

# 1

## Εισαγωγή στις Βάσεις Δεδομένων

---

Το βασικό χαρακτηριστικό των σύγχρονων εφαρμογών είναι η απαίτηση για την αποτελεσματική και αποδοτική διαχείριση της αποθηκευμένης πληροφορίας. Αρχικά, η διαχείριση της πληροφορίας γινόταν από τις ίδιες τις εφαρμογές, χρησιμοποιώντας το **σύστημα αρχείων** (file system) του λειτουργικού συστήματος, ενώ οι μέθοδοι επεξεργασίας και ανάκτησης των δεδομένων ήταν ενσωματωμένες στον κώδικα της εκάστοτε εφαρμογής. Ο τρόπος αυτός διαχείρισης, αν και δίνει στον προγραμματιστή την ευελιξία της υλοποίησης των μεθόδων επεξεργασίας που αυτός επιθυμεί, δημιουργεί προβλήματα με την αύξηση του όγκου των δεδομένων και της πολυπλοκότητας της πληροφορίας. Για παράδειγμα, αν στόχος της εφαρμογής είναι η διαχείριση αριθμητικών δεδομένων και υπάρχει η ανάγκη για αποθήκευση και διαχείριση μερικών εκατοντάδων αριθμών, τότε αυτό μπορεί να υλοποιηθεί εύκολα αποθηκεύοντας τους αριθμούς σε ένα αρχείο του λειτουργικού συστήματος, και υλοποιώντας τις απαραίτητες λειτουργίες αριθμητικών υπολογισμών (πχ., μέσος όρος, ελάχιστη τιμή, μέγιστη τιμή) στη λογική του προγράμματος της εφαρμογής.

Έστω όμως μία πολυπλοκότερη εφαρμογή που στόχο έχει την οργάνωση μίας συλλογής ιστορικών δεδομένων, όπου απαιτείται η αναζήτηση στοιχείων ιστορικών πολεμικών πλοίων ή αξιωματικών που υπηρέτησαν στο Πολεμικό Ναυτικό με βάση το όνομά τους ή το έτος ενδιαφέροντος, ενώ ακόμη απαιτείται η δυνατότητα αναζήτησης σχετικών στοιχείων με βάση λέξεις-κλειδιά (keywords) σε κείμενα περιγραφής ιστορικών γεγονότων. Είναι προφανές ότι θα απαιτηθεί αρκετή προ-

σπάθεια από τον προγραμματιστή για την υλοποίηση της εφαρμογής λαμβάνοντας υπόψη ότι:

- Αναμένεται ότι το πλήθος των πλοίων ή των υπηρετησάντων αξιωματικών να είναι μεγάλο, με αποτέλεσμα να επιβάλλεται η χρήση αποδοτικών μεθόδων αναζήτησης.
- Η δομή της πληροφορίας είναι περίπλοκη, όπως για παράδειγμα ένας αξιωματικός μπορεί να έχει υπηρετήσει σε πολλά ιστορικά πλοία, ενώ σε ένα ιστορικό πλοίο μπορεί να έχουν υπηρετήσει πολλοί αξιωματικοί.
- Πρέπει να βρεθεί ένας αποτελεσματικός και αποδοτικός τρόπος αναζήτησης λέξεων μέσα σε κείμενα. Προφανώς, η εξέταση κάθε κειμένου ξεχωριστά έχει απαγορευτικό κόστος λόγω του μεγάλου αριθμού των κειμένων, λαμβάνοντας μάλιστα υπόψη ότι ένα κείμενο μπορεί να είναι αρκετά εκτενές.
- Υπάρχει η ανάγκη για εισαγωγή νέων στοιχείων, όπως για παράδειγμα η ενημέρωση των δεδομένων όταν υπάρχει ένα ακόμη πλοίο που πρέπει να καταχωρισθεί.
- Υπάρχει η ανάγκη για διαγραφή διαφόρων στοιχείων που ενδεχομένως κακώς καταχωρίστηκαν ή η ανάγκη για τροποποίηση διαφόρων στοιχείων των πλοίων που καταχωρίστηκαν με εσφαλμένα δεδομένα.
- Αναμένεται ότι πολλοί χρήστες θα χρησιμοποιούν την εφαρμογή ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα να απαιτούνται ειδικοί μηχανισμοί προσπέλασης και συγχρονισμού των προσπελάσεων από διαφορετικούς χρήστες.

Στη συνέχεια εξετάζονται τα βασικά μειονεκτήματα της αποθήκευσης και διαχείρισης των δεδομένων απευθείας σε αρχεία του λειτουργικού συστήματος και μελετάται η εναλλακτική λύση που προσφέρει η οργανωμένη διαχείριση των δεδομένων από εξειδικευμένα συστήματα, με τους απαραίτητους ορισμούς.

- Ο προγραμματιστής της εφαρμογής είναι υπεύθυνος για τη σωστή ενημέρωση των αρχείων των δεδομένων, αναλόγως με τις εισαγωγές και διαγραφές που πραγματοποιούνται. Για παράδειγμα, έστω ότι στο αρχείο A1 αποθηκεύονται τα στοιχεία των ιστορικών πολεμικών πλοίων (χρησιμοποιώντας χαρακτηριστικά όπως όνομα, αριθμός ταυτότητας και τύπος πλοίου, κτλ.), ενώ στο αρχείο A2 αποθηκεύονται τα ονόματα των αξιωματικών που υπηρέτησαν σε κάθε πλοίο. Κατά την εισαγωγή ενός νέου πλοίου θα πρέπει να ενημερωθεί το αρχείο A1 με τα απαραίτητα στοιχεία, ενώ το αρχείο A2 θα πρέπει να ενημερωθεί με τα στοιχεία των αξιωματικών του πλοίου.

Επίσης, κατά την αναζήτηση στοιχείων θα πρέπει σε πρώτο στάδιο να προσδιορισθούν τα απαιτούμενα αρχεία, ενώ σε δεύτερο στάδιο πρέπει να γίνει προσεκτική ανάγνωση των δεδομένων, συνδυάζοντας κατάλληλα τις πληροφορίες που περιέχουν τα διαφορετικά αρχεία. Η κατάσταση επιδεινώνεται όσο επαυξάνεται τόσο το πλήθος των αρχείων δεδομένων όσο και η πολυπλοκότητα των ερωτημάτων.

- Η δομή του κάθε αρχείου καθορίζεται από την ίδια την εφαρμογή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η αλλαγή της δομής ενός αρχείου. Πολλές φορές παρουσιάζεται η ανάγκη να προστεθεί ένα νέο χαρακτηριστικό στα δεδομένα. Για παράδειγμα, μπορεί να απαιτηθεί η προσθήκη στο αρχείο A1 ενός ακόμη πεδίου που να δηλώνει τη μέγιστη ταχύτητα κάθε ιστορικού πλοίου. Σε μία τέτοια περίπτωση πρέπει αφενός να μεταβληθεί η δομή του αρχείου A1 ώστε να δημιουργηθεί χώρος για το νέο πεδίο, και αφετέρου να μεταβληθεί η λογική του προγράμματος της εφαρμογής, ώστε το νέο πεδίο να ληφθεί υπόψη κατά την αναζήτηση, εισαγωγή και διαγραφή δεδομένων. Οι αλλαγές αυτές είναι χρονοβόρες και επικίνδυνες για την ακεραιότητα των αποθηκευμένων δεδομένων.
- Εφόσον ο τρόπος δημιουργίας των αρχείων καθορίζεται από την εφαρμογή, η μορφοποίηση των αρχείων εξαρτάται από την εκάστοτε γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιεί ο προγραμματιστής (όπως C, C++, Java, Python). Το γεγονός αυτό δημιουργεί δυσκολίες όταν απαιτείται η χρήση των αρχείων από διαφορετικές εφαρμογές ή όταν απαιτείται η κατασκευή των αρχείων από διαφορετικούς προγραμματιστές που χρησιμοποιούν διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού σε διαφορετικά λειτουργικά συστήματα (όπως Linux, Windows, MacOS). Το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα έντονο όταν τα δεδομένα αποθηκεύονται σε δυαδική (binary) μορφή και όχι σε αλφαριθμητική (alphanumeric, text) μορφή.
- Σε πολλές περιπτώσεις η εφαρμογή εξυπηρετεί πολλούς χρήστες ταυτόχρονα. Η διασφάλιση της προστασίας και της ακεραιότητας των δεδομένων κατά την ταυτόχρονη αναζήτηση, εισαγωγή και διαγραφή στοιχείων είναι αρκετά περίπλοκη. Επίσης, σε συγκεκριμένες λειτουργίες πρέπει να διασφαλίζεται η ατομικότητα της εκτέλεσης. Με τον όρο 'ατομικότητα' εννοούμε ότι ένα σύνολο λειτουργιών θα πρέπει είτε να εκτελεσθεί συνολικά, είτε να απορριφθεί συνολικά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η πληρωμή του χρεωστικού υπολοίπου της πιστωτικής κάρτας από έναν τραπεζικό λογαριασμό. Εδώ διακρίνονται δύο διακριτές λειτουργίες: (α) η ανάληψη ενός συγκεκριμένου ποσού από τον λογαριασμό καταθέσεων, και (β) η μεταφορά του ποσού αυτού στην πιστωτική κάρτα. Αν εκτελεσθεί η πρώτη λειτουρ-

για αλλά για κάποιο λόγο αποτύχει η δεύτερη, τότε θα πρέπει να αποτύχει και το σύνολό τους. Σε διαφορετική περίπτωση θα δημιουργηθεί σοβαρό πρόβλημα ακεραιότητας δεδομένων καθώς τα δεδομένα του συστήματος θα είναι λανθασμένα (πχ., ενώ το υπόλοιπο του τραπεζικού λογαριασμού θα έχει μειωθεί κατά το ποσό, αυτό δεν θα έχει πιστωθεί στην κάρτα).

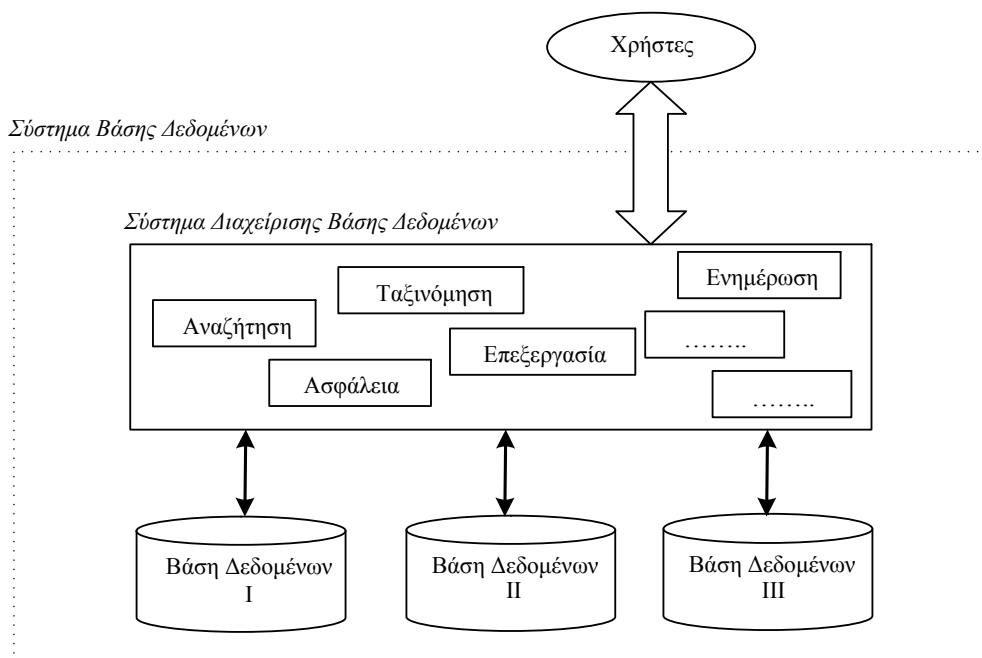
- Στη γενική περίπτωση, κάθε χρήστης της εφαρμογής έχει διαφορετικά δικαιώματα ως προς την προσπέλαση των δεδομένων. Για παράδειγμα, μία ομάδα χρηστών μπορεί να έχει μόνο δικαιώματα ανάγνωσης των δεδομένων, ενώ μία άλλη ομάδα χρηστών μπορεί να έχει δικαιώματα ανάγνωσης και εισαγωγής νέων δεδομένων αλλά όχι διαγραφής. Η εφαρμογή κανόνων προστασίας των δεδομένων ώστε να αποφεύγονται δυσάρεστες καταστάσεις απώλειας δεδομένων (είτε κατά λάθος, είτε εσκεμμένα) επιτυγχάνεται δύσκολα χρησιμοποιώντας μόνο εργαλεία που παρέχει το λειτουργικό σύστημα. Επιπλέον, είναι πολύ δύσκολο να ορισθούν διαφορετικά δικαιώματα χρηστών μέσα στο ίδιο αρχείο.
- Εφόσον η λογική της αναζήτησης στοιχείων από τα αρχεία δεδομένων υλοποιείται στον κώδικα της εφαρμογής, οι διαφορετικοί τύποι ερωτημάτων που μπορεί να δεχθεί η εφαρμογή είναι περιορισμένοι και πρέπει να υλοποιηθούν εκ των προτέρων. Αυτό αποτελεί αρκετά δεσμευτικό παράγοντα λαμβάνοντας υπόψη ότι είναι σχεδόν αδύνατο να προβλεφθούν όλα τα δυνατά ερωτήματα που μπορεί να επιθυμεί να θέσει ένας χρήστης. Η υποστήριξη νέων ερωτημάτων απαιτεί αλλαγή στον κώδικα της εφαρμογής, κάτι που γενικά δεν είναι επιθυμητό διότι οδηγεί σε νέες εκδόσεις (versions) του λογισμικού.

## 1.1 Συστήματα Βάσεων Δεδομένων

Οι περιορισμοί που αναφέρθηκαν οφείλονται κυρίως στο ότι η διαχείριση των δεδομένων είναι ενσωματωμένη στον κώδικα της εφαρμογής, εισάγοντας σημαντικές δυσκολίες στην επεξεργασία και στην αλλαγή της δομής των δεδομένων. Η ενδεδειγμένη προσέγγιση όμως διαχωρίζει τα δεδομένα από τις μεθόδους επεξεργασίας, προσφέρει ευελιξία και επιπλέον αποδεσμεύει τον προγραμματιστή από την ανάγκη συγχρονισμού των δεδομένων και την υλοποίηση της λογικής προσπέλασης των δεδομένων. Η προσέγγιση αυτή στηρίζεται σε ένα **Σύστημα Βάσης Δεδομένων** (database system) το οποίο αναλαμβάνει αποκλειστικά την αποθήκευση, προστασία και επεξεργασία των δεδομένων, παρέχοντας εξελιγμένους μηχανισμούς πρόσβασης, δικαιωμάτων των χρηστών και ενημέρωσης των δεδομένων. Ένα Σύστημα Βάσης Δεδομένων αποτελείται από τα εξής:

- Τη **Βάση Δεδομένων** (database), η οποία αποτελεί μία συλλογή στοιχείων σχετικών μεταξύ τους, που είναι δομημένα και καταχωρισμένα με κατάλληλο τρόπο, και
- Το **Σύστημα Διαχείρισης (ή Διοίκησης) Βάσεων Δεδομένων** (database management system) , το οποίο είναι ένα λογισμικό σύστημα που υλοποιεί όλες τις λειτουργίες που είναι απαραίτητο να υποστηριχθούν, όπως αναζήτηση, εισαγωγή, διαγραφή, τροποποίηση, συγχρονισμός προσπελάσεων, προστασία και πολλές ακόμη λειτουργίες που θα επεξηγηθούν αναλυτικά σε επόμενα κεφάλαια. Σημειώνεται ότι το Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (ΣΔΒΔ) είναι σε θέση να διαχειρίζεται πολλές Βάσεις Δεδομένων (ΒΔ) ταυτόχρονα, αναλόγως με τις απαιτήσεις των χρηστών.

Στο Σχήμα 1.1 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ της ΒΔ και του ΣΔΒΔ. Σημειώνεται ότι οι χρήστες δεν έχουν άμεση πρόσβαση στα δεδομένα. Η προσπέλαση των δεδομένων επιτυγχάνεται μέσω των μηχανισμών που έχουν υλοποιηθεί στο ΣΔΒΔ. Με τον τρόπο αυτόν ο έλεγχος των δεδομένων ανήκει στο ΣΔΒΔ και μόνο το ΣΔΒΔ είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση και την προστασία τους.



Σχήμα 1.1: Βάση Δεδομένων και Σύστημα Διαχείρισης.

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η δομή αυτή σε σχέση τόσο με τις δυνατότητες διαχείρισης των δεδομένων όσο και με την υποστήριξη των τελικών χρηστών (end-users) είναι αναλυτικά τα εξής.

- **Περιγραφή Δεδομένων.** Το πρώτο βασικό πλεονέκτημα είναι ότι το Σύστημα της Βάσης Δεδομένων εκτός από τα δεδομένα περιέχει και βοηθητικές πληροφορίες για την περιγραφή τους, τα λεγόμενα μετα-δεδομένα (meta-data). Το χαρακτηριστικό αυτό επιτρέπει τη μεταβολή της δομής και της οργάνωσης των δεδομένων σύμφωνα με τις απαιτήσεις των χρηστών. Ο προγραμματιστής δεν χρειάζεται να παρέμβει διότι όλοι οι μηχανισμοί διαχείρισης των δεδομένων είναι υλοποιημένοι στο ΣΔΒΔ που επεμβαίνει απευθείας στην αποθηκευμένη πληροφορία. Αντιθέτως, στην υλοποίηση με αρχεία οι πληροφορίες για τη δομή και την οργάνωση των δεδομένων βρίσκονται στον κώδικα της εφαρμογής με αποτέλεσμα η αλλαγή τους να απαιτεί σημαντική εργασία από την πλευρά του προγραμματιστή.
- **Ανεξαρτησία Δεδομένων και Λειτουργιών.** Τα δεδομένα διαχωρίζονται από τις λειτουργίες που μπορούν να εφαρμοστούν σε αυτά, σε αντίθεση με την προσέγγιση της υλοποίησης με αρχεία. Έτσι προσφέρεται ευελιξία διότι η μεταβολή της δομής των δεδομένων δεν απαιτεί τη μεταβολή των προγραμμάτων εφαρμογής. Επίσης, η υποστήριξη νέων λειτουργιών επί των δεδομένων υλοποιείται ευκολότερα, καθώς επιβάλλονται μόνο προσθήκες στις ήδη υπάρχουσες λειτουργίες. Ο διαχωρισμός μεταξύ δεδομένων και λειτουργιών διευκολύνει επίσης την αποθήκευση των δεδομένων σε διαφορετικές διαμορφώσεις (format) και διαφορετικά μέσα αποθήκευσης, χωρίς να απαιτείται αλλαγή των προγραμμάτων εφαρμογής. Επιπλέον, διευκολύνεται η ανάπτυξη εφαρμογών σε διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού, καθώς αυτό επιτυγχάνεται μέσω του ΣΔΒΔ που διαχειρίζεται όλα τα δεδομένα. Απεναντίας, στην υλοποίηση με αρχεία, μεταβολές στον τρόπο αποθήκευσης των δεδομένων συνεπάγονται τη μεταβολή του κώδικα της εφαρμογής.
- **Αποδοτικότερη Διαχείριση Δεδομένων.** Η υλοποίηση όλων των λειτουργιών επί των δεδομένων βρίσκεται μέσα στο ΣΔΒΔ. Οι κατασκευαστές ΣΔΒΔ φροντίζουν ώστε ο κώδικας να είναι όσο το δυνατόν αποδοτικότερος και η επεξεργασία των ερωτημάτων να πραγματοποιείται με όσο το δυνατόν καλύτερη χρήση των πόρων του συστήματος. Επομένως, ο προγραμματιστής εφαρμογών αποδεσμεύεται από τη μελέτη, υλοποίηση και εφαρμογή αποδοτικών αλγορίθμων και μεθόδων προσπέλασης των δεδομένων και επικεντρώνεται στην υλοποίηση λειτουργιών που αφορούν μόνο την εκάστοτε εφαρμογή και όχι τα αποθηκευμένα δεδομένα. Η προσπέλαση

των δεδομένων και η μεταφορά τους στο χρήστη ή στην εφαρμογή είναι αρμοδιότητα του ΣΔΒΔ.

- **Προστασία Δεδομένων και Δικαιώματα Χρηστών.** Το ΣΔΒΔ υλοποιεί μηχανισμούς προστασίας των δεδομένων με στόχο την αποφυγή της οποιασδήποτε μορφής πρόσβασης σε αυτά (πχ., για αναζήτηση, εισαγωγή, διαγραφή ή ενημέρωση) χωρίς την απαραίτητη δικαιοδοσία. Εκτός από τον παραδοσιακό έλεγχο προσπέλασης με χρήση ονόματος χρήστη (username) και συνθηματικού πρόσβασης (password), το ΣΔΒΔ επιτρέπει την απόδοση συγκεκριμένων δικαιωμάτων σε συγκεκριμένους χρήστες του συστήματος. Για παράδειγμα, σε ένα χρήστη μπορεί να επιτραπεί η ανάγνωση ενός συνόλου δεδομένων αλλά για λόγους ασφαλείας να απαγορεύεται η διαγραφή ή η ενημέρωσή τους. Παρομοίως, η ενημέρωση και η εισαγωγή νέων στοιχείων στη ΒΔ μπορεί να επιτραπεί μόνο σε ένα μικρό σύνολο εξουσιοδοτημένων χρηστών. Επειδή η απόδοση των δικαιωμάτων γίνεται με δυναμικό και όχι με στατικό τρόπο, τα δικαιώματα ενός χρήστη σε μια ΒΔ μπορούν να μεταβάλλονται από τον διαχειριστή της ΒΔ αναλόγως με τις ανάγκες.
- **Μηχανισμοί Ταυτόχρονης Προσπέλασης.** Η δυνατότητα ταυτόχρονης υποστήριξης πολλών χρηστών είναι πολύ σημαντική στις σύγχρονες εφαρμογές. Όμως αν πολλοί χρήστες έχουν δικαιώματα ενημέρωσης του ίδιου τμήματος των δεδομένων, τότε υπάρχει περίπτωση δύο ή περισσότεροι χρήστες να προσπαθήσουν να μεταβάλλουν ταυτόχρονα τα ίδια δεδομένα. Αντιστοίχως, υπάρχει η περίπτωση ένας χρήστης να προσπαθήσει να μεταβάλλει κάποια δεδομένα που τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή προσπελούνται για ανάγνωση από άλλους χρήστες. Σε τέτοιες περιπτώσεις απαιτείται ένας μηχανισμός ελέγχου και συγχρονισμού των διαφορετικών λειτουργιών ώστε να διαφυλαχθεί η συνέπεια των δεδομένων. Συνήθως χρησιμοποιούνται μηχανισμοί κλειδώματος (locking) έτσι ώστε δεδομένα που είναι ήδη σε χρήση (όπως για ανάγνωση ή ενημέρωση) να μην επιτρέπεται να μεταβληθούν. Οι μηχανισμοί αυτοί προσφέρονται από το ΣΔΒΔ, αποδεδευσώντας τους τελικούς χρήστες και τους προγραμματιστές από το δύσκολο έργο του συγχρονισμού λειτουργιών.
- **Επεκτασιμότητα.** Τα σύγχρονα ΣΔΒΔ επιτρέπουν την ενσωμάτωση νέων μεθόδων επεξεργασίας, νέων τύπων δεδομένων και νέων δομών οργάνωσης δεδομένων. Η δυνατότητα αυτή προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα διότι το σύστημα μπορεί να προσαρμόζεται αναλόγως με τις απαιτήσεις των χρηστών. Το βασικό χαρακτηριστικό της δυνατότητας αυτής είναι ότι οι νέες τεχνικές που υλοποιούνται γίνονται μέρος του ΣΔΒΔ, κι έτσι δεν

απαιτείται η υλοποίηση ξεχωριστών προγραμμάτων εφαρμογής για την υποστήριξή τους.

Από την προηγούμενη ανάλυση φαίνεται καθαρά ότι η χρήση ενός ΣΔΒΔ πλεονεχτεί ως προς την προσέγγιση με υλοποίηση των αρχείων. Διχάως λοιπόν τα ΣΔΒΔ έχουν υιοθετηθεί από τις υπηρεσίες πληροφορικής όλων των επιχειρήσεων και οργανισμών για την αποθήκευση και διαχείριση των δεδομένων τους. Έτσι, σήμερα κάθε μεγάλη εφαρμογή συνοδεύεται από υποστήριξη μέσω ΣΔΒΔ για γρήγορη προσπέλαση και προστασία των δεδομένων.

## 1.2 Κλασικές και Σύγχρονες Εφαρμογές

Τα πρώτα ολοκληρωμένα ΣΔΒΔ εμφανίσθηκαν στο τέλος της δεκαετίας του '60 και υποστήριζαν εφαρμογές που απαιτούσαν τη διαχείριση πολλών μικρών τμημάτων πληροφορίας και την επεξεργασία πολλών ερωτημάτων ή ενημερώσεων. Το βασικό χαρακτηριστικό τους ήταν η άμεση ταυτόχρονη διαχείριση πολλών συναλλαγών. Για τον λόγο αυτό οι εφαρμογές αυτές καλούνται εφαρμογές Άμεσης Επεξεργασίας Συναλλαγών (On-Line Transaction Processing, OLTP). Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι: (α) η διαχείριση κρατήσεων θέσεων σε πτήσεις αεροπορικών εταιρειών, (β) η διαχείριση τραπεζικών συναλλαγών, και (γ) η διαχείριση δεδομένων μεγάλων επιχειρήσεων ή οργανισμών. Αναλυτικότερα:

- **Κρατήσεις Θέσεων.** Οι εφαρμογές αυτές υποστηρίζουν λειτουργίες όπως κράτηση θέσης για μία συγκεκριμένη πτήση, αναζήτηση πληροφοριών για διαθέσιμες πτήσεις με βάση την αφετηρία και τον προορισμό, αναζήτηση πληροφοριών σχετικά με τις τιμές και τη διαθεσιμότητα των εισιτηρίων, κτλ. Η λειτουργία της εφαρμογής επιτρέπει την απάντηση ερωτημάτων που αφορούν την ώρα αναχώρησης και άφιξης συγκεκριμένων πτήσεων, την αποδοτική κράτηση θέσεων, το έλεγχο της διαθεσιμότητας, κτλ. Οι εφαρμογές αυτές είναι πολύτιμα εργαλεία για ταξιδιώτες, ταξιδιωτικούς πράκτορες και αεροπορικές εταιρείες λόγω των πολλών δυνατοτήτων που παρέχουν.
- **Τραπεζικές Συναλλαγές.** Στις εφαρμογές αυτές η πληροφορία αποτελείται από ονόματα πελατών, διευθύνσεις, αριθμούς τραπεζικών λογαριασμών, υπόλοιπο λογαριασμών, δεδομένα που αφορούν σε δάνεια, πιστωτικές κάρτες και γενικά από οτιδήποτε σχετίζεται με τη λειτουργία μίας τράπεζας, όπως στοιχεία σχετικά με τα υποκαταστήματα και τους εργαζομένους τους. Στόχος των εφαρμογών αυτών είναι η ταχύτερη εξυπηρέτηση



των πελατών και η αποδοτικότερη λειτουργία της τράπεζας. Η εφαρμογή πρέπει να υποστηρίζει ταυτόχρονες προσπελάσεις στα δεδομένα από πολλούς χρήστες.

- **Διαχείριση Επιχειρησιακών Δεδομένων.** Η καλή οργάνωση των δεδομένων μίας επιχείρησης συμβάλει αποφασιστικά στην αποτελεσματική και αποδοτική λειτουργία της, διότι διευκολύνονται και επιταχύνονται οι εσωτερικές διεργασίες της επιχείρησης, οι οποίες πολλές φορές είναι πολύπλοκες και χρονοβόρες. Η μεθοδική οργάνωση των δεδομένων επιδρά σε όλα τα τμήματα της επιχείρησης (όπως στα τμήματα πωλήσεων, παραγωγής, έρευνας και ανάπτυξης, ανθρώπινου δυναμικού, κτλ). Για παράδειγμα, τα δεδομένα του τμήματος ανθρώπινου δυναμικού μπορεί να συμπεριλαμβάνουν τα προσωπικά στοιχεία των υπαλλήλων, όπως ονοματεπώνυμο, διεύθυνση, πτυχία και καταρτίσεις, προϋπηρεσία, μισθό, επιδόματα και άδειες. Η δομημένη οργάνωση της πληροφορίας επιτρέπει τη γρήγορη αναζήτηση στοιχείων που σχετίζονται με έναν υπάλληλο και την εύκολη ενημέρωση των στοιχείων σε περίπτωση μεταβολών (πχ., αύξηση μισθού ή αλλαγή θέσης ευθύνης ενός υπαλλήλου).

Οι σύγχρονες εφαρμογές απαιτούν την υποστήριξη νέων τύπων δεδομένων και νέων μεθόδων επεξεργασίας, ενώ ταυτόχρονα σε πολλές από αυτές η ταχύτητα επεξεργασίας είναι κρίσιμη. Στόχος των σύγχρονων ΣΔΒΔ είναι η αποτελεσματική και αποδοτική υποστήριξη των εφαρμογών αυτών. Οι ιδιαιτερότητες που εμφανίζουν οι σύγχρονες εφαρμογές σε σχέση με τις παραδοσιακές εφαρμογές ΒΔ αγγίζουν σχεδόν όλα τα υποσυστήματα ενός ΣΔΒΔ. Η αδυναμία των παραδοσιακών ΣΔΒΔ να καλύψουν τις πιο σύγχρονες ανάγκες οδήγησε τους ερευνητές στην αναζήτηση νέων μεθόδων επεξεργασίας. Στη συνέχεια παρατίθενται μερικά παραδείγματα σύγχρονων εφαρμογών και ο τρόπος υποστήριξής τους από τα σύγχρονα ΣΔΒΔ.

- **Ηλεκτρονικό εμπόριο.** Με την πρόοδο της τεχνολογίας και την είσοδό της σε περισσότερα νοικοκυριά, αυξάνει το πλήθος των ενδιαφερομένων για ηλεκτρονικές αγορές, δηλαδή για αγορές μέσω διαδικτύου (e-commerce). Πιο σύγχρονος είναι ο όρος Κινητό Εμπόριο (m-commerce) που δηλώνει της προσαρμογή των πωλήσεων στις νέες έξυπνες συσκευές κινητής τηλεφωνίας. Πάντοτε πίσω από αυτή την διαρκώς αυξανόμενη βιομηχανία βρίσκεται μία ΒΔ. Ο όρος “ΒΔ νέφους” (cloud db) ή “υποστηριζόμενος από ΒΔ” (database-backed) δηλώνει έναν ιστότοπο που (πέραν από τεχνολογίες για τον Παγκόσμιο ιστό, όπως HTML, XML, PHP, ASP, Java κτλ.) χρησιμοποιεί μία ΒΔ για τη δόμηση του τεράστιου πλήθους

των προϊόντων προς πώληση. Έτσι δίνεται η δυνατότητα στις επιχειρήσεις να αποθηκεύουν και να αναλύουν δεδομένα σχετικά με προϊόντα, πωλήσεις και πελάτες. Επίσης, συχνά οι εφαρμογές χρησιμοποιούν συστήματα συστάσεων (recommendation) με σκοπό την εξυπηρέτηση του πελάτη και την αύξηση των πωλήσεων. Τα πρώτα συστήματα ηλεκτρονικού εμπορίου εμφανίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Σήμερα ηγετικές επιχειρήσεις στον κλάδο αυτό είναι η Amazon, η eBay, καθώς και η κινεζική Alibaba.

- **Διαχείριση Κινούμενων Αντικειμένων.** Εφαρμογές όπως η καταγραφή της κίνησης οχημάτων (όπως ταξί, λεωφορείων ή ασθενοφόρων), η παρακολούθηση της έκτασης μίας πετρελαιοκηλίδας, η παρακολούθηση μετώπων μίας πυρκαγιάς, απαιτούν την αποθήκευση της θέσης των αντικειμένων σε σχέση με τον χρόνο. Η μελέτη της κίνησης επιτρέπει την υποστήριξη ερωτημάτων που σχετίζονται με: (α) την εξέλιξη της κίνησης στο παρελθόν, και (β) την πρόβλεψη για τη θέση των αντικειμένων στο κοντινό μέλλον. Η επεξεργασία ερωτημάτων τέτοιου τύπου απαιτεί την κατάλληλη αποθήκευση και οργάνωση των κινούμενων αντικειμένων (moving objects) με μοντέρνες τεχνικές έτσι ώστε η διαχείρισή τους να πραγματοποιείται αποτελεσματικά και αποδοτικά.
- **Διαχείριση Γεωγραφικών Δεδομένων.** Εκτός από αριθμητικές και αλφαριθμητικές συνιστώσες, τα γεωγραφικά δεδομένα αποτελούνται από γεωμετρικά αντικείμενα (όπως σημεία, ευθύγραμμα τμήματα, πολύγωνα, περιοχές κτλ.), που απαιτούν νέους τρόπους αποθήκευσης και επεξεργασίας λόγω της χωρικής (spatial) φύσης τους. Για παράδειγμα, για τα δεδομένα αυτά λόγω της δισδιάστατης (ή γενικότερα πολυδιάστατης) φύσης τους δεν ισχύουν οι σχέσεις διάταξης (πχ., στους ακεραίους και τους χαρακτήρες υπάρχει η έννοια του προηγούμενου-επόμενου, στους πραγματικούς αριθμούς η έννοια του μικρότερου-μεγαλύτερου κτλ.). Ισχύουν όμως άλλες σχέσεις, όπως τοπολογικές ή σχέσεις συνόλων, όπως, για παράδειγμα, αριστερά-δεξιά, βόρεια-νότια, εντός-εκτός, τομή, απόσταση κτλ. Έτσι, το ΣΔΒΔ, πιθανώς συνεργαζόμενο με ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographical Information System, GIS), στοχεύοντας στην αποδοτική επεξεργασία των ερωτημάτων είναι εξοπλισμένο με εξειδικευμένες τεχνικές διαχείρισης των δεδομένων, οι οποίες βασίζονται σε τεχνικές της Υπολογιστικής Γεωμετρίας (Computational Geometry). Οι σπουδαιότεροι χρήστες αυτών των τεχνολογιών είναι οι οργανισμοί των Κτηματολογίων τις αξιοποιούν για την παροχή αποτελεσματικών υπηρεσιών προς τους πολίτες και την πολιτεία.