αποτελεσματικότητα με την οποία λειτουργούν τα διάφορα μέρη ποικίλλει ανάλογα με το άτομο και την ηλικιακή ομάδα. Αυτή η βασική οργάνωση θεωρείται συχνά ότι εντάσσεται σ' ένα πλαίσιο με τρία μέρη: την αισθητηριακή μνήμη, τη μνήμη εργασίας και τη μακρόχρονη μνήμη.

► **Αισθητηριακή μνήμη.** Οι άνθρωποι διαθέτουν μια ξεχωριστή ικανότητα να συγκρατούν για μικρό σχετικά διάστημα μεγάλα ποσά πληροφοριών που μόλις συναντούν. Αυτή η ικανότητα συχνά αποκαλείται *αισθητηριακή μνήμη*. Ο Sperling (1960) απέδειξε αρκετά χαρακτηριστικά της αισθητηριακής μνήμης που επηρεάζουν την επεξεργασία των οπτικών πληροφοριών. Έδειξε σε μαθητές γυμνασίου έναν τρία επί τέσσερα πίνακα γραμμάτων, για ένα εικοστό του δευτερολέπτου. Όταν τους ζητήθηκε, αμέσως μετά την παρουσίαση, να πουν ποια ήταν τα γράμματα, οι μαθητές του γυμνασίου συνήθως θυμόντουσαν 4 ή 5, δηλαδή το 40% της λίστας. Μετά, ο Sperling άλλαξε τη διαδικασία κατά ένα μικρό, αλλά σημαντικό τρόπο. Αντί να ζητήσει από τους μαθητές να θυμηθούν όλα τα γράμματα, τους ζήτησε να θυμηθούν μόνο τα γράμματα της μιας σειράς. Αφού δεν ήξεραν από πριν ποια σειρά θα τους ζητηθεί να θυμηθούν, οι μαθητές έπρεπε να επεξεργαστούν και τα 12 γράμματα, ακριβώς όπως στο αρχικό έργο. Ωστόσο, ζητώντας τους να απαγγείλουν το περιεχόμενο μιας μόνο σειράς, αυτό εξάλειψε την ανάγκη να συγκρατούν όλη την πληροφορία την ώρα που έλεγαν τα πρώτα λίγα γράμματα.

Ο Sperling βρήκε ότι όταν ο ερευνητής έλεγε ποια σειρά πρέπει να ανακαλέσουν οι μαθητές αμέσως μόλις έπαυε η επίδειξη του πίνακα, οι μαθητές θυμόντουσαν το 80% των γραμμάτων της σειράς. Όταν ζητούσε την ταυτότητα της σειράς ένα τρίτο του δευτερολέπτου μετά το σταμάτημα της επίδειξης, τότε η ανάκληση μειωνόταν στο 55%.

Όταν τη ζητούσε ένα δευτερόλεπτο μετά την αναπαράσταση, η απόδοση υποχωρούσε στο αρχικό 40%. Η ερμηνεία του Sperling ήταν ότι μια έκθεση διάρκειας ενός εικοστού του δευτερολέπτου ήταν αρκετή για να δημιουργήσουν τα γράμματα μια οπτική εικόνα (ένα επακριβές αντίγραφο του αρχικού ερεθίσματος), αλλά ότι η εικόνα θόλωνε σε ένα τρίτο του δευτερολέπτου και εξαφανιζόταν ένα δευτερόλεπτο αργότερα. Αυτές οι εκτιμήσεις παραμένουν λογικές στο φως της μεταγενέστερης έρευνας.

Η έξυπνη μέθοδος του Sperling οδήγησε σε μια εκπληκτική ανακάλυψη σχετικά με την αισθητηριακή μνήμη των παιδιών: Η αισθητηριακή μνήμη ενός πεντάχρονου παιδιού είναι εξίσου μεγάλη, όσο αυτή ενός ενήλικου. Σε μια μελέτη (Morrison, Holmes & Haith, 1974), έδειξαν σε πεντάχρονα και σε ενήλικους μια παράταξη επτά γεωμετρικών σχημάτων. Μετά η οθόνη έσβηνε και ένα εικοστό του δευτερολέπτου αργότερα, ένα βέλος έδειχνε μια από τις επτά θέσεις. Το παιδί ή ο ενήλικος έπρεπε να κατονομάσει το αντικείμενο που βρισκόταν στη θέση εκείνη. Η ανάκληση των πεντάχρονων ήταν εξίσου καλή μ' αυτή των ενήλικων, γεγονός που υποστηρίζει ότι η ικανότητα της αισθητηριακής μνήμης τους είναι ισάξια με των ενήλικων.

► **Μνήμη εργασίας.** Η μνήμη εργασίας είναι εκεί όπου συμβαίνει η ενεργή σκέψη: ανάπτυξη νέων στρατηγικών, λύσεις υπολογισμού αριθμητικών προβλημάτων, κατανόηση αναγνωσμάτων κλπ. Η λειτουργία της συνίσταται στο συνδυασμό πληροφοριών που έρχονται στην αισθητηριακή μνήμη με πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες στη μακρόχρονη μνήμη, και στο μετασχηματισμό αυτών των πληροφοριών σε καινούργιες μορφές. Για παράδειγμα, όταν διαβάζουμε ένα βιβλίο, η μνήμη εργασίας συνδυάζει την αισθητηριακή πληροφορία για τις λέξεις που βρίσκονται στη σελίδα με αναπαραστάσεις της μακρόχρονης μνήμης για τη σημασία των λέξεων και χρησιμοποιεί τα δεδομένα για να αναπαραστήσει τη σημασία του κειμένου στο σύνολό του.

Η λειτουργία της μνήμης εργασίας περιορίζεται κατά διάφορους τρόπους. Ο πρώτος είναι η χωρητικότητα, ο αριθμός συμβόλων που μπορεί να επεξεργαστεί την ίδια στιγμή. Αυτός ο αριθμός δεν είναι

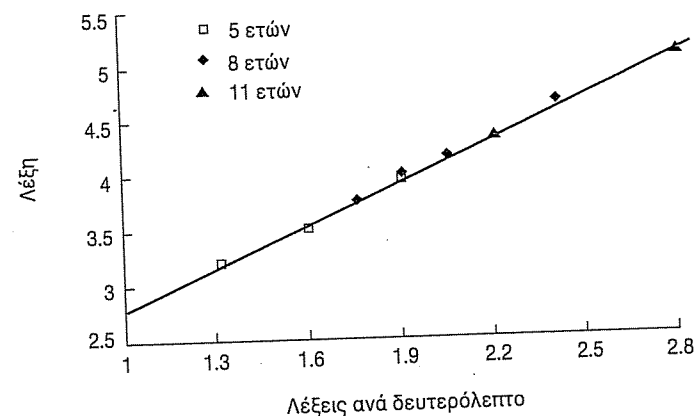
μεγάλος υπολογίζεται συνήθως μεταξύ τριών και επτά μονάδων. Είναι δύσκολο να είναι κανείς ακριβέστερος, επειδή οι ακριβείς αριθμοί εξαρτώνται από τα ιδιαίτερα στοιχεία του έργου πάνω στο οποίο μετριέται η ικανότητα. Για παράδειγμα, η ικανότητα υπολογίζεται ότι είναι μεγαλύτερη ως προς την ποσότητα των αριθμών που μπορούν να συγκρατηθούν στη μνήμη παρά ως προς τον αριθμό των γραμμάτων που μπορούν να συγκρατηθούν (Dempster, 1981).

Το όριο της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας είναι το όριο στον αριθμό των μονάδων με σημασία (chunks) που μπορεί να επεξεργαστεί και όχι το όριο στον αριθμό των φυσικών μονάδων. Ένα γράμμα, ένας αριθμός, μια λέξη ή μια γνωστή φράση μπορούν να λειτουργήσουν σαν ένα μόνο chunk, επειδή το καθένα είναι μια μόνο μονάδα σημασίας. Έτσι, είναι εξίσου εύκολο να θυμάται κανείς μια ομάδα τριών άσχετων λέξεων με εννέα γράμματα (*hit, red, foot*), όσο το να θυμάται τρία άσχετα γράμματα (*g, f, r*) (Miller, 1956).

Ο ρυθμός κατά τον οποίο χάνεται μια πληροφορία από τη μνήμη εργασίας περιορίζει επίσης τη γνωστική λειτουργία. Το υλικό κανονικά χάνεται σε 15 ως 30 δευτερόλεπτα. Ωστόσο, όταν πρόκειται για λεκτικές πληροφορίες, όπως λέξεις ή αριθμούς, η επανάληψη μπορεί να διατηρήσει την πληροφορία στη μνήμη εργασίας για περισσότερο χρόνο.

Τα μεγαλύτερα παιδιά μπορούν να διατηρήσουν σημαντικά περισσότερες πληροφορίες στη μνήμη εργασίας απ' όσες τα μικρότερα. Αυτό σε μεγάλο βαθμό οφείλεται στον ταχύτερο ρυθμό επανάληψης των μεγαλύτερων παιδιών. Γενικά, όσο γρηγορότερα ενήλικοι ή παιδιά μπορούν να κάνουν επανάληψη σε λεκτικό υλικό, τόσο περισσότερο υλικό μπορούν να διατηρήσουν στη μνήμη εργασίας (Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley, 1986). Γρηγορότερη επανάληψη σημαίνει λιγότερο χρονικό διάστημα μεταξύ των επαναλήψεων μιας δεδομένης λέξης κι έτσι μικρότερη πιθανότητα να ξεχαστεί η λέξη, πριν επαναληφθεί ξανά. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1, ο ρυθμός προφοράς των λέξεων σχετίζεται στενά με τον αριθμό των λέξεων που μπορούν να διατηρηθούν στη μνήμη εργασίας. Η μεγαλύτερη ταχύτητα προφοράς φαίνεται να είναι ένας σημαντικός λόγος για τη δυνατότητα διατήρησης περισσότερου υλικού στη μνήμη εργασίας (Hitch & Towse, 1995).

Η μνήμη εργασίας φαίνεται να περιλαμβάνει ξεχωριστές ικανότητες αποθήκευσης για λεκτικές και χωροταξικές πληροφορίες καθώς και έναν εκτελεστικό επεξεργαστή που συντονίζει τη λειτουργία τους και βοηθάει στο διαχωρισμό των δύο τύπων πληροφορίας (Baddeley, 1986). Η ανάπτυξη της μνήμης εργασίας φαίνεται ότι περιλαμβάνει αλλαγές τόσο στο ποσό πληροφοριών του κάθε τύπου που μπορούν να απομνημονευτούν, όσο και στον όλο και πιο αποτελεσματικό διαχωρισμό μεταξύ των δύο. Τα στοιχεία προέρχονται από μία μελέτη που έδειξαν σε οχτάχρονα και δεκάχρονα παιδιά καθώς και σε μαθητές του γυμνασίου· αυτή περιελάμβανε είτε μια σειρά ψηφίων που συνήθως μπορούσαν να κωδικοποιηθούν λεκτικά είτε μια σειρά θέσεων



ΣΧΗΜΑ 3.1. Εύρος μνήμης παιδιών 5, 8 και 11 ετών για άσχετες μεταξύ τους λέξεις που δίνονται προφορικά, ανάλογα με το ρυθμό άρθρωσης και τον αριθμό συλλαβών των λέξεων. Οι αριθμοί δίπλα στα σημεία των δεδομένων δείχνουν τον αριθμό συλλαβών της λέξης. Για παράδειγμα, παιδιά 11 ετών μπορούν να προφέρουν 2.8 μονοσύλλαβες λέξεις το δευτερόλεπτο και μπορούν να θυμηθούν περίπου 5 τέτοιες λέξεις. Τα μεγαλύτερα παιδιά συνήθως προφέρουν τις λέξεις γρηγορότερα και θυμούνται περισσότερες λέξεις (από τους Hitch & Towse, 1995).

X σε ένα πλέγμα, που συνήθως μπορούσαν να κωδικοποιηθούν χωρικά (Hale, Bronik & Fry, 1996). Το βασικό έργο ήταν να θυμηθούν τα ψηφία ή τις θέσεις των X με τη σειρά που παρουσιάστηκαν. Οι συμμετέχοντες έπρεπε όμως να εκτελέσουν κι ένα δευτερεύον έργο, που απαιτούσε είτε μια λεκτική απάντηση (να κατονομάσουν το χρώμα των ψηφίων ή των X) ή μια χωρική (να δείξουν το χρώμα των ψηφίων ή των X σε ένα φάσμα).

Όπως ήταν αναμενόμενο, οι μαθητές του γυμνασίου ανακάλεσαν περισσότερες πληροφορίες από τους δεκάχρονους και οι δεκάχρονοι περισσότερες από τους οχτάχρονους. Πιο ενδιαφέρον είναι ότι σε όλες τις ηλικίες, η υποχρέωση εκτέλεσης του χωρικού δευτερεύοντος έργου επηρέαζε σε μεγαλύτερο βαθμό την ανάκληση της χωρικής πληροφορίας και η υποχρέωση εκτέλεσης του λεκτικού δευτερεύοντος έργου επηρέαζε σημαντικότερα το λεκτικό έργο. Αυτό το εύρημα υποστήριξε την άποψη ότι οι λεκτικές και οι χωρικές πληροφορίες αναπαριστώνται χωριστά στη μνήμη εργασίας. Ιδιαίτερα ενδιαφέρον είναι ότι στην ηλικία των 8 ετών αλλά όχι και αργότερα, η υποχρέωση για ένα χωρικό δευτερεύον έργο επηρέαζε επίσης την ικανότητα ανάκλησης λεκτικού υλικού και η υποχρέωση εκτέλεσης ενός δευτερεύοντος λεκτικού έργου επηρέαζε την ικανότητα ανάκλησης χωρικού υλικού. Αυτό υποστηρίζει ότι μέχρι την ηλικία των 10 ετών τα παιδιά δεν μπορούν να διακρίνουν καθαρά τη λεκτική από τη χωρική πληροφορία στη μνήμη εργασίας τους.

► *Μακρόχρονη μνήμη.* Ακόμα και τα μικρά παιδιά είναι ικανά να θυμούνται ένα μεγάλο συνδυασμό εμπειριών και γεγονότων σχετικά με τον κόσμο. Ένα μέρος από τη γνώση τους είναι για εξειδικευμένα επεισόδια, όπως τα συναισθήματά τους, όταν έκαναν βόλτα στην αυλή την πρώτη μέρα του σχολείου. Άλλο μέρος της γνώσης είναι σχετικό με διαρκή χαρακτηριστικά του κόσμου, όπως ότι ένα νικελ αξίζει πέντε πένες. Άλλη πάλι γνώση είναι σχετική με διαδικασίες, όπως το πώς να κάνεις ποδήλατο. Αυτοί οι ποικίλοι τύποι γνώσης είναι το περιεχόμενο της μακρόχρονης μνήμης.

Αντίθετα με την αισθητηριακή και τη μνήμη εργασίας δεν υπάρχουν περιορισμοί ούτε στο πόση πληροφορία μπορεί να διατηρηθεί

στη μακρόχρονη μνήμη ούτε στο πόσον καιρό μπορεί να παραμείνει εκεί αυτή η πληροφορία. Πάρτε για παράδειγμα ένα πείραμα σχετικά με την αναγνώριση προσώπων στο περιοδικό των αποφοίτων του λυκείου (Bahrick, Bahrick & Wittlinger, 1975). Ρωτήθηκαν άνθρωποι, 35 χρόνια μετά την αποφοίτησή τους, να αναγνωρίσουν ποιες φωτογραφίες ήταν με άτομα από την τάξη τους στο λύκειο και ποιες με άτομα από άλλο λύκειο. Παρά το διάστημα που είχε περάσει, οι άνθρωποι αναγνώρισαν σωστά 90% από τις φωτογραφίες. Έτσι, το όνομα *μακρόχρονη μνήμη* είναι αληθινά ταιριαστό.

Μια ενδιαφέρουσα ιδιότητα του τρόπου με τον οποίο οι άνθρωποι αποθηκεύουν πληροφορίες στη μακρόχρονη μνήμη είναι ότι η αποθήκευση δεν είναι της μορφής όλα ή τίποτα. Αντίθετα, οι άνθρωποι αποθηκεύουν πληροφορίες σε ξεχωριστές μονάδες και μπορούν να ανακτήσουν μερικές μονάδες χωρίς να ανακτήσουν άλλες. Αυτό το χαρακτηριστικό έχει αποδειχτεί σε πειράματα με ενήλικους σχετικά με το φαινόμενο «στην άκρη της γλώσσας». Όταν οι ενήλικοι μπορούν να θυμηθούν σχεδόν αλλά όχι απόλυτα μια λέξη, συχνά ανακαλούν μερικά από τα χαρακτηριστικά της: το πρώτο της γράμμα, τον αριθμό των συλλαβών της, μια ομόηχη λέξη κ.ο.κ. (π.χ. Brown & McNeil, 1966). Δεν γνωρίζω καμία τυπική έρευνα γι' αυτό το θέμα, αλλά οι καθημερινές παρατηρήσεις μου στα δικά μου παιδιά με έκαναν να υποπτευθώ ότι η περιγραφή ισχύει το ίδιο και για την αποθήκευση στη μακρόχρονη μνήμη των παιδιών. Για παράδειγμα, όταν προσπαθούσε να θυμηθεί μια φίλη της που είχε φύγει, η εξάχρονη κόρη μου είπε: «Ήταν από τη Νότια Αμερική, είχε μαύρα μαλλιά, ήταν αστεία σαν κι εμένα, γιατί δεν μπορώ να θυμηθώ τ' όνομά της;». Λίγα λεπτά αργότερα, κατάφερε να ανακαλέσει το όνομα της φίλης της: Γκαμπριέλα.

### Διεργασίες

Οι διεργασίες χρησιμοποιούνται για τους χειρισμούς των πληροφοριών στην αισθητηριακή, τη μνήμη εργασίας και τη μακρόχρονη μνήμη. Δύο διεργασίες που παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στη γνωστική ανάπτυξη είναι η αυτοματοποίηση και η κωδικοποίηση.

► *Ο ρόλος της αυτοματοποίησης.* Οι διεργασίες ποικίλλουν σημαντικά ως προς την προσοχή που απαιτούν. Αυτές που απαιτούν πολλή προσοχή συνήθως χαρακτηρίζονται *ελεγχόμενες*, ενώ αυτές που απαιτούν λίγη ή καθόλου προσοχή χαρακτηρίζονται *αυτόματες*. Το ποσοστό της προσοχής που απαιτείται επηρεάζεται τόσο από τον τύπο της πληροφορίας που υφίσταται επεξεργασία, όσο και από το ποσοστό εμπειρίας που έχει αποκτήσει το παιδί, επεξεργαζόμενο τέτοιου είδους υλικό. Ορισμένοι τύποι πληροφορίας απαιτούν από τη φύση τους λιγότερη προσοχή από άλλους. Ωστόσο, ακόμα και σε επεξεργασίες που στην αρχή απαιτείται πολλή προσοχή, η πρακτική μειώνει το απαιτούμενο ποσοστό.

Η αυτόματη επεξεργασία είναι σημαντική για την ανάπτυξη, επειδή παρέχει μια αρχική βάση μάθησης για τον κόσμο. Ένα παράδειγμα είναι οι πληροφορίες για τη συχνότητα, δηλαδή δεδομένα σχετικά με το πόσο συχνά έχουν συναντηθεί διάφορα γεγονότα και αντικείμενα. Οι άνθρωποι συγκρατούν αυτή την πληροφορία ακόμα και χωρίς να προσπαθήσουν. Έτσι, έχουμε μια σωστή αίσθηση της σχετικής συχνότητας εμφάνισης των γραμμάτων του αλφάβητου, αν και κανείς δεν προσπαθεί να θυμηθεί τέτοιες λεπτομέρειες. Η ανάκληση τέτοιων πληροφοριών δεν επηρεάζεται ούτε από οδηγίες απομνημόνευσης ούτε από εξάσκηση στην προσπάθεια απομνημόνευσης. Το επίπεδο ανάκλησης είναι επίσης το ίδιο σε μια μεγάλη ηλικιακή γκάμα. Πεντάχρονα παιδιά είναι εξίσου ικανά να συγκρατούν τις συχνά επαναλαμβανόμενες πληροφορίες, όσο και οι μαθητές του γυμνασίου (Hasher & Zacks, 1984).

Η αυτόματη συγκράτηση από τα παιδιά πληροφοριών που επαναλαμβάνονται συχνά φαίνεται ότι συμβάλλει στη γνωστική ανάπτυξη με πολλούς τρόπους. Όταν τα παιδιά διαμορφώνουν έννοιες, πρέπει να μάθουν ποια γνωρίσματα συμπίπτουν τις περισσότερες φορές. Για παράδειγμα, η εκμάθηση της έννοιας «πουλί» απαιτεί να μάθουν τα παιδιά ότι τα ίδια ζώα συνήθως πετούν, έχουν φτερά, έχουν ράμφος και ζουν στα δέντρα. Πιο περίπλοκη μάθηση, όπως η εκμάθηση των ρόλων του φύλου, μπορεί επίσης να εξαρτάται από αυτόματη επεξεργασία συχνά επαναλαμβανόμενων πληροφοριών. Μόνο όταν τα παιδιά δουν μια μεγάλη διαφορά στη συχνότητα με την οποία

άντρες και γυναίκες καταπιάνονται με μια δραστηριότητα μμούνται τα μοντέλα του ίδιου φύλου πιο συχνά απ' αυτά του άλλου φύλου (Perry & Bussey, 1979). Τα παιδιά δεν συνειδητοποιούν ποτέ ότι συγκεντρώνουν πληροφορίες σχετικά με το πόσο συχνά οι άνδρες καταπιάνονται με μια δραστηριότητα και πόσο συχνά το κάνουν οι γυναίκες. Αντίθετα, μοιάζουν να αποκτούν την πληροφορία αυτόματα και μετά να βασίζονται τη συμπεριφορά τους σ' αυτό που παρατήρησαν.

Έτσι λοιπόν, η επεξεργασία πληροφοριών για τη συχνότητα φαίνεται πως είναι αυτόματη από την αρχή της ανάπτυξης, ίσως και από τη γέννηση. Άλλες επεξεργασίες, ωστόσο, μπορεί να αλλάζουν από ελεγχόμενες σε αυτόματες, όσο οι άνθρωποι αποκτούν εμπειρίες σχετικά μ' αυτές. Αυτή η διεργασία είναι γνωστή ως *αυτοματοποίηση*.

Ο όρος *αυτοματοποίηση* είναι καλά επιλεγμένος. Δεξιότητες που έχουν μαθευτεί σε αρκετά υψηλό βαθμό, δύσκολα μπορούν να ανασταλούν ακόμα κι όταν κάτι τέτοιο είναι πρόσφορο. Η εκμάθηση της πρόσθεσης μονοψήφιων αριθμών δίνει ένα καλό παράδειγμα αυτού του φαινομένου, όπως περιγράφεται σε μια μελέτη των LeFevre, Bisanz και Mirkovic (1988). Στο πείραμά τους παρουσίαζαν ένα πρόβλημα, όπως το  $4 + 5$ , και ένα κλάσμα του δευτερολέπτου αργότερα, παρουσίαζαν ένα μόνο ψηφίο, το 9, λίγο δεξιότερα από τους δύο πρώτους αριθμούς. Το έργο ήταν να πει κανείς αν ο αριθμός στα δεξιά ήταν ένας από τους προσθετέους στο πρόβλημα. Έτσι, η απάντηση θα έπρεπε να είναι «όχι», γιατί το 9 δεν είναι ένας από τους προσθετέους στο  $4 + 5$ . Ωστόσο, η αυτοματοποιημένη γνώση των αριθμητικών στοιχείων παρενέβαινε στην απόδοση σ' αυτό το έργο, κάνοντας τα παιδιά να πούν «ναι» ή να χρειαστούν περισσότερο χρόνο για να πουν «όχι», όταν ο αριθμός στα δεξιά ήταν η απάντηση στο πρόβλημα πρόσθεσης παρά όταν δεν ήταν ούτε η απάντηση ούτε ένας από τους προσθετέους.

Μελέτες αυτού του έργου δείχνουν ότι τα ευκολότερα προβλήματα πρόσθεσης με μονοψήφιους αριθμούς αυτοματοποιούνται αρκετά γρήγορα στη μάθηση, αλλά ότι χρειάζονται αρκετά χρόνια, πριν αυτοματοποιηθούν τα δυσκολότερα (LeFevre et al., 1991· LeFevre & Kulak, 1994· Lemaire, Barret, Fayol & Abdi, 1994). Παιδιά της δευτέ-



ρας τάξης δείχνουν τις επιδράσεις της παρεμβολής που συνδέονται με την αυτοματοποιημένη διαδικασία μόνο σε προβλήματα με μικρούς αριθμούς (όπου και οι δύο προσθετέοι είναι μικρότεροι ή ίσοι με το 5). Παιδιά της τρίτης τάξης δείχνουν τις επιδράσεις σε προβλήματα με μικρούς και μεσαίους αριθμούς (ο ένας προσθετέος να είναι από 6 και πάνω), αλλά όχι σε προβλήματα με μεγάλους αριθμούς (όπου και οι δύο προσθετέοι είναι μεγαλύτεροι του 6). Παιδιά της τετάρτης και της πέμπτης τάξης καθώς και ενήλικοι δείχνουν τις αυτοματοποιημένες διεργασίες σε όλα τα προβλήματα πρόσθεσης με μονοψήφιους αριθμούς: μικρούς, μεσαίους και μεγάλους.

Όπως υποστηρίζεται από αυτό το παράδειγμα, η αυτοματοποίηση γενικά είναι χρήσιμη, γιατί αποδεσμεύει νοητικούς πόρους, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση άλλων προβλημάτων. Για παράδειγμα, η αυτοματοποίηση της πρόσθεσης κάνει ευκολότερα τα προβλήματα πολλαπλασιασμού με μεγάλους αριθμούς από μνήμης. Ωστόσο, όταν η κατάσταση δείχνει όμοια με ένα τυπικό πρόβλημα αλλά απαιτεί διαφορετική επεξεργασία, τότε η αυτοματοποίηση μπορεί να είναι επιβλαβής.

► *Ο ρόλος της κωδικοποίησης.* Οι άνθρωποι δεν μπορούν να αναπαραστήσουν όλα τα γνωρίσματα του περιβάλλοντος: ο κόσμος είναι απλούστατα πάρα πολύ μεγάλος. Τα παιδιά συχνά αδυνατούν να κωδικοποιήσουν σημαντικά γνωρίσματα αντικειμένων και γεγονότων, μερικές φορές επειδή δεν ξέρουν ποια είναι τα σημαντικά γνωρίσματα και μερικές φορές επειδή δεν ξέρουν πώς να τα κωδικοποιήσουν αποτελεσματικά. Αυτή η αποτυχία κωδικοποίησης κρίσιμων στοιχείων μπορεί να περιορίσει τα αποτελέσματα εμπειριών που θα μπορούσαν να είναι χρήσιμες: όταν τα παιδιά δεν διαθέτουν σχετικές πληροφορίες, δεν μπορούν να έχουν ευεργετήματα απ' αυτές.

Οι Kaiser, McCloskey και Proffitt (1986) δείχνουν πώς η ανεπαρκής κωδικοποίηση μπορεί να παρακωλύσει τη μάθηση. Παρουσίασαν σε παιδιά 4-11 ετών και σε μαθητές του γυμνασίου ένα κινούμενο ηλεκτρικό τρένο που μετέφερε μια μπάλα πάνω σε μια πλατφόρμα. Σε ένα προκαθορισμένο σημείο, η μπάλα κυλούσε μέσα από μια τρύπα της κινούμενης πλατφόρμας και έπεφτε κυλώντας μερικά μέτρα στο

πάτωμα. Το έργο ήταν να προβλέψουν τα παιδιά την τροχιά της μπάλας, καθώς θα έπεφτε.

Περισσότερα από 70 στα εκατό παιδιά και μια αξιοσημείωτη μειοψηφία των μαθητών του γυμνασίου προέβλεψαν ότι η μπάλα θα έπεφτε ίσια κάτω. Αφού είπαν την πρόβλεψή τους, ο ερευνητής τους έδειχνε τι συνέβαινε στην πραγματικότητα (η μπάλα κινούνταν σε μια κυρτή τροχιά, προς τα εμπρός και κάτω). Τα παιδιά και οι μαθητές του γυμνασίου έπρεπε να συμβιβάσουν τις προβλέψεις τους με το αποτέλεσμα που είχαν δει. Οι εξηγήσεις τους αποκάλυψαν πόσο οι προσδοκίες τους επηρέασαν την κωδικοποίηση αυτού που είδαν. Μερικοί είπαν ότι η μπάλα είχε πέσει στην πραγματικότητα ίσια κάτω, αλλά ότι αφέθηκε ελεύθερη από το τρένο αργότερα απ' όσο έλεγε ο ερευνητής. Άλλοι είπαν ότι το τρένο έδωσε μια ώθηση στη μπάλα την ώρα που αφηνόταν να πέσει. Είναι ενδιαφέρον ότι πολλοί από τους μαθητές γυμνασίου που κωδικοποίησαν ότι η μπάλα θα πέσει ίσια κάτω είχαν προηγουμένως κάνει στη φυσική μαθήματα που περιελάμβαναν τις σχετικές έννοιες. Αυτή η εμπειρία, ωστόσο, δεν ήταν αρκετή για να αλλάξουν τις προσδοκίες τους ή την κωδικοποίηση του τι είδαν.

Η κωδικοποίηση αρχίζει να παίζει σημαντικό ρόλο τόσο στις αναπτυξιακές, όσο και στις ατομικές διαφορές από τον πρώτο χρόνο της ζωής (Colombo, 1993, 1995). Στοιχεία για τη σπουδαιότητά της προέρχονται από μελέτες του ρυθμού με τον οποίο τα βρέφη ενστερνίζονται όλες τις σχετικές πληροφορίες και μετά βαριούνται να κοιτάζουν ένα αντικείμενο και κοιτάζουν αλλού. Το διάστημα που χρειάζεται πριν τα βρέφη πάψουν να κοιτάζουν συγκεκριμένα αντικείμενα μειώνεται σε περισσότερο από το μισό ανάμεσα στον 3ο και στον 7ο μήνα. Θυμηθείτε επίσης από το Κεφάλαιο 1 (σ. 37) ότι όσο πιο γρήγορα συνηθίζουν τα βρέφη 7 μηνών σε ένα αντικείμενο που τους επιδεικνύεται επανειλημμένα, τόσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης νοημοσύνης τους 7 ή 8 χρόνια αργότερα. Προφανώς τα πιο έξυπνα παιδιά κωδικοποιούν γρηγορότερα κάθε τι ενδιαφέρον σχετικά με την εικόνα, πράγμα που τα κάνει να χάσουν πρώτα το ενδιαφέρον τους γι' αυτήν. Κοιτάζουν με πιο ζωηρό βλέμμα, όταν τους δείχνουν την καινούργια εικόνα, επειδή κωδικοποιούν σαφέστερα τις διαφορές της από την πρώτη.

*Θεωρίες της επεξεργασίας των πληροφοριών για την ανάπτυξη*

ΣΤΗ συνέχεια του κεφαλαίου αυτού, θα εξετάσουμε πέντε τύπους θεωριών για το πώς αναπτύσσονται οι ικανότητες επεξεργασίας των πληροφοριών: τις νεοπιαζετικές θεωρίες, τις ψυχομετρικές θεωρίες, τις θεωρίες συστήματος παραγωγής, τις συνδετικές θεωρίες και τις εξελικτικές θεωρίες. Κάθε τύπος θεωρείται σωστότερα μια οικογένεια θεωριών, με τις επιμέρους θεωρίες του να μοιράζονται βασικές αρχές, έχοντας όμως και ιδιαίτερα γνωρίσματα. Η συζήτηση για κάθε οικογένεια θεωριών περιλαμβάνει την αναγνώριση των κοινών γενικών αρχών και την περιγραφή μιας συγκεκριμένης εφαρμογής αυτών των αρχών. Ελπίζουμε ότι αυτό θα μεταδώσει τα κεντρικά χαρακτηριστικά της προσέγγισης καθώς και μια ιδιαίτερη ιδέα για το πώς η προσέγγιση είναι χρήσιμη για την κατανόηση της σκέψης των παιδιών.

Όλες αυτές οι θεωρίες αντανακλούν τη συμβολή τόσο της θεωρίας του Piaget και των ώριμων προσεγγίσεων επεξεργασίας των πληροφοριών, όσο και πολλών άλλων επιδράσεων. Στον Πίνακα 3.2 αναγράφονται μερικές απ' αυτές. Συνοψίζονται επίσης οι στόχοι των θεωριών και οι μηχανισμοί ανάπτυξης στους οποίους δίνουν έμφαση.

*Νεοπιαζετικές θεωρίες*

Ο στόχος των νεοπιαζετικών θεωριών είναι να διατηρήσουν τα ισχυρά σημεία της προσέγγισης του Piaget, προσθέτοντας σ' αυτά τα ισχυρά σημεία των θεωριών επεξεργασίας των πληροφοριών. Τυπικά, ενσωματώνουν στάδια που μοιάζουν πολύ με του Piaget με την έμφαση στους στόχους, τους περιορισμούς της μνήμης εργασίας και τις στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων, που είναι τυπικές των προσεγγίσεων επεξεργασίας των πληροφοριών. Η μεγαλύτερη έμφαση δίνεται συνήθως στο πώς η βιολογικά κατευθυνόμενη ανάπτυξη της μνήμης εργασίας και η αυτοματοποίηση της επεξεργασίας επιτρέπουν στα παιδιά να ξεπεράσουν προοδευτικά τους περιορισμούς της επεξεργασίας. Ανάμεσα στις πιο εξέχουσες νεοπιαζετικές θεωρίες είναι αυτές των

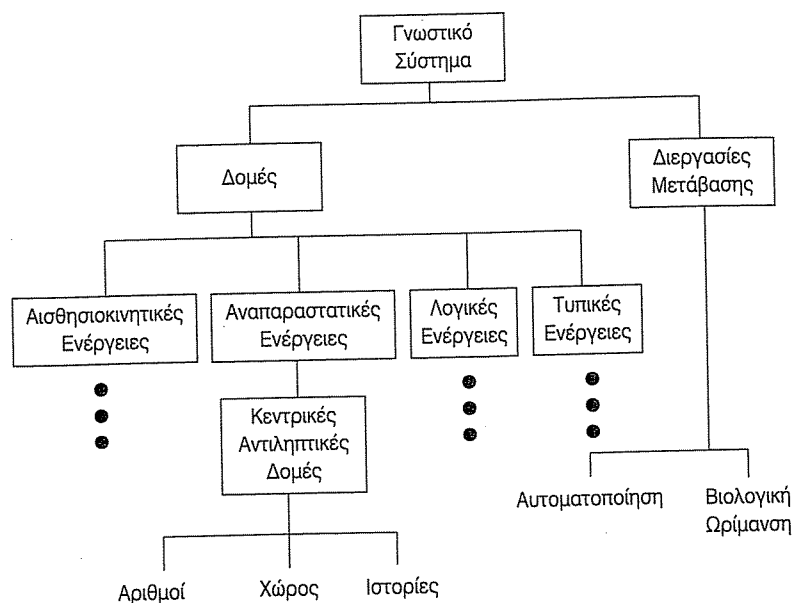
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2. Επίσκόπηση των θεωριών επεξεργασίας των πληροφοριών για την ανάπτυξη.

ΤΥΠΟΣ ΘΕΩΡΙΑΣ	ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΟΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΣ	ΣΤΟΧΟΣ ΘΕΩΡΙΑΣ	ΚΥΡΙΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ
Νεοπιαζετική	Case	Η συνένωση των πιαζετικών θεωριών και των θεωριών της επεξεργασίας των πληροφοριών για την ανάπτυξη.	Αυτοματοποίηση, βιολογικά βασισμένες αυξήσεις της μνήμης εργασίας και ανάπτυξη στρατηγικών.
Ψυχομετρική	Sternberg	Η παροχή μιας ανάλυσης επεξεργασίας των πληροφοριών για την ανάπτυξη της ευφυΐας.	Ανάπτυξη στρατηγικών, κωδικοποίηση και αυτοματοποίηση.
Σύστημα παραγωγής	Klahr	Η απόδειξη μέσω προσομοίωσης σε υπολογιστή του πώς το γνωστικό σύστημα διαφοροποιεί τη λειτουργία του.	Γενίκευση, ανίχνευση της κανονικότητας, εξαίρεση των πλεονασμών και γραμμή του χρόνου. Επίσης κωδικοποίηση και ανάπτυξη στρατηγικών.
Συνδετική	MacWhinney	Η ερμηνεία του πώς τα παιδιά μπορούν να μάθουν τη γλώσσα από τα δεδομένα που έχουν στη διάθεσή τους.	Συνδυαστικός ανταγωνισμός μεταξύ απλών μονάδων επεξεργασίας. Επίσης γενίκευση.
Εξελικτική	Siegler	Η κατανόηση του πώς οι διαδικασίες παραλλαγής και επιλογής διαμορφώνουν τη γνωστική ανάπτυξη.	Συνδυαστικός ανταγωνισμός μεταξύ στρατηγικών. Επίσης ανάπτυξη στρατηγικών και γενίκευση.

Halford (1993), Fischer (βλ. Fischer & Farrar, 1988), van der Maas & Molenaar (1992), van Geert (1994), Demetriou και Efklides (βλ. Demetriou, Efklides & Platsidou, 1993).

Η νεοπιαζετική θεωρία με τη μεγαλύτερη επιρροή είναι ίσως αυτή του Robbie Case. Η θεωρία αυτή μπορεί να χωριστεί σε δύο βασικά μέρη: τα αναπτυξιακά στάδια και τις μεταβατικές διαδικασίες που παράγουν την πρόοδο από το ένα στάδιο στο άλλο (Σχήμα 3.2).

Όπως ο Piaget, έτσι και ο Case υποστηρίζει την υπόθεση ότι τα παιδιά αναπτύσσονται περνώντας τέσσερα στάδια. Χαρακτήρισε τα στάδια αυτά ανάλογα με τους τύπους των νοητικών αναπαραστάσεων και ενεργειών που μπορούν να διαμορφώσουν τα παιδιά, όταν βρίσκονται στο κάθε στάδιο. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει αισθησιοκινητικές ενέργειες. Οι αναπαραστάσεις των παιδιών στο στάδιο



ΣΧΗΜΑ 3.2. Ένα διάγραμμα των βασικών δομών και διεργασιών στη θεωρία του Case.

αυτό αποτελούνται από αισθητηριακές εισροές. Αντιδρούν στις αναπαραστάσεις αυτές παράγοντας σωματικές κινήσεις. Στο *στάδιο των αναπαραστατικών ενεργειών*, οι αναπαραστάσεις των παιδιών περιλαμβάνουν συγκεκριμένες εσωτερικευμένες εικόνες και οι πράξεις τους μπορούν να παράγουν επιπρόσθετες εσωτερικές αναπαραστάσεις. Στο *στάδιο των λογικών ενεργειών*, τα παιδιά αναπαριστούν τα ερεθίσματα αφηρημένα: μπορούν να επενεργήσουν σ' αυτές τις αναπαραστάσεις με απλές μετατροπές. Στο *στάδιο των τυπικών ενεργειών*, τα παιδιά επίσης αναπαριστούν τα ερεθίσματα αφηρημένα, αλλά είναι ικανά να επιτελέσουν πολυσύνθετες μετατροπές της πληροφορίας. (Σημείωση: σε όλα τα στάδια, τα παιδιά μπορούν επίσης να παράγουν αναπαραστάσεις και ενέργειες σαν αυτές που τους ήταν δυνατές νωρίτερα).

Παραδείγματα μπορούν να διευκρινίσουν τις διαφορές στις αναπαραστάσεις που γίνονται δυνατές σε κάθε στάδιο. Μια αισθησιοκινητική ενέργεια μπορεί να περιλαμβάνει το παιδί που βλέπει ένα τρομακτικό πρόσωπο (η αισθητηριακή αναπαράσταση) και το τρέξιμό του να φύγει από το δωμάτιο (η κινητική πράξη). Μια αναπαραστατική ενέργεια μπορεί να περιλαμβάνει τη νοητική εικόνα που παράγει το παιδί για το ίδιο τρομακτικό πρόσωπο (η εσωτερική αναπαράσταση) και τη χρησιμοποίησή της για να σχεδιάσει το παιδί μια ζωγραφιά του προσώπου (η αναπαραστατική πράξη). Μια λογική ενέργεια μπορεί να περιλαμβάνει τη συνειδητοποίηση από το παιδί ότι δύο φίλοι του δεν συμπαθούν ο ένας τον άλλο (η αφηρημένη αναπαράσταση) και το παιδί να τους λέει ότι θα ήταν πιο ωραίο να είναι όλοι φίλοι (η απλή μετατροπή). Μια τυπική ενέργεια μπορεί να περιλαμβάνει τη συνειδητοποίηση από το παιδί ότι τέτοιες προσπάθειες για να δημιουργηθούν φιλιές σπάνια πετυχαίνουν (η αφηρημένη αναπαράσταση) και το να εκθέσει και τους τρεις μαζί σε μια κατάσταση στην οποία θα πρέπει να ξεπεράσουν κάποιο κοινό εμπόδιο, παράγοντας έτσι φιλικά συναισθήματα (η πολυσύνθετη μετατροπή). Η ομοιότητα με τα στάδια ανάπτυξης του Piaget είναι φανερή.

Η άποψη του Case για την αναπτυξιακή αλληλουχία κατά την οποία τα παιδιά αποκτούν κατανόηση επιμέρους εννοιών μοιάζει επίσης με τις απόψεις του Piaget. Όπως ο Piaget, υποστηρίζει την

ύπαρξη μεγάλων ενοτήτων στην αναπτυξιακή αλληλουχία ως προς διαφορετικές έννοιες. Οι απόψεις του είναι πιο μετριοπαθείς κατά το ότι υποστηρίζει ότι οι ομοιότητες στο συλλογισμό περιορίζονται σε επιμέρους τύπους γνώσης. Ωστόσο, ακόμα και σχετικά μ' αυτούς τους τύπους γνώσης, είναι φανερή η ουσιαστική ομοιότητα στην αναπτυξιακή αλληλουχία.

Ιδιαίτερα, ο Case υποστηρίζει ότι μεγάλο μέρος από τη σκέψη των παιδιών οργανώνεται σε *κεντρικές εννοιολογικές δομές*. Αυτές ορίζονται ως «ένα εσωτερικό δίκτυο εννοιών και εννοιολογικών σχέσεων που παίζει κεντρικό ρόλο, επιτρέποντας στα παιδιά να σκέφτονται για ένα ευρύ φάσμα (όχι όμως για όλες) καταστάσεων σε ένα καινούργιο επιστημικό επίπεδο» (Case & Griffin, 1990, σ. 224). Ο Case και οι συνεργάτες του (βλ. Case & Okamoto, 1996· Griffin, Case & Sandieson, 1992· Marini 1992· McKeough, 1992) έχουν εστιάσει την προσοχή τους σε τρεις βασικές εννοιολογικές δομές, μία για τη σκέψη σχετικά με τους αριθμούς, μία για τη σκέψη σχετικά με το χώρο και μία για τη σκέψη σχετικά με ιστορίες. Οι τρεις τους έχουν μια γενική ομοιότητα, καθώς βασίζονται σε συνολικούς δομικούς περιορισμούς του γνωστικού συστήματος σ' αυτή την ηλικία, αλλά επίσης αντανακλούν τις ιδιαιτερότητες του τομέα στον οποίο εφαρμόζονται. Για παράδειγμα, οι Case και Okamoto (1996) υποστηρίζουν ότι στην ηλικία των 6 ετών, οι κεντρικές εννοιολογικές δομές εστιάζουν σε μια μοναδική διάσταση. Στη δομή που έχει σχέση με τους αριθμούς, αυτό σημαίνει τη δημιουργία μιας νοητικής αριθμητικής γραμμής, που επιτρέπει στα παιδιά να επιτελούν έργα, όπως το να γνωρίζουν ποιος αριθμός είναι μεγαλύτερος από ποιον άλλο. Στη δομή που σχετίζεται με τις ιστορίες, η κεντρική εννοιολογική δομή σ' αυτήν την ηλικία επιτρέπει στα παιδιά να σχηματίζουν νοητικές γραμμές της ιστορίας, δηλαδή, να αναπαριστούν τη γραμμική πλοκή της ιστορίας σε σχέση με τη σειρά των γεγονότων. Στη δομή που σχετίζεται με το χώρο, η σκέψη των εξάχρονων παιδιών εστιάζει είτε στο σχήμα είτε στη θέση των αντικειμένων, αλλά όχι και στα δύο. Στην ηλικία των 8 ετών, έχουν σχηματιστεί οι κεντρικές εννοιολογικές δομές που συνδυάζουν δύο διαστάσεις. Στον τομέα των αριθμών, αυτό επιτρέπει στα παιδιά να συνδυάζουν δύο αριθμητικές γραμμές, για παράδειγμα να κατα-

νοούν το δεκαδικό σύστημα και να κάνουν πράξεις με αριθμούς κάτω από το 100, συνδυάζοντας την κατανόηση των εννοιών της δεκάδας και της μονάδας. Στον τομέα των ιστοριών, τους επιτρέπει να συνδυάσουν δύο γραμμές της ιστορίας σε μια μόνη πλοκή. Στον τομέα του χώρου, τους επιτρέπει να αναπαριστούν ταυτόχρονα τα σχήματα και τις θέσεις των αντικειμένων.

Εκεί που ο Case διαφοροποιείται σαφέστερα από τον Piaget και δείχνει την ισχυρότερη επίδραση της προσέγγισης της επεξεργασίας των πληροφοριών είναι στην περιγραφή των μηχανισμών αλλαγής. Ο Case δίνει έμφαση στη χωρητικότητα της μνήμης εργασίας ως προσδιοριστικού παράγοντα της γνωστικής ανάπτυξης. Ισχυρίζεται όχι ότι αυξάνεται η απόλυτη χωρητικότητα της μνήμης εργασίας, αλλά ότι αυτή λειτουργεί όλο και πιο αποτελεσματικά και έτσι μπορεί να χειριστεί περισσότερες πληροφορίες.

Πώς μπορεί να συμβαίνουν αυτές οι αυξήσεις στην αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας; Ο Case (1985) υποστηρίζει ότι ένας παράγοντας που συμβάλλει είναι η αυτοματοποίηση. Με την πρακτική, μια γνωστική ενέργεια που προηγουμένως απαιτούσε όλους τους πόρους της μνήμης εργασίας μπορεί να επιτελείται πιο αποτελεσματικά. Αυτό απελευθερώνει ένα μέρος της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας για άλλες επεξεργασίες. Θα είναι ίσως χρήσιμο να σκεφτούμε αυτή την άποψη για τη μνήμη εργασίας σε αναλογία με το πορτ μπαγκάζ ενός αυτοκινήτου. Η περιεκτικότητα του πορτ μπαγκάζ δεν αλλάζει όσο ο ιδιοκτήτης αποκτά εμπειρία στην αποθήκευση αποσκευών σ' αυτό. Παρ' όλα αυτά το ποσό των αποσκευών που μπορούν να αποθηκευτούν στο πορτ μπαγκάζ αλλάζει. Ενώ μπορούσαν προηγουμένως να χωρέσουν τρεις βαλίτσες, τελικά μπορούν να τοποθετηθούν μέσα τέσσερις ή πέντε. Με πιο αποτελεσματική αποθήκευση, ο χώρος του πορτ μπαγκάζ ελευθερώνεται για να χωρέσει επιπλέον φορτίο. Όπως η γνώση πώς να φορτώσει κανείς το πορτ μπαγκάζ του, έτσι οι κεντρικές εννοιολογικές δομές παρέχουν αποτελεσματικούς τρόπους οργάνωσης των στόχων και των διαδικασιών για την επίτευξη των στόχων. Έτσι, επιτρέπουν στα παιδιά να υπερσκελίσουν τους περιορισμούς της μνήμης εργασίας.

Η βιολογική ωρίμανση έχει επίσης ένα ρόλο στην εξήγηση της αυ-



ξημένης αποτελεσματικότητας της μνήμης εργασίας. Ο Case (1992b) υποστηρίζει την πρόταση ότι οι μεταβάσεις από στάδιο σε στάδιο προκύπτουν από σημαντικές αλλαγές στην ηλεκτρική δραστηριότητα των μετωπιαίων λοβών, που είναι ένα ιδιαίτερα ενεργό μέρος του εγκεφάλου ως προς την επίλυση προβλημάτων και το συλλογισμό. Ιδιαίτερα, κατά την πρόταση αυτή, στην αρχή κάθε σταδίου αναπτύσσονται καινούργιες συνδέσεις μικρής απόστασης ανάμεσα στον μετωπιαίο λοβό της αριστερής πλευράς του εγκεφάλου και μερών του εγκεφάλου που δεν συνδέονταν προηγουμένως μ' αυτόν. Στη διάρκεια ενός δεύτερου υποσταδίου, συνδέσεις μεγαλύτερης απόστασης σχηματίζονται μέσα στο αριστερό και στο δεξιό ημισφαίριο του εγκεφάλου. Σ' ένα τρίτο υποστάδιο, σχηματίζονται συνδέσεις μικρής απόστασης μέσα στο δεξιό ημισφαίριο. Τότε ο εγκέφαλος είναι έτοιμος για την αρχή ενός καινούργιου σταδίου. Μοντέλα της ηλεκτρικής δραστηριότητας στον εγκέφαλο σε διάφορες ηλικίες υποστηρίζουν την πρόταση αυτή (Thatcher, 1992).

Ο Case και οι συνεργάτες του εφάρμοσαν τη θεωρία αυτή σε μια εξαιρετική ποικιλία έργων. Εκτείνονται από τον επιστημονικό συλλογισμό (Marini, 1992) στη μουσική ανάγνωση (Capodilupo, 1992), την επίλυση αριθμητικών λεκτικών προβλημάτων (Okamoto, 1992), την εκμάθηση της ώρας (Case, Sandieson & Dennis, 1987), τη διαχείριση χρημάτων (Marini, 1984), το σχέδιο (Dennis, 1992) και την κατανόηση κοινωνικών φαινομένων, όπως οι διαθέσεις και οι διαπροσωπικές συγκρούσεις (Bruchkowsky, 1992· McKeough, 1992).

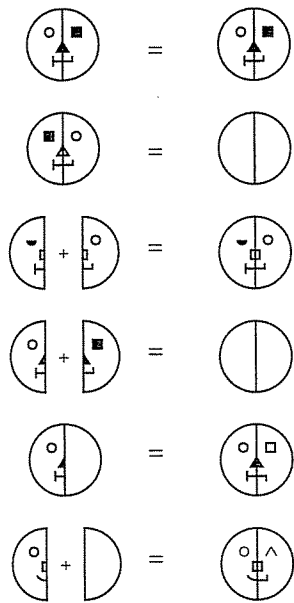
Ένα άλλο ισχυρό σημείο της θεωρίας του Case είναι η χρησιμότητά της για το σχεδιασμό αποτελεσματικών εκπαιδευτικών τεχνικών. Πάρτε για παράδειγμα την ανάλυσή του για τα προβλήματα με τον προσθετικό που λείπει, του τύπου  $4 + ; = 7$  (Case, 1985). Αν και το έργο φαίνεται απλό, μαθητές της πρώτης τάξης που το έχουν διδαχτεί στο σχολείο βρίσκουν την έλλειψη του προσθετικού μεγάλο εμπόδιο.

Μετά την ανάλυση διαφόρων σωστών και άλλων συχνά χρησιμοποιούμενων εσφαλμένων στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων με προσθετικό που λείπει, ο Case παρατήρησε ότι οι πιο σωστές στρατηγικές απαιτούσαν μεγαλύτερη χωρητικότητα της μνήμης εργασίας απ' αυτήν που διαθέτουν συνήθως τα εξάχρονα κι επτάχρονα παι-

διά. Η λιγότερο απαιτητική σωστή στρατηγική, σύμφωνα με την ανάλυσή του, ήταν το μέτρημα από τον ένα προσθετικό που δινόταν στο πρόβλημα και το γράψιμο των αριθμών που έπρεπε να μετρηθούν για να φτάσει κανείς στο άθροισμα. Για το πρόβλημα  $4 + ; = 7$ , η πιο απλή σωστή στρατηγική θα ήταν το μέτρημα από το 4 ως το 7 και το κράτημα λογαριασμού για το πόσοι αριθμοί μετρήθηκαν από το ένα ως το άλλο. Η πιο απαιτητική (και η πιο συνηθισμένη) εσφαλμένη στρατηγική ήταν να μετρά πρώτα το παιδί ως τον προσθετικό που δινόταν και μετά να συνεχίζει το μέτρημα όσες φορές έλεγε το άθροισμα. Έτσι, για παράδειγμα, στο πρόβλημα  $4 + ; = 7$ , τα παιδιά πρώτα μετρούσαν ως το 4 και μετά ανέβαιναν 7 αριθμούς, ως το 11, απαντώντας τελικά ότι ο προσθετικός που έλειπε ήταν το 11. Ο Case σκέφτηκε ότι αφού τα εξάχρονα παιδιά μπορούσαν να μάθουν την εσφαλμένη στρατηγική, θα μπορούσαν να μάθουν και τη σωστή.

Η διδακτική στρατηγική που χρησιμοποίησε ο Case ήταν ευθεία. Όπως δείχνεται στο Σχήμα 3.3, το πρώτο βήμα ήταν να διευκρινίσει ότι το σημείο ίσον (=) σήμαινε ότι οι ποσότητες από κάθε πλευρά του σημείου ήταν ίσες. Το επόμενο βήμα (το τρίτο ζευγάρι προσώπων) ήταν να δείξει ότι το σημείο συν (+) σήμαινε ότι το παιδί έπρεπε να προσθέσει τις ποσότητες που βρίσκονταν δίπλα στο σημείο. Μόλις το παιδί τελείωνε τη δουλειά με τα πρόσωπα, το κέντρο της διδασκαλίας μετακινούνταν σε άμεση μελέτη προβλημάτων που περιελάμβαναν αριθμούς. Σε ένα μέρος αυτής της διδασκαλίας, ο ερευνητής έδειχνε πως η υπάρχουσα στρατηγική των παιδιών ήταν εσφαλμένη για την επίλυση προβλημάτων με προσθετικούς που έλειπαν, βάζοντας τα παιδιά να συγκρίνουν τους αριθμούς στις δύο πλευρές του σημείου ίσον, έτσι όπως αποδίδονταν από τη στρατηγική τους. Αυτό τους επέτρεπε να δουν ότι στο πρόβλημα  $4 + ; = 7$ , το 11 που απέδιδε η στρατηγική τους δεν ήταν ίσο με το 7 στην άλλη πλευρά του σημείου ίσον. Μετά απ' αυτό, διδασκόταν η απλούστερη σωστή διαδικασία για την επίλυση προβλημάτων με προσθετικούς που λείπουν, βήμα το βήμα.

Ο Case (1978) ανέφερε ότι αυτή η στρατηγική διδασκαλίας επέτρεψε στο 80% των παιδιών του νηπιαγωγείου να μάθουν τα προβλήματα με τον προσθετικό που λείπει. Αυτό το ποσοστό είναι μια σημαντική βελτίωση σε σχέση με το 10% των παιδιών που μπορούσαν



ΣΧΗΜΑ 3.3. Πρόσωπα που χρησιμοποιήθηκαν από τον Case (1978) για τη διδασκαλία των προβλημάτων με τον προσθετέο που λείπει. Το πρώτο ζευγάρι προσώπων χρησιμοποιήθηκε για να δείξει τη σημασία του σημείου τού ίσον. Το δεύτερο ζευγάρι χρησιμοποιήθηκε για να ελεγχθεί αν το παιδί μπορούσε να κάνει το δεξί πρόσωπο ίσο με το αριστερό. Το τρίτο ζευγάρι χρησιμοποιήθηκε για να δείξει ότι το σύνολο στα δεξιά μπορεί να δημιουργηθεί από τα μέρη στα αριστερά. Το τέταρτο ζευγάρι χρησιμοποιήθηκε για να ελεγχθεί αν το παιδί μπορούσε να δημιουργήσει ένα σύνολο από τα μέρη του. Το πέμπτο ζευγάρι, όπως και τα προβλήματα με τον προσθετέο που λείπει, έδειχνε ένα μέρος του συνόλου στα αριστερά και το σύνολο στα δεξιά. Το έργο ήταν να συμπληρωθεί το άλλο μέρος του συνόλου στα αριστερά. Το έκτο ζευγάρι περιελάμβανε το σημείο συν, για να κάνει το πρόβλημα να μοιάζει ακόμα περισσότερο με τα τυπικά αριθμητικά προβλήματα με τον προσθετέο που λείπει.

να μάθουν αυτά τα προβλήματα από το τυπικό βιβλίο αριθμητικής της πολιτείας της Καλιφόρνιας. Έτσι, η προσέγγιση του Case είναι χρήσιμη τόσο για εφαρμοσμένους, όσο και για θεωρητικούς σκοπούς. Διατυπώθηκαν ορισμένες κριτικές για τη θεωρία του Case. Ο Flavell (1984) παρατήρησε ότι ο Case δεν έχει εξηγήσει τις αρχές με τις οποίες προσδιορίζει πόση χωρητικότητα μνήμης εργασίας απαιτεί μια διεργασία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι συχνά δύσκολο να υπολογιστεί κατά πόσον οι εκτιμήσεις είναι συγκρίσιμες από το ένα έργο στο άλλο. Επιπλέον, οι ιδέες του για το ρόλο των βιολογικών αλλαγών στην παραγωγή αλλαγών σταδίου είναι αρκετά εικαστολογικές· υπάρχουν ακόμα λίγα μόνο σχετικά στοιχεία. Από την άλλη, η θεωρία του Case εξέχει ανάμεσα στις προσεγγίσεις της επεξεργασίας των πληρο-

φοριών για την ανάπτυξη ως προς την απόπειρά της να συσχετίσει βασικές ικανότητες, στρατηγικές και μάθηση. Διατύπωσε πειστικές αναλύσεις για την ανάπτυξη σε πολλά έργα και αποδείχτηκε πρακτικά χρήσιμη επίσης. Και υπάρχει έντονη πεποίθηση μεταξύ πολλών ερευνητών ότι η βελτίωση της ικανότητας να ξεπεραστούν οι περιορισμοί της μνήμης όντως υποστηρίζει μεγάλο μέρος της γνωστικής ανάπτυξης, αν και είναι δύσκολο να δοθούν στοιχεία που να υποστηρίζουν αναμφισβήτητα τη θέση αυτή. Έτσι, φαίνεται ότι ο Case έχει πάρει ένα δύσκολο δρόμο που έχει όμως πιθανότητες να αποδώσει. Στην έκταση που θα πετύχει η προσπάθεια, θα είναι ένα μεγάλο επίτευγμα.

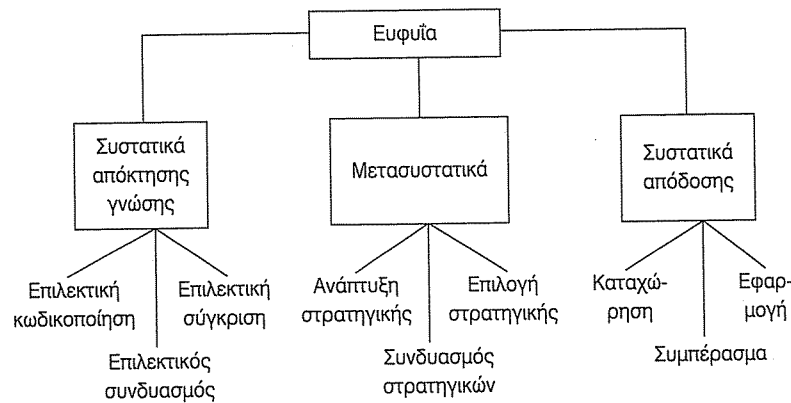
### Ψυχομετρικές θεωρίες

Οι ψυχομετρικές θεωρίες στοχεύουν στη διευκρίνιση των διεργασιών που μετρώνται σε τεστ των νοητικών ικανοτήτων, όπως είναι τα τεστ ευφυΐας. Από τις αρχές του εικοστού αιώνα, η ευφυΐα χαρακτηρίζεται με έναν μόνο αριθμό: τη βαθμολογία του Δ.Ν. Αυτή η πρακτική έχει αρκετά μειονεκτήματα: ένας μόνο αριθμός είναι φύσει ανεπαρκής για να συλλάβει ένα χαρακτηριστικό τόσο πλούσιο και πολυσύνθετο, όσο η ευφυΐα· τα τεστ νοημοσύνης μπορεί να είναι πολιτισμικώς μεροληπτικά, και τέτοια τεστ δεν μετρούν άμεσα την ικανότητα μάθησης και δημιουργίας. Τα τεστ ευφυΐας, ωστόσο, έχουν επίσης μοναδικές αρετές: οι βαθμολογίες σ' αυτά συνδέονται στενά με τη σχολική απόδοση τη στιγμή που δίνονται· προλέγουν την επόμενη σχολική απόδοση αρκετά σωστά· και παρέχουν μια στέρεη βάση για την εξέταση ατομικών διαφορών στη γνωστική λειτουργία.

Αρκετοί ερευνητές προσπάθησαν να διατηρήσουν αυτά τα πλεονεκτήματα, περιορίζοντας ταυτόχρονα ή εξαφανίζοντας τα αρνητικά χαρακτηριστικά (Anderson, 1992· Ceci, 1990· Gardner, 1983). Η πιο σημαντική τέτοια θεωρία είναι ίσως η *τριαρχική θεωρία της ευφυΐας* του Robert Sternberg (1985). Εφαρμόζει την ανάλυση σε διάφορα έργα και σε διάφορες ομάδες παιδιών και σχετίζει τα αποτελέσματά της με αυτά που δίνουν τα παραδοσιακά τεστ ευφυΐας.

Όπως υπονοείται από το όνομα *τριαρχική*, η θεωρία του Stern-

berg χωρίζει την ευφυΐα σε τρεις τύπους συστατικών επεξεργασίας των πληροφοριών: συστατικά απόδοσης, συστατικά απόκτησης γνώσης και μετασυστατικά (Σχήμα 3.4). Τα μετασυστατικά χρησιμεύουν ως μηχανισμός ανάπτυξης στρατηγικής, ενορχηστρώνοντας τους άλλους δύο τύπους συστατικών σε διαδικασίες προσανατολισμένες προς ένα στόχο. Όταν το παιδί διαθέτει ήδη αρκετή κατανόηση για να λύσει ένα πρόβλημα, μόνο τα μετασυστατικά και τα συστατικά απόδοσης χρειάζονται για την ανάπτυξη μιας στρατηγικής επίλυσης του προβλήματος. Τα μετασυστατικά επιλέγουν ποια συστατικά απόδοσης πρέπει να χρησιμοποιηθούν και τη σειρά με την οποία πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Τα συστατικά απόδοσης επιτελούν το καθ' εαυτό έργο της επίλυσης του προβλήματος. Όταν το παιδί δεν διαθέτει αρκετή κατανόηση, για να επιλύσει το πρόβλημα, κινητοποιούνται επίσης τα συστατικά απόκτησης γνώσης. Δηλαδή, τα συστατικά απόκτησης γνώσης αποκτούν καινούργιες πληροφορίες σχετικά με την επίλυση του προβλήματος και μεταβιβάζουν αυτές τις πληροφορίες στα μετασυστατικά. Τα μετασυστατικά τότε συνδυάζουν την καινούργια και την προηγούμενη κατανόηση, για να αναπτύξουν μια στρατηγική επίλυσης του προβλήματος.



ΣΧΗΜΑ 3.4. Ένα σχηματικό διάγραμμα της θεωρίας του Sternberg για την ευφυΐα.

Τώρα μπορούμε να αναλύσουμε με μεγαλύτερες λεπτομέρειες κάθε τύπο συστατικών. Πάρτε πρώτα τα *συστατικά απόδοσης*. Αυτά είναι οι διεργασίες μέσα στις διαδικασίες επίλυσης του προβλήματος. Ο Sternberg αναγνώρισε τέσσερα συστατικά απόδοσης που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι για να επιλύσουν μεγάλο αριθμό προβλημάτων: κωδικοποίηση, συμπέρασμα, χαρτογράφηση και εφαρμογή.

Ένα παράδειγμα για τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν αυτά τα συστατικά απόδοσης δίνουν τα προβλήματα αναλογίας. Δείτε το πρόβλημα:

Γαλοπούλα: σάλτσα βακκινίου: Αυγά: (1) Καλαμπόκι (2) Ζαμπόν.

Το έργο είναι να αποφασιστεί, αν είναι το καλαμπόκι ή το ζαμπόν που έχει με τα αυγά τη σχέση που έχει η σάλτσα βακκινίου με τη γαλοπούλα.

Ο Sternberg υποστήριξε ότι το πρώτο βήμα για την επίλυση αυτού του προβλήματος είναι η κωδικοποίηση των όρων. Αυτό το βήμα περιλαμβάνει την αναγνώριση των χαρακτηριστικών κάθε όρου —για παράδειγμα, την παρατήρηση ότι η γαλοπούλα είναι είδος τροφής, είναι κρέας, είναι πουλί, το τρώμε τα Χριστούγεννα κ.ο.κ. Μετά χρησιμοποιείται το συμπέρασμα για να ορίσει τη σχέση ανάμεσα στον πρώτο και στο δεύτερο όρο, στην περίπτωση αυτή ότι η γαλοπούλα συχνά τρώγεται με σάλτσα βακκινίου. Μετά, η χαρτογράφηση χρησιμοποιείται για την αποκατάσταση της σχέσης μεταξύ πρώτου και τρίτου όρου, δηλαδή ότι η γαλοπούλα και τα αυγά είναι και τα δύο τροφές. Τέλος, η εφαρμογή περιλαμβάνει την εισαγωγή μιας σχέσης ανάμεσα στον τρίτο όρο και μια από τις πιθανές απαντήσεις, έτσι ώστε να δημιουργείται μια σχέση παράλληλη με τη σχέση ανάμεσα στον πρώτο και στο δεύτερο όρο. Εδώ, τα αυγά πηγαίνουν με το ζαμπόν με τον ίδιο σχεδόν τρόπο που η σάλτσα βακκινίου πηγαίνει με τη γαλοπούλα.

Οι Sternberg και Rifkin (1979) βρήκαν ότι παιδιά 7 ετών χρησιμοποιούν τα ίδια συστατικά με τους ενήλικους για να λύσουν προβλήματα αναλογίας. Διαφοροποιούνται ωστόσο ως προς τον καταμερισμό γνωστικών πόρων στα συστατικά. Οι ενήλικοι περνούν περισσότερο χρόνο κωδικοποιώντας τους όρους, αλλά μετά προχωρούν γρη-

γορότερα στα υπόλοιπα βήματα. Τα παιδιά κωδικοποιούν μόνο ένα ή λίγα γνωρίσματα κάθε όρου, προσπαθούν να λύσουν το πρόβλημα και μετά, αν η αρχική προσέγγιση δεν λειτουργεί, κωδικοποιούν περισσότερα γνωρίσματα. Η στρατηγική των παιδιών μειώνει το αρχικό φορτίο της μνήμης, αλλά τελικά επιμηκύνει το χρόνο που απαιτείται για την επίλυση του προβλήματος.

Ο χρόνος που αφιερώνεται για την κωδικοποίηση σχετίζεται θετικά τόσο με το Δ.Ν. των παιδιών, όσο και με την επιτυχία τους στο έργο. Αν και τα παιδιά με υψηλό Δ.Ν. συνήθως είναι γρήγορα σε διανοητικά έργα, περνούν κι αυτά, όπως οι ενήλικοι, ιδιαίτερα μεγάλο χρονικό διάστημα στην κωδικοποίηση (Magr & Sternberg, 1986). Έτσι, η πλήρης κωδικοποίηση της κρίσιμης πληροφορίας συνδέεται τόσο με τον υψηλό Δ.Ν., όσο και με την επιτυχία στην επίλυση προβλημάτων αναλογίας. Αυτός ο τύπος σύνδεσης του συνόλου στοιχείων κωδικοποίησης της επεξεργασίας των πληροφοριών με το ψυχομετρικό σύνολο στοιχείων του Δ.Ν. είναι αντιπροσωπευτικό του είδους των γεφυρών, που έχει την πρόθεση να οικοδομήσει η θεωρία του Sternberg ανάμεσα στην ψυχομετρική θεωρία και στην επεξεργασία των πληροφοριών.

Το δεύτερο μέρος της θεωρίας του Sternberg περιλαμβάνει τα *συστατικά απόκτησης της γνώσης*. Ο Sternberg εστιάζει σε τρία απ' αυτά: επιλεκτική κωδικοποίηση, επιλεκτικός συνδυασμός και επιλεκτική σύγκριση. Η επιλεκτική κωδικοποίηση περιλαμβάνει τη διάκριση ανάμεσα σε σχετικές και άσχετες πληροφορίες. Ο επιλεκτικός συνδυασμός περιλαμβάνει την αφομοίωση πληροφοριών με τρόπο που να έχει νόημα. Η επιλεκτική σύγκριση περιλαμβάνει το συστηματικό πληροφοριών που κωδικοποιήθηκαν ή συνδυάστηκαν εκείνη τη στιγμή με πληροφορίες αποθηκευμένες από πριν.

Αυτά τα συστατικά απόκτησης της γνώσης έχουν αποδειχτεί ιδιαίτερα χρήσιμα για την ανάλυση του ποιες διαδικασίες διαφοροποιούν τα παιδιά με υψηλό Δ.Ν. Οι Davidson και Sternberg (1984) έλεγξαν τη χρήση καθενός από τα συστατικά απόκτησης γνώσης σε προβλήματα ενόρασης - προβλήματα που μοιάζουν πολύ με σπαζοκεφαλιές. Υποστήριξαν ότι τα συστατικά απόκτησης γνώσης θα είναι ιδιαίτερα σημαντικά σ' αυτά τα προβλήματα, επειδή είναι καινούργια για όλους.

Το παρακάτω είναι ένα παράδειγμα των προβλημάτων ενόρασης που χρησιμοποίησαν οι Sternberg και Davidson: «Αν έχεις στο συρτάρι σου μαύρες κάλτσες και καφέ κάλτσες ανακατεμένες σε αναλογία 4 προς 5, πόσες κάλτσες πρέπει να βγάλεις για να είσαι βέβαιος ότι θα έχεις ένα ζευγάρι κάλτσες του ίδιου χρώματος;».

Η βασική προϋπόθεση που αποτελούσε τη βάση αυτού το πειράματος ήταν ότι τα παιδιά με υψηλό Δ.Ν. εκτελούν τα συστατικά απόκτησης γνώσης πιο αποτελεσματικά από τα άλλα παιδιά. Έτσι θα περιμένε κανείς όχι μόνο να αποδώσουν καλύτερα σε όλα τα προβλήματα, αλλά επίσης να ωφεληθούν λιγότερο από τα παιδιά με μέσο Δ.Ν. από συνθήκες που μειώνουν την ανάγκη αποτελεσματικής εκτέλεσης των διαδικασιών απόκτησης γνώσης. Ο λόγος είναι ότι περιμένουμε από παιδιά με υψηλό Δ.Ν. να μπορούν να εκτελέσουν τις διαδικασίες αποτελεσματικά, ακόμα και χωρίς βοήθεια.

Ένα παράδειγμα των πειραματικών διαδικασιών που προέκυψαν από αυτή τη λογική φαίνεται στο συστατικό επιλεκτικής κωδικοποίησης. Ο ρόλος του στο πρόβλημα με τις κάλτσες που μόλις αναφέραμε ελέγχθηκε με βάση τη συμπερίληψη ή την παράλειψη της άσχετης πληροφορίας σχετικά με την αναλογία 4 προς 5 των δύο χρωμάτων. Όταν δινόταν αυτή η πληροφορία, τα παιδιά έπρεπε να την αγνοήσουν και να κωδικοποιήσουν επιλεκτικά μόνο τα σημαντικά στοιχεία του προβλήματος. (Αν έχεις κάλτσες δύο χρωμάτων, πόσες κάλτσες χρειάζεται να βγάλεις από το συρτάρι, για να έχεις ένα ζευγάρι του ίδιου χρώματος;). Όταν δεν δινόταν η άσχετη πληροφορία, η δεξιότητα στην επιλεκτική κωδικοποίηση ήταν λιγότερο σημαντική, γιατί υπήρχαν λιγότερες παραπλανητικές πληροφορίες.

Σύμφωνα με την άποψη ότι η κωδικοποίηση από τα παιδιά με υψηλό Δ.Ν. είναι ιδιαίτερα επιλεκτική, τα παιδιά αυτά απέδωσαν ιδιαίτερα καλά σε σχέση με άλλα παιδιά, όταν ήταν αναγκαίο να αγνοήσουν την άσχετη πληροφορία.

Μετά, οι Davidson και Sternberg προχώρησαν ένα ακόμα βήμα. Προσέφεραν ένα μάθημα, τα σαββατιάτικα πρωινά, σχεδιασμένο για να εξασκήσει παιδιά με υψηλό Δ.Ν. και παιδιά με μέτριο Δ.Ν. στην εκτέλεση των τριών διεργασιών. Το μάθημα περιελάμβανε 14 ώρες διδασκαλίας, που κατανέμονταν σε μια περίοδο 7 εβδομάδων. Στο τέ-



λος έδιναν στα παιδιά ένα μετατέστ. Το μετατέστ περιελάμβανε προβλήματα μαθηματικής ενόρασης, που υποτίθεται ότι απαιτούσαν τη χρήση των διαδικασιών απόκτησης γνώσης που είχαν διδαχτεί τα παιδιά. Περιελάμβανε επίσης προβλήματα λογικής παραγωγής, που υποτίθεται ότι απαιτούσαν διαφορετικές διεργασίες, οι οποίες δεν είχαν διδαχτεί στο μάθημα, και έτσι δεν έπρεπε να αναμένεται βελτίωσή τους ως αποτέλεσμα του μαθήματος.

Στα προβλήματα μαθηματικής ενόρασης, τα παιδιά με μέσο Δ.Ν. έδειξαν να έχουν ωφεληθεί περισσότερο από τα μαθήματα απ' ό,τι τα παιδιά με υψηλό Δ.Ν. Αυτό το εύρημα ήταν συνεπές με την άποψη ότι είχαν μεγαλύτερη ανάγκη διδασκαλίας ως προς αυτά τα συστατικά. Καμιά ομάδα δεν έδειξε οφέλη στο έργο παραγωγικού συλλογισμού, γεγονός σύμφωνο με την άποψη ότι αυτό το έργο απαιτούσε δεξιότητες που δεν εντάσσονταν στο πρόγραμμα εκγύμνασης. Συνολικά, τα ανώτερα συστατικά απόκτησης γνώσης των παιδιών με υψηλό Δ.Ν. συνέβαλαν στην καλύτερη απόδοσή τους στα προβλήματα ενόρασης.

Το τρίτο μέρος της θεωρίας του Sternberg περιλαμβάνει τα *μετασυστατικά*, συστατικά που χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη στρατηγικών. Τα μετασυστατικά ρυθμίζουν τη χρήση των άλλων συστατικών. Είναι επίσης υπεύθυνα για πολλές πλευρές της αναπτυξιακής αλλαγής. Όπως σχολίασε ο Sternberg (1984): «Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι στο παρόν εννοιολογικό σχήμα, τα μετασυστατικά αποτελούν τη μείζονα βάση για την ανάπτυξη της ευφυΐας» (σ. 172).

Η σπουδαιότητα των μετασυστατικών είναι προφανής στη μεταβίβαση της γνώσης των ανθρώπων από το ένα πλαίσιο στο άλλο. Τα μεγαλύτερα παιδιά και οι άνθρωποι με μεγαλύτερη εμπειρία είναι γενικά ικανότεροι να εφαρμόσουν τη γνώση τους σε καινούργια προβλήματα απ' ό,τι τα μικρότερα παιδιά και οι άνθρωποι με τη μικρότερη εμπειρία (Campion & Brown, 1984· Gentner, Ratterman, Markman & Kotovsky, 1995· Staszewski, 1988). Η γνώση είναι ιδιαίτερα σημαντική· δεκάχρονα παιδιά που είναι έμπειροι σκακιστές λύνουν άγνωστα σκακιστικά προβλήματα καλύτερα από ενήλικους με ελάχιστες γνώσεις σκακιού, αλλά μεγαλύτερες ικανότητες γενικής μνήμης (Chi, 1978). Ωστόσο, όταν το επίπεδο γνώσης είναι δεδομένο, άνθρωποι με

υψηλότερο Δ.Ν. εφαρμόζουν συνήθως γρηγορότερα την υπάρχουσα γνώση για να αποκτήσουν καινούργια (βλ. Johnson & Mervis, 1994).

Πώς αξιολογείται η θεωρία του Sternberg; Μπορούν να παρατηρηθούν δύο αδυναμίες. Η μία είναι ότι η θεωρία περισσότερο συνοψίζει παρά προβλέπει. Δεν είναι σαφές ποιοι τύποι αποδείξεων θα ήταν ασυναφείς με την προσέγγιση. Μια άλλη αδυναμία αφορά στο ρόλο των μετασυστατικών στην οργάνωση του συστήματος. Τα μετασυστατικά είναι κρίσιμα μέρη της συνολικής θεωρίας, αλλά οι λειτουργίες τους παραμένουν αρκετά μυστηριώδεις. Από την άλλη μεριά, η θεωρία είναι εξαιρετική ως προς το εύρος των φαινομένων και των πληθυσμών στους οποίους αποδείχτηκε ότι έχει εφαρμογή. Περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό πραγματικά σημαντικών πλευρών της ανάπτυξης και τις οργανώνει με εύληπτο τρόπο. Παρέχει ένα αληθοφανές περιγράμμα του πώς μπορεί να λειτουργεί ένας μηχανισμός ανάπτυξης στρατηγικής. Με λίγα λόγια, συνιστά ένα χρήσιμο πλαίσιο μέσα στο οποίο μπορούμε να εξετάσουμε την ανάπτυξη.

### *Θεωρίες Συστημάτων-Παραγωγής*

Ίσως η πιο δύσκολη πρόκληση για τις θεωρίες της γνωστικής ανάπτυξης υπήρξε η υποχρέωση να εξηγήσουν πώς συμβαίνει η ανάπτυξη. Ο Piaget και πολλοί άλλοι προσπάθησαν να δημιουργήσουν τέτοιες εξηγήσεις, αλλά όχι με απόλυτη επιτυχία. Δείτε την παρακάτω εκτίμηση:

Επί σαράντα χρόνια είχαμε την αφομοίωση και τη συμμόρφωση, τις μυστήριες και σιωδείς δυνάμεις της εξισορρόπησης, τους Μπάτμαν και Ρόμπιν της αναπτυξιακής διαδικασίας. Τι είναι; Πώς επιτελούν το έργο τους; Γιατί μετά από τόσον καιρό δεν ξέρουμε γι' αυτές τίποτε περισσότερο απ' όσα ξέραμε, όταν πρωτοεμφανίστηκαν στο προσκήνιο; Αυτό που χρειαζόμαστε είναι ένας τρόπος να ξεπεράσουμε τις αόριστες λεκτικές διατυπώσεις για τη φύση της αναπτυξιακής διαδικασίας (Klahr, 1982, σ. 80).

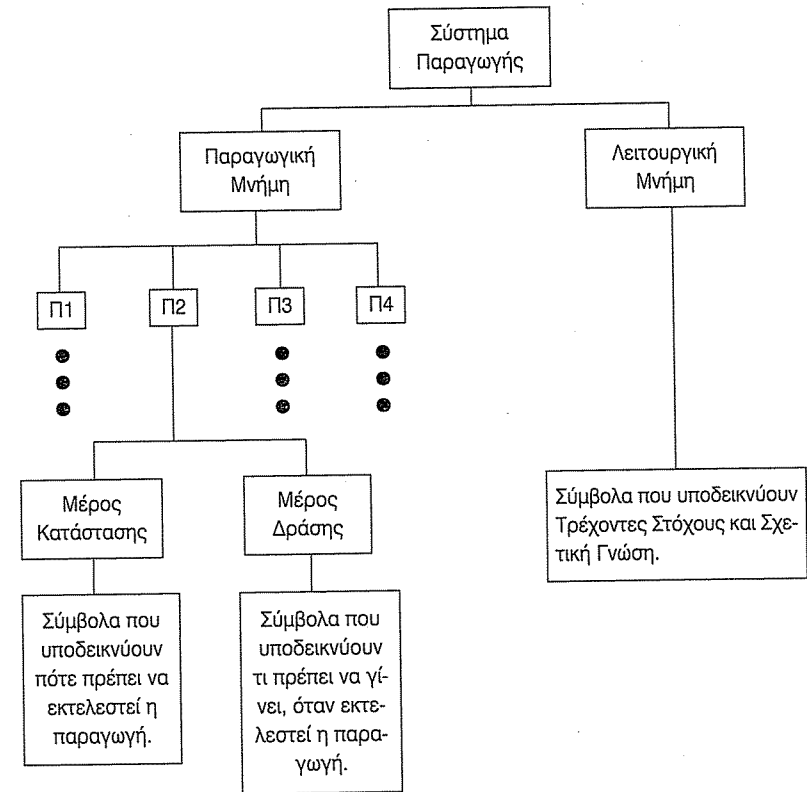
Μια πολλά υποσχόμενη προσπάθεια για να δοθούν πιο ακριβείς και ικανοποιητικές εξηγήσεις για την αλλαγή ήταν η μοντελοποίηση της

ανάπτυξης μέσω *συστημάτων παραγωγής*. Αυτά είναι μια τάξη γλωσσών προσομοίωσης με υπολογιστή, που αποδείχτηκαν χρήσιμες για τη μοντελοποίηση της γνωστικής ανάπτυξης. Κάθε παραγωγή είναι ένα είδος κανόνα της μορφής «εάν-τότε», που υποδεικνύει τι θα έκανε το σύστημα σε μια συγκεκριμένη κατάσταση. Όλες μαζί οι παραγωγές δείχνουν τι θα έκανε το σύστημα σε μια μεγάλη γκάμα καταστάσεων. Οι βασικές ιδιότητες των συστημάτων παραγωγής είναι οι παρακάτω:

1. Η βασική οργάνωση αποτελείται από δύο αλληλεπιδρώσες δομές: μια *παραγωγική μνήμη*, που είναι η διαρκής μνήμη του συστήματος και μια *μνήμη εργασίας*, που είναι η αναπαράσταση που κάνει το σύστημα για την τρέχουσα κατάσταση.
2. Η παραγωγική μνήμη περιλαμβάνει έναν μεγάλο αριθμό εξειδικευμένων παραγωγών, καθεμιά από τις οποίες περιλαμβάνει ένα μέρος κατάστασης και ένα μέρος δράσης.
3. Το μέρος κατάστασης της κάθε παραγωγής εξειδικεύει τις συνθήκες κάτω από τις οποίες είναι εφαρμόσιμη η παραγωγή. Το μέρος δράσης εξειδικεύει τις πράξεις που πραγματοποιούνται, όταν απαντώνται οι συνθήκες αυτές. Οι πράξεις αυτές περιλαμβάνουν τόσο δραστηριότητες στον εξωτερικό χώρο, όσο και χειρισμό συμβόλων στη μνήμη εργασίας.
4. Τα περιεχόμενα της μνήμης εργασίας αλλάζουν διαρκώς, επειδή αντανακλούν καταστάσεις που αλλάζουν διαρκώς. Η πληροφορία εισέρχεται στη μνήμη εργασίας τόσο μέσω της αντίληψης των γεγονότων του εξωτερικού κόσμου, όσο και μέσω της ανάληψης των πράξεων που υποδεικνύονται από το μέρος δράσης των παραγωγών.
5. Η σκέψη συμβαίνει μέσω ενός κύκλου: (α) πληροφορίας που είναι παρούσα στη μνήμη εργασίας, (β) σύνδεσης της πληροφορίας με το μέρος κατάστασης μιας ή περισσότερων παραγωγών, (γ) η σύνδεση αυτή να συνεπάγεται πράξεις που αναλαμβάνονται στο μέρος δράσης των παραγωγών και (δ) καινούργιων πληροφοριών που τοποθετούνται στη μνήμη εργασίας από τις πράξεις αυτές, αρχίζοντας τον κύκλο από την αρχή.
6. Η μάθηση λαμβάνει χώρα μέσω μιας διαδικασίας *αυτο-τροποποίησης* κατά την οποία δημιουργούνται καινούργιες παραγωγές και οι υπάρχουσες παραγωγές τροποποιούνται ως αποτέλεσμα της προηγούμενης εμπειρίας.

Η βασική οργάνωση των συστημάτων παραγωγής αποδίδεται στο διάγραμμα του Σχήματος 3.5

Στον Πίνακα 3.3 δίνεται ένα παράδειγμα ενός απλού συστήματος παραγωγής που παράγει σωστή απόδοση στο πρόβλημα διατήρησης των αριθμών του Piaget. Το κάτω μέρος του πίνακα δείχνει την αλληλουχία καταστάσεων της μνήμης εργασίας που παράγει το σύστημα, ενώ λύνεται το πρόβλημα. Το κάθε σύστημα παραγωγής ψάχνει πάντα από την κορυφή προς τα κάτω τον κατάλογο των παραγωγών μέ-



ΣΧΗΜΑ 3.5. Η ιεραρχική οργάνωση των συστημάτων παραγωγής.

## ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3. Ένα απλό παραγωγικό σύστημα για τη διατήρηση των αριθμών\*

- Π1. Αν σας ρωτήσουν την αριθμητική σχέση μεταξύ δύο συνόλων και δεν έχετε έναν στόχο για να διατυπώσετε τη σχέση, τότε να θέσετε ένα στόχο για να διατυπώσετε τη σχέση.
- Π2. Αν έχετε έναν στόχο για να διατυπώσετε την αριθμητική σχέση μεταξύ δύο συνόλων και ξέρετε τη σχέση, τότε να διατυπώσετε τη σχέση.
- Π3. Αν έχετε έναν στόχο για να διατυπώσετε την αριθμητική σχέση μεταξύ δύο συνόλων και τα σύνολα έχουν τον ίδιο αριθμό αντικειμένων πριν μία μετατροπή και η μετατροπή δεν περιλαμβάνει πρόσθεση ή αφαίρεση αντικειμένων, τότε οι σειρές έχουν ακόμα τον ίδιο αριθμό αντικειμένων.

Αρχική Μνήμη Εργασίας (ME1): Οι σειρές είχαν τον ίδιο αριθμό αντικειμένων πριν, μία σειρά τώρα αραίωσε, τίποτε δεν προστέθηκε ή αφαιρέθηκε, το ερώτημα είναι κατά πόσον οι σειρές έχουν τώρα τον ίδιο αριθμό αντικειμένων.

Ενεργοποιείται το Π1.

ME2: Ο στόχος είναι να διατυπώσω, αν οι σειρές έχουν τον ίδιο αριθμό αντικειμένων τώρα, οι σειρές είχαν τον ίδιο αριθμό αντικειμένων προηγουμένως, μετά η μία σειρά αραίωσε, τίποτε δεν προστέθηκε ή αφαιρέθηκε, το ερώτημα είναι αν οι σειρές έχουν τώρα τον ίδιο αριθμό αντικειμένων.

Ενεργοποιείται το Π3.

ME3: Ο στόχος είναι να διατυπώσω, αν οι σειρές έχουν τον ίδιο αριθμό αντικειμένων τώρα, οι σειρές έχουν τον ίδιο αριθμό αντικειμένων, οι σειρές είχαν τον ίδιο αριθμό αντικειμένων πριν, η μία σειρά αραίωσε, τίποτε δεν προστέθηκε ή αφαιρέθηκε, το ερώτημα είναι αν οι σειρές έχουν τον ίδιο αριθμό αντικειμένων τώρα.

Ενεργοποιείται το Π2.

Το σύστημα απαντά: «Οι σειρές έχουν τον ίδιο αριθμό αντικειμένων».

Πηγή: \*Προσαρμογή από Klahr & Wallace, 1976.

χει να βρει μια παραγωγή της οποίας το μέρος κατάστασης να ταιριάζει με τα περιεχόμενα της μνήμης εργασίας. Αυτή η παραγωγή τότε πυροδοτείται και η αναζήτηση αρχίζει ξανά από την αρχή, από την κορυφή του καταλόγου.

Στο πείραμα όπου εφαρμόζεται το παραγωγικό σύστημα του Πίνακα 3.3, έδειξαν στο παιδί δύο σειρές αντικειμένων, του είπαν ότι έχουν τον ίδιο αριθμό αντικειμένων, αραίωσαν τα αντικείμενα στη μια από τις σειρές και ρώτησαν το παιδί αν οι σειρές έχουν ακόμα τον ίδιο αριθμό αντικειμένων. Η πληροφορία αυτή αναπαριστάται στα αρχικά περιεχόμενα της μνήμης εργασίας στο κάτω μέρος του Πίνακα 3.3. Η αρχική κατάσταση της μνήμης εργασίας ταιριάζει με το μέρος κατάστασης του Π1 (Παραγωγή 1), το οποίο ως εκ τούτου πυροδοτείται, θέτοντας στη μνήμη εργασίας το στόχο να αναφέρει την αριθμητική σχέση ανάμεσα στις σειρές. Όταν το σύστημα αρχίζει ξανά από την κορυφή, τα περιεχόμενα της μνήμης εργασίας δεν ταιριάζουν με το Π1 (επειδή η δεύτερή του προϋπόθεση δεν ταιριάζει), ούτε με το Π2 (επειδή η δεύτερη του προϋπόθεση δεν ταιριάζει). Ωστόσο, τα περιεχόμενα της μνήμης εργασίας ταιριάζουν με το μέρος κατάστασης του Π3, το οποίο πυροδοτείται. Αυτό δίνει στη μνήμη εργασίας την πληροφορία ότι οι σειρές έχουν τον ίδιο αριθμό αντικειμένων. Μ' αυτήν την πληροφορία, το Π2 μπορεί να πυροδοτηθεί και το σύστημα αναφέρει τη σωστή απάντηση.

Ο David Klahr είναι ίσως ο πιο ένθερμος συνήγορος των παραγωγικών συστημάτων ως εργαλείων για την εξήγηση του πώς συμβαίνει η ανάπτυξη. Ο βασικός αναπτυξιακός μηχανισμός στη θεωρία του Klahr είναι η γενίκευση. Η διατήρηση των αριθμών παρέχει ένα κατάλληλο πλαίσιο για να εξηγήσουμε πώς λειτουργεί η θεωρία του.

Οι Klahr και Wallace (1976) διαίρεσαν τη διεργασία της γενίκευσης σε τρία συστατικά: τη γραμμή του χρόνου, την ανίχνευση της κανονικότητας και τον περιορισμό του πλεονασμού. Η γραμμή του χρόνου περιέχει τα δεδομένα στα οποία βασίζονται οι γενικεύσεις. Είναι ένα αρχείο όλων των καταστάσεων τις οποίες συνάντησε ποτέ το σύστημα, των ανταποκρίσεων που παρήχθησαν στις καταστάσεις αυτές, των αποτελεσμάτων των πράξεων και των νέων καταστάσεων που προέκυψαν. Ο Πίνακας 3.4 απεικονίζει τα είδη των πληροφοριών

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4. Μέρος της Γραμμής Χρόνου ενός Παιδιού

(ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ)	
_____	_____
_____	_____
_____	_____
87456	Μπισκότα στο τραπέζι.
87457	Αναγνώρισα τον αριθμό.
87458	Ήταν τρία.
87459	Άκουσα ένα πουλί.
87460	Πήρα τα μπισκότα.
87461	Αναγνώρισα τον αριθμό των μπισκότων.
87462	Ήταν τρία και πάλι.
_____	_____
_____	_____
_____	_____

που μπορούν να περιληφθούν στο αρχείο γραμμής του χρόνου ενός μεμονωμένου γεγονότος. Ένα παιδί είδε ένα σύνολο μπισκότων και παρατήρησε ότι ήταν τρία. Αυτή η συνειδητοποίηση έγινε δυνατή με την άμεση αναγνώριση του πλήθους [*subitizing*] (μια διεργασία με την οποία παιδιά και ενήλικοι μπορούν να διακρίνουν γρήγορα το πλήθος των αντικειμένων σε σύνολα που αποτελούνται από ένα μέχρι τέσσερα αντικείμενα). Μετά, το παιδί άλλαξε τη θέση των μπισκότων στο χώρο παίρνοντάς τα στο χέρι του. Τέλος, το παιδί αναγνώρισε ξανά τον αριθμό στο σύνολο των μπισκότων και βρήκε ότι ήταν ακόμα τρία.

Τέτοια λεπτομερή αρχεία καταστάσεων, ανταποκρίσεων και αποτελεσμάτων μπορεί στην αρχή να μοιάζουν άχρηστα. Γιατί να θυμόμαστε τόσα πολλά για κάθε εμπειρία; Στην πραγματικότητα, η πληροφορία αυτή μπορεί να είναι ανεκτίμητη. Σε πολλές καταστάσεις, τα παιδιά δεν μπορούν να ξέρουν από πριν τι είναι εκείνο που θα αποδειχτεί σχετικό. Αν συγκρατήσουν λεπτομερείς πληροφορίες που μπορεί να είναι σχετικές ή όχι, αργότερα θα γίνουν ικανά να συνάγουν απροσδόκητες γενικεύσεις. Αν όμως συγκρατούν μόνο ό,τι ξέρουν ότι θα είναι σχετικό, θα χάσουν τελικά πολλές σχετικές πληροφορίες.

Είναι ρεαλιστικό να πιστεύουμε ότι τα παιδιά έχουν ένα αρχείο μνήμης που μοιάζει με γραμμή του χρόνου; Αν παρατηρήσουμε το επίπεδο λεπτομερειών με τις οποίες θυμούνται ορισμένες πληροφορίες, μπορούμε να υποστηρίξουμε πως είναι ρεαλιστικό. Σχεδόν όλοι οι γονείς έχουν ανέκδοτα γι' αυτό. Ένα από τα δικά μου αφορά κάποιες διακοπές, στις οποίες η γυναίκα μου, ο δίχρονος γιος μου κι εγώ μείναμε σε ένα μοτέλ. Θέλαμε να πάμε να φάμε, αλλά δεν μπορούσαμε να βρούμε το κλειδί του δωματίου. Μετά από 10 λεπτά ψάξιμο, τελικά άκουσα αρκετά το γιο μου, ώστε να καταλάβω τι έλεγε: «Κάτω τηλέφωνο». Μόλις κατάλαβα, ήξερα ότι είχε δίκιο. Είχα βάλει εκεί το κλειδί (για λόγους που δεν τους θυμάμαι πια). Φαίνεται πολύ πιθανό πως αφού θυμόταν αυτή τη σχετικά ασύνδετη λεπτομέρεια, προφανώς θα θυμόταν και πολλές άλλες λεπτομέρειες. Οι ιδέες των Hasher και Zacks σχετικά με την αυτόματη επεξεργασία των συχνά επαναλαμβανόμενων πληροφοριών και διαφόρων άλλων πλευρών της εμπειρίας, όπως οι θέσεις στο χώρο και η στιγμή του συμβάντος, υποδηλώνουν τους τύπους περιεχομένων που μπορούν να ενταχθούν στη γραμμή του χρόνου. Έτσι, ο ισχυρισμός των Klahr και Wallace ότι τα παιδιά κρατούν ένα λεπτομερές λογιστικό βιβλίο των εμπειριών τους, μοιάζει απόλυτα πιθανός.

Η δεύτερη βασική διαδικασία, η *ανίχνευση της κανονικότητας*, επενεργεί στο περιεχόμενο της γραμμής του χρόνου για να παράγει γενικεύσεις σχετικά με την εμπειρία. Αυτό πραγματοποιείται από τον εντοπισμό θέσεων από το σύστημα πάνω στη γραμμή του χρόνου, όπου πολλά χαρακτηριστικά είναι παρόμοια ή όπου υπάρχει το ίδιο αποτέλεσμα παρά τις παραλλαγές σε ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά. Στη διατήρηση των αριθμών, η ανίχνευση της κανονικότητας μπορεί να παράγει τρία τουλάχιστον είδη γενίκευσης. Το ένα περιλαμβάνει τη γενίκευση σε διαφορετικά αντικείμενα. Είτε είναι δύο πιόνια είτε δύο νομίσματα, δύο κούκλες ή δύο μπισκότα αυτά που τοποθετούνται πιο αραιά, είναι πάντα δύο αντικείμενα. Τα παιδιά μπορούν επίσης να γενικεύσουν και σχετικά με αντίστοιχες μεταβολές. Το αραίωμα, το πύκνωμα, το στοίβαγμα, η τοποθέτηση σ' ένα κύκλο διατηρούν όλα τον αρχικό αριθμό των αντικειμένων.

Η τρίτη διαδικασία στο μοντέλο των Klahr και Wallace, ο *περιορι-*



σμός του πλεονασμού πραγματώνει έναν διαφορετικό τύπο γενίκευσης. Βελτιώνει την αποτελεσματικότητα, εντοπίζοντας στάδια της διαδικασίας που είναι άχρηστα και φτάνοντας έτσι στη γενίκευση ότι μια συντομότερη αλληλουχία μπορεί να πετύχει τον ίδιο στόχο. Στο παράδειγμα της διατήρησης των αριθμών, τα παιδιά θα παρατηρήσουν τελικά ότι είναι άχρηστο να αναγνωρίσουν τον αριθμό, αφού μαζέψουν τα μπισκότα. Αφού πριν υπήρχαν τρία μπισκότα και το μάζεμα αντικειμένων δεν επηρεάζει ποτέ το πόσα είναι, ο αριθμός πρέπει να είναι ακόμα ο ίδιος. Οι Klahr και Wallace υποστήριξαν την υπόθεση ότι το σύστημα επεξεργασίας των πληροφοριών περιορίζει τον πλεονασμό, εξετάζοντας διαδικασίες μέσα στη γραμμή του χρόνου και ελέγχοντας, αν το ίδιο αποτέλεσμα εμφανίζεται πάντα ακόμα κι αν παραλειφθούν ένα ή περισσότερα βήματα. Αν συμβαίνει αυτό, τότε η απλούστερη διαδικασία αντικαθιστά την πιο πολυσύνθετη.

Πότε έχει το σύστημα επεξεργασίας των πληροφοριών το χρόνο να ανιχνεύει κανονικότητες και να περιορίζει πλεονασμούς; Οι Klahr και Wallace (1976) πρότειναν μια ελκυστική πιθανότητα: ίσως τα παιδιά το κάνουν αυτό στον ύπνο τους. Άλλες πιθανότητες είναι να εκτελούν αυτές τις λειτουργίες τα παιδιά την ώρα που παίζουν ήσυχα, χαλαρώνουν ή ονειροπολούν.

Η προσέγγιση των Klahr και Wallace, αντίθετα από τη θεωρία των σταδίων, προϋποθέτει ότι διαφορετικά παιδιά αναπτύσσουν δεξιότητες με διαφορετική σειρά. Στις προσπάθειες του γνωστικού συστήματος για αυτοτροποποίηση, δεν υπάρχει λόγος μια κανονικότητα να ανιχνεύεται πάντα πριν από μια άλλη. Τα παιδιά που μαθαίνουν τη διατήρηση των αριθμών μπορούν να ανιχνεύσουν πρώτα είτε ότι δεν πειράζει, αν οι σειρές των αντικειμένων περιέχουν μπισκότα ή πόνια είτε ότι δεν πειράζει, αν η σειρά των μπισκότων είναι πιο μακριά ή πιο κοντή. Υπάρχει λοιπόν λιγότερο η αίσθηση των στεγανών σταδίων απ' όσο στις θεωρίες των σταδίων.

Μια άλλη συνεπαγωγή της θεωρίας των Klahr και Wallace σχετίζεται με την ιδέα της κωδικοποίησης. Ο τρόπος με τον οποίο κωδικοποιείται η πληροφορία στη γραμμή του χρόνου διαμορφώνει τη μάθηση που μπορεί να επέλθει αργότερα. Υποθέστε, για παράδειγμα, ότι σε ένα πείραμα διατήρησης της υγρής ποσότητας, ένα παιδί κωδικο-

ποιεί μόνο το ύψος του νερού στα ποτήρια. Αυτό το παιδί δεν θα μπορεί να ανιχνεύσει την κανονική σχέση ανάμεσα στην αύξηση του ύψους του υγρού και στη μείωση του πλάτους του. Η πληροφορία για το πλάτος του ποτηριού απλώς δεν θα είναι διαθέσιμη στη γραμμή του χρόνου.

Ο Klahr ήταν στην εμπροσθοφυλακή των ερευνητών που υποστήριξαν τη μεγαλύτερη χρήση της προσομοίωσης με υπολογιστές ως εργαλείο για τη μοντελοποίηση της ανάπτυξης. Παρατήρησε ότι αυτές οι προσομοιώσεις επιτρέπουν σαφέστερα και πιο ακριβή μοντέλα για το πώς συμβαίνει η ανάπτυξη (Klahr, 1989· 1992). Με βάση αυτή τη θέση, οι Simon και Klahr (1995) διατύπωσαν ένα *αυτοτροποποιούμενο σύστημα παραγωγής* που έδειχνε πώς μπορούσαν τα παιδιά τελικά να καταλάβουν τη διατήρηση. Στην αρχή, το μοντέλο δεν μπορούσε να λύσει τα προβλήματα διατήρησης των αριθμών που του παρουσιάζονταν. Με την εμπειρία της προσπάθειας να τα επιλύσει, καταλάβαινε τελικά πώς να το κάνει. Από ιδιαίτερο ενδιαφέρον, οι Simon και Klahr δημιούργησαν δύο εκδοχές του μοντέλου, μία αντίστοιχη σε παιδιά 3 ετών και μία σε παιδιά 4 ετών. Και τα δύο μοντέλα ήταν ικανά να μάθουν, όταν τους δινόταν σχετικά εκτεταμένη εμπειρία με τα προβλήματα, αλλά μόνο το μοντέλο των παιδιών 4 ετών μάθαινε από περιορισμένη εμπειρία. Αυτά τα δεδομένα αντιστοιχούσαν σε αποτελέσματα που είχαν επιτευχθεί με πραγματικά παιδιά 3 και 4 χρόνων, στα οποία είχαν παρουσιαστεί τα ίδια πειράματα από την Gelman (1982).

Τα μοντέλα των μικρότερων και μεγαλύτερων παιδιών πρότειναν υποθέσεις σχετικά με το γιατί παιδιά 3 και 4 ετών έδειχναν τα συγκεκριμένα πρότυπα μάθησης. Και τα δύο μοντέλα περιείχαν μαθησιακούς μηχανισμούς που τους επέτρεπαν να μάθουν από την πιο εκτεταμένη εμπειρία. Ωστόσο, δύο διαφορές ανάμεσά τους κατέληγαν στο αποτέλεσμα το μοντέλο των τετράχρονων, αλλά όχι και το μοντέλο των τριχρονων να μαθαίνει από περιορισμένες εμπειρίες. Το μοντέλο των τετράχρονων θυμόταν πιο καθαρά τη σχέση ανάμεσα στα σύνολα πριν τη μετατροπή και είχε περισσότερες πιθανότητες να ελέγξει, αν οι διαφορές ανάμεσα στα μήκη των σειρών μετά τη μεταβολή αντιστοιχούσαν σε μια διαφορά στον αριθμό των αντικειμένων. Αυτές οι

διαφορές στα μοντέλα ήταν συναφείς με ό,τι είναι γενικά γνωστό σχετικά με τα παιδιά 3 και 4 ετών. Τα παιδιά 4 ετών είναι πιο πιθανό να χρησιμοποιήσουν το μέτρημα για να ελέγξουν, αν η αντίληψή τους σχετικά με τους αριθμούς των αντικειμένων είναι σωστή (Sophian, 1987) και επίσης συνήθως θυμούνται περισσότερα για προηγούμενες καταστάσεις (Schneider & Bjorklund, υπό έκδοση). Έτσι, οι διαφορές ανάμεσα στα μοντέλα των 3 και των 4 ετών ήταν συναφείς με προηγούμενες παρατηρήσεις γι' αυτές τις ηλικιακές ομάδες και πρότειναν υποθέσεις σχετικά με το γιατί οι δύο ηλικιακές ομάδες μάθαιναν με τον τρόπο που το έκαναν σ' αυτό το συγκεκριμένο πλαίσιο.

Δεν μοιράζονται, όμως, όλοι τον ενθουσιασμό του Klahr για μοντέλα με προσομοίωση με υπολογιστές. Οι κριτικές σημειώνουν ότι οι άνθρωποι δεν είναι υπολογιστές και ότι, αντίθετα με τους υπολογιστές, οι άνθρωποι αναπτύσσονται. Αυτό τους οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η ανάπτυξη δεν μπορεί να μοντελοποιηθεί σωστά σ' έναν υπολογιστή (Beilin, 1983· Liben, 1987).

Όπως επισήμανε, όμως, ο Klahr (1989), οι ιδέες για την ανάπτυξη είναι ενσωματωμένες στο πρόγραμμα του υπολογιστή, και όχι στον υπολογιστή στον οποίο τρέχει το πρόγραμμα. Ο υπολογιστής είναι απλώς ένα μηχάνημα που χρησιμοποιείται για να ελέγξει κατά πόσον οι ιδέες αυτές ισχύουν για γνωστά φαινόμενα. Για να διευκρινίσει την άποψή του, ο Klahr παρατήρησε ότι οι προσομοιώσεις με υπολογιστή της γνωστικής ανάπτυξης δεν έχουν ως προϋπόθεση ότι τα παιδιά είναι υπολογιστές, ακριβώς όπως οι προσομοιώσεις με υπολογιστές των τυφώνων δεν υπονοούν ότι η ατμόσφαιρα είναι ένας υπολογιστής.

Πρέπει να αναφερθούν διάφοροι περιορισμοί της θεωρίας του Klahr. Αν και συχνά διακήρυξε τις αρετές των αυτοτροποποιούμενων συστημάτων παραγωγής, ούτε αυτός ούτε άλλοι ερευνητές που ενδιαφέρθηκαν για τη σκέψη των παιδιών έχουν περιγράψει πολλές απ' αυτές. Επιπλέον, αυτά τα αυτοτροποποιούμενα παραγωγικά συστήματα μέχρι τώρα αποδείχτηκαν πιο χρήσιμα για την εξήγηση προηγούμενων ευρημάτων παρά για τη δημιουργία καινούργιων. Από την άλλη, αυτά τα ελαττώματα δεν μειώνουν την αξία του δυναμικού των αυτοτροποποιούμενων συστημάτων παραγωγής ως μοντέ-

λων της ανάπτυξης. Επιπλέον, η εξήγηση των Klahr και Wallace για τη γενίκευση σε σχέση με τη γραμμή του χρόνου, την ανίχνευση της κανονικότητας και τον περιορισμό των πλεονασμών είναι πιο ακριβής και σαφής από όλους σχεδόν τους άλλους μηχανισμούς γνωστικής ανάπτυξης που έχουν προταθεί. Αυτές είναι σημαντικές αρετές και μπορεί να προδιαγράψουν επιπρόσθετες καινοτομίες.

### Συνδυαστικές θεωρίες

Μια ιδιαίτερα «θερμή» προσέγγιση στη σκέψη για τη γνωστική ανάπτυξη (και στη σκέψη για τη γνώση γενικά) είναι ο *συνδυασμός*. Όπως τα παραγωγικά συστήματα έτσι και οι συνδυαστικές θεωρίες είναι προσομοιώσεις με υπολογιστή για το πώς συμβαίνει η σκέψη. Η όλο και αυξανόμενη δημοτικότητα των μοντέλων οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στη γενική τους ομοιότητα με τις λειτουργίες του εγκεφάλου. Γι' αυτό το λόγο, η προσέγγιση αυτή θεωρείται πολύ πιθανό πως θα μπορέσει να ερμηνεύσει με μοντέλα το πώς επιτυγχάνεται η σκέψη μέσα στον εγκέφαλο. Τα συνδυαστικά μοντέλα έχουν μερικά βασικά χαρακτηριστικά (Plunkett, 1996):

1. Σχηματίζονται από μεγάλο αριθμό απλών μονάδων επεξεργασίας, όμοιων με τους νευρώνες στον εγκέφαλο.
2. Οι μονάδες επεξεργασίας οργανώνονται σε δύο ή περισσότερα ιεραρχικά οργανωμένα επίπεδα (Σχήμα 3.6). Τυπικά, αυτά περιλαμβάνουν ένα *επίπεδο εισροής*, οι μονάδες επεξεργασίας του οποίου κωδικοποιούν την αρχική αναπαράσταση της κατάστασης· ένα ή περισσότερα *κρυφά επίπεδα*, των οποίων οι μονάδες συνδυάζουν τις πληροφορίες που προέρχονται από τις μονάδες εισροής· και ένα *επίπεδο εκροής*, του οποίου οι μονάδες δημιουργούν την ανταπόκριση του συστήματος στην κατάσταση.
3. Οι εξατομικευμένες μονάδες επεξεργασίας συνδέονται με άλλες μονάδες επεξεργασίας σε διαφορετικά επίπεδα (μερικές φορές και μέσα στο ίδιο επίπεδο). Η ένταση της διασύνδεσης εξαρτάται από την εμπειρία του συστήματος και είναι κρίσιμη για τον προσδιορισμό της επεξεργασίας που γίνεται.
4. Όπως και στον εγκέφαλο, μια δεδομένη μονάδα επεξεργασίας πυροδοτείται, όταν το ποσό ενεργοποίησης που δέχεται από όλες τις

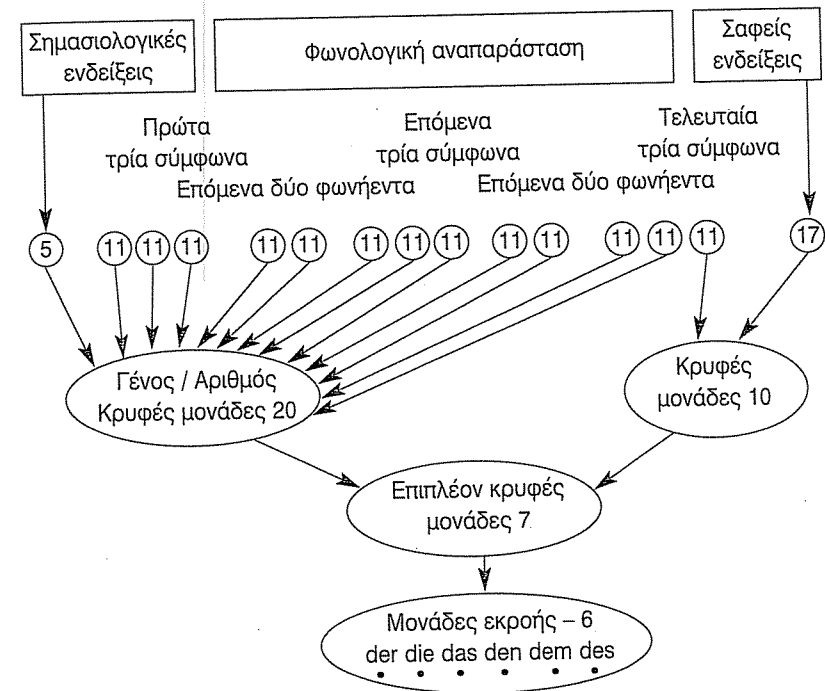
άλλες μονάδες επεξεργασίας που συνδέονται μαζί της ξεπερνάει ένα κατώφλι. Το ποσό της ενεργοποίησης που δέχεται μια μονάδα από κάθε μονάδα που συνδέεται μαζί της ορίζεται από το βαθμό ενεργοποίησης της μονάδας που στέλνει την ενεργοποίηση και από την ένταση της διασύνδεσης ανάμεσα στις μονάδες.

5. Όπως και στον εγκέφαλο, η δραστηριότητα πολλών απλών μονάδων επεξεργασίας λαμβάνει χώρα *παράλληλα* (ταυτόχρονα).
6. Η αναπαράσταση της γνώσης γίνεται μέσω των εντάσεων διασύνδεσης ανάμεσα σε όλες τις μονάδες του συστήματος. Δεν υπάρχει μια μόνο θέση που να αντιστοιχεί σε ένα ιδιαίτερο κομμάτι γνώσης· αντίθετα, η γνώση κατανέμεται σε όλες τις μονάδες και τις διασυνδέσεις τους. Για το λόγο αυτό, και επειδή η επεξεργασία συμβαίνει σε πολλές μονάδες παράλληλα, τα συστήματα αυτά είναι επίσης γνωστά ως συστήματα *παράλληλης κατανεμημένης επεξεργασίας*.
7. Η μάθηση συμβαίνει μέσα στο σύστημα που λαμβάνει μια εισροή, δημιουργεί μια αντίδραση, παρατηρεί την ασυμφωνία ανάμεσα σ' αυτήν και στη σωστή απάντηση και προσαρμόζει τις εντάσεις διασύνδεσης μεταξύ των μονάδων επεξεργασίας με τρόπους που θα οδηγούσαν σε καλύτερη απάντηση. Οι προσαρμογές είναι η ενίσχυση ορισμένων εντάσεων και η εξασθένηση άλλων. Μ' αυτή τη διαδικασία, το σύστημα μαθαίνει υπονοούμενα τους κανόνες που υποστηρίζουν τις σωστές απαντήσεις στο πρόβλημα, αν και δεν υπάρχει μία μόνο θέση στην οποία αναπαριστάνεται ο κανόνας.
8. Η γενίκευση της γνώσης του συστήματος βασίζεται στην ομοιότητα καινούργιων καταστάσεων με εκείνες που το σύστημα είχε συναντήσει προηγουμένως. Όταν οι ίδιοι τύποι υπονοούμενων κανόνων εφαρμόζονται σε καινούργια προβλήματα, τα συνδεσμικά συστήματα είναι πολύ αποτελεσματικά στη γενίκευση προηγούμενων εμπειριών.

Πολλοί ερευνητές υποστήριξαν τα συνδεσμικά μοντέλα της ανάπτυξης. Ανάμεσά τους είναι οι McClelland (1995), Shultz, Schmidt, Buckingham και Mareschal (1995), Plunkett (1996), Marchman (1992). Ένα ιδιαίτερα εντυπωσιακό συνδεσμικό μοντέλο, που επιβεβαιώνει πόσο ισχυρή είναι η θεωρία για τη μοντελοποίηση της ανάπτυξης, είναι αυτό των MacWhinney, Leinbach, Taraban και McDonald (1989).

Το μοντέλο των MacWhinney et al. (Σχήμα 3.6) ανίχνευσε σε παι-

ΣΧΗΜΑ 3.6. Το συνδετικό μοντέλο των MacWhinney et al. (1989) για το πώς μαθαίνουν τα παιδιά το γερμανικό σύστημα των άρθρων. Σημειώστε ότι στο κορυφαίο επίπεδο (εισροή), το μοντέλο κωδικοποιεί πέντε σημασιολογικά χαρακτηριστικά στοιχεία του ονόματος (που αντιστοιχούν στο «5» στο αμέσως πιο κάτω επίπεδο στο αριστερό άκρο), παρουσία ή απουσία 11 φωνολογικών χαρακτηριστικών στοιχείων σε 13 θέσεις μέσα στη λέξη (που επίσης αναπαριστώνται στο επίπεδο αμέσως κάτω από το κορυφαίο) και 17 σαφείς ενδείξεις, που υποδεικνύουν τη λειτουργία του ονόματος μέσα στην πρόταση. Αυτές οι μονάδες του επιπέδου εισροής ενεργοποιούν τις κρυφές μονάδες στα δύο πιο κάτω επίπεδα και τελικά τις έξι μονάδες εκροής, που αντιστοιχούν στα έξι άρθρα που συνοδεύουν τα ονόματα στα γερμανικά. Το άρθρο που ταιριάζει στην πιο ενεργοποιημένη μονάδα εκροής προτείνεται ως απάντηση (από τους MacWhinney et al., 1989). Copyright 1989 by Academic Press, inc.



διά στη Γερμανία την εκμάθηση των οριστικών άρθρων του συστήματος της γλώσσας τους. Αυτά τα οριστικά άρθρα είναι οι πολλοί όροι που χρησιμοποιούνται στα γερμανικά στη θέση της μοναδικής λέξης *the* που χρησιμοποιείται στα αγγλικά. Το έργο ήταν ιδιαίτερα ενδιαφέρον, επειδή το γερμανικό σύστημα άρθρων είναι τόσο δύσκολο. Το ποιο άρθρο πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να προσδιορίσει ένα δεδομένο όνομα εξαρτάται από το γένος του ονόματος (αρσενικό, θηλυκό ή ουδέτερο), τον αριθμό του (ενικός ή πληθυντικός) και το ρόλο του στην πρόταση (υποκείμενο, κήτορας, άμεσο αντικείμενο, έμμεσο αντικείμενο). Και για να γίνουν τα πράγματα ακόμα χειρότερα, η κατάταξη των ονομάτων σε κατηγορίες κατά γένη είναι συχνά ακατανόητη. Για παράδειγμα, η λέξη για το *πηρούνι* είναι θηλυκή, η λέξη για το *κουτάλι* αρσενική και η λέξη για το *μαχαίρι* ουδέτερη. Οι σχέσεις είναι τόσο πολύπλοκες, ώστε μοιάζει σχεδόν αδύνατο να τις μάθει κανείς. Ωστόσο, οι MacWhinney et al. δημιούργησαν ένα συνδυαστικό μοντέλο που έδειχνε πώς μπορούν να τις μάθουν τα παιδιά.

Το μοντέλο των MacWhinney et al., όπως τα περισσότερα συνδυαστικά μοντέλα, περιλαμβάνει ένα *επίπεδο εισροής*, αρκετά *κρυφά επίπεδα* και ένα *επίπεδο εκροής* (Σχήμα 3.6). Καθένα από τα επίπεδα αυτά περιέχει έναν αριθμό διακριτών μονάδων. Για παράδειγμα, στο μοντέλο, οι 35 μονάδες μέσα στο επίπεδο εισροής αναπαριστούν χαρακτηριστικά στοιχεία του συγκεκριμένου ονόματος που προσδιορίζεται από το άρθρο. Καθένα από τα κρυφά επίπεδα περιλαμβάνει μονάδες που αναπαριστούν συνδυασμούς αυτών των χαρακτηριστικών στοιχείων στο επίπεδο εισροής. Οι έξι μονάδες εκροής αναπαριστούν τα έξι άρθρα στα γερμανικά που αντιστοιχούν με το *the* στα αγγλικά.

Όπως παρατηρήθηκε παραπάνω, ένα κεντρικό χαρακτηριστικό αυτών των συνδυαστικών μοντέλων είναι ο πολύ μεγάλος αριθμός διασυνδέσεων ανάμεσα στις μονάδες επεξεργασίας. Στο μοντέλο των MacWhinney et al., κάθε επίπεδο εισροής συνδέεται με τις κρυφές μονάδες πρώτης τάξης· κάθε κρυφή μονάδα πρώτης τάξης συνδέεται με κρυφές μονάδες δεύτερης τάξης· και κάθε κρυφή μονάδα δεύτερης τάξης συνδέεται με καθεμιά από τις έξι μονάδες εκροής. Η μάθηση συμβαίνει μέσω ενός κύκλου του συστήματος που (1) δέχεται την αρχική εισροή (σ' αυτή την περίπτωση ένα όνομα σ' ένα συγκεκριμένο

πλαίσιο)· (2) προβάλλει με βάση τις εντάσεις των διαφόρων συνδέσεων του (που αντανακλούν προηγούμενες εμπειρίες) ποια εκροή πρέπει να παραχθεί· (3) προωθεί την ανταπόκριση και (4) προσαρμόζει τις εντάσεις των συνδέσεων μεταξύ των μονάδων έτσι ώστε να διεγείρονται συνδέσεις που προτείνουν τη σωστή απάντηση και να αναστέλλεται η διέγερση συνδέσεων που προτείνουν τη εσφαλμένη απάντηση.

Οι MacWhinney et al. έλεγξαν την ικανότητα αυτού του συστήματος να μαθαίνει σωστά το σύστημα του γερμανικού άρθρου παρουσιάζοντάς του επανειλημμένα 98 συνηθισμένα γερμανικά ονόματα. Η προσομοίωση έπρεπε να επιλέξει ποιο άρθρο έπρεπε να χρησιμοποιήσει με κάθε όνομα στο συγκεκριμένο πλαίσιο – δηλαδή στο πλαίσιο της βούλησής της να εκφράσει μια συγκεκριμένη σημασία με συγκεκριμένες λέξεις. Μετά απ' αυτό, παρουσιαζόταν η σωστή απάντηση και η προσομοίωση προσάρμοζε τις εντάσεις της σύνδεσης έτσι ώστε να ευνοήσει τη σωστή της απόδοση στο μέλλον.

Σε επακόλουθα πειράματα, η προσομοίωση των MacWhinney et al. επέλεξε το σωστό άρθρο σε περισσότερα από 90% των ονομάτων της αρχικής ομάδας. Αυτό δεν μπορούσε να αποδοθεί απλά στη μηχανική εκμάθηση του ποιο άρθρο συνόδευε κάθε όνομα. Όταν παρουσιάστηκε στην προσομοίωση ένα όνομα που είχε συναντηθεί προηγουμένως, σε ένα καινούργιο πλαίσιο, η προσομοίωση επέλεξε το σωστό άρθρο σε περισσότερες από 90% των δοκιμών, παρόλο που το όνομα συνήθως έπαιρνε διαφορετικό άρθρο στο καινούργιο πλαίσιο από το άρθρο που είχε στα προηγούμενα. Η προσομοίωση επίσης αποδείχτηκε ικανή να γενικεύει με καινούργια ονόματα· ακόμα κι αν δεν είχε ποτέ πριν συναντήσει το συγκεκριμένο όρο, μπορούσε να χρησιμοποιήσει τον ήχο του και τη σημασία του για να εικάσει με ορθότητα ποιο άρθρο έπρεπε να τον συνοδεύει.

Η εκμάθηση από την προσομοίωση παραλληλίστηκε με την εκμάθηση από τα παιδιά, κατά πολλούς τρόπους. Από νωρίς στη μαθησιακή διαδικασία, η προσομοίωση, όπως τα παιδιά που έχουν για πρώτη γλώσσα τα γερμανικά, είχε την τάση να χρησιμοποιεί υπερβολικά τα άρθρα που συνοδεύουν θηλυκά ονόματα. Ο λόγος φάνηκε πως ήταν ότι αυτή η μορφή άρθρων χρησιμοποιείται συχνότερα στη



γλώσσα. Επιπλέον, οι ίδιοι συνδυασμοί άρθρων και ονομάτων που μαθαίνονται πιο δύσκολα από τα γερμανόφωνα παιδιά μαθαίνονται πιο δύσκολα και από την προσομοίωση. Τα επιμέρους λάθη που έκανε η προσομοίωση έμοιαζαν επίσης με τα λάθη των παιδιών.

Τα συνδετισμικά μοντέλα ανίχνευσαν με επιτυχία πολλές άλλες αναπτυξιακές επιτεύξεις επίσης. Αυτές περιλαμβάνουν τη μονιμότητα των αντικειμένων (Munakata, McClelland, Johnson & Siegler, υπό έκδοση), την κατανόηση της ζυγαριάς, των προβλημάτων χρόνου-ταχύτητας-απόστασης και του αιτιώδους συλλογισμού (Schultz et al., 1995), την πρώιμη απόκτηση της ανάγνωσης (Plaut, McClelland, Seidenberg & Patterson, 1995), την εκμάθηση δεύτερης γλώσσας (MacWhinney, 1996) και την απόκτηση των σημασιών των λέξεων και της γραμματικής (Elman, 1993· MacWhinney & Chang, 1995· Marchman, 1992· Plunkett & Sinha, 1992).

Όπως όλες οι θεωρίες, έτσι και οι συνδετισμικές θεωρίες επιδέχονται κριτική. Μια συνηθισμένη κριτική είναι ότι ο ισχυρισμός τους πως είναι «γνώση εγκεφαλικού είδους» είναι υπερβολικός. Τίποτε σ' αυτές δεν αντιστοιχεί στη χημική δραστηριότητα που είναι βασική για τη λειτουργία του εγκεφάλου, και η λειτουργία των απλών μονάδων επεξεργασίας τους έχει μόνο μια αφηρημένη ομοιότητα με τη λειτουργία των νευρώνων. Ένας άλλος περιορισμός είναι ότι οι προσομοιώσεις μαθαίνουν εξαιρετικά αργά και απαιτείται περισσότερη έκθεση απ' όση στα ανθρώπινα πλάσματα. Δεν δείχνουν εκείνο το είδος ξαφνικής έμπνευσης που εμφανίζουν μερικές φορές οι άνθρωποι (Raijmakers, Koten & Molenaar, 1996). Ένας τρίτος περιορισμός, σχετικός με τον δεύτερο, είναι ότι δεν μαθαίνουν τους συμβολικούς κανόνες, π.χ. τους μαθηματικούς τύπους, που μαθαίνουν οι άνθρωποι και δεν είναι ικανές να μάθουν μερικές πλευρές της γραμματικής (Pinker & Prince, 1988). Από την άλλη, τα συνδετισμικά μοντέλα έχουν αποδειχτεί χρήσιμα για τη μοντελοποίηση πολλών επιτεύξεων της ανάπτυξης που δεν εξαρτώνται από την απόκτηση σαφών κανόνων. Αν και η λειτουργία τέτοιων συστημάτων διαφέρει σαφώς απ' αυτήν του εγκεφάλου, μοιάζει περισσότερο μ' αυτήν απ' όσο άλλες προσεγγίσεις προσομοίωσης με υπολογιστή. Τα συνδετισμικά μοντέλα έχουν αποδειχτεί ιδιαίτερα χρήσιμα για τη μοντελοποίηση τομέων, όπως η αισθητηριακή αντίληψη και η

ομιλία, στις οποίες πρέπει να ενσωματώνονται πολλές ιδιαίτερα έγκυρες πηγές πληροφορίας για να παράγουν επιτυχή απόδοση. Δεδομένων αυτών των πλεονεκτημάτων, δεν είναι παράξενο ότι η δημοτικότητα των συνδετισμικών μοντέλων αυξάνεται με ταχύτητα.

### Θεωρίες γνωστικής εξέλιξης

Μία από τις μεγαλύτερες διανοητικές συνεισφορές όλων των εποχών είναι η θεωρία του Δαρβίνου για την εξέλιξη. Κατά την εξελικτική θεωρία, ο ανταγωνισμός μεταξύ των ειδών είναι μια βασική πλευρά της ζωής. Τα είδη γεννώνται και αλλάζουν μέσω δύο βασικών διαδικασιών: της παραλλαγής και της επιλογής. Γενετικός συνδυασμός και μετάλλαξη παράγουν την *παραλλαγή*· η επιβίωση των απογόνων είναι η βάση της *επιλογής*. Οι διαδικασίες αυτές μαζί έχουν δημιουργήσει το συνεχώς εναλλασσόμενο μωσαϊκό ζωντανών πλασμάτων του πλανήτη μας.

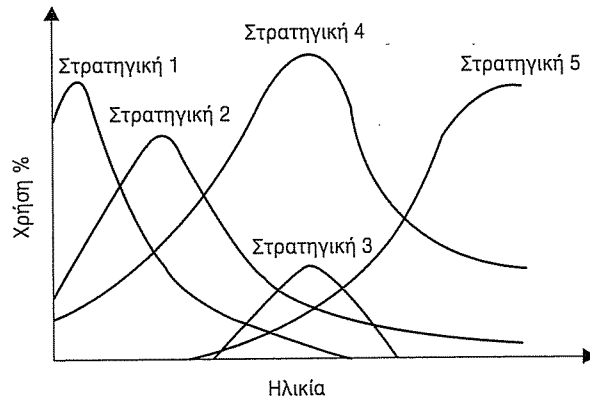
Όπως και στο βιολογικό πλαίσιο, ο ανταγωνισμός μοιάζει να είναι βασικό χαρακτηριστικό στοιχείο της γνώσης. Όμως, αντί να ανταγωνίζονται τα είδη, ο ανταγωνισμός γίνεται μεταξύ ιδεών. Η κυριότερη πρόκληση για τις εξελικτικές θεωρίες της γνωστικής ανάπτυξης είναι να περιγράψουν τις ανταγωνιστικές οντότητες μέσα στο ανθρώπινο γνωστικό σύστημα, να περιγράψουν πώς ο ανταγωνισμός ανάμεσα σ' αυτές τις οντότητες οδηγεί σε αποτελέσματα προσαρμογής και να αναγνωρίσουν τους μηχανισμούς που παράγουν τη γνωστική παραλλαγή και επιλογή.

Αρκετά πρόσφατα μοντέλα γνωστικής ανάπτυξης βασίζονται σε αναλογίες ανάμεσα στις λειτουργίες που πρέπει να πραγματοποιηθούν για να παράγουν εξελικτική και αναπτυξιακή αλλαγή (Changeux & Dehane, 1989· Cziko, 1995· Edelman, 1987· Johnson & Gilmore, 1996). Επειδή, όμως, εγώ είμαι αυτός που γράφει αυτό το βιβλίο, θα χρησιμοποιήσω τη δική μου *προσέγγιση των αλληλεπικαλυπτόμενων κυμάτων*, για να δείξω τον τρόπο με τον οποίο η αναλογία με τη βιολογική εξέλιξη μπορεί να συμβάλει στην κατανόηση της ανάπτυξης.

Οι βασικές προϋποθέσεις αυτής της προσέγγισης είναι ότι την κά-

θε στιγμή τα παιδιά έχουν μια ποικιλία τρόπων σκέψης για τα περισσότερα θέματα: ότι αυτοί οι ποικίλοι τρόποι σκέψης ανταγωνίζονται ο ένας τον άλλο για να χρησιμοποιηθούν και ότι οι πιο προωθημένοι τρόποι σκέψης βαθμιαία γίνονται όλο και επικρατέστεροι. Αυτές οι προϋποθέσεις απεικονίζονται στο Σχήμα 3.7. Σε κάθε δεδομένη στιγμή, διάφοροι τρόποι σκέψης (οι στρατηγικές στο σχήμα) είναι παρόντες στη σκέψη ενός παιδιού. (Οι στρατηγικές είναι διαδικασίες που στοχεύουν στην επίτευξη κάποιου στόχου.) Αυτές οι στρατηγικές ανταγωνίζονται η μια την άλλη και, με την εμπειρία, μερικές γίνονται συχνότερες, μερικές γίνονται λιγότερο συχνές και μερικές στην αρχή γίνονται συχνότερες και αργότερα λιγότερο συχνές. Επιπλέον, εισάγονται νέες στρατηγικές και οι παλιότερες παύουν να χρησιμοποιούνται. Αυτό το μοντέλο των αλληλεπικαλυπτόμενων κυμάτων μοιάζει περισσότερο σύμφωνο μ' αυτά που είναι γνωστά σχετικά με τη γνωστική ανάπτυξη απ' ό,τι οι περιγραφές που δείχνουν τα παιδιά να μετακινούνται ξαφνικά από τη μια προσέγγιση στην άλλη.

Οι συνεργάτες μου κι εγώ παρακολουθήσαμε αυτό το εξελικτικό μοντέλο σε μια ποικιλία τομέων: αριθμητική, γνώση της ώρας, ανά-



ΣΧΗΜΑ 3.7. Το μοντέλο των αλληλεπικαλυπτόμενων κυμάτων του Siegler για τη γνωστική ανάπτυξη.

γνωση, ορθογραφία, επίλυση προβλημάτων και έργα απομνημόνευσης, μεταξύ άλλων (βλ. Crowley & Siegler, 1993· Siegler, 1996· Siegler & Shragel, 1984). Σε καθέναν από τους τομείς αυτούς, βρήκαμε ότι ο ανταγωνισμός οδηγεί σε προσαρμοστικά αποτελέσματα και ότι η βασική στρατηγική επιλογή και οι μηχανισμοί ανακάλυψης στρατηγικής παράγουν την προσαρμογή. Αυτά τα ευρήματα μπορούν να περιγραφούν στο πλαίσιο της εκμάθησης της απλής πρόσθεσης από μικρά παιδιά.

Δείτε πρώτα τις ανταγωνιστικές οντότητες. Ακόμα και τα πεντάχρονα παιδιά χρησιμοποιούν μια ποικιλία στρατηγικών για να λύσουν βασικά προβλήματα πρόσθεσης, όπως το  $3 + 5$ . Μερικές φορές, μετράνε από το ένα· αυτό τυπικά σημαίνει ότι σηκώνουν τα δάχτυλα του ενός χεριού για να αναπαραστήσουν τον πρώτο προσθετέο, τα δάχτυλα του άλλου χεριού για να αναπαραστήσουν το δεύτερο προσθετέο και μετά μετράνε τα σηκωμένα δάχτυλα και στα δύο χέρια. Άλλες φορές, σηκώνουν τα δάχτυλα, αλλά αναγνωρίζουν τον αριθμό των σηκωμένων δαχτύλων, χωρίς να χρειάζεται να μετρήσουν. Άλλες πάλι φορές, βρίσκουν μια απάντηση από μνήμης. Μερικά παιδιά ξέρουν και μιαν άλλη στρατηγική, τη *στρατηγική της συνέχισης του μετρήματος*. Τα παιδιά που χρησιμοποιούν αυτή τη στρατηγική επιλέγουν το μεγαλύτερο από τους δύο προσθετέους και συνεχίζουν από εκεί το μέτρημα, ανεβαίνοντας όσο τους λείει ο μικρότερος προσθετέος. Για παράδειγμα, στην πράξη  $3 + 9$  τα παιδιά μπορεί να σκεφτούν «9, 10, 11, 12».

Δεν συμβαίνει μερικά πεντάχρονα παιδιά να χρησιμοποιούν τη μια στρατηγική και άλλα την άλλη. Αντίθετα, σχεδόν όλα χρησιμοποιούν αρκετές διαφορετικές στρατηγικές. Το ίδιο και στην αφαίρεση, τον πολλαπλασιασμό, το συλλαβισμό, την ώρα, τα προβλήματα μνήμης: τα περισσότερα παιδιά βρέθηκε ότι χρησιμοποιούν τουλάχιστον τρεις στρατηγικές. Ακόμα και σε ατομικά προβλήματα, τα αποτελέσματα του ανταγωνισμού ποικίλλουν, έτσι το ίδιο παιδί μπορεί να διαλέξει τη μια μέρα μία στρατηγική και την άλλη μέρα μια διαφορετική στρατηγική (Siegler, 1987a).

Η επιλογή των παιδιών ανάμεσα σ' αυτές τις στρατηγικές είναι προσαρμοστική κατά αρκετούς διαφορετικούς τρόπους. Μια έννοια

κατά την οποία η επιλογή τους είναι προσαρμοστική είναι ότι χρησιμοποιούν την ανάσυρση, τη γρηγορότερη στρατηγική, κυρίως σε απλά προβλήματα όπου μπορεί να παρέχει σωστή απόδοση, και χρησιμοποιούν πιο χρονοβόρες και απαιτητικές στρατηγικές σε πιο δύσκολα προβλήματα, εκεί που τέτοιες στρατηγικές είναι αναγκαίες για την ορθή απόδοση (Siegler, 1986).

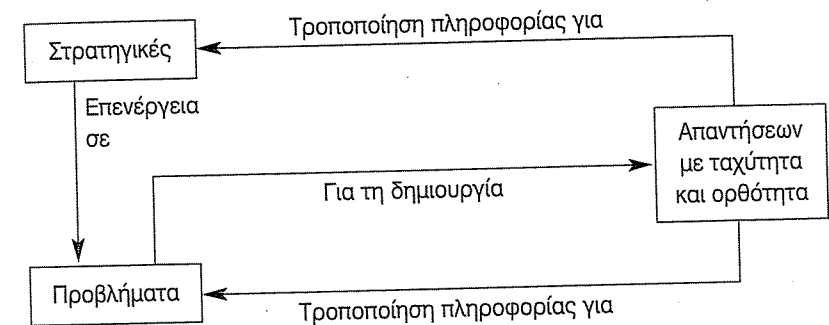
Τα παιδιά επίσης επιλέγουν προσαρμοστικά ανάμεσα σε στρατηγικές άλλες εκτός από την ανάσυρση. Έχουν την τάση, ιδιαίτερα, να χρησιμοποιούν κάθε στρατηγική πιο συχνά σε προβλήματα όπου αυτή λειτουργεί ιδιαίτερα καλά σε σύγκριση με εναλλακτικές στρατηγικές. Με εξελικτικούς όρους, οι στρατηγικές βρίσκουν τη ζωθήκη τους. Για παράδειγμα, η στρατηγική της συνέχισης του μετρήματος χρησιμοποιείται συχνότερα σε προβλήματα όπως το  $2 + 9$ , όπου ο μικρότερος προσθετός είναι αρκετά μικρός και η διαφορά μεταξύ των προσθετών μεγάλη. Σε τέτοια προβλήματα η συνέχιση του μετρήματος είναι και εύκολη και αποτελεσματική σε σχέση με εναλλακτικές διαδικασίες, όπως το μέτρημα από το ένα (Siegler, 1987 b).

Οι αλλαγές που συμβαίνουν με το πέρασμα του χρόνου στη χρήση στρατηγικών είναι επίσης προσαρμοστικές. Για παράδειγμα, στην απλή πρόσθεση, τα παιδιά χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο τις πιο αποτελεσματικές στρατηγικές, όπως την ανάσυρση και τη συνέχιση του μετρήματος και μειώνουν τη χρήση των λιγότερο αποτελεσματικών στρατηγικών, όπως η εικασία και το μέτρημα από το ένα. Αναπτύσσουν επίσης καινούργιες στρατηγικές, όπως η ανάλυση των αριθμών (π.χ. λύνουν το  $3 + 9$  σκεπτόμενα « $3 + 10 = 13$ , το 9 είναι 1 μικρότερο από το 10, άρα  $3 + 9 = 12$ ).

Ποιος τύπος μηχανισμών επιλογής μπορεί να παράγει τέτοιες προσαρμοστικές επιλογές στρατηγικής; Το μοντέλο που διατύπωσα χωρίζει το σύστημα επεξεργασίας των πληροφοριών σε αναπαραστάσεις και διεργασίες. Οι αναπαραστάσεις περιλαμβάνουν πραγματολογικές πληροφορίες και δεδομένα· οι διεργασίες επενεργούν στις αναπαραστάσεις για να παράγουν συμπεριφορά. Για παράδειγμα, στο πλαίσιο της αριθμητικής, η αναπαραστάση περιλαμβάνει συσχετισμούς μεταξύ προβλημάτων και διαφόρων πιθανών απαντήσεων στα προβλήματα. Οι διεργασίες είναι στρατηγικές, όπως το μέτρημα

από το ένα, η συνέχιση του μετρήματος και η ανάσυρση, που λύνουν τα προβλήματα επενεργώντας στα στοιχεία της αναπαραστάσης.

Το Σχήμα 3.8 απεικονίζει πώς αυτός ο τύπος οργάνωσης μπορεί να παρέχει αποτελεσματικές επιλογές μεταξύ των στρατηγικών την κάθε στιγμή και προσαρμοστικές αλλαγές στρατηγικής με το χρόνο. Στο μοντέλο αυτό, η χρήση στρατηγικών για την επίλυση προβλημάτων δίνει απαντήσεις στα προβλήματα και επίσης πληροφορίες για την ταχύτητα και την ορθότητα με την οποία λύθηκε το πρόβλημα. Αυτή η πληροφορία ανατροφοδοτείται για να παρέχει όλο και περισσότερη λεπτομερή γνώση τόσο για τις στρατηγικές, όσο και για τα προβλήματα. Επακόλουθες επιλογές μεταξύ στρατηγικών γίνονται στη βάση της προηγούμενης αποτελεσματικότητάς τους στην επίλυση προβλημάτων γενικά, στην επίλυση συγκεκριμένων ειδών προβλημάτων και στην επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων. Όσο πιο αποτελεσματική υπήρξε μια στρατηγική για την επίλυση προβλημάτων στο παρελθόν, τόσο συχνότερα θα επιλέγεται στο μέλλον. Επιπλέον, οι επιλογές ανάμεσα σε στρατηγικές γίνονται όλο και πιο εκλεπτυσμένες, καθώς τα παιδιά μαθαίνουν ότι μια στρατηγική που γενικά είναι η πιο αποτελεσματική δεν είναι απαραίτητα η πιο αποτελεσματική για ένα ξεχωριστό τύπο προβλήματος.



ΣΧΗΜΑ 3.8. Επισκόπηση του μοντέλου επιλογής στρατηγικής των Siegler & Shipley (1995). Το διάγραμμα διαβάζεται από επάνω αριστερά.

Αυτή η άποψη της ανάπτυξης έδωσε τη βάση για προσομοιώσεις με υπολογιστή της ανάπτυξης της αριθμητικής (Siegler & Shrager, 1984· Siegler & Shipley, 1995). Για να δείξω πώς οι γενικές θεωρητικές προϋποθέσεις πραγματώνονται σε μια επιμέρους προσομοίωση, θα περιγράψω το μοντέλο των Siegler και Shipley για την ανάπτυξη της πρόσθεσης με μονοψήφιους αριθμούς. Αυτή η προσομοίωση μοντελοποίησε το πώς τα παιδιά μαθαίνουν να διαλέγουν ανάμεσα σε τρεις προσεγγίσεις: μέτρηση από το ένα, συνέχιση του μετρήματος από το μεγαλύτερο προσθετέο και ανάσχυση. Ας δούμε, για παράδειγμα, πώς λειτουργεί στις επιλογές στρατηγικής για το  $9 + 1$ . Η προσομοίωση βαθμιαία μαθαίνει ότι είναι ευκολότερο να λύσει αυτό το πρόβλημα συνεχίζοντας το μέτρηση από το μεγαλύτερο προσθετέο παρά μετρώντας από το ένα. Απαιτεί λιγότερο μέτρηση το «9, 10» παρά το «1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10». Αυτό το λιγότερο μέτρηση έχει ως αποτέλεσμα λιγότερα λάθη και συντομότερο διάστημα για τη λύση, που με τη σειρά του, οδηγεί σε πιο συχνές μελλοντικές επιλογές της στρατηγικής της συνέχισης του μετρήματος. Η προσομοίωση χρησιμοποιεί αυτή την εμπειρία και παρόμοιες εμπειρίες με άλλα προβλήματα για να συνάγει τη γενίκευση ότι η συνέχιση του μετρήματος λειτουργεί καλύτερα από το μέτρηση από το ένα σε δεδομένα προβλήματα, όπως το  $9 + 2$  και το  $8 + 1$ , και χρησιμοποιεί τη γνώση αυτή για να γενικεύσει σωστά σε άγνωστα προβλήματα.

Όσο τα παιδιά επιλέγουν όλο και περισσότερο στρατηγικές που λύνουν σωστά τα προβλήματα, τόσο συσχετίζονται όλο και περισσότερο σωστές απαντήσεις με τα προβλήματα. Για παράδειγμα, το  $9 + 1$  συνδέεται ισχυρά με το 10. Αυτός ο συσχετισμός επιτρέπει στα παιδιά να ανασύρουν το 10 ως απάντηση στο πρόβλημα. Η ανάσχυση μιας απάντησης είναι ακόμα ταχύτερη από το μέτρηση «9, 10» και είναι εξίσου σωστή. Έτσι, η ίδια η επιτυχία της στρατηγικής συνέχισης του μετρήματος για την παραγωγή σωστών απαντήσεων οδηγεί στην αχρηστευσή της, επειδή κάνει δυνατή τη σωστή ανάσχυση.

Η εξελικτική προοπτική θέτει στη συνέχεια το ζήτημα της πηγής της στρατηγικής εναλλαγής. Συγκεκριμένα, πώς αποκτώνται οι νέες στρατηγικές; Μερικές φορές τα παιδιά διδάσκονται μια νέα στρατηγική ή μιμούνται κάποιον άλλο που τη χρησιμοποιεί. Η πιο ενδιαφέ-

ρουσα περίπτωση, όμως, είναι η *ανακάλυψη στρατηγικής*, κατά την οποία τα παιδιά επινοούν μια στρατηγική για λογαριασμό τους.

Πώς ανακαλύπτουν τα παιδιά καινούργιες στρατηγικές; Για να το βρουν, οι Siegler και Jenkins (1989) εξέτασαν την ανακάλυψη της στρατηγικής συνέχισης του μετρήματος από παιδιά 4 και 5 ετών. Θυμηθείτε ότι μ' αυτή τη στρατηγική επιλύονται προβλήματα του τύπου  $2 + 9$  με τη σκέψη «9, 10, 11». Στην αρχή της μελέτης, τα παιδιά στο πείραμα των Siegler και Jenkins ήξεραν πώς να προσθέτουν μετρώοντας από το ένα, αλλά δεν ήξεραν ακόμα πώς να προσθέτουν συνεχίζοντας το μέτρηση από το μεγαλύτερο προσθετέο. Τα παιδιά εξασκήθηκαν στην επίλυση προβλημάτων πρόσθεσης τρεις φορές την εβδομάδα επί 11 εβδομάδες. Επειδή ακόμα και τα μικρά παιδιά μπορούν αμέσως μετά από ένα πρόβλημα πρόσθεσης να απαντήσουν σωστά πώς το έλυσαν (Siegler, 1987b) ήταν δυνατό να αναγνωριστεί ακριβώς η δοκιμή κατά την οποία το κάθε παιδί πρωτοχρησιμοποίησε τη νέα στρατηγική. Αυτό μας επέτρεψε να εξετάσουμε τι οδήγησε στην ανακάλυψη, πώς ήταν η εμπειρία της ανακάλυψης μιας καινούργιας στρατηγικής για ένα παιδί και πώς τα παιδιά γενίκευσαν την καινούργια στρατηγική σε άλλα προβλήματα μετά την ανακάλυψή της.

Σχεδόν όλα τα παιδιά ανακάλυψαν την καινούργια στρατηγική στη διάρκεια του πειράματος. Ο χρόνος που χρειάστηκαν για να κάνουν την ανακάλυψη διέφερε πολύ: η πρώτη ανακάλυψη έγινε στη δεύτερη συνεδρία, ενώ η τελευταία δεν έγινε πριν τη δέκατη τρίτη συνεδρία. Η ποιότητα των ανακαλύψεων διέφερε επίσης πολύ. Μερικές ανακαλύψεις έδειχναν πολλή θεωρητική επεξεργασία, όπως για παράδειγμα βλέπουμε στο πρωτόκολλο της Λωρήν:

E: Πόσο κάνει  $6 + 3$ ;

Λ: (Μακρόχρονη παύση) *Εννιά.*

E: *Ωραία, πώς το ξέρεις αυτό;*

Λ: *Νομίζω πως είπα... εεε είπα... Ουπς. Χμ...νομίζω πως είπα... το 8 είναι 1...εεε... εννιά το 7 είναι 1, το 8 είναι 2, το 9 είναι 3.*

E: *Πώς ήξερες να το κάνεις αυτό; Γιατί δε μέτρησες 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9;*

Λ: *Γιατί τότε πρέπει να μετρήσεις όλους αυτούς τους αριθμούς.*

Ε: *Εντάξει, πώς όμως ήξερες ότι δεν έπρεπε να μετρήσεις όλους αυτούς τους αριθμούς;*

Λ: *Γιατί δεν... Να, δεν πρόκει να τους μετρήσω, αν δε θέλω να τους μετρήσω (Siegler & Jenkins, 1989, σ. 66).*

Άλλα παιδιά δεν έδειξαν τόσο μεγάλη κατανόηση. Στην πραγματικότητα, μερικά ισχυρίστηκαν ότι δεν μέτρησαν καθόλου, αν και οι βιντεοκασέτες της απόδοσής τους έδιναν ακουστικά και οπτικά στοιχεία ότι είχαν χρησιμοποιήσει την καινούργια στρατηγική.

Πώς έφτασαν τα παιδιά σ' αυτές τις ανακαλύψεις; Περιμέναμε ότι τα δύσκολα προβλήματα ή καταστάσεις στις οποίες τα παιδιά είχαν αποτύχει να λύσουν προηγούμενα προβλήματα θα προκαλούσαν τις καινούργιες στρατηγικές. Ωστόσο αποδείχτηκε ότι δεν συνέβαινε κάτι τέτοιο. Τα προβλήματα στα οποία έγιναν οι ανακαλύψεις και η ορθότητα της απόδοσης πριν την ανακάλυψη δεν διέφεραν από την απόδοση στο υπόλοιπο πείραμα. Το μόνο χαρακτηριστικό που διέκρινε την απόδοση αμέσως πριν την ανακάλυψη ήταν ότι ο χρόνος για τη λύση ξεπερνούσε κατά πολύ το συνηθισμένο χρόνο. Για παράδειγμα, η Λωρήν, το παιδί που αναφέραμε πιο πάνω, χρειάστηκε 67 δευτερόλεπτα για να πει την απάντηση στη δοκιμή αμέσως πριν την ανακάλυψη και 35 δευτερόλεπτα στη δοκιμή όπου χρησιμοποίησε για πρώτη φορά την καινούργια στρατηγική. Και οι δύο δοκιμές διήρκεσαν περισσότερο από το μέσο χρόνο της, που ήταν 11 δευτερόλεπτα. Αυτοί οι μεγάλοι χρόνοι συνοδεύονταν από πολλές λάθος εκκινήσεις, παύσεις, λάθος προτάσεις (όπως στο σχόλιο της Λωρήν για το δικό της μέτρημα «Νομίζω ότι αυτός είπε») και άλλες ενδείξεις γνωστικής υπερδιέγερσης.

Ένα άλλο εντυπωσιακό χαρακτηριστικό της απόδοσης των παιδιών ήταν πόσο αργά γενίκευσαν την καινούργια στρατηγική σε άλλα προβλήματα. Για παράδειγμα, ένα κορίτσι χρησιμοποίησε την καινούργια στρατηγική μόνο σε 7 από τα 84 πρώτα προβλήματα μετά την ανακάλυψή της· ένα άλλο τη χρησιμοποίησε μόνο σε 2 από τα 49. Προσωρινά, τα παιδιά συνέχισαν να στηρίζονται πολύ στη γνωστή προσέγγιση του μετρήματος από το ένα, ακόμα κι όταν ήξεραν την πιθανότητα πιο αποτελεσματική στρατηγική της συνέχισης του μετρήματος.

Ωστόσο, το ποσοστό της γενίκευσης αυξήθηκε δραματικά, όταν παρουσιάστηκαν στα παιδιά *προβλήματα πρόκλησης*, την όγδοη εβδομάδα της μελέτης. Αυτά ήταν προβλήματα όπως το 24 + 2 που εύκολα λύνονταν με συνέχιση του μετρήματος, αλλά που είναι σχεδόν αδύνατο να λυθούν με μέτρημα από το ένα ή ανάσυρση. Για τα παιδιά που είχαν ανακαλύψει τη στρατηγική της συνέχισης του μετρήματος από το μεγαλύτερο προσθετέο, τα προβλήματα αυτά φάνηκε πως αύξησαν την επίγνωση τόσο της νέας στρατηγικής ως μιας διαφορετικής προσέγγισης, όσο και των στόχων που μπορεί να πετύχει η νέα στρατηγική. Κατά μίαν έννοια, ανακάλυψαν ξανά τη στρατηγική μ' έναν τρόπο που αύξαινε την κατανόησή τους για το πώς εξυπηρετούσε τους στόχους της πρόσθεσης. Αφού συνάντησαν τα προβλήματα πρόκλησης, τα παιδιά γενίκευσαν τη στρατηγική της συνέχισης του μετρήματος σε μεγαλύτερη κλίμακα απ' όσο πριν, σε μικρά αλλά και σε μεγάλα προβλήματα. Από την άλλη, παιδιά που δεν είχαν χρησιμοποιήσει καθόλου τη στρατηγική της συνέχισης του μετρήματος δεν ωφελήθηκαν καθόλου από τα προβλήματα πρόκλησης· απλώς μεπερδεύτηκαν.

Ποιοι είναι οι βασικοί περιορισμοί αυτής της θεωρίας; Ένα πρόβλημα είναι ότι οι μηχανισμοί που παράγουν την παραλλαγή δεν αναφέρονται το ίδιο λεπτομερειακά, όσο οι μηχανισμοί που παράγουν την επιλογή. Ενώ οι προσομοιώσεις με υπολογιστή των επιλογών στρατηγικής δείχνουν λεπτομερειακά πώς γίνονται οι επιλογές ανάμεσα σε υπάρχουσες στρατηγικές και πώς αλλάζουν με τον καιρό οι επιλογές ανάμεσα στις στρατηγικές, δεν υπάρχει εξίσου λεπτομερές μοντέλο για το πώς ανακαλύπτονται οι νέες στρατηγικές. Επίσης, η θεωρία φαίνεται να είναι εφαρμόσιμη κυρίως σε τομείς στους οποίους τα παιδιά χρησιμοποιούν σαφώς προσδιορισμένες στρατηγικές· η εφαρμοσιμότητά της σε τομείς στους οποίους οι στρατηγικές είναι λιγότερο καλά προσδιορισμένες πρέπει να αποδειχτεί. Ωστόσο, θα ήταν υποκριτικό να φανώ απαισιόδοξος ως προς αυτό. Η βασική παρατήρηση ότι η γνωστική ανάπτυξη μοιάζει με τη βιολογική εξέλιξη αρχίζει να αναφαίνεται σε πολλούς τομείς: μεταξύ άλλων στην αντιληπτική ανάπτυξη (Johnson & Karmiloff-Smith, 1992), ανάπτυξη ομιλίας (Mac Whinney & Chang, 1995), κινητική ανάπτυξη (Thelen, 1995) και αναλογικό συλλογισμό (Gentner, 1989). Αν η προσέγγιση αποδειχτεί

το μισό χρήσιμη για την κατανόηση της γνωστικής ανάπτυξης απ' όσο για την κατανόηση της βιολογικής εξέλιξης, η προσπάθεια εφαρμογής της ιδέας θα έχει γίνει επάξια.

► Οι αναπτυξιακοί μηχανισμοί λειτουργούν μαζί. Σ' αυτό το κεφάλαιο συζητήθηκαν στα πλαίσια διαφόρων θεωριών η συμβολή στη γνωστική ανάπτυξη τεσσάρων μηχανισμών που περιγράφηκαν νωρίτερα – αυτοματοποίηση, κωδικοποίηση, γενίκευση και ανάπτυξη στρατηγικών. Αυτό αντανακλά το γεγονός ότι οι διαφορετικές θεωρίες δίνουν έμφαση σε διαφορετικούς μηχανισμούς. Ωστόσο, όλες οι θεωρίες αναγνωρίζουν πως όλοι αυτοί οι μηχανισμοί (και άλλοι) λειτουργούν μαζί για την παραγωγή γνωστικής αλλαγής.

Δείτε ένα παράδειγμα για το πώς και οι τέσσερις μηχανισμοί μπορούν να συμβάλουν σε μια μόνο ανάπτυξη – ένα κορίτσι που μαθαίνει να προσθέτει στα ρήματα το «ed» για να δείξει ότι η πράξη έγινε στο παρελθόν. Νωρίτερα στη διαδικασία της γλωσσικής ανάπτυξης όλοι οι νοητικοί της πόροι θα χρειάζονταν μόνο και μόνο για να αντιληφθεί καθαρά τις λέξεις και τις φράσεις που ακούει (σκεφτείτε πώς είναι, όταν ακούτε μια συζήτηση σε μια ξένη γλώσσα που δεν γνωρίζετε ή μόλις αρχίζετε να μαθαίνετε). Με μεγαλύτερη εμπειρία ακούγοντας τους ανθρώπους να μιλούν, η επεξεργασία της στις λέξεις και στις φράσεις θα αυτοματοποιηθεί, αποδεσμεύοντας γνωστική χωρητικότητα για άλλους τύπους επεξεργασίας. Αυτή η επιπλέον χωρητικότητα θα της επιτρέψει να παρατηρήσει ότι με λέξεις που καταλήγουν στον ήχο *ed* εκφράζονται παρόμοια νοήματα. Αυτή η συνειδητοποίηση με τη σειρά της θα την κάνει να κωδικοποιήσει τον ήχο *ed* ως μια ξεχωριστή μονάδα και να ανακαλύψει τι ακριβώς σημαίνει. Μετά θα παρατηρήσει την κανονική σύνδεση ανάμεσα στον ήχο *ed* και στην πράξη που συνέβη στο παρελθόν. Τέλος, μπορεί να αναπτύξει μια καινούργια στρατηγική που θα βασίζεται στη γενίκευση: Όποτε θέλεις να δείξεις ότι μια πράξη έγινε στο παρελθόν, να προσθέτεις ένα *ed* στο τέλος της λέξης που περιγράφει την πράξη. Λειτουργώντας μαζί μ' αυτόν τον τρόπο, η αυτοματοποίηση, η κωδικοποίηση, η γενίκευση και η ανάπτυξη στρατηγικής είναι υπεύθυνες για πολλές βελτιώσεις στη σκέψη των παιδιών.

## Περίληψη

ΟΙ ΘΕΩΡΙΕΣ της επεξεργασίας των πληροφοριών για την ανάπτυξη έχουν διάφορα ειδοποιά χαρακτηριστικά. Η βασική τους πρόθεση είναι ότι η σκέψη είναι επεξεργασία πληροφοριών. Δίνουν έμφαση στην ακριβή ανάλυση των μηχανισμών αλλαγής. Εστιάζουν στις στρατηγικές που επινοούν τα παιδιά για να ξεπεράσουν τις προκλήσεις που τους θέτει το περιβάλλον και η δική τους περιορισμένη ικανότητα επεξεργασίας και γνώση.

Στις θεωρίες της επεξεργασίας των πληροφοριών η γνώση θεωρείται ότι αντανακλά τόσο τη δομή, όσο και την επεξεργασία. Η δομή αναφέρεται στις σχετικά σταθερές απόψεις του συστήματος επεξεργασίας των πληροφοριών, η επεξεργασία στις σχετικά εναλλασσόμενες και ποικίλες. Ανάμεσα στις πιο κρίσιμες δομές είναι η αισθητηριακή, η μνήμη εργασίας και η μακρόχρονη μνήμη. Η αισθητηριακή μνήμη αφιερώνεται στη διατήρηση ενός σχετικά μεγάλου ποσού μη αναλυμένων πληροφοριών, για διάστημα ενός δευτερολέπτου περίπου από τότε που συναντάται η πληροφορία. Η μνήμη εργασίας εμπεριέχει τις πληροφορίες της τρέχουσας κατάστασης καθώς επίσης και αυτές της μακρόχρονης μνήμης που δέχονται την προσοχή μας τη δεδομένη στιγμή. Χωρίς συνεχή προσοχή, η πληροφορία χάνεται από τη μνήμη εργασίας σε 15 ως 30 δευτερόλεπτα. Η μακρόχρονη μνήμη περιλαμβάνει τη διαρκή μας γνώση για διαδικασίες, γεγονότα και ιδιαίτερα συμβάντα. Φαίνεται ότι έχει απεριόριστη χωρητικότητα και η πληροφορία παραμένει σ' αυτήν για αόριστο χρόνο.

Αντίθετα μ' αυτόν τον σχετικά μικρό αριθμό δομών, καθεμιά από τις οποίες επηρεάζει τη σκέψη σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις, μια αρκετά μεγαλύτερη ομάδα διεργασιών συμβάλλει σε πιο οριοθετημένες περιπτώσεις. Αυτές οι διαδικασίες ποικίλλουν πολύ ανάλογα με τις περιστάσεις, δίνουν λοιπόν έτσι στην ανθρώπινη γνώση μεγάλο μέρος από την ευελιξία της. Η ίδια κατάσταση επίσης διεγείρει διαφορετικές διεργασίες σε διαφορετικούς ανθρώπους, ανάλογα με την προηγούμενη εμπειρία τους και τις ικανότητές τους. Κανόνες, έννοιες και στρατηγικές είναι ανάμεσα στις διαδικασίες που οι άνθρωποι χρησιμοποιούν πολύ συχνά.



Διάφορες θεωρίες επεξεργασίας των πληροφοριών για την ανάπτυξη έχουν διατυπωθεί, προσπαθώντας να κάνουν κατανοητό το πώς πλάσματα τόσο ανίσχυρα και με τόση άγνοια όσο τα βρέφη, τελικά φτάνουν στη δύναμη και στην ευελιξία του συστήματος επεξεργασίας των πληροφοριών των ενηλίκων. Οι νεοπιαζετικές θεωρίες στοχεύουν να ενοποιήσουν την πιαζετική και τις θεωρίες επεξεργασίας των πληροφοριών. Η προσέγγιση του Case είναι ένα παράδειγμα που άσκησε ιδιαίτερα μεγάλη επίδραση. Θέτει μια σειρά από στάδια που μοιάζουν πολύ με του Piaget και μια σειρά από βασικές εννοιολογικές δομές που οργανώνουν τη σκέψη σε τομείς, όπως ο αριθμός, ο χώρος και οι αφηγήσεις. Υποστηρίζει επίσης ότι η περιορισμένη χωρητικότητα της μνήμης εργασίας είναι ένα μείζον εμπόδιο στη γνωστική ανάπτυξη. Αυτοματοποιώντας τις επεξεργασίες τους, μέσω της βιολογικής ωρίμανσης και της απόκτησης πιο προωθημένων κεντρικών εννοιολογικών δομών, τα παιδιά γίνονται ικανά να αποδίδουν σε όλο και πιο δύσκολα γνωστικά επιτεύγματα.

Οι ψυχομετρικές θεωρίες έχουν την πρόθεση να αποκαλύψουν τις διαδικασίες που βρίσκονται κάτω από τις ατομικές διαφορές που εμφανίζονται στους ελέγχους ευφυΐας. Η τριαρχική θεωρία του Sternberg για την ευφυΐα δείχνει πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ιδέες της επεξεργασίας των πληροφοριών για να εξυπηρετήσουν αυτόν το στόχο. Ο Sternberg χωρίζει την ευφυΐα σε τρεις τύπους συστατικών: μετασυστατικά, συστατικά απόδοσης και συστατικά απόκτησης γνώσης. Τα μετασυστατικά λειτουργούν ως μηχανισμός ανάπτυξης στρατηγικών, κατευθύνοντας τους άλλους δύο τύπους συστατικών σε διαδικασίες με στόχους. Τα συστατικά απόκτησης γνώσης χρησιμοποιούνται για να επιτύχουν καινούργιες πληροφορίες, όταν δεν είναι άμεσα δυνατή η λύση ενός προβλήματος. Τα συστατικά απόδοσης εκτελούν την εργασία επίλυσης του προβλήματος. Η θεωρία εφαρμόστηκε σε διάφορες γνωστικές δεξιότητες και σε πολλούς πληθυσμούς, περιλαμβανομένων των προικισμένων και των καθυστερημένων παιδιών.

Οι θεωρίες παραγωγικού συστήματος σκοπό έχουν να εξηγήσουν πώς συμβαίνουν οι αλλαγές στην επίλυση προβλημάτων. Η θεωρία του Klahr εξηγεί με ιδιαίτερη σαφήνεια πώς τα αυτοτροποποιούμενα

παραγωγικά συστήματα μπορούν να προωθήσουν την κατανόηση της ανάπτυξης. Εστιάζει στην ικανότητα του αναπτυξιακού συστήματος για γενίκευση. Στην ανάλυση αυτή, η γενίκευση περιλαμβάνει τρία συστατικά: τη γραμμή του χρόνου, την ανίχνευση της κανονικότητας και τον περιορισμό του πλεονασμού. Η γραμμή του χρόνου είναι ένα αρχείο όλων των καταστάσεων που έχει συναντήσει το σύστημα, των αντιδράσεών του στις καταστάσεις και των αποτελεσμάτων. Η ανίχνευση της κανονικότητας επενεργεί στα δεδομένα της γραμμής του χρόνου για να ανιχνεύσει επαναλαμβανόμενα πρότυπα. Ο περιορισμός του πλεονασμού αναζητά μέρη διαδικασιών που μπορούν να εξαφανιστούν χωρίς να αλλάξει το αποτέλεσμα της επεξεργασίας. Οι μηχανισμοί αυτοί μαζί επιτρέπουν στα παιδιά να γενικεύσουν τη γνώση τους σε καινούργιες καταστάσεις.

Οι συνδετικές θεωρίες είναι μια κατηγορία μοντέλων προσομοίωσης με υπολογιστή, που βασίζονται σε μια αναλογία με τις λειτουργίες του εγκεφάλου. Σ' αυτά, πολλές απλές μονάδες επεξεργασίας, ανάλογες με τους νευρώνες, συνδέονται μεταξύ τους με διαφορετικές κάθε φορά εντάσεις. Όταν παρουσιάζεται μια εισροή, οι μονάδες επεξεργασίας ενεργοποιούνται ή μια από την άλλη, με τη δραστηριότητα επεξεργασίας να οδηγεί σε μιαν ανταπόκριση. Η ανταπόκριση συγκρίνεται με τη σωστή απάντηση και οι εντάσεις των συνδέσεων προσαρμόζονται με τρόπους που θα οδηγούν σε πιο ορθές ανταποκρίσεις. Οι MacWhinney et al. έδειξαν πώς ένα τέτοιο μοντέλο μπορούσε να μάθει το πολύπλοκο σύστημα της γερμανικής γλώσσας, που προσδιορίζει, αν δεδομένα ονόματα είναι αρσενικά, θηλυκά ή ουδέτερα και ποιο άρθρο πρέπει να συνδυαστεί με κάθε όνομα. Η εκμάθηση από το σύστημα μοιάζει με την εκμάθηση από τα παιδιά τόσο ως προς το ποια ονόματα μαθαίνονται δυσκολότερα, όσο και ως προς τους τύπους των λαθών.

Οι εξελικτικές θεωρίες βασίζονται σε μια αναλογία ανάμεσα στη βιολογική και στη γνωστική εξέλιξη. Όπως τονίζεται στη δική μου προσέγγιση, οι βασικοί παράγοντες αλλαγής και στις δύο περιπτώσεις είναι οι πηγές παραλλαγής και οι πηγές επιλογής. Στη σκέψη των παιδιών, η ανακάλυψη στρατηγικής παρέχει μια πηγή παραλλαγής· οι διαδικασίες επιλογής στρατηγικής παρέχουν ένα μέσο επιλογής. Οι

δύο τύποι διαδικασιών συνεργάζονται για να αλλάξουν όχι μόνο το πόσο συχνά τα παιδιά χρησιμοποιούν διαφορετικές στρατηγικές, αλλά επίσης τότε χρησιμοποιούν την κάθε προσέγγιση. Η θεωρία έδωσε το κίνητρο για παρατηρήσεις σχετικά με το πώς αναπτύσσονται τα παιδιά καινούργιες στρατηγικές και πώς η χρήση των υαρχουσών στρατηγικών αλλάζει με το χρόνο.

### Προτεινόμενη βιβλιογραφία

- CASE, R. and OKAMOTO, Y. (1996). The role of central conceptual structures in the development of children's numerical, literacy and spatial thought. *Monographs of the Society for Research in Child Development* (Serial No. 246). Η πιο ενημερωμένη παρουσίαση της θεωρίας του Case. Παρουσιάζει εκτεταμένα στοιχεία για την ιδέα του Case για τις κεντρικές εννοιολογικές δομές, μαζί με ένα γενικό μοντέλο του πώς αναπτύσσονται.
- KLAHR, D. (1989). Information-processing approaches. In R. VASTA (Ed.), *Annals of Child Development, Vol. 6*. Greenwich, CT: JAI Press. Μια έξυπνη και εμπνευσμένη περιγραφή των πρόσφατων θεωριών επεξεργασίας των πληροφοριών για την ανάπτυξη. Στο άρθρο, ο συγγραφέας χαρακτηρίζει τον Piaget ως ένα «καταστατικό μέλος της ήπιας λέσχης επεξεργασίας των πληροφοριών». Ο Klahr επίσης περιγράφει το δικό του έργο ως ιδρυτικό μέλος της σκληροπυρηνικής φατριάς της λέσχης.
- PLUNKET, K. (1996). *Connectionism and development: Neutral networks and the study of change*. Μια ευκολοδιάβαστη εισαγωγή στα συνδεδεσμένα μοντέλα και στο δυναμικό τους για τον εμπλουτισμό της κατανόησης της ανάπτυξης.
- SIEGLER, R. S. (1996). *Emerging minds: The process of change in children's thinking*. New York: Oxford University Press. Η πιο πρόσφατη καταγραφή της θεωρίας του Siegler, που τονίζει το πώς η εναλλαγή, η επιλογή και η ποικιλία διεργασιών αλλαγής διαμορφώνουν μαζί τη γνωστική ανάπτυξη.
- STERNBERG, R. J. (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. New York: Cambridge University Press. Μια σαφής και πειστική παρουσίαση της θεωρίας του Sternberg για την ανθρώπινη ευφυΐα.

### ΑΝΤΙΛΗΠΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Ένα τετράμηνο κορίτσι βλέπει δύο κινηματογραφικές ταινίες, σε δύο οθόνες η μια δίπλα στην άλλη. Στη μία ταινία, μια γυναίκα παίζει «κούκου-τσα». Κρύβει συνέχεια το πρόσωπό της με τα χέρια της, το ξεσκεπάζει και λέει: «Γεια σου μωρό, κούκου-τσα». Στην άλλη ταινία, ένα χέρι κρατάει ένα μπαστούνι και χτυπάει ρυθμικά ένα ξύλινο τουβλάκι. Η ερευνήτρια παίζει είτε τη μία ηχητική επένδυση, με τη γυναίκα που λέει «κούκου-τσα» είτε την άλλη, με το χτύπημα του κρουστού, αλλά ποτέ και τις δύο ταυτόχρονα.

Με κάποιον τρόπο, το τετράμηνο βρέφος ξέρει ποια ηχητική επένδυση ταιριάζει με ποια οπτική αλληλουχία. Δείχνει τη γνώση του αυτή κοιτάζοντας περισσότερο την οθόνη που παίζει την ταινία που αντιστοιχεί στην ηχητική επένδυση παρά την οθόνη που παίζει την άλλη ταινία.

**Η** SPELKE (1976) ΒΡΗΚΕ ΟΤΙ ΟΛΑ ΣΧΕΔΟΝ ΤΑ ΜΩΡΑ 4 ΜΗΝΩΝ ΣΥΜΠΕΡΙΦΕΡΟΝΤΑΙ ΟΠΩΣ ΤΟ ΚΟΡΙΤΣΙ ΑΥΤΗΣ ΤΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ. ΑΠΟ ΤΑ 24 ΒΡΕΦΗ ΠΟΥ ΕΞΕΤΑΣΕ, ΤΑ 23 ΚΟΙΤΑΞΑΝ ΓΙΑ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΗ ΩΡΑ ΤΗΝ ΟΘΟΝΗ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΙΝΙΑ ΠΟΥ ΣΥΝΟΔΕΥΟΤΑΝ ΑΠΟ ΤΗ ΜΟΥΣΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΠΑΡΑ ΤΗΝ ΑΛΛΗ. ΠΡΟΦΑΝΩΣ ΑΚΟΜΑ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΠΡΩΤΟ ΜΙΣΟ ΧΡΟΝΟ ΤΗΣ ΖΩΗΣ ΤΟΥΣ, ΤΑ ΒΡΕΦΗ ΣΥΝΔΥΑΖΟΥΝ ΕΙΚΟΝΕΣ ΚΑΙ ΉΧΟΥΣ ΜΕ ΤΡΟΠΟΥΣ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΝΟΗΜΑ.

Αυτό το παράδειγμα είναι αντιπροσωπευτικό των πρόσφατων ευρημάτων για την αντιληπτική ανάπτυξη, από πολλές απόψεις. Τα παιδιά στη μελέτη ήταν μικρότερα από 6 μηνών. Η ερευνήτρια χρησιμοποίησε μια απλή πειραματική διαδικασία, έθετε ωστόσο ένα θεμελιώδες ερώτημα σχετικά με την ανθρώπινη φύση: Είναι τα βρέφη ικανά να συνδυάζουν σε ένα ενιαίο σύνολο εικόνες με ήχους από νωρίς στη ζωή τους; Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι τα βρέφη έχουν μεγαλύτερες αντιληπτικές ικανότητες απ' όσες αναμενόταν.

Το κεντρικό θέμα αυτού του κεφαλαίου είναι η αξιοσημείωτη τα-